

ZAŠTITA I UPRAVLJANJE U TS VN/SN I SN/SN

Željko Kuvač, Kvazar , Beograd

UVOD

Danas električna energija predstavlja osnovni vid energije. Život bi nam bio siromašniji bez kućanskih aparata koji koriste el. energiju, fabrike teško da bi uspele nešto proizvesti bez elektromotora, noćni život bi zamro bez el. osvetljenja... Daleko bismo otišli kad bi nabrajali sve ono za šta je potrebna el. energija. I sigurno bi nešto zaboravili, jer stalno se pojavljuju novi el. uređaji. Ovo neminovno dovodi do:

- veće potražnje el. energije
- povećanje zahteva na prenosne mogućnosti el. energetskog sistema
- zahteva potrošača da imaju neprekidno napajanje.

Na sve ove zahteve treba dati odgovor. Kako?

- a) izgradnjom novih el.energetskih objekata (naročito izvora)
- b) projektovanjem i dimenzionisanjem sistema tako da on radi blizu granica stabilnosti
- c) neprekidnim nadzorom sistema i brzim i odgovarajućim reagovanjem u slučaju havarijskog ili poremećenog stanja el. energetskog sistema

Očito je da su svi koraci, koje bi trebali poduzeti, u međusobnoj sprezi. Npr.:

- ako je sistem preopterećeniji (bliže granicama stabilnosti) onda mora biti strožija njegova kontrola.
- ako uložimo u izgradnju novih izvora onda nemamo potrebe da sistem dovodimo u blizinu granica stabilnosti ...

Pre nego što se odlučimo na bilo koji korak moramo izvršiti analizu. Mora biti jasno šta – svojim činjenjem ili nečinjenjem – dobivamo, a šta gubimo. I dešava se da provedene analize nisu objektivne. U prvi plan se ističe nešto što suštinski nije važno. Da bi dali svoj doprinos u rešavanju ovog problema pokušali smo skrenuti pažnju na osnovne zadatke zaštite i daljinskog upravljanja (korak c).

ZAŠTITA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Zaštita trajno nadzire karakteristične električne ili druge veličine šticeenog objekta (objekat – deo el. energetskog sistema). U slučaju da posmatrana veličina pređe propisane granice, zaštita će dati nalog za isključenje prekidača ili će inicirati preduzimanje drugih propisanih radnji.

Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred zaštitu su:

- a) raspoloživost (pouzdanost, sigurnost)
- b) selektivnost
- c) osetljivost
- d) brzina delovanja

Raspoloživost

Iz definicije zaštite vidi se da ona mora biti stalno raspoloživa, jer trajno nadzire neke karakteristične veličine. Uslov *stalno* nije lako ostvarljiv.

Raspoloživost možemo odrediti sa:

$$k_r = \frac{1}{1 + \frac{T_o}{T_r}} \quad (1)$$

gde je: k_r – koficijent raspoloživosti

T_o - vreme otkaza uređaja

T_r – vreme raspoloživosti uređaja

Koeficijent raspoloživosti obično se određuje za neki duži vremenski period (npr. godina). Specifičnost uređaja za zaštitu je da mogu imati veliki koficijent raspoloživosti, a da su neupotrebljivi. Zaštita ne sme da zataji (treba sigurno delovati u slučaju pojave kvara u zoni za koju je nadležna), a istovremeno ne sme delovati kod kvarova ili poremećaja van zone delovanja. Ovim se definišu pouzdanost i sigurnost.

Problemi koji se mogu javiti prilikom odgovora na ovaj zahtev su:

- moguće greške i kvarovi na relejima
- greške u krugovima pomoćnog napona
- greške u isključnim krugovima
- greške u mernim organima (transformatori i sl.)
- uticaj tranzijentnih prenapona ili elektromagnetnih polja na statičke ili mikroprocesorski bazirane zaštite

U sistemima zaštite nekog objekta pouzdanost se povećava ugradnjom rezervnih zaštita ili davanjem uloge rezervnih nekim, već, ugrađenim. Tako jedan uređaj istovremeno je za jedan objekat osnovna zaštita, a za drugi rezervna.

