



TIPIZACIJA PRENOSNIH ELEKTROENERGETSKIH NAPRAV

NAPRAVE LASTNE RABE

Dokument: TIP 05 - NaLR/2023

Ljubljana, junij 2023

ELES, d. o. o.
Hajdrihova 2,
1000 Ljubljana

Ljubljana, 30. 06. 2023

Zadeva: Odločba o uporabi dokumenta TIP 05 – NaLR/2023 v poslovnih procesih družbe ELES, d. o. o.

Na podlagi internih aktov družbe in dela ožje delovne skupine za tipizacijo prenosnih elektroenergetskih naprav izdajam

ODLOČBO

o uporabi dokumenta TIP 05 – NaLR/2023: Naprave lastne rabe v poslovnih procesih družbe ELES, d. o. o. Ob upoštevanju standardov kakovosti ter z upoštevanjem načel korporativnega upravljanja družbe je dokument treba dopolnjevati in posodabljati v skladu s tehnološkim razvojem in najnovejšim stanjem tehnike na tem področju.

Dostopnost dokumenta zagotovimo z objavo na intranetni strani družbe pod zavihkom INTERNA TIPIZACIJA. Začetek uporabe dokumenta je predviden z dnem objave na intranetni strani.

Direktor družbe:

mag. Aleksander Mervar



TIPIZACIJA PRENOSNIH ELEKTROENERGETSKIH NAPRAV NAPRAVE LASTNE RABE

Dokument: TIP 05 - NaLR/2023

**Izdelovalci (člani področne
delovne skupine, PDS):**

Rok Judnič, vodja PDS,
dr. Robert Maruša, član,
Blaž Traven, član,
Gašper Starc, član,
Jure Praznik, član,
Benjamin Erjavec, član
Peter Ogrizek, član,
Miha Bečan, član,
Mirko Jalovec, član
Janez Hrovat, član

Ljubljana, junij 2023



SI - 1000 Ljubljana, Hajdrihova 2
tel. +386 (0)1 474 3501
faks. +386 (0)1 425 3502
www.eles.si

**Dokument je obravnavan in potrjen na sestanku ožje (ODS) in področne (PDS) delovne skupine
za tipizacijo prenosnih elektroenergetskih naprav v sestavi:**

Boštjan Barl, predsednik (ODS) _____	Rok Judnič, vodja PDS _____
Miran Marinšek, nam. predsednika (ODS) _____	dr. Robert Maruša, član (PDS) _____
mag. Rado Ferlič, član (ODS) _____	Blaž Traven, član (PDS) _____
mag. Saša Jamšek, član (ODS) _____	Gašper Starc, član (PDS) _____
mag. Marko Hrast, član (ODS) _____	Jure Praznik, član (PDS) _____
dr. Jurij Klančnik, član (ODS) _____	Benjamin Erjavec, član (PDS) _____
mag. Uroš Salobir, član (ODS) _____	Peter Ogrizek, član (PDS) _____
Janez Hrovat, član (ODS) _____	Miha Bečan, član (PDS) _____
	Mirko Jalovec, član (PDS) _____
	Janez Hrovat, član (PDS) _____

© ELES, d. o. o., 2023

Vse pravice pridržane. Nobenega dela dokumenta se brez poprejšnjega pisnega dovoljenja avtorja ne sme ponatisniti, razmnoževati, shranjevati v sistemu za shranjevanje podatkov ali prenašati v kakršnikoli obliki ali s kakršnimikoli sredstvi. Objavljanje rezultatov dovoljeno le z navedbo vira.

VSEBINA

1	UVOD	10
2	NAMEN DOKUMENTA IN PODROČJE UPORABE	12
3	PREGLED IZDAJ	14
4	OKRAJŠAVE	15
5	IZRAZOSLOVJE – JEZIK.....	17
6	STANDARDI IN PREDPISI	22
7	SPLOŠNO O LASTNI RABI	25
7.1	Pregled variant lastne rabe	28
7.1.1	<i>Varianta LR za majhne RTP.....</i>	<i>29</i>
7.1.2	<i>Varianta LR za srednje velike RTP</i>	<i>31</i>
7.1.3	<i>Varianta LR za velike RTP</i>	<i>32</i>
7.2	Smernice za obnovo naprav lastne rabe	34
8	SPLOŠNE ZNAČILNOSTI VIROV LASTNE RABE	37
8.1	Glavni izmenični vir napajanja	37
8.1.1	<i>Napajanje LR s TR LR 110/20 kV neposredno iz 110 kV omrežja</i>	<i>37</i>
8.1.2	<i>Napajanje LR neposredno iz 110 kV zbiralk z NNT -110/0,4 kV.....</i>	<i>39</i>
8.1.3	<i>Napajanje LR iz elektrodistribucijskega SN omrežja</i>	<i>39</i>
8.1.4	<i>Napajanje LR iz elektrodistribucijskega NN omrežja</i>	<i>40</i>
8.2	Pomožni vir napajanja	41
8.3	Rezervni vir napajanja	41
8.4	Enosmerni vir (usmerniki, AKU baterije)	42
8.5	Vir razsmerjene napetosti	42
9	SPLOŠNE ZAHTEVE	43
9.1	Pogoji vgradnje in obratovanja.....	43
9.2	Elektromagnetna združljivost (EMC) in odpornost na elektromagnetna sevanja (EMS)	43
9.3	Identifikacijski napisi, izpisi in slepe sheme	45
9.4	Konstrukcijske zahteve	45

9.5	Nizkonapetostni elementi.....	47
9.6	Ožičenje in priključni elementi.....	48
9.7	Pomožna oprema	49
9.8	Napajanje naprav.....	50
9.9	Ozemljitev naprav in prenapetostna zaščita	50
9.10	Kabli s pripadajočo opremo	51
9.10.1	Oprema za požarno tesnitev kabelskih prebojev	52
9.10.2	SN kabli, kabelski končniki, skobe	52
9.10.3	Nizkonapetostni kabli.....	53
10	TRANSFORMATORJI LR.....	54
10.1	Transformator LR 20/0,4 kV.....	54
10.1.1	Konstruktivske zahteve.....	54
10.1.2	Tehnične značilnosti transformatorja lastne rabe 20/0,4 kV	55
10.1.3	Preizkusi transformatorja LR 20/0,4 kV.....	56
10.2	Transformator lastne rabe 110/20 kV	57
10.2.1	Jedro 57	
10.2.2	Navitja 57	
10.2.3	Transformatorski kotel.....	58
10.2.4	Konzervator, oddušniki, sušilci zraka	58
10.2.5	Tehnične značilnosti transformatorja lastne rabe 110/20 kV	59
10.2.6	Cevovodi, ventili, spoji, tesnila	63
10.2.7	Varnostni ventil.....	64
10.2.8	Podporje in oprema za premikanje.....	64
10.2.9	Ozemljilni priključki	64
10.2.10	Hlajenje transformatorja.....	64
10.2.11	Merilna, prikazna in zaščitna oprema	65
10.2.12	Antikorozijska zaščita	66
10.2.13	Visokonapetostni skozijski.....	67
10.2.14	Srednjenapetostni skozijski	67
10.2.15	Transformatorsko olje in izolacijski papir.....	67
10.2.16	Prenapetostni odvodniki 20 kV za vgradnjo na transformator.....	68
10.2.17	Napisne plošče	70
10.2.18	Pregledi in preizkusi transformatorjev lastne rabe.....	71
10.2.19	Dokumenti kontrole kakovosti.....	73
10.3	Napetostni napajalni transformator (NNT)	74
10.3.1	Tehnične značilnosti NNT.....	74
10.3.2	Splošne zahteve za napetostne napajalne transformatorje (NNT)	76
10.3.3	Preizkusi napetostnih napajalnih transformatorjev.....	78

11 SN STIKALNE CELICE	80
11.1 Preizkusi SN stikalnih celic	82
12 DIZEL ELEKTRIČNI AGREGAT.....	85
12.1 Dizel električni agregat in krmilna omara s preklopno avtomatiko	85
12.2 Način delovanja dizel električnega agregata	85
12.2.1 Splošni pogoji za dokumentacijo	85
12.2.2 Pogoji delovanja avtomatike.....	86
12.2.3 Ročno krmiljenje	86
12.3 Motor in pomožna oprema	86
12.4 Rezervoar z gorivom.....	87
12.5 Generator z vzbujalnim sistemom.....	88
12.6 Temeljni okvir.....	89
12.7 Hlajenje in izpuh agregata	89
12.8 Krmilna omara dizel električnega agregata.....	89
12.8.1 Zaščitne in alarmne naprave	91
12.8.2 Indikacijski instrumenti.....	92
12.9 Garantirane vrednosti dizel električnega agregata.....	93
12.10 Preizkusi in pregledi za dizel električni agregat	93
12.10.1 Preizkusi preklopne avtomatike dizel električnega agregata.....	95
13 AKU BATERIJE.....	96
13.1 Najpomembnejše lastnosti AKU baterij.....	96
13.2 Ostale zahteve za Pb AKU baterije.....	97
13.3 Ostale zahteve za Li-on AKU baterije	97
13.4 Preizkusi na mestu vgradnje.....	98
14 USMERNIK/RAZSMERNIK	99
14.1 Usmerniki.....	99
14.1.1 Tehnične lastnosti usmernikov	99
14.1.2 Preizkušanje usmernikov.....	101
14.2 Preklopno polje	101
14.3 Razsmerniki	102
14.3.1 Preizkušanje razsmernika	102
14.3.2 Preizkušanje krmiljenja in nadzora razsmerniških modulov	103
14.4 Tehnični podatki za brezprekinitveno napajanje	104

15	TEHNIČNE ZNAČILNOSTI RAZVODOV LASTNE RABE.....	105
15.1	Razvod splošne in nujne LR	105
15.2	Razvod LR enosmerne napetosti.....	105
15.3	Razvod izmenične napetosti 0,4 kV	106
15.3.1	<i>Glavni razdelilnik splošne in nujne lastne rabe 400/230 V</i>	<i>106</i>
15.3.2	<i>Razdelilniki izmenične lastne rabe v relejnih hišicah</i>	<i>115</i>
15.3.3	<i>Omarice razvoda 400/230 V AC po stikališču</i>	<i>118</i>
15.4	Razdelilniki enosmerne lastne rabe v relejnih hišicah.....	118
15.4.1	<i>Razdelilnik 220 V DC v RH.....</i>	<i>118</i>
15.4.2	<i>Razdelilniki enosmerne lastne rabe v relejnih hišicah</i>	<i>120</i>
15.5	Preizkusi razdelilnikov izmenične in enosmerne napetosti	120
16	TEHNIČNE ZNAČILNOSTI PORABNIKOV LASTNE RABE.....	122
16.1	Kriteriji za izbiro prioritet napajanja porabnikov lastne rabe	122
16.1.1	<i>Preklopna avtomatika</i>	<i>123</i>
16.1.2	<i>Izvedbe krmiljenja z industrijskimi programabilnimi logičnimi krmilniki (PLC)</i>	<i>123</i>
16.2	Klasifikacija porabnikov lastne rabe	124
16.2.1	<i>Porabniki splošne lastne rabe</i>	<i>124</i>
16.2.2	<i>Porabniki nujne lastne rabe</i>	<i>124</i>
16.2.3	<i>Porabniki enosmerne lastne rabe.....</i>	<i>125</i>
16.2.4	<i>Porabniki razsmerjene napetosti</i>	<i>127</i>
16.3	Razmestitev in povezovanje naprav lastne rabe.....	127
16.3.1	<i>Razvrstitev porabnikov in določitev moči napajalnih virov</i>	<i>128</i>
16.3.2	<i>Razmestitev naprav lastne rabe</i>	<i>128</i>
16.3.3	<i>Uporaba radialnega napajanja ali krožnih vodov</i>	<i>130</i>
16.3.4	<i>Podrazdelilniki v relejnih hišicah.....</i>	<i>130</i>
17	KONTROLA KAKOVOSTI MATERIALA.....	132
18	OBRATOVANJE IN VZDRŽEVANJE.....	133
19	SEZNAM VIROV	134

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Pregled izdaj tega dokumenta.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 2: Seznam uporabljenih kratic</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 3: Seznam standardov na področju lastne rabe</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 4: Pregled virov, načina napajanja in delitve porabnikov za posamezne velikosti RTP.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 5: Transformator lastne rabe 20/0,4 kV – tehnične značilnosti</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 6: Transformator lastne rabe 110/20 kV – tehnične značilnosti.</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 7: Podatki o uporabljenih premazih transformatorskega kotla</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 8: Tehnične značilnosti prenapetostnih odvodnikov 20 kV na TR LR 110/20 kV.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 9: Pregled značilnosti NNT.....</i>	<i>75</i>

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Transformator lastne rabe 20/0,4 kV</i>	<i>13</i>
<i>Slika 2: Dizel električni agregat</i>	<i>13</i>
<i>Slika 3: Umestitev izrazov v terminološki sistem področja lastne rabe (simboličen prikaz).....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 4: AKU baterija.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 5: Celice AKU baterije.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 6: Zasnova napajanja naprav lastne rabe z NNT za majhne in srednje RTP</i>	<i>30</i>
<i>Slika 7: Napetostni napajalni transformatorji (NNT)</i>	<i>31</i>
<i>Slika 8: Zasnova LR za velike RTP</i>	<i>33</i>
<i>Slika 9: Izmenično napajanje s TR 20/0,4 kV neposredno iz 110 kV omrežja</i>	<i>38</i>
<i>Slika 10: TR LR 110/20 kV, moči 4 MVA</i>	<i>38</i>
<i>Slika 11: Izmenično napajanje LR neposredno iz 110 kV zbiralk z NNT 110/0,4 kV.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 12: Izmenično napajanje LR iz SN omrežja.....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 13: Izmenično napajanje LR iz SN ali NN omrežja</i>	<i>40</i>
<i>Slika 14: Zasnova napajanja naprav LR z enosmerno napetostjo</i>	<i>106</i>

1 Uvod

Za kakovostno, učinkovito ter uspešno upravljanje s sredstvi sta v družbi ELES organizirani področje za upravljanje s sredstvi in projekti (PUSP) ter področje za infrastrukturo prenosnega omrežja (PIPO). Naloga prvega področja je vzpostavitev sistema načrtovanja, spremljanja in analize vgrajenih sredstev v njihovi življenjski dobi, ki sega od projektiranja, nabave, vgradnje, obratovanja (POS), vzdrževanja do odstranitve posameznih naprav. Za uspešno in učinkovito opravljanje tovrstnih nalog pa je ključnega pomena vzpostaviti sistem za tipizacijo posamezne opreme, ki bo zagotavljal naslednje kvalitativne in kvantitativne dejavnike vgrajene opreme:

- poenotenje tehničnih značilnosti posamezne opreme,
- vzpostavitev tehničnih kriterijev, ki bodo zagotovili najboljšo možno izbiro dobavljive opreme,
- spremljanje tehnološkega razvoja posamezne opreme z nenehnim izboljševanjem tehničnih kriterijev,
- čim večje poenotenje glede kakovosti vgrajene opreme,
- vzpostavitev izhodišč za vrednotenje učinkovitosti posameznih naprav v njihovi življenjski dobi.

Cilji te dejavnosti so naslednji:

- dvig kakovosti vgrajene opreme,
- poenotenje tehničnih lastnosti posamezne opreme,
- optimiziranje stroškov investicij, obratovanja in vzdrževanja,
- poenotenje kriterijev za nabavo posamezne vrste opreme,
- zmanjšanje trajanja postopkov naročanja posamezne opreme,
- prenos znanja na širši krog udeležencev v procesu naročanja,
- izboljšanje dokumentiranosti, preglednosti in sledljivosti pri naročanju posameznih naprav,
- vključevanje zaposlenih s številnimi znanji na tem področju v proces tipizacije in prenosa znanja na druge zaposlene ter na prihodnje generacije tovrstnih strokovnjakov.

Razvoj elektroenergetskega sistema ter nove zahteve, ki se pred njega postavljajo, so privedle do podrobnejših analiz tako tehnične, stroškovne kot tudi okoljske problematike. Lastna raba (LR) je skupek ključnih sklopov, ki zagotavljajo zanesljivo, neprekinjeno in brezhibno delovanje VN naprav v prenosnem elektroenergetskem sistemu. Zato je nastala potreba po poenotenju in poenostavitvi postopkov naročanja, kar je osnovni cilj pričujočega dela. Številne naprave in njihovi sklopi na področju lastne rabe (LR) zahtevajo natančno in podrobno obravnavo, predvsem pa je pomembna celovita obravnavna problematike na enem mestu. Morda bo razvoj v prihodnje šel v

smeri individualne obravnave posameznih tehnološko zaokroženih celot. Pri tem pa nastane problem kako zajeti celotno problematiko LR.

2 Namen dokumenta in področje uporabe

Glavni namen pričujočega dokumenta je opredeliti osnovne značilnosti elementov, naprav lastne rabe ter dejavnikov, ki so pri nabavi, vgradnji, obratovanju in vzdrževanju odločilnega pomena za kakovost njihovega delovanja v življenjski dobi. S tem bo zagotovljeno tudi ustrezno upravljanje s sredstvi, kar naj bi omogočilo učinkovito delovanje družbe ELES.

Obravnavana tipizacija je usklajena z obstoječim stanjem tehnike, s standardi, predpisi in pravilniki ter drugimi pravnimi akti družbe. Upoštewane so tudi izkušnje strokovnjakov družbe ELES pri nabavi, montaži, obratovanju in vzdrževanju teh naprav. Zajete so tudi specifičnosti posameznih področij, ki imajo največji vpliv na zanesljivost delovanja naprav lastne rabe. To je s stališča družbe tudi najpomembnejši dejavnik, ki poleg stroškovnih parametrov vpliva na učinkovito in uspešno delovanje slovenskega prenosnega sistema.

V tem dokumentu so opredeljeni naslednji dejavniki:

- lastnosti okolja, v katerem bodo delovale naprave lastne rabe,
- osnovni tehnični parametri naprav lastne rabe,
- osnovni tehnični parametri posameznih naprav lastne rabe,
- relevantni standardi in predpisi,
- potrebni preizkusi ob prevzemu in pred začetkom obratovanja,
- pogoji montaže,
- obratovalni pogoji in
- vzdrževanje naprav lastne rabe.

V primeru novonastalih okoliščin v prenosnem sistemu ali na mestu vgradnje novih tehnoloških rešitev so dovoljene korekcije posameznih značilnosti z namenom zagotavljati zanesljivost delovanja postroja oz. prenosnega sistema ter optimizacije stroškov v celotni življenjski dobi (upravljanje s sredstvi). Navedene korekcije je treba utemeljiti in potrditi z ustreznim dogovorom na nivoju vodstva ključnih področij v družbi ELES.

Dokument je namenjen strokovnjakom vseh področij v družbi ELES pri odločanju o nabavi, vgradnji, obratovanju in vzdrževanju naprav lastne rabe.



Slika 1: Transformator lastne rabe 20/0,4 kV



Slika 2: Dizel električni agregat

3 Pregled izdaj

Pričujoči dokument je nadgradnja dokumenta izdelanega leta 2018 in predstavlja nadaljevanje prizadevanj na področju tipizacije prenosnih elektroenergetskih naprav. Izdelala in potrdila ga je področna delovna skupina za tipizacijo naprav lastne rabe, ki je bila v nekoliko spremenjeni zasedbi ponovno imenovana dne 25. 04. 2023. Pregledala in potrdila pa ga je ožja delovna skupina za tipizacijo, ki je bila imenovana dne 13. 06. 2016.

V nadaljevanju tabela 1 podaja osnovne podatke o izdelavi pričujočega dokumenta.

Tabela 1: Pregled izdaj tega dokumenta

Oznaka	Izdaja	Opis spremembe in predhodne odločbe	Skrbnika procesa	Sodelovali so	Datum uvedbe
TIP NaLR 05/2018	1	Izhodiščni dokument	mag. Marko Hrast, Miran Marinšek	dr. Robert Maruša, Rok Judnič, Boris Zupanc, Gašper Starc, Kostja Skok, Darko Malek, Peter Ogrizek, Janez Hrovat, mag. Drago Bokal.	10. 9. 2018
TIP NaLR 05/2023	2	Dopolnjena izdaja	mag. Marko Hrast, Miran Marinšek	Rok Judnič, dr. Robert Maruša, Blaž Traven, Mirko Jalovec, Gašper Starc, Jure Praznik, Benjamin Erjavec, Peter Ogrizek, Miha Bečan, Janez Hrovat.	30.06.2023

V prihodnje pričakujemo nenehno posodabljanje pričujočega dokumenta glede na stanje tehnike na področju LR.

4 Okrajšave

V tem dokumentu so uporabljene naslednje okrajšave (kratice, tabela 2).

Tabela 2: Seznam uporabljenih kratic

AC	izmenična napetost
ACSD	preizkus z inducirano napetostjo (angl. Short-Duration induced AC)
AKU	akumulator (akumulatorska)
AKZ	antikorozijska zaščita
DC	enosmerna napetost
DEA	dizel električni agregat
DP	stopnja polimerizacije (angl. Degree of Polymerization)
EE	elektroenergetski
EN	evropski standardi (norme)
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
ELES	ELES, d. o. o., sistemski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja
EMC	elektromagnetna združljivost
EMI	elektromagnetna motnja
EMS	elektromagnetno sevanje
FERI	Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru
FRA	Analiza frekvenčnega odziva (angl. Frequency Response Analysis)
GIS	s plinom izolirano stikališče
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (angl. High-Performance Liquid Chromatography)
HRC	varovalke velike izklopne (prekinitvene) zmogljivosti (angl. High Rupturing Capacity Fuse)
IEC	Mednarodna elektrotehniška komisija
IP	stopnja mehanske zaščite naprav
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo
L	fazni vodnik
LR	lastna raba
NaLR	naprave lastne rabe
NLR	nujna lastna raba
NC	normalno zaprti kontakt
NN	nizka napetost
NNT	napetostni napajalni transformator
NO	normalno odprti kontakt
ONAN	tip hlajenja transformatorja; olje-naravno, zrak-naravno (angl. Oil Natural, Air Natural)
PCB	poliklorirni bifenol

PEN	vodnik, ki združuje funkciji nevtralnega in zaščitnega ozemljitvenega vodnika
PIPO	področje za infrastrukturo prenosnega omrežja
PLC	programabilni logični krmilnik
POS	področje za obratovanje sistema
PSI	področje za systemske inovacije
PTTA	parcialno tipsko preizkušen stikalni blok
PVC	polivinil klorid
PUSP	področje za upravljanje s sredstvi in projekti
QA	sistem zagotavljanja kakovosti (angl. Quality Assurance)
RAL	oznaka za kakovost barve
RTP	razdelilna transformatorska postaja
SF ₆	žveplov heksafluorid
SIST	Slovenski nacionalni standardi
SLR	splošna lastna raba
SN	srednja napetost
TR LR	transformator lastne rabe
UPS	sistem brezprekinitvenega napajanja (angl. Uninterruptible Power Supply)
V/I	vhodno/izhodna (naprava)
VN	visoka napetost
XLPE	vrsta izolacije (omrežni polietilen) VN kabla

5 Izrazoslovje – jezik

Lastna raba je ključnega pomena za nemoteno delovanje primarne in sekundarne opreme elektroenergetskega sistema in torej tudi prenosnega omrežja, kar še zlasti velja v izrednih obratovalnih stanjih. V zadnjem času se posveča večja pozornost temu zahtevnemu in dokaj interdisciplinarnemu področju. To je razvidno tudi iz seznama navedene literature na koncu pričujočega dela.

Kot prvo je poenoteno izrazoslovje na tem področju, ker je bila raba izrazov dokaj nekonsistentna in poljubna. To je izdelano v sodelovanju strokovnjakov družbe ELES in FERi iz Maribora v okviru študije *Posodobitev in racionalizacija baterij lastne rabe z uporabo litij-ionskih baterijskih sklopov v razdelilnih transformatorskih postajah, številka študije NAR2017/1111, FERi, december 2017 [13]*. V nadaljevanju podajamo izraze s področja lastne rabe, katerih umestitev v terminološki sistem področja kaže tudi slika 3.

Lastna raba (d.0) so vsi elementi in naprave, ki zagotavljajo nemoteno delovanje primarnih in sekundarnih naprav postroja v vseh obratovalnih stanjih elektroenergetskega sistema in s tem omogočajo izvajanje predvidenih funkcij v postroju (razdelilni transformatorski postaji).

Lastno rabo sestavljajo viri napajanja LR, porabniki LR in razvodi LR.

Viri napajanja lastne rabe (d.1) so elementi in naprave, ki napajajo porabnike lastne rabe v skladu z njihovimi potrebami in funkcijo, ki jo ti porabniki izvajajo v postroju.

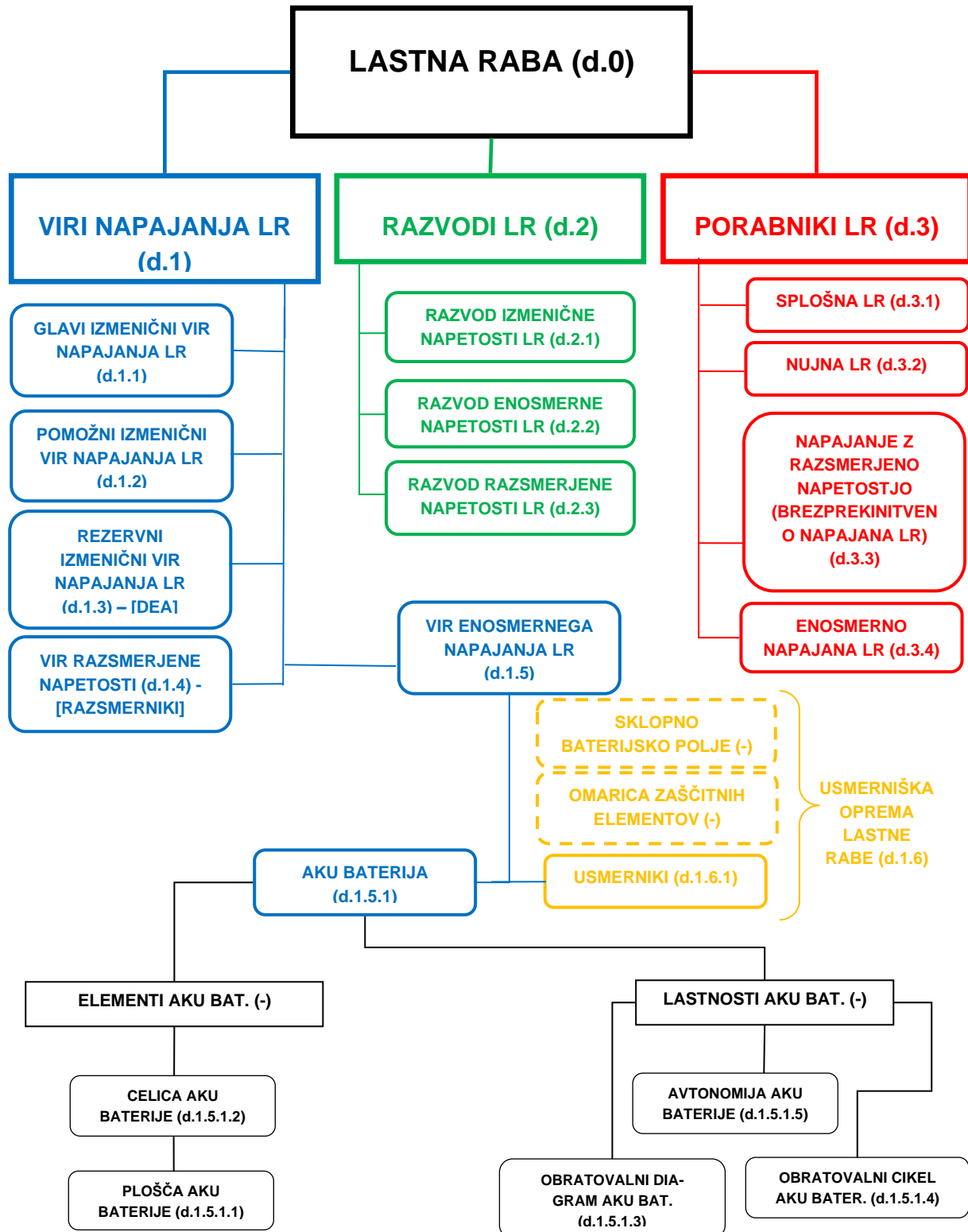
Glavni izmenični vir napajanja (d.1.1) je v normalnih obratovalnih stanjih najbolj zanesljiv ter najbolj racionalen način napajanja porabnikov lastne rabe.

Pomožni izmenični vir napajanja (d.1.2) je naprava, ki se uporablja v primerih, ko glavni vir napajanja ni na voljo ali se na glavnem viru izvajajo vzdrževalna dela.

Rezervni izmenični vir napajanja (d.1.3) je naprava, ki se uporablja v primerih, ko nista na voljo ne glavni in ne pomožni vir napajanja. V ta namen se najpogosteje uporablja dizel električni agregat. Rezervni vir izmeničnega napajanja ima praviloma omejeno moč.

Vir razsmerjene napetosti (d.1.4) zagotavlja nemoteno napajanje vseh porabnikov, pri katerih zaradi značaja oz. funkcije naprave ne sme priti do kratkotrajne prekinitve napajanja. Praviloma je ta vir razsmernik, lahko pa je tudi vir, ki napaja zbiralke nujne lastne rabe, če ima razsmernik vgrajeno elektronsko brezprekinitveno stikalo.

UMESTITEV IZRAZOV S PODROČJA LASTNE RABE (LR)



Slika 3: Umestitev izrazov v terminološki sistem področja lastne rabe (simboličen prikaz)

Vir enosmernega napajanja lastne rabe (d.1.5) zagotavlja nemoteno napajanje vseh porabnikov, katerih delovanje temelji na enosmernem toku. Ta vir je praviloma usmernik, ki nima omejenega časa delovanja, posredno pa akumulatorska (AKU) baterija z omejenim, a predpisanim minimalnim časom delovanja.

Usmerniška oprema lastne rabe (d.1.6) je sklop, ki ga sestavljajo usmernik, sklopno baterijsko polje in omarica pripadajočih zaščitnih naprav.

Usmerniki (d.1.6.1) so naprave, ki izmenično napetost pretvarjajo v enosmerno za napajanje enosmernih porabnikov postroja.

Razvode LR (d.2) sestavljajo razvod izmenične napetosti LR, razvod enosmerne napetosti LR in razvod razsmerjene napetosti LR.

Razvod izmenične napetosti LR (d.2.1) sestavljajo ohišje razvoda, zbiralke, spojno polje, ločilniki za oblikovanje konfiguracije razvoda 0,4 kV, odklopniki ali zaščitni stikalni elementi, merilna oprema za nadzor, kabelske povezave do porabnikov, zbiralka za ozemljitev opletov kablov ter spončna oprema.

Razvod enosmerne napetosti LR (d.2.2) sestavljajo ohišje razvoda, zbiralke, kabelske povezave do usmernikov, razsmernika in AKU baterije ter napeljave od zbiralk do porabnikov enosmerne napetosti z ustreznimi zaščitnimi stikalnimi elementi, merilna oprema za nadzor, zbiralka za ozemljitev opletov kablov ter spončna oprema.

Razvod razsmerjene napetosti LR (d.2.3) sestavljajo ohišje razvoda, AC zbiralke, DC kabelski dovod do razsmernika z ustreznimi zaščitnimi stikalnimi elementi, elektronsko prekinitveno stikalo, AC kabelski dovod do zbiralk in kabelske povezave do porabnikov razsmerjene napetosti z ustreznimi zaščitnimi stikalnimi elementi, merilna oprema za nadzor, zbiralka za ozemljitev opletov kablov ter spončna oprema.

Porabniki lastne rabe (d.3) so vse tiste naprave, ki z enosmerno ali izmenično električno energijo opravljajo neko funkcijo lastne rabe v postroju.

Splošna lastna raba (d.3.1) so porabniki, ki se napajajo v normalnem obratovalnem stanju. Njihovo delovanje kratkotrajno ni nujno za izvajanje vseh funkcij lastne rabe, kar pomeni, da ob izpadu glavnega in pomožnega vira ti porabniki niso napajani.

Nujna lastna raba (d.3.2) so porabniki, katerih delovanje je ključnega pomena za izvajanje nekaterih funkcij primarnih in sekundarnih naprav postroja. Porabniki nujne lastne rabe morajo biti napajani tudi v primeru izpada glavnega in pomožnega vira. V tem primeru pa napajanje zagotavlja rezervni vir napajanja.

Lastna raba, napajana z razsmerjeno napetostjo (brezprekinitveno napajana lastna raba) (d.3.3), so porabniki, katerih neprekinjeno delovanje je nujno za izvajanje zelo pomembnih funkcij sekundarnih sistemov.

Enosmerno napajana lastna raba (d.3.4) so porabniki, ki so nujni za izvajanje ključnih funkcij sekundarnih in primarnih sistemov ter morajo biti napajani v vsakem primeru – tudi v izjemnih oz. havarijskih obratovalnih stanjih.

Akumulatorska (AKU) baterija (d.1.5.1, slika 4) je naprava, ki pretvarja električno energijo v kemično, to akumulira in jo iz kemične pretvarja nazaj v električno (ciklus polnjenja/praznjenja). AKU baterija je sestavljena iz določenega števila zaporedno vezanih celic.

Opomba: Bistvena značilnost AKU baterije je sposobnost večkratne ponovitve pretvorbe (električna energija → kemijska energija → električna energija itd.) za razliko od baterije, ki je zmožna le enkratnega praznjenja.



Slika 4: AKU baterija

Plošča AKU baterije (d.1.5.1.1) je najmanjši gradnik celice AKU baterije, lahko je anoda ali katoda.

Celica AKU baterije (d.1.5.1.2, slika 5) je osnovni element AKU baterije, sestavljen iz enega ali več vzporedno vezanih parov plošč (anode in katode) ter elektrolita.

Obratovalni diagram AKU baterije (d.1.5.1.3) je potek obremenitve AKU baterije, ko je le-ta v obratovanju.

Obratovalni cikel AKU baterije (d.1.5.1.4) je čas, v katerem se zaključi polnjenje in praznjenje AKU baterije do vnaprej predpisanih velikosti značilnih veličin.

Avtonomija AKU baterije (d.1.5.1.5) je čas, v katerem mora AKU baterija napajati posebno določene naprave v elektroenergetskem postroju.



Slika 5: Celice AKU baterije

Urejeno in poenoteno izrazoslovje je ključnega pomena za nadaljnje uspešno izvajanje tipizacije naprav lastne rabe.

6 Standardi in predpisi

Ta dokument se sklicuje na določila, ki so v datiranih ali nedatiranih publikacijah. Pri nedatiranih sklicevanjih se pri uporabi tega dokumenta upoštevajo zadnje veljavne izdaje z vsemi poznejšimi dopolnili in spremembami katerekoli od teh publikacij.

Pri datiranih sklicevanjih velja samo izdaja publikacije, na katero se sklicuje.

Če pri sklicevanju ni del standarda jasno opredeljen se pri uporabi tega dokumenta upoštevajo standardi celotne družine standardov.

Kot splošno veljavni veljajo standardi:

- SIST - Slovenski nacionalni standardi,
- EN - Evropski standardi (CEN, CENELEC, ETSI), ISO - Mednarodne organizacije za standardizacijo,
- IEC - Mednarodne elektrotehniške komisije.

Ti so razvrščeni padajoče po prednosti uporabe.

Med splošno veljavne štejemo zadnje izdaje standardov z vsemi dopolnili in spremembami.

Če v kakšnem primeru ne obstajajo SIST, EN, IEC ali ISO standardi, potem je treba uskladiti rabo ustreznega nacionalnega standarda s priporočili CIGRE, DIN ter VDE ali drugimi uveljavljenimi praksami.

Upoštevati je treba še vso veljavno zakonodajo v RS, predvsem s področja graditve objektov, varovanja okolja, varstva in zdravja pri delu ter varstva pred požarom.

V skladu s pozitivno veljavno zakonodajo in internimi akti družbe ELES morajo naprave lastne rabe ustrezati najmanj standardom, ki so podani v tabeli 3.

