

*М. Л. Голубев*

**РЕЛЕЙНАЯ  
ЗАЩИТА  
И АВТОМАТИКА  
ПОДСТАНЦИЙ  
С КОРОТКО-  
ЗАМЫКАТЕЛЯМИ  
И ОТДЕЛИТЕЛЯМИ**



БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

---

*Выпуск 164*

ГОЛУБЕВ М. Л.

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА  
И АВТОМАТИКА ПОДСТАНЦИЙ  
С КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЯМИ  
И ОТДЕЛИТЕЛЯМИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА

1965

ЛЕНИНГРАД

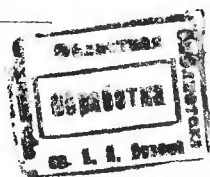
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В.,  
Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д.,  
Устинов П. И.

УДК 621.316.925.1:621.311.49(04)  
Г62

*В брошюре изложены основные вопросы релейной защиты и автоматики трансформаторных подстанций без выключателей на стороне высшего напряжения, с переменным оперативным током. Рассмотрены конструкции приводов короткозамыкателей и отделителей и методы их наладки.*

*Брошюра предназначена для электромонтеров наладочных и эксплуатирующих организаций, обслуживающих релейную защиту и автоматику.*



*Голубев Михаил Львович, Релейная защита и автоматика подстанций с короткозамыкателями и отделителями. М.—Л., издательство „Энергия“, 1965, 64 с. с черт. (Б-ка электромонтера, вып. 164).*

Тематический план 1965 г., № 155

\* \* \*

Редактор В. А. Семенов

Техн. редактор Г. Е. Ларионов

Сдано в набор 12/III 1965 г.

Подписано к печати 21/IV 1965 г.

T-03599

Формат 84×108<sup>1/2</sup><sub>32</sub>

Печ. л. 3,28

Уч.-изд. л. 3,35

Тираж 22 500 экз.

Цена 12 коп.

Зак. 172

Московская типография № 10 Главполиграфпрома  
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.  
Шлюзовая наб., 10.

---

---

## I. НАЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛИТЕЛЕЙ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЕЙ

В последние годы в энергосистемах Советского Союза широкое применение находят понизительные подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения. Такие подстанции присоединяются к сетям энергосистем по упрощенным схемам, в основном в виде блока линия — трансформатор или отпайками от линий электропередач (рис. 1, 2, 3). Применение подобных схем позволяет значительно уменьшить стоимость строительства подстанций, сэкономить наиболее дефицитные выключатели высокого напряжения, сократить срок строительства. Отсутствие выключателей на стороне высшего напряжения трансформаторов существенно упрощает и удешевляет эксплуатацию подстанций.

Для защиты понизительных трансформаторов таких подстанций применяются следующие способы:

а) установка на выводах высшего напряжения трансформаторов плавких предохранителей;

б) фиксация повреждений в трансформаторе с помощью защит, установленных на питающих концах линии;

в) передача отключающего сигнала по соединительным проводам от защит трансформатора на отключение выключателей, установленных по концам линии;

г) установка специальных аппаратов короткозамыкателей, которые включаются при срабатывании защит трансформатора и вызывают короткое замыкание на его выводах высшего напряжения.

Очевидно, что в тех случаях, когда повреждение трансформатора может быть с достаточной чувствительностью зафиксировано защитами, установленными на питающей стороне линии, нет необходимости в установ-

ке короткозамыкателей и специальных защит трансформатора.

Обычно для защиты линии и трансформатора по схеме на рис. 1, а на выключателе питающей подстанции устанавливается двухступенчатая максимальная токовая защита. Первая ступень этой защиты выполняется без выдержки времени и отстраивается по току срабатывания от шин низшего напряжения трансформатора (отсечка). Эта ступень обычно охватывает всю линию и часть обмоток трансформатора. Чувствительность ее при коротких замыканиях на выводах высшего напряжения трансформатора должна быть не меньше 1,5—2.

Оставшаяся часть обмоток трансформатора и ошиновка низшего напряжения, до выключателя 2В, защищаются второй ступенью максимальной токовой защиты.

Чувствительность ее при повреждении на шинах низшего напряжения должна быть не менее 1,5, а выдержка времени отстроена от выдержки времени защиты, установленной на выключателе 2В. В ряде случаев выдержка времени второй ступени максимальной защиты, установленной на выключателе 3В, доходит до 3—4 сек и более.

За счет такой большой выдержки времени значительно увеличивается размер повреждения трансформатора и удорожается его ремонт.

Если защиты, установленные на питающих концах линии, не обеспечивают необходимой чувствительности при замыканиях в обмотках трансформатора и на его выводах низшего напряжения, или работают с недопустимо большой выдержкой времени, то для отключения повреждения используются защиты трансформатора, которые действуют в сочетании со специальным аппаратом — короткозамыкателем.

Короткозамыкатель представляет собой однополюс-

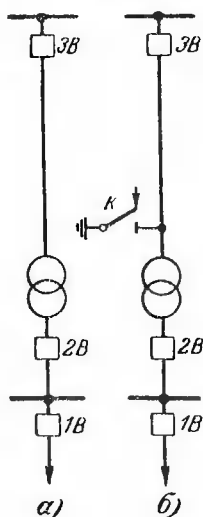


Рис. 1. Схемы типовых подстанций без выключателей на стороне высшего напряжения.

а — без короткозамыкателя; б — с короткозамыкателем.

ный разъединитель с мощными контактами. Губки короткозамыкателя присоединяются к ошиновке высшего напряжения, ножи — к контуру заземления подстанции.

Короткозамыкатель управляется приводом ШПК, являющимся упрощенным вариантом грузового привода ПГ-10. Включение короткозамыкателя осуществляется автоматически, а отключение — вручную.

Нормально короткозамыкатель отключен, его включающая пружина, расположенная в раме короткозамыкателя, заведена и удерживается в этом состоянии приводом. При повреждении трансформатора его защита воздействует на привод, привод переходит в положение «отключен» и разрешает включающей пружине включить нож короткозамыкателя.

В сетях с заземленной нейтралью (обычно сети напряжением 110 кВ и выше) короткозамыкатель устанавливается на одной фазе; в сетях с изолированной нейтралью (обычно сети напряжением 35 кВ и ниже) короткозамыкатель выполняется двухполюсным с общим приводом и устанавливается на двух фазах. После включения короткозамыкателя возникает однополюсное или двухполюсное замыкание на землю на выводах высшего напряжения трансформатора. При этом срабатывают защиты, как правило, быстродействующие, установленные на питающих концах линии, и отключают повреждение.

Таким образом, с помощью короткозамыкателя обеспечивается отключение поврежденного трансформатора, не имеющего выключателя на стороне высшего напряжения. После отключения выключателем линии поврежденного трансформатора допускается его однократное включение от АПВ, хотя это может вызвать увеличение размеров повреждения и соответственно удорожание ремонта трансформатора.

В схемах, приведенных на рис. 2 и 3, на трансформаторах, не имеющих выключателей на стороне высшего напряжения, дополнительно установлены отделители, представляющие собой трехполюсные разъединители с автоматическим управлением. Каждый полюс отделителя имеет собственную отключающую пружину, нормально отделитель включен, его отключающие пружины заведены и удерживаются в таком положении приводом ШПО, аналогичным приводу ШПК.

Включение отделителя осуществляется вручную, а отключение автоматически.

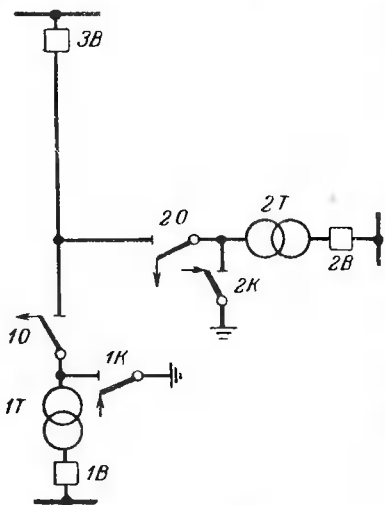
Поскольку контакты отделителя не имеют никаких дугогасительных устройств и работают в воздухе, они могут отключать и включать лишь небольшие токи — ток холостого хода трансформатора определенной мощности или зарядный ток

линии небольшой длины.

В рассматриваемых схемах после отключения питающей линии, в бестоковую паузу, отделитель поврежденного трансформатора автоматически отключается, после чего АПВ линии восстанавливает питание неповрежденного трансформатора в схеме на рис. 2 или транзит между подстанциями в схеме, приведенной на рис. 3.

Серьезным недостатком схем, приведенных на рис. 2 и 3, является то, что при устойчивом повреждении в любом месте линии, отпаечная подстанция

Рис. 2. Схема питания двух тупиковых подстанций от одной линии.



остается без напряжения на все время ремонта. Аналогичное положение возникает и при отключении линии для плановых ремонтов. Этот недостаток устраняется применением схемы, приведенной на рис. 4. В этой схеме на подстанции устанавливаются, кроме отделителя 3О и короткозамыкателя К, еще отделители 1О и 2О, трансформатор напряжения ТН и трансформаторы тока 1ТТ и 2ТТ. Выключатели 1В и 2В, установленные на питающей линии, оборудованы защитами и двухкратными АПВ.

При повреждении линии отключаются выключатели 1В, 2В и от АПВ включаются вновь. Если повреждение было неустойчивым, то восстановление питания на этом заканчивается. Если же повреждение на линии было устойчивым, то она снова отключается. Устройства защиты и автоматики, установленные на отпаечной под-

станции, определяют поврежденный участок линии и в бестоковую паузу отключают соответствующий отделитель 20. Вторым циклом АПВ включается выключатель 1В и восстанавливает питание подстанции. Выключатель 2В также включается, но на короткое замыкание и поэтому снова отключается своей защитой.

В рассмотренных схемах осуществлялось автоматическое отключение отделителя в бестоковую паузу, для чего использовался привод ШПО, который при автоматическом переходе из положения «включен» в положение «отключен» обеспечивал отключение отделителя.

В некоторых схемах автоматики необходимо отделитель не отключать, а автоматически включать. Поскольку выпускаемые приводы предназначены только для автоматического отключения отделителей, а приводы отделителей двухстороннего действия — для автоматического включения и

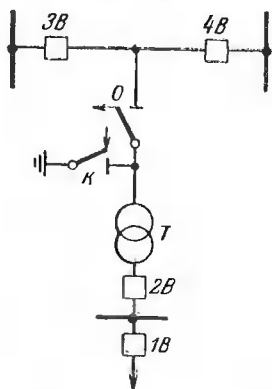


Рис. 3. Схема питания отпаечной подстанции от транзитной линии.

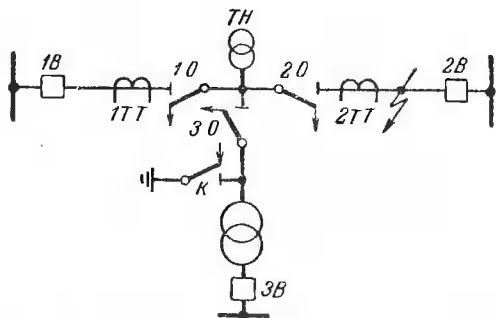


Рис. 4. Схема питания подстанции с отделителями для выделения поврежденного участка линии.

отключения — промышленность еще не выпускает, в этих схемах используются обычные отделители с приводом типа ШПО.

Отделители переделываются для автоматического включения силами энергосистем. Для этого колонки изоляторов снимаются со своего вала, поворачиваются на 90° против направления движения и в таком положении закрепляются на прежних местах. Пружина и привод остаются без изменения. В таком варианте при установке привода в положение «включен» отделитель будет

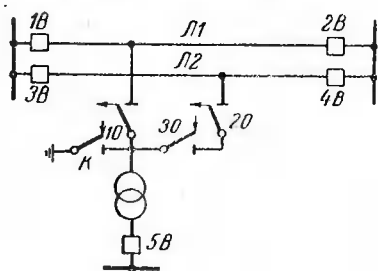


Рис. 5. Схема питания отпаечной подстанции от двух линий.

отключен, а при переводе привода в положение «отключен» — включится.

Применение отделителей для включения резервного питания показано на рис. 5. Нормально отпаечная подстанция через отделитель 10 питается от первой линии Л-1. При повреждении этой линии отключаются выключатели 1В, 2В и снова

включаются от АПВ. Если повреждение линии неустойчивое, то схема полностью восстанавливается. Если повреждение линии устойчивое, то снова отключаются выключатели 1В и 2В.

Отпаечная подстанция остается без напряжения, и на ней начинает работать автоматика, обеспечивающая переключение аппаратов в следующей последовательности: отключается выключатель 5В; отключается отделитель 10; включается отделитель 30; включается выключатель 5В. Таким образом, питание подстанции автоматически переводится на вторую линию Л-2.

Нормально включенный отделитель 20 необходим для отключения поврежденного трансформатора при питании его от второй линии.

На основании рассмотренных примеров можно следующим образом определить назначение короткозамыкателей и отделителей: благодаря применению короткозамыкателей повышается чувствительность защит питающей линии к повреждениям в трансформаторе, в некоторых случаях ускоряется отключение поврежденного трансформатора защитами питающей линии, определяется поврежденный трансформатор и обеспечивается отключение отделителя в бестоковую паузу.

Отделители используются для отключения в бестоковую паузу поврежденного трансформатора или участка линии, для включения резервного питания и для оперативного отключения тока холостого хода трансформатора или зарядного тока небольшой линии.

Необходимо отметить, что короткие замыкания, создаваемые включением короткозамыкателей, для современных мощных систем, оснащенных быстродействующими защитами, как правило, опасны.

Следует учитывать и то, что современные трансформаторы при правильной эксплуатации повреждаются значительно реже, чем линии электропередач, поэтому количество коротких замыканий, создаваемых короткозамыкателями, во много раз меньше количества коротких замыканий, возникающих на линиях.

Для правильной работы схемы с отделителями и короткозамыкателями необходимо четкое согласование действующих на них защит по чувствительности и по времени с защитами питающей линии.

а) Защита, действующая на короткозамыкатель должна быть чувствительнее защиты питающей линии. Это необходимо, чтобы обеспечить надежное включение короткозамыкателя и последующее отключение отделителя при любом повреждении трансформатора.

б) Сумма времен действия защиты и выключателя линии должна быть больше суммы времен действия защиты трансформатора, работы механизма привода короткозамыкателя и включения его ножа. Если это требование невыполнимо, то на линии необходимо применить двукратное АПВ. Если двукратное АПВ выполнить нельзя, то следует применять специальные схемы для защиты трансформатора (рис. 16).

в) Время отключения отделителя должно быть меньше времени АПВ линии, чтобы за время бестоковой паузы поврежденный трансформатор был отключен.

Основными недостатками выпускаемых конструкций короткозамыкателей и отделителей являются:

а) недостаточная доработка конструкций; в эксплуатации неоднократно случались отказы отделителей и произвольное включение короткозамыкателей;

б) недостаточный ток, отключаемый отделителями. Мощные трансформаторы и длинные линии существующими отделителями отключать нельзя, что вызывает за-

труднения в эксплуатации и требует дополнительного отключения потребителей на время операций с отделителями;

в) отсутствие приводов отделителей двухстороннего действия для автоматического отключения и включения усложняет автоматику и требует установки дополнительных отделителей в схемах резервирования.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ ПРИВодОВ КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЕЙ И ОТДЕЛИТЕЛЕЙ И ВСТРОЕННЫХ В ПРИВОДЫ РЕЛЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

Для управления отделителем и короткозамыкателем применяются приводы ШПО и ШПК. Приводы ШПО и ШПК являются упрощенными вариантами привода ПГ-10, в настоящее время снятого с производства. Ки-

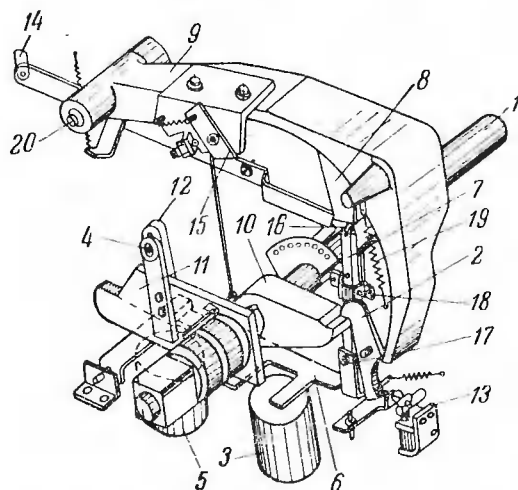


Рис. 6. Кинематическая схема привода ШПК.

