

В. А. ТИМОФЕЕВ

СТО

СХЕМНЫХ

ЗАДАЧ

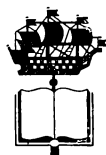
ПО АВТОМАТИКЕ



В. А. ТИМОФЕЕВ

СТО СХЕМНЫХ ЗАДАЧ ПО АВТОМАТИКЕ

*СБОРНИК УПРАЖНЕНИЙ И ЗАДАЧ
ПО ЧТЕНИЮ, ПРОВЕРКЕ И СОСТАВЛЕНИЮ СХЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК И УСТРОЙСТВ*

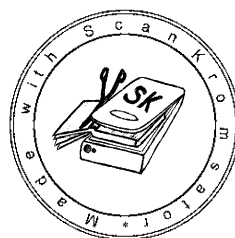


ИЗДАТЕЛЬСТВО „СУДОСТРОЕНИЕ“
ЛЕНИНГРАД 1964

Сборник содержит задачи по чтению и составлению схем автоматического управления и регулирования, следящих систем, блокировки, контроля и решающих устройств.

В схемы, приведенные в задачах, намеренно введены ошибки, которые читатель должен обнаружить и исправить. Для подготовки читателя к этой самостоятельной работе над схемами в первой части сборника приведены характерные простейшие схемные ошибки, которые обнаруживаются сравнением верных и неверных решений. Большая часть задач поставлена на конкретных схемах судовой автоматики.

Сборник предназначен для инженерно-технических работников, интересующихся автоматикой, а также для учащихся и преподавателей высших и средних технических учебных заведений.



Scan AAW

Доктор техн. наук профессор
ВЛАДИМИР АНДРЕЕВИЧ ТИМОФЕЕВ
СТО СХЕМНЫХ ЗАДАЧ ПО АВТОМАТИКЕ

Темплан 1964 г. № 63

Рецензент проф. Б. М. Мордовин

Научный редактор канд. техн. наук Л. С. Аверкиев
Технический редактор А. И. Конторович

Редактор издательства Е. В. Климина
Корректор В. М. Альфимова

Переплет художников Е. И. Васильева и Р. П. Костылева

Сдано в набор 25/IV 1964 г. Подписано к печати 27/VII 1964 г. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Физ. печ. л. 9,5,
Усл. печ. л. 15,58. Уч.-изд. л. 16,3. Изд. № 1426-63 М-11435 Тираж 14600 экз. Цена 1 р. 07 к. Заказ № 1852.
Издательство «Судостроение», Ленинград, ул. Гоголя, 8

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Ленинград, ул. Моисеенко, д. 10

О Г Л А В Л Е Н И Е

От автора	7
Введение	8

Ч А С Т Ь I

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЧИТАТЕЛЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ АНАЛИЗУ СХЕМНЫХ ЗАДАЧ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СИМВОЛИКЕ И ЛОГИКЕ СХЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

§ 1. Смысл и цель схемных изображений. Схема как источник информации. Особенности средств схемной информации	11
§ 2. Общие соображения о схемных ошибках, происхождении и последствиях их	14
§ 3. Методические указания и советы общего характера	18

ГЛАВА II

ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ В СХЕМАХ И УПРАЖНЕНИЯ В ИСПРАВЛЕНИИ ИХ СРАВНЕНИЕМ ВАРИАНТОВ

§ 4. Ошибки, типичные для релейно-контакторных схем	20
§ 5. Обнаружение простейших типичных ошибок в схемах силовых установок переменного тока	21
§ 6. Исправление схемы быстрой синхронизации судовых генераторов при помощи дросселя	25
§ 7. Обнаружение ошибок в схемах электроприводов постоянного тока	26
§ 8. Ошибки, типичные для электронных схем, и обнаружение их	—
§ 9. Ошибки, типичные для измерительных схем, и обнаружение их	32
§ 10. Следящая система гирокомпаса без усиления	35
§ 11. Схема автоматического рулевого устройства с магнитным компасом	36
§ 12. Некоторые типичные ошибки, искажающие схемы с обратными связями	37

§ 13. Схема астатической системы автоматического регулирования напряжения	38
§ 14. Упражнения по логическим схемам, составленным из электронных и полупроводниковых элементов	39

ГЛАВА III

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА НАХОЖДЕНИЕ И ИСПРАВЛЕНИЕ СХЕМНЫХ ОШИБОК

§ 15. Автоматический подъем и опускание качающихся столов реверсивного стана горячей прокатки	41
§ 16. Автоматический пуск, реверсирование и быстрая остановка компаундного двигателя постоянного тока	43
§ 17. Автоматическая блокировка пуска и остановки котла	45
§ 18. Электронный мост с автоматическим уравниванием	47
§ 19. Электрическая схема автоматического регулирования судовой отопительной системы	49
§ 20. Следящая система с жесткой отрицательной обратной связью и корректирующим контуром переменного тока	53
§ 21. Электронная модель трансформатора в режиме холостого хода или при весьма малой нагрузке	56
§ 22. Четырехшинная матричная схема на неоновых лампах	58

Ч А С Т Ь II

СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

I. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИЛОВЫМ УСТАНОВКАМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Задача 1. Пуск, остановка и реверс асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	59
Задача 2. Управление асинхронным двухскоростным реверсивным двигателем с короткозамкнутым ротором	—

<i>Задача 3.</i> Управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя	60
<i>Задача 4.</i> Управление рулевым электроприводом трехфазного тока	61
<i>Задачи 5 и 6.</i> Автоматическое управление реверсивным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором при включении через автотрансформатор	63
<i>Задача 7.</i> Управление асинхронным нереверсивным двигателем с фазовым ротором в функции времени	—
<i>Задача 8.</i> Пуск синхронного двигателя средней мощности от пониженного напряжения при включении через активные сопротивления	64
<i>Задача 9.</i> Управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором по контакторной системе	—
<i>Задача 10.</i> Управление асинхронным трехфазным нереверсивным двигателем с короткозамкнутым ротором с двумя обмотками	65
<i>Задача 11.</i> Автоматический пуск электропривода шпилевого устройства	67
<i>Задача 12.</i> Управление асинхронным трехфазным двигателем крана для подъема шлюпок с двухскоростным редуктором и двухступенчатым регулированием скорости	—
<i>Задача 13.</i> Контроллерное управление асинхронным реверсивным двигателем с фазовым ротором	68
<i>Задача 14.</i> Пуск и аварийная остановка реверсивного асинхронного двигателя с двумя тормозами и центробежным выключателем	69
<i>Задача 15.</i> Автоматическое управление синхронным двигателем низкого напряжения при пуске от пониженного напряжения	71
<i>Задача 16.</i> Автоматическое управление высоковольтным синхронным электродвигателем при тяжелом пуске через реактор	72
<i>Задача 17.</i> Бесконтактное управление электроприводом трехфазного тока с дросселями насыщения и фазовым дискриминатором для рулевого устройства	73
<i>Задача 18.</i> Управление асинхронным двигателем с дросселями насыщения и магнитным усилителем для электропривода оперативной лебедки землесоса	74
<i>Задача 19.</i> Судовой индукторный генератор с самовозбуждением	75
<i>Задача 20.</i> Двухфазный сервопривод с двухкаскадным магнитным усилителем	76

<i>Задача 22.</i> Управление пуском шунтового двигателя в зависимости от тока	78
<i>Задача 23.</i> Управление компаундным нерегулируемым двигателем постоянного тока с динамическим торможением	—
<i>Задача 24.</i> Автоматизация пуска нереверсированного компаундного двигателя с двумя ступенями ускорения по принципу противоэлектродвижущей силы	79
<i>Задача 25.</i> Автоматизация пуска в функции времени двигателя постоянного тока параллельного возбуждения	80
<i>Задача 26.</i> Управление нереверсивным шунтовым двигателем с динамическим торможением и реле управления полем	—
<i>Задача 27.</i> Управление шунтовым двигателем в функции э. д. с. с торможением противо-током	81
<i>Задача 28.</i> Автоматическое управление реверсированным регулируемым шунтовым двигателем постоянного тока с динамическим торможением	82
<i>Задача 29.</i> Соединения главной и вспомогательной цепей серийного двигателя постоянного тока при автоматическом реверсировании	83
<i>Задача 30.</i> Автоматическое управление нереверсивным шунтовым двигателем при помощи тайм-такторов	84
<i>Задача 31.</i> Автоматический пуск нереверсированного и нерегулируемого двигателя постоянного тока с серийными контакторами ускорения закрытого типа (с двумя ступенями пусковых сопротивлений) по принципу ограничения силы тока	—
<i>Задача 32.</i> Контактное управление электродвигателем цепного подъемника	85
<i>Задача 33.</i> Автоматический пуск шунтового двигателя (реверсивного нерегулируемого) с независимой выдержкой времени	—
<i>Задача 34.</i> Автоматическое управление мощным сервоприводом постоянного тока	86
<i>Задача 35.</i> Автопогрузчик	—
<i>Задача 36.</i> Управление реверсивным регулируемым серийным двигателем в функции тока	87
<i>Задача 37.</i> Автоматическое управление пуском и торможением серийного двигателя при помощи командоконтроллера	88
<i>Задача 38.</i> Управление компаундным двигателем постоянного тока	89
<i>Задача 39.</i> Непосредственное управление при помощи контакторной станции реверсивным шунтовым электродвигателем со стабилизирующей серийной обмоткой	—
<i>Задача 40.</i> Управление судовой тральной лебедкой с электродвигателем последовательного возбуждения	90
<i>Задача 41.</i> Автоматический пуск нереверсивного шунтового двигателя при помощи тайм-такторов	91

II. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИЛОВЫМ УСТАНОВКАМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

<i>Задача 21.</i> Управление нерегулируемым нереверсивным шунтовым электродвигателем постоянного тока	77
---	----

III. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ПО БЛОКИРОВКЕ, ЗАЩИТЕ И СИГНАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

Задача 42. Блокировка электроприводов механизма непрерывного транспорта	91
Задача 43. Управление группой транспортеров	92
Задача 44. Блокировка пуска и остановки четырех электродвигателей	93
Задача 45. Телеискатель повреждений в цепи дистанционного управления затворами шлюзов	94
Задача 46. Нахождение неисправностей в электрооборудовании поточных линий	95
Задача 47. Максимальная и нулевая защита электропривода постоянного тока при напряженном повторно кратковременном режиме	96
Задача 48. Дифференциальная и максимальная защита параллельных фидеров	98
Задача 49. Защита и блокировка генераторов гребных электрических установок (ГЭУ) постоянного тока	99
Задача 50. Управление процессом самосинхронизации синхронного компенсатора	100
Задача 51. Управление электромагнитными муфтами в судовых условиях	101
Задача 52. Защита котла по обрыву факела	103
Задача 53. Автоматический контроль и сигнализация судовой котельной установки	104
Задача 54. Автоматика вспомогательной части комбинированного котла теплохода	105
Задача 55. Автоматика водогрейного котла теплохода	—
Задача 56. Автоматика судового вспомогательного котла КВА-450/2,5	106

IV. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ НА ДАЮЩИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК

Задача 57. Индукционный виброметр	108
Задача 58. Электронный вольтметр	109
Задача 59. Радиоактивное реле	—
Задача 60. Емкостный влагомер	110
Задача 61. Дистанционный указатель уровня воды в судовом паровом котле	111
Задача 62. Соленомер с температурной компенсацией	—
Задача 63. Емкостный уровнемер	113
Задача 64. Измерение разности уровней в шлюзовых сооружениях	114
Задача 65. Дифференциально-трансформаторная измерительная схема с автоматическим уравниванием	116
Задача 66. Автоматический компенсатор (потенциометр)	117
Задача 67. Гидромеханический лаг	118
Задача 68. Датчик контроля уровня жидкого металла (типа ИУ-3)	119
Задача 69. Индукционный датчик момента вращения	—

V. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ НА АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ

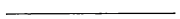
Задача 70. Электрогидравлический регулятор температуры для судового утилизационного котла	120
Задача 71. Двухпозиционный двухимпульсный регулятор температуры воды для вспомогательного котла дизель-электрохода	121
Задача 72. Пропорциональный (статический) регулятор температуры воды в утилизационном котле	122
Задача 73. Электрогидравлический регулятор скорости турбины, вращающей судовой генератор	123
Задача 74. Автоматическое регулирование мощности гребной электрической установки постоянного тока при наличии отбора мощности от главных дизелей на судовые нужды	124
Задача 75. Автоматический угольный регулятор напряжения (РУН) синхронного генератора с токовой компенсацией	125
Задача 76. Система фазового компаундирования синхронного генератора с корректором напряжения	126
Задача 77. Система стабилизации частоты в сети корабельного генератора с приводом постоянного тока	—
Задача 78. Электрогидравлический регулятор частоты в корабельной сети	127
Задача 79. Двухимпульсный электромеханический регулятор скорости вращения дизель-генератора	128
Задача 80. Автоматическое регулирование тока возбуждения генератора и двигателя системы Г—Д в зависимости от нагрузки гребной электрической установки	129
Задача 81. Следящий электропривод судового рулевого устройства	—
Задача 82. Следящая система с потенциометрическим датчиком	130
Задача 83. Двухскоростная следящая система с релейной синхронизацией	131
Задача 84. Синхронизирующая цепь с неоновой лампой	132
Задача 85. Следящая система с тиратронным управлением	—
Задача 86. Следящая система с тахогенератором переменного тока	133
Задача 87. Следящая система с тахогенератором постоянного тока	—
Задача 88. Электронный регулятор ЭР-III	—

VI. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ НА СЧЕТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ, МОДЕЛИРУЮЩИЕ И ЛОГИЧЕСКИ-РЕШАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Задача 89. Мостовое вычислительное устройство	138
Задача 90. Автоматический тепломер	139
Задача 91. Операционный усилитель электронной модели	141

Задача 92. Электронная модель двигателя постоянного тока	142
Задача 93. Электронная модель системы автоматического регулирования скорости двигателя	—
Задача 94. Десятичный счетчик с использованием заряда конденсатора	144
Задача 95. Феррорезонансный сдвигающий регистр	145
Задача 96. Трои́чная матрица с трехпозиционными механическими переключателями	—
Задача 97. Диодная матрица с электронными переключателями	146

Задача 98. Устройство памяти и тиратронных ключей управляющей цифровой электронной машины	—
Задача 99. Полупроводниковая схема управления цифровыми магнитами печатающего устройства информационной машины	148
Задача 100. Электронный преобразователь цифровых величин в аналоговые	—
Приложение. Синоптическая таблица различий в обозначениях некоторых основных элементов схем	150



ОТ АВТОРА

Автоматика немыслима без схем, и, следовательно, каждый интересующийся ею должен понимать схемы и обладать необходимыми навыками в их составлении и исправлении. Настоящая книга и предназначена для развития таких навыков путем решения задач, поставленных на схемах автоматического управления, регулирования, блокировки и счетно-решающих устройств. Большинство задач прямо или косвенно относится к судовым устройствам, но они могут быть полезны для развития схемного мышления и у лиц, интересующихся автоматизацией в других областях. Только связь, радиотехника, телемеханика и электрическая тяга не входят в содержание предлагаемых читателю схемных задач.

Все сто задач приведены во второй (основной) части сборника. Они предназначены для самостоятельного анализа и проверки соответствия того, что от схемы требуется согласно описанию, тому, что на ней изображено, так как автор ввел в предлагаемые схемы ошибки, обнаружить и устранить которые читатель должен самостоятельно.

Этот методический прием обучения не нов: автор столкнулся с ним почти полвека назад во время лабораторных занятий на учебной телеграфной станции, проводившихся под руководством такого знатока своего дела, каким был Ф. К. Гейне. Довольно скоро автор и его товарищи убедились, что ни одна из схем, собранных ими, не действует: некоторые провода не давали электрических соединений, контакты оказывались замкнутыми накоротко, и, таким образом, приходилось начинать всю работу сначала с обнаружения и устранения этих неведомо откуда взявшихся ошибок.

Десять лет спустя и позже, начав преподавание совсем иных дисциплин (электрификация железных дорог, тяговые расчеты, устройство и расчеты путевого контактного оборудования, автоматизация производственных процессов, автоматическое регулирование), автор применял этот прием «на бумаге» на экзаменах и в упражнениях, что также всегда давало положительные результаты.

Читая с 1956 г. курс пускорегулирующей аппаратуры и автоматики, автор составил систематизированный сборник задач, изданный небольшим тиражом (500 экземпляров) в 1959 г. ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина).

В настоящем издании круг задач расширен.

Автор считает своим долгом принести искреннюю благодарность своему ученику и неизменному помощнику инженеру-электрику М. В. Левину за неоценимое содействие при составлении и решении ряда задач (в особенности «электронного» характера), а также инженеру-электрику В. М. Кейн за большую и напряженную работу по оформлению и подготовке рукописи и схемного материала к печати.

Профессор Б. М. Мордовин и начальник кафедры ВМОЛА контр-адмирал Л. П. Веретенников с сотрудниками кафедры при рецензировании книги сделали ряд ценных замечаний, за что автор выражает им свою признательность.

Автор обращается с просьбой ко всем читателям присылать свои замечания по этому не совсем обычному пособию по адресу: Ленинград, Д-65, ул. Гоголя, 8, издательство «Судостроение».

ВВЕДЕНИЕ

Более полувека тому назад профессор Дж. Перри утверждал, что учащийся «переоткрывает» всякую сообщаемую ему истину, причем каждый делает это по-своему: один просто верит словам учителя или книги, другой прослеживает добросовестно за всем сообщаемым ему ходом рассуждений, третий доверяет только собственному опыту, в некоторых случаях многократному, и т. п. Безразлично, каким путем произойдет открытие истины, лишь бы она была открыта.

Еще раньше Сен-Венан заметил по поводу предложенного им нового, очень наглядного доказательства теоремы Пифагора: «Когда научная истина уже известна, можно придумать неопределенно большое число ее выводов и доказательств». Заметим, что несомненно это так и есть, но возможные доказательства не одинаковы по краткости, наглядности и т. п.

Есть еще одна сторона вопроса, которую следует учитывать в процессе обучения и которая в жизни и практической деятельности всякого инженера имеет существенное значение. Это — умение не только найти правильное решение, но и отличить неправильное от верного или, иначе говоря, умение обнаружить и исправить ошибку. Это требует от обучающегося некоторой подготовки, но, с другой стороны, оказывается весьма эффективным средством для самой подготовки.

Кроме того, в процессе обучения весьма важна оценка прочности усвоенного. Многолетняя практика преподавателя показала, что закрепляются прочно только те знания, на приобретение которых обучающийся затратил некоторый труд.

Но в этом вопросе нежелательны крайности. Если истина познается в результате тяжелого труда, то учащийся может бросить попытку самостоятельно добиться решения вопроса и предпочтет «поверить» результату. Поэтому ни в коем случае не следует возлагать на учащегося непосильный труд. Но так же недопустимо

и чрезмерное облегчение задачи: то, что без труда приобретено, сохраняется очень недолго.

Дело методического и педагогического такта и опыта преподавателя найти ту «золотую середину», которая, с одной стороны, избавляла бы учащегося от непосильного для него труда, а с другой стороны, давала бы ему возможность «показать свои силы» на доступном ему материале, а не преодолевать лишь «детские» затруднения.

Применяя эти общие соображения к проблеме развития «схемного мышления», необходимого для всякого, кто интересуется автоматикой, приходится заметить, что в этом деле не все обстоит благополучно. А между тем, трудно представить себе книгу или статью по автоматике (за исключением чисто теоретических работ), которая не была бы снабжена более или менее сложным схемным материалом. В проектных и исследовательских институтах по автоматике и в отделах контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики большинства производственных предприятий, где разрабатывают и собирают схемы, персонал должен обладать надлежащей опытностью, т. е. надлежащим «схемным мышлением».

Среди части этого персонала, обладающей должными навыками и знаниями, могут встретиться лица с ограниченным опытом, которые, справляясь успешно с привычным по содержанию схемным материалом, испытывают затруднения при встрече с новыми для них схемными задачами. Тогда и им придется перейти в категорию обучающихся.

Схемный материал обычно сопровождается описаниями. Однако иногда следование за текстом по начерченной схеме не избавляет пользующегося ею от некоторых недоуменных вопросов, а подчас и от непонимания существа дела, как обычно бывает, когда приходится «читать» схему без описания.

Перед преподавателем встают еще и некоторые серьезные затруднения при проверке

усвоения и понимания обучающимся схемного материала.

Требовать от студента, чтобы он вычерчивал на память все необходимые схемные решения, нецелесообразно — прежде всего потому, что при этом возникает опасность свести понимание к запоминанию, иногда без должного уяснения существа дела. Память может изменить, и без подкрепления догадки или воспоминания логическими посылками и выводами могут возникнуть ошибки, чреватые в производственных условиях неприятными последствиями.

Можно представить себе и другие способы проверки схемных навыков обучающегося — предоставление возможности самостоятельно разобраться в незнакомой схеме (без описания или с описанием ее) или предъявление «немой» схемы с требованием нанести необходимые обозначения элементов и контактов (с текстом или без текста).

Последний способ более рационален, но оба они требуют очень много времени и не дают полной уверенности в том, владеет ли в должной степени испытуемое лицо схемными навыками. Самое же главное — эти способы проверки невозможны без преподавателя или лица, дающего задания.

Предлагаемые в этой книге упражнения основываются на том, что читатель для анализа дается схема, внешне правильная и относящаяся к некоторому конкретному случаю, но имеющая одну или несколько ошибок. При этом прилагается описание тех операций, которые должна выполнить правильная схема и которые предложенная схема не выполнит.

Необходимо логическим анализом (т. е. сопоставлением того, что изображает схема, с тем, что она должна изображать и выполнять) найти схемную ошибку и, исправив ее, описать те последствия, которые имели бы место, если бы ошибки не были исправлены.¹

Так составлены все 100 задач настоящей книги. Задачи разбиты на шесть разделов и имеют в каждом разделе различную степень трудности.

Автор сознательно сохранил различные схемные обозначения, а не представил их в виде, требуемом действующим в настоящее время ГОСТ 7624—62, так как на практике читатель встречает в ранее изданной литературе, а также в литературе иностранной различные обозначения. Одним из требований при

решении задач является перевод схемы в обозначения по ГОСТ 7624—62. Различные обозначения в схемах одних и тех же элементов скорее приучат читателя к логическим представлениям, к пониманию сущности процессов. В Приложении приведена синоптическая таблица различий в изображениях основных элементов схем.

В некоторых задачах читатель может встретиться с такими терминами, которые в современной литературе мало употребляются. Они оставлены в тексте для того, чтобы читатель принудительно обращал большее внимание на содержание слова.

Для выработки у читателя приемов самостоятельного решения задач и тренировки его в этом в первой части книги помещено около сорока задач «учебного» характера. Для облегчения решения подготовительные задачи сгруппированы в большинстве по признакам часто встречающихся ошибок определенного класса и, кроме того, правильный вариант решения дан рядом с неправильными, что облегчает распознавание правильного решения. Цели, предназначение и действие искомой схемы одинаковы для всех вариантов (верных и неверных), и, следовательно, внимательное сличение их позволяет установить различия между ними. После этого не требуется большой сообразительности, чтобы выяснить последствия применения каждого из вариантов, чем, в сущности, и решается задача.

Некоторые задачи первой части даны с довольно подробно разработанными решениями и имеют, таким образом, уже чисто учебный «демонстрационный» характер. Поэтому если читатель не сможет самостоятельно решить задачи первой группы, основанные на распознавании правильного варианта схемы в ряду неправильных, ему следует, разобрав решение задачи демонстрационного характера, вернуться к первым и попробовать снова их решить.

Обилие и разнообразие предлагаемых упражнений (как по тематике, так и по степени трудности) и методика их расположения позволяют надеяться, что читатель найдет такие, которые подходят ему по его склонностям и силам.

Весь комплекс задач первой и второй частей книги составлен, разумеется, в предположении, что читатель имеет известную подготовку в тех отраслях автоматики, из которых выбраны эти задачи.

Если читатель обнаружит недостаточное понимание существа операций и действий элементов схемы, то он прежде всего обратится к соответствующим источникам для пополнения своих знаний. Это обстоятельство является одним из способов расширения и углубления

¹ Заметим, что среди введенных в предложенные схемы ошибок могут встретиться не только неправильные включения тех или иных элементов, но иногда и отсутствие элементов или их обозначений, что с точки зрения схемной является также ошибкой.

знаний в соответствующих областях автоматизации, по крайней мере — в ее схемном выражении.

Конечно, для успешного решения любой задачи из предложенных требуются и знания и известная интуиция или находчивость. Знания (в данном случае комплекс определенных сведений и способов пользования ими) приобретаются изучением книжного материала. Находчивости научить нельзя, но она развивается

преодолением определенных затруднений и в конце концов также приобретает соответствующую практику.

Мы закончим нашу вводную часть указанием, что хотя на первый взгляд схемные проблемы и задачи могут представляться весьма сухой материей, тем не менее предлагаемый читателю комплекс задач-«загадок», как любое состязание, не лишен известной занимательности.

ЧАСТЬ I

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЧИТАТЕЛЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ АНАЛИЗУ СХЕМНЫХ ЗАДАЧ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СИМВОЛИКЕ И ЛОГИКЕ СХЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

§ 1. СМЫСЛ И ЦЕЛЬ СХЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ. СХЕМА КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ. ОСОБЕННОСТИ СРЕДСТВ СХЕМНОЙ ИНФОРМАЦИИ

«Нам удалось увидеть . . . прекрасную картину масляными красками, изображающую последнее свидание Джексона. . . с генералом Ли. Оба верхом. Джексон только что подъехал и что-то говорит Ли. Картина представляет собой большую ценность, так как портреты подлинны. Но, как и многие другие исторические картины, она ровно ничего не говорит без подписи. А подпись к ней годилась бы любая:

Первое свидание Ли и Джексона.

Последнее свидание Ли и Джексона.

Джексон представляется Ли.

Джексон принимает приглашение Ли к обеду.

Джексон с благодарностью отклоняет приглашение Ли к обеду.

Джексон извиняется за проигранное крупное сражение.

Джексон докладывает о великой победе.

Джексон просит у Ли спичку». ¹

К этому можно было бы добавить, что необходимо еще знать, какая из конных фигур изображает Ли и какая Джексона, и, кроме того, кто такие были эти генералы.

Однако на вопросе, для чего мы привели эту длинную цитату из книги знаменитого юмориста, мы остановимся позднее, а пока обратимся к слову «схема» — к тому содержанию, которое мы вкладываем в него.

Существующее уже много веков греческое слово Σχῆμα («схема»), в переводе означающее образ, вид, изображение, порядок, сохранило и сейчас чрезвычайно широкое применение.

Наряду с такими общепринятыми выражениями, как «схема электрической проводки» или «схема городской водопроводной сети», никого не удивят и такие выражения: «схема рассуждений этого автора грешит. . .», «схема заслушанного доклада состоит. . .» или «схема Ютландского боя».

Наконец, интересно, что на английском языке слову «a scheme» придается, кроме указанных, неожиданно для нас еще и совершенно другой смысл,¹ а именно — обдуманного втайне заговора, чего-либо опасного, бесчестного, словом, того, что мы называли бы злоумышлением или интригой. Следовательно, на этом языке и производные от этого слова, как, например, «schemer» или «scheming», гораздо ближе подходят по своему значению к злоумышленнику, заговорщику, интригану и, вообще говоря, к людям, обдумывающим и выполняющим нечто предосудительное, чем к лицу, составляющему, например, схему автоматической подстанции. ²

¹ «The advanced learner's dictionary of current english» by A. S. Hornby, E. V. Gatenby, H. Wakefield. London. Oxford Univ. Press, 1958.

² Приходится признаться, что когда автор вместе со своим помощником при составлении схемных задач для этой книги обдумывал, как наиболее незаметно изменить схему, лишая ее работоспособности, он сознавал известную справедливость и английского трактования слова «scheming».

¹ М. Твен, Жизнь на Миссисипи, гл. XIII. Гослитиздат, 1960, стр. 527.

Кстати сказать, в англо-саксонской технической литературе, как правило, то, что мы называем схемой, именуется другими словами: «connection diagram» («диаграмма соединений» вместо «схемы соединений»), «basic diagram» (вместо «элементарная схема»). И в немецкой практике вместо слова «схема» приняты выражения «Schaltung, Schalt-Bild» (т. е. включение, картина, «образ включения»). «Zusammenstellung von Schaltzeichen», означающее в переводе «таблица схемных обозначений», не имеет в основе греческого слова «схема».

Напротив, во французской литературе применение слова «схема» столь же часто, как и в нашей.

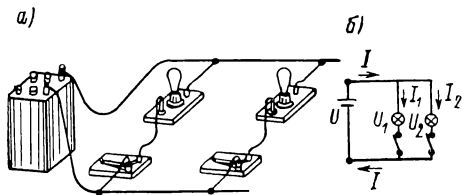


Рис. 1-1.

Не входя в толкование различных значений слова «схема», остановимся на его значении в смысле «изображение».

Конструктивный чертеж, рисунок, картина или фотографический снимок, являясь изображениями чего-либо, схемами все же не являются. Чем менее условными и более натуралистичными будут эти изображения, тем с меньшим основанием они могут быть названы схемами.

Последовательное соединение двух ламп накаливания, питающихся от аккумулятора, и ключа в цепи изображено и на рис. 1-1, а и на рис. 1-1, б. Однако схемой правильнее назвать рис. 1-1, б, а не рис. 1-1, а, хотя последний для некоторых читателей может показаться более ясным и наглядным.

Точно так же и изображение трехфазного двигателя на рис. 1-2, а, хотя и более наглядное, для понимания логики схемы менее ясно, чем изображение на рис. 1-2, б.

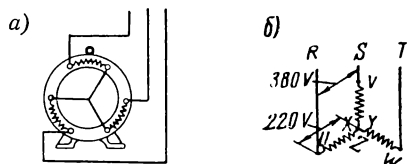


Рис. 1-2.

Освобождение «картинного» изображения предмета (или элемента схемы) от всех присущих ему второстепенных особенностей для того, чтобы подчеркнуть немногие главные свойства,

позволяет обобщить элементы и взаимоотношения между ними, переводя их из индивидуальных в типичные, и четко выявить основной логический замысел изображения. Короче говоря, схема всегда превращает «индивида» в «вид».

Но тогда наиболее условной, т. е. лишенной каких-либо жизненных подробностей, является подпись к картине, которая тоже ведь представляет собой изображение понятий самым условным «буквенным» способом.

Марк Твен, цитата из произведения которого была приведена выше, в комментариях по поводу картины из эпохи гражданской войны в США в шестидесятых годах прошлого столетия писал: «Четкая подпись под исторической картиной обыкновенно, в смысле информации, стоит много большего, чем целая тонна многозначительных поз и выражений лиц».

С точки зрения современной теории информации это совершенно верно. У электрического выключателя может быть сколько угодно свойств и особенностей как со стороны его внешнего вида, так и устройства, но только одно свойство является безусловно обязательным для него и должно быть известно нам: способен ли он замкнуть или разомкнуть электрическую цепь. Информация об этом его главном и основном свойстве должна быть определенной и однозначной и, следовательно, не может допускать множественных толкований. Язык схемы должен обладать достаточной мощностью и определенностью, чтобы лицо, знающее символику этого языка и пользующееся ею, не могло спутать столь радикально отличающиеся друг от друга информации, как принимает ли генерал Джексон приглашение генерала Ли на обед или с благодарностью отклоняет. Информация о возможности для электрической цепи быть замкнутой или разомкнутой должна быть еще более определенной, чем информация о возможном принятии или отклонении приглашения, так как схема должна принудительно приходить в определенное состояние при реализации замыкания или размыкания, а человек может принять приглашение и все же не быть на этом обеде, или наоборот.

Кажущаяся бедность средств изображения событий языком схемы тем не менее позволяет этими средствами выразить то, что «картинное» изображение не может сделать, несмотря на богатство своих изобразительных средств, а именно — последовательность и порядок событий или фактов, а также результаты их.

Сравните, например, фотографическое изображение одного эпизода морского боя (рис. 1-3) со схемой боевых действий на море (рис. 1-4).

Если рис. 1-3 лишить содержащейся в оригинале подписи («Гибель английского авианосца

«Игл», торпедированного немецкой подводной лодкой»), то из фотографии вовсе не ясно, обязательно ли должен перевернуться корабль или он, получив этот чудовищный размах на

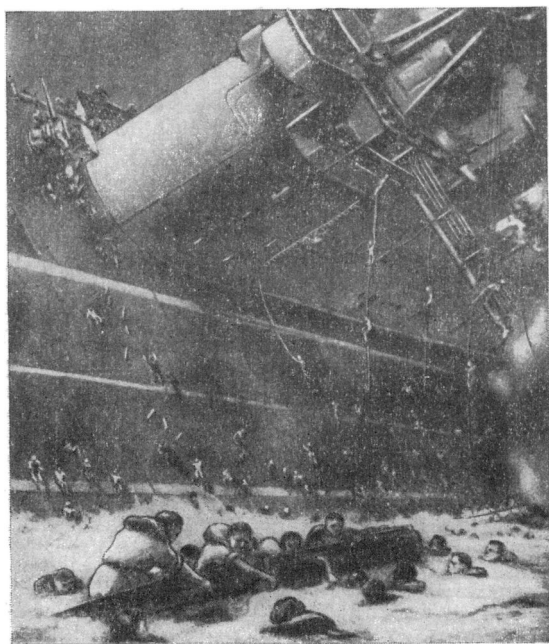


Рис. I-3.

левый борт, может еще выправить крен; спасутся ли плавающие в воде люди или погибнут; закончится ли морской бой потоплением этого корабля или сражение будет продолжено другими боевыми единицами, и т. д. (не говоря уже о том, что не ясно, какой из воюющих сторон принадлежит корабль).

На схеме же боевых действий в Атлантическом океане в 1941 г. (рис. I-4) специальными символами обозначены линии продвижения кораблей, участвовавших в боевых действиях, места и даты гибели кораблей, минные заграждения и другие необходимые сведения, позволяющие читателю, знакомому с символикой схемы, не только выяснить хронологическую и логическую последовательность событий, но и высказать некоторые обоснованные суждения о том, что произошло бы, если бы ход действий был другим (скажем, если бы какие-либо корабли шли иным курсом). Картина этого выполнить не может.

Таким образом, особенность изображения, данного в виде схемы, состоит и в том, что хотя схема не всегда может выразить то, что было, она (в надлежащем исполнении) должна выразить то, что есть, и то, что будет при осуществлении известных изменений.

Язык схемы со своими обозначениями или символами близок к математическому языку. Это объясняется тем, что как математический язык, так и язык схемы суть языки «идеографические», т. е. выражают комбинацией своих символов идеи, события, действия и т. д.

Знаки сложения (+) и вычитания (—), одинаковые во всех странах, выражают одни и те же операции даже для тех, кто может не знать, какими словами выражаются они на чужих языках.

Особенно ясна эта идеографическая универсальность в нотной символике; опытный музыкант любой национальности передает мысль композитора, совершенно не нуждаясь в знании его родного языка.

Правда, символика схем в различных странах имеет некоторые, подчас серьезные, различия (см. Приложение). Более того, быстрое развитие техники заставляет изменять и совершенствовать азбуку схем по мере того, как в существующую символику перестают «укладываться» новые технические элементы; язык

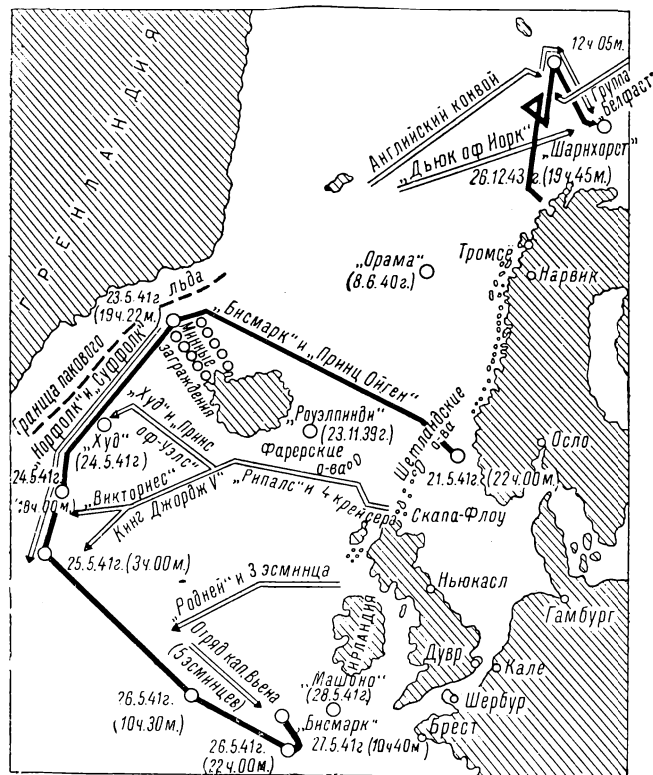


Рис. I-4.

схемы изменяется значительно быстрее, чем не только нотная запись, но и математическая символика и азбука литературного языка. Однако различия в обозначениях в разных странах и

в разные времена все же не мешают пониманию логики действия схемы, в чем читатель убедится при рассмотрении материала последующих глав, где схемы умышленно приведены в различных обозначениях [советских (разных лет), американских, немецких]. Это — только смена алфавита, и она столь же мало влияет на информацию, как для знающего немецкий язык написание немецкой фразы готическим шрифтом вместо латинского.

Математическое «письмо» также способно (особенно в комплексе с другими средствами выражения) дать ход последующих событий, логически вытекающих из первоначальных, но в некоторых отношениях математический язык отличается от схемного.

Схема, скажем электрическая, не теряет и не приобретает никаких новых свойств, будучи зеркально деформирована относительно как вертикальной, так и горизонтальной осей симметрии. Иначе говоря, ее свойства не изменяются и не должны изменяться при перемене направления или порядка чтения. Это условие обязательно и очевидно для электрических, кинематических, гидравлических, даже тактических и стратегических схем, т. е. для всякой схемной символики, в чем читатель легко может убедиться сам, перечертив любую из схем. Но для математической символики это не всегда верно, и хотя закон переместительности справедлив в некоторых случаях, когда порядок чтения не меняет смысла выражения, например

$$x = y + z, \quad z + y = x,$$

$$x = y \cdot z, \quad z \cdot y = x,$$

во многих других случаях он не действителен, так как выражение теряет всякий смысл, например

$$y = \frac{1}{T} \int_0^T t \sin \omega t dt,$$

$$t dt \omega \sin t \int_0^T \frac{1}{T} = y.$$

В этом отношении символика математического языка схожа с буквенной символикой русского и любого другого языка, так как смысл слова или даже фразы за редкими исключениями теряется при перемене порядка буквосочетания, слов или порядка восприятия информации.

Исключения из этого правила, именуемые «логогрифами», все же существуют. Это, например, такие слова, как «потоп», «кабак», «мадам», «ротор» или знаменитая фраза из «Бурсы» Помяловского «я иду с мечем судия», или еще более длинная и курьезная фраза «а роза упала

на лапу азора», в которой буквосочетание из двадцати одной буквы сохраняет свое содержание и при перемене направления чтения.

В любом языке можно найти такие логогрифы, иногда способные вызвать улыбку читателя, но суть дела в том, что они являются исключением из правила. В схемной же символике, которой мы будем заниматься далее, это свойство и особенности являются правилом, что и нужно иметь в виду при анализе предлагаемых ниже задач.

Заметим, что нотная символика также не допускает обращения чтения музыкальных произведений, и «музыкальные логогрифы» чрезвычайно редки и бессодержательны.

Но в одном отношении математические и музыкальные обозначения сходны со схемной символикой: они приносят пользу только тогда, когда применяются теми, кто понимает существо этих обозначений и умеет приложить свои знания к практическим требованиям. Так же бесполезно стараться заучить схемные обозначения, не вдумываясь в существо дела, как и заучив математические или нотные знаки — этим и ограничиться.

Все сказанное выше приводит нас к некоторым определенным выводам:

1) схемная символика должна быть однозначной и не допускать различных толкований;

2) свойства схемной символики и сама она должны быть основательно изучены перед составлением и чтением схем;

3) знание схемной символики и успешное пользование ею не заменяют основательного знания существа и логики тех процессов, которые выражаются схемными обозначениями.

§ 2. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ О СХЕМНЫХ ОШИБКАХ, ПРОИСХОЖДЕНИИ И ПОСЛЕДСТВИЯХ ИХ

Кто из нас не ошибался сам и не замечал еще более крупных чужих ошибок?

Читателю этой книги, если только он захочет извлечь некоторую пользу из нее, придется, несомненно, познакомиться с обнаружением и ликвидацией чужих ошибок, причем удача в этих поисках будет связана с отсутствием в его рассуждениях ошибок собственных.

Прежде всего заметим, что мы всегда склонны оценивать не столько качество, сколько величину ошибок: «большой ошибкой в этом деле было...» или «даже малейшая ошибка в исходных данных...». Но иногда отсутствие указания на величину ошибки еще больше акцентирует эту особенность. Узнав о том, что по распоряжению Наполеона был захвачен и расстре-

лян герцог Энгиеннский, Талейран сказал: «Это было больше, чем преступление, — это была ошибка», что звучит очень сильно.

Между тем, дело, конечно, не столько в размерах, сколько в очевидности ошибки; с другой же стороны, громадное значение имеют последствия ошибки, т. е. те события или результаты, причиной которых она явилась.

«Сейчас известны три трассы внутренних водных путей между Черным и Балтийским морями... Все они использовались в прошлом, но в настоящее время практически непригодны для плавания больших судов. Первая трасса соединяет Днепр через Припять каналом с Бугом, откуда суда могут попасть в Вислу, впадающую в Средиземное море...».¹

Впадение Вислы в Средиземное море противоречит всем законам природы, и потому такое утверждение вряд ли будет иметь какие-либо практические последствия. Река Висла будет течь в надлежащем направлении в Балтийское море, и если бы даже и нашлись такие туристы-энтузиасты, которые захотели бы попасть по этой реке в один из портов Средиземного моря, то они могли бы убедиться в тщетности своих намерений до начала путешествия.

Вследствие своей нелепости эта очевидная ошибка никаких вредных последствий иметь не может.

Но вот два примера, которые показывают несколько иное.

1. Встречаясь летом 1919 года в Опытном судостроительном бассейне с академиком А. Н. Крыловым, автор среди многих других замечательных рассказов услышал следующую историю.

Во второй половине прошлого столетия одно британское судно, следуя в туманную погоду около заведомо опасных мест восточного побережья Англии, налетело на камни и разбилось. Погиб корабль, груз, имелись человеческие жертвы. Капитана отдали под суд. На суде оказалось, что по сохранившимся и представленным капитаном документам со всеми вычислениями прокладка курса как раз и вела корабль к опасному району, а не от него. Капитан настаивал на правильности своих вычислений, была предпринята проверка их экспертами-штурманами; последние признали правильность расчетов вычислителя, но обнаружили ошибку — опечатку в одной величине, находившейся в таблицах справочника *Nauti-*

cal Almanac, по которому определялось местонахождение корабля (две рядом стоящие цифры были переставлены местами). Капитана оправдали, а затем немедленно была предпринята полная проверка всех таблиц, которая показала, что в них только и существовала одна эта ошибка, приведшая в данном случае к таким трагическим результатам. С тех пор таблицы эти матрицированы, и, стало быть, имеется уверенность в отсутствии ошибок.

Здесь мы видим ряд серьезных последствий совсем не очевидной, незаметной ошибки. Можно думать, что без этих последствий ошибка эта продолжала бы существовать еще годы, как она существовала годы до этого случая.

Но то было в Англии, притом давно, и, должно быть, даже там этот случай забыт.

2. Другой случай также неочевидной ошибки имел последствия, которые и до сих пор находятся перед глазами всякого, кто только посмотрит на Кировский (бывший Троицкий) мост через Неву. Всем известно, что мост этот, в общем, построен из металлических ферм, но три пролета (ближайшие к Петровской набережной на Петроградской стороне) — каменные. По какой причине произошло такое смешение конструктивных решений в столице, самом бюрократическом городе Российской империи?

Ответ на этот вопрос автор получил в свое время от отца, бывшего тогда молодым архитектором, так как эта история, хотя и не имела широкой общественной огласки, была хорошо известна в инженерных кругах того времени.

На постройку Троицкого моста был объявлен всемирный конкурс, и первую премию получила французская фирма «Батиньоль», которой и был отдан подряд на постройку. В технических условиях на проект были приведены все необходимые данные, геологические разрезы и т. п., в том числе, конечно, и ширина реки в данном месте. Как потом выяснилось, в проект вкралась ошибка: ширина Невы была указана меньше истинной как раз на ту величину, которую мы можем наблюдать по трем каменным аркам. Никому из весьма авторитетного персонала строительного комитета и «отцам города» не пришло в голову проверить действительную ширину реки, и «проектная» ширина, а следовательно и длина моста, попала без изменения в контракт с французской фирмой. Последняя, может быть, и знала об этом, но вела свои работы и заготавливала фермы так, как это соответствовало проекту и контракту, с тем, чтобы при обнаружении ошибки согласиться на постройку дополнительного пролета, но уже за

¹ «Ленинградская правда», 23/XI 1962, № 275/14 526. Кстати сказать, в газете приведена и краткая схема, которая является сама по себе опровержением этой неверной информации.

другую, более высокую, сумму. Взять эту сумму от казны фирме, однако, не удалось, так как у нас тогда было достаточно опытных строителей и именно каменных мостовых сооружений. Решили построить недостающее своими силами, что и было выполнено.

Здесь мы имеем пример ошибки в виде очевидного несоответствия того, что есть, с тем, что должно быть, и притом ошибки, имевшей много более существенные последствия, чем тот географический курьез с Вислой, о котором шла речь выше.

Следует, конечно, исправлять всякую ошибку своевременно, пока она не успела привести к неприятным последствиям, а для этого, естественно, необходимо ее вовремя обнаружить.

При анализе схем существенным, если не главным, обстоятельством является умение определить последствия работы предложенной схемы и тем самым обнаружить несоответствие того, что следует по логике описания, с тем, что дает выполненная схема.

Современные автоматические установки являются сложными системами, в которых используются электронные, электромагнитные, электромашинные устройства, а также гидравлические, пневматические и механические усилители и передачи, не говоря уже о разнообразии самих объектов автоматизации. Ошибка, внесенная в схему одного из узлов системы или в цепь связи между узлами, часто приводит к неработоспособности всей системы в целом.

Целесообразно рассмотреть отдельные ошибки, специфичные для различных типов узлов разных схем — релейно-контакторных, электронных, измерительных, а также для схем с цепями обратной связи. Такое разделение схем и ошибок, вносимых в них, весьма условно, так как, например, в типичной измерительной схеме, построенной на электронных элементах, могут быть найдены ошибки, специфичные для электронных схем, а в схемах с обратными связями, где используются реле и электромагнитные механизмы, могут оказаться искажения, наиболее часто встречающиеся в релейно-контакторных схемах.

Однако практика поиска ошибок в элементарных схемах оказывается весьма полезной при анализе более сложных и менее очевидных схемных решений, рассмотрение которых по отдельным узлам всегда быстрее и проще приводит к желаемому результату.

Обратимся теперь к выяснению возможности появления ошибок в схемах.

При достаточном знании существа дела установление последствий действия ошибочной схемы гораздо важнее и проще, чем уста-

новление причин появления ошибок, но все же следует отдавать себе отчет в той обстановке, которая имеет место при разработке и осуществлении схемного решения на практике.

Из сказанного выше должна быть понятна неразрывная связь графического изображения схемы и ее описания. Лишь самые простые схемы могут быть прочтены только по одному рисунку (без текста) или только по тексту (без рисунка). Такие схемы, как правило, монтируются безошибочно и не требуют трудоемкой наладки. Рабочие средней квалификации выполняют подобные схемы часто вообще без всякой письменной документации на основании краткого устного объяснения.

Однако схемы большинства устройств и систем современной автоматики содержат много различных элементов, взаимодействие и соединение которых требуют письменных объяснений и графических изображений. При этом в разработке, монтаже и наладке схем участвуют иногда крупные коллективы людей, для которых, вследствие их территориальной разобщенности, графическая и описательная части схем являются единственным средством передачи информации от одного исполнителя к другому. Здесь-то и может появиться искажение этой информации.

Как правило, создание сложного устройства или системы начинается с разработки структурной, или скелетной, схемы, на которой показаны лишь основные узлы и их функциональные связи. Далее те же или (в большинстве случаев) другие инженеры разрабатывают принципиальные электрические и кинематические схемы отдельных узлов, нанося на них соединения и функциональные связи между всеми элементами. По принципиальным схемам разрабатываются монтажные, или рабочие, схемы и чертежи узлов, а затем и всего устройства, которые поступают к непосредственным исполнителям монтажных и наладочных работ. В процессе разработки отдельных узлов неоднократно изменяются принципиальные и структурные схемы всего устройства. Изменения в схемы вносятся и в ходе испытаний макетов и опытных образцов. Таким образом, в процессе работы над прибором схему читают, переписывают и исправляют многие исполнители. Только общность языка и четкость написания обеспечивают на каждой стадии работы над схемой минимум ошибок и искажений.

Следует иметь в виду и тот факт, что за время разработки схема по крайней мере один раз проходит такую стадию, при которой любое добавление или изменение, как правило, вносит ошибки. Таким этапом в жизни схемы является копировка.

Ошибки, вносимые в схему при копировке, в большинстве случаев носят характер случайных описок, которые можно устранить, сличая копию с оригиналом. При этом от контролера не требуется знания принципа действия схемы, а следовательно, он не нуждается в ее словесном описании. Правда, понимание принципа действия устройства ускоряет и облегчает контроль правильности работы копировщика, однако в некоторых случаях «осмысленный» контроль даже менее полезен, чем механический, так как человек, не знакомый с сущностью схемы, вынужден при идентификации двух изображений более тщательно и кропотливо выверять каждый участок копии.¹

Пройдя технический контроль, копия отделяется от оригинала и начинает самостоятельное существование. С этого момента обнаружение даже случайной описки, пропущенной контролером, требует внимательного прочтения как графической, так и текстовой частей схемы. Смысловое (логическое) несовпадение их является самым верным критерием наличия ошибки.

Ошибки при копировке, пожалуй, единственный класс ошибок, которые могут быть в подавляющем большинстве случаев обнаружены при внимательном сравнении графического изображения схемы и ее описания.

Чаще всего такие ошибки приводят к неправильному обозначению мест электрических соединений проводов на схемах (особенно в схемах с большим числом длинных параллельных линий), замене одних контактов другими (закрывающих размыкающими, контактов мгновенного срабатывания контактами замедленного действия), искажению или пропуску буквенных и числовых обозначений.

К ошибкам, обнаруживаемым при сравнении графического изображения схемы с ее описанием, можно отнести и неточности, возникающие при переводе схем из одной системы обозначений в другую.

Существуют, однако, такие источники схемных погрешностей, которые порождают ошибки, обнаруживаемые, как правило, только в процессе наладки приборов и систем. Это, в первую очередь, принципиальные просчеты в процессе проектирования, которые вскрываются только при экспериментальной проверке схем. В этих случаях схемы бывают неработоспособны, хотя графическое и словесное описание их на первый взгляд не содержит никаких неточностей. Чаще

всего в таких схемах основным пороком бывают «паразитные» связи через источники питания, «землю», межвитковые и межэлектродные емкости (главным образом в электронной вычислительной аппаратуре). В релейно-контакторных схемах «паразитные» цепи могут порождаться несогласованностью времени перелета контактов и времени срабатывания электромагнитных механизмов.

Иногда трудно вскрываемые ошибки возникают при повторном (неавторском) описании схем по имевшимся ранее кратким описаниям. В таких случаях графическое обозначение схемы верно, но ее словесное описание неправильно. При этом часто при прочтении нового (неверного) словесного описания в схемах обнаруживаются якобы «лишние» элементы. Исключение этих «лишних» элементов делает схему неработоспособной.¹

Наконец, к ошибкам, вскрываемым, как правило, только в процессе эксперимента, относятся схемные искажения, вносимые некоторыми зарубежными фирмами в рекламные публикации с целью «патентной обороны». Такие искажения не мешают пониманию принципа действия схемы, и их присутствие не вызывает сомнения в ее правдоподобии. Чаще всего такие искажения вносятся путем незаметного «упрощения» схемы или указания на схеме неверных типов и номиналов использованных элементов.

Весьма распространенным источником ошибок в схемах являются неточности монтажа. Эти ошибки, естественно, обнаруживаются при проверке готового прибора или устройства. К таким ошибкам относятся, в частности, неправильные фазировки магнитных потоков обмоток магнитных и электромашинных усилителей, обратных связей в усилителях, в системах автоматического регулирования и синхронной связи и т. п.

Таким образом, значительная часть возможных ошибок в схемах не может быть обнаружена только внимательным сопоставлением графического и текстового описаний, а требует для своего вскрытия еще и эксперимента над реальной схемой.

Однако и экспериментальное выявление ошибки обязательно проходит через стадию сопоставления схемы-рисунка с ее описанием. Более того, в ряде случаев такое сопоставление позволяет полезно использовать неисправный прибор с известной ошибкой в схеме еще до

¹ Работы по механическому сравнению копий, по-видимому, в недалеком будущем будут вести автоматы, которые, освободив человека от этой утомительной и малоинтересной работы, обеспечат значительно большую скорость и тщательность сравнения.

¹ Некоторые задачи настоящего сборника составлялись на основании весьма кратких описаний схем. Поэтому внимательные читатели, возможно, обнаружат в них такого рода ошибки сверх тех, которые предусмотрены условиями задач.

внесения в него исправлений, если по каким-либо причинам внесение исправлений требует больших затрат времени и труда. Примером такого полезного использования неисправного прибора может служить описанный в § 18 способ измерения активного сопротивления электронными автоматическими мостами, собранными по ошибочной схеме.

Как видно, отыскание ошибок в схемах является одной из насущных задач любого инженера — наладчика (экспериментатора) и эксплуатационника, а не только проектировщика.

Ошибки, внесенные в задачи, приведенные в этой книге, имеют совершенно определенное происхождение: они введены с целью привить читателю критически предубежденное отношение ко всякой схеме (чужой или собственной) и отучить его от необоснованной веры в то, что каждая схема, встречающаяся ему на практике, не имеет ошибок.

§ 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И СОВЕТЫ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА

— Как знать, когда не знаешь?

Такой вопрос в стиле афоризмов Козьмы Пруtkова задал один из товарищей автора по институту около полувека тому назад, когда они оба отошли от высокого барьера — стола химической лаборатории после бесцельной попытки сдать одну из работ по качественному анализу. Обычно этикетки банок лаборанты (покойный И. В. Гребенщиков и Ю. Ф. Кригер — впоследствии один академик, а другой — профессор химии) старательно закрывали рукой при отсыпании солей, выдаваемых на анализ, но внимательный студент мог заметить место на полке шкафа, куда ставилась банка этикеткой от зрителей. Так как банки затем поворачивались, то это обстоятельство могло оказать значительную помощь аналитическим выводам студентов. В описываемом случае подтверждения анализа не получилось, и пришлось начинать работу сначала.

Этот искренний вопрос-сентенция, произнесенный обиженно-негодующим тоном, получил тогда широкое распространение среди студентов и преподавателей института и был некоторое время популярен при неудачных исходах коллоквиумов и экзаменов, что при предметной системе было довольно частым делом.

Начав через несколько лет педагогическую работу в том же институте, автор пришел к убеждению, что основная задача всякой методики преподавания представляет собой попытку ответить на этот вопрос.

Но если решить сначала другую задачу — определить, что именно не знаешь, — тогда ответ на первый вопрос облегчается.

Наши общие методические рекомендации мы начнем со следующего указания: приступая к решению задачи, читатель прежде всего должен убедиться в том, что действие отдельных элементов схемы и отдельных узлов ему понятно.

Для этого по прочтении текста описания действия схемы (или еще до чтения) следует разобрать ее структуру, чтобы установить позволяют ли свойства элементов схемы выполнить те действия, которые от схемы требуются. Оценив затем состояние схемы перед пуском, т. е. отметив цепи, находящиеся под питанием и разомкнутые, надо мысленно замкнуть кнопку «Пуск» и проследить за всеми операциями.

Мысленное осуществление этих операций, т. е. создаваемые при этом соединения, полезно вычерчивать на бумаге. Когда эти упражнения создадут известные навыки в схемном мышлении, надобность в вычерчивании отпадет. На первых порах читателю полезно перечертить всю схему по крупнее, оставив поля, где можно зарисовывать состояние отдельных узлов (с токопрохождением) и записывать гипотезы и вопросы, которые при этом возникают.

Разобравшись подробно в том, что происходит в схеме при подаче питания и ее действии в предусмотренных режимах работы, следует мысленно нажать кнопку «Стоп» и столь же внимательно проследить за поведением схемы до выхода ее в исходное состояние. Эту работу нельзя бросать на полпути, а следует довести анализ поведения схемы до конца и убедиться, что она подготовлена к новому пуску. Так же методически и тщательно следует исследовать цепи защит. Может случиться, что в тексте описания содержатся указания на защиту, а схема не имеет элементов защиты вовсе, — тогда надо дополнить схему надлежащими защитными устройствами. Если описание схемы и работы ее не содержит требований к защите, читатель все же должен продумать вопрос о необходимости защитных цепей и устройств и изложить свое мнение по этому поводу.¹

Заметим, что хотя предлагаемые читателю для анализа схемы автоматического управления, регулирования, следящих систем, защит, блокировки, измерительных и счетно-решающих устройств не очень сложны графически и много проще других электрических схем (например, схем автоматической телефонии, телеуправления и даже схем релейной автоматики крупных энергетических систем), чтение их требует большей работы воображения, так как ряд процессов и связей физико-механического характера, возникающих при действии элементов схемы, не может быть изображен существующими схем-

¹ То же самое относится к сигнализации.

ными начертаниями на бумаге и их приходится «держать в уме» как при рассмотрении всей схемы в целом, так и при анализе отдельных цепей и контуров. Поэтому читателю (особенно на первых шагах его аналитической деятельности) рекомендуется кратко записывать эти «подразумеваемые» свойства, качества и события, из них следующие, на полях схемы. Это затем позволит составить отчет о произведенном анализе и его результатах — нечто вроде своеобразной «истории болезней» с указанием «симптомов», диагностики и средств лечения во всех случаях «оперативного вмешательства».

Нужно иметь в виду, что в схемах релейно-контакторной автоматики все контакты изображены в «нормальном» положении, т. е. в таком, которое соответствует: для контактов и реле — невозбужденному аппарату, для кнопок и других ручных устройств с самовозвратом — положению при отсутствии нажатия, для переключателя, командоконтроллеров, пакетных выключателей и других подобных устройств — их начальному положению.

Здесь, однако, надо сделать оговорку, что для обычных электромагнитных аппаратов и элементов управления с неразветвленной магнитной цепью условие это имеет вполне определенный и не вызывающий сомнения смысл, но в более сложных случаях (например, если в схеме применено реле, в котором якорь и связанные с ним контакты находятся под влиянием двух катушек, каждая из которых притягивает якорь в свою сторону) может возникнуть некоторая неопределенность. Контакт нормально замкнутый (размыкающий) для одной катушки будет нормально разомкнутым (замыкающим) по отношению к другой, и наоборот. В таких случаях, во избежание недоразумений, следует схему снабдить подробными примечаниями (в том документе, где излагаются последствия ошибок схемы), описывающими поведение этого элемента.

Такая же неопределенность возникает и тогда, когда мы имеем дело с контактами, замыкающимися под влиянием различных неэлектрических факторов (как, например, путевые переключатели и т. п.). Впрочем, тексты описаний к задачам в надлежащих случаях содержат некоторые частные указания методического характера, имеющие значение не только для данной задачи, но и для других. Поэтому советуем читателю не ограничиваться изучением текста лишь той задачи, решением которой он намерен заняться, а просмотреть и некоторые другие, где может встретиться сведение наводящего характера, полезное для условий первой задачи. Чем больше задач будет решено, тем больше сведений приобретет читатель, что вы-

работает у него интуицию в анализе ошибок.

Как было указано, кроме восьми задач в главе III, все остальные задачи ответов не имеют. Это сделано сознательно, чтобы исключить тот подход к работе с помощью этикеток на банках, о котором шла речь выше. В логических задачах такого рода знание результата решения дискредитирует всю ту пользу, которую читатель может получить при самостоятельных, хотя бы и неудачных попытках добиться правильного результата.

С этой же целью в сборнике не публикуется и список источников (числом около полусотни), откуда взяты схемы для внесения в них ошибок, чтобы читатель не подменил творческую аналитическую работу отыскиванием «подходящих» исходных «верных» схем и не свел логическое сопоставление противоречий в описании и действиях схемы к суждению по чисто внешним признакам.

Иного выхода у составителя этого сборника не было, и он надеется, что авторы источников, откуда были взяты первоначально верные схемы, поймут, что в данных условиях невозможно было ни благодарить их в печати, ни даже указать их фамилии.

Но у читателя есть возможность помочь делу, если его анализ особенностей схемы не дал положительных результатов и ошибка осталась не обнаруженной: ему нужно самому попробовать составить верную схему, соответствующую требованиям условия задачи, и сопоставлением новой верной схемы собственного производства с предложенной установить расхождения.

Практика показала, что самостоятельная разработка схем приводит к такому повышению знаний и умения студента, что нахождение ошибки в предложенной схеме осуществляется без кропотливого сравнения схем, а иногда и до полной разработки собственного верного решения.

Подготовительным этапом служат задачи главы II, решаемые сравнением вариантов, и автор советует читателю при ознакомлении с материалом этой главы не ограничиваться только немногими интересующими его случаями, а решить как можно больше задач, лучше всего — все двадцать девять разных типов. Тогда приобретенные этим упражнением навыки скажутся при решении задач второй части, более трудных и к тому же лишенных ответов.

Несколько слов к преподавателям и к более опытным работникам исследовательских и производственных предприятий, к тем, кто озабочен повышением квалификации менее опытных в схемном мышлении сотрудников. Пользуясь

предложенной методикой, нетрудно развить и углубить схемные навыки на любом схемном материале. Обычно всего больше времени уходит на описание схемы, поэтому в производственных условиях можно воспользоваться существующим, но уже достаточно забытым материалом, а введение ошибки в схему и изменение ее — дело не сложное. Перечерчивание схемы в зеркальном отображении (право-левая симметрия) и некоторые перемещения узлов уже достаточны для этих целей.

В заключение заметим, что успокаиваться на достигнутых успехах не следует: человек хорошо и уверенно делает только то, что он делает постоянно. С. Рахманинов хорошо сказал: «Я и сейчас должен ежедневно играть не менее часа — полутора, так как если я хоть один день не подойду к инструменту, то на другой день я уже слышу это, а если два дня — то это слышат и другие».

Этот взгляд справедлив не только для игры на фортепиано.

ГЛАВА II

ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ В СХЕМАХ И УПРАЖНЕНИЯ В ИСПРАВЛЕНИИ ИХ СРАВНЕНИЕМ ВАРИАНТОВ

§ 4. ОШИБКИ, ТИПИЧНЫЕ ДЛЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНЫХ СХЕМ

Ошибки, искажающие логику работы релейно-контакторных схем, как правило, обнаружить легче и проще, чем ошибки в других типах схем, так как схемные обозначения контактов и обмоток реле наиболее близки к физическому образу тех объектов, которые они символизируют.

Типичные для релейно-контакторных схем ошибки иллюстрируются схемами, приведенными на рис. I-5—I-11. К таким ошибкам относятся в первую очередь следующие.

1. Включение всей схемы или части ее через контакты реле, которое при срабатывании или отпуске обесточивает схему в то время, когда часть ее элементов должна находиться под напряжением. Такие ошибки встречаются, в частности, в схемах релейно-контакторного управления электроприводами, когда схема управления питается от фаз силовой цепи через контакты линейного контактора.

2. Ошибочное включение блокировочных контактов реле и контакторов, при котором исполнение предыдущей команды препятствует нормальной отработке последующих команд. Например, такая ошибка может исключить возможность остановки электропривода после его пуска, если блокировочный контакт пускателя шунтирует не только кнопку «Пуск», но и кнопку «Стоп».

3. Ошибочное включение контактов и катушек электромагнитных механизмов, вызывающее неправильную последовательность срабатывания реле и контакторов. В схемах автоматического пуска электродвигателей подобные ошибки иногда приводят к преждевременному срабатыванию реле и контакторов ступеней

ускорения и торможения, электромагнитов тормозов и т. п. В схемах взаимной блокировки пуска и остановки нескольких агрегатов (например, конвейеров и транспортеров) такие ошибки могут нарушить правильную последовательность работы отдельных механизмов в пусковых и аварийных режимах (например, пуск сначала головного, а не хвостового транспортера в конвейерной линии или аварийная остановка сначала хвостового, а потом уже головного транспортера).

4. Ошибочная замена цепей, в которые включаются блокировочные контакты, конечные и путевые выключатели. По этой причине иногда при размыкании конечных выключателей исключается возможность движения исполнительных механизмов не в опасном, а в безопасном направлении. Эти причины могут вызвать подачу ошибочных аварийных звуковых и световых сигналов.

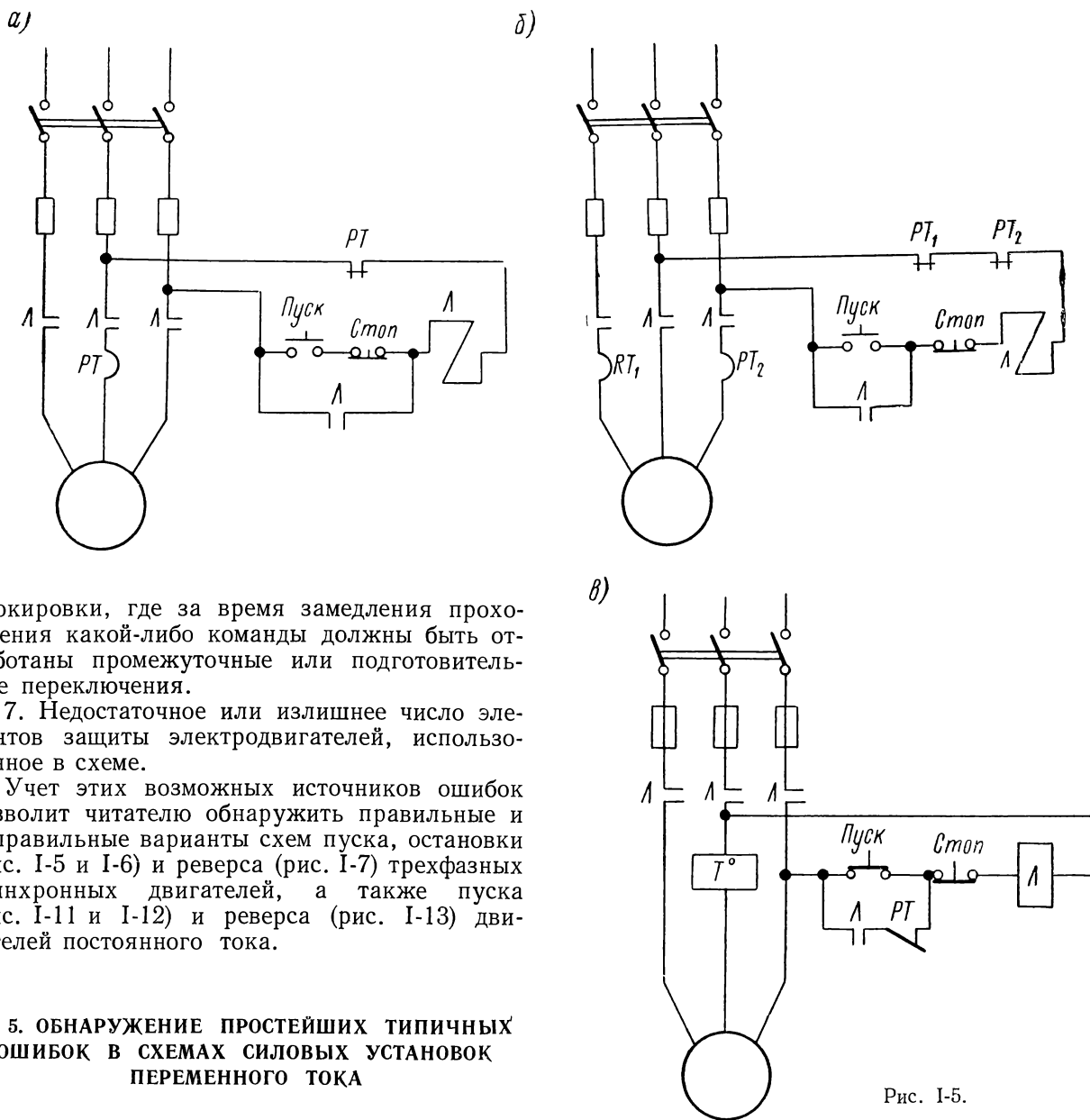
Частые случаи такого рода ошибок — неправильный выбор фаз, в которые включены контакты реверсивных пускателей. В контактных мостиках, реверсирующих приводы постоянного тока, такие ошибочные включения могут вызвать короткое замыкание цепи питания двигателя или исключить возможность пуска двигателя в обоих направлениях.

В реверсивных схемах трехфазного тока из-за таких ошибок могут не исполняться команды на реверс двигателей, так как при этом не изменится порядок следования фаз питающей трехфазной цепи.

5. Неправильное включение сопротивлений и вентилях в цепях обмоток управления и возбуждения двигателей и усилителей; это может вызвать ошибочные реверсирования или изменить величину магнитных потоков обмоток.

6. Неправильный выбор контактов с выдержкой времени на размыкание или замыкание. Такие ошибки особенно опасны в схемах пуска двигателей в функции времени и в тех схемах

Как видно, в силовой цепи всех вариантов (а, б, в),¹ кроме двигателя, имеются следующие элементы: защитные (тепловые) реле, силовые контакторы \mathcal{L} и трехполюсные рубильники.



блокировки, где за время замедления прохождения какой-либо команды должны быть отработаны промежуточные или подготовительные переключения.

7. Недостаточное или излишнее число элементов защиты электродвигателей, использованное в схеме.

Учет этих возможных источников ошибок позволит читателю обнаружить правильные и неправильные варианты схем пуска, остановки (рис. I-5 и I-6) и реверса (рис. I-7) трехфазных асинхронных двигателей, а также пуска (рис. I-11 и I-12) и реверса (рис. I-13) двигателей постоянного тока.

§ 5. ОБНАРУЖЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ТИПИЧНЫХ ОШИБОК В СХЕМАХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Предложим читателю самостоятельно найти и исправить ошибки в схемах установок трехфазного тока.

На рис. I-5 представлены три простейшие и на первый взгляд не очень отличающиеся одна от другой схемы дистанционного управления (пуска и остановки) нереверсивного трехфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором небольшой мощности.

В цепи же управления — пусковые и стоповые кнопки, блок-контакты этих кнопок, контакты теплового реле PT , а также катушки линейного контактора \mathcal{L} .

¹ Читатель должен помнить, что при изложении этой и всех последующих схемных задач описание элементов и их действия относится к некоторому воображаемому верному варианту схемы, который в данном случае и требуется найти, обосновав правильность решения.

Правильная схема должна обеспечить выполнение следующих требований. При нажатии кнопки «Пуск» катушка линейного контактора \mathcal{L} возбуждается током, благодаря чему замыкаются замыкающие линейные контакты \mathcal{L} и

торных схемах, читатель без особых затруднений решит и задачу, представленную на рис. I-7, где первые четыре варианта схемы ($a - e$) могут содержать ошибки реверсирования трехфазного двигателя без реостатного

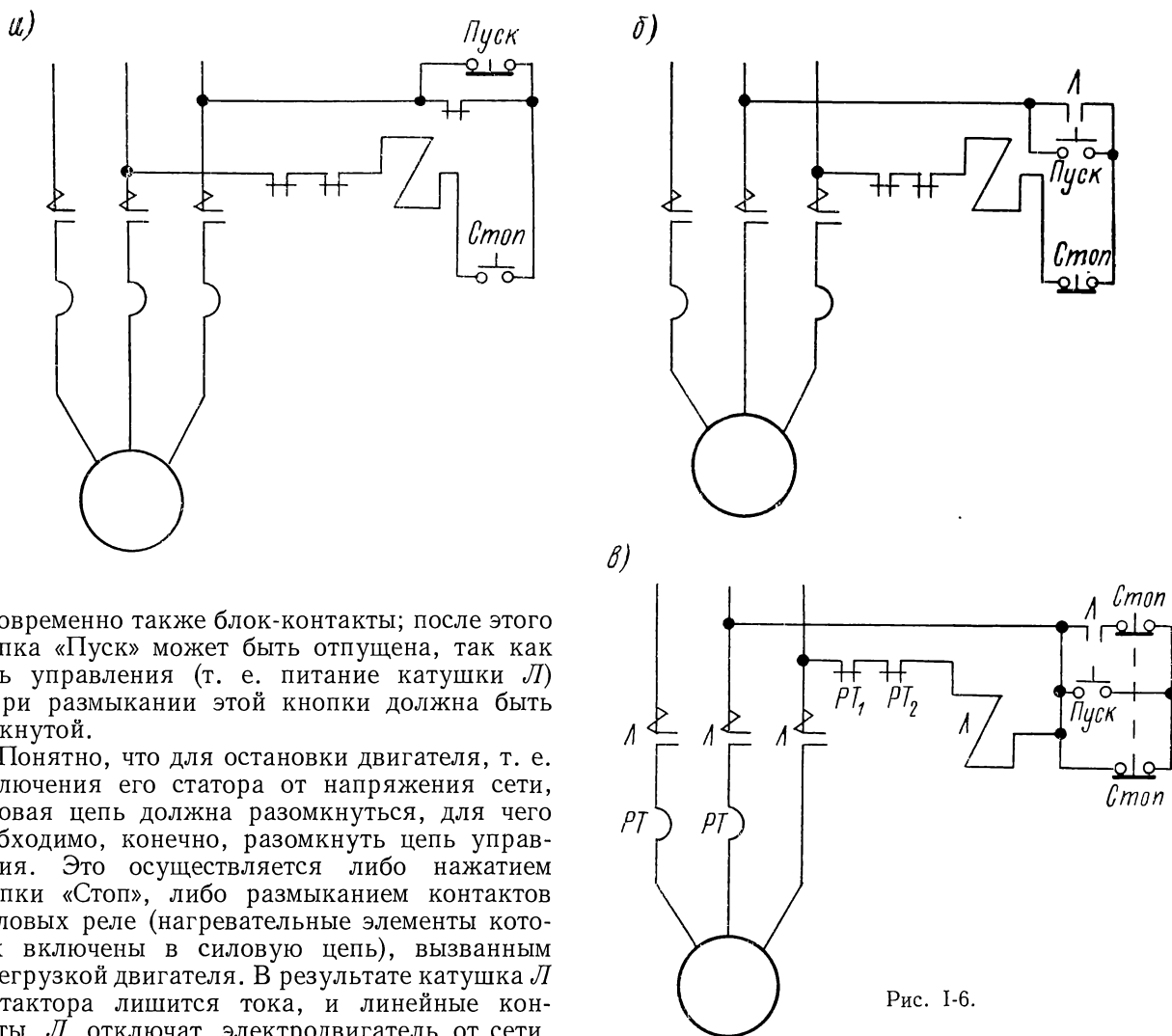


Рис. I-6.

одновременно также блок-контакты; после этого кнопка «Пуск» может быть отпущена, так как цепь управления (т. е. питание катушки \mathcal{L}) и при размыкании этой кнопки должна быть замкнутой.

Понятно, что для остановки двигателя, т. е. отключения его статора от напряжения сети, силовая цепь должна разомкнуться, для чего необходимо, конечно, разомкнуть цепь управления. Это осуществляется либо нажатием кнопки «Стоп», либо размыканием контактов тепловых реле (нагревательные элементы которых включены в силовую цепь), вызванным перегрузкой двигателя. В результате катушка \mathcal{L} контактора лишится тока, и линейные контакты \mathcal{L} отключат электродвигатель от сети. Одновременно с этим должен разомкнуться и блок-контакт (указать причину!).

Найдя правильное решение и объяснив его, читатель должен определить самостоятельно, нужны ли здесь плавкие предохранители и если нужны, то в какое место схемы их следует поместить.

Выполнив это, читателю нетрудно будет решить без особых пояснений и следующую схемную задачу, представленную на рис. I-6; здесь надо объяснить, для чего необходимы контакты с дугогашением и почему в предыдущей схеме это не было предусмотрено.

Вспоминая все, что было сказано раньше по поводу типичных ошибок в релейно-контак-

пуска, а последние четыре ($d - z$) — ошибки при наличии реостатов в силовой цепи статора. Можно думать, что при наличии реостатов также допущены ошибки в их включении, и подозрение это, следовательно, нуждается в проверке.

Эта задача очень проста, так как на всех схемах рис. I-7 выделен только реверс, а все остальные элементы цепи управления и защиты опущены; единственным затруднением является, пожалуй, только «обилие» вариантов, которые читателю все необходимо проверить, чтобы не только найти правильное решение, но и уверенно забраковать неверные варианты.

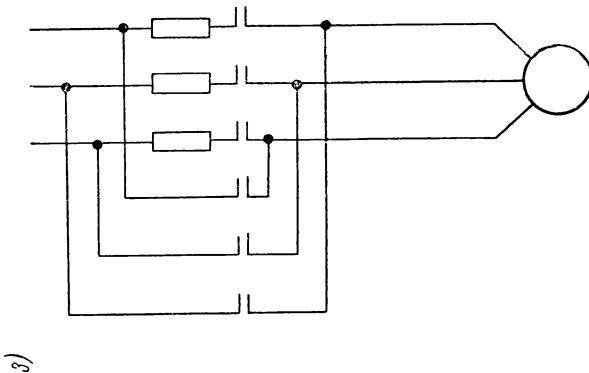
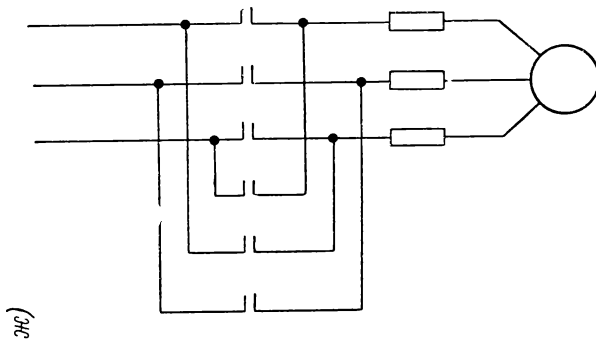
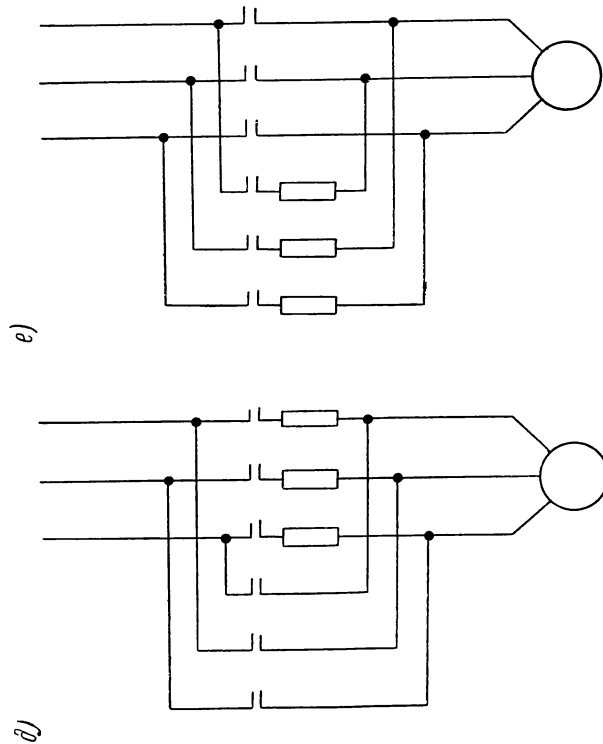
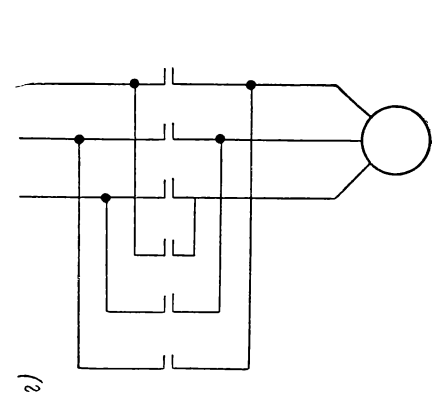
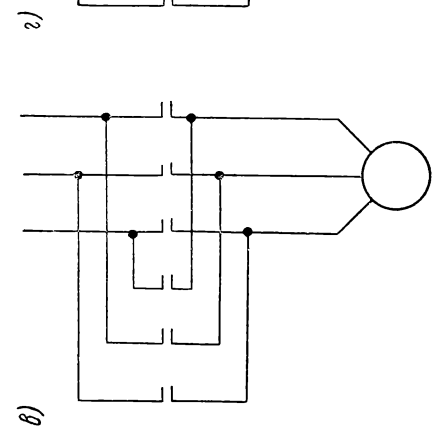
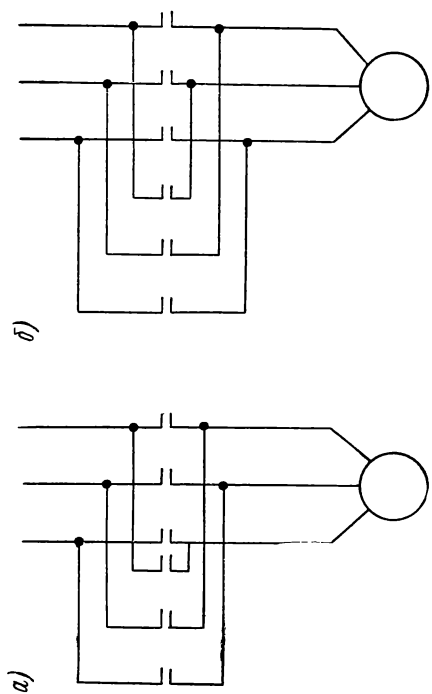


Рис. 1-7.

