

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Факультет електроніки
Кафедра промислової електроніки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
з дисципліни «Математичне моделювання процесів і систем»
для студентів спеціальності
171 Електроніка
спеціалізації Електронні компоненти і системи

Київ
«КПІ ім. Ігоря Сікорського»
2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Факультет електроніки
Кафедра промислової електроніки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
з дисципліни «Математичне моделювання процесів і систем»
для студентів спеціальності
171 Електроніка
спеціалізації Електронні компоненти і системи

Рекомендовано Вченою радою
факультету електроніки НТУУ «КПІ»
протокол №

(протокол №, дата)

2017

Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни «Математичне моделювання процесів і систем» для студентів спеціальності 171 Електроніка, спеціалізації Електронні компоненти і системи / Уклад.: Вербицький Є.В. – К.: КПІ, 2017. – 13 с.

Укладач: Вербицький Євген Володимирович, канд. техн. наук.

Рецензент:

Відповідальний редактор:

ЗМІСТ

| | |
|--------------------------------------|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Критерії оцінювання ДКР | 6 |
| 3 Приклад виконання ДКР | 7 |
| 4 Література для виконання ДКР | 11 |

ВСТУП

Домашня контрольна робота (ДКР) є одним з індивідуальних видом робіт студента згідно з навчальною програмою курсу «Математичне моделювання процесів і систем».

Мета ДКР – набуття студентами навичок роботи з технічною та довідниковою літературою; отримання досвіду з моделювання пристроїв силової електроніки.

Тематика ДКР:

1. Перетворювач з проміжним трансформатором напруги, що насичується. Схема з середньою точкою.
2. Перетворювач з проміжним трансформатором напруги, що насичується. Напівмостова схема.
3. Перетворювач з дроселем насичення в базових колах транзисторів. Схема з середньою точкою.
4. Перетворювач з RC-колом, що задає частоту вихідної напруги. Схема з середньою точкою.
5. Автогенератор на основі зворотньоходового перетворювача.
6. Коректор коефіцієнту потужності на основі підвищувального перетворювача постійної напруги з інтегральним контролером.
7. Пристрій відбору максимальної потужності від фотобатарей на основі понижувального перетворювача постійної напруги.
8. Пристрій відбору максимальної потужності від фотобатарей на основі підвищувального перетворювача постійної напруги.
9. Реверсивний AC-DC перетворювач.
10. Резервне джерело живлення типу off-line.
11. Квазірезонансний понижувальний перетворювач постійної напруги.
12. Автогенератор на основі резонансного інвертора струму з середньою точкою.

ДКР складається з таких пунктів:

1. Опис роботи перетворювача з наведенням часових діаграм струмів і напруг елементів схеми.
2. Розрахунок електричних режимів роботи елементів схеми.
3. Створення математичної моделі пристрою.
4. Розрахунок втрат потужності в елементах та коефіцієнта корисної дії перетворювача.
5. Моделювання елементів кола, що поліпшують запуск перетворювача.

1 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ДКР

Згідно з рейтинговою системою оцінювання максимальна кількість балів, яку можна отримати за ДКР складає 10 балів. Розподіл балів є таким.

