

Rīgas Tehniskā universitāte  
Enerģētikas institūts  
Elektroapgādes katedra

---

# AUGSTSPRIEGUMA TEHNOLOĢIJU PAMATI

Praktisko darbu metodiskie  
norādījumi

---

**K. Bērziņa. Augstsprieguma tehnoloģiju pamati.**  
Praktisko darbu metodiskie norādījumi. Rīga, RTU  
Izdevniecība, 2019. 27 lpp.

Šajā darbā ievietoti augstsprieguma tehnoloģiju pamati: vīdsprieguma sadales tīklu tehnoloģisko iekārtu teorētiskais izklāsts un praktiskie pārslēgumu procedūru uzdevumi. Metodiskie norādījumi paredzēti elektroenerģētikas specialitāšu dienas, vakara un neklātienes nodaļas studentiem. Mācību līdzeklī izmantoti Elektroapgādes katedrā izstrādātie uzdevumi, metodiskie materiāli un noslēguma darbos apkopotie materiāli.

Sastādīja: asoc. prof. *Dr. sc. ing.* K. Bērziņa  
Recenzents: asoc. prof. *Dr. sc. ing.* A. Podgornovs

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.

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2019  
ISBN 978-9934-22-146-0 (pdf)  
978-9934-22-145-3 (print)

---

# SATURS

1. AUGSTSPRIEGUMA IEKĀRTAS TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS .....	4
1.1. Transformatoru apakšstacijas.....	4
1.1.1. Kompaktās transformatoru apakšstacijas (KTA).....	4
1.1.2. Brīvgaisa transformatora apakšstacija (TA) .....	6
1.2. Vidsprieguma sekundārās slēgiekārtas .....	9
1.2.1. SafeRing SF6 kompaktās slēgiekārtas .....	9
1.2.2. UniGear ZS1 jaudas slēdzis.....	10
1.3. Vidsprieguma spēka kabeļi .....	11
1.3.1. Vidsprieguma spēka kabeļu tehniskie dati .....	12
1.3.2. Vidsprieguma spēka kabeļu konstrukcijas .....	14
1.4. Kabeļu pieslēgpiederumi.....	18
1.4.1. Pieslēgpiederumi vidsprieguma (VS) kabeļiem.....	18
1.4.2. Vidsprieguma savienojuma sistēmas .....	20
2. PRAKTISKĀ DAĻA .....	21
2.1. Sadales tīklu pārslēgumu shēmas.....	21
2.2. Slēgiekārtas UniGear ZS1 tipa apraksts.....	23
2.2.1. Funkcionālās iespējas.....	23
2.3. Praktiskais uzdevums.....	24

# 1. AUGSTSPRIEGUMA IEKĀRTAS TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS

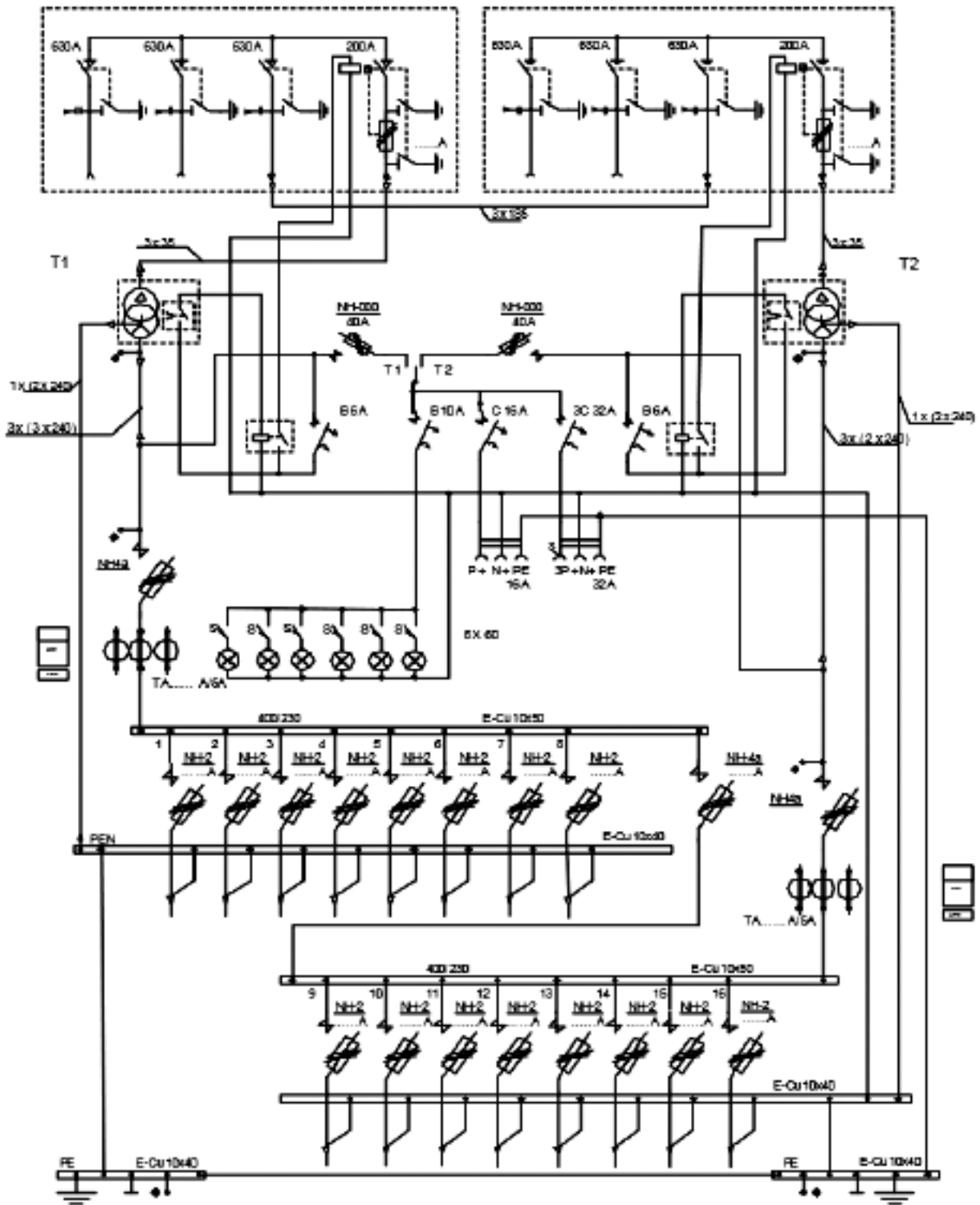
## 1.1. Transformatoru apakšstacijas

KTA – kompaktās transformatoru apakšstacijas (TA) – ir paredzētas elektriskās enerģijas pieņemšanai, sprieguma pārveidošanai no vidsprieguma (6 kV, 10 kV vai 20 kV) uz zemspriegumu (0,4 kV vai 0,23 kV) un sadalei (nepieciešamības gadījumā arī uzskaiti). Tām ir viens vai divi transformatori, kuru jauda ir līdz 2500 kVA un frekvence 50 Hz.

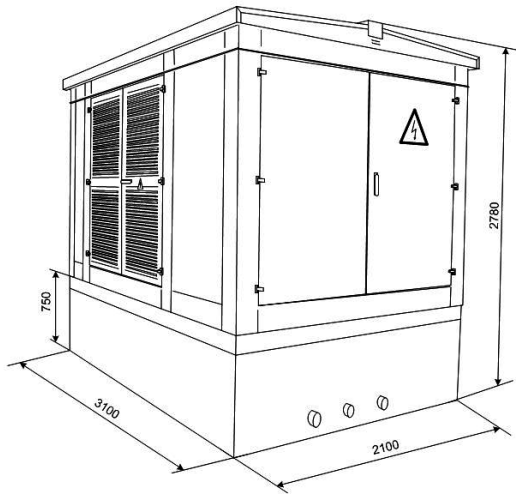
TA sastāv no viena vai vairākiem spēka transformatoriem, transformatora primārā un sekundārā (augstāka sprieguma un zemākā sprieguma) sprieguma sadales iekārtām, kā arī no vadības un aizsardzības iekārtām.

### 1.1.1. Kompaktās transformatoru apakšstacijas (KTA)

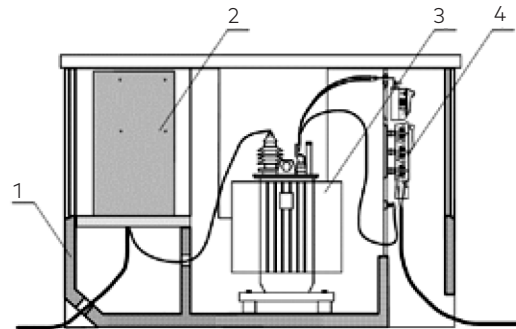
KTA ir paredzētas dažādu dzīvojamo, rūpniecisko u. c. infrastruktūras objektu apgādei ar elektroenerģiju. KTA korpusā ir paredzētas speciālas atveres zem grunts līmeņa, caur kurām tiek ievadīti kabeļi (pienākošās un aizejošās līnijas). Nepieciešamības gadījumā KTA var pieslēgt arī gaisvadu līnijām, veicot speciālu pāreju no zemes uz gaisvadu līniju. KTA raksturīgais konstrukcijas izpildījums un vienkāršotā vispārinātā shēma ar galvaniskajiem elementiem parādīta 1.1. un 1.2. attēlā.



1.1. att. Vispārīgā shēma KTA 10/20 kV / 0,42 kV ar diviem transformatoriem.



