

DALJINSKO UPRAVLJANJE STABILNIM POSTROJENJIMA ZA NAPAJANJE ELEKTRIČNE VUČE NA PRUGAMA HŽ INFRASTRUKTURE

Mirko Bižaca, mag. ing. el., univ. spec. el.

UDK: 621.33

Rad je objavljen. Željeznice 21. 2/2017. 35-42.

1. Uvod

Danas u svijetu ne postoji ni jedan ozbiljniji, objektima prostorno razmješten energetski sustav kojega se ne nadzire i kojim se ne upravlja daljinski. Prednosti takvoga nadziranog sustava višestruke su, počevši od veće brzine odziva operatora i mogućnosti upravljanja tokovima energije u slučaju izvanrednih događaja, popravaka ili redovitih servisa preko znatnih ekonomskih ušteda zbog izostanka potrebe za angažiranjem stalnih posada u objektima do uvida u cijeli sustav u svrhu različitih analiza stanja opreme na temelju arhive događaja i pouzdanijih predviđanja štetnih događaja. Zbog svega navedenog veliku pozornost potrebno je posvetiti bitnome segmentu cijeloga elektroenergetskog sustava. Uz vrlo visoku pouzdanost, potrebno je na vrijeme i uz apsolutnu točnost prenijeti na izvršenje svaku zadanu naredbu te dobiti povratne informacije iz nadziranog postrojenja o svim fazama izvođenja zadane naredbe te signalizaciju o konačnome stanju uređaja i aparata.

Daljinsko upravljanje stabilnim postrojenjima elektrovuče (SPEV) na željezničkim prugama složen je sustav koji objedinjuje brojne vrste tehnologija, elektroničkih i elektrotehničkih uređaja i hardverskih komponenti te brojnih integriranih softverskih rješenja. Od 1970. i prvih ugradnji na našim prugama do danas daljinsko upravljanje prolazi znatan razvojni put. Taj put paralelan je s elektrifikacijom željeznica.⁽¹⁾

2. Povijesni prikaz tehnološkog razvoja sustava daljinskog upravljanja

Elektrifikacija željeznica u svijetu započela je krajem 19. stoljeća te traje i danas. Uvođenje električne vuče na željeznica-

ma ima sljedeće važne karakteristike: najvišu tehničku razinu u željezničkoj vuči, povoljnije korištenje energetskih izvora, bolju kvalitetu prijevoza putnika i robâ zbog povećanja brzine i razine udobnosti, čistoće i sigurnosti, veće i šire prometne mogućnosti radi bržih i težih vlakova te povećanje propusne moći pruga po broju vlakova i povećanje prijevozne moći pruga po količini tereta. Zbog najnižih troškova prijevoza u usporedbi s drugim vrstama prijevoza, među važne karakteristike ubraja se i ekonomski moment.

Simbolički početak električne vuče označila je industrijska izložba održana 31. svibnja 1879. u Berlinu, na kojoj je tvrtka Siemens-Halske prezentirala lokomotivu (slika 1.) vrlo male snage od 13 KS (9,6 kW) i s istosmjernim motorom napona 160 V. Ona je na uskome kružnom kolosijeku vukla tri vagončića s 18 osoba brzinom od sedam kilometara na sat.⁽²⁾ Ipak, pojava prve električne lokomotive za željezničku vuču primjenu je trebala pričekati do 1881., točnije do 16. svibnja te godine kada je za putnički prijevoz otvorena prva urbana elektrificirana željeznička pruga Berlin – Lichterfeld (180 V).

Elektrifikacija željeznica razvijala se i usavršavala usporedno s razvojem elektrotehnike i elektroindustrije. Uspješnost elektrifikacije ovisila je o kvaliteti izbora i izvedbe izvora napajanja – trafostanica, prijenosu dalekovodom do željezničkih elektrovučnih podstanica i dalje kontaktnom mrežom do vučnog vozila i natrag tračnicama do podstanica. Ovisila je i o izboru najpovoljnijega elektrovučnog motora za pogon u električnoj lokomotivi. Povijesni razvitak električne vuče dao je mnoge sustave elektrifikacije, ali u Europi zadržalo se i učvrstilo samo njih pet, i to tri istosmjerna i dva jednofazna:

- a) istosmjerni sustav napona od 750 V
- b) istosmjerni sustav napona od 1500 V
- c) istosmjerni 3-kilovoltni sustav
- d) izmjenični 15-kilovoltni sustav snižene frekvencije 16 2/3 Hz i jednofazni
- e) izmjenični sustav od 25 kV i 50 Hz, jednofazni.

Među pet navedenih sustava najuspješnijim i najsuvremenijim smatra se izmjenični sustav od 25 kV, 50 Hz koji je primijenjen i na prugama u Hrvatskoj. U odnosu na druge sustave takav sustav ima niz prednosti kao što su izravan priključak na visoki napon i industrijsku frekvenciju prijenosne mreže, manji presjek bakrenih vodiča kontaktne mreže zbog višeg napona u kontaktnoj mreži te moguća veća udaljenosti između elektrovučnih podstanica (radi manjeg pada napona), što izravno utječe na ekonomsku isplativost izgradnje i održavanja elektroenergetskog sustava.⁽³⁾

Kod istosmjernog sustava električne vuče nije postojalo daljinsko upravljanje postrojenjima, već su elektrovučne stanice tog sustava bile stalno zaposjednute i posada stanice ručno je obavljala potrebne radnje. Tek s primjenom sustava od 25 kV, 50Hz započela je ugradnja daljinskog sustava upravljanja postrojenjima preko dispečerskih centara (centara daljinskog upravljanja – CDU).

