



ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR



**IZOBRAŽEVANJE S PODROČJA
MOČNOSTNE ELEKTROTEHNIKE
IN SODOBNIH ELEKTRIČNIH
INŠTALACIJ**

ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR



REFERATI

41. KOTNIKOVI DNEVI

**IZOBRAŽEVANJE S PODROČJA
MOČNOSTNE ELEKTROTEHNIKE
IN SODOBNIH ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ**

RADENCI, 2023

Posvetovanje: **41. KOTNIKOVI DNEVI**
Radenci - Hotel Radin, 24. marec 2023

Organizator: **ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR**
Glavni trg 17 b, 2000 Maribor

Predsednik ED: mag. Gerhard ANGLEITNER

Urednik: mag. Marjan ZORMAN

Avtorji referatov:

1. *mag. Rudi Zorko*
2. *Jože Unk*
2. *mag. Dejan Matvoz, dr. Miloš Maksić*
3. *mag. Mitja Koprivšek*
5. *Marko Kotnik*
6. *Ervin Seršen*
7. *Mitja Strehar*
8. *Matjaž Miklavčič*
9. *Ana Lovrenčič, dr. Viktor Lovrenčič, Gregor Štern, Primož Vintar*

Oblikovanje in računalniška obdelava zbornika povzetkov in referatov: Bogomir VEBER

Tisk: GARB DRUŽINSKO GRAFIČNO PODJETJE d.o.o.

Naklada: 10 izvodov

Zbornik: **www.ed-mb.si** Geslo za prenos zbornika: **edmb2023!**

Vse pravice pridržane. Ponatis celote ali posameznih delov je dovoljen samo z dovoljenjem organizatorja in vedno z navedbo vira

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

621.3(082)(0.034.1)

KOTNIKOVI dnevi (41 ; 2023 ; Radenci)

Izobraževanje s področja močnostne elektrotehnike in sodobnih električnih inštalacij [Elektronski vir] / 41. Kotnikovi dnevi, Radenci, [24. marec 2023] ; [urednik Marjan Zorman] ; [organizator] Elektrotehniško društvo Maribor. - Maribor : Elektrotehniško društvo, 2023

Način dostopa (URL): <http://www.ed-mb.si>
ISBN 978-961-93635-9-1
1. Zorman, Marjan
COBISS.SI-ID 98340353

ISBN 978-1-873671-00-9



9 781873 671009 >



VSEBINA

1.	<i>mag. Rudi Zorko</i> POROČILO EZS IN DELO NA PREDPISIH	I
2.	<i>Jože Unk</i> TEHNIŠKA TERMINOLOGIJA – NOVI POJMI	II
3.	<i>mag. Dejan Matvoz, dr. Miloš Maksić</i> PRESOJA HARMONSKIH MOTENJ UPORABNIKA OMREŽJA IN PRAKTIČNI PRIMERI IZ SN IN NN OMREŽJA	III
4.	<i>mag. Mitja Koprivšek</i> PAMETNA NV VAROVALKA	IV
5.	<i>Marko Kotnik</i> KAKO IZDELATI NAJBOLJŠI NIZKONAPETOSTNI RAZDELILNIK?	V
6.	<i>Ervin Seršen</i> ENERGIJSKA UČINKOVITOST ELEKTRIČNE INŠTALACIJE (SIST HD 60364-8-1)	VI
7.	<i>Mitja Strehar</i> OBLOČNI DETEKTOR – AFDD	VII
8.	<i>Matjaž Miklavčič</i> SPREMEMBE SONDSEE	VIII
9.	<i>Ana Lovrenčič, dr. Viktor Lovrenčič, Gregor Štern, Primož Vintar</i> VAROVANJE ELEKTRIČARJEV PRED ELEKTRIČNIM OBLOKOM - OCENA TVEGANJA V DISTRIBUCIJSKI IN INDUSTRIJSKI TRANSFORMATORSKI POSTAJI	IX

41. KOTNIKOVI DNEVI Radenci – Hotel Radin, 24. marec 2023

ORGANIZATOR:

ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR
Glavni trg 17 b, 2000 Maribor

NAMEN:

Posvetovanje - dopolnilno izobraževanje je namenjeno strokovnjakom elektroenergetike s področja vzdrževanja, projektiranja, investicijske dejavnosti, predavateljem strokovnih šol in zainteresirani javnosti.

Referenčne teme za leto 2023

- ◆ *Alternativni viri električne energije in njihovo vključevanje v elektroenergetske sisteme,*
- ◆ *Novi standardi SIST na področju električnih instalacij in njihova uporaba v praksi,*
- ◆ *Problematika, izkušnje, pomanjkljivosti pri uporabi obstoječih veljavnih standardov,*
- ◆ *Predstavitev velikih tehnoloških projektov in novosti s področja električnih instalacij,*
- ◆ *Vpliv porabnikov na kakovost napetosti in toka v električnih instalacijah,*
- ◆ *Učinkovita raba inteligentnih električnih instalacij, dosedanje izkušnje, investitorjev,*
- ◆ *Uporaba in vpliv LED razsvetljave na električne instalacije,*
- ◆ *Delo pod napetostjo na nizkonapetostnih instalacijah in vzdrževanje,*
- ◆ *Ekologija na področju elektroenergetike, vplivi na okolje.*

Pobude za reševanje aktualne problematike iz razprav udeležencev in predavateljev posredujemo, v smislu zaključkov posvetovanja, ustreznim državnim institucijam.

Pooblaščen in nadzorni inženirji za udeležbo na posvetovanju pridobijo 4. kreditne točke iz izbirnih vsebin skladno s Splošnim aktom o stalnem poklicnem usposabljanju pooblaščenih inženirjev.

Elektrotehniško društvo Maribor, kot organizator posvetovanja, bo poskrbelo za vpis kreditnih točk slušateljem (pasivna udeležba) in posebej tudi predavateljem (aktivna udeležba).

V avli hotela prikaz proizvodnih programov s področja električnih inštalacij, merilnih inštrumentov in opreme za elektroenergetske naprave

ORGANIZACIJSKI ODBOR:

*mag. Marjan Zorman
mag. Gerhard Angleitner
Bogomir Veber
Matjaž Miklavčič
Drago Černoga
Aleksander Obrecht*

URNIK POSVETOVANJA

PETEK, 24. 3. 2023

09.30 začetek posvetovanja

10.00 – 13.00 Predstavitev referatov

1. mag. Rudi Zorko

Poročilo EZS in delo na predpisih

2. Jože J. Unk

Tehniška terminologija – novi pojmi

3. mag. Dejan Matvoz, dr. Miloš Maksić

Presoja harmonskih motenj uporabnika omrežja in praktični primeri iz SN in NN omrežja

11.30 – 11.45 Odmor

4. mag. Mitja Koprivšek

Pametna NV varovalka

5. Marko Kotnik

Kako izdelati najboljši nizkonapetostni razdelilnik?

13.00 – 15.15 kosilo

15.15 – 18.00 Predstavitev referatov

6. Ervin Seršen

Energijska učinkovitost električne inštalacije (SIST HD 60364-8-1)

7. Matija Strehar

Obločni detektor – AFDD

16.15 – 16.30 Odmor

8. Matjaž Miklavčič

Spremembe SONDSEE

5. Ana Lovrenčič, dr. Viktor Lovrenčič, Gregor Štern, Primož Vintar

Varovanje električarjev pred električnim oblokom

– ocena tveganja v distribucijski in industrijski transformatorski postaji

18.00 Zaključek posvetovanja



REFERAT I



Radenci, 24. marec 2023

mag. Rudi Zorko,

Elektrotehniška zveza Slovenije (EZS)

**»ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE,
OBLIKOVANJE PROGRAMA DELA ZA NOVE POTREBE
OB UČINKOVITEJŠI RABI ELEKTRIKE V SLOVENIJI.«**

Povzetek:

»Članek podaja nekatere okoliščine delovanja, kratek pregled dejavnosti Elektrotehniške zveze Slovenije. Zaključni del vsebuje nekaj misli prehodu in preoblikovanju tehničnih in družbenih podsistemov. V prehod na silo nujna po sonaravnem razvoju družbe. Pri tem imata elektrika in elektrotehnika še posebne izzive.

This article provides a brief overview of the activities of the Electrotechnical Association of Slovenia. Emphasis is placed on the refurbishment program based on the needs of modern society and the importance of electricity, including the Electrical Engineering

Elektrotehniška zveza Slovenije obeležuje v letošnjem letu 70 let delovanja. Med tem pa Elektrotehniški vestnik (ki ga izdaja EZS) beleži devetdeset let izhajanja. Leta 1933 ga je začela izdajati zadruga slovenskih elektro-obrtnikov.

Primerljivo s srednjeevropskimi državami, na primer z Avstrijo šteje njihova strokovna organizacija OVE 140 let od ustanovitve.

V predavanju so zajete programske značilnosti EZS in podani vidiki razvoja in tako imenovane tranzicije elektrotehnike, ki so in bodo izzivi za elektrotehniške strokovnjake in njihove organizacije, tudi za Elektrotehniško zvezo Slovenije.

Slovenski elektrotehniki so se organizirali v stanovsko organizacijo že leta 1923, ko so v Ljubljani ustanovili Strokovno zadrugo koncesioniranih elektrotehnikov. Zadruga je tedaj združevala velik del slovenskih elektrotehnikov.

Po vojni se je organizirano delovanje nadaljevalo v Elektrotehniškem društvu Slovenije, ki je leta 1961 preraslo v Elektrotehniško zvezo Slovenije - EZS. Danes je EZS pomemben organ nevladne tehniške civilne družbe in močna strokovna organizacija v Slovenski inženirski zvezi - SIZ.

Elektrotehniška zveza Slovenije - EZS je prostovoljno, samostojno in nepridobitno združenje območnih in specializiranih strokovnih društev na območju Slovenije. Deluje po lastni programski zasnovi, deluje na aktualnih strokovnih in organizacijskih vprašanjih s področja elektrotehnike. Opravlja pomembno vlogo povezovanja elektrotehnikov, zagotavljanja njihovega izobraževanja, spodbujanja in usmerjanja razvojno-raziskovalne dejavnosti, sodelovanja z gospodarstvom in promocije stroke..

V referatu so v prvem delu zajete prednostne naloge, ki so povezane so s srednjeročnim načrtom. Sem sodijo predvsem storitve - publikacije, seminarji, poročila o meritvah in preskusih na osnovi pravilnikov, študije, prevajanje tehniških standardov, izrazoslovje, svetovanje. Storitve realiziramo v področju, elektroenergetike, telekomunikacij, elektronike, avtomatizacije, merjenja in tehnologiji.

V drugem delu sem se zadržal pri poudarkih o mednarodnem sodelovanju EZS v okviru evropski držav.

Komisija za pripravo posvetovanja je 29.3.2019 objavila Poročilo o 40. posvetovanju.in podala predlog EZS za določene aktivnosti. Na tem smo delali in bo podan kratek komentar.

ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE (EZS) IN NJENO POSLANSTVO

THE ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION OF SLOVENIA AND ITS MISSION

mag. Rudi Zorko, univ. dipl. el. inž., generalni sekretar, Elektrotehniška zveza Slovenije
m.sc. Rudi Zorko, univ. dipl. ing., Secretary general, Electrotechnical Association of Slovenia

Članek podaja nekatere okoliščine delovanja, kratek pregled dejavnosti Elektrotehniške zveze Slovenije. Zaključni del vsebuje nekaj misli prehodu in preoblikovanju tehničnih in družbenih podsistemov. V prehod na sili nuja po sonaravnem razvoju družbe. Pri tem imata električna in elektrotehnika še posebne izzive.

This article provides a brief overview of the activities of the Electrotechnical Association of Slovenia. Emphasis is placed on the refurbishment program based on the needs of modern society and the importance of electricity, including the Electrical Engineering

Uvod

Elektrotehniška zveza Slovenije obeležuje v letošnjem letu 70 let delovanja. Med tem pa Elektrotehniški vestnik (ki ga izdaja EZS) beleži devetdeset let izhajanja. Leta 1933 ga je začela izdajati zadruga slovenskih elektro-obrtnikov.

Primerljivo s srednjeevropskimi državami, na primer z Avstrijo šteje njihova strokovna organizacija OVE 140 let od ustanovitve.

V predavanju so zajete programske značilnosti EZS in podani vidiki razvoja in tako imenovane tranzicije elektrotehnike, ki so in bodo izzivi za elektrotehniške strokovnjake in njihove organizacije, tudi za Elektrotehniško zvezo Slovenije.

Slovenski elektrotehniki so se organizirali v stanovsko organizacijo že leta 1923, ko so v Ljubljani ustanovili Strokovno zadrugo koncesioniranih elektrotehnikov. Zadruga je tedaj združevala velik del slovenskih elektrotehnikov.

Po vojni se je organizirano delovanje nadaljevalo v Elektrotehniškem društvu Slovenije, ki je leta 1961 preraslo v Elektrotehniško zvezo Slovenije - EZS. Danes je EZS pomemben organ nevladne tehniške civilne družbe in močna strokovna organizacija v Slovenski inženirski zvezi - SIZ.

Elektrotehniška zveza Slovenije - EZS je prostovoljno, samostojno in nepridobitno združenje območnih in specializiranih strokovnih društev na območju Slovenije. Deluje po lastni programski zasnovi, deluje na aktualnih strokovnih in organizacijskih vprašanjih s področja elektrotehnike. Opravlja pomembno vlogo povezovanja elektrotehnikov, zagotavljanja njihovega izobraževanja, spodbujanja in usmerjanja razvojno-raziskovalne dejavnosti, sodelovanja z gospodarstvom in promocije stroke.

V obdobju svojega delovanja je EZS opravila pomembno delo predvsem v slovenskem, z nekaterimi akcijami pa tudi v evropskem in svetovnem merilu. Njeno vlogo je formalno potrdilo Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport in ji z izdajo posebne odločbe podelilo status zveze, ki deluje v javnem interesu na področju znanosti in tehnologije.

EZS posveča veliko pozornost tudi razvoju slovenskega elektrotehniškega izrazja, pri čemer sodeluje s Slovensko akademijo znanosti in umetnosti ([SAZU](#)). V sodelovanju z upravnimi organi deluje na področju slovenske regulative in v sodelovanju s Slovenskim inštitutom za standardizacijo ([SIST](#)) na področju standardizacije. Pri aktivnostih na področju graditve objektov sodeluje z matično sekcijo elektroinženirjev v Inženirski zbornici Slovenije.

Rezultate strokovnega dela objavlja EZS v glasilih Elektrotehniški vestnik/Journal of Electrical Engineering and Computer Science/, Vakuumist in Informacije MIDEM. Informiranju članov o tekoči dejavnosti EZS ter o dogajanju na področju elektrotehnike pri nas in v svetu pa so namenjene spletne strani EZS in društev.

Delo EZS temelji na sprejetem programu dela in predvidevanjih za tekoče obdobje. Elektrotehniška zveza Slovenije skupaj z društvi dela tudi v javnem interesu.

(storitve - publikacije, seminarji, poročila o meritvah in preskusih po posebnem naročilu, pravilniki, študije, prevajanje tehniških standardov, izrazoslovje, svetovanje,...)

EZS izvaja svoje delo v strokovnih odborih, območnih in strokovnih društvih, vodijo in nadzirajo pa ga organi društev in EZS. Za opravljanje strokovnih, finančnih, tehničnih in ostalih nalog ima EZS ustrezno strokovno službo.

1. PREGLED DEJAVNOSTI IN STORITEV

1.1 1.1 Osnova delovanja

Da bi svojo dejavnost čim bolj približala članom po vsej Sloveniji, jo je EZS organizirala tako, da se izvaja v strokovnih odborih, območnih društvih in v specializiranih strokovnih društvih, povezanih v Elektrotehniško zvezo Slovenije.

1.2 1.2 Strokovna področja delovanja

Področja delovanja EZS lahko na kratko razdelimo na 4 strokovna področja:

1. Energetika

2. Telekomunikacije in informatika
3. Elektronika, avtomatizacija in merjenja
4. Tehnologije

1	INOVACIJSKA VOZLIŠČA	Delavnice, simpoziji, konference, posvetovanja, okrogle mize, predavanja EZS mladi: Tehnološki park
2	EZS AKADEMIJA, IZOBRAŽEVANJE	Pripravljalni seminarji za izpit, seminarji z opravljanem izpita, delavnice, izobraževanja za pridobitev strokovnih kompetenc Izpitni center EZS
3	ZALOŽNIŠTVO, STANDARDOTEKA, KNJIŽNICA, INTERNET, ARHIV	Periodične publikacije, Zborniki, EZS Priporočila, Priročniki, Vodila, Zloženke Knjižnica EZS, Standardoteka, Arhiv, E-mediji https://www.ezs-zveza.si ; https://ev.fe.uni-lj.si/ ; https://eglosar.si/ ; https://www.ezs-zveza.si/nneli/
4	TEHNIŠKI PREDPISI	Obnavljanje in novi predpisi, Tehniške smernice, navodila, EZS Priporočila, Priročniki PODROČJA: gradnja, energetika, zdravje in varstvo pri delu, zaščita in reševanje, kmetijstvo, zdravstvo, promet, uporaba, obratovanje, vzdrževanje, razgradnja, okolje
5	TEHNIŠKI STANDARDI IN TERMINOLOGIJA	Prevajanje in terminološko usklajevanje področnih in terminoloških standardov Sodelovanje s SIST, SAZU, podjetja, prevajalci, lektorji, uporabniki Terminološki standardi, slovarji, predlogi in definicije izrazov EZS Glosar: https://eglosar.si/ Electropedia: www.electropedia.com
6	POTRDILA O KOMPETENCI OSEB CERTIFIKATI	Register preglednikov /prostovoljni/ kompetentnih oseb in podjetij – eTest NNELI Električna varnost - SIST 17024 kompetence, EX protieksplzijska zaščita FEANI: inženirska izkaznica ENG CARD

		http://www.engineering-card.si/
7	MREŽENJE	Sodelovanje s predstavniki drugih strok Sodelovanje s tujimi društvi/zvezami/združenji Koordinacija srednjih elektro šol, ...
8	ELEKTRIČNA VARNOST	Odbor za električno varnost Področje proizvodov in področje tehničnih storitev – Nevarni izdelek –RAPEX, Tržni inšpektorat, Inšpektorat za varstvo in zdravje pri delu, Inšpektorat za energetiko,... Storitve: inštalacije, vzdrževanje, servisiranje, obratovanje,... https://www.ezs-zveza.si/o-nas/strokovni-organi-ezs/
9	PROJEKTI	Inšpekcijski nadzor stavb in inženirskih objektov Geomagnetizem Zloženke, osveščanje o novih uporabnih tehnologijah
10	OBLIKOVANJE POSREDOVANJE STALIŠČ IN	Zavzemanje za razvoj in položaj elektrotehniške stroke in električno varnost – nadzor elektrotehniških storitev, pobuda obnove tehniških predpisov in priprava novih predpisov pri uporabi novih tehnologij z ozirom na podnebne spremembe in zeleni pristop.
11	EZS MLADI / EZS YOUNG NET	Navezovanje stikov in promocija elektrotehnike v šolstvu Eurel tekmovanje: International Management Cup, Dan elektrotehnike-Bistra, Mladi raziskovalci, Tehnološki park - mladi
12	TEHNIŠKA DEDIŠČINA	Spremljanje stanja – sodelovanje s Tehniškim muzejem Slovenije, iskanje predlogov za ohranitev spomina Zgodovina elektrogospodarstva Slovenije Zbirke: TMS Robotika https://www.ezs-zveza.si/delovna-podrocja/tehniska-dediscina/
13	DELO SREČANJA, PREDAVANJA ORGANOV, EKSKURZIJE,	Občni zbor, Izvršilni odbor, Predsedstvo, Sekretariat, Strokovni svet, Strokovni odbori, Projektne skupine Tematska predavanja, Strokovne ekskurzije, Letno srečanje elektrotehnikov Priznanja zaslužnim in častnim članom

14	ADMINISTRATIVNA OPRAVILA IN PODPORA	Koordiniranje dejavnosti, zbiranje in urejanje predlogov in pripomb, komuniciranje z deležniki, izdelava zapisnikov in poročil, obveščanje in korespondenca
----	--	---

1.3 1.3 Strokovni odbori EZS

EZS opravlja pomembno vlogo na področju elektrotehnike s povezovanjem in spodbujanjem inovacijskega in poslovnega sodelovanja elektrotehnikov. Organizira in podpira izobraževanje, aktivna je na področju priprave tehniških predpisov in pri prevajanju standardov. Strokovni odbori za protieksplzijsko zaščito, nizkonapetostne električne inštalacije, tehniško regulativo, električno varnost in slovensko terminologijo obravnavajo vsebine, ki so nujne za razvoj elektrotehnike in njeno rabo v vsakdanjem življenju.

Strokovni odbori EZS so:

- Strokovni svet EZS za tehniške predpise
- Odbor za tehniško regulativo
- Odbor za standardizacijo in terminologijo
- Odbor za protieksplzijsko zaščito
- Odbor za nizkonapetostne električne inštalacije in zaščito pred strelo (NNELI)
- Odbor Mladi EZS
- Odbor za energetiko
- Odbor za električno varnost

1.4 Društva

EZS – tehniško-inženirska organizacija povezuje 18 rednih članov, ki so strokovna in območna društva v slovenskem prostoru.

1.4.1 Strokovna društva

Slovensko društvo za inteligentne transportne sisteme, predsednik: mag. Robert RIJAVEC

www.sits.si

MIDEM - Strokovno društvo za mikroelektroniko, sestavne dele in materiale, predsednica: prof. dr. Barbara MALIČ

www.midem-drustvo.si

Slovensko društvo za elektronske komunikacije, predsednica: Vesna PRODNIK PEPEVNIK

www.drustvo-sikom.si

Slovensko društvo za razsvetljavo, predsednik: Peter ZELNIK

www.sdr.si

Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE - CIRED, predsednik: mag. Marko HRAST

www.cigre-cired.si

Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode Maribor, predsednik: prof. dr. Maks BABUDER

<http://sdqss.si>

Društvo avtomatikov Slovenije, predsednik: dr. Giovanni GODENA

www.drustvo-das.si

Slovenska sekcija IEEE, predsednik: izr. prof. dr. Jože GUNA

www.ieee.si

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, predsednica: dr. Alenka VESEL

<http://www.dvts.si>

Slovensko društvo za merilno procesno tehniko, predsednik: prof. dr. Janko DRNOVŠEK

1.4.2 Območna elektrotehniška društva

Elektrotehniško društvo Maribor, predsednik: mag. Gerhard ANGLEITNER

www.ed-mb.si

Elektrotehniško društvo Celje, predsednik: Jože TOMAŽIČ

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-celje/>

Elektrotehniško društvo Dolenjske, predsednik: Srečko KRIŽMAN

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-dolenjske-in-bele-krajine/>

Elektrotehniško društvo Koper, predsednik: Samo DROLC

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-koper/>

Elektrotehniško društvo Ljubljana, predsednik: Anton AVČIN

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-ljubljana/>

Elektrotehniško društvo Nova Gorica, predsednik: Jurij JURŠE

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-nova-gorica/>

Elektrotehniško društvo Zasavje-Trbovlje, predsednik: Zoran ARTNAK

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-zasavje-trbovlje/>

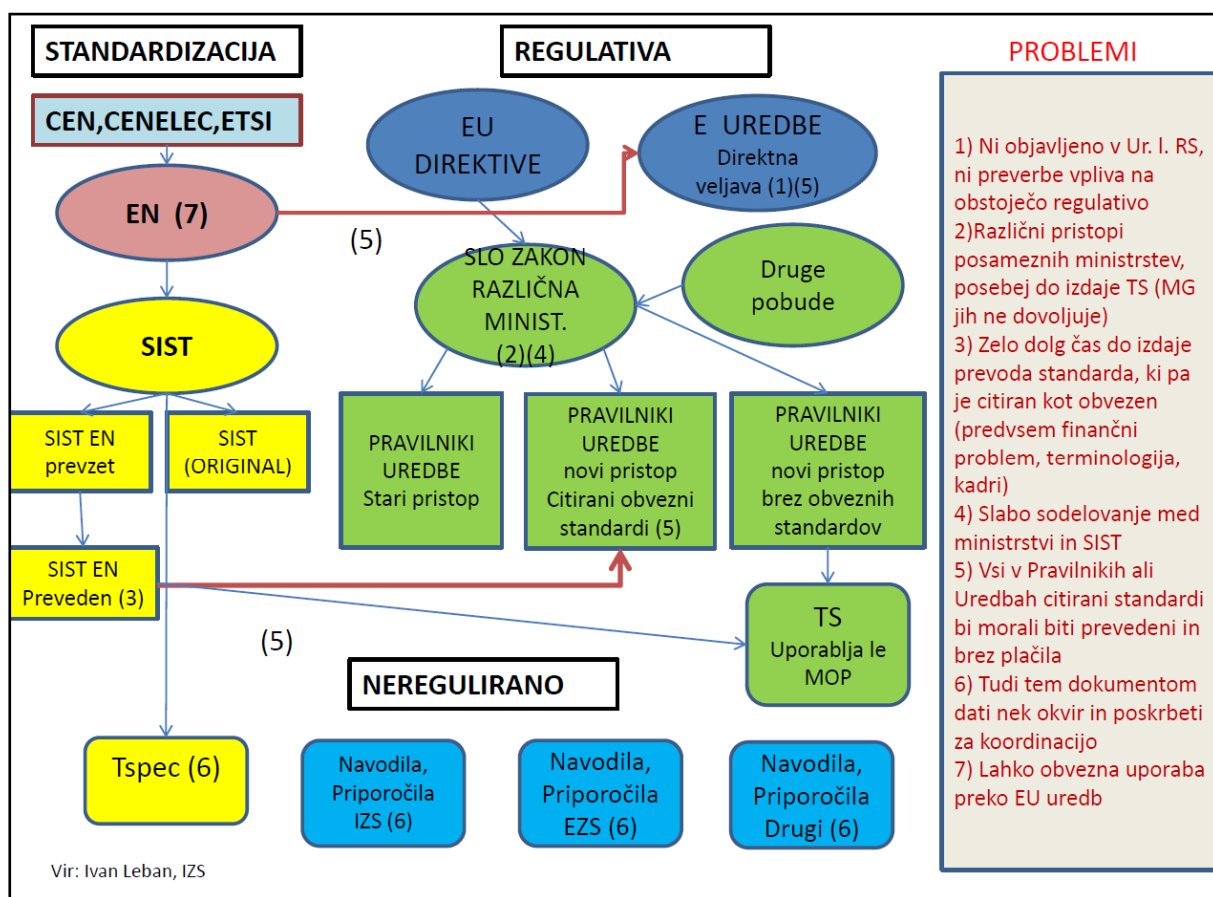
Elektrotehniško društvo Ravne, predsednik: Stanko VRČKOVNIK

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-ravne/>

Elektrotehniško društvo Slovenj Gradec, namestnik predsednika: Jure JORDAN

2. POVEZOVANJE

EZS ima status organizacije v javnem interesu na področju raziskovalne dejavnosti. Velik poudarek pri delu daje EZS pri pripravi pravilnikov, razlagalnih dokumentov (EZS Priporočila) in prevajanju standardov. Izredno pomembno je, da se ne le industrija, temveč tudi druga področja dela uskladijo in sledijo (vsaj delno) miselnosti, da je treba delo prilagoditi tehniškemu napredku, ki pa v zadnjih letih skokovito narašča. Spodnja slika prikazuje povezave med standardizacijo in regulativo ter kako dokumenti medsebojno vplivajo na razvoj (vir: Ivan Leban).



Slika 1: Povezave med regulativo in standardizacijo

Kot je bilo zapisano Elektrotehniška zveza Slovenije deluje na večih področjih (energetika, telekomunikacije – informatika, elektronika, avtomatizacija, merjenja, tehnologije – industrija).

kot do sedaj. Nobenega od naštetih predpisov, tehničnih smernic in priporočil ne bi mogli izdelati brez sodelovanja strokovnjakov iz zainteresiranih podjetij, posebej elektroenergetskih. Aktivno sodelovanje strokovnjakov je edina alternativa, saj nekih drugih strokovnjakov ni, razen redkih izjem. Še naprej se bomo trudili za kar najboljše možne rešitve. Zavedamo, da napredek tehnike zahteva stalno dopolnjevanje tehničnih predpisov, ki so pravni temelj vsake urejene družbe.

3.1 Tehniški predpisi

3.1.1 Priprava predpisov za upravni organ: Okolje in prostor

Predpisi o nizkonapetostnih električnih inštalacijah in o zaščiti pred strelo

V letih 2009, 2013 in 2021 je EZS sodelovala pri pripravi naslednjih normativnih aktov

Predpisi in zakonodaja za nizkonapetostne inštalacije (električna inštalacija)
<u>Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano pred 02.03.1988</u>
1. Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za napeljevanje el. instalacij v stavbah (Uradni list SFRJ št. 43/66)
<u>Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano po 02.03.1988</u>
2. Pravilnik o tehničnih normativih za NN električne inštalacije (Uradni list SFRJ št. 53/88)
3. Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 41/09, 2/12)
4. Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo el. toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1)
<u>Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano po 01.06.2009</u>
5. Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 41/09, 2/12)
6. Nizkonapetostne električne inštalacije, Tehnična smernica TSG-N-002:2013
7. Nizkonapetostne električne inštalacije, Tehnična smernica TSG-N-002:2009
8. Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1)
<u>Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano po 18.09.2021</u>
9. Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1)
10. Tehnična smernica za graditev TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije

Predpisi in zakonodaja za strelovodne inštalacije (strelovod)Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano do 01.06.2009

1. Pravilnik o tehniški predpisih za strelovode (Uradni list SFRJ, št. 13/68)

Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano po 01.06.2009

2. Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 28/09, 2/12)
3. Zaščita pred delovanjem strele, Tehnična smernica TSG-N-003:2009
4. Zaščita pred delovanjem strele, Tehnična smernica TSG-N-003:2013

Za objekte za katerega je bilo gradbeno dovoljenje izdano po 18.09.2021

5. Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1)
6. Tehnična smernica za graditev TSG-N-003:2021 Zaščita pred delovanjem strele

3.1.2 Priprava predpisov glede za upravni organ: Infrastruktura - elektroenergetika

1. Pravilnik o tehničnih pogojih za graditev nadzemnih elektroenergetskih visokonapetostnih vodov izmenične napetosti 1 kV do 400 kV (Uradni list RS, št. 52/14)
 2. Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (Uradni list RS, št. 90/15)
 3. Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev (Uradni list RS, št. 98/15)
 4. Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojev (Uradni list RS, št. 56/16)
 5. Pravilnik o elektroenergetskih postrojih izmenične napetosti nad 1 kV (Uradni list RS, št. 63/16)
 6. Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo, obratovanje in vzdrževanje elektroenergetskih nizkonapetostnih vodov (Uradni list RS, št. 21/20)
 7. Pravilnik o tehničnih pogojih za graditev podzemnih vodov izmenične nazivne napetosti nad 1 kV do 400 kV (Uradni list RS, št. 42/21)
 8. Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (Uradni list RS, št. 202/21)
 9. Pravilnik o spremembi Pravilnika o tehničnih pogojih za graditev podzemnih elektroenergetskih vodov izmenične nazivne napetosti nad 1 kV do 400 kV (Uradni list RS, št. 20/22)
 10. Pravilnik o spremembi Pravilnika o tehničnih pogojih za graditev nadzemnih elektroenergetskih visokonapetostnih vodov izmenične napetosti 1 kV do 400 kV (Uradni list RS, št. 67/22)
1. *Uredba o elektromagnetnem polju v naravnem in življenjskem okolju**
 2. *Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega polja**

3. Prilnik o varnosti pri delu pred nevarnostjo elekričnega toka*

3.1.3 Sodelovanje pri pripravi pravilnikov

PRAVILNIK o graditvi stabilnih naprav elekrične vleke¹

3.1.4 Priprava novih pravilnikov

Pravilnik o gradnji nizkonapetostnih elekričnih vodov izmenične napetosti do 1000 V

Pravilnik o tehničnih normativih za zaščito elektroenergetskih postrojev pred prednapetostjo (Uradni list SFRJ, št. 7/71 in 44/76).

Začelo se je s pripravo združitve naslednjih dveh pravilnikov: Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne elekrične inštalacije v stavbah in Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele v skupen pravilnik.

3.2 EZS Priporočila

3.2.1 Izdelana EZS Priporočila

EZS priporočilo, EZS TPR-01-2022 Zaščita nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (izdaja 3, EZS priporočilo je v tisku)

EZS Priporočilo, EZS TPR-02-2015 Agregati za rezervno napajanje

EZS Priporočilo, EZS TPR-03-2018 Priporočilo izrazov in definicij, Področje elektroenergetika, Načrtovanje in vodenje elektroenergetskih sistemov

EZS priporočilo, EZS TPR-05-2019 Uporaba premičnih agregatov pri zasilnem napajanju hiš in kmetij

3.2.2 Načrt izdelave in izdaje EZS Priporočil

EZS Priporočilo o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo, obratovanje in vzdrževanje elektroenergetskih nizkonapetostnih vodov

EZS Priporočilo Varnost pri delu pred nevarnostjo elekričnega toka

EZS Priporočilo Vzdrževanje elektroenergetskih postrojev

EZS Priporočilo Gradnja podzemnih visokonapetostnih vodov

4. PREVAJANJE STANDARDOV IN TERMINOLOGIJA

¹ Pravilnik še ni objavljen.

4.1 Prevajanje standardov

Elektrotehniška zveza Slovenije (EZS) je krovna organizacija, ki je zadolžena za prevajanje standardov s področja elektrotehnike. Prevaja tako področne kot tudi terminološke standarde. Prevajajo jih strokovnjaki, ki so eksperti na svojih področjih in imajo širino za razumevanje, da je njegovo področje le en del širšega področja, ki se povezuje z drugimi področji.

EZS je v sodelovanju s SIST v obdobju 2011 – 2022 prevedla skupno 185 standardov, dopolnil, dodatkov in popravkov. Večinoma so bili standardi prevedeni iz angleškega jezika, nekateri pa tudi iz nemškega ali francoskega jezika.

V letu 2022 je bilo skupno v prevajanju 13 standardov, 3 dopolnila in 2 popravka standarda (1134,031 prevajalskih strani).

4.2 EZS Glosar

Področje dela EZS, Odbora za terminologijo, ki je tesno povezano s prevajanjem, je objava:

1. izrazov, usklajenih pri EZS,
2. izrazov, ki so objavljeni v standardih in
3. novih predlogov izrazov.

EZS je v ta namen, da ima vsa strokovna javnost brezplačen dostop do teh izrazov, pripravila spletni EZS glosar (<https://eglosar.si>).

EZS Glosar je spletni slovar tehniškega besedja, v katerem prevladujejo izrazi s področja elektrotehnike. Vsebuje izraze iz področnih in terminoloških standardov, direktiv in uredb, splošne in pravne izraze.

Trenutno ima EZS Glosar več kot 20.000 izrazov in istoimensko mobilno aplikacijo (za 2 operacijska sistema: Android in iOS). Baza izrazov se redno dopolnjuje, popravlja in osvežuje na spletu. En del dejavnosti EZS glosarja je tudi objava definicij iz standardov, ki so že objavljeni.

EZS Glosar trenutno vsebuje 20.466 izrazov (izrazi iz standardov, EU in slovenske zakonodaje, splošni izrazi), pri tem ima 3.948 izrazov dodane definicije, od tega:

- terminološki standardi (IEV): 1.246 (povezave na izraze),
- področni standardi: 468,
- področje zakonodaje: 490 in
- splošno področje: 1.721 (predvsem telekomunikacije in informatika).

5. ZALOŽNIŠKA DEJAVNOST

5.1 Periodične publikacije

EZS izdaja Elektrotehniški vestnik (EV), ki v letu 2023 izhaja že 90. leto. EV je kot revija strokovno-znanstvene vsebine.

Revija nudi prostor našim in tujim strokovnjakom, da svoje ideje predstavijo pred širšim strokovnim in znanstvenim forumom bralcev EV. EV razvija in neguje slovensko tehniško besedo na področju elektrotehnike, računalništva in informatike že več kot 90 let.

5.1.2 Periodične publikacije pri strokovnih društvih

- Društvo MIDEM: Informacije MIDEM
- Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED: Sporočila
- Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije: Vakumist

5.2 Knjige in priročniki

Izdajanje publikacij je ena izmed dejavnosti EZS. Publikacije, ki jih izdaja so priročniki, vodila, priporočila, zborniki, slovarji in druge. Izdane publikacije pokrivajo vsa področja, ki jih pokriva elektrotehniška stroka. Velik poudarek je na seznanjanju z novimi tehnologijami, prav tako pa tudi na praktičnih priročnikih, ki so v pomoč praktičnemu delu na terenu.

Glavna področja izdanih publikacij:

- EZS priporočila
- Električna varnost
- Preverjanje inštalacij
- Slovarji

6. AKADEMIJA EZS

Del dejavnosti, ki jo opravlja EZS je tudi izobraževanje končnih uporabnikov za področja elektrotehnike. Izobraževanja so odprtega tipa (nanje se lahko prijavi kdorkoli) ali zaprtega tipa (izobraževanje poteka v enem podjetju).

Poleg že utečenih izobraževanj (priprava na strokovni izpit, EX osnovna in obnovitvena izobraževanja, delavnice za preglednike) ima EZS tudi izobraževanja, ki so vezana na pravilnike in standarde ter izobraževanja, ki so vezana na pridobitev strokovnih kompetenc.

Od 2021 je eden izmed Izpitnih centrov in omogoča tudi elektronsko opravljanje izpitov (za določena izobraževanja).

7. INOVACIJSKA VOZLIŠČA

EZS, strokovna in elektrotehniška društva organizirajo delavnice, simpoziji, konference in posvetovanja, na katerih predstavijo trenutno stanje stroke in podajo smernice za naprej

7.1 Strokovna društva:

- **Slovensko društvo za inteligentne transportne sisteme**
[Simpozij](https://isep.si/) o elektroniki v prometu ISEP (<https://isep.si/>)
- **MIDEM - Strokovno društvo za mikroelektroniko, sestavne dele in materiale**
MIDEM International Conference on Microelectronics, Devices and Materials with the Workshop (www.midem-drustvo.si)
- **Slovensko društvo za elektronske komunikacije**
Delavnica o telekomunikacijah VITEL (www.drustvo-sikom.si)
- **Slovensko društvo za razsvetljavo**
Mednarodno posvetovanje Razsvetljava (www.sdr.si)
- **Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE – CIRED**
Mednarodni simpozij CIGRE, Nacionalna konferenca slovenskih elektroenergetikov (www.cigre-cired.si)
- **Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode Maribor**
Zaščita pred strelo in prenapetostmi (<http://sdqss.si>)
- **Društvo avtomatikov Slovenije**
Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu (www.aig.si)
- **Slovenska sekcija IEEE**
Mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca (<https://erk.fe.uni-lj.si/index.html>)
- **Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije**
Mednarodno srečanje vakumistov (<http://www.dvts.si>)
- **Slovensko društvo za merilno procesno tehniko**

7.2 Območna elektrotehniška društva

- **Elektrotehniško društvo Maribor**
Kotnikovi [dnevi](http://www.ed-mb.si) (www.ed-mb.si)

8. MREŽENJE

8.1 Sodelovanje z strokovnimi organizacijami

EZS sodeluje z različnimi slovenskimi in tujimi organizacijami tako pri oblikovanju predpisov kot pri izobraževanjih, svetovanju idr.

8.1.1 Mednarodne strokovne organizacije

- EUREL -, The Convention of National Associations of Electrical Engineers of Europe (EUREL)
V septembru 2022 je EZS prevzela predsedstvo EUREL za obdobje enega leta. Glavna naloga stik je pridobitev novih članov v okviru Evropske unije.
- sodelovanje z IEEE-ComSoc na področju strokovnih posvetovanj in publikacij ter v tehničnih odborih, ki so nam strokovno blizu (izpolnjevanje pogodbe med IEEE-ComSoc in EZS-SIKOM).
- sodelovanje s FEANI (European Federation of National Engineering Associations): sodelovanje v FEANI odboru EMC (European Monitoring Committee), ki ocenjuje ustreznost evropskih izobraževalnih programov za inženirje za vključitev v INDEX in podeljuje naziv EURING; uvajanje FEANI evropske poklicne izkaznice za inženirje v Sloveniji
- Sodelovanje z ITU-T:
zastopanje Slovenije v TSAG (Telecommunication Standardization Advisory Group);
- sodelovanje v ITU-T-SG20 (IoT and its applications including smart cities and communities).

8.1.2 Slovenske strokovne organizacije

Pomemben del mreženja predstavljajo naslednje povezave z organizacijami:

- SIZ, IZS, SIST, GZS, OZS, SVIZ, ED društva, podjetja, ministrstva, direktorati, Inšpektorati, fakultete, šolski centri, HELIS, MIC, SMEIT, ...
- Elektrotehniška zveza Slovenije nudi podjetjem pomoč pri razreševanju aktualnih strokovnih vprašanj.

Sodelovanje s strokami za izboljšanje problematike elektrotehniške zakonodaje:

- sodelovanje z GZS ZPU
- sodelovanje s SIST
- sodelovanje z IZS
- sodelovanje z Agencijo za komunikacijska omrežja in storitve RS – AKOS
- sodelovanje z Direktoratom za informacijsko družbo RS – DID Ministrstva za javno upravo
- sodelovanje z Direktoratom za energijo Ministrstva za infrastrukturo
- sodelovanje z Direktoratom za prostor Ministrstva za okolje in prostor

- sodelovanje z Direktoratom za notranji trg Ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo
- sodelovanje z Direktoratom za zdravje in varstvo pri delu MDDSZ
- sodelovanje z Inženirsko akademijo Slovenije

8.2 Področje izobraževanja

IZS; FE, Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo; SIST; Konzorcij Edison, MCPZ, OZS

8.3 Pomembne evropske strokovne organizacije za področje elektrotehnike

Elektrotehnika je zastopana s treh strani, ki vplivajo na razvoj:

- izvajalci
- industrija
- zveze ali združenja strokovnjakov.

V Evropi ta področja zastopajo EUREL, EuropeOn in Orgalim.

8.3.1 EUREL

EUREL je Zveza nacionalnih elektrotehniških združenj Evrope.

Cilji EUREL so:

- olajšati pretok in izmenjavo informacij
- spodbujanje razširjanje tehničnega, znanstvenega, raziskovalnega in drugega znanja za področja elektrotehnike
- poudariti pomen standardizacije za področja elektrotehnike.

Z izpolnjevanjem teh ciljev pomembno prispeva k napredku znanstvenih in tehničnih spoznanj v korist strokovne in splošne javnosti.

Predstavnica Slovenije v EUREL je Elektrotehniška zveza Slovenije.

8.3.2 EuropeOn

EuropeOn je združenje nacionalnih zvez elektro izvajalcev.

EuropeOn sodeluje:

- pri razvoju sektorja električne energije (glede energetske, prometne, podnebne in obrtne politike),
- pri oblikovanju priporočil in mnenj, ki pomagajo pri oblikovanju strategij razvoja
- pri izmenjavi praks in tehničnih vidikov električnih inštalacij in tehnologij v razvoju.

Trenutno v EUROPE ON ni predstavnika Slovenije.

8.3.3 ORGALIM

Orgalim je združenje, ki predstavlja evropsko tehnološko industrijo.

Cilj Orgalima je oblikovanje dobre prihodnosti, kar vključuje:

- sodelovanje z oblikovalci politik in zainteresiranimi stranmi za okrepitev rasti in položaja industrije v svetu,
- povečali prispevek k evropskemu gospodarstvu in družbi
- spodbujali odnos zaupanja med podjetji in državljani.

Predstavnica Slovenije v ORGALIM je Gospodarska zbornica Slovenije.

9. ČLANSTVO

Člani EZS oziroma njenih društev so lahko vsi, ki jih zanima elektrotehniška stroka in želijo aktivno sodelovati pri njenem razvoju ter promociji, tako v slovenskem prostoru kot v svetu. Strokovni profil in stopnja izobrazbe nista omejitev pri članstvu. Dobrodošli so vsi, dijaki, študenti, uslužbenci in upokojenci, ki so pripravljene del svojega prostega časa, svoje znanje, izkušnje in energijo nameniti napredku elektrotehnike.

Po statutu imajo društva neposredno vlogo pri pridobivanju strokovnjakov za svoje člane. EZS vodi register zaslužnih in častnih članov, ne vodi pa registra članov – fizičnih oseb.

Člani EZS so lahko posamezniki, mogoče pa je tudi kolektivno članstvo ali podporno članstvo za podjetja v usmerjenem projektu. Poleg rednih imamo tudi zaslužne in častne člane EZS. Posebne skupine tvorijo člani dijaki in študenti ter člani seniorji.

9.1 Kako postati član območnega ali strokovnega društva in EZS?

V delo EZS se je mogoče vključiti z včlanitvijo v najbližje območno elektrotehniško društvo oziroma v specializirano strokovno društvo, katerega dejavnost je interesentu najbližja. Včlani se tako, da se izpolni obrazec, objavljen na spletni strani EZS (<https://www.ezs->

zveza.si/drustva/) oziroma obrazec, ki je na voljo na ustreznem društvu oziroma v strokovni službi EZS.

9.2 Vpis v društvo

Član društva lahko postane vsaka polnoletna oseba, ki se poklicno ali strokovno ukvarja z dejavnostmi na področju elektrotehnike. Članstvo v društvu je prostovoljno. Kdorkoli želi postati član mora predložiti pisno pristopno izjavo, v kateri izrazi željo postati član določenega društva. S tem se zaveže, da bo deloval v skladu s pravili društev in plačal članarino. O sprejemu v članstvo odloča pristojno društvo v katerega se včlanjujete.

Podatki o statutarni ureditvi EZS, njenih organih in njenih dejavnostih so na voljo v pisarni EZS na naslovu:

Elektrotehniška zveza Slovenije,

Stegne 7,

1102 Ljubljana

T: (01) 511 3000,

F: (01) 511 3004,

e-pošta: info.tajnistvo@ezs-zveza.si

Splet: <http://www.ezs-zveza.si>



REFERAT II

41.
KOTNIKOVI DNEVI

Radenci, 24. marec 2023

Jože Unk, univ. dipl. inž. el.
joze.unk@telemach.net

Elektrotehniška zveza Slovenije

TEHNIŠKA TERMINOLOGIJA – NOVI POJMI

Povzetek:

Vedno velja izjava mojega spoštovanega razrednika dr. Jožeta Mahniča, da je "vrhunski strokovnjak, ki ne obvlada jezika, klavrn paradoks" – saj mora strokovna vrhunskost iti vstric s poznavanjem in obvladovanjem maternega jezika! Pa se prepogosto dogaja, da ga tudi šolani slavisti ne obvladujejo.

Zaradi covida se tukaj v Radencih ponovno srečujemo šele po treh letih – vendar v EZS delo na standardih in tehniški terminologiji ni zastalo. Delali smo od doma, za govorno/vidne povezave pa uporabljali sistem Teams (podoben kot Zoom, Skype). V nadaljevanju navajam nekaj zanimivih tehniško strokovnih terminoloških primerov iz standardov, ki smo jih obravnavali (ne naslavljali) v zadnjem času, in dodajam nekaj splošnih, slovnično terminoloških problemov – kot jih jaz ocenjujem.

