

6215  
727

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

# ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

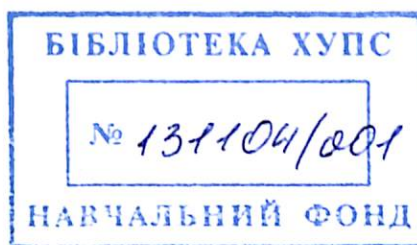
Харків  
2018

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

# ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Підручник

За загальною редакцією Б. Т. Кононова



Харків

2018

УДК 621.314 (075.8)

П27

*Затверджено до видання вченою радою Харківського  
національного університету Повітряних Сил імені  
Івана Кожедуба як підручник  
(протокол № 22 від 30.12.2016 р.)*

**Автори:** Б. Т. Кононов, д-р техн. наук, професор (ХНУПС);  
Г. І. Лагутін, канд. техн. наук, доцент (ХНУПС);  
А. О. Нечаус, канд. техн. наук (ХНУПС);  
О. О. Ручка, канд. техн. наук, доцент (ХНУПС)

**Рецензенти:** А. Г. Сосков, д-р техн. наук, професор (ХНУМГ);  
В. І. Омель'яненко, д-р техн. наук, професор (НТУ «ХПБ»);  
А. В. Беспрозванних, д-р техн. наук, професор (НТУ «ХПБ»)

**Перетворювальна техніка : підручник / Б. Т. Кононов,  
П27 Г. І. Лагутін, А. О. Нечаус, О. О. Ручка ; за заг. ред.  
Б. Т. Кононова. – Х. : ХНУПС, 2018. – 480 с.**

Викладені основні технічні характеристики пристроїв перетворення роду струму, які використовуються в системах електропостачання загальновійськових та спеціальних об'єктів. Подані основні теоретичні відомості щодо принципів дії некерованих і керованих випрямлячів, інверторів, імпульсних перетворювачів, їх принципи побудови, основи розрахунку, проектування й конструювання. Також викладено теоретичний матеріал щодо накопичувачів енергії установок гарантованого електропостачання. Розглянуті хімічні джерела струму, механічні, електромеханічні, електродинамічні, а також індуктивні та ємнісні накопичувачі енергії. Викладено принципи побудови й роботи установок гарантованого електропостачання.

Підручник призначений для слухачів, курсантів і студентів вищих військових навчальних закладів, які спеціалізуються в галузі електропостачання та електротехніки, а також для спеціалістів-електриків. Може бути корисним для осіб, які організують експлуатацію і безпосередньо експлуатують електроустановки.

УДК 621.314 (075.8)

© Кононов Б. Т., Лагутін Г. І.,  
Нечаус А. О., Ручка О. О., 2018  
© Харківський національний університет  
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2018

# ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ПЕРЕДМОВА.....	10
Частина I. ОСНОВИ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	12
Розділ 1. Некеровані випрямлячі.....	12
1.1. Призначення і основні схеми випрямлячів.....	12
1.2. Параметри випрямлячів.....	15
1.3. Однофазна однопівперіодна схема випрямлення.....	20
1.4. Однофазна двопівперіодна схема випрямлення із середньою точкою..	30
1.5. Однофазна мостова схема випрямлення.....	33
1.6. Трифазні схеми випрямлення.....	43
1.7. Згладжувальні фільтри випрямлячів.....	59
Питання для самостійної перевірки.....	68
Розділ 2. Керовані випрямлячі.....	69
2.1. Способи регулювання випрямленої напруги і струму.....	69
2.2. Стабілізація напруги випрямляча шляхом зміни напруги на його виході...	71
2.3. Стабілізація напруги випрямляча шляхом зміни напруги на його вході...	73
2.4. Стабілізація випрямленої напруги за допомогою керованих вентилів.....	77
2.5. Сучасні статичні перетворювачі напруги змінного струму в напругу постійного струму.....	85
Питання для самостійної перевірки .....	104
Розділ 3. Імпульсні перетворювачі напруги постійного струму в постійний.....	105
3.1. Принцип дії імпульсного перетворювача.....	105
3.2. Імпульсні перетворювачі з вихідною напругою, нижчою за вхідну.	110
3.2.1. Робота на активно-індуктивне навантаження.....	110
3.2.2. Робота на навантаження з індуктивно-емнісним фільтром..	116
3.3. Імпульсні перетворювачі з підвищеною вихідною напругою.....	120
3.4. Імпульсні перетворювачі з вихідною напругою, регульованою вище і нижче за вхідну.....	125
3.5. Основний спосіб комутації тиристорних переривачів.....	128
Питання для самостійної перевірки.....	130
Розділ 4. Інвертори.....	131
4.1. Загальні відомості про інвертори.....	131
4.2. Структурні схеми і класифікація інверторів.....	132
4.3. Інвертор, ведений мережею.....	136
4.4. Автономний інвертор із самозбудженням (автогенератор).....	138
4.5. Транзисторний інвертор.....	140
4.6. Однофазний паралельний інвертор струму.....	143

4.7. Однофазний мостовий паралельний інвертор струму.....	150
4.8. Однофазний мостовий паралельний інвертор напруги.....	154
4.9. Однофазний послідовний інвертор.....	158
4.10. Трифазні інвертори.....	162
4.11. Регулювання вихідної напруги автономних інверторів.....	165
4.11.1. Регулювання напруги, яку подають на інвертор.....	166
4.11.2. Регулювання напруги безпосередньо на навантаженні інвертора...	166
4.11.3. Регулювання напруги за рахунок дії на параметри самого інвертора.....	168
4.12. Інвертори з імпульсною комутацією.....	178
4.13. Інвертори з допоміжно-імпульсною комутацією.....	179
4.14. Інвертори зі зв'язано-імпульсною комутацією.....	186
4.15. Інвертори зі зв'язано-імпульсною комутацією при обмеженій зворотній напрузі.....	192
Питання для самостійної перевірки.....	204
<b>Частина II УСТАНОВКИ ГАРАПТОВАНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....</b>	<b>206</b>
<b>Розділ 5. Хімічні джерела струму.....</b>	<b>206</b>
5.1. Основні характеристики хімічних джерел струму.....	206
5.1.1. Загальне влаштування і принцип роботи хімічних джерел струму....	206
5.1.2. Основні типи хімічних джерел струму і області їх застосування...	212
5.1.3. Термодинамічні процеси і електричні характеристики хімічних джерел струму.....	216
5.2. Кислотні (свинцеві) акумулятори.....	226
5.2.1. Будова і принцип дії кислотних (свинцевих) акумуляторів..	226
5.2.2. Типи, конструкції та електричні характеристики кислотних акумуляторних батарей.....	235
5.2.3. Основні несправності, способи їх усунення і особливості експлуатації кислотних акумуляторних батарей.....	238
5.3. Лужні акумулятори.....	245
5.3.1. Будова і принцип дії лужних акумуляторів.....	245
5.3.2. Експлуатація лужних акумуляторів.....	258
5.3.3. Маркування та експлуатаційні електричні характеристики лужних акумуляторів.....	263
5.4. Літієві хімічні джерела струму.....	267
5.4.1. Загальні відомості про літієві ХДС.....	267
5.4.2. Літієві ХДС із твердими катодами.....	268
5.4.3. Літієві ХДС із рідким катодом.....	270
5.5. Розрахунок кислотного (свинцевого) акумулятора.....	274
5.5.1. Визначення залишкової ємності кислотних (свинцевих) акумуляторів.....	274

5.5.2. Розрахунок габаритів акумуляторних пластин.....	282
5.5.3. Розрахунок об'єму і концентрації електроліту.....	288
5.5.4. Розрахунок струмоведучих деталей.....	294
Питання для самостійної перевірки.....	303
<b>Розділ 6. Механічні накопичувачі енергії.....</b>	<b>304</b>
6.1. Загальні відомості про механічні накопичувачі енергії.....	304
6.2. Механічні накопичувачі з пружними елементами.....	305
6.3. Гравітаційні накопичувачі енергії.....	312
6.4. Інерційні кінетичні накопичувачі енергії.....	315
6.5. Розрахунок інерційних кінетичних накопичувачів енергії.....	325
6.6. Втрати на тертя і шляхи їх зменшення.....	334
6.7. Розрахунок вала інерційного накопичувача на жорсткість.....	343
Питання для самостійної перевірки.....	345
<b>Розділ 7. Електромеханічні та електродинамічні накопичувачі енергії... 346</b>	<b>346</b>
7.1. Загальні відомості про електромеханічні накопичувачі енергії... 346	346
7.2. Теоретичні основи роботи електромеханічних накопичувачів енергії... 351	351
7.2.1. Опис процесів в ЕМН на основі рівнянь аналітичної механіки..... 351	351
7.2.2. Математична модель ЕМН на базі синхронної електричної машини..... 353	353
7.2.3. Розгін роторів ЕМН, виконаних на базі електричних машин змінного струму..... 358	358
7.2.4. Основні енергетичні співвідношення в ЕМН..... 360	360
7.3. Основні відомості про теплові режими електромеханічних накопичувачів... 365	365
7.4. Електродинамічні накопичувачі енергії. Загальна характеристика робочих процесів у електродинамічних накопичувачах енергії..... 369	369
7.5. Схеми включення обмоток ЕДН..... 379	379
Питання для самостійної перевірки..... 390	390
<b>Розділ 8. Індуктивні та ємнісні накопичувачі енергії..... 391</b>	<b>391</b>
8.1. Загальні відомості про індуктивні накопичувачі енергії..... 391	391
8.2. Особливості розрахунку індуктивностей, магнітних полів і електродинамічних зусиль в ІН..... 393	393
8.3. Основні типи ІН, їх параметри і показники..... 398	398
8.3.1. Індуктивні накопичувачі у вигляді циліндричних котушок прямокутного перерізу..... 398	398
8.3.2. Індуктивні накопичувачі у вигляді кільцеподібних котушок..... 408	408
8.3.3. Сферичні ІН..... 412	412
8.3.4. Тороїдні ІН..... 415	415
8.4. Енергетичні процеси в ІН..... 423	423

8.5. Загальні відомості про ємнісні накопичувачі і характеристика режимів їх роботи.....	427
8.6. Конденсатори для СН.....	431
8.6.1. Загальні відомості про фізичні процеси в конденсаторах....	431
8.6.2. Діелектричні матеріали, які використовують в конденсаторах СН.....	435
8.6.3. Будова конденсаторів СН.....	437
8.6.4. Питома енергія і параметри конденсаторів СН.....	440
8.6.5. Втрати потужності в конденсаторах СН.....	444
8.6.6. Вибір конденсаторів для СН.....	446
Питання для самостійної перевірки.....	448
Розділ 9. Установки гарантованого живлення.....	450
9.1. Класифікація установок гарантованого живлення.....	450
9.2. Установки гарантованого живлення з електромашинними перетворювачами електричної енергії та з механічними накопичувачами енергії.....	452
9.3. Установки гарантованого живлення з електромашинними перетворювачами та електрохімічними накопичувачами енергії.....	462
9.4. Установки гарантованого живлення зі статичними перетворювачами та електрохімічними накопичувачами енергії.....	464
9.5. Техніко-економічні показники УГЖ.....	468
Питання для самостійної перевірки.....	471
ПІСЛЯМОВА.....	473
ЛІТЕРАТУРА.....	474
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	476