

ДАТНИК

V-2

КНИГАТА ТРЯБВА ДА СЕ ВЪРНЕ НЕ ПО-КЪСНО ОТ ПОСОЧЕННАТА ТУК ДАТА

10 - 03 - 2003

10 - 03 - 2003

6 - 09 - 2004

2 - 11 - 2004

13. 08. 2007

10. 3. 08

27. 08. 2008

06. 04. 2009

07 - 04 - 2010

Вега-33

Н. Стефанов

Д. Дечев

**РЪКОВОДСТВО
ЗА ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ ПО
ТОКОЗАХРАНВАЩИ
УСТРОЙСТВА**

СОФИЯ

ВЪВЕДЕНИЕ

Лабораторните упражнения по Токозахръзваници устройства се провеждат в специално обзаведена за целта лаборатория. За правилното протичане на учебния процес е необходимо:

- а) стриктно спазване на правилата за техника на безопасност;
- б) предварителна теоретична подготовка на студентите по темата на провежданото упражнение;
- в) предварително запознаване със заданието за работата и работната схема на упражнението.

Упражненията се отработват на работни места посредством лабораторни мащаби или опитни изпитанички. Измервателните уреди, товарните резистори и захъдящите токоизточници по правило не са вградени в макетите и са от универсален тип. Сързането им става чрез съединителни проводници. Преди включване на всяка схема ѝзължително е да бъде проверен правилността на сързане от ръководителя на занятието.

Когато измерването на няколко електрическа величина се извършва с електромеханичен уред, типът на неговата измервателна система трябва да е подходящ за това. Ако измерването се извършва с цифров уред, обхватът му се избира така, че да се получи максималната възможна точност.

При снемането на единните резултати, когато те представляват определена функция при параметър a , напр. $y = f_1(x)$ при $a = \text{const}$ и трябва да се изчисли вторичната функция $z = f_2(x, y)$, се пренасочва записването на резултатите да става в таблица, оформена като табл. 1.

Таблица 1

$$y = f_1(x), z = f_2(x, y) \text{ при } a_1, a_2, \dots, a_n = \text{const}$$

x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
y	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
$f_1(a)$	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}	
$f_2(a)$	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{24}	
	:	:	:	:	
$f_n(a)$	z_{n1}	z_{n2}	z_{n3}	z_{n4}	

Когато табличната функция се представя графично, машабите на координатните оси се избират така, че да се получи добра прегледност на резултатите. Допуска се използване на разтегнати машаби по координатните оси. Графики на една функция с различни параметри се построяват върху една координатна система.

Преди всяка група упражнения са дадени общи теоретични указания, валидни за всички упражнения от групата. Тяхното спазване е задължително, независимо че не се повтарят при описание на всяко конкретно упражнение.

I. ХИМИЧНИ ТОКОИЗТОЧНИЦИ

ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ

Химичните токоизточници са устройства, превръщащи химична енергия (енергията на окислително-редукционните процеси) в електрическа. За това е необходимо да има галванична двойка.

Галванична двойка – електрохимична система, съставена от два различни по химичен състав проводника, наречени електроди, които са потопени в електролит.

Първични химични токоизточници – в тях протича еднопосочна необратима електрохимична реакция, а именно превръщането на химичната енергия в електрическа. Използват се еднократно. Наричат се още галванични елементи.

Вторични химични токоизточници – в тях протича обратима електрохимична реакция. Възможно е както превръщането на химичната енергия в електрическа, така и превръщането на електрическата енергия в химична. Използват се многократно. Наричат се още акумулатори.

Положителен електрод (положителен полюс) на химичния токоизточник – електродът, който е наелектризиран положително.

Отрицателен електрод (отрицателен полюс) на химичния токоизточник – електродът, който е наелектризиран отрицателно.

Електродите на химичния токоизточник запазват полярността си независимо от посоката на тока през него.

Анод на химичния токоизточник – електродът, върху който се извършва реакцията окисляване.

Катод на химичния токоизточник – електродът, върху който се извършва реакцията редукция.

В зависимост от посоката на тока през химичния токоизточник, който определя вида на реакцията върху електродите, положителният полюс може да бъде анод или катод. Същото се отнася и за отрицателния полюс. Например в един акумулатор през време на зареждането му с електроенергия положителният му електрод се окислява, следователно е анод, а отрицателният електрод се редуцира, значи е катод. Обаче, при разреждането на същия акумулатор положителният електрод се редуцира, т.е. става катод, а отрицателният електрод се окислява, т.е. става анод. Вижда се, че в един и същ токоизточник един и същ електрод може да бъде или анод, или катод според вида на електрохимичната реакция.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 1

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХИМИЧНИ ТОКОИЗТОЧНИЦИ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

- 1.1. Запознаване с конструкциите на различни видове първични и вторични химични токоизточници.
- 1.2. Измерване на основните параметри на химичните токоизточници.
- 1.3. Запознаване с основните правила за експлоатация на акумулаторните батерии.

2. ТЕОРИЯ

Основните параметри на химичните токоизточници са:

Електродвижещо напрежение – потенциалната разлика между електродите. Зависи от вида на електродите и електролита.

Вътрешно съпротивление – съпротивлението на електрохимичната система. Зависи от вида на електродите, електролита и от размерите на токоизточника.

Капацитет на химичния токоизточник – количеството електричество, което той може да отдаде на консуматора при определен режим на изтощаване. Измерва се в амперчасове [Ah].

Поляризация – явление, при което се намалява електродвижещото напрежение (е.д.н.) на химичния токоизточник и се увеличава вътрешното му съпротивление. Проявява се при протичане на ток през химичния токоизточник. Поляризацията бива два вида:

Неотстранима поляризация – дължи се на изразходването на химично активните вещества. Тя се увеличава непрекъснато през време на работа и характеризира степента на изтощаване на химичния токоизточник.

Отстранима поляризация – възниква само през време на протичане на ток през химичния токоизточник и бива два вида:

- a) *концентрационна* – дължи се на намаляването на концентрацията на електролита в близост до електродите;
- b) *газова* – предизвиква се от натрупването на газови мехурчета (водород) около катода.

Отстранимата поляризация изчезва с определена скорост при прекъсване на тока. Влиянието ѝ може да се намали чрез конструктивни решения на химическия токоизточник.

Вторичните химически токоизточници имат следните допълнителни параметри:

Коефициент на използване на количеството електричество – отношението на количеството електричество, отдано от акумулатора през време на разреждането, към количеството електричество, вкарано

в акумулатора през време на зареждането му:

$$k_q = \frac{q_p}{q_s} = \frac{\int_0^{t_p} i_p dt}{\int_0^{t_s} i_s dt}$$

Коефициент на използване на енергията (к.п.д.) – отношението на енергията, получена при разреждането, към енергията, изразходвана за зареждане на акумулатора:

$$\eta = \frac{W_p}{W_s} = \frac{\int_0^{t_p} u_p i_p dt}{\int_0^{t_s} u_s i_s dt}$$

Дълготрайност или живот на акумулатора – измерва се в цикли заряд-разряд или в години.

3. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

Да се изследва оловна акумулаторна батерия.

Предупреждение! При работа с оловните акумулатори да се проявява повишено внимание и предпазливост. Електролитът е воден разтвор на сярна киселина (H_2SO_4) и е силно разляжащ. Ако капки електролит попаднат върху метални предмети, предизвикват корозия, а върху органични вещества – дърво, дрехи, човешка кожа и др., предизвикват овъгляване, подобно на силно изгаряне. Да се пазят очите!

3.1. Да се измери нивото на електролита във всяка клетка на акумулаторната батерия:

Извършва се със стъклена тръбичка с вътрешен диаметър $2 \div 3$ mm и дължина $150 \div 300$ mm. Това става по следния начин: Развива се капачката на акумулаторната клетка и се оставя върху акумулатора в близост до отвора. Тръбичката се хваща с палеца и средния пръст на ръката и се потапя в електролита вертикално, докато долният ѝ край опре в сепараторите на акумулатора. Да не се натиска! Горният отвор на тръбичката се запушва добре с показалеца на същата ръка и тръбичката внимателно се повдига над отвора за капачката. Височината на електролита, който е останал вътре в тръбичката, показва нивото на електролита в акумулаторната клетка над сепараторите. То трябва да бъде $5 \div 10$ mm. Ако нивото е по-ниско, долива се дестилирана вода до достигане на необходимата височина.

Електролитът от тръбичката се излива в акумулатора, като се отпуши горният и край (повдига се показалецът на ръката).

Описаната манипулация се извършва за всички клетки на акумулаторната батерия.

3.2. Да се измери плътността на електролита във всяка клетка на акумулаторната батерия и да се изчисли наличният капацитет в амперчасове.

Плътността на електролита се измерва с ареометър. Използува се такъв специално предназначен за акумулятори (фиг. 1). Състои се от стъклено тяло 1, градуиран поплавък 2 и гумена круша 3.

Измерването се извършва по следния начин. Уредът се държи с ръка за гумената круша и се надвесва вертикално над отвора на акумулаторната клетка. Крушата се стиска, за да излезе въздухът от нея, и долната част на ареометъра се потапя в електролита. Внимателно се отпуска гумената круша, при което се засмуква електролит в стъклениот тяло. Ареометърът се държи вертикално, за да може поплавъкът 2 да плува свободно, без да допира в дъното или стенните на тялото 1. Отчитането на плътността на електролита става по градуираната скала на поплавъка.

Наличният капацитет на акумулатора q се изчислява по формулата

$$q_1 = \frac{d_1 - d_{\min}}{d_{\max} - d_{\min}} q_{\text{ном}}, \text{ Ah},$$

където $q_{\text{ном}}$ е номиналният капацитет на акумулатора;

d_1 – измерената гъстота на електролита;
 d_{\min} – минимално допустимата плътност на електролита по заводско предписание;

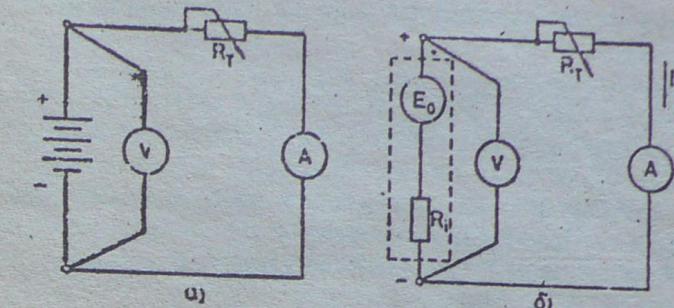
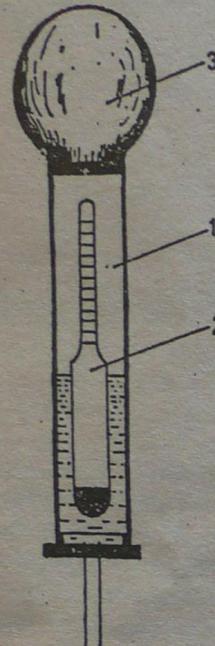
d_{\max} – максимално допустимата плътност на електролита по заводско предписание.

Фиг. 1. Ареометър за електролит на акумулатори
 1 – стъклено тяло;
 2 – градуиран поплавък;
 3 – гумена круша

Ако отделните клетки на акумулаторната батерия имат различна плътност на електролита, т.е. различен капацитет, използването на батерията се ограничава от клетката с най-малък капацитет. В такъв случай се налага т. нар. изравнително зареждане.

3.3. Да се снеме товарната характеристика и се изчисли вътрешното съпротивление на акумулаторната батерия.

Товарната характеристика и вътрешното съпротивление R_i на акумулаторната батерия се снемат чрез опитната постановка, схемата на която е показана на фиг. 2a.



Фиг. 2. Опитна постановка за снемане на товарната характеристика на акумулаторна батерия

a – принципна схема; b – еквивалентна схема; V – цифров волтметър; A – амперметър; R_T – реостат; E_0 – е.д.н. на акумулаторната батерия; R_i – вътрешно съпротивление на акумулаторната батерия

На фиг. 2б е показана еквивалентната схема на акумулаторната батерия. Измерването се извършва по следния начин. Чрез цифровия волтметър V се отчита напрежението U върху клемите на акумулаторната батерия с точност до 0,01 V първоначално на празен ход, а след това при различни товарни токове по-възходящ ред. Напрежението се отчита, когато показанието на волтметъра се стабилизира до известна степен, т.е. скоростта на изменението му стане по-малка от 0,001 V за 10 s. Резултатите се нанасят в таблица. Независимата променлива в случая е товарният ток I_T , а зависимите променливи са U и R_i . За товарния ток I_T се задават стойности през 1 A от 0 до 0,2 q, т.е. ако акумулаторната батерия е 55 Ah, максималният ток ще бъде 11 A.

Вътрешното съпротивление R_i на акумулаторната батерия за определен товарен ток се изчислява по формулата

$$R_i = \frac{U_{n-1} - U_n}{I_{Tn} - I_{Tn-1}}, \Omega,$$

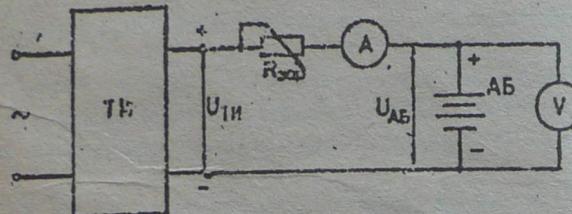
където n е пореден номер на измерването.

От данните в таблицата върху една координатна система се построяват графиките на $U = f_1(I_T)$ и $R_i = f_2(I_T)$. По ординатната ос се използува разтегнат мащаб за U , който не започва от нула, за да се получи по-голяма прегледност на товарната характеристика. Мащабът на R_i започва от нула, а получените стойности се нанасят като точки

с абсциса, средна между двата тока $\frac{I_{Tn} + I_{Tn-1}}{2}$, за които е извършило изчислението. Вътрешното съпротивление на една акумулаторна клетка е равно на изчисленото съпротивление, разделено на броя на последователно свързаните клетки.

3.4. Да се снемат зарядно-разрядните характеристики на акумулаторната батерия.

a. **Разрядна характеристика.** Използува ге опитната постановка съгласно фиг. 2а. Чрез реостата R_T се задава разрядният ток. През цялото време на измерването разрядният ток се поддържа неизменен, чи-слено равен на 0,1 от номиналния капацитет, например при $q = 55 \text{ Ah}$, $I_T = 5,5 \text{ A}$. Пътността на електролита се измерва в началото и в края на разреждането. През 5 min се извършва отчитане на напрежението в продължение на 30 min. Резултатите се нанасят в таблица.



Фиг. 3. Схема за зареждане на акумулаторна батерия
TI - токоизправител; АБ - акумулаторна батерия;
 $R_{зар}$ - реостат за регулиране на зарядния ток

b. **Зарядна характеристика.** Акумулаторната батерия се включва за зареждане към токоизправител по схемата от фиг. 3. Токоизправителят трябва да има напрежение $U_{ти} = (1,5 \div 1,8)U_{АБ}$. С реостата $R_{зар}$ се регулира и се поддържа постоянен ток на стойност $I_{зар} = \frac{q}{10}$, например при акумулатор 55 Ah - $I_{зар} \approx 5 \text{ A}$.

Пътността на електролита се отчита в началото и в края на зареждането. През 5 min се извършва отчитане на напрежението в продължение на 30 min. Резултатите се нанасят в таблица.

По данните от двете таблици върху координатната система да се построят зарядно-разрядните криви на акумулаторната батерия $U_p = f_1(t)$ и $U_{зар} = f_2(t)$.

