

1. Классификация реле.

По начальному состоянию контактов выделяются реле с: Нормально замкнутыми контактами; Нормально разомкнутыми контактами; Переключающимися контактами.

По типу управляющего сигнала выделяются реле: Постоянного тока; (Нейтральные реле: полярность управляющего сигнала не имеет значения, регистрируется только факт его присутствия/отсутствия); Поляризованные реле: чувствительны к полярности управляющего сигнала, переключаются при её смене; Комбинированные реле: реагируют как на наличие/отсутствие управляющего сигнала, так и на его полярность; Переменного тока.

По дополнительной механике и количеству управляемых контактов.

По напряжению и величине управляющего тока: Маломощные реле; Реле средней мощности; Мощные реле.

По задержке срабатывания: Без предустановленной задержки (срабатывают так быстро, как могут); С задержкой (имеют специальную короткозамкнутую обмотку из 1 витка толстой медной шины); «Реле времени» (снабжены механическими узлами, позволяющими обеспечить очень высокую задержку - до десятков минут).

По типу исполнения Электромеханические реле; Электромагнитные реле (обмотка электромагнита неподвижна относительно сердечника); Магнитоэлектрические реле (обмотка электромагнита с контактами подвижна относительно сердечника); Индукционные реле; Полупроводниковые реле;

По контролируемой величине Реле напряжения; Реле тока; Реле мощности; Реле направления мощности; Реле сопротивления; Фотореле (срабатывают от величины освещенности); Дифференциальные реле;

По способу подключения реле бывают: Первичные (прямое включение в цепь защищаемого элемента). Вторичные (включение через измерительные трансформаторы тока, напряжения).

2. Требования селективности и чувствительности в релейной защите.

Устройства защиты и автоматики должны выполнять определенные функции.

Для релейной защиты срабатывание при повреждении защищаемого элемента системы электроснабжения (внутренние повреждения) и несрабатывание при коротких замыканиях за пределами этого элемента (внешние КЗ), а также в нормальных режимах. Иногда допускается срабатывание защиты и при внешних КЗ. На каждом элементе системы электроснабжения обычно устанавливают основную и резервную защиты. Основная защита предназначена для действия при КЗ в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим, чем у других защит, а резервная защита работает вместо основной в случае ее отказа или вывода из работы.

К резервной защите обычно предъявляется требование срабатывать и при повреждениях на смежных элементах в случае отказа их собственных защит или выключения.

С целью ограничения отказов функционирования защите придают определенные свойства. Основные из них - селективность, устойчивость функционирования, надежность функционирования.

Под селективностью понимают свойство релейной защиты, действующей на отключение, определять поврежденный элемент и отключать только его. Желательно, чтобы при повреждении защищаемого элемента защита срабатывала селективно и с минимальным временем при коротких замыканиях в любой его точке. Иными словами, селективность срабатывания устройства защиты при внутренних коротких замыканиях характеризуется защитоспособностью (свойство защищать весь элемент) и быстротой срабатывания.

Быстродействие защиты при коротких замыканиях обеспечивает уменьшение вероятности нарушения синхронной работы генераторов, компенсаторов и электродвигателей; снижение продолжительности работы электроприемников при пониженном напряжении; снижение вероятности несчастных случаев;

Время отключения поврежденного элемента складывается из времени действия защиты и времени действия выключателя.

Для повышения надежности электроснабжения необходимо не только быстро отключить поврежденный элемент, но и быстро включить его повторно в работу или заменить резервным. Таким образом, быстродействием должны обладать также УАПВ и УАВР.

При коротких замыканиях на защищаемом элементе устойчивость функционирования характеризуется чувствительностью и устойчивостью быстроты срабатывания.

Под чувствительностью релейной защиты понимается ее способность реагировать на возможные повреждения в минимальных режимах работы системы электроснабжения, когда изменение воздействующей величины минимально.

Чувствительность защиты оценивают коэффициентом чувствительности.

3. Токовая отсечка. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.

Основной недостаток максимальной токовой защиты заключается в наличии относительно большой выдержки времени. Поэтому максимальную токовую защиту используют, если это оказывается возможным, совместно с быстродействующей токовой защитой - токовой отсечкой.

Принцип действия токовой отсечки. Токовая отсечка является быстродействующей защитой, не имеющей выдержки времени. Селективность токовой отсечки обеспечивается соответствующим выбором тока ее срабатывания. Ток срабатывания токовой отсечки выбирается большим максимального тока в месте установки защиты $I_{ср, max}$ при к. з. в точках сети, расположенных вне защищаемой зоны:

$$I_{ср} = K_{отс} \cdot I_{квн, max}$$

где $K_{отс}$ — коэффициент отстройки

Ток срабатывания реле токовой отсечки

$$I_{ср, p} = \frac{k_{сх}}{K_T} \cdot I_{ср, з}$$

Отсечка, как указывалось выше, является защитой без выдержки времени. Бремя ее срабатывания определяется небольшой задержкой срабатывания исполнительного органа защиты $t_{ср, отс} \approx 0,1$ с,

которая необходима для предотвращения ложного действия защиты на отключение линии при работе трубчатых разрядников, устанавливаемых на линиях для их защиты от перенапряжений.

Характеристика токовой отсечки. Селективность токовой отсечки обеспечивается выбором тока срабатывания, большим максимального тока внешнего к. з. Токовая отсечка может применяться в электрической сети любой конфигурации с любым числом источников питания.

