

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

3281 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни "ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА"
для студентів напрямку 0908 "Електроніка"
усіх форм навчання

Суми
Сумський державний університет
2012

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Енергетична електроніка" / укладач В. М. Гапич. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 26 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

Вступ

Метою вивчення дисципліни “Енергетична електроніка” є оволодіння основними принципами дії малопотужних випрямлячів електричної енергії, їх систем управління, аналіз, розрахунок 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 вмінь використання знань для самостійного вирішення відповідних практичних завдань.

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

Усі 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 здебільшого не збігається за рівнем із 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 напругу одного рівня у сталу, або змінну іншого або декількох рівнів, забезпечуючи за необхідності стабілізацію чи регулювання напруги і струму навантаження за заданим законом.

1 Основні вимоги до виконання та оформлення роботи

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Енергетична електроніка» складається із п'яти завдань. Варіант визначається за номером 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 на аркушах 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 необхідно виконувати на міліметровій папері або вони можуть бути побудовані з використанням прикладних програм. Лістинги програм додаються як додатки.

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

Структура розрахунково-пояснювальної записки:

- титульний аркуш (див. додаток А);
- 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.

Аркуш завдання

Стандартний бланк завдання (додаток Б) заповнюється студентом самостійно згідно зі своїм варіантом.

Вступ

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

Основна частина

Основна частина містить розв'язання усіх 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, 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 під час виконання роботи у студента виникають утруднення, він може звернутися в університет за консультацією.

Студент, що не подав розрахунково-графічну роботу, чи не захистив її у термін, 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 засвідчується підписом викладача.

ЗАВДАННЯ

Завдання 1

Розрахувати параметри перетворювального трансформатора і вентиляльного комплексу некерованого випрямляча (НВ). За розрахованими параметрами вибрати тип вентиля. Зобразити схему випрямляча і часові діаграми струмів і напруги, вважаючи, що випрямлений струм *ідеально згладжений*. При розрахунку НВ за початковими даними, наведеними в таблиці 1, брати величину напруги опиту короткого замикання, що дорівнює 7%, і нехтувати активними опорами в ланцюгах випрямляча.

Визначити: U_2 ; I_2 ; I_1 ; S_1 ; S_2 ; S_T ; $K_{ИТ}$; γ ; K_M .

Зобразити: $U_1(t)$; $i_1(t)$; $U_2(t)$; $i_2(t)$; $U_d(t)$; $U_B(t)$.

Таблиця 1 – Початкові дані для розрахунку випрямляча

Показник	Варіант (остання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{дН}, В$	460	115	60	230	80	48	230	460	115	60
$I_{дН}, А$	40	30	30	16	25	60	40	20	50	25
$U_{1Л}, В$	380	220	220	380	380	220	380	380	220	230
Схема з'єднання обмоток трансформатора										
	Варіант (передостання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема з'єднання обмоток										

Завдання 2

Зобразити схему реверсивного перетворювача, вибравши схему перетворювача (перехресну або зустрічно-паралельну) і спосіб управління реверсивними вентильними групами. За даними таблиці 2 обчислити для заданих кутів управління α такі параметри:

- кути комутації γ ;
- коефіцієнти пульсацій за першою гармонікою $K_{П(1)}$;
- коефіцієнт потужності K_M .

Вважаючи, що випрямлений струм ідеально згладжений, для $\alpha = 0$ і трьох заданих значень кута управління α побудувати зовнішні характеристики. Вибрати тип вентиля, розрахувавши необхідні для цього параметри. Для α_1 побудувати часові залежності $U_2(t)$, $i_2(t)$, $U_d(t)$, $i_d(t)$, $U_B(t)$. Пояснити особливості роботи керованого випрямляча. Частота напруги живлення мережі $f_c = 50 \text{ Гц}$.

