

УДК 621.316

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ З НЕЛІНІЙНИМИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧАМИ

Гуревич В.І., к.т.н.,

*Центральна лабораторія електричної компанії Ізраїлю*

Савченко П.І., д.т.н.,

Лисиченко Р.М., студент,

Мірошник О.О., к.т.н.,

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Уваров О.В., інж.

*Вовчанський технікум механізації сільського господарства, Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*

**Анотація** – розглядається питання про зниження гармонік струму і підвищення коефіцієнту потужності в електричній мережі.

**Ключові слова** – якість електричної енергії, гармоніки, коефіцієнт потужності.

*Постановка проблеми.* Електрична енергія використовується в усіх сферах життєдіяльності людини і має ряд особливостей: легко перетворюється в інші види енергії (механічну, теплову, променеву, ін.); дозволяє змінювати свої параметри (напругу, частоту); процеси виробництва, передачі, розподілу і споживання енергії супроводжуються її технологічними втратами. Якість електричної енергії визначає ефективність роботи устаткування, яке споживає цю енергію. Так, наприклад, гармоніки, які генеруються нелінійним навантаженням в трансформаторі створюють додаткові втрати електричної енергії.

Значна частина комп'ютерного та офісного устаткування, в тому числі широко рекламовані останнім часом енергозберігаючі лампи, є електричним навантаженням з нелінійними вольт-амперними характеристиками, що створює спотворення в електричній мережі. Сумарний ефект цих навантажень виражається в спотворенні форми синусоїди напруги, що впливає на інше устаткування, яке одержує електроживлення від того ж джерела. Це може викликати перегрівання і розсинхронізацію в пристроях, збої в комунікаціях та мережах передачі

даних, ушкодження апаратури та інші небажані ефекти. Викликані вищими гармоніками напруги і струму ефекти можуть бути розділені на ефекти миттєвого і тривалого виникнення [1].

Проблеми миттєвого виникнення включають: спотворення форми напруги живлення; додаткове падіння напруги в розподільній мережі; так званий ефект гармонік, кратних трьом (у трифазних мережах); резонансні явища на частотах вищих гармонік; електромагнітні наведення в телекомунікаційних мережах; підвищений акустичний шум в електромагнітному устаткуванні; вібрація в електромашинних системах, тощо.

Проблеми тривалого виникнення включають: нагрівні та додаткові втрати в трансформаторах і електричних машинах, нагрів конденсаторів, нагрів кабелів розподільної мережі.

*Аналіз останніх досліджень.* В технічній літературі широко розглядаються причини виникнення вказаних ефектів миттєвого і тривалого виникнення [1].

Останнім часом обговорюється питання енергозбереження в освітлювальних установках і пропонується заміна ламп розжарювання на ефективніші за світловою віддачею. У технічній літературі [2] зазначається, що енергозберігаючі лампи є потужним джерелом гармонік струму, і просто механічна заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі без додаткових пристроїв по ліквідації генерації гармонік не дасть очікуваного ефекту, так як конденсатор фільтру згладження споживає з мережі струм імпульсами тільки в момент часу, коли миттєве значення вхідної напруги, яка синусоїдно змінюється, стає більше залишкової напруги на конденсаторі (внаслідок його розряду на навантаження). Коли ж значення напруги на конденсаторі більше миттєвого вхідного, діоди моста заперті зворотньою напругою конденсатора, і споживання струму відсутнє. Внаслідок, струм, який споживає такий випрямляч, має помітний зсув за фазою відносно напруги (рис. 1а).

Такий же випрямляч з конденсатором має на вході будь-яке імпульсне джерело живлення сучасних електронних споживачів. При великій кількості таких споживачів, увімкнених до мережі живлення змінного струму, виникає проблема не тільки появи гармонік струму в мережі, але і проблема зниження коефіцієнта потужності ( $\cos \phi$ ). Типове значення коефіцієнта потужності джерела живлення без коригування 0,65.

*Формулювання мети статті.* Зниження рівня гармонік струму і підвищення коефіцієнту потужності в мережі живлення споживачів.

*Основна частина.* Для зниження гармонік струму і підвищення коефіцієнта потужності, застосовують його активне коригування за допомогою так званого коректора коефіцієнта потужності (ККМ або PFC – power phase corrector) [3].

