

**Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**



Н. В. БАРИЕВ

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
ЭКСКАВАТОРА ТИПА Э-2503**



С 1510093

Выпуск 356

Н. В. БАРИЕВ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
ЭКСКАВАТОРА ТИПА Э-2503

1210035



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1972

6П2.1.081

Б 24

УДК 621.879-83

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большаков Я. М., Зевакин А. И., Каминский Е. А., Мандрыкин С. А.,
Розанов С. П., Семенов В. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д.,
Соколов Б. А., Устинов П. И.

Бариев Н. В.

Б 24 Электрооборудование экскаватора типа Э-2503.
М., «Энергия», 1972.

104 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 356).

В брошюре даются описание основного электрооборудования и
схемы управления главными электроприводами универсального экска-
ватора типа Э-2503 с силовыми магнитными усилителями. Рассмотрены
различные режимы работы экскаватора: лопатой, драглайном и кран-
ном, а также особенности работы отдельных главных электроприводов.
Освещаются методы наладки и параметры схемы и рассмотрены
основные неисправности в электрической части экскаватора.

Брошюра предназначена для машинистов экскаваторов, электри-
ков и техников, занимающихся монтажом и наладкой электроприво-
дов экскаваторов типа Э-2503.

3-3-10

116-72

6П2.1.081

Назим Вафинович Бариев

Электрооборудование экскаватора типа Э-2503

Редактор *Н. И. Сидоров*

Технический редактор *О. Д. Кузнецова*

Обложка художника *В. И. Карпова*

Корректор *В. С. Антипова*

Сдано в набор 1/XI 1971 г.

Подписано к печати 10/IV 1972 г.

T-06741 Формат 84×108¹/₃₂

Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 5,46

Уч.-изд. л. 6,02

Тираж 15 000 экз. Зак. 435 Цена 22 коп.

Издательство «Энергия».
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10
Главполиграфпрома Комитета по печати при
Совете Министров СССР. Шлюзовая наб., 10.

Государственная
публичная библиотека
им. В. Г. Белинского
г. Свердловск

с. 1510093

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одноковшовый экскаватор состоит из следующих основных частей: рабочего оборудования, поворотной платформы и ходового устройства. Рабочее оборудование включает стрелу, рабочий орган (ковш, крюк) и кинематическое устройство, связывающее рабочий орган со стрелой. В зависимости от способа крепления рабочего органа различают рабочее оборудование с жесткой или гибкой подвеской рабочего органа. Жесткая подвеска характеризуется жесткой кинематической связью стрелы с рабочим органом (рис. 1), а при гибкой подвеске рабочий орган подвешен на канатах и не имеет фиксированной траектории (рис. 2).

На рис. 1 показан экскаватор типа Э-2503, оснащенный одним из видов рабочего оборудования с жесткой подвеской рабочего органа — прямой лопатой, состоящей из ковша 1 для черпания грунта, рукояти 2, передающей закреплённому на ней ковшу напорное усилие, в результате чего зубья ковша врезаются в грунт, стрелы 4 с головным блоком 12 и подъемным канатом 10 для подъема ковша, а также для крепления напорного механизма 3 и механизма открывания днища ковша 11.

Поворотная платформа 7 экскаватора типа Э-2503 полноповоротная и опирается через ролики опорно-поворотного устройства на раму ходового оборудования (гусеницы).

Оборудование экскаваторов прямой лопатой наиболее распространено благодаря возможности разработки пород любой крепости и наименьшей продолжительности экскаваторного цикла. Такой вид рабочего оборудования получил преимущественное распространение на открытых горных разработках, в первую очередь для

погрузки грунта в транспортные средства и разработки грунтов, расположенных выше уровня, на котором находится экскаватор. В качестве рабочего органа одноковшовых экскаваторов типа Э-2503 могут использоваться и другие виды рабочего оборудования: драглайн (рис. 2,а) для разработки грунтов, расположенных ниже

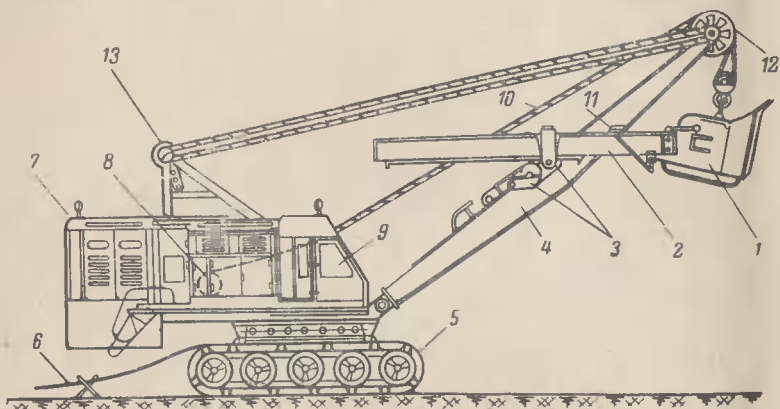


Рис. 1. Общий вид карьерно-строительного экскаватора типа Э-2503, оборудованного прямой лопатой.

1 — ковш; 2 — рукоять; 3 — напорный механизм; 4 — стрела; 5 — ходовая гележка; 6 — гибкий питающий силовой кабель; 7 — поворотная платформа; 8 — подъемная лебедка; 9 — кабина машиниста; 10 — подъемный канат; 11 — механизм открывания днища ковша; 12 — головной блок; 13 — двуногая стойка.

уровня стоянки экскаватора, рытья каналов, отсыпки железнодорожных насыпей, вскрышных работ с погрузкой грунта в выработанное пространство и кран (рис. 2,б) для механизации погрузочно-разгрузочных и монтажных работ на строительстве.

Рабочий процесс (экскавация) одноковшового экскаватора Э-2503 складывается из отдельных циклов его работы. Цикл работы экскаватора-лопаты складывается из следующих основных операций: опускание ковша в забой; копание, во время которого производится отделение грунта от массива с наполнением ковша и его подъемом; поворот платформы к месту разгрузки ковша; открывание днища ковша и разгрузка; возвращение в забой с закрытием ковша. Цикл работы строительномонтажных экскаваторов типа Э-2503 при повороте на 90° составляет порядка 22 сек.

В зависимости от категории грунта экскаватор, оборудованный прямой лопатой, может работать с ковшами емкостью $2,5 \text{ м}^3$ (грунты V—VI категорий), $3,2 \text{ м}^3$ (грунты III—IV категорий) и 4 м^3 (грунты I—II категорий).

Во время копания толщина снимаемого слоя грунта («стружки») и заполнение ковша регулируются увеличением или снижением усилия напора, вследствие чего рукоять с ковшом подается в забой или выдвигается из него, тем самым изменяя величину снимаемой стружки. После завершения цикла операции повторяются, образуя новый цикл и т. д., пока не будет разработан слой грунта в зоне копания, определяемый максимальным выдвижением рукояти. Затем экскаватор передвигают ближе к забою.

Цикличность рабочего процесса одноковшового экскаватора и зависимость его рабочих движений от машиниста, имеющего возможность направить ковш в любую точку разрабатываемого забоя, определяют одно из основных достоинств одноковшовых экскаваторов — возможность разработки ими разнообразных, а главное крепких и неоднородных грунтов, в том числе скальных взорванных. Машинист выбирает темп работы экскаватора и траекторию движения его ковша в каждый момент работы в зависимости от категории разрабатываемого грунта.

Возможность применения на одноковшовом экскаваторе Э-2503 сменного оборудования еще больше расширяет область применения его.

Эксплуатационное назначение одноковшовых экскаваторов (разработка разнообразных, в том числе креп-

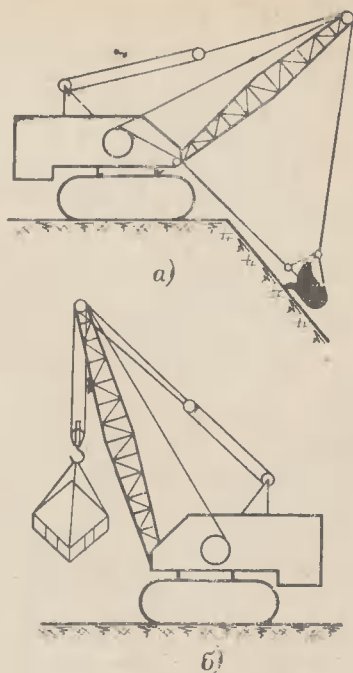


Рис. 2. Сменное рабочее оборудование экскаватора типа Э-2503: драглайн (а) и кран (б).

ких и неоднородных грунтов) определило следующие основные особенности конструкций этого типа экскаваторов:

полная и постоянная зависимость всех движений экскаватора от действий машиниста (следует заметить, что очень мало имеется других машин, у которых эта зависимость была бы столь полной);

ярко выраженный динамический характер нагрузок, действующих на детали и узлы экскаваторов;

возможность и неизбежность полного останова, как принято называть — стопорения ковша в случае встречи его с непреодолимым препятствием (невзорванной скалой, крупным валуном и т. п.); для одноковшовых экскаваторов полное стопорение ковша в процессе работы является одним из нормальных расчетных режимов его работы.

постоянное изменение скоростей рабочих движений экскаватора по величине и направлению; вследствие этого электрические двигатели экскаватора практически постоянно работают в неустановившихся режимах; основными переходными режимами электрических двигателей являются пуск (разгон), остановка (торможение) и изменение направления вращения двигателей рабочих механизмов (реверсирование).

Экскаваторные механизмы подразделяются на главные и вспомогательные. К главным механизмам относятся механизмы, непосредственно участвующие в процессе экскавации: напорный механизм 3 (см. рис. 1), подъемная лебедка 8, механизмы поворота и передвижения, а также открывания днища ковша.

К вспомогательным механизмам экскаватора относятся механизмы подъема стрелы, компрессор, вентиляторы кузова, кабины и двигателей подъема, напора и поворота.

Все главные механизмы, за исключением механизма открывания днища ковша, оборудованы двигателями постоянного тока специального экскаваторного исполнения, которые характеризуются повышенной перегрузочной способностью и механической прочностью. Исполнение электродвигателей закрытое с принудительной вентиляцией.

Все вспомогательные механизмы оборудованы электрическими двигателями переменного тока с короткозамкнутым ротором закрытого исполнения.

2. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭКСКАВАТОРА

Экскаватор получает электроэнергию от линии трехфазного тока напряжением 380 в кабельным отводом через наружный передвижной приключательный пункт по двум гибким переносным кабелям марки КРПТ, каждый из которых имеет сечение токоведущих жил не менее 50 мм² (КРПТ 3×50+1×16).

При напряжении распределительной сети свыше 380 в экскаватор питается от внешней сети через трансформаторную подстанцию ТП мощностью не менее 320 ква (рис. 3). Кабели присоединяются к вводной коробке ВК, от которой ток проходит к четырехкольцевому токосъемнику Т, установленному на экскаваторе. Кабели имеют три основные жилы и одну заземляющую, которая во вводной коробке надежно подсоединяется к заземляющему болту.

От вводной коробки ВК экскаватора ток через трехжильный кабель подается к неподвижным щеткам, закрепленным на ходовой раме. Щетки прижимаются плотно к токосъемным кольцам Т, установленным на вращающейся платформе. Для обеспечения постоянного контакта щеток с кольцами и предупреждения искрения на каждое кольцо устанавливаются две щетки, надежно прижимаемые пружиной к кольцу. От колец через щетки и кабель ток проходит к станции управления, установленной внутри экскаватора вдоль боковой стенки его кузова.

В станции управления энергия распределяется по двум направлениям: через воздушный автомат 6А типа АЗ163 на номинальный ток 50 а к трансформаторам освещения (1Т типа ОСО-0,25/05 380/24 в мощностью 0,25 ква, 2Т типа ТБ-3 380/127 в мощностью 3 ква) и через главный воздушный автомат 1А типа АЗ144 на 600 а к основной группе электродвигателей. Два трансформатора 1Т небольшой мощности с вторичным напряжением 24 в соединены параллельно. Трансформаторы питают четыре светильника 1ЛО—4ЛО наружного освещения мощностью каждый 40 вт, установленные снизу поворотной платформы, пять подобных светильников внутреннего освещения кузова 5ЛО—9ЛО и один светильник кабины 10ЛО. От них же могут питаться переносные лампы 24 в от двух розеток на станции 2РЗ и пульте 3РЗ.

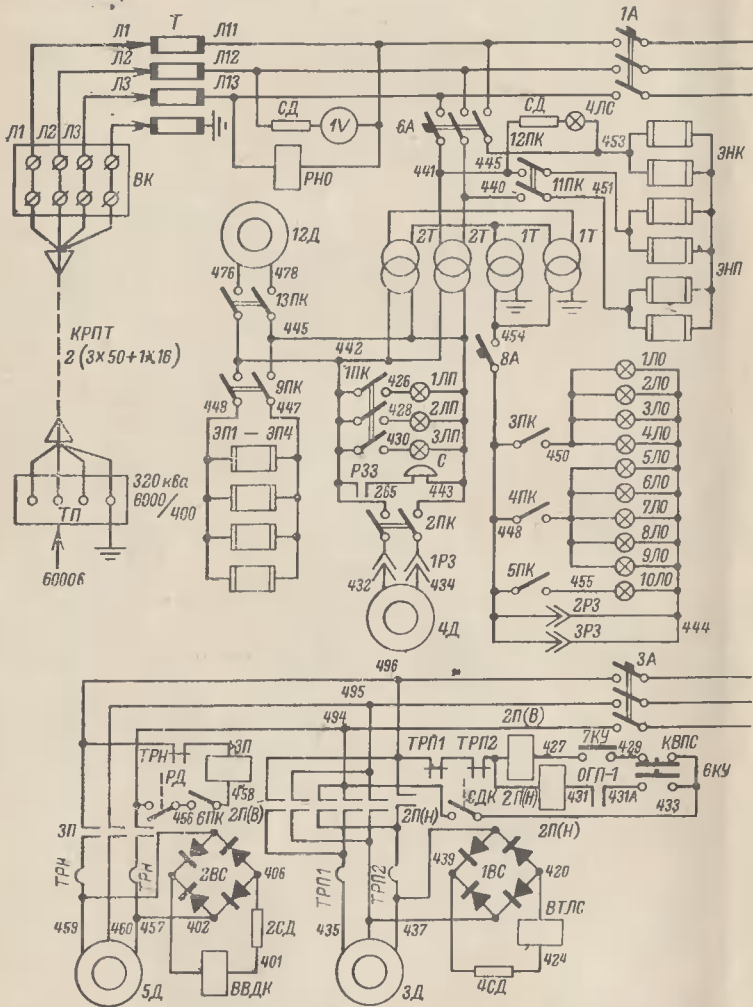
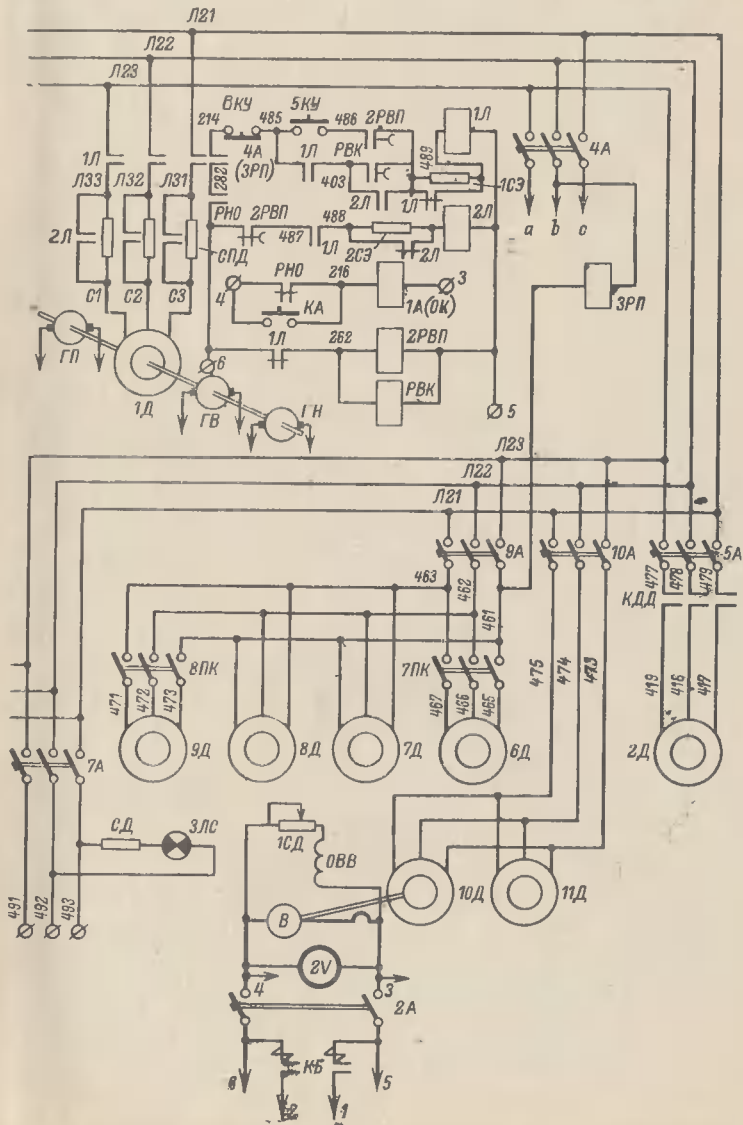


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема электроснабжения и электроприводов переменного тока экскаватора Э-2503.



Два трансформатора $2T$ с вторичным напряжением 127 в питают прожекторы наружного освещения мощностью каждый $0,5$ квт, установленные на крыше кузова (два впереди $1ЛП$, $2ЛП$ и один сзади $3ЛП$), четыре печи электрообогрева кабины $ЭП1—ЭП4$ мощностью каждая 1 квт и электродвигатели вентиляторов сопротивления $12Д$ и кабины машиниста $4Д$. Вентилятор кабины съемный и устанавливается в кабине машиниста только летом включением в розетку $1P3$.

Для обогрева компрессора (электропечь $ЭНК$) и шкафа (электропечь $ЭНП$), где установлена пневморегулирующая аппаратура, применяются четыре трубчатых нагревательных элемента мощностью $0,2$ квт каждый. Они получают питание 380 в при включении на пульте управления пакетных выключателей $11ПК$, $12ПК$. Сигнализация о работе электропечи обогрева компрессора осуществляется лампой $4ЛС$, установленной в пульте управления.

Контроль наличия напряжения во всех трех фазах питающей сети 380 в после токосъемных колец осуществляется автоматически с помощью реле $РНО$, размыкающий контакт которого включен в цепь отключающей катушки $1А(ОК)$ главного автомата $1А$.

Для удобства эксплуатирующего персонала на рис. 3 и последующих приведена заводская маркировка проводов.

Приводной электродвигатель $1Д$ типа $МА-94-74/16$ главного преобразовательного агрегата, 160 квт, 380 в, 1 470 об/мин. Для ограничения пускового тока в цепь статора асинхронного двигателя $1Д$ включено сопротивление $СПД$. Пуск двигателя производится обычно без нагрузки. Для этого вручную включают главный автомат $1А$. Затем включают автоматы $4А$ и $9А$ и тем самым подают напряжение 380 в на блоки силовых магнитных усилителей и к электродвигателям вентиляторов главных двигателей подъема $7Д$ и поворота $8Д$. Одновременно срабатывает промежуточное реле $ЗРП$ и замыкает свой замыкающий контакт в цепи катушки контактора пуска $1Л$. При включении автоматического выключателя $10А$ получает питание приводной двигатель $10Д$ возбуждательного агрегата. С пуском приводного двигателя $10Д$ начинает вращаться генератор-возбудитель $В$. На работающем агрегате проверяют по вольтметру $2V$ величину напряжения генератора $В$, которая должна быть

равна 110 в. Напряжение устанавливают с помощью регулирующего сопротивления *ИСД*, включенного в параллельную обмотку возбуждения генератора *ОВВ*.

Затем включают автомат *2А*. Включением его подается постоянное напряжение в цепи возбуждения электродвигателей главных механизмов экскаватора и подготавливаются к включению через контактор *КБ* цепи управления главными приводами, а также подается постоянное напряжение в цепь управления приводным двигателем *1Д* главного преобразовательного агрегата.

Подача напряжения 110 в в цепь схемы управления двигателя *1Д* приводит к включению реле времени *2РВП* и *РВК* через замкнутый размыкающий контакт контактора пуска *1Л*, поскольку пусковой контактор еще не включен. При включении реле времени *2РВП* своим замыкающим контактом с выдержкой времени при размыкании подготавливает к включению цепь катушки контактора пуска *1Л*, а его размыкающий контакт с выдержкой времени на отключение размыкает цепь катушки шунтирующего контактора *2Л*. Реле *РВК* своим замыкающим контактом с выдержкой времени при размыкании подготавливает цепь самоблокирования линейного контактора *1Л*. При нажатии на пульте управления кнопки *5КУ* (пуск главного агрегата) по катушке линейного контактора *1Л* через замкнутые размыкающие контакты реле контроля напряжения *РНО*, промежуточного реле *3РП*, кнопки *8КУ* (стоп главного агрегата) и реле времени *2РВП* начинает проходить постоянный ток напряжением 110 в.

Линейный контактор *1Л* замыкает свои замыкающие силовые контакты *1Л* в цепи двигателя *1Д* и замыкающий блок-контакт в цепи катушки шунтирующего контактора *2Л*, подготавливая тем самым эту цепь к включению под напряжение. Одновременно с этим размыкается размыкающий контакт *1Л* и расшунтировывает резистор *ИСЭ* (для включающей катушки контактора *1Л* при втянутом якоря для его удержания достаточен малый ток) и своим замыкающим контактом *1Л* шунтирует кнопку пуска *5КУ*. Поскольку замыкающие контакты реле времени *2РВП* и *РВК* еще замкнуты, контактор *1Л* самоблокируется и не отключается при отпуске кнопки *5КУ*.

Как только силовые контакты линейного контактора *1Л* замкнутся, электродвигатель *1Д* получит питание

через пусковые резисторы *СПД*. С пуском приводного двигателя преобразовательного агрегата начинают вращаться генераторы главных приводов. Поэтому перед пуском двигателя *1Д* все пакетные выключатели цепей управления, а также рукоятки командоконтроллеров должны быть поставлены в нейтральные положения.

С включением контактора *1Л* размыкается цепь катушек реле времени *РВК* и *2РВП*. Последнее с выдержкой времени порядка *10 сек* (время, достаточное при нормальных условиях для разгона электродвигателя с включенным в статор резистором *СПД*) размыкает свой замыкающий контакт в цепи катушки контактора *1Л* и замыкает размыкающий контакт в цепи катушки шунтирующего контактора *2Л*. Реле же времени *РВК*, имея большую выдержку времени, остается еще притянутым (замкнутым). Через катушку контактора *2Л* начинает проходить ток; контактор *2Л* включается и своими силовыми контактами шунтирует пусковой резистор *СПД*. К двигателю *1Д* подводится полное напряжение сети, и он выходит на естественную характеристику. На этом пуск главного преобразовательного агрегата закончен.

Спустя *3 сек* после шунтирования резистора *СПД* отключится реле времени *РВК* и разомкнет свой замыкающий контакт в цепи катушки контактора пуска *1Л*. Если к этому моменту контактор *2Л* не включился и не замкнул свой замыкающий блок-контакт *2Л* в цепи катушки контактора *1Л*, последняя теряет питание. Это приводит к отключению линейного контактора *1Л* и двигателя *1Д*, что предупреждает длительную работу последнего с включенным в цепь статора резистором *СПД*.

При первом пробном пуске двигателя *1Д* следует проверить отключающее действие кнопки *КА* аварийного отключения приводов экскаватора, установленной на командоконтроллере напора, приводящего к отключению главного автомата *1А*, а также кнопки *8КУ*, установленной на пульте управления.

Двигатель механизма открывания днища ковша типа АО 42-6 1,7 квт, 380 в, 980 об/мин (2Д на рис. 3) расположен на напорной рукояти и закрыт кожухом, предохраняющим его от механических повреждений. Исполнение двигателя горизонтальное. Двигатель подготавливается к включению автоматом *5А* и включается с помощью контактора постоянного тока *КДД*. Катушка

контактора возбуждается включением кнопки, установленной на рукоятке командоконтроллера привода подъема.

Приводной реверсивный двигатель стрелоподъемной лебедки типа МТКВ-411-2 6 квт, 380 в, 680 об/мин, ПВ-25% (ЗД на рис. 3) и лебедка установлены на двуногой стойке 13 (см. рис. 1) над кузовом экскаватора и служат для изменения угла наклона стрелы экскаватора. Управление двигателем (пуск, реверсирование и отключение) осуществляется с помощью реверсивного магнитного пускателя типа ПА-414, имеющего две включающие катушки 2П(В) и 2П(Н), каждая из которых дистанционно включается нажатием кнопок «пуск — вверх» (7КУ) или «пуск — вниз» (6КУ), установленных в кабине на пульте управления. Реверсивный пускатель снабжен двухполюсным тепловым расцепителем, у которого нагревательные элементы (спирали из нихрома ТРП1 и ТРП2) включены в силовую цепь последовательно с защищаемым двигателем, а биметаллическая пластина, нагреваемая этими элементами, воздействует на цепь управления двигателем (см. размыкающие контакты ТРП1 и ТРП2 в цепи управления на рис. 3).

Для устранения возможности самопроизвольного раскручивания лебедки при включении электрического двигателя под действием веса стрелы лебедка снабжается колодочным пружинным тормозом. Затормаживание механизма лебедки производится мощной тормозной пружиной, которая с силой прижимает колодки к тормозному шкиву, обеспечивая таким образом торможение. Размыкание тормоза (растормаживание) осуществляется гидравлическим толкателем, который, преодолевая усилие тормозной пружины, разводит рычаги тормоза, освобождая тормозной шкив. Тормозом управляет электропневматический распределитель, работающий по принципу трехходового крана, приводимого в действие электромагнитом ВТЛС. При подаче питания двигателю лебедки ЗД одновременно с ним получает питание через селеновый выпрямитель 1ВС катушка электромагнита ВТЛС. При включении катушки электромагнита пневмомагистраль соединяется с тормозным цилиндром (толкателем), поршень которого приходит в движение и осуществляет растормаживание лебедки. При отключении двигателя ЗД электромагнит ВТЛС выключается, тормозной цилиндр соединяется с атмосферой и тормоз под

действием пружины накладывается на шкив лебедки. Тормоз включается также при исчезновении давления в пневмосистеме. Поскольку растормаживание двигателя связано с наличием воздуха в пневмосистеме, в цепь управления двигателя *ЗД* включен замыкающий контакт сигнализатора давления *СДК*, который включается лишь при достаточном давлении в пневмосистеме.

Для фиксации крайнего положения подъема стрелы в цепь управления катушки пускателя *2П(В)* включен конечный выключатель ограничения подъема стрелы *КВПС*.

Двигатель *ЗД* работает только при нажатых кнопках *6КУ* и *7КУ*.

Двигатель компрессора асинхронный с короткозамкнутым ротором типа АО-52-4 7,0 квт, 380 в, 1 440 об/мин (*5Д* на рис. 3) установлен на задней части поворотной платформы возле главного преобразовательного агрегата.

Управление двигателем осуществляется пускателем *ЗП* типа ПА-312 и реле давления *РД*. Двигатель защищен от перегрузки тепловыми расцепителями *ТРН*. Включение компрессора производится пакетным выключателем *6ПК*, установленным в кабине машиниста. При включении пакетного выключателя *6ПК* — «компрессор» через замкнутые размыкающие контакты реле давления *РД* и теплового реле *ТРН* получает питание катушка магнитного пускателя *ЗП*. Пускатель включается и замыкает свои силовые контакты в цепи статора двигателя компрессора *5Д*.

До момента включения компрессора выпускной электропневматический вентиль *ВВДК*, который открывает цилиндр компрессора, отключен (открыт). Таким путем компрессор оказывается отключенным от пневмосистемы и соединенным с атмосферой. Разгон двигателя *5Д* происходит вхолостую до заполнения воздухом цилиндра компрессора. После разгона вентиль *ВВДК* включается. Таким образом, наличие вентиля *ВВДК* облегчает работу двигателя компрессора.

