

Назва з екрану (11.03.2014).

4. Новини «Укрзалізниці» [Електронний ресурс] // Прес-центр офіційного сайту «Укрзалізниці» [веб-сайт]. - Режим доступу - http://www.uz.gov.ua/press_center/latest_news/. - Назва з екрану (09.03.2014).

5. «Електротяжмаш» сьогодні [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ДП «Електротяжмаш» [веб-сайт]. - Режим доступу – <http://www.spetm.com.ua/index.php/about>. - Назва з екрану (06.03.2014).

6. **Флора В.Д.** Тяговые электрические машины / **В.Д. Флора**. – Запорожье – Информационная система iElectro, 2011. – 318 с.

7. ДЭ1 [Електронний ресурс] // Вікіпедія [веб-сайт]. – Режим доступу - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C4%DD1> – 03.03.2014. – Назва з екрану (12.03.2014).

8. 2ЭЛ5 [Електронний ресурс] // Вікіпедія [веб-сайт]. – Режим доступу - <http://ru.wikipedia.org/wiki/2ЭЛ5>. - Назва з екрану (13.03.2014).

9. ДСЗ [Електронний ресурс] // Вікіпедія [веб-сайт]. – Режим доступу - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C4%D13>. – 18.09.2013.- Назва з екрану (12.03.2014).

Рукопис подано до редакції 19.03.14

УДК 621.315.052.7 – 621.395.14

А.П. СІНОЛИЦИЙ, д-р техн. наук, проф.,
В.А. КОЛЬСУН, О.О. УДОВЕНКО, кандидати техн. наук, доц., В.С. КОЗЛОВ, аспірант,
Д.В. РИЖЕНКОВ, магістрант, В.М. МАКОДЗЬОБ, студент
Криворізький національний університет

ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОПОТОКІВ МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ З РІЗНОМАНІТНИМИ РЕЖИМАМИ НАВАНТАЖЕННЯ

Створено лабораторний комплекс фізичного моделювання енергетичних потоків мережі живлення, основною складовою якого є пристрої активної корекції коефіцієнту потужності. Комплекс фізичного моделювання дозволяє створити широкий спектр різноманітних енергетичних станів мережі живлення, впливаючи як на струм, так і на напругу. До тестової мережі живлення лабораторного комплексу може бути підключено будь-яке навантаження, що є складовою стенду: лінійне, нелінійне, незбалансоване тощо. Також може бути створено режим викривлення ЕРС мережі, який майже не зустрічається на практиці, але може бути необхідним при тестуванні активних фільтрів із новими універсальними алгоритмами керування.

Для перевірки працездатності лабораторного комплексу проведено дослід із компенсації активним фільтром вищих гармонік струму. Умови досліді: до мережі живлення підключено нелінійне та активне трифазне навантаження. Задача активного фільтру струму полягає в усуненні вищих гармонік струму. В результаті досліді встановлено, що трифазний активний фільтр вдало виконав задачу, однак коефіцієнт спотворення напруги мережі після включення фільтру перевищує норми за ДСТУ 13109. Цей факт можна частково пояснити відсутністю пасивного фільтру на вході активного коректору енергопотуку.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Основною складовою лабораторного комплексу є активні фільтрокомпенсуючі пристрої (ФКП), які являють собою низку пристроїв, що розрізняють за топологією та величинами [4,11], на які пристрій може впливати (напруга або струм). Інші назви активних ФКП: активний фільтр, активний коректор коефіцієнту потужності, кондиціонер гармонік, статичний компенсатор тощо [4]. Сучасні пристрої активної корекції електричного енергопотуку є більш універсальними, надійними та ефективними, ніж такі розповсюджені технічні рішення, як косинусні конденсатори, пасивні фільтри, синхронні компенсатори.

Експериментальні дослідження, пов'язані з роботою вищеназваних та інших силових електротехнічних комплексів, є істотною проблемою, оскільки такі дослідження в промислових умовах вимагають великих матеріальних витрат і втрат часу або ж є зовсім неможливі.

Шляхом вирішення вищеназваної проблеми експерименту є математичне [11] та фізичне моделювання. Останній спосіб дослідження є більш бажаним, оскільки фізична модель є більш близькою до реального об'єкту. Інші переваги стендових випробувань: прискорення процесу дослідження у порівнянні із втручанням до реального об'єкту, можливість дослідження різного режимів, у тому числі й аварійних тощо.

