

Havarije metaloksidnih odvodnika prenapona u mreži 35 kV RB “Kolubara”

Petar Vukelja¹, Jovan Mrvić¹

¹Elektrotehnički institut “Nikola Tesla” Beograd, 11000 Beograd, Srbija
petar.vukelja@ieent.org

Kratak sadržaj: U mreži 35 kV RB “Kolubara” izvršena je zamena jednog dela starih odvodnika prenapona sa iskrištem novim metaloksidnim odvodnicima prenapona bez iskrišta. Nakon izvesnog vremena dolazi do havarija metaloksidnih odvodnika prenapona u jednom delu mreže 35 kV. U radu su opisani uzroci nastajanja ovih događaja.

Ključne reči: metaloksidni odvodnik prenapona, havarija, mreža 35 kV

1. Uvod

Mreža 35 kV RB “Kolubara” se napaja iz TS 110kV/35kV “Vreoci” i TS 110kV/35kV “Jabuče”. To je njeno uobičajeno napajanje. Uzemljavanje mreže je izvedeno preko metalnih otpornika u zvezdištima 35 kV energetskih transformatora 110kV/35kV. Kada je potrebno, jedan deo mreže 35 kV se može napajati iz TS 110kV/35kV “Kolubara A”. Napaja preko vodova 35 kV “Rudnik IVa” i “Rudnik IVb”. Ovi vodovi, ako na njima nema oštećenja, su stalno pod naponom, da bi bili spremni da posluže kao rezervno napajanje tog dela mreže 35 kV. U tom slučaju taj deo mreže je uzemljen preko prigušnice u zvezdištu 35 kV namotaja transformatora 110kV/35kV u TS 110kV/35kV “Kolubara A”. Prigušnica je namenjena za kompenzaciju kapacitivne struje zemljospoja.

U većem delu mreže 35 kV, pre nešto više od dve godine, došlo je do zamene starih odvodnika prenapona sa iskrištem metaloksidnim odvodnicima prenapona bez iskrišta. Odvodnici prenapona su ugrađeni na 35 kV strani transformatora, na prelazu nadzemnih u kablovske vodove, na početku 35 kV nadzemnih vodova koji polaze iz TS 110kV/35kV “Vreoci” i TS 110kV/35kV “Jabuče” i na 35 kV vodovima “Rudnik IVa” i “Rudnik IVb”.

Tokom eksploatacije došlo je do više havarija metaloksidnih odvodnika prenapona. Nema evidentiranih podataka kada su nastajale, niti koja je bila konfiguracija mreže u vreme havarije. To su bili uglavnom metaloksidni odvodnici prenapona na vodovima "Rudnik IVa" i "Rudnik IVb". Da bi se utvrdili uzroci ovih havarija prvo se krenulo od proveravanja karakteristika ugrađenih metaloksidnih odvodnika prenapona i pokazalo se da je taj prilaz bio ispravan[1].

2. Izbor metaloksidnih odvodnika prenapona za mrežu 35 kV

Metaloksidni odvodnik prenapona bez iskrišta je ustvari nelinearni otpornik koji je stalno priključen na mrežu i kroz njega pri faznom naponu mreže protiče mala struja koja je za većinu tipova oko 1 mA. Njegov izbor za bilo koju mrežu visokih napona prvenstveno zavisi od najvišeg napona mreže U_m , konfiguracije mreže, načina njenog uzemljenja, visine privremenih prenapona U_{PR} koji se mogu pojaviti u toj mreži i vremena trajanja privremenih prenapona. Sve ovo utiče na utvrđivanje njegove osnovne karakteristike trajnog radnog napona (U_c), odnosno naznačeni napona (U_r). Ovi naponi se određuju iz izraza:

$$U_c \geq \frac{1,05xU_{PR}}{K_c} \quad (1)$$

$$U_r \geq \frac{1,05xU_{PR}}{K_r} \quad (2)$$

$$K_r = 0,8K_c \quad (3)$$

Ovde su:

K_c – koeficijent sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti, izražen u jedinicama trajnog radnog napona metaloksidnog odvodnika prenapona,

K_r – koeficijent sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti, izražen u jedinicama naznačenog napona metaloksidnog odvodnika prenapona.