При повышении давления в пневматической системе выше верхнего предела реле давления *РД* включается и размыкает свой размыкающий контакт *РД* в цепи катушки пускателя *ЗП*, который силовыми контактами отключает электродвигатель от сети. При снижении давления сжатого воздуха в системе ниже нижнего предела

реле давления *РД* отключается и своим размыкающим контактом вновь включает пускатель *ЗП*, главные контакты которого подключают электродвигатель компрессора к сети.

Двигатель вентилятора кузова асинхронный трехфазный короткозамкнутый типа И-10/4 0,25 квт, 1 400 об/мин (*6Д* на рис. 3) поставляется совместно с вентилятором типа МЦ-4, который установлен в задней стенке кузова экскаватора. Управление двигателем вентилятора кузова *6Д* осуществляется с пульта машиниста пакетным выключателем *7ПК*.

Двигатели вентиляторов обдува главных электродвигателей подъема, поворота и напора системы Г—Д (*7Д*, *8Д* и *9Д* на рис. 3) асинхронные трехфазные короткозамкнутые поставляются совместно с вентиляторами типов ЭВР-2 и ЭВР-3, которые служат для принудительной вентиляции (охлаждения) электрических двигателей постоянного тока главных рабочих механизмов. Они устанавливаются на корпусах двигателей. Двигатель вентилятора *7Д* типа АО-41-4 1,7 квт, 1 430 об/мин; двигатели вентиляторов *8Д* и *9Д* типа АО31-2 1,0 квт, 2 850 об/мин.

Питание от сети 380 в электродвигателям вентиляторов обдува двигателей подъема *7Д* и поворота *8Д* подается непосредственно включением автоматического выключателя *9А*. Вентилятор обдува двигателя напора *9Д* получает питание при дополнительном включении пакетного выключателя *8ПК* на пульте машиниста. Этим самым предоставляется возможность в холодное время года отключать электродвигатель механизма напора, установленного вне кузова экскаватора.

3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Строительно-карьерный экскаватор типа Э-2503 по своей принципиальной кинематической схеме относится к разряду экскаваторов с индивидуальным электроприводом главных рабочих механизмов (подъема, напора, поворота) при оборудовании прямой лопатой и к разряду смешанного электропривода при рабочем оборудовании драглайном. В последнем случае применяются система группового электропривода для тягово-подъемных

рабочих механизмов и индивидуальный электропривод для поворота рабочего механизма.

В качестве индивидуальных электроприводов на экскаваторе-лопате Э-2503 используются для каждого главного экскаваторного механизма двигатели постоянного тока с независимым возбуждением, питающиеся от индивидуальных управляемых генераторов постоянного тока (система генератор—двигатель). При групповом (однодвигательном) электроприводе на строительных экскаваторах-драйглайпах Э-2503 применяется только один электродвигатель с подобной системой управления (Г—Д), а подключение того или иного рабочего механизма (тягового или подъемного) достигается действием соответствующих муфт (подробнее см. § 6). Электрооборудование экскаватора Э-2503 работает в весьма тяжелых условиях тряски, ударов, вибраций, большой запыленности.

Важнейшая особенность рабочего режима экскаваторных механизмов, непосредственно участвующих в процессе копания, заключается в систематическом возникновении механических перегрузок в процессе копания, которые при благоприятных условиях своевременно устраняются машинистом уменьшением толщины стружки, срезаемой ковшем. Если же действия машиниста нечетки, особенно при неожиданной встрече ковша с препятствием (крупный валун в относительно мягком грунте, невзорванная скала и т. п.) или слишком большом заглублении ковша, создаются условия для возникновения недопустимых нагрузок, способных вызвать поломки рабочих механизмов экскаваторов и привести к опасным режимам для электрооборудования и даже выходу его из строя.

При встрече ковша с препятствием происходит резкое стопорение экскаваторных электроприводов. Этот режим работы аналогичен заклиниванию рабочего механизма во время его работы и для большинства машин считается аварийным. У одноковшовых экскаваторов в связи со своеобразием технологических условий такой режим встречается часто. Этот режим работы механизмов принято называть работой «на упор» или стопорным.

Стопорный режим работы механизма предъявляет особые требования к экскаваторному электроприводе. Последний должен при стопорении обеспечивать надеж-

ную безаварийную работу как самого рабочего механизма, так и электродвигателя. Для этого в стопорном режиме усилие на ковше, вращающий момент и ток двигателя должны быть ограничены определенной (безопасной) величиной (рис. 4).

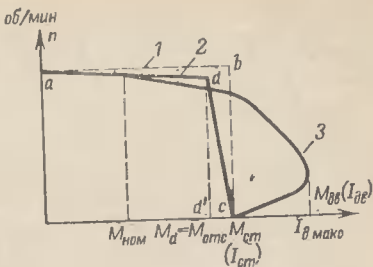


Рис. 4. Механические характеристики привода экскаватора. *ad*—рабочая область характеристики; $M_{ст}(I_{ст})$ —стопорный момент (ток); $I_{д, макс}$ —максимальный динамический ток; $M_{ном}$ —номинальный момент; M_a —момент, при котором начинается стопорение.

Как видно из рис. 4, механическая характеристика двигателя экскаватора действительно удовлетворяет поставленному выше требованию. При такой характеристике двигатель работает с номинальной частотой вращения до тех пор, пока вследствие внезапного или резкого скачка нагрузки на валу двигателя момент не возрастает до определенного значения, вызывающего начало стопорения, M_a . Когда момент возрастает еще больше, двигатель сравнительно быстро снижает частоту вращения (скорость вращения); при этом вращающий момент на его валу несколько увеличивается. В точке *c* при достижении максимального момента, называемого стопорным ($M_{ст}$), двигатель останавливается: $M_{дв} = M_{макс} = M_{ст}$ и $n = 0$. Из условий механической прочности конструкции и рабочего оборудования величина стопорного момента соответствует предельно допустимому значению, равному пусковому ($M_{ст} = M_{п}$).

При работе в неоднородных грунтах двигатель способен при встрече ковша с препятствием, например крупным валуном, развить наибольший вращающий момент, а значит, и наибольшее усилие на зубьях ковша и наименьшую скорость (вплоть до остановки). Затем, после отделения валуна от грунта, тормозящее препятствие будет преодолено и сопротивление движению ковша уменьшится, двигатель снова автоматически начнет увеличивать скорость и уменьшать вращающий момент, т. е. перейдет с участка *cd* механической характеристики на участок *da* в область номинального момента $M_{ном}$. При такой характеристике пуск электродвигателя происходит с почти постоянной величиной тока якоря (уча-

С. 1510093

сток dc), а следовательно, и постоянным вращающим моментом двигателя, что обеспечивает интенсивный разгон привода. Величина пускового тока (момент $M_{п} = M_{ст}$) выбирается с учетом допустимых значений тока якоря и ускорений привода. После окончания пуска работа двигателя происходит на жестком участке характеристики с незначительным перепадом скоростей при изменениях нагрузки (участок ad).

Каждый электропривод главного рабочего механизма, отвечая общему требованию, должен еще удовлетворять специфическим требованиям, связанным с технологией работы исполнительного рабочего механизма. В связи с этим экскаваторные механические характе-

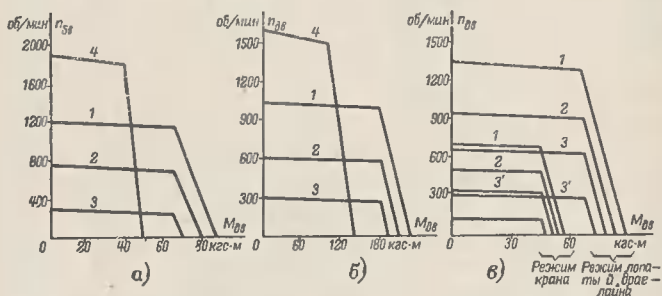


Рис. 5. Механические характеристики электропривода экскаватора типа Э-2503 с магнитным возбуждением.
а — напора; б — подъема; в — поворота.

ристики главных рабочих приводов имеют различную форму (рис. 5). Форму экскаваторной характеристики принято оценивать величиной коэффициента заполнения $k_{зап}$, представляющей собой отношение площади, ограниченной экскаваторной характеристикой, к произведению максимальной скорости на максимальный момент ($n_{макс}M_{макс}$, т. е. к площади, ограниченной идеальной (прямоугольной) экскаваторной характеристикой (кривая abc на рис. 4).

Заполнение экскаваторной характеристики часто оценивают также с помощью коэффициента отсечки $k_{отс}$:

$$k_{отс} = \frac{M_{отс}}{M_{ст}},$$

где $M_{отс}$ — граничное значение момента между жестким рабочим участком экскаваторной характеристики и ее падающим участком.

Чем ближе значения этих коэффициентов к единице, тем бóльшую производительность может обеспечить электропривод. Очевидно, что для идеальной характеристики $k_{зап}=1$ и $k_{отс}=1$.

Для приводов всех копающих механизмов (подъема и напора прямой лопаты, тяги драглайна) при эксплуатации и наладке выбираются относительно невысокие коэффициенты отсечки. Чем более тяжелыми являются условия ограничения момента при стопорениях, тем меньше требуемое заполнение экскаваторной характеристики. Так, для механизмов подъема лопаты экскаватора типа Э-2503 принимают $k_{отс}=0,7 \div 0,8$ (кривая 1 на рис. 5,б), а для механизма напора $k_{отс}=0,6 \div 0,75$ (кривая 1 на рис. 5,а). Эти требования вытекают из особенностей работы экскаватора при копании: машинист должен чувствовать по заметному снижению скорости увеличение загрузки механизма и своевременно предотвращать его возможное стопорение. В противном случае машинист не чувствует величины нагрузки механизма и переход к быстрому снижению скорости даже при перегрузках в нормальном режиме копания является неожиданным. Отсюда вероятность стопорений возрастает.

Слишком частые стопорения увеличивают продолжительность копания, снижают производительность экскаватора и повышают нагрев электрических машин.

Для рационального использования двигателей и механизмов главных приводов, кроме основной характеристики 1, необходимы промежуточные механические характеристики 2—4. Последние используются при работе на пониженных скоростях вращения двигателей на вспомогательных, маневровых и специальных технологических операциях, например в условиях разработки мерзлых грунтов, а также скальных пород, планировки и т. п. Основной характеристикой 1 для главных рабочих приводов является экскаваторная механическая характеристика, соответствующая последнему положению командоконтроллера и отвечающая наибольшим скоростям механизма. Характеристики 1—4 на рис. 5 и 1—2 на рис. 4 являются характеристиками установившегося режима.

При установке командоконтроллера в крайнее положение необходимо, чтобы переходный процесс был минимальным по времени.

Переходная характеристика электропривода обычно показывает изменения во времени его выходных параметров (тока, момента, напряжения, частоты вращения двигателя и т. д.) при нарушении статического режима работы, например в момент возрастания нагрузки или резкого стопорения электропривода экскаватора. На рис. 4 в качестве примера представлена одна из динамических характеристик (кривая 3), имеющая значительное расхождение со статическими механическими характеристиками (1 и 2). Время переходного процесса, определяющее величину расхождения динамических и статических характеристик, обуславливается в основном элементами электропривода, обладающими электромагнитной инерцией. Плохие динамические качества главных приводов создают тяжелые условия работы металлоконструкций и электрического оборудования.

4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ Г—Д

В системе Г—Д экскаватора типа Э-2503, упрощенная схема которой изображена на рис. 6, различают главную силовую (якорную) цепь и цепь управления возбуждением генератора и двигателя.

Главная силовая цепь в системе Г—Д. Якорь двигателя D каждого рабочего механизма подъема, поворота, напора электрически соединяется с якорем генератора G . В замкнутый контур главной силовой цепи вводятся обмотки дополнительных полюсов генератора $ДПГ$ и двигателя $ДПД$, а также включается шунт для присоединения амперметра, измеряющего ток в главной цепи.

В системе Г—Д любой режим рабочего двигателя (пуск, торможение, регулирование частоты вращения) может быть получен изменением величины и знака подводимого к зажимам рабочего двигателя напряжения U_r . Оно равно напряжению на щетках генератора, отличающемуся от его э. д. с. E_r на величину падения напряжения в активном сопротивлении R_r обмотки якоря генератора, т. е. $U_r = E_r - I_r R_r$.

Генераторы типа ПЭМ экскаватора Э-2503 состоят из следующих основных частей (рис. 7): станины с четырь-

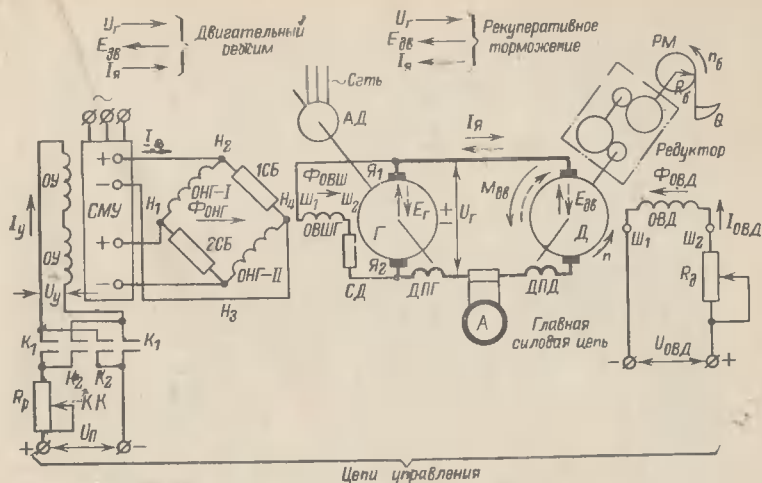


Рис. 6. Схема привода по системе генератор—двигатель (Г—Д).

мя главными и четырьмя дополнительными полюсами, якоря с коллектором и траверсы со щеткодержателями. На главных полюсах помещается по две обмотки возбуждения (независимая и параллельная).

Независимая обмотка возбуждения выполняется в виде двух полуобмоток — ветвей ($H_1—H_2$ и $H_3—H_4$), работающих согласованно, питающихся от блока силовых магнитных усилителей СМУ (см. рис. 6). Шунтовая обмотка имеет маркировку $Ш_1—Ш_2$ (рис. 7). Один конец обмотки $Ш_1$ подключается внутри машины непосредственно к якорю, другой выводится на доску зажимов. На литых дополнительных полюсах, помимо основной обмотки ДП, размещены специальные стабилизирующие обмотки (СТ на рис. 7) (назначение обмотки описано в § 5).

У всех генераторов ПЭМ один конец обмотки дополнительных полюсов выводится на доску зажимов, а другой присоединяется внутри машины непосредственно к щеткам (т. е. к якорю). От этой точки присоединения сделан отвод на доску зажимов для подключения цепей управления. Катушки главных и дополнительных полюсов генераторов постоянного тока должны иметь правильное чередование полярностей главных и дополнительных полюсов между ними и обмоткой якоря (при правильном чередовании за положительным главным

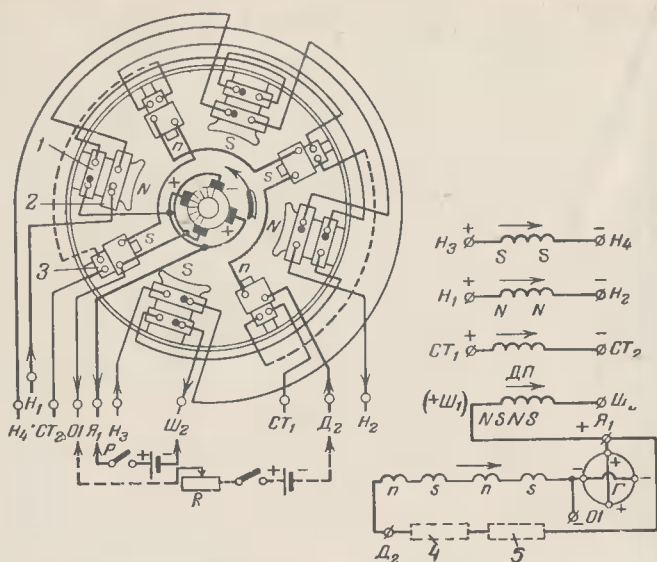


Рис. 7. Схема внутреннего соединения обмоток генератора (вид со стороны коллектора).

1 — параллельная обмотка; 2 — независимая обмотка; 3 — стабилизирующая обмотка; n, s — обмотки дополнительных полюсов; 4 — шунт; 5 — нагрузка.

полюсом должен быть расположен по направлению вращения дополнительный полюс противоположной полярности). Если чередование нарушено, щетки недопустимо искрят.

Коллектор (рис. 8) собран из клинообразных пластин твердотянутой электротехнической меди, изолированных миканитом.

Щеточная траверса крепится к специальной заточке в ступице подшипникового щита, укрепляемого на корпусе генератора. К ней привинчиваются четыре brackets (штыря) 3, изолированных от траверсы изоляционными прокладками 8. К brackets крепятся щеткодержатели 2 со вставленными щетками 5 марки ЭГ-4.

Генераторы постоянного тока типа ПЭМ, питающие электродвигатели главных рабочих механизмов (подъема, напора, поворота), комплектуются в одну генераторную группу, называемую главным преобразовательным агрегатом. Благодаря такой компоновке все три генератора приводятся во вращение от одного приводного

го (сетевого) двигателя (см. рис. 3 ГП, ГВ, ГН). Главный преобразовательный агрегат устанавливают на поворотной платформе в кузове экскаватора. На экскаваторе Э-2503 установлен главный преобразовательный агрегат, состоящий из двух однокорпусных агрегатов типов ОПАМ140-160/1470 и ОППМ55-36/1470. Оба агрегата монтируются на одной фундаментной плите и соединяются муфтой сцепления, образуя один общий преобразовательный агрегат.

Однокорпусный агрегат типа ОПАМ140-160/1470 состоит из двух электрических машин: генератора подъемного типа ПЭМ-1320 и приводного сетевого асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа МА-94-74/16. Обе электрические машины смонтированы на двух щитовых подшипниках качения. Сдвоенный якорь имеет один свободный конец вала со стороны двигателя. Однокорпусный агрегат типа ОППМ55-36/1470 состоит из генератора поворота типа ПЭМ-750 и генератора напора типа ПЭМ-400. Оба генератора смонтированы на общем валу в одном корпусе на двух щитовых подшипниках качения. Свободный конец сдвоенного якоря расположен со стороны генератора поворота.

Технические характеристики генераторов, входящих в состав главного преобразовательного агрегата, приведены в табл. 1.

Главные электродвигатели постоянного тока типов ДПВ и ДПЭ используются как приводные двигатели главных рабочих механизмов: подъема и хода, поворота

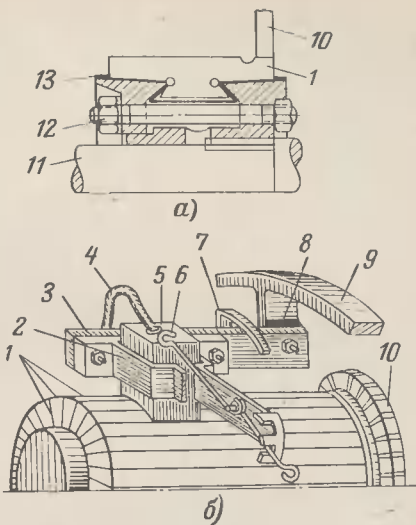


Рис. 8. Конструкция коллектора.

a — разрез; *b* — общий вид коллектора и траверсы со щеткодержателем; 1 — коллекторная пластина; 2 — щеткодержатель; 3 — бракет; 4 — гибкий токопроводящий провод; 5 — токоотъемная щетка; 6 — пружина; 7 — токоотводящий сборный проводник; 8 — изоляция; 9 — траверса; 10 — отпайка от пластины («петушок»); 11 — вал двигателя; 12 — стяжная шпилька; 13 — изоляция из миканита.

и напора (см. рис. 6). Конструктивное исполнение двигателей, установленных на экскаваторе типа Э-2503, описано ниже.

При работе двигателя всегда имеет место равновесие э. д. с., а также моментов.

Таблица 1

Технические характеристики электрических машин преобразовательного агрегата экскаватора Э-2503

Показатели	Асинхронный двигатель	Генератор		
		подъема	напора	поворота
Тип	МА-94-74/16	ПЭМ-1320	ПЭМ-400	ПЭМ-750
Номинальная мощность, <i>квт</i> . . .	160	140	36	55
Номинальное напряжение, <i>в</i> . . .	380	375	350	350
Напряжение холостого хода, <i>в</i> . . .	—	405	390	390
Номинальный ток якоря (статора), <i>а</i>	328	375	103	157
Стопорный ток (в горячем состоянии электрических машин), <i>а</i>	—	650	300	300
Частота вращения, <i>об/мин</i>	1 470	1 470	1 470	1 470
Номинальный ток независимой обмотки возбуждения (для каждой полуобмотки), <i>а</i>	—	6,75	7,6	7,17
Напряжение независимой обмотки возбуждения (для каждой полуобмотки), <i>в</i>	—	51	35	30
Номинальный ток параллельной (шунтовой) обмотки возбуждения, <i>а</i>	—	3,16	2,0	2,15
Напряжение параллельной (шунтовой) обмотки, <i>в</i>	—	90	90	90
Сопротивление обмоток при температуре 15 °С, <i>ом</i> :				
якоря	—	0,0155	0,0594	0,0313
дополнительных полюсов	—	0,00558	0,0203	0,00985
независимого возбуждения (одной полуобмотки)	—	5,27	3,12	3,24
параллельной (шунтовой)	—	18,4	29,2	24,1
Число витков на один полюс обмотки:				
якоря	—	232	205	147
дополнительных полюсов	—	18	33	24
независимого возбуждения	—	548	400	464
параллельной (шунтовой)	—	496	495	520
Число полюсов	4	4	4	4

Равновесие э. д. с. заключается в том, что в каждый момент времени напряжение U_{Γ} , приложенное к двигателю, уравновешивается э. д. с. двигателя и падением напряжения в якорной цепи:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{дв}} + I_{\text{я}} \Sigma R, \quad (1)$$

где $E_{\text{дв}}$ — э. д. с. вращения, индуцируемая в обмотке якоря двигателя; $I_{\text{я}}$ — ток в главной цепи; ΣR — сумма сопротивлений главной цепи без учета сопротивления обмотки якоря генератора.

Во время переходного режима ток в главной цепи изменяется и возникает э. д. с. самоиндукции. Однако обычно индуктивность главной цепи мала и э. д. с. самоиндукции незначительна. Поэтому ею пренебрегают, и тогда уравнение (1) справедливо и для переходного режима.

Электродвижущая сила вращения, индуцируемая в обмотке якоря двигателя, определяется уравнением

$$E_{\text{дв}} = c_e n \Phi_{\text{ОВД}}, \quad (2)$$

где c_e — постоянный коэффициент, зависящий от конструкции двигателя; n — частота вращения якоря двигателя; $\Phi_{\text{ОВД}}$ — магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения двигателя ОВД.

Подставив значение $E_{\text{дв}}$ в уравнение равновесия э. д. с. (1), можно получить уравнение для определения частоты вращения двигателя:

$$n = \frac{U_r - I_a \Sigma R}{c_e \Phi_{\text{ОВД}}} = \frac{U_r}{c_e \Phi_{\text{ОВД}}} - \frac{\Sigma R}{c_e \Phi_{\text{ОВД}}} I_a. \quad (3)$$

Равновесие моментов рабочего двигателя заключается в том, что во всяком режиме сумма моментов, действующих на вал двигателя, равна нулю. В установившемся режиме вращению двигателя противодействуют тормозящие моменты (статические моменты сопротивления M_c) рабочего механизма и самого двигателя.

Следовательно, в установившемся режиме

$$M_{\text{дв}} = M_c, \quad (4)$$

где $M_{\text{дв}}$ — вращающий момент двигателя; M_c — суммарный момент сопротивления рабочего механизма и двигателя.

Вращающий момент двигателя определяется уравнением

$$M_{\text{дв}} = c_m I_a \Phi_{\text{ОВД}} \quad (5)$$

где c_m — постоянный коэффициент, зависящий от конструкции двигателя.

Следовательно, при установившемся режиме ток, потребляемый двигателем, определяется уравнением

$$I = \frac{M_{\text{дв}}}{c_m \Phi_{\text{ОВД}}} = \frac{M_c}{c_m \Phi_{\text{ОВД}}}. \quad (6)$$

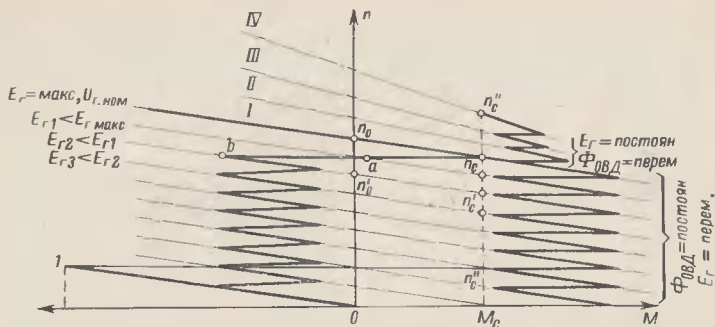


Рис. 9. Механические характеристики двигателя независимого возбуждения в системе Г—Д.

Отсюда очевидно, что величина тока в главной цепи в установившемся режиме машины (двигателя) с независимым возбуждением ($\Phi_{\text{овд}} = \text{пост}$) прямо пропорциональна величине статической нагрузки на валу двигателя M_c .

Полученные уравнения дают возможность определить значения тока в главной цепи системы Г—Д и частоты вращения двигателя для любого установившегося режима. Если подставить значение тока при установившемся режиме (6) в уравнение для определения частоты враще-

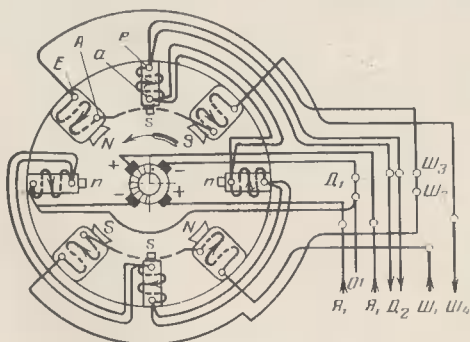


Рис. 10. Схема внутреннего соединения обмоток двигателя (вид со стороны коллектора) типа ДПЭ-72.

A, a — начало обмоток; E, e — концы обмоток; N, n, S, s — полярности основных и дополнительных полюсов при указанном направлении тока.

ния двигателя (3), то получится выражение, показывающее зависимость скорости вращения двигателя в установленном режиме от вращающего момента. Это выражение, таким образом, и станет уравнением механической характеристики двигателя.

Учитывая, что электрическое сопротивление якоря генератора имеет величину того же порядка, что и сопротивление якоря двигателя, необходимо считаться с падением напряжения в якоре генератора. При неизменном значении э. д. с. генератора напряжение на его зажимах изменяется с изменением нагрузки. Таким образом, для точных расчетов в уравнении механической характеристики двигателя за неизменный параметр следует принять не напряжение генератора U_r , как это принято было нами выше, а э. д. с. генератора E_r , которая не зависит от нагрузки.

Уравнение механической характеристики двигателя в системе Г—Д тогда будет иметь следующее выражение:

$$n = \frac{E_r}{c_e \Phi_{\text{ОВД}}} - \frac{\Sigma R_{\text{ц}}}{c_e c_m \Phi_{\text{ОВД}}^2} M_c, \quad (7)$$

где $\Sigma R_{\text{ц}}$ — сумма сопротивлений главной цепи, включая обмотку якоря генератора.

Из уравнения механической характеристики следует, что при заданных, например, номинальных значениях э. д. с. генератора и тока возбуждения двигателя частота вращения двигателя зависит от нагрузки. Чем больше момент сопротивления двигателя, тем меньше частота вращения двигателя. Такая механическая характеристика двигателя изобразится прямой I , показанной на рис. 9. Угол наклона этой прямой к горизонтальной оси определяется величиной сопротивления главной цепи $\Sigma R_{\text{ц}}$, точнее падением напряжения на этом сопротивлении. Чем значительнее падение, тем более *мягкая* (поло-

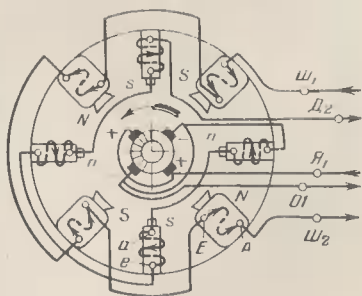


Рис. 11. Схема внутреннего соединения обмоток двигателей типов ДПЭ-52 и ДПВ-52.

