



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Elektroenergetika

Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
inštalacije

AVTOMATSKA LOČILNA STIKALA V SREDNJENAPETOSTNI MREŽI

Mentor: Matjaž Bobnar, univ. dipl. inž. el.
Lektorica: Ana Peklenik, prof. slov.

Kandidat: David Kališnik

Ljubljana, september 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju g. Matjažu Bobnarju, univ. dipl. inž. el., za navodila in strokovno pomoč pri pripravljanju diplomske naloge.

Zahvala gre tudi podjetju Elektro Ljubljana d. d., ki mi je finančno omogočilo in me podprlo pri odločitvi za izobraževanje.

Zahvaljujem se družini, ki mi je stala ob strani.

Zahvaljujem se tudi lektorici Ani Peklenik, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

IZJAVA

»Študent David Kališnik izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom g. Matjaža Bobnarja.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V diplomski nalogi bomo izpostavili pomembnost avtomatizacije srednjenapetostne mreže. Srednjenapetostna mreža je po velikosti v elektro distribucijah zelo velika in močno vpliva na kazalnike kakovosti električne energije. Predstavili bomo hierarhijo napetostnih nivojev v distribucijah in njihove značilnosti. Za prenos električne energije uporabljamo višji napetostni nivo za zmanjševanje izgub, kar posledično pomeni, da je razvojno-finančni vložek največji. Prikazali bomo delovanje in način vključevanja avtomatskih ločilnih stikal v srednjenapetostno mrežo. Z avtomatskimi ločilnimi stikali izvajamo avtomatizacijo na srednjenapetostni mreži. Opisali bomo postopek vključevanja od predloga do izvedbe avtomatskega ločilnega stikala.

Izpostavili bomo ekonomske prednosti po vključitvi avtomatskega ločilnega stikala. Če se vključitev avtomatskega ločilnega stikala v določen odsek srednje napetostne mreže izkaže kot upravičen, je finančni doprinos podjetju zagotovljen. Kazalniki neprekinjenosti električne energije kažejo kakovost postrojev distribucijskega podjetja, zato je pomembno, da so prekinitve dobave električne energije kratke ali pa jih sploh ni. Prikazali bomo izboljšave kazalnikov neprekinjenosti po vključitvi avtomatskega ločilnega stikala, ki so posredno povezani s kakovostjo dobave električne energije in s tem z zaslužkom podjetja. Predstavili bomo tudi predloge za izboljšavo dosedanjega dela in predlagali nov način izvajanja avtomatizacije v srednjenapetostni mreži.

Na praktičnem primeru srednjenapetostne mreže bomo prikazali zgoraj navedene trditve.

KLJUČNE BESEDE

- avtomatizacija
- avtomatska ločilna stikala
- srednje napetostna mreža
- kazalniki neprekinjenosti

ABSTRACT

The thesis will be focusing on importance of automatization of the medium voltage network. Medium voltage networks have a significant share in the distribution network and therefore influence the indicators of electricity supply quality. We will present the hierarchy of voltage levels in distribution and their features. We are using a higher voltage level for the electrical current transfer for better efficiency which results high research investment. Also, we will show how the automatic isolating switches operate and function in medium voltage networks. With the implementation of these switches we are automating the medium voltage network. Finally, we will show an example of an automatic isolating switch, from proposal to implementation.

We will show the economic benefits after implementing an automatic isolating switch. If the implementation of the automatic isolating switch proves beneficial on a section of the medium voltage network, it immediately becomes financially viable. Continuity indicators show the quality of the electricity supply of a company, therefore power loss must be kept at a minimum. We will show the continuity indicators after implementing an automatic isolating switch which is directly linked to the quality of the electricity supply and subsequently profit. Finally, we present the recent work and how to further optimize and implement the automatization medium voltage networks.

The above statements are shown in a practical example on a medium voltage network.

KEYWORDS

- automatization
- automatic isolating switches
- medium voltage networks
- continuity indicators

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja	1
1.4	Predpostavke in omejitve	2
1.5	Metode dela	2
2	TEORETIČNE OSNOVE AVTOMATSKIH LOČILNIH STIKAL.....	3
2.1	Avtomatsko ločilno mesto.....	3
2.2	Opis ločilnega mesta z bremenskim stikalom (Nu-Lec RL27)	3
2.3	Opis ločilnega mesta z vakuumskim odklopnikom (Nu-Lec U2712).....	10
2.4	Prikaz delovanja sistema kombinacije odklopnika in bremenskega stikala	16
2.5	Kazalniki neprekinjenosti napajanja.....	16
3	OBSTOJEČE STANJE AVTOMATIZACIJE ELEKTRO LJUBLJANA	17
3.1	Posnetek stanja.....	17
3.2	Kritična analiza trenutnega stanja	18
4	PRAKTIČNI DEL	19
4.1	Postopek vključevanja ALM-stikala v SN mrežo	19
4.2	Primer izračuna upravičenosti investicije ALM-stikala v SN mrežo	19
4.2.1	Stanje stroškov pred vgradnjo ALM-stikala.....	19
4.2.2	Stanje stroškov po vgradnji ALM-stikala.....	22
4.3	Povzetek raziskave	23
5	ZAKLJUČKI.....	24
	LITERATURA IN VIRI.....	25

KAZALO SLIK

Slika 1: Montaža BS na lesenem drogu	5
Slika 2: Skoznjik	5
Slika 3: Bremensko stikalo	6
Slika 4: Kontrolna omarica za bremensko stikalo.	6
Slika 5: Montaža bremenskega stikala na betonskem drogu	7
Slika 6: Montaža bremenskega stikala na lesenem A-drogu.....	8
Slika 7: Montaža bremenskega stikala na lesenem drogu	9
Slika 8: Odklopnik	10
Slika 9: Kontrolna omarica za odklopnik	11
Slika 10: Montaža vakuumskega odklopnika na leseni drog	11
Slika 11: Montaža odklopnika na betonskem drogu.....	13
Slika 12: Montaža odklopnika na leseni A-drog	14
Slika 13: Montaža odklopnika na lesenem drogu.....	15
Slika 14: Prikaz delovanja sistema kombinacije odklopnika in bremenskih stikal....	16
Slika 15: Prikaz mesta montaže ALM-stikala	21

KAZALO TABEL

Tabela 1: Pregled kazalnikov SAIDI v obdobju od 2011 do 2016.....	18
Tabela 2: DV 20kV Štefan	19
Tabela 3: Dežurni monter	20
Tabela 4: Povprečne vrednosti napetosti, toka in moči ter število TP za lokacijo ALM stikala.....	20
Tabela 5: Tabela prikaza prihranka zaradi neprekinjenosti daljnovoda pred ALM-stikalom na uro.....	22
Tabela 6: Tabela stroškov dela 5 ur dežurnega monterja in prevoženih 60 km pred vgradnjo ALM-stikala.....	22
Tabela 7: Tabela stroškov 2 uri dežurnega monterja in prevoženih 30 km po vgradnji ALM-stikala	22
Tabela 8: Skupna tabela izdatkov po vgradnji ALM-stikala	23
Tabela 9: Skupna tabela prihrankov po vgradnji ALM-stikala	23