Токовая отсечка - быстродействующая и надежная защита. Основным достоинством отсечки является быстрое отключение к. з., возникающих вблизи источника питания, т. е. повреждений, сопровождаемых большими токами к. з.

Основным недостатком отсечки является то, что в общем случае она защищает только часть линии, а потому не может быть основной защитой линии.

4. Максимальная токовая защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.

Максимальная токовая защита линий получила наибольшее распространение в радиальных сетях с одним источником питания. Селективность максимальной токовой защиты обеспечивается соответствующим выбором тока и времени срабатывания. В радиальной сети с односторонним питанием защита устанавливается на каждой линии. Защита наиболее удаленной от источника питания линии имеет наименьший ток срабатывания и наименьшую выдержку времени. Защита каждой последующей линии имеет выдержку времени, большую выдержки времени предыдущей защиты.

Ток срабатывания защиты выбирается большим максимального рабочего тока защищаемой линии. При этом защита обычно чувствительна к коротким замыканиям на предыдущих участках сети.

Параметрами срабатывания максимальной токовой защиты являются ток $I_{ср}$ и время $t_{ср}$ срабатывания защиты.

Время срабатывания (выдержка времени) защиты i-й линии в общем случае выбирается на ступень селективности Δt большим наибольшей выдержки времени $t_{ср, (i-1), max}$ предыдущих защит

$$t_{ср, з, i} = t_{ср, з, (i-1), max} + \Delta t$$

Ток срабатывания максимальной токовой защиты, т. е. минимальный ток в фазах линии, при котором защита срабатывает, выбирается большим максимального рабочего тока защищаемой линии с учетом необходимости возврата защиты после отключения к. з. защитой предыдущего участка сети.

Оценка максимальной токовой защиты. Максимальная токовая защита получила широкое распространение в радиальных сетях напряжением до 35 кВ.

Защита надежна, так как проста по исполнению и в эксплуатации. Селективность защиты обеспечивается только в радиальной сети с одним источником питания.

Защита быстродействующая, причем наибольшую выдержку времени имеют защиты головных участков сети, где быстрое отключение к. з. особенно важно с точки зрения надежности снабжения потребителей электроэнергией.

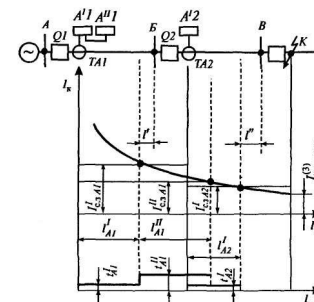
В отдельных случаях при значительном уменьшении мощности источника питания в минимальных эксплуатационных режимах чувствительность защиты может оказаться недостаточной, особенно при к. з. на соседних участках сети, когда рассматриваемая защита должна действовать как резервная.

5. Токовая направленная защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.

Токовыми направленными защитами называются защиты, реагирующие на значение тока и направление (знак) мощности к. з. в месте их включения.

Защита приходит в действие при соблюдении двух условий: ток превышает заданное значение (ток срабатывания); знак мощности к. з. соответствует к. з. в защищаемом направлении.

Защита относится к классу защит с относительной селективностью. Орган, определяющий знак мощности к. з., называется реле направления мощности.



Кроме измерительного органа (реле тока), органа направления мощности защита, как правило, имеет орган выдержки времени.

Токовые направленные защиты, как и ненаправленные выполняются обычно с несколькими ступенями. В качестве резервных (третьих) ступеней направленных защит применяются максимальные направленные токовые защиты. Первые и вторые ступени представляют собой токовые отсечки без выдержки и с выдержкой времени, включаемые на полные токи фаз и дополненные органом направления мощности.

1. Применение органа направления мощности позволяет обеспечить селективность токовых защит в кольцевых сетях с одним источником питания и в радиальных сетях с любым числом источников питания.

При наличии органа направления мощности можно увеличить защитоспособность первых и вторых ступеней. Селективность этих ступеней обеспечивается в сетях любой конфигурации с любым числом источников питания.

2. Защита проста по исполнению, а поэтому надежна. Однако наличие мертвой зоны, а также возможность неправильного выбора направления мощности при нарушениях в цепях напряжения, питающих реле направления мощности, снижает надежность токовой направленной защиты от междуфазных к. з.

10. Схемы включения реле направленной мощности.

Под схемой включения реле направления мощности (PM) подразумевается сочетание входных величин, т. е. \dot{U}_p и \dot{I}_p . Схема включения PM должна обеспечивать:

правильную фиксацию направления мощности к. з. при всех повреждениях, на которые защита должна реагировать;

возможно большее значение мощности на входе реле при к. з. для повышения чувствительности и надежности действия защиты.

В токовых направленных защитах линий от междуфазных к. з. наибольшее распространение получила 90-градусная схема включения PM.

Схема называется по значению угла между током и напряжением, подводимыми к реле в нормальном симметричном режиме, когда векторы напряжений и токов одноименных фаз совпадают. При этом фазовый сдвиг

$$\varphi_p = \widehat{\dot{U}_p \dot{I}_p} \approx 90^\circ$$

Сочетание фазных токов и междуфазных напряжений, подводимых к PM при их включении по 90-градусной схеме:

$$\dot{I}_A - \dot{U}_{BC}; \dot{I}_B - \dot{U}_{CA}; \dot{I}_C - \dot{U}_{AB}$$

Применительно к защите от многофазных к. з. наиболее целесообразным значением внутреннего угла является $\alpha = 30-45^\circ$.