Sustav daljinskog upravljanja također je imao svoj proces razvoja i modernizacije koji je tekao paralelno s razvojem elektroničkih elemenata i, općenito, elektrotehnike. U početku elektrifikacije rasklopnim se aparatima upravljalo uređajima lokalne naredbe iz prostorija u sklopu samog postrojenja ili ručno na samome aparatu. S razvojem telekomunikacija i relejne tehnike uređaji daljinskog upravljanja počeli su se uvoditi u sustav stabil-

nih postrojenja za napajanje električne vuče. Oni su doprinijeli kvaliteti nadzora i održavanja elektroenergetskih postrojenja te bitno smanjili zastoje u prometu koji su nastajali zbog prekida u opskrbi kontaktne mreže električnom energijom. Sustav daljinskog upravljanja u Hrvatskoj prvi put ugrađen je prilikom druge faze elektrifikacije, i to na pruzi Dobova – Zagreb – Vinkovci – Tovarnik početkom 70-ih godina prošlog stoljeća kada su izgrađena i puštena u pogon i dva centra daljinskog upravljanja – CDU Zagreb i CDU Vinkovci. Sustav je bio cjelovito i neprekidno u funkciji do 1991., odnosno do početka Domovinskog rata, tijekom kojeg su okupatorske snage na pruzi Vinkovci – Tovarnik uništile stabilna postrojenja za napajanje električne vuče EVP Jankovci, PS Okučani, PSN Nova Gradiška, PSN2 Tovarnik i PS Đeletovci zajedno s čitavom opremom za daljinsko upravljanje.

Navedeni sustav daljinskog upravljanja temelji se na uređajima tipa EFD-300 tvrtke Siemens izvedenima u relejno-tranzistorskoj tehnici kod kojih se podaci prenose impulsnim telegramima. Iz centra daljinskog upravljanja upravljalo se pomoću mozaik-ploče. I danas postoje postrojenja koja nisu modernizirana zbog nedostatka sredstava, a u kojima je sustav EFD još uvijek u pogonu.

Na slici 2. prikazan je CDU Zagreb (nakon nadogradnje 2002.) s dijelom mozaik-ploče te zaslonom preko kojeg se upravljalo EVP-om Sunja i PSN-om Volinja sa sustavom SCADA Proza R/F.

Za razmjenu podataka između podstanica i centara daljinskog upravljanja koristio se gotovo isključivo pružni signalni kabel (s iznimkom manjeg broja kolodvorskih komunikacijsko-kontrolnih uređaja s nekoliko lokacija odnosno kolodvora koji su i međusobno i s nadređenim CDU-om povezani radiokomunikacijskim uređajima). Prvi svjetlovodni kabel u službi daljinskog upravljanja primijenjen je 1999. u svrhu povezivanja opreme za daljinsko upravljanje u EVP-u Jankovci s telekomunikacijskim uređajima smještenim u kolodvorskoj zgradi Jankovci preko kojih je izvedeno povezivanje s CDU-om Vinkovci.

Prvo povezivanje podstanice s centrom svjetlovodom, i to cijelim prijenosnim putem, izvedeno je 2008. kada su po-

vezani EVP Zaprešić i CDU Zagreb. S ugradnjom magistralnog svjetlovodnog kabela 2011./2012. nastavljena je njegova primjena kao medija za prijenos u sustavu daljinskog upravljanja elektroenergetskim postrojenjima i kolodvorskim uređajima.

Elektrifikacija pruge Dugo Selo – Botovo završena je 1981. godine. Uskoro su na tu prugu ugrađeni i uređaji za daljinsko upravljanje DS 801 T koje je proizvela tvrtka Končar kao prvi uređaji koji su bili izvedeni i povezani s mikroračunalnom centralnom stanicom DS 8-FC u CDU-u Zagreb. I tim se sustavom upravljalo iz CDU-a pomoću mozaik-ploče (slika 2.).

Projektom izmjene sustava električne vuče (ISEV) na pruzi Zagreb GK – Rijeka, i to na dionici Zagreb – Moravice, godine 1987. u postrojenja su ugrađene daljinske stanice DS 802 T, također Končarov proizvod. Istodobno, integrirano s daljinskim stanicama tipa DS-8, u CDU-u Zagreb pušten je u pogon računalni sustav daljinskog upravljanja, i to sa sustavom SCADA Proza 11 D/R. Tim je sustavom prvi put na prugama u Hrvatskoj, na dijelu mreže, uvedeno upravljanje upravljačkom konzolom preko zaslona računala tipa PDP (engl. Programmable Data Processor). Iste godine na pruzi Dugo Selo – Botovo dotadašnji način nadzora i upravljanja daljinskim stanicama DS 801 T preko mozaik-ploče zamijenjen je ra-

čunalom tipa PDP i upravljačkom konzolom. Godine 2000. upravljačku konzolu zamijenilo je stanično računalo s tipkovnicom i mišem kojim se, još uvijek preko računala PDP, upravlja postrojenjima na prugama s ugrađenim daljinskim stanicama DS-8.

Od 1997. do 1999. obnovljeni su kontaktne mreža i sva tijekom rata uništena elektroenergetska postrojenja na pružnoj dionici Vinkovci – Tovarnik. U CDU-u Vinkovci projektiran je i ugrađen novi sustav za daljinsko upravljanje koji je nadležan za upravljanje i nadzor nad svim stabilnim postrojenjima za električnu vuču na pruzi Novska – Vinkovci – Tovarnik. Ugrađen je napredniji programski sustav Proza R/F tvrtke Končar.

