

УДК 621.314

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПАСИВНОГО LMC-ФІЛЬТРА ПРИ МАЛІЙ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ

В.М. Спірін, докт. техн. наук, **В.М. Губаревич**, канд. техн. наук, **В.Г. Гребенюк**, пров. інж.
С.В. Салко, інж., **Ю.В. Маруня**, інж.

Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна
 e-mail: sspirin@ied.org.ua

На основі теорії планування експериментів визначено залежності коефіцієнта спотворень гармонік струму споживання у системі LMC-фільтр – однофазний мостовий випрямляч з ємнісним фільтром при малій потужності навантаження у функції від ємності фільтра і опору навантаження. Бібл. 8, рис. 5, табл. 2.

Ключові слова: потужність, навантаження, ємність фільтра, LMC-фільтр, випрямляч.

Активний коректор форми струму (АКФС) при малій потужності навантаження досліджено у роботі [6]. Внаслідок цього з'явилась можливість оцінити динаміку зміни залежності $THDi$ від опору навантаження, ємності фільтра, які впливають на електромагнітний стан у системі. Оскільки останнім часом для поліпшення якості параметрів електричної енергії широко використовують гібридні фільтри, доцільно також дослідити пасивний LMC-фільтр [1–3]. Для цього на основі теорії планування експериментів на однофазному макеті системи LMC-фільтр – випрямляч – активно-ємнісне навантаження ($C_{\phi} - R_n$) (рис. 1) проведено низку експериментів при малій потужності навантаження з представленням отриманих результатів у вигляді математичної моделі.

Таким чином, згідно з [4, 5] функцією мети є коефіцієнт гармонік струму $THDi$, а в якості факторів обрані X_1 – ємність фільтра на виході випрямляча, X_2 – активний опір навантаження. Інтервали варіювання незалежних змінних X_1 , X_2 наведено в табл. 1.

Коефіцієнт гармонік струму $THDi$, як і в роботі [6], вимірювався приладом С.А. 8335Power & QualityAnalyser. Після операції кодування факторів з урахуванням обраних інтервалів варіювання

$$X_i = \frac{X_i - X_{i\text{ср}}}{X_{i\text{max}} - X_{i\text{ср}}} \quad (1)$$

було організовано експеримент за ортогональним планом другого порядку [7, 8].

Матрицю планування кодіваних значень факторів наведено в табл. 2, де представлено значення функції мети \widehat{THD}_1 , визначене експериментально, і $THDi$, обчислене за отриманим поліномом.

На основі реалізованого ортогонального плану другого порядку було визначено коефіцієнти поліномів кодіваних змінних за такою формулою:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^9 x_{iu} \cdot Y_u}{\sum_{u=1}^9 x_{iu}^2}$$

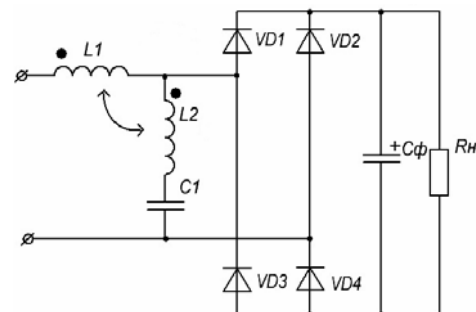


Рис. 1

Таблиця 1

Рівень варіювання	X_1 (мкФ)	X_2 (Ом)
Основний рівень	$x_{10} = 2200$	$x_{20} = 28$
Інтервал варіювання	$\Delta x_1 = 1100$	$\Delta x_2 = 15$
Верхній рівень	$x_{1\text{max}} = 3300$	$x_2 = 43$
Нижній рівень	$x_{1\text{min}} = 1140$	$x_2 = 13$

$THDi$ відповідно до даних табл. 2 представляється поліномом

$$THDi=20,07+1,02 \cdot x_1 - 0,7 \cdot x_2 - 0,45 \cdot \left(x_1^2 - \frac{2}{3}\right) - 1,8 \cdot \left(x_2^2 - \frac{2}{3}\right) - 0,3 \cdot x_1 x_2,$$

набуваючи звичайного вигляду,

$$THDi=21,57+1,02 \cdot x_1 - 0,7 \cdot x_2 - 0,45 \cdot x_1^2 - 1,8x_2^2 - 0,3 \cdot x_1 x_2. \quad (2)$$

Середнє відхилення значення \widehat{THD}_1 , від значення $THDi$ становить 2,5 %, максимальне – 2,8 % при $X_1=3300$ мкФ і $X_2=43$ Ом.

