

В.И. Антонов, В.А. Наумов, Н.Г. Иванов, А.В. Солдатов, А.И. Фомин. – Релейная защита и автоматизация. – №1 (22). – 2016.

3. СТО 56947007-33.040.20.123-2012

Стандарт организации. Аттестационные требования к устройствам противоаварийной автоматики (ПА). – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2012.

Авторы:

Антонов Владислав Иванович, Окончил в 1978 г. факультет электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 1985 г. защитил в Ленинградском политехническом институте кандидатскую диссертацию «Разработка и исследование новых принципов построения измерительных органов направленных защит линий электропередачи». Доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист отдела РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Наумов Владимир Александрович, Окончил в 2001 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2002 г. защитил магистерскую диссертацию. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и

блоков генератор-трансформатор». Доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, заместитель генерального директора - технический директор ООО НПП «ЭКРА»;

Петров Владимир Сергеевич, Окончил в 2010 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2015 г. защитил в Чувашском государственном университете имени И.Н. Ульянова кандидатскую диссертацию «Цифровая система автоматического ограничения повышения напряжения сетей 110-750 кВ». Научный сотрудник отдела РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Солдатов Александр Вячеславович, Окончил в 2006 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Заместитель заведующего отделом РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Александрова Марина Ивановна, Окончила в 2016г. факультет энергетики и электротехники ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получила степень бакалавра по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». Инженер отдела РЗА станционного оборудования ООО «НПП ЭКРА», магистрант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению «Автоматика энергосистем».

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ТОКА ДЛЯ АВТОМАТИКИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ДЕЛЕНИЯ СЕТИ

Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Анисимова В.С.
Чувашский государственный университет, ООО НПП «ЭКРА»

Введение

Автоматика опережающего деления сети (АОДС) применяется для автоматического деления электрической сети во время КЗ с целью снижения тока через выключатель и создания благоприятных условий для его работы при отключении тока КЗ. Опережающее деление должно осуществляться до

отключения выключателя поврежденного элемента сети. Поэтому быстродействие АОДС должно быть не хуже 15-20 мс [0 – 2].

В результате действия АОДС ток через выключатель поврежденного элемента сети не должен превышать номинальный ток отключения выключателя - действующее значение основной гармоники тока, на

отключение которого рассчитан выключатель [3]. Поэтому измерительный орган (ИО) тока должен реагировать на действующее значение основной гармоники. Аперiodические слагаемые с постоянной времени от 0,02 до 0,35 с [4] не должны приводить к потере точности и быстродействия АОДС [0].

Существует две основные схемы включения АОДС [1, 5]. В первой схеме ИО тока АОДС включают на ток защищаемого элемента сети (рис. 1, а). Такая схема обеспечивает непосредственное измерение аварийного тока, однако, из-за высокой кратности тока

КЗ велика вероятность насыщения измерительного трансформатора тока (ИТТ), что приводит к повышению погрешности оценки основной гармоники.

Во второй схеме ИО тока АОДС включают на ток элемента сети, подпитывающего место КЗ (рис. 1, б). В этом случае через место измерения протекает лишь часть аварийного тока, что значительно уменьшает вероятность насыщения ИТТ. Эта схема находит ограниченное применение из-за сложности обеспечения селективности АОДС, вызванной зависимостью коэффициента токораспределения от режима сети.

