

STANJE I PRAVCI RAZVITKA RELEJNE ZAŠTITE DISTRIBUCIJSKIH EL. EN. POSTROJENJA

SAŽETAK

Razvitkom el. energetskeg sustava i potrebom za osiguranjem što kvalitetnije opskrbe potrošača el. energijom raste i značaj sekundarnih sustava postrojenja, a posebno relejne zaštite.

Radi toga su prikupljeni podaci o tehnološkim vrstama i starosti instaliranih relejnih zaštita u distributivnim postrojenjima HEP-a. Na temelju tih podataka i iskustvenim parametrima može se dati procjena stanja relejne zaštite.

Temeljem procjene sugerira se revitalizacija određenog broja polja sa tehnologijom zaštite koja se može tretirati kao prestižna. Radi se o numeričkim uređajima za zaštitu, upravljanje i nadzor.

Uvođenjem numeričke tehnologije u postrojenja nužno će doći do integracije funkcija na razini polja i sve veće uporabe informacija iz tih uređaja u svrhu što kvalitetnije isporuke el. energije.

Ključne riječi: relejna zaštita, numerička tehnologija, distributivna trafostanica,

CONDITION AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF RELAY PROTECTION IN DISTRIBUTION UTILITY

ABSTRACT

The development of Electrical Power System and consumer demand for Power Quality increases the importance of secondary systems especially Relay Protection system. These are the reasons for collecting data about technological types and time in use of protections installed in Distribution Utility of HEP. This data and experience of maintaining the protection relays are the base for estimation of condition in what the protection relays are.

The estimation is the base for suggested reconstruction of some number of bays with advanced technology protection relays. This advanced technology assumes numerical relays for Protection, Control and Supervision.

Introducing new numerical technology in substations leads to integration of function on bay level and to use information from these relays (terminals) for increasing power quality level.

Key words: protection, digital technology, distribution substation

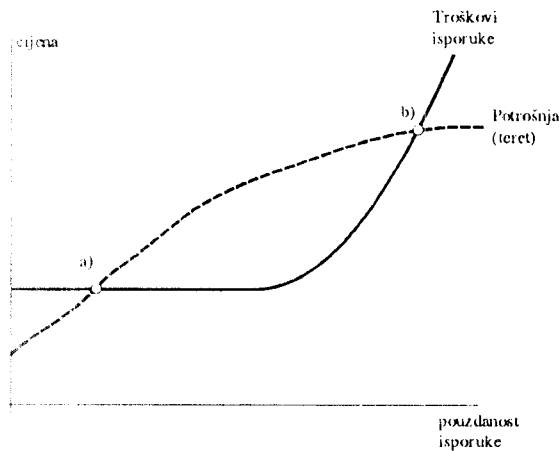
1. UVOD

Početak elektrifikacije pojavljuju se i prvi začeci relejne zaštite u Hrvatskoj. Razvitkom el. energetske mreže razvijala se i relejna zaštita kao sastavni dio el. energetske sustava. Prve relejne zaštite su primarni releji koji mjernu veličinu zahvaćaju iz primarnih energetske krugova. Potrebnom osiguranja veće sigurnosti postrojenja razvijaju se sekundarni sustavi relejne zaštite, čija je osnovna značajka uzimanje mjerne veličine iz mjernih transformatora. U tehnološkom razvoju relejne zaštite susrećemo elektromehaničke, statičke i numeričke relejne zaštite.

Prve relejne zaštite su bile u elektromehaničkoj izvedbi i pokrivala su sveukupno područje primjene zaštita u el. energetskim postrojenjima sve do šezdesetih godina. Pojavom poluvodiča razvijaju se "statičke" relejne zaštite. Ova vrsta relejnih zaštita preuzima primat nad elektromehanicom te pokriva gotovo sve vrste relejnih zaštita sve do osamdesetih godina. U osamdesetim godinama smo svjedoci nagloga razvitka mikroprocesora što ima za posljedicu pojave prvih numeričkih zaštita. Novi sustavi relejnih zaštita bazirani na digitalizaciji ulaznog signala te njegovoj obradi u mikroprocesorima, sve više zamjenjuju postojeće sustave zaštita.

Da bi se ostvarila kvalitetna opskrba potrošača električnom energijom potrebno je ispuniti čitav niz zahtjeva, a jedan od njih je i odgovarajuća relejna zaštita.

Sustav treba biti tako projektiran i izveden da omogući isporuku el. energije uz zadovoljenje dva osnovna uvjeta: pouzdanost el.energetskog sustava i ekonomičnost el. energetske sustava, odnosno podsustava. Ta dva zahtjeva su u međusobnoj suprotnosti, treba naći optimalno rješenje. Za osiguranje visoke pouzdanosti postrojenja potrebno je uložiti velika sredstva, a tada nije zadovoljen ekonomski interes. Optimalno rješenje prikazano je na slici 1. i nalazi se između točaka a) i b).



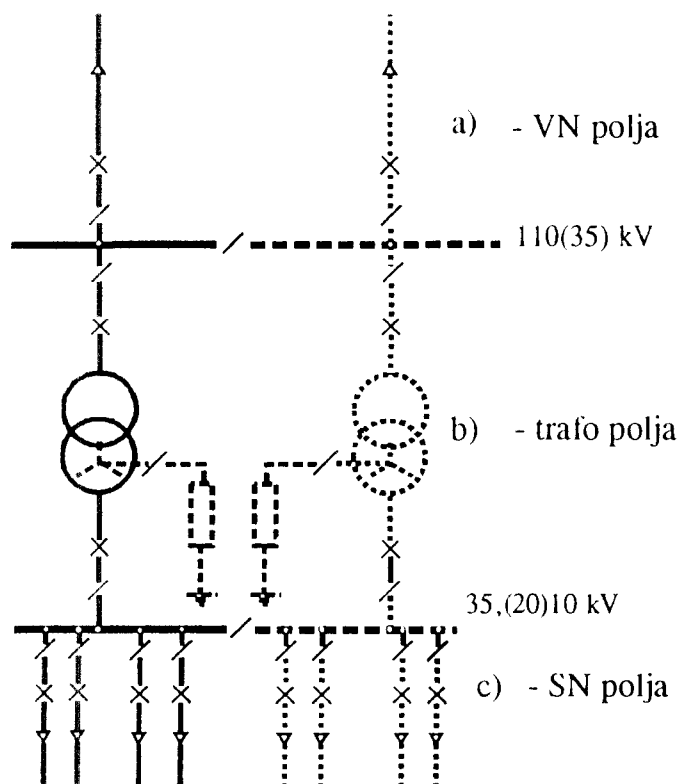
Slika 1.

Na slici 1. se vidi troškovna ovisnost trošak – pouzdanost za cijeli sustav odnosno podsustav, a upravo na istom principu su i troškovi relejne zaštite sa pripadajućim sekundarnim krugovima. Prema tom prihvaćenom principu prihvatile su se globalne sheme relejnih zaštita za distributivna postrojenja. Te globalne sheme razlikuju se od slučaja do slučaja upravo prema ovisnosti prikazanoj na slici 1.

2. STANJE RELEJNE ZAŠTITE U DISTRIBUTIVNIM POSTROJENJIMA HEP

U ovom tekstu govorimo isključivo o sekundarnim relejnim zaštitama u HEP-ovim distributivnim trafostanicama 110/x kV i 35/x kV. Radi boljeg razumijevanja, prikazana su neka opća rješenja relejnih zaštita u distributivnim postrojenjima. Distributivne transformatorske stanice u HEP-u su raznovrsne, kako shemom tako i instaliranom snagom, a i režimom rada. Postoje trafostanice sa instaliranom snagom od 4 MVA pa sve do 80 MVA. Broj distributivnih odvoda varira od svega 2 pa sve do 40. Iz ovih se podataka vidi kolika je raznolikost postrojenja prisutna u HEP-u.

