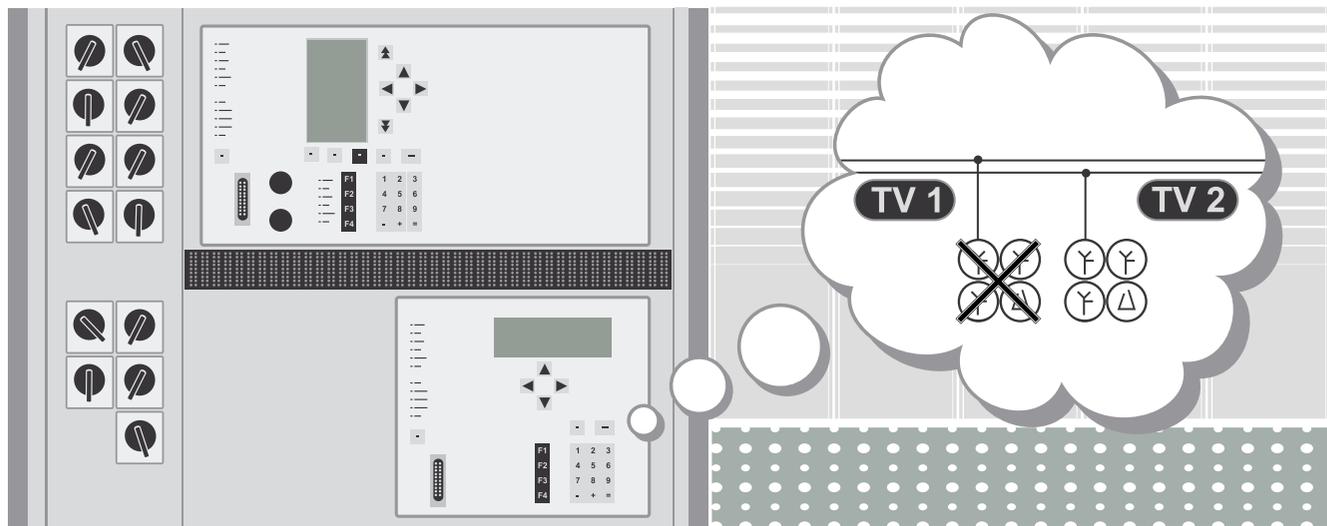


# Вопрос резервирования цепей напряжения



**В данной статье вы найдете ответы на следующие вопросы:**

- Каковы возможные последствия функционирования дистанционной защиты (ДЗ) в режиме перевода ее цепей напряжения на трансформатор напряжения (ТН) смежного элемента?
- Каким образом выполнять блокировку ДЗ от ложных срабатываний в нагрузочном режиме при отключении смежного элемента с резервным ТН, на который переведены цепи напряжения ДЗ?

**В** прошлом номере журнала «Релейщик» (№2, июнь 2009) были затронуты вопросы, связанные с выполнением резервирования цепей напряжения (Шевцов М. В., «Проблема выполнения резервирования цепей напряжения»). В частности, автором данного материала были рассмотрены ситуации с переводом цепей напряжения ДЗ на резервный ТН, установленный либо на соседнем элементе, либо на соседней секции шин, когда ДЗ может ложным образом подействовать на отключение присоединения в нагрузочном режиме при отключении элемента или секции шин с резервным ТН. Указанное ложное срабатывание может иметь место как при использовании устройств релейной защиты с «традиционным» алгоритмом блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН) (со сравнением

векторов напряжения вторичных обмоток ТН, соединенных в «звезду», и векторов вторичных обмоток ТН, соединенных в «разомкнутый треугольник»), так и при использовании устройств защиты с алгоритмом БНН, производящим оценку величины напряжения с одновременным контролем по току.

В случае применения «традиционного» алгоритма БНН блокировка оказывается недееспособной, поскольку происходит исчезновение векторов напряжения как с обмоток, соединенных в «звезду», так и с обмоток, соединенных в «разомкнутый треугольник»; использование реле минимального напряжения, реагирующих на фазные напряжения, может не предотвратить ложного срабатывания первых ступеней ДЗ ввиду срабатывания по данной цепи через устанавливаемую выдержку времени.

При использовании микропроцессорных устройств релейной защиты, где наибольшее распространение получили алгоритмы БНН, основанные на оценке величины напряжения с одновременным контролем по току, ложное срабатывание ДЗ при отключении соседнего элемента или соседней секции шин может иметь место либо по причине наличия «скачка» тока из-за КЗ на соседнем элементе или секции шин, либо по причине отключения секционного (междушинного) выключателя.

