

## SKLOPNI APARATI U VLASNIŠTVU HŽ INFRASTRUKTURE

### SWITCHGEAR OWNED BY HŽ INFRASTRUKTURA

Robert Jakupanec<sup>1</sup>, Krešimir Meštrović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>HŽ Infrastruktura, Ulica kneza Branimira 9a, Zagreb

<sup>2</sup>Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel, Konavoska 2, Zagreb

#### SAŽETAK

Raspon napona koji HŽ Infrastruktura koristi je od 12 V DC do 110 kV 50 Hz AC, stoga se koristi širok spektar sklopne opreme. Unutar pogleda elektroenergetskog sustava najznačajnija je sklopna oprema koja se koristi za napajanje kontaktne mreže (KM). Koriste se visokonaponski i srednjenaponski prekidači i rastavljači unutar elektrovočnih podstanica koje transformiraju napon AC 110 kV 50 Hz na napon AC 25 kV 50 Hz koji koriste električne lokomotive i vlakovi. Unutar područja koje napaja jedna elektrovočna podstanica (EVP) nalazi se i niz postrojenja za sekcioniranje koja sadrže sklopnu opremu kako bi se kontaktna mreža mogla rastaviti na više sekcija. Elektrovočne podstanice i postrojenja za sekcioniranje (PS) sadrže niz relejnih zaštita koje služe za zaštitu opreme u slučaju kvara. Željeznički industrijski kompleks dugi je niz godina zanemarivan te je dio sklopne opreme u funkciji još od 1970-ih, no novim projektima Hrvatska željeznica mogla bi biti dovedena do europskih standarda.

**Ključne riječi:** Sklopna oprema, HŽ Infrastruktura, visokonaponski prekidači i rastavljači, srednjenaponski prekidači i rastavljači, elektroenergetska postrojenja.

#### ABSTRACT

The voltage range used by Croatian Railway infrastructure is from 12 V DC to 110 kV 50 Hz AC, therefore a wide range of switching equipment is required. Within the view of the power system, the most important is the switching equipment used to power the contact network

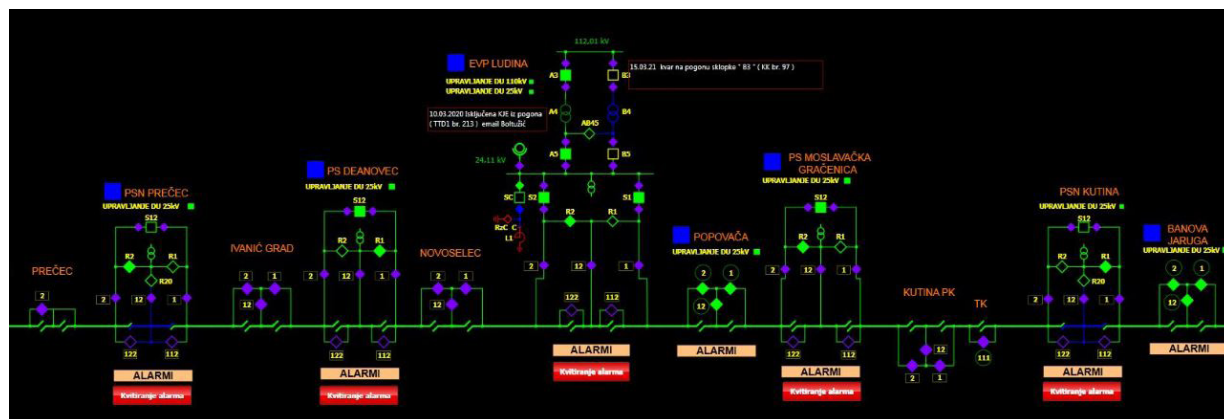
(CN). High-voltage and medium-voltage switches and disconnectors are used inside electric traction substations (ETS) that transform the voltage AC 110 kV 50 Hz to the voltage AC 25 kV 50 Hz used by electric locomotives and trains. Within the range supplied by one traction substation there are also a number of sectioning plants (SP) containing switching equipment so that the catenary network can be separated into several sections. Inside electric traction substations and sectioning plants there is a series of relay protections that serve to protect the equipment in case of failure. The railway industrial complex has been neglected for many years and parts of the switchgear have been operating since the 1970s, but with the new projects Croatian Railway could be brought up to European standards.

