

Deniss Stepins

ELEKTRONISKĀS APARATŪRAS ELEKTROBAROŠANA

Laboratorijas darbu apraksti



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Elektronikas un telekomunikāciju fakultāte
Elektroniskās aparatūras katedra

Deniss Stepins

Elektroniskās aparatūras elektrobarošana

Laboratorijas darbu apraksti

RTU Izdevniecība
Rīga 2018

Deniss Stepins. Elektroniskās aparatūras elektrobarošana. Laboratorijas darbu apraksti. Rīga: RTU Izdevniecība, 2018. 30 lpp.

Laboratorijas darbu aprakstos iekļautie seši darbi radīti veiksmīgai studiju kursa “Elektroniskās aparatūras elektrobarošana” apguvei. Pildot laboratorijas darbus, studentiem jāsaslēdz dažādas energoelektronisko pārveidotāju shēmas uz montāžas platēm, jāveic mērījumus atbilstoši darba uzdevumiem un jāinterpretē iegūtos rezultātus.

Recenzents *Dr. sc. ing.* Aleksandrs Suzdaļenko

Izdots saskaņā ar Elektroniskās aparatūras katedras 2017. gada 1. septembra sēdes lēmumu, protokols Nr. 5.

Atbildīgā par izdevumu Anita Vēciņa
Redaktores Māra Mozga, Irēna Skārda
Maketētāja Jekaterina Lukina
Vāka dizainere Jekaterina Lukina

Vāka attēls *Shutterstock.com*

Izdevējs: RTU Izdevniecība
Kaļķu iela 1, Rīga, LV-1658
Tālrunis 67089441
E-pasts: izdevnieciba@rtu.lv

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2018
© Deniss Stepins, 2018

ISBN 978-9934-22-034-0 (PDF)
ISBN 978-9934-22-035-7 (ePUB)

Satura rādītājs

Ievads.....	4
Montāžas plates īss apraksts	5
Norādes mērīšanai	5
Terminu skaidrojumi	5
Galveno apzīmējumu saraksts	7
1. laboratorijas darbs. Taisngrieži, gludinātājfilti, sprieguma daudzkāršotāji	8
2. laboratorijas darbs. Lineārie parametriskie un kompensācijas tipa stabilizatori ..	12
3. laboratorijas darbs. Pazeminošā pārveidotāja pētīšana	16
4. laboratorijas darbs. Paaugstinošie un pazeminošie-paaugstinošie pārveidotāji ..	21
5. laboratorijas darbs. Sprieguma impulsveida stabilizators.....	26
6. laboratorijas darbs. Jaudas koeficienta korekcija.....	28
Prasības atskaites noformēšanai	30

Ievads

Elektroniskās aparatūras elektrobarošanai ir liela nozīme dažādās cilvēka darbības nozarēs. Tā ir svarīga energoelektronikas – dinamiska zinātniski tehniska virziena – sastāvdaļa. Elektroniskās aparatūras elektrobarošanai lieto mazjaudīgus elektriskās enerģijas pārveidotājus – mazjaudīgus energoelektroniskos pārveidotājus. Tie ir sastopami praktiski jebkuru elektronisko iekārtu barošanas avotos. Energoelektroniskos pārveidotājus elektrobarošanas avotos izmanto galvenokārt sprieguma formas un līmeņa izmaiņai, kā arī sprieguma stabilizācijai. Modernie barošanas avoti var būt gan lineāri, gan impulsveida. Mūsdienās vispopulārākie ir impulsveida barošanas avoti, jo tiem piemīt virkne priekšrocību salīdzinājumā ar lineārajiem barošanas avotiem, piemēram, augsts lietderības koeficients un liela īpatnējā jauda. Mazjaudīgo energoelektronisko pārveidotāju pusvadītāju un magnētisko komponentu bāze, vadības metodes un tehnoloģiskie un konstruktīvie risinājumi nepārtraukti tiek uzlaboti.

Studiju kursa “Elektroniskās aparatūras elektrobarošana” galvenie mērķi ir:

- radīt studentos izpratni par dažādu energoelektronisko pārveidotāju lomu elektronikā;
- sniegt studentiem iespēju izveidot dažādus energoelektroniskos pārveidotājus;
- nostiprināt lekcijās sniegtās teorētiskās zināšanas par energoelektroniskajiem pārveidotājiem un to darbības principiem;
- veicināt studentos praktiskas iemaņas elektronisko shēmu saslēgšanā.

Veiksmīgai studiju kursa apguvei ir nepieciešamas priekšzināšanas elektrībā un magnētismā, elektriskajos mērījumos un analogajā elektronikā. Pildot laboratorijas darbus, studenti saslēdz dažādas energoelektronisko pārveidotāju shēmas uz montāžas platēm, veic mērījumus atbilstoši darba uzdevumiem un interpretē iegūtos rezultātus.

Šajā laboratorijas darbu aprakstā ir atspoguļoti visu sešu laboratorijas darbu mērķi, uzdevumi, montāžas plašu īsie apraksti, norādījumi sekmīgai darbu izpildīšanai un prasības atskaišu noformēšanai.

Pirmais laboratorijas darbs ir veltīts nestabilizēto sekundāro barošanas avotu sastāvdaļu izpētei. Tas ietver sevī taisngriežu un pulsāciju samazinošo filtru un sprieguma daudzkārtotāju izpēti.

Otrais laboratorijas darbs ir veltīts lineāru parametrisku un lineāru kompensācijas tipa stabilizatoru parametru mērīšanai.

Trešais laboratorijas darbs ir veltīts pazeminoša līdzsprieguma impulsveida pārveidotāja izpētei.

Ceturtais laboratorijas darbs ir veltīts paaugstinošā un paaugstinošā-pazeminošā līdzsprieguma impulsveida pārveidotāja izpētei.

Piektais laboratorijas darbs ir veltīts līdzsprieguma impulsveida stabilizatora izpētei.

Sestais laboratorijas darbs ir veltīts jaudas koeficientu korektoru izpētei un dažu specializētu mēraparātu apgūšanai.

Montāžas plates īss apraksts

Pirmajos piecos laboratorijas darbos tiek izmantota montāžas plate, kurā ir iebūvēts barošanas avots ar regulējamu stabilizēto izejas spriegumu un pazeminošais transformators ar diviem sekundāriem tinumiem. Montāžas plates augšpusē atrodas plāksne (stiklatekstolīts ar izkodinātiem celiņiem) ar vairākām ligzdām elementu turētāju iespraušanai. Katram elementam vai elementu kopai ir atsevišķi turētāji ar spraudņiem, kurus var iespraust montāžas plates augšējā paneļa ligzdās. Sestajā laboratorijas darbā ir izmantota jaudas koeficienta korektora izmēģinājuma plate no *ST Microelectronics*[®], kas ir ievietota dielektriskā korpusā.

Norādes mērīšanai

Pildot laboratorijas darbus, jāievēro:

- saslēdzot pētāmo shēmu vai mainot elementu un bloku izvietošanu uz stiklatekstolīta plāksnes, **montāžas plate ir jāatslēdz no barošanas tīkla**;
- saspraužot mezglus vai elementus (savienojumus, rezistorus u. c.), tie ir jātur pie spraudņu augšējās daļas vai pie turētāja (tekstolīta plāksnītes), bet **nekādā gadījumā pie paša elementa**;
- ņemot vērā, ka montāžas plates un mēraparātu korpusi tiek zemēti, visiem mērījumiem ar osciloskopu vai voltmetru jābūt attiecībā pret zemi. Ja jāveic diferenciālie mērījumi, tad jāizmanto diferenciālais mērtausts. Ja vajag iegūt vienlaicīgi divas oscilogrammas, tad jāievēro, ka osciloskopu abiem kanāliem ir kopēja zeme.