Tabela 3: Seznam standardov na področju lastne rabe

Št.	Oznaka	Naslov standarda
1.	SIST EN 1977	Baker in bakrove zlitine - Polizdelki za bakreno žico
2.	SIST EN 50708	Močnostni transformatorji – Dodatne evropske zahteve
3.	SIST EN 55011	Industrijska, znanstvena in medicinska (ISM) radiofrekvenčna oprema - Karakteristike občutljivosti za radijske motnje - Mejne vrednosti in merilne metode
4.	SIST EN 60034	Električni rotacijski stroji
5.	SIST EN 60076	Močnostni transformatorji
6.	SIST EN 60099-4	Prenapetostni odvodniki - 4. del: Kovinskooksidni prenapetostni odvodniki brez iskrišč za sisteme z izmenično napetostjo
7.	SIST EN 60137	Izolirani skoznjiki za izmenične napetosti nad 1000 V
8.	SIST EN 60146	Polprevodniški pretvorniki
9.	SIST EN 60156	Izolacijske tekočine – Določitev razčlenitve napetosti pri frekvenci moči – Poskusna metoda
10.	SIST EN 60168	Testi na notranjih in zunanjih podpornih izolatorjih iz keramičnega materiala ali stekla za sisteme z nazivnimi napetostmi, večjimi od 1000 V
11.	SIST EN 60255-21-3	Električni releji - 21. del: Vibracije, udarci, udarci in seizmični testi na izvidih relejev in zaščitne opreme - oddelek 3: Seizmični testi
12.	SIST EN 60296	Tekočine za elektrotehniko – Mineralna izolacijska olja za električno opremo
13.	SIST EN 60422	Mineralna izolacijska olja v električni opremi – Napotki za nadzorovanje in vzdrževanje
14.	SIST EN 60450	Merjenje povprečne viskozimetrične stopnje polimerizacije novih in starih celuloznih električno izolacijskih materialov
15.	SIST EN 60529	Stopnja zaščite, ki jo zagotavlja ohišje (koda IP)
16.	SIST EN 60567	Z oljem polnjena električna oprema – Vzorčenje plinov in analiziranje prostih in raztopljenih plinov – Napotek
17.	SIST EN 60672	Keramični in stekleni izolacijski materiali
18.	SIST EN 60695	Preskušanje požarne ogroženosti
19.	SIST EN 60896	Stacionarne svinčeve kislinke baterije
20.	SIST EN 60947	Nizkonapetostne stikalne in krmilne naprave
21.	SIST EN IEC 61000	Elektromagnetna združljivost (EMC)
22.	SIST EN 61125	Izolacijske tekočine – Metode za preizkušanje oksidacijske stabilnosti – Preskusna metoda za vrednotenje oksidacijske stabilnosti dobavljenih izolacijskih tekočin
23.	SIST EN 61439	Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav
24.	SIST EN 61462	Votli kompozitni izolatorji - Tlačni in breztladni izolatorji za električno opremo z naznačeno izmenično napetostjo, višjo od 1000 V, in enosmerno napetostjo, višjo od 1500 V - Definicije, preskusne metode, merila sprejemljivosti in priporočila za načrtovanje
25.	SIST EN 61869	Instrumentni transformatorji
26.	SIST EN 61914	Kabelske objemke za elektroinstalacije
27.	SIST EN 62040-3	Sistemi z neprekinjenim napajanjem (UPS) - 3. del: Metoda za določanje lastnosti in preskusnih zahtev
28.	SIST EN 62217	Polimerni izolatorji za notranjo in zunanjo uporabo z nazivno napetostjo > 1.000 V – Splošne opredelitve, preskusne metode in merila sprejemljivosti

29.	SIST EN 62271	Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave
30.	SIST HD 308	Identifikacija žil v kablilih in zvijavih vrvicah
31.	SIST HD 578 S1	Značilnost notranjih in zunanjih post izolatorjev za sisteme z nazivno napetostjo večjo od 1000 V
32.	IEC 60502	Elektroenergetski kabli z ekstrudirano izolacijo in njihov pribor za naznačene napetosti od 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV)
33.	ISO 3046	Vzajemni motorji z notranjim zgorevanjem
34.	SIST EN ISO 8501	Priprava jeklenih podlag pred nanosom barv in sorodnih izdelkov ³⁴
35.	ISO 8528	Agregati za proizvodnjo izmeničnega toka, gnani z batnim motorjem z notranjim zgorevanjem
36.	SIST EN ISO 4624	Barve in laki – Preskušanje oprijema z odtrganjem filma
37.	SIST EN ISO 12944	Barve in laki - Protikorozijska zaščita jeklenih konstrukcij z zaščitnimi premaznimi sistemi
38.	DIN VDE 0100-710	Postavitev nizkonapetostnih postrojev
39.	DIN 25467	Zasilne elektrarne z dizelskimi motorji v jedrskih elektrarnah

Ob ugotovitvi odstopanja med podatki, predvidenimi v tabelah tehničnih zahtev, opredeljenih v tem dokumentu, in zahtevami, navedenih (in drugih) standardov, je treba nejasnosti razreševati v skladu s pisno potrjenim dogovorom.

7 Splošno o lastni rabi

Tehnološka razpršenost naprav lastne rabe ter njihova funkcionalna soodvisnost je težava pri razumevanju tega področja. Prav to je bil vzrok za oblikovanje izrazoslovja, ki področje lastne rabe podrobneje razčlenjuje, kar je izhodišče za nadaljnjo poglobljeno obravnavo tovrstnih naprav. Iz predstavljenih definicij je razvidno, da lastno rabo tvorijo naslednji sklopi naprav:

- viri napajanja lastne rabe:
 - glavni vir napajanja,
 - pomožni vir napajanja,
 - rezervni vir napajanja (dizel električni agregat),
 - vir razsmerjene napetosti in
 - enosmerni vir (usmerniki, AKU baterije);
- razvodi lastne rabe in
- porabniki lastne rabe.

Razdelilne transformatorske postaje so del prenosnega sistema, katerega osnovni namen je zanesljiv in varen prenos električne energije. Obratovanje sistema je odvisno od številnih naprav, ki morajo v vseh obratovalnih pogojih zagotavljati varno in zanesljivo obratovanje v skladu s tehnološkimi zahtevami ter predpisi in standardi. Primarna kakor tudi sekundarna oprema za svoje nemoteno delovanje potrebuje zanesljivo napajanje, ki ga skladno s tehnološkimi zahtevami zagotavlja lastna raba.

Napajanje porabnikov v elektroenergetskih objektih je zaradi tehnoloških in varnostnih zahtev ter tehnične in zakonske regulative področje, s katerim se soočajo tako projektanti oziroma investitorji in tudi obratovalno ter vzdrževalno osebje. Predpogoj za nemoteno delovanje ključnih naprav celotnega sistema je predvsem zanesljivo napajanje, ki ga mora zagotavljati lastna raba. Lastna raba mora biti zasnovana tako, da v vseh, tudi najtežjih obratovalnih pogojih, kot so izpadi posameznih naprav ali celo razpad elektroenergetskega sistema, omogoča nemoteno delovanje najnujnejših podsistemov (zaščita, vodenje, krmiljenje, nadzor ter delovanje posameznih naprav – odklopnikov, ločilnikov, regulacijskih stikal idr.).

Družba ELES ima v praksi uveljavljenih več variant predvsem z vidika virov napajanja lastne rabe. V večjih RTP se vgrajujejo samostojni transformatorji LR 110/20 kV, 4 MVA z nadaljnjo transformacijo 20/0,4 kV. Možno je tudi neposredno napajanje iz distribucijskega NN omrežja ali v določenih primerih celo iz NN omrežja posameznih industrijskih ali drugih objektov. Rezervni izmenični vir napajanja (praviloma dizel električni agregati - DEA) in usmerniško-razsmerniške naprave z AKU baterijami se glede na posamezne objekte bistveno ne razlikujejo. Razvod izmenične in enosmerne lastne rabe je izveden po vzorčnem konceptu, konfiguracija pa se lahko razlikuje predvsem v manjših EE objektih.

Zahtevnost lastne rabe je povezana s številnimi napravami in elementi, ki so medsebojno povezani in sodelujejo pri napajanju porabnikov v RTP. Tehnološka povezanost posameznih naprav je naslednja:

VIRI NAPAJANJA →

→ INŠTALACIJSKE POVEZAVE →





→ PORABNIKI LR →

→ (SEZNAM PORABNIKOV) →

→ INŠTALIRANE MOČI PORABNIKOV.

Medsebojna povezanost in tehnološka soodvisnost posameznih naprav z vsemi pomembnejšimi podatki je simbolično zajeta v tabeli 4 . Prikaz podaja povezavo med viri napajanja lastne rabe in porabniki lastne rabe, razvidno pa je tudi kateri vir napaja posamezne porabnike lastne rabe. Prav gotovo je vrsta vira, ki napaja posamezne porabnike, odvisna od stanja elektroenergetskega sistema, saj v primeru izpada glavnega in pomožnega vira nujne porabnike napaja bodisi rezervni vir napajanja oz. AKU baterija. Poleg navedbe porabnikov po posameznih skupinah je podana tudi ocenjena moč porabnikov (virov) glede na velikost obravnavanega RTP in po skupinah posameznih naprav.

Tabela 4: Pregled virov, načina napajanja in delitve porabnikov za posamezne velikosti RTP

VIR	NAPAJANJE GLEDE NA OBRATOVALNO STANJE	VRSTA LR	PORABNIKI
GLAVNI VIR		SPLOŠNA LR	Klimatske naprave, električno gretje prostorov, splošne električne inštalacije prostorov stikališča, gretje omaric pogonov stikalnih aparatov.
POMOŽNI VIR		NUJNA LR	Oljne črpalke, pogoni ventilatorjev, pogoni regulacijskih stikal, zasilna razsvetljava, usmerniki, signalizacija, pogoni stikalnih aparatov na izmenično napetost, alarmne naprave.
REZERVNI VIR (DIZEL)		BREZPREKINITVENA LR	Vsi računalniki, telekomunikacijske naprave.
ENOSMERNI VIR (AKU BATERIJE)		ENOSMERNA LR	Zaščitne naprave, merilni pretvorniki, pogoni stikalnih aparatov na enosmerno napetost, signalizacija, polnjenje akumulatorske baterije agregata (DEA), vodenje.

7.1 Pregled variant lastne rabe

Posamezni objekti (stikališča) imajo z vidika obratovanja elektroenergetskega prenosnega sistema različno vlogo in pomen. Poleg tega imajo v različnih obratovalnih stanjih omrežja in ob različnih, tudi izrednih dogodkih (npr. ob razpadu sistema) nalogo zagotavljati varno in zanesljivo delovanje ključnih naprav in s tem delov oz. celote EES. Temu primerno morajo biti zasnovani tudi vsi podsistemi, vključno z napravami lastne rabe, ki morajo v vseh, tudi v izjemnih primerih zagotavljati osnovno funkcioniranje vsaj najnujnejših naprav, potrebnih za varno delovanje (vodenje) objekta. Glavni problem naprav lastne rabe je zato predvsem zanesljivo napajanje naprav nujne lastne rabe. Napajanje naj bi bilo zaradi tega izvedeno iz večjega števila medsebojno neodvisnih virov. Ker so ti viri običajno priključeni v sicer različnih točkah istega omrežja, je njihova neodvisnost večkrat vprašljiva. Zaradi tega je pri načrtovanju naprav lastne rabe poleg pomembnosti samega objekta treba upoštevati tudi druge vidike, predvsem razpoložljivost in zanesljivost drugih od objekta neodvisnih virov napajanja.

Zato predlog zasnove naprav lastne rabe v nadaljevanju temelji na treh tipih objektov z različnimi zahtevami. V vseh primerih so predvideni centralizirani načini napajanja. Predlog zasnove naprav lastne rabe je izdelan izključno za objekte, ki zagotavljajo nemoteno delovanje prenosnega omrežja. Vseh drugih pridruženih objektov, kot so upravni, servisno remontni, skladiščni in drugi prostori, ne štejemo kot del skupne lastne rabe, kljub temu da se nahajajo na isti lokaciji. V takih primerih naj se napajanje poslovnih porabnikov izvede s povsem ločenimi sistemi napajanja, pa čeprav so zaradi zahtev porabnikov izvedeni enako kot napajalni sistemi namenjeni tehnološki rabi. Ločitev sistemov je smiselna že na SN nivoju, ker je le tako mogoče ohraniti dovolj visoko stopnjo zanesljivosti napajanja tehnoloških naprav stikališča.

Zaradi tega je treba ločeno napajati tudi centre vodenja, saj so zahteve tehnoloških porabnikov takih centrov bistveno drugačne kot v primeru stikališč. Povezave različnih sistemov, posebno v primeru elektroenergetskih objektov, dopuščajo prenose različnih motenj in prenapetosti med sistemi. Centri vodenja morajo imeti naprave izvedene po zahtevah standardov s tega področja, ki so drugačni od prakse na elektroenergetskih objektih.

Velikost RTP je opredeljena po naslednjih kriterijih:

- mala RTP ima manj kot 8 stikalnih polj,
- srednja RTP ima od 9 do 17 stikalnih polj,
- velike RTP so tiste, ki imajo več kot 17 stikalnih polj.

7.1.1 Varianta LR za majhne RTP

V skupino manj pomembnih objektov so uvrščene predvsem manjše razdelilne transformatorske postaje napetostnega nivoja 110/SN kV. Značilnost teh postaj v slovenskem elektroenergetskem sistemu je, da so v večini primerov organizacijsko razdeljene med elektrogospodarskimi podjetji (distribucijo, ELES in proizvodnjo), kar v posameznih primerih lahko pomeni določene organizacijske težave pri skupnem vodenju objekta.

Ne glede na navedeno pa je v primeru obravnavanih vprašanj tudi take objekte v tehničnem smislu mogoče obravnavati edino kot celoto, medsebojna razmerja pa predhodno ustrezno pogodbeno urediti.

Z vidika napajanja lastne rabe so objekti tega tipa razmeroma lahko obvladljivi. V sistemu prenosnega omrežja nimajo najvišje prioritete in so zato manj zahtevni. Prednost pa pomeni predvsem 20 kV elektrodistribucijsko stikališče v objektu, ki je običajno napajano iz dveh paralelno obratujočih transformatorjev 110/20 kV, moči 20, 31,5 ali 40 MVA. Tako stikališče predstavlja razmeroma zelo zanesljiv vir napajanja, saj je nanj neposredno priključen transformator lastne rabe. Druga možnost napajanja naprav lastne rabe pa je lahko zasnovana na način, da imamo kot glavni vir napajanja naprav lastne rabe napetostne napajalne transformatorje NNT $3 \times [110/0,4 \text{ kV}, 25 \text{ kVA}]$, katere zasnovo kaže slika 6 (glej tudi sliko 7).





Slika 7: Napetostni napajalni transformatorji (NNT)

Predlagana konfiguracija objekta nižje prioritete je naslednja:

- en zanesljiv splošni vir brez stalnega rezervnega vira,
- variantni glavni vir z napetostnimi napajalnimi transformatorji (NNT),
- glavna razdelilna plošča 0,4 kV, verificirane modularne izvedbe po standardu SIST EN 61439-1 in 2, stopnje pregrajenosti vsaj 2b, izvlečljivi odklopniki na dovodih, zagotovljeno opremljeno mesto za priklop prevoznega DEA na ploščo,
- ena baterija z modularnim usmernikom (n+1),
- glavna razdelilna plošča enosmerne napetosti,
- po sistemih s kovinskimi pregradami ločeni podrazdelilniki,
- po potrebi modularni razsmernik z napajanjem iz sistema enosmerne napetosti z ročnim obhodnim stikalom in glavno razdelilno ploščo razsmerjene napetosti.

7.1.2 *Varianta LR za srednje velike RTP*

V primeru srednje velikih elektroenergetskih objektov so zahteve po zanesljivem napajanju lastne rabe praviloma višje, hkrati pa jih je velikokrat težje dosegati kot v primeru variante majhnih RTP.

Z razvojem elektroenergetskega sistema se v takih tipih stikališč opuščajo SN nivoji, predvsem 35 kV, ki so pomenili dokaj zanesljiv vir napajanja lastne rabe v objektu. Dodaten problem predstavljajo razpoložljivi SN (običajno distribucijski) viri napajanja, ki so lahko predvsem zaradi oddaljenosti in s tem razvejanosti pa tudi z upoštevanjem stanja SN omrežja, na katerega so transformatorji lastne rabe priključeni, manj zanesljivi. Pri izbiri napajanja v takih primerih zato enoznačne rešitve niso vedno

mogoče, saj je od razpoložljivosti in stopnje zanesljivosti virov odvisna zanesljivost napajanja v celoti.

Predlagana konfiguracija za RTP srednje velikosti:

- dva neodvisna vira (glavni in pomožni) ter rezervni vir (DEA), sinhronizacije z omrežjem nimamo;
- glavna razdelilna plošča 0,4 kV verificirane modularne izvedbe po standardu SIST EN 61439-1 in 2, stopnje pregrajenosti vsaj 2b, izvlečljivi odklopniki na dovodih in spojnem polju; v primeru, da ni stabilnega DEA – zagotovljeno opremljeno mesto za začasni priklop mobilnega DEA na ustrezne zbiralke,
- dva sistema: AKU baterija z modularnim usmernikom (n+1),
- glavna razdelilna plošča enosmerne napetosti, verificirane izvedbe po standardu SIST EN 61439-1 in 2, kovinsko pregrajena v dva dela, s spojnimi stikalom,
- po sistemih s kovinskimi pregradami ločeni podrazdelilniki,
- po potrebi modularni razsmernik z napajanjem iz ene, druge ali obeh AKU baterij (preko diod pri razsmerniku) in z glavno razdelilno ploščo razsmerjene napetosti.

Običajno je v srednje velikih objektih prisotna tudi distribucija s svojimi energetskimi transformatorji. Distribucija ima izvedeno lastno rabo iz SN sistema, kar običajno kot vir napajanja naprav lastne rabe uporablja tudi ELES. Takšna zasnova je zaradi obratovalnih razmer na SN strani distribucije lahko nezanesljiva, ob delovanju podnapetostne zaščite na energetskih transformatorjih pa je pri takšni zasnovi moteno napajanje celotne lastne rabe v objektu.

7.1.3 Varianta LR za velike RTP

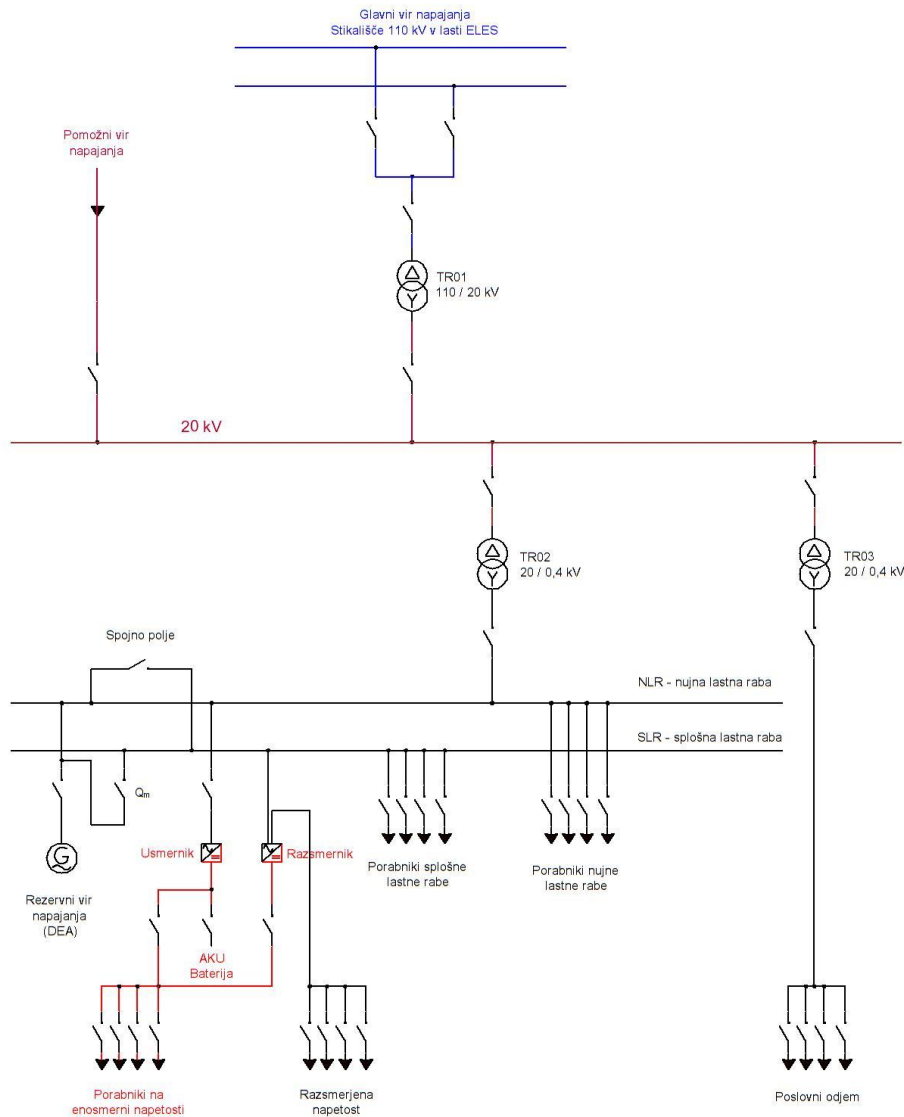
Veliki in za elektroenergetski sistem zelo pomembni objekti imajo tudi najvišje zahteve glede napajanja lastne rabe.

V preteklosti je bilo v večjih RTP urejeno napajanje LR predvsem iz terciarnih navitij energetskih transformatorjev, kar se zaradi tveganja okvar opušča.

Na objektih se vgrajuje transformacija 110/20 kV moči 4 MVA (slika 8). Predlagana je naslednja konfiguracija:

- dva neodvisna glavna vira z rezervnim virom – dizel električnim agregatom, preklope med glavnimi viri izvaja tipska preklopna avtomatika, preklope nujne lastne rabe izvaja avtomatika dizel električnega agregata (DEA); sinhronizacija z omrežjem je zaradi ohranjanja ustreznega stanja DEA smiselna, preizkušanje je lahko avtomatizirano,

- glavna razdelilna plošča 0,4 kV verificirane modularne izvedbe po standardu SIST EN 61439-1 in 2, stopnje pregrajenosti vsaj 2b, izvlečljivi odklopniki na dovodih in spojnem polju; na pomembnejših odvodih odklopniki izvlečljive izvedbe zaradi hitrejšje menjave ob okvari, za najpomembnejše porabnike vtične izvedbe stikalnih elementov,
- dva sistema: baterija z modularnim usmernikom (n+1),
- glavna razdelilna plošča enosmerne napetosti, verificirane izvedbe po standardu SIST EN 61439-1 in 2, kovinsko pregrajena v dva dela, s spojnim stikalom,
- po pomembnejših sistemih s kovinskimi pregradami ločeni podrazdelilniki, verificirane izvedbe po standardu SIST EN 61439-1 in 2 (relejne hišice, hlajenje transformatorjev in podobno),
- po potrebi dva ločena modularna razsmernika (n+1), napajana vsak iz svoje AKU baterije ali obeh, skupna glavna razdelilna plošča.



Slika 8: Zasnova LR za velike RTP

Pomembno je, da je LR v velikih RTP strukturirana tako, da obstaja možnost daljinske razbremenitve njenih bremen, kar naj bi omogočilo kratkotrajno sistemsko rezervo.

7.2 Smernice za obnovo naprav lastne rabe

Pri načrtovanju rekonstrukcije ali obnove lastne rabe je treba upoštevati vse prednosti, ki jih ponuja razvoj opreme. V zadnjih desetletjih so naprave postale tehnično kakovostnejše in cenovno bolj dostopne, kljub temu da so tehnološko zahtevnejše. Pri transformatorjih lastne rabe običajno povečanje moči ne prinaša prostorskih problemov, saj so novi transformatorji kljub večji moči manjši od starih. V praksi še vedno prevladujejo oljni transformatorji. Novi transformatorji LR so hermetično zaprti, lahko polnjeni z bio oljem (MIDEL), brez konzervatorja in zaradi tega zanesljivejši. Za večje kratkostične obremenitve in zahtevnejše porabnike je primernejša uporaba transformatorjev s folijskimi navitji.

Stari SN kabli se povsod nadomeščajo z novimi, z izolacijo iz omreženega polietilena, ki je precej manj občutljiva na mehanske in električne obremenitve. Izvedba kablov je odvisna od načina polaganja.

Klasične SN celice se povsod zamenjujejo s kovinsko oklopljenimi in brez F-plinov (t.i. zelene celice brez SF6 plina). Primerno je, da imajo pregrajen zbiralni del, kar omogoča obratovanje zbiralk tudi v primeru havarije v celici. V primeru zahteve po večji zanesljivosti se izberejo kovinsko pregrajene celice, redkeje (zaradi poenotenja opreme). Zaradi enostavnejšega vzdrževanja je primerna izvedba odklopnika skupaj z nekaterimi drugimi, največkrat vzdrževanimi elementi na izvlečljivem vozičku.

DEA se ob zahtevi po večji moči zamenja, pri tem velikost običajno ni problematična, lahko pa nastanejo problemi z velikostjo gradbenih odprtih za hlajenje. Agregati morajo imeti antivibracijski podstavek. Praviloma se vgradi rezervoar z dvojno steno. Novo vgrajeni DEA morajo omogočati vključitev v sistemsko rezervo, kar pomeni da mora biti primerno dimenzioniran tudi rezervoar (rezervoar mora imeti prostornino za obratovanje na polni moči za 20 ur) ter ustrezen merilnik stanja goriva v posodi. Regulacija DEA naj bo elektronska, ker omogoča precej večjo natančnost in hiter odziv ter morajo imeti svojo avtomatiko z možnostjo ročnega in/ali sinhroniziranega vklopa ter sinhronizacije DEA na električno omrežje zaradi vzdrževanja oz. preizkušanja na polno obremenitev. Priporoča se, da stikali QM in QG locirata v prostoru LR in ne v prostoru DEA.

Razdelilniki naj omogočajo enostavno modularno razporeditev opreme v razpoložljivi prostor omar na standardizirane nosilne okvirje in predpripravljene elemente. Taka izvedba omar omogoča enostavnejšo montažo in lažje vzdrževanje, enostavnejše

razširitve, dogradnjo ali spremembo odvodov. Stikalni elementi v standardiziranih razdelilnikih so lahko fiksne, izvlečljive ali vtične izvedbe. Izvlečljivi elementi poleg enostavne zamenjave omogočajo tudi preizkus krmilnega dela brez primarne napetosti. Medtem ko izvlečljivi elementi poleg enostavne zamenjave omogočajo tudi preizkus krmilnega dela brez primarne napetosti, vtična izvedba elementov pa zagotavlja enostavno zamenjavo. Vtična podnožja s priključki na primarno napetost ostajajo v omari, iztakne in zamenja se le stikalni element s svojo pomožno opremo. Pomembnejši odklopniki na dovodih in v ločitvi zbiralk za nujno in splošno LR, ki imajo običajno motorni pogon, so zaradi preizkušanja in hitre zamenjave izvlečljivi.

Verificirani in tipsko preizkušeni modularni razdelilniki so kot celota (z vso zbiralčno, stikalno, povezovalno in drugo opremo) verificirani po standardu. Ta natančno definira tako verificiranje postopkov načrtovanja, izvedbe tokovnih, mehanskih in termičnih obremenitev, oklope, stopnje zaščite, stopnjo elektromagnetne kompatibilnosti, razmake itd. in tudi izvedbo ločitve med posameznimi deli razdelilnika po stopnjah od 1 do 4 z ustreznimi kovinskimi ali drugačnimi pregradami.

Stopnja pregrajenosti 1 obsega razdelilnike brez kakršnihkoli ločitev (to je stopnja večine obstoječih razdelilnikov), stopnja 4 pa ločitev zbiralk od funkcionalnih enot, funkcionalnih enot med seboj ter zunanjih priključkov med seboj. Ločitev funkcionalnih enot in priključkov ob pravilni izbiri tipa elementov omogoča njihovo precej neodvisno vzdrževanje, hkrati pa onemogoča širitev havarije iz ene funkcionalne enote na drugo. Zaradi standardizirane modularne izvedbe doseganje najvišje stopnje ločitve ni problematično, vpliva običajno le na velikost omar.

Ob ustrezni izvedbi razdelilnikov in premišljeno izbrano izvedbo stikalnih elementov odpade potreba po podvajanju zbiralk. Glavni razdelilnik ima lahko tudi v primeru najzahtevnejših objektov enojne zbiralke z vzdolžno ločitvijo na splošni in nujni del.

Običajno se pri zahtevnejših objektih z več glavnimi viri omogoči dodatna vzdolžna ločitev zbiralk splošne LR na dva dela, kar omogoča ločeno vzdrževanje posameznih virov.

Razdelilne sheme z vzdolžno ločitvijo so preglednejše in običajno pogostejše uporabljane tudi drugod po svetu.

Za enosmerno napajanje (viri) se še vedno uporabljajo nekateri usmerniki tiristorske izvedbe, vendar z bistveno nižjimi zagonskimi in komutacijskimi tokovi ter manjšimi izgubami. Stare naprave se zamenjujejo z novimi modularnimi usmerniki tudi za napetost 220 V DC. Prednost modularnih naprav je, da so sestavljene iz večjega števila enakih modulov, vezanih vzporedno. Vsak modul deluje avtonomno. Če izpade en od modulov lahko ostali nemoteno delujejo s skupno znižano močjo. Moduli so med seboj zamenljivi. Zahteva se vgradnja rezerve s konfiguracijo $n+1$.

Ob zahtevah po večji zanesljivosti se ni treba odreči redundanci usmernikov, saj skupaj z baterijo tvorijo posamezen sklop enosmernega vira.

Konfiguracija $n+2$ pri modularnih napravah, tako usmernikih kot razsmernikih, je le redkokdaj smiselna, čeprav ob okvari enega modula taka naprava še vedno zagotavlja rezervo $n+1$. Zanesljivost tovrstnih modularnih naprav je velika, zamenjava morebitnega okvarjenega modula pa je ob dobri organizaciji servisne službe lastnika ali dobavitelja relativno hitra.

Smiselno je predvideti možnost širitve modularne naprave zaradi povečanja bremena predvsem pri usmernikih z dodatnim neopremljenim mestom za enostavno vstavljanje dodatnega modula.

AKU baterije zaradi obstoječih baterijskih prostorov običajno ostajajo klasične. Ob rednem vzdrževanju so se izkazale kot zelo zanesljiv element, ki med drugim omogoča tudi boljši pregled in enostavnejše vzdrževanje. V primeru prostorskih omejitev ter pri novogradnjah so alternativa litij-ionske baterije v LTO izvedbi, ki ne potrebujejo posebnega prezračevanja, ogrevanja ter lovilne posode.

Pri obnovah AKU baterij je običajna zamenjava oziroma predelava deljenih AKU baterij v nedeljene. Zamenjava deljenih AKU baterij poenostavi izvedbo usmernika, s tem se zmanjša število elementov (kontaktor, preklopi ob ročnem polnjenju idr.). Zanesljivost sistema se zaradi tega poveča.

Novejši enosmerni porabniki prenesejo večje nihanje napetosti (celo v mejah $+15\%$, -35%). Na nihanja napetosti reagirajo običajno le starejši porabniki.

V novih razdelilnikih enosmerne napetosti je običajna uporaba ustreznih zaščitnih avtomatov, ki nadomeščajo varovalke. Pri tem je treba zagotoviti pravilno selektivnost in detekcijo zemeljskega stika.

Preklopna polja zaradi vnašanja dodatnih zaporednih elementov v napajalno verigo in zmanjševanjem neodvisnosti sklopov niso potrebna. Uspešno jih nadomešča spojno polje oziroma stikalo med dvema segmentoma sicer deljene in pregrajene omare glavne razdelilne plošče enosmerne napetosti, ki so lahko izvedene s preklopkami. Sisteme razsmerjene napetosti sestavljajo novi razsmerniki modularne izvedbe z vgrajenim avtomatskim obhodnim stikalom. Za modularne elemente velja podobno kot za usmernike. Primerna je rezerva v moduli $n+1$, prav tako je smiselno ohraniti ročno obhodno stikalo, ki omogoča napajanje porabnikov razsmerjene napetosti neposredno iz nujne lastne rabe.

8 Splošne značilnosti virov lastne rabe

Električno energijo za napajanje porabnikov lastne rabe zagotavljajo naslednji viri: glavni izmenični vir napajanja lastne rabe, pomožni vir napajanja, rezervni vir napajanja, enosmerni vir in vir razsmerjene napetosti.

8.1 Glavni izmenični vir napajanja

Kot glavni izmenični vir napajanja lastne rabe se uporablja po prioriteti:

- TR LR 110/20 kV, ki je napajan iz 110 kV dela sistema,
- 110 kV del sistema z uporabo napetostnega napajalnega transformatorja (NNT),
- distribucijsko SN omrežje,
- distribucijsko 0,4 kV omrežje.

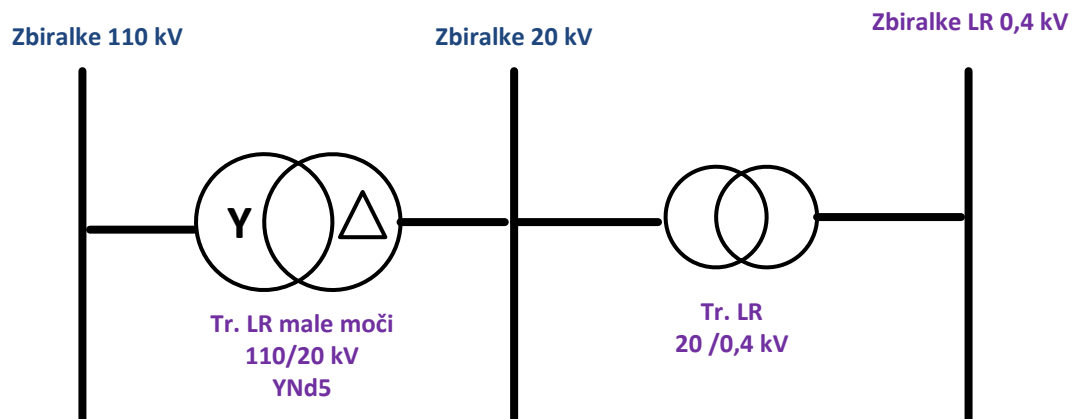
Zanesljivost napajanja porabnikov lastne rabe v elektroenergetskih objektih je odvisna predvsem od zanesljivosti napajalnih virov, ki so v danem primeru na voljo. Glede na lokacijo posameznega objekta je možno zagotoviti bolj ali manj zanesljive vire napajanja, ki so lahko lastni ali pa zunanji.

Načeloma je napajanje zagotovljeno iz vsaj dveh neodvisnih virov z avtomatskim preklpom napajanja med njimi. Redundanca napajalnih virov (na primer transformatorjev lastne rabe SN/NN ali SN stikalnih celic) je praviloma izvedena iz medsebojno neodvisnih virov. Za napajanje glavnih (lastnih) izmeničnih virov se največkrat uporabljajo SN sistemi 10 kV, 20 kV ali 35 kV, ki so v danih objektih na razpolago, v večjih/pomembnejših EE objektih pa iz transformatorja LR 110/20 kV 4 MVA. Za manjše objekte pa lahko tudi iz NNT – napetostnih napajalnih transformatorjev $3 \times 110/0,4$ kV 25 kVA. Kot zunanji (tuji) glavni vir napajanja je največkrat uporabljeno lokalno distribucijsko SN ali celo NN omrežje. Zanesljivost zunanjih virov napajanja je v večini primerov bistveno manjša, saj je odvisna od izvedbe, razvejanosti in stanja omrežja ter od dogajanja v omrežju nasploh.

8.1.1 *Napajanje LR s TR LR 110/20 kV neposredno iz 110 kV omrežja*

Napajanje lastne rabe neposredno iz 110 kV omrežja s pomočjo transformatorjev male moči (4 MVA) je pravzaprav posledica zahteve po zanesljivem napajanju lastne rabe in (slabih) izkušenj pri uporabi terciarnih navitij energetskih transformatorjev. Ta način napajana LR temelji na samostojnem transformatorju male moči (4 MVA), ki se v tem primeru napaja neposredno iz 110 kV zbiralk. Rešitev je glede zanesljivosti obratovanja enakovredna načinu napajanja s pomočjo terciarnih navitij velikih transformatorjev, le da je v tem primeru izključena njegova bistvena slabost, to pa je kratkostična ogroženost terciarja velikih transformatorjev. Seveda pa je izvedba takega načina napajanja lastne rabe bistveno dražja. Transformacija se izvede na napetostnem nivoju 110/20 kV, na kar se izvede še transformacija 20/0,4 kV.

Energetska infrastruktura v lasti ELES



Slika 9: Izmenično napajanje s TR 20/0,4 kV neposredno iz 110 kV omrežja

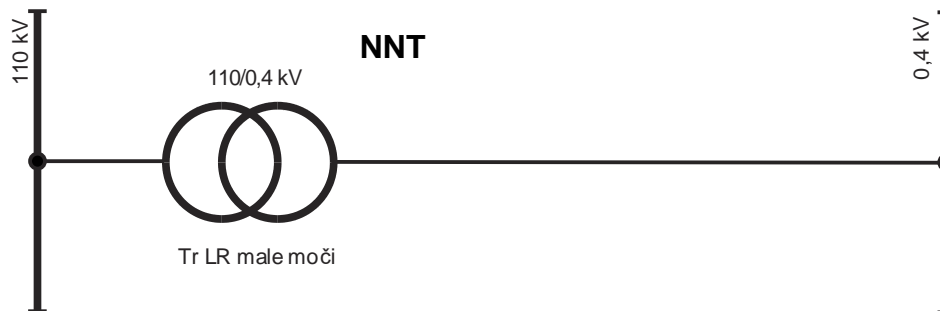
Prednost takšne izvedbe LR je zelo visoka obratovalna zanesljivost napajanja LR, saj se transformator LR v tem primeru napaja neposredno iz zbiralk 110 kV. S tipizacijo opreme in transformatorja je ob uporabi takega principa v primeru okvare možno imeti na zalogi rezervni transformator. Slabost takšne izvedbe je razmeroma velika cena, saj je v stikališču treba imeti celotno opremo, kot za 110 kV transformatorsko polje. Slika 10 kaže TR LR 110/20 kV, moči 4 MVA.



Slika 10: TR LR 110/20 kV, moči 4 MVA

8.1.2 Napajanje LR neposredno iz 110 kV zbiralk z NNT -110/0,4 kV

Za manjše energetske objekte obstaja tudi rešitev glavnega vira izmenične lastne rabe z napetostnim napajalnim transformatorjem (slika 11). Vir je izveden s tremi ločenimi transformatorji, ki so priključeni na omrežje 110 kV preko VN ločilnika/odklopnika na 110 kV strani. Transformacija se izvede direktno 110/0,4 kV. Moči napajalnih navitij teh transformatorjev (NNT) so lahko od 10 kVA do 180 kVA. V družbi ELES ocenjujemo, da bi bila tipizirana moč 25 kVA po fazi najprimernejša, glede na obseg RTP, v katerih se tovrstne naprave vgrajujejo.



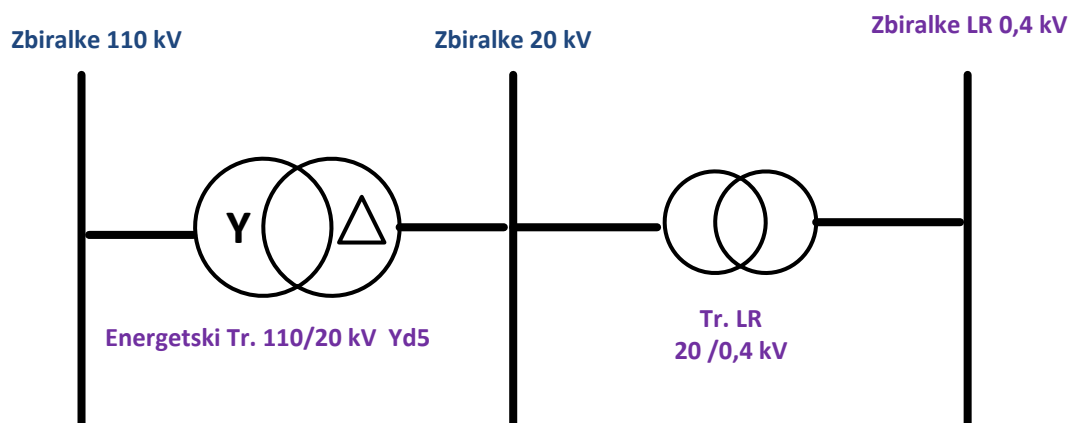
Slika 11: Izmenično napajanje LR neposredno iz 110 kV zbiralk z NNT 110/0,4 kV

Prednost takšne izvedbe je razmeroma nizka cena, enostavna izvedba v stikališču 110 kV in možnost dvojne redundance za enofazne porabnike. Slabost takšne izvedbe je le-ta, da primarno transformator ni ščiteno z relejno zaščito, temveč zanj veljajo enaki kriteriji kot za merilne napetostne transformatorje.

