

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до курсового проекту з дисципліни «Основи силової  
електроніки

для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка» усіх форм навчання

**2016**

Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Основи силової електроніки для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» усіх форм навчання / Укладач Корнус Т.М., Скрупська Л.С. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 16с.

Автори:

КОРНУС Т.М.  
СКРУПЬСКА Л.С.

Рецензент:

ЖОРНЯК Л.Б.

Відповідальний за випуск:

АНДРІЄНКО П.Д.

Затверджено на засіданні кафедри  
"Електричні апарати та  
електронні"

Протокол №8 від 28.03.2016 р.  
Затверджено на НМК факультету  
Протокол №7 від 11.04.2016

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Зміст й оформлення курсового проекту.....	5
1.1 Пояснювальна записка.....	5
1.2 Графічна частина проекту.....	6
1.3 Специфікації.....	7
2 Графік виконання курсового проекту.....	7
3 Завдання до курсового проектування.....	7
Список літератури .....	15

## ВСТУП

До пристроїв силової електроніки відносять електронні апаратні засоби, що застосовуються в різних системах і джерелах електроживлення, які служать для перетворення електричної енергії з одними параметрами в електричну енергію з іншими параметрами. Наприклад, змінного струму в постійний (випрямлячі); постійного струму в змінний (інвертори); змінного струму однієї частоти в змінний струм іншої частоти (перетворювачі частоти); постійна напруга (струм) однієї величини в постійну напругу (струм) іншої величини (перетворювачі напруги (струму)). До пристроїв силової електроніки відносять також електронні пристрої для фільтрації й стабілізації струму й напруги. Всі перераховані вище пристрої називають перетворювачами електричного струму.

Методика розрахунку перетворювачів малої потужності трохи відрізняється від методики розрахунку перетворювачів великої потужності, що порозумівається специфічними особливостями цих пристроїв, але електромагнітні процеси в них мають той самий характер.

Курсове проектування з дисципліни « Основи силової електроніки» ставить своєю метою одержання практичних навичок у розрахунку схем, розробці конструктивних виконань й оформленні технічної документації перетворювальних пристроїв.

# 1 ЗМІСТ Й ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект складається з пояснювальної записки, комплексу конструкторської документації й специфікацій.

## 1.1 Пояснювальна записка

Пояснювальна записка повинна бути виконана комп'ютерним способом (ручний спосіб допускається тільки з дозволу викладача) і оформляється відповідно до стандартів ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" і СТП 15-96 "Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів. Вимоги і правила оформлення".

Обсяг записки з додатками 40-45 сторінок.

Типовий зміст ПЗ:

Реферат

Вступ

1. Вибір напрямку проектування

1.1 Огляд схемних рішень

1.2 Огляд конструктивних рішень

1.3 Постановка завдання

2 Принцип роботи схеми

3 Розрахунок (назва заданого пристрою)

3.1, 3.2, 3.3 і т.д. відповідно до методики розрахунку заданого пристрою.

4 Конструкція пристрою

Виводи

Перелік посилань

Додатки

**Вступ** повинен відбивати актуальність, новизну й мету проекту.

**Перший розділ** – огляд схемних і конструктивних рішень – повинен містити приклади схем і конструкцій пристроїв, здатних реалізувати функції пристрою, заданого до проектування, виявити їхні достоїнства й недоліки й, на підставі даного аналізу, сформулювати

завдання проектування, тобто вибрати схему й принцип конструкції пристрою.

**Другий розділ** – принцип роботи схеми – повинен містити малюнок обраної схеми проектованого пристрою, опис його роботи з усіма необхідними діаграмами й формулами, що відбивають характер електромагнітних процесів при його функціонуванні.

**Третій розділ** – розрахунок заданого пристрою – повинен містити методику розрахунку, вибір елементної бази з урахуванням розкиду параметрів елементів і припустимих коливань напруги живильної мережі, а також розрахунок параметрів і характеристик схеми що розробляється.

