

MULTIFUNCIONALNI UREĐAJI ZA ZAŠTITU ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA

Ž.Kuvač, Kvazar, Beograd

1. Uvod

Razvoj na svim poljima ljudskog delovanja doveo je do napretka u konstrukciji uređaja za zaštitu elektroenergetskih postrojenja. Od primarnih okidača i osigurača došli smo do mikroprocesorskih multifunkcionalnih uređaja. Današnja oprema za zaštitu elektroenergetskih postrojenja konstruktivno je složenija, sa većim mogućnostima, ali, što je zanimljivo, i gabaritno manja. Možda neki laik pomisli da su uređajima za zaštitu dodane nepotrebne funkcije, a svako ko se bavi ovom problematikom zna da nije tako – svaka nova funkcija donosi neko poboljšanje. Današnji uređaji za zaštitu su pouzdaniji, osetljiviji, brži i imaju veću raspoloživost. Potrebno je pomenuti da bolje performanse zaštitnih uređaja omogućavaju bolju iskorištenost štice objekta (transformator, vod, generator, motor...). Sa bržim i pouzdanijim zaštitama možemo bliže da „pridemo“ granicama stabilnosti.

Iz gornjih redova moglo bi da se nasluti da treba da nađemo „najlepšu sliku uređaja iz kataloga“ i da uživamo. Nažalost, pri zameni starih uređaja, pa i pri izgradnji novih objekta, problemu se pristupa nedovoljno analitički. Čini se da samo treba da odaberemo uređaj ili uređaje koji imaju iste one funkcije kao i prethodni i uz to su noviji i s boljim performansama. Ne vidi se problem u tome da tri ili četiri uređaja menjamo jednim. Možda je i finasijski bolje ovakvo rešenje? Ako smo kao prioritetan cilj postavili osavremenje sistema zaštite onda je ovakva izvedba zaštite najoptimalnija. (?) Da, i golim okom je vidljivo da smo uradili dobar posao. Uvereni smo da nismo napravili nijedan propust, dok se ne desi pogonski događaj, koji nas navede na razmišljanje: Možda je moglo i drugačije?

Jedan pogonski događaj posle koga se postavljalo pomenuto pitanje je neposredan povod za ovaj rad. Desio se kvar na jednom elementu elektroenergetskog sistema. Na njega nismo nikako mogli da utičemo, reklo bi se „viša sila“. Oprema za zaštitu je delovala onako kako je od nje zahtevano. Sve je logično i objašnjivo, a ipak do novog uspostavljanja sistema zaštite prošlo je mnogo vremena. Naišli smo na gotovo nerešiv problem, šta god da se učini nije dovoljno dobro. U ovom konkretnom primeru ne bi bilo nikakvih poteškoća da jedan uređaj nije imao više funkcija. Ovde je tako, a možda ovo nije pravilo. Bilo kako bilo potrebno je izvršiti analizu.

1. Analiza rada multifunkcionalnog uređaja za zaštitu srednjenaponskog voda

U srednjenaponskoj distributivnoj mreži zaštite vodova su najbrojnije. Tokom vremena došlo se do zaključka da se distributivni vod efikasno štiti:

- prekostrujnom zaštitom $I>$, $t>$ (vremenska karakteristika je nezavisna ili inverzna)
- kratkospojnom zaštitom $I>>$
- zemljospojnom zaštitom $I_o>$, $t>$ (za izolovane mreže koriste se usmereni releji)

Da bi se eliminisali prolazni kvarovi u nadzemnoj mreži koristi se:

