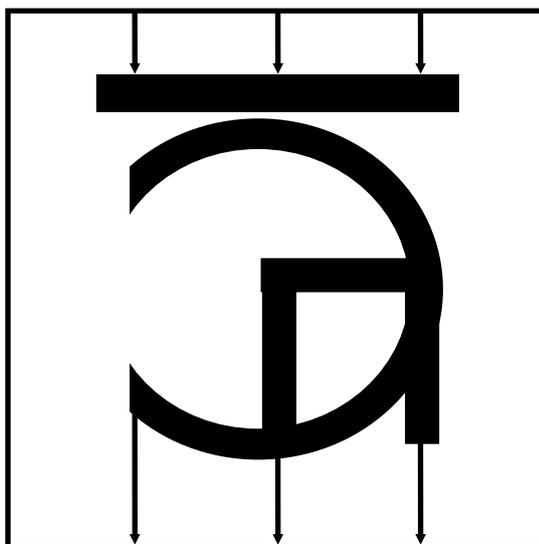


Министерство образования Республики Беларусь  
ГУВПО Белорусско–Российский университет

---

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»



Электрообеспечение промышленных и  
транспортных установок

*Методические указания по лабораторной работе №5  
«Автоматическое повторное включение (АПВ) и автоматическое  
включение резерва (АВР) в сетях электроснабжения  
промышленных установок»  
для студентов специальности 53.01.05  
«Автоматизированный электропривод»*

Могилев

Разработал: доцент Селиванов В.А.

Электрообеспечение промышленных и транспортных установок: методические указания к лабораторной работе №5 «Автоматическое повторное включение (АПВ) и автоматическое включение резерва (АВР) в сетях электроснабжения промышленных установок»

Методические указания предназначены для студентов специальности 53.01.05 «Автоматизированный электропривод», изучающих дисциплину «Электрообеспечение промышленных и транспортных установок».

Методические указания обсуждены на заседании кафедры «Электропривод и АПУ» и рекомендованы к использованию в учебном процессе по специальности 53.01.05

Электрообеспечение промышленных и транспортных установок

Составление Селиванов В.А.

**Содержание**

1 Общие положения.....	4
2 Автоматическое повторное включение (АПВ).....	7
3 Автоматическое включение резерва (АВР).....	16
4 Программа лабораторной работы.....	21
5 Контрольные вопросы.....	22
Список литературы.....	24

## Лабораторная работа №5

### «Автоматическое повторное включение (АПВ) и автоматическое включение резерва (АВР) в сетях электроснабжения промышленных установок»

**Цель работы:** изучить схемы автоматического управления воздушными линиями (АПВ и АВР). В условиях лабораторной работы практически оценить работу защиты, работу АПВ без ускорения, с ускорением, АВР и их согласованную работу.

#### 1 Общие положения.

В системах электроснабжения промышленных предприятий для повышения надежности работы применяют следующие виды автоматики: автоматическое повторное включение (АПВ) автоматическое включение резервного питания и оборудования (АВР), автоматическое регулирование мощности компенсирующих устройств, автоматическая аварийная разгрузка по частоте (АЧР), самозапуск синхронных и асинхронных двигателей. Устройства, автоматики, в системах электроснабжения выполняются как на оперативном переменном, так и на оперативном постоянном токе. При проектировании новых схем автоматики предпочтение следует отдавать в первую очередь оперативному переменному току. Оперативный постоянный ток должен применяться в особоответственных установках. Путем выпрямления переменного тока можно применять стандартную аппаратуру постоянного тока

Характеристика и условия применения или действия устройств автоматики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики и условия применения или действия устройств автоматики.

Автоматические устройства	Условия применения автоматических устройств
Устройства АПВ	
АПВ воздушных линий одно-стороннего питания	Действует после отключения любыми видами защиты
АПВ воздушных линий двух-стороннего питания	<p style="text-align: center;">Действует после отключения любыми видами защиты.</p> <p>Осуществляется с предварительной проверкой синхронизма или отсутствия напряжения на приемном конце линии. Проверка синхронизма необязательна при следующих условиях:</p> <p style="text-align: center;">1) при повреждении на линии элемента передачи между энергосистемой и промышленным предприятием, когда электростанция предприятия с частью нагрузки, не превышающей ее мощности, отделяется от энергосистемы путем отключения</p>

	<p>секционного или междушинного выключателя; оставшая часть нагрузки после АПВ присоединяется к энергосистеме;</p> <p>2) когда при повреждении на линии генераторы отключаются и переводятся в асинхронный режим; после АПВ линии генераторы автоматически подключаются к энергосистеме по методу самосинхронизации;</p> <p>3) при наличии на линии быстродействующего устройства АПВ (длительность полного цикла 0,2–0,3 с).</p>
АПВ кабельных линий	<p>Аналогично воздушным линиям применяется для потребителей I категории, но может быть рекомендовано и для II категории. Как правило, однократного действия.</p>
АПВ трансформаторов	<p>Действует при отключении трансформатора любыми видами защит, кроме газовой и дифференциальной.</p>
АПВ сборных шин	<p>Действует при отключении шин защитой от к.з. на шинах. Применяется в первую очередь для открытых подстанций.</p>
Несинхронное АПВ	<p>При достаточно больших сопротивлениях линий электропередачи, связывающих электростанции или части энергосистемы, несинхронное включение этих линий не представляет опасности для оборудования. В этом случае могут применяться устройства АПВ без проверки синхронизма, которые, обеспечивая обратное включение всех отключившихся во время аварии линий, в ряде случаев предотвращают перегрузку оставшихся линий и нарушения устойчивости. Несинхронные АПВ допустимы, если кратность тока несинхронного включения, возникшего при включении с углом расхождения векторов э.д.с., равным <math>180^\circ</math>, к номинальному току генераторов не</p>

	превышает: для турбогенераторов 5; для гидрогенераторов 3.
АПВ электродвигателей	Находят применение для осуществления автоматического пуска двигателей, отключаемых для обеспечения самозапуска, когда наряду с отключением двигателей неответственных механизмов отключается и ряд двигателей ответственных механизмов.
Устройства АВР	
АВР кабельных и воздушных линий	Действует при исчезновении напряжения или при отключении питающей линии, при отключении рабочего трансформатора любыми видами защиты или при ошибочном его отключении вручную; АВР трансформатора может происходить также под воздействием программного реле, обеспечивающего экономически целесообразный режим работы трансформатора.
АВР сборных шин	Действует при исчезновении напряжения на данной секции или системе шин: для открытых подстанций целесообразно применение АВР сборных шин также при отключении их защитой.
АВР электродвигателей	Действует при отключении от любого вида защиты.
Автоматизация работы компенсирующих устройств	
Автоматическое регулирование мощности – конденсаторных установок по напряжению	Применяется, когда одновременно желательно обеспечить и регулирование напряжения.
Автоматическое регулирование мощности конденсаторных установок по току нагрузки	Применяется для тех приемников, у которых в суточном графике происходит резкое изменение потребления реактивной мощности.
Автоматическое регулирование мощности конденсаторных установок по направлению реактивной мощности	Применяется на отдельных удаленных тупиковых подстанциях.
Автоматическое регулирование мощности конденсаторных установок по времени суток	Применяется при хорошо известном и достаточно постоянном суточном графике реактивной мощности.

Устройства АЧР	
АЧР потребителей на сторонах высокого (6 – 35 кВ) и низкого напряжений	Действуют при снижении частоты до 48-45 Гц и ниже путем отключения отдельных линий и трансформаторов, питающих менее ответственных потребителей (II и III категорий).
Самозапуск двигателей	
Самозапуск синхронных и асинхронных двигателей	Применяется при кратковременном (до 10 с) исчезновении напряжения на шинах питающих, распределительных и цеховых подстанций.

## 2 Автоматическое повторное включение (АПВ)

Сущность АПВ состоит в том, что элемент системы электроснабжения, отключившийся при срабатывании релейной защиты, через определенное время (0,5– 1,5 с) снова включается под напряжение (если нет запрета на обратное включение), и если причина, вызвавшая отключение элемента, исчезла, то он остается в работе.

Среди наиболее частых причин, вызывающих неустойчивые повреждения элементов системы электроснабжения, можно назвать перекрытие изоляции лишь при атмосферных перенапряжениях, схлестывание проводов при сильном ветре или пляске, замыкание линий или шин различными предметами, отключение линий или трансформаторов вследствие кратковременных перегрузок или неизбирательного срабатывания релейной защиты и т.д. В связи с этим АПВ с большим успехом может применяться для воздушных и кабельных линий, секций или систем шин, двигателей и одиночных трансформаторов.