Krajem 2002. i tijekom 2003. obnovljen je EVP Sunja i izgrađen PSN Volinja te je za njihovo upravljanje iz CDU-a Zagreb ugrađen programski sustav SCADA, također njegova inačica Proza R/F. Krajem 2004. i u EVP-u Opuzen puštena je u pogon ista inačica SCADA-e. Na središnje računalo Proza R/F 2008. priključen je i novoizgrađeni EVP Zaprešić.

Napokon, nakon više od 40 godina upravljanja stabilnim postrojenjima za napajanje električne vuče s tri nepovezana, odvojena i tehnološki različita sustava, godine 2011. došao je napokon i red na rekonstrukciju i modernizaci-



Slika 2. CDU Zagreb prije cjelovite modernizacije (foto D. Jergović)

ju CDU-a Zagreb (slika 3.). Ugrađena je najnovija inačica programskog sustava SCADA Proza NET tvrtke Končar, čiju hardversku osnovu čine serveri i stanična računala te različiti periferni mrežni uređaji. Modernizirana su komunikacijska sučelja, unaprijeđena je mreža, ugrađeni su pretvarači protokola te su izvedene sve prilagodbe kako bi sustav mogao preuzeti nadzor i upravljanje nad svim postrojenjima, posebno nad onima tehnološki zastarjelima koja tek čekaju rekonstrukciju i modernizaciju. Navedeni pretvarači protokola (EFD 300K) te novougrađeni komunikacijski podsustav u centru i u moderniziranim postrojenjima provode konverziju svih postojećih protokola starijih daljinskih stanica u protokol IEC 60870-5-104. Navedeni protokol omogućava komunikaciju CDU-a s podstanicom kao i komunikaciju različitih uređaja i sustava SCADA unutra samog CDU-a, koristeći standardnu TCP/IP mrežu. Do sada su s CDU-om Zagreb, a preko magistralnog svjetlovoda, povezana postrojenja EVP Resnik, EVP Novska i EVP Zaprešić.

Godine 2012. u sklopu druge, i posljednje, izmjene ISEV-a na dionici Moravice – Rijeka izgrađen je CDU Rijeka s implementiranim programskim sustavom SCADA Proza NET iz kojeg je započelo centralizirano daljinsko upravljanje moderniziranim stabilnim postrojenjima za napajanje električne vuče na prugama Moravice – Rijeka – Šapjane i Škrlevo – Bakar, kao i modernizirano upravljanje kolodvorskim uređajima smještenima u pripadajućim kolodvorima. Osnovni protokol kojim se ostvaruje komunikacija centra s komunikacijsko-kontrolnim uređajima u kolodvorima jest protokol TCP/IP, a prijenosni je medij svjetlovod.

Godine 2013. moderniziran je i CDU Vinokovci, gdje je također ugrađen sustav SCADA Proza NET te je komunikacijskim svjetlovodom povezan s EVP-om Andrijevci, EVP-om Jankovci, PS-om Đeletovci i PSN-om Tovarnik, a od 2016. i s EVP-om Nova Kapela.

Svim navedenim modernizacijama, osobito onima vezanima uz ugradnju najnovijih inačica programskog sustava SCADA Proza NET s potencijalom novih funkcionalnosti, te primjenom svjetlovoda kao medija za prijenos informacija stečeni su preduvjeti za povezivanje cijele elektroenergetske mreže. Prikuplja-



Slika 3. Dispečerska prostorija CDU-a Zagreb nakon rekonstrukcije 2012. (foto: M. Bižaca)

nje podataka, praćenje te upravljanje udaljenim elektroenergetskim postrojenjima već je u određenoj mjeri olakšano centralizacijom čitavog sustava mrežnim povezivanjem, a u budućnosti očekuje se postizanje i drugih pozitivnih učinaka. Nadziranjem stanja kompletne mreže u realnome vremenu u kombinaciji s detaljnim postanalizama događaja omogućit će se relevantnije prognoze pojave kvarova i na taj način poboljšati održavanje i kvalitetu samoga željezničkog elektroenergetskog podsustava.

3. Daljinsko upravljanje elektroenergetskim postrojenjima i rastavljačima kontaktne mreže u kolodvorima

Iz elektrovučne podstanice električna energija se preko sabirnica i napojnih vodova dovodi na kontaktnu mrežu (KM). Dalje se kontaktnom mrežom postavljenom iznad željezničkih kolosijeka na visini od oko 5,5 m, na stupovima koji su pored pruge, električna energija dovodi do električne lokomotive. Električna lokomotiva oduzima struju oduzimačem iz KM-a, u motorima je pretvara u mehanički rad, a struja se povratnim vodom vraća preko tračnica u EVP. ⁽⁴⁾

Stabilna postrojenja napajanja električne vuče jesu:

- kontaktna mreža,
- elektrovučne podstanice i napojni dalekovodi,

- postrojenja za sekcioniranje,
- postrojenja za daljinsko upravljanje. ⁽⁵⁾

U sustavu električne vuče upravlja se i rastavljačima kontaktne mreže smještenima u pojedinim kolodvorima. Osim daljinskim putem iz CDU-a, tim rastavljačima moguće je upravljati i mjesno, odnosno s upravljačko-signalnog terminala ili ormara mjesnog upravljanja koji su redovito smješteni u prometnim uredima kolodvora.