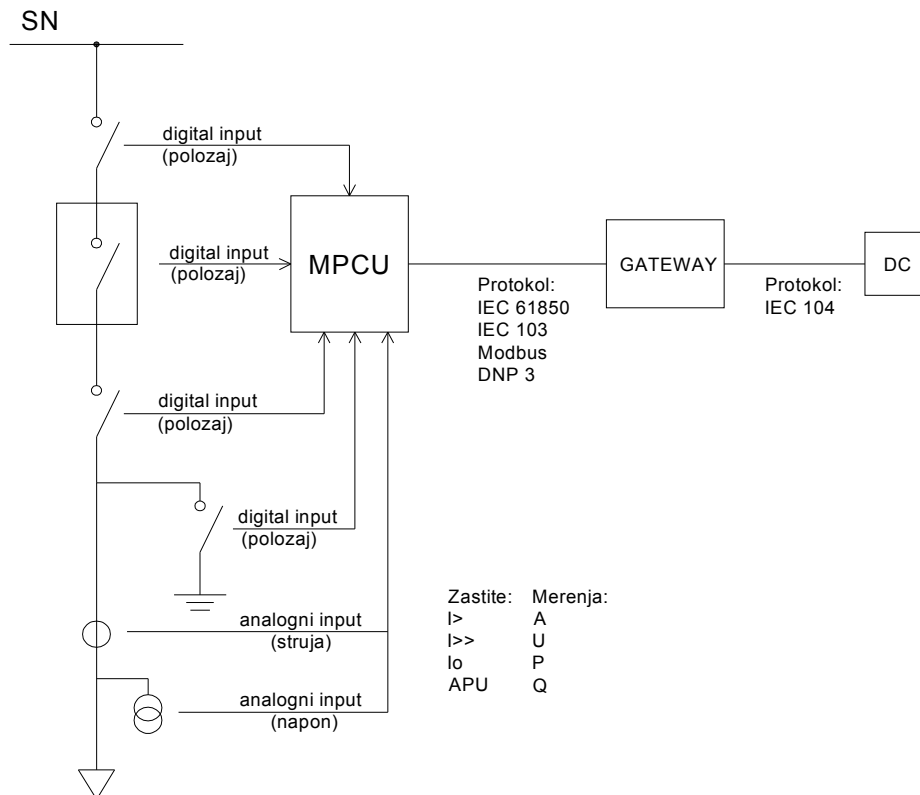
- APU

Poznato je da zaštita ne može raditi bez pomoćnog napajanja, mernih senzora (uglavnom merni transformatori) i izvršnih organa (prekidači), pa se i ovi elementi razmatraju kao delovi sistema zaštite. Pored ovoga u srednjenaponskom polju imamo signalne i merne uređaje, a u poslednje vreme i delove sistema upravljanja.

Ranije su uređaji za zaštitu, merenje i upravljanje bili u različitim kućištima. Čak su i zaštite bile razdvojene, bilo kao posebni moduli ili posebna kućišta. Pomenuto je da izgleda prihvatljivo da se sve ovo objedini u jedan multifunkcionalni uređaj. I proizvođači nam posredno sugerišu ovakva rešenja.

Ovaj rad nema za cilj da pokaže da je jedan ili drugi uređaj bolji, ni da sugerise primenu posebnih ili multifunkcionalnih uređaja. Želja autora je da skrene pažnju na neke poteškoće ili prednosti u korištenju jednog uređaja koji je deo više sistema. Razmatranja su provedena s aspekta zaštite, pa su za jedan i drugi način izvedbe razmatrani: raspoloživost, brzina, osetljivost i selektivnost. Da bi se do kraja ispoštovao dati princip u oba sistema su korišteni uređaji koji imaju iste karakteristike, npr. puzdanost prekostrujne zaštite koja se nalazi u pojedinačnom kućištu je jednaka kao i one koja je deo multifunkcionalnog uređaja.

Na slici 1. je predstavljen šematski prikaz jednog srednjenaponskog voda. Merenje i zaštita su upisani posebno da bi se sugerisalo da mogu biti realizovani kao zasebni uređaji ili u sklopu jedinstvenog uređaja.



Slika 1. Shema srednjenaponskog voda

Pretpostavili smo da uređaji (uređaj) imaju iste performanse, pa je nepotrebno razmatrati slučaj kada strada jedna zaštita (npr. kratkospojna zaštita I>>). Može se pomisliti da bi u sistemu sa više uređaja kao rezerva delovala prekostrujna zaštita. Ovo se neće desiti iz dva razloga:

- pre će isključiti zaštita na višem nivou
- uglavnom su kratkospojna i prekostrujna zaštita u jednom kućištu i u starijim rešenjima

Relevantnija je analiza koja se provodi uz pretpostavku da je otkazao jedan od elemenata prateće opreme. U praksi se najčešće dešava baš ovakav slučaj, otkaz dva prateća elementa je manje verovatan i razmatranje bi pokazalo da je efekat isti kao i kad otkaze jedan element. Ako nedostaje pomoćni napon, onda relej neće reagovati ni kad ima podatak o velikoj struji, ni kad nema. Analizirajmo baš ova dva događaja, ali odvojeno.

