



Институт энергетики,  
информационных технологий  
и управляющих систем

# Релейная защита и автоматика систем электрообеспечения

Лекция №\_\_\_\_

## Системы оперативного тока

---

Составил: Кузнецов Д. Б.



Совокупность источников питания, кабельных линий, шин питания переключающих устройств и других элементов оперативных цепей составляет систему оперативного тока данной электроустановки.

Оперативный ток на подстанциях служит для питания вторичных устройств, к которым относятся *оперативные цепи защиты, автоматики и телемеханики, аппаратура дистанционного управления, аварийная и предупредительная сигнализация*. При нарушениях нормальной работы подстанции оперативный ток используется также для аварийного освещения и электроснабжения электродвигателей (особо ответственных механизмов).

### **Классификация систем оперативного тока на электрических подстанциях**

Применяются следующие системы оперативного тока на подстанциях:

- 1) постоянный оперативный ток** - система питания оперативных цепей, при которой в качестве источника питания применяется аккумуляторная батарея;
- 2) переменный оперативный ток** - система питания оперативных цепей, при которой в качестве основных источников питания используются измерительные трансформаторы тока защищаемых присоединений, измерительные трансформаторы напряжения, трансформаторы собственных нужд. В

качестве дополнительных источников питания импульсного действия используются предварительно заряженные конденсаторы;

**3) выпрямленный оперативный ток** - система питания оперативных цепей переменным током, в которой переменный ток преобразуется в постоянный (выпрямленный) с помощью блоков питания и выпрямительных силовых устройств. В качестве дополнительных источников питания импульсного действия могут использоваться предварительно заряженные конденсаторы;

**4) смешанная система оперативного тока** - система питания оперативных цепей, при которой используются разные системы оперативного тока (постоянный и выпрямленный, переменный и выпрямленный).

В системах оперативного тока различают:

- зависимое питание, когда работа системы питания оперативных цепей зависит от режима работы данной электроустановки (электрической подстанции);
- независимое питание, когда работа системы питания оперативных цепей не зависит от режима работы данной электроустановки.

### **Области применения различных систем оперативного тока**

Постоянный оперативный ток применяется на подстанциях 110-220 кВ со сборными шинами этих напряжений, на подстанциях 35-220 кВ без сборных шин на этих напряжениях с масляными

выключателями с электромагнитным приводом, для которых возможность включения от выпрямительных устройств не подтверждена заводом-изготовителем.

Переменный оперативный ток применяется на подстанциях 35/6(10) кВ с масляными выключателями 35 кВ, на подстанциях 35-220/6(10) и 110-220/35/6(10) кВ без выключателей на стороне высшего напряжения, когда выключатели 6(10)-35 кВ оснащены пружинными приводами.

Выпрямленный оперативный ток должен применяться: на подстанциях 35/6(10) кВ с масляными выключателями 35 кВ, на подстанциях 35-220/6(10) кВ и 110-220/35/6(10) кВ без выключателей на стороне высшего напряжения, когда выключатели оснащены электромагнитными приводами; на подстанциях 110 кВ с малым числом масляных выключателей на стороне 110 кВ.

Смешанная система постоянного и выпрямленного оперативного тока применяется для уменьшения емкости аккумуляторной батареи за счет применения силовых выпрямительных устройств для питания цепей электромагнитов включения масляных выключателей. Целесообразность применения этой системы должна быть подтверждена технико-экономическими расчетами.

Смешанная система переменного и выпрямленного оперативного тока применяется: для подстанций с переменным оперативным током при установке на вводах питания выключателей с электромагнитным приводом, для питания электромагнитов включения которых устанавливаются силовые выпрямительные устройства. Для подстанций 35-220 кВ без выключателей на стороне высшего напряжения, когда не



обеспечивается надежная работа защит от блоков питания при трехфазных коротких замыканий на стороне среднего или высшего напряжения.

В этом случае защита трансформаторов выполняется на переменном токе с использованием предварительно заряженных конденсаторов, а остальных элементов подстанции – на выпрямленном оперативном токе.

### **Система постоянного оперативного тока (СОПТ)**

В качестве источников постоянного оперативного тока используются аккумуляторные батареи различных типов.





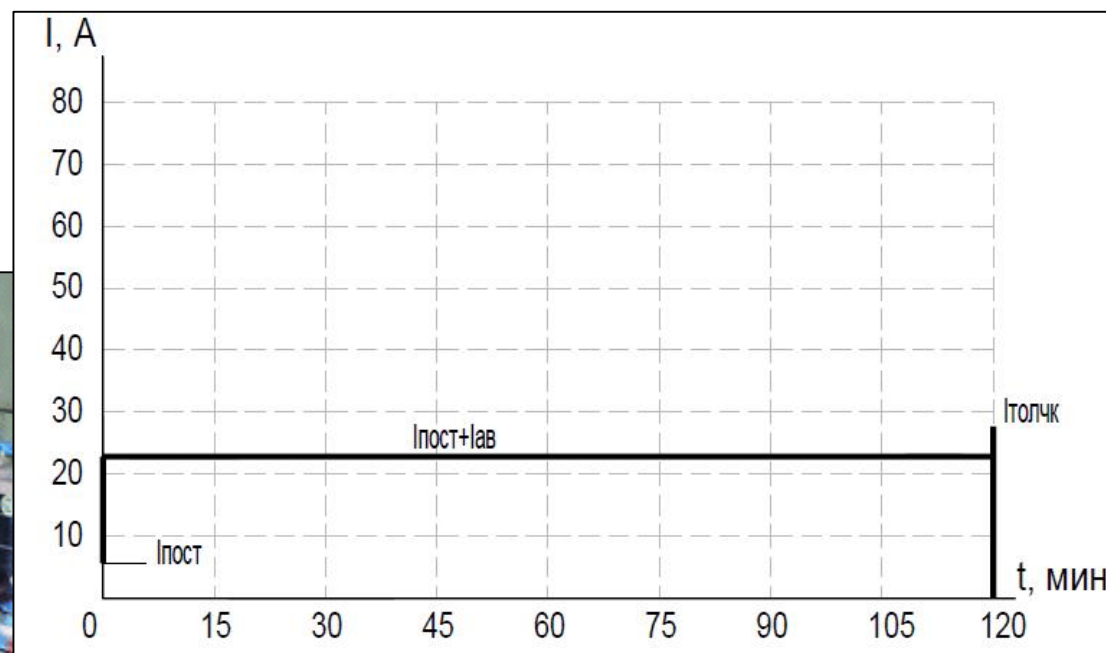
### **Потребители постоянного тока**

Всех потребителей энергии, получающих питание от аккумуляторной батареи, можно разделить на три группы:

