

Rīgas Tehniskā universitāte

---

**ELEKTROTEHNIKAS  
UN ELEKTRONIKAS**  
darbu uzdevumi un metodiskie  
norādījumi

---

RTU Izdevniecība  
Rīga 2019

**J. Maksimkina, V. Hramovcs, A. Podgornovs.**  
**Elektrotehnikas un elektronikas darbu uzdevumi**  
**un metodiskie norādījumi.** Uzdevumu krājums.  
Rīga, RTU Izdevniecība, 2019. 32 lpp.

Šajā darbā ievietoti elektrotehnikas un elektronikas kursa programmā paredzētie darbu uzdevumi, to metodiskie norādījumi un pārbaudes darbi. Uzdevumu krājums paredzēts gan bakalaura, gan maģistra līmeņa elektrisko un neelektrisko specialitāšu dienas, vakara un neklātienas nodaļu studentiem.

Mācību līdzekli var lietot kvalifikācijas celšanasursos elektrotehnikas un elektronikas tēmu apguvei.

Krājumā izmantoti Elektrotehnikas un elektronikas katedrā izstrādātie uzdevumi. Atsevišķi uzdevumi un to varianti papildināti, izmantojot citu uzdevumu krājumu uzdevumus.

#### Saturs

Elektrotehnikas teorētiskie pamati .....	3
1. uzdevums. Lineārās līdzstrāvas ķēdes .....	3
2. uzdevums. Lineārās sinusoidālas strāvas ķēdes .....	12
3. uzdevums. Sinusoidālas strāvas trīsfāžu ķēdes .....	20
Elektronu ierīces .....	23
1. kontroldarbs. Pusvadītāju ierīču slēguma shēmas .....	23
2. kontroldarbs. Bipolārā tranzistora darba režīmi.....	28
3. kontroldarbs. Operacionālais pastriprinātājs .....	30

Sastādīja:            docente *Dr. sc. ing.* J. Maksimkina  
                              asoc. prof. *Dr. sc. ing.* V. Hramovcs  
                              asoc. prof. *Dr. sc. ing.* A. Podgornovs

Recenzents:        docents *Dr. sc. ing.* A. Vītols

Literārā redaktore: Irēna Skārda

Tehniskā redaktore: Irēna Skārda

Dizains:             Baiba Puriņa

Vāka dizains:        Paula Lore

*Vāka attēls no shutterstock.com*

Izdots saskaņā ar “Enhancement of the mobility and employability of Lithuanian and Latvian specialists in the field of electrical engineering and high voltage technologies (LitLatHV)” aktivitātes īstenošanu.

# Elektrotehnikas teorētiskie pamati

## 1. uzdevums

## Lineārās līdzstrāvas ķēdes

1. Dotajai shēmai sastādīt Kirhofa vienādojumu sistēmu.
2. Sastādīt shēmas mezglu matricu  $[A]$ , kontūra matricu  $[B]$  un uzrakstīt Kirhofa vienādojumu sistēmu matricu formā.
3. Noteikt visas strāvas, izmantojot kontūrstrāvu metodi.
4. Noteikt visas strāvas, izmantojot mezglu potenciālu metodi.
5. Ar abām metodēm atrastās strāvas salīdzināt tabulā.
6. Sastādīt jaudu bilanci dotajai shēmai.
7. Uzzīmēt potenciālu diagrammu jebkuram noslēgtam kontūram, kas satur vismaz divus EDS avotus.
8. Izmantojot aktīvā divpola teorēmu, noteikt un grafiski attēlot  $P_k(R_k)$  – elementa  $R_k$  aktīvās jaudas  $P_k$  atkarību no pretestības vērtības –, ja pretestība  $R_k$  mainās robežās no nulles līdz bezgalībai ( $0 \leq R_k \leq \infty$ ). Elementa  $R_k$  indekss  $k$  norādīts doto lielumu skaitlisko vērtību tabulā (1.1. tab.).

### Metodiskie norādījumi darba izpildei

- Sastādot Kirhofa vienādojumu sistēmu shēmai, jāievēro, ka pēc pirmā Kirhofa likuma var sastādīt  $k_1 = m - 1$  neatkarīgus vienādojumus, kur  $m$  ir shēmas mezglu skaits; pēc otrā Kirhofa likuma – neatkarīgo vienādojumu skaits vienāds ar  $k_2 = z - k_1$  shēmas neatkarīgo kontūru skaitu, t. i., vienāds ar shēmas grafa saites zaru skaitu  $z$ .
- Rakstot vienādojumus, jāpievērš uzmanība locekļu zīmēm. Abos Kirhofa vienādojumos locekļu zīmes ir atkarīgas no strāvu, EDS un kontūru apiešanas virzieniem, turklāt strāvu un kontūru virzienus izvēlas patvaļīgi.
- Kontūrstrāvām rakstītajos vienādojumos jāievēro, ka zars ar ideālu strāvas avotu neveido neatkarīgu kontūru. Strāvas avota strāvu uzskata par zināmu kontūrstrāvu un patvaļīgi izvēlas zarus, caur kuriem tā noslēdzas. Šīs strāvas radītie sprieguma kritumi ietilpst to kontūru vienādojumos, kas satur patvaļīgi izvēlētos zarus, caur kuriem noslēdzas strāvas avota strāva. Strāvas avota strāva arī jāievēro, nosakot attiecīgo zaru reālās strāvas.
- Sastādot vienādojumus, lietojot mezglu potenciālu metodi, jāpievērš uzmanība to zaru vadītspēju noteikšanai, kuri satur divas vai vairākas virknē slēgtas pretestības. Šādu zaru vadītspēja ir apgriezts lielums zara kopējai pretestībai.
- Sastādot jaudu bilanci, jāievēro, ka EDS un strāvas avoti var darboties kā ģeneratora, tā patērētāja režīmos, t. i., reizinājumi  $EI$  un  $JU$  bilances izteiksmē var būt ar plusa vai mīnusa zīmi atkarībā no  $E$ ,  $I$ ,  $J$  un  $U$  pozitīvajiem virzieniem.
- Zīmējot potenciālu diagrammu, jāuzrāda atsevišķo punktu potenciālu aprēķini.
- Aktīvā divpola parametru ( $U_t$ ,  $R_{ie}$ ) noteikšanai nedrīkst izmantot iepriekš iegūtos aprēķina rezultātus. Šis uzdevums uzskatāms par patstāvīgu.
- Zīmējot likni  $P_k(R_k)$ , jāuzrāda jaudas vērtības, kad  $c = 0; 0,5R_k; R_k; 2R_k; 3R_k; 4R_k; 5R_k$ . Sakot no punkta  $c = 5R_k$ , novērtēt līknes  $P_k(R_k)$  maiņas raksturu, uzskatot, ka  $R_k$  tiecas uz bezgalību.

1.1. tabula  
Doto lielumu skaitliskās vērtības

Variants	Shēmas Nr.	$E_1, V$	$E_2, V$	$E_3, V$	$J, A$	$R_1, \Omega$	$R_2, \Omega$
1.	1.1.	5,0	10,0	3,0	0,50	12,0	20,0
2.	1.2.	8,0	10,0	20,0	3,00	8,0	13,0
3.	1.3.	5,0	10,0	20,0	2,50	5,0	8,0
4.	1.4.	35,0	30,0	9,0	3,00	20,0	10,0
5.	1.5.	40,0	16,0	15,0	1,45	30,0	25,0
6.	1.6.	8,0	10,0	5,0	4,25	10,0	20,0
7.	1.7.	5,0	14,0	11,0	0,80	15,0	30,0
8.	1.8.	12,0	10,0	30,0	0,40	20,0	50,0
9.	1.9.	5,0	14,0	10,0	2,35	20,0	5,0
10.	1.10.	10,0	8,0	5,0	1,50	23,0	27,0
11.	1.11.	4,0	2,0	6,0	3,00	14,0	8,0
12.	1.12.	12,0	16,0	9,0	1,75	19,0	40,0
13.	1.13.	8,0	10,0	5,0	1,40	7,0	4,0
14.	1.14.	12,0	14,0	4,0	0,85	50,0	20,0
15.	1.15.	6,3	7,0	10,0	3,35	15,0	40,0
16.	1.16.	12,0	4,0	2,0	1,50	7,0	8,0
17.	1.17.	25,0	9,0	36,0	3,00	13,0	19,0
18.	1.18.	6,0	8,0	5,0	0,50	35,0	15,0
19.	1.19.	2,0	4,0	10,0	1,00	40,0	15,0
20.	1.20.	6,0	4,0	10,0	1,75	5,0	28,0
21.	1.21.	5,0	3,0	6,0	2,40	30,0	50,0
22.	1.22.	10,0	8,0	16,0	1,50	15,0	25,0
23.	1.23.	8,0	12,0	11,0	2,40	20,0	30,0
24.	1.24.	12,0	16,0	20,0	0,25	26,0	60,0
25.	1.25.	10,0	12,0	10,0	3,25	16,0	14,5
26.	1.26.	15,0	10,0	24,0	1,00	30,0	50,0
27.	1.27.	6,0	6,0	10,0	2,00	40,0	8,0
28.	1.28.	10,0	20,0	5,0	1,25	5,0	11,0
29.	1.29.	8,0	2,0	5,0	4,50	12,0	3,0
30.	1.30.	4,0	10,0	8,0	4,00	18,0	4,0
31.	1.1.	10,0	20,0	6,0	0,50	24,0	40,0
32.	1.6.	16,0	20,0	10,0	4,25	20,0	40,0
33.	1.11.	8,0	4,0	12,0	3,00	28,0	16,0
34.	1.16.	24,0	8,0	4,0	1,50	14,0	16,0
35.	1.21.	10,0	6,0	12,0	2,40	60,0	100,0
36.	1.26.	30,0	20,0	48,0	1,00	60,0	100,0
37.	1.2.	4,0	5,0	10,0	3,00	4,0	6,5

