

# ОПТИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА: НУЖНО БЫТЬ РЕАЛИСТАМИ

Владимир Гуревич, канд. техн. наук

Центральная лаборатория Электрической компании Израиля

В журнале «Электрические сети и системы», 2009, № 3, была опубликована статья А.Л. Гуртовцева «Оптические трансформаторы и преобразователи тока», в которой рассматриваются принцип действия и преимущества оптических ТТ. Тема статьи, безусловно, интересная и актуальная, поскольку энергетики еще слишком мало знакомы с этим принципиально новым видом техники, не получившим еще достаточного распространения. К сожалению, в статье рассматриваются одни лишь преимущества оптических ТТ и ничего не говорится об их проблемах, недостатках и ограничениях в применении. Вместе с тем, следует принять во внимание, что оптические ТТ известны уже достаточно давно, но по каким-то причинам не нашли широкого применения. Возникает вопрос, а что же это за причины? Дело в том, что оптические ТТ имеют значительно большую, чем обычные электромагнитные ТТ стоимость. Но, может быть, у оптических ТТ имеются такие существенные преимущества, которые полностью компенсируют этот недостаток. Давайте разберемся подробнее с этими преимуществами оптических ТТ, отмеченными в статье.

**Преимущество первое:** широкая полоса пропускания сигналов (не менее 6 кГц), позволяющая производить полный анализ не только количества, но и качества электроэнергии в части гармоник (до 100 гармоник) и переходных процессов (для защиты).

А разве полоса пропускания обычных ТТ недостаточна для «полного анализа не только количества, но и качества электроэнергии в части гармоник (до 100 гармоник) и переходных процессов (для защиты)»?

Разве аварийные переходные процессы в сетях сегодня не записываются цифровыми регистраторами? Как показано в ряде исследований, выполненных разными авторами, частотные характеристики самых обычных ТТ простираются до частот в 100 кГц [1, 2]. Иными словами, получается, что частотные характеристики обычных ТТ даже лучше, чем оптоэлектронных. Другой вопрос, а кому нужен такой широкий частотный диапазон в электроэнергетике.

**Преимущество второе:** высокая помехоустойчивость к электромагнитным помехам, позволяющая монтировать изделия в сложной электромагнитной обстановке без ее предварительного анализа и коррекции.

Высокая помехоустойчивость по сравнению с чем? С традиционными ТТ? А что, разве с этим есть проблемы? Во всяком случае, в статье не содержится никаких данных или ссылок, свидетельствующих о недостаточной помехоустойчивости традиционных ТТ. Скорее наоборот, поскольку оптоэлектронные ТТ содержат весьма сложные микропроцессорные преобразователи электрических сигналов в оптические и обратно, то они-то как раз и будут обладать значительно более низкой (по сравнению с традиционными ТТ) помехоустойчивостью, как и все устройства такого рода [3].

**Преимущество третье:** долговечность, долговременная стабильность и высокая повторяемость метрологических параметров изделий

А разве традиционные ТТ не обеспечивают надлежащую долговечность, стабильность и повторяемость результатов, доста-

точную для нужд измерения тока и работы релейной защиты? Кто-нибудь проводил сравнительные испытания на надежность и стабильность параметров традиционных и оптоэлектронных ТТ с их сложными электронными блоками? Во всяком случае, в статье не приведено никаких технических данных, подтверждающих наличие у оптических ТТ такого преимущества.