След приключване на работата с акумулаторната батерия гъстотомерът и тръбичката за измерване на нивото на електролита да се измият много добре с вода.

3.5. Да се изследва галваничен елемент (първичен химичен токоизточник), като се изпълни заданието по точка 3.3 и се използува схемата от фиг. 2. Товарният ток да се увеличава от $I_T = 0$ до $I_T = 0,1q$. Отчитането по волтметъра да става с точност до 0,001 V.

II. ТОКОИЗПРАВИТЕЛНИ СХЕМИ И ИЗГЛАЖДАЩИ ФИЛТРИ

Токоизправителите са електронни преобразуватели на променливоковата електрическа енергия в постояннотокова. За целта се използват схеми, съставени от електрически вентили (диоди).

Класификация на токоизправителните схеми

Според броя на фазите на електроразпределителната система, захранваща токоизправителната схема, токоизправителите биват:

a. **Еднофазни** – когато вторичната намотка на трансформатора е еднофазна и

b. **Многофазни** – когато вторичната намотка на трансформатора е с повече от една фаза.

В зависимост от начина на свързване на вентилите в токоизправителна схема, токоизправителите биват:

a. **Еднополупериодни** – когато през коя да е фазна намотка на вторичната страна на трансформатора протича ток само през единия полупериод на нейното напрежение;

b. **Двуполупериодни** – когато през коя да е фазна намотка на вторичната страна на трансформатора протича ток и през двата полупериода на нейното напрежение.

Според вида на товара токоизправителите работят с активен, индуктивен или капацитивен товар.

Изправеното напрежение след вентилната група освен постоянна съставка съдържа още променлива съставка, която е несинусоидална и може да се разложи в хармоничен ред. Това са т. нар. пулсации на изправеното напрежение. За премахване на тяхното влияние върху консуматора между него и токоизправителя се включва изглаждащ филтър. В такъв случай пулсациите на изхода на филтъра числено се намаляват толкова пъти, колкото е коефициентът на изглаждане на филтъра.

Коефициентът на пулсации на изправеното напрежение преди филтъра е

$$k'_{n(1)} = \frac{E'_{(1)}}{E'_0} = \frac{2}{p^2 - 1},$$

където $E'_{(1)}$ е амплитудата на първия хармоник на пулсациите преди филтъра;

E'_0 – постоянна съставка на напрежението преди филтъра;

$p > 1$ – броят на фазите на токоизправителя (за мостов токоизправител броят на фазите се удвои).

Коефициентът на пулсации на изходното напрежение след филтъра е

$$k''_{n(1)} = \frac{E''_{(1)}}{E''_0},$$

където $E''_{(1)}$ е амплитудата на първия хармоник на пулсациите след филтъра;

E'_0 – постоянната съставка на напрежението след филтъра.

Кофициентът на изглаждане на филтъра за първия хармоник на пулсациите е

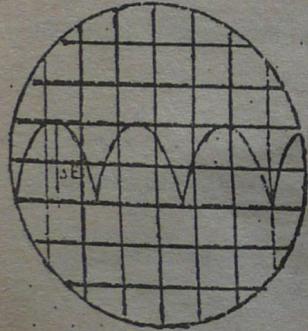
$$k_{изгл} = \frac{k'_{\pi(1)}}{k''_{\pi(1)}} = \frac{E'_{(1)} E''_0}{E'_0 E''_{(1)}}$$

Ако филтърът има много малко активно съпротивление, $E'_0 \approx E''_0$ и тогава кофициентът на изглаждане на филтъра става равен на кофициента на филтрация

$$k_{изгл} = k_\phi = \frac{E'_{(1)}}{E''_{(1)}}$$

Измерването на кофициента на пулсации в една работеща схема се извършва с осцилоскоп. Измерването е приблизително, но с достатъчна за практиката точност. Това става по следния начин: Усилвателят за вертикално отклонение на лъча на осцилоскопа се калибрира предварително с помощта на вградения калибратор. След това неговият вход, пренесен в положение "променливо напрежение", се свързва паралелно на товара и се наблюдава кригата на пулсациите (Фиг. 4). Отчита се размаха на пулсациите ΔE . Приема се, с известно приближение, че измерената с осцилоскопа стойност е равна на двойната амплитуда на първия хармоник на променливата състапка. Тогава кофициентът на пулсации се изчислява по формулата:

$$k_n = \frac{\Delta E}{2E'_0}$$



Фиг. 4. Изображение от рък екрана на осцилоскоп на кригата на пулсациите на изправеното напрежение

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 2

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕДНОФАЗНИ И ДВУФАЗНИ ТОКОИЗПРАВИТЕЛИ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

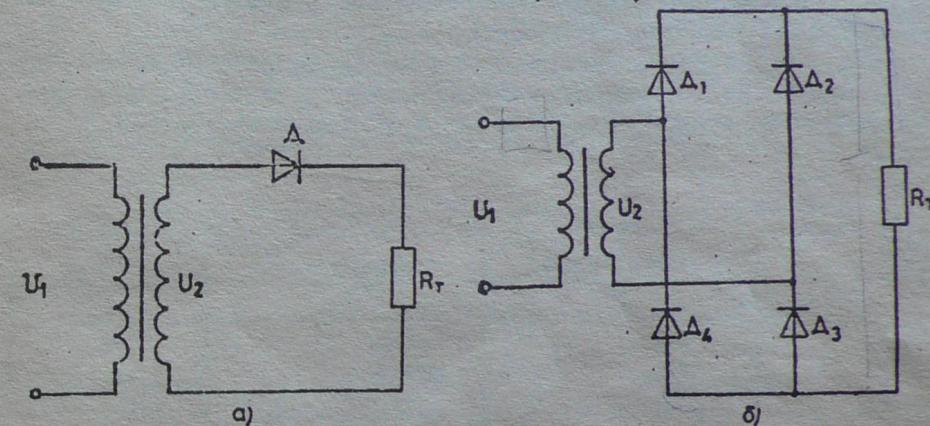
1.1. Да се изследва работата на еднофазни и двуфазни токоизправители при активен характер на товара.

1.2. Да се усвои изчисляването на реален токоизправител (със загуби) при капацитивен характер на товара и да се изследва практически работата му.

1.3. Да се анализира влиянието на капацитивния товар върху работата на токоизправителите.

2. ТЕОРИЯ

Еднофазни токоизправители са тези, при които захранването на вентилната група се извършва от еднофазно напрежение. Към тях спадат еднофазният единополупериоден (фиг. 5a) и еднофазният мостов



Фиг. 5. Схеми на еднофазни токоизправители
a – еднофазен единополупериоден; б – еднофазен мостов; в – двуфазен единополупериоден

(фиг. 5б) токоизправител. Подобен по действие на мостовия токоизправител е двуфазният еднополупериоден токоизправител (фиг. 5б), който също е обект на изследване в настоящото упражнение.

Тази група токоизправители се използват главно за захранване на маломощни консуматори и най-често работят при капацитивен характер на товара.

В ръководството са възприети следните обозначения на величините:

E_0 – средна стойност (постоянна съставка) на изправеното напрежение;

I_0 – средна стойност (постоянна съставка) на изправеният ток;

E_2 – електродвижещо напрежение на вторичната намотка на трансформатора (ефективна стойност);

I_2 – ток през една фаза на вторичната намотка на трансформатора (ефективна стойност);

$P_{\text{и}}$ – изчислителна мощност на трансформатора;

I_a – ток в права посока през един вентил от токоизправителя (средна стойност);

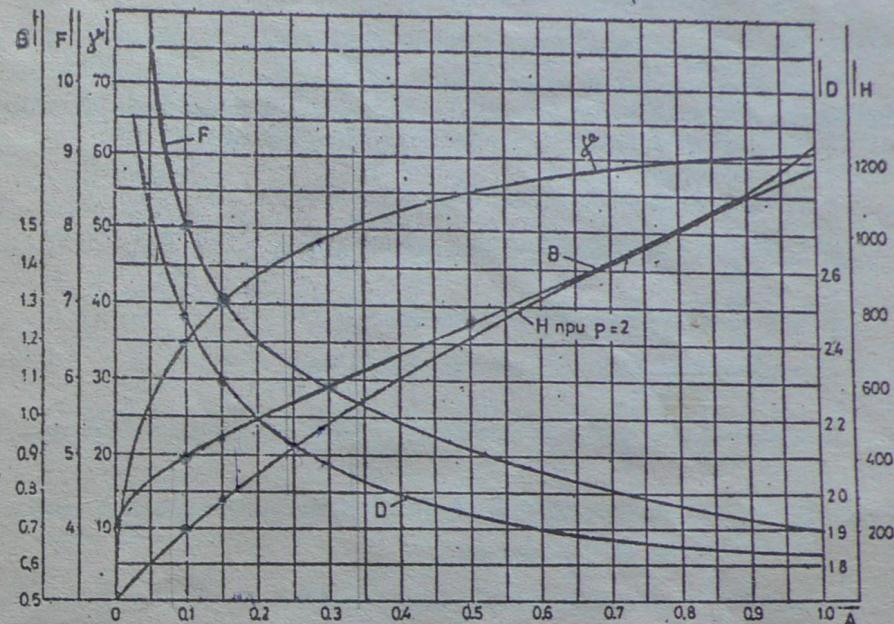
U_R – обратно напрежение приложено върху един вентил от токоизправителя (максимална стойност).

Основните съотношения между токовете и напреженията на трите схеми при активен характер на товара и идеални вентили и трансформатор (работка на токоизправителя без загуби) са дадени в табл. 2.

Таблица 2

Величина	Еднофазна еднополупериодна	Двуфазна еднополупериодна	Еднофазна мостова
1	2	3	4
E_2	$2,22E_0$	$1,11E_0$	$1,11E_0$
I_2	$1,57I_0$	$0,785I_0$	$1,11I_0$
I_1	$1,21I_0$	$1,11I_0$	$1,11I_0$
$P_{\text{и}}$	$3,09P_0$	$1,48P_0$	$1,23P_0$
I_a	$1,00I_0$	$0,5I_0$	$0,5I_0$
$U_R \max$	$3,14E_0$	$3,14E_0$	$1,57E_0$
$k_{\text{п}}$	1,57	0,67	0,67

Големите пулсации на изправеното напрежение се намаляват, като между токоизправителя и консуматора се включва изглаждащ филтър. За маломощни еднофазни и двуфазни токоизправители най-ефективен е филтърът с капацитивен вход. В този случай работата на токоизправителя твърде много се различава от работата при активен характер на товара и основните съотношения между токовете и напреженията, дадени в табл. 2, не са валидни. За изчисляване на режима на работа се прилага графоаналитичен метод, при който се използват диаграмите от фиг. 6.



Фиг. 6: Диаграма на параметрите за изчисляване на токоизправители с капацитивен характер на товара

Предварително се изчислява параметърът A:

$$A = \frac{\pi I_0 R}{p U_0},$$

където I_0 е товарният ток, А;

$R = R_{\text{тр}} + R_b$ – сумата от съпротивленията на трансформатора и на вентилите на една фаза, Ω ;

p – броят на фазите (за мостовата схема броят на фазите се удвоjava – $2p$);

U_0 – изходното напрежение на токоизправителя.

Съпротивлението на трансформатора се привежда към вторичната му намотка и е равно на

$$R_{\text{тр}} = R_2 + R_1^* = R_2 + \frac{1}{k_{\text{тр}}^2} R_1,$$

където $R_1^* = \frac{1}{k_{\text{тр}}^2} R_1$ е приведеното съпротивление на първичната намотка на трансформатора към вторичната намотка;

R_2 – съпротивление на вторичната намотка;

$k_{tp} = \frac{E_1}{E_2}$ – коефициент на трансформация на трансформатора.

След определяне на A от диаграмите на фиг. 6 се отчитат и другите параметри и се изчисляват останалите величини по следните формули:

- ефективна стойност на вторичното напрежение

$$U_2 = BU_0;$$

— ефективна стойност на вторичния ток

$$I_2 = \frac{I_0}{p} D \text{ – за еднополупериодните схеми и}$$

$$I_2 = \frac{I_0}{p} \sqrt{2} D \text{ – за мостовата схема;}$$

— ефективна стойност на първичния ток

$$I_1 = \frac{1}{k_{tp}} \sqrt{I_2^2 - \left(\frac{I_0}{p}\right)^2} \text{ – за еднофазната еднополупериодна схема и}$$

$$I_1 = \frac{1}{k_{tp}} I_2 \text{ – за мостовата и двуфазната еднополупериодна схема.}$$

— амплитуда на токовия импулс

$$I_{2m} = F \frac{I_0}{p} \text{ – за еднополупериодните схеми и}$$

$$I_{2m} = F \sqrt{2} \frac{I_0}{p} \text{ – за мостовата схема;}$$

— коефициент на пулсации на изхода на токоизправителя

$$k_p = \frac{1}{CR} H,$$

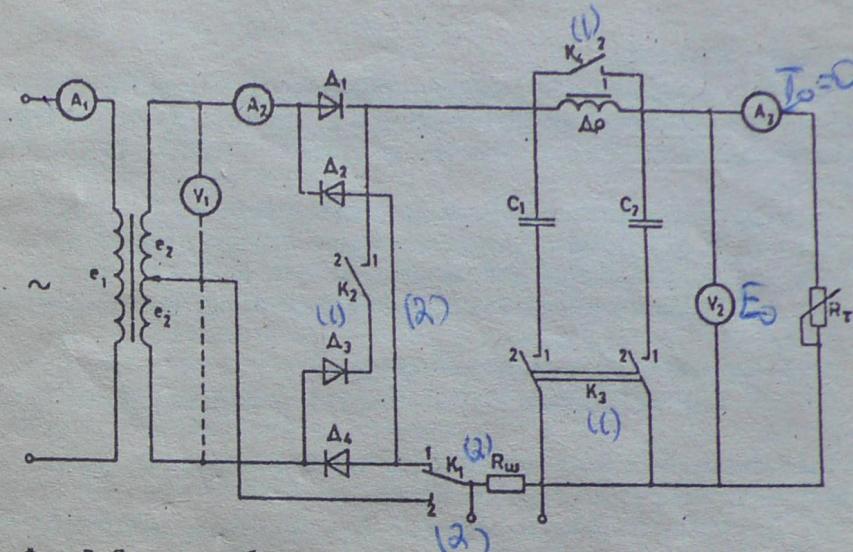
където C е капацитетът на кондензатора, μF .

3. СХЕМА НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

Схемата на лабораторния макет е показана на фиг. 7. Трансформаторът има две еднакви, последователно свързани вторични намотки, което дава възможност да се реализират три различни схеми на токоизправители чрез превключване на ключовете K_1 и K_2 . С ключовете K_3 и K_4 се променя видът на товара – активен, индуктивен и капацитивен.

Амперметрите A_1 и A_2 измерват ефективните стойности на несинусоидалните токове и затова трябва да са от електромагнитната или електродинамичната система. Амперметрът A_3 и волтметърът V_2 измерват средна стойност и затова трябва да са от магнитоелектрическата система. Системата на волтметъра V_1 е без значение, но трябва да е за променливо напрежение.