2.1. nestanak pomoćnog napajanja

2.2. nepostojanje informacije o mernoj veličini

2.1. Nestanak pomoćnog napajanja

Većina uređaja za zaštitu koristi izvore pomoćnog napajanja. Autonomni uređaji se napajaju iz merne veličine, ali i za njihovo delovanje na izvršni organ potreban je pomoćni napon. Dešava se u pogonu da dođe do prekida napajanja uređaja, bilo zbog pregaranja ili slabog spoja provodnika kojim se potencijal dovodi na uređaj ili osigurač isključi dovod zbog kratkog spoja na nekom uređaju. O ovom problemu govorili smo na prethodnim savetovanjima (lit. 3). Sa aspekta zaštite pri nestanku napajanja i kvaru na vodu i u sistemu sa jednim multifunkcionalnim uređajem i u sistemu sa više uređaja dešava se ista situacija – isključenje izvrši zaštita na višem nivou. Dakle, raspoloživost, brzina i selektivnost oba sistema su iste.

Ako smo poštovali princip, pa posebno razdvojili pomoćni napon za zaštitu, signalizaciju i upravljanje, onda je Šenonova entropija (neuređenost sistema) za sistem sa jednim multifunkcionalnim uređajem veća. Inače, entropija u teoriji informacija se izražava kako je dato u izrazu koji sledi:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i).$$

Potrebno je u svakom trenutku imati informaciju o stanju pomoćnog napajanja i reagovati u slučaju njegovog nestanka. Ovim ćemo smanjiti verovatnoću da se desi nestanak pomoćnog napona u havarijskom režimu.

2.2. Nepostojanje informacije o mernoj veličini

Može se desiti da u pogonu izgubimo mernu veličinu. Uzroci ovoga mogu biti različiti, počev od neispravnosti mernih senzora do prekida veze između senzora i uređaja. Bilo šta da se desi u ovome slučaju i u jednom i u drugom pretpostavljenom sistemu reagovanje zaštite biće isto. Ako se desi takav kvar da ga vidi neka druga zaštita voda (npr. kod preopterećenja može da isključi zemljospojna zaštita) onda će isključenje da se desi na nivou zaštite voda, u suprotnom delovaće zaštita na višem nivou. Kod gubitka informacije o mernoj veličini može da se desi da zaštita isključi vod, iako nije bilo potrebno. Dakle, smanjena je pouzdanost celog sistema zaštite.

Zanimljivo je da je pri ovakvom slučaju neuređenost sistema (entropija) veća za sistem sa više uređaja. Ponekad dugo vremena nemamo informaciju o mernoj veličini, a da to ne znamo, jer je merenje struje (veličina koja nedostaje za rad zaštite) ostvareno na drugom jezgru mernog transformatora.