Selektivnost

Selektivnost je osobina zaštite koja omogućava isključenje samo onog elementa na kome se pojavio kvar bez obzira na oblik mreže. I ovde imamo nekoliko problema ili suprotnih zahteva koje treba pomiriti:

- velike struje opterećenja na koje zaštita ne treba delovati uz zahtev da zaštita bude osetljiva kod kvara u njenoj zoni delovanja (npr. diferencijalna zaštita)
- visoko – frekventni tranzijenti
- slom napona kod bliskog tropolnog kratkog spoja (npr. kod usmerenih zaštita)

Osetljivost

Zaštita treba da je dovoljno osetljiva na minimalne vrednosti kod kvara u osnovnoj i rezervnoj zoni delovanja, a neosetljiva na maksimalne vrednosti kod kvarova ili poremećaja van njene zone. Na osetljivost mogu uticati:

- velike struje opterećenja pri kvarovima ili poremećajima u delovima sistema koji se ne štite ovom zaštitom
- potreban nizak nivo proradnih vrednosti i teškoće pri razlikovanju proradne vrednosti od greške (npr. nesavršenost mernih transformatora ili filtra)
- uticaj viših harmonika
- mogućnost pojave velikih prelaznih otpora, vrlo dugi i jako opterećeni vodovi

Brzina

Od zaštite se zahteva da deluje što brže. Brzim delovanjem prilikom kvara se:

- reduciraju razaranja ($t_{is} < 0,1s$), t_{is} - vreme isključenja
- smanjuju se stresovi na EES ($t_{is} < 0,2s$)
- smanjuje se uticaj na potrošače ($t_{is} < 0,5s$)
- reducira se jonizacija

Da bi zaštita delovala brzo mogu je sprečiti:

- istovremeni zahtev za selektivnošću i brzim delovanjem
- visokofrekventni tranzijenti
- spor prekidač

Značajno je naglasiti: Treba razlikovati brzinu delovanja zaštite u havarijskom i poremećenom režimu rada.

Osobine zaštite su, verovatno, poznate svim onim koji su imali potrebu da konstruišu, projektuju ili koriste zaštitne uređaje. Problemi nastaju što se ova znanja koriste neselektivno (koristi se ono što nije važno) i malo kombinuju sa zakonitostima iz drugih oblasti i drugih nauka. Jasno je da ako nešto radimo od toga očekujemo korist. Najčešće se dobit izražava u nekoj od valuta, ali korist ne mora biti samo materijalna. Ne mora biti ni izražena u kratkom vremenskom periodu. Ugradnjom nove, savremene opreme investiramo za *budućnost*. Iza ove rečenice mogu se prikriti greške pri izboru zaštitne opreme. Treba biti oprezan, pa odrediti gde se nalazi *budućnost* i šta dobijamo kad se *budućnost* pojavi. Neke nepoznanice prilikom izbora zaštite mogu se prevazići preporukama. Doneli smo preporuke, ali smo ih odmah proglasili zastarelim. (Nisu pravljene za mikroprocesorske zaštite.) I neki drugi zakoni – doneti u skupštinama – mogu nas odvući od najboljeg rešenja. Koji bi, po nama, bio ispravan put u traženju optimalnog rešenja diskutovaćemo kasnije. Ovde pomenimo neke česte greške koje bi trebalo izbegavati:

- povećavamo pouzdanost uvođenjem rezervnih zaštita, iako imamo traženu sigurnost i pouzdanost ako ugradimo samo osnovnu zaštitu
- tražimo zaštitu koja će biti osetljiva na neke kvarove koji realno ne mogu da se pojave ili će šteta prouzrokovana ovim kvarom biti višestruko manja od zaštite
- tražimo brzu zaštitu, a to nije potrebno (npr. od zaštite u nekom poremećenom stanju tražimo brzo detektovanje kvara, a onda delovanje zaštite vremenski zatežemo)
- traži se selektivost koja se, zbog topologije mreže, teško može postići.