Резисторът R_w служи за измерване на амплитудата на токовите импулси I_{2m} и големината на ъгъла на отсечка γ , когато вентилите провеждат. Измерването става с осцилоскоп, като се наблюдава падът



Фиг. 7. Схема на лабораторен макет за изследване на еднофазни и двуфазни токоизправители

на напрежение върху R_w (фиг. 8). Тогава от осцилограмата се определят:

1) Ток през R_w –

$$I_{2m} = \frac{U_{w \max}}{R_w} \text{ A.}$$

2) Ъгъл на отсечка на токовия импулс – γ

a) За еднофазния еднополупериоден токоизправител –

$$\gamma = \frac{l}{T} \pi, \text{ rad, или}$$

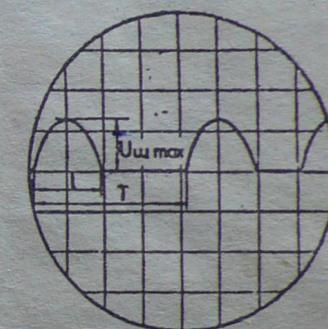
$$\gamma = \frac{l}{T} 180, \text{ deg.}$$

b) За двуфазния и еднофазния мостов токоизправител –

$$\text{ТУ-СОФИЯ } \frac{l \pi}{T}, \text{ rad или}$$

БИБЛИОТЕКА

$$\text{Ин8.№ } \frac{l}{T} 90, \text{ deg.}$$



Фиг. 8. Изображение върху екрана на осцилоскопът при измерване на амплитудата на токовите импулси I_{2m} и на ъгъла на отсечка γ

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Посредством графо-аналитичния метод да се изчислят всички величини на двуфазния еднополупериоден и еднофазния мостов токоизправител при капацитивен характер на товара. Зададени са следните величини:

a. За двуфазния еднополупериоден токоизправител:

$$U_0 = 13 \text{ V}; I_0 = 0,5 \text{ A}; \text{ над на напрежението върху диодите} -$$

$$\Delta U_d = 0,7 \text{ V}; C_1 = C_2 = 200 \mu\text{F}; R_{1\text{tp}} = 37 \Omega; R_{2\text{tp}} = 0,5 \Omega;$$

$R_{\text{tr}} = 1,4 \Omega$; коефициентът на трансформация на трансформатора $k_{\text{tp}} = 16,4$.

b. За еднофазния мостов токоизправител:

$U_0 = 24 \text{ V}; I_0 = 1 \text{ A}; k_{\text{tp}} = 8,2$. Останалите данни са същите както при т.4.1.a.

Забележка: при изчисляването на токоизправителите да се има предвид, че $C = C_1 + C_2 = 400 \mu\text{F}$.

4.2. Да се реализира схемата от фиг. 7. и да се измерят величините:

$$U_0; U_2; I_2; I_1; I_{2m}; k_{\text{pi}}; \gamma \text{ и } U_{R_{\text{tr}}}$$
 за:

a. Схема на двуфазен еднополупериоден токоизправител (ключът K_1 е в положение 2, ключът K_2 – в положение 1, ключът K_3 – в положение 1 и ключът K_4 – в положение 1). Товарният ток да се установи на стойност $I_0 = 0,5 \text{ A}$. Да се сравнят опитните и теоретично изчислените резултати.

b. Схема на еднофазен мостов токоизправител (ключът K_1 е в положение 1, останалите ключове са както при т.4.2.a). Товарният ток да се установи на стойност $I_0 = 1 \text{ A}$. Да се сравнят опитните и теоретично изчислените резултати.

4.3. Да се снемат товарните характеристики $U_0 = f(I_0)$ на:

a. Еднофазния еднополупериоден токоизправител за следните товари: активен товар, капацитивен товар и товар с П-образен CLC филтър. Еднофазната еднополупериодна схема се реализира, като ключовете K_1 и K_2 са в положение 2. Товарният ток да се изменя от 0 до 0,5 A през 0,1 A по възходящ ред.

b. Двуфазния еднополупериоден токоизправител за активен товар, капацитивен товар и товар с П-образен CLC филтър. Товарният ток да се изменя от 0 до 0,5 A през 0,1 A по възходящ ред.

c. Еднофазния двуполупериоден (мостов) токоизправител за активен товар, капацитивен товар и товар с П-образен CLC филтър. Товарният ток да се изменя от 0 до 1 A през 0,2 A по възходящ ред.

Снетите товарни характеристики на трите токоизправителя да се построят графично върху една обща координатна система. Да се направи сравнение за твърдостта на характеристиките в зависимост от вида на схемата и характера на товара.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 3

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТРИФАЗНИ ТОКОИЗПРАВИТЕЛИ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1.1. Да се изследва работата на трифазния еднополупериоден и трифазния двуполупериоден (мостов) токоизправител при активен характер на товара. Да се изчислят теоретично напреженията и токовете в схемите и да се сравнят с опитно измерените резултати.

1.2. Да се изследва работата на трифазния еднополупериоден и трифазния мостов токоизправител при индуктивен характер на товара. Да се изчислят теоретично напреженията и токовете в схемите и да се сравнят с опитно измерените резултати.

1.3. Да се направи сравнение на качествата на двете схеми. Да се анализира влиянието на индуктивния товар върху работата на токоизправителите.

2. ТЕОРИЯ

Трифазните токоизправителни схеми се използват при мощности над 1 kW поради техните предимства – добро използване на трансформатора, малко обратно напрежение върху вентилите, по-малки пулсации на изправеното напрежение и т.н.

Трансформаторът е трифазен. Първичните му намотки могат да се свържат по произволна схема – звезда, триъгълник, зиг-заг. Вторичните намотки при трифазния еднополупериоден токоизправител задължително се свързват по схема с изведена нулева точка – звезда или зиг-заг. За мостовата схема нулевият извод не е необходим и затова може да се използува и свързване на намотките в схема триъгълник.

В лабораторното упражнение се изследват трифазни токоизправители, на които намотките на трансформаторите са свързани по схема звезда-звезда с изведена нулева точка на вторичната страна.

Основните съотношения между токовете и напреженията в двете схеми при активен характер на товара и идеални вентили и трансформатор (работка на токоизправителя без загуби) са дадени в табл. 3.

При многофазните токоизправители най-често се употребяват индуктивни филтри за изглеждане на пулсациите на изправеното напрежение. Когато реактивното съпротивление на дросела е много по-голямо от съпротивлението на товара, т.е.

$$x_L = p\omega L_\Phi > R_T,$$

коefficientът на филтрация е

$$k_\Phi \approx \frac{p\omega L_\Phi}{R_T}.$$

Таблица 3

Величина	Трифазна едно- полупериодна схема	Трифазна мостова схема
1	8	3
Ефективно фазно напрежение на вторичната намотка	$E_2 = 0,855 E_0$	$E_2 = 0,743 E_0$
Ефективен ток през вторичната намотка	$I_2 = 0,587 I_0$	$I_2 = 0,817 I_0$
Ефективен ток през първичната намотка	$I_1 = \frac{0,47}{k_{tp}} I_0$	$I_1 = \frac{0,817}{k_{tp}} I_0$
Изчислителната мощност на трансформатора	$P_{\text{и}} = 1,37 P_0$	$P_{\text{и}} = 1,05 P_0$
Среден ток през един вентил	$I_{cp} = 0,33 I_0$	$I_{cp} = 0,33 I_0$
Максимално обратно напрежение върху един вентил	$U_{R\max} = 2,1 E_0$	$U_{R\max} = 1,05 E_0$
Пулсации на изправното напрежение	$k_p = 0,25$	$k_p = 0,057$

В реалните токоизправителни схеми съпротивлението на трансформатора, на вентилите и на изглеждащия дросел влияе върху товарната характеристика на токоизправителя. Напрежението върху товара в този случай е

$$U_0 = E_0 - I_0(x_{stp} + R_{tp}) - \Delta E_\phi - U_b$$

Тук

$$x_{stp} = \frac{\rho \omega L_{stp}}{2\pi}$$

е приведеното към изхода на токоизправителя индуктивно съпротивление на трансформатора, дължащо се на магнитния поток на разсейване;

$$R_{tp} = R_2 + R_1^* = R_2 + \frac{1}{k_{tp}^2} R_1 - \text{приведеното към вторичната намотка}$$

активно съпротивление на трансформатора;

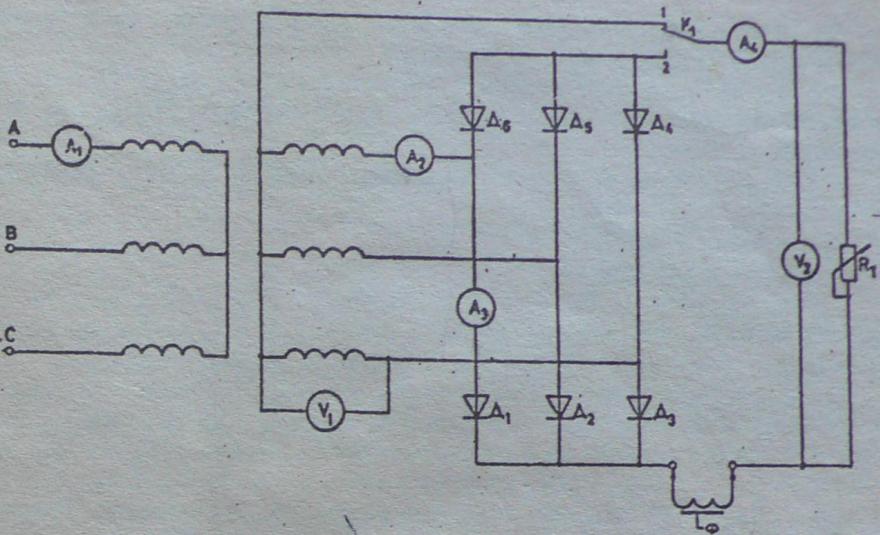
$$\Delta E_\phi = R_{tp} I_0 - падът на напрежението във филтровия дросел;$$

$$U_b - падът на напрежението в последователно свързаните вентили.$$

В случая x_{stp} се пренебрегва поради малката мощност на трансформатора.

3. СХЕМА НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

Схемата на макета за провеждане на лабораторното упражнение е показана на фиг. 9. Трансформаторът е трифазен, свързан в схема звезда-звезда. Чрез ключа K_1 токоизправителната схема може да се преобразува от трифазна еднополупериодна (положение 1) в трифазна двуполупериодна (мостова) схема (положение 2). Последователно с товара е включен дросел с индуктивност L_ϕ , който може да се шунтира с проводник и по този начин се реализират два режима на работа на токоизправителите – с активен и с индуктивен характер на товара.



Фиг. 9. Схема на лабораторен макет за изследване на трифазни токоизправители

Амперметрите A_1 и A_2 измерват ефективни стойности на несинусоидални токове, затова трябва да бъдат от електромагнитна или електродинамична система. Амперметрите A_3 и A_4 и волтметърът V_2 измерват средни стойности на токове и напрежения, затова трябва да са от електромагнитна система. Волтметърът V_1 може да бъде от всяка система за променливо напрежение.

За да се избегне въвеждането на асиметрия в схемата и изкривяването на осцилограмата на изправеното напрежение, амперметрите A_1 , A_2 и A_3 се включват само при измерването на съответните токове. През останалото време те се шунтират с проводници.

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. По формулите от табл. 3 да се изчислят двете токоизправителни схеми, като се знае, че:

a) вентилите имат следните данни:

- напрежение в обратна посока $U_{R\max} = 100 \text{ V}$;
- средна стойност на тока в права посока $I_b = 4 \text{ A}$;
- пад на напрежение в права посока $U_b = 0,7 \text{ V}$;

b) трансформаторът има следните данни:

- съпротивление на първичната намотка $R_1 = 80 \Omega$;
- съпротивление на вторичната намотка $R_2 = 0,7 \Omega$;
- коефициент на трансформация $k_{tp} = \frac{w_1}{w_2} = 16$;

c) зададените стойности на изправеното напрежение и ток са:

- за еднополупериодния токоизправител $E_0 = 17 \text{ V}$ и $I_0 = 0,5 \text{ A}$;
- за мостовия токоизправител $E_0 = 33 \text{ V}$ и $I_0 = 1 \text{ A}$;

d) съпротивлението на филтровия дросел е $R_{dp} = 1 \Omega$.

Резултатите да се нанесат в таблица с двойни графи - за изчислите и за опитно измерените резултати.

4.2. Да се измерят величините, изчислени от 4.1 за двете токоизправителни схеми. Стойностите да се нанесат в графата "измерени" на таблицата от т.4.1.

4.3. Да се снемат товарните характеристики $U_0 = f_1(I_0)$ за двете токоизправителни схеми:

- без изглаждащ дросел;
- с изглаждащ дросел.

За еднополупериодния токоизправител стойностите на тока да се изменят по възходящ ред от 0 до 0,7 A през 0,1 A, а за мостовия токоизправител - от 0 до 1,4 A през 0,2 A, също по възходящ ред.

От получените резултати да се построят графично четирите товарни характеристики на обща координатна система. Да се изчисли вътрешното съпротивление на токоизправителя за всяка товарна характеристика.

4.4. Да се наблюдават осцилограмите на изправеното напрежение на двета токоизправителя със и без изглаждащ дросел при ток $I_0 = 0,5$ A за трифазния еднополупериоден токоизправител и ток $I_0 = 1$ A за мостовия токоизправител. Да се изчислят коефициентите на пулсации преди и след дросела, както и коефициентът на филтрация за същите стойности на токовете съответно за двете схеми.

4.5. От данните получени в т.т.4.3 и 4.4 да се направи съравнение за твърдостта на характеристиките и качествата на токоизправителните схеми в зависимост от вида на схемата и характера на товара.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 4

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОКОИЗПРАВИТЕЛИ С УМНОЖАВАНЕ НА НАПРЕЖЕНИЕТО

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1.1. Запознаване с действието на различни схеми на токоизправители с умножаване на напрежението.

1.2. Изследване на товарните характеристики на токоизправители с умножаване на напрежението.

1.3. Изследване влиянието на капацитета на кондензаторите в схемите.

2. ТЕОРИЯ

При токоизправителите с умножаване на напрежението изходното напрежение се получава равно на амплитудата на входното, умножена с коефициента k , т.e. $E_0 = kE_{2m}$. Това се постига чрез подходящо свързване на k броя вентили и k броя кондензатори.

Когато напреженията, до които се зареждат отделните кондензатори, са различни и растящи по възходящ ред, а изходното напрежение се получава само върху последния кондензатор, схемата е от I род.

Когато напреженията, до които се зареждат кондензаторите (с изключение на първия), са еднакви и равни на удвоената амплитуда на захранващото напрежение, а изходното напрежение се получава върху група от последователно свързани кондензатори, схемата е от II род.

Токоизправителите с умножаване на напрежението работят с капацитетен характер на товара. Използват се при високи напрежения и малки токове, а също и при повишена честота на захранващото напрежение: Вътрешното им съпротивление е сравнително голямо и расте с повишаване на кофициента на умножаване k .

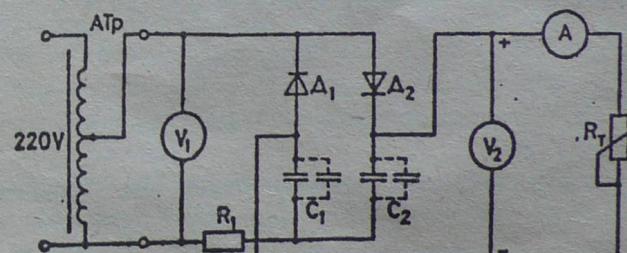
Според това, дали входното променливо напрежение и изходното изправено напрежение имат или нямат обща точка, схемите биват несиметрични и симетрични.