Posebej pa opozarjam na pravilne povezave:

- občutljivost za*
- odpornost proti*
- zaščita pred*

Tehniška terminologija – novi pojmi

Izbral sem nekaj zanimivih strokovno tehniških terminoloških primerov iz zadnjega časa:

weatherized (de: witterungsbeständig)	vremensko odporen
partial discharge (de: Teilentladung; fr: décharge partielle)	delna praznitev, delna razelektritev
do not tamper (de: nicht manipulieren; fr: ne touchez pas, ne pa modifier)	ne posegaj
gas dew point	rosišče plina
selectivity (de: Trennschärfe; fr: sélectivité)	selektivnost, ločljivost
definition, resolution	razločljivost
damping (de: Dämpfung; fr: amortissement)	dušenje <NE: slabljenje>
attenuation, loss (de: Dämpfung; fr: affaiblissement, atténuation)	slabljenje <NE: dušenje>
burst (of pulses or oscillations) (de: Impulspaket, Impulsbündel; fr: salve)	rafal (impulzov ali nihanj)
interference control	obvladovanje motenja
point of common coupling, PCC (de: Verknüpfungspunkt, PCC; fr: point de couplage commun, PCC)	skupna priključna točka, skupno priključno mesto
relifing procedure	postopek obnovitve uporabnosti
wind resistance	vetrna odpornost
clearance (de: Luftstrecke; fr: distance d'isolement (dans l'air))	zračna razdalja, izolacijska razdalja
conducted disturbances	prevajane motnje; motnje po vodniku
conducted emission	prevajano oddajanje
radiated emission	sevano oddajanje
conducted measurement	stična meritev
radiated measurement	brezstična meritev

Moto mojega dela pri strokovnem izrazju je izjava mojega razrednika dr. Jožeta Mahniča: "vrhunski strokovnjak, ki ne obvlada jezika, je klavrn paradoks" – vrhunski strokovnjak mora namreč poleg svojega strokovnega znanja obvladati tudi svoj strokovni jezik! Žal tega niti šolani slavisti marsikje ne obvladujejo.

prek → po
govorim po telefonu, podatke pošiljam po omrežju

zaključen → sklepen, končen
imamo pa zaključitev voda z bremenom

klic v sili → nujni klic, klic v nuji ... NMP – nujna medicinska pomoč
tukaj gre vedno za stisko, nujo, ne pa silo (nasilje, fizično/fizikalno silo)
emergency, Not

računalniško podprto načrtovanje → računalniško načrtovanje /odločitev v STS (ZRC SAZU)

mreža → omrežje

že večkrat povedano: mreža je za ograjo, lovljenje rib, nošenje nakupljenih stvari s trga, omrežje je pa sistem smiselno povezanih točk

izvršen → izvršilen

iz besede izvršiti se tvori → izvršilen (EZS ima izvršilni odbor, izvršilni svet, ne pa izvršno veće)

glasovno → govorno ('zvok' je, kar človek sliši; 'glas' je zvok, ki ga oddaja človek; 'govor' je pa smiselno, pomensko oblikovan glas, zato imamo govorno usmerjanje, govorno sporočanje, ne pa glasovno)

naslavljati (addressing) → obravnavati, poudariti

koristiti → uporabljati, izkoristiti, črpati

v mesecu marcu → v marcu

Priporočam, da čimbolj uporabljate EZS Glosar, v katerem je veliko pojmov tudi z drugih področij, ne le z elektrotehniškega.

Hvala za vašo pozornost.



Tehniška terminologija – novi pojmi

Covid nam je preprečil snidenja v Radencih, vendar je delo na standardih in tehniški terminologiji v EZS teklo brez prekinitev naprej. V nadaljevanju navajam nekaj terminoloških primerov, ki se mi zdijo zanimivi, pomembni.



partial discharge (de: Teilentladung; fr: delna praznitev, delna razelektritev
décharge partielle)



EZS – Elektrotehniška zveza Slovenije

weatherized (de: witterungsbeständig) vremensko odporen



EZS – Elektrotehniška zveza Slovenije

do not tamper (de: nicht manipulieren; fr: ne posegaj
ne touchez pas, ne pa modifier)

gas dew point

rosišče plina

selectivity (de: Trennschärfe; fr:
sélectivité)

selektivnost, ločljivost

definition, resolution

razločljivost



damping (de: Dämpfung; fr: amortissement) dušenje <NE: slabljenje>

attenuation, loss (de: Dämpfung; fr: affaiblissement, atténuation) slabljenje <NE: dušenje>

burst (of pulses or oscillations) (de: Impulspaket, Impulsbündel; fr: salve) rafal (impulzov ali nihanj)



interference control

obvladovanje motenja

point of common coupling, PCC (de:
Verknüpfungspunkt, PCC; fr: point de
couplage commun, PCC)

skupna priključna točka, skupno
priključno mesto



wind resistance

vetrna odpornost



EZS – Elektrotehniška zveza Slovenije

wind resistance

vetrna odpornost

clearance (de: Luftstrecke; fr: distance
d'isolement dans l'air)

zračna razdalja, izolacijska razdalja



EZS – Elektrotehniška zveza Slovenije

conducted disturbances

prevajane motnje; motnje po vodniku

conducted emission

prevajano oddajanje

radiated emission

sevano oddajanje

conducted measurement

stična meritev

radiated measurement

brezstična meritev



EVS – Elektrotehniška zveza Slovenije

Moto mojega dela pri strokovnem izrazju je izjava mojega razrednika dr. Jožeta Mahnič: "vrhunski strokovnjak, ki ne obvlada jezika, je klavrn paradoks" – vrhunski strokovnjak mora namreč poleg svojega strokovnega znanja obvladati tudi svoj strokovni jezik! Žal tega niti šolani slavisti marsikje ne obvladujejo.



EZS – Elektrotehniška zveza Slovenije

- prek → po
govorim po telefonu, podatke pošiljam po omrežju
- zaključen → sklepen, končen
imamo pa zaključitev voda z bremenom
- klic v sili → nujni klic, klic v nuji
tukaj gre vedno za stisko, nujo, ne pa silo (nasilje, fizično/fizikalno silo) emergency, Not



- računalniško podprto načrtovanje (CAD) → računalniško načrtovanje /odločitev v STS (ZRC SAZU)/
- mreža → omrežje
že večkrat povedano: mreža je za ograjo, lovljenje rib, nošenje nakupljenih stvari s trga, omrežje je pa sistem smiselno povezanih točk



EVS – Elektrotehniška zveza Slovenije

- izvršen → izvršilen
- iz besede izvršiti se tvori → izvršilen (EVS ima izvršilni odbor, izvršilni svet, ne pa izvršno veče)
- glasovno → govorno
('zvok' je, kar človek sliši; 'glas' je zvok, ki ga oddaja človek; 'govor' je pa smiselno, pomensko oblikovan glas, zato imamo govorno usmerjanje, govorno sporočanje, ne pa glasovno)



naslavljati (addressing) → obravnavati, poudariti

koristiti → uporabljati, izkoristiti, črpati

v mesecu marcu → v marcu

slediti (nekomu) ←→ zasledovati (nekoga)



Potek prevajanja standarda

- Odločitev za prevod (po dogovoru med SIST in EZS)
- Z razpisom pridobljen prevajalec, ki za delo dobi izvirni standard , navadno v angleščini, rok za oddajo prevoda in navodila o obliki predanega prevoda
- Po predaji prevoda se na EZS opravi prvi pregled – skupaj prevajalec in strokovni lektor ter po potrebi



EZS – Elektrotehniška zveza Slovenije

Priporočam, da čimbolj uporabljate EZS Glosar, v katerem je veliko pojmov tudi z drugih področij, ne le z elektrotehniškega.

Hvala za vašo pozornost!



REFERAT III



Radenci, 24. marec 2023

mag. Dejan MATVOZ,
dejan.matvoz@eles.si

ELES d.o.o.

dr. Miloš MAKSIC,
milos.maksic@eimv.si

Elektroinštitut Milan Vidmar

PRESOJA HARMONSKIH MOTENJ UPORABNIKA OMREŽJA IN PRAKTIČNI PRIMERI IZ SN IN NN OMREŽJA

Povzetek:

Referat je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu je predstavljena prenovljena priloga 3: Navodilo za presojo vplivov naprav na omrežje Sistemskih obratovalnih navodil za distribucijsko omrežje električne energije (SONDSEE). Poudarek je na harmonski napetosti, ki zaradi vedno večjega števila nelinearnih naprav v omrežju (tako porabniških kot tudi proizvodnih) postaja vedno bolj aktualna. Prenovljeno navodilo uporablja poenostavljene metode za presojo motenj naprav pred priklopom v omrežje. Izpeljane metode sicer niso tako natančne kot metode iz obstoječih navodil (SONDO 2011), vendar pa so zaradi svoje enostavnosti veliko lažje za uporabo, tako s strani operaterja omrežja, kakor tudi s strani uporabnika omrežja. Določeni postopki se lahko opravijo že v fazi projektiranja objekta, ki se bo priključil v distribucijsko omrežje.

V drugem delu referata je prikazanih nekaj praktičnih primerov težav s harmonskimi motnjami uporabnikov omrežja v nizkonapetostnem in sredjenapetostnem omrežju. Mnogim težavam glede harmonskih motenj se da izogniti že v fazi načrtovanja in projektiranja, ravno s pomočjo postopkov v Navodilu.

PRESOJA HARMONSKIH MOTENJ UPORABNIKA OMREŽJA IN PRAKTIČNI PRIMERI IZ SN IN NN OMREŽJA

POVZETEK

Del *Sistemskih obratovalnih navodil za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE 2020)* [1] je tudi priloga 3: *Navodilo za presojo vplivov naprav na omrežje* [2]. Ob izdaji SONDSEE je bilo tudi Navodilo prenovljeno glede na prejšnjo različico, ki je bila izdana v okviru navodil SONDO 2011. Prejšnje navodilo, ki je temeljilo na postopkih iz standardov za prevajane motnje in z njimi določenih postopkov za izračun mejnih vrednosti oddajanja prevajanih motenj, je bilo sicer zelo natančno, vendar pa ravno zaradi svoje kompleksnosti v praksi nikoli ni prav zaživel. Zato se je SODO v okviru novih navodil SONDSEE 2020 odločil to Navodilo poenostaviti po zgledu navodil nekaterih drugih evropskih operaterjev distribucijskih omrežij. Ti operaterji uporabljajo poenostavljene metode za presojo motenj naprav pred priklopom v omrežje, ki temeljijo na izkušnjah iz prakse. Izpeljane metode sicer niso tako natančne kot metode iz obstoječih navodil, vendar pa so zaradi svoje enostavnosti veliko lažje za uporabo tako s strani operaterja omrežja kakor tudi s strani uporabnika omrežja. Določeni postopki se lahko opravijo že v fazi projektiranja objekta, ki se bo priključil v distribucijsko omrežje. Prvi del referata tako povzema bistvene lastnosti prenovljenih Navodil za SN in NN omrežje.

V SN in NN omrežjih prihaja zaradi motenj, ki jih povzročajo naprave priključene v omrežje, do različnih težav. Zato v drugem delu referata povzemamo nekaj dejanskih primerov iz prakse, podprtih z meritvami kakovosti napetosti in prevajanih motenj. Prikazani so primeri, kjer zaradi slabe kakovosti napetosti oziroma previsokih oddajnih motenj prihaja do težav pri obratovanju naprav v lokalnem omrežju ali pri sosednjih uporabnikih omrežja.

1 UVOD

Kakovost napetosti na prevzemno-predajnem mestu pri uporabniku omrežja določa standard SIST EN 50160. Za zagotavljanje ustrezne kakovosti napetosti v skladu s SIST EN 50160 je potrebno v omrežju zagotoviti elektromagnetno združljivost (EMC – angl. *Electro-Magnetic Compatibility*) za prevajane motnje. EMC za prevajane motnje se zagotavlja na podlagi standardov družine (SIST) EN / IEC 61000-2-X in 61000-3-X.

Elektromagnetni združljivosti bi lahko rekli tudi sobivanje in nemoteno delovanje vseh naprav v omrežju. To pomeni, da delovanje ene naprave ne moti delovanja te naprave in delovanja ostalih naprav v omrežju. Motnje, ki jih posamezne naprave oddajajo v omrežje, smejo biti le tako visoke, da vsota motenj vseh naprav v omrežju ne preseže ravni EMC v nobenem delu elektroenergetskega omrežja. To pomeni, da en sam uporabnik omrežja ne more izkoristiti celotnega območja dovoljenih motenj, ampak si ga deli z ostalimi uporabniki omrežja.

To je tudi vodilo za proizvajalce naprav, ki se priključujejo v omrežja. Za **naprave do 16 A fazno**, ki se priključujejo v **niskonapetostno (NN) omrežje**, je na območju Evropske skupnosti (EU) to popolnoma urejeno na podlagi harmoniziranih produktnih standardov (standardov za proizvode), kjer so navedene mejne vrednosti dovoljenih motenj v omrežje za posamezne naprave. Tako so lahko te naprave v prosti prodaji na območju EU in se lahko obenem prosto in nemoteno vključijo v vsako električno omrežje na območju EU preko električne vtičnice. Edina ovira nastopi, če imamo več takih naprav blizu skupaj, ki obratujejo istočasno v istih delovnih točkah. V tem primeru ni nujno, da je EMC zagotovljena.

Kljub spoštovanju vseh standardov in priporočil s področja elektromagnetne združljivosti vedno obstaja določena (zelo majhna) stopnja verjetnosti, da elektromagnetna združljivost ne bo zagotovljena, čeprav so proizvodi narejeni v skladu s standardi. To je povezano s stroški, saj bi bilo zagotavljanje 100 % elektromagnetne združljivosti enostavno predrago. Tako je v standardih po navadi uporabljen 95 % časovni percentil za ugotavljanje EMC.

Za **naprave do 75 A fazno**, ki se priključujejo v **NN omrežje**, je EMC na območju EU zagotovljena s pomočjo standardov, ki obravnavajo te naprave, vendar pa je priključitev teh naprav po navadi pogojena z ustrezno kratkostično močjo omrežja, kar je treba preveriti pred priključitvijo naprave v omrežje!

Za **vse ostale naprave** v NN omrežju in za vse naprave v srednjenapetostnem (SN) omrežju pa velja, da je pred vsako priključitvijo potrebna posebna presoja v smislu prevajanih motenj.

Ker Navodilo, izdano v okviru navodil SONDO 2011 v praksi zaradi teh zapletenih postopkov pravzaprav ni bilo uporabljano, se je SODO odločil, da v SONDSEE izda prenovljeno Navodilo, ki je izdelano v smislu večje praktičnosti za uporabo. Podlaga novemu navodilu so bila navodila avstrijskega E-Control-a: *TOR - Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen* [5].

Zaradi poenostavitev v smeri večje praktičnosti, prenovljeno Navodilo [2] ne zagotavlja 100 % uspešnosti, predvsem v bolj zapletenih primerih, kjer imamo opravka z več različnimi viri motenj, ki jih je brez ustreznih meritev težko primerno ovrednotiti za nadaljnjo analizo. V teh posebnih primerih je naloga uporabnika omrežja, da na podlagi veljavnih standardov in tehničnih poročil ter specifikacij z ustrezno strokovno analizo preveri možnost priključitve njegovih naprav v omrežje.

Navodilo je namenjeno presoji motenja uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje, se pravi na stičnem mestu uporabnika omrežja z distribucijskim omrežjem oziroma v točki PCC (skupni priključni točki). Tako se presoja naprave uporabnika omrežja kot celoto ali samo del naprav uporabnika omrežja. Navodilo je enako uporabno tudi za presojo motenj znotraj omrežja uporabnika omrežja, kar pa ni neposredno povezano z operaterjem distribucijskega omrežja. Tako lahko uporabnik omrežja uporabi navedene postopke tudi za presojo znotraj svojega omrežja z namenom zagotavljanja elektromagnetne združljivosti naprav znotraj svojega omrežja.

Stopnje presoje v Navodilu so narejene tako, da najprej poskuša opraviti presojo uporabnik omrežja sam (oziroma njegov strokovno usposobljen zaposlen ali najet delavec). V kolikor to zaradi kompleksnosti problematike ni mogoče, presojo naprej prevzame SODO. Pomembna novost je ta, da se presoja opravi za nove objekte že v času projektiranja objekta, saj se na tej stopnji lažje odpravljajo težave, ki bi lahko nastopile po priključitvi na omrežje. V tem pogledu je nujna angažiranost projektantov električnih inštalacij, da poleg zadostnih presekov vodnikov objekta v smislu padcev napetosti, poskrbijo tudi za primerno elektromagnetno združljivost v smislu ostalih prevajanih motenj (harmonske napetosti in toka, napetostnih sprememb – flikerja in napetostne nesimetrije).

2 SPLOŠNO O POSTOPKU PRESOJE VPLIVA NAPRAV NA OMREŽJE

Evropska (CENELEC) in mednarodna (IEC) standardizacija je na področju prevajanih motenj naprav v omrežje postavila temelje in s tem omogočila presojo motenj naprav po poenostavljenih postopkih. Tako morajo biti vse naprave z naznačenim tokom do 16 A fazno, ki se priključujejo v NN omrežje in se dajejo na tržišče znotraj Evropske skupnosti (EU), narejene v skladu s harmoniziranimi evropskimi standardi s tega področja. Podobno, vendar z določenimi omejitvami oziroma pogoji, velja tudi za naprave, katerih naznačen tok presega 16 A fazno, a je vseeno manjši od 75 A fazno. To omogoča operaterju distribucijskega omrežja (SODO), da si postavi poenostavljena pravila za priključevanje naprav v NN distribucijsko omrežje v smislu presoje motenj.

Poudariti je treba, da **ta postopek presoje ne velja za priključevanje proizvodnih naprav in hranilnikov električne energije v distribucijsko omrežje!** Za priključevanje proizvodnih naprav in hranilnikov električne energije v distribucijsko omrežje je treba uporabiti posebna pravila za presojo motenj, ki so opisana v *Navodilih za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav in hranilnikov priključenih v distribucijsko elektroenergetsko omrežje* [4], ki so priloga 5 navodil SONDSEE.

Če obstaja verjetnost oziroma je dejstvo, da je v omrežje na istem mestu priključenih več enakih naprav, za katere se pričakuje, da bodo obratovale v približno enakih delovnih točkah (**kopičenje naprav**), ni nujno zagotovljena elektromagnetna združljivost med napravami v tem omrežju, čeprav vse posamezne naprave (vsaka zase), ki so vključene v to omrežje, ustrezajo

SIST EN standardom glede motenj. To pomeni, da obstaja verjetnost, da bo prihajalo do motenj med temi napravami. Zaradi tega je v tem primeru potrebna dodatna presoja v smislu prevajanih motenj.

Uporabniki omrežja, ki imajo v omrežje priključene občutljive naprave, za katere potrebujejo **posebno (boljšo) kakovost napetosti** (na primer: računalniški centri, centri za obdelave podatkov, naprave z mikroprocesorskim vodenjem, naprave za varovanje in zagotavljanje varnosti, elektroakustične ali medicinske naprave in ostale podobne naprave), si morajo to posebno kakovost napetosti zagotoviti na lastne stroške. Naprave, ki omogočajo boljšo kakovost napetosti so na primer aktivne ali pasivne filtrske naprave in naprave za brezprekinitveno napajanje (UPS).

V primeru nedovoljenih motenj v distribucijsko omrežje s strani uporabnika omrežja, lahko operater omrežja zahteva od uporabnika omrežja, da sanira stanje. Tudi v tem primeru je strošek sanacije na strani uporabnika omrežja.

V nekaterih primerih se lahko izkaže, da so po priključitvi naprav uporabnika omrežja **dovoljeni nivoji prevajanih motenj v omrežju preseženi** kljub temu, da je bila presoja motenj narejena po Navodilih. To je posledica določenih poenostavitev v postopku presoje motenj na račun lažjega presojanja motenj. Če se ugotovi, da je preseganje povzročeno s strani uporabnika omrežja, je uporabnik omrežja dolžan sanirati stanje v omrežju na svoje stroške (prilagoditev obratovanja, vgradnja filtrskih in ostalih kompenzacijskih naprav,...). V nekaterih posebnih primerih, ko takšno stanje v omrežju ne povzroča motenj ostalim uporabnikom omrežja, se lahko SODO in uporabnik omrežja dogovorita o pogojih, pod katerimi je takšno obratovanje dovoljeno (čas in trajanje dovoljenega preseganja, dovoljena amplituda preseganja,...)

Opisan postopek presoje velja za **obstoječe uporabnike omrežja**, ki v omrežje priključujejo nove naprave in za **bodoče uporabnike omrežja** v fazi projektiranja omrežja in naprav, ki bodo priključene v omrežje.

V Navodilu je postopek presoje ločen posebej za presojo naprav v SN in NN omrežju, čeprav so sami podrobni postopki presoje zelo podobni, v večini primerov je razlika samo v dovoljenih mejah za posamezne presoje. Zaradi tega bomo zaradi omejenega prostora v tem referatu prikaz presoje vplivov naprav na omrežje poenotili v tistih točkah, kjer je to mogoče.

Pred pričetkom postopka presoje si mora uporabnik omrežja zagotoviti najmanj te podatke:

- osnovne podatke o napravi in
- osnovne podatke o omrežju.

Osnovni podatki o omrežju so zapisani v *Soglasju za priključitev na distribucijsko omrežje*, ki ga izda uporabniku omrežja SODO.

3 POSTOPEK PRESOJE ZA NIZKONAPETOSTNO OMREŽJE

Postopek presoje naprav, ki se priključujejo v NN distribucijsko omrežje, prikazuje Sl. 1.

3.1 Naprave, za katere postopek presoje motenj pred priključitvijo ni potreben

Postopek presoje motenj ni potreben za uporabnike omrežja, ki v omrežje vključujejo **enofazne naprave z naznačenim tokom do 2,5 A**, ki so prosti v prodaji na območju EU in ustrezajo standardoma SIST EN 61000-3-2 ter SIST EN 61000-3-3 in so skladno s tem ustrezno označene s **CE** oznako. Takšne naprave imajo po navadi enofazen priklop preko standardnega 2,5 A dvopolnega t.i. "EURO" vtikača (CEE 7/16) v skladu s standardom SIST EN 50075.

Prav tako **postopek presoje motenj ni potreben** za uporabnike omrežja, ki v omrežje vključujejo **enofazne naprave z naznačenim tokom do 16 A**, ki so prosti v prodaji na območju EU in ustrezajo standardoma SIST EN 61000-3-2 ter SIST EN 61000-3-3 in so skladno s tem ustrezno označene s **CE** oznako.

Takšne naprave imajo po navadi:

- enofazen priklop preko 16 A standardnega dvopolnega vtikača z ozemljitvenim kontaktom t.i. "ŠUKO" (CEE 7/4 ali CEE 7/7) ali
- enofazen priklop preko 16 A standardnega dvopolnega vtikača brez ozemljitvenega kontakta (CEE 7/17).

Za enofazne naprave do 16 A fazno **je potrebna presoja v smislu motenj** skladno z Navodilom samo v primeru, ko se predvideva **kopičenje naprav v omrežju**. V primeru, da se kopičenje teh naprav v omrežju ne predvideva, se lahko te naprave brez dodatnih omejitev priključijo v omrežje.

3.2 Naprave, za katere je postopek presoje motenj pred priključitvijo obvezen

Če naprava ne ustreza pogojem za oprostitev postopka za presojo motenj, se **izvede postopek presoje motenj**, ki zajema več stopenj, od bolj enostavnih, ki temeljijo na standardizirani kratkostični moči naprav in omrežja do bolj zapletenih, ki temeljijo na dejanskih podatkih naprave in omrežja.

Prve korake vsake stopnje presoje v smislu motenj izvede sam uporabnik omrežja oziroma v njegovem imenu oseba, ki je elektrotehnično strokovno usposobljena za takšno presojo v skladu z Navodilom. Če se presoja opravlja v času projektiranja omrežja in naprav v njem, izvede prve korake vsake stopnje presoje v imenu uporabnika omrežja njegov projektant, odgovoren za projekt. V nadaljevanju predstavitve Navodila bomo zaradi enostavnosti uporabe vse te osebe imenovali kar "*uporabnik omrežja*".

Med naprave, za katere **je potrebno izvesti postopek presoje** sodijo:

- vse enofazne naprave, ki ne izpolnjujejo pogojev za oprostitev nadaljnjega postopka presoje,
- vse dvofazne naprave in
- vse trifazne naprave,

ki se priključujejo v NN distribucijsko omrežje.

Če ima naprava naznačen tok manj ali enako 75 A fazno, se presoja začne s postopkom **NN.S - Presoja motenj standardizirane naprave**.

Če ima naprava naznačen tok več kot 75 A fazno, se presoja začne s postopkom **NN.H - Presoja harmonske napetosti na podlagi dejanskih podatkov**.

Če naprava ni skladna z določili *Pravilnika o elektromagnetni združljivosti (EMC)* [7] in tako ni označena s **CE** oznako, se presoja začne s postopkom **NN.N – Presoja motenj nestandardizirane naprave**. Ta postopek se sme uporabiti samo za naprave, ki so bile proizvedene in dane na tržišče EU pred letom 2002!

Vse naprave, ki so bile proizvedene in dane na tržišče EU v letu 2002 ali kasneje ter se priključujejo v distribucijsko omrežje, morajo biti obvezno skladne z določili *Pravilnika o elektromagnetni združljivosti (EMC)*! V nasprotnem primeru priključitev v distribucijsko omrežje NI DOVOLJENA!

Če se pričakuje kopičenje naprav v omrežju, se presoja ZA VSE NAPRAVE, ne glede na njihov naznačen tok, prične s postopkom **NN.H - Presoja harmonske napetosti na podlagi dejanskih podatkov**.

3.3 Presoja motenj standardizirane naprave

Če je naznačen tok naprave **manjši ali enak 16 A fazno**, se preveri skladnost naprave s standardoma SIST EN 61000-3-2 in SIST EN 61000-3-3. Skladnost s standardoma je zagotovljena, če je naprava opremljena z oznako **CE**, kar potrjuje tudi podatek v *Izjavi o skladnosti* naprave. V kolikor je naprava skladna z obema standardoma, se lahko priključi v omrežje brez dodatnih zahtev.

Če je naznačen tok naprave **večji kot 16 A fazno**, a vseeno manjši ali enak 75 A fazno, se preveri skladnost naprave s standardoma SIST EN 61000-3-11 in SIST EN 61000-3-12. Pogoj je zadoščeno, če je zadoščeno obema pogojema (1. in 2.):

1. Naprava je v skladu s SIST EN 61000-3-11 in je:
 - a. dovoljen obratovalni tok omrežja I_{omr} (naznačen tok varovalk na dovodu) večji ali enak od 100 A fazno $I_{omr} \geq 100$ A **ali**
 - b. impedanca omrežja manjša ali enaka maksimalni dovoljeni impedanci omrežja, ki je navedena v tehnični specifikaciji naprave $Z_{omr} \leq Z_{max}$.
2. Naprava je v skladu s SIST EN 61000-3-12 in razmerje med kratkostično močjo omrežja v točki PCC in naznačeno močjo naprave je večje ali enako 33: $S_{ks} / S_n \geq 33$.

Če je zadoščeno tem pogojem, je priključitev mogoča. **Če je $I_n > 35$ A fazno, je treba o priključitvi obvestiti SODO.**

Če ni zadoščeno tem pogojem, se postopek presoje motenj pred priključitvijo naprave v distribucijsko omrežje nadaljuje s postopkom **NN.N - Presoja motenj nestandardizirane naprave**.

3.4 Presoja motenj nestandardizirane naprave

Ta stopnja presoje se sme uporabiti za:

- naprave, ki so bile **proizvedene in dane na tržišče EU pred letom 2002** in se priključujejo v distribucijsko omrežje (po navadi so to rabljene naprave, predvsem stroji) in
- za vse naprave, kjer se predvideva **kopičenje naprav v omrežju**.

Vse naprave, ki so bile proizvedene in dane na tržišče EU v letu 2002 ali po tem ter se priključujejo v distribucijsko omrežje, morajo biti **obvezno skladne z določili Pravilnika o elektromagnetni združljivosti (EMC)**, ki med drugim določa označevanje s **CE oznako!** V nasprotnem primeru priključitev v distribucijsko omrežje NI DOVOLJENA!

V tej stopnji presoje se navedena največja (maksimalna) dovoljena moč naprave nanaša na eno samo napravo, ali na skupno moč skupine (po karakteristiki delovanja) enakih naprav, ki obratujejo v isti delovni točki električno blizu skupaj (kopičenje naprav).

V skupino naprav, za katere obstajajo poenostavljeni postopki priključitve na podlagi moči naprave, sodijo naslednje naprave:

- naprave močnostne elektronike,
- električna razsvetljava,
- električni grelci,
- električni pogoni in
- električne varilne naprave.

Če naprava **ustreza** določilom za **harmonsko napetost in hkrati za napetostne spremembe**, ki so za posamezne skupine naprav navedeni v **ločenih razpredelnicah v Navodilu**, se šteje, da izpolnjuje potrebne pogoje in je priključitev v omrežje mogoča. Če je skupni naznačen tok vseh naprav, ki so se obravnavale po tem postopku, večji od 35 A fazno, je treba o priključitvi obvestiti SODO.

Če naprava **ustreza** določilom za **harmonsko napetost** in hkrati **NE ustreza** določilom za **napetostne spremembe**, nadaljnja presoja harmonske napetosti ni potrebna. Treba pa je opraviti še presojo za hitre napetostne spremembe v skladu s (NN.F).

Če naprava **NE ustreza** določilom za **harmonsko napetost** in hkrati **ustreza** določilom za **napetostne spremembe**, nadaljnja presoja napetostnih sprememb ni potrebna. Treba pa je opraviti še presojo za harmonsko napetost v skladu s (NN.H).

Če naprava **NE ustreza** določilom za **harmonsko napetost** niti **NE ustreza** določilom za **hitre napetostne spremembe**, ALI če naprava **ne spada v skupino naprav**, za katere je možno

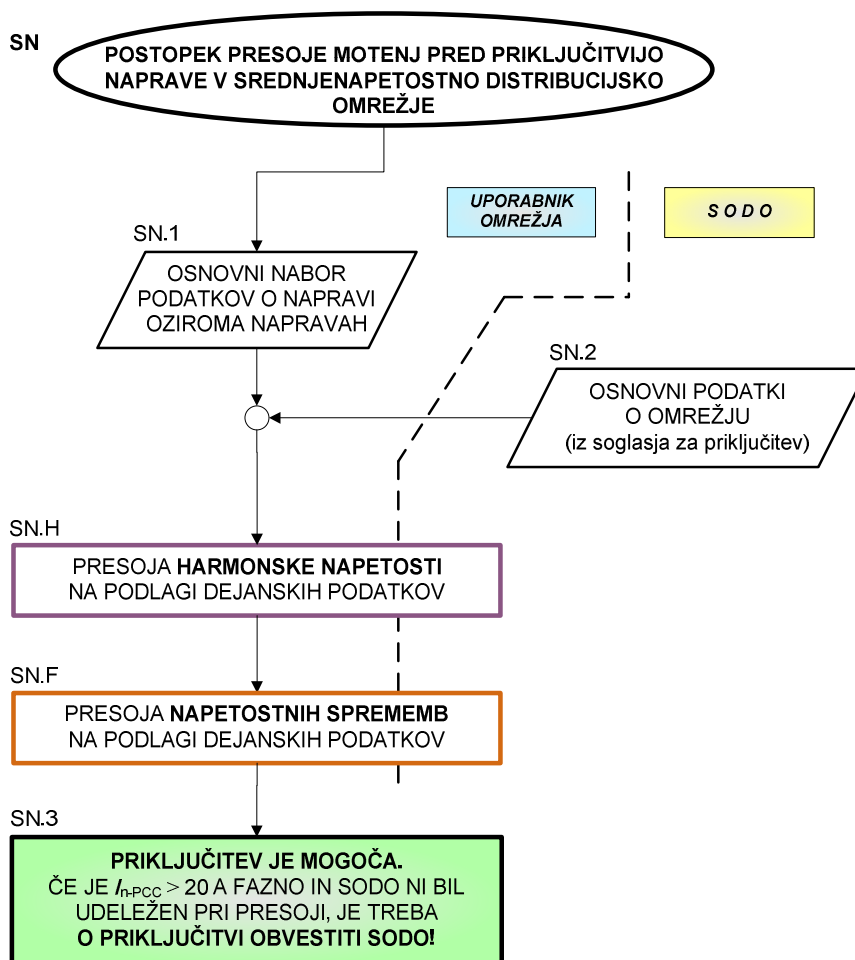
opraviti postopek presoje NN.N, je treba postopek za presojo motenj nadaljevati neokrnjeno s postopkom na stopnji NN.H – Presoja harmonske napetosti.

Postopka za presojo motenj v smislu harmonske napetosti in napetostnih sprememb bosta zaradi podobnosti za NN in SN omrežje predstavljena skupaj v poglavjih 5 in 6 tega referata.

4 POSTOPEK PRESOJE ZA SREDNJE NAPETOSTNO OMREŽJE

Postopek presoje naprav, ki se priključujejo v SN distribucijsko omrežje, prikazuje Sl. 2.

Na SN nivoju je **OBVEZNA PRESOJA ZA VSE NAPRAVE, KI SE PRIKLJUČUJEJO V DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE**, zato se postopek prične s presojo harmonske napetosti na podlagi dejanskih podatkov naprave in omrežja.



Sl. 2: Postopek za presojo motenj pred priključitvijo naprave v srednjeonapetostno (SN) distribucijsko omrežje.

5 PRESOJA HARMONSKE NAPETOSTI (NN IN SN OMREŽJE)

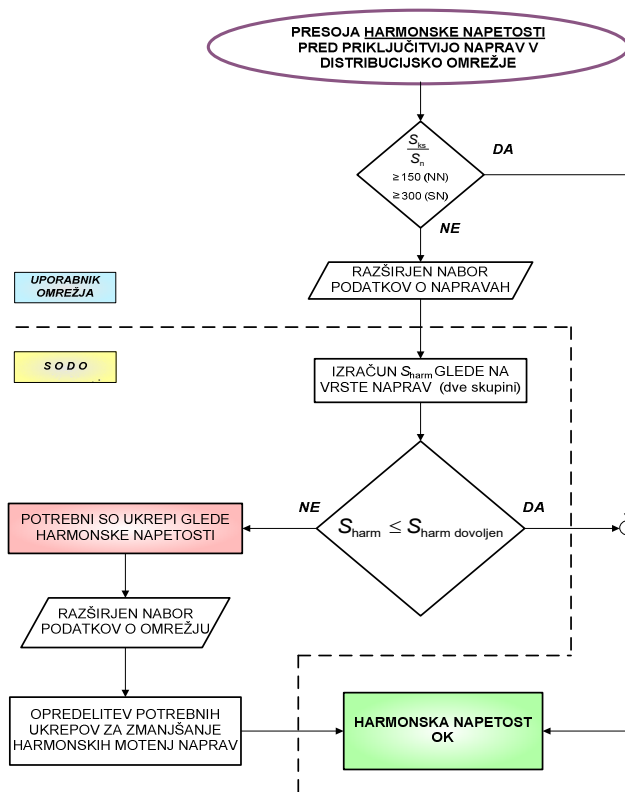
To stopnjo presoje v začetnih korakih opravi sam uporabnik omrežja. V kolikor začetni koraki presoje ne omogočajo priključitve v omrežje, pa je potreben izračun SODO na podlagi razširjenih podatkov o napravah, ki jih zagotovi uporabnik omrežja.

Postopek presoje za harmonsko napetost poteka po shemi, ki je prikazana na Sl. 3.

Uporabnik omrežja na podlagi osnovnih podatkov o omrežju in osnovnih podatkov o napravi opravi izračun razmerja kratkostične moči omrežja in moči naprave:

$$\frac{S_{ks}}{S_n}$$

Če je $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 150$ za NN omrežje oziroma $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 300$ za SN omrežje, je **pogoj za harmonsko napetost izpolnjen**. V tem primeru se postopek presoje nadaljuje s stopnjo **Presoja napetostnih sprememb**. Če ta pogoj **ni izpolnjen**, se postopek presoje nadaljuje na SODO, uporabnik omrežja pa SODO priskrbi **Razširjen nabor podatkov o napravah**. Na podlagi razširjenega nabora podatkov o napravi SODO opravi izračun računske harmonske moči naprav (S_{harm}), ki se priključujejo v omrežje.



Sl. 3: Postopek za presojo harmonskih motenj na podlagi dejanskih podatkov pred priključitvijo naprave v NN in SN distribucijsko omrežje.

V tem postopku izračunamo ekvivalentno moč naprav, ki generirajo harmonske toke. Pri izračunu računske harmonske moči naprav se naprave, ki generirajo zelo malo harmonskega toka ($THDi < 10\%$), **ne upoštevajo**. Ostale naprave razdelimo v **dve skupini na podlagi harmonske moči naprav**.

1. SKUPINA:

Naprave z **nizkim oddajanjem harmonskega toka** ($10\% \leq THDi \leq 25\%$). Sem sodijo 12-pulzni pretvorniki, fluorescentne sijalke in ostale plinske sijalke z induktivnim balastom.

2. SKUPINA:

Naprave s **srednjim in visokim oddajanjem harmonskega toka** ($THDi > 25\%$). Sem sodijo 6-pulzni pretvorniki, trifazni izmenični pretvorniki, inverterske varilne naprave, elektronsko vodeni izmenični motorji, zatemnilniki, TV naprave, računalniki vključno s perifernimi enotami, kompaktne fluorescentne sijalke z elektronskim balastom in vsa ostala zabavna elektronika.

V Navodilu so prikazane tudi nekatere tipične oblike toka in celostni harmonski faktorji popačenja toka za posamezne vrste naprav.

5.1 Izračun računske harmonske moči naprav

Za naprave iz skupine 1 in skupine 2, se računska harmonska moč naprav izračuna s pomočjo enačbe:

$$S_{\text{harm}} = 0,5 \cdot S_{\text{SKUPINA 1}} + S_{\text{SKUPINA 2}}$$

- kjer so:
- S_{harm} - računska harmonska moč naprav, ki se presojuje,
 - $S_{\text{SKUPINA 1}}$ - skupna moč naprav, ki sodijo v skupino naprav 1 in
 - $S_{\text{SKUPINA 2}}$ - skupna moč naprav, ki sodijo v skupino naprav 2.

Za uspešno presojo sprejemljivosti naprav v smislu harmonske moči, mora biti:

$$S_{\text{harm}} \leq 0,082 \cdot \sqrt{S_{\text{KS}} \cdot S_{\text{N}}} \text{ za NN omrežje in}$$

$$S_{\text{harm}} \leq 0,058 \cdot \sqrt{S_{\text{KS}} \cdot S_{\text{N}}} \text{ za SN omrežje.}$$

kjer so: S_{harm} - računsko harmonska moč naprav, ki se presojuje,
 S_{ks} - kratkostična moč na mestu PCC in
 S_{n} - skupna naznačena moč vseh naprav (vsota vseh), ki se presojuje.

Če ta pogoj ni izpolnjen, so **potrebni ukrepi** za uspešno priključitev naprave v distribucijsko omrežje. Na podlagi razširjenega nabora podatkov o omrežju, SODO določi ukrepe, ki so lahko na strani uporabnika omrežja, na strani SODO ali na obeh straneh.

Ukrepi, ki jih lahko opravita **uporabnik omrežja** ali **SODO**, glede na lastništvo naprav in opreme:

- izbira naprav z manjšim harmonskim tokom (uporabno predvsem v fazi projektiranja),
- vgradnja pasivnih filtrov ali
- vgradnja aktivnih filtrov,
- povečanje kratkostične moči omrežja v točki PCC:
 - povečanje preseka voda,
 - dodelitev posebnega (svojega) voda iz TP oziroma RP ali RTP za uporabnika omrežja,
 - zamenjava transformatorja z močnejšim,
 - priklop uporabnika omrežja na višje-napetostni nivo.

Glede na stroškovno analizo ter stanje pri uporabniku omrežja ter v omrežju SODO, se lahko izvede ena ali več rešitev, ki so navedene. Pri ukrepih, ki vsebujejo **vgradnjo pasivnega ali aktivnega filtra** je nujen posvet pri strokovnjakih za to področje, saj so za uspešno vgradnjo filtrskih sistemov potrebne posebne meritve omrežja in karakteristik naprav. V nasprotnem primeru lahko pride do pojava neželenih resonanc ali neželenega kompenziranja harmonskega toka iz drugih delov omrežja in s tem posledično do uničenja naprav ter elementov omrežja. Posledica je lahko tudi nedelovanje komunikacijskih sistemov, ki uporabljajo elektroenergetsko omrežje za prenosno pot! Sem sodi tudi sistem mrežnega tonskega krmiljenja (MTK).

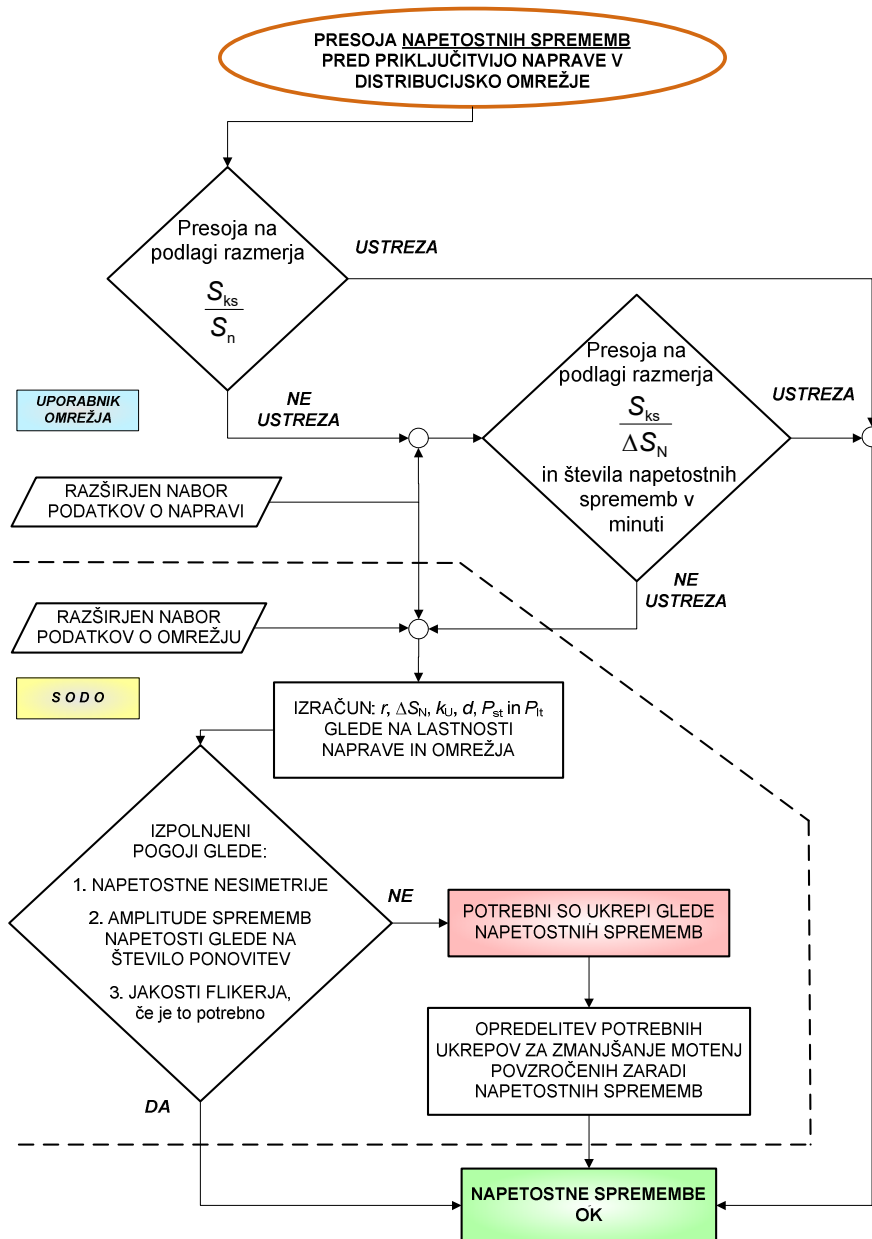
6 PRESOJA NAPETOSTNIH SPREMEMB (NN IN SN OMREŽJE)

To stopnjo presoje v začetnih korakih opravi sam uporabnik omrežja. Če začetni koraki presoje ne omogočajo priključitve v omrežje, pa je potreben podrobnejši izračun (uporabnika ali na SODO) na podlagi razširjenih podatkov o napravah, ki jih zagotovi uporabnik omrežja. **Postopek presoje** za napetostne spremembe poteka po shemi, ki je prikazana na Sl. 4.

Uporabnik omrežja na podlagi osnovnih podatkov o omrežju in osnovnih podatkov o napravi opravi izračun razmerja kratkostične moči omrežja in moči naprave:

$$\frac{S_{ks}}{S_n}$$

Če je za NN omrežje $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 500$ za trifazne naprave oziroma $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 1000$ za enofazne naprave in za SN omrežje $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 1000$, je pogoj za napetostne spremembe izpolnjen. V tem primeru je priključitev v distribucijsko omrežje mogoča.



Sl. 4: Postopek za presojo napetostnih sprememb na podlagi dejanskih podatkov pred priključitvijo naprave v NN in SN distribucijsko omrežje.

Če ta pogoj **ni izpolnjen**, se s pomočjo razširjenega nabora podatkov izračuna razmerje med kratkostično močjo in variabilnim delom moči naprave (ΔS_N). Če je to razmerje dovolj veliko glede na število napetostnih sprememb na minuto, je priključitev v distribucijsko omrežje vseeno mogoča. Za NN omrežje je v pomoč že izdelana tabela za posamezne vrste naprav.

Če ti pogoji **niso izpolnjeni**, se postopek presoje nadaljuje na SODO, uporabnik omrežja pa SODO priskrbi **Razširjen nabor podatkov o napravah**. Na podlagi teh podatkov se s pomočjo standardizirane krivulje za jakost flikerja izračuna **relativno napetostno spremembo** zaradi obratovanja naprave in glede na število teh ponovitev še **jakost kratkotrajnega in dolgotrajnega flikerja**.

Pogoj za priključitev v omrežje je izpolnjen, če so izpolnjeni pogoji glede največje dovoljene napetostne spremembe glede na število ponovitev in v določenih primerih tudi jakosti kratkotrajnega ter dolgotrajnega flikerja.

Če ta pogoj **ni izpolnjen**, so **potrebni ukrepi** za uspešno priključitev naprave v distribucijsko omrežje. Na podlagi razširjenega nabora podatkov o omrežju, SODO določi ukrepe, ki so lahko na strani uporabnika omrežja, na strani SODO ali na obeh straneh. V določenih primerih, ko stanje v omrežju in stanje pri uporabniku omrežja to dopuščata, lahko SODO dovoli tudi odstopanja od navedenih največjih dovoljenih vrednosti (predvsem glede jakosti flikerja). To je lahko v primerih, ko je uporabnik omrežja edini uporabnik omrežja, ki se napaja iz točke z visoko kratkostično močjo.

