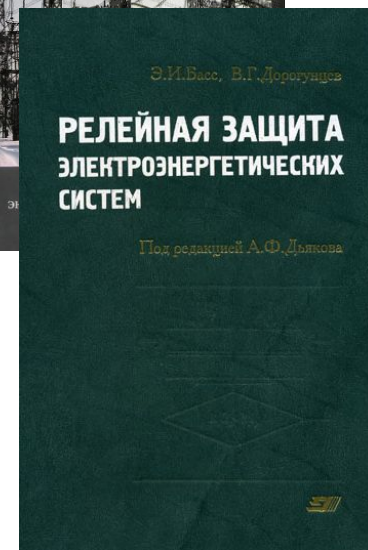
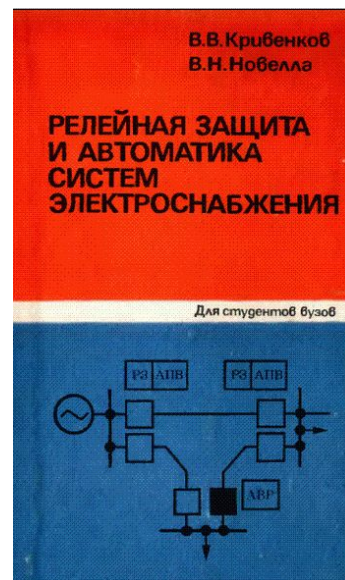
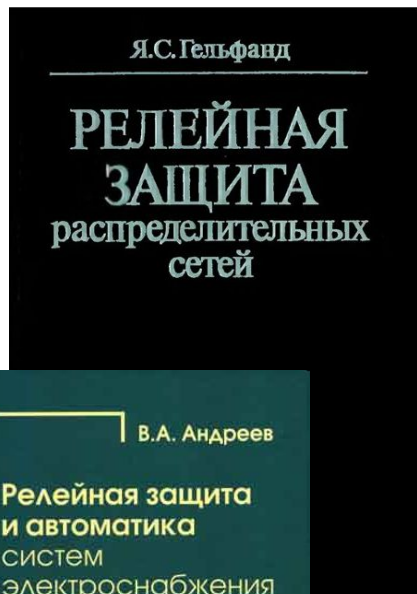
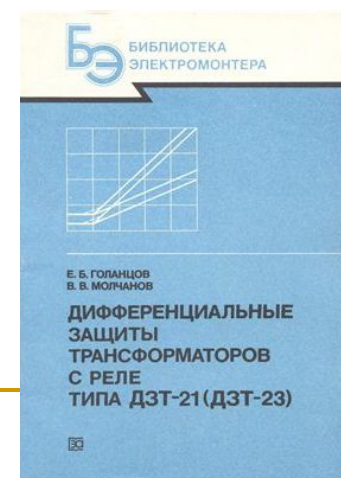
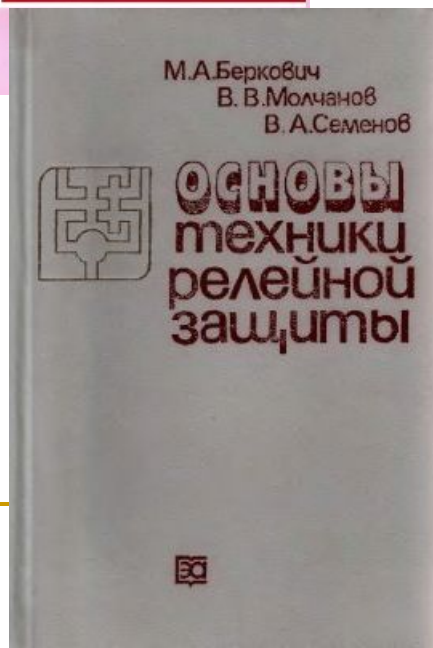
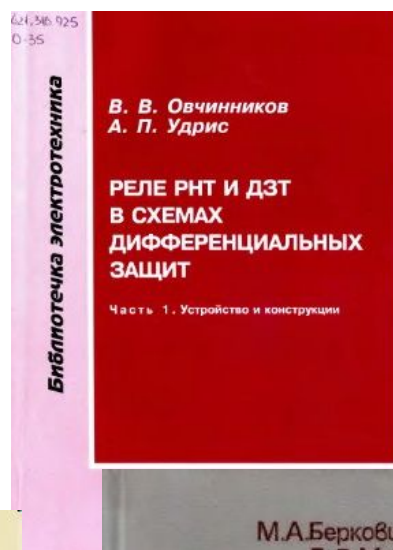
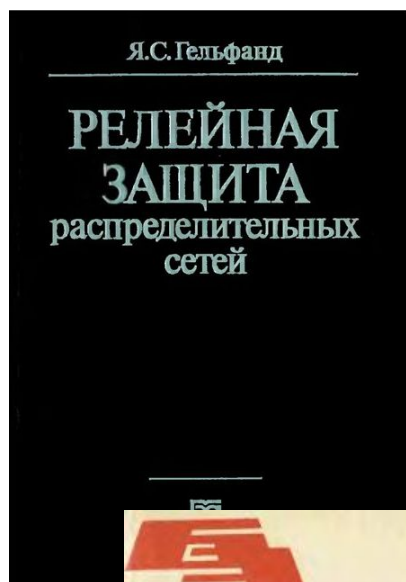