3.1. Elektrovučne podstanice

Budući da je elektrovučna podstanica najvažniji elektroenergetski objekt u mreži i daljinskome upravljanju, tome postrojenju posvećena je posebna pozornost prilikom projektiranja i izvedbe.

Elektrovučne podstanice izmjeničnog sustava, kakve su izgrađene na prugama u Hrvatskoj, imaju zadatak dobivenu električnu energiju visokog napona (110 kV, 50 Hz) prenesenu putem dalekovoda, odnosno dovedenu iz prijenosne mreže, transformirati u jednofazni izmjenični napon od 25 kV, 50 Hz za napajanje kontaktne mreže. Takvu, električnom energijom napajanu prugu nazivamo elektrificiranom prugom. Pretvorbu omogućuju jednofazni transformatori. Svaka elektrovučna podstanica obostrano napaja kontaktnu mrežu, i to do otprilike polovine udaljenosti između nje i susjednih podstanica, gdje postoje mjesta za sek-

cioniranje i neutralna sekcija. Udaljenost između elektrovnih podstanica je oko 50 km na ravničarskome području. Elektrovnih podstanica sastoji se od vanjskoga 110-kilovoltnog dijela postrojenja, smještenog, u pravilu, na otvorenome prostoru i 25-kilovoltnog dijela postrojenja smještenog u zgradi.

S obzirom na način priključivanja na prijenosnu mrežu od 110 kV, elektrovnih podstanice mogu se podijeliti na:

- priključak na sabirnice trafostanice HOPS-a (hrvatski operator prijenosnog sustava)
 - u istome su postrojenju i EVP 110/25 kV i TS HOPS-a (npr. EVP-ovi Matulji, Zaprešić, Oštarije)
 - u istome su postrojenju i EVP 110 kV i rasklopno postrojenje HOPS-a, a izdvojen EVP 25 kV smješten je uz prugu (npr. EVP-ovi Resnik, Mrzo Polje, Zdenčina)
- EVP 110/25 kV priključen je na dvofazni dalekovod iz udaljenoga HOPS-ova TS-a (npr. EVP-ovi Sunja, Novska, Nova Kapela)
- EVP 110/25 kV spojnim vodovima priključen je na dalekovod HOPS-a po principu „ulaz-izlaz“ (npr. EVP-ovi Vrata, Moravice, Andrijević).

Elektrovnim podstanicama upravlja se redovito daljinskim putem iz CDU-a uz pomoć sustava za daljinsko upravljanje. Iznimka je EVP Opuzen koji ima stalnu posadu jer nije povezan ni s jednim centrom. Iz tog EVP-a posada upravlja i PSN-om Metković pa je EVP Opuzen svojevrsni „CDU u malom“. Stalnu posadu čine kvalificirani radnici koji nadziru te po potrebi uključuju i isključuju uređaje i aparate.

U posljednje se vrijeme, zbog važnih ekonomskih razloga odnosno smanjenja troškova, pristupa ugradnji postrojenja za dinamičku kompenzaciju jalove energije elektrovnih podstanica, a koje se fizički redovito smještaju u zaseban objekt, i to uz samu zgradu 25-kilovoltnog postrojenja.

Opremu elektrovnih podstanica može se podijeliti na primarnu i sekundarnu. Pod elemente primarne opreme postrojenja ubrajaju se:

- energetski jednofazni transformatori napona 110 / 27,5 ± 10 x 1,5% kV, odgo-

varajuće snage, s mogućnošću prilagođavanja napona (± 15%) pod punim opterećenjem; u pravilu dva komada; nazivne su snage 7,5 MVA, 10 MVA i 15 MVA

- prekidači od 110 kV – dvopolni s elektromotornim pogonom
- rastavljači od 110 kV – dvopolni s elektromotornim pogonom
- mjerni strujni i naponski transformatori od 110 kV / 25 kV za priključak uređaja zaštite i mjerenja
- odvodnici prenapona
- sabirnice, spojni vodovi, potporni i provodni izolatori od 110 kV i druge vezni i pomoćni pribor
- zatvoreno rasklopno postrojenje od 25 kV – prekidači i rastavljači od 25 kV – dvopolni s elektromotornim pogonom, strujni i naponski mjerni transformatori, odvodnici prenapona, sabirnice i spojni vodovi učvršćeni s provodnim i potpornim izolatorima.

Sekundarnu opremu sustava lokalnog upravljanja, zaštite i mjerenja čine sljedeći uređaji:

- dijelovi sustava sekundarne opreme – zaštite i regulacije napona:
 - numerički distantni releji za zaštitu 25-kilovoltne kontaktne mreže
 - terminali polja za zaštitu i upravljanje u transformatorskim poljima
 - numerički diferencijalni releji za zaštitu transformatora
 - numerički regulatori napona
- signalizacijsko-mjerna oprema:
 - signalizacijske jedinice
 - mjerni terminal
- daljinska stanica s odvojnim relejima
- stanično računalo
- oprema besprekidnog napajanja
- komunikacijska oprema za vezu prema numeričkoj opremi i za vezu s nadređenim CDU-om.

Zgrada 25-kilovoltnog postrojenja redovito je građena kao dvoetažni objekt. U prizemlju zgrade nalazi se, među ostalim, upravljačka prostorija s opremom za upravljanje i zaštitu te redovito čelija s jednofaznim kućnim transformatorom koji služi za napajanje pomoćnih uređaja postrojenja, grijanje i rasvjetu.

