

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТРИФАЗНИХ МАГНІТОЗВ'ЯЗАНИХ LCL-ФІЛЬТРІВ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ІНВЕРТОРІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

В роботі досліджувалися трифазні магнітозв'язані LCL-фільтри для інверторів та розглянуте питання оптимізації параметрів цих фільтрів виходячи з умови мінімізації коефіцієнту гармонік струму.

**Ключові слова:** магнітозв'язані LCL-фільтри, коефіцієнт гармонік, амплітудно-частотний спектр, амплітудно-частотна характеристика, оптимізація параметрів.

### Abstract

In work were investigated three-phase magnetic communication LCL-filters for inverters and the question of optimisation of parameters of these filters proceeding from a minimisation condition of coefficient of harmonics of a current are considered.

**Keywords:** magnetic communication LCL-filters, coefficient of harmonics, peak-frequency spectrum, peak-frequency characteristic, optimisation of parameters.

### 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. Для мінімізації вартості та габаритів фільтру є важливим оптимізувати визначення його параметрів виходячи з умови мінімізації коефіцієнту гармонік струму.

### Математична модель задачі оптимізації фільтрів

Схема LCL-фільтру, приведенного до однієї фази, наведена на рис.1.

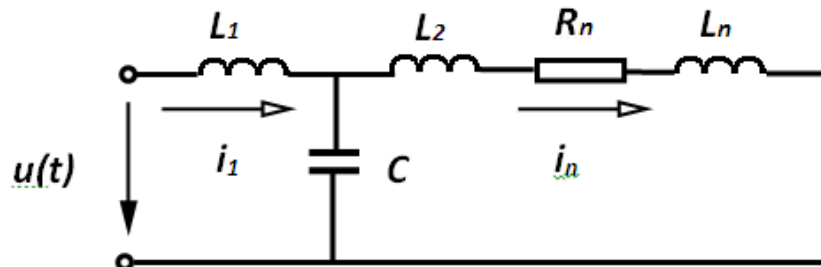


Рисунок 1 – Схема LCL-фільтру

На вхід математичної моделі мають надходити такі дані: спектр діючих значень фазної напруги після інвертора  $[U_{k\phi}]$  від 1-ї до 50-ї гармонік; фазна діюча напруга навантаження  $U_{\phi n}$ ; фазний діючий струм навантаження  $I_{\phi n}$ ; коефіцієнт потужності навантаження  $\cos\varphi_n$ ; ємність фільтру; початкові значення індуктивностей та граничне значення коефіцієнту гармонік струму  $THD_{max}$ .

На першому кроці у відповідності з теоремою компенсації визначається еквівалентний опір навантаження:  $Z_n = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}}$ ,  $R_n = Z_n \cos\varphi_n$ ,  $L_n = R_n \tan\varphi_n$

На другому кроці знаходиться передатна характеристика  $\underline{H}_{iu}(j\omega)$  і АЧХ  $|\underline{H}_{iu}(j\omega)|$ .

На третьому кроці визначається спектр струмів в навантаженні.

$$\forall k = 1, \dots, 50 (I_{kn} = U_{k\phi} |\underline{H}_{iu}(jk\omega)|).$$

На четвертому кроці визначається коефіцієнт гармонік струму  $THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{50} I_{kn}^2}}{I_{1n}}$ .

Нарешті виконується процедура оптимізації ( $L \rightarrow Min$ )( $THD \leq THD_{max}$ ).

Фрагмент програми в середовищі Excel, яка реалізує вищенаведену математичну модель, зображений на рис. 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Гарм.	Укф, %	$\omega$	знаменатель	АЧХ	Ікп, А	Ікп <sup>2</sup>	221,42617	ТНД, %	Унф, В	Інф, А	Сosφ	L1, мкГн	L2, мкГн	С, мкФ	Rп, Ом	Lп, мГн	ТНДmax, %	
2	1	100	314	0,786898686	2,2546056	496,01324	246029,1312		2,999999699	220	500	0,95	27,7968821	13,89849103	200	0,418	0,43754763	3	
3	2	0,3	628	1,047575017	1,9540579	1,2896782	1,663289906					0,3175604	2,7797E-05	1,38985E-05	0,0006		0,000497548		
4	3	0,25	942	1,471008059	1,6490069	0	0												
5	4	0,75	1256	2,0409304	1,3999609	2,3099354	5,38580175												
6	5	0,11	1570	2,73511537	1,2093226	0,2926561	0,085647375												
7	6	0,68	1884	3,525924749	1,0651076	0	0												

Рисунок 2 – Фрагмент програми оптимізації параметрів фільтру

### Висновок

Оскільки вартість та габаритні розміри LCL-фільтру безпосередньо залежать від значень індуктивностей, то є важливим їх мінімізація, при якій гарантується забезпечення умови  $THD \leq 3\%$  для всіх значень струму навантаження.

### 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,» *42<sup>th</sup> 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 – 29<sup>th</sup> International Telecommunications Energy Conference*, pp. 236 – 241, 2007.

**Самойл Шулімович Кацув** – канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [katsyv@ukr.net](mailto: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](mailto:katsyv@ukr.net).

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