

### **3. ИСТОЧНИКИ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА**

Оперативным называется ток, при помощи которого производится управление первичной коммутационной аппаратурой (выключателями, отделителями, короткозамыкателями и т.д.), а также питание цепей релейной защиты, автоматически, сигнализации и других цепей. Совокупность источника питания, кабельных линий, шинок питания и других элементов оперативных цепей составляет систему оперативного тока данной электроустановки.

Источники оперативного тока должны обеспечивать надежное действие релейной защиты даже при КЗ на элементах защищаемой установки, когда напряжение у места включения защиты может снижаться до нуля.

Используются следующие виды оперативного тока: постоянный, переменный, выпрямленный.

#### **3.1. Постоянный оперативный ток**

Источником постоянного оперативного тока являются аккумуляторные батареи, рабочее напряжение которых 110-220 В.

Для повышения надежности сеть постоянного тока секционируется на несколько участков, имеющих самостоятельное питание от сборных шин батареи. Наиболее ответственными являются шинки управления, к которым подключаются устройства РЗ, автоматически, электромагниты отключения выключателей.

Защита оперативных цепей от КЗ осуществляется автоматическими выключателями, причем на каждый выключатель питание подается через отдельные автоматические выключатели. Батарея нормально работает в режиме постоянного подзаряда, для чего используются либо двигатель - генератор, либо выпрямительная установка.

В сетях постоянного тока возможны замыкания на землю, что может в свою очередь привести к ложной работе РЗ (см. рис. 3.1).

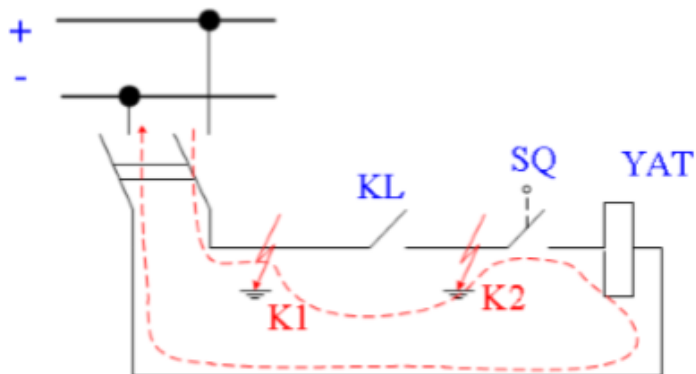


Рис. 3.1. Схема постоянного оперативного тока

Чтобы предупредить подобные отключения, считается обязательная установка устройства контроля изоляции, действующего на сигнал при появлении замыкания в одной точке.

Аккумуляторные батареи являются надежными источниками питания, работа которых не зависит от состояния основной системы, но в месте с тем имеют и серьезные недостатки. Основные из них следующие:

- а) они значительно дороже других источников питания, требуют специального помещения и квалификационного обслуживания;
- б) централизация питания приводит к возникновению сложной, протяженной, дорогостоящей сети постоянного тока, которая сама должна иметь защиту.

Постоянный оперативный ток применяется на электрических станциях (обычно 2 аккумулирующие батареи (АКБ)), а также крупных подстанциях (1 АКБ).

### 3.2. Переменный оперативный ток

Для питания оперативных цепей переменным током используется ток или напряжение защищаемого элемента. Поэтому в качестве источников переменного тока используют трансформаторы тока (ТТ), трансформаторы напряжения (ТН) и трансформаторы собственных нужд (ТСН).

ТТ являются весьма надежным источником питания оперативных цепей защит от КЗ. При КЗ вторичный ток ( $I_2$ ) и напряжение на зажимах вторичной обмотки ТТ ( $U_2$ ) увеличиваются, следовательно, увеличивается

отдаваемая ТТ мощность ( $S_2$ ), которая должна быть достаточна для работы привода выключателя. Однако при повреждениях и ненормальных режимах, не сопровождающихся защитным увеличением тока, а также в рабочих режимах использование ТТ оказывается невозможным. В этих случаях используют ТН и ТСН.

Для примера рассмотрим одну из возможных схем использования переменного оперативного тока, а именно схему с дешунтированием электромагнита отключения выключателя, которая приведена на рис. 3.2 в однолинейном исполнении. Характерной особенностью этой схемы является непосредственное включения электромагнита отключения выключателя во вторичные цепи ТТ, питающего РЗ.