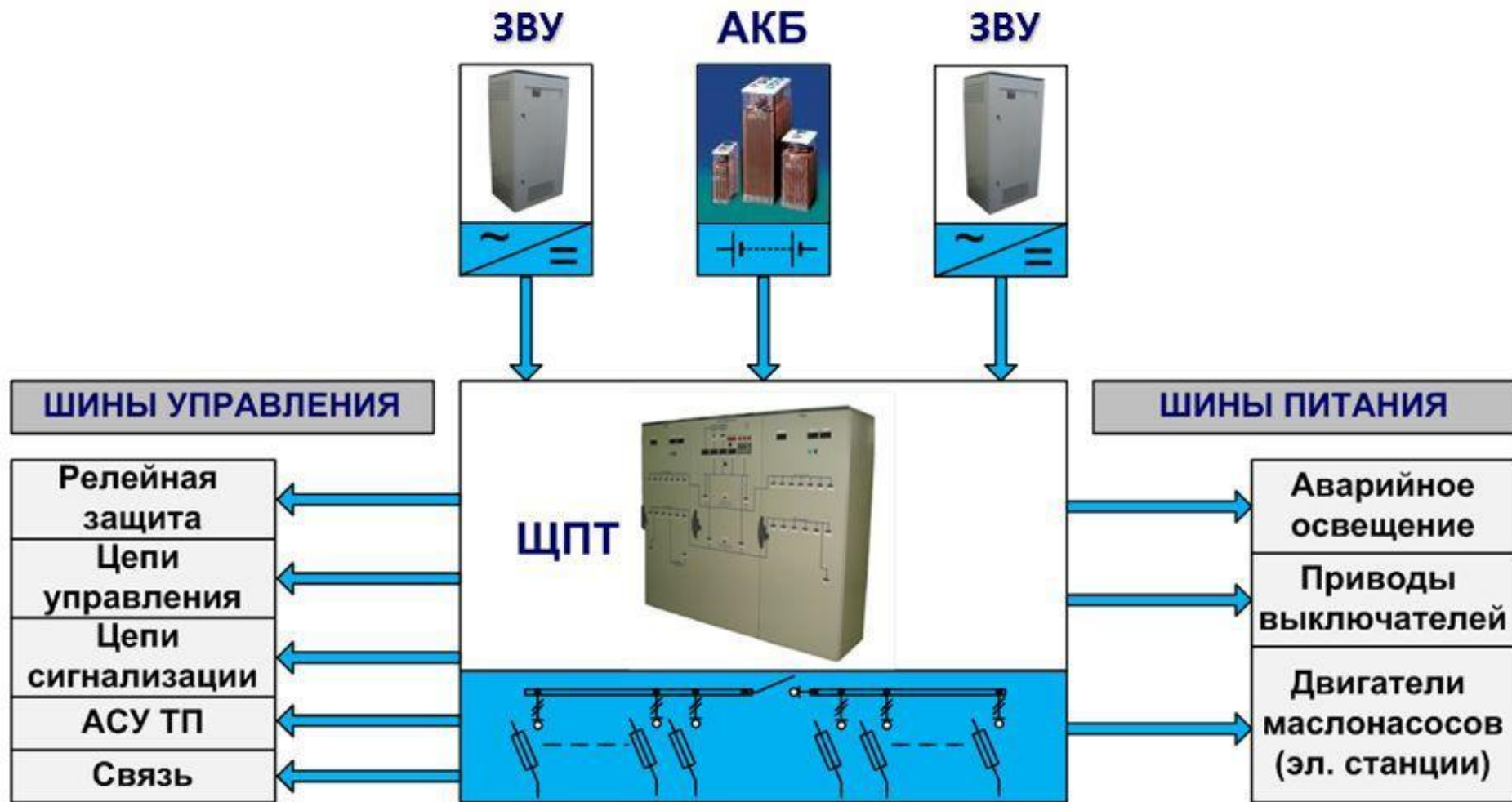
- 1) Постоянно включенная нагрузка – аппараты устройств управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, постоянно обтекаемые током, а также постоянно включенная часть аварийного освещения. Постоянная нагрузка на аккумуляторной батареи зависит от мощности постоянно включенных ламп сигнализации и аварийного освещения, а также от типов реле. Так как постоянные нагрузки невелики и не влияют на выбор батареи, в расчетах можно ориентировочно принимать для крупных подстанций 110-500 кВ значение постоянно включенной нагрузки 25 А.
- 2) Временная нагрузка – появляющаяся при исчезновении переменного тока во время аварийного режима – токи нагрузки аварийного освещения и электродвигателей постоянного тока. Длительность этой нагрузки определяется длительностью аварии (расчетная длительность 0,5 часа).
- 3) Кратковременная нагрузка (длительностью не более 5 с) создается токами включения и отключения приводов выключателей и автоматов, пусковыми токами электродвигателей и токами нагрузки аппаратов управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, кратковременно обтекаемых током.

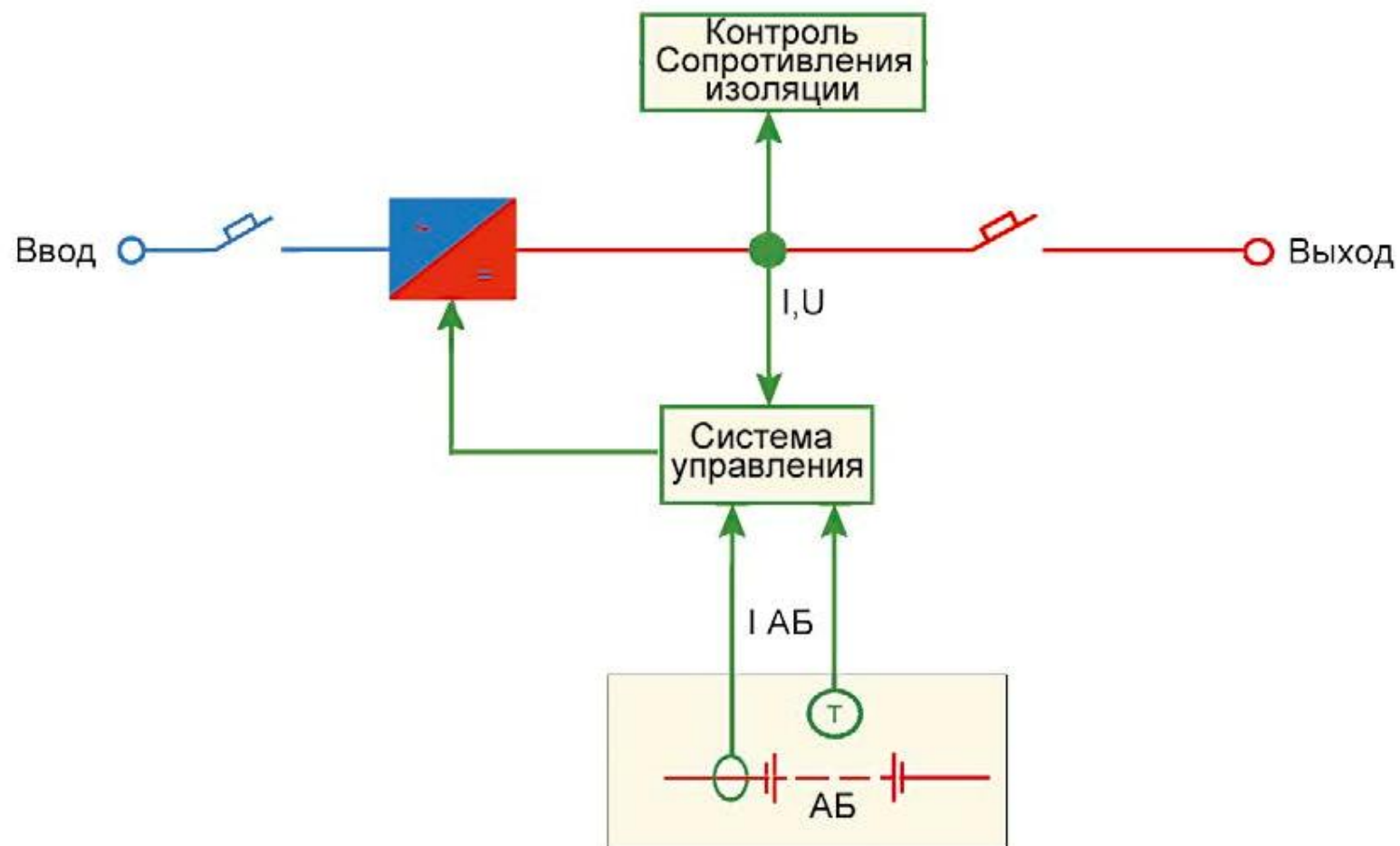


Условие выбора АБ - возможность выдачи максимального толчкового тока в конце аварийного режима, т. е. по истечению 2-х часов (см. рис.).