нематическая схема привода во включенном положении дана на рис. 6. На валу привода 1 укреплен рычаг 10; на переднем конце вала свободно вращается заводящий рычаг 11 с защелкой 12. Для включения на переднюю часть заводящего рычага, имеющую квадратную форму, одевается съемная рукоятка. Рукоятка поворачивается влево и заводящая защелка захватывает рычаг 10, на-

10

ходящийся в это время в левом крайнем положении. Затем рукоятка поворачивается вправо; защелка 12 ведет рычаг 10, а вместе с ним и вал привода на включение. В конце хода на включение рычаг 10 захватывается удерживающей защелкой 2, и привод запирается в положении «включено». Одновременно рычаг 11 своим роликом 4 захватывает планку 15 серповидного рычага 9 и поднимает его. Левый конец планки 15 тягой 14 передвигает блок-контакты КСА (на рисунке не показаны).

При подъеме серповидного рычага под его зуб 8 подходит ролик 16, ось которого укреплена на удерживающей стойке 7. Стойка устанавливается в нужное положение пружиной и удерживает серповидный рычаг в заведенном положении.

Для отключения подается оперативный ток в обмотки электромагнитов 3, 5. Бойки их ударяют по лапкам отключающей планки 6. Планка поворачивается и винтом 17 ударяет по нижнему концу удерживающей стойки 7. Стойка 7 поворачивается на своей оси 18, и ролик 16 выкатывается из-под зуба серповидного рычага 9. Под действием своего веса и пружины 19 рычаг 9 поворачивается на своей оси 20 и правым концом ударяет по нижней части удерживающей защелки 2. Защелка поворачивается и освобождает рычаг 10 и вал привода.

Пружины, встроенные в корпус короткозамыкателя или отделителя, поворачивают их ножи. Демпфер 13 гасит излишнюю энергию падающего серповидного рычага.

Приводы ШПО и ШПК различаются между собой главным образом набором реле, устанавливаемых в них. В привод ШПК устанавливаются два реле РТМ и один электромагнит включения, работающий от независимого источника постоянного или переменного тока. В привод ШПО устанавливается специальное блокирующее реле БРО, назначение которого будет рассмотрено ниже, и один электромагнит отключения для работы от независимого источника тока. Кроме того, в приводе ШПО имеются дополнительные детали для завода отключающей пружины реле БРО.

Реле РТМ и электромагниты включения и отключения применяются такие же, как и в приводе ПГ-10.

Конструкция реле РТМ показана на рис. 7. На каркасе 8 расположена обмотка реле 5. Внутри каркаса установлена латунная гильза 3, укрепленная в оправе 1. Оправа крепится винтами к нижней полке привода 4. Внутри гильзы помещается трубчатый сердечник, поддер-

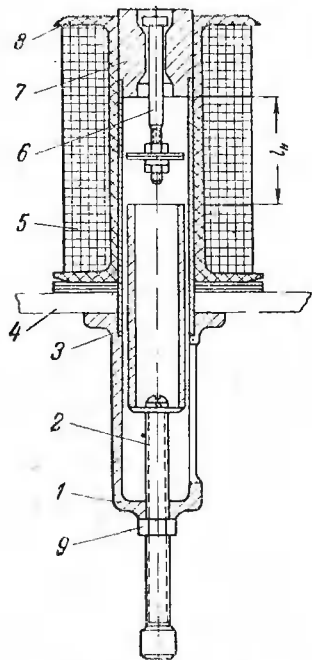


Рис. 7. Конструкция реле РТМ.

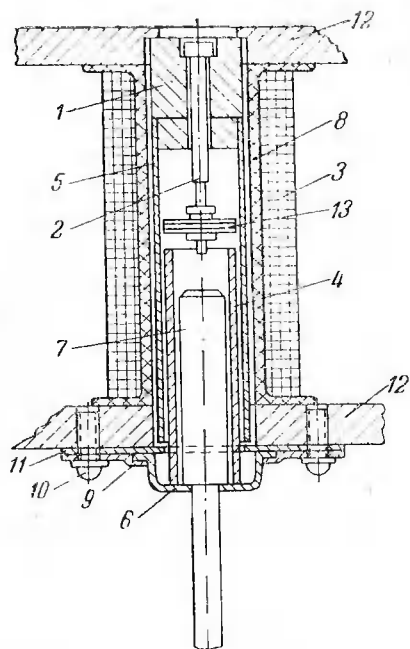


Рис. 8. Конструкция отключающего электромагнита.

живаемый винтом 2. В верхней части гильзы укреплен стоп 7, в отверстие которого проходит боек 6, опираясь своей головкой на края отверстия стопа.

Изменение тока срабатывания рассматриваемого реле РТМ производится изменением начального расстояния  $l_n$  между стопом и сердечником, вывертыванием и ввертыванием винта 2. После установки нужного тока срабатывания винт закрепляется гайкой 9. При увеличении тока в обмотке реле сердечник притягивается к стопу 7 и ударяет по диску бойка 6. Боек вместе с сердечником поднимается и своей головкой поворачи-

вайт отключающую планку привода, который переходит в положение «отключен».

На рис. 8 дана конструкция отключающего электромагнита. Обмотка 3 размещена на каркасе 8. Внутри каркаса, на гильзе 5 укреплен стоп 1; гильза удерживается шайбой 11, которая крепится к нижней полке привода 12 фасонной шайбой 9 и винтами 10. Трубчатый сердечник 4 нижним концом опирается на чашечку 6, которая крепится той же шайбой 9; сердечник 4 верхним концом двигает боек 2 с диском 13, свободно висящим в отверстии стопа 1. Работает электромагнит так же, как и реле РТМ.

Внутри трубчатого сердечника установлена кнопка 7 для ручного отключения: при нажатии на нее снизу она поднимает боек, который производит отключение.

Конструкция реле БРО показана на рис. 9. При включении привода отделителя рычагом на валу привода сжимается отключающая пружина 1 и в таком состоянии запирается системой ломающихся рычагов 2, 3, 4, которые нажимают на ролик 20. Внутри пустотелого сердечника реле 5 помещается пружина сердечника 6, упирающаяся в стоп 7. Стоп крепится в гильзе 8, укрепленной в оправе 9. Оправа крепится к полке привода 10.

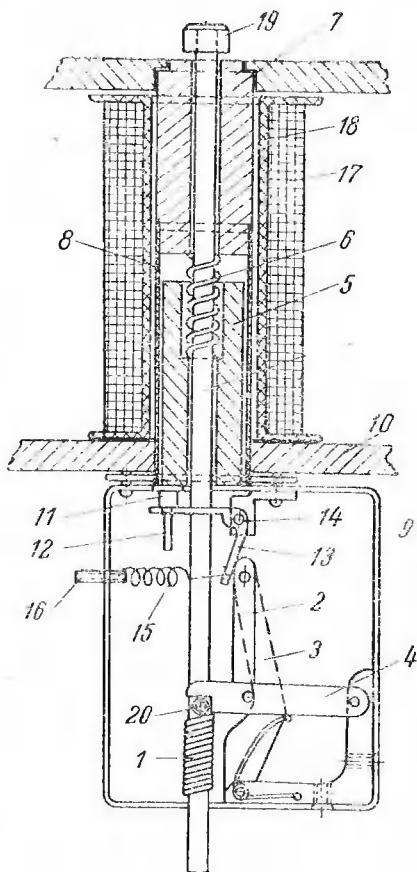


Рис. 9. Конструкция реле БРО.

В нижней части сердечника имеется палец 11—12, проходящий через отверстие в рычаге 13, вращающемся на оси 14. Под действием пружины 6 и собственного веса сердечника левый конец рычага 13 стремится повернуться вниз. Этому препятствует возвратная пружина 15, натяжение которой регулируется винтом 16. Таким образом, нормально сердечник находится в равновесии под действием пружин 6, 15 и своего веса.

Обмотка реле 17, помещенная на каркасе 18, подключается к вторичной обмотке специального трансформатора тока, установленного в цепи короткозамыкателя.

После включения защитой поврежденного трансформатора короткозамыкателя вторичный ток вызванного им короткого замыкания проходит по обмотке реле БРО и сердечник реле 5, притягиваясь к стопу 7, сжимает свою пружину 6. В таком положении сердечник остается до отключения питающей линии своей защитой. После отключения линии и исчезновения тока короткого замыкания сердечник 5 под действием своего веса и пружины 6 с силой опускается и пальцем 11—12 ударяет по рычагу 13, преодолевая усилие возвратной пружины 15. Рычаг 13 поворачивается и освобождает систему ломающихся рычагов 2—3—4, которые в свою очередь освобождают отключающую пружину 1. Пружина 1 толкает боек реле 19 вверх, ударом по лапке отключающего валика переводит привод в положение «отключен» и разрешает отключающим пружинам отделителя повернуть его ножи.

### 3. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ БЕЗ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА СТОРОНЕ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Релейная защита трансформаторов выполняется по-разному, в зависимости от схемы включения подстанции и чувствительности защит питающей линии.

Для защиты трансформатора, включенного по схеме рис. 1,а и не имеющего встроенных трансформаторов тока, предусматривается только газовая защита, действующая на сигнал, и сигнализация о перегрузке трансформатора. Объясняется это тем, что для такой схемы релейная защита, установленная на питающем конце линии, как правило, имеет достаточную чувствительность

для защиты трансформатора, включая шины низшего напряжения (ПУЭ, § III-2-54). Газовая защита в этом случае не является основной защитой трансформатора; поэтому источником оперативного тока для нее может служить трансформатор напряжения или трансформатор собственных нужд. Они же являются источниками оперативного тока и для сигнализации о перегрузке.

Для трансформаторов отпаечных подстанций, включенных по схеме на рис. 2, 3, 4, 5, обязательно наличие собственной защиты трансформатора, действующей на включение короткозамыкателя. Если защищаемый трансформатор не имеет встроенных трансформаторов тока, то на нем устанавливается газовая защита, являющаяся его основной защитой, обеспечивающей включение короткозамыкателя при любых повреждениях внутри бака трансформатора. Поэтому трансформатор собственных нужд или трансформатор напряжения уже не могут служить источником оперативного тока для газовой защиты, ибо при повреждении силового трансформатора оперативное напряжение может значительно снижаться.

Единственным источником оперативного тока в данном случае могут быть батареи конденсаторов, предварительно заряженные от какого-либо источника постоянного тока, например от зарядного устройства УЗ-400.

При таком исполнении защиты, допускаемом ПУЭ (§ III-2-54) и решением Союзглавэнерго № 13/Э от 30/XII 1959 г., остаются незащищенными защитой трансформатора вводы высшего напряжения трансформатора, его выводы низшего напряжения и ошиновка от них до выключателя.

В сетях с заземленной нейтралью для защиты от замыканий на землю обмотки высшего напряжения трансформатора рекомендуется дополнительно применять корпусную защиту (ПУЭ, § III-2-54).

Если силовой трансформатор имеет встроенные трансформаторы тока на стороне высшего напряжения, то на нем обязательно устанавливается дифференциальная защита или максимальная токовая защита с отсечкой, подключаемые к этим трансформаторам тока. При отсутствии встроенных трансформаторов тока для подключения этих защит можно использовать накладные

трансформаторы тока, устанавливаемые на выводах высшего напряжения трансформатора. Мощность накладных трансформаторов тока, изготавливаемых силами энергосистем, невелика и, как правило, они не могут быть использованы для подключения реле дифференциальной защиты трансформатора.

В Челябинэнерго разработаны накладные трансформаторы тока специальной конструкции, обеспечивающие достаточную мощность для питания токовых цепей дифференциальной защиты трансформатора.

На выключателях линий низшего напряжения обычно устанавливается простая максимальная токовая защита, выполняемая с помощью встроенных в привод реле РТВ и РТМ в различных комбинациях. Такая же защита устанавливается и на выключателе низшей стороны трансформатора.

На трансформаторах большой мощности устанавливаются мощные выключатели с электромагнитными приводами, не имеющими встроенных реле. В этих случаях используется максимальная токовая защита с реле косвенного действия.

При наличии обратного питания со стороны низшего напряжения трансформаторов (например, при параллельной работе трансформаторов, питающихся отпайками от разных линий) предусматриваются дополнительные защиты, отключающие трансформатор со стороны низшего напряжения при повреждении питающей его линии. В качестве таких защит, в частности, применяются токовые поперечно-дифференциальные защиты.

На современных отпаечных подстанциях в большинстве случаев аккумуляторная батарея не устанавливается, а защита, автоматика и телеуправление выполняются на переменном оперативном токе.

Поэтому в дальнейшем рассматриваются лишь основные схемы защит, применяемых на подстанциях с переменным оперативным током.

На рис. 10 дана схема защиты трансформатора подстанции, питающегося от сети с заземленной нейтралью и не имеющего встроенных трансформаторов тока. Источником оперативного тока является трансформатор собственных нужд, включенный между выводами низшего напряжения трансформатора и его выключателем. Так как газовая и корпусная защита являются основ-

ными защитами, то их оперативные цепи питаются от конденсаторов  $1E$  и  $2E$ , заряжаемых от зарядного устройства УЗ-400.

Корпусная защита представляет собой токовое реле  $PT$  типа ЭТ-521, которое питается от трансформатора тока  $1TT$ , включенного в провод, соединяющий бак трансформатора с контуром заземления подстанции.

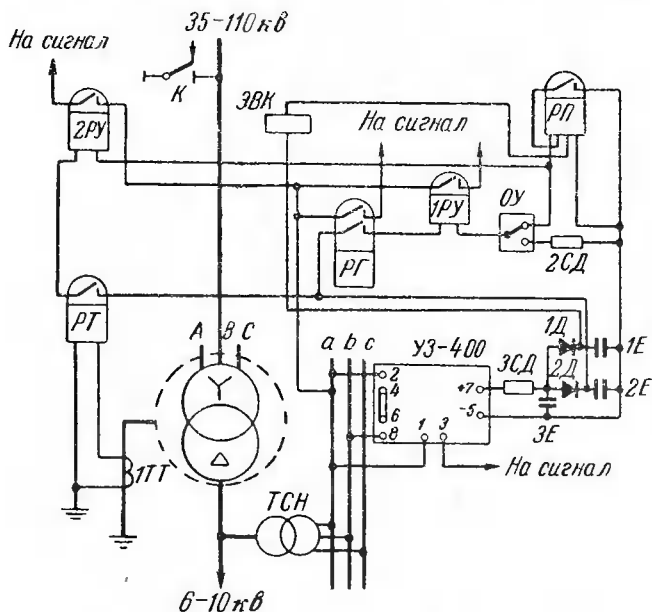


Рис. 10. Схема защиты трансформатора отпаечной подстанции, не имеющего встроенных трансформаторов тока.

При замыкании на корпус обмотки высшего напряжения трансформатора ток короткого замыкания проходит по баку трансформатора до фундамента и здесь разделяется на две части: часть его через фундамент уходит в землю, часть же идет через трансформатор тока  $1TT$ . Затем суммарный ток возвращается по земле к заземленным нулевым точкам системы.

Доля тока, идущего через  $1TT$ , а следовательно, и чувствительность корпусной защиты определяются главным образом сопротивлением фундамента, на котором

установлен трансформатор. Сопротивление это меняется в зависимости от качества грунта, его влажности, влажности и загрязненности самого фундамента и других факторов, не поддающихся учету. Поэтому при наладке корпусной защиты необходимо определить сопротивление фундамента и долю тока, проходящего через *ИТТ*, опытным путем для каждого конкретного случая.