Ukrepi, ki jih lahko opravita **uporabnik omrežja** ali **SODO**, glede na lastništvo naprav in opreme:

- omejitev amplitude relativne napetostne spremembe s porazdelitvijo moči naprave na več manjših moči,
- kompenzacija napetostnih sprememb s paralelno vezanimi reaktivnimi elementi,
- krmiljenje vklopa s pomočjo sekvenčnega vklopljanja posameznih naprav in interlockinga,
- simetriranje porabnikov in s tem zmanjšanje napetostnega upada,
- uporaba transformatorja z manjšo kratkostično napetostjo (to je uporabno le, če je PCC na nizkonapetostnih zbiralkah transformatorja),
- kompenzacija napetostnih upadov (sprememb) s kompenzatorjem (flywheel, SVC, TSC, TCR, aktivni kompenzator,...)
- povečanje preseka voda ali dodatni paralelni vodi do naprave,

- dodelitev posebnega (svojega) voda iz TP oziroma RTP za uporabnika omrežja,
- priklop uporabnika omrežja neposredno na zbiralke ali na višje-napetostni nivo.

Glede na stroškovno analizo ter stanje pri uporabniku omrežja in v omrežju SODO, se lahko izvede ena ali več rešitev, ki so predlagane.

7 PRIMERI TEŽAV S KAKOVOSTJO NAPETOSTI ZARADI PREVAJANIH MOTENJ

V tem delu si bomo ogledali nekaj realnih težav s kakovostjo napetosti v omrežju, vzrokih za takšno stanje in vrsto rešitve, ki je bila uporabljena za odpravo tega stanja.

7.1 Občasno visok harmonski tok fotonapetostne elektrarne moči 7 kW

LOKACIJA

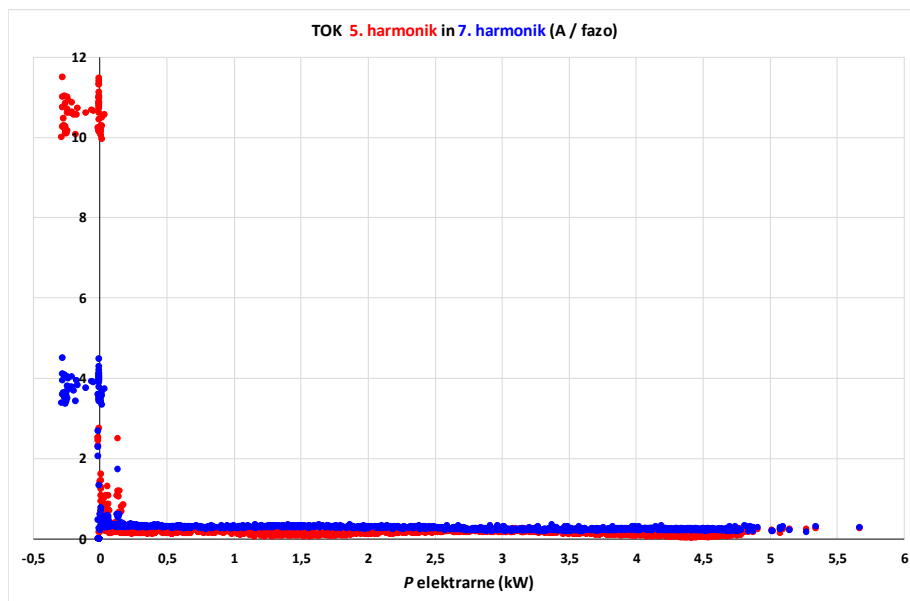
Fotonapetostna elektrarna moči 7 kW, priključena v stanovanjski hiši na mestno kabelsko NN omrežje.

OPIS TEŽAVE

Ob vsakem začetku in koncu obratovanja elektrarne ter ob vsakem zmanjšanju moči elektrarne blizu minimalne moči se je slišal močan brum v NN omrežju objekta, kjer je bila priključena elektrarna. Brum je trajal skupaj tudi po 40 minut naenkrat. Opravljene so bile meritve kakovosti napetosti in prehodnih pojavov ter prevajanih motenj.

REZULTATI IN ANALIZA MERITEV

Podrobna analiza harmonskega toka elektrarne, omejena na najbolj izstopajoča harmonika, podaja zelo zanimivo sliko. Na Sl. 5 je prikazana korelacija med delovno močjo elektrarne in harmonskimi napetostmi 5. in 7. harmonika na mestu priključitve elektrarne.



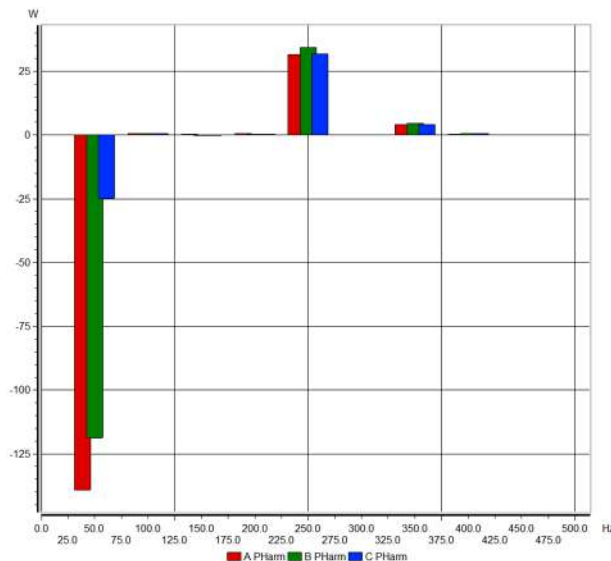
Sl. 5: Korelacija med delovno močjo elektrarne in harmonskimi napetostmi 5. in 7. harmonika na mestu priključitve elektrarne.

Iz slike lahko jasno opazimo stanje, ki je bilo opisano. Ko je elektrarna na meji obratovanja se pojavi relativno visok harmonski tok 5. harmonika (skoraj 12 A efektivno fazno!), ki za več kot 15 % presega naznačen tok naprave same, ki znaša (pri 230 V) 10,14 A! Tok 7. harmonika znaša 4,5 A efektivno fazno, kar pomeni približno polovico naznačenega toka FE.

Iz Navodil [4] izračunan dovoljen harmonski tok 7 kW FE v omrežju s kratkostično močjo 10 MVA je 2,8 A toka 5. harmonika in 1,9 A toka 7. harmonika. Ko izmerjene vrednosti toka 5. in 7. harmonika primerjamo z dovoljenimi dobimo izmerjena **preseganja dovoljenega harmonskega toka**:

- 5. harmonik: **4,2**-kratnik in
- 7. harmonika: **2,4**-kratnik.

Pri tem moramo opozoriti še na dejstvo, da med tem pojavom teče **delovna moč temeljne frekvence** iz omrežja v pretvornik, medtem ko teče **harmonska delovna moč** iz pretvornika v omrežje, kar je vidno na Sl. 6.



Sl. 6: Moči posameznih harmonikov, vključno s temeljnim, v trenutku povišanega 5. in 7. harmonskega toka.

Visoka tokovna obremenitev elementov s frekvencama 250 Hz in 350 Hz je povzročala slišan brum. Harmonski tok frekvenc 250 Hz in 350 Hz, ki teče preko elementov omrežja z induktivnostjo, povzroča veliko višje izgube zaradi večje impedance elementov pri teh frekvencah. Zaradi termične obremenitve elementov omrežja pa je prišlo tudi do havarije (dogodka) pregoretega ohišja na FID stikalu ob spoju faznega vodnika L1 na ta element, preko katerega se je elektrarna takrat napajala. Začetni vzrok dogodka je bil verjetno ne dovolj pritegnjen vijak na elementu na kontaktu vodnika in elementa, ki je sicer obratoval brez težav, vendar pa ga je po vključitvi elektrarne dodatno segreval še harmonski tok.



Sl. 7: Havarija na FID stikalu preko katerega se je napajala elektrarna.

VZROK TEŽAV

Pretvornik elektrarne začne obratovanje pri prenizki napetosti oziroma premajhni razpoložljivi delovni moči na enosmerni strani. Tako pretvornik posledično preide v nestabilno obratovanje. Pretvornik nima vgrajene detekcije nestabilnega obratovanja in v takšnem stanju obratuje dokler na enosmerni strani ni dovolj delovne moči, da preide v normalno (predvideno)

obratovanje oziroma se napetost na enosmerni strani ne zniža dovolj, da preide v stanje mirovanja.

REŠITEV TEŽAV

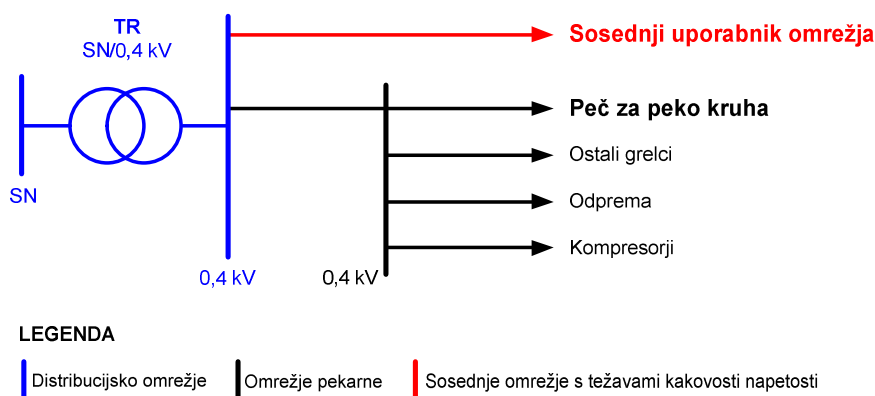
Pretvornik ima vso potrebno dokumentacijo in je bil preizkušen na oddajanje prevajanih motenj (CE označba), vendar ti preizkusi ne zahtevajo obratovanja v okolici minimalne moči. Takšno obratovalno stanje ni ugodno za pretvornik, kakor tudi ne za vse ostale naprave in omrežje v bližini, saj se harmonski tok zaključuje preko njih in jih s tem obremenjuje.

Proizvajalec pretvornika elektrarne je bil opozorjen na težavo in je preprogramiral pretvornik tako, da je začel z obratovanjem pri višji napetosti na enosmerni strani. Prav tako je bil skrajšan čas, ko pretvornik poskuša preiti v obratovanje in podaljšan čas premora med temi poizkusi.

7.2 Težave z utripanjem LED svetil in pregorevanjem induktivnega balasta linijskih fluorescentnih sijalk ob obratovanju industrijske peči za peko kruha

LOKACIJA

Industrijsko NN omrežje. Industrijska peč za peko kruha je napajana iz petih različnih SN/NN transformatorjev, ki napajajo tudi ostale naprave v omrežju pekarnice. Iz enega transformatorja pa se napaja tudi sosednji obrtnik, ki se je pritožil zaradi občasnega utripanja LED svetil.



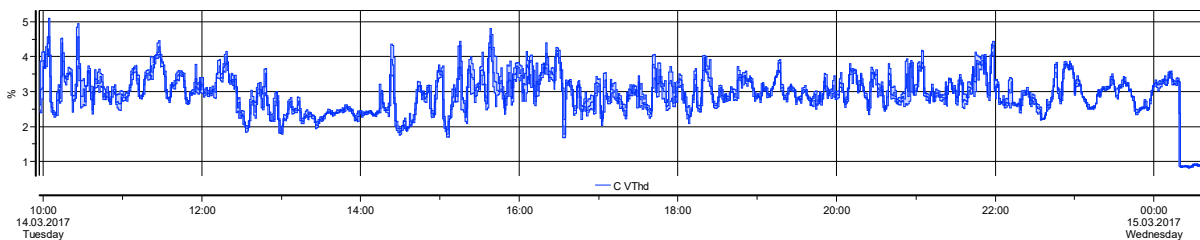
Sl. 8: Del obravnavanega NN omrežja, kjer so se pojavljale težave.

OPIS TEŽAVE

Poleg sosednjega obrtnika so opazili težave tudi v pekarni. Po zagonu nove peči so opazili povečano število odpovedi induktivnega balasta pri linijskih fluorescentnih sijalkah in občasen močan brum različnih frekvenc ob obratovanju peči za peko kruha. Opravljene so bile t.i. »trouble-shooting« meritve kakovosti napetosti in prehodnih pojavov ter prevajanih motenj.

REZULTATI IN ANALIZA MERITEV

Podrobna analiza napetosti in toka v pekarni kaže na močno harmonsko popačenje v času obratovanja peči. Na Sl. 9 je prikazan potek celostnega harmonskega faktorja popačenja napetosti (THD) faze L3 v času enega cikla obratovanja peči, ki je indikator harmonskega popačenja napetosti. Ko peč ne obratuje je THD nižji od 1 %, med obratovanjem peči pa dosega vrednosti tudi čez 5 %.

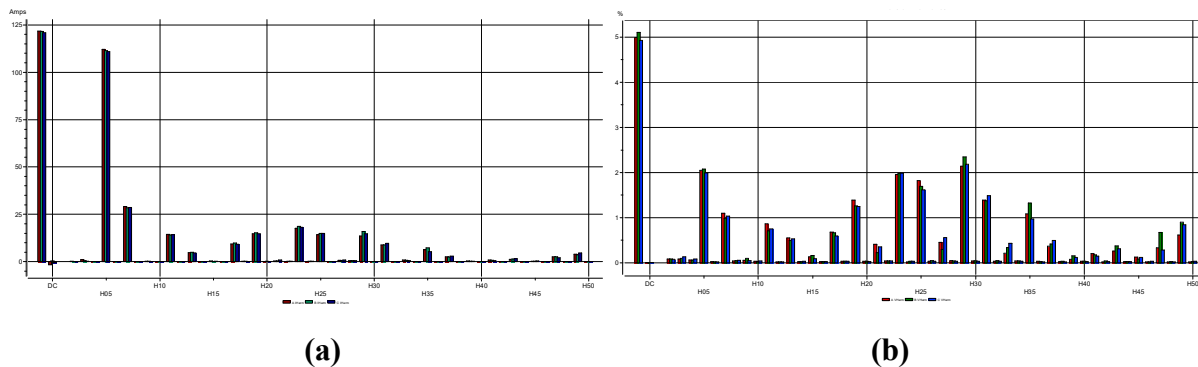


Sl. 9: Potek celostnega harmonskega faktorja popačenja napetosti (THD) faze L3 v času enega cikla obratovanja peči.

Podrobna harmonska analiza napetosti kaže zanimivo sliko povišanih harmonikov tudi v frekvenčnem območju med 15. in 40. redom, čeprav je tam harmonski tok sicer prisoten, vendar manjših amplitud kot pri nižjih harmonikih. Očitno obstaja v okolici 25. harmonika ena ali več resonančnih točk v omrežju, ki povzročijo povišane vrednosti harmonske napetosti zaradi harmonskega toka peči.

Podrobna analiza napetosti kaže, da 23. harmonik presega dovoljeno vrednost 1,5 % približno 5 % časa v ciklu delovanja peči. Prav tako 25., 29. in 31. harmonik presegajo dovoljeno mejo 1,0 % med 10 % in 35 % časa. Tudi 27. harmonik presega dovoljeno mejo 0,5 %, vendar le 4 % časa.

Harmonska napetost, predvsem višjih redov, ki v širokem območju frekvenc presega dovoljene mejne vrednosti, povzroča harmonsko nestabilnost napajalnika za LED sijalke, ki na svojem izhodu več ne more regulirati konstantne vrednosti. Poleg tega pa harmonski tok teče skozi induktivni balast linijskih fluorescentnih sijalk in jih s tem dodatno ogreva s tokom relativno visokih frekvenc.



Sl. 10: Harmonika analiza (a) toka in (b) napetosti vseh treh faz v trenutku, ko je bil THD napetosti okrog 5 %.

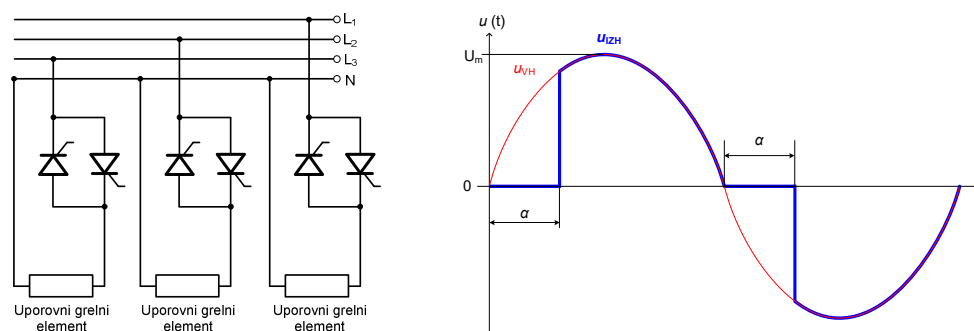
VZROK TEŽAV

Grelci peči so napajani preko tiristorjev, kot je prikazano na Sl. 11. Na isti sliki je prikazan tudi način regulacije grelcev. Vsak regulacijski blok je reguliran preko tiristorskega elementa tako, da zagotavlja polnovalno regulacijo. Moč posameznega elementa je po prednastavljenem načinu regulacije regulirana s pomočjo kota proženja tiristorjev α , kot je prikazano na Sl. 11. Z regulacijo kota α , postane izhodna napetost (“ u_{IZH} ” narisana z modro barvo), ki je priključena na grelne elemente, nelinearna. Ker so grelni elementi čista ohmska bremena, je tudi tok skozi grelne elemente enake nelinearne oblike kot napetost. Nelinearen tok povzroči generiranje harmonskega toka. Efektivna vrednost polnovalno tiristorsko regulirane napetosti posameznega enofaznega uporovnega grelnega elementa ($U_{IZH\ RMS}$) je tako:

$$U_{IZH\ RMS} = U_m \cdot \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{4\pi}}. \quad (1)$$

Ker so grelni elementi čistega ohmskega značaja, je tudi tok skozi grelne elemente enake oblike kot napetost. Tako je moč na posameznem grelnem elementu ($P_{\text{grelni element}}$) enaka:

$$P_{\text{grelni element}} = I_{RMS}^2 \cdot R_{\text{grelni element}} = \frac{U_{RMS}^2}{R_{\text{grelni element}}}. \quad (2)$$



Sl. 11: Izvedba in regulacija moči grelcev peči.

REŠITEV TEŽAV

Po proučitvi problematike in identifikaciji možnih rešitev je bila izbrana optimalna rešitev oziroma ukrep zmanjšanja harmonskega toka, ki se jo je dalo uresničiti relativno enostavno. Enota za proženje tiristorjev ima dva možna načina obratovanja:

- s pomočjo kota proženja α tiristorjev in
- s pomočjo delovnega cikla polperiod tiristorjev.

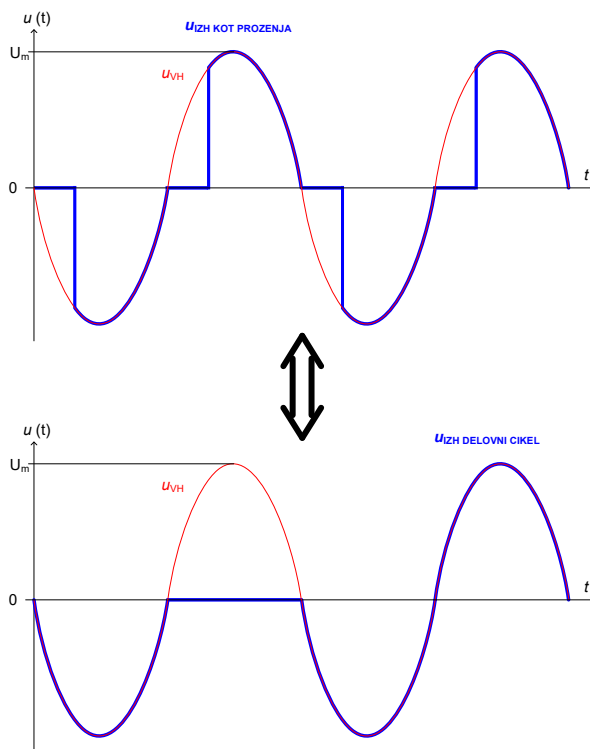
Z uporabo metode proženja tiristorjev "delovni cikel" je napetost na ohmskem bremenu enaka:

$$U_{\text{RMS delovni cikel}} = \frac{U_m}{2} \cdot \sqrt{k}, \quad (3)$$

kjer $k = \frac{n}{n+m}$ predstavlja delovni cikel:

- n pomeni število polperiod, ko tiristor prevaja in
- m pomeni število polperiod, ko tiristor ne prevaja.

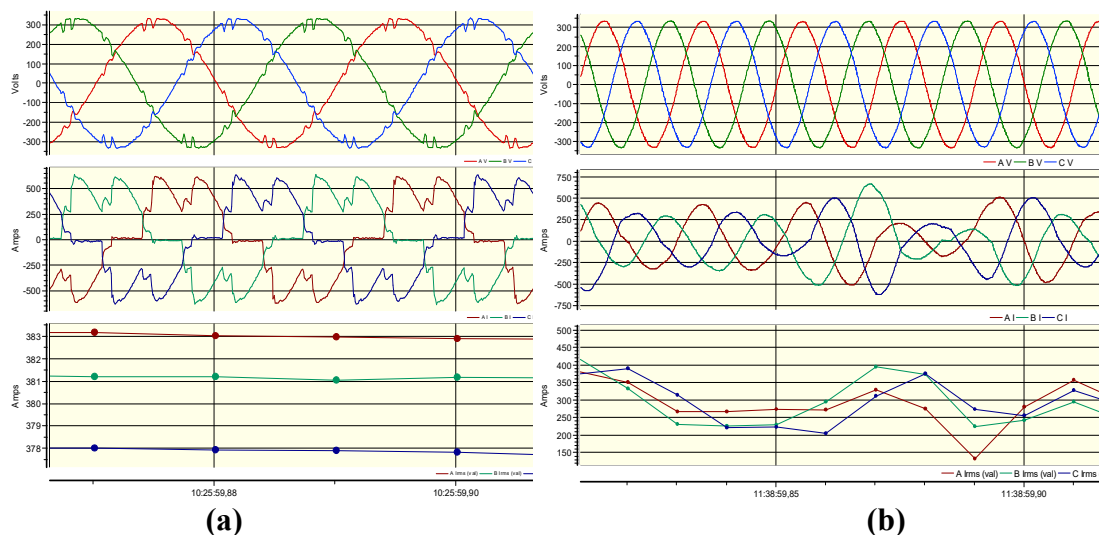
Na Sl. 12 sta prikazani ekvivalentni rešitvi in razlika med njima po obliki toka. Metoda s proženjem po kotu rezultira v visokem harmonskem toku, ki povzroča težave v omrežju. Harmonskih motenj ni prisotnih oziroma so prisotne le v zanemarljivem obsegu pri metodi proženja po delovnem ciklu, ki pa rezultira v povišani »klasični« jakosti flikerja v omrežju. Vendar ta fliker ne povzroča nobenih težav pri uporabnikih in napravah omrežja in tudi ne presega dovoljenih mejnih vrednosti iz SIST EN 50160.



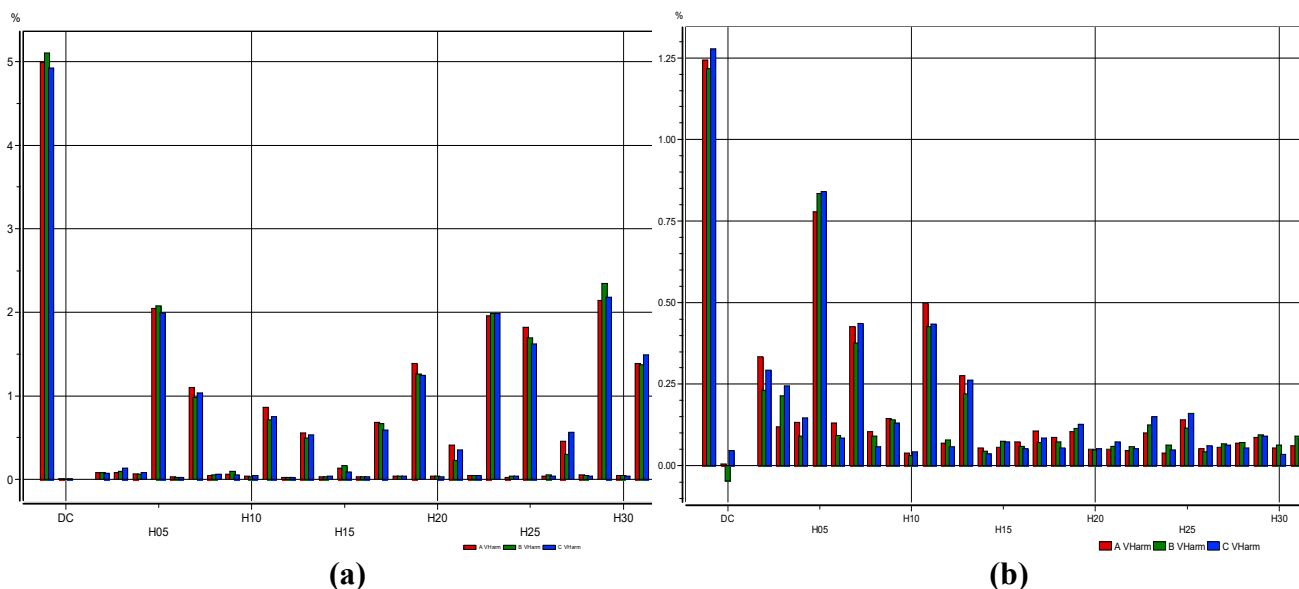
Sl. 12: Princip delovanja obeh metod proženja tiristorjev: kot proženja in delovni cikel.

Prav tako takšna regulacija nič ne vpliva na hitrost regulacije temperature v peči, saj so razlike v hitrosti regulacije obeh principov proženja tiristorjev na nivoju milisekund, medtem ko je časovna konstanta spreminjanja temperature grelcev reda velikosti več sekund.

Sl. 13 prikazuje napetosti in toke pri obeh načinih proženja tiristorjev v približno enaki delovni točki. Sl. 14 pa prikazuje primerjavo harmonskih analiz za oba primera.



Sl. 13: Posnetek valvnih oblik napetosti in toka ter efektivne vrednosti toka pred (a) izvedenimi ukrepi in po (b) njih.



Sl. 14: Analiza harmonske napetosti vseh treh faz v trenutku efektivne vrednosti toka približno 270 A (a) pred izvedenimi ukrepi in (b) po ukrepih.

7.3 Težave z utripanjem svetil uporabnikov distribucijskega omrežja ob paralelnem SN obratovanju distribucijskega omrežja in omrežja tovarne

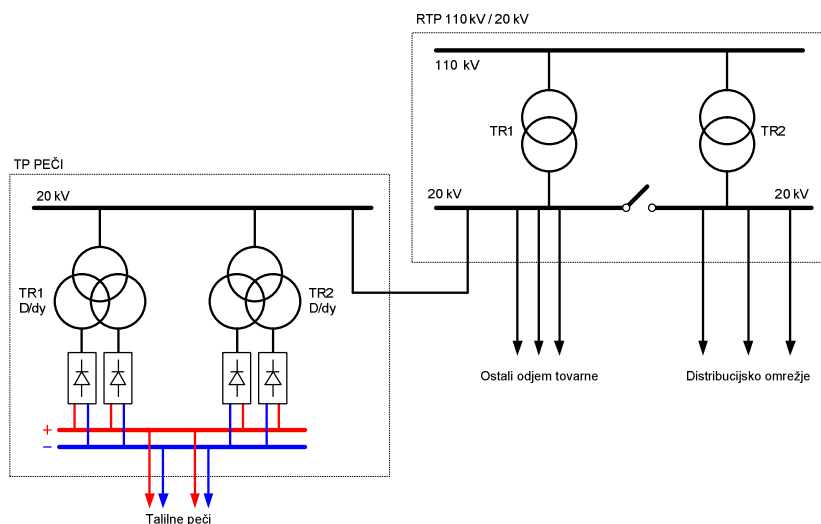
LOKACIJA

Industrijsko 20 kV in distribucijsko 20 kV omrežje se napajata vsako preko svojega 110 kV/20 kV transformatorja v RTP-ju. Vendar obratujeta občasno paralelno na združene 20 kV zbiralke v RTP-ju, kadar se v omrežju ali v RTP-ju opravljajo vzdrževalna dela. V industrijskem omrežju obratuje 24-pulzni usmernik za talilne peči. Sl. 15 prikazuje principielno enočrtno shemo tega omrežja.

OPIS TEŽAVE

V obdobjih, ko je bilo urejeno paralelno obratovanje obeh SN omrežij, so se uporabniki v distribucijskem omrežju pritoževali zaradi utripanja različnih vrst svetil. Distribucijsko podjetje je opravilo standardne meritve kakovosti napetosti in ugotovilo prisotnost harmonikov sodih redov v napetosti, kar je bilo popolnoma nepričakovano. Ker so sodi harmoniki presegali s standardom SIST EN 50160 dovoljene meje, je distribucijsko podjetje do sanacije razmer prepovedalo paralelno obratovanje obeh SN omrežij preko istega transformatorja v RTP-ju.

Tovarna je nato naročila ciljne oziroma t.i. »trouble-shooting« meritve kakovosti napetosti in prehodnih pojavov ter prevajanih motenj v tovarni, da bi ugotovili vzrok za takšno stanje in odpravili nedovoljene motnje.

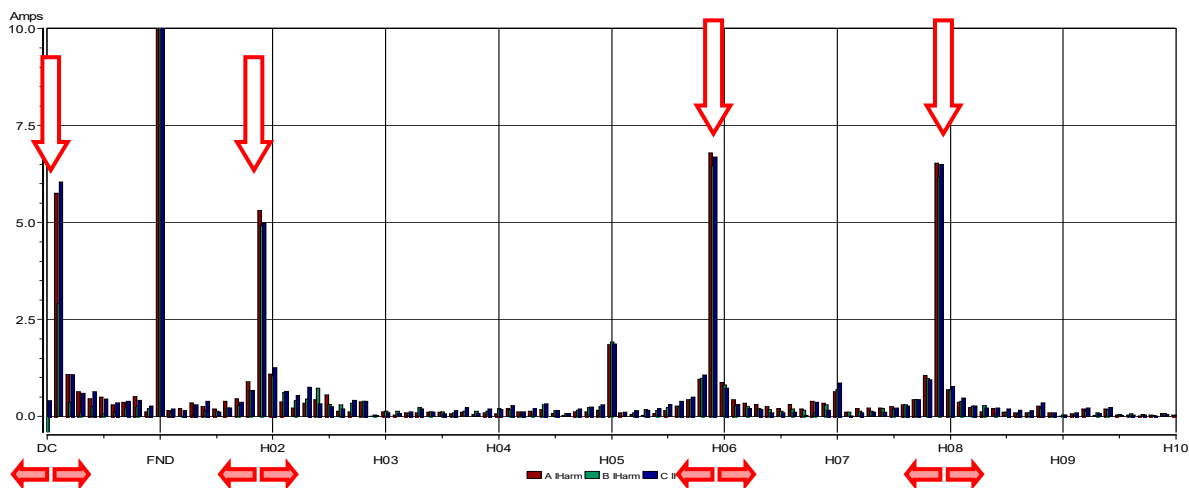


Sl. 15: Enočrtna principielna shema dela SN omrežja in RTP 110/20 kV.

REZULTATI IN ANALIZA MERITEV

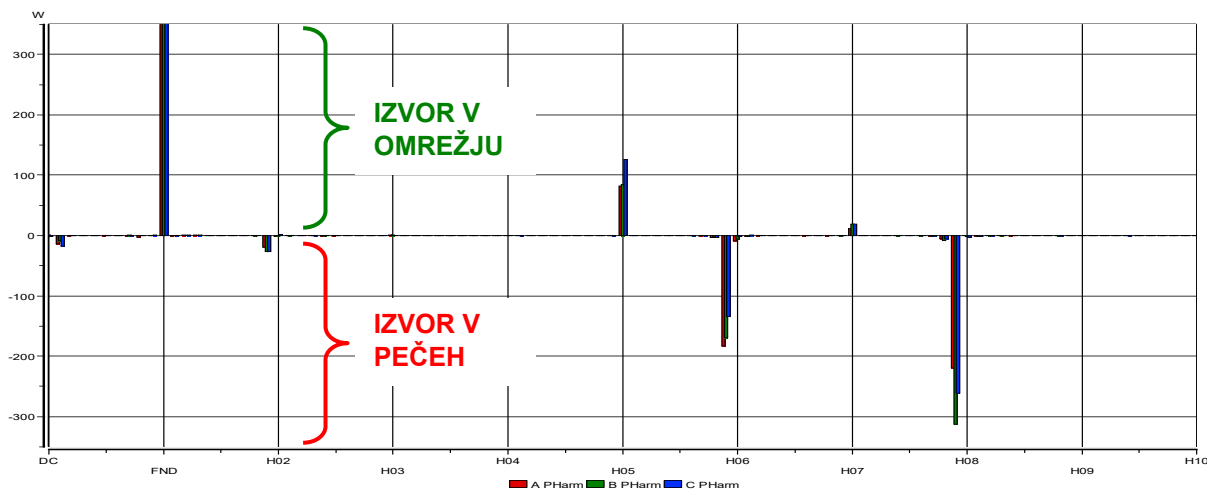
Rezultati ciljanih meritev prevajanih motenj kažejo naslednje zaključke:

- Kadar peči za taljenje ne obratujejo s polno močjo se v omrežju pojavijo harmoniki sodih redov, kar je zelo nenavadno.
- Redi teh harmonikov so se s časom spreminjali in se pomikali navzgor in navzdol po frekvenčnem spektru.
- Pojavljali so se vedno v paru in praviloma s frekvencami pod 10. harmonikom.
- To je zelo nenavadno, saj je usmernik 24-pulzni in tako motenj zaradi usmernika pod 23. harmonikom ne bi pričakovali.
- Nadaljnja poglobljena analiza ciljanih meritev pa je pokazala, da so to v bistvu medharmonske motnje, ki se v bližini lihih harmonikov »zlijejo« s tem harmonikom (200 mHz okno, ki se uporablja za vzorčenje posameznega harmonika, jih prišteje v harmonsko motnjo), ko pa »prečkajo« frekvenco sodega harmonika, pa jih zabeleži kot sodi harmonik.



Sl. 16: Harmonska analiza frekvenčnega spektra ob delovanju talilnih peči.

Sl. 16 prikazuje harmonsko analizo frekvenčnega spektra ob delovanju talilnih peči. Opazimo lahko, da ista medharmonska tokovna motnja povzroči različno medharmonsko napetost zaradi različne impedance omrežja pri različnih frekvencah, gledano s strani priključnega mesta talilnih peči. Analiza moči motenj jasno kaže na izvor medharmonskih motenj s strani talilnih peči (Sl. 17).



Sl. 17: Analiza moči in s tem izvora motenj.

VZROK TEŽAV

Vzrok težav je bil nepravilno obratovanje 24-pulznega usmerniškega sistema talilnih peči. Po podatkih proizvajalca je imel eden izmed štirih 6-pulznih usmernikov v skupini možnost »mehkega zagona«. Ta možnost se uporablja pri zagonu procesa in v primeru, da je med delovanjem treba omejiti moč usmernika. Ta možnost spremeni kot proženja samo enega usmernika izmed štirih v skupini. Ker je spremenjen kot proženja samo enega usmernika, je porušena zahtevana popolna simetrija vseh štirih 6-pulznih usmernikov, ki skupaj tvorijo 24-pulzni usmernik. Nesimetrija tokov med posameznimi usmerniki tako povzroči nastanek medharmonskega toka, ki se nato širi po omrežju.

REŠITEV TEŽAV

Za pravilno delovanje 24-pulznega usmernika, ki je sestavljen iz štirih 6-pulznih usmernikov, ki se vsak napaja posebej preko svojega transformatorja z ustreznim zasukom faznega kota, je nujna popolna simetrija usmerniškega sistema. Omrežje mora te 4 usmernike videti kot enega samega, v nasprotnem primeru se pojavijo medharmonske motnje, ki so za elektroenergetsko omrežje zelo netipične in zato lahko povzročajo različne težave.

V našem primeru je bila rešitev težave ta, da so izključili možnost »mehkega zagona« na usmerniku, ki ga je imel omogočenega in medharmonske motnje zaradi obratovanja talilnih peči več ni bilo. Prav tako več ni bilo zadržka za paralelno obratovanje obeh vrst uporabnikov omrežja na SN nivoju, kar je omogočilo brezprekinitveno napajanje obeh tudi v primeru vzdrževalnih del v omrežju ali v RTP-ju.

LITERATURA IN VIRI

- [1] *SONDSEE - Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE)*, Uradni list RS, št. 7/21 z dne 19. 1. 2021.
- [2] *SONDSEE Priloga 3 - Navodilo za presojo vplivov naprav na omrežje*, Uradni list RS, št. 7/21 z dne 19. 1. 2021.
- [3] *Prenova Navodila za presojo vplivov naprav na omrežje (Priloga 3 SONDO 2011)*. Študija št.: 2210. Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 2013.
- [4] *SONDSEE Priloga 5 - Navodila za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav in hranilnikov priključenih v distribucijsko elektroenergetsko omrežje*, Uradni list RS, št. 7/21 z dne 19. 1. 2021.
- [5] *TOR - Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen* (<https://www.e-control.at/marktteilnehmer/strom/marktregeln/tor>).
- [6] *Technical Rules for the Assessment of Network Disturbances*, VEÖ - Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs, 2007.
- [7] *Pravilnik o elektromagnetni združljivosti (EMC)*, Uradni list RS 39/16 in 9/20.



REFERAT IV

41.
KOTNIKOVI DNEVI

Radenci, 24. marec 2023

mag. Mitja Koprivšek, univ. dipl. inž. el.

mitja.koprivsek@ieti.si

ETI Elektroelement d.o.o. Izlake

PAMETNA NV VAROVALKA

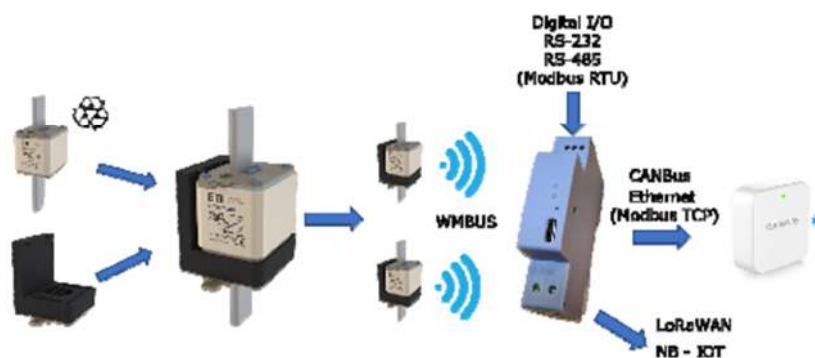
Povzetek:

Prispevek bo prikazal razvoj NV talilnega vložka z vgrajenim merilnikom električnega toka in s sposobnostjo komunikacije podatkov na oddaljeno mesto. Pokazal bo na način delovanja takšnega izdelka in na način povezovanja pametne varovalke z IT okoljem. Prav tako bo prispevek pokazal področja uporabe in njegove prednosti pred konkurenco.



Predlog nove inovativne rešitve

Povezava „Pametne varovalke“ z informacijskim svetom z vključenim koncentradorjem:





REFERAT IV

41.
KOTNIKOVI DNEVI

Radenci, 24. marec 2023

mag. Mitja Koprivšek, univ. dipl. inž. el.

mitja.koprivsek@ieti.si

ETI Elektroelement d.o.o. Izlake

PAMETNA NV VAROVALKA

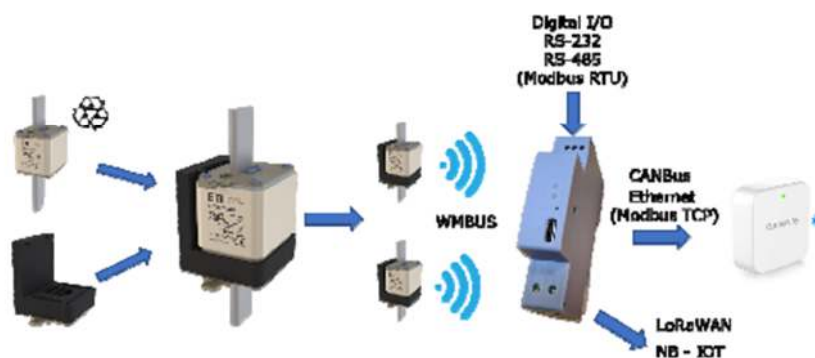
Povzetek:

Prispevek bo prikazal razvoj NV talilnega vložka z vgrajenim merilnikom električnega toka in s sposobnostjo komunikacije podatkov na oddaljeno mesto. Pokazal bo na način delovanja takšnega izdelka in na način povezovanja pametne varovalke z IT okoljem. Prav tako bo prispevek pokazal področja uporabe in njegove prednosti pred konkurenco.



Predlog nove inovativne rešitve

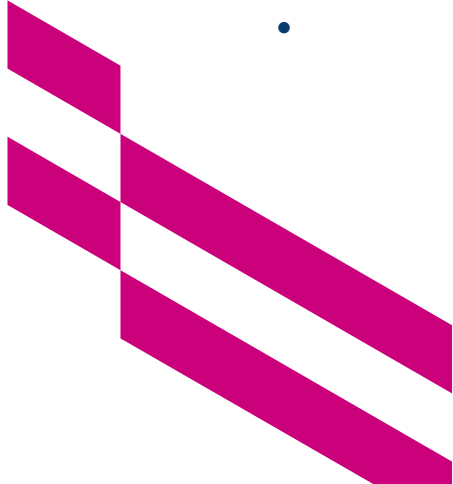
Povezava „Pametne varovalke“ z informacijskim svetom z vključenim koncentradorjem:



„PAMETNA VAROVALKA“

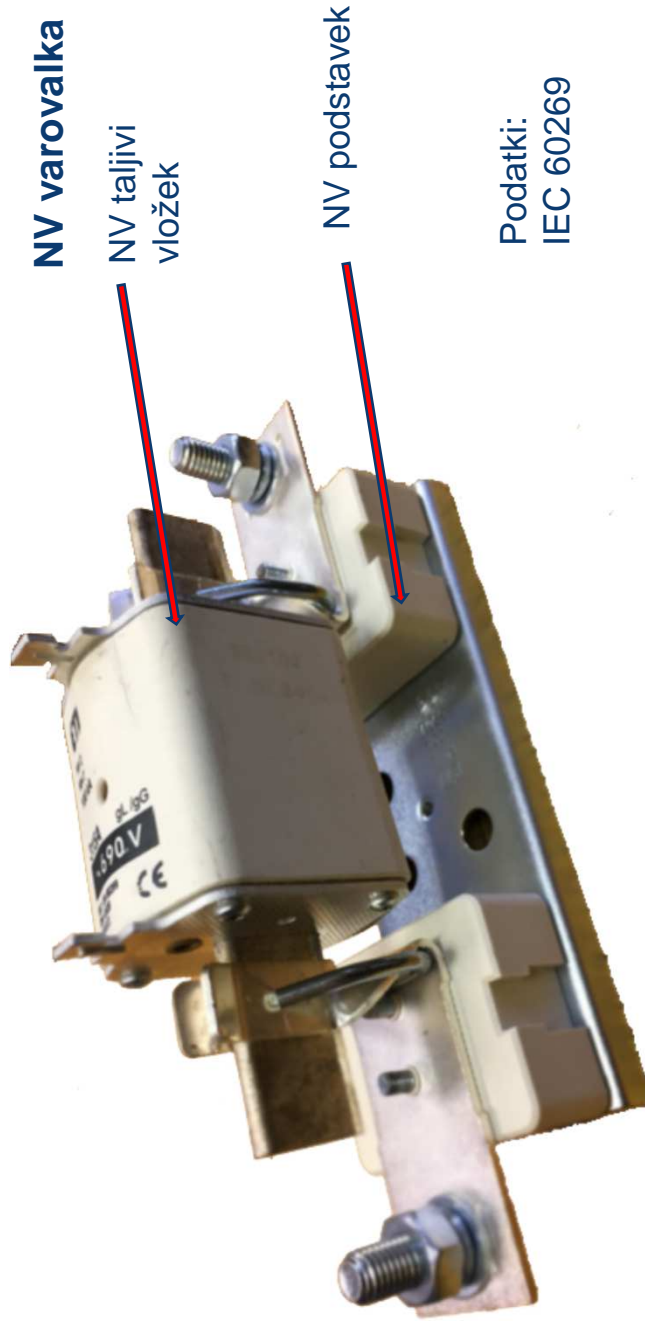
Kotnikovi dnevi
Radenci
Marec 2023

- AVTOR: mag. Mitja Koprivšek, mitja.koprivsek@eti.si
- ETI Elektroelement d.o.o., www.etigroup.eu



Predstavitev

- Prispevek bo prikazal :
 - Razvoj novih NV talinih vložkov z vgrajenim merilnikom energije,
 - Na razvoj inter-operabilne IoT naprave NH MET - COM za zajem in posredovanje podatkov v „Pametno Omrežje“ ,
- Vsebina:
 - NV VAROVALKA in njena uporaba v NN elektroenergetskem omrežju
 - Znani načini merjenja in spremljanja porabe električne energije v posameznih vejah NN sistema,
 - Predlagana inovacija „Pametna NV varovalka“ ,
 - Cilji projekta,
 - Zaključek



Podatki:
IEC 60269

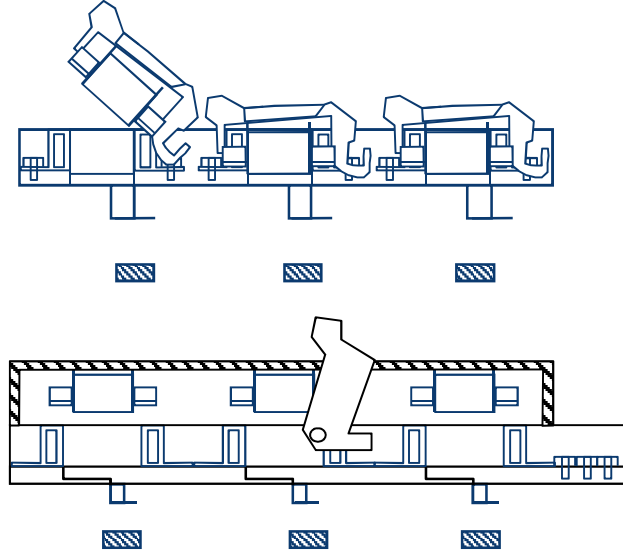
Velikostni tipi: 00C (do 100A), 00 (do 160A), 1 (do 250A) 2 (400A), 3 (do 630A), 4 (do 1250A),
Napetosti: 400Vac, 500Vac, 690Vac, 800Vac
Izklopna zmogljivost: 120kA
Funkcija: nadtokovna zaščita vodnikov s časovno-tokovno karakteristiko gG,
Najpogostejša rešitev za zaščito kablov v NN distribucijskem sistemu

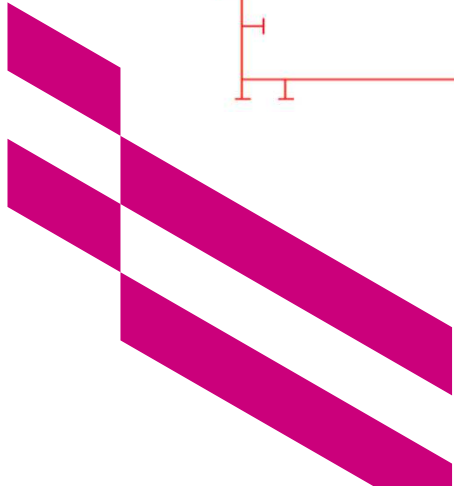


NV varovalka v stikalni opremi (ločilniki in stikalne letve)

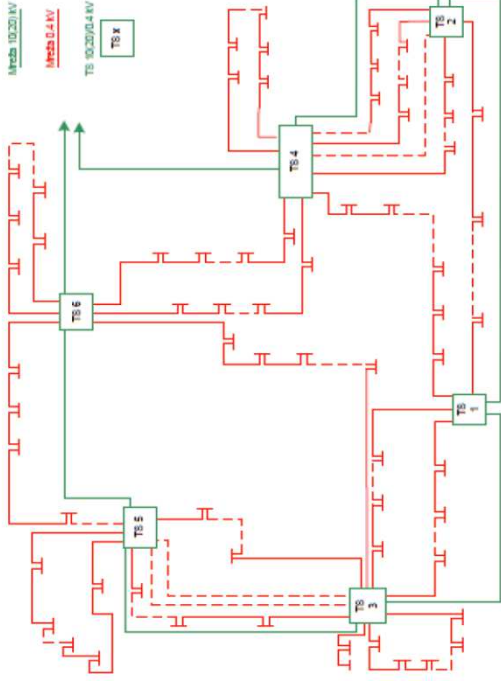
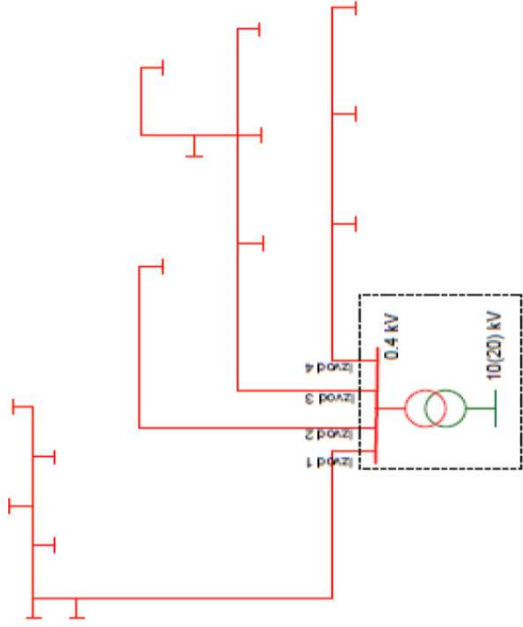


NV-varovalčno stikalna letev
za zbiralni sistem 3 polna





NN distribucijske mreže



Primeri NN distribucijske mreže

? Kako meriti električno energijo v posameznih vejah NN sistema?