б)

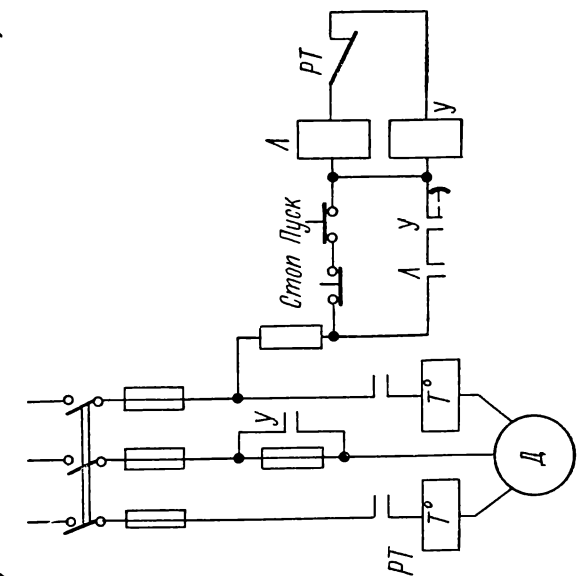


Рис. 1-8

в)

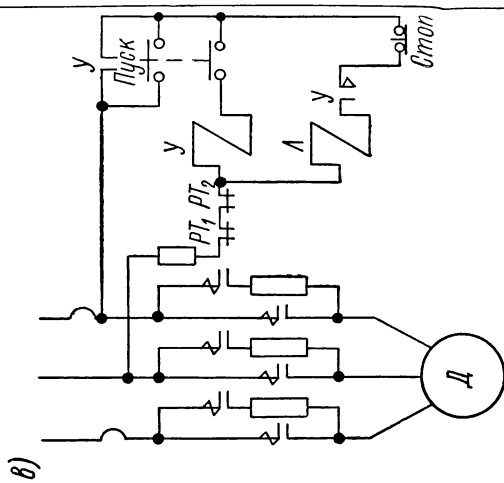
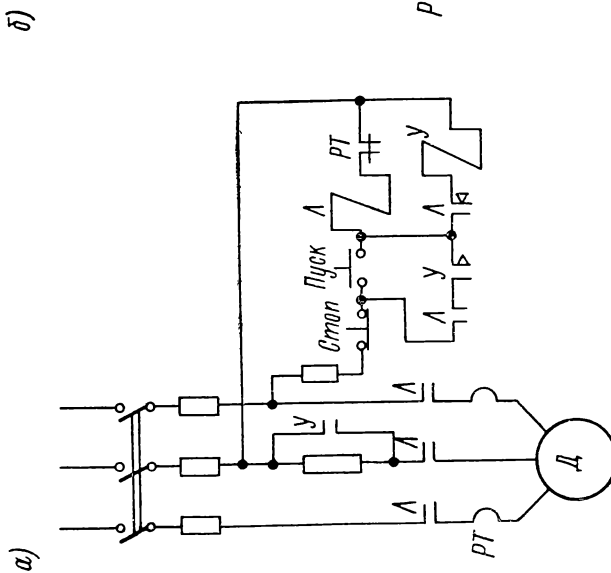
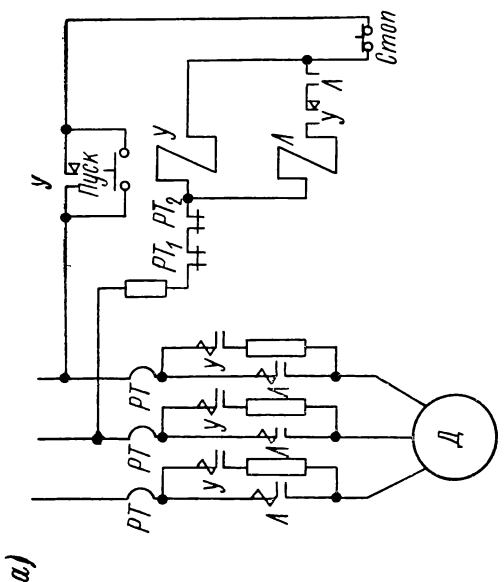


Рис. 1-9.

д)



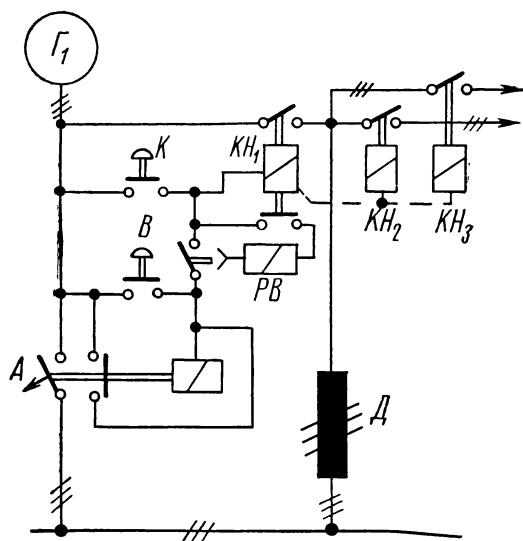
е)



Затем читатель, пользуясь результатами решения предыдущих задач, может самостоятельно развить и дополнить схему, найденную верной, необходимыми элементами и их соединениями для того, чтобы схема в своем окончательном оформлении удовлетворяла требованиям дистанционного кнопочного управления «Вперед», «Назад» и «Стоп», а также требованиям защиты и блокировки.

На рис. I-8 изображены три варианта схемы управления пуском и остановкой маломощного трехфазного асинхронного двигателя с корот-

а)



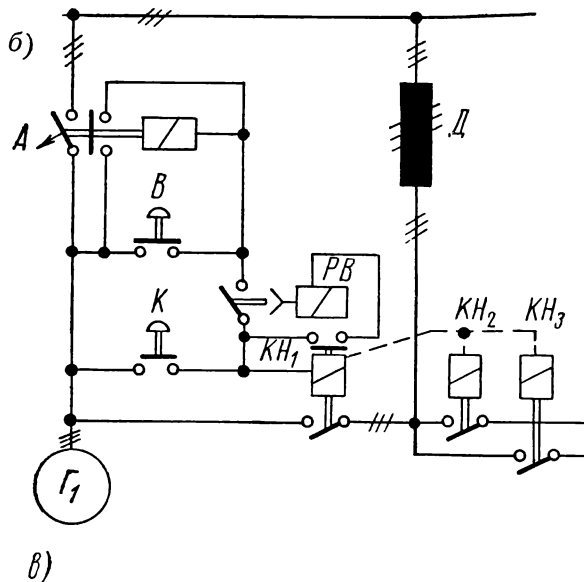
козамкнутым ротором, но при наличии сопротивления всего только в одной фазе статора для ограничения пускового момента. Такая схема иногда применяется для небольших двигателей, так как при этом возможно включение тормозного электромагнита без дополнительных проводов; на схеме тормозной электромагнит хотя и не показан, но должен быть читателем включен и притом так, чтобы торможение было возможно при любом режиме работы. Целесообразность наличия контактора Л не нуждается в пояснениях, а контактор У служит для замыкания накоротко статорного сопротивления в конце разгона. Следовательно, последняя операция должна произойти по истечении некоторого времени или, иначе говоря, контактор ускорения У должен обладать необходимой выдержкой времени. Остальные требования в отношении действия кнопок «Пуск» и «Стоп», а также защит и блокировок остаются в силе и в этом случае.

Решив эту задачу, т. е. найдя правильный вариант схемы из трех показанных на рис. I-8, читатель может легко обнаружить ошибки и

в трех вариантах схемы, изображенных на рис. I-9. При этом следует указать последствия ошибок, имеющих в неверных схемах, и обосновать необходимость контакторов с дугогашением.

§ 6. ИСПРАВЛЕНИЕ СХЕМЫ БЫСТРОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СУДОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРИ ПОМОЩИ ДРОССЕЛЯ

Для тренировки читателя в анализе однолинейных схем трехфазного тока полезно рас-



в)

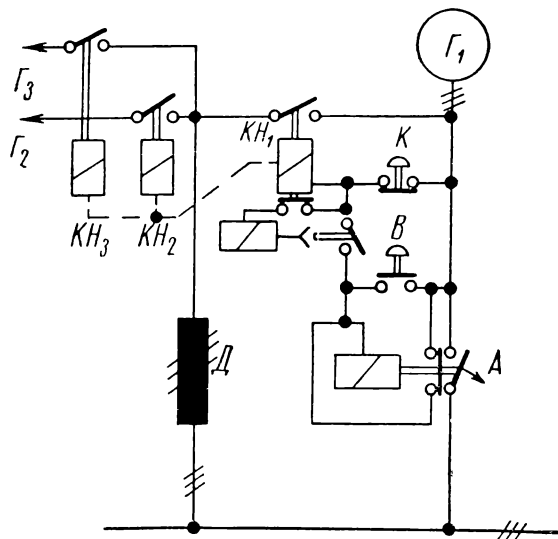


Рис. I-10.

смотреть три варианта схемы быстрой синхронизации судовых генераторов при помощи дросселя (рис. I-10).

Идея этого способа заключается в присоединении генератора, подключаемого на параллельную работу, к сети через индуктивное сопротивление независимо от того, имеется ли в данный момент совпадение фаз или нет, так как дроссель ограничивает протекающий в момент включения уравнивающий ток до допустимых пределов. При этом генератор, после нескольких колебаний, втягивается в синхронизм, уравнивающий ток уменьшается до минимума, и генератор может быть включен непосредственно в сеть. Этот способ был реализован в судовых условиях на некоторых германских дизель-электроходах.

Синхронизация осуществляется схемой, приведенной на рис. I-10 в трех вариантах (а, б, в). В любом варианте схема должна обеспечить следующие процессы. При нажатии кнопки *K* срабатывает контактор *КН₁*, включая генератор *G₁* через дроссель *D* и в то же время подавая питание на катушку реле времени *PВ*. Это реле обладает выдержкой времени, достаточной для того, чтобы за 3—5 сек. генератор втянулся в синхронизм, после чего подается питание на катушку дистанционного привода генераторного автомата *A*, блокирующегося через свой замыкающий контакт. Через тот же дроссель *D* контакторами *КН₂* и *КН₃* включаются и другие генераторы на параллельную работу. Во избежание возможности одновременного включения контакторов предусматривается соответствующая блокировка. Выключение автомата *A* производится нажатием кнопки *B*, шунтирующей катушку автомата.

На схемах, приведенных на рис. I-10, сохранены немецкие схемные обозначения. Для большей ясности все варианты схемы представлены в однолинейном виде, что показано маркировкой тремя косыми штрихами.

Читатель должен помнить, что внешне все три варианта схемы выглядят различно, но требование к действию их одинаково, и какой именно из вариантов обеспечивает действие схемы, а какой нет — нужно определить и доказать как правильность решения, так и неправильность других вариантов.

§ 7. ОБНАРУЖЕНИЕ ОШИБОК В СХЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Переходя к анализу ошибок в схемах установок постоянного тока, мы предложим сначала решить очень простую задачу пуска в ход электродвигателя постоянного тока. Определив правильный вариант (рис. I-11), читатель должен самостоятельно разработать и начертить для него схему управления с кнопками

«Пуск» и «Стоп», защитами тепловой и от падения напряжения (минимальная защита), предусмотрев также сигнализацию лампой о включении двигателя.

Задача, приведенная на рис. I-12, состоит в том, что читатель должен определить правильный вариант из трех данных схемных решений и обосновать свое мнение.

Затем читатель должен решить задачу на управление компаундным двигателем постоянного тока (рис. I-13), имея в виду правильность реверсирования в соответствии с действием конечных выключателей *ВКВ* и *ВКН*.

После того как правильный вариант будет найден и обоснован, читателю необходимо самостоятельно дополнить схему, обеспечив автоматическое выключение реостатов при пуске по принципу ограничения тока (или выдержки времени).

§ 8. ОШИБКИ, ТИПИЧНЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ, И ОБНАРУЖЕНИЕ ИХ

Ошибки в электронных схемах труднее заметить и исправить, нежели в релейно-контакторных. Объясняется это главным образом тем, что зачастую логика применения той или иной электрической цепочки в электронной схеме становится понятной лишь после ознакомления не только с принципом действия устройства, изображенного на схеме, но и с номиналами и конструктивными особенностями элементов последней. В частности, многие схемы, графическое изображение и описание которых не вызывает сомнений, часто оказываются неработоспособными из-за паразитных цепей, образованных межштырьковыми емкостями цоколей ламп, межвитковыми емкостями трансформаторов, и других емкостных и индуктивных связей, не указанных на схеме и определяемых условиями монтажа, расположения, а также конструкцией отдельных узлов и элементов схемы. Стремление скомпенсировать нежелательный эффект («наводки», паразитные связи), вызванный этими конструктивными особенностями конкретной модели устройства или даже одного образца или партии изделий, заставляет иногда вводить в схему дополнительные элементы или стабилизирующие цепочки, необходимость в которых становится очевидной только в процессе наладки и опытной эксплуатации готового прибора или устройства.

Подобные особенности схемы, естественно, нельзя обнаружить до ее реализации, имея в своем распоряжении только графическое и словесное описание схемы. Поэтому схемные особенности этого типа не включены в задачи второй части книги и не рассматриваются в первой части.

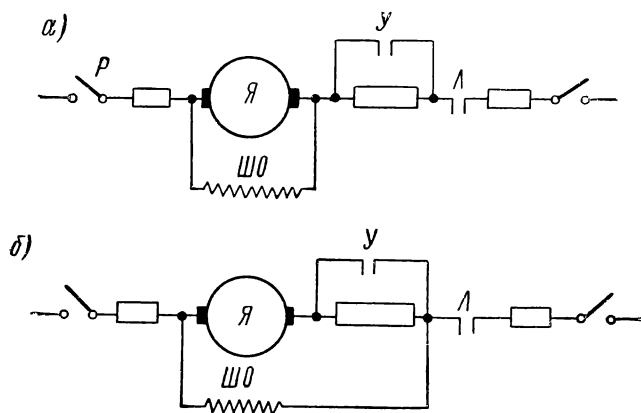


Рис. I-11.

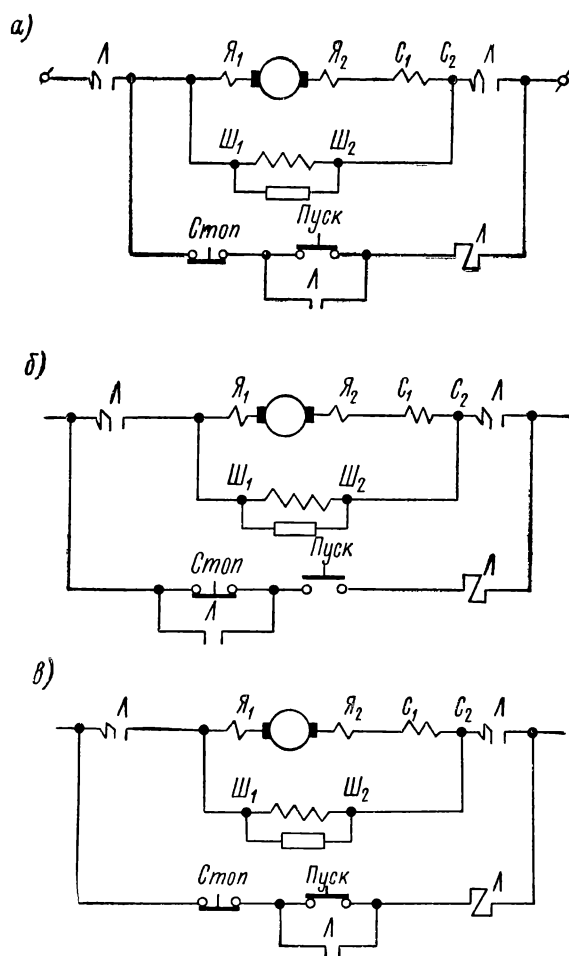


Рис. I-12.

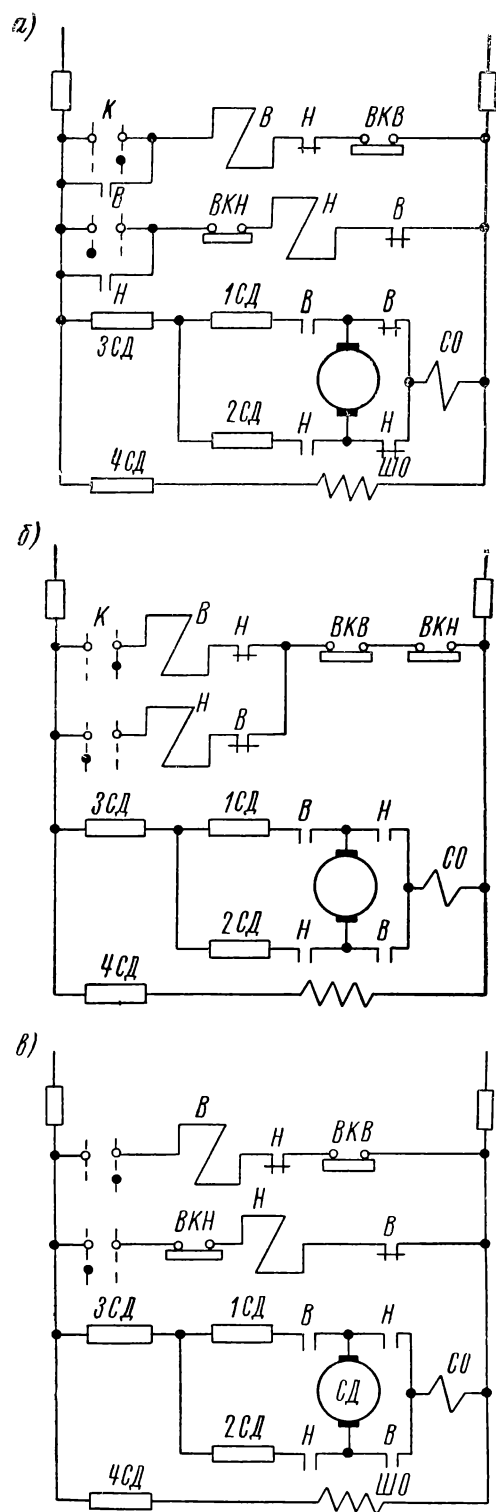


Рис. I-13.

Однако существуют такие схемные ошибки и искажения, которые могут и должны быть обнаружены при проверке схемы электронного устройства до монтажа и испытаний прибора.

Из приведенных на рис. I-14 вариантов схемы питания только один правилен. Другие два варианта ошибочны вследствие неправильного включения некоторых элементов схемы.

На рис. I-15 представлены три варианта схемы управляемого выпрямителя на триодах, нагрузкой которого является обмотка управления двухфазного асинхронного электродвигателя.

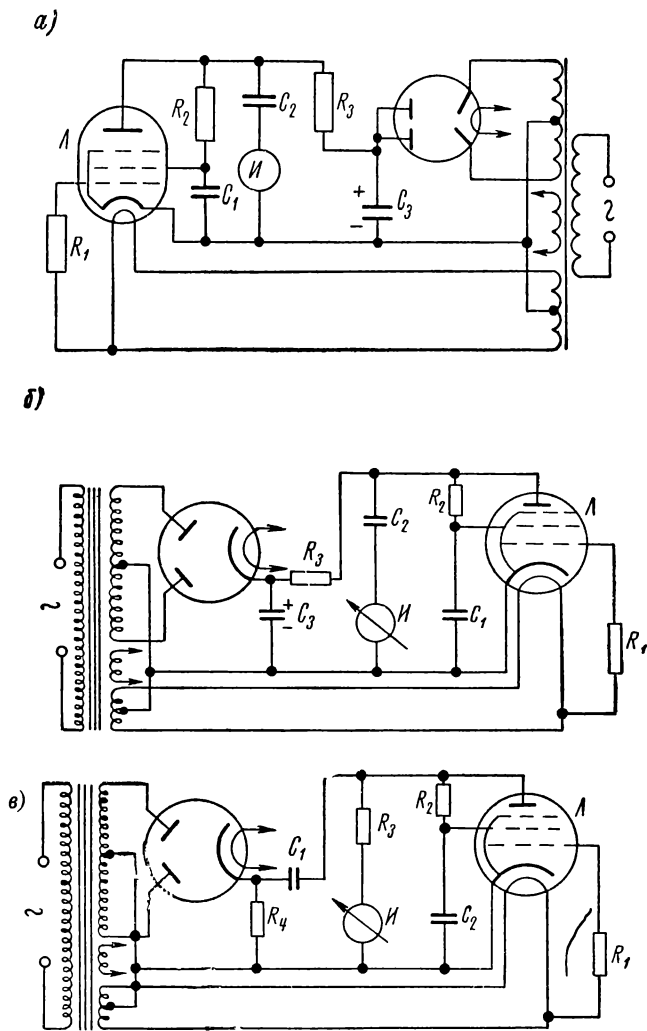


Рис. I-14.

Примеры таких ошибок рассмотрены в настоящем параграфе. К числу подобных «видимых» на схеме ошибок относятся в первую очередь ошибки в схемах источников питания, в частности неправильная полярность выпрямителей, питающих ламповые схемы, и неправильное включение вентиля.

Рассмотрим, например, схему питания прибора для испытания радиоламп (рис. I-14). Испытуемая лампа L , у которой на управляющую сетку подается через сопротивление R_1 напряжение с нити накала, а переменная составляющая анодного тока контролируется индикатором $И$, имеет в качестве источника анодного напряжения двухполупериодный выпря-

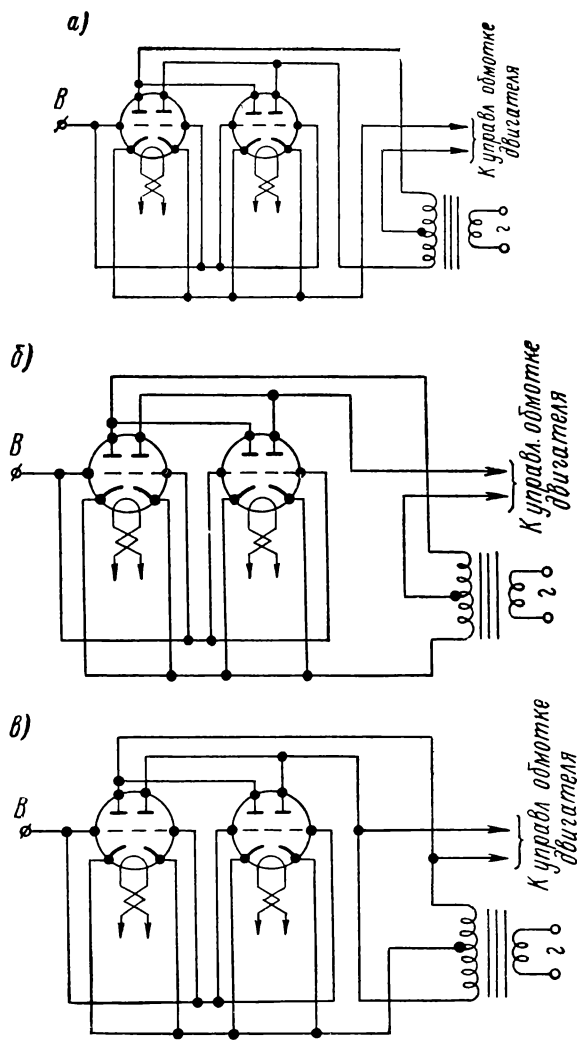


Рис. I-15.

При отсутствии сигнала на входе (клемма B) схема работает как обычный двухполупериодный выпрямитель, в результате чего в управляющей обмотке электродвигателя течет пульсирующий ток с частотой, удвоенной по сравнению с частотой сети, от которой питается сетевая обмотка двигателя. Вследствие различия частот питания обмоток двигателя его ротор неподвижен. Успокоению двигателя содействует

постоянная составляющая пульсирующего тока.

Сигнал переменного напряжения с частотой сети, подаваемый на вход схемы, находится в фазе с анодным напряжением одних триодов и в противофазе с анодным напряже-

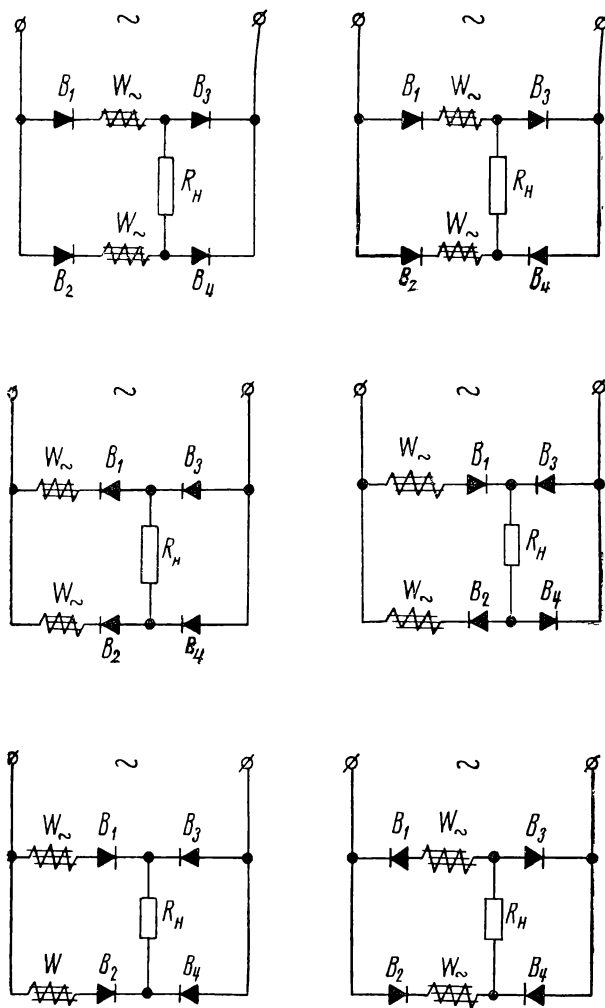


Рис. I-16.

нием других. При этом в токе, проходящем через управляющую обмотку электродвигателя, появится переменная составляющая с частотой сети, благодаря чему ротор двигателя начнет вращаться. Направление вращения зависит от фазы, а скорость — от амплитуды напряжения на входе управляемого выпрямителя. Ошибки в схеме соединения триодов управляемого выпрямителя делают неработоспособными какие-то из трех вариантов, приведенных на рис. I-15.

Рис. I-16 иллюстрирует ошибочные включения диодов в выпрямительную двухполупериод-

ную мостовую схему (схему Греча). В двух правильных вариантах схемы (их нетрудно выделить из четырех ошибочных) через сопротивление нагрузки R_H протекает пульсирующий ток, выпрямленный по двухполупериодной схеме, а через обмотки W_{\sim} — пульсирующий ток, выпрямленный по однополупериодной схеме. По такой схеме часто соединяются рабочие обмотки и сопротивление нагрузки магнитных усилителей.

Наконец, такого же рода ошибки отличают от одного правильного два неправильных варианта схемы двухполупериодного трехфазного выпрямителя, нагрузкой которого является сопротивление R_H (рис. I-17).

Иногда искажение в схему питания вносится неправильным соединением элементов сглаживающих фильтров. Такие ошибки, например, внесены в два из трех вариантов питания ламповой схемы, представленных на рис. I-18.

По замыслу авторов схемы, половина двойного триода L_2 работает в диодном режиме и является однополупериодным выпрямителем, от которого питаются три каскада усилителя, собранных на лампе L_1 и половине лампы L_2 . При этом максимальные пульсации анодного напряжения допускаются для выходного каскада, питающегося от однополупериодного выпрямителя без сглаживающего фильтра. Каскад из П-образного и Г-образного фильтров, составленных из конденсаторов C_6, C_5, C_4 и сопротивлений R_5, R_4 , обеспечивает наименьшую амплитуду пульсации анодного напряжения первого каскада и несколько большую второго каскада. Этот принцип осуществлен в правильном варианте схемы.

Следует заметить, что неправильные включения диодов и RC -цепей вызывают существенные неисправности не только в схемах выпрямителей. Правильный выбор полярности включения диодов имеет, например, принципиальное значение в схемах отсечки систем блокировки, сигнализации и автоматического управления электроприводами. Неправильное включение RC -фильтров может явиться причиной неисправности измерительного устройства, на входе которого выделяется RC -цепями переменная или постоянная составляющая сигнала.

Весьма важно правильное включение RC -цепей, связывающих между собой ламповые каскады в схемах электронных усилителей и генераторов. Например, в схеме мультивибратора правильное соединение конденсаторов и сопротивлений утечки создает условия для протекания регенеративного процесса усиления случайно появившейся несимметрии схемы, вследствие чего в схеме с обратными связями через конденсаторы между анодными и сеточ-

ными цепями ламп возникает процесс устойчивых автоколебаний. Такая устойчивая генерация импульсов возможна лишь в одном из трех вариантов схемы, указанных на

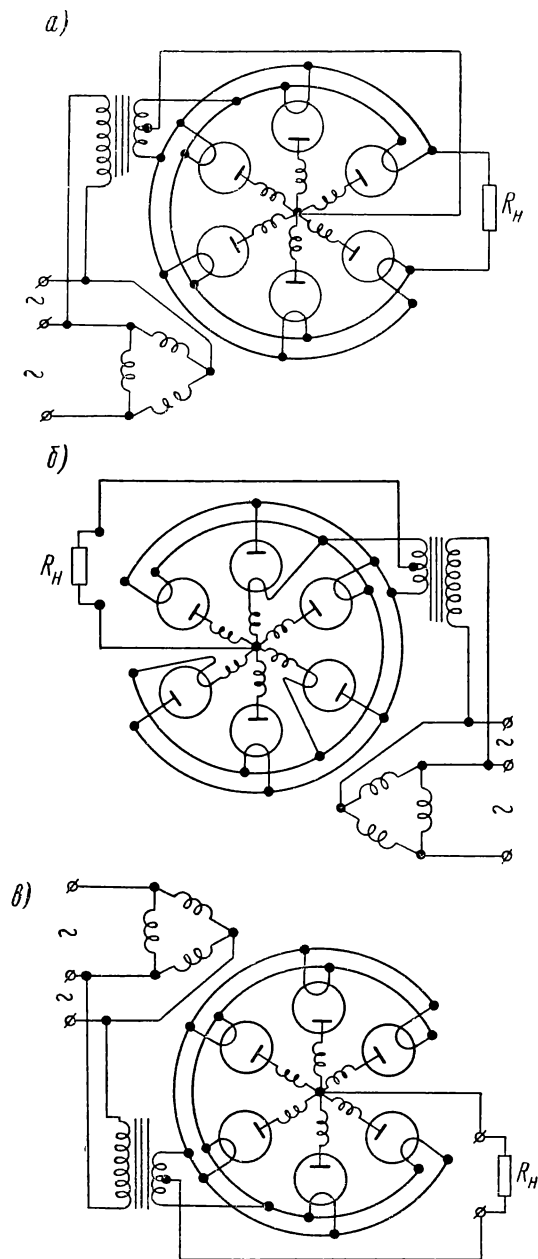


Рис. I-17.

рис. I-19, где конденсаторы и сопротивления соединены правильно.

Из приведенных на рис. I-20 схем триггера, запускаемого отрицательным импульсом, правильной является только одна. В остальных схемах к ошибкам, связанным с неправильным включением RC -цепей, добавлена еще

ошибка другого типа — неправильное включение электродов полупроводниковых триодов. Чаще всего такие ошибки возникают в результате перепутанных обозначений эмиттера и коллектора.

В двух схемах из трех, представленных на рис. I-21, ошибочно соединены сопротивления

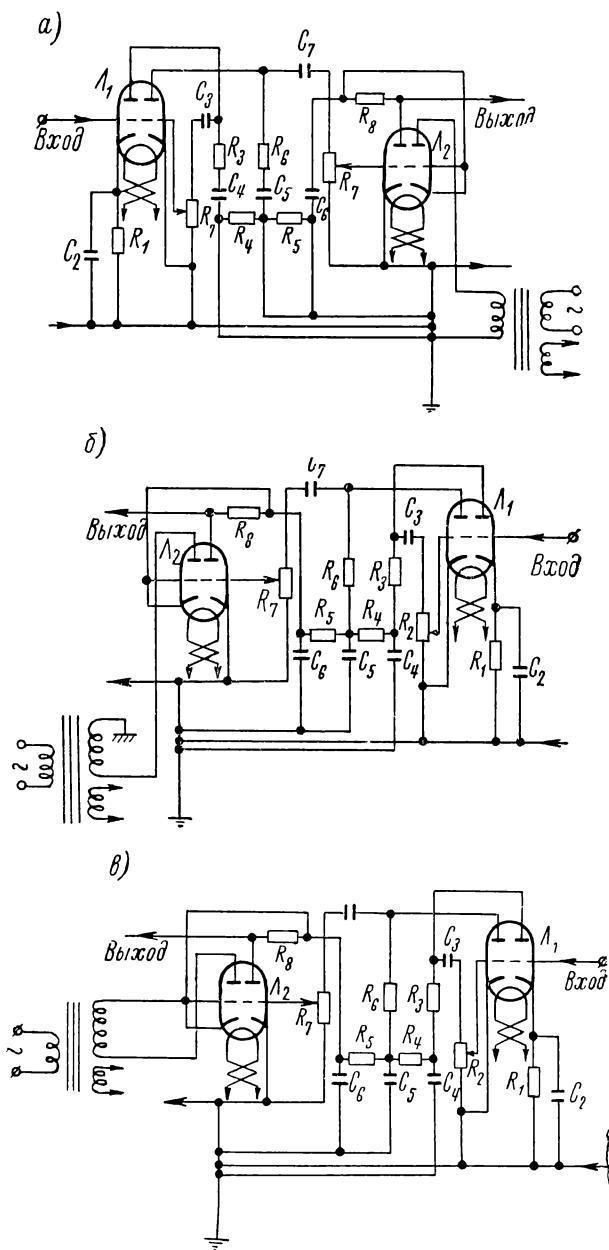


Рис. I-18.

в катодной цепи. Правильная схема изображает усилительный каскад постоянного тока с катодной компенсацией, в котором лампа, включенная по схеме катодного повторителя,

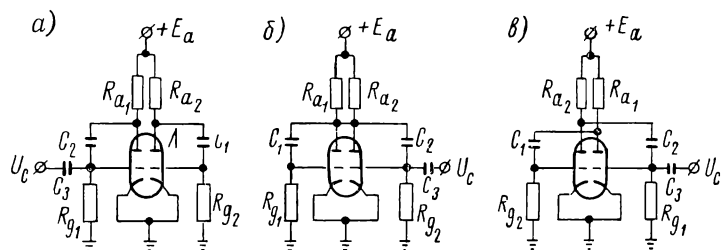


Рис. I-19.

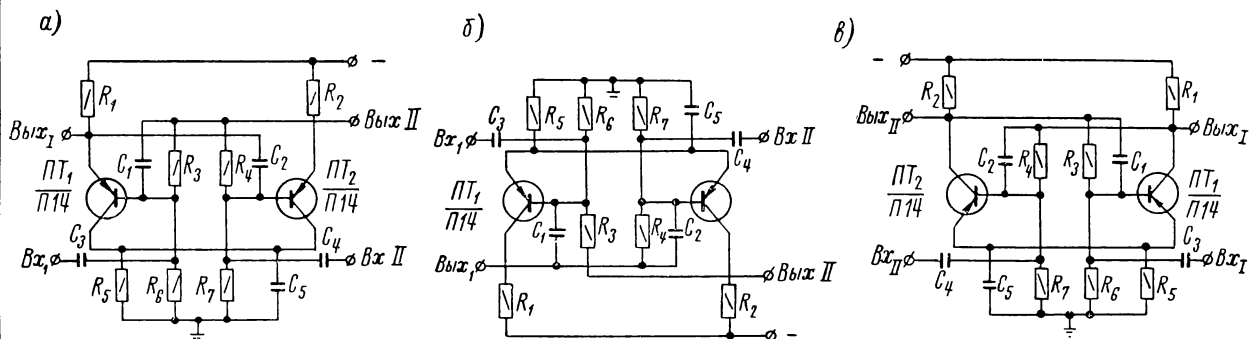


Рис. I-20.

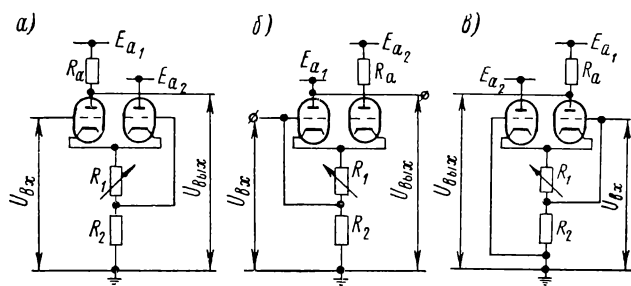


Рис. I-21.

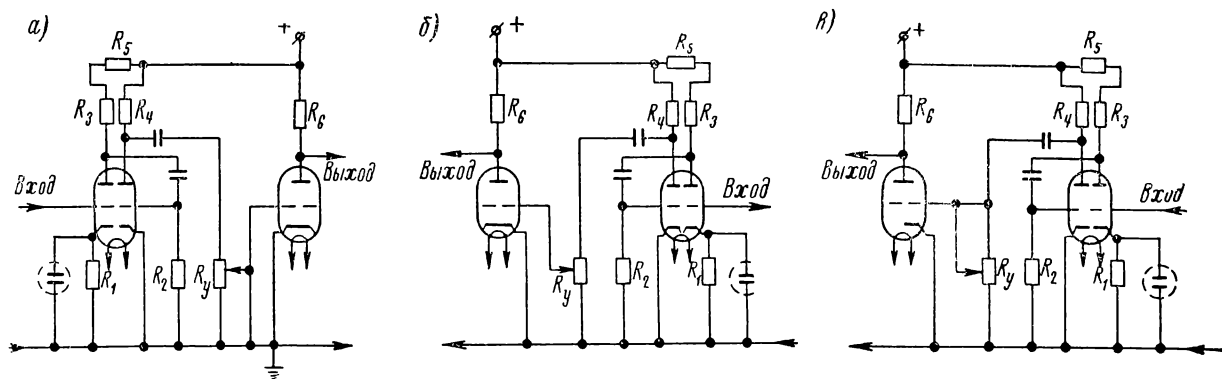


Рис. I-22.

служит для компенсации нестабильности напряжения накала или тока эмиссии. При изменении напряжения накала изменяется ток в обеих лампах. Однако благодаря тому, что напряжение, снимаемое с сопротивлений в катодной цепи, подается на сетку обеих ламп так, что сигнал на сетке вспомогательной лампы (катодного повторителя) всегда меньше сигнала обратной связи на сетке основной лампы, ток в цепи основной лампы изменяется незначительно. Необходима степень компенсации достигается соответствующим подбором сопротивлений в катодной цепи ламп.

Иногда ошибка в схему вносится неправильным присоединением движка переменного сопротивления или потенциометра.

В схемах на рис. I-22 делитель напряжения R_y служит для изменения коэффициента усиления всего усилителя за счет изменения доли сигнала второго каскада, подаваемого на вход третьего. Необходимое для этого правильное соединение R_y предусмотрено только в одной из трех схем.

В электронных схемах возможны и другие, более сложные, искажения. Однако во многих случаях учет ошибок, рассмотренных выше, откроет путь для вскрытия более сложных и менее очевидных схемных искажений.

§ 9. ОШИБКИ, ТИПИЧНЫЕ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СХЕМ, И ОБНАРУЖЕНИЕ ИХ

Самая простая и вместе с тем не всегда заметная ошибка в измерительных схемах заключается в неправильной маркировке на схеме пределов измерений и рода измеряемой величины при различных включениях измерительного прибора. Ошибочная маркировка клемм и штекеров особенно опасна при использовании универсальных приборов, таких, как ампер-вольт-омметр (тестер), принципиальная схема которого приведена на рис. I-23. Стрелочным индикатором этого прибора служит магнитоэлектрический микроамперметр A с полным отклонением стрелки при токе 150 мкА и с сопротивлением 1500 Ом .

Различные схемы включения прибора позволяют использовать его в качестве:

1) вольтметра постоянного и переменного тока с четырьмя диапазонами шкал: $0-10$, $0-50$, $0-200$ и $0-1000 \text{ В}$;

2) миллиамперметра постоянного тока с четырьмя диапазонами шкал: $0-0,2$, $0-5$, $0-20$ и $0-500 \text{ мА}$;

3) омметра с пределами измерений $1-2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$ с множителями 1 , 10 , 100 и 1000 .

Контролируемый участок цепи соединяется с прибором двумя проводами, один из которых

при всех видах измерений на любом диапазоне шкалы присоединяется к клемме «Общ.», а другой вставляется в одно из гнезд тестера, маркированное числом, обозначающим выбранный диапазон шкалы, и расположенное в вертикальном ряду, маркированном знаком требуемого рода измерения.

Все гнезда тестера, соответствующие его работе в качестве вольтметра переменного тока, расположены в ряду, обозначенном V_{\sim} , в качестве вольтметра постоянного тока — $V_{=}$, миллиамперметра постоянного тока — mA , омметра — Ω .

Кроме того, перед началом измерений переключатель P следует поставить в соответствующее положение: « $=$ » — если измеряется ток или напряжение постоянного тока, « \sim » — если измеряется напряжение переменного тока, « Ω » — если измеряется сопротивление.

Если все эти переключения выполнены правильно, то при работе прибора в качестве вольтметра последовательно с индикатором включатся добавочные сопротивления, величина которых по выбранному диапазону шкалы определяется так, чтобы при измерении максимального для данного диапазона напряжения по рамке индикатора протекал ток 150 мкА . При работе прибора в режиме миллиамперметра каждому диапазону шкалы соответствует своя величина шунтирующего сопротивления, так что и в этом случае максимальный ток, протекающий по рамке прибора, равен 150 мкА при любом диапазоне шкалы. Стабилизация максимального тока при работе прибора в качестве омметра достигается также добавочными сопротивлениями, одно из которых, переменное, служит для установки нуля омметра до включения на вход прибора измеряемого сопротивления. При работе в режиме омметра последовательно с измеряемым сопротивлением включается также источник питания E , встроенный в корпус прибора. В режиме вольтметра переменного тока индикатор подключается к контролируемому напряжению через однополупериодный выпрямитель.

Правильная маркировка клемм, гнезд и переключателей обеспечивает правильную работу прибора при выполнении всех необходимых переключений (один из вариантов схемы на рис. I-23 снабжен правильной маркировкой).

Использование прибора с ошибочной маркировкой может привести к серьезным повреждениям тестера, что становится ясным, если рассмотреть неправильно маркированные варианты схемы (рис. I-23). Рамка индикатора может оказаться включенной на напряжение недо-

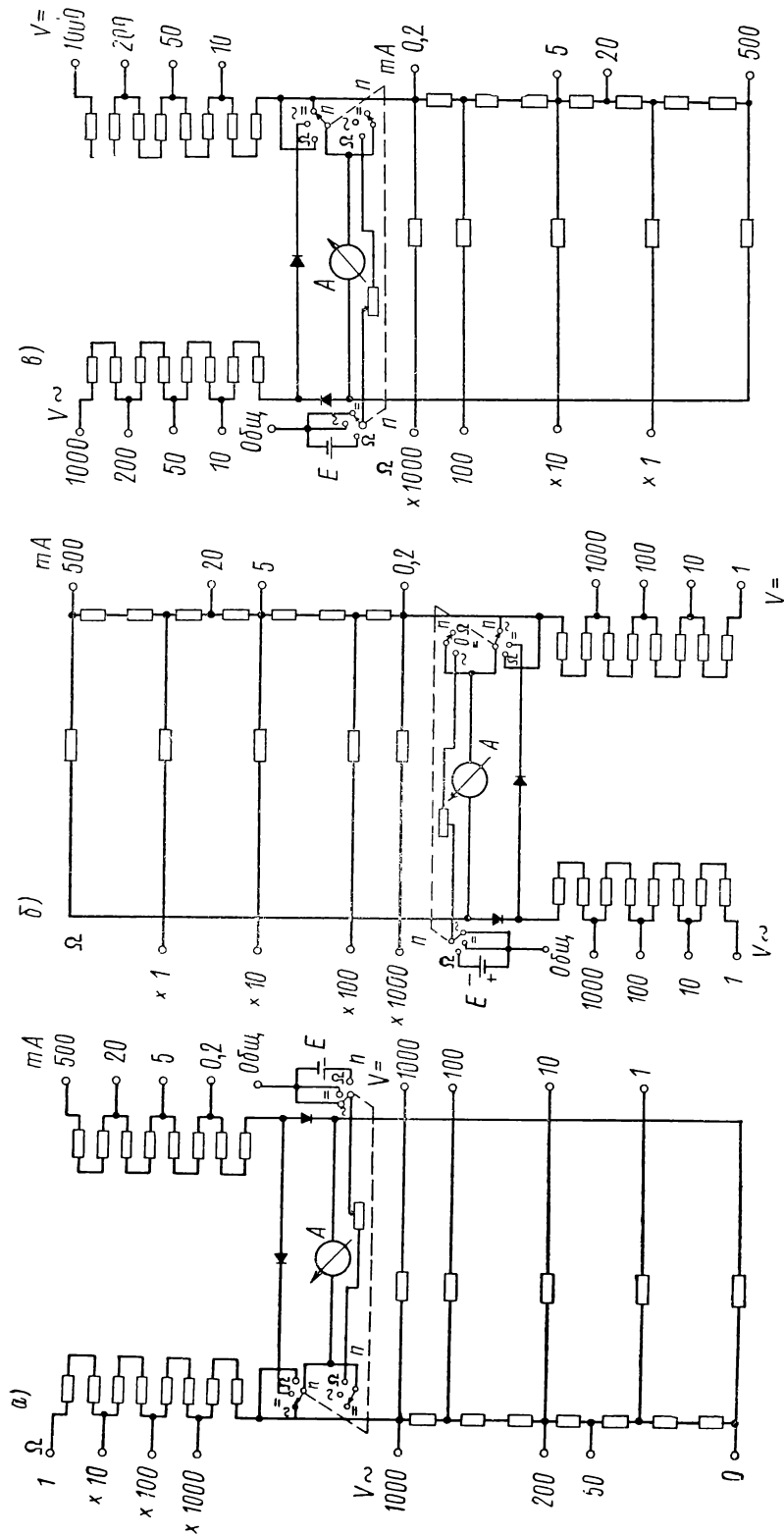


Рис. I-23.

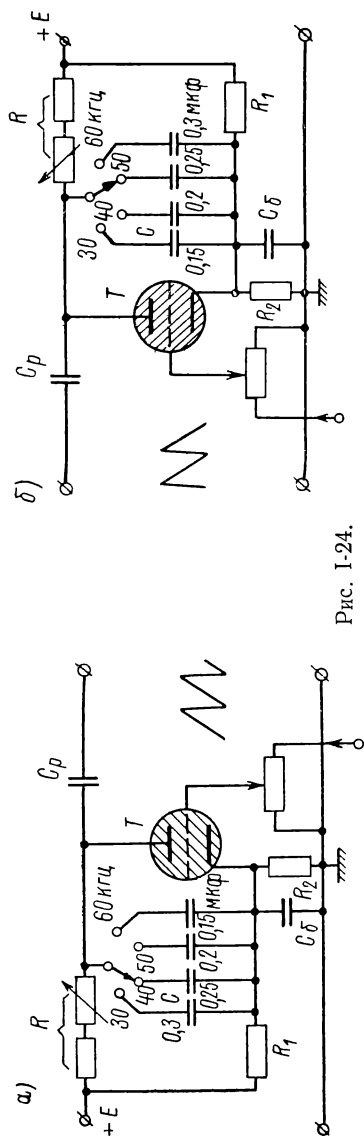


Рис. I-24.

зволненно большой величины. Под напряжением может оказаться и внутренний источник питания прибора, который нормально должен включаться лишь при измерении сопротивлений.

от полярности, а амплитуда — от величины управляющего напряжения.

В схеме последовательного балансового каскада усилителя постоянного тока (правильный вариант рис. I-26) двумя плечами моста яв-

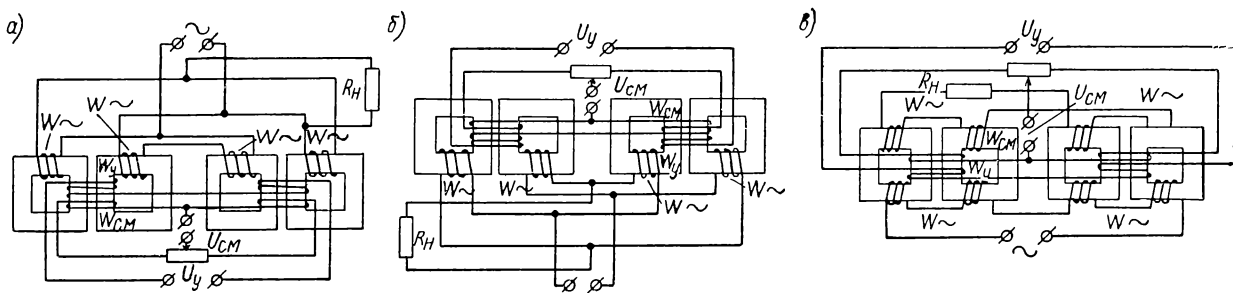


Рис. I-25.

Пользуясь маркировкой пределов измерений, нанесенной на правильной схеме, читатель может вычислить номиналы сопротивлений, включенных в схему, учитывая приведенные выше паспортные данные стрелочного индикатора.

Для тренировки предлагается определить правильность двух вариантов маркировки положений переключателя в схеме генератора пилообразного напряжения с зарядкой емкости через сопротивление (рис. I-24). В этой схеме тиратрон вспыхивает, когда напряжение на конденсаторе C достигает определенной величины; после этого конденсатор быстро разряжается через тиратрон, напряжение на лампе падает, тиратрон теряет проводимость, и конденсатор вновь заряжается через сопротивление R . Таким образом, изменяя величину напряжения на конденсаторе C , можно изменять частоту возбуждаемого напряжения; поэтому положения переключателя маркированы в единицах частоты.

В некоторых случаях мелкие ошибки могут внести принципиальные искажения в измерительную схему. В качестве наглядных примеров нами рассматриваются искажения мостовых схем магнитного и электронного усилителей.

В правильном варианте схемы магнитного усилителя (рис. I-25) его рабочие обмотки образуют плечи моста, в одну диагональ которого включено сопротивление нагрузки R_H , а на другую подается напряжение питания переменного тока. Каждая из обмоток управления W_y и смещения W_{cm} подмагничивает сердечники тех рабочих обмоток, которые составляют противоположные плечи моста. При таком включении обмоток фаза переменного напряжения на сопротивлении нагрузки зависит

ляются лампы L_1 и L_2 со своими катодными сопротивлениями, а двумя другими плечами — постоянные сопротивления. В одну диагональ моста включен источник анодного напряжения,

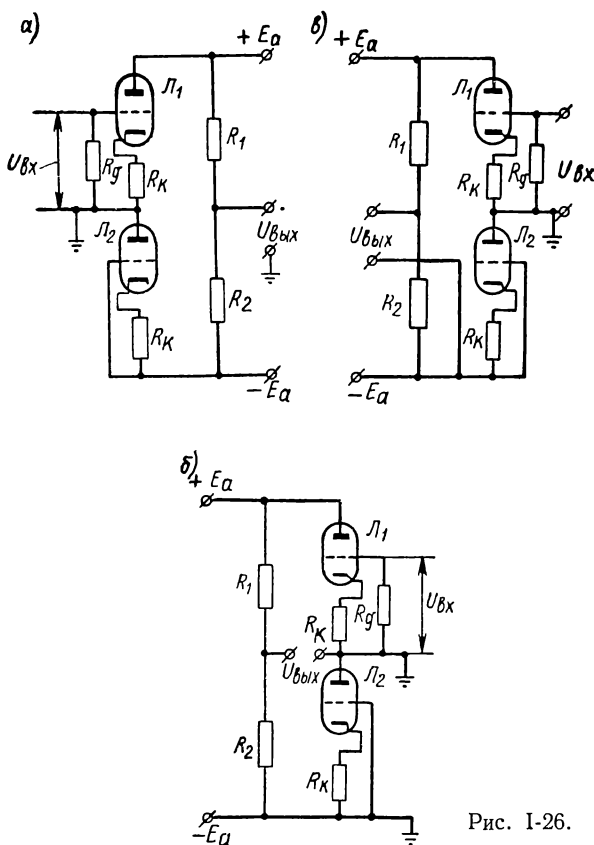


Рис. I-26.

а с другой диагонали снимается сигнал выходного напряжения. Мост сбалансирован при отсутствии входного сигнала. Последний изменяет внутреннее сопротивление лампы L_1 .

Одновременно изменяется ток в цепи обеих ламп, а значит и падение напряжения на катодных сопротивлениях, вследствие чего меняется внутреннее сопротивление лампы L_2 в сторону, противоположную изменению внутреннего сопротивления лампы L_1 . Изменение сопротивлений смежных плеч моста в разные стороны вызывает на выходе схемы сигнал разбаланса. Если схема симметрична, то колебания анодного и накального напряжений не вызывают разбаланса моста, а значит не влияют на величину сигнала на выходе.

Часто ошибка в мостовой схеме заключается в том, что силовая и измерительная диагонали имеют общие точки, а сопротивление плеча моста оказывается включенным в диагональ. Поэтому при проверке мостовых измерительных схем следует прежде всего найти силовую и измерительную диагонали моста, а затем обозначить его плечи.

§ 10. СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА ГИРОКОМПАСА БЕЗ УСИЛЕНИЯ

На схеме, изображенной на рис. I-27, показан основной датчик следящей системы гирокомпаса без усиления, а именно гиросфера 1, снабженная двумя гироскопами (на схеме не показанными) для погашения вредного влияния бортовой качки, являющимися по сути дела асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями трехфазного тока с частотой 333 гц. Гиросфера плавает в поддерживающей жидкости свободно, но центрирование ее осуществляется катушкой электромагнитного дутья, питающейся от двух фаз трехфазного тока. Как гиromоторы, так и катушка электромагнитного дутья соединены с графито-эбонитовыми электродами гиросферы. На следящей сфере 2 против соответствующих электродов гиросферы расположены другие электроды, подводящие питание к гиросфере через поддерживающую жидкость. Эти электроды соединены с токосъемными кольцами, расположенными на держателе следящей сферы, питание на которые подается посредством щеток. Управление следящей сферой и дистанционная передача показаний основного прибора на приборы-повторители (цепи 10) осуществляются мостовой схемой, питающейся от двух фаз трехфазного переменного тока.

Мостовая схема состоит из сопротивлений межэлектродных промежутков сфер 1 и 2 и двух секций обмотки дросселя 3. Нагрузкой схемы служит обмотка управления двухфазного электродвигателя 4, вал которого механически соединен с ротором сельсина-датчика 5, осуществляющего, кроме того, и синхронно-

синфазные повороты роторов сельсина-приемника 6 (механически соединенного со следящей сферой) и сельсина-приемника 7, вал которого механически соединен с катушкой 8 прибора-повторителя. Предполагается, что при

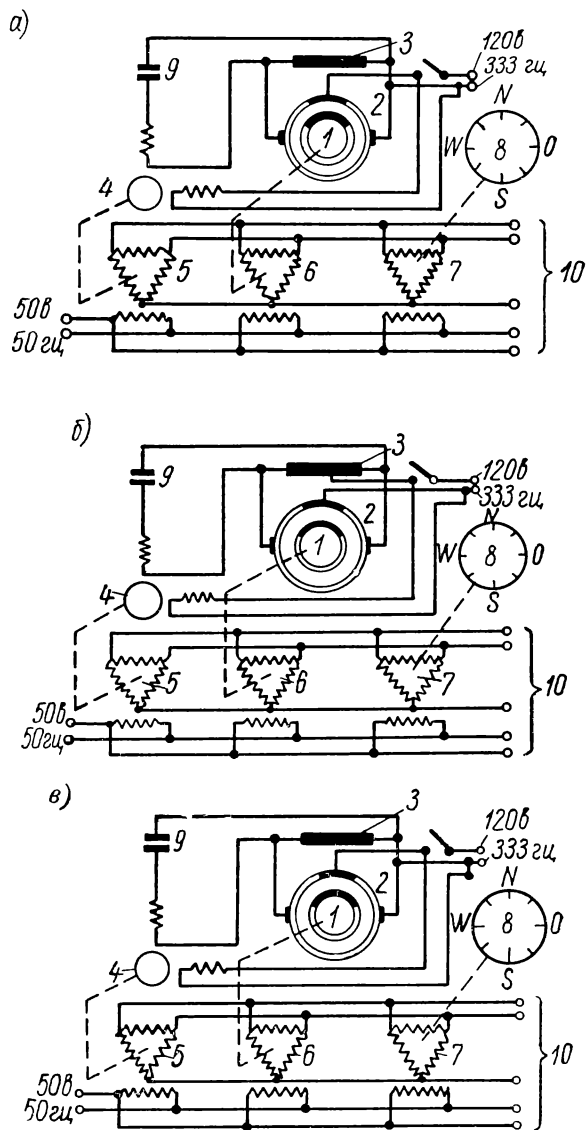


Рис. I-27.

установке гирокомпаса в меридиане сопротивления поддерживающей жидкости между следящими контактами следящей сферы и электродами гиросферы равны между собой, поэтому ток в обмотке управления электродвигателя отсутствует.

При отклонении судна от курса гиросфера останется в меридиане, а следящая сфера изменит свое положение вместе с судном, так что расстояния, а следовательно, и сопротив-

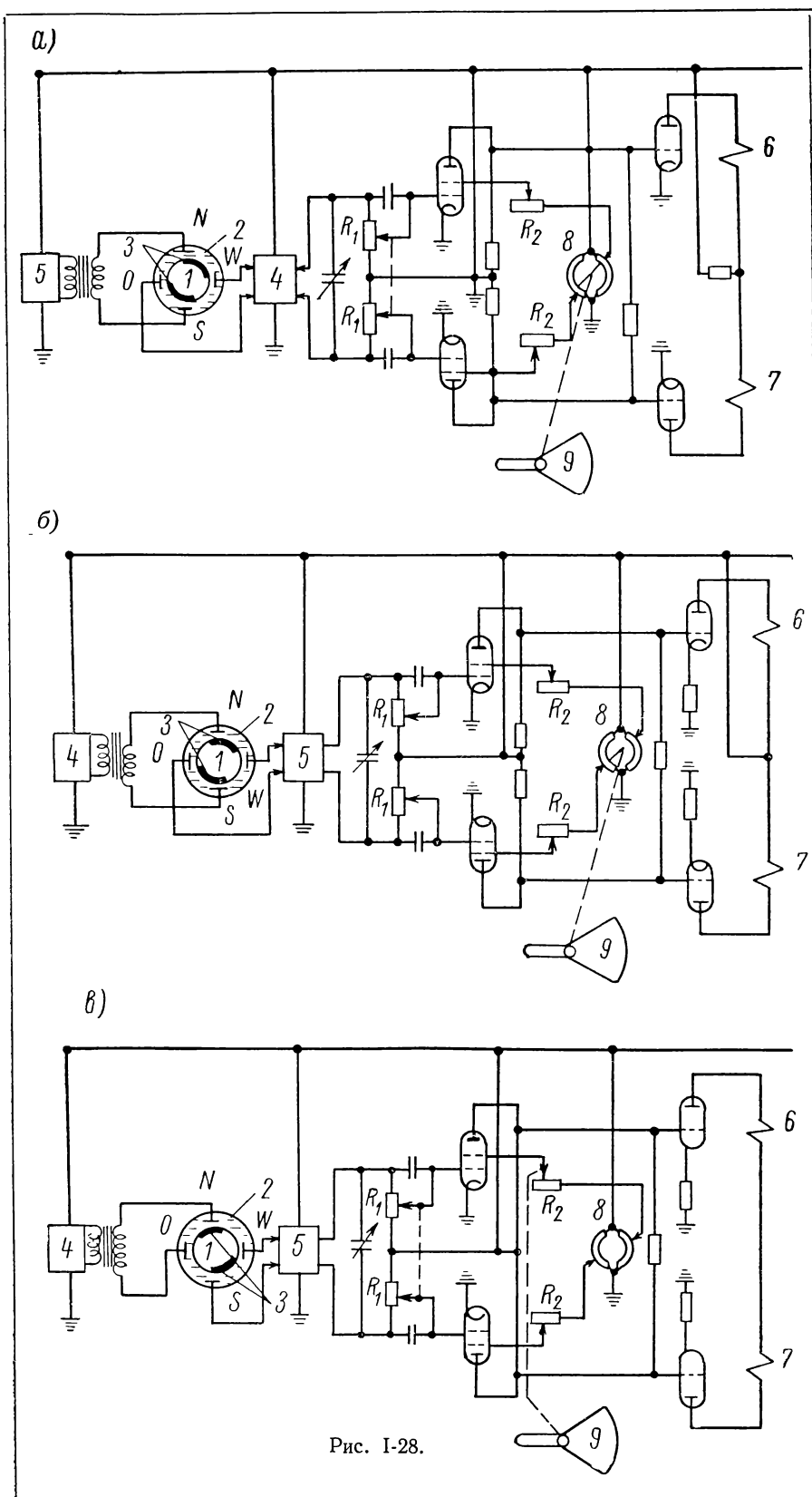


Рис. I-28.

ления между контактами следящей сферы и гиросферы изменятся. В обмотке управления ведущего электродвигателя 4 появится ток, сдвинутый по фазе относительно тока сетевой обмотки примерно на 90° (влияние конденсатора 9). При этом возникает вращающее магнитное поле, заставляющее короткозамкнутый ротор ведущего двухфазного двигателя 4 повернуться и повернуть ротор сельсина-датчика 5. Этот поворот передается на катушку 8 сельсиноприемником 7, и вращением азимутального сельсинаприемника 6 следящая гиросфера 2 будет поворачиваться до тех пор, пока не исчезнет разность сопротивлений в поддерживающей гиросферу жидкости, что случится при восстановлении прежнего относительного положения указанных электродов во взаимной оппозиции. Тогда исчезнет ток в обмотке управления и электродвигатель остановится, а также остановятся в новом положении катушка и следящая сфера.

Так как в этой схеме нет никакого усиления, то она является, пожалуй, наиболее простой из возможных, но тем не менее и здесь могут быть неправильности включения; поэтому читателю из трех вариантов рис. I-27 (а, б и в) следует найти правильный и обнаружить ошибки в двух других.

§ 11. СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РУЛЕВОГО УСТРОЙСТВА С МАГНИТНЫМ КОМПАСОМ

На рис. I-28 представлена схема автоматического рулевого устройства с магнитным ком-

пасом. Картушка компаса 1 плавает в токопроводящей жидкости 2. Картушка имеет два сегмента из серебра 3, а вокруг нее расположены четыре неподвижных электрода N , S , O , W . На электроды N и S подается переменное напряжение от генератора 4. С электродов O и W напряжение поступает на предварительный усилитель 5 с фазовым детектором, а затем на двухкаскадный усилитель постоянного тока. В анодные цепи ламп оконечного каскада включены обмотки реле 6 и 7, управляющих рулевой машиной. С баллером руля

§ 12. НЕКОТОРЫЕ ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ, ИСКАЖАЮЩИЕ СХЕМЫ С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ

В системах автоматического регулирования, следящих системах, схемах многокаскадных усилителей и генераторов правильность выполнения цепей обратной связи имеет первостепенное значение.

Неработоспособность цепей обратной связи вызывается многими причинами.

В неэлектрических регуляторах такими причинами чаще всего являются ошибки в меха-

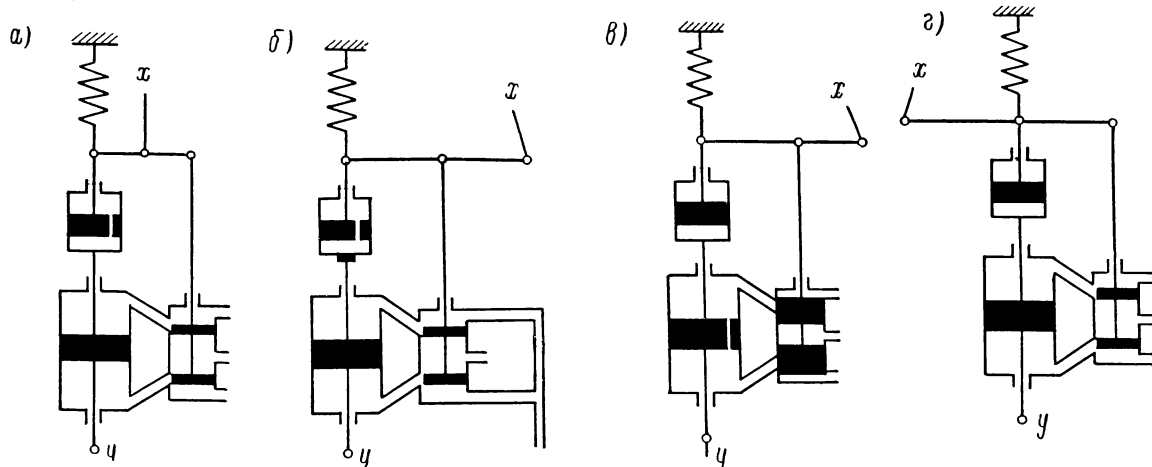


Рис. 1-29.

механически связан потенциометр обратной связи 8 (или «одерживания»).

Если корабль следует точно по курсу, проводящие сегменты картушки располагаются против электродов N и S и напряжение на вход усилителя 5 не подается. При отклонении судна от заданного курса, т. е. при повороте картушки, нарушается равенство сопротивлений участков жидкости между соседними парами электродов и, в зависимости от направления поворота, срабатывает одно из реле (6 или 7). Движки потенциометра 8 поворачиваются вместе с румпелем 9 до тех пор, пока контакты реле не разомкнутся. Угол поворота руля, следовательно, определяется величиной отклонения от заданного курса.

В этом заключается общая идея данного устройства, но схема позволяет осуществить некоторые особые переключения, как, например, «рыскливость», «изменение регулировки вторичной кладки руля», «одерживание судна рулем»; это является своеобразной настройкой схемы и производится путем изменения электрических характеристик усилителя потенциометрами R_1 и R_2 .

В двух вариантах схемы на рис. 1-28 имеются ошибки. Требуется найти правильный вариант и исправить ошибки в других.

нических сочленениях отдельных элементов конструкции, неправильный выбор точек приложения входных механических воздействий и ошибочные направления потоков рабочих сред (жидкости в гидравлических регуляторах и воздуха в пневматических). Примеры подобных ошибок можно увидеть на рис. 1-29, где представлены четыре варианта гидравлического сервопривода с золотниковым усилителем и гибкой обратной связью, осуществляемой катарактом и пружиной.

При поиске единственно правильного варианта сервопривода следует обратить внимание на сочленение поршневого двигателя, катаракта и золотника и на точку приложения входного перемещающего усилия x . На схемах необходимо стрелками показать направления потоков рабочей жидкости. Выходное перемещающее усилие приложено в точке y .

В электрических системах цепи обратных связей из-за схемных ошибок могут оказаться разомкнутыми или, наоборот, замкнутыми. Подобные ошибки внесены в два варианта системы автоматического регулирования напряжения генератора постоянного тока (рис. 1-30). В правильном варианте схемы гибкая отрицательная обратная связь через трансформатор подается с выхода электро-

магнита на вход цепи возбуждения генератора Γ .

Весьма опасны ошибки (иногда трудно вскрываемые), приводящие к изменению знака сигнала обратной связи. В системах с такими ошибками стабилизирующие отрицательные об-

ратные связи могут превратить гибкую обратную связь в жесткую, и наоборот.

В некоторых случаях даже самая тщательная проверка схем не сможет гарантировать систему от смены знака сигнала обратной

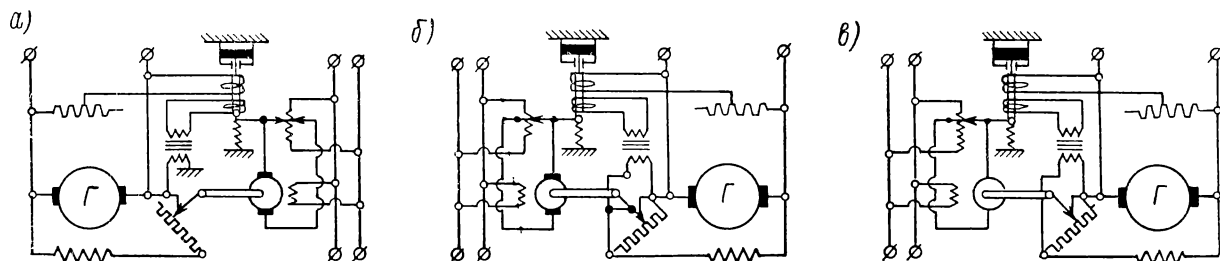


Рис. I-30.

ратные связи могут превратиться в положительные, возбуждающие генерацию колебаний, и, наоборот, положительные обратные связи, вводимые для возбуждения колебаний или повышения коэффициента усиления, могут оказаться отрицательными, демпфирующими. Ошибки такого рода встречаются в схемах усилительного каскада.

В единственном правильном варианте этой схемы (рис. I-31) осуществлена отрицательная обратная связь по напряжению, охватывающая каскад. При этом используется то обстоятельство, что при активной нагрузке анодной

связи. К таким системам относятся, в частности, приводы с электромашинными и магнитными усилителями, где знак сигнала обратной связи зависит от фазировки магнитных потоков обмоток, которая обычно оговаривается при описании схемы, но редко указывается на самой схеме.

§ 13. СХЕМА АСТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Для проверки умения читателя составлять и понимать структурные (или «скелетные»)

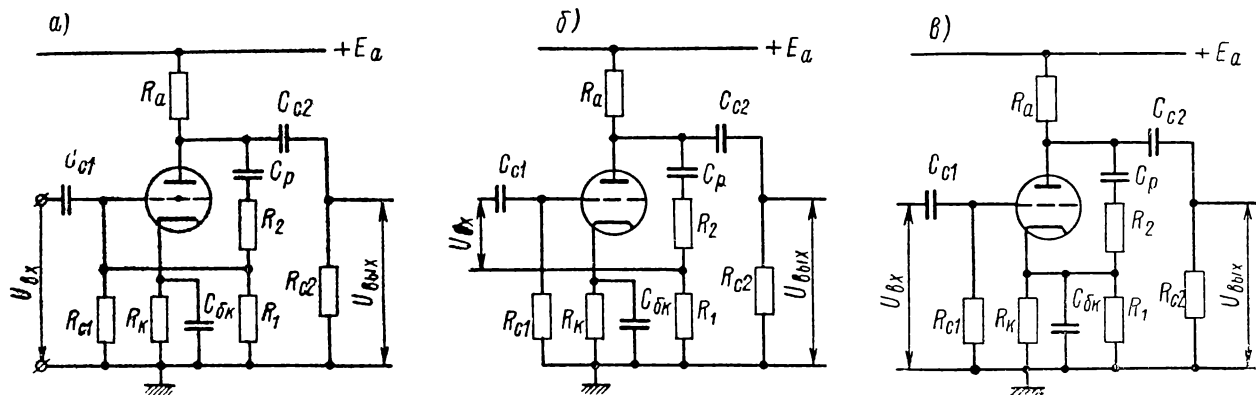


Рис. I-31.

цепи переменная составляющая анодного напряжения сдвинута по фазе на угол π относительно входного сигнала, а при значительной емкости конденсатора в цепи обратной связи ток в этой цепи и, следовательно, падение напряжения от этого тока на активном сопротивлении совпадают по фазе с переменной составляющей анодного напряжения.

схемы систем автоматического регулирования предлагаем читателю следующую задачу.

На рис. I-32, а представлена схема аstaticкой системы автоматического регулирования электрического напряжения. Выходное напряжение системы (регулируемая величина) $y = U$ пропорционально углу поворота α вы-

ходного вала редуктора, вращаемого электродвигателем ЭД. Это напряжение сравнивается с эталонным напряжением $U_0 = x$, и их разность $\Delta = U_0 - U$ подается на вход усилителя с коэффициентом усиления k_y . Выходное напряжение усилителя $U_3 = k_y \Delta$ подается на якорь двигателя, который вращается до тех пор, пока разность напряжений $\Delta = U_0 - U$ не будет полностью скомпенсирована. Требуется составить структурную схему данной системы.

Эта задача была предложена трем лицам и в результате получены три структурные схемы, приведенные на рис. I-32, б, в, г. Читателю предлагается найти среди них правильный вариант, обосновать свое решение, а в остальных схемах указать ошибки.

Разобравшись в этой не очень сложной задаче, читатель может самостоятельно продолжать упражнения для развития навыков в составлении (и чтении) структурных схем, пользуясь в качестве материала теми схемными задачами, где он может

§ 14. УПРАЖНЕНИЯ ПО ЛОГИЧЕСКИМ СХЕМАМ, СОСТАВЛЕННЫМ ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Построение счетных и управляющих цепей вычислительных устройств дискретного дей-

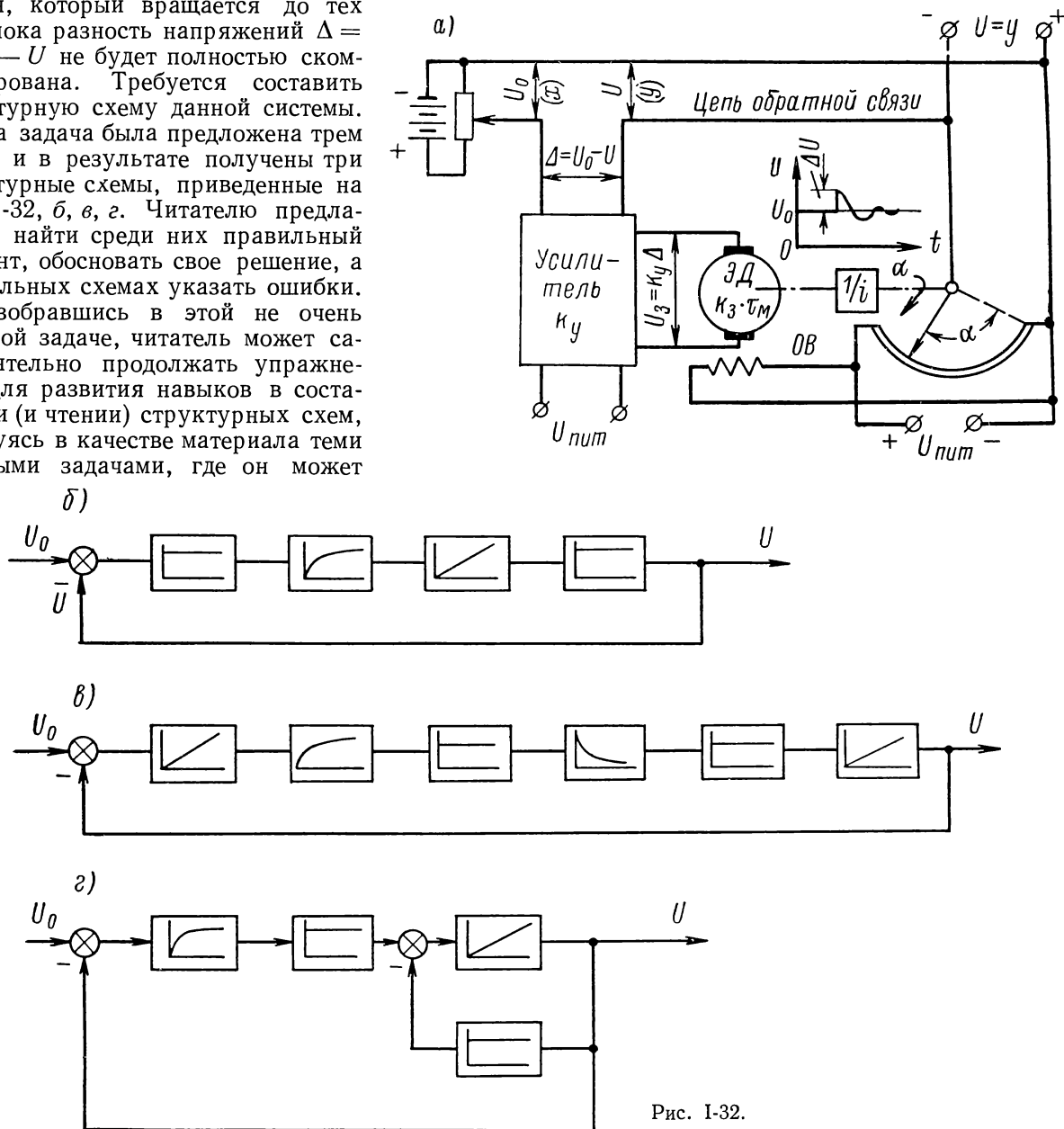


Рис. I-32.

разбить схему на отдельные звенья и наметить динамические свойства их. Это можно сделать не только в отношении схем автоматического регулирования и следящих систем, помня, что каждое такое звено системы обладает теми или иными динамическими свойствами.

Различные схемные решения элементов «и» и «или» представлены на рис. I-33, однако (как

будет ясно из существа задачи) порядок этих схемных решений не соответствует последовательности дальнейшего изложения, поэтому в ссылках на схемы вместо индекса схемы поставлен знак вопроса.

Электрическая схема совпадения (схема «и») имеет несколько входов и один выход, причем

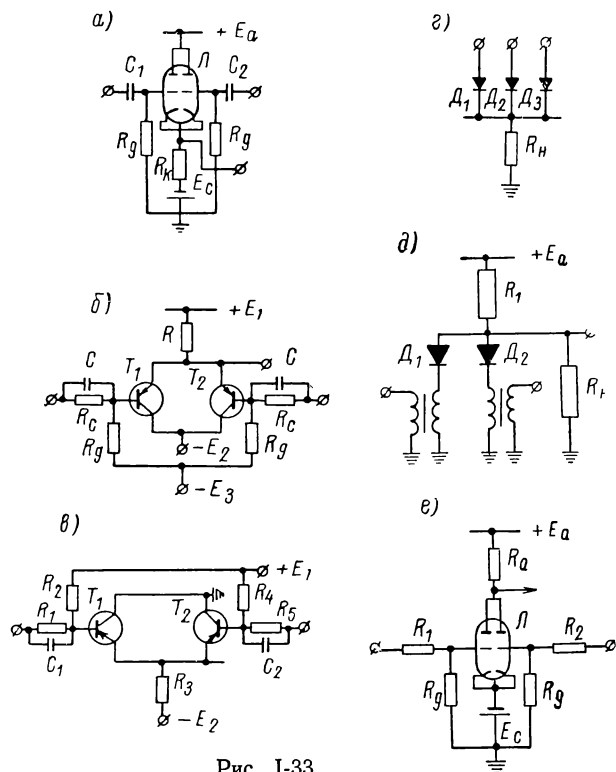


Рис. I-33.

сигнал на выходе появляется лишь в том случае, если одновременно поступает сигнал на все входные цепи.

Схема совпадения на двойном триоде (схема?) часто используется для потенциального управления в цепях с непосредственной связью. При отсутствии сигналов на входах схемы оба триода открыты, и с анода снимается малое падение напряжения (сигнал на выходе отсутствует). Сигнал на выходе появляется при запертии ламп, для чего должны быть одновременно поданы сигналы отрицательного напряжения на оба входа схемы. Подача сиг-

нала на один из входов не запирает лампы.

В схеме совпадения на полупроводниковых диодах (схема ?) сигнал на выходе, снимаемый с сопротивления нагрузки R_H , равен нулю до тех пор, пока входные сигналы соответствующей полярности не заперут одновременно оба диода, шунтирующих R_H .

При отсутствии сигналов на входах схемы совпадения на полупроводниковых триодах (схема ?) оба триода открыты и проводят ток, и сигнал на выходе близок к потенциалу базы. При одновременной подаче на оба входа положительных сигналов триоды запираются, и на выходе схемы появляется положительный сигнал высокого уровня. При подаче положительного сигнала на один из входов сигнал на выходе отсутствует, так как при этом один из триодов остается открытым.

Сигнал на выходе разделительной схемы (схемы «или»), имеющей несколько входов и один выход, появляется при сигнале хотя бы на одном из ее входов. Например, в схеме с полупроводниковыми диодами (схема ?) сигнал, снимаемый с сопротивления R_H , появляется всякий раз, когда к любой из входных цепей приложено напряжение в проводящем направлении любого из диодов.

Оба триода ламповой схемы разделения (схема ?) при отсутствии сигналов на входах заперты напряжением смещения E_c . При подаче на любой из входов положительного импульса на общей катодной нагрузке ламп также появляется положительный выходной сигнал.

При отсутствии сигналов на входах оба полупроводниковых триода разделительной схемы (схема ?) заперты положительным напряжением на базе относительно эмиттера. При этом на выходе схемы имеет место напряжение высокого уровня. Подача отрицательного сигнала хотя бы на один из входов открывает соответствующий триод и вызывает появление выходного сигнала — значительное снижение уровня напряжения на выходе.