Ш₁, Ш₂ — выводы обмотки возбуждения; Я₁, Д₂ — якорные выводы; О1 — вывод к схеме управления.

гая) характеристика двигателя и, наоборот, если скорость мало изменяется даже при значительно возросшей нагрузке двигателя, его характеристика считается жесткой.

Характеристика I на рис. 9 соответствует номинальным значениям напряжения E_r и потока $\Phi_{\text{Обд}}$ при отсутствии реостатов в цепи якорей. Она называется *естественной* (основной) механической характеристикой. При этих условиях при номинальном нагрузочном моменте $M_{\text{ном}}$ двигатель будет иметь номинальную частоту вращения $n_{\text{ном}}$.

Различают регулирование частоты вращения двигателя и ее изменение соответственно механической характеристике, вызванное изменением момента сопротивления рабочего механизма.

Под регулированием скорости вращения понимается принудительное (искусственное) ее изменение при заданном моменте (подробнее см. ниже).

Конструктивное исполнение рабочих электродвигателей постоянного тока типов ДПЭ и ДПВ. Конструктивно каждый двигатель выполнен из тех же составных частей, что и генератор типа ПЭМ (рис. 10 и 11): стального корпуса с подшипниковыми щитами, четырех главных и четырех добавочных полюсов с катушками, якоря с коллектором и 4 комплектами щеткодержателей, закрепленных на поворотной траверсе, которая позволяет при наладке двигателя устанавливать щеткодержатели на нейтрали.

Главные и дополнительные полюсы должны плотно прилегать к корпусу электродвигателя. Если между корпусом электродвигателя и сердечником полюса остается незначительный зазор, то вследствие уменьшения магнитного потока главного полюса может повыситься частота вращения электродвигателя. Неплотное прилегание сердечников дополнительных полюсов к корпусу двигателя может быть также причиной возникновения искрения под щетками.

У двигателей за главным полюсом в направлении вращения якоря должен следовать дополнительный полюс той же полярности (рис. 10 и 11). При неправильной полярности или чередовании главных и дополнительных полюсов электродвигатель будет сильно искрить и не сможет развивать вращающий момент достаточной величины.

Таблица 2

Технические характеристики электродвигателей главных рабочих механизмов экскаватора Э-2503

Показатели	Двигатель			
	подъема	напора	поворота	открыва- ния днища ковша
Тип	ДПЭ-72	ДПЭ-52	ДПВ-52	АО-42-6
Номинальная мощность, <i>квт</i>	100	54	50	1,7
Номинальное напряжение, <i>в</i>	305	395	306	380
Номинальный ток якоря (статора дви- гателя для открывания днища ков- ша), <i>а</i>	360	157	180	3,25
Продолжительность включения (ПВ), %	80	100	60	10)
Максимальный момент, <i>кгс-м</i>	230	87	87	—
Частота вращения, <i>об/мин</i> :				
номинальная	750	1 200	900	980
максимальная	1 500	2 500	2 100	—
устанавливаемая при наладке	1 500	1 900	1 300	—
Напряжение возбуждения, <i>в</i>	80	85	85	—
Ток возбуждения, <i>а</i> :				
в горячем состоянии (температу- ра обмотки +100 °С):				
при номинальном потоке	12	11,5	11,5	—
при ослабленном потоке	8,5	6,0	—	—
в холодном состоянии (темпера- тура обмотки +20 °С):				
при номинальном потоке	14,5	13,5	13,5	—
при ослабленном потоке	9,7	7,0	—	—
Сопротивление обмоток при 20 °С, <i>ом</i> :				
якоря	0,311	0,033	0,033	—
дополнительных полюсов	0,0086	0,0207	0,021	—
возбуждения (параллельной)	5,1	6,3	6,3	—
Число выглов на один полюс обмотки:				
возбуждения (параллельной)	470	475	475	—
дополнительных полюсов	14	20	20	—
Число полюсов	4	4	4	—
Размер щетки ЭГ-14, <i>мм</i>	25×50	16×32	16×32	—

Технические данные главных электродвигателей при-
ведены в табл. 2.

Цель управления возбуждением генератора и двигате-
ля в системе Г—Д служит для целей регулирования
частоты вращения двигателя того или иного рабочего
механизма при работе экскаватора Э-2503.

В системе Г—Д применяются два способа регулиро-
вания частоты вращения рабочего двигателя: изменени-
ем э. д. с. E_r (напряжения U_r , приложенного к двигате-
лю) и изменением величины магнитного потока возбуж-
дения двигателя $\Phi_{\text{овд}}$ [см. формулу (7)].

При первом способе частота вращения двигателя Д
регулируется регулировочным реостатом R_p . От сопро-
тивления этого реостата зависят величина тока I_y в об-
мотке управления ОУ силового магнитного усилителя

СМУ, ток выхода последнего I_B , поток возбуждения генератора и, следовательно, э. д. с. E_r .

Очевидно, что каждому значению тока возбуждения генератора соответствует определенное значение его э. д. с. и, следовательно, своя механическая характеристика, т. е. получается семейство механических характеристик, параллельных основной характеристике I (см. рис. 9), причем все семейство характеристик располагается ниже основной механической характеристики. Следовательно, изменяя ток возбуждения I_B или напряжение U_B , приложенное к обмотке возбуждения генератора ОНГ, можно регулировать частоту вращения двигателя D . Это — первая зона регулирования.

Второй способ регулирования скорости рабочего механизма осуществляется путем изменения тока возбуждения двигателя с помощью реостата в цепи его обмотки возбуждения (см. рис. 6). Увеличивая сопротивление реостата R_d , можно уменьшить магнитный поток двигателя $\Phi_{Oвд}$ (ослабить его поле возбуждения). При этом, если к двигателю подведено номинальное напряжение $U_{г.ном}$, то частота вращения двигателя в области малых нагрузок изменяется в сторону увеличения от номинального значения, так как частота вращения его согласно формуле (7) обратно пропорциональна величине магнитного потока двигателя $\Phi_{Oвд}$ (прямые II—IV на рис. 9). В области больших нагрузок (выше номинальной) прямые II—IV пересекают основную механическую характеристику I и располагаются ниже ее.

Таким образом, при изменении магнитного потока двигателя характеристика его частично располагается выше основной механической характеристики. Это — вторая зона регулирования.

Необходимо заметить, что если ток возбуждения двигателя ослабляется, допустим, в 2 раза, то при этом вследствие насыщения магнитной цепи двигателя в номинальном режиме скорость возрастает не в 2 раза, а не более чем в 1,5—1,6 раза.

Следовательно, каждому значению э. д. с. генератора E_r и магнитного потока двигателя $\Phi_{Oвд}$ соответствует своя механическая характеристика (см. рис. 9).

Реверсирование двигателя осуществляется изменением направления тока в обмотке возбуждения генератора при помощи контактов K_1 и K_2 командоконтроллера

КК (см. рис. 6). При этом изменяется полярность напряжения на щетках генератора, а следовательно, и направление вращения двигателя Д.

Обмотка независимого возбуждения рабочего двигателя Д (рис. 6) питается от независимого источника постоянного тока, в качестве которого на экскаваторе Э-2503 используется вспомогательный генератор-возбудитель В (см. рис. 3) типа П-52 (6,8 квт, 115 в, 1 450 об/мин), входящий в состав вспомогательного преобразовательного агрегата. В состав последнего входит также приводной асинхронный короткозамкнутый двигатель типа АОБ1-4 (10 квт, 380 в, 1 450 об/мин). Вспомогательный возбудительный агрегат устанавливается над главным преобразовательным агрегатом.

Перед пуском в ход двигателя в системе Г—Д в его обмотке возбуждения ОВД (рис. 6) устанавливают номинальный ток, что позволяет обеспечить достаточный пусковой момент двигателя.

Ток возбуждения генератора, вращаемого двигателем с постоянной частотой, в начале пуска равен нулю. Затем, уменьшая сопротивление реостата R_p , т. е. увеличивая ток I_b генератора, повышают э. д. с. генератора. Это приводит к появлению тока в якорной цепи и возникновению вращающего момента двигателя. После того как вращающий момент станет больше статического, якорь двигателя начнет вращаться.

При уменьшении сопротивления R_p меняется величина тока I_b и происходит переход с одной механической характеристики на другую (см. рис. 9). Обычно реостат, а точнее командоконтроллер в цепи обмотки возбуждения генератора имеет несколько ступеней, однако из-за значительной индуктивности обмотки возбуждения нарастание тока в ней происходит плавно.

Поэтому вращающий момент двигателя увеличивается постепенно, что позволяет получить очень плавный пуск двигателя.

Для того чтобы уменьшить частоту вращения вплоть до полной остановки двигателя, работающего, допустим, на характеристике, соответствующей номинальному напряжению $U_{г.ном.}$ постепенно увеличивают сопротивление реостата R_p . Это приводит к уменьшению тока возбуждения генератора, а следовательно, к снижению его магнитного потока. Вследствие этого э. д. с. E_g генератора также начинает снижаться (точка *a* на рис. 9).

Так как поток возбуждения двигателя остается постоянным, то его скорость n и э. д. с. $E_{дв}$ в начальный момент останутся неизменными. Вследствие этого ток в якорной цепи системы Г—Д, равный

$$I_{я} = \frac{E_{г} - E_{дв}}{\Sigma R}, \quad (8)$$

начнет уменьшаться, что приведет к снижению вращающего момента двигателя. Под действием статической нагрузки M_c скорость будет падать и произойдет замедление двигателя (точка n_c на рис. 9). Если ток возбуждения уменьшить до такой степени, чтобы э. д. с. $E_{г}$ стало меньше э. д. с. $E_{дв}$ (см. рис. 9, точка b), то согласно (8) ток $I_{я}$ в цепи якореи изменит направление. Двигатель перейдет в режим генератора, преобразуя запасенную механическую энергию в электрическую и отдавая ее генератору управления Г, который будет работать в режиме двигателя. Его вращающий момент вследствие изменения знака тока якореи изменит направление и будет действовать согласно с вращающим моментом двигателя АД (см. рис. 6). Последний перейдет в генераторный режим, станет преобразовывать полученную от генератора управления, работающего двигателем, механическую энергию в электрическую и отдавать ее в сеть переменного тока. Такой режим работы системы Г—Д, называемый рекуперативным, будет продолжаться до тех пор, пока э. д. с. генератора $E_{г}$ будет меньше э. д. с. двигателя $E_{дв}$. Однако если ток возбуждения генератора Г, уменьшенный до величины, необходимой для получения рекуперативного торможения, в дальнейшем не изменять, то при определенной скорости вращения двигателя Д, равной n'_0 (см. рис. 9), такой режим прекратится.

Действительно, с переходом двигателя Д в генераторный режим его вращающий момент изменяет знак и, действуя согласно со статическим моментом M_c , вызывает снижение частоты вращения привода. Поэтому э. д. с. двигателя $E_{дв} = c_e n \Phi_{ОВД}$ также будет уменьшаться и при скорости n'_0 достигнет значения э. д. с. $E_{г} = E_{дв}$. Вследствие этого ток в цепи якореи согласно (8) станет равным нулю, а при дальнейшем снижении скорости изменит направление, обеспечивая двигательный режим для машины Д и генераторный для машины Г. Так как вращающий момент двигателя Д останется

меньше статического, то скорость будет уменьшаться до величины n'_c , при которой эти моменты уравниваются, и начнется установившееся движение с постоянной скоростью n'_c .

Рекуперативное торможение относится к числу наиболее экономичных видов торможения, и его следует применять всегда, если для этого есть возможность. Кроме этого вида торможения, имеются еще и другие: динамическое и противовключением, на рассмотрении которых останавливаться не будем.

Обычно в системах Г—Д ток возбуждения в обмотке *ОНГ* генератора имеет небольшую величину по сравнению с током якоря [$I_B = (0,01 \div 0,02) I_{Я.НОМ}$]. Поэтому размеры и вес аппаратуры управления невелики, а потери энергии на управление незначительны. Однако с целью некоторого снижения необходимой мощности независимого возбуждения используется шунтовая обмотка *ОВШГ*, постоянно подключенная на напряжение генератора к его якорю.

Рациональным соотношением мощностей независимого и параллельного возбуждения генераторов, применяемых на экскаваторе Э-2503, считается: независимого 70—75 и параллельного 25—30% номинальной мощности возбуждения. Все-таки, даже применяя шунтовую обмотку генератора, при тех мощностях привода, которые используются на экскаваторе Э-2503, ток возбуждения I_B оказывается относительно большим (порядка 0,4—8,5 а) и для уменьшения потерь управления, а также с целью создания возможности формирования экскаваторных характеристик в цепь возбуждения вводят силовой магнитный усилитель *СМУ* (см. рис. 6).

Силовые магнитные усилители трехфазные двухтактные типа ПДД1,1В. Для выяснения принципа действия трехфазного магнитного усилителя, используемого на экскаваторе Э-2503, рассмотрим принцип работы простейшего магнитного усилителя.

Простейший магнитный усилитель (*МУ*) представляет собой управляемый дроссель, изображенный на рис. 12,а. Усилитель состоит из последовательно соединенных сопротивлений R_n (которое принято называть нагрузкой) и индуктивной катушки (дросселя) L , состоящей из w_p витков, намотанных на стальной сердечник.

В качестве нагрузки *МУ* в нашем случае служит обмотка возбуждения генератора.

Усилитель подключен к источнику переменного тока, действующее значение напряжения U_{\sim} которого предполагается неизменным. Тогда ток I_H в этой цепи зависит только от сопротивления обоих входящих в нее элементов: нагрузки и дросселя L , т. е.

$$I_H = \frac{U_{\sim}}{Z}, \quad (9)$$

где Z — полное сопротивление цепи нагрузки без учета активного сопротивления обмотки дросселя ввиду его малой величины: $Z = \sqrt{R_H^2 + x_L^2}$; x_L — индуктивное сопротивление этой обмотки.

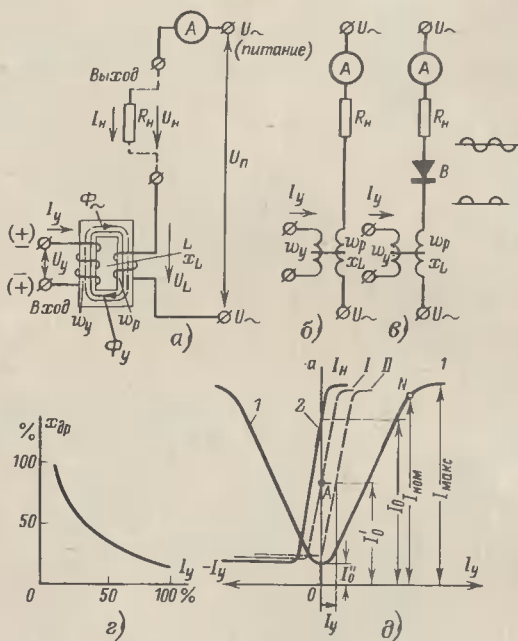


Рис. 12. Простейший магнитный усилитель (а) и его условное изображение (б), схема магнитного усилителя с самонасыщением (в), кривые зависимости $x_{dp} = f(I_y)$ простейшего МУ (г) и кривые «вход—выход» $I_H = f(I_y)$ магнитного усилителя (д).

1 — без обратной связи; 2 — с обратной связью (самонасыщением); I_0 — начальный ток усилителя; А — начальная точка работы усилителя.

Индуктивное или реактивное сопротивление обмотки дросселя (или, как ее принято называть, силовая, рабочая, нагрузочная обмотка МУ) определяется ее параметрами и магнитным состоянием сердечника, на котором она намотана.

Сердечник дросселя характеризуется двумя крайними магнитными состояниями: при котором индуктивное сопротивление дросселя близко к нулю (равноценно сопротивлению обмотки без сердечника) и при котором индуктивное сопротивление дросселя максимально (наличие сердечника).

Промежуточные режимы соответствуют как бы изменяемому сечению сердечника. Изменение сечения сердечника практически осуществить нельзя. Однако этот же эффект может быть достигнут путем пропуска постоянного тока по добавочной обмотке, намотанной на том же сердечнике и называемой обмоткой управления ω_y . Этот ток подмагничивания называется током управления I_y .

Если ток управления отключить, то мы получим режим, при котором реактивное (индуктивное) сопротивление обмотки L максимально, так как в обмотке наводится э. д. с. самоиндукции, направленная навстречу приложенному к катушке напряжению. В этом режиме ток, проходящий через рабочую обмотку, а следовательно, через нагрузочное сопротивление, весьма мал и в идеальном случае равен нулю. При этом практически $Z \approx x_L$, так как x_L значительно больше сопротивления R_n . Здесь следует подчеркнуть, что для достижения больших индуктивностей, а следовательно, и сопротивления $x_L = 2\pi fL$ сердечник дросселя выполняют из ферромагнитных материалов, обладающих высокой магнитной проницаемостью. В этом режиме ток определяется по формуле

$$I_{н.мин} = U_n / Z \approx U_n / x_L.$$

Если ток управления имеет достаточную величину, то сердечник будет полностью насыщен. Индуктивное сопротивление можно считать равным нулю, а ток через рабочую обмотку достигнет максимума (определяется лишь одним активным сопротивлением нагрузки R_n), т. е.

$$I_{н.макс} = U_n / Z \approx U_n / R_n.$$

Промежуточные значения рабочего тока можно получить, изменяя величину постоянного тока в обмотке управления [см. типовую зависимость индуктивного сопротивления дросселя от тока управления $x_L = f(I_y)$ на рис. 12,з].

Отличительным признаком схемы промышленного магнитного усилителя является наличие двух рабочих обмоток, включенных встречно (рис. 13). Это связано с необходимостью предотвращения попадания в обмотку управления трансформаторной э. д. с., наводимой рабочими обмотками. В результате встречного включения рабочих обмоток в обмотке управления трансформаторная э. д. с. не наводится (см. на рис. 13,а направления потоков Φ_{\sim} в сердечниках I и II, которые направлены встречно, причем $\Phi_{\sim 1} = \Phi_{\sim 2}$ и $\omega_{p1} = \omega_{p2}$).

Нагрузочные обмотки включаются последовательно-встречно (рис. 13,а) или параллельно-встречно (рис.

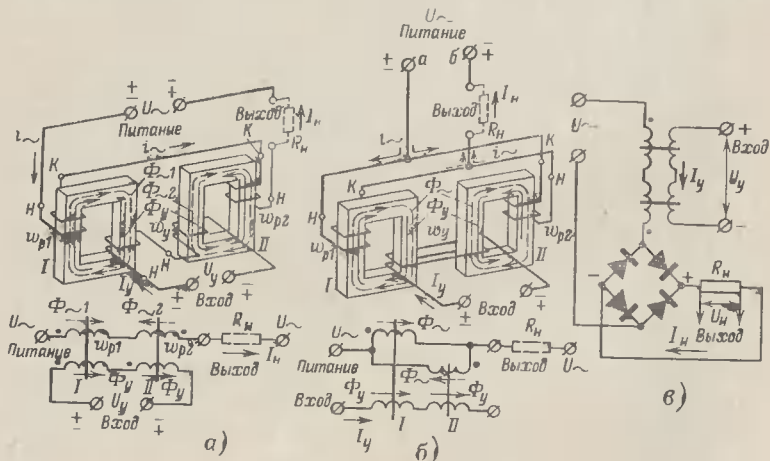


Рис. 13. Однотактные (нереверсивные) магнитные усилители с выходом на переменном токе и их условные графические изображения: последовательный (а), параллельный (б) и с выходом на постоянном токе (в). Начала обмоток обозначены точками.

13,б). Обмотки управления, как правило, соединяются последовательно-согласно и обычно представляют собой единую обмотку, охватывающую оба сердечника.

Следует заметить, что с целью определения направления магнитных полей в сердечниках усилителя, созда-

ваемых различными обмотками, вводятся обозначения для начал и концов обмоток. Так, например, для рабочих обмоток H (или A, B, C) обозначает начало, а K (или X, Y, Z) — конец обмотки. Для начал и концов обмоток управления приняты обозначения H и K . Часто на рисунках эти буквенные обозначения не приводятся, а начала обмотки отмечаются лишь точкой или буквой H .

Основная характеристика МУ (см. рис. 12, д) представляет собой зависимость тока нагрузки (выхода) от тока управления $I_{\text{н}} = f(I_{\text{у}})$ и называется зависимостью «вход — выход» (внешней характеристикой). Ток нагрузки для каждой точки характеристики определяется выражением (9). Внешняя характеристика МУ симметрична относительно оси ординат при токах управления разных полярностей. Это означает, что работа такого МУ протекает совершенно одинаково независимо от направления подмагничивания сердечника потоком $\Phi_{\text{у}}$ (рис. 12, а), т. е. независимо от изменения полярности сигнала управления (изменения направления тока $I_{\text{у}}$ в обмотке управления $\psi_{\text{у}}$).

Следует отметить, что магнитный усилитель может иметь не одну, а несколько управляющих обмоток, включенных в схему управления главными электроприводами, и направления токов в них могут быть различными. В таком случае одни обмотки управления могут создавать магнитные потоки одного направления, допустим будут подмагничивать сердечник МУ, а другие обмотки (с противоположной полярностью) будут создавать магнитные потоки другого направления, встречно предыдущим, т. е. будут размагничивать сердечники. Следовательно, создаваемые обмотками управления магнитные потоки будут как намагничивающими, так и размагничивающими сердечники усилителя и тогда ток его нагрузки в конечном итоге определится алгебраической суммой ампер-витков (намагничивающая сила) всех обмоток управления, т. е. результирующей н. с.

Эффект усиления достигается благодаря тому, что небольшое значение тока управления малой мощности сильно изменяет индуктивное сопротивление в цепи обмотки дросселя МУ. Это позволяет управлять значительным током (мощностью в нагрузочной цепи). Коэффициент усиления по току показывает, во сколько раз ток нагрузки больше тока управления. Коэффициент

усиления является одним из основных показателей магнитного усилителя.

При необходимости питания нагрузки постоянным током ее включают через выпрямительный мост (рис. 13,в), получая МУ с выходом на постоянном токе. Внешняя характеристика при этом остается такой же, как и МУ с выходом на переменном токе (см. рис. 12,д).

Изменение направления тока в обмотке управления не вызывает изменения направления тока в нагрузке, т. е. простейший усилитель является одноктактным (неревверсивным), что является одним из самых крупных недостатков МУ. Кроме того, простейший МУ имеет недостаточный коэффициент усиления.

Магнитные усилители, собранные по схеме с самонасыщением, имеют коэффициент усиления значительно выше, что позволило именно им найти самое широкое применение. Это обусловлено тем, что в процессе изменения магнитного состояния сердечника участвует не только ток обмотки управления, но и ток рабочей обмотки, что равносильно эквивалентному увеличению тока управления в 8—10 раз.

Для лучшего понимания работы МУ с самонасыщением сравним схемы, показанные на рис. 12,б и в. В первом случае вентиль отсутствует, ток через амперметр A весьма мал и определяется величинами x_L и R_H . Включение вентиля B , пропускающего ток лишь одну половину периода, допустим верхние полуволны тока I_H (однополупериодное выпрямление рабочего тока), вызывает появление пульсирующего тока с постоянной составляющей, которая создает дополнительное подмагничивание сердечника (самоподмагничивание); переменная же составляющая пульсирующего тока по-прежнему играет роль рабочего тока в усилителе.

Наличие потока самоподмагничивания (самонасыщения) вызывает некоторое увеличение тока в нагрузке при отсутствии тока управления (см. I_0 — кривая 2 на рис. 12,д). Так как направление потока самоподмагничивания (обратная связь) $\Phi_{0.c}$ не зависит от направления тока в обмотке управления и определяется только схемой включения выпрямителя B , то при одной полярности тока управления, когда магнитный поток управления Φ_u совпадает с направлением потока самоподмагничивания $\Phi_{0.c}$, ток в цепи нагрузки растет быстрее, чем в усилителе без вентиля B (сопоставьте на рис.

12,д правые ветви кривых 2 и 1). При обратной полярности тока управления I_y действие потока самоподмагничивания размагничивающее по отношению к потоку обмотки управления и ток в нагрузке растет медленнее (сопоставьте на рис. 12,д левые ветви кривых 1 и 2). Внешняя характеристика 2 становится несимметричной.

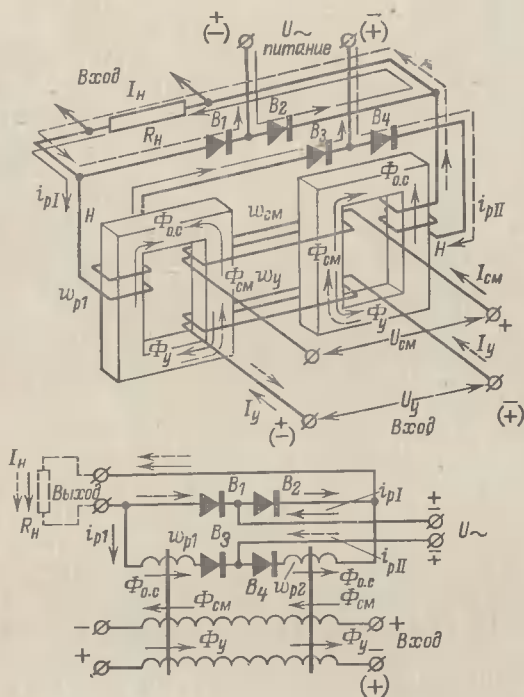


Рис. 14. Однотактный однофазный магнитный усилитель с внутренней обратной связью и обмоткой смещения.

Рабочей частью является правая, более крутая часть характеристики.

Необходимо остановиться на цепи смещения. В силу своих свойств MU с самонасыщением при отсутствии сигнала (тока) в обмотке управления полностью насыщен (кривая 2 на рис. 12,д). Однако на практике возникает необходимость в смещении характеристики «вход —

выход» МУ. Наиболее просто это достигается применением начального подмагничивания, называемого смещением. Оно осуществляется с помощью специальных обмоток смещения $\omega_{см}$ (рис. 14).

Пропуская по обмотке $\omega_{см}$ постоянный ток $I_{см}$ (от источника постоянного тока либо от сети переменного тока через выпрямители), создают постоянное подмагничивающее поле $\Phi_{см}$ одного направления (начальное подмагничивание), независимое от потока Φ_y обмотки управления. Выбирая полярность и величину тока в обмотке $\omega_{см}$, можно внешнюю характеристику МУ перемещать вдоль горизонтальной оси в любом направлении. Для самонасыщающихся МУ полярности обмотки смещения выбирают таким образом, чтобы создаваемое поле было направлено навстречу полю $\Phi_{о.с}$ самоподмагничивания и, следовательно, снижало величину тока I_0 усилителя. Характеристика МУ при этом как бы смещается вправо (см. положения кривых I и II на рис. 12, д), а величина начального тока I_0 уменьшается. Обычно начальную рабочую точку А усилителя устанавливают так, чтобы она лежала примерно посредине рабочей части его характеристики ($I_0 = I_{ном}/2$).

Рассмотренные однофазные нереверсивные (однотактные) МУ применяются только в маломощных цепях.

При нагрузках большой мощности, имеющих место на экскаваторах, используются трехфазные МУ, представляющие собой три однофазных усилителя, сердечники которых охвачены общими обмотками управления (рис. 15). Трехфазные МУ имеют меньшие габариты и вес по сравнению с однофазными при одинаковой мощности.