В связи с этим автором материала «Проблема выполнения резервирования цепей напряжения» были поставлены следующие вопросы:

**1. Насколько актуально решение описанной проблемы и какие имелись случаи ложной работы дистанционной защиты в указанном режиме?**

**2. Имеется ли опыт эксплуатации блокировок ложных срабатываний ДЗ при переводе их на резервный ТН со-**

**седней секции шин или соседнего элемента при их отключении?**

Предлагаем вам ознакомиться с комментариями специалистов, в некоторых случаях расширивших постановку вопроса.

Мы не подводим итоги данной дискуссии и в следующем номере продолжим ее, представив комментарии и других специалистов. Также ждем ваших комментариев в части поставленных вопросов.

## Филиал ОАО «СО ЕЭС» – Кузбасское РДУ

Устюгов А. И., начальник службы РЗА

### **Насколько актуально решение указанной проблемы и какие имелись случаи ложной работы дистанционной защиты в указанном режиме?**

Ввиду того, что в энергосистеме Кузбасса по схеме «треугольника» выполнено только одно РУ-500 кВ, что недостаточно для статистики и опыта эксплуатации, в дальнейшем будет рассматриваться проблема резервирования цепей напряжения только применительно к схеме систем (секций) шин.

По статистическим данным, за период 2003–2008 гг. в энергосистеме Кузбасса ежегодно происходило от 4 до 11 повреждений систем (секций) шин напряжением 110–220 кВ, что в среднем составляет – 6,8 повреждений систем (секций) шин в год. При общем количестве находящихся в эксплуатации 112 систем (секций) шин, в среднем система (секция) шин повреждается один раз в 16,5 лет. Если принять, что ремонт ТН производится один раз в год и, как правило, в течение одного дня, то вероятность отключения системы (секций) шин при выведенном в ремонт «резервном» ТН соседней системы (секций) шин практически равна нулю.

Но поскольку вероятность отключения системы (секций) шин при выведенном в ремонт ТН соседней системы (секций) шин все же существует, то плановый ремонт ТН следует, как правило, выполнять совместно с ремонтом системы (секций) шин.

В случае, когда отключение (вывод в ремонт) ТН выполняется без вывода в ремонт системы (секций) шин, вероятность отключения системы (секций) шин можно минимизировать, исключив слу-

чай повреждений (коротких замыканий) на системе (секции) шин вследствие неисправности коммутационных аппаратов или ошибок дежурного персонала при операциях с ними. Для этого в течение всего срока ремонта ТН, не следует производить операции с шинными разъединителями и по возможности с выключателями присоединений, включенных на систему (секцию) шин с оставшимся в работе ТН.

Если отключение системы (секции) шин с оставшимся в работе ТН все же произошло, то вполне вероятно, что произойдет погашение системы (секций) шин с отключенным ТН из-за ложной работы ДЗ присоединений от тока нагрузки. Для сохранения напряжения на системе (секции) шин с отключенным ТН, а также сохранения питания нагрузки потребителей (питающихся по присоединениям, на которых отсутствует ДЗ и которые не отключатся при исчезновении цепей напряжения) следует, на весь срок ремонта ТН, отключить ДЗ автотрансформатора, включенного на секцию шин с отключенным ТН (при условии включенной в работу ДЗ на смежной стороне автотрансформатора, обеспечивающей действие на отключение автотрансформатора при повреждении (коротком замыкании) на системе (секции) шин с отключенным ТН).

Принимая во внимание все вышеизложенное и учитывая то, что случаев отключения системы (секции) шин, от ТН которой питаются цепи напряжения устройств РЗА соседней системы (секции) шин, за последние 25 лет в энергосистеме Кузбасса зафиксировано не было, и соответственно, не имело место ни одного случая

неправильного срабатывания ДЗ, питающейся от «резервного» ТН соседней системы (секции), считаем изложенную в статье проблему ложной работы ДЗ неактуальной.

Хотелось бы обратить внимание еще на одну проблему ДЗ в режиме ремонта ТН системы (секции) шин, а именно, возможность отказа ДЗ (или отдельных ступеней ДЗ) присоединения, включенного на систему (секцию) шин с выведенным в ремонт ТН, в режиме раздельной работы систем (секций) шин.

Режим раздельной работы систем (секций) шин может возникнуть в результате повреждения (короткого замыкания) на присоединениях, отходящих от систем (секций) шин и отключения междушинного (секционного) выключателя от его делительных защит или отключения междушинного (секционного) выключателя от устройств РЗА автотрансформаторов, действующих с первой выдержкой времени на отключение междушинного (секционного) выключателя. В том случае, если поврежденное присоединение включено на систему (секцию) шин с выведенным в ремонт ТН, то после отключения междушинного (секционного) выключателя напряжение на системе (секции) шин с включенным в работу ТН может увеличиться, а это в свою очередь может привести к увеличению величины тока сопротивления до места повреждения (короткого замыкания) и возврату ранее сработавших ступеней ДЗ поврежденно-присоединения.