На схемах логических элементов (рис. I-33) следует обозначить входные и выходные цепи и показать форму входных и выходных сигналов. Кроме того, необходимо поставить пропущенные индексы схем в тексте описания принципа действия элементов.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА НАХОЖДЕНИЕ И ИСПРАВЛЕНИЕ СХЕМНЫХ ОШИБОК

§ 15. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДЪЕМ И ОПУСКАНИЕ КАЧАЮЩИХСЯ СТОЛОВ РЕВЕРСИВНОГО СТАНА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Подъем и опускание столов осуществляются специальным реверсивным механизмом при неизменном вращении двигателя. Точная фиксация

катушкам контакторов 1Л и 2Л, двигатель подключается к сети и одновременно включается обмотка электромагнитного тормоза ЭТ, что растормаживает двигатель. Кроме того, размыкается размыкающий контакт 1Л в цепи реле времени 1РУ с выдержкой времени (необходимой для разгона двигателя

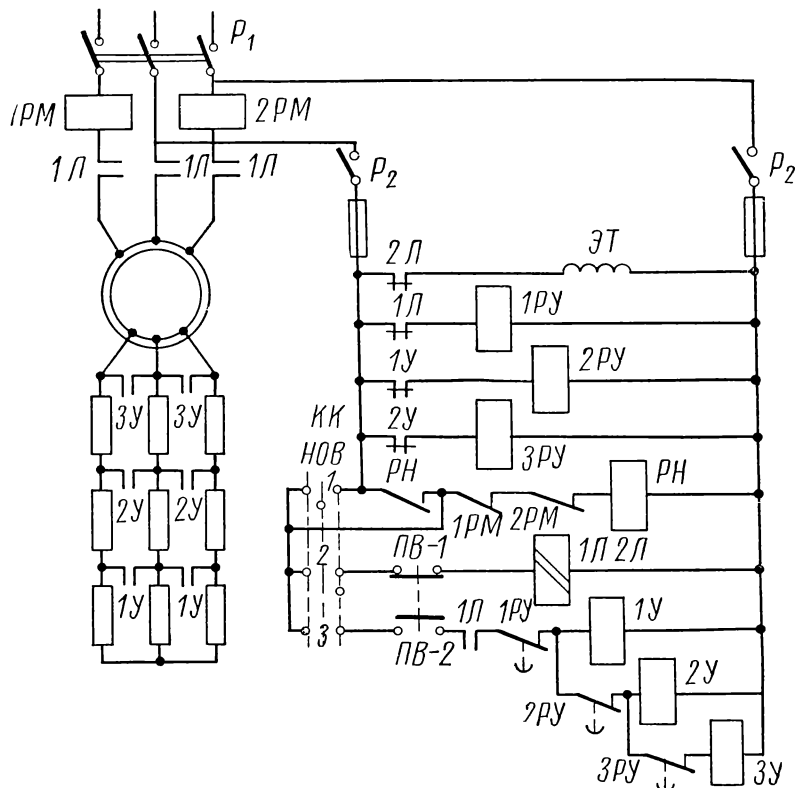


Таблица замыканий ПВ

Цепь	Положение столов		
	нижнее 0°	верхнее 180°	нижнее 360°
ПВ-1			
ПВ-2			

Диаграмма
включения КК

Цепь	Низ	0	Верх
1	-	×	-
2	-	-	×
3	×	-	-

Рис. I-34.

сация положений «Низ» и «Верх» производится с помощью путевых выключателей (ПВ) ПВ-1 и ПВ-2 (рис. I-34).

Работа схемы. При включении рубильника P_1 (рис. I-34) включаются реле времени 1РУ, 2РУ, 3РУ, которые и размыкают свои контакты в цепях контакторов ускорения 1У, 2У, 3У. Кроме того, при нулевом положении командоконтроллера КК включается и самоблокируется реле нулевой защиты РН.

При повороте командоконтроллера КК в должное положение, например «Верх» (причем столы, очевидно, стоят внизу, и контакты ПВ-1, согласно таблице замыканий, замкнуты, а ПВ-2 разомкнуты), подается пи-

до определенной скорости) и замыкается размыкающий контакт 1РУ в цепи 1У, что вызывает шунтирование первой ступени сопротивлений в роторе двигателя. Одновременно отключается реле 2РУ, которое включает (с соответствующей выдержкой времени) контактор 2У, и т. д. Таким образом двигатель разгоняется до некоторой установившейся скорости.

При подходе к положению «Верх» путевой выключатель ПВ-1 отключается, а ПВ-2 включается, как это видно из таблицы замыканий ПВ. Двигатель отключается и резко затормаживается тормозом ЭТ. Включение «Вниз» происходит аналогичным образом.

Мы опускаем ряд других операций (например, защиты), поскольку они, как будет видно из дальнейшего, на решение задачи не влияют.

Проверка схемы и нахождение ошибок. Анализ начинаем с рассмотрения состояния схемы при включении рубильников P_1 и P_2 ; обнаруживаем, что в стационарном состоянии, когда командоконтроллер $КК$ находится в положении «0»:

1) включены реле $1PY$, $2PY$, $3PY$;

4) размыкающий контакт $2Л$ размыкает тормоз $ЭТ$ (?).

Это обстоятельство сразу же заставляет нас насторожиться, так как очевидно, что отключение тормоза $ЭТ$ приводит к торможению двигателя.

Допускаем, что отключение тормоза ошибочно и должно быть ликвидировано, но для этого в схеме должен находиться замыкающий контакт $2Л$. Только в таком случае тормоз $ЭТ$

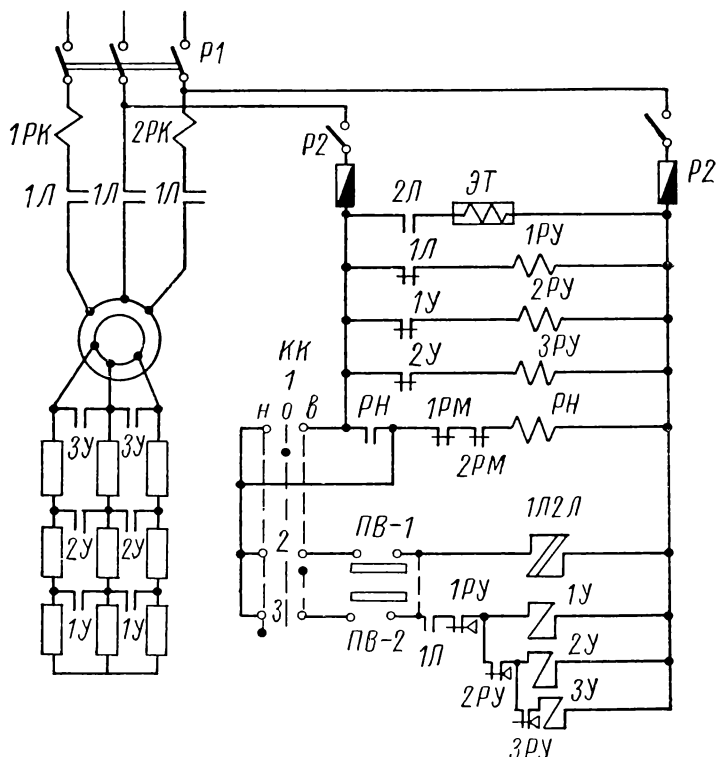


Таблица замыканий ПВ

Цепь	Положение столов		
	нижнее 0°	верхнее 180°	нижнее 360°
ПВ-1		◆	
ПВ-2			▲

Диаграмма включения КК

Цепь	Низ	0	Верх
1	-	X	-
2	-	-	X
3	X	-	-

Рис. I-35.

2) реле $РН$ также включено и становится на самоблокировку;

3) включен электромагнитный тормоз $ЭТ$ (!).

Последнее обстоятельство пока рассматриваем как подготовительную операцию и, следовательно, допускаем ее возможность, так как это требуется условиями пуска (см. выше).

Затем убеждаемся в том, что при включении командоконтроллера $КК$ в положение «Верх» подключаются контакторы $1Л$ и $2Л$ (правильность работы ПВ проверяем по таблице); после этого проверяем работу контактов $1Л$ и $2Л$, что приводит к следующим результатам:

1) замыкающий контакт $1Л$ подключает двигатель;

2) замыкающий блок-контакт $1Л$ замыкается в цепи $1У$, $2У$, $3У$;

3) размыкающий блок-контакт $1Л$ размыкает реле $1PY$;

включается и отключается одновременно с двигателем, что и должно быть по сути дела (см. описание работы схемы выше).

Целесообразно, по крайней мере при первых попытках анализа и проверки схемы, наложить на оригинальную схему кальку или прозрачную бумагу и наметить требуемые соединения (пути тока) карандашом. Тогда можно уверенно нанести другим цветом (например, красным карандашом или чернилами) требуемое исправление схемы в данном звене цепи и продолжить анализ дальше. Полезно также на полях этих «вспомогательных планшето» записывать словами найденные результаты — то, в чем мы «убеждаемся». Впоследствии, при некотором опыте в чтении схем, эти выводы можно держать в памяти, но при начале занятий подобная педантичность не только не повредит делу, а, напротив, приучит к извест-

ному порядку в сопоставлении отдельных выводов.

Подобным же образом мы убеждаемся в том, что контакт $1PY$ замкнется с выдержкой времени в цепи катушек $1Y$, $2Y$, $3Y$, но при этом последние не подключатся к сети, так как контакт 3 командоконтроллера, так же как и $PB-2$, разомкнут.

Это обстоятельство, очевидно, тоже обнаруживает ошибку, для устранения которой нужно обеспечить питание обмоток $1Y$, $2Y$, $3Y$, не нарушая изложенной выше последовательности работы элементов схемы.

Это можно осуществить различными способами, но проще всего, пожалуй, соединить между собою цепи, где стоят выключатели $PB-1$ и $PB-2$, так, как показано пунктиром на рис. I-35.

Осуществив эти исправления на отдельно скалькированной схеме, мы начинаем снова ее проверку изложенным выше способом. Проверка приводит нас к убеждению, что схема исправлена верно, т. е. теперь контактор $1Y$ включается при замыкании реле $1PY$ и соответствующими контактами шунтирует соответствующее сопротивление в цепи ротора, выключает затем соответствующее реле $2PY$, которое подключает соответствующий контактор $2Y$, и т. д.

При этом мы попутно проверяем правильность подключения всей аппаратуры (в том числе и элементов защиты); последнее дает нам право перечертить схему в правильном исполнении, изложив все рассуждения для обоснования исправлений.

§ 16. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПУСК, РЕВЕРСИРОВАНИЕ И БЫСТРАЯ ОСТАНОВКА КОМПАУНДНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Работа схемы. При включении рубильника P (рис. I-35) включается шунтовая обмотка двигателя $ШО$; при нулевом положении универсального переключателя (УП), т. е. когда замкнут контакт $1УП$, реле нулевой защиты $РН$ получает питание и своим замыкающим

контактом шунтирует контакт $1УП$. При переводе УП в положение «Вперед» получает питание контактор B , который включает двигатель для работы в избранном направлении. Одновременно включаются контактор динамического торможения $ДТ$ и электромагнитный тормоз $ЭТ$.

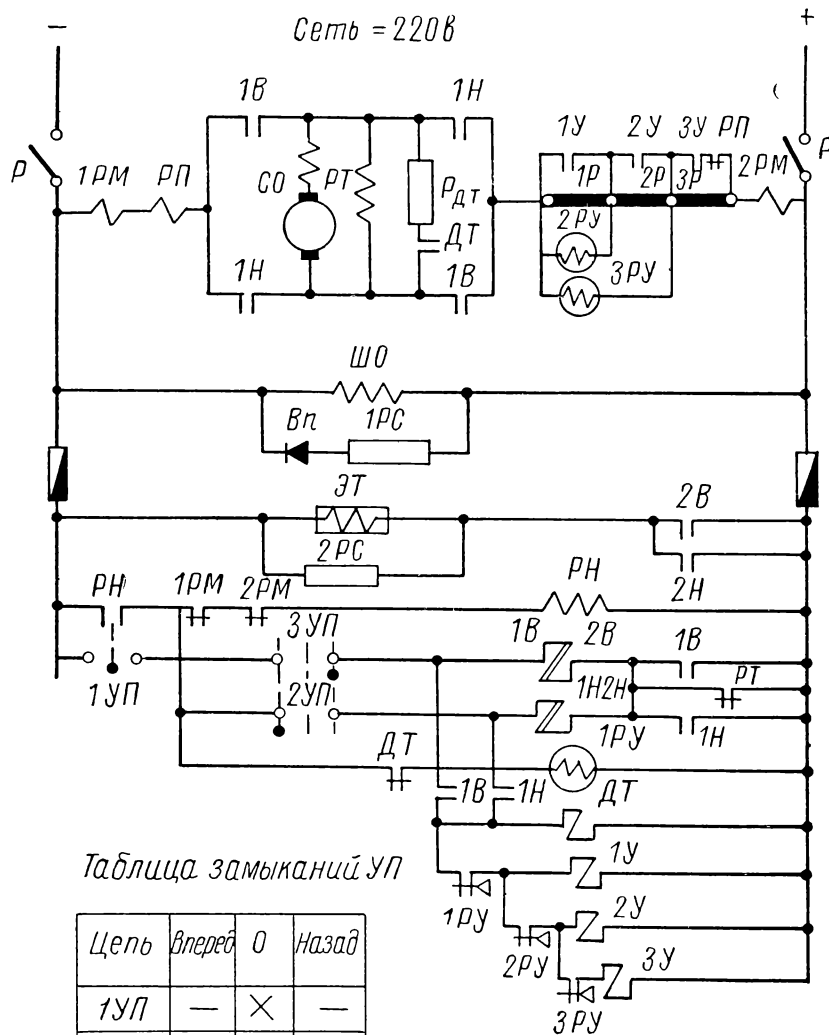


Рис. I-36.

Первый отключает сопротивление динамического торможения $R_{ДТ}$ от якоря двигателя и реле $1PY$ от сети, а второй растормаживает двигатель.

Реле $1PY$ замыкает с выдержкой времени, необходимой для достижения двигателем заданной скорости, свой контакт и включает контактор $1Y$ (который шунтирует ступень сопротивления в цепи якоря двигателя) и одновременно катушку реле времени $2PY$. Реле $2PY$ включает контактор $2Y$, шунтирующий вторую ступень сопротивления, и реле $3PY$, и т. д.

Двигатель разгоняется таким образом до надлежущей скорости.

В случае перегрузки двигателя (выше полуторактной) срабатывает реле РП и включает ступень сопротивления в цепь двигателя,

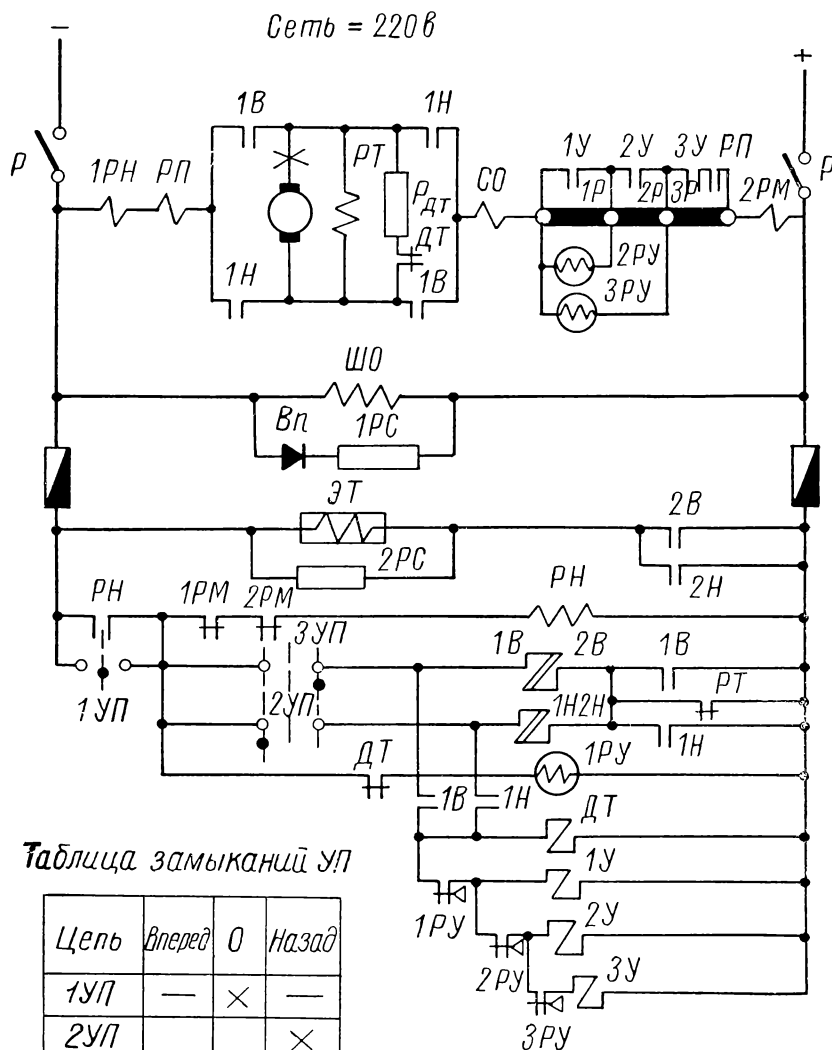


Таблица замыканий УП

Цепь	Вперед	0	Назад
1УП	—	×	—
2УП	—	—	×
3УП	×	—	—

Рис. 1-37.

понижая, следовательно, его скорость. Включение двигателя в другом направлении происходит аналогичным образом.

Схема обеспечивает нормальный реверс в случае быстрого переключения ключа УП из одного положения в другое при помощи реле РТ, которое в случае отключения контактора В (или Н) не позволит включиться контактору Н (или В) до тех пор, пока двигатель практически не остановится.

Разрядное сопротивление 1РС для устранения потерь включается через выпрямитель Вп.

Защита схемы осуществляется максимальными реле 1РМ и 2РМ и предохранителями.

Проверка схемы и нахождение ошибок. Проверку, как и в первой решенной задаче, начинаем с анализа статического состояния схемы, т. е. состояния перед непосредственным пуском рабочего органа. Прежде всего обращаем внимание на те элементы, которые включены в этом положении, и убеждаемся в том, что включение их необходимо (если можно убедиться, не прибегая к дальнейшему анализу).

Затем анализируем работу схемы после ее включения, причем особое внимание обращаем на очередность срабатывания аппаратов и их контактов, на действия, вызываемые этими срабатываниями в соответствующих цепях, и на последствия этих действий.

Убеждаемся, что включение шунтовой обмотки ШО двигателя и включение и самоблокировка реле РН перед непосредственным включением двигателя обоснованы и правильны.

Мысленно включаем УП, например в положение «Вперед», и убеждаемся, что соответствующие контакторы В и ДТ включаются правильно и что контакты их выполняют необходимые переключения (указанные в описании). Убеждаемся далее, что соответствующие реле времени 1РУ, 2РУ, 3РУ включают соответствующие контакторы и что последние соответствующими контактами шунтируют соответствующие сопротивления 1Р, 2Р, 3Р и реле 2РУ, 3РУ в соответствующей цепи.

Аналогично проверяем правильность работы схемы и правильность включения двигателя в положении «Назад».

Здесь, очевидно, мы заметим, что серийная обмотка двигателя подключена непосредственно к двигателю и будет, следовательно, реверсироваться по отношению к шунтовой обмотке ШО, т. е. в одном случае работать согласно с нею, а в другом встречно. Так как в компаундном двигателе серийная обмотка СО для получения более мягкой характеристики нормально включена согласно с шунтовой (за исключением особых случаев, когда требуется

повышенная жесткость характеристики), то второй режим будет ненормальным. Очевидно, обмотку *CO* нужно включить так, как показано на рис. I-37, т. е. не реверсировать ее при реверсе двигателя.

Попутно с анализом работы схемы проверяем правильность включения аппаратов (отсутствие разрывов, шунтирующих цепей, правильная полярность). При этом мы, очевидно, заметим, что выпрямитель Bn в цепи $1PC$ при заданной полярности питающей сети включен неверно, так как при включенной обмотке он не запирает цепь $1PC$. При отключении же от сети энергия, запасенная в шунтовой обмотке $ШО$, не сможет разрядиться через сопротивление $1PC$, так как выпрямитель запрет эту цепь. Возникающее при этом перенапряжение может привести к пробоем обмотки. Выпрямитель Bn необходимо переключить (рис. I-37).

Наконец проверяем достаточность защиты и правильность ее подключения и действия, т. е. обеспечивает ли защита отключение схемы при всех аварийных режимах (короткое замыкание в цепи управления, в цепи якоря, мгновенная перегрузка двигателя).

На этом проверку можно считать законченной.

§ 17. АВТОМАТИЧЕСКАЯ БЛОКИРОВКА ПУСКА И ОСТАНОВКИ КОТЛА

Работа схемы. Схема, приведенная на рис. I-38, обеспечивает автоматический пуск судового водогрейного котла и его остановку при достижении заданной температуры или при обрыве факела.

Чувствительными элементами системы автоматического пуска и остановки являются дилатометрическое реле температуры PT , контакт которого замкнут, если температура воды в котле ниже заданной, и фотосопротивления $ФС$, воспринимающие свет факела топки котла.

Для автоматического пуска котла необходимо переключатель *ПУ* поставить в положение «А» и замкнуть ключ *ВП*. В момент пуска котла температура воды низка, поэтому через замкнутый контакт *РТ* получают питание реле *1РП* и электромеханическое реле времени *РВ*. Одновременно напряжение подается на цепочку последовательно соединенных катушки реле *РФ* и фотосопротивлений *ФС*, однако сопротивление *ФС* в отсутствие факела настолько велико, что реле *РФ* не срабатывает.

Реле $1P$, срабатывая, включает линейный контактор K , который включает шунтовой электродвигатель $ДТН$ топливного насоса и индукционную катушку $ИК$ с прерывателем и конденсаторами. Индукционная катушка в мо-

мент каждого замыкания прерывателя создает электрическую дугу, зажигающую факел в топке котла. Факел освещает фотоспротивления, вследствие чего срабатывает реле $P\Phi$, отключая своими контактами индукционную катушку $ИК$ и катушку реле времени $PВ$, которое при нормальном пуске котла не успевает сработать. Когда температура воды в котле достигает заданного значения, размыкаются

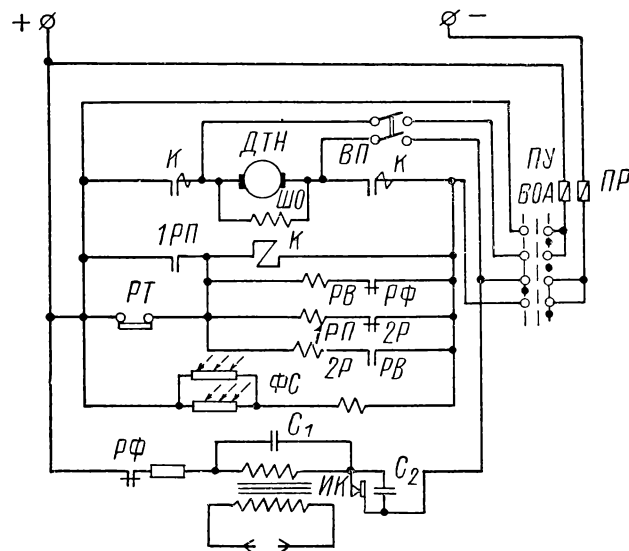


Рис. I-38.

контакты реле *РТ* и схема приходит в исходное положение (выключается электродвигатель *ДТН* и цепь зажигания). Пуск котла повторится в том же порядке после того, как остынет вода в котле и снова замкнутся контакты *РТ*.

Если в процессе пуска по какой-либо причине факел не загорится, то реле $P\Phi$ не сработает, и после определенной выдержки времени реле $PВ$ замкнет свои замедленные на замыкание замыкающие контакты в цепи реле $2P$, которое, сработав, обесточит катушку реле $1P$. При этом выключается контактор K , останавливающий электродвигатель $ДГН$ и замыкающий цепь питания индукционной катушки $ИК$.

Весьма опасным является исчезновение (обрыв) факела в процессе работы котла. В этом случае при продолжении подачи топлива в форсунки в топке может образоваться взрывоопасное облако паров топлива. Поэтому в схеме предусмотрена аварийная остановка котла при обрыве факела.

Исчезновение факела вызывает рост электрического сопротивления ΦC , вследствие чего реле $P\Phi$ замыкает свои размыкающие контакты в цепи индукционной катушки IK и

катушки *PB*. Если исчезновение пламени кратковременно, то за время выдержки реле *PB* успеет произойти новое зажигание, снова срабатывает реле *PФ* и аварийной остановки котла не произойдет. Если же за время выдержки реле факел не загорится, то замкнется контакт *PB* и сработает реле *2P*, которое включит реле *1P*. Последнее, выключив контактор *K*, остановит электродвигатель топливного насоса *ДТН* и обесточит катушку *ИК*.

При аварийной остановке котла реле *2P* и *PB* остаются под током через замкнутый контакт *РТ*, поэтому для повторного пуска котла необходимо сначала обесточить схему, переведя переключатель *ПУ* в положение «0», а затем снова вернуть переключатель в положение «А».

Схема предусматривает возможность ручного пуска котла, так как при переводе переключателя *ПУ* в положение «В» и при замкнутом ключе *ВП* питание подается на двигатель *ДТН* и катушку *ИК*.

Следует исправить ошибки в схеме и дополнить ее световой сигнализацией аварийной остановки котла.

Проверка схемы и нахождение ошибок. Чтобы найти в схеме (рис. I-38) ошибки, прежде всего обратим внимание на включение цепей питания.

При установке переключателя *ПУ* в положение «А» левый (по схеме) контакт *РТ* подсоединяется через *ПУ* и через перемычку к шине (+). Включение перемычки параллельно переключателю создает режим короткого замыкания источника питания при замыкании верхних контактов переключателя. Поэтому считаем установку этой перемычки ошибочной.

При анализе схемы включения переключателя *ПУ* вызывает сомнение наличие точки у его второго сверху правого контакта. Действительно, как указано в описании схемы, автоматическая блокировка включается при установке переключателя *ПУ* в положение «А». При этом должны замкнуться верхняя и нижняя пары его контактов. Замыкание второго сверху контакта *ПУ* в положении «А» ничем не оправдано. С другой стороны, в положении «В» при замкнутом ключе *ВП* должна включиться схема ручного управления пуском котла, для чего должны замкнуться вторая и третья сверху пары контактов переключателя *ПУ*. Однако по схеме (рис. I-38) второй сверху контакт *ПУ* замыкается не в положении «В», а в положении «А». Поэтому заключаем, что на схеме точку следует поставить не у правого, а у левого контакта второй сверху контактной пары переключателя.

Проанализируем последовательность работы элементов схемы.

Как указано в описании, при замкнутых контактах *РТ* и при установке переключателя *ПУ* в положение «А» под током должны находиться катушки реле *1P* и *PB*. По схеме же (рис. I-38) при включении ее питание будет подаваться одновременно на катушки *1PП*, *PB* и *K*. Но в тексте описания схемы нигде не упоминается реле *1PП*, и в то же время указано реле *1P*, включающееся через размыкающий контакт реле *2P* и имеющее замыкающий контакт в цепи *K*. Отсюда делаем вывод, что на рис. I-38 реле *1P* ошибочно обозначено *1PП*. Проверив по описанию схемы логику действия этого реле в аварийных режимах, еще раз

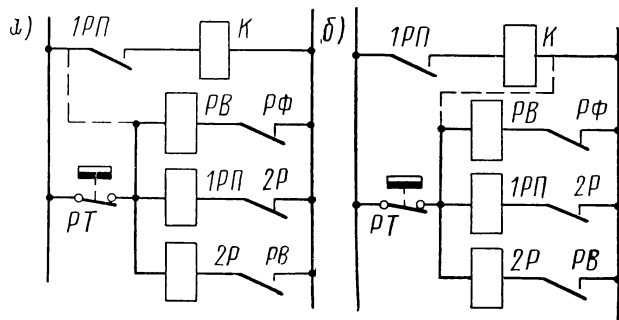


Рис. I-39.

убеждаемся в ошибочности обозначения на схеме катушки и замыкающих контактов *1PП*.

Включение контактора *K* одновременно с *1P* также заставляет усомниться в правильности подключения на рис. I-38. Далее в описании говорится, что в аварийных режимах замыкающие контакты *1P* отключают контактор *K*, а по схеме наличие или отсутствие тока в катушке контактора зависит только от состояния контактов *РТ*, а не *1P*. Следовательно, на схеме неправильно обозначено соединение контактов *1P* (на схеме *1PП*) и катушки *K* в последовательной цепи: контакты *1P* должны стоять непосредственно в линии, соединяющей катушку *K* с одной из шин. Исходя из этого, предполагаем, что вертикальная перемычка, соединяющая общую точку контакта *1P* и катушки *K* с катушкой *PB*, нанесена ошибочно. В этом нас убеждает и то, что реле *1P*, сработав, через вертикальную перемычку и свой замыкающий контакт становится на самоудержание и не обесточивается при размыкании контактов *РТ*.

Рассмотрим два других возможных включения перемычки (пунктир на рис. I-39).

Вариант *а* противоречит описанию схемы, так как в этом случае шунтируется контакт *РТ*, состояние которого перестает оказывать влияние на работу схемы. Ошибочен также и вариант *б*, при котором шунтируются катушки

$PВ$, $1P$ и $2P$ и в схеме возникает короткое замыкание источника питания при замкнутом контакте $PТ$.

Предположим, что перемычка вообще не нужна. Дальнейший анализ схемы подтверждает это предположение.

Проверяя работу схемы далее, убеждаемся в том, что при нормальном пуске все остальные элементы действуют правильно, за исключением

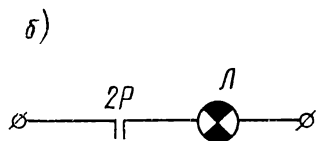
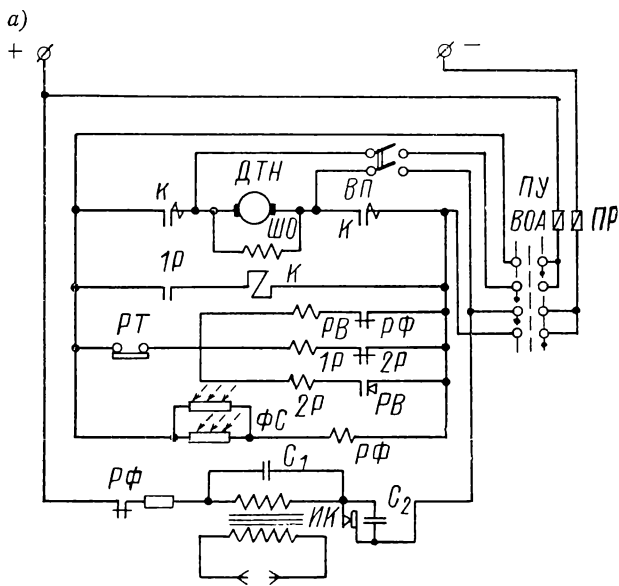


Рис. I-40.

контакта $PВ$ в цепи реле $2P$, который должен замкнуться не мгновенно, как это показано на схеме, а с выдержкой времени. Исправляем эту ошибку в схеме, указывая замедление на замыкание контакта $PВ$.

При зажигании факела вследствие падения сопротивления $ФС$ срабатывает реле $PФ$. Вносим в схему пропущенное в ней обозначение реле $PФ$, катушка которого включена последовательно с сопротивлением $ФС$ (рис. I-40, a).

Проверяя работу схемы с внесенными исправлениями (рис. I-40, a), убеждаемся в правильности отработки нормального пуска и аварийных режимов.

Составим в заключение цепь световой сигнализации. В качестве сигнального элемента используем лампу $Л$, которая должна включаться под напряжение замыкающим контактом такого реле, которое срабатывает при обрыве факела. Таким реле является $2P$.

Добавляем к схеме сигнальную цепочку с лампой $Л$ (рис. I-40, б), на чем и заканчивается решение задачи.

§ 18. ЭЛЕКТРОННЫЙ МОСТ С АВТОМАТИЧЕСКИМ УРАВНОВЕШИВАНИЕМ

Многие неэлектрические величины могут быть простыми способами преобразованы в электрическое сопротивление. К таким величинам относятся, в частности, температура жидкой или газообразной среды, измеряемая термометром сопротивления; концентрация электропроводных примесей в воде, контролируемая

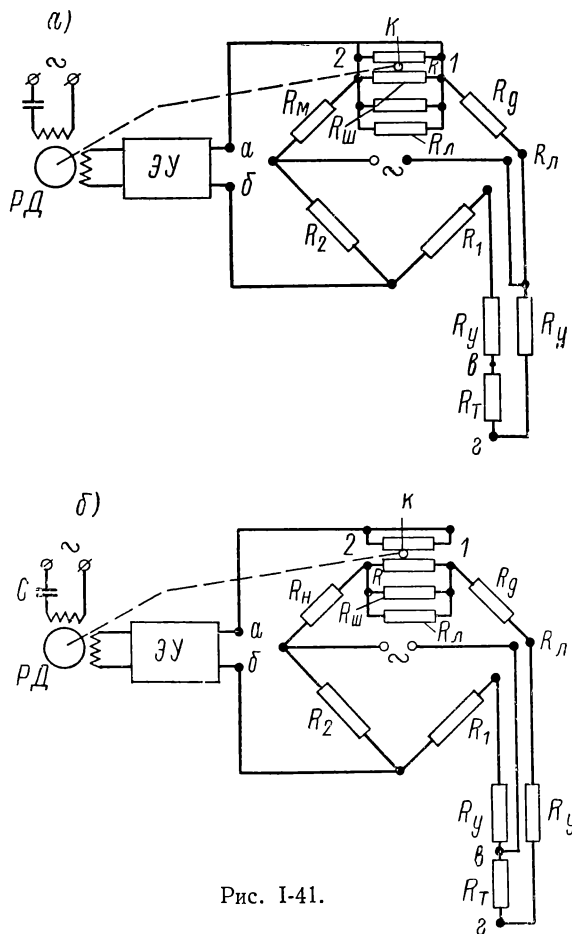


Рис. I-41.

посредством измерения электропроводности воды, и другие.

Наиболее распространенными способами контроля подобных неэлектрических величин являются мостовые методы измерения и регистрации электрических сопротивлений.

На рис. I-41 представлена принципиальная электрическая схема измерительной цепи электронного четырехплечего моста с автоматическим уравновешиванием.

Работа схемы. Мост уравнивается перемещением движка реохорда R . Для подгонки сопротивления реохорда к нему параллельно подключены сопротивления $R_{ш}$ и $R_{л}$.

Сопротивление R_g , включенное в одно плечо моста с измеряемым сопротивлением R_t , служит для ограничения величины тока, протекающего через R_t . Сопротивления R_y необходимы для подгонки сопротивления проводов, соединяющих мост с измеряемым сопротивлением. При градуировке прибора они заменяют сопротивление соединительной линии. Когда прибор смонтирован, замеряется сопротивление соединительных проводов $R_{л}$ и на эту величину уменьшаются сопротивления R_y . Таким образом, суммарная величина сопротивления линии $R_{л}$ и подгоночного сопротивления R_y оказывается такой же, какая была при градуировке прибора.

Чтобы исключить влияние на показания прибора изменения сопротивления линии при изменении температуры окружающего воздуха, один провод линии вместе с одним из сопротивлений R_y включается в одно плечо моста (последовательно с R_t и R_g), а другой провод вместе с другим сопротивлением R_y — в другое, смежное плечо (последовательно с R_l). В обоих смежных плечах выбираются одни и те же величины $R_{л} + R_y$, а оба провода линии идут рядом, поэтому их температура и сопротивления одинаковы.

Таким образом, при изменениях температуры одинаково изменяются сопротивления смежных плеч моста, вследствие чего в той точке шкалы прибора, где сопротивления этих плеч равны, температурная погрешность будет равна нулю. Сопротивление $R_{л} + R_y$ можно подобрать таким, чтобы температурная погрешность в любой точке шкалы не превышала заданного значения (обычно принимают $R_{л} + R_y = 2,5 \text{ ом}$). Изменения сопротивления третьего провода, подключенного к диагонали моста, не влияют на показания прибора.

При нарушении равновесия моста вследствие изменения измеряемого сопротивления R_t на входных клеммах ab электронного усилителя ЭУ появляется напряжение, фаза которого зависит от того, в какую сторону (уменьшения или увеличения) изменилось сопротивление R_t . Это напряжение, усиленное усилителем, приведет во вращение реверсивный двигатель $РД$ в сторону, определяемую фазой напряжения разбаланса. Двигатель будет перемещать движок реохорда R до тех пор, пока не наступит новое равновесие мостовой схемы, соответствующее изменившемуся значению сопротивления R_t . При этом стрелка прибора, приводимая в движение тем же двигателем $РД$, укажет по шкале прибора это новое значение R_t .

При стендовой проверке прибора обнаружилось, что только при одном значении сопротивления R_t схема находится в безразличном равновесии, т. е. двигатель $РД$ неподвижен независимо от положения движка реохорда. При любом другом меньшем или большем сопротивлении R_t баланс в схеме не устанавливается и стрелка прибора уходит до неподвижного упора в левом или в правом конце шкалы (в зависимости от того, больше или меньше измеряемое сопротивление того значения, при котором было достигнуто безразличное равновесие схемы).

После устранения этой неисправности оказалось, что прибор действует в соответствии с его классом точности только при одной определенной температуре окружающего воздуха.

Выяснилось, что указанные неисправности объясняются описками, допущенными в схеме, приведенной на рис. I-41, *а*. Необходимо исправить их, а также установить, можно ли без ремонта и без переделок мостовой схемы измерить неизвестное нам сопротивление R_x , имея в своем распоряжении, кроме неисправного моста, только магазин сопротивлений.

Исправление схемы. Использование прибора с помощью магазина сопротивлений. Исправление схемы начнем с устранения описки, вызвавшей отсутствие баланса в схеме при всех значениях R_t , кроме одного, при котором она находится в состоянии безразличного равновесия. Причина этой неисправности может скрываться лишь в узле, связанном с балансировкой схемы.

В соответствии с описанием схемы перемещения движка реохорда R должны изменять соотношение сопротивлений в смежных плечах мостовой схемы так, чтобы баланс достигался при различных значениях R_t . Однако, как видно из рис. I-41, *а*, в схеме перемещение движка реохорда не вносит изменений в сопротивления плеч моста, так как весь реохорд зашунтирован перемычками 1 и 2, соединяющими его параллельно с закороченной токосъемной шиной. Сняв перемычки 1 и 2, мы обеспечим возможность балансировки схемы при различных R_t .

Исправив эту описку (рис. I-41, *б*), еще раз проверим схему по ее описанию и займемся устранением влияния температуры окружающего воздуха на точность показаний прибора.

Как ясно из описания схемы, компенсация влияния температуры окружающего воздуха на точность показаний прибора осуществляется включением в смежные плечи моста сопротивлений R_y . Внимательно сверив изображенную на рис. I-41, *а* схему с ее описанием, обнаружим, что в схеме сопротивления R_y вклю-

чены последовательно с сопротивлениями R_T и R_1 в одно и то же плечо мостовой схемы, что, очевидно, и препятствует нормальной температурной компенсации. Необходимые исправления показаны на рис. I-41, б.

Предположим, однако, что мы, зная об имеющемся дефекте прибора, по какой-либо причине не имеем возможности исправить его схему. Нельзя ли и в этом случае использовать прибор для измерения сопротивления?

Неисправный прибор имеет одно полезное для нас свойство: он не балансируется ни при каком значении R_T , кроме одного, при котором в схеме наступает безразличное равновесие. Это значение $R_T = R_{T6}$ может быть найдено из равенства

$$(R_{T6} + 2R_y + R_1) R_n = R_2 R_g,$$

являющегося условием отсутствия напряжения на клеммах $a, б$ при закороченном реохорде.

Если величины R_1, R_n, R_2, R_g и R_y нам неизвестны, то величину R_{T6} можно найти экспериментально, подключив к клеммам прибора $в, г$ магазин сопротивлений и изменяя сопротивление последнего до тех пор, пока не будет достигнуто безразличное равновесие моста, т. е. такое, при котором стрелка прибора перестанет уходить к началу и концу шкалы.

Подключим к клеммам $в, г$ соединенные последовательно неизвестное сопротивление R_x и магазин R_m . Если, изменяя R_m , мы при некотором $R_m = R_{m6}$ получим безразличное равновесие мостовой схемы, то это значит, что

$$R_x + R_{m6} = R_{T6},$$

откуда находим

$$R_x = R_{T6} - R_{m6}.$$

Такой метод измерения R_x неисправным мостом возможен в том случае, если $R_x < R_{T6}$. Если же $R_x > R_{T6}$ (а это выяснится, если не удастся получить безразличного равновесия схемы ни при каких R_m), то к клеммам $в, г$ следует подсоединить параллельно R_x и R_m . Тогда условием безразличного равновесия будет

$$\frac{R_x R_{m6}}{R_x + R_{m6}} = R_{T6},$$

откуда можно найти

$$R_x = \frac{R_{T6} R_{m6}}{R_{m6} - R_{T6}}.$$

Таким образом, наличие магазина сопротивлений позволяет произвести необходимое измерение и при неисправном мосте.

Работа схемы. Чувствительными элементами системы автоматического регулирования судовой отопительной системы являются дилатометрические датчики $ДТНВ$ температуры воздуха в судовом помещении и температуры воды в системе отопления $ДТВ$, имеющие реостаты для дистанционной передачи показаний. Реостаты включены в электрическую схему аппарата управления системы (рис. I-42, а) так, что с ростом температуры воздуха уменьшается сопротивление R_2 датчика $ДТНВ$, а с ростом температуры воды уменьшается сопротивление R_5 датчика $ДТВ$. Регулирующее воздействие в системе осуществляется смесительным клапаном, смешивающим поступающую из котла горячую воду с холодной водой и тем самым управляющим температурой воды в системе отопления. Смесительный клапан перемещается электродвигателем $Д$ (рис. I-42, а), имеющим две обмотки управления ($О$ и $З$), к которым присоединен фазосдвигающий конденсатор $С$ и конечные выключатели, препятствующие закрытию ($ВКЗ$) или открытию ($ВКО$) клапана при достижении им некоторого заранее установленного крайнего (открытого или закрытого) положения. С валом двигателя $Д$ связан также движок реостата жесткой обратной связи R_4 .

Вращением электродвигателя управляет дифференциальное реле, имеющее обмотки $РО$ и $РЗ$. Сопротивления датчиков, реостата обратной связи и настроечных сопротивлений R_1, R_3, R_6, R_7 и R_8 включены в цепи обмоток $РЗ$ и $РО$ так, что подбором настроечных сопротивлений можно обеспечить равенство ампервитков обмоток дифференциального реле. При этом якорь реле находится в нейтральном положении, оба управляющих контакта ($РО$ и $РЗ$) разомкнуты и серводвигатель $Д$ неподвижен.

При понижении температуры окружающего воздуха изменяется сопротивление реостата датчика $ДТНВ$ и преобладающими становятся ампервитки обмотки $РО$. Поэтому якорь дифференциального реле притягивается обмоткой $РО$, замыкая контакт $РО$ и подавая напряжение на обмотку $О$ непосредственно, а на обмотку $З$ — через конденсатор $С$. Такое включение обмоток управления вызывает вращение серводвигателя $Д$ в сторону открытия смесительного клапана, вследствие чего начинает повышаться температура воды, а следовательно, вводится регулирующее воздействие, направленное на повышение температуры воздуха. Одновременно вследствие повышения температуры воды начинает уменьшаться сопротивление датчика $ДТВ$,

т. е. суммарное сопротивление линии, в которую включены реостаты датчиков ДТВ и воздуха вернется к заданному значению. Иными словами, датчик ДТВ осуществляет в си-

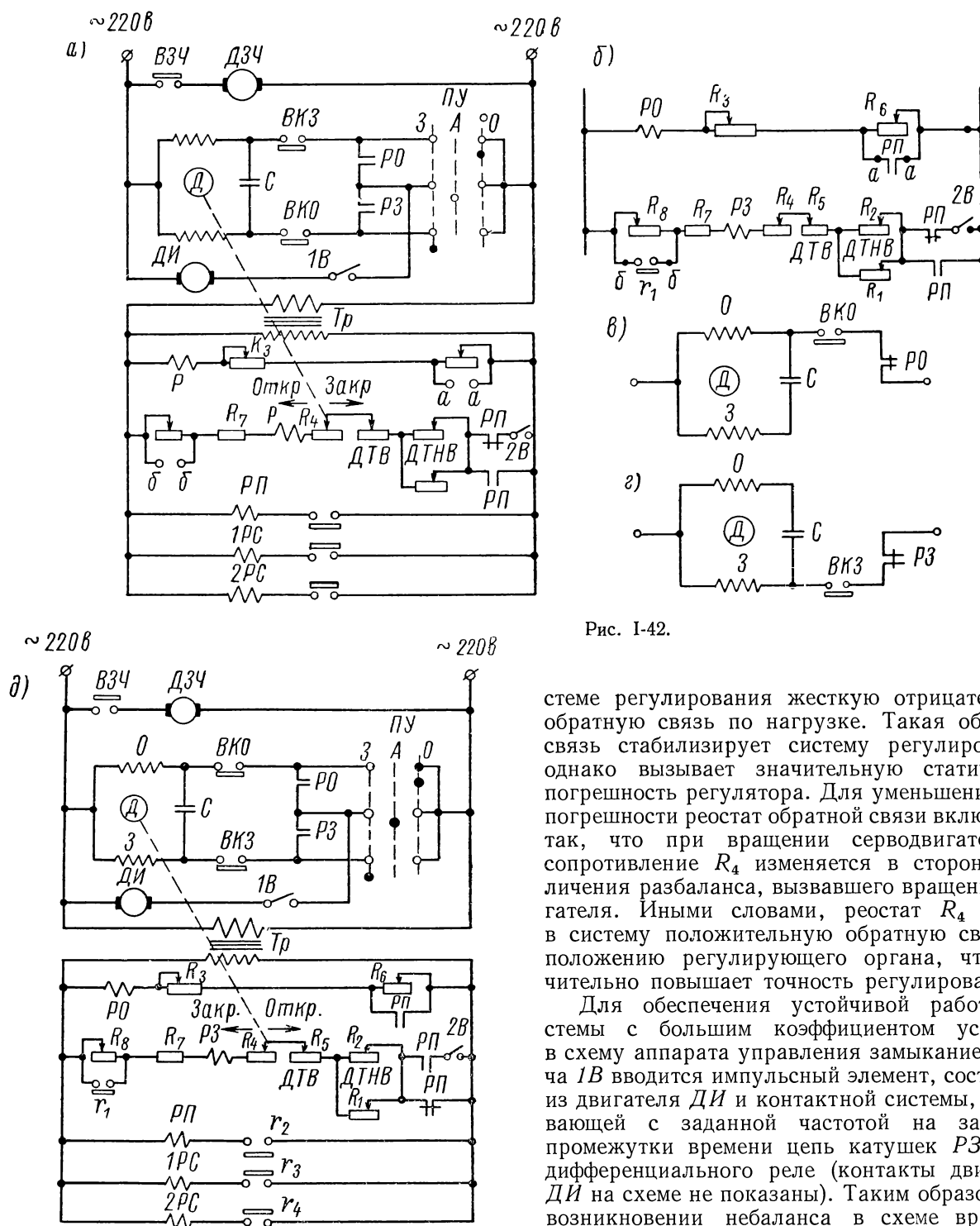


Рис. 1-42.

стеме регулирования жесткую отрицательную обратную связь по нагрузке. Такая обратная связь стабилизирует систему регулирования, однако вызывает значительную статическую погрешность регулятора. Для уменьшения этой погрешности реостат обратной связи включается так, что при вращении серводвигателя Д сопротивление R_4 изменяется в сторону увеличения разбаланса, вызвавшего вращение двигателя. Иными словами, реостат R_4 вносит в систему положительную обратную связь по положению регулирующего органа, что значительно повышает точность регулирования.

Для обеспечения устойчивой работы системы с большим коэффициентом усиления в схему аппарата управления замыкается ключа 1В вводится импульсный элемент, состоящий из двигателя ДИ и контактной системы, разрывающей с заданной частотой на заданные промежутки времени цепь катушек $P3$ и $P0$ дифференциального реле (контакты двигателя ДИ на схеме не показаны). Таким образом, при возникновении небаланса в схеме вращение серводвигателя Д происходит не непрерывно, а короткими импульсами, при которых смеси-

ДТНВ, начинает изменяться в сторону равновесия еще до того, как температура наружного

углы, обеспечивая более точную регулировку температуры воды в системе отопления.

При повышении температуры окружающего воздуха система действует так же, как и при понижении температуры, с той только разницей, что в этом случае преобладают ампервитки обмотки $PЗ$ и замыкается контакт $PЗ$, подавая напряжение на обмотку управления $З$ непосредственно, а на обмотку $О$ — через конденсатор $С$. При таком включении обмоток управления двигатель $Д$ перемещает смесительный клапан в сторону уменьшения подачи горячей воды.

Наличие в схеме реостата датчика $ДТВ$ позволяет регулировать не только температуру наружного воздуха, но и изменение нагрузки (температуры воды в системе отопления). Степень влияния импульса по нагрузке зависит от величины сопротивления R_1 , включенного параллельно R_2 . Таким образом, рассматриваемая система регулирования — комбинированная.

В системе предусмотрено автоматическое изменение задания на регулирование в зависимости от времени суток. Переключение на другие режимы (другие значения регулируемой величины) осуществляется часовым механизмом, который автоматически заводится электродвигателем $ДЗЧ$, заблокированным с пружиной часов контактами $ВЗЧ$, которые замыкаются при снижении натяжения пружины и размыкаются после заводки часов. Часовой механизм имеет диск с тремя кулачками, которые в определенное время замыкают и размыкают контакты r_1 , r_2 , r_3 и r_4 .

В дневное время замкнуты контакты r_1 и r_2 , первый из которых шунтирует сопротивление R_8 , а второй подает питание к катушке промежуточного реле $РП$, при срабатывании шунтирующего своим замыкающим контактом сопротивление R_6 . Режим работы схемы с зашунтированными сопротивлениями R_8 и R_6 соответствует нормальному дневному отоплению судовых помещений.

В ночное время интенсивность отопления уменьшается, для чего с 22 до 6 час. контакт r_2 разомкнут, а контакты r_1 и r_4 замкнуты. При этом обесточена катушка промежуточного реле и сопротивление R_6 включено в цепь, а сопротивление R_8 зашунтировано контактом r_1 . Контакт r_4 подает питание на электромагнит $2РС$ блинкера, сигнализирующего о переводе системы на режим ночного отопления.

Утром, в 7 час., для быстрого прогрева помещения размыкается контакт r_1 и замыкаются контакты r_2 и r_3 . При этом реле $РП$ снова шунтирует R_6 своими замыкающими контактами, а электромагнит блинкера $1РС$,

получая питание, сигнализирует о переводе на форсированное отопление.

В 8 час. происходит переход на режим дневного отопления.

Универсальный переключатель $ПУ$ (рис. I-42, а) обеспечивает возможность ручного управления системой отопления, а ключ $2В$ позволяет обесточить одну из обмоток дифференциального реле вручную в дневное время (ночью ключ $2В$ зашунтирован контактами $РП$).

На схеме рис. I-42, а необходимо:

1) нанести обозначения всех сопротивлений и контактов, замыкаемых кулачками часового механизма; указать, какие контакты должны быть включены между точками $аа$ и $бб$ (часового механизма или реле $РП$);

2) нанести правильные обозначения обмоток $PЗ$ и $РО$ дифференциального реле (на схеме обе обмотки ошибочно обозначены P);

3) нанести обозначения обмоток управления ($О$ и $З$) серводвигателя $Д$, учитывая, что контакты $РО$ и $PЗ$ и универсальный переключатель $ПУ$ на схеме показаны правильно;

4) исправить ошибки в схеме, из-за которых серводвигатель $Д$, дойдя при какой-либо команде до крайнего допустимого положения, перестает включаться при обратных командах (например, полностью закрыв смесительный клапан, серводвигатель не отработывает команды на открытие клапана);

5) исправить ошибку в схеме, вследствие которой ключ $2В$ действует не в дневное, а в ночное время; установить, как будет вести себя серводвигатель $Д$ при размыкании ключа $2В$;

6) проверить правильность указанных стрелками на схеме направлений перемещения движка R_4 при открывании и закрывании смесительного клапана.

Решение. Внесение в схему части обозначений при ответе на первый вопрос задачи затруднений не вызывает. Действительно, сразу же можно указать (рис. I-42, д) место включения контактов r_2 (последовательно с катушкой $РП$), r_3 (последовательно с электромагнитом $1РС$) и r_4 (последовательно с электромагнитом $2РС$), так как при описании работы контактов часового механизма их функции четко разграничены. Точно так же легко ввести в схему обозначения R_1 , R_2 и R_5 ; принадлежность R_2 и R_5 датчикам $ДТНВ$ и $ДТВ$ оговорена в самом начале описания схемы. Далее в описании указано, что сопротивление R_1 включено параллельно R_2 , что однозначно определяет его место на схеме.

Несколько труднее найти на схеме сопротивления R_6 и R_8 и контакты $РП$ и r_1 . Правда, нам известно, что эти сопротивления и контакты могут быть включены лишь между

точками aa и bb , так как остальные элементы схемы аппарата управления нами уже обозначены.

Кроме того, из описания схемы известно, что в ночное время для поддержания более низкой температуры сопротивление R_8 шунтируется, а R_6 вводится в схему. Чтобы снижать температуру, необходимо закрывать смесительный клапан, а для этого должны замкнуться контакты $PЗ$, т. е. ампервитки катушки $PЗ$ должны стать больше ампервитков катушки PO ; это значит, что ток в первой катушке должен возрасти, а во второй уменьшиться. Таким образом, устанавливаем, что шунтировка сопротивления R_8 и введение R_6 увеличивают ток в катушке $PЗ$ и уменьшают в PO ; при этом необходимо последовательно с катушкой $PЗ$ включить R_8 , а с катушкой PO — R_6 . Это предположение подтверждается также и тем, что в утреннее время для форсировки системы отопления, т. е. для увеличения тока в катушке PO и уменьшения его в $PЗ$, сопротивление R_6 шунтируется, а R_8 вводится. Значит, найдя обмотки $PЗ$ и PO дифференциального реле, мы быстро расставим обозначения R_6 и R_8 .

Для нанесения обозначений обмоток $PЗ$ и PO , т. е. для отыскания ответа на второй вопрос задачи, обратим внимание на порядок замыкания контактов $PЗ$ и PO : контакт PO должен замыкаться, т. е. ампервитки катушки PO должны стать больше ампервитков катушки $PЗ$, если температура окружающего воздуха отклоняется вниз от заданного значения. Но с понижением температуры окружающего воздуха увеличивается сопротивление реостата R_2 дилатометрического датчика $ДТНВ$. Отсюда следует, что увеличение сопротивления R_2 должно уменьшать ток в катушке $PЗ$ или увеличивать в катушке PO . Поэтому последовательно с R_2 включена катушка $PЗ$. Этот вывод подтверждается тем фактом, что с увеличением сопротивления R_2 уменьшается также ток в катушке $PЗ$.

Теперь, когда нами определены катушки $PЗ$ и PO , можно вернуться к ответу на первый вопрос: последовательно с катушкой PO включено сопротивление R_6 , параллельно которому между точками aa (рис. I-42, б) расположены замыкающие контакты $РП$, а последовательно с катушкой $PЗ$ включено сопротивление R_8 , параллельно которому между точками bb присоединены контакты часового механизма r_1 .

Нанесение на схему обозначений катушек $PЗ$ и PO позволяет также ответить на шестой вопрос задачи. Сопротивление R_4 при перемещении смесительного клапана должно изменяться в ту же сторону, что и сопротивление

R_2 , вызвавшее перемещение клапана. Только при этом R_4 будет осуществлять положительную обратную связь выхода серводвигателя со входом аппарата управления.

Закрывание смесительного клапана вызвано замыканием контакта $PЗ$, т. е. увеличением тока обмотки $PЗ$, а следовательно, уменьшением сопротивления R_2 . Поэтому при закрытии смесительного клапана движок реостата R_4 должен перемещаться также в сторону уменьшения сопротивления этого реостата, включенного последовательно с обмоткой $PЗ$, т. е. влево по схеме на рис. I-42, а, а не вправо, как показано стрелкой. Значит, направления перемещения движка реостата R_4 указаны на схеме неправильно.

Отвечая на третий вопрос задачи, обратимся к тому месту описания схемы, где сказано, что при замыкании контакта PO обмотка O должна подключаться к источнику питания непосредственно, а обмотка $З$ — через конденсатор C . Учитывая, что обозначения PO , $PЗ$ и $ПУ$ нанесены на схему правильно, рассмотрим цепи, образующиеся при замыкании контакта PO , когда переключатель $ПУ$ находится в среднем положении «А» («автоматическое управление»). Очевидно, что верхняя (по схеме) обмотка управления должна быть обозначена O , а нижняя, включаемая под напряжение контактом PO через конденсатор C , должна быть обозначена $З$ (рис. I-42, в).

Правильность этого вывода подтверждается анализом цепей, образующихся при замыкании контакта $PЗ$ (в этом случае через конденсатор C должна включаться обмотка PO).

Займемся теперь отысканием ошибок в схеме (четвертый и пятый вопросы).

Из условия задачи ясно, что неисправность в работе серводвигателя $Д$ обнаруживается в крайних положениях смесительного клапана, которые отличаются от других тем, что при этих положениях размыкается один из конечных выключателей. Поэтому поиски ошибки мы и начнем с анализа работы последних.

Пусть смесительный клапан полностью закрыт; тогда должен разомкнуться конечный выключатель $ВКЗ$ (рис. I-42, г). Размыкание последнего, как сказано в описании схемы, должно препятствовать дальнейшему закрытию клапана. Это значит, что при размыкании выключателя $ВКЗ$ должна размыкаться цепь, создаваемая замкнутыми контактами $PЗ$, т. е. $ВКЗ$ должен быть включен так, как показано на рис. I-42, д. Сравнивая этот рисунок с рис. I-42, а, обнаруживаем, что в предлагаемой нам схеме конечный выключатель разрывает цепь, создаваемую замыканием контактов PO , а не $PЗ$. При этом, действи-

тельно, исключается возможность отработки команд, направленных на открытие смесительного клапана, так как при замыкании PO питание не подается на обмотки управления серводвигателя. Точно так же убеждаемся в том, что размыкание выключателя BKO разрывает цепь, создаваемую контактом $PЗ$, а не PO , как это должно было бы происходить при правильном соединении схемы.

Таким образом, для устранения неисправности необходимо в предложенной схеме (рис. I-42, а) поменять местами конечные выключатели BKO и $BKЗ$ (рис. I-42, д). Произведя эту операцию, следует убедиться в том, что в исправленной схеме возникновение отмеченной неисправности исключено.

Теперь проанализируем работу ключа $2B$ (рис. I-42, а), чтобы выяснить причину неисправности, указанной в пятом вопросе задачи.

В описании схемы сказано, что ключ $2B$ может быть использован только в дневное время, так как ночью он шунтируется контактами реле PP . Ночью контакт часового механизма r_2 разомкнут и реле PP обесточено, поэтому для того, чтобы его контакты могли ночью шунтировать ключ $2B$, это должны быть размыкающие контакты. Последовательно с ключом $2B$ должны быть включены замыкающие контакты PP , которые будут замыкаться днем, когда реле PP находится под током. На рис. I-42, а замыкающие и размыкающие контакты PP включены неправильно (размыкающие — последовательно, а замыкающие — параллельно ключу $2B$), что и объясняет отмеченную в пятом вопросе задачи неисправность схемы. Очевидно, что при размыкании ключа $2B$ обмотка $PЗ$ дифференциального реле обесточится, поэтому замкнутся контакты PO и откроется смесительный клапан.

Теперь, когда все обозначения в схему внесены и все ошибки исправлены, необходимо вычертить правильную схему (рис. I-42, д) и убедиться в том, что ее работа соответствует описанию.

§ 20. СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА С ЖЕСТКОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И КОРРЕКТИРУЮЩИМ КОНТУРОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Работа схемы. Принципиальная схема изменения рассогласования в следящей системе (рис. I-43) состоит из сельсина-датчика $СД$ и сельсина-трансформатора $СТ$.

Напряжение обмотки статора $СТ$, амплитуда которого пропорциональна величине рассогласования ($|\theta| = |\theta_{вх} - \theta_{вых}|$), а фаза опреде-

ляется знаком ошибки $\text{sign}(\theta_{вх} - \theta_{вых})$, поступает через Т-образный контур на вход первого каскада электронного усилителя. Т-образный контур, являющийся последовательным корректирующим звеном, повышающим динамические качества системы, состоит из конденсаторов C_4 , C_5 и сопротивлений R_4 , R_5 и R_7 . Для улучшения частотной характеристики контура в схему включены конденсаторы C_1 , C_2 и C_3 . На входе последовательного корректирующего контура включен потенциометр R_1 , перемещение движка которого изменяет долю сигнала рассогласования, поступающую на вход усилителя, т. е. изменяет коэффициент усиления всей системы.

Предварительное усиление сигнала рассогласования производится тремя реостатными каскадами (пентод 6Ж8 и две половины двойного триода 6Н9С). Через переходные RC -цепи с анода каждого предыдущего каскада на управляющую сетку последующего подается только переменная составляющая напряжения, что позволяет обеспечить правильный режим каждого последующего каскада независимо от режима предыдущего.

Далее усиленный сигнал рассогласования поступает на фазоинверсный усилительный каскад на двойном триоде 6Н8С с катодным выходом, к которому подключены управляющие сетки двухтактного оконечного трансформаторного каскада (тетроды Г807).

Напряжение со вторичной обмотки выходного трансформатора усилителя подается на обмотку управления двухфазного асинхронного двигателя $АД$, с валом которого через редуктор P связан ротор сельсина-трансформатора $СТ$. Обмотка возбуждения асинхронного двигателя $АД$ подключена к сети переменного тока через конденсатор C_{15} , обеспечивающий сдвиг фаз токов в обмотках возбуждения и управляющей на величину, близкую к $\frac{\pi}{2}$.

Направление вращения двигателя $АД$ определяется фазой, а скорость — амплитудой напряжения, приложенного к обмотке управления, т. е. знаком и величиной сигнала рассогласования. Фазировка двигателя $АД$ производится так, чтобы во время отработки сигналов рассогласования ротор сельсина-трансформатора $СТ$ вращался в сторону уменьшения величины $|\theta| = |\theta_{вх} - \theta_{вых}|$.

Часть напряжения со вторичной обмотки выходного трансформатора усилителя через делитель $R_{12} - R_{13}$ поступает на входной каскад усилителя в виде сигнала отрицательной обратной связи.

При стендовой проверке следящей системы, собранной по схеме, приведенной на рис. I-43,

были обнаружены следующие дефекты, вызванные ошибками в схеме:

1) сигнал рассогласования не поступал на вход первого каскада усилителя;

2) сигнал, поданный непосредственно на управляющую сетку пентода 6Ж8, приходил на вход фазоинверсного каскада не усиленным, а ослабленным;

3) асинхронный двигатель АД не отработывал сигналов, подаваемых на вход любого каскада усилителя;

зом, предполагать возможность наличия любых ошибок в любом месте схемы.

Причина первой из неисправностей, отмеченных при стендовых испытаниях, может заключаться лишь в схеме соединения обмоток сельсинов, делителя напряжения или корректирующего контура, так как других узлов по ходу сигнала до входа в электронный усилитель в схеме нет.

Легко убедиться в правильности включения сельсинов. Правильность соединения элементов Т-образного контура с дополнительными

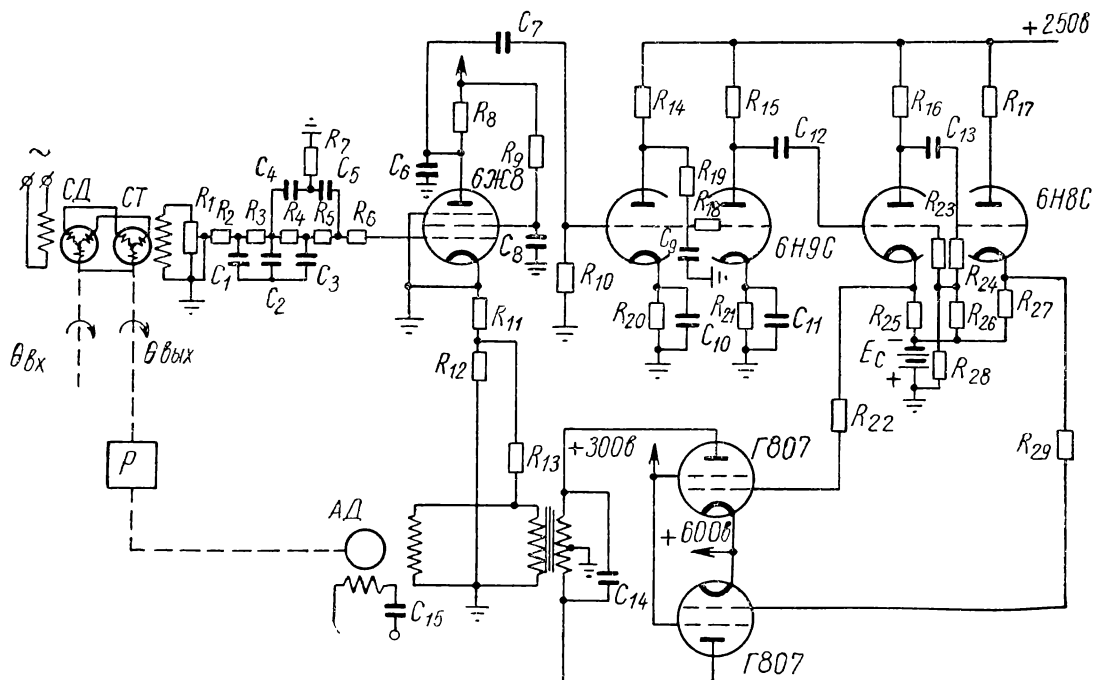


Рис. I-43.

4) изменение соотношения величин сопротивлений R_{12} и R_{13} не оказывало влияния на точность системы и ее запас устойчивости.

Необходимо на основании описания следящей системы найти ошибки в схеме (рис. I-43), которые явились причинами дефектов системы, обнаруженных при стендовых испытаниях.

Следует также составить структурную схему следящей системы, пренебрегая инерционностью сельсина-трансформатора, каскадов и выходного трансформатора электронного усилителя.

Проверка схемы и нахождение ошибок. Приведенные в условии задачи результаты стендовой проверки следящей системы значительно облегчают решение задачи, так как указывают на те места схемы, в которых содержится ошибка. Таких указаний обычно не имеет инженер, проверяющий схему до испытаний макета системы и вынужденный, таким обра-

конденсаторами установить нельзя, так как в описании схемы не указана передаточная функция корректирующей цепи. Однако приведенное на схеме соединение элементов Т-образного контура не может вызвать непрохождения сигнала переменного тока на вход усилителя.

Таким образом, причина непрохождения сигнала от обмотки статора сельсина-трансформатора $СТ$ на вход первого каскада усилителя кроется, по-видимому, в неправильном соединении делителя напряжения (потенциометра R_1).

Действительно, входом Т-образного контура является разность потенциалов между движком потенциометра R_1 и «землей». На схеме (рис. I-43) вход корректирующего контура зашунтирован перемычкой «движок R_1 — земля», и это является причиной отсутствия сигнала рассогласования. Если перемычку убрать, то R_1 будет работать делителем напряжения, что и требуется для нормальной работы схемы.

Найдем теперь причину ослабления сигнала, подаваемого на вход пентода 6Ж8. В условии задачи содержится указание на тот узел схемы, где необходимо искать ошибку: сигнал, поданный на вход лампы 6Ж8, приходит ослабленным на вход фазоинверсного каскада, т. е. ошибка возможна в схеме первых трех каскадов усиления.

Сначала убеждаемся в правильности подсоединения источника анодного напряжения к первым трем каскадам и проверяем соединение анодных и катодных цепей. Не найдя ошибок в этих

характеристики и, таким образом, резко ослабляя сигнал на выходе третьего каскада. Для исправления схемы необходимо поменять местами сопротивление R_{19} и конденсатор C_9 .

Теперь мы можем быть уверены в правильности работы трех первых каскадов усилителя; значит причиной нечувствительности асинхронного двигателя АД (третьего дефекта, обнаруженного при стендовой проверке схемы) может быть лишь ошибка в цепях фазоинверсного и выходного каскадов, если, конечно, исправным был сам двигатель АД.

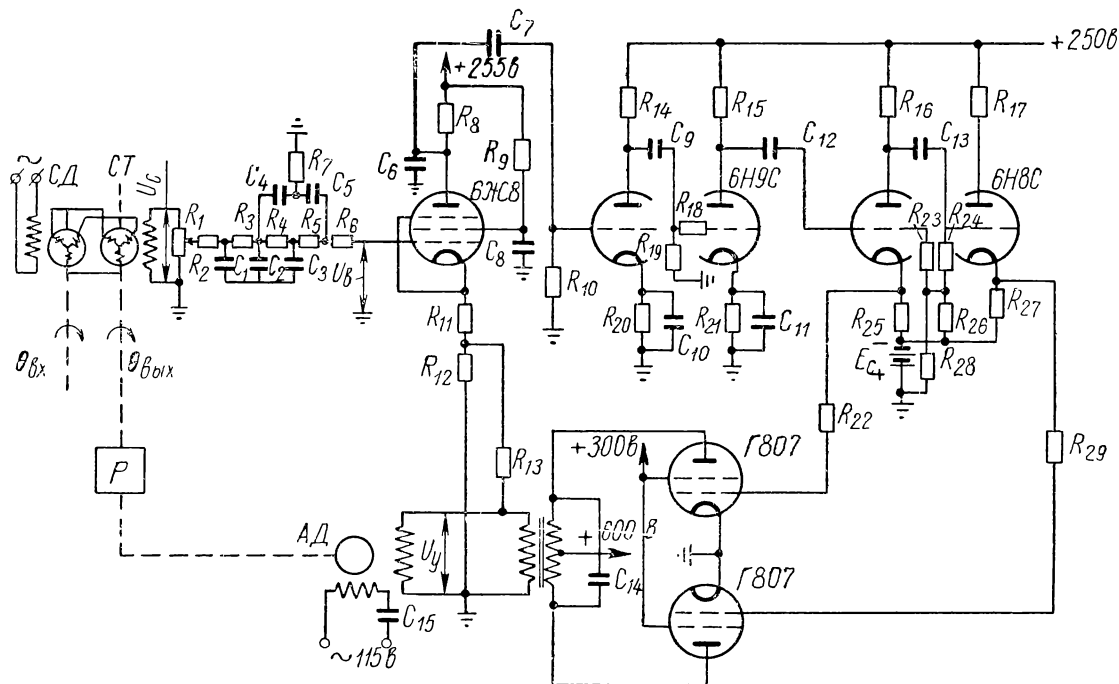


Рис. I-44.

цепях, рассмотрим RC -цепи межкаскадных связей. В описании схемы подчеркивается назначение этих цепей: пропускать с анода предыдущего каскада на вход последующего только переменную составляющую сигнала. Для этого конденсатор должен разделять анодную цепь предыдущего каскада и цепь сетки последующего. Именно так включены конденсаторы C_7 и C_{12} в RC -цепях между первым и вторым каскадами и третьим и фазоинверсным каскадами. В цепи же между вторым и третьим каскадами сопротивление R_{19} и конденсатор C_9 соединены неправильно; из-за этого на вход третьего каскада подается постоянный положительный сигнал с анода левой половины лампы 6Н9С, что нарушает режим правой половины лампы 6Н9С, смещая ее рабочую точку в область малой крутизны анодно-сеточной

Проверку фазоинверсного и оконечного каскадов начнем также с цепей источников питания. Легко при этом обнаруживается неправильная полярность анодного питания оконечного каскада: в схеме на рис. I-43 катоды ламп 6Н9С присоединены к шине $+600$ в, в то время как середина первичной обмотки выходного трансформатора в анодной цепи заземлена. Изменив полярность источника анодного питания, убеждаемся в отсутствии других ошибок в схеме фазоинверсного и оконечного каскадов.

Причину четвертого дефекта, отмеченного при стендовой проверке схемы, следует, по-видимому, искать в цепи обратной связи, так как при правильном соединении этой цепи изменение соотношения сопротивлений R_{12} и R_{13} должно изменить коэффициент отрицательной жесткой обратной связи и в результате по-

влиять на точность и запас устойчивости системы. Рассмотрим поэтому цепь обратной связи в схеме на рис. I-43.

Для того чтобы сигнал обратной связи был подан на вход первого каскада усилителя, сопротивление R_{12} должно быть включено между сеткой и катодом лампы 6Ж8 последовательно с сигналом, подаваемым с выхода Т-образного контура. На схеме же сопротивления R_{11} и R_{12} зашунтированы, так как зазем-

обозначено $U_{R_1} = i_1 R_1$, поэтому его можно переписать в виде

$$U_{R_1} + T_1 \frac{dU_{R_1}}{dt} = U_1, \quad (3)$$

где $T_1 = \frac{L_1}{R_1}$.

Э. д. с. вторичной обмотки трансформатора

$$e_2 = \frac{k}{\sigma} e_1, \quad (4)$$

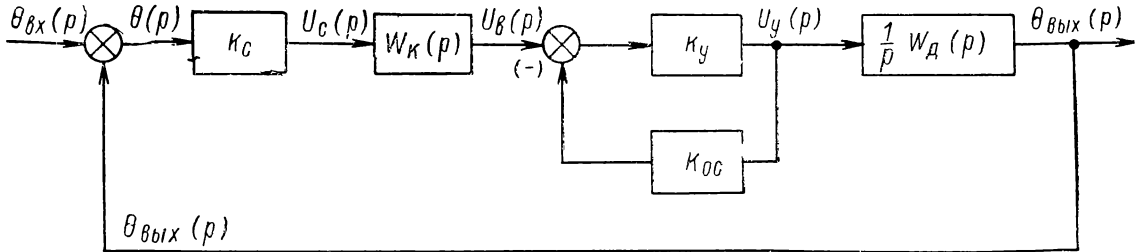


Рис. I-45.

лены и катод лампы 6Ж8, и нижний вывод R_{12} . Для восстановления цепи обратной связи надо убрать заземление катода лампы 6Ж8.

Исправленная схема следящей системы приведена на рис. I-44. По этой схеме легко составить структурную схему следящей системы (рис. I-45), считая, что сельсин-трансформатор (с коэффициентом усиления K_c) и усилитель (с коэффициентом усиления K_y) — безынерционные звенья, $\frac{1}{p} W_d(p)$ и $W_K(p)$ — передаточные функции двигателя с редуктором и Т-образного контура, а также учитывая, что усилитель охвачен жесткой отрицательной обратной связью.

§ 21. ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА ИЛИ ПРИ ВЕСЬМА МАЛОЙ НАГРУЗКЕ

Рассмотрим переходные процессы в первичной и вторичной цепях трансформатора (рис. I-46) при отсутствии насыщения и весьма малой нагрузке.

Для первичной обмотки трансформатора можно написать:

$$U_1 + e_1 = U_{R_1} \quad (1)$$

или с учетом малой нагрузки (т. е. принимая $i_2 = 0$ и $e_1 = -L \frac{di_1}{dt}$)

$$U_{R_1} + L \frac{di_1}{dt} = U_1. \quad (2)$$

В уравнении (2) падение напряжения на активном сопротивлении первичной обмотки

где $k = \frac{w_2}{w_1}$, а σ — коэффициент рассеяния первичной обмотки.

Подставляя в уравнение (4) значение e_1 из уравнения (1), получим

$$e_2 = \frac{k}{\sigma} (U_{R_1} - U_1). \quad (5)$$

Уравнения (3) и (5) описывают переходный процесс в ненагруженном трансформаторе при изменении входного напряжения U_1 .

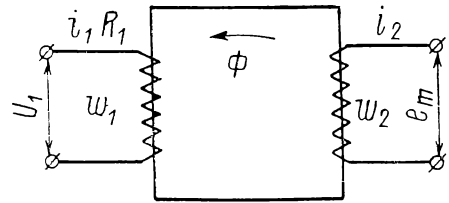


Рис. I-46.

На рис. I-47 представлены три варианта электронной модели. Требуется выбрать из них один вариант, пригодный для моделирования трансформатора.

Прежде чем производить выбор варианта модели, удовлетворяющего поставленным условиям, запишем моделируемые уравнения в операторном виде:

$$\left. \begin{aligned} U_1 \frac{1}{1 + T_1 p} &= U_{R_1} \\ \frac{k}{\sigma} U_{R_1} - \frac{k}{\sigma} U_1 &= e_2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

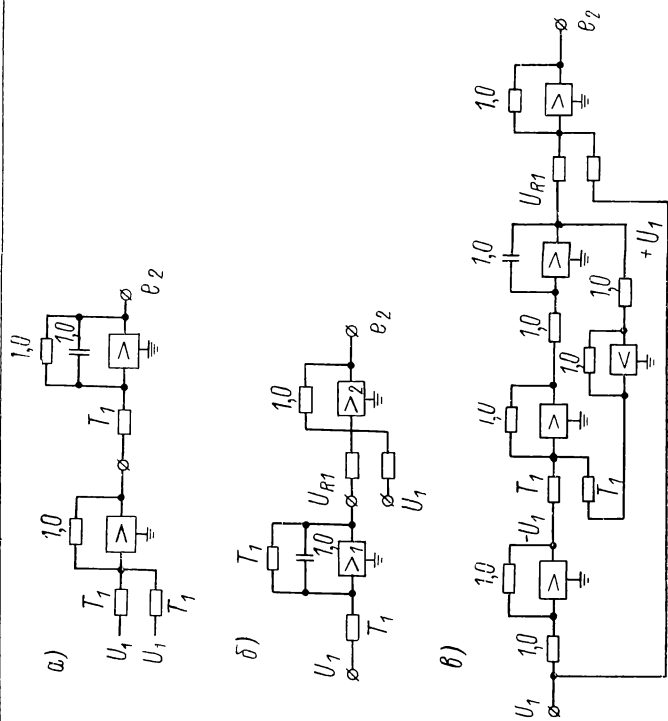


Рис. I-47.

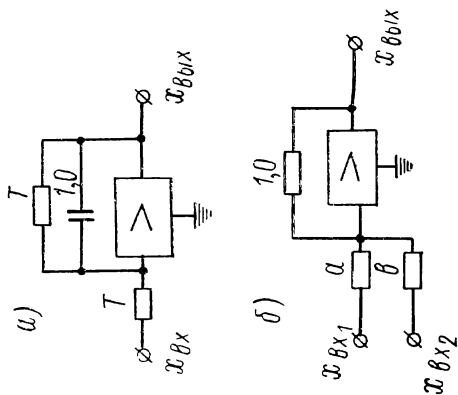


Рис. I-48.

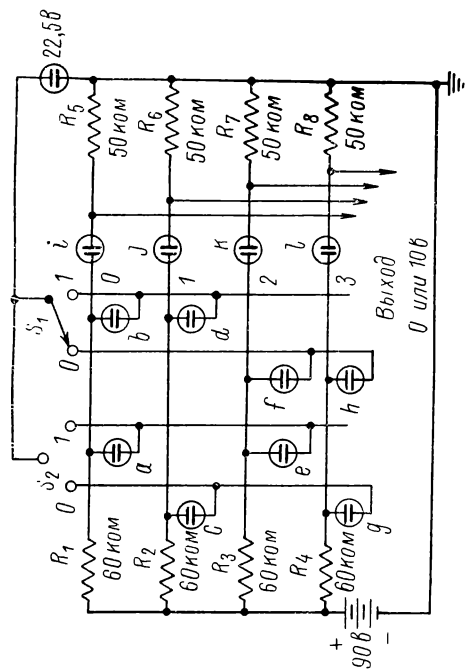


Рис. I-49.

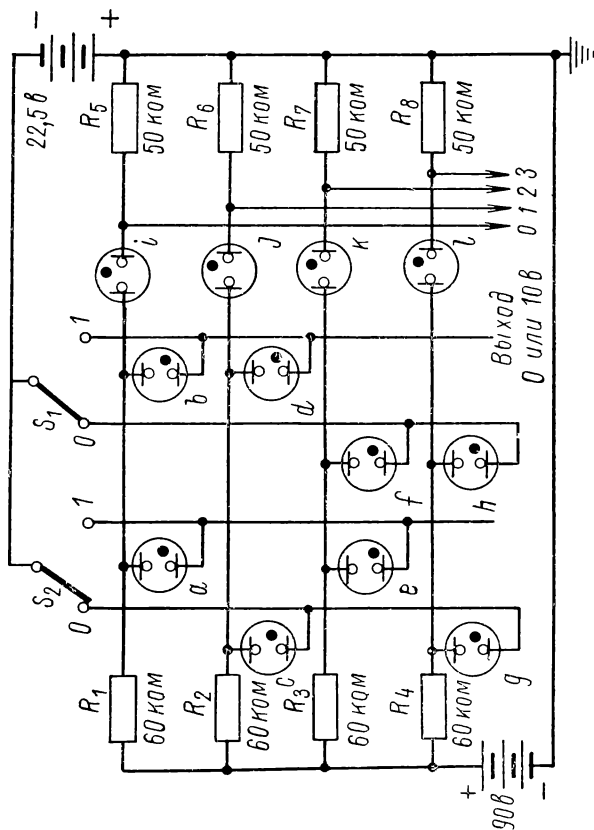


Рис. I-50.

Учитывая, что операцию $x_{\text{вых}} = -x_{\text{вх}} \frac{1}{1+Tp}$ осуществляет схема, приведенная на рис. I-48, а, а операция $x_{\text{вых}} = -(ax_{\text{вх}_1} + bx_{\text{вх}_2})$ может быть произведена схемой, приведенной на рис. I-48, б, легко установить пригодность для нашей цели варианта б и непригодность варианта а рис. I-47.

