



Dragan Bućan, ing.el.
Leopold Klaužer, dipl.ing.el.
Jasna Bančak, dipl.ing.el.
KONČAR-MONTAŽNI INŽENJERING
dragan.bucan@koncar-kmi.hr

RAZLOZI OBNOVE ZAŠTITE AGREGATA U HE ČAKOVEC

SAŽETAK

HE Čakovec, sa instaliranom snagom 2x42 MVA, druga je elektrana po starosti na rijeci Dravi. Njena važnost za elektroenergetski sustav razlog je za cjelokupnu modernizaciju. Sadašnja zaštita agregata, generatora i blok transformatora izvedena je iz starije generacije statičkih releja proizvodnje BBC i Končar i optimirana je prema tadašnjim spoznajama.

Referat obrađuje rješenje ugradnje zaštite koja uz minimalne troškove pokriva redundantno sve dosadašnje zaštite i uvodi nove, koje će pomoći stabilnom i sigurnom radu elektrane, a ujedno odgovara zahtjevu za komunikacijom na tri nivoa.

Uz sučelje RS 232 na prednjoj strani releja predviđeno je i sučelje RS 485 sa optoelektričkim konvertorom i optički ulaz opremljen sa IEC 61850 komunikacijskim sučeljem. Tim se rješenjem olakšava buduća automatizacija elektrane.

Ključne riječi: hidroelektrana, zaštita, komunikacija, optimizacija

REASONS FOR PROTECTION MODERNISATION IN HYDROELECTRIC POWER PLANT ČAKOVEC

SUMMARY

Hydroelectric power plant Čakovec, with installed capacity of 2x42 MVA, is the second oldest power plant on Drava River. Its importance for electric power system is the reason for comprehensive modernisation. Current protection of machine, generator and unit transformer is constructed with older generation of static relays manufactured in BBC and Končar, and then optimized according contemporary practice.

This paper elaborates solution of protection, which with minimal costs covers redundantly all previously installed protections and introduces new ones, that will assure stable and reliable power plant operation. This solution at the same time ensures communication on three levels.

Along with RS 232 interface on the front side of relay, there is RS 485 interface with optoelectric converter and optocoupler with IEC 61850 communication interface provided. Further automatization of power plant is facilitated with that solution.

Key words: hydropower plant, protection, communication, optimisation

1 UVOD

Hidroelektrana Čakovec je druga elektrana po starosti na rijeci Dravi, koja je započela sa proizvodnjom 1982. godine. Hidroelektrana je derivacijskog tipa, s dvije turbine tipa Kaplan 2x40,3 MW i dva generatora. Njena važnost za elektroenergetski sustav je razlog za cjelokupnu modernizaciju. HE Čakovec se u energetske smislu sastoji od dva generatora (A i B) 39,3 MW, dva blok transformatora 115/6,3 kV, rasklopnog postrojenja 110 kV vanjske izvedbe te pomoćnih pogona. Dva sinkrona generatora A i B, proizvedena su u tvornici Končar odnosno Alsthom.

Dosadašnja zaštita agregata, generatora i blok transformatora izvedena je starijom generacijom statičkih releja proizvedenih u BBC i Končaru. Zaštita je smještena u dva ormara i optimirana prema tadašnjim spoznajama. Tijekom eksploatacije uočen je problem loših utjecaja trolnih i dvopolnih mrežnih kvarova na agregate malih zamašnih masa kakvi su ugrađeni u elektranu. Godine 2001. je zbog navedenih razloga postojećim relejima dodan još jedan modul 7UM516 proizvodnje SIEMENS, koji je služio za memoriranje struja i napona kod eventualnih kvarova, te za ostvarivanje dodatnih zaštitnih funkcija koje do tada nisu bile primjenjene, a od kojih je najvažnija zaštita generatora od ispada iz koraka.

