

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **2529 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання розрахунково-графічної роботи  
з курсу "Автономні перетворювачі"  
на тему: "Розроблення вузлів низьковольтного джерела  
вторинного електроживлення"  
для студентів спеціальності 6.090803 "Електронні системи"  
денної та заочної форм навчання

Суми  
Видавництво СумДУ  
2009

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу "Автономні перетворювачі" на тему: "Розроблення вузлів низьковольтного джерела вторинного електроживлення"/ Укладачі: Є. Л. Онанченко, В. М. Гапич, І. Є. Бражник – Суми: Вид-во СумДУ 2009 - 30 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## Зміст

	С.
Вступ.....	4
1 Основні вимоги до виконання та оформлення роботи.....	5
2 Порядок захисту розрахунково-графічної роботи.....	7
3 Завдання на РГР.....	8
4 Методичні рекомендації що до виконання роботи та приклади розрахунку.....	12
5 Питання для самоперевірки.....	24
Список рекомендованої літератури.....	27

## Вступ

Метою вивчення дисципліни “Автономні перетворювачі” є оволодіння основними принципами дії автономних вентильних перетворювачів електричної енергії, їх систем управління, аналіз, розрахунків та проектування джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ).

Для досягнення поставленої мети навчальним планом передбачено виконання студентами розрахунково-графічної роботи (РГР), яка сприяє більш поглибленому вивченню теоретичного матеріалу, формуванню вмій використання знань для самостійного вирішення відповідних практичних завдань.

У РГР студенти проектують ДВЕЖ з безтрансформаторним входом, яке забезпечує перетворення електричної енергії до необхідного рівня з високими технічними параметрами.

Всі засоби електроживлення розподіляються на *первинних і вторинних*. До первинних джерел відносять такі, які перетворюють неелектричну енергію в електричну. Безпосереднє використання первинних джерел утруднене тим, що їх вихідна напруга в здебільшого випадків не збігається за рівнем з необхідною, не піддається регулюванню, а стабільність її недостатньо висока. Тому більшість електронних пристроїв містить вторинне джерело електроживлення, яке підключається до мережі змінного струму або до одного з первинних джерел.

Джерела вторинного електроживлення перетворюють змінну або постійну напругу одного рівня в постійне, або змінне іншого або декількох рівнів, забезпечуючи при необхідності стабілізацію чи регулювання напруги і струму навантаження за заданим законом.

## **1 Основні вимоги до виконання та оформлення роботи**

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Автономні перетворювачі» для кожного студента містить 5 завдань. Номер варіанта відповідає шифрі залікової книжки. Роботи, що містять завдання не свого варіанта, не зараховуються.

При виконанні РГР необхідно дотримуватися наведених нижче правил. Роботи, виконані без дотримання цих правил, можуть бути повернені студентові для перероблення та доопрацювання.

Розрахунково-графічна робота оформлюється у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, яка містить 15-25 сторінок формату А4.

Текст пояснення, формули і розрахунки повинні бути написані розбірливо, чорним чорнилом чи пастою, або надаватися в друкованому вигляді. Схеми і графіки виконуються простим олівцем. Складні графічні залежності і часові діаграми слід виконувати на міліметрівці або вони можуть бути побудовані з використанням прикладних програм. Лістинги програм додаються як додатки.

Умовні графічні позначення елементів схем повинні відповідати ГОСТу. Літери позначення і найменування кожної величини повинні бути подані в одиницях СІ.

### *Структура та зміст роботи*

Типова структура розрахунково-пояснювальної записки така:

- титульний аркуш;
- аркуш завдання;
- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- список літератури (перелік посилань);
- додатки (за необхідності).

Усі структурні елементи роботи розпочинаються з

нової сторінки.

*Титульний аркуш містить:*

- найменування вищого навчального закладу, кафедри;
- назву дисципліни і назву роботи, номер залікової книжки;
- назву групи, прізвище, ім'я і по батькові студента;
- прізвище, ініціали викладача;
- місто та рік.

Приклад оформлення титульного аркуша наведено у додатку А.

*Аркуш завдання*

Стандартний бланк завдання (Додаток Б) заповнюється студентом самостійно згідно з своїм варіантом.

*Вступ*

Містить стислий опис ролі і місця застосування автономних перетворювачів у сучасній електронній техніці та промисловості, особливості побудови ДВЕЖ.

*Основна частина*

Основна частина містить рішення всіх завдань з усіма необхідними розрахунками, поясненнями, мотивуючи всі дії за ходом рішення, і роблячи всі необхідні рисунки, які обов'язково супроводжуються посиланнями на рисунки і використовувану літературу.