**Преимущество четвертое:** низкая восприимчивость к вибрациям и изменениям температуры.

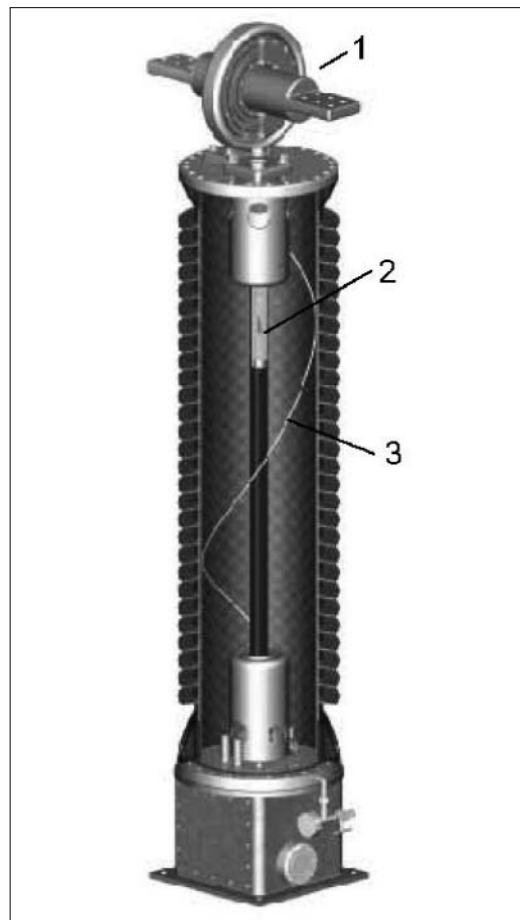
И опять вопрос: а разве традиционные ТТ восприимчивы к вибрациям и изменениям температуры. Разве оптические волокна и сложные микропроцессорные системы более устойчивы к вибрациям и изменениям температуры, чем медные обмотки, намотанные на железной болванке? Да и кому нужна особо высокая устойчивость к вибрациям стационарного ТТ?

**Преимущество пятое:** простота и надежность конструкции ВОДТ, высокая надежность и самодиагностика электронно-оптических блоков (ЭОБ) минимизируют требования к техническому обслуживанию и поверке изделий.

Не понятно, по какой это теории сложнейшая электронная система оказалась более надежной, чем медная обмотка на железном сердечнике? Необходимость самодиагностики электронной системы – это скорее отрицательное качество, чем положительное, так как это показатель того, что без постоянной самодиагностики система не способна обеспечить высокую надежность (примерно так же, как это имеет место и у микропроцессорных реле защиты). Во всяком случае, традиционные ТТ уже почти сто лет служат верой и правдой и до сих пор не нуждаются в самодиагностике.

**Преимущество шестое:** отсутствие насыщения трансформатора тока.

Действительно, оптические ТТ не насыщаются при больших токах. Но, во-первых, разве сегодня при выборе ТТ для релейной защиты не учитываются максимальные токи короткого замыкания в данной линии? Разве в реальных высоковольтных линиях электропередач класса 110 кВ и выше (для которых и рассчитаны оптоэлектронные ТТ) могут быть токи короткого замыкания такой величины, что они могут вызвать сильное насыщение ТТ с номинальным током, например, 1200 А? Во-вторых, разве широко известные трансформаторы тока Роговского не обладают