Таблиця 2

U	x_i						$Y_u, \%$	
	x_0	x_1	x_2	$x'_3 = x_1^2 - \frac{1}{2}$	$x'_4 = x_2^2 - \frac{1}{2}$	$x_1 \cdot x_2$	\widehat{THD}_1	$THDi$
1	+	-	-	1/3	1/3	+	18,7	18,7
2	+	+	-	1/3	1/3	-	21,3	21,34
3	+	-	+	1/3	1/3	-	18,1	17,9
4	+	+	+	1/3	1/3	+	19,5	19,36
5	+	-	0	1/3	-2/3	0	20,0	20,1
6	+	+	0	1/3	-2/3	0	22,1	22,14
7	+	0	-	-2/3	1/3	0	20,5	20,47
8	+	0	+	-2/3	1/3	0	18,7	19,07
9	+	0	0	-2/3	-2/3	0	21,7	21,57

Однією з переваг теорії планування експерименту є наочність отриманих результатів. У цьому можна переконатись з рис. 2, на якому зображена поверхня відгуку коефіцієнта гармонік струму $THDi$ у двофакторному просторі x_1, x_2 .

Для зручності використання отриманих результатів на практиці доцільно перейти від кодованих змінних до натуральних значень змінних згідно з формулою (1).

Після перетворення поліном (2) набуде такого вигляду:

$$THDi=11,64+3,076 \cdot 10^{-3} X_1 + 4,414 \cdot 10^{-1} X_2 - 3,72 \cdot 10^{-7} X_1^2 - 8 \cdot 10^{-3} X_2^2 - 1,818 \cdot 10^{-5} X_1 X_2.$$

На рис. 3 представлено залежності $THDi$ від опору навантаження R_n при різних значеннях ємності фільтра $C_\phi = 1100, 2200, 3300$ мкФ, з яких видно, що максимальне значення $THDi$ припадає на навантаження в 28 Ом і відхилення не перевищує 2,8 %.

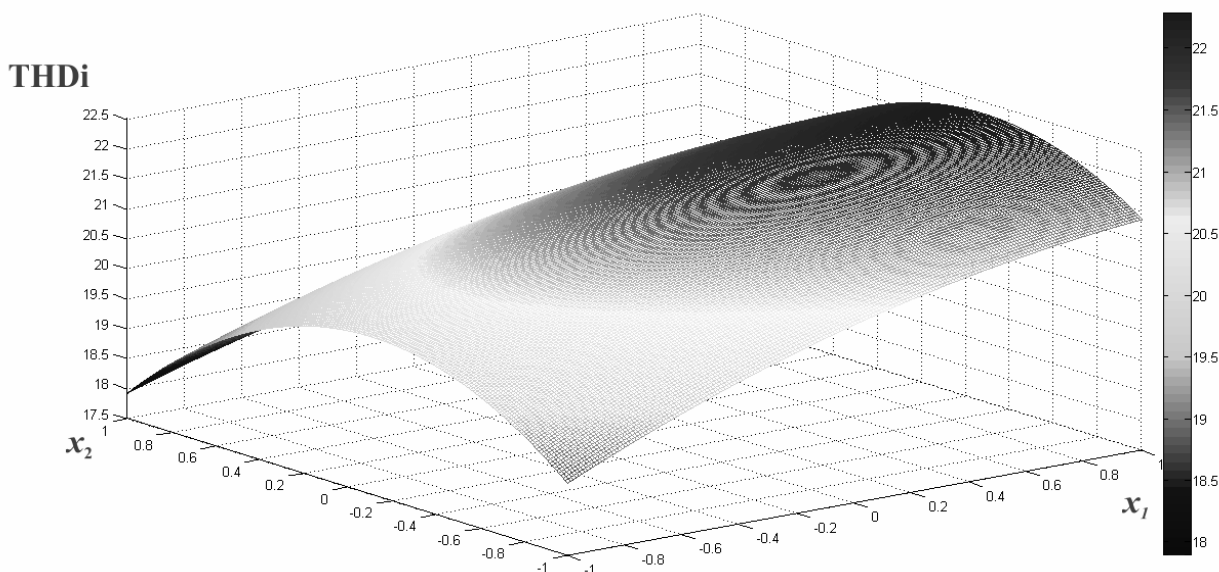


Рис. 2

На рис. 4 представлено залежності THD_i від ємності фільтра при різних значеннях опору навантаження 13, 28, 43 Ом, з яких видно, що зі збільшенням ємності фільтра збільшується THD_i при всіх значеннях опору навантаження. Ці залежності є протилежними тим, що отримані при дослідженні активного коректора форми струму ([6], рис. 6) і зображені на рис. 5.