Однако при применении АПВ трансформаторов в схеме АПВ должен быть наложен запрет АПВ при отключении трансформаторов под действием газовой или дифференциальной защиты.

Стоимость устройства АПВ ничтожно мала по сравнению с убытками производства, вызываемыми перерывами в электроснабжении. Применение устройства АПВ различных элементов системы электроснабжения значительно повышает надежность электроснабжения даже при одном источнике питания. В системах электроснабжения промышленных предприятий в основном применяются устройства АПВ однократного действия, как наиболее простые и дешевые. С увеличением кратности действия АПВ их эффективность уменьшается.

Многократное АПВ может применяться на одиночных длинных (свыше 10 км) воздушных линиях, питающих потребителей II и III категории, когда на приемной подстанции не предусматривается автоматическое включение резервного ввода и выключатель рассчитан для работы в условиях многократного АПВ.

Автоматическое повторное включение (АПВ) выполняется как на постоянном так и на переменном оперативном токе.

На оперативном постоянном токе устройства АПВ выполняются при наличии электромагнитных или пневматических приводов.

Устройство однократного АПВ на оперативном переменном токе выполняется, как правило, с применением пружинных приводов (ППМ-10, ПП-61 и др.) и происходит за счет энергии сжатой пружины.

Для упрощения и увеличения надежности устройств АПВ применяют комплекты АПВ с реле типов РПВ-58, РПВ-258, РПВ-358 и их модификаций.

#### **Схема АПВ линий с применением комплекта типа РПВ-58.**

Устройства типа РПВ-58 применяются для линий с односторонним и двусторонним питанием при наличии на подстанции постоянного оперативного тока и выключателей с дистанционным управлением.

Устройство РПВ-58 совместно с другими элементами схемы обеспечивает однократное действие АПВ.

На рис.1 приведена схема включения устройства типа РПВ-58 для линии с двусторонним питанием. Для линий с односторонним питанием должен отсутствовать элемент схемы, обведенный на рис.1 пунктиром, и точка  $M_1$  должна быть соединена с точкой  $M_2$ . Пуск устройства АПВ производится во всех случаях аварийного отключения выключателя, т.е. во всех случаях возникновения несоответствия положения выключателя и его ключа управления КУ.

Схема устройства типа РПВ-58 для линий с односторонним питанием работает следующим образом. I

При срабатывании релейной защиты (замыкается контакт РЗ) подается напряжение на электромагнит отключения выключателя ЭО, и выключатель отключается. Контакт выключателя В в цепи электромагнита включения ЭВ замыкается и срабатывает реле 4П. При срабатывании реле 4П замыкается его контакт в цепи реле 1В, реле 1В срабатывает и происходит пуск устройства АПВ.

При замыкании контакта 1В в цепи реле 1П происходит разряд конденсатора С на параллельную обмотку реле 1П, вызывая его кратковременное срабатывание. Замыкающий контакт 1П в цепи ЭВ замыкается, по электромагниту включения ЭВ протекает ток и выключатель включается. Благодаря наличию последовательной обмотки реле 1П самоудерживается во включенном состоянии до момента включения выключателя, чем обеспечивается надежное включение выключателя.

После включения выключателя размыкающий контакт В размыкается, реле 4П обесточивается и размыкает свой контакт в цепи 1В. Если АПВ оказывается неуспешным, то повторного включения выключателя не происходит; после замыкания контакта 1В в цепи 1П оно не срабатывает, так как конденсатор С еще не успел зарядиться. Готовность устройства АПВ к следующему действию, определяется временем заряда конденсатора С, которое при заданной емкости конденсатора определяется значением  $\tau_2$ :

$$t_{\text{зар}} = r_2 * C * \ln \frac{U_n}{U_n - U_{\text{ср}}},$$

где  $U_n$  – напряжение питания, В;

$U_{\text{ср}}$  – напряжение срабатывания реле 1П, В.

При оперативном отключении выключателя ключом КУ АПВ не происходит, так как цепь реле 1В будет разомкнута контактом ключа управления. Реле 5П предназначено для предупреждения многократной работы выключателя при неисправностях цепей включения.

Для линий с двусторонним питанием дополнительно устанавливается реле синхронизации 7СН, реле минимального напряжения 8Н и сигнальная лампа 10Л (обведены на схеме пунктиром).

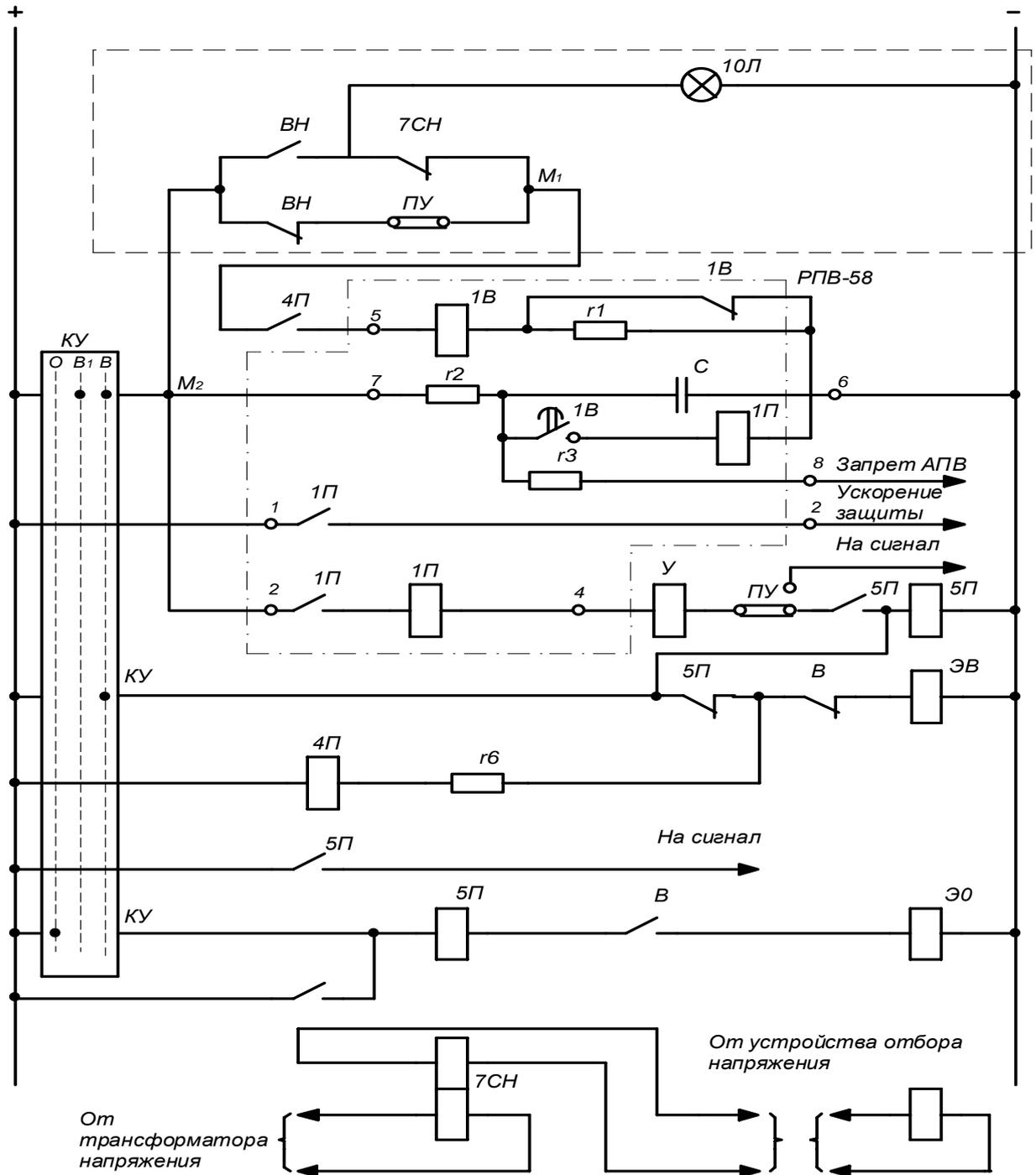


Рис.1. Схема устройства АПВ линий с двусторонним питанием и с применением комплекса типа РПВ-58 (схема показана для включенного положения выключателя).

РПВ-58 – комплект устройства АПВ: 4П – реле промежуточное типа РП-23; 5П – реле промежуточное типа РП-232; КУ – ключи управления; 7СН – реле контроля синхронизации; 8Н – реле минимального напряжения типа ЭН-529; ПУ – переключающие устройства; 10Л – лампа неоновая. Схема включения устройства типа РПВ-58 для линий с односторонним питанием отличается от указанной выше отсутствием следующих элементов: 7СН, 8Н, 9ПУ, 10Л. В некоторых приводах (ПС-10) АПВ действует не на соленоид включения, а на контактор включения.