KRATICE IN AKRONIMI

ALM:	Avtomatsko ločilno mesto
SN:	Srednja napetost
APV:	Avtomatski ponovni vklop
BS:	Bremensko stikalo
TP:	Transformatorska postaja
SF6:	izolacijski plin
RTP:	Razdelilno transformatorsko polje
RP:	Razdelilno polje
SAIFI:	System Average Interruption Frequency Index
SAIDI:	System Average Interruption Duration Index
MAIFI:	Momentary Average Interruption Frequency Index
CT:	tokovni delilnik
CVT:	tokovno-napetostni delilnik

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V diplomskem delu prikazujemo vključevanje avtomatskih ločilnih stikal v srednjenapetostno mrežo. Prikazati želimo trenutno stanje avtomatizacije. Elektrodistribucijska podjetja se soočajo z vedno novimi zahtevami in potrebami tržišča po zanesljivi oskrbi z električno energijo. Po drugi strani pa se soočajo z vedno večjo konkurenco in zahtevami po dobičkonosnem poslovanju. Za uskladitev teh nasprotujočih si zahtev je potrebna spretna investicijska politika, ki prinaša učinke v smislu povečanja zanesljivosti obratovanja električnih omrežij ob hkratnem zniževanju stroškov. Zato je predstavljena avtomatizacija v srednjenapetostnih omrežjih. Prikazan je namen izboljšave števecv neprekinjenosti dobave električne energije ter ekonomske pridobitve po vgradnji avtomatskih ločilnih stikal v srednjenapetostno mrežo.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj naloge je prikazati trenutno stanje podjetja Elektro Ljubljana glede na pomembnost različnih napetostnih nivojev in opisati potek in delovanje avtomatizacije. Ovrednotiti želimo cilje avtomatizacije ter ekonomski doprinos podjetju ter posredno elektro gospodarstvu.

V nalogi bomo prikazali tehnične in ekonomske prednosti vgradnje avtomatskih ločilnih stikal v srednjenapetostno mrežo. Avtomatizacija je del prihodnosti, ki ne sme zaradi kompleksnosti obremenjevati trenutnega sistema, temveč mora izboljšati naše življenje.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Elektro Ljubljana d. d., podjetje za distribucijo električne energije, je največja distribucijska družba v Sloveniji, saj teritorialno pokriva skoraj tretjino države. V letu 2016 je Elektro Ljubljana d. d. dopolnila že 120-letno tradicijo oskrbe z električno energijo. Temeljna dejavnost družbe je upravljanje infrastrukture za distribucijo električne energije. Začetki avtomatizacije na srednjenapetostni mreži v podjetju Elektro Ljubljana d. d. segajo v leto 1999.

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Avtomatizacija srednjenapetostne mreže najbolj pripomore k izboljšavi kazalnikov zaradi velikosti. Ker je srednjenapetostna mreža tako velika in razpršena, se izboljšave pokažejo šele sčasoma. Investicije v avtomatizacijo posameznih delov srednjenapetostne mreže kratkoročno skozi finančni vidik ne predstavljajo trenutnega zaslужka. Pri načrtovanju vgradnje avtomatskih ločilnih mest morajo tehnične in finančne službe delovati skupaj. Naš cilj je sodelovanje in odobravanje vgrajevanja avtomatskih ločilnih mest tudi na področja, kjer trenutno ne kažejo velike potrebe po avtomatizaciji.

Družba SODO d. o. o. izvaja gospodarsko javno službo distribucijskega operaterja električne energije na ozemlju Republike Slovenije, ki ji je licenco za opravljanje energetske dejavnosti za dejavnost systemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije izdala Javna agencija Republike Slovenije za energijo. Po podpisu koncesijske pogodbe so bile podpisane pogodbe o najemu elektrodistribucijske infrastrukture in izvajanju storitev za distribucijskega operaterja električne energije na ozemlju Republike Slovenije med družbo SODO d. o. o. in posameznimi distribucijskimi podjetji: Elektro Celje d. d., Elektro Gorenjska d. d., Elektro Ljubljana d. d., Elektro Maribor d. d., Elektro Primorska d. d. in z nekaterimi drugimi lastniki elektroenergetske infrastrukture (SODO, 2018).

Predpostavljamo, da izboljšave kazalnikov neprekinjenosti (SAIFI, SAIDI, MAIFI) pripomorejo k večji kakovosti oskrbe z električno energijo. Kakovostnejša dobava električne energije prinaša večji zaslužek distributerskim podjetjem.

Avtomatizacija je dolgoročen proces, pri katerem moramo za izboljšavo kazalnikov neprekinjenosti počakati daljše obdobje, da nam ekonomsko upraviči investicijo. Opažamo, da je sama avtomatizacija pogojena z omejenim letnim proračunom.

1.5 METODE DELA

Pri izdelavi diplomske naloge je za prikaz trenutnega stanja uporabljena opisna metoda, v nadaljevanju teoretična metoda ter v samem zaključku analitična in praktična metoda, pri čemer so upoštevane lastne izkušnje pri delu.

2 TEORETIČNE OSNOVE AVTOMATSKIH LOČILNIH STIKAL

2.1 AVTOMATSKO LOČILNO MESTO

Avtomatsko ločilno mesto (ALM) je element sredjenapetostne mreže, ki je odvisen od izvedbe stikalnega aparata in omogoča daljinski ali lokalni vklop ali izklop SN voda. Različne izvedbe ALM lahko avtomatsko izklapljajo SN vod v primeru kratkega stika, zemeljskega stika ali medfaznega stika. Določena stikala lahko izklapljamo daljinsko pod obremenitvijo. Krmiljenje avtomatskega ločilnega mesta se opravlja daljinsko, kar je odvisno od trenutne funkcije, ki jo opravlja naprava (vzdrževanje, obratovanje).

Izvedbe ALM-ja so:

- odklopnik,
- odklopni ločilnik (bremensko stikalo) in
- ločilnik.

Odklopnik odklaplja vse vrste tokov (zemljostični, kratkostični, medfazni, nadtokovni). Ta stikala lahko daljinsko priklopimo v kratek stik.

Odklopni ločilnik (bremensko stikalo) lahko izklaplja tokove do svoje nazivne vrednosti; ne odklaplja pa kratkostičnih tokov. Za odklop kratkostičnih tokov potrebuje breznapetostno pavzo (APV), da odklopi SN odsek.

Daljinsko vodeni ločilnik se uporablja izključno samo za ločevanje SN vodov pri lociranju napak na vodu in pri rednem vzdrževanju. Te vrste stikal ne morejo izklapljati kratkih stikov, prav tako niso mogoči preklopi pod obremenitvijo.