Порядок розрахунку за формулою:

- записати формулу у загальному вигляді, за якою обчислюють величини параметра;
- привести значення кожного умовного позначення;
- підставити у формулу числові значення і обчислити величини.

У кінці роботи необхідно зазначити список літератури (джерел), яка була використана.

## **2 Порядок захисту розрахунково-графічної роботи**

Кафедра складає графік ходу виконання РГР, де зазначаються контрольні терміни виконання основних розділів, подання роботи до захисту. Якщо при виконанні роботи у студента виникають утруднення, він може звернутися в університет за консультацією.

Студент, що не подав розрахунково-графічну роботу, чи не захистив її в строки, вважається таким, що має академічну заборгованість.

У процесі захисту студент обґрунтовує рішення, що приймаються, відповідає на поставлені питання.

За результатами захисту розрахунково-графічної роботи студент отримує диференційовану оцінку, яка виставляється на титульному аркуші і завіряється підписом викладача.

### 3 Завдання на РГР

До складу РГР включені наступні завдання.

#### Завдання 1

Необхідно відповідно до варіанта вибрати і зобразити структурну схему низьковольтного ДВЕЖ з безтрансформаторним входом, в йому як перетворювач використовувати:

- для студентів, що мають парні останні цифри номера залікової книжки - автономний інвертор;
- для студентів, що мають непарні останні цифри номера залікової книжки - однокатний перетворювач.

#### Завдання 2

Розрахувати елементи силового ланцюга і параметри нереверсивного широкоімпульсного перетворювача (ШП) постійного струму знижувального типу (імпульсного стабілізатора напруги). За розрахованими параметрами вибрати активні елементи силового ланцюга імпульсного стабілізатора напруги. Зобразити схему імпульсного стабілізатора напруги і часові діаграми струмів і напруги в його силовому ланцюзі. Вважаємо, що внутрішній опір джерела живлення ШП дорівнює 5% номінального опору навантаження. Мінімальний струм навантаження дорівнює 25%  $I_H$ .

Дані для кожного варіанта наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 – Таблиця варіантів для завдання 2

Показники	Варіанти (остання цифра залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{\text{жив}}$	60	63	12	48	50	36	36	50	60	28,5
$\pm \Delta U_{\text{жив}}, \%$	10	15	20	12	10	15	20	5	10	15
$U_{\text{вих. н}}, B$	12	12	5	5	24	5	12	9	12	5
$I_H, A$	4	0,2	4	6	0,25	5	1,5	6,3	0,2	2



Таблиця 2 – Таблиця варіантів для завдання 2

Показники	Варіанти (передостання цифра залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f, \text{кГц}$	20	25	22	15	18	35	30	40	10	50

### Завдання 3

Розрахувати елементи силового ланцюга і параметри однофазного мостового автономного тиристорного інвертора струму (АІС). Розрахувати його зовнішню характеристику. Зобразити схему автономного інвертора струму, а  $I_H$  також часові діаграми струмів і напруги в характерних точках силового ланцюга. Мінімальний струм навантаження дорівнює 50%  $I_H$ .

Визначити: середній вхідний струм  $I_d$  і середню напругу  $U_d$  на вході інвертора, середній струм вентилів і ємність комутуючого конденсатора. Вибрати тип тиристора і конденсатора. Початкові дані для розрахунків наведені в таблицях 3 і 4.

Таблиця 3 – Таблиця варіантів для завдання 3

Показники	Варіанти (остання цифра залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f, \text{Гц}$	50	100	200	400	100	50	200	400	50	200
$U_H, \text{В}$	220	127	380	48	36	220	60	60	127	48
$I_H, \text{А}$	20	10	16	25	10	5	20	16	12	10

Таблиця 4 – Таблиця варіантів для завдання 3

	Варіанти (передостання цифра залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\cos \varphi_H$	0,7	0,45	0,5	0,6	0,7	0,55	0,65	0,7	0,6	0,6
$K_T$	0,62	0,85	1,2	1,5	2,85	0,8	1,6	1,25	1,08	2,4

#### Завдання 4

Розрахувати параметри однофазного мостового транзисторного автономного інвертора напруги (АІН). Зобразити схему силових ланцюгів інвертора, а також часові діаграми струмів і напруги в характерних точках силового ланцюга.

