

Maja Fištrić, mag. ing. el., univ. spec. el.

ANALIZA STANJA VISOKONAPONSKIH RASKLOPNIH APARATA STABILNIH POSTROJENJA ZA NAPAJANJE ELEKTRIČNE VUČE

1. Uvod

Stabilna postrojenja za napajanje električne vuče (SPEV) jesu skup elektroenergetskih postrojenja i uređaja koji služe za napajanje elektrovučnih vozila električnom energijom na bilo kojemu elektrificiranom kolosijeku. Ta su postrojenja napojni dalekovodi, elektrovučne podstanice, postrojenja za sekcioniranje, kontaktna mreža (KM) i uređaji za daljinsko upravljanje.

Elektrovučna podstanica (EVP) stabilno je postrojenje u kojemu se električna energija visokoga napona iz prijenosne mreže transformira u električnu energije srednjega napona kojom se napajaju kontaktna mreža

i elektrovučna vozila. Kod jednofaznoga sustava 25 kV, 50 Hz struja se napojnim dalekovodom visokoga napona od 110 kV ili sabirnicama od 110 kV u trafostanici Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS) dovodi do elektrovučne podstanice, u kojoj se transformira u napon od 25 kV, a zatim napaja kontaktnu mrežu. U elektrovučnome vozilu teče daljnja transformacija u električnu energiju nižega napona koju koriste vučni motori u elektrovučnim vozilima.

Na željezničkoj mreži kojom upravlja HŽ Infrastruktura (HŽI) trenutno postoji dvadeset i jedna (21) elektrovučna podstanica (tablica 1.). U redovitome pogonu elektrovučna podstanica radi samostalno i kontaktna se mreža, u pravilu, napaja radijalno. Svaka elektrovučna podstanica napaja kontaktnu mrežu do polovice udaljenosti između dviju susjednih podstanica, gdje postoje postrojenja ili mjesta za sekcioniranje s neutralnim vodom i koja služe za odvajanje krakova napajanja dviju elektrovučnih podstanica. Udaljenost između dviju elektrovučnih podstanica je od 40 do 60 km, ali uvelike ovisi o konfiguraciji terena, pa su u slučaju teških terenskih uvjeta poput onih na riječkoj pruzi udaljenosti manje.

Elektrovučne podstanice imaju dva energetska transformatora prijenosnoga omjera 110/27, 5 kV, snage 7,5, 10 ili 15 MVA, spojena na dvije faze prijenosne mreže (L1 i L2 ili L2 i L3) koji transformiraju visoki napon na niži kojim se napaja kontaktna mreža. U elektrovučnoj podstanici nalaze se zaštitni, sklopni i mjerni aparati i uređaji povezani sa sustavom za daljinsko upravljanje. Svako transformatorsko polje ima rastavljače, prekidače, strujne i naponske mjerne transformatore, odvodnike prenapona i energetske transformatore.

Priključak elektrovučne podstanice ovisi o mjestu na kojemu se elektrovučna podstanica nalazi i mjestu odgovarajućega elektroprivrednoga objekta na koji se podstanica priključuje, a može se podijeliti na tri tipa. Kod tipa A podstanica je u zajedničkome prostoru s trafostanicom operatora prijenosnoga sustava (HOPS), kod tipa B podstanica je priključena dvofaznim dalekovodima iz trafostanice HOPS-a, a kod tipa C postojeći trofazni dalekovod koji povezuje dvije HOPS-ove trafostanice „presječen“ je te postoji rasklopno postrojenje za podstanicu.

Tablica 1. Popis elektrovučnih podstanica

Red. broj	Tip	Postrojenje	Postrojenje u pogonu	Pruga	Napomena
1.	EVP-C	ZAPREŠIĆ	9. 6. 2008.	M101	
2.	EVP-C	RESNIK	27. 5. 1970.	M102	Revitaliziran 2013.
3.	EVP-A	LUDINA	9. 1. 1970.	M103	
4.	EVP-C	MRACLIN	26. 6. 1972.	M502	Revitaliziran 2019.
5.	EVP-C	ZDENČINA	svibanj 1986.	M202	
6.	EVP-B	NOVSKA	26. 12. 1969.	M104	
7.	EVP-B	NOVA KAPELA	26. 12. 1969.	M104	Revitaliziran 2016.
8.	EVP-A	ANDRIJEVCI	9. 1. 1970.	M104	Revitaliziran 14. 11. 2002.
9.	EVP-B	JANKOVCI	27. 5. 1970.	M104	Obnovljen 10. 3. 1999.
10.	EVP-B	SUNJA	18. 1. 1972.	M502	Obnovljen 12. 12. 2002.
11.	EVP-C	KRIŽEVCI	3. 10. 1981.	M201	
12.	EVP-C	KOPRIVNICA	3. 10. 1981.	M201	
13.	EVP-C	MRZLO POLJE	svibanj 1987.	M202	
14.	EVP-A	OŠTARIJE	svibanj 1987.	M202	
15.	EVP-A	MORAVICE	Svibanj 1989.	M202	Zamijenjena sek. oprema.
16.	EVP-C	DELNICE	29. 11. 2012	M202	
17.	EVP-A	VRATA	3. 9. 2013	M202	
18.	EVP-A	PLASE	12. 12. 2012	M202	
19.	EVP	SUŠAK	17. 12. 2012	M202	
20.	EVP-C	MATULJI	3. 9. 2013	M203	
21.	EVP-C	OPUZEN	1969.	M304	Revitaliziran 28. 10. 2004.

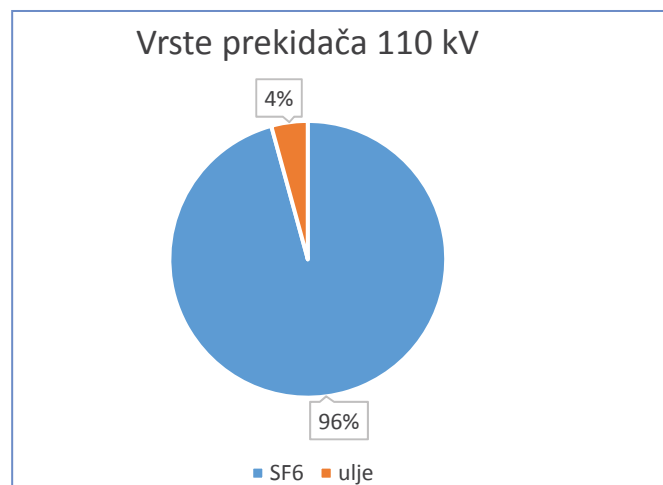
Najviše je podstanica tipa A, a to su EVP Resnik, EVP Zaprešić, EVP Mraclin, EVP Koprivnica, EVP Križevci, EVP Zdenčina, EVP Mrzlo Polje, EVP Oštarije, EVP Delnice, EVP Sušak, EVP Matulji i EVP Opuzen. Taj se tip podstanica može podijeliti na još dva podtipa, jer se kod određenih podstanica u TS-u nalazi samo 110-kilovoltno postrojenje, a 25-kilovoltno postrojenje smješteno je uz prugu. EVP Zaprešić u cijelosti se nalazi u TS-u, a dalje je kabelski spojen na KM-ov portal.

