

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Д. В. Максименко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель К. М. Медведев

Введение

Повышенное внимание к проблеме качества электроэнергии в последние годы является общемировой тенденцией. Одной из причин тому – бурный, часто плохо контролируемый рост числа промышленных и бытовых электроустановок и приборов, содержащих в качестве блоков питания преобразователи, выполненные на базе современных устройств силовой электроники. К таким электроприемникам (ЭП) можно отнести преобразователи частоты в установках электропривода, современную компьютерную и бытовую технику [1] (телевизоры, компьютеры, холодильники, стиральные машины, микроволновые печи и т. д.), энергосберегающие компактные люминесцентные лампы.

Особенность работы таких современных устройств заключается в потреблении ими из питающей сети импульсных, сильно искаженных несинусоидальных токов, содержащих в себе высшие гармоники (ВГ), уровни которых довольно высоки.

Анализ характера нагрузки жилых и административных зданий позволяет сделать вывод о том, что в современных квартирах и офисах практически не осталось приборов и техники, потребляющей из сети чисто синусоидальный ток. Это обстоятельство дает повод задуматься о вероятных проблемах, связанных с ВГ в электрических сетях таких потребителей.

Методика исследования

Основой для исследований является разработанная авторами имитационная Simulink-модель, созданная в среде компьютерного комплекса MatLab. Данная модель позволяет рассчитывать и строить кривые токов, потребляемых бытовыми однофазными ЭП из питающей сети, а также кривые напряжений в системе электроснабжения (СЭС) таких ЭП.

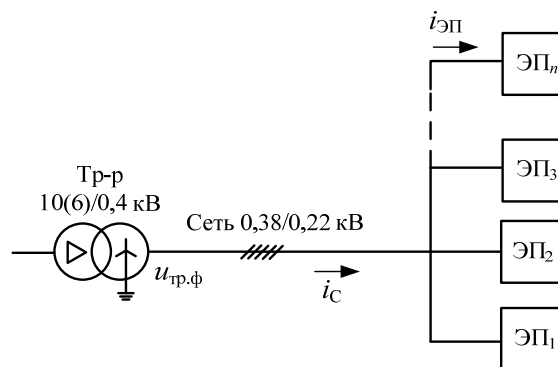


Рис. 1. Система электроснабжения

На рис. 1 изображена СЭС группы однофазных ЭП в количестве N единиц, расположенных в административном здании: $i_{ЭП}$ – ток одного (отдельного) ЭП; i_C – суммарный всех ЭП; $u_{тр.ф}$ – фазное напряжение на выходе питающего трансформатора. Для большей ясности положим, что данными ЭП являются персональные компьютеры (ПК) одинаковой конфигурации, потребляющие одинаковую активную мощность.

В процессе исследований оценивались следующие показатели, характеризующие влияния однофазных электроприемников на качество электроэнергии в СЭС жилых и административных зданий:

– относительные значения токов и напряжений ВГ $I_{(k)}$, % и $U_{(k)}$, % соответственно:

$$I_{(k)}, \% = \frac{I_{(k)}}{I_{(1)}} 100 \%, \quad U_{(k)}, \% = \frac{U_{(k)}}{U_{(1)}} 100 \%; \quad (1)$$

– коэффициенты THD_I и THD_U (Total Harmonic Distortion) соответственно для токов и напряжений:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^K I_{(k)}^2}}{I_{(1)}} 100 \%; \quad THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^K U_{(k)}^2}}{U_{(1)}} 100 \%, \quad (2)$$

где $I_{(k)}$ – ток k -й гармоники, А; $I_{(1)}$ – ток 1-й гармоники (основной частоты), А; $U_{(k)}$ – напряжение k -й гармоники, В; $U_{(1)}$ – напряжение 1-й гармоники (основной частоты), В; K – количество учитываемых гармоник.