8.1.3 Napajanje LR iz elektrodistribucijskega SN omrežja

V objektu je v tem primeru vgrajen lasten transformator LR (običajno 20/0,4 kV), ki je priključen na razpoložljivo distribucijsko SN omrežje (slika 12). Transformator LR napaja NN razvod LR v objektu. Zanesljivost takega načina napajanja je v prvi vrsti odvisna od zanesljivosti SN omrežja. Če je na razpolago obratovalno zanesljivo SN omrežje, je lahko tak način napajanja lastne rabe tehnično in ekonomsko povsem sprejemljiv.

Energetska infrastruktura v lasti distribucije



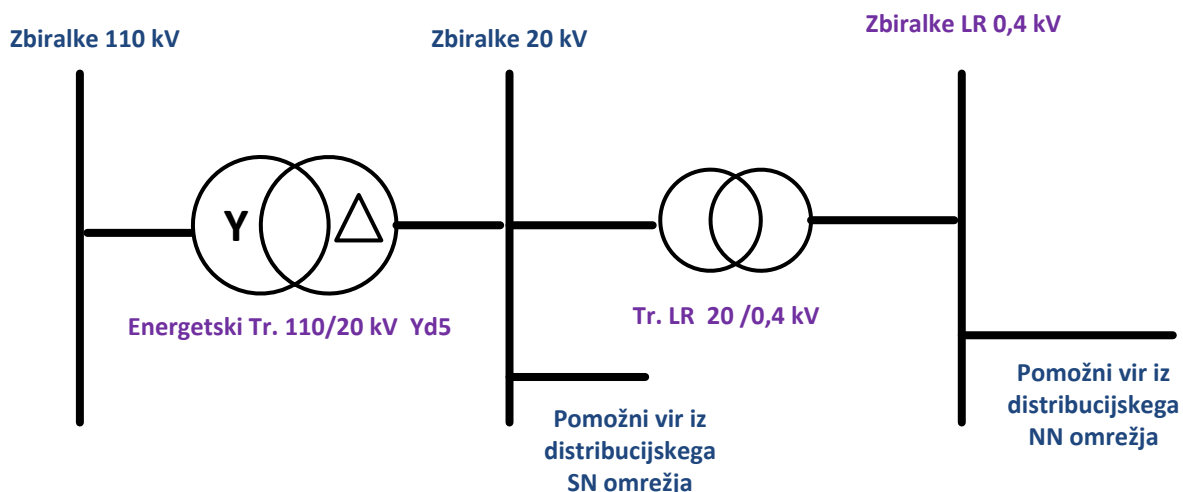
Slika 12: Izmenično napajanje LR iz SN omrežja

Prednost takega načina napajanja LR je predvsem poceni izvedba, za katero je treba relativno malo prostora. Slabost je zanesljivost napajanja naprav LR, saj je v tem primeru odvisna predvsem od zanesljivosti SN omrežja. Napajanje LR iz SN elektrodistribucijskega omrežja je zaradi same izvedbe (kablovodi) in razvejanosti omrežja ter dogajanja v sosednjih razdelilnih točkah izpostavljeno večji stopnji tveganja.

8.1.4 Napajanje LR iz elektrodistribucijskega NN omrežja

V tem primeru se napajanje LR zagotavlja neposredno iz razpoložljivega NN omrežja (slika 13).

Energetska infrastruktura v mešani lasti



Slika 13: Izmenično napajanje LR iz SN ali NN omrežja

Obratovalna zanesljivost takega načina napajanja je načeloma manjša. Odvisna je tako od dogodkov v NN kakor tudi v SN omrežju. Prednost te variante je le nizka cena izvedbe priključka, saj je strošek investicije na strani distribucije. Slabost pa je visoka

stopnja tveganja za motnje pri napajanju porabnikov izmeničnega napajanja LR 0,4 kV.

8.2 Pomožni vir napajanja

Napajanje je praviloma podvojeno, v pomembnejših objektih se napajanje naprav lastne rabe zagotavlja iz dveh ali celo več pogojno neodvisnih virov. Zasnove oziroma principi napajanja LR preko pomožnih virov napajanja so praktično enaki kot v primeru glavnih virov napajanja, ki so opisani v prejšnjem podpoglavju. Izbor posameznega izmeničnega vira napajanja je odvisen od opredelitve njegove funkcionalnosti (glavni ali pomožni vir), od razmer oz. možnosti v posameznem objektu ter njegove razpoložljivosti. V praksi je kot pomožni vir napajanja najpogosteje uporabljeno napajanje iz SN distribucijskega omrežja, z uporabo lastnega transformatorja LR ali celo neposredno napajanje iz razpoložljivega distribucijskega NN (0,4 kV) omrežja.

8.3 Rezervni vir napajanja

Rezervni izmenični viri napajanja morajo zagotoviti (rezervno) električno energijo, če izpade glavni oziroma pomožni vir napajanja (slika 17). Predvsem so namenjeni napajanju nujne lastne rabe. Kot rezervni vir napajanja je praviloma uporabljen dizel električni agregat (DEA). Dizel električni agregati ob izpadu glavnih oz. pomožnih virov napajanja preko posebnih preklonih sistemov samodejno prevzamejo napajanje porabnikov (vsaj nujne) lastne rabe (NLR). Poleg tega morajo biti novo vgrajeni DEA sposobni sinhronizacije z omrežjem, kar omogoča brezprekinitvene preklope med glavnimi viri napajanja in DEA ter kakor tudi vzporedno obratovanje z omrežjem ter pripravljeni na vključitev v sistemsko rezervo. Projektant mora pri dimenzioniranju DEA priložiti izračun dejanske porabe nujne LR ter z upoštevanim rezervnim faktorjem optimizirani moč DEA.

Načeloma naj bi DEA kot rezervni vir zagotavljal napajanje v času, potrebnem za odpravo izpada glavnega in pomožnega napajanja. Običajno naj bi rezervni vir omogočal vsaj 20-urno avtonomijo nujnih porabnikov. DEA so dimenzionirani glede na projektne zahteve oziroma na potrebno moč, ki jo morajo zagotoviti v primeru izpada glavnih oz. pomožnih virov napajanja. Enako velja tudi za vso pripadajočo opremo, kamor sodi predvsem sistem za oskrbo z gorivom, ki mora zagotavljati zahtevano avtonomijo DEA. DEA je skupaj z vso pripadajočo opremo nameščen v posebnem prostoru z ustreznim prezračevalnim in izpušnim sistemom. Krmiljenje sodobnih DEA je praviloma samodejno. DEA ima vgrajeno lastno avtomatiko, ki omogoča njegov zagon in obratovanje, po potrebi pa tudi za krmiljenje odklopnika do razvoda nujne lastne rabe in odklopnika proti razvodu splošne lastne rabe.

8.4 Enosmerni vir (usmerniki, AKU baterije)

Vir napajanja enosmerne LR v RTP je usmernik s preklopnim poljem in AKU baterijo. Načeloma je osnovni enosmerni vir usmernik, ki napaja enosmerne porabnike in hkrati polni AKU baterijo. V primeru izpada usmernika pa porabnike na razsmerjeni napetosti prevzame AKU baterija. Baterija mora biti dimenzionirana za avtonomijo najmanj 3 ure, odvisna pa je tudi od tehnologije baterije ter s tem dovoljenim polnilnim/praznilnim tokom. Po ponovnem vklopu usmernikov le-ti normalno prevzamejo porabnike brezprekinitvenega napajanja enosmernih porabnikov.

8.5 Vir razsmerjene napetosti

Razsmerjena napetost v elektroenergetskih objektih napaja porabnike, katerih funkcionalnost ne dopušča prenehanje delovanja. Zato niso dovoljene prekinitve napajalne napetosti pri njihovem napajanju. Poleg tega je sistem brezprekinitvenega napajanja urejen tako, da v primeru izpada vira razsmerjene napetosti hitro elektronsko stikalo preklopi sistem na omrežje. Ravno zato tega mora biti razsmerniški sistem zasnovan tako, da vedno sinhronizira vir razsmerjene napetosti proti fazni napetosti razvoda lastne rabe. Razsmernik kot vir izmenične napetosti mora biti zaradi zagotavljanja napajalnega kriterija n-1 praviloma zasnovan modularno. Starejši razsmerniki so bili izvedeni v tiristorski izvedbi, novejši pa so izvedeni z MOS-FET ali IGBT tranzistorsko tehniko, kar je bolj zanesljivo in zagotavlja pravilnejšo obliko sinusne napetosti. Primarni vir razsmerjene napetosti pa sta seveda usmernik in AKU baterija, iz katere črpa energijo razsmernik. Za normalno obratovanje razsmernika morajo biti vhodne enosmerne napetosti v mejah med 180 V DC in 275 V DC. Razsmernik se naj samodejno sinhronizira na omrežje izmenične napetosti 230 V pri frekvencah od 47,5 Hz do 52,2 Hz. Razsmerniški moduli delijo obremenitev med seboj, tako da so vsi enakomerno obremenjeni. V primeru okvare ali izpada enega ali več razsmerniških modulov ostali moduli prevzamejo obremenitev. Razsmerniški moduli naj bodo dimenzionirani tako, da prenesejo 100 % preobremenitev v času 5 sekund. Po tem času naj by pass stikalo porabnike preklopi brezprekinitveno na omrežje, če pa omrežja ni, se izhodni tok razsmernika omejuje glede na temperaturo elementov v modulu. Po preklopu na omrežje naj hitro tokovno stikalo ponovno preklopi breme na izhod razsmernika, ko pade obremenitev razsmernika na 90 %.

Novejše naprave imajo vgrajene že svoje DC/AC ali DC/DC konvertorje tako, pričakujemo postopno opuščanje takšnega načina napajanja za določene naprave. Je pa smiselno imeti tak sistem zaradi napajanja računalnikov, ker tako zmanjšamo vpliv prenapetosti v delu LR, ki je napajan z razsmerjeno napetostjo.

9 Splošne zahteve

9.1 Pogoji vgradnje in obratovanja

Za vgradnjo in obratovanje je potrebno upoštevati naslednje pogoje:

- oprema bo vgrajena na nadmorski višini do 1000 m,
- za notranje prostore: od -5 °C do +50 °C, relativna vlažnost do 85 %,
- za zunanje prostore: od -25 °C do +40 °C, relativna vlažnost do 95 %.
- Oprema mora biti izdelana po predpisih za potresno varno gradnjo EUROCODE 8 za potresno varnost (stopnja seizmičnosti VIII. $a_g = 0,25g$, kategorija objektov $\gamma = 1,4$, kategorija tal srednja, $T_b = 0,15s$, nagib 25%) skladno s standardom SIST EN 60255-21-3 (Seizmični razred I).
- dovoljena jakost hrupa:
 - o v zaprtih komandnih in podobnih tehnoloških prostorih: 55 dB(A),
 - o v odprtih prostorih ali strojnicah na razdalji 1 m: 85 dB(A),
 - o za prostor DEA 110 dB(A).

9.2 Elektromagnetna združljivost (EMC) in odpornost na elektromagnetna sevanja (EMS)

Oprema mora izpolnjevati zahteve za elektromagnetno združljivost (EMC) za tovrstne elektroenergetske objekte.

Kontrola doseganja ustrezne stopnje elektromagnetne združljivosti in odpornosti na elektromagnetna sevanja je obvezna med procesom proizvodnje in montaže v prostorih izvajalca ter po montaži na objektu!

Postopki in rezultati morajo biti dokumentirani.

Potrebno je zagotoviti, da imajo naprave ustrezno zaščito, ki preprečuje širjenje motenj iz naprav in jih ščiti pred zunanjimi vplivi. Vse vgrajene naprave morajo imeti ustrezne certifikate, ki dokazujejo zakonsko predvideno skladnost s standardi.

V skladu s standardi in pravilniki morajo naprave biti zgrajene tako, da ne povzročajo prekomernih elektromagnetnih motenj in da so v največji meri odporne proti takim motnjam.

V splošnem je potrebo upoštevati naslednje ukrepe za zmanjšanje elektromagnetnih vplivov:

- uporaba naprav, ki so v čim večji meri odporne proti EM vplivom (filtri, galvansko ločevanje, oklopljene omarice, optične povezave),

- uporaba oklopljenih kablov (razen za energetske tokokroge znotraj zgradbe GIS stikališča 110 kV, kjer se uporabljajo finožični kabli FG16R16) in njihovo pravilno ozemljevanje,
- uporaba ustreznih EMC uvodnic za ozemljevanje oklopov kablov (npr. iz družine Weidmuller VG M__-MS 1/EMV ali podobnih).

Za nadaljnje povečanje elektromagnetne kompatibilnosti je potrebno upoštevati podrobnejša priporočila, ki jih navajamo v nadaljevanju:

- notranja izvedba omar (lokacija naprav v omarah) mora biti takšna, da se v največji možni meri preprečijo medsebojni elektromagnetni vplivi, predvsem pa med različnimi elektronskimi in mikroprocesorskimi zaščitnimi napravami.
- kabli znotraj omar morajo biti speljani na način, da se prepreči vpliv zunanjih elektromagnetnih polj na naprave znotraj omar in vplivi med posameznimi kabli v omarah. Kabli različnih razredov morajo biti položeni ločeno na varnih razdaljah.

Konstrukcija omar mora zagotoviti, da ne bo prišlo do vpliva zunanjih elektromagnetnih polj na naprave v notranjosti omar (in obratno) - nekateri ukrepi so navedeni spodaj:

- prevodna tesnila,
- steklo s kovinskim premazom,
- vzmetne podloške na vijajnih spojih, korozijska zaščita mesta spoja brez opleska,
- uporaba ustreznih kabelskih objemk,
- uporaba ustreznega spojnega in pritrdilnega materiala,
- galvanska ločitev tokokrogov z optičnimi spojniki in/ali releji,
- galvanska ločitev potencialov: signalni in krmilni tokokrogi morajo biti galvansko ločeni na vstopih v krmilne in zaščitne naprave (npr. signalni tokokrog je na vhodu v neko napravo prekinjen z optičnim spojnikom),
- izenačitev potencialov: potencialna razlika med posameznimi kovinskimi deli električnih naprav mora biti čim manjša ali enaka nič.

Ozemljevanje:

- vsi neaktivni kovinski deli električnih naprav (npr. ohišja) morajo biti učinkovito povezani z ozemljitvijo stikališča,
- vse omare in podstavki omar morajo biti povezane z ozemljitvijo stikališča radialno (iz bližnjega priključnega mesta na ozemljilni sistem stikališča je potrebno radialno povezati vsako omaro posebej) in ne v zanki (od omare do omare),
- kovinska ohišja omar se posamično (radialno) povežejo z ozemljilnim sistemom stikališča z bakreno pletenico s presekom 70 mm²,

- v omarah, ki so opremljene z bakreno ozemljitveno zbiralko, se ohišje omare poveže na to bakreno zbiralko, ki je z bakreno pletenico s presekom 70 mm² prav tako povezana na ozemljilni sistem stikališča.

9.3 Identifikacijski napisi, izpisi in slepe sheme

Vsak pomembnejši del opreme mora biti na vidnem mestu opremljen s trajno obstojno napisno ploščico proizvajalca z osnovnimi podatki o proizvajalcu, serijsko številko, datumu proizvodnje in glavnim tehničnimi podatki. Ploščice na večjih kosih opreme morajo biti nameščene spredaj in zadaj.

Vsa oprema in naprave morajo na vidnem mestu nositi identifikacijsko ploščo. Napisi in ploščice ter pritrdilni elementi morajo biti vodoodporni, oljeodporni in odporni na druge vplive okolja (korozija), besedilo mora biti vgravirano.

Vsaka konstrukcijska enota (npr. omara) mora biti označena s ploščico, na kateri je identifikacijska oznaka po sistemu oznak iz projektne dokumentacije in s ploščico z nazivom/imenom naprave v slovenskem jeziku.

Vsi aparati in komponente znotraj omar morajo nositi ploščice ali oznake s pozicijskimi indikacijami, ki so enake kot v pripadajoči dokumentaciji.

Vse standardne komponente se praviloma lahko dobavijo s standardnimi napisnimi ploščami proizvajalcev.

Vse plošče z navodili za varno uporabo in opozorilne table različnih sistemov morajo biti oblikovane uniformno z vgraviranimi napisi v slovenskem jeziku in izdelane iz sintetične smole/plastike. Pritrjene naj bodo na dobro vidnem mestu na notranji strani čelnih vrat ali na drugem vidnem mestu, pač odvisno od zasnove omare.

Na vratih glavnih AC in DC razdelilnikov mora biti izrisana slepa shema dovodov in odvodov z njihovimi imeni (cilji). Izdelana mora biti iz kvalitetnih materialov primerne barve, merilni instrumenti in stikala pa smiselno razporejeni.

9.4 Konstrukcijske zahteve

Oprema mora biti konstruirana po najnovejših tehniških izsledkih z najmanj mehansko zaščito stopnje IP55 za opremo, ki je montirana na prostem in IP31 za opremo nameščeno v notranjosti ter stopnjo mehanske odpornosti IK07, razen če v posebnih tehničnih pogojih ni drugače zahtevano.

Oprema v napravah mora biti dimenzionirana in nameščena tako, da je preprečeno kakršnokoli pregrevanje elementov.

Vse naprave, povezave in kabelski dovodi morajo biti izdelani tako, da se prepreči izbruh požara, njegovo razširjanje ali kakršnokoli škodo povzročeno z ognjem.

Vsa oprema mora biti narejena tako, da živali ne morejo povzročati kratkih stikov. Na spodnji strani omar ali omaric se uporabi pločevinaste zaporne plošče s kabelskimi uvodnicami.

Oprema mora imeti predpisane priključke za ozemljitev.

Konstrukcija opreme mora biti prilagojena transportu po železnici ali cesti. Za vsako vrsto opreme je treba navesti težo najtežjega dela in izmere embalirane naprave.

Vsa težja oprema mora biti opremljena s kljukami za prenašanje pri transportu in montaži. Če nima kljuk, morajo biti ustrezno označena mesta prijemališča za dvig opreme s stroji.

Priključne sponke, releji in instrumenti morajo biti nameščeni na zaščitenem delu, ki je lahko dosegljiv tudi med obratovanjem, obenem pa onemogoča slučajni dotik. Oznake priključkov morajo biti jasne in na vidnem mestu.

Omogočen mora biti lahek dostop do sponk in servisiranja opreme in elementov. Elementi za ročno krmiljenje in nadzor morajo biti nameščeni na višini 100 do največ 180 cm od končne višine tal.

Vsa oprema mora biti prilagojena za priključek kablov s spodnje strani, priključne sponke morajo biti nameščene tako, da je omogočen lahek dostop in priključevanje. Konstrukcijska razporeditev spodnjih elementov mora izvajalcem del omogočati enostaven in kar se da lahek uvod in priključitev kabelskih vodnikov.

Vsaka omara mora imeti na delu, kjer bodo ozemljeni plašči kablov, ustrezno pripravljeno eno ali več ozemljitvenih zbiralk, ki bodo omogočile, glede na priporočila o omejevanju sekundarnih prenapetosti v električnih postrojih, pravilno izvedbo ozemljitve oklopov kablov.

Vse omare in druga oprema morajo biti opremljene s priključnimi sponkami. Opremljene morajo biti s trajnimi številčnimi oznakami. Oznake elementov/sponk morajo nositi tudi vse žične zveze.

Vsa stikalna in zaščitna oprema (odklopniki, stikala, avtomati, varovalke ...) mora biti proizvod renomiranih proizvajalcev npr. ETI Elektroelement, Schneider ali Eaton. Poleg kvalitete je zahtevana tudi zmožnost dobave vseh rezervnih delov najmanj v roku 10 let.

Elementi morajo biti v omaro nameščeni v logičnem vrstnem redu.

V vsakem primeru mora biti mogoč odklop napajanja omare s pomočjo ročno krmiljenih stikalnih elementov. Za lažje spremljanje delovanja in obratovalnih stanj opreme je lahko na vratih izvedena ustrezna signalizacija.

Naprave morajo biti modularne, sestavljene iz enot, ki so primerne za lahek transport, enostavno montažo ali zamenjavo. Sestavni deli morajo biti hitro zamenljivi brez posebnega orodja in brez posegov v konstrukcijo naprav.

Vsi stiki vodnikov morajo biti ustrezno obdelani (posrebreni ali pocinjeni).

Razdalje med vodniki ter med vodniki in ozemljenimi deli morajo ustrezati veljavnim tehničnim predpisom in standardom.

Oprema mora biti sposobna prenesti vse električne, mehanske in termične obremenitve, do katerih lahko pride med normalnim obratovanjem in ob eventualnih kratkih stikih.

Vse omare in omarice morajo biti ustrezno zaščitene proti koroziji in končno lakirane. Končna plast laka mora biti mehansko odporna. Lak mora biti take vrste, da je možno med transportom poškodovana mesta enostavno popraviti. Barva stikalne opreme je RAL 7035.

Za protipožarno tesnjenje kabelskih prehodov med prostori se uporablja sistem uvodnic Roxtec, ki so nameščene na vse kabelske prehode. V starejših objektih se protipožarno testnenje izvede npr s Hilti maso.

Posamične omare morajo biti opremljene z najmanj eno LED svetilko, ki se prižiga z mikrostikalom na vratih.

Vsaka naprava mora biti opremljena s tovarniškimi in tipskimi oznakami ter z napisnimi tablicami za označitev namena in uporabe v slovenskem jeziku.

Deli naprav, ki bodo stalno ali občasno na visokem potencialu, morajo biti zaščiteni pred nenamernim dotikom in po predpisih vidno označeni.

9.5 Nizkonapetostni elementi

Uporabljeni odklopniki morajo biti brez povratnega vžiga, z vzmetnim pogonskim mehanizmom. Daljinsko krmiljeni odklopniki naj imajo poleg električnega motorja za napenjanje vzmeti tudi možnost ročnega napenjanja in krmiljenja, vklopna in izklopna tuljava morata biti ločeni. Za sprožitev skrbita enosmerni elektromagnetni ali mehanski sprožnik. Opremljeni morajo biti z glavnimi in pomožnimi kontakti.

Vsi potencialno prosti signalni kontakti morajo biti dimenzionirani za napetost 220 V DC, ustrezne kategorije uporabe po SIST EN 60947-5 (DC-22).

Vsak odklopnik mora imeti najmanj 2 potencialno prosta delovna in 2 potencialno prosta mirna kontakta, glavni dovodni odklopniki pa morajo biti opremljeni še z dvema signalnima delovnima kontaktoma delovanja zaščite. Vsi signalni kontakti ne glede na potrebo morajo biti ožičeni na za to namenjeno spončno letev.

Kompaktni odklopniki morajo biti enopolni, dvopolni ali tripolni, ustrezno nadtokovno in kratkostično dimenzionirani, z zatesnjenim izklopnim mehanizmom. V skladu s posebnimi tehničnimi pogoji morajo biti opremljeni s pomožnimi signalnimi kontakti. Termični nadtokovni sprožnik mora biti nastavljen, ustrezati mora zahtevam pogona in biti temperaturno kompenziran do temperature 70 °C. Vsi signalni kontakti morajo biti dvostransko ožičeni na za to namenjeno letev.

Instalacijski odklopniki morajo biti enopolni, dvopolni ali tripolni, ustrezno nadtokovno in kratkostično dimenzionirani, z zatesnjenim izklopnim mehanizmom. V skladu s posebnimi tehničnimi pogoji morajo biti opremljeni s pomožnimi signalnimi kontakti. Termični nadtokovni sprožnik mora ustrezati zahtevam potrošnika in biti temperaturno kompenziran. Vsi signalni kontakti morajo biti dvostransko ožičeni na za to namenjeno letev.

Kontaktorji morajo biti zračne izvedbe z obločnim oklopom razreda AC 3 po IEC standardih. Vključeni morajo do odklopa ustreznega selektivnega pretokovnega zaščitnega elementa zdržati možen tok napake.

Varovalke morajo biti ustrezno selektivno izbrane, omejiti in prekiniti morajo kratkostični tok v določeni veji. Do 125 A morajo biti izvedene tako, da ne zahtevajo posebnega orodja za zamenjavo.

Stikala morajo omogočati ročno krmiljenje s sprednje strani. Imeti morajo krmilno ročico in samočistilne kontakte v močnem obločno vzdržnem ohišju, mehanizem za hiter vklop in izklop. Sposobni morajo biti preklopa nazivnih tokov. Po potrebi imajo prigrajene H.R.C. varovalke (angl. High Rupturing Capacity, NH varovalke z izklopno zmogljivostjo nad 50 kA).

9.6 Ožičenje in priključni elementi

Celotno ožičenje v napravah, razdelilnikih ipd. mora biti izvedeno z bakrenimi žicami in mnogožičnimi vodniki minimalnega preseka vodnika 1,5 mm². Izolacijski material mora biti ognjeodporen PVC ali drug material s podobnimi lastnostmi. Brez posledic mora zdržati vse obratovalne električne in druge obremenitve na mestu vgradnje.

Barva izolacije naj bo v skladu z SIST HD 308:S2 (Identifikacija žil v kablilih in zvijavih vrvicah), označevanje žil s števili pa po standardu SIST EN 50334.

Na vseh ožičenih priključkih morajo biti montirani žični končniki ustreznih dimenzij glede na debelino žičnih zvez. Vsi zunanji priključki morajo biti izvedeni na eni ali več ločenih spončnih letvah. Spončne letve morajo biti ustrezno oštevilčene z leve proti desni in od zgoraj navzdol.

Vrstne sponke morajo biti vijačnega tipa renomiranih proizvajalcev (npr. Weidmueller ipd.).

Nameščene bodo na vrstni letvi. Biti morajo samostojne, negorljive, z dvema ločenima pritrdilnima ploščicama, primerne za spoj vhodnih ali izhodnih kompaktnih ali pletenih vodnikov. Vsaka spončna letev mora vsebovati vsaj 10 % dodatnih rezervnih sponk. Med vsakim tokokrogom in različnimi kategorijami se uporabijo izolacijske pregrade. Njihova oblika mora biti taka, da zagotavljajo zadostno zaščito obenem pa tudi enostaven dostop ter označitev sponk.

Proizvajalec mora pravilno površinsko zaščititi priključke proti oksidaciji in kvarnim pojavom elektrolize. Vse žične zveze v napravah morajo biti trajno in pravilno označene z identifikacijskimi oznakami cilja priključka na obročkih, ki so neobčutljivi na vlago in olje. Obročki morajo biti trdno nameščeni, da ne odpadejo tudi če je žična zveza odpeta.

Pri zaključkih kablov s fleksibilnimi žilami je potrebno vsako žilo opremiti s kabelskimi čeveljčki.

Posamezne žile vseh kablov morajo biti označene z elementi, na katerih je oznaka in številka pripadajoče priključne sponke.

Pri vseh kablov v omare, aparate in plošče, kjer se kabli razpletajo, jih je potrebno pritrditi s kabelskimi uvodnicami iz materiala odpornega proti koroziji. Dovoljene so tudi EMC uvodnice, seveda pa je potrebno potem uporabiti tudi temu primeren NN kabel.

Pri kablilih z bakrenim oklopom je potrebno oklop v omarah ozemljiti na ustrezno ozemljilno zbiralko. V signalnih kablilih se bodo ozemljevale tudi proste žile.

Kabli morajo biti položeni skrbno in urejeno, tako, da jih je mogoče na enostaven način zamenjati ali popraviti.

9.7 Pomožna oprema

Kjer je to zahtevano, morajo biti elementi v stikalnem postroju opremljeni s pomožnimi stikali, kontaktorji in mehanizmi za indikacijo, zaščito, meritve, krmiljenje, zapahovanje in ostalo. Vsi kontakti pomožnih stikal morajo biti ožičeni na spončno letev. Pomožna stikala morajo biti montirana na dosegljivem mestu in ustrezno zaščitena, imeti morajo močan kontaktni sistem. Vse omare, ne glede na to, če so opremljene z grelniki ali ne,

morajo imeti drenažne odprtine in kanale za stekanje morebiti nastalega kondenza iz omare.

Zaščitne naprave morajo biti ustrezno izbrane za zaščito uporabljenih elementov in delov sistema. Zaščitne naprave morajo biti opremljene z vsemi potrebnimi pomožnimi napravami kot sprožniki, pomožni releji, itd. Dovoljevati morajo enostaven dostop za testiranje in nastavitve. Izklop zaradi delovanja zaščite mora biti signaliziran kot alarm.

Naprave za krmiljenje preklonov morajo biti ustrezno dimenzionirane in zaščitene pred vplivom energetskih naprav. Dovoljevati morajo enostaven dostop za testiranje in nastavitve. Izklop zaradi delovanja zaščite mora biti signaliziran kot alarm.

Vsi glavni, pomožni in rezervni viri napajanja posamezne postaje morajo imeti nameščene ustrezne merilne pretvornike in merilnike z daljinskim posredovanjem meritev v števrno centralo (ADVANCE). Nameščena merilna oprema mora biti skladna z zahtevami Službe za sekundarne sisteme. Konfiguracija merilnih sistemov mora v vseh obratovalnih stanjih omogočati merjenje odjema prek posameznega dovoda in s tem skupnega odjema porabnikov, napajanih prek sistemov LR.

9.8 Napajanje naprav

Nazivna napetost za napajanje naprav:

- izmenična napetost 400/230 V, ± 5 %, štirižični, ozemljen (TN-C-S),
- enosmerna napetost 220 V, ± 10 %, neozemljeno, s kontrolo izolacije IT.

Napetosti ne odstopajo od navedenih toleranc v vseh režimih obratovanja.

9.9 Ozemljitev naprav in prenapetostna zaščita

Osnovni namen ozemljitev naprav je:

- zaščita ljudi, ki prihajajo v stik z napravami,
- zaščita same naprave ter ostalih naprav, ki so z njimi povezane, in
- zmanjšanje električnih motenj v smislu zagotavljanja elektromagnetne združljivosti (EMC).

Na osnovi navedenega delimo ozemljitve na:

- zaščitno ozemljitev, to je ozemljitev tistih delov naprav, ki ne pripadajo električnim tokokrogom naprav. Običajno so to izolirani deli naprav, na katerih se lahko zaradi poškodbe izolacije pojavi nevarna napetost,
- obratovalno ozemljitev, to je ozemljitev tistega dela naprav, ki je stalno ali občasno sestavni del obratovalnega električnega tokokroga.

Izvajalec mora izvesti vse potrebne zaščitne in obratovalne ozemljitve in posredovati morebitne zahteve in predloge dodatnih ukrepov pri izvedbi ozemljitev naprav, ki jih je potrebno izvesti ob montaži.

Vse vidne kovinske površine konstrukcije in kovine, ki ne tvorijo del električnih tokokrogov, vključno z ohišji za opremo ter kabelskimi policami in nosilci, se poveže med seboj in ozemlji. Montira se kovinske ozemljitvene čeveljčke ali vijake za povezovanje kabelskih plaščev ali druge sosednje opreme.

Izvajalec izvede vse potrebne povezave za ozemljitev in izenačitev potencialov, kjer je to potrebno.

Montira se vse potrebne odvodnike prenapetosti, ki morajo biti sposobni prenesti okvarne pogoje. Vsi kabelski plašči morajo biti priključeni na ozemljilo.

Vse nizkonapetostne in komunikacijske kable, ki vstopajo v objekt, se zaščiti pred prenapetostjo s prenapetostnimi odvodniki.

Vse naprave morajo biti opremljene s priključki za ozemljitev naprave skladno s predpisi in standardi s področja varnosti in zdravja pri delu in s področja EMC oziroma EMI.

9.10 Kabli s pripadajočo opremo

Vsi kabli morajo biti ustrezno dimenzionirani in po potrebi oklopljeni (obvezno vsi krmilno signalni). Dolžine kabelskih povezav določi projektant. Kabli morajo imeti ustrezne s standardi zahtevane ateste.

Na celotni dolžini kabla - na plašču - mora biti vidna identiteta proizvajalca in leto izdelave kabla. Črke in številke oznake morajo biti velike in pokončne, prazna razdalja med ponavljanjem oznake pa ne večja od 200 mm.

PVC plašč mora biti odporen na olja in proti širjenju požara. Za vse NN energetske kable mora biti črne barve. Na plašču mora biti oznaka s proizvajalčevim imenom, letom izdelave in napetostnim nivojem U_0/U .

SN enožilni 24 kV kabli z izolacijo iz mrežnega polietilena in plaščem iz črnega PVC odpornega proti sončni svetlobi, z bakrenim vodnikom in prevodnim oklopom, morajo biti izdelani in tipsko preizkušeni po ustreznih IEC standardih. Po dolžini morajo biti opremljeni z napisi (proizvajalec, leto izdelave, nazivna napetost, presek vodnika, XLPE). Kabli morajo biti primerni tako za suha kot mokra področja vgradnje.

Kabli bodo položeni po za to pripravljenih trasah, delno po montažnih policah ali kabelskih kanalih, delno v vkopane plastične cevi, pri čemer je treba upoštevati dovoljeno krivljenje SN kablov. Objemni elementi in pritrdilni material morajo biti novi, ustrezno antikorozijsko zaščiteni in primerni za zunanjo namestitvev.

Kabelski končniki za nazivno napetost 24 kV in zunanjo in notranjo montažo morajo biti atestirani in izvedbe renomiranega proizvajalca z ustreznimi referencami na slovenskem tržišču, popolnoma prilagojene premeru, preseku in materialu kabla.

Kabelski končniki, ki bodo uporabljeni za priključek transformatorjev lastne rabe, morajo biti proizvod renomiranega proizvajalca in morajo biti prilagojeni priključkom na transformatorju.

Adapterji morajo biti opremljeni s kapacitivnim preizkusnim mestom, kjer lahko pred izvlečenjem preverimo, ali je tokokrog pod napetostjo. Preizkusno mesto mora biti zavarovano s pokrovčkom.

Vsi uvodi kablov v naprave morajo biti izvedeni s primernimi kabelskimi uvodnicami.

Enožilni energetski kabli morajo biti učvrščeni s skobami, ki so preizkušene po standardu SIST EN 61914.

9.10.1 Oprema za požarno tesnitev kabelskih prebojev

V sklop kabelske opreme sodi tudi oprema za požarno tesnitev kabelskih prebojev med prostori ali požarnimi sektorji. Vsa oprema mora biti proizvod renomiranega proizvajalca, ustrezno preizkušena in opremljena z ustreznimi certifikati v skladu s slovensko zakonodajo in standardi.

Obvezna je dostava vse dokumentacije za potrebe tehničnega pregleda oziroma inšpekcijskega pregleda v skladu s slovensko zakonodajo in standardi.

9.10.2 SN kabli, kabelski končniki, skobe

SN kabli, kabelski končniki in končniki morajo biti izdelani in preizkušeni najmanj v skladu s standardi IEC 60502 in SIST EN IEC 61914. Opravljeni morajo biti vsaj naslednji preizkusi:

- pregled,
- merjenje debeline kabla,
- termični test XLPE izolacije,
- merjenje električne upornosti kabla,
- preizkus delne razelektritve (5 pC pri $2 \times U_0$),
- visokonapetostni preizkus ($2,5 \times U_0 / 5 \text{ min}$).

9.10.3 Nizkonapetostni kabli

Vsi kabli morajo biti tipsko preizkušeni po veljavnih standardih. Primernost kablov se dokaže z ustreznimi certifikati o tipskem preizkušanju in ustreznosti.

10 Transformatorji LR

Transformatorji LR morajo biti izdelani tako, da bodo v celoti ustrezali standardom, navedenim v tabeli 3 tega dokumenta.

Kot vir napajanja se uporabljajo:

- transformator 20/0,4 kV,
- transformator 110/20 kV in
- napetostni napajalni transformator (NNT).

V nadaljevanju so podane splošne značilnosti teh naprav.

10.1 Transformator LR 20/0,4 kV

Najpogosteje se kot glavni vir napajanja lastne rabe uporablja transformator 20/0,4 kV.

10.1.1 Konstrukcijske zahteve

Transformator mora biti izdelan in preizkušen skladno s standardi, navedenimi v tabeli 5 tega dokumenta ter v skladu s Stopnjo 2 Uredbe Evropske komisije št. 548/2014 in dodatka 2019/1783 z dne 1.10.2019.

Transformator mora biti hermetično zaprt, brez konzervatorja, opremljen s tipsko integralno varnostno napravo za hermetične transformatorje (alarmiranje, izklop) in termičnim elementom za spremljanje temperature v transformatorju (alarmiranje, izklop). Signali morajo biti speljani na sponke in pripravljeni za daljinsko signalizacijo stanja. Uporaba suhih transformatorjev, razen, če je to posebej zahtevano v projektni nalogi ni dovoljena.

Integralna varnostna naprava naj združuje štiri zaščitne in nadzorne funkcije za zaščito hermetičnih distribucijskih transformatorjev:

- plinskega releja,
- varnostnega oddušnika,
- kontaktnega termometra,
- oljekaza.

Naprava mora biti s pomočjo pritrdilnih kljuk pričvrščena na pokrovu transformatorja. Naprava mora imeti najmanj:

- prozorno ohišje s plovcem z oznako minimalnega in maksimalnega nivoja olja,
- termometer s številčnico, kazalcem in kazalcem maksimalne temperature,
- ventil za odvzem vzorcev plina,
- odprtino za dolivanje olja z navojnim pokrovom.

Alarmna in opozorilna signalizacija mora biti izvedena na naslednji način:

- vsa alarmna in opozorilna signalizacija mora temeljiti na pozitivni logiki (kontakt je sklenjen ob okvari),
- alarmna signalizacija, ki je namenjena izklopu transformatorja mora biti izvedena z vsaj dvema potencialno prostima kontaktoma (en, namenjen zaščitnemu izklopu in drugi, namenjen signalizaciji v sistemu vodenja),
- tokokrogi, namenjeni zaščiti in tokokrogi, namenjeni signalizaciji morajo biti med seboj galvansko ločeni,
- alarmna signalizacija, ki je namenjena zaščitnemu izklopu transformatorja mora biti smiselno združena v en četveropol, ki bo povezan na izklopno tuljavo transformatorskega odklopnika.