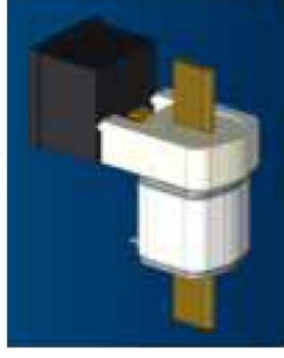
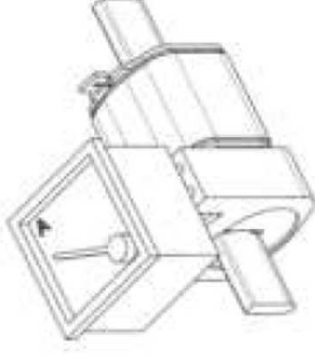
Znani načini merjenja električne energije v posameznih vejah



Vgradnja toroidnih transformatorjev v stikalno leto



Vgradnja toroidnih transformatorjev na zbiralke ali na vodnike/kable

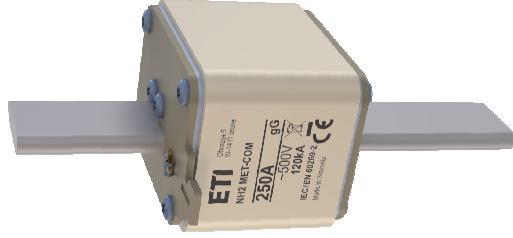


Prigradnja toroidnega transformatorja na kontaktni nož NV talilnega vložka z dodanim merilnikom toka.

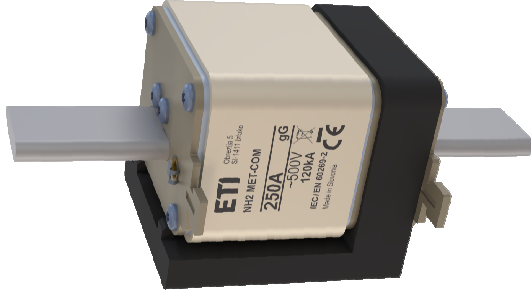
Slabost: ni komunikacije podatkov



Predlog nove inovativne rešitve



Izdelan je poseben
asimetričen NV
talini vložek,



Prigrájeno posebno
ohišje za transformator
in elektronsko-
komunikacijski del



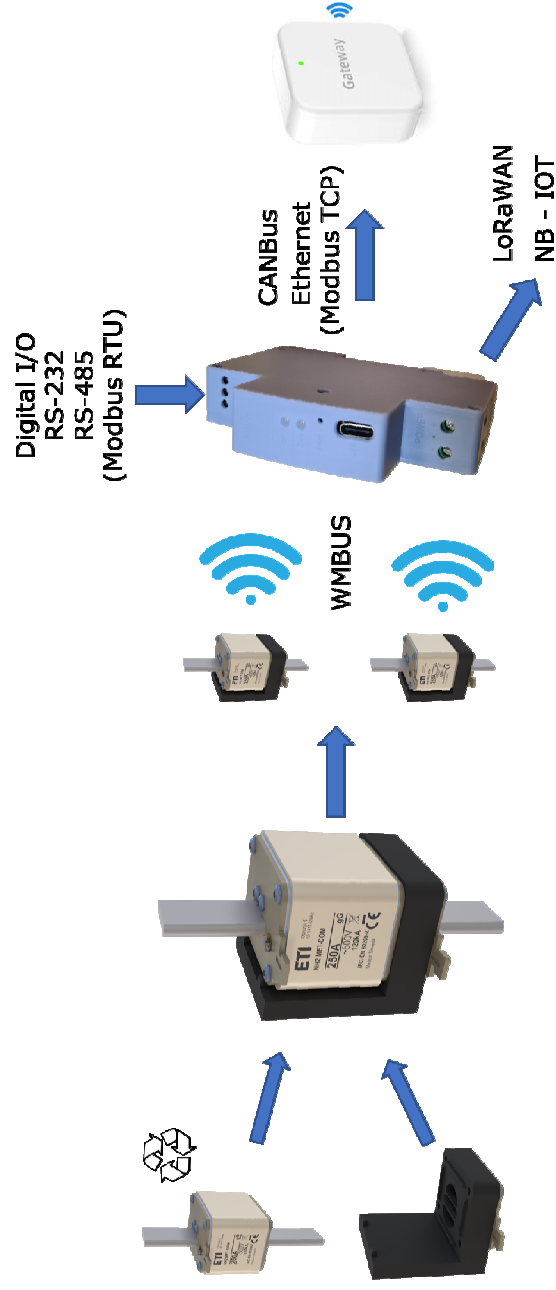
Nova „tvorba“ ima dimenzije, ki
ustrezajo IEC60269 standardu in
lahko nadomesti klasično standardno
velikost. Na sliki velikost NH2.





Predlog nove inovativne rešitve

Povezava „Pametne varovalke“ z informacijskim svetom z vključenim koncentradorjem:





Predlog nove inovativne rešitve

Tehnični parametri NH MET – COM talilnega vložka:

Tehnični podatki za NH MET – COM (velikost NH2)	
Specifikacija	Vrednosti
Natančnost	±2%
Merilno območje	5A to 1000A
Tip komunikacije	WMBUS (868Mhz)
Frekvenca vzorčenja signala	6kHz
Interval prenosa podatkov	5s (ali daljši)
Temperaturno območje delovanja RF komunikacije	-20°C to 125°C
Minimalni tok za delovanje elektronskega sklopa	-5A
Nazivni tok za 500V gG karakteristiko	80A do 250A
Nazivni tok za 400V gG karakteristiko	315A do 355A



Dodatno:

- Standardna velikost po IEC 60269
- Povezljivost s koncentradorjem brez dodatnega ožičenja
- Možnost razvoja tudi drugih karakteristik (gTr)
- Razdalja med talilnim vložkom in koncentradorjem za prenos podatkov do 10m



Predlog nove inovativne rešitve

Tehnični parametri koncentradorja, ki zbira podatke iz talilnega vložka:

Specifikacija	Vrednosti
Prenos podatkov	RS – 232, RS-485 (Modbus RTU) CANbus Ethernet (Modbus TCP) ...
Število povezav do NH talilnih vložkov	do 24
Območje prenosa podatkov	do 10m
Tip napajanja	24V DC

Dodatno:

- Montaža na DIN letev
- Digitalni vhodi
- Dodatne možnosti povezave (optimizacija najboljših kombinacij komunikacij)
- SD kartica za shranjevanje podatkov





Cilji projekta in izzivi

CILJI:

- „Pametna varovalka“ se bo vgradila v stikalno opremo po principu „Plug-and-Play“,
- Imela bo enake dimenzije kot standardna NV varovalka
- Dodatno zunanje napajanje elektronike ne bo potrebno
- Zaščitna funkcija varovalke ostane neokrnjena
- Optimalne komunikacije možnosti koncentradorja, ki so najbolj prilagojene uporabniku

IZZIVI nadaljnjega razvoja tega predloga

- Kako umestiti „Pametno Varovalko“ v „Pametno Omrežje“ ?
- Optimizacija proizvodnje verzije za optimalne performanse
- Info iz trga



Zaključek

- Projekt je razvit do delujočega prototipa, ki omogoča zajem in prenos podatkov od NH talilnega vložka do koncentradorja
- „Pametna varovalka“ bo imela svoje mesto v „Pametnem omrežju“
- S tem prikazom želimo informirati potencialne odjemalce, pridobiti informacije glede končnega razvoja izdelka in vzpodbuditi uporabo pametnih varovalk.



ETI ELEKTROELEMENT d.o.o.,
Obrezija 5, 1411 Izlake,
Slovenia, EU
www.etigroup.eu



REFERAT V

41.
KOTNIKOVİ DNEVI

Radenci, 24. marec 2023

Marko Kotnik, univ. dipl. inž. el.
marko_kotnik@yahoo.com

Elektrotehniško društvo Maribor

KAKO IZDELATI NAJBOLJŠI NIZKONAPETOSTNI RAZDELILNIK?

Povzetek:

Inštalacijski sistem nizkonapetostne električne inštalacije je lahko zelo razvejan, lahko manjšega obsega. Inštalacijski vodniki in kabli so po objektu ali stavbi speljani in položeni na različne načine. Posamezni vodniki pa se vsi združujejo v enem ali več razdelilnikih, ki jih izvajalec namesti na objektu.

Nizkonapetostne električne inštalacije brez razdelilnika ni. Zasnovi razdelilnika in njegovi izdelavi je treba posvetiti ustrezno pozornost, kot to zahteva standard SIST EN 61439. Uporaba standarda je za izdelavo razdelilnika obvezna po Zakonu o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti.

Standard SIST EN 61439 ima 7 delov, kjer prvi del obravnava splošna pravila. Ostali deli obravnavajo posamezne skupine razdelilnikov oziroma SESTAVOV glede na namen uporabe.

Za vsak tip SESTAVA sta potrebna le dva dokumenta za določitev vseh zahtev in pripadajočih metod preverjanja:

1. standard s splošnimi pravili, označen kot "1. del" in
2. standard za posamezni namen SESTAVA.

Standardizacijska organizacija IEC je izdala, SIST pa privzel razlagalni dokument standarda SIST EN 61439-1. To je tehnično poročilo z oznako SIST-TP IEC/TR 61439-0: Navodila za specificiranje sestavov. Z uporabo tega dokumenta uporabnik na preprost način določi funkcije in karakteristike, ki so potrebne za specificacijo SESTAVA. Poročilo podaja:

- razlago karakteristik SESTAVA in možnosti v okviru standarda SIST EN 61439, vsi deli;
- navodila, kako z uporabo funkcionalnega pristopa primerno izbrati in določiti karakteristike SESTAVA tako, da ustrezajo specifičnim potrebam uporabe in
- pomoč pri specificiranju SESTAVOV.

*Referat podaja pregled vsebine tehničnega poročila SIST-TP IEC/TR 61439-0.
Poglavja so:*

- konstrukcija in preverjanje SESTAVA;
- ozemljitveni sistem;
- nazivna napetost in prehodne prenapetosti;
- kratkostična zdržna zmogljivost;
- okolje namestitve;
- posebni obratovalni pogoji;
- nameščanje SESTAVA;
- uporabnikove zahteve za vzdrževanje SESTAVOV;
- dokumentacija.

UVOD

Nizkonapetostna električna inštalacija mora delovati varno in zanesljivo. Vsaka okvara v inštalaciji povzroči nevšečnosti, saj prenehajo delovati aparati in oprema, ki so na inštalacijo priključeni. Okvara v inštalaciji se odraža v glavnem z izklopom okvarjenega tokokroga zaščitne naprave v razdelilniku, iz katerega se inštalacija ali del inštalacije napaja.

Skupina standardov SIST EN 61439 obravnava SESTAVE, kot standard opredeljuje razdelilnik, za številne različne namene uporabe. Nekateri SESTAVI morajo izpolnjevati posebne zahteve, kar narekuje njihova posebna uporaba. Specifične potrebe so jasno določene, tako so zahteve za SESTAVE za različne namene opisane v ustreznem standardu. Ti standardi so označeni kot SIST EN 61439-2 do vključno SIST EN 61439-7. Vsak ustrezeni standard, ki se sklicuje na splošna pravila, SIST EN 61439-1, določa karakteristike in tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati SESTAV za svoje področje uporabe.

Mednarodna elektrotehniška komisija IEC je izdala tudi tehnično poročilo, kjer so obravnavane splošne karakteristike vseh vrst SESTAVOV. Tehnično poročilo je privzeto v sistem slovenske standardizacije z oznako **SIST-TP IEC/TR 61439-0, Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 0. Del: Navodila za specificiranje sestavov**. Tehnično poročilo je bilo prevedeno v slovenščino leta 2016. IEC pripravlja prenovo tega poročila.

V nadaljevanju referata so opisani nekateri napotki, ki jih priporoča SIST-TP IEC/TR 61439-0.

REGULATIVA

V Sloveniji imamo Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (Ur. list RS 17/2011). Na podlagi tega zakona in zahtev Direktive 2014/35/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 26. februarja 2014 o harmonizaciji zakonodaj držav članic v zvezi z omogočanjem dostopnosti na trgu električne opreme, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej je pristojni minister izdal **Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej** (Uradni list RS 39/2016). Pravilnik določa zahteve, s katerimi se zagotavlja, da ima električna oprema na trgu visoko raven zaščite zdravja in varnosti ljudi, živali, premoženja in okolja. Pravilnik velja za električno opremo, ki za delovanje uporablja električno napetost med 50 V in 1000 V izmenično ter med 75 V in 1500 V enosmerno.

Varnost proizvoda, oziroma skladnost proizvoda z zahtevami zgoraj navedenega pravilnika proizvajalec potrdi z Izjavo EU o skladnosti. V izjavi EU o skladnosti morajo biti med drugim navedeni tudi uporabljeni relevantni harmonizirani standardi. Standardi za posamezni proizvod so objavljeni v **Sporočilu Komisije v okviru izvajanja Direktive 2014/35/EU Evropskega parlamenta in Sveta o harmonizaciji zakonodaj držav članic v zvezi z omogočanjem dostopnosti na trgu električne opreme, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej** in v dopolnitvah v obliki **Izvedbenih sklepov Komisije**. SESTAVE, tako za izmenična kot enosmerna omrežja, obravnava serija naslednjih standardov:

SIST EN 61439 – 1,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 1. del: Splošna pravila;

SIST EN 61439 – 2,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 2. del: Sestavi močnostnih stikalnih in krmilnih naprav;

SIST EN 61439 – 3,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 3. del: Električni razdelilniki, s katerimi lahko ravnajo nestrokovnjaki (DBO);

SIST EN 61439 – 4,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 4. del: Posebne zahteve za sestave na gradbiščih (ACS);

SIST EN 61439 – 5,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 5. del: Sestavi za distribucijo električne energije v javnih omrežjih;

SIST EN 61439 – 6,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 6. del: Zbiralčni povezovalni sistemi (zbiralčna vodila);

SIST EN 61439 – 7,

Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 7. del: Sestavi za posebne aplikacije, npr. za marine, prostore za kampiranje, tržnice, napajalne postaje za električna vozila.

NAVODILA ZA SPECIFICIRANJE SESTAVOV

V zgoraj navedenih delih standarda SIST EN 61439 so zbrane systemske in druge podrobnosti, ki jih specificira uporabnik. S tem omogoči proizvajalcu izdelati SESTAV, ki bo izpolnjeval potrebe in pričakovanja uporabnika.

SIST-TP IEC/TR 61439 – 0 je tehnično poročilo, s pomočjo katerega uporabnik določi funkcije in karakteristike, ki so potrebne za specifikacijo SESTAVA. Poročilo podaja:

- razlago karakteristik SESTAVA in možnosti v okviru standarda SIST EN 61439, vsi deli;
- navodila, kako z uporabo funkcionalnega pristopa primerno izbrati in določiti karakteristike SESTAVA tako, da ustrezajo specifičnim potrebam uporabe in
- pomoč pri specificiranju SESTAVOV.

SESTAVI, izdelani skladno z zahtevami ustreznega dela standarda SIST EN 61439, so primerni za namestitev v večino obratovalnih okolij. Karakteristike SESTAVOV so v celoti določene v standardih in od uporabnika ne zahtevajo dodatne obravnave. Uporabnik lahko izbere kombinacije zahtev alternativnih različic za prilagoditev uporabi.

Kjer obstajajo posebni in izjemno zahtevni pogoji, jih mora uporabnik navesti v svojih zahtevah. Primeri takih pogojev so: področja močnega ultravijoličnega sevanja, pogoji onesnaževanja z delci, strožji pogoji pri kratkih stikih, posebna zaščita ob okvari, posebna zaščita pred tveganjem požara, eksplozij, vžigov itd.

Dodatki (od vključno C naprej), ki so sestavni del tega tehničnega poročila, obravnavajo predloge, ki jih morajo uporabniki izpolniti pri določanju karakteristik in zahtev za uporabo SESTAVA.

KONSTRUKCIJA IN PREVERJANJE SESTAVA

SESTAV je namenjen za uporabo v električni inštalaciji, ta pa ima določene karakteristike. Zasnovan in preverjen mora biti z določenim naborom meril uporabe, da izpolnjuje tipična merila uporabe, prilagojena za neko inštalacijo.

Konfiguracija za uporabo SESTAVA pri uporabniku navadno zahteva štiri glavne točke:

- določitev in izbira obratovalnih pogojev in karakteristik (določi uporabnik);
- snovanje SESTAVA, ki ga opravi proizvajalec, da le-ta ustreza razporeditvi, karakteristikam in posebnim funkcijam uporabe. Zasnova naj temelji na že prej razvitih standardnih razporeditvah opreme, njihovih karakteristikah in funkcijah;
- preverjanje zasnove SESTAVOV ali delov SESTAVOV, katerih zasnova še ni bila preskušena (izvede proizvajalec);
- kosovno preverjanje vsakega SESTAVA (opravi proizvajalec).

PREVERJANJE SESTAVA

Pred začetkom sestavljanja razdelilnika in nameščanja elementov v omaro SESTAVA je treba preveriti zasnovo SESTAVA z zahtevami ustreznega dela standarda za SESTAV iz skupine SIST EN 61439. Predvideti je pač treba tipične porazdelitve elementov v standardnem proizvodnem programu SESTAVOV. Namreč, razdelilnik se navadno ne preverja za neko specifično uporabo, ampak za tip proizvoda. Drugače je, če je prišlo do pomembnih odstopanj od tipskega SESTAVA.

Za preverjanje zasnove je odgovoren proizvajalec!

Zasnova SESTAVA se preveri na enega ali več od naslednjih načinov:

- s preskušanjem;
- s strukturirano primerjavo s preskušeno referenčno zasnovo in oceno z izračunom;
- z uporabo strogih pravil za snovanje.

Kje in kdaj se uporabijo različne možnosti preverjanja, je opredeljeno v skupini standardov SIST EN 61439. V nekaterih primerih lahko na tehnične karakteristike SESTAVA vplivajo preskusi preverjanja, kot npr. kratkostični preskus. V tem primeru se preskus ne izvede na SESTAVU, ki je namenjen vključitvi v obratovanje.

Dokumentacija: Proizvajalec mora hraniti vso dokumentacijo o vseh preverjanjih zasnove, vključno z uporabljenimi podatki, izračuni in primerjavami kot tudi rezultate izvedenih preskusov. Ta dokumentacija predstavlja del intelektualne lastnine proizvajalca.

KOSOVNO PREVERJANJE

Kosovno preverjanje se izvede na vsakem proizvedenem SESTAVU, pred transportom iz proizvodnje. Namenjeno je odkrivanju okvar v materialih vgrajenih elementov in izdelavi ter potrjevanju pravilnega in točnega delovanja izdelanega SESTAVA.

Kosovno preverjanje se ne zahteva za naprave in samostojne komponente, ki so vgrajene v SESTAV. Uporabljajo se tri metode za kosovno preverjanje konstrukcije in tehničnih lastnosti SESTAVA:

Preverjanje s preskušanjem se uporablja za:

- izolacijske in plazilne razdalje;
- zaščito pred električnim udarom in neprekinjenost zaščitnih vodnikov (za kovičene spoje);
- sponke za zunanje vodnike;
- mehanske operacije;
- dielektrične lastnosti.

Preverjanje z vizuelnim pregledom se uporablja za ugotavljanje:

- stopnje zaščite okrovov;
- izolacijskih in plazilnih razdalj (v omejenih pogojih);
- zaščite pred električnim udarom in neprekinjenost zaščitnih vodnikov. Kontrolirajo se učinkovitost med izpostavljenimi prevodnimi deli in zaščitnimi vodniki ter učinkovitosti zaščite SESTAVA pri zunanjih okvarah.

Preverjanje po navodilih proizvajalca komponent se po potrebi izvaja pri:

- vgradnji stikalnih naprav in komponent;
- notranjih električnih tokokrogih in spojih;
- sponkah za zunanje vodnike.

Za SESTAVE se ne zahteva nobeno preskušanje na kraju samem.

OZEMLJITVENI SISTEM

Sistemi za ozemljitev v nizkonapetostni električni inštalaciji so odvisni od uporabe, glede na kdaj, kako in kje se ozemljuje. Ozemljitveni sistem se izbere skladno s predpisi, kot določi upravljavec omrežja in glede na prednosti enega sistema pred drugimi.

Pri zasnovi pomožnih tokokrogov je treba upoštevati ozemljitveni sistem napajanja, da se zagotovi, da zemeljski stik ne povzroči nenamerne delovanja.

Naročnik specificira ozemljitveni sistem.

NAZIVNA NAPETOST IN PREHODNE PRENAPETOSTI

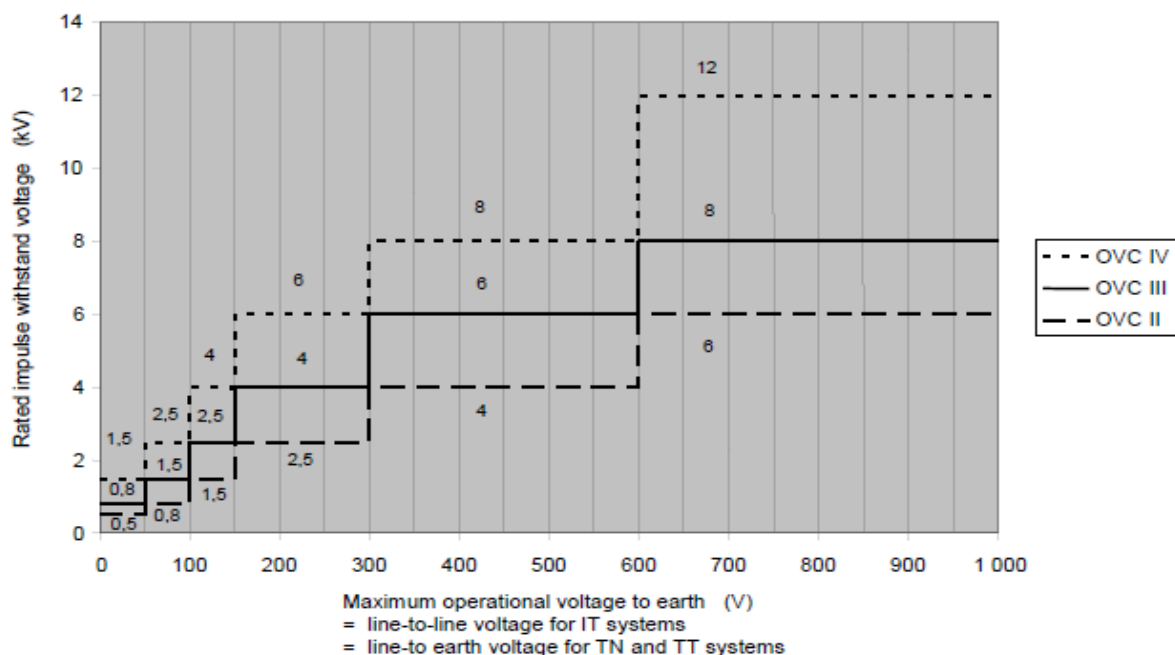
Nazivna napetost električnega sistema določa številne karakteristike SESTAVA. Nazivno napetost sistema mora opredeliti uporabnik. Potem proizvajalec določi ustrezne vrednosti za druge naznačene napetosti, predvsem pa za:

- naznačeno obratovalno napetost U_e tokokrogov SESTAVA,
- naznačeno izolacijsko napetost U_i .

Glede na nazivno napetost sistema je treba predvideti tudi zaščito pred prenapetostmi. V nizkonapetostnem omrežju se ob pojavu prenapetosti magnituda vala zmanjšuje z večanjem razdalje od lokacije nastanka prenapetosti. Zato je primerno imeti SESTAVE, prirejene za različne nivoje prenapetosti, ki jih določa njihova lokacija v električnem omrežju oziroma inštalaciji.

Za vgradnjo v SESTAVE se uporabljajo kategorije elementov prenapetosti III in IV. Za natančnejša navodila za uporabo teh elementov je treba upoštevati zahteve standardov SIST EN 61439 – 3 in IEC 60364 – 4-44, Poglavje 443.

Sicer pa se prenapetostna kategorija elementov razbere iz enočrtne sheme SESTAVA.



Slika 1: Zahtevana naznačena zdržna udarna napetost

Naslednji korak je, da proizvajalec iz prenapetostne kategorije, nazivne napetosti in vrste električnega napajanja določi primerne vrednosti za naznačeno zdržno udarno napetost (U_{imp}). Razmerje prikazuje slika 1.

Naznačena zdržna udarna napetost (U_{imp}) je merilo za odpornost SESTAVA proti prehodnim prenapetostim. SESTAV mora biti sposoben oz. zdržati:

- prehodno prenapetost – kratkotrajno prenapetost s trajanjem nekaj mili sekund ali manj, nihajočo ali nenihajočo, po navadi močno dušeno in
- začasno prenapetost – prenapetost omrežne frekvence z relativno dolgim trajanjem (nekaj sekund).

Naznačena zdržna udarna napetost U_{imp} definira prehodno prenapetost, ki jo mora zdržati, v območju 0,33 kV in 12 kV.

KRATKOSTIČNA ZDRŽNA ZMOGLJIVOST

Kratki stiki so v pravilno načrtovanih in vodenih omrežjih redki, če pa pride do njih, imajo izredne zahteve za SESTAVE. Kratkostični toki in prekinjanje le-teh lahko povzroči mehanske, toplotne obremenitve in ionizacijo zraka.

Pri SESTAVU je treba biti pozoren na:

- pričakovani kratkostični tok na napajalnih sponkah I_{cp} (kA);
- pričakovani kratkostični tok v nevtralnem vodniku;
- pričakovani kratkostični tok v zaščitnem vodniku.

Pri SESTAVU je treba izvesti koordinacijo kratkostičnih zaščitnih naprav vključno s podrobnostmi zunanjih zaščitnih naprav. SESTAVE, ki so bili izpostavljeni kratkemu stiku, naj pregleda in uredi strokovna oseba proizvajalca.

Električna inštalacija se lahko napaja z električno energijo iz več virov napajanja. Viri so lahko sočasno delujoči (vzporedno obratovanje transformatorjev), večinoma pa niso (diesel agregat, dvostransko napajanje itd.). V takih primerih mora uporabnik za napajalne tokokroge navesti značilne podatke. Proizvajalec bo določil vrednosti kratkostičnih tokov na vsaki dovodni oziroma odvodni enoti. Tako bo izdelal in dobavil ustrezni SESTAV.

ZAŠČITA OSEB PRED ELEKTRIČNIM UDAROM

Zaščita pred električnim udarom mora biti izvedena skladno z zahtevami standarda SIST HD 60364 – 4-41. Poleg tega mora SESTAV sam zagotavljati zaščito ob okvari.

Osnovna zaščita je namenjena preprečitvi neposrednega dotika nevarnih delov pod napetostjo. Doseže se s primernimi konstrukcijskimi ukrepi na SESTAVU ali z dodatnimi ukrepi, kot je postavitve v prostore, kjer imajo dostop le pooblašene osebe.

Zaščita ob okvari je namenjena zaščiti pred posledicami okvare v SESTAVU. Tudi v tem primeru je treba upoštevati zahteve standarda SIST HD 60364 – 4-41.

Pri zaščitnem ukrepu s samodejnim odklopom napajanja mora vsak SESTAV imeti ustrezen zaščitni tokokrog, da se med seboj povežejo vsi izpostavljeni prevodni deli SESTAVA. Upoštevati je treba:

- če se del SESTAVA odstrani, se zaščitni tokokrog preostalega SESTAVA ne smejo prekiniti;

- za pokrove, vrata, pokrivne plošče in podobno se navadni kovinski vijačni spoji in kovinski tečaji štejejo za zadostne za zagotovitev neprekinjenosti, če nanje ni pritrjena nobena električna oprema, ki presega mejne vrednosti male napetosti.

Sicer se prevodni del naprave z vodnikom za izenačitev potencialov poveže na zaščitni tokokrog SESTAVA. Zaščitni tokokrog mora biti sposoben zdržati največje toplotne in dinamične obremenitve zaradi okvar, ki nastanejo v tokokrogih, ki jih napaja SESTAV.

Povezava izpostavljenih prevodnih delov z dovodnim zaščitnim tokokrogom je zadostna, če je upornost te povezave manjša od 0,1 Ω .

V primeru zaščite s popolnim izoliranjem se zagotovi ustrezna zaščita pred električnim udarom, ki ne potrebuje dostopnega zaščitnega tokokroga.

OKOLJE NAMESTITVE

Okolje namestitve SESTAVA določa okoljske pogoje na kraju namestitve s podrobno opredelitvijo obratovalnih pogojev, kot so prisotnost tekočin, tujkov, mehanskih vplivov, UV-sevanja, korozivnih snovi, temperatura, vlaga onesnaženje in nadmorska višina. Uporabnik mora določiti pogoje obratovanja.

Stopnja zaščite vsakega SESTAVA pred dotikom delov pod napetostjo ter vdorom trdnih tujkov in vode je označena z oznako IP po standardu SIST EN 60529.

Če ni določeno drugače, stopnja zaščite, ki jo je označil proizvajalec, velja za celoten SESTAV. Vedno je potrebna presoja, ali je SESTAV primeren za vgradnjo v ustrezno okolje.

Možno je, da bo SESTAV deloval v posebnih obratovalnih pogojih, kjer so:

- standardni pogoji spremenjeni, toda predvideni vplivi okolja na SESTAV ostajajo skladni s standardnimi pogoji, ali
- standardni pogoji spremenjeni in predvideni vplivi okolja na SESTAV niso skladni s standardnimi pogoji.

Uporabnik mora tudi navesti, kadar na mestu namestitve obstaja možnost kakšnega posebnih razmer v okolju.

POSEBNI OBRATOVALNI POGOJI

Presoditi je treba možnosti, da se zagotovi okolje, ki ga zahteva standardni SESTAV. Posebni obratovalni pogoji pa so:

- podnebni pogoji;
- zaščita pred vdorom mehanskih tujkov in vode;
- udari, vibracije, potresni pojavi in zunanji mehanski vplivi (IK);
- nevarnosti požara in eksplozij;
- izjemne prenapetosti;
- okolje EMC.

NAMEŠČANJE SESTAVA

Metoda namestitve SESTAVA, kako bo postavljen, pritrjen in priključen na mestu namestitve, pomembno vpliva na zasnovo in splošno razporeditev SESTAVA. Sestav je lahko zasnovan z določeno fleksibilnostjo pri načinih splošne namestitve. S tem se zahteve za posebne oblike namestitve in uporabe razlikujejo. Proizvajalca je treba obvestiti o vseh posebnih zahtevah uporabnika. Uporabnik mora navesti podrobnosti priključitve, gabarite, mesta namestitve, tip, lokacijo vstopa in priklop zunanjih vodnikov v SESTAV in druge podobne vidike.

Večina SESTAVOV potrebuje neko obliko vizualnega vmesnika, ali ročno upravljanje, kar zajema:

- nadzor vidnih signalov kontrolnih svetilk, nastavitvev in indikatorje;
- vizualni nadzor stikalnih naprav, nastavitvev in indikatorjev;
- nastavitvev, ponastavitvev relejev, sprožilnikov in elektronskih naprav;
- uporabo ročic za upravljanje, stikalnih gumbov, preklopnih stikal ipd.

Proizvajalec SESTAVA mora zagotoviti, da so kljub ustrezni zaščiti pred električnim udarom dostopne vse komponente za ročno upravljanje. Glede zaščite pred električnim udarom mora biti podana zahteva o ravni znanja osebja, ki bo rokovalo in upravljalo naprave SESTAVA.

Opozoriti je treba še, da morajo biti prožilniki nujnostnih stikalnih naprav dosegljivi v območju 0,8 m okoli in 1,6 m nad podnožjem SESTAVA, če uporabnik ne navede drugače.

UPORABNIKOVE ZAHTEVE ZA VZDRŽEVANJE SESTAVOV

V času življenjske dobe je SESTAVE treba vzdrževati, nekateri se tudi nadgradijo ali razširijo. Večina SESTAVOV se vzdržuje, nadgrajuje in širi, ko so izključeni z napajanja. To ni vedno izvedljivo. V nadaljevanju je nekaj navodil, kako naj izvajalec SESTAV izdela, da se s primernimi varnostnimi ukrepi izvajajo posamezna vzdrževalna dela, ko so omejeni in določeni deli SESTAVA ločeni od napetosti.

Uporabnik mora pred izvedbo SESTAVA navesti, kje se bodo izvajali pregledi in podobne operacije, ko je SESTAV v obratovanju in pod napetostjo. Takšna opravila so:

- vizualni pregledi;
- prilagoditev in ponastavitvev relejev, sprožilnikov in elektronskih naprav;
- zamenjava varovalk in signalnih svetilk;
- nekatere operacije za določanje mesta okvare, npr. meritve napetosti in toka s primerno konstruiranimi in izoliranimi napravami.

Uporabnik mora navesti zahteve za vrste električnih povezav pomožnih tokokrogov fiksnih, ločljivih ali izvlačljivih funkcijskih enot ali delov. SIST-TP IEC/TR 61439-0 podaja označevanja teh enot s tričrkovno kodo.

Kjer bodo vzdrževanje pod napetostjo izvajale pooblaščen osebe, je treba navesti, katere naslednje postavke se zahtevajo:

- uporaba zaklepov ali naprav, ki dovoljuje pooblaščenim osebam dostop do delov pod napetostjo, ko oprema obratuje;

- tekoče servisiranje, ko SESTAV obratuje in je pod napetostjo, kot so vizualni pregledi, zamenjava varovalk itd.;
- vzdrževanje na ločeni funkcijski enoti ali ločeni skupini funkcijskih enot, ko so sosednje funkcijske enote pod napetostjo.

Standardi serije SIST EN 61439 ne obravnavajo možnosti izvedbe širjenja SESTAVOV pod napetostjo. Uporabnik mora izvajalca na to opozoriti in podati dodatne zahteve za potrebne lastnosti SESTAVA:

- razdelke, opremljene z zbiralkami in okrovi, ki so pripravljene za širitev;
- razporeditev tokokrogov, da se omogoči ločitev tokokrogov določenih razdelkov, medtem, ko so drugi razdelki pod napetostjo;
- posebne konstrukcijske rešitve z uporabo pregrad, predelkov, ovir, ločilnih sten, odstavljivih pokrovov, vrat, zaščitnih plošč itd.

Tipično razporeditev ločitev znotraj SESTAVA obravnavani dokument poda v dodatku B. Notranje ločitve se uporabijo za izpolnitev pogojev med funkcijskimi enotami, ločenimi predeli ali ograjenimi zaščitnimi prostori:

- zaščita pred dotikom nevarnih delov – stopnja zaščite je vsaj IP XXB;
- zaščita pred vdorom trdnih tujkov – stopnja zaščite je vsaj IP 2X.

ZAKLJUČEK

V referatu predstavljeno tehnično poročilo SIST-TP IEC/TR 61439-0 je dokument, ki dopolnjuje standard SIST EN 61439, vse dele. Pravzaprav podaja algoritme, oziroma je vodilo, kako se lotiti zasnove, kako načrtovati in na koncu, kako izdelati ustrezen, kaj ustrezen, kako izdelati najboljši razdelilnik oziroma SESTAV za napajanje nizkonapetostne električne inštalacije.

Obravnavani dokument mora biti v zbirki standardov vsakega podjetja, ki se ukvarja z izdelovanjem razdelilnikov. Ne sme biti le na knjižni polici, ampak na delovni mizi zaposlenih, ki so tako ali drugače odgovorni za izdelavo razdelilnikov/ SESTAVOV v nekem podjetju.

Obravnavani dokument v besedilu omenja predvsem dva subjekta, odgovorna za izdelavo najboljšega razdelilnika: uporabnika in izvajalca. Tako se postavi vprašanje, kdo je uporabnik? Uporabnik/naročnik napiše projektno nalogo za celotno električno inštalacijo, všteti razdelilnike. Uporabnik izbere projektanta, ki bo sprojektiral električno inštalacijo. S tem tudi projektant postane uporabnik glede na izdelovalca razdelilnika. Tako se morata naročnik in projektant uskladiti glede zahtev za posamezni razdelilnik.

Proizvajalec pa je subjekt, ki razdelilnik izdela in ga tudi dostavi na dogovorjeno lokacijo. Proizvajalec tudi pripravi vso potrebno dokumentacijo po zahtevah standarda SIST EN 50439, vsi deli. V veliko pomoč pri izdelavi dokumentacije najboljšega razdelilnika je ravno tehnično poročilo SIST-TP IEC/TR 61439 – 0.

UPORABLJENA LITERATURA

Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (Ur. list RS 17/2011);

SIST EN 61439 – 1:2012, Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 1. del: Splošna pravila;

SIST-TP IEC/TR 61439 – 0:2016, Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav – 0. del: Navodila za specificiranje sestavov.



Ervin Seršen, univ. dipl. inž. el.

sersen.ervin@gmail.com

ENERGIJSKA UČINKOVITOST ELEKTRIČNE INŠTALACIJE (SIST HD 60364-8-1)

Povzetek:

Energijska učinkovitost je dobila v Evropski uniji pomembno mesto že pred leti. Direktiva (EU) 2018/2022 z dne 11. decembra 2018 določa, da mora Slovenija v okviru politike energetske učinkovitosti doseči skupini prihranek končne porabe energije, ki ustreza letnim prihrankom v obdobju od 1.1.2021 do 31.12.2030 v višini 0,8 % letne porabe končne energije glede na povprečje zadnjih treh let pred 1.1.2019.

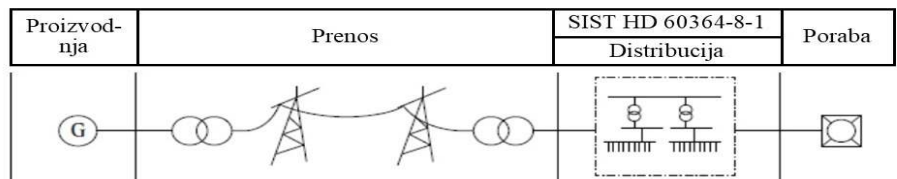
Slovenija bo težko dosegla cilje, ki izhajajo iz tega. Kaj kmalu se je v EU ugotovilo, da za izboljšanje energijske učinkovitosti ni dovolj sprejeti zakonski akt v obliki evropske direktive ali uredbe, ki predpisuje prihranek, ampak je treba pripraviti standard v katerem so navodila za delo.

Poleg tega je treba tudi državljanse ozavestiti o novih tehnologijah. Zelo opazen napredek je bila uvedba energijskih nalepk za gospodinjske aparate. Podoben namen ima sprejet standard SISTHD 60364-8-1:2019 Nizkonapetostne električne inštalacije - 8-1. del: Energijska učinkovitost, ki po posameznih ukrepih točkuje električno inštalacijo in jo deli na inštalacijo v stanovanjskih in poslovnih prostorih (pisarne, trgovine, javni prostori, banke, hoteli), industrijskih prostorih (tovarne, delavnice, logistični centri) in infrastrukturni prostori (letališča, pristanišča, železniške postaje).

Dimenzioniranje prerezov vodnikov se vrši glede na dopustno segrevanje izolacije na vodnikih. Če se prerezi vodnikov povečajo, se zmanjšajo izgube in s tem tudi stroški obratovanja v celotni življenjski dobi inštalacije. Serija evropskih standardov HD 60364 je obravnavala samo varnost nizkonapetostnih inštalacij. Z izdajo standarda SIST HD 60364-8-1 se je to spremenilo, ker standard določa ukrepe za povečanje energijske učinkovitosti inštalacij.

Uporaba standarda je prikazana na skici:

Uporaba standarda je prikazana na skici:



V prispevku bo prikazano točkovanje za izvedene posamezne ukrepe k energijski učinkovitosti, ki temelji na porabi v kWh. Prikazana bo tudi metoda ocenjevanja, ki omogoča klasifikacijo inštalacije v naslednje razrede učinkovitosti: EE0 (zelo nizka), EE1 (nizka), EE2 (standardna), EE3 (povišana) in EE4 (optimalna).

Energijska učinkovitost električne inštalacije (SIST HD 60364-8-1) [1]

Ervin Seršen, Arja vas 86, 3301 Petrovče
sersen.ervin@gmail.com; 031/390044

1. Uvod

Zemeljski energetski viri so omejeni, zato je treba rabo teh virov čim bolj omejiti, vendar to naj ne vpliva na udobje. Raba energije v stavbah predstavlja okoli 40 odstotkov porabe celotne končne energije v EU in s tem povzroča nastanek 36 odstotkov emisij CO₂. Pretežni del te energije (v Sloveniji okoli 80 odstotkov) se porablja za dosego ustreznih bivalnih in delovnih pogojev ter pripravo tople vode v stavbah. Ocene kažejo, da je mogoče v stavbah z ekonomsko upravičenimi ukrepi prihraniti okoli 22 odstotkov energije.

Unija je odločena, da bo vzpostavila energetska unijo s podnebno politiko, usmerjeno v prihodnost. **Energijska učinkovitost** je bistveni element okvira podnebne in energetske politike Unije do leta 2030 in je ključnega pomena za zmanjšanje povpraševanja po energiji. Označevanje z energijskimi nalepkami aparatov in naprav omogoča strankam, da se ozaveščeno odločajo na podlagi tega, koliko energije porabijo izdelki, povezani z energijo. Informacije o učinkovitih in trajnostnih izdelkih, povezanih z energijo, pomembno prispevajo k varčevanju z energijo ter zmanjšanju stroškov za energijo, obenem pa spodbujajo inovacije in naložbe v proizvodnjo energijsko učinkovitejših izdelkov. Izboljšanje učinkovitosti izdelkov, povezanih z energijo, na podlagi ozaveščenih odločitev strank in harmonizacije povezanih zahtev na ravni Unije, koristi tudi proizvajalcem, industriji in celotnemu gospodarstvu Unije.

1.1. Kaj je sploh energijska učinkovitost?

Vsak dan slišimo o **energijski učinkovitosti**, ko se omenjajo učinkovite hiše, naprave, svetila, Najpreprostejša definicija bi bila: »Energijsko učinkovite naprave porabijo manj energije za dosego istega cilja« [2]. Prihranke na energijskem področju je mogoče doseči z varčevanjem ali povečanjem njegove učinkovitosti. Izklon svetil v prostoru, kjer ni nobene potrebe po osvetlitvi in se to doseže z namenom zmanjšati porabo, je **ukrep varčevanja z energijo**. Drug ukrep je, če se zamenja konvencionalna volframova žarnica s svetilko LED, to je izboljšanje energijske učinkovitosti. Z večjo energijsko učinkovitostjo se znižujejo stroški pri enakem udobju oziroma funkciji naprave.

Električna energijska učinkovitost se razume kot zmanjšanje električne moči in energije v električnem sistemu, ne da bi to vplivalo na normalne funkcije, ki se izvajajo v stavbah in industrijskih prostorih ter drugih prostorih.

V IEC Glossary je v točki 3.1.7 standarda IEC 60364-8-1 definirana »electrical energy efficiency« definirana »**električna energijska učinkovitost**« kot sistemski pristop k optimizaciji učinkoviti rabi električne energije. Opomba 1: Ukrep za izboljšanje energijske učinkovitosti upošteva tako porabo električne energije kot tudi ceno in vpliv na okolje (<https://std.iec.ch/terms/terms.nsf/9bc7f244dab1a789c12570590045fac8/506377d3b8197651c1257d930039c667?OpenDocument>)

IEC v standardu IEC 60364-8-1 na svoji spletni strani (Supporting Documents) [3] definira energijsko učinkovitost pri proizvodih kot razmerje med izhodom in vhomom (slika 1).

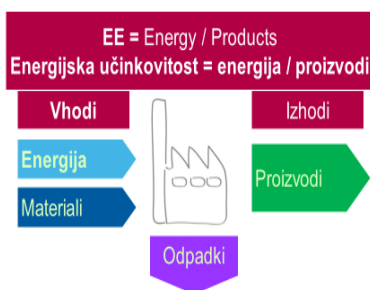
Energijska učinkovitost pri proizvodih se definira kot razmerje med izhodom in vhomom (slika 1). V standardu za učinkovitost električne inštalacije to razmerje med izhodom in vhomom ni uporabno, ker ni merljivih izhodov. Stavbe nudijo storitve (**fizični komfort**: temperatura,

osvetljenost, hrup, kakovost zraka, dostopnost; **fiziološki pristop**: varnost, sigurnost, zaščita, estetika, ergonomija; **učinkovitost**: razpoložljivost, fleksibilnost, komunikacije, produktivnost, povezljivost), ki se spreminjajo s časom. Spreminja se tudi poseljenost stavbe, omejena je električna (varovalke) in njena cena se spreminja od letnega časa, od dneva v tednu (slika 2), od ure v dnevu,... Ukrepi za izboljšanje energijske učinkovitosti temeljijo na »donosnosti naložbe« »Return on Investment« (ROI). Iz tega sledi, da je to sistemski pristop.

V standardu SIST HD 60364-8-1 je v točki 3.1.7 »učinkovitost električne energije / electrical energy efficiency« definirana kot *sistemski pristop k optimalni rabi električne energije*. Pri tem velja, da je za izboljšanje ukrepov za energijsko učinkovitost treba upoštevati porabo električne energije v kWh in njeno ceno, tehnologijo ter vpliv na okolje.