Следует отметить, что коэффициент THD_U имеет тот же смысл и рассчитывается по такому же выражению, что и определенный [2] в качестве показателя качества электроэнергии коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U , а величина $U_{(k)}$ идентична коэффициенту n -й гармонической составляющей напряжения в [2].

Результаты исследований. С использованием разработанной *Simulink*-модели были проведены исследования влияния:

– активной мощности $P_{ПК}$, потребляемой одним единственным подключенным к СЭС ПК, на уровни ВГ его тока $i_{ПК}$ (результаты на рис. 2);

– суммарной активной мощности $P_{ПК.Σ}$ всех ПК, подключенных к СЭС здания, на уровни ВГ тока $i_{ПК}$ одного ПК (результаты на рис. 3 и 4);

– суммарной активной мощности $P_{ПК.Σ}$ всех ПК, подключенных к СЭС здания, на уровень искажения синусоидальности кривой напряжения $u_{тр.ф}$ на выводах обмотки низшего напряжения питающего трансформатора (результаты на рис. 5).

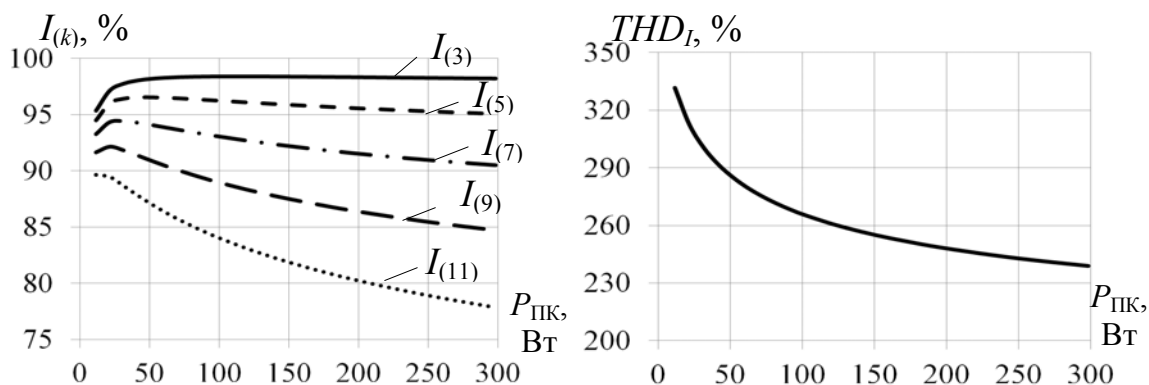


Рис. 2. Зависимости уровней ВГ и параметра THD_I тока одного единственного ПК, подключенного к СЭС, от потребляемой им активной мощности

Анализируя зависимости, представленные на рис. 2, можно сделать вывод о том, что с увеличением рабочей мощности одного ПК относительный уровень ВГ потребляемого им тока заметно снижается, а форма кривой тока улучшается. Тем не менее, абсолютные значения токов ВГ растут, поскольку растет потребляемая ПК мощность.

Результаты исследований, представленные на рис. 3 и 4, позволяют заключить, что с увеличением доли однофазной нагрузки $P_{ПК\Sigma}$, пропорциональной количеству подключенных ПК, по отношению к номинальной мощности питающего трансформатора $S_{Т.НОМ}$ форма тока каждого отдельного ПК улучшается, а относительный уровень ВГ его снижается.

