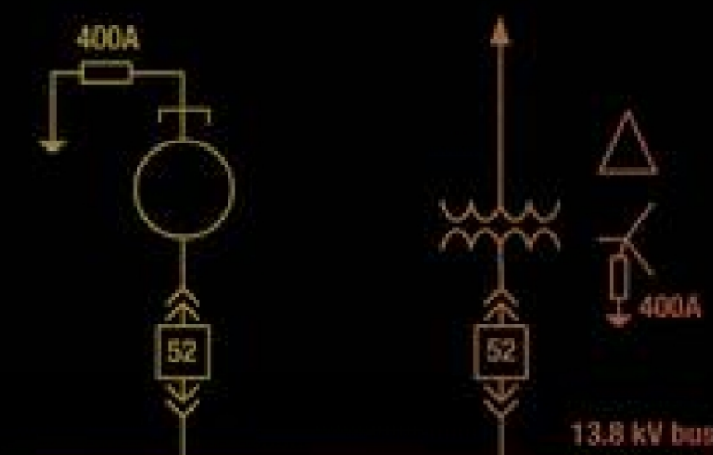
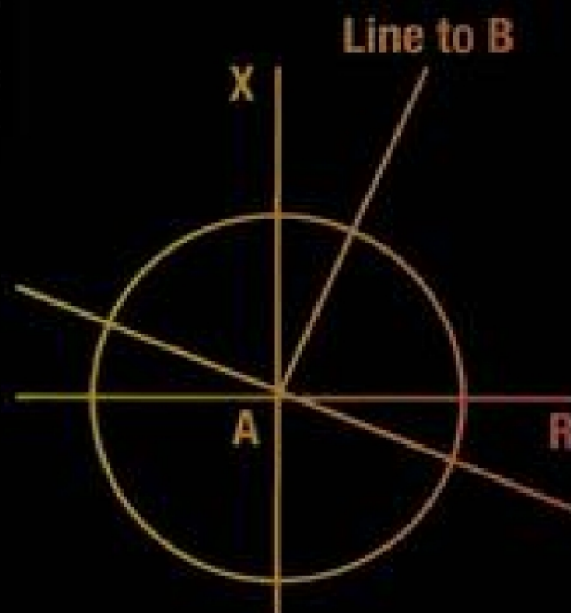




Л.Л. Богатырев, Л.Ф. Богданова  
А.В. Паздерин, В.П. Федотов

# СХЕМЫ ТИПОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Иллюстративный материал по  
дисциплине «Релейная защита  
электроэнергетических систем»



Екатеринбург

Л.Л. Богатырев, Л.Ф. Богданова  
А.В. Паздерин, В.П. Федотов

# СХЕМЫ ТИПОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Иллюстративный материал по дисциплине «Релейная защита  
электроэнергетических систем»

Екатеринбург  
2006

**УДК621.311**

**Составители:**

Л.Л. Богатырев, Л.Ф. Богданова, А.В. Паздерин, В.П. Федотов

**Научный редактор:**

профессор, д.т.н. П.И. Бартоломей

**Схемы типовых устройств релейной защиты электроэнергетических систем:** иллюстративный материал / Л.Л. Богатырев, Л.Ф. Богданова, А.В. Паздерин, В.П. Федотов./ - Изд. 3-е, испр. и доп. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006. - 46 с.

Иллюстративный материал содержит принципиальные электрические схемы устройств релейной защиты, изучаемых в дисциплине «Релейная защита электрических систем».

Приведены схемы статических реле защиты, выполненных с использованием полупроводниковых элементов и интегральных микросхем, а также условные графические и буквенные обозначения элементов устройств релейной защиты по Единой системе конструкторской документации.

© ГОУ ВПО «Уральский государственный  
технический университет –УПИ», 2006

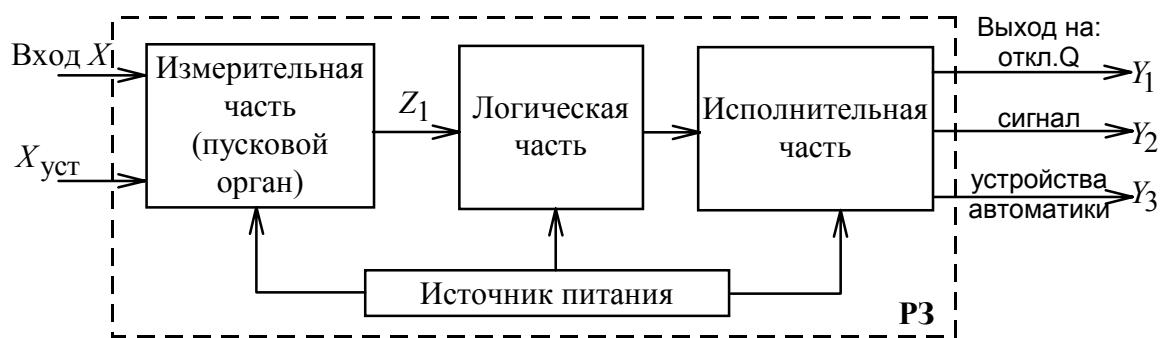


Рис. 1. Структурная схема релейной защиты

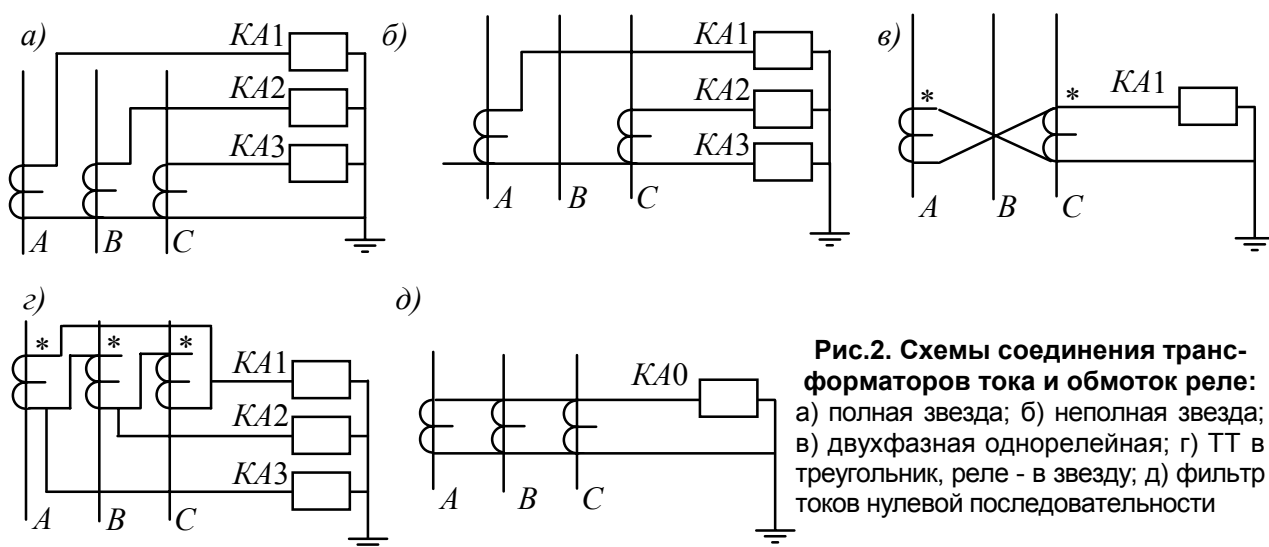


Рис.2. Схемы соединения трансформаторов тока и обмоток реле:  
 а) полная звезда; б) неполная звезда;  
 в) двухфазная однорелейная; г) ТТ в треугольник, реле - в звезду; д) фильтр токов нулевой последовательности

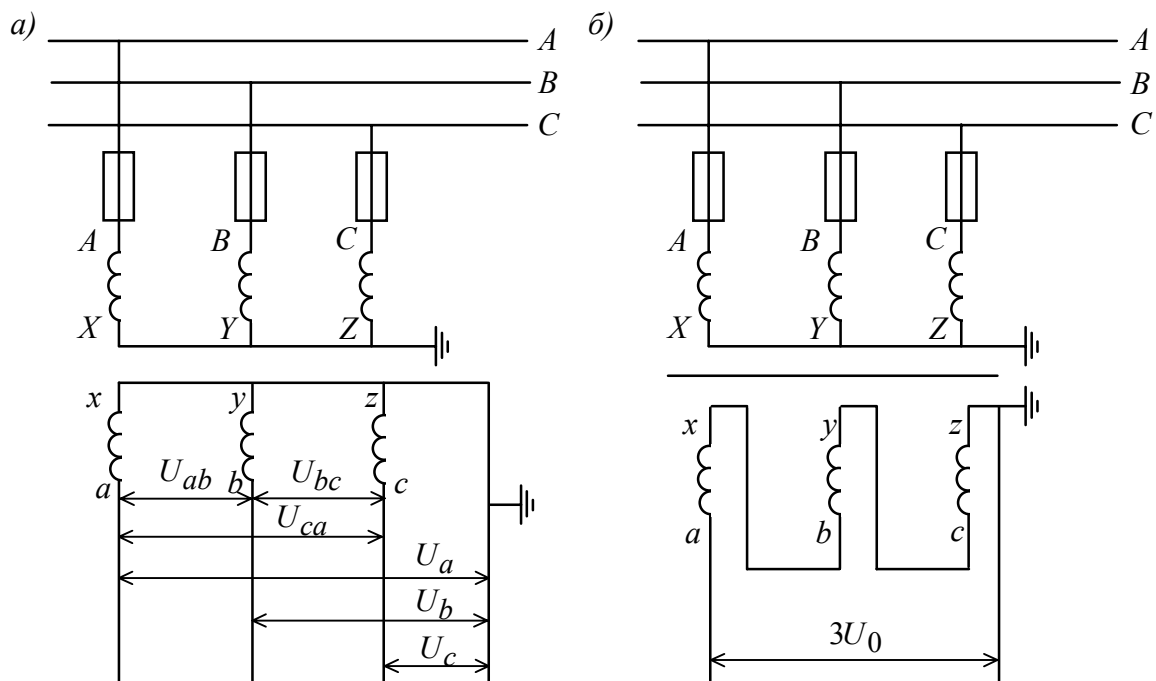


Рис. 3. Схемы соединения трансформаторов напряжения:

а) схема соединения  $\frac{Y}{Y}$ ; б) схема соединения  $\frac{Y}{\Delta}$

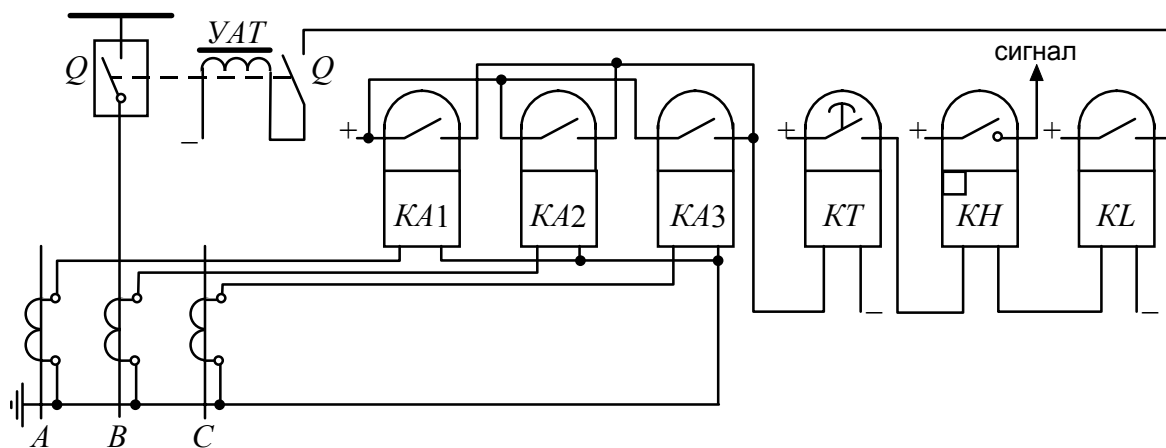


Рис. 4. Схема МТЗ на постоянном оперативном токе (совмещенное изображение)

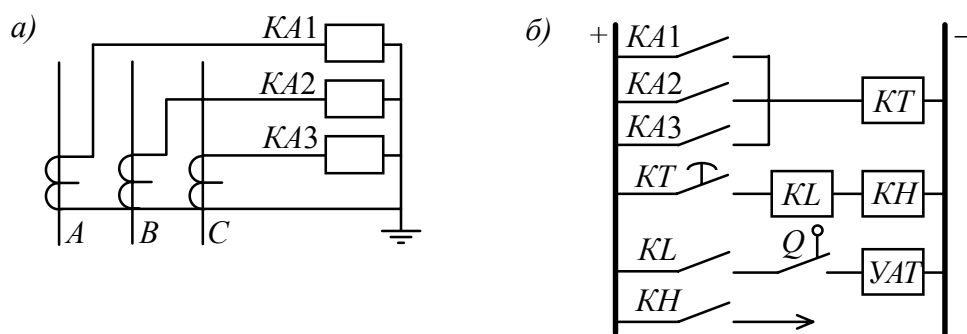


Рис. 5. Схема МТЗ на постоянном оперативном токе (разнесенное изображение):

а) цепи переменного тока; б) цепи постоянного тока

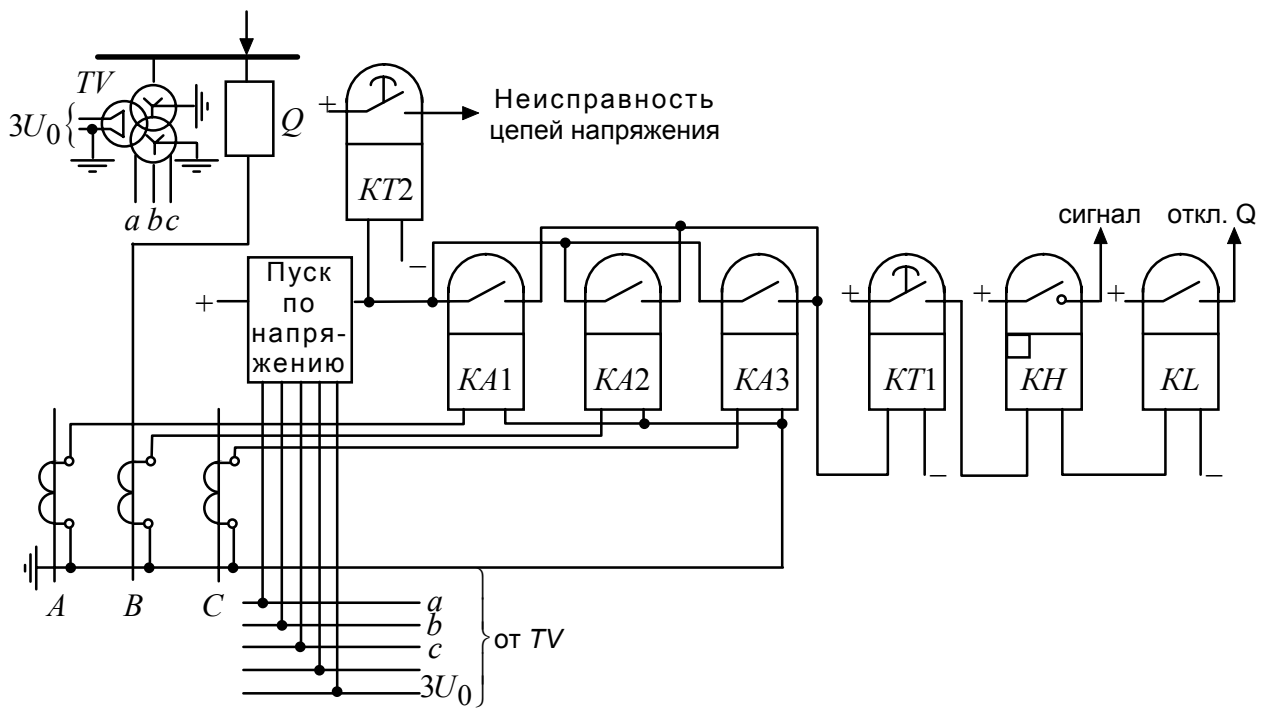


Рис. 6. Схема трехфазной МТЗ с пуском (блокировкой) по напряжению

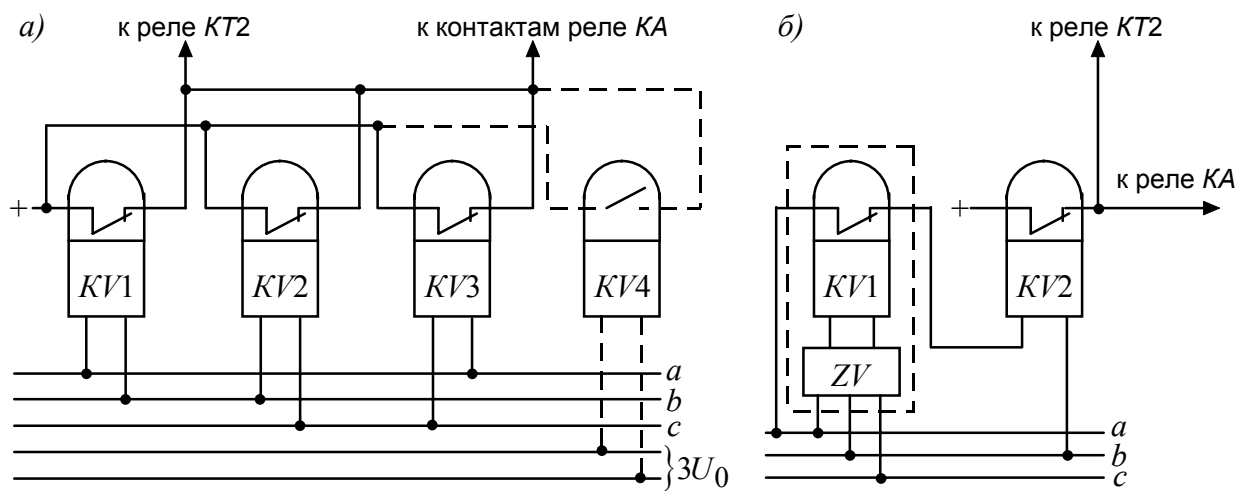


Рис. 7. Способы выполнения пуска по напряжению:  
а - пуск минимального напряжения; б - комбинированный пуск