V Elektru Ljubljana vgrajujemo predvsem odklopnike in bremenska stikala (Elektro Ljubljana d. d., 2015).

2.2 OPIS LOČILNEGA MESTA Z BREMENSKIM STIKALOM (NU-LEC RL27)

V tehničnem priročniku RL27 z ADVC2 v1.2 (2011) bremenska stikala Nu-Lec serije RL opisujejo kot sodobna, trifazna, plinsko izolirana stikala, namenjena montaži na drog ter vključevanju v sisteme za avtomatizacijo SN omrežja. Načrtovana ter že v izhodišču izdelana in opremljena so za naslednje vloge:

- daljinsko vodenegega bremenskega stikala,

- daljinsko vodenega bremenskega stikala s funkcijo SIOB (avtomatski izklop okvare v breznapetostni pavzi ali angl. sectionalizer) in
- gradnika sistemov za samodejno izolacijo okvare in avtomatske vzpostavitve ponovnega napajanja (angl. loop automation).

Inovativna aplikacija izklopnih kontaktov z izpuhom (angl. puffer interruption system) v izolacijski SF6-atmosferi zagotavlja dolgo življenjsko dobo ob minimalnih stroških vzdrževanja.

Osnova stikalnega aparata je tesnjeno ohišje iz 3-milimetrskega nerjavečega jekla najvišje kakovosti, dodatno ojačanega z rebri. Vsi trije poli se mehansko vklaplajo in krmilijo s samozapahnim vzmetnim mehanizmom. Slednji je gnan ročno ali s pomočjo enosmernega elektromotorja, ki je nameščen pod glavnim ohišjem. Neposredno krmiljenje je moč izvesti preko ročice. Prožilni mehanizem izvede manever s shranjeno energijo, zaradi česar je stikalni manever neodvisen od hitrosti premika ročice.

Stikalo lahko vklapljamemo in izklapljamemo tudi s pomočjo mehanske ročice. Hitrost vklopa/izklopa je neodvisna od hitrosti potega. Na krmilni ročici za ročne preklope in na dnu ohišja so barvni svetlobno odbojni indikatorji položaja stikala ON (vklop) in OFF (izklop). S potegom rumene ročice navzdol se stikalo mehansko zapahne. Ko je mehanizem zapahnen, ga ni mogoče na nikakršen način niti vklopiti niti izklopiti. V zapahnjem stanju lahko za dodatno varovanje namestimo ključavnico (obešanko).

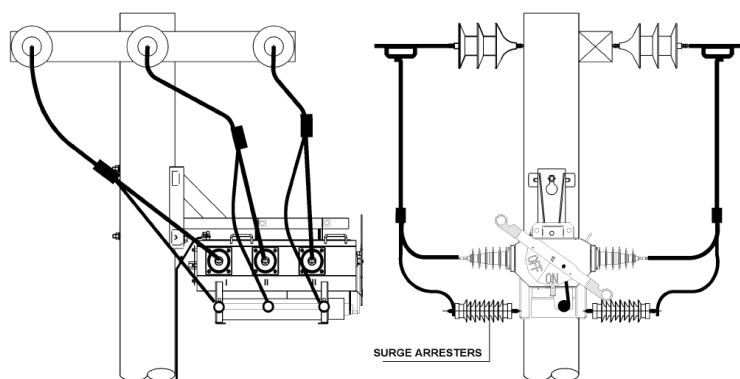
V stikalu je vgrajen temperaturno kompenziran senzor tlaka SF6. Podatki o tlaku se prikazujejo na LCD-zaslonu ali daljinsko. Ob prenizkem tlaku SF6 se sproži daljinski alarm, obenem se blokirajo električne manipulacije. Ob dodatni izgubi tlaka SF6 se sproži naknadna mehanska blokada manipulacij stikala, stanje te blokade je vidno preko indikatorja na spodnji strani ohišja, daljinsko pa se sporoča v sklopu signala »Abnormal Operating Conditions«. Če je tlak prenizek, se v okencu prikaže rdeča značka. Obenem je mehanizem stikala mehansko zapahnen.

Če pride do nastanka obloka v notranjosti ohišja, se nadtlak sprosti skozi namenski oddušnik ob strani stikala. Tako je odpravljena možnost, da bi zaradi nadtlaka prišlo do poškodb naprave. Ker stikalo ne vsebuje olja, je tudi bistveno zmanjšana možnost onesnaženja okolja.

Na spodnjem delu ohišja so nameščene večnamenske podpore/noge, ki so namenjene zaščiti komponent med transportom, pritrditvi nosilcev prenapetostnih odvodnikov ter odlaganju stikala na ravne podlage.

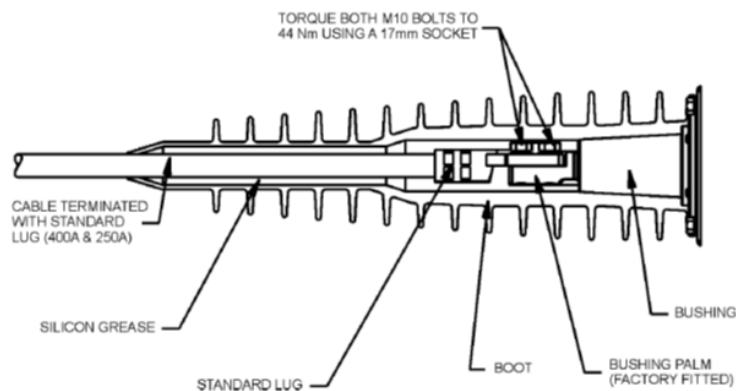
Na zgornjem delu ohišja so štirje ročaji za lažje ravnanje med namestitvijo. Stikalu je priložena nosilna konzola, ki je primerna za namestitev na vse vrste drogov. Za namestitev na kovinske predalčne jambore je treba namestiti dodatno prilagoditev.

Na ohišju so že pritrđilna mesta za 6 prenapetostnih odvodnikov. Če se odvodniki namestijo drugam, mora biti njihova ozemljitev povezana na ohišje stikala.



Slika 1: Montaža BS na lesenem drogu
(Vir: Tehnični priročnik RL27 z ADVC2, v1.2, 2011)

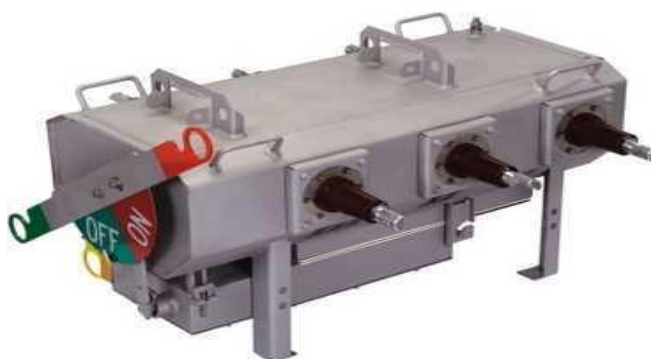
Na visokonapetostne skozičjike iz epoxy materiala se ob montaži navlečejo silikonski izolatorji, ki so že ob dobavi spojeni s polno izoliranimi tokovnimi vezmi. Ob montaži se prostor med skozičjiki in izolatorji zapolni s priloženo silikonsko mastjo. Tokovne vezi se na vodnike daljnovođa priključijo z običajnimi tokovnimi sponkami. V skozičjike je vgrajenih 6 tokovnih in 6 napetostnih transformatorjev.



