

ЭНЕРГЕТИКА

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Арцишевский Ян Леонардович

*канд. техн. наук, доц. НИУ «МЭИ»,
РФ, г. Москва*

E-mail: rzias@yandex.ru

Гармашук Сергей Эдуардович

*студент 2-го курса магистратуры НИУ «МЭИ»,
РФ, г. Москва*

E-mail: garmashuk@mail.ru

ECONOMIC PRACTICABILITY OF THE RELAY PROTECTION AND AUTOMATION OF A POWER DISTRIBUTION GRID OF THE NET-CENTRIC PRINCIPLE

Yan Artsishevsky

*Ph.D., assistant professor of NRU «MPEI»
Russia, Moscow*

Sergei Garmashuk

*student of the 2nd year of master course of NRU «MPEI»
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В данной статье проведен обзор сетецентрического принципа действия релейной защиты и автоматики распределительной сети. Рассмотрены преимущества данного принципа действия по сравнению с традиционным. Приведена экономическая целесообразность применения сетецентрического принципа действия.

ABSTRACT

This article reviews the network-centric principle of relay protection and automation of a distribution grid. The advantages of this principle of action compared with the traditional. The economic practicability of applying the network-centric principle of action is given.

Ключевые слова: Сетецентрический принцип действия релейной защиты, выдержка времени, капиталовложение, эксплуатационные расходы, кабельные линии, силовые выключатели, выключатели нагрузки.

Keywords: The network-centric principle of relay protection, time delay, investment, operating costs, cable lines, power switches, load switches.

Введение

Согласно Стандарту Организации ОАО «ФСК ЕЭС» «НОРМЫ технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ» в качестве релейной защиты распределительной сети, в основном, выступают максимальная токовая защита, токовая отсечка, защита от однофазных замыканий на землю [1 с.38].

Как правило, токовая отсечка в разветвленной сети оказывается неселективной (коэффициент чувствительности в месте установки защиты составляет порядка 0.3-0.4). Поэтому короткие замыкания (КЗ) в сети отключаются максимальной токовой защитой (МТЗ).

Как известно, для обеспечения селективности действия МТЗ, их отстраивают по времени. Выдержка времени у защит возрастает при приближении к источнику. Это приводит к тому, что самое опасное короткое замыкание – вблизи источника питания – отключается за самое длительное время (в некоторых сетях может достигать 5-7 с). Такое длительное протекание тока короткого замыкания приводит:

- К ухудшению динамической устойчивости источников, присоединённых к 1-ой и 2-ой секции шин.
- К длительному провалу напряжению всей рассматриваемой сети

- К уменьшению срока службы всех элементов рассматриваемой сети. При этом присутствует и подпитка от двигательной нагрузки, направленная к месту КЗ, что в свою очередь увеличивает протыкаемый ток через элемент.
- К ухудшению изоляционных свойств кабельной линии, по которым протекает ток КЗ.
- К заранее завышенным капиталовложениям при постройке рассматриваемой сети для обеспечения термической и электродинамической стойкости к токам короткого замыкания в течение времени равной выдержки времени релейной защиты данного участка сети.
- К сложности обеспечения селективности действия защит при большом количестве элементов сети, к увеличению уставки срабатывания по току и в следствии к уменьшению K_d . При традиционном принципе выборе уставок защит зачастую приходится прибегать к «допущенному срабатыванию»,

т.е. неселективному отключению неповрежденного элемента.

Данные недостатки можно устранить, применив альтернативный подход – сетецентрический принцип действия релейной защиты и автоматики.

Сетецентрический принцип действия

Рассмотрим сеть, показанную на рис.1. Для данной сети был проведен расчет уставок срабатывания защит по традиционному принципу. Получено, что выдержки времени защит с питающей стороны сосоставляет:

$$t_{сз11} = t_{сз31} = 2.5 \text{ с} \quad (1)$$

Данная выдержка времени не логична, поскольку КЗ на линиях W1 и W2 должны ликвидироваться за минимально возможное время.