Недостатком 90-градусной схемы включения PM (как и всех других схем) является наличие мертвой зоны защиты при металлическом трехфазном к. з. вблизи места установки защиты, так как напряжение, подводимое к реле, в этом случае близко к нулю. Однако если учесть малую вероятность возникновения такого повреждения, а также то обстоятельство, что мертвая зона направленной защиты перекрывается, как правило, зоной действия ненаправленной токовой отсечки, указанный недостаток не является существенным.

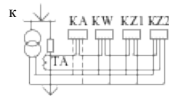
6. Дистанционная защита. Назначение, принцип выполнения, достоинства, недостатки.

В сложных сетях МТНЗ не всегда удовлетворяет требованиям селективности и быстродействия. В связи с этим желательно иметь защиту величина которой не зависит от режима работы СЭС, а время действия определяется только расстоянием от места ее установки до места КЗ (дистанционная защита). Она реагирует на отношение напряжения к току в месте установки защиты (сопротивление на зажимах реле). Защита реагирует на сопр-е, которое пропорц. расстоянию до места повреждения. Имеет несколько ступеней, параметрами каждой ступени являются длина защищаемой зоны и время срабатывания. По характеристикам выдержек времени ее 1, 2, 3, аналогичны ступеням токовой защиты. 1. Работает без выдержки времени (от начала до 0,85L). 2. Начинает работать с конца зоны действия 1 ступени, заканчивает на расстоянии <0,85L. 3. Работает до конца 2 ступени и является резервной. Пусковым органом может являться реле тока или реле сопротивления, что является более качественным. KZ1, KZ2 – дистанционные органы, предназначенные для формирования I и II ступени защиты.

На линиях с двухсторонним питанием дистанционная защита выполняется направленной, а выдержки времени ступеней выбираются как у ТНЗ во встречно-ступенчатому принципу.

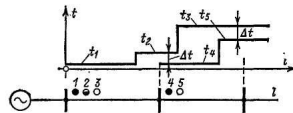
Орган направления мощности (реле KW) предотвращает срабатывание защиты при направлении мощности шином подстанции. Орган выдержек времени совместно с другими органами формирует трехступенчатую

характеристику защиты.



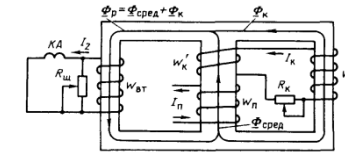
7. Токовая ступенчатая защита, ее составление. Пример.

Сочетая максимальную защиту 1 с мгновенной отсечкой 3 и отсечкой с выдержкой времени 2, можно получить трехступенчатую защиту, обеспечивающую быстрое отключение повреждений на защищаемой линии ЛЛ и резервирующую защиту 4 и 5 следующего участка. Протяженность зон меняется в зависимости от режима работы системы.



8. Особенности реле дифференциальной защиты трансформаторов: РНТ – 565, ДЗТ – 11, РСТ – 15. Для защиты трансформаторов используется продольная дифференциальная токовая защита

Основными элементами реле РНТ являются промежуточный трансформатор (НТТ) и исполнительный орган – реле РТ-40 или ЭТ-521



Промежуточный НТТ имеет два назначения:

- 1) обеспечивает отстройку реле от токов небаланса при переходных процессах;
- 2) служит одновременно для выравнивания магнитодвижущих сил (МДС), возникающих под действием различных по величине вторичных токов в плечах дифференциальной защиты.

Быстронасыщающийся трансформатор реле РНТ-565 является одновременно и промежуточным трансформатором для компенсации неравенства вторичных токов в плечах дифференциальной защиты и имеет для этой цели специальные уравнивательные обмотки. Ток во вторичной обмотке БНТ, к которой подключено реле, определяется суммарным магнитным потоком в сердечнике, который создается как рабочей, так и уравнивательными обмотками. Для того чтобы при прохождении через трансформатор сквозного тока нагрузки или КЗ ток во вторичной обмотке был равен нулю, необходимо правильно включить рабочую и уравнивательные обмотки в дифференциальную схему и так подобрать числа витков обмоток, чтобы компенсировать неравенство вторичных токов ТТ и установить необходимый ток срабатывания.

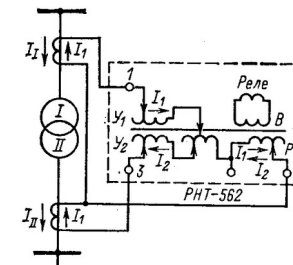


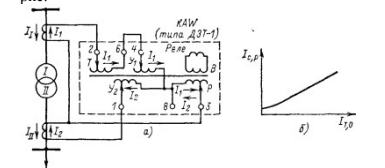
Рис.. Принципиальная схема токовых цепей дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора с реле типа РНТ-565 (РНТ-562).

При выполнении дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора (рис) цепи от ТТ с обеих его сторон присоединяются к уравнивательным обмоткам Y1 и Y2 так, чтобы при прохождении через трансформатор сквозного тока токи в уравнивательных обмотках были направлены встречно. В принципе для компенсации неравенства вторичных токов ТТ можно было бы использовать только одну уравнивательную обмотку БНТ. Однако при использовании обеих обмоток обеспечивается более точная компенсация неравенства вторичных токов.

ДЗТ - 11.