3. Analiza rada multifunkcionalnog uređaja za zaštitu transformatora

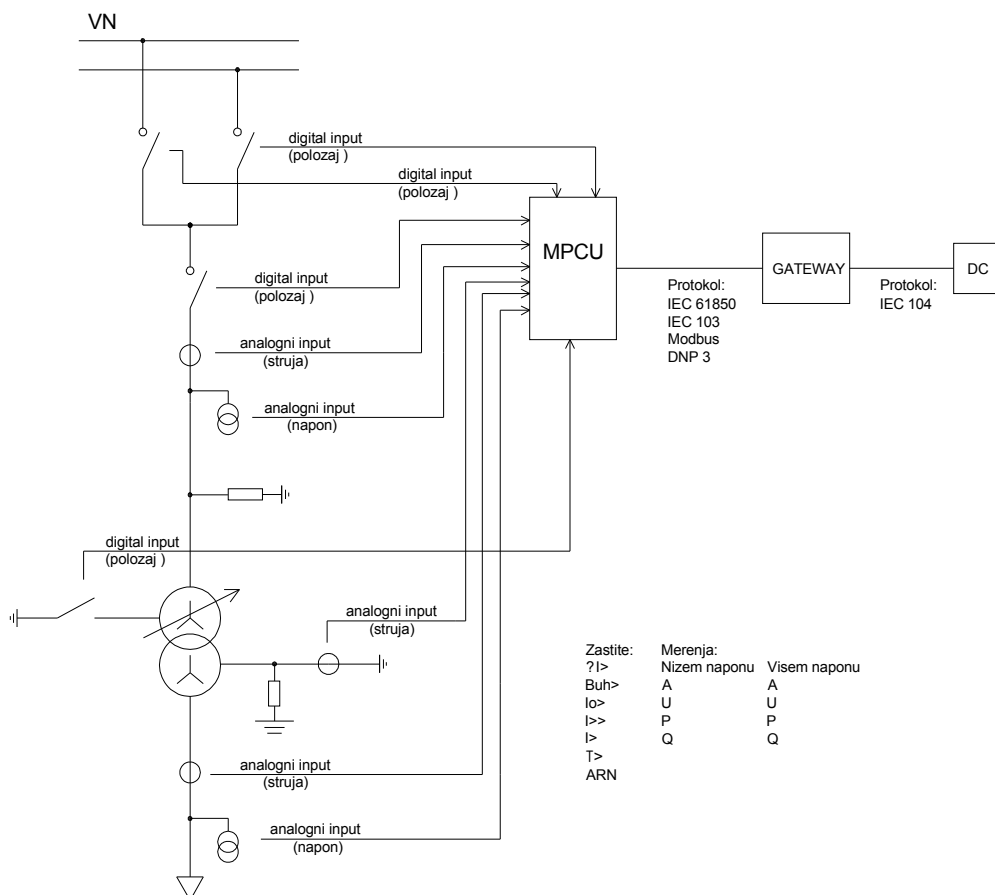
Čini se da će analiza za zaštitu transformatora (SN/SN ili VN/SN) dati iste rezultate kao i ona za zaštitu voda, a nije tako. Onaj događaj pomenut u Uvodu potvrđuje ovakav zaključak. Jednostavno na jedan transformator priključeno je više vodova, pa su posledice, pri nekom nepotrebnom delovanju ili ne delovanju u slučaju potrebe, daleko veće. Uostalom, u nekim trafostanicama se opremaju rezervni vodovi, pa nije veliki problem ako je potrebno napajanje određenog konzuma sa jednog izvoda prebaciti na drugi. Da, ali i u jednoj transformatorskoj stanici imamo više transformatora i „teret“ se na njima može rasporediti prema potrebama. Ipak, nije ovo isto, jer od transformatora zavisi daleko više potrošača. I rezervna oprema se drugačije obezbeđuje. O svemu ovome biće govora kasnije.

Analizu ćemo provesti kao i prethodno, ali ćemo pre razmatranja opisati onaj pogonski događaj.

3.1. Opis pogonskog događaja

Na transformatorskoj stanici jednog industrijskog postrojenja desila se havarija. Šta je tačan uzrok dešavanja stvar je nadležnih službi, sa aspekta zaštite važno je da se desio prenapon na kablu koji se preko naponskih mernih transformatora preneo na multifuncionalni uređaj za merenje, zaštitu i upravljanje. Svaki proizvođač varistorima štiti svoj uređaj od prenapona. Pri pojavi povišenog napona varistor zaštiti uređaj, ali strada. Ovo stradanje može da se očituje kao kratak spoj na naponskom ulazu ili varistor prsne. U prvom slučaju ne možemo da uspostavimo napon, a u drugom nastavimo s normalnim pogonom, ali više nemamo zaštitu na naponskom ulazu. U pogonskom događaju koji opisujem desio se teži slučaj, varistor je napravio kratak spoj. Povoljna okolnost je što nijedna zaštita nije zavisala od napona, ali šta to vredi kad je u istom uređaju realizovano i merenje napona. Transformator se nije mogao uključiti bez zaštite, a kad se ona uključi naponski automat isključi dovod naponskog signala. Jedino rešenje je bilo da se provodnik kojim se dovodi naponski signal odvoji od multifunkcionalnog uređaja. Transformator se mogao pustiti u pogon, ali je i dalje ostao problem servisiranja uređaja. Daleko bi bilo jednostavnije da su merenje i zaštita realizovani posebnim uređajima.

Na slici 2. je predstavljen šematski prikaz jednog transformatorskog polja. Merenje i zaštita su upisani posebno da bi se sugerisalo da mogu biti realizovani kao zasebni uređaji ili u sklopu jedinstvenog uređaja.