Аналіз досліджень та публікацій. Найбільш розповсюдженим типом активних фільтрів є трифазний активний фільтр струму на базі інвертора напруги з ємнісним накопичувачем в ланці постійного струму [2,4,8,11,12]. Отже, головними об'єктами дослідження пропонується обрати трифазний та однофазний фільтри струму [2,4,8]. Стосовно інтелектуальної частини, обрана топологія пристроїв активної корекції електричного енергопотуку [4,12] дозволяє реалізувати більшість сучасних «теорій потужності» та інших способів керування активними ФКП [1,3,5,6,7,9,10].

Викладення матеріалу та результати. Основні енергетичні процеси в мережі живлення, фізичне моделювання яких є найбільш цікавим:

компенсація вищих гармонік струму активним фільтром струму;

компенсація реактивної потужності за допомогою трифазного, однофазних фільтрів, або конденсаторних батарей;

балансування навантаження по кожній із фаз мережі живлення;

генерування в мережу визначеної форми струму (прямокутної, пилкоподібної, синусоїдальної);

компенсація мережі з несиметричними несинусоїдними ЕРС;

компенсація неактивного струму (включає в себе перші три пункти).

Для моделювання вищезазначених процесів до складу установки фізичного моделювання були включені такі компоненти:

трифазна триповідна (чотирипровідна) мережа живлення;

тиристорний регулятор напруги;

активні фільтрокомпенсуючі пристрої (два однофазних ФКП та трифазний ФКП);

лінійне навантаження (активне, активно-індуктивне);

блок конденсаторних батарей;

керовані випрямлячі (шестипульсний, трипульсний).

Структурна схема лабораторного комплексу, до якого входять вищезазначені компоненти показана на рис. 1.

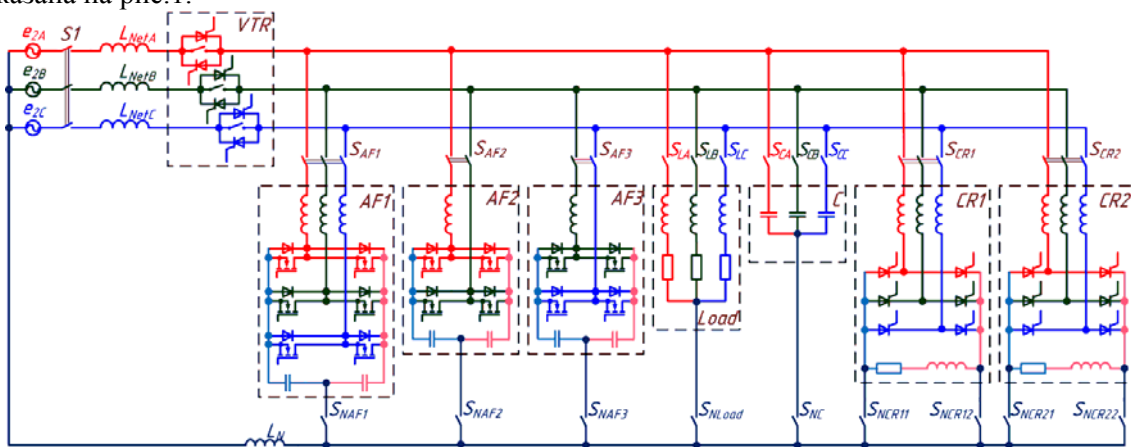


Рис. 1. Загальна структурна схема установки

Більш детально структурні компоненти лабораторного комплексу описано в табл. 1.

