

## Analiza stanja zaštite na objektima HE Đerdap 1, HE Đerdap 2, TE Kostolac A, TE Kostolac B i smernice za njenu rekonstrukciju

Urađeno za: JP Elektroprivreda Srbije

Rukovodilac: Danilo Buha, dipl. inž.

Branka Kostić, dipl. inž.

Ana Šaranović, dipl. inž.

Maja Marković, dipl. inž.

Savo Marinković, dipl. inž.

Saradnici:

Miljana Zindović, dipl. inž.

Mr Goran Đukić, dipl. inž.

Pavle Krička, dipl. inž.

Marko Gostović, dipl. inž.

*U ovoj analizi je izvršeno ispitivanje podešenosti sistema zaštite HE Đerdap1, HE Đerdap 2, TE Kostolac 1 i TE Kostolac 2. Ispitivanje je vršeno uz pomoć softverskog paketa CAPE. Ova Studija treba da bude put ka izradi budućih Tehničkih preporuka za zaštitu sinhronih generatora, blok transformatora i asinhronih motora.*

### 1. Uvod

Studija Analiza stanja sistema zaštite na objektima TE Kostolac i HE Đerdap realizovana je prema Programskom zadatku koji je usvojen na sednici Stručnog saveta EPS-a održanoj 31.07.2009. godine. Realizator predmetne Studije je Elektrotehnički Institut Nikola Tesla (Centri za elektromerenja i elektroenergetske sisteme), Beograd. Studija je realizovana u 4 sveske, po jedna za svaku predmetnu elektranu i to: HE Đerdap 1, HE Đerdap 2, TE Kostolac A i TE Kostolac B.

Svaka sveska Studije je organizovana tako da sadrži sledeća glavna poglavlja:

- Uvod-u kojem je u najkraćim crtama dat pregled najvažnijih opštih podataka o objektu predmetne elektrane
- Programski paket CAPE-gde su ukratko prikazani osnovni moduli programskog paketa CAPE u okruženju kojeg je realizovana Studija
- Opis funkcija zaštite i njihovo podešavanje-sadrži opis i principijelni prikaz podešavanja svih standardizovanih funkcija zaštite koje se danas mogu pojaviti u okviru savremenih mikroprocesorskih sistema zaštite
- Tehnički podaci-Ovo poglavlje sadrži relevantne raspoložive podatke od interesa za sve štitične objekte u samoj elektrani i u njenom bliskom okruženju (sinhroni generatori, energetske transformatori, asinhroni motori, kablovi, dalekovodi) kao i potrebne podatke o bitnim podacima o strujnim i naponskim transformatorima na koje su vezani analizirani sistemi električnih zaštita. Takođe, ovde su sistematski prikazani i svi analizirani sistemi zaštita sa njihovim podešenjima. U

ovom poglavlju su definisana i uklopna stanja od interesa, za koja su vršeni svi potrebni proračuni kratkih spojeva i na bazi toga analiziran rad postojećih sistema zaštite.

- Provera selektivnosti zaštita i krive koordinisanosti - Prvi korak u okviru aktivnosti ovog poglavlja predstavljaju Kriterijumi za evaluaciju sistema zaštite koji su definisani kroz tačke koje su navedene ispod.

### 2. Metodologija

Matematički model zastupljen na predmetnim objektima je formiran u okviru postojećeg matematičkog modela mreže realizovanog u programskom paketu PSS/E. Postojeći matematički model pokriva 400 kV, 220 kV i 110 kV naponske nivoe UCTE mreže u okviru koje radi Elektroprivreda Srbije (EPS).

Na ovaj način je izbegnuta komplikovana i manje tačna metodologija proračuna struja kratkih spojeva bazirana na principu određivanja mrežnih ekvivalenata na krajevima svakog od dalekovoda 110 kV koji polaze iz razvodnog postrojenja, odnosno iskorišćena je tačnija metodologija. Na ovaj način je realizovan prvi korak u formiranju detaljnog kompletnog matematičkog modela mreže EMS-a i EPS-a.

Kada se posao identičan ovome koji je urađen za ove elektrane realizuje i za sve ostale elektrane koje rade u okviru sistema EPS-a i kada se ovi modeli uvežu u pomenuti postojeći model mreža 400 kV, 220 kV i 110 kV, u okviru Srbije biće završen jedan veliki posao formiranja kompletnog matematičkog modela elektroenergetskog sistema Srbije (EPS+EMS) i to će biti kvalitetna osnova za raznovrsne analitičke aktivnosti, pa i za analize rada svih sistema zaštite u našem elektroenergetskom sistemu.