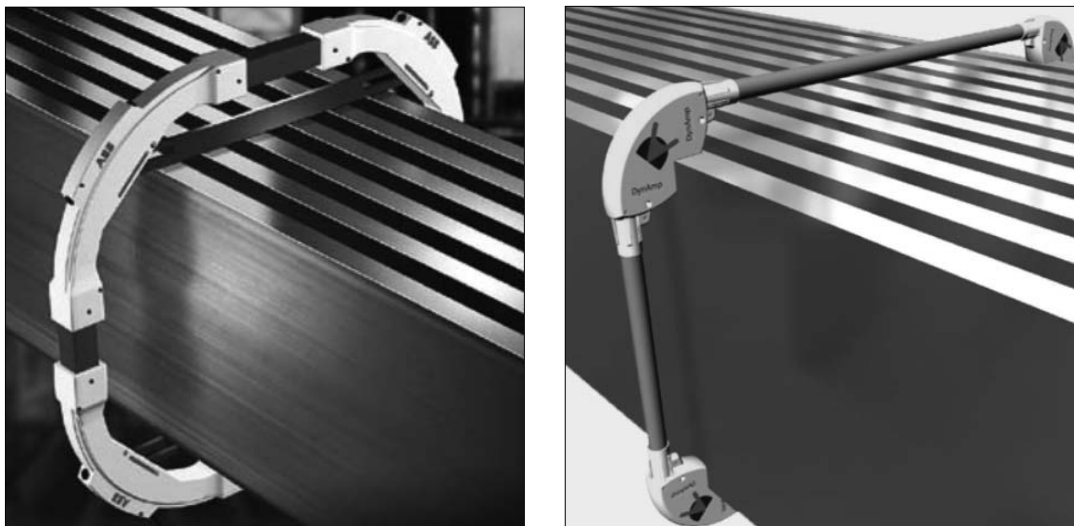


**Рис. 1.** Высоковольтный комбинированный измерительный трансформатор тока и напряжения компании NxtPhase T&D, Inc.: 1 – датчик тока на базе магнитооптического элемента Фарадея; 2 – датчик напряжения на основе электрооптического элемента Кэрра; 3 – оптическое волокно

полным иммунитетом к насыщению при неограниченно больших токах?

**Преимущество седьмое:** снижение затрат на эксплуатационное обслуживание по сравнению с элегазовыми и маслонеполненными изоляторами.

Во-первых, какое такое специальное «эксплуатационное обслуживание» требуют маслонеполненные, а тем более элегазовые ТТ? Во-вторых, какие сегодня имеются основания считать, что такие сложные устройства, как оптоэлектронные ТТ не будут требовать обслуживания? Кто сказал, что их не нужно будет периодически проверять и калибровать? Разве случаи выхода из строя сложных электронных систем так уж редки? Разве самые современные микропроцессорные устройства релейной защиты со встроенной самодиагностикой сегодня выходят из строя реже, чем старые электромеханические, [4]?



**Рис. 2.** Низковольтные датчики сильных токов: слева типа FOCS компании АВВ, справа – серии LKCO компании DynAmp, LCC, одетые на мощный шинопровод

Вместе с тем, совершенно очевидно, что оптоэлектронные ТТ действительно имеют определенные преимущества, например, в области сверхвысоких напряжений, когда стоимость изоляции традиционного ТТ получается очень высокой. Или в области очень значительных кратностей аварийных токов, когда обычные (электромагнитные) ТТ могут насыщаться. Или при необходимости измерений очень больших токов (сотни килоампер). На эти частные преимущества и следовало бы, по нашему мнению, обратить внимание читателей вместо восхваления устройств, которые в реальной жизни вовсе не могут заменить собой традиционные ТТ во всех областях их применения. Кроме того, сравнивая оптоэлектронные ТТ с другими типами ТТ, следовало бы упомянуть, по нашему мнению, что такими «другими» типами ТТ могут быть не только электромагнитные ТТ, но и устройства на основе катушки Роговского, получившие широкое практическое распространение. Трансформаторы тока на основе катушек Роговского могут работать и при очень больших кратностях токов, и для измерения больших уровней тока. При этом они очень просты и дешевы, в отличие от оптоэлектронных ТТ.

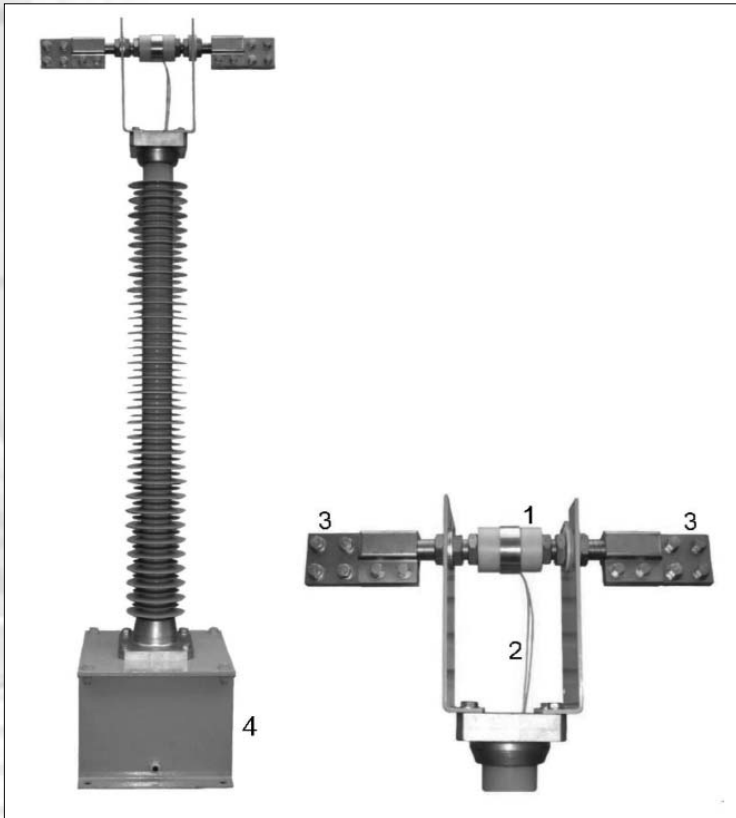
Следовало бы отметить также некоторые неточности, допущенные автором.

