

ВЛАСОВ М.А.Генеральный директор
ООО «ПроЛайн» (Москва)**СЕРДЦЕВ А.А.**Технический директор
ООО «ПроЛайн» (Москва),
к.т.н.

ОПТИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ

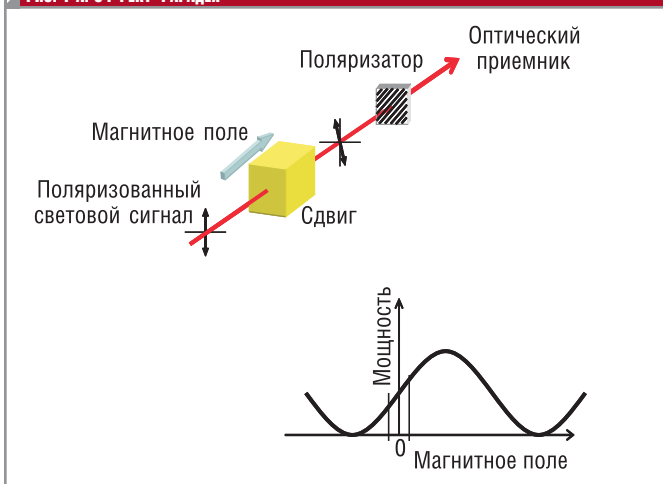
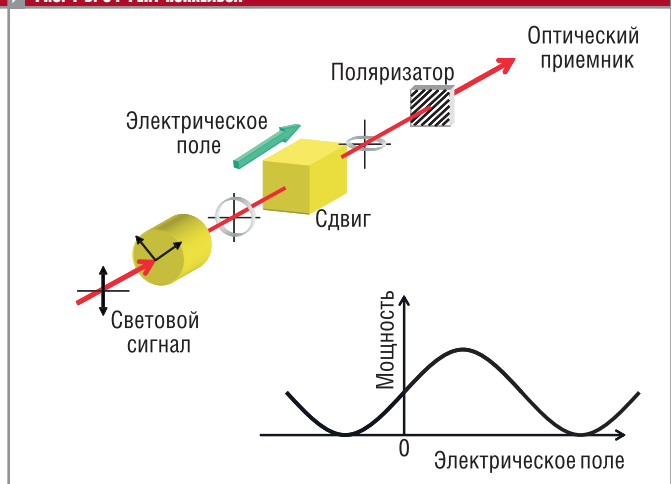
Оптическим трансформаторам и первым опытам их инсталляций в реальных условиях посвящено немало статей, презентаций, докладов и выступлений. Практически все ведущие электротехнические компании объявили об интенсивных работах в этом направлении. Что же заставляет ученых, инженеров, эксплуатационщиков и бизнесменов тратить на это огромные деньги и время? Видимо, это связано с тем, что измерения электрических величин, особенно на высоких напряжениях, являются одним из наиболее сложных и ресурсоемких видов измерений.

Основными, ключевыми элементами измерительного канала для этих целей служат первичные измерительные устройства – датчики, преобразователи, трансформаторы тока и напряжения. Информация, считанная с них, используется в дальнейшем приборами учета, блоками релейной защиты и другим оборудованием станционной автоматики.

Технический прогресс в области счетчиков электрической энергии привел к тому, что из простых индукционных устройств они превратились в сложные аппаратно-программные комплексы с мощной цифровой обработкой сигналов. Аналогичные процессы внедрения современной микропроцессорной техники происходят и в устройствах релейной защиты.

В качестве же первичных измерителей (масштабирующих преобразователей) по-прежнему чаще всего выступают электромагнитные измерительные трансформаторы.

Эти устройства давно используются в энергетике, претерпели множество конструктивных изменений, но, к сожалению, не избавились от недостатков, вытекающих из

РИС. 1 А. ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ**РИС. 1 Б. ЭФФЕКТ ПОКЕЛЬСА**

самой физической природы электромагнитных трансформаторов. К таким недостаткам можно отнести явления резонанса, гистерезиса, насыщения, остаточного намагничивания. Конструктивные особенности этих устройств приводят к тому, что зачастую сами они могут быть источниками аварий на энергообъектах.

Эти недостатки и побуждали разработчиков искать новые подходы к построению высоковольтных преобразователей, которые были бы основаны на иных принципах работы.