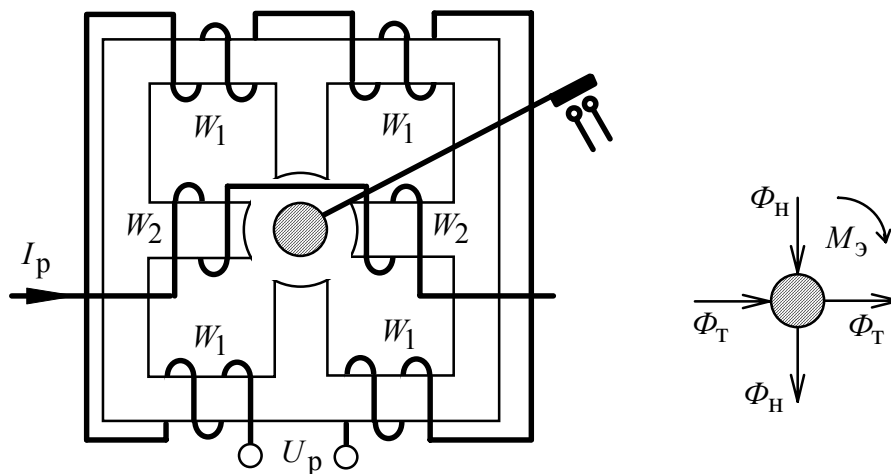


Рис. 8. Индукционное реле направления мощности

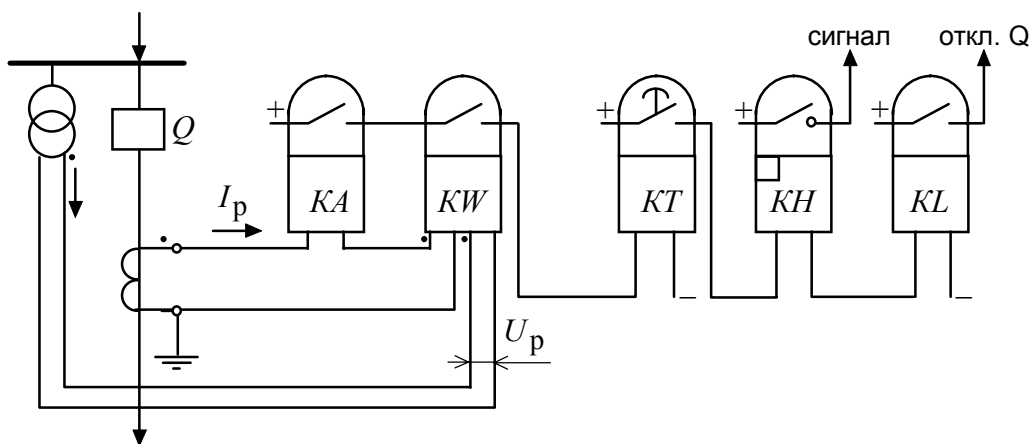


Рис. 9. Упрощенная схема направленной МТЗ

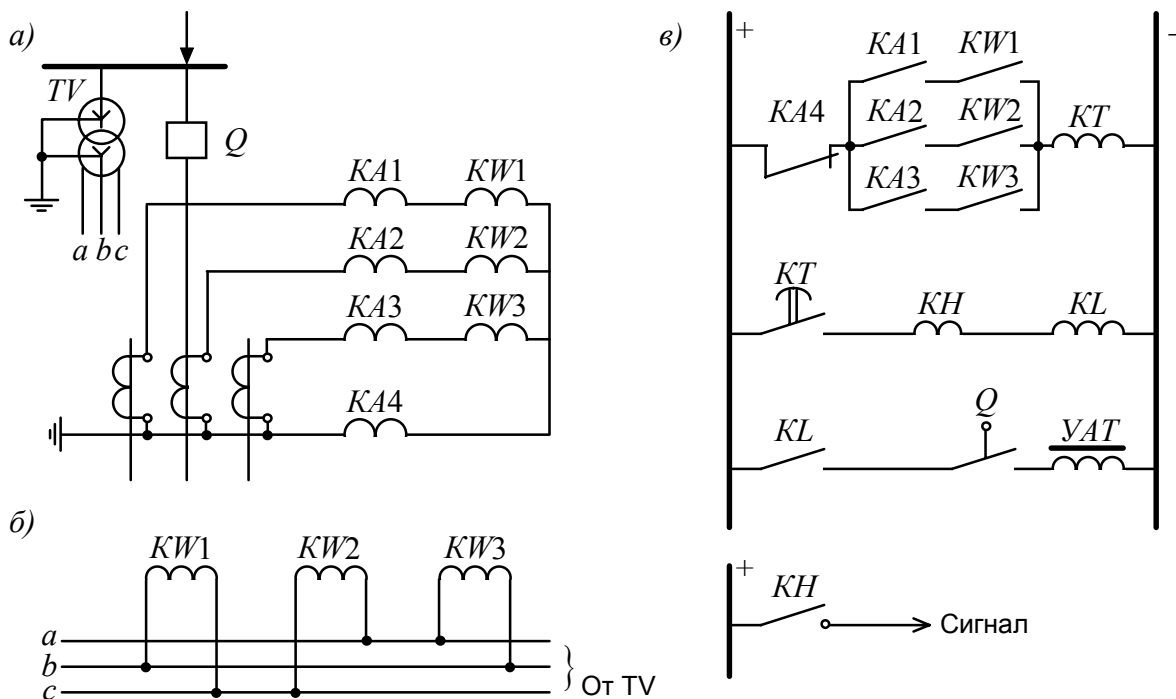
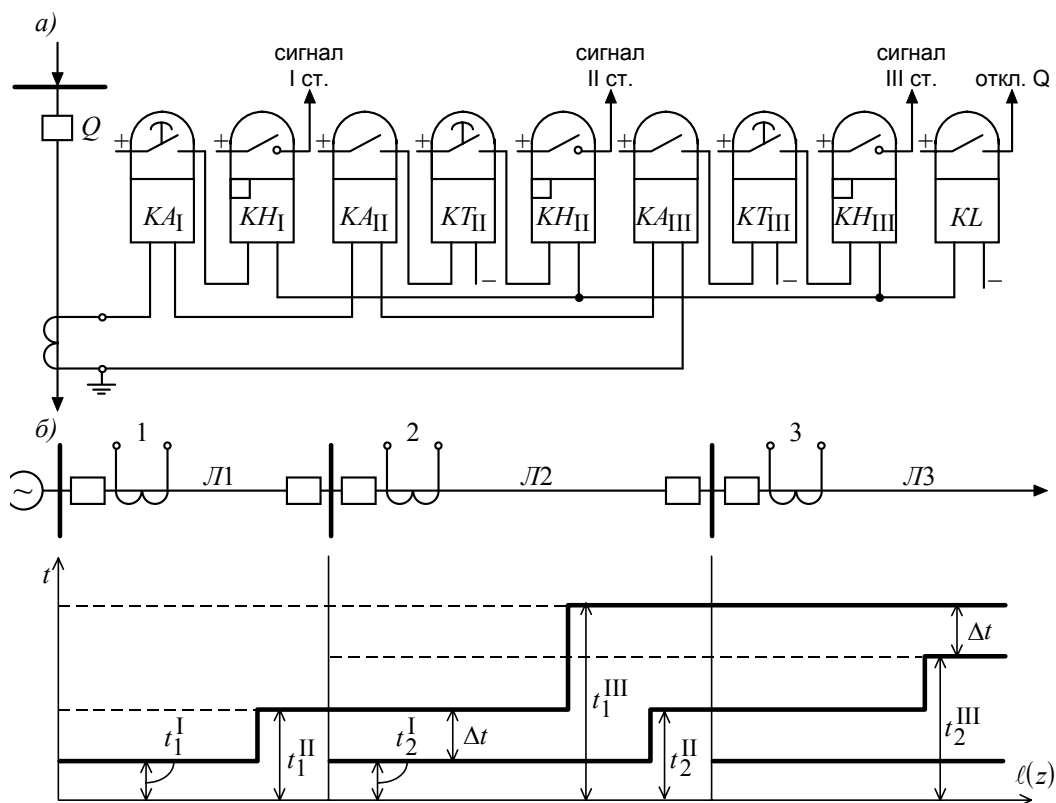
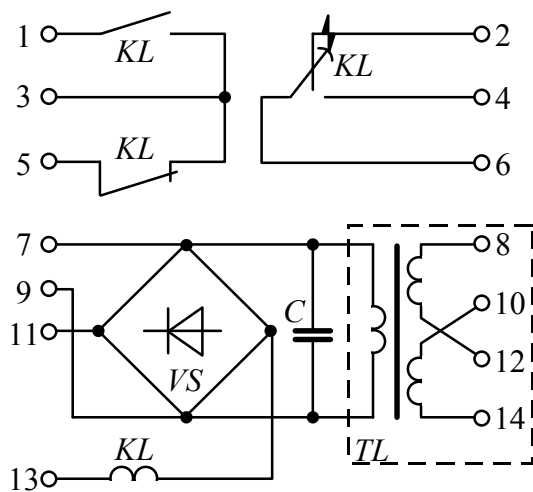


Рис. 10. Схема направленной МТЗ с пофазным пуском реле направления мощности и блокировкой при замыканиях на землю:

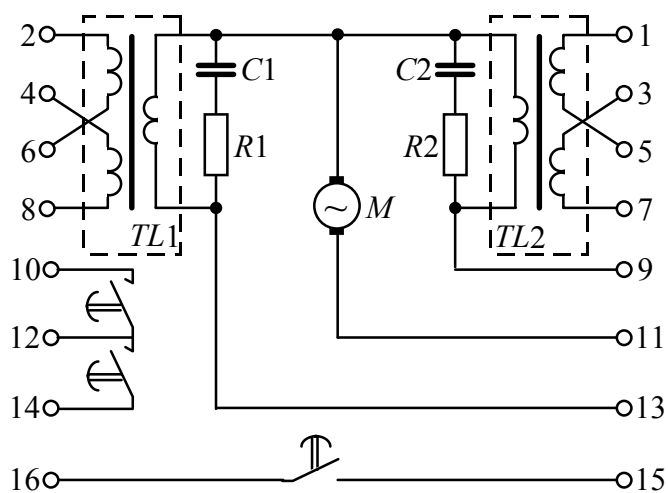
а - цепи переменного тока; б - цепи переменного напряжения; в - цепи постоянного оперативного тока



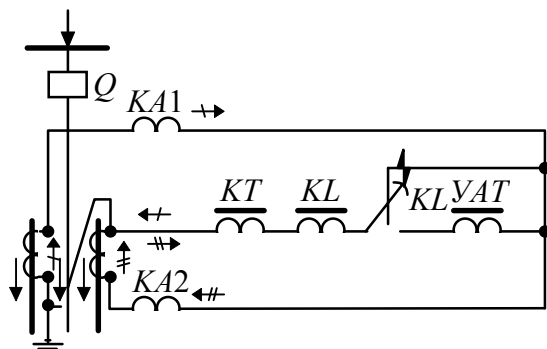
**Рис. 11. Трехступенчатая токовая защита:**  
а - упрощенная схема; б - временная характеристика



**Рис. 12. Токовое промежуточное реле типа РП-341**



**Рис. 13. Токовое реле времени типа РВМ-12 (13)**



**Рис. 14. Схема МТЗ с деэnergированием одной катушки отключения выключателя**



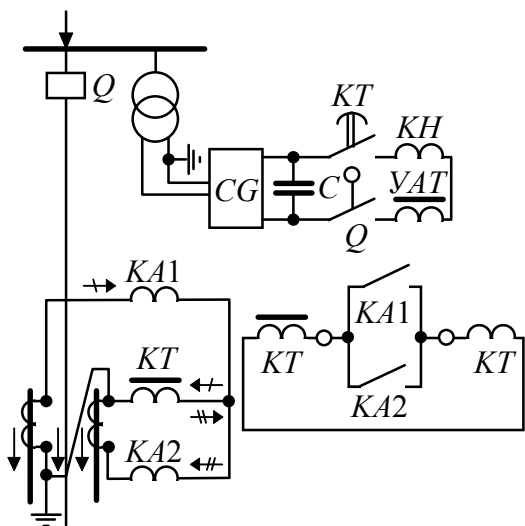


Рис. 15. МТЗ с питанием оперативных цепей от предварительно заряженного конденсатора

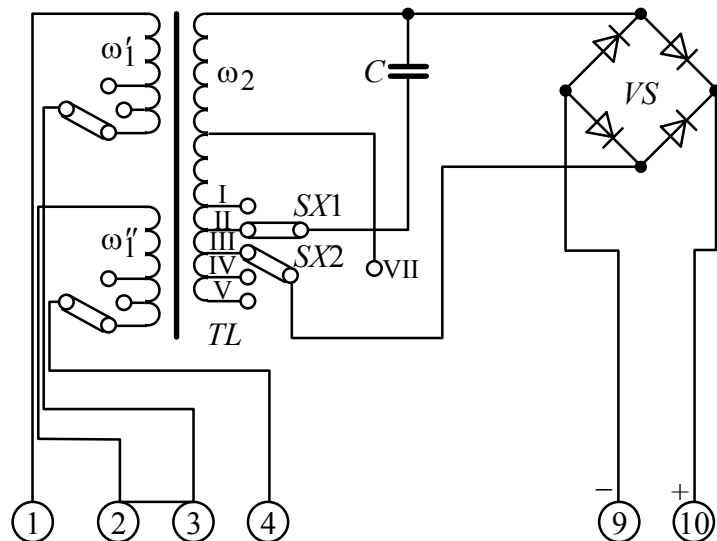


Рис. 16. Блок питания зарядный типа БПЗ-402

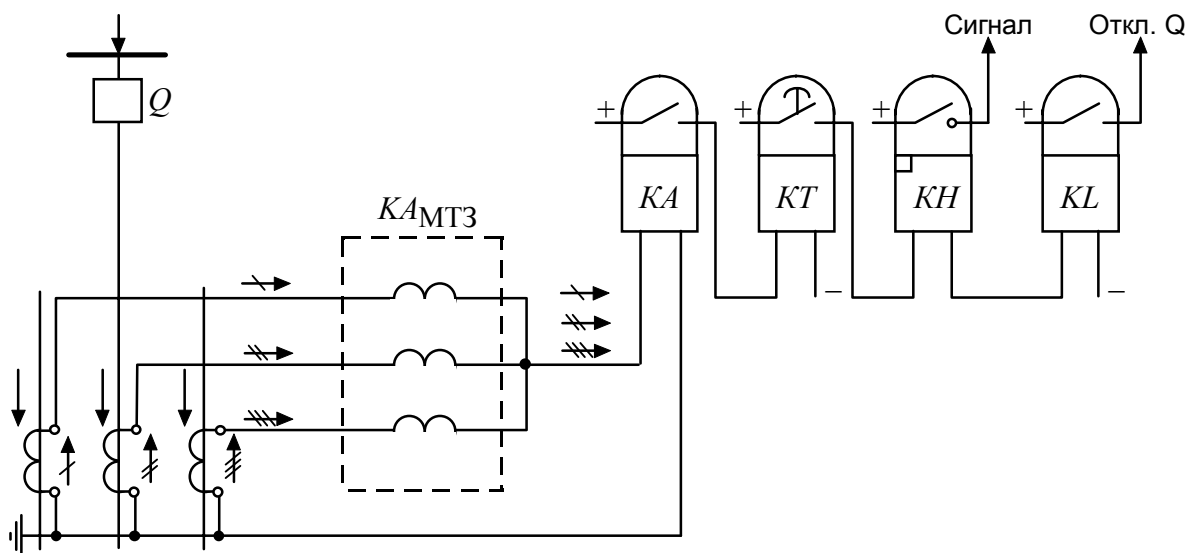


Рис. 17. Токовая защита нулевой последовательности с использованием нулевого провода схемы полной звезды

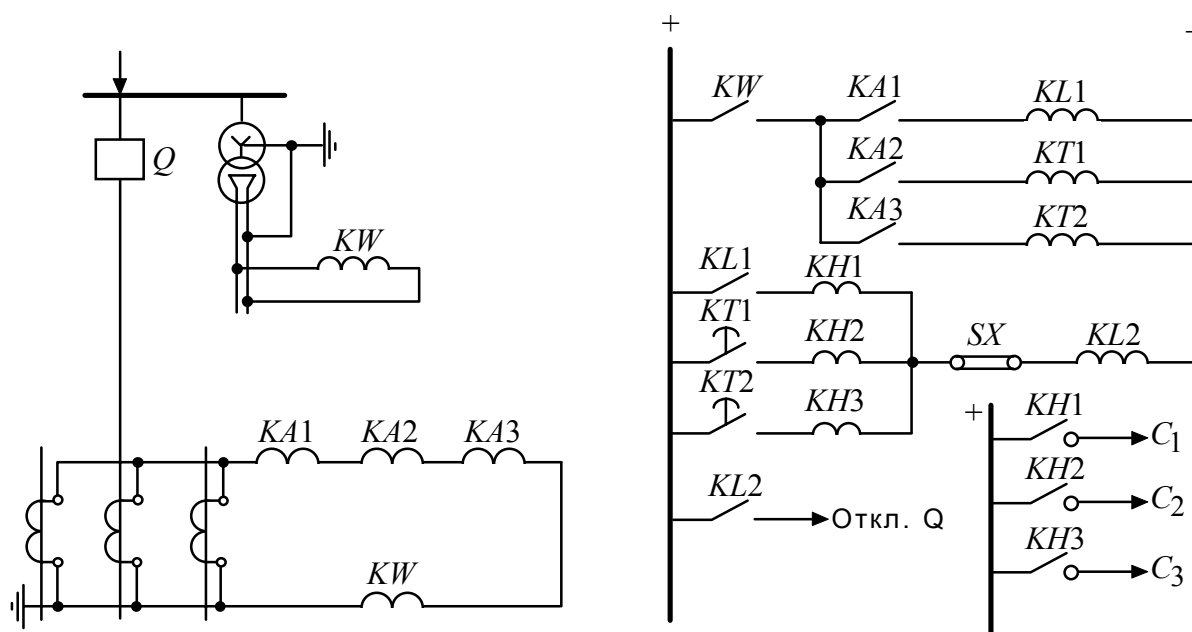


Рис. 18. Трехступенчатая направленная токовая защита нулевой последовательности

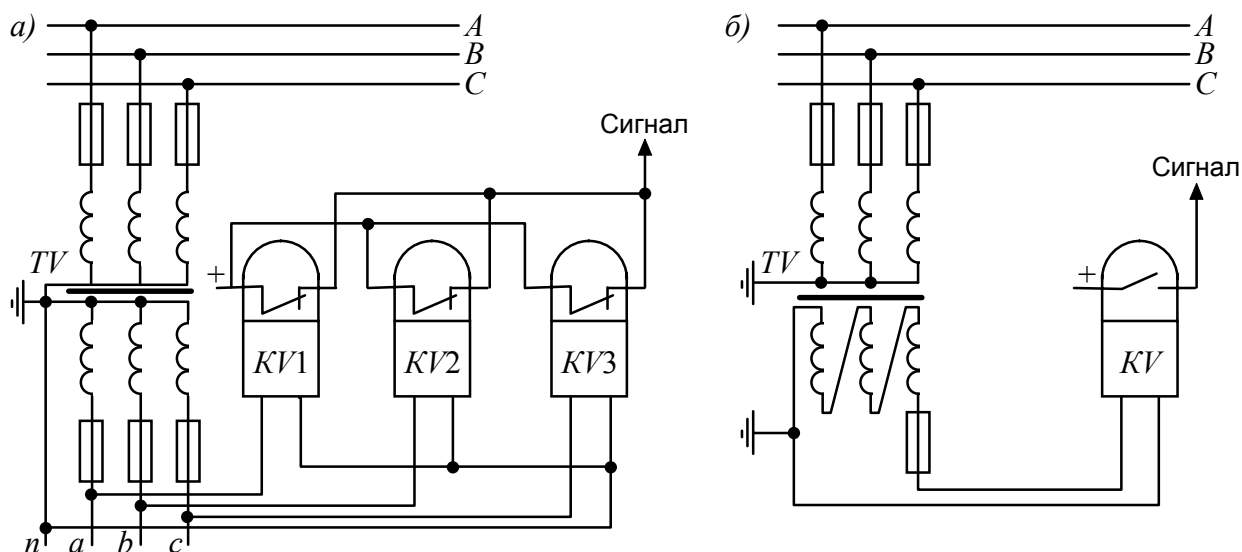
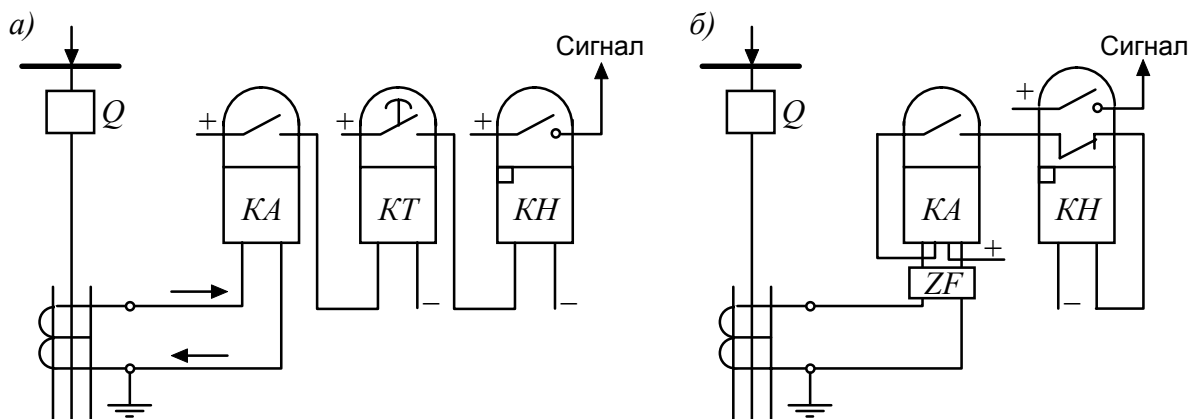
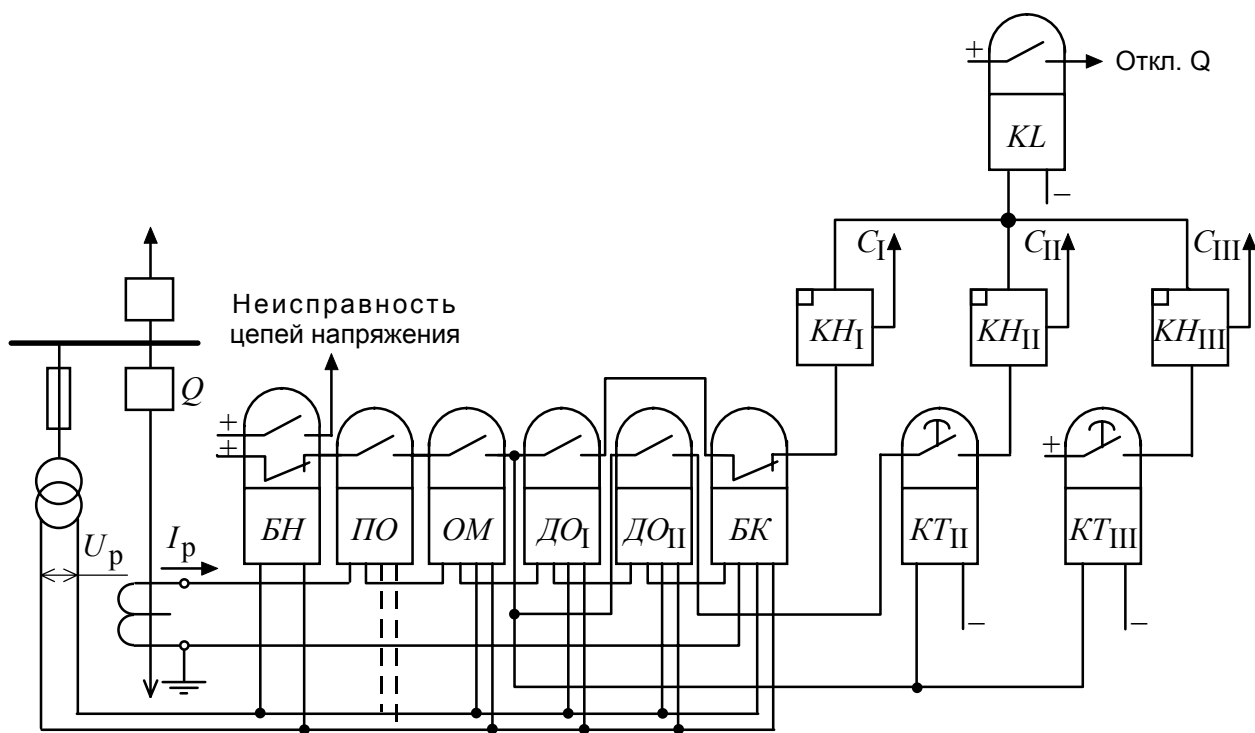


Рис. 19. Схема неселективной защиты при замыканиях на землю:

а - с реле минимального напряжения; б - с реле напряжения нулевой последовательности



**Рис. 20. Схема селективной защиты:**  
 а - реагирующей на полный ток нулевой последовательности;  
 б - реагирующей на ток переходного процесса