Hlajenje mora biti ONAN izvedbe. Transformator mora imeti na nižje napetostni strani izvedeno nevtralno točko. Zahtevana je ročna petstopenjska regulacija napetosti v območju $\pm 2 \times 2,5 \%$, v breznapetostnem stanju.

VN priključki morajo biti konektorske izvedbe.

10.1.2 Tehnične značilnosti transformatorja lastne rabe 20/0,4 kV

Tabela 5: Transformator lastne rabe 20/0,4 kV – tehnične značilnosti

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
1.	Proizvajalec / država porekla	-	
2.	Oznaka tipa	-	
3.	Nazivna moč	kVA	po potrebi
4.	Nazivna napetost SN navitja	kV	21
5.	Nazivna napetost NN navitja	kV	0,42
6.	Nazivna frekvenca	Hz	50
7.	Vezalna skupina	-	Dyn5
8.	Regulacijski odcepi SN navitja (preklop v neobremenjenem stanju)	%	$\pm 2 \times 2,5$
9.	Kratkostična napetost pri 75 °C in pri položaju odcepa $\pm 0\%$	%	določi projektant
10.	Način hlajenja		ONAN
11.	Klasa izolacije navitij v skladu z IEC	-	A
12.	Izgube transformatorja: - izgube praznega teka - bremenske izgube pri 75 °C	W W	glede na moč
13.	Maksimalna temp. navitja pri nazivnih obratovalnih pogojih in temp. okolice 40 °C: - SN navitje - NN navitje	°C °C	
14.	Izolacijski nivoji: - SN navitje - NN navitje	kV kV	24

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
15.	Vzdržna napetost omrežne frekvence (1 min): - SN navitje - NN navitje	kV kV	50 2,5
16.	Udarna vzdržna napetost (1,2/50 μ s): - SN navitje - NN navitje	kV kV	125
17.	Kratkotrajni vzdržni tok (1 sek): - SN navitje - NN navitje	kA kA	16
18.	Temperaturno območje okolice	°C	-25 ÷ +40
19.	Konektorski priključki na srednji napetosti: - material - tip - proizvajalec	- -	
20.	Transformatorsko olje: - ime proizvajalca - oznaka olja - stopnja kakovosti po SIST EN 60296		TVAI
21.	Jakost hrupa izmerjena po SIST EN 60076-10	dB	mak. 50
22.	Zunanje mere transformatorja: - širina - višina - dolžina	mm mm mm	
23.	Skupna masa	kg	
24.	3D BIM model v elektronski obliki	DA/NE	DA

10.1.3 Preizkusi transformatorja LR 20/0,4 kV

Za transformatorje 20/0,4 kV morajo biti izvedeni preizkusi v skladu z zahtevami SIST EN 60076-1, SIST EN 50708-1-1 in SIST EN 50708-2-1.

Na transformatorju morajo biti opravljeni najmanj naslednji kosovni preizkusi:

- meritve ohmskih upornosti navitij,
- meritev prestavnega razmerja in kontrola vezne skupine,
- meritev izgub in napetosti kratkega stika,
- meritve izgub praznega teka in toka praznega teka,
- dielektričen preizkus z napetostjo iz tujega vira 50 Hz, 60 s,
- dielektrični preizkus z inducirano napetostjo,
- meritev izolacijskih upornosti in
- tlačni preizkus.

10.2 Transformator lastne rabe 110/20 kV

Transformator lastne rabe 110/20 kV 4 MVA je namenjen transformaciji napetosti iz 110 kV sistemov na napetostni nivo 20 kV. Uporabljen je za napajanje porabnikov lastne rabe stikališča in drugih objektov znotraj ograje stikališča. Transformator naj bo oljne izvedbe z zračnim naravnim hlajenjem in naravno cirkulacijo olja (ONAN), s prostozračnimi priključki na 110 kV strani transformatorja ter s konektorskimi priključki na 20 kV strani. Nevtralna točka VN navitja naj bo izvedena s prostozračnim priključkom in mora imeti enako stopnjo izolacije kot fazni priključki.

10.2.1 Jedro

Jedro mora biti sestavljeno iz tanke orientirane pločevine, ki je proizvedena iz visoko kakovostnega, nizko izgubnega, hladno valjanega orientiranega silicijevega jekla, ki se ne stara, je po celotni površini enake kakovosti in ima visoko permeabilnost. Tehnologija razreza pločevine mora zagotoviti gladke robove. Vsaka lamela mora biti izolirana z materialom, ki je mehansko in olje odporen. Jedro mora biti enakomerne svetlo sive barve, brez prisotnosti korozije, nečistoč in drugih tujkov.

Magnetni krog mora biti izoliran od vseh konstrukcijskih delov in mora biti sposoben zdržati preizkusno napetost proti zateznim vijakom v velikosti 2 kV efektivno v času 1 minute.

Magnetno jedro mora biti ozemljeno v eni točki, preko izoliranega vodnika in sponk v ozemljilni omarici, ki mora biti nameščena na zunanji strani kotla transformatorja.

Gostota magnetnega pretoka v magnetnem jedru ne sme preseči 1,7 T pri najvišji obratovalni napetosti in nazivni frekvenci. Jedro mora biti konstruirano in izdelano tako in iz takega materiala, da posledice stresanih magnetnih polj v najbolj neugodnih razmerah po SIST EN 60076 ne povzročajo poškodb.

10.2.2 Navitja

Za izdelavo navitij in drugih delov pod napetostjo mora biti uporabljen elektrolitski baker visoke prevodnosti z izolacijo razreda A po IEC. Izolacija VN navitja naj bo papirna, impregnirana z izolacijskim oljem. Izolacija SN navitja je lahko z oljem impregniran papir ali alternativno iz materiala na osnovi polyvinyl acetata (PVA) in termičnega razreda E (120 °C).

Pri načrtovanju in izdelavi navitij morajo biti upoštevane vse električne in mehanske obremenitve med transportom, montažo in obratovanjem. Navitja morajo biti odporna na posledice kratkega stika, ki jih povzroča kratkostična moč omrežja, tokovne preobremenitve in napetostne obremenitve, brez lokalnega pregrevanja, kar je treba dokazati s tipskim preizkusom.

Vsa navitja morajo imeti ustrezno izolacijsko trdnost po SIST EN 60076-3 in v skladu z zahtevami ustrezne dokumentacije.

10.2.3 Transformatorski kotel

Transformatorski kotel mora biti varjene konstrukcije, izdelan iz visoko natezno odpornih jeklenih plošč. Izveden mora biti tako, da tudi polna obremenitev pri montaži, dvigovanju, premikanju in obratovanju ne povzroča preobremenitev kateregakoli dela ali elementa.

Kotel mora zdržati preizkus vakuumiranja v skladu z SIST EN 60076-1. Kakršnokoli puščanje plina je zadosten vzrok za zavrnitev kotla. Popolnoma sestavljen transformator mora biti sposoben prenesti brez posledic sile, ki nastanejo zaradi tlaka v kotlu, ki za 35 kPa presega na zaščiti nastavljen maksimalni obratovalni tlak. Vsi zvari in spoji na kotlu morajo biti sposobni brez posledic prenesti temperaturo olja 110 °C.

Kotel s pokrovom mora biti izdelan tako, da ni nikakršnih zunanjih žepov, v katerih bi se lahko zadrževala voda, ali notranjih žepov, v katerih bi zastalo olje po praznjenju kotla. Če se zaradi tehtnih vzrokov notranjim žepom ni mogoče izogniti, morajo biti na takih mestih dodatni izpusti. Na kotlu (nad fazo V) mora biti vsaj pet žepov za namestitev uporovnih ali kapilarnih senzorjev temperature (od tega morata biti vsaj dva žepa prosta za meritve na terenu). Žepi morajo biti na mestih najvišje temperature olja. Omogočati morajo odstranitev kateregakoli senzorja brez nižanja nivoja olja v kotlu. Žepi morajo biti opremljeni z zatesnjenimi pokrovi, ki preprečujejo vstop vodi, ko v njih ni senzorjev.

10.2.4 Konzervator, oddušniki, sušilci zraka

Pri postavitvi konzervatorja mora biti zagotovljen neoviran prehod visokonapetostnih vodnikov nad transformatorjem.

Konzervator mora zdržati vakuum 10 kPa absolutnega tlaka in mora imeti dovolj veliko prostornino za temperaturne raztezke olja od 0 do 120 °C.

Konzervator mora biti povezan s transformatorskim kotlom po celotni dolžini ustrezno nagnjene cevi minimalnega notranjega premera 50 mm, ki ne ovira pretoka plina in na kateri je montiran Buchholz rele. Ustrezni ventili morajo omogočati odstranitev Buchholz releja brez zapiranja povezave med kotlom in konzervatorjem.

Na konzervatorju morajo biti zadostno velike odprtine za pregled, čiščenje in barvanje. Pokrov mora biti privijačen na konzervator in opremljen z ustreznimi ročaji ali ušesi za odstranjevanje.

Zaradi preprečitve neposrednega kontakta olja z zunanjim zrakom mora biti uporabljena sintetična zrakotesna in oljeodporna diafragemska blazina. Notranjost blazine je v stiku z zunanjim zrakom preko sušilca zraka, zunanost pa je v neposrednem stiku z oljem. Konzervator mora omogočati vakuumsko polnjenje olja. Indikator nivoja olja v delu konzervatorja za transformator naj bo na strani VN priključkov.

Konzervator mora biti opremljen z enim sušilcem zraka in oljno loputo. Sušilec zraka mora biti izvedbe, ki ne potrebuje vzdrževanja oziroma zamenjave silikagela. Sušilec mora biti opremljen z grelcem za sušenje silikagela, ko je ta zasičen z vlago. Primeren mora biti za temperaturno območje okolja, ki je navedeno v splošnih tehničnih pogojih, napajalna napetost je 230 V AC, signalni kontakti morajo ustrezati napetosti 220 V DC. Napajalni tokokrog mora biti ščiten s podtokovno zaščito ($< I$). Sušilec mora biti, tako kot druge naprave za vzdrževanje in posluževanje, nameščen na višini približno 1,5 m od tal.

10.2.5 Tehnične značilnosti transformatorja lastne rabe 110/20 kV

Transformator lastne rabe 110/20 kV mora imeti tehnične značilnosti, podane v tabeli 6.

Tabela 6: Transformator lastne rabe 110/20 kV – tehnične značilnosti.

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
SPLOŠNI PODATKI			
1.	Proizvajalec / država porekla		
2.	Tip		
NAZIVNE VREDNOSTI			
3.	Nazivna izhodna moč	kVA	min. 4.000
4.	Nazivne napetosti v praznem teku:		
	- visoka napetost (VN)	kV	119
	- srednja napetost (SN)	kV	21
5.	Vezalna skupina		YNd5
6.	Kratkostična napetost	%	7
7.	Tok praznega teka v odstotkih nazivnega toka pri:		
	- 90 % nazivne napetosti	%	
	- nazivni napetosti	%	
	- 105 % nazivne napetosti	%	
8.	Kratkotrajni vzdržni tok (1 s):		
	- VN navitje	kA	40
	- SN navitje	kA	16
GARANTIRANE IZGUBE			
9.	Izgube prostega teka pri nazivni napetosti in nazivni frekvenci	kW	$\leq 3,7 + 0 \%$
10.	Izgube kratkega stika pri nazivni moči, pri temperaturi navitja 75 °C	kW	$\leq 23,7 + 0 \%$

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
NADTEMPERATURE			
11.	Maksimalna nadtemperatura pri nazivnih obratovalnih pogojih in temperaturi okolice 40 °C:		
	- olje (meritev s termometrom na vrhu kotla)	K	55
	- navitja (izračunana vrednost na podlagi meritev upornosti)	K	60
12.	Nadtemperatura najtoplejše točke navitja	K	73
NAVITJA IN IZOLACIJSKI NIVOJI			
13.	Ohmska upornost navitij pri 20 °C		
	- VN	Ω /fazo	
	- SN	Ω /fazo	
14.	Nična impedanca	Ω /fazo	
15.	Izolacijski nivoji:		
	- VN navitja	kV	123
	- VN zvezdišče	kV	123
	- SN navitja	kV	24
16.	Zdržna napetost iz tujega vira 50 Hz, 60 s:		
	- VN navitje	kV rms	230
	- VN zvezdišče	kV rms	230
	- SN navitje	kV rms	50
	- trajanje preizkusa	s	60
17.	Inducirane zdržne napetosti:		
	- VN navitje	kV rms	230
	- SN navitje	kV rms	
	- frekvenca preizkusne napetosti	Hz	200
	- trajanje preizkusa	s	30
18.	Zdržna udarna napetost:		
	- VN navitje - standardna atmosferska udarna napetost	kV	550
	- VN nevtralna točka - standardna atmosferska udarna napetost	kV	550
	- SN navitje - standardna atmosferska udarna napetost	kV	125
TRANSFORMATORSKO OLJE IN PAPIR			
19.	Transformatorsko olje:		
	- ime proizvajalca		NYNAS
	- oznaka olja		Nytro 4000X ali boljši
	- količina olja v transformatorju	ton	
	- stopnja kakovosti olja (SIST EN 60296)		TVAI
20.	Dodatne zahteve za transformatorsko olje pred dielektričnimi preizkusi in po njih, po preizkusu segrevanja in drugih preizkusih (porast koncentracij):		

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
	- H ₂	ppm	< 10
	- CH ₄	ppm	< 5
	- C ₂ H ₆	ppm	< 5
	- C ₂ H ₄	ppm	< 1
	- C ₂ H ₂	ppm	< 0,1
	- 2FAL	ppm	< 0,01
21.	Transformatorsko olje po polnjenju in pred priključkom na napetost		
	- barva		< 2
	- prebojna napetost (SIST EN 60156)	kV	≥ 60
	- faktor dielektrične disipacije pri 90 °C, 40–60 Hz		< 0,001
	- vsebnost vode	mg/kg	≤ 5
	- medpovršinska napetost	10 ⁻³ N/m	≥ 35
22.	Izolacijski papir po sušenju transformatorja:		
	- proizvajalec papirja za izolacijo		Weidmann
	- povprečna vrednost stopnje polimerizacije (DP) vseh vzorcev		> 1.050
	- vrednost stopnje polimerizacije posameznega vzorca (DP)		> 1.000
	- vsebnost vlage	%	< 0,5
SKOZNJIKI			
23.	VN fazni skozijski:		
	- proizvajalec		Hitachi
	- material		kompozit
	- izolacijski nivo	kV	123
	- nazivna napetost	kV	123
	- nazivni tok	A	
	- kratkotrajni zdržni tok (1 s)	kA	40
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v suhem	kV rms	230
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v mokrem	kV rms	230
	- zdržna standardna atmosferska udarna napetost	kV	550
	- maksimalna prelomna sila	N	
	- plazilna razdalja	mm	≥ 2460
	- material priključka		
	- premer priključka	mm	
24.	VN skozijski v zvezdišču:		
	- proizvajalec		Hitachi
	- material		kompozit
	- izolacijski nivo	kV	123
	- nazivna napetost	kV	110
	- nazivni tok	A	
	- kratkotrajni zdržni tok (1s)	kA	

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v suhem	kV rms	230
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v mokrem	kV rms	230
	- zdržna standardna atmosferska udarna napetost	kV	550
	- maksimalna prelomna sila	N	
	- plazilna razdalja	mm	≥ 2460
	- material priključka		
	- premer priključka	mm	
25.	NN fazni skoznjiki, konektorske izvedbe:		
	- proizvajalec		PFISTERER
	- material		
	- izolacijski nivo	kV	24
	- nazivna napetost	kV	20
	- nazivni tok	A	
	- kratkotrajni zdržni tok (1s)	kA	
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v suhem	kV rms	min. 50
	- zdržna standardna atmosferska udarna napetost	kV	min. 125
HLADILNI SISTEM ONAN			
26.	Sončna radiacija	W/m ²	1300
27.	Skupno število radiatorjev na transformatorju		
KONSTRUKCIJA			
28.	Maksimalni vzdržni nadtlak v transformatorskem kotlu (nad obratovalnim), v oljnih cevovodih in drugih delih v 24 urah brez puščanja	mbar	
29.	Minimalni podtlak v transformatorskem kotlu, oljnih cevovodih in drugih delih brez trajnih deformacij	mbar	
30.	Jakost hrupa v oddaljenosti 30 cm izmerjena po SIST EN 60076-10 pri najvišji obratovalni napetosti	dB(A)	50
31.	Mase glavnih sestavnih delov transformatorja		
	- kotel z opremo	t	
	- navitja	t	
	- magnetno jedro	t	
	- hladilniki, cevovodi in ostala pomožna	t	

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
32.	Največje transportne mase in dimenzije:		
	- masa	t	
	- dolžina	m	
	- širina	m	
33.	Masa in dimenzije kompletno sestavljenega transformatorja z oljem:		
	- masa	t	
	- dolžina	m	
	- širina	m	
34.	- višina	m	
	3D BIM model v elektronski obliki	DA/NE	DA

10.2.6 Cevovodi, ventili, spoji, tesnila

Obseg ventilov mora biti potrjen. Ventili morajo biti izdelani iz medenine ali bron. Vsak ventil mora biti opremljen z indikatorjem položaja, iz položaja indikatorja mora biti jasno viden položaj ventila: odprt/zaprt.

Vsi ventili, zaključki cevovodov in podobno, ki niso v uporabi, morajo biti zaprti ali zatesnjeni z ustreznimi prirobnicami, vijačnimi pokrovi ali ploščami.

Vsi elementi morajo biti ustrezno označeni in opisani na risbah transformatorja.

Transformator mora biti opremljen vsaj z naslednjimi ventili:

Transformatorski kotel:

- enim DN 50 mm filtrskim ventilom blizu vrha kotla,
- enim DN 50 mm filtrskim ventilom na dnu kotla in diagonalno nasproti ventila pod a). Ventila pod a) in b) morata biti opremljena za priključek naprav za obdelavo olja, priključki se določijo po SIST EN 60567,
- vsaj dvema ventiloma za jemanje vzorcev olja – zgoraj, spodaj.

Konzervator:

- enim ventilom za oljni obhod plinskega releja,
- dvema ventiloma za izolacijo plinskega releja,
- priključkom za polnjenje olja,
- ventilom na mestu, kjer lahko izpraznimo konzervator,
- ventilom za vakumiranje in odzračevanje konzervatorja.

Radiatorji:

- ventili na vsaki priključni točki na kotel.

10.2.7 Varnostni ventil

Ventil vzmetne izvedbe mora delovati pri statičnem tlaku, ki je nižji od hidravličnega preizkusnega tlaka. Opremljen mora biti z vsaj dvema delovnima signalnima kontaktoma. Ventil mora segati vsaj 25 mm v kotel, da je s tem preprečena akumulacija plinov. Montiran mora biti na pokrovu kotla ter opremljen s cevjo, ki usmerja tok olja ob transformatorju v oljno jamo.

10.2.8 Podporje in oprema za premikanje

Kompletiran transformator bo stal na ustrezno pripravljeni betonski ravni podlagi, na katero mora dobavitelj namestiti ustrezne podloge, nanje postaviti ter fiksirati transformator.

Podpore, opore ali ušesa za dvigovanje morajo biti izvedene na ustreznih mestih in morajo omogočati dvig kompletnega transformatorja po odstranitvi priključkov. Vsaka opora mora biti dimenzionirana vsaj za 50 % teže celotnega transformatorja. Oporna mesta morajo biti vidno označena s črno barvo.

10.2.9 Ozemljilni priključki

Na transformatorskem kotlu, diagonalno, blizu dna, morata biti izvedena dva ozemljilna priključka ustrezne velikosti, ki zdržita kratkostični tok na nižji napetosti v trajanju 3 s. Omare, motorni pogoni in vsa druga oprema mora biti vidno ozemljena na kotel. Vse ozemljilne povezave (vodniki) morajo biti rumeno zelene barve. Ozemljilni priključki morajo biti izdelani iz inox materiala in privarjeni na kotel transformatorja, tako da antikorozijska zaščita priključka ni potrebna.

10.2.10 Hlajenje transformatorja

Hlajenje transformatorja mora biti izvedeno po principu ONAN. Radiatorji ali kotel transformatorja morajo biti opremljeni z ustreznimi ventili, ki omogočajo zamenjavo radiatorjev brez izpusta olja iz kotla transformatorja. Število radiatorjev in njihova kapaciteta mora biti dimenzionirana na skrajne pogoje navedene v tabeli tehničnih podatkov. Radiatorski del in oljni cevovodi morajo zdržati enak nadtlak (35 kPa) in vakuum (10 kPa), kot je zahtevano za kotel transformatorja.

Hladilni sistem transformatorja naj bo opremljen z minimalno naslednjo standardno opremo:

- enim (1) ventilom na vsakem dotočnem in iztočnem cevovodu olja v vsak radiator,
- enim (1) drenažnim čepom na oljnem cevovodu na najnižjem mestu za vsak radiator,
- enim (1) čepom za odzračevanje vsakega radiatorja na najvišji točki.

10.2.11 Merilna, prikazna in zaščitna oprema

Transformator mora biti opremljen s krmilno-ranžirno omarico, ki je montirana na kotlu transformatorja na višini in mestu, ki je lahko dostopno z nivoja tal. Omarica mora biti v notranjosti ustrezno osvetljena z EMC kompatibilnimi svetili, prezračevana in opremljena z antikondenzacijskimi grelci. Omarica naj vsebuje vso potrebno zaščitno opremo in tudi ranžiranje drugih sekundarnih tokokrogov. Izdelana naj bo po zahtevah SIST EN 60529 s stopnjo mehanske zaščite IP55.

Električne povezave med senzorji, tokovnimi transformatorji in drugimi elementi ter napravami v krmilni omarici naj bodo zaščitene v perforiranih pokritih kovinskih kabelskih kanalih ali ceveh ustrezne dimenzije, izdelanih iz nerjavne jeklene pločevine.

Transformator naj bo opremljen najmanj z naslednjimi napravami:

- enim (1) plinskim relejem z dvema setoma neodvisnih pomožnih kontaktov in preizkusnim gumbom za aktiviranje,
- enim (1) kapilarnim termometrom za merjenje temperature olja z indikatorjem maksimalne vrednosti in z ustreznim številom neodvisnih in nastavljivih kontaktov za lokalno/daljinsko alarmiranje ali izklope. Obseg temperature indikacije mora biti od 0 do 160 °C,
- enim (1) termometrom uporovnega tipa (Pt100, trivodniški) za daljinske meritve temperature olja po sprejetih zahtevah,
- enim (1) oljekazom magnetnega tipa z dvema neodvisnima in nastavljivima kontaktoma (nizek in visok nivo) za olje v kotlu transformatorja,
- enim (1) vzmetnim varnostnim ventilom na kotlu z alarmnim kontaktom.

Vsi dajalci, ki prožijo izklop transformatorja morajo biti podvojeni, drugi dajalci namenjeni signalizaciji pa so lahko izvedeni z enim kontaktom. Izvedba alarmne in opozorilne signalizacije mora biti naslednja:

- vsa alarmna in opozorilna signalizacija mora temeljiti na pozitivni logiki (kontakt je sklenjen ob okvari),
- alarmna signalizacija, ki je namenjena izklopu transformatorja mora biti izvedena z vsaj dvema potencialno prostima kontaktoma (en, namenjen zaščitnemu izklopu in drugi, namenjen signalizaciji v sistemu vodenja),
- kontakti, namenjeni zaščiti, in kontakti, namenjeni signalizaciji, morajo biti med seboj galvansko ločeni.

Daljinske meritve morajo biti izvedene z merilnimi pretvorniki s standardiziranimi izhodi 4-20 mA. Pt100 sonde, namenjene sistemu vodenja, morajo biti opremljene s pretvorniki tipa Pt100/4-20 mA.

Vsa merilna, prikazna in zaščitna oprema se napaja iz 220 V DC, razen, če ni v drugi dokumentaciji drugače določeno. Če so potrebni nižji napetostni nivoji, se v ta namen

za napajanje dovoljujejo le industrijski DC/DC pretvorniki, ki so namenjeni za montažo na DIN letev, imajo vijačne priključne sponke in so s strani proizvajalca deklarirani za uporabo v tovrstnih sistemih.

Ker bodo nekateri signali uporabljeni v različnih sistemih, morajo biti vse naprave opremljene z zadostnim številom potencialno prostih in medsebojno ločenih pomožnih kontaktov, pri čemer morajo biti strogo ločeni tokokrogi zaščitnega izklopa od drugih funkcij. Če tega ni mogoče doseči s standardno opremo, morajo biti uporabljeni ustrezni ločilni releji (stikalna zmogljivost 250 V/10 A DC), kar pa ne velja za dajalce, ki so namenjeni zaščitnim funkcijam.

10.2.12 Antikorozijska zaščita

Vse kovinske površine so pred nanašanjem premazov očiščene s peskanjem. Dvokomponentni sistem antikorozijske zaščite (Zinc-Rich Epoxy Primer - EP vmesni premaz – PUR) je sestavljen iz primarnega, vmesnega in zaključnega premaza. Uporablja se za območja vgradnje z naslednjimi podnebnimi značilnostmi (EN ISO 12944-2): Industrijska in obalna območja z zmerno slanostjo.

V tabeli 7 so podani najpomembnejši podatki o uporabljenih premazih, načinu nanašanja in debelini slojev.

Tabela 7: Podatki o uporabljenih premazih transformatorskega kotla

PREMAZ	NOTRANJI OSNOVNI	ZUNANJI OSNOVNI	VMESNI SLOJ	ZUNANJI POKRIVNI
Vrsta premaznega sredstva barve	EP osnovna bar. EMC 182 bela K-DB	EP s cinkom v prahu EMD 156 HS siv	EP vmesni sloj EMD 30 RAL 8012	PUR pokrivni sloj RAL 7038 -ADD 47
Stanje površine pred barvanjem	Peskana Sa 2 ½ ISO 8501	Peskana Sa 2 ½ ISO 8501	– razmaščena – razpršena – suha	– razmaščena – razpršena – suha
Število in debelina slojev barve	1 x 80 µm ⁽¹⁾	1 x 80 µm ⁽¹⁾	1 x 100 µm ⁽¹⁾	1 x 80 µm ⁽¹⁾
Način nanašanja barve	– airless – zračno briz. – čopič – valjček	– airless – zračno briz. – čopič – valjček	– airless – zračno briz. – čopič – valjček	– airless – zračno briz. – čopič – valjček
Održna trdnost EN ISO 4624	/	≥ 5 MPa	≥ 5 MPa	≥ 5 MPa

⁽¹⁾ Kot sprejemni kriterij za debelino suhega filma nanosa se upošteva zahteve po standardu EN ISO 12944-2

Antikorozijska zaščita radiatorjev naj bo izvedena z vročim cinkanjem. Debelina zaščitnega sloja naj bo najmanj 60 µm.

10.2.13 *Visokonapetostni skoznjiki*

Transformatorski skoznjiki morajo biti kondenzatorskega tipa, proizvedeni v EU. Izolator mora biti iz kompozitnega silikona.

Skoznjiki morajo biti impregnirani s smolo in ne smejo vsebovati olja. Dovoljen je samo visokotemperaturno odporni vulkanizirani silikonski kavčuk (HTV) ali tekoči silikonski kavčuk (LSR). Vsebovati mora najmanj eno tretjino čiste silikonske gume in mora biti odporen na UV svetlobo, zato ne sme imeti primesi, ki niso odporne na UV (etilen vinil acetat EVA, etilen propilen kavčuka EPR idr.). Silikonski kompozitni izolatorji morajo biti v skladu z zahtevami SIST EN 61462 in SIST EN 62217. Izolatorji (konstrukcija in tipski test) se preverijo v skladu s standardom SIST EN 61462. V skladu z istim standardom se opravi tudi rutinski test za vsak izolator. Izkoristek hidrofobnosti mora biti skladen z IEC TS 62073 (obnova hidrofobnosti WC 1-3 48 ur po popolni izgubi hidrofobnosti). Vsak kompletiran skoznjik mora biti trajno označen s proizvajalčevim imenom ali identifikacijskim znakom, letom proizvodnje, serijsko številko, električnimi in mehanskimi karakteristikami po SIST EN 60137 in dovoljenim največjim kotom nagiba, če je večji od 30°.

Vsi oljekazi skoznjikov morajo biti orientirani v smeri pogleda s čelne strani transformatorja.

10.2.14 *Sredjenapetostni skoznjiki*

Skoznjiki na nazivni napetosti 20 kV naj imajo trdno izolacijo in morajo biti konektorskega tipa, in sicer proizvajalca PFISTERER za fazne priključke 20 kV navitja transformatorja. Predvidena je priključitev kabla 12/20 kV, N2XS(F)2Y 3×1×150 mm².

20 kV skoznjiki morajo biti opremljeni s priključki za merjenje izgubnega kota $\tan \delta$ brez odstranitve primarnih priključkov. Vsak kompletiran skoznjik mora biti trajno označen s proizvajalčevim imenom ali identifikacijskim znakom, letom proizvodnje, serijsko številko, električnimi in mehanskimi karakteristikami po SIST EN 60137.

10.2.15 *Transformatorsko olje in izolacijski papir*

Transformatorsko olje naj bo kakovosti, kot je olje tipa NYNAS, tip Nytro 4000X ali boljše. Transformatorsko olje mora biti novo in mora ustrezati vsem navedenim zahtevam v Tabelah tehničnih podatkov.

Uporabljen izolacijski papir naj bo termično stabiliziran proizvajalca Weidmann.

Pred pričetkom izdelave transformatorja se opravi preiskava stopnje polimerizacije papirne izolacije (po SIST EN 60450). Pred prvim polnjenjem transformatorja v tovarni se opravi preiskava kakovosti novega transformatorskega olja za transformatorje (po SIST EN 60296 in SIST EN 61125 – metoda C).

Preizkusni vzorci uporabljenega izolacijskega papirja morajo ustrezati naslednjim zahtevam:

- vsak vzorec papirja mora iti skozi oba procesa sušenja (navitje in aktivni del transformatorja),
- vzorce papirja je treba vzeti z vsakega koluta, s katerega bo papir uporabljen v tem transformatorju.

Odvzem vzorcev izolacijskega papirja se opravi pred pričetkom izdelave navitij z vseh kolotov, odvzem vzorcev transformatorskega olja se opravi pred prvim polnjenjem, po dielektričnih preizkusih in po preizkusu segrevanja. Odvzem vzorcev in preiskave opravi pooblaščen in akreditirana neodvisna inštitucija.

Transformator se v tovarni pri preizkusih napolni z njegovim originalnim oljem.

V primeru dostave transformatorja brez olja, naj bo ta napolnjen s suhim zrakom pod tlakom, višjim od atmosferskega. Olje, ki je odstranjeno iz transformatorja zaradi transporta, mora biti dostavljeno v cisternah, ki so pod pritiskom z dušikom.

10.2.16 Prenapetostni odvodniki 20 kV za vgradnjo na transformator

Prenapetostni odvodniki za vgradnjo na transformator v faznih priključkih morajo biti kovinsko oksidne izvedbe brez iskrišč, izdelani iz kovinsko oksidnih nelinearnih uporovnih elementov. Ustrezati morajo zahtevam standarda SIST EN 60099-4.

Na transformator je treba namestiti prenapetostni odvodnik v izolirani izvedbi s priključitvijo konektorskega tipa, ki je kompatibilen z vgrajenim konektorskim priključkom. Prenapetostni odvodniki morajo biti izbrani tako, da upoštevajo osnovni izolacijski nivo ostale SN opreme v stikališču. 20 kV omrežje je neučinkovito ozemljeno (ozemljeno je preko uporov).

Vse oznake in napisne plošče odvodnika morajo biti v skladu z veljavnimi standardi. Tehnične značilnosti prenapetostnih odvodnikov 20 kV podaja tabela 8.

Tabela 8: Tehnične značilnosti prenapetostnih odvodnikov 20 kV na TR LR 110/20 kV.

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
SPLOŠNI PODATKI			
1.	Proizvajalec		
2.	Oznaka prenapetostnega odvodnika	-	
VREDNOSTI IN KARAKTERISTIKE			
3.	Nazivna napetost sistema	kV	20
4.	Najvišja dovoljena obratovalna napetost	kV	24

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
5.	Nazivna napetost prenapetostnega odvodnika U_r	kV	30
6.	Najvišja trajna obratovalna napetost U_c po IEC	kV rms	≥ 24
7.	Nazivna frekvenca	Hz	50
8.	Nazivni praznilni tok 8/20 μ s	kA	10
9.	Impulzna tokovna vzdržnost	kA	16
10.	Energijska zmogljivost	kJ/kVr ms	2
11.	Dolgotrajna napetostna frekvenčna zdržnost (2 ms)	kV	250
12.	Maksimalna preostala napetost (residual voltage) pri tokovnem impulzu 8/20 μ s: <ul style="list-style-type: none"> • 5 kA • 10 kA • 20 kA 	kV kV kV	
13.	Sposobnost zdržanja začasne prenapetosti (TOV) za čas 1 s	kV rms	
14.	Sposobnost zdržanja začasne prenapetosti (TOV) za čas 10 s	kV rms	30
15.	Faktor zemeljskega stika		
16.	Energijski razred		1
17.	Zaščitni nivo atmosferske prenapetosti U_{pl}	kV	
18.	Zaščitni nivo stikalne prenapetosti U_{pl}	kV	
19.	Prepušeni tok preko prenapetostnega odvodnika pri: <ul style="list-style-type: none"> • nazivni napetosti • 60 % nazivne napetosti 	mA mA	
20.	Vzdržne preizkusne napetosti izolatorja: <ul style="list-style-type: none"> • napetost obratovalne frekvence (1 min.) • napetost atmosferske razelektritve (1,2/50 μs) 	kV kV	
DIMENZIJE IN MASA			

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
21.	Številka risbe z dimenzijami in videzom		
22.	Skupna masa prenapetostnega odvodnika	kg	
23.	Višina	mm	
24.	Širina	mm	
25.	Dolžina	mm	
26.	Temperaturno območje okolice	°C	-25 ÷ +40
OSTALE ZAHTEVE			
27.	Tipski preskusni protokoli		morajo biti priloženi
28.	Števec delovanja: - proizvajalec - tip		

Prenapetostni odvodniki morajo biti preizkušeni najmanj po zahtevah SIST EN 60099- 4 ter drugih veljavnih standardih in predpisih.

Opravljen mora biti vsaj naslednji kosovni preizkus:

- preizkus suhega odvodnika z vzdržno napetostjo omrežne frekvence.

Na mestu vgradnje mora biti opravljeno preverjanje pravilne izvedbe montažnih del in funkcionalnega delovanja naprav.

10.2.17 **Napisne plošče**

S transformatorjem morajo biti dobavljene naslednje napisne plošče iz inox pločevine (kar je predmet potrditve), ki zdrži trajne zunanje obremenitve:

- napisna plošča po zahtevah SIST EN 60076 z dodano impedanco, z napetostjo in tokom,
- plošča, na kateri so na standardiziran način prikazane notranje povezave in razmerja vektorjev napetosti v posameznih navitjih v skladu z SIST EN 60076 in dodatno tloris transformatorja, iz katerega bo jasno viden razpored zunanjih priključkov,
- plošča, na kateri bo prikazan razpored in funkcija vseh ventilov, z opozorilom obratovalnemu osebju, da morajo upoštevati navodila, če želijo izvesti vakumiranje,
- ploščice z oznakami za vse ventile, oddušnike, sušilnike in preostale elemente na transformatorju,
- plošča, ki kaže vse električne tokokroge in spončne letve. Ta plošča naj bo montirana na omarah transformatorja.

10.2.18 Pregledi in preizkusi transformatorjev lastne rabe

Za transformatorje so zahtevani še v nadaljevanju našteti rutinski, kosovni, posebni in prevzemni preizkusi ter meritve in preizkusi na mestu vgradnje.

Na podlagi QA načrta bodo določene kontrolne točke, pri katerih mora biti zagotovljena prisotnost odgovorne osebe. Med proizvodnjo kateregakoli dela transformatorja se lahko zahteva njegov pregled ali preizkus v prisotnosti odgovorne osebe ali pooblaščenca. Zato mora izvajalec sistematično obveščati o datumih, ko so pomembnejši deli ali celotni sklopi pripravljeni za preizkus. Izvajalec mora zagotoviti tudi preizkusne vzorce olja, izolirane žice in pločevine za preizkus v neodvisni ustanovi.

Transformatorji so predmet prevzemnega preizkusa pri proizvajalcu v prisotnosti predstavnikov družbe ELES. Rezultati preizkusa morajo zagotoviti, da naprava ustreza vsem zahtevam. Način in postopek preizkušanja predlaga dobavitelj, potrdi pa ga odgovorni predstavnik. Družba ELES si pridržuje pravico pridobiti drugo neodvisno mnenja (preverjanje pravilnosti rezultatov meritev, preizkusov, tipskih preizkusov...).

Tovarniški prevzemni preizkusi

S tovarniškimi prevzemnimi preskusi se preveri funkcionalnost opreme in skladnost z garantiranimi in drugimi projektno predvidenimi karakteristikami. Tovarniški prevzemni preizkusi (FAT) se izvedejo v tovarni ob prisotnosti predstavnikov družbe ELES. Program FAT-a je predmet odobritve naročnika.

Ustreznost meritev EMC združljivosti mora pregledati in potrditi strokovnjak za EMC.

Ponudnik mora ob FAT-u predložiti dokazila o brezhibnosti opreme.

Vsa morebitna odstopanja od zahtevanih vrednosti se bodo dokumentirala v dnevniku proizvodnje transformatorja. Predstavniki družbe ELES in ponudnika skupaj sestavijo zapisnik o potrebnih popravilih transformatorja oziroma njegova opreme. Predstavnik družbe ELES ima v primeru odstopanj pravico zahtevati prekinitev preizkusov in njihovo ponovno izvedbo.

Ponudnik je ne glede na to, da je rezultate testov s strani družbe ELES odobren, tudi po montaži transformatorja še vedno odgovoren za njegovo pravilno delovanje.