Energijska učinkovitost: kaj je to? 

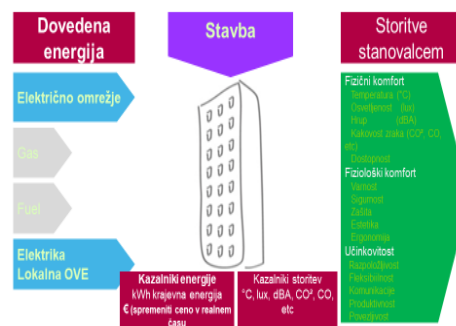
• Pri proizvodnji je energijska učinkovitost razmerje med izhodom (proizvodov) in vhomom (vložena energija)



Slika 1 [3]

Energijska učinkovitost: kaj je to? (3)

- Storitve stanovalcem so navadno merljive
- Področje IEC 60364-8-1 obravnava samo električno energijo



Slika 2 [3]

2. Vloga zakonodaje in standardov pri zmanjševanju rabe energije

Normalno je, da se iščejo rešitve, kje in kako prihraniti energijo. V ta namen se v EU sprejemajo **direktive**, ki se nato prenesejo v nacionalno zakonodajo. Izjalovile so se direktive prenešene v nacionalno zakonodajo, zato se sprejemajo tudi **uredbe**, ki so ustrezen pravni instrument v katerih so jasno določena podrobna pravila in so naslovljena na države. To pomeni, da jih ni potrebno sprejemati v nacionalno zakonodajo. V EU velja naslednja zakonodaja:

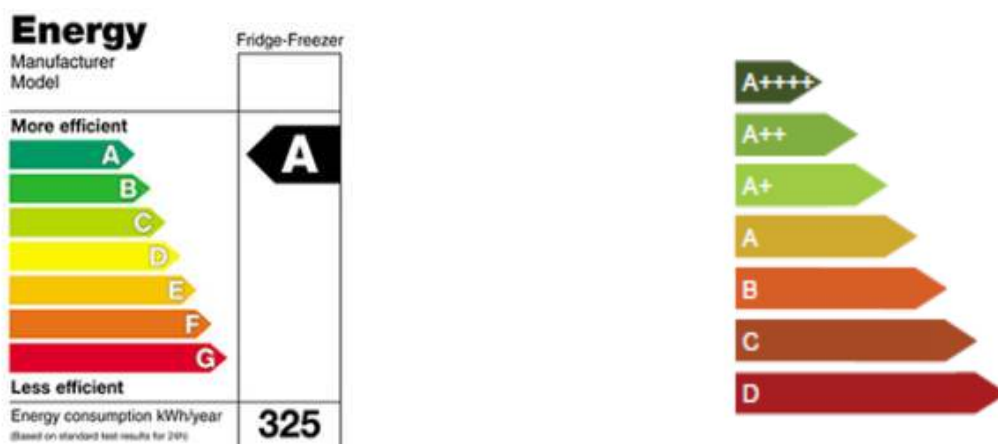
- The EU Emission Trading Scheme (Skupnost EU za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov)
- The Energy Performance of Building Directive (Energetska učinkovitost stavb)
- The European Ecodesign Directive (Directive 2009/125/EC) concerning Energy Using Products (EUP) and Energy Related Products (ERP) (Direktiva o vzpostavitvi okvira za določanje zahtev za okoljsko primerno zasnovo, povezanih z energijo)
- The Energy End-use Efficiency and Energy Services Directive (Direktiva 2006/32//ES o učinkovitosti rabe končne energije in o energetske storitvah).

V slovenski zakonodaji se je na podlagi 324. člena *Energetskega zakona* [4] izdala *Uredba o upravljanju z energijo v javnem sektorju* [5]. Uredba določa obveznost vzpostavitve sistema upravljanja z energijo v stavbah javnega sektorja s ciljem povečanja energijske učinkovitosti in uporabe obnovljivih virov. Določa tudi spodbujanje priprave projektov za energijsko učinkovito prenavo in graditev stavb državnih organov ter javnih zavodov.

Sistem upravljanja z energijo se vzpostavi v stavbah, ki so v lasti Republike Slovenije ali samoupravne lokalne skupnosti in v uporabi državnih organov, katerih površina presega 250 m². Ta sistem vključuje izvajanje energetskega knjigovodstva, določitev in izvajanje ukrepov za povečanje energijske učinkovitosti in rabe obnovljivih virov ter poročanje odgovorni osebi zavezanca. V *Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah* [6], ki v glavnem obravnava gradbene posege, je kot obvezna uporaba navedena *Tehnična smernica TSG-I-004:2022 Učinkovita raba energije*. V njej so navedeni standardi, med njimi ni standarda *SIST HD 60364-1-8:2019 Nizkonapetostne električne inštalacije - 8-1. del: Energijska učinkovitost*. Ta standard je naveden v Tehnični smernici TSG-02-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije.

2.1. Označevanje z energijskimi nalepkami po Uredbi

Komisija je po pregledu Direktive 2010/30/E Evropskega parlamenta in Sveta [7] ugotovila, da je treba posodobiti pravila za označevanje z energijskimi nalepkami z namenom izboljšati njegovo učinkovitost. To se je zgodilo zaradi tehnološkega napredka, ki je bil dosežen v zadnjih letih na področju učinkovitosti izdelkov. V novi Uredbi (EU) 2017/1369 [8] so zahteve za označevanje energijske učinkovitosti poenostavljene. Določena je nova lestvica od A (najbolj učinkovit) do G (najmanj učinkovit), ki zamenjuje stari sistem A+++ do G, ki zaradi razvoja vedno bolj energijsko učinkovitih izdelkov v zadnjih letih potrošnikom ni omogočal več jasnega razlikovanja. Poleg tega se bo vodila tudi zbirka podatkov, ki je zahtevana v Energetskem zakonu in bo omogočala javnosti, da se bo seznanila z nalepkami izdelkov in informacijskimi listi, kar bo olajšalo primerjavo energijske učinkovitosti gospodinjskih aparatov.



Slika 3: Primer nove in stare lestvice energijske učinkovitosti za proizvode

2.2. Standardi serije IEC 60364 oziroma HD 60364

Standardi serije 60364 se na mednarodnem nivoju pripravljajo v tehničnem odboru IEC TC 64 »Electrical installations and protection against electric shock«. Na evropskem nivoju v tehničnem odboru CLC TC 64 »Electrical installations and protection against electric shock«. V Sloveniji se s temi standardi ukvarja tehnični odbor SIST TC ELI (Električne inštalacije).

Delo tega evropskega tehničnega odbora se izvaja na dveh področjih. Prvo področje je **zaščita pred električnim udarom**, ki izhaja iz opreme, inštalacij in iz sistemov. Najbolj pomemben standard, ki je tudi osnovni standard za varnost, je *SIST HD 61140:2016 Zaščita pred električnim udarom – Skupni vidiki za inštalacijo in opremo* (cene: 96,80 EUR v angleškem jeziku; 127,05 EUR v slovenskem jeziku). Nov poslovni model na SIST-u omogoča pri obeh cenah 10 odstotni popust in kar je novo, ponuja tudi e-branje standarda v angleškem jeziku za

1 dan po 9,68 Eura in v slovenskem jeziku 12,71 Eura. Za primerjavo: DIN EN 61140 v nemškem jeziku: 105,28 EUR v angleškem jeziku (verzija IEC): 268,41 EUR oziroma original na strani IEC 364 CHF (332,75 EUR). Drugi standard je *SIST HD 193 S2:2000 Napetostna območja za električne inštalacije zgradb* (IEC 60449:1973 + A1:1979), katerega cena v angleškem jeziku na SIST je 38,72 EUR in e-branje 5,0 Eura. Ta standard podpira Direktivo 2014/35/EU. [9]

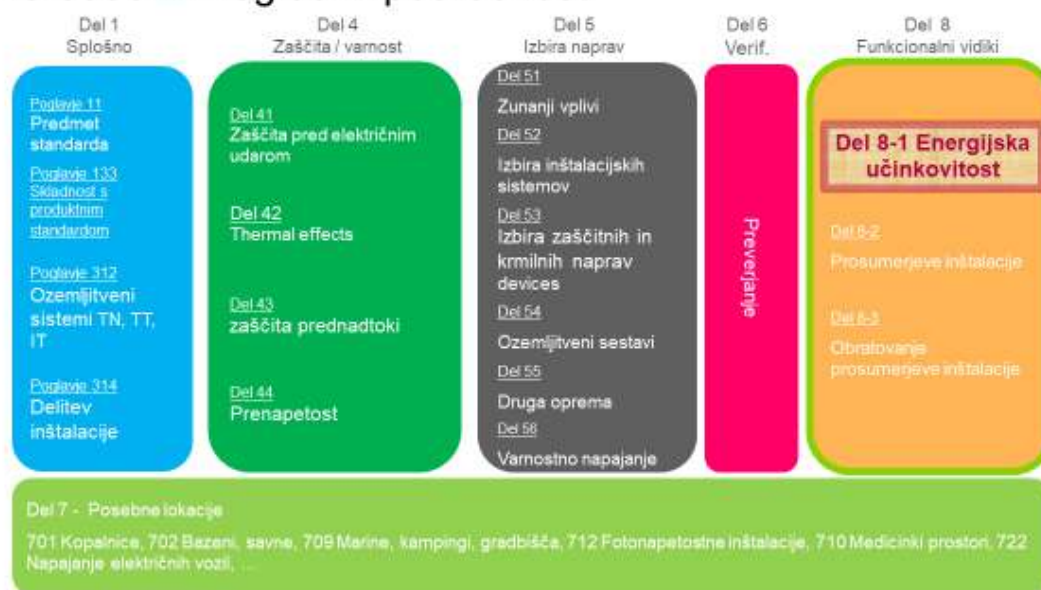
Drugo področje dela tega tehničnega odbora je **načrtovanje, namestitve (polaganje) in preverjanje** vseh vrst nizkonapetostnih inštalacij, ki jih obravnava serija standardov SIST HD 60364. Poleg teh standardov so pomembni še naslednji iz tega področja:

- SIST-TP CLC/TR 50479:2007 Vodilo za električne inštalacije – Izbira in namestitve električne opreme - Inštalacijski sistemi - Omejitev segretka na priključkih,
- SIST-TP CLC/TR 50480:2011 Določanje prereza vodnikov in izbira zaščitnih naprav,
- SIST HD 308 S2:2002 Identifikacija žil v kablilih in zvičajih vrvicah,
- SIST HD 50573-5-57:2014 Koordinacija električnih naprav (razveljavljen 1.4.2019).

Standardi serije HD 60364 se razlikujejo od standardov IEC 60364. Vsi deli iz IEC nimajo zrcalnih delov v CENELEC, zato nekatere države ponekod uporabijo standarde iz IEC. Ker se pravila za električne inštalacije v posameznih državah razlikujejo, zato tudi ti standardi niso navedeni v nobeni direktivi.

2.2.1. Pregled posameznih delov serije standardov IEC 60364 [3]

IEC 60364: Pregled in podrobnosti



V tehničnem odboru IEC TC 64 (Električne inštalacije) se je konec leta 2010 pričelo s projektom na popolnoma novem standardu, ki se je za razliko od ostalih standardov iz tega področja začel ukvarjati z dodatnimi zahtevami pri načrtovanju električnih inštalacij – **čim manjšo porabo energije**.

Pri novih inštalacijah naj sodelujoči, lastnik ali investitor, upravljalec in načrtovalec, že v naprej določijo enega izmed **energijskih razredov** električne inštalacije.

2.2.2. Energijska učinkovitost električne inštalacije po standardu 60364-1-8

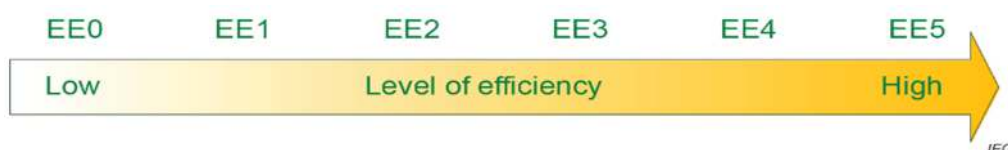
Energijska učinkovitost bo v prihodnosti igrala vedno večjo vlogo v standardih, certifikatih, zakonih in pravilih. Zato je smiselno začeti čim prej, da bi izboljšali energetske učinkovitost v električnih inštalacijah. Pri tem si lahko pomagamo s standardom *SIST HD 60364-1-8:2019 Niskonapetostne električne inštalacije – 8-1. del: Energijska učinkovitost*. Obravnava načrtovanje, gradnjo in pregledovanje niskonapetostnih inštalacij ter s posodobitev obstoječih inštalacij. Namen standarda je povečati energijsko učinkovitost in zmanjšati porabo energije v električnih inštalacijah. Podlaga so redne meritve, ki omogočajo pridobitev podatkov za optimiranje.

Energijske nalepke so odigrale svojo vlogo tako, da lahko kupci izberejo proizvod na podlagi energijske porabe proizvoda. Za optimizacijo energijske učinkovitosti inštalacije je potreben sistematičen pristop, ki je bil tudi izziv za standardizacijo: **preiti iz standardizacije izdelka na standardizacijo sistema**. Na tak način se lahko izkoristi celoten potencial energijske učinkovitosti.

Energijska učinkovitost električne inštalacije po standardu *SIST HD 60364-8-1:2019 Niskonapetostne električne inštalacije - 8-1. del: Energijska učinkovitost* po posameznih **ukrepih točkuje** električno inštalacijo in jo deli na inštalacije v **stanovanjskih in poslovnih prostorih** (pisarne, trgovine, javni prostori, banke, hoteli), **industrijskih prostorih** (tovarne, delavnice, logistični centri) in **infrastrukturne** prostore (letališča, pristanišča, železniške postaje). V standardu je navedena metoda za ocenjevanje energijske učinkovitosti električne inštalacije in je opisana za:

- obstoječo inštalacijo,
- upravljanje z energijo,
- vzdrževanje karakteristik,
- monitoring moči,
- bonus (obnovljivi viri, hranjenje).

Za vsak ukrep (parameter) so določene točke, ki označujejo stopnjo učinkovitosti od EE0 do EE5, kot je prikazano na sliki 4:



Slika 4 [3]

Datum umika nasprotujočih standardov je bil do **2022-06-14**. To pomeni, da se je lahko do tega datuma uporabljal standard iz leta 2019 in standard iz leta 2015. Razlikujeta se v tem, da je v novejšem standardu šest razredov učinkovitosti, v starejšem samo pet. V novejšem standardu sta predelana dodatek A in B.

2.3. Splošno o dimenzioniranju kablov in vodnikov

Dimenzioniranje v razdeljevanju električne energije se izvaja po maksimalni moči oziroma toku, ki povzroči segrevanje vodnika in s tem izolacije. Energija v tem primeru ni pomembna. Energijska učinkovitost električne inštalacije se lahko obravnava tudi tako, da se optimirajo prerezi kablov in vodnikov, konstrukcije transformatorjev, stikalnih in zaščitnih naprav, kjer se upošteva njihova raba električne energije v pričakovani življenjski dobi 20 let ali več.

Večji prerezi kablov in vodnikov zmanjšujejo izgube. Pri večanju prerezov je treba upoštevati prihranjene stroške, ki naj bodo tako veliki, da se s tem utemeljijo predimenzionirani prerezi.

2.3.1. Dimenzioniranje vodnikov in kablov za notranje inštalacije – trenutna praksa

Dimenzioniranje vodnikov in kablov za notranje inštalacije zajema predvsem izbiro prereza vodnikov tako, da se upoštevajo vsi predpisi in standardi, ki vplivajo na to izbiro. Pravilno dimenzioniranje mora zagotoviti varnost, zanesljivost, kakovost in gospodarnost.

Dimenzioniranje vodnikov in kablov lahko razdelimo na:

- termično dimenzioniranje (dopustne tokovne obremenitve), (IEC 60287-3-2),
- električno dimenzioniranje (dopustni padci napetosti), (IEC 60364-5-52),
- mehansko dimenzioniranje in
- gospodarnost.

Za notranje inštalacije se kot glavni parameter pri izbiri prerezov vodnikov upošteva največji trajni tok obremenitve. Pri tem je treba upoštevati še naslednje:

- zaščito pred električnim udarom,
- toplotne učinke, preobremenitve in kratkostični tok,
- padec napetosti in mehansko odpornost.

2.3.2. Dimenzioniranje vodnikov in kablov za notranje inštalacije glede na gospodarnosti [10]

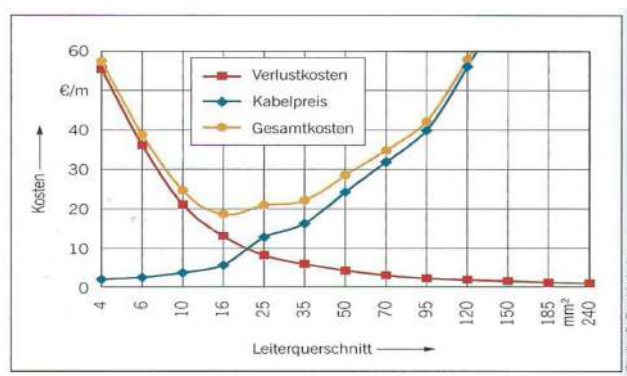
Izgube električne energije v nizkonapetostnih omrežjih in inštalacijah so lahko precejšnje (tudi več kot 10 %) in s tem predstavljajo velik strošek. Zmanjšamo jih lahko s povečanjem prereza vodnika ali kabla, kar predstavlja višji strošek pri nabavi. Dimenzioniranje na gospodarnost se največkrat izvaja v **trajno enakomerno obremenjenih industrijskih inštalacijah** oziroma v inštalacijah z visokimi obratovalnimi urami. Dimenzioniranje prereza izhaja iz padca napetosti.

2.3.3. Izgube v kablu – primer iz tuje prakse [11]

Iz kataloga in cenika najdemo, da je potrebno za 50 m dovodnega kabla NYY 5 x 4 mm² odšteti 95 € [12]. Če je petžilni kabel položen po načinu B2 (SIST HD 60364-5-52) se ga lahko obremeni pri temperaturi okolice 30 °C s 27 A, pri teh pogojih je temperatura vodnika 70 °C. Za vrednost upornosti 4,65 Ω/km znaša upornost za 50 m dolgi kabel 0,23251 Ω. Pri polni obremenitvi 27 A, znašajo in izgube 678 W. Če je cena električne energije 23 ct/kWh, je cena izgub enaka ceni kabla že po 611 urah.

To je zelo enostaven izračun. Obremenilni diagram (slika 3) pokaže, kje je delovna točka in s tem pogoj, kdaj se izplača povečati prerez. To je določeno v točki 6.2 (Determination of load energy profile) standarda *SIST HD 60364-8-1*, kjer je zapisano: »V inštalacijah je treba določiti predviden obremenilni diagram, ki se ga dobi z meritvami ali z uporabo sintetičnih profilov (tipične krivulje obremenitve) bremen ali skupine bremen«.

Če ni meritev ali sintetičnih profilov se v inštalaciji določijo glavna bremena (na podlagi naznačenih vrednosti opreme) vključno s pričakovanim trajanjem. Ta poraba se lahko prišteje k obremenilnemu diagramu.



1.1

1.2 Slika 3 (Verlustkosten – stroški izgub; Kabelpreis – cena kabla; Gesamtkosten – celotni stroški)

3. Poglavja v standardu 60364-8-1 in bistvene zahteve¹

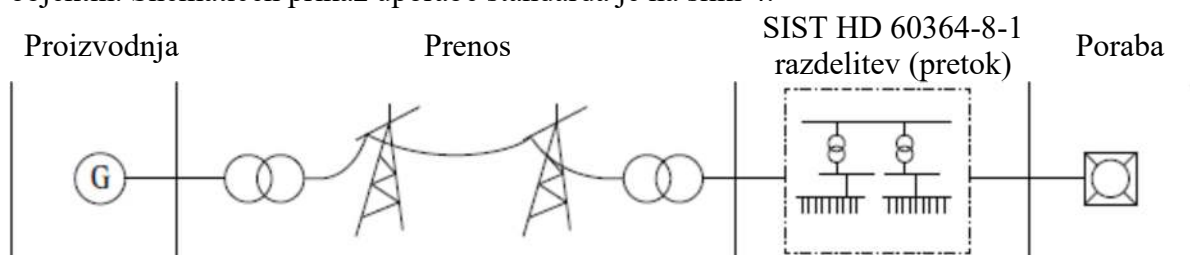
Prva izdaja standarda je bila pripravljena v oktobru leta 2014. V februarju 2019 je bila izdaja posodobljena. IEC 60364-8-1 izdaja 2 podaja zahteve in priporočila za načrtovanje električne inštalacije s pomočjo energijske učinkovitosti enako kot so varnostna in izvedbena pravila. V predelovalni industriji je energijsko učinkovitost enostavno določiti s količino energije (kWh), ki je potrebna za proizvodnjo enega izdelka. Za električno inštalacijo v stavbi je energijska učinkovitost opredeljena kot sistemski pristop, katerega cilj je optimizacija rabe električne energije, ki vključuje:

- zmanjšajte izgube energije,
- uporabite električno energijo ob pravem času in po nižji ceni,
- vzdržujte tehnične lastnosti celotnem življenjskem ciklu namestitve.

3.1. Področje uporabe

Ta del standarda 60364-8-1 določa dodatne zahteve, ukrepe in priporočila za načrtovanje, polaganje, obratovanje in preverjanje vseh vrst nizkonapetostnih električnih inštalacij, vključno z viri lokalne proizvodnje in hrambe energije z namenom učinkovite rabe elektrike.

Navaja zahteve, priporočila in metode za načrtovanje in ocenjevanje energijske učinkovitosti električne inštalacije po konceptu energijske učinkovitosti s ciljem zagotoviti kakovostno napajanje z najnižjo porabo pri najvišji razpoložljivosti in ekonomskem ravnotežju. To velja za nove inštalacije in tudi za tiste, ki se prenavljajo. Standard se uporablja za električne inštalacije ali sisteme v stanovanjskih stavbah, poslovnih in industrijskih objektih ter infrastrukturnih objektih. Shematičen prikaz uporabe standarda je na sliki 4.



Slika 4

¹ Številke v oklepaju so številke točk iz standarda SIST HD 60364-8-1

Standard ne velja za učinkovitost proizvodov za katere se uporabljajo drugi standardi, ki obravnavajo tudi druge funkcionalne lastnosti.

3.2. Povezava s standardi

V standardu je naveden tudi standard *IEC 60287-3-2:2012 Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-2: Sections on operating conditions - Economic optimization of power cable size* (prevod: Električni kabli – Izračun tokovne obremenljivosti – Del 3-2: Poglavje o obratovalnih pogojih – Ekonomska optimizacija velikosti kablov). **Tega standarda ni v sistemu slovenske standardizacije.** Standard določa metodo za izbiro prereza kabla ob upoštevanju začetnih naložb in stroškov izgube v predvideni življenjski dobi, vendar ne upošteva stroškov vzdrževanja in potrebno energijo za prisilno hlajenje. V standardu sta prikazana tudi dva primera izračuna.

3.3. Izrazi, definicije in okrajšave

Poleg vseh naštetih definicij je treba omeniti definicijo za: »**električno energijsko učinkovitost** / electrical energy efficiency (3.1.7)«, ki je sistemski pristop za optimiranje učinkovite rabe električne energije. Ukrepi za izboljšanje energijske učinkovitosti upoštevajo tako porabo električne energije v kWh in ceno elektrike, tehnologijo in vplive na okolje.

Iz definicije in principov načrtovanja izhaja, da je energijska učinkovitost sestavljena iz treh glavnih vidikov:

- zmanjšanje izgub v električni inštalaciji,
- porabljati energijo v času, ko jo potrebujemo in pri najnižji ceni,
- vzdrževati karakteristike inštalacije.

Pri tem je treba poudariti, da zaradi uvajanja ukrepov energijske učinkovitosti, se ne sme zmanjšati varnost električne inštalacije, ki je določena v drugih standardih serije 60364-X-XX. Varnost ima prednost pred ukrepi energijske učinkovitosti. Ponazoritev je na sliki 5.



Slika 5 [3]

3.4. Splošno

Ocena učinkovitosti električnih inštalacij (4.2) in akcijski načrt po izvedeni oceni v dodatku B (4.2.2) se naj izvaja na podlagi meritev. Če ni možno zagotoviti meritev, se lahko izvede ocena tudi z izračunom. Odvisno od vrste inštalacije, se inšpekcijski nadzor izvaja vsakih pet let za komercialne inštalacije in na tri leta za industrijske ter infrastrukturne inštalacije. Nacionalni

tehnični odbori lahko periodiko ocene določijo tudi drugače. Za informacijo: Avstrijci in Angleži so v odstopanjih zapisali, da je dodatek B pri njih informativen.

Po izvedbi nove inštalacije se pripravi dobljen razred energijske učinkovitosti in se primerja z načrtovanim. Če je ta nižji, se ugotovljena odstopanja popravijo in če obstaja lokalna zakonodaja, se ta tudi upošteva. Če se pri periodičnem preverjanju ugotovi nižji razred energijske učinkovitosti inštalacije, se pripravi akcijski načrt za odpravo pomanjkljivosti (4.2.2).

3.5. Sektorji in uporaba

Pri proučevanju električne energijske učinkovitosti se obravnava štiri sektorje:

- stanovanjske inštalacije,
- komercialne inštalacije,
- industrijske inštalacije,
- infrastrukturne inštalacije.

Cilj take delitve je omogočiti boljšo primerjavo med podobnimi inštalacijami. Lokalne oblasti, arhitekti in projektanti, ki uporabljajo ta standard, naj inštalacijo razvrstijo v enega izmed zgoraj naštetih sektorjev in ga še bolj podrobno opredelijo, na primer: hoteli, pisarne, šole, bolnišnice.

3.6. Zahteve za načrtovanje in priporočila

Zahteve in priporočila, ki jih je treba upoštevati pri načrtovanju so (6.1):

- obremenilni diagram za delovno in jalovo energijo (6.2),
- zmanjšati izgube v električni inštalaciji tako, da se upošteva:
 - o določitev optimalne lokacije transformatorjev, lokalnih proizvodnih virov in razdelilnikov z
 - o metodo »barycentra« (6.3),
 - o lokacija srednenapetostnih in nizkonapetostnih postaj (6.4): optimalno število lokacij in postaj (6.4.2), delovna točka transformatorja (6.4.3: izgube v železu in bakru so enake), učinkovitost transformatorja (6.4.4: IEC TS 60076-20:2017
 - o zmanjšanje izgub v ožičenju (6.6.1: padec napetosti, glej 60364-5-52, točka 525; 6.6.2: prerezi vodnikov, glej 60364-5-52, točka 525; 6.6.3: kompenzacija faktorja moči; 6.6.4: zmanjšati vpliv višjih harmonikov),
- lokalna proizvodnja in hramba (6.5: upoštevati razpoložljivost lokalnih virov).

3.7. Določitev con, rabe in skupin

Določitev con, rabe in skupin (7) je potrebna za pravilno določitev skupin (7.4). Cona predstavlja površino ali mesto, kjer se uporablja električna energija, na primer: tovarna, nadstropje v stavbi, površina ali soba ob oknu ali od okna, soba v stanovanju, privatni plavalni bazen, kuhinja v hotelu. Projektanti, inštalaterji ali lastniki stavb se morajo dogovoriti o conah v stavbi (7.1).

Potem, ko so cone določene, se lahko izmerijo in analizirajo različne rabe energije, smer pretoka energije in drugi električni parametri. Rabe energije so lahko: priprava tople vode, ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, osvetlitev, motorji in aparati (7.2).

3.8. Raba energije

Odziv na povpraševanje (Demand response) (7.3) je upravljanje povpraševanja po električni energiji, kot odziv na pogoje napajanja. Odziv na povpraševanje je namenjen prilagoditvi odjema trenutni proizvodnji, zlasti kadar je mogoče proizvajati energijo iz obnovljivih virov (PV, veter). V programih za odziv na povpraševanje je lahko vključeno dinamično tarifiranje, odziv na ponudbo glede cene, pogodbeno ali prostovoljno zmanjšanje obremenitve in direkten nadzor obremenitve.

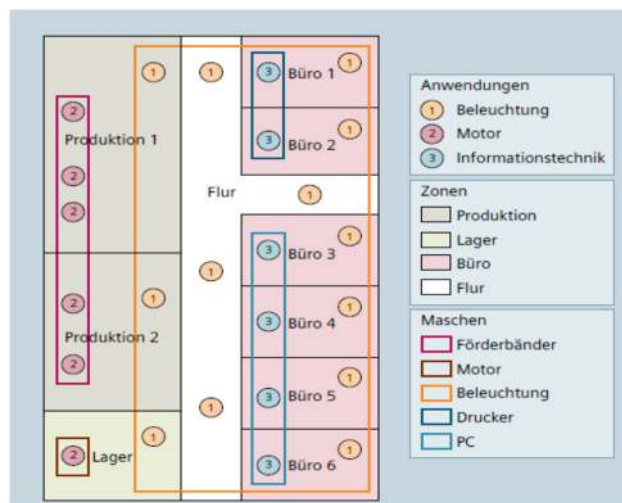
Metode odziva na povpraševanje so:

- časovno odvisne tarife odvisne od časa uporabe (konična tarifa, variabilna tarifa, ...),
- omejitve napajanja,
- krivulje energije v realnem času.

3.9. Določitev con, rabe in zank

Za izvajanje analiz in zahtev za merjenje moči in električne energije, je treba najprej definirati izraze za cono (»zone«), rabo (»usage«) in zanko (mesh) (7.4.1).

Cona predstavlja površino v m² ali lokacijo, kjer se uporablja električna energija. Lahko je to industrijska delavnica, nadstropje v stavbi, prostor ob oknih ali prostor, ki je oddaljen od oken, soba v stanovanju, zasebni bazen, hotelska kuhinja,... Po določitvi con se zaradi merjenja določi **raba** električne energije v tistih conah, ki je lahko za: segrevanje vode, ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, osvetlitev, pogon motorjev in aparatov,... **Zanka** (skupina) je tokokrog ali več tokrogov, ki je značilna za napajanje bremena in se uporablja za upravljanje energijske učinkovitosti. Zanka določa ene več vrst rabe v eni ali več con. Primer različnih rab, con in zank je prikazan na sliki 6.



Slika 6 [3]

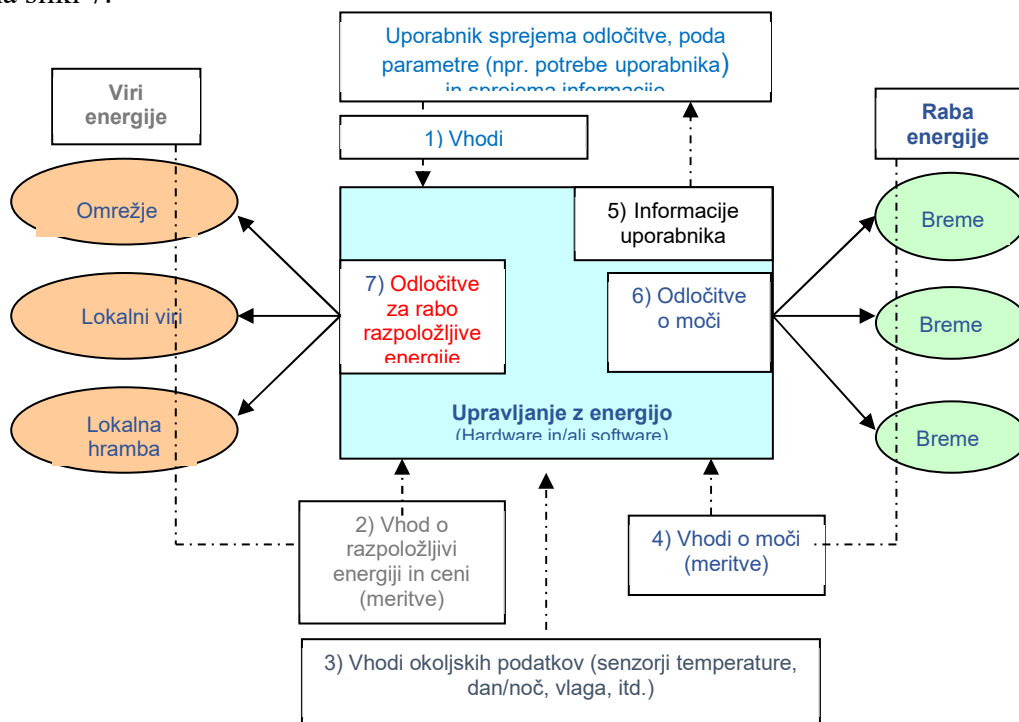
3.10. Vplivni parametri

Na porabo električne energije vplivajo različni parametri, katerih vpliv je treba oceniti. Ti parametri so: zasedenost prostora, ki se določa s prisotnostjo oseb (7.5.2), obratovalni čas (7.5.3), vpliv okolja: zunanja temperatura, sončna osvetljenost, veter, vlažnost, onesnaženje (7.5.4), cena električne energije (7.5.5).

V vseh fazah načrtovanja (7.6) je treba upoštevati energijsko učinkovitost z upoštevanjem različnih obremenitev, rab, con in zank. Pri novih inštalacijah je treba upoštevati vgradnjo merilnih in nadzornih naprav za upravljanje z energijo. Glavni razdelilniki, pa tudi drugi, naj omogočijo ločitev tokokrogov za vsako cono ali zanko (7.6).

3.11. Energijska učinkovitost in upravljanje z obremenitvijo

Energijsko učinkovitost in sistem upravljanja z obremenitvijo nadzira porabljeno energijo, pri tem upošteva bremena, lokalno proizvodnjo in hrambo ter zahteve uporabnika, kot je prikazano na sliki 7.



Slika 7: Sistem za upravljanje energijske učinkovitosti [3]

3.12. Vzdrževanje in izboljšanje karakteristik inštalacije

Uvajanje pasivnih ali aktivnih ukrepov energijske učinkovitost zahteva celovit pristop, zato se v električni inštalaciji optimira poraba električne energije in zahteva vključitev vseh naprav. Porabo energije je treba preverjati z ukrepi, ki prikazujejo stanje in pravo pot za varčevanje (kje je največji porabnik, kako izgleda obremenilni diagram bremena). Prva ocena se lahko izvede z meritvami zank v inštalaciji in se primerja z znanimi karakterističnimi podatki. Nato se izvedejo bolj podrobne meritve, ki se nato analizirajo (9.1).

V obstoječih inštalacijah je treba uvesti tako imenovano »life cycle methodology« (metodologija življenjskega cikla), kar pomeni po določenem programu meriti porabo energije in rezultate analizirati (9.2)

3.13. Parametri za implementacijo ukrepov za učinkovitost

Za doseg zelenega nivoja energijske učinkovitosti so navedeni parametri za uvajanje ukrepov energijske učinkovitosti (10). Pri tem je treba upoštevati:

- učinkovitost električnih porabnikov (aparatorov in naprav),
- učinkovitost električne inštalacije,

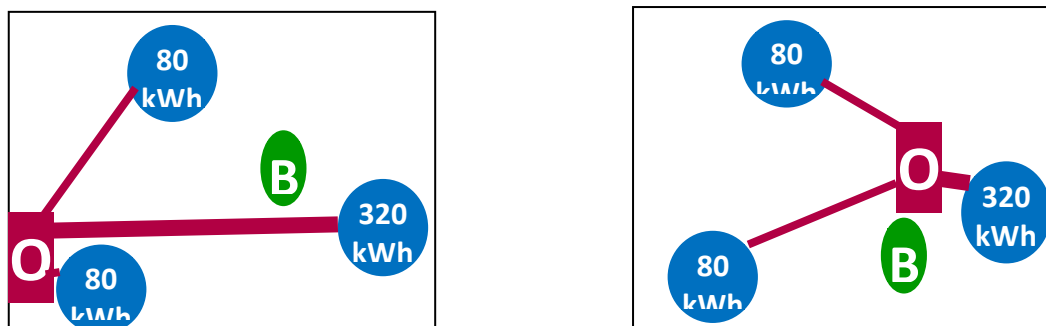
- uvedbo sistema za monitoring,
- vgradnjo lokalnih virov napajanja.

Učinkovitost električnih porabnikov je odvisna od njihovih specifikacij in pravilne uporabe. Pri izbiri motorjev je potrebno razmisliti o uporabi šarterjev ali drugih naprav, kot pogon s spreminjanjem vrtiljajev za črpalke, ventilatorje, kompresorje.... Enako velja tudi za izbiro motorjev, katerih razredi so določeni v IEC 60034-30-1 (*SIST EN 60034-30-1 Električni rotacijski stroji - 30-1. del: Razredi izkoristka enohitrostnih trifaznih motorjev s kratkostično kletko (koda IE)*) (10.2.1.1). Pri razsvetljavi je treba izbrati pravi tip svetil in svetilk s tem, da se upošteva tudi regulacija (10.2.1.2). Izbira regulacij za ogrevanje, prezračevanje in hlajenje zahteva primerne senzorcje za vhodne vrednosti, kot so temperatura, vlaga, prisotnost oseb, itd. (10.2.1.3). Poraba električne energije v električni inštalaciji je odvisna od topologije in ožičenja (10.2.2.). Tam, kjer je več transformatorjev, je treba pri izbiri biti pozoren na vrsto in njegovo učinkovitost (10.2.2.2). Zmanjšanje porabe energije v električni inštalaciji se lahko doseže tudi s kompenzacijo jalove energije (10.2.2.4). Zmanjšanje porabe energije se lahko doseže tudi z vgradnjo sistema za upravljanje z električno energijo (10.2.3). Za izgube v električni inštalaciji je pomemben tudi padec napetosti (10.2.3.4). Oprema, ki povzroča nelinearne motnje v omrežju, kot so močnostna elektronika, inverterji, transformatorji, itd. povzročajo dodatne izgube. Prisotnost harmonikov povzroči večje segrevanje kot linearni potrošniki. Zato se priporoča merjenje harmonikov v inštalaciji (10.2.3.6). Tudi namestitve obnovljivih virov na kraju samem poveča učinkovitost električne inštalacije. Zmanjšajo se namreč izgube v napajalnih vodih, kar se šteje kot indirektni ukrep energijske učinkovitosti. Za postavitve lokalnih virov je treba upoštevati standarde HD 60364-5-55 (točka 551) in za fotonapetostne inštalacije HD 60364-7-712 (10.2.4).

Za povečanje energijske učinkovitosti je treba meritve analizirati in nato pripraviti ukrepe. Kot neposredni ukrep je zapiranje oken in nadzor temperature v stavbi. Drugi ukrepi, ki izhajajo iz analiz predhodnih meritev v določenem časovnem obdobju (na primer eno leto), imajo za posledico vzdrževanje obstoječih rešitev ali uvajanje novih rešitev (11).

3.14. Določitev lokacije transformatorja in razdelilne plošče z uporabo metode »barycenter« (6.3 in dodatek A)

Metoda omogoča določitev najmanjših izgub transformatorjev in razdelilnih plošč tako, da je razdalja do glavnih bremen najmanjša. Metoda temelji na relativno tehtani vrednosti porabe energije bremen tako, da je razdalja do porabnika z večjo porabo energije manjša od tiste z nižjo porabo (slika 8). Treba je poudariti, da je pred pričetkom projektiranja objekta nujen razgovor s projektantom (arhitektom) in lastnikom.



Slika 8: Barycenter metoda [3]

3.15. Metoda za oceno energijske učinkovitosti električne inštalacije (dodatek B)

Metoda za oceno energijske učinkovitosti električne inštalacije navaja parametre, ki vplivajo na učinkovitost v skladu z načeli:

- obstoječega stanja,
- upravljanja z energijo,
- vzdrževanja karakteristik inštalacije,
- monitoringom moči,
- bonusom (lokalna proizvodnja obnovljivih virov).

Metoda se uporablja za nove in obstoječe inštalacije v industrijskih, komercialnih, infrastrukturnih in stanovanjskih prostorih. Za vsak parameter so določene točke, odvisno od stopnje izvajanja.

Table B.30 – Energy efficiency measures parameters

Parameter	Title	See
Initial installation		
II01	Determination of energy consumption	B.3.3.2
Energy management		
EM01	Zones	
EM03	Demand response	B.3.3.3
EM04	Meshes	B.3.3.4
EM08	HVAC control	B.3.3.5
EM09	Lighting control	B.3.3.6
EM05	Measurement by usage	B.3.3.7
Bonus		
BS01	Renewable energy	B.3.3.8.2
BS02	Electrical energy storage	B.3.3.8.3

Table B.1 – Electrical installation efficiency classes

Electrical installation efficiency classes	Total number of points			
	for residential	for industrial	for commercial	for infrastructure
Class EE0	from 0 to 14	from 0 to 19	from 0 to 18	from 0 to 18
Class EE1	from 15 to 30	from 20 to 38	from 19 to 36	from 19 to 36
Class EE2	from 31 to 49	from 39 to 63	from 37 to 60	from 37 to 59
Class EE3	from 50 to 69	from 64 to 88	from 61 to 84	from 60 to 83
Class EE4	from 70 to 89	from 89 to 113	from 85 to 108	from 84 to 106
Class EE5	90 or more	114 or more	109 or more	107 or more



Slika 9 [3]

4. Sklep

Standard SIST HD 60364-8-1 navaja zahteve in priporočila za izboljšanje energijske učinkovitosti električnih inštalacij, ki temeljijo na treh glavnih načelih:

- minimizirati izgube v električni inštalaciji,
- uporabljati energijo ob pravem času in takrat, ko jo potrebujemo ter po najnižji ceni,
- vzdrževati in izboljšati učinkovitost.

To se izvaja na podlagi porabe električne energije (kWh) in ne na podlagi inštalirane moči.

Izvajanje teh zahtev in priporočil:

- ne smejo ogrozati in vplivati na varnostne zahteve,
- veljajo za nove in obstoječe inštalacije,
- lahko se vedno uporabljajo,
- postopek je iterativni.

Tehničnemu odboru SIST TC ELI predlagam, da prevzame v sistem slovenske standardizacije standard: *IEC 60287-3-2:2012 Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-2: Sections on operating conditions - Economic optimization of power cable size* ((Električni kabli – Izračun tokovne obremenljivosti – Del 3-2: Poglavje o obratovalnih pogojih – Ekonomska optimizacija velikosti kablov).

Po obvestilu iz SIST se standard SIST HD 60364-8-1 ne omenja v zakonskih dokumentih, ki jih objavlja gradbena stroka, zato tudi predlog, da se prouči sklicevanje tudi na ta standard. Podatke o sklicevanju na ta standard pri zakonodajalcu nisem iskal.

5. Viri

[1] SIST HD 60364-8-1:2019 Nizkonapetostne električne inštalacije - 8-1. del: Energijska učinkovitost,

[2] <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/> dostop 3.3.2020,

[3]

https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:227:7446714507735::::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1249,25, dostop 3.3.2023,

[4] Energetski zakon (Energetski zakon (Uradni list RS, št. 60/19 – uradno prečiščeno besedilo, 65/20, 158/20 – ZURE, 121/21– ZSROVE, 172/21 – ZOEE, 204/21 – ZOP in 44/22 – ZOTDS)

[5] Uredba o upravljanju z energijo v javnem sektorju (Uradni list RS, št. 52/16, 116/20 in 158/20 – ZURE)

[6] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 70/22 in 161/22

[7] DIREKTIVA 2010/30/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o navajanju porabe energije in drugih virov izdelkov, povezanih z energijo, s pomočjo nalepk in standardiziranih podatkov o izdelku (prenovitev)

[8] Uredba (EU) 2017/1369 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 4. julija 2017 o vzpostavitvi okvira za označevanje z energijskimi nalepkami in razveljavitvi Direktive 2010/30/EU,

[9] DIREKTIVA 2014/35/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 26. februarja 2014 o harmonizaciji zakonodaj držav članic v zvezi z omogočanjem dostopnosti na

trgu električne opreme, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (prenovitev) (Besedilo velja za EGP),

[10] Ravnikar, Ivan Električne inštalacije zgradb skladno z družino standardov SIST HG 60364 (2010), str. 205,

[11] S. Fassbinder: Mehr Kabel kostet weniger Elektropraktiker, Berlin 70 (2016) 9, str. 722 do 728,

[12] <https://www.lapp.com/de/de/oelflex-chain-896-p/p/1023254> (dostop 27.02.2023)



Radenci, 24. marec 2023

Matija Strehar
mitja.strehar@eimv.si

OBLOČNI DETEKTOR – AFDD

Povzetek:

Ko pregledujemo statistike požarov, ne moremo mimo dejstva, da je napaka na električni inštalaciji zelo pogosto navedena kot vzrok požara. Električne inštalacije so zaščitene z nadtokovno in diferenčno zaščito. Zakaj kljub temu še vedno prihaja do požarov?

Po podatkih URSZR (Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje) gre vsak šesti požar ali povprečno 250 požarov letno na račun požarov na elektroenergetskih objektih.

Inštalacije so varovane:

- z nadtokovnimi zaščitnimi elementi (taljive varovalke, inštalacijski odklopniki),*
- zaščitnimi napravami na diferenčni tok (RCD – Residual Current Device),*
- prenapetostno zaščito itn.*

Očitno pa nekaterih napak (napake pri izvedbi inštalacij ali poškodbe inštalacij) standardni zaščitni elementi ne zaznajo.

Posledica takih napak je škodljiv električni oblok.

S to problematiko in razvojem zaščitnih aparatov za preprečevanje požarov so se prvi začeli spopadati v Severni Ameriki. Vzrok je delno tudi v njihovem načinu gradnje stavb in izvedbi električnih inštalacij, kjer lahko še hitreje pride do požara.

V Evropi smo ameriškim trendom sledili pred približno petnajstimi leti. Nastala sta standarda IEC 62606 (2013) in EN standard, torej tudi SIST EN 62606 (2014). V letu 2017 je bil izdano prvo dopolnilotega standarda (A1), v lanskem letu pa še drugo (A2). Izdelek je bil poimenovan AFDD (Arc Fault Detection Device). V slovensko terminologijo smo to prevedli kot obločni detektor. V vsakdanji praksi zasledimo tudi izraz detektor iskrenja.

Naloga obločnega detektorja je, da zazna nastanek obloka v električni inštalaciji. To je realizirano tako, da vgrajena elektronika stalno spremlja obliko električnega toka in električne napetosti ter zaznava visokofrekvenčna popačenja, ki so značilna za električni oblok. Tipična frekvenca je okrog 100 kHz.

Obstaja pa še eno dejstvo: v električnih inštalacijah se pojavljajo iskrenja, ki niso škodljiva; npr. na krtačkah različnih električnih strojev. Vgrajena elektronika mora biti sposobna razlikovati med škodljivim in neškodljivim iskrenjem, sicer prihaja do neželenih izklopov zaščitnih aparatov.

V nemščini so ta izdelek poimenovali kar »Brandschutzschalter«, požarno zaščitno stikalo. Zaradi tega je na sprednji strani izdelka pogosto natisnjen »plamenček«.

Spreminjajo se nacionalni predpisi za izvedbo električnih inštalacij. Ponekod je vgradnja obločnih detektorjev obvezna, drugod je priporočena ali zelo priporočena.

S svojo rešitvijo je na trgu že dve leti prisoten tudi ETI.