**Keywords:** Switchgear, Croatian railway infrastructure, high-voltage and medium-voltage switches, electric traction substations.

#### 1. UVOD

##### 1. INTRODUCTION

Na području Republike Hrvatske za napajanje električnih lokomotiva i vlakova koristi se sustav napajanja AC 25 kV, 50 Hz (osim 3 kilometara pruge na dionici Šapjana do državne granice gdje se koristi istosmjerni DC 3kV sustav napajanja). Kontaktne mreže HŽ-a izvedena je tako da se upravljanje visokonaponskim i srednjenaponskim prekidačima i rastavljačima vrši primarno daljinski iz centra daljinskog upravljanja koji se nalaze u Zagrebu, Vinkovcima i Rijeci, no moguće je i mjesno upravljanje iz prometnih ureda i lokalno na samim prekidačima i rastavljačima.



Slika 1 Pregledan prikaz područja napajanja EVP Ludine

Figure 1 Area powered by ETS Ludina

Ovisno o izvedbi unutar jednog područja EVP-a nalazi se 40-300 uporabljivih sklopnih aparata. Pruge elektrificirane prije više od dvadeset godina koriste više postrojenja za sekcioniranje, dok se novi projekti više oslanjaju na pružne rastavljače.

Već duže vrijeme Hrvatske Željeznice poznate su po niskoj kvaliteti usluge te konstantnim kašnjenjima vlakova uzrokovanim učestalim kvarovima na lokomotivama i pruzi. Razvojem sklopne tehnologije i ostale opreme dolazi do unaprjeđenja željezničkog sustava u koji se zadnjih 5 godina znatno više ulaže te je trenutno aktualno više od 15 projekata u raznim fazama kako bi se unaprijedio željeznički prijevoz u Republici Hrvatskoj.

U ovom radu više pažnje će se posvetiti sklopnim aparatima koji služe za napajanje i očuvanje sigurnosti pruge dok će se niskonaponska sklopna oprema biti samo spomenuta.

## 2. UPRAVLJANJE SKLOPNOM OPREMOM

### 2. MANAGEMENT OF SWITCHING EQUIPMENT

Sustav napajanja osmišljen je tako da se koriste elektrovučne podstanice za napajanje kontaktne mreže te postrojenja za sekcioniranje opremljena s 4 do 14 rastavljača te 1-9 prekidača ili niz kolodvorskih i pružnih rastavljača za sekcioniranje.

Sklopnim aparatima s elektromotornim pogonom moguće je upravljati na 3 načina: daljinski, lokalno ili ručno.

Zelena boja predstavlja sklopne aparate kojima je moguće upravljati daljinski, dok ljubičasti kvadrati predstavljaju sklopne aparate kojima je moguće upravljati samo mjesno ili ručno. Ako prilikom manipulacije sklopnim aparatom krajnji kontakt ne dobiva signalizaciju o uključenom ili isključenom stanju signalizirat će međupoložaj. U slučaju kvara na pogonu sklopne opreme signalizirat će se kvar.

Pozicija kvadrata označuje radi li se o prekidaču ili rastavljaču stoga su prekidači oblika kvadrata, rastavljači su zakrenuti za 45 stupnjeva, odnosno „dijamant“ oblika.

Kada god je to moguće sklopnom opremom se upravlja daljinski. Ako sustav daljinskog upravljanja zakaže odnosno manipulaciju nije moguće odraditi daljinski, tada se iz prometnog ureda ili postrojenja u kojem se nalaze komande uređaja pokušava upravljati mjesno. U slučaju da je nastao kvar na elektromotornom pogonu ili nije moguće upravljati ni mjesno tada se manipulacija odrađuje ručno.

