

ТРИФАЗНІ МАГНІТОЗВ'ЯЗАНІ LCL-ФІЛЬТРИ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ІНВЕРТОРІВ: АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТУ ГАРМОНІК СТРУМУ ВІД НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ФІЛЬТРУ ПРИ АМПЛІТУДНІЙ НЕСИМЕТРІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджувалося функціонування трифазних магнітозв'язаних LCL-фільтрів для інверторів, проаналізована залежність коефіцієнту гармонік струму від навантаження та параметрів фільтру при амплітудній несиметрії та було доведено зростання коефіцієнту гармонік при її посиленні.

Ключові слова: магнітозв'язані LCL-фільтри, коефіцієнт гармонік, амплітудна несиметрія, складний резонанс струмів, амплітудно-частотний спектр, амплітудно-частотна характеристика.

Abstract

In work functioning three-phase magnetic communication LCL-filters for inverters was investigated, dependence of coefficient of harmonics of a current on power and filter parameters is analysed at peak asymmetry and growth of coefficient of harmonics at its strengthening has been proved.

Keywords: magnetic communication LCL-filters, coefficient of harmonics, peak asymmetry, difficult resonance of currents, peak-frequency spectrum, peak-frequency characteristic.

Вступ

Бурний розвиток сонячної електроенергетики в останні десятиріччя оновив зацікавлення в подальшому удосконаленню систем інвертування постійної напруги, яка виробляється сонячними батареями, в трифазну синусоїдну напругу мережі. Для підтримання в припустимих межах коефіцієнту гармонік струму навантаження, який не має перевищувати 3%, після інвертора вмикають фільтр. Найбільш поширеними в системах інвертування є LC-фільтри [1 – 2].

Разом з тим, для більш стабільної роботи сучасних сонячних електростанцій, вони обладнані акумуляторними батареями, які вночі заряджаються від мережі. Для забезпечення можливості зворотного режиму роботи, в системах інвертування все частіше використовують LCL-фільтри. Крім того, для зменшення габаритів та вартості таких фільтрів, їх виконують у вигляді тристрижнєвої магнітної системи, яка має магнітний зв'язок між індуктивностями різних фаз. В цій роботі буде розглянута залежність коефіцієнту гармонік струму від навантаження та параметрів фільтру при амплітудній несиметрії.

Аналіз залежності коефіцієнту гармонік струму від навантаження при амплітудній несиметрії

Схема LCL-фільтру, приведеного до однієї фази, зображена на рис.1.

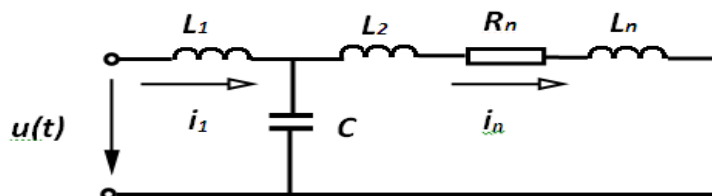


Рисунок 1 – Схема LCL-фільтру

Коефіцієнт гармонік струму THD визначається як $THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{50} I_{kn}^2}}{I_{1n}}$, де амплітудно-частотний спектр (АЧС) струму $[I_{kn}]$ знаходиться як добуток амплітудно-частотного спектру

вхідної напруги $[U_{kf}]$ та амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) фільтру $[H_{iu}(jk\omega)]$, тобто $[I_{kn}] = [U_{kf}] \cdot [H_{iu}(jk\omega)]$.

АЧХ фільтру є модулем передатної характеристики фільтру, яка визначається за формулою

$$H_{iu}(j\omega) = \frac{1}{j\omega(L - k_1k_zLa - k_2k_zLa^2) + \left(\frac{1}{j\omega C}\right) \left[R_n + j\omega\left(\frac{L}{2} - k_1k_z\frac{L}{2}a - k_2k_z\frac{L}{2}a^2 + L_n\right) \right]} \times \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + R_n + j\omega\left(\frac{L}{2} - k_1k_z\frac{L}{2}a - k_2k_z\frac{L}{2}a^2 + L_n\right)}, \text{ де } a = e^{j120^\circ}$$

$$\times \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + R_n + j\omega\left(\frac{L}{2} - k_1k_z\frac{L}{2}a - k_2k_z\frac{L}{2}a^2 + L_n\right)}$$

коефіцієнт повороту, а k_1, k_2 – коефіцієнти амплітудної несиметрії.

Приклади графіків THD(I) для різної амплітудної несиметрії наведені на рис. 2, 3.

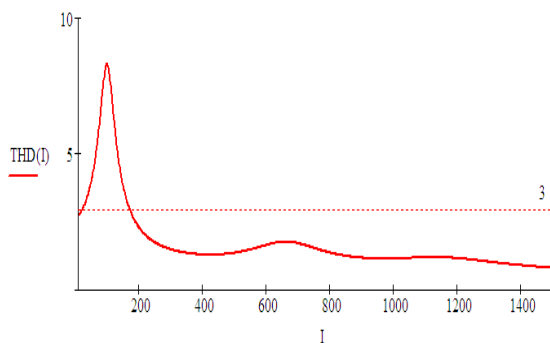


Рис. 2 – Графік THD(I) ($k_1 = 0.9, k_2 = 1.1$)

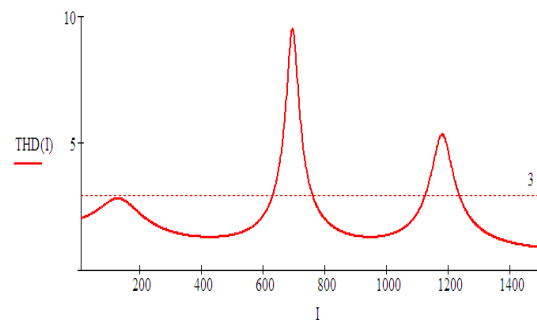


Рис. 3 – Графік THD(I) ($k_1 = 0.8, k_2 = 1.2$)

Висновок

При зростанні амплітудної несиметрії не лише збільшуються значення резонансних струмів в мережі (а також, відповідно, значення коефіцієнту гармонік струму), але й сам резонанс стає складним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Eid, H. El-Kishky, M. Abdel-Salam, T. El-Mohandes, «VSCF aircraft electric power system performance with active power filters,» *42th Southeastern Symposium of System Theory (SSST)*, pp. 182 – 187, 2010.
2. Sufen Chen, Y. M. Lai, Siew-Chong Tan, Chi K. Tse, «Optimal Design of Repetitive Controller for Harmonic Elimination in PWM Voltage Source Inverters,» *INTELEC07 – 29th International Telecommunications Energy Conference*, pp. 236 – 241, 2007.

Самойл Шулімович Кацив – канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: katsyv@ukr.net.

Денис Олександрович Загородній – студент ІКІ-19, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Samoil Sh. Katsyv – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Theoretical the Electrical Engineer and Electric Measurements, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: katsyv@ukr.net.

Denis A. Zagorodny – the student ІКІ-19, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.