

Требования к первичным преобразователям сигналов для релейной защиты: об одной публикации на актуальную тему

В. И. Гуревич, канд. техн. наук

В последние годы на рынке первичных преобразователей сигналов (тока и напряжения) для релейной защиты появились вполне конкурентоспособные и доступные нетрадиционные первичные преобразователи напряжения емкостного и оптического (на основе электрооптического эффекта Кэрра) типа. Преобразователи тока нового типа выполняют на основе трансформатора Роговского и на основе оптического эффекта Фарадея, а также комбинированные преобразователи, совмещающие в одной конструкции преобразователи и тока, и напряжения. Появился также и ряд публикаций, на все лады расхваливающих новые типы первичных преобразователей. Как показано в [1, 2] хвалебные оды новым устройствам без серьезного технико-экономического обоснования вовсе не способствуют лучшему пониманию ситуации и скорейшему внедрению новых технологий, а способны лишь ввести в заблуждение. В этой связи несомненный интерес представляет тема статьи Александра Булычева «Релейная защита нового поколения. Требования к первичным преобразователям сигналов», опубликованной в журнале «Новости электротехники», 2010, № 5(65). Однако, первые же строки этой статьи приводят читателя в недоумение.

Начинается статья со следующего утверждения:

*«Для создания более совершенных средств управления электроэнергетическими системами на основе цифровой техники **необходимо пересмотреть требования ко всем элементам этих средств**»*

Почему необходимо «пересматривать» требования? Почему «ко всем элементам»? Необходимость «пересмотра» требований «ко всем элементам» никак не аргументируется и вообще не рассматривается в статье, поэтому такого рода утверждения выглядят совершенно голословными и просто не серьезными.

В этом же абзаце читаем далее:

«Преобразование первичных сигналов (токов и напряжений в силовых цепях) в приемлемые для цифровой обработки формы в сложившихся условиях целесообразно осуществлять с помощью первичных преобразователей тока и напряжения, имеющих цифровые выходы»

Кто и где доказал, что *«в сложившихся условиях»* это *«целесообразно осуществлять с помощью первичных преобразователей тока и напряжения, имеющих цифровые выходы»*? Что такое *«сложившиеся условия»*? Если имеется ввиду существующее сегодня состояние дел, то оно таково, что первичным преобразователям с цифровым выходом просто нет места, так как измерительные входы устройств релейной защиты, как электромеханической, так и микропроцессорной, сегодня абсолютно не приспособлены для использования *«преобразователей тока и напряжения, имеющих цифровые выходы»*.

Далее, при чем здесь «Релейная защита нового поколения», заявленная как тема статьи, если в самой статье нет ни слова об этой самой «релейной защите нового поколения»?

А как можно серьезно относиться к выражению автора: «Наиболее интенсивные переходные процессы вызывают короткие замыкания (КЗ)»? По логике автора получается, что переходный процесс в электрической сети вызывает ... падению деревьев на провода или приводит к перекрытию изолятора от экскрементов птички, неудачно севшей на него.

Несуразности статьи продолжают. Читаем:

«Применительно к релейной защите можно не учитывать некоторые несущественные аperiodические и колебательные составляющие и представить ток КЗ в виде суммы ряда этих составляющих».

Так не учитываем эти составляющие, или все-таки учитываем в виде суммы?

Далее в статье анализируются диапазоны напряжений и токов, воздействующих на первичные преобразователи. Полученные автором на основе этого анализа выводы ничего нового не приносят и хорошо известны проектировщикам и инженерам-релейщикам.

В результате обширных теоретических изысканий, основывающихся на преобразованиях Фурье автор приходит в выводу о том, что *«большая часть энергии сигнала, несущей информацию о процессе, сосредоточена в частотном диапазоне вблизи нулевой частоты»*. Во-первых, какое имеет значение «энергия сигнала», который все равно будет подвергаться усилению и обработке? Во-вторых, с каких пор «энергия сигнала» стала

показателем информативности сигнала? Кто сказал, что сигнал с низкой энергией является менее информативным, чем, например, мощная помеха? С другой стороны, сложные переходные процессы сопровождаются, как известно, искажениями синусоидальной формы сигналов, поступающих на входы реле защиты. Те же самые преобразования Фурье для таких сигналов дают большое количество составляющих, лежащих в частотном диапазоне, находящемся очень далеко от нуля. В таком случае, кому нужен вывод автора о том, что *«большая часть энергии сигнала, несущей информацию о процессе, сосредоточена в частотном диапазоне вблизи нулевой частоты»* и как его можно использовать на практике?