Трехфазную схему, показанную на рис. 15, называют схемой с вынесенным выпрямителем B_1 в связи с тем, что в ней одна группа выпрямителей B_2 служит только для создания внутренней обратной положительной связи (потока самоподмагничивания $\Phi_{о.с}$), другая (в мосте Ларионова) — для выпрямления (в МУ, изображенном на рис. 14, одни и те же выпрямители одновременно выполняют обе эти функции). Такие усилители используются при индуктивном характере нагрузки. В схеме на рис. 15 устраняется влияние индуктивности нагрузки на работу МУ вследствие замыкания паразитных токов через выпрямительные мосты без протекания их по обмоткам МУ.

Для реверсивного управления главными электроприводами экскаватора Э-2503, когда требуется получать изменения направления рабочего тока при переменах полярности входного сигнала, используется реверсивная (двухтактная) схема включения МУ (рис. 16). Она представляет собой комбинацию из двух одноконтных трехфазных МУ, подобных МУ на рис. 15, включенных встречно. Поэтому и внешняя характеристика двухтактного усилителя является результатом алгебраического суммирования характеристик 1 и 2 одноконтных усилителей (рис. 17). Для устранения влияния работы одного

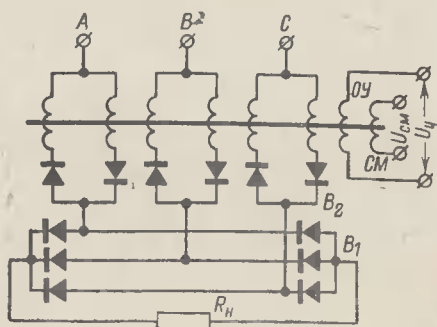


Рис. 15. Трехфазный магнитный усилитель с вынесенным выпрямителем.

МУ на другой питание их производится от отдельных обмоток разделительных трансформаторов, нагрузка же их включена по мостовой схеме. Двумя противоположными плечами моста служит обмотка независимого возбуждения, разделенная на две части, двумя другими — балластные резисторы. К диагоналям моста подключены выходы магнитных усилителей 1МУ и 2МУ. Величины сопротивлений балластных резисторов примерно равны величинам сопротивлений полуобмоток возбуждения, т. е. мост получается уравновешенным. Благодаря этому работа одного МУ практически не влияет на работу другого.

Как видно из рис. 16, при таком подключении полуобмоток независимой обмотки возбуждения генератора в каждой из них токи выходов усилителей всегда направлены встречно, т. е. ток возбуждения в полуобмотках независимой обмотки возбуждения равен разности

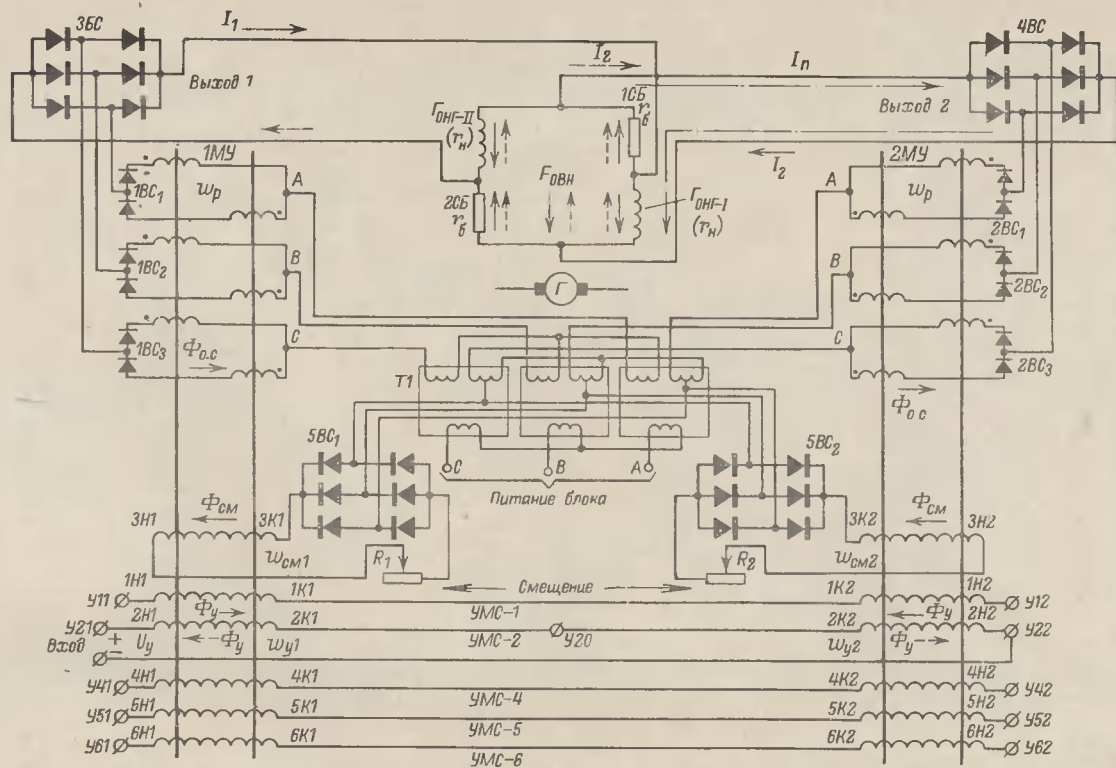


Рис. 16. Принципиальная схема комплектного устройства типа ПДД-1,1В.

1МУ, 2МУ — силовой магнитный усилитель типа УМ.ЗП.20.40.1.1С; Т1 — трехфазный трансформатор мощностью 2,8 кет; 5BC₁ и 5BC₂ — блок смещения с селеновыми выпрямителями; УМС-1 — УМС-6 — обмотки управления усилителя.

токов двух усилителей $1МУ$ и $2МУ$, а ток в балластных сопротивлениях — сумме этих токов (на рис. 16 и 17 ток выхода $1МУ$ изображен сплошным, а ток выхода $2МУ$ — штриховыми линиями).

Если усилители $1МУ$ и $2МУ$ намагничены одинаково, то в полуобмотках возбуждения генератора проходят одинаковые по величине токи выходов усилителей $I_1=I_2$ и результирующий ток, а следовательно, и поток ($F_{ОВН}=F_1-F_2$) полуобмоток возбуждения равны нулю. На рис. 17 вместо значений н. с. даны значения токов $I_1=I_{10}$ и $I_2=I_{20}$.

Если каким-либо образом подмагничивать один усилитель (допустим, $1МУ$) и одновременно размагничивать другой ($2МУ$), то токи выходов однотактных усилителей уже не будут равны. При этом ток выхода первого усилителя (I_1) становится больше тока выхода второго усилителя (I_2). В этом случае по полуобмоткам возбуждения будет проходить результирующий ток $I_{ОВН}=I_1-I_2$ одного направления, а следовательно, и результирующая н. с. $F_{ОВН}$ будет направлена в одну сторону (вниз на рис. 16). На рис. 17 вместо результирующего потока показан пропорциональный ему результирующий ток $I_{ОВН}=I_{н}=I_1-I_2$, направленный вверх (правая ветвь кривой 3).

Если подмагнитить второй усилитель ($2МУ$) и одновременно размагнитить $1МУ$, то результирующая н. с. уже будет направлена в другую сторону и результирующий ток $I_{н}$ в этом случае будет определяться в левой части графика на рис. 17. Таким образом, получается реверсирование тока (а значит, и магнитного поля) на выходе двухтактного (реверсивного) усилителя.

Указанная система подмагничивания одного усилителя и одновременного размагничивания другого достигается встречно-последовательным включением обмоток управления $\omega_{у1}$ и $\omega_{у2}$ однотактных усилителей $1МУ$ и $2МУ$ (см. рис. 16). Обмотки смещения $\omega_{см1}$ и $\omega_{см2}$, которые хотя и питаются от отдельных источников тока, получаются как бы включенными согласнo и последовательно. С их помощью выбирают рабочую точку A по-прежнему на середине статической характеристики каждого усилителя (рис. 17).

Встречное включение задающих обмоток по отношению к обмоткам смещения означает, что при подаче на

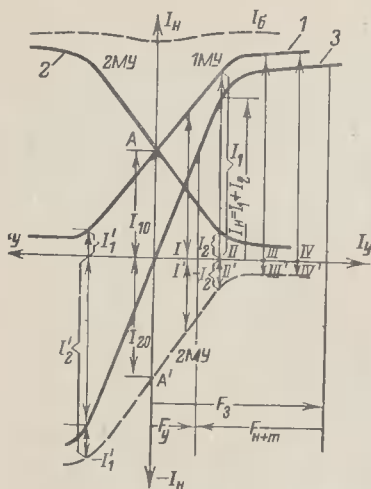


Рис. 17. Статические характеристики комплектного устройства типа ПДД-1,В.

1 и 2 — характеристики однотактных усилителей 1МУ и 2МУ; 3 — результирующая характеристика блока (устройства) усилителей.

встречно потоку $\Phi_{см}$, совпадает с потоком самоподмагничивания $\Phi_{о.с}$. Ток нагрузки второго усилителя I_2 уменьшается (по правой ветви характеристики 2, так как тот же ток I_y для 2МУ является размагничивающим (отрицательный сигнал; потоки Φ_y и $\Phi_{см}$ согласно направлены, но против $\Phi_{о.с}$).

Ввиду того что управляющий ток имеет по отношению к току смещения разные направления, характеристики 1 и 2 (усилителей 1МУ и 2МУ) развернуты относительно вертикальной оси в разные стороны, как показано на рис. 17. В свою очередь, в связи с тем что токи нагрузки, проходящие по полуобмоткам возбуждения генератора, всегда направлены встречно (из-за чего результирующая н. с. в конечном итоге пропорциональна разности этих токов: $F_{ОВН} \equiv I_{ОВН} = I_{11} = I_1 - I_2$), характеристики 1 и 2 усилителей располагаются по разные стороны от горизонтальной оси (см. кривую 1, изображенную сплошной линией, и кривую 2', изображенную штриховой линией).

вход двухтактного усилителя тока управления (сигнала) определенной полярности созданное им магнитное поле в одном, например втором, усилителе — 2МУ совпадает с полем обмотки смещения, а в первом направлено напротив (на рис. 16 направления магнитных полей Φ_y , $\Phi_{см}$ и $\Phi_{о.с}$ для этой полярности сигнала обозначены сплошными стрелками). В этом случае ток нагрузки первого усилителя I_1 увеличивается (на рис. 17 по правой ветви характеристики 1 однотактного усилителя 1МУ), так как ток I_y для 1МУ является подмагничивающим (положительным) сигналом, ибо его поток Φ_y , направленный

При изменении полярности управляющего сигнала картина изменяется на обратную (на рис. 16 направление магнитного поля управляющего сигнала Φ_y для этого случая обозначено штриховыми стрелками), и тогда ток нагрузки I_H (рис. 17) определяется вычитанием из отрезка I'_2 отрезка I'_1 , т. е. ток нагрузки будет иметь другое направление ($-I_H$).

Таким образом, получается статическая характеристика двухтактного магнитного усилителя (кривая 3), реагирующая на знак управляющего сигнала изменением направления тока в нагрузке, причем полярность обмотки возбуждения генератора определяется полярностью наиболее намагниченного усилителя.

Конструктивное исполнение магнитных блоков типа ПДД-1,1В. Магнитопровод 1 (рис. 18) каждого из усилителей выполнен из П-образных стальных пластин и состоит из шести сердечников. На каждом из них имеется обмотка переменного тока, разделенная на две части. Усилители имеют пять обмоток управления и одну обмотку смещения, охватывающие все сердечники. Причем обмотки управления усилителей блока типа ПДД-1,1В

уже внутри устройства соединены встречно и последовательно, а на главную зажимную рейку для подключения внешней схемы выведены только начала обмоток управления усилителей 1МУ и 2МУ (см. рис. 16).

Паспортные данные комплектного устройства типа ПДД-1,1В: мощность 1,1 кВт; номинальное напряжение (линейное) первичной обмотки трансформатора 380 в;

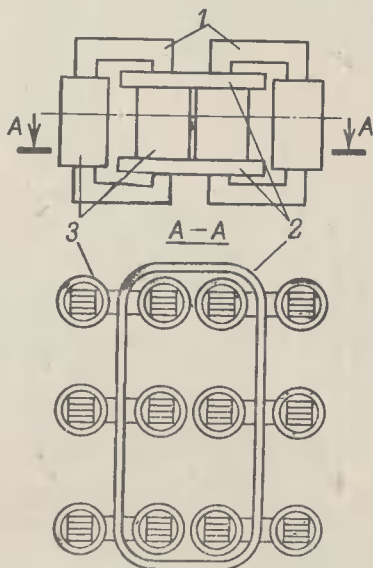


Рис. 18. Конструкция дроссельной части одного МУ блока типа ПДД-1,1В.

1 — магнитопроводы; 2 — обмотки управления — 6 шт., по 3 шт. в пучке; 3 — рабочие обмотки, 6 шт. (12 катушек).

Назначение и обмоточные данные трехфазного силового магнитного усилителя (блока) типа ПДД-1,1В

Назначение обмоток	Обозначение обмотки на схеме		Маркировка выводов		Обмоточные данные усилителя (1МУ или 2МУ)				Среднее значение тока, а	
	на рис. 19	на рис. 16, 24÷26	обмоток каждого усилителя	блока	Число витков	Соотношение обмотки, Ом	Марка провода	Диаметр провода, мм	номинального	длительно допустимого
Гибкая отрицательная обратная связь по току главной цепи — стабилизирующая токовая обмотка	<i>ОСТ</i>	<i>УМС1</i>	<i>1Н1—1К1</i> <i>1Н2—1К2</i>	<i>У11—У12</i>	100	9,5	ПЭТВ	0,55	0,6	0,6
Задающая обмотка	<i>ОЗ</i>	<i>УМС2</i>	<i>2Н1—2К1</i> <i>2Н2—2К2</i>	<i>У21—У22</i>	125	6,7	ПЭТВ	0,55	0,24	0,24
Обмотка смещения	—	<i>УМС3</i>	<i>3Н1—3К1</i> <i>3Н2—3К2</i>	—	300	90	ПЭТВ	0,23	—	0,1
Задержанная жесткая отрицательная обратная связь по току главной цепи (токовая отсечка) — токоограничивающая обмотка	<i>ОТ</i>	<i>УМС4</i>	<i>4Н1—4К1</i> <i>4Н2—4К2</i>	<i>У41—У42</i>	35	0,36	ПЭТВ	1,16	2,5	2,5
Гибкая отрицательная обратная связь по напряжению генератора — стабилизирующая обмотка напряжения ¹	<i>ОСН</i>	<i>УМС5</i>	<i>5Н1—5К1,</i> <i>5Н2—5К2</i>	<i>У51—У52</i>	250	72	ПЭТВ	0,23	0,1	0,1
Непрерывная жесткая отрицательная обратная связь по напряжению генератора — дифференциальная обмотка ²	<i>ОН</i>	<i>УМС6</i>	<i>6Н1—6К1,</i> <i>6Н2—6К2</i>	<i>У61—У62</i>	450	142	ПЭТВ	0,23	0,1	0,1
Рабочие обмотки переменного тока	—	—	<i>A₁-X₁; B₁-Y₁;</i> <i>C₁-Z₁; A₂-X₂;</i> <i>B₂-Y₂; C₂-Z₂</i>	—	396	1,07	ПЭВ	1,12	—	8,35

¹ Обмотка на экскаваторе Э-2503 не используется и остается резервной.

² Обмотка выполняет две функции: жесткой и гибкой отрицательных обратных связей по напряжению генератора.

номинальное напряжение вторичных обмоток 71,5 в, номинальный ток нагрузки 12 а (ПВ=50%) и 10 а (ПВ=100%). Сопротивление нагрузки 3,72—6,3 ом. Начальный ток усилителя 4—6 а. Добавочные резисторы обмотки смещения R_1 и R_2 типа ПЭВР-50, 510 ом. Число обмоток управления (без обмотки смещения) 5. Магнитные усилители блока 1МУ и 2МУ типа УМ.ЗП.20.40.11.С. Селеновые выпрямители 1ВС и 2ВС типа 100ЕМ4Г, 3ВС и 4ВС типа 100ЕМ20Г, 5ВС1 и 5ВС2 типа 100ЕМ20Г. Габаритные размеры блока 350×450×490 мм; вес 145 кг. Назначение обмоток управления блока типа ПДД-1,1В в схеме электропривода экскаватора Э-2503 и их обмоточные данные указаны в табл. 3.

5. ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ Г—Д

Общие сведения о системе Г—Д с суммирующим силовым магнитным усилителем (СМУ). Кроме осуществления плавного пуска, удобного реверсирования, останова в различных режимах электрического торможения и регулирования скорости двигателя, система Г—Д экскаватора Э-2503 обеспечивает двигателю механические экскаваторные характеристики требуемых форм. С этой целью в схему управления вводят различные виды обратных связей (см. подробнее ниже), контролирующих заданные параметры движения рабочего механизма. Указанные сигналы обратных связей наряду с управляющим воздействием машиниста поступают на обмотки управления суммирующего силового магнитного усилителя (СМУ) и только затем в виде результирующего управляющего воздействия подаются в независимую обмотку возбуждения генератора, образуя сигнал возбуждения генератора.

С целью пояснения действия отдельных узлов в структурной схеме автоматического управления электроприводом экскаватора типа Э-2503, а главное основных понятий техники управления (регулирования) ниже рассматривается условно управление электроприводом вручную¹.

При ручном регулировании машинист, желая поддержать определенную частоту вращения двигателя,

¹ В действительности на экскаваторе подобного ручного регулирования нет.

воздействует на цепь возбуждения генератора, т. е. изменяет величину тока в обмотке возбуждения генератора с помощью реостата, командоконтроллера или иного устройства.

Таким образом, имеет место направленная цепь воздействий: машинист посредством реостата или другого устройства воздействует на ток (поток) возбуждения генератора; последний вызывает изменение напряжения на якоре генератора; от величины напряжения генератора уже зависит частота вращения двигателя. Эта цепь воздействий, называемая основной, имеет одну цель — управлять частотой вращения двигателя. Начало этой направленной цепи воздействий называется *входом* системы управления, конец — *выходом*. Соответственно различают *входные* и *выходные* величины системы.

Входной величиной (входным воздействием) является величина тока или напряжения, подаваемого на обмотку возбуждения генератора, выходной величиной — частота вращения рабочего механизма.

Машинист, воздействуя на вход системы (на цепь возбуждения генератора), изменяет частоту вращения двигателя и по показанию измерительного прибора или скорости хода рабочего механизма определяет ее величину.

В качестве измерительного прибора используется вольтметр, включаемый на зажимы якоря генератора, поскольку скорость двигателя пропорциональна напряжению генератора. По вольтметру машинист постоянно наблюдает за скоростью двигателя и в случаях отклонения ее от заданной величины соответственно этому отклонению оказывает то или иное воздействие на систему.

Отсюда видно, что для поддержания неизменным заданного напряжения генератора (частоты вращения двигателя рабочего механизма) вручную, без применения автоматики машинист должен был бы, во-первых, наблюдать за показаниями вольтметра, во-вторых, сравнивать эти показания с заданной величиной (допустим, задано поддерживать напряжение на генераторе 500 в) и, в-третьих, при разности между заданной и наблюдаемой величинами передвигать ручку реостата, изменяя тем самым ток в обмотке возбуждения и напряжение генератора, чтобы эта разность стала равной нулю.

По показаниям другого прибора — амперметра, включенного в силовую цепь Г—Д, машинист наблюдал

бы за величиной тока в якровой цепи и в случаях, когда эта величина тока становилась бы выше допустимой, снижал напряжение генератора и тем самым уменьшал ток в якровой цепи.

Система автоматического управления (рис. 19) должна выполнять те же функции. Для поддержания заданного значения выходной величины (напряжения генератора) без участия машиниста необходимо, чтобы в системе непрерывно сравнивалось действительное значение выходной величины с заданным. В результате сравнения должно оказываться воздействие на вход системы, кото-

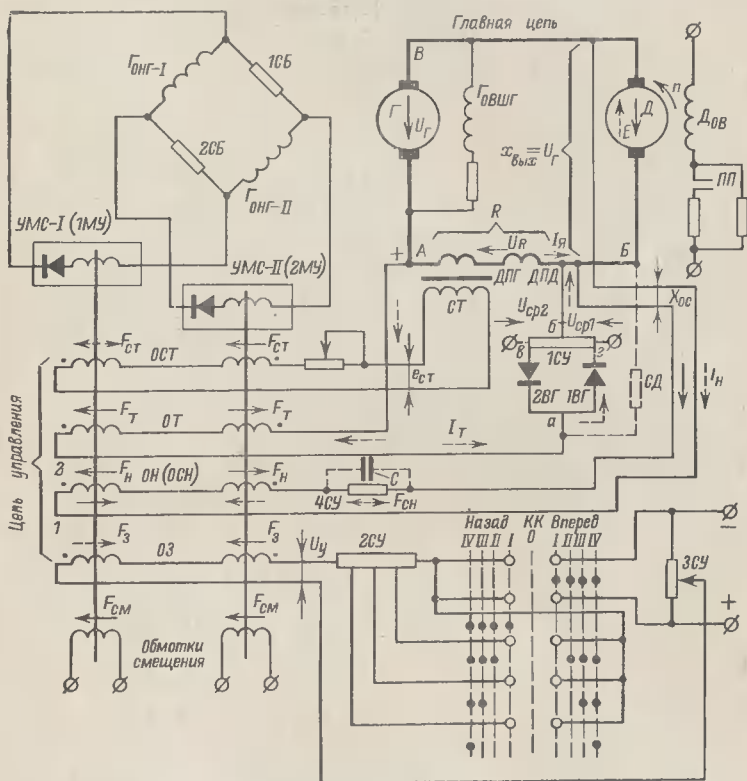


Рис. 19. Принципиальная упрощенная схема системы управления главными электроприводами экскаватора.

КК — командоконтроллер; УМС-I и УМС-II — силовые магнитные усилители; Г_{онг} Г_{овшг} — обмотки возбуждения генератора независимая и параллельная (шунтовая).

рое восстанавливало бы заданное значение выходной величины.

Следовательно, для автоматического регулирования необходимо прежде всего воздействие выходной величины системы на ее вход. Это воздействие называется *обратной связью*.

При ручном регулировании обратная связь осуществляется машинистом на основании показаний вольтметра. Машинист постоянно сравнивает показания вольтметра с заданной величиной напряжения и сообразно этому принимает решение о том, как изменить входную величину (ток в обмотке возбуждения). Очевидно, что при увеличении напряжения генератора сверх допустимого значения машинист уменьшал бы ток в обмотке возбуждения, а при уменьшении напряжения генератора увеличивал бы его.

Итак, обратная связь (как и машинист) в автоматической системе регулирования с целью поддержания заданной величины напряжения генератора должна действовать встречно входной величине: снижать ее при увеличении выходной величины и увеличивать при уменьшении выходной величины. Такая обратная связь, действующая встречно основному воздействию, называется *отрицательной*.

Исходя из сказанного, структурная схема системы автоматического регулирования и управления должна иметь следующие элементы:

1. Измерительный элемент (датчик), который измеряет величину, подлежащую управлению (регулированию) в данном объекте, и преобразует ее в величину другого вида, более удобную для воздействия на элемент сравнения.

2. Элемент сравнения, где сигналы датчика сравниваются с предписанным значением регулируемой величины (с заданием) и при наличии расхождения их передает соответствующие командные воздействия на исполнительный орган.

3. Задающий элемент, для установки заданного значения регулируемой величины.

4. Исполнительный орган, который исполняет командное воздействие и в соответствии с этим восстанавливает заданное значение регулируемой величины.

В приведенном выше примере при ручном регулировании объектом управления является двигатель рабоче-

го механизма, регулируемой величиной — частота вращения двигателя (вернее, напряжение генератора), датчиком — вольтметр, исполнительным органом — генератор, задающим элементом — реостат, а функции управляющего органа (элемент сравнения) выполнял человек.

Узел задающей обмотки ОЗ. Установка заданного значения регулируемой величины, которую система должна поддерживать постоянной, выполняется посредством задатчика — командоконтроллера КК. Напряжение U_y , снимаемое с командоконтроллера КК, подается к задающей обмотке ОЗ силового магнитного усилителя СМУ и, усиленное последним, подводится на электропривод, определяя заданный режим работы системы Г—Д. При этом выходная (регулируемая) величина системы, измеренная и преобразованная в сигнал обратной связи, в виде н. с. F_{II} обмотки ОН постоянно сравнивается с заданным значением (командным сигналом) н. с. F_3 задающей обмотки ОЗ усилителя.

Узел обмотки усилителя ОН. В системе автоматизированного электропривода экскаватора, представленной на рис. 19, измерительным элементом служит обмотка управления магнитного усилителя ОН, включенная на напряжение генератора. При изменениях напряжения генератора в ней изменяется величина тока, т. е. сигнал обратной связи F_{II} . Силовой магнитный усилитель в этой системе, кроме роли усилительного устройства, выполняет функции элемента сравнения. Обмотка усилителя ОН осуществляет обратную отрицательную связь, так как она включена встречно задающей обмотке управления ОЗ усилителя:

$$F_y = F_3 - F_{II}. \quad (10)$$

В результате сравнения вырабатывается на выходе магнитного усилителя результирующее управляющее воздействие $I_{II} = I_1 - I_2$ (сигнал возбуждения). Значение и знак выходного сигнала СМУ зависят от того, насколько и в каком направлении действительное текущее значение выходной (регулируемой) величины системы отклонилось от заданного. Этот сигнал поступает в независимую обмотку возбуждения генератора, т. е. в исполнительный орган, который и восстанавливает прежнее значение напряжения. Как это осуществляется, видно из следующего.

Допустим, что по каким-либо причинам увеличился момент сопротивления вращению рабочего механизма, т. е. статическая нагрузка в системе Г—Д. Увеличение момента вызовет как возрастание тока, потребляемого двигателем Д, так и понижение регулируемой величины — напряжения на зажимах генератора Г за счет увеличения потери напряжения в нем. В этом случае уменьшится напряжение на зажимах обмотки ОН усилителя, а следовательно, ее ток и н. с. F_{II} . Тогда при неизменном значении командного сигнала F_3 (н. с. задающей обмотки ОЗ) увеличится результирующая н. с. магнитного усилителя, а в итоге и ток его выхода. При этом ток возбуждения в независимой обмотке генератора G_{OHG} и напряжение генератора возрастут, т. е. регулируемая величина будет стремиться к прежнему заданному значению. Так происходит автоматическое поддержание (стабилизация) заданной скорости вращения рабочего механизма.

Система регулирования, где выходная величина связана с ее входом через обратную связь, называется *замкнутой* системой, а подобная обратная связь — *главной, основной* (1 на рис. 19). Помимо нее, бывают другие (вспомогательные, промежуточные) обратные связи для стабилизации системы и улучшения качества регулирования (цепи обмоток усилителя ОСТ и ОСН), а также для ограничения момента при стопорении двигателя (цепь обмотки ОТ).

В общем случае обратная связь может быть положительной, отрицательной, жесткой, гибкой и задержанной.

При *положительной* обратной связи ее сигнал действует согласно с входным воздействием (складывается), при отрицательной — встречно (вычитается). Если воздействие выходной величины непрерывно и пропорционально значению регулируемой величины, то обратная связь называется *жесткой*. В схеме управления экскаватором Э-2503 главная обратная связь жесткая отрицательная и называется обратной непрерывно действующей связью по напряжению генератора (1 на рис. 19).

Если воздействие выходной величины пропорционально скорости ее изменения, то она называется *гибкой*. Сигнал гибкой обратной связи не зависит непосредственно от выходной величины (как это имеет место при жесткой обратной связи), а зависит только от скорости

ее изменения. Поэтому гибкая обратная связь действует только в переходном режиме и исчезает в установившемся режиме работы системы. Гибкую обратную связь иногда называют *исчезающей*, в то время как жесткая обратная связь действует во всех режимах работы системы.