**Рис. 21. Упрощенная схема трехступенчатой дистанционной защиты**

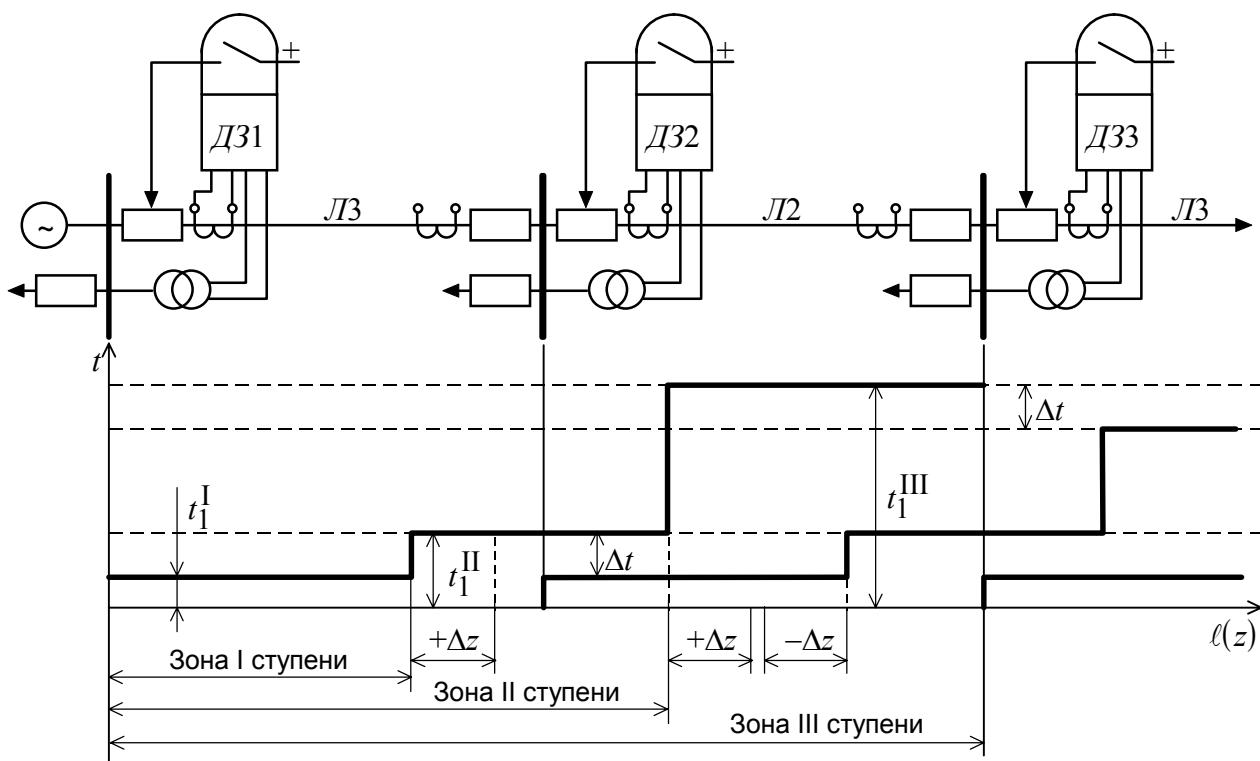


Рис. 22. Согласование выдержек времени дистанционных защит со ступенчатыми характеристиками

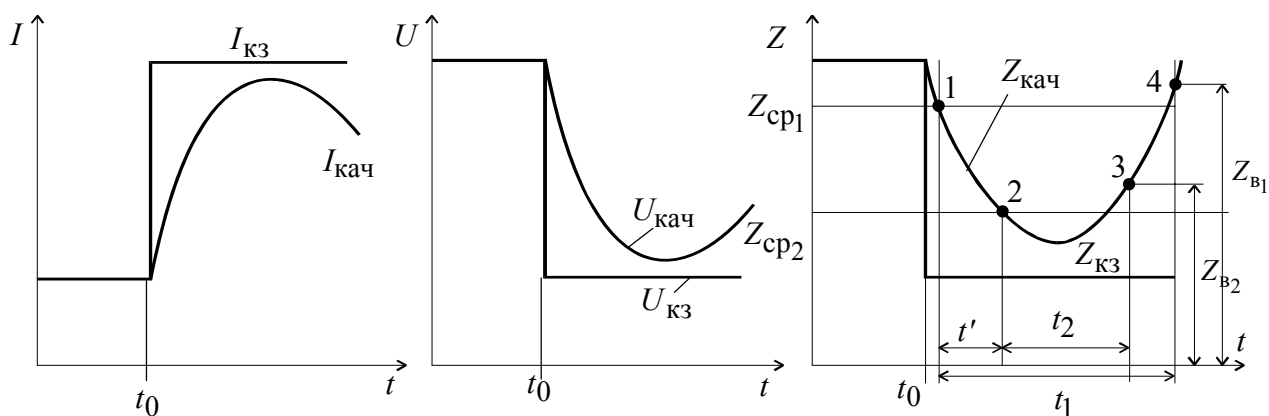


Рис. 23. Изменение электрических параметров при качаниях и к.з.

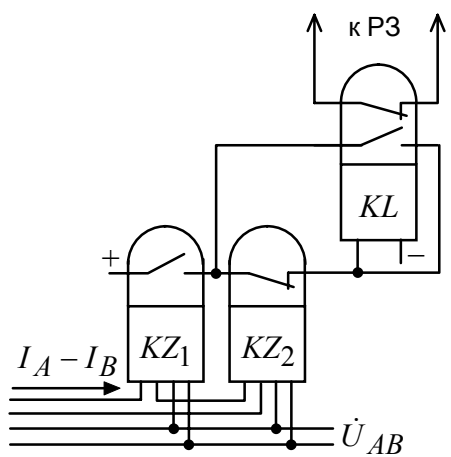


Рис. 24. Схема блокировки

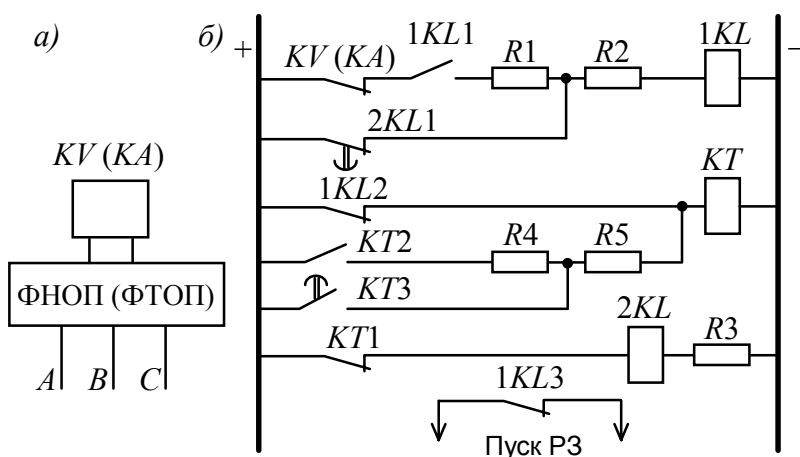


Рис. 25. Принципиальная схема блокировки от качаний:

а – цепи переменного напряжения (тока);  
б – цепи постоянного оперативного тока

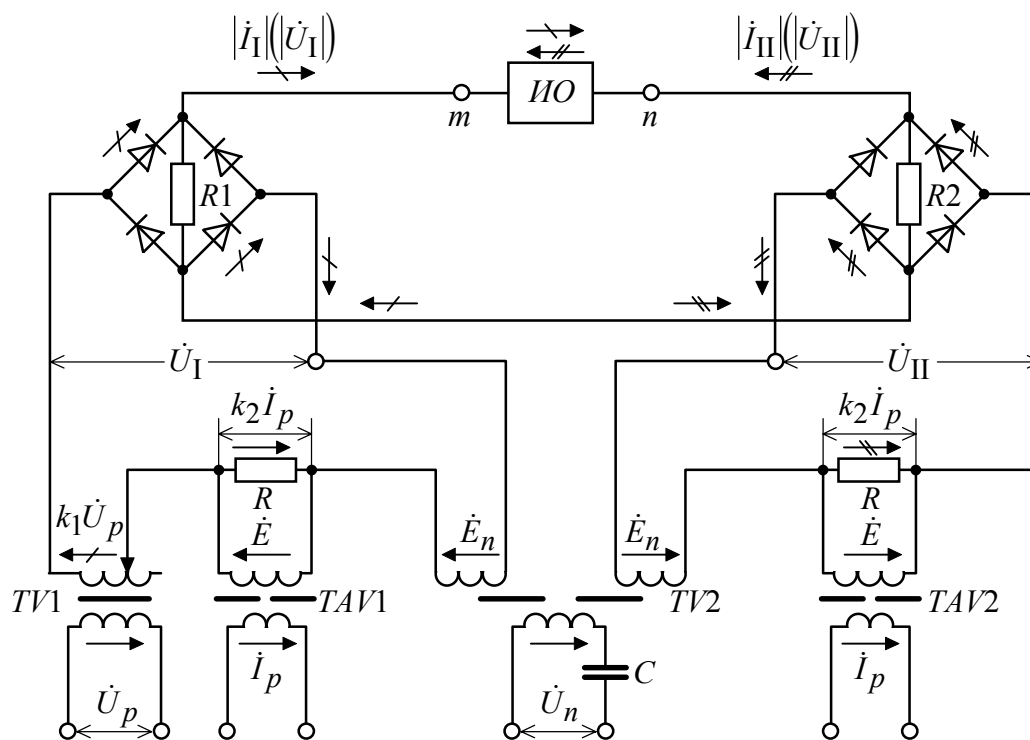


Рис. 26. Направленное реле сопротивления со схемой сравнения на балансе напряжений

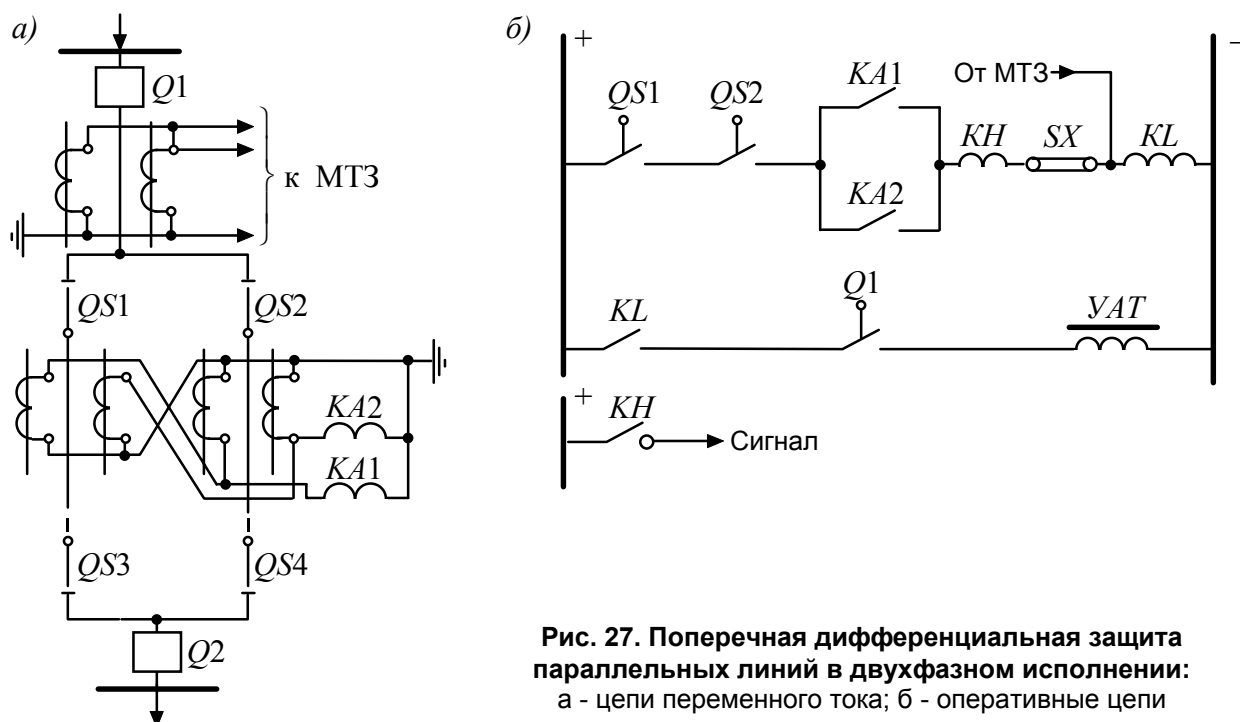


Рис. 27. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий в двухфазном исполнении:  
а - цепи переменного тока; б - оперативные цепи

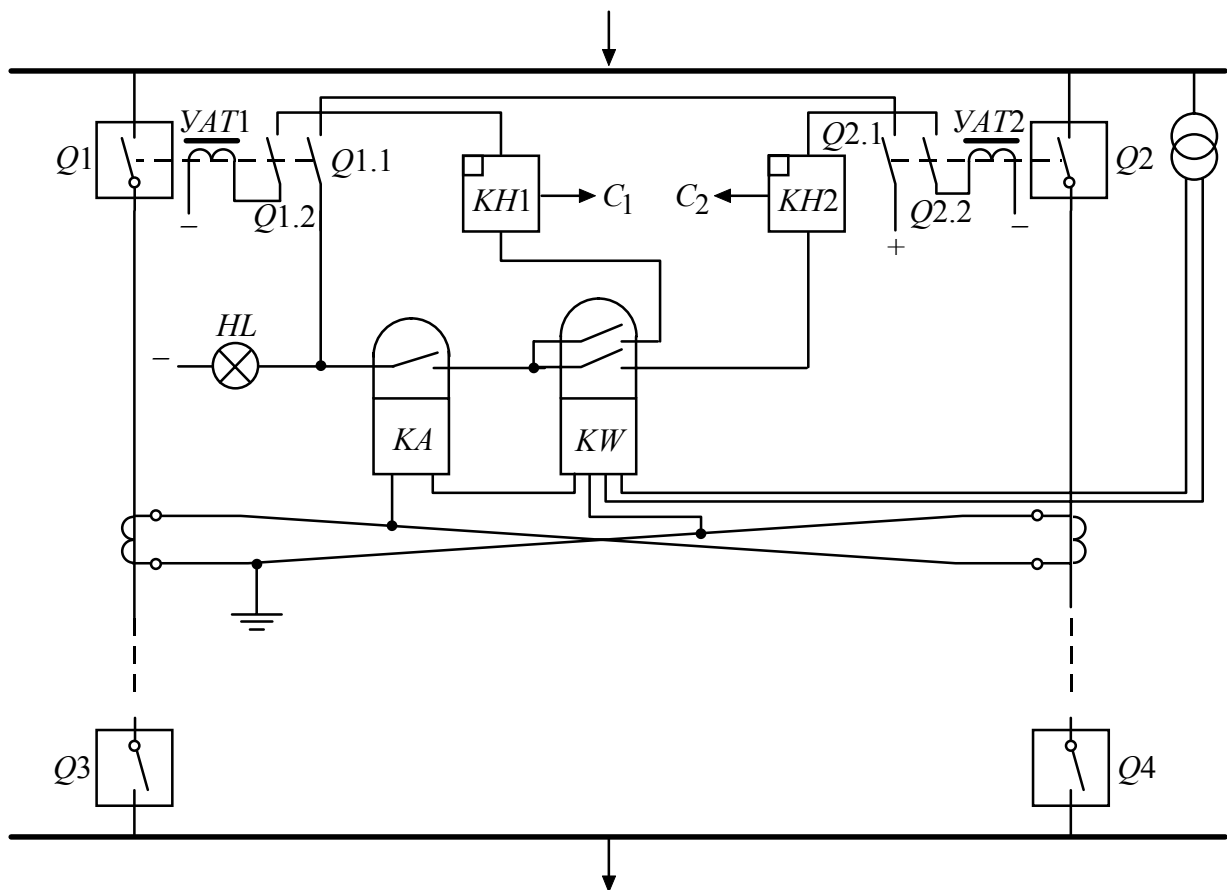


Рис. 28. Упрощенная схема поперечной направленной дифференциальной защиты

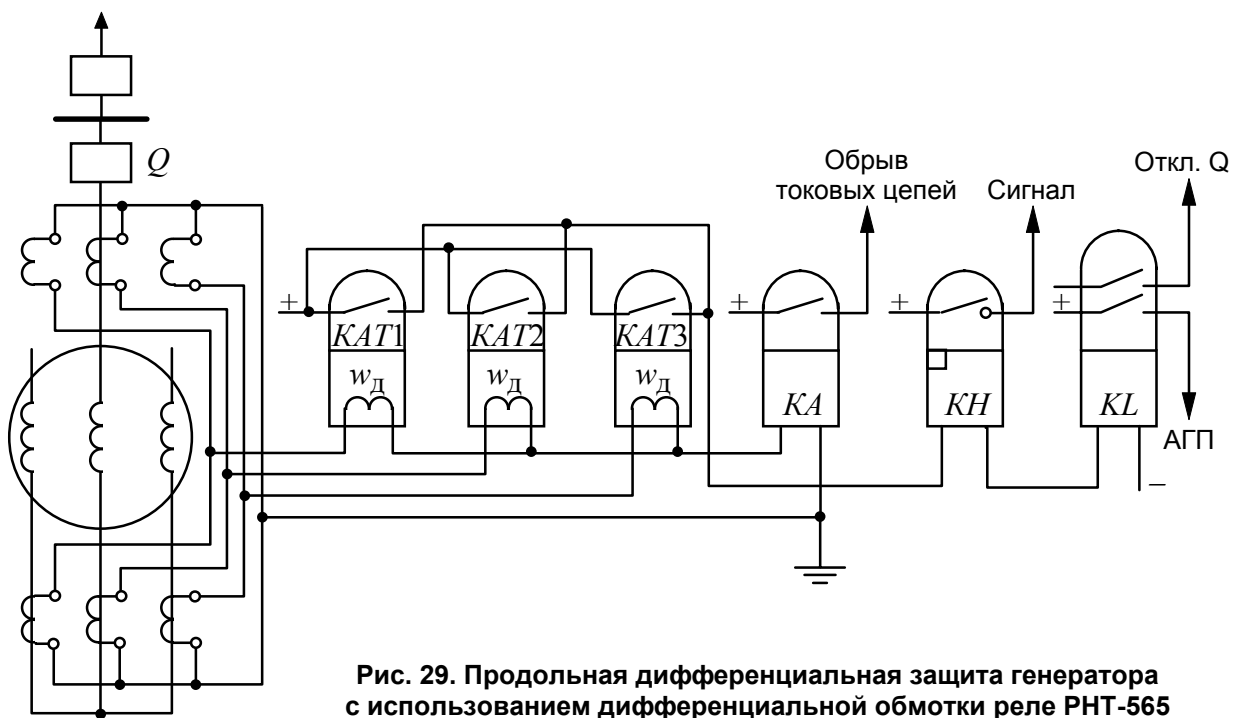
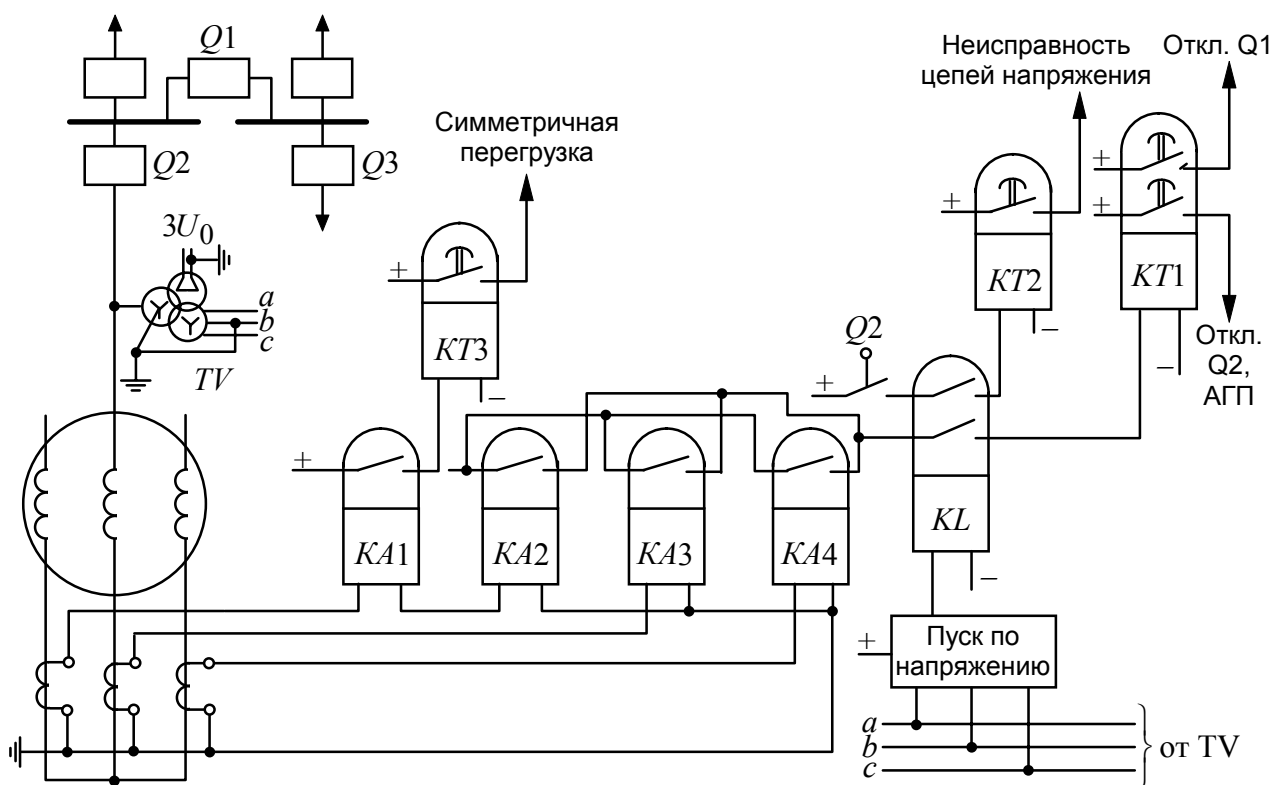
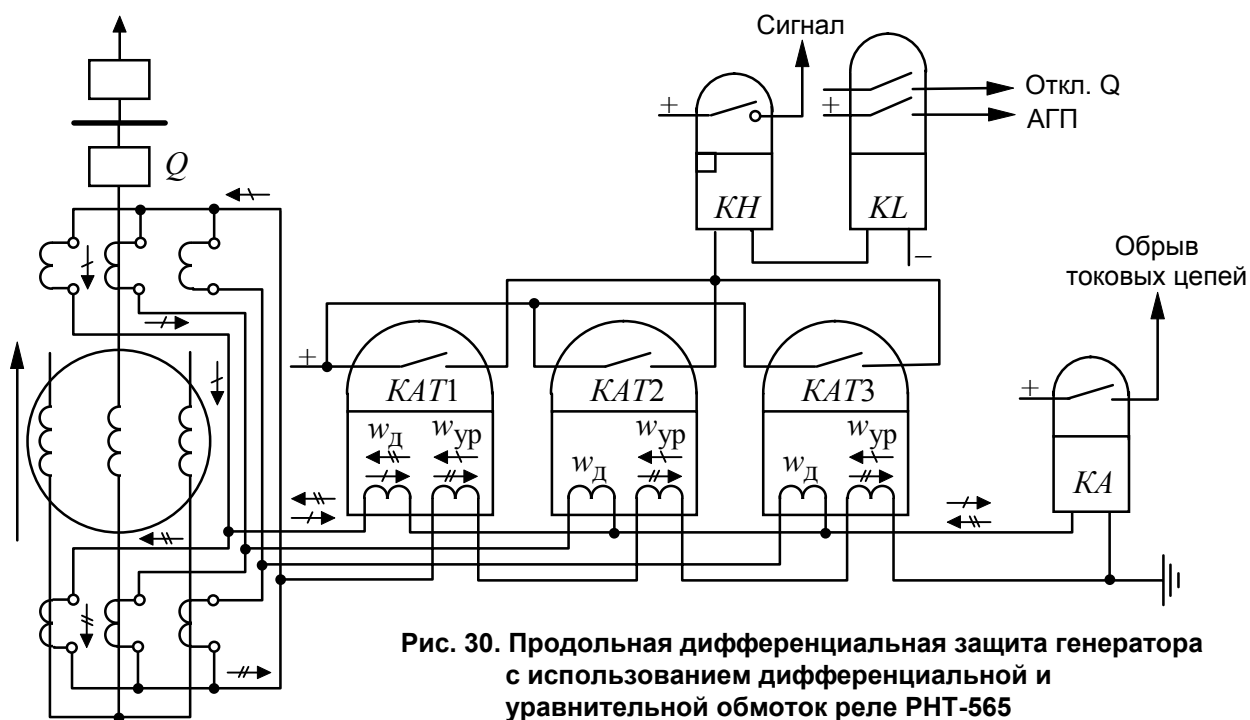