**Четвертий розділ** присвячений опису розробленої конструкції відповідно до графічної частини проекту. Розрахункова частина даного розділу повинна містити в собі розрахунок ширини доріжок друкованої плати, діаметра проводів, потужності резисторів, системи охолодження напівпровідникових приладів, масогабаритних показників пристрою й т.д.

**Виводи** повинні дати інформацію про головні параметри, характеристики й конструкції розробленого пристрою і їхній відповідності проектно-технічному завданню.

**У переліку посилань** дається повний список літератури, використаної при проектуванні.

**Додатки** містять у собі:

- рисунки, таблиці, графіки з літературних джерел, які використалися при розрахунку проекту;
- повну інформацію про застосовуваних в даному проекті комплектуючих (напівпровідникових приладах, резисторах, конденсаторах, дроселях, рознімних з'єднувачах і т.д.): їх конструкції і класифікаційні параметри відповідно ТУ.

## 1.2 Графічна частина проекту

Графічна частина проекту повинна бути виконана комп'ютерним способом у середовищі AUTOCAD (ручний спосіб допускається тільки з дозволу викладача).

Загальний обсяг креслярської документації А1×2. Допускається друк креслень у зменшеному виді за умовою розрізнення подробиць зображень.

Типовий зміст графічної частини:

- Схема електрична принципова
- Складальне креслення
- Схема з'єднань
- Деталіровка

Зміст графічної частини уточнюється відповідно до теми проекту й погодиться з викладачем. Аркуші А1 можуть бути розбиті на більше дрібні формати з урахуванням того, що розроблені креслення повинні давати подання про конструкції проектного пристрою.

### **1.3 Специфікації**

Специфікації є самостійним конструкторським документом і не входять у зміст пояснювальної записки, але комплектуються разом з нею, тобто підшиваються після додатків.

## **2 ГРАФІК ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Зразковий обсяг робіт по розділах проекту:

ПЗ - 8 тижнів, з них:

- Вибір напрямку проектування - 2 тижні;
- Принцип роботи схеми, розрахунок - 2 тижні;
- Конструкція пристрою - 1 тиждень;
- Введення, реферат, виводи - 0.5 тиждень;
- Додатки - 0.5 тижня;
- Оформлення - 2 тижні.

Графічна частина - 4 тижні, з них:

- Розробка конструкції - 2 тижні;
- Оформлення креслень - 2 тижні.

## **3 ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ**

Індивідуальне завдання до проектування з дисципліни «Основи силової електроніки» видається викладачем з нижчеподаного переліку пристроїв і варіантів вихідних даних. За узгодженням з

викладачем допускається зміна теми у відповідності зі сферою наукових інтересів студента з наступним затвердженням теми на засіданні кафедри.

Перелік пристроїв і варіантів вихідних даних:

**Варіант 1.** Випрямляч, що працює на активно-ємкісне навантаження.

Вихідні дані наведені в таблиці 3.1, де:

$U_d$  - середня випрямлена напруга;

$I_d$  - середній випрямлений струм;

$K_p$  – коефіцієнт пульсацій;

$U_1$  – напруга живильної мережі;

$f_c$  - частота живильної мережі.

Таблиця 3.1

№	$U_d$ , В	$I_d$ , А	$K_p$ , %	$U_1$ , В	$f_c$ , Гц
1	400	0.1	10	220	50
2	600	0.5	20	380	60
3	500	0.3	15	220	50
4	700	1.0	10	380	50
5	350	0.7	12	220	50
6	300	0.6	15	220	60
7	450	0.2	10	127	50
8	500	0.1	12	127	50
9	400	0.8	9	220	60
0	200	1.0	14	220	50

**Варіант 2.** Випрямляч, що працює на активно-індуктивне навантаження.

Вихідні дані наведені в таблиці 3.2, де:

$U_d$  – середня випрямлена напруга;

$I_d$  – середній випрямлений струм;

$U_1$  – напруга трифазної живильної мережі;

$f_c$  – частота живильної мережі.



