

## 12. Защиты генераторов.

### 12.1. Виды повреждений и ненормальные режимы.

К электрическим повреждениям относятся однофазные и многофазные замыкания в обмотках статора и замыкания на землю. Опасность для генератора при повреждениях в обмотке статора – это дуга. Дуга, перекинувшись на корпус статора, вызывает оплавление активной стали корпуса. Может потребоваться серьезный ремонт. Замыкание на землю в одном месте цепи возбуждения непосредственной опасности не представляет, однако возникновение пробоя в втором месте приводит к тяжелому повреждению. В этом случае необходима быстрая ликвидация аварии. Основные ненормальные режимы работы: сверхтоки при внешних к.з., перегрузка, потеря возбуждения, недопустимое увеличение напряжения (для гидрогенераторов). Особенно опасны для генераторов внешние несимметричные к.з. и несимметричные перегрузки.

#### 1. Повреждение обмотки статора.

Многофазные к.з. относятся к наиболее тяжелым повреждениям генератора. Они сопровождаются большими токами, в несколько раз превышающими номинальный ток. Для защиты от м.ф.к.з. на всех генераторах мощностью выше 1000кВт при наличии выводов отдельных фаз со стороны нейтрали устанавливается продольная дифференциальная защита, действующая на отключение генератора. На генераторах малой мощности устанавливаются более простые защиты: МТЗ, токовая отсечка, устанавливаемые со стороны выводов генератора, а также автоматы и плавкие предохранители.

Однофазные замыкания на землю (корпус генератора) в крупных генераторах напряжением 2кВ и выше, работающих с изолированной нейтралью, сопровождаются в месте повреждения прохождением небольших токов по сравнению с токами многофазных к.з. Однако длительное протекание тока и горение дуги в месте замыкания на корпус генератора могут привести к выгоранию изоляции и значительному оплавлению стали статора, после чего придется проводить продолжительные ремонты.

На основании опыта эксплуатации и специальных испытаний установлено, что при повреждениях в обмотке статора ток замыкания на землю до 5А не приводит к значительному повреждению стали. Поэтому при токах меньше 5А защита от о.ф.к.з. на землю действует, как правило, на сигнал, а при токах превышающих 5А – на отключение. Генераторы мощностью 150МВт и более при замыканиях на землю должны немедленно автоматически отключаться. Работа генераторов мощностью меньше 150МВт допускается при наличии замыкания на землю обмотке статора до 2 часов, а в исключительных случаях до 6 часов (когда к.з. не в обмотке статора). На генераторах малой мощности напряжением 500В, работающих с заземленной нулевой точкой, защита от о.ф.к.з. действует на отключение.

В статоре генератора могут возникать замыкания между витками одной фазы. Токи, проходящие при этом в месте повреждения, соизмеримы с токами при м.ф.к.з. На генераторах, имеющих выведенные параллельные ветви, для защиты от витковых замыканий устанавливается поперечная диф.защита, действующая на отключение выключателя генератора. На генераторах, не имеющих выведенных параллельных ветвей, защита от витковых замыканий не устанавливается, т.к. это весьма сложно и еще потому, что витковые замыкания, как правило, сопровождаются однофазными или многофазными к.з. обмотки статора.

#### 2. Повреждение обмотки ротора.

Замыкания на землю в одной точке цепи возбуждения не оказывает влияния на нормальную работу генератора, ток в месте повреждения не проходит и симметрия магнитного поля не нарушается. Однако наличие одного замыкания на землю уже представляет некоторую опасность для генератора, т.к. в случае замыкания на землю во второй точке цепи возбуждения часть обмотки окажется замкнутой накоротко.

Замыкание на землю в двух точках цепи возбуждения сопровождается сильной вибрацией из-за несимметрии магнитного потока. Дуга в месте замыкания может привести к значительному повреждению обмотки ротора и стали ротора.

Из-за сильной вибрации замыкание в двух точках цепи возбуждения особенно опасно для синхронных машин с выступающими полюсами, какими являются гидрогенераторы и синхронные компенсаторы. Вследствие этого на генераторах с выступающими полюсами и на синхронных компенсаторах устанавливается защита от замыканий в одной точке цепи ротора, а от замыканий в двух точках такие генераторы и СК должны быть выведены из работы.

Синхронные машины без выступающих полюсов (турбогенераторы) с косвенным охлаждением обмоток ротора в большинстве случаев могут работать некоторое время при наличии двойного замыкания на землю в цепи возбуждения без существенных повреждений. Поэтому турбогенератор остается в работе при наличии на нем замыкания в цепи возбуждения в одной точке и на нем устанавливается защита от двойного замыкания в цепи ротора, которая у большинства машин с косвенным охлаждением обмоток включается с действием на сигнал.

На мощных турбогенераторах с непосредственным охлаждением проводников обмотки ротора защита от двойных замыканий на землю в цепи возбуждения действует на отключение. СГ с ионной или тиристорной системой возбуждения при к.з. в одной точке на роторе переводят на резервное возбуждение.

### 3. Ненормальные режимы.

Перегрузка статора током больше номинального влечет за собой перегрев и разрушение изоляции обмотки, что может, в конечном счете, привести к м.ф.к.з. и замыканию на землю. В эксплуатацию все больше внедряются мощные турбогенераторы с непосредственным или как говорят, с фразированным охлаждением обмоток, в которых охлаждающая среда (водород или вода) циркулирует внутри токоведущих стержней, благодаря чему обеспечивается лучшее охлаждение и более высокие плотности тока. Эти генераторы допускают значительную меньшую перегрузку, чем генераторы с косвенным охлаждением. Для того, чтобы дежурный персонал своевременно принял меры к разгрузке генератора, устанавливается токовая защита от перегрузки, действующая на сигнал.

Для предотвращения повреждения генератора в случае, если к.з. не будет отключено защитами линий или трансформаторов, служит МТЗ с пуском или без пуска по напряжению, действующая на отключение генератора. Наиболее тяжелые последствия для генератора могут иметь место при внешних несимметричных к.з. В этом случае неравенство токов в фазах статора вызывает повышенный нагрев ротора и вибрацию генератора, что может привести к его повреждению. Защита генератора от внешних несимметричных к.з. и несимметричных режимов (несимметричное включение выключателя) осуществляется токовой защитой обратной последовательности, действующей на сигнал и на отключение.

Перегрузка по току ротора генераторов и СК с косвенным охлаждением определяется допустимой перегрузкой статора, а для турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмотки ротора ограничивается следующими временами:

Кратность перегрузки ротора $\frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{раб.ном}}}$	1,05	1,1	1,15	1,2	1,5	2
Продолжительность перегрузки ротора с непосредственным охлаждением, мин.	60	10	6	4	1	0,3

Для предотвращения повреждения ротора при перегрузке его обмотки во время форсировки возбуждения с непосредственным охлаждением предусматривается автоматическое ограничение длительности форсировки. Допускается перегруз статора на 30% для генератора с непосредственным охлаждением и 50% с косвенным охлаждением.

Повышение напряжения на выводах обмотки статора может привести с пробоем изоляции и возникновению в генераторе многофазных к.з. Опасное повышение напряжения возникает вследствие увеличения скорости вращения при сбросе нагрузки. На турбогенераторах при увеличении скорости до 110% срабатывает автомат безопасности и прекращается доступ пара в турбину. Напротив, на гидрогенераторах при сбросе нагрузки могут иметь место увеличение скорости вращения на 40-50% выше нормальной и соответствующее повышение напряжения статора. Поэтому защита от повышения напряжения (ЗПН) устанавливается только на гидрогенераторах с действием на отключение генератора и автомата гашения поля (АГП).

К нормальным режимам относятся также работа синхронного генератора без возбуждения (например, при отключении АГП), так называемый асинхронный режим. При работе в асинхронном режиме увеличивается скорость вращения генератора и возникает пульсация тока статора. В некоторых случаях потеря возбуждения может послужить причиной нарушения устойчивости параллельной работы энергосистемы. Обычно в таких случаях осуществляется блокировка, при отключении АГП отключается генератор тоже самое на синхронном генераторе.

### 12.2. Продольная диф.защита.

Основной защитой генератора от м.ф.к.з. в обмотки статора является продольная диф.защита. В настоящее время на генераторах, работающих на шины генераторного напряжения, применяются, главным образом, две схемы продольной диф.защиты. В первой из них, которая применяется на генераторах мощностью меньше 30 МВт, используются два токовых реле и 4 ТТ.

