

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

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджувалися трифазні магнітозв'язані LCL-фільтри для інверторів, проаналізована залежність коефіцієнту гармонік струму від навантаження та параметрів фільтру при фазовій несиметрії та було виявлено зміна номерів гармонік, на яких відбувається резонанс, при її посиленні.

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

Abstract

In work were investigated three-phase magnetic communication LCL-filters for inverters, dependence of coefficient of harmonics of a current on power and filter parameters is analysed at phase asymmetry and change of numbers of harmonics on which there is a resonance, at its strengthening was revealed.

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

Вступ

Розвиток сонячної електроенергетики вимагає удосконалення систем інвертування постійної напруги, яка виробляється сонячними електростанціями, 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 обладнуються 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 тристрижньової 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 фазовій несиметрії.

Аналіз залежності коефіцієнту гармонік струму від навантаження при фазовій несиметрії

Схема LCL-фільтра, приведенного до однієї фази, зображена на рис. 1.

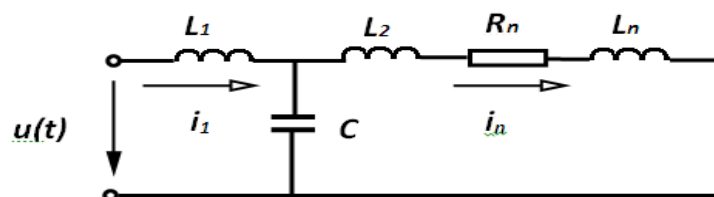


Рисунок 1 – Схема LCL-фільтра

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

АЧХ фільтру є модулем передатної характеристики фільтру яка знаходиться за виразом

$$H_{iu}(j\omega) = \frac{1}{j\omega \left(L - e^{j(\varphi-\varphi_1)} k_z L a - e^{j(\varphi-\varphi_2)} k_z L a^2 \right) + \left(\frac{1}{j\omega C} \right) \left[R_n + j\omega \left(\frac{L}{2} - e^{j(\varphi-\varphi_1)} k_z \frac{L}{2} a - e^{j(\varphi-\varphi_2)} k_z \frac{L}{2} a^2 + L_n \right) \right]}$$

$$\cdot \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + R_n + j\omega \left(\frac{L}{2} - e^{j(\varphi-\varphi_1)} k_z \frac{L}{2} a - e^{j(\varphi-\varphi_2)} k_z \frac{L}{2} a^2 + L_n \right)}$$

де $a = e^{j120^\circ}$ – коефіцієнт повороту, а $e^{j(\varphi-\varphi_1)}$, $e^{j(\varphi-\varphi_2)}$ – коефіцієнти фазової несиметрії.

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

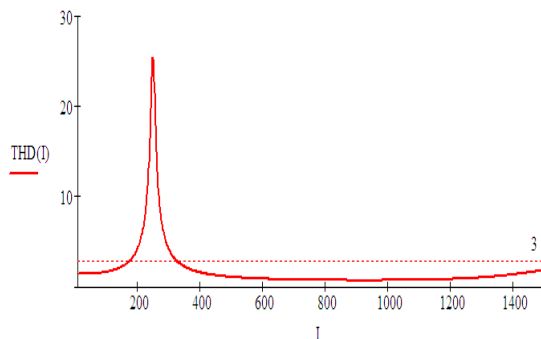


Рис. 2 – Графік THD(I)
($\cos \varphi = 0,9$, $\cos \varphi_1 = 0,95$, $\cos \varphi_2 = 0,9$)

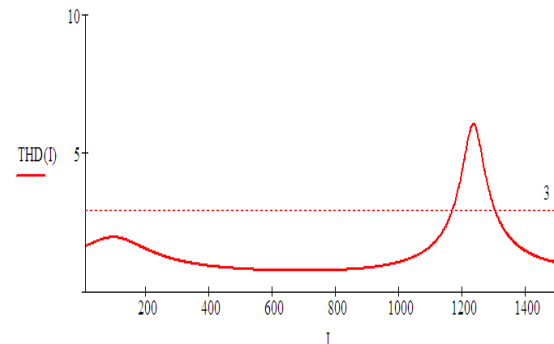


Рис. 3 – Графік THD(I)
($\cos \varphi = 0,9$, $\cos \varphi_1 = 0,95$, $\cos \varphi_2 = 0,98$)

Висновок

При зростанні фазової несиметрії змінюються номери гармонік, на яких відбувається резонанс.

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.

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

Сергій Андрійович Велянський – студент ІСП-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.

Sergey A. Velfansky – the student ISP-19, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.