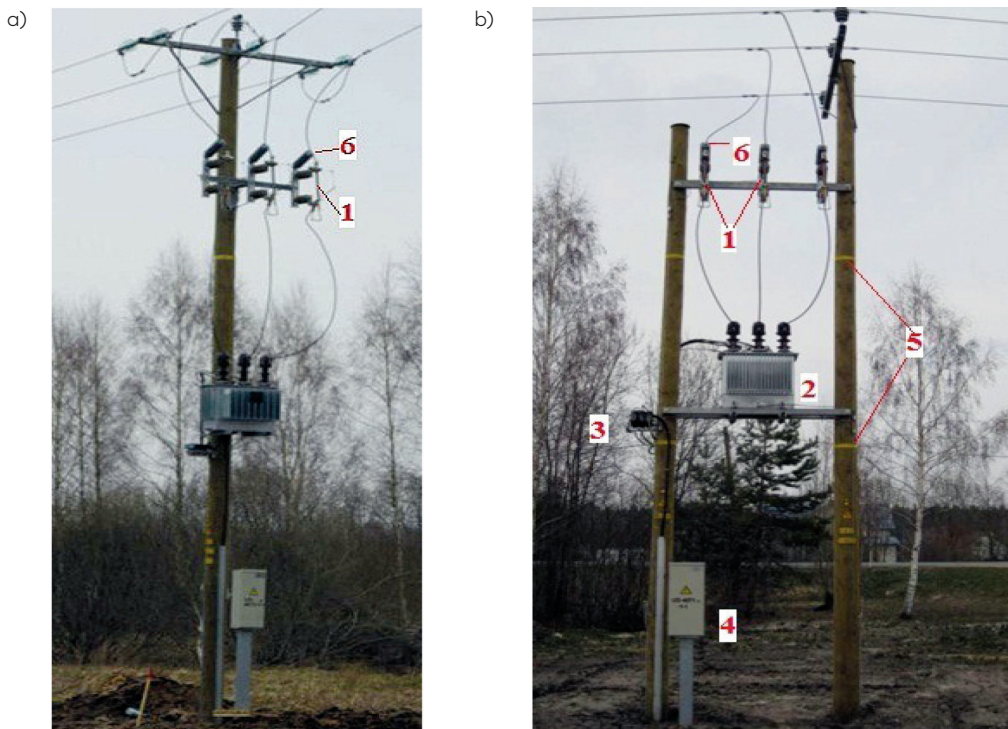
- 1 – korpuss
- 2 – vidsprieguma sadalne
- 3 – spēka transformators
- 4 – zemsprieguma sadalne



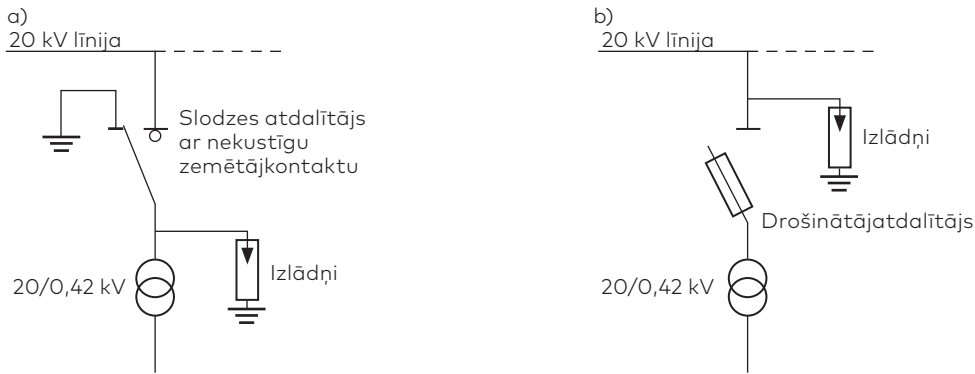
1.2. att. KTA ar vienu transformatoru konstrukcija.

### 1.1.2. Brīvgaisa transformatora apakšstacija (TA)

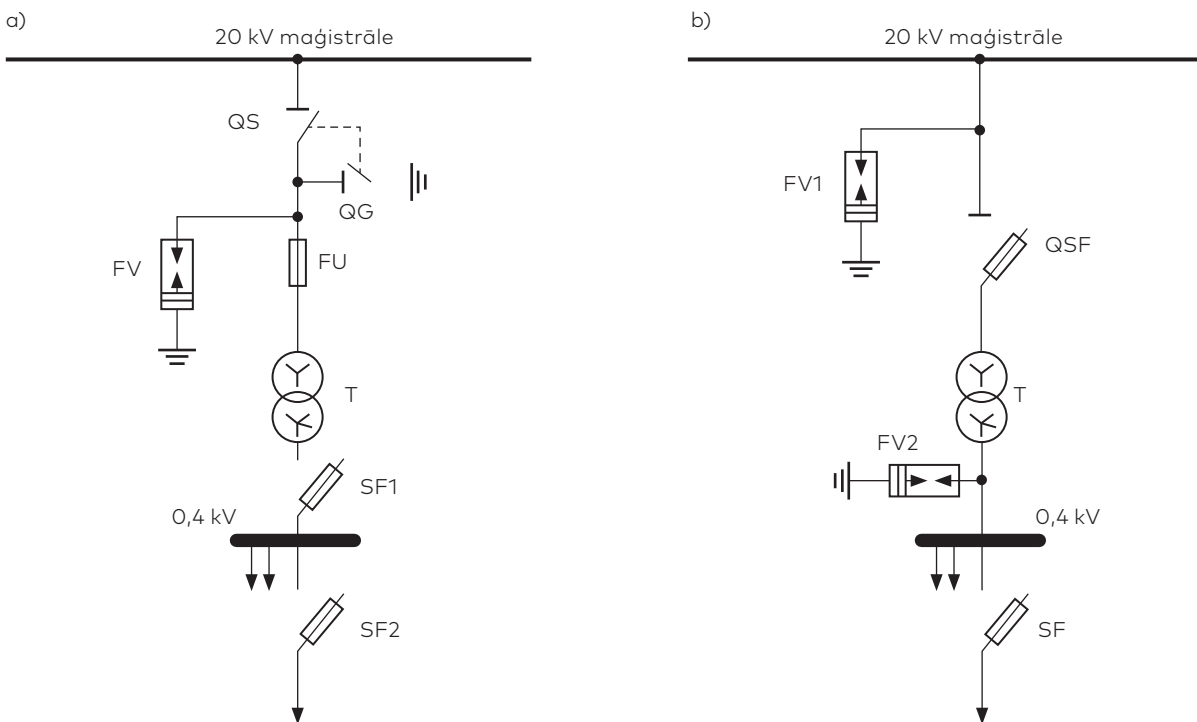
Brīvgaisa TA, transformatori un augstākā sprieguma sadalne izvietota atklātā gaisā. Viens no brīvgaisa TA paveidiem ir masta tipa TA (masta transformatoru apakšstacija jeb MTA). Brīvgaisa TA konstrukcijā tiek uzstādīti trīsfāžu transformatori, kuru jauda 25–100 kVA, uz vienstatņa, A veida balsta vai portālveida balstiem, ko uzskatāmi ilustrē 1.3. attēls. Portālbalstus visbiežāk izmanto kā līnijas starpbalstus un galabalstus; vienstatņa balsti lietojami atsevišķu mājsaimniecību elektroapgādei vietās, kur nav izteikti slodžu centri ar vairākiem elektroenerģijas patērētājiem.



1.3. att. Transformatoru novietošana vienstatņa balstā (a) un portālbalstā (b): 1 – transformatora aizsardzība, augstsprieguma drošinātāji ar atdalītāju; 2 – transformators; 3 – zemsprieguma sadalne; 4 – uzskaites sadalne; 5 – koka balsts, balsta enkurs, atsaites uz zemējumu sistēmu, signāllentes; 6 – pārsprieguma novadītāji.



1.4. att. MTA vidēja sprieguma puses iespējamās vienlīnijas vispārināta shēma: ar slodzes atdalītāju ar nekustīgu zemētājkontakstu (a); ar drošinātājtaldalītāju (b).



1.5. att. MTA 20 kV un 0,4 kV pušu principskāma: ar atdalītāju un drošinātājiem (a); ar drošinātājtaldalītāju (b).

MTA konstruktīvais izpildījums parādīts 1.5. attēlā, kur QSF – drošinātājtaldalītājs; QS – atdalītājs; FU – vidsprieguma kūstošais drošinātājs; FV – ventiļtipa izlādņis; SF – drošinātājslēdzis; QG – atdalītājs ar nekustīgu zemētāju. Attēlā redzamās MTA shēmas lietojamas visos gadījumos bez speciāliem ierobežojumiem.

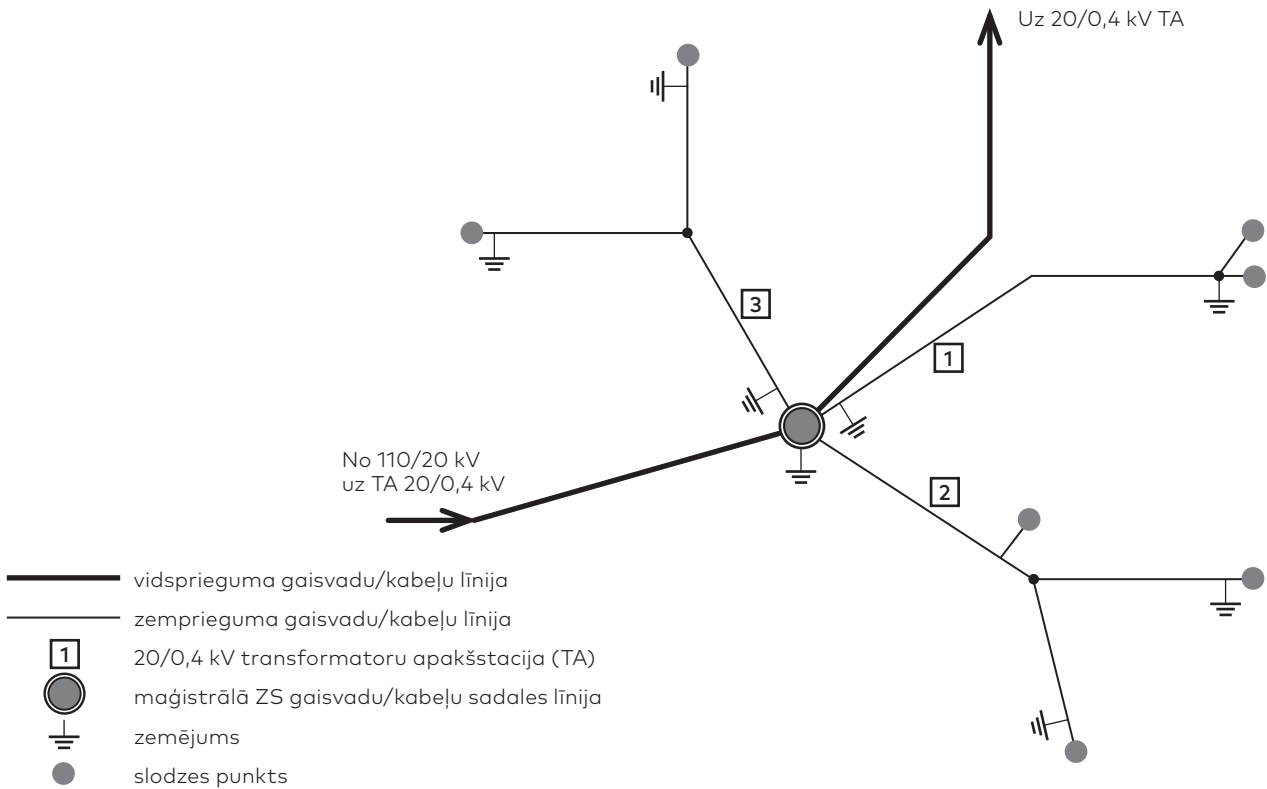
20/0,4 kV MTA izbūvi, ierīkošanu, konstrukcijas, materiālus un galvenās tehniskās pamatprasības reglamentē Latvijas energostandarti LEK 083 un LEK 119. MTA lieto gan blīvi apdzīvotās vietās (pilsētās), gan lauku apvidu elektroapgādes sistēmās. Ņemot vērā viena patērētāja, kas ģeogrāfiski attālināts no citiem, nelielo maksimālo slodžu apmēru, par pamatprincipu lauku objektu elektroapgādē ir jāpieņem „dziļais” 20 kV ievads, t. i., nelielas jaudas 25–100 kVA MTA, kas novietotas pēc iespējas tuvāk slodžu centriem. TA jāpieslēdz vistuvāk 20 kV vidsprieguma līnijai, maģistrālei vai nozarojumam kā caurejošs vai kā gaisvadu līnijas gala elements.

