

ZMANJŠANJE POJAVA KORONE IN RADIO-INTERFERENČNIH MOTENJ NA ZBIRALKAH 220 KV V RTP PODLOG

Robert MARUŠA, Jože VORŠIČ, Jože PIHLER, Rado FERLIČ,
Miha BEČAN, Aleš ZAGORIČNIK, Marjan ULAGA

POVZETEK

V članku je predstavljena sanacija oziroma zmanjšanje pojava korone in radio-interferenčnih motenj na primarni visokonapetostni opremi zbiralk 220 kV v RTP 400/220/110 kV Podlog. Na zbiralkah 220 kV v RTP Podlog je bila zaradi dotrajanosti v celoti zamenjana obesna in izolacijska oprema, vključno z elementi za oblikovanje električnega polja. Po izvedenih montažnih delih so bile izvedene meritve korone in radio-interferenčnih motenj. Rezultati meritev so nakazovali na intenziven pojav korone, zato je bilo potrebno pristopiti k sanaciji stanja. Za izvedbo sanacije so bile opravljene laboratorijske meritve delnih razelektritev in radio-interferenčne napetosti. Na osnovi testiranj in primerjalnih meritev so bili izdelani in preizkušeni prototipi koronskih obročev. Primernost oblike testnih koronskih obročev, namenjenih oblikovanju električnega polja na zamenjani obesni in izolacijski opremi zbiralk 220 kV v RTP Podlog, je bila z meritvami potrjena. Na tej osnovi je bil sprejet sklep o sanaciji z novimi koronskimi obroči.

ABSTRACT

The restoration and the occurrence of corona and radiointerference on the primary high-voltage equipment busbar 220 kV in substation 400/220/110 kV Podlog is presented in this paper. On the busbars 220 kV substation in Podlog was due to wear fully replaced jointing and insulation equipment, including elements of design electric field. After performing assembly work, measurements were taken corona and radiointerference. The results are showed poor results, it was necessary to approach the restoration status. To perform to the repair, were made laboratory measurements of partial discharges and radiointerference. On the basis of tests and comparative measurements have been developed and tested prototypes corona rings. Based on the measurement results, it was concluded that the remediation carried out by corona rings, which have been designed and a prototype was confirmed by measuring the conformity of the appropriate form of the electric field to be replaced suspension and insulation equipment busbar 220 kV substation Podlog.

1. UVOD

V letu 2011 je bila v RTP 400/220/110 kV Podlog dokončana rekonstrukcija obesne, spojne in izolacijske opreme na zbiralkah 220 kV RTP Podlog. V okviru rekonstrukcije je bila izvedena zamenjava dotrajane obesne in spojne opreme in izvedena zamenjava porcelanske izolacije. Stara in dotrajana obesna ter spojna oprema je bila zamenjana z novimi klinastimi napenjalnimi sponkami, izolacija pa s steklenimi kapastimi izolatorji tipa U 160. Na odseku prečnih zbiralk je bila zaradi varnosti obratovanja stara porcelanska izolacija nadomeščena z kompozitno mehansko ojačeno dvojno izolacijo. Stikališča 220 kV v času rekonstrukcije ni bilo možno v celoti izklopiti, zato so se dela izvajala sektorsko. Izvedba je bila zaradi prisotnosti bližine visoke napetosti izredno otežena. Po uspešnem zaključku del je bila oprema priklopljena v obratovanje. Koordinacija izolacije je bila v projektni dokumentaciji določena z rogljiči. Že nekaj tednov po priklopu opreme v obratovanje oz. priključitev pod visoko napetost je bilo očitno, da se na rogljičih in koronskih obročih zaradi lokalno povečanega električnega polja pojavlja korona. Te ugotovitve so bile povod za izvedbo terenskih meritev pojava korone ter radio-interferenčnih motenj. Zaradi korone je bil povečan tudi nivo hrupa. Zaradi tega smo pričeli z raziskavo pojava in izvedbo celovite sanacije ugotovljenega stanja. Za ta namen je bil izdelan model spremenjene oblike armature koronskega obroča, izvedene pa so bile tudi laboratorijske meritve na EIMV.