Slika 2: Skozičjik
(Vir: Tehnični priročnik RL27 z ADVC2 v1.2, 2011)

Bremensko stikalo za zunanjo montažo s plinskim izolatorjem Nu-LecRL27 je lahko uporabljeno kot ročno krmiljen mehanski stikalni aparat ali popolnoma avtomatizirano.

Avtomatiziran stikalni aparat je lahko uporabljen kot daljinsko vodeno bremensko stikalo ali kot avtomatski ločilnik s samodejno izolacijo okvare med breznapetostno pavzo.



*Slika 3: Bremensko stikalo
(Vir: Schneider Elektric, 2013)*



*Slika 4: Kontrolna omarica za bremensko stikalo.
(Vir: Schneider Elektric, 2013)*

Na terenu bremenska stikala običajno montiramo na tri načine. Če potrebujemo razbremenitev omrežja zaradi povosov vodnikov, uporabimo betonski drog (Z10, Z12 ali K10, K12). Montaža na betonskem drogu je prikazana na sliki 5.



*Slika 5: Montaža bremenskega stikala na betonskem drogu
(Lastni vir)*

Če ne moremo fizično izvesti montaže betonskega droga, vendar omrežje še vedno potrebuje razbremenitev zaradi povosov vodnikov, izvedemo montažo na lesenem A-drogu. Montaža bremenskega stikala na lesenem A-drogu je vidna na sliki 6.



*Slika 6: Montaža bremenskega stikala na lesenem A-drogu
(Lastni vir)*

Če je mesto montaže bremenskega stikala na statično nekritičnem delu omrežja, uporabimo lesene drogove. Montaža je prikazana na sliki 7.



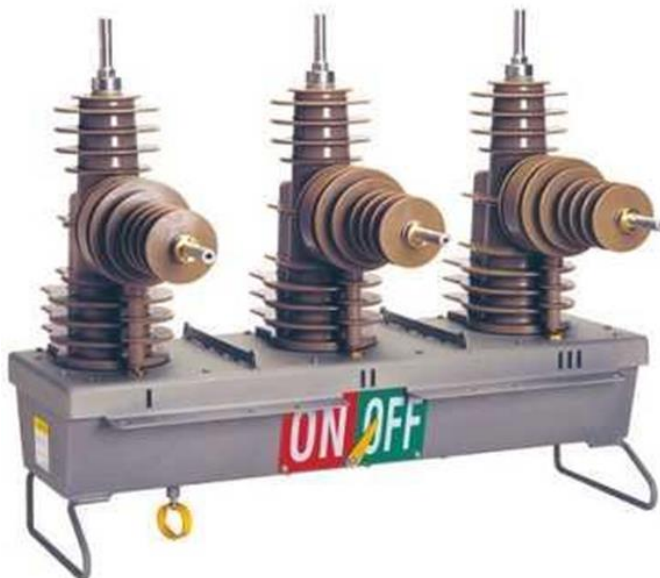
*Slika 7: Montaža bremenskega stikala na lesenem drogu
(Lastni vir)*

2.3 OPIS LOČILNEGA MESTA Z VAKUUMSKIM ODKLOPNIKOM (NU-LEC U2712)

V tehničnem priročniku U27 z ADVC2 v1.3 (2014) so opisani vakuumski odklopniki Nu-Lec U27 s pripadajočimi krmilnimi omaricami Nu-Lec ADVC (Advanced Controller gen.2, v nadaljevanju ADVC) in podatkovni vmesniki GPRS.

Vakuumski odklopnik je v uporabi in dokazuje izjemno zanesljivost delovanja v mnogih instalacijah po celem svetu. V Sloveniji ga uporablja nekaj elektrodistribucijskih podjetij.

Vsak detajl naprave je skrbno in z razmislekom načrtovan. Ti detajli se izkažejo šele pri vsakodnevni in dolgotrajni uporabi opreme.

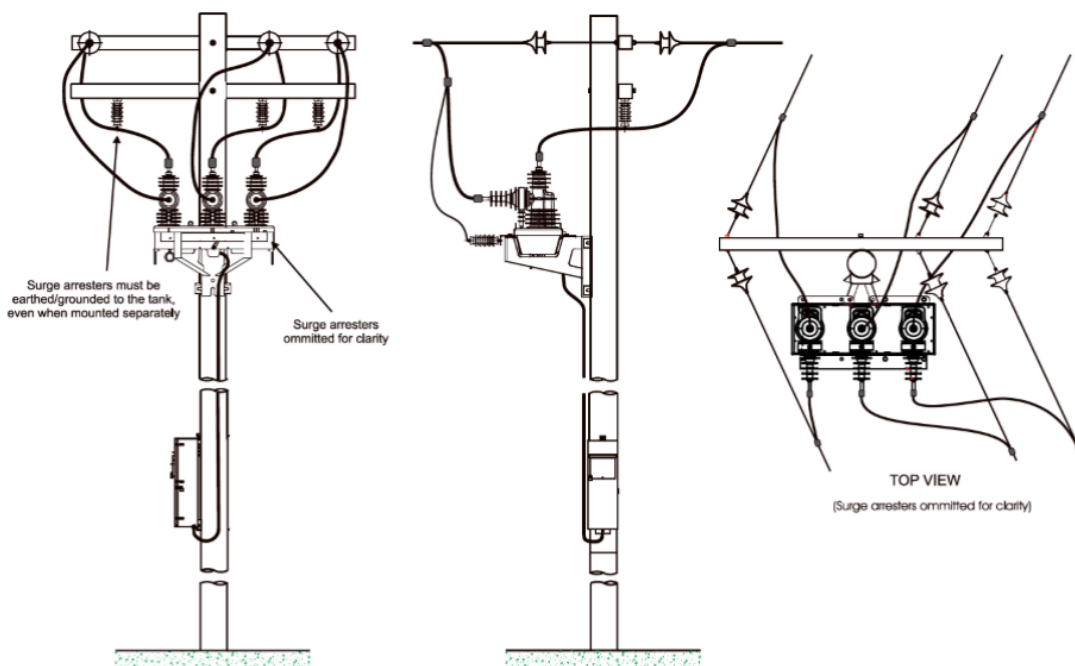


Slika 8: Odklopnik

(Vir: U-series. Pole mounted Auto reclosers overhead distribution network, 2018)



Slika 9: Kontrolna omarica za odklopnik
 (Vir: U-series. Pole mounted Auto reclosers overhead distribution network, 2018)



Slika 10: Montaža vakuumskega odklopnika na leseni drog
 (Vir: Tehnični priročnik U27 z ADV2 v1.3, 2014)

Centralno ohišje, v katerem se nahaja pogonski mehanizem odklopnika, je izdelano iz nerjavečega jekla. Odklopnik lahko z izbiro priloženega nosilca namestimo na dva načina:

- centralno ali
- stransko.