Для защиты трансформаторов используется продольная дифференциальная токовая защита

Для повышения чувствительности дифференциальной защиты в таких случаях используются реле КА W с тормозным действием типа ДЗТ. У таких реле на БНТ кроме обмоток, аналогичных тем, что имеются у реле типа РНТ, расположены дополнительно одна или несколько тормозных обмоток. Включение реле с одной тормозной обмоткой типа ДЗТ-11 показано на рис.

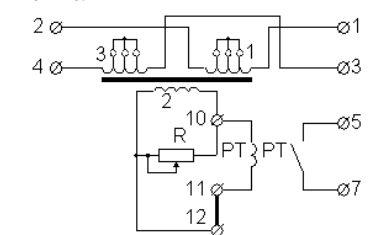


Принципиальная схема токовых цепей дифференциальной защиты с реле ДЗТ-11 для двухобмоточного трансформатора: а — схема включения реле; б — тормозная характеристика зависимости тока срабатывания I_{ср} от тока в тормозной обмотке I_то

Тормозная обмотка Т, включенная в плечо дифференциальной защиты, по которой проходит ток сквозного КД, подмагничивает сердечник БНТ, что приводит к увеличению тока срабатывания реле. Зависимость тока срабатывания реле ДЗТ от тока, проходящего в тормозной обмотке, показана на рис. б. Эта зависимость, называемая тормозной характеристикой, показывает, что при увеличении тока сквозного КЗ ток срабатывания также возрастает, что обеспечивает отстройку от увеличивающихся токов небаланса.

Промышленно выпускается реле с одной тормозной обмоткой типа ДЗТ-11, с тремя тормозными обмотками типа ДЗТ-13 и с четырьмя тормозными обмотками типа ДЗТ-14.

РСТ - 15.



Принципиальная схема реле РСТ-15

Реле предназначены для дифференциальной защиты одной фазы высоковольтных электродвигателей и понижающих трансформаторов в комплексах устройств, от которых требуется повышенная устойчивость к механическим (сейсмическим) воздействиям.

9. Особенности и принцип действия полупроводниковых реле тока (на примере РСТ – 80АВ)

Реле применяется в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики в качестве органа, реагирующего на повышение тока в контролируемой цепи.

Основные преимущества реле:

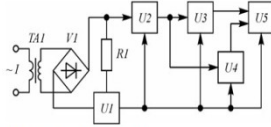
- не требуется оперативное питание – реле питается от входного тока, вследствие чего обладает высокой помехоустойчивостью, и может применяться вместо реле РТ80, РТ90, при этом мощность, потребляемая на минимальной уставке диапазона, не более 1,5 ВА;

- в одном реле два функциональных элемента – измерительный орган тока со стандартными зависимыми характеристиками срабатывания типов А и В и быстродействующий орган отсечки;

- Применение зависимых характеристик срабатывания стандартных типов (А и В) позволяет оптимально согласовать защиту с характеристиками защищаемых объектов и с современными микропроцессорными защитами;

- РСТ-80АВ выполнено на микроэлектронной элементной базе, поэтому в отличие от электромеханических реле обладает высокой виброустойчивостью и ударопрочностью;

коммутиционная способность контактов реле позволяет действовать непосредственно на отключающую катушку выключателей.



U1 – блок питания, U2 – электронный преобразователь, U3 – орган формирования зависимой выдержки времени, U4 – элемент отсечки, U5 – выходные органы.

Электронный преобразователь U2 преобразует уровень напряжения, выделяемого на резисторе R1, в рабочий сигнал, во-первых, необходимый для формирования зависимой выдержки времени элементом U3, и, во-вторых, требуемый для срабатывания без выдержки времени элемента отсечки U4. Орган формирования зависимой выдержки времени U3 является основным элементом схемы и служит для получения выдержки времени срабатывания реле, зависящей от кратности входного тока относительно уставки срабатывания. Элемент отсечки U4 служит для обеспечения срабатывания реле без выдержки времени при больших кратностях входного тока относительно уставки срабатывания.

10. Особенности и принцип действия индукционных реле тока (на примере РТ – 80)



Реле состоит из подвижной системы (алюминиевый диск) – 3, расположенной в поле магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 , которые создаются токами, проходящими по обмоткам неподвижных электромагнитов 1 и 2. При вращении подвижная система преодолевает момент пружины 5 и замыкает контакты 4. Пронизывая подвижную систему магнитные потоки наводят ЭДС: $E_{d1} = -d\Phi_1/dt$; $E_{d2} = -d\Phi_2/dt$. Под действием ЭДС возникают вихревые токи I_{v1} и I_{v2} . Между магнитным потоком и током, находящимся в его поле возникает электромагнитная сила взаимодействия: F_{v1} и F_{v2} . Направление их определяется углом сдвига фаз между магнитным потоком и током. Т.е. силы F_{v1} и F_{v2} образуют результирующую электромагнитную силу $F_v = F_{v1} + F_{v2}$. Результирующая сила создает вращающий момент, приводящий в движение подвижную систему.

На этом принципе выполняются измерительные реле тока и реле направления мощности.