Визначити: напругу  $U_H$ , що діє на навантаженні інвертора, середній струм  $I_d$  джерела живлення, максимальний  $I_{B \max}$  і середній  $I_{B \text{cp}}$  струми вентилів і ємність  $C_0$  конденсатора на вході інвертора. Вибрати тип транзисторів, діодів і конденсатора  $C_0$ . Початкові дані для розрахунків наведені в таблицях 5 і 6.

Таблиця 5 - Таблиця варіантів для завдання 4

Показники	Остання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f, \text{кГц}$	20	5	20	4	10	50	20	12	30	25
$U_d, \text{В}$	12	24	36	48	28,5	24	27	12,6	36	60
$r_H, \text{Ом}$	5	8	6	4	10	8	12	4	10	15

Таблиця 6 - Таблиця варіантів для завдання 4

Показники	Передостання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$L_H, \text{мкГн}$	40	60	120	80	100	140	200	150	200	60
$\Delta U_C, \%$	5	4	3	2	8	10	6	7	7,5	9

### **Завдання 5**

Пояснити роботу перетворювача напруги заданого типу. Зобразити схему його силових ланцюгів. Варіанти вибираються згідно з таблицею 7.

*Таблиця 7 - Таблиця варіантів для завдання 5*

Остання цифра залікової книжки	Схема пристрою
1	Однотактний транзисторний перетворювач з прямим включенням діода
2	
3	Однотактний транзисторний перетворювач із зворотним включенням діода
4	
5	Однотактний транзисторний перетворювач з самозбудженням
6	
7	Двотактний транзисторний напівмостовий перетворювач напруги з незалежним збудженням
8	
9	Двотактний транзисторний напівмостовий перетворювач напруги з самозбудженням
0	

## **4 Методичні рекомендації що до виконання роботи та приклади розрахунку**

### **Завдання 1**

Побудова низьковольтного джерела вторинного електроживлення починається з вибору його структурної схеми. Використовуючи заданий тип перетворювача, провести порівняння декількох варіантів схем і оцінити їх переваги і недоліки [1, стр. 244-255].

### **Завдання 2**

Розрахунок ведеться в такій послідовності. У першому наближенні оцінюються опори елементів - транзистора ключа, діода, дроселя. Потім знаходять наближене значення коефіцієнта заповнення імпульсу  $\gamma$ . Далі визначається граничне значення індуктивності дроселя і вибирається його індуктивність, що в 5–20 разів перевищує граничну. Після вибору дроселя розраховують і вибирають решту елементів, використовуючи в розрахунках значення параметрів вибраних елементів - індуктивність дроселя, ємність конденсатора, уточнені параметри активних елементів. В останню чергу проводять розрахунок коефіцієнта заповнення імпульсу  $\gamma_{\min}$  при мінімальному струмі навантаження, а також значення вихідної напруги у разі незмінного  $\gamma$  і мінімального струму. Ця напруга визначається за допомогою рівняння зовнішньої характеристики ШПТ.

У таблицях 8 - 13 наведені розрахункові формули.

Таблиця 8 - Формули розрахунку параметрів дроселя

Тип каскаду	$L_{ГР}$	$\Delta I_L$	$I_L$	$I_{Lcp}$	$Q_{Lpc}$
ПН	$\frac{(1-\gamma)^2 R_H}{2f}$	$\frac{(1-\gamma)U_H}{Lf}$	$\sqrt{I_H^2 + \frac{\Delta I_L^2}{12}}$	$I_H$	$\frac{0,5LI_L^2}{T}$

де

- $L$  - індуктивність вибраного дроселя;
- $L_{ГР}$  - граничне значення індуктивності дроселя;
- $\Delta I_L$  - величина коливання струму дроселя;
- $I_L$  - діюча величина струму дроселя;
- $I_{Lcp}$  - середня діюча величина струму дроселя;
- $Q_{Lpc}$  - енергія, що накопичується в дроселі;

Таблиця 9 - Параметри конденсатора

Тип каскаду	$C$	$U_{cmax}$	$\Delta U_C$	$I_C$
ПН	$\frac{1-\gamma}{16_{КПЛ} Lf^2}$	$\frac{U_H}{\gamma}$	$\frac{(1-\gamma)U_H}{8LCf^2}$	$\frac{\Delta I_L}{2\sqrt{3}}$

Таблиця 10 - Параметри транзистора

Тип каскаду	$I_{Kcp}$	$I_K$	$I_{Kmax}$	$U_{KЭmax}$	$P_K = P_{K_{нас}} + P_{K_{отс}} + P_{K_{пер}}$
ПН	$\gamma I_H$	$\sqrt{\gamma} I_L$	$I_H + \frac{\Delta I_L}{2}$	$\frac{U_H}{\gamma}$	$P_{K_{нас}} = I_K^2 R_{вих}$ $P_{K_{отс}} = \frac{1-\gamma}{\gamma} U_H I_{K0}$ $P_{K_{пер}} = \frac{\tau_{\phi} P_H}{3\gamma T}$

