

## Izveštaj o prepodešenju relejne zaštite u Termoelektrani Nikola Tesla B bloka B1 sa proračunom

Urađeno za: JP Elektroprivreda Srbije

Rukovodilac: Danilo Buha, dipl. inž.

Saradnici:

Zdravko Dabić, dipl. inž.

Savo Marinković, dipl. inž.

Dušan Jačić, dipl. inž.

*U ovom izveštaju se navode metode ispitivanja relejne zaštite u TENT B kao i predlozi za prepodešenje iste.*

### 1. Uvod

U toku 2012. god. izvršena je rekonstrukcija sistema upravljanja na bloku B1, u okviru koje je izvršena zamena relejne zaštite kapitalne opreme, pri čemu je stara BBC-ova oprema za relejnu zaštitu zamenjena zaštitnim terminalima Simens. Takođe je izvršena i rekonstrukcija sistema pobude.

Osnovni princip koji je primenjen kod proračuna je zadržavanje podešenja BBC-a i implementacija na nove zaštitne terminale, a naročito onih podešenja koja su vezana za parametre generatora.

### 2. Ispitivane zaštite

U ovom elaboratu navedena su prepodešenja sledećih zaštita:

#### ➤ Strujni transformatori

- Strujni transformatori za zaštitu generatora
- Strujni transformatori za zaštitu blok-transformatora, transformatora sopstvenepotrošnje i transformatora pobude
- Provera strujnih transformatora za diferencijalnu zaštitu generatora
- Provera strujnih transformatora za diferencijalnu zaštitu blok-transformatora
- Provera strujnih transformatora za diferencijalnu zaštitu bloka

#### ➤ Zaštita generatora

- Diferencijalna zaštita
- Zaštita od povratne snage
- Zaštita statora od termičkog preopterećenja
- Prekostrujna zaštita statora
- Zaštita od nesimetričnog opterećenja
- Podimpedantna zaštita
- Prekostrujna zaštita sa podnaponskim uslovom
- Podfrekventna zaštita
- Prenaponska zaštita
- Zaštita rotora od termičkog preopterećenja
- Prekostrujna zaštita rotora
- Zemljospojna zaštita statora
- Zaštita 100% statora od zemljospoja
- Zemljospojna zaštita rotora

- Zaštita od podpobude i gubitka pobude
- Zaštita od otkaza generatorskog prekidača

#### ➤ Diferencijalna zaštita bloka

#### ➤ Zaštita blok-transformatora 1AT

- Diferencijalna zaštita
- Ograničena zemljospojna zaštita
- Zemljospojna zaštita kotla

#### ➤ Zaštita transformatora sopstvene potrošnje 1BT.

- Diferencijalna zaštita
- Prekostrujna zaštita
- Zaštita od zemljospoja na 21 kV
- Zaštita zemljospoja kotla

#### ➤ Zaštita transformatora pobude 1AJT

- Diferencijalna zaštita
- Prekostrujna zaštita

#### ➤ Matrica isključenja

- Matrica isključenja BBC
- Matrica isključenja Simens-predlog

### 3. Metodologija

Izvršena je provera karakteristika svih strujnih transformatora u zvezdištu generatora ispitnim uređajem Omikron tip CT Analyzer u skladu sa IEC 60044-1. Uređaj CT Analyzer poseduje sledeće garantovane tačnosti: merenje napona-0,1%, merenje otpora-0,05%, merenje fazne greške-3 min, merenje prenosnog odnosa-0,1%, pa se rezultati mogu sa velikom tačnošću koristiti u proračunima.

Provera karakteristika strujnih transformatora za zaštitu blok-transformatora, transformatora sopstvene potrošnje i transformatora pobude nije izvršena ispitnim uređajem Omikron.

Da bi se mogao izvršiti proračun podešenja diferencijalnih zaštita ovih transformatora, izvršen je proračun i određene su približne vrednosti omskih otpora sekundarnih namotaja. Na osnovu ovih podataka i potrošnje u sekundarnim kolima, određen je granični factor tačnosti.