Kućni transformator može biti ugrađen i na katu na kojemu je smješten dio 25-kilovoltnog postrojenja. Postrojenje od 25 kV sastoji se od vodnih, transformatorskih i mjernih čelija.

U 110-kilovoltnome postrojenju izvedene su zaštite od kratkog spoja i preopterećenja, i to numeričkim zaštitnim relejima koji su ugrađeni u ormare u sklopu 25-kilovoltnog postrojenja. Releji imaju zadaću brzog isključivanja prekidača u slučaju registracije poremećaja i kvarova u postrojenju i na priključnim vodovima kontaktne mreže. Osim primarne zadaće zaštite sustava i uređaja energetskog postrojenja i kontaktne mreže važna je i njegova zadaća da sustavu za daljinsko upravljanje osigura dotok podataka u stvarnome vremenu i time omogući što brži odziv dispečerske službe, a time i radnika na terenu. Energetski transformatori kao najvažniji uređaji u postrojenju zaštićeni su najvećim brojem zaštita.

U postrojenju koriste se tri pomoćna napona, i to od 230 V i 50 Hz te istosmjerni naponi od 110 V i 24 V dobiveni iz baterija s punjačima. Izmjenični napon namijenjen je napajanju vlastite potrošnje postrojenja te ostalih instrumenata, pojedinih releja (releji SACO koriste i 110 V DC i 230 V AC), klimatizacije, motora regulacijske sklopke (...). Istosmjerni naponi koriste se za upravljanje i signalizaciju položaja rasklopnih aparata, napajanje distantne zaštite, neophodne rasvjete te za napajanje uređaja daljinskog upravljanja.

U redovitome pogonu svakom elektrovnim podstanicom (osim spomenutim EVP-om Opuzen) upravlja se daljinskim putem iz nadređenog CDU-a (slika 4.). Jedanaest elektrovnih podstanica opremljeno je staničnim računalima s ugrađenim sustavom SCADA kojim su omogućeni i lokalno upravljanje i nadzor postrojenja. Staničnim računalom opremljene su sljedeće podstanice:

- CDU ZG: EVP Novska, EVP Oštarije, EVP Resnik, EVP Sunja, EVP Zaprešić
- CDU VK: EVP Nova Kapela, EVP Andrijević, EVP Jankovci
- CDU RI: EVP Plase, EVP Delnice, EVP Vrata, EVP Matulji, EVP Moravice
- EVP Opuzen.

Dio staničnog računala jest i komunikacijski podsustav čija je zadaća nadzirati komunikaciju na nižoj (daljinska stanica – releji) i višoj (stanično računalo – CDU) razini. On obavlja i konverziju komunikacijskih protokola te usklađuje različite formate poruka.

U izvanrednim prilikama i prilikom radova na primarnoj opremi postrojenjem je moguće upravljati i s upravljačke mozaik-ploče koja se nalazi u upravljačko-zaštitnim ormarima. Osim pogonske razine upravljanja postrojenjem je moguće i servisno upravljati preko tipkala smještenog na 25-kilovoltnim prekidačima. U cilju izbjegavanja pogrešnog rukovanja aparatima izvedene su električne i mehaničke blokade.

Upravljanjem su obuhvaćene sljedeće vrste informacija:

- signalizacija stanja
- alarmna signalizacija
- upravljački nalozi
- analogna mjerenja
- informacije o stanju informatičkog i komunikacijskog sustava.

U stanično računalo elektrovučne podstanice, ako je ugrađeno, te u nadređeni centar daljinskog upravljanja prenose se sljedeće informacije:

- signalizacija položaja regulacijskih sklopki energetskih transformatora
- položaji prekidača i rastavljača u transformatorskim poljima od 110 kV i 25 kV
- signalizacija kvara u prijenosnome sustavu i blokade daljinske naredbe
- signalizacija nestanka 110-kilovoltnog napona u transformatorskim poljima
- signalizacija o početku rada zaštite transformatora (releji Buchholz, prekostrujna zaštita trafoa, zemljospoj transformatora prema kotlu, termička zaštita transformatora)

- signalizacija nestanka 25-kilovoltnog napona na sabirnicama i u svim napojnim vodovima kontaktne mreže
- signalizacija početka rad zaštite kontaktne mreže (distančna zaštita u svim napojnim vodovima kontaktne mreže)
- signalizacija nestanka napona 230 V ~, 110V = i kvara ispravljača za potrebe DU 48 V=
- signalizacija neispravnosti u strujnim krugovima upravljanja prekidačima, transformatorskim poljima i napojnim vodovima
- signalizacija požara i provale
- mjerenje trenutačne vrijednosti 110-kilovoltnog napona u transformatorskim poljima
- mjerenje trenutačne vrijednosti 25-kilovoltnog napona i struje
- mjerenje radne i jalove snage na 110-kilovoltnoj strani
- mjerenje $\cos \varphi$ osnovnog harmonika na 110-kilovoltnoj strani
- mjerenje faktora ukupnoga harmoničnog izobličenja napona i struje (THDU i THDI).

U pravilu, ugrađenu opremu elektrovučne podstanice koja je u službi daljinskog upravljanja čine:

- stanično računalo
- daljinska stanica
- komunikacijska oprema
- oprema za prilagodbu koja se sastoji od:
 - razdjelnih stezaljki za daljinsko upravljanje
 - releja
- oprema za napajanje.