Примітка:  $R_{вих}$  - вихідний опір насиченого транзистора

$$R_{вих} = U_{Kнас} / I_K$$

Таблиця 11 - Параметри зворотного діода

Тип каскаду	$I_{Дср}$	$I_D$	$I_{D \max}$	$U_{об \max}$	$P_{Д \text{пот}}$
ПН	$(1-\gamma)I_H$	$\sqrt{1-\gamma}I_L$	$I_H + \frac{\Delta I_L}{2}$	$\frac{U_H}{\gamma}$	$I_{Д}^2 r_{\delta}$

Таблиця 12 - Регульовальна характеристика  $U_H/U_{\Pi}$

Тип каскаду	Без втрат	З втратами $r_H = r_i + r_K + r_L, r_P = r_{\delta} + r_L$
ПН	$\gamma$	$\frac{\gamma}{1 + \frac{r_H}{R_H} \gamma + \frac{r_P}{R_H} (1-\gamma)}$

Таблиця 13 - Зовнішня характеристика  $U_H = f(I_H)$

Тип каскаду	З втратами $r_H = r_i + r_K + r_L, r_P = r_{\delta} + r_L$
ПН	$\gamma U_{\Pi} - I_H \frac{1}{1-\gamma} [\gamma r_H + (1-\gamma) r_P]$

**Примітка:**  $r_i, r_K, r_{\delta}, r_L$  - активні опори джерела живлення, ключового елемента, діода, дроселя відповідно.

### Завдання 3

Розрахунок автономного інвертора струму необхідно починати з вибору типу тиристорів і, отже, із знаходження паспортної величини часу  $t_{\delta}$  виключення тиристора і потім обчислення кута  $\delta$  відновлення замикаючих властивостей вентиля  $\delta = \omega_u t_{\delta}$  [4].

Далі необхідно вибирати значення кута вимикання  $\beta$ , яке дорівнює  $(1,5 \div 2)\delta$ , і визначити реактивну потужність конденсатора  $Q_C$  що комутує [4]

$$Q_C = U_H I_H (tg \beta \cdot \cos \varphi + \sin \varphi),$$

де

-  $U_H$  - значення першої гармоніки напруги, що діє на навантаженні;

-  $I_H$  - значення першої гармоніки струму навантаження, що діє;

-  $\varphi$  - зміщення фаз між першими гармоніками напруги і струму навантаження інвертора.

Потім слід обчислити ємкість комутуючого конденсатора

$$C = \frac{Q_C k_T^2}{\omega_u U_H^2}, \quad k_T = \frac{W_2}{W_1},$$

де

-  $W_1$  - число витків первинної обмотки інверторного трансформатора;

-  $W_2$  - число витків вторинної обмотки трансформатора;

-  $\omega_u$  - кругова частота інвертора.

Середній вхідний струм  $I_d$  інвертора

$$I_d = a I_H K_T.$$

Середня напруга  $U_d$  на виході інвертора

$$U_d = \frac{U_H \cdot \cos \beta}{a K_T},$$

де  $a$  - коефіцієнт схеми інвертора (для однофазної мостової схеми  $a = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$ ).

Середній струм тиристора  $I_{acp} = \frac{I_d}{2}$ .

Зовнішня характеристика автономного інвертора струму у відносних величинах має вигляд

$$\frac{U_H}{\alpha K_T U_d} = \sqrt{\left(\frac{1 - B \cdot \sin \varphi}{B \cdot \cos \varphi}\right)^2 + 1},$$

де  $B = \frac{K_T^2}{\omega \cdot C \cdot Z_H}$  - коефіцієнт навантаження.

#### Завдання 4

Розрахунок автономного інвертора напруги з активно-індуктивним навантаженням  $r_H$ ,  $L_H$  слід починати з обчислення базисного струму  $I_0 = \frac{U_d}{r_H}$  і параметра

навантаження  $K = \frac{r_H}{\omega_u L_H}$  [4].

У однофазному мостовому інверторі напруги без вихідного фільтру напруга, що діє  $U_H$  на навантаженні [4]  $U_H = U_d$ .