Podstanice tipa B nalaze se uz željezničku prugu, a spojene su već spomenutim dvofaznim dalekovodima iz najbliže HOPS-ove trafostanice. Kao podstanice toga tipa izvedeni su EVP Sunja, koji se napaja iz TS-a Pračno, EVP Novska, koji se napaja iz TS-a Međurić, EVP Nova Kapela, koji se napaja iz TS-a Slavonski Brod – Podvinje, i EVP Jankovci, koji se napaja iz TS-a Vinkovci.

Posljednji tip C jesu podstanice na principu „ulaz – izlaz“, koje su izgrađene na mjestima gdje se trofazni dalekovodi od 110 kV nalaze između dvaju rasklopnih postrojenja elektroprivredne mreže pa je za potrebe podstanice izgrađeno rasklopno postrojenje kako bi se odvojile dvije faze koje su potrebne za napajanje energetskih transformatora. Podstanice toga tipa jesu EVP Ludina, EVP Andrijevc, EVP Moravice, EVP Vrata i EVP Plase.

2. Pregled stanja prekidača 110 kV

Prekidač je mehanički sklopni aparat koji u normalnim pogonskim uvjetima može uklapati, voditi i prekidati struju te u nenormalnim pogonskim uvjetima kao što je kratki spoj (definicija prema IEC normama) uklapati, voditi tijekom određenoga vremena i prekidati struju. U HŽI-ovim elektrovučnim podstanicama koriste se visokonaponski (VN) dvopolni prekidači 110 kV. Prekidači



Slika 1. Vrste prekidača 110 kV s obzirom na medij za gašenje luka

110 kV imaju elektromotorni pogon na 110 V DC, a njima se upravlja daljinski iz elektrovučne podstanice i centra za daljinsko upravljanje te s mjesta (kod prekidača. Pregled prekidača 110 kV po oznakama, tipovima, tvorničkim brojevima, proizvođaču i godini proizvodnje te nazivnim naponima, nazivnim strujama i prekidnim moćima nalazi se u tablici 2. S obzirom na medij za gašenje električnoga luka u elektrovučnim podstanicama, razlikuju se malouljni prekidači i prekidači SF₆ (slika 1.). Malouljni prekidači proizvođača Energoinvesta nalaze se u EVP-u Ludina (slika 2.), dok se u ostalim podstanicama nalaze prekidači SF₆ proizvođača Končar – Aparata i postrojenja d.d.

Prema vrsti pogona, prekidači SF₆ proizvođača Končar – Aparata i postrojenja d.d. dijele se na motorno-opružne i hidraulične (slika 3.). Prekidači s motorno-opružnim pogonom jesu tipovi 7E1 i 8E1, a s hidrauličnim pogonom tipovi K3AS1, K3AR1 i 7F1. Udio zastupljenosti pojedinoga tipa prekidača SF₆ prikazan je na slici 4.

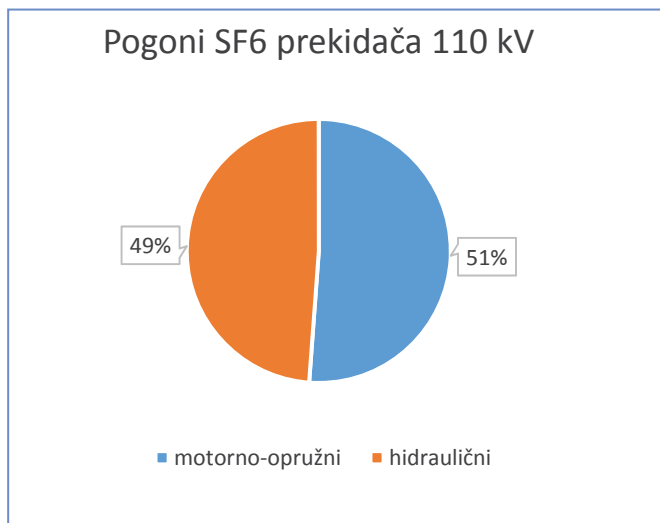
Prekidači s motorno-opružnim pogonom ugrađeni na HŽI-ovim prugama jesu tipa 7E1-II i 8E1-II. Prvi je put VN prekidač za vanjsku montažu tipa 7E1-II na HŽI-ovim prugama ugrađen 2006. u obje grane u EVP-u Zaprešić te je najzastupljeniji na HŽI-ovim prugama. Zadnji je put ugrađen 2018. u obje grane EVP-a Mraclin. Nova generacija prekidača s motorno-opružnim pogonom jest tip 8E1-II, a prvi je put na HŽI-ovim prugama ugrađen 2016. u obje grane u EVP-u Koprivnica. Godine 2018. ugrađen je i u obje grane u EVP-u Križevci.



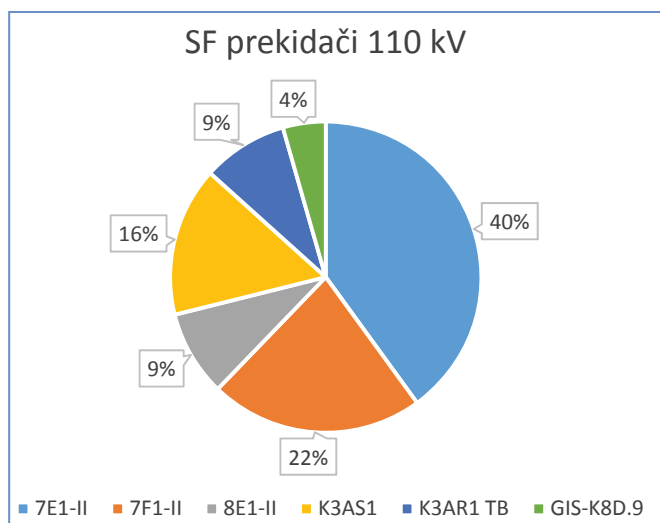
Slika 2. Malouljni prekidač 110 kV u EVP-u 110/25 kV Ludina