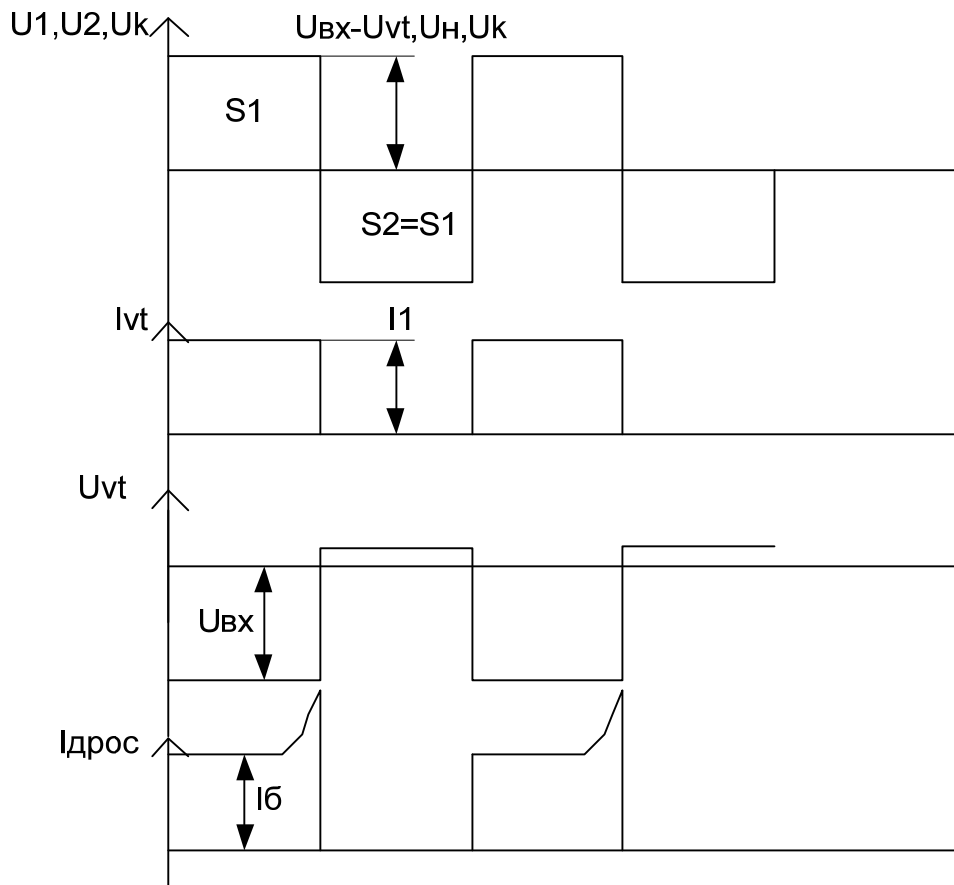
За виконання роботи – максимум 7 балів. За кожну помилку знімається 1 бал.

За захист роботи – 3 бали. На захисті роботи ставиться три питання, які стосуються теоретичних відомостей в рамках ДКР. За кожну правильну відповідь до рейтингу додається 1 бал.

Строк захисту першої ДКР– 15 тиждень семестру. За невчасний захист роботи знімається один бал за кожний тиждень.

2. Приклад виконання ДКР

Часові діаграми роботи



Опис роботи перетворювача

В даній схемі в базових ланцюгах силових транзисторів включений нелінійний насичуючийся дросель, при насиченні якого до переходу баз-емітер відкритого транзистора прикладається напруга зворотної полярності. Після закінчення процесу розсмоктування надлишкового заряду в області бази проходить регенеративне переключення транзисторів і зміна полярності вихідної напруги автогенератора.

$$P_H = U_H \cdot I_{H \max} = 36 \cdot 4 = 144 \text{ Вт}$$

$$P_T = \frac{P_H}{\eta_{\text{транс}}} = \frac{144}{0,88} = 163,64 \text{ Вт}$$

$$P_1 = \frac{P_H}{\eta_{\text{II}}} = \frac{144}{0,72} = 200 \text{ Вт}$$

$$I_1 = \frac{P_1}{U_{\text{II}}} = \frac{200}{24} = 8,33 \text{ А}$$

$$I_{\text{VY cep}} = \frac{I_1}{2} = \frac{8,33}{2} = 4,16 \text{ А}$$

$$I_{\text{VY max}} = I_1 = 8,33 \text{ А}$$

$$U_{\text{VT max}} = 2 \cdot U_{\text{II}} = 48 \text{ В}$$

Виходячи з отриманих напруги та струму, прикладених до транзистора, обираємо транзистор 2SA1072, щонає необхідні параметри

$$(h_{21} = \frac{I_{\kappa}}{I_{\sigma}} = 40 \Rightarrow I_{\sigma} = \frac{I_{\kappa}}{h_{21}} = \frac{8,3}{40} = 0,21 \text{ А, втрати на його базно-емітерному переході}$$

складають 1,7В). Оберемо діод 2Д522 Б, з прямим падінням напруги в 0,95 В.

