

УДК 621.316

Б.Т. Кононов, М.Ю. Едаменко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ПРИ ДАЛЬНЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматривается дальнейшее резервирование релейной защиты элементов систем электро-снабжения, предлагается устанавливать факт короткого замыкания по характеру изменения тока в переходном процессе, предназначается использовать для определения скорости и ускорения изменения тока фильтра, состоящий из трех последовательно включенных интегрирующих операционных усилителей.

Ключевые слова: дальнейшее резервирование, релейная защита, чувствительность и селективность.

Введение

Постановка задачи. Повышение надежности в электрических сетях достигается резервированием. Комплексы защит элементов сети должны обеспечивать полноценное ближнее резервирование, используя для этого выключатели поврежденного элемента, а при отказе хотя бы одного из них, смежные выключатели позволяющие обесточивать места коротких замыканий.

Наряду с этим, защита должна обеспечивать дальнейшее резервирование, если его возможно осуществить. Таким образом, необходимо рассмотреть возможности повышения надежности релейной защиты, особенно надежность в экстремальных условиях для систем электроснабжения, рассредоточенных на больших территориях.

Дальше резервирование выполняется защитами не на объекте с отказавшими устройствами, а на других удаленных подстанциях. Так, при повреждении на одной из воздушных линий, отходящей от подстанции ПС1 (рис. 1), с отказом ее защит или выключателя должны сработать при выполнении функций дальнего резервирования защиты и отключиться выключатели на ПС2-ПС7.

Дальнее резервирование обеспечивает локализацию аварий, прекращение протекания токов короткого замыкания и развитие повреждения оборудования, однако необходимо считаться со следующими его недостатками.

1. При отказе выключателя присоединения, отходящего от подстанции с двумя системами (секциями) шин, и включенном шиносоединительном или секционном выключателе, работа защит в режиме дальнего резервирования приводит к обесточиванию всех питающихся от данной подстанции потребителей. Так, для схемы сети, показанной на рис. 1, одновременно с обесточиванием шин ПС1 происходит отключение отпаечных подстанций ПС8-ПС12.

2. В режиме дальнего резервирования устройства защиты действуют на значительном числе под-

станций. Так, в изображенной на рис. 1 сети отключение происходит на шести подстанциях. Это усложняет диспетчерскую ликвидацию аварий, затрудняет сбор информации об объемах отключений, что в ряде случаев не позволяет оперативно принять нужное решение по восстановлению нормальной работы энергосистемы.

3. Дальнее резервирование осуществляется, как правило, последними ступенями защит, т.е. защитами с большими выдержками времени. Во многих случаях их чувствительность обеспечивается только в результате каскадного действия. Например, вначале имеют чувствительность к рассматриваемому на рис. 1 короткому замыканию повреждения защиты только на ПС2 и ПС5, после отключения обоих выключателей увеличивается до необходимого значения ток в защите ПС4, после отключения выключателя повышается чувствительность защиты на ПС6 и т.д. В результате полное время отключения короткого замыкания может быть больше 10 – 20 с. При таких временах отключения возрастает вероятность устойчивых повреждений и неуспешных АПВ с обесточиванием большого числа потребителей. Даже при неустойчивых повреждениях АПВ большинства присоединений будет неуспешным, поскольку при выборе времени срабатывания АПВ обычно не учитывается столь длительное существование режима короткого замыкания.

4. В ряде случаев при повреждении в конце линии и отказе ее защит или выключателя чувствительность защит в режимах дальнего резервирования вообще не обеспечивается. В первую очередь это касается чувствительности дистанционных защит к междуфазным коротким замыканиям на линиях, примыкающих к мощным подстанциям или за трансформаторными подстанциями.

5. При действии защит в режимах дальнего резервирования, когда отключается большое количество выключателей отказ одного из выключателей или одной из защит на противоположном конце линии (в дальнейшем будем называть такие отказы

сопутствующими), создает еще более тяжелые условия для работы смежных устройств релейной защиты. Применительно к рис. 1 при сопутствующем отказе выключателя на ПС7 обеспечить чувствительность защит на ПС13, ПС14 и ПС15, как правило, невозможно.