1.1. tabulas turpinājums

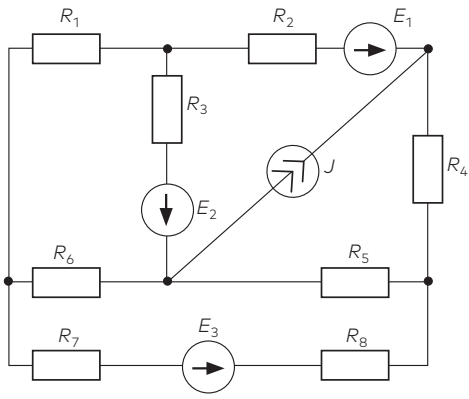
$R_3, \Omega$	$R_4, \Omega$	$R_5, \Omega$	$R_6, \Omega$	$R_7, \Omega$	$R_8, \Omega$	$R_9, \Omega$	$k$	Variants
15,0	5,0	10,0	20,0	10,0	4,0	–	1	1.
16,0	2,0	15,0	14,0	7,0	12,0	–	3	2.
5,0	15,0	20,0	28,0	20,0	5,0	15,0	7	3.
15,0	25,0	40,0	18,0	20,0	15,0	–	1	4.
7,5	44,0	18,0	60,0	24,0	26,0	–	3	5.
15,0	8,0	30,0	4,0	10,0	18,0	–	5	6.
25,0	70,0	25,0	15,0	25,0	12,0	–	1	7.
18,0	45,0	15,0	6,0	5,0	20,0	–	3	8.
15,0	20,0	30,0	13,0	16,0	–	–	5	9.
50,0	30,0	40,0	20,0	25,0	4,0	–	1	10.
20,0	8,0	4,0	2,0	12,0	10,0	–	3	11.
80,0	16,0	21,0	32,0	26,0	16,0	–	5	12.
35,0	5,0	12,0	35,0	4,0	5,0	–	1	13.
7,0	19,0	23,0	9,0	9,0	20,0	4,5	7	14.
20,0	6,0	14,0	60,0	5,0	11,0	–	5	15.
15,0	22,0	10,0	24,0	14,0	8,0	10,0	1	16.
27,0	14,0	12,0	6,0	30,0	2,5	12,0	3	17.
32,0	30,0	8,5	7,0	8,0	8,0	–	5	18.
18,0	15,0	40,0	27,0	6,0	16,0	–	1	19.
20,0	20,0	30,0	35,0	19,0	7,0	–	3	20.
22,0	53,0	28,0	7,0	11,0	5,0	4,0	5	21.
30,0	24,0	18,0	5,0	30,0	15,0	–	7	22.
12,0	13,0	18,0	10,0	23,0	27,0	–	3	23.
20,0	60,0	30,0	17,0	15,0	9,0	–	5	24.
6,0	18,0	9,0	7,0	15,0	28,0	–	1	25.
7,0	9,0	50,0	15,0	20,0	16,0	–	3	26.
52,0	10,0	14,0	40,0	60,0	35,0	35,0	5	27.
8,0	50,0	45,0	22,0	18,5	30,0	–	1	28.
16,0	28,0	25,0	18,0	5,0	6,0	–	3	29.
20,0	4,0	5,0	28,0	42,0	6,5	–	3	30.
30,0	10,0	20,0	40,0	20,0	8,0	–	3	31.
30,0	16,0	60,0	8,0	20,0	36,0	–	3	32.
40,0	16,0	8,0	4,0	24,0	20,0	–	5	33.
30,0	44,0	20,0	48,0	28,0	16,0	20,0	3	34.
44,0	106,0	56,0	14,0	22,0	10,0	8,0	1	35.
14,0	18,0	100,0	30,0	40,0	32,0	–	7	36.
8,0	1,0	7,5	7,0	3,5	6,0	–	5	37.

1.1. tabulas turpinājums

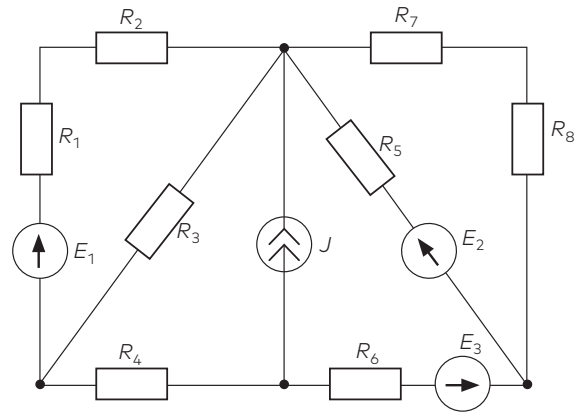
Variants	Shēmas Nr.	$E_1, V$	$E_2, V$	$E_3, V$	$J, A$	$R_1, \Omega$	$R_2, \Omega$
38.	1.7.	2,5	7,0	5,5	0,80	7,5	15,0
39.	1.12.	6,0	8,0	4,5	1,75	9,5	20,0
40.	1.17.	12,5	4,5	18,0	3,00	6,5	9,5
41.	1.22.	5,0	4,0	8,0	1,50	7,5	12,5
42.	1.27.	3,0	3,0	5,0	2,00	20,0	4,0
43.	1.3.	10,0	20,0	40,0	2,50	10,0	16,0
44.	1.8.	24,0	20,0	60,0	0,40	40,0	100,0
45.	1.13.	16,0	20,0	10,0	1,40	14,0	8,0
46.	1.18.	12,0	16,0	10,0	0,50	70,0	30,0
47.	1.23.	16,0	24,0	22,0	2,40	40,0	60,0
48.	1.28.	20,0	40,0	10,0	1,25	10,0	22,0
49.	1.4.	17,5	15,0	4,5	3,00	10,0	5,0
50.	1.9.	2,5	7,0	5,0	2,35	10,0	2,5

1.1. tabulas turpinājums

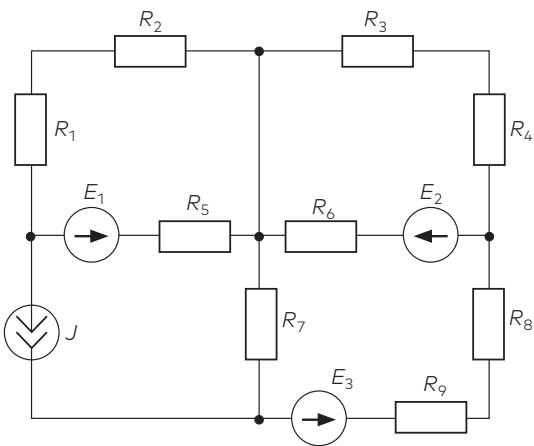
$R_3, \Omega$	$R_4, \Omega$	$R_5, \Omega$	$R_6, \Omega$	$R_7, \Omega$	$R_8, \Omega$	$R_9, \Omega$	$k$	Variants
12,5	35,0	12,5	7,5	12,5	6,0	–	3	38.
40,0	8,0	10,5	16,0	13,0	8,0	–	1	39.
13,5	7,0	6,0	3,0	15,0	1,3	6,0	7	40.
15,0	12,0	9,0	2,5	15,0	7,5	–	7	41.
26,0	5,0	7,0	20,0	30,0	17,5	17,5	1	42.
10,0	30,0	40,0	56,0	40,0	10,0	30,0	1	43.
36,0	90,0	30,0	12,0	10,0	40,0	–	5	44.
70,0	10,0	24,0	70,0	8,0	10,0	–	3	45.
64,0	60,0	17,0	14,0	16,0	16,0	–	1	46.
24,0	26,0	36,0	20,0	46,0	54,0	–	5	47.
16,0	100,0	90,0	44,0	37,0	60,0	–	3	48.
7,5	12,5	20,0	9,0	10,0	7,5	–	3	49.
7,5	10,0	15,0	6,5	8,0	–	–	1	50.



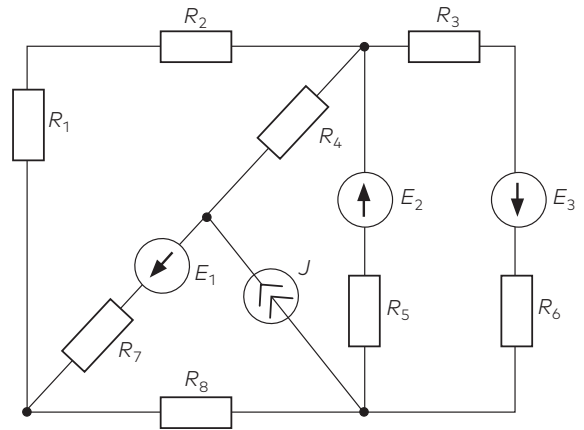
1.1. shēma.



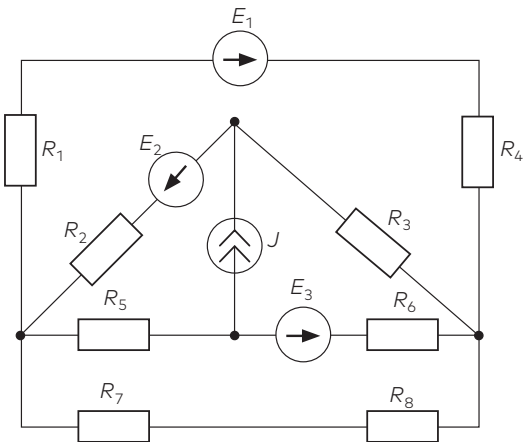
1.2. shēma.



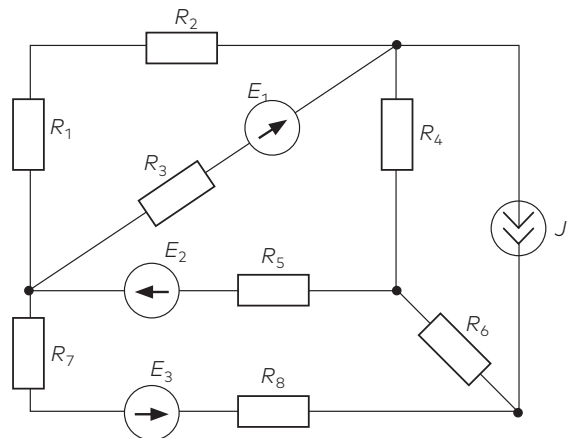
1.3. shēma.



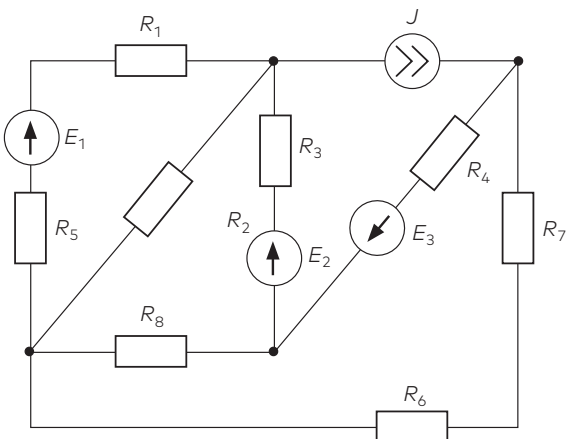
1.4. shēma.



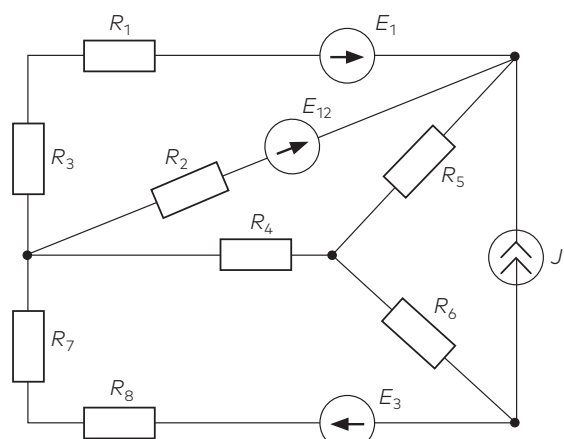
1.5. shēma.



1.6. shēma.



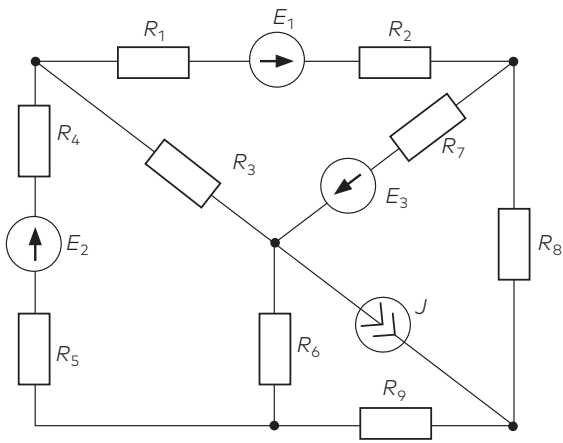
1.7. shēma.



