



РАЗРАБОТКА И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

Р.С. Плакидин, Д.Н. Ульянов, Д.Н. Попов, А.С. Соснин,
Россия, г. Архангельск, ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

А.В. Мокеев, Россия, г. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет

***Ключевые слова:** цифровая подстанция, измерительные трансформаторы, преобразователи аналоговых сигналов (ПАС), промежуточные трансформаторы тока, интеллектуальные электронные устройства, переходный процесс, постоянная времени.*

Введение

При разработке и внедрении в составе цифровых подстанций преобразователей аналоговых сигналов (SAMU, ПАС), подключаемых к традиционным электромагнитным трансформаторам тока (ТТ), необходимо уделять особое внимание их работе в условиях переходных процессов [1]. Метрологические характеристики ПАС определяются преимущественно характеристиками промежуточных измерительных преобразователей сигналов, в качестве которых чаще всего используются промежуточные трансформаторы тока (ПТТ) [2]. Для корректной работы РЗА необходимо учитывать современные требования к точности ТТ и ПАС.

Исследование характеристик ПТТ ПАС

Международный стандарт [3] и идентичный ему ГОСТ [4] содержат описание дополнительных требований к работе ТТ в различных переходных режимах, в том числе связанных с наличием в первичном токе апериодической составляющей. В этом случае традиционные ТТ насыщаются, что может приводить к большой погрешности измерений [5]. Соблюдения данных требований необходимо не только для ТТ [6, 7], но и для ПАС [8].

Для работы в переходных режимах для ТТ стандартом [3] определены классы точности ТРХ, ТРУ, ТРЗ. Аналогичным образом и для токовых каналов ПАС для целей РЗА стандартом [8] предусмотрены классы точности ТРМ для которых нормируется максимальная погрешность мгновенного значения периодиче-



ской составляющей тока короткого замыкания при работе в нормированном рабочем цикле. Выполнение указанных требований в основном определяется характеристиками ПТТ, чаще всего устанавливаемых во внешних ПАС (SAMU) для обеспечения масштабирования сигнала и гальванической развязки. Подобные трансформаторы устанавливаются в устройствах РЗА и других ИЭУ.

Необходимость проведения исследований обусловлена тем, что большинство производителей ПТТ не приводят необходимые для ПАС характеристики, в том числе амплитудно-частотные характеристики в различных условиях эксплуатации, а также влияние на процесс преобразования тока апериодической составляющей.

В качестве объекта исследований используется многофункциональный измерительный преобразователь аналоговых сигналов ENMU, подключаемый к традиционным электромагнитным ТТ и ТН. Для исследований соответствия точности измерения в динамическом нормированном рабочем режиме (C-O-C-O duty cycle) в ENMU были установлены пять ПТТ российских и зарубежных производителей, обозначим их под номерами 1, 2, 3, 4, 5. Номинальные токи всех исследуемых образцов не менее 100 А. При этом первые три ПТТ обладают иммунитетом к апериодической составляющей, т.е. обеспечивают минимальные искажения составляющей промышленной частоты и высших гармоник при наличии во входном токе апериодической составляющей.

Для проведения исследования применяется программно-технический комплекс, в состав которого входит испытательное оборудование ведущих российских и зарубежных производителей (в том числе СМС 256 plus, Энергомонитор-61850, ЭНКС-2) и специализированное ПО «SVTest2», с помощью которого выполняется управление генератором, прием потоков SV от эталона и ПАС, а также визуализация, обработка и сравнение полученных данных. Испытательный сигнал имеет длительность менее 1 секунды и состоит из двух участков, имитирующих короткое замыкание разделенных паузой (включение АПВ на КЗ). Подробные требования к форме испытательного сигнала при испытании ПАС приведены в стандарте [8].

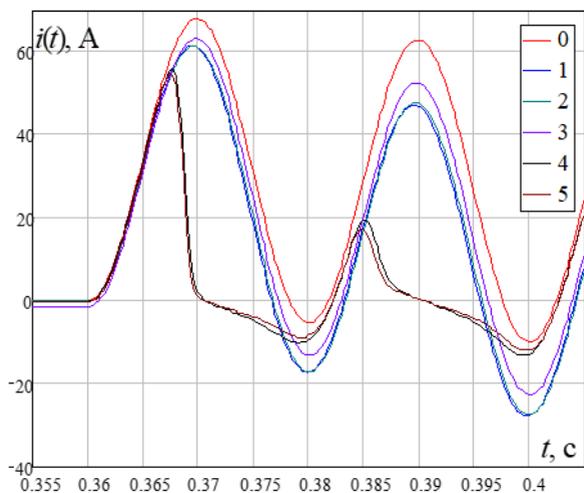
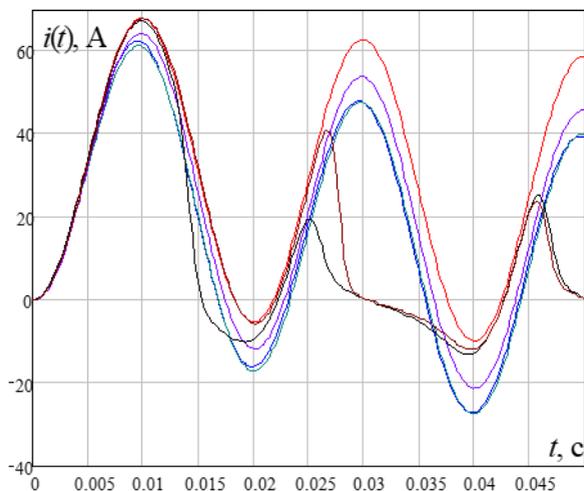