DALJINSKO UPRAVLJANJE U TS

Svaki deo elektroenergetskog sistema je, na određen način, upravljiv. Komandovanje određenim aparatima (ili sklopovima) može biti različito:

- manuelno
- preko drugih aparata iz podsistema
- daljinskom komandom

Energetski prekidač možemo isključiti delujući na njega manuelno (okidačem na samom prekidaču ili nekim električnim signalom). Isti prekidač može isključiti neka od zaštita, ali i signal koji smo poslali iz nekog udaljenog upravljačkog centra. Ovo su poznate činjenice, pa, ipak, o ovome treba razgovarati. Često se koristi jedan, drugi ili treći način komandovanja bez prethodno provedene analize. Dešava se da u nekim delovima sistema nemamo odgovarajuću zaštitu (prekidačem se može upravljati jedino ručno). Isto tako ima i suprotnih primera. Uvodi se daljinsko upravljanje (uz mogućnost ručnog komandovanja i davanja naloga nekim drugim aparatom), iako troškovi ovoga višestruko prevazilaze koristi. Daljinsko upravljanje TS objedinjuje u sebi nadzor, zaštitu i komandovanje u okviru TS. Nesumnjivo od ovakvog sistema imamo velike koristi. Uređaji u okviru TS nadziru rad objekta, ako neka veličina izađe van predviđenih granica automatika će delovati prema predviđenom programu i o svim dešavnjima obaveštava se centar upravljanja. Iz centra upravljanja mogu se izdavati izvršne komande. Uređaji u okviru TS moraju međusobno komunicirati, a mora se ostvariti komunikacija i sa centrom upravljanja. Evidentno je da se mora uvesti protokol prema kome se ponašaju svi učesnici u komunikaciji.

U poslednje vreme vodi se mnogo diskusija o korištenju protokola. Jedan proizvođač sugeriše korištenja jednog pravila komunikacije, drugi drugog, treći trećeg. Neki učesnike u komunikaciji vezuju na jedan način (zvezda), a drugi tvrde da je bolji drugi način (prsten). Nemam nameru da sugerišem korištenje bilo kojeg protokola. Važno je:

a) dogovoriti korištenje jednog protokola, da se korisnik ne bi odlučivao prema svojim ličnim simpatijama

b) uraditi odgovarajuću preporuku

c) prioritet dodeliti zaštiti

d) odrediti rezervu u slučaju nekog kvara u komunikaciji

Preporuka da se koristi određeni protokol ima niz prednosti. Ne moramo pri gradnji svakog objekta da iznova učimo pravila u komunikaciji. Mada se čini da je ovo jednostavan zadatak, treba uzeti u obzir da ovaj proces moraju proći projektanti, izvođači, korisnici...

Da se ne bi stalno menjao protokol (suprotno dogovoru) potrebno je ovo overiti preporukom.

Pošto rad zaštite signalizira havarijsko ili poremećeno stanje prekidaču treba brzo izdati komandu, bez obzira na neka druga dešavanja. (Treba razmisliti da li ovo rešiti GOOSE porukama ili žičnim putem.)

U slučaju nekog kvara u komunikaciji treba imati rezervu za delovanje u vanrednim situacijama. (Čini se da dupliranje komunikacionih kanala nije najbolje rešenje.)

POUZDANOST SISTEMA

Nastojimo da nam svaki sistem bude što pouzdaniji. Sve što radimo podređeno je ostvarivanju ovog cilja. Ranije smo definisali šta se podrazumeva pod pozdanošću zaštite. Ovu definiciju ćemo uopštiti:

" Pouzdanost nekog uređaja je verovatnoća da će on uspešno obavljati postavljene zadatke unutar određenog vremenskog razdoblja".