Таблиця 2 – Початкові дані для виконання завдання 2

Показник	Варіант (остання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
U_{dH}, B	230	115	460	660	230	460	230	660	115	230
I_{dH}, A	20	25	15	20	50	45	60	25	45	55
$U_k, \%$	8	7	8	7	9	10	8	10	7	8
α_1 , ел. град.	15	10	20	15	10	15	20	10	20	20
α_2 , ел. град.	40	30	40	35	30	35	40	30	35	40
α_3 , ел. град.	75	60	60	70	80	60	50	55	60	60

Варіант схем з'єднання обмоток (передостання цифра номера залікової книжки)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
									

Завдання 3

Розрахувати параметри перетворювального трансформатора і вентильного комплексу однофазного малопотужного двопівперіодного некерованого випрямляча, що працює на навантаження з ємнісним характером. Початкові дані для розрахунків наведені в таблиці 3. Розрахувати ємність конденсатора, який забезпечує коефіцієнт пульсацій напруги на виході випрямляча, що дорівнює 1%. За розрахованими параметрами вибрати діоди випрямляча і конденсатор фільтра. Зобразити часові діаграми струмів і напруги в характерних точках схеми. Частота напруги живлення мережі $f_c = 50 \text{ Гц}$.

Визначити: U_2 ; I_2 ; I_1 ; S_T ; C_Φ .

Зобразити: $U_1(t)$; $i_1(t)$; $U_2(t)$; $i_2(t)$; $U_B(t)$.

Таблиця 3 – Початкові дані для розрахунку випрямляча

Показник	Варіант (остання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{d_{ном}}, B$	12	15	9	24	28	15	18	10	36	14
Показник	Варіант (передостання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$I_{d_{ном}}, A$	0,5	0,4	0,6	0,45	0,5	1,0	0,8	0,75	0,35	0,45

Завдання 4

За даними, поданими в таблиці 4, розрахувати параметри згладжувального LC-фільтра і вибрати уніфіковані дроселі і конденсатори фільтра. Живлення фільтра здійснюється від випрямляча. Навантаження має імпульсний характер із заданою шпаруватістю і тривалістю імпульсів.

Таблиця 4 – Початкові дані для виконання завдання 4

Показник	Варіант (остання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{d \text{ ном}}, B$	12	15	9	24	28	15	18	10	36	14
$I_{d \text{ ном}}, A$	0,5	0,4	0,6	0,45	0,5	1,0	0,8	0,75	0,35	0,45
$I_{d \text{ min}}, A$	0,15	0,1	0,1	0,05	0,05	0,2	0,2	0,15	0,05	0,15
Q	2	2,5	1,5	2,0	1,5	2,5	1,75	2,5	2,4	1,5
$K_{П(1)}, \%$	0,08	0,25	0,25	0,15	0,2	0,10	0,5	0,1	0,5	0,1
$K_{III}, \%$	1,5	1,0	2,0	1,5	2,5	1,5	2,0	1,0	2,5	2,0
$t_u, \text{мс}$	2	3	1	1,5	2	3	1,5	3	2,5	1

Завдання 5

Провести вибір схеми компенсаційного стабілізатора напруги і його частковий розрахунок, необхідний для вибору схеми стабілізатора в інтегральному виконанні. Нестабільність вхідної напруги – $\pm 10\%$.

Таблиця 5 – Початкові дані для виконання завдання 5

Показник	Варіант (остання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$I_{H_{\max}}, A$	1,5	1	0,6	1,25	1,2	1,0	0,8	0,75	2,0	1,5
U_H, B	12	5	9	5	6	5	6	12	5	9
Показник	Варіант (передостання цифра номера залікової книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\Delta U_H, mB$	25	20	25	15	50	40	10	30	15	30
$K_{П(1)}, \%$	0,05	0,1	0,05	0,15	0,1	0,2	0,05	0,1	0,5	0,25

Визначити допущувані параметри вхідної напруги стабілізатора, необхідні для розрахунку випрямляча і згладжувального фільтра, що живить стабілізатор.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ

Під час вирішення завдань 1, 2 для визначення діючої фазної напруги U_2 вторинної обмотки перетворювального трансформатора необхідно скористатися рівнянням зовнішньої характеристики випрямляча у відносних одиницях:

$$U_d^* = \cos \alpha - B \frac{U_K \%}{100} I_d, \quad (1)$$

де U_d^* – середня випрямлена напруга випрямляча при навантаженні, віднесена до середньої випрямленої напруги U_{d0} некерovanого випрямляча при холостому ході:

$$U_d^* = \frac{U_d}{U_{d0}};$$

α – кут керування;

B – коефіцієнт, залежний від схеми випрямлення, для мостової схеми випрямлення $B = 0,7$; для двофазної однокатної $B = 0,35$; для трифазної однокатної $B = 0,87$; для трифазної мостової і подвійної трифазної із зрівняльним реактором $B = 0,5$;