На рис. 19 в цепь обмотки OH параллельно установочному сопротивлению $4CY$ подключена емкость C , благодаря чему обмотка OH , кроме функции отрицательной обратной связи по напряжению, выполняет еще дополнительную функцию — гибкой отрицательной обратной связи по напряжению генератора. Действительно, в установившемся режиме работы системы Г—Д конденсатор заряжен (ток через него не проходит); тогда обмотка OH выполняет роль только жесткой обратной связи по напряжению генератора. В этом случае величина ее н. с. F_H при прочих условиях определяется только сопротивлением $4CY$. При переходных процессах (в моменты изменения напряжения генератора) конденсатор либо заряжается, либо разряжается, т. е. пропускает ток заряда. Поэтому в переходных режимах в обмотке OH появляется дополнительная н. с. $F_{сп}$, направленная в сторону снижения интенсивности изменения э. д. с. генератора, т. е. $F_y = F_z - F_H \pm F_{сп}$. Посредством обмотки OH осуществляются регулирование темпа переходных режимов (затягивание процессов нарастания и спада напряжения генератора) и стабилизация системы от появления устойчивых колебаний напряжения генератора.

Узел обмотки усилителя OT . Если воздействие выходной величины на вход начинается только после достижения регулируемой величиной определенного наперед заданного значения, то обратная связь называется *задержанной*. Примером такой задержанной обратной связи 2 в схеме управления экскаватором Э-2503 является жесткая отрицательная токовая обратная связь. Ее действие задерживается определенным образом включенным через полупроводниковые вентили независимым напряжением сравнения $U_{ср}$. Задержанная обратная связь по току нагрузки двигателя вступает в действие только тогда, когда ее напряжение U_R (падение напряжения на сопротивлении при прохождении тока I_n) превысит напряжение сравнения $U_{ср}$ (рис. 19). Затем она действует, как обычная жесткая отрицательная

связь:

$$F_y = F_z - F_n - F_t, \quad (11)$$

ограничивая ток нагрузки в главной цепи до предельного (стопорного) значения за счет резкого снижения напряжения генератора вплоть до полной остановки двигателя.

Задержанная обратная связь по току часто называется *отрицательной обратной связью* по току с отсечкой (сокращенно — *токовой отсечкой*).

Рассмотрим подробнее работу токового узла в системе, изображенной на рис. 19, в статическом режиме при увеличении нагрузки на валу двигателя.

Узел отрицательной обратной токовой связи с отсечкой состоит из обмоток *ОТ*, германиевых или кремниевых полупроводниковых выпрямителей *1ВГ* и *2ВГ* и токового потенциометра сравнения *1СУ*. Работа узла в двигательном режиме и для положения *КК* «Вперед» поясняется на рис. 19. При прохождении тока в главной цепи на сопротивлении *R* (условно обозначающем сопротивление обмоток *ДПГ* и *ДПД*) создается, как уже отмечалось, падение напряжения U_R . Это контролируемое напряжение U_R непрерывно сравнивается с внешним встречным «напряжением сравнения» (эталонным напряжением или запирающим потенциалом) $U_{ср}$.

Эталонные напряжения $U_{ср1}$ и $U_{ср2}$ определяются падениями напряжения на сопротивлениях участков *вб* и *бг* потенциометра *1СУ* при прохождении по нему постоянного тока от независимого источника тока. Для того чтобы под действием эталонных напряжений не проходил ток в цепь токовых обмоток *ОТ* усилителей, к потенциометру *1СУ* определенным образом подключены выпрямители *1ВГ* и *2ВГ*. При малых значениях тока главной цепи I_n эталонное напряжение $U_{ср}$ превышает падение напряжения на сопротивлении *R* (контролируемое напряжение U_R), т. е. $U_{ср1} > U_R$, и ток проходил бы в направлении, обусловленном полярностью $U_{ср1}$. Однако этому препятствует выпрямитель *1ВГ*. При достижении током главной цепи значения $(1,4 \div 2,0) I_{пом.дв}$, т. е. момента M_d (см. рис. 4), падение напряжения станет равным $U_{ср1}$, а затем при дальнейшем увеличении тока якоря, а следовательно, и момента превысит его, т. е. $U_R > U_{ср1}$. При этом ток I_t пойдет от сопротивления *R*

в направлении, указанном штирховой стрелкой на рис. 19, через токоограничивающую обмотку OT .

Направление тока в обмотках OT магнитных усилителей выбирается так, чтобы в двигательном режиме при работе токового узла усилитель $СМУ$ размагничивался. Тогда напряжение генератора начнет резко уменьшаться, что иллюстрируется на рис. 19 встречными направлениями стрелок н. с. токоограничивающей и задающей обмоток усилителя для положения «Вперед».

При стопорении двигателя $F_H \approx 0$ и н. с. F_T токоограничивающей обмотки OT усилителя $СМУ$, действующая против н. с. F_3 задающей обмотки, становится примерно равной последней, а результирующая н. с. усилителей — нулю, что приводит в итоге к уменьшению до нуля тока в независимой обмотке возбуждения генератора $\Gamma_{онг}$.

Таким образом, для схемы на рис. 19 экскаваторная характеристика 2 (см. рис. 4) практически горизонтальна до тех пор, пока сохраняется условие $U_R < U_{ср}$. В этом случае начальная (рабочая) часть характеристики двигателя обуславливается действием только одной обратной связи по напряжению, так как связь по току не работает; поэтому жесткость характеристики на участке ad определяется действием только связи по напряжению генератора.

При $U_R = U_{ср}$ происходит излом в характеристике (точка d). Ток главной цепи, соответствующий этому моменту, называется *током отсечки* $I_{отс}$, а сам момент $M_{отс}$ — началом работы токового узла (токовой отсечки).

Наконец, при $U_R > U_{ср}$ наступает процесс размагничивания генератора и характеристика имеет крутопадающую часть (dc). Ток главной цепи в точке c , где заканчивается размагничивание генератора и напряжение на его выходе становится близким к нулю (двигатель останавливается), называется *стопорным током* $I_{ст}$. Величина напряжения генератора в этом режиме упора определяется падением напряжения при прохождении тока $I_{ст}$ по цепи якоря двигателя, т. е. произведением $\Sigma RI_{ст}$.

При другой полярности по сравнению с показанной на рис. 19 на зажимах генератора (положение «Назад») контролируемое напряжение U_R уже сравнивается с эталонным напряжением $U_{ср2}$; при $U_R > U_{ср2}$ ток I_T проходит уже через вентиль $2BГ$.

Из изложенного выше следует, что начало действия токового узла зависит от величины запирающего напряжения $U_{\text{ср}}$ на участке сравнения *вб* или *бг* потенциометра токового узла *ICУ*. Следовательно, регулирование величины предельного (стопорного) тока при эксплуатации и наладке можно осуществлять путем изменения величины сопротивления участка *вб* (*бг*) потенциометра *ICУ*. При этом изменяется положение точки *d* (см. рис. 4) экскаваторной характеристики, а угол наклона крутопадающего участка почти не изменяется (он зависит от интенсивности действия обмотки *ОТ*).

Узел обмотки усилителя ОСТ. Стабилизирующая обмотка усилителя *ОСТ*, выполняющая роль гибкой отрицательной обратной связи по току главной цепи, подключается через сопротивление на специальную стабилизирующую (вторичную) обмотку *СТ*, размещенную на дополнительных полюсах *ДПГ* генератора, где первичной обмоткой является основная обмотка дополнительного полюса. Во время переходных процессов и при изменениях тока главной цепи $I_{\text{я}}$ во вторичной (стабилизирующей) обмотке наводится э. д. с., которая создает ток и н. с. в обмотке *ОСТ*. Действие последней направлено против изменений тока якоря $I_{\text{я}}$, а степень ее противодействия тем больше, чем резче происходят изменения тока. При этом уменьшаются толчки при резких изменениях нагрузки и достигается стабилизация (устойчивость) работы системы в динамическом режиме.

Таким образом, сочетание различных обратных связей *ОН*, *ОТ*, *ОСН*, *ОСТ* (рис. 19) с введением в отрицательную обратную связь по току отсечки создает в рассматриваемой схеме системы Г—Д со *СМУ* (*УМГ—Д*) экскаватора Э-2503 возможность автоматического обеспечения заданных статической и динамической экскаваторных характеристик движения рабочего механизма.

6. СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Станция управления (рис. 20). Станция управления главными приводами экскаваторов устанавливается в кузове на поворотной платформе экскаватора; она представляет собой магнитную станцию панельного типа и состоит из изоляционных плит, на которых устанавливается аппаратура управления: контакторы, реле, автоматические выключатели, резисторы и т. д.

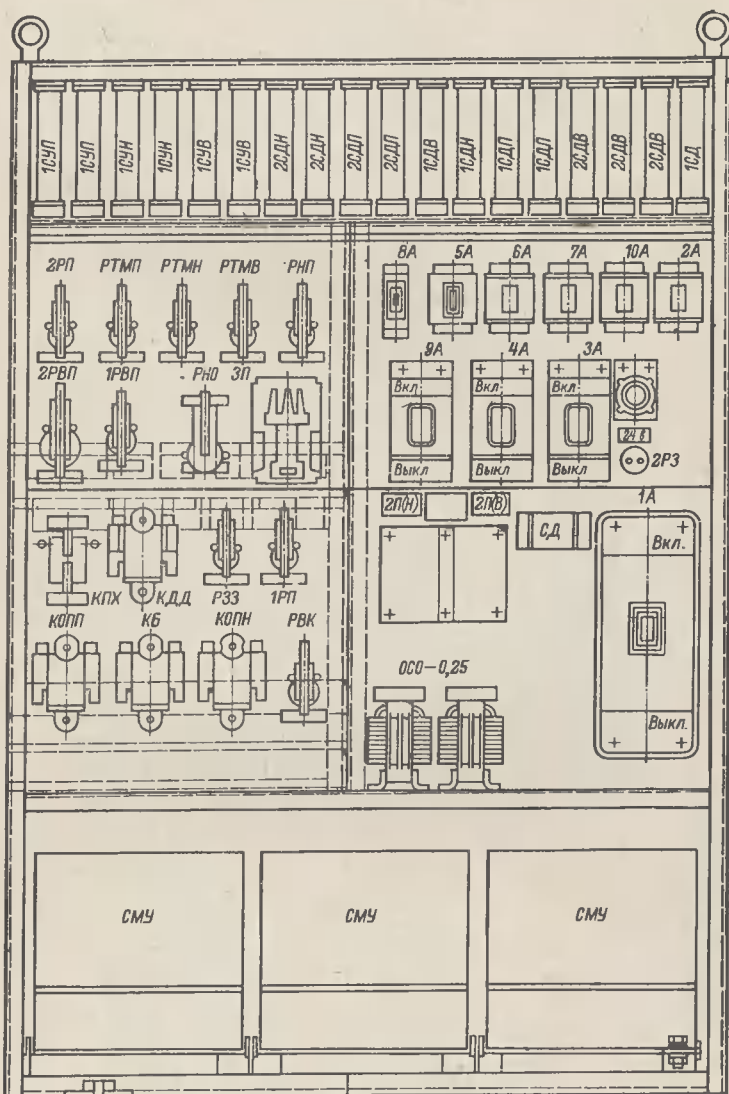


Рис. 20. Общий вид магнитной станции.

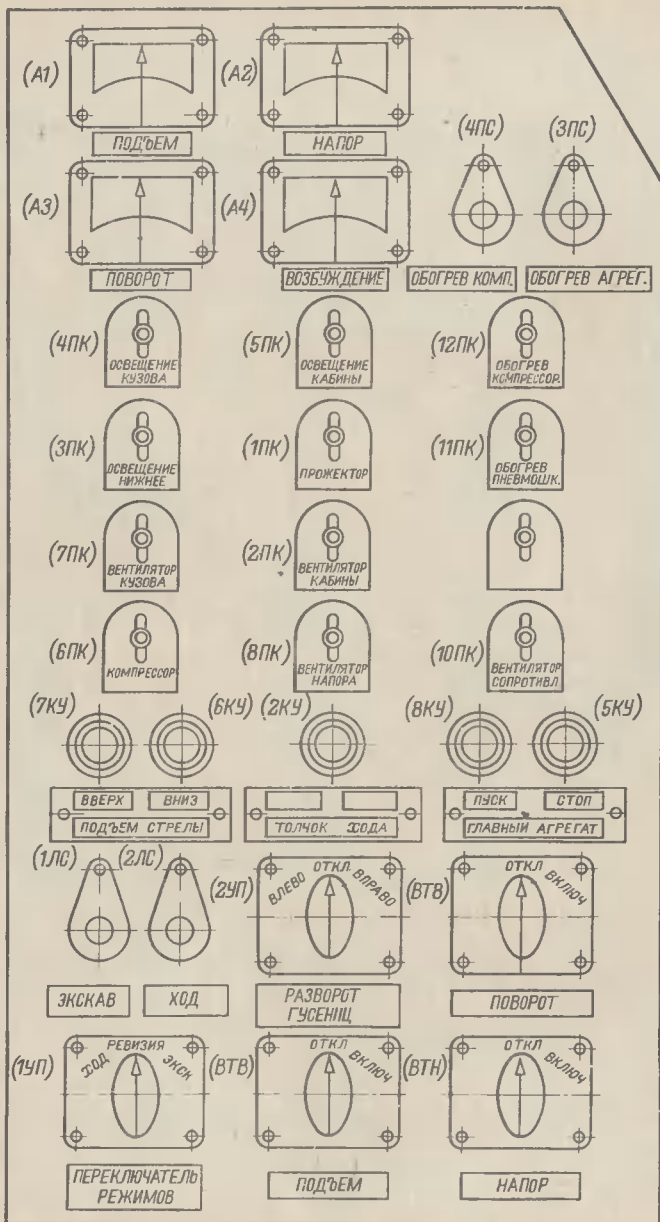


Рис. 21. Общий вид пульта управления.

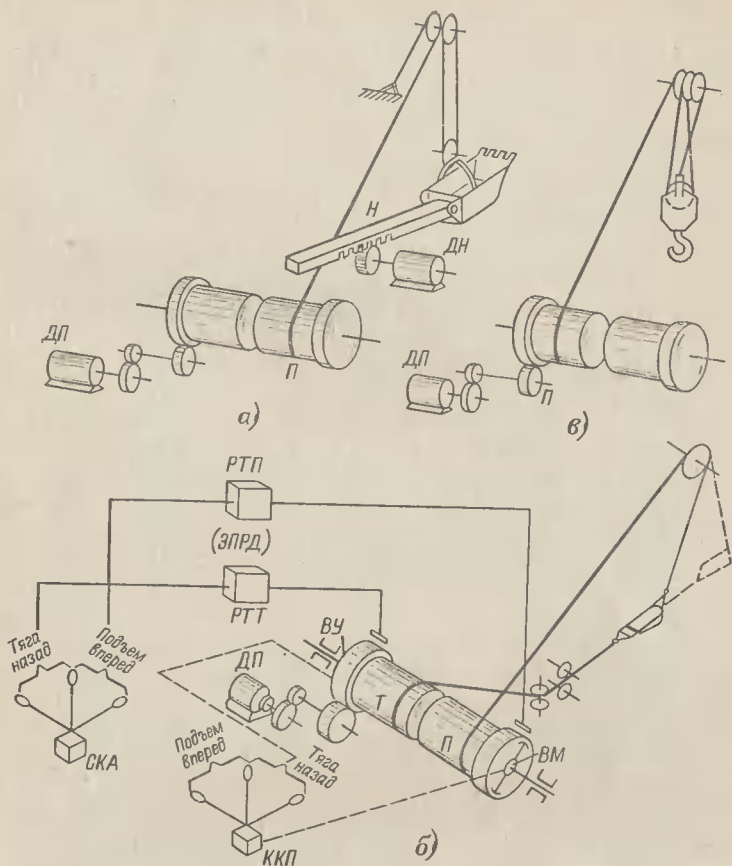


Рис. 22. Кинематическая схема экскаватора: лопаты (а), драглайна (б) и крана (в).

ДП — электродвигатель подъема; ДН — электродвигатель напора; П, Н, Т — режимы работы: подъем, напор, тяга; СКА — сельсинный командо-аппарат, РТП и РТТ — катушки электропневматических регуляторов тормозов подъема и тяги; ККП — командоконтроллер подъемной лебедки; ВМ, ВУ — вентили правой и левой муфт главной лебедки.

В средней части задней стороны станции располагается панель съемных накладок, позволяющих видоизменять схему управления главными электроприводами при различном рабочем оборудовании экскаватора (лопата, кран, драглайн).

В нижней части станции размещаются три блока силовых магнитных усилителей (СМУ) типа ПДД-1,1В:

левый — для управления приводом поворота, средний — напора и правый — подъема. Монтаж к каждому из них подводится тремя гибкими жгутами проводов, которые позволяют выдвигать блоки из станции с задней стороны.

Пульт управления. Пульт управления (рис. 21) служит для размещения аппаратуры оперативного управления механизмами экскаваторов.

Аппаратура пульта монтируется на открывающейся двери (крышке) и имеет заднее подсоединение монтажа, выполняемого гибким проводом, собранным в жгуты.

Командоконтроллеры. Помимо пульта управления, в кабине машиниста располагается следующая аппаратура управления: ручной командоконтроллер типа ЭК-8210 для управления рабочим двигателем подъема (установлен справа от кресла машиниста); ручной командоконтроллер типа ЭК-8204 для управления рабочим двигателем напора (установлен слева от кресла машиниста); ножной командоконтроллер с педальным приводом типа ЭК-8252 для управления рабочим двигателем поворота (установлен на полу между ручными командоконтроллерами).

Конструктивно командоконтроллеры состоят из комплекта контактных элементов, замыкающихся и размыкающихся при помощи профильных изоляционных шайб, расположенных на кулачковом барабане. При вращении вала барабана посредством рукоятки или ножной педали шайбы своими выступами или впадинами набегают на ролик рычага контактной системы, заставляя его поворачиваться вокруг оси. Поворот рычага вызывает соответственно размыкание или замыкание контактов контактной системы. Поскольку к последней подключены соответствующие цепи управления, это приводит к необходимым изменениям схемы.

Кинематическая схема экскаватора. Одним из основных механизмов экскаватора Э-2503 является главная двухбарабанная лебедка (рис. 22 и 23), при помощи которой осуществляются в зависимости от применяемого сменного рабочего оборудования следующие движения рабочих органов:

а) подъем ковша при оборудовании прямой лопатой (правый барабан *П* в работе, т. е. на него навивается и с него сматывается подъемный трос; левый барабан не используется);

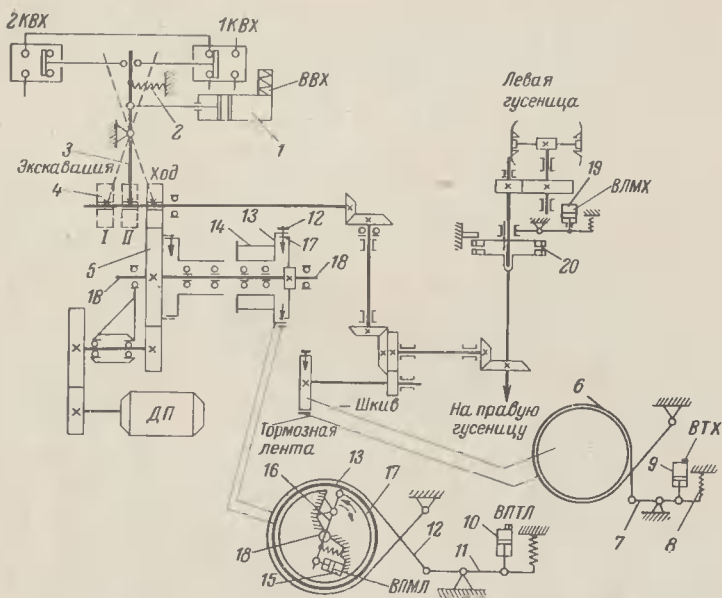


Рис. 23. Кинематическая схема механизма подъема и хода.

1 — пневмоцилиндр, приводящий в зацепление подвижную шестерню 4; 2 — пружина, выводящая из зацепления шестерню 4; 3, 7, 11, 16 — рычаги; 4 — шестерня; 6 — тормозная фрикционная лента; 8 — пружина; 9, 10, 15, 19 — пневмоцилиндры; 12 — тормозная лента; 13 — тормозной обод главной лебедки; 14 — барабан главной лебедки; 17 — фрикционная лента; 18 — вал лебедки; 20 — кулачковая муфта; 1КВХ и 2КВХ — конечные выключатели; ВВХ — вентиль включения хода; ВТХ — вентиль тормоза хода; ВПМЛ — вентиль правой муфты главной лебедки; ВПТЛ — вентиль правого тормоза главной лебедки; ВЛМХ — вентиль левой муфты хода.

б) подъем и тяга ковша при оборудовании драглайном (на правый барабан навивается подъемный трос, а на левый — тяговый трос);

в) подъем крюка при оборудовании краном (правый барабан не используется, а на левый навивается подъемный трос).

Каждый барабан главной лебедки включается в работу с помощью фрикционной муфты (например, 17 на рис. 23) и останавливается тормозом (например, на рис. 23), которые управляются электромагнитными вентилями.

Обозначения на схемах. Схемы управления (рис. 24—26) каждым приводом (подъема, напора или поворота) имеют общее построение, и многие узлы их одно-

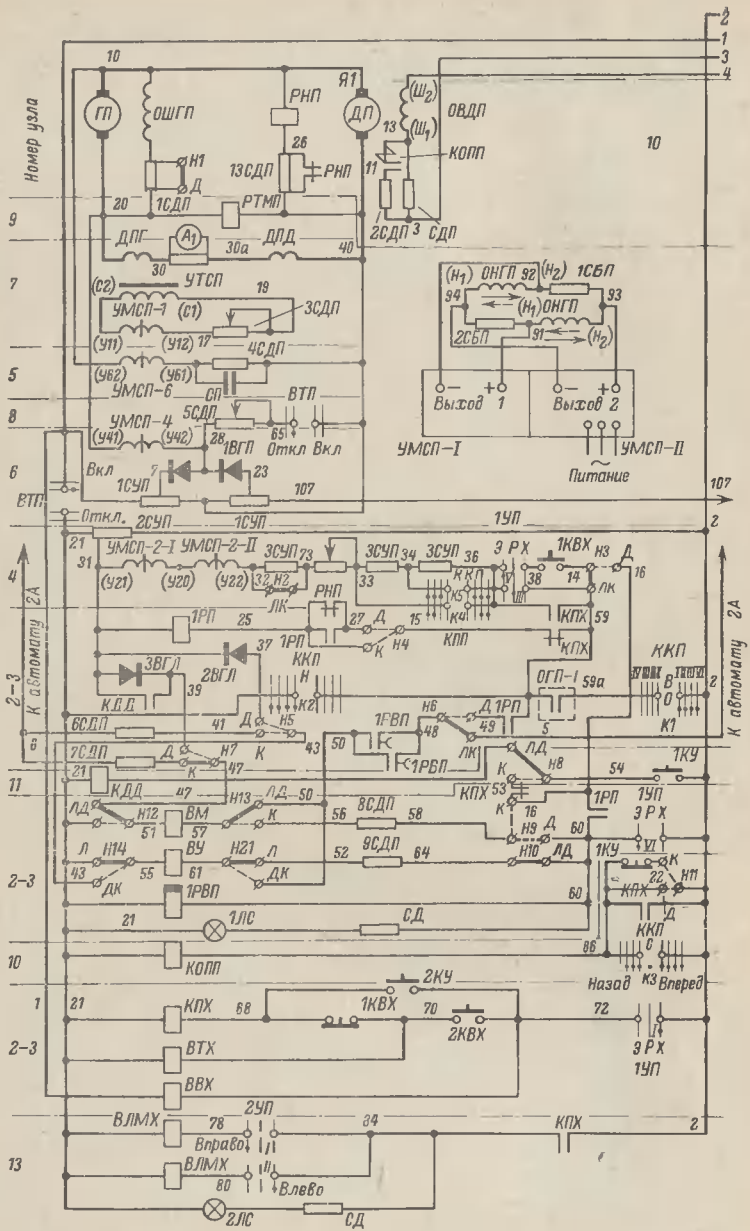


Рис. 24. Схема управления электроприводом механизма подъема и передвижения экскаватора.

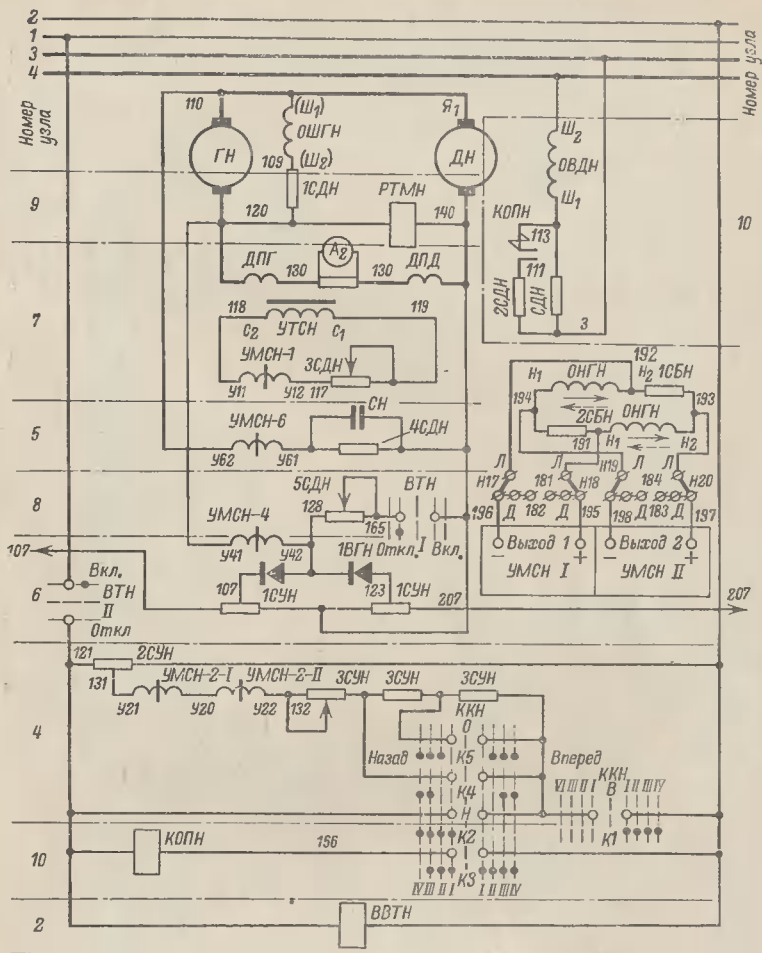


Рис. 25. Схема управления электроприводом механизма напора.

типы. Поэтому каждый узел схемы или обратная связь системы выделены горизонтальными штрих-пунктирными линиями (кроме узла 1 на рис. 26) и обозначены сбоку схемы цифрой. Для удобства чтения схемы аналогичные узлы обозначены одними и теми же цифрами. Кроме того, каждый элемент схемы имеет буквенную маркировку, указывающую на его назначение, а также на принадлежность к определенному виду привода; так, на-

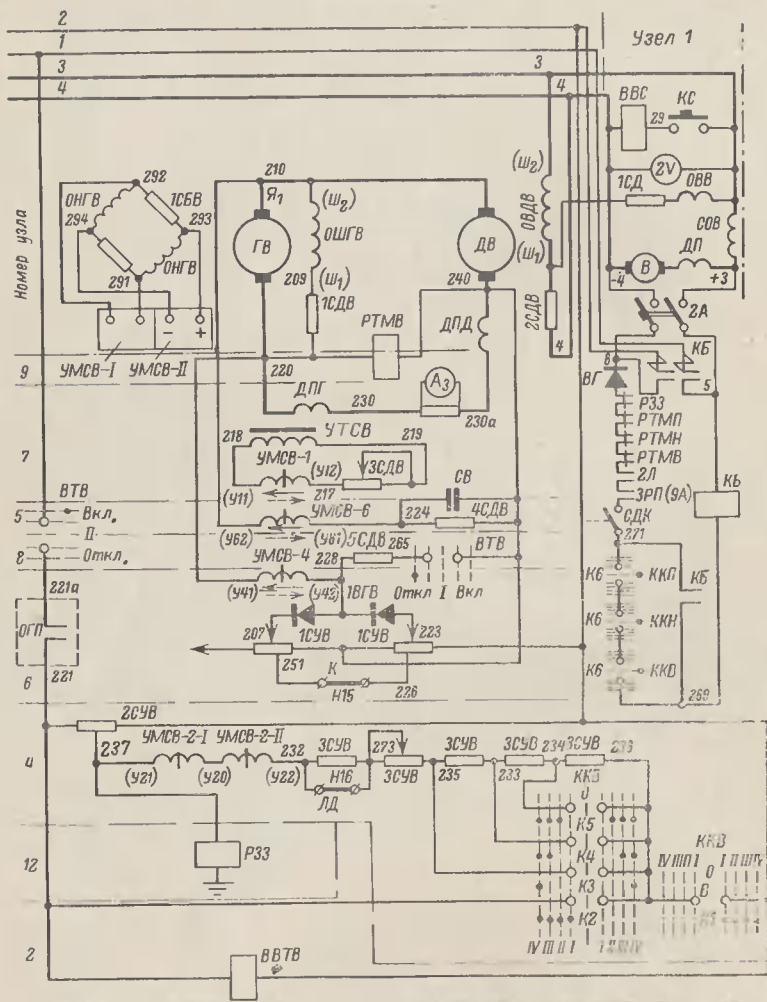


Рис. 26. Схема управления электроприводом механизма поворота.