Karakteristična transformatorska stanica prikazana je jednopolnom shemom na slici 2.

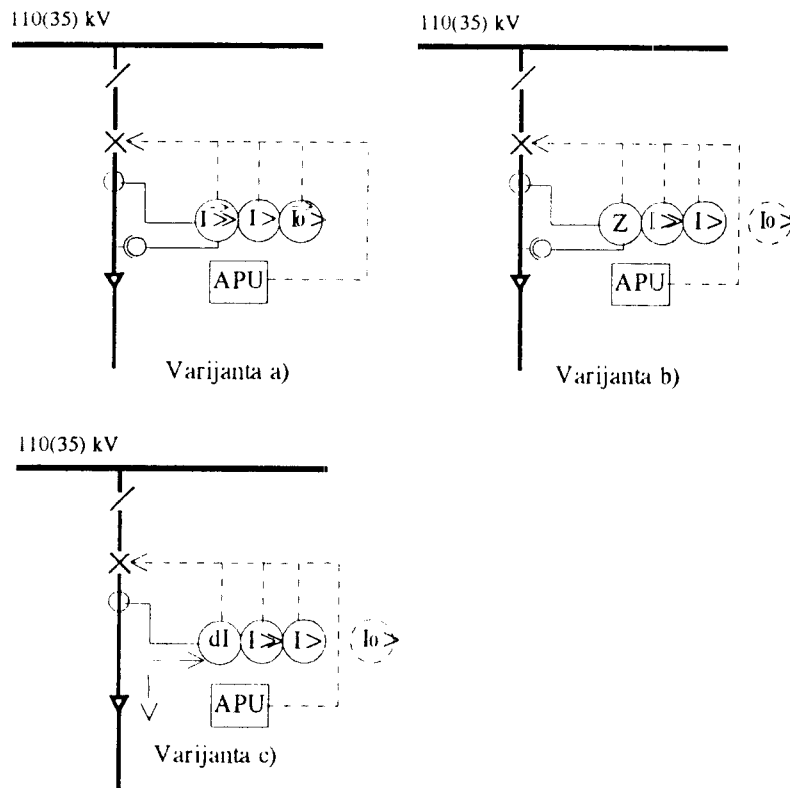


Slika 2. Karakteristična jednopolna shema distributivne trafostanice

Kako je karakteristika i "gustoća" konzuma različita od DP-a do DP-a pa onda i ta shema varira po snazi i strukturi. Distributivnu trafostanicu prepoznatljive H - sheme susrećemo u obličju ekspanzirane H - sheme, pa sve do blok spojeva VN vod distributivni transformator. Snaga instaliranih transformatora je od 4 MVA do 60 MVA . U tako šarolikim postrojenjima instalirana je isto tako vrlo raznolika relejna zaštita kako prema tehnologiji tako i prema "filozofiji" šticeenja elemenata tog dijela el. energetskog postrojenja. Podjela relejne zaštite distributivne trafostanice može se napraviti u tri glavna dijela: VN polja, trafo polja i SN polja. Ta podjela je naravno vrlo široka, sa namjerom da se globalno sagleda kvantitativne i donekle kvalitativne parametre zaštite distributivne trafostanice. Zaštita VN polja prikazana je shematski na slici 3.

Pod VN poljem smatraju se svi dovodni i odvodni vodovi koji su spojeni na VN sabirnice distributivne trafostanice. Vodovi su napona 110 ili 35 kV, raznih prijenosnih moći i izvedbi. Izvedbe su od zračnih vodova (dalekovoda), kabelskih podzemnih i podmorskih vodova. Takvo šarenilo vrsta vodova prati i šarenilo instaliranih zaštita. Prema vrsti vodova susrećemo i razne varijante šticeenja tih vodova.

Varijante relejne zaštite



- $I \gg$ - TRENUTNA NADSTRUJNA ZAŠTITA
 $I >$ - NADSTRUJNA ZAŠTITA SA VREMENSKOM ODGODOM
 $I_0 >$ - NADSTRUJNA ZEMLJOSPOJNA ZAŠTITA
 dI - UZDUŽNA DIFERENCIJALNA ZAŠTITA
 Z - DISTANTNA ZAŠTITA
 APU - AUTOMATSKI PONOJNI UKLOP

Slika 3. VN polje u distributivnoj trafostanici

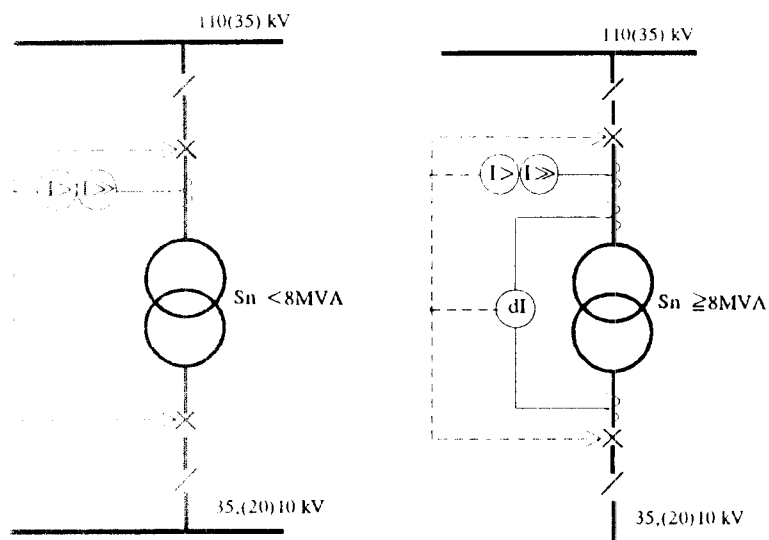
Najraširenija varijanta je varijanta a) koja se sastoji iz nadstrujnih zaštita nadopunjena sa zaštitom od jednopolnih kvarova, te relejom za automatski ponovni uklop. Svakako, ova varijanta je vrlo općenitog karaktera, te varira od trafostanice do trafostanice.

Varijanta b) se susreće kod dužih zračnih vodova i redovito kod 110 kV vodova. Distantna zaštita je osnovna zaštita voda, a dopunjava se nadstrujnom zaštitom kao rezervnom zaštitom. Osjetljiva zaštita od jednopolnih kvarova je opcija koja se ponegdje koristi. Automatski ponovni uklop se redovno ugrađuje kod zračnih vodova. Kao i kod varijante a), shema varira u izvedbi od trafostanice do trafostanice.

Varijanta c) je najmanje zastupljena, no ipak je susrećemo. Ovakva izvedba uglavnom pokriva vodove u kabelskoj izvedbi. Kao i prethodna varijanta dopunjava se nadstrujnom zaštitom kao rezervnom zaštitom, te kao opcija dopunjava se osjetljivom zaštitom od jednopolnih kvarova. Kada se koristi ovakva varijanta zaštite za zaštitu zračnog voda, tada se ugrađuje i automatski ponovni uklop.

Relejna zaštita trafo polja, koju ćemo ovdje navesti zasniva se isključivo na sekundarnim zaštitama energetskog transformatora i eventualna zaštita otpora za uzemljenje neutralne točke transformatora. Primarne zaštite transformatora: Bu relej, kontakti termometar, termoslika i dr., ovdje ne obrađujemo.

Ovisno o stanju neutralne točke niže naponske strane transformatora, razlikuje se ukupna shema zaštite trafo polja. Za neuzemljene mreže, zaštita je općenito koncipirana prema slici 4.