MTA sadales tīkla shēma ilustrēta 1.6. attēlā. No MTA zemsprieguma sadales tiek izvadīti trīs fīderi, kas var pievadīt elektrisko enerģiju 5–6 salīdzinoši nelielā attālumā

izvietotām mājāsaimniecībām. 20 kV maģistrāles dalīšanai vai nozarojuma atslēgšanai starpbalstā ir jāuzstāda komutācijas punkts ar atdalītāju un drošinātāju.

MTA principshēmas 20 kV pusē var veidot:

- 1) ar atdalītāju, bez drošinātājiem;
- 2) ar drošinātājtaldalītājiem;
- 3) ar atdalītāju un drošinātājiem;
- 4) bez atdalītāja un drošinātājiem.



1.6. att. MTA sadales tīkla shēma.

TA maksimāli tuvinot slodžu centriem, kas konkrētajā gadījumā ir lauku teritorijā esošās mājāsaimniecības un zemnieku saimniecības, uzlabojas piegādātās elektroenerģijas kvalitāte, kā arī samazinās jaudas un sprieguma zudumi tīklā. Izstrādājot vienkāršas konstrukcijas mazjaudīgas MTA ar salīdzinoši zemām izmaksām, praktiski jau tuvākajos gados var tikt īstenota aktualitāte apgādāt lauku teritorijās esošās mājāsaimniecības ar kvalitatīvu elektroenerģiju.

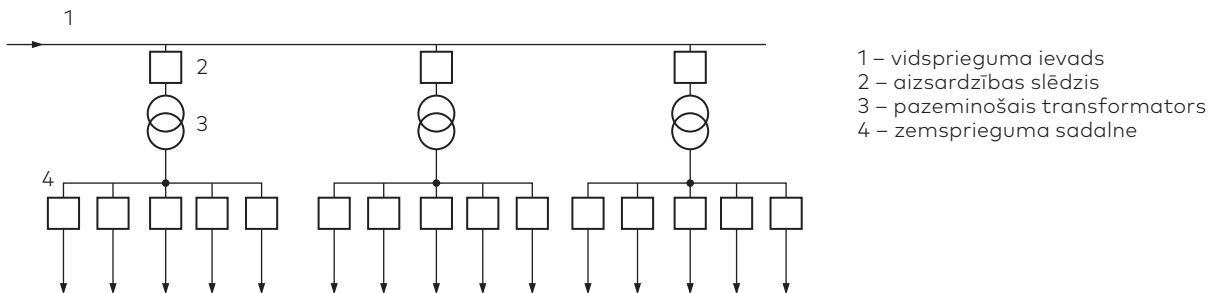
Masta transformatoru apakšstacijās jāierīko darba un aizsardzības zemējumi:

- darba zemējumam jāpievieno transformatora nulles vads, zemsprieguma līniju nullvadi un sadalnes nulles kopne;
- aizsardzības zemējumam jāpievieno visas 20 kV iekārtu, sadalnes skapja u. c. metāla konstrukcijas, kas normāli neatrodas zem sprieguma.



## 1.2. Vidsprieguma sekundārās slēgiekārtas

Sadalietais un sadalnes ir elektroietais, kurās notiek elektroenerģijas sadalīšana viena sprieguma līmenī. Savukārt sadalietais daļu, kurā ievietoti viena pievienojuma elementi (kopnes, komutācijas aparāti, mērmaiņi) sauc par ligzdu. Pēc pievienojuma funkcionālās nozīmes ligzdām piešķir attiecīgos apzīmējumus: līnijas ligzda, transformatora ligzda, sajūgslēdža ligzda u. c. Latvijas sadales tīklos izmantojamās sadalietais un sadalnes izvēlas, izbūvē un testē atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartam LEK047 „Vidsprieguma sadalietais un apakšstacijas. Galvenās tehniskās prasības” un LVS EN 62271 „Augstsprieguma komutācijas un vadības iekārtas”.



1.7. att. Sadales tīkla informatīvā shēma.

### 1.2.1. SafeRing SF6 kompaktās slēgiekārtas

Nemot vērā tehnoloģisko progresu pēdējo 30 gadu laikā, strauji attīstījušās sekundārās elegāzes slēgiekārtas, kā rezultātā ir palielinājusies to funkcionalitāte un samazinājušies izmēri. Atsevišķi slēgiekārtu moduļi tiek aizvietoti ar pilnīgu komutācijas sistēmu.

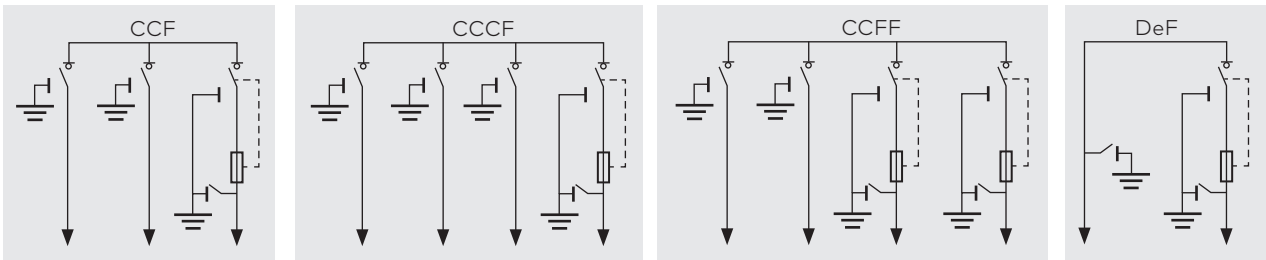
Kā viens no vidspreiguuma slēgiekārtu attīstīšanas veicinātājiem ABB nepārtraukti attīsta kompaktās slēgiekārtas atbilstoši klientu vajadzībām, lai nodrošinātu maksimālu funkcionalitāti. ABB slēgiekārtas *SafeRing* un *SafePlus* ir sekundārās slēgiekārtas, kas paredzētas izmantot sadales tīklos. ABB slēgiekārtas *SafePlus* spēj izpildīt vissarežģītākās sistēmas specifiskācijas un pārslēgumu scenāriju prasības. Savukārt ABB slēgiekārtas *SafeRing* (1.8., 1.9. att.) sastāv no standarta slēdžiem, tām ir dažādas konfigurācijas, un tās ir ērti izmantojamas sadales tīklos. ABB slēgiekārtas tiek piedāvātas 10 dažādās konfigurācijās, tās izmantojamas galvenajām komutācijas funkcijām vidsprieguma tīklos: 12 kV un 24 kV. Papildus tiek piedāvāta *SafeRing* slēgiekārtas savienošana ar citām *SafeRing* vai *SafePlus* slēgiekārtām, izmantojot ārējās kopnes.

*SafeRing* izmantošana:

- kompaktajās transformatoru apakšstacijās;
- vēja elektrostacijās;
- celtnēs;
- kalnrūpniecībā;
- lidostās;
- dzelzceļa sistēmās;
- pazemes būvēs;
- mazā rūpniecībā.

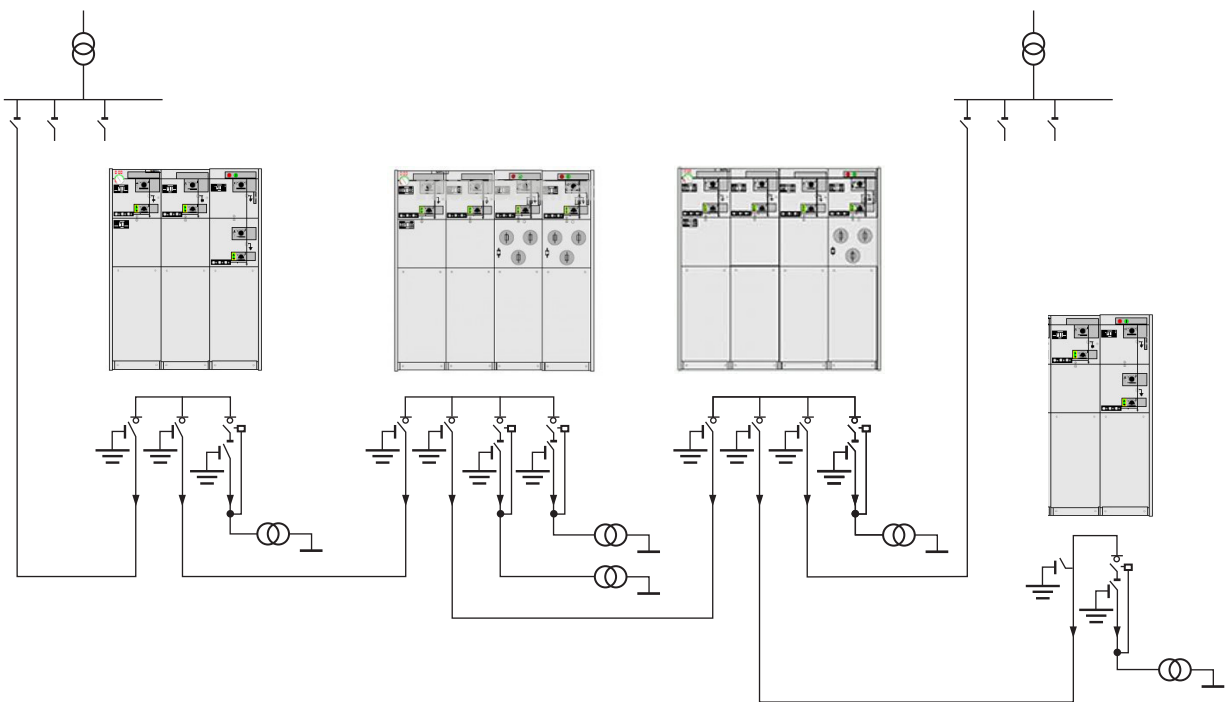


1.8. att. *SafeRing* slēgiekārtas ar trīs ligzdām.



1.9. att. *SafeRing* slēgiekārtas tipiskās shēmas ar slodzes slēdžiem, kur C – kabeļa slodzes slēdzis, F – drošinātājslēdzis, De – tiešais kabeļa pievienojums.