2. OPIS STANJA PRED REKONSTRUKCIJO ZBIRALK 220 KV V RTP PODLOG

Stikališče 220 kV v RTP Podlog je bilo zgrajeno v letu 1969. Prvotno vgrajena oprema je uspešno delovala vse do leta 2011. Predhodno je bila na stikališču 220 kV zamenjana sicer že primarna stikalna oprema in instrumentni transformatorji. Prvotna izolacijska opreme ter sedaj že dotrajana obesna in spojna oprema pa je bila v funkciji do izvedbe rekonstrukcije. Obesna, spojna in izolacijska oprema je do rekonstrukcije bila prvotna. Pocinkane površine obesne in spojne opreme so bile poškodovane do te mere, da zaradi korozije obratovanje ni bilo več varno. Na spojni opremi so se pričeli pojavljati topli spoji, kar je nedopustno za zbiralke, ki imajo v slovenskem elektroenergetskem sistemu ključno vlogo. Glavne zbiralke 220 kV sistema G-I in G-II so bile opremljene s kapastimi porcelanskimi izolatorji tipa K3 in vijačno elektro-spojno opremo. Na zbiralničnih sistemih so bile nameščene dvojne izolatorske verige, na segmentu Zveznega polja in prečnih zbiralk pa enojne porcelanske izolatorske verige. Koordinacija izolacije in iskrišča so bila izvedena z rogljiči na strani kovinskih portalnih konstrukcij in kovinskimi koronskimi obročmi na strani vodnikov zbiralk. Zaradi starosti in dotrajanosti stara obesna in spojna oprema ter porcelanska izolacija ni več zagotavljala varnega obratovanja elektroenergetskega omrežja. Predvsem veliko poškodb je bilo najdenih v obliki razpok na porcelanu kapastih izolatorskih verig. Opažene so bile tudi poškodbe kovinskih ponvic kapastih izolatorjev. Največja nevarnost za nastanek večjih havarijskih okvar pa je predstavljala mehanska obraba kovinskih batičev izolatorskih členov. Zaradi obrabe pocinkanih površin so se pojavljale tudi poškodbe zaradi povečane korozije kovinskih

delov obesne opreme in kovinskih elementov v segmentu izolatorske verige. Na sliki (1.1) je prikazana poškodba porcelana izolatorja. Iz slike je razvidno, da je bila razpoka v izolatorju prisotna že dlje časa. Poleg omenjene opreme je bila na sistemu zbiralk močno dotrajana tudi primarna elektro-spojna oprema. Slednja oprema je bila izvedena v vijačni izvedbi. Pojavljala so se pregrevanja zaradi prevelikih prehodnih upornosti, kar je predstavljalo šibko točko v segmentu transformatorske razdelilne postaje. Zaradi korodiranosti je bila v slabem stanju tudi oprema, ki je bila namenjena enakomerni razporeditvi električnega polja delov, ki so bili pod vplivom visoke napetosti.

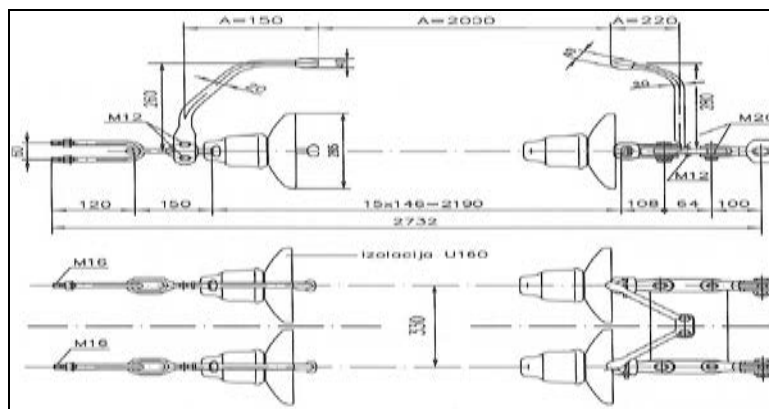


Slika 1.1: Poškodbe in razpoke v stari porcelanski izolaciji. [Vir: R. Maruša]