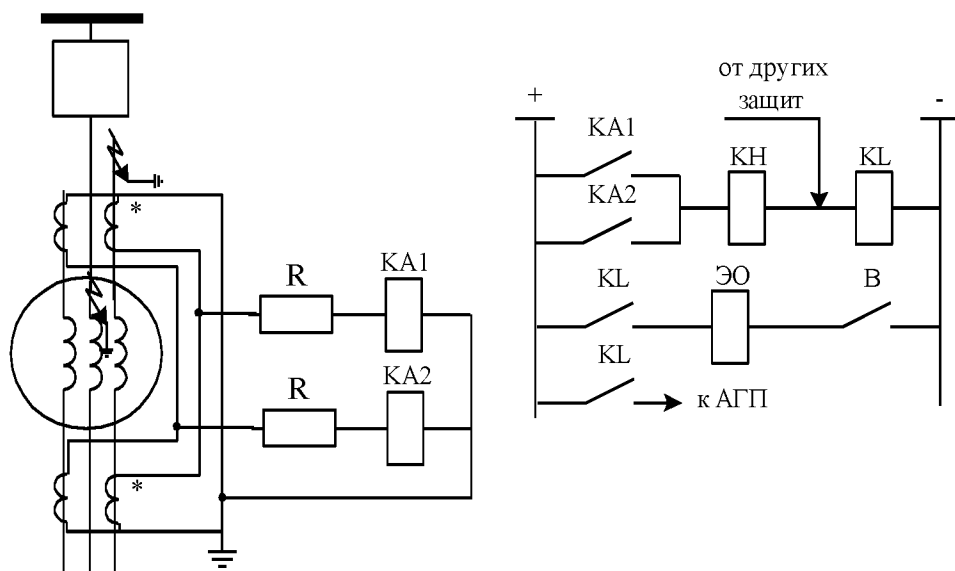


Рис.12.1. Схема диф.защиты (в 2-х фазах).

Недостатком этой схемы защиты является то, что она не будет срабатывать при двойном замыкании на землю (одно в сети, другое в обмотке статора) на фазе, не имеющей ТТ. Для отключения генератора в этом случае предусматривается дополнительное токовое реле в схеме защиты от замыканий на землю, действующее без выдержки времени на отключение. Поэтому продольная диф. защита может быть выполнена в двух фазах только на генераторах, имеющих защиту от замыканий на землю, действующую на отключение и обеспечивающую отключение генератора без выдержки времени при двойных замыканиях на землю.

Если генератор не имеет защиты от замыканий на землю, действующей на отключение, продольная диф. защита должна устанавливаться в трех фазах.

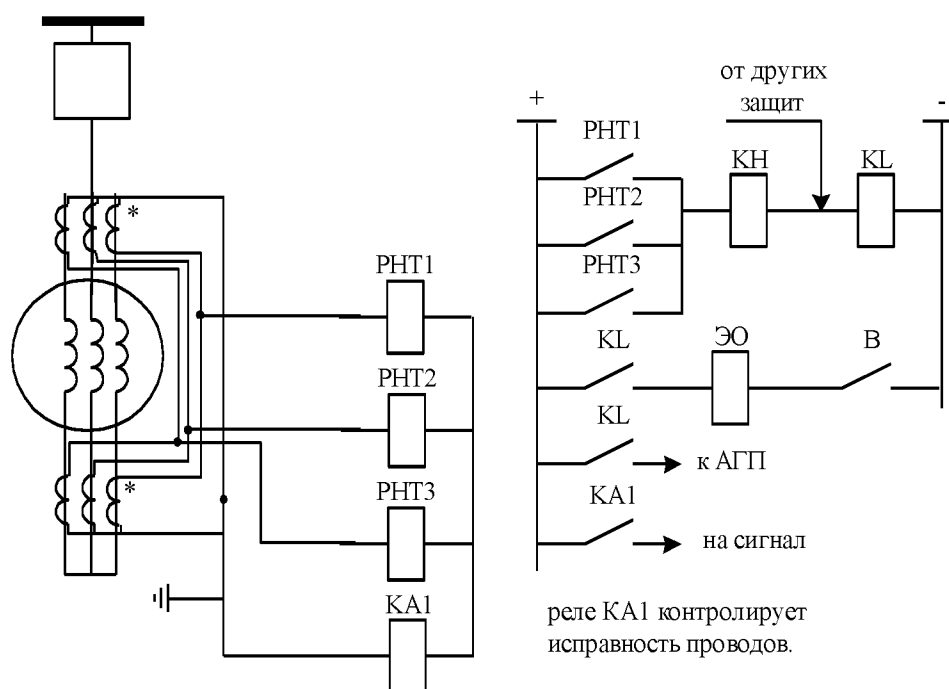


Рис.12.2. Схема диф. защиты (в 3-х фазах).

Для повышения надежности защиты генераторов мощностью выше 30МВт продольная диф. защита на них выполняется, как правило, в 3-х фазном исполнении независимо от того имеется защита от замыканий на землю или нет.

#### *Расчет уставок продольной диф. защиты.*

Ток срабатывания продольной диф. защиты выбирается по условию отстройки от тока небаланса, проходящего в реле при внешних к.з.:

$$I_{с.з.} = K_n I_{нб.расч.}$$

где  $K_n$  – коэффициент надежности равный 1,2-1,3;

$I_{нб.расч.}$  – наибольшее значение тока небаланса при внешнем к.з. или асинхронном ходе. Определяется согласно следующему выражению:  $I_{нб.расч.} = K_{ап} K_{одн} f_i I_{к.з.макс}$

$K_{ап}$  – коэффициент апериодичности, учитывающий дополнительную погрешность ТТ в переходном процессе и принимается равный 1 при использовании реле РНТ-565 и 1,5-2 для защит с реле РТ-40 или с реле прямого действия РТМ;

$K_{одн}$  – коэффициент однозначности, принимаемый равный 0,5;

$f_i$  – относительная величина погрешности ТТ равная 0,1;

$I_{к.з.маx}$  – периодическая составляющая тока к.з. (при  $t=0$ ), которая проходит по ТТ при внешнем металлическом к.з. на шинах генераторного напряжения.

Для уменьшения тока небаланса подбирают ТТ с одинаковыми характеристиками намагничивания. С этой же целью рекомендуется выравнивать сопротивления диф.защиты подбором соответствующих сечений жил соединительных кабелей и включать последовательно с токовыми реле добавочные сопротивления 5-10 Ом. Для уменьшения тока небаланса и повышения чувствительности диф.защиты наиболее целесообразно использовать реле с БНТ.

Для сигнализации обрыва токовых цепей диф.защиты в нулевой провод включается токовое реле КА1, ток срабатывания которого устанавливается равным  $(0,2-0,3)I_{ном}$ .

Продольная диф.защита генератора во всех случаях должна обеспечивать  $k_{ч} > 2$  при к.з. на выводах генератора:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.з.мин}}{I_{с.з.}} \geq 2$$

Расчетный ток к.з. определяется для двух режимов: повреждение при обычно работающем генераторе (ток только от генератора) и повреждение генератора включаемого методом самосинхронизации, когда ток к месту к.з. подходит только от сети. По наименьшему определяется  $k_{ч}$ .

### 12.3. Продольная поперечная защита.

Продольная диф.защита не действует при витковых замыканиях в обмотке статора. Для защиты генератора, имеющего две параллельные ветви и более, применяется специальная поперечная диф.защита, которая реагирует на разность токов проходящих в параллельных ветвях обмотки статора. Принцип действия такой же, как у поперечной диф.защиты линий. В нормальном режиме в параллельных ветвях проходят равные токи, в реле попадает только ток небаланса. При замыкании между ветвями одной из параллельных обмоток равенство токов нарушается, и реле срабатывает.