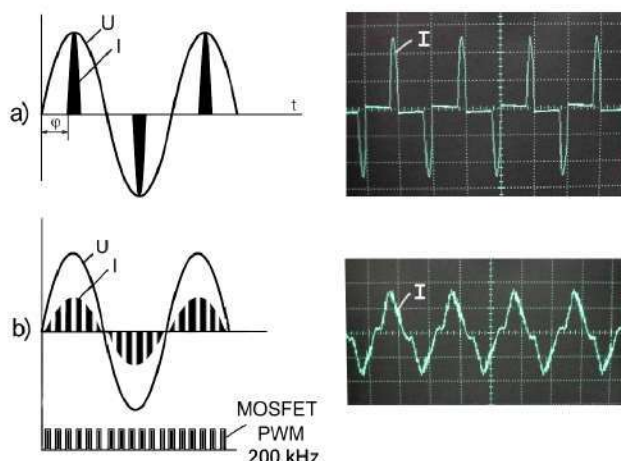


Рис. 1. Форма графіка миттєвих значень струму і зсув фаз між напругою і струмом, що споживає випрямляч: без ККМ (а) та з ККМ (б).

ККМ являє собою самостійний перетворювач напруги, так званий «бустерний конвертор» (boost converter – BC), який має спеціальну схему керування (рис. 2).

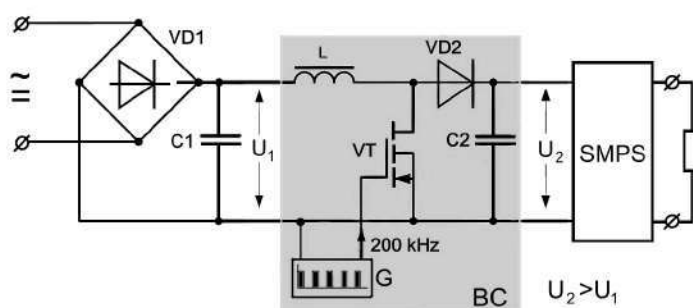


Рис. 2. Бустерний конвертер (BC) і його підключення до імпульсного джерела живлення (SMPS) або до іншої електронної схеми.

Основними елементами BC є: дросель  $L$ , діод  $VD2$ , конденсатор  $C2$  і швидкодіючий ключовий елемент  $VT$  на базі MOSFET транзистора.

Робота цього пристрою основана на явищі виникнення імпульсів підвищеної напруги оберненої полярності на індуктивності при розриві струму в її колі.

Транзистор  $VT$  з великою частотою (200 кГц) вмикає і вимикає струм в колі індуктивності  $L$ , а імпульси підвищеної напруги, що виникають при цьому, через діод  $VD2$  заряджають конденсатор  $C2$ , від якого живиться навантаження (у нашому випадку електронний баласт). Таким чином, напруга на конденсаторі  $C2$  завжди вище вхідної напруги BC. У багатьох випадках конденсатор  $C2$  заряджається до напруги 385 – 400 В.

У зв'язку з тим, що конденсатор  $C1$  має дуже невелику ємність (це, фактично, високочастотний фільтр), а схема керування з широт-

но-імпульсною модуляцією (ШІМ або PWM) ключового елемента постійно відслідковує фазу вхідної змінної напруги і забезпечує відповідну прив'язку імпульсів управління (тобто імпульсів струму) до фази напруги, вдається практично повністю ліквідувати зсув фаз між струмом і напругою на накопичувальному конденсаторі С2 (рис. 1б), тобто ліквідувати гармоніки і підвищити коефіцієнт потужності до 0,95...0,98.

*Висновки.* Проведені дослідження показали можливість ліквідувати гармоніки і підвищити коефіцієнт потужності до 0,95...0,98.

#### Література

1. Уваров О.В, Вищі гармоніки в сучасних системах електроживлення / О.В. Уваров, П.И. Савченко // Вісник ХНТУСХ імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 101 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2010. – С. 52 – 56.

2. Петухов В. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / В. Петухов // Новости электротехники, 2009, № 5. – С. 34 – 39.

3. Гуревич В. И. Вторичные источники электропитания: анатомия и опыт применения / В. И. Гуревич // Электротехнический рынок, 2009, № 1 (25). – С. 28 – 34.

### ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Гуревич В.И., Савченко П.И., Лисиченко Р.Н., Мирошник А.А., Уваров А.В.

*Аннотация* – рассматриваются вопросы по снижению гармоник тока и повышению коэффициента мощности в электрической сети.

### IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY NETWORKS WITH NONLINEAR ELECTROCONSUMERS

V. Gurevich, P. Savchenko, R. Lisichenko, O. Miroshnyk, O. Uvarov

#### *Summary*

*Consider to reduce harmonics current and power factor in electric-parameter network.*