Tablica 2. Prekidači 110 kV

Red. broj	Postrojenje	Oznaka	Tip	Tvornički broj	Godina proizvodnje	Nazivni napon, kV	Nazivna struja, A	Prekidna moć, kA
1.	EVP 110/25 kV Resnik	A3	7E1-II	B907	2012.	123	2000	40
2.		B3	7E1-II	B906	2012.	123	2000	40
3.	EVP 110/25 kV Zaprešić	A2	7E1-II	B535	2006.	123	3150	31,5
4.		B2	7E1-II	B536	2006.	123	3150	31,5
5.	EVP 110/25 kV Mraclin	A3	7E1-II	B1037	2013	123	2000	40
6.		B3	7E1-II	B1038	2013	123	2.000	40
7.	EVP 110/25 kV Ludina	A3	HPGE 11/14E	17	1969.	110	1000	2.500 MVA
8.		B3	HPGE 11/14E	19	1969.	110	1000	2.500 MVA
9.	EVP 110/25 kV Sunja	A2	7F1-II	B369	2002.	123	2000	31,5
10.		B2	7F1-II	B385	2002.	123	2000	31,5
11.	EVP 110/25 kV Novska	A2	7E1-II	B1027	2013.	110	2000	40
12.		B2	7E1-II	B1028	2013.	110	2000	40
13.	EVP 110/25 kV Nova Kapela	A2	7E1-II	B1029	2008.	123	2000	40
14.		B2	7E1-II	B1030	2008.	123	2000	40
15.	TS 110/35 kV Slavonski Brod	Q0 (1)	7F1-II	B384	2002.	123	2000	31,5
16.		Q0 (2)	7F1-II	B383	2002.	123	2000	31,5
17.	EVP 110/25 kV Andrijevci	Q0 (1)	7F1-II	B382	2002.	123	2000	31,5
18.		Q0 (2)	7F1-II	B381	2002.	123	2000	31,5
19.		A2	K3AR1 7B	131	1994.	123	2000	31,5
20.		B2	7F1-II	B368	2002.	123	2000	31,5
21.	EVP 110/25 kV Jankovci	A2	K3AR1 7B	132	1994.	123	2000	31,5
22.		B2	K3AR1 7B	133	1994.	123	2000	31,5
23.	TS 110/35 kV Vinkovci	Q0	7F1-II	B322	2001.	123	2000	31,5
24.	EVP 110/25 kV Križevci	A2	8E1-II	B361	2018.	123	2000	40
25.		B2	8E1-II	B362	2018.	123	2000	40
26.	EVP 110/25 kV Koprivnica	A3	8E1-II	B293	2016.	123	2000	40
27.		B3	8E1-II	B294	2016.	123	2000	40
28.	EVP 110/25 kV Zdenčina	A2	K3AS1	1255	1986.	123	2000	31,5
29.		B2	K3AS1	1256	1986.	123	2000	31,5
30.	EVP 110/25 kV Mrzlo Polje	A3	K3AS1	1258	1986.	123	2000	31,5
31.		B3	K3AS1	1257	1986.	123	2000	31,5
32.	EVP 110/25 kV Oštarije	A2	K3AS1	1252	1986.	123	2000	31,5
33.		B2	K3AR1 7B	134	1992.	123	2000	31,5
34.	EVP 110/25 kV Moravice	A2	K3AS1	1441	1989.	123	2000	31,5
35.		B2	K3AS1	1442	1989.	123	2000	31,5
36.	EVP 110/25 kV Delnice	A2	7E1-II	B830	2008.	123	2000	40
37.		B2	7E1-II	B831	2008.	123	2000	40
38.	EVP 110/25 kV Vrata	A2	7E1-II	B384	2009.	123	2000	40
39.		B2	7E1-II	B385	2009.	123	2000	40
40.	EVP 110/25 kV Plase	A2	7E1-II	B840	2008.	123	2000	40
41.		B2	7E1-II	B841	2008.	123	2000	40
42.	EVP 110/25 kV Sušak	A3	GIS-K8D.9	B195	2009.	123	1250	31,5
43.		B3	GIS-K8D.9	B194	2009.	123	1250	31,5
44.	EVP 110/25 kV Matulji	A2	7E1-II	B832	2009.	123	2000	40
45.		B2	7E1-II	B833	2009.	123	2000	40
46.	EVP 110/25 kV Opuzen	A2	7F1-II	B478	2004.	123	2000	31,5
47.		B2	7F1-II	B479	2004.	123	2000	31,5



Slika 3. Pogoni prekidača SF₆ 110 kV



Slika 4. Tipovi prekidača SF₆ 110 kV



Slika 5. Prekidač tip K3AS1 u EVP-u 110/25 kV Oštarije

Prekidači s hidrauličnim pogonom ugrađeni na HŽI-ovim prugama jesu tipa K3AS1-II, K3AR1-II i 7F-II. Tip prekidača K3AS1-II ugrađen je 1986. u obje grane u EVP-u Mrzlo Polje i EVP-u Zdenčina te u granu A u EVP-u Oštarije (slika 5.), a 1989. u obje grane u EVP-u Moravice.

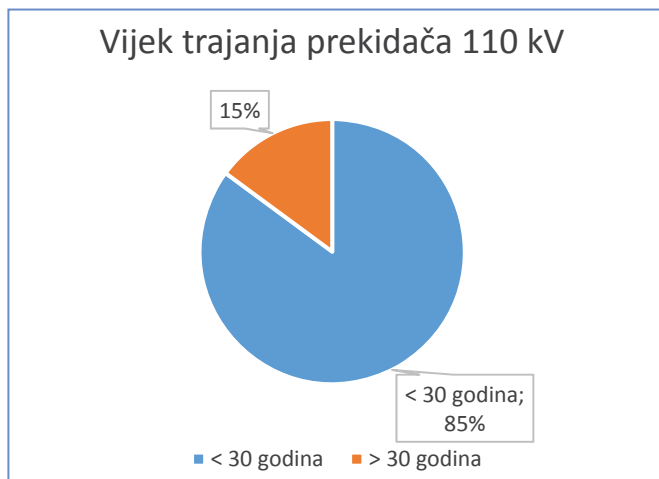
Prekidač tipa K3AR1-II ugrađen je 1992. u granu B u EVP-u Oštarije. Godine 1994. ugrađen je i obje grane u EVP-u Jankovci te u granu A u EVP-u Andrijevci.

Prekidač tipa 7F1-II ugrađen je 2001. u TS-u Vinokovci te 2002. u obje grane u EVP-u Sunja i granu B u EVP-u Andrijevci. U obje grane u EVP-u Opuzen taj tip prekidača ugrađen je 2004. (slika 6.)

Godine 2009. u EVP-u Sušak ugrađeno je metalom oklopljeno, plinom SF₆ izolirano postrojenje tipa GIS-K8D.9.



Slika 6. Prekidač tip 7F1-II u EVP-u 110/25 kV Opuzen



Slika 7. Vijek trajanja prekidača 110 kV

Vijek trajanja prekidača 110 kV prikazan je na slici 7. Najstariji prekidači na HŽI-ovim prugama jesu malouljni prekidači HPGE proizvođača Energoinvesta, koji su 1969. ugrađeni u obje grane u EVP-u Ludina. Njihov je vijek trajanja istekao te ih je gotovo nemoguće održavati zbog nedostatka rezervnih dijelova.

3. Pregled stanja rastavljača 110 kV

Rastavljači su električni sklopni aparati koji služe za otvaranje strujnih krugova kada kroz njih ne teče struja. Oni mogu trajno voditi normalne pogonske struje, a određeno kratko vrijeme i struje kratkoga spoja.



Slika 8. Rastavljač tipa CB 123-II-8 u EVP-u 110/25 kV Opuzen

Između kontakata rastavljača u otvorenome položaju postoji propisani razmak, tzv. rastavni razmak, koji je pouzdano vidljiv jer o njemu ovisi sigurnost postrojenja i osoblja koje u njima radi. U HŽI-ovim elektrovučnim podstanicama koriste se VN trolpolni i dvopolni rastavljači 110 kV, i to na vanjskome dijelu elektrovučne podstanice (slika 8.). Rastavljači 110 kV kojima se upravlja daljinski imaju elektromotorni pogon na 110 V DC i njima se upravlja iz centra za daljinsko upravljanje, elektrovučne podstanice i s mjesta (kod rastavljača).