Газовое реле в рассматриваемой схеме действует на сигнал и на отключение. На контакты газового реле подается оперативный ток от разных источников питания. Цепь сигнального контакта газового реле, который срабатывает при небольших повреждениях трансформатора, не сопровождающихся значительным снижением напряжения на его выводах, питается непосредственно от трансформатора собственных нужд; цепь отключающего контакта газового реле, который срабатывает при значительных повреждениях, вызывающих снижение напряжения, питается от заранее заряженных конденсаторов *1Е* и *2Е*.

Реле *1РУ* и *2РУ* — обычные указательные реле постоянного тока, например типа *РУ-21*. Выходное промежуточное реле *РП* типа *РП-255* имеет последовательную удерживающую обмотку. Назначение ее удерживать реле в сработавшем состоянии не только при кратковременном замыкании контактов газового реле, но также и при действии корпусной защиты, для того чтобы обеспечить надежное включение короткозамыкателя. Отключающее устройство *ОУ* и добавочное сопротивление *2СД* служат для переключения газовой защиты на сигнал. Эта часть схемы выполняется так же, как и у обычной газовой защиты на постоянном оперативном токе.

Основной особенностью рассматриваемой схемы является использование зарядного устройства *УЗ-400*, вместе с выпрямителями *1Д* и *2Д*, конденсаторами *1Е*, *2Е*, *3Е* и сопротивлением *1СД*.

Внутренняя схема зарядного устройства *УЗ-400* приведена на рис. 11.

Трансформатор *Т* является обычным повысительным трансформатором малой мощности. Его первичная обмотка секционирована; при напряжении питания 220 *в* секции включаются последовательно, при 110 *в* — параллельно, путем установки перемычек между зажимами

4—6 или 2—4 и 6—8. Вторичная обмотка трансформатора *T* имеет отпайки для подбора величины вторичного напряжения. Выпрямитель *B* составлен из трех медно-закисных выпрямителей ВК-20, по 24 элемента в каждом.

К зажимам 5—7 присоединяются заряжаемые конденсаторы 1Е и 2Е. Номинальное напряжение на заряжаемых конденсаторах 400 в.

На входе УЗ-400 установлено реле минимального напряжения *РН* типа ЭН-529/160. Секции его обмотки переключаются так же, как и секции обмотки трансформатора *T*.

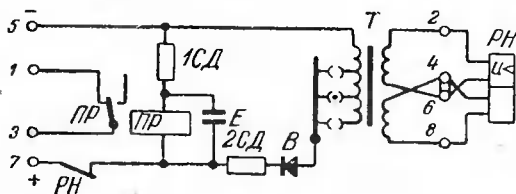


Рис. 11. Внутренняя схема зарядного устройства УЗ-400.

Если бы реле *РН* не было, то при понижении напряжения питания УЗ-400 по любым причинам заряжаемые от УЗ-400 конденсаторы разряжались бы на поляризованное реле *ПР* и через обратное сопротивление выпрямителя на вторичную обмотку трансформатора *T* (рис. 10 и 11). Реле же *РН* срабатывает при снижении напряжения и размыкает свои контакты, предотвращая тем самым разряд конденсаторов. Таким образом, реле *РН* обеспечивает сохранение заряда конденсаторов при понижениях напряжения питания УЗ-400 и этим обеспечивает работу защиты при возникновении повреждения.

На выходе выпрямителя *B* (рис. 11) через добавочное сопротивление *1СД* включено поляризованное реле *ПР* типа РП-7, которое, служит для сигнализации при повреждениях самого УЗ-400 и заряжаемых им конденсаторов. Нормально реле *ПР* находится под выпрямленным напряжением достаточной величины, и его контакт 1—3 разомкнут. Сопротивление *1СД* снижает напряже-

ние на реле *ПР*, ибо реле РП-7 не изготавливаются на напряжение 400 в; конденсатор *Е* устраняет вибрацию реле *ПР*, питающегося от недостаточно сглаженного выпрямленного напряжения.

При пробое выпрямителя *В* реле оказывается включенным на переменное напряжение; при пробое заряжаемых конденсаторов или при обрыве их цепей снижается напряжение на реле. Во всех этих случаях резко снижается постоянная составляющая выпрямленного напряжения, якорь реле *ПР* отпадает и оно замыкает свой контакт 1—3, подавая сигнал о неисправности устройства.

Соппротивление *2СД* служит для ограничения тока короткого замыкания при повреждениях конденсаторов и выпрямителя *В*.

В схеме на рис. 10 на выходе УЗ-400 включены дополнительное сопротивление *3СД* величиной 1500 ом и конденсатор *3Е*, а заряжаемые конденсаторы *1Е* и *2Е* разделены выпрямителями *1Д* и *2Д*. Эти элементы имеют следующее назначение.

Соппротивление *3СД* дополнительно ограничивает ток короткого замыкания, поскольку опыт эксплуатации показывает, что величина сопротивления *2СД*, встроенного в УЗ-400 для этой цели, недостаточна.

Если бы не было разделительных выпрямителей *1Д* и *2Д*, то при работе любого реле, питающегося от одного из заряженных конденсаторов, например *1Е*, разряджались бы на это реле и все другие конденсаторы, включенные параллельно с *1Е*. Выпрямители же *1Д*, *2Д* предотвращают разряд других конденсаторов, питающихся от УЗ-400 при разряде любого из них. Каждый из указанных на схеме выпрямителей *1Д* и *2Д* обычно состоит из двух последовательно включенных диодов Д7Ж.

Так как заряжаемые конденсаторы *1Е* и *2Е* отделены от выпрямителя УЗ-400 выпрямителями *1Д* и *2Д*, то постоянная составляющая выпрямленного напряжения на обмотке реле *ПР* имеет величину порядка 120 в вместо номинальных 400 в. Реле *ПР* вследствие этого не может подтянуть свой якорь и подает ложный сигнал. Для повышения величины постоянной составляющей на обмотке реле *ПР* служит конденсатор *3Е* емкостью 5 мкф.

Схема защиты, приведенной на рис. 10, работает следующим образом.

В нормальном режиме конденсаторы  $1E$  и  $2E$  заряжены. При замыкании контактов реле  $PT$  или  $PG$  конденсатор  $2E$  подключается к обмотке реле  $PP$ , которое срабатывает. Контакты реле  $PP$  замыкают конденсатор  $1E$  на включающий электромагнит  $ЭВК$  короткозамыкателя  $K$ . Так как разряд конденсатора  $2E$  очень кратковремен, в схеме используется удерживающая обмотка реле  $PP$ , питающаяся от конденсатора  $1E$ . Эта обмотка удерживает реле  $PP$  на время, достаточное для срабатывания электромагнита  $ЭВК$ .

Основным преимуществом предварительно заряженных конденсаторов, используемых в рассматриваемой схеме защиты, является то, что они являются практически единственным источником оперативного тока для защиты и автоматики подстанций с переменным оперативным током, обеспечивающим их работу при полном отсутствии напряжения и тока на подстанции. Это обстоятельство особенно важно для подстанций с отделителями, которые должны работать в бестоковую паузу.

Но конденсаторы как источник оперативного тока имеют и недостатки. Основные из них следующие:

а) Если включается под напряжение поврежденный трансформатор на однострансформаторной подстанции, то конденсаторы не могут зарядиться из-за понижения или полного отсутствия напряжения питания, и защита поврежденного трансформатора откажет.

б) Разряд конденсатора продолжаться очень малое время; поэтому от него могут работать только устройства, не имеющие выдержки времени. Принципиально возможно питать от конденсатора и устройства с выдержкой времени, например реле времени. Однако емкость конденсаторов, необходимых в этом случае, оказывается настолько большой, что практически применить их невозможно.

в) Кратковременность разряда конденсатора предъявляет очень серьезные требования к качеству наладки и состоянию питающейся от него аппаратуры. Загрязнения, застревания, окисление, загустение смазки замедляют работу аппаратуры и приводят к ее отказу. Наиболее резко эти свойства проявляются у электромагнитов отключения и включения приводов короткозамыкателей и отделителей в наружных установках.

В схемах защиты трансформатора, имеющего встроенные трансформаторы тока, применяется промежуточное реле переменного тока типа РП-341, внутренняя схема которого дана на рис. 12.

Реле имеет быстронасыщающийся трансформатор тока  $ТТ$ , служащий для ограничения величины напряжения на выпрямителе  $В$ . Пики вторичного напряжения срезаются конденсатором  $Е$ . Первичная обмотка трансформатора  $ТТ$  имеет две секции, включаемые последовательно или параллельно, чем меняется ток срабатывания реле — 2,5 или 5а. На выходе выпрямителя вклю-

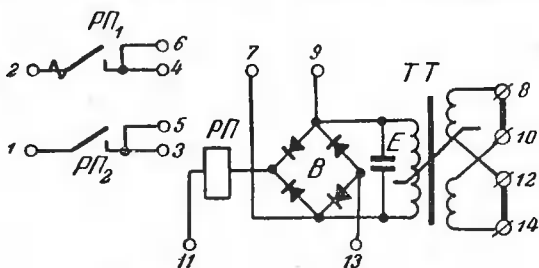


Рис. 12. Внутренняя схема реле РП-341.

чена обмотка промежуточного реле постоянного тока  $РП$ , которое имеет две группы переключающих контактов  $РП_1$  и  $РП_2$ . Контакты  $РП_2$  — обычные,  $РП_1$  — мощные, предназначенные для дешунтирования токовых отключающих электромагнитов.

В нормальном режиме обмотка реле  $РП$  разомкнута. К выводам  $11—13$  присоединяется замыкающий контакт пускового реле. Если пусковое реле имеет размыкающий контакт, то он включается на выводы  $7—9$ , а выводы  $11—13$  замыкаются накоротко перемычкой. В этом случае вторичная обмотка трансформатора  $ТТ$  в нормальном режиме замкнута накоротко и размыкается при срабатывании пускового реле, осуществляя тем самым пуск РП-341.

Контакты реле РП-341 работают без разрыва цепи: при срабатывании реле сперва замыкается его замыкающий контакт и лишь после этого размыкается размыкающий. Следовательно, для срабатывания реле РП-341 необходимы два условия: подключение обмотки его про-

межуточного реле  $P\ddot{I}$  к вторичной обмотке промежуточного трансформатора  $ТТ$  и прохождение по первичной обмотке  $ТТ$  тока, достаточного для срабатывания реле.

Схема защиты трансформатора, имеющего встроенные трансформаторы тока, дана на рис. 13.

Особенностью включения газовой защиты, выполненной по схеме рис. 13,2, является питание цепей обоих ее контактов, как сигнального, так и отключающего, от трансформатора собственных нужд. Допустимость этого объясняется тем, что в рассматриваемой схеме трансформатор имеет вторую основную защиту — дифференциальную, которая резервирует действие газовой защиты, в случае ее отказа при повреждениях трансформатора, сопровождающихся значительным снижением напряжения на шинах собственных нужд.

Схема газовой защиты практически не отличается от общеизвестной схемы, применяемой с постоянным оперативным током. Обычно применяется промежуточное реле  $ЗРП$  типа РП-26. Подключением параллельно обмотке реле  $ЗРП$  сопротивления  $2СД$  (600  $\text{ом}$ , ПЭ-75) увеличивается ток, проходящий по указательному реле  $2РУ$  типа РУ-21/0,25, что обеспечивает более четкую его работу. Сопротивление  $1СД$  (600  $\text{ом}$ , ПЭ-75) необходимо для работы  $2РУ$  при переводе защиты на сигнал отключающим устройством  $ОУ$ .

Дифференциальная защита  $1РНТ$ ,  $2РНТ$ , выполненная с реле РНТ-563 или с другими, имеющими насыщающиеся трансформаторы, действует на промежуточные выходные реле  $1РП$  и  $2РП$  типа РП-341. Пуск реле РП-341 осуществляется замыкающими контактами реле  $1РНТ$ ,  $2РНТ$ , включенными в цепь обмоток реле  $1РП$  и  $2РП$ .

Мощные контакты реле  $1РП$  и  $2РП$  переключаются, подключая к трансформаторам тока электромагниты включения короткозамыкателя  $1ЭВК$ ,  $2ЭВК$  и электромагниты отключения  $1ЭО$  и  $2ЭО$  выключателя стороны низшего напряжения трансформатора. При работе РП-341 и подключении отключающих электромагнитов резко возрастает нагрузка на питающие их трансформаторы тока. Из-за этого вторичный ток может значительно снизиться, особенно у маломощных трансформаторов тока, вследствие чего пусковое реле защиты вернется, разомкнув обмотку реле РП-341. При этом нагрузка на

трансформаторы тока уменьшатся, снова сработают пусковые реле защиты, и весь процесс повторится. Для предотвращения этого контакты реле *1РП* и *2РП* под-

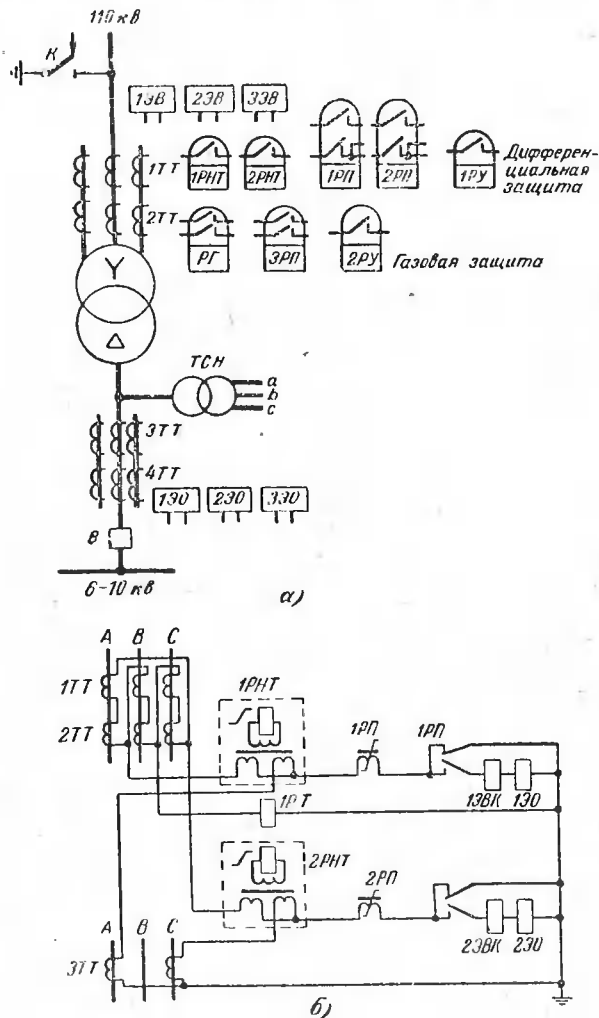
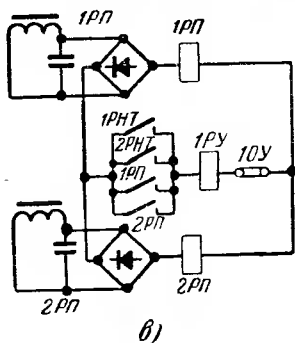


Рис. 13. Схема защиты трансформатора отпаечной подстанции трансформаторы  
*а* — общая схема; *б* — схема вторичных цепей трансформаторов  
 реле РП-341; *в* — схема оперативных цепей газовой защиты

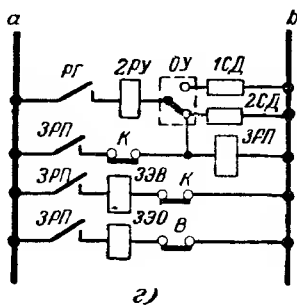
ключаются параллельно контактам пусковых реле защиты и реле РП-341 самоудерживается за счет тока, проходящего по его обмотке, независимо от положения контактов пусковых реле (рис. 13,б). Если пуск реле РП-341 осуществляется размыкающими контактами пусковых реле, то последовательно с ними на зажимы



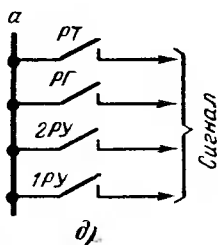
7—9 включаются размыкающие контакты 1РП, 2РП реле РП-341.