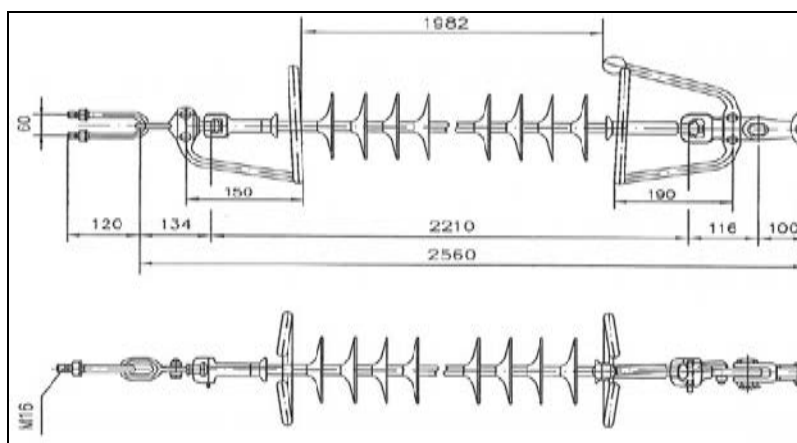
3. IZVEDBA REKONSTRUKCIJE ZBIRALK 220 KV

Pri načrtovanju izvedbe rekonstrukcije in nabave ustreznega materiala je bilo potrebno upoštevati obstoječe stanje. Vodniki zbiralk so ostali obstoječi. Zamenjana je bila le obesna oprema, elektro-spojna oprema in izolacija. Zagotoviti je bilo potrebno ustrezne dimenzije in upoštevati načela koordinacije izolacije. Električne lastnosti izolatorskih verig je bilo potrebno čim bolj približati obstoječemu stanju. Stare izolatorske verige so bile sestavljene iz 13 členov kapastih porcelanskih izolatorjev dolžine 170 mm ($13 \times 170 = 2210$ mm). Da smo ohranjali enako dolžino smo bili primorani le te zamenjati s 15 členi steklenih kapastih izolatorjev U 160 dolžine 146 mm ($15 \times 146 = 2190$ mm). Da je ohranjena stopnja koordinacije izolacije, smo ohranili tudi razdaljo med iskrišči, ki znaša 1982 mm. Namesto zaščitnih obrobov na fazni strani so bili na novo vgrajeni zaščitni rogljiči. Na prečnih zbiralkah pa smo vgradili dvojne kompozitne izolatorje proizvajalca LAAP-Rodurflex. Zatezna obesna oprema,

je izvedena s pomočjo klinastih samozateznih sponk. Električni spoji pa so izvedeni s sponkami v vijačni izvedbi. Na sliki (1.2) je prikazana shema dvojnih zateznih steklenih verig, na sliki (1.3) pa shema enojne zatezne kompozitne kombinacije izolatorja.



Slika 1.2: Načrt dvojnih zateznih steklenih verig izolacije. [Vir: H. Kifle]



Slika 1.3: Načrt enojnega kompozitnega izolatorja. [Vir: H. Kifle]

4. POTEK DEL PO POSAMEZNIH FAZAH

Elektromontažna dela so bila razdeljena na tri posamezne etape. V prvi etapi je bila izvedena zamenjava obesne opreme in izolacije na prvem segmentu zbiralk 220 kV. Na tem segmentu zbiralk sta priključena daljnovoda DV 220 kV Cirkovce-Podlog in DV 220 kV Obersielach-Podlog. V drugi manj zahtevni etapi so dela potekala na tretjem segmentu zbiralk 220 kV, kjer je priključen transformator T211 220/110 kV 150 MVA. V tretji etapi so dela potekala na segmentu zbiralk 220 kV na katerega sta priključena daljnovoda DV 220 kV Šoštanj-Podlog in DV 220 kV Beričevo-Podlog. Na tem odseku je vgrajeno tudi Zvezno polje 220 kV. Prečne zbiralnične povezave Zveznega polja potekajo preko obeh sistemov glavnih