Таблиця 1

Умовне позначення	Назва	Фази	Максимальний струм, А (напруга, В)	Особливості
e _{2A} , e _{2B} , e _{2C}	мережа живлення	3(4)	3	Можливість зміни індуктивності мережі (5 мГн, 10 мГн, 15 мГн)
VTR	voltage thyristor regulator, тиристорний регулятор напруги	3	220	Можливість пофазного регулювання кута керування
AF1	active filter, активний фільтр струму	3(4)	75	Можливість роботи у двох базових режимах: 1) активний фільтр (з реалізацією декількох алгоритмів керування, а саме: компенсація вищих гармонік струму, компенсація неактивного струму, симет-

				рування струмів мережі. Кожен із алгоритмів наділений можливістю роботи: з фіксованою частотою переключення ключів, зі змінною частотою переключення ключів, зі стабілізованою напруги на ємності ФКП, зі зміною рівня напруги на ємності ФКП); 2) генератор реактивного струму (з можливістю генерування у мережу чотирьох базових сигналів: синусоїдального з частотою 100 Гц, пилкоподібного; прямокутного).
AF2, AF3	active filter, активний фільтр струму	1	75	Пристрої підключені до лінії АВ та ВС відповідно. Можливості роботи кожного із пристроїв повністю повторюють AF1.
Load	навантаження	3(4)	-	Можливість зміни характеру навантаження: активне (рівень навантаження змінний – 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом), індуктивне (рівень навантаження змінний – 5 мГн, 10 мГн, 15 мГн), змішаний.
C	сараситог, батарея конденсаторів	3(4)	110	Можливість пофазного підключення ємностей
CR1, CR2	rectifier, керований випрямляч	3	5-7,5	Можливість вибору роботи мостової схеми та нульової (анодної або катодної). Система керування забезпечує вибір режиму керування: симетричне (анодна та катодна група окремо), несиметричне, вибір кута керування окремо для кожного тиристора. Можлива зміна: рівня навантаження випрямляча (активне, активно-індуктивне); введення мережевої індуктивності перетворювача.

Інтелектуальна частина лабораторного комплексу для дослідження енергопотоків мережі живлення з різноманітними режимами навантаження була реалізована на базі мікроконтролерів цифрової обробки сигналів компаній Microchip сімейства dsPic33f та Atmel сімейства mega, що набули широкого розповсюдження в найрізноманітніших областях науки та техніки для прийняття простих схемо-технічних рішень. Для керування лабораторним комплексом було розроблено програмне забезпечення, що дозволяє керувати усіма вузлами установки та осцилографувати перетікання електромагнітних процесів у всіх вузлах. Детальні параметри структурних блоків наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Параметри інтелектуальної частини фільтрів	
Параметр	Значення
Тип датчиків напруги	Однофазні трансформатори E2006012
Тип датчиків струму	Датчик на основі ефекту Холла ACS712
Смуга пропускання датчиків струму, кГц	80
Мікропроцесор	dsPic33fj64gp706
Розрядність, біт	16
Частота тактового генератора, МГц	40
Частота дискретизації сигналу для обчислення, кГц	12,8
Частота дискретизації сигналу для керування силовою частиною, кГц	~80
Параметри інтелектуальної частини тиристорного регулятора напруги	
Параметр	Значення
Тип датчиків напруги	Однофазні трансформатори E2006012
Мікропроцесор	dsPic33fj12gp201
Розрядність, біт	16
Частота тактового генератора, МГц	40
Частота дискретизації сигналу для обчислення, кГц	12,8
Параметри інтелектуальної частини керованих випрямлячів	
Параметр	Значення
Тип датчиків напруги	Схема датчику нуля на базі цифрової електроніки
Мікропроцесор	ATmega32-16PU

Розрядність, біт	8
Частота тактового генератора, МГц	8

Програма керування лабораторним комплексом забезпечує обчислення більшості фізичних показників та стандартних показників якості електричної енергії за ДСТУ 13109.

Нижче представлено експериментальні дані для перевірки працездатності лабораторного комплексу. Топологія мережі живлення показана на рис. 2.

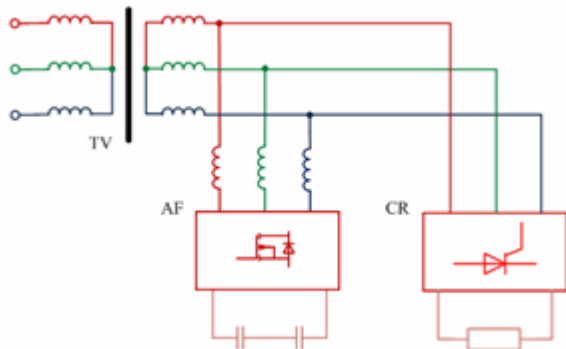


Рис. 2. Функціональна схема топології мережі живлення під час проведення експерименту