(Termin pouzdanost se ovde koristi i za pouzdanost i za sigurnost.)

Funkciju pouzdanosti možemo odrediti:

$$p(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (2)$$

gde je: $p(t)$ – funkcija pouzdanosti, $f(t)$ - funkcija distribucije kvarova

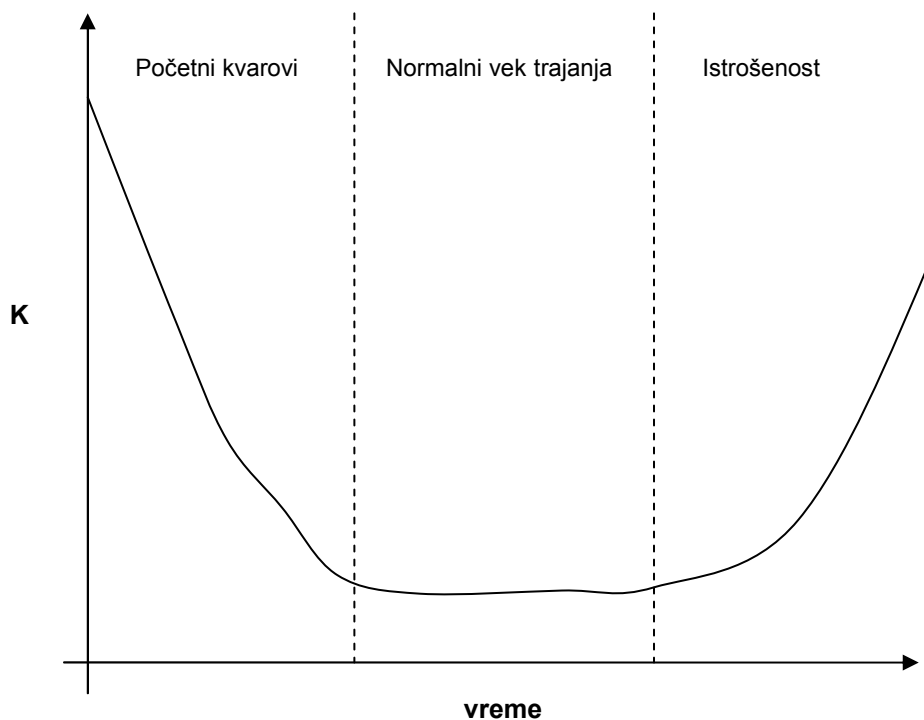
Ako posmatramo neki uređaj ili sistem onda intezitet njegovih kvarova (koji je obrnuto proporcionalan pouzdanost) u toku vremena ima sledeći oblik:

Slika 1. prikazuje tri karakteristična područja u toku eksploatacije uređaja.