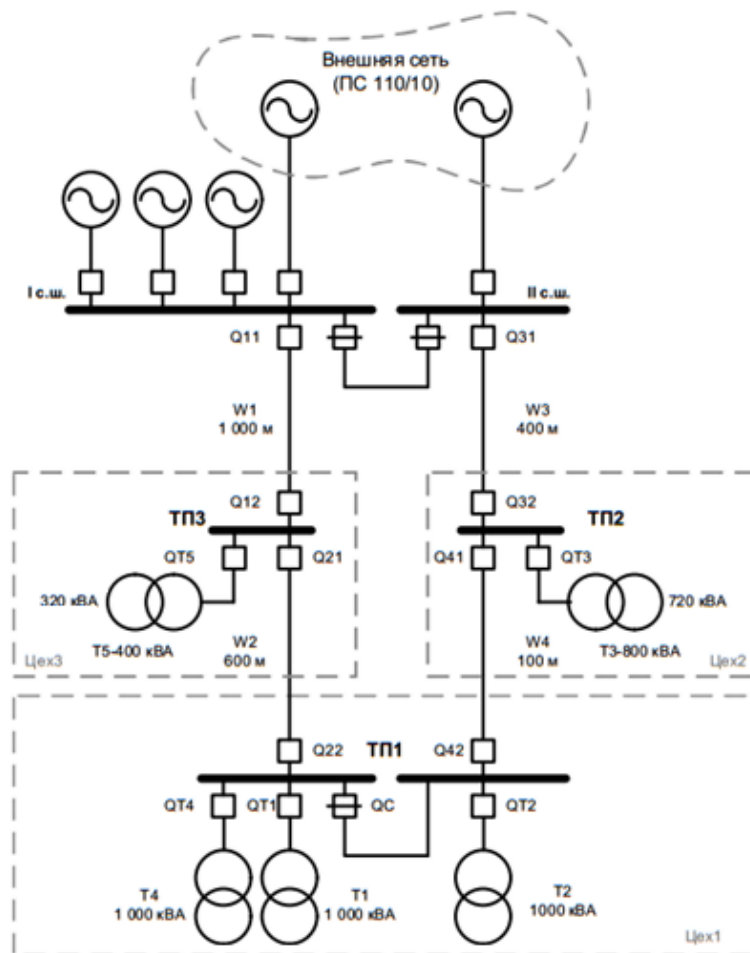


Рисунок 1. Схема рассматриваемой сети

Проведем следующую модернизацию. Обеспечим связь между каждым терминалом защит данной сети и некоторым Центральным Устройством (ЦУ), который будет обрабатывать информацию о фактах срабатывания защит и принимать решение об от-

ключении поврежденного элемента. При этом короткое замыкание в любой точке защищаемой сети будет отключаться не больше, чем за 100 мс [2 с.109].

В данной сети присутствует 8 терминалов релейной защиты на 4-ех КЛ, терминал защиты секционного выключателя QC, и 5 терминалов защит трансформаторных подстанций. Обеспечив связь по волоконной оптической линии связи (ВОЛС) между этими терминалами с центральным устройством, можно полностью отказаться от выдержек времени всех защит рассматриваемой сети.

Длительность ликвидации короткого замыкания определяется лишь техническими характеристиками всех элементов, участвующих в решении об отключении соответствующего элемента сети. Это время складывается из:

$$t_{сз} = t_{сраб.защиты} + t_{передачи\ в\ ЦУ} + t_{работы\ ЦУ} + t_{передачи\ в\ МПТ} \quad (2)$$

где: $t_{сраб.защиты}$ – время срабатывание защиты. В случае МТЗ это время составляет порядка 20 мс.

$t_{передачи\ в\ ЦУ}$ и $t_{передачи\ в\ Q}$ – время передачи информации срабатывания защиты по каналу связи от терминала защиты в ЦУ и из ЦУ в терминал соответственно. Время определяется наибольшей длиной волоконной оптической линии связи в этой сети (порядка - 1 мс на 100 км). В случае коротких линий это время пренебрежимо мало.

$t_{работы\ ЦУ}$ – время работы алгоритма ЦУ. Зависит от сложности защищаемой сети, сложности алго-

ритма и разрядности применяемого устройства. В общей случае время не будет превышать 10-30 мс.

Таким образом, для всех защит сети 10 кВ принимается: $t_{сз} = 0.1$ с.

Рассмотрим преимущество сетецентрического принципа действия релейной защиты по сравнению с традиционным с экономической точки зрения.

Экономические факторы

При проектировании сети необходимо учитывать два фактора финансовых расходов: капиталовложения (закупка оборудования) и эксплуатационные расходы. Эксплуатационные расходы включают в себя расходы на обслуживание (техническое обеспечение) и ремонт. Кроме того, необходимо учитывать зарплату штатных сотрудников.

Для сравнения экономического эффекта от внедрения централизованного принципа действия релейной защиты был произведен выбор кабельных линий и выключателей как при традиционном принципе действия РЗ и сетецентрическом.

Кабельные линии

Сечение кабельных линий выбрано по условию обеспечения экономической плотности тока $j_{эк} = 1.4 \frac{A}{mm^2}$. При проверке на обеспечение термической стойкости короткому замыканию (при рассчитанных выдержках времени РЗ) получено, что сечение трех кабельных линий не удовлетворяет данному требованию – необходимо увеличить до минимально допустимого. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Термическая стойкость КЗ КЛ (традиционный принцип)

КЛ	$Z_{с}, Ом$	$Z_{кЛ}, Ом$	$Z_{экв}, Ом$	$I_{кз}, кА$	$t_{сз}, с$	$c, А/мм^2$	$F_{кЛ_мин}, мм^2$	$F_{кЛ_эк}, мм^2$	$F_{кЛ_итог}, мм^2$
1	0.67	0.15	0.67	9.12	2.5	90	160.15	150	185
2	0.67	0.13	0.82	7.44	2	90	116.88	120	120
3	0.67	0.06	0.67	9.12	2.5	90	160.15	95	185
4	0.67	0.02	0.72	8.38	2	90	131.63	70	150

При сетецентрическом принципе действия длительность протекания тока КЗ не превышает $t_{сз} = 0.1$ с. Все сечения КЛ, рассчитанных по $j_{эк}$, удовлетворяют условию термической стойкости (таблица 2).