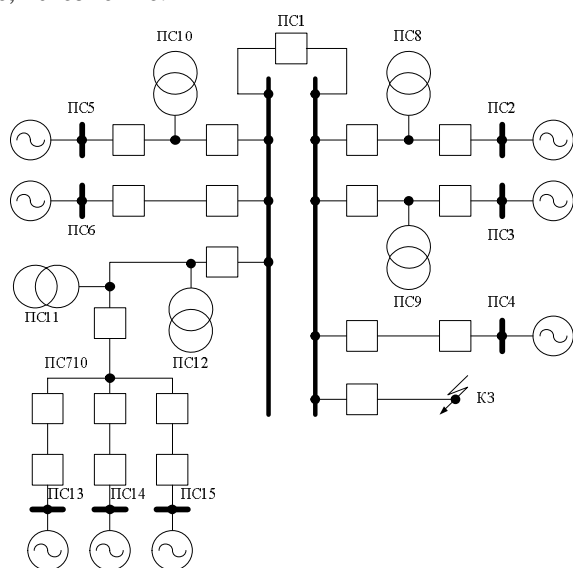


Рис. 1. Схема сети

Для повышения чувствительности защит при их работе в режимах дальнего резервирования на шинносоединительных и секционных выключателях необходимо дополнительно устанавливать специальные комплекты защит. Если таким комплектом защиты обеспечить отключение выключателей, то одна из систем шин, а вместе с ней ряд линий и подстанций отделяются от поврежденного участка системы. В присоединениях, подключенных к другой системе шин с неотключившимся поврежденным элементом, возрастают токи КЗ, повышается чувствительность защит, обеспечивающих дальнейшее резервирование.

Дальнее резервирование должно быть достаточно эффективным, т.е. потери в результате его функционирования не должны быть недопустимо большими. Вместе с тем, для повышения чувствительности, особенно в электрических сетях сложной конфигурации, необходимо иметь возможности различать ситуации, имеющих место при увеличении токов нагрузки и при возникновении междуфазных коротких замыканий, т.е. необходимо достоверно определять факт короткого замыкания.

Анализ литературы. Основные требования к устройствам релейной защиты электрических сетей изложены в [1 – 4]. Этим требованиям свойственны определенные противоречия, проявляющиеся в трудностях достижения селективности защиты и её быстродействия в условиях необходимости резервирования и своевременного реагирования на возникающие повреждения.

Для обнаружения поврежденных элементов в электрической системе, как правило, используют изменение токов, протекающих через защищаемые элементы, а защиты, реагирующие на токи, отличающиеся от токов нормального режима, относятся к токовым защитам. Для обеспечения чувствительности и селективности токовых защит их выполняют путем сочетания разных типов токовых защит на отдельных ступенях защиты. Однако даже при этом в электрических сетях сложной конфигурации токовые защиты не позволяют обеспечить селективное отключение поврежденных элементов из-за низкой чувствительности.

Цели статьи – разработка способов повышения быстродействия и чувствительности резервных защит при удаленных коротких замыканиях в системах электроснабжения.

Основной материал

Чувствительность токовых защит может повыситься, если защита позволяет различать процессы, происходящие при коротком замыкании и набросе нагрузки, т.е. позволяет установить факт появления короткого замыкания. Предлагается для определения собственно короткого замыкания использовать не величину тока, которая при значительном удалении от места короткого замыкания может быть соизмерима со значением тока при набросе нагрузки, а характер изменения тока. В случае появления короткого замыкания действующее значение тока вначале увеличивается, а затем начинает снижаться, что связано с затуханиями аperiodической составляющей тока короткого замыкания. В последующем ток короткого замыкания либо незначительно снижется, либо в системах электроснабжения, в которых предусмотрены фарсировки возбуждения, практически не изменяется.

При набросе нагрузки начальный этап процесса изменения характера тока такой же, как и при коротких замыканиях, а затем после броска тока и последующего его уменьшения величина тока увеличивается и достигает установившегося значения. Характер изменения тока в процессе короткого замыкания и набросах нагрузки может быть различим, если устройство релейной защиты позволяют определять скорость и ускорение тока, т.е. определять первую и вторую производные тока. Используемые в настоящее время для определения скорости и ускорения дифференцирующего блоки работают неудовлетворительно. Это связано с тем, что в измерительно-вычислительном блоке имеются цепи из последовательно включенных двух дифференцирующих операционных усилителей. Такая цепь будет всегда иметь на своем выходе высокий уровень помех, поскольку первое дифференцирование фак-

тически отменяет операцию сглаживания, а дальнейшее дифференцирование неизбежно приведет к образованию больших сигналов помехи.