Следует заметить, что вариант в (рис. I-47) также может решить поставленную задачу, так как он моделирует систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} U_{R_1} &= \frac{1}{T} \int_0^t (U_1 - U_{R_1}) dt \\ e_2 &= \frac{k}{\sigma} U_{R_1} - \frac{k}{\sigma} U_1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

равносильную системе (6). Однако моделирование трансформатора по варианту в требует большего числа операционных усилителей, поэтому вариант б предпочтительнее.

§ 22. ЧЕТЫРЕХШИННАЯ МАТРИЧНАЯ СХЕМА НА НЕОНОВЫХ ЛАМПАХ

Матричные схемы находят широкое применение в системах автоматики в качестве распределительного и избирательного элемента. Схема, приведенная на рис. I-49, предназначена для выбора одного числа из четырех по двум признакам (логическое решение задачи с двумя условиями).

Работа схемы. Избираемое число определяется положением механических переключателей S_1 и S_2 , подающих каждый напряжение 22,5 в на одну из вертикальных шин. Благодаря совместному действию источников питания 90 и 22,5 в неоновые лампы, подсоединенные к той вертикальной шине, на которую замкнут ключ S_1 или S_2 , ионизируются и шунтируют три из четырех ламп, включенных в горизонтальные шины. Например, при замыкании ключа S_1 на клемму 0 начинают проводить ток неоновые лампы f и h , вследствие чего по цепям «ионизированная лампа h — ключ S_1 — источник питания 22,5 в» и «ионизированная лампа f — ключ S_1 — источник питания 22,5 в» шунтируются лампы k и l , остающиеся неионизиру-

ванными. При этом на вертикальных шинах, соединенных с горизонтальными шинами, в которые включены лампы k и l , не будет появляться напряжение.

Матрица составлена так, что при любом положении ключей S_1 и S_2 незашунтированной останется только одна из четырех неоновых ламп i, j, k, l ; эта незашунтированная лампа начнет проводить ток, и на вертикальной шине, соединенной с этой лампой, появится сигнал выходного напряжения. Таким образом, каждому сочетанию положения ключей S_1 и S_2 соответствует появление напряжения в одной вертикальной шине, т. е. выбор одного числа (номера шины) из четырех происходит по двум признакам (положениям ключей S_1 и S_2).

На схеме рис. I-49, вследствие брака светоконии, опущены обозначения шин и полярности источника питания 22,5 в, а также не указано положение ключа S_2 . Необходимо исправить эти недостатки, если известно, что на схеме показано такое положение ключей, при котором напряжение появляется на вертикальной шине 0, а номера вертикальных шин расположены либо по их возрастанию (0, 1, 2, 3), либо по убыванию (3, 2, 1, 0).

Проверка схемы и нахождение ошибок. Полярность источника 22,5 в устанавливается на том основании, что лампы f и h ионизировались вследствие согласного действия источников 90 и 22,5 в.

Учитывая порядок расположения номеров шин, можно заключить, что крайняя правая шина может иметь номер 0 или 3. Известно, что при приведенном на схеме положении ключей напряжение должно появиться на вертикальной шине 0. В то же время на крайней правой шине напряжение появиться не может, так как лампа l при указанном на схеме положении ключа S_1 зашунтирована лампой h и неионизирована. Поэтому крайняя правая вертикальная шина имеет номер 3, а крайняя левая — 0.

Сигнал появится на вертикальной шине 0, если неоновая лампа не будет зашунтирована; для этого не должны быть ионизированы лампы b и a , т. е. ключ S_2 должен находиться в положении 0.

Исправленная схема приведена на рис. I-50.

ЧАСТЬ II

СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

I. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИЛОВЫМ УСТАНОВКАМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Задача 1

Пуск, остановка и реверс асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Короткозамкнутый асинхронный двигатель (рис. II-1) подключается к питающей сети через рубильник P , предохранители (плавкие) $ПП$, контакты контакторов B и H («Вперед», «Назад»). В две фазы двигателя D включены элементы

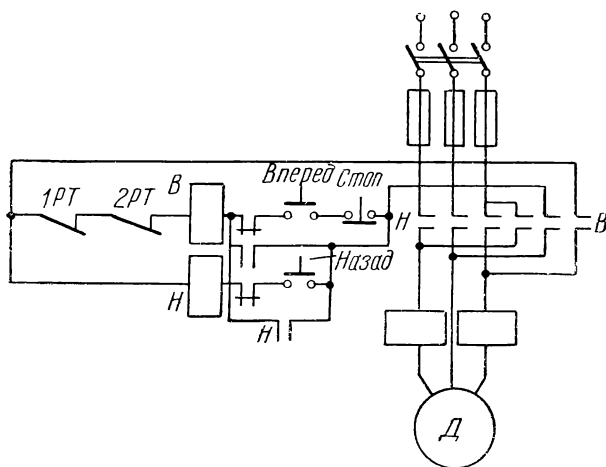


Рис. II-1.

тепловых реле $1РТ$ и $2РТ$. Питание цепей управления производится от сети переменного тока.

Нажатием кнопки «Вперед» замыкается цепь катушки контактора B через контакты кнопки «Стоп», размыкающий блок-контакт контактора H и размыкающие контакты тепловых

реле $1РТ$ и $2РТ$. В результате срабатывает контактор B и двигатель D включается в сеть. Замыкающий блок-контакт B шунтирует цепь кнопки «Вперед». Для отключения двигателя нажимают кнопку «Стоп», при этом разрывается цепь катушки контактора B . Двигатель отключается также вследствие срабатывания тепловых реле $1РТ$ и $2РТ$.

Когда двигатель необходимо пустить в другую сторону, нажимают кнопку «Назад». При этом включается контактор H и переключаются две фазы статора двигателя, что изменяет направление его вращения.

Против одновременного включения контакторов B и H при случайном нажатии обеих кнопок «Вперед» и «Назад» предусмотрена механическая блокировка контакторов и электрическая блокировка путем включения в цепь катушки B размыкающего контакта H , а в цепь катушки H размыкающего контакта B .

Требуется найти и исправить в схеме ошибки, указав их последствия.

Задача 2

Управление асинхронным двухскоростным реверсивным двигателем с короткозамкнутым ротором

Схема (рис. II-2), по сути дела, — усложненный вариант схемы нормального реверсивного магнитного пускателя, так как она должна осуществлять не только реверсирование двигателя, но и возможность режима прерывной работы. Для этого в схеме предусмотрена кнопка автоматического возврата «Провернуть». Вращение двигателя может происхо-

дить лишь при нажатии кнопки «Вперед» или «Назад».

Реверсирование двигателя достигается контакторами «Вперед» *В* или «Назад» *Н*. Для работы при числе полюсов, обеспечивающем меньшую скорость, должен быть замкнут контакт *1У*, а контакты *2У* и *3У* — разомкнуты. Для работы при числе полюсов, обеспечивающем большую

такт *1У* разомкнут, то катушки *3У* и *2У* получат питание и соответствующие контакты в главной цепи замкнутся, что заставит двигатель разворачиваться. Кнопка «Быстро» может быть отпущена, так как замыкающий блок-контакт *3У* установит новую цепь питания через размыкающий контакт кнопки «Медленно». Переход на замедленную скорость вращения можно осуществить, не останавливая электропривода, нажатием кнопки «Медленно». Это вызовет разрыв цепи катушек *3У* и *2У*. После размыкания их замыкающих и замыкания размыкающих контактов включится контактор *1У* и двигатель перейдет на замедленный ход, причем замыкающий блок-контакт *1У* через размыкающие контакты кнопки «Быстро» шунтирует кнопку «Медленно».

При реверсе все происходит аналогично изложенному. Специальный вспомогательный контактор *В* предусмотрен для возможности включения электродвигателя на короткий срок, чтобы «провернуть» электропривод на небольшой угол (пока нажата кнопка «Провернуть»). При этом включается контактор *В* и размыкаются его размыкающие контакты в цепях, шунтирующих пусковые кнопки. Прекращение нажатия на кнопку «Провернуть» равносильно нажатию на кнопку «Стоп».

Должна быть обеспечена безразличность очередности нажатия пусковых и «скоростных» кнопок, т. е. процесс пуска может начаться либо с нажатия кнопки «Пуск», а потом кнопки «Быстро» или «Медленно», либо наоборот.

Быстрый реверс должен осуществляться и без предварительного нажатия на кнопку «Стоп», т. е. одним нажатием на кнопку «Назад», если электродвигатель работал в направлении «Вперед». Кнопка «Назад», следовательно, должна разорвать цепи питания контактора *В* и, кроме того, включить контактор *Н*. Для автоматического соблюдения должной последовательности операций, а именно, сперва размыкания контактора *В*, а затем включения контактора *Н*, должна иметься блокировка между обеими цепями (размыкающий блок-контакт *В*).

Требуется найти и исправить в схеме ошибки и описать последствия включения неисправленной схемы.

Задача 3

Управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя

Схема магнитного пускателя осуществляет (рис. II-3) не только пуск и остановку, но также и реверс двигателя. Предусмотрена,

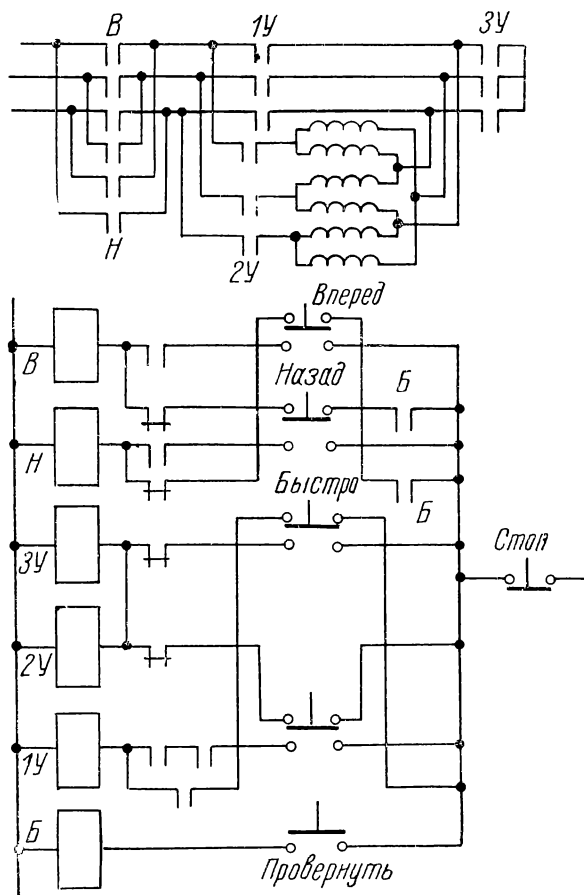


Рис. II-2.

скорость, замыкаются контакты *2У* и *3У*, а контакт *1У* размыкается, но во всех случаях схема должна полностью исключить возможность одновременного замыкания всех трех контактов *1У*, *2У* и *3У*.

Для пуска в прямом направлении нажимается кнопка «Вперед»; при этом кнопка «Назад» и контактор *В* должны находиться в нормальном положении. Однако при включении контактора *В* двигатель еще не приходит во вращение, так как остаются разомкнутыми контакты *1У*, *2У* и *3У*.

Для работы привода при максимальной скорости после нажатия кнопки «Вперед» следует нажать кнопку «Быстро». Если при этом кон-

кроме того, и тепловая защита (тепловые реле $ТР$).

Пускатель имеет два контактора B и H , заблокированные и электрически, и механически (что на схеме не видно). Электрическая блокировка осуществляется кнопочной станцией, каждая пусковая кнопка которой (как «Вперед», так и «Назад») имеет два положения: верхнее замкнутое при ненажатой кнопке и нижнее замкнутое при нажатой кнопке.

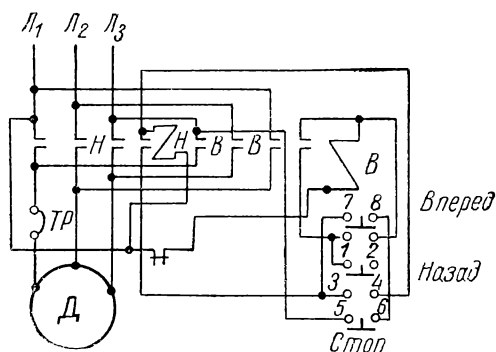


Рис. II-3.

Для пуска в том или ином направлении используется лишь нижнее положение, а верхнее служит для блокировки, т. е. для предотвращения одновременного замыкания контакторов B и H .¹

Если бы при работе двигателя в некотором направлении (скажем, при ходе «Вперед») была ошибочно нажата кнопка «Назад», то это отключило бы контактор B (так как питание его катушки осуществляется через контакты 5 и 6 кнопки «Назад») и, кроме того, включило контактор H .

Однако одной электрической блокировки контакторов B и H недостаточно, так как размыкание контактов по каким-либо причинам может задержаться. Необходима еще механическая блокировка кнопок «Вперед», «Назад», не допускающая их одновременного включения.

Читателю предлагается подумать над тем, какими конструктивными способами можно выполнить эту задачу, и предложить свое решение, а затем после ознакомления с реально примененными приемами механической блокировки по чертежам или осмотра пускателя в натуре сравнить оба решения.

Требуется проверить схему, найти в ней ошибки, вычертить схему в исправленном виде, подробно описать последствия включения не-

правильной схемы, а также подумать над тем, все ли возможные и необходимые виды защит здесь реализованы.

Задача 4

Управление рулевым электроприводом трехфазного тока

Схема (рис. II-4) относится к автоматизации управления асинхронным трехфазным двигателем малой мощности (с фазовым ротором) с постоянно включенной одной ступенью сопротивления в цепи ротора и одной выключаемой ступенью. Управление кнопочное.

При включении трехполюсного рубильника и при первой степени нажатия на одну из кнопок поста управления замыкается цепь катушки контактора K_{1H} или K_{1B} , при срабатывании которого подается питание на обмотку статора

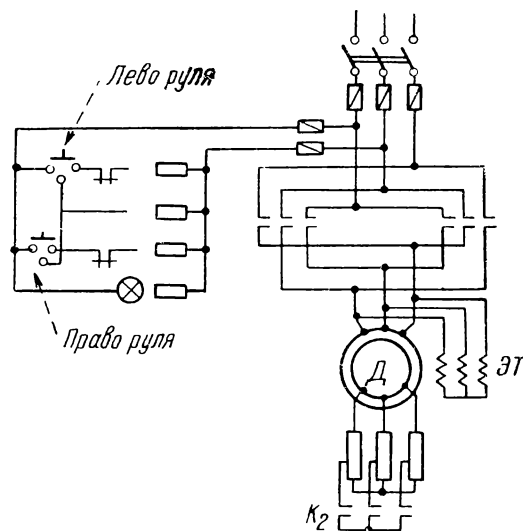


Рис. II-4.

электродвигателя. Цепь ротора при этом замыкается через полное пусковое сопротивление, и электродвигатель вращается с малой скоростью.

При второй степени нажатия кнопки поста управления замыкается цепь катушки контактора K_2 , после чего замыкается накоротко часть пускового сопротивления в цепи ротора.

Защита как главной цепи, так и цепи управления осуществляется плавкими предохранителями.

Требуется: определить ошибки в схеме и устранить их; описать последствия включения неисправленной схемы; обратить внимание на отсутствие защиты с помощью тепловых реле и указать возможные причины этого; определить роль элемента, обозначенного на схеме ЭТ.

¹ Опишите в конце решения задачи, что произошло бы, если бы блокировки не было и контакторы B и H имели возможность одновременно замкнуться.

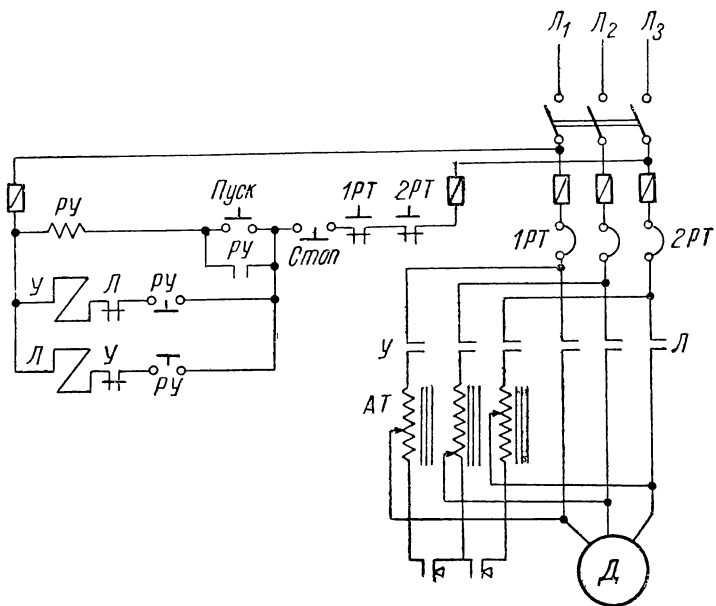


Рис. II-5.

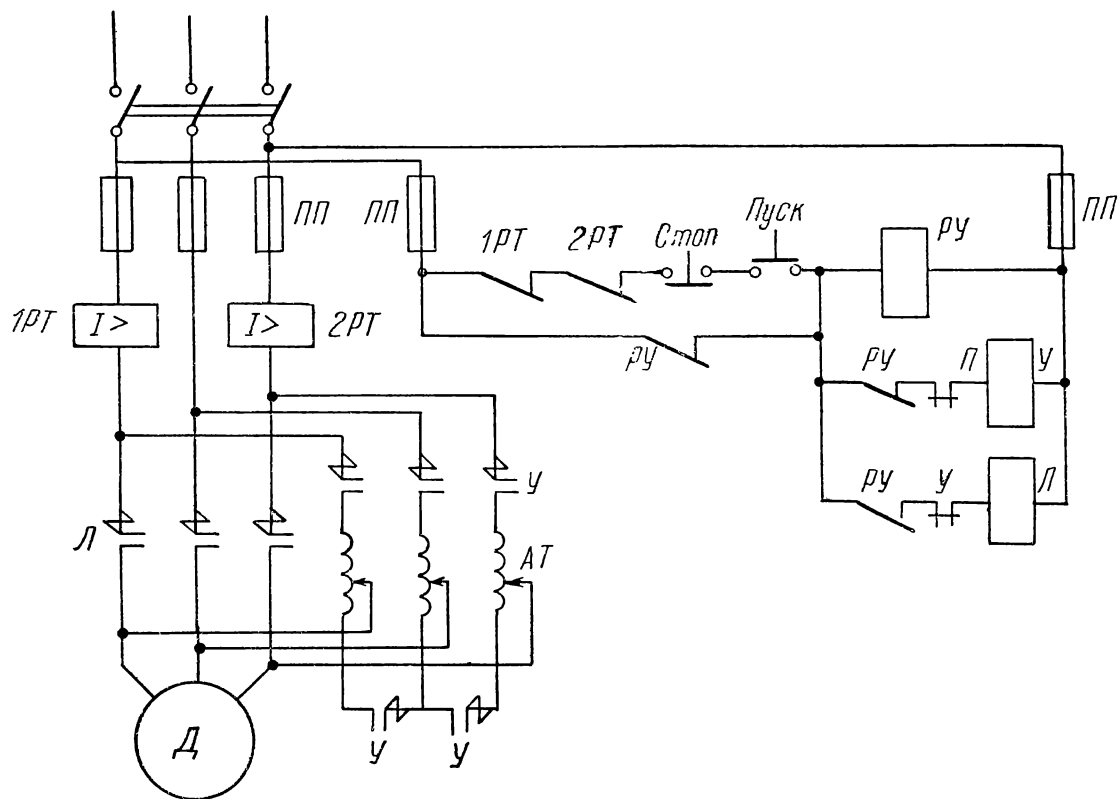


Рис. II-6.

Какова целесообразность такой схемы? Как можно улучшить энергетические показатели привода?

Задачи 5 и 6

Автоматическое управление реверсивным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором при включении через автотрансформатор

Снижение напряжения в процессе пуска требуется для уменьшения пускового тока. Оно требуется, например, в том случае, когда мощность асинхронного короткозамкнутого двигателя во время пуска (и притом при частых пусках) превышает на 20—35% мощность питающей установки и включение двигателя на полное напряжение может привести к значительному понижению напряжения в питающей сети.

В схемах (рис. II-5 и II-6) использован трехполюсный контактор \mathcal{L} , пятиполюсный контактор \mathcal{Y} и маятниковое реле времени $\mathcal{P}\mathcal{U}$ с отдельной втягивающей катушкой.

Защита двигателя от перегрузки обеспечена тепловыми реле $\mathcal{P}\mathcal{T}$, а от коротких замыканий — плавкими предохранителями $\mathcal{П}\mathcal{П}$.

Пуск двигателя производится нажатием кнопки «Пуск»; при этом включается реле $\mathcal{P}\mathcal{U}$, замыкающий контакт которого шунтирует эту кнопку. Возбуждается катушка контактора \mathcal{Y} , двигатель \mathcal{D} подключается к сети через автотрансформатор $\mathcal{A}\mathcal{T}$ на пониженное напряжение и начинает разворачиваться.

По истечении установленной выдержки времени размыкающий контакт $\mathcal{P}\mathcal{U}$ отключает контактор \mathcal{Y} , а замыкающий контакт $\mathcal{P}\mathcal{U}$ включает контактор \mathcal{L} , подключая обмотку статора двигателя на полное напряжение сети. Этим заканчивается пусковой процесс.

Остановка двигателя и действие тепловой и нулевой защит в данной схеме такие же, как в схемах с включением двигателя на полное напряжение.

Требуется исправить схемы, изображенные на рис. II-5 и II-6. Описание справедливо для обеих схем, хотя ошибки в них различны. Наличие двух аналогичных по смыслу схем несколько облегчает обнаружение ошибок.

Задача 7

Управление асинхронным нереверсивным двигателем с фазовым ротором в функции времени

Контактор \mathcal{L} (рис. II-7) служит для включения двигателя. Контакторы $1\mathcal{Y}$, $2\mathcal{Y}$ и $3\mathcal{Y}$ последовательно замыкают накоротко при пуске

соответствующие ступени пусковых сопротивлений. Для этого необходимы маятниковые реле времени, контакты которых снабжены одноименными с контакторами индексами. Эти реле и должны создавать необходимые выдержки времени между замыканиями контакторов ускорения.

Защиту двигателя, кроме тепловых реле $\mathcal{P}\mathcal{T}$, осуществляют еще максимальные реле $1\mathcal{P}\mathcal{M}$ и $2\mathcal{P}\mathcal{M}$. Необходимо обеспечить также возможность опробования схемы управления при отключенном двигателе, что требует независимого питания схемы управления.

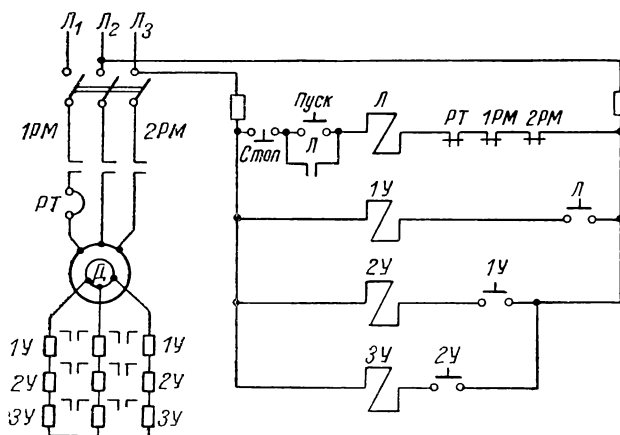


Рис. II-7.

При нажатии кнопки «Пуск» включается линейный контактор \mathcal{L} , подключающий двигатель к сети. Включаясь, линейный контактор заводит пристроенное к нему маятниковое реле времени. Это реле через промежуток времени, равный его выдержке времени, замкнет свой замыкающий контакт \mathcal{L} в цепи катушки контактора $1\mathcal{Y}$, что и вызовет срабатывание последнего. Контактор $1\mathcal{Y}$ своими главными контактами закоротит первую ступень пускового сопротивления.

Контактор $1\mathcal{Y}$, включаясь, заведет свое маятниковое реле, контакт которого через определенное время включит контактор $2\mathcal{Y}$, и т. д. до тех пор, пока последний контактор не замкнет накоротко все пусковое сопротивление, выведя двигатель на его естественную характеристику. Это заканчивает процесс пуска.

Нажатием кнопки «Стоп» отключается линейный контактор и, следовательно, двигатель от сети. Этим самым без выдержки времени размыкается и контакт маятникового реле времени \mathcal{L} , отключая все контакторы ускорения, вследствие чего схема возвращается в исходное состояние.

Требуется исправить ошибки в схеме, обратив внимание на последовательность срабатывания контакторов $У$.

Задача 8

Пуск синхронного двигателя средней мощности от пониженного напряжения при включении через активные сопротивления

В схеме (рис. II-8) применены два частотных реле $1УР$ и $2УР$, каждое с одной катушкой.

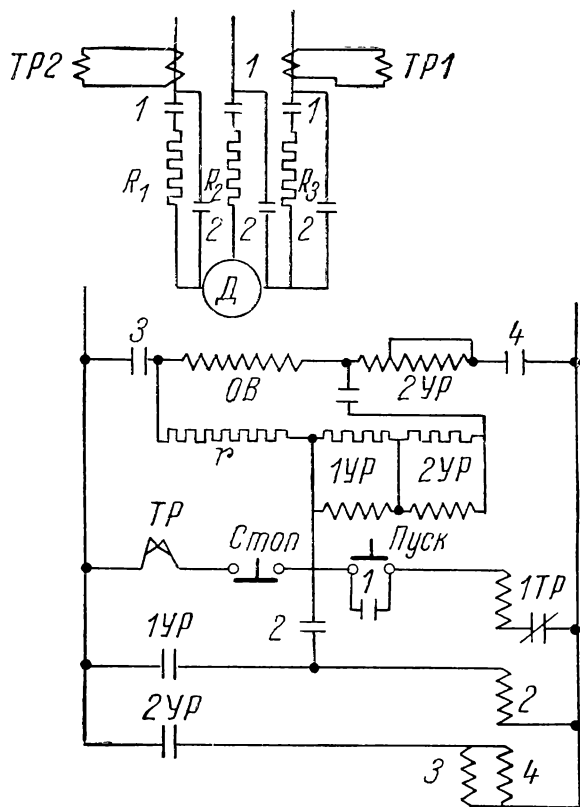


Рис. II-8.

Обмотка возбуждения $ОВ$ перед пуском отключена от сети и замкнута на разрядное сопротивление. После нажатия кнопки «Пуск» двигатель $Д$ включается в сеть контактами 1 через сопротивления R_1 , R_2 и R_3 .

По достижении ротором 70% синхронной скорости частотное реле $1УР$ включает двигатель на полное напряжение контактором 2 и при этом одновременно отключается от напряжения катушка контактора 1 со своим блок-контактом, шунтирующим кнопку «Пуск». Кнопка «Стоп» и контакты теплового реле $ТР$ получают возможность воздействовать непосредственно

на катушку 2 через соответствующий блок-контакт.

По достижении ротором 95—98% синхронной скорости частотное реле $2УР$ включает катушки контакторов 3 и 4 , которые подают постоянный ток в обмотку возбуждения, причем от этой обмотки одновременно отключается разрядное сопротивление r .

Регулировка частотных реле может быть осуществлена посредством параллельного присоединения активных сопротивлений и дросселей самоиндукции.

Требуется найти ошибки и исправить схему.

Задача 9

Управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором по контакторной системе

Схема (рис. II-9) должна осуществлять пуск, реверс, изменение скорости и остановку двигателя; в судовых условиях она применяется для привода швартовного шпиля.

Под схемой приведена таблица замыкания контактов. Крестик означает, что в данном положении рукоятки командоконтроллера соответствующий контакт замкнут.

На схеме применены следующие обозначения: $В$ и $Т$ — контакторы направления («Выбирать», «Травить»); $М$ и $Б$ — контакторы малой и большой скорости; $КА$ — аварийная кнопка; $ВУ$ — выключатель управления; $ЭР_1—ЭР_4$ — обмотки катушек «ресет» (операции возврата в исходное положение); C_1 , C_2 , C_3 — зажимы статорной обмотки малой скорости; C_{12} , C_{13} , C_{14} — зажимы статорной обмотки большой скорости. Остальные обозначения будут ясны из следующего ниже описания действия схемы при различных положениях командоконтроллера.

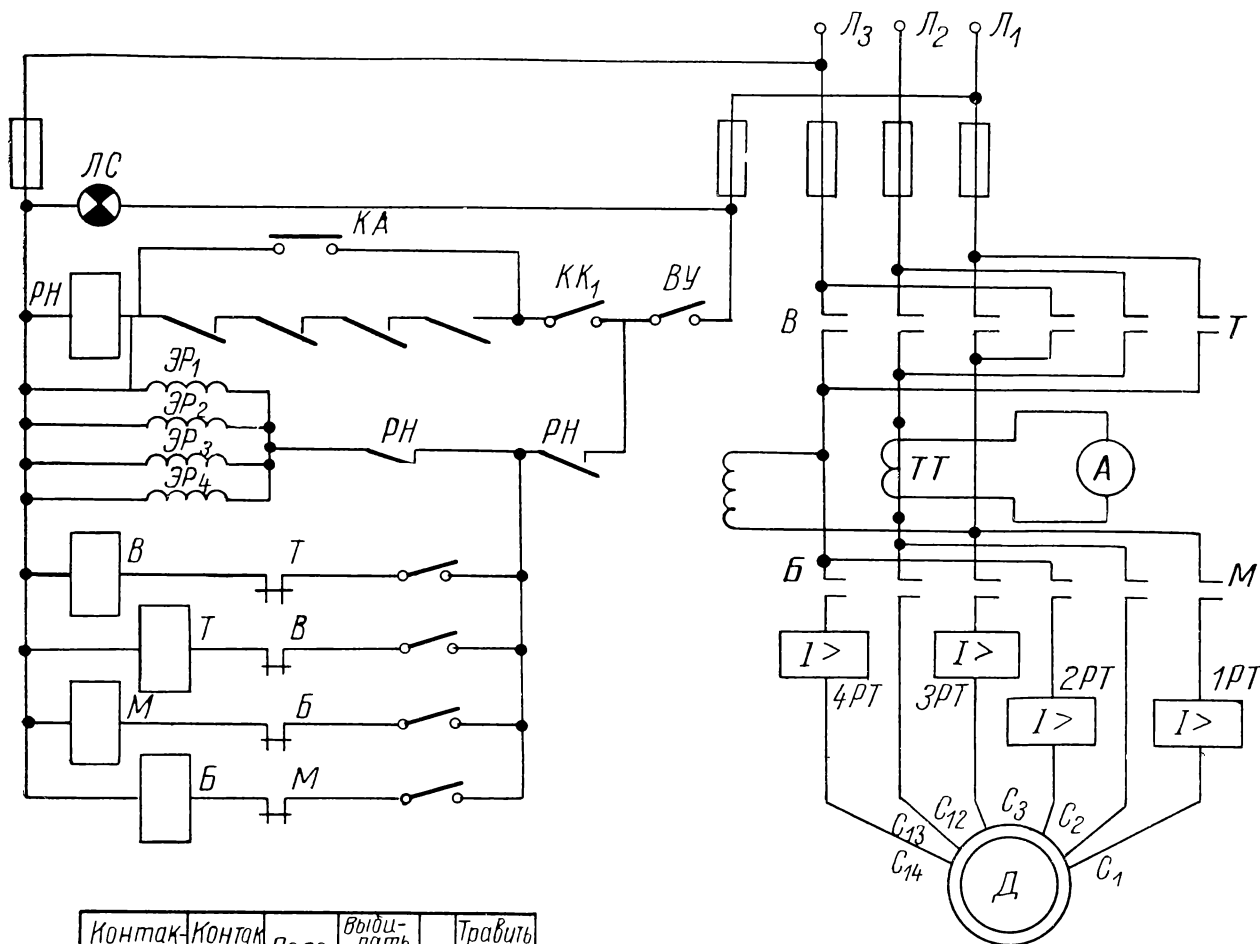
Положение «0». Сигнальная лампа $ЛС$ показывает напряжение на зажимах командоконтроллера; при этом контакт $КК_1$ замкнут, а остальные разомкнуты. При замыкании контакта $ВУ$ срабатывает реле $РН$ и шунтируется контакт $КК_1$. Тогда размыкающий контакт $РН$ разомкнется, электромагнитные катушки ресет, предназначенные для возвращения контактов тепловых реле в исходное положение, обесточатся.

Положение «В ы б и р а т ь 1». Контакторы $В$ и $М$ получают питание и замыкают свои главные контакты; при этом подается напряжение на статорную обмотку малой скорости и на тормозной электромагнит $ЭТ$, растормаживающий двигатель. Одновременно размыкаются размыкающие блок-контакты $В$ и $М$ и тем самым запрещается включение контакторов $Т$ и $Б$.

Положение «Выбирать 2». Получает питание контактор B , включающий обмотку большой скорости, размыкаются блок-контакты B в цепи питания катушки контак-

тас, что вместо контактора B в этом случае действует контактор T .

При повороте рукоятки командоконтроллера опять в положение «0» разрывается питание



Контакты КК	Контакты	Реле	Выборать		Травить	0	1	2
			2	1				
КК ₁					×			
КК ₂	В		×	×				
КК ₃	Т					×	×	
КК ₄	М			×		×		
КК ₅	Б		×					×
		РМ	×	×	×	×	×	×
ВУ,	Замыкается рукояткой		×	×	×	×	×	×

Рис. II-9.

тора M и тем самым двигатель начинает работать при большем числе оборотов.

Положения «Травить 1 и 2». Операции выполняются соответственно описанию при положениях командоконтроллера «Выбирать 1» и «Выбирать 2» с той только раз-

аппаратов схемы управления двигателем, но в последовательности, обратной описанной при пуске. Электродвигатель отключается от сети, обесточивается катушка $ЭТ$ и механический тормоз останавливает двигатель.

Следует обнаружить и исправить ошибку в приведенной схеме и схему перерисовать. Обратить внимание на все виды защит.

Задача 10

Управление асинхронным трехфазным неревсисным двигателем с короткозамкнутым ротором с двумя обмотками

Схема (рис. II-10) предназначена для управления асинхронным трехфазным электродвигателем короткозамкнутого типа МАП-31-4/12 номинальной 30-минутной мощностью 3,6 кВт на быстходной обмотке и 10-минутной мощ-

ностью 1,12 квт на тихоходной обмотке с пристроенным короткоходовым электрическим тормозом.

Пост управления имеет два жестко фиксированных положения «Включено» и «Выключено». Реверса нет.

Для включения быстроходной обмотки на участке подъема груза, соответствующего участку путевого выключателя $ВП_3$, служит контактор быстроходной обмотки $Б$.

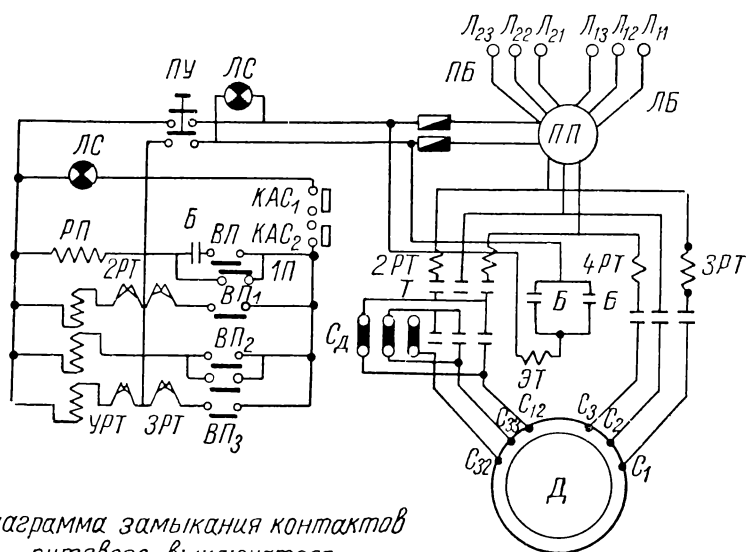


Диаграмма замыкания контактов путевого выключателя

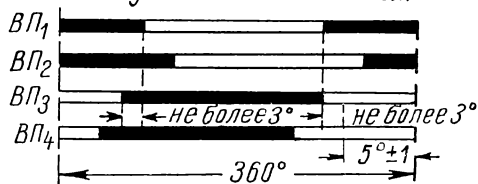


Рис. II-10.

Для включения тихоходной обмотки на участке подъема соответственно участку путевого выключателя $ВП_1$ служит контактор $Т$.

Шунтирование сопротивления для ограничения тормозного момента электродвигателя в генераторном режиме обеспечивается контактором $Т_1$. Промежуточное реле $РП$ замыкает цепь контактора $Т_1$ при пуске электродвигателя с промежуточного положения путевого выключателя при замкнутом контакте $ВП_1$, причем тихоходная обмотка подключается к сети без сопротивления.

Отключают схему управления механические контакты $КАС_1$ и $КАС_2$.

Последовательность включений при автоматическом пуске такова:

1) контакты $ВП_1$ и $ВП_2$ замкнуты, срабатывают контакторы $Т$ и $Т_1$, получает питание обмотка тормоза $ЭТ$, электродвигатель растор-

маживается и начинает разворачиваться на тихоходной обмотке;

2) контакты $ВП_1$, $ВП_2$, $ВП_3$ замкнуты, срабатывает контактор $Б$ и включает быстроходную обмотку и обмотку $ЭТ$; контакты $ВП_1$ размыкаются через промежуток времени, соответствующий повороту путевого выключателя на 3° ;

3) контакты $ВП_2$ и $ВП_3$ замкнуты, тихоходная обмотка выключается, и электродвигатель работает на быстроходном режиме;

4) контакты $ВП_3$ замкнуты, отключается контактор $Т_1$;

5) замыкаются контакты $ВП_1$, подается питание контактору $Т$, включается тихоходная обмотка; при повороте путевого выключателя на 3° контакты $ВП_3$ замыкаются;

6) контакты $ВП_1$ замкнуты, $ВП_3$ разомкнуты, быстроходная обмотка отключается, тихоходная обмотка подключена к сети через ограничивающее сопротивление;

7) замыкаются контакты $ВП_2$, срабатывает контактор $Т$ и шунтирует сопротивление;

8) при пуске электродвигателя с промежуточного положения, когда контакты $ВП_1$ замкнуты, контактор $Т_1$ получает питание через размыкающие контакты реле $РП$; при этом пуск осуществляется без включения в статор электродвигателя сопротивления $С_д$.

Остановка двигателя происходит:

1) при размыкании одного из блок-контактов $КАС_1$ или $КАС_2$;

2) при исчезновении напряжения в сети;

3) при коротком замыкании;

4) при исчезновении тока в катушке $ЭТ$;

5) при тепловой перегрузке двигателя;

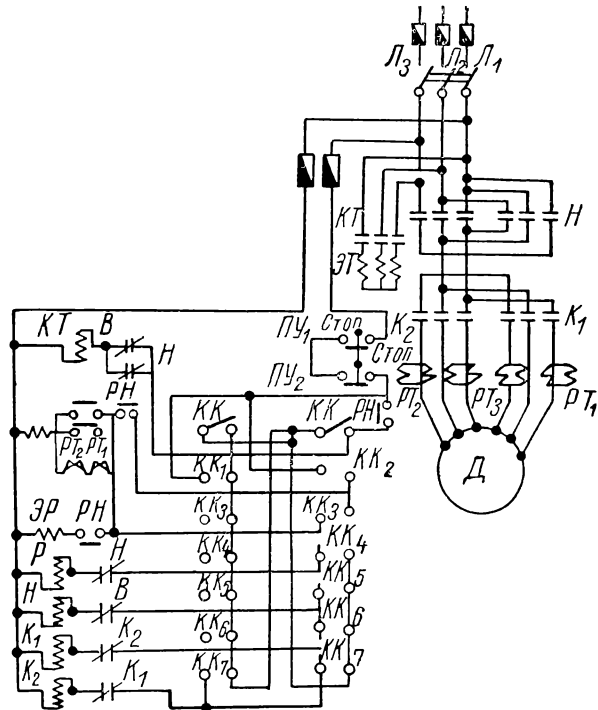
6) при экстренном торможении рабочей цепи.

Питание схемы может осуществляться от сети как левого борта ($ЛБ$), так и правого борта ($ПБ$). Переключение с одной сети на другую производится группой переключателей $ПП$.

Требуется найти ошибку, исправить схему и изложить свои соображения о последствиях включения неправильной схемы. Выяснить назначение четвертого путевого выключателя $ВП_4$, показанного на временной диаграмме.

Автоматический пуск электропривода шпилевого устройства

Задача относится к схеме управления трехфазным асинхронным реверсивным двухскоростным двигателем с двумя отдельными обмотками статора; управление осуществляется с помощью кулачкового командоконтроллера.



Контакты	Подъем		Спуск	
	Быстр.	Медл.	Медл.	Быстр.
КК ₁			×	
КК ₂	×	×		×
КК ₃			×	×
КК ₄	×	×		
КК ₅			×	×
КК ₆		×	×	
КК ₇	×			×

Рис. II-11.

В схеме (рис. II-11) имеются посты управления с кнопками «Стоп» и вспомогательными кнопками, служащими для пуска в ход перегретого двигателя после того, как сработали тепловые реле и прервали цепь питания реле напряжения.

При переводе командоконтроллера из нулевого в первое рабочее положение («Медленно») размыкаются контакты КК₁, блокирующие

командоконтроллеры, и замыкаются контакты КК₂ и КК₃.

Катушка реле напряжения РН и восстановительная катушка теплового реле ЭР возбуждаются. Реле напряжения РН срабатывает, самоблокируется, замыкает свои контакты в цепи контактора тормозного электромагнита КТ и размыкает свои размыкающие контакты в цепи восстановительной катушки, которая при этом отключается.

Одновременно замыкаются контакты КК₆, включающие напряжение на катушку контактора малой скорости К₁. Контактор срабатывает, замыкает свои контакты в цепи главного тока и размыкает свои размыкающие блок-контакты в цепи катушки контактора большей скорости К₂. При замыкании контактов КК₄ получает питание катушка контактора подъема В, который, срабатывая, замыкает главную цепь и цепь питания катушки тормозного контактора КТ. Электродвигатель оттормаживается и начинает работать с малой скоростью вращения.

При переходе на второе рабочее положение («Быстро») размыкаются контакты КК₆ и замыкаются контакты КК₇. Контактор К₁ лишается тока и размыкает свои контакты в цепи обмотки статора, имеющего восемь полюсов. Включается контактор К₂ и замыкает цепь питания обмотки статора с двумя полюсами, отчего двигатель начинает работать с большим числом оборотов.

Действие схемы при установке рукоятки контроллера в положение «Спуск» аналогично изложенному, только вместо контактов КК₄ замкнутся контакты КК₅, которые включают контактор спуска Н.

В положении «0» электродвигатель отключается от сети и одновременно тормозится пружинным тормозным устройством.

Защита понятна из схемы. Электрическая блокировка состоит в том, что контактор В электрически заблокирован с контактором спуска Н, контактор К₁ — с контактором К₂ и командоконтроллер на палубе — с командоконтроллером в шпилевом помещении.

Требуется обнаружить ошибку в схеме и исправить ее.

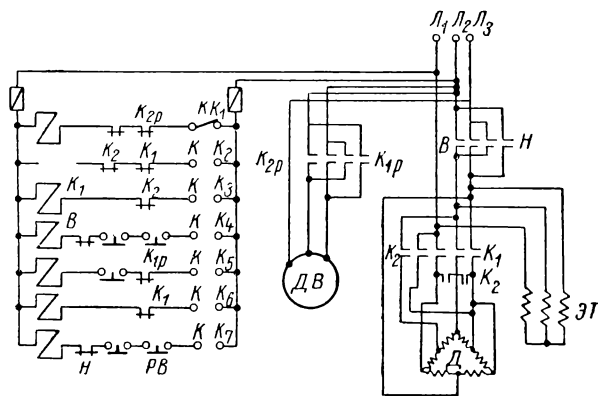
Управление асинхронным трехфазным двигателем крана для подъема шлюпок с двухскоростным редуктором и двухступенчатым регулированием скорости

В схеме (рис. II-12) предусмотрены конечные выключатели подъема и спуска для приводного двигателя Д крана и конечные выключатели скоростей редуктора для включаю-

щего электродвигателя *ДВ*. Реле времени *РВ* не позволяет замкнуться главным реверсивным контактам цепи приводного электродвигателя до срабатывания контакторов скоростей K_1, K_2 .

В положении «1» командоконтроллера включается схема малой скорости приводного двигателя и редуктора.

В положении «2» механический редуктор переключается с малой скорости на большую.



Контакт	Подъем	0	Спуск
гор	3	2	1
КК ₁		×	×
КК ₂	×	×	×
КК ₃	×	×	×
КК ₄	×	×	×
КК ₅	×	×	×
КК ₆	×		×
КК ₇			×

Рис. II-12.

В положении «3» число пар полюсов приводного двигателя переключается с 12 на 6 и электродвигатель вращается быстрее.

При переводе командоконтроллера в положение «0» срабатывает контактор первой скорости редуктора K_{1p} и включает электродвигатель *ДВ* для перевода редуктора на малую скорость.

Остальные соединения понятны из таблицы замыканий на схеме.

После обнаружения ошибок составить правильную схему и описать те последствия, которые имели бы место при включении неисправленной схемы.

Задача 13

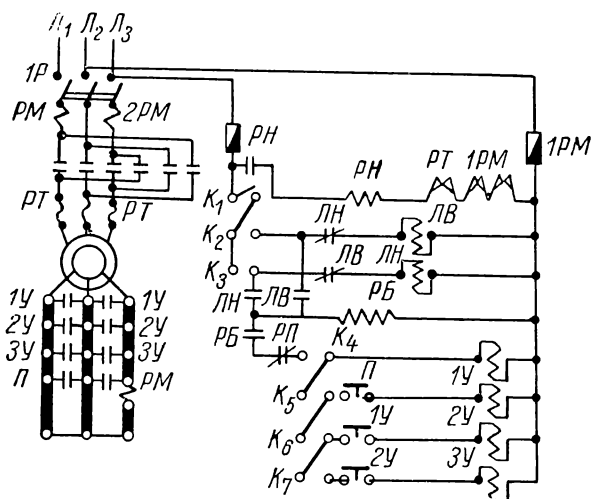
Контроллерное управление асинхронным реверсивным двигателем с фазовым ротором

В задаче (рис. II-13) представлена схема управления реверсируемым и регулируемым асинхронным двигателем с фазовым ротором,

причем процесс ускорения автоматизирован по принципу времени (маятниковые реле времени), а процесс торможения осуществляется противотоком при реверсировании привода. Замыканием ступени противотока управляет токовое реле *РП*.

Аппаратом управления служит командоконтроллер на 11 положений (пять положений «Вперед», пять «Назад» и «нулевое» положение). Последовательность замыкания контактов командоконтроллера поясняется приведенной на рис. II-13 таблицей «ключом».

Нужно иметь в виду, что при копировании могли возникнуть ошибки не только в начерта-



Контакт	Назад	0	Вперед
гор	3	2	1
1		×	
2			×
3	×	×	×
4	×	×	×
5	×	×	×
6	×	×	×
7	×	×	×

Рис. II-13.

нии схемы, но и в расположении крестиков в таблице. Поэтому для распознавания погрешностей дается более подробное описание действия схемы.

Схема работает следующим образом. При подаче напряжения возбуждается и замыкает свой замыкающий контакт реле напряжения *РН*, шунтируя контакт командоконтроллера K_1 . Если поставить рукоятку командоконтроллера в положение «5 вперед», то реле *РН* останется возбужденным, питаясь через свой замыкающий контакт, несмотря на размыкание кон-

такта K_1 командоконтроллера. Таблица, «ключ» показывает, что в положении рукоятки «5 вперед» замкнуты контакты K_2 , K_4 , K_6 и K_7 . Через контакт реле $РН$ и контакт K_2 возбуждается линейный контактор «Вперед» $ЛВ$ и двигатель подключается к сети. Одновременно через замыкающий контакт контактора $ЛВ$ подается напряжение на блокировочное реле $РБ$, которое срабатывает и замыкает свой замыкающий контакт.

Реле $РП$ настраивается на отпускание при токе, который течет в обмотке ротора при покое и при полностью введенных сопротивлениях пускового реостата. Размыкающий контакт реле $РП$ вследствие этого останется замкнутым, так как сила тока недостаточна для втягивания реле $РП$ ввиду разности между величиной тока срабатывания и тока отпускания реле.

Через замыкающий контакт $РБ$, размыкающий контакт $РП$ и контакт K_4 получает питание катушка контактора $П$, который своими главными контактами должен замкнуть ступень противотока.

Далее схема работает аналогично схеме, приведенной на рис. II-7, и, следовательно, построенное к контакторам маятниковое реле через определенный промежуток времени включает контакторы ускорения, замыкающие ступени пускового реостата накоротко до тех пор, пока двигатель не выйдет на естественную характеристику.

При переходе рукоятки через нулевое положение отключаются линейный контактор «Вперед» $ЛВ$ и реле $РБ$, что и возвращает принудительно схему в исходное положение. Если же рассматривать работу схемы в положении «4 назад», то в соответствии с таблицей «ключом» должны быть замкнуты контакты командоконтроллера K_3 , K_4 , K_5 и K_6 . Контакт K_3 обеспечивает питание линейного контактора «Назад» $ЛН$, а через его замыкающий блок-контакт — и блокировочного реле $РБ$, которое закроет свой замыкающий контакт. Но ротор по инерции должен еще вращаться в направлении «Вперед» и сила тока его, несмотря на введенное полностью сопротивление, будет больше тока втягивания реле противотока $РП$; это вызовет размыкание размыкающего контакта в цепи катушки контактора $ПП$, препятствуя срабатыванию последнего. Поэтому в режиме торможения противотоком двигатель будет работать при полностью введенном сопротивлении до тех пор, пока его скорость не упадет почти до нуля. Ток в роторе снизится до такого значения, при котором реле $РП$, будучи не в состоянии удерживать якорь, отпустит и закроет свой размыкающий контакт. Тогда должен включиться контактор $П$, и двигатель начнет разворачиваться

в обратном направлении; но так как в положении «4» рукоятки контакт K_7 остается разомкнутым, то контактор $ЗУ$ не включится и двигатель будет работать при введенном в цепь ротора сопротивлении третьей ступени скорости.

Требуется найти ошибки в схеме, исправить их и изложить свои соображения относительно принятой защиты.

Задача 14

Пуск и аварийная остановка реверсивного асинхронного двигателя с двумя тормозами и центробежным выключателем

Задача поставлена на схеме управления реверсивным нерегулируемым асинхронным двигателем с фазовым ротором при использовании маятниковых реле (рис. II-14).

Эта схема должна удовлетворять следующим требованиям:

1) скорость двигателя не изменяется, но изменяется направление его вращения;

2) остановка после выключения двигателя осуществляется механическим тормозом, управляемым электромагнитом, причем кроме рабочего тормоза $ТР$ устанавливается дополнительный (предохранительный) $ТП$, который приходит в действие после остановки механизма; при аварии действуют оба тормоза, а при нормальном режиме предохранительный срабатывает позже рабочего;

3) для предохранения от разноса устанавливается центробежный выключатель $РЦ$;

4) предусматриваются три аварийные стоповые кнопки для возможности остановки из разных пунктов.

Укажем некоторые элементы главной силовой цепи, на которые следует обратить внимание:

1) максимальный и нулевой воздушный автомат A с двумя катушками — максимальной $АМ$ и нулевой $АН$; автомат замыкается от руки и удерживается во включенном положении электромагнитной системой; автомат отключает двигатель при токах короткого замыкания, чрезмерных нагрузках и при пониженном напряжении сети;

2) два трехполюсных контактора B и H для прямого и обратного хода, снабженные пристроенным реле времени маятникового типа для управления контактором $1У$;

3) трехфазные электромагниты для управления рабочим $ТР$ и предохранительным $ТП$ тормозами;

4) контактор $КТП$ для управления цепью электромагнита предохранительного тормоза;

5) электродвигатель D с металлическим пусковым реостатом на две ступени;

6) два контактора ускорения $1У$ и $2У$, причем контактор $1У$ снабжен пристроенным маятниковым реле времени для управления контактором $2У$;

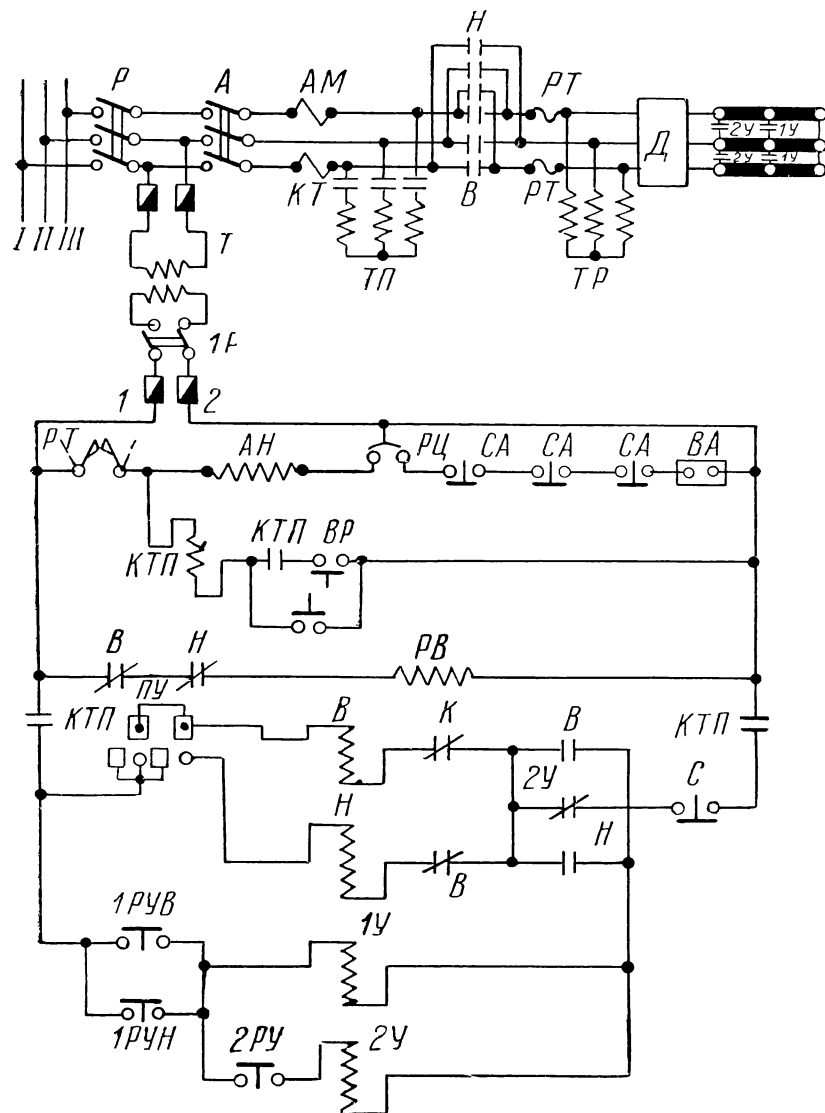


Рис. II-14.

7) переключатель $ПУ$ с контактами 3, 4, 5 для изменения направления вращения электродвигателя вручную машинистом.

Переключатель может быть установлен в два положения: для замыкания точек 3 и 4 или точек 3 и 5, причем в первом случае вводится в действие контакторная катушка B («Вперед»), а во втором катушка H («Назад»). Это гарантирует от одновременного включения обоих реверсивных контакторов, если они находятся

в исправном состоянии. Но при неисправности контактор, включенный переключателем, может остаться замкнутым; поэтому необходима дополнительная гарантия от одновременного замыкания контакторов прямого и обратного хода; это достигается здесь с помощью размыкающих блок-контактов B и H ,

связанных с главными контактами. Поэтому цепь катушки B замыкается только тогда, когда контактор H находится в своем нормальном положении. Та же блокировка предусмотрена и для цепи катушки H .

Для подготовки к пуску в ход следует замкнуть рубильники P и $1P$ и включить от руки автомат A , который при исправности схемы удерживается в замкнутом положении. Затем переключатель управления $ПУ$ надо установить в положение «Вперед» — этим подводится напряжение к силовой и к вспомогательной цепям (система готова к пуску).

Пуск в ход осуществляется нажатием кнопки $П$. При этом включается контактор $КТП$ и предохранительный тормоз растормаживается. Одновременно замыкаются замыкающие блок-контакты $КТП$, подающие питание основной цепи управления и подготавливающие шунтирование пусковой кнопки. Образуется цепь питания для реверсивного контактора B : 1 — замыкающий контакт $КТП$ — переключатель $ПУ$ (3—4) — размыкающий контакт B — размыкающий контакт H — замыкающий контакт $2У$ — кнопка $С$ — размыкающий контакт $КТП$ — 2.

Контактор B срабатывает и подключает двигатель к сети. Рабочий тормоз растормаживается. Одновременно размыкается размыкающий блок-контакт B в цепи реле времени $PВ$, которое замыкает свои размыкающие контакты без выдержки времени. Кнопка $П$ может быть отпущена, так как она шунтирована. В свою очередь замыкание замыкающего блок-контакта B в цепи его включающей катушки обеспечивает шунтировку размыкающего блок-контакта $2У$. Создаются условия для начала

нормального процесса ускорения двигателя.

Процесс ускорения происходит следующим образом. Контактор B при включении приводит в действие маятниковое реле времени $1PUB$. После определенной выдержки замыкается замыкающий контакт $1PUB$ в цепи контакторов ускорения. Тогда образуется для включающей катушки $1U$ следующая цепь тока: 1 — замыкающий контакт KTP — размыкающий контакт $1PUB$ — катушка $1U$ — кнопка C — замыкающий контакт KTP — 2. Поэтому контакт $1U$ замыкается и шунтирует первую ступень сопротивления, но одновременно с этим приводится в действие второе реле ускорения $2PY$, механически связанное с $1U$. Затем после некоторой выдержки времени замыкается замыкающий контакт $2PY$ в цепи второго контактора ускорения, и образуется следующая цепь тока: 1 — замыкающий контакт KTP — замыкающий контакт $1PUB$ — замыкающий контакт $2PY$ — включающая катушка $2U$ — кнопка C — замыкающий контакт KTP — 2. Контактор $2U$ замыкается и шунтирует вторую ступень сопротивления, а вместе с тем и весь реостат. Этим заканчивается процесс ускорения двигателя.

Для нормальной остановки двигателя нажимается кнопка *С*. В результате прерываются цепи питания реверсивных и ускоряющих контакторов и выключается двигатель, а также рабочий тормоз. Пусковое сопротивление полностью вводится в цепь ротора. Но размыкание реверсивного контактора сопровождается включением реле времени *РВ* (размыкающий блок-контакт *В*), поэтому с некоторой выдержкой времени размыкается размыкающий контакт *РВ* в цепи контактора *КТП*. Последний разрывает цепь питания предохранительного тормоза, который дополнительно затормаживает электродвигатель. Одновременно же замыкающими блок-контактами *КТП* прерывается и питание основной цепи управления. Кнопка *С* может быть отпущена. Электропривод остановлен и готов к новому пуску.

Следует найти в схеме на рис. II-14 ошибки, исправить их и описать действие неисправной схемы при аварийном отключении.

Задача 15

Автоматическое управление синхронным двигателем низкого напряжения при пуске от пониженного напряжения

В схеме (рис. II-15) имеются два линейных контактора \mathcal{Y} и \mathcal{L} , моторное реле времени M , максимальное токовое реле PM , две кнопки Π

(«Пуск») и C («Стоп») и частотное реле PC с катушками PC_1 и PC_2 .

При нажатии кнопки *П* включается моторное реле *М*; при этом замыкается контакт 2 и включается катушка линейного контактора *У*. Последний срабатывает и присоединяет автотрансформатор *АТ* к сети, а электродвигатель *Д* к отвлению от автотрансформатора, что создает разгон электродвигателя при пониженном напряжении.

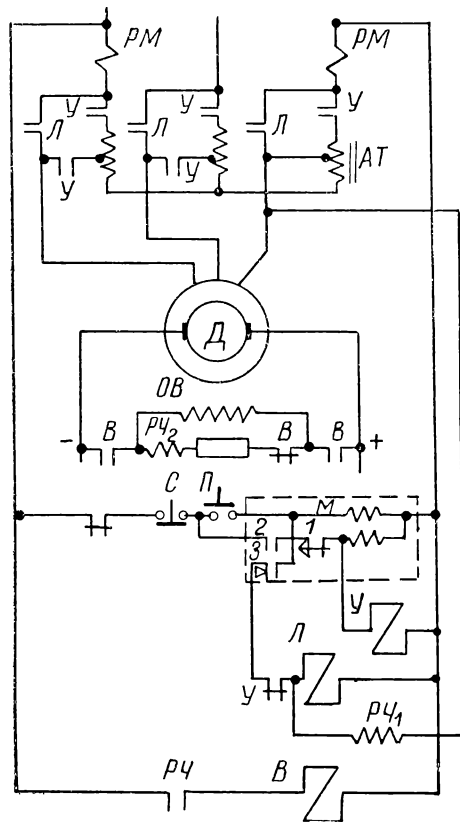


Рис. II-15.

Обмотка возбуждения OB замкнута на разрядное сопротивление PC ; через установленное время реле M своим рычагом разомкнет контакт 1 и замкнет контакт 3 . Первый прекратит вращение двигателя моторного реле M и выключит катушку первого линейного контактора $У_1$, а второй (3) включит контактор $Л$, который подаст полное линейное напряжение на двигатель $Д$ и включающую катушку $PЧ_1$ частотного реле. Однако последнее может сработать только при разгоне двигателя до скорости, близкой к синхронной, когда в роторе и частота, и э. д. с. упадут настолько, что усилие удерживающей катушки $PЧ_2$ в цепи обмотки возбуждения OB станет минимальным. Тогда включающая катушка $PЧ_1$ замкнет катушку

контактора возбуждения B . Тем самым замкнутся два контакта B , что подает напряжение постоянного тока на обмотку возбуждения, и разомкнется третий контакт B , выключая разрядное сопротивление PC и удерживающую катушку $PЧ_2$. Электродвигатель должен при этом войти в синхронизм, чем и заканчивается процесс пуска.

После нахождения и устранения ошибок, может быть, имеющих место в схеме, следует описать, что произойдет в исправленной схеме при исчезновении напряжения на зажимах обмотки возбуждения.

Задача 16

Автоматическое управление высоковольтным синхронным электродвигателем при тяжелом пуске через реактор

При использовании синхронного двигателя в электроприводе может иметь большое значение момент сил сопротивления рабочей машины при трогании двигателя с места (то, что именуется «тяжелым пуском»).

Вообще говоря, напряжение на зажимах синхронного электродвигателя может понижаться как автотрансформатором, так и реактором, но так как схема реакторного пуска проще и чаще применяется, то мы и рассмотрим только ее. На рис. II-16, a изображена принципиальная схема, а на рис. II-16, b — развернутая схема цепей управления. Включение синхронного электродвигателя $СД$ через реактор X , т. е. на пониженное напряжение, осуществляется включением масляного выключателя $Л$ при разомкнутом масляном выключателе $У$. Обмотка возбуждения замкнута при этом на разрядное сопротивление. Включение масляного выключателя $У$ приведет к короткому замыканию реактора X , т. е. к подаче на зажимы статора синхронного двигателя полного напряжения, иначе говоря, к увеличению вращающего момента двигателя (и притом в квадратичной зависимости от напряжения). В обоих случаях пуск двигателя происходит

как у асинхронного двигателя. Включающая катушка $УВК$ выключателя $У$ выделена в отдельную (питаемую непосредственно от шин) цепь, управление которой производится при помощи вспомогательного контактора $КРУ$, включаемого только при замыкании замыкаю-

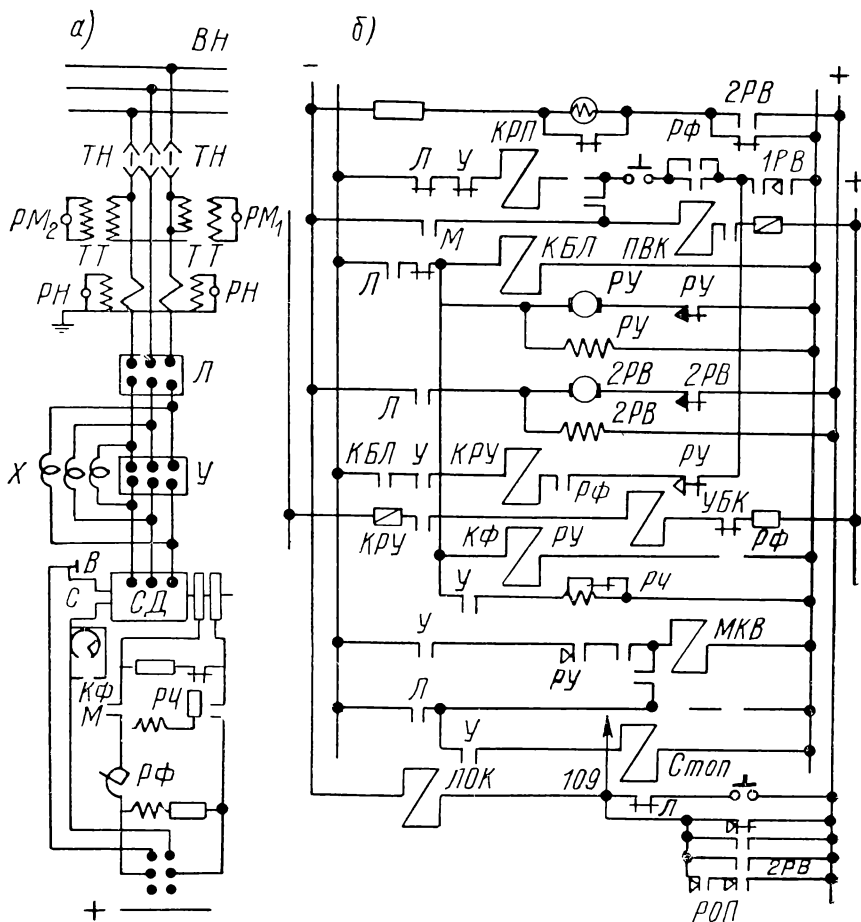


Рис. II-16.

щих контактов $1РВ$, $РУ$, $КБЛ$, $РФ$ и размыкающих контактов $М$ и $У$.

Контакт $1РВ$ замыкается только при достижении нормальной величины напряжения на шинах высокого напряжения и шинах постоянного тока. Реле времени $РУ$ определяет время подключения масляного выключателя $Л$. Оно включается контактом $Л$ после включения этого выключателя. Когда после достижения установленной выдержки времени реле $РУ$ срабатывает, оно отключит двигательное устройство $РУ$ и подготовит вместе с контактором $КБЛ$ и его блок-контактами цепь питания катушки $КРУ$.

Реле $РФ$ контролирует величину напряжения цепи постоянного тока на зажимах возбуж-

дения электродвигателя, и его контакты $P\Phi$ при нормальном напряжении замкнуты. Реле $1PB$, служащее для защиты, снабжено двумя блокировочными контактами, из которых один действует (с выдержкой времени) на питание соленоидов включения масляных выключателей L и $У$, а другой включен в цепь отключающей катушки линейного масляного выключателя L параллельно с кнопкой «Стоп».

Защита от возможности пуска при пониженном в высоковольтной сети напряжении осуществляется реле напряжения $RН$, контакты которого включены параллельно реле $1PB$. Предусмотрена электрическая блокировочная связь между включающей и выключающей катушками линейного масляного выключателя L во избежание «прыгания» последнего, т. е. возникновения повторных самопроизвольных размыканий после замыкания и т. д. при длительном замыкании кнопки «Пуск».

Частотное реле $PЧ$ за счет снижения частоты в обмотке возбуждения при асинхронном разгоне двигателя после некоторой выдержки времени срабатывает и подает питание на обмотку возбуждения. Это происходит путем замыкания контактов $PЧ$ в цепи включающей катушки контактора возбуждения M . Одновременно обмотка возбуждения отключается от разрядного сопротивления и включается на постоянный ток, после чего двигатель переходит на синхронный режим.

При нажатии кнопки «Стоп» выключающий соленоид отключает линейный масляный выключатель L , который разрывом своих блок-контактов возвращает всю схему в исходное положение, отключая контактор возбуждения M , частотное реле $PЧ$, реле $2PB$ и т. д. при одновременном возврате пусковой кнопки.

Необходимо найти ошибки в схеме управления и по исправлению их разобраться, что произойдет в работе схемы при исчезновении напряжения возбуждения.

Бесконтактное управление электроприводом трехфазного тока с дросселями насыщения и фазовым дискриминатором для рулевого устройства

Стремление избавиться от недостатков схем релейно-контакторного управления вызывает

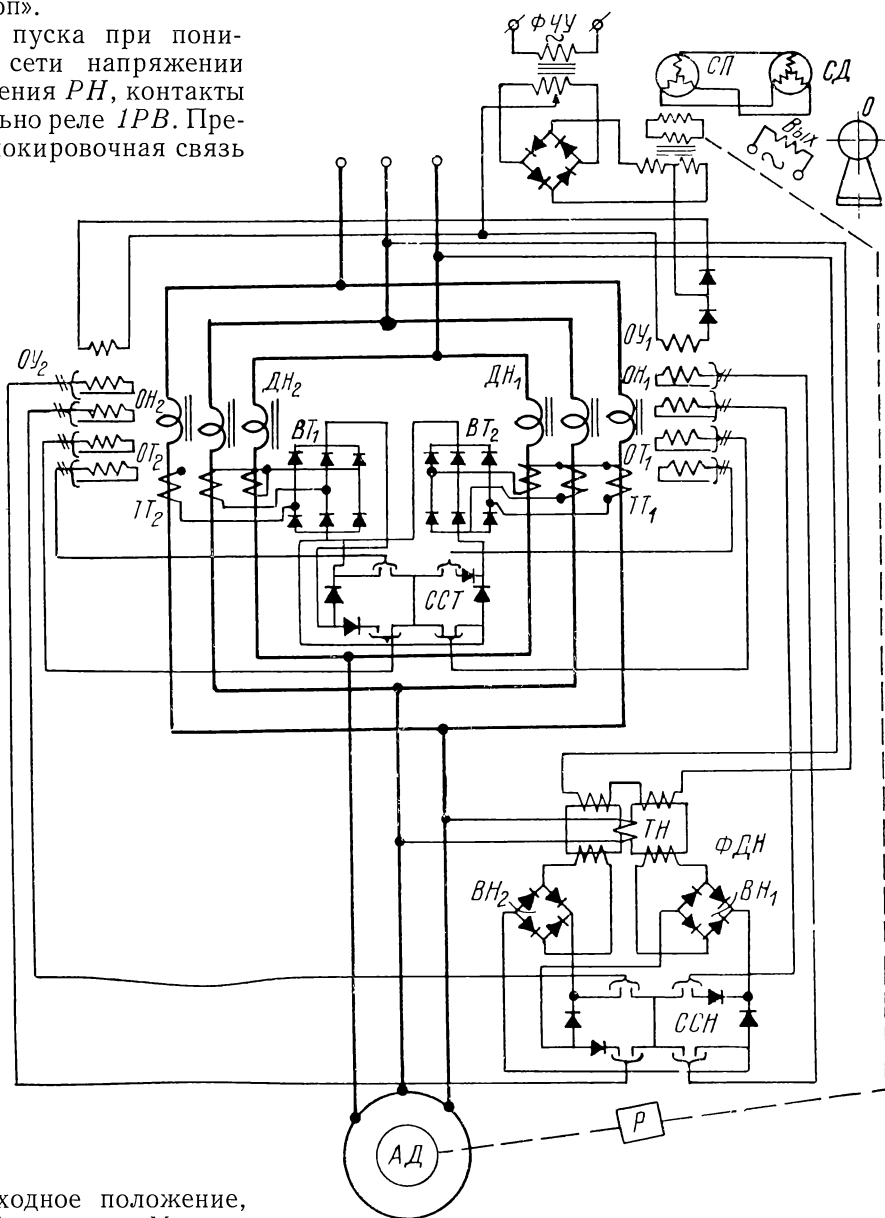


Рис. II-17.

необходимость в разработке бесконтактных систем управления, где релейные эффекты создавались бы нелинейными свойствами цепи.

Такие свойства можно получить многими средствами; на рис. II-17 изображена схема

бесконтактного управления при помощи магнитных элементов.

Силовая часть схемы изображена жирными линиями; кроме того, некоторые необходимые цепи вспомогательного характера показаны (чтобы не загромождать чертежа множеством пересекающихся кривых) однолинейно следующим образом.

От двух обрывов цепи, охваченных фигурной скобкой, проведены однолинейные связи к двум зажимам (охваченным также скобкой) на соответствующих обмотках; эти линии пересекаются двумя наклонными черточками, указывающими, что графическое начертание одной линии («однолинейная цепь») изображает два электрических провода.

Асинхронный трехфазный двигатель АД имеет, кроме не показанного на схеме жесткого кинематического соединения с рулевым устройством, еще и механическую связь через редуктор P с приемной частью СП синхронно-следящей системы СД—СП, дающая часть которой (СД) имеет жесткую механическую связь с главным органом управления — штурвалом O , находящимся на мостике. В силовую проводку двигателя АД включены последовательно обмотки двух комплектов дросселей насыщения $ДН_1$ (для работы «право руля») и $ДН_2$ (для работы «лево руля»). Включение обмоток обратной связи по напряжению ($ОН_1$ и $ОН_2$ соответственно) показано «однолинейной цепью».

Для осуществления обратной связи по току имеются два комплекта трансформаторов тока $ТТ_1$ и $ТТ_2$ (соединенных звездой), а также два комплекта выпрямителей $ВТ_1$ и $ВТ_2$, подмагничивающих один из комплектов дросселей «вправо» или «влево». Для осуществления обратной связи по напряжению предусмотрен фазовый дискриминатор $ФДН$, два выпрямительных моста $ВН_1$ и $ВН_2$, схема смещения $ССН$ и обмотка управления $ОУ$, питающаяся от фазочувствительного усилителя $ФЧУ$, который, кроме того, электромагнитным путем связан с приемной частью СП устройства, указанного выше.

Таким образом, дроссель насыщения состоит как бы из трех одинаковых однородных магнитных усилителей с общими обмотками постоянного тока (обратных связей по току, напряжению и управлению). Чтобы в последних не индуцировалась э. д. с. переменного тока, предусмотрено включение в каждую фазу по две обмотки переменного тока, соединенные параллельно и намотанные в противоположных направлениях на двух сердечниках. Поэтому дроссель насыщения для работы в каждом направлении имеет шесть сердечников — по два на фазу.

Обмотка обратной связи по току состоит из четырех одинаковых обмоток. Две из них намотаны на сердечниках дросселей режима «Вправо», а две другие — «Влево», причем обмотки включены дифференциально. Этим самым схема смещения при режиме, например, «Вправо» обеспечивает протекание тока обратной связи только через одну обмотку на дросселях «Вправо» и через две обмотки на дросселях «Влево». Дифференциальное включение обмоток обеспечивает подмагничивающее действие только в дросселях «Вправо».

Аналогичный процесс будет иметь место и в другом режиме — «Влево», а также для обмоток обратной связи по напряжению.

Действие фазового дискриминатора вместе со схемой смещения заключается в том, что намагничивающие силы обмоток обратной связи по напряжению создаются только в надлежащем дросселе, в зависимости от направления вращения вала двигателя.

Когда напряжения на зажимах двигателя равны нулю, выходные напряжения обмоток обратной связи по напряжению оказываются равными, но вследствие дифференциального включения обмоток будут иметь разные знаки, и ток в обмотках будет равен нулю. Но если напряжение на зажимах двигателя отлично от нуля, то оно увеличит напряжение на одном выпрямителе и уменьшит его на другом, отчего и возникнет ток в соответствующих обмотках. Все это приведет к тому, что при некотором «нулевом» положении штурвала намагничивающие силы в обмотках управления $ОУ_1$ и $ОУ_2$ будут равны нулю, а полное сопротивление дросселей насыщения настолько велико, что ротор двигателя будет находиться в покое. При повороте же штурвала вправо или влево возникнет ток в соответствующей обмотке управления, сопротивление соответствующего дросселя уменьшится и ротор двигателя начнет разворачиваться. Вследствие компаундирующей связи по току и отрицательной обратной связи по напряжению скорость будет возрастать до тех пор, пока намагничивающие силы обмоток обратной связи по току и напряжению не ограничат намагничивающую силу в обмотке управления.

Руководствуясь этими сведениями, следует найти и исправить имеющиеся в схеме ошибки.

Задача 18

Управление асинхронным двигателем с дросселями насыщения и магнитным усилителем для электропривода оперативной лебедки землесоса

По условиям выработки грунта электропривод должен иметь так называемую «экскаватор-

ную характеристику» с различными диапазонами изменения скорости [для станковых лебедок 1: (6÷8), для папильнажных 1: (2÷6) и для уборки троса по окончании работ 1: 50].

Схема (рис. II-18) имеет следующие элементы: асинхронный двигатель АД с короткозамкнутым ротором, дроссель насыщения ДН, магнитный усилитель МУ, имеющий пять обмоток, генератор Г для последнего, тахогенератор ТГ с двумя обмотками и три выпрями-

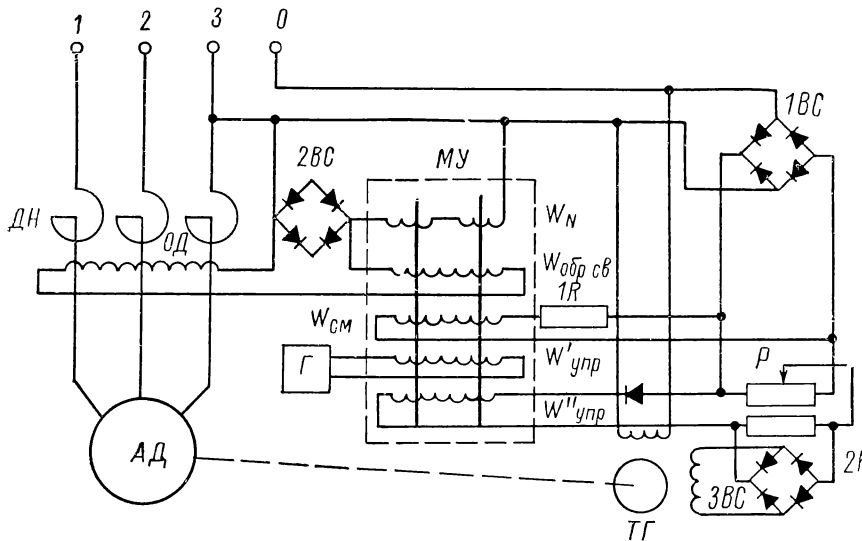


Рис. II-18.

тельных моста 1BC, 2BC и 3BC. Кроме того, имеется регулятор напряжения Р и выпрямитель 4BC.

Скорость перемещения землесоса зависит от числа оборотов электродвигателя АД, которое изменяется регулятором напряжения Р. Последний включается относительно тахогенератора таким образом, что напряжения на их выходе направлены навстречу друг другу. В случае неравенства напряжений ток, пропорциональный их разности, усиливается магнитным усилителем МУ и подается в обмотку управления дросселя насыщения, подмагничивая его. При возрастании момента сопротивления на валу двигателя скорость последнего уменьшается и напряжение тахогенератора ТГ, жестко связанного с валом двигателя, падает; разность напряжений увеличивается, а индуктивное сопротивление дросселя уменьшается; отсюда возрастает момент вращения двигателя, чем и достигается необходимая скорость вращения.

То же, но в обратном направлении, происходит при уменьшении момента сопротивления на валу двигателя, что и приводит к требуемой стабилизации скорости последнего.

Диагональ моста 1BC включена на зажимы 0—3 главной цепи трехфазного переменного тока; в другую диагональ включен регулятор Р своим реостатом и одна из обмоток (III) магнитного усилителя МУ. Второй выпрямитель 2BC подключается так, что одной диагональю является цепь обмотки I МУ, включенная на те же зажимы 0—3, а другой диагональю — подмагничивающая обмотка ОД дросселя насыщения ДН, включенная последовательно с обмоткой II магнитного усилителя МУ. Обмотка III МУ шунтирует заданное сопротивление регулятора Р, следовательно, подключена параллельно диагонали выпрямителя 1BC. Обмотка IV усилителя МУ служит для питания его. Обмотка V включена последовательно с выпрямителем 4BC, регулируемым сопротивлением регулятора Р и сопротивлением 2R, которое включено в диагональ моста выпрямителя 3BC. Другой диагональю выпрямителя 3BC является цепь обмотки тахогенератора ТГ.

Следует найти и исправить ошибки в схеме, объяснив их последствия, а затем решить вопрос о дополнении исправленной схемы пусковой и защитной аппаратурой, имея в виду, что требуется только реверсирование, пуск и остановка двигателя.

Задача 19

Судовой индукторный генератор с самовозбуждением

В судовых условиях индукторные генераторы переменного тока повышенной частоты с самовозбуждением в настоящее время получили довольно широкое применение для питания установок связи и других целей, так как не имеют скользящего контакта на вращающейся части.

На рис. II-19 приведена схема самовозбуждения, основанная на принципе фазового компаундирования с коррекцией напряжения. Для этой цели используются так называемые универсальные управляемые трансформаторы фазового компаундирования (ТФКУ) и корректор напряжения, состоящий из дросселя насыщения ДН, выпрямителя BC₂ и обмоток управления W_y трансформатора ТФКУ.