Струм  $I_H$  навантаження, що діє

$$I_H = I_0 \sqrt{1 + \frac{2}{k\pi} \cdot \frac{a^3 - 1}{a^3 + 1}},$$

де  $a = e^{\left(-\frac{k\pi}{3}\right)}$ .

Середній струм  $I_d$  джерела живлення

$$I_d = I_0 \left[ 1 + \frac{2(a^3 - 1)}{k\pi(1 + a^3)} \right].$$

Максимальний струм  $I_{H \max}$  навантаження і максимальний струм  $I_{a \max}$  керованих вентилів



$$I_{H \max} = I_{a \text{ cр}} = I_0 \frac{1-a^3}{1+a^3}.$$

Середній струм  $I_{a \text{ cр}}$  керування вентилів

$$I_{a \text{ cр}} = \frac{I_0}{2\pi} \left[ \pi - \vartheta_1 - \frac{1-a^3}{k(1+a^3)} \right],$$

де  $\vartheta_1$  - момент проходження струму навантаження через нуль (у кутових одиницях - радіанах)  $\vartheta_1 = \frac{1}{k} \ln \frac{2}{1+a^3}$ .

Середній струм зворотніх діодів

$$I_{VD \text{ cр}} = \frac{I_0}{2\pi} \left[ \frac{1-a^3}{k(1+a^3)} - \vartheta_1 \right].$$

Ємність конденсатора на вході інвертора визначають за виразом

$$C_0 = \frac{U_d T_H}{r_H \Delta U_C} \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{T}{2T_H}\right)}{1 + \exp\left(-\frac{T}{2T_H}\right)} - \ln \frac{2}{1 + \exp\left(-\frac{T}{2T_H}\right)} \right],$$

де

- $T_H$  - постійна часу навантаження ( $T_H = \frac{L_H}{r_H}$ );
- $T$  - період вихідної напруги інвертора ( $T = \frac{1}{f_u}$ );
- $f_u$  - частота інвертора;
- $\Delta U_C$  - допустиме підвищення напруги на конденсатор.

## Приклад розрахунку силового ланцюга неререверсивного ШПП постійного струму

Початкові дані:  $U_{\text{жив}} = U_K = 60\text{В}$ ;  $\pm\Delta U_{\text{жив}} = 10\%$ ;  
 $U_{\text{вих.н}} = 12\text{В}$ ;  $I_H = 4\text{А}$ ;  $f = 20\text{кГц}$ .

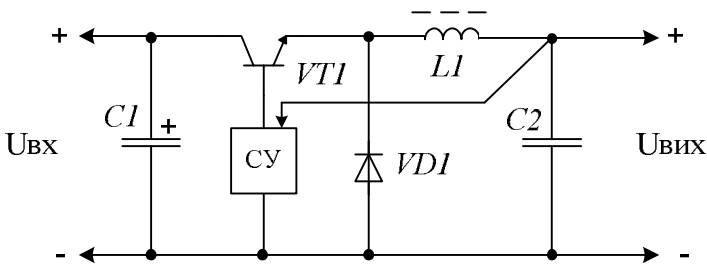


Рисунок 1- Схема силових ланцюгів ШПП знижувального типу

Оскільки початкових даних для точного розрахунку недостатньо, то розрахунок буде проводитися спочатку, приблизно, задаючись деякими невідомими. Надалі результати наближеного розрахунку будуть уточнені.

Рішення даної задачі почнемо зі знаходження мінімального і номінального коефіцієнту заповнення імпульсу  $\gamma$ , який можна визначити з виразу зовнішньої і регулювальної характеристик ШПП. За завданням задано неререверсивний ШПП постійного струму знижувального типу, рівняння регулювальної характеристики має вигляд

$$U_H = U_{\Pi} \frac{\gamma}{1 + \frac{r_H}{R_H} \gamma + \frac{r_P}{R_H} (1 - \gamma)}$$

Перетворивши дане рівняння, отримаємо:

$$\frac{U_H}{U_{\Pi}} = \frac{\gamma}{1 + \frac{r_H}{R_H} \gamma + \frac{r_P}{R_H} (1 - \gamma)}$$

$$U_H \left(1 + \frac{r_H}{R_H} \gamma + \frac{r_P}{R_H} (1 - \gamma)\right) = U_{II} \gamma,$$

де  $r_H = r_i + r_k + r_L$ ;  $r_P = r_D + r_L$ ;

- $r_i$  - опір джерела живлення;
- $r_k$  - опір транзистора;
- $r_D$  - опір діода;
- $r_L$  - опір (активне) дроселя.