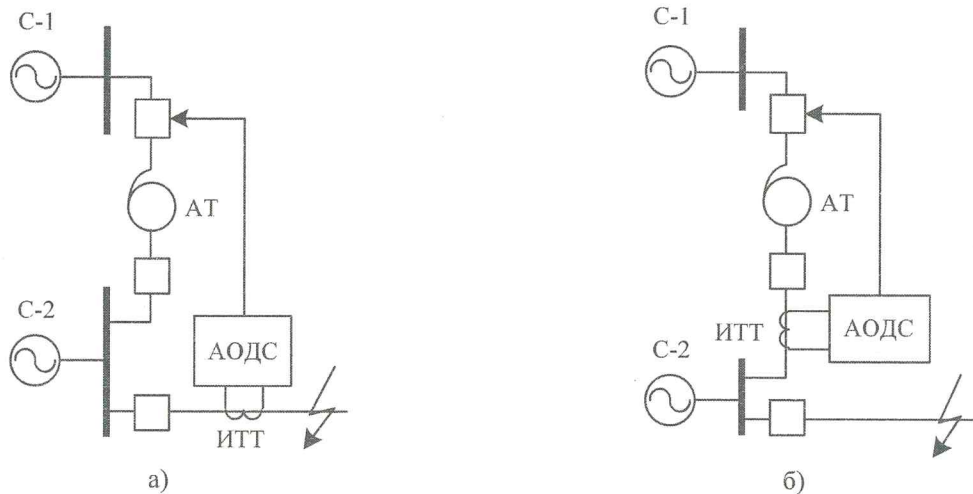


Рис. 3. Схема АОДС: а) с контролем тока в защищаемом элементе сети; б) с контролем тока в элементе сети, подпитывающем КЗ

Обзор и сравнение существующих ИО тока АОДС

В настоящее время в ИО тока АОДС применяются следующие быстродействующие алгоритмы оценки действующего значения основной гармоники тока:

- 1) по максимальному значению тока [1, 0];
- 2) по максимальному значению первой разности тока [0];
- 3) по амплитуде первой разности тока, определенной по двум отсчетам [0].

Сравнительный анализ этих алгоритмов на соответствие техническим требованиям, изложенным в введении к настоящей работе, показал, что все рассмотренные алгоритмы (таблица 1)

обеспечивают приемлемую точность как при номинальной частоте, так и в рабочем диапазоне частот от 45 до 55 Гц. Однако погрешность алгоритма оценки действующего значения основной гармоники по максимальному значению тока [1, 0] при наличии аперiodической слагаемой достигает 94%, что недопустимо.

Среди рассмотренных алгоритмов лучшим является алгоритм оценки по максимальному значению первой разности тока, поскольку его погрешность в диапазоне частот от 45 до 55 Гц почти в 2 раза ниже, чем погрешность метода оценки амплитуды по двум отсчетам (10,6% против 20,8%), и он на порядок менее чувствителен к высокочастотным помехам (рис. 2 и рис. 3).

Таблица 1

Входной сигнал	Погрешность оценки основной гармоники		
	алгоритм 1	алгоритм 2	алгоритм 3
Основная гармоника частоты 50 Гц	0,86%	0,86%	0%
Основная гармоника частоты от 45 до 55 Гц	1,03%	10,6%	20,8%
Основная гармоника частоты от 45 до 55 Гц + аperiodическая слагаемая с постоянной времени от 0,02 до 0,35 с	93,7%	15,6%	16,4%

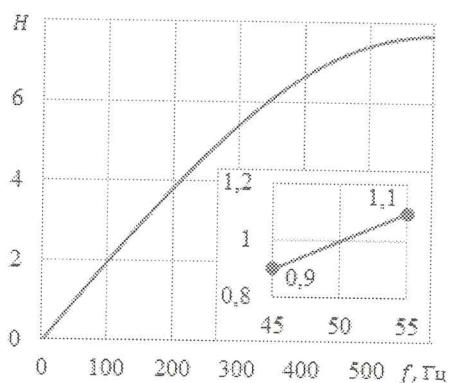


Рис. 2. Амплитудно частотная характеристика фильтра алгоритма 2

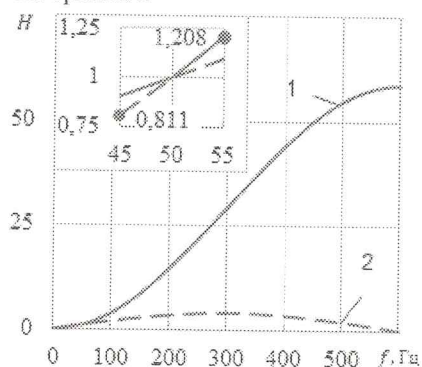


Рис. 3. Максимальная (1) и минимальная (2) кривые амплитудно-частотной характеристика фильтра алгоритма 3