Действие корректора состоит в том, что с увеличением напряжения на зажимах ABC генератора Γ ток в обмотке управления W_y и подмагничивание трансформаторов ТФКУ усиливаются, вследствие чего ток возбуждения генератора в обмотке возбуждения OB уменьшается и напряжение возвращается к прежней величине. В цепь обмотки возбуждения включен выпрямитель BC_1 и регулировочное (задающее) сопротивление PB .

Другой выпрямитель BC_2 включен между фазами B и C главного тока и одной своей диагональю имеет дроссель насыщения $ДН$.

Требуется обнаружить и исправить имеющиеся в схеме ошибки и дополнить схему необходимыми элементами защиты, блокировки и сигнализации, имея в виду, что мощность этих генераторов достигает нескольких десятков киловольтампер.

Задача 20

Двухфазный сервопривод с двухкаскадным магнитным усилителем

Сервопривод, принципиальная схема которого приведена на рис. II-20, управляется сиг-

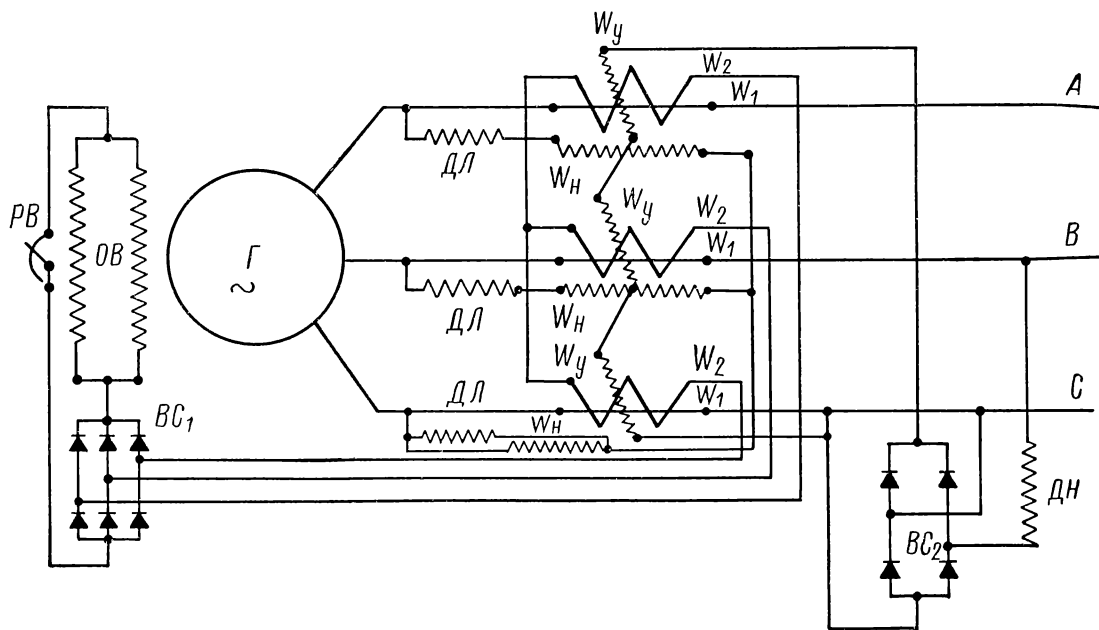


Рис. II-19.

Каждый из трех трансформаторов ТФКУ (имеющих по четыре обмотки W_1 , W_2 , W_y и W_n) включен последовательно с линейным дросселем с воздушным зазором $ДЛ$ через обмотку напряжения W_n .

«Токовая» (последовательная) обмотка W_1 ТФКУ включена в «рассечку» каждой фазы генератора и на схеме показана прямой линией (видны только ее зажимы), тогда как другие обмотки показаны зигзагом. Вторичная обмотка W_2 и обмотка управления W_y включены последовательно для всех трех фаз в диагональ моста выпрямителя BC_2 . Обмотки напряжения W_n включены звездой и притом так, что последовательно с каждой обмоткой W_n включена обмотка линейного дросселя с воздушным зазором $ДЛ$. Звездой включены также обмотки напряжения W_n , питающие через выпрямитель BC_1 обмотки возбуждения OB генератора Γ .

налами U_c , поступающими от сельсина-трансформатора. Ток управления I_c , равный примерно $I_c = \frac{U_c}{R_c}$, обтекает соединенные последовательно обмотки управления W'_c и W''_c левого и правого сердечников входного каскада магнитного усилителя.

Нагрузочные обмотки входного каскада (две обмотки W'_d правого и две обмотки W''_d левого сердечников) соединены в схему моста так, что обмотки одного сердечника являются противоположными плечами моста. Для создания внутренней обратной связи (самоподмагничивания) в плечи мостовой схемы включены четыре вентили, шунтированные сопротивлениями. Вентили включены так, что мостовая схема входного каскада питается в течение «отрицательного» полупериода напряжения питания U_p (на схеме незачерненные вентили).

Обмотки управления W'_c и W''_c соединены так, что в течение «управляющего» полупериода в зависимости от фазы сигнала U_c или левый сердечник подмагничивается больше, чем правый, или правый больше, чем левый. Таким

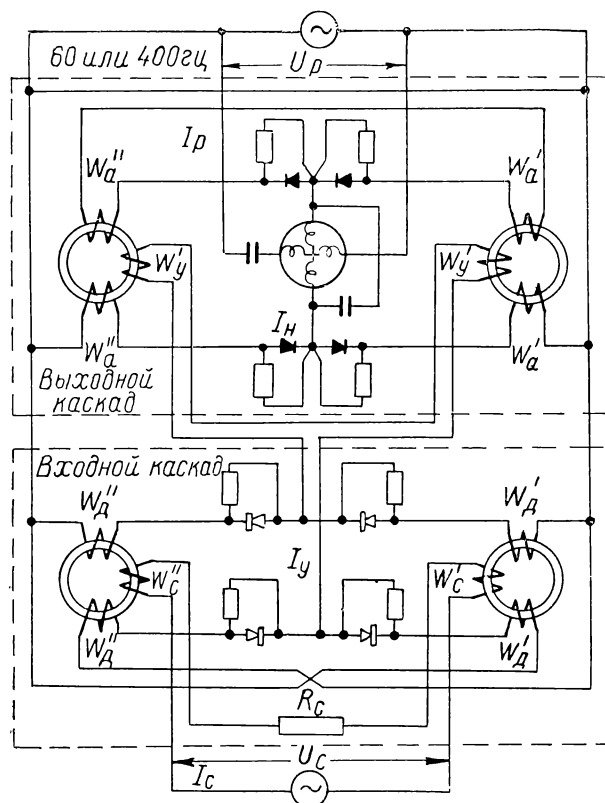


Рис. II-20.

образом, в зависимости от фазы сигнала рассогласования изменяется характер разбаланса моста нагрузочных обмоток входного каскада: либо индуктивные сопротивления обмоток W'_d оказываются меньше индуктивных сопротивлений обмоток W''_d , либо, наоборот, индуктивные

сопротивления W''_d меньше индуктивных сопротивлений W'_d . При этом изменяется на противоположную фаза тока небаланса, обтекающего обмотки управления W'_y и W''_y выходного каскада, включенные в измерительную диагональ мостовой схемы входного каскада.

Нагрузочные обмотки выходного каскада W'_a и W''_a включены в мостовую схему, аналогичную схеме обмоток входного каскада. Мостовая схема собрана, как и во входном каскаде, так, что обмотки одного сердечника являются противоположными плечами моста. Четыре вентиля с шунтирующими сопротивлениями играют ту же роль, что и вентили входного каскада, но включены они так, что выходной каскад получает питание в течение «положительного» полупериода напряжения питания U_p (на схеме зачерненные вентили).

Включение обмоток управления W'_y и W''_y , аналогичное включению обмоток управления входного каскада, обеспечивает фазочувствительность выходного каскада, а следовательно, и реверсивность сервопривода при изменении фазы сигнала U_c .

Обмотка управления W_n двухфазного асинхронного серводвигателя включена в измерительную диагональ мостовой схемы выходного каскада магнитного усилителя. Сетевая обмотка W_p сервомотора питается от источника напряжения питания U_p . Конденсатор C_p , включенный последовательно с сетевой обмоткой, и конденсатор C_n , шунтирующий обмотку управления сервомотора, предназначены для подбора такого сдвига фаз между токами в обмотках, при котором момент двухфазного двигателя максимален.

В схеме следует поставить обозначения обмоток и конденсаторов сервомотора, а также исправить ошибочное соединение обмоток каскадов усилителя, вследствие которого нарушается фазочувствительность схемы.

II. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИЛОВЫМ УСТАНОВКАМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задача 21

Управление нерегулируемым неререверсивным шунтовым электродвигателем постоянного тока

На схеме (рис. II-21) показаны соединения основных элементов для пуска в функции времени неререверсивного нерегулируемого электродвигателя постоянного тока с электромагнит-

ными реле управления, что в судовых условиях применяется для привода вентиляторов, насосов и компрессоров.

При включении линейного рубильника $1P$ катушки реле ускорения $1PY$ и $2PY$ включаются на напряжение сети; якоря реле притягиваются к сердечникам, а блок-контакты, находящиеся в цепи катушек $1U$ и $2U$, размыкаются.

При нажатии пусковой кнопки «Ход» замыкается цепь катушки линейного контактора, он включается и размыкается его размыкающий контакт L , чем разрывается цепь катушки первого реле ускорения $1PY$, снабженного демпфером. Якорь этого реле отпадает, следовательно, не мгновенно, а с некоторой выдержкой времени, после чего включается контактор ускорения $1Y$, замыкая своими контактами накоротко первую ступень сопротивления $P_1 - P_2$

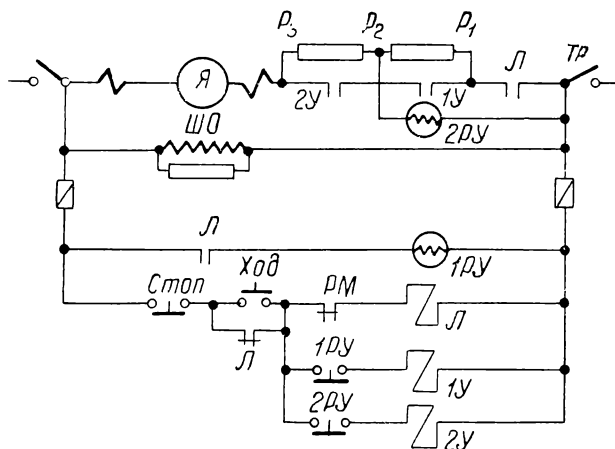


Рис. II-21.

и одновременно шунтируя цепь катушки второго реле ускорения $2PY$, якорь которого отпадает также не мгновенно, а с некоторой выдержкой времени.

Тогда замыканием размыкающих блок-контактов $2PY$ включается контактор ускорения $2Y$, благодаря чему двигатель разгоняется уже по своей естественной характеристике. Этим заканчивается процесс пуска.

Следует обратить внимание на защиту (все виды), проверив схему и устранив найденные ошибки.

Задача 22

Управление пуском шунтового двигателя в зависимости от тока

Схема (рис. II-22) предназначена для автоматического управления двигателем постоянного тока (пуск в функции тока). Она основана на контроле токов, протекающих в цепи якоря двигателя, с помощью реле; катушки реле включены либо последовательно в цепь якоря, либо (при больших токах) параллельно пусковым сопротивлениям, падение напряжения в которых, очевидно, пропорционально току двигателя.

При повороте ключа управления K в сторону включения срабатывает контактор L и

двигатель включается в сеть через полностью введенные пусковые сопротивления; одновременно с ним включается токовое реле $1PY$, собственное время включения которого меньше, чем у контактора $1Y$; вследствие этого контактор $1Y$ не успевает включиться и контакты реле $1PY$ разрывают его цепь.

При уменьшении тока двигателя до определенной величины реле $1PY$ отпускает, давая импульс на включение контактора $1Y$, выводящего ступень пускового реостата $P_1 - P_2$. Одновременно шунтируется катушка $1PY$, отчего это реле прекращает свое действие до следующего пуска.

В то же время включается и реле второй ступени сопротивления $2PY$, работа которого протекает аналогично изложенному.

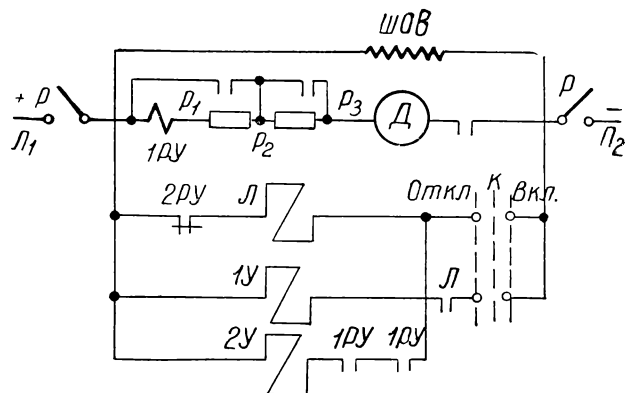


Рис. II-22.

Следует обратить внимание на виды защит (максимальной, минимальной и тепловой), найти возможные ошибки в схеме и указать на их последствия.

Задача 23

Управление компаундным нерегулируемым двигателем постоянного тока с динамическим торможением

Схема (рис. II-23) — упрощенный вариант схемы управления нерегулируемым двигателем постоянного тока (компаундным, шунтовым или серийным) с динамическим торможением; управление при разгоне — в функции времени. Реле времени и реле напряжения — электромагнитные.

Схема при пуске (ускорении) действует следующим образом. Включением рубильника P подается напряжение на шунтовую обмотку $ШО$ возбуждения двигателя. Одновременно возбуждается реле $1PY$, размыкая цепь контакторов $1Y$ и $2Y$; втягивается якорь контактора динамического торможения T ; срабатывает и

блокируется реле напряжения $PН$, если рукоятка переключателя K (с контактами K_1 и K_2) находится в нулевом положении.

При переводе рукоятки переключателя в рабочее положение возбуждается линейный контактор \mathcal{L} , который своими главными контактами замыкает цепь якоря двигателя; этим создается на зажимах реле $2P\mathcal{Y}$ напряжение, достаточное для его втягивания.

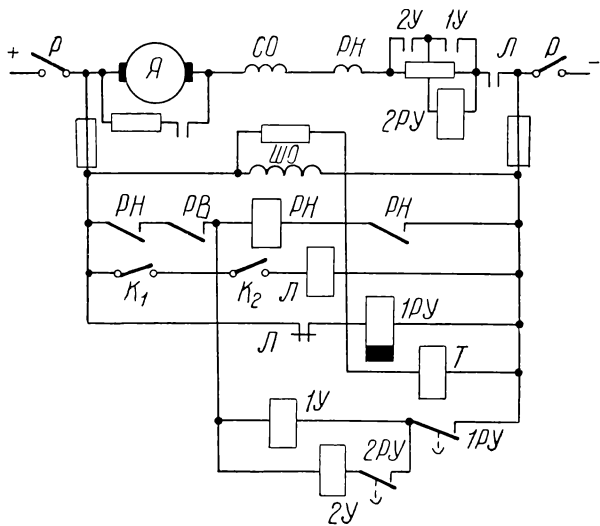


Рис. II-23.

Тогда размыкающий блок-контакт контактора L разрывает цепь питания реле $1PY$ и контактора T . Поскольку реле $1PY$ снабжено демпфирующей гильзой, оно отпустит свой якорь не сразу, а с определенной выдержкой времени, на которую настроено. По окончании выдержки времени размыкающий контакт $1PY$ замкнется и возбudit контактор $1Y$; последний своими главными контактами замкнет коротко как первую ступень сопротивления, так и катушку реле $2PY$. Это реле, теперь лишенное питания, замкнет (с выдержкой времени) свой размыкающий контакт в цепи катушки контактора $2Y$, в результате чего будет закорочена и вторая ступень пускового реостата. Этим закончится процесс управления (автоматического) пуском.

При переводе переключателя в положение «Стоп» вся аппаратура схемы возвратится в исходное положение, но цепь катушки контактора T будет замкнута, что является недостатком этой схемы.

Требуется найти и исправить ошибки в схеме, а также указать последствия включения неисправленной схемы.

Автоматизация пуска нереверсируемого компаундного двигателя с двумя степенями ускорения по принципу противоэлектродвижущей силы

После включения линейного рубильника (рис. II-24) цепи управления подготовлены к пуску. Нажимается кнопка «Ход», и начинается автоматический пуск.

Через контакты пусковой кнопки возбуждается катушка линейного контактора \mathcal{L} , который не только замыкает силовую цепь, но и шунтирует своими блок-контактами контакты кнопки «Ход». В результате двигатель с последовательно включенными в цепь якоря сопротивлени-ями приключается к сети и получает разгон.

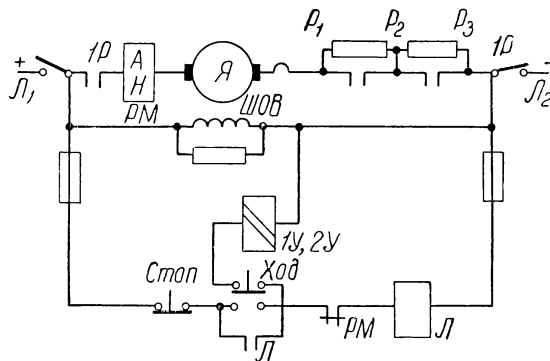


Рис. II-24.

При этом вследствие повышения противо-
э. д. с. якоря и падения тока последнего воз-
растает напряжение на зажимах катушки $1U$,
получившей питание после того, как отпустили
кнопку «Ход». При должной величине напряже-
ния на зажимах катушки $1U$ контактор ускоре-
ния сработает и замкнет силовые контакты $1U$,
выведа таким образом из цепи ступень $P_1 - P_2$
реостата.

Толчок тока создает избыточный момент вращения, и двигатель будет увеличивать число оборотов, а следовательно, и противоз. д. с., повышая напряжение на зажимах катушек $1У$, $2У$, пока не сработает второй контактор ускорения $2У$. Этим будет выведено все пусковое сопротивление $P_1 — P_3$, и разгон с реостатами закончится, так как двигатель перейдет на свою естественную характеристику.

Защита осуществлена в схеме максимальным реле PM , которое должно быть снабжено защелкой с ручным вынужденным или электромагнитным возвратом.

Требуется объяснить необходимость такой защиты, проверить схему и исправить найденные ошибки.

Автоматизация пуска в функции времени двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

При повороте ключа K (рис. II-25) в сторону включения срабатывает контактор \mathcal{L} , блок-контактами которого размыкается цепь катушки реле времени $1PY$. Выдержка времени реле регулируется таким образом, чтобы контакты его замкнулись при достижении током двигателя некоторой наперед заданной величины.

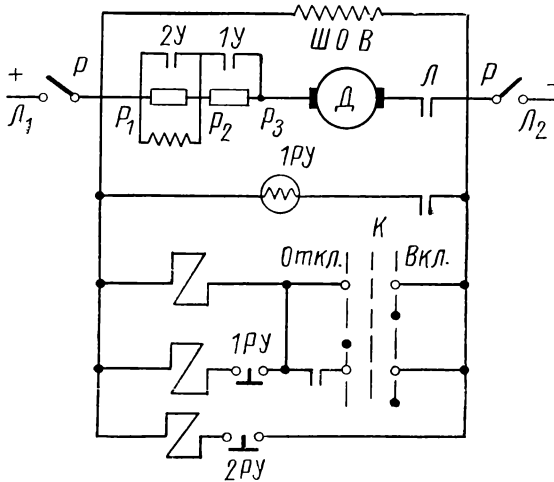


Рис. II-25.

Контактами $1PY$ включается контактор $1Y$ и первая ступень пускового сопротивления $P_1 - P_2$ выводится.

Одновременно прекращается питание реле $2PY$, выдержка времени которого выбирается так, чтобы обеспечить включение контактора $2Y$ в момент достижения током двигателя величины I_{max} . Однако нужно помнить, что переключения при данном способе пуска происходят всегда через определенные промежутки времени, независимо от нагрузки двигателя.

Кроме проверки и исправления схемы, следует подумать над тем, можно ли обойтись во всех случаях однотипными (и с равной выдержкой времени) реле времени.

Задача 26

Управление нереверсивным шунтовым двигателем с динамическим торможением и реле управления полем

Схема (рис. II-26) предусматривает управление нереверсивным шунтовым двигателем с регулированием скорости в широких пределах и обеспечивает, кроме того, динамическое тор-

можение. Особенностью схемы является управление полем возбуждения посредством пульсирующего реле PYP (реле управления полем), имеющего две катушки — последовательную и параллельную.

В процессе разгона двигателя шунтовая обмотка реле PYP находится под полным напряжением, причем последовательная обмотка этого реле действует согласно с ней, отчего замыкающий контакт PYP замыкает коротко шунтовой реостат $ШР$ двигателя. После замыкания последнего контактора ускорения $2Y$ шунтовая обмотка PYP лишается питания и реле удерживается лишь под действием ампервитков серийной обмотки.

Когда ток в цепи якоря падает до заданного предела, пружина преодолевает действие ампервитков серийной обмотки PYP , реле отпускает свой якорь, контакты PYP размыкаются и в цепь обмотки возбуждения двигателя вводится сопротивление шунтового ре-

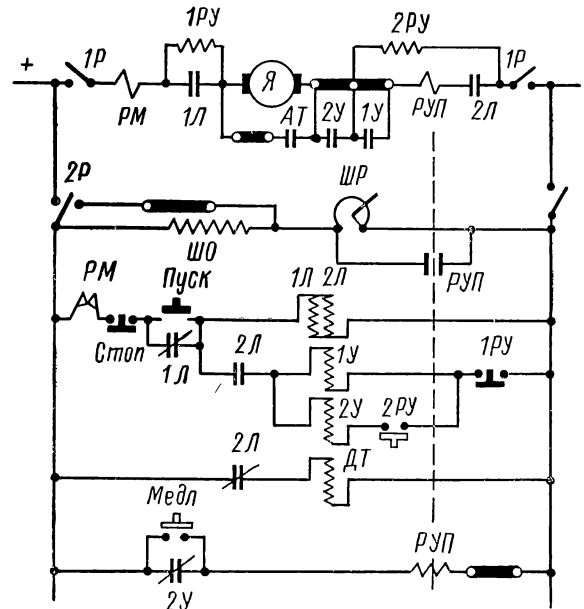


Рис. II-26.

стата. Это вызовет уменьшение потока двигателя, т. е. возрастание тока якоря до значения тока втягивания реле PYP . Тогда шунтовой реостат окажется снова замкнутым коротко и сила тока двигателя начнет возрастать, а ток в якоре снижаться. Процесс будет повторяться до тех пор, пока скорость двигателя не достигнет значения, соответствующего положению движка шунтового реостата, и схема не придет в равновесие при отпущенном якоре и разомкнутых контактах PYP .

Для снижения скорости до основной необходимо нажать кнопку «Медленно». При этом возбуждается шунтовая обмотка $PУП$ и реле замыкает свой контакт, тем самым шунтируя реостат $ШР$. Это возрастание потока приведет к переходу двигателя в генераторный режим, т. е. к изменению направления тока в цепи якоря. При этом ампервитки серийной обмотки $PУП$ будут направлены против ампервитков шунтовой обмотки.

Когда же ток в цепи якоря достигнет заданного значения, пружина преодолеет разность между ампервитками обмоток и вызовет размыкание контактов реле. Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока скорость двигателя не снизится до основной и схема снова не придет в равновесие при замкнутом контакте $PУП$, т. е. при полном потоке двигателя, что обязательно должно произойти при продолжающемся нажатии кнопки «Медленно». Отпускание этой кнопки вызывает возрастание скорости якоря до установленной.

В схеме имеется реле защиты от максимального тока, но не имеется плавких предохранителей.

Требуется ответить, нужны ли плавкие предохранители и куда следует их включить в исправленной и проверенной схеме. Нужна ли здесь защита от пониженного напряжения?

Задача 27

Управление шунтовым двигателем в функции э. д. с. с торможением противотоком

Схема (рис. II-27) предназначена для автоматического управления двигателем с торможением противотоком в функции э. д. с., причем аппаратом управления служит командоконтроллер на три положения («Вперед», «Стоп» и «Назад»). Якорь двигателя включен в «реверсивный четырехугольник» $1В—2Н—1Н—2В$ таким образом, что при замыкании контактов $1В$ и $2В$ верхний зажим (щетка) якоря присоединяется к положительному полюсу сети, а нижний — через сопротивления — к отрицательному. Если же включены контакторы $1Н$ и $2Н$, то направление тока в якорю меняется на обратное.

При торможении управление ступенью противотока осуществляется с помощью электромагнитных реле напряжения: реле противотока вперед $РПВ$ и реле противотока назад $РПН$. Назначение этих реле состоит в том, чтобы при пуске двигателя из неподвижного состояния обеспечивать замыкание накоротко ступени противотока контактором $П$, а при

реверсе вращающегося двигателя оставить ступень противотока введенной в цепь якоря до тех пор, пока скорость двигателя в процессе торможения не снизится почти до нуля.

Катушки каждого из реле $РПВ$ и $РПН$ присоединяются одним концом к положительному полюсу сети, а другим — к определенной точке реостата. Тем самым катушка реле противотока через контакты $1В$ или $1Н$ включится

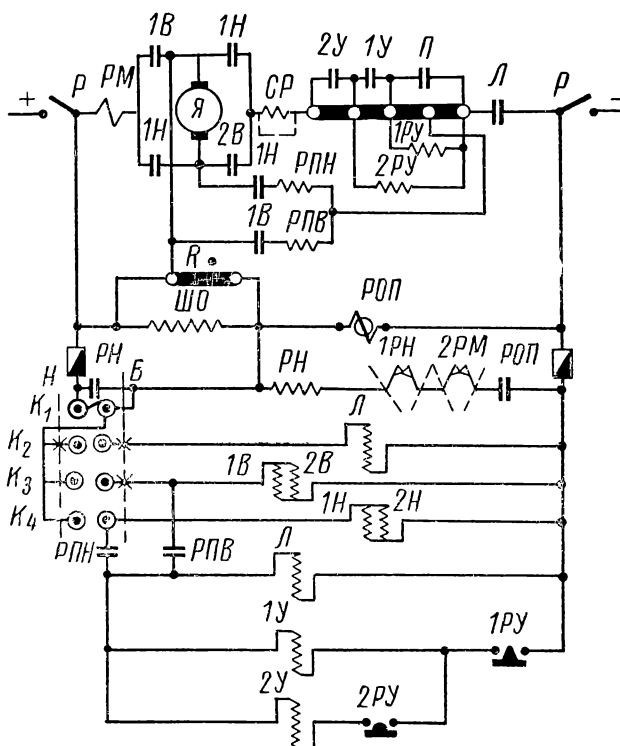


Рис. II-27.

параллельно якорю двигателя и некоторой части сопротивления реостата, что и обеспечивает требуемую зависимость напряжения на реле от скорости.

Нужно иметь в виду при исследовании схемы для различных положений рукоятки командоконтроллера, что для экономии места контакты командоконтроллера в замкнутом состоянии обозначены жирными точками с крестиками на осях. Тогда при нулевом положении рукоятки (после включения рубильника P) будут под напряжением: шунтовая обмотка двигателя, реле обрыва поля $РОП$ и реле напряжения $РН$. При переводе рукоятки в положение «Вперед» разомкнется контакт K_1 и замкнутся контакты K_2 и K_3 , что приведет к возбуждению катушек контакторов $Л$ и $1В$, $2В$ (подключающих якорь двигателя к сети через все сопротивления реостата). Реле $1РУ$

и $2PY$ сработают и разомкнут свои контакты в цепи контакторов ускорения. Одновременно через замыкающий блок-контакт $1B$ включится катушка реле противотока $РПВ$, которое работает без выдержки времени и замкнет цепь катушки контактора, вследствие чего зашунтируется накоротко ступень противотока. Но так как при этом замкнется накоротко и катушка реле $1PY$ (возбужденного при первом толчке тока), то через соответствующий промежуток времени это реле отпустит свой якорь и размыкающим контактом включит контактор $1У$. Через соответствующую выдержку времени реле $2PY$ включит контактор $2У$, чем и закончится процесс пуска двигателя.

Основываясь на этих сведениях, требуется найти в предложенной схеме ошибки, исправить их и описать последствия включения неисправленной схемы.

Задача 28

Автоматическое управление реверсируемым регулируемым шунтовым двигателем постоянного тока с динамическим торможением

Реверсивные контакторы $1B$, $2B$ и $1H$, $2H$ (рис. II-28) выполняют функции основных линейных контакторов, а контактор $У$ — роль дополнительного пускового контактора. Токовое реле $РД$ включено в тормозную цепь, чем операции по включению и ускорению двигателя поставлены в зависимость от тока реле и таким образом исключена опасность перехода двигателя на режим противовключения.

Регулирование скорости осуществляется шунтовым реостатом $ШР$ (с ручным приводом), включенным в цепь обмотки $ШОВ$ возбуждения двигателя. Для реализации максимального значения пускового вращающего момента шунтовой регулятор при пуске на период ускорения замыкается накоротко размыкающим блок-контактом $2У$, связанным механически с контактным устройством пускового контактора, управляющего последней ступенью пускового реостата. Защита от перегрузок осуществляется тепловым реле $РТ$, которое снабжено размыкающими контактами без автоматического возврата. Для управления применена кнопочная станция («Вперед», «Назад», «Стоп»).

При нажатии кнопки «Вперед» образуется следующая цепь: «+» — контакт реле $РТ$ — катушки контакторов $1B$ и $2B$ — замыкающие контакты кнопки «Вперед» — размыкающие контакты кнопки «Назад» — кнопка «Стоп» — «-». Получив таким образом питание, контакторы $1B$ и $2B$ (реверсивные) замыкаются, при-

чем блок-контакт $1B$ шунтирует пусковую кнопку «Вперед». Последняя поэтому может быть отпущена.

Замыкание цепи питания контакторной группы B через размыкающие контакты кнопки «Назад» предохраняет от одновременной подачи командного импульса на оба реверсивных контактора. Этот способ гарантирует от одновременного замыкания контакторов B и H только при исправном состоянии их электро-

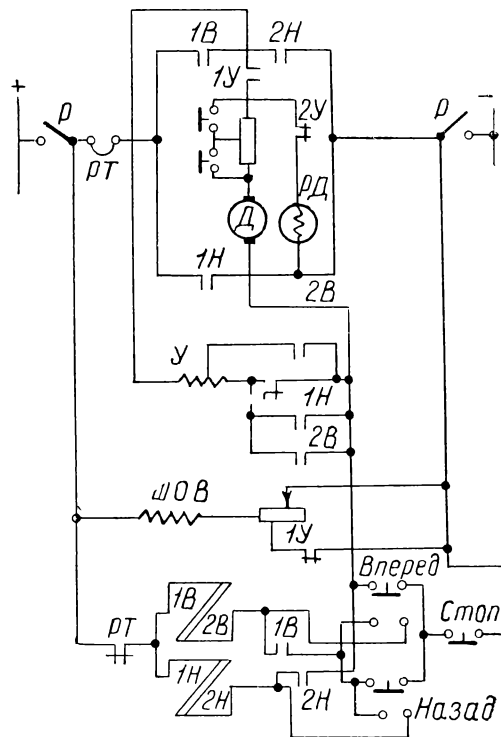


Рис. II-28.

магнитного замыкающего устройства. В случае же неисправности последнего (например, прилипания контактов) необходимо еще обеспечить попарную механическую блокировку контакторов. Далее замыкающий блок-контакт второго реверсивного контактора $2B$ присоединяет к сети катушку пускового контактора $У$. Последний получает питание, если оба основных реверсивных контактора ($1B$ и $2B$) оказались предварительно замкнутыми. Кроме того, необходимо, чтобы соленоид маятникового механизма был в своем нормальном нерабочем положении (при котором замкнут размыкающий блок-контакт $5У$), и процесс торможения двигателя закончен, т. е. ток в генераторном контуре должен быть равен нулю, так как только в этом случае будет замкнут размыкающий контакт реле $РД$. Тогда часть обмотки $У$ замкнется накоротко, что и

обеспечит тяговое усилие, необходимое для подъема сердечника соленоида и приведения в действие механизма пускового контактора. После этого размыкается размыкающий блок-контакт $5У$, чем и вводится в действие полное число витков катушки $У$ и ток в катушке уменьшается до своего номинального значения.

Затем немедленно замыкается контакт $1У$ и размыкается $2У$ (с некоторым упреждением по отношению к $1У$). Маятниковый механизм контактора $У$ начинает отсчет времени, и через некоторый промежуток времени замыкается первый контакт ускорения $3У$, шунтируя ступень пускового сопротивления R_1 . Далее следует новая выдержка времени, заканчивающаяся включением второго контакта ускорения $4У$ и выводением ступени R_2 . Этим завершается процесс разгона двигателя до основной скорости при выключенном шунтовом реостате. После замыкания второго контакта ускорения $4У$ размыкается связанный с ним механически размыкающий блок-контакт $6У$ и в цепь обмотки возбуждения вводится сопротивление, соответствующее установке контактного рычага на шунтовом реостате. Это приводит к последующему разгону двигателя от основной скорости до повышенной, соответствующей уменьшенному потоку возбуждения.

Исходя из описания действия схемы, следует обнаружить ошибки в ней и по исправлению их указать последствия включения неисправленной схемы.

Задача 29

Соединения главной и вспомогательной цепей серийного двигателя постоянного тока при автоматическом реверсировании

Оперативный цикл работы схемы (рис. II-29) состоит из хода «Вперед», автоматического изменения направления движения в крайнем положении хода «Вперед», хода «Назад» и автоматической остановки в крайнем положении хода «Назад».

Кроме автоматического реверсирования, схема предусматривает возможность перехода на неавтоматическое управление процессами изменения направления вращения и электрическое торможение по системе противовключения при быстром реверсировании.

В схеме предусмотрены три ходовых конечных выключателя 1 , 2 и 3 . Для ввода механизма в действие следует перевести командный контроллер из положения «0» в положение «Вперед». При этом замкнутся контакты $КК2$ и $КК3$, а контакт $КК4$ останется открытым. Так как в момент начала рабочего цикла устройство может находиться в любом положении (за

исключением предельного положения прямого хода), то конечный выключатель 1 замкнут и, следовательно, контакторы $1В$ и $2В$ получают питание через контакт командоконтроллера $КК3$; от этого якорь двигателя начнет вращаться.

Когда рабочий механизм дойдет до своего крайнего положения, разомкнется выключатель 1 (это прекратит подачу питания реверсивным контакторам прямого хода) и замкнется замыкающий конечный выключатель 2 . Если

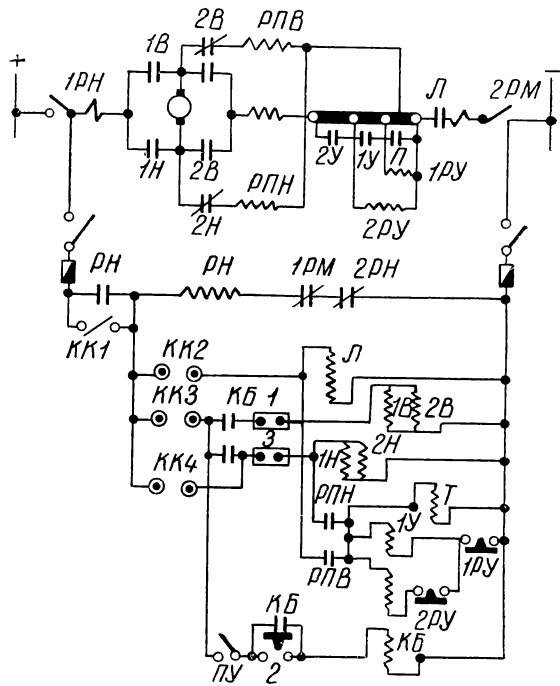


Рис. II-29.

переключатель управления $ПУ$ был предварительно замкнут (от руки), то замыкание выключателя 2 вызовет подачу питания вспомогательному контактору $КБ$. Включение последнего повлечет в свою очередь следующие три операции:

1) дополнительное размыкание цепи контакторов $1В$ и $2В$ (прерванной ранее выключателем 1);

2) замыкание цепи контакторов $1Н$ и $2Н$ через контакт $КК3$ и замыкающий выключатель 3 ;

3) шунтирование выключателя 2 замыкающим контактом $КБ$.

Электродвигатель таким образом оказывается снова подключенным к сети, но для обратного направления вращения.

Завершение тормозного режима контролируется реле противовключения $РПН$.

При движении «Назад» устройство выйдет из зоны действия конечной защиты хода «Вперед» и выключатели 1 и 2 вернутся в свое нормальное положение.

Это обстоятельство не должно вызывать никакого эффекта в системе управления потому, что контакты *КБ* прерывают цепь реверсивных контакторов прямого хода и цепь питания вспомогательного контактора *КБ* оказывается выведенной из зависимости от выключателя 2 (замыкающий контакт *КБ*).

На основании изложенного выше требуется обнаружить ошибки в схеме и исправить их, указав последствия включения неисправленной схемы.

Задача 30

Автоматическое управление нереверсивным шунтовым двигателем при помощи таймтакторов

Автоматизация пуска нереверсивного шунтового двигателя постоянного тока по схеме, приведенной на рис. II-30, осуществлена с по-

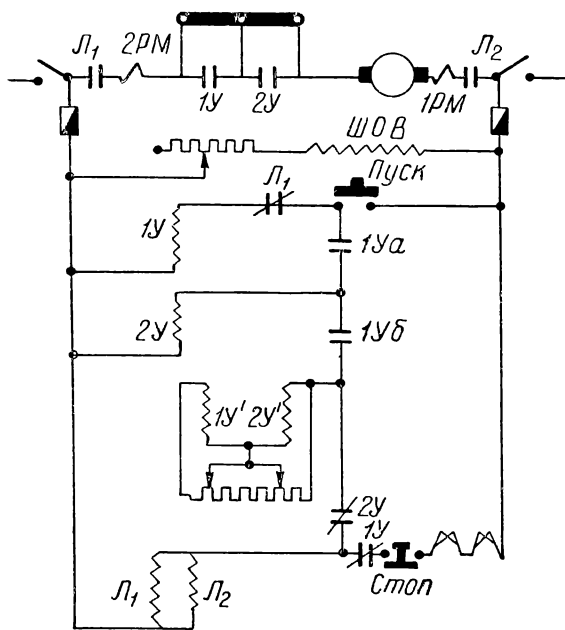


Рис. II-30.

мощью таймтакторов, т. е. электромагнитного устройства, в котором совмещены функции контактора и реле времени. По этой причине таймтактор имеет две катушки — главную и встречно действующую (найти ее на схеме!).

При отключенном электродвигателе контакты \mathcal{L}_1 и \mathcal{L}_2 разомкнуты, а «ускоряющие» контакты $1У$ и $2У$ замкнуты.

Нажатием кнопки «Пуск» включаются параллельно главные катушки $1У$ и $2У$, причем катушка $2У$ замыкается через блок-контакт $1Уа$ после $1У$, а главные контакты $1У$ и $2У$ размыкаются. Катушка $1У$ включена через размыкающий контакт \mathcal{L}_1 . С замыканием цепи катушки $2У$ включаются линейные контакторы \mathcal{L}_1 и \mathcal{L}_2 . Катушка $1У$ своим контактом $1Уб$ включает встречные катушки обоих таймтакторов $1У'$ и $2У'$, но действие их по сравнению с действием главных катушек мало и поэтому они не могут вызвать замыкания контакторов. Линейный контактор \mathcal{L}_1 размыкает цепь катушки $1У$; тогда действие встречной катушки $1У'$ может реализоваться полностью (так как замыкается контакт $1У$), но с определенной выдержкой времени. Замыкание контакта $1У$ вызывает одновременное размыкание блок-контакта $1Уа$, что отключает главную катушку $2У$. Тогда начинает действовать катушка $2У'$, которая через известный промежуток времени включает главный контакт $2У$. Одновременно катушки $1У$ и $2У$ обесточиваются блок-контактом $2У$.

Следует разобраться в том, находятся ли катушки таймтакторов под током в процессе работы двигателя по естественной характеристике. Найти и исправить ошибки в схеме.

Задача 31

Автоматический пуск нереверсируемого и нерегулируемого двигателя постоянного тока с серийными контакторами ускорения закрытого типа (с двумя ступенями пусковых сопротивлений) по принципу ограничения силы тока

При нажатии кнопки «Пуск» (при предварительно замкнутом рубильнике P) последовательно включаются электрически заблокированные блок-контактами контакторы ускорения (сначала $1У$, затем $2У$), которые размыкают свои главные контакты (рис. II-31); после этого включается линейный контактор \mathcal{L} (также электрически заблокированный с последним контактором ускорения), размыкающий своими блок-контактами цепь шунтовой катушки первого контактора ускорения.

После включения линейного контактора начинается собственно процесс разгона двигателя. Э. д. с. якоря возрастает, сила тока в главной цепи падает; когда она достигнет некоторой определенной величины, выключится первый контактор ускорения (поскольку разомкнут только блок-контакт \mathcal{L}), разомкнув блок-контакт в цепи шунтовой катушки $2У$. Контакты первого контактора ускорения $1У$ замкнут первую ступень пускового сопротивления, ток увеличится, двигатель вновь приобретет избы-

точный момент, скорость начнет возрастать интенсивнее, а ток — убывать. Когда ток достигнет величины уставки второго контактора ускорения, последний включится и замыканием своих главных контактов выведет вторую ступень пускового сопротивления; дальше разгон пойдет по естественной характеристике двигателя.

Требуется: исправить ошибки в схеме; объяснить назначение не обозначенных буквами

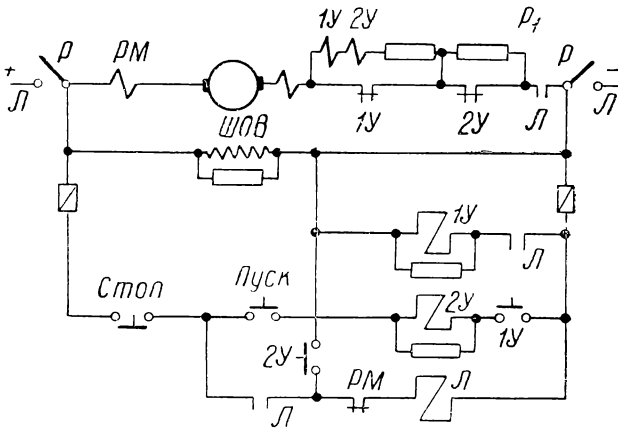


Рис. II-31.

омических сопротивлений; указать, чем ограничивается продолжительность разгона при облегченном пуске; высказать свои соображения о возможности применения искрогашения на контактах 1У и 2У.

Задача 32

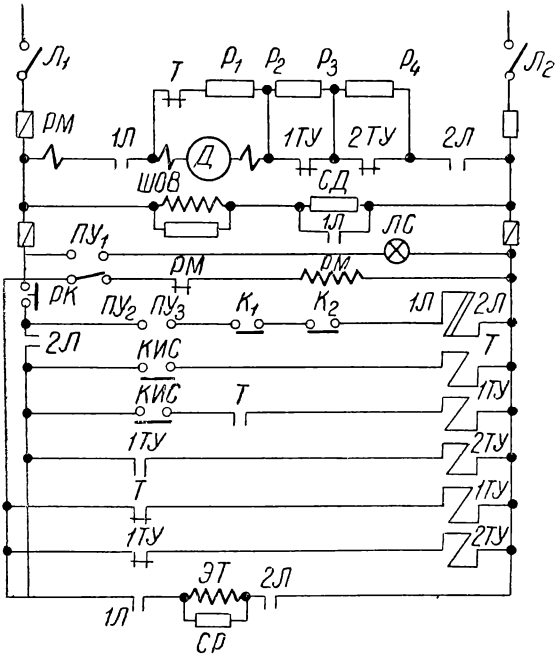
Контакторное управление электродвигателем цепного подъемника

Особенностью привода, показанного на рис. II-32, является постоянство направления вращения электродвигателя; поэтому схема относится к автоматическому управлению нереверсируемого электродвигателя лебедки, которая в судовых условиях должна работать не только от электрического, но и от ручного привода. Пост управления (кнопки и контакты ПУ) имеет два фиксированных положения — «Включено» и «Выключено».

Блокировочный контакт К₂ запрещает введение в действие электропривода при работе ручного привода. Блокировочный контакт К₁ отключает электропривод при несвоевременно снятом грузе. Контакты КИС разомкнуты при минимальной скорости и замкнуты при максимальной скорости подъема.

Работа лебедки при положении рукоятки поста управления на «Включено» должна про-

текать автоматически, причем выключение ступеней пускового реостата Р₂ . . . Р₄ осуществляется таймтакторами 1ТУ и 2ТУ.



Контакт	Положение	
	Выкл	Вкл
ПУ ₁		×
ПУ ₂	×	
ПУ ₃		×

Рис. II-32.

Требуется найти и исправить ошибки в схеме, а также описать защиту, которая должна быть применена в данном случае.

Задача 33

Автоматический пуск шунтового двигателя (реверсивного нерегулируемого) с независимой выдержкой времени

В схеме (рис. II-33) используется линейный контактор Л, два контактора ускорения 1У, 2У и реле ускорения 1РУ, 2РУ, контакты которых нормально замкнуты с выдержкой времени при замыкании.

Включением рубильника Р замыкаются цепи катушки реле 1РУ (через размыкающий блок-контакт контактора Л) и катушки реле 2РУ (через размыкающий контакт контактора ускорения 1У). Катушки возбуждаются и практически мгновенно разрывают цепи катушек контакторов ускорения 1У и 2У своими раз-

мыкающими контактами. Схема подготовлена к пуску.

Нажатием кнопки «Пуск» замыкается цепь катушки контактора $Л$; срабатывая, этот контактор замыкает главный контакт $Л$ в цепи

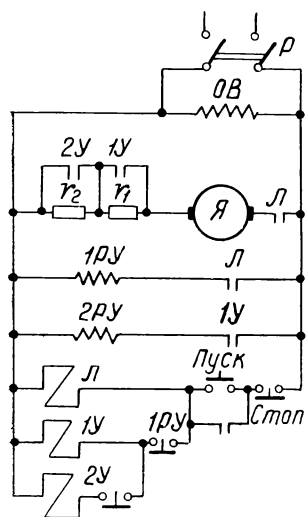


Рис. II-33.

накоротко первую ступень пускового сопротивления r_1 . При этом размыкающий блок-контакт $1У$ в цепи реле $2РУ$ открывается, и последнее замыкает свой контакт в цепи катушки контактора ускорения $2У$ с заданной выдержкой времени. Это заставляет контактор $2У$ сработать и вывести вторую ступень ускорения.

Следует проверить схему, обнаружить и исправить возможные ошибки и указать последствия их.

Задача 34

Автоматическое управление мощным сервоприводом постоянного тока

Схема (рис. II-34) предназначена для управления сравнительно мощным сервоприводом. Особенности этой операции являются: 1) форсированный пуск, 2) быстрая остановка, 3) малое (по возможности) число проводников, необходимых для управления.

Выбором величины примененных в схеме сопротивлений можно задавать скорость сервопривода, причем сопротивлением $2СД$ задается скорость в направлении «Вперед», а сопротивлением $1СД$ — в направлении «Назад». Быстрая остановка достигается динамическим торможением, при этом контур его образуется размыкающими контактами контакторов $В$ и $Н$ и сопротивлениями $1СД$ и $2СД$. В схеме имеются еще сопротивления $3СД$ и $4СД$, универсальный переключатель $К$ на два направления «Вперед»

($В$) и «Назад» ($Н$) и путевые выключатели $ВКВ$ и $ВКН$ (первый отключает привод при ходе «Вперед», второй — при ходе «Назад»). Буквенные обозначения на схеме отсутствуют, так как по недосмотру персонала оригинал был отобран, когда копия была еще не закончена.

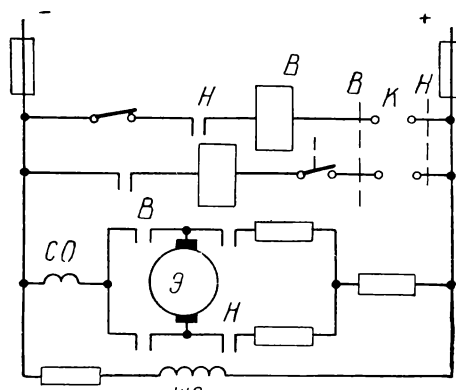


Рис. II-34.

Можно ли проверить схему и расставить правильные буквенные обозначения на основании приведенных данных и общих сведений о работе сервопривода?

Задача 35

Автопогрузчик

Во многих случаях в портах применяются не только электрокары (аккумуляторные тележки), но и более мощные транспортные средства — автопогрузчики. В отличие от электрокаров автопогрузчики не только перемещают грузы по территории береговых сооружений, но и поднимают его на некоторую высоту. Для этого требуется специальный подъемно-транспортный механизм (в большинстве случаев гидравлический), а следовательно, и особый электродвигатель для привода насоса, нагнетающего жидкость в гидромеханизм подъема.

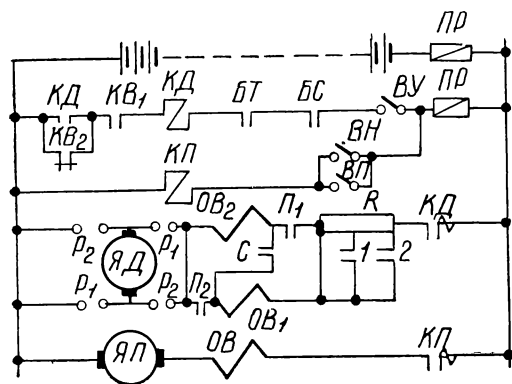
В схеме, изображенной на рис. II-35, имеются аккумуляторная батарея и два электродвигателя последовательного возбуждения ($ЯД$ — для движения погрузчика по поверхности земли и $ЯП$ — для насоса подъемного механизма).

Для управления служит кулачковый контроллер $КВ$ с рядом главных контактов $1, 2, П_1, С, П_2$ и двумя блок-контактами $КВ$. Таблица замыканий контактов кулачкового контроллера приведена внизу схемы.

Дальнейшие разветвки схемы для положений «1»—«4» рукоятки контроллера читатель должен построить сам, основываясь на таблице

замыканий контактов и следующих своеобразных (особенно в отношении блокировки) требований.

Если рукоятка контроллера находится в нулевом положении, то все цепи разомкнуты и двигатель неподвижен. При постановке рукоятки контроллера в первое положение и замыканием контакте *ВУ*, а также когда педаль тормоза нажата и водитель сидит на сиденьи (зам-



Положения					Контакты
4	3	2	1	0	
X	X	X	X	X	1
X	X	X	X	X	2
X	X	X	X	X	П ₁
X	X	X	X	X	С
X	X	X	X	X	П ₂
X	X	X	X	X	КВ ₁
X	X	X	X	X	КВ ₂

Рис. П-35.

кнут контакт *БС*) включаются цепи управления и катушка контактора *КД* получает питание. Блокировочный контакт тормоза *БТ* закрыт при нажатой педали тормоза и открыт, если тормоз отпущен. Замыкание главного контакта контактора *КД* подает на зажимы тягового двигателя напряжение от аккумуляторной батареи, причем обе секции обмотки возбуждения *ОВ₁* и *ОВ₂* должны быть включены последовательно. Реостат *Р* при этом полностью включен последовательно с обмоткой якоря *ЯД*.

При переводе рукоятки контроллера на второе положение замыкается контакт *1*, вследствие чего замкнется накоротко первая ступень пускового реостата *Р* и напряжение на зажимах якоря *ЯД* возрастет. Замыкание накоротко второй ступени реостата и, следовательно,

подача полного напряжения на зажимы якоря тягового двигателя произойдет при переводе контроллера в третье положение. После этого двигатель будет работать при полном напряжении и при полном поле возбуждения.

Когда рукоятка контроллера находится в четвертом положении, размыкаются блок-контакты контроллера и замыкаются контакты *П₁* и *П₂*, что приводит к ослаблению магнитного потока и к увеличению скорости тягового двигателя, а следовательно, и самого автопогрузчика.

Отдельное устройство служит для замыкания контактов *ВП* (включающих двигатель насоса при необходимости поднять вилки, поддерживающие груз) и *ВН* (при необходимости осуществить наклон груза, для чего требуется включение двигателя насоса *ЯП*).

Требуется проверить схему, обнаружить и устранить ошибки и, перечертив исправленную схему, выяснить, приняты ли меры против действия механизма подъема груза и наклона его во время движения автопогрузчика (следовательно, при сидящем водителе и включенном тяговом двигателе), а также можно ли включить двигатель при поднимающемся грузе, т. е. перевести рукоятку контроллера из нулевого положения в первое.

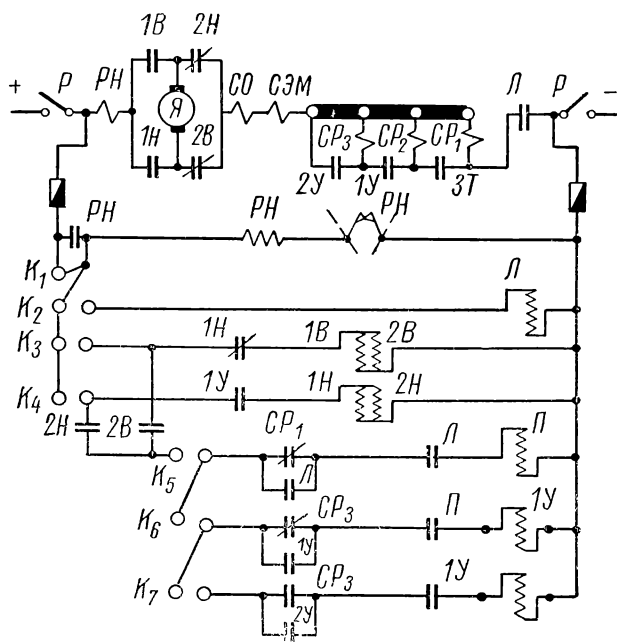
Задача 36

Управление реверсивным регулируемым силовым двигателем в функции тока

Схема (рис. П-36) предназначена для управления реверсивным регулируемым силовым двигателем в функции тока, причем торможение привода при остановках осуществляется механическим тормозом, управляемым силовым электромагнитом (*СЭМ*), включенным в цепь главного тока двигателя.

Командоконтроллер имеет девять положений (см. таблицу замыканий), причем при установке его рукоятки в какое-либо из рабочих положений замыкается линейный контактор *Л* и реверсивные контакторы *1В* и *2В* (или *1Н* и *2Н*). Если же пуск производится из неподвижного состояния, то, как видно из схемы, силовое реле *СР₁* останется невозбужденным, поскольку пик тока при полностью введенном реостате будет меньше тока срабатывания реле, и поэтому вслед за линейным и реверсивным контакторами сработает и контактор *П*, шунтирующий ступень противотока. Так как пик тока в главной цепи при этом будет больше тока срабатывания силовое реле *СР₂*, то оно сработает, размыкая тем самым свой размыкающий контакт в цепи контактора *1У* до того, как последний успеет включиться. Затем вслед-

ствии увеличения скорости и уменьшения тока реле CP_2 отпустит свой якорь (при токе, равном току переключения) и замкнет цепь питания катушки контактора $1Y$. Контактор $1Y$ зашунтирует главным контактом первую ступень ускорения, а замыкающим блок-контактом заблокирует контакт серийного реле.



Кон-такты	Назад				Стоп	Вперед			
	4	3	2	1		1	2	3	4
K_1					×				
K_2	×	×	×	×		×	×	×	×
K_3						×	×	×	×
K_4	×	×	×	×					
K_5	×	×	×			×	×	×	
K_6	×	×					×	×	
K_7	×								×

Рис. II-36.

В схеме имеются ошибки, которые необходимо обнаружить и исправить, описав те последствия, которые имели бы место при попытке включить в работу неправильную схему.

Задача 37

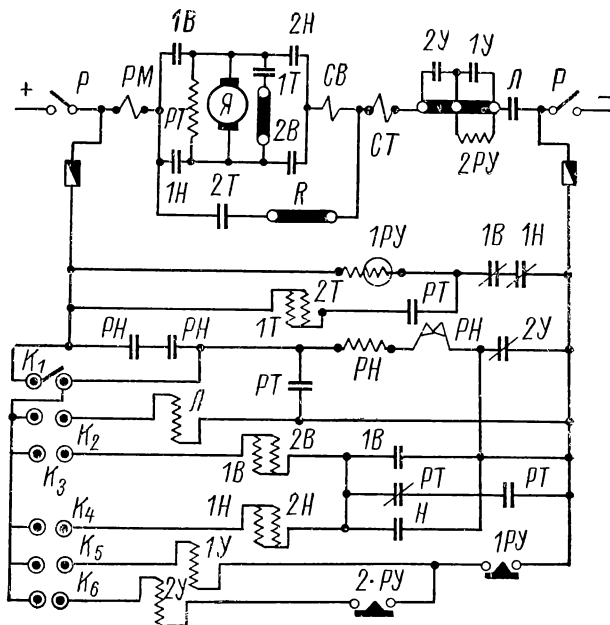
Автоматическое управление пуском и торможением серийного двигателя при помощи командоконтроллера

Предлагаемая схема (рис. II-37) автоматического управления серийным двигателем с применением динамического торможения предусматривает пуск в функции времени, а динами-

ческое торможение — в функции э. д. с. при остановке и реверсе двигателя. В схеме имеется также электромагнитный тормоз, обмотка которого CT включена последовательно с обмоткой якоря двигателя.

Командоконтроллер имеет девять положений (см. таблицу замыканий).

Пуск не отличается чем-либо существенным, в процессе же торможения в цепь серийной обмотки при независимом питании ее от сети (через контактор $2T$) вводятся пусковые и дополнительное сопротивление.



Контакты	Назад				Стоп	Вперед			
	4	3	2	1		1	2	3	4
K_1					×				
K_2	×	×	×	×		×	×	×	×
K_3						×	×	×	×
K_4	×	×	×	×					
K_5	×	×					×	×	
K_6	×								×

Рис. II-37.

Защита от работы в режиме противотока осуществляется путем блокировки катушек контакторов $1B$, $2B$ и $1H$, $2H$ с контактами реле PT .

Включение реверсивных контакторов не может произойти, пока реле торможения не отключится. Следует иметь в виду, что реле PT настроено на минимальное напряжение отпущения.

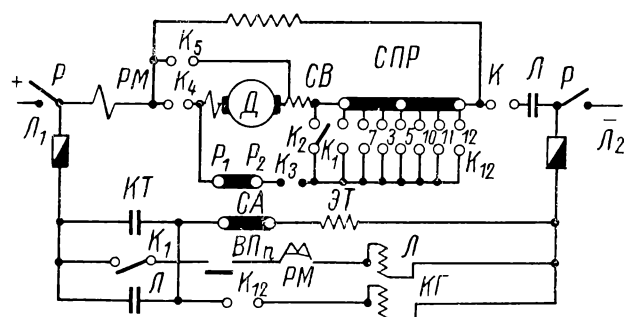
Требуется проверить схему, обнаружить ошибки и объяснить необходимость последовательного включения двух контактов *РН*.

Задача 38

Управление компаундным двигателем постоянного тока

Схема (рис. II-38) предназначена для контроллера управления компаундным электродвигателем для привода судовой грузовой (параванной) лебедки.

Контроллер имеет 13 положений (шесть для спуска, шесть для подъема и одно нулевое) и



Кон-такты	Подъем						Спуск						
	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6
K ₁							×						
K ₂							×						
K ₃						×	×	×	×	×	×	×	×
K ₄	×	×	×	×	×	×							
K ₅								×	×	×	×	×	×
K ₆	×	×	×	×	×	×		×					
K ₇	×	×	×	×	×			×	×				
K ₈	×	×	×	×				×	×	×			
K ₉	×	×	×					×	×	×	×		
K ₁₀	×	×						×	×	×	×	×	
K ₁₁	×							×	×	×	×	×	×
K ₁₂	×							×	×	×	×	×	×
K ₁₃	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×

Рис. II-38.

13 контактов в главной цепи и цепях управления.

В нулевом положении командоконтроллера катушка линейного контактора получает питание и подготавливает схему главного тока.

В первом положении «Подъем» двигатель присоединяется к сети через пускорегулировочное сопротивление *СПР* и якорь электродвигателя шунтируется сопротивлением $P_1 - P_2$. В остальных положениях контур, шунтирующий якорь, разрывается и из цепи последнего последовательно выводятся ступени пускорегулировочного сопротивления.

Во всех положениях «Спуск» серийная обмотка электродвигателя подключается парал-

лельно якорю и электродвигатель работает как шунтовой. В цепь серийной обмотки последовательно вводятся ступени пускорегулировочного сопротивления, что ослабляет магнитный поток серийной обмотки и увеличивает число оборотов электродвигателя, работающего в генераторном режиме при спуске груза.

При дальнейшей установке контроллера в нулевое положение электродвигатель отключается от сети, происходит электродинамическое торможение и торможение электромагнитным тормозом *ЭТ*.

Схему защищают плавкие предохранители, линейный контактор (от каких воздействий?), реле максимального тока *РМ* и конечный выключатель подъема *ВП*.

Предусмотрено также специальное реле усиления поля, роль которого аналогична реле, защищающему электродвигатель от разноса при спуске тяжелых грузов. Серийная катушка этого реле включается последовательно в цепь якоря и регулируется на силу тока, соответствующую максимальному безопасному значению ее, при ослабленном поле (спуск груза максимального веса).

Таким образом, получается возможность спускать не только параван, но и грузы большого веса.

Требуется проверить схему, найти ошибки и устранить их, указав последствия включения неисправленной схемы.

Как изменится схема, если к ней предъявить требования, осуществленные на некоторых советских дизель-электроходах, а именно: 1) во всех положениях «Спуск» работает лишь одна шунтовая обмотка, и, следовательно, серийная обмотка отключена; 2) для увеличения скорости при генераторном режиме включается специальная не изменяющаяся при подъеме ступень сопротивления.

Задача 39

Непосредственное управление при помощи контакторной станции реверсивным шунтовым электродвигателем со стабилизирующей серийной обмоткой

На рис. II-39 изображена схема контакторной станции для управления рулевым электроприводом простого действия с кнопочным пуском и невыключаемым сопротивлением в цепи якоря. Реверсивные контакты *В* и *Н* имеют серийные удерживающие катушки. Эти катушки в период торможения обтекают тормозный ток, и они не позволяют включать контактор на «Ход» до окончания процесса торможения.

Во избежание заклинивания механизма рулевого устройства при подходе его к крайним

положениям «Право» или «Лево» предусмотрен путевой выключатель ВП, разрывающий своими контактами I и II в этих крайних положениях цепи катушек реверсивных контакторов В или Н, вызывая остановку электродвигателя. Кроме того, этот же путевой выключатель ВП при помощи своих контактов III, IV и V управляет включением сигнальных ламп ЛК (лампа красная), ЛБ (лампа белая) и ЛЗ (лампа зеленая) в посту управления ПУ.

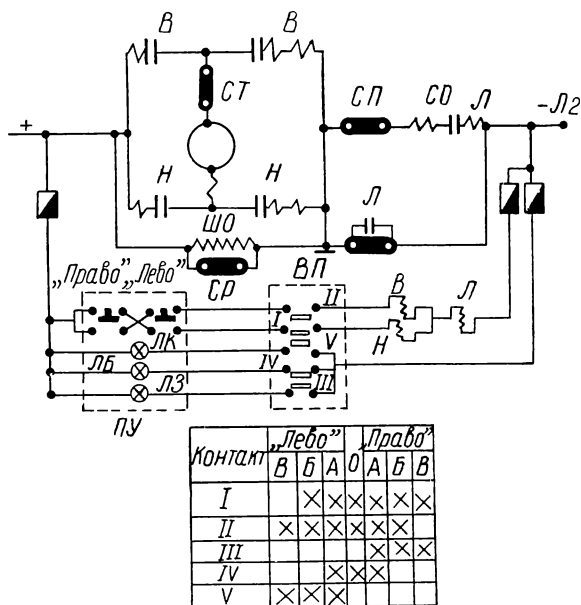


Рис. II-39.

Если руль находится в положении, близком к диаметральной плоскости, то контакты IV замкнуты и горит белая лампа, при ходе вправо — контакты III включают зеленую лампу, при ходе влево — контакты V включают красную лампу.

Защита двигателя при помощи грузового реле отсутствует, так как постоянно включенные в цепь якоря сопротивления СТ и СП ограничивают возможный ток электродвигателя. Торможение электродвигателя осуществляется замыканием якоря на сопротивление СТ при включенной шунтовой обмотке.

Требуется найти в схеме ошибки, описать возможные последствия их и перечертить исправленную схему. Кроме того, следует обдумать, как осуществить схему с двумя или тремя кнопочными постами управления.

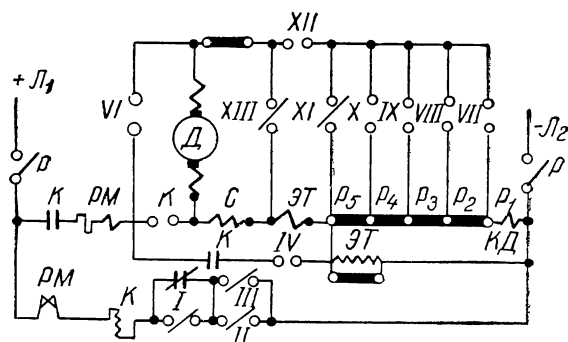
Задача 40

Управление судовой тральной лебедкой с электродвигателем последовательного возбуждения

Контроллерное управление серийным электродвигателем тральной лебедки (рис. II-40)

предусматривает при нулевом положении рукоятки контроллера тормозной режим. При этом реализуется динамическое торможение электродвигателя, которое обеспечивает также аварийное торможение (при повреждении электромеханического тормоза ЭТ) и безопасность от «проскакивания» в момент, когда при переводе контроллера из рабочего положения в нулевое электромеханический тормоз, освобождаемый магнитом, недостаточно плотно охватывает тормозной диск.

В первом положении контроллера «Вверх» электродвигатель работает с введенным в цепь якоря сопротивлением $P_2 - P_5$; далее при переводе рукоятки контроллера во второе, третье и четвертое положения «Вверх» последовательно



Контакт	Вниз					Вверх			
	5	4	3	2	1	0	1	2	3
I						×			
II	×	×	×	×	×				
III						×	×	×	×
IV	×	×	×	×	×		×	×	×
V	×	×	×	×	×				
VI							×	×	×
VII	×						×	×	×
VIII		×					×	×	×
IX			×	×	×			×	×
X				×	×			×	×
XI					×				×
XII	×	×	×	×	×				
XIII						×			

Рис. II-40.

выводятся ступени пуско-регулирующего сопротивления и электродвигатель выходит на автоматическую характеристику, соответствующую четвертому положению контроллера.

Для спуска имеется пять рабочих положений, причем во всех обеспечивается потенциометрическая схема включения электродвигателя, серийная обмотка возбуждения которого подключена параллельно якорю. В первом положении «Вниз» ток якоря идет через сопротивления $P_6 - P_7$ и $P_3 - P_1$, а ток серийной обмотки через $P_3 - P_1$. Во втором положении в цепь серийной обмотки включается допол-

нительно ступень $P_5 - P_4$ и в третьем — ступень $P_4 - P_3$. Далее серийная обмотка работает с полностью введенными в ее цепь сопротивлениями $P_5 - P_1$. В четвертом положении из цепи якоря выводится ступень $P_3 - P_2$, а в пятом — ступень $P_2 - P_1$. Максимальная защита осуществляется реле PM , а нулевая требует выяснения.

Следует обнаружить и устранить возможные ошибки, указав на последствия их при включении неисправленной схемы.

Задача 41

Автоматический пуск нереверсивного шунтового двигателя при помощи таймтакторов

Схема (рис. II-41) осуществляет автоматический пуск шунтового нереверсивного двигателя постоянного тока при помощи таймтакторов. Таймтактор — электромагнитный механизм, совмещающий функции контактора и реле; по этой причине таймтактор имеет две катушки — главную и встречнодействующую, которые необходимо найти на схеме.

При отключенном двигателе контакты линейных контакторов L_1 и L_2 разомкнуты, а ускоряющие контакты $1Y$ и $2Y$ — замкнуты.

Параллельное включение главных катушек контакторов $1Y$ и $2Y$ осуществляется нажатием кнопки «Пуск», причем цепь катушки $2Y$ замыкается через блок-контакт $1Ya$ после срабатывания контактора $1Y$. Главные контакты $1Y$ и $2Y$ должны при этом разомкнуться. Катушка $1Y$ включается через контакт L_1 , линейные контакторы L_1 и L_2 — через контакт $2Y$, катушки же встречного действия обоих таймтакторов $1Y'$ и $2Y'$ — через контакт $1Yb$ катушки $1Y$. Однако действие встречных катушек по сравнению с действием главных мало, поэтому они не могут замкнуть ускоряющие контакты $1Y$ и $2Y$. Линейный контактор L_1 размыкает цепь катушки $1Y$, и только после этого действие

встречной катушки $1Y'$ реализуется так, что контакт $1Y$ замыкается с определенной выдержкой времени.

Срабатывание контактора $1Y'$ вызывает размыкание блок-контактов $1Ya$, что приводит к отключению главной катушки $2Y$. После этого начинает действовать катушка $2Y'$, вклю-

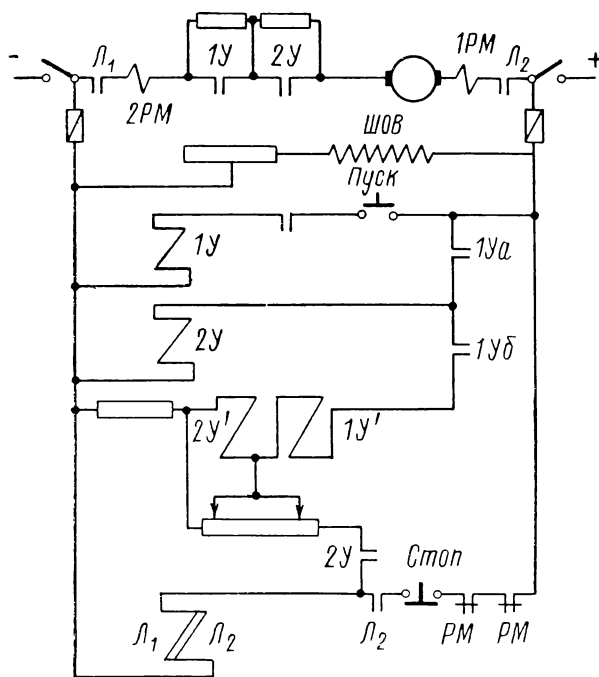


Рис. II-41.

чающая (через известную выдержку времени) главные контакты $2Y$. При этом блок-контакты $2Y$ обесточат катушки $1Y'$ и $2Y'$.

Требуется исправить возможные ошибки в схеме и подумать над тем, какое преимущество в смысле нагрева катушек таймтакторов имеет этот способ.

III. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ПО БЛОКИРОВКЕ, ЗАЩИТЕ И СИГНАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

Задача 42

Блокировка электроприводов механизма непрерывного транспорта

В портах и береговых устройствах (а также на некоторых судах, представляющих собою, по существу, плавучие фабрики) можно встре-

титься с механизмами непрерывного транспорта (транспортеры, конвейеры), приводимыми в действие электродвигателями. Включение и выключение электродвигателей должно удовлетворять определенным требованиям, которым и обязана отвечать блокировка.

В случае, приведенном на рис. II-42, управление тремя отдельными двигателями должно

производиться так, чтобы при остановке любого из транспортеров останавливались и все последующие по ходу движения материала.

Эту задачу можно решить различными способами; в данном случае применена чисто электрическая блокировка, причем никакие дополнительные элементы в цепь магнитных пускателей не вносятся. Блокировка должна быть осуществлена присоединением одного провода кантакторной катушки двигателя № 2 к электрической системе двигателя № 1 так, чтобы катушка № 2 могла получать питание только

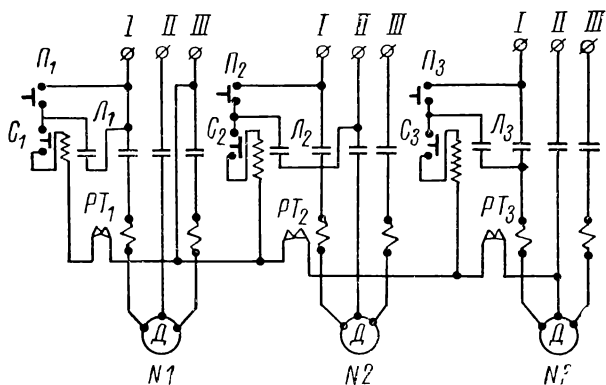


Рис. II-42.

тогда, когда контактор № 1 замкнут, т. е. после пуска в ход двигателя № 1.

Такое же требование должно быть выполнено и в отношении работы двигателя № 2, если двигатель № 1 будет отключен от сети, например под влиянием тепловой защиты. Аналогично блокируются двигатели № 3 и № 2.

Требуется найти в схеме ошибку и исправить ее и, кроме того, предусмотреть сигнализацию лампами разного цвета и ревуном при аварийной остановке какого-либо из двигателей.

Задача 43

Управление группой транспортеров

Эта задача сложнее предыдущей, так как предусматривает управление группой из пяти транспортеров (А, Б, В, Г, Д), расположенных как указано на рис. II-43, а. Такое размещение позволяет осуществить, вообще говоря, восемь различных вариантов работы транспортеров (рис. II-43, б), но так как два последних варианта (VII и VIII) являются упрощениями некоторых из предыдущих, то они в дальнейшем не рассматриваются. Поэтому таблица

замыканий контактов контроллера составлена только для первых шести вариантов (рис. II-43, в).

Перевод управления от одного варианта к другому осуществляется постановкой рукоятки переключателя - контроллера в соответствующее положение, а самое управление пуском и остановкой двигателей производится реверсивными магнитными пускателями. На схеме для простоты показаны отдельные контакты теплового реле для каждой катушки, хотя в действительности катушки, например А₁ и А₂, включены через общий контакт теплового реле.

Контакт К₁ закрыт на нулевом положении и служит для нулевой блокировки, что необходимо при пуске отдельных транспортеров во время их ремонта, когда нажатием одной из толковых кнопок Т включается двигатель данного транспортера.

Рассмотрим действие схемы одного из вариантов работы, например IV. Нажатием кнопки «Пуск» П подается питание катушкам реле времени РВ и звукового сигнала ЗС, чем осуществляется шунтирование контактов пусковой кнопки. Рукоятка контроллера-переключателя ставится на положение «IV», и тем самым замыкаются контакты К₆, К₈, К₉, К₁₂, К₁₃, К₁₄ и К₁₅. Спустя некоторое время, соответствующее выдержке реле РВ, размыкающие контакты последнего отключают звуковой сигнал, а замыкающий контакт включает катушку линейного контактора КЛ. Главные контакты этого контактора подают напряжение на цепь, питающую двигатели транспортеров, а блок-контакт замыкает цепь управления. Тогда контакты К₁₄ и К₁₅ включают катушки контакторов Г₂ и Д₂, и это при разгоне двигателей Г и Д заставит замкнуться контакты их центробежных реле; через контакты К₁₂ и К₁₃ замкнется цепь катушек контакторов Б₂ и В₂, и двигатели соответствующих транспортеров начнут отключаться от сети. Тем самым закроются контакты центробежных реле Б и В, замкнутся контакты К₆, К₈ и К₉ и получит питание катушка контактора А₂. Двигатель «первого» в этом варианте транспортера придет, следовательно, в движение последним, как и должно быть. Но если при аварии остановится, например, транспортер Д, то разомкнутся контакты его центробежного реле. Это отключит катушку контактора транспортера В, а тем самым по остановке последнего его центробежное реле разомкнет цепь катушки контактора А, и вся система, подававшая груз на остановившийся вначале транспортер Д, также остановится.

Требуется найти ошибку в схеме и предложить решение для остановки системы из четы-

рех различных пунктов (Б, В, Г, Д), так как в предложенном исполнении остановка осуществляется только одной кнопкой С у транспортера А.

телей, предполагающая пуск каждого последующего двигателя с выдержкой времени после пуска предыдущего, а остановку каждого пре-

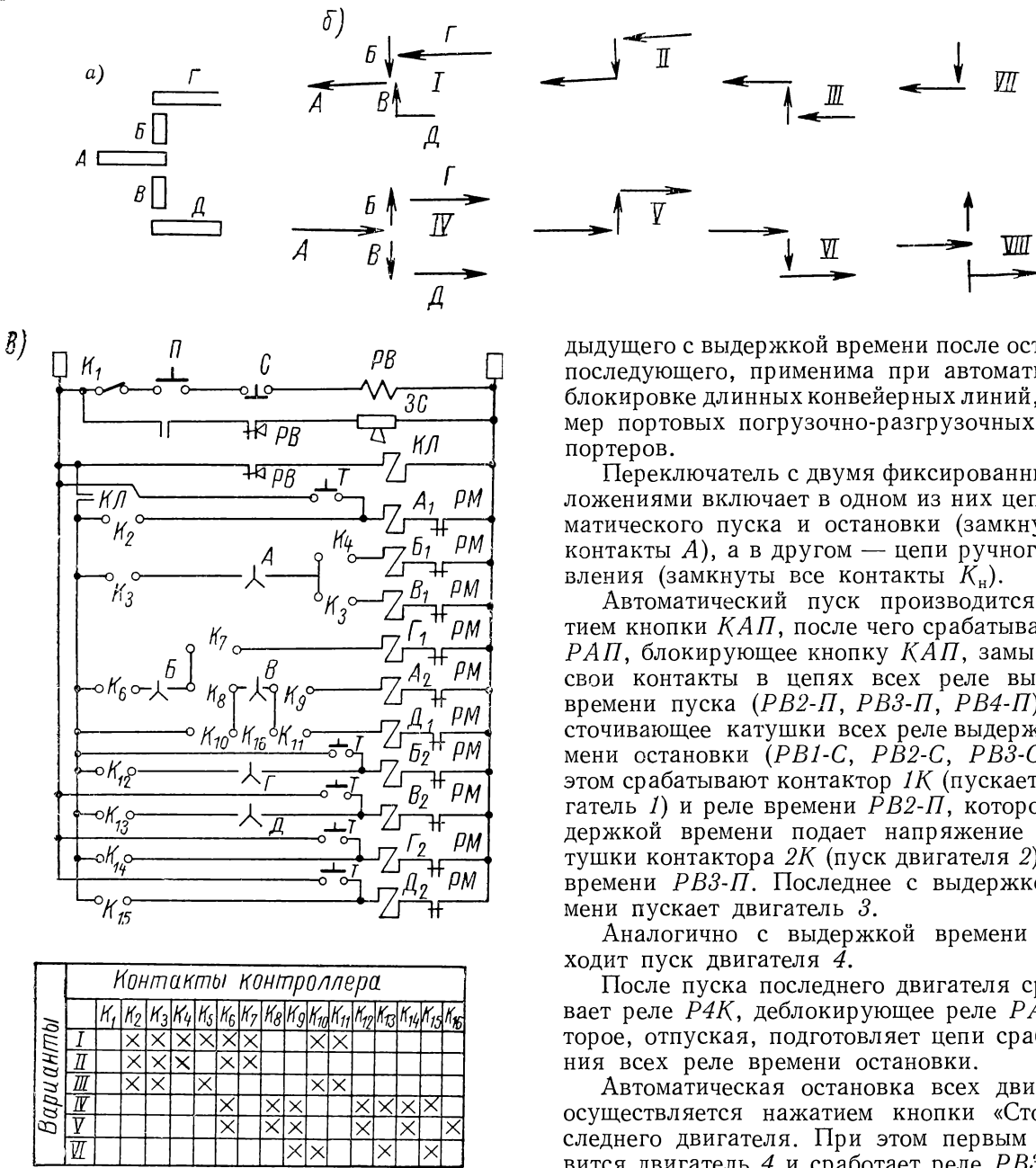


Рис. II-43.

Задача 44

Блокировка пуска и остановки четырех электродвигателей

Предлагаемая схема (рис. II-44) командных цепей пуска и остановки четырех электродвига-

теley, предполагающая пуск каждого последующего двигателя с выдержкой времени после пуска предыдущего, а остановку каждого пре-

дыдущего с выдержкой времени после остановки последующего, применима при автоматической блокировке длинных конвейерных линий, например портовых погрузочно-разгрузочных транспортеров.

Переключатель с двумя фиксированными положениями включает в одном из них цепи автоматического пуска и остановки (замкнуты все контакты А), а в другом — цепи ручного управления (замкнуты все контакты К_н). Автоматический пуск производится нажатием кнопки КАП, после чего срабатывает реле РАП, блокирующее кнопку КАП, замыкающее свои контакты в цепях всех реле выдержки времени пуска (РВ2-П, РВ3-П, РВ4-П) и обесточивающее катушки всех реле выдержки времени остановки (РВ1-С, РВ2-С, РВ3-С). При этом срабатывают контактор 1К (пускается двигатель 1) и реле времени РВ2-П, которое с выдержкой времени подает напряжение на катушки контактора 2К (пуск двигателя 2) и реле времени РВ3-П. Последнее с выдержкой времени пускает двигатель 3.

Аналогично с выдержкой времени происходит пуск двигателя 4.

После пуска последнего двигателя срабатывает реле Р4К, деблокирующее реле РАП, которое, отпуская, подготавливает цепи срабатывания всех реле времени остановки.