# Релейная защита электроэнергетических систем

## СИСТЕМ



# Релейная защита электроэнергетических систем



---

**Устройства  
резервирования отказа  
выключателей  
(УРОВ)**

---



# Резервируемые объекты





# Резервируемые объекты



# Резервируемые объекты





# Резервируемые объекты



# Резервирование действия РЗ и выключателей

Способы

резервирования

## 21.1. НЕОБХОДИМОСТЬ И СПОСОБЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

При ликвидации КЗ отмечаются случаи отказов в действии РЗ и выключателей. С ними нельзя не считаться, поскольку отказ РЗ или выключателя означает неотключение КЗ, а следовательно, длительное прохождение токов КЗ и снижение напряжения в сети. Наряду с принятием мер по повышению надежности действия РЗ и выключателей, особо важное значение приобретает резервирование отключения КЗ в случае отказа выключателя или действующей на него РЗ. Применяются два способа резервирования: **дальнее** - осуществляемое РЗ и выключателями смежных участков, установленными на соседних энергообъектах; **ближнее** - осуществляемое РЗ и выключателями, установленными на той же подстанции (электростанции), на которой расположен отказавший элемент (РЗ или выключатель).



# Способы резервирования

Первый способ резервирования предусматривает, что **в зону действия РЗ смежного участка должен входить не только свой, но и следующий за ним участок** (рис. 21.1). Тогда при отказе РЗ  $B$  или выключателя  $Q_B$  следующего участка РЗ смежного участка  $A$  приходит в действие и отключает КЗ своим выключателем  $Q_A$ .

Когда ЛЭП оборудуется дифференциальной или ВЧ РЗ, для целей резервирования предусматривается дополнительная, так называемая **резервная, РЗ, способная действовать при КЗ на следующем участке**. Одновременно **эта же резервная РЗ действует при отказе основной РЗ своего участка**. В качестве резервных РЗ используются МТЗ НП для отключения КЗ на землю и МТЗ или ДЗ для ликвидации междуфазных КЗ.