Obločni detektor -AFDD

Ko pregledujemo statistike požarov, ne moremo mimo dejstva, da je napaka na električni inštalaciji zelo pogosto navedena kot vzrok požara. Električne inštalacije so ščitimo z nadtokovno in diferenčno zaščito. Zakaj kljub temu še vedno prihaja do požarov?

Po podatkih URSZR (Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje) je bilo v Sloveniji v zadnjih 15 letih od 1450 do 1880 požarov/leto. Povprečno 1650 požarov vsako leto. Najpogostejši so t.i. dimniški požari, ki predstavljajo okrog 40% vseh požarov, vsak šesti požar ali 250 požarov letno pa gre na račun požarov na elektroenergetskih objektih. V to kategorijo spadajo vzroki, ki so opredeljeni kot:

- kratek stik, ki nastane kot posledica napake na električnih napravah,
- segrevanje tokovodnikov zaradi preobremenitve,
- prekomerno segrevanje porabnikov,
- slaba in dotrajana izolacija vodnikov in naprav,
- slaba izvedba spojev žic na spojnih mestih,
- nepravilna izvedba električnih inštalacij ipd.

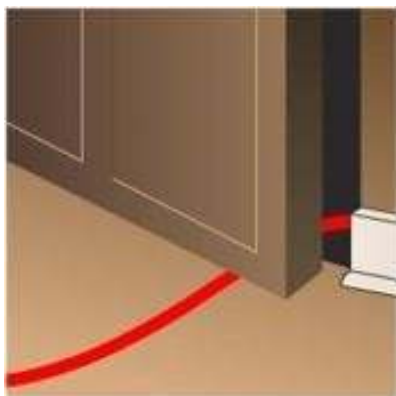
Požar v zgradbi je torej pogosto posledica napake na električni inštalaciji. Inštalacije so varovane:

- z nadtokovnimi zaščitnimi elementi (taljive varovalke, inštalacijski odklopniki),
- zaščitnimi napravami na diferenčni tok (pogosto uporabljamo kar angleško kratico RCD – Residual Current Device),
- prenapetostno zaščito itn.

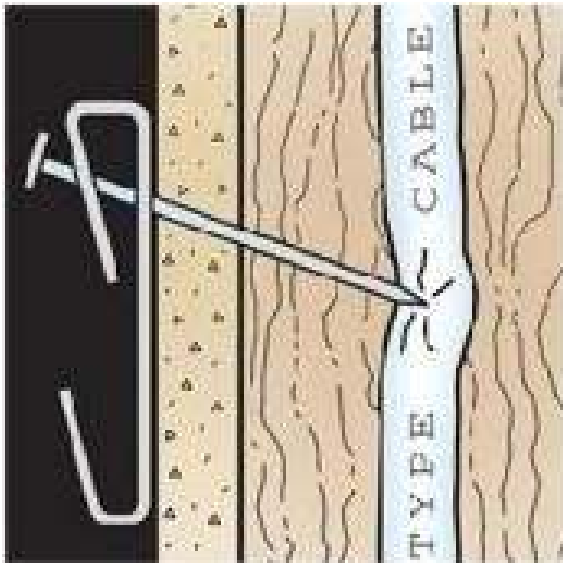
Očitno vseh opisanih (in še drugih različnih) napak ti standardni zaščitni elementi ne zaznajo. Takšne napake so lahko:

- slab spoj dveh vodnikov,
- slab spoj vodnika in električne naprave,
- uklešččen ali poškodovan vodnik,
- delno prekinjen vodnik ipd.

Takšne primere nam prikazujejo naslednje slike.



Slika 1: Uklešččen vodnik pod pohištvom



Slika 2: Poškodovan vodnik



Slika 3: Zmanjšani presek vodnika zaradi poškodbe pri vrtanju

Posledica takih napak je lahko škodljiv električni oblok, ki ga poznani izdelki za zaščito električnih inštalacij ne prepoznajo in nanj ne reagirajo.

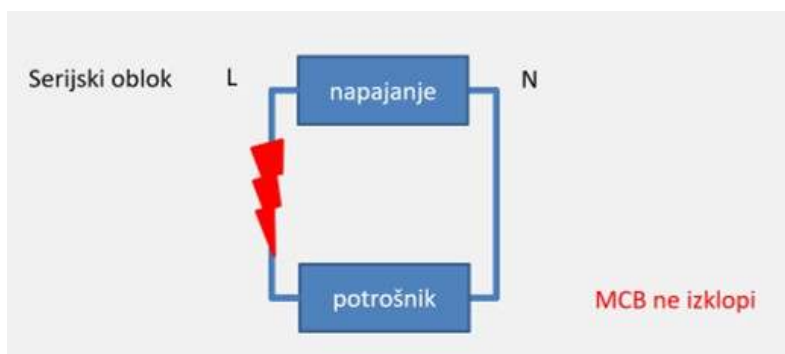
Kaj se zgodi na takem kritičnem mestu?

Običajni razvoj škodljivega obloka prikazuje slika 4



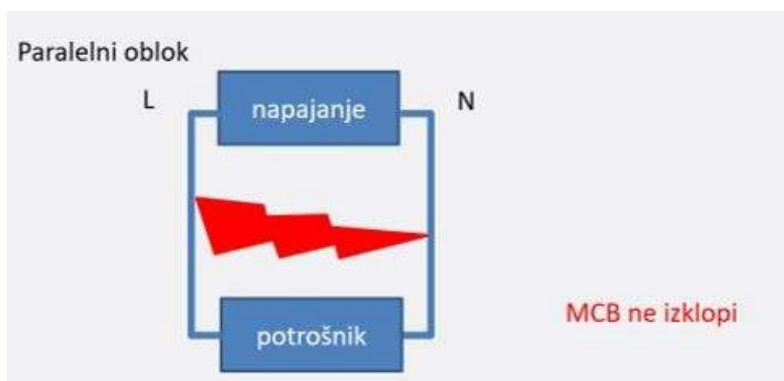
Slika 4: Faze razvoja škodljivega obloka

Razlikujemo serijski in paralelni oblok.



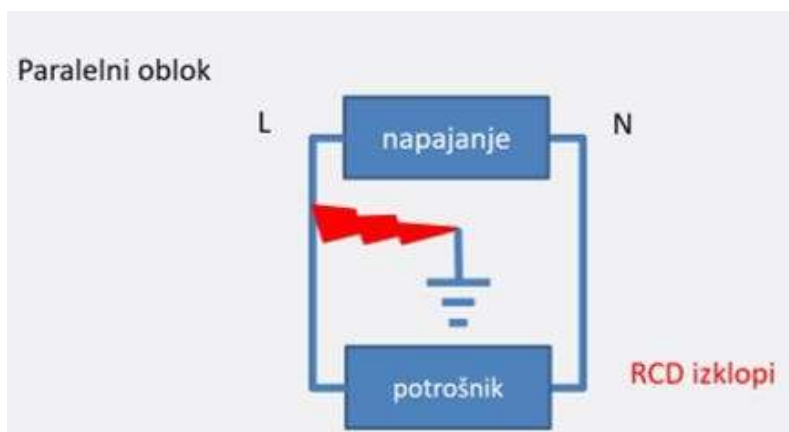
Slika 5: Serijski oblok

Serijski oblok bi lahko zaznala nadtokovna zaščitna naprava (taljiva varovalka, inštalacijski odklopnik). Problem je v tem, da je običajno velikost toka na mestu obloka premajhna. Impedanca obloka samo še dodatno zniža vrednost toka skozi porabnik. Ta je nižja od nazivnega toka zaščitnega aparata (varovalke, odklopnika): ni odklopa. Hkrati ni diferenčnega toka proti zemlji in tudi ni odklopa zaščitnega stikala RCD.



Slika 6: Paralelni oblok

V primeru paralelnega obloka je situacija podobna. Vrednost toka je prenizka, da bi nadtokovna zaščitna naprava reagirala. Le v primeru obloka med linijskim ali ničelnim vodnikom in zaščitnim vodnikom bo mogoče zaščitna naprava na diferenčni tok zaznala napako in izklopila.



Slika 7: Oblok proti ozemljitvi

Dodaten problem pa lahko nastopi, ker je frekvenca obločnega diferenčnega toka visoka in običajna zaščitna stikala na diferenčni tok tega ne bodo zaznala, saj reagirajo le pri diferenčnih tokovih standardnih frekvenc.

Požar je lahko tudi posledica povišane napetosti fazne napetosti zaradi prekinjenega ničelnega vodnika v trifaznem sistemu (povišana fazna napetost kot posledica asimetrične obremenitve).

S to problematiko in razvojem zaščitnih aparatov za preprečevanje požarov so se prvi začeli spopadati v Severni Ameriki. Najprej v Združenih državah Amerike, proti koncu prejšnjega stoletja. Vzrok je delno tudi v njihovem načinu gradnje stavb in izvedbe električnih inštalacij, kjer lahko še hitreje pride do požara. Razviti so bili prvi obločni detektorji, njihova uporaba pa je v določenih pogojih uporabe postala predpisana. Pripravljen in izdan je bil standard UL 1699: Arc-Fault Circuit- Interrupters, torej nekaj takega kot: odklopnik napake obloka, odklopnik škodljivega obloka.

V Evropi smo začeli slediti pred približno petnajstimi leti. Ameriške rešitve ni bilo mogoče kar preprosto uporabiti. Potrebna je bila prilagoditev z omrežja 120 V / 60 Hz

na omrežje 230 V / 50 Hz. V dobrih petih letih sta nastala standarda IEC 62606 (2013) in EN standard, torej tudi SIST EN 62606 (2014). V letu 2017 je bil izdano prvo dopolnilo tega standarda (A1), v letu 2022 pa še drugo (A2). Izdelek je bil v standardu poimenovan AFDD (Arc Fault Detection Device). V slovensko terminologijo smo to prevedli kot obločni detektor. V vsakdanji praksi zasledimo tudi izraz detektor iskrenja ali pa zaščitna naprava za detekcijo obloka.

Standard definira obločni detektor, ki je lahko:

- samostojna zaščitna naprava, ki ima mehanizem za prekinitev električnega tokokroga pod določenimi pogoji,
- zaščitno napravo, ki je integrirana v drugo napravo za zaščito električnih inštalacij,
- dodatna zaščitna naprava, ki je prigrajena k osnovni zaščitni napravi.

Integrirana zaščitna naprava je lahko inštalacijski odklopnik (Miniature Circuit Breaker MCB, skladno z IEC 60898), taljiva varovalka skladno z IEC 60269, zaščitno stikalo na diferenčni tok (Residual Current Circuit-Breaker RCCB po IEC 61008) ali zaščitno stikalo na diferenčni tok z vgrajeno nadtokovno zaščito (Residual Current Circuit- Breaker with integral overcurrent protection RCBO po IEC 61009), ali pa zaščitno stikalo na diferenčni tok tipa B po IEC 62423.

Obločni detektor je torej lahko samostojni izdelek, vendar se običajno kombinira z že znanim zaščitnim aparatom (MCB, RCCB ali RCBO). Na tržišču se pojavljata predvsem prva in tretja kombinacija, torej MCB + AFDD ali pa RCBO + AFDD.

Naloga obločnega detektorja je, da zazna nastanek obloka v električni inštalaciji. To je realizirano tako, da vgrajena elektronika stalno detektira potek električnega toka in električne napetosti ter zaznava visokofrekvenčna popačenja, ki so značilna za električni oblok, tipična frekvenca je okrog 100 kHz. Ob takem pojavu mora zaščitni aparat izklopiti. Pogoje in izklopne čase določa že omenjeni standard. V primeru visokih tokov so ti časi zelo kratki, le okrog 100 ms.

Vrednosti predpisuje Tabela 1 iz standarda SIST EN 62606.

tok (rms)	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
max. čas odklopa	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12 s	0,12 s

Tabela 1: Odklopni časi obločnega detektorja

Obstaja pa še eno dejstvo: v električnih inštalacijah se pojavljajo iskrenja, ki niso škodljiva; npr. na krtačkah različnih električnih strojev. Vgrajena elektronika mora biti sposobna razlikovati med škodljivim in neškodljivim iskrenjem, sicer prihaja do neželenih izklopov zaščitnih aparatov.

Testni pogoji obločnih detektorjev predvidevajo, da je AFDD najprej preizkušen po standardu za osnovni zaščitni aparat (če gre za integracijo funkcije obločnega detektorja v osnovni zaščitni aparat). Sledi testiranje po dodatnih zahtevah standarda za obločne detektorje:

- zaznavanje škodljivih oblokov (odklop),
- zaznavanje neškodljivih oblokov (ni odklopa),
- avtomatsko testiranje AFDD funkcije...

Po predstavitvi tega izdelka na evropskem trgu njegova uporaba nekako ni stekla.

Večja uporaba tega zaščitnega aparata se je začela po sprejetju nemškega

inštalacijskega predpisa DIN VDE 0100-420 (2016), ki v določenih primerih zahteva vgradnjo obločnih detektorjev. V primeru adaptacije električnih inštalacij ali izvedbi novih električnih inštalacij je uporaba obločnih detektorjev obvezna v javnih ustanovah, kot so:

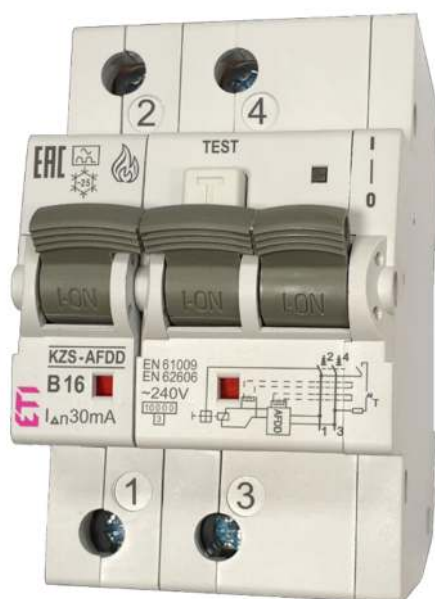
- muzeji,
- otroški vrtci,
- šole,
- domovi za ostarele,
- bolnišnice,
- tovarne, ki uporabljajo hitro gorljive substance (papirna, lesna industrija)
- javne zgradbe (letališča, železniške postaje).

V nemščini so ta izdelek poimenovali kar »Brandschutzschalter«, požarno zaščitno stikalo. Zato najdemo običajno na teh izdelkih tudi poseben simbol (plamen), čeprav ta simbol ni standardna oznaka za te izdelke.

Tudi druge države počasi sledijo. Sklicujoč se na standarde s področja električnih inštalacij: IEC 60364-4-42 ter HD 60364-4-42 se spreminjajo tudi nacionalni predpisi za izvedbo električnih inštalacij. Ponekod je vgradnja obvezna, drugod je priporočena ali zelo priporočena.

Prvi evropski proizvajalec obločnih detektorjev za evropsko tržišče je bil Siemens, ki se je pred tem že uveljavil na ameriškem tržišču. Sledili so še nekateri »veliki«: Hager, ABB, Eaton.

Na tržišču je s svojo rešitvijo prisoten tudi ETI



Slika 8: Zunanji izgled novega izdelka



Slika 10: Demonstracijski kovček

Viri:

- Rok Morgan: *Pregled požarov v Sloveniji o obdobju 2005 do 2018*, mag. delo, UL FGG
- SIST EN 62606 (2014) in dopolnili A1 (2018) in A2 (2023)
- Katalog Eaton
- Katalog ETI



REFERAT VIII

41.
KOTNIKOVİ DNEVI

Radenci, 24. marec 2023

Matjaž Miklavčič, univ.dipl.inž.el.

matjaz.miklavcic@sodo.si

SODO d.o.o.

SPREMEMBE SONDSEE

Povzetek:

Ker v času korone v preteklosti veljavna Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije – SONDSEE niso bila predstavljena na Kotnikovih dnevih, bodo v referatu na začetku na kratko predstavljena SONDSEE. Zaradi spremembe zakonodaje s področja električne energije v letih 2020-2021 je distribucijski operater v letu 2022 pripravil spremembe SONDSEE, ki se trenutno nahajajo v postopku potrjevanja na AGEN. Predstavljene bodo spremembe, ki se nanašajo predvsem na področje priključevanja uporabnikov sistema. V zaključku bodo na kratko opisane predvidene spremembe evropske zakonodaje, ki se nanašajo na priključevanje proizvodnih naprav in ostalih vrst uporabnikov sistema.

UVOD – PREDSTAVITEV SONDSEE

Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (v nadaljevanju: SONDSEE) so veljavna navodila, ki jih je družba SODO d.o.o. pripravila na podlagi javnega pooblastila danega v 144. členu Energetskega zakonu EZ-1 (Ur.l.RS 17/14,... in 60/19 - UPB) in so bila 20.1.2021 objavljena v Ur.l.RS 7/21. Veljati so začela naslednji dan po objavi v Uradnem listu, uporabljati pa so se 1.3.2021. Dokument pomeni obstoječih Splošnih pogojev za dobavo in odjem električne energije iz distribucijskega omrežja (Ur.l.RS 126/07 - SPDOEE) in Sistemska obratovalna navodila distribucijskega omrežja električne energije (Ur.l.RS 41/11 - SONDO). Dne 23.3.2022 so bile v Ur.l.RS 41/22 objavljene spremembe in dopolnitve SONDSEE.

SONDSEE s prilogami določajo sistem obratovanja za elektroenergetsko distribucijsko omrežje, opredeljujejo storitev distribucije električne energije po distribucijskem omrežju, sistemske storitve na distribucijskem omrežju, obratovanje in razvoj distribucijskega omrežja, tehnične pogoje za priključitev na distribucijsko omrežje, odnose med distribucijskim operaterjem, uporabniki sistema in ostalimi deležniki na trgu z elektriko, merjenje električne energije, merilne naprave, enotno evidenco merilnih mest, enotno evidenco merilnih točk in načine zagotavljanja podatkovnih storitev ter obračun, način zaračunavanja in plačevanja uporabe distribucijskega elektroenergetskega sistema. Ta SONDSEE ne veljajo za male in zaprte distribucijske elektroenergetske sisteme.

Dokument sestavljajo naslednja poglavja:

- I. SPLOŠNE DOLOČBE
- II. OBRATOVANJE DISTRIBUCIJSKEGA SISTEMA
- III. NAČRTOVANJE RAZVOJA DEES
- IV. VZDRŽEVANJE SISTEMA
- V. PRIKLJUČEVANJE UPORABNIKOV SISTEMA NA DISTRIBUCIJSKI SISTEM
- VI. RAZMERJA MED UDELEŽENCI NA TRGU ENERGIJE (ELEKTROOPERATERJI, OPERATER TRGA, DOBAVITELJI, ODJEMALCI, PROIZVAJALCI, IZVAJALCI ENERGETSKIH STORITEV)
- VII. MERJENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE
- VIII. ODJEM IN ODDAJA ELEKTRIČNE ENERGIJE
- IX. DOGODKI NA MERILNEM MESTU IN MERILNI TOČKI
- X. PRIPRAVA OBRAČUNSKIH PODATKOV, OBRAČUN IN POSREDOVANJE
- XI. ODŠKODNINE
- XII. PREHODNE IN KONČNE DOLOČBE

ter priloge:

Priloga 1 – Seznam slovenskih standardov uporabljenih v SONDSEE

Priloga 2 – Tipizacija merilnih mest

Priloga 3 – Navodilo za presojo vplivov naprav na omrežje

Priloga 4 – Tipizacija omrežnih priključkov uporabnikov sistema in NN priključnih omaric

Priloga 5 – Navodila za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav in hranilnikov priključenih na distribucijsko omrežje

Priloga 6 – Navodilo za zavarovanje obveznosti dobavitelja

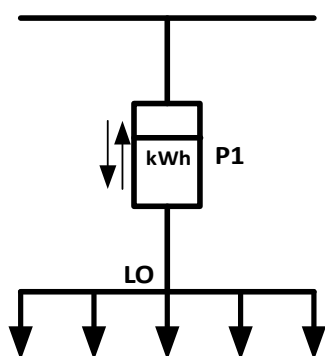
V nadaljevanju bodo za potrebe tega prispevka podrobneje predstavljene vsebine s področja priključevanja uporabnikov sistema s poudarkom na priključevanju proizvodnih naprav, priključne sheme in storitve prožnosti, ki se uvajajo na distribucijskem sistemu.

I. Priključne sheme

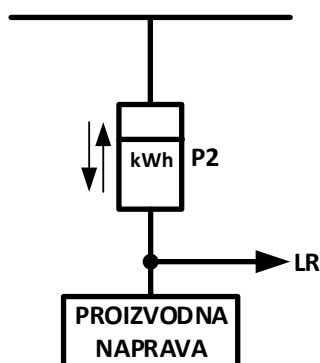
V starih SONDO so bile priključne sheme navedene v prilogi 5, ki je določal pogoje za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav do 10 MW. V času uporabe teh shem iz SONDO je bilo ugotovljeno, da se te sheme, ki so bile prvotno namenjene za priključevanje proizvodnih naprav – elektrarn (PN), lahko uporabljajo za priključevanje tudi drugih uporabnikov sistema, kot so hranilniki električne energije (HEE), polnilnice električnih vozil (PEV), toplotnih črpalk, ipd... in seveda kombinacije navedenih uporabnikov, zato so bile prestavljene iz priloge 5 v sam dokument SONDSEE. Ob tem je bilo ugotovljeno, da je bilo smiselno obstoječih 12 shem združiti, zato so nastale 3 glavne priključne sheme PS.1, PS.2 in PS.3 s svojimi podvariantami.

Priključna shema PS.1 je namenjena za priključevanje:

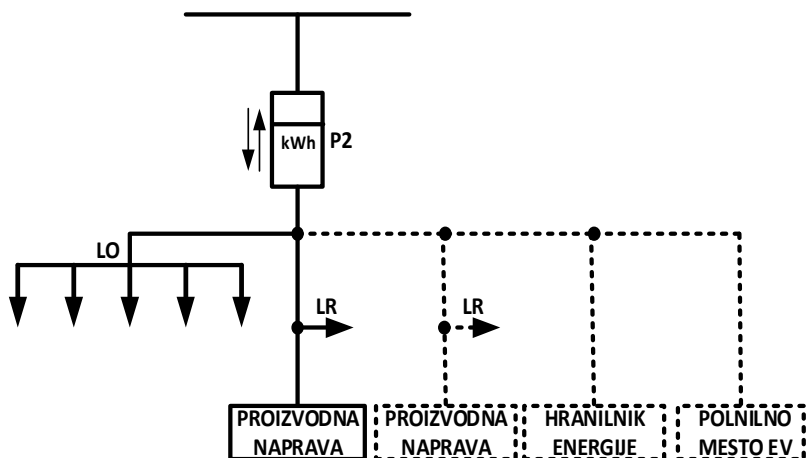
- a) končnih odjemalcev (PS.1a)



- b) PN, HEE in PEV, priključenih direktno na distribucijsko omrežje (PS.1b)



- c) kombinacijo predhodnih uporabnikov (PS.1c)



Podrobneje so pogoji za posamezno določeni v 78-81. členu SONDSEE

Uporaba priključne sheme PS.1c za proizvodne naprave je možna ob naslednjih pogojih:

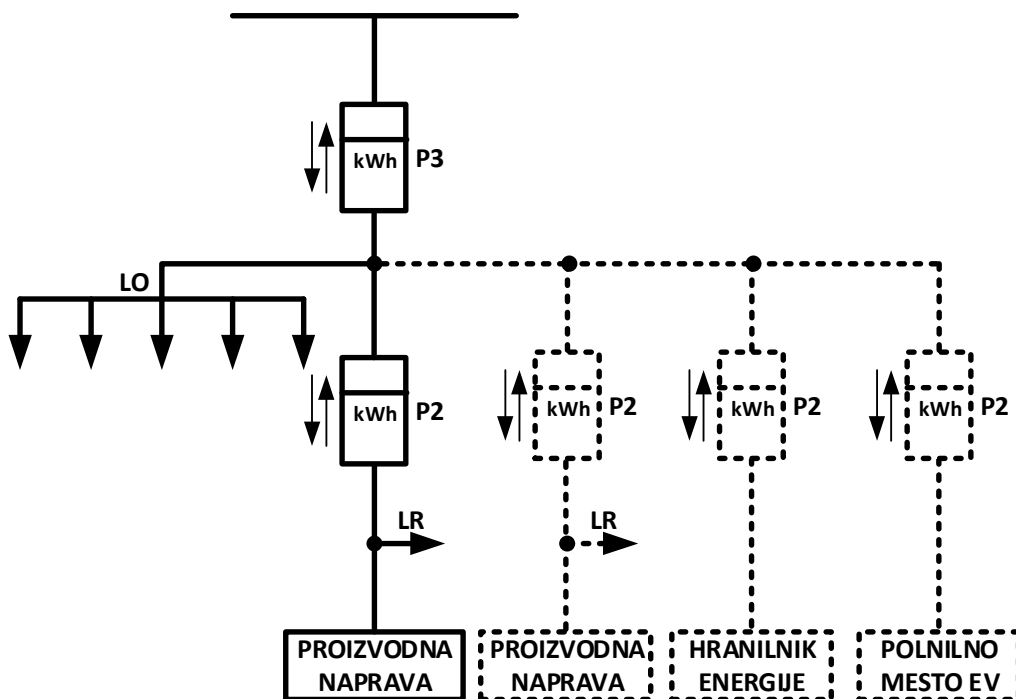
- ko je ob postavitvi proizvodne naprave prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik proizvodne naprave in lastnik lastnega odjema ista pravna ali fizična oseba;
- ko lastnik proizvodne naprave ne bo zaprosil za podporo proizvedeni električni energiji oziroma se strinja, da je osnova za določitev podpore izmerjena energija na števcu P2 oddana v javno omrežje;
- ko se lastnik proizvodne naprave strinja, da bo prejemal potrdilo o izvoru za energijo na osnovi količin električne energije izmerjenih na števcu P2, ki je bila oddana v javno omrežje.

Uporaba priključne sheme PS.1c za HEE in PEV je možna ob naslednjih pogojih:

- ko je ob postavitvi HEE ali polnilnega mesta EV prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik HEE ali polnilnega mesta EV in lastnik lastnega odjema ista pravna ali fizična oseba;
- ko bo storitve HEE ali polnilnega mesta EV koristil samo lastnik lastnega odjema;
- ko lastnik polnilnega mesta EV ne bo želel izbrati drugega dobavitelja kot ga ima izbranega za lastni odjem.

Navidezna priključna moč odjema ali oddaje (proizvodne naprave, HEE ali polnilnega mesta EV) ne sme presegati prenosne zmogljivosti priključka na javno omrežje. Če obstaja lastni odjem, navidezna priključna moč oddaje ne sme znašati med 80 % in 120% navidezne priključne moči odjema. Pri tem se v primeru polindirektnih ali indirektnih meritev velikost tokovnih merilnih transformatorjev predpiše glede na priključno moč odjema ali oddaje, tiste, ki je višja.

Priključna shema PS.2 je namenjena za registracijo podpor za proizvodne naprave, sistemskih storitev, ki jih uporabniki distribucijskega sistema nudijo distribucijskemu operaterju, in posebnih storitev, ki jih uporabniki distribucijskega sistema nudijo sistemskemu operaterju, agregatorju, dobavitelju in drugim tretjim osebam.



Podrobneje so pogoji za posamezno določeni v 82-85. členu SONDSEE

Uporaba priključne sheme PS.2 za proizvodne naprave je možna ob naslednjih pogojih:

- ko je ob postavitvi proizvodne naprave prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik proizvodne naprave in lastnik lastnega odjema različni pravni ali/in fizični osebi, pri čemer mora lastnik lastnega odjema biti tudi lastnik merilnega mesta P3

- ko bo lastnik proizvodne naprave zaprosil za podporo proizvedeni električni energiji oziroma se ne strinja, da je osnova za določitev podpore izmerjena energija na števcu P3 oddana v javno omrežje
- ko se lastnik proizvodne naprave ne strinja, da bo prejemal potrdilo o izvoru za energijo na osnovi količin električne energije izmerjenih na števcu P3, ki je bila oddana v javno omrežje.

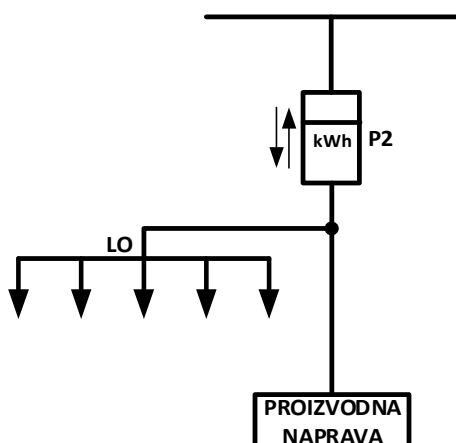
Uporaba priključne sheme PS.2 za HEE in PEV je možna ob naslednjih pogojih:

- ko je ob postavitvi HEE ali polnilnega mesta EV prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik HEE ali polnilnega mesta EV in lastnik lastnega odjema različni pravni ali/in fizični osebi, pri čemer mora lastnik lastnega odjema biti tudi lastnik merilnega mesta P3
- ko bo lastnik HEE ali polnilnega mesta EV storitve le-teh nudil tudi tretjim osebam
- ko bo lastnik polnilnega mesta EV želel izbrati drugega dobavitelja kot je izbran na merilnem mestu P3.

Navidezna priključna moč odjema ali oddaje (proizvodne naprave, HEE ali polnilnega mesta EV) ne sme presegati prenosne zmogljivosti priključka na javno omrežje. Če obstaja lastni odjem, navidezna priključna moč oddaje ne sme znašati med 80 % in 120% navidezne priključne moči odjema. Pri tem se v primeru polindirektnih ali indirektnih meritev velikost tokovnih merilnih transformatorjev predpiše glede na priključno moč odjema ali oddaje, tiste, ki je višja.

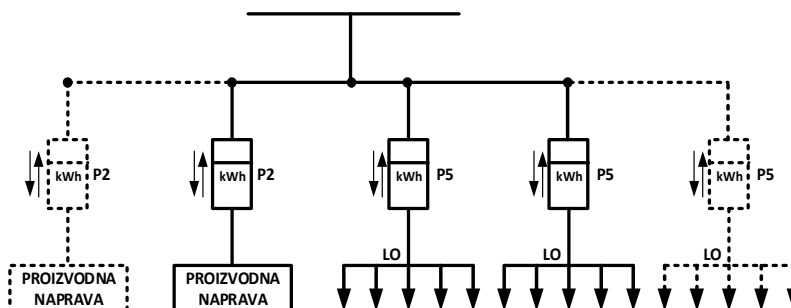
Priključna shema PS.3 je namenjena za priključevanje:

a) individualne samooskrbe (PS.3a)



Pogoj za individualno samooskrbo je, moč naprave za samooskrbo ne sme biti večja od 80% priključne moči na merilnem mestu.

b) skupnostne samooskrbe (PS.3b)



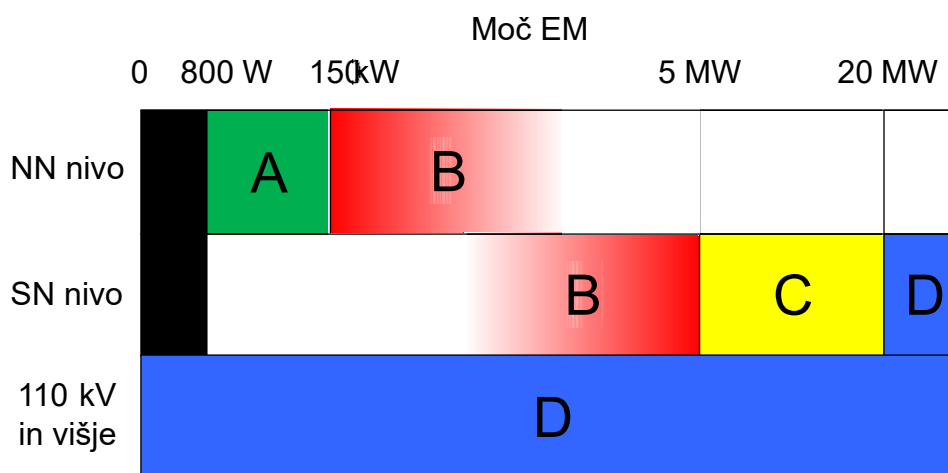
Podrobneje to vsebino opredeljujeta Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur.l.RS 42/22 – po ZSROVE (po novem)) in Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur.l.RS 17/19 in 197/20 – po EZ-1 (po starem)).

II. Priključevanje proizvodnih naprav

To področje v osnovi globalno ureja EU zakonodaja. Evropska komisija je 27.4.2016 v Uradnem listu EU L 112/1 objavila Uredbo komisije EU 2016/631 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (Uredba EU o RfG). Navedena uredba je začela veljati 17.5.2016, uporabljati pa 17.5.2019. Ta Uredba je del celotne EU zakonodaje, s katero se zagotavlja poenoteno delovanje EU elektroenergetskega sistema.

Namen te Uredbe EU o RfG je bil postaviti skupne zahteve po vseh državah članicah EU za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav v skupnem evropskem elektroenergetskem omrežju, da bi z izpolnjevanjem teh zahtev zagotovili učinkovitejše in robustnejše odzivanje proizvodnih naprav v primerih kakršnihkoli motenj v skupnem evropskem elektroenergetskem omrežju. V samem dokumentu je več vrst zahtev in sicer »izčrpn« in »neizčrpn« zahteve. »Izčrpn« zahteve so zahteve navedene v sami Uredbi EU o RfG in se izvajajo neposredno na podlagi Uredbe. »Neizčrpn« zahteve pa so zahteve, ki jih za vsako posamezno državo določi pristojni operater prenosnega omrežja. Tako je ELES v času do začetka uporabe Uredbe EU o RfG pripravil in objavil dva dokumenta:

- a) Dokument z mejami za posamezne tipe proizvodnih naprav oziroma elektroenergijski modul glede na moč veljaven v Sloveniji



Osnovni gradnik je proizvodni modul, ki pretvarja bilo katero vrste energije (vodno, vetrno, toplotno, enosmerno električno,...) v izmenično električno energijo. Deli se na sinhrono povezani energijski modul (sem spada sinhronski generator) in modul v proizvodnem polju (sem spadajo vsi ostali generatorji – asinhronski generator, frekvenčni pretvornik (razsmerniki, inverterji, hibridni inverterji, ...), ...

Tip elektroenergijskega modula (A, B, C ali D) se določi na podlagi njegove delovne moči, ki jo lahko elektroenergijski modul odda v distribucijski sistem.

Tip proizvodne naprave (A, B, C ali D) sestavljen iz več elektroenergijskih modulov enake vrste elektroenergijskih modulov (velja za module v proizvodnem polju), ki sestavljajo to proizvodno napravo, se določi na podlagi vsote delovnih moči vseh elektroenergijskih modulov enake vrste, ki jo lahko proizvodna naprava odda v distribucijski sistem. Vsak sinhrono povezan energijski modul je svoja proizvodna naprava. Podrobneje je določanje opredeljeno v Prilogi 5 Navodila za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav.

b) Dokument s posameznimi zahtevami za elektroenergetsko omrežje v Sloveniji

RAZRED A:

- obratovanje v določenem območju frekvenc
- zmanjšanje delovne moči pri povišani frekvenci
- zdržnost pri spremembah frekvence
- podatkovni vhod, ki omogoča prenehanje oddajanja delovne moči v 5 sekundah po prejemu ukaza

RAZRED B:

- vse zahteve za razred A in še:
- zmanjšanje delovne moči na ukaz
- obratovne sheme, zaščita in merjenje
- FRT karakteristika
- zmožnost ponovne priključitve
- zmožnost glede jalove moči
- injekcija jalovega toka ob motnjah v omrežju

RAZRED C:

- vse zahteve za razred B in še:
- nadzor nad delovno močjo
- frekvenčni odziv
- nadzor
- avtomatski izklop iz omrežja
- možnost zagona iz breznapetostnega stanja
- stabilno obratovanje v celotnem območju nastavitvev
- zaščita pred pobegom
- hitra ponovna sinhronizacija
- zahteve glede inštrumentov in monitoringa
- limite za spreminjanje delovne moči
- simulacijski modeli
- večje zmožnosti glede jalove moči

RAZRED D:

- vse zahteve za razred C in še:
- širše napetostne in časovne obratovne meje
- sinhronizacija na zahtevo
- dodatne zahteve glede FRT karakteristike

Prikaz osnovnih načinov priključevanja in posamezne zahteve glede na tip proizvodne naprave so razvidne iz naslednje tabele:

SPREMEMBE SONDSEE

Delovna moč PN	Nap. nivo priklopa	TIP PN (RfG)	Zagotavljanje skladnosti	Vrsta PN	Št. faz priklopa	Karakteristika jalove moči	Karakteristika delovne moči	Zaščita na LM	Način obratovanja
$0 \text{ W} < P_{PN} < 800 \text{ W}$	NN	--	--	vse	1	--	--	Z-Uf-A ali ekviv. vsebovana	P
$800 \text{ W} \leq P_{PN} < 3,7 \text{ kW}$	NN	A	ENOSTAVEN postopek	vse	1 ali 3	--	D-1	Z-Uf-A	M, P
$3,7 \text{ kW} \leq P_{PN} < 10,0 \text{ kW}$	NN	A	ENOSTAVEN postopek	vse	1*** ali 3	--	D-1		
$10,0 \text{ kW} < P_{PN} \leq 150 \text{ kW}$	NN	A	ENOSTAVEN postopek	vse	3	--	D-1	Z-Uf-B ali Z-Uf-A	M, P
$150 \text{ kW} < P_{PN} < 250 \text{ kW}$	NN	B	POENOSTAVLJEN postopek	vse	3	J-N3	D-1		
	SN *	B	STANDARDEN postopek	vse	3	J-S1	D-1	Z-Uf-B	M, P
$250 \text{ kW} \leq P_{PN} < 5,0 \text{ MW}$	SN	B	STANDARDEN postopek	vse	3	J-S1	D-1, D-2, D-3		
	NN **	B	POENOSTAVLJEN postopek	vse	3	<J-N3	D-1, D-2, D-3	Z-Uf-B	M, P
$5,0 \text{ MW} \leq P_{PN} < 20,0 \text{ MW}$	SN	C	RAZŠIRJEN postopek	vse	3	J-S2	D-2, D-3	Z-Uf-C	M, P
	SN	D	POPOLN postopek	vse	3	J-S2	D-2, D-3	Z-Uf-C	M, P

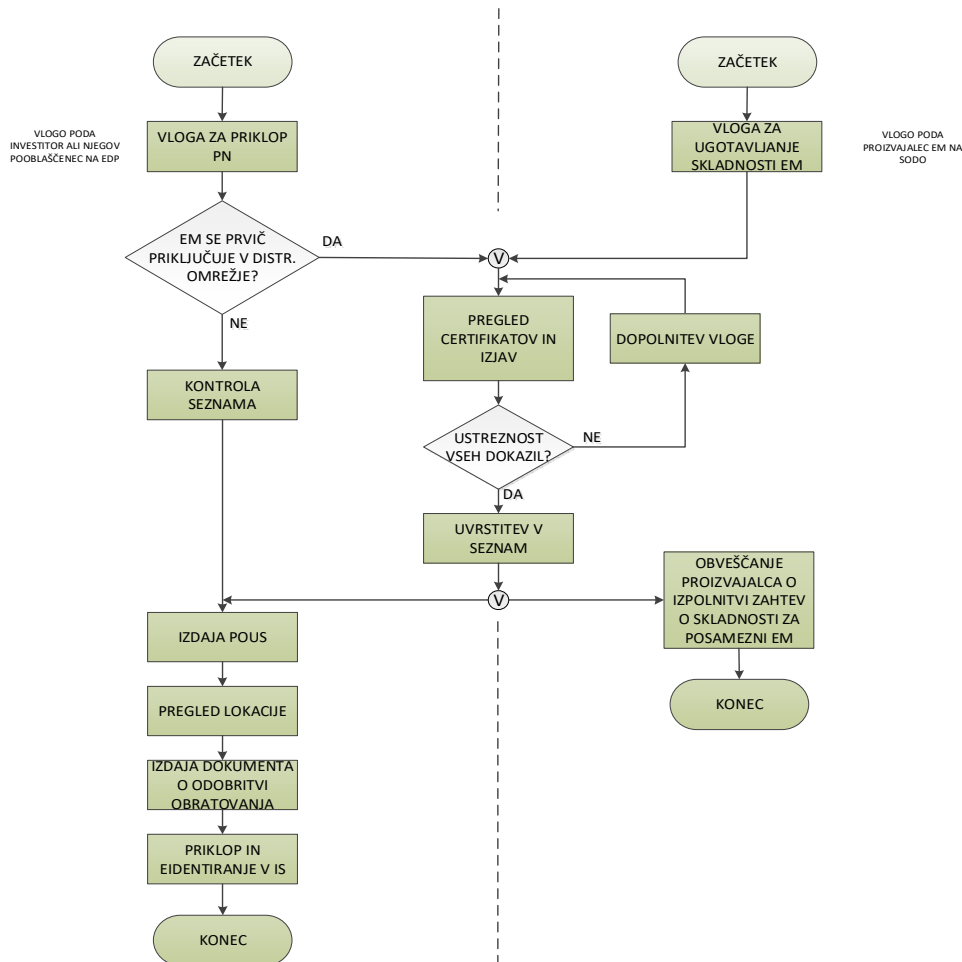
* Dovoljeno samo, če tehnične karakteristike obstoječega omrežja to zahtevajo!

** Dovoljeno samo, če tehnične karakteristike obstoječega omrežja to dopuščajo!

*** Dovoljeno samo v primeru obstoječega enofaznega priključka!«.

Glede na tip PN, ki posledično določa vrsto postopka, je potrebno za elektroenergijski modul dostaviti izjavo EU o skladnosti, ki pokriva vsaj področji LVD in EMC EU direktiv ter pripadajoča slovenska pravilnika, ter certifikat akreditiranega organa, ki dokazuje skladnost z enim izmed prej navedenih standardov, skupaj z merilnim poročilom, ki je bilo podlaga za izdajo certifikata.

Navedene dokumente distribucijski operater skupaj z elektrodistribucijskimi podjetji za zahteve, ki niso vezane za samo lokacijo postavitve PN, pregleda in po izvedenem postopku izda dokument o izpolnjevanju zahtev. Sam postopek preverjanja je razviden iz spodnjega diagrama:



Vse dodatne podrobnosti so opisane na spletni strani distribucijskega operaterja družbe SODO d.o.o. <https://sodo.si/sl/objave/zagotavljanje-skladnosti-proizvodne-naprave-z-zahtevami-uredbe-komisije-eu-2016631-sondsee>, kjer je objavljen tudi informativni seznam opreme, ki je prestala preverjanje <https://sodo.si/sl/objave/informativna-objava-odobrene-opreme>.

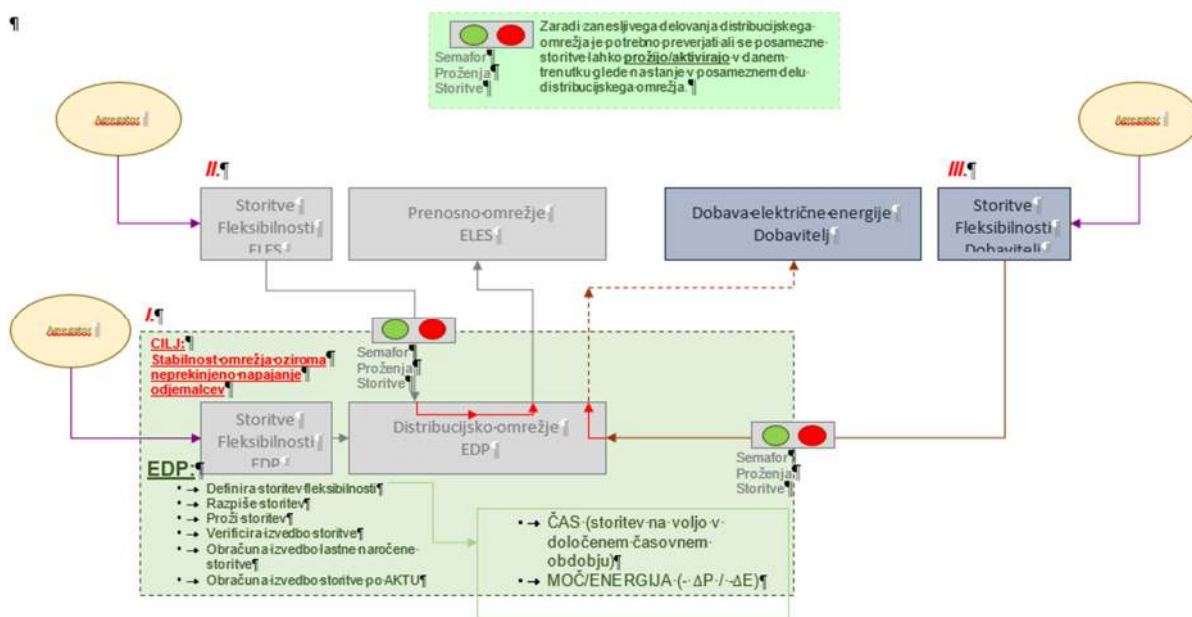
IV. Storitve prožnosti

Storitve prožnosti so nove storitve, ki jih lahko uporabniki sistema nudijo posameznemu elektrooperaterju ali svojemu dobavitelju. Distribucijski operater jih deli na sistemske storitve, ki jih uporabniki sistema priključeni na distribucijski sistem nudijo distribucijskemu operaterju, in posebne storitve, ki jih uporabniki sistema priključeni na distribucijski sistem preko agregatorjev nudijo prenosnemu operaterju in ostalim tretjim osebam (npr. dobaviteljem...). Električno omrežje postaja vedno bolj obremenjeno, obenem se konvencionalni viri kot so termoelektrarne na premog počasi zaradi varovanja okolja zapirajo. Iz tega razloga oba elektrooperaterja, vsak iz svojih razlogov, vedno bolj iščeta storitve, ki jih potrebuje pri uporabnikih sistema priključenih na distribucijskem sistemu.

Distribucijski operater lahko glede na stanje distribucijskega elektroenergetskega sistema (DEES) išče naslednje storitve:

- regulacijo napetosti na lokalnem delu DEES,
- upravljanje preobremenitev lokalnega dela DEES,
- upravljanje zmogljivosti lokalnega dela DEES,
- upravljanje lokalnega otočnega obratovanja v primeru napake v lokalnem delu DEES.

Celoten prikaz teh storitev je razviden in spodnje slike



Uporabnik priključen na distribucijsko omrežje lahko z:

- nadzorovano povečano ali zmanjšano porabo delovne in jalove energije končnega odjemalca
- nadzorovanim časovnim premikom obremenitve (moči) končnega odjemalca
- nadzorovano povečano ali zmanjšano proizvodnjo delovne in jalove energije proizvodne naprave
- nadzorovano spremenljivo proizvodno delovno in jalovo moč proizvodne naprave
- nadzorovanim polnjenjem in praznjenjem naprave za shranjevanje električne energije
- nadzorovanim polnjenjem in praznjenjem električnega vozila na polnilnici

nudi storitve obema operaterjema ali tretjim osebam. V SONDSEE so določeni osnovni postopki za sistemske storitve, ki se nudijo distribucijskemu operaterju, in posebne storitve, ki se nudijo prenosnemu operaterju in tretjim osebam, pri čemer bo treba sprejeti še izvedbena pravila.

