

FUNKCIJE PRAĆENJA STANJA SN PREKIDAČA U OKVIRU TRANSFORMATORISKIH STANICA VN/SN SA INTEGRISANIM SISTEMOM ZAŠTITE I UPRAVLJANJA

FUNCTIONS OF STATE MONITORING MV CIRCUIT BREAKERS WITHIN PRIMARY STATION HV/MV BASED ON INTEGRATED SYSTEM OF PROTECTION AND CONTROL

Aleksandar MARJANOVIĆ, “Siemens” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Sunčica CVETKOVIĆ, “Siemens” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Ratko VLADETIĆ, “Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Marko ĆOSIĆ, “Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Božidar ĆIRIĆ, “Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Dušan VUKOTIĆ, “Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Vladan CVETKOVIĆ, “Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Republika Srbija
Vladan GRUJIĆ, “Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Republika Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Funkcionisanje elektrodistributivnih mreža podrazumeva visoku pouzdanost i dostupnost svih elemenata koji čine elektrodistributivnu mrežu uz postizanje maksimalne efikasnosti u radu, pri čemu se glavni akcenat stavlja na praćenje održavanja komponenti sistema. Prilikom dosadašnje realizacije integrisanih sistema zaštite i upravljanja u transformatorskim stanicama VN/SN i SN/SN, koji se baziraju na standardu IEC 61850, nedovoljno pažnje je usmereno na implementaciji standardnih funkcija u okviru mikroprocesorskih zaštitno-upravljačkih uređaja (MPCU) pomoću kojih je moguće vršiti stalni nadzor nad stanjem prekidača u okviru transformatorskih stanica. Budući da MPCU uređaji poseduju skup predefinisanih standardnih funkcija nadzora stanja prekidača u cilju njegovog preventivnog održavanja, od kojih je u realnom vremenu moguće aktivirati samo jednu od njih, otvara se široko polje analize primene raspoloživih funkcija nadzora u praksi.

U radu je predstavljen skup raspoloživih funkcija za praćenje stanja prekidača, pri čemu su se autori opredelili za primenu samo jedne od njih u okviru jednog integrisanih sistema zaštite i upravljanja nad transformatorskom stanicom VN/SN koji je baziran na primeni standarda IEC 61850. Primena odabrane funkcije nadzora rada prekidača u okviru MPCU uređaja zahtevala je izmenu konfiguracije MPCU uređaja, ali i ostalih komponenti integrisanog sistema, a u cilju da se za sada obezbedi efikasno praćenje stanja SN prekidača samo na nivou transformatorske stanice sa perspektivom da se podaci putem planiranog “cloud” rešenje omoguće za potrebe analize i na nivo nadređenog centra upravljanja. Jedan od glavnih zadataka koji je postavljen pred novom funkcionalnošću integrisanog sistema zaštite i upravljanja je da omogući plansko održavanje srednjenaponskih prekidača kontualnim praćenjem parametara njihovog rada, kao i evaluaciju njihovog stanja a u cilju preduzimanja korektivnih akcija. U radu je dat detaljan prikaz arhitekture realizovanog sistema, kao i postupak promene konfiguracionih parametara u cilju aktiviranja funkcija nadzora nad radom prekidača. Takođe, opisane su i ostale raspoložive metode za evaluaciju radnih stanja prekidača, pri čemu su na kraju date smernica za dalji razvoj prikazanog rešenja za potrebe preventivnog održavanja SN prekidača.

Ključne reči – IEC 61850, srednje-naponski prekidaci, automatizacija distributivnih mreža, monitoring stanja prekidaca.

ABSTRACT

Normal operation of electrical distribution networks requires high reliability and availability of all of its elements while acquiring the highest working efficiency which puts the accent on the maintenance of system components. During the implementation of integrated protection and control systems in HV/MV and MV/MV substations, based on IEC 61850 standard, not much attention is given to the activation of functions in intelligent electronic devices (IED) which can be used to constantly monitor the state of the circuit breakers. Having in mind that IED devices already contain a set of predefined monitoring functions which can be used to the monitor circuit breakers for conditional maintenance, there are many opportunities for analysis of their application.

