

ТРИФАЗНІ МАГНІТОЗВ'ЯЗАНІ LCL-ФІЛЬТРИ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ІНВЕРТОРІВ: РЕГУЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ГАРМОНІК СТРУМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЄМНОСТЕЙ ТА ОБМЕЖУВАЛЬНИХ РЕЗИСТОРІВ ФІЛЬТРУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджувалися трифазні магнітозв'язані LCL-фільтри для інверторів та розглянуті методи регулювання коефіцієнту гармонік струму.

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 and regulation methods of coefficient of harmonics of a current are considered.

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

Вступ

В системах інвертування сонячних електростанцій для підтримання в припустимих межах коефіцієнту гармонік струму навантаження оптимальним є використання LCL-фільтрів, які, зазвичай, виконуються у вигляді тристрижньової магнітної системи, що має магнітний зв'язок між індуктивностями різних фаз. При цьому, не існує таких параметрів фільтру, які б забезпечували припустимий коефіцієнт гармонік струму на всьому діапазоні навантаження, тому в цій роботі будуть розглянуті два методи регулювання коефіцієнту гармонік: зміною ємності або зміною опору обмежувального резистора.

Регулювання коефіцієнту гармонік струму за допомогою ємності або обмежувального резистора фільтру

Схема LCL-фільтру з обмежувальним резистором, приведеного до однієї фази, наведена на рис.1.

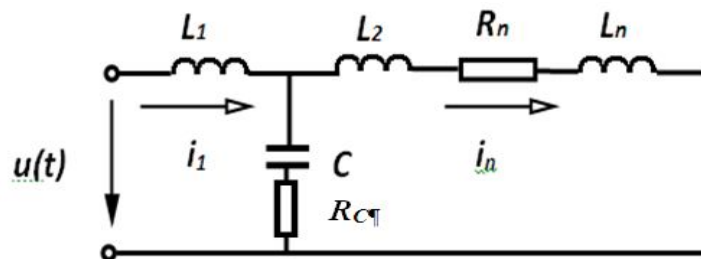


Рисунок 1 – Схема LCL-фільтру з обмежувальним резистором

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 знаходиться за виразом

$$\underline{H}_{iu}(j\omega) = \frac{1}{j\omega(L - \underline{K}_1 k_z L a - \underline{K}_2 k_z L a^2) + \left(\frac{1}{j\omega C} + R_C \right) \left[R_n + j\omega \left(\frac{L}{2} - \underline{K}_1 k_z \frac{L}{2} a - \underline{K}_2 k_z \frac{L}{2} a^2 + L_n \right) \right]} \times \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + R_C + R_n + j\omega \left(\frac{L}{2} - \underline{K}_1 k_z \frac{L}{2} a - \underline{K}_2 k_z \frac{L}{2} a^2 + L_n \right)} \times \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + R_C + R_n + j\omega \left(\frac{L}{2} - \underline{K}_1 k_z \frac{L}{2} a - \underline{K}_2 k_z \frac{L}{2} a^2 + L_n \right)}$$

де $a = e^{j120^\circ}$ – коефіцієнт повороту, а $\underline{K}_1 = k_1 e^{j(\varphi - \varphi_1)}$, $\underline{K}_2 = k_2 e^{j(\varphi - \varphi_2)}$ – коефіцієнти, які враховують відмінність комплексних значень струмів сусідніх індуктивностей.

Приклади графіків THD(I) для різних значень опору обмежувального резистора наведені на рис. 2, 3.

Параметри фільтра та несиметрії мережі: $L_1 = 80$ мкГн, $C = 600$ мкФ, $k_1 = 0.6$, $k_2 = 1.4$.

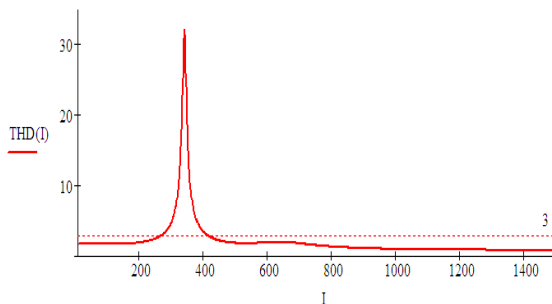


Рис. 2 – Графік THD(I) ($R_C = 0.05$ Ом)

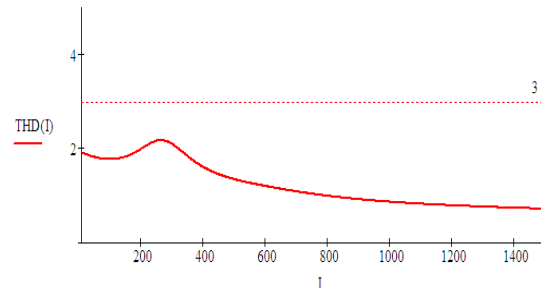


Рис. 3 – Графік THD(I) ($R_C = 0.08$ Ом)

Висновок

Не існує єдиного значення індуктивності L_1 LCL-фільтру, яка гарантує забезпечення умови $THD \leq 3\%$ для всіх значень струму навантаження та всіх режимів (симетричного або несиметричного), тому доцільно вибрати певну оптимальну індуктивність, яка задовольняє більшості режимів мережі, і досягати цієї умови автоматично регулюючи, або ємності фільтру, або активні опори обмежувальних резисторів.

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.

Вячеслав Губейович Мадьяров – канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, 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.

Vlacheslav G. Madiarov – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Theoretical the Electrical Engineer and Electric Measurements, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.