Таблиця 3.2

№	$U_d$ , В	$I_d$ , А	$U_1$ , В	$f_c$ , Гц
1	30	10	380	50
2	40	20	440	60
3	50	15	220	50
4	60	5	380	60
5	100	7	127	50
6	80	12	220	50
7	20	20	220	60
8	50	10	127	50
9	25	13	220	50
0	70	3	127	60

**Варіант 3.** Транзисторний фільтр із навантаженням у колі колектора.

Вихідні дані наведені в таблиці 3.3, де:

$U_d$  – середня випрямлена напруга;

$I_d$  – середній випрямлений струм;

$K_{п(1)}$  – коефіцієнт пульсацій на виході фільтра;

$K_{п(1)}$  – коефіцієнт пульсацій на вході фільтра;

$f_p$  – частота пульсацій;

$t_{окр}$  – максимальна температура навколишнього середовища;

$R_{iv}$  – внутрішній опір випрямляча;

$Z_{вих}$  – вихідний опір;

$\Delta U$  – межі зміни вхідної напруги.

Таблиця 3.3

№	Ud, В	Id, А	Kп(1) %	K'п(1) %	fп Гц	Токр °С	Riv Ом	Zвих Ом	ΔU %
1	25	0,1	0,01	5	300	40	10	40	10
2	30	0,2	0,02	6	350	40	12	45	15
3	20	0,3	0,02	4	400	40	15	50	10
4	15	0,1	0,03	5	200	40	18	55	15
5	35	0,2	0,03	7	150	40	20	60	10
6	40	0,4	0,02	5	200	40	13	50	10
7	45	1.0	0.01	4	100	50	10	30	12
8	20	0.5	0.02	5	300	50	15	40	15
9	40	0,2	0,02	5	250	40	12	35	15
0	20	0,4	0,02	7	200	40	10	50	12

**Варіант 4.** Розрахувати транзисторний фільтр із навантаженням у колі емітера..

Вихідні дані наведені в таблиці 3.4, де:

Ud – середня випрямлена напруга;

Id – середній випрямлений струм;

Kп(1) – коефіцієнт пульсацій на виході фільтра;

K'п(1) – коефіцієнт пульсацій на вході фільтра;

fп – частота пульсацій;

токр – максимальна температура навколишнього середовища;

Riv – внутрішній опір випрямляча;

Zвих – вихідний опір;

ΔU – межі зміни вхідної напруги.

Таблиця 3.4

№	Ud, В	Id, А	Kп(1) %	Kп(1) %	fп Гц	Токр °С	Rвх Ом	Zвих Ом	$\Delta U$ %
1	25	0,1	0,01	5	300	40	10	40	10
2	30	0,2	0,02	6	350	40	12	45	15
3	20	0,3	0,02	4	400	40	15	50	10
4	15	0,1	0,03	5	200	40	18	55	15
5	35	0,2	0,03	7	150	40	20	60	10
6	40	0,4	0,02	5	200	40	13	50	10
7	45	1,0	0,01	4	100	50	10	30	12
8	20	0,5	0,02	5	300	50	15	40	15
9	40	0,2	0,02	5	250	40	12	35	15
0	20	0,4	0,02	7	200	40	10	50	12

**Варіант 5.** Широтно-імпульсний перетворювач із автотрансформаторної комутацією, що працює на двигун постійного струму.

Вихідні дані наведені в таблиці 3.5, де:

$U_{вх}$  – напруга на вході перетворювача;

$I_{max}$  - максимальне значення струму якоря.

Таблиця 3.5

№	$U_{вх}$ , В	$I_{max}$ , А
1	30	100
2	35	110
3	25	120
4	20	80
5	32	85
6	23	100
7	20	120
8	35	100
9	35	140
0	20	50

**Варіант 6.** Регулятор однофазного змінного струму для живлення нагрівачів електропечі (навантаження чисто активне)

Вихідні дані наведені в таблиці 3.6, де:

$P_0$  – потужність печі;

$D$  – діапазон регулювання потужності;

$U_c$  – напруга живильної мережі.