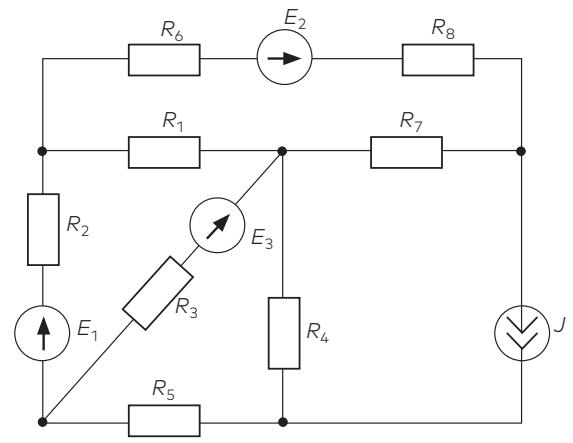
1.8. shēma.



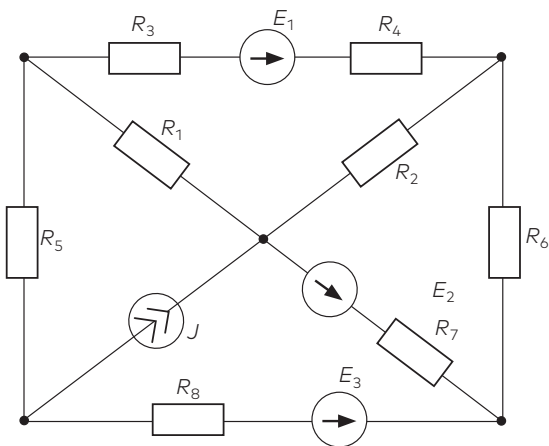




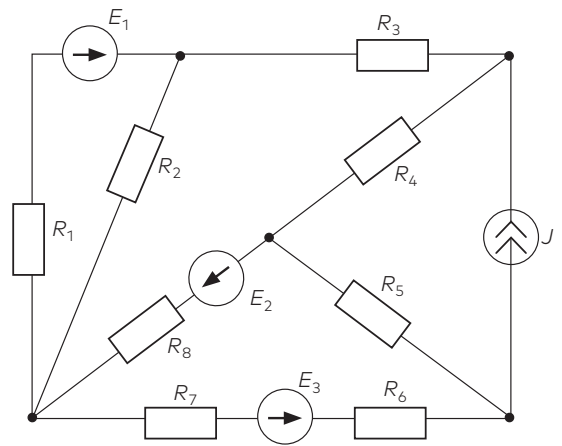
1.17. shēma.



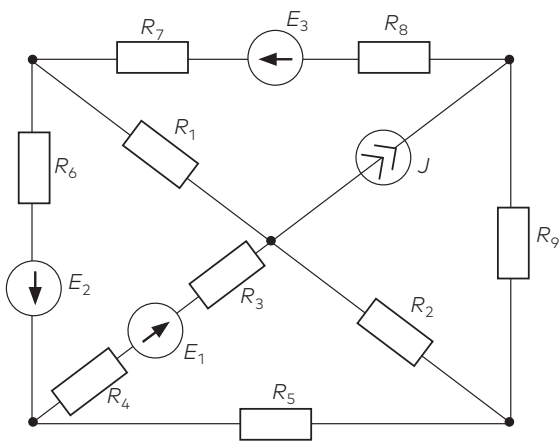
1.18. shēma.



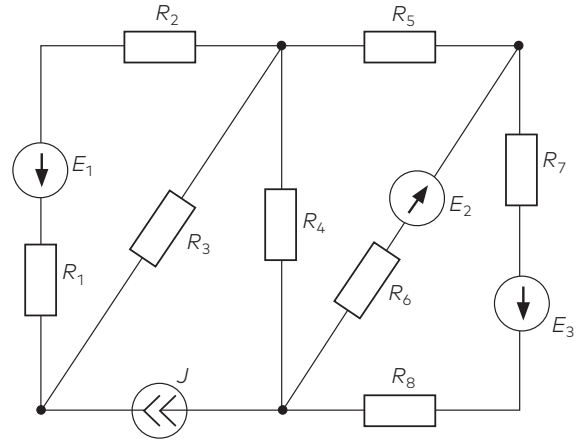
1.19. shēma.



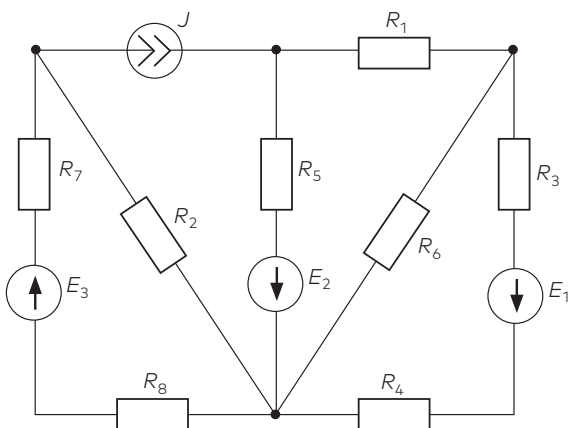
1.20. shēma.



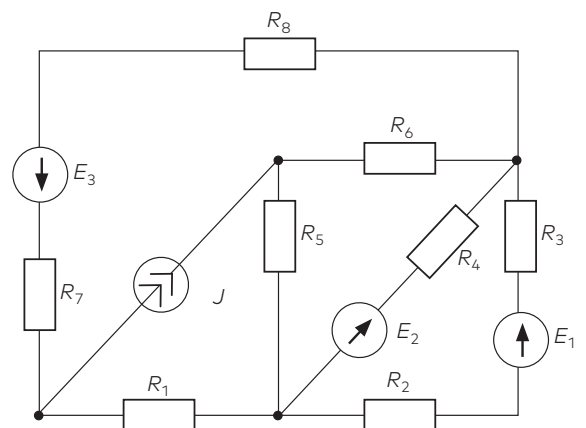
1.21. shēma.



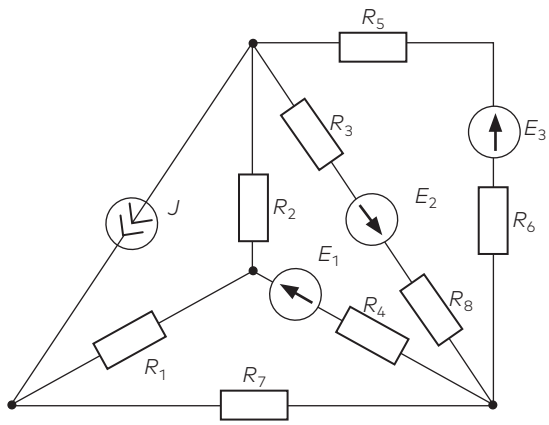
1.22. shēma.



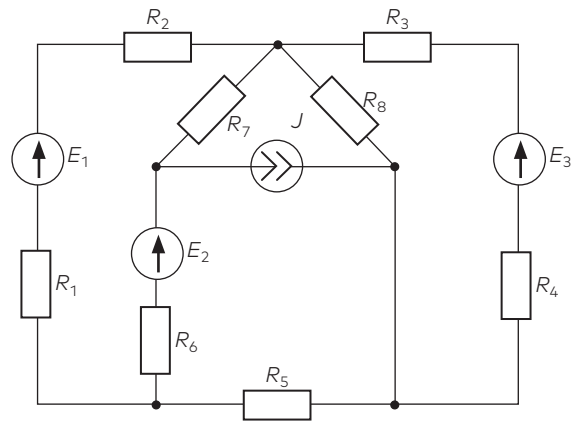
1.23. shēma.



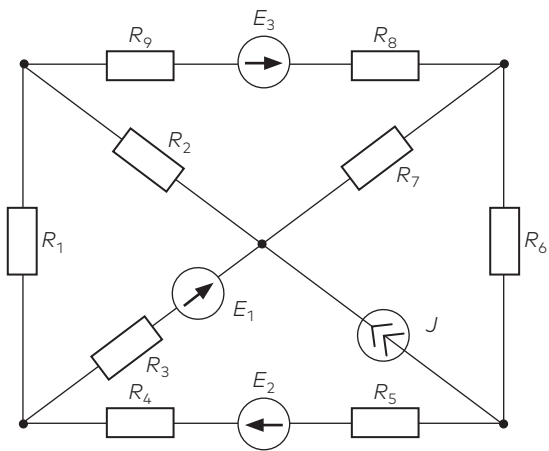
1.24. shēma.



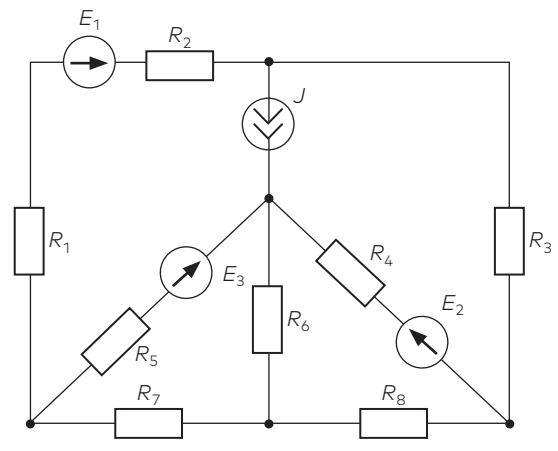
1.25. shēma.



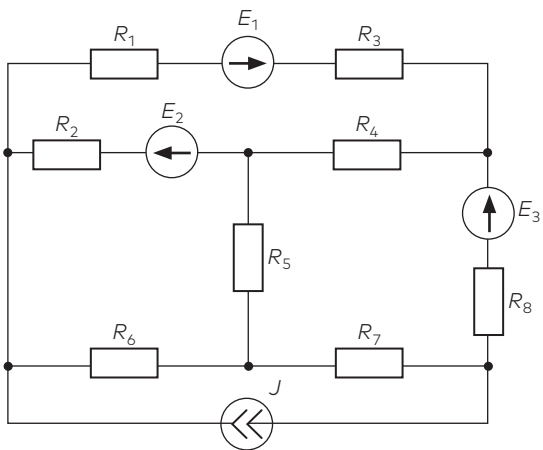
1.26. shēma.



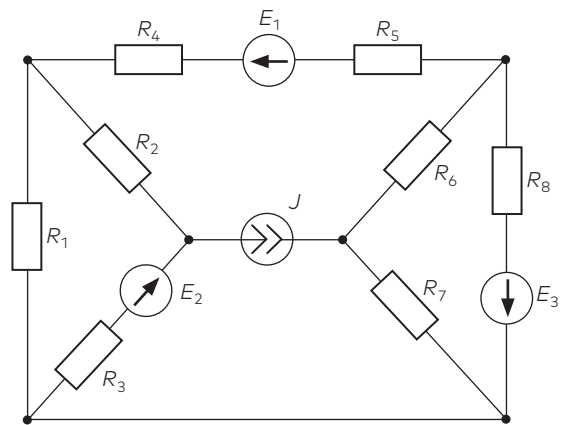
1.27. shēma.



1.28. shēma.



1.29. shēma.



1.30. shēma.