Задавшись необхідною для дроселя насичення напругою в 3В, визначимо напругу, що повинна виділятися на обмотках керування:

$$U_L = (U_{\text{II}} + U_{\kappa} - U_{\text{VD}}) - (U_{\text{II}} - U_{\text{BE}})$$

$$U_{\kappa} = U_L - U_{\text{VD}} + U_{\text{BE}} = 3 - 0,95 + 1,7 = 3,75 \text{ В}$$

$$R_{\sigma} = \frac{U_{\kappa} - U_{\text{be}}}{I_{\sigma}} = \frac{3,75 - 1,7}{0,21} = 9,76 \text{ Ом}$$

Оберемо вуглеводні резистори типу С1-4 з ряду Е24 номіналом 10 Ом.

Враховуючи високу частоту, як сердечник дроселя оберемо феритове кільце марки 2000НМ з такими параметрами: $Q_{\text{CT}} = 12,5 \text{ мм}^2$, $R_{10 \times 6 \times 4}$, $V_s = 0,39 \text{ Тл}$.

Використовуючи формулу для розрахунку дроселя, визначимо кількість витків, при заданих параметрах:

$$W_D = \frac{U_1}{4 \cdot f \cdot B_s \cdot Q_{\text{CT}} \cdot K_{\text{CT}}} = \frac{3}{4 \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 0,39 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 4 \text{ витки}$$

Визначимо активний опір дроселя насичення:

$$R = W_D \cdot \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,0175 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,42 \text{ мОм}$$

Розрахунок трансформатора

Визначимо енергетичні характеристики всіх обмоток:

Вихідна: $U_2=36\text{В}$, $I_2=4\text{А}$;

Обмотка керування: $U_K=3,75\text{В}$, $I_K=0,21\text{А}$;

Вхідна: $U_1=(U_{\text{п}}-U_{\text{вт}})*2=46,2\text{В}$, $I_1=8,33\text{ А}$.

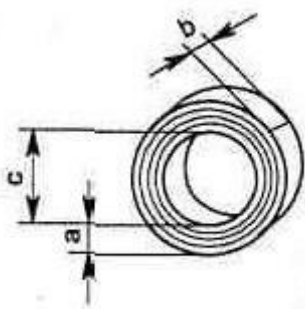
$$\text{Габаритна потужність: } S_T = \frac{2 \cdot S_1 + S_2}{2} = \frac{2 \cdot \frac{S_2}{\eta_{\text{транс}}} + S_2}{2} = 235,6 \text{ Вт.}$$

Оберемо сердечник: кільцевий стрічковий магнітопровід із фериту марки 2000НМ фірми EPCOS ($j = 3,5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$, $K_O = 0,26$, $K_C = 1$).

Вирахуємо величину $S_C \cdot S_0$:

$$S_C \cdot S_0 = \frac{S_T}{20 \cdot k_\phi \cdot f \cdot k_c \cdot k_0 \cdot j \cdot B} = 0,055 \text{ см}^4$$

Оберемо сердечник: кільцевий стрічковий магнітопровід із фериту марки 2000НМ фірми EPCOS з розмірами:



$a=0,8\text{см}$, $b=1,6\text{см}$, $c=2,4\text{см}$, тоді

$$S_{OK} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot \left(\frac{c}{2}\right)^2 = 4,5 \text{ см}^2$$

$$S_{CT} = a \cdot b = 1,28 \text{ см}^2$$

$$S_{OK} \cdot S_{CT} = 5,76 \text{ см}^4$$

Визначимо довжину середньої лінії магнітопроводу:

$$l_{\text{сер}} = \frac{2c + a + b}{2} = \frac{4,8 + 0,8 + 1,6}{2} = 0,036 \text{ м}$$

Визначимо діаметр провідника в обмотках:

$$d_1 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_1}{j}} = 1,7 \text{ мм}$$

$$d_2 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_2}{j}} = 1,2 \text{ мм}$$

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_K}{j}} = 0,43 \text{ мм}$$

Для первинної обмотки оберемо провідник типу ПЭТВ-2 діаметром 1,8 мм, з ізоляцією 1,9 мм. Для вихідної обмотки оберемо провідник типу ПЭТВ діаметром 1,3 мм, з ізоляцією 1,5 мм, для обмоток керування той же з діаметром 0,5 мм, з ізоляцією 0,63 мм.