Как показано на рис. 13,б, токовые электромагниты включения короткозамыкателя 1ЭВК, 2ЭВК включены последовательно с электромагнитами отключения 1ЭО, 2ЭО выключателя стороны низшего напряжения трансформатора.

Преимуществом такого соединения является возможность использования стандартных электромагнитов; для параллельного же включения необходимы электромагниты с током срабатывания примерно вдвое меньшим, какие промышленностью пока не выпускаются.



Вместе с тем схема последовательного соединения двух электромагнитов имеет и существенный недостаток. При срабатывании токового электромагнита его сопротивление возрастает примерно в 2—3 раза, вследствие чего может уменьшиться вторичный ток питающего трансформатора тока. Если один из двух последовательно включенных электромагнитов почему-либо сработает раньше второго, то увеличение сопротивления первого электромагнита вызовет уменьшение тока и во втором, ухудшая условия его срабатывания. При параллельном же включении электромагнитов увеличение сопротивле-



станции, имеющего встроенного тока.

а — схема вторичных цепей; б — схема сигнализации.

ния электромагнита, сработавшего первым, увеличивает ток во втором, улучшая условия его срабатывания. Эта особенность параллельного включения может оказаться полезной, если электромагниты работают при малых токах, близких к их токам срабатывания, особенно когда используются маломощные трансформаторы тока. Спротивление нагрузки трансформатора тока, питающего электромагниты, и потребляемая электромаг-

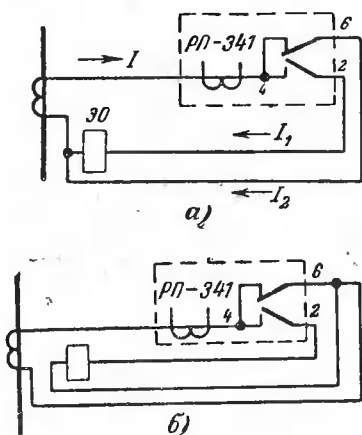


Рис. 14. Схема включения токовых электромагнитов.

*а* — неправильная; *б* — правильная.

нытия шунтирующего контакта РП-341, из-за того, что часть тока будет проходить через его обмотку. После этого сопротивление обмотки электромагнита возрастет, и увеличится падение напряжения на нем, вследствие чего размыкающий контакт реле РП-341 будет работать в более тяжелых условиях.

Во избежание этого электромагниты следует включать, как показано на рис. 14,б. При таком включении электромагнита сопротивление цепи между точками 2—6 практически равно нулю, ток по его обмотке не проходит, пока замкнут шунтирующий контакт, и электромагнит может начать работать лишь после размыкания этого контакта. В этом случае контакт реле РП-341 работает в более легких условиях. После переключения контактов обмотки электромагнитов оказываются под-

питаемыми мощностью в обоих случаях при последовательном и параллельном соединении практически одинаковы.

При срабатывании реле РП-341 электромагниты сперва подключаются к трансформаторам тока его замыкающим контактом, но некоторое, очень небольшое время, они еще остаются зашунтированными размыкающим контактом реле. Если подключение электромагнита выполнено как показано на рис. 14,а, то электромагнит, за это время может сработать еще до раз-

ключенными к трансформаторам тока и они работают как обычные реле РТМ.

В выпускаемых промышленностью приводах короткозамыкателей в качестве электромагнита включения устанавливается реле РТМ с минимальным током срабатывания  $5 \text{ а}$ . Чтобы обеспечить надежную работу электромагнита, его ток срабатывания должен быть не более  $0,8$  тока срабатывания действующей на него защиты. Поскольку чувствительность основных токовых защит по ПУЭ § III-2-20 должна быть не менее  $1,5$ , то при минимальном токе короткого замыкания чувствительность электромагнита будет не менее  $\frac{1,5}{0,8} \approx 2$ . Соблюдение

этого условия очень важно, так как при малых токах, близких к току срабатывания, электромагнит работает очень медленно, и защита питающей линии может отключить ее раньше, чем сработает электромагнит короткозамыкателя. В результате после включения от АПВ выключателя линии на поврежденный трансформатор будет снова подано напряжение и линия снова отключится.

Исходя из этого условия, для надежной работы стандартных электромагнитов включения короткозамыкателя необходимо иметь вторичный ток срабатывания действующей на него защиты не менее  $\frac{5}{0,8} = 6,25 \text{ а}$ .

Очень часто по условиям чувствительности защиты недопустимо принимать такой большой ток срабатывания. В этом случае единственным выходом является перемотка стандартного электромагнита на меньший ток срабатывания  $I_{\text{ср}}$ . Приблизительное число витков  $W$  новой обмотки можно определить по следующему выражению  $W = 1100/I_{\text{ср}}$ , где  $1100$  — число ампер-витков срабатывания реле РТМ, имеющего ток срабатывания  $5 \text{ а}$  и обмотку из  $220$  витков ( $220 \text{ витков} \times 5 \text{ а} = 1100 \text{ ав}$ ). При перемотке обмотки электромагнита следует иметь в виду, что ее сопротивление возрастает примерно пропорционально квадрату числа витков, вследствие чего резко увеличивается нагрузка на питающий трансформатор тока. Поэтому необходимо определить зависимость сопротивления перемотанной обмотки электромагнита от проходящего по ней тока, при втянутом сердечнике

электромагнита и проверить — допустима ли такая нагрузка для питающего его трансформатора тока.

В качестве примера на рис. 15 приведены результаты испытаний электромагнитов с разным числом витков, намотанных проводом ПБД-1,25. Испытания проводи-

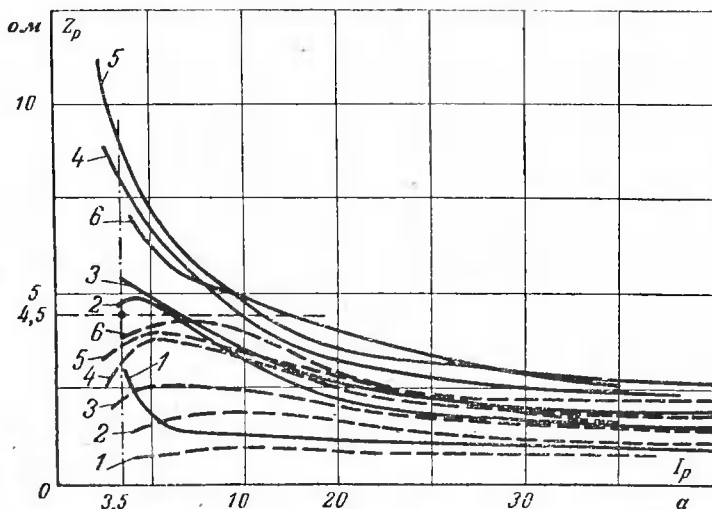


Рис. 15. Зависимость сопротивления электромагнитов от тока при разном числе витков обмотки.

—— сердечник втянут; - - - - - сердечник опущен.

| № кривых                       | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Число витков обмотки . . . . . | 200 | 300 | 350 | 400 | 450 | 350 |

лись в Мосэнерго, на приводе УЛГП. Магнитная система электромагнита оставалась в заводском исполнении как у реле РТМ.

Для сравнения на том же рисунке приведены результаты испытания (кривая б) электромагнита, ранее выпущавшегося заводами для работы от быстронасыщающегося трансформатора тока ТКБ-1 (350 витков провода ПБД-1,35; ток срабатывания 3,5 а). На работу

с этим электромагнитом и были в свое время рассчитаны контакты реле РП-341.

Завод-изготовитель гарантирует надежную работу контактов реле РП-341 и РТ-85, если сопротивление электромагнита при токе 3,5 а не превышает 4,5 ом.

Как видно из кривых рис. 15, сопротивления перемещаемых электромагнитов довольно близки к сопротивлениям электромагнита от ТКБ-1, поэтому можно считать, что перемотанные электромагниты удовлетворяют требованиям завода.

К защитам трансформаторов отпаечных подстанций предъявляется важное требование: они должны во всех случаях обеспечить включение короткозамыкателя. Только после включения короткозамыкателя может начать работать автоматика отключения отделителя поврежденного трансформатора, автоматика включения резервного трансформатора и т. д.

Опытом наладки таких защит установлено, что для надежного включения короткозамыкателя время прохождения тока короткого замыкания через трансформаторы тока поврежденного трансформатора должно быть порядка 0,15—0,2 сек. Это время складывается из времени работы реле дифференциальной защиты, реле РП-341, электромагнита включения короткозамыкателя и времени работы отключающего механизма привода до освобождения его серповидного рычага. Это время зависит от кратности тока короткого замыкания к току срабатывания реле дифференциальной защиты, а также от качества наладки и состояния привода короткозамыкателя.

Следует учитывать, что ремонт привода производится раз в 3—4 года. За это время обычно привод загрязняется, засыхает смазка и т. п., вследствие чего время работы отключающего механизма и электромагнита включения увеличивается.

Полное время отключения короткого замыкания современными быстродействующими защитами и современными выключателями типа МКП, ВВН и др. обычно порядка 0,15—0,2 сек. Следовательно, нет никакого запаса по времени, обеспечивающего включение короткозамыкателя до отключения выключателей на питающих концах линии.

Поскольку увеличение времени отключения коротко-

го замыкания защитами линий недопустимо, надежность включения короткозамыкателя необходимо обеспечивать другими способами.

В качестве примера на рис. 16 приведена схема выходных цепей защиты трансформатора, обеспечивающая более надежное включение короткозамыкателя. Эта схема, применяемая в Мосэнерго, основана на использовании реле РП-341 специальной конструкции.

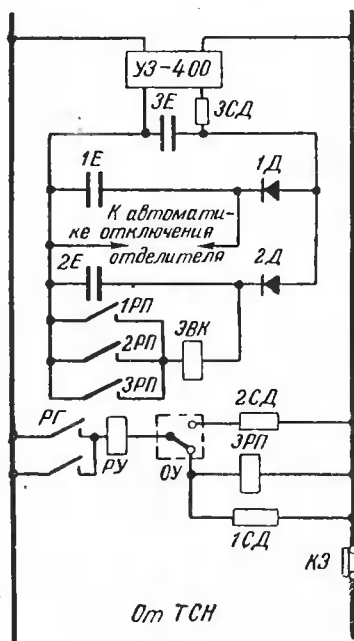


Рис. 16. Оперативные цепи включения короткозамыкателя с реле РП-341, имеющим защелку (Мосэнерго).

В реле 1РП и 2РП, осуществляющих дешунтирование токовых цепей (рис. 13 и 16), добавляется защелка с пружиной. Эта защелка захватывает подвижную систему реле при его срабатывании и удерживает в этом положении. Возврат реле производится вручную, так же как и отключение короткозамыкателя.

Механическое самоудерживание позволило освободить обычные контакты реле РП-341 и использовать их (1РП и 2РП) для подключения конденсатора 2Е к электромагниту включения короткозамыкателя ЭВК (рис. 16).

Благодаря такому выполнению схемы уменьшается общее время, в течение которого должен проходить

ток короткого замыкания, чтобы обеспечить надежное включение короткозамыкателя. Действительно, в этом последнем случае за время прохождения тока короткого замыкания должны успеть сработать последовательно только реле дифференциальной защиты и реле РП-341 (примерно 0,08—0,1 сек). Электромагнит же включения короткозамыкателя и отключающий механизм привода могут сработать от конденсатора 2Е и после прекраще-

ния тока короткого замыкания, так как реле РП-341 механически удерживается в сработавшем положении.

Токовые электромагниты включения короткозамыкателя (на схеме рис. 16 не показаны) также оставлены в работе по следующим двум соображениям:

а) электромагнит, работающий от конденсаторов, не обеспечивает включение короткозамыкателя при подаче напряжения на поврежденный трансформатор;

б) грязь, смазка и другие причины, вызывающие ухудшение состояния привода, на токовые электромагниты влияют гораздо меньше, чем на электромагниты, работающие от конденсаторов. Поэтому токовые электромагниты надежнее.

Так как в приводе имеется только три электромагнита, то газовая защита (реле *ЗРП*) действует на тот же электромагнит, что и реле *1РП* и *2РП* (рис. 16).

Назначение остальных элементов схемы такое же, как и в схеме, приведенной на рис. 13.

#### 4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ОТДЕЛИТЕЛЕЙ

Типовые схемы отключения отделителей, рекомендуемые Руководящими указаниями по релейной защите понижающих трансформаторов (вып. 4), приведены на рис. 17.

Наиболее проста схема, показанная на рис. 17,а, которая состоит из одного специального реле (БРО — блокирующее реле отделителя), встроенного в его привод. Это реле подключено к вторичной обмотке специального трансформатора тока типа ТШЛ-0,5. Трансформатор ТШЛ-0,5 конструктивно оформлен как шинный трансформатор тока наружной установки с литой изоляцией.

В сетях с заземленной нейтралью трансформатор ТШЛ-0,5 включается по схеме рис. 17,а. Его первичной обмоткой служит шина, заземляющая раму и нож короткозамыкателя.

В сетях с изолированной нейтралью трансформатор ТШЛ-0,5 включается между двумя ножами короткозамыкателя (рис. 17,б). Его первичной обмоткой служит заземляющая шина, соединяющая ножи короткозамыкателей двух фаз.

Для правильной работы необходимо, чтобы заземленные конструкции, тяги от ножей к приводу и прочие детали не шунтировали первичную обмотку трансформатора тока. Поэтому рамы короткозамыкателей уста-

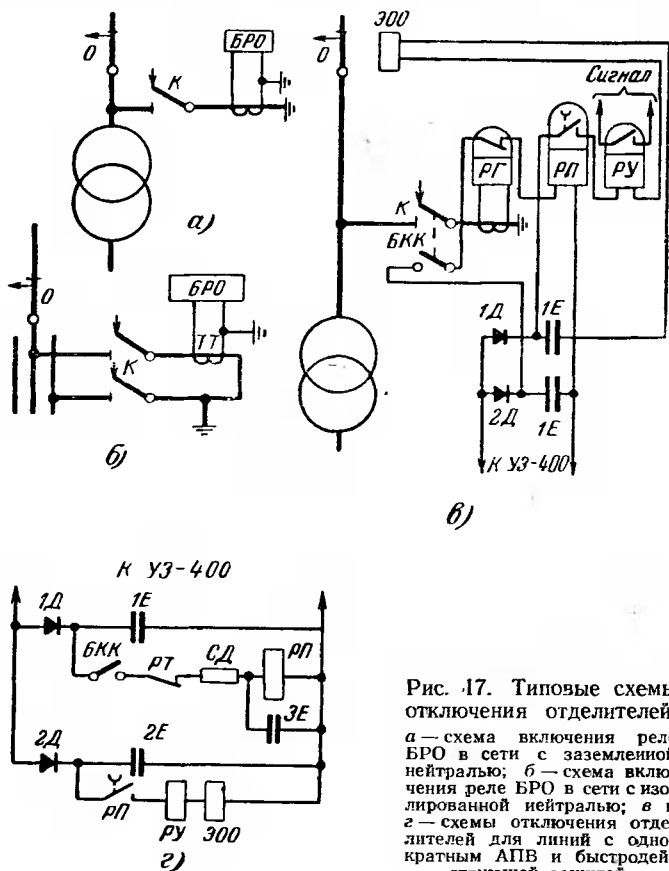


Рис. 17. Типовые схемы отключения отделителей.

навливаются на дополнительные изоляторы, в тяги к приводам и в валы, связывающие ножи короткозамыкателей 35 кВ, вставляются изолирующие вставки.

После включения короткозамыкателя по первичной обмотке трансформатора тока проходит ток короткого замыкания, вызванного включением короткозамыкателя.

Под действием этого тока реле БРО втягивает свой сердечник и удерживает его, пока не отключится питающая линия. После исчезновения тока короткого замыкания сердечник реле БРО опускается и освобождает отключающую пружину реле, которая воздействует на отключающий механизм привода. Привод переходит в положение «отключен» и разрешает отключающим пружинам отключить отделитель. Так происходит отключение отделителя в тех случаях, когда повреждение трансформатора происходит вне зоны действия быстродействующей защиты линии.