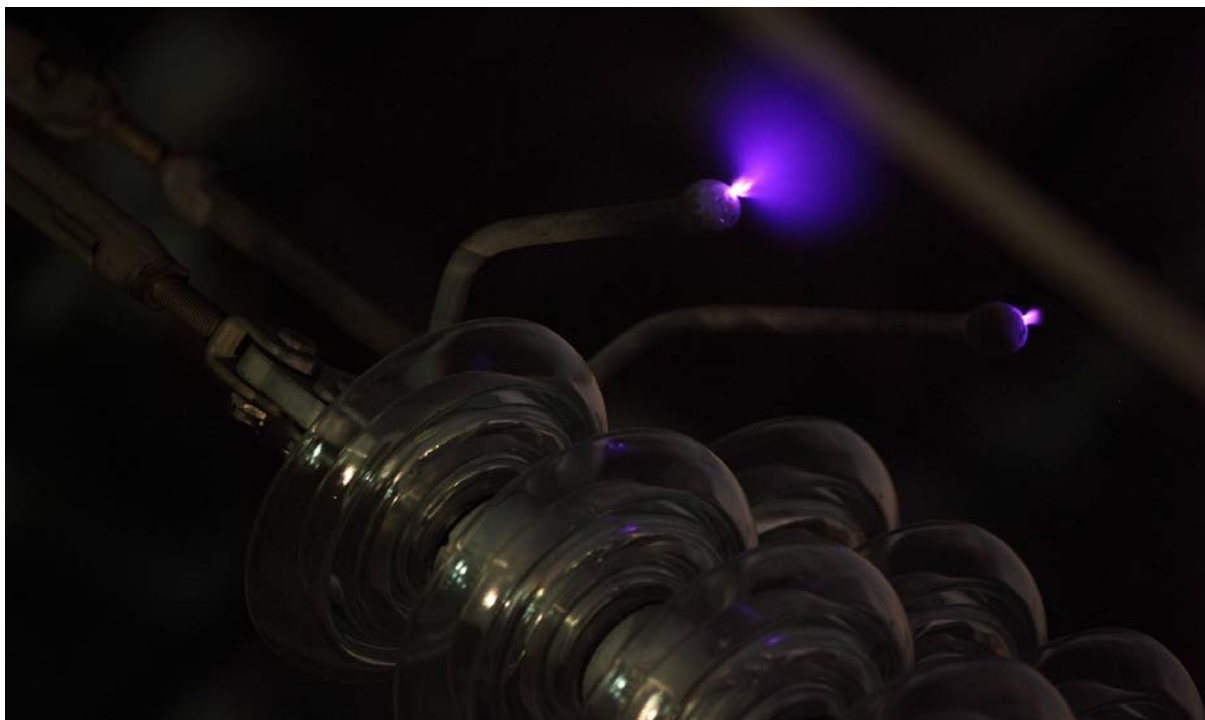
zbiralk, zato je bilo precej oteženo delo v tem segmentu. Med izvajanjem del na posameznem segmentu se je z ustreznimi stikalnimi manipulacijami in začasno demontažo tokovnih lokov vzpostavilo brez-napetostno stanje na celotnem segmentu zbiralk. S tem je bilo omogočeno lažje in predvsem bolj varno delo. V RTP Podlog so bili vsi daljnovodi izklopljeni enostransko zaradi možnosti hitrejši vzpostavitve normalnega obratovalnega stanja v nujnem primeru. Takšno konfiguracijo omrežja je določala zahteva, da je možno vzpostaviti normalno obratovanje v času 10 minut. Na slikah (1.4 in 1.5) so prikazana dela pri zamenjavi obesne in izolacijske opreme.



Sliki 1.4 in 1.5: Elektromontažna dela pri izvedbi rekonstrukcije zbiralk 220 kV. [Vir: R. Maruša]

5. OPIS NOVEGA STANJA PO IZVEDENI REKONSTRUKCIJI

Po izvedbi rekonstrukcije je bilo stikališče stavljeno v normalno obratovanje. Po enomesečnem obratovanju je bil opravljen pregled opreme, kjer je bil na rogljičih vizualno ugotovljen intenziven pojav korone. Pocinkane površine vrhov rogljičev so počrnele, koronski pojav pa je bilo ponoči viden tudi s prostim očesom, kar je razvidno iz slike (1.6).



