

УДК 621.3
ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЯ И
ТОКА НА ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Г. И. СКРЯБИНА, А. Г. СТАРОВОЙТОВ, И. А. ЧЕРКАСОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Проблема точного измерения электрической энергии в условиях наличия мощных резкопеременных, несимметричных нагрузок, вызывающих колебания напряжения, несинусоидальность (появлению высших гармоник) и несимметрию в трехфазных системах напряжений и токов относится к числу одной из важнейших в энергетике.

Эти условия приводят к введению дополнительной результирующей погрешности учета электроэнергии:

$$\Delta_{сч} = \left(\pm \sum_{n=2}^{40} k_U \cdot k_1 - k_{U2} \cdot k_{12} - k_{U0} \cdot k_{10} \right) \cdot 100 \%,$$

где $\Delta_{сч}$ – результирующая погрешность измерений, в процентах; $k_U \cdot k_1$ – коэффициенты n -й гармонической составляющей тока и напряжения, отн. ед.; $k_{U2} \cdot k_{12}$ – коэффициенты несимметрии по обратной последовательности тока и напряжения, отн. ед.; $k_{U0} \cdot k_{10}$ – коэффициенты несимметрии по нулевой последовательности тока и напряжения, отн. ед.

Острота и актуальность проблем измерения электрической энергии требует их более подробного рассмотрения.

Погрешность индукционного счетчика зависит от нагрузки. Ее величина определяется соотношением вращающего момента и тормозящего момента, пропорционального квадрату действующего значения тока. При сильно искаженных токах магнитный поток, создаваемый чисто синусоидальным напряжением, из-за нелинейности магнитных характеристик магнитопровода содержит высшие гармоники, которые вместе с высшими гармониками тока создают вращающий момент искажающий показания прибора.

После включения нагрузки создаваемый ток магнитный поток вызывает дополнительный тормозящий момент. После выключения цепи этот тормозящий момент спадает, что приводит к тому, что замедление до начала следующего включения меньше, чем ускорение при включении. Поэтому при интервалах переключения менее 1 с может возникнуть измерительная погрешность положительного знака.

Электронные средства могут учесть эту дополнительную энергию, если дискретный интервал измерения Δt будет меньше или равен периоду высших гармоник (интервалу переключения). Если же он больше, то электронный счетчик так же, как и индукционный, даст погрешность, которая будет несколько меньше, чем индукционного.

В математической модели электрического счетчика активная мощность основной гармоники реализована выражением:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1.$$

Активная мощность высших гармоник:

$$P_{\Gamma} = \sum_{\mu=v=2,3\dots}^{40} U_v \cdot I_{\mu} \cdot \cos\varphi_v.$$

Так при $U_5/U_1 = 20\%$ и $I_5/I_1 = 20\%$ отклонение показаний счетчика от реальных значений составит $+3,8\%$, а при $U_5/U_1 = 20\%$ и $I_5/I_1 = -20\%$ (нагрузка – активная, а источником искажения являлся потребитель) составит $-4,1\%$.

Анализ технической документации на электронные счетчики класса 0,2 S и 0,5 S Нижегородского завода им. Фрунзе типа СЭТ-4тм.02.2, EMS ЗАО «ELGAMA-ELEKTRONIK» Литва 2004г., Гран-Электро СС-301 РБ, Евро-Альфа, Альфа-Плюс АББ Вэи Метроника, ЦЭ 6850 ОАО «ЗИП Энергомера» выполненных в соответствии с требованиями нормативной документации: ГОСТ 30207-94, МЭК 1268-95, ГОСТ 30206-94, ГОСТ 26035-83, ГОСТ 6570-96 показывает отсутствие в них нормирования дополнительных погрешностей, вызванных влиянием установленных ГОСТ 13109-97 показателей качества напряжения промышленной частоты. У этих счетчиков дискретный интервал измерения мгновенных значений активной, реактивной и полной мощности – 1 с. Измерительный шунт, с помощью которого измеряются токи высоких гармоник, должен иметь постоянную времени не менее 10^{-5} с.

В 1996 г. в международный стандарт МЭК 1036 (в настоящее время – МЭК 61036) внесены изменения, отражающие реальные погрешности электронных счетчиков при учете электроэнергии в реальных искажающих энергосистемах, несимметрично загруженных несинусоидальными токами. Однако эти изменения не отразились в ГОСТ 30206 и ГОСТ 30207-94, что приводит к экономическим потерям электроэнергии при использовании данных типов приборов учета.

Выводы.

1. При искажении синусоидальности и симметрии кривых тока и напряжения всегда появляется отрицательная дополнительная погрешность измерения электроэнергии.

2. При значительных коэффициентах несинусоидальности в сети необходимо измерять активную и реактивную энергию (мощность) только первой (основной) гармоники.

3. Существующие приборы учета типа Альфа-Плюс, ЦЭ 6850, СЭТ-4тм.02.2 и др. не отражают реальные погрешности при учете энергии в искажающих энергосистемах и потребителей.