## 2. uzdevums Lineārās sinusoidālas strāvas ķēdes

- Dotajai shēmai (2.1. shēma) sastādīt Kirhofa vienādojumu sistēmu:
  - strāvu momentānajām vērtībām;
  - strāvu kompleksajām vērtībām.
- Izmantojot jebkuru aprēķinu metodi, noteikt visu strāvu kompleksās efektīvās vērtības.
- Sastādīt aktīvo un reaktīvo jaudu bilanci.
- Uzrakstīt visu strāvu momentāno vērtību izteiksmes un uzzīmēt momentāno vērtību liknes.
- Vienā attēlā uzzīmēt potenciālu topogrāfisko un strāvu vektoru diagrammu.
- Noteikt mērinstrumentu rādījumus. Vatmetru ieslēgt saskaņā ar shēmu. Ampērmētru ieslēgt zarā ar mainīgo pretestību (pretestības numurs norādīts 2.1. tab.). Voltmetru ieslēgt starp punktiem (kas norādīti 2.1. tab.).
- Izmantojot aktīvā divpola teorēmu, noteikt strāvu zarā ar mainīgo elementu  $Z_k$ . Attēlot grafiski  $I_k(Z_k)$  – strāvas moduļa atkarību no mainīgās pretestības moduļa lieluma, ja pretestības  $Z_k$  lielums mainās robežās no nulles līdz bezgalībai ( $0 \leq Z_k \leq \infty$ ). Elementa  $Z_k$  indekss  $k$  norādīts doto lielumu skaitlisko vērtību tabulā (2.1. tab.).
- Pieņemot, ka dotās shēmas divu zaru spoles ir induktīvi saistītas (ja spoļu nav, tad tās jāiezīmē), sastādīt Kirhofa vienādojumu sistēmu kompleksajā formā. Vienāda nosaukuma galus spolēm izvēlēties patvaļīgi.

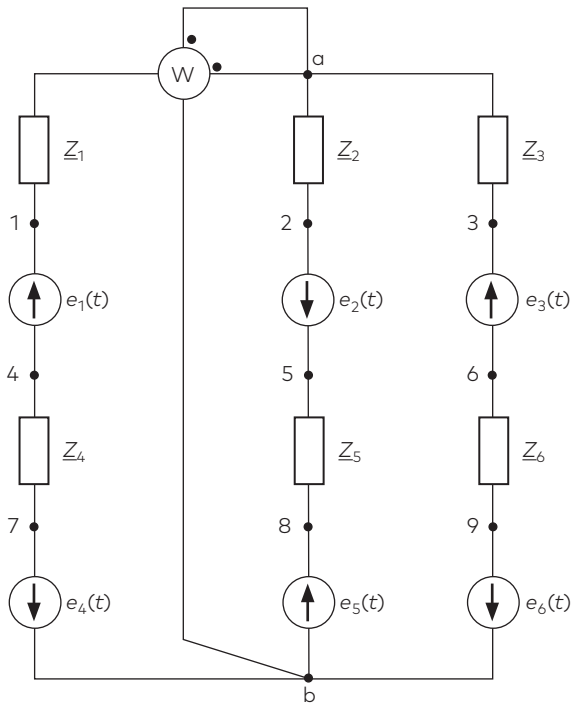
### Piezīme

Kopējā shēma uzrādītas 6 pretestības un 6 EDS avoti. Katrā atsevišķā variantā kopējais ķēdes elementu skaits ir 8. Risinot uzdevumu, trūkstošie elementi shēmā *nav jāzīmē*. Pretestības atbilstoši to raksturam shēmā jāzīmē kā induktivitātes, kapacitātes vai aktīvas pretestības.

*Elementu numerāciju nemainīt.*

### Metodiskie norādījumi darba izpildei

- Pirms uzdevuma risināšanas patvaļīgi jāizvēlas un shēmā jāattēlo strāvu pieņemtie virzieni.
- Strāvu aprēķinu (uzdevuma 2. punkts) ieteicams izdarīt strāvu kompleksajām efektīvajām vērtībām, ievērojot komplekso lielumu pareizo pieraksta formu. Aprēķinu ieteicams veikt, izmantojot mezglu potenciālu vai kontūrstrāvu metodi.
- Sastādot aktīvo un reaktīvo jaudu bilanci, jāatceras, ka avota pilnā jauda  $\tilde{S} = P + jQ = \dot{E}\dot{I}^*$ , ja EDS un strāvas virziens caur avotu sakrīt, bet  $\tilde{S} = -\dot{E}\dot{I}^*$ , ja tie ir pretēji. Rakstot reaktīvo elementu jaudu, ievērot, ka elementiem  $L$  un  $C$  tās ir ar pretējām zīmēm.
- Pirms zīmē potenciālu diagrammu, jāpārlicinās, vai atrisinājums apmierina Kirhofa otro likumu, t. i., vai noslēgtam kontūram  $\sum \dot{U} = \sum \dot{E}$ .
- Zīmējot strāvu vektoru un potenciālu topogrāfisko diagrammu, jānorāda kompleksās plaknes reālās un imaginārās ass virziens, kā arī strāvas un sprieguma mērogi. Diagrammas ērtāk zīmēt, izmantojot komplekso lielumu algebrisko pieraksta formu.
- Aktīvā divpola parametru ( $\dot{U}_t, Z_{ie}$ ) noteikšanai nedrīkst izmantot iepriekš iegūtos aprēķina rezultātus. Šis uzdevums uzskatāms par patstāvīgu.



2.1. shēma.

2.1. tabula  
Doto lielumu skaitliskās vērtības

Mainīgā pretestība	Avotu EDS momentānas vērtības, V		Voltmetrs starp punktiem	Variants
$Z_4$	$e_1=28,2\sin(\omega t+50^\circ)$ $e_3=141,0\sin(\omega t-30^\circ)$	$e_2=100,0\sin\omega t$	4, 8	1.
$Z_6$	$e_4=70,7\sin(\omega t+36^\circ)$ $e_6=70,7\sin(\omega t-114^\circ)$	$e_5=56,6\sin(\omega t-90^\circ)$	7, 9	2.
$Z_2$	$e_1=113,0\sin(\omega t+150^\circ)$ $e_4=56,6\sin(\omega t-165^\circ)$	$e_3=63,6\sin(\omega t-50^\circ)$	3, 7	3.
$Z_3$	$e_1=98,8\sin(\omega t+24^\circ)$ $e_5=127,0\sin(\omega t+60^\circ)$	$e_2=28,3\sin(\omega t-36^\circ)$	2, b	4.
$Z_6$	$e_1=106,0\sin(\omega t+150^\circ)$	$e_2=56,6\sin(\omega t+45^\circ)$	8, 1	5.
$Z_4$	$e_1=42,4\sin(\omega t+135^\circ)$	$e_3=84,7\sin(\omega t-15^\circ)$	9, 1	6.
$Z_4$	$e_1=70,7\sin(\omega t+204^\circ)$ $e_5=98,8\sin(\omega t+45^\circ)$	$e_3=56,6\sin\omega t$	1, 6	7.
$Z_1$	$e_1=56,6\sin(\omega t-36^\circ)$ $e_3=42,4\sin(\omega t+60^\circ)$	$e_2=56,6\sin(\omega t-90^\circ)$	3, 4	8.
$Z_3$	$e_2=84,7\sin(\omega t+90^\circ)$ $e_5=70,7\sin(\omega t+50^\circ)$	$e_3=28,3\sin(\omega t+120^\circ)$	9, 4	9.
$Z_3$	$e_2=42,4\sin(\omega t+45^\circ)$ $e_4=106,0\sin(\omega t+210^\circ)$	$e_3=56,6\sin(\omega t+90^\circ)$	2, 9	10.
$Z_6$	$e_4=70,7\sin(\omega t+180^\circ)$ $e_6=42,4\sin(\omega t+60^\circ)$	$e_5=70,7\sin(\omega t-45^\circ)$	4, 3	11.
$Z_2$	$e_1=84,7\sin(\omega t-15^\circ)$ $e_6=113,0\sin(\omega t-30^\circ)$	$e_2=56,6\sin(\omega t-135^\circ)$	3, 1	12.
$Z_1$	$e_1=106,0\sin(\omega t+135^\circ)$ $e_5=98,8\sin(\omega t+24^\circ)$	$e_2=141,0\sin\omega t$	a, 8	13.
$Z_2$	$e_1=106,0\sin(\omega t+135^\circ)$	$e_3=42,4\sin(\omega t-90^\circ)$	8, a	14.
$Z_1$	$e_1=35,3\sin(\omega t+50^\circ)$ $e_6=42,4\sin(\omega t-90^\circ)$	$e_5=84,7\sin(\omega t-36^\circ)$	9, a	15.
$Z_5$	$e_1=70,7\sin(\omega t+50^\circ)$	$e_3=84,7\sin(\omega t+105^\circ)$	4, 6	16.
$Z_1$	$e_1=35,3\sin(\omega t-105^\circ)$ $e_6=56,6\sin(\omega t+36^\circ)$	$e_3=42,4\sin(\omega t-90^\circ)$	9, 4	17.
$Z_1$	$e_1=28,2\sin(\omega t-24^\circ)$ $e_3=35,3\sin(\omega t+60^\circ)$	$e_2=42,4\sin(\omega t+45^\circ)$	4, a	18.
$Z_6$	$e_2=56,6\sin\omega t$ $e_6=70,7\sin(\omega t+135^\circ)$	$e_4=42,4\sin(\omega t+240^\circ)$	b, 3	19.
$Z_6$	$e_1=106,0\sin(\omega t+210^\circ)$	$e_2=42,4\sin(\omega t+90^\circ)$	2, b	20.

2.1. tabulas turpinājums

Variants	$Z_1, \Omega$	$Z_2, \Omega$	$Z_3, \Omega$	$Z_4, \Omega$	$Z_5, \Omega$	$Z_6, \Omega$
1.	10	-j20	-j30	j10	j30	-
2.	15	-j30	-	-j10	15	j20
3.	20	j30	15	-	30	-j15
4.	25	-	j10	-j20	40	15
5.	30	-j20	10	j20	j30	-j20
6.	5	j30	-j10	-j15	20	10
7.	12	10	-	j12	-j20	j15
8.	16	24	-j15	j30	-j20	-
9.	18	20	j30	-j18	-	15
10.	40	-	-j5	j20	-j10	10
11.	-j10	-	20	j20	j20	-j30
12.	j15	-j10	j20	15	-	30
13.	j20	15	-	-j10	j10	10
14.	j25	15	-j15	15	-j10	20
15.	j30	20	-	j10	-j20	30
16.	-j10	20	j15	20	j10	15
17.	-j15	j15	-j20	j30	5	-
18.	-j20	10	16	20	j15	-
19.	-j25	30	-	-j15	j10	35
20.	-j30	j20	-	15	-	25