PREDSTAVITEV OSNUTKA SPREMEMB SONDSEE

V času od začetka veljavnosti veljavnih SONDSEE se je začela spreminjati zakonodaja za področje električne energije. Na podlagi ustreznih EU direktiv in uredb, ki vplivajo na nacionalno zakonodajo, se država odločila obstoječi energetski zakon EZ-1 iz leta 2014 ustrezno razbiti na več delov in te dele uskladiti z zahtevami EU zakonodaje. Tako so nastali naslednji zakoni:

- Zakon o učinkoviti rabi energije (Ur.L.RS 158/20 – ZURE), ki se ukvarja z energetsko učinkovitostjo stavb in proizvodov, področjem energetskih pregledov in energetskih izkaznic,...
- Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Ur.L.RS 121/21 in 189/21 – ZSROVE), ki se ukvarja z izrabo OVE, samooskrbo, priključevanjem proizvodnih naprav na OVE,...

- Zakon o oskrbi z električno energijo (Ur.l.RS 172/21 – ZOEE), ki se ukvarja z organizacijo oskrbe z električno energijo, izvajanjem gospodarskih javnih služb s področja električne energije, priključevanjem uporabnikov sistema na omrežje,...

Po sprejemu še zadnjega Zakona o energetske politiki, katerega vsebina bodo določbe okrog elektroenergetske infrastrukture in delovanja regulatorja za področne energije v Sloveniji (Agencije za energijo), bo zaključena prenova energetske zakonodaje in odpravljen EZ-1. Prav tako so bili na podlagi že sprejetih zakonov ustrezno prenovljeni podzakonski predpisi države in regulatorja. Vse te spremembe so bile podlaga za pripravo osnutka sprememb SONDSEE. Gradivo se trenutno nahaja v postopku pridobitve soglasja Agencije z energijo, pri čemer pa ga bo treba ustrezno dopolniti zaradi sprememb aktov Agencije za energijo o metodologiji in obračunu uporabe omrežja.

V nadaljevanju bodo opisane spremembe SONDSEE vezane na posamezna področja predstavljena v prejšnjem poglavju. Vsi opisani predlogi sprememb se lahko na podlagi morebitnih sprememb nadrejene zakonodaje ali drugačnih pogledov soglasodajalcev na osnutek sprememb SONDSEE (Agencija za energijo in minister pristojen za področje energije) še lahko spremenijo

I. Priključne sheme

Za področje priključnih shem je glavna sprememba pogoja, ki določa, kdaj se lahko uporabita shemi PS.1c in PS.2. Tako je pogoj, ki je določal, da je lahko navidezna moč oddaje proizvodne naprave manjša ali enaka 80% zakupljene moči odjema ali večja od 120% te zakupljene moči, spremenjen tako, da mora biti navidezna moč oddaje biti manjša ali enaka 80% zakupljene moči odjema, obenem pa je lahko inštalirana moč PN maksimalno 200% zakupljene moči odjema. Razlog za to so v ugotovljene težave v dosedanjih postopkih pri določanju tokovnih merilnih transformatorjev za meritve v določenih primerih, ko je navidezna moč oddaje večja od 120% zakupljene moči odjema.

Dodatno je pri vseh shemah določena odgovornost investitorja PN oziroma projektanta njegove PN, da zagotavlja ustrezno selektivnost vseh predpisanih zaščit

II. Priključevanje proizvodnih naprav

V skladu z zahtevo ZOEE so za prvič priključene proizvodne naprave v odvisnosti od tipa določeni kriteriji za določitev priključne točke in posledično vrsto priključitve ter kriteriji za določitev roka priključitve na distribucijsko omrežje. Tako se proizvodne naprave tipa »A« in »B« priključne moči do 250 kW priključujejo na NN nivo v samo omrežje ali v transformatorsko postajo (TP). Proizvodne naprave tipa »B« priključne moči nad 250 kW in tipa »C« se priključujejo na SN nivo v samo omrežje ali v razdelilno transformatorsko postajo (RTP). Proizvodne naprave tipa »D« se priključujejo v RTP praviloma na VN (110 kV) nivo, izjemoma pa lahko tudi na SN nivo v RTP. Rok za priključitev PN se v primeru, da je omrežje določenega napetostnega nivoja pripravljeno za vključitev PN, določi skladno z časovnimi načrti investitorja. Če omrežje ni pripravljeno za priključitev PN, so pa posegi za ojačitev letga že vključeni v investicijski načrt za posamezno leto, se rok priključitve določi na zaključek leta, v katerem je izgradnja ojačitve predvidena za izvedbo. V ostalih primerih se rok za priključitev PN določi glede na uvrstitev v naslednji razvojni načrt in investicijski načrt za posamezno leto.

V prilogi 5 SONDSEE so najprej spremenjene vse vsebine povezane s proizvodnimi napravami inštalirane moči manjše od 800 W. Priključevanje takšnih naprav urejata Pravilnik o zahtevah za NN električne inštalacije v stavbah (Ur.l.RS 140/21) skupaj s pripadajočo tehnično smernico ter Pravilnik o tehničnih zahtevah za priključitev in obratovanje vtične proizvodne naprave na OVE (Ur.l.RS 161/22). Tako lahko takšne proizvodne naprave ob upoštevanju zahtev iz obeh pravilnikov sedaj oddajajo električno energijo z določeno močjo v distribucijsko omrežje, pri čemer ta količina ne bo plačana oziroma na kakršnikoli drugi način obračunana.

Nadalje so natančneje določeni pogoji za zaščito pred povratno delovno močjo, ki se oddaja v omrežje, tako za porabniški kot mešani način delovanja proizvodne naprave. V poglavju o posebnih pogojih za priključitev PN je sedaj navedena tudi možnost predlaganja uporabe HEE, skladno s Pravilnikom o tehničnih zahtevah, ki se presojajo v postopku priključevanja proizvodnih naprav na distribucijsko omrežje (Ur.l.RS 166/22).

III. Storitve prožnosti

Poglavje o storitvah prožnosti za distribucijskega operaterja je bilo v celoti preurejeno in dopolnjeno z členi, s katerimi se lahko po oceni distribucijskega operaterja operativno izvaja prožnost.

Na začetku je pojasnjeno, kaj je storitev prožnosti. Storitev prožnosti pomeni zmožnost uporabnika sistema, da odstopa od svoje predvidene porabe ali proizvodnje električne energije kot odziv na zunanji signal in zajema odjem, proizvodnjo in hrambo energije. Storitve prožnosti obsegajo sistemske storitve na DEES in upravljanje prezasedenosti na DEES. Dodano je posebno navodilo za izvajanje storitev prožnosti.

Distribucijski operater najmanj enkrat letno objavi na svoji spletni strani nezavezujoče predvidene dolgoročne potrebe po storitvah prožnosti v DEES za dobo naslednjih 10 let. Objava predvidenih dolgoročnih potreb vključuje tudi minimalne pogoje za ponudnike prožnosti v smislu lokacije, minimalne moči in vrste moči (delovna, jalova) in zahtevane dinamike odziva.

Produkti prožnosti, ki jih bo distribucijski operater naročal, se oblikujejo glede na potrebe DEES. Za opis produkta je definiran minimalni set atributov, ki ga opisuje in ga mora vsebovati vsako povpraševanje. Minimalni set atributov in opis produktov (splošni atributi produkta prožnosti) je podan v že omenjenem navodilu.

Storitve prožnosti se v osnovi naročajo na trgu na ustrezni h platformah ali pa individualno pri potencialnih ponudnikih storitve prožnosti, pri čemer mora za to vrsto naročanja dati soglasje Agencija za energijo. V samem naročilu se določi način proženja in časovno obdobje, v katerem mora biti ponudnik na razpolago za nudenje storitve.

Na koncu so določena pravila za objavo in izmenjavo podatkov o prožnosti, ki so osnova za vse vrste obračunov med udeleženci v storitvah prožnosti

ZAKLJUČEK – PREDSTAVITEV SPREMEMB EU ZAKONODAJE, KI VPLIVA NA PRIKLJUČEVANJE PN, HEE IN PEV

EU zakonodaja, ki ureja področje električne energije, je izdelana za naslednja področja:



Gradiva za posamezna področja je v letih 2011-2014 pripravilo združenje evropskih prenosnih operaterjev ENTSO-E. To je pripravilo osnutke t.i. »kodov«- omrežnih pravil za posamezna področja, ki jih je v letih 2016-2017 komisija EU uveljavila skozi svoje uredbe. Te uredbe imajo neposredno veljavnost v članicah EU in jih ni treba posebej prenašati v nacionalni pravni red države članice.

Po nekajletni uporabi je bila na podlagi izkušenj iz uporabe navedenih pravil in sprejetih strateških odločitev glede prehoda v brezogljicho družbo je bila na pobudo ACER-ja (EU regulatorja agencija za energijo) lani sprejeta odločitev o prenovi omrežnih pravil. Tako sta sedaj ENTSO-E in EU DSO Entity, ki je v vmesnem času nastalo kot združenje evropskih operaterjev distribucijskih sistemov, pristopila k prenovi pravil. Trenutno sta v prenovi dve EU uredbi:

- Uredba komisije EU 2016/631 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje
- Uredba komisije EU 2016/1388 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za priključitev odjemalcev ki se tudi najbolj navezujeta na tematiko tega prispevka.

Glavne predvidene spremembe, ki bodo smiselno zajete v obeh ažuriranih uredbah, so v trenutku pisanja tega prispevka sledeče:

- uskladitev meje v državah članicah EU med tipoma »A« in »B«, priporočena meja minimalno pri 50 kW;
- razširitev določenih zahtev iz tipa »B« tudi na elektroenergijske module tipa »A«;
- obvezna sposobnost elektroenergijskega modula tip »B« za otočno obratovanje in »grid forming«;
- dosedaj za priključevanje HEE ni bilo skupnih evropskih pravil, ampak so posamezne države članice EU imele svoja nacionalna pravila za priključevanje HEE. Sedaj pa je bilo skozi izvajanje obstoječih pravil ugotovljeno, da priključevanje HEE ne potrebuje svojih posebnih pravil v obliki uredbe komisije EU, kot je bilo pred leti predvideno, ampak se lahko zahteve za priključevanje HEE določijo v obeh zgoraj omenjenih uredbah, saj se HEE v času polnjenja obnaša kot končni odjemalec, v času praznjenja pa kot PN. Tako bodo v obeh uredbah določeni pogoji za priključevanje HEE, prilagojeni na tehnične karakteristike HEE;
- tudi za priključevanje PEV dosedaj ni bilo skupnih evropskih pravil, ampak so posamezne države članice EU imele svoja nacionalna pravila za priključevanje PEV. Ker se uporaba električnih vozil (EV) relativno hitro širi, je potrebno za pospešitev njihove uvedbe pripraviti skupna pravila za priključevanje, ki morajo upoštevati tudi možnost, da bodo EV lahko z oddajo električne energije v omrežje v prihodnosti nudile storitve prožnosti. Tako so v predlogih dopolnitev predvideni trije tipi teh polnilnic (EV1, EV2 in EV3), podobno kot za proizvodne naprave, in v odvisnosti od tega tipa določene prilagojene posamezne zahteve.

Viri:

- Veljavni SONDSEE (marec 2022) objavljen v Ur.l.RS 7/21 in 41/22
- Osnetek SONDSEE (avgust 2022) posredovan v soglasje na AGEN
- Spletna stran distribucijskega operaterja družbe SODO d.o.o. <https://sodo.si/sl/kdo-smo/zakonodaja/sondsee/obvestila-o-sondsee>



REFERAT IX



Radenci, 24. marec 2023

Ana Lovrenčič, dipl.inž.el.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
ana.lovrencic@student.um.si

dr. Viktor Lovrenčič, univ.dipl.inž.el.

C&G d. o. o. Ljubljana, Riharjeva 38, 1000 Ljubljana
viktor.lovrencic@c-g.si

Gregor Štern, univ.dipl.inž.el.

Elektro Gorenjska d. d., Ul. Mirka Vadnova 3a, 4000 Kranj
gregor.stern@elektro-gorenjska.si

Primož Vintar, mag.inž.el.

Sipro inženiring d.o.o.,
primoz.vintar@sipro-inzeniring.si

VAROVANJE ELEKTRIČARJEV PRED ELEKTRIČNIM OBLOKOM - OCENA TVEGANJA V DISTRIBUCIJSKI IN INDUSTRIJSKI TRANSFORMATORSKI POSTAJI

Povzetek:

Slovenski predpisi in standardi predpisujejo delodajalcu obvezo izdelave ocene tveganja pred električnim oblok. Za nami je bogata dvajsetletna svetovna praksa, ki nam omogoča kompetenten razmislek o strokovnem delovanju v slovenskem elektro energetskem prostoru s ciljem doseganja varnega dela električarjev brez nezgod.

Osebe, električarji ki izvajajo dela v bližini električnih postrojev, so običajno izpostavljeni nevarnostim, ki jih lahko povzroča električni oblok. Električni oblok je sicer redek pojav, vendar je vseeno potrebno zagotoviti zanesljivo varovanje električarjev, saj pojava ni mogoče izključiti, še posebej, ker lahko nastane med izvajanjem dela oziroma pri stikalnih manevrih. Električni oblok je možen pri vklopih ali izklopih opreme pod napetostjo (vodi, kabelski priključki, stikalne naprave, varovalke in drugo).

Varovanje električarjev pred oblokom je aktualna problematika, predvsem zaradi izbire osebne varovalne opreme za varovanje pred električnim oblokom. Veljavni pravilnik o varnosti pred nevarnostjo električnega toka iz leta 1992 (tudi nov predlog iz leta 2019, ki je v obravnavi), zahteva oceno varnosti pred električnim oblokom kar je zapisano tudi v standardu SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev.

Pri vsakem delu v bližini električnega postroja ali pod napetostjo je potrebno opraviti oceno tveganja, da se oceni nevarnost obloka, da se izvedejo ukrepi za povečanje varnosti električarjev ter da se izbere ustrezna osebna varovalna oprema. Prispevek predstavlja primerjavo standardov za izbiro osebne varovalne opreme (OVO) električarjev v distribuciji med ZDA in državami EU, zlasti v Nemčiji. Obstajajo razlike pri opredelitvi izbire primerne OVO od obloka (klasifikacija opreme, velikost kratkostičnega toka in trajanje obloka). Na primeru industrijskega ter še posebej distribucijskega postroja, kjer je prišlo do obloka in nezgode pri delu je izračunana energija obloka, opravljena ocena tveganja ter izbira ustrezne OVO.

Ključne besede: varno delo, ocena tveganja, električni oblok, stikalne manipulacije, osebna varovalna oprema, obratovanje, vzdrževanje, pravilnik, standard SIST EN 50110-1:2013

1. UVOD

Ocena tveganja delavnega mesta električarja v industriji in distribuciji električne energije je zakonska obveza delodajalca in zato je nuno izvesti oceno tveganja pri vzdrževalnih delih na električnih inštalacijah oziroma postrojih s ciljem doseganja »nič nezgod« oziroma varno izvajanje del električarjev.

Strokovnjaki v tujini se aktivno ukvarjajo s problematiko varovanja električarja pred električnim oblokom, kar prihaja vse bolj v ospredje tudi v Sloveniji. Domači avtorji so v zadnjem obdobju aktivni na področju, varovanja električarjev pred oblokom, kar je predstavljeno že v predhodnih referencah [1-8], ki obravnavajo predpise in standarde ter tuje izkušnje. Problematiko smo obravnavali tudi na 36. Kottnikovih dnevih leta 2015 [9]. Že nekaj let vztrajamo na spodbujanju odgovornih, da storijo vse potrebno v procesu vzdrževanja električnih inštalacij oz. postrojev, da bi delo potekalo po principu »brez nezgod« [10-12].

Elektro stroka aktivno promovira varnost pri delu pred električnim oblokom v okviru stanovskih združenj kot so CIGRE -CIRED, EZS in še posebej v Projektni skupini DPN pri GIZ DEE.

Poudarek referata je na primerih ocene tveganja varovanja električarjev pred električnim oblokom za elektroenergetski postroj oziroma primer industrijske TP 20/0,4 kV za katero je naročnik zahteval oceno tveganja [5] ter primer distribucijske TP 20/0,4 kV, kjer je prišlo do pojava obloka in delovne nezgode.

V vseh strategijah podjetij v elektrogospodarstvu (proizvodnja, prenos in distribucija) ter industriji je področje varnosti in zdravja pri delu (VZD) izpostavljeno kot prednostna skrb delodajalcev. Avtorjem je poznan industrijski primer [5], saj so sodelovali pri izdelavi konkretne študije oziroma ocene tveganja pred električnim oblokom ter primera interne analize v enem farmacevtskem podjetju ter elektrarni.

Zahteve za varno delo električarjev pri delu je podrobno regulirano s predpisi v EU [13-15] in v Sloveniji [16-18] (EU direktive in uredbe [13-15], zakon [16], pravilnika [17,18]), standardi [19,20] in [21-28], specializiranimi priročniki [29-34], internimi varnostnimi pravili v prenosu [35] in distribuciji [36]. Varovanje električarjev pred oblokom je v zadnjem času vse bolj aktualna problematika v svetu in EU, predvsem zaradi izbire OVO za varovanje pred električnim oblokom [1-12,37-45].

Osebe, ki izvajajo dela v bližini električnih postrojev, so običajno izpostavljene nevarnostim, ki jih povzročajo električni oblok (Slika 1 in 2). Električni oblok je sicer redek pojav, vendar ga ni mogoče povsem izključiti, še posebej, ker lahko nastane zaradi ravnanja med izvajanjem posameznih del. Niso le posledica krakih stikov, ampak tudi ločevanja obremenjenih delov pod napetostjo brez posebnih ukrepov (vodi, kabelski konektorji, stikalne naprave, varovalke, itd.). Zaradi vsega naštetega je potrebno zagotoviti zanesljivo varovanje oseb, ki izvajajo dela v bližini električnih postrojev.

Pri vsakem delu v bližini električnega postroja ali pod napetostjo je potrebno opraviti oceno tveganja, s ciljem, da se oceni nevarnost obloka, da se izvedejo ukrepi za povečanje varnosti električarjev, ter da se izbere ustrezna OVO. Nezgode zaradi obloka, kot posledica napak pri izvajanju dela v breznapetostnem stanju še posebej na srednji in visoki napetosti so žal pogost pojav, tudi v našem elektrogospodarstvu. Analiza teh nezgod pa presega okvir referata.

Poudariti je potrebno, da na področju varstva in zdravja pri delu ne smemo biti nikoli zadovoljni z doseženim, saj so dostopna vedno nova znanja in nove sodobne tehnične rešitve, ki dodatno izboljšajo že dosežen nivo varnosti in zdravja pri delu (VZD).

2. ELEKTRIČNI OBLOK, NEVARNOSTI IN NEZGODE

Električni oblok je lahko posledica tehnične okvare na opremi, največkrat pa se pojavlja kot napaka operaterjev oz. električarjev pri izvajanju stikalnih manipulacij ali vzdrževanju elektroenergetskega postroja (EEP).

Električni oblok je prevodna električna povezava med elektrodama različnih potencialov. Lahko se pojavi kot medfazni ali zemeljski kratek stik. Lahko se deli kot odprti oblok (v zraku), oblok v razdelilniku in na kabljih (Slika 1).



Slika 1: Vrste oblokov na električnih postrojih [44]

Začetek pojava je ionizacija, pri kateri pride do nabiranja prostih nosilcev elektrine na elektrodah ali prostoru. Gibanje prostih nosilcev predstavlja električni tok, ki napaja električni oblok. Električni oblok spremlja skoraj vse kratke stike v elektroenergetskem sistemu, vendar se ne pojavljajo zgolj pri kratkih stikih, ampak tudi pri stikalnih manipulacijah pod obremenitvijo (varovalke, ločilniki, kabli, kabelske zanke itd.). Ti preklopni obloki so lahko nevarni za ljudi in naprave v bližini (Slika 2).

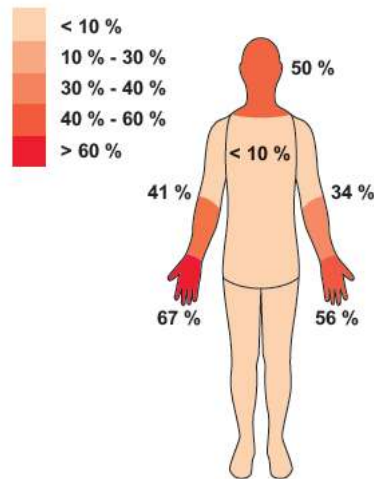
Električni oblok je lahko posledica tehnične okvare na opremi, največkrat pa se pojavlja kot napaka operaterjev oziroma električarjev pri izvajanju stikalnih manipulacij ali vzdrževanju EEP. V NN območju električni oblok povzroči galvanska povezava, v VN območju pa je dovolj že nezadostna varnostna razdalja od delov pod napetostjo.



Slika 2: Električni oblok na električni omarici [3]

Fizični učinki na človeško telo (Slika 3 in 4) so odvisni od moči in trajanja obloka ter posledično njegove temperature, ki lahko seže do 10.000 °C. V času trajanja obloka kovina na elektrodah ionizira in izpari.

Med elektrodama se oblikuje prevodna povezava. Zaradi povečanega toka se temperatura dvigne in nastane plazma, ki oddaja sevanje. Plazma ima visoko vsebnost kemikalij, ki nastanejo z ionizacijo in izparevanjem. Kot posledica segrevanja in izparevanja kovine je širjenje mase in plina, ki prenašajo kovinsko paro in poškrbijo dele okoli obloka. Kadar dosežeta para in dim dovolj visoko temperaturo imata lepljivo strukturo. Zaradi ohlajanja in reakcije s kisikom nastanejo kovinski oksidi, ki se pojavljajo kot siv oziroma črn dim.



Slika 3: Toplotni učinki električnega obloka na telo [3]

Standard SIST EN 50110-1:2013 navaja naslednje nevarnosti zaradi električnega obloka. Toplotni učinek električnega obloka je odvisen:

- od trenutne električne energije (zmožljivost kratkega stika), ki določa energijo, ki se pretvori v oblok (odvisno od napetosti obloka, toka obloka in trajanja obloka),
- od pogojev za prenos toplotnega toka vključno s pogoji izpostavljenosti in razdaljo do obloka.

Poleg toplotnega učinka je treba oceniti še druge nevarnosti:

- udarni val in odletele delce, ki se sproščajo ob eksplozivnem širjenju električnega obloka, visoka jakost elektromagnetnega sevanja, še posebej v območju ultravijoličnega (UV) in infrardečega (IR) sevanja, pa tudi v območju vidne svetlobe, kar lahko vodi do nepopravljivih poškodb kože in oči,
- zvočni udar,
- strupeni plini in delci, ki nastanejo pri taljenju in izhlapevanju materialov v električnem obloku ali v njegovi okolici.

Pri nastanku obloka pride do dviga tlaka, ki v času 5-15 ms doseže tudi do 0,3 MPa. Nenadni dvig tlaka lahko povzroči eksplozijo, ki seže do 140 dB, kar povzroči hude poškodbe sluha. Če udarni val nima proste poti lahko pride do mehanskega uničenja električne inštalacije in njene okolice. Pogosto raznese vrata in obloge, predelne stene in ohišja pa lahko počijo. Delavci so izpostavljeni strupenim hlapom in delcem, ki poleg hudih opeklin povzročijo poškodbe pljuč.



Slika 4: Posledice električnega obloka telo [3]

Nevarnosti zaradi obloka lahko odpravimo oz. omejimo z:

- oceno tveganja za vsako delo, ki je obvezen del vsake ocene tveganja za električna delovna mesta (vse bolj se uveljavlja v ZDA, Kanadi in tudi EU),
- usposabljanjem osebja,
- izbiro in obvezno uporabo OVO varujemo osebe pred nevarnostjo toplotnega učinka električnega obloka. OVO, ki bi zagotavljal 100 % zaščito pred električnim oblokom, ne obstaja, lahko pa s pravilno izbiro OVO bistveno zmanjšamo nevarnost električnega obloka.

Tabela 1: Število nezgod (Vir: Inšpektorat za delo RS)

Število nezgod pri delu						
Število nezgod/leto	2016	2017	2018	2020	2021	2022
Število nezgod skupaj	9.186	9.781	10.187	8.435	9.214	11.224
Število nezgod (vzrok posredni, neposredni dotik)	16	11	20	17	18	19
Število nezgod (oblok)	2	2	7	4	2	5
Število nezgod – vzrok posredni, neposredni dotik						
Vrsta nezgode/leto	2016	2017	2018	2020	2021	2022
Hujša	3	2	2	1	4	1
Lažja	13	8	18	16	14	18
Smrtna		1				
Število nezgod – oblok						
Vrsta nezgode/leto	2016	2017	2018	2020	2021	2022
Hujša	1	2			1	1
Lažja	1		7	4	1	4
Smrtna						

Opomba: Število nezgod predstavljajo podatek za vse prijavljene nezgode pri delu v Sloveniji

Podatki s strani Gospodarsko interesno združenja distribucije električne energije (GIZ DEE):

- Leta 2011 se je pri menjavi števec zaradi odstranitve glavnih varovalk zgodil medfazni stik, ki je povzročil električni oblok. Delavec je utrpel opekline na obeh rokah.
- Leta 2013 je pri montaži opreme v TP, delavcu padlo orodje na zbiralko, ki je bila pod napetostjo. Delavec je utrpel lažje opekline po obrazu in obeh rokah.
- Leta 2015 je prišlo do delovne nezgode, ko se je zaposleni nehote dotaknil dela pod napetostjo (SN zbiralke) in tako doživel el. udar roka - roka.
- Na področju Elektro Ljubljana se je leta 2019 zgodila lažja poškodba pri izvajanju meritev. Delavec je utrpel lažje opekline desne roke.
- Leta 2019 se je zgodila hujša poškodba (20 kV oblok, hude opekline) v RTP Lucija, Elektro Primorska.
- Zadnja hujša poškodba se je zgodila leta 2021 (110 kV oblok, hude opekline) v RP Hudo, ELES.

Ameriška stroka že leta sledi ideji »brez nezgod« [10-12] in podrobno objavlja in analizira delavne nezgode pri delu na električnih inštalacijah s ciljem vzpostaviti pogojev za izdelavo kvalitetne ocene tveganja na osnovi dejanskih podatkov kot so vzroki nezgod, frekvenca in resnost dogodkov (ocena tveganja = ocena verjetnosti x ocena resnosti). Veliko je literature na razpolago o tej problematiki. Osebnostno smo pridobili ameriške vire [44,45] na konferenci IEEE ESMO 2019, kjer je organizirana sekcija na temo varnosti pred električnim oblokom.

Prezentacija [44] podrobno predstavlja problematiko in ukrepe varnosti pred električnim oblokom. Ameriški predpisi in standardi zahtevajo dosledno dnevno uporabo OVO (AR/FR PPE - Arc Rated/Flame Resistant Personal Protective Equipment) ter postavlja zgornjo mejo 1,2 cal/cm² in 50 A (AFB - Arc Flash Boundary), ko ni potrebno uporabiti OVO oziroma zunaj tega območja se lahko gibljejo laiki. Predpisi ločijo zahteve za elektrogospodarstvo (OSHA 1910.269, Article (I)(8), Appendix E; OSHA 1910.269, Article (a)(3) "Info Transfer Rule"; OSHA 1926.960, Subpart V, (g); NESC 2017, Article 410.(A)(3); ANSI Z133-2017, Vegetation Management) in električne inštalacije v stavbah (OSHA 1910.132(d)(1); OSHA 1910.332(b)(1); OSHA 1910.335(a)(1)(i); NFPA 70E-2017; NEC-2017, Article 110).

Povzemanje ugotovitve [44] o nezgodah/pojavih zaradi električnega obloka:

- delo in upravljanje z odprtimi vrati opreme: 65 %,
- delavec pred zaprtimi vrati, brez OVO: 10 %,
- delavec sploh ni prisoten, oprema, ki ni odporna na oblok: 25 %.

Nezgode zaradi obloka (termične poškodbe - % je za tisti del telesa v primerjavi s 100 % nezgod) [44]:

- glava, obraz, vrat 50 %,
- desna roka 67 %,
- leva roka 56 %,
- desna podlaket 41 %,
- leva podlaket 34 %,
- torzo, noge 10 %.

Analiza poškodb (opeklin) - 40 nezgod, 54 delavcev [44]:

- 66 % delavcev je opečeno, ko ni bila uporabljena analiza nevarnosti za izbiro OVO,
- 50 % delavcev je opečeno, ker niso uporabljali rokavic ali obraznega ščita.

in

- nezgode brez opeklin 43 %,
- brez uporabe vseh elementov OVO 24 %,

- nezadostna uporaba OVO 26 %,
- vžig vnetljivega materiala pod OVO 7 %.

Iz zgornje statistike se odpirajo vprašanja [44]:

- kako učinkovita je odpornost stikalne naprave za zaščito delavca pred oblokom (uspešnost v 35 % dogodkov)?
- osredotočiti se moramo na zaščito glave, obraza, roke,
- OVO je bila 57 % neučinkovita (zato je to zadnji ukrep v hierarhiji nadzora tveganja – dejstvo je, da OVO ni 100 % zaščita pred oblokom vendar je nujen ukrep za zmanjšanje tveganja),
- moramo izvajati pravilno oceno tveganja na terenu!

Omenimo še študijo [45] katere cilj je zbrati informacije o poškodbah pri delu zaradi električnega udara in obloka s pregledom literature, podatkov o električnih nezgodah in podobnih virov. Študija vključuje ustrezne informacije, kot so vrsta nezgode, upoštevanje varnostnih zahtev, uporaba ustrezne OVO in obseg škode oziroma poškodb.

Ta raziskava [45] je preučila zbirna poročila o dogodkih ob obloku, ki so povzročili poškodbe, ki so se zgodile v 23-letnem obdobju (do junija 2007) in jih je zbirala OSHA. Raziskavo so zanimale predvsem informacije o napetosti, delovni aktivnosti v času dogodka, napravi za sprožitev obloka in tudi druge opisne informacije v posameznih poročilih. Raziskava se je osredotočila na 532 incidentov z oblokom. Poškodbe v nezgodah z nizko napetostjo so vključevale 414 opeklin, 19 primerov vdihavanja dima in 13 udarov ter 37 smrtnih poškodb. Študija obsega 81 strani in je preobsežna, da bi se komentirala v tem referatu.

3. PREDPISI IN STANDARDI

3.1. Predpisi na področju varnosti pri delu

Za urejenost področja varovanja zdravja ljudi so zainteresirane različne javnosti, kot so: mednarodna skupnost (OZN, EU, OECD, MOD, ISSA, EU-OSHA, ...), slovenska skupnost (državni zbor, vlada, ministrstva, direktorati, agencije, inšpekcije, ...), delojemalec in delavec ter ožje socialno okolje in družina. Zelo pomembno je spoznanje, da smo sami odgovorni za svojo varnost in zdravje pri delu.

Za razumevanje pomembnosti mednarodnih pravnih virov moramo poznati organizacijo mednarodnih subjektov (OZN, EU, OECD, MOD, WHO, ...) ter vplive sprejetih pravnih virov na nacionalno zakonodajo oz. na notranje pravne vire Republike Slovenije (RS).

Zahteve za varno delo električarjev pri delu je podrobno regulirano s predpisi v EU [13-15] in v Sloveniji [16-18] (EU direktive in uredbe [13-15], zakon ZVZD-1 [16], pravilnika [17,18]).

Pri tem je potrebno poudariti, da odkar je Slovenija (1. 5. 2004) polnopravna članica EU predvsem dva predpisa; uredba, ki jo sprejema Evropski parlament in Svet ter direktiva, ki jo sprejema Svet stopita v veljavo v vseh državah članicah pri čemer uredba v Sloveniji neposredno velja, direktivo pa moramo prenesti v svoj pravni red.

Lahko rečemo, da je delavec na področju varnosti in zdravja pri delu postavljen v univerzalen okvir skrbi za lastno varnost, za kar je neposredno zadolžen delodajalec v obsegu z zakoni določenih obveznosti. Dejstvo je, da je delodajalec odgovoren za ureditev in materialno podporo procesa uveljavljanja varnosti in zdravja pri delu, vendar brez osebne odgovornosti delojemalca oz. delavca ne

bodo doseženi cilji varnosti in zdravja pri delu. Delavec mora sam poskrbeti za svoje pravice in dosledno izvajati določene zahteve in ukrepe, saj bo v nasprotnem prišlo do nezgod oz. poškodb pri delu, ki imajo v mnogih primerih lahko za posledico tudi smrt prizadetega.

Ustrezno izobražen in usposobljen ter z OVO opremljen delavec mora torej v času izvajanja dela oz. delovne naloge poskrbeti za dosledno izvajanje vseh delovnih postopkov in varnostnih ukrepov upoštevajoč program dela z elementi varnih tehnoloških postopkov. Ima pa v določenih primerih tudi pravico odkloniti delo, predvsem v primerih neposredne nevarnosti za njegovo zdravje in življenje ter tudi zdravje in življenje drugih. Delavec z odklonitvijo nevarnega dela v določenem smislu zaščititi sebe, svoje sodelavce, okolje, delovno opremo, delodajalca in druge.

3.2. Standardi na področju varnosti pred električnim oblokom

Standardi na področju varnosti pred električnim oblokom urejajo številna področja, in sicer jih lahko delimo na:

- splošni standardi,
- standardi testnih metod za preizkušanje obloka,
- standardi za določitev OVO za varovanje pred oblokom,
- standardi za izbiro in nabavo OVO.

Razprava o standardih za izbiro in nabavo OVO presega okvir tega referata. Zahteve in kakovost OVO oziroma uporaba znaka CE , ki predstavlja skladnost z zahtevami za različne kategorije OVO po Uredbi (EU) 2016/425 so posebna tema. Omenimo le nekaj standardov za najbolj uporabljano OVO v Sloveniji: čelada z vezirjem (SIST EN 166, SIST EN 170, SIST EN 397 in SIST EN 50365), izolacijske rokavice (SIST EN 60903), nadrokavice (SIST EN 388 SIST EN 420) itd.

3.2.1. Splošni standardi

Omenimo le standard, SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev - 1. del: Splošne zahteve, velja za vsa dela na, z ali blizu električnih inštalacij [19]. Gre za električne postroje, ki obratujejo na napetostnih nivojih od, vključno z, zelo nizko napetostjo, do visokih napetostih. Zadnji izraz zajema tako srednjo napetost, kot izjemno visoko napetost.

Ta slovenski standard določa zahteve za varno obratovanje električnih postrojev in delo v njih ali z njimi ali v njihovi bližini. Zahteve veljajo za vse obratovalne, delovne in vzdrževalne postopke. Uporabljajo se za vsa dela, ki niso povezana z elektrotehniko, kot so npr. gradbena dela v bližini nadzemnih vodov ali podzemnih kablov, ter tudi za elektrotehnična dela, pri katerih obstaja nevarnost udara električnega toka [19].

Dodatek A, standarda, podaja najmanjše sprejemljive zračne razdalje, ki določajo zunanjo mejo območja dela pod napetostjo in približevanja [19].

Dodatek B, standarda, podaja dodatna obvestila v zvezi z varnostjo pri delu. Podani so poudarki pogojev varnega dela (ravni odgovornosti za različne velikosti podjetij, delo pod napetostjo, vremenske razmere (padavine, gosta megla, nevihta, silovit veter, slane nevihte, ekstremno nizke temperature), požarna varnost – gašenje požarov, eksplozijsko okolje, nevarnost obloka in ukrepanje v nuji (prva pomoč)) [19].

3.2.2. Standardi testnih metod za preizkušanje obloka

Obstaja veliko standardov, ki opredeljujejo zahteve za varnost in preizkušanje OVO pred oblokoma [21-28]. V zadnjih 20 letih je bilo v svetu veliko napredka pri standardizaciji testnih metod za preizkušanje obloka. Posebej bosta predstavljena standarda SIST EN 61482-1-1 in SIST EN 61482-1-2 [21,22].

Standard SIST EN 61482 določa zahteve in testne metode za določitev odpornosti materialov in oblačil na termične učinke električnega obloka. Obstajata dve metodi:

- Metoda 1: Določitev vrednosti ATPV (angl.: Arc Thermal Performance Value) ali EBT50 (angl.: Break Open Energy) tekstilnih materialov, ki nudijo zaščito pred plameni. Test se izvaja z neomejenim in neusmerjenim električnim oblokoma. Testna metoda je definirana s SIST EN 61482-1-1.
- Metoda 2: Določitev vrednosti razreda zaščite materialov in oblek z uporabo omejenega in usmerjenega električnega obloka (angl.: Box Test). Testna metoda je definirana s SIST EN 61482-1-2.

Standard SIST EN 61482-1-1 [21]

Standard SIST EN 61482-1-1 (Metoda A in B) določa preskusno metodo za določitev vrednosti električnega obloka v ognjevzdržnih ali toplotno odpornih materialih, namenjenih za uporabo osebjem, ki so izpostavljeni toplotnim učinkom električnega obloka (the Arc Thermal Performance Value (ATPV), the Break Open Energy (EBT50)).

Ta metoda se uporablja za merjenje in opis lastnosti materialov, izdelkov, sklopov ali oblačil v zvezi z energijo, ki nastaja pri električnem obloku na prostem pod nadzorovanimi laboratorijskimi pogoji. Vzorci se preizkušajo pri konstantnem toku 8 kA.

Materiali, uporabljeni za te metode, so v obliki vzorcev za metodo A in oblačil za metodo B (npr. IEEE 1584-2002 ali NFPA 70E). Rezultat je mera zaščite pred električnim oblokoma z vrednostjo incidentne energije, ki podaja toplotno energijo na enoto površine v cal/cm^2 oziroma J/cm^2 . Zaščita od obloka s vrednostjo ATPV so podane v tabelah standarda NFPA 70E.

Standard SIST EN 61482-1-2 [22]

Preskusna metoda v zaprti omarici (Box test), opisani v SIST EN 61482-1-2, je bila razvita v Evropi in pokriva vse praktične zahteve za nizkonapetostna omrežja in distribucijo. Statistično je to področje uporabe, kjer so nesreče najpogosteje povezane z oblokoma. Ta metoda potrjuje odpornost pred oblokoma in tudi zaščito pred električnimi okvarami. Oblok se ustvari med navpično postavljenima elektrodama, ki so obdane s posebno testno »škatlo«. OVO je poleg sevanja izpostavljen tudi plazmi in plinu, ter kovinskim brizgam (elektrode iz aluminija in bakra). Tako testirana OVO ščiti tudi pred dinamičnimi toplotnimi posledicami energije obloka.

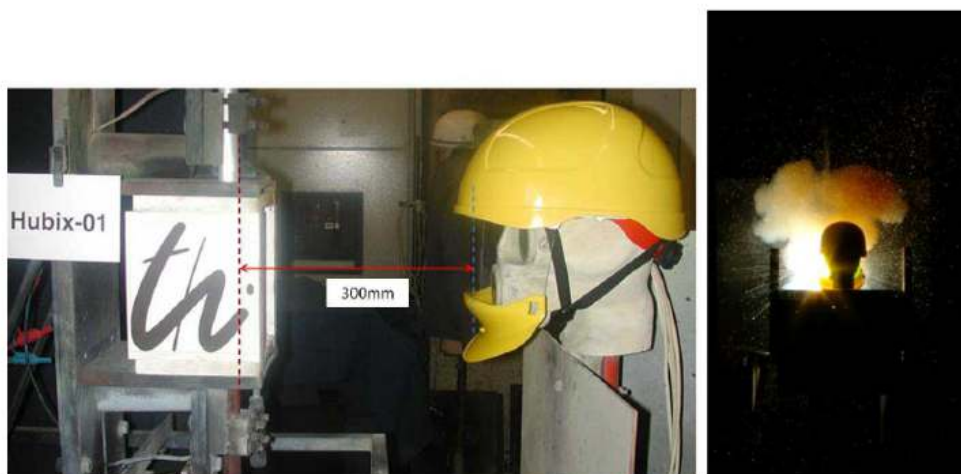
Pred pričetkom preskusne metode se izmeri vrednost incidentne energije brez testnega vzorca E_{io} , da se zagotovi primerne testne pogoje. Incidentna energija je stopnja izpostavljenosti na oddaljenosti $a = 300$ mm pravokotno do točke pojava obloka. Za merjenje incidentne energije se uporabljata dva kalorimetra in je testirana z dvema razredoma:

- razred 1: 146 kJ/m^2 ,
- razred 2: 427 kJ/m^2 .

V drugem koraku preskusne metode se meri energija oblaka in ugotavlja zaščitni razred vzorca. Z uporabo električnih podatkov iz standarda lahko električno energijo WLB, določimo za preskusne zahteve, z uporabo dveh razredov:

- razred 1: 158 kJ,
- razred 2: 318 kJ.

Vzorci oblačil se preskušajo in ocenjujejo v dveh razredih na istem preskusu (napetost: 400 V, trajanje: 500 ms, frekvenca: 50 Hz ali 60 Hz). Test se izvaja pri delovni razdalji 300 mm in razdalji med elektrodama 30 mm. Primer preizkušanja čelade z vizirjem je predstavljen na sliki 5 [37].



Slika 5: Test z zaprtim oblokom (angl. Box test) [37]

Tabela 2: Razred zaščite SIST EN 61482-1-2

Testni razred varovanja od oblaka	a [mm]	t _{oblaka} [ms]	I _{razred} oblaka [kA]	E _{io} [kJ/m ²]	W _{LBP} [kJ]
Razred 1	300	500	4	135	158
Razred 2	300	500	7	423	318
Razširjen razred varovanja I	300	500	8,4	850	395
Razširjen razred varovanja II	300	500	9,1	1350	550
Razširjen razred varovanja III	300	500	12,5	1600	630

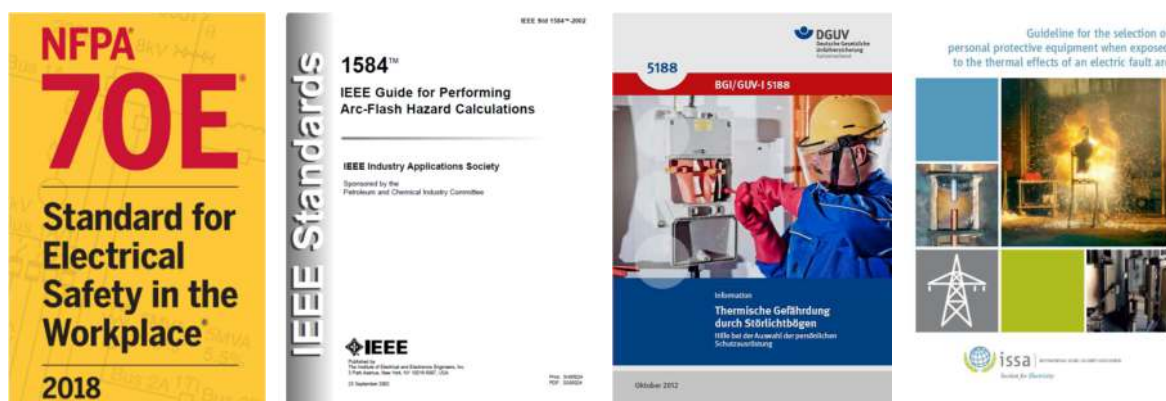
Tabela 3: Primerjava testnih metod SIST EN 61482

	SIST EN 61482-1-1	SIST EN 61482-1-2
Postavitev	Odprt oblok	Oblok v zaprti omarici, omejen usmerjen oblok
Testna energija oblaka	Spreminjajoča in prilagojena času trajanja oblaka ob konstantnem toku	Konstantna, dva možna razreda
Prenos toplote	Vse smeri: sevanje	Usmerjena: sevanje, konvekcija, taljenje kovine
Rezultati	Mera zaščite pred električnim oblokom (podana kot: vrednost ATPV ali E _{BT50} .) Obe vrednosti se podaja z vrednostjo incidentne energije v cal/cm ² oz. J/cm ² .	Rezultat testa je razred zaščite pred električnim oblokom (razred 1 ali 2). Razred je določen po principu: Vprašanje: Je testiran OVO preстал test pri razredu pripadajoči testni energiji oblaka? Odgovor DA/NE

Obe metodi uporabljata različne načine testiranja, konfiguracije in tipe oblokov, parametrov in testnih postopkov ter končnih rezultatov. Rezultatov ni mogoče fizično primerjati med seboj in matematično pretvarjati. OVO je potrebno preizkusiti in ovrednotiti z eno ali drugo metodo. Pomembno je, da so rezultati preizkusov obeh metod energetske ravni ali ravni incidentne energije, za katere OVO izkazuje odpornost in varovanje pred oblokom.

3.2.3. Standardi in smernice za izdelavo ocene tveganja in določitev OVO

Pred 15 leti sta se razvita ameriška standarda, ki določata vrednost ATPV ali EBT50 (NFPA 70E in IEEE 1584). Šele 10 let kasneje je razvit nemški standard z uporabo zaprtega obloka DGUV I 203 - 077. Pomemben je tudi priročnik ISSA za izbiro OVO za varovanje pred električnim oblokom (Slika 6).



Slika 6: Standardi in priročniki za izbiro OVO za varovanje pred električnim oblokom

Obstajajo različna programska orodja v podporo standardov, ki se uporabljajo za izračun tokov in sproščenih energij električnega obloka (Slika 7), kot so "EasyPower Arc Flash" - ETAP (ZDA), "SKM" (ZDA), " ArcPro 3.0 " (ZDA), "BSD Arc Calculator" (Nemčija) in "RENblad 1710" (Norveška).



Slika 7: Programska orodja v podporo standardov za izračun tokov in sproščenih energij obloka
Pri standardu IEEE 1584 je osnova za določitev OVO incidentna energija E_i , ki predstavlja toplotno energijo na enoto površine. Standard DGUV I 203-077 temelji na izračunu energije obloka, ki določa ekvivalentno energijo, ki jo OVO še prenese.

Tabela 4: Primerjava metod za izračun in določitev OVO

Metoda z odprtim oblokom (IEC 61482-1-1)	Metoda z zaprtim oblokom (IEC 61482-1-2)
ATPV/EBT (cal/cm^2)	Razred zaščite pred oblokom

<p>NFPA 70 E</p> 	<p>IEEE 1584</p> 	<p>DGUV I 203-077</p> 
<p>Tabele brez izračunov</p>	<p>Izračun incidentne energije E_i (cal/cm²) oz. (J/cm²)</p>	<p>Izračun energije obloka W_{LB} (kJ)</p>
	<p>Veliko dosegljivih orodij</p>	<p>BSD arc calculator</p>

Standard NFPA 70E [29]

NFPA 70E je izdalo ameriško Nacionalno združenje za požarno varnost in podaja tabele razredov OVO, za različne primere uporabe pri delu na distribucijski električni opremi. Vendar pa tabele temeljijo na predpostavkah o pravih vrednostih kratkostičnega toka in časih trajanja delovanja zaščite. Tablična metoda namreč predlaga nabor in nivo potrebne OVO za nekaj tipičnih situacij (Tabela 5).

Da zagotovimo primerno OVO za električna dela, moramo opraviti izračune kratkostičnega toka in čas delovanja zaščite:

- Nizka napetost (208 V, 400 V, 480 V, 600 V, 690 V):
 - o zaprt oblok,
 - o delovna razdalja 455 mm,
 - o čas odprave obloka med 0,05 in 0,5 s,
 - o ohmsko ozemljen sistem.
- Visoka napetost (5 kV, 12 kV in 15 kV):
 - o zaprt oblok,
 - o delovna razdalja 920 mm,
 - o čas odprave obloka med 0,1 in 1,0 s,
 - o ohmsko ozemljen sistem [10].