Висновки. Проведені дослідження показали, що ЛМС-фільтр знаходиться у більш стабільному стані, ніж АКФС відносно перепадів показників THD_i від рівнів варіації розглянутих факторів, але не дає результатів поліпшення THD_i при малих потужностях навантаження до показників, які відповідають прийнятним нормам споживання електроенергії.

Тому доцільно дослідити гібридний фільтр, до складу якого входять АКФС і ЛМС-фільтр, де їх недоліки і переваги взаємно компенсуються, і таким чином можна буде досягти якості електричної енергії потрібного рівня THD_i відносно затверджених стандартів показників якості електричної енергії, що споживається від мережі живлення.

1. Губаревич В.Н., Маруня Ю.В. Однофазный широкополосный ЛМС-фильтр на входе выпрямителя с емкостной нагрузкой // Вестник НТУ "Харьковский политехнический институт". 2015. – Вып. 12 (1121). – С. 398–401.
2. Губаревич В.Н., Спирин В.М., Салко С.В. Однофазный управляемый выпрямитель с емкостным фильтром // Пр. Ин-ту электродинамики НАН Украины: 36. науч. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2013. – Вип. 34. – С. 51–56.
3. Губаревич В.М., Спирин В.М., Салко С.В., Гребенюк В.Г. Вхідний широкополосний ЛМС-фільтр для однофазної випрямної установки // Техн. електродинаміка. – 2005. – № 3. – С. 42–43.
4. Ивоботенко Б.А., Ильинский И.Ф., Копылов И.П. Планирование эксперимента в электромеханике. – М.: Энергия, 1975. – 184 с.
5. Налимов В.В., Чернова И.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