Схема очень проста, но имеет ряд особенностей, ограничивающих область ее применения. Основные из них следующие. Если повреждение трансформатора возникло в зоне действия быстродействующей защиты линии, то появляется возможность отказа в отключении отделителя в бестоковую паузу. При этом быстродействующая защита питающей линии обычно успевает отключить линию до того, как замкнутся контакты короткозамыкателя, так как время включения ножа короткозамыкателя 110 и 35 кВ сравнительно велико (порядка 0,4 сек). Поскольку трансформатор тока, установленный в цепи короткозамыкателя, не будет обтекаться током, сердечник реле БРО не успеет подтянуться. Вследствие этого в бестоковую паузу не произойдет отключения отделителя. После включения выключателя линии от АПВ ток пройдет по короткозамыкателю, который к этому времени уже будет включен. Под действием этого тока втянется сердечник БРО. Затем линия снова отключится, и лишь теперь реле БРО отключит отделитель поврежденного трансформатора. Только после этого можно снова включить линию, вручную или вторым циклом двукратного АПВ.

Следовательно, для применения схемы отключения отделителя с реле БРО необходимо установить на выключателях питающей линии двукратное АПВ. В ряде случаев это недопустимо по условиям устойчивости работы системы и всегда ведет к усложнению и удорожанию АПВ.

Поскольку двукратное АПВ, как правило, применяется на тупиковых линиях с односторонним питанием, вполне допустимо в этих случаях использование схемы рис. 17,а и б с реле БРО.

Второй особенностью реле БРО является возможность его ложной работы или отказа при каскадном отключении питающей линии. На рис. 18 приведена схема подключения отпаечной подстанции к линии с двухсторонним питанием, соединяющей две станции или подстанции I и II. При включении короткозамыкателя поврежденного трансформатора через него проходит сумма токов  $I_1$  и  $I_2$ . Допустим, что ток  $I_1$  значительно больше  $I_2$  и что отключение выключателя 1В — производится

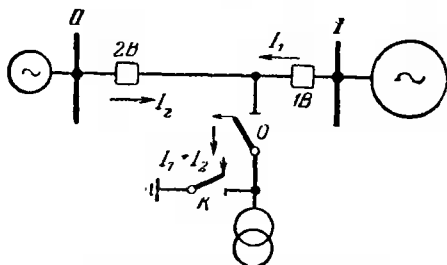


Рис. 18. Схема распределения токов короткого замыкания, вызывающая неправильную работу реле БРО.

быстродействующей защитой, например максимальной токовой отсечкой, а выключателя 2В — второй зоной защиты от замыкания на землю или от междуфазных коротких замыканий с выдержкой времени 0,6—1,2 сек и более.

В результате после отключения выключателя 1В ток в обмотке реле БРО резко снизится. Если оставшийся ток окажется меньше тока удерживания реле БРО, то его сердечник будет опускаться под действием своего веса и пружины сердечника. Оставшийся же ток  $I_2$  будет препятствовать этому движению. Поскольку для поворота рычага 13 (рис. 9) сердечник реле должен ударить по нему с определенной силой, приобретаемой сердечником за время его хода, в зависимости от величины оставшегося тока  $I_2$  возможны два варианта работы реле БРО.

Если остаточный ток велик, то скорость опускания сердечника реле недостаточна для приобретения им силы, необходимой для поворота рычага 13. В этом слу-

чае реле БРО не отключит отделитель после отключения выключателя 2В.

Если же остаточный ток мал, то сердечник реле БРО освободит свою отключающую пружину, вследствие чего отделитель отключит ток короткого замыкания.

Для обеспечения правильной работы реле БРО в рассматриваемой схеме необходимо, чтобы во всех возможных случаях через его обмотку проходил ток порядка 1,5—2-кратного к его току срабатывания, который бы затем толчком спадал до нуля.

Первичный ток срабатывания реле БРО, по данным завода-изготовителя, порядка 500—800 а, и в ряде случаев реальные токи короткого замыкания не могут обеспечить его правильную работу. Можно уменьшить ток срабатывания реле БРО путем увеличения количества витков первичной обмотки трансформатора тока ТШЛ-0,5. Это рекомендует и завод-изготовитель. Но, как показала практика, выполнить на месте монтажа первичную обмотку трансформатора тока, удовлетворяющую всем требованиям — выдерживающую термическое и динамическое воздействие проходящего по ней тока короткого замыкания, устойчивую к свету, сырости и изменениям окружающей температуры, очень трудно.

В процессе наладки выяснилось, что некоторые экземпляры БРО ложно работают от вибрации сердечника при прохождении через обмотку реле больших токов и просто от сотрясений привода.

Отмеченные недостатки ограничивают область применения реле БРО. В случае же применения этого реле требуется тщательная наладка.

Если питающая линия имеет быстродействующую защиту и однократное АПВ, схемы с реле БРО (рис. 17,а, б), как уже отмечалось выше, не обеспечивают во всех возможных случаях отключения отделителя поврежденного трансформатора. В этом случае целесообразно применять схемы, приведенные на рис. 17,в и г. Отключение отделителя в этих схемах происходит с помощью электромагнита отключения ЭОО, который срабатывает за счет разряда конденсаторов 1Е и 2Е.

Для того чтобы не допустить отключения отделителя, когда по короткозамыкателю проходит ток, в рассматриваемой схеме используется токовое реле РТ, подключенное к трансформатору тока ТТ. Это реле размыкает

свой контакт, когда по нему проходит ток, и запрещает отключение отделителя до тех пор, пока не отключится питающая линия и исчезнет ток в цепи короткозамыкателя. В схему рис. 17,в введено также реле *РП* типа РП-251, которое имеет замедление на срабатывание порядка 0,1 сек. Это замедление предусмотрено для того, чтобы перекрыть разновременность замыкания силовых контактов короткозамыкателя и его блок-контактов *БКК* и предотвратить тем самым отключение отделителя под током. Если блок-контакт короткозамыкателя *БКК* замыкается одновременно с замыканием пожа короткозамыкателя, то замедления достаточно для надежной работы реле *РТ* и перекрытия случайных разбросов по времени. Но в выпускаемых в настоящее время короткозамыкателях блок-контакт замыкается раньше пожа примерно на 0,15 сек. Поэтому для таких конструкций схема рис. 17,в неприменима.

Чтобы схему рис. 17,в приспособить к выпускаемым в настоящее время короткозамыкателям, в нее добавлены конденсатор *ЗЕ* емкостью 40 мкф и сопротивление *СД* величиной 15 ком (рис. 17,з). При разных случаях отключения поврежденного трансформатора схема работает различно.

Если к моменту замыкания блок-контакта *БКК* питающая линия будет уже отключена, реле *РТ* замкнет свой контакт и конденсатор *1Е*, имеющий емкость порядка 80 мкф, разрядится на реле *РП* и конденсатор *ЗЕ*. Реле *РП* не подействует до тех пор, пока напряжение на конденсаторе *ЗЕ* не повысится до напряжения срабатывания реле, что замедляет его срабатывание примерно на 0,3—0,4 сек. Благодаря этому замедлению надежно перекрывается разновременность замыкания основных и блокировочных контактов короткозамыкателя. Контакт реле *РП*, так же как и в схеме рис. 17,в, замыкает цепь электромагнита отключения отделителя, который срабатывает от конденсатора *2Е*.

По-другому будет действовать схема, если защита питающей линии начнет работать лишь после включения короткозамыкателя.

При замыкании блок-контакта *БКК* конденсатор *1Е* через еще замкнутый контакт *РТ* начнет разряжаться на конденсатор *ЗЕ*. Затем замкнется нож короткозамы-

катора и разомкнется контакт реле *РТ*. Разряд конденсатора *1Е* прекратится, а конденсатор *3Е* разрядится на реле *РП*. Но реле *РП* при этом не сработает, так как напряжение на *3Е* еще мало. После отключения питающей линии реле *РТ* вернется и конденсатор *1Е* снова начнет разряжаться. Но оставшийся на нем заряд может оказаться недостаточным для заряда конденсатора

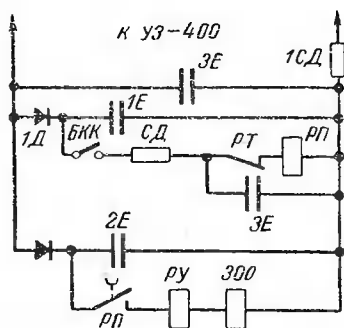


Рис. 19. Улучшенная схема отключения отделителя с промежуточным реле, замедленным на срабатывание.

считываемой схемы тем выше, чем с большей выдержкой времени работает защита на питающем конце линии. Поскольку в последнем рассмотренном случае схема с реле БРО будет действовать правильно и обеспечит отключение отделителя в бестоковую паузу, целесообразно одновременно использовать обе схемы 17,а (или б) и г. При этом, однако, нужно иметь в виду отмеченные выше недостатки реле БРО.

Для устранения недостатков схем автоматического отключения отделителей многими организациями предложены различные усовершенствования. Так, на рис. 19 приведена несколько измененная схема с замедленным промежуточным реле. В этой схеме контакт реле *РТ* включен последовательно только с обмоткой реле *РП*. Поэтому положение контакта реле *РТ* не влияет на заряд конденсатора *3Е* и в то же время реле *РТ*, контролируя наличие тока через короткозамыкатель, обеспечивает отключение отделителя только после отключения

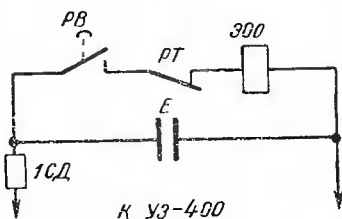


Рис. 20. Схема отключения отделителя Мосэнерго.

*3Е* до напряжения срабатывания реле *РП*, вследствие чего схема откажет в действии.

Следует иметь в виду, что вероятность отказа рас-

считываемой схемы тем выше, чем с большей выдержкой времени работает защита на питающем конце линии. Поскольку в последнем рассмотренном случае схема с реле БРО будет действовать правильно и обеспечит отключение отделителя в бестоковую паузу, целесообразно одновременно использовать обе схемы 17,а (или б) и г. При этом, однако, нужно иметь в виду отмеченные выше недостатки реле БРО.

Для устранения недостатков схем автоматического отключения отделителей многими организациями предложены различные усовершенствования. Так, на рис. 19 приведена несколько измененная схема с замедленным промежуточным реле. В этой схеме контакт реле *РТ* включен последовательно только с обмоткой реле *РП*. Поэтому положение контакта реле *РТ* не влияет на заряд конденсатора *3Е* и в то же время реле *РТ*, контролируя наличие тока через короткозамыкатель, обеспечивает отключение отделителя только после отключения



питающей линии. Эта схема, обеспечивающая автоматическое отключение отделителя в различных случаях, пока еще не имеет достаточного опыта эксплуатации.

На рис. 20 дана схема, разработанная и применяемая в Мосэнерго, в которой отключение отделителя осуществляется электромагнитом отключения ЭОО, срабатывающим от конденсатора  $E$ . В цепь электромагнита отключения включены размыкающий контакт токового реле  $PT$  и замыкающий контакт реле времени  $PВ$ .

Токовое реле  $PT$ , как и в других схемах, включается на трансформатор тока ТШЛ-0,5 и контролирует отсутствие тока через короткозамыкатель. Выдержка времени, которая обычно принимается порядка 0,5—1 сек, что с достаточным запасом перекрывает запаздывание ножа короткозамыкателя, осуществляется с помощью часового механизма ЧМ от реле времени серии ЭВ, установленного в приводе короткозамыкателя (рис. 21).

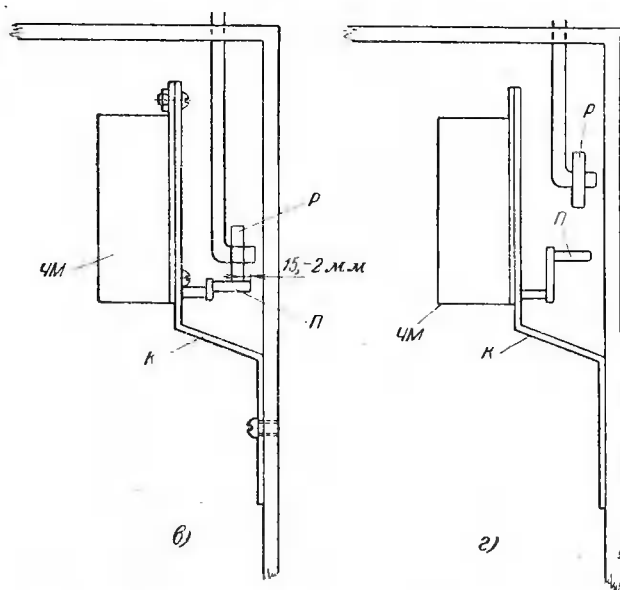


Рис. 21. Привод короткозамыкателя с встроенным часовым механизмом.

$a$  — кронштейн для крепления часового механизма;  $b$  — установка часового механизма в приводе;  $b$  — положение рычага  $P$  и поводка  $П$  при отключенном короткозамыкателе;  $z$  — положение рычага  $P$  и поводка  $П$  при включенном короткозамыкателе.

Часовой механизм крепится винтами к кронштейну *К* (рис. 21,а), который в свою очередь крепится к задней стенке привода через овальные отверстия. Поводок *П* часового механизма пропускается в отверстие кронштейна. Передвижением кронштейна на винтах часовой механизм устанавливается так, чтобы рычаг *Р*, управляющий переключением блок-контактов, заводил часовой механизм при отключенном короткозамыкателе. При включении короткозамыкателя рычаг *Р* поднимается и освобождает часовой механизм. Часовой механизм приходит в движение под действием своей пружины и через заданную выдержку времени замыкает контакт.

От загрязнения и сырости часовой механизм защищен собственным корпусом, приводом и ящиком, в котором устанавливается привод.

В холодное время года используется обычный подогрев привода, что повышает надежность работы часового механизма.

Преимущество приведенной схемы Мосэнерго — простота, надежность и универсальность, она пригодна для любых режимов работы защиты трансформатора и защиты питающей линии.

## 5. НАЛАДКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ОТКЛЮЧЕНИЯ ОТДЕЛИТЕЛЕЙ

### Наладка релейной аппаратуры

Трансформаторы тока, реле дифференциальной, максимальной токовой и газовой защиты, схемы их включения, вторичные цепи и прочие элементы защиты и автоматики проверяются и налаживаются обычными методами по существующим инструкциям. Поэтому в дальнейшем рассматриваются лишь методы наладки отдельных аппаратов и схем, специфичных для подстанций с короткозамыкателями и отделителями на переменном оперативном токе.

Измерительные приборы, используемые для проверки электрических характеристик, могут иметь класс точности в пределах 0,5—1,5. Магнитоэлектрический вольтметр должен иметь внутреннее сопротивление не менее 1 000—2 000 *ом* на 1 *в* шкалы,

Реле РП-341 при новом включении проверяется в следующем объеме:

регулируются и проверяются контакты;

определяется ток срабатывания и возврата реле;

снимается зависимость выпрямленного напряжения  $U_{=}$  от тока  $I_1$  в первичной обмотке реле.

Основным моментом при проверке механизма реле является регулировка контактной системы. Расстояние между разомкнутыми контактами должно быть порядка

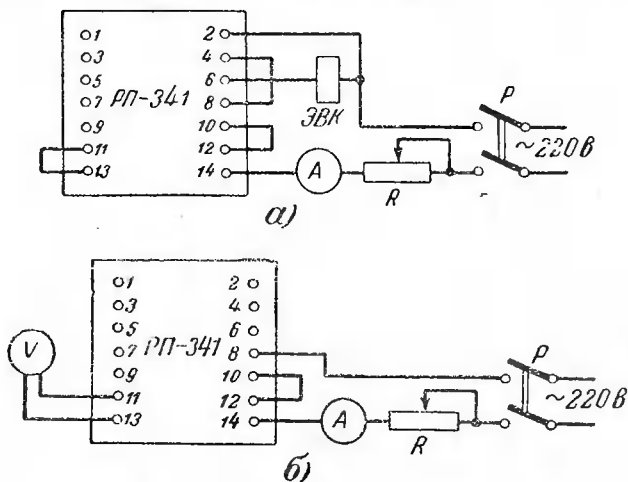


Рис. 22. Схемы проверки реле РП-341.