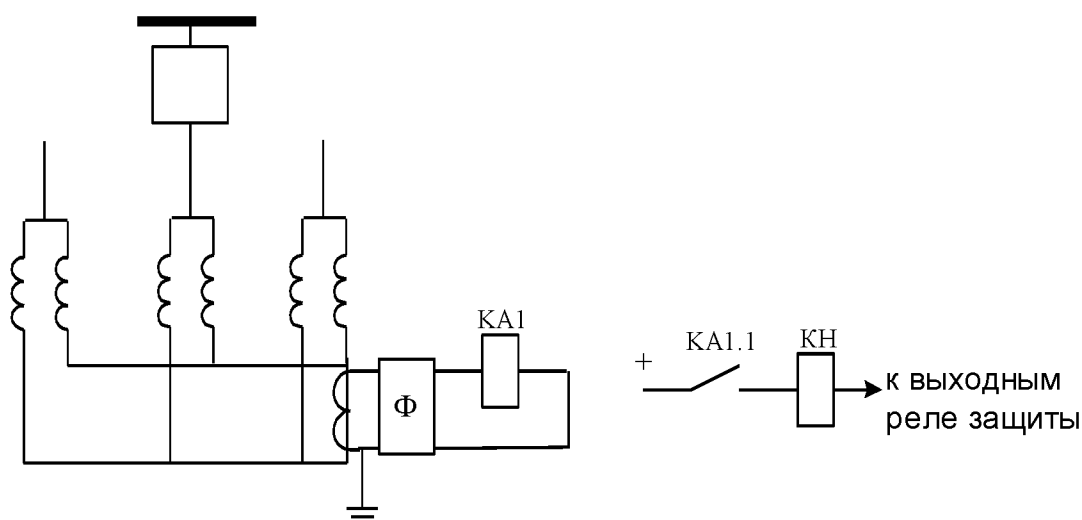


Рис.12.3. Схема продольной диф.защиты.

Фильтр  $\Phi$  пропускает ток только основной частоты 50Гц. В этой схеме токовых реле подключено к ТТ, установленному в цепи между нулевыми токами

соединительных в звезду параллельных ветвей обмотки статора. С целью повышения чувствительности токовые реле включаются через фильтр  $\Phi$  для отстройки от воздействия гармоник, кратных трем, наличие которых обусловлены искажением формы кривой ЭДС генератора. В результате ток срабатывания реле при частоте 150 Гц (3-я гармоника) примерно в 10 раз больше, чем при частоте 50 Гц.

На генераторах с непосредственным охлаждением защита выполняется без выдержки времени. На генераторах с косвенным охлаждением устанавливается дополнительно реле времени. Нормально на этих генераторах поперечная диф. защита работает без выдержки времени, а замедление порядка (0,5-1)сек вводится в схему при появлении замыкания в одной точке цепи возбуждения.

Ток срабатывания рассчитывается по формуле:

$$I_{с.з.} = (0,2 - 0,3)I_{ном}$$

#### 12.4. Защита от однофазных замыканий на землю.

Генераторы с напряжением выше 2кВ выполняются с изолированной нейтралью. Защита от однофазных замыканий на землю выполняется с ТТ нулевой последовательности, имеющими подмагничивание.

Поскольку токи замыкания на землю малы по сравнению с токами нулевой последовательности, которые обеспечивают работу защиты при малых токах замыкания на землю.

В эксплуатации используется ТТ нулевой последовательности двух типов: для защиты генераторов имеющих кабельные выводы – кабельного типа (ТНП); для защиты генераторов с шинными выводами (ТНПШ) – шинного типа.

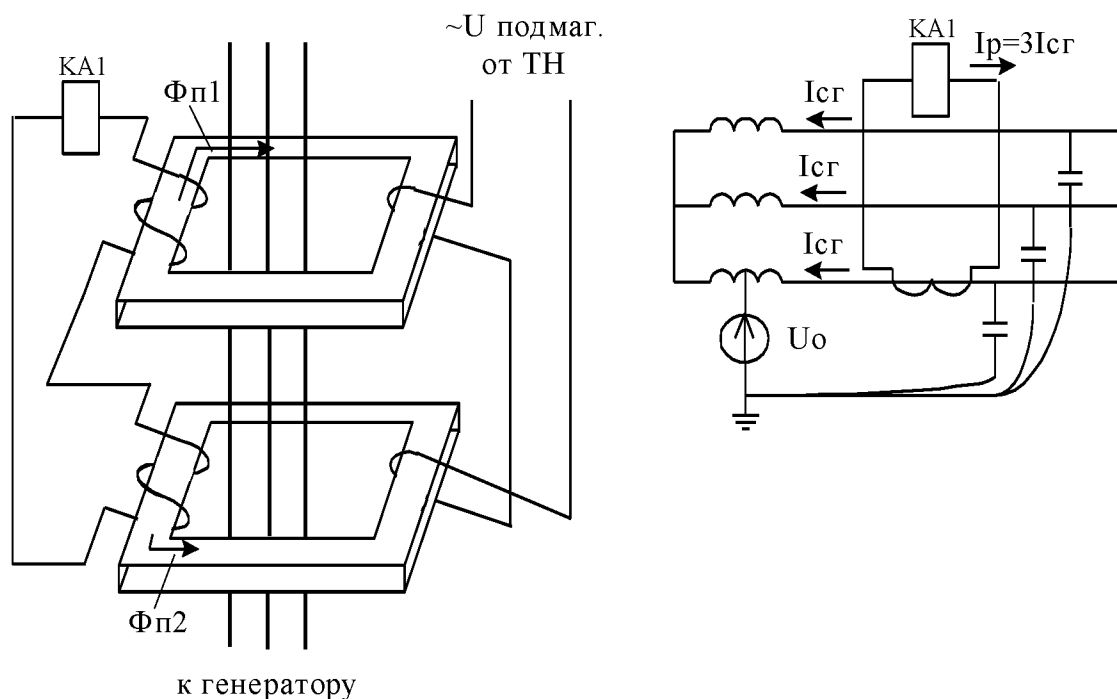
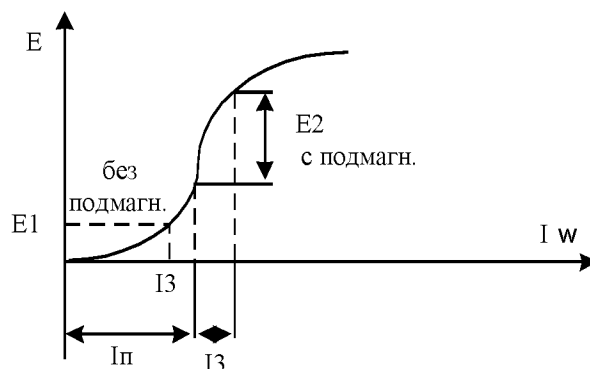


Рис.12.4. Схема ТНП.

По принципу действия ТНП аналогична ТЗР(ТЗЛ), которые применяются в схемах защит от замыканий на землю кабельных линий. Обмотка подмагничивания, расположенная на обоих сердечниках, предназначена для увеличения мощности

отдаваемой ТНП, что достигается подмагничиванием переменным током. Поток  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  направлены в противоположные стороны и ЭДС в реле КА1 равна нулю. Для увеличения мощности отдаваемой ТНП, вводится подмагничивание переменным током 110В.



ТТ нулевой последовательности шинного типа применяются на генераторах с шинными выводами. ТНПШ выполнены в основном также, как и ТНП кабельного типа. Для соединения с шинными выводами генератора в окне ТНПШ вмонтированы три шины, изолированные одна от другой и от сердечника.

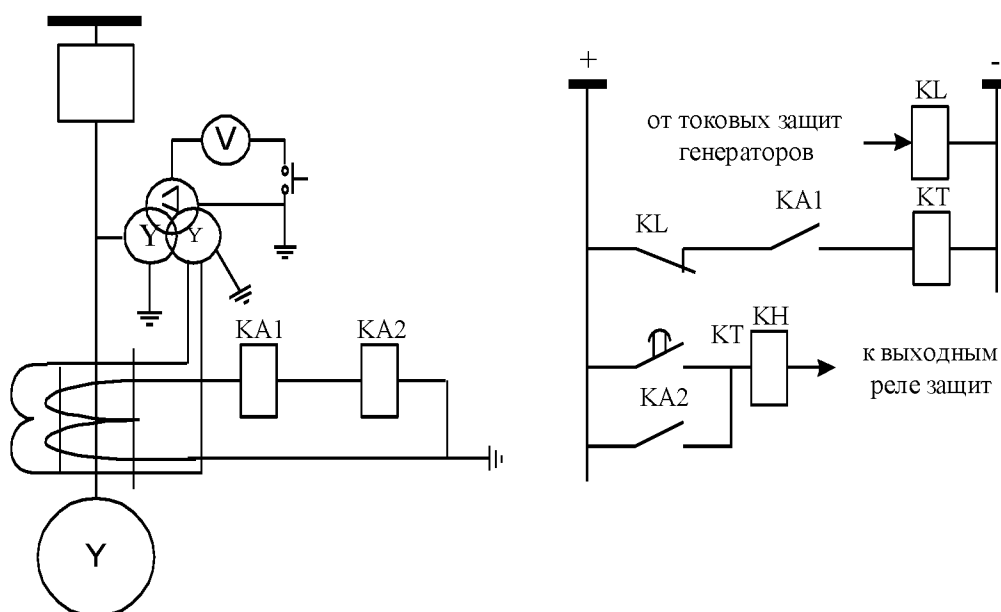


Рис.12.5. Схема защиты нулевой последовательности.