Таблица 2.

Термическая стойкость КЗ КЛ (сетецентрический принцип)

КЛ	$Z_{с}, Ом$	$Z_{кЛ}, Ом$	$Z_{экв}, Ом$	$I_{кз}, кА$	$t_{сз}, с$	$c, А/мм^2$	$F_{кЛ_мин}, мм^2$	$F_{кЛ_эк}, мм^2$	$F_{кЛ_итог}, мм^2$
1	0.67	0.15	0.67	9.12	0.1	90	32.03	150	150
2	0.67	0.13	0.82	7.44	0.1	90	26.14	120	120
3	0.67	0.06	0.67	9.12	0.1	90	32.03	95	95
4	0.67	0.02	0.72	8.38	0.1	90	29.43	70	70

Увеличивать сечения не потребовалось. Капиталовложения сокращаются.

Выключатели

При наличии сети связи отключение КЗ в любой точке сети может производиться только с питающей стороны, а отключение поврежденного элемента

может происходить в безтоковую паузу. Порядок действий определяется работой ЦУ. Таким образом, во всех остальных элементах сети можно установить выключатели нагрузки. Это приводит к существенному снижению капиталовложений и, в зависимости от выбранного производителя, выключатели нагруз-

ки имеют стоимость в 5-9 раз меньшую, чем стоимость силовых выключателей.

Пример действия ЦУ при возникновении короткого замыкания на линии W1 показан в таблице 3. В ЦУ приходит факт срабатывания выключателя Q11. После этого без выдержки времени происходит

отключение питающего выключателя Q11, и за время безтоковой паузы – подаются сигналы на отключение выключателей Q11 и Q12 и сигнал на включение АВР QC. Сигнал на включения выключателя Q11 заблокирован в виду КЗ на линии W1.

Таблица 3.

Работа ЦУ при возникновении КЗ на линии W1 (1 – сигнал на отключение, 0 – сигнал на включение).
АВР QC нормально выключен

Этап 1	Входные сигналы центрального устройства											
Защиты	Q11	Q12	Q21	Q22	Q31	QC	Q32	Q41	Q42	QT1	...	QT5
Сигнал	1											
Этап 2	Отключение питающего выключателя Q11											
Этап 3	Выходные сигналы центрального устройства											
Защиты	Q11	Q12	Q21	Q22	Q31	QC	Q41	Q42	QT1	QT1	...	QT5
Сигнал	1	1				0						
Этап 4	Блокировка включения питающего выключателя Q11											

Эксплуатационные расходы

Эксплуатационные расходы при централизованном действии РЗ снижаются, благодаря следующим факторам:

1. Вероятность возникновения короткого замыкания в кабельной сети уменьшается при уменьшении времени протекания тока КЗ по ней - изоляция деградирует медленнее. Таким образом ремонт требуется реже.

2. Ремонт происходит реже. Следовательно, ремонтная схема сети случается реже, это приводит к уменьшению вероятности возникновения внесхемных режимов и аналогично п.1 увеличению срока службы изоляции оборудования.

3. Появляется возможность перестроения цикла проведения обслуживания – осмотр можно делать реже. Объем работ уменьшается.

4. Поскольку срок службы изоляции увеличивается, можно уменьшить затраты на изготовление кабельной линии, так как требования к ней снижаются.

5. Выключатели нагрузки некоторых производителей могут работать без обслуживания длительное время (порядка 10 лет).

6. Штат сотрудников, обслуживающих объект, можно сократить в виду уменьшению объема работ, связанных с обслуживанием.

Заключение

Таким образом, наличие сети связи и центрального устройства (сбор фактов срабатываний защит и выдача управляющих воздействий об отключении поврежденного элемента сети) позволяет не только повысить надежность энергоснабжения сети, но и существенно уменьшить капиталовложения при проектировании сети, сократить эксплуатационные расходы.

Затраты, к которым необходимо прибегнуть при использовании сетцентрического принципа действия релейной защиты и автоматики – прокладка линии связи между терминалами и закупка центрального устройства.

Список литературы:

1. СО ОАО «ФСК ЕЭС» «НОРМЫ технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ», 13.04.2009
2. Отчет о НИР по теме: «Разработка RTDS модели и определение показателей эффективности функционирования интеллектуальной системы управления интегрированной энергоинформационной сети газо-, тепло- и электроснабжения на базе сетцентрической архитектуры в рабочих и аварийных режимах» выполненной кафедрой Релейной защиты и автоматизации энергосистем, МЭИ, Москва, 2013