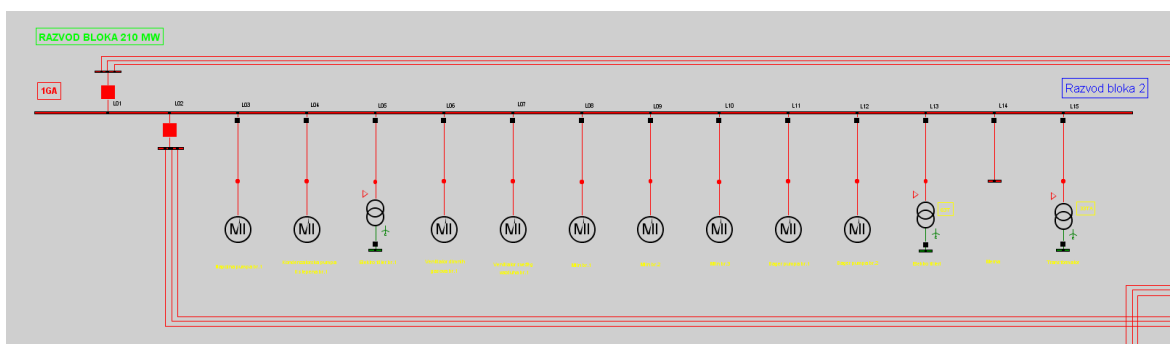
Analiza podešenosti svih sistema zaštite je rađena korišćenjem CAPE softverskog paketa. **CAPE (Computer-Aided Protection Engineering) software je proizvod američke kompanije ELECTROCON International Incorporated** i namenjen je inženjerima odgovornim za parametrisiranje, ispitivanje i održavanje sistema relejne zaštite

u visokonaponskim i distributivnim sistemima. Osnovne karakteristike programa predstavljaju:

- Mogućnost detaljnog modelovanja bazirana na jedinstvenoj bazi podataka;
- Podrška za simulaciju i analizu definisanih problema, otkrivanje potencijalnih problema na zaštitnim uređajima i nedostataka u mreži, kao i analiza (proračun) alternativnih rešenja;
- Podrška za mreže neograničene veličine;
- Podrška za pravljenje i podešavanje kompleksih digitalnih releja;
- Podrška za rešavanje problema koordinacije relejne zaštite kao i za studije velikih mreža (*wide-area studies*);

Programski paket CAPE se sastoji od više modula:

1. Editor baze podataka (Database editor - DB)
2. Modul za proračun struja kratkih spojeva (Short Circuit - SC)
3. Modul za modelovanje jednopolne šeme (One-Line Diagram - OL)
4. Modul za koordinaciju rada relejne zaštite (Coordination Graphic - CG)
5. Modul za izradu i unapređenje podešenja releja (Relay Settings - RS)
6. Modul za proveru podešenja releja (Relay Checking - RC)
7. Modul za simulaciju rada sistema zaštite (System Simulator - SS)
8. Modul za proračun parametara dalekovoda (Line Constants - LC)
9. Modul za štampanje podešenja relejne zaštite (Order Production - OP)
10. Modul za proračun tokova snaga (Power Flow - PF)
11. Modul za redukciju mreže pri proračunu struja kratkog spoja (Short Circuit Reduction - SC)
12. Modul za proračun prekidne moći/margina prekidača (Breaker Duty - BD)



Sl.1: Jednopolna šema postrojenja 1GA za Kostolac A uvezena iz CAPE softvera

U cilju provere selektivnosti zaštite na TE „Kostolac A”, analizirano je pet uklopnih stanja, na TE Kostolac B, analizirana su tri uklopna stanja, na HE Đerdap II analizirana su tri uklopna stanja I na HE „Đerdap 1”, analizirana tri.

Kriterijumi za evaluaciju sistema zaštite na ovim objektima su definisani kroz sledeće tačke:

1. Minimiziranje trajanja kvara.
2. Izolovanje mesta kvara od strane rasklopne opreme (jednog ili više prekidača snage) koja odgovara elementu koji je pod kvarom.
3. Minimalno vreme koordinacije između glavne i rezervne zaštite na istoj poziciji za mehaničke i statičke zaštite mora biti 200 ms, dok je isto za numeričke 100 ms.