Granični faktor tačnosti strujnih transformatora za diferencijalnu zaštitu blok–transformatora mora zadovoljiti uslov:

$$F_a > 4 \frac{I_{kmax}}{I_n} = 33,4$$

pri čemu je:

- $I_{kmax}$  – maksimalna struja kvara u zoni šticeđenja diferencijalne zaštite: 167 kA
- $I_n$  – nazivna primarna struja strujnog transformatora: 20 kA.

Granični faktor tačnosti strujnih transformatora za diferencijalnu zaštitu bloka mora zadovoljiti uslov:

$$F_a > 4 \frac{I_{kmax}}{I_n} = 37,6$$

pri čemu je:

- $I_{kmax}$  – maksimalna struja kvara u zoni šticeđenja diferencijalne zaštite na strani 6,6 kV: 28,2 kA
- $I_n$  – nazivna primarna struja strujnog transformatora: 3000 A.

Za diferencijalnu generator zaštitu se koristi relej 7UM6225. Karakteristika diferencijalnog zaštite i minimalna vrednost diferencijalne struje određena je na osnovu V–A karakteristike strujnih transformatora T1.2 u zvezdištu i T2.1 na 21 kV strani generatora, tako da relej nije osetljiv na maksimalne struje kratkog spoja izvan zone delovanja.

Prilikom određivanja parametara podešenja za zaštitu od povratne snage nije rađen proračun, već su korišteni podaci BBC–a za parametre povratne snage.

Prilikom proračuna prepodešenja zaštit statora od termičkog preopterećenja korišten je podatak BBC–a o dozvoljenom preopterećenju statora  $1,3 I_n$ , 60 s ukoliko je stator prethodno dostigao nazivnu temperaturu, i karakteristika prorade releja TGX 105.

Prethodno rešenje relejne zaštite nije obuhvatalo prekostrujnu zaštitu statora.

Za zaštitu je odabrana veoma inverzna karakteristika, a vreme prorade je određeno jednačinom:

$$t = \frac{13,5}{\frac{I}{I_n} - 1} T_p$$

pri čemu je  $T_p = 1,6$ , čime su dobijena vremena prorade duža od vremena prorade termičke zaštite za ista preopterećenja.

Za zaštitu od nesimetričnog opterećenja je korišten relej IPX 146 sa podešenjem:  $K1 = 10$ ,  $K2 = 4,65$ ,  $tR = 30$  s. Prilikom prepodešenja zaštite od nesimetričnog opterećenja korišten je podatak BBC–a o dozvoljenom nesimetričnom opterećenju generatora kao što su trajno dozvoljena struja nesimetrije i kratkotrajno dozvoljena struja nesimetrije. Da bi

se izvršilo prilagođenje proradnoj karakteristici releja IPX 146, definisana je dvostepena karakteristika releja 7UM62 (za nesimetrična opterećenja  $< 70\% I_n$  i za nesimetrična opterećenja  $> 70\% I_n$ ).

Prethodno rešenje relejne zaštite nije obuhvatalo podimpedantnu zaštitu. Proračun je urađen tako da u 1. stepenu zaštita štiti 70% namotaja blok–transformatora, u 2. stepenu sa otvorenim 400 kV prekidačem 100% namotaja blok–transformatora, a u 3. stepenu 20% iza blok–transformatora u mreži 400 kV.

Za zaštitu je korišten relej IUX 159 sa podešenjem:  $U = 70\% U_n$ ,  $I = 1,4 I_n$ ,  $t = 6$  s. Proračun je urađen za dvopolni kratki spoj na 400 kV postrojenju.

Proračun podfrekventne zaštite nije rađen, već su usvojena podešenja BBC–a.

Za prenaponsku zaštitu generatora je korišten prenaponski relej USX 115, sa podešenjem:  $U > = 1,2 U_n$ ,  $t > = 2$  s,  $U >> = 1,4 U_n$ ,  $t >> = 0$  s. Predloženi parametri su odabrani na osnovu podataka za regulator napona kao.

Za zaštitu rotora od termičkog preopterećenja je korišten relej TGX 105–1 priključen na sekundarnu stranu transformatora pobude 1AJT. Prilikom ovog proračuna korišten je podatak BBC–a o dozvoljenom preopterećenju rotora  $1,3 I_n$ , 48 s ukoliko je prethodno dostigao nazivnu temperaturu, i karakteristika prorade releja TGX 105–1. Novi relej je 7UM62.

Za prekostrujnu zaštitu rotora korišten je relej IKC 602 priključen je na sekundarnu stranu transformatora pobude 1AJT preko strujnih transformatora 6000/5 A.

Za prekostrujnu zaštitu rotora se u novom rešenju može koristiti relej F204–7SJ8041 sa veoma inverznom karakteristikom. Strujna kola ovog releja su u novoprojektovanom rešenju povezana u seriju sa strujnim kolima releja F104–7UT6335 na strujne transformatore T7.1 i relej je parametrisan za zaštitu transformatora pobude 1AJT.

Za zemljospojnu zaštitu 95% namotaja statora je korišten prenaponski relej nulte komponente napona UBX 117 sa niskopropusnim filterom za prigušenje 3. i 5. harmonica napajan sa naponskog transformatora u zvezdištu generatora. Releji je bio podešen na  $5\% U_n$ , 0,5 s.

Releji 7UM62 štiti 90% namotaja statora od zemljospoja i funkcioniše na sličnom principu, te je prorada releja određena na osnovu napon zvezdišta pri 90% zemljospoja statora i napon na releju pri 90% zemljospoja statora.

Za zaštitu 100% statora od zemljospoja je korišten relej GIX 103 sa injektiranjem napona frekvence 12,5 Hz. Novo rešenje koristi injektiranje napona 20 Hz, a proračun podešenja je izvršen prema uputstvu proizvođača.

Za zemljospojnu zaštitu rotora su korištena dva releja IWX 161a–1. Zaštita koristi naizmenični napon koji je simetrično spregnut sa pobudnim kolom preko kapaciteta spojnog uređaja YWX 111 i čini most koji postaje neuravnotežen kada je kapacitet namotaja rotora u kratkom

spoju preko impedanse kvara. Zemljospojna zaštita rotora kod releja 7UM62 radi sa jednosmernim naponom čiji se polaritet menja. Proračun zaštite nije rađen, već su usvojena podešenja BBC-a: 1. stepen: 5 k $\Omega$ , 0 s, 2. stepen: 1,2 k $\Omega$ , 3 s.

Zaštita od podpobude i gubitka pobude je bila realizovana podreaktantnim relejem ZPX 103 i vremenskim integratorom SGX 115. Pogrešno delovanje releja prilikom poremećaja u mreži je sprečeno pomeranjem karakteristike po y-osi za 0,5 Xd. Područje 1 je prilagođeno granici statičke stabilnosti za niska opterećenja, a područje 2 granici dinamičke stabilnosti za opterećenja od 30% do 100% nazivne snage. Za zaštitu od podpobude i gubitka pobude relej 7UM62 računa admitanse direktnog sistema struja i napona, i obezbeđuje tri karakteristike koje se mogu nezavisno podešavati i time odrediti praktične granice stabilnosti generatora.

Zaštita od otkaza generatorskog prekidača je aktivna nakon izdavanja komande za isključenje generatorskog prekidača, i pri tome:

- poredi fazne struje kroz kroz prekidač sa zadatom referentnom vrednošću
- kontroliše status pomoćnog kontakta prekidača na binarnim ulazima zaštitnog terminala

Ukoliko zaštita ustanovi da prekidač nije isključen nakon izdavanje komande, prosleđuje nalog za isključenje 400 kV prekidača. S obzirom da je sopstveno vreme isključenja generatorskog prekidača <60 ms, zaštita se može podeliti na 10%  $I_n$ , 150 ms.