**Автоматическое повторное включение электродвигателей.** АПВ электродвигателей применяется для осуществления повторного пуска электродвигателей, отключаемых для обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов. Это необходимо в тех случаях, когда при особо тяжелых условиях самозапуска наряду с отключением двигателей неответственных механизмов отключается и ряд двигателей ответственных механизмов.

Повторный пуск ответственных механизмов целесообразно осуществлять после восстановления напряжения с помощью устройств АПВ. АПВ двигателей может осуществляться с использованием реле РПВ-58. В качестве пускового органа АПВ используется реле напряжения, контролирующее напряжения на шинах. АПВ электродвигателей должно осуществляться после того, как закончится самозапуск двигателей ответственных механизмов, не отключаемых от шин. Для обеспечения этого условия пуск устройства АПВ осуществляется при замыкании контакта реле напряжения при напряжении на шинах, близком к номинальному, включенного в цепь реле времени РПВ-58.

Когда к шинам подстанции наряду с асинхронными электродвигателями подключены синхронные, пуск устройства АПВ осуществляется не от реле напряжения, а от реле частоты.

В некоторых случаях пуск устройства АПВ двигателей может осуществляться без проверки напряжения на шинах подстанции по истечении определенного времени после отключения двигателей. Выдержка времени определяется временем самозапуска неотключившихся двигателей. Устройство АПВ в этом случае срабатывает только при наличии несоответствия ключа управления и положения; выключателя электродвигателя.

**Схема группового АПВ двигателей высокого напряжения на оперативном постоянном токе (рис. 2).** Пуск устройства АПВ осуществляется от защиты минимального напряжения, которая отключает часть двигателей не ответственных механизмов для обеспечения самозапуска оставшихся двигателей.

При срабатывании защиты минимального напряжения срабатывает и самоудерживается реле 1П типа РП-23. После восстановления напряжения до  $0,8-0,9 U_n$  срабатывает реле напряжения  $H$  и замыкает цепь реле времени  $B$ . Реле времени срабатывает, замыкает свой проскальзывающий контакт в цепи промежуточного реле 2П типа РП-252, которое дает импульс на включение двигателей, отключившихся под действием защиты минимального напряжения. Реле 2П имеет замедление на возврат  $0,1-0,2$  с, что необходимо для обеспечения надежного включения выключателей двигателей. Возврат схемы в исходное положение осуществляется после замыкания замыкающего с выдержкой времени контакта реле  $B$ .

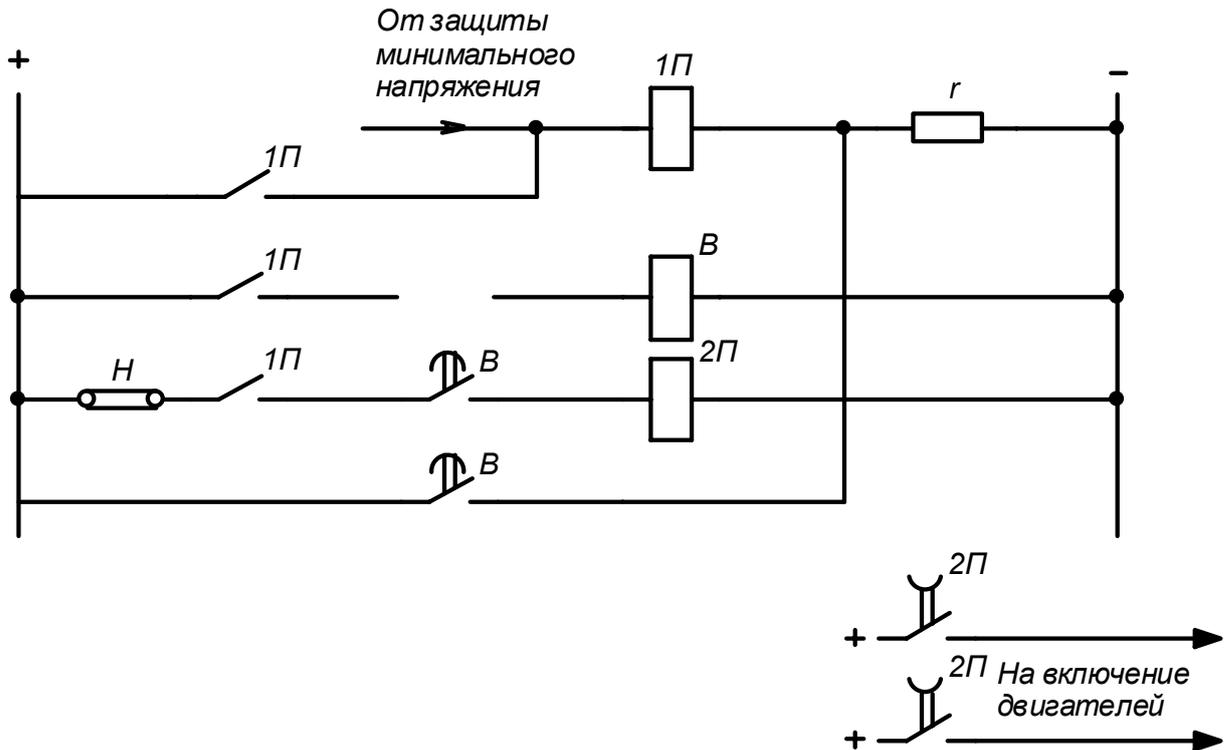


Рис.2. Схема АПВ электродвигателя высокого напряжения.

#### Схемы устройства АПВ двигателей низкого напряжения до 1000 В.

На рис.3а представлена схема повторного пуска электродвигателя с питанием оперативных цепей от независимого источника переменного тока. Управление двигателем производится через двухпозиционное реле П типа РП-351. Реле П своими контактами производит замыкание или размыкание цепи контактора, который осуществляет включение и отключение электродвигателя. Время, в течение которого двигатель может повторно включаться, определяется уставкой реле В типа ЗВ-235. При исчезновении напряжения на шинах подстанции реле В, замыкая с выдержкой времени свой размыкающий контакт, переводит реле П в положение, при котором цепь обмотки контактора размыкается, и тем самым при последующем восстановлении напряжения возможность повторного пуска электродвигателя исключается.

На рис.3, б представлена схема повторного пуска двигателя с питанием оперативных цепей от источника постоянного тока. При включении двигателя ключом КУ срабатывает реле 1П типа РЭВ-883 и своим контактом включает обмотку контактора. Контактор К включает двигатель и, самоудерживаясь, обеспечивает нахождение под током реле 1П. При исчезновении напряжения на шинах подстанции катушка контактора К обесточивается. Реле 1П также обесточивается, но его замыкающий контакт в цепи катушки контактора К остается некоторое время замкнутым (реле имеет выдержку времени на отпускание). Если в течение этого времени напряжение на шинах подстанции восстановится, то произойдет повторный пуск двигателя.

При оперативном отключении двигателя ключом КУ контактом 2П размыкается цепь катушки контактора К (продолжительного действия команды на остановку двигателя не требуется, так как реле 2П

самоудерживается до момента возврата реле 1П). При исчезновении напряжения в цепи оперативного тока двигатель продолжает работать, так как контактор К самоудерживается своим контактом.