Какое отношение к практике имеет, например, такой вывод, полученный в статье:

«С увеличением длительности прямоугольного импульса его амплитудный спектр группируется во всё более узкой области вблизи нулевой частоты, а его значение возрастает, стремясь в пределе к бесконечности».

Возникает вполне закономерный вопрос: ну, и что из этого следует?

Все эти вопросы, на которые в статье нет ответов, ставят под сомнение всю теоретическую часть статьи, как не имеющей никакого практического значения.

Далее, автор опять возвращается к вопросу об энергии сигнала и пытается обосновать «важность» этого критерия следующим образом:

*«Передача и преобразование сигналов информации связаны с передачей и преобразованием энергии. Поэтому для **количественной оценки параметров сигналов** можно установить частотный диапазон, в котором сконцентрирована основная часть энергии сигнала».*

Эта новая сентенция автора, в которой «информационность сигнала» заменена на *«количественную оценку параметров сигналов»*, по-прежнему никак не объясняет, почему частотный диапазон должен быть связан с *«основной частью энергии сигнала»*. Мы ведь не энергию передаем, а информацию, которая может передаваться сигналами с малой энергией, несущими информацию более важную, чем сигналы с высокой энергией.

Далее читаем:

«подавляющая часть энергии сигналов, наиболее близких по форме к реальным, сосредоточена в диапазоне частот от 0 до 500 Гц (рис. 3)».

Но как же это соотносится с предыдущим утверждением о том, что:

«большая часть энергии сигнала, несущей информацию о процессе, сосредоточена в частотном диапазоне вблизи нулевой частоты?»

Так какой же вывод автора правильный: первый или второй, ведь частота 500 Гц отстоит от нуля довольно далеко?

Раздел статьи под названием «Примеры моделирования» повергает нас в еще большее недоумение:

«Можно привести наглядные примеры прохождения сигналов релейной защиты через наиболее распространенные в настоящее время электромагнитные трансформаторы тока (ТТ), допустив, что они имеют линейные свойства и различные частотные характеристики [6]».

При чем здесь «электромагнитные трансформаторы тока», которые автор анализирует в этом разделе статьи, если темой статьи является анализ «первичных преобразователей, имеющих цифровые выходы». А ведь хорошо известно, что цифровая обработка сигнала вносит определенные искажения в преобразованный сигнал, что должны выдерживаться определенные соотношения между максимальной частотой входного сигнала и частотой выборки сигнала и т.д. [3]. Очень странно, что в статье, посвященной «первичным преобразователям, имеющим цифровые выходы», автор анализирует «электромагнитные трансформаторы тока» и даже не упоминает о проблемах цифровой обработки сигналов. Возникает ощущение, что название статьи и заявленная тема существуют сами по себе, а статья – сама по себе и что автор анализирует не те вопросы, которые он обозначил в названии и в преамбуле статьи, а те, с которыми он знаком.

На рис. 8 в статье приведены два графика с изображенной на них синусоидой с периодом 0.02 с, что соответствует частоте 50 Гц.