Токовое реле КА1 типа РТ-40 включено на вторичную обмотку ТНП. Чтобы предотвратить неправильное действие защиты от токов небаланса, проходящих кратковременно при переходных процессах при замыкании на землю во внешней сети, в схему введено реле времени, создающее выдержку (0,5-2)сек. Реле КА2, более грубое, предназначено для действия при двойных замыканиях на землю (одно замыкание во внешней сети и второе в обмотке статора).

Ток срабатывания чувствительного реле КА1 защиты от замыканий на землю должен удовлетворять следующим условиям:

а) быть не выше 5А, для чтобы обеспечить отключение генератора при токах замыкания на землю 5А и выше

$$I_{с.з.} \leq 5A$$

б) быть выше тока небаланса, проходящего через ТНП при внешних 2-х ф.к.з.

$$I_{с.з.} = \frac{1}{K_в} (2I_{сг} + 1,5I_{нб})$$

где  $I_{сг}$  – собственный емкостный ток генератора;

$K_в$  – коэффициент возврата: для реле РТ-40 – 0,8; ЭТД-551 – 0,5; ЭТ-521 – 0,85;

$I_{нб}$  – ток небаланса, приведенный к первичной стороне ТНП.

Первичный ток срабатывания грубого реле защит от замыканий на землю принимается порядка 10-200А.

На генераторах мощностью 160МВт и более применяется защита ЗЗГ-1. Она состоит из органа нулевой последовательности первой гармоники и органа третьей гармоники.

### 12.5. Токковые защиты от внешних к.з. и перегрузки.

#### 1. МТЗ с блокировкой по напряжению.

МТЗ с блокировкой по напряжению выполняется аналогично линейной защите этого типа.

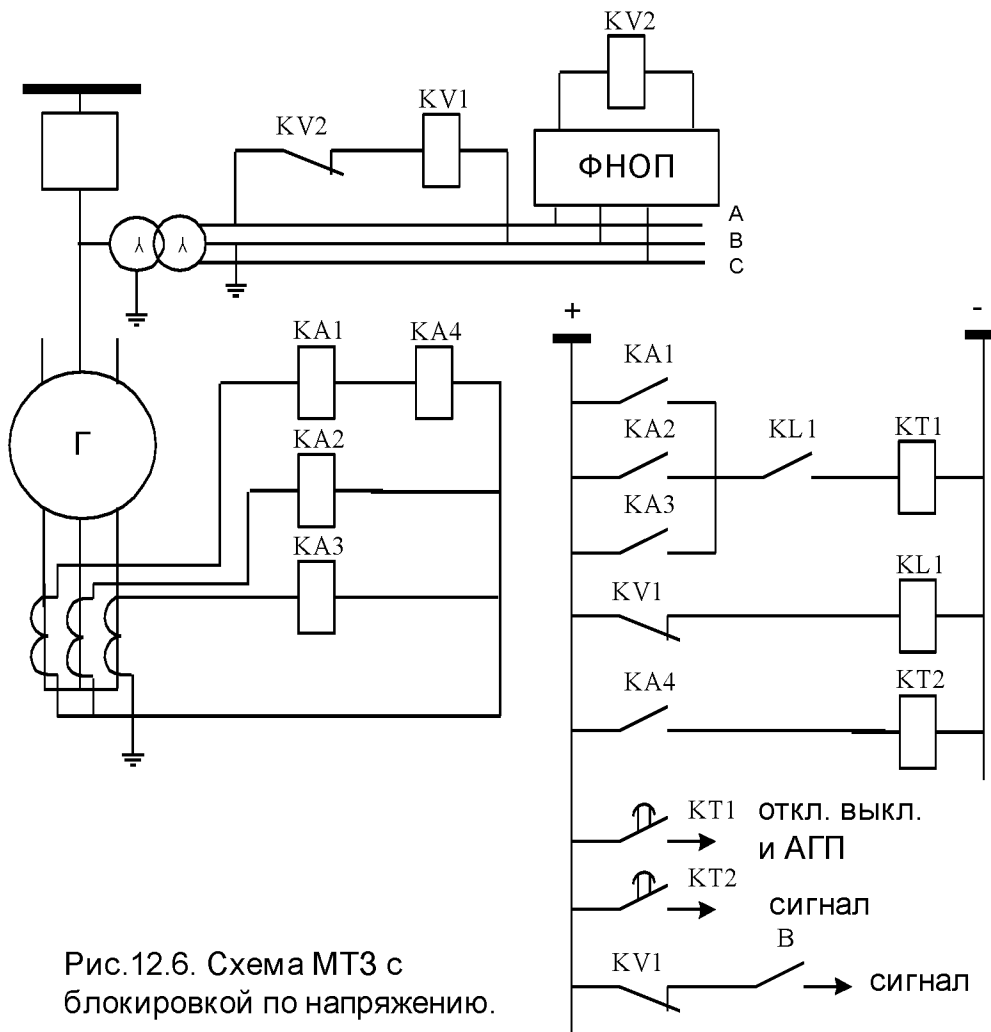


Рис.12.6. Схема МТЗ с блокировкой по напряжению.



Реле KV1 – это реле минимального действия типа РН-50 (работает при 3-х ф.к.з.). Вместо одного реле KV1 может быть три, включенные на Ул. Реле KV2 – это реле максимального действия типа РНФ-1 (работает при 2-х ф.к.з.). Реле КТ2- реле термического действия.

В зону действия защит от внешних к.з. должно входить: генератор, сборки шин и отходящие от них присоединения. Защита действует на отключение генератора и АГП. Защита не должна работать при перегрузках и качаниях.

*Расчет уставок.*

Ток срабатывания:

$$I_{ср.} = K_n \frac{I_{НОМ}}{K_v n_T}$$

где  $K_n$  – коэффициент надежности равный (1,1-1,2);

$K_v$  – коэффициент возврата.

Напряжение срабатывания реле KV1:

$$U_{ср} = (0,5 - 0,6) U_{раб.ген}$$

Напряжение срабатывания реле KV2 принимается минимально возможным

$$U_{ср} = 0,06 U_{раб.ген} \quad (\text{обычно порядка } 6В).$$

Выдержка времени у МТЗ устанавливается на одну-две ступени выше выдержки времени защит трансформаторов и линий, отходящих от шин генератора напряжения.

## **2. МТЗ от перегрузки.**

Защита от перегрузки выполняется на одном токовом реле, т.к. перегрузка имеет место во всех трех фазах. Для того, чтобы защита не сработает при кратковременных перегрузках, в схему введено реле времени КТ2 (см. рис.12.6).

*Расчет уставок.*

Ток срабатывания:

$$I_{ср} = \frac{K_n I_{НОМ}}{K_v n_T}$$

где  $K_n$  – коэффициент надежности равный 1,05.

Выдержка времени устанавливается больше выдержки времени МТЗ генератора.

На гидростанциях без постоянного дежурного персонала защита от перегрузки выполняется с двумя выдержками времени: с меньшей на снижение тока возбуждения для уменьшения тока статора и с большей – на отключение генератора.

## **3. Токовая защита обратной последовательности.**

Как уже отмечалось, токи обратной последовательности представляют большую опасность для генераторов, поэтому на генераторах выше 30МВт для защиты от внешних несимметричных к.з. применяется ТЗОП.

Расчет уставок.

Ток срабатывания реле КА2:

$$I_{с.з.} = (0,3 - 0,7) I_{НОМ}$$

Принято выбирать ток срабатывания реле КА2 так, чтобы он не превышал величины тока обратной последовательности, прохождение которого допустимо для генератора данного типа в течении 2мин.

$$I_{с.з.} = \sqrt{\frac{A}{120}} I_{НОМ}$$

где  $A$  – постоянная величина для генератора данного типа.

Для действия при 3-х ф.к.з. предусмотрено одно токовое реле КА1, включенного на фазный ток.

На мощных турбогенераторах мощностью 160МВт и выше с непосредственным охлаждением, которые значительно более чувствительны к перегрузкам токами обратной последовательности предложено использовать ТЗОП с зависимой характеристикой, обеспечивающую чувствительную и селективную защиту генератора на основе реле РТФ-6.