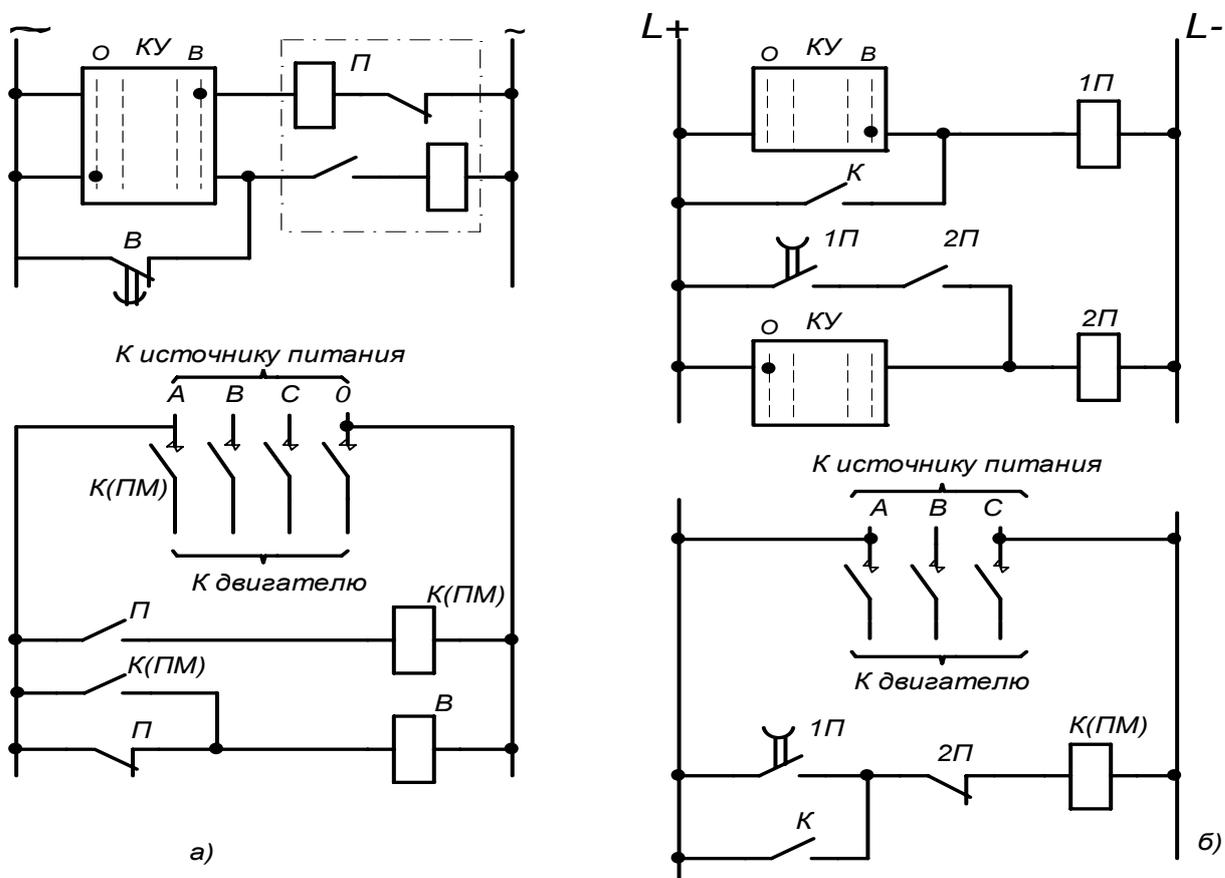


Рис. 3. Схема устройства повторного пуска электродвигателей низкого напряжения.

а – при использовании независимого переменного тока; б – при использовании постоянного оперативного тока; в – реле типа ЭВ-235; 1П – реле типа РЭВ-883; 2П – реле типа РП-23; П – реле типа РП-351.

**Схема устройства АПВ синхронного двигателя или компенсатора (рис. 4).** Для предотвращения несинхронного включения синхронных двигателей или компенсаторов, приводящего к повышенным механическим нагрузкам машин, при автоматическом повторном включении питающей линии необходимо сочетать устройство АПВ линии с автоматическим устройством, отключающим синхронные машины или снимающим возбуждение с этих машин при исчезновении напряжения и обеспечивающим обратное включение синхронных машин, работающих в режиме самозапуска, при успешном АПВ питающей линии и восстановлении напряжения.

Для обеспечения успешной работы автоматического устройства и

АПВ время АПВ выключателя питающей линии должно быть больше времени отклонения синхронных машин или снятия с них возбуждения и гашения поля. Автоматическое устройство, устанавливаемое на синхронных двигателях или компенсаторах, срабатывающее при исчезновении напряжения питающей линии, может быть выполнено по следующим принципам:

1. Устройство, реагирующее на скорость изменения частоты. Основано на различии в скоростях изменения частоты при возникновении дефицита мощности в систему и при исчезновении напряжения питающей линии.

2. Устройство, реагирующее на частоту напряжения, поддерживаемого синхронными двигателями или компенсаторами при отключении питающей линии.

В качестве устройства, реагирующего на частоту напряжения, обычно используется реле частоты, уставка срабатывания которого выбирается меньше уставки последней очереди устройства АЧР.

3. В качестве устройства, реагирующего на изменение направления активной мощности, обычно используется реле активной мощности, включаемое на ток питающей линии и напряжение шин приемной подстанции. При малых мощностях реле мощности может быть заменено реле тока.

Часто устройство автоматики, устанавливаемое на синхронных машинах, может быть выполнено комбинированно с использованием нескольких принципов.

На рис. 4 приведена схема автоматического устройства синхронного двигателя или компенсатора с последующим обратным включением после АПВ питающей линии.

Отключение синхронного двигателя или синхронного компенсатора и АПВ построено на использовании двух принципов: изменение направления активной мощности, на которое реагирует реле мощности 2 (на схеме показан только контакт М реле мощности), и понижения частоты при отключении питающей линии, на которое реагирует реле частоты 3.

Уставка реле частоты 3 выбирается равной 47–48 Гц для ускорения отключения СД и АГП при исчезновении напряжения. Во избежание ложного срабатывания устройства при возникновении дефицита мощности в системе и понижения частоты в результате этого напряжения на реле времени 4 подается дополнительно через контакт М реле мощности 2, который замкнут при отсутствии перетока активной мощности к шинам подстанции. При отключении питающей линии происходит отключение СД и АГП.

При успешном АПВ питающей линии восстанавливается напряжение на шинах подстанции и происходит восстановление первоначальной схемы.

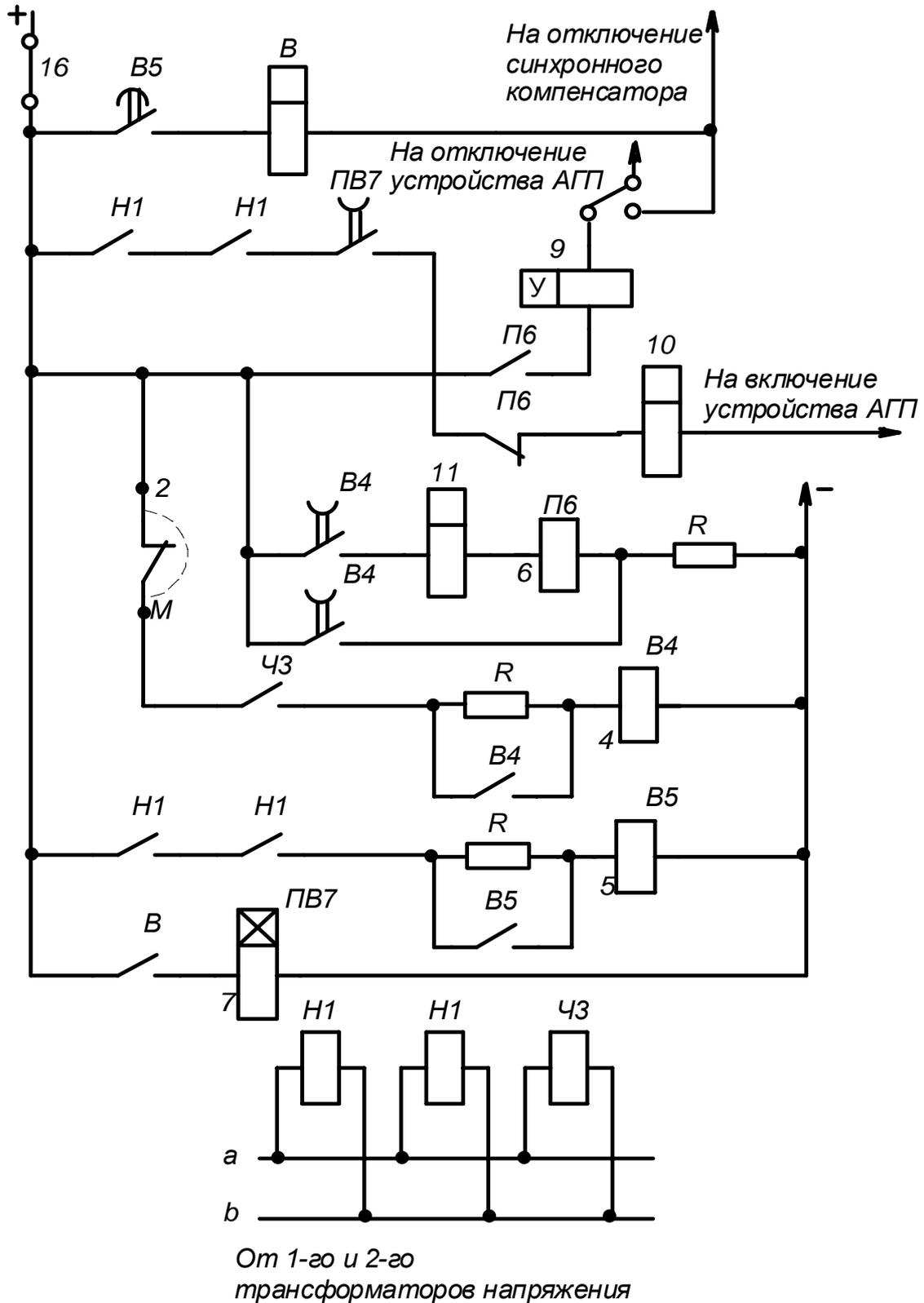


Рис. 4. Схема устройства АВВ синхронного двигателя или компенсатора.