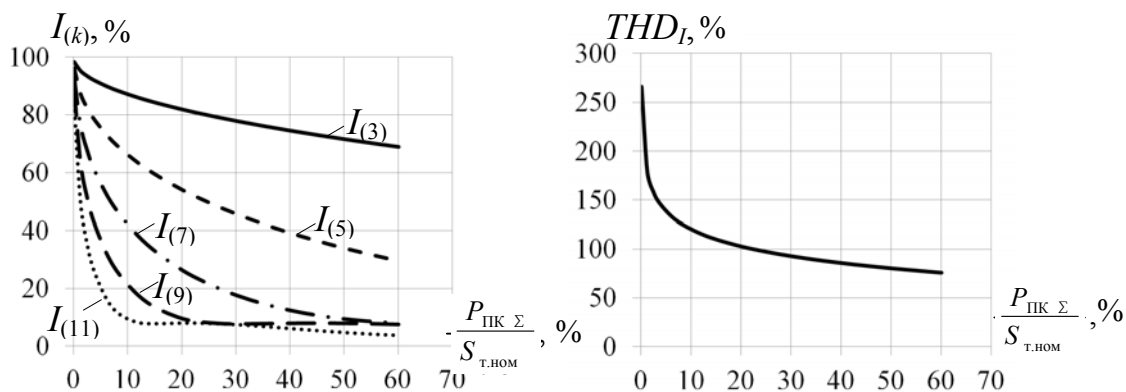


Рис. 3. Зависимости уровней ВГ и параметра THD_I тока каждого отдельного ПК от отношения $P_{ПК\Sigma}$ к $S_{Т.НОМ}$

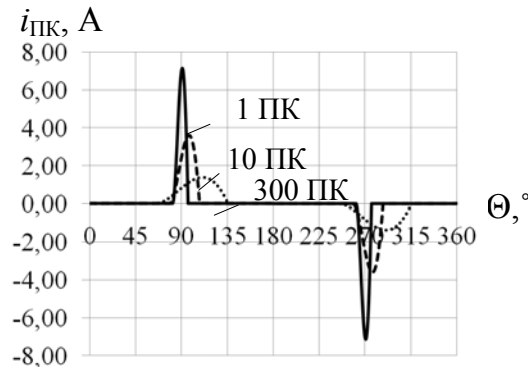


Рис. 4. Кривая тока одного ПК мощностью 100 Вт для различного числа ПК, подключенных к СЭС

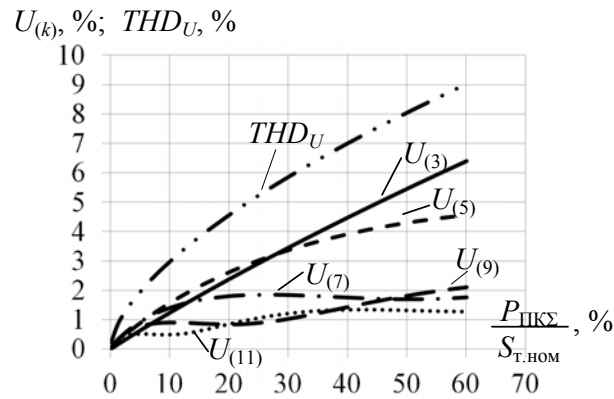


Рис. 5. Зависимости уровней ВГ и параметра THD_U напряжения $u_{тр.ф}$ от отношения $P_{ПК,Σ}$

Анализ влияния суммарной мощности (общего числа) подключенных к СЭС однофазных ЭП (в нашем случае это ПК единичной мощностью 100 Вт) на качество напряжения в сети показал (рис. 5), что если суммарная мощность ПК превышает 50 % от номинальной мощности питающего трансформатора, то степень искажения синусоидальности кривой фазного напряжения на выводах последнего может не соответствовать требованиям действующего стандарта [2].

В рассмотренном нами случае $U_{(3)}$ и $U_{(9)}$ превышают соответствующие допустимые 5 и 1,5 % при значениях $P_{ПК,Σ} / S_{Т,НОМ} > 45$ %, а уровень THD_U (коэффициент K_U согласно [2]) выше допустимых 8 % при $P_{ПК,Σ} / S_{Т,НОМ} > 50$ %.

Литература

1. Arrillaga, J. Power system harmonics / J. Arrillaga, N. R. Watson. – Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2003. – 399 p.
2. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109–97. – Введ. 01.01.99. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – 30 с.