Koordinirani sustav zaštite i upravljanja ostvaruje funkcije zaštite i upravljanja elektroenergetskog postrojenja na tri razine: razini polja, razini elektrovučne podstanice i razini nadređenog centra daljinskog upravljanja.

Na razini transformatorskog polja redovito se ugrađuju mikroprocesorski numerički releji za zaštitu kontaktne mreže i 25-kilovoltnog odvoda te diferencijalni releji i terminali polja s funkcijom zaštite polja 110-kilovoltnog postrojenja, polja kompenzacije i mjernog polja. Za one podatke koji se ne mogu dobiti iz numeričkih uređaja te za podatke iz pomoćnih uređaja ugrađuje se centralna daljinska stanica/uređaj.

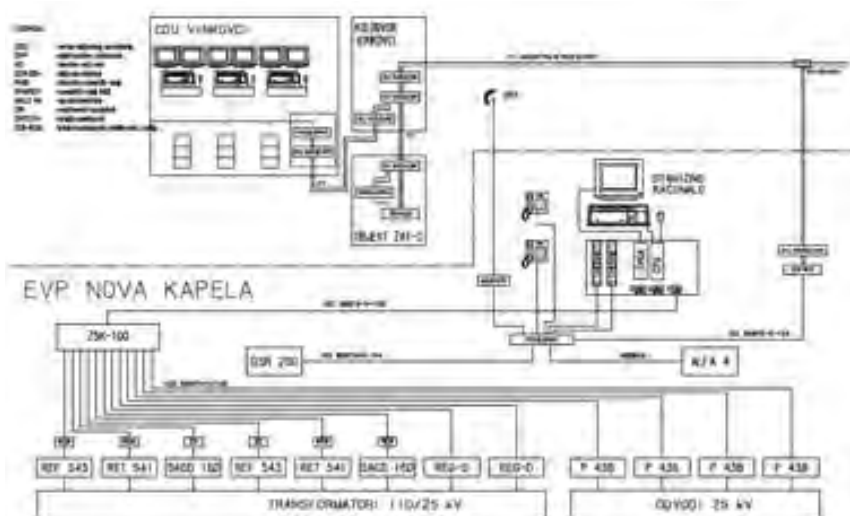
Na razini elektrovučne podstanice funkcije upravljanja ima stanično računalo. U njega je instaliran programski sustav SCADA za upravljanje u realnome vremenu Proza NET ili kod starijih izvedbi Proza R/F. Nadzor komunikacijskih tijekova, prikupljanje i distribuciju podataka te prosljeđivanje i kontrolu upravljačkih naloga obavlja komunikacijski podsustav kao dio staničnog računala.

S podređenim elektrovučnim podstanicama komuniciraju tri, već spomenuta, nadređena Centra. Stanično računalo EVP-a komunicira s centralnim računalnim sustavom svojega nadređenog centra.

3.2. Postrojenja za sekcioniranje

Sustav napajanja električne vuče izveden je nadzemnim kontaktnim vodovima podijeljenim u sekcije. Sekcioniranje se izvodi pomoću rastavljača i prekidača. Postoji više načina sekcioniranja kontaktne mreže: izoliranim preklopima na granici kolodvorskog područja i otvorene pruge, kolodvorskim rastavljačima, portalnim rastavljačima ispred podstanica, postrojenjima za sekcioniranje s jednim ili dva kolosijeka (PS1, PS2), postrojenjima za sekcioniranje kod neutralne sekcije s jednim ili dva kolosijeka (PSN1, PSN2) te postrojenjima za sekcioniranje kod neutralne sekcije s jednim ili dva kolosijeka te s jednim bočnim vodom (PSN1 ili PSN2 + 1BV).

Za potrebe obavljanja revizija i u slučaju kvara jedne elektrovučne podstanice potrebno je omogućiti napajanje njezina sektora iz jedne od susjednih



Slika 4. Sustav daljinskog upravljanja za EVP Nova Kapela

elektrovučnih podstanica. Zato se kod neutralnog voda smješta postrojenje za sekcioniranje i naziva se postrojenjem za sekcioniranje s neutralnim vodom. Ono omogućava uzdužnu električku vezu između napojnih krakova dviju susjednih elektrovučnih podstanica.

Približno u sredini kraka napajanja, tj. između elektrovučnog postrojenja i postrojenja za sekcioniranje s neutralnim vodom (PSN) izvedena su postrojenja za sekcioniranje (PS). Njihova svrha jest diljeljenje željezničke mreže u sekcije koje su napajane radijalno, svaka iz svoje elektrovučne podstanice, a primarno u svrhu postizanja veće elastičnosti korištenja kontaktne mreže u raznim pogonskim situacijama, naprimjer da u slučaju kvara što manji dio kontaktne mreže bude izvan pogona.

I postrojenja za sekcioniranje i postrojenja za sekcioniranje s neutralnim vodom (slika 5.) uključena su u sustav daljinskog upravljanja, i to na jedan od tri nadređena CDU-a.