Pregled rastavljača 110 kV po oznakama, tipovima, tvorničkim brojevima, proizvođaču i godini proizvodnje te nazivnim strujama, tipu pogona i vrsti izolatora nalazi se u tablici 3.

Na HŽI-ovim prugama ugrađeni su prekidači tipa 5Rv 123-II, CB 123-II, CBe 123-II te SPE 11 A. Na slici 9. prikazani su udjeli pojedinih vrsta rastavljača 110 kV koji su ugrađeni na HŽI-ovim prugama.

S obzirom na vrstu pogona, rastavljači 110 kV dijele se na one s ručnim, elektromotornim te kombiniranim (ručnim i elektromotornim) pogonom (slika 10.).

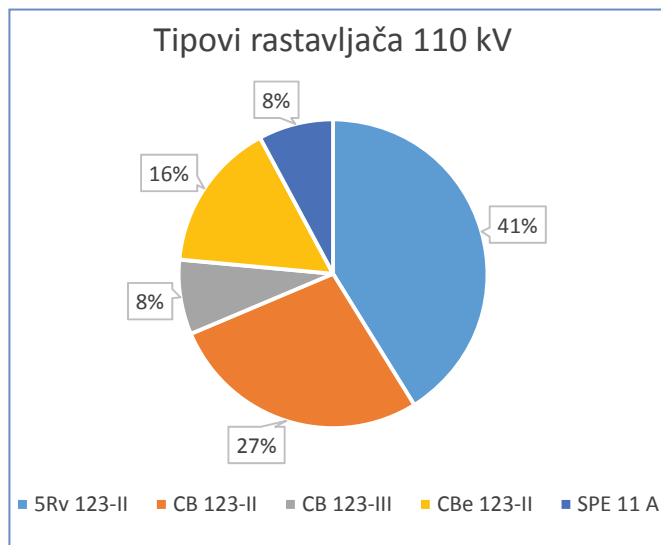
Vijek trajanja rastavljača 110 kV prikazan je na slici 11. Najstariji rastavljači na HŽI-ovim prugama jesu rastavljači tipa SPE 11 A proizvođača Energoinvesta, koji su 1969. ugrađeni u EVP Ludina.

4. Održavanje VN rasklopnih aparata

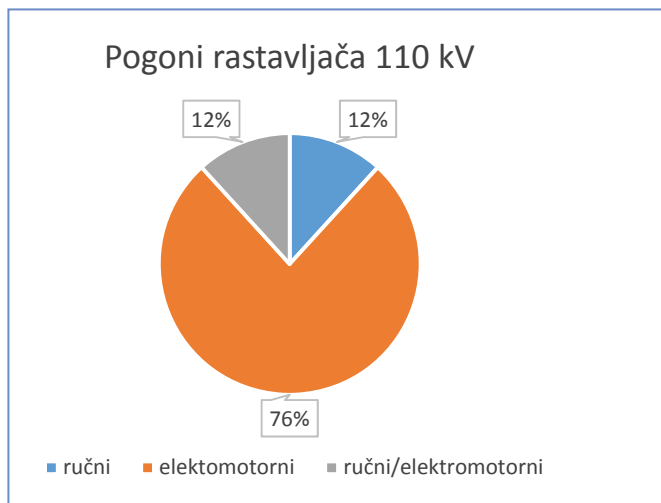
Održavanje je skup tehničkih, administrativnih i upravljačkih aktivnosti kojima se omogućuje ispravno funkcioniranje opreme ili njezino vraćanje u stanje u kojemu može raditi uz najmanje moguće troškove. Rezultati održavanja jesu omogućivanje stalne, pouzdane i kvalitetne opskrbe električnom energijom, smanjivanje šteta nastalih zbog kvarova na energetskim postrojenjima te smanjivanje neisporučene električne energije potrošačima. Održavanje električne opreme u elektroenergetskim postrojenjima mora biti takvo da se tijekom njezina trajanja očuvaju tehnička svojstva postrojenja i električne opreme te ispune zahtjevi određeni projektom postrojenja [2]. Održavanje električne opreme obuhvaća redovite periodične preglede odnosno mjerenje i ispitivanje u vremenskim razmacima i na način određen projektom elektroenergetskoga postrojenja, pisanom izjavom izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja postrojenja te proizvođačevim uputama za održavanje električne opreme, ali u razdoblju koje nije dulje od pet godina. Na početku uporabe i pogona elektroenergetskoga postrojenja vlasnik elektroenergetskoga postrojenja mora svojim unutarnjim aktom propisati potrebne uvjete i zahtjeve za periodične preglede odnosno za mjerenja i ispitivanja električne opreme.