Sadalietais galvenie elementi ir kopņu sekcijas, komutācijas un aizsardzības aparāti. Vidsprieguma tīklā elektroenerģijas sadalīšana notiek barošanas apakšstacijās un tīklā izvietotos sadales punktos.



1.10. att. Sadales tīkla strukturāla shēma, izmantojot *SafeRing* sadalietais.

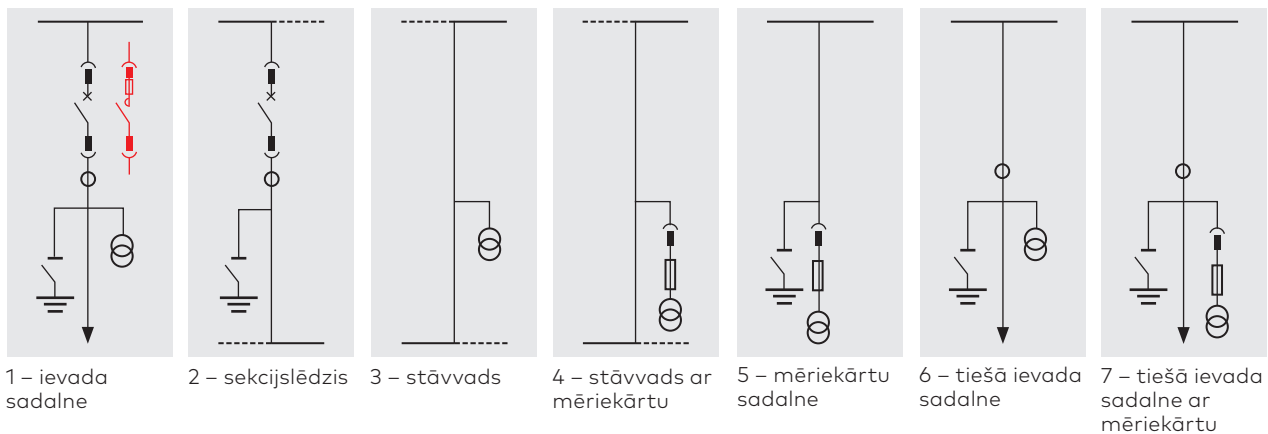
### 1.2.2. *UniGear ZS1* jaudas slēdzis

Vidēja sprieguma sadales iekārta *UniGear ZS1* (1.11., 1.12. att.) ir *ABB* ražota pārslēgšanas un aizsardzības iekārta primārajai elektroenerģijas sadalei līdz 24 kV, nominālā barošanas strāva līdz 4000 A, īslaicīga maksimālā strāva līdz 50 kA / 3 s, paredzēta uzstādīšanai telpā. *UniGear ZS1* sadalnes tiek izmantotas, lai sadalītu elektroenerģiju dažādās elektroapgādes shēmās, piemēram, kuģniecībā, ostās, piekrastes elektrostacijās, kā arī lietotāju apakšstacijās vai ķīmiskajās rūpnīcās. Sadaļņu konstruktīvais risinājumi: vienkopņu, divkopņu vai divlīmeņu.

- 1 – vadības bloka nodaļums  
2 – jaudas slēdža nodaļums  
3 – kabeļu pievienojumu nodaļums



1.11. att. Jaudas slēdzis *UniGear ZS1* ar gaisa izolāciju.

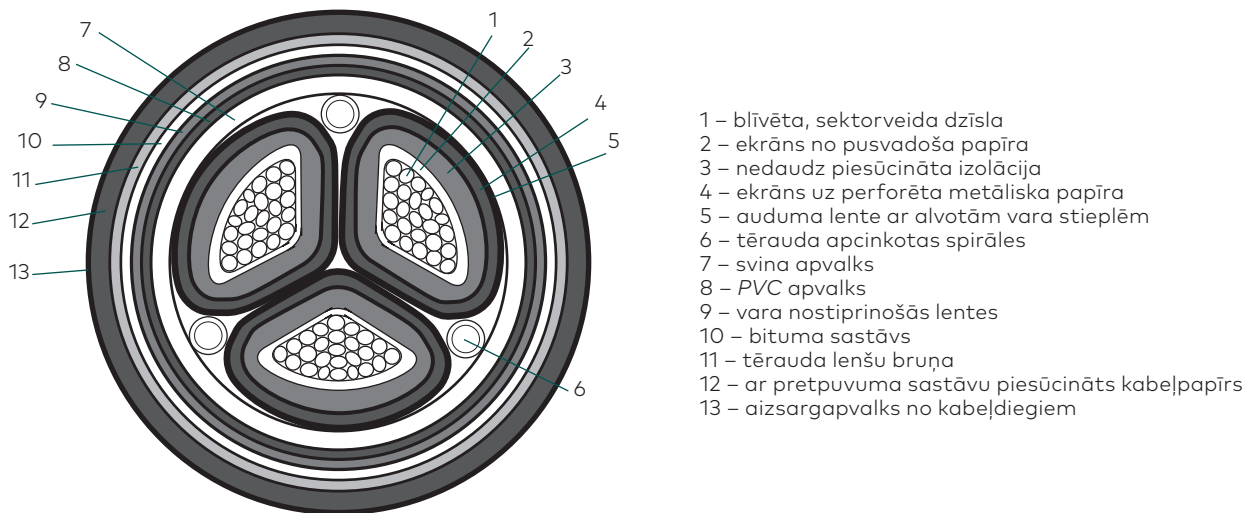


1.12. att. Jaudas slēdža *UniGear ZS1* ar gaisa izolāciju tipiskās komplektācijas.

### 1.3. Vidsprieguma spēka kabeļi

Vidsprieguma spēka kabeļi pamatā tiek izmantoti pilsētās un apdzīvotās vietās, jo vidsprieguma gaisvadu līnijas ir praktiski neiespējami, kā arī ļoti bīstami izvietot blīvi apdzīvotās vietās, virs cilvēku galvām, un, protams, ka gaisvadu līnijas bojā pilsētas kopskatu. Vidsprieguma kabeļi arvien populārāki kļūst arī lauku apvidos un vietās, kur ir apgrūtināta piekļuve elektropārvades līnijai, un mežos, kur stipra vēja laikā ir bieži bojājumi. Vidsprieguma kabeļlīniju izbūvē nesēnā pagātnē vēl plaši lietoja *AAI*, *ACT*, *CI* un *AAIIIb* preču zīmes viendzīslu kabeļus, kuru šķērsriezums ir no 25 mm<sup>2</sup> līdz 400 mm<sup>2</sup>. Mūsdienās šos kabeļus vidsprieguma kabeļlīniju projektēšanā vairs neizmanto.

10–110 kV kabeļu līnijās lieto arī ar gāzi pildītos kabeļus (1.13. att.). Šo kabeļu izolācijas papīrs ir piesūcināts ar salīdzinoši nelielu eļļas – kolofonija – maisījuma daudzumu un atrodas 1–15 atmosfēru lielā inerto gāzu (slāpekļa) spiedienā. Tos iedala augstspiediena (1,0–1,5 MPa), vidējā spiediena (0,1–0,3 MPa) un zemspiediena kabeļos.



1.13. att. Ar gāzi pildīta kabeļa konstrukcija.

Jau pēdējos gados kabeļiem papīra izolācija tiek aizvietota ar ekstrudētu termoplastika vai termoreaktīva materiāla izolāciju. Pēdējā laikā arvien plašāk tiek izmantoti kabeļi ar plastmasas izolāciju ar pilnīgākām konstrukcijām, ekonomiskākiem un jaunākiem augstas kvalitātes izolācijas materiāliem.

Turpmāk tiks apskatīti daži Latvijā plaši lietoti vīdsprieguma kabeļi: *AHXAMK-W*, *AHXCMK-WTC*, *AXLJTT* un *AXQJ-TT*.

### 1.3.1. Vīdsprieguma spēka kabeļu tehniskie dati

Ņemot vērā, ka kabeļiem ar spriegumu vīrs 1 kV ir jābūt metāla ekrānam, tā minimālais šķērsgrīezums tiek noteikts harmonizācijas dokumentā HD 620 S2: 2010. Minimālie šķērsgrīezumi 12 kV, 24 kV un 36 kV kabeļiem ir uzskatāmi parādīti 1.1. tabulā, bet turpmāk tiks aplūkoti kabeļi, kuru nominālais spriegums ir 20 kV (1.2. tab.).

1.1. tabula

#### Metāla ekrāna minimālais šķērsgrīezums

Vara vadītāja šķērsgrīezums, mm <sup>2</sup>	Metāla ekrāna minimālais šķērsgrīezums		
	12 kV	24 kV	36 kV
25	16	16	–
35	16	16	–
50	16	16	25
70	16	16	25
95	25	25	25
120	25	25	35
150	25	25	35
185	35	35	35
240	35	35	35
300	35	35	35
400	35	35	35
500	35	35	35

1.2. tabula

## Nominālais spriegums

	$U_0/U$	$U_m$
<b>Nominālais spriegums, kV</b>	12/20	24

kur  $U_0$  – nominālais spriegums starp fāzi un zemi, kV;

$U$  – nominālais spriegums starp fāzēm, kV;

$U_m$  – maksimālais darba spriegums, kas ietekmē jebkuru tīkla daļu un uz kuru neattiecas īslaicīgas sprieguma svārstības, kas radītas pie palaišanas, atslēgšanas vai traucējumu gadījumā, kV.

Turpmākie kabeļu dati mainās atkarībā no kabeļu šķērsgriezuma un izolācijas materiāla (1.3. tab.).

1.3. tabula

## Kabeļu tehniskie dati

	<i>AHXAMK-W</i>	<i>AHXCMK-WTC</i>	<i>AXLJ-TT</i>	<i>AXQJ-TT</i>
Vadītāja šķērsgriezums	No 3 × 50 + 35Cu līdz 3 × 300 + 70Cu	No 3 × 70/16 līdz 3 × 300/35	No 3 × 25/16 līdz 3 × 240/25	No 1 × 50/16 līdz 1 × 800/50
Maksimālā vadītāja darba temperatūra, °C	+90	+90	+90	+90
Maksimālā vadītāja īsslēguma temperatūra līdz 5 s, °C	+250	+250	+250	+250
Maksimālā vadītāja līdzstrāvas pretestība pie 20 °C, Ω/km	0,100–0,443	0,100–0,640	–	–
Maksimāli pieļaujamā īsslēguma strāva uz 1 s, kA	6,8–28,9	4,7–28,3	2,5–22,7	4,7–75,6
Ārējais kabeļa diametrs, mm	60,0–88,4	54–83	47,2–75,3	27,5–55,0
Minimālais pieļaujamais locījuma rādiuss pie guldīšanas	15D	0,65–1,00 m	No 8D (izmantojot arklu) līdz 12D (ar vilkšanu)	No 8D (izmantojot arklu) līdz 15D (ar vilkšanu)
Minimālā pieļaujamā uzstādīšanas temperatūra*, °C	–20	–20	–20	–20

\* Zem 0 °C jāievēro īpaša piesardzība.