Рис. 1. Исследование ПАС при использовании пяти ПТТ
0 – исходный сигнал; 1, 2, 3, 4, 5 – после ПТТ

На рис. 1 представлены начальные области двух переходных участков (первая и вторая подача сигнала) для всех исследуемых ПТТ. Из представленных графиков следует, что быстро-



действующие защиты в первом цикле сработают правильно при использовании всех исследуемых ПТТ, тогда как во втором цикле при использовании ПТТ без иммунитета к аperiodическим составляющим значительно искажают форму кривой тока, что приведет к существенной задержке срабатывания защиты.

Опыт внедрения

Преобразователь аналоговых сигналов ENMU внесен в реестр средств измерений в январе 2019 года (73811-19). С января 2018 года ENMU проходит опытно-промышленная эксплуатация в качестве источника данных для устройства РЗА и системы учета на ПС 220 кВ «Магистральная». Преобразователи аналоговых сигналов ENMU внедрены в составе цифровых подстанций ПС 500 кВ «Тобол», ЦПС 110/6 кВ «Уват» и ЦПС 110/6/6 кВ «Десна». Всего поставлено заказчикам более 200 ENMU. В процессе пусконаладочных работ на указанных подстанциях использовался ПТК и ПО «SVTest2».

Поскольку ПАС может быть использован в различных автоматизированных системах, то он должен соответствовать требованиям, предъявляемым к устройствам РЗА, системам телемеханики, системам мониторинга переходных режимов, системам коммерческого учета электроэнергии и измерение показателей ПКЭ. В конце 2019 года ENMU в составе АИИС КУЭ цифровой подстанции внесен в реестр средств измерений (76297-19, 76298-19). Кроме того, ENMU является также многофункциональным устройством и выполняет функции измерения синхровекторов тока и напряжения, измерения параметров режима электрической сети, регистратора аварийных событий, резервной защиты и т.д. В настоящее время ведется подготовка к серийному производству нового поколения ENMU с поддержкой совмещенной шины процесса и шины подстанции (мультишина). В преобразователях сигналов нового поколения заложена возможность применения в токовых измерительных каналах ПАС различных промежуточных измерительных преобразователей.

Заключение

Производители ТТ, ПАС, РЗА должны указывать не только погрешность в статическом режиме, но и погрешность в дина-

мическом режиме совместно с максимальной постоянной времени, при которой рассчитана указанная погрешность, а также АЧХ устройства, постоянную времени. Кроме того, соблюдение требований стандартов и декларирование указанных характеристик позволит разрабатывать и применять новые алгоритмы релейной защиты. При разработке устройств РЗА, а также при выборе устройств для измерительных каналов релейной защиты необходимо учитывать требования современных стандартов к работе в переходном режиме. Полученный опыт разработки и внедрения ПАС показывает, что требования стандартов являются достижимыми на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холст С., Законьшек Я. Поведение традиционных трансформаторов тока в переходных режимах и его влияние на характеристики традиционных систем релейной защиты на базе шины процесса // Релейщик. – 2020. – №3. – С.20-25.
2. Булычев А.В., Ванин В.К. Исследование частотных характеристик трансформаторов тока // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений). – 1987. – №8. – С.16–21.
3. IEC 61869-2:2012. Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers, 2012.
4. ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 Трансформаторы измерительные - Часть 2: Дополнительные требования к трансформаторам тока, 2015.
5. С.Л. Кужеков, А.А. Дегтярев, Б.Б. Сербиновский. О требованиях к трансформаторам тока и устройствам релейной защиты в переходных режимах при наличии апериодической составляющей в первичном токе // Сб. трудов междун. IV научно.-техн. конф. "Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем". – Ек, 2013.
6. IEC 61869-1 ED2 Draft. Instrument transformers - Part 1: General requirements, 2020.
7. IEC 61869-9:2016. Instrument transformers - Part 9: Digital interface for instrument transformers, 2016.
8. IEC 61869-13 ED1 Draft. Instrument Transformers - Part 13: Stand-alone Merging Unit, 2020.

Авторы:

Плакидин Роман Сергеевич, ведущий инженер по метрологии
ООО "Инженерный Центр "Энергосервис". E-mail: rplakidin@ens.ru.