Tablica 3. Rastavljači 110 kV

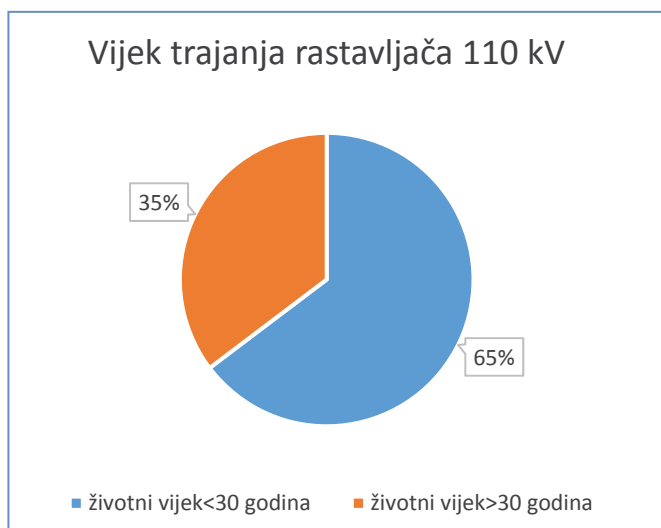
Red. broj	Postrojenje	Oznaka	Tip	Tvornički broj	Godina proizvodnje	Nazivni napon, kV	Nazivna struja, A	Prekidna moć, kA
1.	EVP 110/25 kV Ludina	-	SPE 11 A	-	1969.	630	ručni	porculan
2.		-	SPE 11 A	-	1969.	630	ručni	porculan
3.		-	SPE 11 A	-	1969.	630	ručni	porculan
4.		-	SPE 11 A	-	1969.	630	ručni	porculan
5.	EVP 110/25 kV Sunja	A1/Az	CBe 123-II-8	5B/02/911	2002.	800	MP5/RP5	kompozitni
6.		B1/Bz	CBe 123-II-8	5B/02/912	2002.	800	MP5/RP5	kompozitni
7.		AB12	5Rv 123-II-8	5 B 92 160	1992.	800	EMP100	kompozitni
8.	EVP 110/25 kV Novska	A1/Az	CBe 123-II-12	5B2299	2013.	1.250	MP5/RP5	kompozitni
9.		AB12	CB 123-II-12	5B2301	2013.	1.250	MP5	kompozitni
10.		B1/Az	CBe 123-II-12	5B2300	2013.	1.250	MP5/RP5	kompozitni
11.	EVP 110/25 kV Zdenčina	A3	5Rv 123-II-6	3955	1985.	630	EMP100	porculan
12.		B3	5Rv 123-II-6	3950-2	1985.	630	EMP100	porculan
13.		AB34	5Rv 123-II-6	3953	1985.	630	EMP100	porculan
14.	EVP 110/25 kV Mrzlo Polje	A4	5Rv 123-II-6	3951	1985.	630	EMP100	porculan
15.		B4	5Rv 123-II-6	3954	1985.	630	EMP100	porculan
16.		AB45	5Rv 123-II-6	3956	1985.	630	EMP100	porculan
17.	EVP 110/25 kV Nova Kapela	A1/Az	CBe 123-II-12	5B2303	2013.	1.250	MP5/RP5	kompozitni
18.		AB12	CB 123-II-12	5B2302	2013.	1.250	MP5	kompozitni
19.		B1/Az	CBe 123-II-12	5B2304	2013.	1.250	MP5/RP5	kompozitni
20.	TS 110/35 kV Slavonski Brod	Q9	CBe 123-II-8	5B/02/913	2002.	800	MP5	kompozitni
21.		Q1	CB 123-II-8	5B/02/916	2002.	800	MP5	kompozitni
22.		Q2	CB 123-II-8	5B/02/915	2002.	800	MP5	kompozitni
23.		Q9	CBe 123-II-8	5B/02/914	2002.	800	MP5	kompozitni
24.		Q1	CB 123-II-8	5B/02/917	2002.	800	MP5	kompozitni
25.		Q2	CB 123-II-8	5B/02/918	2002.	800	MP5	kompozitni
26.	EVP 110/25 kV Andrijevci	A1	5Rv 123-II	5B92159	1992.	800	EMP100	porculan
27.		B1	5Rv 123-II	5B92160	1992.	800	EMP100	porculan
28.		Q1	CB 123-III-8	5B/02/910	2002.	800	MP5	kompozitni
29.		Q1	CB 123-III-8	5B/02/909	2002.	800	MP5	kompozitni
30.		Q9	CB 123-III-8	5B/02/907	2002.	800	MP5	kompozitni
31.		Q9	CB 123-III-8	5B/02/908	2002.	800	MP5	kompozitni
32.	EVP 110/25 kV Jankovci	AB12	CB 123-II-8	5B98640	1998.	800	MP5	porculan
33.		AB34	CB 123-II-8	5B98641	1998.	800	MP5	porculan
34.		A3	CB 123-II-8	5B98642	1998.	800	MP5	porculan
35.		B3	CB 123-II-8	5B98643	1998.	800	MP5	porculan
36.		A1	CB 123-II-8	5B98644	1998.	800	MP5	porculan
37.		B1	CB 123-II-8	5B98645	1998.	800	MP5	porculan
38.	TS 110/35 kV Vinkovci	Q1	5Rv 123-II	5B98597	1995.	800	MP5	porculan
39.		Q2	5Rv 123-II	5B95348	1995.	800	MP5	porculan
40.		Q9	5Rv 123-II	5B95299	1995.	800	MP5	porculan
41.		Q8	5Rv 123-II	5B95276	1995.	800	MP5	porculan
42.	EVP 110/25 kV Korivnica	A3	5Rv 123-II-8	3367	1980.	630	ručni	porculan
43.		B3	5Rv 123-II-8	3371	1980.	630	ručni	porculan
44.	EVP 110/25 kV Oštarije	A3	5Rv 123-II-6	3946	1985.	630	EMP100	porculan
45.		B3	5Rv 123-II-6	3944	1985.	630	EMP100	porculan
46.	EVP 110/25 kV Moravice	A3	5Rv 123-II-6	4533	1987.	630	EMP100	porculan
47.		B3	5Rv 123-II-6	4534	1987.	630	EMP100	porculan
48.		A1	5Rv 123-II-6	4535	1987.	630	EMP100	porculan
49.		B1	5Rv 123-II-6	4536	1987.	630	EMP100	porculan
50.	EVP 110/25 kV Opuzen	A1	CB 123-II-8	5B041371	2004.	800	MP5	kompozitni
51.		B1	CB 123-II-8	5B041370	2004.	800	MP5	kompozitni



Slika 9. Tipovi rastavljača 110 kV



Slika 10. Pogoni rastavljača 110 kV



Slika 11. Vijek trajanja rastavljača 110 kV

Redovito održavanje jest preventivno pregledavanje postrojenja odnosno opreme te izvođenje preventivnih radova kojima se sprječava gubitak svojstava postrojenja i njegove funkcionalnosti definirane namjenom u projektu [3]. Pod redovito održavanje ubrajaju se radovi na zamjeni dijelova postrojenja u razmacima i u opsegu određenom projektom postrojenja te radovi potrebni zbog narušenoga svojstva i/ili funkcionalnosti dijelova postrojenja čiji uzrok nije izvanredni događaj.

Izvanredno održavanje jest izvođenje radova na zamjeni, dopuni i/ili popuni dijelova postrojenja nakon izvanrednoga događaja nakon kojega postrojenje odnosno njegov dio više nije uporabljiv (npr. potres, požar, prirodno urušavanje tla, poplava, prekomjeran utjecaj vjetrova, leda i snijega). Ono se izvodi i ako je postrojenje ili njegov dio zbog nepropisnoga održavanja ili kojeg drugog razloga doveden u stanje neuporabljivosti. Za opremu koja se ugrađuje pri održavanju moraju biti navedena svojstva bitnih značajki koja odgovaraju svojstvima bitnih značajki izvorno ugrađene opreme ili su povoljnija od njih. Kada se za pojedine radove održavanja izrađuje izvedbeni projekt, on po potrebi smije sadržavati i dopunske računske provjere, ali se njime ne smije mijenjati tehničko rješenje u skladu s kojim je postrojenje izgrađeno. HŽI kao vlasnik postrojenja obavezan je čuvati dokumentaciju o ispunjavanju obveze održavanja za cjelokupno vrijeme trajanja postrojenja. Dokumentaciju čine izvješća o pregledima i ispitivanjima, zapisi o radovima održavanja, plan i program održavanja, projektna dokumentacija, dokazi da su predviđene mjere i radnje održavanja obavljene te obveze odnosno preporuke za daljnje održavanje.

Trenutačno važeći interni dokumenti koji propisuju način održavanja opreme u stabilnim postrojenjima za napajanje električne vuče na HŽI-ovim prugama jesu Pravilnik o održavanju stabilnih postrojenja električne vuče, HŽI-213 (Službeni vjesnik ZJŽ br. 2/85, Službeni vjesnik HŽI 20/91) te Normativi za održavanje elektrotehničkih postrojenja (evidencijski broj 1035/02 od 19. 3. 2002.).

Za današnju praksu održavanja Pravilnik je manjkav i zastario pa ga je neophodno što prije dopuniti i osuvremeniti zbog uporabe novih elemenata elektroenergetskih postrojenja i suvremenih tehnologija elemenata elektroenergetskih postrojenja koji zahtijevaju znatno manje održavanja. Ostali razlozi za ažuriranje pravilnika jesu tendencija povećanja udjela preventivnoga održavanja prema stanju postrojenja, zahtjevi za povećanjem učinkovitosti preventivnoga održavanja, a smanjivanje ukupnih troškova održavanja, zahtjevi za smanjivanjem broja zaposlenika te ustupanje djela poslova održavanja tržištu te usklađivanje s ostalom elektrotehničkom regulativom.