Terminu skaidrojumi

Darbcikla koeficients – impulsa secības impulsa ilguma attiecība pret periodu. Darbcikla koeficientu dažreiz sauc par impulsa aizpildes koeficientu.

Diferenciālais mērtausts – aktīvais mērtausts ar divām ieejām un vienu izeju. Šī mērtausta izejas signāls ir proporcionāls abu ieeju signālu starpībai. Diferenciālo mērtaustu izmanto tad, kad vajag uzņemt sprieguma oscilogrammu starp doto ķēdes punktu un citu punktu, kas nav savienots ar zemi.

Diodes sprostpretestības atjaunošanās laiks – laika intervāls starp laika momentu, kurā diodes strāva krusto nulli, un momentu, kurā diodes strāva sasniedz 25 % no sprostpretestības atjaunošanās maksimālās strāvas.

Diodes sprostpretestības atjaunošanās maksimālā strāva – diodes sproststrāvas maksimālā vērtība, diodei pārslēdzoties no caurlaides uz sprostvirzienu.

Elektroniskā slodze – speciālā ierīce ar jaudīgiem lauktranzistoriem, kas strādā aktīvā režīmā, kuru izmanto dažādu barošanas avotu testēšanai. Elektroniskā slodze darbojas konstantas jaudas, sprieguma, pretestības vai strāvas režīmā.

Elektroniskais slēdzis – spēka tranzistors impulsu režīmā.

Harmoniku koeficients – strāvas vai sprieguma augstāko harmoniku summas vidējās kvadrātiskās vērtības attiecība pret pamatharmonikas vidējo kvadrātisko vērtību. Angļu valodā to sauc par *total harmonic distortion (THD)*.

Jaudas koeficients – aktīvās jaudas attiecība pret pilno jaudu.

Lineārais parametriskais sprieguma stabilizators – stabilizators, kurā izmanto nelineārus elementus (piemēram, stabilitronu), kuru voltampēru raksturliknei ir apgabals ar ļoti lielu stāvumu.

Lineārais kompensācijas tipa sprieguma stabilizators – stabilizators ar atgriezenisko saiti, kurā kā regulēšanas elementu izmanto tranzistoru aktīvajā režīmā.

Nepārtrauktas strāvas režīms – impulsveida pārveidotāja režīms, kurā spēka droseles strāva nav vienāda ar nulli.

Normēta pārveidošanas raksturlikne – sprieguma impulsveida pārveidotāja izejas sprieguma līdzkomponentes vērtības pret ieejas sprieguma līdzkomponentes vērtību attiecības atkarība no darbcikla koeficienta.

Pārtrauktas strāvas režīms – impulsveida pārveidotāja režīms, kurā spēka droseles strāva kādu daļu no komutācijas perioda neplūst.

Pārveidotāja lietderības koeficients – pārveidotāja izejas aktīvās jaudas attiecība pret ieejas aktīvo jaudu.

Pārveidošanas raksturlikne – sprieguma impulsveida pārveidotāja izejas sprieguma līdzkomponentes vērtības atkarība no darbcikla koeficienta.

Sprieguma impulsveida pārveidotājs – pārveido spriegumu no viena līmeņa uz otru (ar augstu lietderības koeficientu). Papildus sprieguma līmeņa izmaiņai tie var veikt papildfunkcijas, piemēram, stabilizēt izejas spriegumu vai invertēt ieejas sprieguma polaritāti.

Sprieguma impulsveida stabilizators – sprieguma impulsveida pārveidotājs ar izejas sprieguma stabilizāciju.

Slēdža komutācijas frekvence – elektroniskā slēdža pārslēgšanās frekvence.

Sprieguma/strāvas amplitūdas spektrs – sprieguma/strāvas harmoniku amplitūdu kopa.

Stabilizatora ārējā raksturlīkne – stabilizatora izejas sprieguma atkarība no izejas strāvas.

Galveno apzīmējumu saraksts

Apzīmējums	Atšifrējums	Apzīmējums	Atšifrējums
U_{in}	Ieejas sprieguma līdzkomponentes vērtība, V	D	Darbcikla koeficients
U_{out}	Izejas sprieguma līdzkomponentes vērtība, V	η	Lietderības koeficients, %
C_{out}	Izejas kondensatora kapacitāte, F	U_{p-p}	Izejas sprieguma pulsāciju vēziens (divkāršā amplitūda), V
C_{in}	Ieejas kondensatora kapacitāte, F	R_{out}	Slodzes rezistora pretestība, Ω
L	Spēka droseles induktivitāte, H	K_h	Harmoniku koeficients, %
f_{sw}	Tranzistora komutācijas frekvence, Hz	I_{out}	Izejas strāvas līdzkomponentes vērtība, A
P_{out}	Izejas aktīvā jauda, W	K_I	Koeficients, kas raksturo stabilizatora U_{out} izmaiņu pie I_{out} izmaiņas, %
P_{in}	Ieejas aktīvā jauda, W	K_U	Koeficients, kas raksturo stabilizatora U_{out} izmaiņu pie U_{in} izmaiņas, %

1. laboratorijas darbs

Taisngrieži, gludinātājfilttri, sprieguma daudzkārstāji

Darba mērķis

Iepazīties ar nestabilizēto sekundāro barošanas avotu galveno mezglu darbības principiem.

Darba uzdevumi

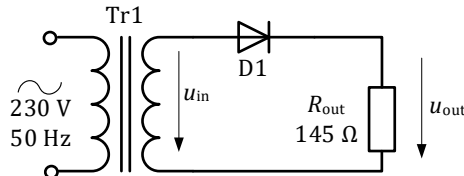
Izpētīt dažādus taisngriežus (vienfāzes vienusperioda taisngrieži, divfāžu vienusperioda taisngrieži, vienfāzes divpusperiodu taisngrieži), gludinātājfiltros (kapacitatīvus un LC filtros) un sprieguma daudzkārstājus (divkārstājus un četrkārstājus).

Praktiskā darba izpilde

Darba uzdevums

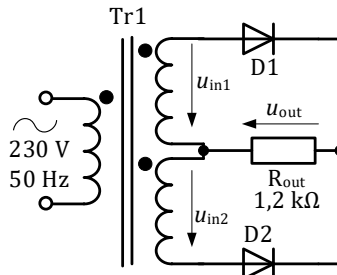
Laboratorijā veicamie uzdevumi

1. Uzņemt ieejas sprieguma u_{in} , izejas sprieguma u_{out} un diodes sprieguma u_d oscilogrammas vienfāzes vienusperioda taisngriežim ar divām dažādām diodēm D1: Šotki diode un p-n diode. Noteikt maksimālo sprieguma kritumu uz abām diodēm. Ar ciparu osciloskopu nomērīt u_{out} līdzkomponentes vērtību.



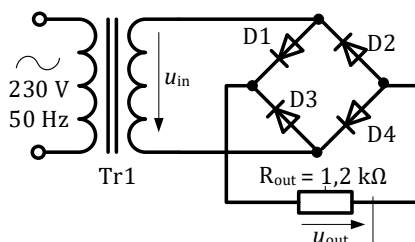
1.1. att. Vienfāzes vienusperioda taisngrieža ar transformatoru shēma.

2. Uzņemt izejas sprieguma u_{out} oscilogrammu divfāžu vienusperioda taisngriežim (ar transformatora viduspunktu). Nomērīt u_{out} līdzkomponentes vērtību.



1.2. att. Divfāžu vienusperioda taisngrieža ar transformatoru shēma.

3. Uzņemt izejas sprieguma u_{out} oscilogrammu vienfāzes divpusperiodu taisngriezum (diožu tiltam). Nomērīt u_{out} līdzkomponentes vērtību.