Tovarniški prevzemni preizkusi morajo obsegati najmanj naslednje:

- pregled naprave,
- preverjanje glavnih dimenzij transformatorja,
- meritev prestavnega razmerja in kontrola vezne skupine,
- meritev izgub in toka praznega teka (napajanje s sekundarne strani, pri napetosti 0,9, 1,0 in $1,1 \times U_n$),
- meritev izgub in napetosti kratkega stika,

- meritev nične impedance,
 - dielektričen preizkus z napetostjo iz tujega vira 50 Hz, 60 s,
 - dielektrični preizkus z inducirano napetostjo – IVPD,
 - preizkus z atmosfersko udarno napetostjo,
 - meritev delnih (parcialnih) praznjenj,
 - meritev izolacijskih upornosti (med navitji in ozemljenimi deli, magnetnega jedra proti kotlu in okvirju),
 - meritev stresane induktivnosti,
 - meritev ohmskih upornosti navitij,
 - meritev višjih harmonikov toka praznega teka,
 - meritve na vgrajenih tokovnih transformatorjih,
 - preizkus z napetostjo 2 kV na ožičenju, krmilnih in nadzornih napravah,
 - HPLC in plinsko kromatografsko preiskavo se izvede pred dielektričnih preizkusi, po njih in po segrevanju,
 - analiza stopnje polimerizacije (DP) izolacijskega papirja po sušenju transformatorja,
 - kontrola AKZ
-
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota $\tan \delta$,
 - meritve kapacitivnosti in izgubnega kota $\tan \delta$ VN skoznjikov,
 - meritev frekvenčne karakteristike (FRA),
 - preizkus segrevanja navitij s termografijo,
 - meritev jakosti hrupa pri U_m ,
 - meritev magnetilnih tokov pri napetosti 400 V, 50 Hz,
 - meritev prebojne napetosti izolacijskega olja iz transformatorja,
 - preizkus z nadtlakom 35 kPa celotnega transformatorja,
 - vakuumski preizkus tesnosti
 - funkcionalni preizkus zaščitne in preostale opreme na transformatorju,
 - izračun indeksa konične obremenitve in faktorja obremenitve.

Preizkusi na mestu vgradnje

Cilj preizkusov je preveriti pravilno in varno obratovanje naprav, posebej glede funkcionalnosti in garancij, ki so določene v ustrezni dokumentaciji.

Podrobnosti merilnih metod, pogojev in njihova izvedba bodo dogovorjeni na podlagi programa preizkusov med pogodbeniki. Skupno se dogovorita tudi o posebnih pogojih preizkusnega obratovanja (na primer pogoji omrežja).

Vso potrebno standardno in specialno opremo in osebje za preizkušanje, VN merilne vire, lestve in vso drugo opremo, ki je potrebna za opravljanje preizkusov, mora zagotoviti dobavitelj.

Če transformator ne bo izpolnjeval vseh zahtevanih sprejemnih pogojev, bosta ponudnik in naročnik sestavila pisni dogovor o posledicah neizpolnjevanja pogojev.

Na objektu se morajo v okviru prevzemnih preizkusov opraviti vsaj naslednji pregledi, preizkusi in meritve:

- vizualni pregled,
- funkcionalni preizkus Buchholz releja,
- funkcionalni preizkus krmilne in nadzorne opreme in pregled kazalčnih inštrumentov,
- funkcionalni preizkus kazalnika nivoja olja,
- preizkus tesnjenja transformatorja in hladilnega sistema,
- pregled vseh ventilov, zasunov in podobno za nemoten pretok olja in zraka,
- pregled končne antikorozijske zaščite,
- meritev izolacijskih upornosti,
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota $\tan \delta$,
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota $\tan \delta$ VN skoznjikov,
- meritev stresane induktivnosti,
- meritev magnetilnih tokov pri napetosti 400 V, 50 Hz,
- meritev prebojne trdnosti in vsebnosti vode v izolacijskem olju,
- meritev frekvenčnega odziva (FRA),
- frekvenčna analiza dielektrika (FDS).

Po uspešno zaključenih in zapisniško potrjenih pregledih, preizkusih in meritvah je naprava pripravljena za preizkusno obratovanje. Z dnem podpisa zapisnika o prevzemu začne teči tudi garancijski rok.

10.2.19 Dokumenti kontrole kakovosti

Vse meritve in preizkusi, ki jih proizvajalci opravljajo na posameznih komponentah, morajo biti opravljeni in zabeleženi v skladu z načrtom kakovosti.

Rezultati opravljenih preizkusov na posameznih komponentah morajo biti v obliki certifikatov predloženi ob prevzemnih preizkusih transformatorja.

a) Certifikati o kakovosti:

- bakreni izolirani vodniki,
- pločevina jedra,
- trdi izolacijski materiali,
- izolacijsko olje,
- konstrukcijska jekla,
- kabli ožičenja,
- barva in njena odpornost proti olju,
- izolacijski papir.

- b) Poročilo o preizkusih:
 - skoznjikov,
 - tokovnih transformatorjev,
 - hladilnikov,
 - pomožnih omaric.
- c) Preizkus delovanja in certifikati o kakovosti:
 - Buchholz releja,
 - varnostnega ventila,
 - temperaturnih merilnih sond Pt 100,
 - magnetnih oljekazov,
 - kontaktnega kapilarnega termometra,
 - termične slike
 - zračne blazine v konservatorju in sušilcev zraka.
- d) Dokumenti o kontroli kotla.
- e) Poročilo o preizkusu z nadtlakom in vakuumom kompletnega transformatorja.
- f) Poročilo o kontroli antikorozijske zaščite.
- g) Poročilo o meritvah in preizkusih v tovarni in na mestu vgradnje.
- h) Izjava o skladnosti.
- i) Izjava proizvajalca, da je transformator izdelan iz materialov in po postopkih, skladnih z EU okoljskimi direktivami (t.i. eko-trafo) po EZ-1 člen 327 in 328.

10.3 Napetostni napajalni transformator (NNT)

Glavna prednost napetostnih napajalnih transformatorjev je v tem, da jih lahko priključimo na VN omrežje in to direktno na zbiralke. Zaradi fleksibilnega obratovanja naj bodo praviloma priklopljeni na zbiralke preko VN ločilnika. Tako enostavno in iz zanesljive točke zagotavljamo energijo za potrebe lastne rabe direktno iz VN zbiralk, kar zagotavlja bistveno večjo zanesljivost obratovanja LR.

10.3.1 Tehnične značilnosti NNT

Napetostni napajalni transformatorji, ki jih uporablja družba ELES, naj bodo zasnovani v izvedbi odprtega jedra saj nam zaradi velike induktivne komponente magnetilnega toka to preprečuje pojav feroresonance in s tem nastajanje časovnih prenapetosti.. Na tak način zagotovimo bistveno manjšo električno obremenitev primarnega navitja, ki naj bo izvedeno segmentno. Ta tehnologija omogoča tudi lažjo izvedbo transformatorja

in zato manjšo količino izolacijskega olja. NNT naj bo tipske moči 25 ali 50 kVA, odvisno od potreb objekta.

NNT naj bo v enofazni izvedbi. Sekundarni priključki naj bodo izvedeni z ustreznimi varovalkami v priključni omarici na transformatorju in naj bodo v vijačni izvedbi. NNT naj ima vgrajeno PT-100 sondo za nadzor temperature navitja ob jedru in signalno nadtlačno stikalo. Značilne podatke podaja tabela 9.

Tabela 9: Pregled značilnosti NNT.

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost
1.	Proizvajalec / država porekla	-	
2.	Oznaka tipa	-	
3.	Nazivna napetost	kV	123
4.	Stopnja izolacije		
5.	Nazivna zdržna enominutna napetost industrijske frekvence 50 Hz	kV	230
6.	Nazivna zdržna atmosferska udarna napetost	kV	550
7.	Razmerje med plazilno in obločno potjo		$\leq 3,5$
8.	Primarna napetost	V	$110.000/\sqrt{3}$
9.	Sekundarna napetost	V AC	231
10.	Nazivna moč	kVA	25-50
11.	u_k	%	≥ 7
12.	Regulacija sekundarne napetosti	%	$\pm 3,5$
13.	Minimalna specifična plazilna pot proti zemlji	mm/kV	≥ 20
14.	Izolator:		
	- proizvajalec		
	- material		kompozit
15.	Način tesnjenja oljne komore		
16.	Statična vzdržna obremenitev primarnih priključkov	N	≥ 5.000
17.	Transformatorsko olje:		
	- ime proizvajalca		NYNAS
	- oznaka olja		Nytro 4000X ali boljši
	- stopnja kakovosti olja (SIST EN 60296)		TVAI
18.	Masa kompletnega transformatorja	kg	
19.	Masa izolacijskega olja v enem transformatorju	kg	
20.	Skupna transportna masa enega transformatorja	kg	
21.	Višina transformatorja	mm	
22.	Širina transformatorja	mm	
23.	Temperaturno območje okolice	°C	-25 do +40

10.3.2 Splošne zahteve za napetostne napajalne transformatorje (NNT)

NNT morajo izpolnjevati naslednje dodatne zahteve:

- Izdelani morajo biti s papirno izolacijo ter izolacijskim oljem brez dodatka kremenčevega peska.
- Vgrajeni morajo biti izolatorji iz kompozitnih materialov, izdelani na področju Evropske unije v skladu s standardom SIST EN 61462. Jedro izolatorja mora biti izdelano iz umetnih smol, ojačenih s steklenimi vlakni, izolacijska obloga pa mora biti iz silikonske gume vulkanizirane pri visoki temperaturi. Izolatorji morajo biti v celoti izdelani z vlivanjem, brez uporabe lepil. Na izolatorjih morajo biti jasno navedeni tip, proizvajalec in serijske številke posameznih izolatorjev, ki se morajo ujemati s predloženo dokumentacijo o izvedenih kosovnih preizkusih, skladno s pripadajočimi standardi.
- Za izolacijo mora biti uporabljeno inhibirano mineralno olje tipa TVAI, skladno s standardom SIST EN 60296:2020, Ed.5. Uporabljeno mora biti nerekiclrano transformatorsko olje proizvajalca NYNAS in sicer tip NYTRO 4000X, NYTRO 10XN ali NYTRO LYRA X.
- Vsebnost vlage izolacijskega olja pred polnjenjem sme biti v skladu s standardom SIST EN 60296:2020 max. 30 ppm, če je izolacijsko olje dobavljeno v cisterni, oziroma max.40 ppm, če gre za dobavo sodih oz. IBC cisternah. Prebojna napetost mineralnega izolacijskega olja pred polnjenjem merilnih transformatorjev mora biti vsaj 30 kV pred degazacijo olja oz. vsaj 70 kV po njej.
- Dopustna vsebnost vlage po polnjenju merilnih transformatorjev je največ 5 ppm, prebojna napetost olja pa minimalno 60 kV.
- Olje ne sme vsebovati polikloriranih bifenilov (PCB).
- Olje mora biti v skladu s standardom SIST EN 60422 – tabela 3 tega standarda.
- Konstrukcija mora omogočati uporabo minimalne količine olja.
- Vgrajen mora biti ventil s povratnim tesnjenjem za varen odvzem vzorcev izolacijskega olja.
- Izveden mora biti priključek za meritve izgubnega kota izolacije $\tan \delta$.
- Imeti mora indikator stanja izolacijskega olja v kompenzacijski posodi, ki mora biti dobro viden s tal (barvne oznake morajo biti obstojne).
- Papirna in oljna izolacija mora biti osušena ter razplinjena z vakuumskim in temperaturnim postopkom. Izgubni faktor izolacije $\tan \delta$ mora biti pri manjši od 0,005 pri $U_m/\sqrt{3}$. Vrednosti izgubnega faktorja izolacije v seriji dobavljenih NNT se od srednje vrednosti ne smejo razlikovati za več kot 20 %.
- Pred pričetkom izdelave se opravi preiskava stopnje polimerizacije papirne izolacije, skladno s SIST EN 60450. Vzorec se odvzame iz vseh kolotov papirja, ki bodo uporabljeni pri izdelavi. Pred polnjenjem se opravi tudi preiskava kakovosti novega transformatorskega olja, skladno s SIST EN 60296 in SIST EN 61125. Na enem NNT iz serije, v primeru večjih količin pa skupno na 5 % oz. 10 % transformatorjev se skladno z zahtevami klasifikacije olja po SIST

EN 60296:2020 in specifikacijo olja s strani proizvajalca izvede preizkus kakovosti polnjenega olja.

- Dobavitelj mora rezultate preiskav papirne izolacije in transformatorskega olja posredovati skupaj z vso drugo dokumentacijo. Vzorci morajo ustrezati naslednjim zahtevam:
 - stopnja polimerizacije ne sme biti nižja od 1.100,
 - vsebnost vlage mora biti nižja od 0,3 %.
- Ohišja morajo biti izdelana iz korozijsko visoko odporne Al zlitine, vijačni material mora biti iz nerjavečega jekla. Za tesnjenje je dovoljena uporaba izključno obročnih tesnil. Tesnjenje ohišja mora biti pred vgradnjo atestirano na neprepustnost.
- Za tesnjenje je dovoljena uporaba izključno obročnih tesnil. Vsa tesnila morajo biti vlita v celoti, brez uporabe lepil. Tesnjenje mora biti takšne izvedbe, da zagotavlja zanesljivost in popolno hermetičnost ter brez potrebe po vzdrževanju v celotni življenjski dobi naprav.
- Aktivni del NNT mora biti hermetično zatesnjen in povezan s fleksibilno ekspanzijsko posodo iz nerjavečega jekla. Tesnjenje primarnih in sekundarnih izvodov proti olju mora biti izvedeno s podvojenimi tesnili ter fizično ločeno od sekundarnih priključnih sponk.
- Sekundarni priključki morajo biti nameščeni v dveh ločenih omaricah (s snemljivim pokrovom) s stopnjo zaščite najmanj IP 54, skladno s standardom SIST EN 60529, in morajo biti dovolj prostorne za priklop priključnih kablov. V glavni omarici so nameščeni priključki za napajalni del in varovalko, v pomožni omarici so nameščeni vsi drugi priključki (tg δ , nadtlak olja, temperatura navitja, regulacija). Sekundarni priključki morajo biti izdelani iz korozijsko zaščenega bakra (E-Cu) ali posrebreni, priključki morajo biti ustreznih dimenzij glede na nazivno moč NNT. Oznake sekundarnih priključkov morajo biti navedene neposredno pri priključnih sponkah.
- V priključno omarico napajalnega dela se vgradi odklopni element za varovanje kabla do ranžirne omarice (kot npr. ETI NH00gF-125A/400V opremljen z indikacijo izpada varovalke kot npr. ETI-NVS5) vključno s podnožjem (kot npr. PK00M8) in pritrdilnimi elementi.
- Za zagotovitev trajnih in kvalitetnih galvanskih povezav morajo biti sekundarna navitja s spajkanjem spojena s priključnimi sponkami.
- Napisna tablica mora biti izdelana iz kvalitetnih in odpornih materialov in mora vsebovati tehnične podatke NNT v skladu s standardi. Tablica mora biti izpisana v slovenskem jeziku in mora biti potrjena s strani družbe ELES.
- Na podnožju morata biti predvidena dva vijačna priključka najmanj dimenzij M12 za ozemljitev ohišja.
- NNT mora imeti tipske dimenzije podnožja za montažo, in sicer: 450 × 450 mm, $\phi = 20$ mm.
- Izdelan mora biti iz materialov in v tehnologiji, ki omogoča življenjsko dobo vsaj 25 let.

- Primarni priključki morajo biti izdelani iz Al zlitin ali posrebrenega bakra. Priključki so ploščati in dimenzije min. 100×100 mm.
- Primarni priključki morajo biti na vrhu NNT (vertikalni priključek). Na priključku morajo biti 4 luknje, razmik med njimi 50/50 mm.
- Izdelani morajo biti tako, da bo onemogočena njihova eksplozija. Notranja konstrukcija mora preprečevati njegovo okvaro zaradi kratkega stika ali preobremenitve v sekundarnih tokokrogih. Zaradi varnosti morajo imeti šibko (konstrukcijsko oslABLjeno) mesto v spodnjem oziroma zgornjem kovinskem delu, ki ob nevarnosti eksplozije NNT deluje kot varovalka.
- Zaradi zagotavljanja enakomerne obremenitve izolacijskega materiala mora biti predviden najmanj en izenačevalni zaslon za vsakih $10/\sqrt{3}$ kV nazivne napetosti.
- Opremljeni morajo biti s tlačnim stikalom za javljanje nadtlaka olja v notranjosti.
- NNT morajo imeti izvedeno meritev temperature napajalnega navitja z vrha naprave.
- Proizvajalec mora dostaviti krivuljo sekundarne napetosti v odvisnosti od bremena za vsak NNT. Krivulja mora biti tako definirana, da sekundarna napetost ustreza nazivni vrednosti (231 V) na polovici nazivnega bremena. Predvideva se primer maksimalnega padca napetosti oz. takšen $\cos \varphi$, da skupni padec napetosti ustreza napetosti kratkega stika ($u_k[\%]$). Skladnost dostavljene krivulje in končne krivulje proizvedenega NNT se dokazuje z meritvami prenosnega razmerja v praznem teku po standardu SIST EN 60076-1, točka 10.3 in z meritvami napetosti kratkega stika po standardu SIST EN 60076-1, točka 10.4. Dovoljena odstopanja pri izmerjeni vrednosti sekundarne napetosti so $\pm 0,5 \%$, pri izmerjeni vrednosti napetosti kratkega stika so $\pm 10 \%$ po standardu SIST EN 60076-1, tabela 1.

10.3.3 Preizkusi napetostnih napajalnih transformatorjev

Tako tipski, specialni in kosovni (rutinski) preizkusi morajo biti izvedeni v skladu s standardi SIST EN 61869-1, SIST EN 61869-3, SIST EN 60076-1, SIST EN 60076-2, SIST EN 60076-3, SIST EN 60076-4 in SIST EN 60076-5.

Kopijo poročil o opravljenih tipskih preizkusih na enakem tipu NNT je dobavitelj dolžan predati v fazi oddaje ponudbe.

Proizvajalec mora pri preizkusu segrevanja dokazati upoštevanje sončnega sevanja 1.000 W/m^2 .

Dobavitelj je dolžan poslati pisno obvestilo o datumu prevzemnih preizkusov vsaj 15 delovnih dni prej.

Zahtevana tipska preizkušanja se izvedejo na enem kosu, rutinska in specialna preizkušanja pa na vseh NNT-jih.

Prevzemni preizkusi v laboratoriju proizvajalca, ki se bodo izvajali v prisotnosti pooblaščenega predstavnika, obsegajo naslednje preizkuse:

- pregled naprave,
 - meritve prestavnega razmerja,
 - meritve upornosti navitij,
 - meritve izgub v praznem teku in toka praznega teka,
 - meritve izgub v praznem teku pri 110 % nazivni napetosti,
 - meritve kratkostičnih izgub in napetosti kratkega stika,
 - meritve ničelne impedance,
 - dielektrični preizkus z vsiljeno napetostjo industrijske frekvence 50 Hz, 60 s,
 - dielektrični preizkus z inducirano napetostjo,
 - dielektrični preizkus z udarno napetostjo,
 - meritve delnih razelektritev,
 - merjenje izolacijske upornosti,
 - HPLC in plinska kromatografija odvzetih vzorcev pred izvedenimi preizkušnji in po njih (po preizkusu segrevanja),
 - določitev stopnje polimerizacije odvzetega vzorca papirne izolacije (DPv) pred sušenjem navitij in po njih.
-
- preizkus segrevanja navitij s termografskim pregledom,
-
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota ($\tan \delta$),
 - meritev tokov magnetenja,
 - prebojna napetost izolacijskega olja,
 - analiza izolacijskega olja, skladno z SIST EN 60422,
 - vakuum test,
 - nadtladni preizkus NNT,
 - funkcionalni preizkus zaščitne opreme.

Kriterij za rezultate fizikalno-kemijskih analiz je doseganje zahtevanih parametrov skladno z zahtevami klasifikacije olja po SIST EN 60296:2020-tabela 3 za olja klasificirana kot Tip A in specifikacijo olja s strani proizvajalca olja.

Kriteriji za DGA in fizikalno-kemijske parametre po izvedenih preizkusih:

- vodik (H_2) prirast manjši od 10 ppm,
- acetilen (C_2H_2) prirast manjši od 0,3 ppm,
- plini (C_xH_y) prirast manjši od 1 ppm,
- celokupna vsebnost plinov manjša od 20 ml/l,
- vsebnost vode maks. 5 mg/kg olja,
- medpovršinska napetost min. 40 mN/m,
- vsebnost inhibitorja DBPC skladno s specifikacijo proizvajalca olja.

11 SN stikalne celice

Priklop kablov iz distribucijskega omrežja, transformatorjev lastne rabe, npr. 20/0,4 kV ipd., se izvede s SN stikalnimi celicami.

Celice naj bodo kompaktne kovinsko oklopljene izvedbe s fiksno montiranimi stikalnimi elementi v tehničnem zraku pod nadtlakom in/ali vakuumu. Celice morajo biti izvedene in preizkušene v skladu z zahtevami najnovejših izdaj SIST EN 62271, SIST EN 61936, SIST EN 60529 in SIST EN IEC 61000 ali ustreznimi novejšimi standardi. Na celicah mora biti slepa shema z oznakami elementov po enopolni shemi.

V primeru notranje okvare z odprtim električnim oblokom morajo biti nastali plini usmerjeni stran od obratovalca, ki bi lahko stal pred celico. Na vsaki celici je, če je zaradi opreme potrebno, nameščena merilna in priključna omarica z montažno ploščo, omarica mora biti poenotene velikosti. Merilna in priključna omarica nad celico služi ožičenju pomožnih kontaktov s signalizacijo izpada ali položaja stikalnega aparata.

Vsa oprema vključno s sponkami mora biti tipizirane izvedbe in montirana na montažnih letvah.

V omarici morajo biti za vsako napravo izvedene ločene spončne letve z vsaj 20 % prostorsko rezervo.

Velikosti celic morajo biti omejene na transportne poti in na razpoložljivo velikost prostora, po montaži celotne opreme mora biti zagotovljeno dovolj prostora za normalno upravljanje in vzdrževanje opreme.

Napajalna napetost krmilnih in signalnih tokokrogov mora biti zagotovljena iz porazdelitve znotraj posamezne celice. Tokokrogi daljinske signalizacije in krmiljenja morajo biti ožičeni in povezani do temu namenjenih vrstnih sponk v posamezni celici. Celice morajo biti opremljene z zahtevanimi SN stikalnimi napravami, pogonskimi mehanizmi, krmilnimi ročicami in paličnimi mehanizmi, prenapetostnimi odvodniki, izolatorji, podpornimi, veznimi in nosilnimi elementi, elementi za ročno lokalno krmiljenje, indikacijami položaja, indikatorji napetosti in vso ostalo pomožno opremo, potrebno za njihovo obratovanje.

Stikalni aparati - splošno

Stikalne naprave morajo biti opremljene z elektromotornim in/ali ročnim pogonom.

Pri vseh stikalnih elementih se zahteva zadostno število galvansko prostih pomožnih kontaktov za napetost 220 V DC, tako kot je določeno v tabelah tehničnih podatkov. Elementi, ki se krmilijo tudi v ročnem režimu, morajo biti opremljeni z ustreznim

pogonskim mehanizmom, krmilno ročico, potrebnim vzvodjem in veznimi palicami ter ostalimi elementi potrebnimi za montažo.

Odklopnik

Odklopnik mora imeti elektro motorni pogon (220 V DC), ki je lahko krmiljen ročno lokalno in daljinsko. Zato mora biti stikalo izvedeno za priključitev daljinskega krmiljenja, vključno s preklopko lokalno/daljinsko. Na izklop odklopnika v dovodni celici T121 deluje zaščita transformatorja 110/20 kV v 110 kV polju AExx. Zato mora biti v oba izklopna tokokroga daljinskega krmiljenja vgrajeno stikalo s ključem za položaj »test«, ki preprečuje daljinski izklop/izpad odklopnika v primeru testiranja. Odklopnik mora imeti eno vklopno in dve izklopni tuljavi, vsaka s svojim krmilnim tokokrogom in podvojenimi sponkami za daljinsko krmiljenje. Izvedene morajo biti 4 žične povezave za realizacijo kontrole izklopnih tokokrogov (KIT).

Stikalni ločilniki

V dovodnem polju distribucije se stikalni ločilnik krmili ročno.

Stikalna ločilnika v transformatorskih poljih morata imeti elektro motorni pogon (220 V DC), ki je lahko krmiljen tudi daljinsko. Zato morata biti stikali izvedeni za priključitev daljinskega krmiljenja, vključno s preklopkama lokalno/daljinsko. Na izklop stikalnega ločilnika v celicah deluje poleg varovalke tudi zaščita transformatorja 20/0,4 kV in odklopnik na 0,4 kV strani. Zato mora biti v izklopni tokokrog daljinskega krmiljenja vgrajeno stikalo s ključem za položaj »test«, ki preprečuje daljinski izklop/izpad stikal v primeru testiranja. Stikalna ločilnika v transformatorskih celicah morata imeti po eno vklopno in eno izklopno tuljavo in podvojene sponke za daljinsko krmiljenje.

Tokovni merilni transformatorji

Tokovni merilni transformatorji morajo ustrezati standardu SIST EN 61869-2. Grajeni morajo biti za zahtevane mehanične in termične obremenitve, ki so navedene v Tabelah tehničnih podatkov. Vsa navitja naj dopuščajo 150 % trajno preobremenitev. Vsi priključki sekundarnih tokokrogov naj bodo prilagojeni žični povezavi do 4 mm². Transformatorji morajo biti ozemljeni na sponkah tokovnikov v skladu z enopolno shemo. SN tokovni merilni transformatorji, ki bodo uporabljeni tudi za obračunske meritve napram distribuciji morajo imeti odobritev tipa merila in ustrezati veljavnim zahtevam iz dokumenta »Nabor merilne opreme«, SONDO, za priključno moč nad 660 kW.

Napetostni merilni transformatorji

Napetostni merilni transformatorji morajo ustrezati standardu SIST EN 61869-3. Napetostni transformatorji morajo biti na primarni strani zaščiteni z VN varovalkami, ki morajo imeti prigrajena po dva pomožna kontakta za signalizacijo pregretja. Merilni tokokrogi sekundarnih strani navitij morajo biti ščiteni s primernim zaščitnim avtomatom z 2 × NC signalnima kontaktoma izpada ali izklopa. Merilni tokokrogi

morajo biti ožičeni na za to posebej predvideno spončno letev, enako signalni tokokrogi. SN napetostni merilni transformatorji, ki bodo uporabljeni tudi za obračunske meritve za potrebe distribucije, morajo imeti odobritev tipa merila in ustrezati veljavnim zahtevam iz dokumenta »Nabor merilne opreme«, SONDO, za priključno moč nad 660 kW.

Prenapetostni odvodniki

Izdelani morajo biti v skladu s standardom SIST EN 60099-4.

Izolatorji

Podporni izolatorji morajo biti v skladu s standardom SIST HD 578 S1, skoznjiki pa v skladu s standardom SIST EN 60137.

Signalizacija

Signali iz posameznih stikalnih in nadzornih elementov (potencialno prosti kontakti) morajo biti pripeljani na skupno za to namenjeno spončno letev v priključni omarici posamezne celice. Od tam jih bo v sistem vodenja povezal drug montažer. Na voljo mora biti vsaj položajna signalizacija in signalizacija izpadov naprav zaradi delovanja njihove zaščite. Signalizacija, ki se zajema v krmilno zaščitni terminal mora biti podvojena, to pomeni potencialno prost kontakt za:

- lokalno signalizacijo in
- potencialno prosta kontakta NO + NC za sistem vodenja.

Merilni in zaščitni tokokrogi

V priključnih omaricah posameznih celic mora biti pripravljeno ustrezno število priključnih mest za merilne oziroma zaščitne tokokroge. Napetostni tokokrogi morajo imeti za vsak priključek ločene zaščitne avtomate, tokovne zanke pa mostične zveze.

V primeru ločitve napajanja tehnološke in poslovne LR že na SN nivoju, v skladu s poglavjem 7.1, je smiselno z merilnimi sistemi meriti tudi odvode ali skupine odvodov odjema na SN nivoju.

Poleg merilnih pretvornikov je treba namestiti tudi merilnike, izvedene meritve energij pa morajo biti vključene v sistem daljinskega odčitavanja.

11.1 Preizkusi SN stikalnih celic

Zahtevani so tipski in kosovni preizkusi SN stikalnih celic opravljeni v skladu s standardom SIST EN 62271.

Proizvajalec mora predati kopijo potrdil tipskih preizkusov.

Zahtevana so poročila o kosovnih preizkusih. Kriteriji sprejemljivosti naj bodo posebej poudarjeni v poročilih preizkusov.

Tovarniški prevzemni preizkusi morajo vsebovati kosovne preizkuse skladno s standardom SIST EN 62271.

Ustreznost posameznih sestavnih delov SN stikalnih celic mora biti potrjena s poročili ali certifikati tipskih in kosovnih preizkusov. Potrdila o opravljenih tipskih preizkusih morajo biti priložena.

V okviru preizkušanja na mestu vgradnje so zahtevane naslednje aktivnosti:

- preverjanje pravilne vgradnje,
- funkcionalni preizkusi vseh elementov in sistema,
- meritve izolacijske upornosti,
- meritev upornosti glavnih tokokrogov na vseh sklopih, ki niso mogli biti preizkušeni v tovarni (npr. celotno sestavljeno stikališče ali sklopi celic in podobno),
- ponovitev preizkusa kratkotrajne vzdržne napetosti omrežne frekvence v suhih pogojih.

Odklopnik

Zahtevani so tipski in kosovni preizkusi odklopnikov opravljeni v skladu s standardom SIST EN 62271-100.

Stikalni ločilnik / ločilnik

Zahtevani so tipski in kosovni preizkusi stikalnih ločilnikov in ločilnikov opravljeni v skladu s standardom SIST EN 62271-102.

Tokovni merilni transformator

Zahtevani so preizkusi tokovnih merilnih transformatorjev opravljeni v skladu s standardi SIST EN 61869-1, SIST EN 61869-2 ter drugimi veljavnimi standardi in predpisi.

Opravljeni morajo biti vsaj kosovni preizkusi skladno s standardoma SIST EN 61869-1 in SIST EN 61869-2 vključno z:

- pregledom skladnosti, splošna vizualna in dimenzijska kontrola, skladno z zahtevami razpisne dokumentacije in potrjene tehnične dokumentacije,
- meritvijo kapacitivnosti in izgubnega kota ($\tan \delta$).

Napetostni merilni transformator

Zahtevani so preizkusi napetostnih merilnih transformatorjev opravljeni v skladu s standardi SIST EN 61869-1, SIST EN 61869-3 ter drugimi veljavnimi standardi in predpisi.

Opravljeni morajo biti vsaj kosovni preizkusi skladno s standardoma SIST EN 61869- 1 in SIST EN 61869-2 vključno z:

- pregledom skladnosti, splošna vizualna in dimenzijska kontrola, skladno z zahtevami razpisne dokumentacije in potrjene tehnične dokumentacije,
- meritvijo kapacitivnosti in izgubnega kota ($\tan \delta$).

Prenapetostni odvodnik

Zahtevani so tipski in kosovni preizkusi prenapetostnih odvodnikov opravljeni v skladu s standardom SIST EN 60099-4.

12 Dizel električni agregat

Kot pomožni vir napajanja se uporablja dizel električni agregat z vso spremljajočo opremo, ki jo tvorijo: električni generator, dizel motor, krmilna omara s preklopno avtomatiko in rezervoar. V nadaljevanju bodo podane značilnosti posameznih naprav ter osnovne lastnosti in obratovalne karakteristike DEA kot celote.

12.1 Dizel električni agregat in krmilna omara s preklopno avtomatiko

Oprema zajema kompletni trifazni 0,4 kV dizel električni agregat (kombinacija generator-motor) z generatorjem brez ščetk, rezervoarjem goriva, hladilnim in izpušnim sistemom, zagonskimi baterijami in ustrezno krmilno opremo. Pomožna oprema prostora dizel električnega agregata obsega žaluziji hladilnega zraka na dovodu in odvodu z elektromotornim pogonom in ustreznim električnim krmiljem, lovilno posodo za gorivo in olja kjerkoli pod napravami DEA. Dnevni rezervoar mora biti nameščen v podnožju agregata in opremljen z iztokom in dotočnimi cevovodi, ventili, črpalko za gorivo in napravami za signalizacijo nivoja goriva (dvakrat prosti kontakti signalov minimum, maksimum, izliv goriva). Dobava obsega še izpušni sistem, kanal hladilnega zraka, prezračevalni in ogrevalni sistem prostora in drugo pomožno opremo in naprave, ki so potrebne za pripravo agregata na obratovanje. Dizel električni agregat mora biti opremljen s kovinskimi ušesi za lažji transport (dviganje, spuščanje).

Omara krmiljenja in izvoda 0,4 kV iz dizel električnega agregata mora vsebovati razdelitev napajalnih napetosti z odklopniki, krmilno in merilno opremo, napravami z avtomatiko DEA za samodejni priklop na razdelilnik izmeničnega napajanja in za njegov izklop in zaustavitev po vzpostavitvi normalnega napajanja iz zunanjega vira. Omara mora biti opremljena z vsemi elementi, notranjim ožičenjem in povezavami med elementi, omogočati mora daljinsko vodenje ter zajem podatkov. Na zgornjih vogalih mora omara imeti kovinska ušesa za dviganje/spuščanje pri transportu omare. Dobavitelj mora preučiti možnosti transporta in namestitve agregata v/na predvideni prostor in prilagoditi izbiro agregata omejitvam transportnih odprtín. Dobavitelj je odgovoren, da si, če je potrebno, priskrbi natančnejše risbe prostorov z vsemi potrebnimi detajli za definiranje vgradnje dizel električnega agregata s pomožnimi sistemi.

12.2 Način delovanja dizel električnega agregata

12.2.1 Splošni pogoji za dokumentacijo

Dizel električni agregat je predviden in dimenzioniran za napajanje pomembnih nujnih porabnikov v primeru izpada napajanja zaradi okvar oziroma vzdrževalnih del transformatorja. V ustrezni dokumentaciji je poleg dokumentacije za motor in generator treba predložiti tudi tehnično dokumentacijo za DEA sklop, kot celoto. Iz dokumentacije

mora biti razvidno (dokazila), da je DEA sklop izdelan v skladu s standardi: ISO 8528, ISO 3046 in SIST EN 60034. Oprema mora biti ustrezne kakovosti ter kompatibilna s tovrstnimi že vgrajenimi sistemi na objektih družbe ELES. Dokumentacijo morajo sestavljati atesti in certifikati skladno s tehničnimi predpisi in slovensko zakonodajo, vključno z emisijami izpušnih plinov in nivojem hrupa. Ponudnik mora predložiti dokazilo o usposobljenosti za montažo, prvi zagon, obratovanje, vzdrževanje, servisiranje in oskrbo z originalnimi rezervnimi deli v garancijski in po garancijski dobi.

12.2.2 Pogoji delovanja avtomatike

Avtomatika DEA bo v primerih izpadov zunanje napetosti zagotavljala samodejen zagon DEA in njegov priklop na zbiralni sistem NLR. Po povrnitvi zunanje napetosti se bo samodejno vzpostavilo napajanje iz zunanjega vira in zaustavitev DEA.

Dizel električni agregat mora imeti možnost ročnega in/ali sinhroniziranega vklopa za občasno vzdrževanje in preizkušanje na polno obremenitev.

Avtomatika mora omogočati sinhronizirane brezprekinitvene preklope med omrežnim in generatorskim virom ob izpolnjevanju naslednjih funkcij:

- ob izpadu omrežnega vira in avtomatskem prevzemu porabnikov s strani agregata se mora ob povratku omrežnega vira izvesti prekop nazaj na omrežni vir brez prekinitve;
- sistem mora omogočati bremensko testiranje agregata s sinhroniziranimi brezprekinitvenimi preklopi v obe smeri (prekop iz mrežnega na generatorski vir in obratno) brez motenja porabnikov;
- vključitev DEA v sistemsko rezervo.

12.2.3 Ročno krmiljenje

Obstajati mora možnost preklopa avtomatskega krmiljenja DEA na ročno oz. lokalno krmiljenje. V tem primeru je možno zagnati DEA, sinhronizacija na zbiralke pa je mogoča le v primeru preklopa na ročno (lokalno).

Preklopno stikalo za izbor režima obratovanja naj ima štiri pozicije: izklopljen – avtomatsko – ročno – test.

12.3 Motor in pomožna oprema

Dizel motor s turbinskim polnilnikom in neposrednim vbrizgom mora biti vodno hlajen. Motor mora biti opremljen z vodnim hladilnikom in vsemi potrebnimi cevovodi in prirobnicami za obratovanje z vertikalnim hladilnim telesom za notranjo montažo, dimenzioniranim za najmanj temperaturo okolice od -10 °C do +40 °C. Opremljen mora biti z ustreznim ventilatorjem za hlajenje. Hitrost motorja mora biti regulirana s

kakovostnim elektronskim regulatorjem obratov, ki mora zagotavljati vrtilno hitrost v stacionarnem stanju v mejah $\pm 0,25$ % nazivne frekvence. Zagon motorja mora biti izveden z elektromagnetnim pomožnim zagonskim motorjem ob pomoči svinčenih AKU baterij za težke pogoje dela (z minimalnim vzdrževanjem) in ustreznim impulznim baterijskim polnilcem 230 V AC / 12 – 24 V DC za vzdrževanje startnih baterij z javljanjem okvare. AKU baterije morajo imeti kapaciteto za deset (10) zaporednih zagonov pri temperaturi -10 °C. Zagonski sistem mora biti projektiran za ponovni zagon tudi v primeru neuspešnega zagona motorja tako, da najprej zaustavi motor in potem ponovno vzbudi zaganjalnik. Izvedba motorja, povezanega z generatorjem, mora dovoljevati kratkotrajne prekoračitve hitrosti, dokler ne ukrepa naprava za zaščito pred preveliko hitrostjo.

Motor mora biti opremljen najmanj z naslednjo opremo:

- oljnim filtrom z dvojnimi obhodom,
- elektromagnetnim zagonskim motorjem,
- dvojnimi suhim zračnim filtrom,
- zaščito proti nizkemu tlaku olja in visokemu tlaku v vodnem sistemu hlajenja,
- zaščito pred preveliko hitrostjo,
- krmilno in razdelilno omarico s priključenimi kabli, kompletno ožičeno,
- ustrezen izpušni sistem (kompletno z dimnično cevjo), plinotesnim, izvedenim iz nerjavnega jekla,
- grelnikom motorja s termostatom,
- dušilnikom zvoka in kompenzatorjem vibracij,
- elektromagnetnim zapornim ventilom goriva,
- hladilnikom mazalnega olja,
- lovilno posodo za ustrezno količino motornega olja,
- gibljivimi dovodi za gorivo,
- oljno drenažo,
- ostalo pomožno opremo.

