

РЕЛАВЭКСПО-2013

**II МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИИ**



СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

ЧЕБОКСАРЫ, 23-26 АПРЕЛЯ 2013

УДК 681.5
ББК 32.96–04
С23

С23 Сборник тезисов докладов. – Чебоксары: РИЦ «СРЗАУ», 2013. – 140 с.

14. Еремеев Д.Г. (ООО «ЛИСИС», г. Москва, Россия)	
Новые области знаний для специалистов релейной защиты.	115
15. Беляков О.Е. (ЗАО «ОРЗАУМ», г. Москва, Россия)	
Тенденции в совершенствовании защиты от замыканий на землю в обмотке статора синхронного генератора	117
16. Паршиков Н.В., Лукин И.В., Митрофанов О.В., Варганов П.Г. (ЗАО «ЧЭАЗ», г. Чебоксары, Россия)	
Комплексы технических решений для организации сетей мониторинга подстанций . .	117
17. Жоу В., Сианг К., Ся С., Иванов Ф.А. («PONOVO POWER Co. Ltd», г. Пекин, КНР – ЗАО «ЭнЛАБ», г. Чебоксары, Россия)	
Метод прецизионного измерения времени задержки распространения сигнала в сетях с интеллектуальными реле защиты.	119
18. Герасимов А.А. (ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия)	
Опыт моделирования синхронных и асинхронных двигателей в программно-аппаратном комплексе RTDS	119
19. Иванов Н.Г. (ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия)	
Повышение надежности алгоритма мониторинга частоты	121
20. Алексеев К.О., Морозов А.К., Пашковский С.Н. (ЧГУ им. И.Н. Ульянова – ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия)	
Проблемы выполнения защиты от замыканий на землю в распределительных электрических сетях 6–10 кВ с большим емкостным током замыкания на землю.	122
21. Антонов В.И., Наумов В.А., Фомин А.И., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия)	
Гибридные модели входных сигналов в системах синхронизированных векторных измерений (PHASOR MEASUREMENT UNIT)	124
22. Денисов В.А. (ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия)	
Стандарт IEEE 1588 PRECISION TIME PROTOCOL. Принцип работы и особенности реализации.	125
23. Фомин А.И., Ермолаева Н.М., Наумов В.А., Антонов В.И., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия)	
Особенности расчета аварийных режимов энергосистемы в фазных координатах. . .	126
24. Несенюк Т.А. (УрГУПС, г. Екатеринбург, Россия)	
Диагностика опорно-штыревого изолятора с перемещающимся сигнальным устройством в сетях напряжением 6-10 кВ	128
25. Несенюк Т.А. (УрГУПС, г. Екатеринбург, Россия)	
Диагностика изоляторов с помощью высокочастотных RFID-технологий	129
26. Решетов А.А., Захаров Н.А. (ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород», г. Н. Новгород – ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия)	
Повышение эффективности систем обеспечения контроля и безопасности газоперекачивающих агрегатов.	131
Алфавитный указатель авторов	133

сложной иерархической структурой без влияния на точность. Для этого существует несколько типов устройств (конечные, обычные и прозрачные часы) и 2 режима работы (режим End-to-End и Peer-to-Peer).

Обмен сообщениями происходит по типу «главное устройство – подчиненное устройство». С помощью сообщений Sync, DelayReq, DelayResp происходит получение четырех меток времени и производится вычисление отклонения времени, которое используется при корректировке.

При реализации протокола возникает необходимость статистической и интегральной обработки замеров времени передачи сообщений. Требу-

ется фильтровать время доставки и регулировать коррекцию часов. В докладе описан выбор подходящих компонентов (фильтры и регуляторы), а также рассмотрены методы корректировки часов и регистрации меток времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были изучены несколько open source-проектов, таких как PTPd, linuxptp и реализован драйвер для Ethernet-свитча Micrel KSZ8463MLI на контроллере Beck. Точность синхронизации составила порядка 50 нс, что соответствует, практически, максимально заявленной. ■

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В ФАЗНЫХ КООРДИНАТАХ

ФОМИН А.И., к.т.н. ЕРМОЛАЕВА Н.М., к.т.н. НАУМОВ В.А., к.т.н. АНТОНОВ В.И.,
СОЛДАТОВ А.В.

Россия, г. Чебоксары, ООО НПП «ЭКРА»
e-mail: ekra3@ekra.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Математическая модель энергосистемы, фазные координаты, сложные виды замыканий.