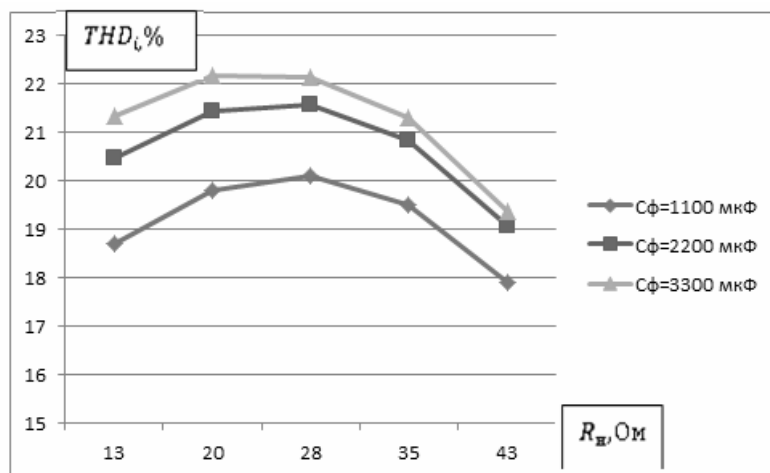


Рис. 3

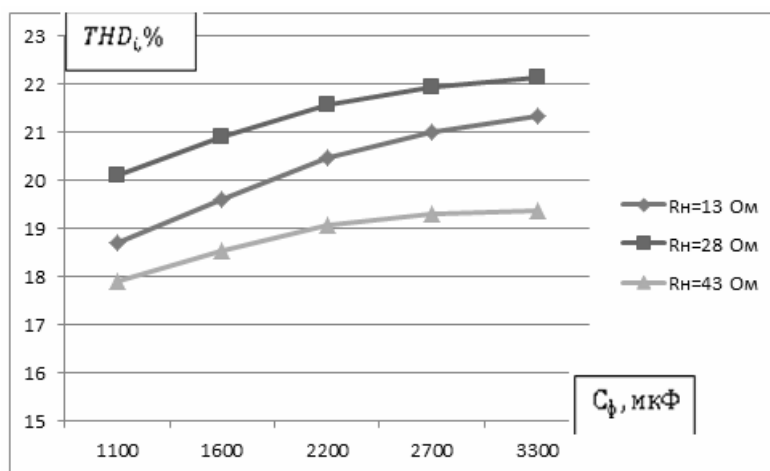


Рис. 4

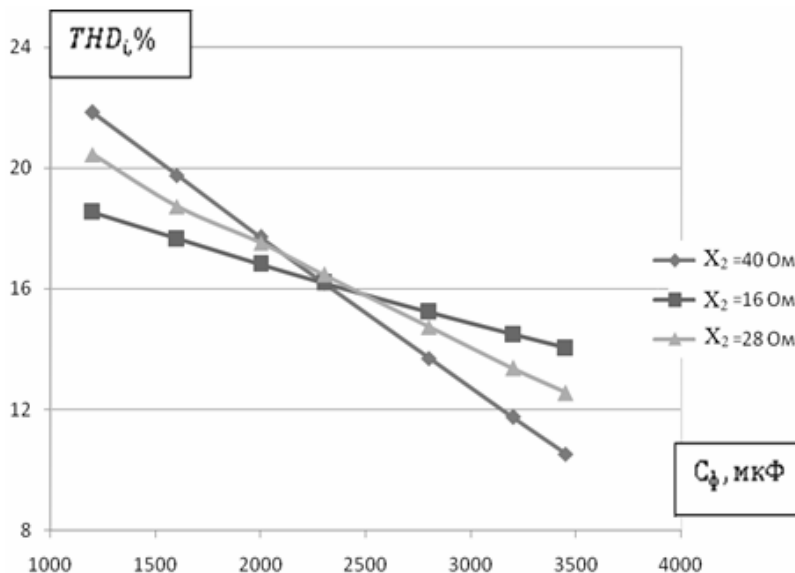


Рис. 5

6. *Спирин В.М., Губаревич В.М., Гребенюк В.Г., Салко С.В., Маруня Ю.В.* Дослідження роботи активного коректора форми струму при малій потужності навантаження // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2016. – Вип. 43. – С. 96–101.
7. *Спирин В.М., Курач А.М.* Определение коэффициентов преобразования выпрямителя, питающегося от источника стабилизированного тока при зарядке емкостного накопителя // Методы и технологические средства стабилизации тока. – К.: Наук. думка. 1980. – С. 37–45.
8. *Спирин В.М., Курач А.М., Вильский Г.Б.* Энергетические характеристики зарядных устройств с индуктивно-емкостным преобразователем источника напряжения в источник тока // Оптимизация устройств энергетической электроники. – К.: Наук. думка. 1982. – С. 30–32.

УДК 621.314

В.М. Спирин, докт. техн. наук, **В.Н. Губаревич**, канд. техн. наук, **В.Г. Гребенюк**, вед. инж., **С.В. Салко**, инж., **Ю.В. Маруня**, инж.

Інститут електродинаміки НАН України,
пр.Победи, 56, Київ, 03057, Україна

Исследование работы активного корректора формы тока при малой мощности нагрузки

На основе теории планирования экспериментов определены зависимости коэффициента искажений гармоник тока потребления в системе LMC-фильтр – однофазный мостовой выпрямитель с емкостным фильтром при малой мощности нагрузки в функции от емкости фильтра и сопротивления нагрузки. Библ. 8, рис. 5, табл. 2.

Ключевые слова: мощность нагрузки, емкость фильтра, LMC-фильтр, выпрямитель.

V.M. Spirin, V.M. Gubarevych, V.G. Grebenyuk, S.V. Salko, Yu.V. Marunya

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

The work of an active current corrector at low load power examination

Based on the experiment planning theory, in the “LMC-filter – single-phase bridge rectifier with a capacitive filter” system under low power condition, the current harmonic distortion factor behaviour as a function of the filter capacity and the load resistance was investigated. References 8, figures 5, tables 2.

Key words: load power, filter capacity, LMC-filter, Rectifier.

Надійшла 30.03.2017

Received 30.03.2017

УДК 621.314

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНВАРІАНТНИХ ПІДСИЛЮВАЛЬНО-ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ПРОГНОЗУВАННЯМ ДЛЯ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ АВТОНОМНИХ ОБ'ЄКТІВ

О.В. Самков¹, докт. техн. наук, **В.С. Смирнов**², докт. техн. наук, **О.Й. Штіфзон**³,
С.В. Любичький⁴, **В.В. Лізанець**⁵, канд. техн. наук

1 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна

2–4 – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

5 – Свалявський технічний коледж НУХТ,
Свалява, Україна

e-mail: samkov@ied.org.ua

Розглянуто принципи побудови структурно-інваріантних підсилювально-перетворювальних систем (ППС) на основі імпульсно-кодової модуляції. Наведено переваги застосування адаптивної дельта-модуляції (ДМ) при цифровій обробці сигналів, розглянуто роботу функціональної схеми адаптивного ДМ-декодера. Описано роботу блока аналізатора-екстраполятора. Запропоновано двоканальну структурну організацію силового тракту перетворювальної системи для усунення спотворень сигналу внаслідок миттєвого нульового рівня вхідної напруги при використанні однофазної змінної напруги живлення. Бібл. 9, рис. 10.