1- реле напряжения; 2- реле мощности (на схеме показан только контакт М реле мощности); 3- реле частоты; 4,5- реле времени; 6- промежуточное реле; 7- реле времени с замедлением на возврат; 8,9,10- сигнальные реле; В- замыкающий контакт выключателя питающей сети.

**Принципиальная схема АПВ двигателя до 1000 В на бесконтактных элементах (рис. 5).** АПВ двигателей происходит за счет энергии конденсатора. Подготовка устройства АПВ к действию осуществляется с помощью кнопки SB2. При нажатии на кнопку SB2 транзистор VT1 закрывается, конденсатор C1 заряжается.

При исчезновении напряжения конденсатор разряжается через резистор R2. При восстановлении напряжения транзистор открывается и конденсатор начинает разряжаться через тиристор, который открывается и включает пусковой аппарат двигателя.

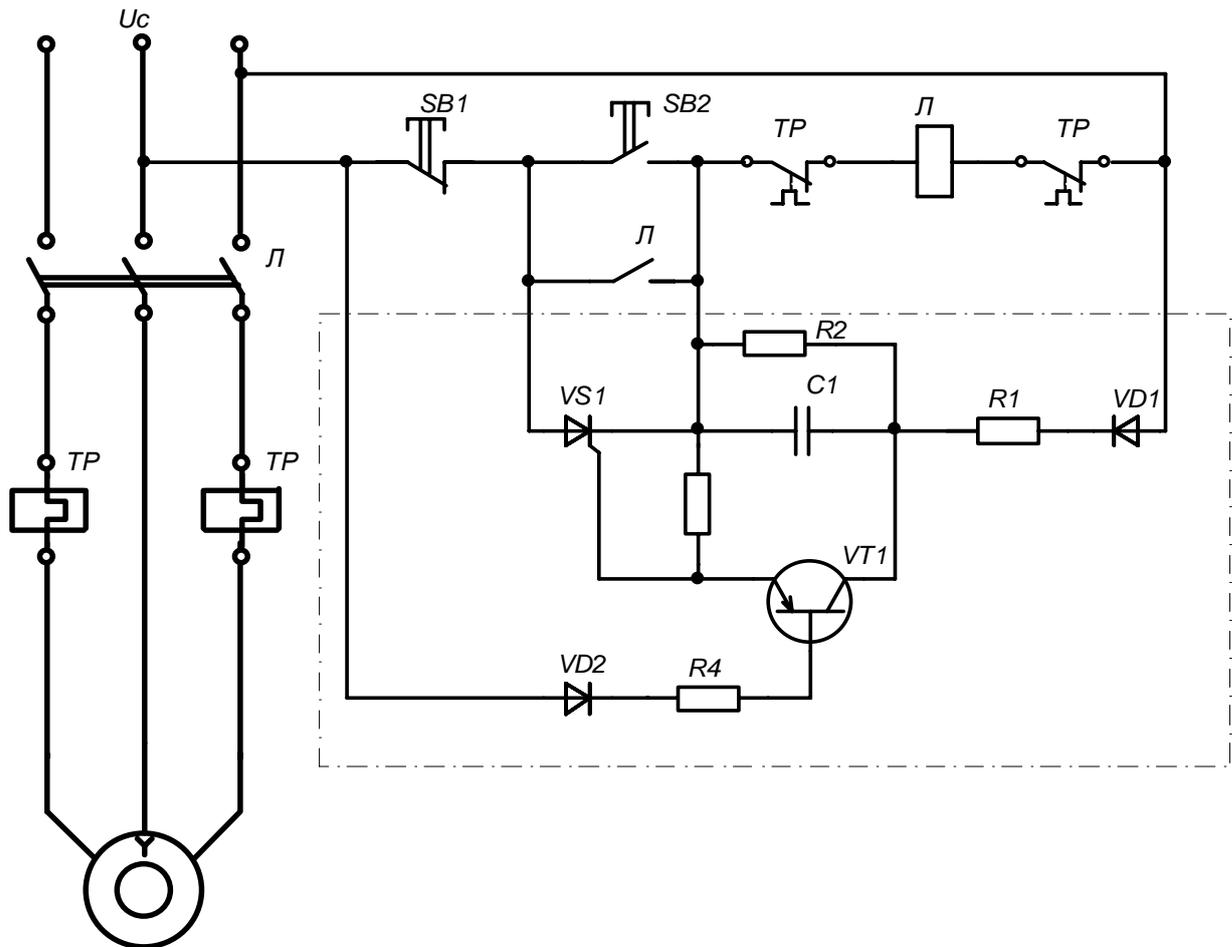


Рис. 5. Принципиальная схема АПВ двигателя до 1000 В на бесконтактных элементах.

VS1— тиристор типа Т-10КЛ8; VT1 — транзистор типа КТ-603 А; R1 — резистор на 300–400 кОм; R2 — резистор на 15 – 25 кОм; R3 — резистор на 200 Ом; R4— резистор на 300–400 кОм; C1 — конденсатор типа К50-6 на 200 мкА, 50 В; VD1 и VD2 — диоды типа Д211. Все расчетные параметры даны для двигателей напряжением 380 В.

Для успешного действия устройства АПВ время исчезновения напряжения должно быть меньше выдержки времени действия устройства АПВ. Время действия АПВ при кратковременном исчезновении напряжения составляет 8–10 с при плавной посадке напряжения до нуля и его восстановлении около 5–7 с. Время отключения кнопкой SB1 при

поминальном напряжении сети составляет 0,1 с. За это время конденсатор разряжается через открытый транзистор до тока, меньшего тока открывания тиристора.

### **3 Автоматическое включение резерва (АВР)**

Автоматическое включение резервного питания или оборудования должно предусматривался во всех случаях, когда перерыв в электроснабжении вызывает убытки, значительно превышающие стоимость установки устройства АВР.

Устройства АВР применяются только в тех случаях, когда имеется ц наличии или проектируется дополнительный (резервный) источник питания, например трансформатор, линия, секция шин. В этом случае при отключении рабочего источника устройством АВР включается второй источник питания, нормально находящийся в резерве. Такие системы действуют надежно, но требуют для своего осуществления значительных капитальных затрат.

Для устранения этого недостатка чаще всего применяются устройства АВР для оборудования, которое в нормальном режиме тоже работает, но используется не полностью, что часто отвечает экономически целесообразному режиму работы этих установок, например к.п.д. трансформатора максимален при 60–80 % номинальной нагрузки. В этом случае при отключении одного (рабочего) источника второй под действием устройства АВР принимает на себя всю нагрузку и, перегружаясь в (допустимых пределах), обеспечивает бесперебойное электроснабжение установки.

Здесь уместно отметить, что такого же эффекта можно добиться при параллельной работе двух или большего числа источников питания электроэнергией и отключении поврежденного элемента средствами только релейной защиты, без устройства АВР. Однако такое включение источников питания системы электроснабжения вызывает увеличение токов короткого замыкания, значительное усложнение работы релейной защиты, удорожание ее и часто не обеспечивает необходимой избирательности действия.

Автоматическое включение резервного питания и оборудования линий, силовых трансформаторов, генераторов, сборных шин, секций и систем, электродвигателей, электрического освещения, как правило, происходит после отключения любыми видами защит, а также при ошибочных действиях обслуживающего персонала или самопроизвольном отключении выключателей.

При выполнении устройств АВР питания и оборудования должны соблюдаться следующие условия:

1. Для предотвращения включения резервного источника на к.з. в неотключившемся рабочем источнике схема АВР не должна работать до исключения выключателя рабочего источника.

2. Действие АВР должно быть однократным. Для ускорения отключения резервного источника питания при включении его на не устранившееся к.з. обычно предусматривается ускорение защиты резервного источника после АВР.

3. При установке устройства АВР, кроме основной максимальной токовой защиты на рабочем источнике питания (вводе, трансформаторе и т.д.), должен устанавливаться пусковой орган минимального напряжения, для того чтобы схема АВР могла действовать при исчезновении напряжения на шинах, питающих рабочий источник.