Автоматическая остановка всех двигателей осуществляется нажатием кнопки «Стоп» последнего двигателя. При этом первым остановится двигатель 4 и сработает реле РВ3-С, которое с выдержкой времени отключит контактор 3К; последним остановится двигатель 3 и включит под напряжение реле времени РВ2-С.

Так последовательно останавливаются все двигатели, после чего срабатывает реле РО, обесточивающее катушки всех реле выдержки времени остановки и таким образом приводящее схему в исходное положение.

При ручном управлении пуск и остановка двигателей производятся индивидуальными кнопками управления в цепях контактора каждого двигателя. В цепях контакторов расположены также контакты T аварийного отключе-

сколькими взаимосвязанными затворами шлюза, применяют схемы телеискателей повреждений в цепях управления, учитывая, что аппараты управления шлюзовым хозяйством разбросаны по всей территории шлюза и для бесперебойной работы его желательно быстрее найти и устранить возможное повреждение в схеме.

Телеискатели — это коммутаторы той или иной конструкции, назначением которых является подключение сигнальной лампы поочередно к участкам проверяемой цепи. В цепь размыкающих блокировок, отключающих защиту при их разрыве, лампа включается непосредственно, а в цепь замыкающих блокировок, отключающих защиту при замыкании, — при помощи промежуточного сигнального реле или блинкера.

Преимуществом телемеханического искателя, схема которого рассматривается в настоящей задаче (рис. II-45), является большая экономия кабеля, так как искатель требует лишь двух жил провода для связи между датчиком у механизма и приемником на центральном пункте. Датчиком телеискателя служит коммутатор, включаемый в цепь блокировки.

Коммутатор приводится в движение импульсным двигателем D , передвигающим его движок при каждом импульсе на один контакт.

Приемник телеискателя — аналогичный импульсный двигатель, включенный параллельно двигателю датчика и вращающий барабан указателя. Генератором импульсов служит группа реле времени, подающая кратковременные импульсы поочередно на две группы обмоток обоих двигателей.

Принцип действия телеискателя заключается в следующем. В рабочем положении, когда все контакты блокировочной цепи замкнуты и цепь управления находится под напряжением, линейный контактор L и блокировочное реле B замкнуты. Движок искателя находится на контакте 0 , и катушка реле PI обесточена, как и все реле пульсары и обмотки обоих импульсных двигателей.

При обрыве какой-либо из блокировочных цепей, включенных между контактами иска-

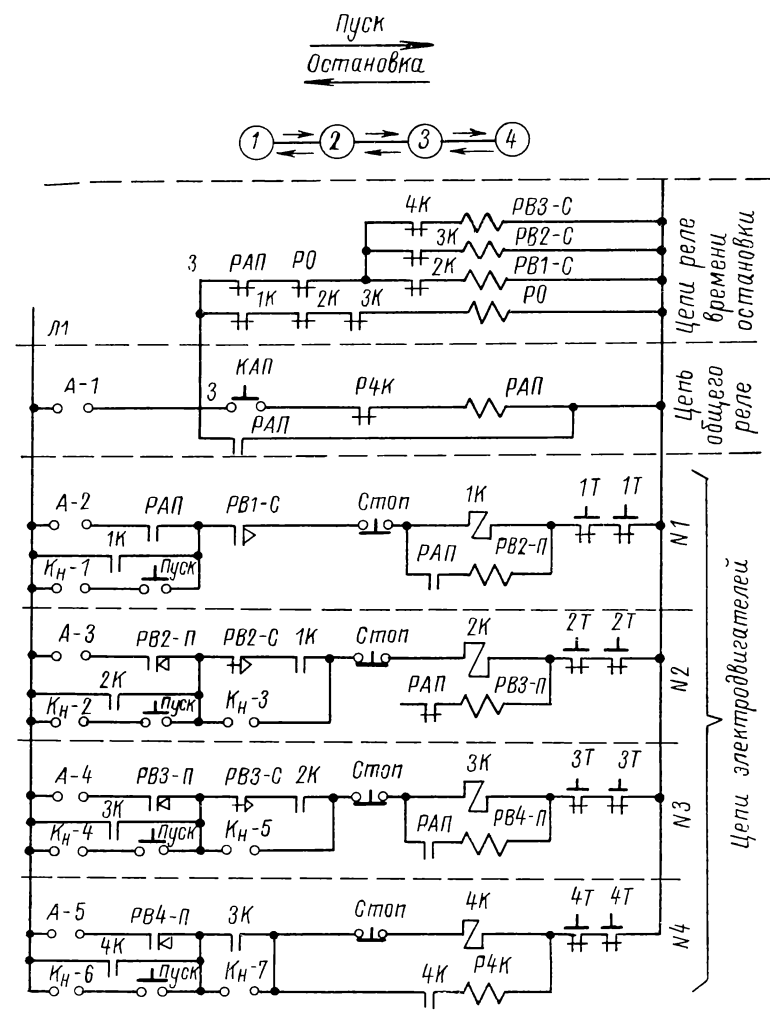


Рис. II-44.

ния. При этом аварийная остановка одного двигателя приводит к остановке с выдержками времени всех предыдущих двигателей.

Необходимо исправить ошибки, препятствующие нормальному пуску схемы и исключающие возможность повторного автоматического пуска после произошедшей однажды остановки.

Задача 45

Телеискатель повреждений в цепи дистанционного управления затворами шлюзов

Чтобы обеспечить нормальное функционирование электрических схем в условиях дистанционного централизованного управления не-

теля, или при размыкании размыкающих контактов промежуточного реле импульсной защиты Π разрывается цепь катушки линейного контактора, который своими размыкающими контактами замыкает цепь пульсары. При первом же импульсе, поданном реле P_1 , роторы обоих двигателей поворачиваются на один шаг и движок коммутатора передвигается с контакта 0 на контакт 1 ; соответственно поворачивается и указатель приемника.

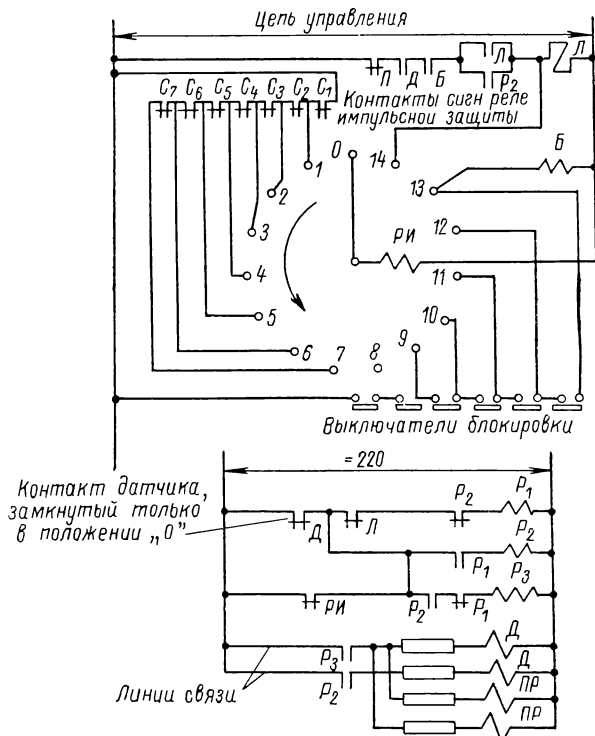


Рис. II-45.

Если обрыв цепи произошел не в контакте C_1 , катушка реле искателя возбуждается, и это реле будет поддерживать своими контактами цепь питания пульсары до тех пор, пока при последующих импульсах движок коммутатора не достигнет оборванного контакта. На этом положении пульсара отключится и оба двигателя остановятся. Обмотки обоих двигателей соединены параллельно и поэтому получают одинаковое число импульсов, и указатель приемника при остановке зафиксирует, на каком месте остановился датчик, т. е. обнаружит причину отключения.

Когда причина отключения будет устранена, телеискатель автоматически вновь придет в движение и остановится на последнем контакте. Указатель приемника в этом положении покажет, что цепь исправна и для замыкания линейного контактора нужно нажать кнопку «Вос-

становить» (на рисунке не указана). Когда кнопка будет нажата, искатель сделает еще один шаг, вернется в исходное положение, и указатель покажет готовность схемы.

Читателю предоставляется найти неисправность в схеме и объяснить ее последствия.

Задача 46

Нахождение неисправностей в электрооборудовании поточных линий

Для электрических схем управления автоматическими станочными линиями характерно наличие в них узлов управления, обеспечивающих автоматический, полуавтоматический и наладочный режимы работы, причем для наиболее сложных автоматических линий предусматри-

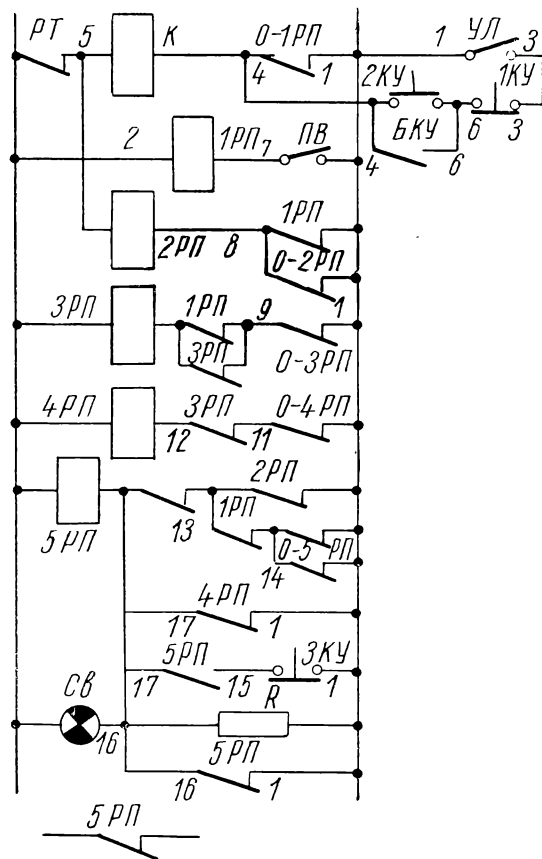


Рис. II-46.

ваются еще и узлы, позволяющие определить местонахождение неисправности в электрическом оборудовании.

Так, при помощи светофора и узла схемы, приведенной на рис. II-46, можно осуществить контроль выполнения следующих операций:

1) движение силовой головки из исходного положения в начале цикла;

2) возврат головки в исходное положение по окончании цикла;

3) нахождение головки в исходном положении в момент пуска станочной линии;

4) включение непрерывно вращающихся электродвигателей;

5) вращение шпинделей станков при рабочем ходе силовой головки.

При включении линии, как только шины цепи управления 1, 2 окажутся под напряжением, через контакты путевого выключателя исходного положения силовой головки ПВ включится промежуточное реле 1РП, которое, замыкая свои замыкающие контакты в точках 1, 8, включит промежуточное реле 2РП. Размыкающие контакты этого реле разомкнутся в точках 1, 13, и аварийное реле 5РП не включится.

При автоматическом режиме работы линии включение электродвигателя силовой головки осуществляется от общего для всей линии промежуточного реле 0-1РП, замыкающие контакты которого подключают контактор К.

В наладочном режиме включение и выключение контактора К осуществляется кнопками 1КУ и 2КУ, для чего замыкается выключатель УЛ. Нормально, после команды «Вперед» (на пуск всех головок при готовности всех станков поточной линии), включается промежуточное реле 0-2РП, которое, замыкая свои замыкающие контакты в точках 1, 8, шунтирует замыкающие контакты реле 1РП в тех же точках. При освобождении путевого выключателя исходного положения (вследствие движения вперед силовой головки) промежуточное реле 1РП отключится и его контакты в точках 1, 8 разомкнутся; промежуточное же реле 2РП будет включено только благодаря замкнутым замыкающим контактам реле 0-2РП. Но если в момент включения линии головка будет находиться в исходном положении, промежуточное реле 1РП не выключится и его замыкающие контакты в точках 1, 8 не замкнутся. Тогда реле 2РП не сработает в начальный момент и его размыкающие контакты в точках 1, 13 включат аварийное промежуточное реле 5РП, которое своими замыкающими контактами в точках 15, 17 будет переведено на самопитание, а другими контактами в точках 1, 16 шунтирует добавочное сопротивление R светофора Св. Однако так как размыкающие контакты этого реле включены в цепь «Предварительный стоп» линии, то при ярко горящем светофоре пуск линии «Вперед» не может быть осуществлен.

Чтобы снять сигнал светофора и одновременно разрешить работу линии, необходимо

при помощи кнопки управления 3КУ отключить аварийное реле 5РП. Так как кнопка 3КУ находится на аварийном станке, то наладчик вынужден подойти к нему для осмотра прежде, чем нажмет на кнопку.

В цепь катушки контактора К и катушки реле 2РП включены размыкающие контакты теплового реле РТ, поэтому при их размыкании отключатся реле 2РП, контактор К и двигатель силовой головки.

Для контроля схода головки служат промежуточные реле 3РП и 4РП, потому что при выходе головки из своего исходного положения и отключении промежуточного реле 1РП его размыкающие контакты в точках 9, 10 замкнутся и включают промежуточное реле 3РП, которое перейдет на самопитание и одновременно в точках 11, 12 разомкнет цепь промежуточного реле 4РП. В конце цикла кратковременно замкнутся в точках 1, 11 замыкающие контакты реле 0-4РП, но так как размыкающие контакты реле 3РП разомкнуты, то реле 4РП не включится. В начале следующего цикла кратковременно разомкнутся контакты промежуточного реле 0-3РП в точках 1, 9, отчего реле 3РП снимется с самопитания и будет подготовлено к работе для следующего схода головки.

Если же почему-либо головка не сдвинется с исходного положения, то в конце цикла при размыкании замыкающих контактов реле 0-4РП в точках 1, 11 окажется включенным реле 4РП, которое, замыкая свои замыкающие контакты в точках 1, 17, даст команду на включение аварийного реле 5РП.

Требуется найти ошибку в схеме, учитывая, что при включении последней светофор загорается и гаснет при любой неисправности, и доработать схему в части включения цепи «Предварительный стоп».

Задача 47

Максимальная и нулевая защита электропривода постоянного тока при напряженном повторно кратковременном режиме

В реверсивном электродвигателе постоянного тока последовательного возбуждения используется противовключение для быстрых торможений, что и требует защиты от чрезмерных токов при этом режиме.

Чтобы привлечь внимание читателя именно к вопросам защиты, в схеме изображена только необходимая часть общей принципиальной силовой цепи, а также то, что характерно именно для максимальной и нулевой защиты электродвигателя; развертка командоконтроллера и

цепей управления (пуска, реверса и торможения) опущена.

Предлагается два варианта цепей защиты (рис. II-47, а и б).

Силовая часть цепи очень проста. Она имеет контакторы $1B$, $2B$, $1H$ и $2H$ (контакты кото-

водится в действие от специальных реле противовключения для прямого и обратного хода, замыкающих цепь его катушки при быстром реверсировании в случае перехода на режим противовключения. Этим самым вводится добавочное, значительное по величине сопро-

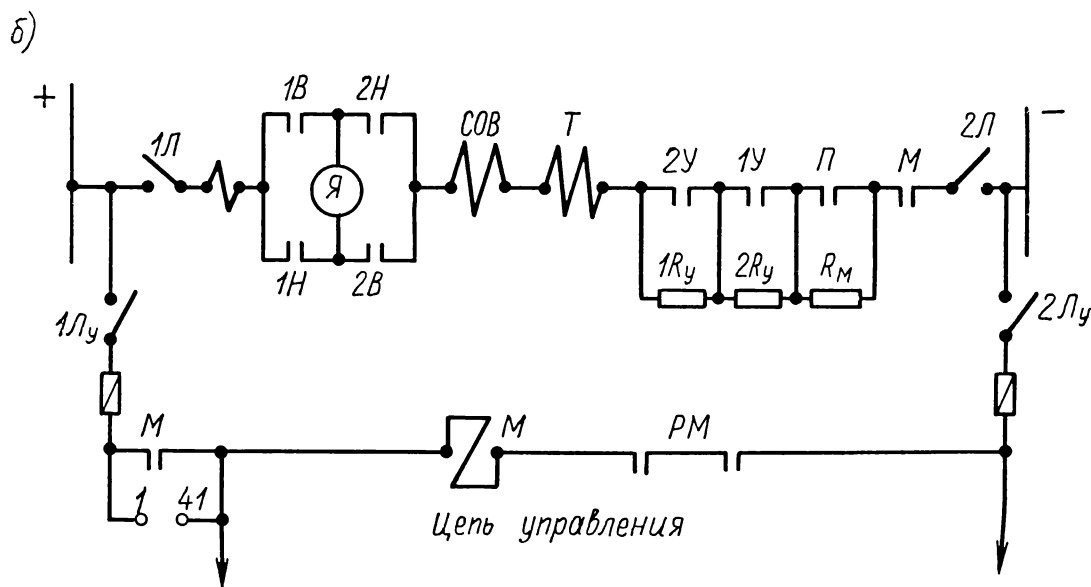
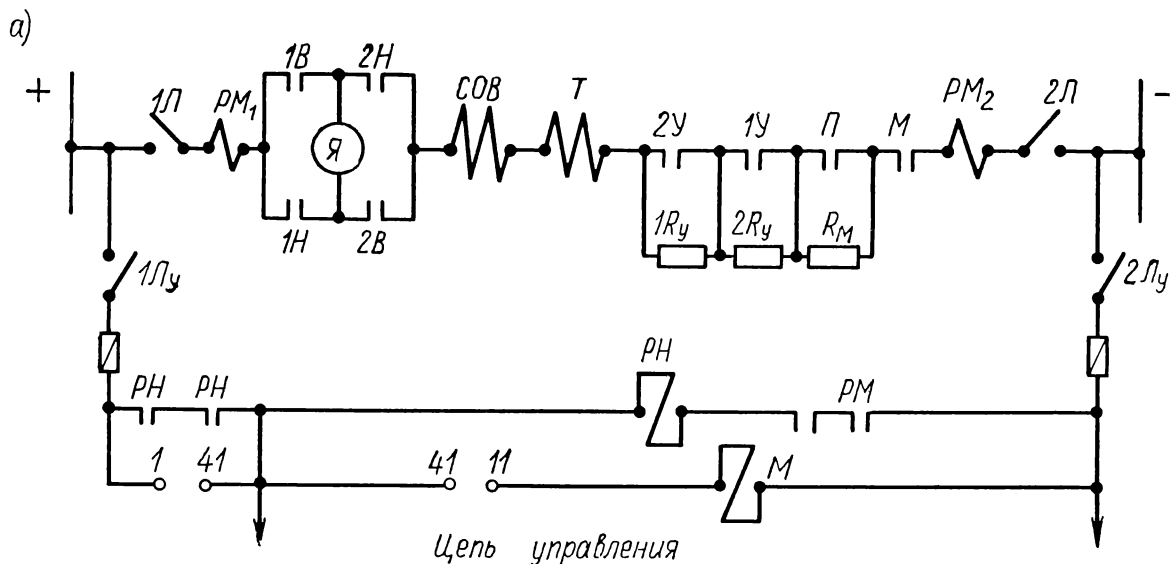


Рис. II-47.

рых включены обычным «реверсивным мостом» относительно якоря $Я$), обмотку возбуждения COB , главный линейный контактор $М$, контакторы ускорения $1У$ и $2У$ (замыкающие накоротко пусковые сопротивления $1R_y$ и $2R_y$) и добавочную ступень сопротивления R_M , управляемую контактором $П$. Последний при-

тивление R_M , включенное последовательно с пусковыми $1R_y$ и $2R_y$, что и ограничивает силу тока в силовой цепи при таком режиме. Предусмотрены также рубильники $1Л$ и $2Л$ для силовой цепи и рубильники $1Л_y$ и $2Л_y$ для цепей управления.

В первом варианте (рис. II-47, а) максималь-

Дифференциальная и максимальная защита параллельных фидеров

ная защита осуществляется двумя максимальными реле PM_1 и PM_2 , включенными в оба полюса силовой цепи электродвигателя; замыкающие контакты PM_1 и PM_2 этих реле включены последовательно с катушкой нулевого реле PH , поэтому в случае перегрузки, вызывающей действие максимальной защиты, контакты этого реле разрывают цепь тока управления. При этом повторный пуск электродвигателя после ликвидации причины перегрузки может осуществиться при замыкании контактов командоконтроллера $I, 4I$, что требует постановки рукоятки командоконтроллера в нулевое положение.

При нормальной работе параллельных фидеров A и B , соединяющих шины подстанций I и II (рис. II-48), токи нагрузки в них не превышают допустимых значений и в любой момент времени протекают в одинаковом для обоих фидеров направлении. В момент нарушения нормальных условий работы поврежденный фидер автоматически отключается от подстанции местным выключателем ($1MB$ или $2MB$), для чего в схеме автоматической защиты преду-

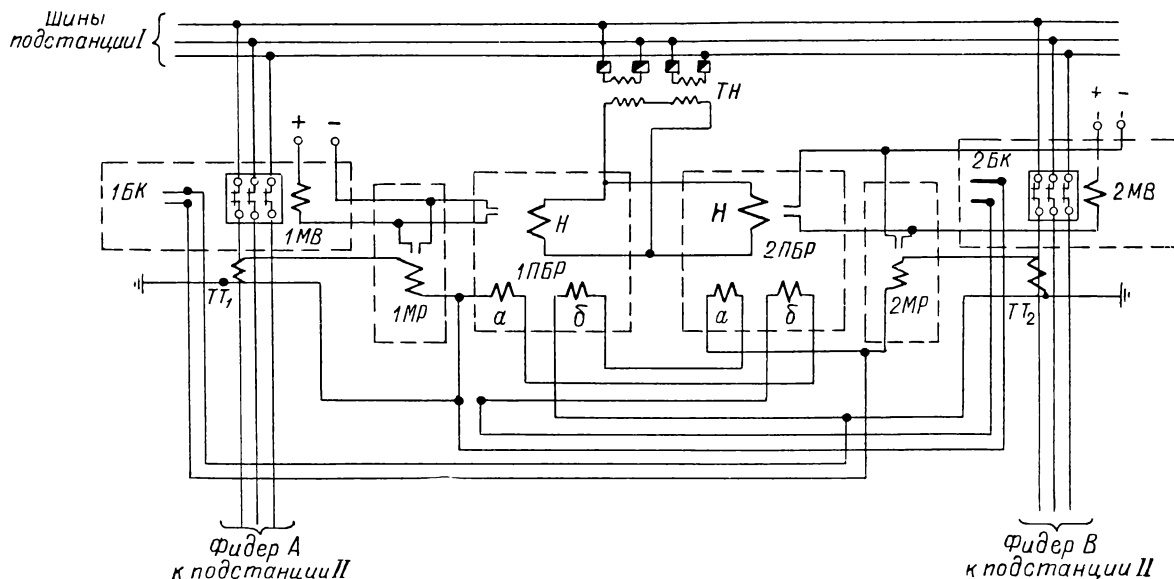


Рис. II-48.

Требуется установить (тщательно проверив первый вариант схемы), что произойдет при повторных пусках двигателя, если напряжение снизится не до нуля, и как будет себя вести система при этих условиях в случае применения реле с постоянной выдержкой времени, не зависящей от силы тока.

Во втором варианте защиты (рис. II-47, б) применено только одно максимальное реле с двумя парами контактов, а нулевое реле выброшено, так как функции его переданы главному линейному контактору M , снабженному дополнительными блок-контактами.

Требуется подробно описать работу схемы в этом варианте и обоснованно ответить на вопрос, можно ли осуществить и максимальную, и нулевую защиту без особого нулевого реле.

смотрены максимальные реле ($1MP$ и $2MP$), осуществляющие максимальную защиту при перегрузках фидеров, и поляризованные балансреле ($1ПБР$ и $2ПБР$), осуществляющие дифференциальную защиту при нарушении синфазности токов и распределения нагрузок в фидерах.

В расщелку одноименных фаз каждого фидера включены первичные обмотки трансформаторов тока $ТТ_1$ и $ТТ_2$. Вторичная обмотка трансформатора $ТТ_1$ питает соединенные последовательно катушку максимального реле $1MP$, катушку a реле $1ПБР$ и катушку b реле $2ПБР$. Катушки a реле $2ПБР$ и b реле $1ПБР$, соединенные последовательно друг с другом и с катушкой реле $2MP$, получают питание от вторичной обмотки трансформатора тока $ТТ_2$. Таким образом, катушки a и b

каждого балансреле возбуждаются токами разных фидеров. Обмоточные данные этих катушек одинаковы, а магнитные потоки их оказывают противоположные действия на якорь балансреле, поэтому при равенстве и синфазности токов в фидерах ни одно из балансреле не срабатывает.

При нарушении нормального режима работы фидеров нарушается баланс магнитных потоков в магнитных системах реле, и действие обеих катушек a и b каждого реле, складываясь с действием катушек H , питаемых от трансформатора $TН$, приводит к тому, что балансреле поврежденного фидера замыкает свой контакт, а якорь балансреле «здорового» фидера еще более прижимается к ограничительному штифту противоположного от контакта направления. Замкнувшийся контакт балансреле подает питание на электромагнит масляного выключателя поврежденного фидера, который отключает последний и одновременно своим блокиконтактом $БК$ шунтирует катушки балансреле, возбуждаемые током «здорового» фидера. Таким образом, «здоровый» фидер переводится на защиту только максимальным реле.

Максимальные реле $1MP$ и $2MP$ срабатывают при превышении допустимого значения тока в фазе соответствующего фидера, включая под напряжение своим замыкающим контактом электромагнит масляного выключателя перегруженного фидера.

Необходимо исправить ошибки в схеме и объяснить, к каким неполадкам в действии защиты они привели бы.

Задача 49

Защита и блокировка генераторов гребных электрических установок (ГЭУ) постоянного тока

В системах гребных электрических установок по схеме Г—Д на постоянном токе обычно подлежат защите от весьма разнообразных повреждений аварийного характера главные генераторы и электродвигатели, цепи их обмоток возбуждения, возбудители и цепи их управления. К таким повреждениям относятся короткие замыкания в силовых цепях и цепях возбуждения и управления, замыкания на корпус, круговой огонь на коллекторах, заклинивание вала и т. д.

Схема, приведенная на рис. II-49,¹ дает один из примеров защиты генераторов ГЭУ. Для этого предусматриваются максимальные

реле PM , реле напряжения $RН$, контакторы возбуждения генератора $КВГ$ и $КВД$. Переключатель $П$ предусмотрен для включения питания цепей управления и защиты (нижнее положение) и включения электромагнитов (верхнее положение), освобождающих блокировку

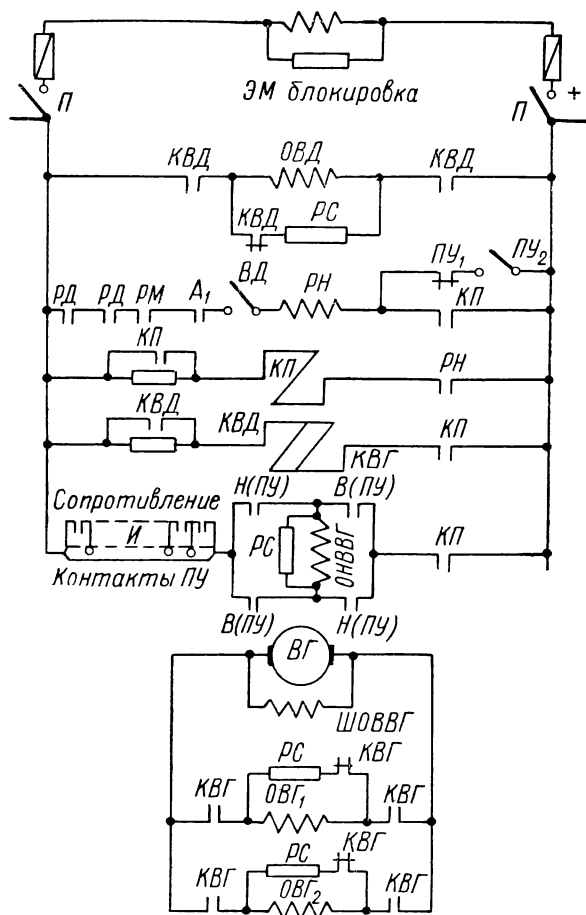


Рис. II-49.

переключателей возбуждения, переключателей постов и селекторных переключателей.

Пост управления имеет размыкающий контакт $ПУ_1$, размыкающийся при повороте рукоятки управления.

Контакт $ПУ_2$ включается вручную перед началом управления. В цепь реле напряжения $RН$ включены контакты A_1 (селекторного переключения генератора), $ВД$ (готовности дизеля), включаемые дизелистом, максимального реле PM , реле давления охлаждающей воды $РД$, реле давления смазки, а также все другие виды защиты, действующие на отключение гребной установки.

Требуется выяснить, для какой цели предназначены и что обозначают контакты $КП$ и

¹ На рис. II-49 возбудитель, питающий цепи обмоток возбуждения генератора $ОВГ_1$ и $ОВГ_2$, обозначен $ВГ$, а его шунтовая обмотка возбуждения — $ШОВВГ$.

сопротивления PC в схеме, обнаружить и исправить ошибки, вкравшиеся при вычерчивании, и добавить сигнализацию (звуковую и световую) для оповещения о неисправности (отключении) элементов установки, перечисленных выше.

Задача 50

Управление процессом самосинхронизации синхронного компенсатора

Рассматриваемая в данной задаче схема автоматической самосинхронизации синхронного компенсатора (рис. II-50) может применяться в энергетическом хозяйстве судостроительных и судоремонтных заводов, портов и других объектов, где по роду работы происходит значительное потребление реактивной мощности и для улучшения состояния $\cos \varphi$ необходима компенсация отстающего тока.

Сами по себе схемы самосинхронизации синхронных генераторов, построенные по аналогичным принципам, можно использовать в судовых энергетических установках переменного тока для включения резервных или аварийных генераторов (при соответствующем обеспечении устойчивости параллельно работающих генераторов).

Процедура самосинхронизации в данном случае состоит в том, что невозбужденный компенсатор разворачивается с помощью разгонного двигателя почти до синхронной скорости и затем включается в сеть. Вслед за этим подается возбуждение (включается АГП — автомат гашения поля), и развивающиеся на валу синхронного компенсатора активные моменты втягивают его в синхронизм.

Схема управления включает следующие элементы: $KП-1$ — обмотка контактора включения выключателей разгонного двигателя; $KП-2$ — обмотка контактора включения выключателей компенсатора; $CO-1$ — обмотка контактора отключения выключателей разгонного двигателя; $CO-2$ — обмотка контактора отключения выключателей компенсатора; KB — обмотка контактора включения автомата гашения поля (АГП); KO — обмотка контактора отключения АГП; $РП-1$, $РП-2$ — промежуточные реле; $РИ$ — реле времени с выдержкой времени на отпускание.

Соответствующими обозначениями нанесены также контакты входящих в схему аппаратов.

В цепи переменного тока включены две катушки реле разности частот $ИРЧ-I$ и $ИРЧ-II$; одна из катушек ($ИРЧ-I$) подключается через щетки синхронизации $ЩСХ_a$ и разъединители $P_{ск1-1}$, $P_{ск1-2}$ к напряжению сети, другая

катушка ($ИРЧ-II$) действует от остаточного напряжения генератора через трансформаторы напряжения $ТН_{акс1}$ и $ТН_{сск1}$ фаз a и c синхронного компенсатора.

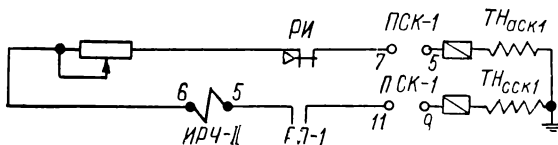
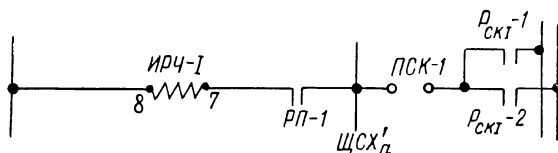
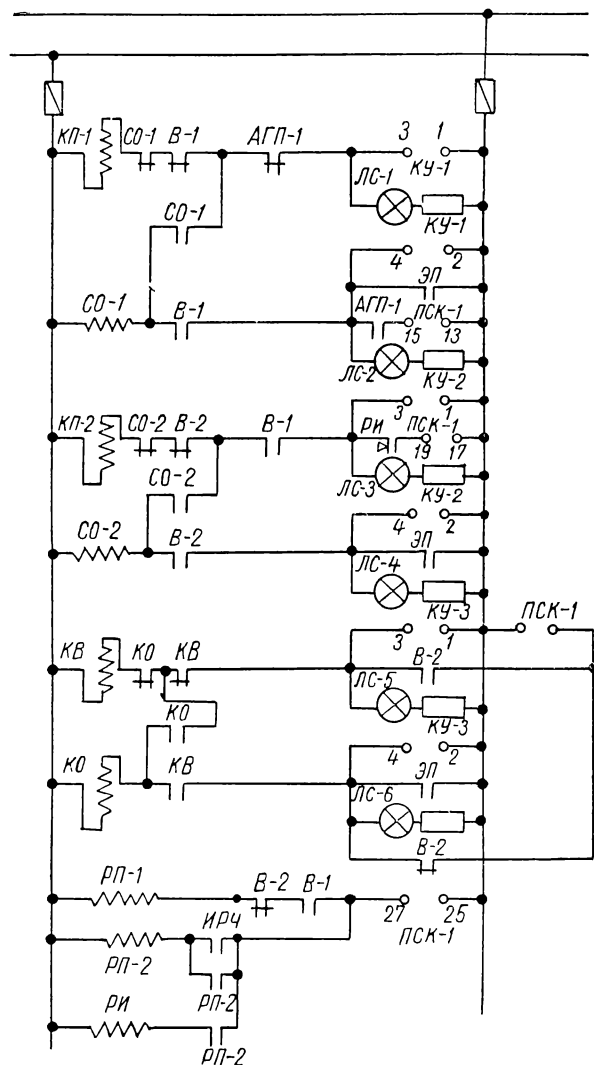


Рис. II-50.

Работа схемы в основном сводится к следующему. Ключ управления *КУ-1* выключателя *В-1* разгонного двигателя ставится в положение «Включить». Если АГП отключен, то его блок-контакты *АГП-1* замкнуты, включается выключатель разгонного электродвигателя, и компенсатор начинает разворачиваться.

После установления подсинхронной скорости устройство контроля разности частот (реле *ИРЧ*) замкнет замыкающий контакт *В-2* в цепи включения выключателя компенсатора. При включении выключателя компенсатора его замыкающий блок-контакт замкнет цепь включения АГП. Включится АГП, его блок-контакты замкнут цепь отключения выключателя разгонного двигателя, и последний отключится.

Некоторые особенности работы схемы состоят в действии аппаратов, включенных в цепи переменного тока схемы.

Контроль разности частот, осуществляемый в цепях переменного тока, происходит следующим образом. После замыкания ключа *КУ-1* пуска разгонного электродвигателя и включения его выключателя, если переключатель *ПСК-1* включен, срабатывает промежуточное реле *РП-1*. Это реле подключает цепи обмоток реле *ИРЧ* к соответствующим обмоткам трансформатора напряжения. Как только в процессе разгона компенсатора разность частот компенсатора и сети станет равной уставке реле *ИРЧ*, последнее сработает, замыкая свой контакт в цепи промежуточного реле *РП-2*. Реле *РП-2*, срабатывая, через один свой замыкающий контакт становится на самоудержание, а другим замыкающим контактом подключает катушку реле *РИ* с выдержкой времени на отпусkanie.

Реле *РИ* работает и одним своим размыкающим контактом разомкнет цепь обмотки реле *ИРЧ-II*, тем самым предотвращая попадание рабочего напряжения на эту обмотку. Другим своим замыкающим контактом реле *РИ* замкнет цепь на включение выключателя компенсатора.

После включения выключателя с помощью его блок-контакта включается АГП компенсатора, и блок-контактами *АГП-1* отключается выключатель разгонного двигателя.

Сразу же после включения выключателя компенсатора с помощью его блок-контакта деблокируется релейная схема, и реле *РП-1*, *РП-2* и *РИ* обесточиваются. При этом реле *РИ* размыкает свои контакты в цепи включения выключателя компенсатора с выдержкой времени, обеспечивающей надежное выключение последнего.

Операции по пуску синхронного компенсатора осуществляются ключом *ПСК-1*.

Включение и отключение АГП происходит от контакта *КУ-3*.

Особенностью рассмотренной схемы является наличие блокировки от преждевременной подачи напряжения на обмотку возбуждения синхронного компенсатора (СК), что при большой разности в частотах сети и СК привело бы к значительному броску реактивного тока при включении СК в сеть. Подобная блокировка в схеме управления на постоянном токе осуществляется от сети переменного тока, причем основным элементом такой блокировки является реле разности частот *ИРЧ*.

В схеме предусматриваются также блокировки, предотвращающие попадание рабочего напряжения на обмотку реле *ИРЧ*, нормально работающую от остаточного напряжения синхронного компенсатора.

В процессе работы над схемой желательно рассмотреть случаи, когда реле *ИРЧ* имеет неправильную уставку по разности частот сети и синхронного компенсатора. Что произойдет в этом случае с точки зрения нормальной работы машины?

Какие функции выполняют в схеме промежуточные реле *РП-1* и *РП-2*?

Какова последовательность включения сигнальных ламп при различных положениях ключей управления и что означает отсутствие напряжения на какой-либо из сигнальных ламп?

Следует обнаружить ошибки, вкравшиеся в схему блокировки и сигнализации.

Задача 51

Управление электромагнитными муфтами в судовых условиях

Схема (рис. II-51) относится к одновинтовой гребной установке с двумя дизелями, соединенными с двумя редукторами посредством двух электромагнитных муфт, причем управление должно обеспечить следующие режимы:

- 1) работа только одного дизеля (D_1 или D_2) на гребной вал вперед или назад;
- 2) работа обоих дизелей на гребной вал вперед или назад;
- 3) попеременная работа то одного дизеля вперед, то другого назад, что иногда приходится применять при швартовных маневрах судна, при постановке его на якорь, при проходе узкостей и т. п.

Обозначения на схеме: M_1 и M_2 — электромагнитные муфты скольжения; *III*, *IV*, *V*, *VI*, *VII*, *VIII* — кулачковые выключатели; *Ia—Ic* и *IIa—IIв* — автоматы включения цепи возбуждения электромагнитных муфт; *1*, *1a*, *1в* и *2*, *2a*, *2в* — контакторы включения муфт и их контакты; *3*, *3a* и *4*, *4a* — контакторы фор-

сировки возбуждения и их контакты; 5, 5а и 6, 6а — контакторы разрядной цепи и их контакты; 7 и 7а — реле времени и его контакты.

Чатели V и VII должны быть тоже поставлены в положение В.

Кулачковый выключатель III находится

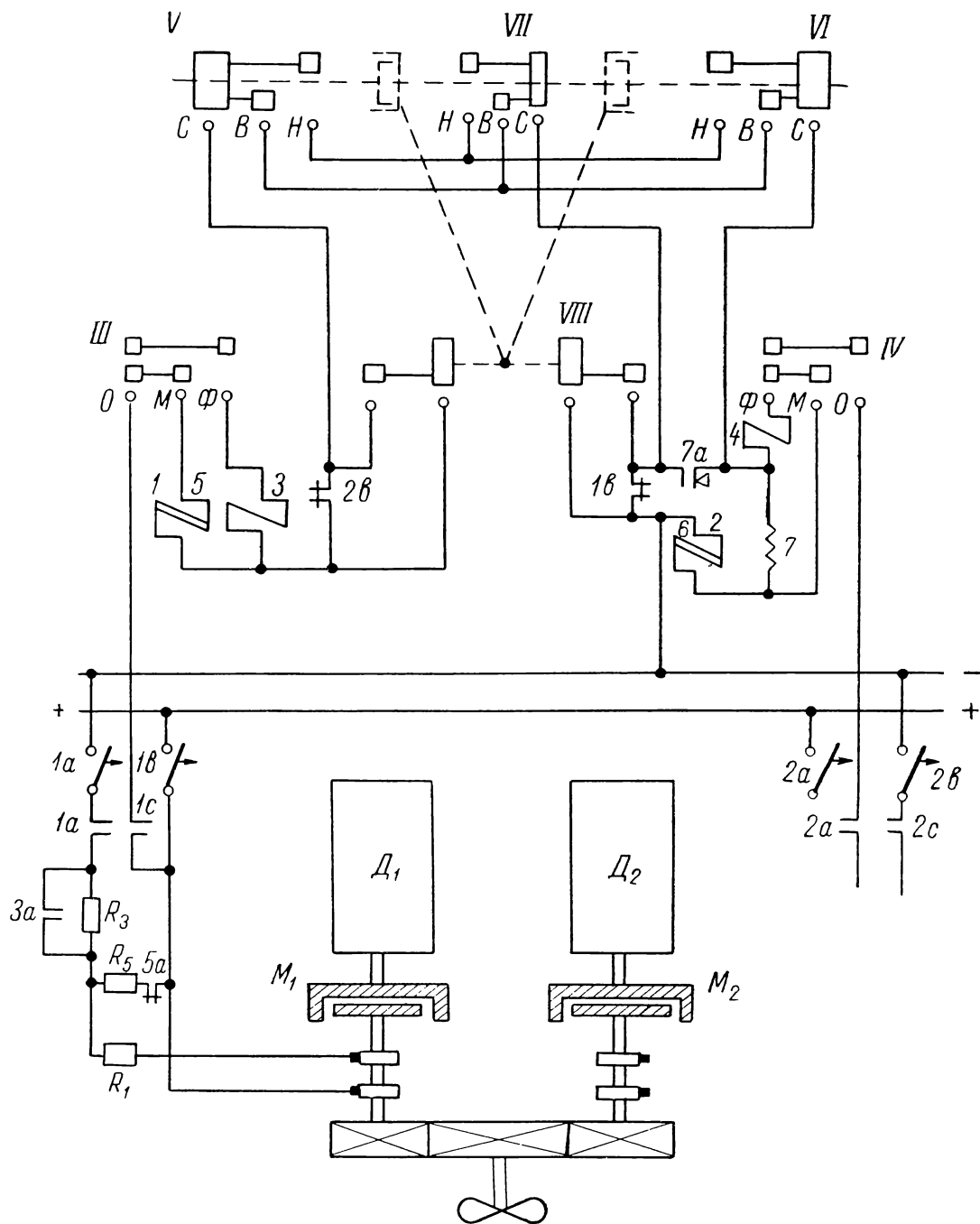


Рис. II-51.

1-й режим. Работа только одного дизеля и реверс его.

Если дизель D_1 работает один и притом в направлении «Вперед» (В), то кулачковые выключ-

в положении М (нормальное возбуждение муфты). Включается автомат $1a-1c$, чем замыкается цепь управления: «+» — $1b-1c-III-1-5-2b-V-VII$ — «-»; при

этом получают питание катушки 1 и 5 и замыкающие контакты 1а замыкаются, а контакты 5а и цепи разрядного сопротивления R_5 размыкаются. Муфта возбуждена и гребной винт вращается.

Реверс этого же двигателя осуществляется постановкой кулачкового выключателя в положение «Стоп» (С), причем цепь катушек 1 и 5 размыкается. Контакты 1а размыкаются, а 5а — замыкаются, поэтому обмотка возбуждения муфты отключается от сети и замыкается на разрядном сопротивлении R_5 . Двигателю дают ход назад и устанавливают выключатели V и VII в положение «Назад» (Н). Цепь управления будет соединена, как описано выше.

При работе на гребной вал другого дизеля мы получаем аналогичную картину, с той лишь разницей, что вместо выключателя III в полсжение M ставится выключатель IV, вместо цепи «+» — 1в—1с... и т. д. должна образоваться цепь «+» — 11а—11с—IV—7—VI—VII — «—» через катушку реле времени 7. Но катушки 2 и 6 в этом случае еще не получат питания, так как до срабатывания контактов 7а реле времени их цепи разомкнуты.

После замыкания контактов 7а подается питание на контакторы 2 и 6, замыкаются контакты 2а и размыкаются контакты 6а.

2-й режим. Совместная работа обоих дизелей D_1 и D_2 на гребной вал.

Если дизель D_1 уже работает на гребной вал, то схема обеспечивает часть соединений, как было описано выше, и остается включить на тот же вал дизель D_2 .

Для этого ставят кулачковый выключатель VI в положение В, а выключатель IV в положение М, но муфта M_2 не может получить питания, так как в случае работы дизеля D_1 блок-контакт 1в контактора 1 разомкнут и цепь питания катушек 2 и 6 не замкнута.

Для того чтобы муфта M_2 получила питание только при доведении дизеля D_2 до приблизительно того же числа оборотов, что и у работающего дизеля D_1 , необходимо механически сцепить кулачковые выключатели VI и V, связанные с пусковыми рычагами обоих дизелей; тогда замкнутся и контакты кулачкового выключателя VIII, сблокированного механически с выключателями VI и V. Замкнется цепь катушек 2 и 6, включатся контакты 2а и получит питание обмотка возбуждения муфты M_2 , причем цепь разрядного сопротивления R_6 разомкнется.

Требуется исправить и дополнить схему, а также описать, пользуясь данными исправленной схемы, порядок операций и замыкания контактов для третьего режима, имея в виду, что для работы гребного вала то вперед, то

назад дизель D_1 попеременно приключается, работая все время в направлении «Вперед», а дизель D_2 в направлении «Назад», и рычаги управления двигателями при этом разъединены механически.

Задача 52

Защита котла по обрыву факела

Мощные корабельные вспомогательные и утилизационные котлы оснащаются устройствами защиты по обрыву факела, которые прекращают подачу топлива в топку котла в случае погасания факела, предотвращая опасность взрыва паров топлива при повторном зажигании факела.

Схема (рис. II-52) представляет один из вариантов аварийной защиты судового котла при обрыве факела.

Датчиком наличия пламени является фотосопротивление ΦC , установленное так, что при горящем факеле ток, протекающий по цепи включенных последовательно сопротивлений ΦC и катушки реле $P\Phi$, достаточен для срабатывания реле. При этом катушка реле времени $PВ$ находится под током, его контакт в цепи катушки реле P замкнут и через замыкающий контакт P подается питание на электромагниты $\mathcal{E}KT$ и $\mathcal{E}KP$, управляющие подачей топлива и пара в форсунку котла.

В момент исчезновения пламени при обрыве факела сопротивление ΦC возрастает, ток в цепи катушки $P\Phi$ падает ниже величины тока срабатывания, замыкающий контакт $P\Phi$ обесточивает катушку реле времени $PВ$, которое и размыкает через заданный промежуток времени свой контакт в цепи катушки реле P , если за время выдержки не произойдет повторного зажигания факела. Обесточенное реле P снимает питание с электромагнитов топливного и парового клапанов, которые отсекают паровую и топливную линии от котла.

Возобновление подачи топлива и пара в форсунку котла может быть произведено только ручным замыканием ключа 2ВП. После воспламенения топлива ключ 2ВП следует разомкнуть, включив таким образом в работу схему защиты котла.

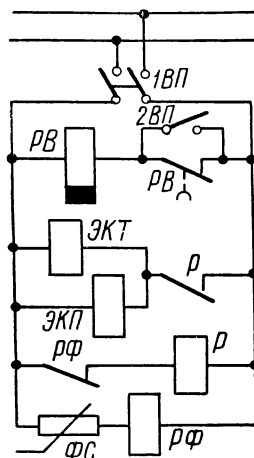


Рис. II-52.

Следует отметить, что применение в схеме реле и электромагнитов, нормально работающих под током, обеспечивает срабатывание схемы защиты также и при исчезновении питающего напряжения.

В схеме имеются ошибки, которые необходимо исправить (учитывая, что схема изображена в обесточенном состоянии), и описать последствия этих ошибок при включении неисправленной схемы.

Задача 53

Автоматический контроль и сигнализация судовой котельной установки

Вспомогательные котлы речных пассажирских судов снабжаются системой автоматического контроля и сигнализации, принципиаль-

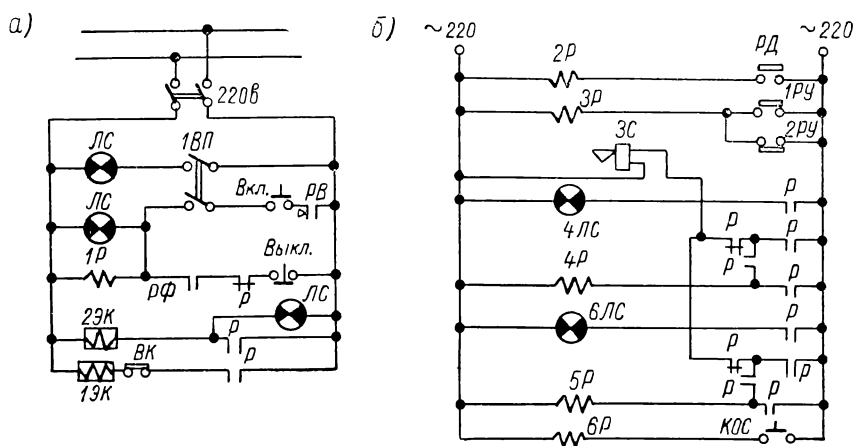


Рис. II-53.

ная электрическая схема которой приведена на рис. II-53, а, б.

Система обеспечивает автоматический контроль горения факела, а также световую и звуковую сигнализацию при недопустимых отклонениях от номинальных значений давления и уровня воды в котле.

При пуске котла в момент включения вентилятора подается напряжение на реле времени *РВ* (на схеме не показано), замыкающее свой контакт в схеме контроля горения факела и подготавливающее схему к пуску по истечении времени продувки котла (рис. II-53, а).

Для зажигания факела замыкаются ключ *1ВП* и кнопка *Вкл.*, вследствие чего срабатывает реле *1Р*, подготавливая одним своим замыкающим контактом цепь блокировки через замыкающий контакт реле *РФ*, а двумя другими замыкающими контактами подавая напряжение на электромагниты топливных кла-

панов *29К* (главной форсунки) и *13К* (вспомогательной форсунки), которые открывают доступ топливу к форсункам топки котла. Когда факел загорится и замкнется контакт *РФ* фотореле (реле на схеме не показано), кнопку *Вкл* и ключ *1ВП* необходимо разомкнуть, включив тем самым схему защиты котла при обрыве факела.

При обрыве факела фотореле *РФ* размыкает свой контакт в цепи блокировки реле *1Р*, вследствие чего обесточиваются электромагниты *13К* и *29К* и поступление топлива к форсункам прекращается. Прервать подачу топлива можно и вручную нажатием кнопки *Выкл.*

В схему введен также контакт конечного выключателя *ВК* топливотрегулирующего устройства. При достижении сервомотором регулятора подачи топлива крайнего положения контакт *ВК* обесточивает электромагнит топливного клапана главной форсунки. Котел остается работать на одной запальной форсунке.

Система автоматического контроля факела снабжена сигнальными лампами, оповещающими о включении ручного управления факелом (при замыкании ключа *1ВП* загорается лампа *1ЛС*) и открытии или закрытии топливных клапанов (одновременно со срабатыванием реле *1Р* зажигается лампа *2ЛС* и гаснет лампа *3ЛС*).

Датчиком давления в котле в системе автоматической сигнализации является электроконтактный манометр, контакт которого *РД* замыкается при падении давления ниже допустимого предела (рис. II-53, б). При этом срабатывает реле *2Р* и своими замыкающими контактами включает сигнальную лампу *4ЛС* и звуковой сигнал *ЗС* (через размыкающий контакт *4Р*).

Датчиком уровня воды в котле является дифференциальное реле уровня, замыкающее контакт *1РУ* при чрезмерном повышении и контакт *2РУ* при чрезмерном снижении уровня. В обоих случаях реле *3Р* включает сигнальную лампу *5ЛС* и звуковой сигнал *ЗС* (через замыкающий контакт *5Р*).

Звуковой сигнал снимается нажатием кнопки *КОС*, включающей под напряжение катушку реле *6Р*, которое, сработав, замыкает свои замыкающие контакты в цепях реле *5Р* и *4Р*.

Реле *4Р* разрывает цепь блокировки звуковой сигнализации при падении давления

в котле и само блокируется через замыкающий контакт $2P$. Таким образом, сигнал $3C$ не будет включаться от реле $2P$ до тех пор, пока в котле будет пониженное давление и замыкающий контакт $2P$ не разомкнется. В то же время по цепи «замыкающий контакт $3P$ — размыкающий контакт $5P$ — $3C$ » звуковой сигнал может сработать при недозволенных колебаниях уровня.

Аналогично реле $5P$ снимает звуковую сигнализацию в случае ее блокировки через замыкающий контакт $3P$.

Сигнальные лампы $4ЛС$ и $5ЛС$ горят до тех пор, пока не будет ликвидирована причина, вызвавшая срабатывание реле $2P$ и $3P$, т. е. пока сигнализируемое отклонение давления или уровня в барабане котла не исчезнет и не разомкнутся контакты $РД$, $1PУ$ или $2PУ$.

В схеме необходимо найти и исправить ошибки, дополнить недостающие обозначения контактов реле и ламп и описать последствия включения в работу неисправленной схемы.

Задача 54

Автоматика вспомогательной части комбинированного котла теплохода

По предлагаемой схеме (рис. II-54) автоматизировано управление части комбинированного водогрейного котла, устанавливаемого на сухогрузных теплоходах.

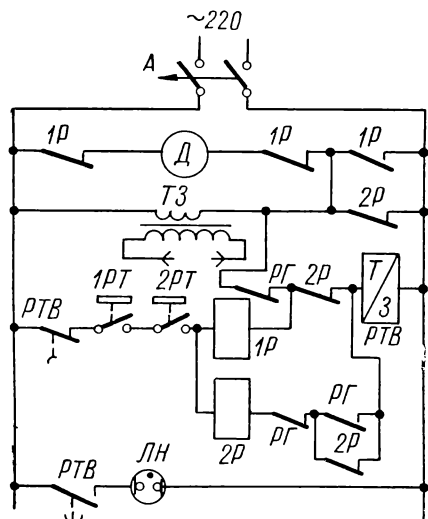


Рис. II-54.

Автоматический пуск котла осуществляется замыканием ключа A . При этом если контакты $1PT$ и $2PT$ замкнуты, то срабатывает реле $2P$, которое тремя своими замыкающими контактами блокирует размыкающий контакт $РГ$ и

подает напряжение на первичную обмотку трансформатора зажигания факела $TЗ$ и катушку реле $1P$. Одновременно с реле $2P$ получает питание нагревательный элемент термобиметаллического реле времени PTB .

Реле $1P$, срабатывая, включает электродвигатель $Д$ топливного насоса и вентилятора.

Термоэлемент реле контроля горения $РГ$ установлен в газоходе топочных газов. После того как в топке котла загорается факел, температура топочных газов повышается и реле $РГ$ размыкает свои размыкающие и замыкает свои замыкающие контакты, отключая при этом трансформатор зажигания и нагревательный элемент PTB . Реле $1P$ остается под током через замкнувшийся контакт $РГ$ и собственный замкнутый замыкающий контакт, поэтому двигатель $Д$ продолжает работать и в форсунку поступает топливо.

Если по какой-либо причине факел не загорится, то размыкающие контакты $РГ$ не откроются и реле PTB , оставаясь под током, после определенной выдержки времени обесточит реле $2P$ и $1P$ (что приведет к отключению трансформатора зажигания и двигателя топливного насоса и вентилятора) и включит сигнальную лампу $ЛН$.

Температурные реле $1PT$ и $2PT$ выключают зажигание и подачу топлива при значительном повышении температуры в котле и включают схему при понижении температуры.

Требуется внести в схему исправления в соответствии с ее описанием.

Задача 55

Автоматика водогрейного котла теплохода

Датчиками командных импульсов в системе автоматического управления котельной водогрейной установки теплохода являются манометрическое реле температуры PT , чувствительный элемент которого устанавливается в водяной системе котла, и dilatометрическое реле контроля $РГ$, чувствительный элемент которого находится в газоходе котла (рис. II-55).

До включения котла температура воды и температура в газоходе низки. Поэтому замкнуты контакты реле PT , а контакты реле $РГ$ находятся в таком положении, что при подаче напряжения в схему управления под током оказывается нагревательный элемент теплового реле времени PBT , уставкой выдержки времени которого задается реостатом $СУ$.

Через 3 мин. после включения схемы замыкаются контакты PBT_1 теплового реле PBT , а еще через 6—10 сек. — контакт PBT_2 , вследствие чего срабатывает контактор $КЛ$, подающий напряжение на якорь и шунтовую обмотку

возбуждения двигателя *ДФ*. Двигатель приводит во вращение вентилятор топки котла и шестеренчатый насос, подающий топливо в форсунку.

Двигатель *ДФ* имеет на якоре дополнительную обмотку переменного тока, выведенную на два кольца. Напряжение, снимаемое с колец, через трансформатор *Тр* подается на электрозапальное устройство *ЭЗ*, которое включается контактом *РВТ₁*. Таким образом, элект-

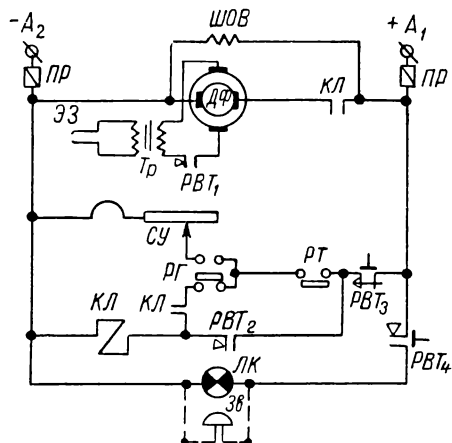


Рис. II-55.

трическая дуга возникает почти одновременно с включением топливного насоса и вентилятора.

Под действием горячих газов, появившихся после того, как загорается факел, реле *РГ* переключает свои контакты, вследствие чего нагревательный элемент реле *РВТ* теряет питание и размыкает контакты *РВТ₁* и *РВТ₂*. При этом зажигание выключается, а катушка *КЛ* остается под током, проходящим по цепи собственных блок-контактов и контактов *РГ*, *РТ* и *РВТ₃*.

При превышении верхнего допустимого предела температуры воды в котле реле *РТ* обесточивает катушку контактора *КЛ*, который гасит факел, отключая двигатель топливного насоса и вентилятора. При снижении температуры воды в котле ниже допустимой величины контакты *РТ* снова замкнутся, после чего возобновится в том же порядке процесс зажигания факела.

Исчезновение по какой-либо причине факела приведет к снижению температуры в газопроводе, отчего реле *РГ* переключением своих контактов обесточит катушку контактора *КЛ*, который остановит двигатель *ДФ* топливного насоса и вентилятора и замкнет цепь нагревательного элемента реле *РВТ*. Произойдет трехминутная выдержка времени, в течение которой топка котла освобождается естественной

вентиляцией от взрывоопасных паров топлива. После этого замыкаются контакты *РВТ₂* и *РВТ₁* и повторяется процесс пуска котла.

Если при этом факел не загорается, то с некоторым временным интервалом после замыкания контакта *РВТ₂* произойдет замыкание контакта *РВТ₄*, включающего световую и звуковую аварийную сигнализацию (лампу *ЛК* и звонок *Зв*), и размыкание контакта *РВТ₃*, обесточивающего катушку *КЛ*. Двигатель топливного насоса и вентилятора отключается.

Повторный пуск котла после этого можно произвести лишь нажав кнопку, что возвратит контакты *РВТ₃* и *РВТ₄* в исходное положение.

В схеме необходимо исправить ошибки, указать, как она работала бы в неисправном виде и каким образом можно было бы установить источники неполадок, анализируя ее работу.

Задача 56

Автоматика судового вспомогательного котла КВА-450/2,5

Система автоматики судового жаротрубного котла КВА-450/2,5 (рис. II-56) обеспечивает автоматическое управление питательным насосом и режимом горения.

Питание котла водой осуществляется питательным насосом с приводом от трехфазного асинхронного двигателя *ДПН*, управляемого контактором *КН* и защищенного тепловыми реле *1РТ*. Командные импульсы в схему управления двигателем *ДПН* поступают от трехэлектродного датчика уровня *ИУ*, питаемого напряжением 250 в от вторичной обмотки трансформатора *Трс*.

Система управления питанием котла включается замыканием пакетных выключателей *2ВП* и *3ВП*. Если уровень воды в котле соответствует нормальному режиму работы, то в воду погружены длинный и средний электроды. Под током находится катушка реле *РАУ*, которое размыкает цепь аварийной сигнализации и разрешает своим контактом в цепи контактора *КВ* и реле *1Р* сработать этому реле и пустить двигатель *ДВ* топливного насоса и вентилятора. При этом двигатель *ДПН* вращает питательный насос, так как реле *РУ* обесточено и контактор *КН* находится под током.

При аварийном понижении уровня оголяются все электроды датчика уровня *ИУ* и отпускает реле *РАУ*, включая аварийную сигнализацию (лампу *Л* и звонок *Г*), исключая возможность пуска двигателя *ДВ* своим замыкающим контактом в цепи катушки *КВ* и запрещая срабатывание реле *1Р*.

При чрезмерном повышении уровня воды в котле короткий электрод окажется в воде,

вследствие чего сработает реле *РУ*, выключающее контактор *КН* и таким образом останавливающее питательный насос.

Пуск питательного насоса произойдет после того, как оголится средний электрод датчика *ИУ*, через который блокируется реле *РУ*.

Для включения схемы автоматического управления режимом горения пакетный выключатель *5ВП* переводится в правое положение.

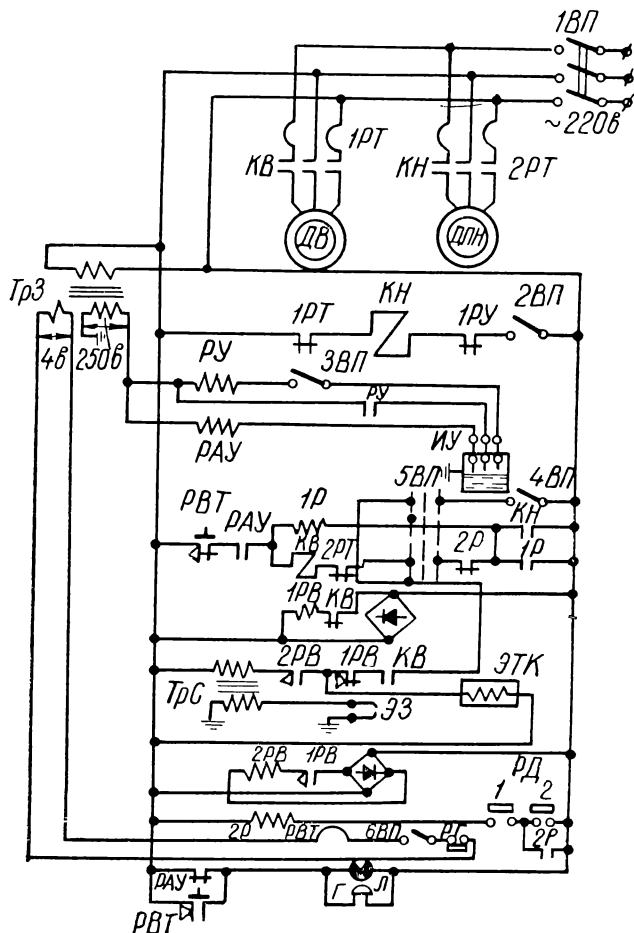


Рис. 11-56.

При замыкании пакетного выключателя *1ВП* срабатывает электромагнитное реле времени *1РВ*, разрывающее цепь питания трансформатора зажигания *ТрЗ* и электромагнита топливного клапана *ЭТК* и образующее цепь питания (от выпрямителя) катушки электромагнитного реле времени *2РВ*, которое замыкает свой контакт в цепи обмотки *ТрЗ*. Если питательный

насос работал перед включением схемы управления горением и уровень воды после этого не падал ниже длинного электрода датчика *ИУ*, то реле *РАУ* и *1Р* находятся под током независимо от того, включен или выключен контактор *КН*.

При достаточно низком давлении в котле разомкнуты оба контакта реле давления *РД*. Поэтому реле *2Р* отключено и контактор *КВ* включает двигатель *ДВ* топливного насоса и вентилятора, обесточивает катушку *1РВ* и подает питание на электромагнит топливного клапана *ЭТК* и трансформатор *ТрЗ*. Обесточенное реле *1РВ* с выдержкой времени включает их в работу.

Одновременно обесточивается катушка *2РВ*, которая с выдержкой времени, необходимой для зажигания факела, снова отключает трансформатор зажигания.

По мере роста давления в котле замыкаются последовательно контакты *1* и *2* реле давления *РД*, после чего срабатывает реле *2Р* и, выключая контактор *КВ*, прекращает подачу топлива в форсунку (обесточивается электромагнит *ЭТК*), выключает топливный насос и вентилятор (обесточивается двигатель *ДВ*) и подготавливает цепи для нового цикла зажигания (получает питание катушки реле времени *1РВ* и *2РВ*).

Реле *2Р* блокирует своим контактом контакт *2* реле давления *РД*, поэтому процесс горения возобновится тогда, когда вследствие падения давления в котле замкнется контакт *1* реле *РД*.

Автоматическая защита от исчезновения факела включается пакетным выключателем *6ВП*. При исчезновении факела охлаждается чувствительный элемент термореле *РГ*, установленный в газоходе котла, контакт *РГ* замыкается и включается нагревательный элемент реле времени *РВТ*. Это реле с выдержкой времени включает аварийную сигнализацию и, обесточивая катушки *КВ* и *1Р*, прекращает горение в топке.

Ручное управление режимом горения осуществляется пакетным выключателем *4ВП* (выключатель *5ВП* при этом должен быть переведен в левое положение). Ручное управление питанием котла может производиться выключателем *2ВП* (*3ВП* должен быть выключен).

Проверив схему, необходимо указать возможные последствия допущенных в ней ошибок.

IV. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ НА ДАЮЩИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК

Задача 57

Индукционный виброметр

Виброметр, индукционный датчик которого изображен на рис. II-57, а, а измерительная схема на рис. II-57, б, предназначен для измерения амплитуды и среднего значения вибраций, а также для регистрации кривой вибраций в частотном диапазоне 20—800 гц.

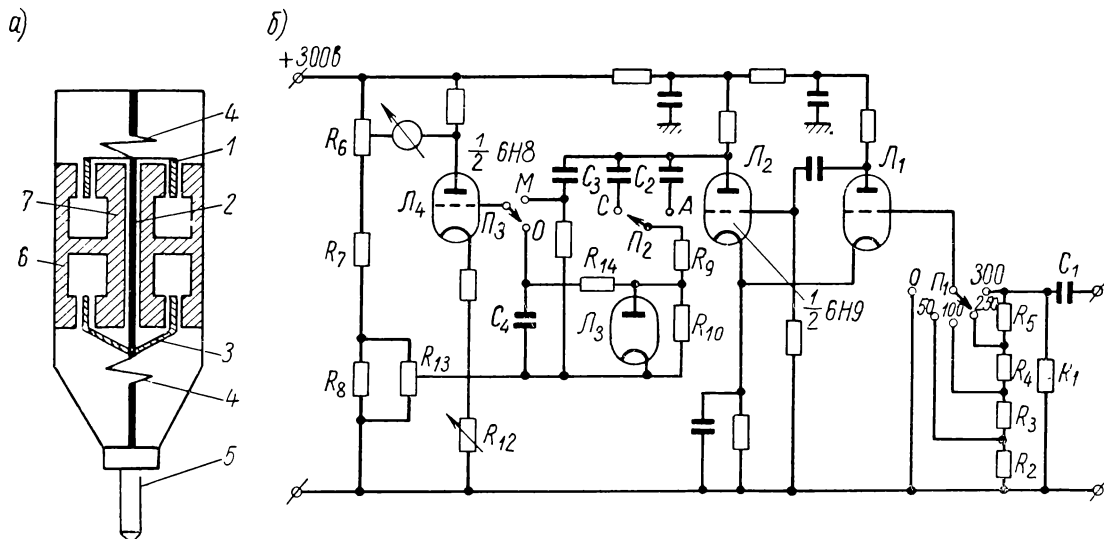


Рис. II-57.

Датчик виброметра устанавливается на вибрирующую поверхность острием наконечника 5, жестко соединенного с корпусом 6 и постоянным магнитом 7, так что корпус и магнит вибрируют вместе с контролируемой поверхностью. Жесткость пружин 4 выбрана так, что цилиндрическая катушка 1, скрепленная стержнем 2 с массой 3, при частотах вибрации выше 20 гц остается практически неподвижной и в ней индуцируется э. д. с., пропорциональная частоте вибрации.

Входная RC-цепь (R_1C_1) построена так, что на вход двухкаскадного усилителя напряжения (лампы Λ_1 и Λ_2) через делитель R_2, R_3, R_4, R_5 поступает сигнал, пропорциональный интегралу э. д. с. катушки 1, т. е. не скорости, а величине смещения при вибрации. Переключатель Π_1 позволяет изменять пределы измерения прибора, который имеет шкалы на 50, 100, 250 и 500 мк двойной амплитуды вибрации.

Сигнал с выхода усилителя напряжения (анода лампы Λ_2) подается в зависимости от положения переключателя Π_3 либо непосред-

ственно на сетку триода Λ_4 , работающего в режиме катодного повторителя, либо через RC-цепи на выпрямитель Λ_3 , а оттуда на сетку лампы Λ_4 .

В первом случае, когда переключатель Π_3 находится в положении «0», между анодом лампы Λ_4 и делителем напряжения R_6, R_7, R_8 включается шлейф осциллографа, регистрирующего кривую вибрации.

Во втором случае на выход прибора вместо осциллографа включается миллиамперметр (переключатель Π_3 при этом переводят в положение «М»). Миллиамперметр может показывать либо амплитуду, либо среднее значение вибраций. Для измерения амплитудных значений переключатель Π_2 необходимо поставить в положение «А», в котором сигнал на выпрямитель будет подаваться через цепочку $C_2R_9R_{10}$ с большой постоянной времени, вследствие чего конденсатор C_2 будет заряжен до максимального отрицательного значения усиленной э. д. с. Емкость конденсатора C_3 такова, что он успевает разряжаться на сопротивления R_9R_{10} . Поэтому для измерения средних значений колебаний переключатель Π_2 следует поставить в положение «С».

Сглаживающий фильтр $R_{12}C_4$ на выходе выпрямителя делает прибор нечувствительным к отдельным нерегулярным толчкам. Чувствительность прибора можно регулировать изменением катодной нагрузки лампы Λ_4 (переменное сопротивление R_{13}), а начальное смещение лампы Λ_4 — делителем R_{14} .

При проверке схемы виброметра следует обратить внимание на правильность маркировки положений переключателей, нанесение обозначений сопротивлений в схеме и правильность соединения входной RC -цепи прибора.

Задача 58

Электронный вольтметр

Наиболее распространенными электронными измерительными приборами являются вольтметры (ламповые, катодные). Они незаменимы при настройке и ремонте электронных усилителей и радиоаппаратуры. Один из вариантов

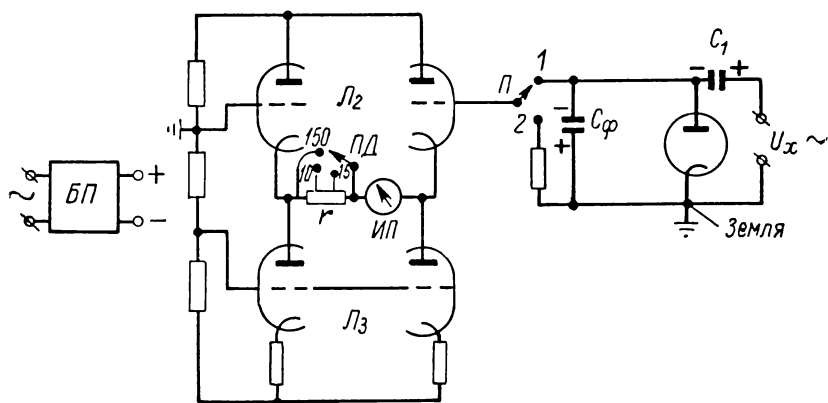


Рис. II-58.

схемы электронного вольтметра представлен на рис. II-58.

Вольтметр универсален: он может использоваться для измерения напряжения как постоянного, так и переменного тока. Измеряемое напряжение постоянного тока подается на клеммы 2 — «Земля», причем переключатель Π ставится в положение 2. Тогда контролируемое напряжение поступает непосредственно на сетку правой половины лампы L_2 электронного блока вольтметра.

Электронный блок собран в виде четырехплечего моста, питающегося от блока питания $БП$. Плечами моста являются лампы L_2 и L_3 . В измерительную диагональ включен микроамперметр $ИП$. Мост сбалансирован при отсутствии сигнала на сетке правой половины L_2 . При этом тока в его измерительной диагонали нет и микроамперметр показывает нуль.

Появление отрицательного сигнала на сетке правой половины лампы вызывает разбаланс моста: внутреннее сопротивление правой половины лампы повышается. Появившийся в диагонали ток, измеряемый микроамперметром $ИП$, является мерой входного сигнала. Последовательно с $ИП$ в диагональ моста

включено сопротивление r со ступенчатой регулировкой для получения нескольких пределов измерения (1,5—150 в).

Для измерения напряжения переменного тока переключатель Π ставится в положение 1, а контролируемое напряжение подается на клеммы $U_{x\sim}$ амплитудного детектора, состоящего из диода L_1 , конденсатора C_1 и сопротивления нагрузки r_n , включенного параллельно диоду.

В проводящий полупериод конденсатор C_1 заряжается до амплитудного значения измеряемого напряжения через малое внутреннее сопротивление открытого диода L_1 , после чего L_1 запирается и начинается разряд конденсатора через сопротивление r_n . Последнее настолько велико, что конденсатор C_1 не успевает разряжаться и напряжение на нем практически (с точностью до 1—2%) остается постоянным и равным амплитудному значению измеряемого напряжения. При этом напряжение на r_n равно сумме $U_{x\sim}$ и амплитудного значения измеряемого напряжения.

Γ -образный фильтр $R_\phi C_\phi$, на который подается напряжение с сопротивлением r_n , построен так, что на вход электронного блока с конденсатора C_ϕ снимается лишь постоянная составляющая сигнала, т. е. напряжение, пропорциональное амплитуде измеряемого напряжения. Таким образом, ток, измеряемый микроамперметром $ИП$, однозначно определяет амплитуду $U_{x\sim}$.

Проверяя схему, необходимо дополнить входную схему вольтметра сопротивлениями r_n и R_ϕ , проверить правильность маркировки положений переключателей Π и $ПД$, а также подать питание на мостовую ламповую схему с зажимов блока питания $БП$.

Задача 59

Радиоактивное реле

Приборы, основанные на измерении интенсивности радиоактивных излучений, нашли в последнее время широкое применение в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и на судах флота для контроля производственных процессов.

В настоящее время отечественной промышленностью серийно выпускаются радиоактивные расходомеры и плотномеры для жидкостей, уровнемеры для баков и бункеров, дефектоскопы и толщиномеры для контроля качества

Значительными преимуществами в схемах автоматического позиционного управления обладают датчики релейного действия, так как они просты в изготовлении и эксплуатации и величина потока радиоактивного излучения (если она превышает порог срабатывания радиоактивного реле) не оказывает существенного влияния на результаты измерения.

являющегося управляющим элементом системы двухпозиционного регулирования некоторой величины y , контролируемой стрелочным прибором 1. На стрелке прибора помещен радиоактивный излучатель 2. Экран 3 размещен так, что при равенстве регулируемой величины номинальному значению ($y = y_n$) поток излучения не воспринимается счетчиками Гейгера I и II и токи в катушках обих реле (1P и 2P) недостаточны для срабатывания.

Проанализировав схему, следует указать на ней номера реле ($1P$ и $2P$), если известно, что при срабатывании реле $1P$ регулирующее воздействие направлено в сторону увеличения, а при срабатывании реле $2P$ — в сторону уменьшения регулируемой величины y , при-

Задача 60

Влажность сыпучих диэлектриков, обладающих объемной гигроскопичностью, можно определить, измеряя диэлектрическую проницаемость этих материалов или емкость конденсатора, между обкладками которого находится испытуемый материал. Обычно для определения влажности материала измеряют емкости пустого конденсатора и конденсатора, заполненного контролируемым веществом.

емкости конденсатора резонансную схему с резким срывом генерации в ламповом генераторе, стабилизированном кварцем.

Генератор собран на индикаторной лампе 6Е5, питающейся от выпрямителя через П-образный фильтр ($C_{\Phi}R_{\Phi}C_{\Phi}$).

Кварц K с собственной частотой колебаний 1 МГц включен в сеточную цепь, а колебательный контур, состоящий из индуктивности L , градуированного (C_r), подгоночного (C_n) и измерительного ($C_{и}$) конденсаторов — в анодную цепь.

Условием возникновения колебаний является равенство частот анодного контура и кварца. При этом за счет сеточных токов в сеточной цепи лампы создается отрицательное смещение, вызывающее резкое падение постоянной составляющей анодного тока, и теневого сектор на экране лампы скачкообразно сужается.

110

кость анодного контура, генерация срывается и теневой сектор расширяется. После этого емкость C_r уменьшают до повторного возникновения генерации. По разности двух отсчетов емкости C_r определяют изменение емкости $C_{и}$ при заполнении конденсатора исследуемым веществом, а значит, и влажность испытуемого материала.

Перевод величин емкости в величины влажности производится по таблицам, составляемым для каждого вида испытуемого материала.

Схему необходимо исправить и дополнить конденсаторами фильтра ($C_{ф}$).

Задача 61

Дистанционный указатель уровня воды в судовом паровом котле

На рис. II-61 показана принципиальная схема дистанционного мембранного указателя уровня воды в барабане котла, в основу которой положен способ измерения, широко применяемый в схемах автоматического регулирования питания судовых паровых котлов.

Указатель обеспечивает возможность непрерывного наблюдения за уровнем воды в барабане судового котла на практически не ограниченном от него расстоянии.

Дистанционный указатель уровня состоит из трех отдельных узлов:

1) датчик дистанционного указателя, включающий измерительное и передающее устройства;

2) датчик ДРМ системы аварийно-предупредительной сигнализации разрыва мембраны измерительного устройства ИУ;

3) указывающее устройство — магнитоэлектрический логометр Л.

Дистанционный мембранный указатель уровня может работать как от отдельного импульсного устройства, так и от общего с регулятором питания котла.

В состав одноимпульсного устройства дистанционного указателя уровня входят:

1) конденсационный сосуд КС, сообщающийся с паровым и водяным пространством барабана котла;

2) чувствительный элемент измерительного устройства — мембрана М, находящаяся под воздействием столба воды, высота которого равна разности уровней воды в конденсационном сосуде и барабане котла; усилие, развиваемое мембраной под действием столба воды, уравновешивается подвешенным к ней грузом и натяжением установочной пружины П.

При изменении уровня воды в барабане котла изменяется высота столба, действующего на мембрану; это приводит к нарушению усло-

вий равновесия на чувствительном элементе М и соответствующему перемещению мембраны в новое равновесное положение.

На конце рычага передающего устройства ПУ, жестко связанного с валиком измерительного устройства ИУ, закреплен ползун (токосъемник) реостатного датчика R_x , подключенного в цепь логометра Л.

Для обеспечения нормального питания логометра в электрическую схему включен двухполупериодный купроксный выпрямитель переменного тока с трансформатором (ВАК-0,5).

Принцип действия указателя основан на строгой зависимости величины сопротивления на входе логометра от положения мембраны, которое определяется уровнем воды в барабане котла.

Дистанционный указатель снабжен системой свето-звуковой аварийно-предупредительной сигнализации, срабатывающей при достижении водой верхнего или нижнего аварийного уровня в барабане котла. Рычаг ПУ нажимает на кнопку соответствующего микровыключателя МК₁ или МК₂, загорается соответствующая лампочка ЛСБ или ЛСК и включается ревун Р; сигнализация срабатывает также при разрыве мембраны измерительного устройства ИУ и при падении напряжения в сети его электропитания.

При разрыве мембраны М в импульсную трубку через сосуд КС попадает горячая вода и биметаллическая пластинка воздействует на микровыключатель ДРМ; при этом загорается лампочка ЛСЖ, включается ревун.

Схемой предусмотрена также возможность автоматического воздействия на быстрозапорный электромагнитный топливный клапан.

Требуется найти и исправить возможные ошибки в схеме и описать их последствия.

Задача 62

Соленомер с температурной компенсацией

Концентрация солей в конденсате котельных установок контролируется приборами (соленомерами), принцип действия которых основан на изменении удельной электропроводности воды в зависимости от концентрации в ней солей.

Датчиком прибора является система двух погруженных в контролируемую воду изолированных друг от друга электродов (цилиндра и стержня, расположенного по оси цилиндра), электрическое сопротивление между которыми R_x измеряется схемой, приведенной на рис. II-62.

Датчик R_x параллельно с сопротивлением R_9 является одним плечом моста, а другими плечами его служат сопротивления R_8 и две

половины автотрансформатора $АТр$, питающегося от стабилизатора напряжения. Сопротивления R_9 и R_8 подобраны так, что при начальном для шкалы прибора значении концентрации мост уравновешен и напряжение на его измерительной диагонали ab равно нулю. Поэтому нулю равно и напряжение в диагонали моста, составленного из сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 и компенсационного сопротивления R_k , включенного последовательно с R_6 (этот мост питается напряжением, снимаемым с диагонали ab).