Рис. 29. Продольная дифференциальная защита генератора с использованием дифференциальной обмотки реле РНТ-565



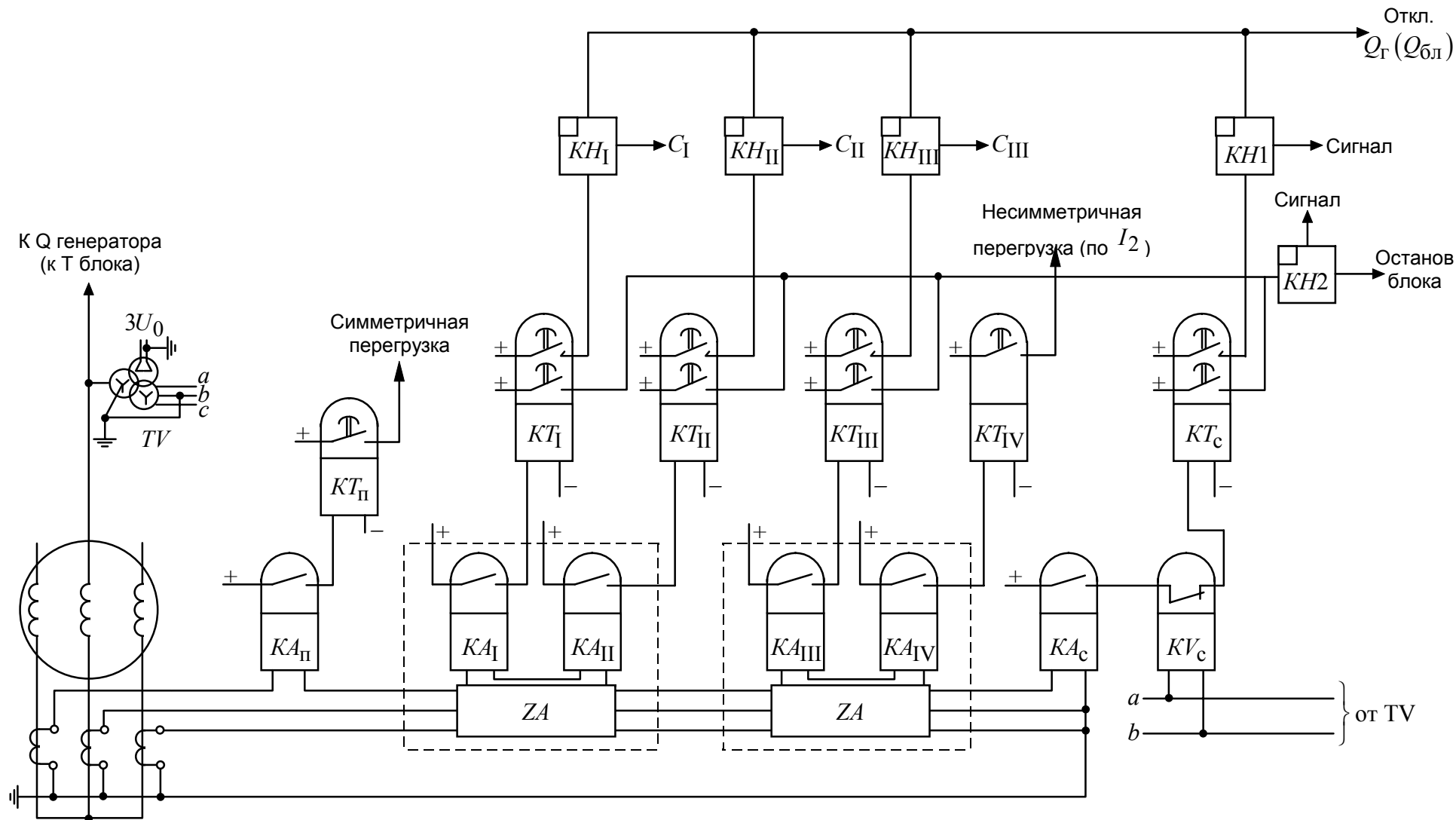
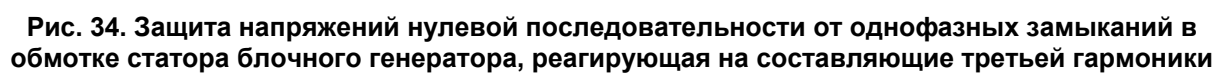
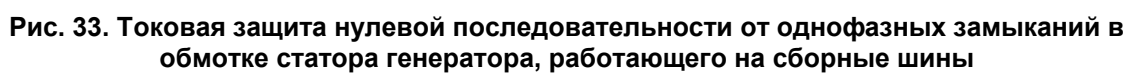
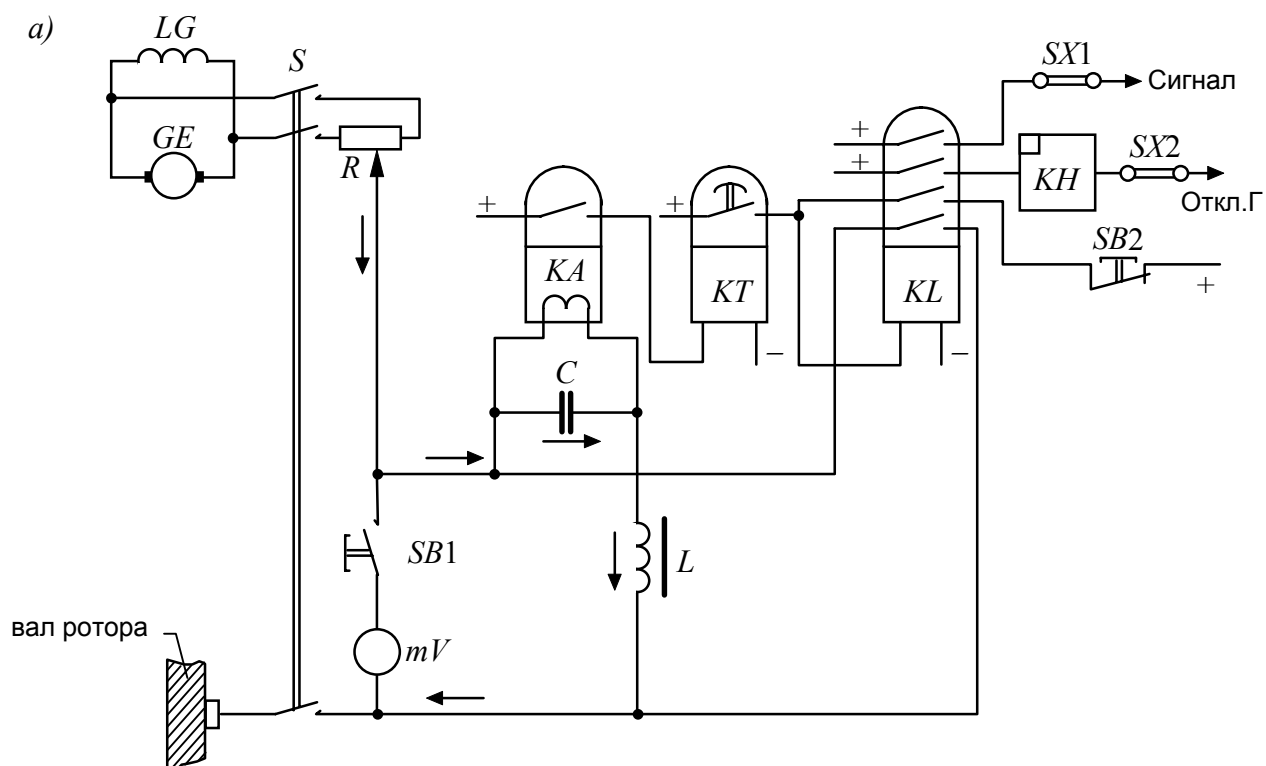


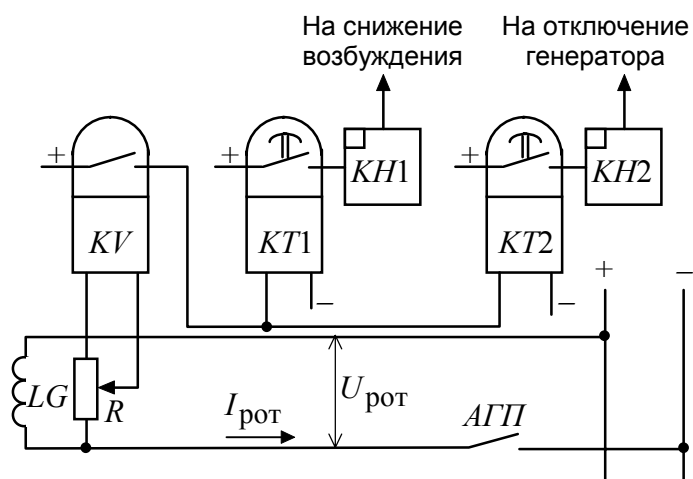
Рис. 32. Ступенчатая токовая защита обратной последовательности от несимметричных к.з. и перегрузок на реле РТФ-7 с приставкой для действия при симметричных к.з. и МТЗ от симметричной перегрузки обмотки статора генератора



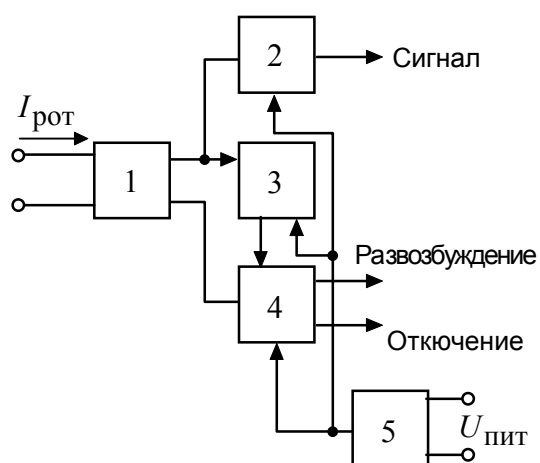




б)



в)



**Рис. 35. Защиты ротора генератора:**

а - от замыканий обмотки на землю в двух точках; б - от перегрузки током возбуждения;  
в - блок-схема защиты типа РЗР-1 м

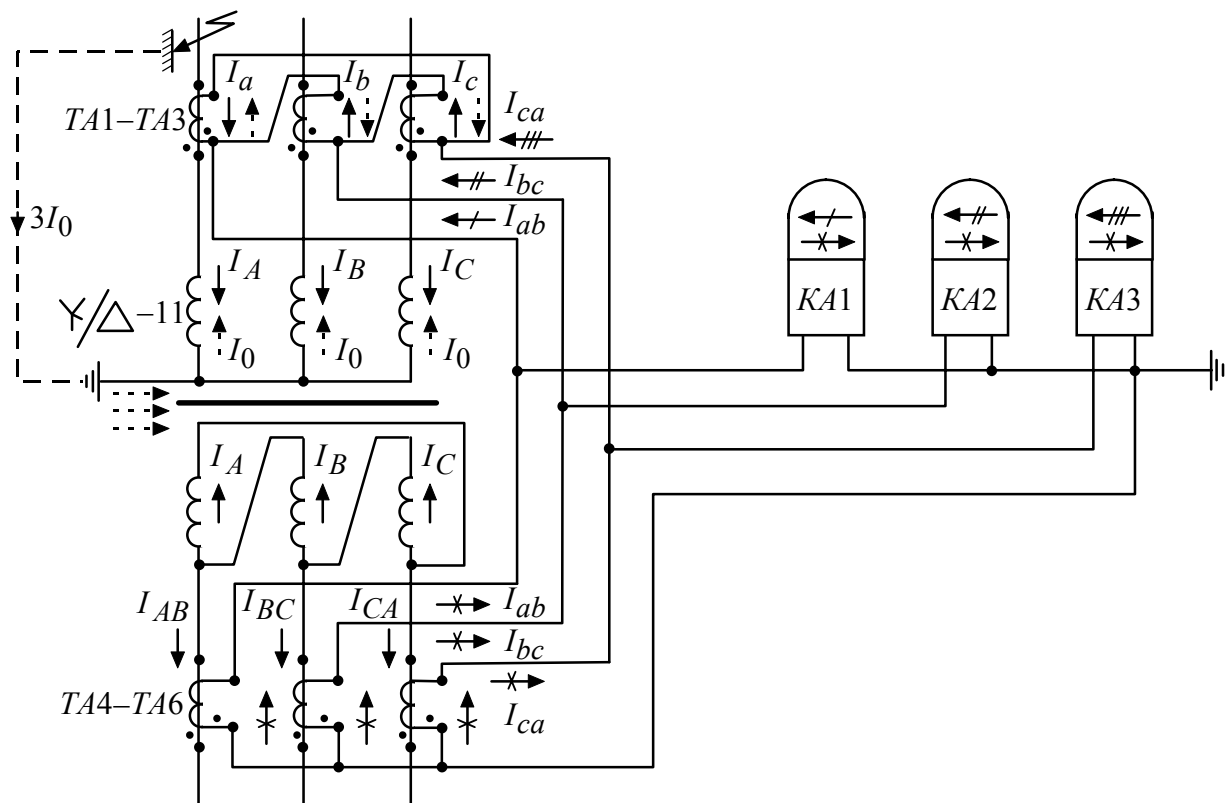


Рис. 36. Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле продольной дифференциальной защиты трансформатора

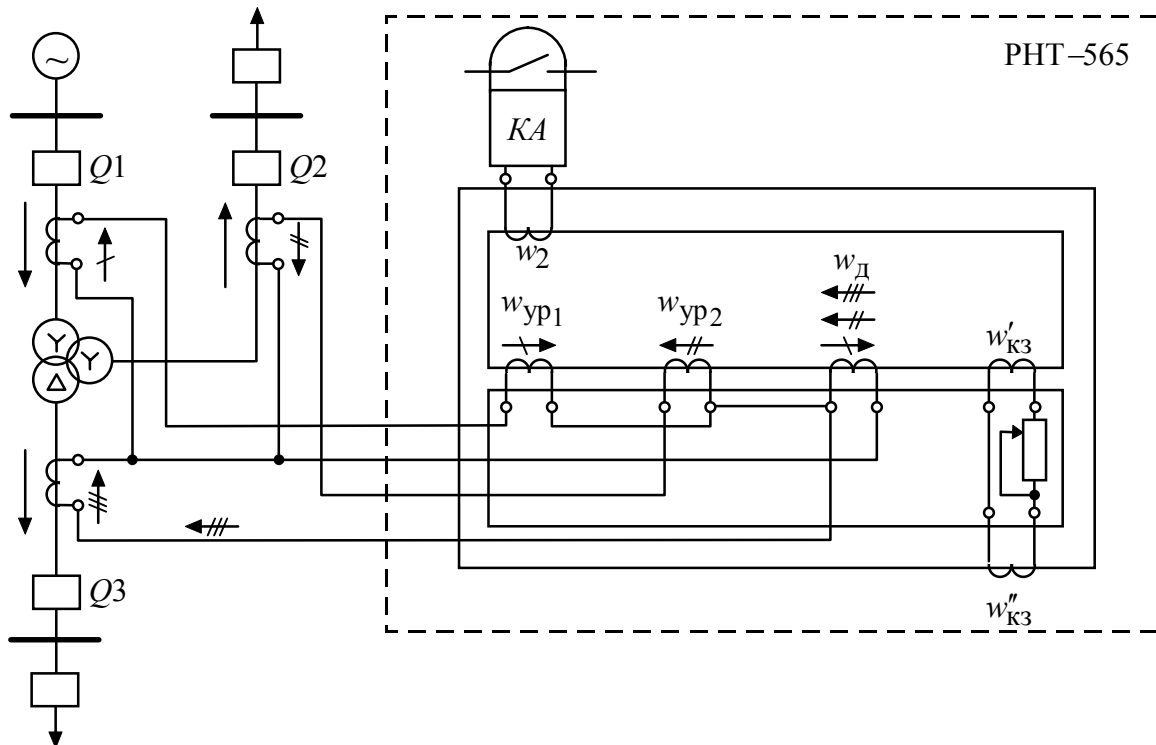


Рис. 37. Схема включения реле РНТ в дифференциальной защите трехобмоточного трансформатора с односторонним питанием

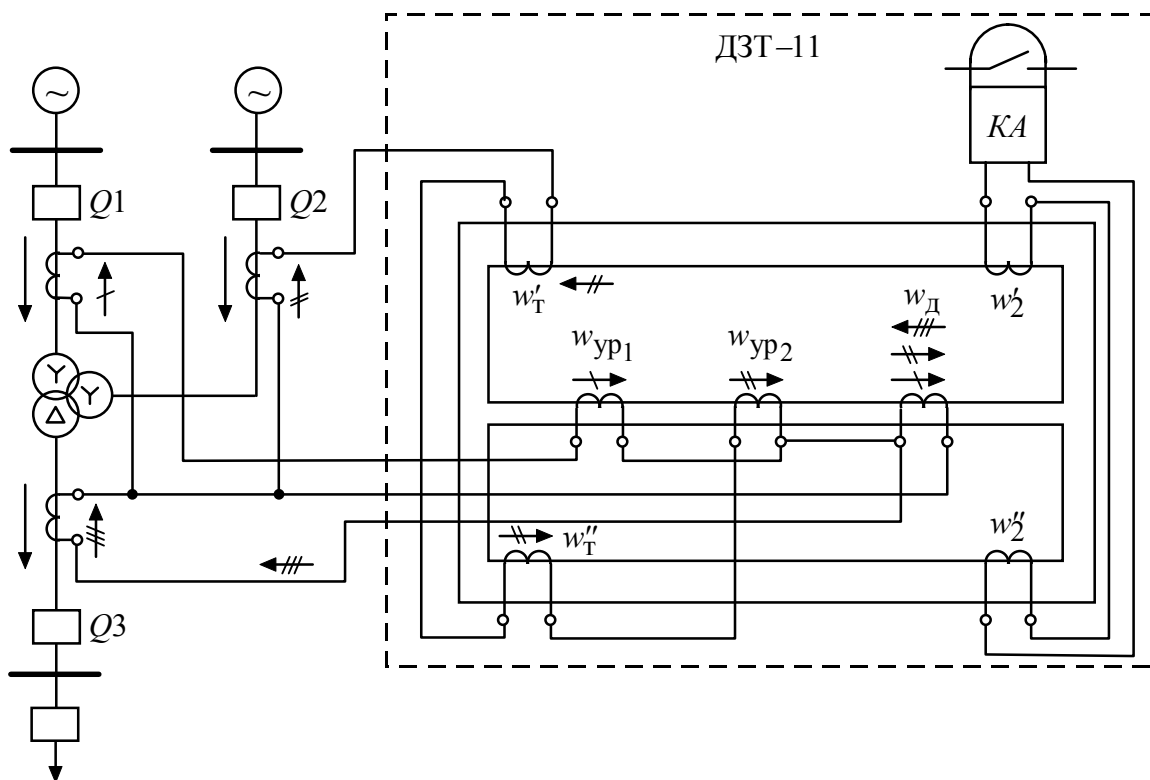


Рис. 38. Схема включения реле ДЗТ в дифференциальной защите трехобмоточного трансформатора с двухсторонним питанием