11. Особенности и принцип действия электромагнитных реле тока (на примере РТ – 40)



1-электромагнит, состоящий из стального сердечника обмотки, 2-стальной подвижный якорь с контактом-3, 5-притягивающая пружина. Ток, проходящий по обмотке электромагнита создает намагничивающую силу $HС = I_p * w_p$, под действием которой возникает магнитный поток, замыкающийся через сердечник электромагнита, воздушный зазор δ и якорь. Якорь намагничивается и притягивается к полюсу электромагнита и замыкает контакт. $F_v = k * \Phi^2$. $\Phi = I_p * w_p / R_m$, где R_m - магнитное сопротивление пути, по которому замыкается магнитный поток. w_p - витки обмотки. Т.е. $F_v = k * I_p^2 * (w_p^2 / R_m^2) = k' * I_p^2$. Коэффициент k' зависит от R_m .

После притягивания якоря реле в электромагниту в связи с различным характером изменения эл/м и механической хар-к на подвижную часть реле действует избыточная сила. Значение коэффициента возврата тем существеннее отличается от 1, чем больше избыточная сила. С др стороны, с ростом избытка силы повышается надежность работы замыкающих контактов реле. Поэтому избыток силы должна быть достаточной для надежной работы контактов, но не слишком большой чтобы не влиять на коэф. возврата. Эти условия удовлетворяются при использовании П-образной магнитной системы с поперечным движением якоря. На ее основе выполнено РТ-40.

12. Устройства АЧР. Принцип действия, основные требования.

Для нормальной работы потребителей необходимо поддерживать f равной номинальной. Поддержание частоты производится как автоматически, так и вручную. Причем успешное регулирование частоты возможно при наличии в энергосистеме резерва активной мощности “вращающийся резерв”. При отсутствии такого резерва отключение части генераторов или включение дополнительной группы потребителей приведет к снижению частоты. На электростанциях это ведет к снижению мощности, вырабатываемой генераторами. Т.е. дефицит активной мощности растет и появляется дефицит реактивной мощности, возникает так называемая “лавина частоты” и возможно также лавинообразное снижение напряжения, что ведет к нарушению всей системы электроснабжения. Чтобы этого не произошло, необходимо автоматически отключать часть наименее ответственных потребителей. Это осуществляется с помощью устройств АЧР “свет жизни”. Устройства АЧР должны срабатывать при снижении f до 47-;48 Гц. При выборе величины мощности, отключаемой устройствами АЧР, должен учитываться регулирующий эффект нагрузки – мощность, потребляемая нагрузкой, снижается вместе с f . Но в системе возможны и небольшие дефициты активной мощности. В этом случае нет необходимости отключать всю неотвечную группу потребителей, как при больших авариях. Т.е. нагрузка, которую отключает АЧР при снижении f должна разбиваться на очереди. Таким образом, схема АЧР выполняется состоящей из нескольких (порой более 10) очередей с разными уставками срабатывания по f . Устройства АЧР могут выполняться и с временными ступенями селективности (АЧР П). Т.е. очереди в этом случае имеют одинаковую уставку по частоте (около 48 Гц), но разные уставки по времени : минимальную – 15-;20 с., максимальную – до 60-;90 с. Таким образом, устройство АЧР состоит из двух органов: пускового (реле частоты), реагирующего на изменение частоты, и органа выдержки времени (реле времени). В некоторых типах реле эти органы объединены в одно целое. В энергосистемах, наряду с АЧР, используются и другие виды автоматики. Поэтому для успешного осуществления частотной разгрузки необходимо, чтобы отключенные АЧР потребители не включались повторно устройствами АПВ или устройства АВР не восстанавливали их питание от тех же источников. Т.е. необходимо согласовывать действие различных устройств автоматики.

13. Устройства АПВ. Принцип действия, основные требования.

Назначением АПВ, как указывалось, является автоматическое восстановление питания потребителей в случае отключения питающей линии устройством релейной защиты путем ее нового (повторного) включения. Возможность восстановления таким образом питания потребителей объясняется тем, что большинство к. з. на воздушных линиях оказываются неустойчивыми и исчезают, если линию кратковременно отключить.

Требования

1. УАПВ должны находиться в состоянии постоянной готовности к действию и срабатывать при всех случаях аварийного отключения выключателя, кроме случаев отключения выключателя релейной защитой после включения его дежурным персоналом; не должны приходить в действие при оперативных отключениях выключателя дежурным персоналом.

2. Устройства АПВ должны иметь минимально возможное время срабатывания $t_{АПВ1}$ для того, чтобы сократить продолжительность перерыва питания потребителей. Время срабатывания АПВ линии с односторонним питанием:

$$t_{АПВ} \geq t_{Г,П} + t_{3,АП} = 0.5 \dots 0.8 \text{ с.}$$

3. Автоматически с заданной выдержкой времени УАПВ должны возвращаться в состояние готовности к новому действию после включения в работу выключателя. Должно выполняться:

а). устройство не должно производить многократные включения выключателя на неустановившееся короткое замыкание:

$$t_{АПВ2} \geq t_{АПВ1} + t_{В,В} + t_{С,З,МАХ} + t_{О,В} + t_{3,АП}$$

, где $t_{В,В}$ – время принимаемое равным ступени селективности защиты линии.

б). устройство должно быть готовым к действию не раньше, чем это допускается по условиям работы выключателя после успешного включения его в работу устройством АПВ.

Для однократного АПВ оба условия выполняются, если применять $t_{АПВ1} = 15 \dots 25 \text{ с.}$

Для двукратного $t_{АПВ2} = 60 \dots 100 \text{ с.}$

14. Устройства АВР. Принцип действия, основные требования.