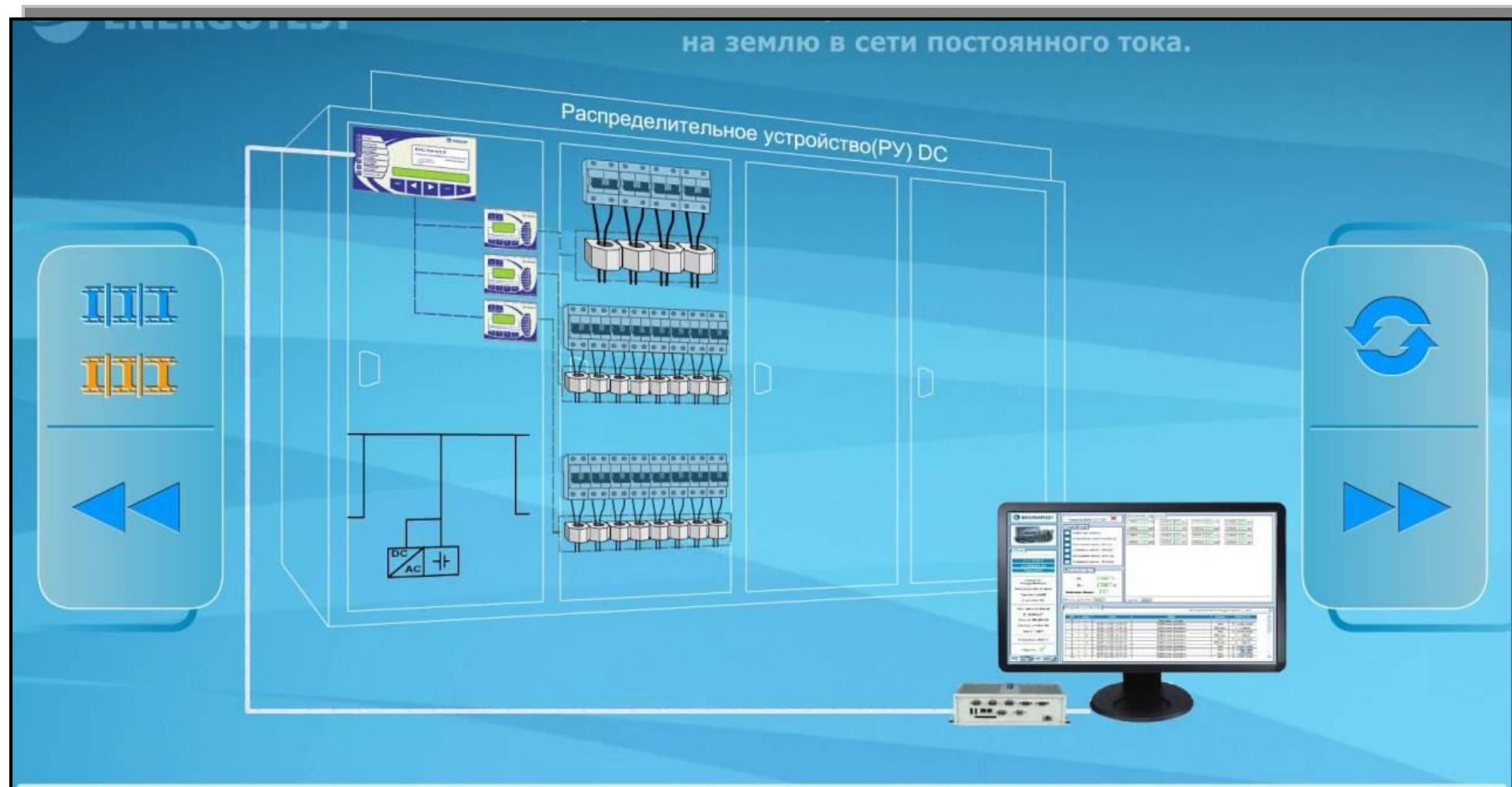
# Структура СОПТ





**Структурная схема ЗВУ**

## Система контроля изоляции в ЩПТ



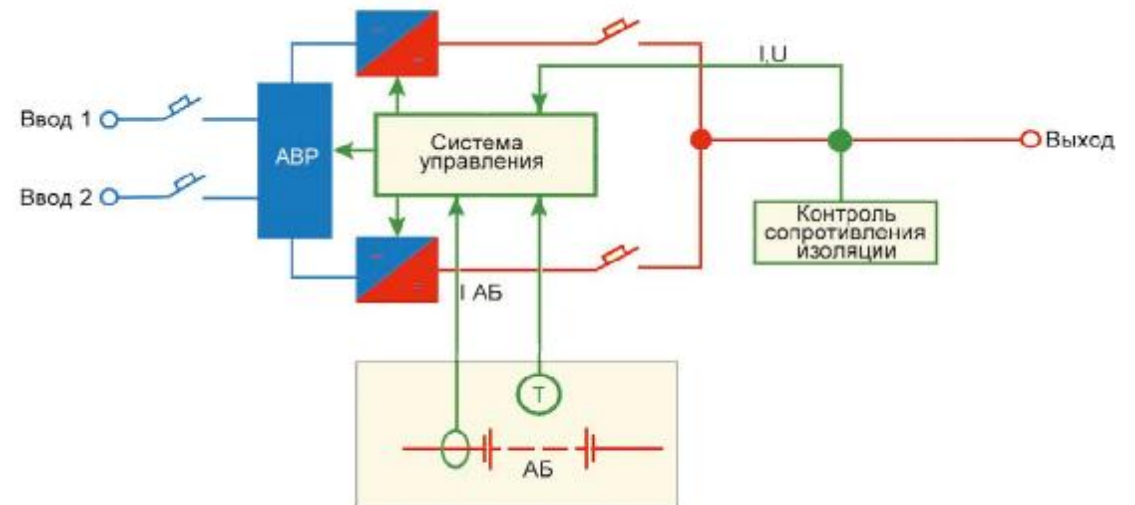


## Общий вид ЩПТ





## Агрегат управления оперативным током



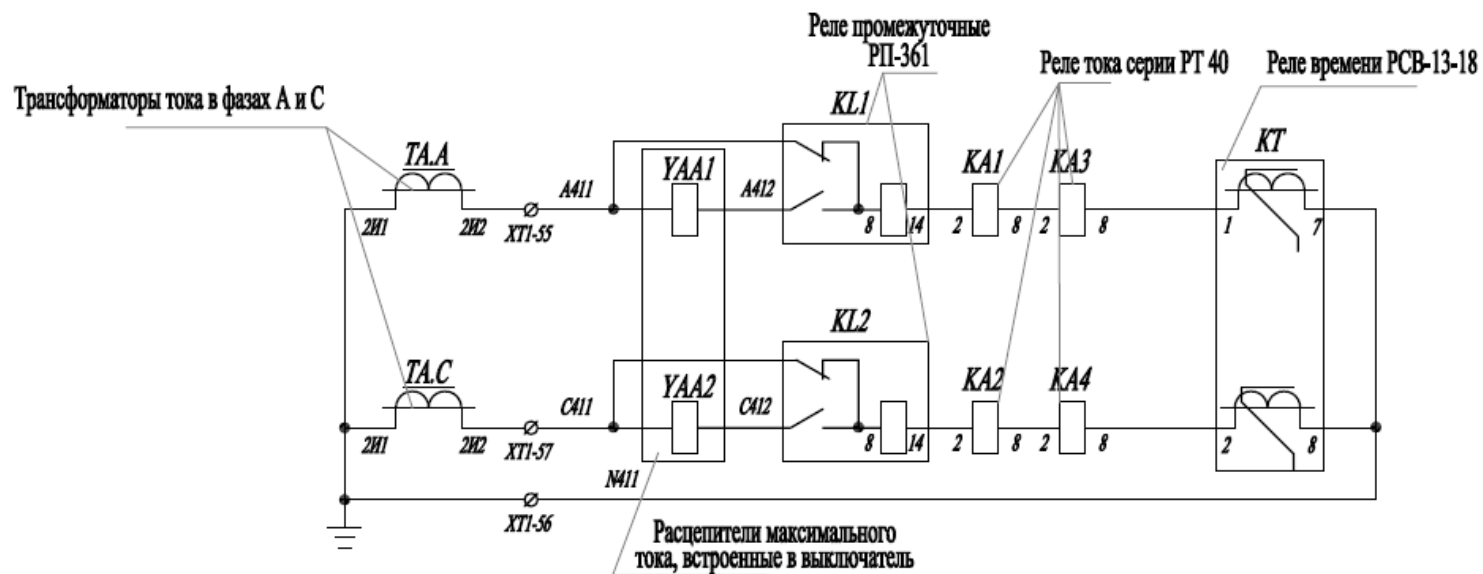
## Система переменного оперативного тока

При переменном оперативном токе наиболее простым способом питания электромагнитов отключения выключателей является непосредственное включение их во вторичные