U_K – напруга короткого замикання перетворювального трансформатора, %, від номінальної напруги:

$$U_K \% = \frac{X_T I_{1H}}{U_{1H}} 100\%,$$

де X_T – індуктивний опір обмоток трансформатора, зведений до витків первинної обмотки;

I_{1H} і U_{1H} – номінальний струм і напруга первинної обмотки перетворювального трансформатора відповідно;

I_d – середній випрямлений струм випрямляча:

$$I_d^* = \frac{I_d}{I_{dH}},$$

де I_{dH} – номінальний середній випрямний струм випрямляча.

Для некерованого випрямляча при номінальному струмі I_{dH} вираз (1) набирає вигляду

$$U_{dH}^* = 1 - B \frac{U_K \%}{100}. \quad (2)$$

За обчисленим значенням U_{dH}^* і заданою величиною U_{dH} розраховуємо

$$U_{d0} = \frac{U_{dH}}{U_{dH}^*}$$

і далі номінальну діючу фазну напругу U_{2H} вторинної обмотки трансформатора.

Так, для однофазного і двофазного однопоточного випрямлячів

$$U_{2H} = \frac{U_{d0}}{0,9};$$

для випрямлячів трифазного однопоточного і для подвійного трифазного із зрівняльним реактором

$$U_{2H} = \frac{U_{d0}}{1,17};$$

для трифазного мостового з'єднання вторинної обмотки трансформатора в «зірку»

$$U_{2H} = \frac{U_{d0}}{2,34},$$

а при з'єднанні вторинної обмотки трансформатора в «трикутник»

$$U_{2H} = \frac{U_{d0}}{1,35}.$$

Діючий струм вторинної обмотки випрямного трансформатора, оскільки випрямний струм ідеально згладжений, із достатньою для інженерних розрахунків точністю можна

визначити для *однотактних* схем випрямлення за виразом


$$I_2 = \frac{I_{dH}}{\sqrt{m_2}},$$


де m_2 – кількість фаз вторинної обмотки трансформатора.

Для випрямляча подвійного трифазного із зрівняльним реактором

$$I_2 = \frac{I_{dH}}{2\sqrt{3}}.$$

В однофазній мостовій схемі випрямляча $I_2 = I_d$. У трифазній мостовій схемі лінійний струм вторинної обмотки

$I_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d$ для схеми з'єднання обмоток трансформатора  і

$I_2 = \frac{\sqrt{2}}{3} I_d$ для схеми з'єднання обмоток трансформатора .

У мостових схемах випрямлення діючий фазний струм первинної обмотки випрямного трансформатора визначається за виразом

$$I_1 = \frac{I_2}{K_T},$$

де K_T – коефіцієнт трансформації перетворювального трансформатора: $K_T = U_{1\Phi}/U_{2\Phi}$;

$U_{1\Phi}$ – діюча фазна напруга первинної обмотки трансформатора;

$U_{2\Phi}$ – діюча фазна напруга вторинної обмотки трансформатора.

Діючий струм первинної обмотки трансформатора двофазного однотактного випрямляча обчислюють за виразом

$$I_1 = \frac{\sqrt{2}}{K_T} I_2,$$

однотактного трифазного випрямляча – $I_1 = \frac{\sqrt{2}}{3K_T} I_d$,

подвійного трифазного із зрівняльним реактором – $I_1 = \frac{\sqrt{1/6}}{K_T} I_2$.

Розрахункові потужності первинної S_1 і вторинної S_2 обмоток випрямного трансформатора обчислюють за формулою

$$S = m \cdot U \cdot I,$$

де m – кількість фаз обмотки;

U – діюча напруга фази обмотки;

I – діючий струм фази обмотки.

Типову потужність S_T трансформатора – за виразом

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

Коефіцієнт $K_{ИТ}$ використання випрямного трансформатора визначають за формулою

$$K_{ИТ} = \frac{P_{d0}}{S_T},$$

де $P_{d0} = U_{d0} I_{dH}$.