В качестве измерительного органа для АВР в высоковольтных сетях служат реле минимального напряжения, подключённые к защищаемым участкам через трансформаторы напряжения. В случае снижения напряжения на защищаемом участке электрической сети реле даёт сигнал в схему АВР. Однако, условие отсутствия напряжения не является достаточным для того, чтобы устройство АВР начало свою работу.

Как правило, должен быть удовлетворён еще ряд условий:

- На защищаемом участке нет неустранённого короткого замыкания. Так как понижение напряжения может быть связано с коротким замыканием, включение дополнительных источников питания в эту цепь нецелесообразно и недопустимо.

- Вводной выключатель включён. Это условие проверяется, чтобы АВР не сработало, когда напряжение исчезло из-за того, что вводной выключатель был отключён намеренно.

- На соседнем участке, от которого предполагается получить питание после действия АВР, напряжение присутствует. Если обе питающие линии находятся не под напряжением, то переключение не имеет смысла.

После проверки выполнения всех этих условий логическая часть АВР даёт сигнал на отключение вводного выключателя обесточенной части электрической сети и на включение межлинейного (или секционного) выключателя. Причём, межлинейный выключатель включается только после того, как вводной выключатель отключился.

Требования:

1. Находиться в состоянии постоянной готовности к действию и срабатывать при прекращении питания потребителей по любой причине и наличии нормального напряжения на другом, резервном для данных потребителей источнике питания.

2. Иметь минимально возможное время срабатывания $t_{авр}$.

3. Обладать однократностью действия, что необходимо для предотвращения многократного включения резервного источника на устойчивое короткое замыкание.

4. Обеспечивать вместе с защитой быстрое отключение резервного источника питания и его потребителей от повреждённой резервируемой секции шин и тем самым сохранять их нормальную работу. Для этого предусматривается ускорение защиты после АВР.

5. Не допускать опасных несинхронных включений синхронных электродвигателей и перегрузок оборудования.

15 Принцип действия и основные требования к автоматическим регуляторам возбуждения синхронных генераторов.

Системой возбуждения называется совокупность оборудования, аппаратов и устройств, которая обеспечивает необходимое возбуждение генераторов в нормальных и аварийных режимах. Основными устройствами системы возбуждения являются возбудитель и устройство автоматического регулирования возбуждения (УАРВ).

Основным назначением УАРВ синхронных генераторов является повышение динамической устойчивости систем электроснабжения путем быстрого и значительного увеличения возбуждения генераторов в аварийных режимах. При этом также облегчается самозапуск электродвигателей и обеспечивается более четкая работа релейной защиты за счёт уменьшения затухания тока КЗ.

В нормальном режиме работы УАРВ поддерживает заданное напряжение на шинах электростанции или в иной точке электросистемы и обеспечивает наиболее выгодное распределение реактивной мощности между параллельно работающими генераторами и электростанциями. Сущность АРВ состоит в том, что автоматический регулятор воспринимает изменения напряжения или других электрических величин (например, тока) и преобразует их в изменения тока возбуждения генератора.

Обмотка возбуждения генератора расположена на подвижной части синхронной машины — роторе — и вращается вместе с ним, поэтому подключение обмотки к возбудителю и выполнение самого возбудителя связаны с рядом трудностей. Трудности эти возрастают по мере увеличения мощности синхронной машины. В связи с этим существуют различные системы возбуждения, которые классифицируются по виду применяемого возбудителя. Основными из них являются *электромашинная* и *тиристорная*.

К электромашинной относятся:

- схема возбуждения с генератором постоянного тока;
- схема возбуждения с генератором переменного тока повышенной частоты с неуправляемым полупроводниковым;
- бесщеточная схема возбуждения с генератором переменного тока повышенной частоты.

Электромашинные возбудители обычно располагают непосредственно на валу синхронного генератора.

16 Микропроцессорные устройства РЗА

Ранее отмечались преимущества цифровых органов релейной защиты и автоматики перед электромеханическими и полупроводниковыми реле и рассмотрены структурные схемы блоков цифровых измерительных реле прямой последовательности тока ИРТ, напряжения ИРН, направления мощности ИРММ и направленного реле сопротивления ИНРС. Они имеют много общего с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики, выпускаемыми нашей промышленностью. Центральным узлом как тех, так и других является микропроцессор, осуществляющий арифметико-логические преобразования информации, содержащейся в воздействующих величинах.

Многофункциональный микропроцессорный блок БМРЗ—04

Этот блок выполняет различные функции релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации и обладает обширными информационными и сервисными свойствами. Он содержит весь комплекс защит и автоматики линии электропередачи в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. Среди них: трехступенчатая токовая защита с контролем по напряжению и направлению мощности с независимой или зависимой от тока выдержкой времени; направленная защита от однофазных замыканий на землю; минимальная защита напряжения, устройство автоматического повторного включения; устройство автоматического включения резервных выключателей и другие устройства защиты и автоматики.

Микропроцессорные комплексные устройства защиты и автоматики серии SPAC800

Устройство предназначено для защиты и автоматики кабельных и воздушных линий, трансформаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей различной мощности, реакторов и других присоединений в сетях напряжением 6—10—35 кВ. Устройство выполняет не только функции защиты и автоматики, но и местного и дистанционного управления, измерения и сигнализации, а также выполняет блокировки и может применяться в качестве устройства нижнего уровня для построения системы управления энергообъектов (АСУ).