2.1. tabulas turpinājums

Mainīgā pretestība	Avotu EDS momentānas vērtības, V		Voltmetsrs starp punktiem	Variants
	$e_3 = 35,3\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_5 = 56,6\sin(\omega t + 180^\circ)$		
$Z_6$	$e_1 = 42,4\sin(\omega t - 24^\circ)$	$e_2 = 56,6\sin(\omega t + 45^\circ)$	1, 5	21.
	$e_5 = 98,9\sin(\omega t + 90^\circ)$			
$Z_6$	$e_2 = 70,7\sin(\omega t + 204^\circ)$	$e_3 = 56,6\sin(\omega t + 150^\circ)$	5, 1	22.
$Z_1$	$e_1 = 141,0\sin(\omega t + 105^\circ)$	$e_3 = 56,6\sin(\omega t - 150^\circ)$	6, 4	23.
$Z_6$	$e_2 = 106,0\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_3 = 127,0\sin(\omega t + 150^\circ)$	2, 9	24.
	$e_6 = 56,6\sin\omega t$			
$Z_2$	$e_1 = 70,7\sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_2 = 98,8\sin(\omega t + 24^\circ)$	a, 6	25.
$Z_6$	$e_1 = 28,2\sin\omega t$	$e_2 = 42,4\sin(\omega t + 15^\circ)$	1, 9	26.
	$e_6 = 56,6\sin(\omega t - 60^\circ)$			
$Z_4$	$e_4 = 35,3\sin(\omega t + 50^\circ)$	$e_5 = 28,2\sin(\omega t + 90^\circ)$	7, 6	27.
	$e_6 = 42,4\sin(\omega t + 24^\circ)$			
$Z_2$	$e_1 = 127,0\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 106,0\sin(\omega t + 75^\circ)$	7, 5	28.
	$e_4 = 100,0\sin\omega t$	$e_5 = 84,7\sin(\omega t + 180^\circ)$		
$Z_5$	$e_1 = 113,0\sin(\omega t + 216^\circ)$	$e_2 = 56,6\sin(\omega t - 135^\circ)$	5, 7	29.
	$e_3 = 42,4\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_4 = 84,7\sin(\omega t + 180^\circ)$		
$Z_4$	$e_2 = 70,7\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_4 = 84,7\sin(\omega t - 90^\circ)$	2, 7	30.
	$e_6 = 42,4\sin(\omega t - 105^\circ)$			
$Z_2$	$e_1 = 14,1\sin\omega t$	$e_2 = 42,4\sin(\omega t - 30^\circ)$	3, 7	31.
	$e_3 = 42,4\sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_4 = 56,6\sin(\omega t + 45^\circ)$		
$Z_5$	$e_1 = 56,6\sin(\omega t + 180^\circ)$	$e_3 = 56,6\sin(\omega t + 165^\circ)$	1, 6	32.
	$e_4 = 28,2\sin(\omega t - 90^\circ)$			
$Z_3$	$e_1 = 84,7\sin(\omega t + 165^\circ)$	$e_5 = 42,4\sin(\omega t + 24^\circ)$	9, 1	33.
	$e_6 = 42,4\sin(\omega t - 24^\circ)$			
$Z_6$	$e_1 = 35,3\sin(\omega t + 130^\circ)$	$e_3 = 56,6\sin\omega t$	3, 7	34.
	$e_4 = 106,0\sin(\omega t - 135^\circ)$			
$Z_4$	$e_1 = 98,8\sin(\omega t - 114^\circ)$	$e_5 = 70,7\sin(\omega t + 90^\circ)$	2, 9	35.
	$e_6 = 113,0\sin(\omega t - 36^\circ)$			
$Z_2$	$e_2 = 100,0\sin\omega t$	$e_3 = 141,0\sin(\omega t - 30^\circ)$	6, 1	36.
	$e_4 = 28,2\sin(\omega t - 130^\circ)$			
$Z_2$	$e_1 = 84,7\sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 70,7\sin(\omega t - 120^\circ)$	2, 4	37.
	$e_3 = 42,4\sin(\omega t - 105^\circ)$			
$Z_3$	$e_1 = 70,7\sin(\omega t - 144^\circ)$	$e_2 = 56,6\sin(\omega t + 90^\circ)$	3, 4	38.
	$e_6 = 70,7\sin(\omega t - 144^\circ)$			
$Z_2$	$e_1 = 56,6\sin(\omega t + 216^\circ)$	$e_4 = 42,3\sin(\omega t + 180^\circ)$	4, 9	39.
	$e_5 = 28,3\sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_6 = 21,2\sin(\omega t - 90^\circ)$		



2.1. tabulas turpinājums

Variants	$\underline{Z}_1, \Omega$	$\underline{Z}_2, \Omega$	$\underline{Z}_3, \Omega$	$\underline{Z}_4, \Omega$	$\underline{Z}_5, \Omega$	$\underline{Z}_6, \Omega$
21.	j12	20	10	j8	-	-j10
22.	j16	-j10	5	16	5	15
23.	j40	j10	10	-j20	20	j20
24.	-j12	-	j15	24	16	5
25.	-j16	30	j20	-j14	j30	10
26.	-j40	-	10	j20	20	j10
27.	j5	j10	-	15	10	-j25
28.	-j5	j15	j20	10	-	-
29.	-	8	-	j10	j8	16
30.	-	12	16	-j20	j12	j8
31.	-	j20	10	15	j5	-
32.	5	10	-	15	j15	-j12
33.	-	j10	-j12	j15	10	12
34.	-	20	16	-j15	-j5	4
35.	-	20	5	30	j20	-j10
36.	j10	-j10	-	10	j20	-j30
37.	-j20	j12	16	-	12	j8
38.	15	-j30	j20	-j10	15	-
39.	-	j8	16	j10	8	-

2.1. tabulas turpinājums

Mainīgā pretestība	Avotu EDS momentānas vērtības, V		Voltmētrs starp punktiem	Variants
$\underline{Z}_3$	$e_1 = 113,0 \sin(\omega t + 150^\circ)$ $e_4 = 56,6 \sin(\omega t - 165^\circ)$	$e_3 = 63,3 \sin(\omega t - 50^\circ)$	b, 3	40.
$\underline{Z}_1$	$e_1 = 100,0 \sin(\omega t + 180^\circ)$ $e_4 = 127 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 106,0 \sin(\omega t + 70^\circ)$ $e_5 = 84,7 \sin(\omega t + 180^\circ)$	1, b	41.
$\underline{Z}_3$	$e_2 = 127,0 \sin(\omega t - 120^\circ)$ $e_5 = 28,3 \sin(\omega t + 144^\circ)$	$e_4 = 98,8 \sin(\omega t - 156^\circ)$	7, a	42.
$\underline{Z}_4$	$e_2 = 56,6 \sin(\omega t - 90^\circ)$ $e_6 = 84,8 \sin(\omega t + 24^\circ)$	$e_4 = 70,7 \sin(\omega t + 50^\circ)$	2, 7	43.
$\underline{Z}_6$	$e_2 = 56,6 \sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_4 = 106,0 \sin(\omega t - 30^\circ)$	b, 1	44.
$\underline{Z}_6$	$e_1 = 28,3 \sin(\omega t + 180^\circ)$ $e_6 = 56,6 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 42,4 \sin(\omega t - 165^\circ)$	9, 4	45.
$\underline{Z}_4$	$e_3 = 84,7 \sin(\omega t - 15^\circ)$	$e_4 = 42,4 \sin(\omega t - 45^\circ)$	3, b	46.
$\underline{Z}_6$	$e_4 = 70,7 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_5 = 98,8 \sin(\omega t - 156^\circ)$	7, 3	47.
$\underline{Z}_4$	$e_2 = 199,6 \sin(\omega t - 135^\circ)$ $e_4 = 141,0 \sin(\omega t + 204^\circ)$	$e_3 = 113,2 \sin \omega t$	5, 3	48.
$\underline{Z}_6$	$e_3 = 56,6 \sin(\omega t + 180^\circ)$ $e_6 = 127,0 \sin(\omega t - 165^\circ)$	$e_5 = 53,0 \sin(\omega t - 120^\circ)$	2, 9	49.
$\underline{Z}_4$	$e_2 = 56,6 \sin(\omega t + 90^\circ)$ $e_6 = 42,4 \sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_4 = 56,6 \sin(\omega t + 144^\circ)$	b, 2	50.

2.1. tabulas turpinājums

Variants	$\underline{Z}_1, \Omega$	$\underline{Z}_2, \Omega$	$\underline{Z}_3, \Omega$	$\underline{Z}_4, \Omega$	$\underline{Z}_5, \Omega$	$\underline{Z}_6, \Omega$
40.	-	30	-j15	20	j30	15
41.	-j10	-	j40	20	j30	-
42.	25	40	15	-j20	-	j10
43.	30	j20	-j50	j10	20	-
44.	15	-j10	5	j10	j15	-j10
45.	j15	20	10	-j35	-	j10
46.	10	j30	-j10	-j30	40	10
47.	-j25	15	5	j10	j15	j10
48.	j12	10	j15	12	-j20	-
49.	24	16	j15	-j12	-	5
50.	8	-j10	-j7,5	j15	12	-

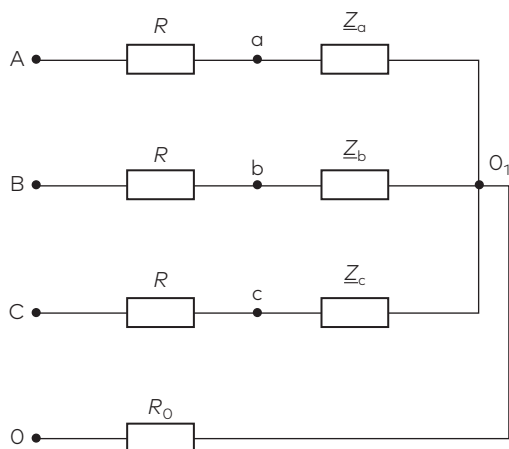
### 3. uzdevums Sinusoidālas strāvas trīsfāžu ķēdes

Simetrisks trīsfāžu ģenerators ar sinusoidālu fāžu spriegumu sistēmu pieslēgts nesimetriskam patērētājam.

- Dotajai shēmai (3.1. shēma), pieņemot, ka  $R_0 = 0 \Omega$ , aprēķināt:
  - visu strāvu kompleksās efektīvās vērtības;
  - spriegumu starp ģenerators un patērētāja nullpunktiem;
  - patērētāja fāžu un līnijas spriegumus;
  - sprieguma kritumus līnijas vados.
- Aprēķināt 1. punktā uzskaitītos lielumus, pieņemot, ka  $R_0 = \infty$ .
- Abiem gadījumiem ( $R_0 = 0 \Omega$  un  $R_0 = \infty$ ) uzzīmēt shēmas strāvu vektoru un potenciālu topogrāfisko diagrammu (pirms tam jānosaka shēmas punktu A, B, C, a, b un c potenciāls).

#### Metodiskie norādījumi darba izpildei

- Aprēķinot fāžu spriegumus no dotā līnijas sprieguma, ievērot, ka atšķirīgas ir ne tikai šo lielumu skaitliskās vērtības, bet arī to fāzes.
- Lietojot nesimetrisko trīsfāžu ķēžu aprēķinu pamatformulas, jāievēro vispārpieņemtie strāvu pozitīvie virzieni: līnijas vados no ģenerators uz patērētāju, nullvadā – pretēji.
- Zīmējot strāvu vektoru un potenciālu topogrāfisko diagrammu, jānorāda kompleksās plaknes reālās un imaginārās ass virziens, kā arī strāvas un sprieguma mērogi. Diagrammas ērtāk zīmēt, izmantojot komplekso lielumu algebrisko pieraksta formu.
- Zīmējot topogrāfisko diagrammu, jāievēro, ka:
  - par nulles potenciālu pieņem ģenerators nullpunkta potenciālu (shēmā punkts 0);
  - atliek shēmas punktu A, B, C, a, b un c potenciālu;
  - atliek simetriskos ģenerators fāžu un līnijas spriegumus;
  - no punkta 0 atliek spriegumu starp ģenerators un patērētāja nullpunktiem  $\dot{U}_{0,0}$  (ja  $R_0 = 0 \Omega$ , šis spriegums ir vienāds ar nulli);
  - no punkta  $0_1$  atliek patērētāja fāžu spriegumus, pēc tam – patērētāja līnijas spriegumus;
  - atliek sprieguma kritumus līnijas vados.
- Topogrāfiskās diagrammas punktu potenciālu apzīmējumiem jāatbilst shēmas punktu apzīmējumiem.