3. СХЕМИ И ОПИСАНИЕ НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА

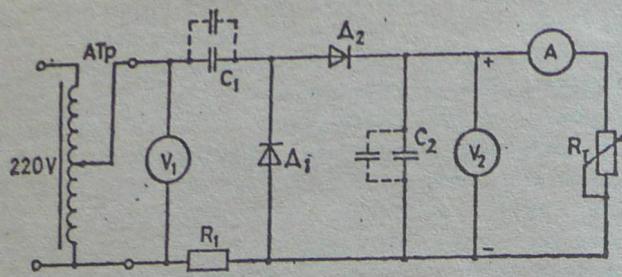
Схемите, използвани в лабораторния макет, са показани на фиг. 10, 11 и 12. На фиг. 10 е изобразена схема на симетричен мостов удвоител на напрежение (схема на Грейнахер), на фиг. 11 - схема на несиметричен удвоител на напрежение от II род и на фиг. 12 - схема на несиметричен удвоител на напрежение от II род. Трите схеми са монтирани на един макет, но нямат електрическа връзка помежду си и се изследват независимо една от друга. Захранването на токоизправителите се извършва с лабораторен автотрансформатор (вариатор), което позволява входното променливо напрежение да се регулира плавно от нула до максималната му стойност.

При схемите с удвояване на напрежението капацитетът на кондензаторите може да се изменя стъпално в две стойности: $C_1 = C_2 = C$ и $C_1 = C_2 = 2C$, чрез паралелно включване на допълнителни кондензатори.

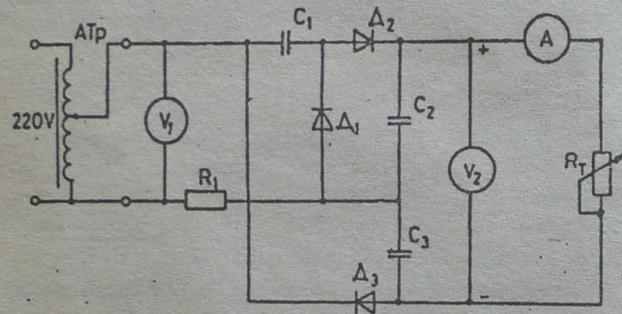
Предупреждение! В това лабораторно упражнение се работи със сравнително високо изходно напрежение (до 400 V) спрямо напрежението, използвани във всички останали упражнения. Въпреки голямото вътрешно съпротивление и малкия ток на токоизправителите трябва да се работи с повишено внимание и строго спазване на правилата за техническа безопасност!



Фиг. 10. Схема на лабораторен макет за изследване на симетричен мостов удвоител на напрежение



Фиг. 11. Схема на лабораторен макет за изследване на несиметричен удвоител на напрежение от II род



Фиг. 12. Схема на лабораторен макет за изследване на несиметричен утроител на напрежение от II род

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се подаде захранващо напрежение на макета. При снемане на товарните характеристики $U_0 = f(I_0)$, захранващото напрежение да се повиши плавно с лабораторния автотрансформатор до $U_{bx} = 100$ V и тази стойност да се поддържа неизменна през време на измерването.

Внимание! Ако захранващото напрежение се повиши над 100 V ефективна стойност, вентилите на токоизправителите ще се повредят!

4.2. Да се снемат товарните характеристики $U_0 = f(I_0)$ на симетричен мостов удвоител на напрежение при $U_{bx} = 100$ V = const за два варианта на схемата:

- $C_1 = C_2 = C$
- $C_1 = C_2 = 2C$.

И за двета случая товарният ток да се изменя от 0 до 40 mA през 10 mA по възходящ ред.

4.3. Да се снемат товарните характеристики $U_0 = f(I_0)$ на несиметричния удвоител на напрежение при $U_{bx} = 100$ V = const за два варианта на схемата:

- $C_1 = C_2 = C$;
- $C_1 = C_2 = 2C$.

Товарният ток да се изменя от 0 до 40 mA през 10 mA по възходящ ред.

4.4. Да се снемат товарните характеристики $U_0 = f(I_0)$ на несиметричния удвоител на напрежение при $U_{bx} = 100$ V = const. Товарният ток да се изменя от 0 до 40 mA през 10 mA по възходящ ред.

4.5. Да се построят графично всички товарни характеристики върху една координатна система.

4.6. Да се изчисли вътрешното съпротивление на схемите за всички варианти. Да се използват данните за две точки от всяка характеристика от средата на таблицата (графиката).

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 5

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗГЛАЖДАЩИ ФИЛТРИ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1.1. Да се наблюдава действието и да се изследват изглаждащи филтри с пасивни и активни елементи.

1.2. Да се изследват кофициентите на изглаждане при RC -, LC - и транзисторен филтър и се направи сравнителен анализ на резултатите.

1.3. Да се изследва действието на защитата по ток, вградена в транзисторния филтър.

2. ТЕОРИЯ

При изправяне на променливото напрежение от токоизправители наред с постоянната съставка съществува и променлива съставка в резултат на пулсациите на изправеното напрежение.

Задачата на изглаждащия филтър е да намали пулсациите на изправеното напрежение до една предварително зададена стойност. За целта филтърът трябва да задържа променливата съставка и да пропуска само постоянната. Следователно във всеки филтър трябва да участва елемент с реактивно съпротивление. В зависимост от използваните елементи филтрите биват пасивни и активни. Към пасивните спадат: капацитивен (C), индуктивен (L), активно-капацитивен (RC) и индуктивно-капацитивен (LC) филтри. Активните филтри съдържат електронен елемент, най-често транзистор, поставен на мястото на дросела или на кондензатора в пасивния филтър, затова често се наричат транзисторни филтри.

Транзисторните филтри биват с последователно или с паралелно свързване на транзистора.

При филтрите от последователен тип през транзистора протича целият ток на товара, поради което транзисторът е уязвим при късо съединение в изхода. Поради това транзисторният филтър се нуждае

ст за защита от претоварване по ток. Тя трябва да ограничава тока, пропадащ през транзистора в аварийен режим. При това мощността, разсейвана от транзистора не бива да превишава допустимата мощност за дадения тип транзистор. Времето за действие на защитата трябва да бъде минимално, за да се осигури бърз прекод на регулирация транзистор от режим на повишен разсейвана мощност към нормален топлинен режим.

Параметрите из основните величини при изследването на изглеждащите филтри са:

a. Пад на напрежението върху филтъра – разликата между постоянната съставка на напрежението на входа $U_{0\text{вх}}$ и на изхода $U_{0\text{изх}}$.

b. Кофициент на пулсации на напрежението на входа на филтъра – отношението на амплитудата на първия гармоник на променливата съставка на напрежението на входа $U_{(1)\text{вх}}$ към неговата постоянна съставка $U_{0\text{вх}}$:

$$k_{\text{п.вх}} = \frac{U_{(1)\text{вх}}}{U_{0\text{вх}}} \cdot 100, \%$$

c. Кофициент на пулсации на напрежението на изхода на филтъра – отношението на амплитудата на първия гармоник на променливата съставка на напрежението на изхода $U_{(1)\text{изх}}$ към неговата постоянна съставка $U_{0\text{изх}}$:

$$k_{\text{п.изх}} = \frac{U_{(1)\text{изх}}}{U_{0\text{изх}}} \cdot 100, \%$$

d. Кофициент на изглеждане – отношението на кофициента на пулсации на входа на филтъра към кофициента на пулсации на изхода на филтъра

$$k_{\text{изгл}} = \frac{k_{\text{п.вх}}}{k_{\text{п.изх}}}.$$

e. Кофициент на филтрация – показва колко пъти филтърът намалява амплитудата на първия гармоник на променливата съставка на изправеното напрежение. Изразява се чрез отношението на амплитудата на първия гармоник преди филтъра към амплитудата му след филтъра.

$$k_{\phi} = \frac{U_{(1)\text{вх}}}{U_{(1)\text{изх}}}.$$

f. Кофициент на предаване на постоянната съставка на напрежението от входа към изхода:

$$\lambda = \frac{U_{0\text{изх}}}{U_{0\text{вх}}}.$$

ж. Коефициент на полезно действие:

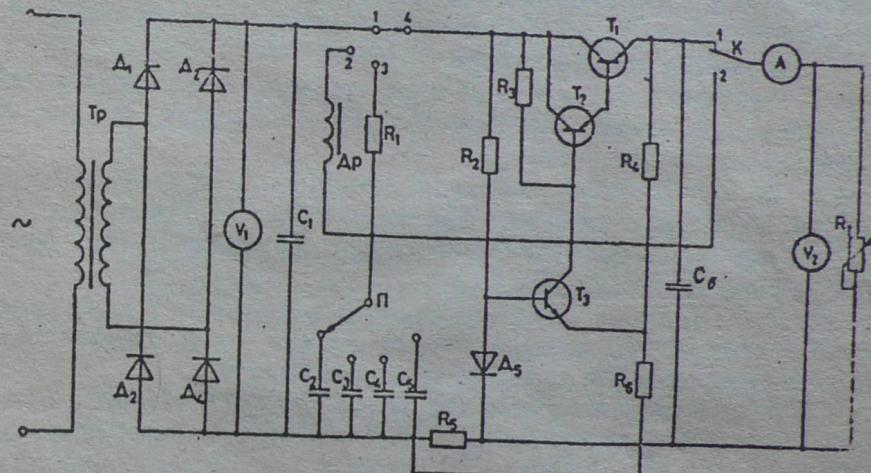
$$\eta = \frac{U_{0\text{изх}} I_{0\text{изх}}}{U_{0\text{вх}} I_{0\text{вх}}},$$

където $I_{0\text{изх}}$ и $I_{0\text{вх}}$ са постоянните съставки на тока на изхода и на тока на входа на филтъра.

3. СХЕМА НА ОПТИЧНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

Схемата на лабораторния макет е показана на фиг. 13.

Изправеното напрежение се получава на изхода на токоизправителния мост $D_1 - D_4$. Филтровият кондензатор C_1 предварително налага коефициента на пулсации на входа. Когато ключът K е в положение 2, при свързване на клеми 1 и 3 се реализира RC -филтър. Той се състои се от резистора R_1 и един от кондензаторите $C_2 \div C_5$, който е включен в зависимост от положението на превключвателя Π . При свързване на клеми 1 и 2 се реализира LC -филтър, състоящ се от дросела $D\pi$ и един от кондензаторите $C_2 \div C_5$.



Фиг. 13. Схема на лабораторен макет за изследване на пасивни и транзисторни филтри

Схемата на транзисторния филтър се реализира, когато ключът K е в положение 1 и се свържат клеми 1 и 4. Транзисторният филтър изсъстои от съставният транзистор $T_1 T_2$, резистора R_3 и един от кондензаторите $C_2 \div C_5$. Свързването на транзистора е по схема на емитерен повторител, която има това предимство, че изходното съпротивление за постоянен ток на филтъра е малко. Транзисторът T_3 , диодът P_3 и резисторите R_2, R_4, R_5 и R_6 образуват схемата за запита на филтъра.

от претоварване по ток. При увеличаване на товарния ток на филтъра до стойност, по голяма от допустимата, транзисторът T_3 се отпуска. Токът през резистора R_3 се увеличава, увеличава се и напрежителният пад върху него, в резултат на което изходното напрежение $U_{\text{изх}}$ се намалява и товарният ток се ограничава до допустима стойност. Транзисторът на защитата T_3 се управлява от сумата на три напрежения – а) напрежението върху резистора R_6 , което служи за еталонно напрежение, б) напрежението върху резистора R_5 , което е пропорционално на товарния ток и в) напрежението върху дисда D_5 . Падът на напрежение върху диода D_5 компенсира праговото напрежение база-емитер на транзистора T_3 .

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се свърже схемата на RC -филтъра и да се снеме характеристиката $k_{\text{изгл}} = f_1(C_p)$ за четирите стойности на $C_p = C_2, C_3, C_4, C_5$ при товарен ток $I_0 = 500 \text{ mA} = \text{const}$.

4.2. Да се свърже схемата на LC -филтъра и да се снеме характеристиката $k_{\text{изгл}} = f_2(C_p)$ за четирите стойности на $C_p = C_2, C_3, C_4, C_5$ при товарен ток $I_0 = 500 \text{ mA} = \text{const}$.

4.3. Да се свърже схемата на транзисторния филтър и да се снеме характеристиката $k_{\text{изгл}} = f_3(C_p)$ за четирите стойности на $C_p = C_2, C_3, C_4, C_5$ при товарен ток $I_0 = 500 \text{ mA} = \text{const}$.

4.4. Функциите f_1, f_2 и f_3 да се начертаят на обща координатна система и да се направят изводи за влиянието на C_p върху стойността на коефициента на изглаждане.

4.5. Да се снеме зависимостта на коефициента на изглаждане от товарния ток на транзисторния филтър при $C_p = C_4$. Товарният ток да се изменя от 400 до 800 mA през 100 mA по възходящ ред. Да се начертат зависимостта $k_{\text{изгл}} = f_4(I_0)$.

4.6. Да се изследва действието на токовата защита и да се снеме характеристиката $U_{\text{изх}} = f_5(I_0)$, като товарният ток се променя през 100 mA по възходящ ред до задействуване на защитата.

4.7. Да се изчисли коефициентът на полезно действие за RC -, LC - и транзисторния филтър при най-голямата стойност на филтровия кондензатор.

III. СТАБИЛИЗATORI НА НАПРЕЖЕНИЕ И ТОК ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ

Стабилизаторите на напрежение и ток са предназначени да поддържат неизменна стойността на напрежението или стойността на тока, захранващи товара, при изменение на дестабилизиращите фактори. Използват се следните термини:

Стабилизирана величина – напрежението или токът, които се стабилизират.

Граница на изменение на стабилизираната величина – най-голямата и най-малката допустима стойност на стабилизираното напрежение или ток.

Дестабилизиращи фактори – външни фактори, които влияят върху стойността на стабилизираната величина. Такива са: входното напрежение на стабилизатора, товарният ток, честота на захранващата мрежа, параметрите на околната среда (температура, влажност, атмосферно налягане) и т.н.

Обхват на стабилизация – границите, в които изменението на един от дестабилизиращите фактори не предизвика изменение на стабилизираната величина, по-голямо от допустимото.

Коефициент на стабилизация – отношението между относителното изменение на променящата се входна величина към относителното изменение на стабилизираната изходна величина:

$$k = \frac{\frac{\Delta x}{x}}{\frac{\Delta y}{y}} = \frac{\Delta x}{\Delta y} \cdot \frac{y}{x},$$

където x е променящата се величина (дестабилизиращият фактор);
 y – стабилизираната величина (напрежение или ток).

При опитното му измерване коефициентът на стабилизация по напрежение се изчислява по формулата

$$k_U = \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{\Delta U_{\text{изх}}} \cdot \frac{U_{\text{изх}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{вх}1} - U_{\text{вх}2}}{U_{\text{изх}1} - U_{\text{изх}2}} \cdot \frac{U_{\text{изх}1} + U_{\text{изх}2}}{U_{\text{вх}1} + U_{\text{вх}2}}.$$

Тук с $U_{\text{вх}1}$ и $U_{\text{изх}1}$ са означени входното и изходното напрежение на стабилизатора за една работна точка, а с $U_{\text{вх}2}$ и $U_{\text{изх}2}$ – съответните напрежения за друга работна точка.

Когато трябва да се измери коефициентът на стабилизация на стабилизатор на ток при дестабилизиращ фактор входното напрежение, изчисляването му се извършва по формулата

$$k_{IU} = \frac{U_{\text{вх}1} - U_{\text{вх}2}}{I_{o1} - I_{o2}} \cdot \frac{I_{o1} + I_{o2}}{U_{\text{вх}1} + U_{\text{вх}2}},$$

където $U_{вх1}$ и I_{o1} са входното напрежение и товарният ток на стабилизатора за една работна точка;

$U_{вх2}$ и I_{o2} – същото напрежение и ток за друга работна точка.