2 KONCEPCIJA ZAŠTITE

Za relejnu zaštitu su odabrani novi IED (Intelligent Electronic Device) releji opremljeni LCD ekranom za prikaz osnovnih funkcija i za parametrisiranje, koji mogu računati i pamti podatke. Oni komuniciraju raznim protokolima sa sebi srodnom tehnologijom, ali i sa drugim uređajima i računalima. Može ih se daljinski nadzirati i parametrisirati.

Zaštitu generatora i blok transformatora čine uz postojeći modul 7UM516 i dva nova multifunkcionalna releja odabrana i prilagođena postojećoj zaštiti te novim zahtjevima za poboljšanjem pouzdanosti i raspoloživosti agregata. Prema namjeni odabran je jedan relej prvenstveno za zaštitu transformatora i bloka, dok je drugi relej generatorske zaštite prilagođen srednje velikim generatorima. Opremljeni su odgovarajućim strujnim ulazima 1 i 5 A, naponskim ulazima 100 V, binarnim ulazima do 250 V DC i odgovarajućim brojem signalnih i isklonih kontakata. Dodatno su opremljeni komunikacijskim i servisnim portovima prema zahtjevima na mjestu ugradnje.

Relejna se zaštita generatora sastoji od numeričkih releja 7UM516 i 7UM621, a zaštita bloka i otcjepa od numeričkog releja 7UT613. U sklopu relejne zaštite vrši se prihvat i drugih primarnih zaštita generatora i bloka kao što su Bucholz, kontaktni termometar, termoslika transformatora i termički nadzor generatora, a od signala uvodi se uklopno stanje prekidača i automata naponskih grana. Također se prosljeđuju i potrebne isklonke komande. Primjenom takvog rješenja zaštite generatora i blok transformatora znatno se podiže razina šticeanja od kvara i smetnji, jer je broj zaštitnih funkcija višestruko povećan u odnosu na početno rješenje.

Osnovne karakteristike odabranih numeričkih releja su:

- modularni numerički sistem zaštite
- veliki izbor funkcija zaštite sa programabilnim analognim mjernim ulazima
- programibilni binarni ulazi i izlazi
- visoka pouzdanost i raspoloživost
- arhiviranje događaja i zapisa kvarova
- mogućnost lokalne komunikacije
- mogućnost povezivanja na nadređene centre nadzora i upravljanja
- mogućnost vremenske sinkronizacije
- mogućnost daljinskog parametrisiranja i očitavanja

Udvostručavanjem i preklapanjem pojedinih zaštitnih funkcija u predloženom rješenju postiže se i bolja raspoloživost kako zaštite tako i agregata u cjelini. Ukoliko iz bilo kojeg razloga otkáže neki modul preostali ispravni moduli raspoložuju s dovoljno važnih funkcija za pouzdanu zaštitu agregata. Pri tome treba naglasiti da se zastoj u radu svakog modula releja promptno dojavljuje pogonskom osoblju u elektrani.

Redundancija se ostvaruje kroz sva tri releja, a isklonka funkcija preko brzih releja u kombifleks izvedbi. Redundancija se dodatno postiže i preko korištenja različitih funkcija unutar pojedine numeričke zaštite. Zaštitne funkcije koje pokrivaju ugrađeni numerički releji su prikazane u tablici I.

Tablica I. Zaštitne funkcije

ZAŠTITA BROJ	FUNKCIJA	7UM621	7UT613	7UM516
87G/87T	Diferencijalna zaštita	X	X	
49	Preopterećenje statora	X	X	
51	Nadstrujna	X	X	
59	Prenaponska	X		
81	Frekventna	X	X	
32R	Povratna snaga	X		X
24	Preuzbuda	X	X	
40	Gubitak uzbude	X		
46	Nesimetrično opterećenje			X
59TN,27TN 3rd h	100% zašt. statora s 3. harm.	X		
21	Podimpedantna zaštita	X		X
78	Ispad iz koraka			X
64	Statorska zaštita	X		X
	Unutarnje zaštite transf.		X	

2.1 Zaštita generatora

SIPROTEC 4 7UM621 je zaštitni relej koji integrira sve nužne zaštitne funkcije za zaštitu generatora, motora i transformatora. A budući da se izbor funkcija može prilagoditi, pogodan je za upotrebu kod generatora svih veličina.