пример, буква *П* в конце буквенной маркировки означает, что элемент относится к приводу подъема, *Х* — (ходу), *Н* — (напору) и *В* — (вращению).

Так как схемы управления главными приводами экскаватора Э-2503 рассчитаны на управление экскаватором

с различным сменным рабочим оборудованием, то в схеме каждого привода имеются съемные накладки *H*, позволяющие производить соответствующие установленному виду рабочего оборудования переключения в ней согласно таблице накладок (перемычек рис. 27). На рис. 24—26 схемы главных приводов приведены для случая работы экскаватора - лопаты. На них отдельные элементы схемы, не являющиеся общими для всех видов рабочего оборудования, т. е. работающие только при определенном виде оборудования, отмечены начальной буквой названия этого вида оборудования (например, *H* для драглайна, *K* — краном, *L* — лопатой).

Элементы, относящиеся к силовому магнитному усилителю, в частности обмотки его управления, обозначены на рис. 24—26 посредством букв *УМС* (усилитель магнитный силовой), а цифра указывает на условный номер обмотки. Поскольку соответствующие обмотки управления каждого из усилителей, входящих в блоки ПДД-1,1В, соединяются между собой последовательно (см. рис. 16), то в узлах схемы на рис. 24—26 с целью упрощения они изображаются объединенными в одну обмотку (за исключением задающей обмотки *УМС-2*).

Номера накладки	Сменный рабочий оборудование		
	Лопата <i>L</i>	Драглайн <i>Д</i>	Кран <i>К</i>
<i>H1</i>	∅-∅	51 ∅-∅ 20	—
<i>H2</i>	73 ∅-∅ 32	∅-∅	73 ∅-∅ 32
<i>H3</i>	14 ∅-∅ 59	14 ∅-∅ 16	14 ∅-∅ 59
<i>H4</i>	—	15 ∅-∅ 27	15 ∅-∅ 25
<i>H5</i>	—	43 ∅-∅ 37	43 ∅-∅ 41
<i>H6</i>	48 ∅-∅ 5	48 ∅-∅ 49	48 ∅-∅ 5
<i>H7</i>	47 ∅-∅ 45	47 ∅-∅ 39	—
<i>H8</i>	54 ∅-∅ 52	54 ∅-∅ 52	54 ∅-∅ 53
<i>H9</i>	—	58 ∅-∅ 60	58 ∅-∅ 16
<i>H10</i>	64 ∅-∅ 60	64 ∅-∅ 60	—
<i>H11</i>	—	66 ∅-∅ 2	2 ∅-∅ 22
<i>H12</i>	47 ∅-∅ 51	47 ∅-∅ 51	21 ∅-∅ 51
<i>H13</i>	50 ∅-∅ 57	50 ∅-∅ 57	57 ∅-∅ 56
<i>H14</i>	21 ∅-∅ 55	55 ∅-∅ 43	55 ∅-∅ 43
<i>H15</i>	—	—	251 ∅-∅ 226
<i>H16</i>	232 ∅-∅ 273	232 ∅-∅ 273	—
<i>H17</i>	192 ∅-∅ 196	196 ∅-∅ 192	—
<i>H18</i>	191 ∅-∅ 195	195 ∅-∅ 181	—
<i>H19</i>	194 ∅-∅ 198	198 ∅-∅ 184	—
<i>H20</i>	183 ∅-∅ 193	197 ∅-∅ 182	—
<i>H21</i>	61 ∅-∅ 62	61 ∅-∅ 50	61 ∅-∅ 50

Рис. 27. Таблица включения накладок режимов.

Главные цепи на схемах изображены толстыми линиями, а цепи управления — тонкими линиями.

Узел подачи питания постоянного тока в цепи управления (узел 1 на рис. 26).

Для возможности управления главным электроприводом в системе ГД—СМУ необходимо подать ток в цепи управления (независимые обмотки возбуждения генераторов и рабочих двигателей, катушки контакторов, электромагнитов вентилей муфт и тормозов, токовые потенциометры и др.).

Питание независимым обмоткам возбуждения двигателей *ОВД* подается автоматически сразу же после пуска вспомогательного преобразовательного агрегата, так как обмотки двигателей *ОВД* наглухо подключены к якорию генератора-возбудителя *В* (узел 1 на рис. 26).

Подача питания на остальные цепи управления, в частности на токовые потенциометры, командоконтроллеры и т. д., может быть осуществлена только при включении автомата *2А* и контактора блокировки *КБ* (узел 1). Последний включается при соблюдении следующих условий: постановка всех рукояток командоконтроллеров главных приводов (*ККП*, *ККН* и *ККВ*) в нулевые положения, наличие достаточного давления воздуха в пневмосистеме (чтобы замкнуть контакт сигнализации давления *СДК*), включение в работу вентиляторов обдува двигателей подъема, напора и поворота и подача питания силовым магнитным усилителям (для замыкания контакта реле *ЗРП*) и, наконец, должен быть включен контактор *2Л*, шунтирующий лусковые сопротивления в пусковой цепи главного приводного двигателя.

Кроме того, в цепи контактора *КБ* установлен выпрямитель *ВГ*, разрешающий его включение, если согласованы полярности возбудителя *В* со схемой подключения выпрямителей в токовых отсечках (см. узлы 6 на рис. 24—26). При этом зажим 3 возбудителя должен иметь положительный потенциал, так как иначе ток возбудителя пройдет через выпрямители *ВГ* токовых потенциометров и это может вывести выпрямители из строя.

При выполнении всех условий замыкается цепь питания катушки контактора *КБ*, который самоблокирует участок цепи, где включены контакты нулевых положений командоконтроллеров.

Благодаря этому можно переводить рукоятки в рабочие положения командоконтроллеров при управлении

электроприводами. Автоматическое отключение контактора *КБ* происходит при срабатывании любого реле защиты: максимальной токовой защиты главных приводов в главной цепи *РТМП*, *РТМН*, *РТМВ* (см. узлы 9 на рис. 24—26) и реле защиты от замыкания на корпус *РЗЗ* (узел 12 на рис. 26).

Для управления определенным рабочим электродвигателем теперь необходимо включить соответствующий универсальный переключатель тормозов *ВТП*, *ВТН* или *ВТВ* главных приводов и тем самым растормозить рабочий механизм.

Узел управления тормозом (узел 2 на рис. 24—26). Для устранения возможности самопроизвольного раскручивания рабочего механизма при остановке электродвигателя под действием внешних усилий, остаточных токов в якорных цепях или при аварийном снятии напряжения с питающей экскаватор линии каждый главный рабочий механизм снабжается автоматически действующим ленточным или колодочным пружинным тормозом (см. рис. 23).

При подаче посредством выключателя тормозов *ВТ* питания на катушку электромагнита вентиля (*ВУ*, *ВТХ*, *ВВТН*, *ВВТВ*, узлы 2 на рис. 24—26) осуществляется растормаживание механизма (тормоз отключается).

При отключении катушки электромагнита вентиля (*ВУ*, *ВТХ*, *ВВТН*, *ВВТВ*) тормоз «накладывается» на рабочий механизм (тормоз включается). Механическим тормозом обычно пользуются при длительных перерывах в работе.

Во время же экскавации торможение привода осуществляется электрически: рукоятку командоконтроллера *КК* переводят в нулевое или противоположное положение (реверсирование).

Механические тормоза могут включаться автоматически при срабатывании реле защиты *РТМ* и *РЗЗ* или аварийном выключении напряжения, подаваемого на экскаватор.

Таким образом, оперативное управление тормозом рабочего механизма осуществляется с помощью универсального переключателя *ВТ*; при этом включается и отключается и задающая обмотка *УМС-2* усилителя (узел 4 на рис. 24—26).

При включении задающей обмотки усилителя любым из электроприводов уже можно посредством командо-

контроллера управлять. Исключение составляет привод подъема (см. ниже).

При различном рабочем оборудовании электромагнитные вентили *ВМ* и *ВУ* в схеме на рис. 24 (узел 2—3), служащие для включения муфт и тормозов главной лебедки, имеют различные назначения:

ВМ: лопата — правая муфта — фрикцион подъема, драглайн — правая муфта — фрикцион подъема; кран — левая муфта — тормоз подъема; *ВУ*: лопата — правая муфта — тормоз подъема; драглайн — левая муфта — фрикцион тяги; кран — левая муфта — фрикцион подъема.

Узел переключения с подъемной лебедки на ход и обратно (узел 2—3 на рис. 24). Прежде чем приступить к управлению электроприводом подъемной лебедки, необходимо выбрать режимы работы: экскавация грунта или передвижение экскаватора в соответствии с предстоящей работой. Это вызвано тем, что рабочий электродвигатель подъема *ДП* является общим для механизмов передвижения экскаватора и подъемной лебедки (см. рис. 23). Поэтому он может работать только одновременно: как привод подъема при экскавации или как привод передвижения экскаватора (для этого включается промежуточный контактор хода *КПХ*). Выбор того или иного режима («хода» или «экскавации») осуществляется на пульте управления переключением в соответствующее положение ручки универсального переключателя режимов *1УП*.

Допустим, произведено переключение *1УП* (ручка повернута влево) на режим «Ход». В этом случае (рис. 24 и 23) подается питание на электромагнит вентили включения хода *ВВХ*, а следовательно, поступает сжатый воздух в пневмоцилиндр *1* (рис. 23). При подаче сжатого воздуха в пневмоцилиндр шток цилиндра передвигается влево и поворачивает рычаг *3* против часовой стрелки; вместе с ним он передвигает подвижную шестерню *4*, вводя ее в зацепление с ведущей шестерней *5*, которая может приводиться в движение от электродвигателя подъема *ДП*.

Зацепление подвижной шестерни *4*, как это видно из рис. 23, подключает всю кинематическую цепь механизма перемещения экскаватора к двигателю подъема *ДП*.

Однако при производстве этих операций по подготовке к передвижению экскаватора механизм хода оста-

ется еще заторможенным ленточным тормозом 6 (рис. 23), потому что рычаг 7 повернут под действием оттягивающего усилия пружины 8 против часовой стрелки, так как пневмоцилиндр 9 соединен с атмосферой. Последнее достигается тем, что электромагнит вентиля тормоза хода (см. ВТХ в узле 2—3 на рис. 24) обесточен, так как пакетный выключатель тормоза ВТП еще не включен.

Одновременно с зацеплением шестерни 4 в результате воздействия рычага 3 на конечный выключатель 2КВХ в электрической схеме (узел 2—3 на рис. 24) производятся соответствующие переключения: подготавливаются цепь включения катушки промежуточного контактора хода КПХ, а также цепь включения электромагнита вентиля тормоза хода ВТХ.

Теперь уже при включении универсального переключателя ВТП подается питание на вентиль ВТХ и растормаживается тормоз хода 6 (рис. 23). Одновременно включается промежуточный контактор хода КПХ, который замыкает свой замыкающий контакт в цепи задающей обмотки усилителя УМСП-2 (см. узел 4 на рис. 24). Таким образом, электропривод передвижения готов к пуску.

Если ручка переключателя режима работы 1УП будет переведена в режим «Экскавация» (вправо), то катушка электромагнита вентиля включения хода ВВХ в результате этого обесточится (узел 2—3 на рис. 24). При отключении катушки ВВХ пневмоцилиндр 1 (рис. 23) соединяется с атмосферой. Тогда под действием сильной пружины 2 рычаг 3 вращается по часовой стрелке и выводит шестерню 4 из зацепления с шестерней 5. Одновременно рычаг 3 воздействует на конечные выключатели 1КВХ и 2КВХ. При этом замыкающий контакт 2КВХ и размыкающий контакт 1КВХ конечных выключателей разрывают цепи промежуточного контактора хода КПХ и электромагнита вентиля тормоза хода ВТХ, а замыкающий контакт конечного выключателя 1КВХ, замыкаясь, подготавливает цепь подачи питания на задающую обмотку усилителя УМС-2. В результате этих действий экскаватор готов к черпанию грунта, так как остается лишь включить универсальный переключатель тормозов ВТП. Включение последнего приводит к подаче питания на электромагнит вентиля тормоза подъемного механизма ВУ (см. узел 2—3 на рис. 24),

а следовательно, тем самым растормаживается (главная) лебедка (см. 12 на рис. 23). Одновременно, как и во всех остальных приводах, включается задающая обмотка усилителя УМСП-2, т. е. электроприводом уже можно управлять посредством командоконтроллера ККП.

Узел задающей обмотки управления магнитного усилителя (узел 4 на рис. 24—26). Сигнал для пуска рабочего двигателя подается командоконтроллером КК, который изменяет как величину, так и направление тока в задающей обмотке усилителя УМС-2. Направлением и величиной тока в задающей обмотке, как известно, определяются направление и величина напряжения генератора и, следовательно, направление и частота вращения двигателя.

Задающая обмотка УМС-2 включена через добавочный резистор (задающий потенциометр) ЗСУ на потенциометр 2СУ, питающийся от якоря возбuditеля напряжением 110 в.

В схемах подъема (рис. 24) и напора (рис. 25) используются три положения командоконтроллера, что соответствует трем ступеням частоты вращения двигателя при прямом и обратном направлениях его вращения.

В схеме поворота (рис. 26) применяются четыре ступени частоты вращения электродвигателя. Увеличение частоты вращения рабочих двигателей достигается шунтированием части добавочного резистора ЗСУ контактами командоконтроллера.

Напряжение генератора в переходных и установившемся процессах, как известно, определяется взаимодействием обмоток усилителя — задающей УМС-2, обмотки напряжения УМС-6, токовой УМС-4 и стабилизирующих обмоток по напряжению генератора УМС-6 и по току главной цепи УМС-1, действием которых удовлетворяют уравнения (10) и (11).

Узел отрицательной жесткой обратной связи и стабилизации по напряжению генератора (узел 5 на рис. 24—26). Обмотка отрицательной жесткой обратной связи по напряжению генератора УМС-6, подключенная через добавочный резистор 4СД (4СДП, 4СДН, 4СДВ), создает н. с., пропорциональную напряжению на якоре генератора, которая является размагничивающей по отношению к задающей обмотке. Одновременно обмотка

усилителя УМС-6 выполняет функции гибкой обратной связи по напряжению генератора благодаря наличию в ее цепи конденсатора С (СП, СН, СВ на рис. 24—26).

Узел отрицательной обратной связи по току главной цепи с отсечкой (узел 6 на рис. 24—26). Отрицательная обратная связь по току (обмотка УМС-4) предназначена, как известно, для ограничения тока двигателя как в статических режимах при работе двигателя на упор до значения, равного примерно $(1,9 \div 2,9) I_{\text{ном.дв}}$, так и в динамических режимах при пусках и торможениях электропривода.

Полярность токовой обмотки принимается такой, что ее н. с. направлена против н. с., задающей обмотки УМС-2, т. е. при повышении тока в главной цепи сверх значения, равного примерно $(1,4 \div 2) I_{\text{ном.дв}}$, начинает действовать токовая обмотка и происходит снижение напряжения генератора.

Токовые потенциометры ИСУ всех трех приводов соединены последовательно и включены через контакты контактора подачи питания КБ на напряжение 110 в.

Узел стабилизации по току главной цепи (узел 7 на рис. 24—26). Для создания сигнала, пропорционального интенсивности изменения тока в главной цепи, используется дополнительная обмотка УМС, намотанная на дополнительные полюсы генератора. К этой обмотке через резистор ЗСД (ЗСДП, ЗСДВ, ЗСДН) подключается обмотка управления силового магнитного усилителя УМС-1. Полярность обмотки выбирается при наладке такой, чтобы при возрастании тока в главной цепи снижалось напряжение генератора. В результате этого сглаживаются толчки тока, что благоприятно сказывается на работе механической части экскаватора в динамическом режиме работы электропривода.

Узел гашения остаточного магнетизма (узел 8 на рис. 24—26).

При отключении электропривода вручную посредством универсального выключателя ВТ снимается питание задающей обмотки усилителя и катушки электромагнита тормоза. Последняя включает («накладывает») механический тормоз: двигатель мгновенно стопорится. Если при этом недостаточно быстро уменьшается остаточное напряжение генератора из-за слабого размагничивающего действия обмотки напряжения усилителя УМС-6, то возможно возникновение значительного тока в цепи яко-

ря двигателя. Этот ток создает опасность перегрева обмоток и подгорания коллекторных пластин. Для предупреждения таких явлений и предусматривается дополнительное гашение остаточного магнетизма путем подключения токоограничивающей обмотки УМС-4 непосредственно на дополнительные полюсы ДПГ и ДПД, минуя потенциометр сравнения ИСУ. Это подключение осуществляется замыканием контакта универсального выключателя ВТ в цепи резистора 5СД. При этом в усилителе начинает действовать размагничивающая н. с. токовой обмотки УМС-4, совпадающая с н. с. обмотки напряжения УМС-6, значительно ускоряя этим размагничивание усилителя и генератора.

Узел защиты (узел 9 на рис. 24—26). В случае обрыва узла токовой обмотки УМС-4 появляется опасность возникновения больших толчков тока в главной цепи, могущих значительно превысить предельно допустимые значения тока ($1,9 \div 2,9$) $I_{\text{ном.дв}}$, что приводит к появлению недопустимых усилий в механической части экскаватора. Во избежание подобных явлений в схеме управления главными электроприводами и предусмотрено реле максимального тока РТМ, включенное на падение напряжения в сопротивлениях дополнительных полюсов ДПГ и ДПД.

Реле срабатывает, если ток в главной цепи становится больше максимально допустимой величины (выше 25% стопорного тока). При этом размыкается контакт реле РТМ в цепи катушки контакта КБ (см. узел 1), который отключает цепи управления всех приводов от возбудителя. В результате этого происходит гашение поля генератора и включение механических тормозов.

Узел возбуждения и ослабления поля двигателя (узел 10 на рис. 24—25). Независимые обмотки возбуждения поля двигателей ОВД всех приводов подключаются через добавочные резисторы СД к источнику их питания — возбудителю В (рис. 26, узел 1).

У приводов подъема (рис. 24) и напора (рис. 25) параллельно этому добавочному сопротивлению контактами контактора ослабления поля КОП подключается шунтирующий его резистор 2СДП (2СДН). При этом общее сопротивление в цепи обмотки возбуждения ОВД уменьшается, а ток возбуждения возрастает. Этот ток и соответствующее ему поле возбуждения двигателя являются для этих приводов номинальными, так

как при таком поле возбуждения и номинальном напряжении на зажиме якоря генератора двигатель развивает номинальную частоту вращения (750 об/мин двигатель подъема и 1 200 об/мин двигатель напора).

В случае необходимости в этих приводах дальнейшего увеличения скорости вращения (сверх номинальной) производится ослабление поля возбуждения двигателя отключением сопротивлений 2СДП (2СДН) при выключении контактора ослабления поля КОП. Оно происходит в приводе подъема при постановке рукоятки командоконтроллера в IV положение «Назад» (при спуске ковша). При этом скорость увеличивается до 1 500 об/мин, что уменьшает время опускания ковша после разгрузки.

В приводе напора ослабление происходит при постановке рукоятки командоконтроллера в IV положение «Назад» (при возврате рукоятки из забоя). При этом скорость увеличивается до 1 900 об/мин.

Узел управления приводом открывания днища ковша (узел 11 на рис. 24). Для разгрузки наполненного ковша при экскавации в рукоятке командоконтроллера имеется рычаг (см. 1КУ в узле 11), при нажатии которого возбуждается катушка контактора управления двигателем открывания днища ковша КДД. Включение контактора КДД приводит к включению двигателя и вращению эксцентрика, который, перемещая связанную с ним тягу, открывает днище ковша.

Узел защиты от замыкания на землю (узел 12 на рис. 26). Появление двойных замыканий на корпус в цепях управления может привести к ложной работе отдельных узлов схемы. Во избежание этих явлений предусмотрено в приводе поворота реле напряжения РЗЗ, включенное между делителем напряжения — потенциометром ЗСУ и землей (корпусом экскаватора). При появлении где-либо «второй земли» в цепях схемы управления реле РЗЗ срабатывает. Включается звуковой сигнал, и выключается контактор КБ, отключающий цепи управления.

7. ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭКСКАВАТОРА-ЛОПАТЫ

Привод механизма подъема. Для черпания грунта (подъема ковша) машинист включает переключатель режимов работы 1УП в положение «Экскавация», в ре-

зультате чего из-за снятия напряжения с катушки электромагнита вентиля *ВВХ* (узел 2—3 на рис. 24) подвижная шестерня 4 (рис. 23) выходит из зацепления с ведущей шестерней 5. При этом в узле 2—3 (рис. 24) замыкающий контакт *2КВХ* замыкается, а размыкающий контакт *1КВХ* конечного выключателя размыкается, разрывая тем самым цепи промежуточного контакта хода *КПХ* и электромагнита вентиля тормоза хода *ВТХ*. На механизм передвижения накладывается тормоз. Другой же контакт конечного выключателя *1КВХ* (замыкающий) тем временем подготавливает цепь подачи питания на задающую обмотку *УМСП-2* (узел 4 на рис. 24).

Одновременно с этим при переводе ключа *1УП* в режим «*Экскавация*» один из его контактов включает цепь электромагнита вентиля правого тормоза главной лебедки *ВУ* (узел 2—3 на рис. 24), а следовательно, этим подает воздух в пневмоцилиндр 10 (рис. 23). Поршень цилиндра, перемещаемый сжатым воздухом поворачивает рычаг 11 по часовой стрелке, и нормально замкнутый ленточный тормоз 12 размыкается (разжимается), отходя от внешней поверхности фрикционного барабана 13, с которым жестко скреплен правый (подъемный) барабан 14. Таким образом, барабан подъемной лебедки растормаживается.

Одновременно включается реле времени *1РВП* (узел 2—3 на рис. 24), которое двумя параллельно соединенными (чтобы не подгорали) контактами с выдержкой времени при размыкании *1РВП* включает цепь электромагнита вентиля правой муфты главной лебедки *ВМ*. Включение муфты приводит к подаче сжатого воздуха в пневмоцилиндр 15 (рис. 23). При этом шток, выдвигаясь из цилиндра, поворачивает по часовой стрелке рычаг 16, который своим верхним концом перемещает подвижной конец фрикционной ленты 17 и, таким образом, прижимает ленту к внутренней поверхности фрикционного барабана 13. Поскольку ведущий конец ленты присоединен к валу главной лебедки 18, создается фрикционное сцепление вала 18 с подъемным барабаном 14, т. е. муфта включается. В результате этой операции барабан подъемной лебедки 14 оказывается жестко связанным с валом главной лебедки 18, а через него — с приводным двигателем.

Другим замыкающим контактом переключатель режимов *1УП* подготавливает цепь подачи питания на за-

дающую обмотку управления усилителя УМСП-2 (узел 4 на рис. 24).

При нулевом положении командоконтроллера КК напряжение генератора равно нулю. В этом положении КК включается контактор ослабления поля КОПП (узел 10 на рис. 24). В цепи возбуждения двигателя подъема устанавливается номинальный ток («полное поле»).

Подъем ковша. При переводе рукоятки командоконтроллера КК из положения 0 в одно из рабочих положений (допустим, полная скорость IV «Вперед») замыкаются контакты командоконтроллера К-1—К-5 и подается полное питание на задающую обмотку УМСП-2 силового магнитного усилителя¹. В результате этого н. с. задающей обмотки усилителя будет равна максимальному значению F_3 (см. рис. 17) и один из усилителей, допустим УМСП-1 двухтактного блока ПДД-1,1В, полностью намагничивается (насыщается). Одновременно другой (УМСП-II) полностью размагничивается. Следовательно, как уже было описано в § 4, ток выхода усилителя УМСП-1 станет максимальным, а УМСП-II — минимальным. По полуобмоткам независимого возбуждения ОНГП генератора (рис. 24) пройдет ток возбуждения определенного направления и спустя некоторое время н. с. $F_{\text{ОНП}}$ возбуждения генератора примет максимальное значение, форсируя возбуждение генератора ГП.

На этой начальной стадии процесса пуска быстро повышается напряжение на зажимах генератора и ток якоря двигателя, а следовательно, и соответствующие н. с. обмоток усилителя: напряжения УМСП-6 ($F_{\text{н}}$), токоограничивающей УМСП-4 ($F_{\text{т}}$), токовой стабилизации УМСП-1 ($F_{\text{ст}}$) и стабилизации по напряжению УМСП-6 ($F_{\text{сн}}$).

Результирующая н. с. магнитного блока, а значит, и напряжение возбуждения генератора для этого случая обуславливается алгебраической суммой н. с. этих обмоток усилителя, т. е.

$$F_{\text{у}} = F_3 - F_{\text{н}} - F_{\text{т}} - (F_{\text{сн}} + F_{\text{ст}}).$$

¹ На рис. 24 в узле 2—3 последовательно с реверсивным контактом командоконтроллера K_1 изображен в квадрате из штрихпунктирных линий замыкающий контакт ОП-1 — устройства ограничения подъема груза, которое устанавливается только при рабочем оборудовании крана.

Намагничивающая сила обмотки УСМП-6 магнитного усилителя, хотя она и будет увеличиваться по мере роста напряжения генератора, не уменьшает результирующую н. с. F_y . Только к концу разгона эффективность этой обмотки возрастает и она снимает форсировку возбуждения генератора в установившемся режиме.

В результате быстрого нарастания тока якоря двигателя последний разгоняется, а с ним и рабочий механизм, в сторону, соответствующую подъему ковша. Броски тока в якорной цепи при разгоне двигателя до основной скорости ограничиваются при помощи токовой обмотки УМСП-4 усилителя. Происходит это следующим образом. Как только ток в главной цепи увеличится выше допустимого значения (например, при чрезмерно быстром росте напряжения генератора или же по иной причине), вступит в действие токовая отсечка, т. е. падение напряжения на участке 20—40 (см. рис. 24) главной цепи становится больше напряжения сравнения соответствующего участка (7—40 или 40—23) потенциометра ИСУП. Тогда по токоограничивающей обмотке УМСП-4 пройдет ток и ее н. с. F_T станет действовать против н. с. F_z ; магнитный усилитель начнет резко размгничиваться, и токовая отсечка прекратит свое действие. Подобным образом токоограничивающая обмотка УМСП-4 усилителя на протяжении всего периода разгона ограничивает ток в главной цепи, осуществляя отсечку в зависимости от тока якоря, и тем самым наилучшим образом формирует токовую диаграмму главной цепи.

По окончании процесса пуска при равномерном вращении двигателя действия гибких обратных связей исчезают, и результирующая н. с. магнитного усилителя уже определяется уравнением

$$F_y = F_z - F_n - F_T.$$

При переводе рукоятки командоконтроллера из нулевого в первое или второе положение «Вперед» отличие в работе схемы по сравнению с третьим положением заключается лишь в различных величинах задающего тока и, следовательно, в различных величинах установившегося напряжения генератора и частоты вращения двигателя. Независимо от положения командоконтроллера КК двигатель на протяжении всего процесса подъема работает при полном поле.