Faktor 1,05 je uzet radi sigurnosti.

Proizvođači metaloksidnih odvodnika prenapona bez iskrišta daju karakteristike $K_c=f(t)$ ili $K_r=f(t)$ koje pokazuju sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti za različita vremena njihovog trajanja i za različita energetska opterećenja odvodnika prenapona koja prethode privremenim prenaponima.

$K_c=f(t)$ je kriva koja pokazuje koeficijent sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti, izražen u jedinicama trajnog napona metaloksidnih odvodnika prenapona, za različita vremena njihovog trajanja i za različita energetska opterećenja odvodnika prenapona koja prethode privremenim prenaponima.

$K_r=f(t)$ je kriva koja pokazuje koeficijent sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti, izražen u jedinicama naznačenih napona metaloksidnog odvodnika prenapona, za različita vremena njihovog trajanja i za različita energetska opterećenja odvodnika prenapona koja prethode privremenim prenaponima.

3. Način izbora metaloksidnih odvodnika prenapona za mrežu 35 kV RB “Kolubara”

Za mrežu 35 kV RB “Kolubara” najviši napon je 36 kV. Najviši privremeni prenapon je prenapon koji se javlja pri trajanju zemljospoja i iznosi 36 kV. On se pojavljuje na fazama koje nisu u zemljospoju, a na fazi na kojoj traje zemljospoj napon je jednak nuli. Njegovo trajanje zavisi od zaštite od zemljospoja. Kada se mreža 35 kV napaja iz TS 110kV/35kV “Vreoci” i TS 110kV/35kV “Jabučje” usmerena zemljospojna zaštita isključuje zemljospoj na vodovima za 0,5 s, te je to i vreme trajanja privremenih prenapona. U slučaju napajanja jednog dela mreže iz TS 110kV/35kV “Kolubara A” pojava zemljospoja se samo signalise. Rukovalac u komandi ručnim isključenjem prekidača 35 kV vodova ustanovljava mesto zemljospoja. U takvim slučajevima pretpostavlja se da privremeni prenaponi ostaju trajno.

Metaloksidni odvodnici prenapona koji treba da se koriste u mreži 35 kV potrebno je da imaju sledeće trajne, odnosno naznačene napone:

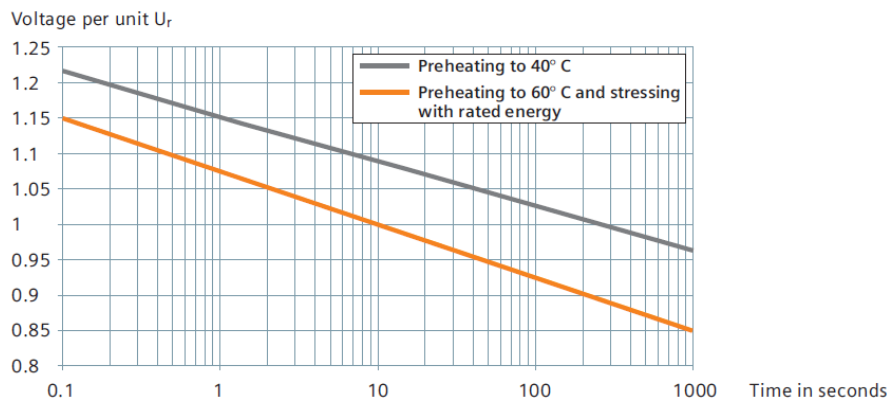
$$U_c \geq \frac{1,05 \times 36}{K_c} = \frac{37,8}{K_c} \quad (4)$$

$$U_r \geq \frac{1,05 \times 36}{K_r} = \frac{37,8}{K_r} \quad (5)$$

U katalogu proizvođača metaloksidnih odvodnika prenapona, koji su već ugrađeni u mrežu 35 kV RB “Kolubara”, date su dve karakteristike $K_r=f(t)$ koje pokazuju koeficijente sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti, izražene u jedinicama naznačenog napona metaloksidnog odvodnika prenapona, za različita vremena njihovog trajanja i za dva njihova energetska opterećenja koja prethode privremenim prenaponima, i to kada je odvodnik prethodno zagrejan do temperature 40°C i

kada je zagrejan do temperature 60°C i istovremeno napregnut sa naznačenom energijom. Karakteristike $K_r=f(t)$ date su na slici 1.