This paper contains an overview of available functions for monitoring the state of a circuit breaker, while authors decided to use only one of them implemented in integrated protection and control for HV/MV substation based

on standard IEC 61850. Application of selected monitoring function for circuit breaker operation required configuration changes not only in IED but also in other system components with a goal to efficiently collect the data on not only on substation level but to use cloud platform to enable analytics on higher, system control levels. One of the main tasks for the new functionality of the integrated protection and control system is to enable planned monitoring of circuit breakers with continual monitoring of working parameters and evaluation of its state. Paper also gives a detailed overview of a system architecture that is to be used including the configuration changes that had to be made and guidelines for further development of condition based maintenance solutions for MV circuit breaker.

Key words – IEC 61850, MV circuit breaker, distribution automation, CB conditional monitoring.

Aleksandar Marjanovic, aleksandar.marjanovic@siemens.com

UVOD

Razvoj modernog društva uslovljen je njegovom potrebom za električnom energijom kao vidom energije koju čovek najefikasnije i najšire koristi. Samim tim se ne može dozvoliti da i zadovoljenje te potrebe bude i jednog trenutka neispunjeno. Upravo zbog navedenog, u prethodnom veku čovek nije previše obraćao pažnju na sveobuhvatni – holistički uticaj na svoje okruženje. U poslednjoj deceniji, veliki značaj dobijaja smanjenje uticaja na životnu sredinu pa je sve češći slučaj da ekološke i zakonodavne mere postavljaju dodatna ograničenja za razvoj i širenje elektroenergetskih sistema. Rezultat je nastanak novih trendova u proizvodnji električne energije ali i povećanje efikasnosti i pouzdanosti sistema za prenos i distribuciju električne energije. Praksa je vrlo brzo pokazala da investicije u nove generacije primarne i sekundarne opreme elektroenergetskih postrojenja rezultuju značajnim poboljšanjem operativnih performansi uz dodatno povećanje fleksibilnosti rada i daljih proširenja sistema. Zahvaljujući inovativnim standardima, kao što je IEC 61850, oblasti zaštite i upravljanja elektroenergetskim postrojenjima postala je posebno primamljiva za investicije i inovativna rešenja.

Postrojenja sa implementiranim IEC 61850 tehnologijama predstavljaju jedinstvenu komunikacionu platformu za sakupljanje informacija i radnih parametara iz samog procesa stvarajući okruženje za korisnike da kreiraju analitičke metode sa ciljem dugoročnog praćenja radnih parametara kao i estimacije stanja primarne opreme u cilju efikasnijeg planiranja održavanja i preudpređivanja eventualnih kvarova. Kao jedan od najkritičnijih elemenata u postrojenju za dugoročno praćenje stanja i održavanje predstavlja prekidač. Zaštitno-upravljački uređaji, ugrađeni u pojedinim VN/SN transformatorskim stanicama prvenstveno zbog funkcija relejne zaštite i upravljanja, sadrže i dodatnu funkciju monitoringa rada prekidača.