цепи трансформаторов тока (схемы с реле прямого действия или с дешунтированием электромагнитов отключения при срабатывании защиты, см. рис.).

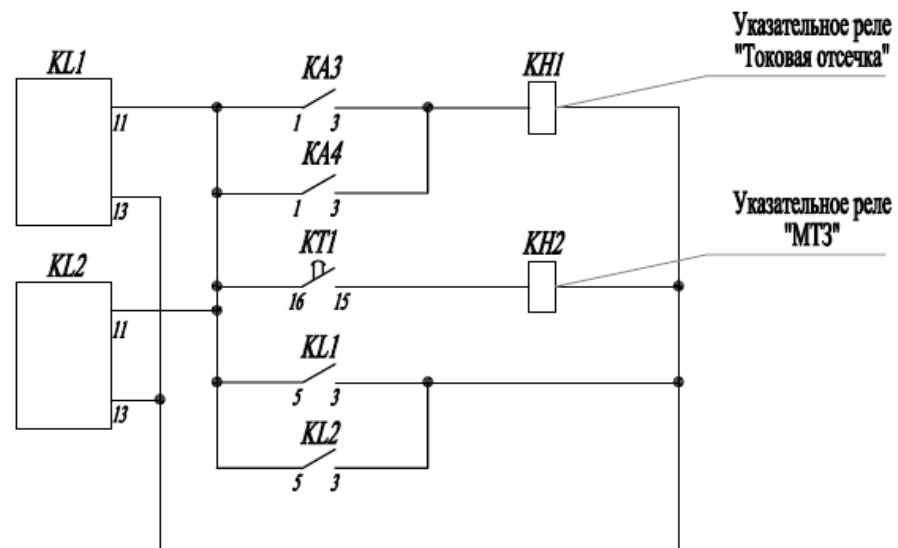
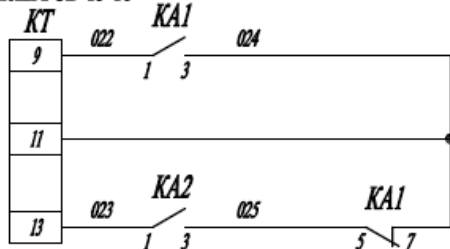


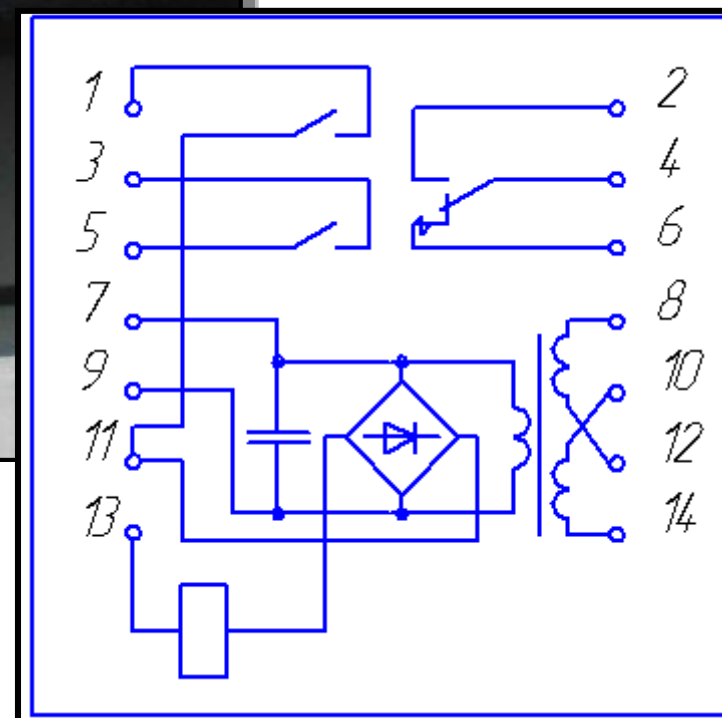
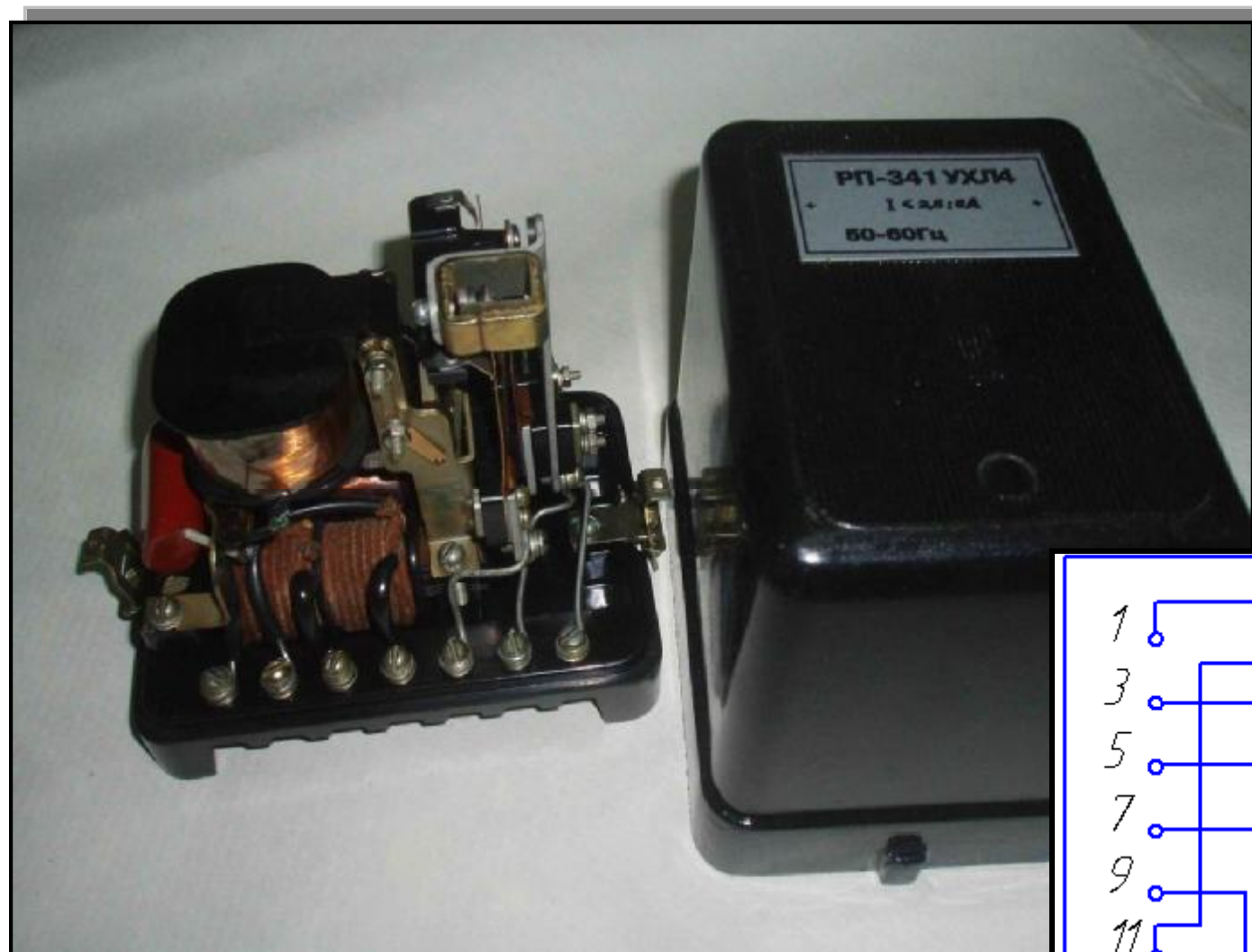
Выключатель, работающий на переменном оперативном токе должен обладать *расцепителями максимального тока*, устанавливаемыми непосредственно в приводе выключателя.