1.3. att. Vienfāzes divpusperiodu taisngrieža ar transformatoru shēma.

4. Pieslēgt paralēli vienfāzes vienusperioda taisngrieža slodzei kondensatoru, kura $C_{out} = 470 \mu\text{F}$. Uzņemt ieejas sprieguma u_{in} un izejas sprieguma u_{out} oscilogrammas. Izmērīt ar osciloskopu izejas sprieguma pulsāciju vēzienu U_{p-p} pie dažādām kapacitātes vērtībām ($470 \mu\text{F}$ un $47 \mu\text{F}$) un slodzes pretestībām (145Ω , 560Ω un $1,2 \text{ k}\Omega$). Nomērīt arī u_{out} līdzkomponentes vērtību, ja $C_{out} = 470 \mu\text{F}$.

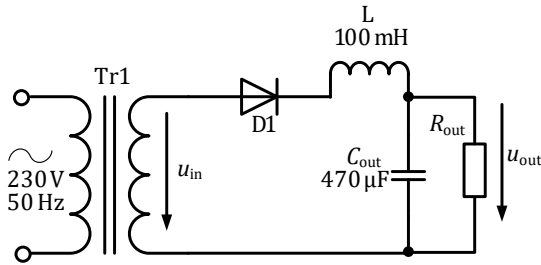
1.1. tabula

	U_{p-p}, V
$R_{out} = 145 \Omega; C_{out} = 470 \mu\text{F}$	
$R_{out} = 560 \Omega; C_{out} = 470 \mu\text{F}$	
$R_{out} = 1,2 \text{ k}\Omega; C_{out} = 470 \mu\text{F}$	

1.2. tabula

	U_{p-p}, V
$R_{out} = 145 \Omega; C_{out} = 47 \mu\text{F}$	
$R_{out} = 560 \Omega; C_{out} = 47 \mu\text{F}$	
$R_{out} = 1,2 \text{ k}\Omega; C_{out} = 47 \mu\text{F}$	

5. Divpusperioda taisngriešanas tilta slodzei paralēli pieslēgt kondensatoru, kura $C_{out} = 470 \mu\text{F}$. Uzņemt izejas sprieguma u_{out} oscilogrammu. Izmērīt U_{p-p} , ja $C_{out} = 470 \mu\text{F}$ un $R_{out} = 1,2 \text{ k}\Omega$. Salīdzināt izmērīto U_{p-p} un 4. uzdevuma rezultātus. Nomērīt arī u_{out} līdzkomponentes vērtību, ja $C_{out} = 470 \mu\text{F}$.
6. Pieslēgt LC filtru pie vienfāzes vienusperioda taisngrieža izejas, kas sastāv no kondensatora, kura $C_{out} = 470 \mu\text{F}$, un spoles, kuras $L = 100 \text{ mH}$. Uzņemt ieejas sprieguma u_{in} un izejas sprieguma u_{out} oscilogrammas. Izmērīt izejas sprieguma pulsāciju vēzienu U_{p-p} pie dažādām slodzes pretestībām (145Ω , 560Ω un $1,2 \text{ k}\Omega$).

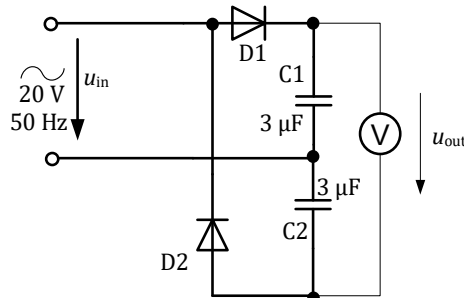


1.4. att. Vienfāzes vienkāršā taisykštiešis ar LC filtru.

1.3. tabula

	U_{p-p}, V
$R_{out} = 145 \Omega; C_{out} = 470 \mu F$	
$R_{out} = 560 \Omega; C_{out} = 470 \mu F$	
$R_{out} = 1,2 k\Omega; C_{out} = 470 \mu F$	

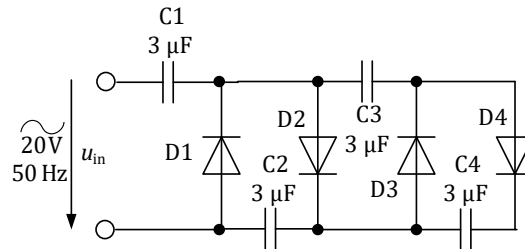
7. Uzņemt divkāršotāja ieejas un izejas sprieguma oscilogrammas. Izmērīt ieejas maņsprieguma amplitūdu (ar osciloskopu). Paraleli divkāršotāja izejai pieslēgt līdzsprieguma voltmetru un izmērīt izejas līdzsprieguma vērtību tukšgaitas režīmā (bez slodzes) un slodzes režīmā ($R_{out} = 47 k\Omega$).



1.5. att. Sprieguma divkāršotāja shēma.

8. Nomērīt četrkāršotāja ieejas sprieguma amplitūdu. Ar līdzsprieguma voltmetru izmērīt līdzsprieguma vērtību U_v uz: C1; C1 un C3 kopā; C2; C2 un C4 kopā.

Elements	U_v, V
C1	
C1 un C3	
C2	
C2 un C4	



1.6. att. Sprieguma četrkāršotāja shēma.

Atskaites noformēšana

- Attēlot iegūtās oscilogrammas un izskaidrot iegūtos rezultātus.
- Atbildēt uz jautājumiem.
 1. No izejas sprieguma pulsāciju vēzienu viedokļa, kādu taisngriezi – vienuspusperioda vai divpusperioda – labāk izmantot?
 2. Kāpēc slodzes režīmā divkāršotāja izejas sprieguma līdzkomponente ir mazāka nekā tukšgaitas režīmā?

2. Laboratorijas darbs

Lineārie parametriskie un kompensācijas tipa stabilizatori

Darba mērķis

Iepazīties ar lineāriem parametriskiem un kompensācijas tipa stabilizatoriem.

Darba uzdevumi

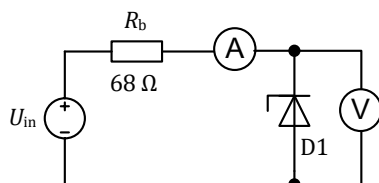
1. Izpētīt parametrisku stabilizatoru.
2. Izpētīt lineāru stabilizatoru.

Praktiskā darba izpilde

1. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

- 1.1. Uzņemt stabilitrona *1N5336B* voltampēru raksturlīkni (VAR), izmantojot shēmu, kas parādīta 2.1. attēlā.



2.1. att. Slēguma shēma voltampēru raksturlīknes pētīšanai.

2.1. tabula

U_{in}, V	U_V, V	I_A, mA	U_{in}, V	U_V, V	I_A, mA
0	0	0	10		
2			11		
3			12		
4			13		
5			14		
6			15		
7			16		
8			17		
9			18		

1.2. Pieslēgt paralēli stabilitronam dažādas slodzes R_{out} un aizpildīt tabulu.

2.2. tabula

	U_{out} , V
$R_{out} = 300 \Omega$; $U_{in} = 15$ V	
$R_{out} = 560 \Omega$; $U_{in} = 15$ V	
$R_{out} = \infty$; $U_{in} = 15$ V	

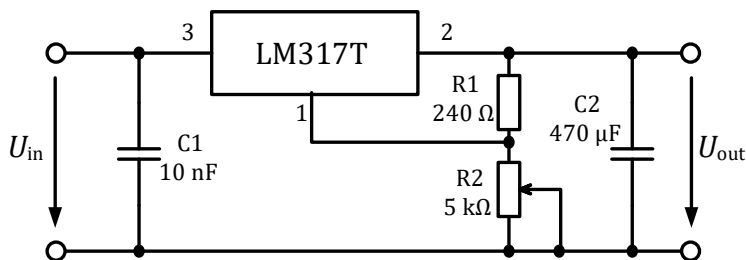
Atskaites noformēšana

- Attēlot stabilitrona VAR (sprostvirzienā) un tajā pašā grafikā slodzes taisnes un darba punktus, kad $U_{in} = 11$ V un $U_{in} = 17$ V (kad $R_{out} = \infty$).
- Izskaidrot, kāpēc, ieejas spriegumam U_{in} mainoties no 11 V līdz 17 V vai slodzei mainoties no 300 Ω līdz ∞ , spriegums uz stabilitrona praktiski nemainās.
- Noteikt stabilitrona minimālo stabilizācijas strāvu I_{st_min} .
- Noteikt stabilitrona diferenciālo un statisko pretestību darba punktā, kad $U_{in} = 17$ V.

2. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

2.1. Saslēgt lineārā stabilizatora shēmu kā parādīts 2.2. attēlā. Padot spriegumu $U_{in} = 15$ V uz stabilizatora ieeju. Izmantojot potenciometru R2, noregulēt izejas spriegumu $U_{out} = 10$ V (tukšgaitas režīmā).



2.2. att. Slēguma shēma lineāra stabilizatora pētīšanai.

2.2. Pieslēgt slodzi ($R_{out} = 10 \Omega$) stabilizatoram. Nomērīt U_{out} pie dažādiem U_{in} un aizpildīt 2.3. tabulu. Noteikt minimālo U_{in} , kuru sasniedzot, U_{out} ir praktiski konstants.

2.3. tabula

U_{in}, V	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20
U_{out}, V												

- 2.3. Izpētīt stabilizatora lietderības koeficienta η atkarību no U_{in} un izejas aktīvās jaudas P_{out} . Norāde: lai uzņemtu $\eta = f(P_{out})$, pie stabilizatora izejas pieslēgt elektronisko slodzi *TTI LD 300* konstantas jaudas režīmā, U_{in} jābūt vienādam ar 15 V, bet $U_{out} = 10$ V. Lai uzņemtu $\eta = f(U_{in})$, pie stabilizatora izejas pieslēgt $R_{out} = 10 \Omega$.

2.4. tabula

U_{in}, V	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$ U_{in} - U_{out} , V$									
$\eta, \%$									

2.5. tabula

P_{out}, W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\eta, \%$										

- 2.4. Izmantojot elektronisko slodzi konstantas strāvas režīmā, iegūt stabilizatora ārējo raksturlīkni $U_{out} = f(I_{out})$. Norāde: $U_{in} = 15$ V, $U_{out} = 10$ V (tukšgaitā).

2.6. tabula

I_{out}, A	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50
U_{out}, V	10										

- 2.5. Noteikt koeficientu K_p , kas raksturo U_{out} izmaiņu pie I_{out} izmaiņas, kad $|U_{in} - U_{out}| = 3$ V. Norāde: lai noteiktu K_p , ir nepieciešams nomērīt U_{out} pie nominālās jaudas $P_{out_nom} = 10$ W un pie maksimālās jaudas $P_{out_max} = 15$ W un izmantot formulu:

$$K_p = \frac{U_{out}(\text{bez slodzes}) - U_{out}(\text{kad } P_{out_max} = 15 \text{ W})}{U_{out}(\text{kad } P_{out_nom} = 10 \text{ W})} \cdot 100, \%$$

kur U_{out} (bez slodzes) jābūt vienādam ar 10 V.

- 2.6. Noteikt koeficientu K_U , kas raksturo stabilizatora U_{out} izmaiņu pie U_{in} izmaiņas. Norāde: lai noteiktu K_U , ir nepieciešams nomērīt U_{out} pie minimālā ieejas sprieguma $U_{\text{in.min}} = 13 \text{ V}$ un maksimālā ieejas sprieguma $U_{\text{in.max}} = 20 \text{ V}$, pēc tam izmantot formulu:

$$K_U = \frac{U_{\text{out}}(\text{kad } U_{\text{in.max}} = 20 \text{ V}) - U_{\text{out}}(\text{kad } U_{\text{in.min}} = 13 \text{ V})}{U_{\text{in.max}} - U_{\text{in.min}}} \cdot 100, \%$$

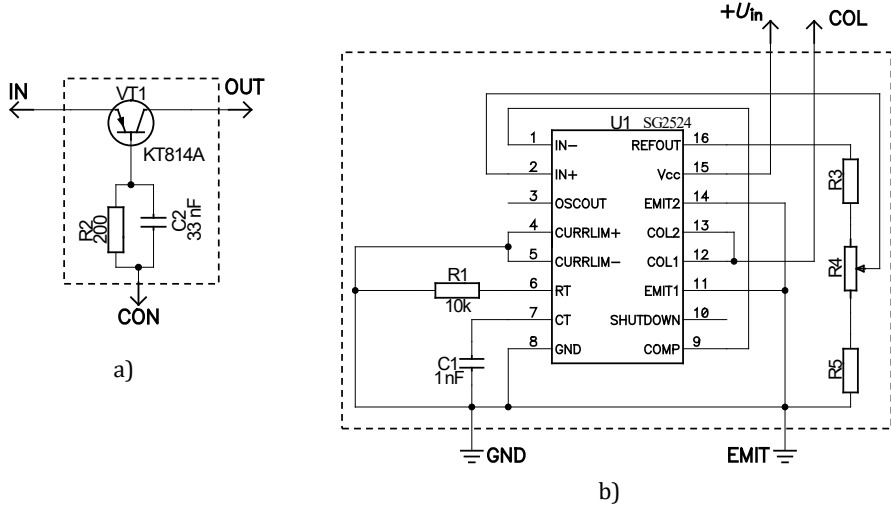
kur U_{out} (bez slodzes) jābūt vienādam ar 10 V , $P_{\text{out}} = 10 \text{ W}$.

- 2.7. Izpētīt stabilizatora reakciju uz lēcienveidīgu I_{out} izmaiņu. Šim nolūkam uzņemt stabilizatora izejas sprieguma oscilogrammu, kad I_{out} mainās lēcienveidīgi no 0 A līdz $1,5 \text{ A}$ ar ātrumu 10 A/s . Šim nolūkam jāizmanto elektroniskā slodze *TTI LD 300* pārejas raksturliķnes mērīšanas režīmā. Nomērīt arī pārejas procesa laiku.

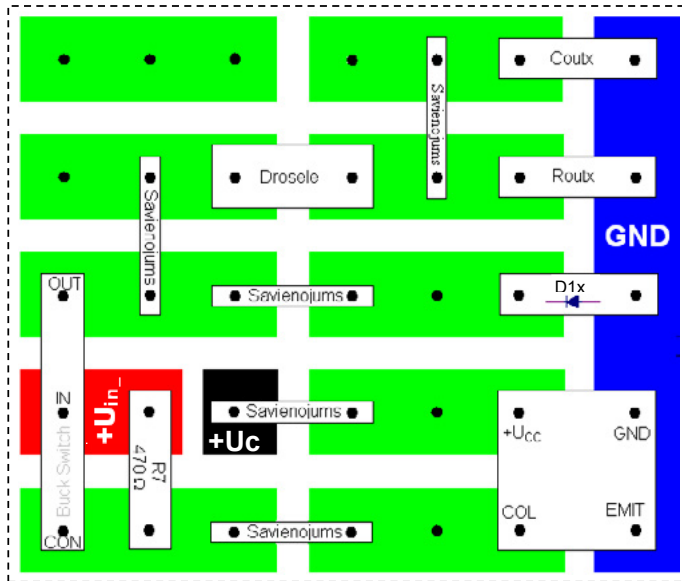
Atskaites noformēšana

- Attēlot $U_{\text{out}} = f(U_{\text{in}})$. Izskaidrot iegūtos rezultātus.
- Attēlot $\eta = f(P_{\text{out}})$, $\eta = f(U_{\text{in}})$ un $\eta = f(|U_{\text{in}} - U_{\text{out}}|)$. Izskaidrot iegūtos rezultātus.
- Atbildēt uz jautājumiem.
 1. Vai lietderības koeficients ir atkarīgs no izejas jaudas? Kāpēc?
 2. Vai lietderības koeficients, pieaugot $|U_{\text{in}} - U_{\text{out}}|$, palielinās vai samazinās? Kāpēc?
- Attēlot stabilizatora ārējo raksturliķni. Vai, pieaugot I_{out} , U_{out} paliek nemainīgs, palielinās vai samazinās? Kāpēc?
- Saistībā ar 2.7. uzdevumu, izskaidrot iegūtos rezultātus.