Koeficijent K_r se obično uzima iz karakteristike za prethodno teže energetske naprezanje odvodnika i za trajanje privremenih prenapona $t = 0,5$ s iznosi 1,095. Iz izraza (5) sledi da naznačeni napon odvodnika prenapona treba da bude $U_r \geq 34,5$ kV. U katalogu proizvođača nema za odvodnike vrednost naznačenog napona 34,5 kV, te se bira prvi viši. On za odvodnike prenapona nazivne struje 10 kA iznosi $U_r = 36$ kV. Njemu odgovara trajni radni napon $U_c = 28,8$ kV. Ovakav izbor metaloksidnih odvodnika prenapona važi kada se mreža 35 kV RB "Kolubara" napaja iz TS 110kV/35kV "Vreoci" i TS 110kV/35kV "Jabuče", jer se zemljospoj u tako napajanoj mreži isključuje za 0,5 s.



Slika 1.

Karakteristike $K_r=f(t)$

- sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti kada je odvodnik prethodno zagrejan do temperature 40°C (Preheating to 40°C)

- sposobnosti podnošenja privremenih prenapona industrijske učestanosti kada je odvodnik prethodno zagrejan do temperature 60°C i istovremeno napregnut sa naznačenom energijom (Preheating to 60°C and stressing with rated energy)

Kada se deo mreže 35 kV napaja iz TS 110kV/35kV "Kolubara A" zemljospoj se samo signalise i može dugo da traje. Tada se smatra da je koeficijent K_c jednak jedinici, odnosno da je $K_r = 0,8$. U tom slučaju iz izraza (5) sledi da naznačeni napon odvodnika treba da bude $U_r \geq 47,25$ kV. U katalogu proizvođača nema vrednosti naznačenog napona 47,25 kV, te se bira prvi viši i on za odvodnike prenapona nazivne struje 10 kA iznosi $U_r = 48$ kV. Njemu odgovara trajni radni napon $U_c = 38,5$ kV.

4. Analiza karakteristika metaloksidnih odvodnika prenapona u mreži 35 kV RB "Kolubara"

U većem delu mreže 35 kV RB "Kolubara", koja se napaja iz TS 110kV/35kV "Vreoci", TS 110kV/35kV "Jabučje" i na vodovima 35 kV "Rudnik IVa" i "Rudnik IVb", kada se deo mreže 35 kV napaja iz TS 110kV/35kV "Kolubara A", su zamenjeni odvodnici prenapona sa iskrištem Umesto njih za zaštitu od prenapona su ugrađeni metaloksidni odvodnici prenapona bez iskrišta Odvodnici su ugrađeni na 35 kV strani transformatora, na prelazu nadzemnih u kablovske vodove, na početku 35 kV nadzemnih vodova koji polaze iz TS 110kV/35kV "Vreoci" i TS 110kV/35kV "Jabučje" i na 35 kV vodovima "Rudnik IVa" i "Rudnik IVb". Metaloksidni odvodnici prenapona su naznačenog napona 30 kV, trajnog radnog napona 24 kV, nazivne struje 10 kA.

Na osnovu iznetog u delu 3 jasno je da postojeći metaloksidni odvodnici prenapona u mreži 35 kV RB "Kolubara" ne zadovoljavaju. Izabrani su odvodnici nižeg naznačenog i trajnog radnog napona.[2].