## Схема с дешунтированием электромагнитов отключения

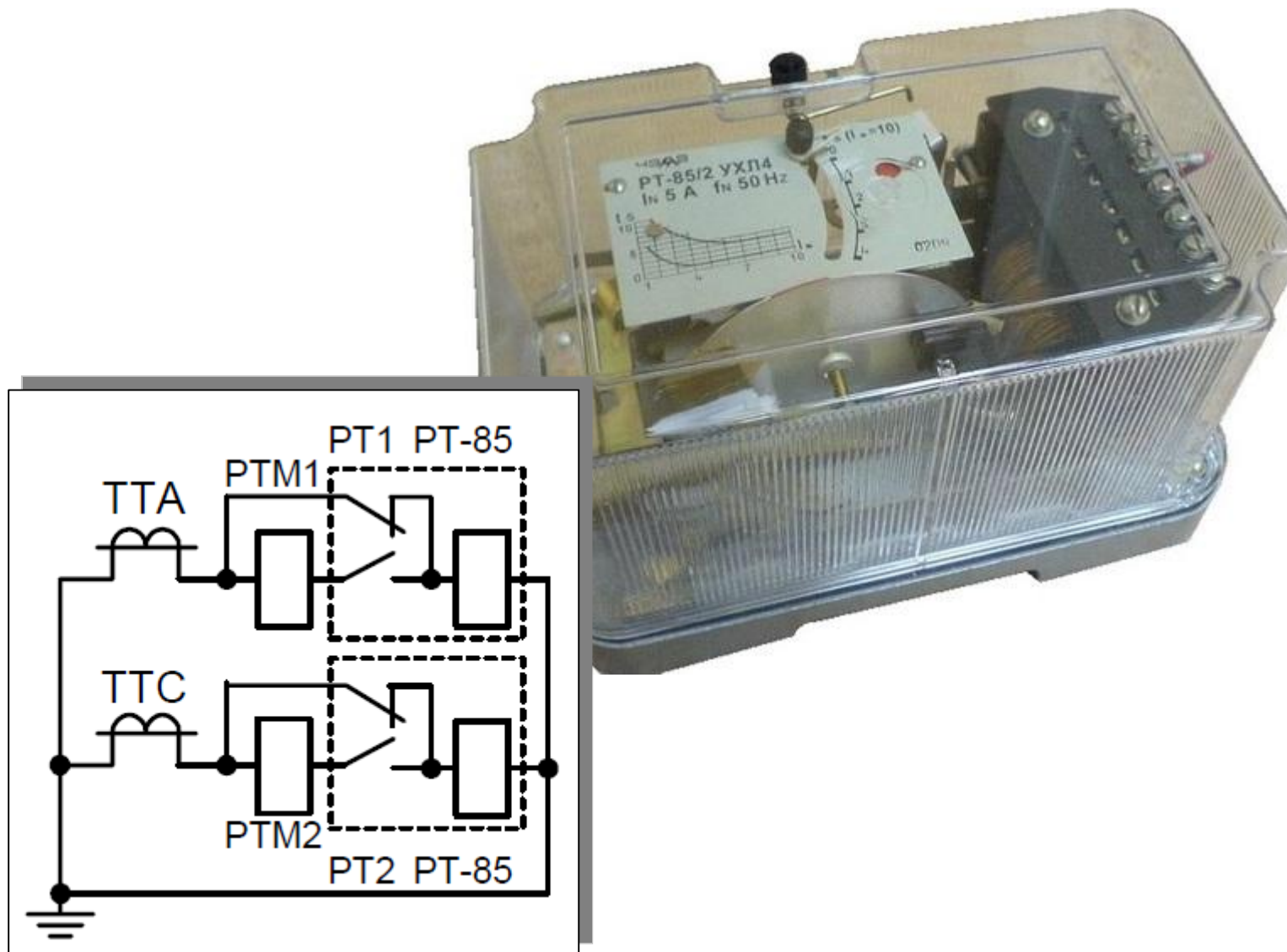


Реле времени РСВ-13-18

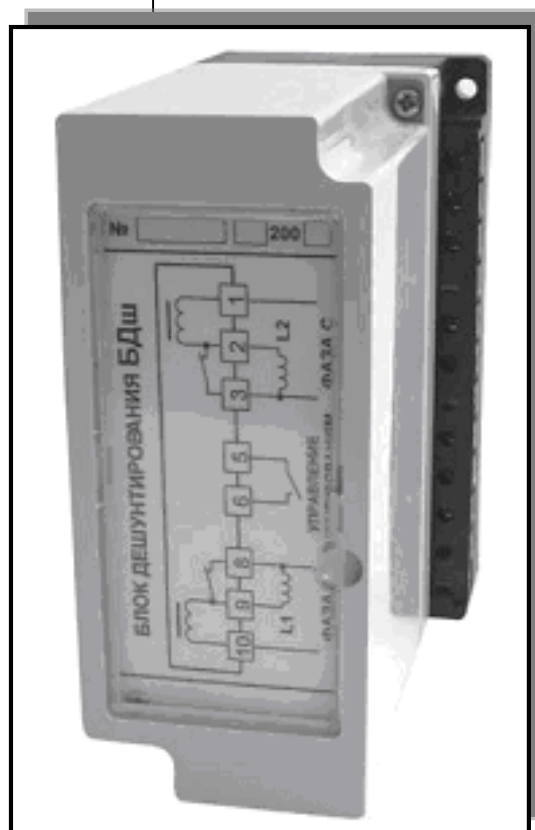
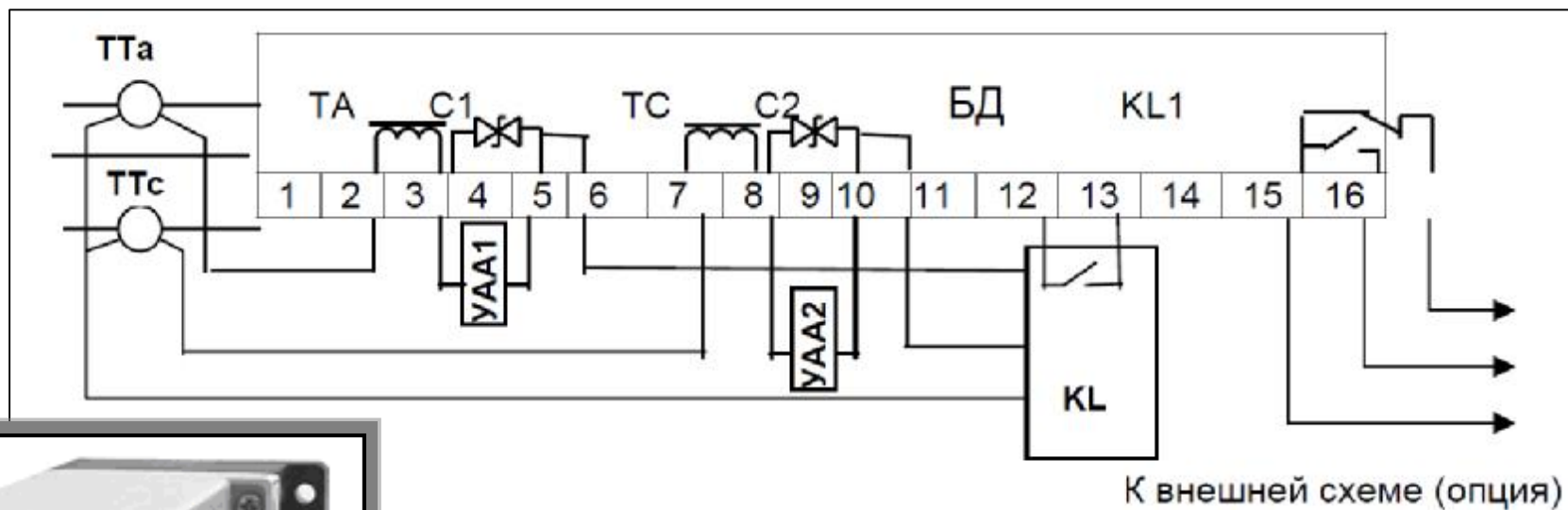




## Схема дешунтирования с использованием реле РТ 85







**Блок дещунтирования с применением симисторов**

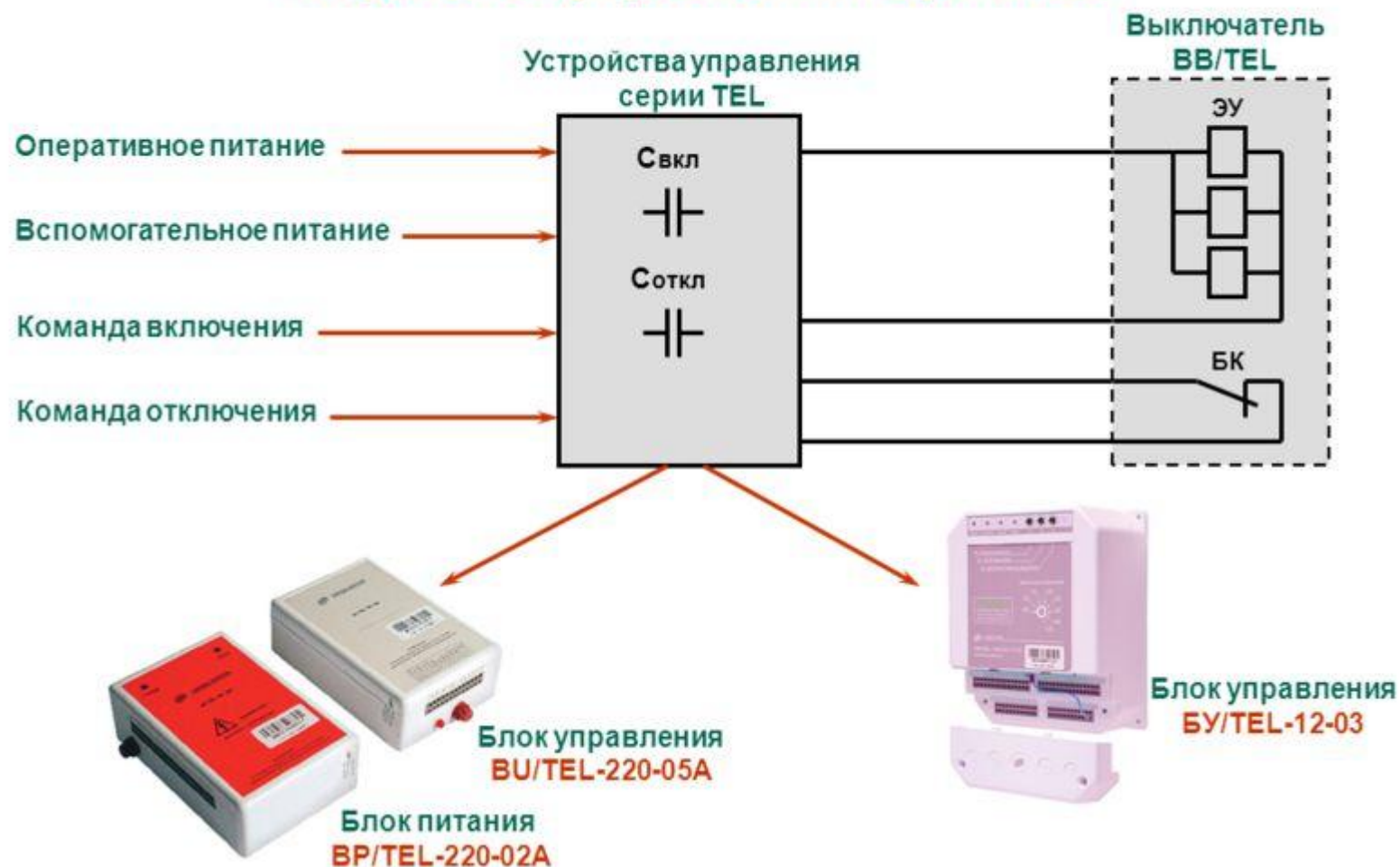


При этом предельные значения токов и напряжений в токовых цепях защиты не должны превышать допустимых значений, а токовые электромагниты отключения (реле типов РТМ, РТВ или ТЭО) должны обеспечивать необходимую чувствительность защиты в соответствии с требованиями ПУЭ. Если эти реле не обеспечивают необходимой чувствительности защиты, питание цепей отключения производится от предварительно заряженных конденсаторов.