а — для проверки контактов и токов срабатывания; б — для снятия зависимости  $U_{=} = f(I_1)$ .

2 мм. Давление контактов, измеренное граммаметром, должно быть 40 г для мощных, дещунтирующих токовые цепи, и 10 г — для обычных контактов.

Далее по схеме рис. 22.а проверяется работа контактов, дещунтирующих электромагниты включения при максимально возможном токе короткого замыкания, но не более 150 а.

Проверка производится несколько раз, с промежутками 2—3 мин между каждым включением, чтобы контакты успели остыть. Реле должно работать совершенно четко, без сваривания контактов. Допускается небольшое потемнение и незначительное оплавление контак-

тов, легко устранимое обработкой чистым надфилем.

После проверки контактов определяется ток срабатывания и возврата реле по той же схеме. Величина тока срабатывания изменяется установкой переключателей на выводах секций первичной обмотки трансформатора и должна быть не более 0,8—0,9 тока срабатывания пусковых реле защиты. Последней операцией является снятие по схеме рис. 22,б зависимости  $U_{=} = f(I_1)$ , назначение которой — проверка выпрямителей и трансформатора

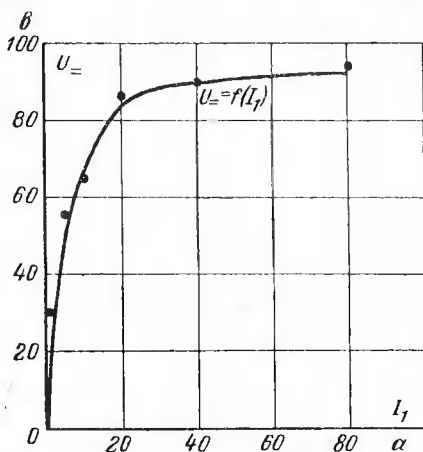


Рис. 23. Примерный вид зависимости  $U_{=} = f(I_1)$ .

ра после работы с большими токами. Примерный вид зависимости  $U_{=} = f(I_1)$  дан на рис. 23.

При плановых проверках достаточно проверить ток срабатывания и возврата реле. Если появятся значительные отклонения от величины тока срабатывания, определенной при новом включении (больше 5—10%), то снимается зависимость  $U_{=} = f(I_1)$  и по ней определяется причина неисправности реле.

Наиболее частой причиной является пробой диодов выпрямителя. В этом случае кривая  $U_{=} = f(I_1)$  имеет тот же характер, что и у исправного реле, но идет значительно ниже. Для определения поврежденного диода распаявается схема и омметром определяется прямое и обратное сопротивление каждого диода, с учетом его полярности. Прямое сопротивление исправного диода — порядка нескольких ом, обратное — порядка сотен тысяч ом.

Пробой конденсатора и повреждение обмоток трансформатора определяются по зависимости  $U_2 = f(I_1)$ , где  $U_2$  — переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора. При повреждении конденсатора или обмоток трансформатора вторичное напряжение мало и незначительно изменяется при увеличении тока.

Зарядное устройство УЗ-400. В зависимости от напряжения питания устанавливаются переключки на выводах секций первичной обмотки трансформатора. Омметром измеряется прямое и обратное сопротивление выпрямителей.

Дальнейшая проверка производится в следующем объеме (рис. 24): настраивается уставка срабатывания реле напряжения *РН*; проверяется уставка срабаты-

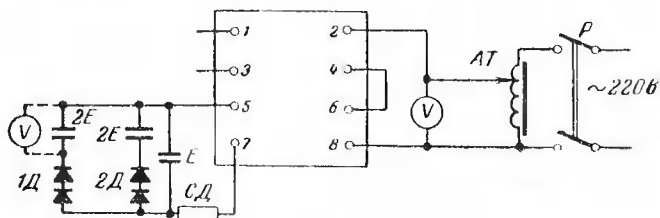


Рис. 24. Схема проверки УЗ-400.

ния поляризованного реле РП-7; проверяется четкость работы реле РП-7 при имитации различных повреждений.

Напряжение срабатывания реле *РН*  $U_{ср}$  выбирается по условию возврата после отключения короткого замыкания в питающей сети согласно следующему выражению:

$$U_{ср} = \frac{U_{п. мин}}{k_{в}},$$

где  $U_{п. мин}$  — минимальное напряжение питания, принимаемое порядка 90% нормального,  $U_{п. мин} = 0,9U_{п. н}$ ;  $k_{в}$  — коэффициент возврата реле, по данным завода не более 1,25.

Отсюда

$$U_{ср} = \frac{0,9}{1,25} U_{п. н} = 0,72U_{п. н}$$

или с небольшим запасом  $U_{ср} = 0,7U_{п. н}$ .

При включении реле на 220 в  $U_{ср} = 155$  в.

Настройка реле *РН* ведется обычным способом, по схеме рис. 24.

Необходимо добиться полного отсутствия вибрации контактов реле при длительной подаче на него напряжения на всем диапазоне от напряжения срабатывания реле до 110% нормального напряжения.

Далее на входе УЗ-400 устанавливается среднее нормальное напряжение питания  $U_{п.н.}$ , величина которого в зависимости от местных условий может значительно отличаться от номинального напряжения УЗ-400 110 или 220 в. Среднее нормальное напряжение примерно определяется расчетом и уточняется измерением при проверках устройства.

Перестановкой штеккера на вторичной обмотке трансформатора устанавливается напряжение до выпрямителей 280—290 в; напряжение на заряжаемых конденсаторах может быть около 380—400 в, но не более 400 в.

Далее обычным способом [Л. 7] проверяется поляризованное реле РП-7. Расстояние между его разомкнутыми контактами должно быть не менее 0,4 мм (измеряется щупом). Напряжение срабатывания реле РП-7, измеренное на заряжаемых конденсаторах, должно быть около 60 в, напряжение возврата около 220 в, коэффициент возврата реле не менее 0,25.

После настройки поляризованного реле проверяется его работа при повреждениях: закорачиванием выпрямителей в УЗ-400 имитируется их пробой, закорачиванием выходной цепи после защитного сопротивления (рис. 10 и 16) имитируется короткое замыкание в заряжаемых конденсаторах. Закорачивать конденсаторы 1Е и 2Е нельзя, так как будут пробиты разделительные диоды 1Д и 2Д. Во всех случаях имитации повреждения реле РП-7 должно четко срабатывать.

Аппаратура, питающаяся от УЗ-400. Проверяется в следующем объеме:

- проверяются разделительные выпрямители;
- проверяется величина емкости конденсаторов;
- проверяются реле постоянного тока;
- определяется емкость конденсаторов, обеспечивающих срабатывание соответствующих реле и электромагнитов,  $C_{ср}$ ;
- проверяется надежность работы полной схемы при пониженном напряжении питания.

У разделительных выпрямителей омметром определяется прямое и обратное сопротивление. Методом вольтметра и амперметра определяется действительная емкость конденсаторов, заряжаемых от УЗ-400. Для этого на конденсатор, отсоединенный от схемы, подается переменное напряжение  $U$  не более 100 в и измеряется проходящий через него ток. Емкость определяется по известному выражению

$$C = \frac{I \cdot 10^6}{314U}, \text{ мкф},$$

где  $I$  — ток, а;  $U$  — напряжение, в.

Реле постоянного тока, работающие от конденсаторов, на время проверки переводятся на питание от переносного двухполупериодного выпрямителя любого типа, но достаточной мощности и проверяются известными способами, как обычные реле постоянного тока. У каждого реле определяется ток или напряжение срабатывания и возврата. У двухобмоточных реле проверяется правильность включения обмоток по полярности и ток удерживания последовательной обмотки.

Для каждого реле определяется  $C_{\text{ср}}$  — фактическая минимальная емкость конденсатора, обеспечивающая его надежное срабатывание при снижении напряжения на входе УЗ-400 до 75% нормального напряжения питания. Для удобства работы конденсатор, питающий проверяемое реле, заменяется магазином емкостей.

В качестве примера на рис. 25 дана схема магазина емкостей, применяемого в Мосэнерго. Магазин состоит из набора бумажных герметических конденсаторов любого типа с рабочим напряжением постоянного тока не менее 400 в.

Точность подбора емкостей — порядка 2—3%. Сопротивление  $R$  служит для разряда конденсаторов. Переключателями набирается любая емкость от 0,25 до 127,25 мкф, ступенями через 0,25 мкф. Величины емкостей, присоединенных к каждому переключателю, даны на рис. 25 и указаны на переключателях. Полная набранная емкость равна сумме емкостей, включенных переключателями.

Магазин емкостей заряжается от УЗ-400 при пониженном до 75% напряжении. Затем отключается пита-

ние УЗ-400, а магазин замыкается на проверяемое реле. Подбором емкости магазина определяется минимальная емкость  $C_{\text{ср}}$ , обеспечивающая срабатывание реле. Действительная емкость конденсатора, питающего проверяемое реле, на основании опыта эксплуатации Мосэнерго принимается в 1,5—2 раза больше минимальной емкости  $C_{\text{ср}}$ .

При отсутствии магазина емкостей вместо определения емкости срабатывания определяется минимальное напряжение на входе УЗ-400, обеспечивающее срабаты-

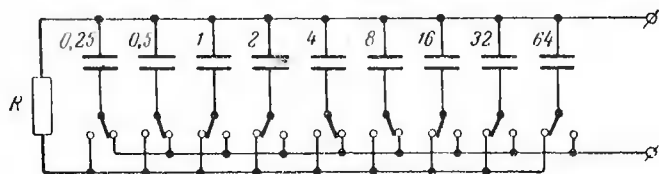


Рис. 25. Схема магазина емкостей Мосэнерго.

вание каждого реле  $U_{\text{ср}}$ . Для удобства работы подвижная система реле  $PH$  при этом удерживается в притянутом положении.

При пониженном напряжении на входе УЗ-400 заряжаются конденсаторы, отключается питание УЗ-400 и конденсаторы замыкаются на соответствующее реле. Таким путем подбирается минимальное напряжение на входе УЗ-400, обеспечивающее срабатывание каждого реле. Если последовательно с реле включено указательное реле или добавочное сопротивление, то минимальное напряжение срабатывания определяется в полной схеме.

Напряжение срабатывания проверяемого реле считается допустимым, если оно не превышает половины величины нормального напряжения питания УЗ-400. Эта величина принимается на основании следующих соображений.

Минимальное напряжение на конденсаторах, вызванное снижением напряжения питания УЗ-400 по любым причинам (перегорание предохранителей в сети собственных нужд, отключение линий с большой нагрузкой, тяжелые режимы работы системы и т. п.), может доходить до напряжения срабатывания реле  $PH$ , равного,

как известно,  $0,7 U_{п.н.}$ ; напряжение срабатывания принимается порядка  $0,7$  от этого напряжения, или

$$U_{ср.р} \leq 0,7 U_{ср.рн} \leq 0,7 \cdot 0,7 U_{п.н} \leq 0,5 U_{п.н.}$$

Реле, не удовлетворяющее этому условию, не может быть использовано, так как если напряжение на конденсаторе будет меньше напряжения срабатывания реле, то независимо от величины емкости конденсатора реле никогда не работает.

Кроме величины напряжения, для срабатывания любого реле требуется определенное количество энергии.

В данном случае расчетом проверяется надежность работы реле по энергии, запасенной в конденсаторе, согласно следующему выражению:

$$\frac{U_{ср.рн}^2}{U_{ср.р}^2} \geq 2.$$

Аналогично проверяется надежность срабатывания электромагнитов включения и отключения.

После проверки отдельных элементов схема полностью восстанавливается и проверяется ее работа при напряжении питания на входе УЗ-400, равном 50% нормального. Одновременно высокоомным вольтметром измеряется напряжение на конденсаторах при напряжении питания УЗ-400, равном 50%. При плановых проверках достаточно проверить работу реле в полной схеме при 50% нормального напряжения на входе УЗ-400.

На первый взгляд требование надежной работы схемы при 50% напряжения вызывает неоправданно большие запасы. На самом деле запасы получаются почти такие же, как для обычной аппаратуры постоянного тока.

Так, согласно ПУЭ напряжение срабатывания электромагнита отключения постоянного тока должно находиться в пределах 30—65% номинального. В среднем его можно считать порядка 50%, т. е. таким же, какое рекомендуется и для электромагнитов, работающих от конденсаторов. Максимально допустимое напряжение срабатывания электромагнита постоянного тока 65% номинального, а реле постоянного тока — обычно порядка 70% номинального.

Поскольку минимальным напряжением на шинах

оперативного постоянного тока считается 80% номинального, это дает запас по напряжению срабатывания для аппаратуры постоянного тока порядка

$$\frac{0,8}{0,65 \div 0,7} = 1,23 \div 1,14.$$

Для аппаратуры, работающей от конденсаторов, которая срабатывает при напряжении порядка 0,5 нормального напряжения питания и напряжении срабатывания реле РН, равном 0,7 нормального напряжения, запас по напряжению срабатывания получается равным

$$\frac{0,7}{0,5} = 1,4.$$

Если учесть, что реле и электромагниты работают от конденсаторов при кратковременном прохождении тока разряда, когда незначительное загрязнение, загустевание смазки и тому подобные причины могут вызвать отказ, то рекомендуемые повышенные запасы никак нельзя считать преувеличенными.

При всех работах с УЗ-400 и конденсаторами необходимо соблюдать определенные правила. Основные из них следующие:

а) Заряженный до 400 в конденсатор с емкостью в десятки и сотни микрофард представляет опасность для обслуживающего персонала. Поэтому немедленно после окончания любых измерений и испытаний необходимо разрядить все конденсаторы.

б) Чтобы остаточный заряд конденсаторов не искажал результатов последующих измерений, необходимо разряжать конденсаторы после каждого испытания.

в) Разряжать конденсаторы замыканием их коротко недопустимо, так как это может вызвать пробой разделительных выпрямителей. Для разряда конденсаторов необходимо замыкать их через сопротивление порядка 3—5 ком, мощностью не менее 10 вт (например, остеклованное сопротивление ПЭ-20 или ПЭ-25).

В этом случае максимальный ток будет порядка  $\frac{400}{3000 \div 5000} = 0,13 \div 0,08$  а, что не представляет опасности для диодов Д7Ж. Сопротивление должно иметь надежную изоляцию, а выводы его должны иметь изолирующие рукоятки.

г) При всех измерениях, требующих пониженного напряжения на входе УЗ-400, работа производится в следующем порядке: устанавливается необходимое напряжение, и конденсаторы полностью заряжаются; затем отключается питание УЗ-400, и только после этого конденсаторы включаются на соответствующий аппарат.

Вспомогательные реле переменного тока. Различные вспомогательные реле, работающие на переменном токе, промежуточные и указательные реле, реле времени проверяются обычными способами по соответствующим инструкциям.

Дополнительно измеряется ток, потребляемый каждым реле при подаче на него номинального напряжения при втянутом и опущенном якоре. Потребление реле при опущенном якоре в несколько раз больше потребления при поднятом, которое указывается в каталогах. Ток в реле, измеренный при опущенном якоре, не должен превышать величины, допустимой для контактов пусковых реле.

Время работы большинства реле мало, пусковой ток спадает очень быстро. Поэтому указательные реле, включенные последовательно с соответствующим промежуточным реле, следовало бы подбирать по току, проходящему в цепи при поднятом якоре последнего. Но так как этот ток мал, то указательные реле также будут иметь малый номинальный ток, а следовательно, и большое сопротивление.