Za vreme trajanja zemljospojeva, koji nisu retki u mreži 35 kV RB "Kolubara", ovi metaloksidni odvodnici prenapona se značajno termički naprežu, što može dovesti do njihove trajne degradacije, odnosno do degradacije metaloksidnih rezistora od kojih su sačinjeni. Posebno su za vreme zemljospoja termički opterećeni metaloksidni odvodnici prenapona na vodovima 35 kV "Rudnik IVa" i "Rudnik IVb" pošto su ova dva voda, ako na njima nije kvar, stalno pod naponom. Postoji velika mogućnost da kod tih metaloksidnih odvodnika prenapona dođe do termičkog pobega rezistora, a onda i do havarije. To se i dešavalo sa njima. Nije bilo havarija odvodnika u ostalom delu mreža samo zato što su bili manje termički napregnuti, jer se zemljospoj isključivao za 0,5 s. Međutim, neki od njih su verovatno doživeli degradaciju zaštitnih karakteristika.

Prvo, što bi trebalo uraditi pre zamene ovih odvodnika prenapona, koja je neophodna, a ne može da se izvede tako brzo, je kontrola njihovog stanja u pogonu. Kontrola bi se izvodila merenjem struje odvoda odvodnika. Na taj način bi se ustanovio koji odvodnici moraju prvo da se zamene. Međutim, to nije izvodljivo. Odvodnici su montirani direktno na metalne konstrukcije, a potrebno je da budu izolovani od njih. I da je to urađeno opet ne bi mogla da se izvrši njihova kontrola u pogonu. Naime, odvodnici nemaju poseban zemljovod. Njihovi zemljovodi su spojeni u zajednički zemljovod koji je pri spustu ka uzemljenju vezan za metalne konstrukcije.

Mogućnost da su prenaponi atmosferskog i sklopnog porekla izazvali stradanja odvodnika prenapona na vodovima 35 kV "Rudnik IVa" i "Rudnik IVb" je veoma mala. Oni su svojom pojavom jedino mogli da izazovu preskok na izolaciji i uspostave zemljospoj, a time dovedu do privremenih prenapona, koji su izazvali termičko preopterećenje rezistora odvodnika i njihovu havariju.

5. Zaključci

Analiza karakteristika postojećih metaloksidnih odvodnika prenapona bez iskrišta u 35 kV mreži RB "Kolubara" je pokazala sledeće [2]:

- Metaloksidni odvodnici prenapona imaju niže naznačene napone i trajne radne napone od potrebnih za ovu mrežu. Pojava dugotrajnog zemljospoja dovodi do njihovih značajnih termičkih preopterećenja.
- Potrebno je što pre zameniti postojeće metaloksidne odvodnike prenapona bez iskrišta na vodovima "Rudnik IVb" i "Rudnik IVa" drugim odvodnicima koji imaju potrebne naznačene i trajne radne napone.
- Ostale metaloksidne odvodnike prenapona bez iskrišta potrebno je takođe zameniti. Oni su manje termički opterećeni za vreme zemljospoja nego odvodnici na vodovima "Rudnik IVb" i "Rudnik IVa", ali se tokom vremena može očekivati ubrzana degradacija zaštitnih karakteristika njihovih rezistora.
- Pri zameni postojećih metaloksidnih odvodnika prenapona adekvatnim potrebno je ove izolovati od metalnih konstrukcija i obezbediti da svaki ima svoj zemljovod koji pri spustu ka uzemljenju mora biti izolovan od metalnih konstrukcija. Na ovaj način će biti omogućena njihova kontrola u pogonu.

Literatura

- [1] "Prenaponska zaštita elektrodistributivnih mreža", Studija br.310007, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla" Beograd, 2000 god.
- [2] "Proveravanje karakteristika metaloksidnih odvodnika prenapona u mreži 35 kV RB "Kolubara"", Izveštaj br.311015, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla" Beograd, 2010 god.

Abstract: In 35kV network of coal mine Kolubara a certain number of installed gapped Silicone-Carbide (SiC) distribution surge arresters was replaced with modern gapless metal-oxide surge arresters. After a short period of time failures occurred in 35kV network where new surge arresters were installed. This paper describes the causes of these events

Keywords: surge arrester, failures, network 35 kV

Failures of Metal-Oxide Surge Arresters in 35 kV Network of Coal Mine “Kolubara”

Rad primljen u uredništvo 1.11.2010. godine
Rad prihvaćen 15.11.2010. godine