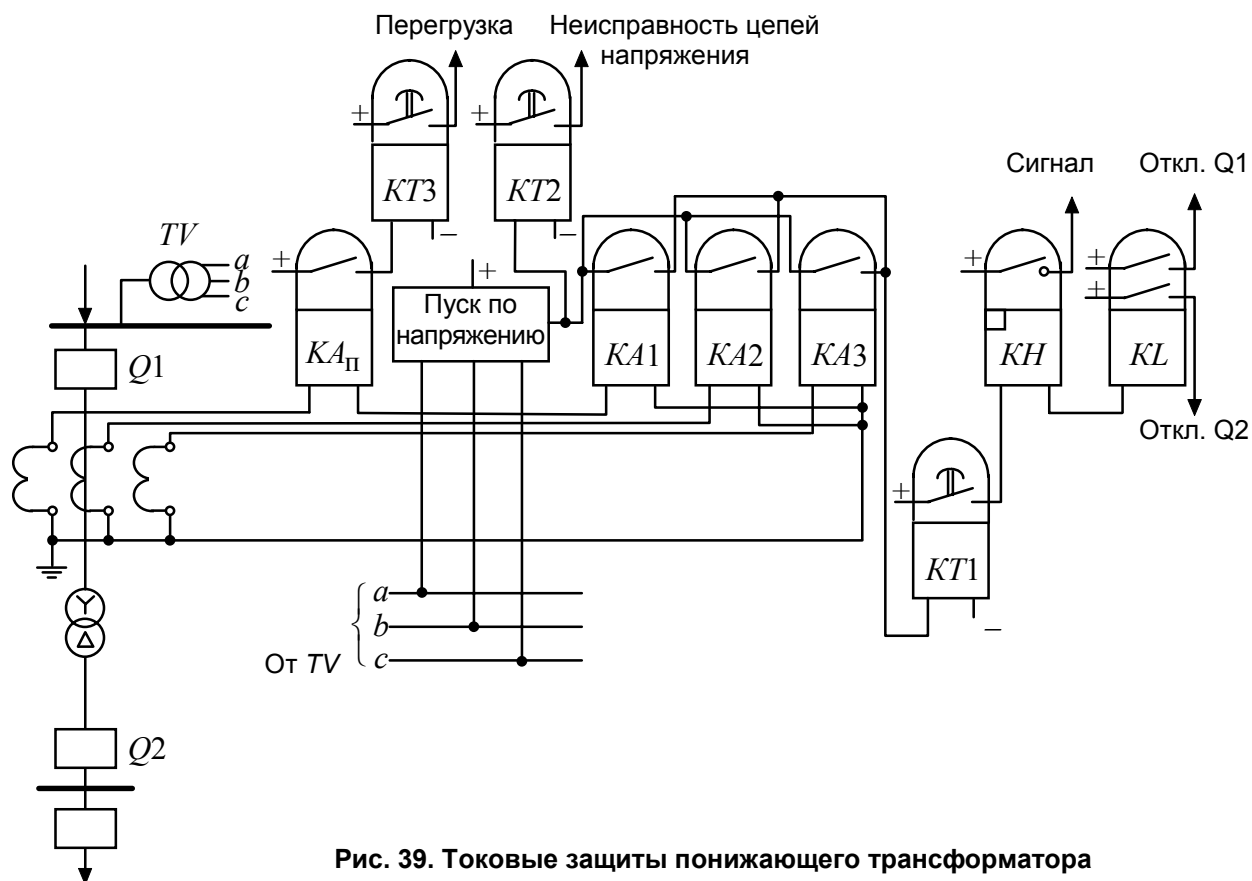


Рис. 39. Токовые защиты понижающего трансформатора

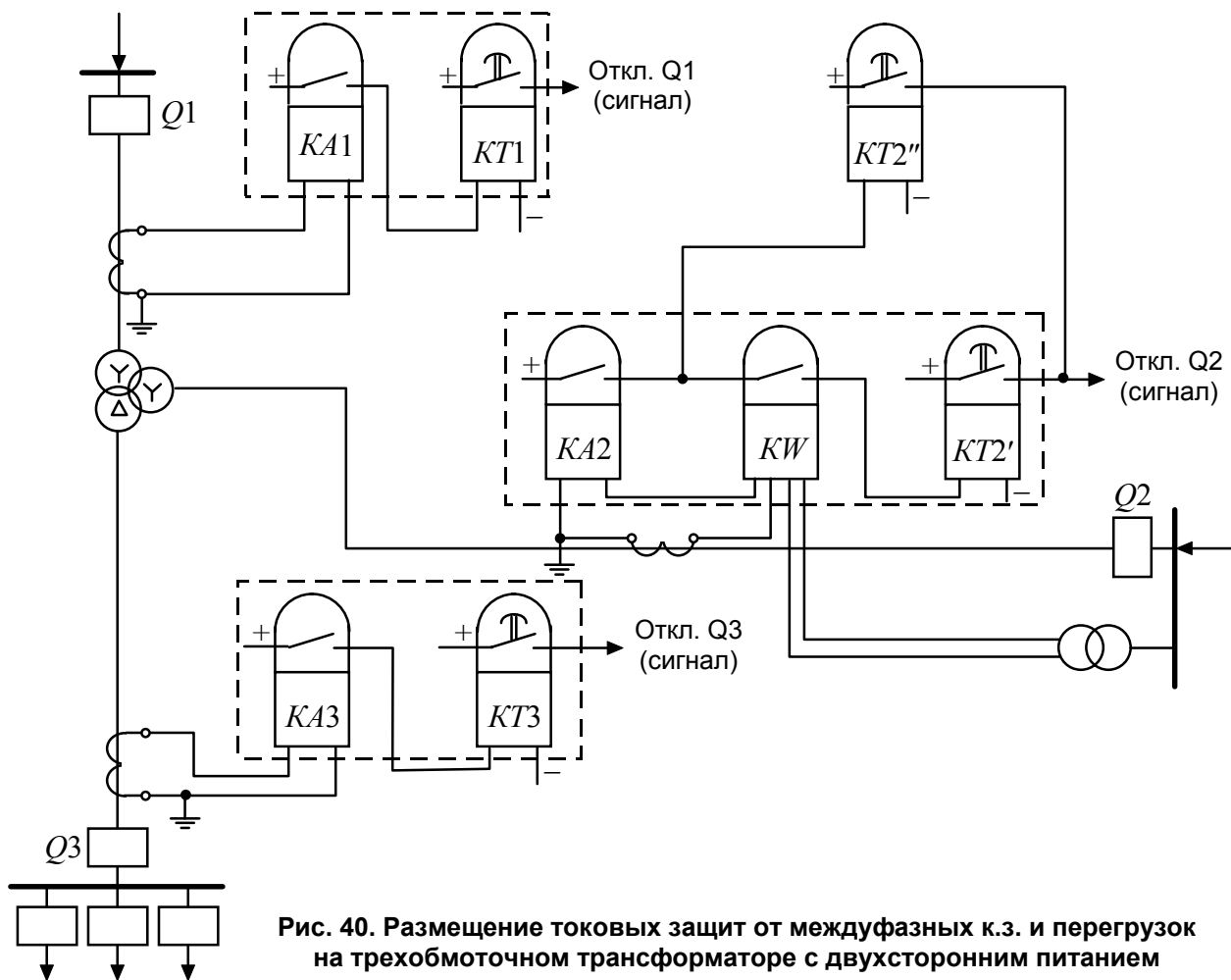


Рис. 40. Размещение токовых защит от междуфазных к.з. и перегрузок на трехобмоточном трансформаторе с двухсторонним питанием

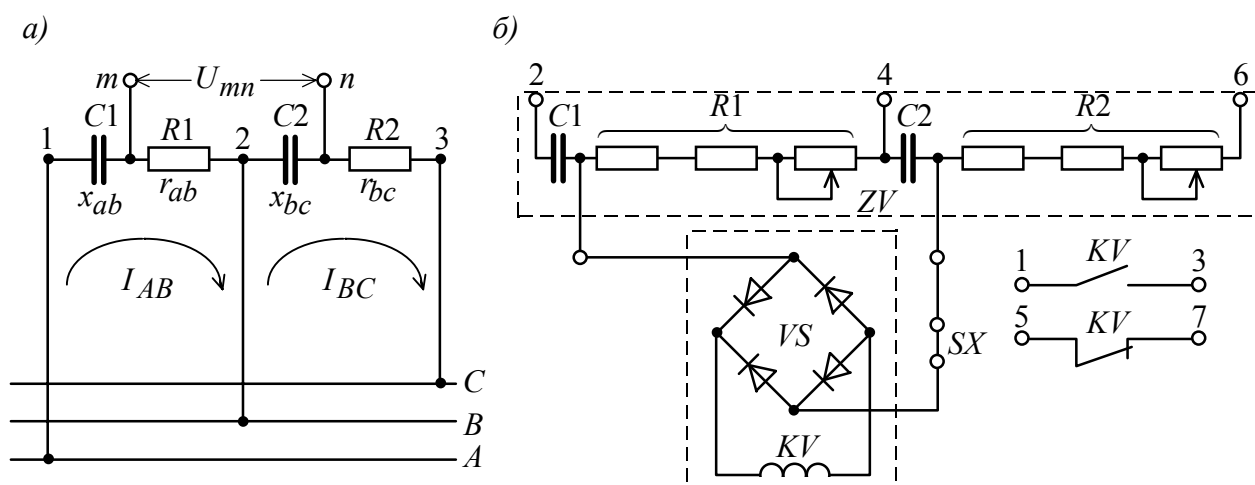
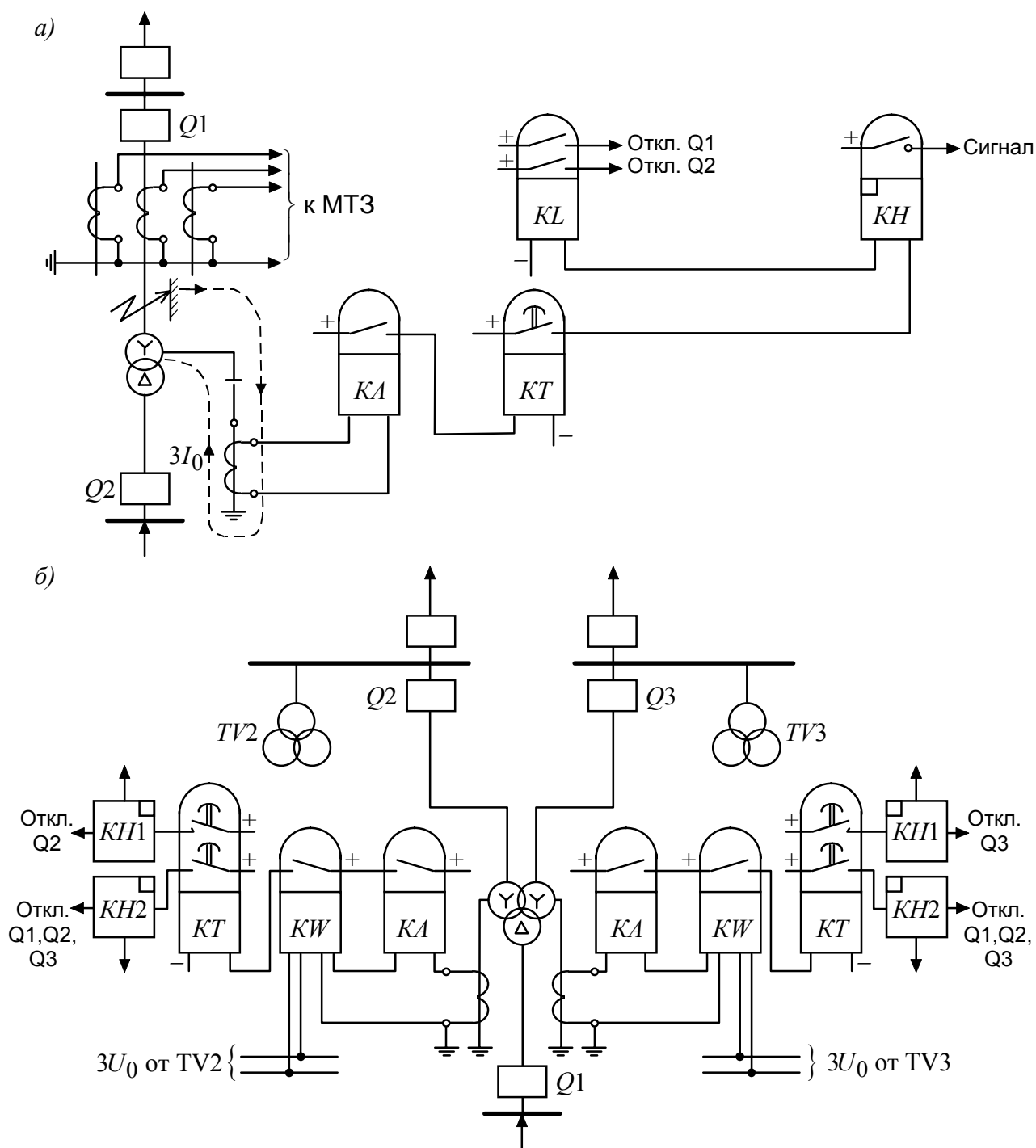
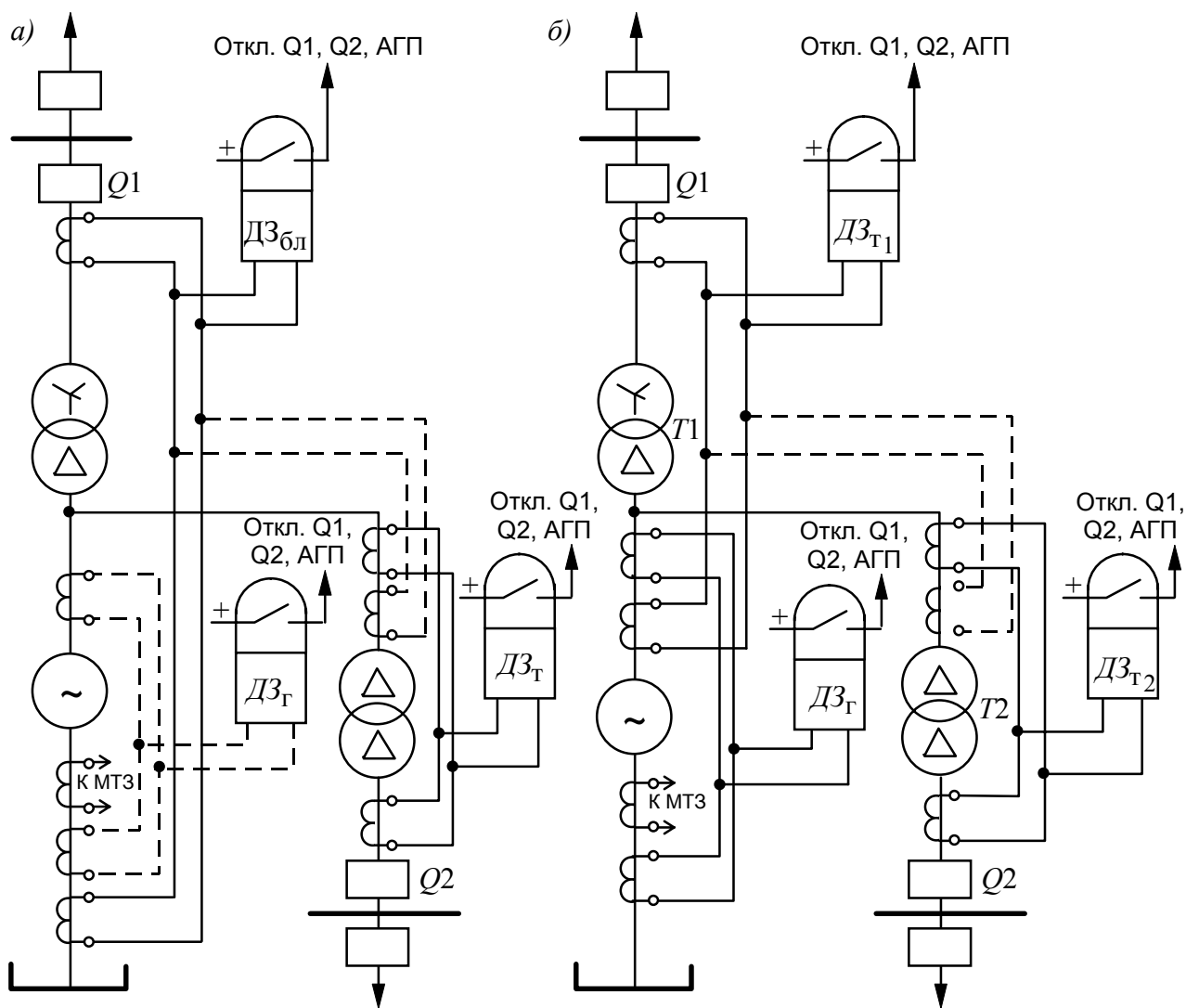


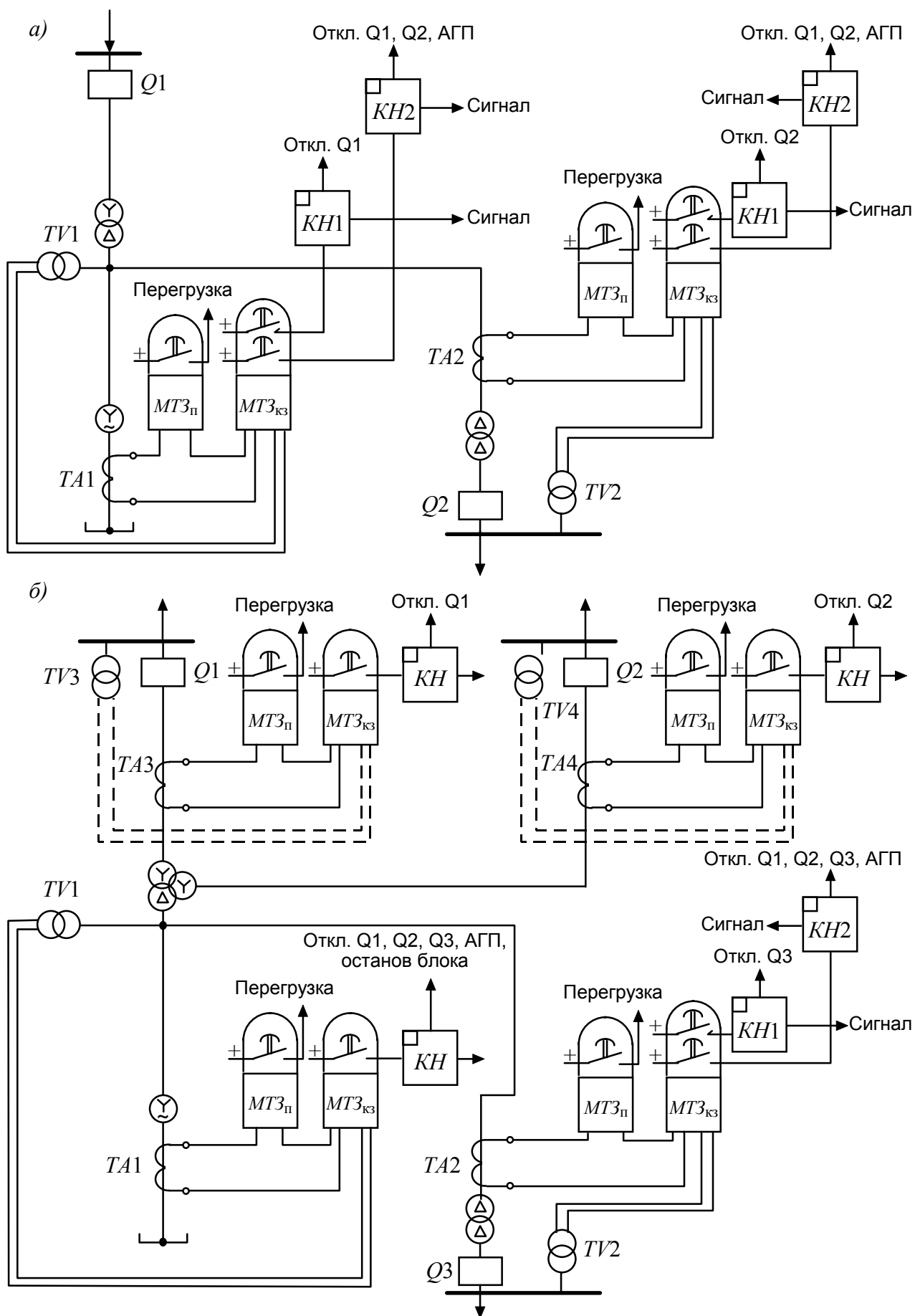
Рис. 41. Активно-емкостной фильтр напряжения обратной последовательности:  
а - принципиальная схема; б - фильтр-реле типа РНФ-1 м



**Рис. 42. Токовые защиты нулевой последовательности трансформаторов:**  
а - с трансформатором тока в проводе заземления нейтрали;  
б - направленная токовая защита нулевой последовательности

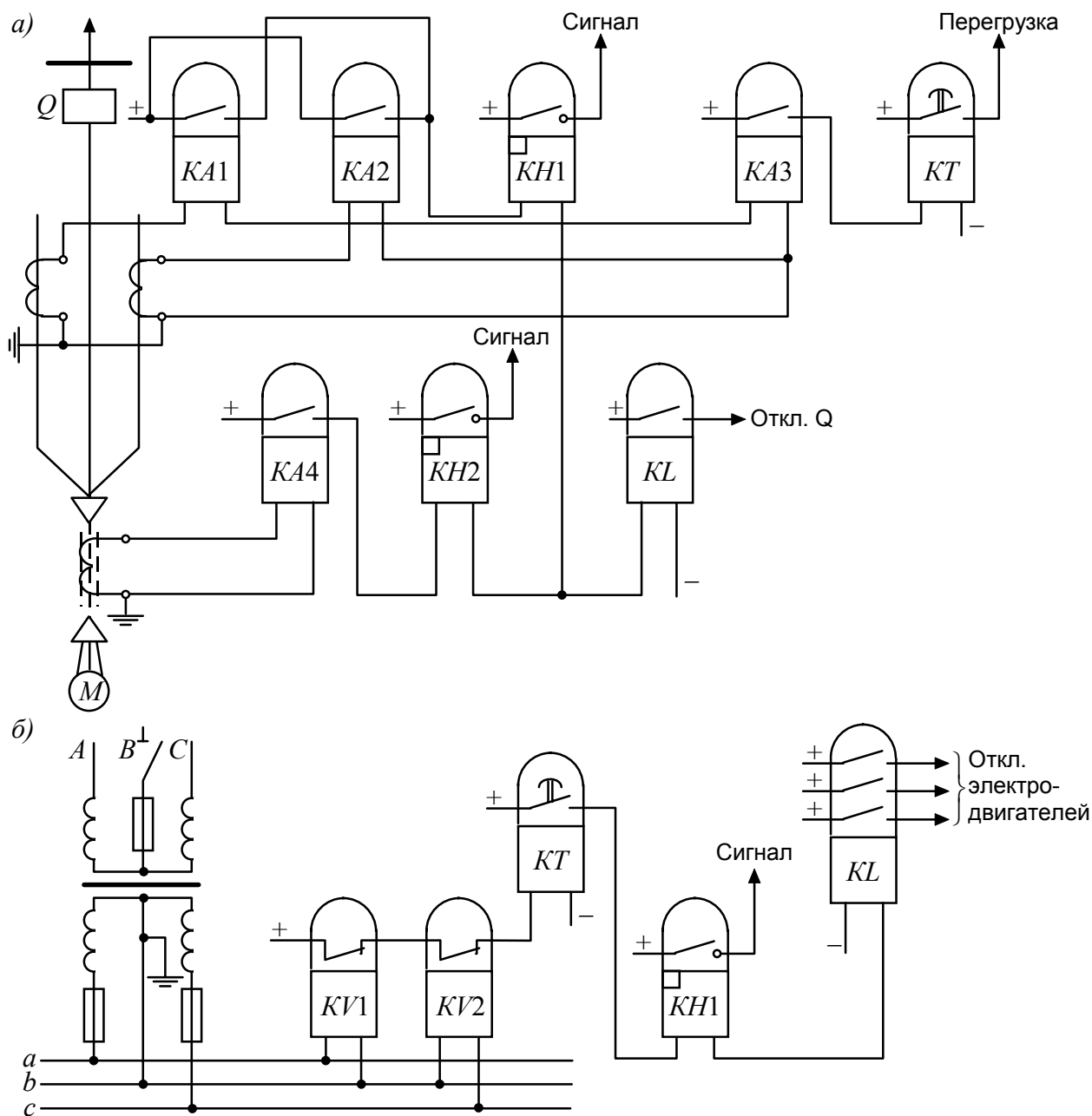


**Рис. 43. Варианты выполнения продольной дифференциальной защиты блоков генератор-трансформатор:** а - с общей дифзащитой блока; б - с раздельным исполнением дифзащит генератора и трансформатора блока



