

УДК 621.314.26

КОМПЕНСАЦІЯ ВПЛИВУ НЕСИНУСОЇДАЛЬНОСТІ НАПРУГИ МЕРЕЖІ НА ПОКАЗНИКИ МЕРЕЖЕВОГО ІНВЕРТОРУ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ

О.О. Шавьолкін, доктор технічних наук, професор
Київський національний університет технологій та дизайну
Є.Ю. Становський, аспірант
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: мережевий інвертор, гармоніки струму фільтру, контур регулювання струму, коефіцієнт гармонік, моделювання.

Комбіновані системи електроживлення (КСЕ) локальних об'єктів поряд з використанням поновлювального джерела енергії (ПДЕ) мають підключення до централізованої мережі змінного струму (ЦМ). За цього стандарти [1, 2] щодо систем з розосередженими джерелами енергії передбачають жорсткі вимоги до якості струму i_l ($\text{THDi}_l \leq 5\%$) в спільній точці (СТ) підключення до ЦМ мережевого інвертора (МІ) перетворювального агрегату (ПА) ПДЕ і навантаження. Разом з тим, стандарт щодо мереж загального призначення [3] припускає несинусоїдальність напруги ($\text{THDu} \leq 8\%$), що негативно впливає на показники роботи системи.

У роботі розглядається схема однофазного мостового МІ у складі ПА (рис.1), що через реактор L підключається до навантаження (Н) і ЦМ (G). Для фільтрації модуляційних гармонік до виводів ЦМ підключено фільтр $C_f R_f$. Отже струм ЦМ i_l визначається струмами МІ i_c , навантаження i_H , фільтра i_{Cf} .

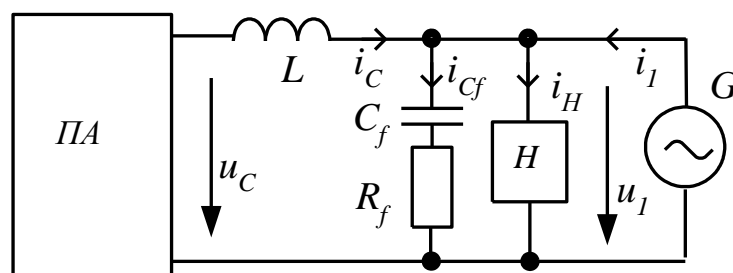


Рисунок 1 - Загальна структура системи

Вищі гармоніки (низького порядку $n \leq 40$) напруги ЦМ u_l обумовлюють додаткове спотворення струму i_H , навіть за відсутності нелінійного навантаження. Відповідне збільшення di_c/dt для цих гармонік є різним і для відпрацювання заданого значення струму i_c^* інвертором потребує підвищення напруги на вході МІ [4] $U = aU_{lm}$ ($a \geq 1$). Аналітичне визначення di_c/dt за цього є складним. Тому в якості інструменту дослідження обрано моделювання у програмному пакеті Matlab.

В табл.1 наведені відносні значення максимальної швидкості змінювання струму завдання АІН $(di_c^*/dt)^*$ за наявності в напрузі ЦМ

окремих гармонік з кратністю n до основної та всіх одночасно (all) до $di^*/dt=29000$ А/с (за даних параметрів навантаження) при синусоїдальній нарузі РМ ($n=1$). Значення гармонік обрані відповідно з [3].

Таблиця 1 - Відносне значення максимальної di^*/dt

n	1	3	5	7	9	11	13	all
$(di^*/dt)^*$, в.о.	1	0.82	1.5	1.41	0.93	1.59	1.26	2.24

Тоді виходячи з того, що $(\frac{di_c}{dt})_{MIN} = \frac{(a-1)U_{1m}}{L}$ можна вважати

достатнім $a=1.6$ (за $U_I=220$ В $U=500$ В).

За наявності в СТ ємнісного фільтру він стає джерелом вищих гармонік струму, що призводить до погіршення $THDi_I$, особливо за малих значень струму в ЦМ. За цього відносне значення гармонік i_{cf} (до 1-ї гармоніки) $I_{cf(n)}=n \cdot \omega \cdot C_f \cdot U_{I(1)} \cdot u_{I(n)}=n \cdot I_{cf(1)} \cdot u_{I(n)}$ ($u_{I(n)}$ – відносне значення відповідної гармоніки напруги ЦМ). Так для 13-ї гармоніки з $u_{I(13)}=0.03$ [3] маємо відносне значення амплітуди 13-ї гармоніки $I_{mcf(13)}=13 \cdot 0.03 \cdot I_{mcf(1)}=0.39 \cdot I_{mcf(1)}$. Якщо $C_f=60$ мкФ у разі $f=50$ Гц та $U_I=220$ В [4] маємо $I_{mcf(1)}=5.88$ А і $I_{mcf(13)}=2.29$ А. Певне послаблення впливу i_{cf} досягається зменшенням C_f . Можливості цього обмежені, оскільки це призведе до збільшення рівня модуляційних гармонік i_I .

Для підтримання в СТ близького до 1 коефіцієнта потужності в завданні i^*_c слід враховувати $i_{cf(1)}$. Що стосується $i_{cf(n)}$, виникає питання щодо їхньої компенсації з введенням сигналу i_{cf} в канал формування завдання струму АІН [4] аналогічно i_H . Для виключення впливу модуляційних гармонік струму АІН, що замикаються через конденсатор C_f , слід використовувати фільтр і підібрати відповідне значення опору резистору R_f . Внаслідок фазового зсуву фільтру компенсація буде дійсно ефективною лише для гармонік низького порядку (до $n=11$).

Список використаних джерел

1. IEEE Std 519-1992 Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. <http://www.ieee.org>.
2. 1547-2018 - IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. Date of Publication: 6 April 2018.
3. Характеристики напруги електропостачання у електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT) ДСТУ EN 50160:2014. Київ МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ – 2014.
4. Шавьолкін О.О. Удосконалення структури контура регулювання струму з використанням ШІМ для мережевого інвертора комбінованої системи електроживлення /О.О. Шавьолкін // Технічна електродинаміка.- 2019. - №3. - С.37–45.