## 3. SKLOPNA OPREMA ZA NAPAJSANJE PRUGE NAPONOM AC 25KV, 50HZ

### 3. SWITCHING EQUIPMENT FOR VOLTAGE AC 25KV, 50HZ TRACK POWERING

HŽ za napajanje pruge koristi mehaničke sklopne aparate. Koriste se visokonaponski i srednjenaponski sklopni aparati. Pri donošenju odluke o odabiru opreme također je veliku



*Slika 2* Mogući prikaz stanja sklopnih aparata

*Figure 2* Possible states of switching devices

ulogu imalo i razvoj tehnologije. Prekidači koje HŽ koristi su: uljni, malouljni, sa SF6 plinom i vakuumski. Rastavljači koje HŽ koristi mogu se podijeliti na: standardne, učinske i izolacijske rastavljače.



*Slika 3* Rastavljači u isključenom i uključenom položaju

*Figure 3* Disconnectors in off and on position

Rasklopna snaga standardnih rastavljača vrlo je malena te ne smije biti veća od:

$$I = \frac{60}{U} A$$

Kako bi se omogućilo upravljanje lokalno i daljinski potrebno je rastavljače opremiti dodatnom opremom. Stoga su sklopni aparati opremljeni elektromotornim pogonom te preko staničnih računala povezani s centrom daljinskog upravljanja i prometnim uredom ili postrojenjem za sekcioniranje.

Tehnički opis svakog postrojenja zaseban je i jedinstven obzirom da oprema treba odgovarati specifičnim zahtjevima postrojenja. Kao ogledan primjer tehničkog opisa sklopne opreme uzet će se EVP Mracilin obzirom da se radi o modernom postrojenju koje nema suviše specifične zahtjeve. Tehnički opis korištene sklopne opreme u EVP Mracilin je kako slijedi:

Prekidači 110 kV, dvopolni SF6 s opružnim

pogonom, nazivnog napona 123 kV, nazivne struje 2.000 A, nazivne prekidne struje 40 kA, te nazivnog napona motora i nazivnog napona upravljanja 110 V DC.

Dva dvopolna izolacijska rastavljača (rastavljači iza prekidača) kao i dvopolni poprečni rastavljač za prespajanje transformatorskih polja.

Osnovne karakteristike prekidača: – nazivni napon 27,5 kV – nazivna struja 1.250 A – nazivna uklopna moć  $\geq 50$  kA – nazivna prekidna moć  $\geq 20$  kA – elektromotorni pogon 110 V DC – električna trajnost komore kod 5 kA preko 1000 isklapanja – brojač preklapanja – signalna sklopka 9m+10r+1p kontakata – okidači uklop i isklop te releji protiv pumpanja – konektorski priključak 1500 mm, 31 polni – kolica za fiksnu ugradnju.

Jednopolni i dvopolni rastavljači za unutarnju montažu 38 kV, 1.250 A, a rastavljač kućnog transformatora 630 A. Nazivni napon pogonskog motora jednopolnih rastavljača je 110 V DC. Rastavljači su opremljeni signalnom sklopkom, smještenom u poslužni ormarić ćelije.

Odvodnici prenapona su sa silikonskim izolatorom, izoliranim podnožjem i brojačem prorade, nazivni napon mreže 96 kV.

Opremu 25 kV postrojenja potrebno je dimenzionirati prema nazivnoj struji 600 A i uvjetima kratkog spoja za zadanu godinu.

Rastavljači – jednopolni dvopolni za unutarnju montažu 38 kV 1250 A. Nazivni napon pogonskog motora jednopolnih rastavljača je 110 V DC, rastavljači trebaju imati signalnu sklopku, koju treba smjestiti u poslužni ormarić ćelije.

## 4. ELEKTROVUČNE PODSTANICE

### 4. ELECTRIC TRACTION SUBSTATIONS

Elektrovučna podstanica (EVP) je elektroenergetsko postrojenje u kojem se izmjenični napon iz elektroprivredne mreže pretvara u napon sukladan primijenjenom sustavu električne vuče. Postrojenje funkcionira vrlo slično trafo polju te se u njemu nalazi najviše sklopne opreme HŽ Infrastrukture.

