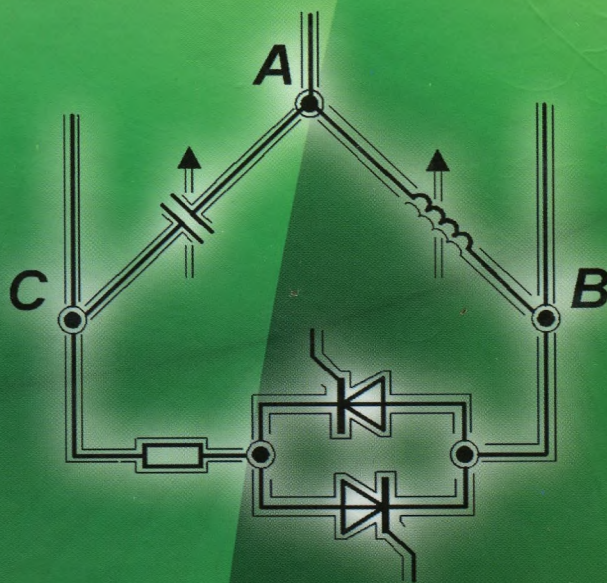


А.К. Шидловський  
В.О. Новський  
А.Ф. Жаркін

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ  
ЕНЕРГІЇ В ТРИФАЗНИХ СИСТЕМАХ  
НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ  
КОРИГУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ

---

**А.К. Шидловський**  
**В.О. Новський**  
**А.Ф. Жаркій**

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ  
ЕНЕРГІЇ В ТРИФАЗНИХ СИСТЕМАХ  
НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ  
КОРИГУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ**

---

Київ 2013

УДК 621.314: 621.3.011  
ББК 31.27

Друкується  
за постановою вченої ради  
Інституту електродинаміки НАН України  
(Протокол № 7 від 23 травня 2013 року)

Рецензенти: В.Г. Кузнецов, член-кореспондент НАН України  
Є.І. Сокол, член-кореспондент НАН України

Автори: А.К. Шидловський, академік НАН України  
В.О. Новський, доктор технічних наук  
А.Ф. Жаркін, член-кореспондент НАН України

**Стабілізація параметрів електричної енергії в трифазних системах напівпровідниковими коригуючими пристроями / Київ, Інститут електродинаміки НАН України. -2013.-378 с.**

У монографії розглянуто питання теорії, розробки та застосування напівпровідникових коригуючих пристроїв, у т.ч. багатофункціонального призначення, для стабілізації параметрів електричної енергії та динамічної компенсації струмів вищих гармонік і фазових послідовностей у трифазних три- і чотирипровідних системах з несиметричними, нестационарними та нелінійними навантаженнями. Такі пристрої забезпечують підвищені динамічні характеристики компенсації неактивних складових повної потужності та стабілізацію рівня напруги в електричних мережах, зниження активних втрат і оптимізацію режимних параметрів мережі, що сприяє підвищенню ефективності роботи енергоустановки і систем енергопостачання. Розглянуто принципи побудови і шляхи реалізації напівпровідникових коригуючих пристроїв, способи і алгоритми керування ними. Проаналізовано конкретні схеми таких пристроїв (перетворювачів), виконано аналіз електромагнітних процесів в одно- і трифазних системах при підключенні до них зазначених пристроїв з урахуванням параметрів електричних мереж і особливостей режимів роботи напівпровідникових коригуючих пристроїв для комплексного забезпечення електромагнітної сумісності споживачів електроенергії та підвищення якості електричної енергії в трифазних системах.

Для наукових та інженерно-технічних працівників, які займаються розробкою і дослідженням пристроїв для підвищення якості електричної енергії та забезпечення електромагнітної сумісності споживачів у багатофазних системах. Може бути корисною аспірантам і студентам відповідних спеціальностей.

В монографии рассмотрены вопросы теории, разработки и применения полупроводниковых корректирующих устройств, в т.ч. многофункционального назначения, для стабилизации параметров электрической энергии и динамической компенсации токов высших гармоник и фазовых последовательностей в трехфазных трех- и четырехпроводных системах с несимметричными, нестационарными и нелинейными нагрузками. Такие устройства обеспечивают повышенные динамические характеристики компенсации неактивных составляющих полной мощности и стабилизацию уровня напряжения в электрических сетях, снижение активных потерь и оптимизацию режимных параметров сети, что способствует повышению эффективности работы энергооборудования и систем электроснабжения. Рассмотрены принципы построения и пути реализации полупроводниковых корректирующих устройств, способы и алгоритмы управления ими. Проанализированы конкретные схемы таких устройств (преобразователей), выполнен анализ электромагнитных процессов в одно- и трехфазных системах при подключении к ним указанных устройств с учетом параметров электрических сетей и особенностей режимов работы полупроводниковых корректирующих устройств для комплексного обеспечения электромагнитной совместимости потребителей электроэнергии и повышения качества электрической энергии в трехфазных системах.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и исследованием устройств для повышения качества электрической энергии и обеспечения электромагнитной совместимости потребителей в многофазных системах. Может быть полезной аспирантам и студентам соответствующих специальностей.