Ukoliko postoji kombinacija mehaničkih i statičkih sa numeričkim zaštitama, uzima se strožiji kriterijum za minimalno vreme koordinacije, odnosno duže vreme.

4. Minimalno vreme koordinacije između glavne i zaštite na susednim sabirnicama na osnovu koga su formirane tabele selektivnosti je 400 ms za mehaničke i statičke zaštite, odnosno 300 ms za numeričke zaštite. Ukoliko postoji kombinacija mehaničkih i statičkih sa numeričkim zaštitama, uzima se strožiji kriterijum za minimalno vreme koordinacije, odnosno duže vreme. Prilikom formiranja zaključaka, ta vremena su se po potrebi smanjivala zbog većeg broja zaštita „u nizu”, pa kako ne bi došlo do oštećenja sabirnica.
5. Minimizaciona ispada elektroenergetskih elemenata pri otkazu prekidača ili odgovarajućeg releja.

Od postojećih tehničkih preporuka, kao važeći kriterijumi za zaštitu dalekovoda uzimaju se Tehničke preporuke EMS-a „Tehničko uputstvo za podešavanje zaštita visokonaponskih vodova”. Za zaštitu dela opreme unutar elektrane (transformatori i kablovi), oslanjati se na Tehničke preporuke EPS-a „Tehnička preporuka br.4a – Zaštita elektrodistributivnih vodova 10 kV, 20 kV, 35 kV i 110 kV”, „Tehnička preporuka br.4b – Zaštita distributivnih energetskih transformatora u TS 35/10(20) kV i TS 110/X kV”.

Tipovi i pozicije kvarova za evaluaciju sistema zaštite za dalekovode:

- K3, K2, K2Z, K1Z, K1Z+Rf ( $R_f=3 \Omega$ ,  $10 \Omega$ ,  $100 \Omega$ );
- 10%, 50%, 85% i 100% dalekovoda.

Tipovi kvarova za evaluaciju sistema zaštite za sabirnice:

- K3, K2, K2Z, K1Z

Tipovi i pozicije kvarova za evaluaciju sistema zaštite za srednjenaponske izvođe:

- K3, K2, K2Z, K1Z
- 50% i 100% kabla
- Kao ulazni podatak za studiju tražena je i lista kvarova koja ukazuje na neselektivno delovanje zaštite..

Formirana baza u CAPE softverskom paketu, prevashodno za analizu selektivnosti sistema zaštite, praktično u budućem vremenu treba da bude „živ organizam” koji će se po potrebi modifikovati u sklopu sa stvarnim promenama u realnom sistemu. Na ovaj način će se u svakom trenutku imati ažurirana adekvatna baza koju je moguće koristiti ne samo za potrebe selektivnosti sistema zaštite nego i za ostale vrste analiza u predmetnom postrojenju (proračuni

stacionarnih režima u samom postrojenju za karakteristična uklopna stanja, proračun struja kratkih spojeva za izbor novih komponenti koje će se ugrađivati u ovom postrojenju, podaci o svim elementima postrojenja, rezultati svih periodičnih ispitivanja pripadajuće opreme).

Ova Studija, kao i studije koje će biti realizovane za ostale elektrane u okviru EPS-a, treba da budu put ka izradi budućih Tehničkih preporuka za zaštitu sinhronih generatora, blok transformatora i asinhronih motora jer preporuke ove vrste u našoj praksi trenutno ne postoje uprkos široko izraženoj potrebi za ovakvom vrstom preporuka.

### 3. Literatura

- [1] "Analizi stanja sistema zaštite u elektroenergetskim objektima TE" Kolubara "sa smernicama za njihovu rekonstrukciju", Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd, 2009. god.
- [2] Tehnička preporuka EMS-"Tehničko Uputstvo za Podešavanje zaštita visokonaponskih vodova"
- [3] Tehnička preporuka EPS-a „Tehnička preporuka br. 4a – Zaštita elektrodistributivnih vodova 10 kV, 20 kV, 35 kV i 110 kV”
- [4] Tehnička preporuka EPS-a „Tehnička preporuka br. 4b – Zaštita distributivnih energetskih transformatora u TS 35/10(20) kV i TS 110/X kV”
- [5] Dr Milenko Đurić, „Relejna zaštita”, Beograd, 2003. god.
- [6] „Network Protection and Automation Guide”, Alstom Grid Manual
- [7] „Generation System Protection”, Student Manual, SEL University