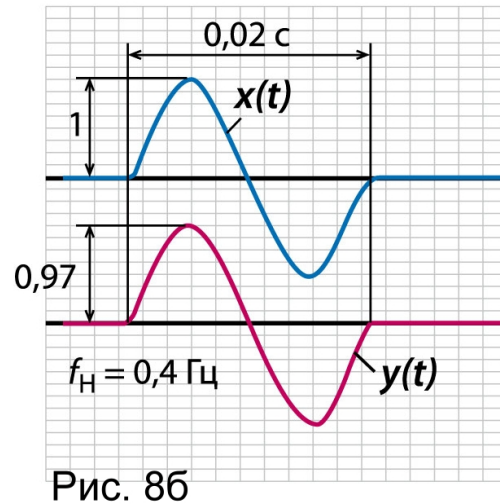
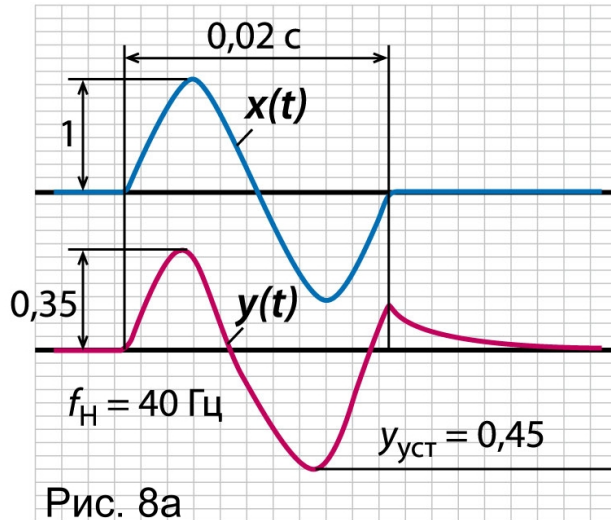


Рис. 8. Картины переходных процессов, полученные при физическом моделировании прохождения сигналов в виде отрезков функций синусоидальной формы через трансформаторы тока с различными нижними граничными частотами: а) $f_H = 40$ Гц; б) $f_H = 0,4$ Гц.

Если речь идет о двух трансформаторах нижними граничными частотами 40 Гц и 0.4 Гц, на которые подается сигнал с частотой 50 Гц (то есть с периодом 0.02 с, обозначенным на графике) то откуда взялись частоты 250 Гц ($T_1 = 0.004$ с) и 2.5 Гц ($T_1 = 0.4$ с) в следующем отрывке текста статьи:

«Выходной сигнал ТТ $y(t)$, для которого $T_1 = 0,004$ с (нижняя граничная частота равна 37 Гц), как видно из рис. 8а, значительно отличается от входного сигнала $x(t)$ по относительному значению амплитуды и фазы. Кроме того, видно, что сигнал на выходе ТТ при $t > \tau$, как отмечалось выше, отличается от нуля. Трансформатор тока, для которого $T_1 = 0,4$ с, преобразует входной сигнал с более высокой точностью (рис. 8 б). Его погрешность не превышает 5%. Сравнительный анализ результатов математического и физического моделирования позволил установить, что использованные математические модели сигналов и первичных преобразователей в достаточной степени адекватны исследуемым процессам, а принятые при теоретическом анализе допущения правомерны»

И на основании чего автор утверждает об адекватности «использованных математических моделей сигналов... исследуемым процессам», если никаких

численных расчетов по его «*математическим моделям*» выполнено не было. Здесь следует отметить, что частотные характеристики трансформаторов тока уже давным давно изучены и теоретически и экспериментально, и показано, что у реальных трансформаторов тока они простираются гораздо дальше упоминаемых в статье 500 Гц [4, 5].

Таким образом, резюмируя можно сказать, что практическую пользу от этой статьи получил, наверное, только ее автор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич В. И. Оптоэлектронные трансформаторы: панацея или частное решение частных проблем. - "Вести в электроэнергетике", 2010, № 2, с. 24 - 28.
2. Гуревич В. И. Оптические трансформаторы тока: нужно быть реалистами. - "Электрические сети и системы", 2010, № 4, с. 73 - 76.
3. Гуревич В. И. Микропроцессорные реле защиты. Как они устроены? (в пяти частях) - "Электротехнический рынок", 2009, № 4, 5, 6, 2010, № 1-2.
4. Poulichet P., Costa F., Laboure E. High-Frequency Modeling of a Current Transformer by Finite-Element Simulation // IEEE Transactions on Magnetics. vol. 39, № 2, March 2003.
5. 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.

30.01.2011