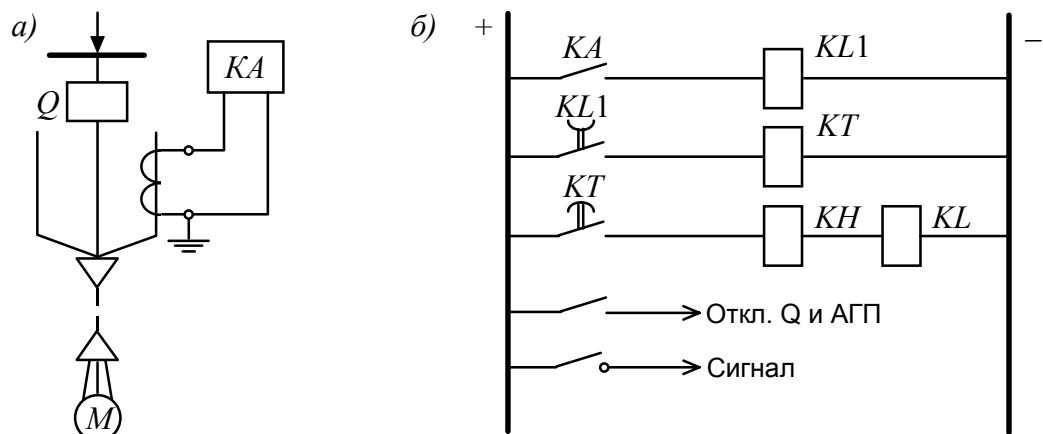
**Рис. 44. Токовые защиты от междуфазных к.з. и перегрузок блока генератор-трансформатор:**  
 а - размещение защит на блоке генератор-двухобмоточный трансформатор;  
 б - размещение защит на блоке генератор-трехобмоточный трансформатор





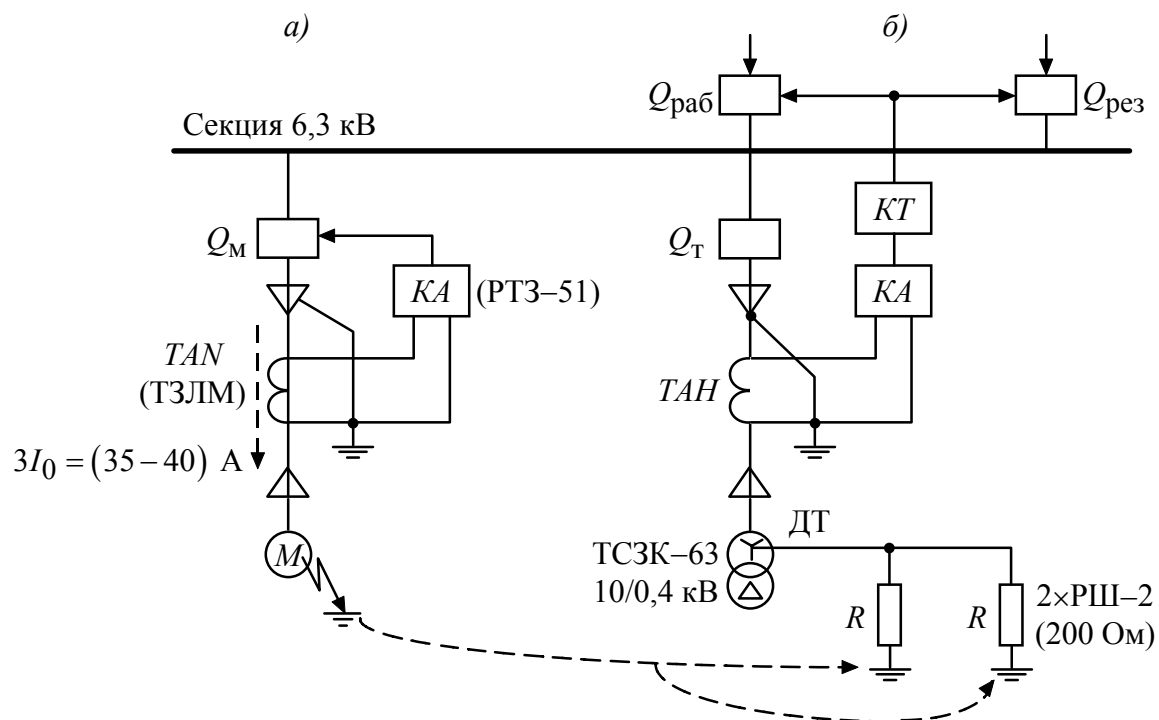
**Рис. 45. Защиты двигателей:**

а - токовые защиты от междупазных к.з., однофазных замыканий и перегрузок высоковольтного электродвигателя; б - защита минимального напряжения

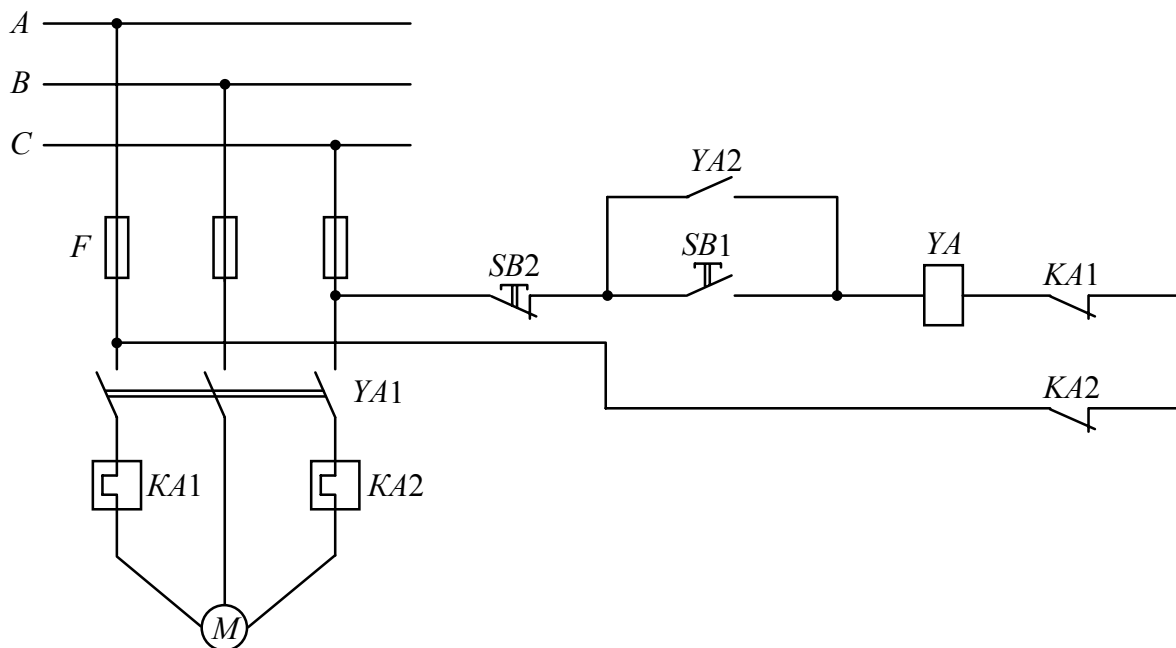


**Рис. 46. Схема защиты синхронного двигателя от асинхронного режима:**

а - цепи переменного тока; б - цепи постоянного оперативного тока



**Рис. 47. Структурная схема защиты от замыканий на землю в сети собственных нужд 6,3 кВ:**  
а – защита двигателя от замыканий на землю; б – схема подключения дополнительного трансформатора с заземляющими резисторами



**Рис. 48. Защита двигателя напряжением 0,4 кВ**





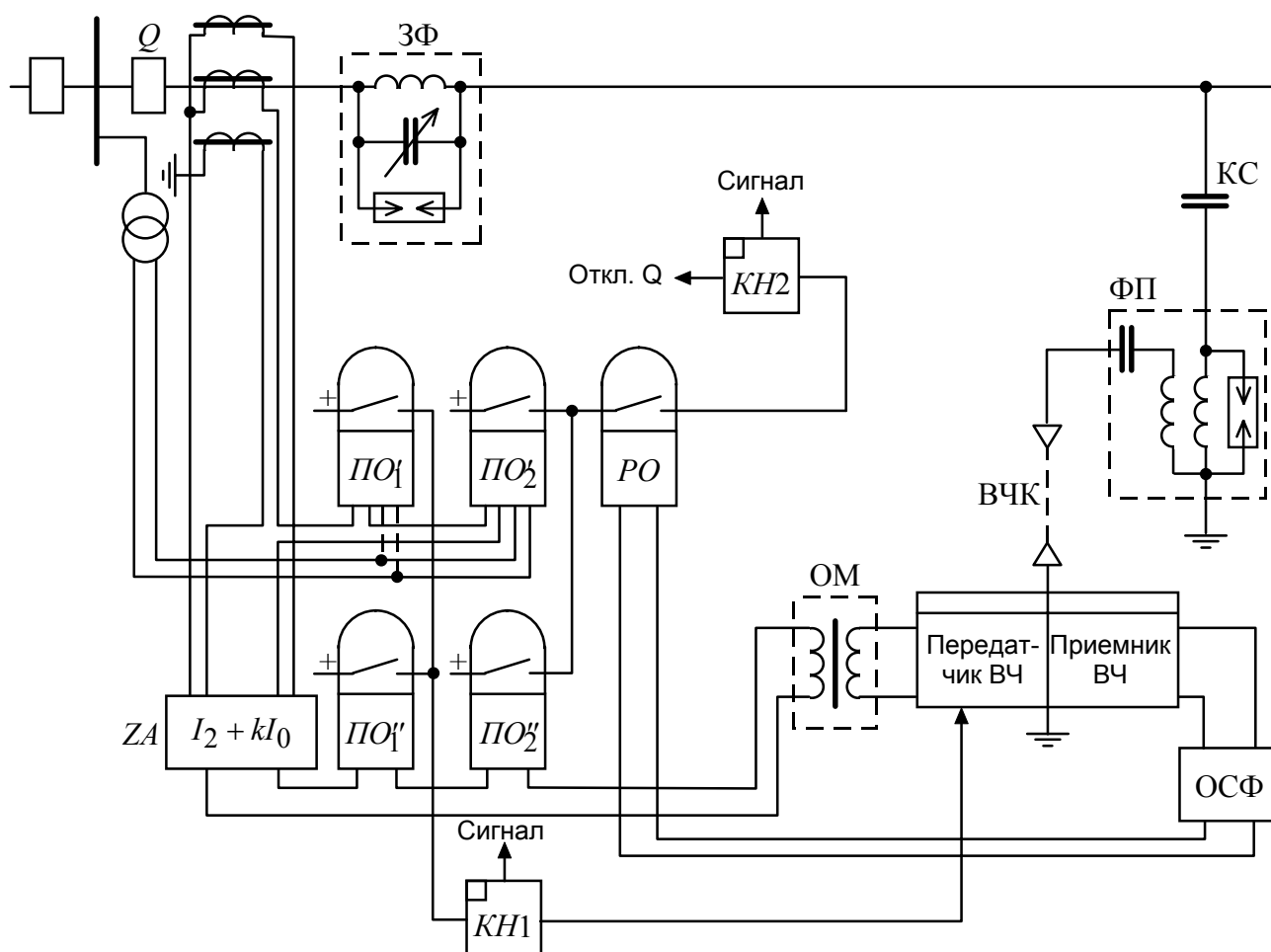


Рис. 52. Упрощенная схема дифференциально-фазной высокочастотной защиты

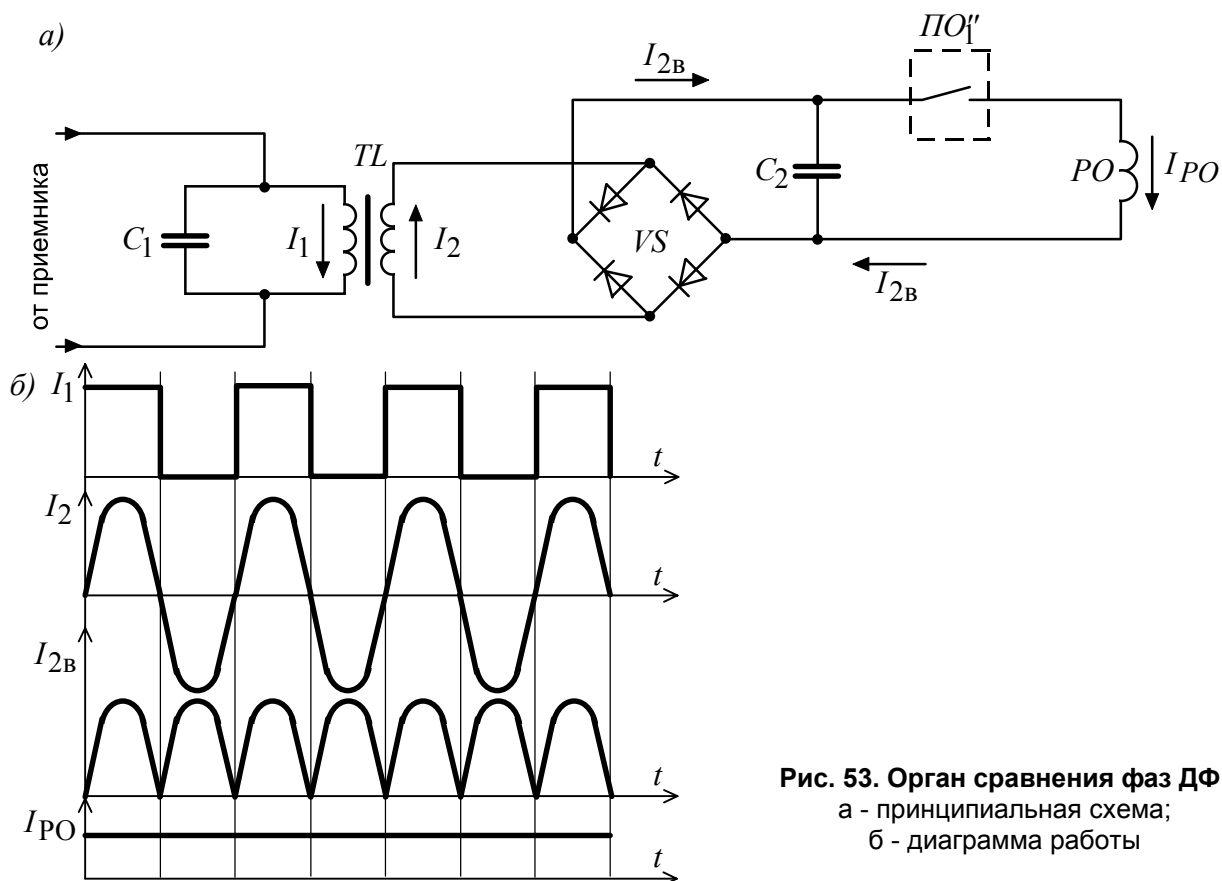


Рис. 53. Орган сравнения фаз ДФ:  
а - принципиальная схема;  
б - диаграмма работы

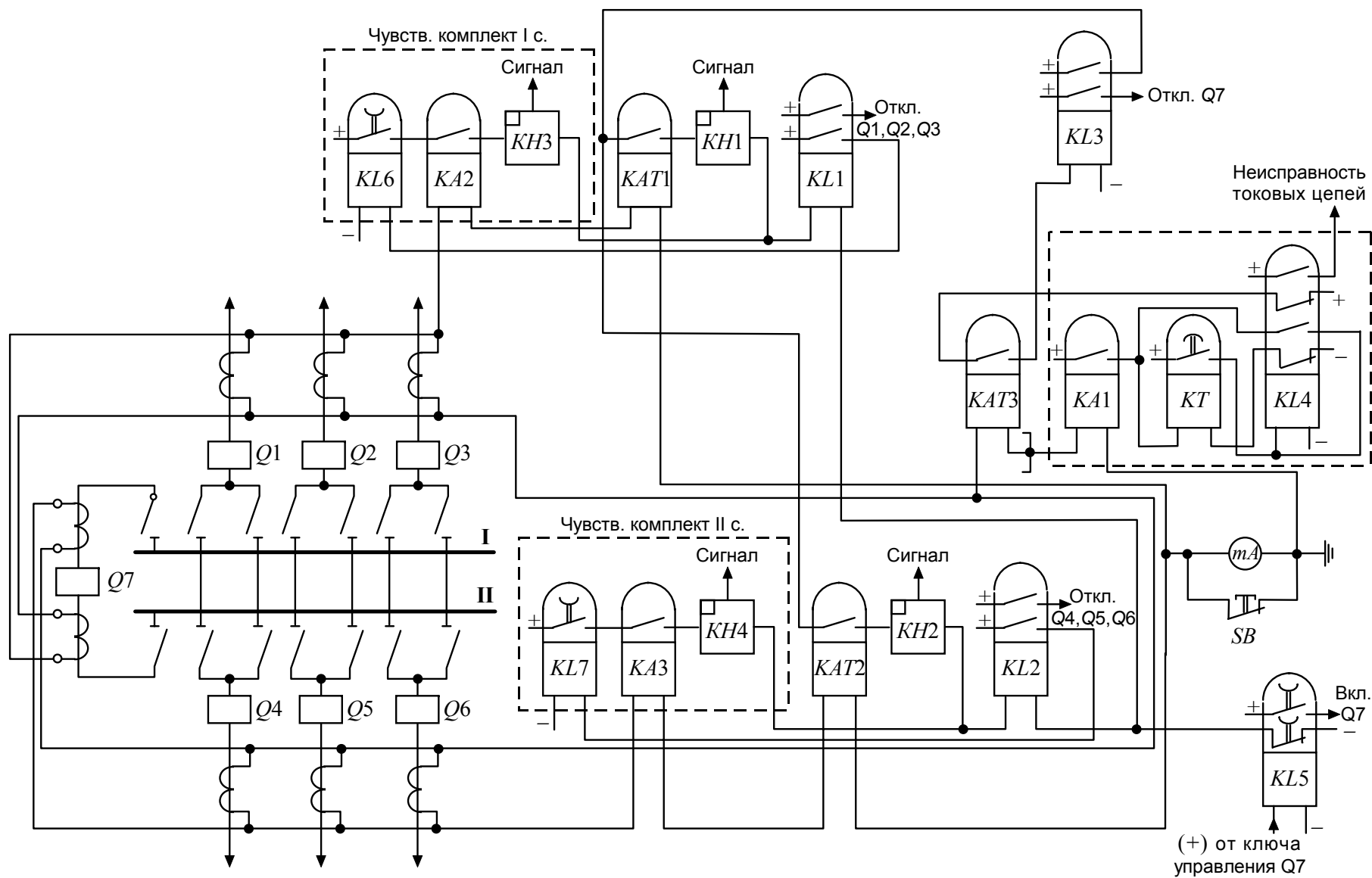


Рис. 54. Дифференциальная защита сборных шин подстанции с двойной системой и фиксированным распределением элементов