papildu indeksu "x". Strāvas oscilogrammu iegūšanai ir izmantots zemas pretestības ($0,5 \Omega$) rezistors, kam paralēli slēdz osciloskopu. Slēdža bloka un slēdža vadības bloka shēma ir parādīta 3.2. attēlā. Savukārt 3.3. attēls uzskatāmi parāda pārveidotāja montāžas plāksni un viena no komponentu iespējamām saslēgšanas shēmām.



3.2. att. Pārveidotāja slēdzis (a) un slēdža vadības bloks (b) kā shēmas (3.1. att.) īstenojuma (3.3. att.) konstruktīvie mezgli.



3.3. att. Pārveidotāja montāžas plāksne un viena no komponentu iespējamām saslēgšanas shēmām (bez strāvas oscilogrammu iegūšanās iespējas).

Darba uzdevumi

1. Normēto pārveidošanas raksturlīkņu [$U_{\text{out}} / U_{\text{in}} = f(D)$] pētīšana.
2. Laika atkarību (oscilogrammu) pētīšana.

Praktiskā darba izpilde

1. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

- 1.1. Uzņemt vienu pārveidošanas raksturlīkni nepārtrauktas strāvas režīmā (ko nodrošina slodze $R_{\text{out}} = R_{\text{out1}}$) un divas līknes pārtrauktas strāvas režīmā (atbilstīgi slodzes $R_{\text{outx}} = R_{\text{out2}}$ un $R_{\text{outx}} = R_{\text{out3}}$).

Norādījumi

- Uzņemto raksturlīkņu attēlošanai ir jāiegūst vismaz 10 punkti, mainot slēdža vadības signāla darbcikla koeficientu D no 0 % līdz 90 %.
- Režīmiem atbilstošo slodzes rezistoru R_{outx} pretestības ir jānomēra ar ommetru.
- Eksperimentālās raksturlīknes ir jāiegūst pie šādiem nosacījumiem: diode D1 – Šotki diode, izejas kondensatora $C_{\text{outx}} = C_{\text{out1}}$ (elektrolītisks), zemas pretestības rezistors strāvas oscilogrammu iegūšanai nav ieslēgts.
- Aprēķinu veikšanai obligāti nomēriet un uzrakstiet protokolā droseles induktivitātes (L) vērtību, U_{in} vērtību un komutācijas frekvences (f_{sw}) vērtību.

Atskaites noformēšana

Grafiski attēlot uzņemtās un teorētiskās pārveidošanas raksturlīknes nepārtrauktas strāvas režīmā pie slodzes pretestības $R_{\text{outx}} = R_{\text{out1}}$ un pārtrauktas strāvas režīmā pie divām slodzes pretestībām: $R_{\text{outx}} = R_{\text{out2}}$ un $R_{\text{outx}} = R_{\text{out3}}$. Pārtrauktas strāvas režīma teorētiskās regulēšanas raksturlīknes analītiskā izteiksme ir:

$$\frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} = \frac{D^2 R_{\text{outx}}}{4L f_{\text{sw}}} \left(\sqrt{1 + \frac{8L f_{\text{sw}}}{R_{\text{outx}} D^2}} - 1 \right).$$

Norādījumi

- Vēlams, lai raksturlīknes būtu uzzīmētas šādā secībā:
 - a) pirmajā attēlā jāuzzīmē trīs teorētiskās regulēšanas raksturlīknes pie visām slodzes pretestībām;
 - b) otrajā attēlā jāuzzīmē teorētiski un praktiski iegūto raksturlīkni, kad $R_{\text{outx}} = R_{\text{out1}}$;
 - c) trešajā attēlā jāuzzīmē teorētiski un praktiski iegūto raksturlīkni, kad $R_{\text{outx}} = R_{\text{out2}}$;

d) ceturtajā attēlā jāuzzīmē teorētiski un praktiski iegūto raksturlīkni, kad

$$R_{\text{outx}} = R_{\text{out3}}$$

- Jāizskaidro uzzīmētas raksturlīknes.

2. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

2.1. Jāiegūst un jānofiksē no osciloskopa šādas oscilogrammas droseles nepārtrauktas strāvas režīmam:

- spriegums uz slēdža (nosacījumi: D1 – Šotki diode);
- strāva caur droseļi (nosacījumi: D1 – Šotki diode; strāvas noteikšanai droseles ķēdē ieslēgts zema nomināla rezistors, kas pēc sprieguma krituma uz tā dod informāciju arī par strāvu);
- strāva caur izejas kondensatoru C_{out2} (nosacījumi: D1 – Šotki diode);
- strāva caur diodi D1 divos gadījumos: ja D1 – Šotki diode vai ja D1 – parasta taisngriešanas diode (1N4007);
- spriegums uz izejas kondensatora, kad $C_{\text{outx}} = C_{\text{out1}}$ un $C_{\text{outx}} = C_{\text{out2}}$ (polimēr-kārtiņas; nosacījumi: D1 – Šotki diode);
- strāva caur slēdzi divos gadījumos: ja D1 – Šotki diode vai ja D1 – parasta taisngriešanas diode (1N4007).

Norādījumi

- Oscilogrammas jāiegūst nepārtrauktas strāvas režīmā $R_{\text{outx}} = R_{\text{out1}}$, kad $D = 50 \%$.
 - Oscilogrammas zīmēšanā svarīgi, lai būtu attēlotas visas detaļas (piemēram, sprieguma izsīti, pārejas procesi, formas neprecizitātes utt.).
 - Aprēķinu veikšanai obligāti nomēriet un uzrakstiet protokolā C_{out1} un C_{out2} vērtības.
- 2.2. Jāiegūst un jānofiksē no osciloskopa oscilogrammas pārtrauktas droseles strāvas režīmam:
- spriegums uz slēdža (nosacījumi: D1 – Šotki diode);
 - droseles strāva (nosacījumi: D1 – Šotki diode);
 - strāva caur kondensatoru, kura $C_{\text{outx}} = C_{\text{out2}}$, un spriegumu uz tā (nosacījumi: D1 – Šotki diode).
- 2.3. Pārtrauktas strāvas režīmā laika intervālā, kad droseles strāvas stiprums ir vienāds ar nulli, ir jānomēra parazitisko rimstošo svārstību frekvence spriegumam uz Šotki diodes, kad $D = 50 \%$.
- 2.4. Nomērīt izejas sprieguma pulsāciju vēzienu nepārtrauktas strāvas režīmā C_{out1} un C_{out2} kondensatoru gadījumā (nosacījumi: $D = 50 \%$; režīms: nepārtraukts; D1 – Šotki diode; pretestība strāvas mērīšanai nav ieslēgta).

- 2.5. Jānomēra diodes *1N4007* sprostpretestības atjaunošanās laiks τ un sprostpretestības atjaunošanās maksimālā strāva I_{rrm} nepārtrauktas strāvas režīmā, kad $D = 40\%$.