a) I faza - početni kvarovi

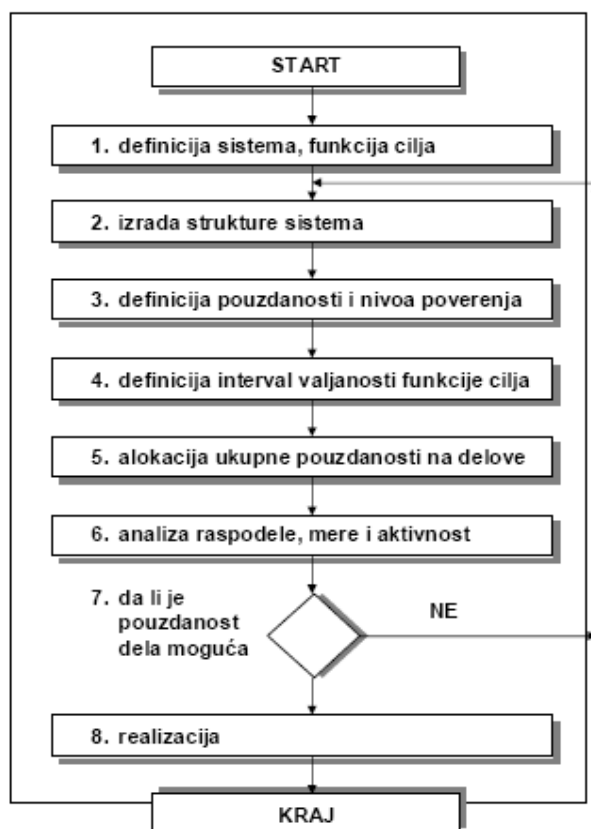
b) II faza - normalan vek trajanja

c) III faza - istrošenost



Slika 1. Tri karakteristična područja u toku eksploatacije uređaja

U fazi početnih kvarova, greške i smetnje se pojavljuju često i imaju tendenciju smirivanja. Ovo razdoblje se tretira kao probni rad uređaja. Ovde se uvodi pooštrena kontrola i otklonjaju se projektne, proizvodne i montažne greške. U ovoj fazi " lambda funkcija" (intezitet kvarova) odgovara funkciji Weibullove raspodele. U drugoj fazi (normalan vek trajanja) kvarovi su povremeni i slučajni. Funkcija inteziteta kvarova u ovoj fazi odgovara Poissonovoj raspodeli. U trećoj fazi intezitet kvarova ima tendenciju brzog rasta, čiji je uzrok starost i istrošenost komponenti. Ovo pokazuje da bi se uređaj trebao detaljno obnoviti ili zameniti novim. Lambda funkcija u ovom razdoblju može se aproksimirati Gaussovom raspodelom.



Slika 2. Metodološki pristup u projektovanju novog sistema

Napred izložena teorija odnosi se na pouzdanost ugrađenih uređaja i sistema. Često imamo obrnut zadatak – trebamo projektovati sistem (ili uređaj) koji će imati unapred zadanu pouzdanost. Metodološki pristup u projektovanju novog sistema, ukoliko se želi ugraditi unapred željena pouzdanost, ima nekoliko faza. Ovo je prikazano blok – dijagramom na slici 2.