4. Если на рабочем источнике питания предусмотрено устройство АПВ, то в случае недопустимости параллельной работы рабочего и

резервного источника питания (например, отсутствие между ними синхронизма, возможность неправильной работы защиты при параллельной работе и т. д.) следует предусмотреть блокировку от параллельной работы. Для этого применяется один из следующих способов:

а) Предусматривается отделение рабочего источника от нагрузки независимо от работы устройства АПВ (последующее переключение при успешном АПВ производят вручную).

б) Выдержка времени устройства АВР выбирается больше времени полного цикла АПВ.

Устройства АВР выполняются как на оперативном переменном, так и на оперативном постоянном токе. Источником питания оперативного переменного тока служат трансформаторы напряжения, установленные на рабочем или резервном вводе или на шинах подстанции в зависимости от схемы устройства АВР.

Эффективность действия АВР в системах электроснабжения составляет 90–95%. Простота схем и высокая эффективность обусловили широкое применение АВР и электрических сетей и энергосистемах.

**Схемы устройства АВР на оперативном постоянном токе в установках высокого напряжения.** Автоматическое включение резервной линии (рис. 6). Схема устройства АВР применяется преимущественно на ГПП и РП промышленных предприятий I и II категорий. Двоимой комплект реле напряжения в схеме предусматривается для исключения ложного срабатывания схемы вследствие обрыва проводов в цепи питания реле, перегорания предохранителей или повреждения одной фазы трансформаторов напряжения. Для АВР неотчетливых объектов можно предусмотреть одно реле на каждый ввод. Трансформаторы напряжения устанавливаются только на фиксированном резервном вводе, а для рабочего ввода могут быть использованы шинные трансформаторы напряжения. Назначение цепей (рис. 21–22, б): 1–2 – пуск устройств АВР от защиты минимального напряжения; 1–4 – блокировка устройства АВР при отсутствии напряжения на резервном вводе, ограничение длительности импульса включения выключателя 2В; 3–6 – питание отключающего реле рабочего ввода от защиты минимального напряжения; 5–6 – то же от максимальной токовой защиты; 7–6 – самоудержание реле 1П; 9–8 – ручное отключение выключателя 1В; 11–8 – отключение выключателя 1В от релейной защиты или защиты минимального напряжения; 13–10 – цепь включения контактора 2К; 15–12 – отключение выключателя 2В от релейной защиты; 17–14 цепь включения контактора 1К; 19–16 – включение выключателя 1В; 21–18 – включение выключателя 2В.

Недостатком схемы является возможность включения рабочего ввода при включенном резервном вводе. Если параллельная работа обоих вводов недопустима, то следует в цепь 17–14 включить размыкающий контакт выключателя 2В или принимать другие меры для устранения возможности параллельной работы.

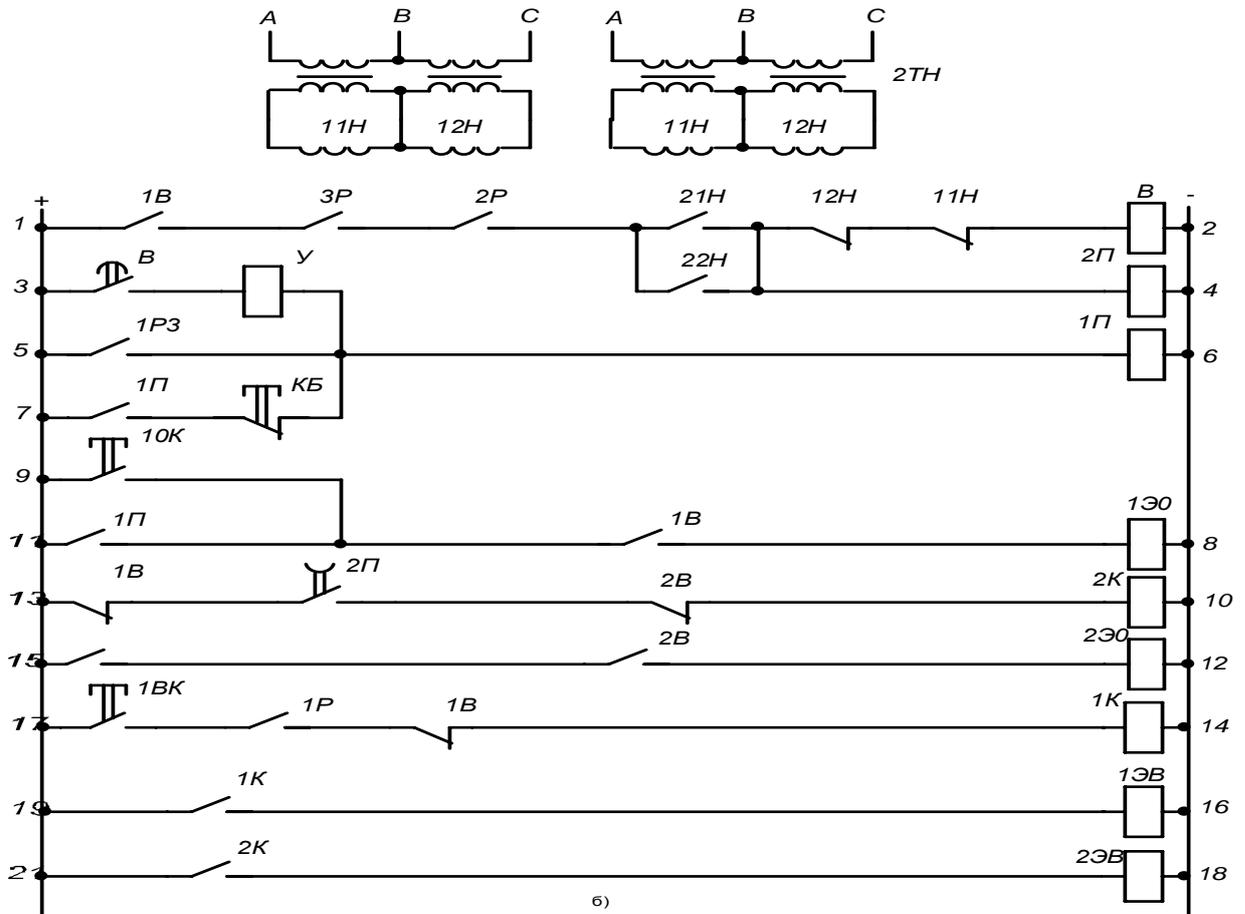
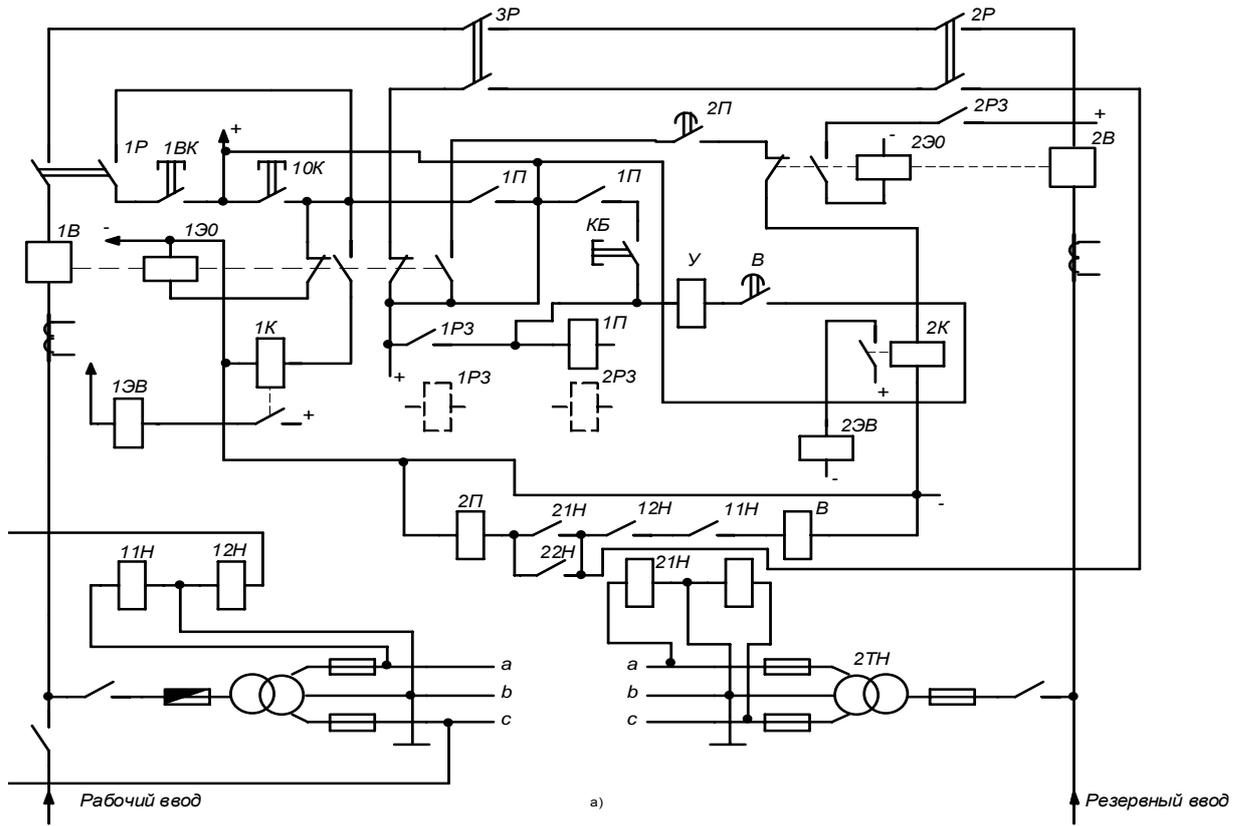


Рис. 6. Схема устройства автоматического включения резервного ввода.