Основными достоинствами устройства являются многофункциональность; местное и дистанционное управление; возможность интегрирования в систему управления верхнего уровня; прием сигналов от внешних устройств с последующим действием на отключение или (и) сигнализацию; контроль готовности цепей управления выключателем; регистрация параметров аварийных событий; гибкая программируемая логика с действием на сигнал или отключение; цифровой дисплей для отображения параметров; интерфейс последовательной связи для передачи данных о событиях, уставках и состоянии оборудования; высокая надежность, обеспечиваемая системой самоконтроля; малое потребление по цепям тока и оперативного питания; устойчивость к воздействию электрических помех.

17 Схемы включения трансформаторов тока, их погрешности, понятие коэффициента схемы

В зависимости от назначения защиты и предъявляемых к ней требований применяются следующие схемы соединения измерительных преобразователей и цепей тока измерительных органов:

- трехфазная схема соединения в полную звезду;
- двухфазная двух- и трехрелейная схема соединения в неполную звезду;
- трехфазная схема соединения *TA* в полный треугольник, а измерительных органов — в полную звезду;
- двухфазная однорелейная схема соединения в неполный треугольник (на разность токов двух фаз).

Во всех этих схемах измерительные органы включают на полные токи фаз. Распространение получили также схемы включения на составляющие токов нулевой и обратной последовательности. В этих схемах реле подключается к фильтрам тока нулевой и обратной последовательностей. В схемах с включением реле на полные токи фаз токи в реле

I_p в общем случае отличаются от вторичных фазных токов $I_{2\phi}$ измерительных преобразователей. Это отличие характеризуется

коэффициентом схемы

$$k_{cx}^{(m)} = I_p / I_{2\phi}$$

который может зависеть от режима работы защищаемого элемента. Если ток

$I_{1\phi}$ и коэффициент

трансформации

$$K_I$$

измерительного преобразователя, то

$$k_{cx}^{(m)} = I_p * K_I / I_{1\phi}$$

Это соотношение справедливо также для тока срабатывания реле

$$I_{c.p.} \text{ и тока срабатывания } I_{c.з.}$$

т.е. $k_{cx}^{(3)}$. При определении токов срабатывания обычно рассматривается симметричный режим. В этом

случае коэффициент схемы обозначают как

$$k_{cx}^{(3)}$$

18 Схемы включения трансформаторов напряжения, их погрешности, понятие коэффициента схемы

Включение однофазного трансформатора напряжения (рис. а). Первичная обмотка трансформатора включается на напряжение двух любых фаз. Такая схема применяется в тех случаях, когда достаточно иметь одно междуфазное напряжение, например напряжение U_{bc}

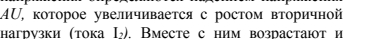
Схема соединения обмоток трансформаторов напряжения в открытый (неполный) треугольник (рис. б). Первичные обмотки двух однофазных трансформаторов напряжения включаются на два любых междуфазных напряжения. Вторичные обмотки соединяются последовательно. Такая схема дает возможность включать реле на все междуфазные напряжения (реле $KV1 — KV3$) и на напряжения фаз по отношению к искусственной нейтральной точке системы междуфазных напряжений. В последнем случае включение можно выполнить тремя реле, обмотки которых имеют равные сопротивления и соединены в звезду (реле $KV4 — KV6$). Схема соединения двух однофазных трансформаторов в открытый треугольник является наиболее распространенной. Она не может применяться в тех случаях, когда необходимо иметь фазные напряжения относительно земли.

Схема соединения обмоток трансформаторов напряжения в звезду (рис. в), как и рассмотренная схема соединения обмоток в открытый треугольник, дает возможность включать реле на любые междуфазные напряжения (реле $KV1 — KV3$) и на напряжения фаз относительно искусственной нейтральной точки системы междуфазных напряжений (реле $KV4 — KV6$), а также по отношению к земле, т. е. на любые фазные напряжения (реле $KV7 — KV9$).

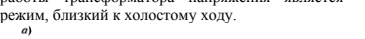
Рассматриваемую схему можно выполнить посредством трех однофазных трансформаторов напряжения или одного трехфазного пятистержневого. Применение трехфазных трехстержневых трансформаторов напряжения в данном случае не допускается в связи с тем, что при замыкании на землю в сети по первичным обмоткам трансформатора через его заземленную нейтраль проходят большие токи намагничивания нулевой последовательности и трансформатор сильно перегревается.

Значения погрешностей трансформатора напряжения определяются падением напряжения AU , которое увеличивается с ростом вторичной нагрузки (тока I_2). Вместе с ним возрастают и погрешности, поэтому нормальным режимом работы трансформатора напряжения является режим, близкий к холостому ходу.

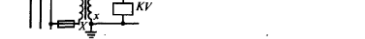
а)



б)



в)



19 Релейная защита трансформаторов. Понятия и виды

Релейная защита трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций зависит от типа коммутационных аппаратов, установленных на стороне высшего и низшего напряжения, и включает в себя следующие виды:

1. *От межфазных коротких замыканий на стороне высшего напряжения* — предохранители (в случае применения выключателей нагрузки); максимальная токовая защита; иногда, по условию обеспечения селективности, устанавливается токовая отсечка.

2. *От однофазных замыканий на землю на стороне низкого напряжения* — автоматические выключатели на стороне низкого напряжения или специальная защита нулевой последовательности, установленная в нулевом проводе на стороне низкого напряжения.