$I>I>$ - TRENUTNA NADSTRUJNA ZAŠTITA

$I>I>$ - NADSTRUJNA ZAŠTITA SA VREMENSKOM ODGODOM

dI - DIFERENCIJALNA ZAŠTITA

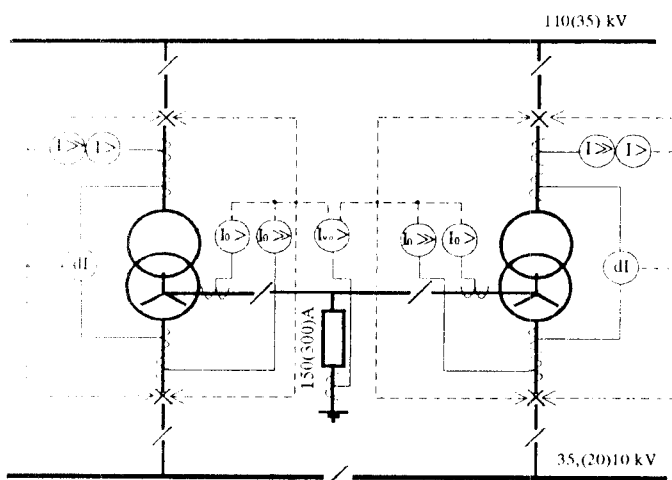
Slika 4. Transformatorsko polje bez uzemljenja SN neutralne točke

Na shemi je prikazan jedan transformator sa relejnom zaštitom. Ako imamo dva transformatora, principi zaštite su isti. Razlika može biti samo u automatici i logici blokada i isklopa.

Bitna razlika u šticeњу transformatora očituje se prema snazi šticeņog transformatora. U HEP-u važi princip da se transformatori snage $S_n \geq 8$ MVA štite diferencijalnom zaštitom kao osnovnom, te nadstrujnom zaštitom. Nadstrujna zaštita je rezervna zaštita transformatora i niže naponskih odvoda, te osnovna zaštita za kvarove na sabirnicama.

Transformatori snage $S_n < 8$ MVA štite se redovno nadstrujnim zaštitama. Varijacije prema prikazanim shemama su moguće i susreću se u distributivnim trafostanicama HEP-a.

Zaštita transformatora sa uzemljenom neutralnom točkom preko malog otpora prikazana je na slici 5.



$I>I>$ - TRENUTNA NADSTRUJNA ZAŠTITA

$I>I>$ - NADSTRUJNA ZAŠTITA SA VREMENSKOM ODGODOM

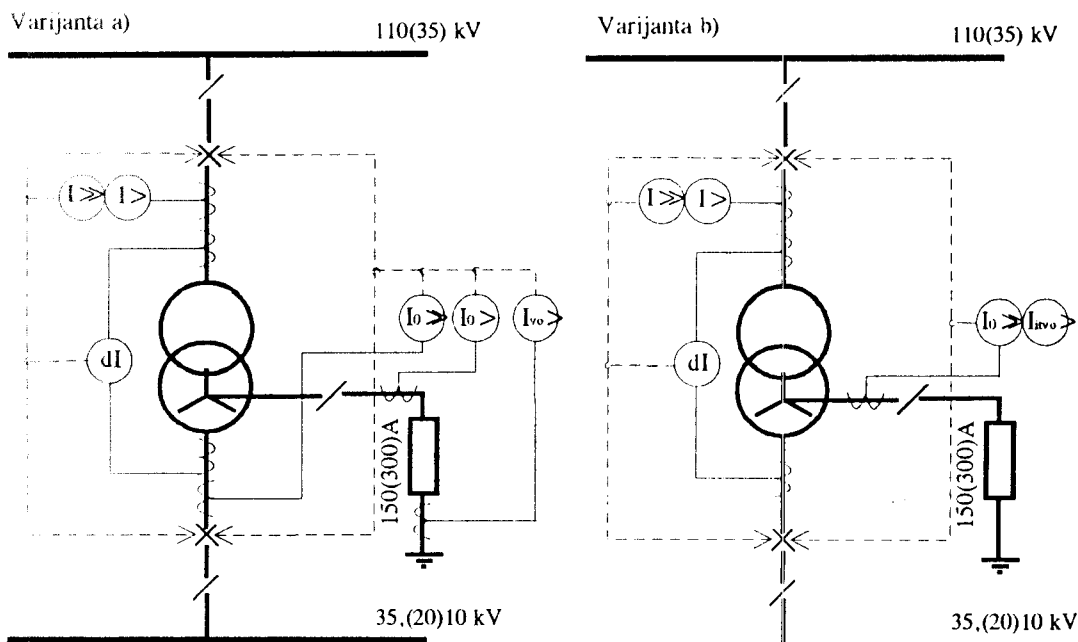
$I_0>I_0>$ - OSJETLJIVA NADSTRUJNA ZEMLJOSPOJNA ZAŠTITA SA DVIJE VREMENSKE ODGODE

dI - DIFERENCIJALNA ZAŠTITA

Slika 5. Transformatorska polja s uzemljenom neutralnom točkom

Shema na slici 5. prikazuje trafostanicu sa dva transformatora uzemljena jednim otpornikom. Transformatori su $S_n \geq 8$ MVA i instalirana je "puna" konfiguracija zaštite. Takva shema je najstarija varijanta šticejenja ove konfiguracije transformatora i pripadajućeg otpornika, koja je u nekim slučajevima proširena čak na tri transformatora uzemljena preko jednog otpornika. Praksa je pokazala da ova shema nije pouzdana i sigurna, te se zamjenjuje drugim shemama. Sam transformator šticejen je kao i na prethodnoj slici 4., dok je otpornik šticejen nadstrujnim zaštitama u tri osnovna nivoa: premoštenje otpora, zaštita otpornika i zaštita od visokookmskog kvara.

Bolja rješenja zaštite trafo polja s obzirom na zaštitu otpornika, dana su na slici 6., sa dvije sheme kao varijanta a) i b). Shema prikazana kao varijanta a) je logičan nastavak slike 5. i dobro je primjenjiva za transformatore "manjih" snaga i "velikom" strujom jednopolnog kvara. Struje jednopolnog kratkog spoja ograničeni su maloohmskim otpornikom na vrijednosti 150 A, 300 A, te ponegdje i na 1000 A. Konfiguracija zaštita je identična onoj na slici 5.. Varijanta b) primjenjuje se kod transformatora "većih" snaga i relativno "malih" struja jednopolnih kratkih spojeva. Ova varijanta se primjenjuje u novim trafostanicama ili kod transformatora čije se neutralne točke sada uzemljuju.



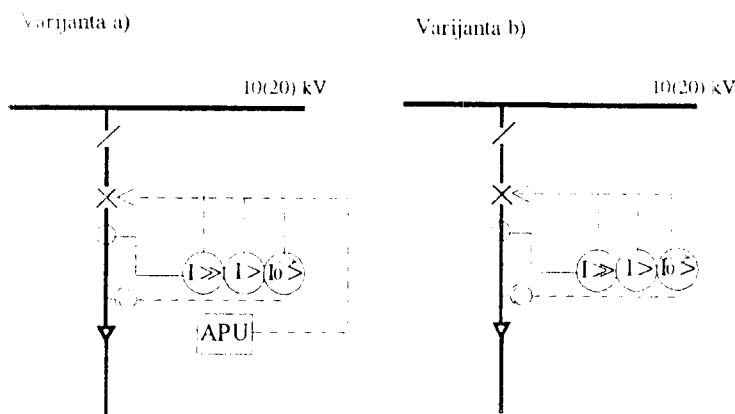
- $I > I >$ - TRENUTNA NADSTRUJNA ZAŠTITA
- $I > I >$ - NADSTRUJNA ZAŠTITA SA VREMENSKOM ODGODOM
- $I_{vo} >$ - NADSTRUJNA ZEMLIJSPOJNA ZAŠTITA SA VREMENSKI OVISNOM KARAKTERISTIKOM
- $I_{vo} >$ - OSJETLJIVA NADSTRUJNA ZAŠTITA SA DVIJE VREMENSKE ODGODE
- dI - DIFERENCIJALNA ZAŠTITA

Slika 6. Transformatorsko polje sa uzemljenom neutralnom SN točkom

Zaštita je koncipirana nadstrujnim zaštitama koje ostvaruju trenutnu nadstrujnu zaštitu od premoštenja otpornika i nadstrujnu zaštitu sa vremenski ovisnom karakteristikom koja kvalitetno "pokriva" karakteristiku otpornika. Izvedba ovih zaštita može varirati što i susrećemo po trafostanicama.