Для того, чтобы обеспечить удовлетворительную защиту мощных турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток на них устанавливается многоступенчатая ТЗОП с независимой характеристикой

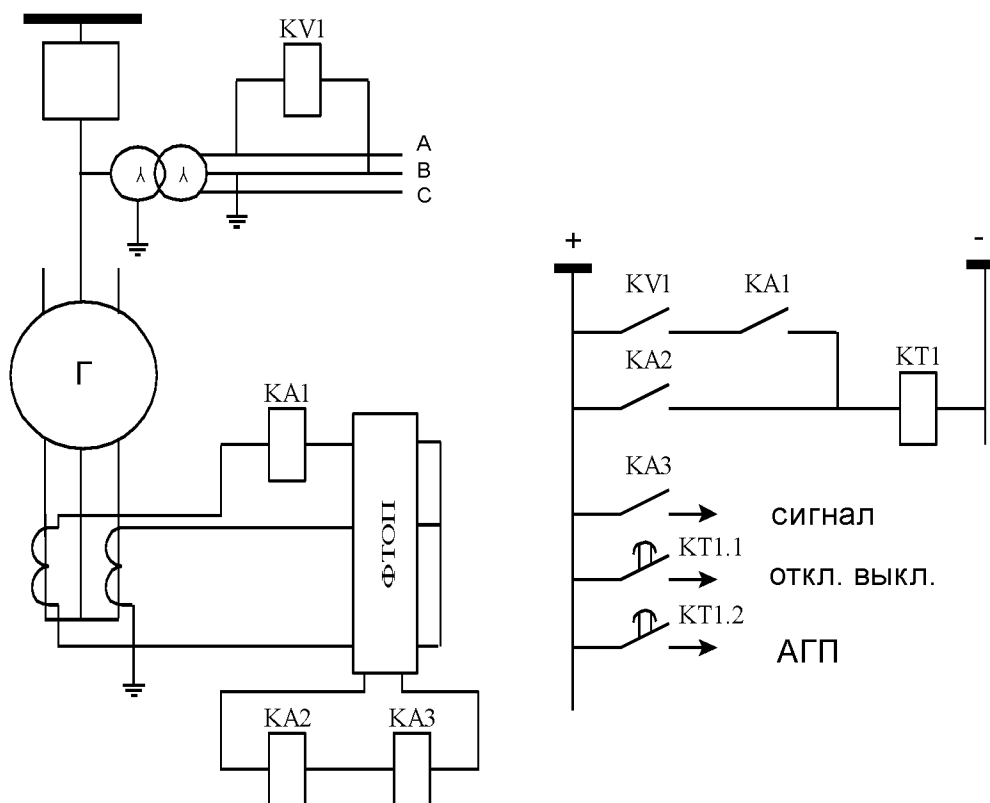


Рис.12.7. Схема ТЗОП.

### 12.6. Защита от повышения напряжения.

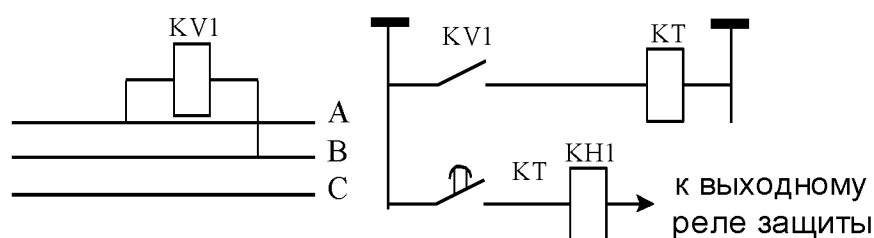


Рис.12.8. Схема защиты от повышения напряжения.

Защита состоит из реле напряжения, включенного на междуфазное напряжение генератора, и реле времени для предотвращения срабатывания защиты при кратковременном повышении напряжения.

Расчет уставок.

Напряжение срабатывания:

$$U_{ср} = (1,5 - 1,7) \frac{U_n}{n_T}$$

Время срабатывания обычно равно 0,5сек.

### 12.7. Защита цепи возбуждения от замыканий на землю.

#### 1. Защита от замыканий на землю в одной точке.

Для периодического контроля состояния изоляции цепей возбуждения используется вольтметр, один зажим которого связан с землей, а второй поочередно подключается к полюсам ротора. Если изоляция хорошая, то замеры в обоих случаях близки к нулю.

На генераторах и синхронных компенсаторах рекомендуется устанавливать специальную защиту, действующую на сигнал.

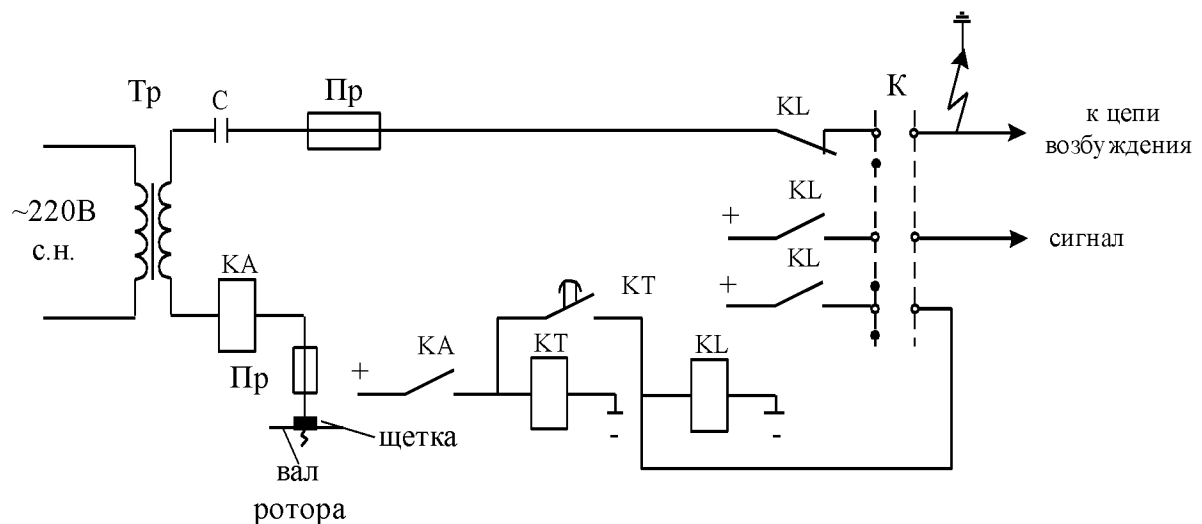


Рис.12.9. Схема защиты от замыканий на землю в одной точке.

Защита такого типа может применяться на гидрогенераторах при емкости цепи возбуждения относительно земли не более 0,5 мкФ. К цепи возбуждения через конденсатор С подключается вторичная обмотка промежуточного трансформатора Тр, в цепь которой включено токовое реле КА, имеющее специальные обмоточные данные.

#### 2. Защита от замыканий на землю в двух точках (устанавливается только на турбогенераторах).

На станциях обычно имеется один общий комплект защиты, который и подключается к генератору, имеющему замыкание на землю в одной точке.