В результате напряжение срабатывания двух последовательно включенных реле, промежуточного и указательного, может оказаться больше 80% номинального напряжения, что недопустимо. Для уменьшения напряжения срабатывания устанавливают указательное реле на сравнительно большой номинальный ток, т. е. с малым сопротивлением. Если же указательное реле не успевает сработать от пускового тока, то параллельно обмотке промежуточного реле, включенного последовательно с ним, подключается сопротивление. Во всех таких случаях необходимо проверить допустимость увеличенного тока для контактов пусковых реле.

Для обеспечения правильной синусоидальной формы напряжения на проверяемых реле регулирование напряжения при проверке следует производить автотрансформатором, например типа ЛАТР. Поскольку ЛАТР

имеет сравнительно малое сопротивление, напряжение на реле после его срабатывания, когда потребление реле резко уменьшается, увеличивается незначительно.

### **Наладка механизмов приводов и встроенных в них реле и электромагнитов**

Перед вводом в эксплуатацию привод разбирается с выемкой вала и разборкой реле. Все детали привода тщательно очищаются от заводской смазки и промываются бензином.

Заводская смазка удаляется также из реле БРО.

При снятии заводящего рычага необходимо принять меры предосторожности, чтобы не растерять иголки подшипника. Для этого удобно под заводной рычаг подставлять поднос с бортиками, куда будут падать иголки. Особое внимание следует обратить на задний подшипник.

После очистки проверяется исправность всех деталей и механизм привода собирается. Особое внимание при сборке следует обратить на правильную установку отключающей планки, которая должна вращаться совершенно свободно, не изгибаясь и не задевая за корпус привода. Продольное перемещение планки должно быть минимально, но она не должна касаться опор пальцев, на которых вращается. Положение планки может регулироваться незначительными поворотами винта, в котором эксцентрично укреплен один из пальцев. После установки планки в нужное положение этот винт надежно закрепляется своей контргайкой.

Второй важный узел, определяющий работу привода, — это ось серповидного рычага. Рычаг должен плотно сидеть на оси, не качаясь. В то же время он должен совершенно свободно вращаться на своей оси и точно садиться на ролик удерживающей стойки. Установка рычага осуществляется перемещением крепящего его цилиндра. При необходимости на ось надеваются шайбы.

При сборке производится смазка деталей. Для этого применяется смазка ЦИАТИМ-201 по ГОСТ 6267-52, смешанная с 10% по весу графита марки П по ГОСТ 10555-40, или графитная смазка по ГОСТ 3333-551. Нагревать смазку не допускается, так как от нагрева она

портится. Недопустимо смешивание разных смазок, а также одинаковых смазок, но взятых из разных банок разного выпуска.

Смазываются оси и подшипники всех вращающихся деталей — ось рычага 20 (см. рис. 6), вал привода во всех подшипниках, передний подшипник, оси защелок, ось ролика, задний подшипник и т. д. Количество смазки должно быть минимальным. Не следует смазывать сердечники и бойки реле и электромагнитов, подшипники отключающей планки и удерживающей стойки, механизм реле БРО. После сборки проверяется работа механизма привода в следующем порядке:

а) При медленном ручном включении привода (см. рис. 6) проверяется захват защелкой 12 рычага 10, доведение его до включенного положения, захват рычага 10 защелкой 2 и надежность удерживания его во включенном положении. Одновременно проверяется положение ножей короткозамыкателя или отделителя. Ножи должны полностью доходить до своего конечного положения — «отключен» или «включен». Когда нож включен, он должен полностью входить в губки.

б) Для привода ШПО с реле БРО проверяется завод отключающей пружины реле БРО и прохождение заводящего рычага в конечное положение; после завода пружины БРО заводящий рычаг не должен препятствовать движению бойка реле БРО.

в) Проверяется захват роликом 4 планки 15, подъем серповидного рычага 9, перевод блок-контактов в соответствующее положение, подход ролика 16 под зуб 8 серповидного рычага 9 и надежность удержания серповидного рычага в заведенном положении.

г) Проверяется работа привода на отключение. При медленном подъеме сердечников реле и электромагнитов от руки серповидный рычаг должен четко освободиться и сбивать защелку 2. Наблюдаются случаи, когда серповидный рычаг хотя и падает, но защелку не сбивает. Причиной этого может быть: чрезмерное трение между рычагом и его осью 20 или перекокс оси, задевание поверхностью рычага за заднюю стенку корпуса привода, чрезмерное трение рычага о ролик 16, слабая пружина 19, чрезмерное трение между защелкой 2 и ее осью, неправильная форма зацепляющихся поверхностей рычага 10 и защелки 2.

Чрезмерное трение между рычагом и осью 20 устраняется правильной установкой цилиндра, закрепляющего рычаг на оси, опиливанием заусенцев и шереховатостей, установкой тонких металлических шайб на ось 20.

Для устранения задевания рычага 9 о заднюю стенку привода опиливается верхняя кромка рычага. Ролик 16 должен совершенно свободно вращаться на своей оси; пружина, прижимающая стойку 7 к задней стенке привода, не должна чрезмерно прижимать ролик 16 к передней поверхности зуба 8. При необходимости опиливается поверхность зуба 8, по которой катится ролик 16. Слабая пружина 19 заменяется на более мощную.

Укорачивать пружину путем уменьшения количества витков не следует, ибо это приводит к последующему преждевременному ослаблению пружины.

Опиливать зацепляющиеся поверхности рычага 10 и защелки 2 допустимо в крайнем случае и очень немного, чтобы не нарушить их поверхностную обработку.

Наибольшее внимание следует уделить регулировке отключающего механизма. Схема механизма дана на рис. 26,а; на рис. 26,б,в,г,д показана его упорная стойка в разных положениях (вид с правой стороны привода). Положение стойки можно изменять ввертыванием или вывертыванием винта 4.

В положении 26,б винт вывернут настолько, что ролик 2 зажат между зубом серповидного рычага 1 и задней стенкой корпуса привода. В этом случае усилия, создаваемого бойками 10 реле и электромагнитов, будет недостаточно для того, чтобы выкатить ролик из-под зуба, и привод не отключится.

В положении 26,в винт 4 ввернут слишком глубоко. Зуб рычага не может удержаться на ролике и привод не может включиться.

В положении 26,г ось 5 стойки 3, ось ролика 2 и точка касания зуба с роликом лежат на одной вертикальной линии. В таком положении усилие бойка реле, необходимое для выкатывания ролика из-под зуба, минимально. Благодаря этому обеспечивается надежная работа защиты и автоматики, но не обеспечивается надежность включения: за счет неизбежных отклонений деталей привода от фиксированного положения, толчков и сотрясений привода зуб рычага может сам соскаки-

вать с ролика, вызывая произвольное отключение привода.

Правильное положение стойки показано на рис. 26, д. Подбирается оно опытным путем. При подборе положения стойки следует использовать то обстоятельство,

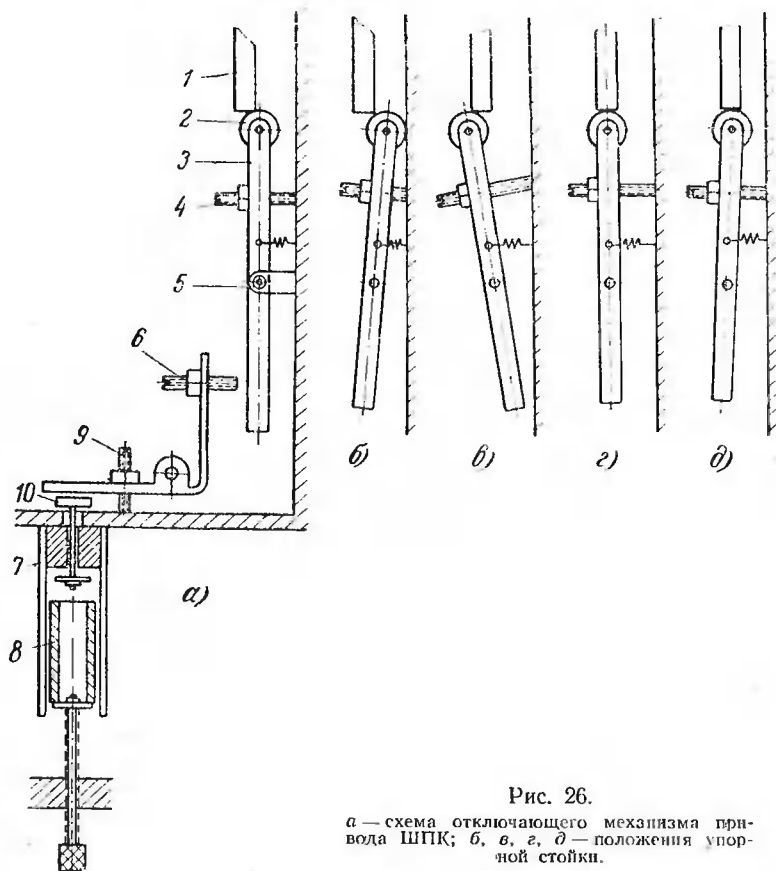


Рис. 26.  
а — схема отключающего механизма привода ШПК; б, в, г, д — положения упорной стойки.

что приводы ШПО и ШПК включаются только вручную, т. е. медленно и без сотрясений как самого привода, так и конструкции, на которой он устанавливается. Поэтому зацепление зуба с роликом можно сделать меньше, чем в аналогичных конструкциях грузовых и пружинных приводов выключателей.

После установки стойки с роликом винт 4 надежно закрепляется своей контргайкой и проверяется устойчивость зацепления к сотрясениям путем ударов по приводу и конструкции, на которой он установлен.

Следующей операцией является установка винта 6 в нужное положение. Для этого рукой медленно поднимается сердечник каждого реле и электромагнита и наблюдается момент скатывания зуба рычага с ролика. В момент скатывания зуба с ролика расстояние между верхней поверхностью шайбы, укрепленной на бойке и стопом, должно быть около 2 мм. Это расстояние и устанавливается винтом 6.

Вызвана такая регулировка следующими соображениями: усилие, развиваемое сердечником реле или электромагнита, резко возрастает при подходе сердечника 8 к стопу 7. Наибольшее усилие будет тогда, когда сердечник почти коснется стопа, но в момент упора сердечника в стоп усилие будет равно нулю. Запас около 2 мм предназначается для компенсации неизбежных в эксплуатации отклонений деталей отключающего механизма привода от положения, установленного при регулировке.

Нужное соотношение между ходом сердечника и моментом выкатывания ролика из-под зуба рычага достигается перемещением винта 6. Если винт повернут слишком глубоко, то усилие сердечника будет недостаточно для вывода ролика из-под зуба, ибо расстояние между сердечником и стопом в этот момент еще велико и сила тяги сердечника мала.

Если винт слишком вывернут, то ход сердечника будет недостаточен для перевода удерживающей стойки в положение «отключено».

Винтом 9 регулируется начальное расстояние между лапками отключающей планки и бойком реле и электромагнитов. Если это расстояние будет очень мало, то боек упрутся в лапку в самом начале хода сердечника и создаст дополнительную нагрузку для сердечника. Поэтому необходимо обеспечить достаточный свободный путь сердечника, чтобы он успел набрать достаточную живую силу. Величина этого пути и определяется начальным расстоянием между бойком и лапкой отключающей планки. Это расстояние устанавливается винтом 9.

Особенно важна точная регулировка для электромагнитов отключения или включения, которые работают от предварительно заряженных конденсаторов. Разряд конденсатора очень непродолжителен, и боек такого электромагнита поворачивает отключающую планку главным образом за счет живой силы сердечника.

Токовые электромагниты также используют живую силу сердечника, поэтому и для них необходим достаточный ход сердечника.

Желательно свободный путь сердечника иметь как можно больше. Однако следует учитывать, что при чрезмерном расстоянии боек не достанет до отключающей планки и привод откажет в отключении.

### **Проверка электрических характеристик встроенных в привод реле и электромагнитов**

После регулировки механизма привода проверяются электрические характеристики встроенных в него реле и электромагнитов. При новом включении электромагнита определяются его ток срабатывания и зависимость сопротивления электромагнита от тока при опущенном и втянутом сердечнике для нескольких значений тока — от тока срабатывания реле до величины тока, при которой изменение сопротивления прекращается.

При плановых проверках измеряется только ток срабатывания электромагнита.

Реле РТМ, работающие в схеме дешунтирования в качестве электромагнита включения короткозамыкателя, проверяются по схеме рис. 27,а. Сопротивление реостата в этой схеме должно быть настолько велико, чтобы увеличение сопротивления электромагнита при втягивании сердечника практически не меняло величину тока в его обмотке. Поэтому рекомендуется вести проверку при напряжении питания 220 в; в этом случае сопротивление реостата будет в 10—20 раз больше сопротивления электромагнита и ток в его обмотке при движении сердечника будет изменяться очень незначительно. В аналогичных условиях проверяемые реле будут работать и в эксплуатации, так как токовые электромагниты, как правило, подключены к достаточно мощным трансформаторам тока, вторичный ток которых при подъеме сердечника уменьшается незначительно.

Следует также иметь в виду, что схема с реостатом обеспечивает правильную форму кривой тока в обмотке реле, близкую к синусоиде.

Схема с автотрансформатором по рис. 27,б для проверки токовых реле и электромагнитов непригодна, поскольку автотрансформатором в действительности изменяется не ток, а напряжение на реле. Так как сопротив-

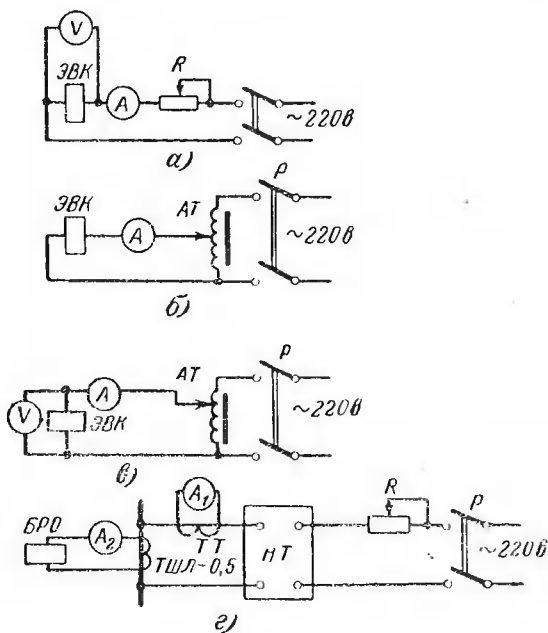


Рис. 27. Схемы проверки электромагнитов включения и отключения.

ление токовых электромагнитов при подъеме сердечника увеличивается в 2—3 раза, то когда сердечник подходит к стопу, ток в обмотке реле будет меньше, чем в начале движения сердечника. В результате тяговое усилие сердечника резко упадет, и привод не отключится. Ток срабатывания определяется при плавном увеличении тока в обмотке реле и должен быть не более 80% тока срабатывания защиты, действующей на электромагнит.

Ток срабатывания реле регулируется винтом 2 (рис. 7). Если длина винта в заводском исполнении недостаточна для уменьшения тока срабатывания до нужной величины, то можно спилить прилив в нижней части оправы и за счет этого глубже ввернуть винт или увеличить толщину шайбы, укрепленной на винте, на которую опирается сердечник.

После окончательной установки положения сердечника определяется зависимость сопротивления реле от тока, что необходимо для проверки нагрузки на трансформаторы тока и допустимости отключаемых токов для контактов реле РП-341, дешунтирующих эти электромагниты.

Когда определяется сопротивление электромагнита при опущенном сердечнике, нужно удерживать не боек, а сам сердечник.

Электромагниты включения и отключения, работающие от источников переменного напряжения, трансформаторов напряжения или собственных нужд, проверяются по схеме на рис. 27, в, как обычные электромагниты отключения любых приводов. Напряжение срабатывания их должно быть не более 65%<sup>1</sup> номинального при плавном увеличении напряжения на обмотке электромагнита.

У электромагнитов, работающих от источников переменного напряжения, необходимо определить токи, потребляемые ими при номинальном напряжении для двух положений сердечника: опущенного и поднятого.