Sliki 1.6: Pojav korone na rogljičih izolatorskih verig na stikališču 220 kV v RTP Podlog.
[Vir: Miha Bečan]

V projektni dokumentaciji [1] ni bilo dovolj pozornosti posvečeno oblikovanju električnega polja delov pod napetostjo. S spremembo števila izolatorskih členov in medsebojnih razdalj, je prišlo do sprememb delnih kapacitivnosti proti ozemljeni konstrukciji, kakor tudi proti kovinskim delom na napetostni strani. Zaradi tega je prišlo do močnejše električne obremenitve izolacije, posledično pa tudi do pojava korone. Izolatorsko verigo iz kapastih izolatorjev lahko ponazorimo namreč kot verigo delnih kapacitivnosti, ki so povezane tudi s stresanimi dozemnimi kapacitivnostmi, kakor tudi upoštevajoč delne kapacitivnosti proti visokonapetostnemu vodniku. Zaradi tega so lahko zaradi razlike delnih kapacitivnosti napetostne obremenitve izolacije prevelike [2]. Zaradi pojava korone je prišlo do rahlo povečanega hrupa v stikališču, predvsem pa tudi do povečanih radio-interferenčnih motenj v stikališču. Po izvedenih meritvah, ki jih je izvedlo na terenu podjetje Fly-com s korona kamero in EIMV z merjenjem hrupa in nivoja radio-interferenčnih motenj je bilo očitno, da je potrebno pojav ustrezno sanirati. Po pregledu podobnih konfiguracij na 400 kV nivoju, smo poizkusno izdelali primerne armature, za oblikovanje potenciala. Pri tem smo pazili, da so ostale razdalje med iskrišči nespremenjene. Izdelani novi prototipi iskrišč so oblikovani v obliki loparjev, kar se izkaže za ugodnejšo rešitev. Ugotovitev smo potrdili še z dodatnimi meritvami v laboratoriju za visoke napetosti EIMV.

6. KONTROLA USTREZNOSTI ISKRIŠČ V OBLIKI LOPARJEV.

Kontrolo novo oblikovanih iskrišč smo izvedli v Laboratoriju za visoke napetosti EIMV z meritvijo RIV in PD po IEC 61284 (1997) [3]. Za vzpostavitev realnih razmer je bila izdelana posebna merilna proga, ki je prikazana na sliki (1.7).



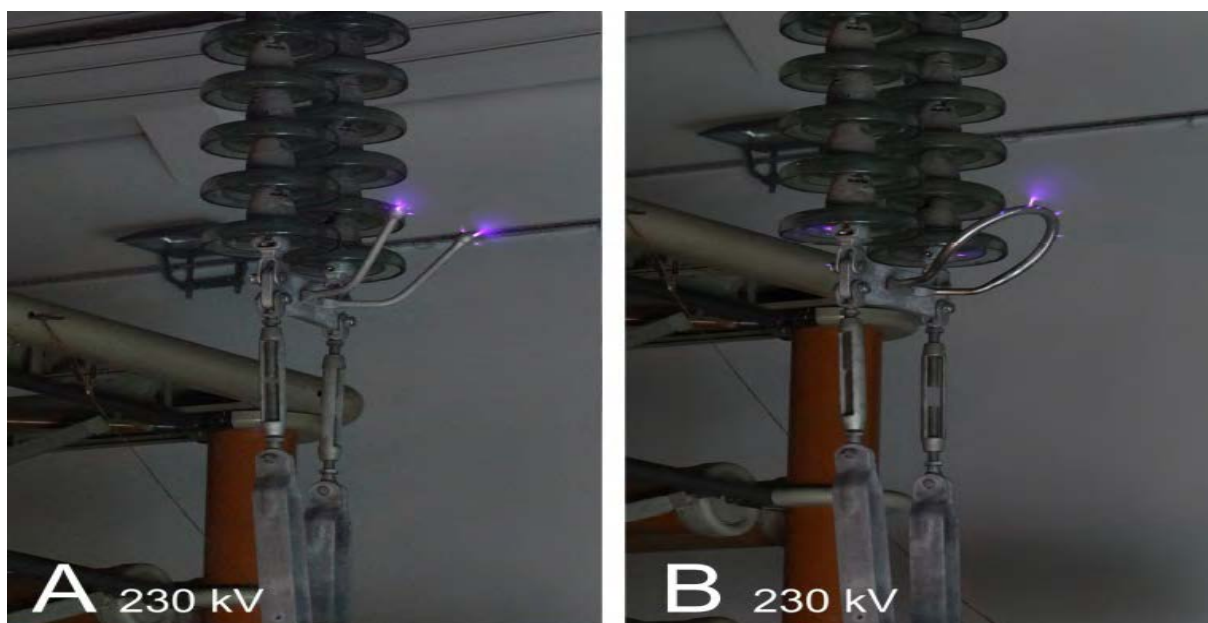
Sliki 1.7: Merilna proga za meritev RIV in PD na modelu izolatorske verige iz RTP Podlog.
[Vir: EIMV]

Namen preizkusov je bilo ugotoviti vpliv oblike in velikosti rogljičev ali obročev na pojav korone, to je delnih praznitev ter radio- interferenčne napetosti, v odvisnosti od napetosti.