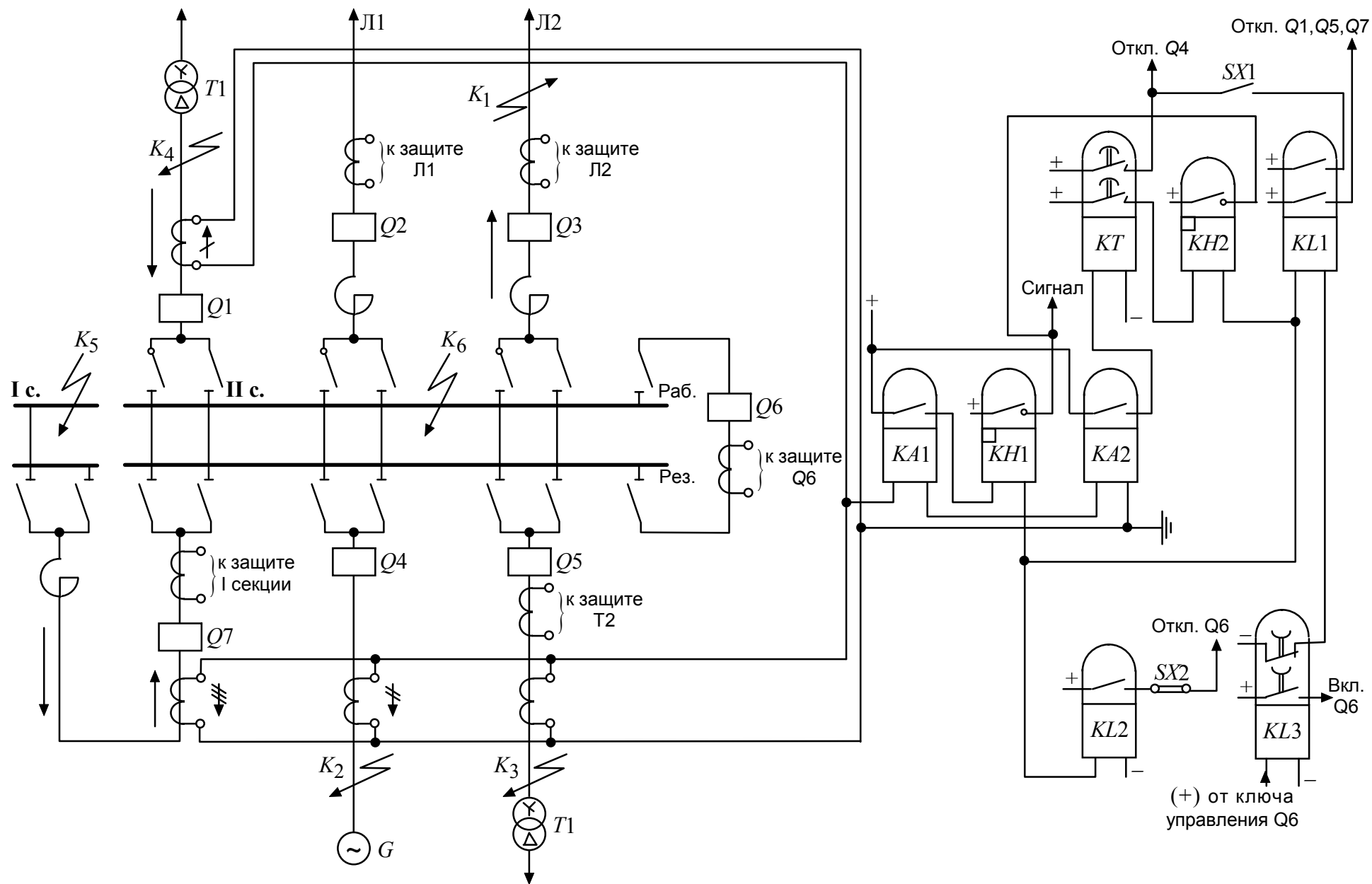


Рис. 55. Неполная дифференциальная защита сборных шин напряжением 6 (10) кВ





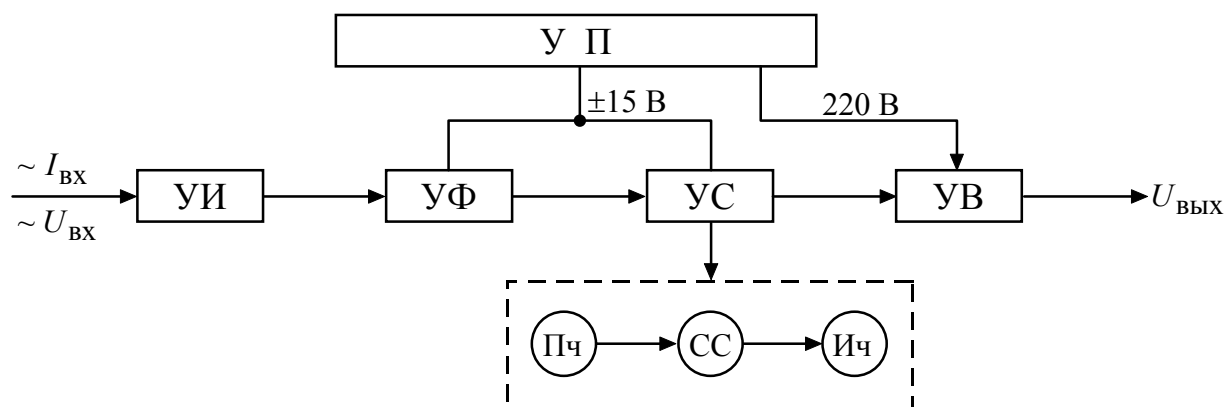


Рис. 57. Структурная схема статического реле защиты

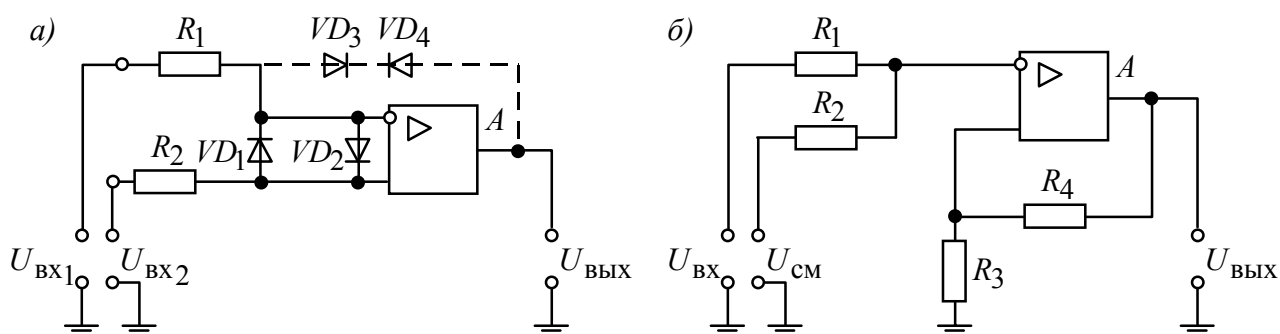


Рис. 58. Схема компаратора (а) и инвертирующего триггера Шмитта (б) на ОУ

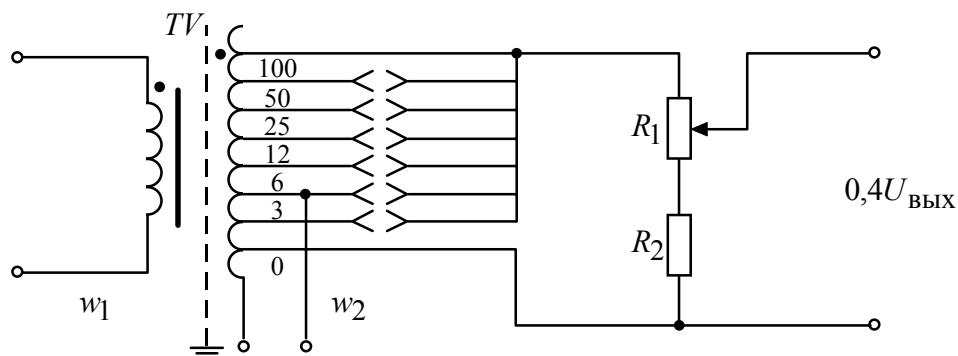


Рис. 59. Датчик напряжения

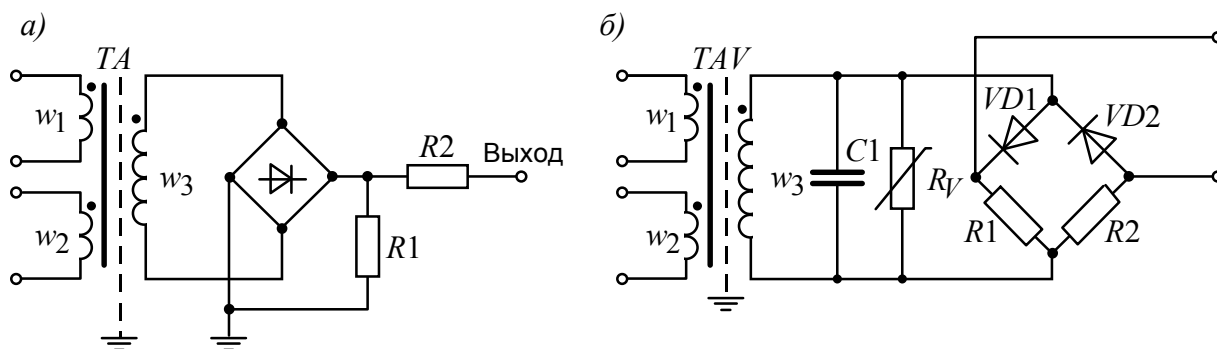


Рис. 60. Датчики тока:

а - датчик тока с выпрямителем; б - датчик тока с трансреактором и выпрямителем

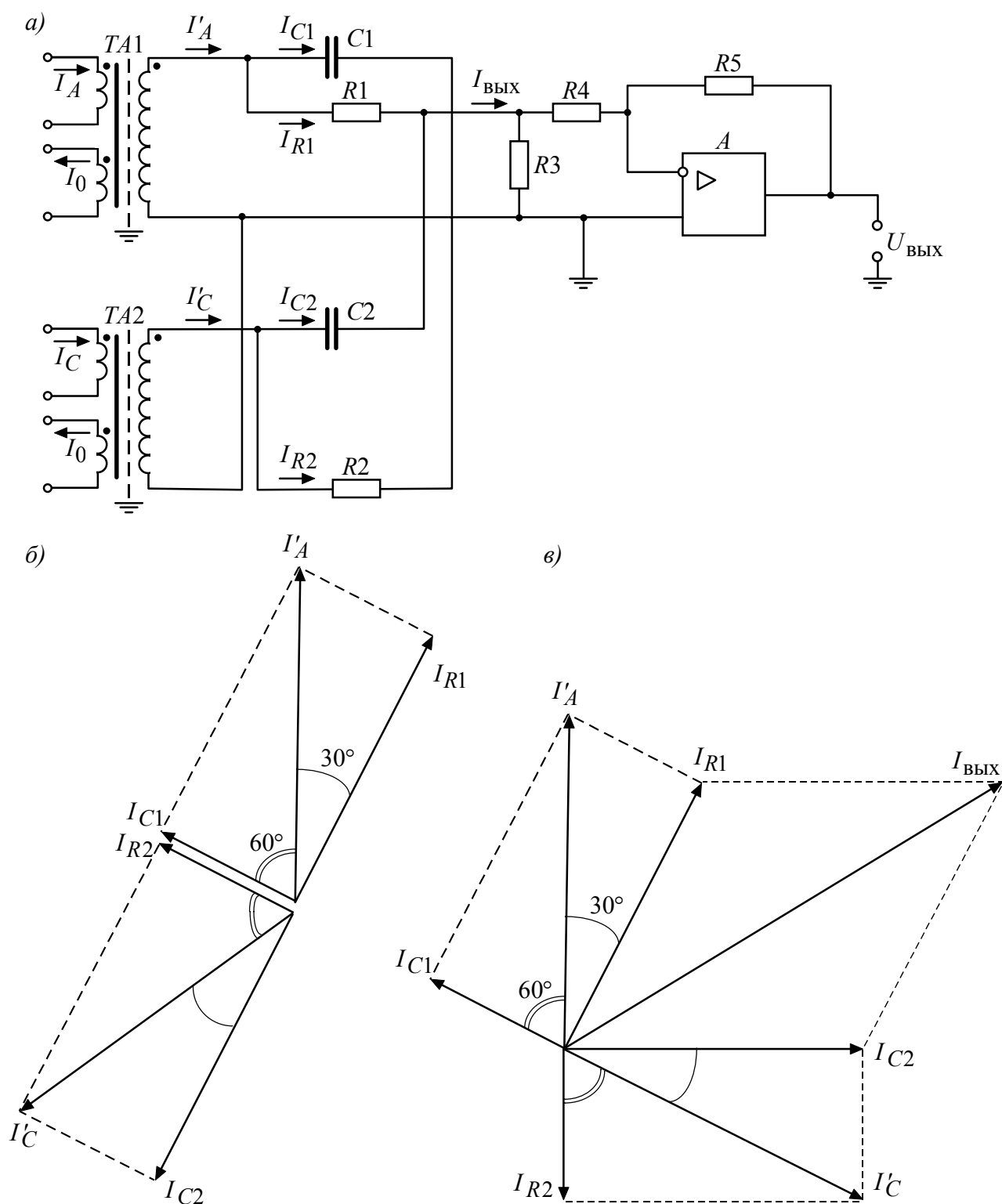
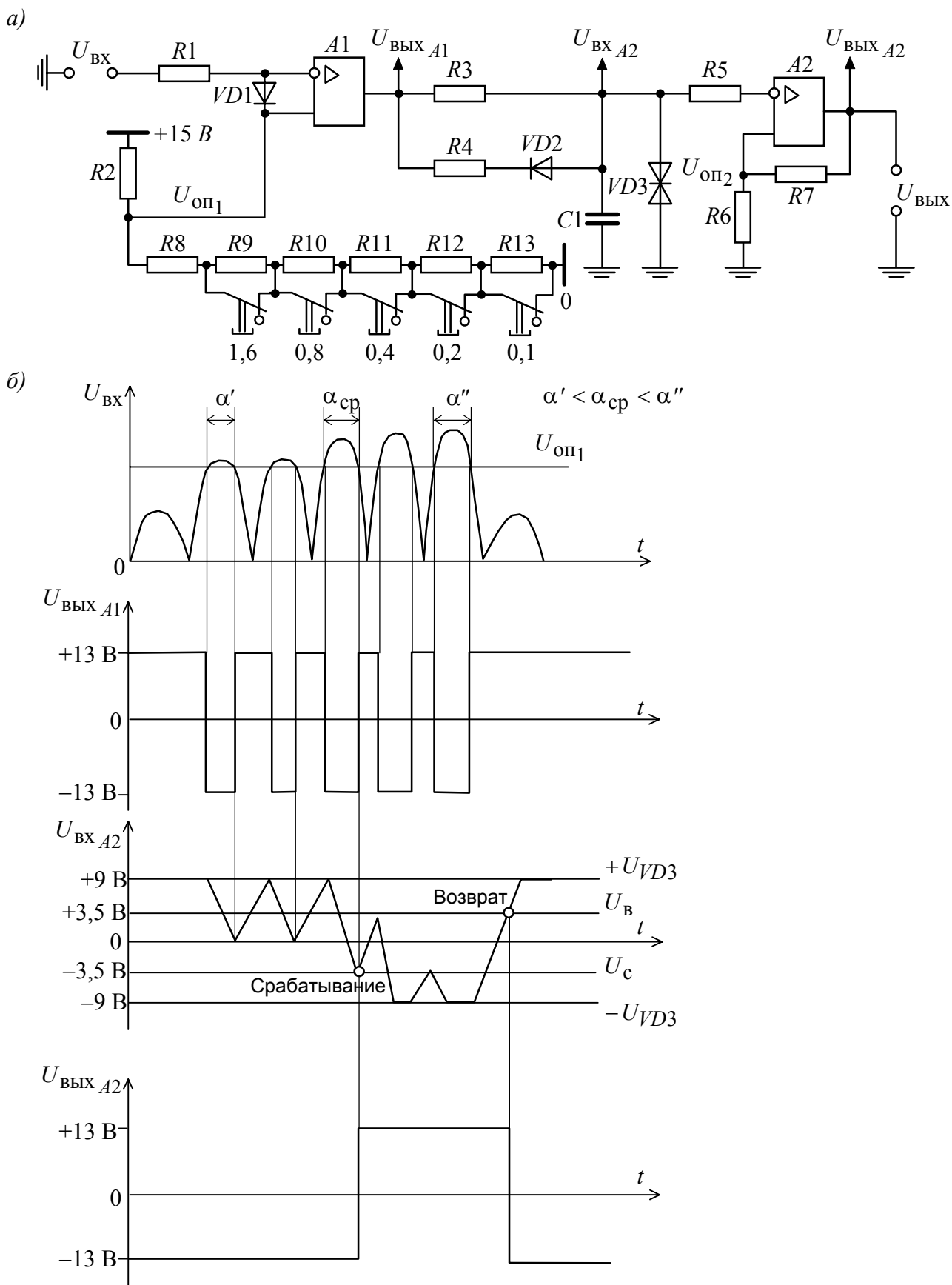
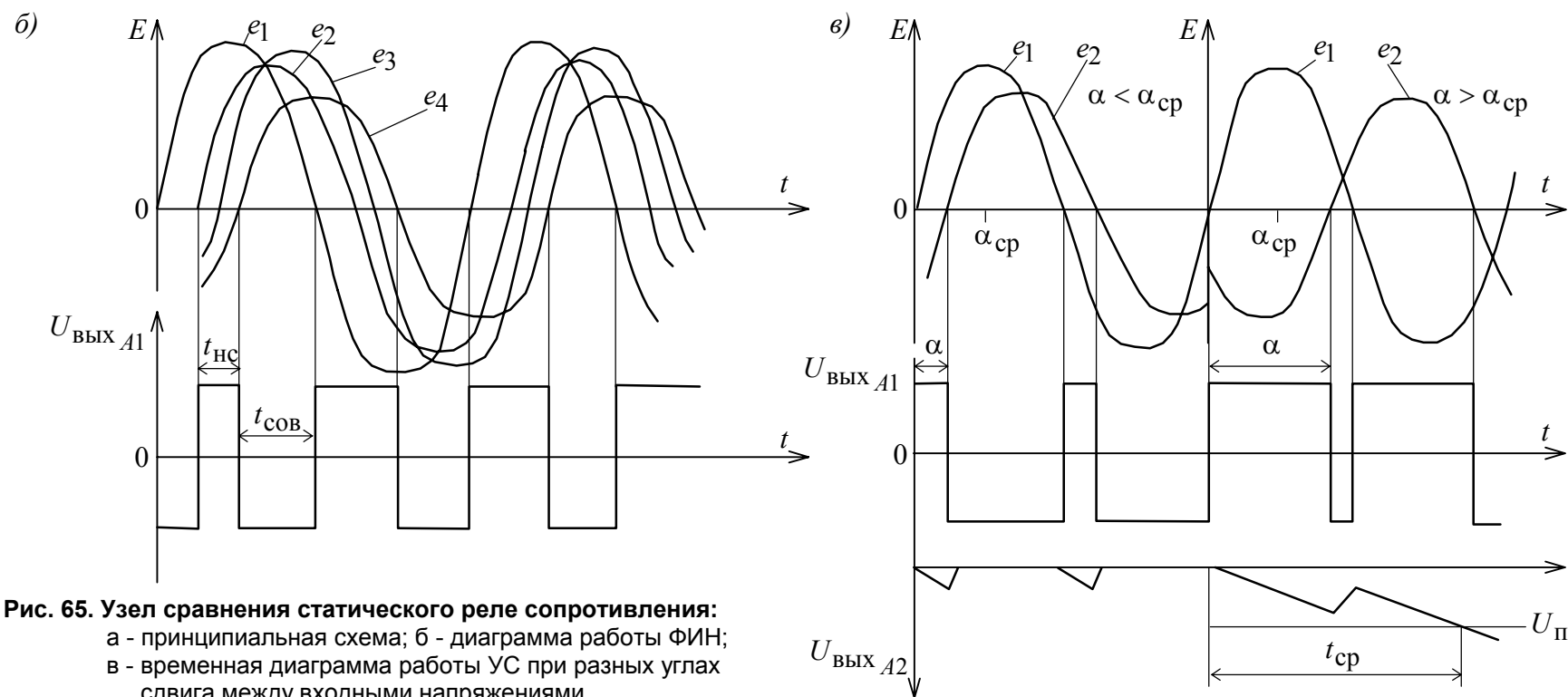
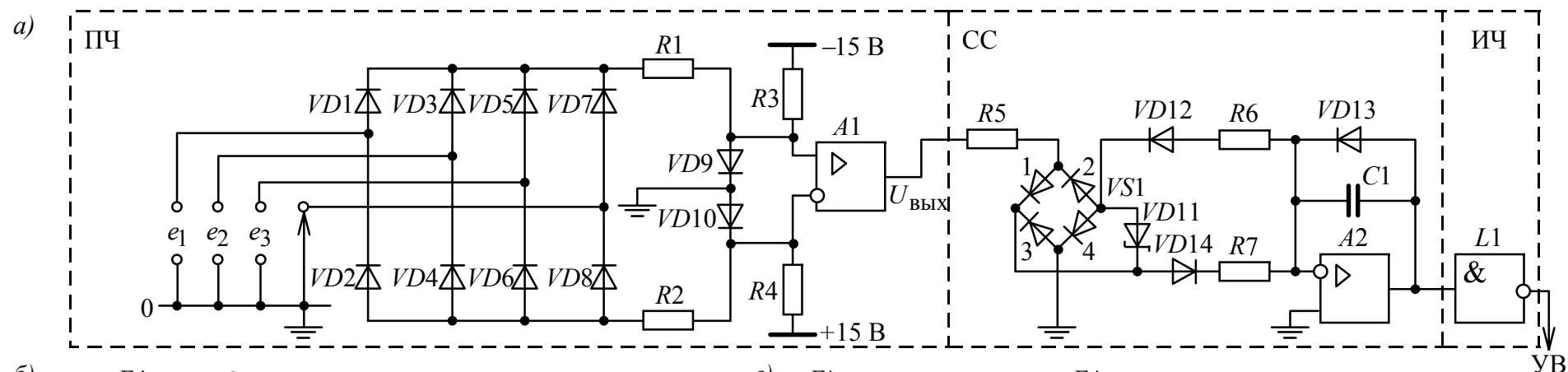


Рис. 61. Схема активного фильтра тока обратной последовательности (а) и его векторная диаграмма при подаче токов прямой (б) и обратной (в) последовательностей



**Рис. 62. Узел сравнения (УС) реле тока и напряжения:**  
а - принципиальная схема; б - временная диаграмма работы УС





**Рис. 65. Узел сравнения статического реле сопротивления:**  
а - принципиальная схема; б - диаграмма работы ФИН;  
в - временная диаграмма работы УС при разных углах сдвига между входными напряжениями