Для исключения случаев разделения систем (секций) шин отключением междушинного (секционного) выключателя

## ПРАКТИКА

при коротких замыканиях в прилегающей сети, следует, на весь срок ремонта ТН, вывести цепи отключения междушинного (секционного) выключателя от устройств РЗА, выполняющих функцию деления сети (собственных делительных защит междушинного (секционного) выключателя, устройств РЗА автотрансформаторов, действующих с первой выдержкой времени на отключение секционного выключателя и т.п.).

### Имеется ли опыт эксплуатации блокировок от ложных срабатываний

### дистанционных защит при переводе их на резервный ТН соседней секции шин или соседнего элемента при их отключении?

Блокировки от ложных срабатываний ДЗ при переводе их на «резервный» ТН соседней секции шин в энергосистеме Кузбасса не применяются ввиду неактуальности (см. ответ на вопрос №1).

Кроме того, применение таких блокировок представляется не только нецелесообразным, но и недопустимым, т. к.:

■ использование любых дополнительных элементов, а особенно блокирую-

щих, снижает общую надежность работы устройства (в рассматриваемом случае – ДЗ) на срабатывание;

■ при повреждении (коротком замыкании) на системе (секции) шин с включенным в работу ТН и последующим возникновением междуфазного повреждения (короткого замыкания) на присоединении, включенном на систему (секцию) шин с отключенным ТН, у которого ДЗ выведена из работы рассматриваемой блокировкой, возможно развитие аварии и отключение значительного числа потребителей.

AREVA T&D, Россия

Баглейбтер О.И., ведущий технический эксперт по РЗА

Насколько известно автору, в настоящее время подобные срабатывания ДЗ относятся к категории так называемых «допущенных неправильных срабатываний». Серьезной проблемой это является только на автотрансформаторах и трансформаторах, поскольку на линиях электропередачи указанное неправильное действие защит исправляется последующим АПВ.

Представляется, что данную проблему необходимо рассматривать несколько шире, чем вопрос блокировки ДЗ при отключении смежного элемента. Даже если смежный элемент (секция шин, воздушная линия, автотрансформатор и т.д.) остается в работе, но «выключатель связи» (выключатель, который связывает

точку установки резервного ТН и «своего» ТН) отключен по любой причине, ДЗ, по своему принципу, может работать неправильно (поскольку измеряет не «свое» напряжение, а «чужое»). Теоретически, возможен даже отказ защиты при возникновении КЗ в защищаемой зоне, если просадка «чужого» напряжения окажется недостаточной для работы ДЗ.

Исходя из этого принципиального недостатка ДЗ, можно предложить следующий несложный алгоритм автоматической блокировки: если цепи напряжения переведены на ТН смежного элемента, а прямая связь с этим элементом отсутствует, ДЗ блокируется. Для реализации этого алгоритма необходимо подключить к реле две дополнительные цепи:

1. Положение ключа или реле положения цепей ТН.

2. Состояние «выключателя» связи. Для этого предпочтительно использовать цепи фиксации отключения выключателя (ФОВ), поскольку данное устройство учитывает не только положение выключателя, но и разъединителей, и возможный вывод выключателя в ремонт. Необходимо также иметь в виду то, что ФОВ срабатывает еще до отключения выключателя (по факту появления тока через электромагниты отключения).

Целесообразность выполнения подобной блокировки в каждом конкретном случае должна определять проектирующая организация совместно с конечным заказчиком.

GE Digital Energy, Multilin

Илья Волох, ведущий инженер РЗА

Хорошо известно, что для обеспечения правильного функционирования ДЗ требуется использование ее блокировки при возникновении неисправностей в цепях напряжения, подключенных к ней (функция БНН). К функции БНН предъявляются следующие требования:

1. Блокировка должна правильно работать при любых нарушениях исправности цепей напряжения для предотвращения ложной работы ДЗ.

2. После срабатывания, блокировка должна оставаться активной до тех пор, пока к реле вновь не будет подведено напряжение требуемого уровня.

3. Блокировка должна быть достаточно быстродействующей для предотвращения срабатывания первой ступени ДЗ.

4. Блокировка не должна срабатывать в режиме внутреннего КЗ.