Izolacijsko sredstvo, v katerem so vdelane vakuumske komore, je cikloalifatični Epoxy. V odklopniku ni SF6-plina. Nosilna konstrukcija vakuumskih komor, CT in CVT je obenem tudi izolator. Klasičnega skoznjika tu ni.

Montaža odklopnika na centralni nosilec (na voljo je sicer tudi stranski) omogoča pritrditev vseh 6 prenapetostnih odvodnikov na ohišje odklopnika. Na njem so že pripravljena pritrdilna mesta.

Krmilni kabel se na odklopnik priključi z enim samim priključkom, ki je opremljen z zaskočko in zaščitno gumo. Čez ta priključek je pritrjen dodatni kovinski zaščitni okrov. Drugih povezav ni.

Po opravljeni montaži lahko v krmilniku prosto določimo zaporedje faz oz. katera dejanska faza je na katerem kontaktu. Fazne meritve se za tem prikazujejo in posredujejo v tem zaporedju in ne nujno v zaporedju fizičnih kontaktov. Krmilni kabel do krmilne omarice je ovit z jeklenim trakom in odporen proti zunanjim poškodbam.

Na spodnji strani ohišja se nahajajo podstavne noge, ki omogočajo varno odlaganje odklopnika na ravno površino in preprečujejo poškodbo opreme med prevozom in montažo.

Na zgornji strani odklopnika so obešalni ročajji, ki olajšajo dviganje odklopnika med montažo.

Na terenu odklopnike običajno montiramo na tri načine. Če potrebujemo razbremenitev omrežja zaradi povosov vodnikov, uporabimo betonski drog (Z10, Z12 ali K10, K12). Montaža na betonskem drogu je prikazana na sliki 11.



*Slika 11: Montaža odklopnika na betonskem drogu
(Lastni vir)*

Če ne moremo fizično izvesti montaže betonskega droga, vendar omrežje še vedno potrebuje razbremenitev zaradi povosov vodnikov, izvedemo montažo na lesenem A-drogu. Montaža odklopnika na A-drogu je vidna na sliki 12.



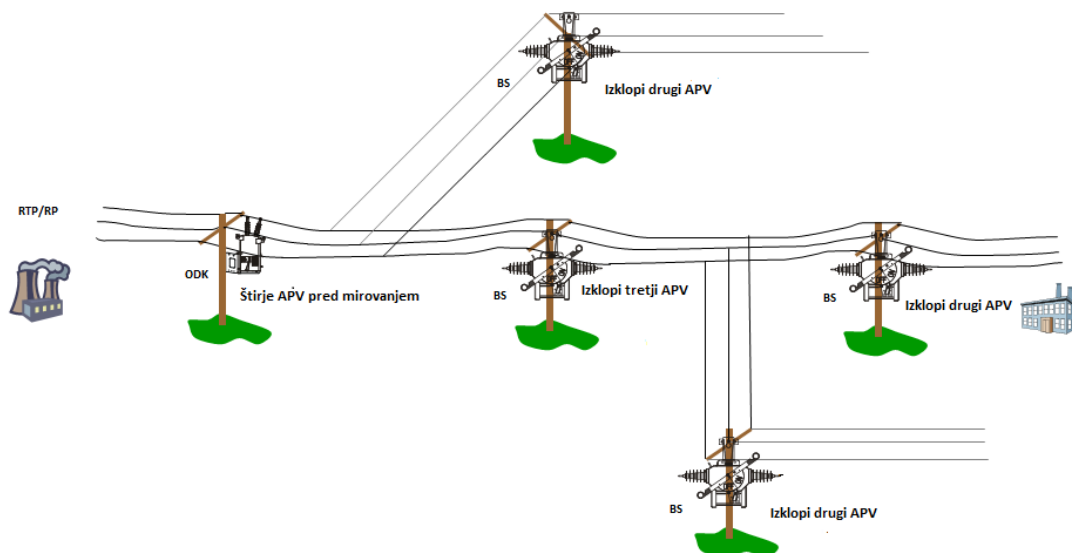
*Slika 12: Montaža odklopnika na leseni A-drog
(Lastni vir)*

Če je mesto montaže odklopnika na statično nekritičnem delu omrežja, uporabimo lesene drogove. Montaža je prikazana na sliki 13.



*Slika 13: Montaža odklopnika na lesenem drogu
(Lastni vir)*

2.4 PRIKAZ DELOVANJA SISTEMA KOMBINACIJE ODKLOPNIKA IN BREMENSKEGA STIKALA



Slika 14: Prikaz delovanja sistema kombinacije odklopnika in bremenskih stikal
(Vir: Interna predstavitev Altens, 2008)

Legenda k sliki 8:

RTP – razdelilno transformatorsko polje

RP – razdelilno polje

ODK – odklopnik

BS – bremensko stikalo

Na sliki je prikazano avtomatsko delovanje serije stikal glede na njihovo nastavljeno zaščito. S tem dosežemo manjše čase breznapetostnega stanja posameznih delov daljnovoda. Upoštevati moramo, da bodo uporabniki za odklopnikom brez električne energije 30 sekund (avtomatski ponovni vklop).

To metodo uporabljamo v večini primerov, saj situacija na terenu ne dopušča, da bi imeli glavno linijo nezaščiten. Če imamo glavno linijo čisto (ni možnosti prekinitve), pa lahko na posamezne odcepe montiramo odklopnike. Če je to izvedljivo, izpade samo tisti odcep, na katerem je prišlo do napake.

2.5 KAZALNIKI NEPREKINJENOSTI NAPAJANJA

V Analizi delovanja daljinsko vodenih stikal in vpliv na kazalce SAIDI, SAIFI, MAIFI (2015) poznamo dve vrsti nenačrtovane prekinitve napajanja:

- kratkotrajna prekinitve napajanja (≤ 3 minute) in
- dolgotrajna prekinitve napajanja (> 3 minute).

Kazalci neprekinjenosti so:

- SAIDI [minut/odjemalca, (letno, dolgotrajne prekinitve)],
- SAIFI [prekinitve/odjemalca, (letno, dolgotrajne prekinitve)] in
- MAIFI [prekinitve/odjemalca, (letno, kratkotrajne prekinitve)].