# Принцип дальнего резервирования

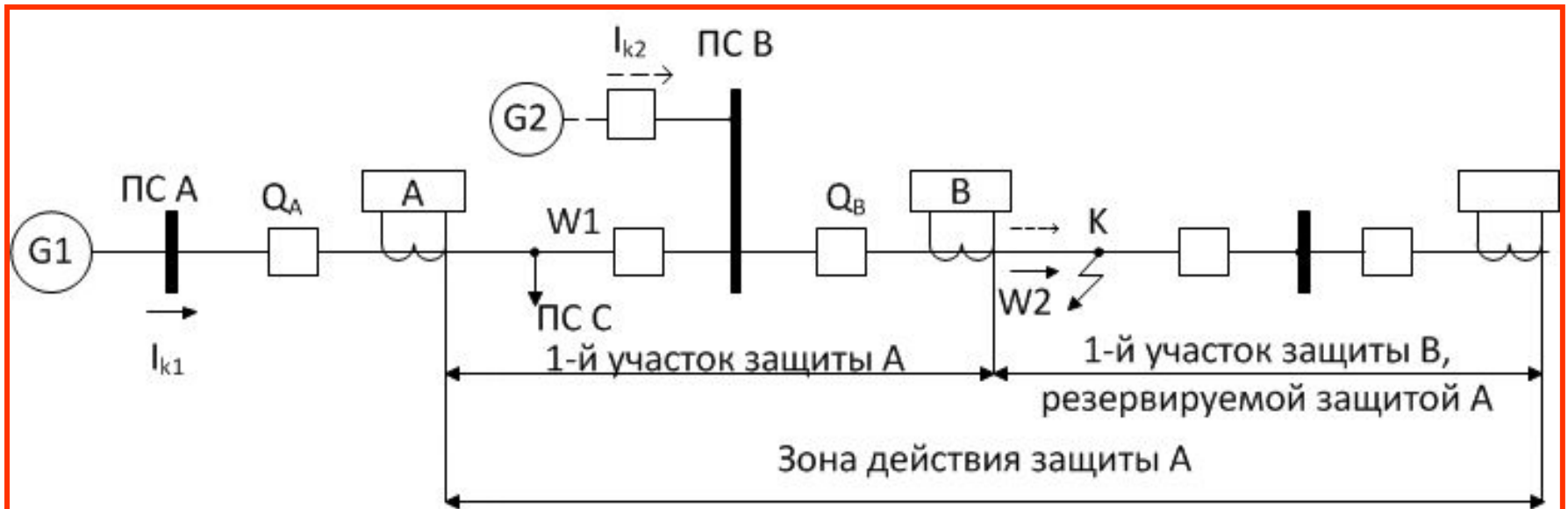


Рис. 21.1 Принцип дальнего резервирования отказа в работе выключателей или РЗ с помощью защит последующего участка сети

# Преимущества дальнего резервирования

Принципиальным **преимуществом дальнего резервирования является его высокая надежность**. Резервируемые (В) и резервирующие (Λ) РЗ и выключатели находятся на разных подстанциях, и, следовательно, неисправности и неполадки, возникшие на резервируемой подстанции, не могут повлиять на работу резервирующих устройств. Однако в сложных сетях с протяженными сильно загруженными ЛЭП при наличии параллельных ветвей и мощных подпиток (например, от источника  $G2$  на рис. 21.1) резервные РЗ (Λ на рис. 21.1) **оказываются недостаточно чувствительными даже в тех случаях, когда они выполняются посредством МТЗ НП и ДЗ**. Этот недостаток дальнего резервирования ограничивает его применение и вынуждает искать другие пути, обеспечивающие большую чувствительность резервирования. Помимо этого, на линиях с ответвлениями при дальнем резервировании подстанции, подключенные к этим линиям, теряют питание, отказа обеих РЗ из-за одной общей причины. Для обеспечения этих условий применяется подключение основной и резервной РЗ к разным ТТ (или чаще к разным вторичным обмоткам одного ТТ), использование двух ТН, двух аккумуляторных батарей и т. п.