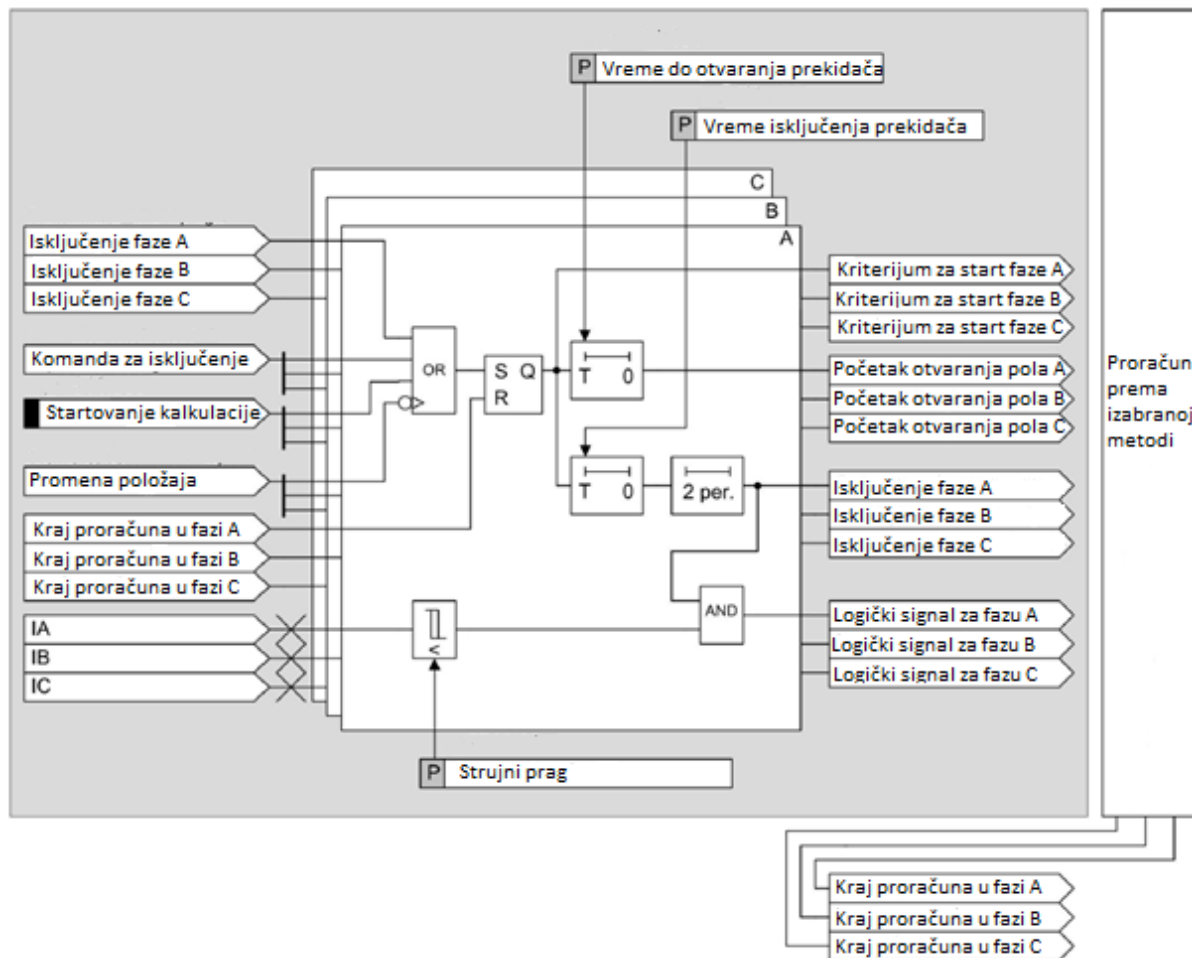
ALGORITMI ZA MONITORING RADA PREKIDAČA

Monitoring parametara rada prekidača u osnovi predstavlja praćenje i sakupljanje određenih informacija iz procesa sa ciljem estimacije fizičkog stanja prekidača – istrošenosti njegovog kontakta, izolacionog medijuma kao i pogonskog mehanizma. Poznavanjem navedenih parametara može se sprečiti eventualni otkaz samog prekidača blagovremenom reakcijom ali i otvara se mogućnost planskog održavanja prekidačkih elemenata u mreži. Kako je prekidač rasklopni element koji u elektroenergetskom sistemu jedini prekida i struje kvarova, njegova raspoloživost i ispravan rad direktno utiču na operativne parametre mreže. Sa druge strane, praćenje i estimacija zadatih parametara na duže vremenske periode i širom mreže omogućava operatoru sistema planiranje održavanja datog elementa. Naime, prekidački elementi kod kojih se beleži povećani broj odrada kao i prekinutih struja će imati prednost prilikom godišnjeg održavanja u odnosu na elemente koji nisu beležili prekomerno korišćenje. Navedeni pristup rezultuje značajnim uštedama u odnosu na koncept preventivnog održavanja, ne samo sa aspekta optimalnijeg angažovanja timova za održavanje već i sa aspekta trajanja prekida u mreži i neisporučenju električnoj energiji.

U pomenutim zaštitno-upravljačkim uređajima koji poseduju funkciju monitoring prekidača, postoje četiri operativne metode estimacije:

1. $\sum I^x$ metod – sumiranje snage prekinutih struja;
2. 2P metod – preračunavanje preostalog broja ciklusa;
3. I^2t metod – sumiranje estimacije ukupnog toplotnog impulsa kroz prekidač;
4. Supervizija vremena „spajanja“ kontakata prekidača.