Для определения скорости и ускорения изменения величины тока предлагается использовать фильтр, состоящий из трех последовательно включенных интегрирующих усилителей, охваченных обратными связями ток, что результирующая передаточная функция соответствует звену третьего порядка вида

$$W(P) = \frac{K}{aP^3 + bP^2 + cP + 1}, \quad (1)$$

где K – коэффициент усиления; a, b, c – коэффициент при производных; $P = \frac{d}{dt}$ – оператор дифференцирования.

Поскольку звено, описываемое выражением (1), имеет вполне определенную полосу пропускания, зависящую от выбора коэффициентов a, b, c , то его можно рассматривать как фильтр. Сигнал на выходе этого фильтра пропорционален величине тока. Так как сигнал на выходе третьего интегрирующего операционного усилителя пропорционален току, то сигнал на входе этого усилителя пропорционален скорости его изменения, т.е. сигнал на выходе второго интегрирующего операционного

усилителя пропорционален $\frac{di}{dt}$. Очевидно что сигнал на входе второго интегрирующего операционного усилителя, а значит и сигнал на выходе первого интегрирующего операционного усилителя пропорциональным ускорению изменения тока, т.е. пропорционален $\frac{d^2i}{dt^2}$. Таким образом, фильтр, схема

короткого показана на рис. 2, позволяет определить как скорость изменения тока, так и ускорение изменения тока. Введение в состав релейной защиты предлагаемого фильтра позволяет определить факт появления в системе электроснабжения короткого

замыкания при наличии таких условий как рост первой производной тока во времени с последующим её уменьшением до нулевого значения, при котором прекращается изменение ускорения.

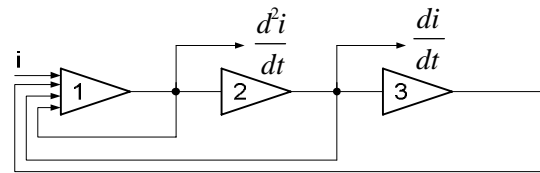


Рис. 2. Схема фильтра

Таким образом, введение предлагаемого фильтра в состав блоков релейной защиты позволяет оперативно отключить место короткого замыкания при отказе основных защит элементов электрической системы.

Вывод

Использование в защитах дальнего резервирования блоков, определяющих характер переходных процессов по скорости и ускорению изменения тока, позволяет повысить коэффициент чувствительности токовых защит с одновременным обеспечением требуемого быстродействия.

Список литературы

1. *Электрические сети и системы* / Под ред. Л.Н. Баптидинова. – М.-Л.: ГЭМ, 1963. – 464 с.
2. *Электроснабжение* / Под ред. В.И. Шапошникова и Б.Т. Кононова. – М.: МО СССР, 1986. – Ч. 2. – 217 с.
3. *Електропостачання і електрообладнання військових об'єктів: підручник*. – Х.: ХВУ, 1998. – Ч. 2. – 500 с.
4. Кононов Б.Т. *Релейний захист та автоматика в системах електропостачання військових об'єктів: підручник* / Б.Т. Кононов, Б.Ф. Самойленко, В.Б. Кононов. – Х.: ХУПС, 2007. – 384 с.

Поступила в редколлегию 12.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Чинков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШВИДКОДІЇ ПРИ ДАЛЕКОМУ РЕЗЕРВУВАННІ СТРУМОВИХ ЗАХИСТІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Б.Т. Кононов, М.Ю. Єдаменко

У статті розглядається далеке резервування релейного захисту елементів систем електропостачання, пропонується встановлювати факт короткого замикання за характером зміни струму в перехідному процесі, використовується для визначення швидкості і прискорення зміни струму фільтра, що складається з трьох послідовно включених інтегруючих операційних підсилювачів.

Ключові слова: далеке резервування, релейний захист, чутливість і селективність.

PROVISION OF PERFORMANCE IN THE FAR RESERVATION OF THE CURRENT PROTECTION THE POWER SUPPLY SYSTEMS

Б.Т. Кононов, М.Ю. Єдаменко

The article considers the far reservation of relay protection elements of the systems of power supply, it is proposed to establish the fact of a short-circuit on the nature of the current change in the transition process, is used to determine the velocity and acceleration of change of current filter, consisting of three consistently included integrating operational amplifiers.

Keywords: long redundancy, relay protection, sensitivity and selectivity.