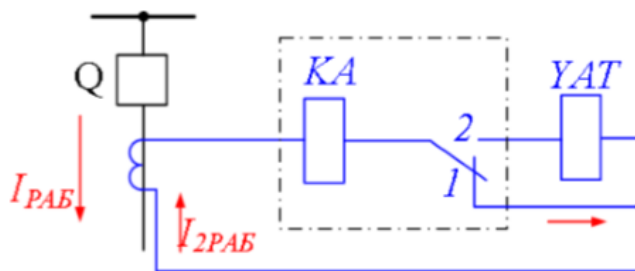


Рис. 3.2. Схема питания оперативных цепей переменного тока

В рабочих режимах реле тока КА размыкающей частью своего переходного контакта с дугогасящим устройством шунтирует цепь катушки отключения (УАТ) выключателя Q. При этом нагрузка ТТ такова, что ТТ в расчетном режиме работает с необходимой точностью ( $\epsilon \leq 10\%$ ).

После срабатывания защиты УАТ выключается последовательно с обмоткой реле. При этом ТТ может сильно перегружаться, работая в режиме отдачи максимальной мощности, с погрешностями, значительно превышающими 10%.

При этом для надежного отключения необходимо, чтобы вторичный ток ТТ не снизился за счет погрешности до величины тока возврата реле тока и был не меньше тока срабатывания УАТ.

Схему, приведенную на рис. 3.2 можно усложнить, используя реле времени и промежуточные реле переменного тока, которые включают в цепи того же ТТ.

Достоинством схемы с дешунтированием является ее относительная простота.

Недостатки определяются в первую очередь переключающим контактом реле. Его приваривание приведет к отказу защиты, а нарушение им цепи (разрушение) - к повреждению ТТ.

С учетом мощности, отдаваемой ТТ, схема с дешунтированием может изменяться на подстанциях напряжением до 35 кВ с использованием выключателей с пружинными приводами, а также на подстанциях 110-20 кВ с короткозамыкателями и отделителями.

Помимо непосредственного использования мощности ТТ и ТН, можно использовать энергию, накопленную в предварительно заряженных конденсаторах. Возможная структурная схема такого источника питания приведена на рис. 3.3.

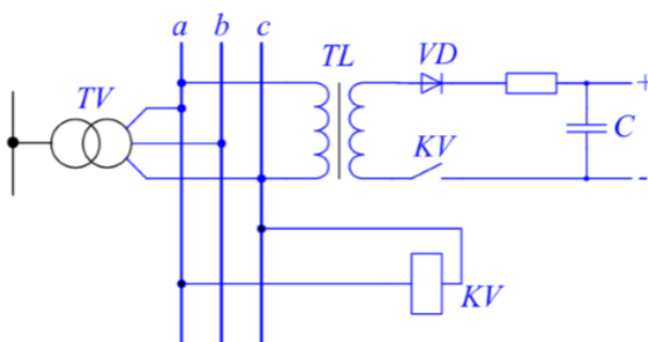


Рис. 3.3. Питание оперативных цепей с использованием конденсаторов

Она состоит из промежуточного трансформатора TL и блока конденсаторов С, который заряжается через выпрямитель VD. Резистор R ограничивает зарядный ток конденсаторов и ток, проходящий через них в случае пробоя выпрямителя. Для предотвращения разряда конденсаторов при значительных понижениях напряжения на шинах установки цепь разряда разрывается контактом KV реле напряжения.

Энергия, запасаемая в конденсаторах  $W = \frac{CU_2^2}{2}$ , где  $U_2$  - выпрямленное напряжение, должна превышать энергию, необходимую для работы электромагнита отключения. Для уменьшения емкости конденсаторной батареи, ее размеров, целесообразно иметь повышенное напряжение, которое ограничивается временем разряда конденсаторной батареи при срабатывании РЗ (обычно  $U = 400$  В).

Основным достоинством рассматриваемой схемы является принципиальная возможность отключения выключателей с любыми тяжелыми приводами, а также возможность проводить оперативные мероприятия на подстанции, потерявшей питание (к примеру, отключение отделителей в бестоковую паузу).

Принципиальным недостатком схемы является импульсность действия, что не позволяет использовать ее для питания органов РЗ (особенно действующей с замедлением).

Наиболее простым является заряд конденсаторной батареи от ТВ или ТСН, т.к. этот заряд происходит в нормальном рабочем режиме. Однако такой способ заряда может не обеспечить отключения выключателя при КЗ электроустановки, которая до КЗ была полностью обесточена. Поэтому разработаны схемы, в которых конденсаторная батарея заряжается от ТА.