Naprezanje samog prekidača srazmerno je amplitudi struje kao i trajanju manipulacije, uključujući i vreme eliminisanja električnog luka koji se javlja između prekidačkih kontakata. Stoga je određivanje početnih i krajnjih vremenskih kriterijuma veoma bitno u slučaju sva četiri navedena metoda te se oni nadoveziju se na generalni funkcionalni blok praćenja rada prekidača koji kao jedan od rezultata daje logičke pobudne signale:



Slika 1. Funkcionalni blok dijagram rada prekidača

Funkcija za startovanje algoritma estimacije stanja prekidača se vrši nezavisno po svakoj fazi i startuje kada je ispunjen bilo koji od sledećih kriterijuma:

1. Izdavanje naloga za isključenje od zaštitnih funkcija – Isključenje faze A,B,C (Tripping phase A, B, C);
2. Izdavanje komande za isključenje (Open cmd. signal);
3. Spoljašnjom pobudom funkcije preko binarnog ulaza- Startovanje kalkulacije (>Start calculation);
4. Prijema promene položaja sa kontakata prekidača u slučaju ručnih manipulacija (CB closed signal).

Dodatni parametri koje je potrebno setovati u funkciju su:

1. Vreme do otvaranja prekidača (CB opening time) – vreme potrebno da polovi prekidača počnu da se kreću;
2. Vreme isključenja prekidača (CB break time) – vreme potrebno da se polovi rastave podrazumevajući i gašenje električnog luka;
3. Strujni prag (Current tresh. CB open).

U cilju sprečavanja nekorektno kalkulacije prilikom otkaza prekidača, proverava se da li struja opada na 0 nakon 2 dodatna ciklusa. Algoritam koristi osnovne komponente strujnog talasa radi poređenja sa strujnim pragom. Nakon što je bar jedan od kriterijuma ispunjen i dodatne provere završene, kalkulacija i evaluacija po respektivnim metodama se inicira.

ΣI^x METOD ESTIMACIJE

Navedeni metod, nakon prijema logičkog pobudnog signala, koristi izmerenu struju isključenja za kalkulaciju naprežanja samog prekidača. Rezultat kalkulacije se sumira sa postojećim statističkim vrednostima po sledećoj formuli za fazu A kao primer:

$$\sum I_A^x = \frac{1}{I_{rated}^x} \sum_{q=1}^m I_{A trip q}^x$$

Gde su:

x - eksponent parametar;

q – broj manipulacije;

$I_{A trip q}^x$ - struja isključenja faze A stepena x u q-toj manipulaciji;

$\sum I_A^x$ - Statistička estimirana vrednost metoda ΣI za fazu A;

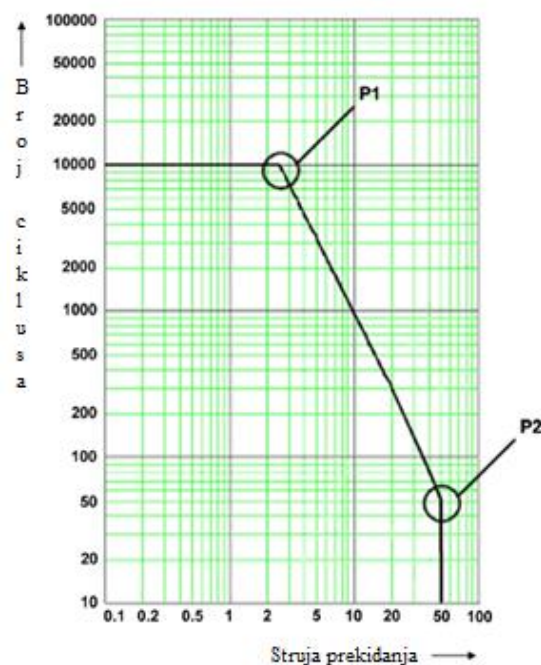
m – ukupan broj manipulacija.

Vrednost ekstonenta paremetra se unosi u okviru same konfiguracije zaštitno-upravljačke jedinice i može uzeti vrednost od 1 do 3 u zavisnosti od kritičnosti i osetljivosti samog prekidača. Standardna vrednost koju proizvođač preporučuje je 2. Radi jednostavnije prezentacije statističke vrednosti, ona se izražava kao relativna vrednost u odnosu na nominalnu struju datog prekidača - I_{rated} .

Statistička estimirana, fazno zavisna vrednost je dostupna u sastavu Report Control blokova. Postoji mogućnost resetovanja kao i presetovanja statističke vrednosti. Dodatno, može se definisati i prag akumulirane estimacije te se nakon njegovog prekoračenja generiše signal “Circuit Breaker Maintenance Warning” za prenos komunikacionim putem ili eventualno za lokalno alarmiranje.

2P METOD

2P metod se zasniva na kataloškim podacima proizvođača prekidača koji ilustruju zavisnost između dozvoljenog broja manipulacija i struja isključenja.