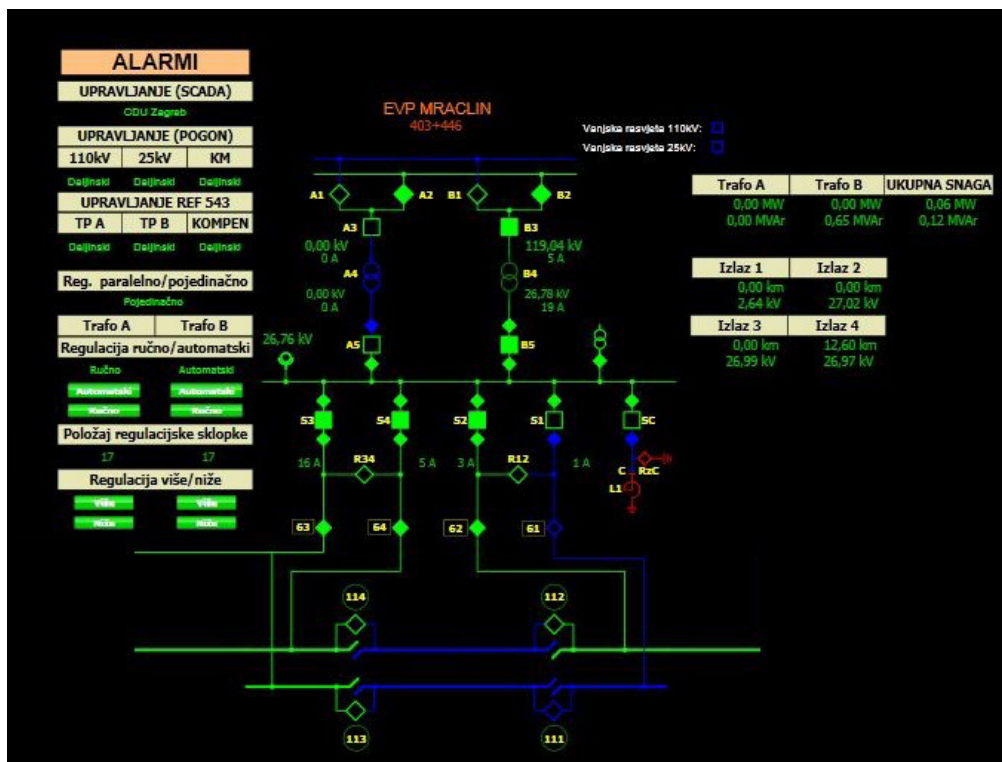
Svaka elektrovučna podstanica napaja kontaktnu mrežu do polovine udaljenosti između dviju susjednih podstanica, gdje postoje mjesta sekcioniranja s neutralnim vodom.

Jednofazne podstanice mogu se vezati paralelno samo ako su primari njihovih transformatora spojeni na iste faze istog elektroprivrednog sistema, ali i kad je ispunjen taj uvjet, jednofazne elektrovučne podstanice 50 Hz rijetko se vežu paralelno.

Svrha elektrovučnih podstanica je da prugu napaja naponom AC 25 kV 50 Hz. Sa slike 4 vidljiv je način rada EVP-a. Od strane elektroprivrede u trafostanicu HŽ infrastrukture dovede se napon AC 110 kV 50 Hz koji preko HOPS-ovih