Polja SN odvoda su najzastupljenija polja u distributivnom postrojenju HEP-a, pa zato u njima susrećemo cijeli niz rješenja kako primarne tako i sekundarne opreme.

Zaštita SN odvoda izvedena je prema slici 7.:



- I>> - TRENUTNA NADSTRUJNA ZAŠTITA
 I> - NADSTRUJNA ZAŠTITA SA VREMENSKOM ODGODOM
 I0> - ZEMLJOSPOJNA ZAŠTITA
 APU - AUTOMATSKI PONOVI UKLOP

Slika 7. SN polje u distributivnoj trafostanici

Zaštita SN vodova je uglavnom nadstrujna zaštita dopunjena zemljospojnom zaštitom. Varijanta a) na slici 7. prikazuje karakterističnu shemu SN zračnog voda u distributivnoj trafostanici HEP-a. Varijanta b) se uglavnom primjenjuje za SN kabelski vod. Kao i u prethodnim slikama varijacije danih shema, nisu rijetkost. Zaštitu spojnih i "ostalih" polja nema smisla ovdje razmatrati jer su ona praktično izvedenice prikazanih rješenja zaštita polja.

U distributivnim postrojenjima HEP-a dakle možemo naći svih mogućih tehnologija zaštita, kao i široku paletu proizvođača. Najzastupljeniji strani proizvođači su: ISKRA, ASEA, BBC, GEC, ABB, SIEMENS te nešto manje AEG, DATA CONTROL, WESTINGHOUSE, ENERGOINVEST te neki drugi. Od domaćih proizvođača dominantan je KONČAR, a prisutan je Ellabo te neki drugi.

Da bi mogli dati ocjenu stanja zaštite u distributivnim postrojenjima moramo imati kvantitativan pregled zastupljenosti kompleta relejnih zaštita po tehnologiji i starosti te pregled rada zaštita. Kvalitetne podatke o radu relejne zaštite u distribuciji HEP-a nije moguće dobiti, jer se isti ne zapisuju i ne prate na isti zadovoljavajući način u cijelom HEP-u. Radi toga poslužiti ćemo se podacima o starosti i vrsti primijenjene tehnologije relejnih zaštita u distributivnim postrojenjima HEP-a. Takav pregled dan je u slijedecim tablicama za TS 110/x kV.

Tablica I

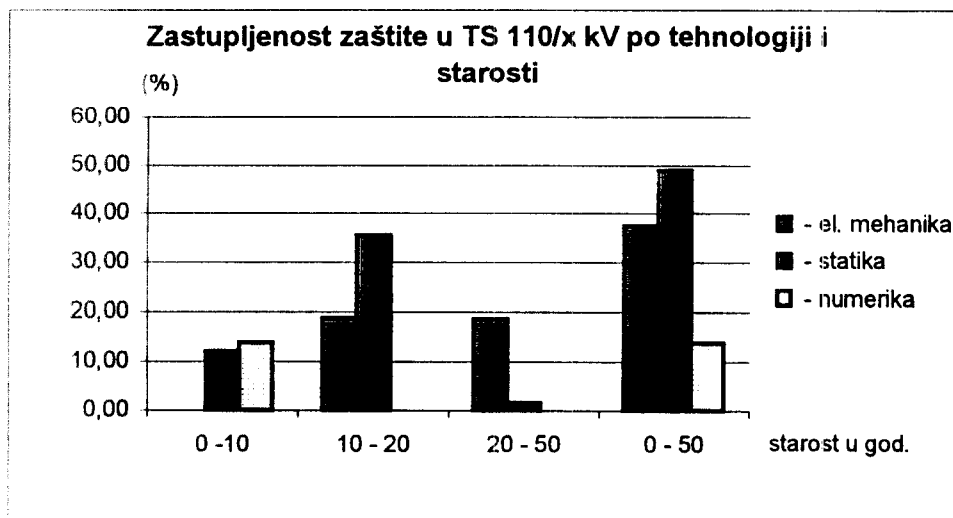
Štićeni objekt	Kompleti zaštita šticehnenih objekata prema tehnologiji izvedbe za TS 110/x kV									Ukupno:
	el.mehanika			statika			numerika			
	starost u godinama			starost u godinama			starost u godinama			
	0 - 10	10 - 20	20 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 50	
kabelsko polje		101	70	69	177	4	63			484
polje zr. voda		27	71	34	103	8	35			278
spojno polje		16	20	2	20	2	10			70
mjerno polje		30	33	13	45	0	14			135
trafo polje		22	22	12	33	2	12			103
ostala polja		27	6	13	44	2	29			121
ukupno:	0	223	222	143	422	18	163	0	0	1191

Tablica II

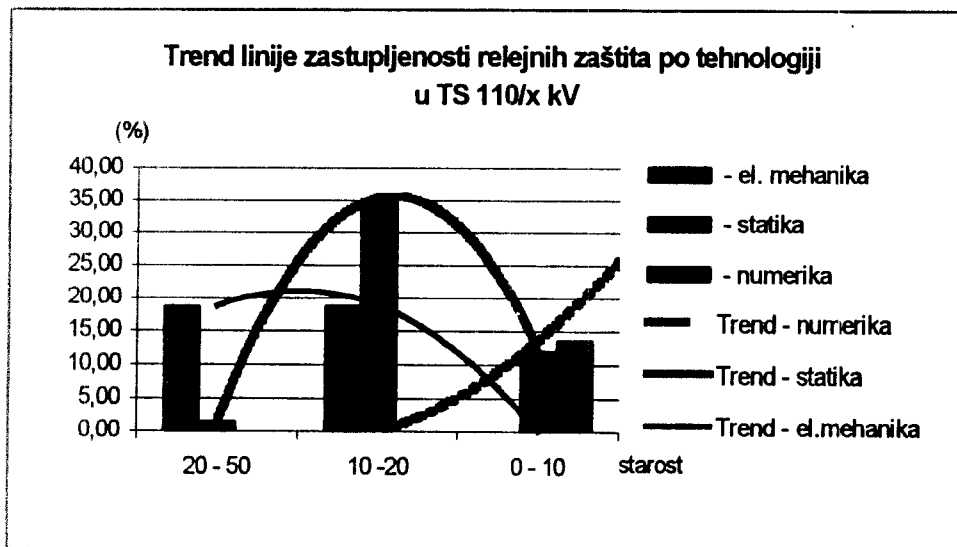
Starost zaštita	Postotna zastupljenost po tehnološkoj izvedbi zaštita u TS 110/x kV (%)			Ukupno: (%)
	<i>el. mehanika</i>	<i>statika</i>	<i>numerika</i>	
0 – 10	0,00	12,01	13,69	25,69
10 – 20	18,72	35,43	0,00	54,16
20 – 50	18,64	1,51	0,00	20,15
Ukupno:	37,36	48,95	13,69	100,00

Iz tablica I i II vidi se zastupljenost svih tehnologija relejne zaštite u postrojenjima TS 110/x kV. Nadalje se vidi da se zadnjih 10 godina nije ugradila niti jedna relejna zaštita u el.mehaničkoj izvedbi, a da se pojavljuju nove numeričke zaštite. Treba uočiti da je u navedenim postrojenjima najzastupljenija izvedba relejne zaštite u tehnologiji statike i da je većina zaštita stara između 10 i 20 god.