Normativi za održavanje elektrotehničkih postrojenja određuju normirano vrijeme izvođenja pojedinih radova održavanja, a na temelju detaljnoga opisa radova, detaljnoga opisa objekta i uređaja na kojima se radovi izvode, opisa načina izvođenja radova i opisa resursa koji se koriste tijekom rada. Razrađuju se za sve vrste radova održavanja, po radnim skupinama održavanja. Oni su promjenjivi ovisno o promjenama tehnologije opreme ili radova, odnosno o promjeni organizacije. Trenutačno važeći normativi za održavanje elektrotehničkih postrojenja izrađeni su 2002. te je neophodno izraditi nove.

Prekidač je ključni element svakoga postrojenja i zato treba skrbiti o njegovu stanju [4]. Međutim, problem su troškovi održavanja koji se u pravilu kreću oko polovice ukupnih troškova održavanja jednoga postrojenja, a često su i viši. Ako se uzmu u obzir eventualne štete nastale zbog prekida u opskrbi napajanja elektrovrhuče, jasno je koliko je važno što bolje poznavati stanje prekidača. To je moguće samo na temelju posebnih dijagnostičkih ispitivanja kojima se kontroliraju određeni parametri kao što su vremena sklapanja (uklop, isklop, okidanje, trajanje gašenja luka i drugo), brzina gibanja i razmak glavnih kontakata, kvaliteta medija za gašenje luka, statički otpor glavnih kontakata, dinamički otpor glavnih kontakata, struje okidača, rad okidača pri minimalnome pomoćnom naponu, pravilan rad pomoćnih kontakata signalne sklopke ili vibracije tijekom sklapanja.

Prema uputama proizvođača, radovi na održavanju prekidača trebaju se izvoditi prema odgovarajućemu planu revizije. Navedena vremena revizije orijentacijska su i treba ih prilagoditi konkretnim pogonskim uvjetima. Kontrola i revizija dijele se na rutinsku vizualnu kontrolu te na malu i veliku reviziju. Rutinska vizualna kontrola obavlja se dok je prekidač u pogonu. Prilikom male revizije prekidač treba staviti izvan pogona, a prekidne se komore ne otvaraju. Prilikom velike revizije prekidač se stavlja izvan pogona, a polni stupovi i pogon se prije otvaranja prekidnih komora transportiraju u prikladni unutarnji, zatvoreni prostor gdje se izvodi revizija. Rutinsku vizualnu kontrolu prekidača treba provoditi od svake godine do svake dvije godine. Malu reviziju treba provesti svakih 10 do 12 godina ili nakon 3000 operacija, a veliku reviziju prekidača nakon 20 do 25 godina ili nakon 6000 operacija [5].

U praksi se održavanje rastavljača 110 kV najčešće svodi na povremene preglede te na otklanjanje nedostataka i kvarova ili sanaciju. Prema uputama proizvođača, održavanje rastavljača 110 kV sastoji se od periodičnoga pregleda i revizije. Periodični pregled rastavljača 110 kV tipa CB treba obaviti svakih pet

godina ili nakon 2500 operacija, a reviziju svakih 10 godina ili nakon 5000 operacija [6]. Periodični pregled rastavljača 110 kV tipa RV treba obaviti svake dvije godine, a reviziju svakih šest godina [7].

5. Provjera rasklopne moći prekidača

Proračuni kratkoga spoja temeljni su električni parametri za dimenzioniranje opreme u postrojenjima, kako u novim postrojenjima tako i u planiranim revitaliziranim postrojenjima. Na temelju proračuna kratkospojnih napreznja moguće je redefinirati prioritete zamjene ugrađene opreme u HŽI-ovoj elektroenergetskoj mreži. Kontrola kratkospojnih prilika upozorava na moguća prekoračenja kratkospojne čvrstoće opreme i daje podatke neophodne za dimenzioniranje opreme budućih postrojenja te za nužnost rekonstrukcije postojećih postrojenja.

Kontrola postojeće rasklopne opreme provedi se u odnosu na kriterij usporedbe rasklopnih moći prekidača s veličinama izračunanih struja i snaga kratkoga spoja. Rasklopna moć prekidača ovisi i o drugim čimbenicima (starost prekidača, broj sklapanja u redovitome pogonu i broj sklapanja na kratki spoj), no u ovome radu prekidači su kontrolirani samo na nazivnu rasklopnu struju i rasklopnu moć. Iz analize podataka o rasklopnju moći prekidača te iz podataka o strujama i snagama KS-a u elektrovrhučnim podstanicama proizlazi da nema potencijalno ugroženih VN prekidača [8]. Ostaje problem stare rasklopne opreme. Naime, s obzirom na to da je ta oprema u pogonu niz godina te da je broj njezina sklapanja velik, postaje upitna sposobnost zadovoljavanja njezinih nazivnih karakteristika.

6. Analiza kvarova rasklopnih aparata

Broj kvarova na rasklopnim aparatima u elektrovrhučnim podstanicama i postrojenjima za sekcioniranje u razdoblju od 2014. do 2018. prikazan je na slici 28. Ukupno najveći broj kvarova na rasklopnim aparatima evidentiran je tijekom 2014. (52), a najmanji 2018. godine (7).

Na temelju analize vremena potrebnoga za otklanjanje kvarova na VN rasklopnim aparatima u razdoblju od 2014. do 2018. vidljiva je nužnost izmjene trenutačnoga modela otklanjanja kvarova na rasklopnim aparatima SPEV-a. Sve veće kvarove na rasklopnim aparatima otklanjaju vanjski izvođači te se za popravak pojedinoga aparata provodi postupak javne nabave (jednostavne ili otvorene, ovisno o vrijednosti popravka). Kako bi se skratilo vrijeme potrebno za otklanjanje kvarova, treba razmotriti to da se s vanjskim izvođačima sklope višegodišnji okvirni sporazumi o redovitome održavanju i izvanrednim popravcima.

6.1. Analiza kvarova prekidača 110 kV

U razdoblju od 2014. do 2018. najveći broj kvarova na prekidačima 110 kV (slika 12.) evidentiran je 2014. (14), a najmanji 2018. godine (1).

Najdulje ukupno vrijeme trajanja kvarova na prekidačima 110 kV (slika 13.) evidentirano je 2015. (256.334 min), a najkraće 2017. godine (2300 min).

6.2. Analiza kvarova rastavljača 110 kV

U razdoblju od 2014. do 2018. najveći broj kvarova na rastavljačima 110 kV (slika 14.) evidentiran je 2015. godine (5). U 2014., 2017. i 2018. nisu evidentirani kvarovi na rastavljačima 110 kV.

Najdulje ukupno vrijeme trajanja kvarova na rastavljačima 110 kV (slika 15.) evidentirano je 2015. (54.256 min).