Кути комутації γ струму у випрямлячах обчислюють з використанням таких рівнянь:

- для двофазної однотактної

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \frac{I_d X_T}{\sqrt{2} U_2}; \quad (3)$$

- для однофазної мостової

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \frac{2 I_d X_T}{\sqrt{2} U_2}; \quad (4)$$

- для трифазної однотактної і для трифазної мостової

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \frac{2I_d X_T}{\sqrt{6}U_2}, \quad (5)$$

де X_T – індуктивний опір обмоток трансформатора, зведений до витків вторинної обмотки:

$$X_T = \frac{U_K \% U_{2H}}{100 I_{2H}};$$

I_{2H} і U_{2H} – номінальні значення діючих фазних струму і напруги вторинної обмотки трансформатора (сполученої в «зірку»);

U_2 – діюча фазна напруга вторинної обмотки.

Коефіцієнт K_M потужності випрямляча обчислюється за виразом

$$K_M = K_H \cdot \cos \varphi,$$

де K_H – коефіцієнт спотворення форми кривої споживаного з мережі змінного струму (коефіцієнт несинусоїдальності);

$\cos \varphi$ – коефіцієнт зрушення першої гармоніки струму.

При індуктивності L_d , що прямує до нескінченності, для однофазного мостового і двофазного однотактного випрямляча

коефіцієнт несинусоїдальності K_H становить $K_H = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$;

для трифазного мостового випрямляча – $K_H = \frac{3}{\pi}$;

для трифазного нульового випрямляча – $K_H = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi}$.

Кут φ зрушення першої гармоніки при $L_d \rightarrow \infty$ дорівнює
 $\Rightarrow \varphi = \alpha + \gamma/2$.

Середній струм $I_{в.сер}$ вентиля в однофазній мостовій і двофазній одноктній схемах $I_{в.сер} = \frac{I_d}{2}$; у трифазній мостовій і нульовій схемах $I_{в.сер} = \frac{I_d}{3}$.

Вибір вентиля за струмом повинен бути проведений за такою методикою.

У нормальному режимі роботи випрямляча максимальна зворотна напруга $U_{зв.мах}$ на вентилі без урахування комутаційних перенапружень становить:

- $U_{зв.мах} = \sqrt{2}U_2$ в однофазному мостовому випрямлячі;
- $U_{зв.мах} = 2\sqrt{2}U_2$ у двофазному одноктному випрямлячі;
- $U_{зв.мах} = \sqrt{6}U_2$ у трифазному мостовому випрямлячі.

Вибір вентилів для випрямляча, що розраховується, необхідно проводити за допустимою повторюваною напругою з урахуванням комутаційних перенапружень і можливих коливань напруги живлячої мережі. Вважаючи, що комутаційні перенапруження становитимуть не більше 20–25% від амплітуди лінійної напруги $U_{2лм}$ вторинної обмотки перетворювального трансформатора, а коливання напруги мережі живлення не перевищать +10%, вибір вентилів за напругою необхідно проводити за величиною напруги, що повторюється $(1,3-1,4) U_{зв.мах}$.

За допустимим напрямом середнього струму вибір вентилів необхідно проводити з урахуванням необхідного запасу, тобто розраховане значення $I_{в.сер}$ повинне бути в межах 0,7–0,8 допустимого:

$$I_{дон} \approx \frac{I_{в.сер}}{0,75}.$$

Під час виконання завдання 2 діючу фазну напругу U_2 схемної обмотки перетворювального трансформатора необхідно

визначати з виразу (1), беручи $\alpha = 0$ і $I_d^* = 1$.

Кут комутації залежно від схеми перетворювача обчислюють за виразами (3) – (5).

Коефіцієнт пульсації $K_{П(k)}$ випрямленої напруги за k -й гармонікою приблизно можна обчислити за виразом

$$K_{П(k)} = \frac{2}{(kp)^2 - 1} \sqrt{1 + (kp)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}, \quad (6)$$

де p – пульсність перетворювача.

Приклад розрахунку випрямляча, що працює на RC – навантаження (завдання 3)

Розрахувати параметри перетворювального трансформатора і вентиляного комплексу однофазного малопотужного двопівперіодного некерованого випрямляча, що працює на навантаження з ємнісним характером. Розрахувати ємність конденсатора, який забезпечує коефіцієнт пульсацій напруги на виході випрямляча, що дорівнює 1%. За розрахованими параметрами вибрати діоди випрямляча і конденсатор фільтра. Зобразити часові діаграми струмів і напруги в характерних точках схеми. Частота напруги живлення мережі $f_c = 50 \text{ Гц}$.