Slika 2. Primer kataloške tablice prekidača

U datom primeru, proizvođač garantuje da prekidač može da izvrši 1000 operacija pri struji isključenja od 10 kA. Dve označene tačke na dijagramu i prava koja ih povezuje opisuju funkcionalnu zavisnost između broja ciklusa i prekinutih struja. Tačka P1 je određena sa brojem dozvoljenih manipulacija pri nominalnoj struji

isključenja dok tačku P2 određuje maksimalni broj isključenja pri nominalnoj struji kratkog spoja. Prava koja povezuje tačke P1 i P2 se može predstaviti sledećom funkcijom:

$$n = b * \left(\frac{I_{rated}}{I_{trip}} \right)^m$$

Gde su:

I_{trip} - Struja isključenja;

I_{rated} - Nominalna struja;

m – koeficijent krive;

b – Broj manipulacija pri nominalnoj struji I_{rated} ;

n – broj manipulacija.

Nakon prijema logičkog pobudnog signala, trenutni broj iskorišćenih brojeva manipulacija (u zavisnosti od broja manipulacija pri nominalnoj struji) se izračunava na osnovu trenutne struje isključenja. Izračunati broj se oduzima od ukupnog preostalog broja operacija. Preostali procenjeni broj operacija prekidača se u svakom trenutku može očitati iz uređaja komunikacionim putem koristeći dodeljene Report Control blokove dok je resetovanje parametara moguće samo na nultu vrednost. Postoji mogućnost podešavanja i vrednosti broja preostalih manipulacija koja, nakon što se dosegne, generiše komunikacioni ili lokalni alarm.

I²t METOD

I²t metod vrši evaluaciju stanja prekidača na bazi semplovanih vrednosti fazne struje tokom pojave i gašenja električnog luka u komori prekidača. Period od početka do gašenja električnog luka određuje se metodom prolaska kroz nultu vrednost – „zero-crossing point“ faznih strujnih talasa nakon prijema logičkog pobudnog signala. Nakon toga, kvadrat struje kvara tokom gorenja električnog luka se integriše po svakoj fazi. Integraljenje se vrši po sledećoj formuli za fazu A:

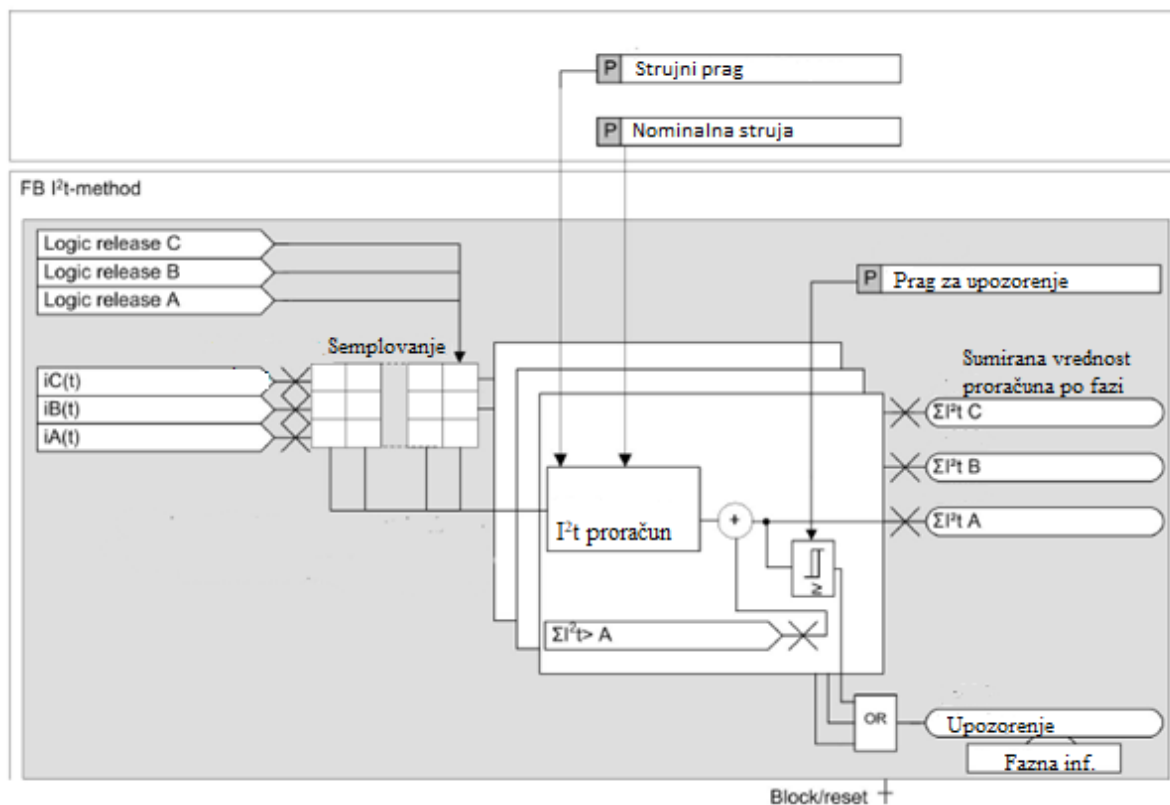
$$I^2 t_A = \frac{1}{I_{rated}^2} \int_{Start\ arc\ time}^{End\ arc\ time} i_A^2(t) dt$$