Ovaj digitalni višefunkcijski zaštitni relej je opremljen s mikroprocesorom visoke djelotvornosti. Svi zadaci kao što su prikupljanje mjerenih vrijednosti i izdavanje naredbi prekidačima te drugoj isklapnoj opremi se procesiraju digitalno. Relej sadržava biblioteku zaštitnih funkcija, programibilnu isklapnu logiku, programibilne binarne ulaze, izlaze, lokalnu signalizaciju, samonadzor, ispitivanje kroz program, funkcije mjerenja, arhiviranje događaja i zapisa kvarova. Funkcije zaštite, u biblioteci programske podrške su sve zaštite potrebne za kvalitetno šticeenje generatora i bloka. Maksimalan odabir broja korištenih zaštitnih funkcija je ograničen hardverskom konfiguracijom.

Relej ima vlastitu funkciju samonadzora i samodijagnoze. Time se postiže stalna provjera svih komponenti samog releja, obavlja se nadzor dijelova sustava, istosmjernog napajanja, te sekundarnih strujnih i naponskih krugova. Detektiraju se neispravni moduli u sklopovljima, nemogućnost komunikacije itd. U slučaju dijagnoze kvara zaštitnog releja, zaštita se blokira i signalizira se stanje kvara zaštite.

SIPROTEC 3 7UM516 je numerički relej za generatorsku zaštitu i uglavnom se koristi na većim generatorskim jedinicama. Sva se podešenja mogu unositi putem zaslona ili preko PC-a. Sve softverske i hardverske komponente se neprestano nadziru. Nepravilnosti se detektiraju i signaliziraju, što značajno poboljšava zaštitu sustava.

2.2 Zaštita bloka i otcjepa

SIPROTEC 4 7UT613 je diferencijalni zaštitni relej koji se koristi za brzo i selektivno isključenje kvara u transformatorima na svim naponskim nivoima te u motorima i generatorima. Specifična se aplikacija postiže parametrizacijom.

Glavna prednost principa diferencijalne zaštite je trenutačan isklap u slučaju kratkog spoja na bilo kojoj točki unutar šticeene zone. Kod korištenja za zaštitu transformatora, uređaj je obično priključen na mjerne transformatore koji odvajaju energetske transformator od preostalog energetskeg sustava.

2.3 Ugradnja zaštite

Zaštita je smještena u postojeće ormare na mjestu dosadašnje zaštite agregata budući da se, zbog ograničenog prostora i izvedbe ostalih ormara, novi ormari ne bi vizualno uklopili na mjesto ugradnje.

Dosadašnja zaštita bila je ugrađena u 19" zakretne okvire pa je primjenjen isti način ugradnje. Svim relejima pridružena je odgovarajuća ispitna utičnica. Svaki relej zauzima ½ okvira, a monitori su na desnoj strani. Ispitna utičnica montirana je u montažnu kutiju smještenu do releja. Ovim načinom ugradnje smetnja vrata ormara i zakretnog okvira pri korištenju ispitne opreme znatno je manja. Također pri dnu zakretnog okvira ugrađena je utična letva za priključak ispitnih uređaja.

Pomoćna oprema, stezaljke, releji, pretvornici i automati pomoćnog napajanja smješteni su na montažnu ploču unutar ormara.

3 KOMUNIKACIJE

3.1 Komanda lanca Varaždin

Komanda lanca Varaždin je centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi pod direktnom nadležnošću Nacionalnog dispečerskog centra.