Визначити: U_2 ; I_2 ; I_1 ; S_T ; C_Φ .

Зобразити: $U_1(t)$; $i_1(t)$; $U_2(t)$; $i_2(t)$; $U_B(t)$.

Початкові дані для розрахунку випрямляча $U_{dH} = 14 \text{ В}$,
 $I_{dH} = 0,75 \text{ А}$.

Розв'язання

З умови, що для малопотужних двопівперіодних випрямлячів $\theta \approx 40 - 50^\circ$ і відповідно коефіцієнти $B = 0,95 - 1,1$ і $D = 2,1 - 2,2$, вибираємо заздалегідь значення цих коефіцієнтів $B = 1,05$, $D = 2,15$.

Проведемо попередній розрахунок:

$$S_{TP} = 0,85 \cdot B \cdot D \cdot U_{dH} \cdot I_{dH} = 0,85 \cdot 1,05 \cdot 2,15 \cdot 14 \cdot 0,75 = 20,148 \text{ ВА};$$

$$U_{зв} = 2,82 \cdot B \cdot U_{dH} = 2,82 \cdot 1,05 \cdot 14 = 41,454 \text{ В};$$

$$I_{np.cep} = 0,5 I_{dH} = 0,5 \cdot 0,75 = 0,375 \text{ А};$$

$$I_{np} = 0,5 \cdot D \cdot I_{dH} = 0,5 \cdot 2,15 \cdot 0,75 = 0,806 \text{ А}.$$

Обчислюємо діоди типу КД226А. Його основні параметри:

$$U_{зв \max} \geq U_{зв}; \quad 100 \text{ В} > 41,45 \text{ В};$$

$$I_{np.cep \max} \geq I_{np.cep}; \quad 2 \text{ А} > 0,375 \text{ А}.$$

Обчислюємо прямий опір діода:

$$R_{np} = \frac{U_{np}}{I_{dH}} = \frac{1,3}{0,75} = 1,73 \text{ Ом}.$$

Визначаємо активний опір обмоток трансформатора, зведений до вторинної обмотки:

$$R_{TP} = \frac{R_{\Gamma} \cdot U_{dH} \sqrt[4]{\frac{S \cdot f_c \cdot B_m}{U_{dH} \cdot I_{dH}}}}{I_{dH} \cdot f_c \cdot B_m},$$

де R_{Γ} – коефіцієнт, залежний від схеми ($R_{\Gamma} = 3,5$ для однофазної мостової, $R_{\Gamma} = 4,7$ – для двофазної однотактної);

S – кількість стрижнів трансформатора, що несуть обмотки ($S = 1$);

B_m – магнітна індукція в стержні трансформатора (для гарячекатаної сталі $B_m = 1,05 \text{ Тл}$);

$$R_{TP} = \frac{4,7 \cdot 14 \cdot \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,05}{14 \cdot 0,75}}}{0,75 \cdot 50 \cdot 1,05} = 2,5 \text{ Ом}.$$

Обчислюємо індуктивність розсіювання обмоток трансформатора:

$$L_S = \frac{k_{\Gamma} \cdot S \cdot U_{dH}}{(p-1)^2 \cdot I_{dH} \cdot f_c \cdot B_m \cdot \sqrt[4]{\frac{S \cdot f_c \cdot B_m}{U_{dH} \cdot I_{dH}}}} =$$

$$= \frac{4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 14}{(2-1)^2 \cdot 0,75 \cdot 50 \cdot 1,05 \cdot \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,05}{14 \cdot 0,75}}} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Визначуваний кут, що характеризує співвідношення між активним та індуктивним опорами фази випрямляча:

$$\varphi = \arctg \frac{2\pi \cdot f_c \cdot L_S}{R} = \arctg \frac{2 \cdot 3,1415 \cdot 50 \cdot 0,00102}{2,5 + 1,73} = 4,33^\circ,$$

де R – внутрішній опір випрямляча. Для мостової схеми $R = R_{TP} + 2R_{np}$.