Наиболее перспективным и результативным в этом поиске оказалось направление, связанное с использованием магнитооптических эффектов при разработке первичных датчиков тока и напряжения.

На первый взгляд кажется, что свет и электричество – две совершенно разные, не взаимодействующие друг с другом материи. Этим объясняется, в частности, высокая электромагнитная помехоустойчивость волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Однако физики давно знают об эффектах, доказывающих влияние электрического и магнитного полей на световую волну. С практической точки зрения наиболее интересны эффекты Поккельса и Фарадея.

Эффект Фарадея заключается в изменении поляризации светового потока под воздействием магнитного поля (рис.1 а). Эффект Поккельса заключается в изменении угла преломления и поляризации под воздействием электрического поля (рис.1 б).

Несмотря на то что эти эффекты известны науке свыше ста лет, работы по их практическому использованию в электроизмерениях начали интенсивно вестись в течение последних лет двадцати, практически параллельно с массовым внедрением оптоволоконных технологий в телекоммуникациях, которое привело к снижению стоимости самого оптоволокна и появлению малогабаритных полупроводниковых лазеров.

Усилия ученых и инженеров прежде всего были направлены на повышение точности, стабильности, устойчивости к воздействию внешних факторов, долговечности и, конечно же, к снижению стоимости преобразователей.

Наибольших успехов в создании оптических преобразователей достигла компания NxTPhase T&D Corporation (Canada).

Компания NxTPhase представляет следующие типы серийно выпускаемых изделий, готовых к промышленной эксплуатации:

- высоковольтные измерительные оптические преобразователи тока NXCT,
- высоковольтные измерительные оптические преобразователи напряжения NXVT,



■ высоковольтные измерительные оптические преобразователи тока и напряжения совмещенные NXVCT,

■ измерительные оптические преобразователи трансформируемые NXCT-F3.

Оптические преобразователи компании NxTPhase T&D Corporation состоят из пассивной оптической колонны и комплекта электроники. Оптическая колонна преобразователя тока включает в себя оптический

сенсор, представляющий собой определенное количество витков оптического волокна, расположенных перпендикулярно шине, по которой протекает первичный ток. Физического контакта сенсора с шиной не требуется. Далее волокно от сенсора, проходя через полимерный изолятор, выводятся на оптический кросс, расположенный в нижней части колонны. Никаких других измерительных элементов, кроме оптического волокна в колонне, не присутствует. В преобразователе напряжения внутрь колонны добавляются оптические ячейки, измеряющие напряженность поля. Волокна от оптических ячеек так же выводятся на кросс.

Внешний вид оптических преобразователей:

1 Преобразователь тока NXCT

2 Преобразователь тока и напряжения

3 NXVCT Преобразователь тока трансформируемый NXCT-F3





Взрыв обычного измерительного трансформатора.

Вся обработка сигналов проводится в блоках электроники, которые соединяются с колоннами оптическим кабелем значительной протяженности.

Что же дают новые изделия пользователям? Из физической основы оптических преобразователей вытекают их основные преимущества перед

электромагнитными трансформаторами напряжения и тока, а именно:

1. Широкий динамический диапазон измерений. Высочайшая термическая и электродинамическая стойкость.
2. Высокая линейность.
3. Отсутствие явлений насыщения, гистерезиса, остаточного необратимого изменения параметров после перегрузки вследствие, например, короткого замыкания.
4. Отсутствие явления резонанса.
5. Широкий частотный диапазон, позволяющий анализировать гармоники напряжения и тока непосредственно в высоковольтной цепи.
6. Отсутствие влияния нагрузки вторичных цепей и потерь в них.
7. Высокая устойчивость оптоволоконных информационных каналов к внешним электромагнитным помехам.

8. Меньшие массогабаритные показатели.

9. Высокая безопасность, пожароустойчивость и экологичность – преобразователи не содержат в себе ни масла, ни бумаги, ни элегаза.

Более подробно эти особенности рассмотрены в [1].

Оптические трансформаторы (иногда их называют преобразователями) относятся к классу электронных трансформаторов. Требования к ним сформулированы в международных стандартах [2, 3].