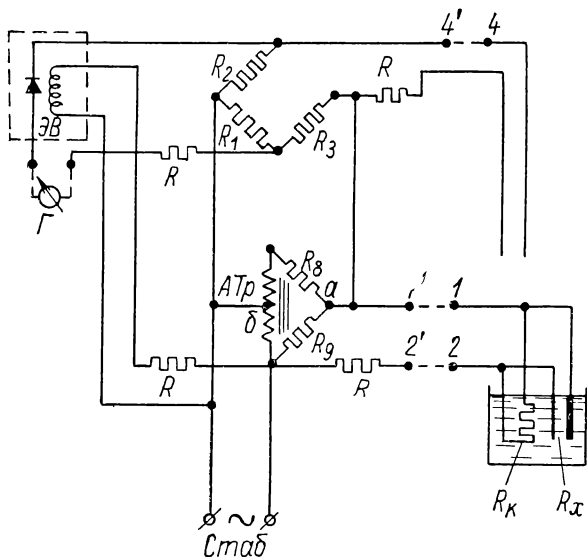


Рис. II-62.

Магнитоэлектрический прибор Γ , включенный в измерительную диагональ моста $R_k R_1 R_2 R_3$ через электромагнитный выпрямитель $\mathcal{E}B$ и регулировочное ограничительное сопротивление R_4 , покажет нуль тока. Начальный разбаланс моста $R_k R_1 R_2 R_3$ выбран так, что ложный разбаланс моста $R_8 R_9 R_x$ $АТр$ вследствие колебаний температуры воды (а не ее «солености») будет компенсироваться дополнительным разбалансом моста $R_k R_1 R_2 R_3$, вызванным температурными изменениями сопротивления R_k , помещенного в тот же сосуд, что и электроды, и таким образом при колебаниях температуры ток в цепи прибора Γ изменяться не будет.

Изменения же концентрации соли в конденсате, не оказывая влияния на сопротивление R_k , т. е. не изменяя начального разбаланса моста компенсации, приведут к разбалансу измерительного моста с автотрансформатором, вследствие чего на диагонали ab появится сигнал разбаланса, который вызовет в измерительной диагонали разбалансированного моста компен-

сации ток, пропорциональный сигналу разбаланса на диагонали ab . Этот ток, измеренный прибором Γ , характеризует концентрацию солей в конденсате.

Сопротивление R_5 в схеме ограничивает ток в цепи вибрационного выпрямителя $\mathcal{E}B$, питающегося от того же стабилизатора напряжения, что и автотрансформатор $АТр$. Сопротивление R_7 служит для подгонки сопротивления линий $1'-1$ и $2-2'$ до величины, при которой производилась градуировка прибора.

Требуется внести исправления в измерительную схему прибора и указать на ней опущенные индексы некоторых сопротивлений.

Задача 63

Емкостный уровнемер

Емкостный уровнемер используется для контроля уровня жидкости, диэлектрическая проницаемость которой отличается от диэлектрической проницаемости воздуха.

Датчиком уровнемера (рис. II-63) является батарея включенных параллельно конденсаторов, составленных из коаксиальных полых цилиндров, установленных так, что их общая ось параллельна оси контролируемого бака. Емкость батареи конденсаторов определяется высотой затопления цилиндров жидкостью, а следовательно, уровнем жидкости в контролируемом баке.

Для измерения неизвестной емкости используется автоматический компенсатор токов.

Измерительная схема компенсатора питается от трансформатора $Тр$ с секционированной вторичной обмоткой. Между заземленной средней точкой трансформатора и общей точкой A емкостного датчика C_x и образцового конденсатора C_N , соединенных последовательно, включено сопротивление утечки первого каскада усилителя R_1 .

Таким образом, ток в R_1 , а значит и напряжение на входе усилителя, пропорционально разности токов, протекающих через емкостный датчик C_x и конденсатор C_N . Это напряжение, усиленное двумя каскадами усиления напряжения (12АТ7) и одним каскадом усиления мощности (6АQ5), подается на управляющую обмотку реверсивного двухфазного асинхронного двигателя D , перемещающего движок реохорда R до исчезновения тока в сопротивлении R_1 , т. е. до достижения равенства токов в цепях конденсаторов C_N и C_x . Положение движка реохорда R является мерой емкости конденсатора C_x , а значит, и измеряемого уровня жидкости в баке.

Анодное питание электронная схема прибора получает от первичной обмотки трансфор-

матора Tr через однополупериодный выпрямитель.

Сопровождающие r_1 и r_2 , питающиеся от левой и правой крайних секций вторичной обмотки трансформатора Tr , служат для подгонки начала и конца шкалы: изменением положения движка потенциометра r_1 добиваются нулевого положения стрелки прибора при пустом баке, а движком потенциометра r_2 регулируют равновесие прибора в конце шкалы при полностью заполненном баке.

В схеме необходимо:

1) поставить наименование потенциометров r_1 и r_2 , если началу шкалы соответствует

Для обеспечения необходимой точности передачи в приборе применена сельсинная связь с электромашинным усилением момента. Схема такого устройства показана на рис. II-64, а.

Принцип работы системы передачи данных измерения заключается в следующем: сельсин-датчик *М-1* возбуждается со стороны трехфазной обмотки статора. Однофазная обмотка ротора соединена с одной из обмоток двухфазного асинхронного двигателя *М-2*. Вторая обмотка двигателя питается от такого же сельсина *М-3*, ротор которого через редуктор кинематически соединен с двигателем *М-2*. Если фазы напряжений обеих обмоток двига-

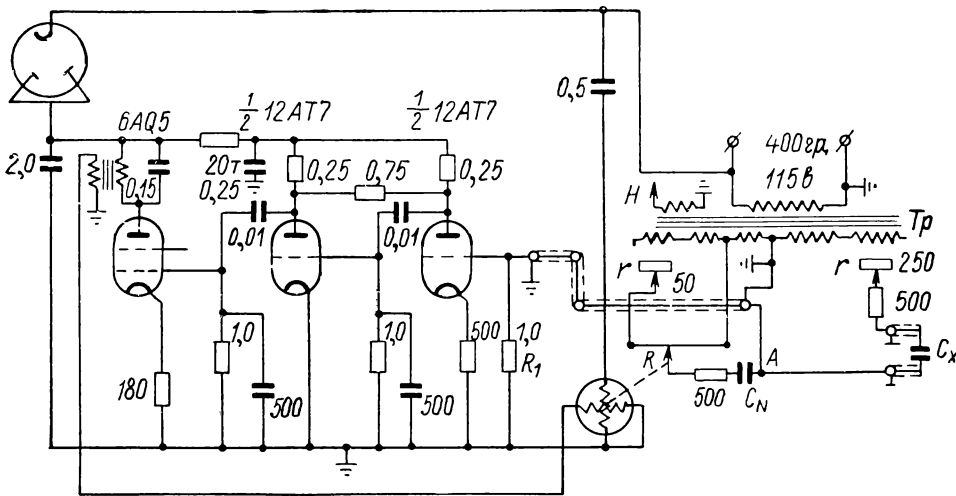


Рис. II-63.

крайнее левое, а концу шкалы — крайнее правое положение движка реохорда R ;

2) нанести на схему подсоединения потенциометров r_1 и r_2 к секциям вторичной обмотки трансформатора Tr ;

3) устранить в схеме электронного усилителя ошибку, вследствие которой сигнал не проходит ни через один из каскадов усилителя.

Задача 64

Измерение разности уровней в шлюзовых сооружениях

Водомерное устройство для шлюзов позволяет измерять напор воды и сигнализирует об уровне нижнего и верхнего бьефов и камеры. Кроме того, оно сигнализирует о разности уровней между камерой и каждым из бьефов.

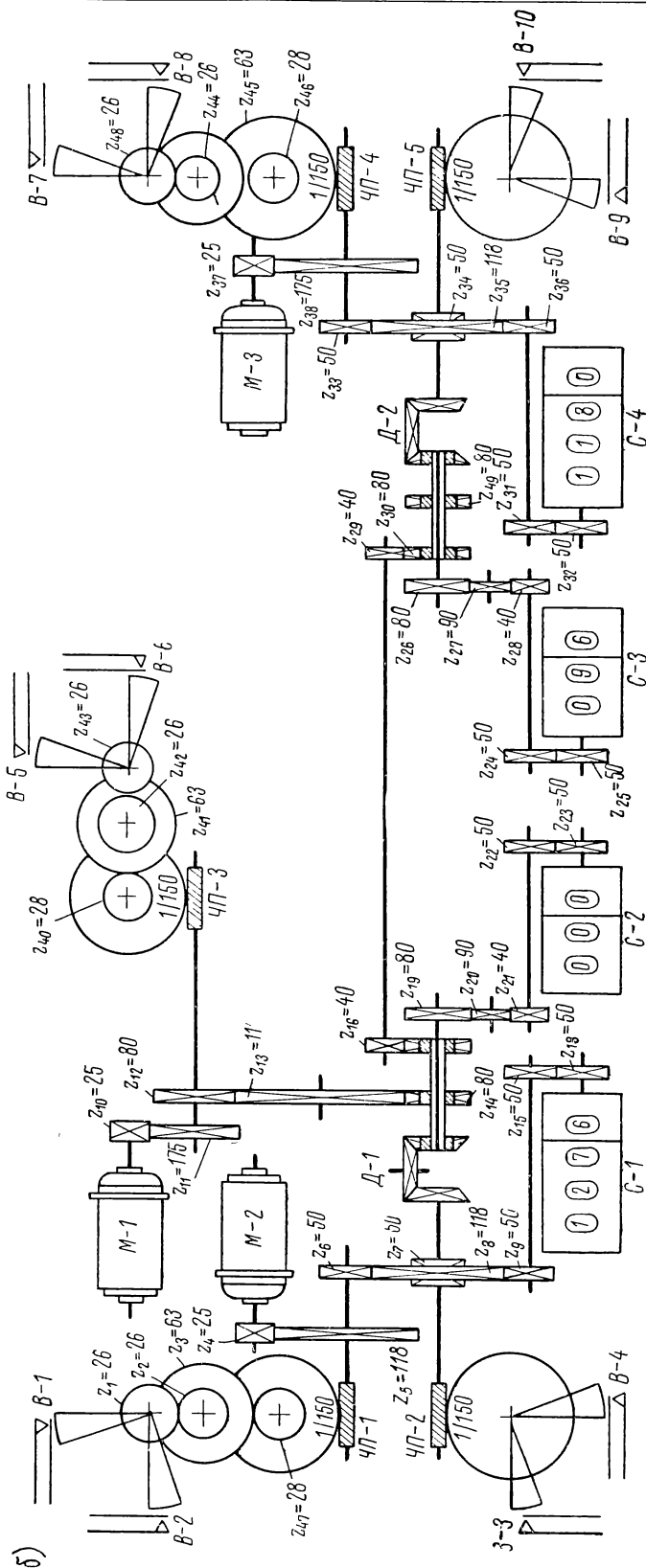
Передача необходимой информации об уровнях верхнего и нижнего бьефов, а также о разности уровней осуществляется посредством синхронной передачи на сельсинах.

теля, т. е. положения роторов обоих сельсинов, совпадают, момент двигателя равен нулю и ротор его неподвижен.

Всякое нарушение положения ротора-датчика *М-1* относительно статора сельсина *М-3* вызывает появление вращающего момента на валу двигателя *М-2*. Двигатель начинает вращаться со значительной скоростью, приводит в движение исполнительный механизм прибора и вместе с ним ротор сельсина *М-3*. Вращение будет продолжаться до тех пор, пока ось ротора сельсина *М-3* не совпадет с новым положением ротора датчика *М-1*. Благодаря наличию понижающего редуктора момент на выходе сельсина *М-3* велик, что обеспечивает высокую точность передачи измеряемой величины при значительных нагрузках на входе водомерного прибора.

Кинематическая схема водомерного прибора представлена на рис. II-64, б.

В одном корпусе прибора конструктивно объединены приемные устройства для измерения верхнего и нижнего бьефов, а также двух



115

разностей уровней — напоров на верхние и нижние ворота. В прибор вмонтированы три двигателя и три сельсина¹ — по одному для верхнего и нижнего бьефов и камеры.

Исполнительный двигатель $M-2$ с соответствующим сельсином обеспечивает ввод измеряемой величины уровня верхнего бьефа. Движение от вала двигателя $M-2$ через зубчатую передачу z_4, z_5 , червячную передачу $ЧП-1$ и шестерни z_{47}, z_3, z_2 и z_1 передается на ось следящего сельсина и кулачки; последние управляют положением контактов уровня верхнего бьефа $B-1$ и $B-2$. Кроме того, с осью шестеренки z_5 жестко связана шестеренка z_6 , которая через z_8, z_9, z_{15} и z_{18} передает движение на счетчик верхнего бьефа $C-1$. Движение от шестеренки z_8 через червячную передачу $ЧП-2$ передается на управляющие кулачки, которые при своем вращении замыкают контакты разности уровней верхнего бьефа и камеры $B-3$ и $B-4$. Одновременно с этим движение от z_8 передается на левую шестеренку дифференциала $D-1$.

Исполнительный двигатель $M-3$ со своим сельсином обеспечивает ввод измеряемой величины нижнего бьефа.

Движение от двигателя $M-3$ передается по аналогичным кинематическим цепям. При этом приводятся в движение ротор следящего сельсина и кулачки контактов $B-7$ и $B-8$ уровня нижнего бьефа (через $z_{37}, z_{38}, ЧП-4, z_{45}, z_{44}, z_{48}$). Движение двигателя от z_{38} через z_{33} передается на шестеренку z_{34} . Последняя приводит во вращение счетчик нижнего бьефа $C-4$ (через z_{36}, z_{31}, z_{32}), кулачки контактов $B-9, B-10$ разности уровней камеры и нижнего бьефа и правую шестеренку дифференциала $D-2$.

Исполнительный двигатель $M-1$ с соответствующим сельсином предназначен для ввода измеряемой величины уровня камеры. Его движение через шестеренки $z_{10}, z_{11}, z_{12}, ЧП-3, z_{40}, z_{41}, z_{42}, z_{43}$ передается ротору следящего сельсина и контактам уровня камеры $B-5, B-6$. От шестеренки z_{12} движение соответственно передается правой и левой шестеренкам дифференциалов $D-1$ (через z_{13}, z_{14}) и $D-2$ (через $z_{17}, z_{16}, z_{29}, z_{30}$).

Механические дифференциалы $D-1$ и $D-2$ получают движение от приемного устройства уровня камеры и одного из приемных устройств уровня бьефа. Выходная ось каждого из дифференциалов занимает угловое положение, пропорциональное алгебраической сумме угловых положений обоих сельсинов, т. е. при соответствующем выборе направления вращения — пропорциональное разности уровней. Выход-

ная ось дифференциала $D-1$ через редуктор $z_{19}, z_{20}, z_{21}, z_{22}, z_{23}$ связана со счетчиком напора $C-2$, а выходная ось дифференциала $D-2$ — со счетчиком напора $C-3$ (через редуктор $z_{26}, z_{27}, z_{28}, z_{24}, z_{25}$).

Как видно из рис. II-64, б, на каждом из пяти измерительных элементов установлены по два независимо регулируемых выключателя, предназначенных для включения цепей автоматики и сигнализации шлюза. При настройке прибора кулачки выключателей могут быть повернуты и установлены в соответствии с необходимой последовательностью замыкания контактов выключателей.

Необходимо обнаружить ошибку в схеме на рис. II-64, б и исправить ее, разработать схему световой сигнализации и объяснить назначение зубчатой шестерни z_{49} .

Задача 65

Дифференциально-трансформаторная измерительная схема с автоматическим уравниванием

Для измерения широкого класса физических величин, которые могут быть преобразованы в поступательное перемещение плунжера, применяются дифференциально-трансформаторные измерительные схемы (рис. II-65).

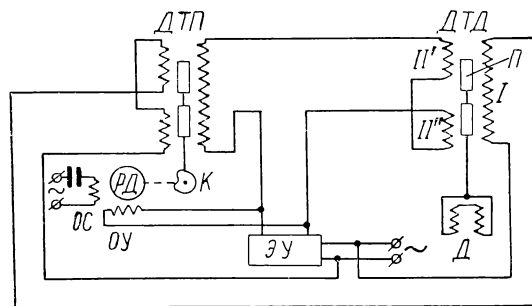


Рис. II-65.

Измерительная схема состоит из двух дифференциальных трансформаторов: датчика $ДТД$ и приемника $ДТП$. Плунжер $П$ трансформатора-датчика механически связан с датчиком $Д$ контролируемой величины. При перемещении плунжера изменяются коэффициенты трансформации между первичной обмоткой I и вторичными обмотками II' и II'' : перемещение плунжера вверх вызывает увеличение э. д. с. обмотки II' и уменьшение э. д. с. обмотки II'' , перемещение вниз — уменьшение э. д. с. обмотки II' и увеличение э. д. с. обмотки II'' . Последние включены встречно, поэтому при смещении плунжера из среднего положения на выходе дифференциального трансформатора

¹ Сельсины на схеме рис. II-64, б не показаны.

ДТД появится сигнал переменного тока, равный разности э. д. с. вторичных обмоток.

Этот сигнал по амплитуде будет пропорционален смещению плунжера П от среднего положения, при котором э. д. с. вторичных обмоток равны. Фаза сигнала определит направление этого смещения.

Обмотки трансформаторов ДТП и ДТД аналогичны, а первичные обмотки их, соединенные последовательно, обтекает один и тот же ток от источника сетевого напряжения. Поэтому сигналы на выходах трансформаторов ДТП и ДТД равны при одинаковых смещениях плунжеров в одну и ту же сторону от средних положений.

Вторичные обмотки обоих трансформаторов включены встречно друг другу, так что на вход электронного усилителя ЭУ подается разность выходных напряжений трансформаторов, а реверсивный двигатель РД, управляющая обмотка которого ОУ включена на выход усилителя ЭУ, с помощью кулачка К перемещает плунжер трансформатора ДТП в положение равенства напряжений, индуктируемых во вторичных обмотках ДТП и ДТД. Одновременно переместятся показывающие и регистрирующие устройства, связанные с валом двигателя РД.

Таким образом, каждому положению плунжера трансформатора ДТД соответствует определенное положение плунжера (а следовательно, и указывающего устройства) трансформатора ДТП.

В схеме допущена грубая ошибка, которая должна быть исправлена.

Задача 66

Автоматический компенсатор (потенциометр)

Компенсационный метод является наиболее точным методом измерения э. д. с. Широкое применение он нашел, в частности, при измерении э. д. с. термопар, используемых для контроля высоких температур, в том числе и для автоматического контроля температур в топках судовых котельных установок.

Измеряемая э. д. с. термопары ТП компенсируется напряжением, снимаемым с измерительной диагонали неуравновешенного моста, питающегося от измерительного сухого элемента E_x (рис. II-66). Плечами мостовой схемы служат сопротивления R_K , R_M , R_6 , R_N и части сопротивления реохорда R , параллельно которому включены подгоночные сопротивления $R_{ш}$ и $R_{п}$. Сопротивление R_M используется для компенсации нестабильности температуры свободных концов термопары, R_K — для контроля тока в реохорде, а R_M , R_N и R_6 — для подгонки пределов измерения потенциометра.

Напряжение, снимаемое с точек ab (измерительной диагонали компенсатора), зависит от соотношения долей реохорда R , включенных в смежные плечи моста (т. е. от положения движка a), и от величины рабочего тока в реохорде.

При постоянной величине рабочего тока положение движка a однозначно определяет напряжение, снимаемое с диагонали ab .

Когда переключатель K находится в верхнем положении, на вход электронного усилителя ЭУ через вибропреобразователь ВП подается разность э. д. с. термопары и напряже-

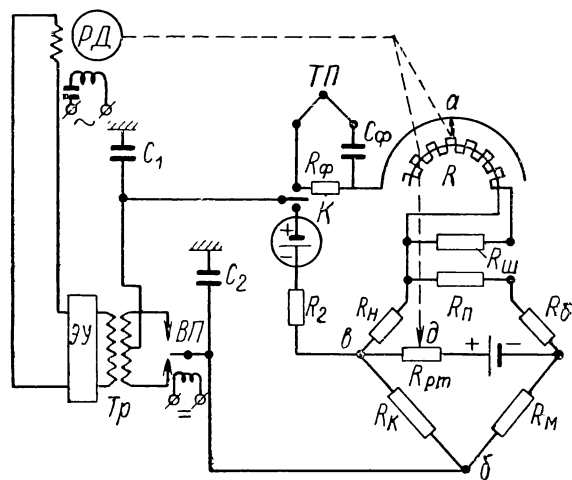


Рис. II-66.

ния, снимаемого с диагонали ab . Усиленная усилителем, эта разность поступает на обмотку управления ОУ асинхронного двухфазного реверсивного двигателя, который перемещает движок a до тех пор, пока э. д. с. термопары не будет скомпенсирована напряжением ab и сигнал на входе электронного усилителя не станет равным нулю.

Стрелка прибора, связанная с валом двигателя РД, указывает на шкале прибора компенсируемую э. д. с. термопары или измеряемую температуру.

Для исключения влияния наводок переменного тока на показания прибора термопара ТП включена в измерительную схему через фильтр $R_{ф}C_{ф}$, пропускающий на вход прибора постоянную составляющую напряжения. Дополнительная фильтрация наводок осуществляется на входе электронного усилителя ЭУ заземленными конденсаторами C_1 и C_2 .

Вибропреобразователь ВП, коммутирующий с частотой сети выход измерительной схемы то с верхним, то с нижним концом первичной обмотки входного трансформатора Тр, преобразует разбаланс постоянного тока во входной

сигнал переменного тока, что позволяет использовать в приборе электронный усилитель переменного тока вместо нестабильных усилителей постоянного тока. Катушка возбуждения вибропреобразователя питается от сети переменного тока. Сетевая обмотка $ОС$ двигателя $РД$ также подсоединена к сети переменного тока через фазосдвигающий конденсатор.

Для исключения влияния нестабильности э. д. с. сухой батареи E_n на точность измерения в приборе предусмотрена система полуавтоматической стабилизации рабочего тока.

Включение этой системы осуществляется нажатием кнопки нормализации, находящейся на крышке прибора. При этом переключатель K переводится в нижнее положение, а вал двигателя $РД$ отсоединяется от движка a реохорда R и сцепляется с движком $д$ реостата $R_{рт}$. На вход электронного усилителя в этом случае подается разность э. д. с. нормальной батареи E_n и падения напряжения на R_k от сухой батареи E_n , так как E_n оказывается включенной через сопротивление R_2 последовательно с участком $вб$ измерительной схемы. Двигатель $РД$, перемещая движок $д$, вводит или выводит реостат $R_{рт}$. Таким образом, изменяется сопротивление, включенное последовательно с батареей E_n , до тех пор, пока не установится номинальное значение рабочего тока, при котором батарея E_n будет скомпенсирована напряжением, снимаемым с участка $вб$.

В схеме необходимо устранить ошибки, вызвавшие следующие неполадки в работе прибора:

- 1) сигнал термопары $ТП$ не проходит на вход усилителя;
- 2) перемещение движка a не изменяет напряжения, снимаемого с участка $аб$, т. е. не действует схема компенсации;
- 3) не действует схема установки рабочего тока, так как напряжение, снимаемое с участка $вб$, не зависит от положения движка $д$;
- 4) не происходит вибрация контакта вибропреобразователя $ВП$.

Кроме того, на схеме следует обозначить сетевую и управляющую обмотки двигателя $РД$ и батареи (измерительную и нормальную).

Задача 67

Гидромеханический лаг

Данная электрическая схема (рис. II-67) позволяет преобразовать скорость вращения

вертушки лага в показания приборов, регистрирующих скорость судна и пройденное им расстояние.

Вертушка 6 лага устанавливается по оси двух concentрических трубок. Через направленное против хода судна отверстие 1 вода по внутренней трубке подводится к вертушке,

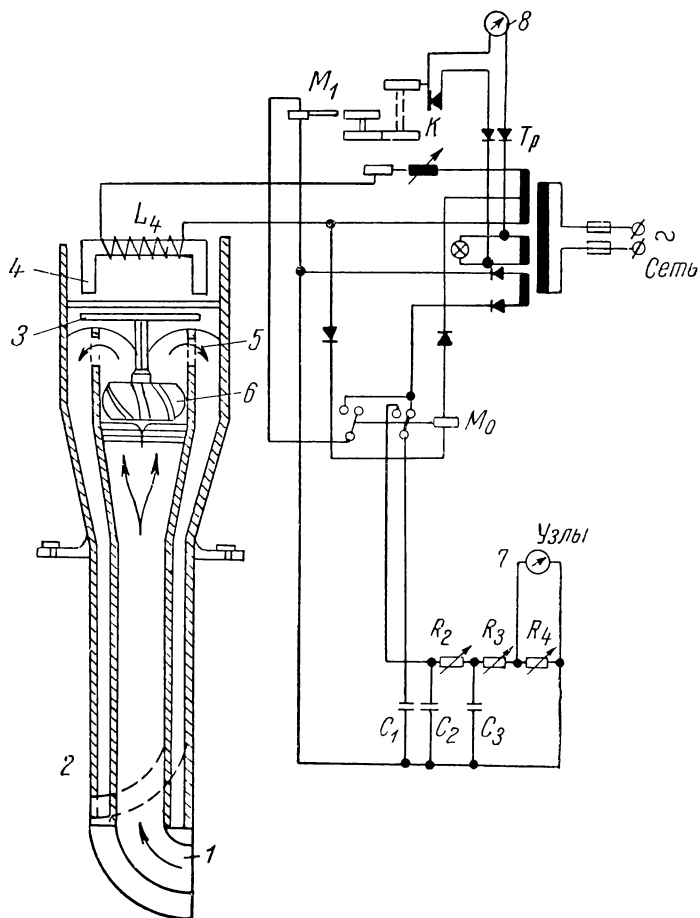


Рис. II-67.

перетекает в наружную трубу через регулируемые отверстия 5 и выбрасывается наружу через отверстие 2.

Скорость вращения вертушки и жестко соединенного с ней железного сердечника 3 пропорциональна скорости судна. Поэтому частота изменений индуктивного сопротивления катушки L_4 , надетой на неподвижный сердечник 4, также пропорциональна скорости судна.

Катушка реле M_0 включена в измерительную диагональ моста, плечами которого являются две половины верхней вторичной обмотки трансформатора Tr , катушка L_4 и подстроечные переменные активные (R_n) и индуктивные (L_n) сопротивления.

Параметры R_{π} и L_{π} подбираются так, что мостовая схема уравновешена при стоянке судна.

Во время хода судна частота пульсаций выпрямленного тока в диагонали моста, а следовательно, и частота срабатываний реле M_0 , равна удвоенной частоте колебаний индуктивности катушки L_4 , т. е. пропорциональна скорости хода судна. При каждом срабатывании реле M_0 включаются цепи заряда конденсатора C_1 и срабатывания реле M_1 , а при каждом отпуске реле M_0 конденсатор C_1 разряжается на RC -цепь, составленную из конденсаторов C_1 , C_2 и сопротивлений R_2 , R_3 и R_4 . Постоянная времени RC -цепи подобрана так, что показания прибора 7, измеряющего падение напряжения на сопротивлении R_4 , пропорциональны скорости судна.

Якорь реле M_1 связан кинематической передачей с контактом K в цепи счетчика импульсов тока 8, так что показания счетчика пропорциональны числу срабатываний реле M_1 , а следовательно, и числу оборотов вертушки 6, т. е. пройденному судном расстоянию.

При стендовой проверке прибора, смонтированного по приведенной схеме, обнаружилось, что реле M_0 , сработав при включении прибора, не обесточивается. Этот дефект прибора, вызванный ошибкой в схеме, был исправлен, после чего показания прибора 7 соответствовали скорости судна, однако прибор 8 не производил счета импульсов. И этот дефект прибора был вызван ошибкой, допущенной при вычерчивании схемы.

Требуется исправить в схеме ошибки, вызвавшие указанные неполадки в работе прибора.

Задача 68

Датчик контроля уровня жидкого металла (типа ИУ-3)

Датчик контроля уровня типа ИУ-3 применяется для проверки уровня жидкого металла в кристаллизаторе.

Действие датчика основано на различном поглощении γ -излучений в пустом и заполненном контролируемым металлом резервуаре.

На рис. II-68 представлена принципиальная схема датчика. В датчик входят: источник γ -излучений (на схеме не показан), приемник, блок питания, электронный блок и стрелочный

милливольтметр. Источником γ -излучений является кобальтовая проволока длиной примерно 150 мм, расположенная вертикально.

Приемник радиоактивного излучения — гадолиновый счетчик типа СТС-8, расположенный вертикально.

Питание датчик получает от сети переменного тока через трансформатор Tr . Вторичная обмотка трансформатора через стабилизированный выпрямитель соединена со стабиловольтами (3 шт.).

Измерительная схема прибора представляет собой неравновесный мост, двумя плечами которого являются две половины двойного триода. Сигнал с диагонали подается на вход

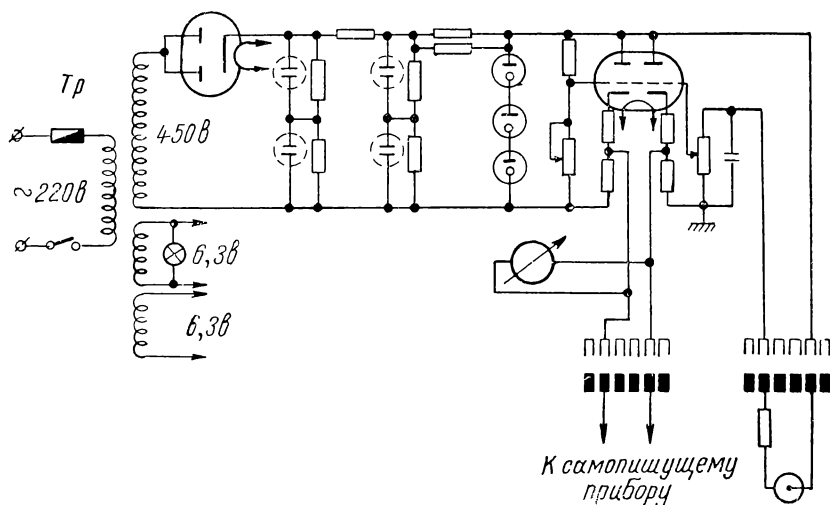


Рис. II-68.

милливольтметра и самопишущего прибора. При изменении уровня металла изменяется интенсивность облучения приемника, вследствие чего изменяется и сигнал разбаланса мостовой схемы. Прибор для автоматической записи (потенциометр типа ЭПП-09) может быть использован в качестве линейного датчика в системе автоматического регулирования, так как зависимость среднего тока датчика от уровня металла линейная.

Требуется найти и исправить возможную ошибку в схеме, описать ее последствия, а также обозначить на схеме основные узлы датчика в соответствии с его описанием.

Задача 69

Индукционный датчик момента вращения

Индукционный датчик момента вращения применяется для измерения крутящего момента на объектах с жесткими валами и ограниченной

базой измерения в тяжелых температурных условиях.

На рис. II-69 представлена принципиальная схема индукционного датчика момента

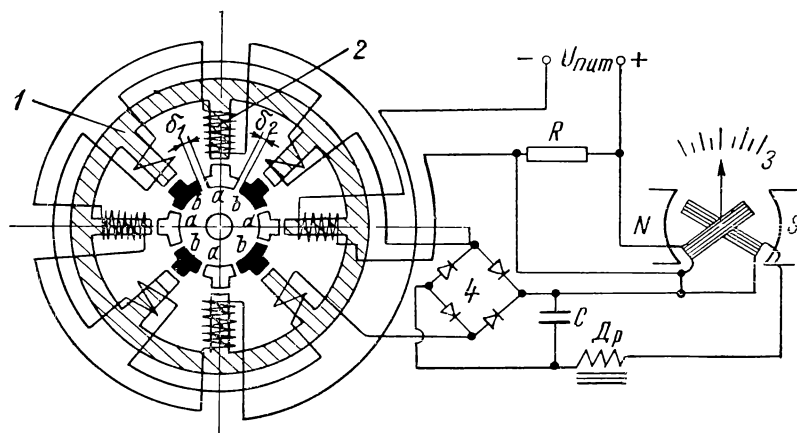


Рис. II-69.

вращения. Основные детали датчика — подвижная и неподвижная части магнитопровода; магнитопровод состоит из ядра 1 с полюсными наконечниками (на которых расположены катушки с измерительной обмоткой и обмоткой возбуждения 2) и полюсами (а, б), скрепленными с концами упругого вала. В схеме имеется

логометр 3, выпрямительный мост 4, Г-образный фильтр, состоящий из конденсатора С и дросселя Др, и сопротивление R. Обмотка возбуждения питается от сети постоянного тока.

Датчик насаживается на упругий вал. От источника питания $U_{\text{пит}}$ (—) ток попадает в обмотку возбуждения; другой конец обмотки через сопротивление R также соединен с источником питания $U_{\text{пит}}$ (+).

Токи с измерительных обмоток проходят через выпрямительный мост 4 и Г-образный фильтр к логометру. Применение в данной схеме логометра обеспечивает независимость показаний от $U_{\text{пит}}$.

При скручивании упругого вала изменяются величины зазоров δ_1 и δ_2 и, следовательно, величина магнитного потока, проходящего через измерительные обмотки.

При вращении вала в измерительных обмотках наводится э. д. с., характеризующая передаваемый крутящий момент. Датчик дает среднее значение этого момента.

Требуется найти и исправить ошибки в схеме и описать их последствия.

V. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ НА АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ

Задача 70

Электрогидравлический регулятор температуры для судового утилизационного котла

Приведенная на рис. II-70 принципиальная схема электрогидравлического регулятора температуры воды в судовом утилизационном котле разработана Ленинградским институтом водного транспорта.

Датчиками двухпозиционного регулятора являются два реле температуры типа ТР-200, одно из которых настроено так, что его контакт 1РТ замкнут при температуре, меньшей нижнего допустимого предела, и разомкнут при более высокой температуре. Контакт 2РТ другого реле размыкается при повышении температуры выше верхней допустимой границы и замкнут при более низких ее значениях.

При понижении температуры ниже зоны нечувствительности регулятора замыкается контакт 1РТ, вследствие чего срабатывает и становится на блокировку через контакт 2РТ

(который при низких температурах также замкнут) реле Р, разрывая цепь питания желтой лампы ЛЖ и замыкая цепь питания электромагнита 1 и зеленой лампы ЛЗ. Электромагнит притягивает вверх свой якорь 2 и перемещает золотник гидравлического усилителя 3 так, что жидкость заставляет двигаться поршень сервомотора 4 в направлении переброски клапана 5 в положение, при котором газовый поток устремляется в котел. Повышение температуры воды в котле вызывает вначале размыкание контакта 1РТ, но реле Р при этом остается под током, заблокированное своим контактом через замкнутый контакт 2РТ.

Только при чрезмерном повышении температуры разомкнется контакт 2РТ и обесточится реле Р, которое снимет питание с электромагнита 1. Пружина 6 вернет золотник в нижнее положение, и газовый клапан 5 отсечет газовый поток от котла. При этом погаснет зеленая и загорится желтая сигнальная лампа. Вода в котле начнет остывать. При остывании

замкнется сначала контакт $2PT$, подготавливая цепь блокировки реле P , а затем, вследствие дальнейшего падения температуры в котле, контакт $1PT$, после чего сработает реле P .

Далее снова повторится цикл двухпозиционного регулирования.

Точность регулирования температуры двухпозиционным регулятором определяется шириной зоны нечувствительности, которая зависит от разности температур замыкания контактов $1PT$ и $2PT$. Границей сужения зоны нечувствительности регулятора (т. е. повышения точности регулирования) является граница

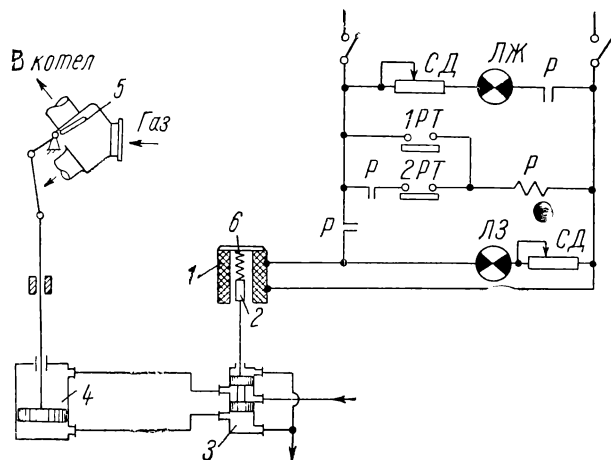


Рис. II-70.

устойчивости системы регулирования, которая определяется динамическими свойствами котла и регулятора.

При соблюдении условий динамической устойчивости системы регулирования характер работы регулятора обуславливается правильностью соединения контактной схемы и импульсных линий гидропривода.

При включении регулятора в работу по приведенной схеме обнаружилось следующее: 1) обе сигнальные лампы (и зеленая и желтая) гаснут и зажигаются одновременно; 2) регулятор не «исправляет» отклонений температуры от заданной, а, наоборот, усугубляет их, вызывая или резкие падения, или резкие повышения температуры аperiодического характера.

Требуется обнаружить по схеме причины обеих неисправностей.

Задача 71

Двухпозиционный двухимпульсный регулятор температуры воды для вспомогательного котла дизель-электрохода

Датчиками системы автоматического регулирования вспомогательного котла дизель-электрохода (рис. II-71) являются два термоби-

металлических реле, одно из которых (реле температуры PT) установлено в водном пространстве котла, а другое (реле горения PG) — в дымовой камере.

Перед пуском котла температура воды в нем и газов в дымовой трубе низкая, поэтому контакты реле PT и PG замкнуты и при замыкании выключателя B срабатывает реле $2P$, подавая питание на реле $1P$ и трансформатор зажигания Tr_3 .

На электродах запального устройства ЭЗ при включении трансформатора зажигания Tr_3 возникает искра; реле $1P$, сработав и заблокировавшись, подает напряжение на двигатель топливного насоса форсунки ДФ; к форсунке поступает топливо, и котел начинает работать.

Когда температура отходящих газов достигает заданного значения, размыкается контакт реле горения PG . При этом выключается запальное устройство, но подача топлива в форсунку продолжается, так как реле $1P$ заблокировано своим контактом и не обесточивается при разрыве замыкающего контакта $2P$. Катушка реле $1P$ обесточится, и подача топлива прекратится после того, как температура воды в котле достигнет заданного значения и разомкнется контакт реле PT .

После выключения запального устройства температура отходящих газов начинает падать. При снижении ее до установленного значения контакт реле PG снова замкнется, подготавливая запальное устройство к новому циклу зажигания.

После прекращения горения в топке температура воды в котле начнет снижаться; по достижении нижнего регулируемого предела температуры в котле замкнется контакт реле PT , включатся зажигание и топливный насос и возобновится цикл горения.

Таким образом, система регулирования построена по двухпозиционному принципу с использованием двух импульсов: по изменению температуры в котле и по изменению температуры отходящих газов.

Система автоматического регулирования снабжена схемой защиты котла при погасании факела. Когда факел гаснет, температура отходящих газов понижается, и это вызывает за-

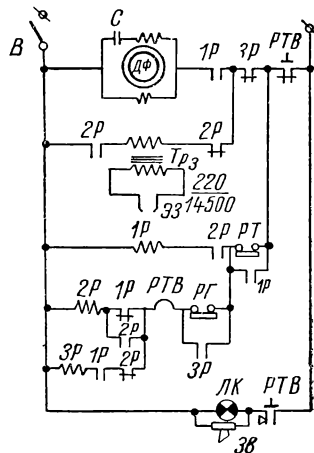


Рис. II-71.

мыкание контакта $РГ$. В случае, если к этому времени реле $1Р$ еще не будет обесточено и топливо будет продолжать поступать в форсунку, сработает реле $ЗР$, которое выключит привод насоса форсунки и зажигание.

Если по какой-либо причине реле *РГ* не выключит зажигание после того, как зажжется форсунка, под током окажется тепловое реле *РТВ*, которое по истечении определенного времени разомкнет цепь зажигания и привода топливного насоса.

Схема, собранная в соответствии с рис. II-71, не обеспечивала при своем включении зажигания запального устройства, а двигатель форсунки ДФ отключался при достижении заданного значения температуры отходящих газов, а не температуры в котле.

Необходимо обнаружить по схеме причины неправильной работы регулятора и устранить их.

З а д а ч а 72

Пропорциональный (статический) регулятор температуры воды в утилизационном котле

Температура горячей воды в утилизационном котле регулируется воздействием на заслонку, управляющую подачей газов на обогрев котла.

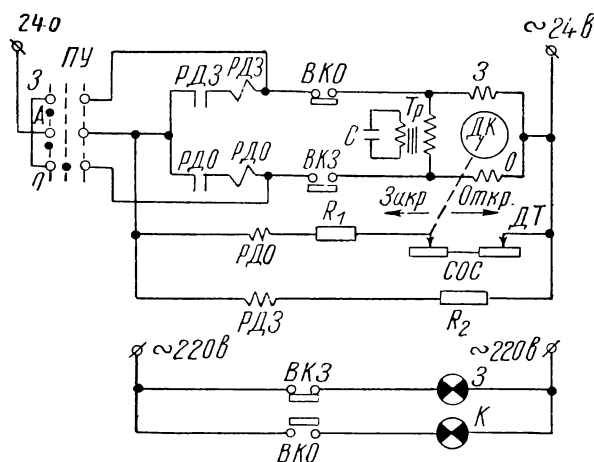


Рис. II-72.

Датчиком температуры воды в котле служит манометрический термометр, чувствительный элемент которого связан механической рычажной передачей с реостатом $ДТ$ так, что сопротивление $ДТ$ пропорционально контролируемой температуре.

Исполнительным механизмом в системе автоматического регулирования температуры (рис. II-72) является асинхронный реверсивный конденсаторный электродвигатель (конденсатор C подключен к цепи статора двигателя че-

рез трансформатор Tp), вал которого через редуктор связан с газовой заслонкой и движком реостата обратной связи $СОС$. Двигатель имеет две обмотки управления (O и $З$), каждая из которых соответствует определенному направлению вращения двигателя (O — открытие газового клапана, $З$ — закрытие). Напряжение на обмотки управления может быть подано переключением ключа $ПУ$ в положение «Открыто» (питание получает обмотка O) или «Закрыто» (напряжение подается на обмотку $З$). При установке ключа в положение «Автомат» напряжение на обмотки управления двигателя подают контакты $РДЗ$ и $РДО$ дифференциального реле, имеющего четыре обмотки: две из них управляют направлением срабатывания реле, а две другие, включенные в цепь обмоток управления двигателя, играют роль удерживающих.

В установившемся режиме, когда температура воды в котле соответствует заданному значению, движки реостатных датчиков $ДТ$ и $СОС$ устанавливаются в такое положение, при котором сумма всех сопротивлений, включенных последовательно с обмоткой $РДО$, равна сопротивлению R_2 , включенному последовательно с обмоткой $РДЗ$. При этом магнитные потоки обмоток $РДО$ и $РДЗ$ равны, якорь дифференциального реле находится в среднем положении, оба контакта ($РДО$ и $РДЗ$) разомкнуты, и исполнительный механизм неподвижен.

При отклонении регулируемой температуры от заданного значения сопротивление DT уменьшается или увеличивается (в зависимости от знака отклонения) на величину, пропорциональную этому отклонению.

Равенство сопротивлений в цепях обмоток дифференциального реле нарушается, а следовательно, нарушается и равенство магнитных потоков; якорь реле притягивается к одному из сердечников, замыкается один из управляющих контактов, и двигатель начинает поворачивать газовую заслонку. Одновременно перемещается и движок реостата обратной связи *СОС*. Двигатель будет вращаться до тех пор, пока изменение сопротивления *СОС* не компенсирует изменение сопротивления *ДТ* датчика температуры. В момент, когда восстановится равенство сопротивлений в цепях катушек *РДО* и *РДЗ*, якорь дифференциального реле займет среднее положение, двигатель остановится, и регулирующее воздействие прекратится.

Изменение сопротивления CDS пропорционально углу поворота заслонки, в то время как изменение сопротивления DT пропорционально отклонению температуры от заданного значения. Баланс в схеме наступает тогда, когда изменение сопротивления COS становится

равным изменению $ДТ$, т. е. при возникновении отклонения регулируемой величины от заданной регулятор произведет регулирующее воздействие, пропорциональное этому отклонению, что характерно для статических (пропорциональных) регуляторов. Следует иметь в виду, что пропорциональность обработки будет осуществляться только в случае правильной фазировки реостатного датчика обратной связи: изменение сопротивления $СОС$ при обработке ло знаку должно быть противоположно изменению сопротивления $ДТ$, вызвавшему эту обработку.

В противном случае в системе регулирования будет осуществляться не отрицательная, а положительная жесткая обратная связь, что приведет к неустойчивости системы.

Исполнительный механизм системы снабжен конечными выключателями $ВКО$ и $ВКЗ$, размыкающими при чрезмерных отработках цепь соответствующей обмотки управления и включающими при этом лампы (З или К), сигнализирующие о чрезмерном угле поворота заслонки.

Первая неисправность в схеме была обнаружена в момент перевода ключа $ПУ$ в положение «Автомат», когда регулятор при нормальной температуре стал закрывать газовый клапан. Конечный выключатель при этом, разомкнувшись, не остановил привода клапана. Неисправность, вызвавшая неправильное включение привода при переводе ключа $ПУ$ в положение «Автомат», была устранена. Но затем выяснилось, что при возникновении отклонения температуры от заданного значения электродвигатель $ДК$ без остановки доходит до конечного выключателя, который, размыкаясь, не снимает питания двигателя. После этого двигатель не реверсируется при подаче сигнала разбаланса другого знака.

Причина всех этих неисправностей заложена в ошибках, допущенных при графическом оформлении схемы (рис. II-72).

Требуется выяснить ошибки в схеме; полезно нарисовать структурную схему.

Задача 73

Электрогидравлический регулятор скорости турбины, вращающей судовой генератор

Датчиком регулятора скорости вращения турбины (рис. II-73) является тахогенератор переменного тока, связанный с выходным валом турбины. Частота переменного напряжения тахогенератора однозначно определяется скоростью турбины.

При частоте, соответствующей номинальной скорости вращения турбины, полное сопротив-

ление резонансного контура LC_1 стремится к бесконечности, поэтому к этой части цепи приложено все напряжение тахогенератора, а падение напряжения на конденсаторе C_2 равно нулю, т. е. управляющие напряжения на сетках ламп $Л_1$ и $Л_2$ отсутствуют. При этом равны анодные токи I_1 и I_2 , а также равны ампервитки верхней и нижней обмоток электромагнита и поэтому сердечник электромагнита и золотник промежуточного серводвигателя занимают среднее нейтральное положение.

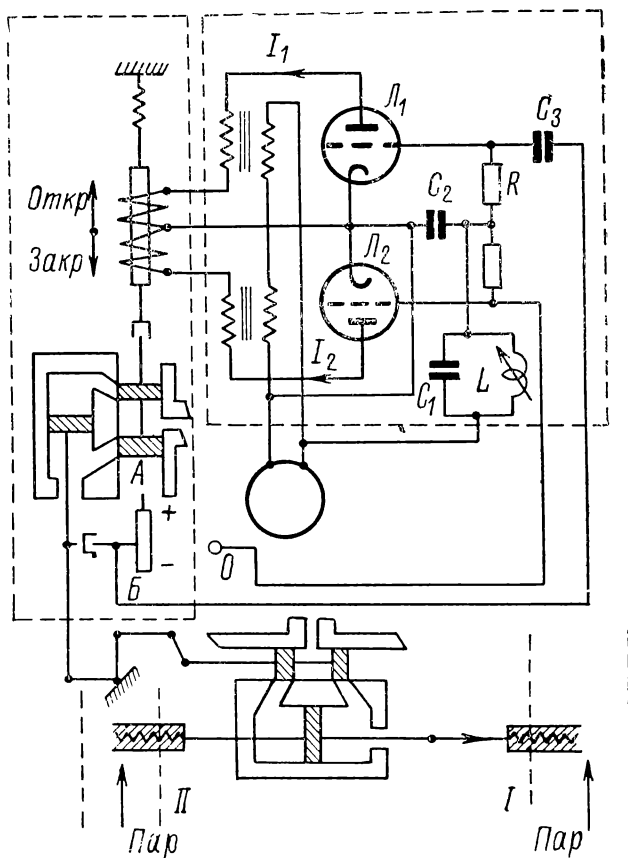


Рис. II-73.

При отклонении скорости турбины от номинального значения изменится частота напряжения тахогенератора, вследствие чего на конденсаторе C_2 появится переменное напряжение, фаза которого зависит от знака отклонения скорости турбины от номинального значения. Повышение частоты вызовет появление на конденсаторе C_2 падения напряжения, синфазного с анодным напряжением лампы $Л_2$ и противофазного с анодным напряжением лампы $Л_1$. Анодный ток лампы $Л_2$ увеличится, а лампы $Л_1$ уменьшится, сердечник электромагнита втянется в нижнюю катушку и сместит вниз золотник промежуточного гидравлического серво-

Автоматический угольный регулятор напряжения (РУН) синхронного генератора с токовой компенсацией

Угольные регуляторы напряжения (РУН) используются для автоматического регулирования напряжения генераторов как постоянного, так и переменного тока.

Широкое применение РУН нашли в судовых генераторных установках, например в системах автоматического регулирования напряжения синхронных генераторов (рис. II-75).

При автономной работе одного синхронного генератора сопротивление R_K шунтируется (т. е. токовая компенсация отключается) и на

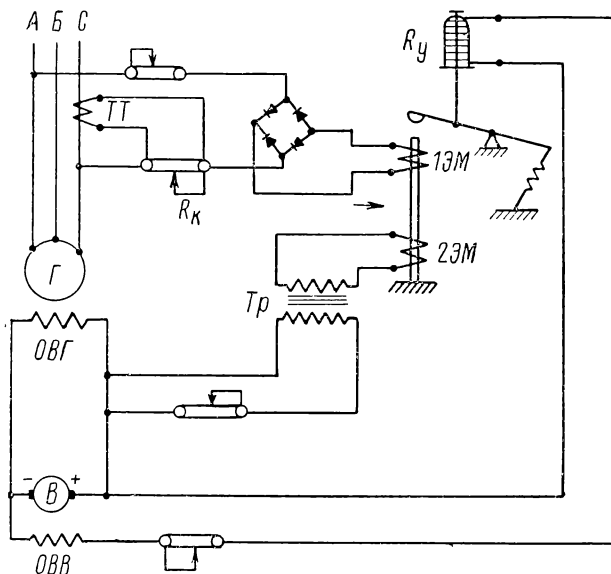


Рис. II-75.

электромагнит *1ЭМ* угольного регулятора подается выпрямленное линейное напряжение генератора.

Изменение линейного напряжения вызывает изменение тока в катушке $IЭМ$, а следовательно, и изменение положения якоря угольного регулятора. Якорь изменяет давление на угольные столбы и, таким образом, изменяет сопротивление угольного реостата в цепи параллельного возбуждения возбудителя B , стремясь изменить ток в цепи возбуждения генератора так, чтобы восстановилось номинальное линейное напряжение.

Электромагнит РУН для повышения качества переходных процессов в системе снабжен дополнительной обмоткой $2ЭМ$, на которую через трансформатор Tr с выхода возбудителя поступают сигналы гибкой обратной связи.

Параллельная работа синхронных генераторов требует превращения астатических регуляторов в статические, для чего в систему регулирования вводятся устройства токовой компенсации. Введение статизма (в судовых условиях величина статизма принята равной 6%) снижает точность регулирования напряжения, однако улучшает распределение реактивной нагрузки между параллельно работающими генераторами.

При введенной токовой компенсации электромагнит *ИЭМ* получает питание через выпрямитель и компенсационное сопротивление R_k от двух фаз синхронного генератора. Первичная обмотка трансформатора тока *ТТ* включена в третью фазу генератора. Падение напряжения на активном сопротивлении R_k , питающемся от вторичной обмотки трансформатора *ТТ*, можно с достаточной степенью точности считать совпадающим по фазе с током нагрузки третьей фазы синхронного генератора. Поэтому вектор падения напряжения на R_k , пропорциональный активной составляющей тока нагрузки фазы синхронного генератора, перпендикулярен вектору линейного напряжения, снимаемого с двух других фаз, и вследствие своей малости и перпендикулярности не оказывает существенного влияния на геометрическую сумму линейного напряжения и падения напряжения на R_k , подаваемую на выпрямитель.

Падение же напряжения на R_k , пропорциональное реактивной составляющей фазного тока синхронного генератора, алгебраически складывается с напряжением, снимаемым с двух других фаз. Вследствие этого при отстающем по фазе токе напряжение на выпрямителе увеличивается, регулятор увеличивает сопротивление в цепи возбуждения возбудителя и тем самым снижает напряжение синхронного генератора. Опережающий ток нагрузки, наоборот, аналогичным путем повысит напряжение генератора.

Таким образом будет автоматически выравниваться э. д. с. параллельно работающих генераторов, так как уравнительный ток, вызванный неравенством э. д. с., будет отстающим по отношению к генератору с большей э. д. с. и опережающим по отношению к генератору с меньшей э. д. с.

В регуляторе, приведенном на рис. П-75, необходимо исправить схемные и конструктивные ошибки, вследствие которых: 1) на работу регулятора напряжения влияет не только реактивная, но и активная составляющая тока нагрузки; 2) система регулирования неустойчива; 3) гибкая обратная связь через трансформатор Tr не влияет на работу регулятора в переходном процессе.

При решении задачи целесообразно обозначить на схеме стрелками направления токов и потоков катушек электромагнитов $1ЭМ$ и $2ЭМ$ и составить векторную диаграмму для определения напряжения, приложенного к выпрямителю, питающему электромагнит $1ЭМ$.

Задача 76

Система фазового компаундирования синхронного генератора с корректором напряжения

Для поддержания постоянства напряжения синхронного генератора при значительных колебаниях нагрузки и коэффициента мощности, в частности в судовых установках, используются системы фазового компаундирования с корректорами напряжения.

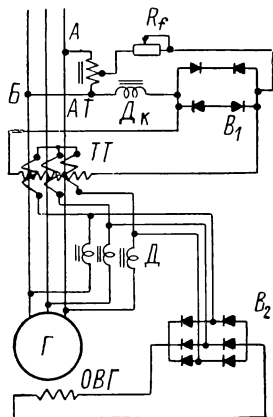


Рис. II-76.

Принципиальная схема одного из вариантов таких систем представлена на рис. II-76. В этой системе обмотка возбуждения генератора $ОВГ$ питается от трехфазного двухполупериодного выпрямителя $В_2$, суммирующего напряжения, пропорциональные напряжению и току нагрузки генератора. Напряжение, пропорциональное току нагрузки, снимается с соединенных звездой вторичных обмоток трансформаторов тока $ТТ$. Напряжение, пропорциональное напряжению генератора, снимается непосредственно с фаз ротора через дроссели $Д$. Дроссели обеспечивают сдвиг по фазе составляющей напряжения возбуждения, пропорциональной напряжению генератора на угол, близкий к $\frac{\pi}{2}$, относительно напряжения генератора, так что напряжение возбуждения увеличивается с уменьшением коэффициента мощности нагрузки.

Для повышения статической точности регулирования напряжения генератора в схеме применен корректор напряжения, состоящий из автотрансформатора $АТ$, нелинейного дросселя $Д_k$, сопротивления частотной компенсации R_f и выпрямителя $В_1$. От выпрямителя питаются последовательно соединенные обмотки подмагничивания трансформаторов $ТТ$.

Рабочий участок вольт-амперной характеристики цепи нелинейного дросселя выбран так, что малым изменениям напряжения соответствуют значительные изменения тока в цепи

обмоток подмагничивания трансформатора тока, а следовательно, и значительные изменения тока возбуждения генератора, действующие в сторону восстановления номинального значения напряжения генератора.

Наличие корректора позволяет выбрать дроссели компаундирования с достаточно малыми сопротивлениями, т. е. уменьшить сопротивление цепи возбуждения генератора, сделав его меньше критического. Это обеспечивает надежное самовозбуждение генератора.

В процессе работы схема регулировала напряжение синхронного генератора при колебаниях нагрузки с недостаточной точностью и не обеспечила постоянства напряжения при изменении скорости приводного двигателя.

Исключение из схемы корректора напряжения, т. е. отключение клемм $А$ и $Б$ от линейного напряжения генератора, не повлияло на работу схемы. Это заставило усомниться в исправности схемы корректора.

Требуется, проанализировав схему, обнаружить ошибку.

Задача 77

Система стабилизации частоты в сети корабельного генератора с приводом постоянного тока

Система (рис. II-77) предназначена для исключения колебаний частоты в корабельной сети, вызванных непостоянством скорости дви-

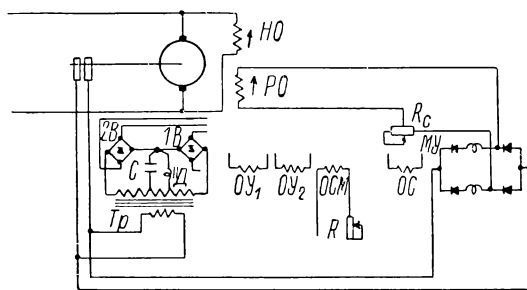


Рис. II-77.

гателя постоянного тока, приводящего генератор. Двигатель, скорость которого стабилизируется данной системой, имеет две обмотки возбуждения $РО$ и $НО$, включенные согласно. Для контроля скорости вращения двигателя на его валу установлены кольца, с которых снимается напряжение якоря. Частота колебаний этого напряжения пропорциональна скорости вращения двигателя.

Напряжение, снимаемое с колец двигателя, подается через разделительный трансформатор $Тр$ на вход измерительной схемы, состоящей из дросселя $Д$, емкости $С$, двух выпрями-

Электрогидравлический регулятор частоты в корабельной сети

тельных мостов $1B$ и $2B$ и вторичной обмотки трансформатора. При частоте напряжения, соответствующей номинальной скорости вращения, напряжения на дросселе и конденсаторе равны, а следовательно, равны и напряжения на выпрямителях $1B$ и $2B$ (напряжения боковых плеч вторичной обмотки трансформатора равны). При этом равны друг другу и потоки включенных встречно обмоток управления OU_1 и OU_2 магнитного усилителя, так как на эти обмотки подаются напряжения с выпрямителей измерительной схемы.

При отклонении от номинального значения скорости двигателя, а следовательно и частоты снимаемого с дополнительных колец напряжения, нарушается равенство напряжений на выпрямителях $1B$ и $2B$: увеличение скорости вызывает возрастание напряжения на $1B$ и уменьшение на $2B$, уменьшение скорости приводит к обратному распределению напряжений. Таким образом, в зависимости от знака отклонения скорости двигателя от номинального значения будут перераспределяться потоки обмоток управления магнитного усилителя. Нагрузкой магнитного усилителя является регулирующая обмотка возбуждения двигателя PO .

Кроме обмоток управления, магнитный усилитель имеет обмотку положительной обратной связи OC , получающую питание с сопротивления R_c , и обмотку смещения $ОСМ$, питающуюся от напряжения сети постоянного тока. Выбор рабочей точки на характеристике магнитного потока возбуждения двигателя при номинальной скорости осуществляется изменением тока в обмотке $ОСМ$ посредством реостата R .

Потоки всех обмоток магнитного усилителя согласованы так, что при возрастании скорости двигателя выше заданного значения ток в обмотке PO увеличивается, а при снижении скорости — уменьшается, что и обеспечивает требуемое регулирующее воздействие.

При работе по приведенной схеме в момент пуска, когда напряжение на кольцах равно нулю, поток возбуждения машины ослаблен, и это ухудшает условия пуска. Поэтому при значительных моментах сопротивления на валу двигателя обмотка PO в момент пуска должна питаться от сети, а затем переключаться на работу от магнитного усилителя.

На схеме необходимо подсоединить все обмотки управления и обратной связи магнитного усилителя и указать стрелками направления их потоков, необходимые для нормальной работы системы автоматического регулирования.

Электрогидравлический регулятор, электрическая схема которого приведена на рис. II-78, обеспечивает постоянство скорости вращения генератора и, таким образом, ликвидирует одну из важнейших причин колебания частоты в судовой сети.

Датчиком скорости вращения генератора является трехфазный тахогенератор $ТГ$, выпрямленное напряжение которого подается на обмотку W_1 электромагнита золотника K , управляющего гидромуфтой $ГМ$.

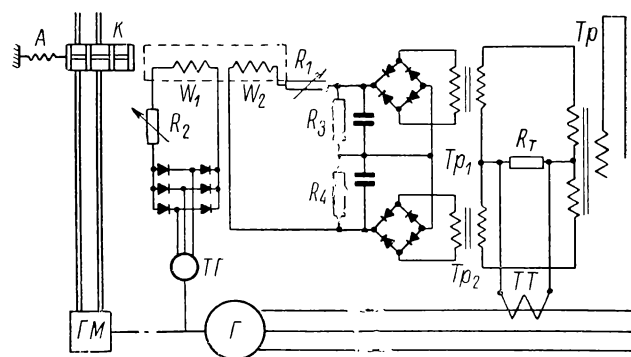


Рис. II-78.

В систему регулирования введена жесткая обратная связь по нагрузке — активной составляющей тока генератора. Активная нагрузка генератора измеряется фазочувствительным устройством, состоящим из трех трансформаторов (Tr , Tr_1 , Tr_2) и двух выпрямителей с фильтрами. На диагональное сопротивление фазочувствительного устройства с трансформатора тока $ТТ$ подается напряжение, пропорциональное линейному току генератора. Опорным напряжением схемы, приложенным к трансформатору Tr , является линейное напряжение генератора. Выпрямленный ток, протекающий через обмотку W_2 электромагнита золотника, пропорционален активной составляющей тока генератора (или активной мощности генератора, если последний снабжен регулятором напряжения).

Электромагнит и пружина A подобраны так, что ход золотника K пропорционален разности намагничивающих сил катушек W_1 и W_2 , включенных встречно. При отклонении скорости вращения генератора от заданного значения или при изменении активной составляющей нагрузки генератора нарушается равновесие усилия пружины A и электромагнита вследствие изменения тока в катушке W_1 или W_2 .

Золотник смещается, изменяя посредством гидромумфты скорость вращения генератора.

Электрогидравлический регулятор с жесткой отрицательной обратной связью имеет статизм, величина которого определяется колебаниями нагрузки и долей, которую составляет сигнал обратной связи от сигнала отклонения регулируемой величины. Сопротивление R_1 определяет зависимость намагничивающей силы катушки W_1 от скорости вращения генератора, а сопротивление R_2 — зависимость намагничивающей силы катушки W_2 от активной составляющей нагрузки генератора. Увеличение отношения $\frac{R_1}{R_2}$ снижает статическую

дом GU_2 , приводящим в движение рейку топливного насоса дизеля.

Для исключения статической погрешности регулятора скорости, вызванной введением в регулятор импульса по активной нагрузке, в системе регулирования предусмотрена жесткая обратная связь, возвращающая гидроусилитель GU_1 в исходное положение после того, как рейка топливного насоса дизеля передвинется в положение, соответствующее активной нагрузке генератора. Эта обратная связь осуществляется однофазным сельсином CC , обмотка статора которого питается линейным напряжением генератора, а угол поворота ротора пропорционален ходу рейки топливного насоса.

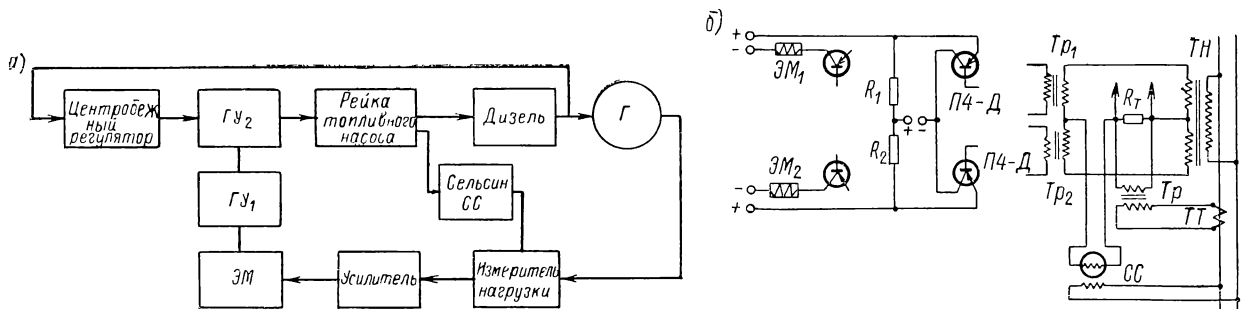


Рис. II-79.

ошибку регулятора, но одновременно ухудшает динамические свойства системы регулирования.

В схеме необходимо исправить две неточности, вследствие которых не подается опорное напряжение на фазочувствительную схему и поворот движков переменных сопротивлений R_1 и R_2 не дает ожидаемого изменения соотношения потоков катушек электромагнита.

Задача 79

Двухимпульсный электромеханический регулятор скорости вращения дизель-генератора

На рис. II-79, а представлена структурная схема комбинированной системы автоматического регулирования скорости вращения дизеля, вращающего корабельный генератор.

Импульс по отклонению регулируемой величины система получает от центробежного регулятора. Кроме того, в систему вводится импульс по изменению активной нагрузки генератора (основного возмущающего фактора, влияющего на скорость дизеля).

Датчик активной нагрузки генератора через усилитель воздействует на электромагниты гидроусилителя GU_1 , который вместе с центробежным регулятором управляет гидроприво-

дом. Фазочувствительная схема с выпрямителями обеспечивает получение сигнала, пропорционального активной нагрузке генератора. Из этого сигнала вычитается сигнал обратной связи — напряжение, снимаемое со вторичной обмотки сельсина. В случае соответствия положения рейки топливного насоса величине активной нагрузки генератора напряжение сельсина равно напряжению, пропорциональному нагрузке генератора, и ни один из электромагнитов не срабатывает. При изменении активной нагрузки нарушается равенство напряжений на выходе трансформаторов Tr_1 и Tr_2 и, в зависимости от того, в какую сторону изменилась нагрузка, срабатывает один из электромагнитов (ZM_1 или ZM_2), перемещая золотник гидравлического усилителя GU_1 и таким образом вводя в систему автоматического регулирования воздействие по активной нагрузке (воздействие на возмущение). В тот момент, когда рейка топливного насоса займет новое положение, соответствующее новой нагрузке, напряжение сельсина снова сравнивается с напряжением, пропорциональным нагрузке. Снова полупроводниковый усилитель сбалансирован, и золотник гидравлического усилителя вернется в среднее положение.

Применение двухимпульсной комбинирован-

ной системы автоматического регулирования с жесткой отрицательной обратной связью по положению регулирующего органа позволяет значительно улучшить качество регулирования без внесения статизма в систему.

В схеме на рис. II-79, б необходимо восстановить недопечатанные при светокопии соединения входных цепей первого и второго каскадов полупроводникового усилителя и устранить ошибку, являющуюся причиной неработоспособности фазочувствительной схемы.

Задача 80

Автоматическое регулирование тока возбуждения генератора и двигателя системы Г—Д в зависимости от нагрузки гребной электрической установки

В отличие от гребных электрических установок на постоянном токе система генератор-двигатель на трехфазном токе может рассматриваться как устройство синхронной связи (электрического вала), допускающее значительные углы рассогласования и даже выход двигателя из синхронизма, т. е. потерю устойчивости.

По этой, а также и по другим причинам для таких систем гребных электрических установок целесообразно применять автоматическое регулирование тока возбуждения как синхронного генератора, так и синхронного двигателя, сохраняя при этом постоянным и оптимальное значение $\cos \varphi$, близкое к единице.

На рис. II-80 представлена принципиальная схема такого регулирования для некоторой однофазной турбоэлектрической установки.

Паровая турбина T вращает ротор синхронного трехфазного генератора G (обмотка возбуждения которого обозначена $ОВГ$); обмотки его статора соединены с обмотками статора синхронного двигателя $Д$, имеющего обмотку возбуждения $ОВД$.

Обмотки $ОВГ$ и $ОВД$ питаются от одного возбудителя B , обмотка возбуждения которого $ОВВ$ получает питание от ЭМУ, регулирующего магнитный поток и генератора и двигателя. Силовые провода, соединяющие электрически стороны синхронного генератора и двигателя, имеют, как видно из схемы, трансформаторы тока $ТТ$ и напряжения $ТН$, соединенные соответственно с обмотками управления ЭМУ, являющегося своеобразным подвозбудителем, а именно, с обмоткой напряжения $ОУ_3$ и токовой обмоткой $ОУ_2$. Кроме того, ЭМУ имеет и задающую обмотку $ОУ_1$, питание которой осуществляется от независимого источника. ЭМУ и сидящий на одном валу с ним возбудитель B приводятся во вращение независимым синхронным двигателем (НСД).

Задающая обмотка $ОУ_1$ устанавливает необходимый ток возбуждения генератора и двигателя (для номинального момента сопротивления и $\cos \varphi = 1$). Вторичная обмотка трансформатора тока, как видно из схемы, посредством выпрямительного устройства (по двухполупериодной схеме) передает колебания силы тока в силовой цепи на токовую обмотку $ОУ_2$, а обмотка трансформатора напряжения через дроссель насыщения $ДН$ — соответственно колебания напряжения на обмотку $ОУ_3$ возбуждения ЭМУ.

Поэтому при возрастании силы тока в силовой цепи ампервитки токовой обмотки $ОУ_2$

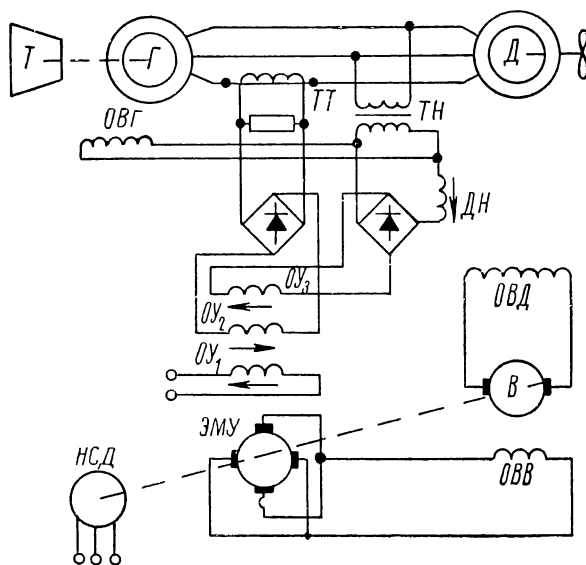


Рис. II-80.

увеличиваются, а обмотки напряжения $ОУ_3$ уменьшаются, но так, что суммарные ампервитки в общем возрастают, что и увеличивает ток возбуждения главных машин. Но так как ток возбуждения изменяется одновременно и притом одинаково и в генераторе и в двигателе, значение $\cos \varphi$ остается неизменным и равным единице и при изменении нагрузки. При этом дроссель насыщения компенсирует изменение частоты (так как его сопротивление зависит от последней) и создает необходимое соотношение ампервитков управления.

Требуется проверить схему, найти ошибки и устранить их, описав их последствия.

Задача 81

Следящий электропривод судового рулевого устройства

Приводом рулевого устройства в схеме, приведенной на рис. II-81, является электродвигатель постоянного тока $ДИ$ с независимым

возбуждением (обмотка возбуждения двигателя *ОНВ*), соединенный по схеме генератор—двигатель с электромашиным усилителем (*ЭМУ*) с продольным полем.

Обмотки управления *10У* и *20У* электромашиного усилителя питаются через выпрямители B_1 и B_2 от фазочувствительной схемы, состоящей из двух трансформаторов Tr_1 и Tr_2 .

Первичная обмотка трансформатора Tr_2 получает питание от сети переменного тока. Напряжение на первичную обмотку трансфор-

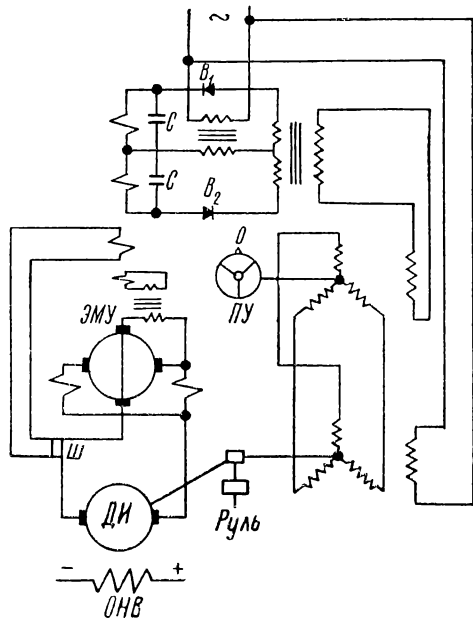


Рис. II-81.

матора Tr_1 подается с однофазной обмотки статора сельсина C_2 , ротор которого связан со штурвалом поста управления *ПУ*. Ротор сельсина C_1 связан с баллером руля, а обмотка статора этого сельсина питается от сети переменного тока.

При совпадении положений штурвала поста управления и пера руля напряжения на первичных обмотках трансформаторов Tr_1 и Tr_2 синфазны, вследствие чего потоки обмоток управления *10У* и *20У* равны и направлены встречно. Напряжение на выходе *ЭМУ* в этом случае равно нулю, и двигатель *ДИ* неподвижен.

При переключке штурвала поста управления *ПУ* ротор сельсина C_2 поворачивается относительно ротора сельсина C_1 , вследствие чего нарушаются синфазность первичных напряжений трансформаторов Tr_1 и Tr_2 и равенство магнитных потоков управляющих обмоток *10У* и *20У*. На выходе *ЭМУ* появляется напряжение, полярность которого зависит от того,

в какую сторону произошло рассогласование в следящей системе. Двигатель *ДИ* начинает вращаться, переключая руль в сторону, заданную штурвалом поста *ПУ*, и ликвидируя таким образом сигнал рассогласования.

Кроме обмоток управления, *ЭМУ* имеет две обмотки обратной связи. Обмотка *30У* осуществляет стабилизирующую гибкую обратную связь и питается от стабилизирующего трансформатора Tr_3 , первичная обмотка которого включена параллельно якорию *ЭМУ*. Обмотка *40У* служит для введения в следящую систему отрицательной обратной связи по току нагрузки двигателя *ДИ*.

Требуется внести в схему обозначения сельсинов, трансформаторов обратной связи и фазочувствительной схемы, а также всех обмоток управления *ЭМУ*, указав направление их магнитных потоков; внести исправление, необходимое для соблюдения правильного направления магнитных потоков обмоток *10У* и *20У*.

Задача 82

Следящая система с потенциметрическим датчиком

На рис. II-82, *a* представлена электрическая схема следящей системы с потенциметрическим (реостатным) датчиком, широко применяемой в различных устройствах общего назначения (в том числе и корабельных).

Командный вал связан с движком *a*, а управляемый вал — с движком *b* потенциметров, соединенных по мостовой схеме.

На одну диагональ мостовой схемы подано напряжение питания от источника *U*, а с другой диагонали (движки потенциметров) снимается сигнал рассогласования.

Если наблюдается соответствие положений управляемого вала и командного вала, то движки потенциметров находятся в положениях, отвечающих условию равновесия мостовой схемы. Несоответствие положений управляемого и командного валов приводит к разбалансу мостовой схемы, на выходной диагонали которой появляется сигнал рассогласования *e*. Амплитуда сигнала определяется степенью несоответствия положений командного и управляемого валов, а фаза сигнала — знаком этого несоответствия (при «отставании» управляемого вала от командного наблюдается одна фаза напряжения рассогласования, при «опережении» — другая, сдвинутая относительно первой на угол π).

Сигнал рассогласования усиливается трехкаскадным электронным усилителем, который управляет электродвигателем. Направление вращения двигателя определяется фазой сиг-

нала рассогласования, т. е. положением управляемого вала по отношению к командному.

Двигатель через зубчатую передачу вращает управляемый вал, а вместе с ним и движок b потенциометра обратной связи до тех пор, пока на выходе мостовой схемы не исчезнет

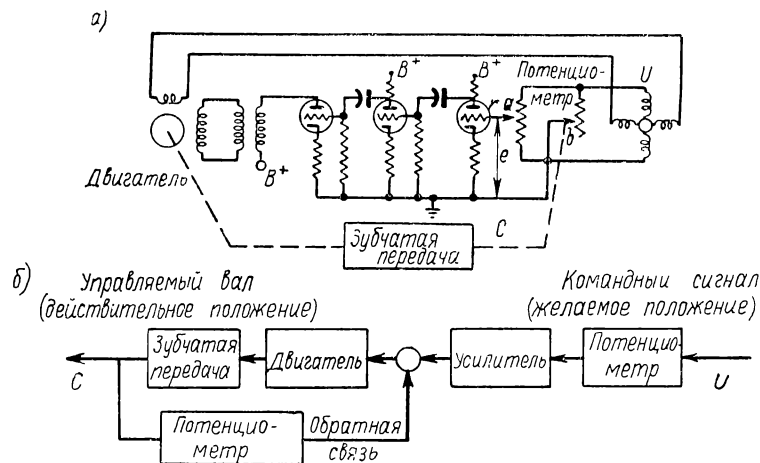


Рис. 11-82.

сигнал разбаланса, т. е. пока не восстановится соответствие положений управляемого и командного валов.

На рис. 11-82, б представлена структурная схема следящей системы с потенциометрическими датчиками.

Требуется исправить ошибки в принципиальной схеме, из-за которых сигнал на входе электронного блока непропорционален рассогласованию, и проверить правильность структурной схемы.

Задача 83

Двухскоростная следящая система с релейной синхронизацией

Распространенным способом повышения точности следящих систем является способ, использующий двухскоростные системы с грубым и точным сельсинами. Один из вариантов такой системы с релейной синхронизацией грубого и точного сельсинов представлен на рис. 11-83.

Выпрямленный двойным диодом сигнал грубого сельсина создает отрицательный потенциал на сетке тиратрона относительно его катода. При малом сигнале грубого сельсина этот отрицательный потенциал мал и не препятствует зажиганию тиратрона, вследствие чего срабатывает реле и на вход усилителя подается

сигнал точного сельсина. Реле выполнено так, что оно не успевает переключить свой контакт за время отрицательной полуволны анодного напряжения тиратрона, когда ток через катушку реле не протекает. При достаточно большом сигнале грубого сельсина на сетке тиратрона возникает настолько большой отрицательный сигнал, что тиратрон не зажигается, катушка реле обесточивается, контакт реле переключается, и на вход усилителя подается сигнал грубого сельсина.

Таким образом, при малых рассогласованиях исполнительным двигателем управляет точный, а при больших рассогласованиях — грубый сельсин. Такая схема позволяет повысить чувствительность следящей системы при малых рассогласованиях, и, таким образом, повысить точность и быстродействие системы.

Точный и грубый сельсины-приемники связаны друг с другом зубчатой передачей, передаточное отношение которой выбирается так,

чтобы при переключении синхронизирующей цепи с точного на грубый сельсин не произошло изменения сигнала, побуждающего следящую систему двигаться к ложному нулевому положению.

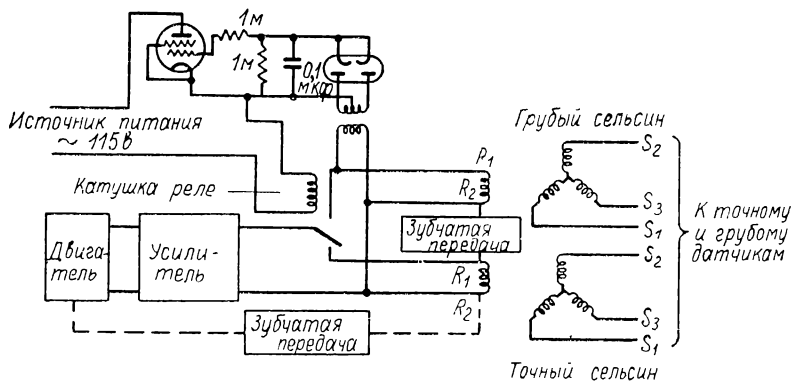


Рис. 11-83.

При включении следящей системы ни при малых, ни при больших сигналах рассогласования на вход электронного усилителя не поступал сигнал от грубого сельсина. После устранения этой неполадки выяснилось, что при малых рассогласованиях система работает от грубого, а при больших — от точного сельсина. Эта неисправность, так же как и первая, была устранена после исправления схемы (рис. 11-83).

Требуется по схеме установить причины обеих неисправностей.

Синхронизирующая цепь с неоновой лампой

В приведенной на рис. II-84 схеме двухскоростной синхронизации для переключения сиг-

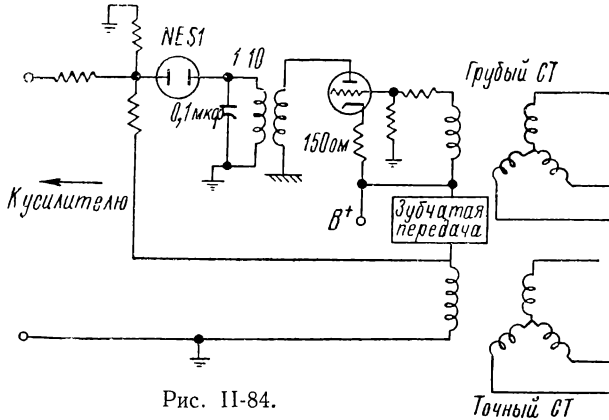


Рис. II-84.

налов от грубого и точного сельсинов используется неоновая лампа NES1.

К усилителю следящей системы в этой схеме постоянно приложено напряжение точного сельсина-трансформатора (СТ), а напряжение грубого сельсина, усиленное однокаскадным электронным усилителем, приложено к электродам неоновой лампы. При малом напряжении грубого сельсина-трансформатора неоновая лампа не горит и цепь подачи сигнала с выхода грубого сельсина на вход усилителя системы разомкнута.