Другой пример повышения надежности схем защиты на переменном оперативном токе – применение выключателей с блоками управления, способными резервировать питание – в случае потери основного питания от токовых цепей. На рисунке изображен вакуумный выключатель ВВ/TEL-10-20-630, установленный в камере КСО.

Для его включения/отключения используются специальные блоки управления:

## Устройства управления серии TEL



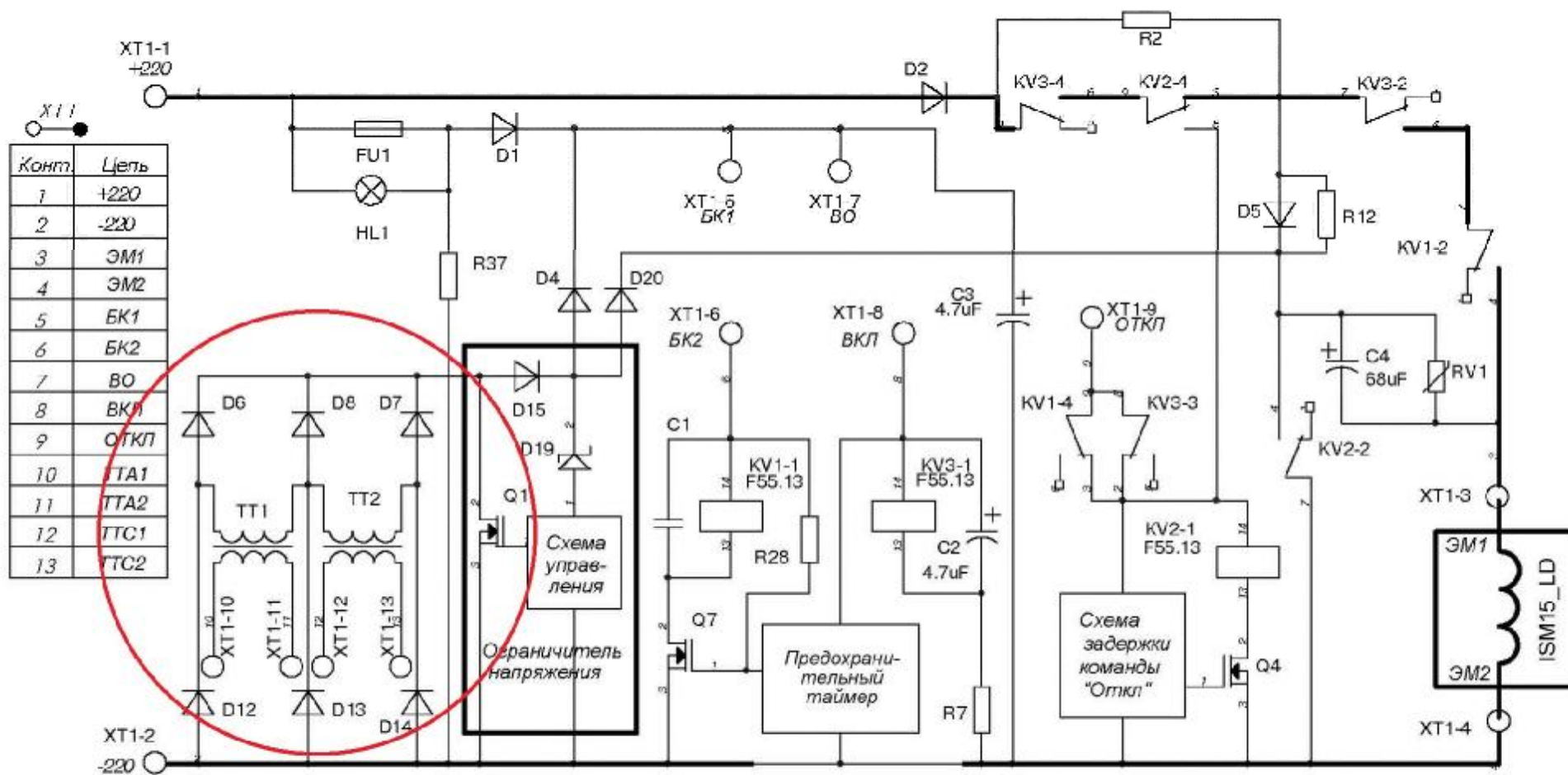
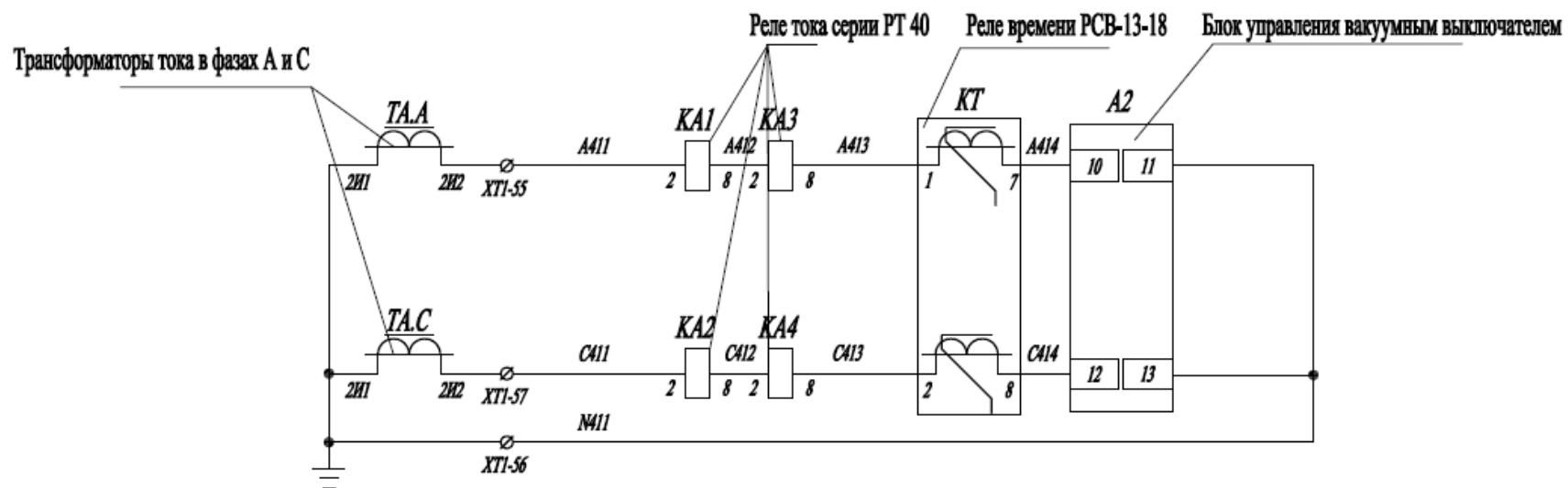
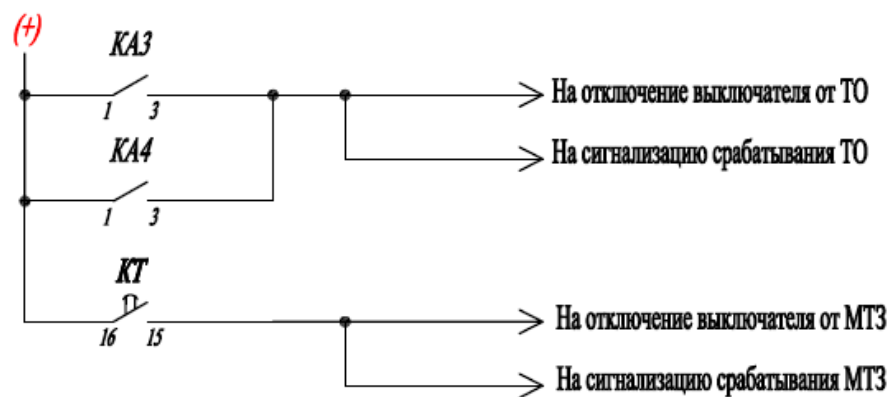
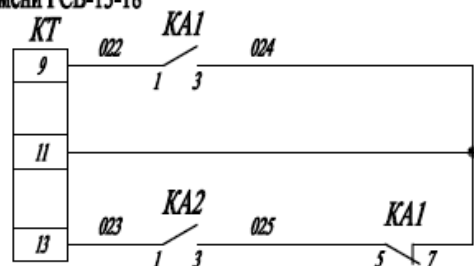


Схема блока управления BU/TEL-220-05A



Реле времени РСВ-13-18





На подстанциях с переменным оперативным током питание цепей автоматики, управления и сигнализации производится от шин собственных нужд через стабилизаторы напряжения.