Одним из самых главных преимуществ оптических трансформаторов является безопасность. Безопасность изделий для высоковольтной энергетики крайне актуальна. На фотографии показан взрыв обычного измерительного трансформатора. Последствия таких взрывов хорошо известны специалистам.

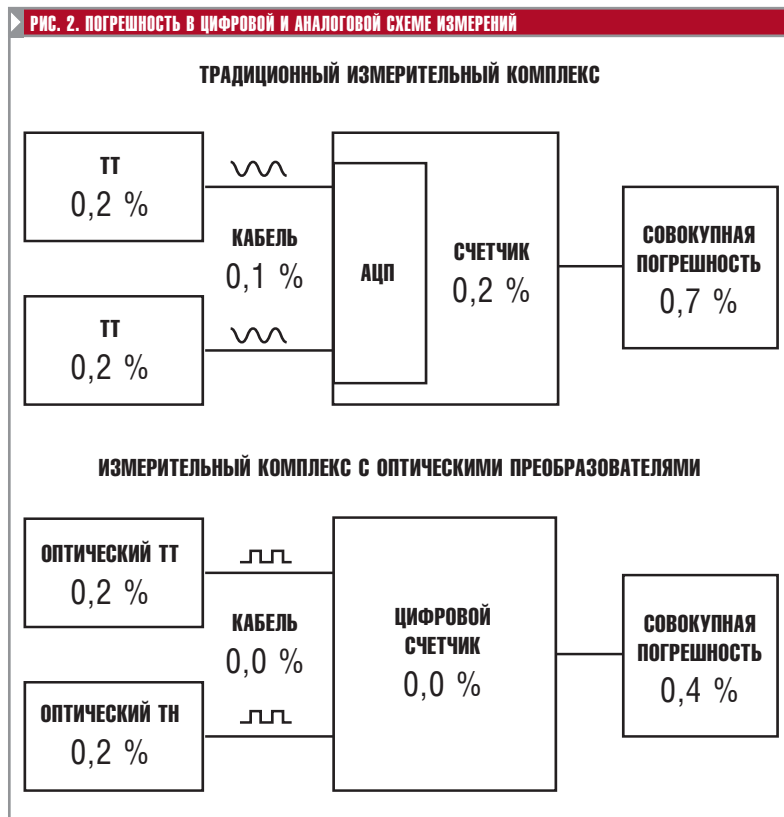
В этом смысле оптические преобразователи обладают почти абсолютной безопасностью. Они не содержат горючих (масло, бумага) или экологически опасных (SF6) веществ, требующих постоянного контроля. Сама конструкция предполагает использование материалов, которые являются диэлектриками. В оптических преобразователях нечему гореть и нечему подвергаться электрическому пробое. Конечно, никто не отменял контроля состояния внешней изоляции. Все это значительно сокращает издержки при эксплуатации. Обслуживания требует только электроника, которая имеет самые полные функции самодиагностики.

Другое главнейшее преимущество – шаг к полностью цифровой обработке в измерениях электрических величин.

На рис. 2 представлены цифровая и аналоговая схема измерений и достигаемая в том и другом случае погрешность измерения.

Впервые в России оптические преобразователи были продемонстрированы компанией «ПроЛайн», являющейся эксклюзивным представителем компании NxtPhase T&D Corporation (Canada) на выставке «Электрические сети России» в ноябре 2006 года. Интерес к ним был огромный. Вот конкретный отзыв в [4] «...Пройдет буквально пять лет, и то, что сегодня представили канадцы, будет стоять на половине стендов выставки. Вся измерительная техника в ближайшем будущем станет работать по принципу оптической передачи информации...».

Это очень важное замечание. Проводя сегодня масштабные проекты по модернизации энергохозяйства, построению систем коммерческого учета электроэнергии мы обязаны думать не о замене физически устаревшего,



старого оборудования на аналогичное новое, но морально устаревшее, а главным образом, о ближайшей перспективе, хотя бы лет на 5–10 вперед.

Одним из вопросов на прошедшей выставке был – где можно посмотреть систему в реальной работе?

В январе этого года в России установлены и запущены в эксплуатацию первые две трехфазные совмещенные системы оптических преобразователей на напряжение 220 кВ на одном из ведомственных объектов в Вологодской области.