### **3.4. Выпрямленный оперативный ток**

В качестве источников питания оперативных цепей используются ТТ ТВ и ТСН, которые совместно с промежуточными трансформаторами, выпрямительными блоками и сглаживающими фильтрами образуют блоки питания. Блоки питания делятся на токовые (БПТ), напряжения (БПН) комбинированные, которые состоят из БПТ и БПН, работающие параллельно на стороне выпрямленного напряжения.

Блоки питания должны выполняться так, чтобы напряжение на их выходе поддерживалось достаточно стабильным при изменении входных величин (тока или напряжения) в широких пределах. Чтобы выполнить

указанное требование, в блоках питания предусматривается стабилизация выходного напряжения.

В БПТ для этой цели используется промежуточный насыщающийся трансформатор тока TLAT (рис. 3.4). На выходе TLAT после его насыщения имеет место приблизительно постоянное действующее значение напряжения. Однако, при насыщении TLAT, резко искажается форма кривой этого напряжения и его амплитуда, что представляет опасность для изоляции как TLAT, так и ТА. Для уменьшения амплитуды вторичного напряжения параллельно вторичной обмотке TLAT включает конденсатор C1, который вместе с ветвью намагничивания TLAT обеспечивает феррорезонансную стабилизацию напряжения.

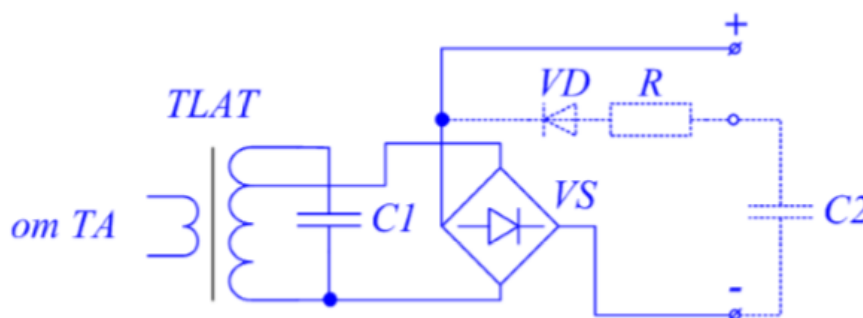


Рис. 3.4. Схема БПТ с промежуточным насыщающимся трансформатором тока TLAT

Если к выходу выпрямителя VS подключить конденсаторную батарею C2 через диод VD и резистор R (на рис. 3.4 показана штриховыми линиями), то получим блок питания и заряда (БПЗ-402), который может питать не только устройства защиты и автоматики, но и электромагниты отключения коммутационных аппаратов.

Блоки питания БПН подключают к ТВ или ТСН, они содержат промежуточный трансформатор напряжения TLV и выпрямитель VS (рис. 3.5). Стабилизация вторичного напряжения TLV предусматривается не всегда. К выходу выпрямителя VS можно подключить конденсаторную батарею (так же как и на рис. 3.4). Получается блок питания и заряда (БПЗ-401) с более широкими функциями.

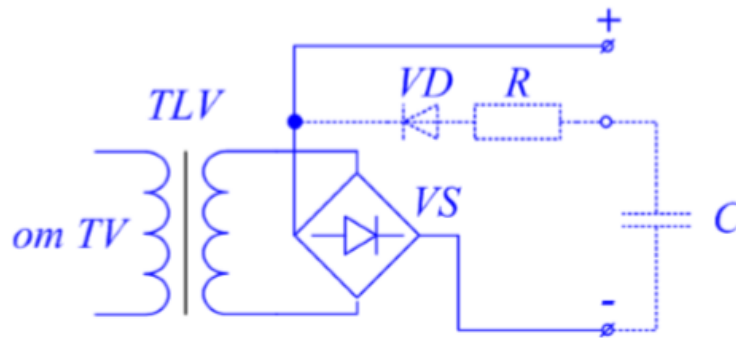


Рис. 3.5. Блок питания БПН с промежуточным трансформатором напряжения TLV и выпрямителем VS

На рис. 3.6 приведена возможная структурная схема комбинированного блока питания. В этой схеме один БПТ включен на разность токов фаз А и С, другой - на ток фазы В, а БПН - на напряжение АС. Схема универсальна, т.к. на шинах "+" и "-" обеспечивается напряжение при любом виде КЗ, в том числе за трансформаторами со схемами соединений Y/Δ-11; Δ/Y-11; Y/Y.