Вътрешно съпротивление – динамичното изходно съпротивление на стабилизатора. То е

$$R_i = \frac{\Delta U_{изх}}{\Delta I_o}.$$

При опитното му измерване динамичното съпротивление се изчислява по формулата

$$R_i = \frac{U_{изх1} - U_{изх2}}{I_{o2} - I_{o1}},$$

където $U_{изх1}$ и I_{o1} са изходното напрежение и товарният ток за една работна точка на стабилизатора;

$U_{изх2}$ и I_{o2} – съответното напрежение и ток за друга работна точка на стабилизатора.

При изчисляването на кофициентите на стабилизация и на вътрешното съпротивление на стабилизаторите желателно е да се работи с данни за съседни точки от таблицата (графиката) на товарната характеристика, за да не се получат много усреднени стойности на резултатите.

Температурен коффициент на нестабилност – изменение на стабилизираната величина под влияние на околната температура

$$k_{t^o} = \frac{\Delta y}{\Delta t^o},$$

където Δy е промяната на стабилизираната величина;

Δt^o – промяната на температурата на околната среда.

Инертност на стабилизатора – характеризира се с времето, след изтичането на което завършва преходният процес в стабилизатора при подаване на единичен смущаващ импулс.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА СТАБИЛИЗАТОРИТЕ

1. Според действието им:

- a) параметрични;
- b) компенсационни.

В параметричните стабилизатори се използват електронни елементи с нелинейно съпротивление и стабилизацията на напрежението или тока се получава поради нелинейната волт-амперна характеристика на използванния елемент.

Компенсационните стабилизатори представляват затворена система за автоматично регулиране с отрицателна обратна връзка. Стабилизацията се постига чрез изменението на параметрите на един управляем елемент от схемата при въздействие върху него на сигнал от управляващия регулатор.

2. Според вида на тока:

- a) стабилизатори на постоянен ток;
- b) стабилизатори на променлив ток.

3. Според режима на работа:

- a) с непрекъснато действие;
- b) с ключово действие.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 6

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИЧНИ СТАБИЛИЗАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1.1. Изследване качествата на параметричен стабилизатор на напрежение със силициев стабилитрон.

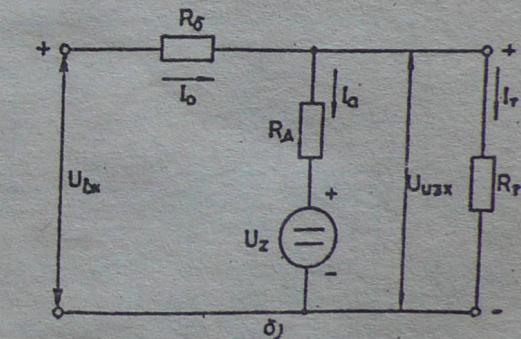
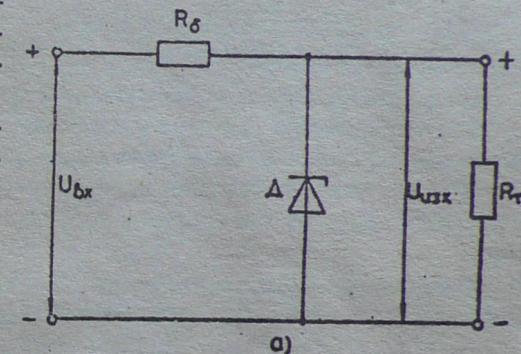
1.2. Изследване влиянието на съпротивлението на баластния резистор върху параметрите на стабилизатора.

1.3. Разширяване обхвата по ток на параметричния стабилизатор на напрежение и изследване на параметрите му.

2. ТЕОРИЯ

На фиг. 14a е показана схема на стабилизатор на постоянно напрежение със силициев стабилитрон, а на фиг. 14b – неговата еквивалентна схема. Кофициентът на стабилизация при дестабилизиращ фактор входното напрежение е

$$k_U = \frac{U_{изх}}{U_{вх}} \left(1 + \frac{R_6}{R_T} + \frac{R_6}{R_d} \right),$$



Фиг. 14. Схема на параметричен стабилизатор на постоянно напрежение

a) принципна схема; b) еквивалентна схема

където R_b е баластното съпротивление;

R_d – динамичното съпротивление на стабилитрона.

Ако $R_T \gg R_b$ и $R_b \gg R_d$, коефициентът на стабилизация се представя с опростената формула

$$k_U \approx \frac{U_{\text{изх}}}{U_{\text{вх}}} \cdot \frac{R_b}{R_d}.$$

Вътрешното съпротивление на стабилизатора е

$$R_i = \frac{R_b R_d}{R_b + R_d}.$$

Ако $R_b \gg R_d$, формулата за вътрешното съпротивление се опростава

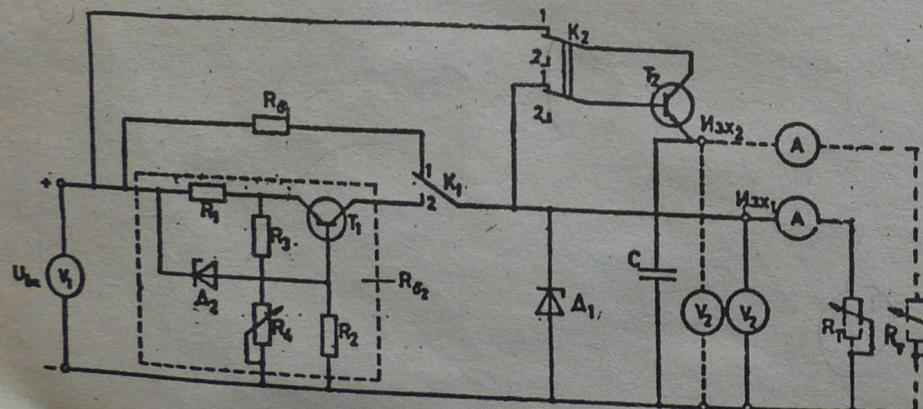
$$R_i \approx R_d.$$

3. СХЕМА НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

На фиг. 15 е показана схемата на макета за провеждане на лабораторното упражнение. Тя дава възможност за практическо реализиране на четири варианта на основната схема от фиг. 14а.

Във всички случаи входното напрежение се подава на клемите, означени с $U_{\text{вх}}$, от регулируем стабилизиран лабораторен токоизточник.

Вариант 1. Превключвателят K_1 е в положение 1, а превключвателят K_2 – в положение 2. Товарът се включва между клеми Изх_1 и 0.



Фиг. 15. Схема на лабораторен макет за изследване на параметрични стабилизатори на постоянно напрежение

В този случай се изследва най-прост вариант на параметричен стабилизатор на напрежение, съставен от баластния резистор R_{61} и стабилизатора D_1 .

Вариант 2. Превключвателите K_1 и K_2 са в положение 1. Товарът се включва между клеми Изх_2 и 0. Изследва се схемата от вариант 1, на която чрез транзистора T_2 (емитерен повторител) е разширен обхватът по ток.

Вариант 3. Превключвателите K_1 и K_2 са в положение 2. Товарът се включва между клемите Изх_1 и 0. Изследва се схема на параметричен стабилизатор на напрежение, на който баластният резистор е заменен със схема с голямо динамично съпротивление. Тя е съставена от транзистора T_1 , стабилитрона D_2 и резисторите R_1, R_2, R_3 и R_4 . На фиг. 15 този възел е ограден с прекъсната линия и е означен като R_{62} .

Вариант 4. Превключвателят K_1 е в положение 2, а превключвателят K_2 – в положение 1. Товарът се включва между клемите Изх_2 и 0. Изследва се схемата от вариант 3, на която е разширен обхватът по ток чрез транзистора T_2 .

В случаите, когато ключът K_2 е в положение 1 (разширяване на обхвата по ток) товарът се включва между Изх_2 и 0. Когато K_2 е положение 2, за товар се използва миниатюрен реостат вграден в макета и регулирането му се извършва чрез ръкохватка (копче) на лицевата страна на макета.

Във всички варианти измерването на изходното напрежение да се извърши с цифров волтметър, като се отчита с точност до третия знак след десетичната точка (0,001 V). Снемането на характеристиките да се прави по низходящ ред на входното напрежение при константен товарен ток и по възходящ ред на товарния ток при константно входно напрежение. Да се изчаква установяването на температурния режим на стабилизатора, като показанието на волтметъра на изхода се отчита тогава, когато неговата стойност не се променя в течение на повече от 10 s.

Измерването на $U_{\text{вх}}$ и I_0 се извършва с уреди от електромеханичната система. За $U_{\text{вх}}$ да се използува и вграденият в токозахраниващия източник волтметър.

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се изследва параметричният стабилизатор на напрежение от вариант 1.

Да се снемат следните характеристики:

a. $U_{\text{изх}} = f_1(U_{\text{вх}})$ при $I_0 = \text{const}$. Входното напрежение да се изменя от 30 до 12 V през 2 V по низходящ ред. Товарното съпротивление да се регулира до достигане на стойността $I_0 = 10 \text{ mA}$ при входно напрежение 30 V и след това да не се променя. Да се построи графика на функцията. Да се изчислят три кофициента на стабилизация – за двата края и за средата на таблицата.

6. $U_{\text{изх}} = f_2(I_0)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$. Товарният ток да се изменя от 0 до 20 мА по възходящ ред през 5 мА. Входното напрежение да се поддържа 24 V през цялото време на измерването. Да се изчисли вътрешното съпротивление на стабилизатора за всяка двойка съседни точки.

4.2. Да се изследва параметричният стабилизатор на напрежение от вариант 2.

Да се снемат следните характеристики:

a. $U_{\text{изх}} = f_3(U_{\text{вх}})$ при $I_0 = \text{const}$. Товарният ток да се установи на стойност $I_0 = 0,5$ A при входно напрежение 30 V и след това съпротивлението на товара да не се променя. Входното напрежение да се изменя през 2 V от 30 V до 12 V. Да се построи графика на функцията на координатната система от вариант 1. Да се изчислят три стойности на коефициента на стабилизация – за двета края и за средата на таблицата.

b. $U_{\text{изх}} = f_4(I_0)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$. Товарният ток да се изменя от 0 до 1,5 A през 0,3 A по възходящ ред. Входното напрежение да се поддържа 24 V. Да се изчисли вътрешното съпротивление на стабилизатора за всяка двойка съседни точки.

4.3. Да се изследва параметричният стабилизатор на напрежение от вариант 3.

Да се снемат следните характеристики:

a. $U_{\text{изх}} = f_5(U_{\text{вх}})$ при $I_0 = \text{const}$. Входното напрежение да се изменя от 30 до 12 V по низходящ ред. Товарният ток да се установи на стойност $I_0 = 10$ mA при входно напрежение 30 V и след това съпротивлението на товара да не се променя. Да се построи графика на функцията на координатната система от предните два варианта. Да се изчисли една стойност на коефициента на стабилизация.

b. $U_{\text{изх}} = f_6(I_0)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$. Товарният ток да се изменя от 0 до 20 mA през 5 mA. Входното напрежение да се поддържа 24 V. Да се изчисли вътрешното съпротивление на стабилизатора за всяка двойка съседни точки.

4.4. Да се изследва параметричният стабилизатор на напрежение от вариант 4. Да се снемат следните характеристики:

a. $U_{\text{изх}} = f_7(U_{\text{вх}})$ при $I_0 = \text{const}$. Входното напрежение да се изменя от 30 до 12 V през 2 V по низходящ ред. Товарният ток да се установи на стойност $I_0 = 0,5$ A при $U_{\text{вх}} = 30$ V и след това съпротивлението на товара да не се променя. Да се построи графика на функцията на координатната система от предните три варианта. Да се изчислят три стойности на коефициента на стабилизация – в началото, в средата и в края на таблицата.

b. $U_{\text{изх}} = f_8(I_0)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$. Товарният ток да се изменя от 0 до 1,5 A по възходящ ред. Входното напрежение да се поддържа 24 V. Да се изчисли вътрешното съпротивление на стабилизатора за всяка двойка съседни точки.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 7

ФЕРОРЕЗОНАНСЕН СТАБИЛИЗАТОР НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1.1. Изследване на коефициента на стабилизация на ферорезонансния стабилизатор.

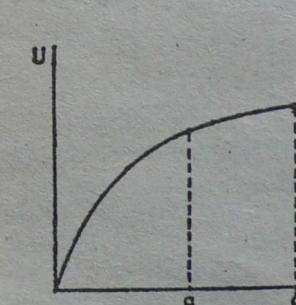
1.2. Измерване на вътрешното съпротивление на стабилизатора.

1.3. Изследване на влиянието на нелинеен товар върху работата на стабилизатора.

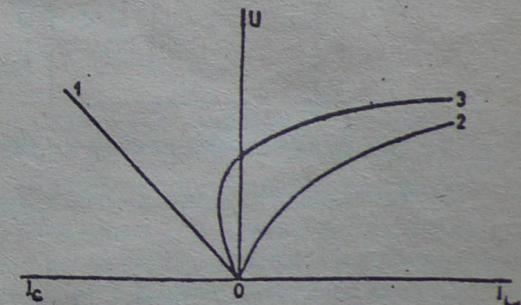
2. ТЕОРИЯ

Ферорезонансният стабилизатор на напрежение е параметричен стабилизатор на променливо напрежение, в който ролята на нелинеен елемент се изпълнява от дросел с наситен феромагнитен магнитопровод. Волт-амперната характеристика на наситения дросел (фиг. 16) е присъща на нелинейните съпротивления от типа R_U . Затова при последователно свързване на наситен (нелинеен) дросел с ненаситен (линеен) дросел се получава параметричен стабилизатор на променливо напрежение. Ненаситеният дросел изпълнява функциите на баластно съпротивление за променливия ток. Стабилизираното напрежение се получава паралелно на наситения дросел.

Един такъв прост електромагнитен стабилизатор на напрежение има малък фактор на мощността ($\cos \varphi$), което е съществен недостатък. За да се премахне той, паралелно на големия консуматор на реактивна мощност – наситения дросел – се свързва компенсиращ кондензатор. При изравняване на индуктивната и капацитивната реактивна мощност настъпва ферорезонанс. Характерно за ферорезонанса е, че той настъпва при определена честота и напрежение върху резонансния кръг.



Фиг. 16. Волт-амперна характеристика на дросел със стоманен магнитопровод



Фиг. 17. Волт-амперни характеристики на ферорезонансен стабилизатор
1 – кондензатор; 2 – наситен дросел;
3 – паралелен резонансен кръг

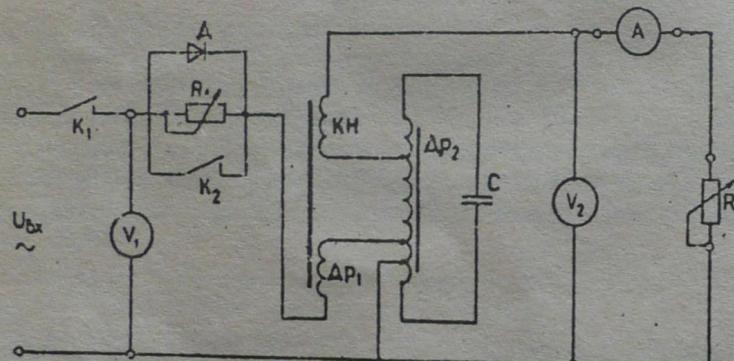
Волт-амперните характеристики на ферорезонансния стабилизатор са показани на фиг. 17.