ISBN 978-966-02-6890-6

© Інститут електродинаміки НАН України, 2013

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	3
Вступ.....	5
<b>Розділ 1</b>	
<b>СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБКИ МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТРИФАЗНИХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Порівняльний аналіз сучасного стану розробок у сфері створення перетворювальних пристроїв для стабілізації параметрів електричної енергії.....	10
1.2. Методи швидкодіючої стабілізації параметрів електричної енергії в трифазних системах з нестационарними та нелінійними однофазними навантаженнями.....	35
1.3. Способи керування напівпровідниковими коригуючими пристроями для швидкодіючої стабілізації параметрів електричної енергії.....	68
1.4. Нормативно-технічна база з питань забезпечення якості електричної енергії та ЕМС електроприймачів відповідно до сучасних європейських вимог.....	73
<b>Розділ 2</b>	
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ У ТРИФАЗНИХ НЕЗРІВНОВАЖЕНИХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>89</b>
2.1. Швидкодіюче зрівноважування режимів трифазної системи на основі застосування трансформаторно-ключових перетворювачів.....	89
2.2. Напівпровідникові коригуючі пристрої для зрівноважування струмів в електричних мережах зі змінними однофазними навантаженнями.....	105
2.3. Еквівалентні схеми електричних кіл з ідеальними чотириполусниками для синтезу нестационарних елементів швидкодіючих коригуючих пристроїв забезпечення ЕМС.....	119

**Розділ 3**

**ДИНАМІЧНА КОМПЕНСАЦІЯ СТРУМІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК  
ТА НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ В ТРИФАЗНІЙ  
ЧОТИРИПРОВІДНІЙ СИСТЕМІ.....**

- |      |                                                                                                                                                                                        |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. | Швидкодіюче зрівноважування режиму чотирипровідної системи на основі застосування напівпровідникових симетрокомпенсуючих пристроїв.....                                                | 125 |
| 3.2. | Високочастотна компенсація струмів вищих гармонік і нульової послідовності на основі застосування реакторно-ключових перетворювачів.....                                               | 138 |
| 3.3. | Слідкуючий тиристорно-реакторний компенсатор несинусоїдальних струмів у незрівноваженій чотирипровідній системі.....                                                                   | 148 |
| 3.4. | Напівпровідникові ключові імітатори змінної напруги для визначення сприйнятливості електроприймачів до впливу кондуктивних завод у СЕП і умов відповідності нормованим рівням ЕМС..... | 155 |

**Розділ 4**

**ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ОДНОФАЗНИХ  
МОСТОВИХ ВЕНТИЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ  
НА ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....**

- |      |                                                                                                                                                    |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. | Визначення вхідних та вихідних струмів ключових мостових перетворювачів.....                                                                       | 165 |
| 4.2. | Енергетичні процеси в мережевих мостових перетворювачах змінної напруги на постійну.....                                                           | 175 |
| 4.3. | Аналіз електромагнітних процесів у мережевих мостових перетворювачах змінної напруги на постійну з урахуванням особливостей режимів їх роботи..... | 188 |

**Розділ 5**

**НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ  
РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ  
ЗМІННИХ І ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....**

- |      |                                                                                                                                                                                                  |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. | Стабілізація рівня напруги в електричних мережах при зміні опорів лінії та навантаження.....                                                                                                     | 196 |
| 5.2. | Багатофункціональні трансформаторно-ключові перетворювачі для комплексного підвищення якості електроенергії в трифазних чотирипровідних системах зі змінними та нелінійними навантаженнями.....  | 217 |
| 5.3. | Синтез кіл накопичувачів електричної енергії в схемах напівпровідникових перетворювачів з активним вхідним опором для забезпечення електромагнітної сумісності електротермічних навантажень..... | 246 |

## Зміст

---

5.4.	Тиристорні перетворювачі змінного струму підвищеної частоти для живлення енергозберігаючих електротермічних установок.....	254	
<b>Розділ 6</b>			
<b>РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ РЯДІВ ФУР'Є ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У КОЛАХ ПРИСТРОЇВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ.....</b>			<b>291</b>
6.1.	Множення тригонометричних рядів Фур'є для аналізу електромагнітних процесів у колах з вентильними елементами.....	291	
6.2.	Узагальнена форма представлення функцій тригонометричними рядами.....	302	
6.3.	Гармонічний синтез тригонометричних рядів Фур'є з точкою розриву для дослідження імпульсних перетворювачів.....	321	
<b>Розділ 7</b>			
<b>КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ТА ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....</b>			<b>326</b>
7.1.	Організація штучного нульового проводу при підключенні системи електроживлення до трифазної трипровідної мережі.....	326	
7.2.	Режими роботи локальних низьковольтних мереж зі штучною нейтраллю для покращення якості електроенергії та забезпечення електробезпеки.....	331	
7.3.	Особливості виконання перспективних низьковольтних мереж для електропостачання відповідальних споживачів електроенергії.....	344	
7.4.	Комплексне забезпечення ЕМС та електробезпеки в чотирипровідних системах на основі застосування багатофункціонального трансформаторно-ключового перетворювача.....	350	
<b>Список використаної літератури.....</b>			<b>355</b>