Norādījumi

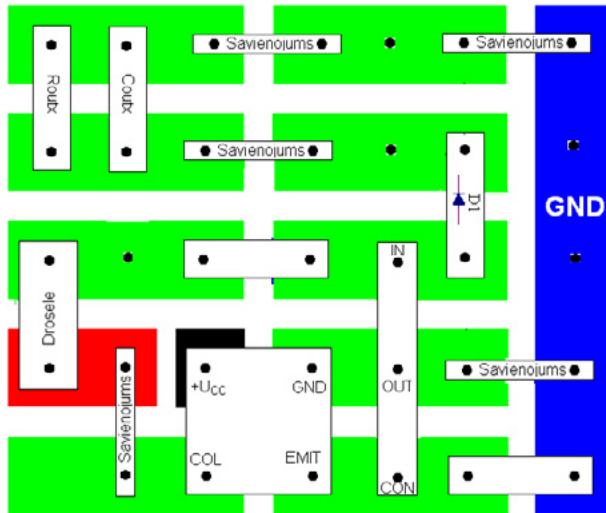
- Oscilogrammas jāiegūst pārtrauktas strāvas režīmā $R_{outx} = R_{out5'}$, kad $D = 50\%$.
- Oscilogrammas zīmēšanā svarīgi, lai būtu attēlotas visas detaļas (piemēram, sprieguma izsitieni, pārejas procesi, formas neprecizitātes utt.).

Atskaites noformēšana

- Jāizskaidro iegūtās oscilogrammas.
- Jāaprēķina izejas sprieguma pulsāciju vēzienu U_{p-p} nepārtrauktas strāvas režīmā C_{out1} un C_{out2} kondensatoru gadījumā, izmantojot formulu ideālam pārveidotājam:

$$U_{p-p} = \frac{U_{in}(1-D)D}{8C_{outx}Lf_{sw}^2}.$$

- Salīdzināt eksperimentāli iegūtās U_{p-p} vērtības un teorētiskos rezultātus, ja nosacījumi ir tādi paši, un izdarīt secinājumus.

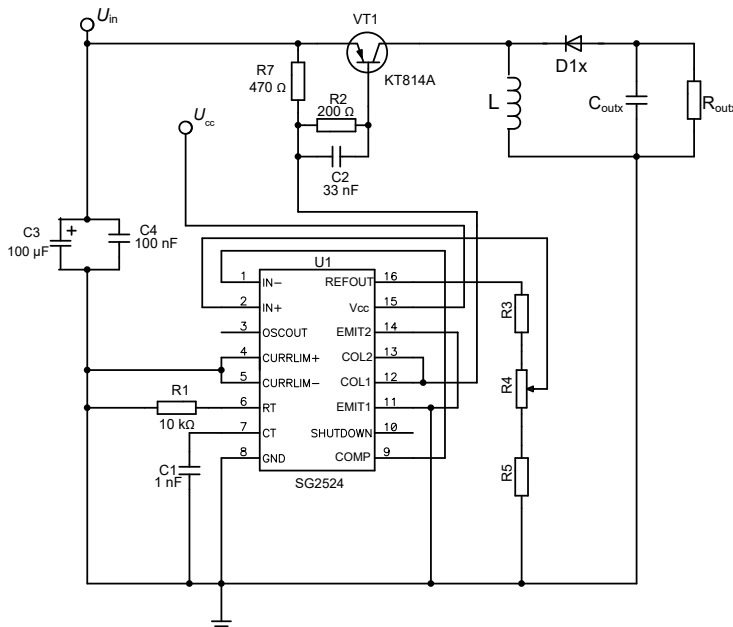


4.2. att. Paaugstinošā pārveidotāja montāžas plāksne un viena no komponentu iespējamām saslēgšanas shēmām (bez strāvas oscilogrammu iegūšanās iespējas).

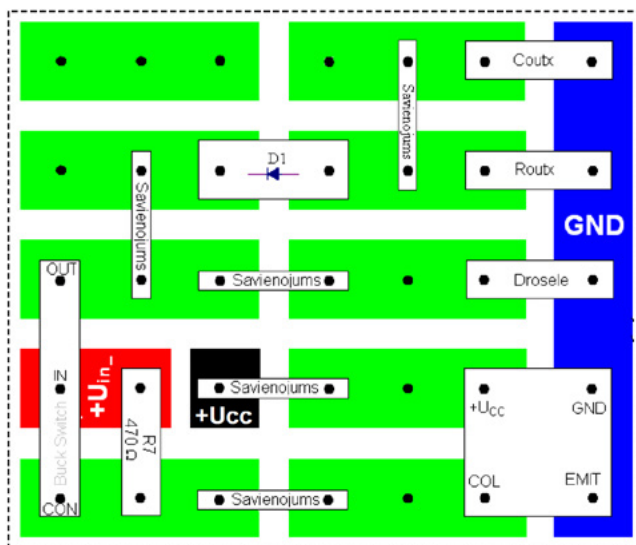
Norāde: saslēdzot pētāmo shēmu, rezistoram R8, kura pretestība ir $0,5 \Omega$, vienmēr jābūt ieslēgtam starp droseli un tranzistoru VT1.

2. Pazeminošā-paaugstinošā pārveidotāja pētāmas shēmas īss apraksts

Pētāmā pazeminošā-paaugstinošā pārveidotāja shēma ir parādīta 4.3. attēlā, bet montāžas plāksne un viena no komponentu iespējamām saslēgšanas shēmām ir parādīta 4.4. attēlā.



4.3. att. Pazeminošā-paaugstinošā pārveidotāja principiālā elektriskā shēma.



4.4. att. Pazeminošā-paaugstinošā pārveidotāja montāžas plāksne un viena no komponentu iespējamām saslēgšanas shēmām (bez strāvas oscilogrammu iegūšanas iespējas).

Darba uzdevumi

1. Pārveidotāju normēto pārveidošanas raksturliikņu pētīšana.
2. Laika atkarību (oscilogrammu) pētīšana.
3. Ieejas pretestības (R_{in}) atkarības no darbcikla koeficienta (D) pētīšana.

Praktiskā darba izpilde

1. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

- 1.1. Uzņemt normēto pārveidošanas raksturliikni paaugstinošajam pārveidotājam nepārtrauktas strāvas režīmā (ja slodzes $R_{outx} = R_{out1}$ un $R_{outx} = R_{out2}$) un pārtrauktas strāvas režīmā (ja slodzes $R_{outx} = R_{out3}$).
- 1.2. Uzņemt vienu normēto pārveidošanas raksturliikni pazeminošajam-paaugstinošajam pārveidotājam pārtrauktas strāvas režīmā (ko nodrošina slodze $R_{outx} = R_{out1}$).

Norādījumi

- Uzņemto raksturliikņu attēlošanai ir jāiegūst vismaz 10 punkti, mainot slēdža vadības sprieguma impulsu aizpildes koeficientu D no 0 % līdz 95 %.
- Viens raksturliikņu punkts ir obligāti jāiegūst, kad U_{out} ir maksimāls.
- Atbilstošā slodzes rezistora R_{outx} pretestība ir jānomēra ar ommetru.
- Reālās raksturliiknes ir jāiegūst pie šādiem nosacījumiem: diode D1 – Šotki diode, izejas kondensatora $C_{outx} = C_{out1}$ (elektrolītisks).

- Aprēķinu veikšanai obligāti nomēriet un uzrakstiet protokolā droseles induktivitātes (L) vērtību, U_{in} un komutācijas frekvences (f_{sw}) vērtību.

