

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.

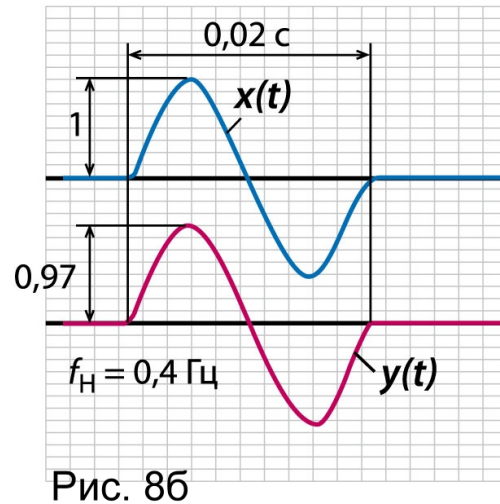
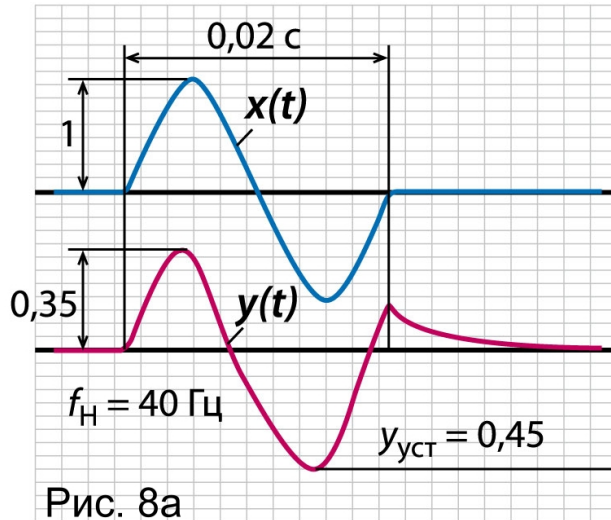


Рис. 8. Картины переходных процессов, полученные при физическом моделировании прохождения сигналов в виде отрезков функций синусоидальной формы через трансформаторы тока с различными нижними граничными частотами: а) $f_H = 40$ Гц; б) $f_H = 0,4$ Гц.

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