Источниками переменного оперативного тока являются трансформаторы собственных нужд и измерительные трансформаторы тока и напряжения, осуществляющие питание вторичных устройств непосредственно или через промежуточные звенья – блоки питания, конденсаторные устройства. Переменный оперативный ток распределяется централизованно и, следовательно, при его использовании не требуется сложной и дорогой распределительной сети. Однако зависимость питания вторичного оборудования от наличия напряжения в основной сети, недостаточная мощность самих источников (измерительные трансформаторы тока и напряжения) ограничивает область применения оперативного переменного тока.

Трансформаторы тока служат надежными источниками для питания защит от коротких замыканий; трансформаторы напряжения и трансформаторы собственных нужд могут служить источниками для защит от повреждений и ненормальных режимов, не сопровождающихся глубокими понижениями напряжения, когда не требуется высокой стабильности напряжения и допустимы перерывы в питании.

Стабилизаторы напряжения предназначены для:

- 1) поддержания необходимого напряжения оперативных цепей при работе АЧР, когда возможно одновременное снижение частоты и напряжения;
- 2) разделения оперативных цепей и остальных цепей собственных нужд подстанции (освещение, вентиляция, сварка и т.д.), что существенно повышает надежность оперативных цепей.

### **Система выпрямленного оперативного тока**

Для выпрямления переменного тока используются:

Блоки питания стабилизированные типа БПНС-2 совместно с токовыми типа БПТ-1002 – для питания цепей защиты, автоматики, управления.

Блоки питания нестабилизированные типа БПН-1002 – для питания цепей сигнализации и блокировки, что уменьшает разветвленность цепей оперативного тока и обеспечивает возможность выдачи всей мощности стабилизированных блоков для срабатывания защиты и отключения выключателей.

Блоки БПН-1002 вместо БПНС-2 – для питания цепей защиты, автоматики, управления, когда возможность их использования подтверждена расчетом и не требуется стабилизация оперативного напряжения (например, при отсутствии АЧР).



**БПТ 1002 и БПН 1002**

Силовые выпрямительные устройства ТЧ на УКП и УКПК с индуктивным накопителем – для питания включающих электромагнитов приводов масляных выключателей. Индуктивный накопитель обеспечивает включение выключателя на короткое замыкание при зависимом питании цепей включения. Блоки питания нестабилизированные БПЗ-401 применяются для заряда конденсаторов, которые используются для отключения отделителей, включения короткозамыкателей, отключения выключателей 10(6) кВ защитой минимального напряжения, а также отключения выключателей 35-110 кВ при недостаточной мощности блока питания.

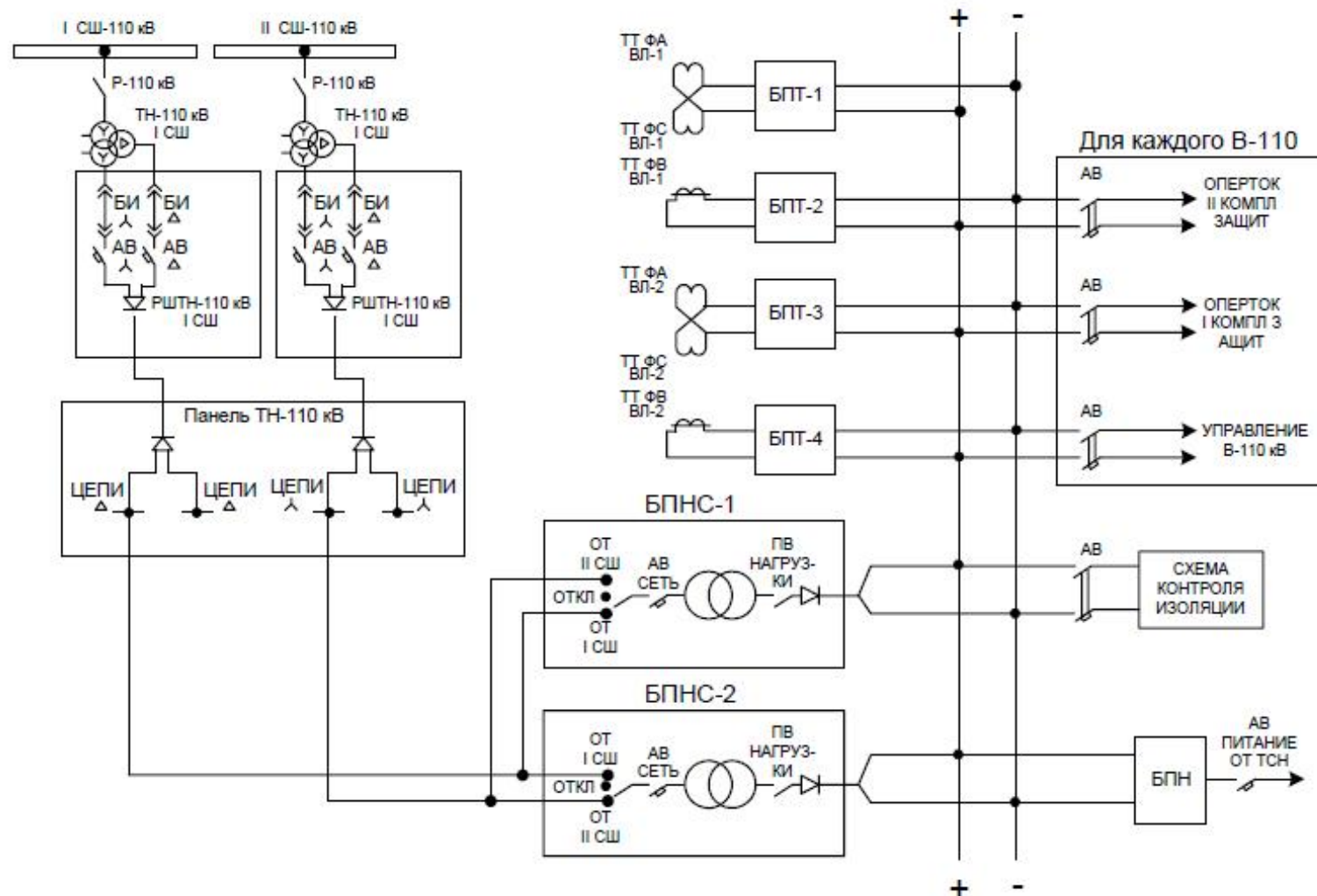


Схема цепей питания подстанции выпрямленным оперативным током