Вважаємо, що індуктивний опір не робить істотного впливу на тривалість заряду конденсатора, і обчислюємо коефіцієнт:

$$A = \frac{\pi \cdot I_{dH} \cdot R}{m_n \cdot U_{dH}},$$

$$A = \frac{\pi \cdot 0,75 \cdot (2,5 + 1,73)}{2 \cdot 14} = 0,356,$$

$$A = \operatorname{tg} \theta - \theta; \Rightarrow \theta = 51,4^\circ.$$

За розрахованим коефіцієнтом A і кутом φ уточнюємо (наприклад, за діаграмами [1]) значення коефіцієнтів B , D і обчислюємо коефіцієнт H :

$$B = 1,15; D = 2,05; H = 675.$$

Проводимо перерахунок параметрів схеми:

$$S_{TP} = 0,85 \cdot B \cdot D \cdot U_{dH} \cdot I_{dH} = 0,85 \cdot 1,15 \cdot 2,05 \cdot 14 \cdot 0,75 = 21,04 \text{ ВА.}$$

Для діода

$$U_{зв} = 2,82BU_{dH} = 2,82 \cdot 1,15 \cdot 14 = 45,402 \text{ В};$$

$$I_{np.cер} = 0,5I_{dH} = 0,5 \cdot 0,75 = 0,375 \text{ А};$$

$$I_{np} = 0,5 \cdot D \cdot I_{dH} = 0,5 \cdot 2,05 \cdot 0,75 = 0,769 \text{ А}.$$

Тип вибраного діода задовольняє уточнені параметри.

Обчислюємо параметри перетворювального трансформатора: U_2 ; I_2 ; I_1 ; S_{TP} ; C_Φ .

$$U_2 = B \cdot U_{dH} = 1,15 \cdot 14 = 16,1 \text{ В};$$

$$I_2 = 0,5 \cdot D \cdot I_{dH} = 0,5 \cdot 2,05 \cdot 0,75 = 0,76875 \text{ А};$$

$$I_1 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 0,707 \cdot D \cdot I_{dH} = \frac{16,1}{220} \cdot 0,707 \cdot 2,05 \cdot 0,75 = 0,0795 \text{ А};$$

$$S_{TP} = 0,85 \cdot B \cdot D \cdot U_{dH} \cdot I_{dH} = 0,85 \cdot 1,15 \cdot 2,05 \cdot 14 \cdot 0,75 = 21,04 \text{ ВА}.$$

$$C_\Phi = \frac{100H}{R_H \cdot K_{П(1)}} = \frac{100 \cdot 675 \cdot 0,75}{14 \cdot 1} = 3616,0 \text{ мкФ}.$$

За розрахунковими значеннями ємності з урахуванням робочої напруги вибираємо конденсатор типу К50-18-25В-4700 мкФ.

Методичні вказівки за розрахунком згладжувальних фільтрів

Вибір згладжувального фільтра випрямляча необхідно проводити враховуючи потужність випрямляча і опір навантаження.

У потужних випрямлячах, коли $P_{dH} = U_{dH}I_{dH}$ більше десяти кіловат, необхідно використовувати індуктивний фільтр. Індуктивність фільтра визначається за виразом [1]:

$$L_\Phi = \frac{2R_d}{p\omega(p^2 - 1)K'_{П(1)}}, \quad (7)$$

де R_d – активний опір навантаження випрямляча (у

потужних випрямлячах величина R_d становить частки Om);

$K_{II(1)}$ – коефіцієнт пульсації випрямленої напруги на виході фільтра за першою гармонікою.

У випрямлячах малої потужності необхідно використовувати прості ємнісні фільтри.

Ємність згладжувального конденсатора для одноктного випрямляча визначають за виразом [1]:

$$C = \frac{2}{\omega K'_{II(1)} R_d}. \quad (8)$$

Для двотактних випрямлячів величина ємності згладжувального конденсатора може бути обчислена за виразом

$$C = \frac{1}{2\omega K'_{II(1)} R_d}. \quad (9)$$

У випрямлячах при струмі навантаження більше $0,5-1,0 A$ доцільно застосовувати Γ -подібний індуктивно-ємнісний (LC) фільтр.

Величину індуктивності L -фільтра визначають з умови забезпечення безперервності струму в ній [1]. Тоді

$$L_\phi > \frac{R_d}{a}, \quad (10)$$

де $a = (p^2 - 1)p\omega / 2$.