ВВЕДЕНИЕ

Метод фазных координат позволяет гармонично учитывать неоднородность электрической системы в расчетах режимов [1]. Представление электрической сети этим методом не требует построения дополнительных схем замещения [2] и удобен при расчете сложных и распределенных в схеме повреждений сети, например таких, как КЗ с обрывом провода. В докладе рассматриваются особенности расчета установившихся аварийных режимов электрических систем методом фазных координат.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРОТКИХ ЗАМКНИЙ НА ЗЕМЛЮ

В моделировании выделяют два типа замыканий коротких замыканий на землю: металлическое КЗ и КЗ через дугу. В связи с этим различают два вида алгоритмов учета типа КЗ:

1. При металлическом КЗ из математической модели исключаются все строки и столбцы узлов, в которых произошло замыкание. Например, при коротком однофазном замыкании фазы А узла m в матрице системы исключаются строка и столбец фазы А, соответствующие узлу m ;
2. При дуговом коротком замыкании в математической модели в диагональных элементах поврежденного узла учитываются проводимости дуги.

В таблице 1 представлена иллюстрация этих положений.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖДУФАЗНЫХ ЗАМКНИЙ

Учет вида КЗ в моделировании междуфазных замыканий аналогичен моделированию КЗ на землю.

При металлическом КЗ один из примыкающих к месту КЗ узлов из схемы исключается. В матричной форме эта операция формулируется как исключение строки и столбца путем присоединения их к строке и столбцу другого с помощью соответствующего суммирования элементов.

В случае междуфазного дугового замыкания между двумя указанными узлами вводится проводимость, соответствующая сопротивлению дуги (таблица 2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ВИДОВ ЗАМКНИЙ

Учет сложных повреждений, таких как замыкание с одновременным обрывом фазы, требует определения места КЗ относительно этого обрыва. В зависимости от этого положения в матрице модели недиагональные проводимости исключаются следующим образом:

1. КЗ слева – исключаются недиагональные элементы, находящиеся левее диагонального элемента в строке и выше диагонального элемента в столбце поврежденного узла;
2. КЗ справа – исключаются недиагональные элементы, находящиеся правее диагонального элемента в строке и ниже диагонального элемента в столбце поврежденного узла.

В таблице 3 представлена иллюстрация этих положений.

Табл. 1. Представление дуговых КЗ на землю поврежденного узла в модели сети

Вид повреждения	Графическое представление	Матричное представление																		
Трёхфазное КЗ, К ⁽³⁾		<table border="1"> <tr><td></td><td>A_m</td><td>B_m</td><td>C_m</td></tr> <tr><td>A_m</td><td>$Y_{AA} + Y_{K3}$</td><td>Y_{AB}</td><td>Y_{AC}</td></tr> <tr><td>B_m</td><td>Y_{BA}</td><td>$Y_{BB} + Y_{K3}$</td><td>Y_{BC}</td></tr> <tr><td>C_m</td><td>Y_{CA}</td><td>Y_{CB}</td><td>$Y_{CC} + Y_{K3}$</td></tr> </table>		A_m	B_m	C_m	A_m	$Y_{AA} + Y_{K3}$	Y_{AB}	Y_{AC}	B_m	Y_{BA}	$Y_{BB} + Y_{K3}$	Y_{BC}	C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	$Y_{CC} + Y_{K3}$		
	A_m	B_m	C_m																	
A_m	$Y_{AA} + Y_{K3}$	Y_{AB}	Y_{AC}																	
B_m	Y_{BA}	$Y_{BB} + Y_{K3}$	Y_{BC}																	
C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	$Y_{CC} + Y_{K3}$																	
Однофазное КЗ на землю, К ⁽¹⁾		<table border="1"> <tr><td></td><td>A_m</td><td>B_m</td><td>C_m</td></tr> <tr><td>A_m</td><td>$Y_{AA} + Y_{K3}$</td><td>Y_{AB}</td><td>Y_{AC}</td></tr> <tr><td>B_m</td><td>Y_{BA}</td><td>Y_{BB}</td><td>Y_{BC}</td></tr> <tr><td>C_m</td><td>Y_{CA}</td><td>Y_{CB}</td><td>Y_{CC}</td></tr> </table>		A_m	B_m	C_m	A_m	$Y_{AA} + Y_{K3}$	Y_{AB}	Y_{AC}	B_m	Y_{BA}	Y_{BB}	Y_{BC}	C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	Y_{CC}		
	A_m	B_m	C_m																	
A_m	$Y_{AA} + Y_{K3}$	Y_{AB}	Y_{AC}																	
B_m	Y_{BA}	Y_{BB}	Y_{BC}																	
C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	Y_{CC}																	
Двухфазное КЗ на землю, К ^(1,1)		<table border="1"> <tr><td></td><td>A_m</td><td>B_m</td><td>C_m</td></tr> <tr><td>A_m</td><td>Y_{AA}</td><td>Y_{AB}</td><td>Y_{AC}</td></tr> <tr><td>B_m</td><td>Y_{BA}</td><td>$Y_{BB} + Y_{K3}$</td><td>Y_{BC}</td></tr> <tr><td>C_m</td><td>Y_{CA}</td><td>Y_{CB}</td><td>$Y_{CC} + Y_{K3}$</td></tr> </table>		A_m	B_m	C_m	A_m	Y_{AA}	Y_{AB}	Y_{AC}	B_m	Y_{BA}	$Y_{BB} + Y_{K3}$	Y_{BC}	C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	$Y_{CC} + Y_{K3}$		
	A_m	B_m	C_m																	
A_m	Y_{AA}	Y_{AB}	Y_{AC}																	
B_m	Y_{BA}	$Y_{BB} + Y_{K3}$	Y_{BC}																	
C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	$Y_{CC} + Y_{K3}$																	