Большое напряжение грубого сельсина зажигает неоновую лампу. При этом напряжение точного сельсина ослабляется, а усиленное напряжение грубого сельсина, значительно превышающее сигнал точного сельсина, подается на вход усилителя следящей системы.

Таким образом осуществляется бесконтактная синхронизация в двухскоростной следящей системе.

В схеме необходимо исправить ошибку, вследствие которой следящая система получает сигналы только от точного сельсина-трансформатора.

Следящая система с тиратронным управлением

Электрическая и структурная схемы следящей системы с тиратронным управлением приведены на рис. II-85.

На вход первого каскада усилителя системы (двойной триод) поступают в противофазе сигналы сельсина-трансформатора (сигнал рассогласования) и тахогенератора (ТГ) переменного тока (стабилизирующий сигнал гибкой отрицательной обратной связи). Разность этих сигналов, усиленная электронным усилителем, поступает на вход тиратронной схемы.

Управляющее сеточное напряжение каждого из тиратронов складывается из усиленного сигнала рассогласования, постоянного напряжения смещения постоянного тока и напряжения смещения переменного тока постоянной амплитуды. Напряжения смещения подбираются так, что при отсутствии сигнала рассогласования оба тиратрона зажигаются одновременно и в течение проводящей части цикла токи в их анодных цепях равны. Тогда равны и потоки обеих обмоток возбуждения (ОВ) двигателя, и двигатель неподвижен.

Если сигнал рассогласования не равен нулю, то один из тиратронов (верхний или нижний — в зависимости от фазы сигнала рассогласования)

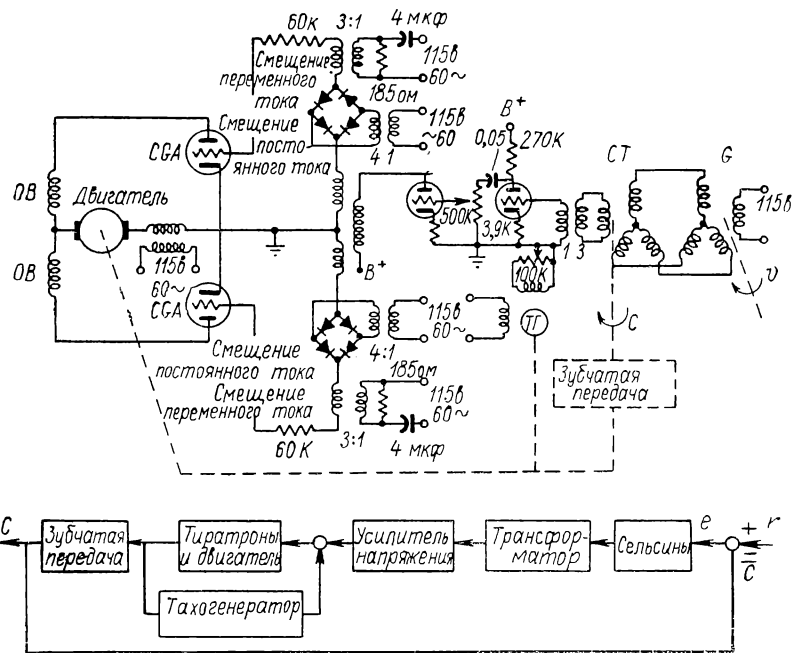


Рис. II-85.

будет в проводящий полупериод анодного напряжения зажигаться раньше другого. Анодный ток одного тиратрона увеличится, а другого уменьшится, поток возбуждения одной из обмоток станет больше, чем другой, и двигатель начнет вращаться. При этом направление вращения двигателя будет определяться фазой сигнала рассогласования.

Напряжение гибкой обратной связи, поступающее на вход первого каскада усилителя с тахогенератора, связанного с валом двигателя, пропорционально скорости двигателя, а фаза этого напряжения зависит от направления вращения двигателя и, следовательно, от фазы сигнала рассогласования. Поэтому всегда можно организовать противофазную (отрицательную) обратную связь.

Вследствие ошибок в электрической схеме работоспособным оказался только один тиратрон, поэтому двигатель мог иметь только одно направление вращения; стабилизирующая обратная связь с тахогенератором не оказывала влияния на работу следящей системы.

Необходимо исправить электрическую и проверить структурную схему.

Задача 86

Следящая система с тахогенератором переменного тока

Для стабилизации следящих систем усилители их в ряде случаев охватываются гибкой обратной связью по скорости исполнительного двигателя. Пример такой следящей системы приведен на рис. II-86.

Датчиком сигналов обратной связи в этой системе является тахогенератор переменного тока $TГ$, связанный с валом исполнительного двигателя $Д$. На входе электронного усилителя сигнал тахогенератора, пропорциональный скорости исполнительного двигателя, вычитается из сигнала рассогласования, снимаемого с обмотки статора сельсина-приемника. Разность сигналов рассогласования и обратной связи, усиленная электронным усилителем, подается на обмотку управления асинхронного двухфазного исполнительного двигателя, отбавывающего рассогласование.

При монтаже и настройке системы следует обращать особое внимание на синфазность напряжений питания сельсинов, тахогенератора и сетевой обмотки исполнительного двигателя, так как только в этом случае удастся обеспечить строгую противофазность сигналов рассогласования и обратной связи.

Глубина обратной связи определяется соотношением сигналов рассогласования и обратной связи на входе первого каскада электронного усилителя, т. е. положением движков потенциометров 100 ком , с которых снимаются доли напряжений сельсина-приемника и тахогенератора.

Требуется исправить ошибку в схеме, из-за которой следящая система не воспринимает сигнала рассогласования, а реагирует лишь на изменение скорости рабочего вала.

Следящая система с тахогенератором постоянного тока

В следящей системе, электрическая и структурная схемы которой представлены на рис. II-87, сигнал гибкой обратной связи подается на вход усилителя от тахогенератора постоянного тока, связанного с валом исполнительного двигателя.

Преимущество такой схемы по сравнению со схемой, использующей тахогенератор переменного тока, заключается в значительном снижении погрешности слежения по скорости вследствие скоростного сигнала обратной связи. Действительно, если постоянная времени RC -цепи на выходе тахогенератора $TГ$ постоянного тока достаточно велика, то при постоянной скорости слежения обратная связь отключена. В этом случае сигнал обратной связи зависит не от скорости, а от ускорения исполнительного двигателя $Д$. В схеме RC -цепь состоит из конденсатора 1 мкф и сопротивления 100 ком .

С выхода тахогенератора через RC -цепь сигнал обратной связи поступает на вход модулятора, собранного на диодах $6AL5$, где он преобразуется в сигнал напряжения переменного тока. Далее сигнал обратной связи вычитается из сигнала рассогласования, снимаемого с обмотки статора сельсина-приемника. Разность этих сигналов через LC -фильтр подается на вход электронного усилителя, нагрузкой выходного каскада которого является обмотка управления двухфазного асинхронного исполнительного двигателя.

Условием, необходимым для создания отрицательной обратной связи, является синфазность напряжений питания сельсина-датчика, модулятора и конденсаторной обмотки исполнительного двигателя.

Требуется ликвидировать неправильности в схеме, препятствующие нормальному прохождению сигнала обратной связи от тахогенератора.

Задача 88

Электронный регулятор ЭР-III

В практике автоматизации процесса горения в топках мощных котлов широкое применение нашли электронные регулирующие приборы типа ЭР-III, выпускаемые серийно отечественной приборостроительной промышленностью.

Прибор ЭР-III вместе с исполнительным механизмом, состоящим из асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и редуктора, образует изодромный регулятор, который легко

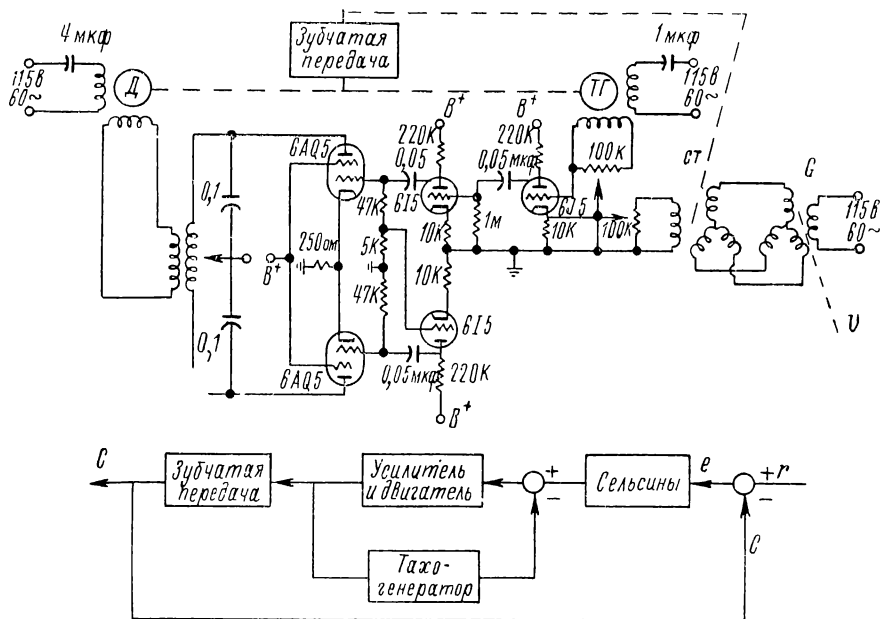


Рис. II-86.

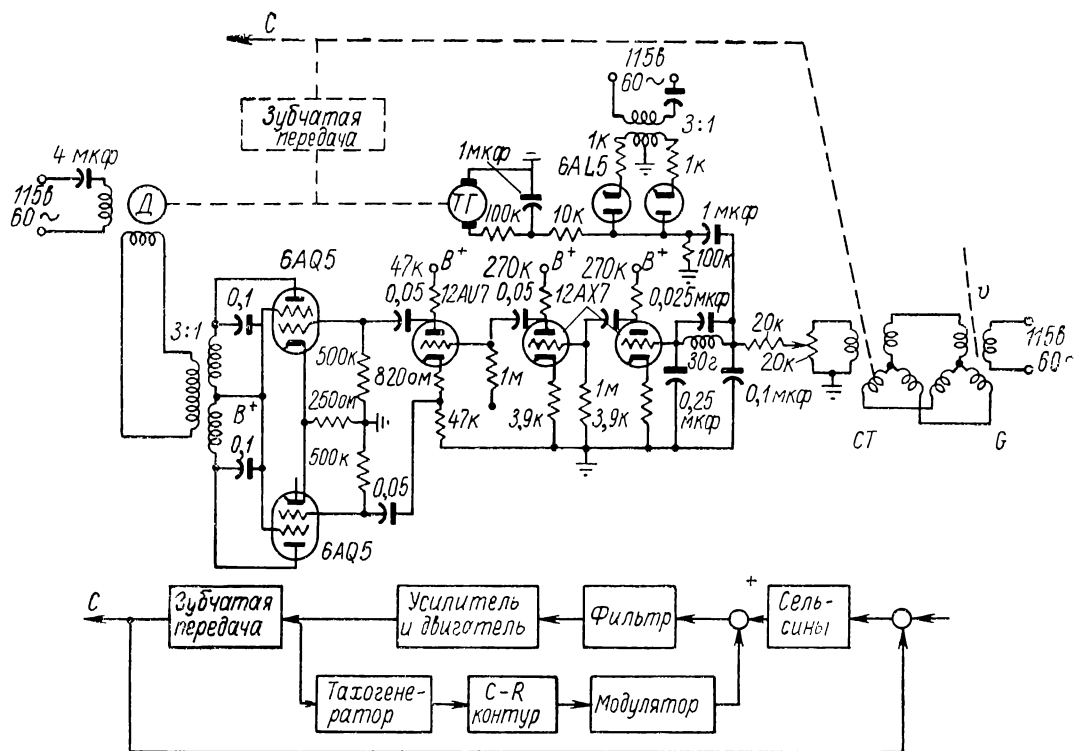


Рис. II-87.

превратить в астатический, разрывая цепь гибкой обратной связи.

Регулятор приспособлен для работы с индукционным датчиком, подключаемым к одному из трех входов измерительной схемы, или одновременно с двумя или тремя индукционными датчиками.

Регулятор имеет два источника питания: от сети переменного тока 220 в через трансформатор *Тр-2* и от феррорезонансного стабилизатора СНЭ-120-0,1 (стабилизированное напряжение переменного тока 120 в) через трансформаторы *Тр-1* и *Тр-4* (рис. II-88).

Каждый из индукционных датчиков питается от самостоятельной обмотки трансформатора *Тр-4* (обмотки *II*, *III* и *IV*), образуя с ней мост переменного тока. Плечами каждого из трех мостов являются индуктивные сопротивления половин катушек датчика и половин обмотки трансформатора. В измерительные диагонали мостов включены потенциометры R_{51} , R_{52} , R_{53} («чувствительность 1», «чувствительность 2», «чувствительность 3»), с помощью которых от датчиков можно получить нужную долю сигнального напряжения, изменяя таким образом чувствительность регулирующего прибора по измеряемой величине, соответствующей данному датчику.

При среднем положении плунжера индукционного датчика, когда индуктивные сопротивления обеих половин датчика одинаковы, напряжение разбаланса мостовой схемы, в которую включен этот датчик, равно нулю. Смещение плунжера вызывает появление на потенциометре, включенном в диагональ моста этого датчика, напряжения переменного тока, фаза которого зависит от направления смещения плунжера, а величина пропорциональна величине его смещения.

Напряжения, развиваемые на каждом потенциометре (R_{51} , R_{52} , R_{53}), суммируются с учетом направления действия каждого датчика. Изменение направления действия датчика, в случае необходимости, достигается переключением крайних концов (31 и 33, 34 и 36, 37 и 39) на клеммах измерительного блока регулятора.

Суммарное напряжение датчиков сравнивается с напряжением разбаланса мостовой схемы задатчика, получающей питание от обмотки *V* трансформатора *Тр-4* через добавочное сопротивление R_{55} . Задатчик включается в клеммы 28, 29 и 30 измерительного блока регулятора, и сопротивления его частей между движком и клеммами 28 и 30 составляют два плеча мостовой схемы. Два других плеча мостовой схемы образованы частями потенциометра R_{50} («корректор И») между движком и проводами, идущими к клеммам 28 и 30.

Сигнал на выходе измерительного блока регулятора (на клеммах 24, 25) равен нулю, и регулирующее воздействие отсутствует, если сумма всех напряжений датчиков равна напряжению задатчика. Изменяя вручную положение движка задатчика, т. е. внося разбаланс в мостовую схему последнего, можно изменять заданное значение регулируемой величины. Цена деления и диапазон действия задатчика определяются величиной сменного шунтирующего сопротивления R_{54} .

Выход измерительного блока (клеммы 24, 25) соединен со входом усилительного блока (клеммы 14, 15), так что управляющее напряжение переменного тока подается на первичную обмотку входного трансформатора *Тр-3*. Вторичная обмотка этого трансформатора нагружена резонансной емкостью C_1 для увеличения входного сопротивления трансформатора и повышения его коэффициента трансформации по напряжению основной частоты.

Напряжение переменного тока, развиваемое на вторичной обмотке трансформатора *Тр-3*, подводится к левой (по схеме) сетке лампы L_1 , на которой собран первый каскад электронного усилителя (усилитель напряжения). На эту же сетку (между клеммами 9, 10 прибора) может быть при необходимости подан еще и сигнал постоянного тока (например, от электронного дифференциатора). Разделительная емкость C_2 и добавочное сопротивление R_1 обеспечивают возможность независимого суммирования сигналов постоянного и переменного тока, поступающих на левую сетку лампы L_1 . При отсутствии источника сигнала постоянного тока клеммы 9 и 10 закорачиваются и заземляются.

Левый триод лампы L_1 работает в режиме катодного повторителя. Его нагрузка (сопротивление R_4 и соответствующая доля потенциометра R_3 , играющего роль «нуль-корректора») включена в катодную цепь, причем так, что напряжение нагрузки, суммируясь с входным сигналом, подается на сетку левого триода. Это же напряжение нагрузки подается также на сетку правого триода последовательно с напряжением сигнала от устройства упругой обратной связи.

Нагрузка правого триода лампы L_1 (сопротивление R_5 и соответствующая доля «корректора» R_3) включена в катодную цепь лампы так, что напряжение на нагрузке не подводится к сетке правого триода. Поэтому правый триод работает в режиме обычного (не катодного) усилителя.

Питание обоих триодов производится от отдельных обмоток *IV* и *V* трансформатора *Тр-1*. Обмотки включены синфазно, так что проводящие полупериоды триодов совпадают

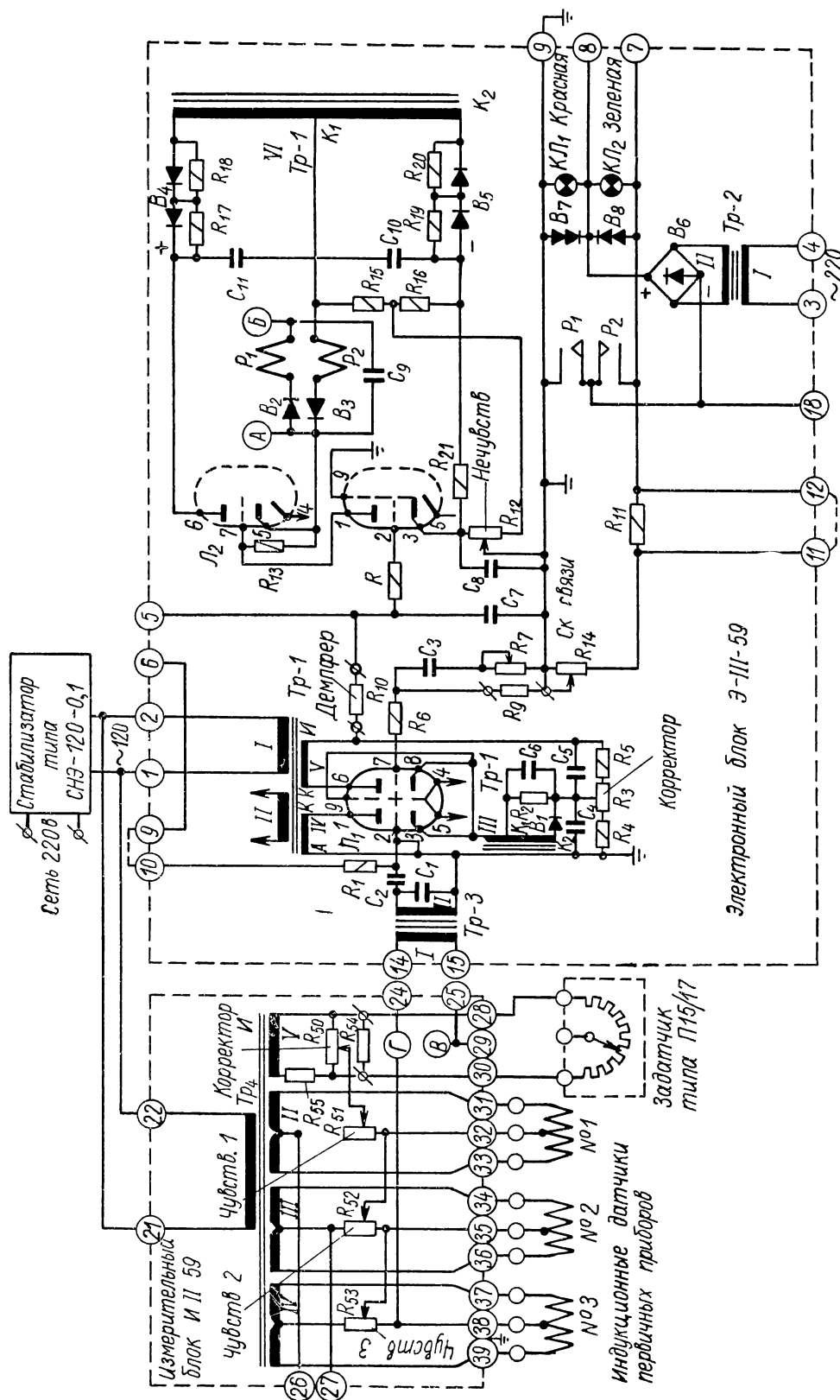


Рис. II-88.

по времени. Емкости C_4 и C_5 , шунтирующие сопротивление нагрузки, сглаживают пульсации напряжения на нагрузках и повышают коэффициент усиления каскада.

Номинальное значение сеточного смещения обоих триодов обеспечивается дополнительным источником, включенным между общей точкой катодов лампы L_1 и общей точкой (движком R_3) нагрузок обоих триодов. Источник состоит из выпрямителя B_1 , питаемого от части обмотки III трансформатора $Tr-1$, фильтра C_6R_2 и части обмотки III , переменное напряжение которой добавляется к выпрямленному напряжению для устранения сеточных токов в нерабочие полупериоды лампы. Обмотка III включена синфазно обмоткам IV и V , а рабочие полупериоды вентилей B_1 и триодов совпадают, поэтому полярность постоянной составляющей сеточного смещения такова, что на сетку подается «плюс» по отношению к катоду.

Общее напряжение между катодами и сетками триодов складывается из напряжения сеточного смещения (постоянной и переменной составляющих), напряжения на нагрузке левого триода и соответствующих входных сигналов.

Накалы ламп L_1 и L_2 питаются от обмотки II трансформатора $Tr-1$.

Через демпфирующую цепь C_7R_{10} сигнал с выхода первого каскада подается на вход усилителя мощности (лампа L_2). Демпфер предотвращает частые срабатывания регулятора при пульсациях регулируемых величин и защищается сменным сопротивлением R_{10} .

Усилитель мощности, собранный по схеме баланса токов на двух включенных последовательно триодах лампы L_2 , питается выпрямленным выпрямителями B_4 и B_5 током от обмотки VI трансформатора $Tr-1$. Пульсации питающего напряжения сглаживаются емкостями C_{10} и C_{11} . Сопротивления R_{17} , R_{18} , R_{19} , R_{20} обеспечивают равномерное распределение обратных напряжений между диодами выпрямителей B_4 и B_5 . Потенциометр R_{12} , положение движка которого определяет величину сигнала отрицательной обратной связи, подаваемого на сетку нижнего триода, а следовательно и крутизну каскада, предназначен для регулирования зоны нечувствительности прибора.

Конденсатор C_8 предотвращает возникновение напряжения переменного тока между катодом нижнего триода и «землей» из-за наличия междубмоточных емкостей в трансформаторе $Tr-1$.

При отсутствии сигналов на сетке нижнего триода точки A и B диагонали балансовой схемы эквипотенциальны, и ток не обтекает катушек реле P_1 и P_2 .

Появление напряжения на сетке нижней лампы в зависимости от его фазы по отношению к питающему напряжению обмотки VI трансформатора $Tr-1$ изменяет (снижает или повышает) внутреннее сопротивление нижнего триода и вносит разбаланс в схему. Разбаланс увеличивается вследствие связи режима верхнего триода с режимом нижнего (через сопротивление R_{13}). Например, при увеличении внутреннего сопротивления нижнего триода уменьшается ток в цепи «верхний триод — сопротивление R_{13} — нижний триод», отчего снижается падение напряжения на сопротивлении R_{13} , т. е. уменьшается отрицательный сигнал на сетке верхнего триода относительно его катода, и внутреннее сопротивление верхнего триода падает. Таким образом, в зависимости от фазы сигнала на сетке нижнего триода увеличивается внутреннее сопротивление нижнего триода и уменьшается верхнего либо, наоборот, уменьшается внутреннее сопротивление нижнего триода и увеличивается верхнего. При этом в проводящие полупериоды триодов ток протекает или через катушку реле P_1 , или через катушку реле P_2 (фазоселективность обеспечивается выпрямителями B_2 и B_3). В зависимости от того, какое реле сработало, включается один из контакторов («Вперед» или «Назад»), на катушку которого с клемм 7, 8 или 8, 9 подано напряжение от выпрямителя B_6 , питающегося от вторичной обмотки трансформатора $Tr-2$. Одновременно зажигается лампочка KL_1 или KL_2 , сигнализирующая о направлении вращения исполнительного механизма системы регулирования.

В то же время выпрямленное напряжение подается в цепь упругой обратной связи на потенциометр R_{14} («скорость связи»). Полярность этого напряжения подобрана так, что сигнал обратной связи, приложенный к сетке правого триода L_1 , действует всегда в сторону, противоположную напряжению сигнала, вызвавшего срабатывание реле.

Выходным сигналом цепи обратной связи, подаваемым на сетку правого триода лампы L_1 , является падение напряжения на конденсаторе C_3 и сопротивлении R_7 . В момент срабатывания реле P_1 и P_2 начинает заряжаться конденсатор C_3 по цепи R_7 — C_3 — R_9 от источника напряжения, которым является часть сопротивления делителя напряжения R_{14} между движком и проводом, идущим к клемме 9. В тот момент, когда заряд конденсатора C_3 станет таким, что воздействие сигнала обратной связи на сетку правого триода уравновесит воздействие сигнала рассогласования на сетку левого триода, сигнал на входе усилителя мощности станет равным нулю и реле обесто-

чится (закончится регулирующий импульс и начнется интервал). При размыкании контактов реле останавливается исполнительный механизм, гаснет сигнальная лампа и снимается напряжение с сопротивления R_{14} . Начинается разряд конденсатора C_3 по цепи $R_9-R_{14}-R_7$, вследствие чего падает напряжение на сетке правого триода. Если к этому времени регулируемая величина еще не стала равной заданному значению, то реле P_1 или P_2 снова срабатывает в тот момент, когда напряжение на сетке правого триода упадет настолько, что влияние сигнала на сетке левого триода станет преобладающим. Закончится интервал, и начнется новый рабочий импульс. Рабочие импульсы будут повторяться до тех пор, пока регулируемая величина не станет равной заданному значению.

Длительность импульса определяется напряжением, приложенным к конденсатору C_3 при его заряде, т. е. напряжением, снимаемым с делителя R_{14} , а следовательно, положением движка потенциометра R_{14} . Кроме того, на длительность импульса влияют сопротивления цепи заряда конденсатора R_9 и R_7 .

Длительность интервала между импульсами зависит от постоянной времени цепи разряда конденсатора, которая при постоянной емкости C_3 зависит от сопротивлений R_9 и R_7 ($R_{14} \ll R_9$, поэтому величина R_{14} практически не влияет на длительность интервала).

Таким образом, параметрами динамической настройки регулятора (т. е. параметрами цепи упругой обратной связи) являются величины R_9 , R_7 и R_{14} .

При стендовой проверке регулятора, выполненного по приведенной схеме, в его работе были обнаружены следующие неисправности.

1. Сигнал разбаланса на выходе регулятора не изменялся при изменении положения задатчика: при любом положении задатчика и при сбалансированных датчиках оставалась включенной красная сигнальная лампа $KЛ_1$.

При внимательной проверке электрических цепей удалось найти причину неисправности, которая заключалась в неправильном присоединении проводов на клеммах внешних соединений регулятора.

2. После исправления схемы внешних соединений удалось сбалансировать мост задатчика регулятора, однако обнаружилось, что регулятор нечувствителен к изменению положения плунжера индукционного датчика № 1. Эта неисправность была ликвидирована исправлением электрической схемы измерительного блока.

3. Для проверки работы регулятора при появлении сигнала разбаланса плунжер индукционного датчика № 2 был смещен настолько, что загорелась лампочка $KЛ_1$ и сработал пускатель, подключенный к клеммам 8, 9. При этом элементы цепи обратной связи регулятора соответствовали по своим номиналам расчетным данным.

Испытатели вправе были ожидать, что лампочка $KЛ_1$ будет зажигаться на короткие промежутки времени и (как это явствует из приведенного описания регулятора) длительность импульсов и интервалов между ними будет зависеть от поставленных при настройке величин R_7 , R_9 и R_{14} . Однако в действительности лампочка $KЛ_1$ не погасла и горела непрерывно при любых R_7 , R_9 и R_{14} до тех пор, пока плунжер индукционного датчика № 2 не был возвращен в исходное положение.

Причина этой неисправности была обнаружена при проверке схемы электронного блока прибора.

Найденные при стендовой проверке неисправности объяснялись ошибками, допущенными при копировке схемы, по которой велся монтаж регулятора (рис. II-88).

Требуется исправить схему и указать, какие ошибки в ней явились причиной отмеченных неполадок.

VI. СХЕМНЫЕ ЗАДАЧИ НА СЧЕТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ, МОДЕЛИРУЮЩИЕ И ЛОГИЧЕСКИ-РЕШАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

З а д а ч а 89

Мостовое вычислительное устройство

Счетно-решающие мостовые схемы непрерывного действия со следящим сервоприводом нашли широкое применение в измерительных и регулирующих устройствах. К достоинствам этих схем следует отнести простоту конструкции, надежность в эксплуатации и высокую точность вычисления.

Схема, представленная на рис. II-89, пред-

назначена для непрерывного вычисления величины y по уравнению

$$y^2 + ay = (bx_1 + cx_2 - dx_3 + k)x_4, \quad (1)$$

где x_1 , x_2 , x_3 и x_4 — непрерывно контролируемые величины, каждая из которых изменяется во времени по любому закону;

a , b , c , d , k — постоянные коэффициенты.

Если реостатные датчики приборов, которые контролируют переменные величины, и реостаты, задающие постоянные коэффициенты, соединить так, чтобы образовался четырехплечий мост, сопротивления плеч которого в одном и том же масштабе единиц

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= y \\ R_2 &= y + a \\ R_3 &= bx_1 + cx_2 - dx_3 + k \\ R_4 &= x_4 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Перед включением схемы необходимо подать на нее питание и подсоединить вход электронного усилителя (клеммы AB) на выход мостовой схемы.

Сделайте это так, чтобы схема решала уравнение (1) относительно y .

З а д а ч а 90

Автоматический тепломер

Автоматический тепломер, принципиальная схема которого изображена на рис. II-90, непрерывно вычисляет секундный расход тепла Q ,

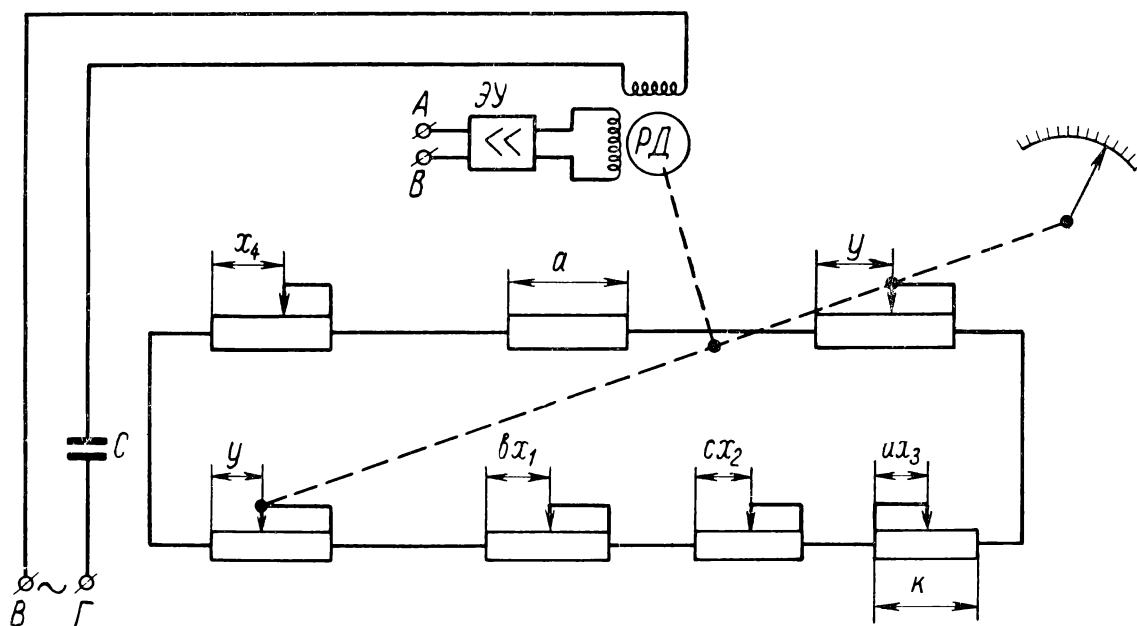


Рис. II-89.

(при этом плечи R_1 и R_2 противоположны), то условие баланса этого моста

$$R_1 R_2 = R_3 R_4 \quad (3)$$

равносильно уравнению (1), что легко проверить, если в выражение (3) подставить значения сопротивлений из формул (2).

Если сигнал с измерительной диагонали моста подать на вход усилителя, на выход которого включить сервопривод движков реостатов, сопротивление которых пропорционально y , то сервопривод будет перемещать движки реостатов до тех пор, пока в мостовой схеме не восстановится баланс, т. е. пока не будет удовлетворено равенство (3), а следовательно, и (1). На шкале, отградуированной в единицах y , стрелка, связанная с валом сервопривода, будет показывать значения y , удовлетворяющие уравнению (1) в любой момент времени.

отпускаемого потребителю, по измеренным величинам расхода теплоносителя W и разности температур $(\vartheta_1 - \vartheta_2)$ теплоносителя, направляемого к потребителю (в прямом трубопроводе) и возвращаемого от потребителя (в обратном трубопроводе).

Вычисление производится по формуле

$$Q = cW (\vartheta_1 - \vartheta_2), \quad (1)$$

где c — удельная теплоемкость теплоносителя.

Расход теплоносителя определяется измерением перепада давления, создаваемого потоком теплоносителя на установленном в трубопроводе дросселирующем устройстве. Перепад давления измеряется мембранным дифманометром с дифференциально-трансформаторным датчиком $ИД_1$. Аналогичный датчик $ИД_2$ встроен в прибор и соединен с $ИД_1$ по дифференциально-трансформаторной схеме. Дифференциально-

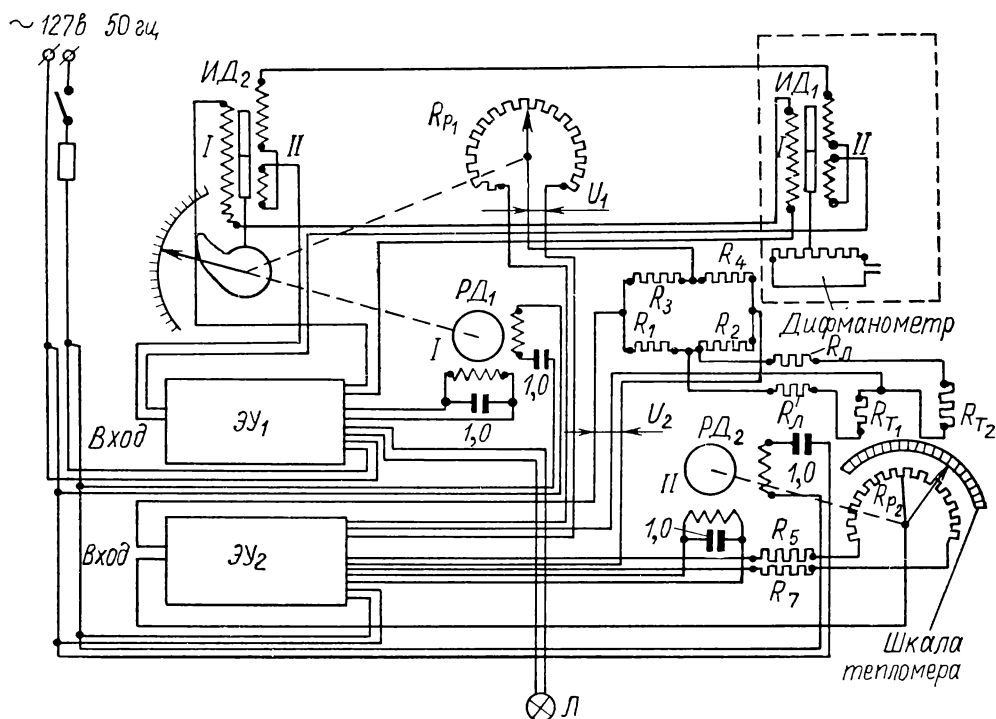


Рис. II-90.

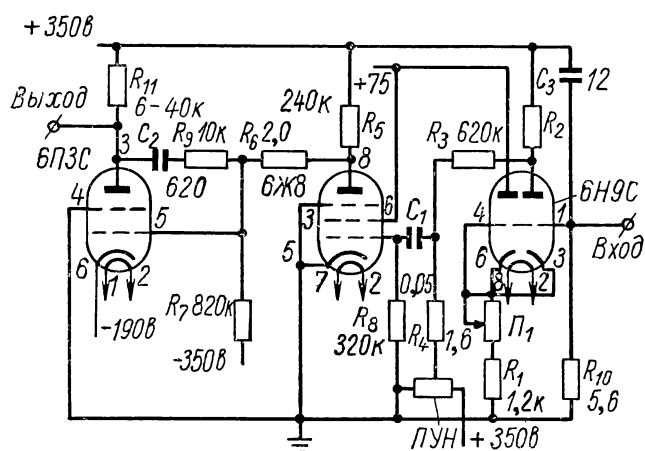


Рис. II-91.

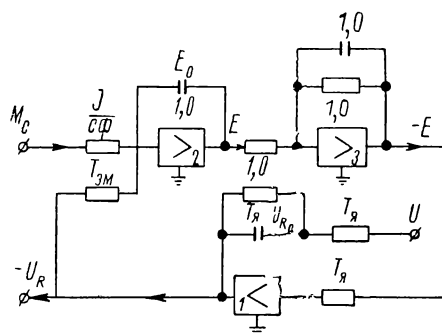
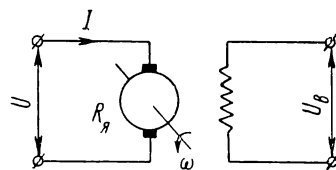


Рис. II-92.

трансформаторная схема уравнивается двигателем $РД_1$, получающим сигналы разбаланса через усилитель $\mathcal{E}У_1$. Двигатель перемещает плунжер датчика $ИД_2$ до достижения баланса в дифференциально-трансформаторной схеме и одновременно перемещает движок реохорда R_{p1} , питающегося от обмотки силового трансформатора усилителя $\mathcal{E}У_2$.

Таким образом, напряжение U_1 , снимаемое с R_{p1} , пропорционально расходу теплоносителя

$$U_1 = k_1 W. \quad (2)$$

Разность температур $(\vartheta_1 - \vartheta_2)$ измеряется термометрами сопротивления R_{T1} и R_{T2} , включенными в мостовую схему. Два плеча этой схемы образованы сопротивлениями R_3 и R_4 , а два других плеча — R_1 и R_2 и включенными последовательно с ними термометрами сопротивления R_{T1} и R_{T2} . Мост питается напряжением U_1 , снимаемым с реохорда R_{p1} .

Напряжение U_2 , снимаемое с измерительной диагонали моста, пропорционально разности сопротивлений $(R_{T1} - R_{T2})$ и напряжению U_1 , т. е.

$$U_2 = k_2 U_1 (R_{T1} - R_{T2}). \quad (3)$$

Градуировки термометров сопротивлений подобраны так, что

$$R_{T1} = k_3 \vartheta_1, \quad R_{T2} = k_3 \vartheta_2, \quad (4)$$

а сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и R_4 мостовой схемы так, чтобы коэффициент пропорциональности k_2 в формуле (3) был равен в соответствующем масштабе c для контролируемого теплоносителя. Тогда из выражений (2), (3) и (4) получаем

$$U_2 = k_1 k_3 c W (\vartheta_1 - \vartheta_2)$$

или с учетом формулы (1)

$$U_2 = k_1 k_3 Q,$$

откуда следует, что напряжение U_2 пропорционально расходу тепла, направляемого потребителю.

Напряжение U_2 измеряется компенсационным методом, для чего оно сравнивается с напряжением реохорда R_{p2} , и разность этих напряжений подается на вход электронного усилителя $\mathcal{E}У_2$. Сигнал с выхода усилителя поступает на обмотку управления реверсивного двигателя $РД_2$, который перемещает движок реохорда R_{p2} до наступления равновесия в схеме компенсации. С осью двигателя $РД_2$ скреплена вращающаяся шкала тепломера, отградуированная в единицах расхода тепла ($ккал/сек$).

Питание реохорда R_{p2} осуществляется от силового трансформатора усилителя $\mathcal{E}У_2$.

Как видно из описания, в схеме тепломера использована мостовая вычислительная схема непрерывного действия.

Необходимо исправить схему тепломера в соответствии с ее описанием. При этом следует устранить основной дефект ее, вследствие которого тепломер при включении контролировал не количество тепла, а лишь расход теплоносителя.

Задача 91

Операционный усилитель электронной модели

На рис. II-91 представлена схема операционного усилителя постоянного тока, применяемого во многих электронных моделирующих машинах общего назначения.

Усилитель имеет три каскада усиления. Первый каскад (левая и правая половины лампы 6Н9С) собран по схеме параллельного баланса, компенсирующей «дрейф нуля» усилителя при изменениях напряжения накала. Влияние изменений напряжения накала на анодный ток правой половины лампы компенсируется изменениями потенциала катода вследствие колебаний анодного тока левой половины лампы, который также зависит от напряжения накала. Для регулирования компенсирующего воздействия левой половины лампы служит потенциометр $П_1$, с которого снимается запирающее напряжение на ее сетку. Чем ниже будет поставлен движок потенциометра $П_1$, тем большее отрицательное напряжение относительно катода будет подано на сетку левой половины лампы и тем меньшее компенсирующее воздействие будет оказывать ее анодный ток на режим правой половины лампы. Обычно положение движка $П_1$ выбирают опытным путем так, чтобы анодный ток правой половины лампы в определенных пределах не зависел от напряжения накала.

Сигнал постоянного тока с анода правой половины лампы первого каскада через делитель $R_3 - R_4$ подается на управляющую сетку лампы 6Ж8 (второго каскада). Сюда же с потенциометра $ПУН$ снимается постоянное отрицательное напряжение относительно катода лампы 6Ж8 на напряжение смещения второго каскада, обеспечивающее равенство нулю сигнала на входе второго каскада при нулевом сигнале на входе первого каскада.

Корректирующая RC -цепочка ($R_8 - C_1$), включенная параллельно цепи сетка — катод лампы 6Ж8, стабилизирует режим усилителя, препятствуя возникновению колебаний.

Выходным каскадом операционного усилителя является лампа 6ПЗС, с анода которой снимается сигнал

$$U_{\text{вых}} = -k U_{\text{вх}},$$

где k — коэффициент усиления операционного усилителя.

Вследствие ошибок, допущенных при перечислении схемы, сигнал на выходе первого каскада существенно зависел от напряжения накала и не попадал на вход второго каскада.

Необходимо исправить ошибки в схеме усилителя.

Задача 92

Электронная модель двигателя постоянного тока

Уравнения электрического и механического равновесия двигателя постоянного тока можно записать в виде

$$\left. \begin{aligned} U &= E + U_R + U_L + U_{\text{щ}} \\ M_{\text{дв}} &= M_c + J \frac{d\omega}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где E — э. д. с. двигателя;
 $U_R, U_L, U_{\text{щ}}$ — абсолютные значения падений напряжений на активном и индуктивном сопротивлениях якоря и на щетках машины;
 $M_{\text{дв}}, M_c$ — движущий момент и статический момент сопротивления;
 J — момент инерции на валу двигателя;
 ω — угловая скорость якоря.

$$U_L = L \frac{dI}{dt} = \frac{L}{R_{\text{я}}} \cdot \frac{d(IR_{\text{я}})}{dt} = T_{\text{я}} \frac{dU_R}{dt}, \quad (2)$$

где $L, R_{\text{я}}$ и $T_{\text{я}}$ — индуктивность, активное сопротивление и постоянная времени цепи якоря.

Принимая $U_{\text{щ}} = 0$ и подставляя в уравнение (1) значение U_L из уравнения (2), получим

$$U_R + T_{\text{я}} \frac{dU_R}{dt} = U - E. \quad (3)$$

Учитывая, что

$$\left. \begin{aligned} M_{\text{дв}} &= c\Phi I = \frac{c\Phi}{R_{\text{я}}} U_R \\ \omega &= \frac{E}{c\Phi} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

уравнения равновесия моментов можно представить в виде

$$\frac{c\Phi}{R_{\text{я}}} U_R = M_c + \frac{J}{c\Phi} \cdot \frac{dE}{dt},$$

откуда

$$\frac{dE}{dt} = \frac{(c\Phi)^2}{JR_{\text{я}}} U_R - \frac{c\Phi}{J} M_c$$

или

$$E = E_0 + \frac{1}{T_{\text{эм}}} \int_0^t U_R dt - \frac{c\Phi}{J} \int_0^t M_c dt, \quad (5)$$

где $T_{\text{эм}} = \frac{JR_{\text{я}}}{(c\Phi)^2}$ — электромеханическая постоянная времени двигателя.

Уравнения (3) и (5) описывают динамику двигателя постоянного тока.

Для исследования переходных процессов в двигателе была смонтирована его электронная модель (рис. II-92), в которой блок 1 моделирует электрическую цепь якоря, блок 2 — электромеханическую систему якоря, а блок 3 инвертирует знак E .

Необходимо проверить правильность схемы модели.

Задача 93

Электронная модель системы автоматического регулирования скорости двигателя

На электронной модели предполагалось исследовать переходные процессы в системе автоматического регулирования скорости ненагруженного электродвигателя постоянного тока, работающего по схеме генератор—двигатель.

Датчиком скорости двигателя D в системе (рис. II-93, а) является тахогенератор $TГ$, напряжение на выходе которого U_{τ} сравнивается с задающим напряжением U_3 . Сигнал, пропорциональный разности $(U_{\tau} - U_3)$, усиливается последовательно магнитным $МУ$ и электромашиным $ЭМУ$ усилителями и поступает на обмотку возбуждения генератора $Г$.

Стабилизирующий трансформатор $СТ$ осуществляет корректирующую гибкую обратную связь с выхода генератора на вход магнитного усилителя (т. е. гибкой обратной связью охвачены генератор, ЭМУ и МУ).

При составлении схемы электронной модели приняты следующие допущения:

1) входное напряжение двигателя принято равным э. д. с. генератора; при этом статический момент сопротивления на валу двигателя и падение напряжения на щетках машины приняты равными нулю;

2) напряжение возбуждения генератора принято равным э. д. с. ЭМУ;

3) обмотка управления ЭМУ подключена на выход магнитного усилителя МУ параллельно с активным сопротивлением таким образом, что МУ можно считать нагруженным активным сопротивлением;

4) напряжения, подаваемые на обмотки управления МУ, приняты равными э. д. с. стабилизирующего трансформатора и тахогенератора;

5) нагрузка стабилизирующего трансформатора настолько мала, что его можно считать работающим в режиме холостого хода.

При составлении уравнений звеньев системы регулирования приняты следующие обозначения:

$$K_{МУ1}, K_{МУ2}, K_{МУ3}, K_y, K_q, K_r, K_{СТ}$$

— коэффициенты усиления МУ (по отношению ко входным сигналам на обмотках управления МУ1, МУ2 и МУ3), каскадов ЭМУ (K_y и K_q), генератора и стабилизирующего трансформатора;

σ — коэффициент рассеяния первичной обмотки стабилизирующего трансформатора;

$$T_0, T_y, T_q, T_r, T_1, T_{я}, T_{эм}$$

— постоянные времени МУ, продольной и поперечной цепей ЭМУ, генератора, стабилизирующего трансформатора, электрической цепи якоря двигателя и электрохимическая постоянная времени двигателя.

Схема набора задачи (рис. II-93, б) составлена по ошибочной структурной схеме системы автоматического регулирования (рис. II-93, а).

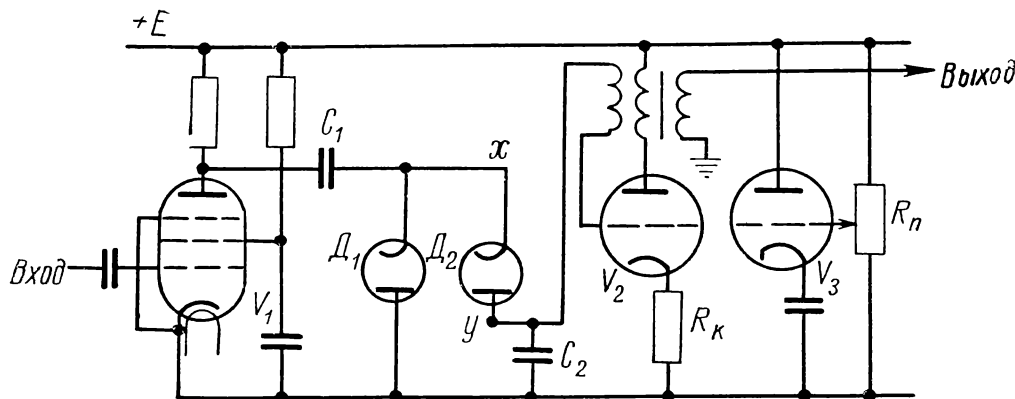


Рис. II-94.

Требуется исправить структурную схему и, в соответствии с этим, схему набора задачи на модели.

Задача 94

Десятичный счетчик с использованием заряда конденсатора

При малых токах утечки конденсатор способен достаточно долго сохранять свой заряд,

запоминая, таким образом, цифру, изображающую число приложенных к нему ранее импульсов. Когда напряжение на конденсаторе достигнет определенного заранее установленного значения, специальная схема возвращает конденсатор в незаряженное состояние, передавая импульс в счетчик следующего разряда.

Такая схема с накапливающим конденсатором приведена на рис. II-94.

Подсчитываемые входные импульсы положительной полярности подаются на управляющую сетку пентода V_1 , формирующего импульсы стандартной формы для подачи одинаковых количеств заряда к накапливающему конденсатору. Нормально V_1 закрыт. В момент прихода положительного входного импульса поступает с анода V_1 на C_1 отрицательный импульс, отпирающий диод D_1 . По окончании входного импульса в точке x появляется положительный сигнал за счет положительного импульса, проходящего через C_1 . При этом запирается D_1 и отпирается D_2 , благодаря чему конденсаторы C_1 и C_2 оказываются включенными последовательно.

Емкость конденсатора C_2 значительно больше емкости C_1 , поэтому изменение потенциала в точке y в момент импульса мало по сравнению с выходным сигналом пентода V_1 . По окончании импульса заряд на C_2 останется. При каждом новом положительном импульсе на входе V_1 будет происходить увеличение заряда C_2 и будет ступеньками повышаться потен-

циал в точке y до тех пор, пока не откроется лампа V_2 , включенная по схеме блокинг-генератора и поддерживаемая в состоянии отсечки сопротивлением катодной нагрузки R_k , общим для этой лампы и катодного повторителя V_3 .

Когда V_2 начинает проводить, т. е. блокинг-генератор срабатывает, C_2 разряжается через положительную сетку V_2 и выходной сигнал с третьей обмотки импульсного трансфор-

матора возбуждает счетчик следующего разряда.

Потенциал, при котором происходит разряд C_2 и запись импульса в следующий разряд, можно изменять изменением падения напряжения на R_k за счет перемещения движка потенциометра R_n в сеточной цепи V_3 . Таким образом, можно настроить схему так, чтобы возврат в исходное состояние и запись единицы в счетчик следующего разряда происходил после каждого десятого положительного импульса на входе V_1 .

В схеме на рис. II-94 допущены серьезные ошибки, исключающие возможность нормального заряда C_2 и работы блокинг-генератора. Необходимо исправить эти ошибки.

Задача 95

Феррорезонансный сдвигающий регистр

Сдвигающий регистр, изображенный на рис. II-95, состоит из феррорезонансных цепей параллельного типа: дроссель S_1 и конденса-

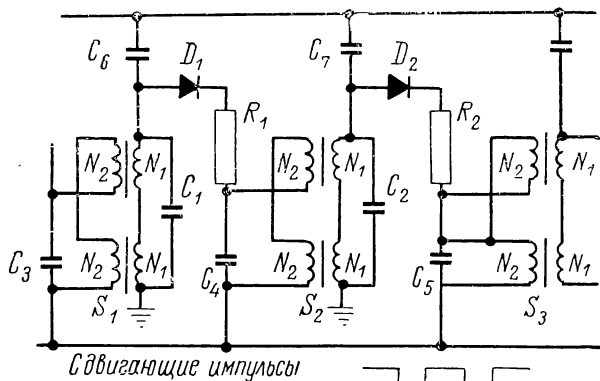


Рис. II-95.

тор C_1 образуют одну феррорезонансную схему, а дроссель S_2 и конденсатор C_2 — вторую. Нагрузкой схемы являются конденсаторы C_6 и C_7 .

Сердечник каждого из дросселей состоит из двух кусков ферромагнитного материала. При этом обмотки N_1 верхней и нижней половин сердечников, соединенные последовательно, образуют нелинейный индуктивный элемент, а обмотки N_2 соединены встречно, так что суммарное переменное напряжение на обеих обмотках равно нулю.

Пусть резонансное положение схемы соответствует 1 в двоичной системе счета, а положение, при котором по параллельной ветви течет малый ток, — двоичному 0. Тогда амплитуда напряжения на верхнем выводе параллельной резонансной схемы будет малой или большой в зависимости от того, запоминает схема 0 или 1.

При отсутствии сдвигающих импульсов потенциал линии сдвигающих входов поддержи-

вается более положительным, чем максимумы напряжения параллельной резонансной схемы (даже если запоминается 1), так что диоды D_1 и D_2 заперты.

Чтобы сдвинуть двоичный знак на одно место вправо, на линию сдвигающих входов подается отрицательный импульс. Тогда, если сердечник S_1 содержит 1, то ток по цепи $D_1R_1C_4$ будет течь в течение той части периода переменного напряжения питания, в которую потенциал вывода первой параллельной резонансной схемы выше потенциала линии сдвигающих входов. При этом снижается напряжение, подаваемое в цепь дросселя S_1 , и первая схема переводится в состояние 0.

Таким же образом конденсатор C_3 получает заряд от предыдущей резонансной схемы, если последняя содержит 1, а конденсатор C_5 получает сигнал из цепи дросселя S_2 . Эти конденсаторы соединены с соответствующими обмотками N_2 , ток в которых, из-за индуктивности, не достигает заметной величины до момента исчезновения сдвигающего импульса. После окончания переходного процесса ток в обмотке N_2 насыщает сердечник дросселя S_2 и переводит его феррорезонансную схему в состояние 1.

Таким образом, в момент подачи сдвигающего импульса все сердечники переводятся в состояние 0, а информация временно передается в конденсаторы. После окончания сдвигающего импульса информация возвращается в феррорезонансные схемы, но со смещением на одно место вправо.

Необходимо устранить ошибку в схеме, делающую часть феррорезонансных цепей неработоспособными. При этом следует указать, на сколько мест вправо можно сдвинуть единицу, находящуюся в первой феррорезонансной цепи, если в схему не вносить исправлений.

Задача 96

Троичная матрица с трехпозиционными механическими переключателями

Большинство устройств цифровой автоматики использует двоичный код, поэтому наиболее распространенными матричными схемами избирания являются двоичные. Однако в ряде случаев предпочтение отдается троичной системе исчисления. В частности, применение троичных матриц целесообразно в том случае, когда избирание происходит не по двум признакам какого-либо качества («наличие» или «отсутствие»), а по трем признакам. При этом может быть значительно сокращено число управляющих переключателей по сравнению с матрицей, использующей двоичный код.

На рис. II-96 представлена троичная матричная схема, применимая, например, для формирования команд управления объектами, движущимися в пространстве. Верхний ключ можно использовать для характеристики движения объекта в вертикальной плоскости («Вверх», «Прямо», «Вниз»), нижний — в горизонтальной плоскости («Влево», «Прямо», «Вправо»).

Сигнал управления возникает на выходных клеммах той вертикальной шины, которая не будет зашунтирована через переключатель ни одним из диодов. Например, в изображенном на рис. II-96 варианте положения ключей только шина, соответствующая десятичному числу 0, не коммутируется ни через один из диодов с источником питания через ключи. Поэтому на клеммах 0 появится командное напряжение, соответствующее движению управляемого объекта «Влево вверх».

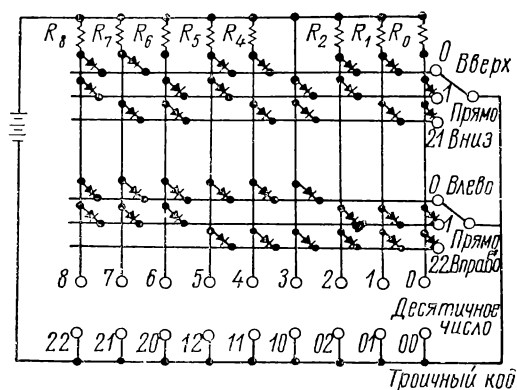


Рис. II-96.

В схеме допущены ошибки.

Требуется внести в схему матрицы исправление и поместить переключатели в такое положение, в котором сигнал напряжения появится на выходных клеммах, соответствующих троичному числу 10. При этом следует описать работу неисправной схемы.

Задача 97

Диодная матрица с электронными переключателями

Диодная матрица, изображенная на рис. II-97, управляется бесконтактным переключателем. В ней отрицательный полюс источника питания оказывается соединенным с той горизонтальной шиной, которая подключена к катоду триода, имеющего на сетке положительное напряжение. Таким образом, каждый из триодов в схеме играет роль ключа: ключ замкнут, если на сетку триода относительно его катода подано положительное напряжение;

ключ разомкнут, если подано отрицательное напряжение.

Батарея U_2 является источником анодного питания триодов.

Требуется изменить полярность батарей и сигналов на сетках ламп в схеме так, чтобы возбужденной оказалась только вертикальная шина, соответствующая числу 00. Следует иметь в виду, что сигналы на двоичную матрицу

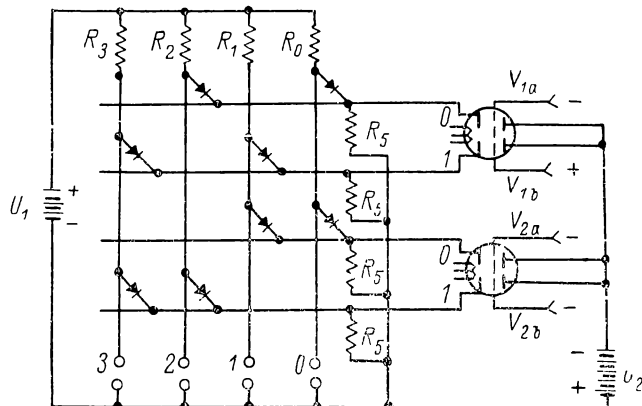


Рис. II-97.

поступают таким образом, что в каждом из двойных триодов потенциалы сеток двух полупроводников относительно их катодов не могут иметь одновременно один и тот же знак.

Требуется также построить схему с механическими ключами, осуществляющую те же логические действия, что и приведенная схема.

Задача 98

Устройство памяти и тиратронных ключей управляющей цифровой электронной машины

Управляющие воздействия, вносимые управляющей машиной на вход объекта управления, в некоторых случаях определяются не только текущим состоянием объекта, но и ситуацией, предшествовавшей внесению управляющего воздействия. Управление с запоминанием предыдущей ситуации производит устройство, принципиальная схема которого приведена на рис. II-98.

Пусть для некоторого регулируемого объекта характер регулирующего воздействия определяется величинами двух параметров — температуры и давления. Датчик давления управляет переключателем П1, а датчик температуры — переключателем П2. Положения 0 каждого переключателя соответствуют низким, а положения 1 — высоким значениям давления и температуры.

В нулевом положении обоих переключателей на левой вертикальной диодной матрице возникает положительное напряжение и на управляющую сетку тиратрона *I* подается положительный импульс, вызывающий зажигание тиратрона (если перед этим был включен пусковой выключатель).

Катод тиратрона *I* при этом получает потенциал $+6$ в, поэтому готовится к срабатыванию следующий тиратрон *II*, экранирующая сетка которого соединена с катодом

вышени давления при низкой температуре (переключатель *П1* — в положении *1*, а *П2* — в положении *0*). При этом состоянии тиратрон *III* зажигается, и реле *P3* срабатывает независимо от того, каковы были давление и температура в предшествующие моменты.

В практических схемах сигнал поступает на вход диодной матрицы управляющей машины только в интервал времени считывания данного параметра. Поэтому необходимо запоминание сигнала на время, когда к схеме подключаются

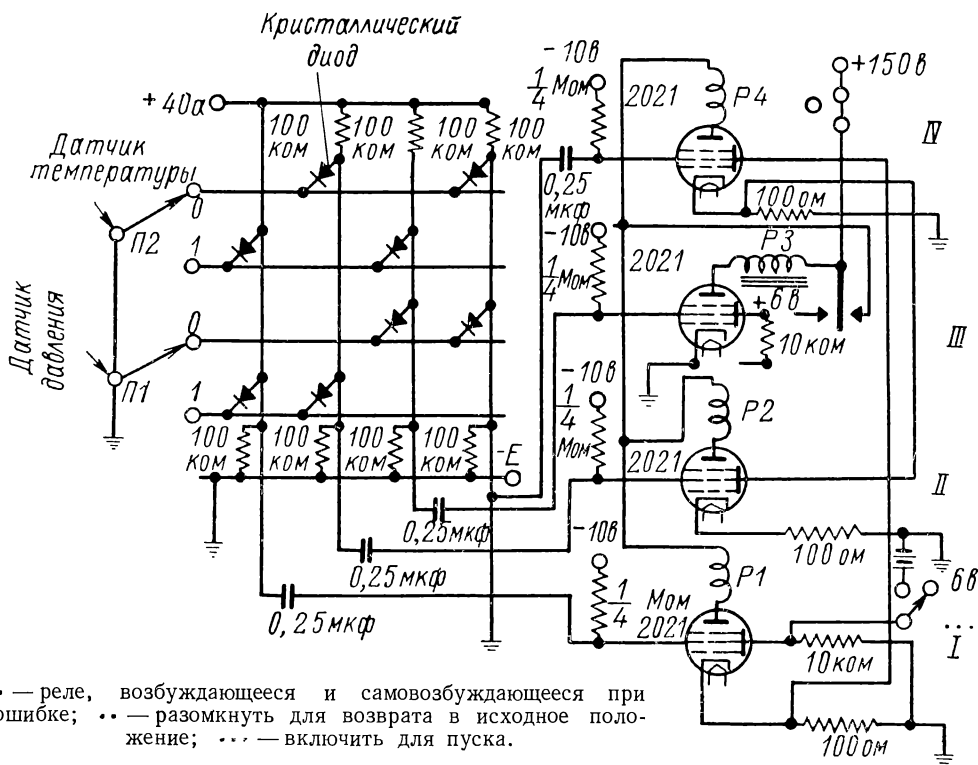


Рис. II-98.

тиратрона *I*. Тиратрон *II* зажжется в том случае, если температура повысится (*П2* перейдет в положение *1*), а давление будет тем же (*П1* остается в положении *0*). Зажигание этого тиратрона подготовит зажигание следующего тиратрона *IV*, которое произойдет при одновременном повышении и температуры и давления (оба переключателя — в положении *1*).

Таким образом, для того чтобы сработали реле *P1*, *P2* и *P4*, должна быть обеспечена определенная последовательность в достижении температурой и давлением установленных для них значений. Исключение составляет лишь реле *P3*, сигнализирующее об аварийном состоянии: по-

другие каналы информации. Тиратроны, проводящие ток и после снятия с их сетки сигнала, вызвавшего зажигание, выполняют в описываемой схеме сразу две функции: готовят следующую операцию в заданной последовательности, подавая положительное напряжение смещения на экранную сетку следующего тиратрона, и запоминают сигнал, снятый с соответствующей шины матрицы.

При включении машины обнаружилось, что порядок внесения в процесс регулирующих воздействий перепутан. Необходимо исправить схему так, чтобы восстановился требуемый порядок управляющих команд, описанный выше.

Полупроводниковая схема управления цифровыми магнитами печатающего устройства информационной машины

Современные информационные машины, предназначенные для автоматической переработки информации, полученной от датчиков какой-либо энергетической или технологической установки, выдают результат обработки в виде печатного бланка, на котором информация представлена цифрами в десятичной системе.

Цифры печатаются на бланке пишущей машинкой, клавиши которой приводятся в дейст-

положительный импульс сброса, который возвращает «проводящий» триггер в исходное положение.

Основным преимуществом этой схемы является то, что в ней ток потребляет только один «проводящий» триггер. Триоды всех остальных цифровых триггеров заперты.

В схеме необходимо исправить ошибки, вследствие которых триггеры не сбрасываются в исходное положение, а один из электромагнитов не срабатывает.

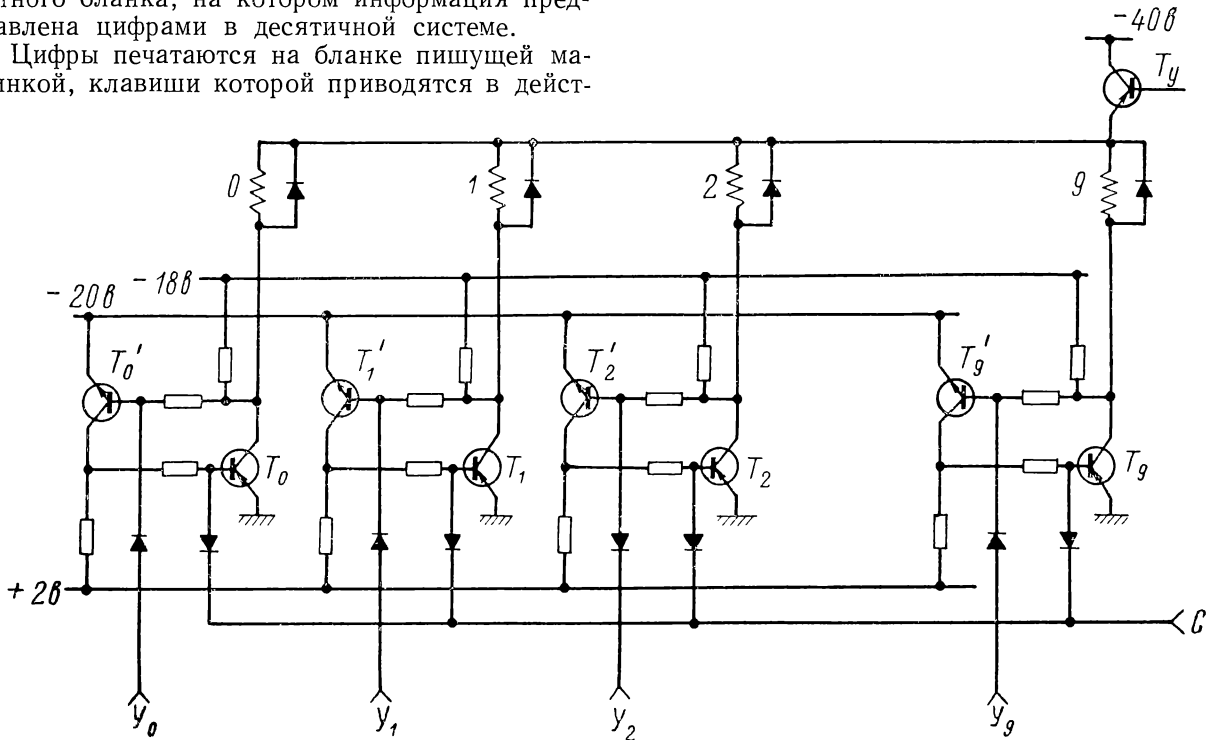


Рис. II-99.

вие электромагнитами. Экономичная схема управления электромагнитами 0—9 пишущей машинки представлена на рис. II-99.

Включение избранного электромагнита подготавливается положительным импульсом, подаваемым на один из входов $Y_0 - Y_9$. Этот импульс опрокидывает в «проводящее» состояние один из триггеров, составленных из маломощных триодов T (типа $p - n - p$) и T' (типа $n - p - n$). В этом состоянии оба триода триггера насыщены, поэтому через триод T можно пропустить большой ток. Для включения электромагнита открывается приблизительно на 50 мсек мощный триод T_y , рассчитанный на большие токи включения и отключения электромагнитов и напряжение до 60 в.

После окончания переходного процесса отключения электромагнита на вход C подается

Электронный преобразователь цифровых величин в аналоговые

В сложных управляющих и информационных вычислительных машинах используются как цифровые, так и аналоговые устройства. При этом часто возникает необходимость в передаче информации с выхода цифрового на вход аналогового устройства или наоборот с выхода аналогового на вход цифровой машины. В таких случаях применяются специальные устройства, преобразующие цифровые величины в аналоговые или аналоговые в цифровые.

На рис. II-100 представлена принципиальная схема электронного преобразователя цифровых величин в аналоговые. Схема состоит из

трех мультивибраторов с одним устойчивым состоянием и суммирующего триода.

Входной сигнал представляет собой последовательность импульсов одинаковой амплитуды. При этом для передачи информации важна не амплитуда импульса, а наличие или отсутствие его на определенном месте кода. Так, например, импульсный код «импульс — импульс — импульс», представляющий двоичное число 111, передает информацию о десятичном числе $7 = (4+2+1)$, а импульсный код «импульс —

на вход первого мультивибратора, второй — на вход второго мультивибратора, третий — на вход третьего мультивибратора. Сигналы на вход суммирующей лампы снимаются с выходных потенциометров мультивибраторов ($1/2$ Мом). При этом движки потенциометров поставлены так, чтобы напряжение, снимаемое со второго мультивибратора, было вдвое больше сигнала первого мультивибратора, а сигнал третьего — в два раза больше сигнала второго. Тогда, если появление импульса на первом

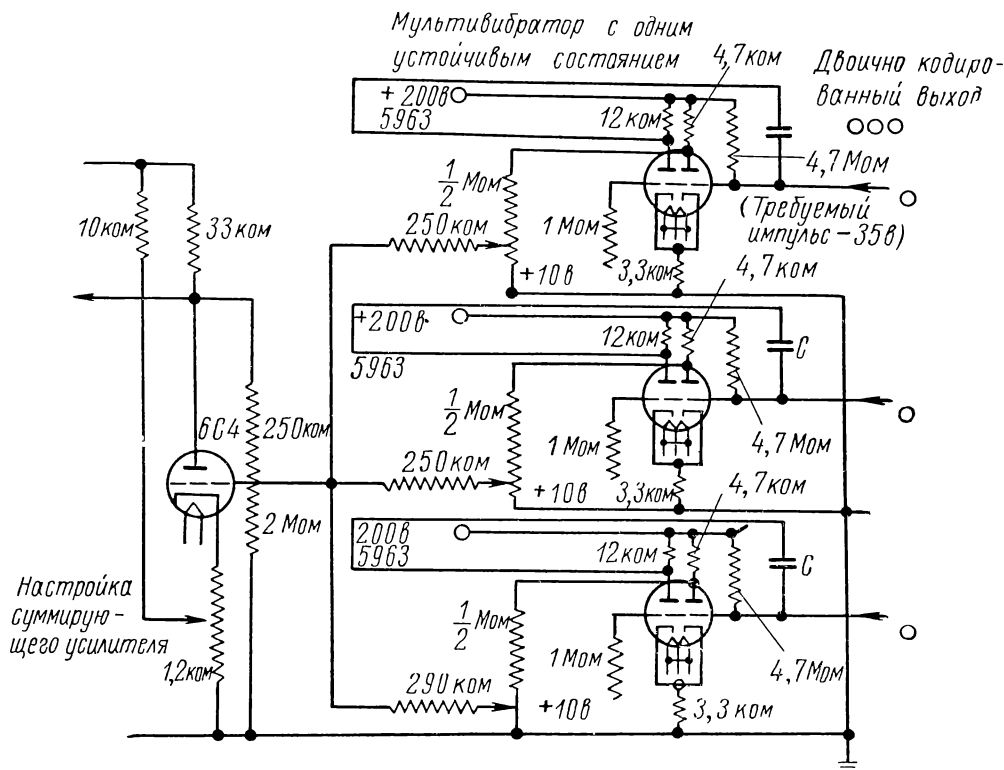


Рис. II-100.

отсутствие импульса — импульс» (101) соответствует десятичному числу $5 = (4+0+1)$.

Выходной сигнал схемы должен быть импульсом, у которого рабочей величиной является амплитуда. Если принять масштаб преобразования таким, что десятичному числу 1 будет соответствовать сигнал на выходе схемы, равный 1 в, то первой из рассмотренных серий импульсов будет соответствовать выходной сигнал с амплитудой 7 в, а второй — с амплитудой 5 в.






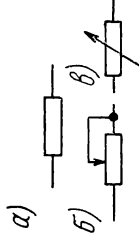
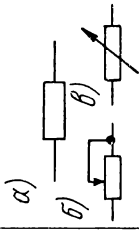
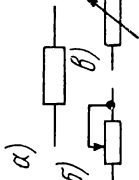
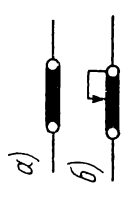
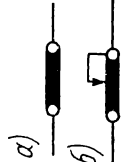
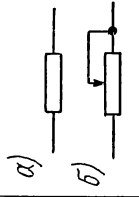
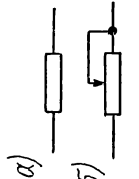
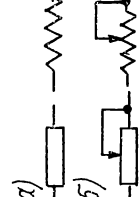
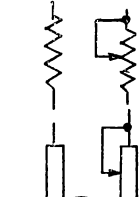
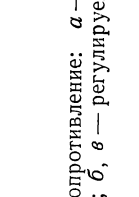

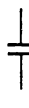
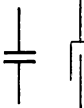

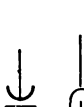
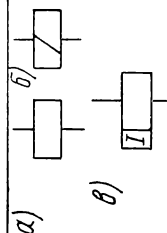
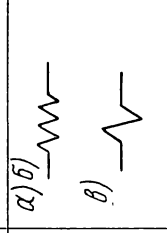
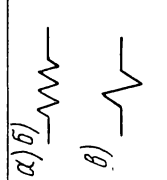
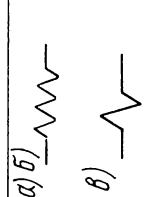
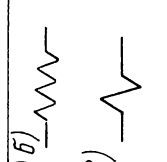
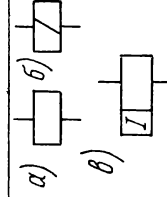
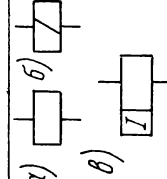
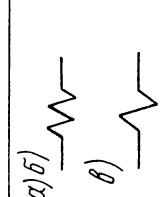
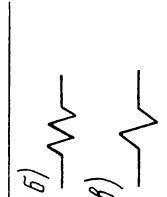
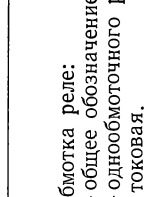


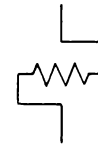


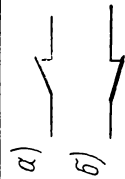

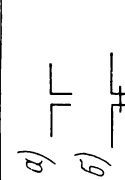
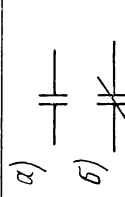
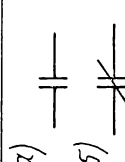
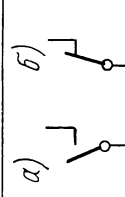
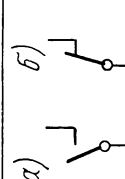
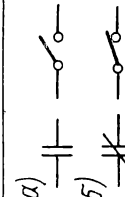
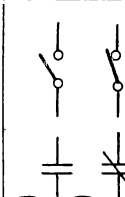
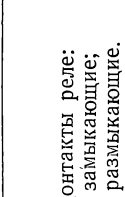
Схема (рис. II-100) предусматривает преобразование сигналов, содержащих не более трех импульсов, т. е. не более трех двоичных разрядов. Первый из импульсов числового кода подается

на вход первого мультивибратора, второй — на вход второго мультивибратора, третий — на вход третьего мультивибратора. Сигналы на вход суммирующей лампы снимаются с выходных потенциометров мультивибраторов ($1/2$ Мом). При этом движки потенциометров поставлены так, чтобы напряжение, снимаемое со второго мультивибратора, было вдвое больше сигнала первого мультивибратора, а сигнал третьего — в два раза больше сигнала второго. Тогда, если появление импульса на первом

месте вызовет сигнал на выходе суммирующего триода, равный 1 в, то появление импульса на втором месте даст выходной сигнал схемы, равный 2 в, а на третьем месте — 1 в. Импульсные серии, упоминавшиеся ранее, вызовут появление на аноде суммирующего триода сигналы с амплитудами соответственно 7 в (для первой серии — 111) и 5 в (для второй серии — 101). Учитывая, что все сопротивления на схеме показаны в масштабах, соответствующих их номиналам, требуется показать, на какую из входных цепей какой должен быть подан кодовый импульс (первый, второй или третий) и с какой клеммы может быть получен сигнал в аналоговой форме.

СИНОПТИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА РАЗЛИЧИЙ В ОБОЗНАЧЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ

(по различным ГОСТ и в разных странах)

ГОСТ 7624—62	ГОСТ 7624—55	До утверждения ГОСТ 7624—55	Немецкие	Американские	Наименование
					Обмотка статора (каждой фазы) машины переменного тока, обмотка независимого возбуждения. Дроссель без сердечника.
а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	Сопротивление: а — нерегулируемое; б, в — регулируемое.
					Конденсатор нерегулируемый.
а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	Обмотка реле: а — общее обозначение; б — однообмоточного реле; в — токовая.
					Катушка контактора.
а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	а)  б) 	Контакты реле: а — замыкающие; б — размыкающие.

<p>Контакты контактора: <i>а</i> — замыкающие; <i>б</i> — размыкающие.</p>		<p><i>а)</i> </p> <p><i>б)</i> </p>	<p><i>а)</i> </p> <p><i>б)</i> </p>	<p><i>а)</i> </p> <p><i>б)</i> </p>	<p>Контакты реле: <i>а</i> — замыкающие с выдержкой времени при замыкании; <i>б</i> — размыкающие с выдержкой времени при размыкании; <i>в</i> — замыкающие с выдержкой времени при замыкании и размыкании.</p>	<p><i>а)</i> </p> <p><i>б)</i> </p> <p><i>в)</i> </p>	<p>Кнопка: <i>а</i> — замыкающий контакт; <i>б</i> — размыкающий контакт.</p>	<p><i>а)</i> </p> <p><i>б)</i> </p>	<p>Путевой или конечный выключатель: <i>а</i> — с замыкающим контактом; <i>б</i> — с размыкающим контактом.</p>	<p><i>а)</i> </p> <p><i>б)</i> </p>	<p>Плавкий предохранитель.</p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p>Выключатель-предохранитель.</p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>
--	--	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--	---	--	-------------------------------------	---	-------------------------------------	--------------------------------	---------	---------	---------	---------	------------------------------------	---------	---------	---------	---------

Издательство „Судостроение“ в 1965 году выпускает новые книги:

Хайкин А. Б., Штумпф Э. П., **Автоматическое регулирование режимов работы судов с ВРШ.** 16 печ. л., цена 95 коп.

В книге рассматриваются вопросы теории и расчета, а также методы монтажа и настройки систем автоматического регулирования режимов работы судов с ВРШ. Большое внимание уделено конструированию современных датчиков, в частности датчиков момента. Изложены методы расчета и анализа при использовании электронных вычислительных машин непрерывного действия. Дано описание некоторых систем автоматического регулирования режимов работы судов с ВРШ.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся автоматизацией судов, а также может быть использована студентами вузов и учащимися техникумов соответствующих специальностей.

Михайлов В. А., Рукавишников С. Б., Фрейдзон И. Р., **Электрооборудование судов и электропривод судовых механизмов.** 36 л., цена 1 руб. 40 коп.

В учебнике изложены теория и методы расчета автоматизированного электропривода гребных винтов и вспомогательных судовых механизмов. Большое внимание уделено графическим и аналитическим методам исследования переходных процессов. Подробно рассматриваются гребные электрические установки постоянного и переменного тока, рулевые электроприводы, электроприводы якорных, грузовых и буксирных устройств, насосов, вентиляторов и компрессоров. Приведены типовые схемы управления электроприводами. Изложению теоретических вопросов предшествует краткая история развития, а также описание современного состояния и перспектив развития электрооборудования судов и судовых электроприводов.

Учебник предназначен для студентов вузов и курсантов высших мореходных училищ, специализирующихся в области судового электрооборудования, а также может быть использован инженерно-техническими работниками конструкторских бюро судостроительной промышленности.

Направляйте предварительные заказы магазинам, имеющим отделы судостроительной литературы:

Архангельск, ул. Виноградова, 30, центральный книжный магазин.
Баку, ул. Саратовца, 30, Пассаж книги.
Владивосток, Ленинская, 43, книжный магазин № 1.
Горький, ул. Свердлова, 12, книжный магазин № 3.
Измаил, пр. Суворова, 23, книжный магазин № 2.
Ленинград, Невский, 28, книжный магазин № 1 — Дом книги.
Москва, Красноармейская, 43, книжный магазин № 88.
Мурманск, пр. Ленина, 42, центральный книжный магазин.
Николаев, ул. Плеханова, 52, магазин технической книги № 3.

Одесса, ул. Ленина, 17, магазин технической книги № 13.
Пермь, Пионерская, 12/28, книжный магазин № 5.
Рига, ул. Ленина, 38, книжный магазин № 2.
Ростов-на-Дону, ул. Энгельса, 77, центральный книжный магазин.
Таллин, ул. Пикк, 9, книжный магазин № 14.
Хабаровск, ул. Карла Маркса, 23, магазин технической книги.
Херсон, ул. Суворова, 19, магазин технической книги № 1.

В случае отсутствия книг в указанных магазинах заказы направляйте специализированным магазинам судостроительной литературы — Ленинград, Ф-31, Садовая, 40; Ленинград, Л-35, Двинская, 8.