Таблиця 3.6

№	$P_0$ , кВт	$D$	$U_c$ , В
1	20	0,5	220
2	25	0,25	380
3	30	0,3	127
4	35	0,2	220
5	40	0,4	127
6	45	0,25	220
7	40	0,6	220
8	35	0,22	220
9	40	0,5	127
0	35	0,4	380

**Варіант 7.** Транзисторний компенсаційний стабілізатор напруги

Вихідні дані наведені в таблиці 3.7, де:

$U_c$  – напруга живильної мережі;

$f_c$  – частота мережі;

$\Delta U$  – припустимі коливання живильної напруги;

$U_{\text{вих}}$  - вихідна напруга;

$I_{\text{вих}}$  - навантажувальний струм;

$2U_m$  – подвійна амплітуда пульсацій на виході;

$t_{\text{окр}}$  – температура навколишнього середовища;

$U_{\text{вих min}}$  – мінімальна вихідна напруга;

$U_{\text{вих max}}$  – максимальна вихідна напруга.

Таблиця 3.7

№	U <sub>c</sub> В	f <sub>c</sub> , Гц	ΔU %	U <sub>вих</sub> В	I вих А	2U <sub>m</sub> мВ	ток °С	U вих min В	U вих max В
1	220	50	10	20,5	0,5	8	25	19	22
2	127	60	10	19	0,4	9	25	18	20
3	380	50	10	18	0,2	11	25	17	19
4	220	60	10	21	0,3	10	25	20	22
5	220	50	10	22,5	0,2	12	25	21	24
6	127	60	10	30	0,6	7	25	28	32
7	220	50	12	10	0,7	7	25	9	9.5
8	127	60	11	20.5	0,4	9	25	19	22
9	380	60	13	18	0,2	11	25	17	19
0	220	50	12	21	0,4	10	25	20	22

**Варіант 8.** Перетворювач із самозбудженням,

Вихідні дані наведені в таблиці 3.8, де:

U – напруга джерела живлення;

U<sub>вих</sub> – напруга на вихідній обмотці перетворювача;

I<sub>вих</sub> – струм вихідної обмотки перетворювача;

f – частота перетворення.

Таблиця 3.8

№	U, В	U <sub>вих</sub> , В	I <sub>вих</sub> , А	f, Гц
1	9	18	0,5	200
2	10	19	0,7	250
3	11	20	0,8	300
4	12	21	0,9	350
5	13	22	1,0	400
6	14	23	1,1	450
7	9	20	0,8	200
8	10	21	0,7	250
9	11	22	0,8	300
0	12	23	1,0	350

**Варіант 9.** Трифазний транзисторний інвертор з незалежним збудженням

Вихідні дані наведені в таблиці 3.9, де:

S(1)<sub>n</sub> – повна потужність навантаження по першій гармоніці;

U(1)<sub>2л</sub> – лінійна напруга першої гармоніки на навантаженні;

cos φ(1) – коефіцієнт потужності навантаження;

U – напруга джерела живлення;

$f$  – частота першої гармоніки вихідної напруги;  
Трансформатор інвертора виконаний за схемою  $Y/Y$ .

Таблиця 3.9

№	$S(1)_H$ ВА	$U(1)_{2л}$ В	$\cos\varphi(1)$	U В	f Гц
1	80	30	0,2	25	200
2	85	35	0,25	30	250
3	90	40	0,3	35	300
4	95	45	0,35	40	350
5	100	50	0,4	45	400
6	110	55	0,45	50	450
7	90	33	0,21	25	200
8	95	34	0,22	30	250
9	100	25	0,23	35	300
0	105	45	0,25	40	350

**Варіант 10.** Однофазний інвертор струму.

Вихідні дані наведені в таблиці 10, де:

$U_H$  – напруга на навантаженні;

$I_H$  – номінальний струм навантаження;

$I_{H, \min}$ ,  $I_{H, \max}$  - мінімальний і максимальний струми навантаження;

$f$  – вихідна частота;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності навантаження.