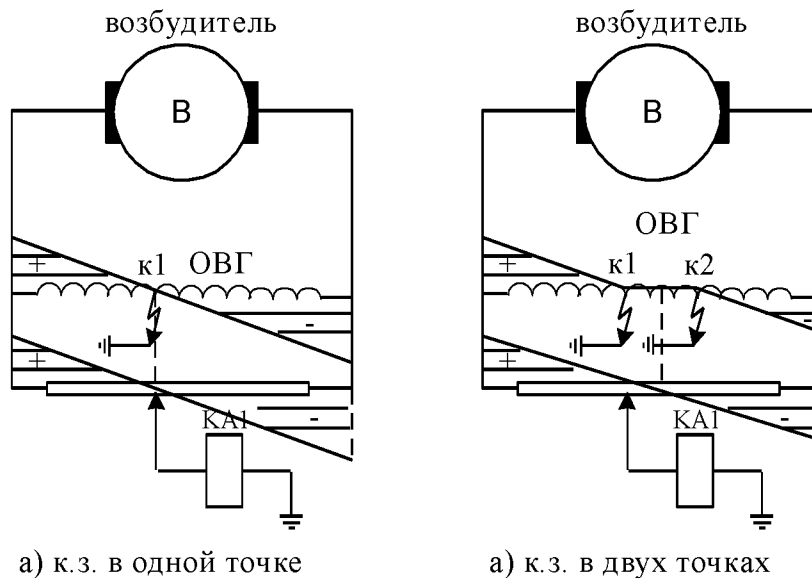
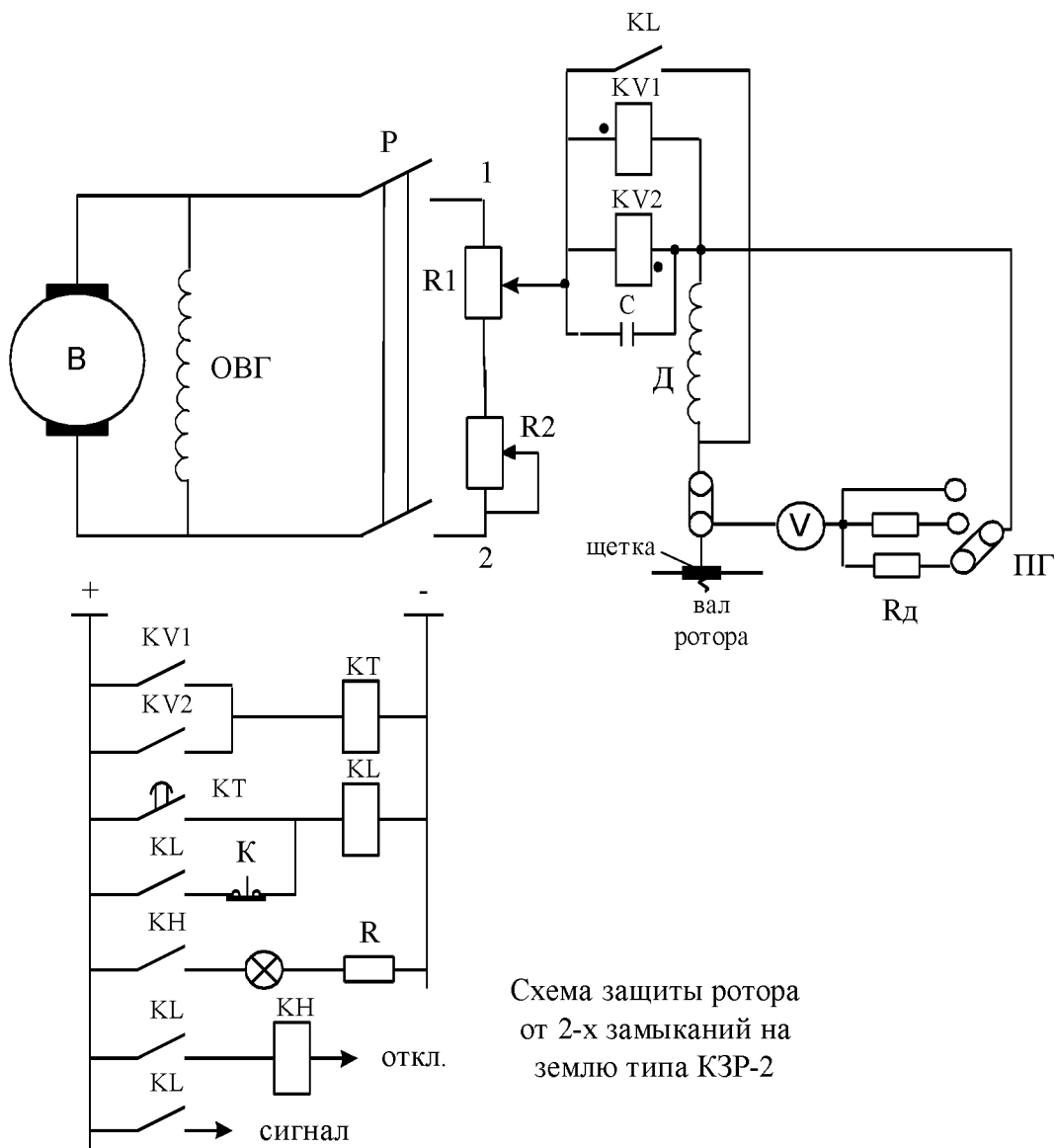


Рис.12.10. Принцип действия защиты от замыканий на землю в двух точках.

Рассмотрим работу защиты типа КЗР-2.

Подключение производится вручную рубильником Р при появлении одного замыкания на землю в цепи ротора. Движки R1 и R2 устанавливают ток так, чтобы на вольтметре V было минимальное напряжение. Реле KV1 и KV2 – это поляризованное реле (необходимо два реле, т.к. реле такого типа работают только при определенной полярности). Из-за неравномерности воздушного зазора генератора в обмотке ротора циркулирует переменный ток, который может проходить по обмоткам реле KV1 и KV2. Для снижения влияния переменного тока на работу реле в схему защиты введены дроссель Д и конденсатор С. Защита работает с выдержкой времени. После срабатывания выходное реле защиты KL самоудерживается и подает импульс либо на отключение, либо на сигнал. Недостатком рассмотренной схемы является наличие у нее “мертвой зоны”, т.к. чем ближе второе замыкание к первому, тем меньший ток протекает по реле. При первом замыкании на кольцах защита вообще работать не будет.



### 12.8. Защита ротора от перегрузки.

Перегрузка обмотки ротора мощных турбогенераторов с непосредственным охлаждением не допускается. для предотвращения перегрузки предусматривается специальная защита, а также выполняется ограничение длительности форсировки возбуждения. Наиболее полноценная защита ротора от перегрузки может быть осуществлена с помощью реле, имеющего характеристику, зависящую от тока ротора.

На генераторах мощностью 160МВт и более применяется устройство защиты типа РЗР-1М с двумя ступенями действия – первая, действующая на развозбуждение генератора, и вторая – на отключение его от сети и на гашение поля.

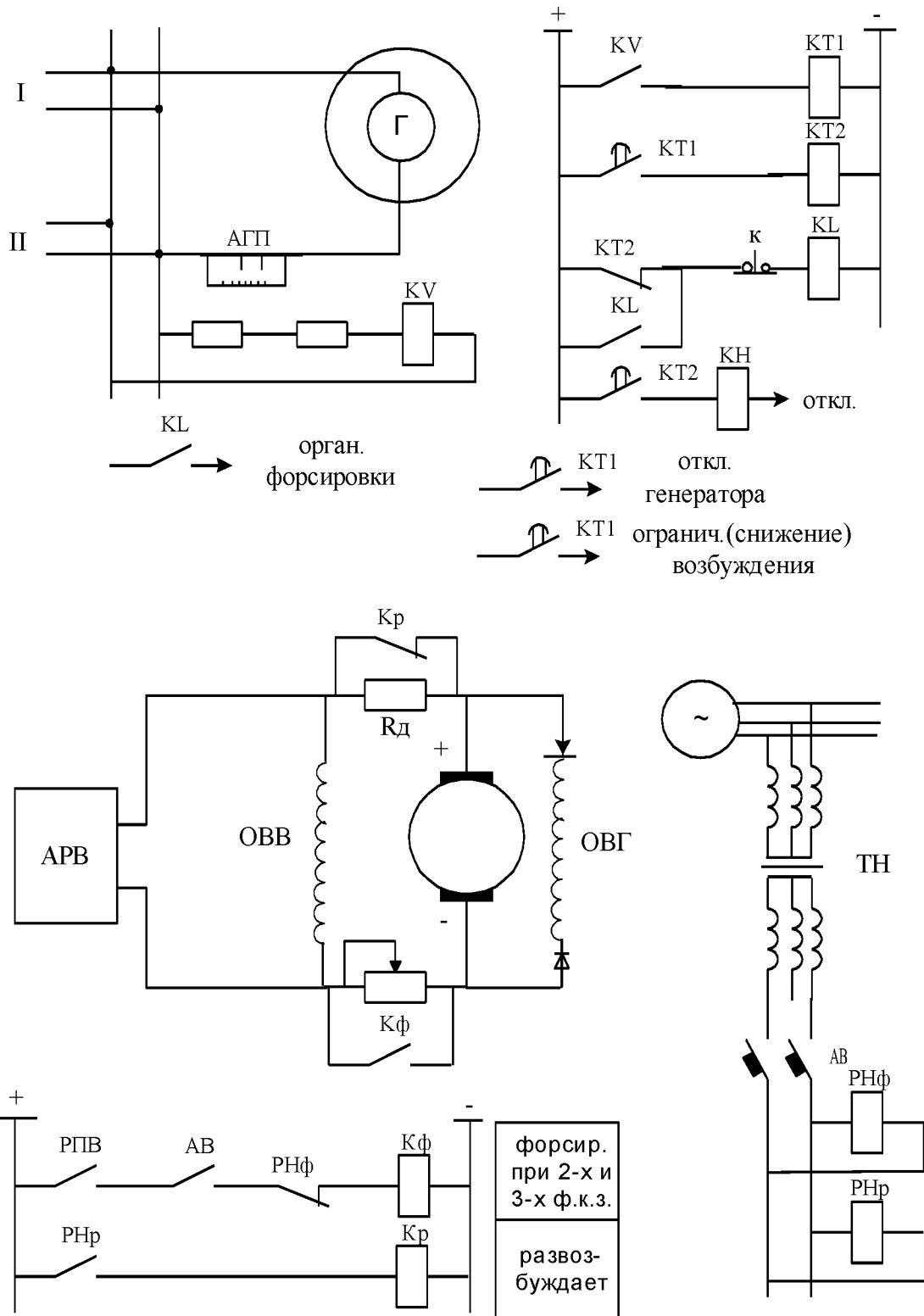


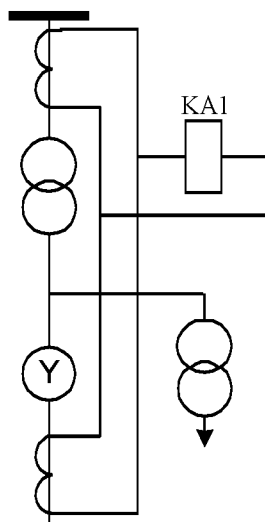
Рис. 12.11. Схема защиты ротора от перегрузки.