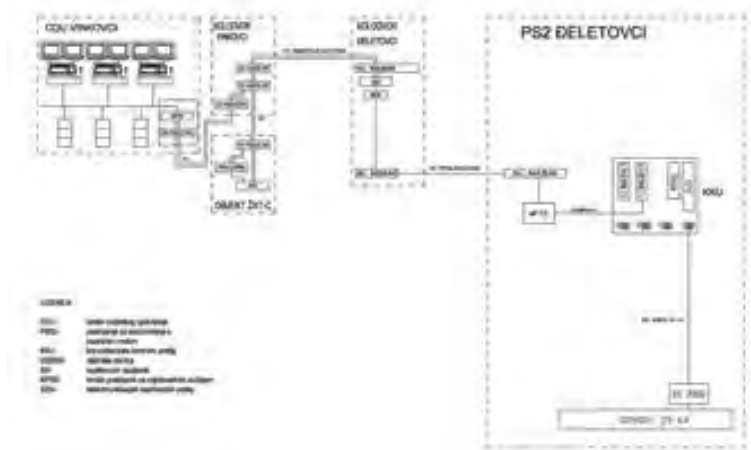
U izvanrednim prilikama i prilikom radova na primarnoj opremi upravljati je moguće iz postrojenja, i to s upravljačke mozaik-ploče smještene u upravljačko-zaštitnome ormaru odnosno s upravljačke ploče koja još postoji u starijim neobnovljenim postrojenjima. U PS(N)-ovima starijeg tipa i onima koji još čekaju obnovu ugrađeni su samo distantni releji za zaštitu kontaktne mreže. U postrojenjima novije izvedbe u pravilu se ugrađuju napredniji sustavi numeričke zaštite. U postrojenja za sekcioniranje i postrojenja za sekcioniranje s neutralnim vodom ne ugrađuje se stanično računalo, već se u moderniziranim postrojenjima za daljinsko upravljanje uređajima i aparatima postrojenja koristi rješenje s daljinskom stanicom i komunikacijsko-kontrolnim



Slika 5. Postrojenje za s ekcioniranje s neutralnim vodom (PSN1) Lokve (foto M. Bižaca)

uređajem (KKU). U postrojenjima koja još čekaju modernizaciju daljinsko upravljanje ostvareno je sustavima DS 801/802 T i EFD 300.

Na slici 6. prikazana je shema obnovljivega sustava daljinskog upravljanja na primjeru PS2 Đeletovci.



Slika 6. Sustav daljinskog upravljanja u moderniziranom postrojenju za sekcioniranje

Numerički distantni releji s daljinskom stanicom odnosno KKU-om komuniciraju po specifičnim protokolima razvijenima za primjenu u industriji i automatizaciji i potrebna je određena prilagodba protokolima prema nadređenome centru daljinskog upravljanja. Upravo tu prilagodbu provodi KKU koji ujedno služi za primarnu obradu podataka (filtriranje, grupiranje, obradu mrtvih zona, histerezu mjerenja).

Za potrebe daljinskog upravljanja postrojenjem potrebno je prenijeti određeni broj naredbi upravljanja, signala stanja, alarma i mjerenja u nadređeni centar daljinskog upravljanja.

Primjer prikaza stanja komunikacije s postrojenjima (iz CDU-a Zagreb) prikazan je na slici 7.

3.3. Upravljanje rastavljačima kontaktne mreže

Slični razlozi koji su izazvali potrebu za uvođenjem daljinskog upravljanja SPEV-om izazvali su i potrebu za uvođenjem daljinskog upravljanja i rastavljačima kontaktne mreže u kolodvorima. U praksi

se također pokazalo to da ručno upravljanje rastavljačima kontaktne mreže traje predugo, računajući vrijeme od trenutka kada je elektroenergetski dispečer izdao nalog, odnosno odobrenje, pa do izvođenja radnje i davanja potvrde o tome u CDU-u. To je osobito izraženo kod rastavljača ugrađenih daleko od službenog mjesta iz kojih ovlaštena osoba kreće obaviti potrebnu radnju. Da bi se vrijeme za obavljanje radnje smanjilo na najmanju moguću mjeru, pristupilo se ugradnji elektromotornih pogona rastavljača kako bi se njima, osim ručno, moglo upravljati i mjesno, iz službenog mjesta (prometni ured, postavnica) te daljinski, iz nadređenog CDU-a. Rastavljačima kontaktne mreže u kolodvorima primarno se upravlja iz centra daljinskog upravljanja. U tablici 8. naveden je broj



Slika 7. Prikaz stanja komunikacije postrojenja s CDU-om Zagreb

uređaja daljinskog upravljanja po centrima. Kao što je vidljivo, najviše uređaja za daljinsko upravljanje rastavljačima kontaktne mreže u kolodvorima ugrađeno je na području upravljanja CDU-a Zagreb, dok ih na području CDU-a Vinkovci nema.

Tablica 8. Broj uređaja za daljinsko upravljanje u kolodvorskim objektima na područjima upravljanja CDU-ova

BROJ UREĐAJA DALJINSKOG UPRAVLJANJA U KOLODVORSKIM OBJEKTIMA		
CDU ZAGREB	CDU RIJEKA	CDU VINKOVCI
29	19	0

Objektima se upravlja tako da dispečer mišem izabere objekt a zatim rasklopni aparat te dade nalog za uključanje ili isključanje. Naredba se proslijeđuje uređajima daljinskog upravljanja u kolodvoru gdje se provjerava ispravnost naredbe i proslijeđuje nalog izvršnim relejima koji uključuju motorni pogon. Naredba podliježe i provjeri nadležnosti te u slučaju da je upravljanje postavljeno kao lokalno (stanje sklopke u kolodvoru), izdavanje će naredbe biti onemogućeno.