Опір джерела живлення визначимо, враховуючи, що внутрішній опір джерела живлення дорівнює 5% номінального опору навантаження, згідно з умовою завдання

$$r_i = 0,05 R_H = 0,05 \frac{U_H}{I_H} = 0,05 \frac{12}{4} = 0,15 \text{ Ом}.$$

Щоб визначити решту опорів, необхідно вибрати тип транзистора і діода, потім визначити їх струми і напругу в режимі, коли вони відкриті. Якщо пульсації струму дроселя незначні, то ці струми можна брати такими, що дорівнюють  $I_H$ . Прийmemo  $I_K = 4A$ .

При виборі транзистора необхідно враховувати такі характеристики:  $I_{K\max} > I_H > 4$ ;  $U_{KЭ\max} > U_{II} > 60$ .

Як ключ, згідно з вище наданими характеристиками, використовуватиметься транзистор КТ819В, що має такі параметри:  $I_{K\max} = 10A$ ,  $U_{KЭнас} = 1,6B$  при  $I_K = 4A$ ,  $f_{ГР} = 3 \text{ МГц}$ . Тоді

$$r_K = \frac{U_{KЭнас}}{I_H} = 1,6 / 4 = 0,4 \text{ Ом}.$$

Як діод виберемо кремнієвий діод 2Д2999, для якого напруга у відкритому стані  $U_{np} = 1B$ .

Тоді можна визначити опір діода

$$r_{\partial} = \frac{U_{np}}{I_{\partial cp}} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Ом}.$$

Задано падінням напруги на дроселі (0,1÷1В) і розрахуємо опір на дроселі

$$r_L = \frac{U_L}{I_{Lcp}} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо опір накопичення, розрядки і коефіцієнт заповнення імпульсу:

$$r_H = 0,15 + 0,4 + 0,15 = 0,7 \text{ Ом}; \quad r_P = 0,25 + 0,15 = 0,4 \text{ Ом};$$

$$12\left(1 + \frac{0,7}{3}\gamma + \frac{0,4}{3}(1-\gamma)\right) = 60\gamma;$$

$$13,6 = 58,8\gamma;$$

$$\gamma = 13,6 / 58,8 = 0,231.$$

Визначимо параметри дроселя

$$L_{ГР} = \frac{(1-\gamma)^2 R_H}{2f},$$

$$L_{ГР} = \frac{(1-0,231)^2 \cdot 3}{2 \cdot 20 \cdot 10^3} = \frac{1,774083}{40000} \approx 0,000044 \text{ Гн} = 44 \text{ мкГн}.$$

Вибираємо дросель з індуктивністю  $L = 300 \text{ мкГн}$  і активним опором обмотки  $r_{\partial} = 0,15 \text{ Ом}$ .

Визначимо пульсацію струму дроселя

$$\Delta I_L = \frac{(1-\gamma)U_H}{Lf},$$

$$\Delta I_L = \frac{(1-0,231) \cdot 12}{300 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^3} = 9,228 / 6 \approx 1,5 \text{ А}.$$

Визначимо значення струму дроселя, що діє

$$I_L = \sqrt{I_H^2 + \frac{\Delta I_L^2}{12}},$$

$$I_L = \sqrt{4^2 + \frac{1,5^2}{12}} = 4,26 \text{ A}.$$

Середнє значення струму дроселя  $I_{Lcp} = I_H = 4 \text{ A}$ .

*Визначимо параметри конденсатора*

Задамося коефіцієнтом пульсації на навантаженні таким, що дорівнює 1%. Тоді

$$C = \frac{1 - \gamma}{16K_{III} L f^2},$$

$$C = \frac{1 - 0,231}{16 \cdot 0,01 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \cdot (20 \cdot 10^3)^2} = 8,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cong 10 \text{ мкФ}.$$

Визначимо максимальну напругу на конденсаторі

$$U_{C \max} = \frac{U_H}{\gamma} = \frac{12}{0,231} = 51,95 \text{ В}.$$

Виберемо конденсатор типу К52-1-100В-10мкФ.  
Визначимо пульсацію напруги конденсатора:

$$\Delta U_C = \frac{(1 - \gamma) U_C}{8 L C f^2},$$

$$U_C = \frac{(1 - 0,231) \cdot 12}{8 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot (20 \cdot 10^3)^2} = \frac{9,228}{9,6} = 0,98 \text{ В}.$$