Уменьшение скорости подъема ковша достигается переводом рукоятки *ККП* из крайнего положения в одно из промежуточных положений. При этом уменьшается напряжение генератора, а скорость двигателя в первый момент остается неизменной, и тогда $E_{дв}$ становится больше э. д. с. генератора. С этого момента ток в цепи якорей *ГП* и *ДП* изменяет свое направление [см. формулу (8)] и в двигателе создается электрический тормозящий момент, т. е. осуществляется рекуперативное торможение (см. рис. 9). При этом н. с. токовой обмотки *УМСП-4* также изменяет свой знак и стремится ограничить броски динамической составляющей тормозного тока в якорной цепи путем подмагничивания генератора, увеличивая его напряжение. По мере торможения привода уменьшаются э. д. с. двигателя и тормозной ток. Двигатель вновь переходит в двигательный режим на промежуточную характеристику, определяемую новым положением командоконтроллера *ККП*.

При переводе рукоятки командоконтроллера *КК* из любого положения подъема в нулевое тоже происходит торможение привода. При этом двигатель, как и раньше, переходит в генераторный режим и отдает вырабатываемую энергию генератору. Величина тормозного тока, как и прежде, ограничивается токовым узлом. Величина предельного тока при динамическом торможении в генераторном режиме получается меньшей, чем в двигательном режиме. Объясняется это тем, что для того чтобы ток в главной цепи не превышал в двигательном режиме предельного (стопорного) значения, н. с. токовой обмотки при стопорном токе должна быть равна н. с. задающей обмотки, т. е. $F_з = F_т$. При торможении в нулевом положении командоконтроллера *КК* н. с. задающей обмотки отсутствует, но так как $F_н = F_з - F_у$, то, следовательно, $F_н < F_з$. Значит, даже в начале торможения нужно меньшее значение предельного тока (чем в двигательном режиме), которое создаст в токовой обмотке н. с., достаточную, чтобы компенсировать резкое размагничивающее действие обмотки напряжения.

Процесс реверсирования двигателя от максимальной (или промежуточной) скорости вращения подъема ковша до максимальной (или промежуточной) скорости спуска ковша складывается из торможения двигателя от максимальной скорости вращения до нуля и разгона его в противоположном направлении. Реверсирование дви-

гателя осуществляется переводом рукоятки командоконтроллера из положения «Вперед» в положение «Назад». При этом размыкаются контакты К1, замыкаются контакты К2 командоконтроллера ККП (а также К3—К5) и изменяется полярность напряжения на зажимах задающей обмотки усилителя. Вследствие этого генератор интенсивно размагничивается, и после уменьшения напряжения возбуждения генератора до нуля он так же интенсивно намагничивается в противоположном направлении, т. е. изменяется полярность напряжения генератора.

Одновременно с уменьшением напряжения генератора и при сохранении двигателем направления вращения неизменным полярность на зажимах главных машин (двигатель — генератор) не изменяется. Поэтому н. с. обмотки напряжения УМС-6 по направлению совпадает с н. с. задающей обмоткой УМСП-2, что приводит к еще более интенсивному размагничиванию генератора. Однако ток в силовой цепи при переходе из двигательного режима в режим протиковключения меняет свое направление, что приводит к изменению направления н. с. токовой обмотки УМСП-4, которая своим действием не только компенсирует н. с. двух обмоток (задающей и напряжения), но и создает н. с., достаточную для создания э. д. с. в генераторе, направленную навстречу напряжению двигателя, ограничивая тем самым величину тормозного тока.

Напряжение генератора, перейдя через нулевое значение, начинает возрастать в противоположном направлении до номинального. Двигатель также начинает разгоняться в противоположном направлении.

Спуск ковша. При спуске порожнего ковша требуется небольшой вращающий момент двигателя и, кроме того, желательно увеличить скорость опускания, чтобы сократить время холостых движений после разгрузки и тем самым увеличить производительность экскаватора. Это достигается ослаблением (уменьшением) поля возбуждения двигателя. Ослабление поля возбуждения двигателя подъема осуществляется автоматически при переводе рукоятки ККП в положение IV «Назад» (от себя). В этом случае контакт К3 командоконтроллера ККП разрывает цепь катушки контактора ослабления поля КОПП (узел 10). Последний размыкает свой замыкающий контакт КОПП в цепи обмотки возбуждения

двигателя *ОВДП* (узел 10). В результате этого в цепь возбуждения двигателя вводится дополнительное сопротивление, уменьшающее ток возбуждения и ослабляющее поле двигателя; частота вращения двигателя увеличивается при положении *IV КК* с установленного при полном токе возбуждения значения (750—1 100 *об/мин*) до максимального, равного 1 500—1 750 *об/мин*.

Действие данной системы во время торможения и реверсирования двигателя при спуске ковша происходит аналогично тому, что было рассмотрено для подъема ковша.

Режим регулирования. Схемой привода подъема — хода предусмотрена возможность реверсивного управления двигателем *ДП* и его работы на всех возможных скоростях при отключенных рабочих механизмах (передвижения и подъемного барабана), т. е. в режиме холодного хода.

Работа двигателя *ДП* в случае, когда все механизмы отключены, обеспечивается постановкой переключателя режимов работы *1УП* в среднее положение, соответствующее режиму (узел 4 на рис. 24). Включение универсального выключателя тормозов *ВТП* приводит к подаче питания в цепи только задающей обмотки усилителя (узел 4), а электромагниты фрикциона *ВМ* и тормоза *ВУ*, а также хода шестерни *ВВХ* остаются отключенными.

Следовательно, подъемный барабан расцеплен с валом главной лебедки и заторможен. Заторможен также механизм передвижения. Однако управление двигателем *ДП* посредством командоконтроллера подъема — хода возможно.

Управление передвижением экскаватора. В кинематической схеме экскаватора при переходе с режима «экскавация» на режим работы «передвижение» должны произойти следующие изменения (рис. 23): ведомая подвижная шестерня 4 хода, бывшая при экскавации вне зацепления с ведущей шестерней 5, должна войти в зацепление с нею; подъемный барабан главной лебедки 14 отсоединен от двигателя и заторможен; снят механический тормоз 6 с механизма передвижения.

Для осуществления этих изменений в кинематической цепи экскаватора необходимо переключатель режимов работы *1УП* (рис. 24) перевести из положения «экскавация» в положение «ход». В результате этого шестерня

4 (рис. 23) кинематической цепи механизма передвижения входит в зацепление с ведущей шестерней 5, связанной с двигателем ДП. Включение подвижной шестерни приведет (посредством конечных выключателей 1КВХ и 2КВХ) к включению вентиля ВТХ и контактора КПХ (узел 2—3 на рис. 24). О включении последнего сигнализирует лампа 2ЛС (узел 13 на рис. 24).

При этом во избежание вращения подъемного барабана под тяжестью ковша во время наложения тормоза (в результате размыкания цепи вентиля тормоза лебедки ВУ размыкающим контактом переключателя 1УП) барабан временно остается в зацеплении с валом главной лебедки, так как вентиль фрикциона ВМ (узел 2—3 на рис. 24) отключается размыкающими контактами реле времени 1РВП с выдержкой времени 3 сек.

При отсутствии реле времени 1РВП (или же малой его выдержке) произошло бы одновременное отключение катушек тормоза лебедки ВУ и фрикциона ВМ. Тогда имело бы место свободное падение ковша, поскольку время отключения фрикциона ВМ меньше, чем время наложения тормоза.

Если подвижная шестерня при переключении переключателя 1УП в положение «Ход» не войдет в зацепление с ведущей шестерней и займет промежуточное положение II, показанное на рис. 23, то нажимают на кнопку «Толчок хода» 2КУ (узел 2—3 на рис. 24) и одновременно перемещают рукоятку командоконтроллера. В результате медленного вращения двигателя ДП (рис. 23) ведущая шестерня 5 поворачивается и подвижная шестерня 4 входит в зацепление с нею.

При полном зацеплении шестерни хода горит сигнальная лампа хода «2ЛС» при отпущенной кнопке «Толчок хода». Экскаватор готов к передвижению, поскольку одновременно с этим снимается механический тормоз с механизма передвижения. Действительно, при этом включается замыкающий контакт конечного выключателя 2КВХ (узел 2—3 на рис. 24) и получает питание катушка электромагнитного вентиля тормоза хода ВТХ, который приводит к растормаживанию ленточным тормозом 6 (рис. 23) тормозного шкива механизма передвижения.

Управление двигателем в режиме хода осуществляется соответствующим переключением командоконтроллера подъема — хода. При этом на всех ступенях скорости

двигатель работает с номинальным полем возбуждения, так как замыкающий контакт *КПХ* шунтирует контакт *КЗ* командоконтроллера (см. узел *10* на рис. 24), который управляет контактором ослабления поля *КОПП*.

Обычно командоконтроллер включен таким образом, что при наклоне рукоятки *КК* «от себя» осуществляется передвижение вперед в сторону натяжных колес экскаватора, а при наклоне рукоятки *КК* «на себя» — в обратную сторону (в сторону ведущих колес).

Для разворота экскаватора переключатель *2УП* «разворот гусениц» на пульте управления ставится в положение «влево» или «вправо» по усмотрению машиниста. При этом (см. узел *13* на рис. 24) включается вентиль левой или правой муфты (*ВЛМХ* или *ВПМХ*), что приводит к подаче сжатого воздуха в соответствующий пневмоцилиндр *19* (рис. 23), и шток цилиндра отключает кулачковую муфту *20*. Эта гусеница отключается и стопорится, а с помощью командоконтроллера подъема — хода производится управление разворотом экскаватора (вращением другой гусеницы).

Привод механизма напора (рис. 25). Включением универсального выключателя тормозов *ВТН* подключается задающая обмотка усилителя *УМСН-2* на напряжение 55 в, снимаемое с потенциометра *2СУН*.

Изменения величины и направления тока в задающей обмотке усилителя производятся, как и в приводе подъема, последовательным выведением части резистора *ЗСУН* посредством командоконтроллера *ККН*. Последний имеет три положения, что соответствует трем ступеням скорости двигателя.

При переводе командоконтроллера *КК* в крайнее положение *IV* «на себя» его контакт *КЗ* отключает контактор ослабления поля *КОПН* (узел *10* на рис. 25). Последний размыкает цепь резистора *2СДН* и таким образом ослабляет поле возбуждения двигателя, что приводит к увеличению скорости вращения двигателя до 1 900 об/мин (против 1 200 об/мин в номинальном режиме).

Следовательно, рукоять механизма напора с повышенной скоростью выдвигается из забоя.

Переводя командоконтроллер *КК* от себя, замыкают его контакт *К1* (а также контакты ускорений *К4*, *К5*); двигатель реверсируется, и рукоять механизма напора движется в забой.

Параметры схемы, устанавливаемые при наладке главных электроприводов экскаватора-лопаты Э-2503

Положение командоконтроллера	Ток в обмотках						Напряжение генератора при холостом ходе, в	Стопорный ток, а
	усилителя, ма		генератора, а		двигателя, а			
	задающей (УМС-2)	дифференциальной (УМС-6)	независимой (ОНГ)	параллельной (ОШГ)	независимой ¹ (ОВД)			
					полный	ослабленный		
Привод подъема — хода								
I	80—100	25—32	0,4—0,7	0,9—0,96	14,5—16	—	100—115	470—600
II	210—245	55—65	0,8—1,5	1,9—2,8	14,5—16	—	220—250	520—650
III	450—520	110—115	7,5—8,5	3,7—3,9	14,5—16	7—9,7	415—440	620—750
Привод напора								
I	90—130	25—30	0,8—1,0	0,6—0,8	12,6—15	—	95—120	230—270
II	175—200	46—50	1,6—1,8	1,1—1,7	12,6—15	—	170—220	250—290
III	460—500	100—110	7,8—8,4	2,4—2,6	12,6—15	6,4—8,0	410—420	330—350
Привод поворота								
I	40—70	10—12	0,6—0,7	0,6—0,7	10,5—12,2	—	80—90	250—270
II	100—150	24—28	1,4—1,6	1,3—1,5	10,5—12,2	—	175—230	280—285
III	150—220	36—44	2,3—3,0	2,0—2,3	10,5—12,2	—	265—320	290—325
IV	270—320	52—60	6,5—7,8	2,8—3,2	10,5—12,2	—	425—435	300—360

¹ Для $t = 15^\circ\text{C}$.

Процессы разгона, торможения и реверсирования двигателя механизма напора происходят аналогично переходным процессам двигателя механизма подъема.

Тормоз напора имеет электропневматическое управление и управляется вручную выключателем тормоза *ВТН*. Тормоз колодочного типа нормально закрытый.

В заключение следует заметить, что механизм напора используется только при оборудовании экскаватора лопатой (см. рис. 22,а).

Привод механизма поворота (рис. 26). Управление двигателем поворота *ДВ* аналогично управлению двигателями напора и подъема и осуществляется командоконтроллером поворота *ККВ*. Отличительными особенностями схемы являются работа без ослабления поля двигателя *ДВ*, наличие четырех скоростей управления и использование в схеме реле контроля замыканий на «землю» (на корпус экскаватора), относящееся ко всем главным приводам.

Тормоз поворота (см. узел 2) при экскавации управляется аналогично приводу напора.

Наладка. Параметры, устанавливаемые обычно в процессе наладки главных приводов экскаватора-лопаты, даны в табл. 4.

8. ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА

Привод механизма подъема (см. рис. 24). Монтажные накладные на сборке зажимов устанавливаются на режим работы «драглайн» (на рис. 24 обозначен буквой *Д*). Основной отличительной особенностью схемы электропривода подъема для этого вида сменного оборудования является работа двигателя подъема в одном направлении без реверсирования.

Установка накладок на режим работы «драглайн» изменяет в схеме на рис. 24 по сравнению со схемой лопаты следующие узлы:

а) задающий узел 4 — задающая обмотка усилителя *УМСП-2* становится неререверсивной, так как исключаются из ее цепи реверсивные контакты *К1*, *К2* командоконтроллера *ККП*; обмотка подключается постоянно к отрицательному зажиму возбуждителя;

б) в узле 2—3 переключения режимов работы и тормозов добавляются цепь промежуточного реле *1РП* и германиевые выпрямители *2ВГЛ* и *3ВГЛ* в цепях ка-

тушек электромагнитных вентилях ВУ и ВМ, причем все эти цепи питаются через реверсивные контакты командоконтроллера ККП;

в) в узле 10 ослабления поля возбуждения двигателя (при всех скоростях) работа двигателя происходит без ослабления поля;

г) главная цепь — добавляется реле контроля напряжения РНП, включаемое на напряжение генератора ГП, не позволяющее осуществлять включение фрикционов при большой частоте вращения двигателя.

Кроме того, изменяется соотношение н. с. независимого и параллельного возбуждений генератора; если в экскаваторе-лопате на основной частоте вращения двигателя токи возбуждения генератора для горячей машины при наладке устанавливаются равными в независимой обмотке 6 а, а в параллельной — 3 а, то при оборудовании драглайном — в независимой обмотке 4 а, а в шунтовой — 5 а. Это достигается тем, что накладка Н2, шунтирующая часть резистора ЗСУП при оборудовании лопатой, теперь снимается, но зато ставится накладка Н1, шунтирующая часть резистора 1СДП в цепи параллельной обмотки ОШГ.

Остальные узлы и их действия в схеме остаются без изменений.

При рабочем оборудовании драглайном главная двухбарабанная лебедка (см. рис. 22, б) выполняет функции подъемного и тягового механизмов и приводится во вращение по-прежнему от двигателя ДП. В этом случае правый барабан служит как подъемный механизм, а левый — как тяговый. Каждый барабан (подъемный и тяговый) главной лебедки при рабочем движении сцепляется (включается) с ведущим валом 18 (рис. 23) с помощью фрикционной муфты, а останавливается тормозом.

Управление фрикционными муфтами осуществляется по-прежнему электропневматическими вентилями, управляемыми электромагнитами ВУ и ВМ (узел 2—3 на рис. 24). Как отмечалось в § 6, катушка ВМ при рабочем оборудовании драглайном уже служит для управления фрикционом подъемного (правого) барабана (см. рис. 22, б), а катушка ВУ — фрикционом тягового (левого) барабана.

Управление тормозами подъемного и тягового барабанов осуществляется электропневматическими регуля-

торами давления типа ЭПРД-Э, подающими воздух в пневмоцилиндры тормозов лебедки. Количество подаваемого воздуха в тормозной цилиндр, а значит, и степень растормаживания машины (тормозное усилие) зависят от положения золотника-сердечника в регуляторе. Золотник в зависимости от своих крайних положений сообщает тормозной цилиндр полностью с источником давления или атмосферой. Золотник управляется изменением тока в обмотке регулятора при помощи сельсинного командоаппарата типа СКАР-194, устанавливаемого в кабине машиниста вместо командоконтроллера на-

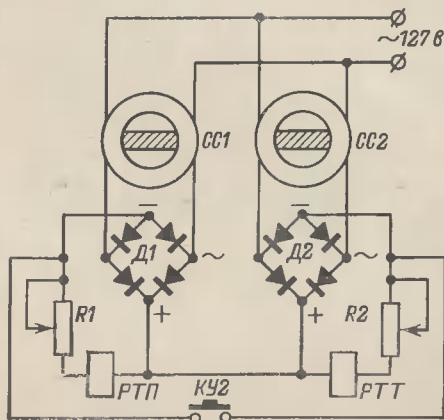


Рис. 28. Принципиальная схема сельсинного командоаппарата СКА.

СС₁ и СС₂ — сельсины; РТП и РТТ — катушки электропневматических регуляторов тормозов подъема и тяги; КУ2 — кнопка управления; R₁, R₂ — регулировочные резисторы типа ПЭВ; Д₁, Д₂ — диоды кремниевые.

пора. Электрическая схема подключения обмоток регуляторов тормоза подъема РТП и тормоза тяги РТТ через сельсинный командоаппарат приведена на рис. 28.

Подъем ковша. Рассмотрим действие перечисленных выше узлов в схеме при подъеме ковша. Переводя рукоятку командоконтроллера ККП «на себя» из положения 0 в первое положение «Вперед», замыкают его реверсивный контакт К1 (узел 2—3) и подают питание на промежуточное реле 1РП (при этом ограничитель грузоподъемности ОГП-1 отсутствует). В результате этого включается электромагнитный вентиль фрикционной

муфты подъемного барабана *ВМ*, так как при данной полярности (замыкании *К1*) германевый выпрямитель *ЗВГЛ* оказывается включенным, в проводящем «прямом» направлении, а выпрямитель *2ВГЛ* цепи муфты *ВУ* — в непроводящем направлении («заперт»). Одновременно с включением муфты *ВМ* подается замыкающим контактом *1РП* питание на задающую обмотку; двигатель имеет первую скорость.

Для увеличения скорости вращения переводят рукоятку командоконтроллера в следующее положение; шунтируется часть резистора *ЗСУП* (контактом *К5*), и скорость возрастает до второй ступени. При этом срабатывает реле контроля напряжения *РНП* и размыкает свой размыкающий контакт в цепи промежуточного реле *1РП*. Это реле при этом не отключается, так как самоблокировано через собственный замыкающий контакт. При переводе рукоятки командоконтроллера в крайнее положение *III* замыкается контакт *К4* и ток в задающей обмотке возрастает до значения, соответствующего номинальной (основной) скорости. Далее подъем ковша идет с установившейся основной скоростью.

Тормоз при процессе разгона двигателя подъема полностью снят с подъемного барабана (рис. 22,б).

Тормоз управляется от сельсинного командоаппарата (рис. 28). В нейтральном (вертикальном) положении рукоятки сельсинного командоаппарата на выходе обоих сельсинов напряжение равно нулю; тормоза наложены на барабаны подъема и тяги. При перемещении рукоятки «от себя» в положение «Вперед» ротор сельсина *СС1* поворачивается, а *СС2* остается неподвижным. Поэтому на выходе первого сельсина напряжение увеличивается и достигает максимального значения порядка 38—45 в в крайнем положении рукоятки «от себя». На выходе сельсина *СС1* через выпрямительный мост подключена обмотка регулятора тормоза подъема *РТП*. Поэтому регулятор, получая питание, плавно растормаживает подъемный барабан, полностью снимая тормоз с него в крайнем положении «от себя» рукоятки сельсинного командоаппарата.

Точно таким же образом управляются сельсин *СС2* и регулятор тормоза тягового барабана. Только диапазон регулирования тормозным усилием (от максимального до полного снятия тормоза) достигается уже при переводе рукоятки сельсинного командоаппарата из верти-

кального (нулевого положения) в крайнее «на себя» положение «Назад». При этом ротор сельсина *СС1* остается неподвижным.

Спуск ковша. При переводе рукоятки командоконтроллера *ККП* из крайнего положения подъема в нулевое положение отключаются:

промежуточное реле *1РП* (так как реле напряжения *РНП* отпадает не сразу, а при уменьшении напряжения генератора ниже 16 в; поэтому его замыкающий контакт в цепи реле *1РП* остается пока разомкнутым);

задающая обмотка управления магнитного усилителя;

электромагнитный вентиль фрикциона подъема *ВМ*.

Таким образом, подъемный барабан расцепляется с ведущим трансмиссионным валом и обратное движение ковша (его спуск) уже осуществляется за счет собственного веса рабочего органа с регулированием (при необходимости) скорости опускания тормозом.

В то время как ковш опускается за счет собственного веса, раскручивая подъемный барабан, ведущий трансмиссионный вал, отсоединенный от этого барабана, продолжает в силу инерции вращаться в прежнем направлении.

Поэтому в главной цепи системы Г—Д ток изменяет свое направление и происходит электрическое торможение двигателя.

Навизание (уборка) тягового каната. При переводе рукоятки командоконтроллера *ККП* «от себя» из положения 0 в первое положение «Назад» замыкается уже реверсивный контакт *К2* и на цепь промежуточного реле *1РП*, а главное на цепи катушек электромагнитных вентилях фрикционов *ВУ* и *ВМ* подается другая полярность питающего напряжения. Теперь в проводящем направлении оказывается подключенным германиевый выпрямитель *2ВГЛ*, а выпрямитель *3ВГЛ* заперт. Поэтому по цепи катушки электромагнитного вентиля фрикционной муфты тягового барабана *ВУ* проходит ток; вентиль *ВУ* включается. Следовательно, тяговый барабан сцепляется с ведущим валом электропривода. Кроме того, по-прежнему через замыкающий контакт реле *1РП* на ту же полярность включается задающая обмотка усилителя *УМСП-2* с полностью введенным в ее цепь задающим резистором *ЗСУП*, что определяет первую скорость вращения двигателя.

Дальнейшее регулирование скорости двигателя при работе его в тяговом режиме аналогично работе при подъеме ковша.

Во время навивания тягового каната в процессе черпания грунта ковш может сильно углубиться в грунт, снимая слишком большую «стружку». Поэтому возникает необходимость включения подъемного барабана для уменьшения снимаемой стружки. Для этой цели на рукоятки командоконтроллера *ККП* имеется рычаг, действующий на кнопку *КУ* (см. узел *II* на рис. 24). При нажатии вручную на эту кнопку выпрямитель *ЗВГЛ* оказывается зашунтированным контактом контактора *КДД* и тем самым создает возможность для прохождения тока по цепи катушки электромагнитного вентиля фрикциона подъемного барабана. Вентиль *ВМ* включается, а следовательно, начинает вращаться подъемный барабан.

Свивка (травление) тягового каната может осуществляться при переключении с режима тяги на режим подъема перестановкой рукоятки командоконтроллера *ККП* в сторону «на себя» («*Вперед*»). При переводе рукоятки командоконтроллера через нулевое положение реле *1РП* теряет питание, что приводит, как известно, к отключению фрикциона тяги *ВУ* и задающей обмотки усилителя. Двигатель начинает работать в тормозном режиме, и как только его скорость станет равной допустимой скорости включения фрикционных муфт, реле контроля напряжения *РНП* отпадет и своим замыкающим контактом снова включит промежуточное реле *1РП*. В результате этого включатся задающая обмотка усилителя и фрикцион привода подъема *ВМ*. Подъемный барабан, перемещая ковш, будет свивать тяговой канат с тягового барабана, расцепленного от ведущего вала. Подтормаживание тягового барабана при необходимости осуществляется, как указывалось выше, сельсинным командоконтроллером, движением его рукоятки в пределах от нулевого положения до крайнего «на себя» положения. В крайнем положении рукоятки тормоз полностью будет снят.

Для возможности заброса ковша предусмотрено одновременное снятие тормозов с подъемного и тягового барабанов. С этой целью нажимают кнопку *КУ2* (рис. 28), встроенную в рукоятку сельсинного командоаппарата, в результате чего обе катушки регуляторов тормозов

РТП и *РТТ* подключаются к одному из сельсинов, на выходе которого имеется напряжение. Тогда происходит одновременное растормаживание механизмов подъема и тяги.

Привод механизма передвижения. Управление механизмом хода экскаватора-драглайна ничем не отличается от рассмотренного выше управления передвижением экскаватора с рабочим оборудованием лопатой.

Привод механизма поворота. Управление электроприводом поворота аналогично управлению этим электроприводом при рабочем оборудовании экскаватора лопатой.

Наладка. Параметры, устанавливаемые при наладке главных приводов экскаватора-драглайна, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Параметры схемы, устанавливаемые при наладке главных электроприводов экскаватора-драглайна Э-2503

Положение командного контроллера	Ток в обмотках						Напряжение генератора при холостом ходе, в	Стопорный ток, а
	усилителя, ма		генератора, а		двигателя, а			
	задающей (УМС-2)	дифференциальной (УМС-6)	независимой (ОНГ)	параллельной (ОШГ)	независимой ¹ (ОВД)			
					полный	ослабленный		
Привод подъема — хода								
I	8—90	20—25	0,4—0,7	1,1—1,2	18—19	—	85—100	420—450
II	200—220	50—60	0,8—1,5	2,4—2,8	18—19	—	195—200	525—550
III	450—550	108—115	6,5—7,5	5,0—5,5	18—19	9—10	410—450	620—650
Привод поворота								
I	60—70	12—14	0,7—0,9	0,6—0,7	11,8—13,8	—	90—92	220—280
II	120—150	24—28	1,6—1,9	1,3—1,5	11,8—13,8	—	175—195	245—310
III	210—220	40—44	3,3—3,6	2,0—2,3	11,8—13,8	—	300—320	275—330
IV	305—320	52—60	6,5—6,8	2,9—3,4	11,8—13,8	—	400—410	300—350

¹ Для $t = 15^\circ\text{C}$.

9. ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭКСКАВАТОРА-КРАНА

Привод механизма подъема (см. рис. 24). Монтажные накладные на сборке зажимов устанавливаются на режим работы «кран» (рис. 27).

Основной отличительной особенностью работы схемы при оборудовании краном является автоматическое наложение тормоза на рабочий механизм подъема при по-

становке командоконтроллера *ККП* в нулевое положение во избежание свободного падения груза.

При рабочем оборудовании краном у главной двухбарабанной лебедки (рис. 22, в) используется только левый барабан в качестве подъемного механизма, а правый не работает. Левый подъемный барабан, как и в предыдущих двух случаях, при рабочем движении сцепляется с ведущим трансмиссионным валом лебедки с помощью фрикционной муфты, управляемой вентилем *ВУ*, а тормозится при включении вентиля *ВМ*.

При установлении накладок *Н* в соответствии с режимом работы крана в схеме привода подъема — хода (рис. 24) производятся по сравнению с предыдущей схемой (при оборудовании драглайном) следующие изменения:

а) В задающем узле 2—3 собирается цепь реверсивного управления током в задающей обмотке магнитных усилителей включением посредством накладки реверсивных контактов *К1* и *К2* командоконтроллера *ККП*. Также в цепь управления подъемом *ККП* «Вперед» (в цепь контакта *К1*) дополнительно включают замыкающий контакт ограничителя грузоподъемности *ОГП* и ограничителя подъема крюка *ОПК* (на рис. 24 не показан).

б) В узле 2—3 переключения режимов работы и тормозов промежуточное реле *1РП* включается параллельно задающей обмотке *УМСП-2*, минуя размыкающий контакт реле контроля напряжения *РНП*. Кроме того, в цепь вентиля тормоза *ВМ* добавляется кнопка *1КУ* с замыкающим контактом (см. узел 11).