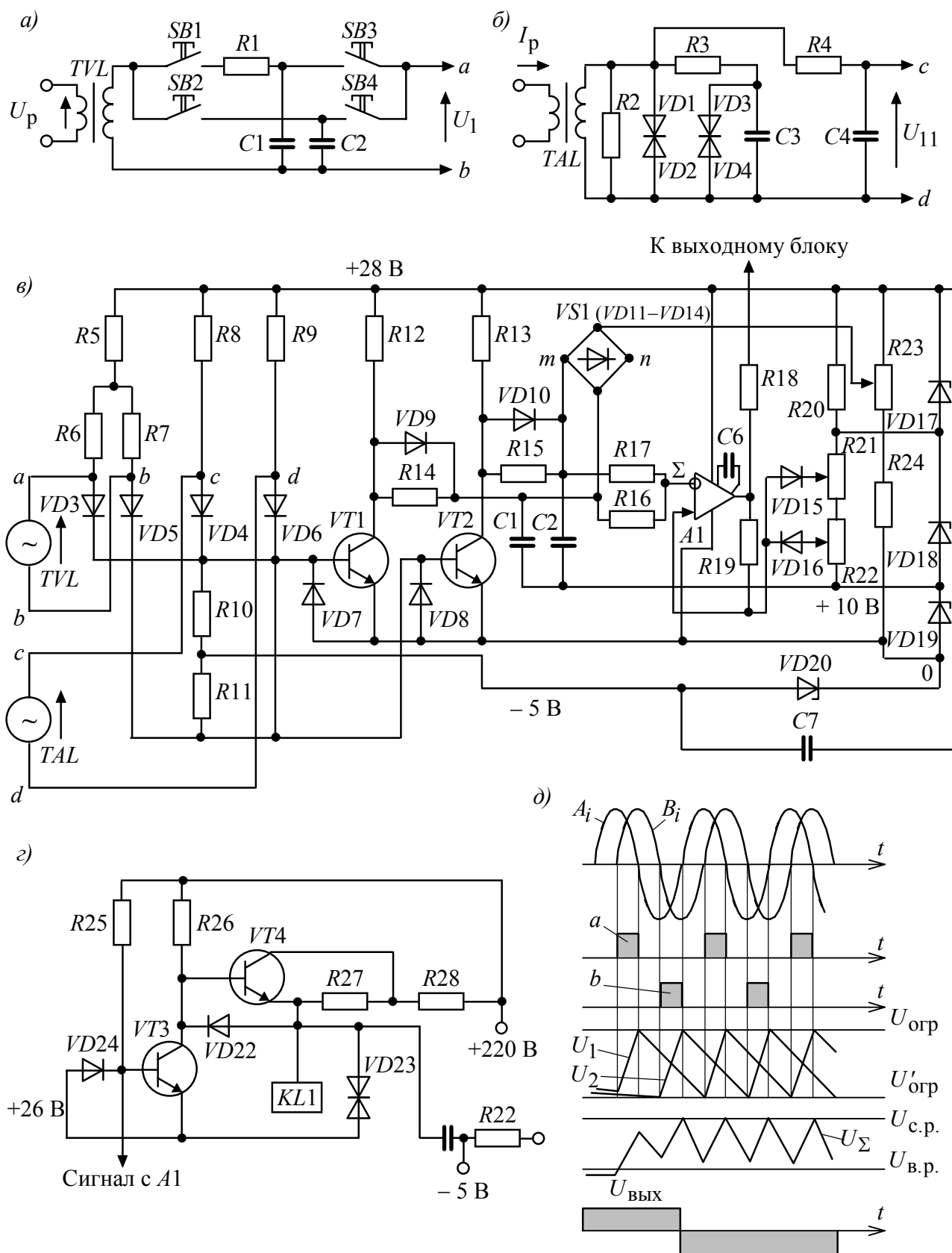


Рис. 66. Реле направления мощности:  
а, б – схемы входных блоков; в – фазосравнивающая схема; г – схема выходного блока;  
д – временная диаграмма работы

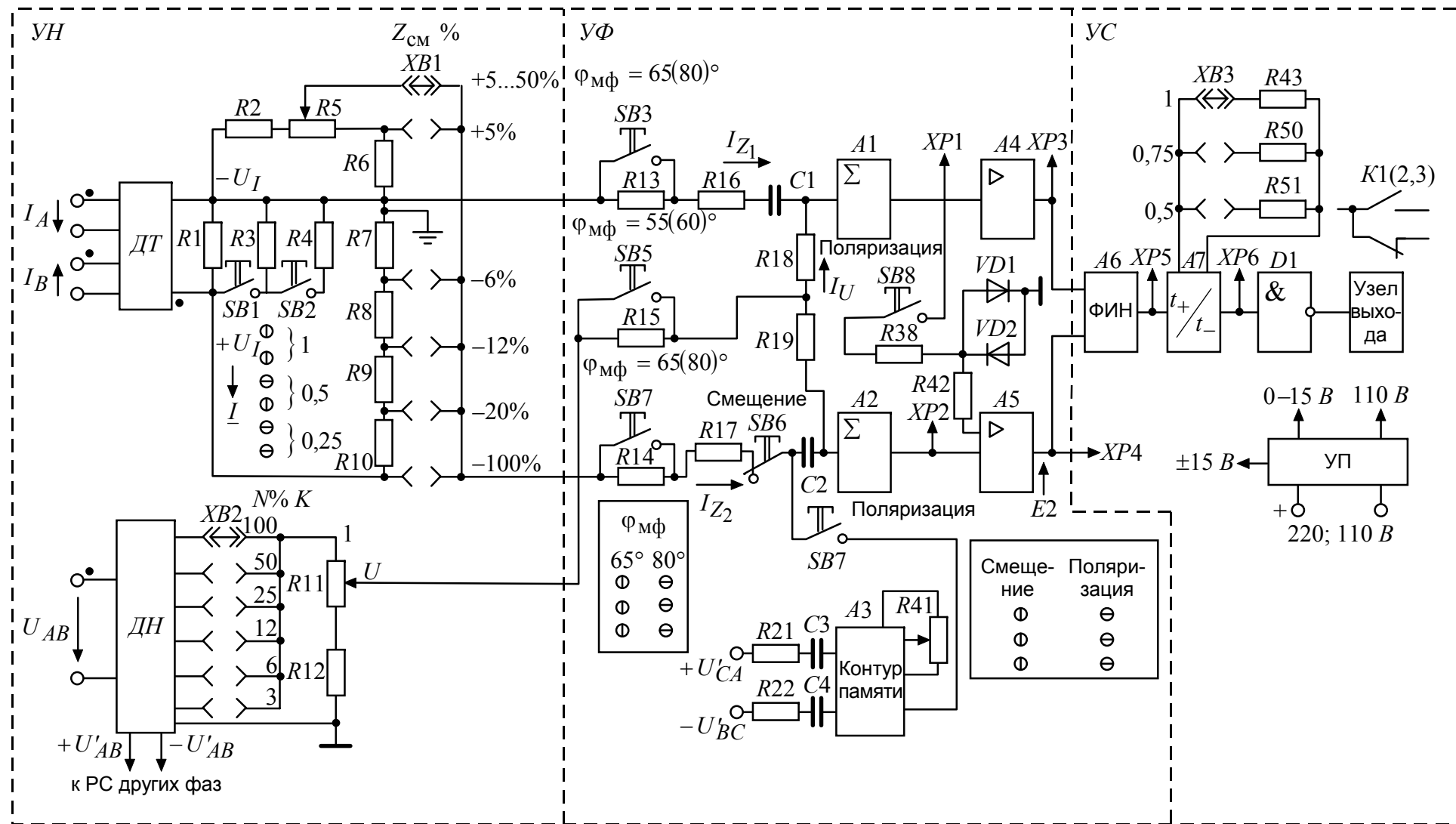


Рис. 67. Структурная схема БРЭ-2801

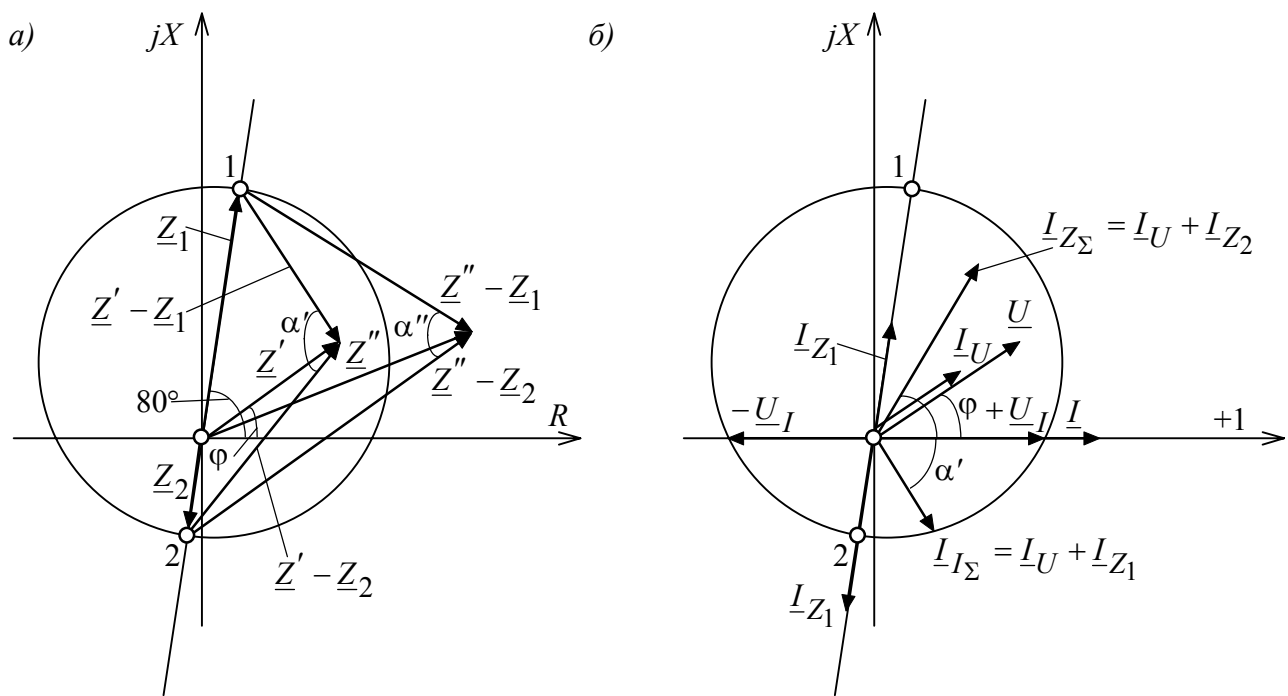
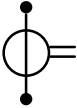
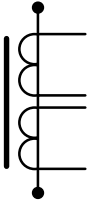
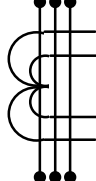
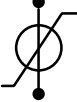

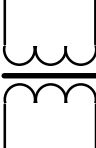
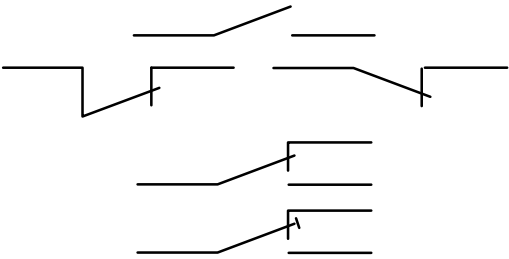
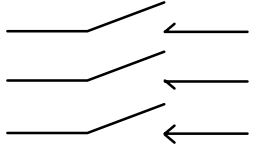


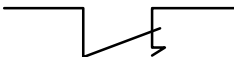
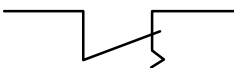
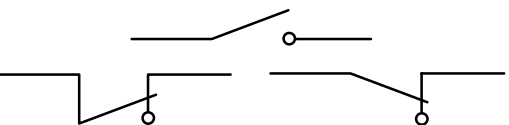
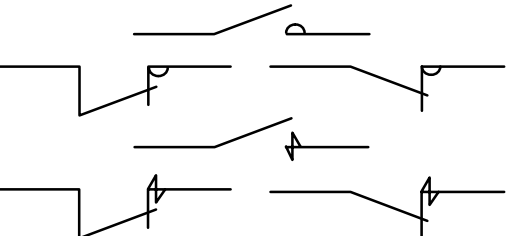
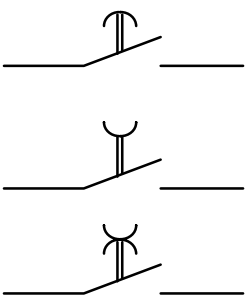
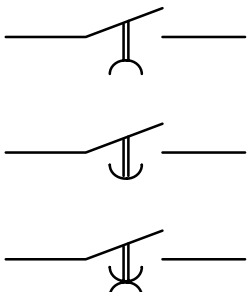
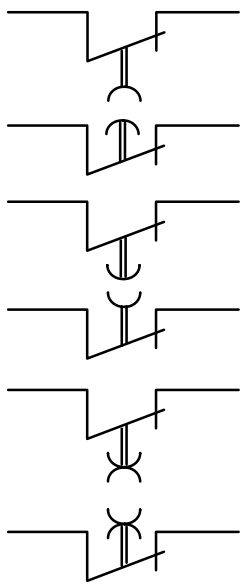
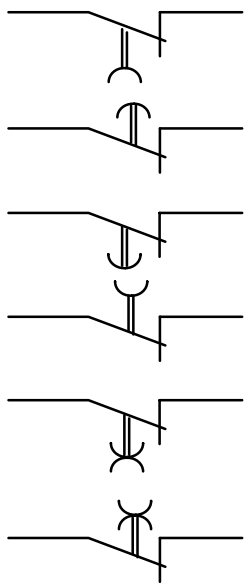
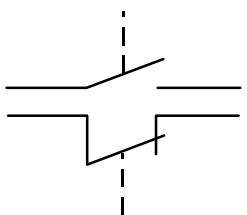
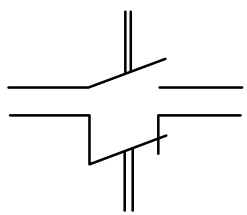
Рис. 68. Характеристики блока реле сопротивления БРЭ-2801:  
а - векторная диаграмма для пояснения принципа работы реле;  
б - векторная диаграмма токов и напряжений в узле формирования (УФ) реле

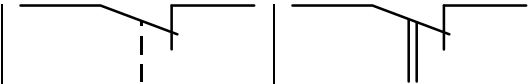

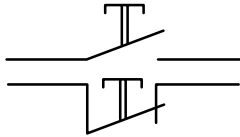
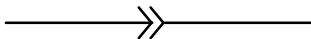
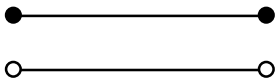
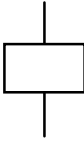
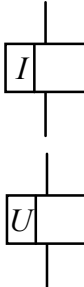
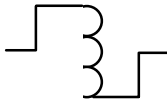
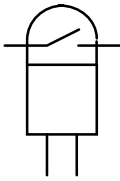
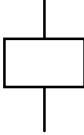
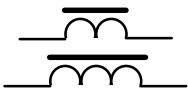
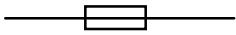
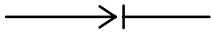


# ГРАФИЧЕСКИЕ И БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

## Графические обозначения элементов схем релейной защиты

1. Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой		
2. Трансформатор тока с одним сердечником и двумя вторичными обмотками		
3. Трансформатор тока с двумя сердечниками и двумя вторичными обмотками		
4. Трансформатор тока шинный нулевой последовательности с катушкой подмагничивания		
5. Трансформатор тока быстронасыщающийся		
6. Трансформатор напряжения измерительный		
7. Контакт коммутационного устройства (реле): а) замыкающий б) размыкающий в) переключающий г) переключающий без размыкания цепи		
8. Контакт импульсный замыкающий: а) при срабатывании б) при возврате в) при срабатывании и возврате		
9. Контакт импульсный размыкающий: а) при срабатывании		

б) при возврате		
в) при срабатывании и возврате		
10. Контакт без самовозврата: а) замыкающий б) размыкающий		
11. Контакт для коммутации силовоточной цепи: а) замыкающий б) размыкающий в) замыкающий дугогасительный г) размыкающий дугогасительный		
12. Контакт замыкающий с замедлением: а) при срабатывании б) при возврате в) при срабатывании и возврате		
13. Контакт размыкающий с замедлением: а) при срабатывании (на размыкание) б) при возврате (на замыкание) в) при срабатывании и возврате (на размыкание и замыкание)		
14. Контакт с механической связью: а) замыкающий б) размыкающий		

	
15. Контакт с автоматическим возвратом при перегрузке	
16. Выключатель кнопочный нажимной: а) с замыкающим контактом  б) с размыкающим контактом	
17. Соединение контактное разъемное	
18. Перемычка контактная: а) неразборная б) разборная	
19. Обмотка реле, контактора и магнитного пускателя. Общее обозначение	
20. Обмотка реле:  а) токовая последовательная  б) напряжения параллельная	
21. Обмотка контактора и магнитного пускателя	
22. Совмещенное изображение электромеханического реле	
23. Электромагнит. Общее обозначение	
24. Электромагнит: а) последовательного включения б) параллельного включения	
25. Предохранитель плавкий. Общее обозначение	
26. Предохранитель пробивной	

## Буквенные обозначения элементов схем релейной защиты

<b>А. Устройства, блоки</b>			
Комплектные устройства (панели, пульта, шкафы)	– <i>A</i>	Реле положения «ВКЛЮЧЕНО»	– <i>KQC</i>
Регуляторы	– <i>AA</i>	Реле положения «ОТКЛЮЧЕНО»	– <i>KQT</i>
Приводы исполнительных механизмов	– <i>AB</i>	Реле фиксации команды включения	– <i>KQQ</i>
Блок-реле. Комплекты защиты (типа КЗ, ДЗ)	– <i>AK</i>	Контактор, пускатель	– <i>KM</i>
Функциональные модули (в том числе кассетные)	– <i>AE</i>	Реле газовое	– <i>KSG</i>
Устройства блокировки типа КРБ	– <i>AKB</i>	Реле времени	– <i>KT</i>
Устройство АПВ	– <i>AKS</i>	Реле напряжения	– <i>KV</i>
Комплект продольной дифзащиты линии	– <i>AKW</i>	Фильтр-реле напряжения	– <i>KVZ</i>
Комплект реле сопротивления	– <i>AKZ</i>	Реле мощности	– <i>KW</i>
Высокочастотный приемопередатчик	– <i>AV</i>	Реле сопротивления	– <i>KZ</i>
<b>С. Конденсаторы</b>		<b>Г. Генераторы, источники питания</b>	
Блоки конденсаторные зарядные	– <i>CG</i>	Генераторы переменного и постоянного тока	– <i>G</i>
<b>Д. Элементы логические, микросхемы</b>		Батареи аккумуляторные	– <i>GB</i>
Триггеры	– <i>DS</i>	Синхронный компенсатор	– <i>GC</i>
Устройства задержки	– <i>DT</i>	Возбудитель	– <i>GE</i>
Элемент НЕ	– <i>DU</i>	<b>Н. Устройства сигнализации и индикации</b>	
Элемент ИЛИ	– <i>DW</i>	Приборы индикации и сигнализации	– <i>H</i>
Элемент ИЛИ–НЕ	– <i>DWU</i>	Лампа сигнальная	– <i>HL</i>
Элемент И	– <i>DX</i>	<b>Л. Катушки индуктивности</b>	
Элемент И–НЕ	– <i>DXU</i>	Дроссель, дугогасящая катушка	– <i>L</i>
<b>К. Реле</b>		Реактор	– <i>LR</i>
Реле тока	– <i>KA</i>	Обмотка возбуждения генератора	– <i>LG</i>
Реле тока с БНТ	– <i>KAT</i>	<b>М. Двигатели (асинхронные и синхронные)</b>	
Реле тока с торможением	– <i>KAW</i>	<b>Р. Приборы, измерительное оборудование</b>	
Фильтр-реле тока	– <i>KAZ</i>	Амперметр	– <i>PA</i>
Реле блокировки	– <i>KB</i>		

Реле частоты	– <i>KF</i>	Частотомер	– <i>PF</i>
Реле указательное	– <i>KH</i>	Секундомер	– <i>PT</i>
Реле промежуточное	– <i>KL</i>		

Вольтметр	– <i>PV</i>	<b>Т. Трансформаторы, автотрансформаторы</b>	
Ваттметр	– <i>PW</i>		
<b>Q. Выключатели, разъединители</b>			
Выключатель	– <i>Q</i>	Трансформатор тока	– <i>TA</i>
Короткозамыкатель	– <i>QN</i>	Трансформатор напряжения	– <i>TV</i>
Отделитель	– <i>QR</i>	Трансреактор	– <i>TAV</i>
Выключатель нагрузки	– <i>QW</i>	Трансформатор промежуточный	– <i>TL</i>
Разъединитель	– <i>QS</i>	<b>V. Приборы электровакуумные и полупроводниковые</b>	
Разъединитель заземляющий	– <i>QSG</i>		
<b>R. Резисторы</b>			
Резисторы постоянные и переменные	– <i>R</i>	Диоды, тиристоры, стабилитроны	– <i>VD</i>
Потенциометр	– <i>RP</i>	Электровакуумные прибор	– <i>VL</i>
Реостат	– <i>RR</i>	Выпрямительный мост	– <i>VS</i>
<b>S. Устройства коммутационные</b>		Транзистор	– <i>VT</i>
Рубильник	– <i>S</i>	<b>X. Устройства соединительные</b>	
Переключатель	– <i>SA</i>		
Кнопка управления	– <i>SB</i>		
Выключатель автоматический	– <i>SF</i>	Соединение разъемное (клемма)	– <i>X</i>
Блок испытательный	– <i>SG</i>	Перемычка	– <i>XB</i>
Накладка (оперативная контактная перемычка)	– <i>SX</i>	Испытательный зажим	– <i>XG</i>
<b>F. Элементы защитные</b>		Соединение неразборное	– <i>XN</i>
Плавкий предохранитель	– <i>F</i>	Соединение разборное	– <i>XT</i>
Разрядник	– <i>FV</i>	<b>Y. Устройства механические с электромагнитным приводом</b>	
		<b>Z. Фильтры</b>	
		Фильтр тока	– <i>ZA</i>
		Фильтр частоты	– <i>ZF</i>
		Фильтр напряжения	– <i>ZV</i>

# **СХЕМЫ ТИПОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Богатырев Леонард Леонардович  
Богданова Лариса Федоровна  
Паздерин Андрей Владимирович  
Федотов Владимир Павлович**

Редактор издательства

*Л.Ю.Козяйчева*

Компьютерная верстка

*Е.В. Осипова*

---

Подписано в печать

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 1,75

Офсетная печать

Тираж

Заказ

Формат 60×84 1/16

Усл. п.ч. 2,79

Цена «С»

---

Редакционно-издательский отдел ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ»

620002, Екатеринбург, Мира, 19

ЗАО «Наука-Сервис»

620002, Екатеринбург, Мира, 19