Таблица 2

Основная погрешность ИО, не более	2%
Дополнительная погрешность, вызванная отклонением частоты от номинальной (от 45 до 55 Гц), не более	11%
Дополнительная погрешность, вызванная наличием в токе аperiodической слагаемой с постоянной времени от 0,02 до 0,35 с, не более	8%
Время срабатывания при подаче скачком тока от 0 до $1,2I_{уст}$, не более	13 мс
Дополнительная погрешность, вызванная насыщением ТТ в установившемся режиме до 50%, не более	20%

Заключение

Разработанный ИО тока АОДС по сравнению с аналогами обладает повышенной точностью в переходных

Новый алгоритм и его испытания

Новый алгоритм ИО тока АОДС интегрирует в себя алгоритм оценки действующего значения основной гармоники по первой разности тока и оптимальное подавление аperiodических слагаемых входного сигнала, обеспечившее двукратное снижение погрешности ИО в диапазоне постоянных времени от 0,02 до 0,35 с.

Алгоритм учитывает влияние быстропротекающих (время протекания $\tau < 0,02$ с) собственных переходных процессов в измерительных цепях на устойчивость функционирования АОДС.

Комплексные испытания АОДС на модели энергосистемы RTDS подтвердили техническое совершенство разработанного ИО тока (таблица 2).

режимах и улучшенной отстройкой от коммутаций в сети, не вызванных КЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Куцовский С.М., Королев Е.П. Реле тока для автоматики опережающего деления сети // Электрические станции. – 1976. – №1.

1. Сивокобыленко В.Ф., Розенбаум М.А. Повышение надежности работы выключателей в энергосистемах при помощи устройств релейной защиты // Энергетик. – 1969. – №6.

2. Реле токовое быстродействующее РТБ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Рига: Рижский опытный завод «Энергоавтоматика». – 1989.

3. ГОСТ Р 52565–2006. Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия. – Введ. 2007-04-01. – М.: Стандартинформ, 2007.

4. Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г. Особенности структурного анализа тока сетей 100-750 кВ // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике. Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции. – 2014.

5. РД 34.20.175. Указания по ограничению токов короткого замыкания в сетях напряжением 110 кВ и выше. – Министерство энергетики и электрификации, 1976.

6. Patent – 20090154042 A1 US, IPC8 H02H308. Over current protection method and device / Lev Zisman; Satec Ltd. – № 11/957553; filed 17.12.2007; published 18.06.2009

Авторы:

Антонов Владислав Иванович, Окончил в 1978 г. факультет электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 1985 г. защитил в Ленинградском политехническом институте кандидатскую диссертацию «Разработка и исследование новых принципов построения измерительных органов направленных защит линий электропередачи». Доцент кафедры теоретических основ электротехники и

релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист отдела РЗА стационарного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Наумов Владимир Александрович, Окончил в 2001 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2002 г. защитил магистерскую диссертацию. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». Доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, заместитель генерального директора - технический директор ООО НПП «ЭКРА»;

Иванов Николай Геннадьевич, Окончил в 2013 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень магистра техники и технологии по направлению «Электроэнергетика и электротехника». Инженер 2 категории отдела РЗА стационарного оборудования ООО НПП «ЭКРА», аспирант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»;

Солдатов Александр Вячеславович, Окончил в 2006 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Заместитель заведующего отделом РЗА стационарного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Солдатов Александр Вячеславович, Окончил в 2006 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Заместитель заведующего отделом РЗА стационарного оборудования ООО НПП «ЭКРА»;

Анисимова Виктория Сергеевна, Студент факультета энергетики и электротехники ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению подготовки «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». Техник отдела РЗА стационарного оборудования ООО НПП «ЭКРА».