Izmenjevalnik toplote voda-zrak naj bo izveden tako, da ni potrebno nameščanje dodatnega zračnega pločevinastega kanala za odvod vročega zraka. Ventilator mora biti sposoben odvesti celotno toploto dizel električnega agregata. Hrupnost v prostoru DEA ob njegovem delovanju ne sme presegati 110 dB (A). Zunaj prostora hrup DEA ne sme presegati 85 dB, merjeno na razdalji 1 m, in 70 dB na razdalji 7 m od vira hrupa in ob 100 % obremenitvi generatorja, meritve pa morajo biti izvedene na prostem.

12.4 Rezervoar z gorivom

Dizel električni agregat mora biti sposoben najmanj dvajset (20) ur obratovanja s polno obremenitvijo z gorivom iz dnevnega rezervoarja brez kakršne koli ročne manipulacije oziroma dolivanja goriva. Dnevni rezervoar naj bo izdelan iz varjenega jeklenega

plašča s polnilnimi in iztočnimi ventili, polnilno črpalko z avtomatiko, kazalnikom nivoja goriva, alarmnimi kontakti nizkega nivoja in izliva goriva za lokalno krmilno omarico in daljinski prenos. Oprema rezervoarja naj zajema tudi fiksno cevno instalacijo za polnjenje iz avtocisterne.

Lovilna posoda pod rezervoarjem za gorivo in motorjem mora biti dimenzionirana za zajem celotne (največje) količine goriva in motornega olja. Zaradi nižje ležečega rezervoarja z gorivom mora biti posebna pozornost namenjena konstrukciji zajema goriva tako, da bo preprečen iztok goriva iz napajalnih cevi in črpalk nazaj v rezervoar. Za ta namen se lahko uporabi vmesna posoda z gorivom.

12.5 Generator z vzbujačnim sistemom

Generator DEA za napajanje nujne lastne rabe mora biti projektiran za napetost $3 \times 400/230$ V, 50 Hz. Generator naj bo ustrezno uležajen, montiran neposredno na motor, s katerim oblikujeta monoblok enoto.

Ustrezati mora najmanj naslednjim zahtevam:

- ustrezna smer vrtilnega polja,
- samoventiliran,
- zvezda spoj,
- samovzbudni,
- napetostno in močnostno samoreguliran,
- brez ščetk,
- razreda mehanske zaščite IP23,
- izolacija razreda F,
- filtriranje radijskih motenj razreda B po SIST EN 55011,
- napetostna nastavitve ± 5 % od nazivne napetosti in
- statično odstopanje napetosti manj kot ± 1 % pri obremenitvi 0 do 100 %.

Generator naj ima majhno prehodno reaktanco tako, da doseže majhen padec napetosti glede na breme. Zaradi enakega razloga naj ima izvedeno tudi dušilno navitje.

Vsa navitja morajo biti impregnirana s termostabilnim lakom. Vsa stacionarna navitja morajo biti dodatno zaščiteni proti vdoru vode, olja ali drugih onesnaževalcev s fleksibilno obdelavo površine. Hlajenje bo izvedeno s cirkulacijo okoliškega zraka, z zajemom zraka na strani brez pogonskega motorja in odvodom segretega zraka v zgornjem delu.

Sestavni del vzbujačnega sistema je avtomatski elektronski napetostni regulator, ki krmili polje pomožnega vzbujačnika in rotirajočega diodnega usmernika. Imeti mora vse

elemente za spremembo nastavljene vrednosti in stabilizacijo z vsemi omejitnimi in zaščitnimi napravami.

Predložen mora biti dokument z izračunom in opredelitvijo pravilne vrednosti zamašnih momentov celotnega agregata, dejanske vrtilne in torzijske hitrosti, koeficient cikličnega spreminjanja kotne hitrosti in električno stabilnost z upoštevanjem spreminjanja kota bremena. Rezultati morajo biti predloženi pooblaščenemu predstavniku v potrditev. Konstrukcija in izvedba generatorja mora biti po zahtevah standarda SIST EN 60034-7 horizontalna z ležaji brez vzdrževanja, plosko montirana s cilindričnim osnim podaljškom.

12.6 Temeljni okvir

Motor in generator morata biti neposredno mehansko povezana s fleksibilno spojko in prirobnico in montirana na isti temeljni okvir. Ta mora biti izveden za neposredno montažo na ustrezno pripravljen betonski temelj. Okvir mora biti opremljen z dušilci tresljajev (prednostno vzmetnimi ali iz oljeodporne gume), ki ne potrebujejo posebne izvedbe temeljev DEA (na primer ločevanje od preostalih betonskih delov in podobno). Najvišja dovoljena velikost prenesenih vibracij z motorja na generator preko temeljnega okvirja ne sme presegati 10 mm/s.

12.7 Hlajenje in izpuh agregata

Dovod hladilnega zraka naj bo izveden neposredno iz zunanosti preko zaščitne vstopne žaluzije. Odpiranje žaluzije mora biti urejeno s pomočjo elektromotornega pogona, ki ga krmili nadzorni sistem dizel električnega agregata. Napajanje pogona vstopne in izstopne žaluzije naj bo urejeno iz lastnega vira DEA.

Odvod hladilnega zraka bo izveden skozi stropno ali zidno odprtino DEA prostora neposredno preko žaluzije z zaščitno mrežo na zvočno izolirnem ohišju agregata. Izpuh motorja bo izveden vzporedno s smerjo izstopnega hladilnega zraka in speljan skozi stropno ali zidno odprtino DEA prostora, ločeno od odvoda hladilnega zraka. Izvajalec mora izdelati izračun preseka potrebnih hladilnih odprtin, vgraditi žaluzije ter izvod izpuha. Projektne zahteve z vsemi podrobnostmi izvedbe in postavitve agregata mora pred izvajanjem del predati v potrditev in nadaljnjo uporabo.

12.8 Krmilna omara dizel električnega agregata

Omara krmiljenja in dovoda 0,4 kV iz dizel električnega agregata mora biti sestavljena iz predizdelanih standardnih panelov in prostostoječe izvedbe. Dostop mora biti omogočen s sprednje strani s priključnimi kablji od spodaj. Omara mora biti opremljena s podložnim okvirjem, ki je pripravljen za privijačenje v betonska tla. Vsi priključki in priključne sponke morajo biti ustrezno označeni. Vsak panel mora biti namenjen

ločenemu delu dizel agregata. Stopnja mehanske zaščite omare mora biti najmanj IP31. Končna barva omare mora biti RAL 7035.

Oprema v omari mora biti v celoti montirana, ožičena in preizkušena pri proizvajalcu. Omara naj skupaj z opremo, nameščeno neposredno na agregat, vsebuje najmanj naslednjo opremo:

- nadzorni in krmilni sistem motorja,
- generatorska in vzbujalna oprema z napetostno regulacijo,
- generatorski odklopnik,
- preklopka za izbiro napajanja na zbiralni sistem 1 ali 2,
- indikacijske, merilne in alarmne naprave, vključno z merilnim pretvornikom po sistematizaciji družbe ELES itd.,
- trifazni, štirivodniški zbiralni razvod z ustrezno zaščito in krmilnimi elementi za napajanje vseh pomožnih naprav dizel električnega agregata (zahtevana enosmerna napetost mora biti napajana iz lastne baterije),
- regulacijski in močnostni elementi avtomatike, ki bodo omogočali delovanje agregata v ročno upravljanem režimu, v režimu testiranja in v režimu avtomatskega delovanja. Po povratku in ustalitvi zunanje napetosti mora avtomatika zagotoviti izklop agregata in varno zaustavitev dizel električnega agregata,
- napravo za sinhronizacijo DEA na omrežno napetost,
- digitalno krmilno enoto z možnostjo beleženja kronologije izrednih dogodkov;
- možnost ročnega vodenja agregata mimo digitalne krmilne enote (v primeru okvare le-te) z vsemi zaščitami, ki zagotavljajo normalno delovanje agregata;
- modul za sinhronizacijo, ki omogoča brezprekinitveni preklop omrežje-agregat in obratno v fazi testiranja agregata pod polnim bremenom (brez izpada na porabnikih);
- analogni merilni set (U , I , f) osnovnih parametrov generatorja zaradi lažjega nadzora;
- inteligentni avtomatski polnilec/tester startne AKU baterije;
- sistem za krmiljenje in nadzor žaluzij;
- sistem krmiljenja in nadzora sistema za prečrpavanje goriva.

Krmilni del omare mora biti od energijskega dela omare ločen s kovinsko pregrado. Krmilne in nadzorne naprave, potrebne za avtomatski zagon, obratovanje in zaustavitev, tako za normalno kot za preizkusno obratovanje, morajo biti elektronske izvedbe. Krmilna omara mora biti na vratih opremljena s krmilnimi tipkami za:

- zagon/zaustavitev,
- zaustavitev v sili,
- z izbirnim stikalom IZKLOPLJEN/AVTOMATSKO/ROČNO/TEST, s katerim izbiramo način krmiljenja zagona in zaustavitve dizel električnega agregata.

V položaju IZKLOPLJEN z gumbi na samem agregatu in krmilni omari ne moremo vplivati na blokade. S preklopom stikala v ta položaj se agregat v trenutku zaustavi.

V položaju AVTOMATSKO se vse funkcije zagona in zaustavitve izvajajo avtomatsko po vnaprej sprogramirani proceduri.

V položaju ROČNO se procedura zagona in zaustavitve agregata izvaja s pritiski na ustrezne tipke, ki so nameščene v krmilni omari DEA.

V položaju TEST se sproži procedura za zagon agregata z vsemi nastavljenimi časi, vključno z vklopom generatorskega odklopnika. Sistem mora poleg preklopa s prekinitevjo omogočati tudi bremensko testiranje agregata s sinhroniziranimi brezprekinitvenimi preklopi v obe smeri (preklop iz omrežnega na generatorski vir in obratno) brez motenja porabnikov.

Omara mora biti opremljena vsaj z naslednjo opremo:

12.8.1 Zaščitne in alarmne naprave

a) motor:

- proti prehitremu teku,
- vstopni tlak mazalnega olja,
- vstopna temperatura mazalnega olja,
- nivo olja,
- temperatura izstopne hladilne vode,
- temperatura izpušnih plinov,
- nivo goriva v dnevnem rezervoarju,
- nizek nivo hladilne vode.

b) generator:

- trifazni inverzni časovni pretokovni rele s trenutnim sprožnikom,
- prenapetostni rele,
- podnapetostni rele,
- podfrekvenčni rele,
- statorski termični preobremenitveni rele (termistor v statorskem navitju),
- smerna zaščita,
- zaščita proti zemeljskemu stiku.

Vsi releji morajo biti vgrajeni plosko, izvlečljivi in statične izvedbe.

12.8.2 Indikacijski instrumenti

a) motor

- hitrost,
- obratovalne ure,
- število zagonov,
- temperatura predgretja,
- padec tlaka preko zračnih filtrov,
- padec tlaka preko gorivnih filtrov,
- vzdrževalna napetost AKU baterije.

b) generator

- ampermetri (po eden za vsako fazo),
- voltmeter z izbirnim stikalom (medfazne napetosti, fazne napetosti, izklopljen),
- merilnik frekvence,
- indikator moči, energije in faktorja moči,
- števec zagonov
števec električne energije z daljinskim zajemom podatka.

Naslednji signali morajo biti pripravljeni na sponkah ločene spončne letve posebne barve, ki jo bo določil dobavitelj in bo služila za sistem zbiranja podatkov za potrebe vodenja in nadzora naprave:

- generatorska napetost (4–20 mA analogni signal),
- položaj krmilnega stikala IZKLOPLJEN / AVTOMATSKO / ROČNO / TEST (dva potencialno prosta kontakta),
- en signal združenih zaščitnih funkcij motorja in en signal združenih zaščitnih funkcij generatorja (dva potencialno prosta kontakta),
- dizel električni agregat v obratovanju (trije potencialno prosti kontakti),
- napaka pri sinhronizaciji (trije potencialno prosti kontakti),
- izpad dizel električnega agregata (trije potencialno prosti kontakti),
- napaka pri zagonu dizel električnega agregata (trije potencialno prosti kontakti),
- generatorski odklopnik vklopljen (šest potencialno prostih kontaktov),
- generatorski odklopnik izklopljen (šest potencialno prostih kontaktov),
- lokalna tipka za zaustavitev v sili-aktivirana (trije potencialno prosti kontakti),
- AKU baterija DEA v okvari (trije potencialno prosti kontakti).

Vsi potencialno prosti kontakti morajo biti ožičeni na obeh kontaktnih koncih na zahtevani spončni letvi, kjer bo uporabljena zunanja napetost 220 V DC. Vsi kontakti morajo biti visoko kakovostni, s pozlačeno (posrebreno) kontaktno površino in s čim manjšo kontaktno upornostjo.

Vsi merilni pretvorniki morajo biti razreda 4-20 mA, 0,1 % točnosti, izdelani za 20 % večje obremenitve od nazivnih.

Generatorski odklopnik mora imeti motorno vzmetni pogon, primeren za ročno, lokalno ali daljinsko krmiljenje. Imeti mora lokalno signalizacijo stikalnega stanja na vratih omare.

12.9 Garantirane vrednosti dizel električnega agregata

Priložene morajo biti naslednje garancije in definirani pogoji za izračun ustreznih vrednosti:

a) splošne garancije:

- potreben čas za zagon dizel električnega agregata iz mirujočega stanja do sposobnosti prevzema nazivnega bremena,
- odstotek preobremenitve, ki jo lahko zdrži dizel električni agregat v določenem času,
- največja odstopanja napetosti pri trenutni spremembi bremena za 15 %,
- urna poraba goriva za vsak kW obremenitve na priključnih izhodnih sponkah DEA za 1/2, 3/4 in celotno nazivno breme s pripadajočimi izkoristki,
- p. u. diagram padca napetosti v odvisnosti od I_s / I_n .

b) garancije za generator:

- nazivna moč merjena na priključnih izhodnih sponkah DEA,
- temperaturni prirastki, definirani v SIST EN 60034-1, ne smejo biti preseženi med trajnimi obratovalnimi pogoji z nazivnim bremenom,
- izolacijska stopnja,
- celotne izgube pri $\cos \varphi = 0,8$ in 1/2, 3/4 in celotnem nazivnem bremenu,
- impedanca.

Vse vrednosti morajo biti dokazane z meritvami med prevzemnimi preizkušanji v tovarni, pri katerih je udeležen pooblaščen predstavnik.

12.10 Preizkusi in pregledi za dizel električni agregat

Proizvajalec DEA mora v svoji ponudbi dokazati, da razpolaga z ustreznimi prostori, opremo in kadri za izvedbo tovarniškega preizkusa po zahtevah družbe ELES.

Med izdelavo dizel električnega agregata morajo biti funkcionalni deli agregata na razpolago za pregled s strani pooblaščenega predstavnika. Prav tako mora biti pooblaščenemu predstavniku zagotovljena prisotnost pri preizkusih teh delov. Preizkusi morajo vključevati radiografsko preverjanje varjenih spojev in slojev.

Dostavljene morajo biti kopije poročil o preizkusih, ki so bili izvedeni na surovem materialu, delih in na mehanski ali električni opremi. Poročila o preizkusih morajo vsebovati podatke o mehanskih in kemičnih lastnostih jekla in odlitkov.

Kompleten dizel električni agregat mora biti sestavljen pri proizvajalcu, na njem morajo biti izvedeni v nadaljevanju navedeni preizkusi. Overjeno poročilo o tovarniških preizkusih mora zagotoviti, da enota ustreza delovanju s polno obremenitvijo, da je stabilna, napetostno in frekvenčno ustrezno regulirana, da je opremljena z vsemi potrebnimi podatki o preizkusih, navedenih v nadaljevanju. Celotna dokumentacija mora biti predana v potrditev.

Sinhronski generator mora biti preizkušen po zahtevah standarda SIST EN 60034-1. Kompletni dizel električni agregat naj bo ustrezno preizkušen po zahtevah standarda DIN 25467 (dela 1 in 2).

Dizel električni agregat mora biti najprej preizkušen v tovarni.

Izvedeni naj bodo naslednji tipski preizkusi:

- dielektrični preizkusi,
- preizkusi praznega teka,
- bremenski preizkus (100 %, 110 %),
- kratkostični preizkusi,
- preizkusi segrevanja,
- funkcionalni preizkusi.

Na kompletnem dizel električnem agregatu naj bodo opravljeni:

- preizkus polne obremenitve v trajanju 5 ur ali do stabilnega stanja,
- preverjanje porabe v štirih točkah obremenitve,
- preverjanje zagonskih pogojev, toka, navora,
- preverjanje hitrostne regulacije v odvisnosti od bremena,
- preverjanje napetostne regulacije v odvisnosti od bremena,
- preizkus pravilnega zagona dizel električnega agregata,
- preverjanje pravilnosti delovanja krmiljenja zračnih loput.

Dizel električni agregat mora biti preizkušen tudi na mestu vgradnje. Splošno preverjanje delovanja kompletno montiranega dizel električnega agregata in njegove pomožne opreme ter opreme dizelskega prostora zagotavlja, da je bila montaža in instalacija ustrezno izvedena in da enota daje enake izhodne rezultate kot med preizkušanjem pri proizvajalcu. Preizkusi obsegajo:

- preverjanje pravilne instalacije,
- preizkus delovanja krmilnih elementov, blokad, alarmov in prikaznih instrumentov,

- preverjanje spojev ozemljilnih vodnikov,
- pregled pravilnega zagona dizel električnega agregata,
- preizkus pri polni obremenitvi z meritvami in dokumentiranim zapisom rezultatov,
- kontrolni preizkus o porabi olja in goriva,
- preizkus napetostne in frekvenčne regulacije v odvisnosti od bremena z meritvami in dokumentiranim zapisom rezultatov,
- preverjanje in morebitna nastavitve delovanja krmiljenja prezračevalnih loput.

Krmiljenje in avtomatski zagon enote morata biti natančno preizkušena, saj mora biti delovanje zanesljivo. Med priključitvijo in zagonom enote na glavno razdelilno ploščo mora biti od proizvajalca šolani predstavnik na razpolago za nasvete in pojasnila. Prav tako je treba osebe podučiti o pravilnem ravnanju z napravo med obratovanjem in preizkušanjem.

Dobavitelj mora podroben seznam preizkusov, ki bodo izvedeni ob izdelavi in po montaži opreme priložiti v ustrezni dokumentaciji.

12.10.1 *Preizkusi preklopne avtomatike dizel električnega agregata*

Preklopna avtomatika DEA mora biti preizkušena v skladu z veljavnimi IEC standardi in predpisi.

Pri tem je treba natančno navesti:

- standarde, po katerih so naprave izdelane in nastavljene (parametri),
- postopke zagotovitve kakovosti med izdelavo in nastavljanjem vrednosti (parametriranjem),
- postopke preizkušanja med izdelavo ter
- postopke preizkušanja na mestu vgradnje po opravljeni montaži in priključitvi v proces krmiljenja.

Predlagani preizkusi so predmet potrditve odgovorne osebe.

13 AKU baterije

V primeru izpada (glavnih, pomožnih in/ali rezervnih) virov električnega napajanja lastne rabe se enosmerni porabniki in porabniki razsmerjene napetosti neprekinjeno napajajo iz AKU (akumulatorskih) baterij. AKU baterije so običajno podvojene. Avtonomija sistemov, ki so napajani iz AKU baterije, je odvisna od velikosti (kapacitete) AKU baterije in seveda njene obremenitve. AKU baterije morajo z ustrezno kapaciteto zagotavljati napajanje porabnikov za minimalno 3 ure (po bateriji). Vsaka AKU baterija mora biti dimenzionirana za polno obremenitev porabe v objektu in zagotavljati napajanje vseh na AKU baterijo priključenih porabnikov, vključno s porabo sistema razsmerjene napetosti. V večjih elektroenergetskih objektih je običajno napetost baterij 220 V, v manjših objektih (tudi GIS-ih) 110 ali 220 V. Za manjše podrejene naprave lokalnega vodenja (pretvorniki, modemi in podobno) je običajna napetost 5–24 V DC iz distribuiranih DC/DC pretvornikov, ki so avtonomni.

Baterija mora ustrezati tehničnim zahtevam in nalogi, da zanesljivo napaja naprave zaščite, vodenja, krmiljenja in signalizacije ter pomožne razsvetljave. Zahtevana kapaciteta baterije mora zagotavljati ustrezno napajanje v zahtevanem časovnem intervalu. Baterija mora biti proizvedena in preizkušena po veljavnih mednarodnih ali nacionalnih standardih. Za nove objekte se predvidi baterija v LTO izvedbi, OPzS se lahko uporabi za zamenjavo obstoječih baterij..

13.1 Najpomembnejše lastnosti AKU baterij

V nadaljevanju so navedene najpomembnejše lastnosti AKU baterij, konkretne vrednosti pa so odvisne od potreb na mestu vgradnje:

- izvedba baterije: nedeljena stacionarna Pb ali Li-Ion baterija v LTO izvedbi
- kapaciteta baterije: minimalno za 3 ure pri polni moči (na baterijo)
- režim polnjenja: UI karakteristika s stabilizirano napetostjo in tokom,
- porabniki: kontrolerji (računalniki), zaščitni releji, krmilno-signalni tokokrogi, razsvetljava, razsmernik,
- moč porabnikov: -,
- trajni tok porabnikov: -,
- največji trenutni tok porabnikov (10 s),
- nazivna napetost: DC -,
- čas napajanja porabnika iz AKU baterije: neprekinjeno,
- paralelno delovanje usmernik – AKU baterija: da,
- temperatura okolja: 20 °C ±10 °C.

13.2 Ostale zahteve za Pb AKU baterije

AKU baterije v Pb tehnologiji morajo biti dobavljene skupaj s pripadajočimi stojali in lovilnimi posodami. En komplet AKU baterij na stojalu načeloma ne sme biti daljši od 3.500 mm in ne širši od 600 mm. V primeru baterije v OPzS izvedbi je nujna vgradnja baterijske omarice.

AKU baterije morajo biti nameščene v prostoru, ki je pravilno prezračevan glede na tip in kapaciteto baterije. Zagotovljeni morajo biti ustrezni klimatski pogoji za pravilno delovanje baterije. Glede na tip baterije morajo biti izvedeni tudi lovci elektrolita v skladu z zahtevami ustreznih predpisov.

Ohišja celic morajo biti odporna na vse kemične, toplotne in mehanske vplive, izdelana morajo biti iz ustreznega plastičnega materiala, ki je prozoren ali prosojen za lahko in hitro kontrolo količine elektrolita v posamezni celici.

Medsebojne povezave med celicami morajo imeti majhno upornost, biti čiste ob priključitvi in zaščitene proti koroziji. Povezave med vrstami in eksterne povezave od baterije do usmernika morajo biti izvedene z dvojno izoliranimi bakrenimi vodniki primerne preseka.

Povezava med baterijami in usmernikom mora biti neprekinjena, da se izognemo kratkemu stiku ali zemeljskemu stiku baterije. Pozitivni in negativni vodniki morajo biti ustrezno ločeni in zaščiteni proti mehanskim poškodbam na trasi od baterije do usmernika ter tudi na samih spojih.

Med baterijami in usmernikom je treba namestiti baterijsko priključno omarico z varovalkami.

13.3 Ostale zahteve za Li-on AKU baterije

220 V baterija mora biti Li-Ion izvedbe (tip LTO, kjer je anoda prevlečena z nano kristali litijevega titanata), brez zahtevanega vzdrževanja, sestavljena iz zadostnega števila baterijskih modulov za doseganje ustrezne kapacitete in napetosti. Moduli posamične baterije morajo biti nameščeni v standardno prostostoječo elektro omaro in morajo biti opremljene z vsemi potrebnimi zaščitami (temperaturni nadzor, pretokovne zaščite, prenapetostne zaščite) na nivoju sestavljene baterijske omare. Za prostor ni potrebno zagotoviti posebnega prezračevanja in ogrevanja/hlajenja. Tla morajo biti v izvedbi z dvojnim dnom, da je prostor za dovode kablov.

AKU baterija v LTO izvedbi se predvidi za vse novozgrajene objekte. Priporoča se, da je baterija vgrajena v istem prostoru kot so usmerniki, saj so na ta način povezovalni kabli precej krajših dolžin.

13.4 Preizkusi na mestu vgradnje

Preizkusi na mestu vgradnje obsegajo najmanj:

- pregled vseh celic,
- dobavitelj mora izvesti prvo polnjenje baterij in
- praznilni preizkus (določi ga proizvajalec baterij).

14 Usmernik/Razsmernik

Napajanje najpomembnejših naprav vsakega postroja v izjemnih obratovalnih razmerah (izpad glavnega, pomožnega in rezervnega vira) zagotavlja sklop usmernik/razsmernik s podporo AKU baterij.

14.1 Usmerniki

V normalnem obratovanju sistema usmerniška naprava napaja enosmerne porabnike in vzdržuje AKU baterije v napolnjenem stanju. Sodobni usmerniki so tranzistorske izvedbe in so grajeni modularno. Modularna izvedba usmernikov zagotavlja zanesljivo obratovanje in enostavno vzdrževanje. Usmerniški moduli delujejo medsebojno neodvisno, ob odstranitvi okvarjenega modula se le-ta (samodejno) odjavi iz usmernika, kar povzroči prekinitev signala okvara usmernika. V primeru okvare posameznega modula ali izpada posamezne faze napajalne napetosti ostali moduli normalno obratujejo in prevzamejo obremenitev. Prav tako je možno posamezne module menjati med obratovanjem, ne da bi bilo s tem ogroženo delovanje brezprekinitvenega napajanja.

14.1.1 Tehnične lastnosti usmernikov

Usmerniški sistem obsega dve enoti, ki omogočata napajanje porabnikov in polnjenje AKU baterij. Tako bodo izvedeni tudi priključki. Usmerniški moduli morajo odvajati odvečno toploto naravno (hladilna rebra), prisilni odvod toplote z ventilatorji ni dovoljen. Pomembne so še naslednje lastnosti:

- nazivna izmenična napetost $3 \times 400/230$ V,
- sprememba omrežne napetosti ± 10 %,
- omrežna frekvenca 50 Hz,
- sprememba frekvence $\pm 0,5$ %,
- usmernik mora biti prilagojen na tip vgrajene baterije (svinčene oziroma Li-on),
- način polnjenja: U-I metoda,
- okoliška temperatura: od -10 do $+40$ °C,
- hrup: < 55 dB,
- radiofrekvenčne motnje (SIST EN 55011): stopnja N.

Usmernik mora biti sposoben paralelnega obratovanja z drugim usmernikom.

Usmernik mora avtomatsko stabilizirati napetost glede na temperaturo baterije.

Regulacija enosmerne napetosti mora biti takšna, da vzdržuje nastavljeno napetost na sponkah usmernika v mejah ± 1 % pri vseh tokovnih obremenitvah (od $0,0$ do $1,3 \times I_n$), dovoljenih odstopanjih omrežne napetosti in frekvence. Obenem pa mora biti polnilna napetost regulirana glede na temperaturo prostora.

Usmernik mora biti opremljen z ustreznimi zaščitnimi elementi na vhodnem AC tokokrogu in na izhodnem DC tokokrogu. Imeti mora vgrajene ustrezne zaščite, ki ga varujejo pred preobremenitvami in poškodbami. Te zaščite morajo delovati predvsem ob naslednjih pomanjkljivostih ali okvarah:

- previsoka ali prenizka omrežna napetost,
- nesimetrija faz omrežne napetosti,
- izpad ene ali več faz,
- previsoka napetost na AKU bateriji,
- nadtokovna zaščita na vhodu in izhodu,
- povečana valovitost enosmerne napetosti,
- prekinitev notranjega signalnega tokokroga, v katerega so zaporedno vezani pomožni kontakti avtomatskih odklopnikov, bimetalne zaščite in varovalke ali zaščitnih avtomatov,
- kontrolnik baterije.

Lokalna signalizacija mora obsegati najmanj:

- obratovalna stanja,
- pomanjkljivosti, ki povzročajo izklop usmernika,
- prenizka napetost na bateriji (ne povzroči izklopa usmernika),
- pregorete varovalke.

Za daljinsko signalizacijo, mora biti na razpolago en galvansko prosti kontakt najmanj za naslednje signale:

- obratovalno stanje,
- prisotnost vhodne napetosti,
- prisotnost izhodne napetosti in toka,
- kritično nizka izhodna napetost.
- združena signalizacija okvare (pomanjkljivosti).

Usmernik mora biti grajen za lokalno krmiljenje. Na vratih usmernika morajo biti nameščeni naslednji instrumenti 72 × 72 mm razreda 1,5:

- voltmeter za merjenje izhodne enosmerne napetosti,
- ampermeter za merjenje izhodnega enosmernega toka,
- vsi elementi krmiljenja in signalizacije.

Usmernik mora biti grajen tako, da je zmožen obratovanja brez napetosti AKU baterije, ki jo polni.

Omare in jekleni postavki morajo biti ustrezno korozijsko zaščiteni, omare bodo končno lakirane v barvi RAL 7035.

14.1.2 Preizkušanje usmernikov

Usmernik mora biti preizkušen po veljavnem standardu , kot sledi:

Kosovni preizkusi:

- dielektrični preizkus,
- nastavitev napetosti,
- omejevanje toka,
- meritve popačenja napetosti,
- merjenje faktorja čistosti,
- merjenje faktorja moči,
- električni šum.

Preizkusi na mestu vgradnje:

- pregled pravilnosti montaže,
- preverjanje izolacijskih stopenj,
- preizkus pravilnega delovanja krmilnih in alarmnih elementov,
- nastavitev usmernika na pravilno polnilno napetost baterije,
- povezave med usmernikoma in njuno skupno delovanje,
- preverjanje hrupnosti.

14.2 Preklopno polje

Preklopno polje je namenjeno preklopom med AKU baterijama, usmernikoma in glavnim razvodom (razdelilno ploščo) enosmerne napetosti. Možnosti povezav med usmerniki in baterijami so lahko različne, odvisno od tega, katere elemente želimo v primeru okvare nadomestiti. Sistem mora zagotoviti napajanje tudi v primeru izpada katerega izmed elementov (npr. AKU baterije ali usmernika). Preklopno polje je dimenzionirano tako, da omogoča preklapljanje pod nazivno obremenitvijo.

Konfiguracije usmernikov in baterij so lahko različne, prav tako tudi možnosti preklopov z različno izvedbo preklopnega polja. Najbolj običajni so redundančni sistemi usmernik – AKU baterija – s svojim segmentom glavnega razdelilnika. V takih primerih je smiselno opuščanje dodatnih preklopnih polj, saj zaradi skupnega vozlišča v sistem vnašajo dodatno zmanjševanje neodvisnosti virov ter z dodatnimi elementi manjšo zanesljivost sistema nasploh. Poleg tega so za delovanje objekta potrebna posebna obratovalna navodila, dodatne zaščitne elemente zaradi preprečitve škode (npr. pri izenačevalnih tokovih med AKU baterijami) in dodatno vzdrževanje.

14.3 Razsmerniki

V primeru izpada glavnih, pomožnih in rezervnih virov izmenične napetosti morajo razsmerniški sistemi zagotoviti brezprekinitveno napajanje izmeničnih porabnikov nujne lastne rabe (400/230 V, 50 Hz).

Sistem razsmerjene napetosti praviloma sestavljajo:

- razsmernik,
- avtomatsko obhodno stikalo,
- razvod (razdelilnik) razsmerjene napetosti in
- ročno obhodno stikalo.

Razsmerniki se napajajo neposredno iz razvoda enosmerne napetosti oziroma iz AKU baterije. Podobno kot usmerniki so tudi sodobni razsmerniki običajno sestavljeni iz več tipskih tranzistorskih razsmerniških modulov, ki se glede na potrebno moč razsmerniške naprave sestavljajo v paralelni vezavi, kar zagotavlja tudi določeno redundanco razsmernikov. Pri modularnih napravah je običajna rezerva v modulih (npr. $n+1$), kar pomeni potrebno število modulov »n« in en rezervni modul. Krmiljenje razsmerniškega sistema izvaja signalno-sinhronizacijska elektronika, ki meri in primerja razsmerjeno oz. omrežno napetost ter zagotavlja sinhronizacijo potrebnih preklopov med obema viroma in tudi signalizacijo stanja razsmerniškega sistema nasploh. Potrebni preklopi bremen iz omrežne napetosti na razsmerjeno in obratno se izvajajo preko avtomatskih obhodnih ultra hitrih stikal.

Razsmerniški sistem ima običajno vgrajeno še ročno obhodno (angl. By Pass) stikalo, ki omogoča napajanje porabnikov razsmerjene napetosti med servisnimi posegi na razsmerniškem sistemu ali ob izpadu razsmernika. V določenih primerih je pri napajanju občutljivih porabnikov razsmerjene napetosti iz omrežja (zaradi izločitve motenj) priporočljiva uporaba ločilnega transformatorja. Če je podvojen sistem, je smiselno, da je vsak napajalni sistem neodvisen - ločen do glavne razdelilne plošče. Tudi glavna razdelilna plošča naj bo izvedena v dveh segmentih, po možnosti z vmesnim spojnim stikalom.

14.3.1 Preizkušanje razsmernika

Te naprave in njihov medsebojni vpliv morajo biti preizkušene po veljavnih standardih (vsaj po SIST EN 60146-2 in SIST EN 62040-3). Naprave morajo biti tipsko preizkušene ter kosovno preizkušene v sistemu pri proizvajalcu.

Kosovni preizkusi:

- preizkus medsebojnih povezav,
- preizkus z zmanjšanim bremenom,
- preizkus pomožnih naprav,
- preizkus pomanjkljivosti in povratka na vhodu,

- simulacija vzporednega izpada razsmerniških modulov,
- preizkus prenosa bremena,
- preverjanje električnih motenj.

Preizkusi na mestu vgradnje:

- sinhronizacija,
- preizkusi s polnim bremenom,
- preizkus z neuravnovešenim bremenom,
- neustaljena napajalna napetost,
- preizkus z dejanskim bremenom,
- preizkus hlajenja,
- preizkus preobremenitve,
- kratkostična vzdržnost,
- preizkus kratkostičnega varovanja,
- ponovni zagon,
- izhodna napetost,
- periodična modulacija izhodne napetosti,
- frekvenčna modulacija (po SIST EN 60146-2),
- radiofrekvenčne in po vodnikih prenesene motnje,
- harmonske komponente, hrupnost,
- preizkus zemeljskega stika.

14.3.2 Preizkušanje krmiljenja in nadzora razsmerniških modulov

Nadzorni sistem mora omogočati:

- javljanje okvar v sistemu, ki še ne pomenijo grožnje za izpad napajanja in je intervencija,
- obveščanje dežurnega osebja možno naslednji dan (pomanjkljivost - manjša),
- javljanje okvar v sistemu, ki zahtevajo takojšnjo intervencijo (okvara – velika pomanjkljivost),
- spremljanje analognih veličin (U , I , f) na vhodu, izhodu in na enosmernem delu (U , I) ter
- javljanje odstopanj,
- javljanje zemeljskega stika vseh faz in nevtralne točke na vhodu in izhodu sistema,
- zapis vseh dogodkov in komand na lokalnem tiskalniku in v nadzornih centrih (podani so naknadno).

14.4 Tehnični podatki za brezprekinitveno napajanje

Vhod:

- nazivna napetost: $1 \times 230 \text{ V (1P + N)}$,
- dopustne tolerance napetosti: $+10 \%, -15 \%$,
- nazivna frekvenca: 50 Hz ,
- dopustne tolerance frekvence $\pm 10 \%$,
- vhodni $\cos\phi$ pri $P = 100 \% P_n$: $\geq 0,9$,
- dopustno skupno popačenje sinusoide vhodne napetosti pri polni obremenitvi UPS do 15% pri delujočem DEA (skupno popačenje zaradi DEA samega in zaradi povratnih vplivov),
- podati potek izkoristka v obliki krivulje $\eta = f(P)$ za eno enoto.

Ostale tehnične zahteve so navedene v tabeli tehničnih podatkov.

Izhod:

- nazivna napetost: 2 enoti po $1 \times 230 \text{ V (1P + N)}$, sinhronizirana,
- oblika izhodne napetosti: sinusna
- dopustne tolerance napetosti (statično): $\pm 1 \% U_n$,
- dopustne tolerance frekvence (statično): $\pm 0,1 \% f_n$,
- dopustne tolerance napetosti (dinamično): $\pm 5 \%$ pri spremembi bremena 0-100 %, 100-0 % in pri spremembi vhodne napetosti $U_N \pm 10 \%$, čas povratka na $\pm 1 \% \geq 20 \text{ ms}$
- nelinearno popačenje: $< 3 \%$ pri 100 % linearnem bremenu
- nelinearno popačenje: $< 5 \%$ pri 100 % nelinearnem bremenu
- faktor maksimalnosti (crest faktor): 3:1
- pogoji sinhronizacije (UPS-omrežje pri brezprekinitvenem preklopu): $50 \text{ Hz} \pm 3 \%$, $230 \text{ V} \pm 15 \%$,
- paralelno obratovanje - razlika tokov med posameznimi napravami: $< 5 \%$ brez vsiljenega krmiljenja,
- preobremenitev: 100 % - trajno, 150 %-15 sekund,
- hrup (ISO3746), merjeno na razdalji 1 m: $< 65 \text{ dB}$,
- zmogljivost paralelnega systemskega ročnega obhoda (angl. by-pass): enaka moči sistema.

15 Tehnične značilnosti razvodov lastne rabe

Tehnični podatki splošnega dela zajemajo osnovna načela za gradnjo razvodov LR, meje dobave, zasnovo in izvedbo naprav ter v nadaljevanju nekaj osnovnih značilnosti stikalnih naprav.

15.1 Razvod splošne in nujne LR

Glavni razvod (glavna razdelilna plošča) mora omogočati pregledno in varno napajanje porabnikov tako splošne in tudi nujne lastne rabe. Običajno mora omogočati možnost zanesljive ločitve porabnikov nujne lastne rabe od porabnikov splošne lastne rabe ob napajanju iz rezervnega vira (DEA). Praviloma je v glavni razdelilnik vgrajena avtomatika preklopa posameznih virov napajanja lastne rabe za primer izpada oziroma povratka napetosti na zbiralke. V enostavnejših sistemih s samo enim virom napajanja in vgrajenim sodobnim DEA funkcijo preklopne avtomatike opravlja avtomatika DEA.

Razdelilniki so običajno v izvedbi z enojnimi zbiralkami.

V svetu in tudi pri nas pa se vse bolj uveljavljajo enostavnejši principi glavnih razdelilnikov. Ob izbiri ustrezne stikalne opreme podvajanje zbiralk ni več nujno.