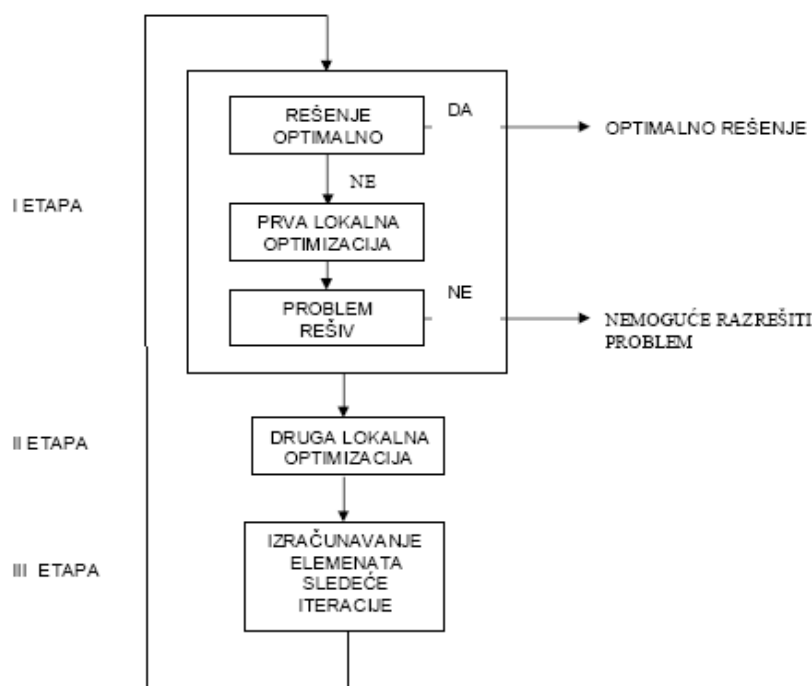
IZBOR NAJBOLJEG REŠENJA

Uvek nastojimo da ono što radimo bude najbolje. Traženje najboljeg obično se svode na traženje minimalne ili maksimalne vrednosti (npr. minimalna cena ili najviše tehničke performanse). Kad imamo samo jedan kriterijum po kome biramo najbolje rešenje zadatak je lako rešiv. Problemi nastaju kad imamo više kriterijuma (npr. najniža cena i najbolje tehničke performanse). U ovom slučaju treba postupiti na sledeći način:

- a) definisati funkciju cilja
- b) odrediti način izračunavanja baznog rešenja (uključujući i početno)
- c) prelaz od jednog baznog rešenja ka drugom sa predznakom poboljšanja
- d) određivanje kriterijuma za proveru optimalnosti rešenja

Bazna rešenja su ona rešenja koja određuju granične vrednosti (minimalne ili maksimalne). Svako bazno rešenje nije i dozvoljeno (npr. cena ne može biti nula).

Metod za izbor najboljeg (optimalnog) rešenja je ustvari iterativni postupak, gde mi iz skupa dozvoljenih rešenja Ω_x biramo najbolje. Ovaj postupak je poznat pod imenom metod sukcesivnog poboljšavanja plana ili simpleks metod. Naziv simpleks potiče od oblika skupa Ω_x koji je mnogougao u geometriji nazvan "simpleks". Algoritam za izbor najboljeg rešenja prestavljen je na slici 3.



Slika 3. Algoritam za izbor najboljeg rešenja

Najbolje rešenje pri rekonstrukciji

U rekonstrukciju nekog objekta možemo pristupiti zbog:

- a) neki uređaji ili aparati su postali nepouzdati pa ih treba zameniti
- b) ugradnje savremenijeg rešenja

U oba slučaja moramo odrediti pouzdanost postojeće opreme, a onda pristupiti pronalaženju najboljeg rešenja. Moramo imati pokazatelj šta u svakoj varijanti dobijamo, a šta gubimo. Kao dozvoljeno bazno rešenje treba razmatrati i mogućnost da se postojeća oprema ne menja.

Najbolje rešenje pri izgradnji novih objekata

Kod izgradnje novih objekata, čini se, da je jasna situacija. Treba uzeti najsavremenije rešenje uz najmanju moguću cenu. U "jasnosti" se može i preterati, pa se zanemaruju mnoge činjenice:

- dozvoljena je ugradnja svake zaštite koja ima osobine zahtevane preporukama
- dodatna funkcija neke zaštite ne mora biti njena prednost (npr. u uzemljenoj mreži nije nam potrebna usmerena zemljospojna zaštita)
- treba voditi računa o jednobraznosti opreme (rezerva, obuka i dr.)
- treba uvek razmatrati situaciju šta se dešava kad otkáže jedan od elementa
- zaštita i daljinsko upravljanje su u funkciji sistema za isporuku el. energije

ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada nije bio da daje gotova rešenja, niti da propisuje zakone. Pomenuto je ono o čemu se treba voditi računa pri izboru zaštite i opreme za daljinsko upravljanje u TS VN/ SN i TS SN/SN.

LITERATURA

1. Franjo Božuta: Projektovanje sistema zaštite elektroenergetskih postrojenja – postdiplomski magistarski studij, Sarajevo 1987.
2. Željko Kuvač, Novo Ristić: Metodologija izbora najboljeg rešenja sistema upravljanja i sistema zaštite u elektroenergetskom sistemu, CIGRE Srbija 2009.
3. Dragan Ljamić: Određivanje intervala pouzdanosti elemenata složenog sistema za poznatu funkciju kriterijuma pri projektovanju, Vojnotehnički glasnik 2/09