# УРОВ

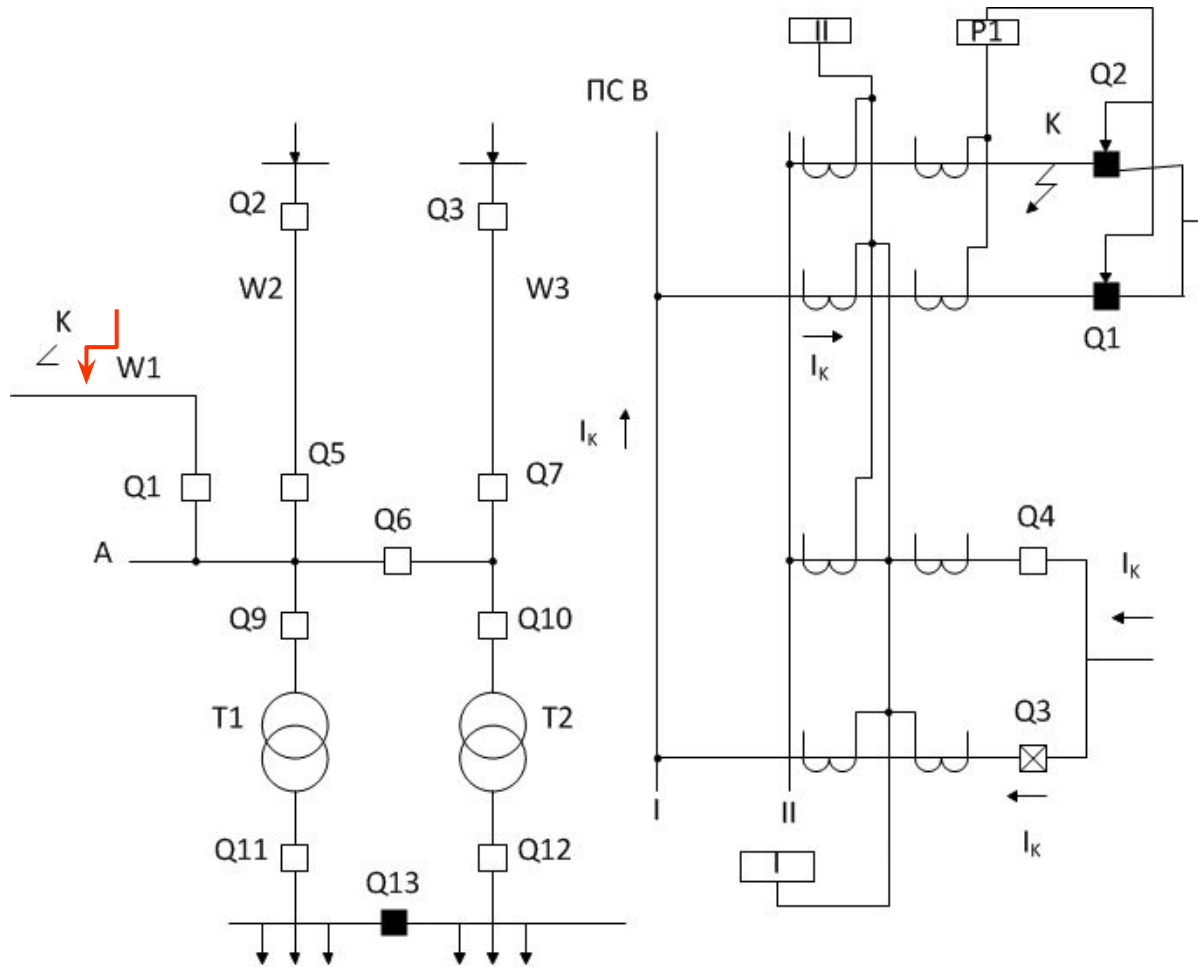


Рис. 21.1 Схема сети для пояснения преимуществ использования УРОВ

Рис. 21.3 Действие УРОВ при КЗ между выключателем и ТТ:  
Q1, Q2 – выключатели, отключившиеся при КЗ в точке К; Q3 – выключатель,  
отключаемый УРОВ

# УРОВ

К системе ближнего резервирования относятся также **устройства резервирования в случае отказа выключателей (УРОВ)**, которые запускаются РЗ отказавшего выключателя и действуют на отключение всех выключателей данной подстанции (электростанции), через которые ток КЗ подходит к месту повреждения - элементу с отказавшим выключателем. Так, например, при КЗ на линии  $W1$  (рис. 21.2) в случае отказа выключателя  $Q1$  УРОВ отключит выключатели  $Q5$ ,  $Q6$  и  $Q9$ , отделяя тем самым место повреждения от неповрежденной части электросистемы. В результате без напряжения останется только одна СШ подстанции А. В том же случае при дальнейшем резервировании действием резервных РЗ будут отключены выключатели  $Q2$ ,  $Q3$ , вследствие чего полностью нарушится питание подстанции А.

**Недостатком дальнего резервирования** является также его **большое время действия**, определяемое условиями селективности. В ряде случаев полное время отключения КЗ может достигать нескольких секунд. Таким образом, ближнее резервирование обеспечивает более быструю и селективную ликвидацию повреждений. При этом, как правило, не возникает затруднений с обеспечением необходимой чувствительности пусковых органов.

Кроме резервирования отказа отключения выключателей **УРОВ** обеспечивает **быстрое отключение повреждений на участке между выключателем и его ТТ**, когда последние устанавливаются только с одной стороны выключателя (рис. 21.3). При КЗ на этом участке, например в точке  $K$ ,  $P_1$  поврежденного присоединения хотя и подействует на отключение выключателя  $Q1$ , но не сможет отделить повреждения от шин подстанции В, РЗ же шин  $I$  и  $II$  этой подстанции не работает, так как КЗ в точке  $K$  находится вне зоны их действия. Рассмотренное повреждение может быть ликвидировано действием УРОВ, которое, будучи запущено, подействует с небольшой выдержкой времени на отключение всех выключателей, обтекаемых током

КЗ.



Из назначения УРОВ следует, что при срабатывании оно должно отключать все присоединения одной секции или системы шин подстанции или электростанции. Поэтому **ложное действие УРОВ** может вызвать полное или частичное нарушение работы подстанции или электростанции с тяжелыми последствиями для энергосистемы.

*Для исключения ложной работы схемы УРОВ выполняются с двумя независимыми друг от друга пусковыми органами.* Одним является РЗ присоединения, а вторым - дополнительное пусковое устройство, контролирующее наличие КЗ в зоне действия УРОВ. Второй пусковой орган не позволяет работать УРОВ при отсутствии КЗ и предупреждает таким образом его ложную работу из-за неисправности РЗ присоединения или ошибочных действий персонала.