До трифазної трипровідної мережі підключено трифазний активний фільтр та нелінійне трифазне навантаження. Якщо навантаження є збалансованим, задача активного ФКУ зводиться до інжекції в мережу вищих гармонік струмів у протифазі струмам вищих гармонік навантаження

$$i_{ABC} = i_{ABC}^{(1)} = i_{L(ABC)}^{(1)} + \sum_{n=2}^{40} i_{L(ABC)}^{(n)} - \sum_{n=2}^{40} i_{F(ABC)}^{(n)}$$

при

$$i_{L(ABC)}^{(n)} = i_{F(ABC)}^{(n)},$$

де i_{ABC} , $i_{ABC}^{(1)}$ - миттєві значення струмів фаз A , B , C , та миттєві значення перших гармонік фаз A , B , C ; $i_{L(ABC)}^{(n)}$, $i_{F(ABC)}^{(n)}$ - миттєві значення струмів мережі та фільтру вищих гармонік фаз A , B , C відповідно.

Нижче наведені осцилограми, що ілюструють роботу фільтру в режимі компенсації вищих гармонік струму.

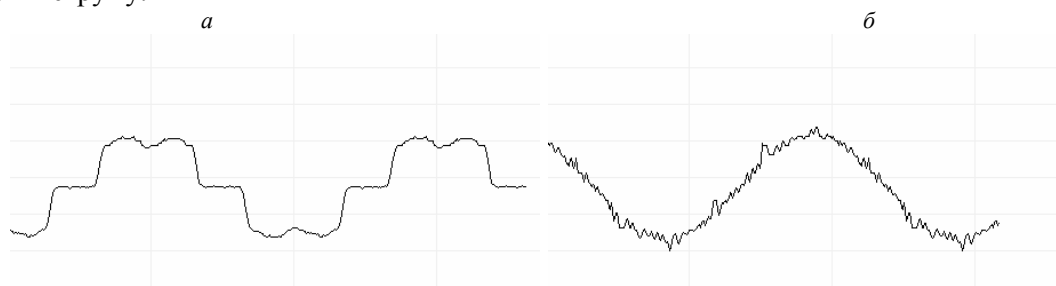


Рис. 3. осцилограми роботи фільтру в режимі компенсації вищих гармонік мережі

Осцилограми є оцифрованими з частотою 12,8 кГц сигналами струму до включення фільтру та після включення. З рис. 3 видно, що форма струму після включення фільтру наближається до синусоїди. В моменти стрімкої зміни струму навантаження (комутаційні процеси випрямляча) на формі компенсованого струму спостерігаються в характері викривлення. Цей факт свідчить про складність миттєвої компенсації різкої зміни струму.

Висновки: створено лабораторний комплекс для фізичного моделювання електричних енергопроцесів, що дозволяє моделювати такі стани мережі, як несиметрія та несинусоїдність ЕРС та напруги мережі живлення, несиметрія струмів навантаження, насичення струмів вищими гармоніками, генерація та споживання реактивної потужності навантаженням. Основними об'єктами дослідження обрано трифазний та однофазний активні фільтри струму на базі інвертора напруги з ємнісним накопичувачем енергії в ланці постійного струму. Працездатність лабораторного комплексу підтверджено експериментально: створено режим компенсації трифазним активним фільтром вищих гармонік, утворених нелінійним навантаженням.

Список літератури

1. L. Asiminoaei, F. Blaabjerg, and S. Hansen, Evaluation of harmonic detection methods for active power filters application, *APEC*, Vol. 1, pp. 635-41, 2005.
2. Akagi H. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning / H. Akagi, E.H. Watanabe, M. Aredes. – New York: Wiley, 2007. – 379 p.