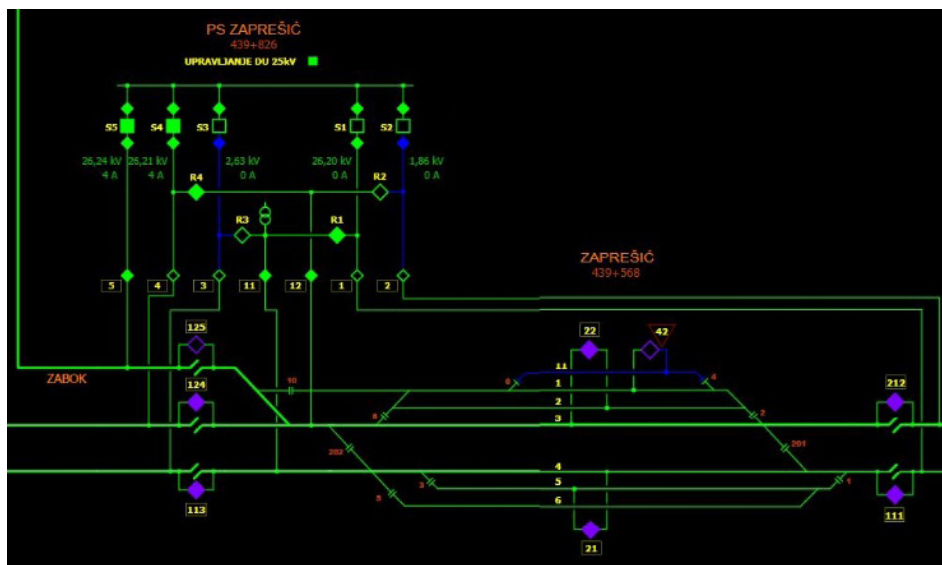
sabirničkih rastavljača (A1, A2; B1, B2) dolazi do HŽ-ovih prekidača 110 kV (A3, B3) čija je svrha spajanje HŽ sustava sa sustavom HOPS-a. Preko prekidača A3, B3 napon je doveden na transformatore (A4, B4) te preko prekidača 25 kV (A5, B5) na HŽ sabirnicu. Priključni prekidači za napajanje pruge (S1, S2, S3, S4) namijenjeni za napajanje pruge isti su model kao i prekidač 25 kV transformatora. Razlika između prekidača koji napajaju prugu i prekidača transformatora je u zaštiti koja je povezana na njih. Prekidači transformatora (A3, A5; B3, B5) služe za uklapanje i isklapanje transformatora u pogonu i za zaštitu transformatora. Prekidači za napajanje pruge (S1, S2, S3, S4) služe kako bi se osigurala sigurnost na pruzi te isključio napon na dijelu dionice koju napaja prekidač. Svi prekidači 25 kV dodatno su osigurani izolacijskim rastavljačima (RoA, RoB, RoC, Ro1, Ro2, Ro3, Ro4) kako bi se postigla dodatna razina sigurnosti prilikom servisa i revizija. Prilikom rada na tim prekidačima potrebno je isključiti prekidač, isključiti izolacijski rastavljač te umetnuti gumenu podlogu iznad cijelog sustava kako bi se fizički dodatno razdvojio i uzemljio dio na kojem se radi od sabirnice 25 kV.

Energetski transformatori moraju biti opremljeni najmanje plinskim (Bucholz) relejom s dva



Slika 4 Detaljan SCADA prikaz EVP Mraclin

Figure 4 Detailed SCADA view of EVP Mraclin



*Slika 5* Detaljan prikaz postrojenja PS Zaprešić iz centra daljinskog upravljanja

*Figure 5* Detailed view of PS Zaprešić plant from remote control center

plovka, zaštitnim relejom regulacijske sklopke, kontaktnim termometrom, sušionikom zraka, odušnikom, strujim mjernim transformatorom za kotlovsku zaštitu, ventilima za ispušt i filtriranje ulja, ventilima za uzimanje uzoraka ulja te džepovima za termometre.

Relejna zaštita ima funkciju isključiti samo onaj dio elektroenergetskog sustava (vod, transformator) koji je u kvaru (selektivnost), minimizirajući pritom utjecaj kvara na ostale elemente sustava. Da bi ovo bilo ostvarilo, relejna zaštita mora biti usklađena (tj. koordinirana). Također, relejna zaštita mora što prije izolirati mjesto kvara, tj. isključiti dijelove sustava koji napajaju mjesto kvara bez isključivanja nepotrebnih elemenata. Drugim riječima, relejna zaštita mora isključiti najmanji mogući broj elemenata koji će ukloniti kvar a da pritom ostatak sustava ostane u normalnom pogonu. Brzina isključenja kvara (trajanje kvara) važna je za samu opremu kao i za stabilnost sustava u cjelini (kada je riječ o prijenosnom sustavu). [1]

Sabirnički rastavljači 110 kV u vlasništvu su HOPS-a, no signalizacija položaja rastavljača predviđena je i na sustavu nadzora HŽ infrastrukture.

## 5. POSTROJENJA ZA SEKSIONIRANJE

### 5. SECTIONING PLANTS

Postrojenje za sekcioniranje ima namjenu podijeliti željezničku mrežu u sekcije koje su

radijalno napajane, svaka iz svoje elektrovučne podstanice.