Ферорезонансният стабилизатор деформира кривата на изходното напрежение и във всяка висши хармоники в него. За да се получат правилни резултати от измерването на напреженията, трябва да се използват уреди със системи, измерващи ефективна стойност на променливото напрежение и на променливия ток (електромагнитна, електродинамична и други системи). Уредите от детекторната система са неподходящи за целта, тъй като те измерват средната стойност на напрежението или тока, а са градуирани в ефективна стойност при коефициент на формата $k_f = 1,11$ (за синусоидална форма).

3. СХЕМА НА ОПТИЧНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

Схемата на ферорезонансния стабилизатор на напрежение тип СТАБОР 120 е показана на фиг. 18.

Самият стабилизатор се състои от линийния дросел ΔP_1 и насищания дросел ΔP_2 , който заседно с кондензатора C образува паралелен резонансен кръг. Върху магнитопровода на линийния дросел е навита компенсационната намотка KH . Индуктираното в нея напрежение се сумира противофазно с изходното напрежение. По този начин се увеличава коефициентът на стабилизация и се намалява вътрешното съпротивление на стабилизатора.



Фиг. 18. Схема на лабораторен макет за изследване на ферорезонансен стабилизатор

Компенсиращият кондензатор е включен към краищата на насищания дросел и работи с повишено напрежение (напр. 380 V) поради автотрансформаторното действие на самия дросел. По този начин необходимата реактивна мощност P_c се получава с по-малък капацитет и при по-малък реактивен ток, защото

$$C = \frac{P_c}{\omega U^2}$$

Ферорезонансният стабилизатор (като всички параметрични стабилизатори) понижава изходното напрежение до стойност, по-малка от най-ниското работно входно напрежение. Затова изходното напрежение се получава от насищания дросел чрез автотрансформаторно свързване на намотките – дава се възможност за получаване на номинално изходно напрежение (220 V).

Когато товарът R_T е нелинеен и консумира ток с постоянна съставка (напр. еднофазен еднополупериоден токоизправител), постоянното подмагнитване на насищания дросел измества работната точка върху волт-амперната му характеристика и стабилизацията и формата на изходното напрежение се влошават. Диодът D и резисторът R_1 създават постоянна съставка на входния ток, противопосочна с тази на изходния ток, който се компенсира взаимно. Стойността на компенсиращия постоянен ток се регулира чрез резистора R_1 . Противопосочността на товарния и компенсиращия постоянни токове се постига чрез превключване на изводите на товара.

Когато товарът не консумира ток с постоянна съставка, компенсиращата група се изключва чрез затваряне на ключа K_2 .

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се снеме характеристиката $U_{изх} = f_1(U_{bx})$ при $R_T = \text{const}$ и линеен активен характер на товара. Ключът K_2 е затворен. Товарният ток да се регулира до стойност $I_T = 0,5$ А. Входното напрежение да се изменя с автотрансформатор от 100 до 240 V през 20 V по възходящ ред. Да се построи графика на функцията. Да се изчисли коефициентът на стабилизация за три точки от графиката – в началото, в средата и в края на функцията.

4.2. Да се снеме характеристиката $U_{изх} = f_2(I_T)$ при три стойности на входното напрежение:

- a) $U_{bx1} = 240$ V = const;
- b) $U_{bx2} = 220$ V = const;
- c) $U_{bx3} = 190$ V = const.

Товарният ток да се регулира от 0 до 1 A през 0,25 A по възходящ ред. Да се построят трите графики на една координатна система и да се изчислят за всяка от тях по една стойност на вътрешното съпротивление R_i (за средата на функцията).

4.3. Последователно с товара да се включи диод и да се реализира нелинеен товар. Ключът K_2 да се отвори и да се постигне компенсация на постоянната съставка чрез откриване на правилната посока на превключване на товара. Да се снемат зависимостите и се построят графиките от точка 4.1 и 4.2б.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 8

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОНЕН СТАБИЛИЗАТОР НА НАПРЕЖЕНИЕ С КОМПЕНСАЦИЯ НА ВЪТРЕШНОТО СЪПРОТИВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА ОТ ТОКОВО ПРЕТОВАРВАНЕ И ОТ ПРЕНАПРЕЖЕНИЕ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

- 1.1. Да се изследва компенсационен стабилизатор на напрежение, изработен с интегрална схема тип $\mu\text{A} 723$.
- 1.2. Да се изследва защитата на стабилизатора от претоварване по ток.
- 1.3. Да се изследват възможностите за намаляване на вътрешното съпротивление на стабилизатора и за създаване на отрицателно вътрешно съпротивление.
- 1.4. Да се изследва защитата на консуматора от пренапрежение.

2. ТЕОРИЯ

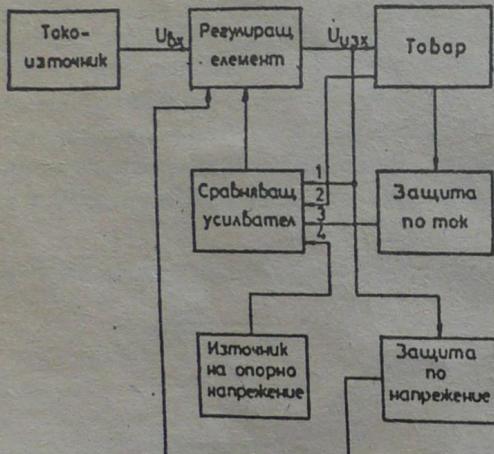
Компенсационните стабилизатори на напрежение с непрекъснато действие от последователен тип представляват затворена система за автоматично регулиране. Блоковата схема е показана на фиг. 19.

Регулиращият елемент е свързан последователно във веригата между токоизточника и консуматора. Чрез изменение на съпротивлението на регулиращия елемент се изменя падът на напрежението върху него и така изходното напрежение може да се стабилизира:

$$U_{\text{изх}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{РЕ}} = \text{const.}$$

Това условие е изпълнено, ако

$$\Delta U_{\text{вх}} = \Delta U_{\text{РЕ}}.$$



Фиг. 19. Блокова схема на компенсационен стабилизатор на постоянно напрежение с непрекъснато действие. Входни сигнали на сравняващия усилвател:

1 - отрицателна обратна връзка по напрежение; 2 - положителна обратна връзка по ток; 3 - сигнал от защитата по ток; 4 - сигнал от източника на еталонно напрежение

Съпротивлението на регулиращия елемент се управлява от сравняващ усилвател. При схемата от фиг. 19 върху него въздействуват следните входни сигнали:

- a. Отрицателна обратна връзка по напрежение – осъществява стабилизацията на изходното напрежение.

Коефициентът на стабилизация тук е

$$k_U \approx \frac{U_{\text{изх}}}{U_{\text{вх}}} \sigma \mu_{\text{ду}},$$

където $\mu_{\text{ду}}$ е динамичният коефициент на усилване на сравняващия усилвател; σ – коефициент на предаване на напрежението от входния делител на обратната връзка.

- b. Положителна обратна връзка по ток – служи за компенсация на вътрешното съпротивление на стабилизатора, което в най-общия случай е

$$R_i = \frac{U_{\text{изх}}}{U_{\text{вх}}} \cdot \frac{R_{\text{вх(РЕ)}}}{k_U},$$

където $R_{\text{вх(РЕ)}}$ е входното съпротивление на регулиращия транзистор.

- c. Сигнал от токовата защита – служи за ограничаване или прекъсване на тока при претоварване или късо съединение.

- d. Сигнал от защитата по напрежение – ограничава или изключва изходното напрежение при аварийни положения.

3. СХЕМА НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

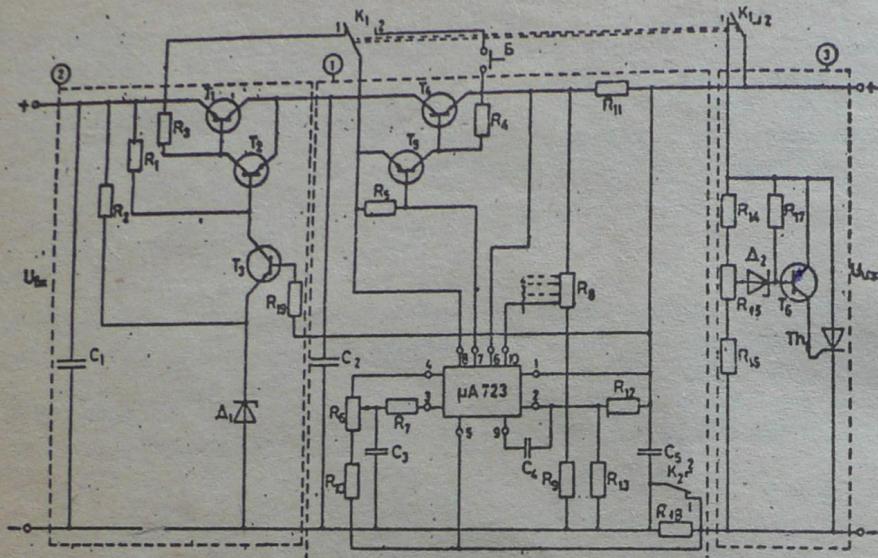
Схемата на макета за провеждане на лабораторното упражнение е показана на фиг. 20. Тя се състои от три основни възела, заградени с прекъсната линия.

Възел 1 е стабилизаторът на напрежение. Изпълнен е с интегралната схема $\mu\text{A} 723$. За разширяване на обхвата по ток допълнително е включен съставният транзистор $T_4 - T_5$. Отрицателната обратна връзка по напрежение се получава от делителя R_{12}, R_{13} и се подава на неинвертиращия вход 3 от потенциометъра R_6 , чрез който може да се регулира изходното напрежение в определени граници.

Резисторът R_{11} и делителят R_8, R_9 образуват входната верига за токоограничаващата защита. Чрез R_8 може да се променя прагът на действие на защитата.

Резисторът R_{18} създава положителна обратна връзка по ток за компенсация на вътрешното съпротивление на стабилизатора. Тя се изключва със затваряне на ключа 2.

Възел 2 служи за защита на товара от пренапрежения. Това е схема на прост стабилизатор, включен последователно с основния. Съставният транзистор $T_1 - T_2$ е регулиращият елемент, а с транзистора T_3 е осъществен сравняващият усилвател. Източник на еталонно напрежение е параметричният стабилизатор (R_2, D_1).



Фиг. 20. Схема на лабораторен макет за изследване на компенсационен стабилизатор на постоянно напрежение от последователен тип с непрекъснато действие със защити от свръхток и пренапрежение

възел 1 - стабилизатор на напрежение; възел 2 - защита от пренапрежение с ограничаване на напрежението; възел 3 - защита от пренапрежение с късо съединител

При нормална работа на основния стабилизатор на напрежение (възел 1) изходното напрежение $U_{\text{изх}}$ е по-малко от еталонното напрежение върху стабилитрона D_1 и транзисторът T_3 е запущен. Транзисторите T_1 и T_2 са наситени поради големия базов ток, който протича през R_1 . Ако изходното напрежение се увеличи и стане по-голямо от еталонното напрежение на D_1 , транзисторът T_3 преминава в активен режим и възел 2 заработка като стабилизатор на напрежение. Изходното напрежение се ограничава до новата, малко по-голяма стойност, която не трябва да е опасна за консуматора и да се стабилизира в определени граници.

Възел 3 предпазва консуматора от пренапрежение чрез късо съединител. Състои се от тиристора Th_1 , транзистора T_6 , стабилитрона D_2 и входния делител R_{14} , R_{15} и R_{16} . Когато изходното напрежение е по-малко от една зададена стойност (определя се от положението на пъзгача на потенциометъра R_{15}), напрежението на стабилитрона D_2 е по-малко от пробивното и транзисторът T_6 е запущен. Съответно и Th_1 е изключен. При повишаване на изходното напрежение до прага на действуване стабилитрона D_2 се пробива лавинно, транзисторът T_6 се отпуска и включва тиристора Th_1 , който съединява накъсо изхода. Токът във веригата се ограничава от токовата защита на стабилизатора.

Чрез превключвателя K_1 се реализират два варианта на защитата. Когато K_1 е в положение 1, възел 2 е изключен, а възел 3 – включен. При положение 2 на превключвателя K_1 възел 2 е включен, а възел 3 – изключен. Бутонът B имитира пробив на регулиращия транзистор T_4 .

При провеждане на лабораторното упражнение макетът се захранва с регулируемо входно напрежение от лабораторен токоизточник. Трябва да се отчита по вградения в него волтметър. Изходното напрежение на стабилизатора се измерва с цифров волтметър, като отчитането се прави с точност до 0,001 V. Товарният ток се измерва с амперметър от електромеханичната система.

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се изследва стабилизаторът на напрежение при изключена положителна обратна връзка по ток и изключена защита от пренапрежение с ограничаване. Ключовете K_1 , K_2 са в положение 1. Потенциометърът R_8 се поставя също в положение 1. Да се снемат следните характеристики:

$$a. U_{\text{изх}} = f_1(I_T) \text{ при } I_T = \text{const.}$$

Изходното напрежение да се регулира чрез R_6 до стойност $U_{\text{изх}} \approx 10 V. Входното напрежение да се изменя от 14 до 30 V през 4 V по възходящ ред. Товарният ток да се регулира до стойност $I = 0,5$ A и да не се променя. Да се построи графика на функцията. Да се изчислят коефициентите на стабилизация за всички двойки съседни точки от таблицата.$

$$b. U_{\text{изх}} = f_2(I_T) \text{ при } U_{\text{вх}} = \text{const.}$$

Началното изходно напрежение е $U_{\text{изх}} \approx 10 V. Входното напрежение е 18 V. Товарният ток да се изменя от 0 до 0,65 A през 0,15 A по възходящ ред. Да се изчислят три стойности на вътрешното съпротивление.$

4.2. Да се измерят прагът на действуване на защитата и токът на късо съединение.

Ключовете K_1 и K_2 се поставят в положение 1. Потенциометърът R_8 се поставя също в положение 1. Увеличава се товарният ток от нула до стойност, при която напрежението на изхода на стабилизатора рязко започва да намалява. Този ток се отчита. Това е прагът на действуване на защитата. После товарният резистор на стабилизатора се даде накъсо и се отчита токът на късо съединение.

Това измерване се извършва също и за положение 2, 3 и 4 на потенциометъра R_8 . Резултатите се нанасят в таблицата и се отразяват на графиката от т. 4.1a.

4.3. Да се изследва действието на положителната обратна връзка по ток.

Ключът K_1 е в положение 1, а ключът K_2 – в положение 2. Потенциометърът R_8 се поставя в положение 1.

Да се снеме характеристиката

$$U_{\text{изх}} = f_3(I_T) \text{ при } U_{\text{вх}} = \text{const.}$$

Входното напрежение е 18 V. Измерванията се изпършват за изходно напрежение $U_{\text{изх}} \approx 10 V$. Товарният ток се изменя от 0 до 0,55 A през 0,15 A по възходящ ред. Да се изчислят три стойности на вътрешното съпротивление.

4.4. Да се определи прагът на действие на защитата от пренапрежение чрез къмосъединител (възел 3).

Ключът K_1 и ключът K_2 са в положение 1. Товарният ток се регулира в границите $I_T = (0,3 \div 0,4)$ A. Чрез потенциометъра R_6 изходното напрежение бъсно се повишава до включване на тиристора T_{h1} , което се счита за рязкото сладане на изходното напрежение ($U_{\text{изх из}} < 1 V$). Стойността на изходното напрежение, измерена непосредствено преди включването на тиристира, е прагът на действие на тази защита.