Glavni razdelilnik ima v takem primeru lahko enojne zbiralke z vzdolžno ločitvijo na splošni in nujni del. V kolikor je sistem lastne rabe optimalno zasnovan in je z nujnimi napajalnimi viri mogoče pokriti potrebe po napajanju celotne lastne rabe, pa tudi taka ločitev ni več nujna. Pri objektih z večjim številom napajalnih virov se praviloma izvede vzdolžna ločitev splošnih zbiralk, kar dopušča njihovo ločeno vzdrževanje.

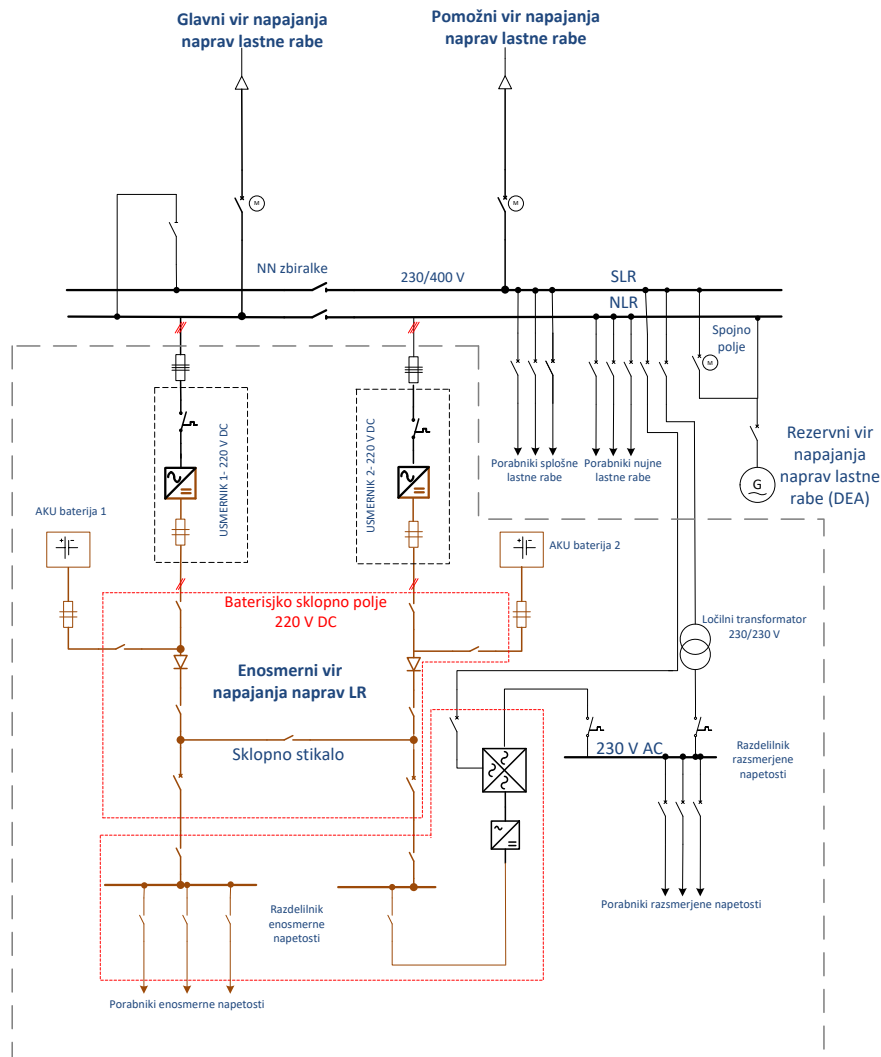
15.2 Razvod LR enosmerne napetosti

Sistemi lastne rabe enosmerne napetosti so namenjeni posebno zanesljivemu napajanju enosmernih tehnoloških porabnikov. Običajno so sistemi ene ali različnih nazivnih napetosti, odvisno od velikosti objekta in zahtev naprav, ki jih napajajo.

Običajno je sklop sestavljen iz naslednjih komponent (slika 14):

usmernik,

- AKU Baterija,
- baterijsko preklopno polje,
- razvod enosmerne napetosti.



Slika 14: Zasnova napajanja naprav LR z enosmerno napetostjo

Primerno je zasnovati centralizirane sklope, sestavljene iz enega ali dveh modularnih usmernikov, ene ali dveh AKU baterij in glavnega razdelilnika. AKU baterije naj bodo nedeljene. Možnosti povezav med usmerniki in AKU baterijami so lahko različne, odvisno od zahteve po nadomestitvi posameznega elementa (npr. usmernika ali AKU baterije) ob okvari, kar omogoča preklopno polje. Sistem mora zagotoviti napajanje tudi ob izpadu katerega izmed prej navedenih elementov.

15.3 Razvod izmenične napetosti 0,4 kV

15.3.1 Glavni razdelilnik splošne in nujne lastne rabe 400/230 V

Glavni razvod 0,4 kV naj bo sestavljen iz naslednjih omar:

- dovodna omara za dovod 0,4 kV iz transformatorja xx/0,4 kV in odvodi za splošne porabnike,
- omara vzdolžne ločitve in povezave na avtomatiko DEA,
- razdelilna omara za napajanje nujnih porabnikov in z dodatnimi odvodi za prehodno obratovanje med prenovo.

Pri določanju velikosti razdelilnih omar je treba upoštevati vse realne omejitve prostora z možnostjo delne montaže v prehodnem obratovanju in končne montaže.

Razdelilna plošča naj bo razdeljena na dve s protiobločnimi pregradami in ločilnimi stikali ločene sekcije; prva sekcija splošnega napajanja bo vsebovala dovodne odklopnike s strani transformatorja in porabnike, ki se napajajo zgolj iz splošne lastne rabe.

Druga sekcija bo v primeru izpada splošnih virov napajana iz nujnega vira lastne rabe - iz dizel električnega agregata. Izklop povezave proti splošnemu delu zbiralk izvaja preklopna avtomatika dizel električnega agregata, prečna in vzdolžna stikala na glavni razdelilni plošči se uporabljajo le za ročno izbiro sekcij, ki bodo napajane v izrednih stanjih, npr. ob remontu.

V normalnem stanju sta oba sektorja nujnih in splošnih zbiralk spojena z omrežnim odklopnikom v napajalnem delu omar dizel električnega agregata, ki služi kot spojno polje (SLR/NLR).

Razdelilna plošča mora omogočati možnost ročne prečne povezave SLR/NLR z odklopnikom na ročni pogon, ki mora biti električno in mehansko dimenzioniran kot dovodni odklopnik iz transformatorja, z možnostjo mehanskega zaklepanja z obešanko.

Krmiljenje elementov stikalne plošče izvaja avtonomna preklopna avtomatika, ki bo montirana v eni od omar glavne razdelilne plošče. Krmiljenje dizel električnega agregata se izvaja z ločeno avtomatika DEA.

Razdelilna plošča mora biti moderne, standardizirane in tipsko preizkušene izvedbe. Celotna razdelilna plošča s fiksno montiranimi, vtičnimi ali izvlečljivimi stikalnimi elementi ponujenega tipa, zbiralkami, povezavami, pregradami in konstrukcijo, mora biti izvedena in preizkušena po zahtevah standarda SIST EN IEC 61439-1. Ustreznost tej zahtevi je treba dokazati s potrdilom o opravljenih atestih in izjavo. Iz teh dokumentov bo jasno razvidno izpolnjevanje zgornjih zahtev. Razdelilniki, ki bodo izvedeni zgolj po zahtevah standarda za PTTA naprave, bodo zavrjeni kot tehnično neustrezni.

Omare morajo biti zaščitene po zahtevah standarda SIST EN 60529, s stopnjo mehanske zaščite minimalno IP30B. Skladnost ponujene opreme z zahtevanimi standardi, ki so navedeni v tem poglavju, mora biti dokazana s priloženimi certifikati tipskih preizkušanj.

Razdelilna plošča in vsi njeni deli morajo biti ustrezno zaščiteni proti koroziji po zahtevah mednarodnih standardov. Minimalno antikorozijsko zaščito, ki je sprejemljiva, morajo sestavljati antikorozivni premaz očiščene kovinske površine in termično polimerizirani poliestrski pokrivni sloj iz poliestrske epoksi praškaste barve.

Konstrukcija razdelilne plošče z vsemi podsklopi mora biti modularne izvedbe, ki omogoča enostavne kasnejše predelave ali razširitve funkcionalnih delov brez kakršnih koli kovinarskih predelav, zgolj s prestavljanjem vijačenih konstrukcijskih elementov. Razdelilna plošča bo vsebovala zbiralke, zbiralne povezave, stikalne elemente (odklopnike, stikala in ločilnike) izvlečljive ali fiksne izvedbe s pomožno opremo, zaščitne avtomate, merilnike napetosti in toka, tokovne transformatorje, ustrezno zaščito proti prenapetostim, merilne pretvornike toka in napetosti in drugo drobno opremo, ki je običajna za take razdelilnike. Oprema razdelilnikov mora biti tipsko atestirana, kar je treba dokazati z ustreznimi dokumenti.

Razdelilna plošča mora biti izvedena kot samostoječa kovinska konstrukcija, izvedena iz večjega števila standardiziranih, predizdelanih, medsebojno povezanih omar, namenjenih za pritrditev na kovinski podložni okvir. Ta mora biti izveden v okviru elektromontažnih del in je pritrjen na betonski pod. Stranice in zadnje strani omar morajo biti prirejene tako, da omogočajo enostaven dostop do notranjosti. Omare morajo biti opremljene s podstavki višine 100 mm.

Kabelski energetski dovodi in odvodi morajo biti prilagojeni za kabelske priključke s spodnje strani omar, za kar morajo biti pripravljeni ustrezni priključki na sponkah v spodnjem delu posameznih omar. Enako velja tudi za priklop dovodov transformatorja lastne porabe. Vsi uvodi kablov v NN plošči morajo biti izvedeni z ustreznimi kabelskimi uvodnicami glede na prerez kablov. Omare bodo do dolžine ozemljitvene zbiralke 400 mm enojno, od dolžine 400 mm naprej pa dvojno ozemljene na sistemsko ozemljitev v dvojnem podu.

Razdelilniki morajo biti izvedeni po zahtevah stopnje pregrajenosti 2b (forma 2b) standarda SIST EN 61439-1. Zahteve za stopnjo pregrajenosti po omenjenem standardu so: zaščita pred kontaktom z deli pod napetostjo na napajalni strani in preprečevanje razširitve električnega obloka med funkcionalnimi deli in zbiralkami (preko električnega pojava ali trdih teles). Pregrade morajo omogočati ločitev horizontalnih in vertikalnih zbiralčnih povezav od funkcionalnih enot ter ločitev priključnih vodnikov od zbiralk.

Zbiralke, ki bodo vgrajene v razdelilno ploščo, morajo omogočati priklop povezav do stikalnih elementov brez vrtanja tokovodnika, z možnostjo prestavljanja povezav ob kasnejših predelav oz. brez kasnejših izdelav priključnih lukenj ali mest. Vertikalne zbiralke so lahko predvrtane ploščate izvedbe ali posebej profilirane tipske izvedbe z

možnostjo zveznega prestavljanja povezav na stikalne elemente. Povezave med zbiralkami in stikalnimi elementi v omari morajo biti tipizirane.

Vse omare morajo biti ožičene in preizkušene pri proizvajalcu, na mestu vgradnje je dovoljeno izvajati le medsebojne povezave. Vsi elementi in njihovi pomožni kontakti morajo biti ožičeni in povezani s sponkami, razen energetske priključke kablov večjega preseka, ki se lahko izvedejo preko ploščatih bakrenih priključnih profilov. Vsi energetske priključke glavne razdelilne plošče morajo ustrezati presekom kabelskih žil minimalno 10 mm².

Interno ožičenje naj bo opravljeno z bakrenimi izoliranimi žičnimi vodniki, z izolacijo odporno proti ognju (PVC ali podobno). Minimalni preseki žičnih povezav naj bodo:

- 2,5 mm² za vse porabnike (motorji, grelci, tokokrogi merilnih transformatorjev idr.),
- 1,5 mm² za krmilne napetosti nad 60 V,
- 0,75 mm² za krmilne napetosti pod 60 V.

Sekundarno ožičenje naj bo speljano in zaščiteno v PVC ploščatih kanalih, ki so lahko napolnjeni maksimalno do 70 % preseka. Barve vodnikov za notranje ožičenje naj bodo v skladu z standardom o barvnem označevanju (SIST HD 308 – identifikacija žil v kablilih in zvitih vrvicah).

Oba konca vsake žične povezave morata biti označena z rumenimi ferulami s črnimi oznakami spončne letve in sponke, na katere je konec priključen. Če ne gre za notranje ožičenje ene omare, temveč za povezave med omarami, mora biti označena tudi lokacija spončne letve.

Notranji priključki v omari morajo biti le na eni strani spončne letve.

V splošnem bodo uporabljani trije tipi sponk:

- sponke energetskih priključkov,
- tokovne sponke z možnostjo kratkostičnih prevezav za tokovne transformatorje,
- sponke za meritve, signalizacijo in krmiljenje z možnostjo mostičenja.

Med posameznimi tipi sponk na isti letvi morajo biti uporabljene izolacijske pregrade, ki omogočajo zadostno mehansko zaščito, obenem pa omogočajo ustrezen dostop do sponk. Vsaka spončna letva mora vsebovati prostor za dodatno vgradnjo 30 % sponk uporabljenega tipa. Vse sponke morajo biti kakovostne izdelave, zaradi poenotenja so sprejemljive le sponke proizvajalcev Phoenix ali Weidmueller.

Razdelilnik mora biti zaščiten proti prenapetostim, ki se pojavljajo med obratovanjem, z uporabo ustreznih prenapetostnih odvodnikov, koordiniranimi z mestom vgradnje in preostalo prenapetostno zaščito.

Vsi plastični deli v omari, ki služijo podpori aktivnih delov, morajo zdržati obremenitve zaradi ognja ali toplote, ki jih lahko povzročijo notranji električni pojavi v plošči, kot to zahteva standard SIST EN 60695-2.

Omare so, ker gre za standardizirano in tipsko preizkušeno modularno izvedbo razdelilnika, lahko opremljene le s sprednjim okvirjem ter s tipiziranimi pokrivnimi ploščami stikalnih elementov, ki pokrivajo aktivne dele elementov in ščitijo obratovalce pred vplivom notranjih okvar.

Konstrukcija omare mora ob nastanku električnega obloka v omari usmeriti nastajajoče ekspanzirane pline v smeri, ki ni nevarna za obratovalno osebje.

Vratna zapirala morajo biti obložena s tesnilnim materialom in opremljena s kakovostnim okovjem, ki se lahko odpira in zapira tudi brez uporabe ključa in omogoča zanesljivo zapiranje. Do vseh stikalnih elementov mora biti omogočen dostop s sprednje strani. Kabelski priključki morajo biti izvedeni na spodnji strani omar. Omara mora biti opremljena z ustreznimi nosilci kablov, ki razbremenjujejo priključne sponke stikalnih elementov.

V omari bo vgrajena ročno ali električno krmiljena stikalna oprema po enopolni shemi, z ustreznim številom pomožnih kontaktov za daljinsko signalizacijo položaja (minimalno dva pomožna kontakta (izbirno delovna ali mirna) po stikalnem elementu oziroma položaju preklopke, minimalno en pomožni kontakt signalizacije delovanja zaščite po odklopniku). Vsi odklopniki z motorskim pogonom, ki so krmiljeni preko omare preklopne avtomatike, morajo biti opremljeni z najmanj osmimi (8) mirnimi in osmimi (8) delovnimi pomožnimi kontakti stikalnega stanja.

Vsi pomožni kontakti morajo biti primerni za stikanje s signalno napetostjo 220 V DC (razen tam, kjer bo uporabljena signalna napetost 24 V DC) in prostopotencialno ožičeni na spončno letev. Pari pomožnih kontaktov odklopnikov, ki jih krmili in/ali nadzira sistem preklopne avtomatike, bodo morali biti ožičeni na vhode preklopne avtomatike. Pari položajnih pomožnih kontaktov in pomožni kontakti delovanja zaščite nekaterih posameznih odklopnikov pa na vhode V/I enot v skladu z ustreznimi usmeritvami. Odklopniki izvlečljive izvedbe morajo imeti zadostno število kontaktov za signalizacijo položaja odklopnika v ohišju.

Stikala morajo biti ustrezne kakovosti, modularne velikosti in ustrezno izbrana, da prenesejo vse predvidene obremenitve. Obstajati mora možnost zapahe stikalnih elementov v izklopljenem stanju.

Omara mora biti dimenzionirana tako, da bo ob namestitvi vse zahtevane opreme v njej še vedno vsaj 30 % prostorske rezerve. V omari morajo biti glede na maksimalno število elementov montirani PVC ploščati kanali za zunanje ožičenje.

Kontaktne mesta morajo biti ustrezno dimenzionirana in izvedena iz materiala, ki zagotavlja kakovosten spoj.

Omare morajo biti po potrebi opremljene s termostatiranimi antikondenzacijskimi grelniki ter s podložnim jeklenim okvirjem, ki bo privijačen na ločeno nosilno jekleno konstrukcijo v višini dvojnega poda.

Sprednje strani omar morajo biti označene z ustreznimi oznakami, vgraviranimi v ploščice, v skladu s sistemom označevanja, ki je v uporabi na objektu. Vsak element, ki je v omari, mora imeti ustrezno oznako.

Zbiralke

Zbiralke morajo biti izvedene iz bakrenega profila, vse priključne točke morajo biti dodatno obdelane. Trifazni zbiralni sistem tvorijo trije fazni vodniki ter en PEN vodnik (L1, L2, L3, PEN), pri preostalih podrazdelinikih pa sta nevtralni in zaščitni vodnik ločena.

Zbiralke morajo biti podprte z litimi plastičnimi standardiziranimi izolatorji, ki ustrezajo vsem mehanskim in električnim obremenitvam, vzdržujejo zahtevano varnostno razdaljo in so sposobni brez posledic prenesti kratkostične obremenitve. Zdržati morajo obremenitve zaradi ognja ali toplote, kot to zahteva standard SIST EN 60695- 2.

Presek zbiralk mora biti določen za zahtevano trajno in udarno kratkostično tokovno obremenitev. Zdržnost zbiralk in konstrukcije mora biti dokazana s predložitvijo ustreznih izračunov po IEC standardih ali z ustreznim tipskim dokumentom.

Vse zbiralnične povezave morajo biti izolirane in pregrajene proti drugim elementom, ustrezno zahtevam stopnje pregrajenosti 2b.

Odklopniki

Odklopniki morajo biti v litem ohišju za nazivni tok, ki je večji od dejanskega, alternativno so lahko tripolne zračne izvedbe, modularne velikosti in ustrezno izbrani glede na dejansko funkcijo ter obremenitve v sistemu. Vsi odklopniki morajo imeti možnost zaklepanja z obežanko, in to v izklopljenem stanju.

Vsakega od odklopnikov lahko odstranimo ali zamenjamo brez vpliva na ostale stikalne elemente. Odklopnik mora biti izveden tako, da je mogoča njegova horizontalna ali vertikalna vgradnja.

Pogonski mehanizem odklopnikov mora biti ročni in na nekaterih odklopnikih, kot je zahtevano v enopolni shemi, tudi elektromotorski. Po potrebi mora biti omogočeno medsebojno mehansko blokiranje določenih odklopnikov (npr. odklopnik dovoda iz

dizel električnega agregata proti zveznemu odklopniku zbiralk nujne in splošne lastne rabe). Pogonska napetost elektromotorjev odklopnikov mora biti 220 V DC. Zaščitna stikala morajo biti opremljena s pomožnimi kontakti za signalizacijo delovanja. Odklopniki morajo imeti možnost spreminjanja nazivnega toka brez menjave tokovnih merilnih transformatorjev (elektronska zaščitna enota).

Vsak odklopnik z elektromotornim pogonom mora biti opremljen z ločeno vklopno in izklopno tuljavo. Izklopna tuljava za izklop zaradi delovanja zaščite odklopnika mora biti ločena. Pogonska napetost elektromotornih pogonov in vklopnih ter izklopnih tuljav odklopnikov mora biti skladna z izbrano izvedbo preklopne avtomatike.

Pri delovanju zaščite 0,4 kV odklopnika transformatorskega dovoda je treba izvesti povezavo z izklopom odklopnega ločilnika na SN strani. Zato mora imeti odklopnik poleg dvojnih signalnih kontaktov položaja tudi podvojen signalni kontakt delovanja izklopa po zaščiti.

Ročno krmiljenje odklopnikov mora biti omogočeno z ročico na sprednji strani ali na vratih omare, prav tako pa tudi električno krmiljenje s tipkami za vklop in izklop. Sam pogonski mehanizem odklopnika mora biti izveden preko vzmetnega mehanizma z električnim in/ali ročnim napenjanjem vzmeti, ki omogoča hitre preklope tako v primeru električnega in tudi v primeru ročnega krmiljenja.

Vsak odklopnik mora biti opremljen z jasno vidnimi indikacijami vklopljenega in izklopljenega stanja ter stanja izpada zaradi delovanja zaščite.

Glavni kontakti morajo biti ustrezno dimenzionirani in posrebreni. Odklopniki morajo biti opremljeni z nastavljivo zaščitno enoto za zaščito proti kratkemu stiku in preobremenitvi. Nastavitve in delovanje zaščit mora biti ustrezno dokumentirano in dokazano s preizkusi in meritvami.

Odklopniki so izvlečljivi in morajo omogočati:

- izvlečenje in možnost zamenjave odklopnika s sprednje strani omare brez prekinitve napajanja razdelilne plošče,
- odklopniki z motorskim pogonom morajo imeti možnost postavitve v preizkusni položaj, ki je mogoč v primeru izklopljenega stanja,
- nosilni okviri odklopnikov morajo biti opremljeni s pomožnimi kontakti, ki signalizirajo stanje položaja odklopnika v okviru.

Izvlečljive enote so uporabljene v dovodu iz transformatorja lastne rabe in dizel električnega agregata na spoju med nujnimi in splošnimi zbiralkami. Za napajanje porabnikov omrežnih transformatorjev in usmernikov morajo biti uporabljeni odklopniki vtične izvedbe, ki ob okvari omogočajo enostavno in hitro zamenjavo.

Stikala in ločilniki, zaščitni avtomati

Stikala in ločilniki morajo biti hitro delujočega tipa z ustrezno dimenzioniranimi kontaktnimi deli. Kontakti morajo biti posrebreni ali drugače obdelani na način, ki zagotavlja minimalno kontaktno upornost.

Zaščitni avtomati morajo biti opremljeni z enim prostim parom (NO, NC) pomožnih kontaktov za indikacijo položaja in z enim prostim parom (NO, NC) pomožnih kontaktov za signalizacijo izpada zaradi delovanja zaščite, na omarah pa mora biti grupiran signal izpada avtomatov za vsak segment razdelilne plošče ločeno.

Izbirna stikala in krmilne tipke

Izbirna stikala in krmilne tipke morajo biti, če ne gre za razdelilnik modularne izvedbe, montirani na vratih omare in opremljeni z graviranimi napisnimi ploščicami, ki jasno opredeljujejo njihovo funkcijo, položaj in pripadnost. Poleg krmilnih tipk morajo biti postavljeni svetlobni indikatorji preklopnega stanja pripadajočih odklopnikov.

Voltmetersko preklopno stikalo naj ima naslednje položaje:
izklopljeno / L1-N / L2-N / L3-N / L1-L2 / L2-L3 / L1-L3

Merilni instrumenti

Ampermetri

Polni merilni obseg ampermetrov, ki bodo uporabljeni s tokovnimi transformatorji, naj bo 1,2-krat večji od nazivnega toka transformatorjev. Merilni obseg instrumentov mora upoštevati dejanske vrednosti na merjenem mestu, kar mora biti definirano in potrjeno v procesu naročanja.

Voltmetri

Za napetost 400 V AC naj se uporabijo voltmetri s skalo 500 V.

Indikatorji prisotnosti napetosti in zaporedja faz

Glede na zahteve po avtonomni preklopni avtomatiki napajalnih virov mora biti predvideno primerno število in lega indikatorjev prisotnosti napetosti.

Vsi indikatorji morajo biti opremljeni z najmanj tremi signalnimi kontakti, povezanimi na za to namenjene sponke.

Potencialno prosti kontakti

Vsi potencialno prosti kontakti vseh naprav v glavni razdelilni plošči morajo biti ožičeni na obeh kontaktnih koncih na ločeno spončno letev, kjer bo uporabljena napetost 220 V DC iz zunanjega vira. Potencialno prosti kontakti morajo biti visokokakovostni, z ustrezno kontaktno površino in čim manjšo kontaktno upornostjo.

Preklopna avtomatika

Glavna razdelilna plošča je opremljena z namensko izvedeno preklopno avtomatiko dveh splošnih virov elektronske izvedbe. Oprema preklopne avtomatike naj bo nameščena v samostojni omari ali omari preklopnega polja in mora biti preizkušene izvedbe, izdelana z uporabo avtomatskega krmilnika, v enem modulu. Na vratih omare mora biti krmilnik z LCD zaslonom na katerem bodo vidni vsi viri napajanja, pomembni preklopni procesi in nastavitve, komande, meritve, položajna stanja SN in NN stikal (npr. enopolna shema), alarmi. Modul preklopne avtomatike mora omogočati najmanj sledeče funkcionalnosti:

- krmiljenje dveh medsebojno mehansko zapahovanih odklopnikov,
- izbiro prioritete vira,
- nadzor napetosti virov (preklop se izvrši ob nedopustnem nihanju amplitude in frekvence napetosti ali fazne nesimetrije na osnovnem viru),
- preizkušanje in prikaz stanja krmiljenih odklopnikov vključno s signalizacijo napake,
- proženje zahtev za zagon in zaustavitev dizelskega agregata,
- možnost nastavitve časovnih zakasnitev,
- prikaz signalizacije in alarmov na napravi preklopne avtomatike,
- test preklopa iz osnovnega na nadomestni vir s povratnim preklopom na osnovni vir.

Zaradi preprečitve istočasnega vklopa obeh krmiljenih stikal enega sklopa bodo izvedene električne blokade, ki morajo slediti mehanskim blokadam. Omogočen mora biti preklop med sledečimi načini obratovanja:

- avtomatsko: preklopna avtomatika avtomatsko izvaja preklopno logiko,
- ročno: omogočen je ročni preklop med viroma napajanja s tipkami na napravi preklopne avtomatike,
- izključeno: avtomatski ali ročni preklop preko priprave preklopne avtomatike je onemogočen.

Preklopna avtomatika mora omogočati najmanj krmiljenje dveh medsebojno električno zapahovanih odklopnikov, izbiro prioritete vira, nadzor napetosti virov, preizkušanje in prikaz stanja krmiljenih odklopnikov vključno s signalizacijo napake. Omogočen mora biti preklop stanja avtomatsko - ročno - izključeno. Za svoje delovanje uporablja AC napetost iz danega mrežnega vira.

Vsa oprema potrebna za napravo preklopne avtomatike in njeno vgradnjo je v sklopu dobave, prav tako vgradnja naprave in njena priključitev na elemente razdelilne plošče. Vsi potencialno prosti kontakti morajo biti ožičeni na obeh kontaktnih koncih na spončni letvi za signalno napetost objekta 220 V DC.

Merilni pretvorniki

Merilni pretvorniki, ki so zahtevani za daljinske meritve medfaznih napetosti in za meritve toka vseh faz na vsakem dovodu (iz transformatorjev ali DEA) lastne rabe, morajo imeti aktivni izhod obsega 0–20 mA, 0,1 % točnosti, namenjeni za 20 % višje tokovne obremenitve od nazivnih oziroma za najmanj maksimalno obratovalno napetost. Merilni pretvorniki morajo biti ožičeni na ločeno spončno letev. Pomožna napajalna napetost je 230 V AC, tip pretvornika pa v skladu z unifikacijo v družbi ELES, točnosti 0,5%.

Če zaradi objektivnih vzrokov ni izpolnjena zahteva ločitve tehnološke in poslovne LR že na SN nivoju (poglavje 7.1), je treba z zgoraj omenjenim tipom daljinskih merilnikov dodatno meriti tudi odvode ali skupine odvodov poslovnega odjema na NN nivoju.

Poleg merilnih pretvornikov je treba namestiti tudi merilnike, izvedene meritve energij pa morajo biti vključene v sistem daljinskega odčitavanja.

15.3.2 Razdelilniki izmenične lastne rabe v relejnih hišicah

Krmiljenje stikal in vseh drugih elementov stikalne plošče bo ročno. Razdelilnik naj vsebuje zbiralne povezave, stikalne elemente, zaščitne avtomate, merilnike napetosti in toka, ustrezno zaščito proti prenapetostim in drugo drobno opremo, ki je običajna za take razdelilnike. Vsa oprema razdelilnikov mora biti tipsko atestirana, kar mora potrjevati ustrezna dokumentacija. Celoten razdelilnik bo samostojee kovinske konstrukcije v TN-S izvedbi omrežja iz enega ali večjega števila standardiziranih, predfabriciranih, medsebojno povezanih omar, prilagojenih za pritrditev na jekleni podstavek višine dvojnega poda. Stranice bodo izvedene tako, da omogočajo enostaven dostop do notranjosti. Kabelski dovodi in odvodi morajo biti izvedeni s spodnje strani, zaščitni oplet kablov bo vezan na ozemljitveno zbiralko v omari. Omare bodo do dolžine ozemljitvene zbiralke 400 mm enojno, od dolžine 400 mm naprej pa dvojno ozemljene na sistemsko ozemljitev v dvojnem podu relejne hišice. Skupni vezni sistem ožičenja (ali zbiralke), ki bo uporabljen od glavne napajalne točke do podrazdelilnikov, mora omogočati priklop povezav do stikalnih elementov z možnostjo prestavljanja povezav ob predelavah, brez kasnejših izdelav priključnih lukenj ali mest. Razdelilniki morajo biti preizkušeni po zahtevah standarda SIST EN 61439-1. Omare morajo biti zaščitene po zahtevah standarda SIST EN 60529 s stopnjo mehanske zaščite minimalno IP31. Skladnost ponujene opreme z zahtevanimi standardi, ki so navedeni v tem poglavju, mora biti dokazano s priloženimi certifikati tipskih preizkušanj. Vse omare morajo biti ožičene in preizkušene pri dobavitelju, na mestu vgradnje je dovoljeno izvajati le medsebojne povezave. Vsi elementi in njihovi pomožni kontakti morajo biti ožičeni s sponkami, razen energetske priključke kablov večjega preseka, ki se lahko izvedejo s ploščatimi bakrenimi priključnimi profili.

Interno ožičenje naj bo izvedeno z bakrenimi izoliranimi žičnimi vodniki, z izolacijo odporno proti ognju (PVC ali podobno). Minimalni preseki žičnih povezav naj bodo:

- 2,5 mm² za vse porabnike (motorji, grelniki idr.),

- 1,5 mm² za krmilne napetosti nad 60 V,
- 0,75 mm² za krmilne napetosti pod 60 V.

Sekundarno ožičenje naj bo speljano in zaščiteno v PVC ploščatih kanalih, ki so lahko napolnjeni maksimalno do 70 % preseka. Oba konca vsake žične povezave morata biti označena z rumenimi ferulami s črnimi napisom, ki zajema oznake spončne letve in sponk, na katere je konec priključen. Če ne gre za notranje ožičenje ene omare, temveč za povezave med omarami, mora biti označena tudi lokacija spončne letve. Notranji priključki v omari morajo biti izvedeni le na eni strani spončne letve.

V splošnem se uporabljajo trije tipi sponk:

- sponke energetske priključkov,
- tokovne sponke z možnostjo kratkostičnih prevezav za tokovne transformatorje,
- sponke za meritve, signalizacijo in krmiljenje z možnostjo mostičenja.

Med posameznimi tipi sponk na isti letvi morajo biti uporabljene izolacijske pregrade, ki omogočajo zadostno zaščito, obenem pa omogočajo ustrezen dostop do sponk. Vsaka spončna letva mora vsebovati vsaj 20 % rezervnega prostora za sponke istega tipa. Vse sponke morajo biti kakovostne izdelave, sprejemljive so sponke proizvajalca Phoenix (ali Weidmueller oz. podobne kakovosti). Razdelilnik mora biti zaščiten proti prenapetostim, ki se pojavljajo med obratovanjem, z ustreznimi prenapetostnimi odvodniki. Vsi plastični deli v omari, ki podpirajo aktivne dele, morajo zdržati obremenitve zaradi ognja ali toplote, ki jih lahko povzročijo notranji električni pojavi v razdelilniku, kot to zahteva standard SIST EN 60695-2.1. Vratna zapirala morajo biti obložena s tesnilnim materialom in opremljena s kvalitetnim okovjem, ki se lahko odpira in zapira tudi brez ključa in omogoča tiho in zanesljivo zapiranje. Do vseh stikalnih elementov in kablskih priključkov mora biti omogočen dostop s sprednje strani.

Podrazdelilnik mora biti dimenzioniran tako, da bo ob namestitvi vse zahtevane opreme še vedno vsaj **10 % prostorske rezerve** za kasnejšo dogradnjo elementov za nove potrošnike znotraj polja.

Kontaktne mesta morajo biti ustrezno dimenzionirana in izdelana iz materiala, ki zagotavlja kakovosten spoj. Sprednje strani omar morajo biti označene z ustreznimi oznakami, vgraviranimi v ploščice, v skladu s sistemom označevanja, ki je v uporabi na objektu. Vsak element, ki v omari, mora imeti ustrezno oznako.

Stikala in zaščitni avtomati 400/230 V, 50 Hz

Stikala in zaščitni avtomati morajo biti hitro delujočega tipa z ustrezno dimenzioniranimi kontaktnimi deli. Kontakti morajo biti posrebreni ali drugače obdelani na način, ki zagotavlja minimalno kontaktno upornost.

Vsa stikala in zaščitni avtomati morajo biti opremljena z najmanj dvema pomožnima kontaktoma, primernima za zunanjo napetost 220 V DC. Vsi pomožni kontakti morajo biti ožičeni na ločene spončne letve.

Uporabljeni nizkonapetostni odklopniki morajo biti brez povratnega vžiga in opremljeni z vzmetnim pogonskim mehanizmom. Daljinsko krmiljeni stikalni elementi naj imajo poleg električnega tudi možnost ročnega krmiljenja. Opremljeni morajo biti z glavnimi in pomožnimi kontakti.

Vsak odklopnik mora imeti najmanj dva prosta delovna kontakta, dva prosta mirna kontakta, en prosti delovni in en prosti mirni kontakt v primeru delovanja zaščite.

Avtomatska zaščitna stikala morajo biti enopolna ali tripolna, ustrezno tokovno dimenzionirana in z zatesnjenim izklopnim mehanizmom. Po potrebi in v skladu s posebnimi tehničnimi pogoji so opremljena s pomožnimi kontakti.

Kontaktorji morajo biti zračne izvedbe z obločnim oklopom razreda AC 3 po IEC standardih. Vklapljeni morajo biti do izklopa ustreznega selektivnega pretokovnega zaščitnega elementa ter zdržati možen tok okvare. Termični pretokovni sprožnik mora biti nastavljen, ustrezati mora obratovalnim zahtevam in biti temperaturno kompenziran do temperature 70 °C.

Varovalke morajo biti ustrezno selektivno izbrane, omejiti in prekiniti morajo kratkostični tok v svojem tokokrogu. Do 63 A morajo biti izvedene tako, da ne zahtevajo posebnega orodja za zamenjavo.

Stikala (tipkala, pretikala) morajo omogočati ročno krmiljenje s sprednje strani. Imeti morajo krmilno ročico in samočistilne kontakte v močnem obločno vzdržnem ohišju ter mehanizem za hiter vklop in izklop. Ta stikala morajo biti sposobna preklopa nazivnih tokov. Po potrebi imajo prigrajene HRC-varovalke.

Izbirna stikala in krmilne tipke

Izbirna stikala in krmilne tipke morajo biti montirane na vratih omare in opremljena z graviranimi napisnimi ploščicami, ki jasno opredeljujejo njihovo funkcijo, položaj in pripadnost. Poleg krmilnih tipk morajo biti postavljeni svetlobni indikatorji preklopne stanja pripadajočih odklopnikov.

Voltmetersko preklopno stikalo naj ima naslednje položaje:
izklopljeno / L1-N / L2-N / L3-N /0/ L1-L2 / L2-L3 / L1-L3

Voltmetri

Za napetost 400 V AC naj se uporabijo voltmetri s skalo 500 V.

Razdelilnik mora imeti vgrajene tudi indikatorje napetosti (pomožne releje v dveh fazah ali polu in to na napajalni strani stikala proti dovodom iz NN razvoda. Indikatorji prisotnosti napetosti morajo biti opremljeni z dvema preklopnima signalnima kontaktoma.

Potencialno prosti kontakti

Vsi potencialno prosti kontakti vseh naprav morajo biti ožičeni na obeh kontaktnih koncih z ločeno spončno letvijo, kjer bo uporabljena napetost 220 V DC iz zunanjega vira. Potencialno prosti kontakti morajo biti visokokakovostni, s pozlačeno (posrebreno) kontaktno površino in čim manjšo kontaktno upornostjo.

15.3.3 Omarice razvoda 400/230 V AC po stikališču

Za napajanje merilnih naprav pri preizkušanju VN opreme v poljih morajo biti nameščene inoks omarice z eno vtičnico tipa EU 400/230 V AC, 16 A, stopnja zaščite IP55. Podstavki omaric so betonski, skozi notranjost je uvod in odvod kablov NYCY 4 × 2,5 mm².

15.4 Razdelilniki enosmerne lastne rabe v relejnih hišicah

V razdelilnikih so vgrajena stikala in zaščitni avtomati, izbirna stikala, krmilne tipke, indikatorji napetosti in voltmetri. Pri tem je treba upoštevati potrebe po prostih kontaktih, ki naj bi se uporabljali v pomožnih tokokrogih.

15.4.1 Razdelilnik 220 V DC v RH

Razdelilniki enosmerne lastne rabe v relejnih hišicah bodo porabniki baterijske napetosti 220 V DC za nadzor, krmiljenje, zaščito in meritve napajani direktno iz glavnega razdelilnika 220 V DC v prostoru LR. Tako bosta v vsako relejno hišico speljani dve zanki (dvojno napajanje), ena za 220 V DC napetost AKU baterije A, ena pa za AKU baterijo B. Tako bo izvedeno napajanje razdelilnikov po poljih v stikališču.