# Схемы УРОВ

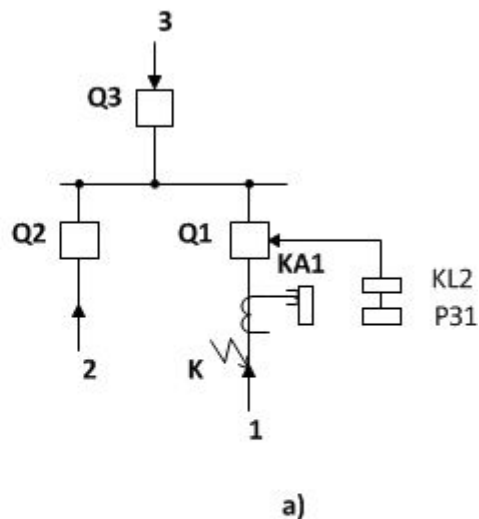
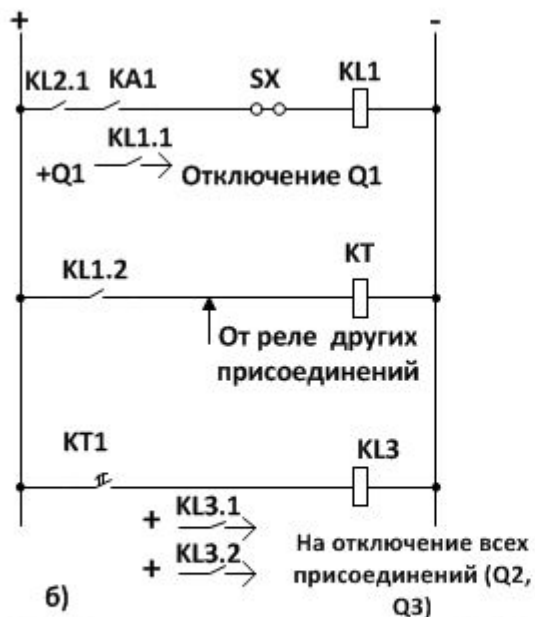


Рис. 21.4 Принципиальная схема пуска УРОВ с дополнительным контролем по току:  
а) схема цепей переменного тока;  
б) схема оперативных цепей



Рис. 21.5 Принципиальная схема пуска УРОВ с использованием реле положения "Включено"

# УРОВ

Для этой цели к трансформаторам тока рассматриваемой цепи обычно подключается трехфазное токовое реле  $KА1$  типа РТ-40/Р, контролирующее наличие тока КЗ. Когда один сетевой элемент (ЛЭП, трансформатор) подключен через два выключателя и более, контролирующие токовые реле устанавливаются в цепи каждого выключателя.

Для предотвращения пуска УРОВ при неисправности реле или ошибочных действиях персонала (при работе в цепях РЗ и пр.) разработаны и применяются в эксплуатации две типовые схемы УРОВ, различающиеся способом предотвращения ошибочного пуска УРОВ: схема с автоматической проверкой исправности выключателя (рис. 21.4); схема с дублированием пуска от защиты с использованием реле положения "Включено" выключателя  $KQC$  (рис. 21.5).



Первоначально в качестве реле контроля наличия КЗ использовались реле напряжения. Подобные схемы в связи с недостаточной чувствительностью органов напряжения, а также наличием других недостатков в проектах не предусматриваются, но еще встречаются в эксплуатации.

В схеме на рис. 21.4, а дополнительный контроль наличия тока КЗ в цепи 1 осуществляется с помощью токового реле *КА1*.

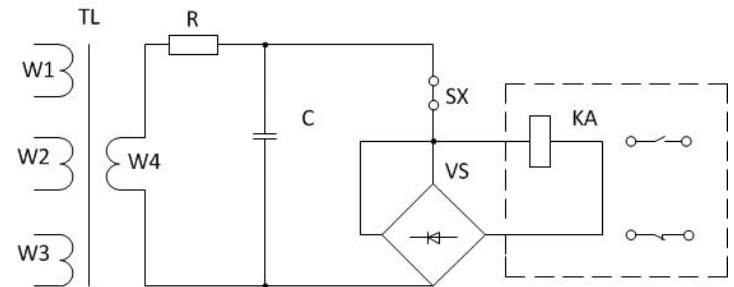
В рассматриваемой схеме предусмотрена подача повторной команды контактом *KL1.1* реле *KL1*, срабатывающим при замыкании контактов *KL2.1* выходного промежуточного реле *PЗ 1* соответствующего присоединения на отключение контролируемого выключателя (*Q1* на рис. 21.4,6). Благодаря такому выполнению схемы исключается ложное действие УРОВ при случайном замыкании контактов *KL2.1*. Действительно, если при находящемся в работе выключателе *Q1* (замкнут контакт *КА1*) будет случайно замкнут контакт *KL2.1*, сработает промежуточное реле *KL1* и контактом *KL1.2* подаст "плюс" на обмотку реле времени *КТ*. Одновременно другим контактом реле *KL1.1* будет подана команда на отключение выключателя *Q1*. После отключения выключателя *Q1* и исчезновении тока в его цепи разомкнется контакт *КА1* и вернется промежуточное реле *KL1*, чем будет предотвращено ложное срабатывания

Использование этой схемы УРОВ целесообразно в тех случаях, когда ложное отключение УРОВ одного какого-либо элемента не ведет к тяжелым последствиям и может быть восстановлено АПВ этого присоединения.