Raspored zastupljenosti dobro se vidi na grafikonu 1. koji je grafička interpretacija tablice II



Grafikon 1.



Grafikon 1a.

Grafikon 1a prikazuje trend rasta odnosno pada postotne zastupljenosti zaštita po tehnologiji. Iz grafikona se vidi definitivni pad u budućoj zastupljenosti el.mehaničke, pad statičke i nagli rast numeričke

tehnologije. Trend linije pokazuju da se u zadnje vrijeme ugrađuje uglavnom zaštita numeričke tehnologije, a samo ponegdje statike. Zastupljenost tehnologija i starosti zaštita u TS 35/x kV dan je u slijedećim tablicama:

Tablica III

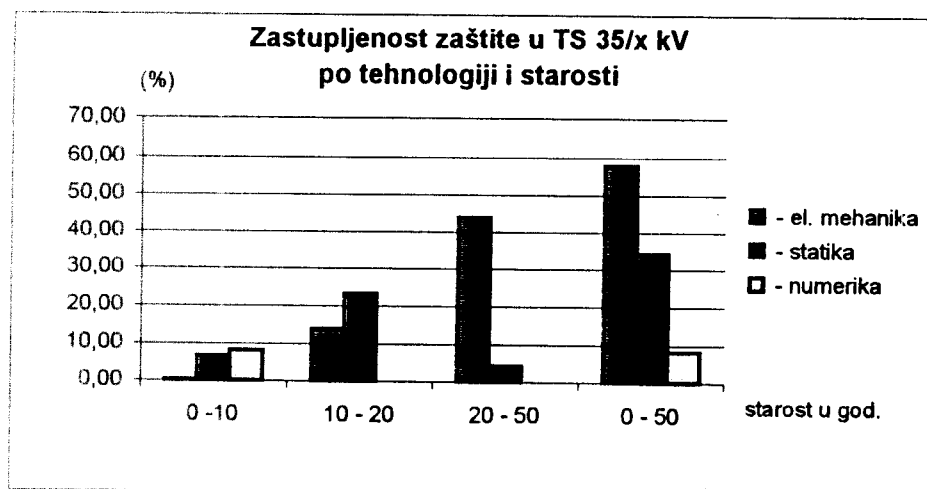
Štićeni objekt	Kompleti zaštita šticeh objekata prema tehnologiji izvedbe za TS 35/x kV									Ukupno:
	el.mehnika			statika			numerika			
	starost u godinama			starost u godinama			starost u godinama			
	0 - 10	10 - 20	20 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 50	
kabelsko polje	2	168	546	72	237	77	92	0	0	1194
polje zr. voda	1	153	469	89	301	13	91	0	0	1117
spojno polje	0	22	80	12	23	14	21	0	0	172
mjerno polje	0	43	184	16	103	9	22	0	0	377
trafo polje	0	94	243	34	113	24	51	0	0	559
ostala polja	0	15	57	18	62	12	19	0	0	183
ukupno:	3	495	1579	241	839	149	296	0	0	3602

Tablica IV

Starost zaštita	Postotna zastupljenost po tehnološkoj izvedbi zaštita u TS 35/x kV (%)			Ukupno: (%)
	el. mehanika	statika	numerika	
0 - 10	0,08	6,69	8,22	14,99
10 - 20	13,74	23,29	0,00	37,03
20 - 50	43,84	4,14	0,00	47,97
Ukupno:	57,66	34,12	8,22	100,00

Iz tablica III i IV vidi se zastupljenost svih tehnologija relejne zaštite u postrojenjima TS 35/x kV. Nadalje se vidi da se zadnjih 10 godina nije ugradila niti jedna relejna zaštita u el.mehaničkoj ili statičkoj izvedbi, a da se pojavljuju nove numeričke zaštite. Treba uočiti da je u navedenim postrojenjima najzastupljenija izvedba relejne zaštite u tehnologiji el. mehanike, i da je većina zaštite stara između 20 i 50 god. To je u svakom slučaju alarmantan podatak. Kako se ta transformacija dugoročno napušta, to predstavlja malu "olakšicu" s obzirom na tako visoku starost tog dijela postrojenja HEP-a.

Grafička interpretacija tablice IV. prikazana je na grafikonu 3.



Grafikon 3.

Komentar ovom grafikonu nije ni potreban no ipak valja zamijetiti da je prisutnost novijih relejnih zaštita u ovim postrojenjima rezultat dogradnje novih polja ili zamjena radi neispravnosti.

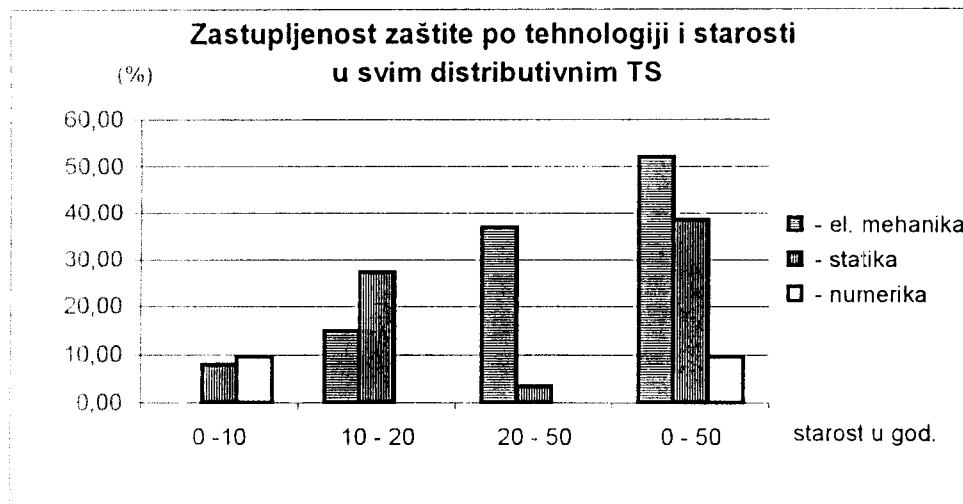
Ukupan prikaz zastupljenosti relejnih zaštita po starosti i tehnologijama u svim distribucijskim postrojenjima HEP-a, dakle u TS 110/x kV i TS 35/x kV, dan je u slijedećim tablicama:

Tablica V

Štićeni objekt	Kompleta zaštita šticehnenih objekata prema tehnologiji izvedbe za sve TS u HEP-u									Ukupno:
	el.mehanika			statika			numerika			
	starost u godinama			starost u godinama			starost u godinama			
	0 - 10	10 - 20	20 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 50	
kabelsko polje	2	267	616	141	484	81	155			1746
polje zr. voda	1	180	540	123	404	21	126			1395
spojno polje	0	48	100	14	43	16	31			252
mjerno polje	0	73	217	29	147	9	36			511
trafo polje	0	116	265	46	146	26	63			662
ostala polja	0	42	63	31	106	14	48			304
ukupno:	3	726	1801	384	1330	167	459	0	0	4870