Ko se prekinitve, ki nastajajo na določenem odseku SN mreže, vrstijo zaradi poraščenosti terena, izpadov zaradi vremenskih razmer ali prekinitvev zaradi novih gradenj, približujejo dovoljeni meji o neprekinjenosti napajanja, določeni s strani Agencije za energijo, je smiselno, da se ta odsek štiti z avtomatskim ločilnim stikalom. S tem ukrepom bomo lahko čase izpadov zmanjšali ali celo odpravili. Če se avtomatsko ločilno stikalo vstavi pred področje večje tveganosti izpadov (odcep proti manjši vasi, kjer je poraščenost ali zahtevnost terena za vzdrževanje večja), bodo uporabniki pred tem avtomatskim ločilnim stikalom zaščiteni in ne bodo zaznali izpada ali, odvisno od izvedbe, samo 30-sekundni izpad (hitri APV).

3 OBSTOJEČE STANJE AVTOMATIZACIJE ELEKTRO LJUBLJANA

3.1 POSNETEK STANJA

Elektro Ljubljana upravlja z največjim distribucijskim omrežjem v Republiki Sloveniji. Na 6.166 km² uspešno upravlja skupaj 17.677 km vodov, 28 razdelilnih transformatorskih postaj (RTP) 110/x kV, 25 razdelilnih postaj (RP) in 5.397 transformatorskih postaj (TP) ter napaja 330.971 odjemalcev.

Zaradi velikega območja, ki ga Elektro Ljubljana oskrbuje, ima družba pet krajevno ločenih distribucijskih enot – DE Ljubljana Mesto, DE Ljubljana okolica, DE Kočevje, DE Novo mesto in DE Trbovlje z nadzorništvi, kjer skrbijo za kakovostno oskrbo odjemalcev.

Glavna gospodarska dejavnost podjetja Elektro Ljubljana je distribucija električne energije. Ukvarja se z nakupom, prodajo ter proizvodnjo električne energije, opravlja pa tudi druge dejavnosti, ki so namenjene popolnejšemu izkoriščanju razpoložljivih zmogljivosti in materiala za nemoteno delovanje glavne dejavnosti. Na območju 5.231 km² oskrbuje več kot 286.000 uporabnikov električne energije (Interno glasilo skupine Elektro Ljubljana, 2016).

Glede na napetostne nivoje se elektroenergetski postroji Elektra Ljubljana delijo na:

- prenosno visokonapetostno omrežje (VN),
- distribucijsko omrežje (SN) in
- distribucijsko omrežje (NN).

Avtomatizacija na prenosnem omrežju v Sloveniji je v samem vrhu v državah Evropske unije. Vlaganje kapitala v razvoj novih postrojev na področju prenosnih omrežij VN je visoko. Napredek na področju avtomatizacije VN je že dosegel vrh trenutno razpoložljive tehnologije. Prioriteta vzdrževanja in razvoja VN prenosnih postrojev v Elektro Ljubljana je vedno v ospredju, pred SN in NN postroji.

Tehnologije za avtomatizacijo SN in NN postrojev je na trgu vedno več. Srednjenapetostna distribucijska mreža je šele v začetku avtomatizacije. Število montiranih stikal ALM se povečuje, kar pripomore k izboljšanju dobave električne energije.

3.2 KRITIČNA ANALIZA TRENUTNEGA STANJA

Kazalniki neprekinjenosti v tabeli 1 prikazujejo stanje napredka avtomatizacije SN mreže (SAIDI – lastni vzrok). Avtomatizacija ne prinaša trenutnega dobička, ampak se pokaže kot pozitivna čez daljše časovno obdobje.

Tudi če ekonomsko avtomatizacija določenega SN voda ni rentabilna, bodo sčasoma tudi taki majhni odseki doprinesli k boljši skupni oceni kakovosti električne energije. Glavna skrb distribucijske družbe pa je čim večja ocena kakovosti prenesene električne energije (kazalniki neprekinjenosti).

	Kazalnik	Leto 2011	Leto 2012	Leto 2013	Leto 2014	Leto 2015	Leto 2016	2016/2015
Nenačrtovane prekinitev	SAIDI–lastni vzrok	58,85	57,79	49,61	44,28	39,23	38,30	97,63%
	SAIDI–tujji vzrok	2,92	8,43	5,51	11,91	5,94	8,16	137,37%
	SAIDI–višja sila	11,71	49,32	42,37	1184,8	15,31	21,82	142,52%
	SAIDI–skupaj	73,48	115,53	97,49	1241,0	60,53	68,27	112,79%
Načrtovane prekinitev	SAIDI	92,43	93,23	98,33	94,11	102,88	94,72	92,07%

*vrednosti so podane v min/odjemalca

Tabela 1: Pregled kazalnikov SAIDI v obdobju od 2011 do 2016
(Vir: Elektro Ljubljana, 2017)

4 PRAKTIČNI DEL

4.1 POSTOPEK VKLJUČEVANJA ALM-STIKALA V SN MREŽO

Proces vključevanja stikal ALM v SN mrežo obsega več korakov. Podati je treba predlog mesta vključitve. To lahko stori skrbnik področja (nadzornik), dispečerska služba ali vzdrževalec ALM-stikal, ki mora izpolniti poseben obrazec po predpisanih navodilih. Izpolnjen obrazec zakroži po pristojnih oddelkih, ki so odgovorni za pravilno delovanje avtomatizacije SN mreže, kjer pristojni pregledajo zapisano in podajo svoje mnenje – pozitivno ali negativno. V primeru potrditve se predlog uvrsti v plan za montažo. Ko je dovolj pozitivnih predlogov, se uvrstijo v letni plan, namenjen avtomatizaciji SN omrežja. Nato sledi razpis ponudnikov stikal ALM. Izbira ponudnikov mora biti gospodarna. Ne velja, da je najcenejši ponudnik tudi najboljši. Stikalni element mora zadoščati tehničnim zahtevam. Po izbiri ponudnika in izvedbi javnega naročila se izdelajo terminski plani za pripravo fizičnih lokacij montaž stikal ALM. Ta morajo biti pred montažo zagnana, vključena in testirana.

Komunikacija poteka preko javnega ponudnika telekomunikacije po povezavi GPRS. Ker komunikacijska infrastruktura ni last Elektro Ljubljana, ne moremo določati redundance njenega delovanja ob izpadu delovanja električne energije. Zato se trudimo, da tehniko stikala pripeljemo do te ravni, da je najšibkejši člen komunikacija.

Po dejanski fizični vključitvi v SN mrežo se posodobi vsa tehnična dokumentacija in se začne določeno testno obdobje (zaščite).

4.2 Primer izračuna upravičenosti investicije ALM-stikala v SN mrežo

4.2.1 Stanje stroškov pred vgradnjo ALM-stikala

Daljnovid Štefan se napaja iz RTP Trebnje.

Povprečne vrednosti napetosti, toka in moči ter število TP na celim daljnovodu so prikazane v spodnji tabeli, kjer je prikazana tudi vrednost izpada 1 kWh.