3.1. shēma.

3.1. tabula  
Doto lielumu skaitliskās vērtības

Variants	$\dot{U}_{AB}, V$	$R, \Omega$	$Z_a, \Omega$	$Z_b, \Omega$	$Z_c, \Omega$
1.	110,0 + j63,5	5	10	j5	-j5
2.	155,8 - j155,8	3	2	-j3	j5
3.	-63,5 + j110,0	5	j10	-j10	10
4.	-75,2 - j206,5	3	2	-j3	j5
5.	-119,3 - j43,5	5	j10	-j10	10
6.	-206,5 + j75,2	5	10	j5	-j5
7.	43,5 - j119,3	5	j10	-j10	10
8.	110,0 + j190,5	5	10	j5	-j5
9.	89,7 + j89,7	3	2	-j3	j5
10.	190,5 - j110,0	5	10	j5	-j5
11.	-110,0 + j63,5	3	2	-j3	j5
12.	-155,8 - j155,8	5	j10	-j10	10
13.	-63,5 - j110,0	3	2	-j3	j5
14.	-75,2 + j206,5	5	j10	-j10	10
15.	119,3 - j43,5	5	10	j5	-j5
16.	206,5 + j75,2	5	j10	-j10	10
17.	43,5 + j119,3	5	10	j5	-j5
18.	110,0 - j190,5	3	2	-j3	j5
19.	-89,7 + j89,7	5	10	j5	-j5
20.	-190,5 - j110,0	3	2	-j3	j5
21.	-110,0 - j63,5	5	j10	-j10	10
22.	-155,8 + j155,8	3	2	-j3	j5
23.	63,5 - j110,0	5	j10	-j10	10
24.	75,2 + j206,5	5	10	j5	-j5
25.	119,3 + j43,5	5	j10	-j10	10
26.	206,5 - j75,2	5	10	j5	-j5
27.	-43,5 + j119,3	3	2	-j3	j5
28.	-110,0 - j190,5	5	10	j5	-j5
29.	-89,7 - j89,7	3	2	-j3	j5
30.	-190,5 + j110,0	5	j10	-j10	10
31.	110,0 - j63,5	3	2	-j3	j5
32.	155,8 + j155,8	5	j10	-j10	10
33.	63,5 + j110,0	5	10	j5	-j5
34.	75,2 - j206,5	5	j10	-j10	10
35.	-119,3 + j43,5	5	10	j5	-j5
36.	-206,5 - j75,2	3	2	-j3	j5
37.	-43,5 - j119,3	5	10	j5	-j5
38.	-110,0 + j190,5	3	2	-j3	j5
39.	89,7 - j89,7	5	j10	-j10	10
40.	190,5 + j110,0	3	2	-j3	j5

3.1. tabulas turpinājums

Variants	$\dot{U}_{AB}, V$	$R, \Omega$	$Z_a, \Omega$	$Z_b, \Omega$	$Z_c, \Omega$
41.	$110,0 + j63,5$	5	$j10$	$-j10$	10
42.	$155,8 - j155,8$	5	10	$j5$	$-j5$
43.	$-63,5 + j110,0$	3	2	$-j3$	$j5$
44.	$-75,2 - j206,5$	5	10	$j5$	$-j5$
45.	$-119,3 - j43,5$	3	2	$-j3$	$j5$
46.	$-206,5 + j75,2$	5	$j10$	$-j10$	10
47.	$43,5 - j119,3$	3	2	$-j3$	$j5$
48.	$110,0 + j190,5$	5	$j10$	$-j10$	10
49.	$89,7 + j89,7$	5	10	$j5$	$-j5$
50.	$190,5 - j110,0$	5	$j10$	$-j10$	10

## 1. kontroldarbs

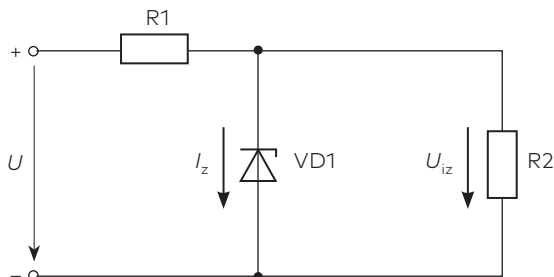
## Pusvadītāju ierīču slēguma shēmas

Kontroldarba variantu nosaka pēc pēdējiem trim studenta apliecības cipariem, tos atbilstoši apzīmējot XYZ. Dotajā darbā variantu veido divciparu skaitlis XZ, ja  $XZ \leq 50$ , vai  $(100 - XZ)$ , ja  $XZ > 50$ .

## 1.1. Pusvadītāju stabilitrons

Sprieguma stabilizatora shēma aplūkojama 1.1. attēlā. Stabilitrona VD1 parametru vērtības – stabilizācijas spriegums  $U_z$ , minimālā stabilizācijas strāva  $I_{z\_min}$ , maksimāli pieļaujamā stabilizācijas strāva  $I_{z\_max}$ , kā arī citu elementu parametru vērtības dotas 1.1. tabulā.

1. Atkarībā no risināmā varianta noteikt maksimāli vai minimāli pieļaujamo rezistora R1 pretestību vai slodzes rezistora R2 pretestību, vai ieejas spriegumu  $U$ , lai stabilitrons strādātu stabilizācijas robežrežīmā (t. i., kad strāva  $I_z = I_{z\_min}$  vai  $I_z = I_{z\_max}$ ).
2. Aprēķināt jaudu, kas izdalās stabilitronā, un stabilizatora lietderības koeficientu robežrežīmā.
3. Noteikt stabilizatora izejas spriegumu  $U_{iz}$  un strāvu stabilitronā  $I_z$  divos gadījumos:
  - a) ja 1. punktā aprēķinātais parametrs ( $R_1$ ,  $R_2$  vai  $U$ ) tiek 2 reizes palielināts;
  - b) ja 1. punktā aprēķinātais parametrs ( $R_1$ ,  $R_2$  vai  $U$ ) tiek 2 reizes samazināts. (Ja  $I_z < I_{z\_min}$ , tad pieņem, ka  $I_z = 0$  A.)
4. Secināt par stabilizatora darbību analizētajos režīmos.



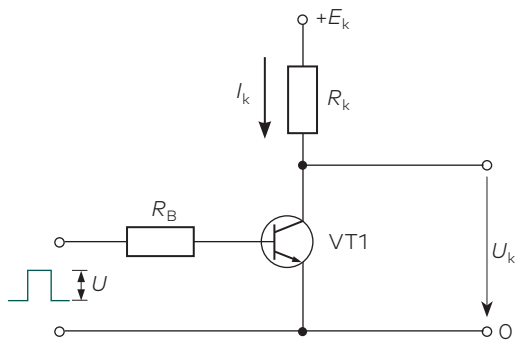
1.1. att. Sprieguma stabilizatora shēma 1.1. uzdevumam.

## 1.2. Bipolārais tranzistors kopemitera slēgumā

Tranzistora VT1 slēguma shēma aplūkojama 1.2. attēlā. Tranzistoru vada ieejas sprieguma signāls, kura amplitūda  $U$ . Shēmas mainīgo lielumu parametru vērtības dotas 1.2. tabulā.

1. Atkarībā no risināmā varianta, nodrošinot tranzistora piesātinājuma režīmu, noteikt **minimāli** pieļaujamo – pārvades koeficienta  $\beta_{min}$  vērtību vai ieejas sprieguma amplitūdas  $U_{min}$  vērtību, vai kolektora ķēdes pretestības  $R_{k\_min}$  vērtību – vai **maksimāli** pieļaujamo: barošanas avota sprieguma  $E_{k\_max}$  vērtību vai bāzes ķēdes pretestības  $R_{B\_max}$  vērtību.
2. Aprēķināt jaudas pastiprinājuma koeficientu  $K_p$  dotajā režīmā, pieņemot, ka spriegums uz atvērta tranzistora  $U_k = 0$  V.
3. Noteikt tranzistora kolektora spriegumu  $U_k$  un strāvu  $I_k$  divos gadījumos:
  - a) ja 1. punktā aprēķinātais parametrs ( $U$ ,  $E_k$ ,  $R_k$ ,  $R_B$ ,  $\beta$ ) tiek 2 reizes palielināts;
  - b) ja 1. punktā aprēķinātais parametrs tiek 2 reizes samazināts. (Kolektora p–n pārejas siltuma rakstura sproststrāvu neievērot, t. i.,  $I_{ko} = 0$  A.)

4. Secināt par tranzistora režīmiem analizētajos gadījumos.



1.2. att. Tranzistora slēguma shēma 1.2. uzdevumam.



1.1. tabula  
1.1. uzdevuma elementu parametru vērtības

Variants	$U_z, V$	$I_{z_{min}}, mA$	$I_{z_{max}}, mA$	$U_i, V$	$R_1, \Omega$	$R_2, \Omega$	Noteikts
0.	11,2	3	33	30	220	–	$R_{2_{max}}$
1.	100,0	5	50	250	–	300	$R_{1_{max}}$
2.	12,0	3	24	50	–	470	$R_{1_{max}}$
3.	3,8	3	70		120	390	$U_{max}$
4.	7,5	3	33	20	560	–	$R_{2_{min}}$
5.	8,0	3	29	36	–	180	$R_{1_{max}}$
6.	4,3	3	70	12	–	240	$R_{1_{min}}$
7.	22,0	10	230		110	82	$U_{min}$
8.	5,6	50	1400	15	–	110	$R_{1_{max}}$
9.	10,3	3	33	24	330	–	$R_{2_{max}}$
10.	47,0	10	110		180	130	$U_{min}$
11.	3,0	3	81	20	–	430	$R_{1_{min}}$
12.	7,5	3	33	15	–	110	$R_{1_{min}}$
13.	4,0	3	70		240	560	$U_{min}$
14.	6,8	50	1150	24	–	100	$R_{1_{min}}$
15.	3,4	3	81	12	82	–	$R_{2_{max}}$
16.	9,0	3	26		240	160	$U_{max}$
17.	7,7	3	33	36	–	820	$R_{1_{max}}$
18.	68,0	5	75	100	680	–	$R_{2_{min}}$
19.	39,0	10	130		150	110	$U_{max}$
20.	10,0	3	23	48	1300	–	$R_{2_{min}}$
21.	4,1	3	58	14	120	–	$R_{2_{max}}$
22.	8,2	50	950	–	110	75	$U_{min}$
23.	8,0	3	33	30	680	–	$R_{2_{min}}$
24.	9,4	3	33	–	560	910	$U_{max}$
25.	56,0	5	90	180		560	$R_{1_{min}}$
26.	4,2	3	58	–	390	270	$U_{min}$
27.	11,5	3	20	36	1000	–	$R_{2_{max}}$
28.	9,6	3	20	20	–	1300	$R_{1_{max}}$
29.	82,0	5	60	250	–	910	$R_{1_{min}}$
30.	7,2	3	33	20	750	–	$R_{2_{min}}$
31.	10,0	25	800	36	20	–	$R_{2_{max}}$
32.	4,5	3	58	–	220	120	$U_{max}$
33.	27,0	10	180	90		270	$R_{1_{max}}$
34.	13,5	3	20	24	390		$R_{2_{max}}$
35.	3,7	3	81	12		180	$R_{1_{min}}$
36.	12,0	25	650	–	200	270	$U_{min}$

1.1. tabulas turpinājums

Variants	$U_z, V$	$I_{z_{min}}, mA$	$I_{z_{max}}, mA$	$U, V$	$R_1, \Omega$	$R_2, \Omega$	Noteikt
37.	5,0	3	58	–	510	910	$U_{max}$
38.	7,8	3	40	21	430	–	$R_{2_{min}}$
39.	3,6	3	81	–	390	270	$U_{max}$
40.	6,8	3	45	–	100	1800	$U_{min}$
41.	8,6	3	36	25	910	–	$R_{2_{min}}$
42.	5,6	3	55	18	–	510	$R_{1_{max}}$
43.	15,0	25	550	48	24	–	$R_{2_{max}}$
44.	33,0	10	150	80	270	–	$R_{2_{min}}$
45.	9,5	3	32	–	200	130	$U_{max}$
46.	3,5	3	70	10	–	160	$R_{1_{min}}$
47.	18,0	25	450	30	15	–	$R_{2_{max}}$
48.	5,2	3	58	10	–	510	$R_{1_{max}}$
49.	11,0	3	29	–	160	430	$U_{min}$
50.	5,0	3	58	–	510	910	$U_{max}$

1.2. tabula

1.2. uzdevuma mainīgo lielumu vērtības

Variants	$\beta$	$E_k, V$	$U, V$	$R_k, \Omega$	$R_B, k\Omega$	Noteikt
0.	–	24	6	300	3,6	$\beta_{min}$
1.	15	12	5	620	–	$R_{B_{max}}$
2.	85	20	–	470	18,0	$U_{min}$
3.	40	–	10	270	9,1	$E_{k_{max}}$
4.	60	50	20	–	18,0	$R_{k_{min}}$
5.	110	12	6	–	16,0	$R_{k_{min}}$
6.	–	36	12	750	3,9	$\beta_{min}$
7.	35	6	12	130	–	$R_{B_{max}}$
8.	15	110	–	1800	4,7	$U_{min}$
9.	90	–	20	510	18,0	$E_{k_{max}}$
10.	65	–	12	120	9,1	$E_{k_{max}}$
11.	70	24	12	–	8,2	$R_{k_{min}}$
12.	–	12	6	240	2,4	$\beta_{min}$
13.	50	9	5	160	–	$R_{B_{max}}$
14.	25	15	–	910	9,1	$U_{min}$
15.	130	24	–	1200	33,0	$U_{min}$
16.	40	–	5	150	2,0	$E_{k_{max}}$
17.	20	36	12	–	4,3	$R_{k_{min}}$

## 1.2. tabulas turpinājums

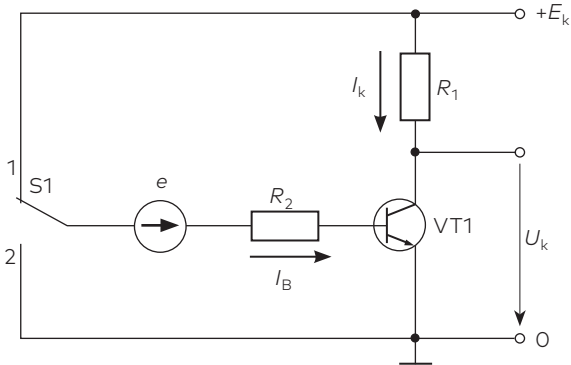
Variants	$\beta$	$E_k, V$	$U, V$	$R_k, \Omega$	$R_B, k\Omega$	Noteikt
18.	–	12	3	300	1,8	$\beta_{\min}$
19.	60	80	15	680	–	$R_{B_{\max}}$
20.	80	24	10	560	–	$R_{B_{\max}}$
21.	95	12	–	820	75,0	$U_{\min}$
22.	35	–	4	270	1,8	$E_{k_{\max}}$
23.	10	90	25	–	3,6	$R_{k_{\min}}$
24.	–	12	3	360	3,6	$\beta_{\min}$
25.	90	36	12	–	24,0	$R_{k_{\min}}$
26.	115	–	5	1100	15,0	$E_{k_{\max}}$
27.	20	24	–	160	1,3	$U_{\min}$
28.	65	12	6	430	–	$R_{B_{\max}}$
29.	–	50	12	220	3,3	$\beta_{\min}$
30.	–	18	6	180	2,0	$\beta_{\min}$
31.	70	12	5	–	12,0	$R_{k_{\min}}$
32.	45	–	10	150	2,2	$E_{k_{\max}}$
33.	30	10	–	910	16,0	$U_{\min}$
34.	60	24	4	470	–	$R_{B_{\max}}$
35.	15	30	12	360	–	$R_{B_{\max}}$
36.	–	36	6	820	9,1	$\beta_{\min}$
37.	20	12	5	–	1,5	$R_{k_{\min}}$
38.	40	–	12	510	10,0	$E_{k_{\max}}$
39.	70	9	–	200	7,5	$U_{\min}$
40.	25	75	–	560	2,7	$U_{\min}$
41.	105	24	15	470	–	$R_{B_{\max}}$
42.	–	18	6	240	5,6	$\beta_{\min}$
43.	30	24	12	–	8,2	$R_{k_{\min}}$
44.	55	–	5	1000	15,0	$E_{k_{\max}}$
45.	20	–	5	1500	8,2	$E_{k_{\max}}$
46.	85	36	–	390	1,8	$U_{\min}$
47.	15	12	4	270	–	$R_{B_{\max}}$
48.	–	18	6	680	6,8	$\beta_{\min}$
49.	30	24	5	–	1,5	$R_{k_{\min}}$
50.	70	9	–	200	7,5	$U_{\min}$

## 2. kontroldarbs

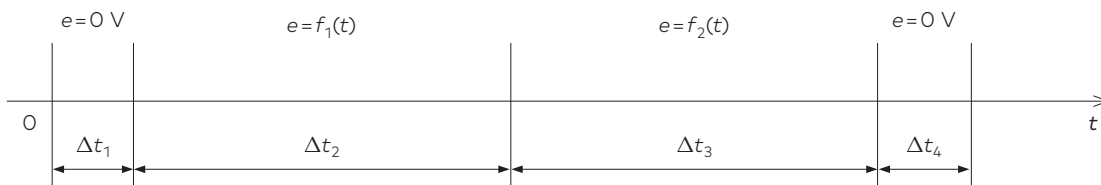
## Bipolārā tranzistora darba režīmi

1. kontroldarbā variantu veido divciparu skaitlis  $XZ$  (studentu apliecības pēdējos 3 ciparus apzīmējot  $XYZ$ ), ja  $XZ \leq 50$ , vai  $(100 - XZ)$ , ja  $XZ > 50$ . 2. kontroldarbā variants  $N_{V2} = N_{V1}$ , ja  $N_{V1} \leq 35$ , vai  $N_{V2} = N_{V1} - 35$ , ja  $N_{V1} > 35$ .  $N_{V2}$  – 2. kontroldarba varianta numurs;  $N_{V1}$  – 1. kontroldarba varianta numurs.

2.1. attēlā aplūkojama n-p-n tranzistora slēguma shēma. Jāanalizē shēmas darbība četros laika intervālos (2.2. att.):  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$  un  $\Delta t_4$ .



2.1. att. Tranzistora slēguma shēma.



2.2. att. Četri laika intervāli shēmas analīzei.

Laika intervālu ilgumi:  $\Delta t_2 = \Delta t_3 = 8\Delta t_1 = 8\Delta t_4$ . Intervālos  $\Delta t_1$  un  $\Delta t_4$  signāla avota EDS  $e = 0$  V, bet intervālos  $\Delta t_2$  un  $\Delta t_3$  EDS  $e$  mainās pēc sinusa likuma. Gan intervāls  $\Delta t_2$ , gan  $\Delta t_3$  ilgst divus sinusoidālus periodus. Laika intervāla  $\Delta t_2$  sākumā EDS sākuma fāze ir vienāda ar nulli.

Tranzistora bāzes strāvas pārvades koeficients  $\beta$  (signāla pastiprināšanas koeficients), barošanas avota EDS  $E_k$  un rezistoru  $R_1$  un  $R_2$  pretestības visiem variantiem dotas 2.1. tabulā. Mainīgā EDS  $e$  amplitūda katrā pusperiodā, salīdzinot ar iepriekšējo, pieaug vai samazinās par 25 %. 2.1. tabulā dota arī EDS amplitūdas vērtība  $E_{m0}$  pirmajā pusperiodā, ar simboliem  $\uparrow$  vai  $\downarrow$  norādīts, vai attiecīgajā laika intervālā amplitūda  $E_m$  pieaug vai samazinās. Parametru vērtību tabulā arī norādīts slēdža S1 stāvoklis katrā no četriem laika intervāliem.

1. Veikt nepieciešamos aprēķinus un uz milimetru papīra lapas (A4 formāts) uzzīmēt šādu lielumu laika diagrammas visiem četriem laika intervāliem:

- EDS  $e = f(t)$ ;
- tranzistora bāzes strāvai  $i_B(t)$ ;
- kolektora strāvai  $i_k(t)$ ;
- kolektora spriegumam  $u_k(t)$ .

Strāvām, EDS un spriegumam  $u_k$  izvēlēties piemērotus mērogus, bet uz laika ass laika intervālu  $\Delta t_1$  atlikt kā 10 mm garu nogriezni.

2. Izdarot aprēķinus, pieņemt, ka EDS avota iekšējā pretestība, tranzistora kolektora sproststrāva un kolektora spriegums piesātinājuma režīmā vienāds ar nulli. Uzskatīt, ka tranzistora emitera pārejas pretestība ir daudzārt mazāka par pretestību  $R_2$ , tādēļ neiespaido bāzes strāvas  $i_B$  vērtību.
3. Zīmējot sinusoidas, aprēķināt tikai to ekstremālās (amplitūdu) vērtības.
4. Sniegt secinājumus par tranzistora darba režīmiem visos laika intervālos.