Kontaktna mreža se izvodi u izoliranim sekcijama. Razlog tome su struje izjednačenja koje se javljaju kada se jedna sekcija pruge napaja iz dvije elektrovučne podstanice. Ta bi pojava bila višestruko štetna za kontaktnu mrežu. Sekcioniranje se izvodi u postrojenjima za sekcioniranje pomoću rastavljača i prekidača.

## 6. ZAKLJUČAK

### 6. CONCLUSION

Sklopna oprema koju HŽ Infrastruktura koristi jako varira. S jedne strane koriste se visokonaponski uljni prekidači iz 1970-ih, dok se s druge strane koriste najmoderniji SF6 prekidači. Ovakav sustav miješane tehnologije došao je u primjenu zato što se željeznički industrijski kompleks dugi niz godina zanemaruje te su ulaganja u željezničku infrastrukturu donedavno bila samo za potrebe sanacije kvarova, dovođenja postrojenja na minimalnu razinu koja zadovoljava uvjete rada te čekanje do zadnjeg trenutka kako bi se odradio remont postrojenja.

Zbog takvog načina poslovanja Hrvatske željeznice prati reputacija nepouzdanog načina transporta u Republici Hrvatskoj zbog konstantnih kvarova i kašnjenja.

Sklopni aparati kao dio tog sustava također su zanemareni te se stoga koristi širok spektar

opreme koja je zastarjela te je potrebna zamjena novom modernom opremom. Nova postrojenja i sklopna oprema koja se koristi pokazala se vrlo učinkovitima, no zamjena stare oprema novom vrlo sporo napreduje.

„Hrvatska država, Europska unija i Svjetska banka u sljedećih deset godina u projektiranje, obnovu i nadogradnju željezničke infrastrukture trebali bi uložiti više od tri milijarde eura. Riječ je o 18 projekata koji su u različitim fazama realizacije.“ [2]

Gradnjom dvokolosiječne elektrificirane pruge opremljene modernom tehnologijom Republika Hrvatska mogla bi biti dovedena do europskih standarda. Ovakvi projekti kao i digitalizacija željezničkog sustava doprinijet će većem stupnju sigurnosti, većim brzinama te kvalitetnijem i učinkovitijim radu.

## 7. REFERENCE

### 7. REFERENCES

- [1.] Dr. Sc. Petar Sarajčev, doc; Robert Kosor, dipl.ing. Sveučilište u Splitu, Zaštita u elektroenergetskom sustavu, [https://www.google.com/url?sa=t&rc=ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi\\_m5z\\_vf75AhWVUXcKHcV5A98QFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.oss.unist.hr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ffile\\_attach%2FZa%25C5%25A1tita%2520u%2520elektroenergetskom%2520stavu%2520-%2520Robert%2520Kosor.pdf&usg=AOvVaw3vTJYLTVilzMkf-0jdnmfW](https://www.google.com/url?sa=t&rc=ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_m5z_vf75AhWVUXcKHcV5A98QFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.oss.unist.hr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ffile_attach%2FZa%25C5%25A1tita%2520u%2520elektroenergetskom%2520stavu%2520-%2520Robert%2520Kosor.pdf&usg=AOvVaw3vTJYLTVilzMkf-0jdnmfW), pristupljeno 4.9.2022.
- [2.] Krešimir Žabec, članak o željezničkom preporodu, <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/na-pomolu-je-veliki-zeljeznicki-preporod-grad-se-cak-400-kilometara-novih-pruga-hrvatski-vlakovi-ce-konacno-juriti-160-kmh-evo-i-kada-9800725>, pristupljeno 6.6.2022.

## AUTORI · AUTHORS

• **Robert Jakupanec** - rođen 1995. u Koprivnici. Diplomirao je na Tehničkom Veleučilištu u Zagrebu 2022. Od 2020 radi u HŽ Infrastrukturi kao elektroenergetski dispečer.

### Korespondencija · Correspondence

robert.jakupanec@hzinfra.hr

robert.jakupanec@gmail.com

• **Krešimir Meštrović** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

### Korespondencija · Correspondence

kmestrovic@tvz.hr