	Povprečna moč DV	Povprečna napetost faze	Povprečni tok faze	Število TP	kWh/€
DV 20 kV Štefan	4,8 MW	20,6 kV	45 A	58	578 €

Tabela 2: DV 20kV Štefan
(Lastni vir)

Dežurni monter ima odzivni čas na okvare v nadzorništvu Trebnje eno uro. Monter ob lokalizaciji okvare uporablja službeno vozilo, kar bomo tudi upoštevali pri prihranku.

	Ure, dodatki / ura	Cena službenega vozila / km
Dežurni monter	24 €	0,38 €

*Tabela 3: Dežurni monter
(Lastni vir)*

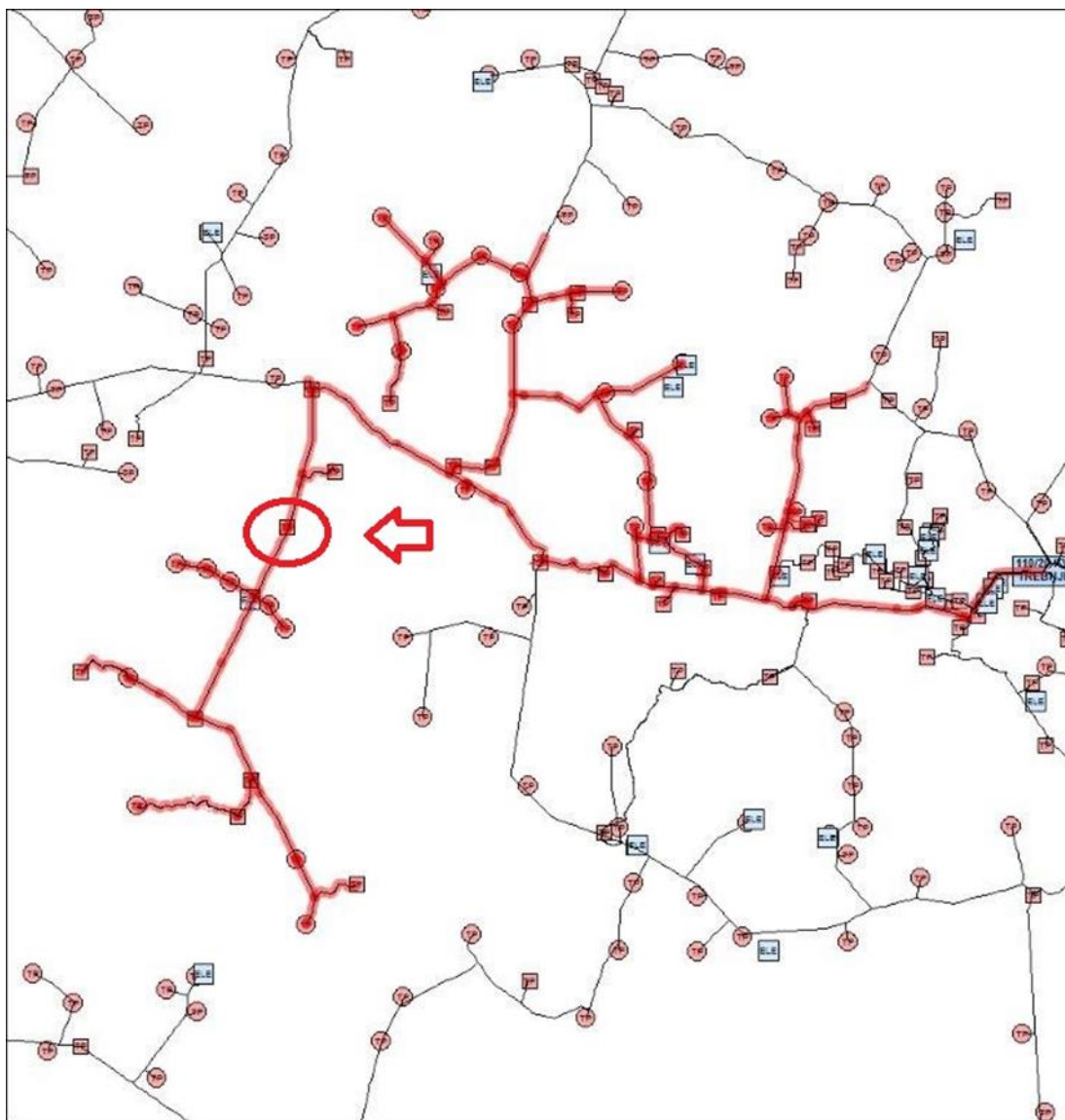
Stikalo smo postavili na zadnjo četrtino daljnovoda (43 TP pred ALM). Postavitev na tej lokaciji je bila izbrana zaradi poraščenosti in topografije terena (gozd, naklon, dostopnost). Glavnina okvar, ki se na tem daljnovodu pojavlja, je za tem ločilnim mestom.

Prikazi v tabeli pa nam pokažejo povprečne vrednosti napetosti, toka in moči ter število TP za lokacijo ALM-stikala.

	Povprečna moč DV	Povprečna napetost faze	Povprečni tok faze	Število TP	kWh/€
DV 20 kV Štefan ¼	1,25 MW	20,2 kW	12A	15	150 €

*Tabela 4: Povprečne vrednosti napetosti, toka in moči ter število TP za lokacijo ALM stikala
(Lastni vir)*

Spodnja slika prikazuje točko postavitve ALM stikala na omenjenem daljnovodu.



*Slika 15: Prikaz mesta montaže ALM-stikala
(Vir: Interni sistem Piselj)*

Na ta del daljnovoda DV 20kV Štefan smo postavili ALM-stikalo, zato nam avtomatika stikala v primeru okvare za njim avtomatsko izklopi daljnovod in lokalizira napako. Oskrba z energijo na ostalem delu daljnovoda DV 20kV Štefan (43 TP postaj) pa ostane neprekinjena.

	Povprečna moč DV	Povprečna napetost faze	Povprečni tok faze	Število TP	kWh/€
DV 20kV Štefan $\frac{3}{4}$	3,5 MW	20,4 kW	33A	43	419 €

*Tabela 5: Tabela prikaza prihranka zaradi neprekinjenosti daljnovoda pred ALM-stikalom na uro
(Lastni vir)*

4.2.2 Stanje stroškov po vgradnji ALM-stikala

V obeh primerih so na daljnovodu okvare, zato moramo stroške intervencije šteti med izdatke. V primeru brez vgrajenega ALM-stikala bo dežurni monter porabil približno 3 ure za lokacijo okvare (vključno z odzivnim časom) in 2 uri za popravilo.

	Ure, dodatki	Cena službenega vozila	Strošek skupaj
Dežurni monter (5 ur, 60 km)	120 €	25,9 €	145,9 €

*Tabela 6: Tabela stroškov dela 5 ur dežurnega monterja in prevoženih 60 km pred vgradnjo ALM-stikala
(Lastni vir)*

Po vgradnji ALM-stikala je okvara že lokalizirana in dežurni monter že približno 2 uri opravlja popravilo. Daljnovod pred ALM-stikalom obratuje in nam prihrani izpad dobave električne energije (419 €/h). Upoštevati moramo še izpad dobave električne energije za ALM-stikalom ter 2 uri popravila.