Таблиця 3.10

№	$U_H$ В	$I_H$ А	$I_{H \min}$ А	$I_{H \max}$ А	$\cos \varphi$
1	100	3	2	5	0,3
2	110	4	3	6	0,4
3	120	5	4	7	0,5
4	130	6	5	8	0,6
5	140	7	6	9	0,7
6	150	8	7	9	0,55
7	100	2	1,8	2,6	0,3
8	110	2,5	2	3	0,4
9	120	3,5	3	4	0,5
0	130	5,5	5	6,5	0,6

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Варламов Р.Г. Компановка радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Советское радио, 1975.-352с.
2. Справочник радиолюбителя-конструктора. – М.: Радио и связь, 1983.-560с.
3. Освищер П.И., Головаков Ю.В., Кобешников В.П. и др. Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Радио и связь, 1988.-232с.
4. Справочник конструктора РЭА / Под ред. Варламова Р.Г. – М.: Радио и связь, 1985.-354с.
5. Резисторы: Справочник / Под ред. Четверткова И.И. – М.: Радио и связь, 1991.-528с.
6. Транзисторы: Справочник / Под ред. Горюнова Н.Н. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 904с.
7. Лярский В.Ф., Мурадян О.Б. Электрические соединители: Справочник. – М.: Радио и связь, 1988.-272с.
8. Электрические кабели и провода, шнуры: Справочник / Под ред. Белоруссова И.И. – М.: Энергоатомиздат, 1987.-536с.
9. Сидоров Н.Н. и др. Малогабаритные трансформаторы и дроссели: Справочник. – М.: Радио и связь, 1985.-540с.
10. Герасимов В.Г., Князьков О.М. и др. Основы промышленной электроники. – М.: Высшая школа, 1978.-536с.
11. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990.-288с.
12. Волков В.А. Детали и узлы РЭА. – М.: Энергоатомиздат, 1983.-180с.
13. Романычева Э.Т. и др. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1983.-256с.
14. Исаков Ю.А. и др. Основы промышленной электроники. – К.: Техника, 1976.-554с.
15. Незнайко А.П., Геликман Г.Ю. Конденсаторы и резисторы. – М.: Энергия, 1973.-112с.

16. Руденко В.С., Сенько В.И. и др. Основы преобразовательной техники. – М.: Высшая школа, 1980.-424с.
17. Усатенко С.Т. и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. - М.: издательство стандартов, 1989.-325с.
18. Справочник радиолюбителя / Под ред. Терещук Р.М. и др. – К.: Техника, 1971.-696с.
19. Брежнева К.М. и др. Транзисторы для аппаратуры широкого применения. – М.: Радио и связь, 1981.-656с.
20. Дьяконов М.Н. и др. Справочник по электрическим конденсаторам / Под общей ред. Четверткова И.И. и др. – М.: Радио и связь, 1983.-576с.
21. Векслер Г.С., Шгильман В.И. Транзисторные сглаживающие фильтры. – М.: Энергия, 1978.-176с.
22. Берзан В.П., Геликман Б.Ю. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1987.-656с.
23. Диоды: Справочник / Под ред. Григорьева О.П. и др. – М.: Радио и связь, 1990.-335с.
24. Гершунский Б.С. Расчет основных электронных и полупроводниковых схем. - К.: Киевский университет, 1968.-256с.
25. Руденко В.С., Денисов А.И. Импульсные преобразователи и стабилитроны на тиристорах. – К.: Техника, 1972.-116с.
26. Тиристоры: Справочник / Под ред. Григорьева О.П. и др. – М.: Радио и связь, 1990.-270с.
27. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справочник / Под ред. Голомедова А.В. – М.: Радио и связь, 1983.-523с.
28. Янковенко В.С. и др. Расчет и конструирование элементов электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1987.-320с.