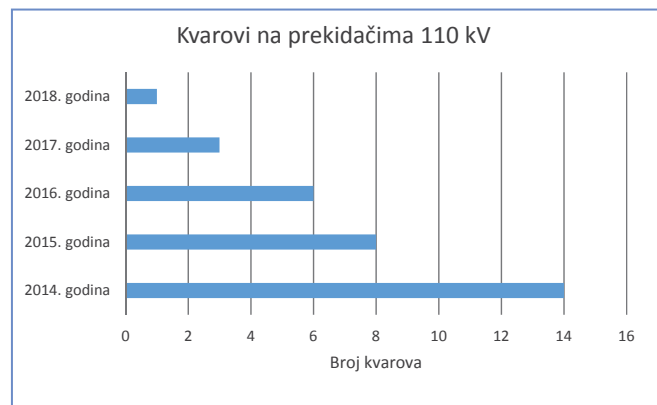
7. Starost aparata po elektrovučnim podstanicama

Prekidači i rastavljači 110 kV kojima je istekao vijek trajanja prikazani su u tablici 4. odnosno u tablici 5. S obzirom na starost aparata, najkritičnije je stanje EVP-a 110/25 kV Ludina.

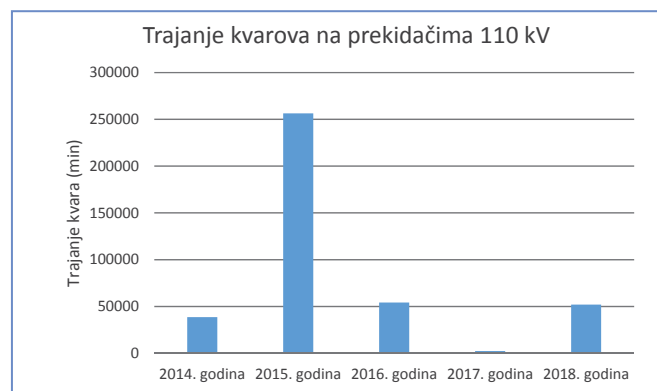
Tablica 4. Dotrajali prekidači 110 kV u EVP

Naziv aparata	Godina proizvodnje
EVP 110/25 kV Moravice A2	1989.
EVP 110/25 kV Moravice B2	1989.
EVP 110/25 kV Oštarije A2	1986.
EVP 110/25 kV Mrzlo Polje A3	1986.
EVP 110/25 kV Mrzlo Polje B3	1986.
EVP 110/25 kV Zdenčina A2	1986.
EVP 110/25 kV Zdenčina B2	1986.
EVP 110/25 kV Ludina A3	1969.
EVP 110/25 kV Ludina B3	1969.

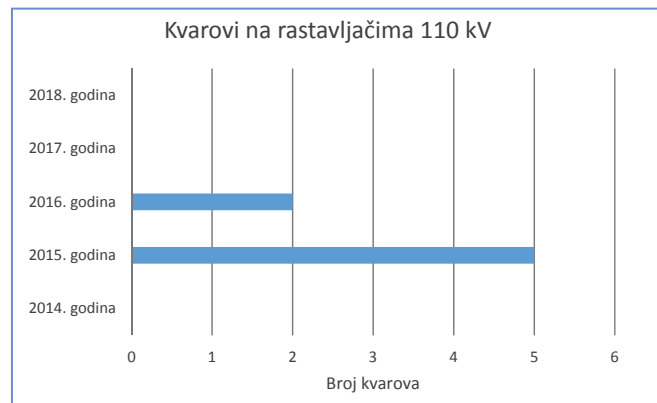
Osim redovitih ciklusa godišnjega održavanja i zamjene dotrajalih i neispravnih uređaja novima, popravaka, kontrolnih mjerenja i ispitivanja u postrojenju i spojnim vodovima nisu se izvodile rekonstrukcije postrojenja čija je svrha tehničko unapređenje i osuvremenjivanje postrojenja kao tehničko-tehnološke cjeline za siguran, uredan i neometan tijek željezničkoga prometa električnom vučom. Postojeća sekundarna oprema odnosno ugrađena elektromehanička relejna zaštita tehnološki je zastarjela i nepouzdana te ju treba zamijeniti suvremenijom.



Slika 12. Broj kvarova na prekidačima 110 kV



Slika 13. Vrijeme trajanja kvarova na prekidačima 110 kV



Slika 14. Broj kvarova na rastavljačima 110 kV



Slika 15. Vrijeme trajanja kvarova na rastavljačima 110 kV

U sklopu redovitoga održavanja elektrovučnih podstanica u listopadu 2015. obavljena je revizija 110-kilovoltnih prekidača, ispitan je njihov preostali vijek trajanja te je provedena kromatografska analiza ulja iz energetskih transformatora. Rezultati revizije na 110-kilovoltnim prekidačima tipa HPGE 11/14 proizvođača Energoinvesta proizvedenih 1969. pokazuju da su prekidači dotrajali. Preporuka je da se ponovno provede kontrolna revizija prekidača, a za produljenje vijeka trajanja prekidača za dvije do tri godine potreban je generalni servis prekidača. Troškovi održavanja prekidača u 2015. i 2016. iznosili su oko pola vrijednosti novoga prekidača.

Tablica 5. Dotrajali rastavljači 110 kV u EVP-ovima

Naziv aparata	Godina proizvodnje
EVP 110/25 kV Moravice A1	1987.
EVP 110/25 kV Moravice B1	1987.
EVP 110/25 kV Moravice A3	1987.
EVP 110/25 kV Moravice B3	1987.
EVP 110/25 kV Oštarije A3	1985.
EVP 110/25 kV Oštarije B3	1985.
EVP 110/25 kV Koprivnica A3	1980.
EVP 110/25 kV Koprivnica B3	1980.
EVP 110/25 kV Mrzlo Polje A4	1985.
EVP 110/25 kV Mrzlo Polje B4	1985.
EVP 110/25 kV Mrzlo Polje AB45	1985.
EVP 110/25 kV Zdenčina A3	1984.
EVP 110/25 kV Zdenčina B3	1985.
EVP 110/25 kV Zdenčina AB34	1985.
EVP 110/25 kV Ludina 1	1969.
EVP 110/25 kV Ludina 2	1969.
EVP 110/25 kV Ludina 3	1969.
EVP 110/25 kV Ludina 4	1969.

Također, rezultati ispitivanja preostalog vijeka trajanja izolacijskoga ulja iz energetskih transformatora pokazuju da je vijek trajanja istekao, da ulje kemijski ne zadovoljava i da je termički nestabilno te da je potrebno planirati zamjenu ulja unutar tri godine. Vijek trajanja prosječnoga transformatora procjenjuje se na tridesetak godina uz redovito održavanje i servisiranje, a ovisi o vijeku trajanja njegove izolacije koja se sastoji od transformatorskoga ulja i izolacijskoga papira. Zamjena papirne izolacije teoretski je moguća, no procjenjuje se da cijena toga postupka iznosi od 60 do 80 posto cijene novoga transformatora.

Rekonstrukcija EVP-a Ludina predviđena je u sklopu projekta rekonstrukcije postojećeg i izgradnje drugog kolosijeka odnosno nove dvokolosiječne pruge na

dijelovima željezničke pruge Dugo Selo – Novska. S obzirom na starost i važnost postrojenja, a uz pretpostavku da se provedba natječaja za izvođenje radova na dionici Dugo Selo – Novska očekuje krajem 2020., treba razmotriti izdvajanje rekonstrukcije EVP-a Ludina kao zasebnoga obuhvata zahvata. Pritom bi trebalo izraditi glavni projekt, ishoditi građevinsku dozvolu te ugovoriti izvođenje radova, čija se ukupna vrijednost može procijeniti na dvadeset milijuna kuna.