Atskaites noformēšana

- Paaugstinošajam pārveidotājam grafiski attēlot uzņemtās un teorētiskās normētās pārveidošanas raksturliiknes nepārtrauktas strāvas režīmā, ja slodzes pretestība $R_{outx} = R_{out1}$ un $R_{outx} = R_{out2}$, un pārtrauktas strāvas režīmā, ja slodzes pretestība $R_{outx} = R_{out3}$.
- Paaugstinošā pārveidotāja pārtrauktas strāvas režīma teorētiskās normētās pārveidošanas raksturliiknes analītiskā izteiksme:

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{1}{2} + \sqrt{0,25 + \frac{D^2 R_{outx}}{2L f_{sw}}}$$

Norādījumi

- Darba rezultātus būtu vēlams atspoguļot četros attēlos:
 - a) pirmajā attēlā jāuzzīmē trīs teorētiskās regulēšanas raksturliiknes;
 - b) otrajā attēlā jāuzzīmē teorētiski un praktiski iegūto raksturliikni, kad $R_{outx} = R_{out1}$;
 - c) trešajā attēlā jāuzzīmē teorētiski un praktiski iegūto raksturliikni, kad $R_{outx} = R_{out2}$;
 - d) ceturtajā attēla jāuzzīmē teorētiski un praktiski iegūto raksturliikni, kad $R_{outx} = R_{out3}$.
- Pazeminošajam-paaugstinošajam pārveidotājam attēlot uzņemtās un teorētiskās normētās regulēšanas raksturliiknes pārtrauktas strāvas režīmā, kad slodzes pretestība $R_{outx} = R_{out1}$.
- Pazeminošā-paaugstinošā pārveidotāja pārtrauktas strāvas režīma teorētiskās regulēšanas raksturliiknes analītiskā izteiksme:

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = -D \sqrt{\frac{R_{out}}{2L f_{sw}}}$$

- Jāizskaidro uzzīmētās raksturliiknes abu pārveidotāju gadījumā.

2. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

- 2.1. No oscilogrāfa paaugstinošajam pārveidotājam diviem droseles strāvas režīmiem ir jāiegūst šādas oscilogrammas:
 - spriegums uz slēdža;
 - strāva caur droseli;
 - spriegums uz izejas kondensatora C_{out2} .

Norādījumi

- $C_{\text{outx}} = C_{\text{out2}}$ (polimērkārtnas); D1 – Šotki diode; nepārtrauktas strāvas režīmā $R_{\text{outx}} = R_{\text{out1}}$, pārtrauktas strāvas režīmā $R_{\text{outx}} = R_{\text{out3}}$; $D = 50 \%$.

2.2. Jāiegūst un jānofiksē no osciloskopa pazeminošajam-paaugstinošajam pārveidotājam šādas oscilogrammas droseles pārtrauktas strāvas režīmam:

- spriegums uz slēdža (nosacījumi: D1 – Šotki diode);
- spriegums uz droseles;
- strāva caur droseli;
- strāva caur izejas kondensatoru C_{out2} ;
- spriegums uz izejas kondensatora, kad $C_{\text{outx}} = C_{\text{out2}}$ (polimērkārtnas; nosacījumi: D1 – Šotki diode).

Norādījumi

- Visas oscilogrammas jāiegūst, kad $D = 40 \%$.
- Oscilogrammas zīmēšanā svarīgi, lai būtu attēlotas visas detaļas (piem., sprieguma izsitiēni, pārejas procesi, formas neprecizitātes utt.).

Atskaites noformēšana

Jāizskaidro iegūtās oscilogrammas.

3. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

3.1. Paaugstinošajam pārveidotājam uzņemt raksturlīkni $R_{\text{in}} = f(D)$ nepārtrauktas strāvas režīmā (kad slodzes pretestība $R_{\text{outx}} = R_{\text{out1}}$).

Norādījumi

- Uzņemto regulēšanas raksturlīkņu grafiskai attēlošanai ir jāiegūst vismaz 10 punkti, mainot darbcikla koeficientu D no 0 % līdz 90 %.
- Reālās raksturlīknes ir jāiegūst pie šādiem nosacījumiem: diode D1 – Šotki diode, izejas kondensatora $C_{\text{outx}} = C_{\text{out1}}$ (elektrolītisks).

Atskaites noformēšana

- Grafiski attēlot uzņemtās un teorētiskās raksturlīknes nepārtrauktas strāvas režīmā.
- Teorētiskās raksturlīknes $R_{\text{in}} = f(D)$ analītiskā izteiksme ir $R_{\text{in}} = (1-D)^2 R_{\text{out}}$.

5. laboratorijas darbs

Sprieguma impulsveida stabilizators

Darba mērķis

Padziļināt izpratni par sprieguma impulsveida stabilizatoriem.

Darba uzdevumi un praktiskā darba izpilde

Darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

1. Saslēgt sprieguma impulsveida stabilizatora shēmu, kas ir parādīta 5.1. attēlā. Pieslēgt stabilizatoram slodzi $R_{\text{out}} = 12 \Omega$. Nomērīt U_{out} .
2. Uzņemt U_{out} un D atkarību no R_{out} un U_{in} . Aizpildīt 5.1. un 5.2. tabulu.
3. Uzņemt lietderības koeficienta η atkarību no P_{out} , U_{in} un $|U_{\text{in}} - U_{\text{out}}|$. Aizpildīt 5.3. un 5.4. tabulu.
4. Uzņemt spēka tranzistora sprieguma kolektors–emitors oscilogrammas, kad $U_{\text{in}} = 6 \text{ V}$ un $U_{\text{in}} = 10 \text{ V}$.

5.1. tabula

U_{in}, V	6	7	8	9	10	11	12	13	14
U_{out}, V									
$D, \%$									

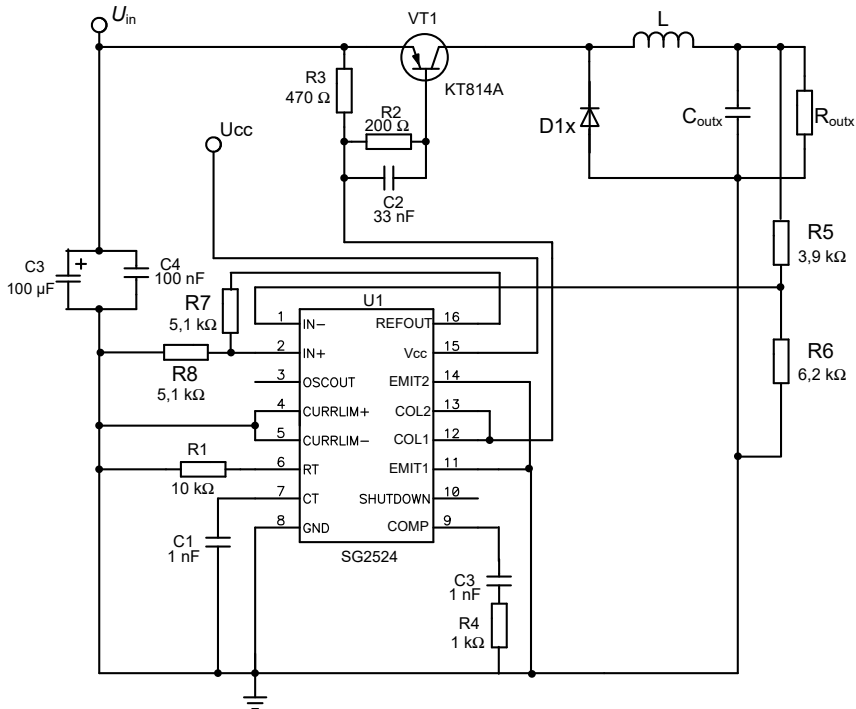
5.2. tabula

R_{out}, Ω	10	15	20	25
U_{out}, V				
$D, \%$				

5.3. tabula

U_{in}, V	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$ U_{\text{in}} - U_{\text{out}} , \text{V}$									
$\eta, \%$									

P_{out}, W	0,5	1,0	1,5	2,0
$\eta, \%$				



5.1. att. Pētāmā sprieguma impulsveida stabilizatora shēma.