Tablica VI

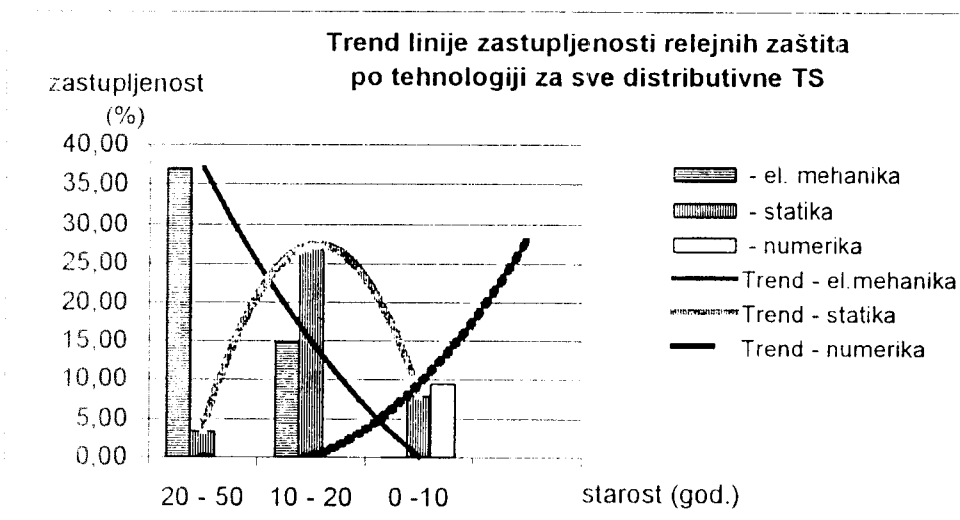
Starost zaštita	Postotna zastupljenost po tehnološkoj izvedbi zaštita u svim TS (%)			Ukupno: (%)
	el. mehanika	statika	numerika	
0 - 10	0,06	7,89	9,43	17,38
10 - 20	14,91	27,30	0,00	42,21
20 - 50	36,98	3,43	0,00	40,41
Ukupno:	51,95	38,62	9,43	100,00



Grafikon 4.

Iz tablica V. i VI vidi se zastupljenost svih tehnologija relejne zaštite u postrojenjima TS 110/x kV i TS 35/x kV. Nadalje se vidi da je pojava do 10 godina stare relejne zaštite u el. mehaničkoj tehnologiji gotovo zanemariva. Treba uočiti da je u navedenim postrojenjima najzastupljenija izvedba relejne zaštite

u el. mehaničkoj tehnologiji i da je velik dio zaštite stara između 10 i 20 godina, te nešto manji dio između 20 i 50 god. Prisutnost zaštita starosti do 10 godina je 17.38 % od ukupnog broja, što je svakako malo. Na takav rezultat utjecalo je više faktora, a najznačajniji je sigurno domovinski rat.



Grafikon 4a.

Grafikon 4a. prikazuje trend rasta odnosno pada zastupljenosti zaštita po tehnologiji za distributivne trafostanice TS 110/x kV i TS 35/x kV. Iz grafikona se vidi definitivni pad u budućoj zastupljenosti el.mehaničke, pad statike i nagli rast numeričke tehnologije.

Trend linije pokazuju da se u zadnje vrijeme ugrađuje uglavnom zaštite numeričke tehnologije, a samo ponegdje statika. Da se ne radi o malom broju ugrađenih kompleta numeričkih zaštita govori i podatak o ugrađenih preko 500 kompleta u distributivna postrojenja HEP-a.

Da bi iz prikazanih podataka mogli reći kakvo je stanje relejne zaštite u distributivnim postrojenjima, moramo prihvatiti neke opće odrednice prema kojim ćemo raditi procjenu. Reći ćemo da su relejne zaštite zadovoljavajuće u pogledu pouzdanosti i sigurnosti uz uvjet da se redovno i kvalitetno održavaju te ispituju prema uputama proizvođača. Isto tako prihvatiti ćemo vremena životne dobi za svaku vrstu tehnološke izvedbe relejne zaštite. Ovo posljednje osobito je važno za održanje raspoloživosti postrojenja na što je moguće višoj razini.

Temeljem iskustva u raznim granama primjene, na raznim vrstama uređaja tehnologije izvedbe i kvalitete proizvoda, iste ili slične, sa našim relejnim zaštitama došlo se do životnog vijeka uređaja. Za uređaje bazirane na el. mehaničkom djelovanju, životni vijek iznosi ≈ 25 god.

Istovjetno važi i za uređaje čiji rad je baziran na poluvodičkoj tehnologiji, onoj koju mi nazivamo statikom. Životni vijek, za uređaje bazirane na ovoj tehnologiji i uz primjerenu kvalitetu primijenjenu u relejnoj zaštiti, iznosi ≈ 20 god.

Za numeričke tehnologije takvi podaci o životnom vijeku nisu dani, no špekulira se sa iznosom koji neće biti veći od optimalnog životnog vijeka statike. Vjerojatno će životni vijek numerike biti diktiran tehnološkim napretkom.

Ako prihvatimo ova vremena "životne dobi", tada nas očekuje zamjena relejnih zaštita u postojećim distributivnim trafostanicama kako slijedi:

U TS 35/x kV, a prema tablici III i tablici IV trebati će u slijedećih pet godina zamijeniti $\approx 50\%$ instaliranih kompleta relejnih zaštita. Brojčano to znači ≈ 1800 kompleta relejnih zaštita.

U TS 110/(35)/10(20) kV a prema tablici I i tablici II trebati će u slijedećih pet godina zamijeniti $\approx 40\%$ instaliranih kompleta relejnih zaštita. Brojčano to znači ≈ 480 kompleta relejnih zaštita.

Podaci u tablicama obuhvaćaju $\approx 90\%$ instaliranih zaštita u distributivnim postrojenjima HEP-a tako da gornje podatke možemo uvećati za 10% . Prema gornjem, u slijedećem periodu, u distributivnim trafostanicama HEP-a treba zamijeniti ≈ 2500 kompleta relejne zaštite.

Nakon svega gornjeg, može se reći da stanje relejne zaštite u distributivnim postrojenjima HEP-a nije primjereno. Ta procjena počiva samo na podacima starosti ugrađene relejne zaštite. Procjena bi vjerojatno bila još lošija da se mogu prikupiti kvalitetni podaci o radu, podaci o pouzdanosti i sigurnosti

... jer, kada radi takvog stanja relejne zaštite, raspoloživost cijelog postrojenja pada, pa ove podatke treba shvatiti prilično ozbiljno.

3. PRAVAC RAZVITKA I UPORABE RELEJNE ZAŠTITE U DISTRIBUTIVNIM POSTROJENJIMA HEP-a

Ako se pitamo kojom tehnologijom izvedbe relejne zaštite zamijeniti stare tada je zasigurno jednoznačan odgovor - *numerikom*. Isto tako, u nova postrojenja treba, bez daljnega ugrađivati relejne zaštite u numeričkoj izvedbi.

Prihvatanjem takvog odabira dobivamo višestruko na kvaliteti postrojenja, a naročito u pogledu raspoloživosti postrojenja.

Bitne prednosti relejne zaštite u numeričkoj izvedbi prema statički i el. mehanici, navedeni su kako slijedi:

- samonadzor cijelog uređaja za vrijeme dok je priključen na izvor napajanja
- veliki izbor zaštitnih funkcija iz jednog releja (hardware)
- integracija raznih funkcija u jedan uređaj
- komunikacija
- smanjeni troškovi održavanja
- niska ukupna cijena cijena

Samonadzor cijelog uređaja je najbitniji kvalitetan pomak primjenom ove nove tehnologije za funkciju zaštite. Uređaj dojavljuje bilo koju neispravnost unutar njega, pa čak i neispravnosti izvan njega odnosno na njegovim ulazima. Taj nadzor je ostvaren cijelo vrijeme dok je uređaj priključen na izvor pomoćnog napajanja ili u nekim slučajevima ako je priključen na mjerne transformatore koji su u normalnom režimu rada. Uporabom daljinske signalizacije ova prednost numeričkih uređaja za zaštitu je očigledna.

Numerička zaštita nudi cijeli niz zaštitnih funkcija koje se po volji odabiru za konkretne potrebe određenog štice objekta. Takva mogućnost je posljedica strukture građenja numeričkog releja zaštite. Zaštita se sastoji iz pet osnovnih cjelina ili modula koji ostvaruju uređaj za zaštitu, a kasnije ćemo vidjeti i nešto više. Osnovni moduli numeričkog releja:

- analogni ulazni modul
- binarni ulazno izlazni modul
- procesorski modul
- modul za komunikaciju
- modul za napajanje

Analogni ulazni modul ima zadaću prilagođenja ulaznih signala elektroenergetskog sistema naponskom području analogno-digitalnog pretvarača, te ispunjavanju zahtjeva o brzini uzorkovanja i na kraju pretvaranja analognog signala u digitalni oblik – broj.