а – свернутая схема (положение соответствует включенному выключателю 1В); б – развернутая схема (положение соответствует отключенному положению 1В и 2В); 1В – выключатель рабочего ввода; 2В – выключатель резервного ввода; 1ЭВ, 2ЭВ – электромагниты включения; 1ЭО, 2ЭО – электромагниты отключения; 1Р, 2Р, 3Р – разъединители; 1ТН, 2ТН – трансформаторы напряжения; 1К, 2К – контакторы; 1РЗ, 2РЗ – выходные контакты релейной защиты; 1Н, 2Н – реле напряжения ЭН-524; 21Н, 22Н – реле напряжения ЭН-524; В – реле времени ЭВ-181; 1П – реле промежуточное; 2П – реле промежуточное РЭВ-181/1А; У – реле указательное; КБ – кнопка возврата реле 1П.

**Схемы устройства АВР на оперативном переменном токе в установках высокого напряжения.** Схема одностороннего АВР для линий, оборудованных выключателями с пружинными приводами с автоматическим заводом пружины (рис. 7). В нормальном режиме питание на шины подстанции подается через выключатель 1В. При аварии на рабочей линии устройство АВР должно отключить выключатель 1В и включить 2В.

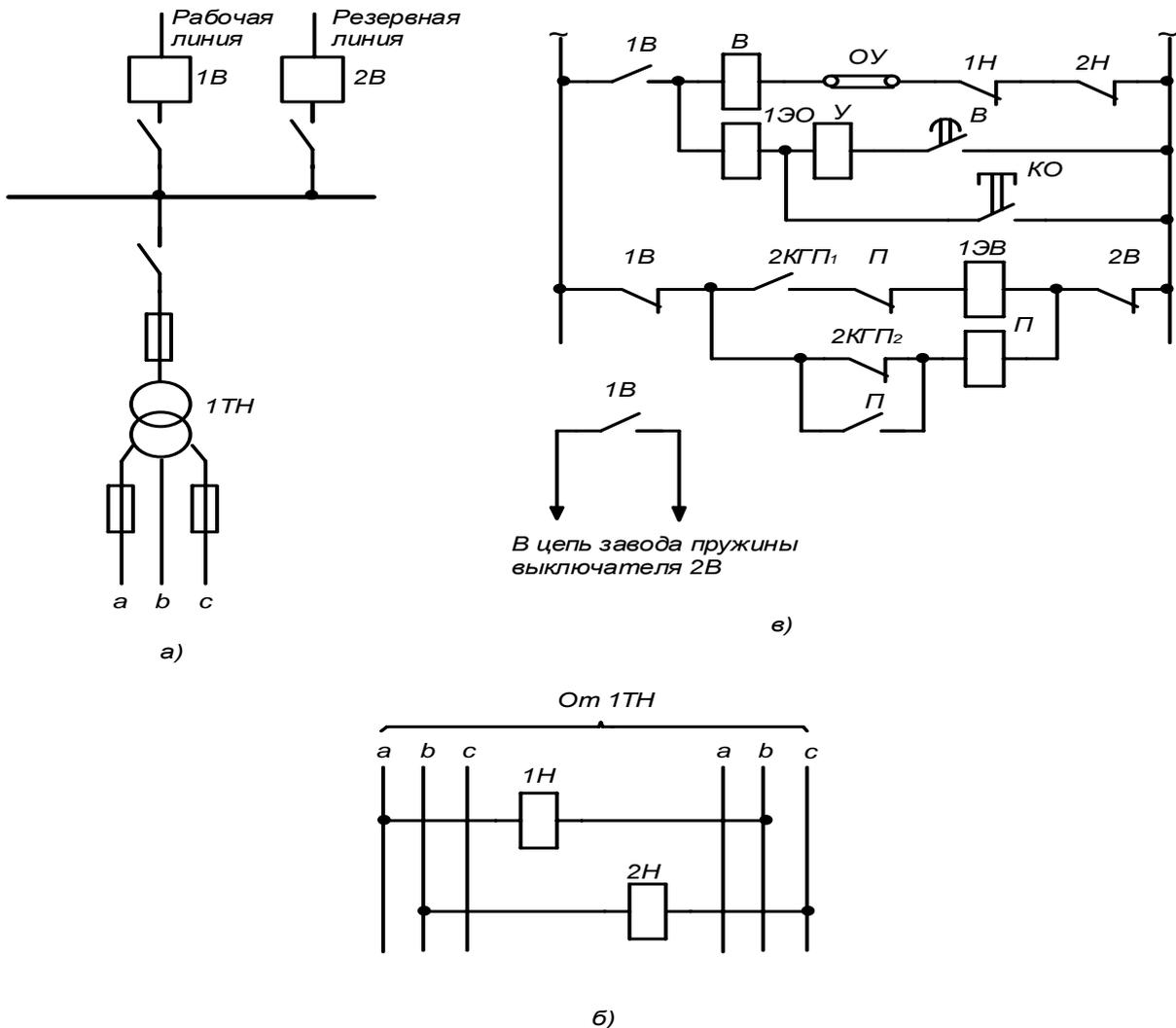


Рис. 7. Схема одностороннего АВР для линий, оборудованных выключателями с грузовыми или пружинными приводами с автоматическим заводом пружины.

а – принципиальная схема; б – цепи реле напряжения; в – развернутая схема.

Работа схемы. При исчезновении напряжения на шинах подстанции срабатывают реле минимального напряжения 1Н и 2Н и замыкают свои контакты в цепи реле В, которое с заданной выдержкой времени замыкает свой контакт в цепи 1ЭО. Выключатель 1В отключается. Размыкающий контакт 1В замыкает цепь электромагнита включения выключателя 2В, последовательно с которым включен контакт положения пружины 2КГП<sub>1</sub> (замкнутый при заведенном положении пружины) и размыкающий контакт промежуточного реле П.

При включении выключателя 2В замыкается контакт 2КГП<sub>2</sub> и подготавливает к включению цепь катушки реле П. Если АВР успешно, то схема АВР возвращается в исходное положение.

При неуспешном АВР выключатель 2В отключается от своей защиты. Повторного включения выключателя 2В на к.з. не происходит, так как пружина не заводится при отключенном выключателе 1В (замыкающий контакт 1В в цепи завода пружины разомкнут). Для предупреждения повторного включения выключателя 2В на к.з. в случае повреждения замыкающего контакта 1В предусматривается дополнительная блокировка с помощью реле П, которое срабатывает при отключении выключателя 1В и 2В и незаведенной пружине выключателя 2В. Реле П при этом самоблокируется и разрывает своим размыкающим контактом цепь 2ЭВ.

Пружина привода выключателя 2В может быть заведена только после включения выключателя 1В.

#### **Схема одностороннего АВР линий с использованием энергии предварительно заряженных конденсаторов.**

Схема применяется, когда на резервной линии нет трансформатора напряжения (рис. 8). В качестве оперативного тока используется энергия предварительно заряженных конденсаторов 1С и 2С. Заряд конденсаторов осуществляется от трансформатора напряжения 1ТН через специальное зарядное устройство ЗУ. При наличии на шинах подстанции напряжения реле 1П включено и его контакты замкнуты. При исчезновении напряжения на трансформаторе 1ТН размыкает свои контакты и отключает конденсаторы 1С и 2С от зарядного устройства, предотвращая их разряд. Устройство АВР приходит в действие при одновременном срабатывании реле минимального тока Т и реле времени В-1.