Для того чтобы удовлетворить всем вышеперечисленным требованиям, не-

обходимо обеспечить подключение к устройству защиты цепей напряжения от трансформатора напряжения (ТН), установленного в точке, электрически связанной с точкой присоединения линии. В ином случае не представляется возможным обеспечить правильное обнаружение повреждения, в случае его возникновения на линии, а также правильную блокировку действия защиты в случае нарушения исправности цепей напряжения.

Когда ТН оказывается установлен со стороны линии по отношению к месту установки выключателя, подключение его цепей к устройству ДЗ согласно вышеуказанному условию обеспечивается само собой. Когда ТН установлен со стороны сборных шин по отношению к месту установки выключателя, например, при подключении защиты к ТН, установленному на сборных шинах и питающему защиты присоединений, отходящих от этих сборных шин, ситуация иная. Потеря данного ТН приведет к потере защит всех присоединений, чего допустить нельзя. По этой причине всегда предусматривается возможность перевода устройств защиты на резервный ТН. Если такой резервный ТН установлен на той же секции шин, тогда все достаточно очевидно. Однако наиболее распространены случаи использования ТН, установленного на соседней секции шин. Определим требования, которые должны выполняться при выполнении резервирования цепей напряжения путем перевода на такой резервный ТН:

1. Перевод цепей напряжения может осуществляться либо автоматическим, либо ручным образом.

2. Перевод с основного ТН на резервный может осуществляться только в том случае, если секционный выключатель включен; в случае отключения секционного выключателя требуется выполнение блокировки ДЗ линий, отходящих от той секции шин, к которой подключен поврежденный ТН.

3. Перевод с основного ТН на резервный должен производиться, если отсутствуют повреждения во вторичной цепи основного ТН, т.е. повреждения за предохранителем или автоматическим выключателем. Если же во вторичных цепях основного ТН имеет

место быть устойчивое повреждение, тогда ТН обеих секций шин могут быть потеряны и последствия могут носить самый неблагоприятный характер.

4. В процессе перевода цепей напряжения ДЗ не должна быть введена в работу. Это означает, что либо защита должна быть заблокирована, а затем разблокирована, если перевод выполнен успешно, либо время перевода с одного ТН на другой должно быть меньше времени срабатывания первой ступени дистанционной защиты.

5. При восстановлении работы основного ТН должна быть восстановлена нормальная схема работы, где подключение устройств ДЗ осуществляется к цепям напряжения основного ТН.

Как видно из обозначенных требований, задача перевода цепей напряжения не является простой и требует внимания. В особенности внимания требует вопрос предотвращения перевода цепей напряжения при наличии устойчивого повреждения во вторичных цепях основного ТН. Указанное предполагает использование защиты для обнаружения факта того, что автоматический выключатель был отключен из-за замыкания, возникшего во вторичных цепях ТН, что не является стандартной практикой на данный момент.

Всегда правильным решением является выполнение оценки возможности ложной работы первой ступени ДЗ в случае потери цепей напряжения. Это означает, что требуется изучение особенностей применяемого устройства защиты.

Моменты, на которые при этом требуется обратить внимание:

1. Если устройство защиты обладает встроенной функцией БНН, тогда необ-

ходимо оценить наибольшее возможное время срабатывания функции БНН и то, как оно соотносится с временем срабатывания первой ступени ДЗ.

2. Обладает ли устройство защиты какими-либо дополнительными функциями для обеспечения несрабатывания первой ступени ДЗ в случае неисправности ТН? Дополнительный контроль по току или детектор КЗ всегда является хорошим дополнением к дистанционной защите, поскольку ток является независимым индикатором возникновения повреждения.

3. Если используется функция БНН, реализованная во внешнем устройстве, требуется согласование по времени работы функции БНН и первой ступени ДЗ, а также требуется произвести оценку того, насколько быстро в устройство может поступать сигнал от функции БНН.

В заключение необходимо отметить, что вопрос резервирования цепей напряжения применительно к описанному случаю требует дополнительного анализа. В данном комментарии была сделана попытка определить требования применительно к процедуре перевода от основного ТН на резервный и наоборот. Также были обозначены требования, предъявляемые к функции БНН. Очевидно, что в зависимости от характеристик функций ДЗ и БНН решения могут незначительным образом отличаться. Современные микропроцессорные устройства защиты предоставляют пользователю возможность создания необходимых логических функций, но общий подход к вопросу перевода цепей напряжения должен быть одинаковым.

## Выскажите свое мнение по проблеме резервирования цепей напряжения

Для этого отправьте письмо электронной почтой по адресу [vopros@energyexpert.ru](mailto:vopros@energyexpert.ru)

Пожалуйста, не забудьте указать следующую информацию о себе:

- Ф.И.О.
- Наименование организации
- Занимаемую должность
- Контактные данные (тел., e-mail)

## Релейщик