Реле KV – типа РН-53/400, у которого демонтирован выпрямительный мост (сб. директивных материалов §4-47).

### 12.9. Особенности защиты блоков генератор-трансформатор.

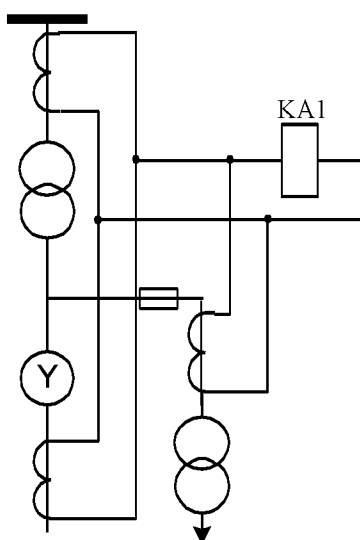
#### 1. Продольная защита.

а)



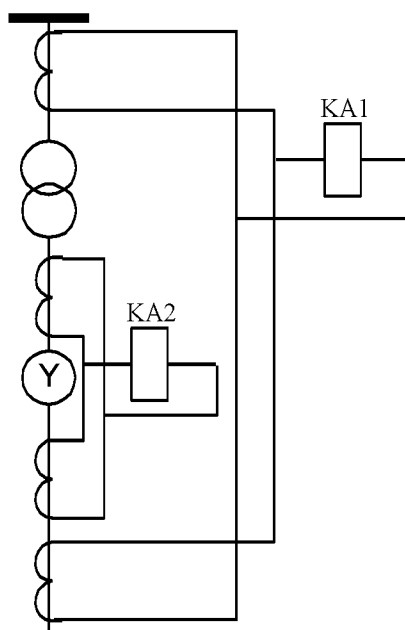
Применяется на блоках мощностью менее 100МВт. Защита отстраивается от токов к.з. за трансформатором собственных нужд.

б)



Токовые цепи подключены к ТТ выключателя трансформатора СН. Защита выполняется на реле РНТ или ДЗТ. Зона действия защиты ограничивается ТТ.

в)

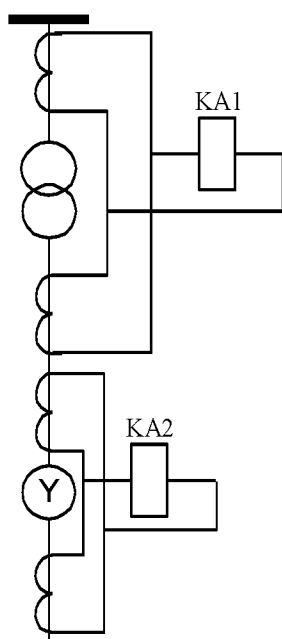


Две диф.защиты, одна из которых защищает блок, а вторая – только генератор.

Отдельная диф.защита генератора на блоках устанавливается в следующих случаях:

1. на турбогенераторах мощностью 100МВт и более;
2. на турбогенераторах мощностью меньше 100МВт, если ток срабатывания общей диф.защиты блока превышает  $1,5I_{ном}$ ;
3. на гидрогенераторах, для того чтобы выполнить защиту генератора с током срабатывания меньшим номинального, а также для того, чтобы обеспечить автоматическое включение пожаротушения только при повреждениях в обмотках статора.

г)





На блоках турбогенераторах-трансформатор мощностью 200-300МВт применяется такая схема диф.защита. Такое решение объясняется тем, что в нулевых выводах этих генераторов установлена только одна группа ТТ с двумя обмотками, к которым подключаются токовые цепи продольной диф.защиты и резервной защиты генератора.

### 12.10. Токовые защиты от внешних к.з. и перегрузок.

Защита блоков от м.ф.к.з. осуществляется общей токовой защитой. она состоит из защиты обратной последовательности с приставкой от симметричных к.з. Защита от 3-х ф.к.з. осуществляется с двумя выдержками времени: с первой – подается импульс на отключение выключателя со стороны высокого напряжения трансформатора; со второй – на выходное реле защиты блока, отключающее выключатель блока, АГП генератора и выключателя трансформатора СН.

Защита от внешних несимметричных к.з. и от перегрузки токами обратной последовательности осуществляется с помощью двух реле типа РТФ-2 и одного реле напряжения нулевой последовательности, подключенного во вторичной обмотке ТН, установленного на выводах генератора. С помощью этих реле обеспечивается чем 3-х ступенчатая токовая защиты обратной последовательности.

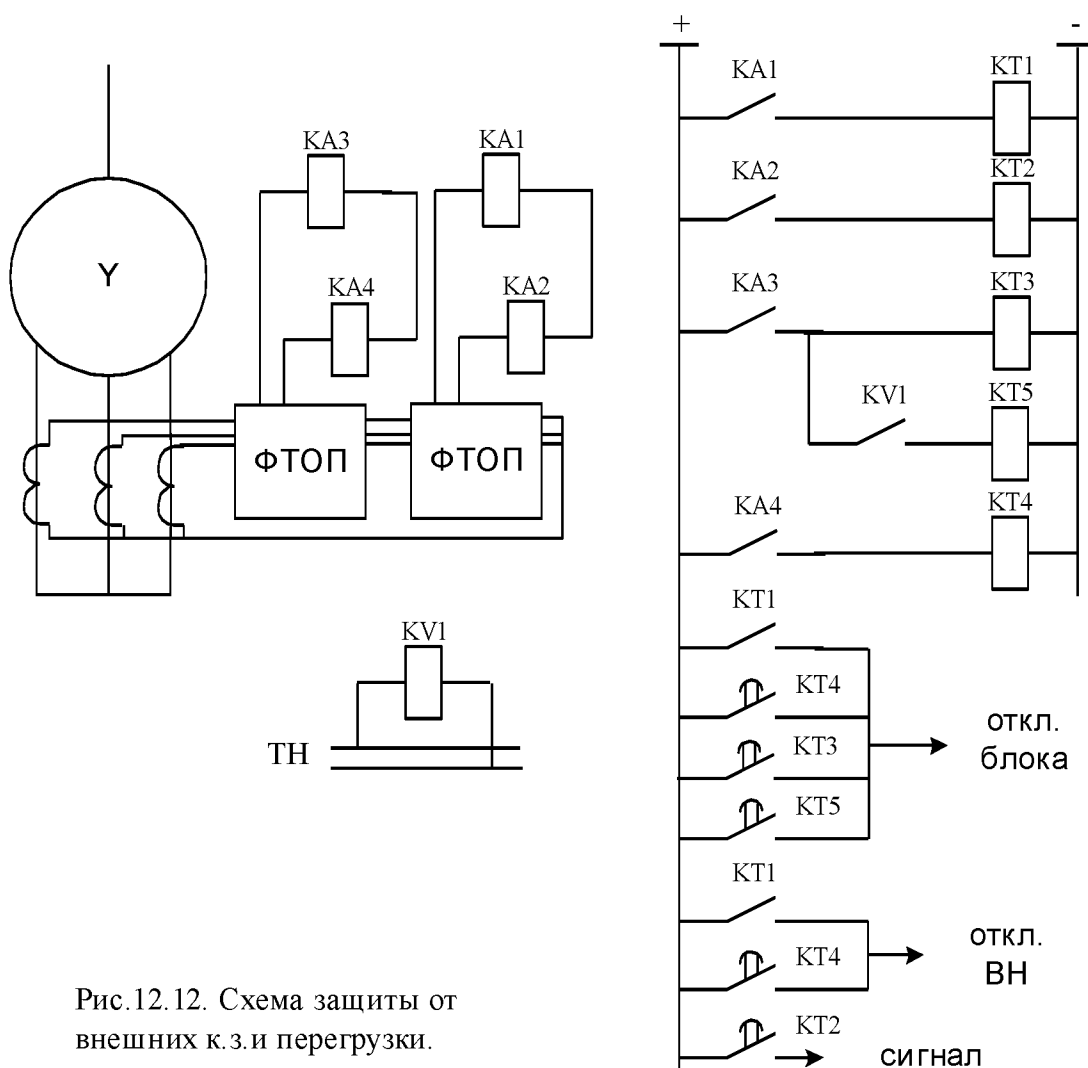


Рис.12.12. Схема защиты от внешних к.з.и перегрузки.