2.1. tabula  
Doto lielumu vērtības

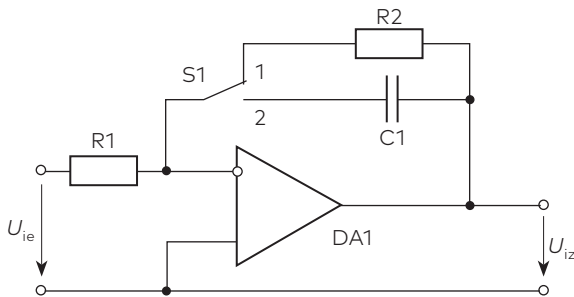
Variants	$R_1, k\Omega$	$R_2, k\Omega$	$E_k, V$	$\beta$	$E_{m0}, V$	Slēdža S1 stāvoklis				$E_m$ izmaiņa	
						$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$	$\Delta t_4$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$
1.	0,60	10,0	10	30	15,0	1	1	2	2	↓	↑
2.	0,70	12,0	8	40	5,0	2	1	2	1	↑	↓
3.	0,35	8,0	15	25	16,5	1	2	1	2	↑	↓
4.	0,80	39,0	24	60	36,0	2	1	2	1	↓	↑
5.	1,00	15,0	20	20	22,0	2	2	1	1	↑	↓
6.	0,27	9,0	12	45	18,0	1	1	2	2	↓	↑
7.	0,65	18,0	9	35	10,5	1	2	1	2	↓	↑
8.	0,18	2,5	18	15	20,0	2	2	1	1	↑	↓
9.	1,25	27,0	25	30	29,3	1	2	1	2	↓	↑
10.	1,50	20,0	22	18	33,0	2	1	2	1	↓	↑
11.	0,80	8,0	10	12	11,0	1	2	1	2	↑	↓
12.	1,00	20,0	15	23	17,5	2	2	1	1	↓	↑
13.	0,25	10,0	18	50	21,0	1	2	1	2	↓	↑
14.	0,80	20,0	43	33	27,0	1	1	2	2	↑	↓
15.	2,00	20,0	18	10	27,0	2	1	2	1	↓	↑
16.	1,50	18,0	36	15	42,0	1	2	1	2	↓	↑
17.	0,70	20,0	25	40	29,2	2	2	1	1	↓	↑
18.	0,90	22,0	12	28	13,5	1	2	1	2	↑	↓
19.	0,60	10,0	9	20	14,0	1	1	2	2	↓	↑
20.	0,35	14,0	18	60	12,0	2	1	2	1	↑	↓
21.	1,20	50,0	12	45	7,4	1	1	2	2	↑	↓
22.	0,18	6,0	36	35	54,0	2	1	2	1	↓	↑
23.	0,07	3,2	22	52	25,7	2	2	1	1	↓	↑
24.	0,15	3,5	9	25	10,0	1	2	1	2	↑	↓
25.	0,42	16,0	42	40	26,0	2	1	2	1	↑	↓
26.	0,75	11,0	15	15	23,0	1	1	2	2	↓	↑
27.	1,50	80,0	60	60	37,0	2	1	2	1	↑	↓
28.	0,26	6,9	18	28	21,0	1	2	1	2	↓	↑
29.	1,20	22,0	36	20	54,0	1	1	2	2	↓	↑
30.	0,15	6,0	20	45	22,0	2	2	1	1	↑	↓
31.	0,26	8,5	9	35	13,5	2	1	2	1	↓	↑
32.	0,50	30,0	42	70	46,0	1	2	1	2	↑	↓
33.	0,60	25,0	15	50	16,5	2	2	1	1	↑	↓
34.	0,15	4,0	26	40	16,0	1	1	2	2	↑	↓
35.	0,18	10,0	12	75	18,0	2	1	2	1	↓	↑

### 3. kontroldarbs Operacionālais pastiprinātājs

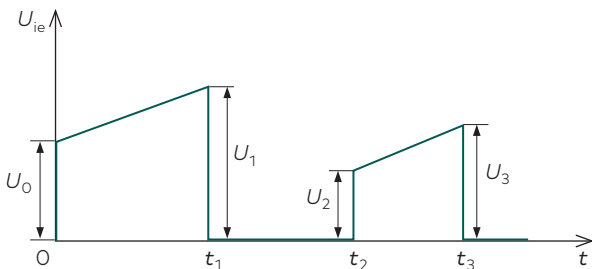
1. kontroldarbā variantu veido divciparu skaitlis  $XZ$  (studentu apliecības pēdējos 3 ciparus apzīmējot  $XYZ$ ), ja  $XZ \leq 50$ , vai  $(100 - XZ)$ , ja  $XZ > 50$ . 3. kontroldarbā variants  $N_{V3} = N_{V1}$ , ja  $N_{V1} \leq 35$ , vai  $N_{V3} = N_{V1} - 35$ , ja  $N_{V1} > 35$ .  $N_{V3} - 3$ . kontroldarba varianta numurs;  $N_{V1} - 1$ . kontroldarba varianta numurs.

Pastiprinātāja shēma aplūkojama 3.1. attēlā. Doto lielumu vērtības un varianti ir apkopoti 3.1. tabulā. Pastiprinātāja ieejai pievadīts signāls, tā laika diagramma ir redzama 3.2. attēlā. Laika momentā  $t_s$  notiek slēdža S1 komutācija no stāvokļa 1 uz stāvokli 2 vai otrādi. **Laika momentā  $t = 0$  s kondensators C1 tiek izlādēts.**

1. Uzzīmēt mērogā ieejas signāla laika diagrammu  $u_{ie}(t)$  un izrēķināt un uzzīmēt mērogā izejas signāla laika diagrammu  $u_{iz}(t)$ . Abas diagrammas jāzīmē vienu zem otras vienādos laika mērogos. Ja izejas signāls ir lineārs, pietiek izrēķināt divus punktus – attiecīgā laika intervāla sākumā un beigās. Nelineāra izejas signāla gadījumā izrēķināt un atlikt diagrammā vēl vienu punktu **intervāla vidū**.
2. Secinājumos analizēt pastiprinātāja darba raksturīgos režīmus.



3.1. att. Pastiprinātāja shēma.



3.2. att. Ieejas signāla laika diagramma.

#### Metodiskie norādījumi

Izejas signālu viegli aprēķināt invertējošā pastiprinātāja gadījumā (pārslēgs S1 atrodas stāvoklī 1):  $U_{iz} = KU_{ie}$ . Jāievēro, ka ieejas un izejas signālu polaritātes ir pretējas.

Integrējošā pastiprinātāja gadījumā ieteicams vispirms noteikt laika konstanti  $\tau = RC$  (milisekundēs!). Pēc tam integrējam ieejas signālu:

$$u_{iz} = -\frac{1}{\tau} \int_{t_a}^{t_b} u_{ie} dt + U_a.$$

Šajā formulā  $t_a$  un  $t_b$  – integrēšanas sākuma un beigu moments, bet  $U_a$  – spriegums uz kondensatora (tātad **izejas** spriegums) attiecīgā integrēšanas etapa sākumā.

Aprēķina vienkāršošanai var izmantot integrāļa ģeometrisku interpretāciju: funkcijas  $u_{ie}$  integrālis ir vienāds ar tādas figūras laukumu, ko veido funkcijas grafiks, abscisu ass un vertikālas līnijas ar abscisu vērtībām  $t_a$  un  $t_b$ . Trapeces gadījumā iegūstam

$$S = \frac{(u_{ie_a} + u_{ie_b})(t_b - t_a)}{2}, \text{ V} \cdot \text{ms}.$$

Pēc tam atrodam izejas spriegumu:

$$u_{iz} = -\frac{S}{\tau} + U_a.$$

Gan laika vērtības, gan arī laika konstanti formulās vēlams ievietot milisekundēs.

Ja ieejas signāls integrēšanas laikā nemainās, izejas spriegums būs lineāra funkcija, tāpēc pilnīgi pietiekami ir izrēķināt tikai vienu punktu intervāla beigās. Ja ieejas spriegums mainās lineāri, tad šādas funkcijas integrālis jau būs līkne (parabolas posms), tāpēc uzdevumā prasīts šajā gadījumā izrēķināt arī vēl vienu punktu intervāla vidū. Ja integrēšanas intervālā ieejas signāls maina zīmi, tad izejas signāla ekstremālā vērtība būs momentā, kad  $u_{ie} = 0$  V. Vēlams izrēķināt un atlikt grafikā arī šo vērtību.

Jāievēro, ka **integrējošā** pastiprinātāja izejai pieslēgts kondensators, tāpēc izejas signāls var mainīties tikai nepārtraukti, t. i., bez lēcieniem.

3.1. tabula  
Doto parametru un lielumu vērtības

Variants	$R_{1,}$ k $\Omega$	$R_{2,}$ k $\Omega$	$C,$ mF	$t_{1,}$ ms	$t_{2,}$ ms	$t_{3,}$ ms	$t_{\zeta,}$ ms	$U_{0,}$ V	$U_{1,}$ V	$U_{2,}$ V	$U_{3,}$ V	S1 komutācija
1.	43,0	51,0	0,47	30	75	126	101	1,5	1,5	0,0	3,5	1→2
2.	16,0	36,0	1,00	18	38	47	41	-0,5	2,0	-0,5	-0,5	1→2
3.	3,6	6,8	2,20	20	30	68	12	2,0	2,0	1,0	3,0	2→1
4.	5,6	7,5	4,70	48	86	124	19	0,5	-2,0	-1,5	-1,5	2→1
5.	2,0	2,0	10,00	25	33	63	54	-1,0	-1,0	-1,0	-4,0	2→1
6.	13,0	27,0	0,68	10	20	26	23	1,5	4,5	3,0	3,0	1→2
7.	7,5	12,0	1,50	24	34	58	7	0,5	0,5	-1,5	-5,0	1→2
8.	2,7	1,6	3,30	13	22	40	8	0,0	-2,0	-2,5	-2,5	1→2
9.	3,9	7,5	6,80	32	70	99	82	1,0	1,0	-0,5	3,0	2→1
10.	11,0	12,0	0,47	14	25	46	40	1,0	3,5	2,5	2,5	2→1
11.	30,0	8,2	1,00	50	120	155	25	-2,0	-2,0	0,5	2,5	2→1
12.	5,6	12,0	2,20	17	27	54	5	-1,0	-3,5	1,5	1,5	1→2
13.	3,9	6,8	4,70	19	44	78	64	-0,5	-0,5	1,5	-1,5	1→2
14.	2,0	1,8	10,0	40	100	144	118	-1,5	1,5	2,0	2,0	1→2
15.	12,0	18,0	0,68	12	25	49	8	-1,5	-1,5	0,0	-3,5	2→1
16.	27,0	10,0	1,50	45	68	127	23	-0,5	-2,5	-1,0	-1,0	2→1
17.	1,8	4,3	3,30	15	27	33	29	3,0	3,0	1,0	4,5	2→1
18.	2,4	3,0	6,80	28	36	84	65	0,5	3,0	0,5	0,5	1→2
19.	27,0	20,0	0,47	16	32	40	6	-2,5	-2,5	-1,0	1,0	1→2
20.	30,0	62,0	1,00	30	42	99	21	1,5	-1,0	1,0	1,0	1→2
21.	3,9	1,8	2,20	18	31	45	38	2,5	2,5	-1,5	-4,5	2→1
22.	2,7	1,8	4,70	20	44	68	51	0,0	3,0	-2,0	-2,0	2→1
23.	4,3	6,8	10,00	48	86	115	29	1,5	1,5	-0,5	-4,0	2→1
24.	13,0	15,0	0,68	25	60	85	10	1,0	-1,0	-0,5	-0,5	1→2
25.	3,9	9,1	1,50	10	16	30	26	2,0	2,0	0,5	4,0	1→2
26.	5,6	10,0	3,30	24	55	77	66	-1,0	1,5	-1,5	-1,5	1→2
27.	1,8	2,4	6,80	13	33	53	4	-1,0	-1,0	1,5	3,5	2→1
28.	33,0	33,0	0,47	32	67	89	19	-1,5	-4,0	3,0	3,0	2→1
29.	9,1	18,0	1,00	14	21	43	30	0,5	0,5	0,0	-3,0	2→1
30.	20,0	30,0	2,20	50	90	180	153	-0,5	2,5	-2,5	-2,5	1→2
31.	1,3	0,75	4,70	17	22	41	9	1,0	1,0	1,0	-2,5	1→2
32.	1,1	2,2	10,00	19	38	76	6	0,5	-1,5	2,5	2,5	1→2
33.	47,0	51,0	0,68	40	56	108	87	-2,0	-2,0	-1,0	2,5	2→1
34.	7,5	2,2	1,50	12	20	25	22	1,5	4,0	1,5	1,5	2→1
35.	11,0	12,0	0,47	14	25	46	40	1,0	3,5	2,5	2,5	2→1