

УДК 621.3

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТОКА

Власюк И.А.

Научный руководитель – к.т.н. БУЛОЙЧИК Е.В.

На протяжении долгого времени в электроэнергетике традиционно в качестве основных первичных преобразователей для нужд релейной защиты и автоматики использовались электромагнитные трансформаторы тока (ТТ). В настоящее время эта тенденция продолжается, однако сейчас активно разрабатываются измерительные преобразователи на абсолютно новых принципах, которые в ближайшем будущем будут способны потеснить трансформаторы тока с их позиций.

На современном этапе развития электроэнергетики при повсеместном использовании электрооборудования и электроприборов наиболее актуальным является достоверное измерение силы тока для обеспечения высокой надежности и безопасности промышленных систем и сетей. Для осуществления мониторинга и диагностики цепей, запуска схем защиты, обнаружения отказов электрооборудования и аварийных состояний различных типов нагрузки применяются различные типы преобразователей тока. Достоинства и недостатки различных типов преобразователей тока определяют области их применения.

Современные преобразователи тока подразделяются на следующие типы:

- трансформаторы тока;
- резистивные преобразователи (токовые шунты);
- преобразователи тока на гальваномангнитных эффектах (выполненных на основе датчиков Холла, магнорезисторов, магнитодиодов, магнитотранзисторов);
- волоконно-оптические преобразователи тока на эффекте Фарадея;
- пояс Роговского.

Традиционные трансформаторы тока (ТТ) применяются в энергетике на всех напряжениях от 6 кВ до 1150 кВ и обеспечивают на станциях и подстанциях информацией о первичном токе и первичном напряжении все системы управления и учета электроэнергии, такие как системы измерения, АСКУЭ, РЗА, ПА и диспетчеризации.

Среди требований, предъявляемых к высоковольтным трансформаторам тока и напряжения, выделим главные:

- точность измерения первичного тока и напряжения (обычно для различных потребителей вторичных токов и напряжений точность разная);
- электробезопасность персонала и вторичных цепей всех систем на щите управления станцией или подстанцией, т.е. обеспечение высоковольтной изоляции между первичными и вторичными цепями ТТ.

Эти требования предопределяют конструкции электромагнитных ТТ.

Высоковольтные трансформаторы тока имеют следующие достоинства и недостатки.

Достоинства:

- высокий класс точности – 0,2–0,5S. В лабораторных ТТ, где нет высоковольтной изоляции, достигим класс точности 0,1S и выше;
- простота и надежность ТТ в сетях 6–10–35 кВ;
- температурная стабильность характеристик ТТ.

Недостатки:

- насыщение магнитопровода электромагнитного ТТ аperiodической составляющей тока короткого замыкания (КЗ) и отсутствие передачи информации о первичном токе в первые периоды аварийного переходного процесса, когда эта информация наиболее необходима системам РЗА и ПА для успешной локализации и ликвидации аварии (погрешности трансформации тока электромагнитными ТТ достигают в этом режиме 90 %).

- высокая аварийность из-за проблем с изоляцией.
- взрыво- и пожароопасность трансформаторов с масляной изоляцией (взрывоопасность в элегазовых ТТ сохраняется).

Несимметричное искажение формы кривой вторичного тока ТТ под действием апериодической составляющей в первичном токе КЗ имеет важных следствия:

– информация о первичном токе фактически перестает поступать по вторичным цепям на системы РЗА и ПА через 10 миллисекунд после начала аварии, причем сильно искажена не только апериодическая составляющая тока КЗ, но и периодическая тоже, примерно на 90 % во втором периоде (через 5–10 периодов (100–200 миллисекунд) трансформация первичного тока восстановится);

– в этих условиях системы релейной защиты должны выделить самое начало переходного процесса и по производной первой четверти периода предсказать форму кривой тока КЗ, в противном случае устройства релейной защиты (и микропроцессорные и старые) либо не работают, либо работают ложно, либо просто затягивают процесс до появления информации, хотя по регламенту системы РЗА должны за один-два периода определять место аварии и выдавать команды на соответствующие высоковольтные выключатели для локализации и ликвидации аварии в начальной стадии;

– затягивание ликвидации аварии чревато выпадением из синхронизма крупных электрических двигателей и генераторов на заводах и электростанциях, что превращает простую аварию в системную.

Поскольку насыщение магнитопровода ТТ апериодической составляющей тока КЗ вытекает из физического принципа действия трансформатора (постоянный ток не трансформируется), этот недостаток исправлен быть не может.

Оптические трансформаторы тока содержат оптоволоконный преобразователь в виде катушки с оптическим волокном надетой на токопровод. При протекании тока вокруг проводника возникает магнитное поле, которое оказывает влияние на поляризацию двух поляризованных световых сигналов с противоположным направлением вращения, проходящих по волокну. Изменение поляризации вернувшихся световых сигналов позволяет вычислить угол Фарадея, который прямо пропорционален току в первичной цепи. Одним из ключевых и, соответственно, неотъемлемых элементов системы измерения является блок электроники, который производит формирование световых сигналов и дальнейшую их обработку для вычисления тока. По сути, ТТ становится активным элементом системы вторичной коммутации, поскольку не может функционировать без упомянутого блока, требующего надежного электропитания.

Достоинства:

- широкий диапазон снимаемых данных;
- отсутствием явлений гистерезиса, магнитного насыщения и остаточного намагничивания;
- возможность интеграции в измерительные и информационные системы с использованием различных интерфейсов – аналоговых, дискретных и цифровых;
- полная эколого-, пожаро-, взрыво- и электробезопасность;
- высокая помехоустойчивость;
- долговечность;
- малые габаритные параметры.

### Литература

- 1 Линт, Г.Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах / Г.Э. Линт // Библиотека электромонтера. – 1977. – С. 38–46.
- 2 Цытович, Л.И. Датчики напряжения (тока) с повышенной временной и температурной стабильностью характеристик / Л.И. Цытович // Энергетика. – 2009. – № 34. – С. 45–50.
- 3 Лебедев, В.Д. Измерительные преобразователи тока для цифровых устройств релейной защиты и автоматики / В.Д. Лебедев // Энергетика. – 2009. – № 18. – С. 3–8.