Первая ступень защиты, предназначенная для отключений к.з. на выводах генератора, осуществляется с помощью реле КА3 и реле напряжения нулевой последовательности KV1. Реле напряжения нулевой последовательности KV1 при 2-х ф.к.з. на землю на выводах генераторного напряжения разрешает защите действовать на отключение блока. При к.з. на стороне высшего напряжения блока напряжение нулевой последовательности на стороне генераторного напряжения не появляется, и первая ступень защиты не действует. Благодаря такому выполнению схему выдержка времени первой ступени не отстраивается от резервных защит линий, подключенных к шинам высшего напряжения, и может быть принята небольшой. Вторая ступень защиты, предназначенная действовать при несимметричных к.з. на выводах высшего напряжения блока выполнена с помощью того же токового реле, но без реле минимального напряжения. Третья ступень защиты – токовое реле КА4 и реле времени КТ4. Четвертая ступень защиты – токовое реле КА1 и реле времени КТ1. На сигнал действует реле КА2 через реле времени КТ2.

Поскольку ступенчатая токовая защита не обеспечивает отключение турбогенератора при прохождении токов обратной последовательности в точном соответствии с характеристикой допустимой перегрузки генераторов, разработано реле с зависимой характеристикой типа РТФ-6.

Для повышения чувствительности резервных защит к внешним однофазным к.з. применяется специальная токовая защита нулевой последовательности, которая подключается обычно к ТТ установленному в цепи заземления нулевой точки трансформатора. Защита обычно выполняется с двумя выдержками времени: с первой – на отключение выключателя с высокой стороны; со второй – на отключение блока.

На блоках генератор-двухобмоточный трансформатор устанавливается только одна защита от перегрузки. на блоке генератор-трехобмоточный трансформатор или автотрансформатор устанавливается две или три защиты от перегрузки. На таких блоках также устанавливаются дополнительные токовые защиты для того, чтобы обеспечить селективное отключение выключателей при к.з. на стороне высшего или среднего напряжения.

### *12.11. Защита от замыканий на землю с реле максимального напряжения.*

Для защиты от однофазных замыканий на землю в статоре генератора, работающего в блоке с трансформатором, применяется реле напряжения максимального типа.

Защита действует с выдержкой времени 0,5сек на сигнал. Напряжение срабатывания равно 10-15В и отстраивается от напряжение небаланса.

На блоках мощностью 150МВт и выше, генератора, которых не имеют поперечной диф.защиты от витковых замыканий, допускается для повышения надежности включать в защиту реле напряжения максимального типа нулевой последовательности на отключение даже при токе замыкания на землю меньше 5А. По выдержкам времени защита должна быть отроена от защит установленных на стороне высшего и среднего напряжения.

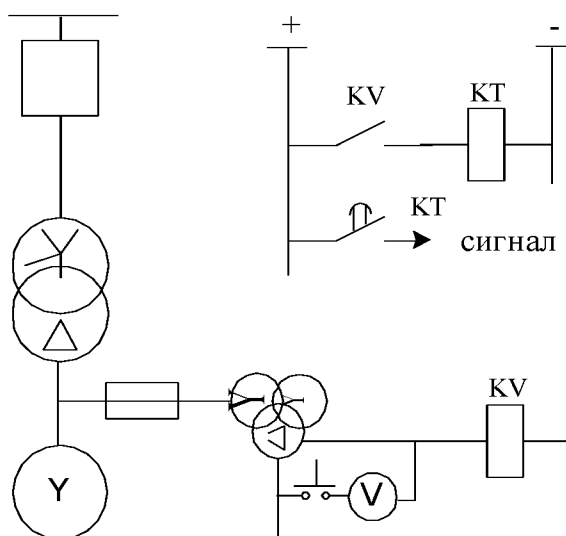


Рис.12.13. Схема защиты от замыканий на землю с реле максимального напряжения.

### 12.12. Защита генераторов малой мощности.

Для защиты генераторов напряжением до 500В и мощностью до 150кВт могут применяться плавкие вставки. Защита таких генераторов может осуществляться также и автоматическими выключателями. Ниже приведена схема защиты генератора мощностью 1000кВт и меньше на постоянном оперативном токе, работающего параллельно с системой или другими генераторами.

1. Основная защита – токовая отсечка на реле типа РТ-81 (реле КА2, КА3).
2. Индукционный элемент этих же реле использован в качестве МТЗ.
3. Т.к. генератор работает с глухозаземленной нейтралью для защиты от однофазных к.з. на землю устанавливается диф.токовая защита нулевой последовательности – реле КА4.

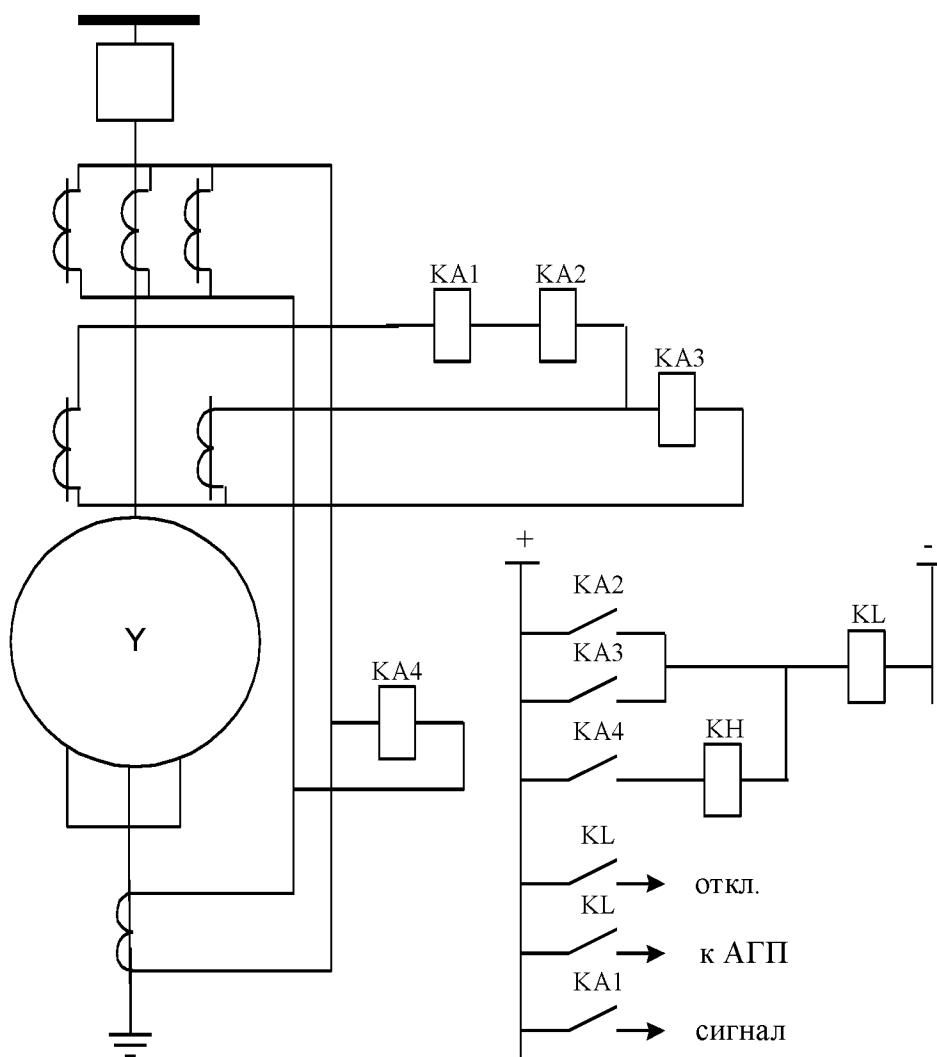


Рис. 12.14. Схема защиты генераторов малой мощности.