Zbiralke

Zbiralke morajo biti izvedene iz bakrenega profila.

Stikala in zaščitni avtomati 220 V DC

Stikalna oprema mora biti od istega proizvajalca, kot bo stikalna oprema v razdelilniku 400/230 V. Biti morajo hitro delujočega tipa z ustrezno dimenzioniranimi kontaktnimi deli. Kontakti morajo biti posrebreni ali drugače obdelani na način, ki zagotavlja minimalno kontaktno upornost in ustrezno delovanje tudi pri izklapljanju večjih enosmernih tokov. Vsa enosmerna stikalna oprema mora ustrezati zahtevam standarda SIST EN 60947-3, utilizacijska kategorija DC-23B. Vsa stikala in zaščitni avtomati morajo biti opremljeni z najmanj dvema pomožnima kontaktoma, primernima za napetost 220 V DC. Vsi pomožni kontakti morajo biti ožičeni z ločenimi spončnimi letvami.

Izbirna stikala in krmilne tipke

Izbirna stikala in krmilne tipke morajo biti montirani na vratih omare in opremljeni z graviranimi napisnimi ploščicami, ki jasno opredeljujejo njihovo funkcijo, položaj in pripadnost. Poleg krmilnih tipk morajo biti postavljeni svetlobni indikatorji preklopnega stanja pripadajočih odklopnikov.

Voltmetrsko preklopno stikalo naj ima naslednje položaje:

'izklopljeno / L+ - PE / L- - PE/ L+ - L-'

Merilni instrumenti

Ampermetri

Polni merilni obseg ampermetrov naj bo 1,2 krat višji od primarnih tokov.

Voltmetri

Za napetost 220 V DC se uporabljajo voltmetri s skalo 250 V.

Indikatorji zemeljskega stika in prisotnosti napetosti

Indikatorji zemeljskega stika morajo imeti poleg standardne opreme (nastavitev upornosti cca 25 k Ω /220 V DC, dvostopenjski alarm, primerna občutljivost, itd.) možnost daljinske ponastavitve (reset tipka).

Vsi indikatorji morajo imeti tudi vsaj dva signalna mirna kontakta povezana na za to namenjene sponke.

Merilni pretvorniki

Merilni pretvorniki, ki so zahtevani za daljinske meritve baterijske napetosti na vsakem razdelilniku 220 V DC lastne rabe, morajo imeti aktivni izhod z nastavljenim obsegom 0-20 mA, 0,1% točnosti, namenjeni za 20% višje tokovne obremenitve od nazivnih oziroma za najmanj maksimalno obratovalno napetost. Merilni pretvorniki morajo biti ožičeni na ločeno spončno letev. Pomožna napajalna napetost je 230 V AC, tip pretvornika v skladu z unifikacijo ELES-a.

15.4.2 Razdelilniki enosmerne lastne rabe v relejnih hišicah

Omari podrazdelilnikov enosmerne lastne rabe bosta imeli znotraj na montažni plošči v eni vrsti razvrščene elemente polj. Med podrazdelilnikoma v isti vrsti bo nad vertikalnim pokrivnim žičnim kanalom po vsej višini nameščena izolativna predelna stena, ki bo preprečevala nehoteno zamenjavo polj med manipulacijo z aparati. Vrstni red podrazdelilnikov po poljih naj bo tak, kot bodo tudi omare vodenja in zaščite v hišici.

15.5 Preizkusi razdelilnikov izmenične in enosmerne napetosti

Razdelilniki in podrazdelilniki v RH so sestavljeni iz razdelilnih omar in posameznih tipsko preizkušenih naprav ali sklopov, ki so vgrajene vanjo. Kjer je zahtevano, mora biti izvedeno verificiranje razdelilnikov po SIST EN 61439, dokumenti o opravljenih verifikacijah in postopkih morajo biti predloženi pred kosovnimi preizkusi v tovarni.

Kosovni preizkusi po SIST EN 61439-1 obsegajo:

Preverjanje konstrukcije razdelilnika:

- stopnje zaščite predelkov;
- varnostnih in plazilnih razdalj,
- zaščite proti električnemu udaru in integriteta zaščitnih tokokrogov;
- vgradnje elementov;
- notranjih električnih tokokrogov in priključkov;
- priključkov zunanjih vodnikov;
- mehanskega delovanja.

Preverjanje lastnosti razdelilnika:

- dielektrične lastnosti;
- ožičenjem, obratovalne lastnosti in funkcionalna ustreznost.

Ostali razdelilniki in pripadajoča oprema mora biti preizkušena najmanj v skladu z smiselnimi zahtevami ustreznih standardov.

Preizkusi na mestu vgradnje za vse razdelilnike obsegajo:

- pregled pravilnosti montaže,
- pregled oznak elementov kot so omare, plošče, stikalne naprave ipd. in njihova razporeditev,
- pregled kabelskih povezav in priključkov in preverjanje ustreznih razdalj med vodniki,
- preverjanje izolacijskih stopenj,
- preverjanje upornosti glavnih zbiralčnih tokokrogov v vseh treh fazah (le za razdelilnike, ki bodo po delih sestavljeni na mestu vgradnje),
- preizkus pravilnega delovanja vseh zaščitnih elementov,

- preizkus delovanja vseh krmiljenj, blokad, alarmov in indikacij,
- preverjanje ozemljilnih povezav v omarah in izven omar.

Poleg zgoraj naštetih preizkusov morajo biti za glavno razdelilno ploščo v povezavi z Dizel agregatom izvedena tudi funkcionalna preizkušanja krmiljenja, signalizacije in avtomatskega preklopa preko preklopne avtomatike in sinoptične plošče, vključno s prenavljanjem parametrov, saj mora biti delovanje naprav varno in zanesljivo.

Smiselno na enak način kot razdelilnike je potrebno preveriti tudi povezave z oklopljenimi zbiralkami verificirane izvedbe in kabelske povezave v omari.

Dobavitelj mora podroben spisek preizkusov, ki bodo izvedeni ob prevzemnih preizkusih v tovarni, priložiti k ponudbi. Prav tako mora predložiti tudi predvideni način verifikacije opreme, pri razdelilnikih, kjer je ta zahtevana.

16 Tehnične značilnosti porabnikov lastne rabe

Stikalne naprave, med katere sodijo odklopniki, ločilniki, ozemljilniki in hitri ozemljilniki, so pomemben člen v vsakem postroju. Zato so ključnega pomena vse njihove lastnosti od splošnih pa do specifičnih. Te naprave so osnovni porabniki, saj njihovo delovanje omogoča lastna raba. Pregled lastnosti teh naprav pa podajamo v nadaljevanju.

16.1 Kriteriji za izbiro prioritet napajanja porabnikov lastne rabe

Posebni domači predpisi s področja elektrotehnike, ki bi obravnavali zanesljivost napajanja elektroenergetskih objektov, ne obstajajo. Kot primer, ki bi lahko vsaj deloma služil za orientacijo pri izbiri osnovnih konceptov za načrtovanje sistemov lastne rabe, na tem mestu navajamo nemški standard DIN VDE 0100-710. Standard sicer obravnava varnost in zanesljivost napajanja medicinskih objektov, vendar je osnovne koncepte standarda smiselno vsaj delno uporabiti tudi na drugih objektih, ki zaradi specifičnih zahtev in vgrajene tehnologije zahtevajo zanesljivejše napajanje. V standardu je dan bistven poudarek kakovostni izvedbi naprav in njihovi dosledni medsebojni neodvisnosti.

V nadaljevanju so povzete nekatere, za elektroenergetske objekte pomembnejše zahteve s področja sistemov izmeničnega napajanja splošne in nujne lastne rabe.

Na splošno standard porabnike deli v tri skupine, določene glede na zahteve za maksimalni dovoljeni čas izpada napajalne napetosti:

- porabniki, ki prenesejo izpad daljši od 15 s (v našem primeru porabniki, napajani iz splošne LR),
- porabniki, ki zahtevajo povratek napetosti v času, krajšem od 15 s (v našem primeru porabniki napajani iz nujne LR),
- porabniki, ki zahtevajo povratek napetosti v času, krajšem od 0,5 s (v primeru elektroenergetskega objekta so to porabniki, napajani ali iz razsmerjene napetosti (brezprekinitveni preklop) ali iz enosmernega vira).

Povratek napetosti za porabnike, ki zahtevajo napajanje v času, krajšem od 15 s, iz vsaj enega rezervnega (varnostnega) vira (npr. DEA), naj bi bil zagotovljen v času največ 15 s. Preklop in zagon varnostnega vira mora biti izveden avtomatsko, ko se napetost iz splošnega vira v času več kot 0,5 s zniža za več kot 10 %.

Ob izpadu splošnega vira morajo zagotavljati nujno napajanje, katerega vir je praviloma DEA, in to za neprekinjeno delovanje najmanj 24 ur.

Viri, ki delujejo vzporedno in so medsebojno odvisni, se štejejo kot en vir (na primer paralelna transformatorja, ki se napajata iz istega SN stikališča).

Krmilni tokokrogi morajo biti pri vseh neodvisnih napajalnih napravah izvedeni tako, da nobena okvara ne more povzročiti istočasnega izpada več virov.

Povezave med neodvisnimi viri varnostnega napajanja in razvodi morajo biti zaščitene pred nastankom in posledicami kratkih ter zemeljskih stikov. Speljane morajo biti stran od gorljivih materialov.

Vse kabelske in druge povezave, ki v tem smislu služijo ločenim napajalnim napravam, morajo biti položene na minimalni medsebojni razdalji 2 m. Pri manjših razdaljah morajo biti povezave zaščitene proti ognju. Glavni razdelilnik napajanja splošne lastne rabe mora biti postavljen v ločenem, zaprtem prostoru s požarno zaščitnimi stenami in stropom. V istem prostoru kot pripadajoče SN stikališče s transformatorji je lahko samo v primeru, če so upoštevane določene požarnovarnostne zahteve.

Glavni razdelilnik nujne lastne rabe mora biti postavljen v lasten, ločen, požarno varen prostor z enakimi požarno varstvenimi zahtevami kot v prej opisanem primeru. Namestitev glavnega razdelilnika nujne lastne rabe in razdelilnika splošne lastne rabe v istem prostoru je dovoljena le v primeru, da v prostoru ni drugih naprav. V tem primeru morata biti oba razdelilnika med seboj zanesljivo ločena in zaščitena pred vplivi električnega obloka. Napajanje glavnega razdelilnika nujne lastne rabe iz glavnega razdelilnika splošne lastne rabe mora biti izvedeno s povezavo, ki je varna pred zemeljskostičnimi in kratkostičnimi okvarami. Napajalno stikalo mora biti montirano v razdelilniku nujnega napajanja.

16.1.1 Preklopna avtomatika

Zagotovitev večjega števila neodvisnih virov napajanja lastne rabe postavlja zahtevo po zanesljivem in hitrem preklopu med posameznimi viri napajanja v vseh obratovalnih pogojih, ki lahko v elektroenergetskem sistemu nastanejo. To velja predvsem za primere izpada posameznega vira napajanja. To je osnovna naloga prekladne avtomatike.

16.1.2 Izvedbe krmiljenja z industrijskimi programabilnimi logičnimi krmilniki (PLC)

V kompleksnejših objektih so zahteve obratovanja in nadzora napajalnih sistemov bistveno večje in drugačne od tistih, ki jih nudijo predizdelani krmilniki. Za zahtevnejše sisteme krmiljenja se zato uporabljajo ločeni industrijski programabilni logični krmilniki (PLC). Ti omogočajo poljubno izbiro funkcij, potek stikalnih sekvenc, možnost dodatne signalizacije, izvedbo krmilnih panelov s klasičnimi tipkami ali prikazovalniki na dotik (angl. touch-screen), različne scenarije preklpov, dodatne funkcije in podobno. Zaradi doseganja čim večje zanesljivosti izmeničnega napajanja in neodvisnosti prekladne avtomatike od preostalih sistemov (npr. sistema vodenja in nadzora) je priporočljiva izvedba ločenega zajema signalov iz elementov (ločeni

pomožni kontakti) s klasičnim ožičenjem. V tem primeru lahko z ustrezno izvedenim in neodvisnim pomožnim napajanjem, z upoštevanjem zahtev za elektromagnetno kompatibilnost ter ustrezno namestitvijo taka preklopna avtomatika pomeni od preostalih funkcij popolnoma avtonomen sistem. Avtomatika preklonov, izvedena z zmogljivimi industrijskimi krmilniki, lahko izvaja tudi druge funkcije, kot so: zakasnitev preklonov, zakasnitev zagonov določenih večjih motorjev, sekvence vklopov skupine motorjev ipd. Izvedba krmiljenja s pomočjo zmogljivih industrijskih krmilnikov (PLC) omogoča pooblaščenim uporabnikom poseg v algoritme in njihovo nadgrajevanje, spreminjanje parametrov, dodajanje pogojev itd. Zaradi varnostnih razlogov pa je v vseh primerih še vedno smiselno ohraniti dodatno mehansko blokado med odklopnikom dizel električnega agregata in stikalom, ki spaja nujni in splošni del zbiralk.

16.2 Klasifikacija porabnikov lastne rabe

16.2.1 Porabniki splošne lastne rabe

Porabniki splošne lastne rabe so napajani iz izmeničnih virov – primarnega napajanja. Gre za transformatorje lastne rabe, ki so napajani iz različnih SN sistemov. Porabniki splošne lastne rabe morajo biti sposobni prenesti tudi daljši izpad napajanja brez posledic za delovanje elektroenergetskega postroja.

Zaradi specifičnih zahtev elektroenergetskih objektov (stikališč), katerih obratovanje ne sme biti moteno ob izpadu podrejenih (distribucijskih) delov omrežja, so porabniki splošne lastne rabe običajno le tisti, ki niso pomembni za zagotavljanje funkcionalnosti omrežnih naprav:

- naprave ogrevanja in hlajenja poslovnih delov objekta,
- naprave male moči in razsvetljave,
- naprave, ki služijo servisnim dejavnostim (delavnice, centrifuge, destilatorji, servisna dvigala, remontni razdelilniki, reflektorska razsvetljava, del zunanje razsvetljave in podobno).

Če je v izrednih primerih potrebno delovanje določenih naprav tudi ob izpadu napajanja, se to lahko omogoči z možnostjo kontroliranega preklopa na nujno napajanje.

16.2.2 Porabniki nujne lastne rabe

Porabniki nujne lastne rabe so napajani iz glavnega, pomožnega in rezervnega vira – običajno dizel električnega agregata (DEA), ki v primeru izpada glavnih oziroma pomožnih virov zagotavlja napajanje porabnikov, nujnih za delovanje elektroenergetskega postroja. Porabniki, ki so priključeni na nujni del lastne rabe, morajo biti sposobni brez posledic za obratovanje elektroenergetskega postroja

prenesti kratkotrajni izpad napajanja – običajno do 15 sekund, kolikor traja zagon in prevzem bremena s strani rezervnega vira. Naprave, ki so z obratovalnega vidika velikega pomena za obratovanje elektroenergetskih postrojev in njihovih varnostnih sistemov, so običajno napajani z enosmernim virom napajanja, določeno rezervo pa običajno pomeni tudi v samih napravah nakopičena električna ali mehanska energija, zato kratek čas izpada napajanja izmenične napetosti ne pomeni posebnega problema za zagotavljanje funkcioniranja uporabljenih naprav.

Porabniki nujne lastne rabe so:

- tehnološko pomembne centralne naprave objekta (npr. usmerniki, by-pass razsmernikov),
- razsvetljava, ki je pomembna za normalno funkcioniranje objekta (npr. zunanja razsvetljava stikališča, razsvetljava po relejnih hišicah ipd.),
- ogrevanje stikalnih naprav, tehnoloških naprav in omaric,
- pogoni stikalnih naprav (odklopniki imajo že v pogonih nakopičeno energijo za preklapljanje po standardnem vklopno izklopnem ciklu),
- redkeje pogoni stikalnih naprav v GIS izvedbi,
- ostale tehnološke naprave, ki ne zahtevajo neprekinjenega napajanja (npr. hladilni sistemi transformatorjev in podobno).

Za tehnološko pomembne naprave, ki potrebujejo napajanje tudi v primeru servisiranja dela sistema, iz katerega se normalno napajajo, se lahko izvede dvojno napajanje s preklopnikom, ki omogoča ali napajanje iz nujnega ali iz splošnega dela. Tako preklapljanje napajanja naj bo omogočeno le v izrednih primerih in to le kontrolirano – s posebnimi selektivnimi ključavnicami za dostop, mehanskimi blokadami in obvezo povratka na primarno predvideni vir napajanja. Onemogočene morajo biti paralelne povezave različnih delov napajalnega sistema. Pri zagonu DEA se velikokrat pojavlja problem obremenitve agregata ob zagonu. Zagonska preobremenitev lahko povzroči nestabilnost ali celo izpad tega vira. Problem je obvladljiv z uporabo ustreznega krmiljenja porabnikov, ki po vklopu napetosti definira postopno vključevanje večjih porabnikov v sekvencah. Možna je vgradnja distribuiranih krmilnikov ali podobnih krmilnih naprav, ki po povratku napetosti avtonomno in časovno kontrolirano vklaplajo posamezne porabnike (npr. hladilne sisteme transformatorjev).

Na sisteme nujne lastne rabe je s tehničnega vidika dopustno priključevati izključno porabnike, ki so pomembni za (tehnološko) delovanje elektroenergetskega postroja.

16.2.3 Porabniki enosmerne lastne rabe

Porabniki enosmerne lastne rabe se napajajo iz enega ali dveh ločenih sistemov, ki jih sestavljata AKU baterija in usmernik.

Enosmerni viri lastne rabe zagotavljajo neprekinjeno napajanje najpomembnejših porabnikov (predvsem elektronskih) sistemov in naprav:

- zaščite,
- vodenja,
- meritev,
- pogonskih naprav najpomembnejših stikalnih elementov elektroenergetskega omrežja (odklopnikov, ločilnikov).

V primeru podvojene AKU baterije se z razporeditvijo porabnikov med eno in drugo AKU baterijo lahko zagotovi redundanco naprav tudi na segmentu napajanja. Redundanco napajanja je mogoče zagotoviti tudi z izvedbo dvojnega napajanja najpomembnejših podrazdelilnikov iz dveh ločenih sklopov, npr. A in B preko ločenih kablov in z diodami ustrezno velike tokovne in napetostne vzdržnosti na podrazdelilniku. Pri redundanci mora biti jasno določena zahteva, ali želimo redundanten napajalni sklop (podvojen usmernik) ali redundantno napravo (usmernik). Z uporabo modularnih usmernikov z dodatnim, rezervnim modulom izpolnjujemo pogoj redundantnosti.

V elektroenergetskih objektih so direktno na sistem enosmerne napetosti 110 V ali 220 V priključene naprave, ki so nujno potrebne za obratovanje in nadzor naprav in omrežja in morajo imeti zagotovljeno napajanje v najbolj neugodnih pogojih. V to kategorijo sodijo:

- naprave sistema relejne zaščite,
- računalniki polja za vodenje in nadzor sistema,
- naprave v sistemu krmilja in zapahovanja VN elementov,
- izklopne in vklopne tuljavnice odklopnikov,
- naprave za signalizacijo,
- razsmerniški sistemi.

V večini objektov sta vgrajena po dva sistema virov enosmerne lastne rabe, kar omogoča tudi ločeno napajanje podvojenih relejnih zaščit in redundantnih izklopnih tuljav. Vir napajanja porabnikov enosmerne lastne rabe je AKU baterija, usmerniki in enosmerno preklopno polje.

Porabnike sekundarnih sistemov predstavljajo sistemi za vodenje in zaščito. Ti sistemi so narejeni na mikroprocesorski osnovi z izjemo raznih pomožnih relejev in kontaktorjev ter signalizacije, povezane z rezervnim krmiljenjem. Trajno breme enosmernih sistemov predstavljajo krmiljenje največ enega VN aparata, mirni tokovi računalnikov polj, zaščitnih relejev in deloma naprav za meritve. V času delovanja zaščite zbiralk se poraba poveča, vendar le kratkotrajno.

Kapaciteta AKU baterije naj zagotavlja:

- 3 h napajanje obtežbe ob izpadu polnjenja,
- v izjemnem primeru mora ena AKU baterija prenesti kompletno obtežbo potrošnikov obeh baterij,
- najvišja napetost na bateriji ne sme biti 10 % nad nazivno,
- najnižja napetost pri potrošnikih ne sme pasti za več kot -15 % nazivne napetosti pod nazivno napetost, tudi ne v času zagonskih tokov.

Pri izračunu kapacitete baterije v Pb tehnologiji upoštevamo še:

- faktor znižanja kapacitete zaradi temperature okolja (+50 °C): 1,3,
- faktor znižanja kapacitete zaradi staranja AKU baterij: 1,25,
- faktor projektnega približka: 1,15.

Pri izračunu kapacitete baterije v LTO tehnologiji upoštevamo še:

- faktor kapacitete zaradi manjše izkoristljivosti Li-Ion baterije 1,12
- faktor projektnega približka: 1,1.

Ob gornji kapaciteti bo predpostavljena poraba pokrita v zahtevanih tolerancah z nedeljeno AKU baterijo.

16.2.4 Porabniki razsmerjene napetosti

Porabniki sistema razsmerjene napetosti se napajajo iz enega ali dveh razsmernikov, običajno modularne izvedbe. Sistem lastne rabe razsmerjene napetosti, ki je v preteklosti napajal predvsem računalniške naprave, se opušta. Novejše naprave imajo spominske elemente, ki ne potrebujejo stalnega napajanja za hranjenje podatkov in brez posledic prenesejo tudi daljše prekinitve napajanja.

Lastna raba razsmerjene napetosti zagotavlja neprekinjeno napajanje le še nekaterim porabnikom:

- monitorjem,
- delno merilnim pretvornikom,
- nekaterim starejšim računalniškim napravam vodenja, meritev in zaščite,
- sistemom vstopa v objekt in njegovega varovanja,
- TK.

16.3 Razmestitev in povezovanje naprav lastne rabe

Pri projektiranju novih naprav lastne rabe naj se izmenični porabniki grupirajo sistematično, kar pomeni izklop ne nujnih porabnikov za določen čas, s tem pa bi sprostili energijo za potrebe sistemske rezerve.

16.3.1 Razvrstitev porabnikov in določitev moči napajalnih virov

Zaradi večje stopnje zanesljivosti napajanja je izbran koncept, ki ga družba ELES uporablja v vseh svojih objektih in zahteva za napajanje objekta vsaj dva neodvisna vira izmenične napetosti. Tema viroma bo za povečanje zanesljivosti dodan še neodvisni vir 0,4 kV AC napetosti, in sicer dizel električni agregat ustrezne moči.

LR v RTP se bo z izmenično napetostjo 400/230 V napajala z dvema SN dovodoma preko ene transformatorske enote SN/0,4 kV ustrezne moči in iz dizel električnega agregata za potrebe nujnega napajanja.

Potrošniki izmenične lastne rabe so naslednji:

- razsvetljava stavb in stikališča,
- mala moč stavb in stikališča (enofazne, trifazne vtičnice, elektromotorji),
- ogrevanje stavb,
- klimatizacija stavb,
- usmerniške naprave za zagotavljanje enosmerne napetosti in polnjenje AKU baterij,
- naprave za zagotavljanje neprekinjene izmenične napetosti 230 V, 50 Hz,
- pogon in ogrevanje VN aparatov,
- veji trifaznih vtičnic, ki se vodita po stikališču (po ena omarica z vtičnico na dve polji).

16.3.2 Razmestitev naprav lastne rabe

Razmestitev naprav lastne rabe mora zagotavljati zadostno dostopnost (zaradi transporta opreme, dostopnost kabelskih ali drugih tras, dostopnost obratovalcem ipd.), druge tehnične pogoje namestitve, ki jih zahtevajo predpisi in standardi ali zahteve proizvajalca (zračenje, hlajenje, zajem škodljivih snovi, požarno zaščito ipd.). Tudi pri namestitvi naprav je treba upoštevati osnovno funkcionalno zahtevo za napajalne naprave, to je njihovo neodvisnost oziroma avtonomnost. Slednja je dosežena z razmestitvijo naprav po različnih, medsebojno izoliranih prostorih, ali z izvedbo naprav, ki zagotavljajo ustrezno pregrajenost (kovinsko oklopljene in pregrajene naprave).

Pomemben pogoj za avtonomno in zanesljivo obratovanje naprav lastne rabe je tudi čim večja neodvisnost od drugih virov energije. Prostor, kjer so vgrajene naprave z visoko obratovalno prioriteto, naj bodo projektirani tako, da zagotavljajo čim boljše »naravne« pogoje za obratovanje. Ogrevanje ali prisilno hlajenje takih naprav zahteva svoje napajalne vire, to pa pomeni tudi odvisnost naprave – običajno od podrejenega vira.

Nedopustno je na primer, da je treba varnostni vir napajanja (npr. usmernik) hladiti s klimatsko napravo, ker ne prenese običajne okoliške temperature. Klimatska naprava, tudi če je priključena na nujno lastno rabo in opremljena z avtomatskim vklopom po povratku napajanja, v tem primeru pogojuje delovanje usmernika. Zaradi tega tovrstne naprave ne moremo šteti kot neodvisne, poleg tega je naprava, kar je še posebej kritično, odvisna od vira.

Transformatorji zahtevajo ustrezno hlajenje in ustrezno požarno izoliran prostor. Če so nameščeni poleg stikalne opreme morajo biti ustrezno oklopljeni in z njo povezani z negorljivimi izoliranimi zbiralničnimi povezavami. Transformatorji v oljni izvedbi potrebujejo oljno jamo.

Dizel električni agregat ima poleg mazalnega olja v neposredni bližini še določeno količino goriva. Za svoje delovanje potrebuje zadostno količino hladilnega zraka in zato izdelane ustrezne odprtine za njegov dovod in odvod. Poleg tega je treba izvesti tudi ustrezen izpuh. Zaradi navedenih pogojev je DEA prostor ločen od preostalih s stenami iz ustreznega materiala. DEA je lahko izveden tudi v kontejnerski izvedbi, ki sicer zahteva nekoliko več vzdrževanja, vendar je lahko taka izvedba v določenih pogojih povsem racionalna. Glavna razdelilna plošča izmenične napetosti naj bo verificirana, kovinsko oklopljena in pregrajene izvedbe. Spojno stikalo NLR - SLR naj bo v nujnem delu, ki je s kovinskimi pregradami ločen od splošnega, izdelano skladno s standardom SIST EN 61439-1 in 2.

Naprave enosmerne napetosti naj bodo vgrajene v lastnem prostoru, ločenem od naprav drugih (glavnih in rezervnih) virov.

AKU baterije morajo biti dovolj razmaknjene, da tudi ob morebitni havariji na eni od AKU baterij ne more priti do uničenja sosednjih sistemov. Podstavki in konstrukcije ne smejo biti povezani in morajo biti protipotresno odporni. Izogibati se je treba dvonivojskemu postavljanju baterij. Prostor mora biti po predpisih prezračevan, v primeru klasičnih (Pb) baterij mora zagotavljati odvajanje vodika. V primeru vgradnje LTO baterije ni posebnih zahtev za sam prostor, razen dvojni pod ter da je prostor čim bližje usmerniku, priporoča pa se, da so v istem prostoru kot usmerniki.

Kabelske trase za osnovno, rezervno, predvsem pa za napajanje z razsmerjeno napetostjo (brezprekinitveno napajanje) naj bodo kar se da ločene. S tem je praktično do porabnika oz. njegovega podrazdelilnika zagotovljeno neodvisno napajanje.

Tudi podrazdelilniki za napajanje pomembnejših tehnoloških porabnikov naj bodo (zaradi varnosti osebja, zagotavljanja zmogljivosti in drugih parametrov, ki zagotavljajo funkcionalnost in zanesljivost) verificirane izvedbe po SIST EN 61439-1 in 2. Med seboj naj bodo po sistemih ločeni s protiobločnimi pregradami, saj ločitev po prostorih običajno ni več mogoča.

Stikališča in drugi elektroenergetski objekti z množico kanalov in drugih instalacijskih (tudi ogrevanih) volumnov privabljajo različne male živali, ki lahko s poškodovanjem izolacije pa tudi s premoščanjem delov pod napetostjo povzročajo veliko škodo na opremi. Opremo je v tem primeru mogoče zaščititi predvsem z uporabo ustreznih mehanskih pregrad, z ustrežno IP stopnjo zaščite omar in doslednim pokrivanjem spodnjih prevodnih odprtin v omarah, uporabo ustreznih kabelskih uvodnic in pravilno zatesnitvijo kabelskih prehodov.

16.3.3 Uporaba radialnega napajanja ali krožnih vodov

Pri večjih objektih so za napajanje dislociranih porabnikov ali skupin porabnikov izmenične ali enosmerne napetosti, predvsem zaradi zmanjšanja obsega uporabljenih kablov in le delno zaradi večje zanesljivosti napajalnih poti, uporabljeni tako imenovani krožni vodi. Krožni vod iz glavne razdelilne plošče napaja večje število podrazdelilnikov (jih »šiva«) in se ponovno zaključuje v glavni razdelilni plošči. Vod je na enem mestu vedno razklenjen. V primeru okvare na določenem segmentu kabla je mogoč preklop in napajanje iz druge strani zanke. Izkušnje kažejo, da do okvar na kablji praktično ne prihaja, poleg tega pa imajo krožni vodi tudi vrsto pomanjkljivosti. Glavna pomanjkljivost krožnih vodov je zagotavljanje selektivnosti zaščite, saj mora biti pripravljena za različne načine napajanja, česar pa ni vedno mogoče dovolj zanesljivo izvesti. Posebno problematično je to v enosmernih sistemih. Napajalni tokokrog je v primeru krožnega voda marsikdaj težko kontrolirati. Vprašljiva je neodvisnost napajanja, saj gre kabel običajno skozi večje število različnih podrazdelilnikov. Zaradi tega se verjetnost izpada verige odvisnih elementov močno povečuje, kljub določeni prednosti zaradi možnosti ročnega sekcioniranja.

Zaradi poenostavitve, preglednosti napajalnih shem in zagotavljanja ustrezne selektivnosti zaščite se predlaga, da se povsod, podobno kot tudi za druge zahtevne objekte, uporablja radialno napajanje posameznih razdelilnikov.

Pri radialnem napajanju so napajalni tokokrogi bolj pregledni in lažje nadzorovani, napajanju pa zagotavljajo predvsem neodvisnost in s tem večjo zanesljivost. Morebitno potrebo po napajanju v izrednih primerih še iz katere druge strani, pa je možno zagotoviti z v podrazdelilnike vgrajenimi opremljenimi začasnimi priključnimi mesti in z rezervnimi fleksibilnimi kabli. Krožne vode je smiselno obdržati na nižjem nivoju, pri porabnikih npr. v GIS stikališčih za AC in DC pogone stikalnih elementov ter med omarami vodenja v polju.

16.3.4 Podrazdelilniki v relejnih hišicah

V relejnih hišicah večjih zunanjih stikališč je postavljena sekundarna oprema določenega števila polj, ki se napaja iz tam postavljenih podrazdelilnikov izmenične

splošne, nujne in enosmerne lastne rabe. Običajno so v istem prostoru tudi omare s sekundarno opremo, ki zahteva svoje ločeno napajanje. Glede na zahteve dobaviteljev morajo imeti tudi natančno določene zaščitne avtomate, ustrezne zahtevam vgrajenih naprav, katere pokriva skupna garancija za delovanje. Zaradi kratkih povezav med temi napravami in zaščitnimi elementi v podrazdelilniku je zelo težko zagotoviti ustrezno selektivnost zaščit. Pri klasičnih izvedbah podrazdelilnikov (posebno enosmernih) je zaščitnih avtomatov veliko, posebno še v primerih, če sta do relejnih hišic pripeljana dva sistema. Zaradi omejenega prostora v relejnih hišicah in posledično omejene velikosti razdelilnih omar pogosto v omarah primanjkuje prostora za zaščitne avtomate, zato se za odvode sekundarne opreme, ki že imajo v svojih omarah vgrajene ustrezne zaščitne elemente, v napajalnih podrazdelilnikih izvede le priključna mesta za razvejanje napajalne napetosti. Na ta način je omogočena ustrezna selektivnost zaščitnih elementov, ohranjena preglednost napajalnih shem ter prihranjen prostor v razdelilnih omarah.

17 Kontrola kakovosti materiala

Kakovost izdelave posameznih elementov, sklopov in naprav je ključnega pomena za zanesljivo in varno delovanje postroja kot celote. Zaradi tega je zelo pomembno sodelovanje med predstavniki izdelovalca in družbo ELES (med predstavnike družbe ELES se štejejo tudi predstavniki zunanjih inštitucij, ki nastopajo v imenu družbe ELES) v pomembnejših fazah izdelave naprav.

Kosovni preizkusi se opravijo ob prevzemu za vsak kos opreme, posebej skladno z ustreznimi standardi. Tovarniško sestavljeni deli morajo biti preizkušeni v tovarni. Po sestavljanju opreme v tovarni bo le-ta preizkušena še pod obratovalnimi pogoji. Te preizkuse se izvede v tovarni. Pregled opreme na mestu montaže zajema pregled opreme v smislu poškodb in preverjanje količine. Posamezni deli naprav in naprave bodo v tovarni proizvajalca opreme ustrezno kontrolirani in preizkušeni. V principu za vse naprave velja, da morajo biti v tovarni po izdelavi in pred dobavo ustrezno preizkušene in kontrolirane tako, da je dokazana njihova funkcionalnost, zanesljivost in točnost, kakor je specificirano z ustreznimi predpisi. Izdelki morajo biti proizvedeni skladno z navedenimi ali predlaganimi predpisi, ki jih je potrdila odgovorna oseba.

Vsi certifikati morajo biti ustrezno označeni tako, da je zveza z ustreznimi materiali, izdelki in opremo jasna. Pri manjših postavkah se lahko predloži samo certifikat ali izjava o skladnosti naprav, doseženih pri proizvajalcu. Vsi rutinski preizkusi se izvajajo na posameznih napravah po ustreznih predpisih. Za vso opremo in material je že v ponudbi treba predložiti certifikate tipskih preizkusov. Če za določeno opremo ni certifikatov tipskih preizkusov, je treba izvesti tipske preizkuse, ki jih predpisuje ustrezn standard. Dobavitelj je odgovoren za kakovost in za preglede ter preizkuse tudi za dela, ki jih odda podizvajalcem. Med proizvodnjo in vgradnjo vse električne in mehanske opreme morajo kadarkoli biti omogočena izvedba vmesnega pregleda ali preizkusa.

18 Obratovanje in vzdrževanje

Obratovanje naprav lastne rabe mora biti ustrezno opredeljeno in v skladu z obratovalnimi navodili. Velikosti posameznih ključnih veličin na mestu vgradnje postroja morajo biti v mejah, ki jih prenesejo posamezne naprave in to brez kakršnihkoli poškodb ali okvar. V primeru izrednih razmer (kratki ali zemeljski stiki) pa mora postroj oz. njegovi elementi brez poškodb prenesti tovrstne povečane obremenitve.

Številne naprave, ki tvorijo lastno rabo, zahtevajo specifičen pristop, saj so naprave razdeljene v naslednje skupine:

- viri napajanja lastne rabe,
- razvodi lastne rabe in
- porabniki lastne rabe.

Za vzdrževanje tako različnega sklopa naprav so izdelana navodila o vzdrževanju na nivoju družbe ELES.

19 Seznam virov

- [1] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Določanje prioritet – rezultati ankete, Ljubljana: ELES, d. o. o., 2016.
- [2] Tipizacija elektroenergetske opreme v družbi ELES, Interno navodilo za delovanje delovnih skupin za tipizacijo prenosnih elektroenergetskih naprav v družbi ELES, d. o. o., Ljubljana: ELES, d. o. o., 2016.
- [3] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, 110 kV plinsko izolirano stikališče (GIS), Dokument: TIP 04 - GIS/2021, Ljubljana: ELES, d. o. o., november 2021.
- [4] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, VN-naprave v prostozračnih stikališčih, Dokument: TIP 06 - VNN/2022, Ljubljana: ELES, d. o. o., avgust 2022.
- [5] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Sekundarni sistemi, Dokument: TIP 09 - SeS/2022, Ljubljana: ELES, d. o. o., november 2022.
- [6] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Transformator, Dokument: TIP 03 - TR/2018, Ljubljana: ELES, d. o. o., november 2018.
- [7] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Daljnovodi, Dokument: TIP 01 - DV/2022, Ljubljana: ELES, d. o. o., junij 2022.
- [8] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, 110 kV kablovodi, Dokument: TIP 02 - KV/2019, Ljubljana: ELES, d. o. o., julij 2019.
- [9] Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Zaščitna vrv z optičnimi vlakni (OPGW) in optični kabelski sistem (OKS), Dokument: TIP 10 - OPGW-OKS/2021, Ljubljana: ELES, d. o. o., maj 2021.
- [10] ELES TRM (terminološka obdelava izrazov): Izrazi s področja tipizacije in statistike dogodkov, Dokument: TRM TIP – VNN-STAT-OPGW 01/2021, Ljubljana: ELES, d. o. o., maj/junij 2021.
- [11] D. Bokal in L. Bokal, Pojmovnik s področja obratovanja in vzdrževanja distribucijskega elektroenergetskega omrežja in postrojev, Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar [etc.], 1994.
- [12] Elektrotehniški priročnik (Prevod dela Fachkunde Elektrotechnik, 28. Auflage; Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten – Germany), Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2013.
- [13] FERl: Posodobitev in racionalizacija baterij lastne rabe z uporabo litij-ionskih baterijskih sklopov v razdelilnih transformatorskih postajah, številka študije NAR2017/1111, Maribor, december 2017
- [14] EIMV: Zagotavljanje elektromagnetne združljivosti v distribucijskih prostorih, referat št. 1303, Ljubljana 1996.
- [15] EIMV: Zagotavljanje elektromagnetne združljivosti v elektroenergetskih objektih, študija št. 1302, Ljubljana 1996.

- [16] EIMV: Segment elektromagnetne združljivosti pri vzdrževanju distribucijskih postrojev 110 kV/SN in SN/0,4 kV, študija št. 1903, Ljubljana 2008.
- [17] EIMV: Izdelava koncepta in tipizacija lastne rabe v objektih prenosnega omrežja, študija št. 2074, Ljubljana 2011.
- [18] FERl: Vgradnja napetostnih merilnih transformatorjev z navitjem za napajanje lastne rabe v objektih 110/xx kV, Maribor, junij 2016.

BELEŽKA