Величину ємності фільтра обчислюють після вибору дроселя із залежності [2]:

$$LC = \frac{K_\phi + 1}{p^2 \omega^2}, \quad (11)$$

де K_ϕ – коефіцієнт фільтрації фільтру.

У тих випадках, коли опір навантаження випрямляча становить декілька тисяч Om , необхідно використовувати Γ -подібний активно-ємнісний (RC) фільтр [1].

Величину активного опору R -фільтра, як правило, беруть такою, що дорівнює $(0,05 - 0,3)R_d$, а величину C -фільтра знаходять з виразу

$$RC = \frac{K_\phi}{p\omega}. \quad (12)$$

Якщо навантаження має імпульсний характер, ємність вихідного конденсатора вибирати такою, щоб забезпечити необхідні параметри струму навантаження. Якщо задано допустиме спотворення імпульсу струму, виражене в допустимому зменшенні струму (напруга) за час t_u його проходження $K_{III} = \frac{\Delta I}{I_{\max}}$, то

$$C_{вих} \geq \frac{t_u I_{H \max}}{U_H \ln \frac{1}{1 - K_{III}}}. \quad (13)$$

При вимірюванні часу в секундах, струму – в амперах, напруги – у вольтах. Ємність конденсатора буде обчислена у фарадах.

У завданні задана шпаруватість імпульсів, мінімальне і номінальне значення струму навантаження. Необхідно знайти максимальне значення струму, а потім – ємність вихідного конденсатора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Промислова електроніка: підручник / В. С. Руденко, В. Я. Ромашко, В. В. Трифонюк – К. : Либідь, 1993.
2. Чиженко И. М. Основы преобразовательной техники / И. М. Чиженко, В. С. Руденко, В. И. Сенько. – М. : Высшая школа, 1981. – 423 с.
3. Полупроводниковые выпрямители / ред. : Ф. И. Ковалев, Г. П. Мостовая. – М. : Энергия. 1978. – 447 с.
4. Иванов-Цыганов А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС / А. И. Иванов-Цыганов. – М. : Высш. шк., 1991.
5. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры / ред. Г. С. Найвельта. – М. : Радио и связь, 1986. – 576 с.
6. Гершунский Б. С. Справочник по расчету электронных схем / Б. С. Гершунский. – К. : Высшая школа. 1983.

Додаток А
(додатковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з курсу "Енергетична електроніка"

на тему "Розроблення вузлів низьковольтного джерела
вторинного електроживлення"

Виконав

Перевірів

Суми 20__

Додаток Б
(додатковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

З А В Д А Н Н Я

до розрахунково-графічної роботи
з курсу "Енергетична електроніка"

студентові _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи "Розроблення вузлів низьковольтного джерела вторинного електроживлення"

2 Термін здачі студентом РГР «__» _____ 20__ р.

3 Початкові дані до РГР: основа перетворювача напруги ДВЕЖ з трансформаторним входом;

НВ: U_{dH} , $B =$; I_{dH} , $A =$; $U_{1Л}$, $B =$; схема з'єднання обмоток –;

РП: U_{dH} , $B =$; I_{dH} , $A =$; U_k , % =; α_1 , ел. град. =; α_2 , ел. град. =;

α_3 , ел. град. =; схема з'єднання обмоток –;

НВ з ємністю: $U_{d\text{ ном}}$, $B =$; $I_{d\text{ ном}}$, $A =$;

LC-фільтр: $U_{d\text{ ном}}$, $B =$; $I_{d\text{ ном}}$, $A =$; $I_{d\text{ min}}$, $A =$; $Q =$;

$K_{П(1)}$, % =; K_{III} , % =; t_u , мс =;

СН: $I_{H\text{ max}}$, $A =$; U_H , $B =$; ΔU_H , $mB =$; $K_{П(1)}$, % =.

4 Дата видачі завдання _____ . _____ . 20__ р.

Керівник _____ (П.І.П/б)
(підпис)

Завдання до виконання прийняв студент _____
(підпис)

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни "ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА"
для студентів напрямку 0908 "Електроніка"
усіх форм навчання

Відповідальний за випуск О. А. Борисенко
Редактор Н. З. Клочко
Комп'ютерне верстання І. Є. Бражник

Підп. до друку 10.04.2012 , поз.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк. 1,08. Тираж 50 пр. Зам. №
Собівартість вид. грн. к.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.