Следует иметь в виду, что начальный ток, потребляемый электромагнитом при опущенном сердечнике, примерно в 3 раза больше конечного при втянутом сердечнике, так как сопротивление электромагнита при опущенном сердечнике примерно в 3 раза меньше, чем при поднятом. По начальному току проверяется падение напряжения в проводах от источника питания до электромагнита и допустимость этого тока для контактов аппаратуры, замыкающей цепь электромагнита. По конечному току при втянутом сердечнике проверяются контакты аппаратуры, размыкающей цепь электромагнита.

Электромагниты, работающие от заряженных конденсаторов, проверяются так же, как и реле, работающие от конденсаторов (см. выше). Для них обязательно определяются минимальная емкость срабатывания и на-

напряжения срабатывания, а также проверяется надежность работы при 50% напряжения на входе УЗ-400.

По данным ВНИИЭ, проверенным практикой, для работы от конденсаторов в приводах короткозамыкателей и отделителей наилучшие результаты дает электромагнит, имеющий 10 000 витков провода диаметром 0,27—0,31 мм. Магнитная система сохраняется заводская.

Необходимо отметить, что специальных электромагнитов для работы от конденсаторов промышленность еще не выпускает. Поэтому при наладке следует очень тщательно проверять работу электромагнитов, ибо их обмоточные данные обычно не оптимальны.

При плановых проверках достаточно проверить работу электромагнита при 50% напряжения на входе УЗ-400. Иногда при плановых проверках изменять напряжение на входе УЗ-400 нельзя, так как от него питаются несколько конденсаторов, работающих в разных устройствах, остающихся в работе во время проверки электромагнита данного привода.

В таких случаях проверку электромагнита можно вести от магазина емкостей, которым заменяется конденсатор, работающий на электромагнит. Для этого на магазине набирается емкость, равная действительной емкости заменяемого конденсатора.

Заряд магазина производится от любого источника — например от селенового выпрямителя, используемого для включения выключателей с электромагнитными приводами, до напряжения, измеренного на конденсаторах при 50% напряжения на входе УЗ-400, при новом включении.

После окончания проверки любым способом самого электромагнита и восстановления схемы необходимо повторно проверить работу всех электромагнитов в полной, восстановленной схеме, при нормальном напряжении питания для электромагнитов, работающих от напряжения и конденсаторов. Токовые электромагниты проверяются первичным током от постороннего источника при проверке защиты в полной схеме.

Наладку реле БРО следует начинать с проверки его на толчки и сотрясения. Привод включают, чем заводятся отключающая пружина реле БРО, и пытаются вызвать срабатывание реле БРО ударами по разным ме-

стам привода и конструкции, на которой он установлен. Затем в обмотку реле по схеме рис. 27,а подается максимально возможный ток и проверяется, что реле не работает ложно от вибрации своего сердечника.

У некоторых экземпляров реле ложную работу от вибрации сердечника и сотрясений привода удается устранить затяжкой пружины 15 с помощью винта 16 (рис. 9). При этом, однако, следует учитывать, что чрезмерная затяжка пружины 15 может вызвать отказ в работе реле после исчезновения тока в его обмотке. У некоторых экземпляров реле ложную работу удается устранить дополнительной обработкой поверхностей защелки 4, роликов 20, устранением излишних люфтов в осях и подшипниках и другими способами, разными для разных реле. Работа эта требует большой осторожности и высокой квалификации работника.

Реле, у которых не удается устранить ложную работу от вибрации сердечника или сотрясений привода, должны заменяться исправными.

Перед проверкой реле следует тщательно проверить крепление привода в ящике, крепление ящика с приводом к конструкции и крепление реле к приводу.

После проверки реле БРО на вибрацию определяется его ток срабатывания, по схеме 27,2, при подаче тока в первичную обмотку трансформатора тока ТШЛ-0,5, питающего реле БРО. Первичный ток срабатывания измеряется амперметром  $A_1$ , включенным через измерительный трансформатор тока  $ТТ$ .

Ток срабатывания реле БРО не регулируется; завод гарантирует ток срабатывания в пределах 500—800 а. Током срабатывания, который определяется при плавном увеличении тока, считается минимальный ток, при котором сердечник реле полностью втягивается и упирается в стоп. Одновременно с проверкой тока срабатывания реле БРО определяется коэффициент трансформации трансформатора тока по показаниям амперметров  $A_1$  и  $A_2$  при разных первичных токах. Трансформатор ТШЛ-0,5 проверяется как обычный трансформатор тока.

Если данная подстанция подключена к линии с двухсторонним питанием, то проверяется работа реле в режиме каскадного отключения питающей линии. В реле подается ток, больше его тока срабатывания и затем

снижается ступенями примерно по 5—10% от тока срабатывания. Таким образом, определяется минимальный ток удерживания, при котором реле надежно удерживает свой сердечник втянутым, а после отключения этого тока — четко отключает отделитель.

Расчетом проверяется надежность работы реле БРО. Минимальный ток короткого замыкания, вызванного включением короткозамыкателя, должен быть в 2 раза больше тока срабатывания БРО. Минимальный остаточный ток при каскадном отключении линии должен быть по крайней мере в 2 раза больше тока удерживания реле БРО.

### Измерение времен в полной схеме защиты и автоматики

По схеме рис. 28,а определяется сумма времен работы реле дифференциальной защиты, реле РП-341, электромагнита включения и отключающего механизма до начала падения серповидного рычага. Для остановки секундомера *S* в приводе устанавливаются временные контакты *K*, замыкаемые или размыкаемые серповидным рычагом. В реле подается ток, равный  $1,5 \div 2 I_{ср}$ . Измерение времени производится при двух-трех значениях тока, по 2—3 раза.

Далее по той же схеме измеряется полное время включения короткозамыкателя, от подачи тока в реле дифференциальной защиты до замыкания ножа короткозамыкателя. В этом случае вместо временного контакта *K* секундомер останавливается ножом короткозамыкателя.

По схеме рис. 28,б определяется разница времен между замыканием ножа короткозамыкателя *K* и его блок-контакта *БКК*, который замыкает цепь пуска автоматики отключения отделителя. Измерения производятся несколько раз при токе 1,5—2-кратном от тока срабатывания защиты. При этом измерении секундомер следует питать через разделительный трансформатор *ПТ* и отсоединить заземляющий провод короткозамыкателя.

Разновременность включения короткозамыкателя и его блок-контакта должна быть перекрыта замедлением в схеме автоматики отделителя, не менее чем с двойным запасом.

Для согласования выдержки времени АПВ питающей линии с временем отключения отделителя по схеме рис. 28, в определяется время от подачи напряжения в электромагнит отключения отделителя до окончания хода его ножей. В этой схеме для остановки секундо-

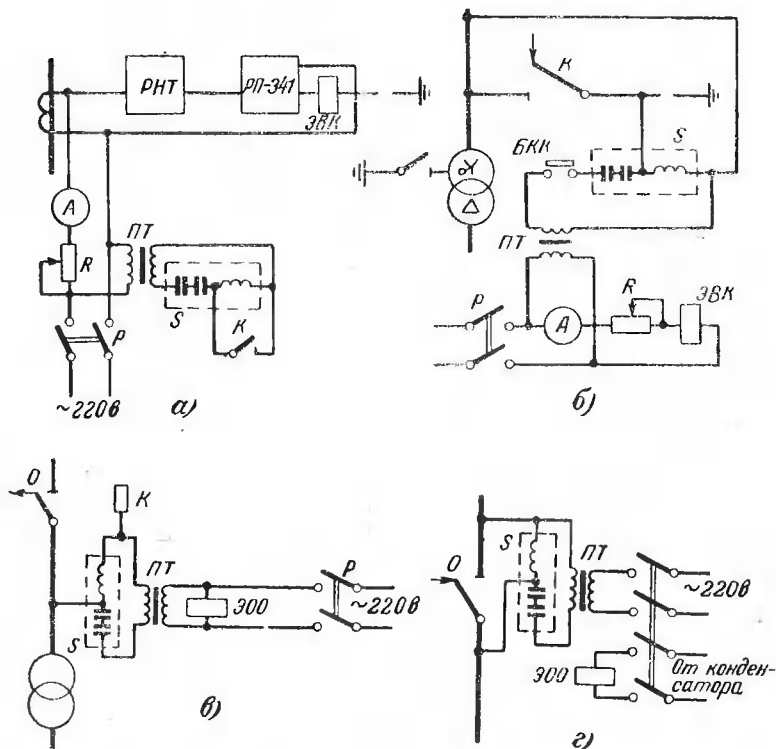


Рис. 28. Схемы для измерения времен.

а — работы защиты; б — запаздывания ножа короткозамыкателя; в — работы отделителя на отключение; г — работы отделителя на включение.

ра S устанавливается временный контакт K, с которым замыкается нож отделителя после его отключения. Время АПВ питающей линии с учетом времени включения ее выключателя должно быть по крайней мере на 1 сек больше суммы времени работы автоматики отключения отделителя и времени его полного отключения. Для от-

ключения отделителя используется его отключающий электромагнит дистанционного управления.

Если отделитель работает на включение, например в схеме АВР, измеряется полное время его включения для согласования с ним уставок АВР. Измерение производится по схеме 28,г. Электромагнит включения, получающий питание от заряженного конденсатора, включается рубильником  $P$ . В схеме автоматики замыкаются от руки реле, подключающие конденсатор к электромагниту.

Настройка выдержки времени промежуточного реле, замедленного на срабатывание в схеме отключения отделителя по рис. 17,в,г производится в двух режимах:

- а) питающая линия отключилась раньше, чем включился нож короткозамыкателя;
- б) питающая линия отключается только после включения короткозамыкателя.

Для проверки по первому режиму собирается схема рис. 29,а. Автотрансформатором  $AT$  устанавливается 75% напряжения питания УЗ-400 и при таком напряжении заряжаются конденсаторы. После заряда конденсаторов отключается рубильник  $P_1$ . Затем замыканием рубильника  $P_2$  имитируется работа автоматики. Для остановки секундомера  $S$  используется свободный контакт реле  $PP$ . Цепь отключения отделителя на это время выводится из работы. Время работы реле  $PP$  при этом будет максимальным. Затем автотрансформатором устанавливается 1,1 нормального напряжения на входе УЗ-400, и испытание повторяется. Время работы реле  $PP$  будет минимальным.

Проверка работы схемы во втором режиме производится по рис. 29,б. При этом реле  $PT$  отключается от трансформатора тока ТШЛ-0,5.

В цепях электромагнита включения ЭВК короткозамыкателя и обмотки реле  $PT$  реостатами заранее устанавливаются токи, обеспечивающие их четкую работу. На реле времени  $PB$  заранее устанавливается выдержка времени, равная времени отключения короткого замыкания защитой питающей линии, с учетом времени действия выключателя. Реле времени  $PB$  пускается ножом короткозамыкателя  $K$  и имитирует работу защиты питающей линии.



нии. После замыкания контактов реле РВ автоматика отключит отделитель. Проверка должна проводиться при разных выдержках времени, соответствующих действию основной и резервной защит линии.

Испытания по схеме рис. 29,б также повторяются дважды: при подаче на вход УЗ-400 75 и 110% напряжения питания.

Все времена, измеряемые в полной схеме защиты и автоматики, очень малы, порядка десятых долей секунды. Поэтому для повышения точности измерений лучше пользоваться миллисекундомером. Чтобы исключить ошибки секундомера или миллисекундомера от случайных причин, все измерения повторяются 3—4 раза.

После окончания измерений все схемы полностью восстанавливаются и проверяется их работа при нормальном напряжении питания. Это необходимо, чтобы выявить ошибки, которые могли быть допущены при восстановлении схемы. Токовые цепи проверяются в полной схеме первичным или вторичным током, например по рис. 27,з, 28,а и т. п.

Все схемы с заряженными конденсаторами необходимо проверить на способность конденсаторов держать заряд при отключении питания УЗ-400. Для этого полностью заряжают конденсаторы и отключают питание УЗ-400. Через некоторое время — 10, 20, 30 мин и т. д., от руки замыкают контакты реле или другой аппаратуры, пускающие схему. Рядом попыток определяют максимальное время, в течение которого конденсаторы держат заряд, обеспечивающий работу схемы. Время это определяется главным образом величиной сопротивления изоляции самих конденсаторов и всех подключенных к ним цепей.

Время, в течение которого конденсаторы сохраняют заряд, обеспечивающий работу соответствующих реле, должно быть достаточно большим. За это время оперативный персонал, получивший сигнал об исчезновении напряжения питания, должен прибыть на подстанцию для восстановления напряжения питания УЗ-400.

---

---

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие указания по релейной защите, вып. 4, Госэнергоиздат, 1962.
2. Правила устройств электроустановок, издательство «Энергия», 1964.
3. Справочник по релейной защите, Госэнергоиздат, 1963.
4. Голубев М. Л. Аппаратура для проверки релейной защиты и автоматики, Госэнергоиздат, 1962.
5. Голубев М. Л. Опыт наладки релейной защиты на переменном оперативном токе в Мосэнерго, Госэнергоиздат, 1963.
6. Информационные материалы ВНИИЭ № 41, Релейная защита и электроавтоматика на переменном оперативном токе, Госэнергоиздат, 1959.
7. Лысенко Е. В., Поляризованные реле и их регулировка для цепей релейной защиты и автоматики, Госэнергоиздат, 1960.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Назначение отделителей и короткозамыкателей . . . . .   | 3  |
| 2. Конструкция приводов короткозамыкателей и отделителей и встроенных в приводы реле и электромагнитов . . . . . | 10 |
| 3. Релейная защита трансформаторов без выключателей на стороне высшего напряжения . . . . .                      | 14 |
| 4. Автоматическое отключение отделителей . . . . .   | 31 |
| 5. Наладка релейной защиты и автоматики отключения отделителей . . . . .   | 40 |

---

## БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

### *Вышли из печати*

Черепенин П. Г., Монтаж асинхронных двигателей до 100 квт, изд. 2 (Вып. 145)

Беляева Е. Н., Как рассчитать ток короткого замыкания (Вып. 146)

Юриков П. А., Средства защиты изоляции от атмосферных перенапряжений (Вентильные разрядники) (Вып. 147)

Фугенфиров М. И., Пускорегулирующая аппаратура для люминесцентных ламп (Вып. 148)

Фингер А. А., Ртутные выпрямители (Вып. 149)

Дуткин Г. С., Монтаж проводов линий электропередачи на штыревых изоляторах (Вып. 150)

Марфин Н. И., Охрана линий электропередачи (Вып. 151)

Белоцерковец В. В., Применение пропан-бутана в электромонтажном производстве (Вып. 152)

Марголин Ш. М., Точная остановка электроприводов (Вып. 153)

Масанов Н. Ф., Электропроводки в трубопроводах (Вып. 154)

Анастаснев П. И., Фролов Ю. А., Сооружение и монтаж линий 3—10 кв (Монтажные работы) (Вып. 155)

Мншустина Л. И., Автоматические выключатели серии А3100 (Вып. 156)

Юриков П. А., Защита изоляции от атмосферных перенапряжений (Трубчатые разрядники. Вып. 157)

Каминский Е. А., Как сделать проект небольшой электроустановки, изд. 2 (Вып. 158)

Дадиомов М. С., Управление осветительными сетями (Вып. 159)

Лейбзон Я. И. и Милич М. Б., Регулируемые электроприводы переменного тока с индукторными муфтами скольжения (Вып. 160)

Ермилов А. А., Электроснабжение промпредприятий (Вып. 161)

Зак С. М., Монтаж светильников с газоразрядными лампами (Вып. 162)

Овчинников В. В., Электромагнитные реле тока и напряжения (Вып. 163)

### *Готовятся к изданию*

Барзам А. Б., Как читать схемы релейной защиты и автоматики

Дидух Ю. И. и Кутьин А. И., Автоматическое управление наружным освещением

Живов М. С., Индустриальный монтаж осветительных установок

Издательство заказов на книги не принимает и книг не высылает. Книги, выходящие массовым тиражом, высылают наложенным платежом без задатка отделения «Книга — почтой». Отделения «Книга — почтой» имеются во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР.