

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Вінницький національний технічний університет

**ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ
СИСТЕМ АВТОМАТИКИ І УПРАВЛІННЯ**

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК 681.5(075)
ББК 32 96 я 73
Ф94

Рекомендовано до видання Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Системна інженерія»

Рецензенти:

І. В. Гребеннік, доктор технічних наук, професор

В. В. Марасанов, доктор технічних наук, професор

Л. І. Тимченко, доктор технічних наук, професор

Функціональні перетворювачі систем автоматики і управління
/ [Кривоғубченко С. Г., Кулик А. Я., Компанець М. М., Хомчук А. Ф.]. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 185 с.

Ф94

ISBN 978-966-641-413-0

Посібник присвячений розгляду принципів побудови модулів різноманітного функціонального призначення для систем автоматики і управління. Призначений для однойменного курсу та аналогічних вищих навчальних закладів технічного напрямку.

УДК 681.5(075)

ББК 32 96 я 73

ISBN 978-966-641-413-0

© С. Кривоғубченко, А. Кулик, М. Компанець, А. Хомчук, 2011

ЗМІСТ

Вступ	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛІВ У ЕЛЕКТРОННИХ ПРИБОРАХ АВТОМАТИКИ І УПРАВЛІННЯ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ	6
1.1 Загальні характеристики сигналів	6
1.2 Основні характеристики змінних електричних сигналів	19
1.3 Методи дослідження сигналів в електронних ланцюгах	22
1.4 Перехідні та частотні характеристики імпульсних ланцюгів	35
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	<i>38</i>
2 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	39
2.1 Кусково-припасувальний метод	39
2.2 Метод різницевого рівнянь	44
2.3 Метод еквівалентних джерел	48
2.4 Метод основної гармоніки	51
2.5 Метод гармонічного аналізу	51
2.6 Метод фазової площини	53
2.7 Метод перемикальних функцій	56
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	<i>59</i>
3 ОСОБЛИВОСТІ ПОДАВАННЯ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ. ОСНОВИ АЛГЕБРИ ЛОГІКИ	60
3.1 Цифрові сигнали	60
3.2 Комбінаційні функції та способи їх завдання	63
3.3 Функціонально повні системи логічних функцій	69
3.4 Основи синтезу логічних схем	73
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	<i>82</i>
4 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРИБОРИ ЦИФРОВОЇ ІНТЕГРАЛЬНОЇ СХЕМОТЕХНІКИ	83
4.1 Комбінаційні цифрові пристрої	83
4.2 Тригери	92
4.3 Регістрові та лічильникові цифрові пристрої	102
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	<i>108</i>
5 ЕЛЕКТРОННІ ПРИБОРИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ І АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ	109
5.1 Обмежувачі амплітуди	109
5.2 Порогові формувальні пристрої	120

5.3 Аналогові компаратори напруги	125
5.4 Пристрої запам'ятовування аналогових сигналів	130
5.5 Перетворювачі напруги на частоту імпульсів	136
5.6 Цифроаналогові перетворювачі	145
5.7 Аналого-цифрові перетворювачі	152
5.8 Частотно-цифрові перетворювачі	164
<i>Контрольні запитання та завдання</i>	178
ЛІТЕРАТУРА	179
KEY WORDS AND IDIOMS – КЛЮЧОВІ СЛОВА ТА ВИРАЗИ	181
ПІСЛЯМОВА	185

ВСТУП

Функціональні перетворювачі об'єднують велику групу пристроїв, призначених для досягнення високих показників роботи систем автоматизації, до яких відносять системи автоматизованого контролю та управління, інформаційно-вимірювальні, навігаційні, відеоспостереження, охоронної та пожежної сигналізації тощо.

До функціональних перетворювачів входять схеми аналогових і цифрових пристроїв автоматизації, а також їх комбінації, які є основним засобом нелінійного оброблювання сигналів аналогової та цифрової інформації. Під час аналізу і подальшого використання стає необхідним визначення функціональної взаємодії фізичних явищ і об'єктів, а також результатів цієї взаємодії. Основними вимогами для забезпечення ефективної роботи є: однозначність виконання команди оператора, зручність отримання і вірогідність інформації після перетворень, її захист. При цьому необхідним є корегування характеристик первинних перетворювачів, забезпечення точності та вірогідності результатів вимірювання тощо.

Результатом науково-технічного прогресу є розширення елементної бази функціональних перетворювачів. Нещодавно кожний функціональний вузол схемотехнічно формувався на дискретних елементах, а згодом – на основі інтегральних схем. Сучасні перетворювачі є елементами складної інтегральної електроніки. За допомогою такої технології на одному кристалі розташовуються групи аналогових перетворювачів і вузли цифрового оброблювання разом з модулями пам'яті. Інтегровані функціональні перетворювачі є основою сигнальних контролерів і процесорів.

Оскільки в сучасних системах оброблювання даних здійснюється, в основному, за допомогою електричних сигналів (у випадку необхідності здійснюючи перетворення на них сигналів іншої природи), то увага зосереджена на застосуванні саме таких відносно нескладних перетворювачів в системах управління та автоматизації, з розглядом принципів перетворення.

Розділ 1 написаний Хомчуком А. Ф., розділ 2 – Компанцем М. М., розділи 3, 4, 5 – спільно Куликом А. Я. і Кривогубченком С.Г.

Література

1. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы [справ. пособие] / С. В. Якубовский, Н. Л. Баркалов, Л. И. Нессельсон и др. ; под ред. С. В. Якубовского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1984. – 432с.
2. Горпенюк А. Я. Логарифмічний конвеєрний число-імпульсний функціональний перетворювач / А. Я. Горпенюк, В. Б. Дудикевич, Н. М. Лужецька // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2006. – № 66. – С. 142 – 149.
3. Грабко В. В. Моделі та системи технічної діагностики високовольтних вимикачів: монографія / В. В. Грабко, Б. І. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 74 с.
4. Гусев В. Г. Электроника [учебн. пособие] / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – М. : Высшая школа, 1982. – 495 с.
5. Ерофеев Ю. Н. Основы импульсной техники / Ю. Н. Ерофеев. – М. : Высшая школа, 1979. – 383 с.
6. Захаров В. Н. Системы управления / В. Н. Захаров, Д. А. Поспелов, В. Е. Хазацкий. – М. : Энергия, 1977. – 423 с.
7. Качинев Ю. Г. Импульсные устройства [конспект лекций] / Ю. Г. Качинев. – Л. : РИО ЛЭТИ, 1976. – 116 с.
8. Лабунцов В. А. Тиристоры [технический справочник] / В. А. Лабунцов, А. Ф. Свиридов. – М. : Энергия, 1971. – 560 с.
9. Букреев И. Н. Микроэлектронные схемы цифровых устройств / И. Н. Букреев, Б. Н. Мансуров, В. И. Горячев. – М. : Сов. радио, 1973. – 264с.
10. Миловзоров В. П. Дискретные стабилизаторы и формирователи напряжения / В. П. Миловзоров, А. К. Мусолин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. — 248 с.
11. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки [навч. посібн. / під ред. Ю. Г. Леги]. – К. : Либідь, 2004. – 288 с.
12. Партала О. Н. Цифровая электроника / О. Н. Партала. – С-Пб. : Наука и техника, 2002. – 224 с.

13. Пащенко Н. В. Особливості побудови спеціалізованих пристроїв та систем на базі кристалів ПЛІС / Н. В. Пащенко // Проблеми автоматизації та управління. – 2008. – № 1. – С. 147 – 150.
14. Поречный В. Применение ПЛИС в цифровой схемотехнике / В. Поречный // PC WORLD. – 2007. – № 3. – С. 23 – 26.
15. Применение прецизионных аналоговых микросхем / А. Г. Алексеенко, Е. А. Коломбет, Г. И. Старобуд. – М. : Радио и связь, 1985. – 300 с.
16. Проектирование импульсных и цифровых устройств радиотехнических систем [учеб. пособие / Ю. П. Гришин, Ю. М. Казаринов, В. М. Катиков и др.]; под. ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Высшая школа, 1985. – 319с.
17. Руденко В. С. Основы преобразовательной техники : учебник / В. С. Руденко, В. И. Сенько, И. М. Чиженко. – [2-е изд. перераб. и доп.] – К. : Вища школа, 1980. – 424 с.
18. Скаржепа В. А. Цифровое управление тиристорными преобразователями / В. А. Скаржепа, К. В. Шелехов. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд. , 1984. – 160 с.
19. Сигорский В. П. Элементы цифровой схемотехники / В. П. Сигорский, В. И. Зубчук, А. Н. Шкуро. – К. : УМК ВО, 1990. – 234 с.
20. Справочник по микроэлектронной импульсной технике / В. Н. Яковлев, В. В. Воскресенский, С. И. Мирошниченко и др. – К. : Техніка, 1983. – 359с.
21. Гельман М. В. Тиристорные регуляторы переменного напряжения / М. В. Гельман, С. П. Лохов. – М. : Энергия, 1975. — 104 с.
22. Угрюмов Е. Цифровая схемотехника / Е. Угрюмов. – С-Пб. : БХВ-Петербург, 2002. – 518 с.
23. Федорков Б. Г. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи / Б. Г. Федорков, В. А. Телец, В. П. Дегтяренко. – М. : Радио и связь, 1984. – 120 с.
24. Шило В. Л. Популярные цифровые микросхемы [справочник] / В. Л. Шило. – М. : Радио и связь, 1987. – 352 с.

KEY WORDS AND IDIOMS – КЛЮЧОВІ СЛОВА ТА ВИРАЗИ

Активна тривалість – duration activity, time.

Алгебра логіки – algebra of logic.

Аналоговий елемент – analogy element.

Аналого-цифровий перетворювач – analog to digital converter.

Амплітудно-частотна характеристика – amplitude frequency characteristic
(gain-frequency).

Аналоговий компаратор напруги – analogical voltage comparator.

Балансування (струму) – balancing (current).

Вентиль – valve

Відеоімпульс – video pulse.

Випрямляч – rectifier.

Вхід інвертувальний – entry, input inversion, conversion, inverting.

Гармоніка – harmonic.

Генератор (прибор) – generator, oscillator.

Гістирезис – hysteresis.

Гранична частота – boundary frequency.

Граничний цикл (замкнута фазова траєкторія) – maximum cycle.

Давач – pick-up, transmitter, sensor.

Декодер – decipher, decode.

Демультіплексор (розподільник) – demultiplexer.

Детектор – detector, rectifier.

Диз'юнктивна нормальна форма (ДНФ) – disjunctive normal form.

Дискретизація (за часом часу) – quantification, sampling.

Діапазон – range, bend.

Дійсна частотна характеристика – real frequency response curve.

Дільник (частоти) – divisor, frequency divider.

Діод – diode.

Дросель – choke (coil).

Електричні фільтри – electrical filters.

Електричний імпульс – electric pulse.

Ємність (величина) – capacity.

Залежність (функціональна) – functional dependence.

Запам'ятовування (даних) – memory, data storage.

Затримка – delay.

Згасання (в часі) – damping, attenuation.

Імпульс – pulse.

Імпульсна напруга – pulse voltage

Імпульсне збудження – pulse excitation.

Інвертор – inverter.

Інтегратор – integrator.

Інформація (цифрова) – information, data, digital information.

Квантування (процес) – quantum process.

Код двійковий – binary code.

Кон'юнктивна нормальна форма (КНФ) – conjunctive normal form.

Комбінаційна функція – combined function.

Комбінаційний цифровий пристрій – combined digital device.

Компаратор – comparator.

Комутація – commutation, switching.

Корекція частотна – accentuation.

Крутість – steepness.

Лінеаризація – linearization.

Лічильник – counter, meter, computer.

Лічильник двійковий – binary counter.

Логарифмічний масштаб – logarithmic scale.

Логарифмічна фазочастотна характеристика – logarithmic phase frequency response curve.

Межа – limit.

Метод суперпозиції – superposition method.

Мультиплексор – multiplexer.

Надлишковість – redundancy, excessiveness.

Носій (частота) – carrier.

Обмежувач амплітуди – amplitude limiter.
– діодний – diode limiter.
– на операційних підсилювачах – limiter on the operate amplifiers.

Операторний метод – operator method.

Опір активний – effective resistance.
– реактивний – reactance.

Пам'ять – memory.

Паразитна ємність – parasitic, idle capacitance.

Передатна функція – transfer function.

Перемикач (прибор) – switch, commutator.

Перетворювач – transformer, converter, transducer, inverter.

Перехідний процес – transient process.

Підсилювач операційний – operational amplifier.

Піковий детектор – detector of spades.

Повторювач – follower.

Принцип суперпозиції – superposition principle.

Регістр зсуву – shift register.

Рівняння рекурентне – recurrent equation,
– трансцендентне – transcendental equation.

Роботизована система – robot, automatic device system

Сигнал – signal,
аналоговий – analog (ue) signal,
дискретний – discrete signal,
імпульсний – pulse signal,
оптичний – optical [visual] signal,
синусоїдальний – sinusoidal signal,
цифровий – numerical signal.

Синтез логічної схеми – logical circuit synthesis.

Смуга пропускання фільтра – pass band of the filter.

Спектр – spectrum.

Спектр амплітуд – spectrum of amplitudes.

Спотворення (амплітудне) – amplitude [volume] distortion.

Стробування – strobing.

Ступінчасте збудження – step excitation.

Суматор – accumulator, adder.

Тригер – trigger, flip-flop.

потенційний – potential trigger,

тактовий тригер – clock trigger.

Фаза (початкова) – phase, initial [starting] stage .

Фільтр – filter.

Формувач імпульсів – pulse former.

Характеристика амплітудна – input-output characteristic, amplitude response.

Цифроаналоговий перетворювач – digital-analog converter.

Цифровий пристрій – digital device.

Час збереження – storage time.

Частотний метод – frequency method.

Частотно-модульований – frequency-modulated.

Частотно-цифровий перетворювач – frequency–digital converter.

Чотириполюсник – net-work, two-terminal pair network, quadripole.

Шифратор – coder.

Шпаруватість – on-off time ratio.

ПІСЛЯМОВА

Бурхливий розвиток науки і техніки є основною рисою сьогодення. Це означає, що розвиваються як теоретичні засади, так і конкретні технічні засоби електронної техніки.

До даного навчального посібника не ввійшли питання побудови багатьох засобів, які в книжках прийнято називати засобами зв'язку з об'єктом, різноманітні електронні регулятори тощо. Автори намагалися зупинитися на основних питаннях, які входять до курсу «Електроніка і мікросхемотехніка» спеціальності «Системи автоматики і управління». Використання сучасної елементної бази (в тому числі ПЛІС та ПЛІМ) вимагає від фахівця знань основ алгебри логіки, але в сучасній технічній літературі цим питанням приділяється уваги явно недостатньо. Це саме стосується й інших питань, розглянутих у книзі.

Автори будуть вдячні за побажання, зауваження та конструктивну критику, які можна направляти авторам на поштову адресу ВНТУ або електронною поштою: kriv@inaeksu.vstu.vinnica.ua

Навчальне видання

**Кривогубченко Сергій Григорович
Кулик Анатолій Ярославович
Компанець Микола Миколайович
Хомчук Анатолій Феофанович**

**Функціональні перетворювачі
систем автоматики і управління**

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено А. Куликом

Підписано до друку 20.05.2011 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 11,4 Наклад
300 (1-й запуск 1-100) прим. Зам. № 2011- 105

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-36.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.