Podaci koji se prikupljaju, obrađuju i arhiviraju u Komandi lanca Varaždin omogućavaju znatno bolji nadzor nad lancem hidroelektrana, a razmjenom kvalitetnih podataka i informacija ostvaruje se bolja suradnja i koordinacija s Nacionalnim dispečerski centrom i centrom vođenja uzvodnih elektrana (CV DEM). Daljinskim nadzorom i upravljanjem postignut je značajan napredak u vođenju pogona, pri čemu optimizacija i planiranje proizvodnje rezultiraju povećanom proizvodnjom energije i smanjenjem broja uključenja i isključenja agregata, a koordinacija i točno planiranje termina i trajanja poslova održavanja povećanjem pogonske spremnosti. Povezivanjem s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a ovlaštenim korisnicima omogućeno je praćenje arhivskih pa i trenutnih podataka putem osobnog računala.

Kroz funkcije operativnog vođenja ostvaruju se sljedeći osnovni zadaci Komande lanca Varaždin:

- povećanje proizvodnje električne energije optimizacijom korištenja voda,
- povećanje pogonske spremnosti agregata planiranjem termina i trajanja poslova održavanja,
- sigurno provođenje velikih vodnih valova kroz sustav HE.

Kako bi se određene funkcije odvijale istovremeno u svim dijelovima sustava potreban je signal apsolutnog vremena. Za sinkronizaciju vremena u sustavu Komande lanca Varaždin koristi se GPS (*Global Positioning System*) sustav točnog vremena. Signal sa satelita sprovodi se pomoću antena do odgovarajućih GPS dekodera koji ga s vrlo velikom preciznošću pretvaraju u trenutno lokalno vrijeme.

U slučaju ispada GPS sustava, ulogu sinkronizacije preuzima SICLOCK TM prijenosnik, a u slučaju njegovog ispada tu ulogu preuzima sam COM/DS poslužitelj koji tada šalje vremenske telegrame svim poslužiteljima u sustavu.

3.2 Povezivanje Komande lanca Varaždin s hidroelektranama

Povezivanje centra s hidroelektranama ostvareno je svjetlovodnim kabelima približne dužine oko 0.5 km prema HE Varaždin, 22 km prema HE Čakovec i 42,5 km prema HE Dubrava. Svjetlovodno povezivanje realizirano je u SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) tehnologiji prijenosa, s prstenastom arhitekturom mreže na nacionalnoj razini, kako bi se ostvarili i rezervni spojni putevi, a time i vrlo visoka pouzdanost i raspoloživost veza. Prstenasta struktura predstavlja optimalno rješenje, jer omogućuje ostvarenje alternativnog spojnog puta za svaki glavni spojni put, što je od osobitog značaja u slučaju kvara na glavnom spojnog putu.

Na svakoj elektrani nalazi se daljinska stanica RTU SINAUT LSA (SIEMENS) koja je pomoću svjetlovoda povezana s telekomunikacijskim međusklopom (TIF) u centru. Za prijenos podataka koristi se standardni telekomunikacijski protokol IEC 870-5.

Lokalni procesni informatički sustav na HE Čakovec bio je sustav starije tehnologije (DS8) pa je tijekom 1999. godine zamijenjen novim suvremenim sustavom ABB Advant OCS. Tada su također bili potrebni i dodatni zahvati na sustavu upravljanja.

3.3 Funkcije komande lanca

Komanda lanca Varaždin kao suvremeni centar vođenja omogućava provođenje sljedećih SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) funkcija:

- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka o mjerenjima iz pogona, ali i drugih centara upravljanja (CV DEM),
- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka s brojila,
- prikupljanje i arhiviranje alarma i poruka o promjenama stanja i ostalim pogonskim događajima,
- prosljeđivanje određenih informacija i podataka u nadređeni centar (NDC), te centar gospodarenja vodama (Hrvatske vode, Vodnogospodarski odsjek Varaždin),
- nadzor stanja opreme i objekata,
- daljinsko upravljanje postrojenjima hidroelektrana zadavanjem postavnih vrijednosti ili naloga za uključenje/isključenje, pokretanje/zaustavljanje agregata i sl.,
- tablični i grafički prikaz arhiviranih podataka.