	Ure, dodatki	Cena službenega vozila	Strošek skupaj
Dežurni monter (2 uri, 30 km)	48 €	11,4 €	59,4 €

*Tabela 7: Tabela stroškov 2 uri dežurnega monterja in prevoženih 30 km po vgradnji ALM-stikala
(Lastni vir)*

Po eni okvari na leto	Cena v €
Dežurni monter, avto	59,4 €
Izpad napajanja za ALM	300 €
Letni pregled (4 ure, avto)	120 €
Skupni strošek	479,4 €

*Tabela 8: Skupna tabela izdatkov po vgradnji ALM-stikala
(Lastni vir)*

Po eni okvari na leto	Cena v €
Dežurni monter, avto prihranjen	91 €
Preprečen izpad napajanja pred ALM	1.257 €
Skupni prihranek	1.348 €

*Tabela 9: Skupna tabela prihrankov po vgradnji ALM-stikala
(Lastni vir)*

4.3 POVZETEK RAZISKAVE

Avtomatizacija omrežja v distribucijskih enotah je sodobni trend. Pričakovanja uporabnikov po neprekinjeni dobavi električne energije so vedno večja. Z vključevanjem ALM stikal pripomoremo k čim krajšim izpadom dobave električne energije. Prav tako distributerjem omogoča lažje opravljanje vzdrževalnih del na SN omrežju.

Ob različnih naravnih pojavih, ki so v zdajšnjem času vedno pogostejši, ALM-stikala pripomorejo k hitremu prenapajanju poškodovanega dela omrežja. ALM-stikala delujejo samostojno in glede na nastavitve zaščit odreagirajo na dogodke na daljnovodu, ki ga ščitijo. Tako skrbnik omrežja (dispečer) hitreje lokalizira mesto okvare ter razporeja intervencijske ekipe. S tem podjetje prihrani pri stroških ur monterjev, opravljenih kilometrih vozil. Izpadov nedobavljene električne energije je manj.

Kot je prikazano na primeru v poglavju 4.2, smo že pri manjšem SN daljnovodu dokazali, da je prihranek glede na obstoječe stanje zadosten, da upraviči investicijo. Kot navajamo, se podjetju glavni del prihranka ali zaslужka pokaže šele pri izboljšavi kazalnikov neprekinjenosti. K izboljšavi kazalnikov neprekinjenosti doprinese tudi avtomatizacija omenjenega dela SN omrežja.

Menimo, da bi morali avtomatizaciji SN mreže ponuditi vse več pozornosti in financ. Poleg sektorske avtomatizacije, kot jo izvajamo sedaj, bi morali začeti zankasto

avtomatizacijo. To bi pomenilo avtomatizacijo večjega števila transformatorskih postaj, ki bi poleg lokalizacije okvare na omrežju izvedlo tudi vse potrebne preklope, da se izolira mesto okvare. V tem primeru bi dejansko brez dobave električne energije ostal le okvarjen del omrežja. Zavedamo se, da bi za to vrsto avtomatizacije potrebovali veliko večjo investicijo, ki pa trenutno ni v načrtu. Znatno bi se zmanjšalo število okvar na odjemalca, kar bi pripomoglo k večjemu dvigu kazalcev neprekinjenosti.

5 ZAKLJUČKI

V diplomu je predstavljena hierarhija napetostnih nivojev postrojov v distribucijah. Opisane so stopnje avtomatizacije v prenosnih in distribucijskih mrežah. Pomembnost kazalnikov neprekinjenosti za elektro distribucijska podjetja je bila poudarjena.

Podrobno je opisan postopek delovanja avtomatskih ločilnih mest sredjenapetostne mreže. Predstavljen je postopek same umestitve, dobave in montaže avtomatskih ločilnih mest v distribucijskem podjetju Elektro Ljubljana.

Prikazana je ekonomska problematika avtomatskih ločilnih mest pri vključevanju v sredjenapetostno mrežo. Primeru iz prakse kaže prihranek na človeških virih ter na vrednosti prenesene električne energije.

Dotaknili smo se predlogov za izboljšavo. Omenjena je bila zančna avtomatizacija. Problematika te vrste avtomatizacije je oblika samega omrežja, na katerem jo izvajamo. Da se lahko izvaja, moramo imeti znotraj napajalne postaje (RTP, RP) sredjenapetostne mreže izvedene zanke odcepov, ki se zaključujejo v isti izvor. Večino daljnovodov v sredjenapetostni mreži Elektro Ljubljane d. d. je radialnih in se povezujejo preko mejnih stikal z drugimi napajalnimi postajami. Zaradi različnih obremenitev napajalnih postaj avtomatsko vklapljanje zank ni mogoče. Potreben je poseg dispečerjev, ki glede na trenutne razmere prilagodijo napetostne razmere pred vklopom zanke. Na to vrsto avtomatizacije še nismo pripravljeni, ampak jo bomo v prihodnosti z veliko gotovostjo začeli izvajati.

LITERATURA IN VIRI

Poročila, interni dokumenti:

Elektro Ljubljana (2015). *Interno gradivo: Delovno navodilo za avtomatizacijo SN omrežja*. Ljubljana: Elektro Ljubljana.

Elektro Ljubljana (2015). *Tehnično poročilo: Analiza delovanja daljinsko vodenih stikal in vpliv na kazalce SAIDI, SAIFI, MAIFI*. Ljubljana: Elektro Ljubljana.

Interno glasilo skupine Elektro Ljubljana (2016).

Interna predstavitev Altens, 2008.

Tehnični priročnik RL27 z ADVC2 v1.2 (2011), Altens.

Tehnični priročnik U27 z ADVC2 v1.3 (2014), Altens.

Spletne strani:

Elektro Ljubljana (2017). *Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo*. Pridobljeno 8. 4. 2018 z naslova https://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Omrezje-dokumenti/Elektro_Ljubljana-Krovno_porocilo_o_kakovosti_oskrbe_z_elektricno_energijo_v_letu_2016.pdf.

Schneider Electric (2013). *RL-Series. Load Break Switch/Sectionalizer with ADVC controller*. Pridobljeno 7. 4. 2018 z naslova [http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=AMTED300052EN&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=8098364075&p_File_Name=AMTED300052EN\(web\).pdf](http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=AMTED300052EN&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=8098364075&p_File_Name=AMTED300052EN(web).pdf).

U-series. Pole mounted Auto reclosers overhead distribution network (b. I.). Pridobljeno 7. 4. 2018 z naslova <https://www.schneider-electric.com/en/product-range/1407-u-series/?parent-category-id=3200&parent-subcategory-id=3220>.

SODO (2018). *Kdo smo*. Pridobljeno 10. 8. 2018 z naslova <https://www.sodo.si/kdo-smo>.