4.5. Да се наблюдава действието на защитата от пренапрежение чрез ограничаващ стабилизатор (възел 2).

Ключът K_1 е в положение 2, ключът K_2 – в положение 1. Изходното напрежение се устанавливава на стойност $U_{\text{изх}} \approx 10 V$. Товарният ток се в границите $I_T = (0,3 \div 0,4)$ A. Имитира се пребив на регулация транзистор T_4 чрез натискане на бутона Б. Отчита се стойността на изходното напрежение, получено от действие на защитната схема (възел 2).

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 9

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КЛЮЧОВ СТАБИЛИЗАТОР НА НАПРЕЖЕНИЕ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1.1. Да се наблюдава действието на ключов стабилизатор на напрежение с автогенератор и широчинно-импулсна модулация (ШИМ).

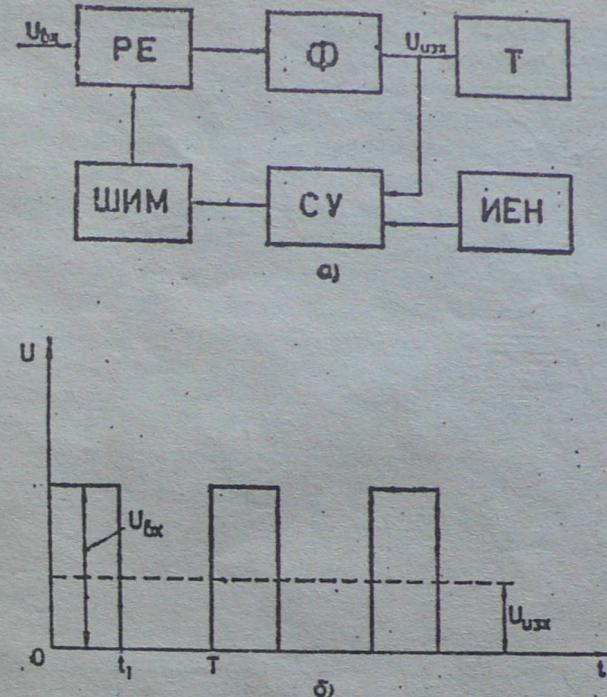
1.2. Да се изследва стабилизаторът и се установи влиянието на входното напрежение и товарния ток върху основните му параметри.

2. ТЕОРИЯ

Ключовите стабилизатори на напрежение се делят на две групи: *стабилизатори с релейно действие*, при които превключването на регулация елемент се извършва от нивото на изходното напрежение, и *стабилизатори с импулсна модулация*, при които превключването на регулация елемент се осъществява от управляем генератор. На фиг. 21а е показана блокова схема на стабилизатор с ШИМ, а на фиг. 21б – диаграмите на входното и на изходното напрежение.

Изходното напрежение е

$$U_{\text{изх}} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} U_{\text{вх}} dt = \frac{t_1}{T} U_{\text{вх}}.$$



Фиг. 21. Ключов стабилизатор на напрежение
а - блокова схема; РЕ - регулиращ елемент (силов ключ); Ф - изглаждащ филтър; Т - товар; ШИМ - широчинно-импулсен модулатор; СУ - сравняващ усилвател; ИЕН - източник на еталонно напрежение
б - диаграма на входното и на изходното напрежение на стабилизатора

Промяната на $U_{\text{вх}}$ може да се компенсира чрез промяна на съотношението между t_1 и T и да се постигне стабилизация на изходното напрежение.

Вътрешното съпротивление на стабилизатора е обратнопропорционално на коефициента на усилване на сравняващия усилвател и е пропорционално на съпротивлението на изглаждащия филтър.

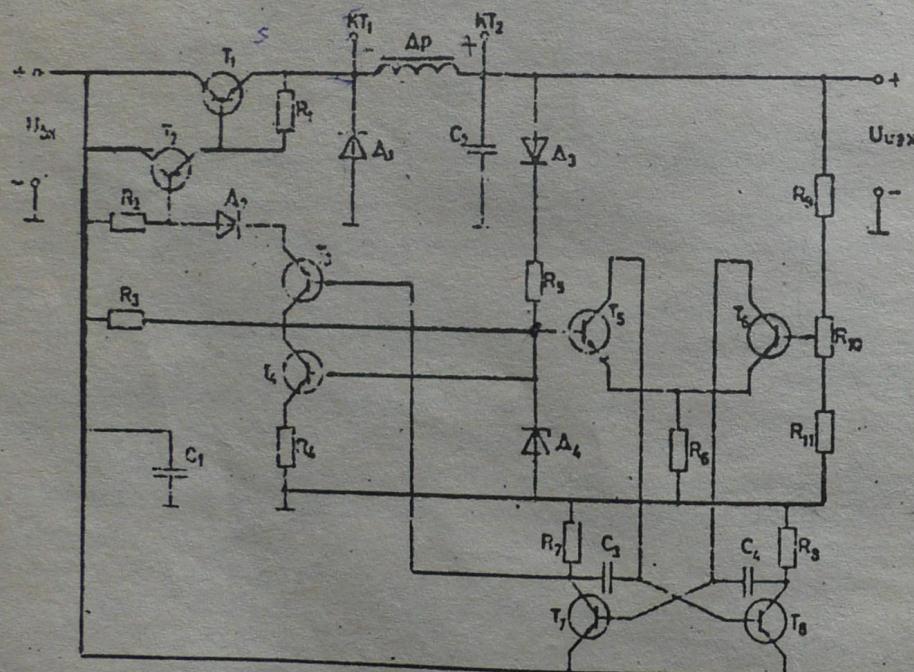
Коефициентът на полезно действие на стабилизатора се изчислява по формулата

$$\eta = \frac{P_{\text{изх}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{изх}} I_{\text{изх}}}{U_{\text{вх}} I_{\text{вх}}}.$$

Понеже регулацията на стабилизатора работи в ключов режим, загубите в него са сравнително малки и почти не зависят от входното напрежение. Затова коефициентът на полезно действие се запазва сравнително постоянен в целия работен обхват на стабилизатора.

3. СХЕМА НА ОПТИЧНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА НЕЙНОТО ДЕЙСТВИЕ

Схемата на лабораторния макет за провеждане на упражнението е показана на фиг. 22. Транзисторите T_1 , T_2 и T_3 , свързани като съставен транзистор, образуват ключовия регулиращ элемент на стабилизатора, а транзисторите T_7 и T_8 – широчинно-импулсния модулатор, изгълнен в схема на управляем мултивибратор. Честотата и широчината на импулсите на мултивибратора се управляват от диференциалния усилвател, изпълнен с транзисторите T_5 и T_6 , които изпълняват функциите на премениви резистори. Диодът D_1 е обратният диод на силовия ключ. Еталонното напрежение се получава върху стабилитона D_4 , а обратната връзка по напрежение се взема от делителя R_9 , R_{10} и R_{11} . Транзисторът T_4 стабилизира тока и осигурява устойчива работна точка на ключния регулиращ елемент независимо от входното напрежение. Транзисторът R_1 служи за първоначално пускане на схемата. Дроселът D и кондензаторът C_2 образуват Г-образен LC-филтър.



Фиг. 22. Схема на лабораторен макет за изследване на ключов стабилизатор на напрежение

Действието на схемата е следното. При включване на входното напрежение през резистора R_3 протича ток, който създава пад на напрежение върху диода D_4 , и транзисторът T_4 се отпуска. Транзисторът T_3 получава базов ток през R_7 и също е отпущен. Транзисторите T_2 и T_1 се насищат. Това е едното работно състояние на ключовия регулиращ елемент.

На изхода на стабилизатора се появява напрежение, транзисторът T_5 се отпуска и мултивибраторът (T_7 , T_8) започва да генерира. Когато транзисторът T_7 е насищен, транзисторите T_1 , T_2 и T_3 са запушени. Това е второто работно състояние на ключовия регулиращ елемент.

След изтичане на времето за преходния процес на пускане на изхода на стабилизатора се получава номиналното му изходно напрежение, а честотата и широчината на импулсите, получавани от колектора на T_7 , се установяват.

Обратната връзка по напрежение действува по следния начин. Ако изходното напрежение се увеличи, базовият ток на T_6 се увеличава. Това предизвиква преразпределение на колекторните токове на T_5 и T_6 – токът на транзистора T_5 се намалява, а на транзистора T_6 се увеличава. Мултивибраторът изменя режима на работата си. Транзисторът T_7 остава по-дълго време насищен, а транзисторът T_8 – по-късо време. Вследствие на това транзисторите T_1 , T_2 и T_3 са отпушени по-късо време от периода и средната стойност на изходното напрежение се намалява.

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се снеме характеристиката на стабилизатора $U_{\text{изх}} = f_1(U_{\text{вх}})$ при $I_T = \text{const}$. Изходното напрежение да се регулира с потенциометъра R_{10} до стойност $U_{\text{изх}} \approx 7 \text{ V}$. Входното напрежение да се изменя от 12 до 30 V през 2 V по възходящ ред. Товарният ток да се регулира в началото до стойност $I_T = 1 \text{ A}$ и да не се променя. Да се построи графика на функцията. Да се изчислят коефициентите на стабилизация за три точки от графиката – една в началото, една в средата и една в края на функцията. Да се изчисли коефициентът на полезно действие за всички съседни двойки точки и да се построи графиката $\eta = f_2(U_{\text{вх}})$ на координатната система на функцията f_1 .

4.2. Да се снеме характеристиката $U_{\text{изх}} = f_3(I_T)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$. Входното напрежение да се регулира на 15 V. Товарният ток да се изменя по низходящ ред от 1 до 0 A през 0,2 A. Да се изчисли вътрешното съпротивление R_i на стабилизатора за всички двойки съседни точки на таблицата. Да се изчисли коефициентът на полезно действие за всички двойки съседни точки от таблицата. Да се построят върху една координатна система графиките $U_{\text{изх}} = f_3(I_T)$ и $\eta = f_4(I_T)$.

4.3. Да се наблюдава с осцилоскоп напрежението в контролни точки KT_1 и KT_2 и да се направят съответните изводи.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 10

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТРАНЗИСТОРЕН СТАБИЛИЗАТОР НА ТОК

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

- 1.1. Запознаване с принципите на действие на стабилизаторите на ток.
- 1.2. Изследване на ефекта на стабилизация.
- 1.3. Изследване на възможностите за регулиране на стабилизиращия ток.

2. ТЕОРИЯ

Стабилизаторите на ток се използват за захранване на консуматори, които изискват стабилизация на тока при смущаващи фактори: входното напрежение, товарното съпротивление и влиянието на околната среда.

При стабилизаторите на ток частните коефициенти на стабилизация са:

1. Коефициент на стабилизация по входно напрежение

$$k_{IU} = \frac{\Delta U_{bx}}{\Delta I_T} \cdot \frac{I_T}{U_{bx}} = \frac{R_d}{R_{ct}}$$

2. Коефициент на стабилизация при изменение на товарното съпротивление

$$k_{IR} = \frac{\Delta R_T}{\Delta I_T} \cdot \frac{I_T}{R_T}$$

3. Температурен коефициент на нестабилност

$$k_{It^o} = \frac{\Delta I_T}{\Delta t^o}$$

Коефициентът на стабилизация при смущаващ фактор входното напрежение се изчислява по формулата

$$k_{IU} = \frac{U_{bx1} - U_{bx2}}{I_{T1} - I_{T2}} \cdot \frac{I_{T1} + I_{T2}}{U_{bx1} + U_{bx2}}$$

където U_{bx1} и I_{T1} са входното напрежение и товарният ток за една работна точка на стабилизатора;

U_{bx2} и I_{T2} – същото напрежение и ток за друга работна точка.

Коефициентът на стабилизация при смущаващ фактор товарното съпротивление се изчислява по формулата

$$k_{IR} = \frac{R_{T1} - R_{T2}}{I_{T2} - I_{T1}} \cdot \frac{I_{T1} + I_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}}$$

където R_{T1} и I_{T1} са съответно товарното съпротивление и товарният ток за една работна точка на стабилизатора;

R_{T2} и I_{T2} – същите величини за друга работна точка на стабилизатора.

Динамичното съпротивление на стабилизатора R_d също определя неговите качества. Колкото R_d е по-голямо, толкова и коефициентът на стабилизация е по-голям. То се изчислява по формулата

$$R_d = \frac{U_{bx1} - U_{bx2}}{I_{T1} - I_{T2}}, \Omega$$

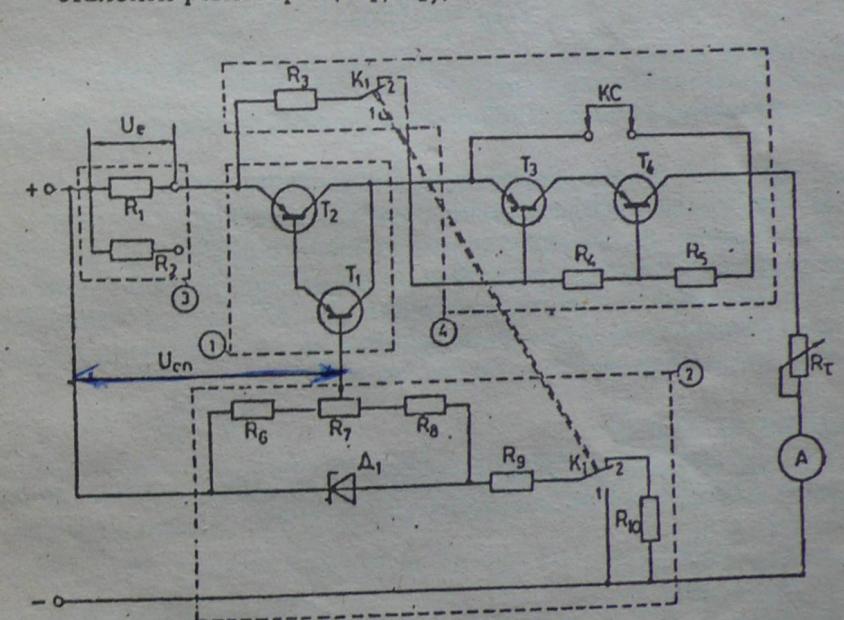
3. СХЕМА НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

Схемата на опитната постановка за провеждане на лабораторното упражнение е показана на фиг. 23. Тя е съставена от следните възли:

— регулиращ елемент 1, изпълнен със съставния транзистор T_1, T_2 ;

— източник на еталонно напрежение 2, състоящ се от параметричния стабилизатор, изпълнен с R_9, D_1 и делителя на напрежение R_8, R_7 и R_6 ;

— еталонен резистор 3 (R_1, R_2);



Фиг. 23. Схема на лабораторен макет за изследване на транзисторен стабилизатор на ток

1 – регулиращ елемент; 2 – източник на еталонно напрежение; 3 – еталонен резистор; 4 – транзисторен стълб

— допълнителни транзистори T_3 и T_4 , които след необходимите превключвания могат да се свържат последователно с регулиращия съставен транзистор и да образуват т. нар. "транзисторен стълб" за работа при по-високи напрежения.