### 1.3.2. Vidsprieguma spēka kabeļu konstrukcijas

AHXAMK-W zīmola kabeļi sastāv no trīs dzīslām, savītām ap neizolētu centrālo vara vadītāju, – uzskatāmi attēloti 1.14. attēlā. Šie kabeļi ir piemēroti uzstādīšanai kabeļu kanālos, ārpus telpām, zemē un ūdenī. Tie ir gareniski un radiāli ūdensdroši un var tikt guldīti ar arkla palīdzību.

1.4. tabula

AHXAMK-W kabeļa konstrukcija

<b>Dzīsla</b>	50–300 mm <sup>2</sup>	Vīts, blīvēts, apaļas formas alumīnija vadītājs atbilstoši IEC 60228 2. klasei, gareniski ūdensnecaurlaidīgs
<b>Izvietojums</b>		Trīs dzīslas, savītas ap neizolētu centrālo vara vadītāju
<b>Vada ekrāns</b>		Ekstrudēts pusvadītājs
<b>Izolācija</b>		XLPE (šūtā polietilēna), minimālais biezums 5,5 mm
<b>Izolācijas ekrāns</b>		Presēts, saistīts pusvadītājs, kas apvīts ar mitrumu aizturošu lenti
<b>Ekrāns</b>		Alumīnija folija, cieši piesaistīta apvalkam, kas nodrošina radiālo ūdens necaurlaidību
<b>Apvalks</b>		Melns PE
<b>PE dzīsla</b>		Apaļš, vērpts un blīvēts vara vads atbilstoši IEC 60228 2. klasei
<b>Dzīslu identifikācija</b>	<b>Fāzes vadi</b>	Numerācija (Core 1; Core 2; Core 3)
	<b>Centrālais vads</b>	Apaļš, vērpts un blīvēts vara vads bez izolācijas
<b>Atzīmes uz kabeļa apvalka</b>		AHXAMK-W 12/20 kV 3x240+70Cu DRAKA SE „gads”
<b>Lietojums</b>		Elektroenerģijas pārvade un sadale stacionārās iekārtās, piemērots guldīšanai kabeļkanālos, ārpus telpām, zemē un ūdenī

AHXCMK-WTC trīsdzīslu kabeļi sastāv no trīs dzīslām, kas ievietotas PVC apvalkā, – uzskatāmi attēloti 1.14. attēlā. Šie kabeļi ir piemēroti uzstādīšanai kabeļu kanālos, rūpnieciskās telpās, ārpus telpām (tranšejās). Tie ir gareniski ūdensdroši. Šie kabeļi neuztur degšanu un ir pašdziestoši, ja tiek instalēti saišķī.

1.5. tabula

## AHXCMK-WTC kabeļa konstrukcija

<b>Dzīsla</b>	70–300 mm <sup>2</sup>	Vīts, blīvēts, apaļas formas alumīnija vadītājs atbilstoši IEC 60228 2. klasei, gareniski ūdensnecaurlaidīgs
<b>Izvietojums</b>		Trīs dzīslas, iekļautas PVC apvalkā
<b>Vada ekrāns</b>		Ekstrudēts pusvadītājs
<b>Izolācija</b>		Ekstrudēts šūtais polietilēns
<b>Izolācijas ekrāns</b>		Ekstrudēts pusvadītājs, kas apvīts ar mitrumu aizturošu lenti
<b>Ekrāns</b>		0,7–2,0 mm diametra vara stieplu vijums, apvīts ar vara lenti 0,1 mm biezumā, apvīts ar caurspīdīgu, saistošo lenti
<b>Apvalks</b>		Melns, pret laikapstākļiem noturīgs PVC savienojums
<b>PE dzīsla</b>		0,7–2,0 mm diametra vara stieplu vijums, apvīts ar vara lenti 0,1 mm biezumā
<b>Dzīslu identifikācija</b>	<b>Fāzes vadi</b>	Numerācija (Core 1; Core 2; Core 3)
	<b>Zemējuma vadītājs</b>	Nav speciālas identifikācijas
<b>Atzīmes uz kabeļa apvalka</b>	AHXCMK-WTC 12/20 kV 3x120/35 DRAKA SE „gads”, metriskā atzīme	
<b>Lietojums</b>	Elektroenerģijas pārvade un sadale stacionārās iekārtās, piemērots uzstādīšanai kabeļu kanālos, rūpnieciskās telpās, ārpus telpām (tranšējās)	



1.14. att. Vidsprieguma kabeļu konstrukcija.

AXLJ-TT zīmola kabeļi sastāv no trīs dzīslām, kas ievietotas melnā LLD PE apvalkā, – uzskatāmi attēloti 1.15. attēlā. Šie kabeļi sākotnēji tika konstruēti, lai aizstātu āra neizolētos piekarkabeļus. Izstrādāti tā, lai to varētu guldīt, izmantojot arklu, bet, pateicoties izturīgajai un uzticamajai konstrukcijai, tie ir piemēroti slodzei, kas rodas kabeļi, velkot ūdenstīpnē ar mierīgu ūdeni un nelielā dziļumā. Tie ir piemēroti uzstādīšanai kabeļu kanālos, ārpus telpām, zemē un ūdenī. Pateicoties konstrukcijai (1.6. tab.), ūdeni bloķējošie diegi un alumīnija folija, kas nostiprināta ap apvalku, padara kabeļi gareniski un radiāli ūdensdrošu.

1.6. tabula

## AXLJ-TT kabeļa konstrukcija

<b>Dzīsla</b>	25–240 mm <sup>2</sup>	Vīts, blīvēts, apaļas formas alumīnija vadītājs atbilstoši IEC 60228 2. klasei, gareniski ūdensnecaurlaidīgs
<b>Izvietojums</b>		Trīs dzīslas, kas apvītas ar mitrumu aizturošu lenti, spraugas starp dzīslām un lenti aizpildītas ar mitrumu aizturošiem diegiem un iekļautas LLD PE apvalkā
<b>Vada ekrāns</b>		Ekstrudēts pusvadītājs
<b>Izolācija</b>		XLPE (šūtā polietilēna), minimālais biezums 4,85 mm
<b>Izolācijas ekrāns</b>		Presēts, saistīts pusvadītājs
<b>Ekrāns</b>		Vara stieplu vijums un alumīnija folija, cieši piesaistīta apvalkam, kas nodrošina radiālo ūdens necaurlaidību
<b>Apvalks</b>		Melns LLD PE
<b>PE dzīsla</b>		Vara stieplu vijums
<b>Dzīslu identifikācija</b>	<b>Fāzes vadi</b>	Numerācija (Core 1; Core 2; Core 3)
	<b>Zemējuma vadītājs</b>	Nav speciālas identifikācijas
<b>Atzīmes uz kabeļa apvalka</b>		AXLJ-TT 14/24 kV 3x95/16 DRAKA SE „datums”, metriskā atzīme
<b>Lietojums</b>		Elektroenerģijas pārvade un sadale stacionārās iekārtās, piemērots guldīšanai kabeļkanālos, ārpus telpām, zemē un ūdenī

AXQJ-TT zīmola kabeļi sastāv no vienas dzīslas – uzskatāmi attēloti 1.15. attēlā. Šie kabeļi ir piemēroti uzstādīšanai kabeļu kanālos, ārpus telpām, zemē un ūdenī, veidojot trīsfāžu sistēmu (no trīs atsevišķām dzīslām). Īpaši piemēroti slēgta tipa apakšstacijās un komutācijas punktos, jo tie ir degšanu neuzturoši un pašdziestoši. Ugunsgrēka gadījumā degot izdala maz dūmu un, pateicoties tam, ka nesatur halogēnus, izdalītie dūmi nav kaitīgi elektronikai un aprīkojumam. Tie ir gareniski un radiāli ūdensdroši. Šos kabeļus nav ieteicams guldīt ar arklū.



1.7. tabula

## AXQJ-TT kabeļa konstrukcija

<b>Dzīsla</b>	50–800 mm <sup>2</sup>	Vīts, blīvēts, apaļas formas alumīnija vadītājs atbilstoši IEC 60228 2. klasei, gareniski ūdensnecaurlaidīgs
<b>Izvietojums</b>		Viena dzīsla
<b>Vada ekrāns</b>		Ekstrudēts pusvadītājs
<b>Izolācija</b>		XLPE (šūtā polietilēna), minimālais biezums 4,85 mm
<b>Izolācijas ekrāns</b>		Presēts, saistīts pusvadītājs, kas apvīts ar pusvadošu, mitrumu aizturošu lenti
<b>Ekrāns</b>		Atdedzinātu vara stiepleņu vijums
<b>Apvalks</b>		Alumīnija folija radiālajai ūdens necaurlaidībai, pārklāta ar melnu, halogēnus nesaturošu un ugunsizturīgu savienojumu
<b>PE dzīsla</b>		Atdedzinātu vara stiepleņu vijums
<b>Dzīslu identifikācija</b>	<b>Fāzes vadi</b>	Nav speciālas identifikācijas
	<b>Zemējuma vadītājs</b>	Nav speciālas identifikācijas
<b>Atzīmes uz kabeļa apvalka</b>		AXQJ-TT 24 kV 1x50 AFR/16 F4B DRAKA „datums un laiks”, metriskā atzīme
<b>Lietojums</b>		Elektroenerģijas pārvade un sadale stacionārās iekārtās, piemērots guldīšanai kabeļkanālos, ārpus telpām, zemē un ūdenī. Īpaši piemērots slēgta tipa apakšstacijās un komutācijas punktos, jo tas ir ugunsdrošs un pašdziestošs



AXQJ-TT



AXLJ-TT

1.15. att. Vidsprieguma kabeļa konstrukcija.

## 1.4. Kabeļu pieslēgpiederumi

Savienojot spēka kabeļus un apdarinot to galus, jālieto darba un apkārtējās vides apstākļiem atbilstošas konstrukcijas kabeļu pieslēgpiederumi. Kabeļlīnijās gala apdares un savienotājuzmavas jālieto atbilstoši izgatavotājrūpnīcu izdotajai uznavu tehniskai dokumentācijai.