Вариант схемы с дублированным пуском от РЗ и использование реле положения "Включено" выключателя **КQC** приведен на рис. 21.5. В схеме также предусмотрен контроль наличия тока в цепи соответствующего выключателя (реле **КА1**). Пуск реле времени КТ в рассматриваемой схеме осуществляется по цепочке из контактов трех реле (рис. 21.5, а): выходного промежуточного реле РЗ соответствующего присоединения **KL2.1** (см. рис. 21.4), контролирующего токового реле **КА1** и размыкающего контакта реле положения "Включено" отказавшего выключателя **КQC1**. Последний замыкается, когда обмотка реле **КQC** шунтируется при подаче "плюса" на катушку отключения выключателя от контактов **KL2.2** действовавшей РЗ (рис. 21.5, б).

# Реле для УРОВ

Рис. 21.6 Схема трехобмоточного токового реле



• В качестве дополнительного мероприятия для предотвращения ложных срабатываний УРОВ в схемах на рис. 21.4 и 21.5 в цепи пуска схемы УРОВ на РЗ каждого присоединения устанавливаются накладки SX, позволяющие при проверке РЗ или ее неисправности разомкнуть цепь, по которой подается импульс на пуск УРОВ.

Для контроля наличия не отключенного КЗ при выполнении пуска УРОВ по схемам, приведенным на рис. 21.4, 21.5, на каждом выключателе необходимо контролировать токи в трех фазах (или в двух фазах и нейтральном проводе), для чего в типовых схемах УРОВ, как отмечалось выше, используются специальные трехфазные токовые реле типа РТ-40/Р, содержащие (рис. 21.6) промежуточный трансформатор ТЛ с первичными обмотками w1, w2, w3 и вторичной обмоткой w4. Ко вторичной обмотке через выпрямитель VS подключен исполнительный орган КА, в качестве которого использовано реле типа РТ-40.

# Реле для УРОВ

Для защиты выпрямителей от перенапряжения, имеющих несинусоидальный характер, установлены конденсатор  $C$  и резистор  $R$ . Первичные обмотки  $w_2$  и  $w_3$  имеют вдвое меньшее число витков, чем  $w_1$ . Схема включения первичных обмоток реле показана на рис. 21.7, а. Разное число витков первичных обмоток при указанной на рис. 21.7, а полярности их включения обеспечивает контроль наличия тока в выключателе при любом возможном виде КЗ.

При наличии токов в трех фазах (тока симметричной нагрузки или трехфазного КЗ) геометрическая сумма МДС от токов трех фаз определяется результирующим вектором  $H_p$ , как это показано на рис. 21.7, б. При прохождении тока двухфазного КЗ фаз В и С фазные токи создают равные по значению МДС, которые складываются с учетом полярности обмоток  $w_2$  и  $w_3$  (рис. 21.7, в). МДС от токов фаз будут складываться также при двухфазном КЗ фаз А и С. Результирующая МДС в этом случае будет в 1,5 раза больше, чем при двухфазном КЗ фаз В и С (так как  $w_1 = 2w_3$ ). При двухфазном КЗ фаз А и В МДС первичных обмоток  $w_1$  и  $w_2$  будут вычитаться (рис. 21.7, г).



# Реле для УРОВ

В этом случае результирующая МДС определяется разницей в количестве витков  $w1$  и  $w2$  (так как токи КЗ в фазах  $A$  и  $B$  равны и противоположно направлены). Таким образом, в данном случае исполнительный орган реле реагирует на МДС, равную 0,5 той, которая имела бы место при двухфазном КЗ между фазами  $B$  и  $C$ . При однофазных КЗ наименьшая чувствительность у реле будет при КЗ на фазах  $B$  и  $C$ . Для повышения надежности "на несрабатывание" УРОВ, как правило, для каждого выключателя используется по два токовых реле РТ-40/Р. Их контакты соединены последовательно.