Визначимо струм конденсатора

$$I_C = \frac{\Delta I_L}{2\sqrt{3}} = \frac{1,5}{2\sqrt{3}} = 0,44 \text{ A}.$$

*Визначимо параметри діода*

Визначимо середній струм діода

$$I_{\text{дсп}} = (1 - \gamma)I_H = (1 - 0,231) \cdot 4 = 3,076 \text{ A}.$$

Визначимо діючий струм діода

$$I_D = \sqrt{1 - \gamma} \cdot I_L = \sqrt{1 - 0,231} \cdot 4,26 = 3,74 \text{ A}.$$

Визначимо максимальний струм діода

$$I_{D \text{ max}} = I_H + \frac{\Delta I_L}{2} = 4 + \frac{1,5}{2} = 4,75 \text{ A}.$$

Знаходимо максимальну зворотню напругу

$$U_{\text{об max}} = U_{\text{п}} = 60 \text{ B}.$$

*Визначимо параметри транзистора*

Визначимо діючий середній струм колектора транзистора

$$I_{\text{ксп}} = \gamma \cdot I_H = 0,231 \cdot 12 = 2,772 \text{ A}.$$

Визначимо струм колектора

$$I_K = \sqrt{\gamma} I_L = \sqrt{0,231} \cdot 4,26 = 2,05 \text{ A}.$$

Визначимо максимальний струм колектора

$$I_{K \text{ max}} = I_H + \frac{\Delta I_L}{2} = 4 + \frac{1,5}{2} = 4,75 \text{ A}.$$

Знаходимо максимальну напругу колектор - емітер

$$U_{KЭmax} = U_{II} = 60 \text{ В} .$$

Потужність, що розсіюється транзистором, складається з трьох складових - потужності, яка виділяється при відкритому транзисторі, потужності, яка виділяється при закритому транзисторі, потужності, яка виділяється при роботі транзистора в лінійному перехідному режимі:

$$P_K = P_{Kнас} + P_{Комс} + P_{Кпер} ,$$

$$P_{Kнас} = I_K^2 R_{вих} = I_K^2 \frac{U_{Kнас}}{I_K} = 4^2 \cdot (1,6 / 4) = 6,4 \text{ Вт} ,$$

$$P_{Комс} = \frac{1-\gamma}{\gamma} U_H I_{K0} = \frac{1-0,231}{0,231} \cdot 12 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,04 \text{ Вт} ,$$

$$P_{Кпер} = \frac{\tau_{\phi} P_H}{3\gamma T} = \frac{\tau_{\phi} P_H f}{3\gamma} ,$$

де  $\tau_{\phi} = t_{нар} + t_{снад}$ .

Для вибраного транзистора  $\tau_{\phi} \approx 5 \cdot 10^{-7} \text{ с}$ .

$$P_{Кпер} = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 12 \cdot 4 \cdot 20000}{3 \cdot 0,231} \cong 0,69 \text{ Вт} ,$$

$$P_K = 6,4 + 0,04 + 0,69 \cong 7,13 \text{ Вт} .$$

Оскільки розрахункові параметри для вибраного транзистора не перевищують гранично допустимих, можна вважати вибір правильним.

## 5 Питання самоперевірки

1 Автономні перетворювачі. Класифікація, призначення, області застосування, характеристики.

2 Імпульсні регулятори постійного струму. Широтно-імпульсний і частотно-імпульсний способи регулювання напруги.

3 Нереверсивні ШПП постійного струму. Класифікація

4 Реверсивні ШПП постійного струму.

5 Перетворювачі напруги з ланкою змінного струму. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

6 Вузли примусової комутації одноопераційних тиристорів. Класифікація, принципи побудови.

7 Вузли примусової комутації одноопераційних тиристорів з паралельною комутацією.

8 Вузли примусової комутації одноопераційних тиристорів з послідовною комутацією.

9 Імпульсні регулятори постійної напруги знижувального типу, їх характеристики і основні властивості.

10 Імпульсні регулятори постійної напруги типу, що підвищує. Їх характеристики і основні властивості.

11 Імпульсні регулятори постійної напруги інвертувального типу, їх характеристики і основні властивості.

12 Імпульсні регулятори постійного струму. Широтно-імпульсний спосіб регулювання напруги. Переваги і недоліки.

13 Імпульсні регулятори постійного струму. частотно-імпульсний спосіб регулювання напруги. Переваги і недоліки.

14 Імпульсні стабілізатори знижувального типу. Основні характеристики. Переваги і недоліки.

15 Імпульсні стабілізатори типу, що підвищує. Основні характеристики. Переваги і недоліки.

16 Імпульсні стабілізатори інвертувального типу. Основні характеристики. Переваги і недоліки.



17 Автономні інвертори. Призначення і принципи побудови.