Принципиальным преимуществом блоков питания, рассмотренных выше, является возможность осуществления индивидуального питания оперативным током каждого защищаемого присоединения (децентрализация питания) и, следовательно, отсутствие широко разветвленной сети оперативного тока, что имело место при общей аккумуляторной батарее.

### 3.5. Источники оперативного тока для защит, использующих полупроводниковую элементную базу

Устройства РЗ, использующие микроэлектронику, требуют источников питания с постоянным напряжением низкого уровня (от 5 до 15 В) с высокой степенью стабилизации. В качестве источников питания с такими напряжениями наибольшее распространение получили полупроводниковые преобразователи постоянного напряжения 110-220В в постоянное напряжение необходимого уровня.

Источником постоянного напряжения может служить как аккумуляторная батарея, так и комбинированный блок питания. На рис. 3.7 приведена упрощенная схема такого преобразователя с одноконтактным инвертором VT (электронный ключ). С помощью инвертора постоянное

входное напряжение  $U_{вх}$  преобразуется в переменное с частотой в несколько десятков кГц и подается на первичную обмотку  $W1$  воздушного трансформатора  $T$ .

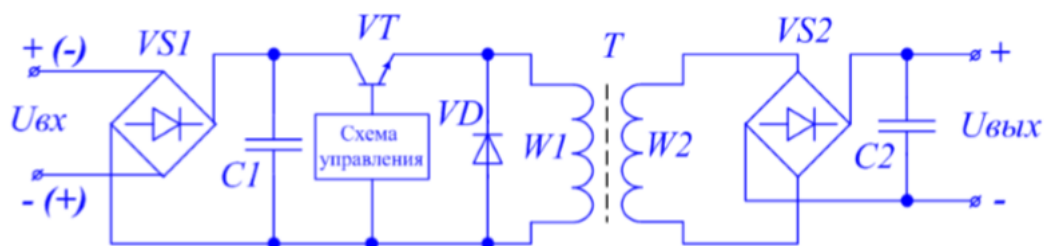


Рис. 3.7. Упрощенная схема оперативного тока для защит на полупроводниковой элементной базе

Трансформатор  $T$ , работающий на высокой частоте, получается небольших габаритов, с малым числом витков, но с относительно большой проходной мощностью. Схема управления инвертором выполнена таким образом, что позволяет поддерживать стабильным выходное напряжение  $U_{вых}$  при изменении  $U_{вх}$  в широких пределах. Пониженное до необходимого уровня напряжение трансформатором  $T$  выпрямляется с помощью выпрямителя  $VS2$  и сглаживается конденсатором  $C2$ . Выпрямитель  $VS1$  необходим для исключения повреждения инвертора при несоблюдении полярности  $U_{вх}$ , а диод  $VD$  - для защиты трансформатора от перенапряжений.

Для питания отдельных реле, выполненных с использованием интегральной микроэлектроники, иногда применяют делители напряжения аккумуляторной батареи 110-220 В (рис.3.8).

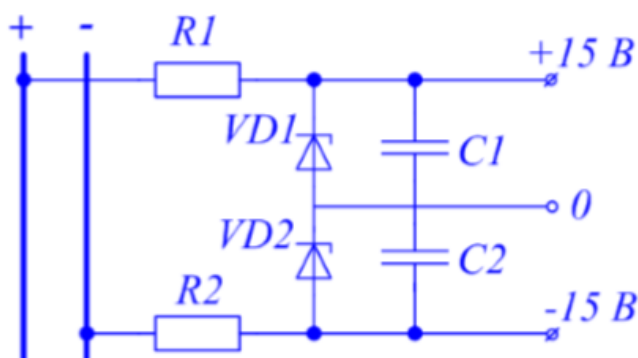


Рис. 3.8. Питание отдельных реле, выполненных на интегральных микросхемах



Схема дает возможность получить напряжение  $\pm 15$  В, необходимое для питания операционных усилителей (ОУ). Напряжение делится с помощью резисторов R1 и R2 и стабилитронов VD1 и VD2. Конденсаторы C1 и C2 защищают ОУ от помех, создаваемых в цепях постоянного тока при коммутациях. Серьезным недостатком схемы является относительно большое *постоянное* потребление мощности, которая в основном рассеивается на резисторах R1 и R2.