При замыкании контактов реле Т и В-1 электромагнит отключения 1ЭО оказывается замкнутым на предварительно заряженный конденсатор 2С. Конденсатор 2С разряжается, выключатель 1В отключается, замыкая свои контакты в цепи электромагнита включения 2ЭВ. При замыкании контактов 1В электромагнит 2ЭВ оказывается включенным на предварительно заряженный конденсатор 1С. Разряжаясь, конденсатор 1С производит включение выключателя 2В.

При неуспешном АВР, например при включении на устойчивое к.з., на шинах схема АВР будет готова к новому действию после восстановления нормальной схемы подстанции и зарядки конденсаторов 1С и 2С.

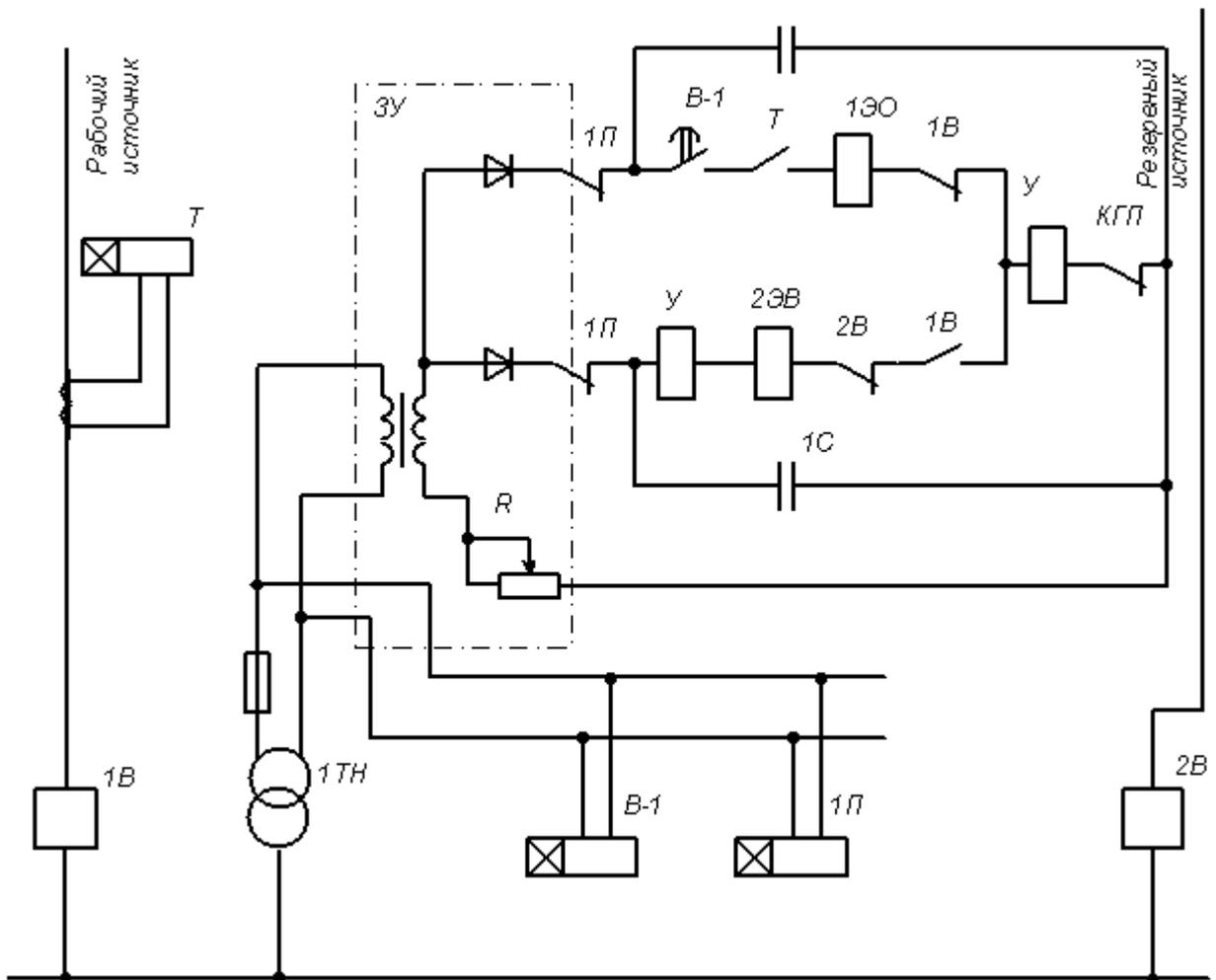


Рис. 8. Принципиальная схема АВР одностороннего действия для подстанции с оперативным переменным током с использованием предварительно заряженных конденсаторов.

#### 4 Программа лабораторной работы

Исследуются следующие режимы:

1. Нормальный режим электроснабжения
2. Автоматическое отключении при наличии к.з.
3. АПВ без ускорения
4. АПВ с ускорением
5. АВР
6. Согласованная работа АПВ и АВР

1. Режим «Нормальная работа» достигается путем включения автоматов № 4 ПР24 и QF1, QF2 на стенде, на котором загорается лампочка HL0 и срабатывает реле времени КТ4. Поворотом вправо ключей SA1, SA3 и включением тумблера KM9 включается линия № 1 и нагрузка (загораются

сигнальные лампы HL1, HL3, HL10, HL11). Линия № 2 включается ключами SA2, SA4 и тумблером KM8. При этом загораются HL2, HL4, HL12, HL13.

2. Автоматическое отключение при наличии к.з. Включением ключа K2 создаем к.з. в линии № 2. Срабатывает реле времени KT2 и отключает линию № 2 от системы (выдержка времени отключения регулируется при помощи KT2). Гаснут лампочки HL2, HL4, HL12.

3. АПВ без ускорения. Ключ SA1 переводим в левое положение. При этом срабатывает РПВ и загорается HL1 (если этого не произошло, то следует повернуть SA1 в нейтральное положение, а затем перевести снова в левое положение). Поворотом вправо включить SA3, загорятся HL3, HL10, HL11. Включением ключа K1 создаем к.з. Срабатывает реле времени KT1 и РПВ, а также включится сигнальное реле КН1. По истечении выдержки времени на KT1 произойдет автоматическое отключение линии от системы и через некоторый промежуток времени срабатывает АПВ. Если к.з. не устранилось, АПВ будет неуспешным. При исчезновении к.з. происходит успешное АПВ, о чем сигнализирует HL1. Тогда с помощью ключа SA3 подключается нагрузка к линии № 1.

4. АПВ с ускорением. Исходное состояние: линия № 1 работает в нормальном режиме. Включаем тумблер ускорение защиты SA10 и производим операции в последовательности, указанной в пункте 3. Срабатывает KT1, затем РПВ, КН1, КН2, сигнализирующие о работе АПВ с ускорением защиты. При неуспешном АПВ линия № 1 отключается.

5. АВР. Исходное состояние: линия № 2 работает в нормальном режиме, а линия № 1 является резервом питания. Включаем SA11 в положение «АВР автоматическое» (вверх). Тумблер KM9 отключаем. Создаем к.з. на линии № 2 путем включения K2. При этом линия № 2 отключается, включается АВР и питание нагрузки осуществится с линии № 1. Загораются сигнальные лампочки HL1, HL3, HL5, HL12, HL13.

6. Согласованная работа АПВ и АВР. Линию № 1 включаем аналогично пункту 3, линия № 2 в нормальном режиме. Устраиваем ключом K1 к.з. на линии № 1. При этом включатся сигнальные реле КН1 и КН3, срабатывает АПВ. При неуспешном АПВ включится АВР, то есть нагрузки HL10, HL11 подключится к линии № 2. Загорятся лампочки HL2, HL4, HL5.

#### **Примечания:**

1. Отключение линии № 1 от системы осуществляется переводом ключа SA1 в среднее положение.

2. Отключение линии № 2 и ее нагрузок производится поворотом ключей SA2, SA3, SA4 в левое положение.

3. АВР отключается тумблером SA11 и поворотом ключа SA5 в левое положение.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Какие виды автоматики применяют в системах электроснабжения промышленных предприятий для повышения надежности работы.
2. Автоматическое повторное включение (АПВ) .
3. Автоматическое включение резерва (АВР) .

1. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий/ Под общ. ред. А.А. Федорова, Д.В. Сербеновского.- М.: Энергоиздат, 1981.- 624с.
2. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий.-М.: Высшая школа, 1986, 400с.
3. Чернобровов Н.В. Релейная защита.-М.: Энергия, 1974, 680с.
4. Казанский В.Е., Кузнецов А.П. Автоматизация энергетических систем.-М.: Высшая школа, 1968, 108с.