Jaunierīkojamās kabeļlīnijās pieļaujamais savienotājuznavu skaits vienā kilometrā nedrīkst būt lielāks par:

- 3 gab. (1–10 kV trīsfāžu kabeļi, kuru šķērsgriezums līdz  $3 \text{ mm}^2 \times 95 \text{ mm}^2$ );
- 4 gab. (1–10 kV trīsfāžu kabeļi, kuru šķērsgriezums no  $3 \text{ mm}^2 \times 120 \text{ mm}^2$  līdz  $3 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ mm}^2$ );
- 5 gab. (vidsprieguma trīsfāžu kabeļi);
- 2 gab. (viendzīslas vidsprieguma kabeļi).

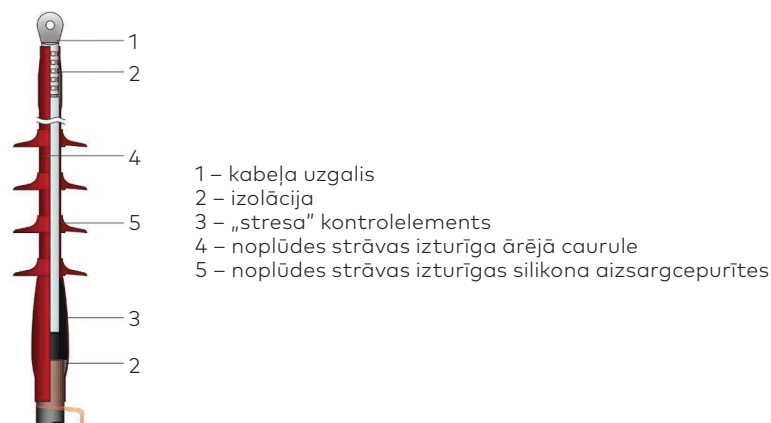
Jaunierīkojamās kabeļlīnijas savienojuma uznavas nedrīkst atrasties:

- zem ielu un ceļu braucamās daļas;
- vietās, kur to šķērso esošās vai projektējamās inženierkomunikācijas;
- ēku pagrabos un uz ēku sienām;
- kabeļu kanālos, blokos, caurulēs, tuneļos vai stāvos.

### 1.4.1. Pieslēgpiederumi vidsprieguma (VS) kabeļiem

Gala apdares vidsprieguma kabeļiem iedalās trijās lielās grupās: termonosēdināmās, auksti nosēdināmās gala apdares un pievienošanas sistēmas slēgiekārtām.

Pret plaisāšanu un eroziju noturīgā termonosēdināmā caurulīte iekšpusē ir izklāta ar pret laikapstākļiem un plaisāšanu noturīgiem materiāliem, kas sildīšanas gadījumā kūst un izplūstot nodrošina hermētiskumu. Tāpat caurulītes iekšpusē ir nelineāru pilno pretestību kontrolējošs materiāls, tā sauktais sprieguma kontrolslānis, kas vienlaikus ar termonosēdināmās caurulītes sildīšanu kļūst mīksts un pielīp pat pie nelīdzenas izolācijas virsmām, nodrošinot blīvu saskari bez tukšām porām. Izolācijas ekrāna griezumā vietā ar *slip-on* metodi uzmaukts silikona gumijas „stresa” kontrolelements uz apstrādāta kabeļa gala, tas pasargā pret izlādi ekrāna griezumā vietā paaugstināta elektriskā lauka ietekmē. Zemēšanas vadītāju vai pinumu iespiež noblīvējošā mastikā, lai novērstu mitruma iekļūšanu. Aprakstītā 20 kV kabeļa gala apdares uzbūve ir parādīta 1.16. attēlā.



1.16. att. Vidsprieguma kabeļa gala apdare ar termonosēdināmo izolācijas caurulīti.

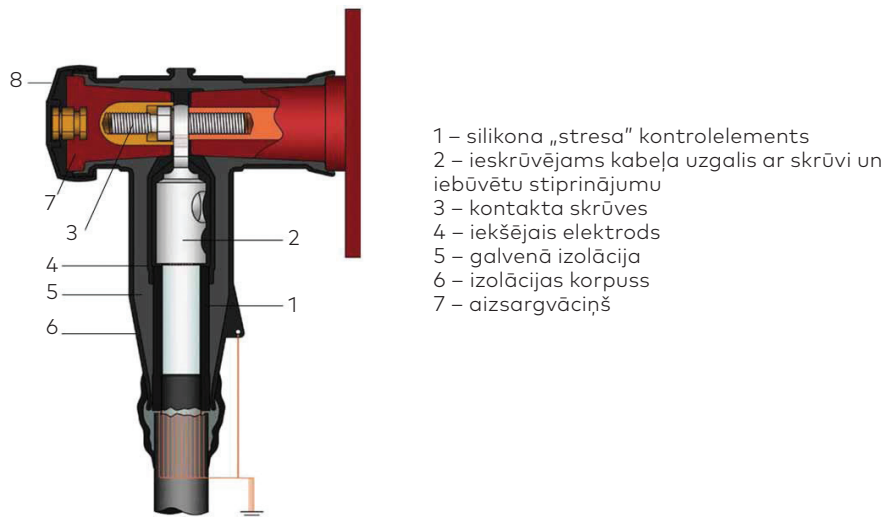
Auksti nosēdināmās gala apdares arī sastāv no viena kopēja izolācijas apvalka. Tas izgatavots no augstsprieguma izturīgas silikona gumijas, izmantojot kontrolētu injekcijas procesu. Izolācijas komplektā iekļauts arī „stresa” kontrolelements un silikona aizsargcepurītes. Kompaktais un optimizētais dizains samazina ar to saistītās montāžas, uzglabāšanas un transportēšanas izmaksas. Izolācijas materiālā izmantotā silikona gumija ir īpaši noturīga pret ozona un UV starojuma iedarbību. Šie gala savienojumi ir piemēroti

lietošanai arī skarbos laikapstākļos atbilstoši CENELEC un IEC 60816 kvalitātes prasībām. Auksti nosēdināmās 20 kV gala apdares uzbūve redzama 1.17. attēlā.



1.17. att. Auksti nosēdināmās gala apdares uzbūve.

20 kV kompaktajās slēgiekārtās izmanto adapterus, un, lai maksimāli atvieglotu adapteru montāžu, to uzbūve ir praktiski identiska auksti nosēdināmo gala apdaru uzbūvei. Iespraužamie adapteri ir īpaši izstrādāti, lai izveidotu savienojumus ar VS kabeļiem ar plastmasas izolāciju. Visas savienojuma sastāvdaļas ir saderīgas, kas nodrošina, ka montāža būs ļoti droša, ātra un viegla. Tas savukārt garantē lielāku drošību un mazāku iespēju montāžas procesā kļūdīties. Iespraužamajos adapteros izmantotie izolācijas materiāli ir izgatavoti ar augstu elektrisko un mehānisko izturību. Tie ir izgatavoti no augstspriegumu izturīga EPDM (propiletilēna diēna monomērs), izmantojot kontrolētu injekcijas procesu. Elektriskā lauka samazināšana ir panākta, izmantojot silikona „stresa” elementu, kam piemīt visas iepriekš pieminētās īpašības. Adaptera uzbūvi var redzēt 1.18. attēlā.

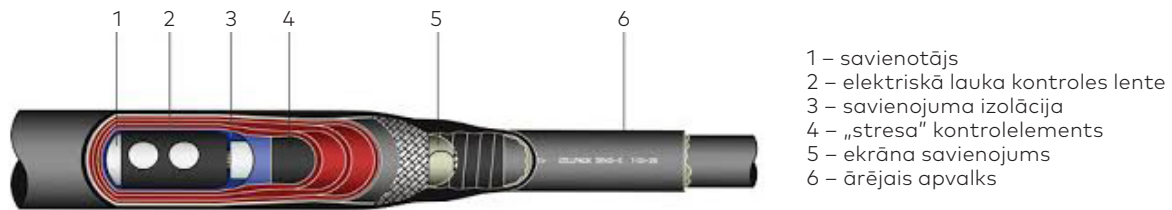


1.18. att. Vidsprrieguma adaptera uzbūve.

### 1.4.2. Vidsprrieguma savienojuma sistēmas

Glūži kā zemsprieguma spēka kabeļiem arī vidsprrieguma kabeļiem pastāv daudz dažādu savienojuma sistēmu veidu: hibrīda savienojuma sistēmas, kurās ir elementi, kam nav nepieciešama sildīšana, un elementi, kas ir termiski nosēdināmi; sistēmas, kurām sildīšana nav vispār nepieciešama līdzīgi kā iepriekš apskatītajai auksti nosēdināmajai gala apdarei, jo tās silikona gumijas izolācijas apvalks satur visas nepieciešamās tehnoloģijas; nozarojuma sistēmas viendzīslas kabeļiem un arī iepriekš izplestas elastomēra savienojuma sistēmas viendzīslas kabeļiem.

Kopējam priekšstatam 1.19. attēlā redzama hibrīda karstumā sarūkoša savienojuma sistēma.