Grafički prikazi omogućavaju pored kompletnog nadzora stanja sustava i daljinsko upravljanje postrojenjima. Pomoću upravljačkih programa omogućeno je slanje komandi (naloga) za promjenu statusa i postavnih vrijednosti. Tako se ostvaruje upravljanje prekidačima i rastavljačima te aktiviranje programa za pokretanje i zaustavljanje agregata. Upravljanje prekidačima i rastavljačima može biti pojedinačno (uključenje/isključenje pojedinog elementa) ili slijedno (niz uključenja odnosno isključenja prema odgovarajućem redoslijedu - npr. prebacivanje napajanja kod dvostrukih sabirnica). Zadavanjem postavnih vrijednosti ostvaruje se daljinsko upravljanje agregatima i hidromehaničkom opremom brana.

Optimizacijom rada lanca hidroelektrana nastoji se kroz planiranje rada ostvariti povećana proizvodnja električne energije uz jednaku količinu raspoložive vode odnosno uz jednak dotok u sustav.

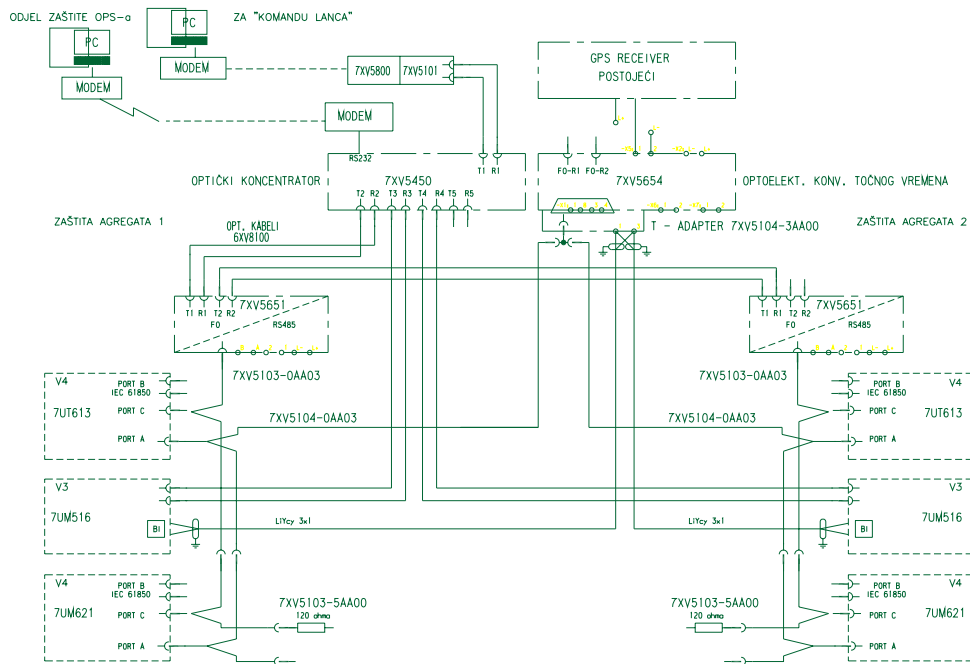
3.4 Komunikacije u HE Čakovec

Na ovako izgrađenu komunikacijsku strukturu, nova je zaštita implementirana višestruko pa tako postoji:

- Nivo za direktnu komunikaciju u postrojenju, između prijenosnog računala i zaštite. Na svakom sklopu postoji RS 232 ulaz na prednjoj strani terminala. Ova se veza ostvaruje klasičnim kabelom sa konektorima.
- Nivo daljinske komunikacije između generatorskih zaštita u elektrani i inženjera zaštite u uredu. Za ovu komunikaciju koriste se ulazi na stražnjoj strani sklopa. Novi releji koriste ulaz RS 485 koji se preko konvertera RS 485/FO povezuju na optički koncentrator, dok se postojeći relej spaja optičkim kabelima direktno na koncentrator. Optički koncentrator opremljen je izlazima za priključak modema. Postoje dva modema jedan za vezu prema inženjeru zaštite u komandi lanca, a drugi za vezu prema inženjeru zaštite OPS-a. Ovom komunikacijom moguć je dohvat arhiviranih podataka zabilježenih u zaštitama i provjera podešenih parametara.
- Dodatno su novi releji opremljeni optičkim ulazima za IEC 61850 komunikacijskim sučeljem kao osnovom za buduću modernizaciju elektrane
- Signalizacija stanja zaštita i pomoćnih uređaja te eventualne prorade rješene su putem slobodnih kontakata i uklopljene u postojeći raspoloživi sustav signalizacije i procesne stanice elektrane i tako raspoložive na svim nivoima nadzora

U elektrani postoji i podsustav za vremensku sinkronizaciju koji je povezan u sustav vremenske sinkronizacije u sustavu Komande lanca. Preko LAN-a sinkroniziraju se svi poslužitelji u sustavu, tako da se u mrežu u intervalima od 1 min odašilje signal o stvarnom vremenu. Ovaj signal uvodi se u prijemni uređaj 7XV5654 i putem T-adaptora distribuira se preko tzv "Y" kabela na nove releje na port A, a na stare releje (7UM516) signal se distribuira preko oklopljenog kabela na binarni ulaz.

Povezivanje komunikacija na razini HE Čakovec je prikazano na slici 1.



Slika 1. Povezivanje komunikacija u HE Čakovec

4 ZAKLJUČAK

Nova mikroprocesorska zaštita sa velikim izborom zaštitnih funkcija i opremljena sklopovljem za mjerenje, zapis i arhiviranje događaja te sa opremom koja omogućuje komunikacijsko povezivanje znatno poboljšava sustav i podiže raspoloživost štitične opreme.

Uz ove poznate prednosti ormari tipa VSK6 sa zakretnim 19" okvirom pokazali su se pogodnima za ugradnju nove zaštite. Ugradnjom zaštite u ove ormare ne narušava se cjelokupni izgled postrojenja jer su i ostali ormari s opremom u nizu također tipa VSK6. Kod ovog rješenja minimalno se zadire u kabelske veze, mada je naš prijedlog da se zamjene kabeli za strujne i naponske grane. Ovom zamjenom koristili bi se kabeli sa plaštom za zaštitu od smetnji, a usput bi se zaobišla mjesta ranžiranja što je u rješenjima iz osamdesetih bio čest slučaj.

5 LITERATURA

- [1] Izvedbeni projekt, "Zamjena električnih zaštita HE Čakovec", Končar – Montažni inženjering, ožujak 2006.
- [2] M. Brezovec, D. Kuča, G. Bužić, M. Slunjski, "Komanda lanca Varaždin – Centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi", 5. savjetovanje HO CIGRE, Zbornik radova, Cavtat, Hrvatska, studeni 2001.
- [3] M. Perkov, D. Bukva, "Ethernet u sekundarnim sustavima – Budućnost automatizacije elektroenergetskih postrojenja", 7. savjetovanje HO CIGRE, Zbornik radova, Cavtat, Hrvatska, studeni 2005.
- [4] B. Filipović-Grčić, I. Ivanković, H. Bulat, Z. Čerina, "Zaštita od ispada iz koraka generatora", 5. savjetovanje HO CIGRE, Zbornik radova, Cavtat, Hrvatska, studeni 2001.
- [5] Numerical Machine Protection 7UM516 V3.1 and V3.2, Siemens, 1995
- [6] Multifunctional Machine Protection 7UM62 V4.6, Siemens
- [7] Differential Protection 7UT6 V4.0, Siemens