3. **Czarnecki L.S.** Currents' Physical Components (CPC) concept: a fundamental of Power Theory / L.S. Czarnecki // *Przegląd elektrotechniczny*, R84. – 2008. – No. 6. – P. 28-37.
4. **Akagi H.** Modern Active Filters and Traditional Passive Filters / H. Akagi // *Bulletin of the Polish Academy of science, Technical sciences.* – 2006. – vol. 54. – P. 255-269.
5. **Depenbrock M.** The FBD-method, a generally applicable tool for analyzing power relations / M. Depenbrock // *IEEE Transactions on Power Systems* – 1993. – Volume: 8, Issue: 2. – P. 381-387.
6. Баланс энергий в электрических цепях / **И.Е. Тонкаль**, А.В. Новосельцев, С.П. Денисюк [и др.]; – К.: Наукова Думка, 1992. – 312 с.
7. **Fryze S.** Wring-, Blind-, and Scheinleistung in Elektrischen Stromkreisen mit Nichtsinusoidalem Verlauf von Strom und Spannung / S. Fryze // *Elekt. Zeitschrift* – 1932. – Vol. 53. – № 25. – P. 596-599.
8. Tolbert, L.M. Comparison of Time Based Nonactive Power Definitions for Active Filtering / L.M. Tolbert, T.G. Halbetler // *Power Electronics Congress CIEP 2000.– 2000.– October 2000.– P. 73-79.*
8. **M. Kale** Harmonics and reactive power compensation with shunt active power filter under non-ideal mains voltage / M. Kale, E. Ozdemir // *Electric Power Syst.* – 2005. – Res 77. – pp. 363-370.
10. **Бурлака В.В.** Огляд методів управління активними фільтрами / В.В. Бурлака, С.К. Поднебенна, М.Д. Дяченко // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи.* – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 1/2011 (13). – С. 51-54.
11. **K Syed Moinuddin**, Dr. BV Sanker Ram Instantaneous power theory based active power filter: a matlab/ simulink approach / Moinuddin K Syed, Dr. BV Sanker Ram // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology.* – 2008. – Vol. 4 No. 6. – pp. 536-541.
12. **Пронин М.В.**, Воронцов А.Г. Активная фильтрация напряжений и токов сети в установках с высоковольтными тиристорными преобразователями // *Сб. «Горное оборудование и электромеханика».* – 2005. – № 5. – С. 41–45.

Рукопис подано до редакції 18.03.14

УДК 378.147

Н.О. ГЕРАСИМЕНКО, канд. пед. наук, КПП, Криворізький національний університет

КОНСУЛЬТУВАННЯ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

У статті окреслено основні підходи до трактування терміну «консультування». Розглянуто основні види консультування й відповідні їм консультації.

Постановка проблеми. Для збільшення конкурентоспроможності нашої країни у світі потрібні висококваліфіковані фахівці з вищою освітою, які прагнуть до професійного розвитку протягом усього свого життя, здатні вирішувати проблемні ситуації та приймати самостійні відповідальні рішення в умовах невизначеності й швидкоплинності світу, що пояснює особливі вимоги до системи вищої професійної освіти.

Необхідність змін у вищій освіті диктується об'єктивною ситуацією формування єдиного європейського освітнього простору і накладає певні зобов'язання на нашу країну в плані підготовки випускників університету, які повинні бути реалізовані в логіці єдиних вимог, та сприяння професійному розвитку майбутніх фахівців протягом усього життя. Для досягнення поставлених цілей в університетах створені умови вибору варіантів досягнення освітніх результатів і побудови на їх основі життєвих і професійних перспектив.

Наявність нагальної потреби у пошуках механізмів організації самостійної роботи такого рівня, який слугує цілям професійної підготовки студента вищого навчального закладу визначає актуальність статті.

Пошуки раціональної організації навчального процесу взагалі й самостійної роботи зокрема, були довготривалими й суперечливими. Однак, у цілому призвели до серйозних видозмін у класно-урочній системі, сприяли урізноманітненню форм організації навчання, збагаченню їх екскурсіями, клубними заняттями, продовженими лекціями, лабораторними та практичними заняттями трудового характеру, конференціями, диспутами тощо, а також бригадними, ланковими та проектними формами навчання. Своє чинне місце отримала самостійна робота учнів за різноманітними за характером і змістом завданнями, розрахованими на різні терміни й різні групи учнів, у фронтальній та індивідуальній роботі, у колективній за ланковим принципом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій Значного розвитку теорія і практика самостійної роботи одержала завдяки Болонській декларації, що проголосила розвиток і стимуляцію