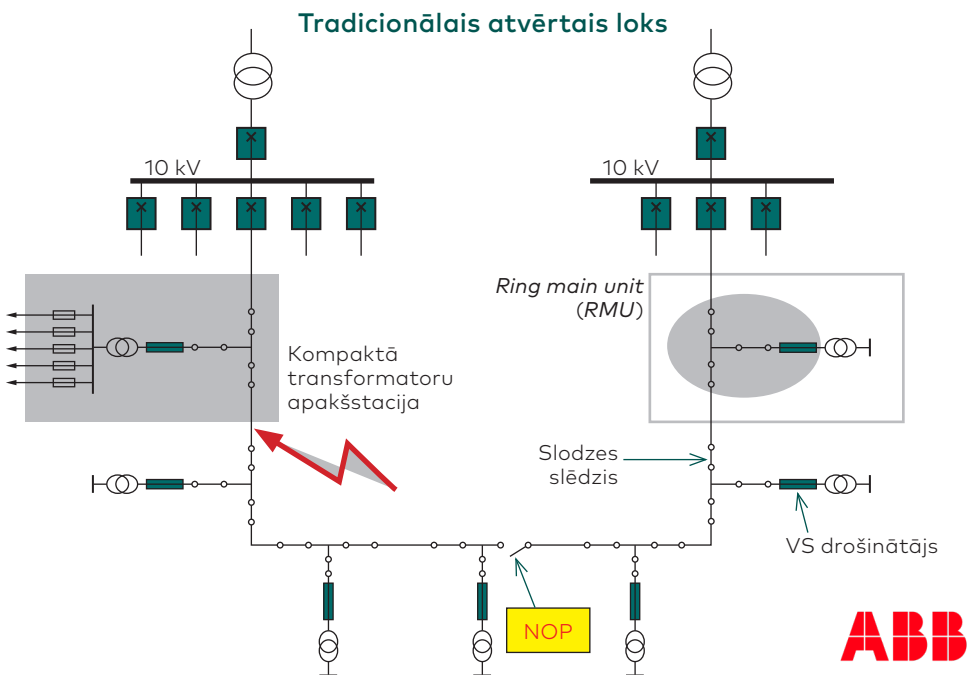
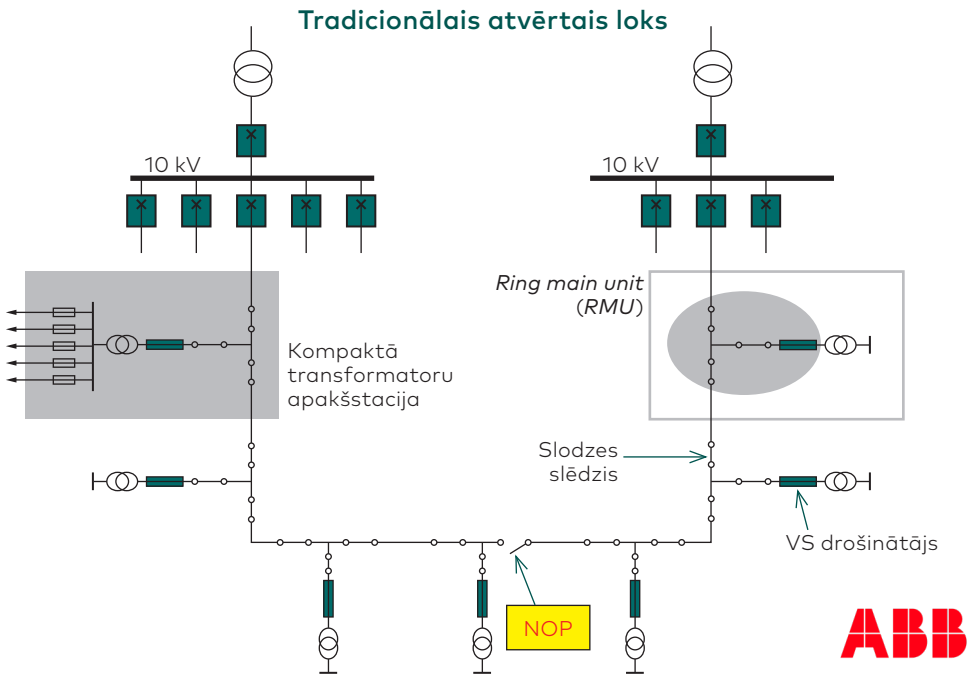


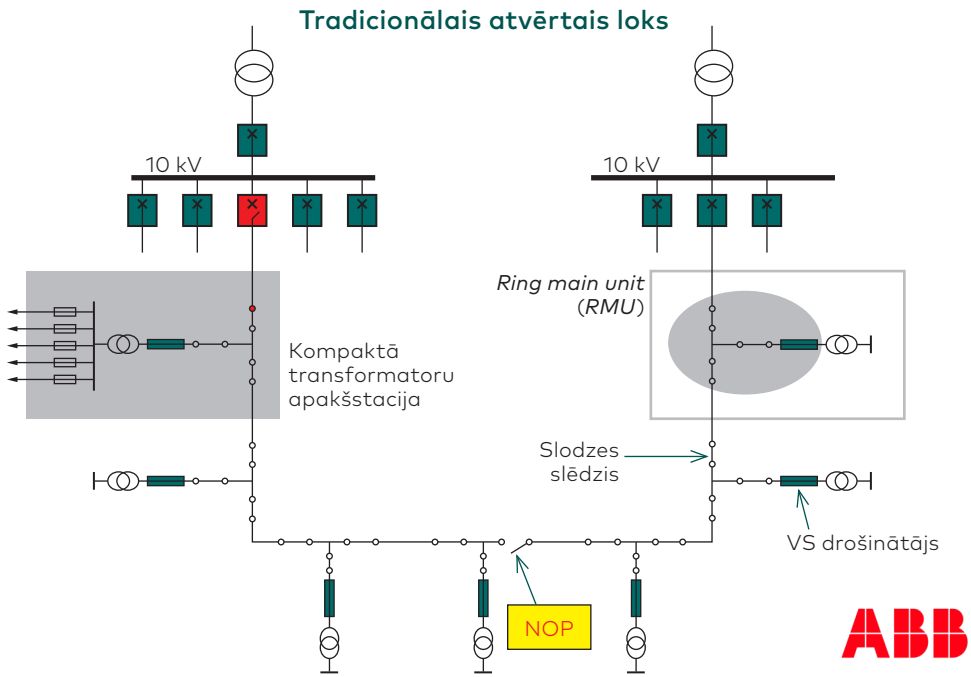
1.19. att. Hibrīda savienojuma sistēma vidsprrieguma viendzīslas kabeļiem.

## 2. PRAKTISKĀ DAĻA

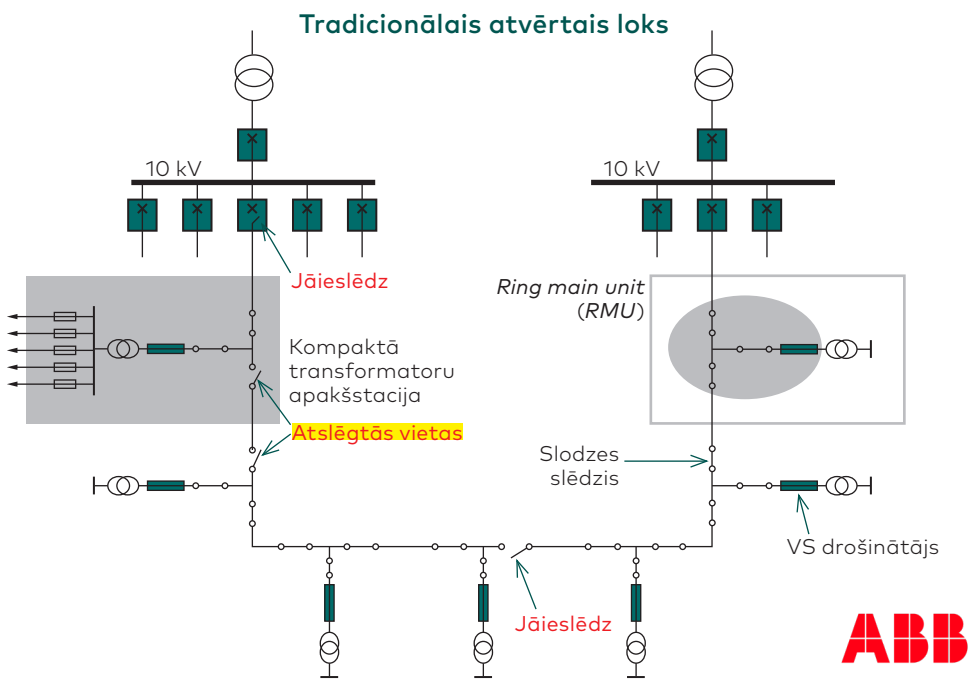
Praktiskā darbā tiek atspoguļots sadales tīklu avārijas scenārijs ar pārslēgšanas procedūru, izmantojot jaudas slēdzi un slodzes slēdžus.

### 2.1. Sadales tīklu pārslēgumu shēmas





2.3. att. Transformatoru novietošana vienstatņa balstā un portālbaltā.



2.4. att. Transformatoru novietošana vienstatņa balstā un portālbaltā.

## 2.2. Slēgiekārtas *UniGear ZS1* tipa apraksts

Mācību kursa „Augstsprieguma sistēmas” praktisko uzdevumu izpildei pārslēgumu stratēģijas izpētē tiek izmantots trenāžieris *UniGear type ZS1*. Praktisko uzdevumu ietvaros tiek nodrošināti treniņi šādiem uzdevumiem:

- 1) augstsprieguma sistēmu bojājuma laikā nepieciešamo korektīvo procedūru un pasākumu kompleksa lietojums;
- 2) pārslēgšanas procedūras augstsprieguma sistēmā, ievērojot drošības prasības;
- 3) piemērotas aparatūras izvēle izolācijas un augstsprieguma iekārtu testēšanai;
- 4) pārslēgšanas un izolācijas procedūras augstsprieguma sistēmā uz kuģa, aizpildot nepieciešamo dokumentāciju;
- 5) augstsprieguma iekārtas izolācijas pretestības un polarizācijas indeksa testēšanas metožu lietojums.

Trenāžieris *UniGear type ZS1* ir *ABB* ražota 12 kV, 1250 A slēgiekārtā, modulāra tipa, metālā korpusā, ar gaisa izolāciju, ar 630 A atdalītājslēdzi un zemējuma nažiem, piemērota iekštelpu izmantošanai atbilstoši IEC 62271-200 standartam.

### 2.2.1. Funkcionālās iespējas

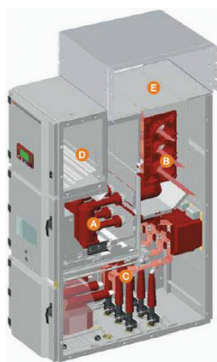
*UniGear type ZS1* modulārā slēgiekārtā ar komutācijas un zemējuma nažiem paredzēta 12–24 kV tīklu aizsardzībai. Komutācijas slēdzis un zemējuma naži tiek darbināti, kad slēgiekārtas durvis ir aizslēgtas. Iekārtu vadībai, ieslēgšanai/izslēgšanai tiek izmantots priekšējais panelis.

Slēgiekārtas komplektācijā ir vadības bloks ar darbības un uzturēšanas procedūrām un programmatūra ar vienotu lietotāja interfeisu. Slēgiekārtas šūna sastāv no zemsprieguma vadības nodaļuma, loka dzēšanas kameras nodaļuma un trim 12–24 kV spēka nodaļumiem:

- 1) atdalītājslēdža nodaļuma;
- 2) kopņu nodaļuma;
- 3) kabeļu nodaļuma.

Nodaļumi ir atdalīti viens no otra ar metāla starpsienām. Kabeļu nodaļums aprīkots ar zemējuma slēdzi. Iekārtas atdalītājslēdzis ir izvelkams, izmantojot papildus ierīci – speciālus ratus. Ierīce izmantojama kuģu vidēja sprieguma (12–24 kV) sistēmās. Zemējuma slēdža pozīciju ar indikatora palīdzību var redzēt uz komutācijas priekšēja paneļa.

*ZS1* slēgiekārtas šūnas griezumam atspoguļots 2.4. attēlā.



- A – atdalītājslēdža nodaļums  
 B – kopņu nodaļums  
 C – kabeļu nodaļums  
 D – vadības nodaļums  
 E – loka dzēšanas kameras nodaļums

2.4. att. *UniGear type ZS1* kopskats.

### 2.3. Praktiskais uzdevums

Mācību kursā „Kuģa augstsprieguma iekārtu ekspluatācija” paredzēta praktiskā daļa. Apmācāmajiem tiek izsniegts praktisko uzdevumu variants. Praktiskā daļa tika sadalīta divos etapos.