18 АІН. Мостова і напівмостова схеми. Характеристики. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

19 АІТ. Мостова і напівмостова схеми. Характеристики. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

20 АІН. Схеми і характеристики. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

21 Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму. Структурні схеми, області застосування.

22 Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму на базі АІТ, області застосування.

23 Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму на базі АІН, області застосування.

24 Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму на базі АІН, області застосування.

25 Перетворювачі постійної напруги з ланкою змінного струму на базі АІН. Призначення і області застосування.

26 Перетворювачі постійної напруги з ланкою змінного струму на базі АІН. Призначення і області застосування.

27 Транзисторні перетворювачі постійної напруги. Класифікація. Основні характеристики.

28 Однотактні транзисторні перетворювачі напруги. Класифікація і області застосування.

29 Двотактні транзисторні перетворювачі напруги. Класифікація і області застосування. Приклад.

30 Однотактний транзисторний перетворювач з прямим включенням діода. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

31 Однотактний транзисторний перетворювач зі зворотнім включенням діода. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

32 Однотактний транзисторний перетворювач з самозбудженням. Призначення і області застосування. Переваги і недоліки.

33 Перетворювачі постійної напруги з ланкою змінного струму на базі однотактних перетворювачів. Призначення і області застосування.

34 Системи управління імпульсними перетворювачами. Особливості управління.

## Список рекомендованої літератури

1 Перетворювальна техніка. Підручник. Ч.2  
Ю.П. Гончаренков, О.В. Буденний, В.Г. Морозов,  
М.В. Панасенко, В.Я. Ромашко, В.С. Руденко. За ред.  
В.С. Руденка. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.

2 Источники электропитания РЭА Справочник  
Г.С. Найвельт. К.Б. Мазель. Ч.И. Хусаинов. – М.: Радио и  
связь. - 1985.

3 Иванов–Цыганов А.И. Электропреобразовательные  
устройства РЭС: Учеб. Для вузов по спец.  
"Радиотехника". – М.: Высш. шк., 1991.

4 Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.Н. Преобра-  
зовательная техника. – К.: Высшая шк. Главное изд-во. -  
1983.

5 Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.:  
Высш. шк. - 1982.

## Додаток А

*Приклад оформлення титульного аркуша*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

### РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з курсу "Автономні перетворювачі"  
на тему: "Розроблення вузлів низьковольтного джерела  
вторинного електроживлення"

Виконав

Перевірив

Суми -200\_

## Додаток Б

### Аркуш завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки  
Спеціальність 6.090803 - "Електронні системи"

### З А В Д А Н Н Я

до розрахунково - графічної роботи  
з курсу "Автономні перетворювачі"

студентові \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи "Розроблення вузлів низьковольтного джерела вторинного електроживлення"

2 Термін здачі студентом РГР «\_\_»\_\_\_\_\_200\_\_р.

3 Початкові дані до РГР:

основа перетворювача напруги ДВЕЖ з безтрансформаторним входом – це \_\_\_\_\_;

ШП:  $U_{жив} =$  ;  $\pm \Delta U_{жив}, \% =$  ;  $U_{вих.н}, В =$  ;  $I_n, А =$  ;  $f, кГц =$  ;

АІС :  $f, Гц =$  ;  $U_n, В =$  ;  $I_n, А =$  ;  $\cos \varphi_n =$  ;  $K_T =$  ;

АІН:  $f, кГц =$  ;  $U_d, В =$  ;  $r_n, Ом =$  ;  $L_n, мкГн =$  ;  $\pm \Delta U_c, \% =$  .

4 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ . 200\_\_р.

Керівник \_\_\_\_\_ (П.І.Б)  
(підпис)

Завдання до виконання прийняв студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання розрахунково-графічної роботи  
з курсу "Автономні перетворювачі"  
на тему: "Розроблення вузлів низьковольтного джерела  
вторинного електроживлення"  
для студентів спеціальності 6.090803 "Електронні системи"  
денної та заочної форм навчання

Відповідальний за випуск О.А. Борисенко  
Редактор П.М. Єфіменко  
Комп'ютерне верстання І.Є.Бражник

Підп. до друку 20.01.2009 , поз.  
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Суг. Друк офс.  
Ум. друк. арк. 1.86. Обл.-вид.арк. 1,37.  
Тираж пр. Собівартість вид.  
Зам. №

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті  
40007, м. Суми, вул. Р.- Корсакова, 2  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК №3062 від 17.12.2007.  
Надруковано у друкарні СумДУ  
40007, м. Суми, вул. Р.- Корсакова, 2.