Slika 2. Shema transformatorskog polja

Ono što smo analizirali kod zaštite srednjenaponskog voda, razmotrićemo i kod zaštite transformatora:

- 3.2. nestanak pomoćnog napajanja
- 3.3. nepostojanje informacije o mernoj veličini

3.1. Nestanak pomoćnog napajanja

Ono što je rečeno u početnom delu odeljka 2.1. ovde može da se ponovi. Specifičnost može da bude postojanje dva pomoćna napajanja, ali nije na svim mestima ispoštovan ovaj princip. Kod većih (i onih koji su većeg značaja) transformatora zaštite se realizuju sa dva napajanja, od kojih je jedno glavno. Ono što svaki transformator ima je zaštita montirana direktno na njemu (Buholcov relej). Čak i ako koristimo multifunkcionalni uređaj gasni relej je posebnom kućištu. Ponekad se delovanje Buholca kao binarni ulaz vodi na multifunkcionalni uređaj i odavde se vrši isključenje. Ovo je pogrešno, čak je poželjno da komandni signal sa ovog releja bude na drugom pomoćnom naponu. Sa aspekta zaštite i za jedan i za drugi sistem efekti nestanka pomoćnog napona su isti. U oba sistema u slučaju kvara na transformatoru i nestanku pomoćnog napajanja isključenje će izvršiti ili rezervna zaštita koja je na drugom napajanju ili Buholcov relej. Loše je ako u ovom slučaju isključenje izvrši dalekovodna zaštita.

Kao i u slučaju zaštite srednjenaponskog voda i ovde je veća entropija za sistem sa multifunkcionalnim uređajem.

3.2. Nepostojanje informacije o mernoj veličini

Nepostojanje nekih od mernih veličina samo može malo da uspori delovanje transformatorskih zaštita, pogotovo ako je korištena i diferencijalna zaštita. Transformator se uvek štiti glavnim i rezervnim zaštitama. Pravilo je da se diferencijalna zaštita priključuje na posebne merne transformatore. Iz ovoga je jasno da ako nemamo informaciju sa mernog transformatora (ili transformatora), u slučaju potrebe aktiviraće se neka druga zaštita koja ima sve merne veličine. Sigurnost je očuvana, ali može da bude problem sa pouzdanošću. Ako izgubi jednu mernu veličinu diferencijalna zaštita će nepotrebno isključiti. Ovo ne zavisi od smeštanja diferencijalne zaštite, i kao deo multifunkcionalnog uređaja i ako je poseban uređaj ona će isto reagovati.

Na ovom mestu treba prokomentarisati pogonski događaj opisan na početku ovog poglavlja. Gubitak mernog napona ne utiče na rad zaštita, ali nema merenja. Bez merenja transformator transformator može da radi, bez zaštite ne. Problem je ako se nalaze u istom kućištu, pa je za servisiranje mernog uređaja potrebno isključiti zaštitu.

4. Zaključak

Iz provedene analize jasno je da se sistem zaštite u okviru multifunkcionalnog uređaja bitno ne razlikuje od sistema zaštite u posebnim uređajima, sve osobine zaštite su očuvane. Ipak, gde je ekonomski opravdano zaštitu, merenje i upravljanje treba razdvojiti. Entropija sistema sa više uređaja je manja, a poseban problem nastaje kod servisiranja multifunkcionalnih uređaja.

Ako se odlučimo za korištenje multifunkcionalnog uređaja treba koristiti sledeće:

- obezbediti rezervni uređaj (zbog ovoga je zaštita srednjenaponskog voda u okviru multifunkcionalnog uređaja prihvatljivija)
- gde god je moguće razdvojiti krugove pomoćnog napajanja
- obezbediti signalizaciju kvara na pratećoj opremi

5. Literatura

1. Ž. Kuvač, N.Ristić: Kriterijumi za izbor zaštite u elektrodistributivnim postrojenjima, CIRED 2002.
2. Ž. Kuvač: Zaštita i upravljanje u TS VN/SN i SN/SN, CIRED 2010.
3. Ž. Kuvač, M.Ristić: Kontrola pomoćnog napajanja u srednjenaponskim postrojenjima, CIRED 2012.
4. F. Božuta: Automatski zaštitni uređaji elektroenergetskih postrojenja, Sarajevo 1980.
5. Z. Salčić, B. Ključić: Analiza signala i sistema, Sarajevo