#### 1. Sagatavošanās

Praktisko uzdevumu ietvaros individuāli katram apmācāmajam tiek izsniegta elektroapgādes shēma, kurā atkarībā no varianta nepieciešams izvest iekārtu remontā. Nepieciešams izveidot drošu izolēšanas un zemēšanas darbības algoritmu un ierakstīt darbības soļus praktiskā uzdevuma lapā.

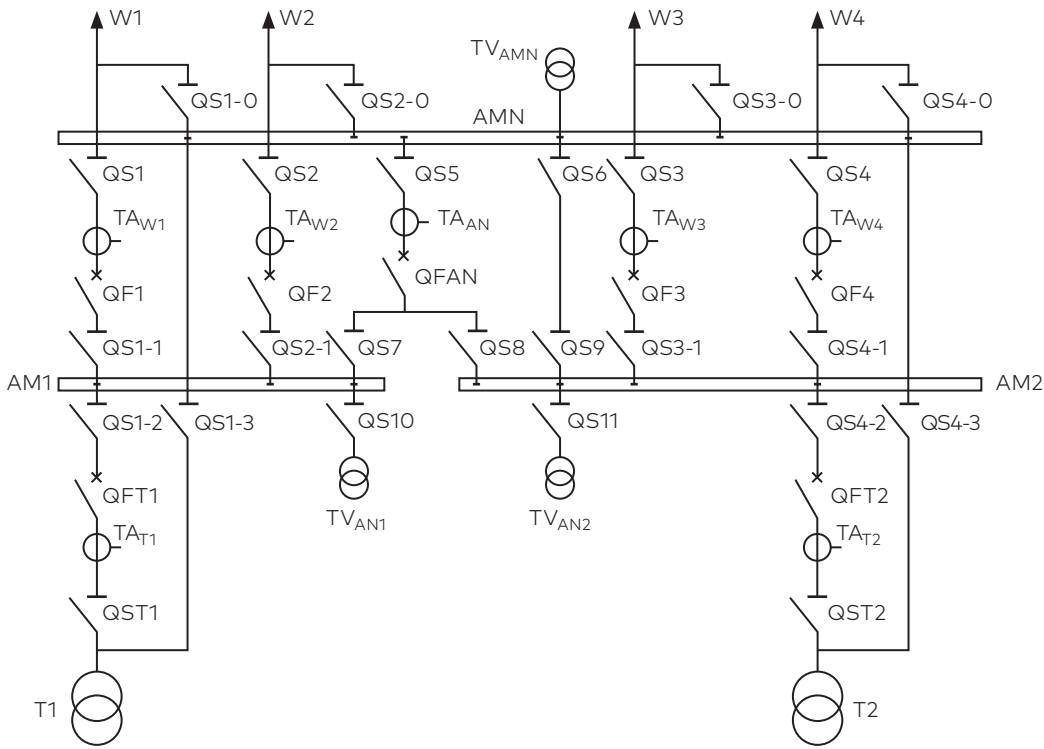
#### 2. Praktiskā daļa

Otrā etapā ierakstītais algoritms jāizpilda praktiski, izmantojot *UniGear type ZS1* treniņierīci (atbilstoši savam variantam).

Praktiskais uzdevums tiek pārbaudīts katrā etapā un tiek norādītas nepilnības un neatbilstības, ja tādas pastāv. Praktisko uzdevumu izpildes laikā apmācāmajam tiek instruēts šādās prasmes:

- 1) veikt korektīvās darbības augstsprieguma sistēmas bojājumu laikā;
- 2) izprast pārslēgšanas stratēģiju, izolēt augstsprieguma sistēmā esošās sastāvdaļas;
- 3) veikt pārslēgšanas un izolācijas procedūru augstsprieguma sistēmā, ievērojot drošības prasības un aizpildot nepieciešamo dokumentāciju.

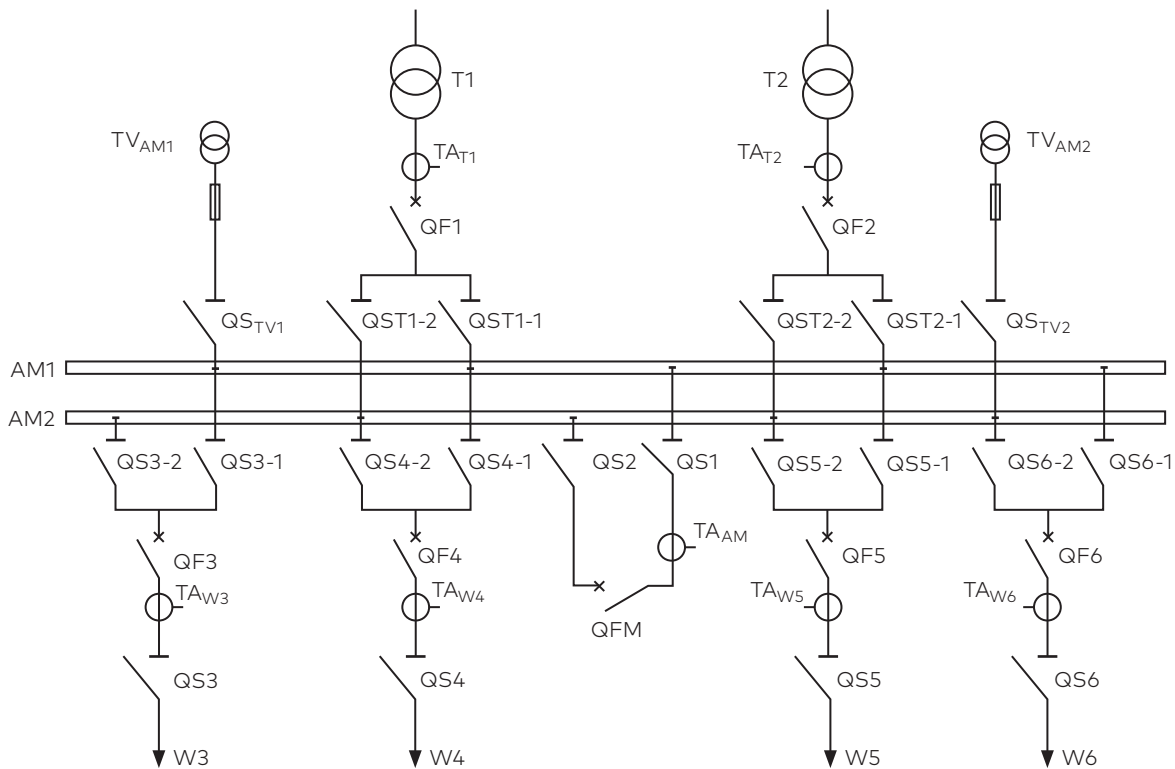




2.5. att. Praktiskā uzdevuma vienlīnijas shēma Nr. 1.

2.1. tabula

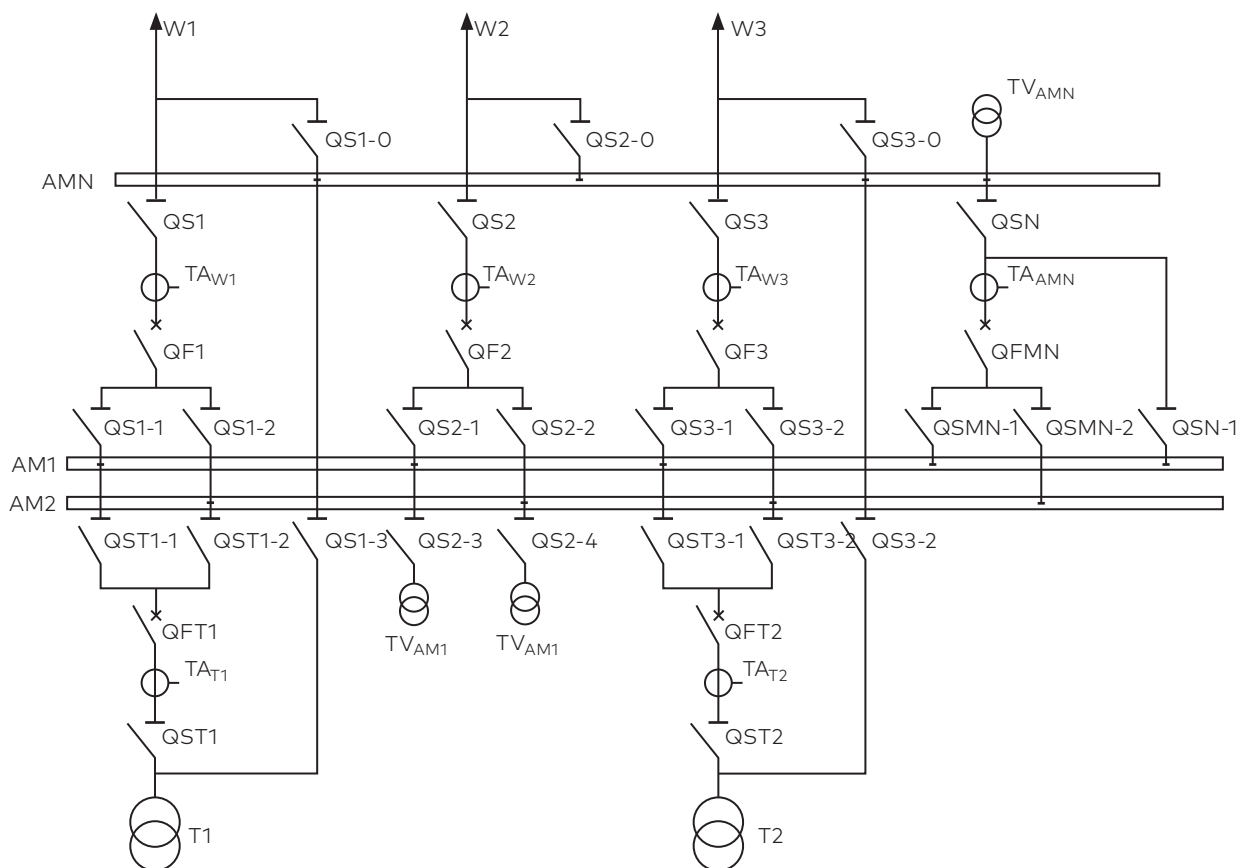
Tīkla aparāta nosaukums	Ķēde	Darbība	Pārbaude



2.6. att. Praktiskā uzdevuma vienlīnijas shēma Nr. 2.

2.2. tabula

Tīkla aparāta nosaukums	Ķēde	Darbība	Pārbaude



2.7. att. Praktiskā uzdevuma vienlīnijas shēma Nr. 3.

2.3. tabula

Tīkla aparāta nosaukums	Ķēde	Darbība	Pārbaude