в) В узле 10 ослабления поля возбуждения двигателя контакт *К3* командоконтроллера *ККП* шунтируется размыкающим контактом кнопки *1КУ*, из-за чего работа двигателя при всех рабочих положениях происходит без ослабления поля, пока не будет нажата кнопка.

г) В главной цепи исключается из схемы реле напряжения *РНП* и отключается накладка, шунтирующая часть сопротивления в цепи параллельной обмотки возбуждения генератора *ОШГП*.

Остальные узлы и действие в схеме ее элементов остаются без изменений.

Подъем груза. При переводе рукоятки командоконтроллера *ККП* из нулевого в любое рабочее положение «Вперед» замыкается его контакт *К1* и подается ток в задающую обмотку усилителя, определяя соответству-

ющую скорость подъема груза. Одновременно реле *ИРП* получает питание и своим замыкающим контактом включает электромагнитный вентиль тормоза подъемного барабана *ВМ*; последний растормаживается и начинает вращаться, поскольку фрикцион *ВУ* сразу же после включения выключателя тормозов *ВТП* включает барабан с трансмиссионным валом.

Дальнейшее регулирование скорости вращения двигателя при его работе на подъем аналогично предыдущим описаниям.

При постановке рукоятки командоконтроллера в нулевое положение (или же при переходе через него) реле *ИРП* теряет питание и на рабочий механизм подъема автоматически накладывается тормоз.

Для снятия тормоза в этом случае предусмотрена кнопка *ИКУ*, встроенная в рукоятку командоконтроллера подъема *ККП*.

Нажатие на кнопку вызывает прохождение тока через катушку вентиля тормоза *ВМ*, подъемный барабан растормаживается, одновременно с этим ослабляется поле возбуждения двигателя и груз опускается за счет силы собственного веса (см. подробнее ниже).

Устройство для ограничения грузоподъемности *ОГП* предназначено для автоматического предупреждения опрокидывания и поломок крана в случаях подъема груза, более чем на 10 % превышающего допустимую величину по кривой грузоподъемности для данной длины стрелы и данного вылета, или при увеличении вылета стрелы свыше допустимого с грузом на крюке. Обычно это устройство состоит из следующих основных узлов: датчика усилий, устанавливаемого в стрелоподъемном полиспасте, который выдает сигналы, пропорциональные усилиям в нем, а следовательно, весу груза; датчика угла, устанавливаемого в месте крепления стрелы к поворотной платформе, который выдает сигналы, пропорциональные углу наклона стрелы; релейного блока, производящего сравнение этих сигналов с помощью поляризованного реле и вырабатывающего результирующий сигнал. В случае получения сигнала, соответствующего предельно допустимому грузу для каждого вылета стрелы, поляризованное реле срабатывает и оказывает воздействие через исполнительное реле на элементы схемы привода. При этом отключаются главные электроприводы подъема и поворота, а также вспомогатель-

ный электродвигатель подъема стрелы и накладываются соответствующие тормоза.

После устранения недопустимого опрокидывающего момента электрическая схема возвращается в исходное положение.

Спуск крюка или груза. В положении «Назад» замыкаются контакты командоконтроллера *К2—К5* (рис. 24). Направление тока в задающей обмотке *УМСП-2* изменяется, следовательно изменяется и направление вращения двигателя. Такой двигательный режим спуска осуществляется при малых грузах и называется силовым спуском грузов, поскольку момент двигателя способствует движению груза вниз (это нужно, когда трение в механизме не дает опускаться легкому грузу или крюку).

Тяжелый груз нельзя спускать, если двигатель не противодействует падению. Такой спуск называется тормозным (когда момент двигателя удерживает груз, не давая скорости чрезмерно увеличиваться). При спуске тяжелого груза рекомендуется в нулевом положении командоконтроллера нажать кнопку *1КУ*. Ослабления поля двигателя при этом не произойдет, так как катушка контактора ослабления поля *КОПП* продолжает получать питание через нулевой контакт командоконтроллера *ККП*. Нажатие кнопки *1КУ* приводит к тому, что она замыкающим контактом в узле *11* блокирует замыкающий контакт реле *1РП* (см. узел 2—3) и включает вентиль *ВМ* тормоза подъемного барабана. Двигатель под действием груза начинает вращаться, а на его зажимах возникает э. д. с.

Обмотка обратной связи по напряжению генератора *УМСП-6*, всегда стремящаяся поддержать напряжение генератора, и в данном случае увеличивает жесткость механической характеристики привода при нулевом положении командоконтроллера. Поэтому скорость спуска ковша будет небольшой, меньшей, чем при отсутствии этой связи. Причем устойчивая скорость спуска зависит от силы веса груза: чем больше груз, тем больше скорость его опускания.

Привод механизма поворота (рис. 26). Управление двигателем поворота *ДВ* аналогично управлению электродвигателем подъема при лопате и осуществляется, как во всех других главных приводах, посредством командоконтроллера *ККВ*. Отличительной особенностью

при рабочем оборудовании крана являются снижение скорости вращения поворотной платформы по сравнению со скоростью вращения при лопате и драглайне, а также меньшие значения стопорных токов (см. в узлах 4 и 6 накладки *H15* и *H16* на рис. 26).

Поскольку принято подъем груза производить при наиболее устойчивом положении экскаватора, когда стрела располагается между гусеницами, в случае срабатывания ограничителя грузоподъемности, как уже отмечалось, отключается привод поворота и на него накладываются тормоза. Это вызывается тем, чтобы избежать опрокидывания экскаватора при повороте с предельным грузом, т. е. при выходе в зону меньшей устойчивости экскаватора.

Наладка. Параметры схемы, устанавливаемые при наладке главных приводов крана, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Параметры схемы, устанавливаемые при наладке главных приводов экскаватора-крана Э-2503

Положение командо-контроллеров	Ток в обмотках						Напряжение генератора при холостом ходе, в	Стопорный ток, а
	усилителя, ма		генератора, а		двигателя, а			
	задающей (УМС-2)	дифференциальной (УМС-6)	независимой (ОНГ)	параллельной (ОШГ)	независимой (ОВД) ¹			
					полный	ослабленный		
Привод подъема—хода								
I	80—103	21—24	0,4—0,6	1,0—1,1	14,8	—	85—96	470—550
II	180—220	50—56	0,6—1,4	2,2—2,5	14,8	—	245—285	525—615
III	450—520	100—110	5,0—6,6	4,6—4,7	14,8	8,5	400—425	650—750
Привод поворота								
I	30—35	8—9	0,5—0,6	0,45—0,5	12,3	—	56—64	178—250
II	60—70	10—12	0,8—1,0	0,7—1,0	12,3	—	118—130	188—280
III	85—100	16—20	1,0—1,3	0,9—1,3	12,3	—	166—170	208—300
IV	120—140	18—30	1,2—1,8	1,4—2,0	12,3	—	220—230	220—320

¹ Для $t = 15^\circ\text{C}$.

10. НЕПОЛАДКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭКСКАВАТОРА

Наиболее характерные неисправности электрооборудования и схем управления электроприводами, встречающиеся в практике наладки экскаватора, приведены в табл. 7.

Основные неисправности в электрической части экскаватора Э-2503 (см. рис. 3 и 24—26)

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
А. Электродвигатели переменного тока		
1. При запуске электродвигателя главного преобразовательного агрегата шунтирующий контактор 2Л не замыкает свои силовые контакты	<p>а) Неправильно выбраны выдержки реле времени РВК и 2РВП</p> <p>б) Большое падение напряжения в сети питания 380 в переменного тока (до 35—40%)</p>	<p>а) Проверить уставки (выдержку времени) реле согласно требованиям проекта. Выдержка реле времени 2РВП должна быть не менее 9 сек, а реле РВК 12 сек</p> <p>б) Необходимо увеличить выдержки времени реле 2РВП и РВК (до 20—25 сек) или увеличить сечение питающего гибкого кабеля экскаватора</p>
2. При запуске электродвигателя главного преобразовательного агрегата срабатывает главный автомат 1А	<p>в) Сгорела катушка контактора 2Л</p> <p>а) Неправильно собрана схема силовой цепи от главного автомата до пусковых резисторов, вследствие чего при включении контактора 2Л возникает режим к. з.</p> <p>б) Чрезмерно уменьшена выдержка времени реле 2РВП, что приводит к снижению времени выдержки включения шунтирующего контактора 2Л. Это обстоятельство вызывает недопустимое увеличение тока и срабатывание максимальной защиты</p>	<p>в) Заменить катушку контактора 2Л</p> <p>а) Собрать схему силовой цепи и проверить правильность ее соединения согласно монтажным схемам. Устранить таким путем возможность возникновения искусственных к. з.</p> <p>б) Увеличить время выдержки реле времени 2РВП</p>
3. При включении автоматического выключателя и пакетных выключателей двигатель не вращается („гудит“)	<p>а) Обрыв одной из фаз переменного тока питающей линии</p>	<p>а) Замерить напряжения на всех фазах питающей линии, восстановить цепь оборванной фазы</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причина неисправности	Способ устранения неполадки
<p>4. При включении автоматического выключателя и подаче напряжения питания 380 в самопроизвольно начинает вращаться электродвигатель</p> <p>5. Не срабатывают электропневмоклапаны и реле давления</p>	<p>б) Подгорание токоъемных колец</p> <p>в) Исчезновение контакта в контакторно-релейной аппаратуре Ошибка в монтаже. Цепи питания двигателя подключены, минуя пусковую аппаратуру</p> <p>а) Замерзание пневморегулирующей аппаратуры в зимнее время года</p> <p>б) Засорение или попадание влаги в электропневматические вентили, вызывающее полное или частичное прекращение подачи воздуха в цилиндры тормозов. Нерастормаживание тормоза при подаче питания на электродвигатель</p>	<p>б) Зачистить токоъемные кольца, отрегулировать нажатие неподвижных контактов</p> <p>в) Зачистить контакты аппаратуры</p> <p>Проверить силовую цепь и выполнить ее согласно монтажной схеме</p> <p>а) Включить обогрев пневмошкафа</p> <p>б) Произвести ревизию пневморегулирующей аппаратуры</p>
<p>1. На работающем возбудителе <i>B</i> нельзя получить на выходе нормальное напряжение 110—115 в при изменениях сопротивления реостата <i>ИСД</i></p> <p>2. Вольтметр возбудителя <i>2V</i> отклоняется в обратную сторону („защкаливает“)</p>	<p align="center">Б. Узел возбудителя <i>B</i></p> <p>а) Значительное смещение траверсы со щетками с нейтрали</p> <p>б) Зависание щеток в гнездах щеткодержателей</p> <p>а) Смена полярности на зажимах возбудителя <i>B</i> в результате его перематывания</p>	<p>а) Установить траверсу со щетками на нейтраль</p> <p>б) Устранить заедание щеток в гнездах щеткодержателей</p> <p>а) Переключить концы обмотки возбуждения возбудителя</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>3. При включении контактора блокировки <i>КБ</i> наблюдается сильный нагрев выпрямителей токовых узлов и той части токовых потенциометров, которые не включены параллельно выпрямителям <i>1ВГ</i></p> <p>4. После запуска главного преобразовательного агрегата и при наличии давления в пневмосистеме не замыкает свои силовые контакты контактор блокировки <i>КБ</i>, т. е. не подается напряжение на цепи управления</p>	<p>б) Изменение направления вращения приводного двигателя</p> <p>а) Неправильное включение выпрямителя <i>ВГ</i> в цепи питания катушки контактора <i>КБ</i> и смена полярности на зажимах возбuditеля <i>В</i></p> <p>б) Пробой выпрямителя <i>ВГ</i> и смена полярности на зажимах возбuditеля <i>В</i></p> <p>а) Обрыв в цепи катушки контактора блокировки <i>КБ</i></p> <p>б) Разрыв в цепи блокировок контактора <i>КБ</i> из-за плохого контакта в одном из реле — максимально-токовом <i>РТМ</i>, промежуточном <i>ЗРП</i>, замыкания на земле <i>РЗЗ</i> или блок-контактов контактора <i>2Л</i> и контактора <i>КБ</i></p>	<p>б) Переменить два любых силовых конца, питающих приводной двигатель</p> <p>а) Переменить концы проводов на выпрямителе <i>ВГ</i>. Отсоединить конец <i>1</i> на токовом потенциометре <i>1СУП</i>. Запустить возбuditельный агрегат и определить вольтметром полярность концов, отходящих от контактора <i>КБ</i>. Конец <i>1</i> должен иметь положительную полярность. Если иная полярность, то необходимо переменить силовые концы <i>1</i> и <i>2</i> на панели управления (на контакторе блокировки <i>КБ</i>)</p> <p>б) Заменить выпрямитель <i>ВГ</i> и добиться, как указано выше, положительной полярности на конце <i>1</i> (на контакторе блокировки <i>КБ</i>)</p> <p>а) Устранить обрыв, восстановить целостность проводников цепи питания катушки</p> <p>б) Подчистить контакты или заменить их новыми. Если контакты потемнели от перегрева и на них образовались застывшие капельки, поверхность их зачистить бархатным напильником. Контакты должны быть всегда чистыми и сухими</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
	<p>в) Не соответствует схема включения (маркировка) выпрямителя <i>ВГ</i> полярности возбuditеля <i>В</i></p> <p>г) Срабатывание реле замыкания на землю <i>РЗЗ</i> при замыканиях на землю силовых цепей электрических машин, токового потенциометра, цепей управления на станции и пульте. Особенно часто замыкания наблюдаются на зажимах главных двигателей, а также в местах перехода проводников с зажимов генераторов в желоба. Реле <i>РЗЗ</i> иногда срабатывает вследствие попадания переменного тока в цепь постоянного</p>	<p>в) Восстановить необходимую по монтажной схеме полярность выпрямителя <i>ВГ</i> с учетом указаний п. 3</p> <p>г) Отыскать место замыкания на землю (корпус), устранить это замыкание. Иногда „земля“ появляется только при работе экскаватора, что требует длительного и тщательного наблюдения с целью устранения замыкания на корпус</p>
<p>1. Чрезмерное искрение под щетками генератора</p>	<p>В. Система генератор — двигатель</p> <p>а) Траверса со щетками намного сдвинута с нейтрали</p> <p>б) Не выдержаны расстояния щеткодержателей от поверхности коллектора</p> <p>в) Щетки сильно сработались или плохо притерты к поверхности коллектора</p>	<p>а) Обычно траверсу сдвигают не более чем на 1—3 коллекторные пластины по ходу вращения якоря генератора</p> <p>б) Расстояние щеткодержателей до поверхности коллектора не должно превышать 2—3 мм</p> <p>в) Заменить щетки новыми необходимой марки и пришлифовать их так,</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>2. Искрение под отдельными бракетами (щетками)</p> <p>3. Быстрый износ щеток, неравномерный износ щетки „под углом“ (края щетки обламываются)</p> <p>4. Появление задиrow на поверхности коллектора и неравномерный его износ</p>	<p>г) Обрыв обмотки якоря генератора или плохая пайка „петушков“</p> <p>а) Искрение имеет место под одним из бракетов из-за неравномерного расстояния между бракетами по окружности коллектора</p> <p>б) Неравномерен зазор между основным полюсом возбуждения и поверхностью якоря</p> <p>а) Неудовлетворительная поверхность коллектора</p> <p>б) Неправильные сорт и посадка щеток в щеткодержателе — расстояние щеткодержателей до поверхности коллектора слишком велико (до 8—10 мм)</p> <p>а) Слишком мал зазор между щеткодержателем и поверхностью коллектора (0,5—1,5 мм)</p> <p>б) В щеткодержателях установлены щетки разных марок, неравномерное нажатие щеток на коллектор из-за неправильной регулировки пружины</p>	<p>чтобы не менее $\frac{3}{4}$ поверхности щетки находились в контакте с поверхностью коллектора</p> <p>г) Найти неисправное место и его устранить</p> <p>а) Установить бракетки со щеткодержателями на одинаковых расстояниях по окружности коллектора</p> <p>б) Установить полюсы на одинаковых расстояниях от поверхности якоря</p> <p>а) Коллектор очистить от грязи или шлифовать</p> <p>б) Заменить щетки, установить щеткодержатели строго по радиусу и главное на расстоянии от поверхности коллектора не более 2—3 мм</p> <p>а) Зазор между щеткодержателем и поверхностью коллектора должен быть установлен равным 2—3 мм. Коллектор нужно шлифовать или проточить</p> <p>б) Поставить щетки необходимой марки, отрегулировать одинаковое давление щеток на коллектор путем смены неисправных пружин. Коллектор проточить или шлифовать</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>5. Чрезмерный нагрев коллектора</p> <p>6. Генератор на холостом ходу не возбуждается или же имеет на выходе напряжение меньше номинального</p>	<p>а) Велика нагрузка б) Слишком тверды щетки</p> <p>в) Плохая поверхность коллектора</p> <p>а) Неверно подключены полуобмотки независимого возбуждения к блокам силовых магнитных усилителей</p> <p>б) Неправильно соединены катушки основных полюсов (перепутаны концы на одном из полюсов)</p> <p>в) Неправильно подключена шунтовая обмотка возбуждения или же имеется обрыв в ее цепи</p> <p>г) Обрыв фазы переменного тока, питающей блок силовых магнитных усилителей</p>	<p>а) Устранить перегрузку б) Заменить щетками необходимой марки в) Коллектор очистить, продуть сжатым воздухом от пыли, осевшей между коллекторными пластинами, прошлифовать (при необходимости)</p> <p>а) Проверить правильность присоединения выводных концов обмоток возбуждения к блокам магнитных усилителей и точно установить полярность</p> <p>б) Катушки основных полюсов должны быть соединены в соответствии с монтажной схемой</p> <p>в) Проверить правильность подключения обмотки самовозбуждения <i>ОШГ</i>, найти и устранить обрыв в цепи обмотки самовозбуждения генератора</p> <p>г) Замерить напряжение на всех фазах питающей линии. Оно должно быть равно 380 в. Замерить также напряжение внутри блока усилителей в цепях, питающих выпрямительные мосты (оно должно быть равно 127 в). Значительное снижение напряжения между какими-либо проводниками указывает на обрыв фазы. Найти обрыв и устранить его</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>7. Срабатывает максимальное реле, отключая цепи управления главными электроприводами (контактор блокировки КБ)</p>	<p>д) Неверно включены задающие обмотки магнитного усилителя</p> <p>е) Вывод на генераторную доску зажимов 20 (120, 220) иногда делают не с тех щеток, с которых он предусмотрен по монтажной схеме, в результате чего узел токовой отсечки оказывается включенным на напряжение генератора</p> <p>ж) Неверно собрана силовая (главная) цепь системы Г—Д. Дополнительный полюс генератора оказывается включенным последовательно не с дополнительным полюсом двигателя, а с якорем двигателя. В результате узел токовой отсечки оказывается подключенным на напряжение генератора</p> <p>а) Неправильно выбраны (занижены) уставки токовых реле РТМП, РТМВ, РТМН</p> <p>б) Неправильно собрана силовая цепь генератора: ошибочно силовые концы Я₁ бывают соединены с зажимом Д₂, а Д₂ — с зажимом Я₁, что приводит к включению реле РТМ на напряжение генератора</p>	<p>д) Подключить задающие обмотки усилителя последовательно и встречно</p> <p>е) Перед пуском в работу генератора в процессе наладки посмотреть, с какой щетки взяты выводы (20, 120, 220). Вывод должен идти с дополнительного полюса, а не с якорного конца, который выходит прямо на доску зажимов</p> <p>ж) Необходимо правильно собрать силовую цепь, так чтобы вывод генератора Д₂ соединялся с выводом Д₂ двигателя, а вывод генератора Я₁ — с выводом Я₁ двигателя</p> <p>а) Проверить уставку токового реле и настроить его согласно заводским (проектным) данным</p> <p>б) Проверить правильность соединения силовых концов с зажимами генератора в соответствии с принципиальной схемой. Реле РТМ должно быть подключено параллельно дополнительным полюсам генератора и двигателя</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>8. При пуске главного преобразовательного агрегата и включенных цепях управления возникают колебания тока (наблюдается по амперметру)</p> <p>9. При постановке рукоятки командоконтроллера в любое положение в обе стороны привод не управляется</p>	<p>в) Срабатывает реле <i>PTM</i> при III или IV положении рукоятки командоконтроллера в результате обрыва в цепи обмотки <i>УМС-4</i> жесткой обратной связи по току главной цепи</p> <p>г) Обрыв в цепи обмотки жесткой обратной связи по току главной цепи <i>УМС-4</i></p> <p>а) Самовозбуждение генератора от остаточного напряжения</p> <p>б) Сильно сдвинута траверса со щетками генератора против вращения</p> <p>в) Перепутаны концы обмотки гибкой обратной связи по току <i>УМС-1</i> (или обрыв цепи обмотки)</p> <p>г) Очень сильна гибкая обратная связь по току <i>УМС-1</i></p> <p>а) Не включился контактор блокировки <i>КБ</i></p> <p>б) Обрыв в цепи задающей обмотки управления <i>УМС-2</i></p>	<p>в) Найти и устранить обрыв. При проверке убедиться в исправности выпрямителей <i>1ВГ</i> в токовых узлах</p> <p>г) Проверить и устранить обрыв в цепи обмотки магнитного усилителя <i>УМС-4</i>. Одновременно проверить исправность кремниевых выпрямителей узла токовой отсечки</p> <p>а) Сдвинуть щетки с нейтрали на 1—1,5 коллекторные пластины по ходу вращения якоря</p> <p>б) Установить, как указано в п. „а“</p> <p>в) Произвести правильное подключение концов обмотки усилителя <i>УМС-1</i> (или устранить обрыв)</p> <p>г) Увеличить величину сопротивления резистора <i>ЗСД</i></p> <p>а) Проверить цепь питания катушки контактора блокировки <i>КБ</i> (см. п. 4 разд. „Б“)</p> <p>б) Проверить цепь задающей обмотки управления магнитного усилителя <i>УМС-2</i></p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>10. При постановке рукоятки командоконтроллера на все положения в одну и другую стороны привод вращается с малой скоростью. Амперметр показывает ток, близкий к стопорному. При этом направление тока, а также направление вращения двигателя при перестановке рукоятки командоконтроллера также изменяются</p> <p>11. То же, что в п. 10, но главный электродвигатель неподвижен</p> <p>12. При постановке рукоятки командоконтроллера в положение 0 двигатель вращается медленно</p>	<p>в) Задающие обмотки усилителя УМС-2 включены согласно</p> <p>г) Исчезновение контакта в командоконтроллере или пакетном выключателе тормозов</p> <p>На двигатель наложен тормоз из-за:</p> <p>а) отсутствия воздуха в пневмосистеме</p> <p>б) обрыва в цепи катушки электропневматического вентиля тормоза</p> <p>Обрыв в цепи возбуждения главного электродвигателя</p> <p>а) Небаланс блока силовых магнитных усилителей (имеется в обмотках независимого возбуждения генератора ток нагрузки)</p>	<p>в) Необходимо включить обмотки управления магнитного усилителя УМС-2 последовательно и встречно</p> <p>г) Устранить нарушенные контакты щеток в командоконтроллере или контактов в пакетном выключателе</p> <p>а) Найти причину и устранить ее</p> <p>б) Восстановить цепь питания катушки ВВТ</p> <p>Найти неисправность и устранить ее</p> <p>а) Добиться, чтобы токи в полубмотках независимого возбуждения генератора были минимальными (близкими к нулю) за счет регулирования величины сопротивления в обмотках смещения СМУ</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>13. Привод вращается только в одну сторону</p> <p>14. При переводе рукоятки командоконтроллера в любое положение и в любую сторону привод вращается с одинаковой скоростью, причем с максимальной скоростью, соответствующей крайнему положению КК</p>	<p>б) Обрыв цепи смещения на одном из магнитных усилителей блока</p> <p>в) Из-за тряски при работе экскаватора, вызывающей ослабление креплений балластных резисторов, последние иногда замыкаются между собой</p> <p>г) Сгорание балластных резисторов или же потеря контакта в болтовых соединениях</p> <p>а) Обрыв в цепи задающей обмотки усилителей, тем не менее привод вращается в одну сторону уже под действием внешних нагрузок (веса ковша)</p> <p>б) Нет контакта в командоконтроллере</p> <p>в) Сгорела (или оборвана) часть резистора 2СУ</p> <p>Обрыв цепи обмотки жесткой обратной связи по напряжению генератора — обмотки магнитного усилителя УМС-6</p>	<p>б) Найти место обрыва и устранить его</p> <p>в) Визуально просмотреть состояние крепления балластных резисторов и устранить повреждение</p> <p>г) Установить балластные резисторы в соответствии с проектными данными</p> <p>а) Восстановить цепь задающей обмотки магнитных усилителей блока</p> <p>б) Зачистить контакты в командоконтроллере</p> <p>в) Заменить резистор 2СУ</p> <p>Проверить цепь обмотки УМС-6 и устранить обрыв</p>

Характер неисправности и признаки ее проявления	Причины неисправности	Способ устранения неполадки
<p>15. Разгон, реверсирование и торможение происходят резко, а не плавно, с толчками</p>	<p>а) Выход из строя или обрыв цепи кремниевых выпрямителей <i>1ВГ</i> в узле токовой отсечки</p> <p>б) Обрыв в цепи конденсатора в узле гибкой обратной связи по напряжению генератора <i>УМС-6</i></p> <p>в) Обрыв в цепи обратной гибкой связи по току главной цепи <i>УМС-1</i></p>	<p>а) Заменить кремниевые выпрямители <i>1ВГ</i>, отыскать место обрыва</p> <p>б) Найти и устранить обрыв в узле гибкой обратной связи по напряжению генератора</p> <p>в) Проверить цепь обмотки <i>УМС-1</i> и устранить место обрыва</p>
<p>16. Разгон, реверс и торможение продолжительны и скорость привода уменьшается в установившемся режиме работы</p>	<p>Пробой (к. з.) конденсатора <i>С</i> в узле гибкой обратной связи по напряжению генератора <i>УМС-6</i></p>	<p>Заменить конденсатор <i>С</i></p>
<p>17. На работающем экскаваторе достигается при реверсировании в одну сторону нормальная скорость привода, а в другую она резко падает (с ростом нагрузки)</p>	<p>Пробой одного из кремниевых выпрямителей <i>1ВГ</i> узла токовой отсечки</p>	<p>Проверить и заменить пробитый выпрямитель</p>
<p>18. В любую сторону привод разгоняется медленно, стопорные токи малы</p>	<p>Пробой обоих кремниевых выпрямителей <i>1ВГ</i> узла токовой отсечки</p>	<p>Проверить и заменить выпрямители</p>
<p>19. При переходах с „экскавации“ на „ход“ и наоборот привод не реагирует на перемещение рукоятки командоконтроллера</p>	<p>Не срабатывает конечный выключатель переходной шестерни хода <i>1КВХ</i>, из-за чего цепь задающей обмотки усилителя <i>УМС-2</i> оказывается разомкнутой</p>	<p>Отрегулировать перемещение шестерни включения механизма хода. Проверить срабатывание конечного выключателя <i>1КВХ</i> при выходе из зацепления шестерни хода</p>

ЛИТЕРАТУРА

Крайцберг М. И. Электроприводы строительных машин и механизмов. М., Госэнергоиздат, 1958.

Мартынов М. В., Переслегин Н. Г. Автоматизированный электропривод и горной промышленности. М., «Недра», 1969.

Вуль Ю. Я., Ключев В. И., Седаков А. В. Наладка электроприводов экскаваторов. М., «Недра», 1969.

Ройзен С. С., Стефанович Т. Х. Магнитные усилители в электроприводе и автоматике. М., «Энергия», 1970.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие сведения	3
2. Электрооборудование экскаватора	7
3. Механические характеристики электроприводов постоянно- го тока	15
4. Основные элементы системы Г—Д	20
5. Принцип работы системы Г—Д	47
6. Схема управления электроприводами	56
7. Электропривод экскаватора-лопаты	73
8. Электропривод экскаватора-драглайна	83
9. Электропривод экскаватора-крана	89
10. Неполадки в электрической части экскаватора	93
<i>Литература</i>	95

Цена 22 коп.