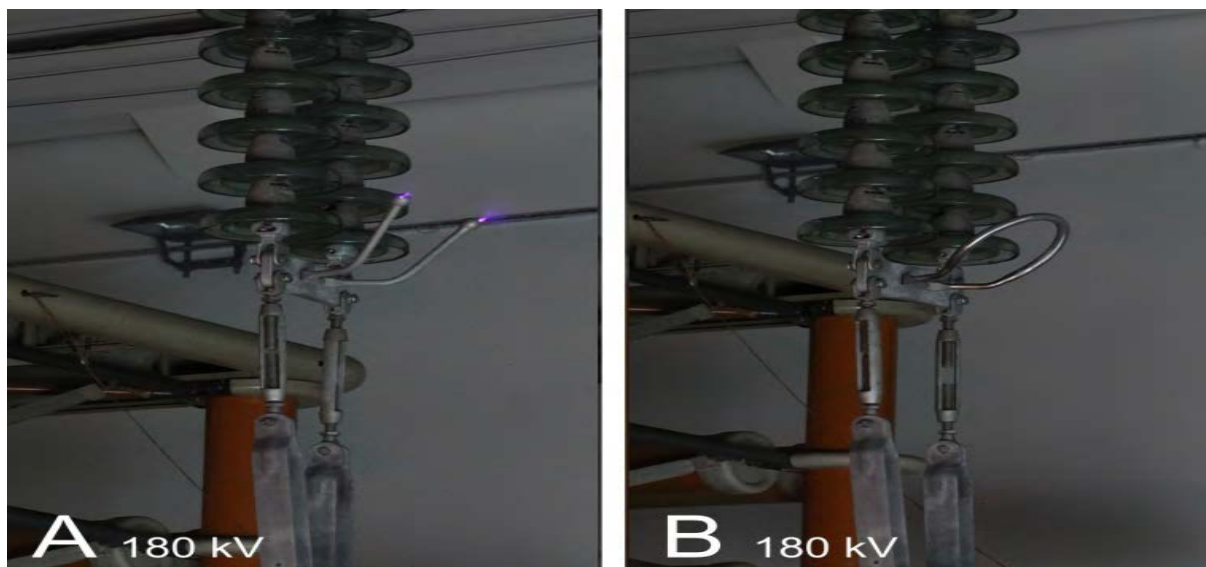
Konfiguracija merilne proge je bila postavljena za napetost U_n 245 kV in definiranih pogojih za RTP. Vzorec je bil nameščen vertikalno (slika 1.7). Pogoji, pri katerih so bile meritve opravljene, so bili v obeh primerih enaki. V suhem in na enaki sestavi verige, razen obeh (spodnjih in zgornjih) rogljičev, ki so bili od primera do primera meritev zamenjani.

Postopek meritev je bil izveden v skladu z standardom (IEC 61284, tč. 14.5) s predpripravo posameznega vzorca pri napetosti 230 kV v trajanju dvakrat po 5 minut.

Meritve parametrov (RIV in PD) so bile opravljene pri spuščanju napetosti od 230 kV do napetosti prenehanja pojava korone pozitivne polaritete, v intervalih po 10 kV. Meritve so bile opravljene na vzorcu "A" in vzorcu "B". Na sliki (1.8) je viden pojav korone tako na iskrišču v obliki rogljičev, kot tudi na iskrišču, ki je bilo v obliki podkve prototipno izdelano v Podlogu. Po nadaljnjem merjenju je ugotovljeno da nastane pri napetosti 180 kV sprememba, saj pojava korone na konfiguraciji, kjer je iskrišče izoblikovano v obliki loparja ni več. V tabeli (1.1) so prikazani merilni rezultati RIV in PD za vzorec A in B.