Розрахуємо число витків на вольт:

$$W_0 = \frac{10}{4 \cdot k_\phi \cdot B_m \cdot f \cdot S_c \cdot k_c} = 0.835$$

$$W_1 = W_0 \cdot U_1 \cdot \left(1 - \frac{\Delta U_1}{100}\right) = 0.835 \cdot 46.2 \cdot \left(1 - \frac{3.5}{100}\right) = 37 \text{ витків}$$

$$W_2 = W_0 \cdot U_2 \cdot \left(1 + \frac{\Delta U_2}{100}\right) = 31 \text{ виток}$$

$$W_K = W_0 \cdot U_K \cdot \left(1 + \frac{\Delta U_K}{100}\right) = 3 \text{ витки}$$

Розрахунок ККД перетворювача:

Визначимо можливі втрати на елементах схеми.

Трансформатор:

$$R_1 = W_1 \cdot \frac{\rho \cdot l_{\text{сер}}}{S_1} = W_1 \cdot \frac{\rho \cdot l_{\text{сер}}}{\pi \cdot \left(\frac{D_C}{2}\right)^2} = 0,009 \text{ Ом}$$

$$R_2 = W_2 \cdot \frac{\rho \cdot l_{\text{сер}}}{S_1} = W_2 \cdot \frac{\rho \cdot l_{\text{сер}}}{\pi \cdot \left(\frac{D_C}{2}\right)^2} = 0,015 \text{ Ом}$$

$$R_K = W_K \cdot \frac{\rho \cdot l_{\text{сер}}}{S_K} = W_K \cdot \frac{\rho \cdot l_{\text{сер}}}{\pi \cdot \left(\frac{D_K}{2}\right)^2} = 0,01 \text{ Ом}$$

$$P_B = I^2 \cdot R; P_{B1} = 0.62 \text{ Вт}; P_{B2} = 0.24 \text{ Вт}; P_{BK} = 0,4 \text{ мВт} \approx 0$$

Питомі втрати в сердечнику трансформатора визначаємо із довідника і розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{нит}} = P_1 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma_\phi \cdot G_c = P_1 \cdot \frac{f}{f_H} \cdot \frac{B}{B_H} \cdot \gamma_\phi \cdot G_c = 0.6 \text{ мВт} \approx 0$$

$$P_{\text{транс}} = P_{B1} + P_{B2} + P_{BK} + P_{\text{нит}} = 0,86 \text{ Вт}$$

Діод:

$$P_{VD} = U_{IP} \cdot I_{IP} = 0.5 \text{ Вт}$$

Резистори:

$$P_R = I_R^2 \cdot R = 0.44 \text{ Вт}$$

Транзистор:

Із довідкових даних визначимо статичні і динамічні втрати в транзисторі:

$$P_{СТ} = \frac{I_B \cdot U_{БЭ} + I_1 \cdot U_{КЭ} + \alpha \cdot U_{П} \cdot I_{к0}}{2} = \frac{0,21 \cdot 1,7 + 8,3 \cdot 0,9 + 2 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{2} = 3,9 \text{ Вт}$$

$$P_{ДИН} = \alpha \cdot U_{П} \cdot I_1 \cdot \tau_T \cdot f \cdot K_D = 2 \cdot 24 \cdot 8,3 \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 12,32 \cdot 10^{-6} \cdot 0,03 = 8,8 \text{ Вт}$$