Во-первых, упоминаемая в статье компания NxtPhase вошла в состав концерна Areva и называется сейчас: NxtPhase T&D, Inc. Кстати, этой же компанией выпускаются и комбинированные измерительные трансформаторы, совмещающие в одной

конструкции и трансформатор тока и трансформатор напряжения. Одни из них являются комбинацией магнитооптического элемента Фарадея и электрооптического



**Рис. 3.** Магнитооптический трансформатор тока типа МОСТ компании АВВ, выпускаемый на напряжения до 800 кВ



**Рис. 4.** Первый Российский оптоэлектронный измерительный трансформатор тока типа ОИЦТТ-110кВ-2кА-0.2с:

1 – ячейка Фарадея; 2 – оптическое волокно; 3 – токовые выводы; 4 – электронный преобразователь

элемента Кэрра, чувствительного к электрическому полю, рис. 1. Другие – комби-

нацией элемента Фарадея и емкостного датчика напряжения.

Во-вторых, упоминаемое в статье изделие типа FOCS компании АВВ является вовсе не оптическим трансформатором тока, а лишь низковольтным датчиком особо больших токов (до 500 кА), используемых в некоторых отраслях промышленности, например, в металлургической и электрохимической, рис. 2.

В-третьих, упоминаемое в статье устройство типа LKCO компании DynAmp (правильное название “DynAmp, LLC”) в настоящее время способно измерять токи не до 60 кА, как указано в статье, а свыше 500 кА и предназначено, как упомянутое выше изделие FOCS для использования в качестве низковольтных измерителей большого тока, рис. 2.

А трансформатор тока компании АВВ, предназначенный для применения в электроэнергетике называется МОСТ (Magne-to-Optic Current Transformer), рис. 3.

И, наконец, самое важное, на наш взгляд, упущение статьи – это полное отсутствие какого бы то ни было упоминания о работах, проводимых в этой области в странах СНГ. А жаль, ведь в России разработан вполне конкурентоспособный вариант оптоэлектронного трансформатора тока, рис. 4 (устройство разработано ООО Научно-производственная компания «Оптолинк» совместно с ОАО Раменский электротехнический завод “Энергия”).

## Литература

1. *Poulichet P., Costa F., Labouré É.* High-Frequency Modeling of a Current Transformer by Finite-Element Simulation // IEEE Transactions on Magnetics. – March 2003. – Vol. 39, N 2.
2. *Redfern M. A., Terry S. C., Robinson F. V. P., and Bo Z. Q.* A Laboratory Investigation into the use of MV Current Transformers for Transient Based Protection. – International Conference on Power Systems Transients – IPST 2003 in New Orleans, USA.
3. *Гуревич В.* Оптоэлектронные трансформаторы: панацея или частное решение частных проблем? // Вести в электроэнергетике. – 2010. – ? 2.
4. *Gurevich V.* Digital Protective Relays: Problems and Solutions. – Taylor & Francis, New York – Boca Raton – London, 2010. – 350 p.