Atskaites noformēšana

- Atsevišķos grafikos attēlot U_{out} un D atkarību no R_{out} un U_{in} .
- Atsevišķos grafikos attēlot η atkarību no P_{out} , U_{in} un $|U_{in} - U_{out}|$.
- Attēlot spēka tranzistora sprieguma kolektorsen dash-emiters oscilogrammas, kad $U_{in} = 6 V$ un $U_{in} = 10 V$.
- Izskaidrot iegūtos rezultātus un obligāti atbildēt uz jautājumiem.
 1. Kāpēc D mainās atkarībā no R_{out} un U_{in} ?
 2. Kāpēc U_{out} ir praktiski konstants, neraugoties uz R_{out} un U_{in} izmaiņām?
 3. Vai η ir atkarīgs no P_{out} un $|U_{in} - U_{out}|$? Kāpēc?
 4. Vai sprieguma impulsveida stabilizatoriem lietderības koeficients ir lielāks vai mazāks nekā lineāriem stabilizatoriem? Kāpēc?

6. laboratorijas darbs

Aktīvā jaudas koeficienta korekcija

Darba mērķis

Padziļināt izpratni par aktīvo jaudas koeficienta korekciju un iepazīties ar ieejas elektroenerģijas kvalitātes saistīto lielumu mērīšanu.

Darba uzdevumi

1. Barošanas avota bez jaudas koeficienta korekcijas ieejas elektroenerģijas kvalitātes izpēte.
2. Jaudas koeficienta korektora ieejas elektroenerģijas kvalitātes izpēte.

Praktiskā darba izpilde

1. darba uzdevums

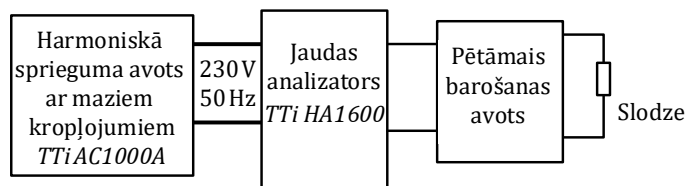
Laboratorijā veicamie uzdevumi

- 1.1. Nomērīt datora barošanas avota bez jaudas koeficienta korekcijas ieejas strāvas amplitūdas spektru (līdz 39. maiņstrāvas tīkla harmonikai), harmonikas koeficientu K_h un jaudas koeficientu (JK).

Norādes: jāizmanto augstas kvalitātes jaudas un harmoniku analizators *TTi HA1600* kopā ar harmoniskā sprieguma ģeneratoru ar maziem kropļojumiem *TTi AC1000A*. Eksperimentālās iekārtas blokshēma ir parādīta 6.1. attēlā. Barošanas avotam jābūt noslogotam ar slodzi, kuras aktīvā jauda ir 350 W.

Atskaites noformēšana

- Grafiski attēlot ieejas strāvas amplitūdas spektru, kas iegūts ar harmonikas analizatoru.
- Izskaidrot iegūtos rezultātus.



6.1. att. Eksperimentālās iekārtas blokshēma.

2. darba uzdevums

Laboratorijā veicamie uzdevumi

2.1. Nomērīt jaudas koeficienta korektora ieejas strāvas amplitūdas spektru (līdz 39. maņstrāvas tīkla harmonikai), harmonikas koeficientu K_h un jaudas koeficientu JK , kad nominālā izejas jauda ir 350 W.

Norādes: mērījumos jāizmanto tie paši mēraparāti, kas tika izmantoti iepriekšējā uzdevumā. Mērījumos izmantotais jaudas koeficienta korektors ir bāzēts uz paaugstinošā pārveidotāja ar vadību pēc vidējās strāvas (*average current mode control*), kas darbojas nepārtrauktas strāvas režīmā. Kā slodzi pētāmajam jaudas koeficienta korektoram var izmantot spuldzes vai lielas jaudas rezistorus.

2.2. Izpētīt jaudas koeficienta korektora harmonikas koeficienta un jaudas koeficienta atkarību no izejas aktīvās jaudas. Aizpildīt 6.1. tabulu.

6.1. tabula

P_{out}, W	30	60	120	180	240	350
$K_h, \%$						
JK						

Atskaites noformēšana

- Grafiski attēlot ieejas strāvas amplitūdas spektrus, kas iegūti ar harmonikas analizatoru pie nominālās izejas jaudas.
- Salīdzināt iegūto jaudas koeficienta korektora harmonisko spektru, K_h un JK ar 1.1. uzdevuma rezultātiem (barošanas avotam bez jaudas koeficienta korekcijas) un izskaidrot iegūtos rezultātus. Atbildēt uz jautājumu: kurā gadījumā ieejas elektroenerģijas kvalitāte ir labāka?
- 2.2. uzdevumā grafiski attēlot K_h un JK atkarību no P_{out} . Vai K_h un JK ir atkarīgi no P_{out} ? Kāpēc? Izskaidrot iegūtos rezultātus.

Prasības atskaites noformēšanai

Atskaitēm jābūt noformētām uz A4 formāta lapām. To sagatavošanai var izmantot datoru.

Atskaites struktūrai jābūt šādai: titullapa, darba mērķi un uzdevumi, eksperimentālās iekārtas apraksts, protokols, formulas un aprēķinu piemēri, rezultāti, to analīze un secinājumi.

Titullapa ir atskaites pirmā lapa, kurā jābūt skaidri uzrādītam augstskolas, fakultātes un institūta nosaukumam, laboratorijas darba numuram un nosaukumam. Titullapā jābūt atspoguļotai arī informācijai par studentu: vārds, uzvārds, apliecības un grupas numurs.

Pēc titullapas ir **darba mērķi un uzdevumi**. Nākamajā lappusē ir **eksperimentālās iekārtas apraksts**.

Protokols ir A4 formāta dokuments ar atbildīgā pasniedzēja parakstu un datumu, kurā studenti atspoguļo iegūtos laboratorijas darba izpildes gaitā mērījumu rezultātus. Laboratorijas darba beigās protokolu paraksta par laboratorijas darbu atbildīgais pasniedzējs. Protokolā jābūt uzrādītām (vēlams tabulas veidā) ne tikai mērāmo fizikālo lielumu skaitliskām vērtībām, bet arī mērvienībām.

Pēc protokola ir **formulas, aprēķina piemēri un rezultāti**. Ja uzdevums ir iegūt izteiksmes, tad vajag uzrādīt ne tikai gala rezultātu, bet arī pakāpeniski aprakstīt, kā tika iegūta šī izteiksme. Izmantoto formulu lielumu apzīmējumiem jābūt atšifrētiem vismaz vienu reizi. Ja rezultātus vajag uzrādīt grafiku veidā, tad vēlams izmantot vai nu izdrukātu datorprogrammā sagatavotu grafiku, vai arī zīmētu uz milimetru papīra. Grafiku sagatavošanai datorā labāk izmantot *Microsoft Excel* vai *Matlab* programmu. Ja kāda fizikāla lieluma vērtību izmaiņas diapazons ir visai plašs, tad labāk izmantot logaritmisko mērogu.

Rezultātu analīzē jāizskaidro iegūtie rezultāti.

Secinājumos nedrīkst pārskatīt to, kas tika izdarīts darbā. Šeit vajadzētu atspoguļot to, ko jaunu uzzinājis students, izpildot darbu, kā arī atbildēt uz jautājumu, vai ir sasniegti dotā darba mērķi.