Стабилизаторът на ток действува по следния начин. Товарният ток, подлежащ на стабилизация, пропича през еталонния резистор R_e , който в случая може да приема две стойности.

$$R_{e1} = R_1$$

или когато R_1 и R_2 се свържат паралелно, т.е.

$$R_{e2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Върху еталонния резистор се получава пад на напрежение $U_e = I_T R_e$, който се сравнява с еталонното напрежение на източника 2. Разликата от тези две напрежения управлява регулиращия транзистор T_1, T_2 , а именно:

$$U_p = U_e - U_{et} = I_T R_e - U_{et}$$

Понеже еталонният резистор R_e и еталонното напрежение U_{et} са постоянни величини, регулиращото напрежение U_p се влияе само от промяната на товарния ток

$$\Delta U_p = \Delta I_T R_e$$

и то по такъв начин, че се осъществява отрицателна обратна връзка по ток, т.е. стабилизация на тока.

Стойността на стабилизирания ток може да се изменя по два начина:

- a) чрез промяна на съпротивлението на R_e ;
- b) чрез изменение на еталонното напрежение U_{et} .

Включването на допълнителните транзистори T_3 и T_4 във високоволтния стълб става чрез поставяне на превключвателя K_1 в положение 1 и премахване на късосъединяващия мост KC . Едновременно с това последователно във веригата на източника на еталонно напрежение се включва допълнителен баластен резистор R_{10} .

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се снеме характеристиката $I_T = f_1(U_{bx})$ при $R_{e1} = R_1$ и следните стойности на товарното съпротивление:

- a. $R_{T1} = 0$;
- b. $R_{T2} = 15 \Omega$;
- c. $R_{T3} = 30 \Omega$.

Ключът K_1 да се постави в положение 1, а транзисторите T_3 и T_4 да се съединят накъсно чрез моста KC . Напрежението U_{bx} да се изменя по низходящ ред от 30 V до 14 V през 4 V. Токът на стабилизация в началото на измерването да се регулира чрез R_7 на стойност $I = 0,5$ A.

4.2. Да се снеме характеристиката $I_T = f_2(U_{bx})$ при $R_{e2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ (резисторите R_1 и R_2 се свързват паралелно). Всички останали данни са като в т.4.1.

Функциите, получени от измерванията по т.4.1 и т.4.2 да се построят като графики на една координатна система.

4.3. При стойност $R_T = 30 \Omega$ да се определи входното напрежение $U_{bx \min}$, при което регулиращият елемент I започва да се насища, за случаите

$$a. R_{e1} = R_1,$$

$$b. R_{e2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Като се знае, че $R_1 = R_2 = 9 \Omega$, да се изчисли напрежението върху регулиращия транзистор

$$U_{CEo} = U_{bx \ min} - I_T R_e - I_T R_T$$

4.4. Да се снеме характеристиката $I_T = f_3(R_T)$ при $U_{bx} = 30 V = \text{const}$ за случаите

$$a. R_{e1} = R_1;$$

$$b. R_{e2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Товарното съпротивление да се изменя по възходящ ред от 0 до 60Ω през 15Ω . Началният ток (при $R_T = 0$) да се регулира на стойност $I_T = 0,5$ A.

4.5. Да се изследва високоволтов стабилизатор. За целта ключът K_1 се поставя в положение 2, а късосъединяващият мост KC на транзисторите T_3 и T_4 се премахва.

Да се снеме характеристиката $I_T = f_4(U_{bx})$ при $R_T = 15 \Omega = \text{const}$ за случаите

$$a. R_{e1} = R_1$$

$$b. R_{e2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Захранващото напрежение да се изменя от 60 V до 30 V през 5 V по низходящ ред. Началната стойност на товарния ток $I_T = 0,5$ A да се регулира при $U_{bx} = 60$ V.

4.6. За същия стабилизатор да се снеме характеристиката $I_T = f_5(R_T)$ при $U_{bx} = 60 V = \text{const}$ и $R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Товарното съпротивление R_T да се изменя по възходящ ред от 0 до 60Ω през 15Ω .

4.7. За всички таблично снети характеристики да се изчисли динамичното съпротивление на стабилизатора по данни от две съседни точки в средата на таблицата.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 11

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТАБИЛИЗATOR НА ПОСТОЯНЕН ТОК, ИЗПЪЛНЕН С ИНТЕГРАЛНА СХЕМА НА СТАБИЛИЗATOR НА НАПРЕЖЕНИЕ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

- 1.1. Запознаване с възможностите за използване на интегрални схеми за стабилизатори на ток.
- 1.2. Изследване на електронен стабилизатор на постоянен ток, изработен с интегрална схема на стабилизатор на напрежение.

2. ТЕОРИЯ

Принципът на построяване на компенсационен стабилизатор на ток с интегрална схема е същият както при компенсационните стабилизатори на напрежение. Токът, подлежащ на стабилизация, пропотича през един еталонен резистор и напрежителният пад върху него се стабилизира. В този случай стабилизаторът на ток е стабилизатор на напрежение, на товарен с еталонен резистор. Товарният резистор се включва последователно във веригата на стабилизатора и захранващия източник.

Основните параметри и коефициенти на стабилизатора са същите и се изчисляват по същите формули, както са дадени в теорията на лабораторно упражнение № 10.

3. СХЕМА НА ОПТИЧНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

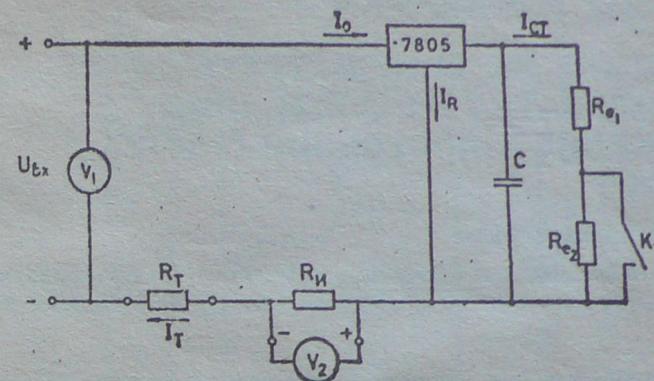
Схемата на макета за провеждане на лабораторното упражнение е показана на фиг. 24. Стабилизацията на тока се осъществява от интегрална схема на стабилизатор на напрежение тип μ A 7805. Падът на напрежение върху еталонния резистор R_e или $(R_{e1} + R_{e2})$ се поддържа винаги 5 V и това определя стабилността на тока I_{ct} . Товарният ток е

$$I_T = I_{ct} + I_R .$$

Вътрешният ток на интегралната схема $I_R \approx 8 \text{ mA}$ е почти постоянно и влиянието му може да се пренебрегне при товарен ток около 0,5 A.

Стабилизираният ток се измерва с цифров волтметър (V_2) посредством измерващо то пада на напрежение върху точният резистор R_i .

Кондензаторът C предотвратява самовъзбуждането на стабилизатора.



Фиг. 24. Схема на лабораторен макет за изследване на стабилизатор на ток с интегрална схема

Стойността на стабилизирания ток се регулира чрез променяне на съпротивлението на еталонния резистор, т.е. чрез отваряне или затваряне на ключа K_1 .

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се снеме характеристиката на стабилизатора $I_T = f_1(U_{bx})$ при $R_T = 15 \Omega = \text{const}$ и $R_e = R_{e1} = 11,7 \Omega$ (ключът K_1 е затворен). Входното напрежение да се изменя от 30 V до 12 V през 2 V по низходящ ред. Да се изчислят коефициентът на стабилизация k_{IU} и динамичното съпротивление на стабилизатора R_d за всички точки от таблицата и да се построят графиките им.

4.2. Да се снеме характеристиката $I_T = f_2(R_T)$ при $U_{bx} = 30 \text{ V} = \text{const}$ и $R_e = R_{e1} = 11,7 \Omega$ (ключът K_1 е затворен). Товарното съпротивление да се изменя от 60 Ω до 0 през 15 Ω по низходящ ред. Да се изчислят коефициентите на стабилизация и динамичното съпротивление на стабилизатора за всички точки от таблицата. Да се построят графиките им.

4.3. Да се снеме характеристиката $I_T = f_3(U_{bx})$ при $R_T = 15 \Omega = \text{const}$ и $R_e = R_{e1} + R_{e2} = 15,6 \Omega$ (ключът K_1 е отворен). Входното напрежение да се изменя от 30 до 12 V през 4 V по низходящ ред. Да се изчислят коефициентът на стабилизация и динамичното съпротивление за една точка от средата на таблицата.

4.4. Да се снеме характеристиката $I_T = f_4(R_T)$ при $U_{bx} = 30 \text{ V} = \text{const}$ и $R_e = R_{e1} + R_{e2} = 15,6 \Omega$ (ключът K_1 е отворен). Товарното съпротивление да се изменя от 60 Ω до 0 през 15 Ω по низходящ ред. Да се изчислят коефициентът на стабилизация и динамичното съпротивление на стабилизатора за една точка от средата на таблицата.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 12

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТРАНЗИСТОРЕН ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ В ПОСТОЯННО С ДРУГА СТОЙНОСТ

1. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

- 1.1. Запознаване със схемата и действието на преобразувателя.
- 1.2. Опитно снемане на характеристиките на преобразувателя.

2. ТЕОРИЯ

Транзисторните преобразуватели на постоянно напрежение в постоянно, но с друга стойност съдържат в себе си генератор на променливо напрежение, трансформатор и токоизправител. Генераторът преобразува постоянно напрежение на захранващия токоизточник (напр. акумулаторна батерия) в променливо с определена честота. Това променливо напрежение се трансформира от трансформатора до определена стойност и след това се изправя от токоизправителя. По този начин от всеки постояннотоков захранващ източник може да се получи желаното постоянно напрежение.

В зависимост от вида на генератора преобразувателите биват два вида - с генератор със самовъзбуждане и с генератор с независимо възбуждане.

Генераторите със самовъзбуждане имат просто устройство, но коефициентът им на полезно действие е малък, а честотата се изменя в широки граници. Затова те се използват при малки мощности (до 100 W).

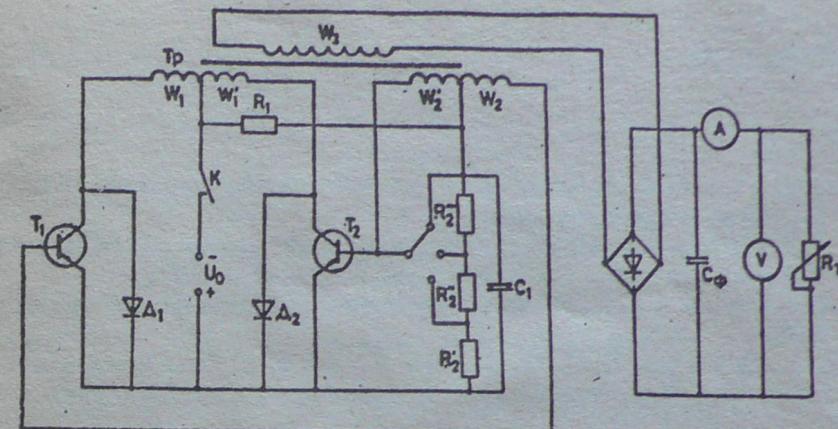
Генераторите с независимо възбуждане имат стабилна честота на генериране и дават възможност за регулиране на изходното им напрежение. Техният коефициент на полезно действие е голям, но схемите им за управление са твърде сложни. Използват се за мощности, по-големи от 100 W.

3. СХЕМА НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ НА ДЕЙСТВИЕТО Й

В това лабораторно упражнение се изследва транзисторен преобразувател на постоянно напрежение в постоянно, в който генераторът е със самовъзбуждане (фиг. 25).

Трансформаторът Тр има три намотки. Намотките w_1 и w_2 са двуфазни, а намотката w_3 - еднофазна. Тя е и товарната намотка. w_1 и w'_1 са две фази на първичната намотка, а w_2 и w'_2 са намотки на положителната обратна връзка на генератора.

Транзисторите T_1 и T_2 са ключови елементи на генератора. Техният работен режим по постоянноен ток се осигурява от делителя R_1 и R_2 .



Фиг. 25. Схема на лабораторен макет за изследване на транзисторен преобразувател на постоянно напрежение в постоянно с друга стойност

От него зависи до голяма степен и коефициентът на полезно действие на генератора. Схемата дава възможност да се променя стойността на R_2 и да се изследва неговото влияние.

Напрежението на намотката w_3 се изправя, филтрира се чрез капацитивен филтър C_Φ и се подава на товарния резистор R_T .

Коефициентът на полезно действие на преобразувателя се изчислява по формулата

$$\eta = \frac{P_{\text{изх}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{изх}} I_{\text{изх}}}{U_{\text{вх}} I_{\text{вх}}}.$$

Понеже изходният ток е малък, за измерване на напрежението и тока се използва свързване на уредите по схема "A-V".

Диодите D_1 и D_2 служат за защита на транзисторите T_1 и T_2 от напрежение с обратна полярност.

4. ЗАДАНИЕ ЗА РАБОТА

4.1. Да се изследва зависимостта на величините I_0 , $U_{\text{изх}}$, I_T , f и η от стойността на захранващото напрежение U_0 при $R_2 = \text{const}$ и $R_T = \text{const}$. Входното напрежение да се изменя от 6 до 12 V по възходящ ред през 2 V. Да се построят графиките на функциите върху една координатна система.

4.2. Да се снеме товарната характеристика на преобразувателя $U_{\text{изх}} = f_1(I_T)$ при $U_0 = 12 V = \text{const}$. Да се построи графика на функцията. Да се изчисли вътрешното съпротивление на преобразувателя по данни от две съседни точки от средата на таблицата.

4.3. Да се изследва зависимостта на коефициента на полезно действие η от R_2 при $R_T = \text{const}$ и $U_0 = 12 V = \text{const}$. Измерването да се извърши за пет стойности на R_2 - R'_2 , R''_2 , R'''_2 , $R'_2 + R''_2$ и $R'_2 + R''_2 + R'''_2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драмов, С. А. Химични източници на електрическа енергия. С., Наука и изкуство, 1976.
2. Стеванов, Н. Й. Наръчник по електронни схеми, част II. Токоизправители и стабилизатори. С., Техника, 1981.
3. Стеванов, Н. Й. Токозахраниващи устройства. С., Техника, 1985.
4. Стеванов, Н. Й., Т. Б. Атанасов, А. Г. Маноилов. Наръчник по токозахраниващи устройства. С., Техника, 1992.

СЪДЪРЖАНИЕ

Предговор	3
Въведение	4
I. Химични токоизточници	5
Лабораторно упражнение № 1. Изследване на химични токоизточници	6
II. Токоизправителни схеми и изглаждащи филтри	11
Лабораторно упражнение № 2. Изследване на еднофазни и двуфазни токоизправители	13
Лабораторно упражнение № 3. Изследване на трифазни токоизправители	19
Лабораторно упражнение № 4. Изследване на токоизправители с умножаване на напрежението	22
Лабораторно упражнение № 5. Изследване на изглаждащи филтри	25
III. Стабилизатори на напрежение и ток	29
Лабораторно упражнение № 6. Изследване на параметрични стабилизатори на постоянно напрежение	31
Лабораторно упражнение № 7. Ферорезонансен стабилизатор на променливо напрежение	35
Лабораторно упражнение № 8. Изследване на електронен стабилизатор на напрежение с компенсация на вътрешното съпротивление и защита от токово претоварване ..	38
Лабораторно упражнение № 9. Изследване на ключов стабилизатор на напрежение	42
Лабораторно упражнение № 10. Изследване на транзисторен стабилизатор на ток	46
Лабораторно упражнение № 11. Изследване на стабилизатор на постоянен ток, изпълнен с интегрална схема на стабилизатор на напрежение	50
Лабораторно упражнение № 12. Изследване на транзисторен преобразувател на постоянно напрежение в постоянно с друга стойност	52
Литература	54