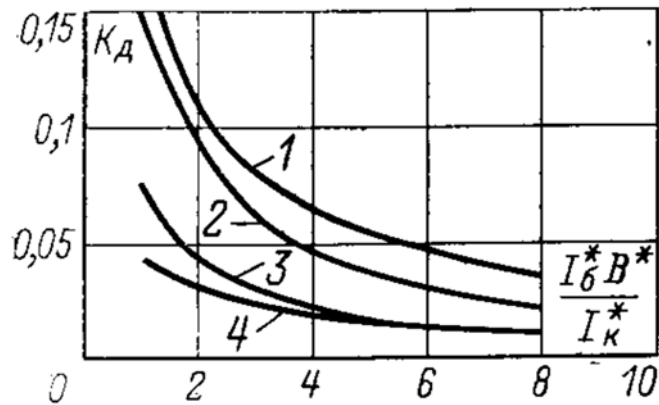


Рис.1 Залежність K_D від параметрів транзистора

Дросель:

$$P = I_B \cdot U_{оп} = 0,21 \cdot 3 = 0,63 \text{ Вт}$$

Сумарні втрати:

$$P_{\Sigma} = P_{транс} + P_{VD} + P_R + P_{VT} + P_{ДП} = 0,86 + 0,5 + 0,44 + 3,9 + 8,8 + 0,63 = 15,13 \text{ Вт}$$

ККД:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{P_{\Sigma ВТРАТИ}}{P_H}} = \frac{1}{1 + \frac{15,13}{144}} = 0,904$$

ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИКОНАННЯ ДКР

1. Энергетична електроніка. Жуйков В.Я., Рогаль В.В., Будьонний О.В., Пілінський В.В. Київ, 2008. Електронний підручник. <http://fel.kpi.ua/lib/pidruchniki>
2. Колосов В.А., Лукин А.В., Сергеев Б.С. Схемотехника высокочастотных преобразователей напряжения. Справочное пособие

- под. ред. В.А. Колосова. – (Силовая электроника РЭА). Вып. 3.- М.: АОВТ и ПЭ. 1993. – 150 с.
3. Справочник. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры.: М. „Три Л”. 2000. – 400 с.
 4. Функциональные устройства систем электропитания наземной РЭА/ В.В. Авдеев, В.Г. Костиков, А.М. Новожилоа, В.И. Чистяков; Под. ред. В.Г. Костикова. – М.: Радио и связь, 1990. – 192 с.
 5. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник/ Г.С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хосеинов и др.; Под. ред. Г.С. Найвельта. – М.: Радио и связь, 1985. – 576 с.
 6. Методические указания к курсовому проекту „Преобразовательная техника”. Для студентов заочн. формы обучения. Составители: В.И. Сенько, В.Н. Скобченко, В.Г. Морозов, К.К. Победаж. – Киев: КПИ, 1984. – 64 с.
 7. Микроэлектронные электросистемы. Применения в радиоэлектронике./ Ю.И. Конев, Г.Н. Гулякович, К.П. Полянин и др.; Под .Ред. Ю.И. Конева. – М.: Радио и связь, 1987. – 240 с.
 8. Аварийные режимы преобразовательных устройств. Текст лекций. В.С. Руденко. – Киев: КПИ, 1986. – 59 с.
 9. Перетворювальна техніка. Підручник. Ч.2. / Ю.П. Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов, М.В. Панасенко, В.Я. Ромашко, В.С. Руденко. За ред. В.С. Руденко. – Харків: Фоліо, 2000 – 360 с.
 10. Источники вторичного электропитания / В.А. Головацкий и др. Под. ред. Ю.И. Конева. 2-е изд. перераб. и доп. М.: 1990.

ПРИКЛАД ТИТУЛЬНОЇ СТОРІНКИ ДКР

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут Ігоря Сікорського»

ДОМАШНЯ КОНТРОЛЬНА РОБОТА
З КУРСУ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ
ВАРІАНТ

Перевірив:

(посада, ініціали та прізвище)

Виконав

ст. групи: _____

(дата захисту)

(підпис)

Кількість балів:

Київ 201_