Работы проводились при температурах ниже минус 15 °С. Основное отличие от монтажа традиционных трансформаторов – это использование оборудования для сварки оптоволокон. Инсталляция выполнена успешно, и в настоящее время оптические измерители функционируют параллельно с традиционными электромагнитными транс-

форматорами (ТГФ-220, НАМИ-220), что создает уникальные возможности для проведения дальнейших экспериментов.

Весь комплекс работ по проектированию, монтажу и пуско-наладке был выполнен компанией ИЦ «Энергоаудитконтроль» совместно с ИТЦ «Континуум+».

КСТАТИ
 Адрес ООО «Пролайн»: 127254, Москва, ул. Добролюбова, д. 3/5, стр. 1.
 Контактный телефон: +7 (916) 693-72-62

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Власов, А. Сердцев. Высоковольтные оптические преобразователи для систем измерений и анализа качества электрической энергии. // Энергорынок, № 10 (35) 2006, с. 43–46.
2. IEC 60044-7, Instrument transformers – Part 7: Electronic voltage transformer.
3. IEC 60044-8, Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformer.
4. О.А. Аношин, Э.Л. Палей. Электротехнический рынок России. Застой или временная передышка? // Новости электротехники, № 6 (42), 2006, с. 36–38.

МНЕНИЕ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ИЦ «ЭНЕРГОАУДИТКОНТРОЛЬ»

П. М. Бандура (вице-президент ИЦ «Энергоаудитконтроль»): В настоящее время мы разворачиваем работы по созданию законченных решений для заказчиков в области систем измерений и контроля качества электроэнергии на базе оптических трансформаторов. Нас привлекает в этом оборудовании метрологические характеристики, унифицированность, возможность перенастройки параметров. Представьте, что вы хотите организовать точку учета. Первое, что надо сделать, – выполнить проектирование, потом заполнить опросный лист, заказать трансформатор и т.д. и т.д. На это уйдет время. А в случае с оптикой? Берете любое изде-

лие со своего склада в полной уверенности, что попадете с коэффициентом трансформации (один тип изделий перекрывает номинальные токи от 100 А до 1200 А, второй – от 400 А до 4000 А). Даже с учетом изменений нагрузки у вас нет проблем с термической и динамической стойкостью, нет элегаза, нет необходимости перерасчета вторичных цепей. Вес трансформатора тока на 220 кВ всего 60 кг (!), а длина до счетчика полкилометра и более. Это многое упрощает.

И. А. Морозов (технический директор ИЦ «Энергоаудитконтроль»): В настоящее время работы

по «цифровой подстанции» являются для нас одним из самых приоритетных направлений. Причем мы нацелены не на интеграцию чужих решений, а на разработку собственных. Оптический, электронный трансформатор очень хорошо вписывается в эту стратегию. Он уже цифровой. Общая «цифровизация» – это, несомненно, магистральный путь развития измерений для электротехники. Тут можно справедливо провести всем известную параллель: давно ли мы все слушали аналоговые виниловые пластинки, а сейчас – цифровой компакт-диск. Надежно, практично, дешево и повсеместно.

МНЕНИЕ ИНЖЕНЕРА-КОНСТРУКТОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОАО «СВЕРДЛОВСКИЙ ЗАВОД ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА» Е. С. НЕСЕНЮКА

Без сомнений, применение оптических трансформаторов является достаточно перспективным направлением и имеет неоспоримые плюсы. Использование такого средства измерения должно обеспечивать большую точность данных, так как измерения проводятся уже цифровыми методами. Но, как специалисты с многолетним стажем в области производства литых трансформаторов тока и напряжения, мы хотели бы поднять некоторые воп-

росы, связанные с практическим применением оптических трансформаторов в РФ.

Во-первых, в России нет ГОСТов, которые бы регламентировали, как поверять, как определять класс точности и межповерочный интервал у оптических трансформаторов. Думаем, это вопрос времени.

Во-вторых, изделие – новинка на рынке электротехники, поэтому еще не накоплен опыт эксплуатации и,

соответственно, нет сведений, гарантирующих надежность и достоверность данных, которые «выдают» оптические трансформаторы.

Хотелось бы также получить информацию о работоспособности оптических трансформаторов при температуре минус 60 °С, на которую должны быть рассчитаны большинство трансформаторов, работающих на территории Российской Федерации.