Sliki 1.8: Meritev RIV in PD na modelu izolatorske verige iz RTP Podlog, pri napetosti 230 kV. [Vir: EIMV]

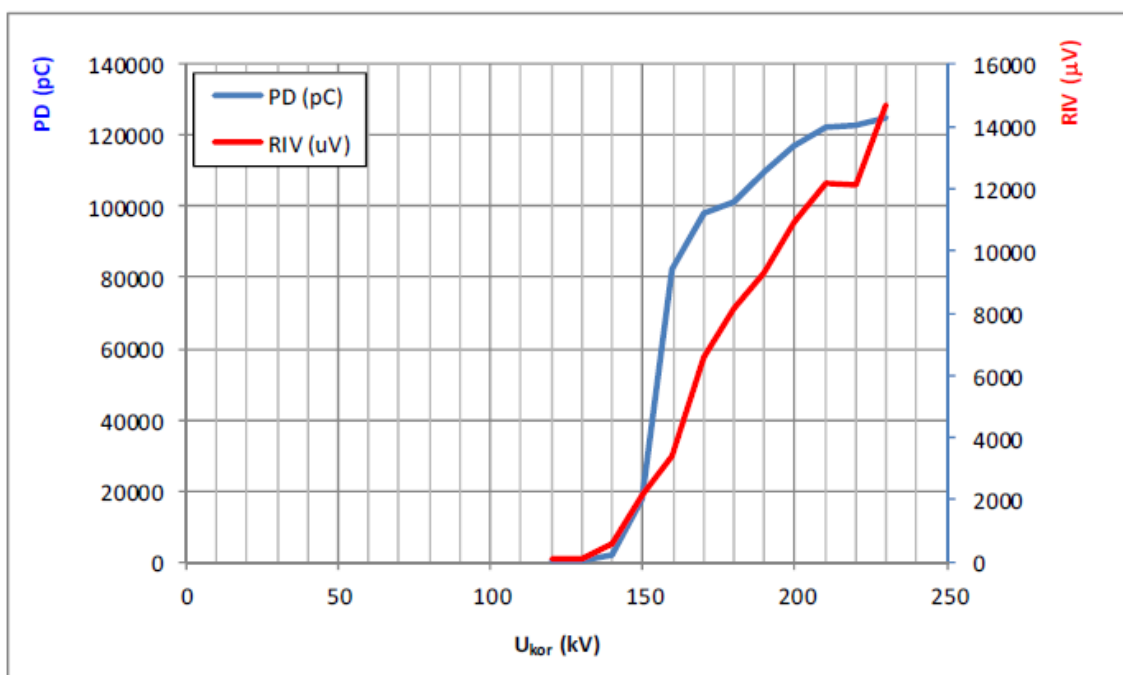


Sliki 1.9: Meritev RIV in PD na modelu izolatorske verige iz RTP Podlog, pri 180 kV. [Vir: EIMV]

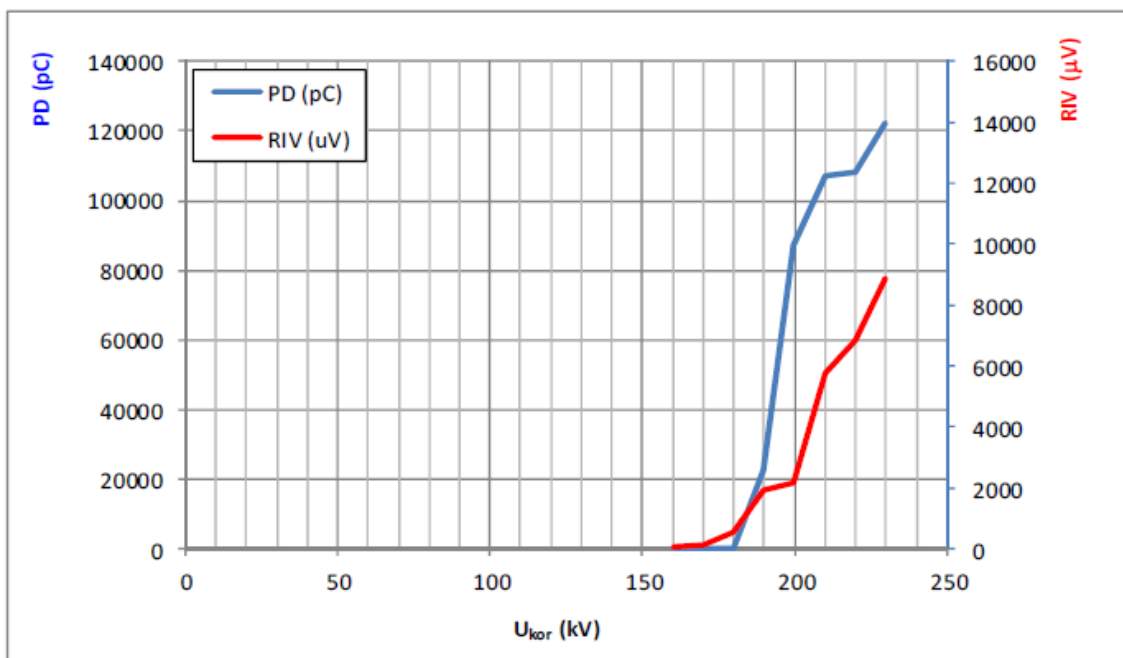
Tabela 1.1: Primerjalna meritev konfiguracije A in B. [Vir: EIMV]