Tabela 5: Kategorije OVO in izbira OVO za varovanje od električnega obloka

Kategorija OVO	Opis OVO	Minimalna vrednost ATPV ali prag EBT50 (cal/cm ²)
KATEGORIJA 1	<p>Zaščitna oblačila za zaščito pred termičnimi nevarnostmi električnega obloka</p> <p>Zaščitna majica z dolgimi rokavi in hlače ali kombinezon Zaščita obraza z zaščitno masko ali skafandrom Opcijsko - Zaščitna jakna, pelerina ali podloga za čelado</p> <p>Zaščitna oprema</p> <p>Zaščitna čelada, Zaščitna očala, Zaščita sluha (ušesni čepki) Visoko vzdržljive usnjene rokavice Usnjeni čevlji (opcijsko)</p>	4
KATEGORIJA 2	<p>Zaščitna oblačila za zaščito pred termičnimi nevarnostmi električnega obloka</p> <p>Zaščitna majica z dolgimi rokavi in hlače ali kombinezon Zaščita obraza z zaščitno masko in podkapo ali skafandrom Opcijsko - Zaščitna jakna, pelerina ali podloga za čelado</p> <p>Zaščitna oprema</p> <p>Zaščitna čelada, Zaščitna očala, Zaščita sluha (ušesni čepki) Visoko vzdržljive usnjene rokavice Usnjeni čevlji</p>	8
KATEGORIJA 3	<p>Zaščitna oblačila za zaščito pred termičnimi nevarnostmi električnega obloka</p> <p>Zaščitna majica z dolgimi rokavi (kot zahtevano) Zaščitne hlače (kot zahtevano) Zaščitni kombinezon (kot zahtevano) "Arc flash" zaščitna jakna (kot zahtevano) "Arc flash" zaščitne hlače (kot zahtevano) "Arc flash" skafander Zaščitne rokavice Opcijsko - zaščitna jakna, pelerina ali podloga za čelado</p> <p>Zaščitna oprema</p> <p>Zaščitna čelada, Zaščitna očala, Zaščita sluha (ušesni čepki) Usnjeni čevlji</p>	25
KATEGORIJA 4	<p>Zaščitna oblačila za zaščito pred termičnimi nevarnostmi električnega obloka</p> <p>Zaščitna majica z dolgimi rokavi (zahtevano) Zaščitne hlače (kot zahtevano) Zaščitni kombinezon (kot zahtevano) "Arc flash" zaščitna jakna (kot zahtevano) "Arc flash" zaščitne hlače (kot zahtevano) "Arc flash" skafander Zaščitne rokavice Opcijsko - Zaščitna jakna, pelerina ali podloga za čelado</p> <p>Zaščitna oprema</p> <p>Zaščitna čelada, Zaščitna očala, Zaščita sluha (ušesni čepki) Usnjeni čevlji</p>	40

Standard IEEE 1584 [30]

Analiza IEEE 1584 temelji na empirično pridobljenem modelu in kot rezultat podaja vrednost incidentne energije E_i (J/cm^2 ali cal/cm^2) oziroma količino energije, ki se prenese na obraz in telo osebe, ki je pred električno opremo. Empirično pridobljen model IEEE 1584 je omejen na napetostni nivo med 208 V in 15 kV in na največji tok kratkega stika med 0,7 kA in 106 kA, zato za primere, ko je napetostni nivo sistema višji od 15 kV standard IEEE 1584 predlaga uporabo Lee-jeve metode za izračun incidentne energije. Lee-jeva metoda je teoretično osnovana in zahteva manj vhodnih podatkov kot IEEE 1584 metoda. Glavna slabost Lee-jeve metode je v tem, da ne podaja postopka za določitev toka obloka.

Osnova za izračun incidentne energije, po metodi IEEE 1584 je vrednost maksimalnega toka trifaznega kratkega stika na vsakem delovnem mestu. Standard IEEE 1584 v osnovi predlaga izračun kratkostičnega toka po metodi IEEE, vendar pa se v Evropi kratkostična analiza izvaja po metodi IEC. Tok obloka se izračuna za vsako lokacijo in je nižji od maksimalnega kratkostičnega toka zaradi impedance obloka. Standard podaja ločeni enačbi preračuna toka obloka za NN sisteme (< 1 kV) in SN sisteme (1 – 15 kV).

Za izračunano vrednost toka obloka se iz časovne karakteristike zaščitne naprave razbere čas trajanja obloka. Te zaščitne naprave so lahko varovalke, NN ali SN stikala. Pri pregledu časovnih karakteristik uporabljenih zaščitnih naprav se lahko izkaže, da s ponastavitvijo oz. zamenjavo zaščitne naprave dosežemo hitrejši izklop obloka ter s tem zmanjšamo količino sproščene energije, vendar pa je pomembno, da s spremembami časovnih karakteristik zaščitnih naprav ne vplivamo negativno na selektivno delovanje zaščite.

Po določitvi časa trajanja obloka se določi razdalja delavca od točke pojava električnega obloka na delovnem mestu in se izračuna incidentna energija E_i , ki je odvisna od:

- napetostnega nivoja,
- razdalje med prevodnima deloma,
- toka obloka,
- geometrije opreme, ki določa smer in razpoložljiv prostor širjenja energije,
- tipa ozemljitve sistema,
- časovne karakteristike zaščitne opreme,
- oddaljenosti delavca od točke pojava električnega obloka.

Ker je količina sproščene energije odvisna od časa trajanja obloka, ki je enak izklopnemu času zaščitne naprave, IEEE metoda določa, da se incidentna energija izračuna tudi za primer 85 % vrednosti izračunanega toka obloka. Čas trajanja obloka se namreč lahko v odvisnosti od zaščitne naprave in njenih nastavitvev podaljša toliko, da je sproščena energija, navkljub manjšem toku obloka, večja kot pri 100 % vrednosti izračunanega toka obloka.

Zaradi večje količine podatkov je IEEE metoda bolj kompleksna od na primer tablične metode, ki jo podaja standard NFPA 70E. Tablična metoda namreč predlaga nabor in nivo potrebne OVO za nekaj tipičnih situacij predstavljenih v tabeli. Z uporabo metode IEEE je odgovorna oseba, zaradi manjših omejitev in večje natančnosti izračuna ATPV bolj fleksibilna pri izbiri OVO. Za IEEE metodo na trgu obstaja veliko različnih programskih rešitev.

OPOMBA: Pomembnost področja, ki ga obravnava Standard IEEE 1584 se izkazuje tudi v dejstvu razvoja samega standarda, saj je po prvi verziji iz leta 2002 sedaj dosegljiva nova verzija iz leta 2018, ki prinaša nekaj novosti ter nadomešča dopolnitev (1584a-2004, 1584b-2011 in 1584.1-2013).

Standard DGUV I 203-077 [31]

Algoritem, objavljen v BGI/GUV-I 5188 E, se načeloma lahko primerja z algoritmom podanim v IEEE 1584. Obema je namreč skupno, da se tok obloka izračuna na podlagi maksimalnega toka trifaznega kratkega stika na vsakem delovnem mestu, vendar pa se nadalje razlikujeta v metodi izračuna toka obloka. Tako kot pri IEEE metodi, bo za NN sistem tok obloka nižji od največjega kratkostičnega toka zaradi impedance obloka, vendar se bo zaradi druge metode izračuna razlikoval od rezultata po IEEE metodi. Nadalje je enako kot pri metodi IEEE tok obloka osnova za določitev časa izklopa zaščitne naprave (varovalke ali stikala). Ker je pri DGUV metodi rezultat izračuna energija obloka WLB, se postopek do končnega rezultata razlikuje od postopka IEEE metode, vendar pa v osnovi upošteva enake vhodne podatke ter pogoje kot IEEE metoda. Zaradi metode izračuna toka obloka in energije obloka, je poleg podatkov naštetih v opisu IEEE metode potreben le še podatek o razmerju R/X v točki pojava obloka.

OPOMBA: Neuradno je dosegljiva nova verzija (osnutek) standarda iz leta 2018 (v nemškem jeziku).

Energija obloka WLB je predvsem toplotno aktivna energija električnega obloka.

Za vsak razred zaščite pred oblokom (razred 1 in 2) je mogoče določiti stopnjo zaščite OVO (WLBa), pri čemer upoštevamo dejansko razdaljo med obrazom oz. telesom delavca in točko pojava obloka ter geometrijo opreme za ustrezno delovno mesto. Nazadnje mora odgovorna oseba primerjati vrednosti energije obloka (WLB) in energije, ki jo na danem delovnem mestu za določeno delovno razdaljo še zdrži OVO (WLBa). Če je $WLB < WLBa$, potem OVO delavcu zagotavlja zadostno zaščito pred oblokom.

Energija obloka, ki temelji na DGUV I 203-077, nima nobene omejitve glede napetosti ali toka okvare. Vendar ni dovolj jasnih smernic, kako se spoprijeti s situacijo v primeru, ko je:

$$WLB > WLBa$$

Tabela 6: Primerjava standarda IEEE 1584 in DGV I 203-077

	IEEE 1584 (od 2002)	DGV I 203-077 (od 2012)
Napetost	208 V - 15 kV	Un > 50 V
Kratkostični toki	0,7 kA - 106 kA	Brez omejitev
Potrebni podatki za analizo	<ul style="list-style-type: none"> - Nivo napetosti - Maksimalni kratkostični tok - Razdalja med prevodnima deloma - Čas izklopa zaščite - Geometrija opreme - Delovna razdalja 	<ul style="list-style-type: none"> - Nivo napetosti - Maksimalni kratkostični tok - Razdalja med prevodnima deloma - Čas izklopa zaščite - Geometrija opreme - Delovna razdalja
Rezultati	ATPV in cal/cm ² Brez omejitev (izračun)	Razred zaščite pred električnim oblokom - Razred 1 in Razred 2
Glavne razlike	<ul style="list-style-type: none"> - Različen faktor razdalje glede na geometrijo - Maksimalen čas trajanja obloka 2s - Izračun toka obloka - Predlagana delovna razdalja (NN 460...610 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> - Direktna povezava med incidentno energijo in razdaljo - Maksimalen čas trajanja obloka 1s - Izračun toka obloka - Predlagana delovna razdalja (NN 300 mm)
Nivo OVO	Kategorija 1 ... 4 - 7 cal/cm ² Kategorija 2 ... 8 - 24 cal/cm ² Kategorija 3 ... 25 - 39 cal/cm ² Kategorija 4 ... ≥ 40 cal/cm ²	Razred 1 ... 158 kJ Razred 2 ... 318 kJ Višji razred > 318 kJ

4. OCENA TVEGANJA NEVARNOSTI ELEKTRIČNEGA OBLOKA

4.1. Ocena tveganja

V skladu z zahtevami zakonodaje je delodajalec dolžan izvesti oceno tveganja za vsako posamezno delovno mesto. Ocena tveganja je pisni dokument, v katerem so ocenjena vsa tveganja, ki so jim delavci izpostavljeni ali bi jim lahko bili izpostavljeni. Če je ta dokument pravilno pripravljen in upoštevan, je lahko ključ za manj nesreč, poškodb, smrti in poklicnih bolezni na delovnem mestu (vir: ZVZD).

Ocena tveganja je zajema sistematičen pregled vseh vidikov dela:

- kaj lahko povzroči nevarnosti in poškodbe,
- ali bi lahko te nevarnosti odpravili, če ne,
- kateri preventivni zaščitni ukrepi so ali bi morali biti vzpostavljeni za nadzor nevarnosti.

Proces ocene tveganja zahteva poznavanje naslednjih funkcij (f):

- tveganja = f (verjetnost, resnost)
- verjetnost = f (pogostost, čas trajanja),
- pogostost = f (dogodek, enota časa),
- resnost = f (izid, posledice),

oziroma jo izračunamo po formuli:

$$\text{ocena tveganja} = \text{ocena verjetnosti} \times \text{ocena resnosti.}$$

Pri dokončni izbiri OVO oz. v primeru, ko izračuni presejajo omejitve razredov OVO lahko delodajalec poseže po dodatnih razmislekih ob upoštevanju usmeritev, kot so:

- resnost (energija obloka ali incidentna energija) se izračuna z različnimi metodami (DGUV in IEEE),
- verjetnost je običajno brez vrednosti in se večinoma lahko vrednoti samo na kvalitativen način (zahtevna kvantitativna opredelitev) – oceno verjetnosti pridobimo s pomočjo ovrednotenja:
 - o tehnične zasnove in trenutnega stanja opreme:
 - ✓ zasnova opreme (zaščita pred oblokom, naprava za zaščito pred oblokom, zaščita pred dotikom IP 2x, zaščita med stikalno manipulacijo, ...),
 - ✓ redno čiščenje in vzdrževanje opreme,
 - ✓ redno preizkušanje zaščitnih naprav (odklopnik),
 - ✓ nadzor dostopa do električne opreme (ključi),
 - ✓ uporaba ustrezne varnostne opreme (merilne naprave, kratkostična oprema, zasloni),
 - ✓ dokumentacija o trenutnem stanju opreme.
 - o organizacije vzdrževalnih del:
 - ✓ usposobljenost zaposlenih, ki delajo z opremo (specifično za posamezna dela in opremo, pooblaščen stikalničar, pooblastilo za izvajanje testiranja in meritve, certifikat za delo pod napetostjo,),
 - ✓ določena odgovorna oseba za postroj,
 - ✓ dokumentirana navodila,
 - ✓ sodelovanje z zunanjim osebjem,
 - ✓ redna navodila za varno delo,
 - ✓ pravilno izvajanje stikalnih operacij (kompetentnost, dokumentacija).
 - o osebne usposobljenosti vzdrževalnega osebja:
 - ✓ imenovanje pooblaščenih oseb, odgovorne za delovno mesto,

- ✓ uporaba in sprejemanje predpisane OVO,
- ✓ pogostost delovnih aktivnosti,
- ✓ redno usposabljanje osebja za delo in opremo.

Ob upoštevanju prej opisanih usmeritev je verjetnost za nevarnost obloka nižja. Možno je dovoliti delo na postroju s primernim razredom OVO, ki je lahko nižjega razreda kot izračunano, kar pomeni, da se lahko delo izvaja z vsakodnevno delovno obleko npr. OVO razreda 2, tudi če je izračun izkazal višjo energijo obloka. Pomembno je, da po oceni tveganja ni dovoljeno izvajati delo brez predpisane OVO.

4.2. Osebna varovalna oprema

Zaradi široke palete OVO (Slika 8 in 9) in širokega razpona zaščitnih razredov je potrebno izbrati ustrezno OVO z ustrezno (ergonomsko) stopnjo zaščite. Metode izračuna obloka morajo biti izbrane v skladu s standardi za izbiro OVO:

- Metoda odprtega obloka; ATPV (npr. SIST EN 61482-1-1, ASTM 1959)
 - Standard IEEE 1584,
 - Standard NFPA 70E.
- Metoda zaprtega obloka; razred zaščite (npr. SIST EN 61482-1-2)
 - Standard DGUV I 203-077.

OVO morajo uporabljati vsi električarji, ki izvajajo:

- meritve in teste,
- stikalne manipulacije,
- delo v bližini delov pod napetostjo,
- delo pod napetostjo.



Slika 8: OVO za varovanje od električnega obloka



Slika 9: Primeri uporabe OVO

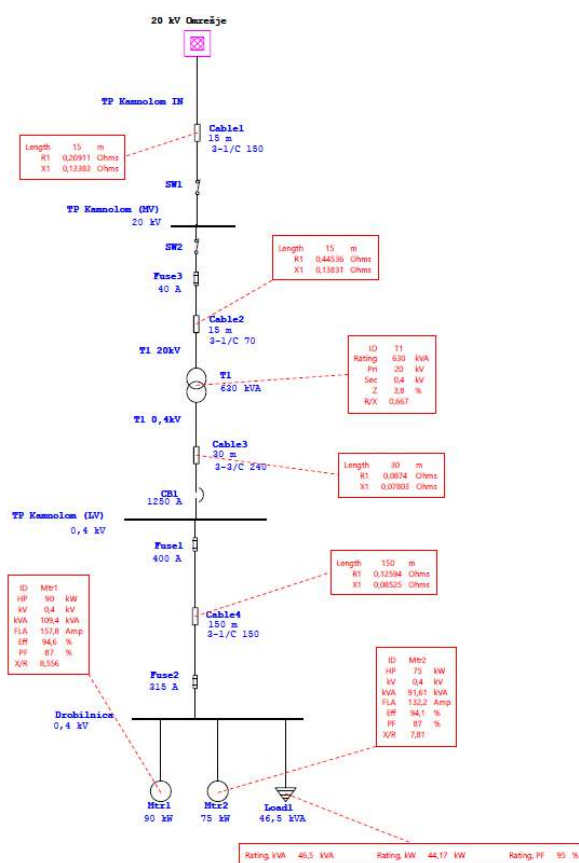
Delodajalec mora v skladu z zakonodajo in lastno oceno tveganja poskrbeti za kakovostno OVO, ki je v skladu s standardi.

Praktične izkušnje glede uporabe OVO v slovenski elektro distribuciji so dobre, še vedno pa je potrebno opozarjanje na terenu (uporaba čelade). Delovodje bi morale biti bolj dosledne pri opozarjanju in upoštevanju varnostnih pravil. Na področju dela pod napetostjo se OVO dosledno uporablja.

5. IZRAČUN ENERGIJE OBLOKA NA REALNEM PRIMERU

5.1. Primer industrijskega objekta - Apnenec d.o.o. Zidani Most

Električni sistem v Apnenec d.o.o. Zidani Most je sestavljen iz dveh transformatorskih postaj (TP Kamnolom Zidani Most 20/0,4 kV in TP Apnenec 20/0,4 kV). Obe TP se napajata preko 20 kV mreže. Iz vsake TP se napaja več NN postrojev na katere so priključeni večji porabniki (Slika 10).



Slika 10: Študijski model v programskem orodju ETAP za TP Kamnolom Zidani Most [5]

Za TP Kamnolom Zidani most (TP Kamnolom ZM) sta bili izvedeni naslednji analizi:

- kratkostična analiza,
- analiza nevarnosti električnega obloka.

Osnova za izračun toka in sproščene energije električnega obloka so bili rezultati kratkostične analize, izvedeni za posamezne SN in NN zbiralke.

Na podlagi največjih vrednosti kratkostičnih tokov se je ocenilo najvišjo vrednost toplotnega učinka električnega obloka (ang.: ATPV - Arc Thermal Performance Value) na posameznem mestu.

Izračuni so bili izvedeni s programsko opremo ETAP in namenskim kalkulatorjem Excel za izračun električnega obloka po priporočilih standarda IEEE 1584-2002 (Tabela 7).

Tabela 7: Rezultati analize nevarnosti električnega obloka znotraj TP Kamnolom ZM

Ime zbiralke kjer pride do oboka Napetost [kV]	ID zgoraj ležeče zaščitne naprave	Razdalja med prevodnima deloma [mm]	KS tok [kA]	Tok obloka [kA]	Čas trajanja obloka [s]	Ocenjena mejna oddaljenost od obloka (AFB) [mm]	Delovna razdalja [mm]	Incidentna energija	
								[J/cm ²]	[cal/cm ²]
Drobilnica 0,4 kV	Varovalka 2	25	8,953	4,517	0,64	1557	455	37,648	9,036
TP Kamnolom 0,4 kV	CB1	25	21,267	10,705	0,12	996	455	18,082	4,34
TP Kamnolom 20 kV	CB- RTP Radeče	/	2,735	2,735	0,51	3457	910	72,16	17,319

Določen je bil razred OVO v skladu s standardom NFPA 70E. Glede na rezultate analize nevarnosti električnega obloka je za posazmetna mesta zahtevana sledeča OVO (Tabela 8).

Tabela 8: Zahtevana OVO v TP Kamnolom Zidani most

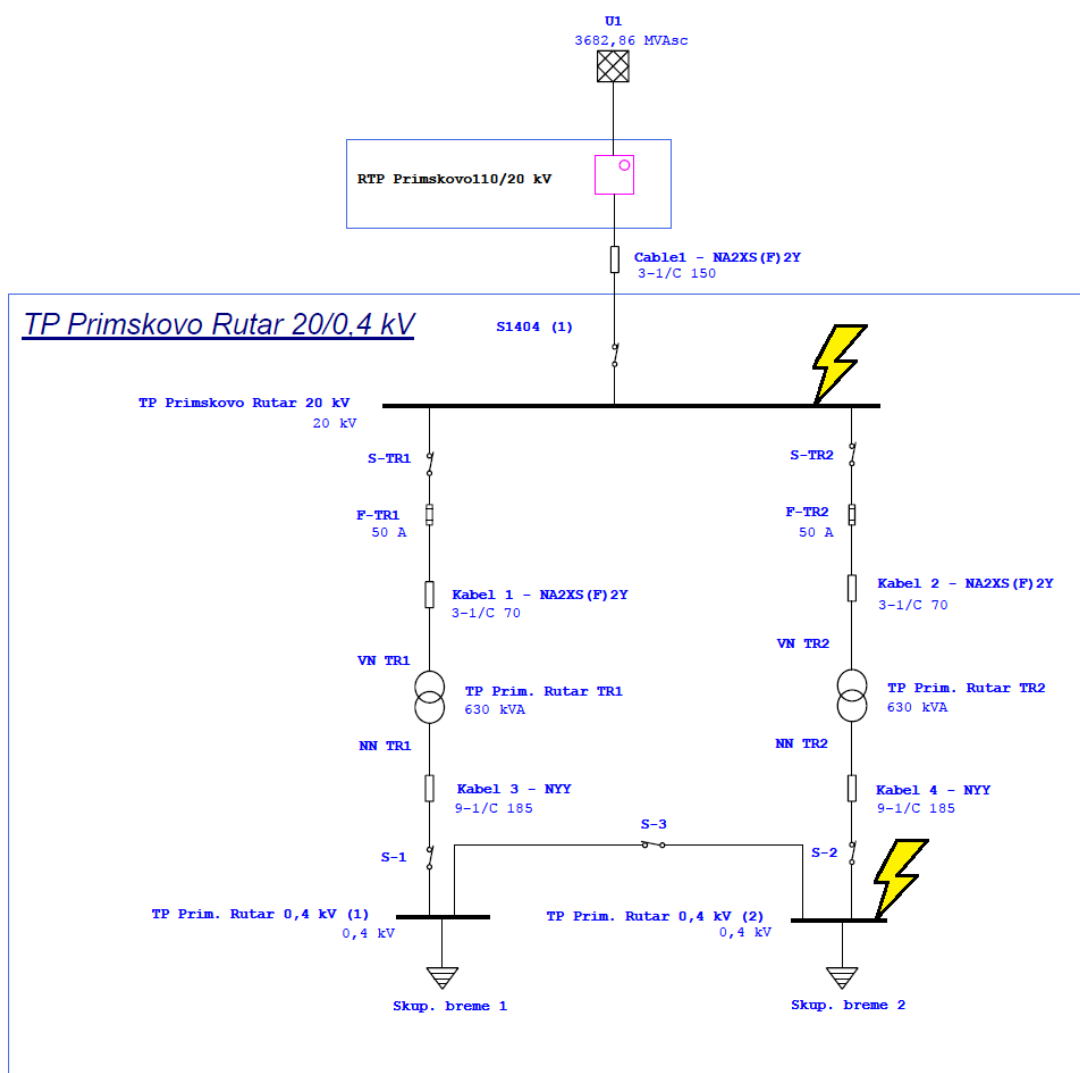
Varovalka	Zahtevan OVO
Drobilnica	Kategorija 2
TP Kamnolom (NN)	Kategorija 1
TP Kamnolom (SN)	Kategorija 2

Tekom analize je bilo ugotovljeno, da obstoječe nastavitve zaščitnih naprav zagotavljajo selektivno delovanje zaščitnih naprav, hkrati pa ne omogočajo optimizacije v smislu hitrejšega izklopa obločnih tokov, ter zmanjšanja sproščene energije. Analiza nevarnosti električnega obloka poda zahtevo po OVO kategorije 1 in 2 (po NFPA 70E), kar pomeni da se ne pojavlja povečana energija obloka.

5.2. Primer distribucijskega objekta - TP PRIMSKOVO RUTAR

Leta 2015 se je v TP Primskovo Rutar zgodila delovna nezgoda zaradi električnega obloka. Poškodovana sta bila dva električarja, s posledicami opeklin po rokah in obrazu.

Na distribucijskem primeru je predstavljen izračun kratkostičnih razmer s uporabo standardov IEEE 1584 in DGUV. TP Primskovo Rutar v Kranju je napajana iz RTP 110/20 kV Primskovo. V RTP sta vgrajena dva energetska transformatorja 110/20 kV, moči 31,5 MVA in uporabljeni 20 kV kabli preseka 150 mm² v dolžini 175 m (Slika 11).



Slika 11: Študijski model v programskem orodju ETAP za TP Primskovo Rutar 20/0,4 kV [4]

Analiza nevarnosti električnega obloka na dveh mestih v TP Primskovo Rutar 20/0,4 kV je bila izvedena z namenom primerjave metod po IEEE 1584/NFPA 70E (ETAP programski paket) in DGUV (BSD Arc Calculator).

Izračuni so podani v dveh sklopih, saj se metodi IEEE 1584 in DGUV I 203-077 razlikujeta v standardnih vrednostih delovne razdalje ter razdalje med prevodnima deloma (Tabele 9.1-9.4).

Podatki o zaščiti:

RTP: SN odklopnik z numerično zaščito in nastavljenimi parametri $I_n = 300\text{ A}$, $I_k = 4 \times I_n$, $t = 0,1\text{ s}$,
TP: Na SN nivoju so edina kratkostična zaščita varovalke (50 A), ki ščitijo tudi dovod na NN strani.

Tabela 9.1: Rezultati, ko pride do obloka v SN stikališču za primer podatkov po IEEE

<u>Pojav obloka na zbiralki "TP Primskovo Rutar 20 kV" - izračun na podatkih IEEE</u>										
Razdalja med prevodnima deloma $d^* = 240\text{ mm}$; Delovna razdalja $a = 910\text{ mm}$ ($d = \text{DGUV vrednost}$; $a = \text{IEEE vrednost}$)										
* IEEE metoda ni uporabna za napetosti $>15\text{ kV}$, uporabljena je Leejeva metoda, ki ne potrebuje podatka o razdalji med prevodnima deloma.										
Tip analize	ID zgoraj ležeče zaščitne naprave	Razdalja med prevodnima deloma	Tok kratkega stika	Tok obloka	Čas trajanja obloka	Ocenjena mejna oddaljenost od obloka (AFB)	Delovna razdalja	Incidentna energija		Nivo OVO
(kV)		(mm)	(kA)	(kA)	(s)	(mm)	(mm)	(J/cm ²)	(cal/cm ²)	
Lee metoda*	S1357	/	13,6	13,6	0,16	4318	910	112,571	27,014	Kategorija 3
						k_f - faktor		Energija obloka (kJ)		
DGUV	S1357	240	13,6	13,6	0,16	1,9	910	2595		Razred 1 $W_{LBP} = 148\text{ kJ}$

Tabela 9.2: Rezultati, ko pride do obloka v SN stikališču za primer podatkov po DGUV

<u>Pojav obloka na zbiralki "TP Primskovo Rutar 20 kV" - izračun na podatkih DGUV</u>										
Razdalja med prevodnima deloma $d = 240\text{ mm}$; Delovna razdalja $a = 825\text{ mm}$										
* IEEE metoda ni uporabna za napetosti $>15\text{ kV}$, uporabljena je Leejeva metoda, ki ne potrebuje podatka o razdalji med prevodnima deloma.										
Tip analize	ID zgoraj ležeče zaščitne naprave	Razdalja med prevodnima deloma	Tok kratkega stika	Tok obloka	Čas trajanja obloka	Ocenjena mejna oddaljenost od obloka (AFB)	Delovna razdalja	Incidentna energija		Nivo OVO
(kV)		(mm)	(kA)	(kA)	(s)	(mm)	(mm)	(J/cm ²)	(cal/cm ²)	
Lee metoda*	S1357	/	13,6	13,6	0,16	4318	825	136,962	32,867	Kategorija 3
						k_f - faktor		Energija obloka (kJ)		
DGUV	S1357	240	13,6	13,6	0,16	1,9	825	2595		Razred 2 $W_{LBP} = 180\text{ kJ}$

Tabela 9.3: Rezultati, ko pride do obloka v NN stikališču za primer podatkov po IEEE

Pojav obloka na zbiralki "TP Primskovo Rutar 0,4 kV" - izračun na podatkih IEEE										
Razdalja med prevodnima deloma d = 32 mm; Delovna razdalja a = 455 mm										
Tip analize	ID zgoraj ležeče zaščitne naprave	Razdalja med prevodnima deloma	Tok kratkega stika	Tok obloka	Čas trajanja obloka	Ocenjena mejna oddaljenost od obloka (AFB)	Delovna razdalja	Incidentna energija		Nivo OVO
(kV)		(mm)	(kA)	(kA)	(s)	(mm)	(mm)	(J/cm ²)	(cal/cm ²)	
IEEE 0,4 kV	F-TR1 & F-TR2	32	42,454	17,445	2	12291	455	642,19	154,12	> Kategorija 4
						k _t - faktor		Energija obloka (kJ)		
DGUV 0,4 kV	F-TR1 & F-TR2	32	42,454	35,4	0,194	1,7	455	1375		> Razred 2 W _{LBP} = 352 kJ

Tabela 9.4: Rezultati, ko pride do obloka v NN stikališču za primer podatkov po DGUV

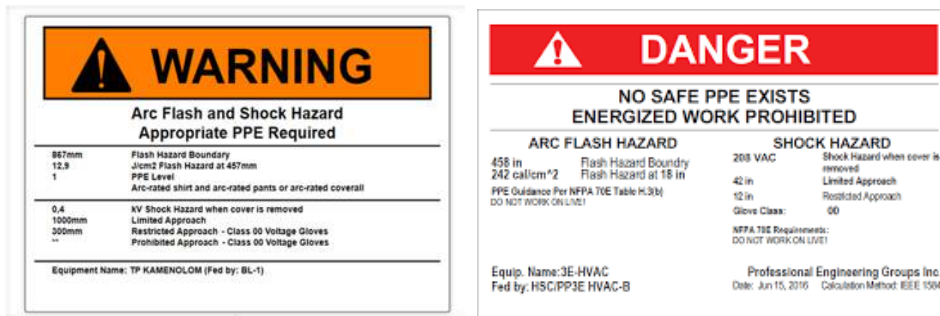
Pojav obloka na zbiralki "TP Primskovo Rutar 0,4 kV" - izračun na podatkih DGUV										
Razdalja med prevodnima deloma d = 30 mm; Delovna razdalja a = 300 mm										
Tip analize	ID zgoraj ležeče zaščitne naprave	Razdalja med prevodnima deloma	Tok kratkega stika	Tok obloka	Čas trajanja obloka	Ocenjena mejna oddaljenost od obloka (AFB)	Delovna razdalja	Incidentna energija		Nivo OVO
(kV)		(mm)	(kA)	(kA)	(s)	(mm)	(mm)	(J/cm ²)	(cal/cm ²)	
IEEE 0,4 kV	F-TR1 & F-TR2	30	42,454	17,804	1	12433	300	603,18	144,76	> Kategorija 4
						k _t - faktor		Energija obloka (kJ)		
DGUV 0,4 kV	F-TR1 & F-TR2	30	42,454	35,9	0,181	1,7	300	1251		> Razred 2 W _{LBP} = 736 kJ

Ker je napetost na VN strani transformatorja 20 kV, metoda IEEE ni več uporabna, saj je le-ta navzgor omejena z napetostnim nivojem 15 kV. Namesto IEEE je izračun izveden po Leejevi metodi, ki lahko vrne konservativne rezultate. Rezultati Leejeve metode so namreč zelo odvisni od višine napetosti in velikosti maksimalne vrednosti toka kratkega stika. Vendar pa po drugi strani Leejeva metoda ne upošteva geometrije opreme, ter posledično usmeritve in ojačitve energije, ko pride do obloka v omejenem prostoru kot je stikališče. Prevelika posplošenost Leejeve metode ima lahko za posledico, da se na določenem delovnem mestu za delavca določi prenizek oziroma previsok razred OVO. Tudi previsok razred OVO pomeni povečanje tveganja za nastanek obloka in poškodb.

Algoritmi, kot je DGUV, ki niso omejeni z napetostnim nivojem in velikostjo kratkostičnega toka, zato v takšnem primeru ponujajo bolj verodostojno informacijo odgovorni osebi, ki izbira OVO.

Rezultati izračuna na NN strani transformatorja kažejo, da DGUV metoda za obravnavan primer vrne občutno višje vrednosti toka obloka kot IEEE metoda. Ker so NN zbiralke zaščitene preko SN varovalk je zaradi izklopne karakteristike varovalk čas trajanja obloka določen po DGUV metodi krajši od časa trajanja obloka po IEEE metodi. Ker časovno-tokovna karakteristika varovalk ni linearna je izračunana sproščena energija manjša. Odvisno od izklopnih karakteristik zaščitnih naprav se lahko zgodi, da izračun po obeh metodah vrne zelo dolge izklopne čase obloka. V takšnem primeru in ob predpostavki, da ima delavec dovolj prostora, da se lahko odmakne od točke nastanka obloka, standard IEEE predpisuje, da se upošteva maksimalni čas trajanja 2 s, smernica DGUV pa čas trajanja 1 s.

NFPA 70E (Slika 12) podaja obliko nalepk, s katerimi se opremi električno opremo (omarica), za katero analiza pokaže nevarnost poškodb delavca zaradi učinka električnega obloka. Nalepka je opremljena s podatki o mejni oddaljenosti, energiji električnega obloka in nivoju OVO.



Slika 12: NFPA 70E nalepka – opozorilo [5] in prepoved dela pod napetostjo

5. ZAKLJUČEK

Vsak dan poteka elektrotehniško delo s tveganjem pojava električnega obloka. Obstajajo različni načini varovanja delavcev pred električnim oblokom. Tako tveganje se sprva lahko prepreči s tehničnimi ukrepi kot so primerne in sodobne konstrukcije opreme ter zaščitne naprave in ustvarjanje električno varnega delovnega okolja (brez napetostno stanje, delovna pravila itd.).

Tudi s primernim usposabljanjem delavcev zmanjšamo takšno tveganje. V mnogih primerih tveganja ne moremo popolnoma odpraviti, lahko pa s pravnimi ukrepi in dosledno uporabo primerne OVO le to zmanjšamo.

Določitev OVO je pomemben del vsake ocene tveganja za delo na električni opremi. Ne velja samo za delo pod napetostjo, ampak tudi za delo v bližini delov pod napetostjo. Uporaba OVO je zadnja možnost v hierarhiji varovalnih ukrepov varovanja delavca.

Uporaba OVO je lahko komplementaren ukrep, ki ga izvajamo skupaj z drugimi vrstami ukrepov. S strokovnega vidika imajo prednost tehnični ukrepi, ki jim sledijo organizacijski.

Izračun energije obloka je izveden s pomočjo izbrane programske opreme. Uporabna je vsaka programska oprema, ki ima možnost »arc flash« modula po preverjenih standardnih metodah.

Obstaja več metod določitve oziroma izbora OVO, katero izmed metod uporabiti je izbira delodajalca.

Varovanju delavcev pred električnim oblokom je potrebno posvetiti posebno pozornost, na kar opozarjajo smernice razvoja na tem področju, ki pa so vplivale tudi na dopolnitev standarda SIST EN 50110:2013. V svetu je opazen razvoj standardov, kar potrjujejo novi dopolnjeni ameriški (IEEE) kot nemški (DUVG) standardi v letu 2018.

S pravnimi postopki dela ter z uporabo ustrezne OVO je mogoče bistveno zmanjšati nevarnosti električnega obloka in jih pogosto tudi odpraviti. Zato je zelo pomembno, da osebje redno uporablja predpisano OVO pri izvajanju posameznih aktivnosti.

Omeniti je potrebno, da so avtorji aktivni tudi v procesih oblikovanja novega pomembnega EN standarda »Control of risks related to energies and fluids during maintenance operations« v okviru CEN/TC 319 oziroma SIST/TC VZD. Ta standard bo pokril področje varnosti pred vplivi energije še posebej v fazi vzdrževanja (Lock Out, Tag Out (LOTO), Lock Out, Tag Out, Try Out (LOTOTO)).

Ta aktivnost je povezana s francosko pobudo, saj je Francija že oblikovala standard NF X60-400 Maintenance - Mise en sécurité des intervenants lors des opérations de maintenance - Processus de maîtrise des énergies - Mise en sécurité des équipements et des installations avant intervention de maintenance (AFNOR, december 2017). Slovenija (SIST/TC VZD in DVS – Društvo vzdrževalcev Slovenije) je podprla to iniciativo v organih EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies) oziroma EHSEC (European Health, Safety and Environment Committee).

V letu 2019 se končno pričakuje prenovljen Pravilnik o varnosti pred nevarnosti električnega toka iz leta 1992 in sicer v razpravi je »Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti delavcev pred nevarnostjo udara električnega toka«.

Slovenski strokovnjaki, ki sodelujejo v obeh procesih, sprejema novega Pravilnika in novega EN standarda pozivajo kolege, da se aktivno vključijo v javno razpravo s ciljem potrditve le-teh.

REFERENCE

- [1] LOVRENČIČ, A.: Varovanje električarjev pred električnim oblokom, Diplomsko delo: Visokošolski strokovni študijski program prve stopnje Aplikativna elektrotehnika, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2019.
- [2] LOVRENČIČ, A., ŠTERN G., VINTAR, P. in LOVRENČIČ, V.: Primer ocene tveganja varovanja električarjev pred električnim oblokom, 14. konferenca slovenskih elektroenergetikov (CIGRE-CIRED) - Laško 2019, 21.5. – 23.5.2019.
- [3] LOVRENČIČ, V.: Delo pod napetostjo - uspešno izvajanje v praksi na nizki in srednji napetosti, predavanje, Agencija POTI, 3.6.2019.
- [4] LOVRENČIČ, V., ŠTERN, G., JORDAN, T., VINTAR, P. in LOVRENČIČ, A.: Varovanje električarjev pred električnim oblokom obveznost delodajalcev, 4. nacionalna konferenca o vzdrževanju v elektroenergetiki CIGRE-CIRED, Nova Gorica, 15.11.2018.
- [5] LOVRENČIČ, V., BRAČKO, J., VINTAR, P. in LOVRENČIČ, A.: Varovanje električarjev pred električnim oblokom pri delu na električnih napravah v Apnenec d.o.o., Študija št. 210/VL/18, C&G d.o.o. Ljubljana, november 2018.
- [6] LOVRENČIČ, V., NIKOLOVSKI, S., JORDAN, T., ENGBRETHSEN, M. in LOVRENČIČ, A.: Computer Aided Arc Flash Risk Assessment According to IEEE and DGUV Standards. International Conference on Smart Systems and Technologies 2018 (SST 2018), Osijek, Hrvaška, 10.-12. 10. 2018.
- [7] LOVRENČIČ, V., JORDAN, T., NIKOLOVSKI, S. in LOVRENČIČ, A.: Izbor osobne zaščitne opreme i izračun energije električnog luka prilikom kratkih spojeva u distribucijskim električnim postrojenjima. 6. (12.) savjetovanje hrvatskog ogranka međunarodne elektrodistribucijske konferencije (HO CIRED), Opatija, Hrvaška, 13.-16.05.2018.
- [8] LOVRENČIČ, V. in LUŠIN, M.: Varovanje električarjev pred oblokom v skladu s priporočili SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev. 12. konferenca slovenskih elektroenergetikov (CIGRE-CIRED), 25.-27.5.2015, Portorož.
- [9] LOVRENČIČ, V. in OPAŠKAR, G.: SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev - 1. del: Splošne zahteve. 36. Posvetovanje o močnostni elektrotehniki in sodobnih inštalacijah, Kotnikovi dnevi, Radenci, 26.-27.3.2015.
- [10] LOVRENČIČ, V. in RUŽIČ, B.: Varnost in zdravje pred nevarnostjo električne energije: Cilj »nič nezgod« pri delu na električnih inštalacijah, Elektrotehniška revija ER, št. 2/2013, julij 2013.
- [11] LOVRENČIČ, V.: Varnost in zdravje pred nevarnostjo električne energije: Cilj »nič nezgod« pri delu na električnih inštalacijah, Elektrotehniška revija ER, št. 1/2013, marec 2013.
- [12] LOVRENČIČ, V.: Varnost in zdravje pred nevarnostjo električne energije, »Nič nezgod« pri vzdrževanju električnih inštalacij, Revija Vzdrževalec, št. 151-152, februar – april 2013.
- [13] Direktiva Sveta 89/391/EGS. z dne 12. junija 1989. o uvajanju ukrepov za spodbujanje izboljšav varnosti in zdravja delavcev pri delu (UL L, št. 183 z dne 29. 6. 1989).
- [14] Direktiva 2007/30/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 20. junija 2007 o spremembah Direktive Sveta 89/391/EGS, njenih posebnih direktiv in direktiv Sveta 83/477/EGS, 91/383/EGS, 92/29/EGS in 94/33/ES za poenostavitev in racionalizacijo poročil v zvezi s praktičnim izvajanjem (UL L, št. 165 z dne 27. 6. 2007).
- [15] Uredba (EU) 2016/425 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2016 o osebni varovalni opremi in razveljavitvi Direktive Sveta 89/686/EGS (UL L, št. 81 z dne 31. 3. 2016).
- [16] Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), Ur. l. RS, št. 43/2011.
- [17] Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka, Ur. l. RS, št. 29/1992.
- [18] Pravilnik o osebni varovalni opremi, ki jo delavci uporabljajo pri delu (Ur. l. RS, št. 89/99, 39/05 in 43/11 – ZVZD-1).
- [19] SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev - 1. del: Splošne zahteve.
- [20] SIST EN 50110-2:2010 Obratovanje električnih postrojev - 2. del: Nacionalni dodatki.
- [21] SIST EN 61482-1-1:2009 Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 1-1: Test methods - Method 1 - Determination of the arc rating (ATPV or EBT50) of flame resistant materials for clothing. (Delo pod napetostjo - Oblačila za zaščito pred temperaturno nevarnostjo električnega obloka - 1-1. del: Preskusne metode - 1. metoda: Določanje zaščitnega razreda pri obloku (ATPV ali EBT50) ognjevarnih materialov za oblačila (EN ali IEC 61482-1-1:2009).

- [22] SIST EN 61482-1-2:2015 Live working - Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc - Part 1-2: Test methods - Method 2: Determination of arc protection class of material and clothing by using a constrained and directed arc (box test). Delo pod napetostjo - Oblačila za zaščito pred temperaturno nevarnostjo električnega obloka - 1-2. del: Preskusne metode - 2. metoda: Določanje zaščitnega razreda pri obloku za material in oblačila z uporabo omejenega in usmerjenega obloka (preskus v zaboju) (EN ali IEC 61482-1-2:2014).
- [23] GS-ET-29:2011-05 Test Principles - Face shields for electrical works - Supplementary requirements for the testing and certification of face shields for electrical works, issued by DGUV Test Cologne 2008-02 and 2010-02.
- [24] ASTM F1506 - 2017a Standard Performance Specification for Flame Resistant and Electric Arc Rated Protective Clothing Worn by Workers Exposed to Flames and Electric Arcs.
- [25] ASTM F1959/F1959M - 2014e1 Standard Test Method for Determining the Arc Rating of Materials for Clothing.
- [26] ASTM F2178 - 2017b Standard Test Method for Determining the Arc Rating and Standard Specification for Eye or Face Protective Products.
- [27] ASTM F2675 / F2675M - 2013 Standard Test Method for Determining Arc Ratings of Hand Protective Products Developed and Used for Electrical Arc Flash Protection.
- [28] ASTM F2676 – 2016 Standard Test Method for Determining the Protective Performance of an Arc Protective Blanket for Electric Arc Hazards.
- [29] NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace, National Fire Protection Association, Edition 2018.
- [30] IEEE 1584-2018 - IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.
- [31] DGUV Information 203-077: Thermische Gefährdung durch Störlichtbögen – Hilfe bei der Auswahl der persönlichen Schutzausrüstung., Edition October 2012, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) BGI/GUV-I 5188: Thermal hazards from electric fault arc - Guide to the selection of personal protective equipment).
- [32] ISSA, Guideline for the selection of personal protective equipment when exposed to the thermal effects of an electric fault arc (2nd Edition 2011). Koln: International Section of the ISSA for Electricity, Gas and Water, 2011.
- [33] EasyPower User's Manual, EasyPower LLC, version 9.7. Mohawk St, Tualatin, Oregon, 2016.
- [34] Arc Flash - A Guide to standards and requirements for protective clothing. <http://www.arcflashprotection.co.uk/> assessed on 11th Dec 2016.
- [35] Varnostna pravila za delo v/na elektroenergetskih objektih in postrojih, rev. št. 1., 27.10.2014, ELES.
- [36] Varnostna pravila za delo na elektroenergetskih postrojih, Projektna skupina v sklopu Delovne skupine za splošne zadeve, varnost in zdravje pri delu ter požarno varnost GIZ distribucije električne energije, Ljubljana, 2008.
- [37] NOWIKOW, J., NOWIKOW, H. in MATUSIAK, G.: Polish electricians individual 2nd grade equipment to protect against the thermal hazards of electric arc according to PN-EN 61482. ICOLIM 2017, 12th International Conference on Live Maintenance, Strasbourg, France, 26.-28.4.2017.
- [38] JORDAN, T. in TÄNZER, H.: Class 2 Arc Protection of Electricians Face Shields – BSD ErgoS. ICOLIM 2011, 10th International Conference on Live Maintenance, Zagreb, Croatia, 31.5.-02.6.2011.
- [39] JORDAN, T. in DOLATA, R.: Electric Arc Protection – PPE, Selection of PPE, High Performance PPE beyond Class 2. ICOLIM 2014, 11th International Conference on Live Maintenance, Budapest, Hungary, 21.-23.5.2014.
- [40] JORDAN, T. in KAUSCHKE, M.: Selection of PPE – Practical experience of different arc assessment methods and their comparison. ICOLIM 2017, 12th International Conference on Live Maintenance, Strasbourg, France, 26.-28.4.2017.
- [41] ENGBRETHSEN, M.: Calculation of energy from an arc flash. REN Temadager AUS (Norwegian live work conference), Thon Hotel Rosenkrantz, Bergen, 10.-11.04.2018.
- [42] JORDAN, T.: Arc protection. REN Temadager AUS (Norwegian live work conference), Thon Hotel Rosenkrantz, Bergen, 10.-11.04.2018.
- [43] SCHAU, H., HALINKA, A. in WINKLER, W.: Elektrische Schutzeinrichtungen in Industrienetzen und –anlagen, Hüthig, 2008.

- [44] RAMIREZ-BETTONI, E.: Arc Flash Requirements for Electric Utility Live Work, IEEE ESMO 2019, 14th International Conference on Transmission & Distribution Construction, Operation & Live-Line Maintenance, Columbus, Ohio, ZDA, 24.-27.06.2019.
- [45] Occupational Injuries From Electrical Shock and Arc Flash Events, Final Report, The Fire Protection Research Foundation, One Batterymarch Park Quincy, Massachusetts, U.S.A. 02169-7471, marec 2015.

ISBN 978-1-873671-00-9



9 781873 671009 >

ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR