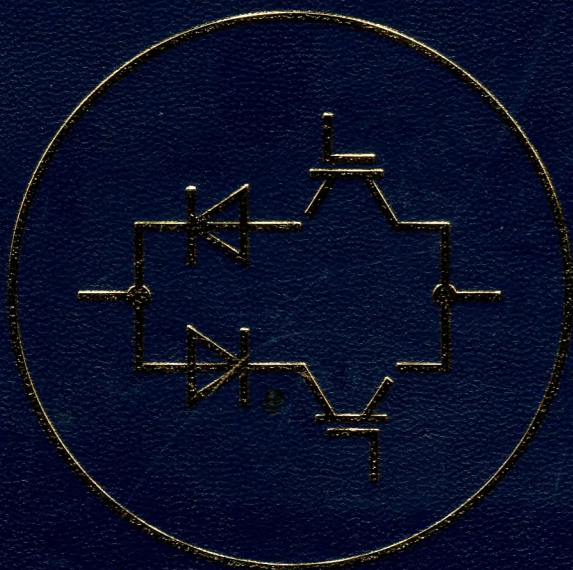


В.І. СЕНЬКО, М.В. ПАНАСЕНКО, С.В. СЕНЬКО,  
М.М. ЮРЧЕНКО, Л.І. СЕНЬКО, В.В. ЯСІНСЬКИЙ

# ЕЛЕКТРОНІКА І МІКРОСХЕМОТЕХНІКА



4

ТОМ

Книга 1

**В. І. Сенько, М. В. Панасенко, Є. В. Сенько,  
М. М. Юрченко, Л. І. Сенько, В. В. Ясінський**

# **ЕЛЕКТРОНІКА і МІКРОСХЕМОТЕХНІКА**

У 4-х томах

Том 4

# **СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА**

Книга 1

За редакцією  
доктора технічних наук, професора  
В. І. Сенька

*Рекомендовано*

*Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України  
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів,  
що навчаються за напрямками “Електромеханіка”,  
“Електронні пристрої та системи”,  
“Електротехніка та електротехнології”*

**Київ “Каравела” 2013**

**УДК 621.314.632**  
**ББК 39.33-04я73**  
**С 31**

*Гриф надано Міністерством  
освіти і науки, молоді та спорту України  
(лист № 1/11-17596 від 12.11.2012 р.)*

**Рецензенти:**

**Є. І. Сокол,**

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри промислової та біомедичної електроніки  
Національного технічного університету  
“Харківський політехнічний інститут”;

**А. А. Зорі,**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронної  
техніки Донецького національного технічного університету;

**М. В. Загірняк,**

доктор технічних наук, професор, ректор Кременчуцького  
національного університету імені Михайла Остроградського

**В. І. Сенько, М. В. Панасенко, Є. В. Сенько, М. М. Юрченко,  
Л. І. Сенько, В. В. Ясінський**

**С 31 Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том 4. Книга 1. Силов  
ва електроніка: Навч. посібник / За ред. В. І. Сенька. - К.: Кара-  
вела, 2013. - 640 с.**

**ISBN 978-966-2229-38-7**

У книзі 1 четвертого тому розглянуто некеровані та керовані випрямлячі однофазного та трифазного струму, згладжувальні фільтри, залежні інвертори, перетворювачі постійної напруги в постійну, автономні інвертори.

У книзі 2 розглянуто регулятори змінної напруги, перетворювачі частоти, компенсатори реактивної потужності та активні фільтри, джерела вторинного електроживлення електронної апаратури, системи керування напівпровідниковими перетворювачами, електромагнітна сумісність пристроїв силової електроніки.

Матеріал супроводжується прикладами розрахунків і контрольними запитаннями.

Для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за напрямками “Електромеханіка”, “Електронні пристрої та системи”, “Електротехніка та електротехнології”. Посібник може бути використаний також спеціалістами з різним рівнем підготовки в області силової електроніки для підвищення кваліфікації.

**УДК 621.314.632**  
**ББК 39.33-04я73**

**ISBN 978-966-2229-38-7** © Сенько В. І., Панасенко М. В. та ін., 2013  
© Видавництво «Каравела», 2013

**ЗМІСТ**  
**КНИГА 1**

Передмова.....	9
Вступ .....	11
<b>Розділ 1. ВИПРЯМЛЯЧІ</b>	
1.1. Загальні відомості.....	13
1.2. Однофазні випрямлячі.....	18
1.2.1. Робота випрямлячів на активне навантаження.....	19
1.2.2. Згладжувальні фільтри.....	38
1.2.3. Вплив згладжувальних фільтрів на роботу випрямляча.....	47
1.3. Трифазні випрямлячі .....	91
1.3.1. Трифазний випрямляч з середньою точкою.....	92
1.3.2. Шестифазний випрямляч з середньою точкою.....	105
1.3.3. Шестифазний випрямляч зі з'єднанням вторинних обмоток трансформатора зірка - обернена зірка зі зрівняльним реактором (дроселем).....	109
1.3.4. Трифазний мостовий випрямляч.....	116
1.3.5. Компенсаційні випрямлячі .....	132
1.4. Керовані випрямлячі з ступеневим регулюванням вторинної напруги .....	136
1.5. Керовані випрямлячі із зустрічно-паралельним ввімкненням тиристорів у первинну обмотку трансформатора .....	142
1.6. Випрямлячі, що живлять двигуни постійного струму.....	146
1.7. Складені (багатофазні еквівалентні) випрямлячі.....	155
1.8. Випрямлячі на повністю керованих вентилях.....	167
1.9. Випрямлячі, що живляться від джерел з прямокутною напругою.....	190
Приклади.....	196
Контрольні запитання.....	237
<b>Розділ 2. ЗАЛЕЖНІ ІНВЕРТОРИ</b>	
2.1. Загальні відомості.....	239
2.2. Однофазний однопівперіодний інвертор .....	241
2.3. Однофазний інвертор з середньою точкою .....	244
2.4. Трифазний інвертор з середньою точкою.....	250
2.5. Трифазний мостовий інвертор.....	253
2.6. Коефіцієнт потужності інвертора.....	255

2.7. Аварійні режими роботи інверторів.....	257
2.8. Реверсивні перетворювачі постійного струму .....	260
Приклади.....	266
Контрольні запитання.....	270

### Розділ 3. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ В ПОСТІЙНУ

3.1. Загальні відомості.....	271
3.2. Нереверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги в постійну на повністю керованих вентилях без гальванічного розв'язання між входом і виходом.....	276
3.2.1. Нереверсивні знижувальні імпульсні перетворювачі постійної напруги ( <i>Buck Converter</i> ).....	277
3.2.2. Нереверсивні підвищувальні імпульсні перетворювачі постійної напруги ( <i>Boost Converter</i> ).....	307
3.2.3. Нереверсивні підвищувально-знижувальні імпульсні перетворювачі постійної напруги ( <i>Buck-Boost Converter</i> ).....	316
3.2.4. Квадратичні перетворювачі постійної напруги.....	326
3.2.5. Безіндуктивні перетворювачі постійної напруги .....	328
3.2.6. Перетворювачі, що забезпечують на виході дві напруги різної полярності.....	331
3.2.7. Перетворювачі з частковою модуляцією вхідної напруги.....	332
3.2.8. Багатофазні ІППН.....	335
3.2.9. Нереверсивні квазірезонансні перетворювачі постійної напруги .....	338
3.2.10. Нереверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги з двостороннім обміном енергією.....	349
3.3. Імпульсні перетворювачі постійної напруги в постійну на повністю керованих вентилях з гальванічним розв'язанням між входом і виходом.....	353
3.3.1. Однотактний перетворювач постійної напруги зі зворотним ввімкненням випрямного діода і незалежним збудженням.....	354
3.3.2. Однотактний перетворювач постійної напруги зі зворотним ввімкненням випрямного діода з самозбудженням .....	364
3.3.3. Однотактний перетворювач постійної напруги з прямим ввімкненням випрямного діода .....	369

3.3.4. Однотактний перетворювач постійної напруги з передачею енергії в імпульсі та паузі.....	379
3.3.5. Двотактні імпульсні перетворювачі постійної напруги.....	382
3.3.6. Характерні особливості імпульсних перетворювачів постійної напруги на повністю керованих вентилях.....	390
3.4. Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги в постійну на повністю керованих вентилях.....	396
3.5. Імпульсні перетворювачі постійної напруги на неповністю керованих вентилях (тиристорах).....	400
Приклади.....	411
Контрольні запитання.....	435
<b>Розділ 4. АВТОНОМНІ ІНВЕРТОРИ</b>	
4.1. Загальні відомості.....	437
4.2. Автономні інвертори струму.....	440
4.2.1. Інвертори струму на неповністю керованих вентилях.....	440
4.2.2. Інвертори струму на повністю керованих вентилях.....	468
4.3. Автономні резонансні інвертори .....	471
4.3.1. Резонансні інвертори без зворотних діодів.....	471
4.3.2. Резонансні інвертори зі зворотними діодами.....	491
4.4. Автономні інвертори напруги.....	502
4.4.1. Інвертори напруги на повністю керованих вентилях.....	502
4.4.2. Інвертори напруги з однополярним струмом.....	586
4.4.3. Інвертори напруги на неповністю керованих вентилях.....	589
Приклади.....	596
Контрольні запитання.....	628
Список літератури.....	631

## ЗМІСТ

### КНИГА 2

#### Розділ 5. РЕГУЛЯТОРИ ЗМІННОЇ НАПРУГИ

- 5.1. Загальні відомості
- 5.2. Регулятори з фазовим способом регулювання
- 5.3. Регулятори з вольтододатком

- 5.4. Регулятори з широтно-імпульсним способом регулювання вихідної напруги
- 5.5. Регулятори з високочастотним обміном енергією між накопичувальними елементами

Приклади

Контрольні запитання

## Розділ 6. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЧАСТОТИ

- 6.1. Перетворювачі частоти з проміжною ланкою постійного струму (напруги)
- 6.2. Перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком
  - 6.2.1. Перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком на неповністю керованих вентилях (тиристорах)
  - 6.2.2. Перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком на повністю керованих вентилях
  - 6.2.3. Підвищувальні перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком на повністю керованих вентилях

Контрольні запитання

## Розділ 7. КОМПЕНСАТОРИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА АКТИВНІ ФІЛЬТРИ

- 7.1. Компенсатори реактивної потужності
  - 7.1.1. Реактори, керовані тиристорами
  - 7.1.2. Конденсатори, комутовані тиристорами
  - 7.1.3. Конденсаторно-реакторні компенсатори реактивної потужності
  - 7.1.4. Компенсатори з вентильним джерелом реактивної напруги
- 7.2. Активні фільтри-компенсатори потужності спотворення

Контрольні запитання

## Розділ 8. ДЖЕРЕЛА ВТОРИННОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

- 8.1. Класифікація джерел вторинного електроживлення електронної апаратури
- 8.2. Загальні вимоги до джерел вторинного електроживлення електронної апаратури

- 8.3. Джерела первинного електроживлення
  - 8.3.1. Системи автономного електроживлення
  - 8.3.2. Хімічні джерела живлення
  - 8.3.3. Деякі інші джерела живлення
- 8.4. Джерела безперебійного електропостачання
- 8.5. Транзисторні згладжувальні фільтри
  - 8.5.1. Фільтри типу ФК
  - 8.5.2. Фільтри типу ФЕ
  - 8.5.3. Фільтри типу ФШ
- 8.6. Безперервні (лінійні) напівпровідникові стабілізатори напруги та струму
  - 8.6.1. Загальні відомості
  - 8.6.2. Параметричні стабілізатори напруги
  - 8.6.3. Компенсаційні лінійні стабілізатори напруги
  - 8.6.4. Стабілізатори на інтегральних мікросхемах
- 8.7. Транзисторні перетворювачі напруги з самозбудженням

Приклади

Контрольні запитання

## Розділ 9. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

- 9.1. Призначення та основні вимоги до систем керування
- 9.2. Системи керування перетворювачами з природною комутацією
- 9.3. Системи керування перетворювачами з примусовою комутацією
- 9.4. Системи керування з елементами штучного інтелекту
  - 9.4.1. Загальні принципи побудови нечітких систем керування
  - 9.4.2. Нейронні мережі в системах керування

Контрольні запитання

## Розділ 10. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ПРИСТРОЇВ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

- 10.1. Кондуктивні завади та спотворення напруги в мережах електроживлення загального призначення



- 10.1.1. Індустріальні завади
  - 10.1.2. Імпульсні завади та перехідні процеси
  - 10.1.3. Спотворення напруги в мережі електроживлення
  - 10.2. Кондуктивні ЕМЗ та шляхи їх розповсюдження і способи проникнення в пристроях силової електроніки
    - 10.2.1. Джерела кондуктивних ЕМЗ
    - 10.2.2. Шляхи розповсюдження і способи проникнення кондуктивних ЕМЗ
    - 10.2.3. Вимірювання кондуктивних завад
  - 10.3. ЕМЗ випромінювання пристроїв силової електроніки
    - 10.3.1. Джерела ЕМЗ випромінювання
    - 10.3.2. Поля ЕМЗ випромінювання та їх розповсюдження
    - 10.3.3. Вимірювання ЕМЗ випромінювання
  - 10.4. Основні шляхи та способи зменшення кондуктивних завад і ЕМЗ випромінювання
  - 10.5. Основні шляхи та способи зменшення імпульсних завад
- Приклади
- Контрольні запитання
- Список літератури