Binarno ulazno izlazni modul namijenjen je bilježenju stanja na svojim ulazima koji mogu ali i ne trebaju utjecati na rad zaštite, te putem izlaznog dijela izvršenje komandi za isključenje/uključenje, signalizacije i neke druge namjene. Radi zahtjeva odvajanja od primarnog elektroenergetskog sistema upotrebljavaju se optokaplarski ulazi i relejni izlazi.

Procesorski modul nadzire rad cijelog releja. Osnovni dio modula je mikroprocesor, čija "veličina" ovisi o složenosti algoritama što se u releju izvode. Kod novijih konstrukcija rabe se multiprocesorska struktura gdje svaki mikroprocesor izvodi "svoj" dio posla. U ovom modulu nalaze se memorijske jedinice, generatori vremena, "watch dog" i drugi ugrađeni automatizmi.

Modul za komunikaciju namijenjen je komunikaciji poslužitelj - uređaj, kao i za komunikaciju PC uređaj, preko komunikacijskog porta.

Modul za napajanje ima ulogu opskrbe odgovarajućim naponom uređaja za zaštitu u cjelini.

Temeljem gornjeg, vidi se da zaštitna funkcija ovisi isključivo o algoritmu koji se rabe pri obradi digitaliziranog ulaznog signala izmjerene veličine. Dakle, ostvarenje multifunkcijskog releja zaštite je isključivo pitanje software-a pod uvjetom da je osnovni hardware-ski dio zadovoljavajuće dimenzioniran.

Danas na tržištu susrećemo numeričke releje čiji je hardware isti za sve varijacije zaštitnih i nekih drugih funkcija, a koje se ostvaruju preko software-a kao zasebnog paketa za inicijalizaciju. Takve mogućnosti uređaja pojednostavljuju shemu polja i omogućuju zamjenjivost uređaja na nivou trafostanice, te smanjenje tipova uređaja.

Integracija raznih funkcija unutar zaštitnog releja je dovela do toga da ne možemo govoriti o releju za zaštitu već o uređaju za zaštitu, upravljanje i nadzor. Svakako, zaštitna funkcija ima prioritet pri radu cijelog uređaja. Funkcije koje danas uobičajeno nalazimo u takvim uređajima su:

- zaštitne funkcije
- upravljačke funkcije
- nadzorne funkcije
- funkcije mjerenja analognih veličina
- funkcije automatizma
- funkcije memoriranja

Korištenje takvog obilja funkcija i mogućnosti sada je u direktnoj vezi sa imaginacijom korisnika. Numerički uređaji zaštite imaju mogućnost komunikacije. Tim putem su dostupni svi podaci o radu zaštite, pa se može napraviti ocjena valjanosti uređaja za namjenu kojoj služi, dali zadovoljava ili ne. Svaka akcija na kvar ili smetnju u elektroenergetskom sistemu bilježi se u pripadajućem uređaju putem zapisa događanja, zapisa kvara i zapisa oscilograma kvara. Iz tih podataka može se utvrditi mjerodavna ocjena valjanosti, pa prema njoj poduzeti potrebne akcije. Takve mogućnosti komunikacija i zapisa osiguravaju potrebu za smanjenim održavanjem, a samim tim i smanjenjem troškova održavanja zaštita. Ako se uzme u obzir da se korištenjem ovih uređaja sada integriraju još i funkcije upravljanja, nadzora i mjerenja, tada je smanjenje troškova održavanja značajno.

Za ovakvu raskoš mogućnosti, pri primjeni numeričkih uređaja za zaštitu, upravljanje i nadzor, jamačno treba izdvojiti neka dodatna sredstva. U početku razvoja numeričkih uređaja reklo se da veću cijenu "releja" pokrivaju ukupni manji troškovi. Za nivo cijele trafostanice cijena ukupne investicije sekundarnog sustava bila je niža $\approx 20\%$.

Danas je cijena uređaja niža, već za nivo polja, od 20 – 30% ovisno o proizvođaču.

Visok stupanj integracije funkcija na nivou polja je povoljan radi smanjenja ukupnih troškova i radi veće raspoloživosti cijelog postrojenja, a posebno sekundarnih sustava.

Raspoloživost je kombinacija pouzdanosti opreme, razine održavanja opreme i razine tehničke podrške za tu opremu. Raspoloživost (availability) je definirana za određeni vremenski period, kao dio vremena tijekom kojega je uređaj, oprema ili sustav koji je u pogonu, ispravan i u stanju da izvrši funkcije za koje je namijenjen. Pa slijedi da je :

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

gdje je:

A = raspoloživost (availability)

MTBF = srednja vrijednost vremena između kvara (*Mean time between failures*)

MTTR = srednja vrijednost vremena do popravka kvara (*Mean time to repair*)

Iz gornjega se vidi ovisnost raspoloživosti o faktoru MTTR. Vrijeme popravka računa se kao vrijeme koje prođe od pojave kvara do puštanja popravljene opreme u pogon. Ako se kvar opreme događuje odmah, tada je mogućnost popravka brza, pa raspoloživost raste.

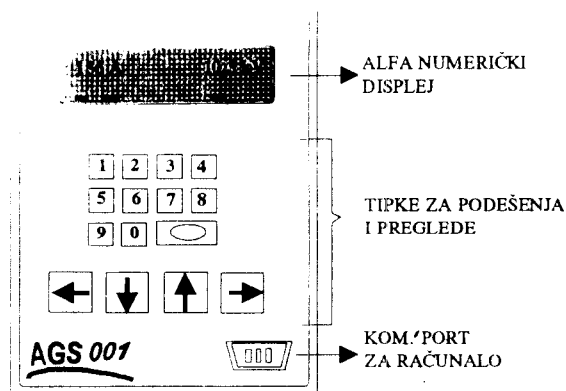
Ako uspoređujemo MTTR za nove tehnologije zaštite i MTTR za "stare", onda taj omjer može biti od nekoliko sati za numeriku prema jednoj godini za "klasičnu" zaštitu. Dakle, raspoloživost je teoretski neusporediva.

Ako neki sustav ima n elemenata podjednake raspoloživosti koji su neophodni za rad tog sustava, tada je raspoloživost sustava:

$$A = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right)^n$$

Iz gornjeg je jasno vidljivo da raspoloživost raste sa instaliranjem uređaja visoke integracije postrojenje.

Instalirani sustavi numeričkih uređaja za zaštitu, upravljanje i nadzor imaju slijedeće značajke: ugrađuju se u polje štice objekta, zaštitne funkcije su širokog spektra (njihovo iskorištavanje ovisi od štice objekta i samog korisnika), lokalna komunikacija se obavlja preko sučelja koje sadrži tipke i displej (vidi sliku 8.), memoriranje podataka i drugo.

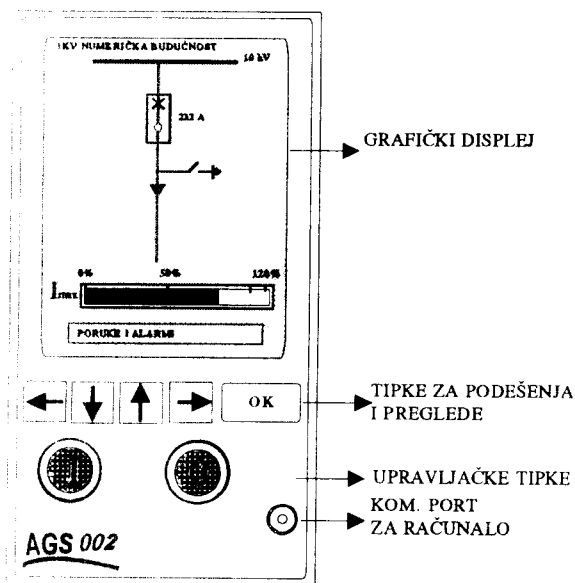


Slika 8. Prva generacija numeričkih uređaja za zaštitu.