3. *От повреждений внутри кожуха и понижения уровня масла* — газовая защита, устанавливаемая на трансформаторах мощностью 400 кВА и выше; у герметически закрытых трансформаторов, не имеющих расширителя, вместо газового реле устанавливают реле повышения внутри трансформаторного давления, работающего на отключение.

4. *От перегрузки* (максимальная) — токовая защита.

Ток срабатывания максимальной токовой защиты от межфазных коротких замыканий рассчитывается по двум условиям.

Первое условие:

$$I_{с.з.} > K_{отс} * K_{с.з.н} / K_{в} * I_{раб(мах)}$$

Где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, $K_{отс} = 1,2$; $K_{с.з.н}$ - коэффициент возврата, $K_{в} = 0,8$; $I_{раб(мах)}$ - $I_{ном. транс}$

Второе условие – обеспечение бездействий защиты после работы АВР на стороне 0,4кВ:

$$I_{с.з.} \geq K_{отс} * (K_{с.з.н} * I_{раб.рез(мах)} + I_{раб(мах)})$$

$I_{раб.рез(мах)}$ — максимальный рабочий ток секции 0,4 кВ, которая подключается к рассматриваемому трансформатору при срабатывании устройства АВР, принимается равным $(0,65—0,7)I_{ном.транс}$; $I_{раб(мах)}$ — максимальный рабочий ток рассматриваемого трансформатора, который в схеме с АВР не должен превышать $(0,65-0,7)I_{ном.транс}$ чтобы не допускать опасной перегрузки трансформатора после действия АВР.

Из двух значений $I_{сз}$ выбирается наибольший.

20 Особенности РЗ высоковольтных и низковольтных электродвигателей

Виды релейной защиты двигателей.

1. *От многофазных замыканий на линейных выводах и в обмотке статора.* Для двигателей мощностью до 4 МВт применяется максимальная токовая отсечка. Токовая отсечка электродвигателей мощностью до 2 МВт выполняется по наиболее простой однорелейной схеме. Для двигателей мощностью выше 4 МВт и в случаях, когда токовая отсечка не проходит по чувствительности, применяют продольную дифференциальную защиту без выдержки времени.

2. *От перегрузки.* Защита устанавливается в случаях, когда возможны технологические перегрузки электродвигателей или тяжелые условия пуска и самозапуска (время пуска более 20 с). Устанавливают максимальную токовую защиту с действием на сигнал. Действие защиты на отключение предусматривается в случаях, когда без остановки двигателя выявить причину перегрузки невозможно.

3. *От однофазных замыканий на землю на линейных выводах и в обмотке статора.* Защита применяется, если ток срабатывания защиты превышает 10 А для электродвигателей мощностью до 2 МВт и 5 А для электродвигателей мощностью выше 2 МВт. Устанавливается токовая защита нулевой последовательности или токовая направленная защита нулевой последовательности. На электродвигателях большой мощности, питаемых через два и больше кабелей, защиту от замыканий на землю выполняют с одним общим трансформатором тока нулевой последовательности. Для защиты от двойных замыканий на землю используют токовую отсечку нулевой последовательности.

4. *От потери питания и понижения напряжения.* Используют защиту минимального напряжения, отключающую неотчетственные электродвигатели для обеспечения самозапуска наиболее ответственных. В некоторых случаях, например, для пуска схем АВР, может быть отключена и часть ответственных электродвигателей. Число ступеней уставок срабатывания по напряжению и по времени зависит от типа электродвигателей, условий их работы и отношения к самозапуску.

5. *От асинхронного режима (для синхронных электродвигателей).* Устанавливается защита на токовом реле, действующем на отключение выключателя и АГП с выдержкой времени.

Требования к защите: отличать, какой синхронный двигатель — возбужденный или невозбужденный — перешел в асинхронный режим; действовать только при скольжении, большем критического; действие на гашение поля, если асинхронный режим не связан с потерей возбуждения; осуществление автоматической разгрузки синхронных двигателей, не рассчитанных на втягивание в синхронизм при полной нагрузке; отключение синхронных двигателей при неудачной ресинхронизации; не должны вызывать срабатывания защиты пуск, самозапуск, форсировка возбуждения и другие переходные режимы.

Релейная защита двигателей напряжением до 1 кВ выполняется в основном в соответствии с требованиями к релейной защите высоковольтных электродвигателей, но на элементной базе коммутационных аппаратов до 1 кВ. Предусматривается защита от следующих режимов:

— *от многофазных коротких замыканий* устанавливаются плавкие предохранители или максимальные токовые реле, используются также аппараты, совмещающие устройства защиты и управления — магнитные пускатели и автоматические выключатели;

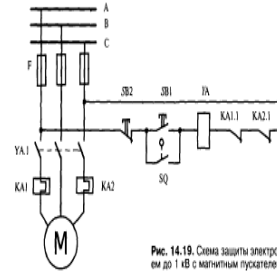


Рис. 14.19. Схема защиты электродвигателя напряжением до 1 кВ с магнитным пускателем

— *от перегрузки* применяются тепловые реле;

— *от однофазных замыканий на землю* используются реле тока, подключенные к трансформатору тока нулевой последовательности;

— *от потери питания и понижения напряжения* устанавливается магнитный пускатель или контактор, автоматически отключающийся при снижении напряжения до $(0,6-0,7)U_{ном}$