EVP Ludina mogla bi trajno ispasti iz pogona, a time bi se dovelo u pitanje i napajanje električne vuče. Zbog smanjene pouzdanosti uređaja starih pedeset godina, visokih troškova održavanja i nedostatka rezervnih dijelova potrebna je njegova što žurnija rekonstrukcija.

8. Zaključak

Stabilna postrojenja za napajanje električne vuče skup su elektroenergetskih postrojenja i uređaja koji služe za napajanje elektrovučnih vozila električnom energijom na bilo kojemu elektrificiranom kolosijeku. Ta su postrojenja napojni dalekovodi, elektrovučne podstanice, postrojenja za sekcioniranje, kontaktna mreža i uređaji za daljinsko upravljanje. Elektrovučna podstanica stabilno je postrojenje u kojemu se električna energija visokoga napona iz prienosne mreže transformira u električnu energiju srednjega napona kojom se napajaju kontaktna mreža i elektrovučna vozila.

Trenutačno važeći interni dokumenti HŽI-a koji propisuju način održavanja VN opreme u SPEV-u na prugama pod HŽI-ovim upravljanjem jesu Pravilnik HŽI-213 iz 1985. te Normativi za održavanje elektrotehničkih postrojenja iz 2002. Oni su za današnju praksu održavanja manjkavi i zastarjeli pa ih je neophodno što prije osuvremeniti.

Na temelju analize vremena potrebnoga za otklanjanje kvarova na pojedinim rasklopnim aparatima u razdoblju od 2014. do 2018. vidljiva je nužnost izmjene trenutačnoga modela otklanjanja kvarova na rasklopnim aparatima SPEV-a.

Iz analize podataka o rasklopnjivosti moći prekidača te podataka o strujama i snagama proračuna KS-a u elektrovučnim podstanicama proizlazi da nema potencijalno ugroženih VN prekidača. Ostaje problem stare rasklopne opreme, jer zbog niza godina u pogonu te broja sklapanja postaje upitna sposobnost zadovoljavanja njezinih nazivnih karakteristika. Najkritičnije postrojenje jest EVP Ludina koji bi mogao trajno ispasti iz pogona, a time bi se dovelo u pitanje i napajanje električne vuče. Zbog smanjene pouzdanosti uređaja starih pedeset godina, visokih troškova održavanja te nedostatka rezervnih dijelova potrebno je provesti njezinu što žurniju rekonstrukciju.

Literatura:

- [1] Fištrić, M.: Analiza stanja rasklopnih aparata stabilnih postrojenja za napajanje električne vuče HŽ Infrastrukture (specijalistički rad), sveučilište u Zagrebu, FER, Zagreb 2019.
- [2] Pravilniku o tehničkim zahtjevima za elektroenergetska postrojenja nazivnih izmjeničnih napona iznad 1 kV (NN 105/10)
- [3] Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14)
- [4] Pavić, A. i ostali: Nužnost novog pristupa održavanju distribucijskih postrojenja, 3. simpozij o distribucijskoj djelatnosti, Šibenik 2010. godine
- [5] Pogonske upute za dvopolni SF₆ prekidač 8E1-II 123 kV s motorno - opružnim pogonom, 4PU 707 23304, 3. izdanje, kolovoz 2018.
- [6] Pogonske upute rastavljača CB-N, CBe-N, CBee-N 72,5 - 170 kV, broj 4PU 696 04091 HR, Zagreb, Končar - EVA d.d.
- [7] Pogonske upute rastavljača 5Rv(z) 72,5, 123, 145 kV, broj 4PU 695 00295, Zagreb, Končar - Aparati i postrojenja d.d.
- [8] Lepoglavec, T.: Model kontaktne mreže za proračun kratkog spoja korištenjem metoda simetričnih komponenti (specijalistički rad), sveučilište u Zagrebu, FER, Zagreb 2019.

UDK: 621.332

Adresa autora:

Maja Fištrić, mag. ing. el., univ. spec. el.
 HŽ Infrastruktura d.o.o.
 maja.fistric@hzinfra.hr

SAŽETAK**ANALIZA STANJA VISOKONAPONSKIH RASKLOPNIH APARATA STABILNIH POSTROJENJA ZA NAPAJANJE ELEKTRIČNE VUČE**

U radu je dan pregled stanja visokonaponskih prekidača i rastavljača ugrađenih u elektrovučnim podstanicama u vlasništvu HŽ Infrastrukture. Prikazan je način održavanja prekidača i rastavljača prema trenutno važećim HŽI-ovim internim aktima i preporukama proizvođača. Prikazani su kvarovi na prekidačima i rastavljačima u razdoblju od 2014. do 2018. godine. Dan je prikaz kvarova po pojedinim rasklopnim aparatima te prikazano vrijeme potrebno za otklanjanje kvara. Također je dan popis elektrovučnih podstanica u kojima je zbog dotrajalosti potrebno zamijeniti rasklopne aparate.

Ključne riječi: rasklopni aparati, prekidači, rastavljači, elektrovučna podstanica, održavanje, kvar

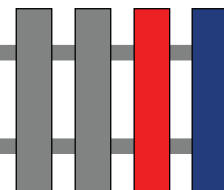
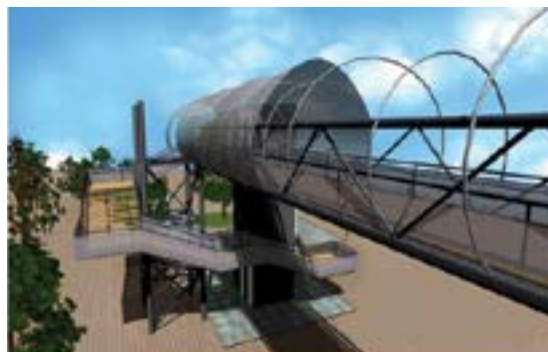
Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY**ANALYSIS OF THE CONDITION OF HIGH-VOLTAGE SWITCHGEARS OF FIXED INSTALLATIONS FOR ELECTRIC TRACTION POWER SUPPLY**

The paper examines the condition of high-voltage switches and disconnectors installed in the electric traction substations owned by HŽ Infrastruktura. Maintenance process of switches and disconnectors is also shown according to the current internal HŽI acts and manufacturer's recommendations. Malfunctions on switches and disconnectors are listed in the 2014-2018 period. Malfunctions are displayed per individual switchgears, as well as the time required for malfunction removal. Finally, there is a list of electric traction substations, in which switchgears should be replaced due to deterioration.

Key words: switchgears, switches, disconnectors, electric traction substation, maintenance, malfunction

Categorization: professional paper

**Željezničko projektno društvo d.d.***Mi oblikujemo vaše željeznice.**We design your railways.*

ŽPD d.d. ❖ Trg kralja Tomislava 11 ❖ 10 000 Zagreb ❖ Hrvatska
 Tel: + 385 1 48 41 414 ❖ + 385 1 37 82 900 ❖ Fax: +385 1 6159 424 ❖ Žat: 29 00
 e-mail: zpd@zpd.hr
 www.zpd.hr