Табл. 2. Представление двухфазного дугового КЗ поврежденного узла в модели сети

Вид повреждения	Графическое представление	Матричное представление																		
Междуфазное КЗ, К ⁽²⁾		<table border="1"> <tr><td></td><td>A_m</td><td>B_m</td><td>C_m</td></tr> <tr><td>A_m</td><td>Y_{AA}</td><td>Y_{AB}</td><td>Y_{AC}</td></tr> <tr><td>B_m</td><td>Y_{BA}</td><td>$Y_{BB} + Y_{K3}$</td><td>$Y_{BC} - Y_{K3}$</td></tr> <tr><td>C_m</td><td>Y_{CA}</td><td>$Y_{CB} - Y_{K3}$</td><td>$Y_{CC} + Y_{K3}$</td></tr> </table>		A_m	B_m	C_m	A_m	Y_{AA}	Y_{AB}	Y_{AC}	B_m	Y_{BA}	$Y_{BB} + Y_{K3}$	$Y_{BC} - Y_{K3}$	C_m	Y_{CA}	$Y_{CB} - Y_{K3}$	$Y_{CC} + Y_{K3}$		
	A_m	B_m	C_m																	
A_m	Y_{AA}	Y_{AB}	Y_{AC}																	
B_m	Y_{BA}	$Y_{BB} + Y_{K3}$	$Y_{BC} - Y_{K3}$																	
C_m	Y_{CA}	$Y_{CB} - Y_{K3}$	$Y_{CC} + Y_{K3}$																	

Табл. 3. Представление сложного однофазного замыкания в математической модели

Графическое представление сложного повреждения	Матричное представление																		
	<table border="1"> <tr><td></td><td>A_m</td><td>B_m</td><td>C_m</td></tr> <tr><td>A_m</td><td>Y_{AA}</td><td>–</td><td>Y_{AC}</td></tr> <tr><td>B_m</td><td>–</td><td>Y_{BB}</td><td>Y_{BC}</td></tr> <tr><td>C_m</td><td>Y_{CA}</td><td>Y_{CB}</td><td>Y_{CC}</td></tr> </table>		A_m	B_m	C_m	A_m	Y_{AA}	–	Y_{AC}	B_m	–	Y_{BB}	Y_{BC}	C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	Y_{CC}		
	A_m	B_m	C_m																
A_m	Y_{AA}	–	Y_{AC}																
B_m	–	Y_{BB}	Y_{BC}																
C_m	Y_{CA}	Y_{CB}	Y_{CC}																
	<table border="1"> <tr><td></td><td>A_m</td><td>B_m</td><td>C_m</td></tr> <tr><td>A_m</td><td>$Y_{AA} + Y_{K3}$</td><td>Y_{AB}</td><td>Y_{AC}</td></tr> <tr><td>B_m</td><td>Y_{BA}</td><td>Y_{BB}</td><td>–</td></tr> <tr><td>C_m</td><td>Y_{CA}</td><td>–</td><td>Y_{CC}</td></tr> </table>		A_m	B_m	C_m	A_m	$Y_{AA} + Y_{K3}$	Y_{AB}	Y_{AC}	B_m	Y_{BA}	Y_{BB}	–	C_m	Y_{CA}	–	Y_{CC}		
	A_m	B_m	C_m																
A_m	$Y_{AA} + Y_{K3}$	Y_{AB}	Y_{AC}																
B_m	Y_{BA}	Y_{BB}	–																
C_m	Y_{CA}	–	Y_{CC}																

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учет повреждений сети в модели, представленной в фазных координатах, требует определения элементов матрицы модели, соответствующих месту повреждения, и согласования с видом повреждения. Это позволяет не вводить в расчеты дополнительные матрицы преобразования, не перестраивать схему замещения для каждого вида замыкания. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Берман А.П. Расчет несимметричных режимов электрических систем с использованием фазных координат // Электричество, 1985, №12, с. 6 – 12.
2. Мо-син Чень, Диллон У.Э. Моделирование электроэнергетических систем // ТИИЭР, 1974, т. 62, №7.
3. Гусейнов А.М. Расчет в фазных координатах несимметричных установившихся режимов в сложных системах // Электричество, 1989, №3.