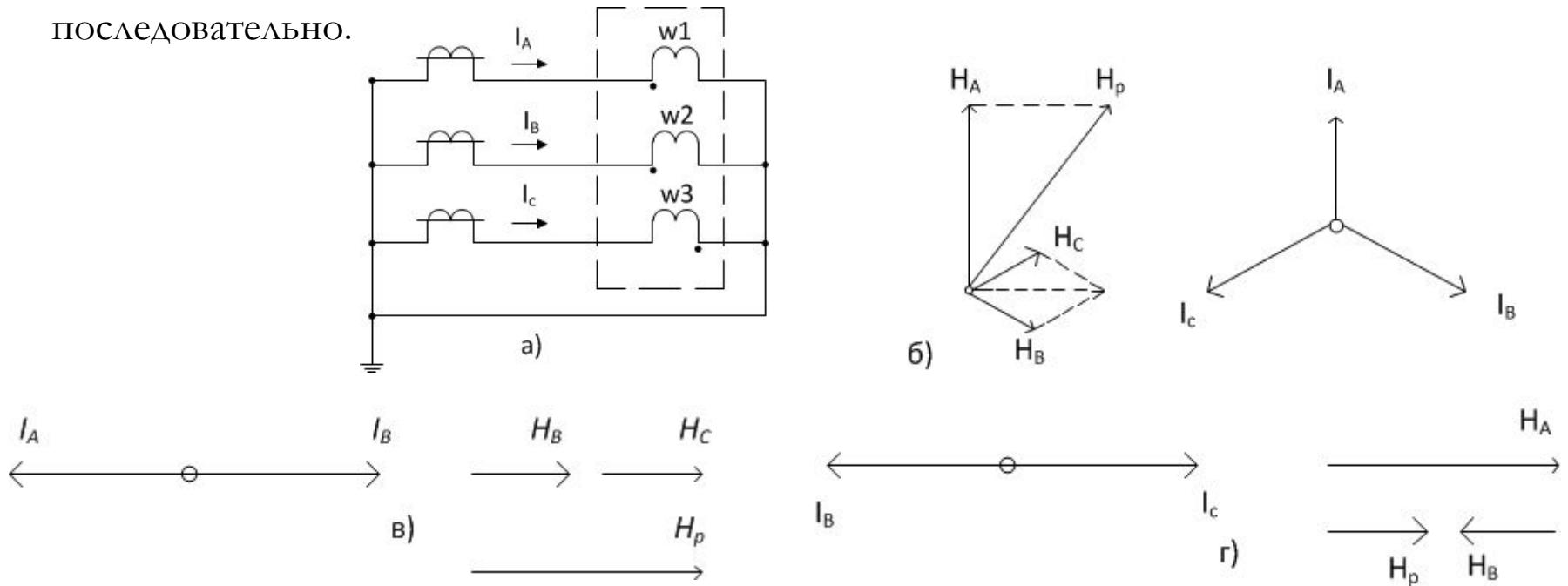


Рис. 21.7 Схема включения (а) и векторные диаграммы (б-г) трехобмоточного токового реле

# Выбор уставок реле УРОВ

## 21.3. ВЫБОР УСТАВОК РЕЛЕ УРОВ

Для предупреждения действия УРОВ при нормальном отключении выключателя необходимо выбрать:

$$t_{\text{УРОВ}} = t_{\text{откл.в}} + t_{\text{возРЗ}} + t_{\text{ошРВ}} + t_{\text{зап}} \quad (21.1)$$

где  $t_{\text{откл.в}}$  - время отключения выключателя;  $t_{\text{возРЗ}}$  - время, необходимое для возврата РЗ пускающей УРОВ;  $t_{\text{ошРВ}}$  - время ошибки реле времени УРОВ в сторону ускорения действия;

$t_{\text{зап}}$  - запас по времени.  
Применяется  $t_{\text{УРОВ}} = 0,3 + 0,5$  с.

# Выбор уставок реле УРОВ

Чтобы предупредить действие РЗ на смежных подстанциях при действии УРОВ, необходимо выбирать выдержки времени на резервных ступенях РЗ этих подстанций с учетом  $t_{\text{УРОВ}}$ . Это замедляет выдержку времени на резервных РЗ смежных участков на

$$\Delta t = t_{\text{одр}} \dot{a}$$

Уставки на реле тока устройств, контролирующих наличие КЗ, выбираются с учетом надежного действия этих реле при КЗ в конце резервируемого присоединения и из условия возврата при токе нагрузки после отключения КЗ. Они обычно принимаются равными 1 А при токе в обмотке с малым числом витков, или 0,5 А при токе в обмотке с большим числом витков.

# Повышение эффективности дальнего резервирования

Как отмечалось выше, дальнее резервирование по сравнению с ближним имеет существенные недостатки. Вместе с тем в современных условиях не представляется возможным отказаться от дальнего резервирования. В связи с этим в энергосистемах проводится работа по повышению эффективности дальнего резервирования. На рис. 21.8, *a* приведена схема размещения РЗ в электрической сети, содержащей ЛЭП  $W_2$  с ответвлениями к понижающим подстанциям А и Б. В таких сетях применяется дополнительный комплект РЗ 3, действующий при направлении мощности при КЗ к шинам. В случае отказа РЗ или выключателя 1 при КЗ на ЛЭП  $W_1$  повреждение будет ликвидировано действием РЗ у выключателя 3. В этом случае потребители подстанций А и Б сохраняют питание.