Za diferencijalnu zaštitu bloka je korišten relej DIX 110 sa podešenjem  $g = 50\%$ ,  $v = 50\%$ . Za diferencijalnu zaštitu se u novom rešenju koristi relej 7UT6335, sa dvostrukom karakteristikom i stabilizacijom za 2. i 5. harmonik.

Za diferencijalnu zaštitu blok-transformatora 1AT je korišten relej DIX 109 sa podešenjem  $g = 50\%$  i  $v = 50\%$ . Za diferencijalnu zaštitu se u novom rešenju koristi relej 7UT6335, sa dvostrukom karakteristikom i stabilizacijom za 2. i 5. harmonik.

Ograničena zemljospojna zaštita do sada nije korištena. Predlog podešenja je u skladu sa standardnim podešenjem za ovu vrstu zaštite.

Za zemljospojnu zaštitu kotla je korišten relej IBX 164, sa podešenjem 0,2  $I_n$ , 0,5 s. Releji je delovao na isključenje. Pošto je uvedena ograničena zemljospojna zaštita i zbog problema sa izolacijom kotla, predlaže se da se prorada ove funkcije iskoristi za signalizaciju.

Za diferencijalnu zaštitu transformatora sopstvene potrošnje 1BT je korišten relej DIX 109, sa podešenjem  $g = 50\%$ ,  $v = 50\%$ . Za diferencijalnu zaštitu se u novom rešenju koristi relej 7UT6335, sa dvostrukom karakteristikom i stabilizacijom za 2. i 5. harmonik.

Za prekostrujnu zaštitu transformatora sopstvene potrošnje 1BT je korišten relej IKC 602 priključen je na primarnu stranu transformatora preko strujnih transformatora 1800/5 A. Za prekostrujnu zaštitu se u novom rešenju koristi relej 7UT6335 sa veoma inverznom karakteristikom.

Za zaštitu transformatora sopstvene potrošnje 1BT od zemljospoja na 21 kV strani je korišten relej UBX 117 sa podešenjem 5%  $U_n$ , 0,5 s. Proradna vrednost napona zemljospoja se zadržava na 5 %  $U_n$ , a vreme prorade treba podesiti na 1,5 s.

U sistemima kao što je najveći blok u zemlji glavna uloga relejne zaštite je da u najkraćem mogućem roku detektuje i izoluje od ostatka sistema svaki element sistema koji je u kvaru ili radi u nenormalnom radnom stanju koje bi moglo da izazove njegov kvar. Sistem relejne zaštite, po definiciji, mora biti najpouzdaniji i najsigurniji sistem u čitavom postrojenju, jer se njegov rad očekuje samo u pojedinim trenucima vremena (kvarovi, abnormalna stanja, itd.) pa on stoga mora da ispunjava sve kriterijume jednog sistema relejne zaštite, pogotovo imajući u vidu da je objekat zaštite proizvodni kapacitet na kojem neadekvatno reagovanje sistema električne zaštite objektivno može imati značajne tehničke i finansijske gubitke i posledice.

Ispunjavanjem ove uloge relejna zaštita minimizira štetu koja nastaje pri pojavi kvara i doprinosi povećanju pouzdanosti rada elektroenergetskog sistema jer se izolovanjem elementa u kvaru omogućava da ostatak sistema radi normalno.

#### 4. Literatura

- [1] "Analizi stanja sistema zaštite u elektroenergetskim objektima TE" Kolubara "sa smernicama za njihovu rekonstrukciju", Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd, 2009. god.
- [2] Dr Milenko Đurić, „Relejna zaštita”, Beograd, 2003. god.
- [3] „Network Protection and Automation Guide”, Alstom Grid Manual
- [4] „Generation System Protection”, Student Manual, SEL University