Št. meritve	Napetost (kV)	A-PD (pC)	A-RIV (μ V)	B-PD (pC)	B-RIV (μ V)
1	230	124898	14679	122538	8854
2	220	122964	12090	108198	6852
3	210	122203	12180	106874	5743
4	200	117047	10888	87325	2189
5	190	109783	9318	22456	1896
6	180	101347	8127	212	523
7	170	97950	6584	208	92
8	160	82367	3378	204	88
9	150	17774	2150	-	-
10	140	1759	586	-	-
11	130	204	84	-	-

Izveden je tudi grafični prikaz primerjalnih meritev med modelom "A" in modelom "B".



Slika 1.10: Meritve PD in RIV na konfiguraciji modela A –Iskrišče rogljiči. [Vir: EIMV]



Slika 1.11: Meritve PD in RIV na konfiguraciji modela B –Iskrišče loparji. [Vir: EIMV]

Iz tabele (1.1), kakor tudi iz grafičnega prikaza merilnih rezultatov je razvidna razlika pričetka pojava korone. Iz meritev je sklepati, da bo sanacija pojava izvedeno uspešno, če bodo iskrišča v obliki rogljičev nadomeščeni z iskrišči v obliki loparjev [4].

7. ZAKLJUČEK

Iz vsebine članka lahko sklepamo, da bomo z izdelavo in montažo ustreznih iskrišč v obliki loparjev, kot je prikazano na sliki (1.12), uspešno sanirali pojav korone in radio-interferenčnih motenj na zbiralkah 220 kV v RTP Podlog.



Slika 1.12: Model testno izdelanih iskrišč, ki so bili nameščeni na modelu "B".

[Vir: R. Maruša]

Ob takšnih vrstah rekonstrukcij, na napetostnih nivojih 400 kV in 220 kV, bo potrebno v bodoče obvezno izvesti tudi meritve PD in RIV, pred načrtovanjem oziroma pred naročilom ustrezne opreme za izvedbo rekonstrukcijskih del na visoki napetosti 400 kV in 220 kV.

8. LITERATURA

- [1] Projekt izvedenih del ELES št. 559, Rekonstrukcija zbiralk 220 kV RTP Podlog.
- [2] Jože Voršič, Jože Pihler, Tehnika visokoh napetosti in velikih tokov, Maribor 2005.
- [3] Standard, Overhead lines - Requirements and tests for fitting IEC 61284-1997.
- [4] Poročilo o preizkusih št. VA-4540/2 EIMV.

NASLOV AVTORJEV:

red. prof. dr. Jože Voršič,

red. prof. dr. Jože Pihler.

Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Smetanova ulica 17

SI-2000 Maribor, Slovenija

mag. Robert Maruša,

mag. Rado Ferlič,

Aleš Zagoričnik,

Marjan Ulaga

Elektro-Slovenija, d.o.o.

Hajdrihova 2

SI-1000 Ljubljana, Slovenija,

Miha Bečan

Elektroinštitut Milan Vidmar

Hajdrihova 2

SI-1000 Ljubljana, Slovenija.