# Дальнее резервирование

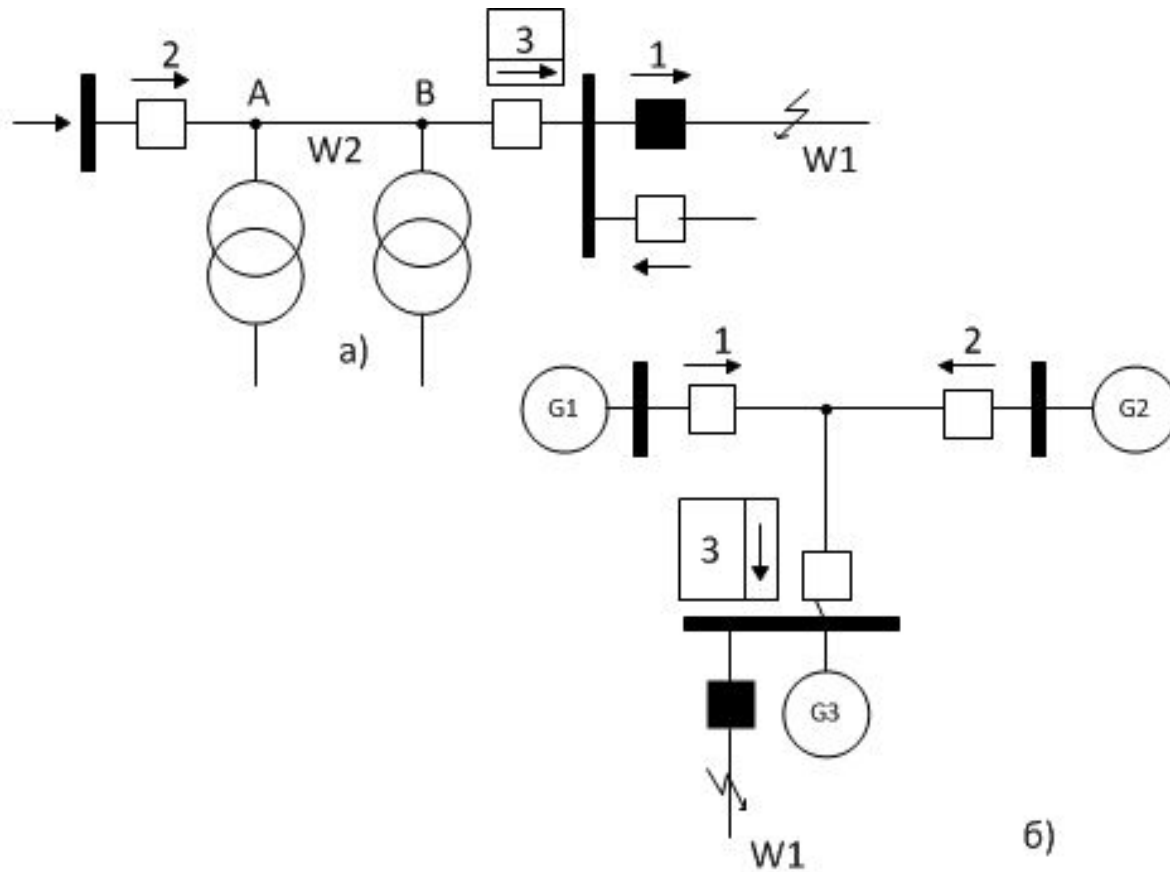


Рис. 21.8 Схема размещения дополнительных компонентов

# Дальнее резервирование

При действии в рассматриваемом случае РЗ у выключателя 2 при дальнем резервировании эти потребители потеряли бы питание.

Следует также отметить, что при установке дополнительной РЗ 3 в ряде случаев улучшаются условия чувствительности. Так, при выборе сопротивления срабатывания этой РЗ по условию отстройки от тока нагрузки из расчетного тока нагрузки для данной РЗ (по сравнению с РЗ 2) должен быть вычтен ток нагрузки подстанций А и Б. С другой стороны, сопротивление, измеряемое при КЗ РЗ 3, по сравнению с сопротивлением, измеряемым РЗ 2, меньше на значение сопротивления ЛЭП  $W_2$ . В результате этого чувствительность дополнительной РЗ 3 выше, чем у РЗ 2.

В схеме на рис. 21.8,6 в случае отказа выключателя поврежденной ЛЭП  $W_1$ , благодаря действию дополнительной резервной РЗ 3, сохраняется часть транзитной связи (между системами  $G_1$  и  $G_2$ ). В качестве дополнительных РЗ обычно применяются направленные дистанционные защиты и направленные токовые защиты нулевой последовательности.

# Вопросы для самопроверки

1. В чем различие между ближним и дальним резервированием?
2. Какие реле применяются для контроля наличия не отключившегося КЗ?
3. Выполнение пусковых органов УРОВ.

---

■ **Благодарю за внимание!**

---