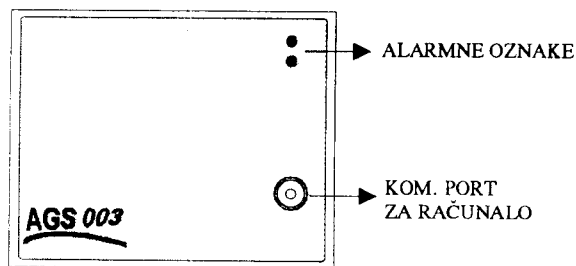
Sva očitavanja i podešenja se rade pritiskom na tipke koje su opisane na instruktivnim menijima displeja. Sve radnje su relativno jednostavne za korisnika, a neovlašten pristup može se zabraniti uvođenjem zaporke ili software-skog ključa. Displej osim uloge pri komuniciranju sa uređajem ima ulogu stalnog prikaza po volji izabranih veličina. Tako je uobičajeno da se uređaj podesi da stalno pokazuje izmjerene primarne veličine šticebnog objekta, tako da više nema potrebe za pogonskim analognim mjernim instrumentima.

Najnovije generacije visokointegriranih numeričkih uređaja na nivou polja zamjenjuju sve klasične mjerno-upravljačke elemente (vidi sliku 9). Lokalna komunikacija sa takvim uređajem je ista kao i kod gore navedenih numeričkih uređaja. Razlika je u strukturi sučelja čovjek – uređaj (MMI). Na tim uređajima komunikacijski dio je podijeljen u posebne cjeline. Jedna cjelina je grafički displej koji je redovno u izvedbi tekućeg kristala i oblikom je relativno velik, radi mogućnosti prikazivanja većeg broja podataka i stanja. Druga cjelina su upravljačka tipkala posebno dizajnirana, tako da su jasno uočljiva i jednostavna za rukovanje svom pogonskom osoblju. Treća cjelina su tipke za podešenje i pregled zapisa u uređaju. Dakle, ovaj uređaj na sebi ima takvo sučelje koje zamjenjuje upravo sve što je bilo sadržano na klasičnoj ćeliji. Na displeju je jasno nacrtana aktivna jednapolna shema pripadnog polja sa svim relevantnim mjerenjima u digitalnoj i analognoj formi. Moguća je i prezentacija tekstualnih poruka i oznaka. Na komandnom ormariću polja opremljenom takvim visokointegriranim uređajem, postojat će samo taj uređaj, a A-metri, tipkala, jednapolne sheme polja i dr. više neće i ne trebaju postojati, jer je to sve sadržano na preglednom i jednostavnom sučelju tog uređaja.

Numerički uređaji za zaštitu, upravljanje i nadzor komuniciraju i daljinski preko komunikacijskih portova. Sve navedene mogućnosti koje su ostvarive lokalno, jednostavno se ostvaruju i daljinski putem računala i odgovarajućih software-a.



Slika 9. Numerički uređaj nove generacije



Slika 10. Numerički uređaj za buduće primjene

Uobičajeno da se sva polja s instaliranim numeričkim uređajima u trafostanici povežu informatičkom sabirnicom i staničnim računalom u jednu cjelinu. Odgovarajućim software-om uobličuje

SCADA sustav, koji nam preko monitora i miša predstavlja upravljačku prostoriju (komandnu prostoriju) trafostanice. Sa ovog mjesta moguće je upravljati postrojenjem, te nadzirati ga u najširem smislu riječi. Dakle, na monitoru se vidi cijela ili odabrani dio trafostanice, te se s njime može upravljati. Ne smijemo zaboraviti da sve informacije dolaze iz numeričkog uređaja smještenog u polju, te da se gotovo svi upravljački nalozi (komande) s upravljačkog mjesta izvršavaju iz numeričkog uređaja.

Kako je trend u proizvodnji postrojenja visoka dogotovljenost i smanjenje gabarita, za očekivati je u skoroj budućnosti da numerički uređaj za zaštitu, upravljanje i nadzor ima formu "crne" kutije (slika 10.) čijeno mjesto komunikacije bit će komunikacijski port na nivou polja, a za nivo stanice priključno mjesto na informatičku sabirnicu. Na čeliji, osim mogućnosti ručnog upravljanja prekidačem (mehaničko) neće biti nikakvih drugih aparata. Shema trafostanice, polja ili odabranog dijela postrojenja biti će lako vidljiva na monitoru smještenom u upravljačkoj (komandnoj) prostoriji.

Uređaji zaštite neće imati samo analogne ulaze sa mjernih transformatora već će imati i čitav niz senzorskih ulaza. Danas na tržištu postoje strujni, naponski, temperaturni, svjetlosni i mnogi drugi senzori koji će sigurno biti korišteni u budućim uređajima za zaštitu, upravljanje i nadzor.

Zaštitne funkcije samog uređaja za zaštitu, upravljanje i nadzor biti će u domeni adaptivne zaštite. Dakle zaštitne funkcije će se odabirati prema potrebi, odnosno prema zahtjevima mreže i njenim parametrima odnosno aktualnoj konfiguraciji mreže i karakteru pogona.

4 ZAKLJUČAK

Prema prikupljenim podacima o starosti i izvedbi relejnih zaštita u distributivnim postrojenjima, može se reći da je nužna žurna akcija u revitalizaciji relejne zaštite. Kako je vjerojatno slična situacija s ukupnim sekundarnim sustavima u distributivnim postrojenjima, akcija revitalizacije mora se proširiti na ukupni sekundarni sustav.

Ovu konstataciju ne treba shvatiti alarmantno, već upozoravajuće. Naši se potrošači ipak opskrbljuju električnom energijom u opsegu kavom je moguće i u prilikama kakve je imala rijetko koja distribucija (ratna razaranja, restrukturiranje energetskog sustava itd.). Bez obzira na navedeno stanje, treba istaći da je u zadnjih nekoliko godina u distributivna postrojenja HEP-a ugrađeno više od 500 kompleta numeričkih uređaja, što nije zanemarivo.

Za očekivati je da će se u potpunosti prihvatiti numerička tehnologija te se koristiti njezine dobre strane, a sve radi kvalitetnije i pouzdanije isporuke električne energije potrošačima.

Mora se reći da je masovno uvođenje novih tehnologija izvrgnuto određenom otporu. Prisjetimo se uvođenja računala u naše urede, a danas praktički ne možemo bez njih.

Uvođenjem novih tehnologija u postrojenja nameće se velika potreba ali i obaveza hitne obuke ljudi koji rade na poslovima vezanim uz te uređaje. Osim toga, primjena novih tehnologija povlači cijeli lanac novih aktivnosti. To će nužno uvjetovati strukturne, kadrovske pa i organizacijske promjene.

Pitanja za diskusiju:

- Razlika u načinu ispitivanja klasičnih i numeričkih uređaja?
- Koja je oprema potrebna za ispitivanje numeričkih uređaja?
- Prikaz funkcija rada zaštite u tehničkoj dokumentaciji polja?
- Koja je forma za ispitni protokol o ispitivanju uređaja?
- Kakva je kvalifikacijska struktura potrebna za održavanje tih uređaja ?
- Koji je ciklus ispitivanja zadovoljavajući za nove tehnologije ?
- Kakvu tehničku podršku je potrebno imati na domaćem tržištu ili u HEP-u ?