Postoje tri glavna tipa sustava, odnosno daljinskih stanica ugrađenih u kolodvorske objekte, a koji služe za upravljanje

pripadajućim rastavljačima kontaktne mreže. Sustave temeljno čine:

- daljinska stanica DSR 200, Linux komunikacijsko-kontrolni uređaj (LKKU) i upravljački panel nadzora i upravljanja (UPM)
- daljinska stanica DS 801/802 T i upravljačko-signalni terminal (UST)
- komunikacijsko-kontrolni uređaj (KKU)
- daljinska stanica EFD 300.

Izvedba uređajima LKKU-UPM jest najnovije rješenje daljinskog i mjesnog upravljanja kolodvorskim uređajima i aparatima i njegova se primjena očekuje u drugoj polovini 2017. godine, i to kolodvoru Generalski Stol u sklopu projekta ugradnje grijača skretnica. Isto rješenje bit će primijenjeno i u kolodvorima Hrvatski Leskovac, Draganići te Ogulinski Hreljin.

Malo starija izvedba daljinskog i mjesnog upravljanja KKKU-UST ugrađena je u kolodvorima oko EVP-a Sunja 2007. te na pružnoj dionici Rijeka – Moravice u sklopu ISEV-a 2012. godine. Sustavima DS-8 i EFD 300 upravlja se rastavljačima kontaktne mreže od uvođenja prvih navedenih sustava daljinskog upravljanja.

4. Zaključak

Proces modernizacije sustava daljinskog upravljanja stabilnim postrojenjima za napajanje električne vuče na prugama pod upravljanjem HŽ Infrastrukture gotovo je uvijek tekao paralelno s općom modernizacijom samih postrojenja te s modernizacijom telekomunikacijske opreme i medija za prijenos informacija. Postoje još brojna postrojenja čija je oprema za daljinsko upravljanje starija i od 40 godina i za koju odavno na tržištu nema rezervnih dijelova, zbog čega je takav sustav sve teže održavati. Ulaganje u novu opremu za daljinsko upravljanje i nije tako veliko u odnosu na modernizaciju ostale opreme postrojenja, ali je u pravilu besmisleno ako je ne prati i zamjena ostale sekundarne opreme postrojenja, primjerice sustava relejne zaštite.

Zahtjevi koji se postavljaju u održavanju, kao što su što veća brzina odziva, promptnije otkrivanje uzroka i mjesta kvara na željezničkome elektroenergetskom sustavu te njegova sanacija, ključni su razlozi za ulaganje u novu opremu i nova rješenja daljinskog upravljanja uz paralelnu integraciju novih funkcionalnosti postojećih softverskih sustava.

LITERATURA

- [1] Bižaca, M.: Optimiranje i modernizacija sustava daljinskog upravljanja SPEV-om na prugama HŽ infrastrukture, Specijalistički rad, 2016.
- [2] Jergović, D.: Elektrifikacija željezničkih pruga, Željeznice 21, broj 2., 2012.
- [3] Čavlina, Č.: Elektrifikacija željeznica u svijetu i u Jugoslaviji, Zagreb, 1970.
- [4] <http://www.propisi.hr/print.php?id=10692>
- [5] Pravilnik o željezničkoj infrastrukturi, NN broj 127 od 26. listopada 2005.
- [6] <http://www.ho-cired.hr/referativumag2010/S01-28.pdf>

SAŽETAK

DALJINSKO UPRAVLJANJE STABILNIM POSTROJENJIMA ZA NAPAŽANJE ELEKTRIČNE VUČE NA PRUGAMA HŽ INFRASTRUKTURE

Daljinsko upravljanje stabilnim postrojenjima elektrovoće (SPEV) na željezničkim prugama složen je sustav koji objedinjuje brojne vrste tehnologija, elektroničkih i elektrotehničkih uređaja i hardverskih komponenti te brojnih integriranih softverskih rješenja. Sustav daljinskog upravljanja u Hrvatskoj prvi put ugrađen je prilikom druge faze elektrifikacije, i to na pruzi Dobova – Zagreb – Vinkovci – Tovarnik početkom 70-ih godina prošlog stoljeća kada su izgrađena i puštena u pogon i dva centra daljinskog upravljanja – CDU Zagreb i CDU Vinkovci. Proces modernizacije sustava daljinskog upravljanja stabilnim postrojenjima za napajanje električne vuče na prugama pod upravljanjem HŽ Infrastrukture gotovo je uvijek tekao paralelno s općom modernizacijom samih postrojenja te s modernizacijom telekomunikacijske opreme i medija za prijenos informacija. Ključne riječi: daljinsko upravljanje, stabilna postrojenja elektrovoće, centar daljinskog upravljanja

Kategorizacija: stručni članak

SUMMARY

REMOTE CONTROL OF FIXED INSTALLATIONS FOR ELECTRICAL TRACTION POWER SUPPLY ON HŽ INFRASTRUCTURE LINES

Remote control of electrical traction fixed installations on railway lines is a complex system, which encompasses numerous kinds of technologies, electronic and electrical engineering devices, hardware components and many integrated software solutions. The remote control system in Croatia was installed for the first time during the second electrification phase on the Dobova – Zagreb – Vinkovci – Tovarnik line, at the beginning of the 1970s, when two remote control centres were built and started operating – CDU Zagreb and CDU Vinkovci. The process of modernizing the remote control system of electrical traction fixed installations on lines under HŽ Infrastruktura management went almost in every case in parallel with general modernization of those very installations and with the modernization of telecommunication equipment and data transfer media.

Key words: remote control, electrical traction fixed installations, remote control centre

Categorization: professional paper