Gde su:

I_{rated} - nominalna struja prekidača;

$i_A(t)$ – izmerena vrednost struje A.

Rezultat proračuna tokom kvara se dodaje na postojeću statističku sumu prethodnih kvarova.



Slika 3. Funkcionalni blok dijagram algoritma I^2t metode

Funkcionalni blok dijagram prikazuje na koji način je implementiran opisani algoritam I^2t metoda u same zaštitno-upravljačke jedinice. Prijemom logičkih podubnih signala od funkcionalnog blok dijagram rada prekidača započinje izračunavanje integrala po prikazanoj formuli i to sa prozorom semplovanih vrednosti definisanim periodom gorenja električnog luka u komori prekidača. U većini aplikacija, period gorenja luka se sa zadovoljavajućom tačnošću aproksimira razlikom parametara break time i opening time iz funkcionalnog blok dijagrama rada prekidača.

Takođe, I^2t algoritam dozvoljava resetovanje akumuliranih statističkih vrednosti kao i unošenje parametra koji ima ulogu praga – Threshold. Dostizanjem setovanog praga generiše se upozorenje selektivno po fazi sa mogućnošću daljeg komunikacionog prenosa.

METOD SUPERVIZIJE VREMENA SPAJANJA KONTAKATA

Navedeni metod se bazira na izračunavanju vremena odrade prekidača između trenutka prijema komande za uključanje do momenta kada bilo koja od faznih struja prevaziđe podešeni prag. Dugoročnim izračunavanjem, arhiviranjem i praćenjem može se napraviti korelacija sa stanjem prekidača. Algoritam je veoma osetljiv na tačnost definisanih vremenskih parametara kao i podešenog praga stoga se koriste dodatne provere u slučaju kojih se rezultat markira kao neregularna vrednost. Radi daljeg unapređenja pouzdanosti mogu se definisati dva nezavisna strujna praga.

IMPLEMENTACIJA FUNKCIJE U TS BEOGRAD 41

Radi testiranja i evaluacije opisanih metoda nadzora rada prekidača kao i uvida u praktičnu iskoristivost prema postojećim biznis modelima održavanja distributivnih elektroenergetskih postrojenja formiran je zajednički tehnički tim koji čine inženjeri ODS „EPS Distribucija“ kao operatora distributivnog sistema i isporučioća zaštitno-upravljačkih uređaja sa opisanim mogućnostima monitoringa rada prekidača.

Utvrđeno je da je optimalno postrojenje za prvobitno aktiviranje funkcionalnosti TS Beograd 41 110/10 kV/kV koje je opremljeno najsavremenijim sistemom zaštite i upravljanja baziranom na IEC 61850 protokolu. Dodatno,

zaštitno-upravljačke jedinice ugrađene na 10kV naponskom nivou poseduju funkcionalne blok dijagrame prethodno opisanih metoda za monitoring rada prekidača.

Za metodu koja će se prvobitno testirati za praćenje rada prekidača izabrana je I^{2t} metoda. Glavna prednost i metode je činjenica da veličina I^{2t} predstavlja reprezentacija toplotnog impulsa kao fizičke veličine i na optimalan način estimira naprezanje prekidačkog elementa ne samo pri kvarovima i kratkim spojevima u mreži već i pri regularnom radu. Takođe, parametrizacija funkcionalnog bloka nije zahtevala poznavanje specifičnih veličina od kojih neke zahtevaju i eksperimentalno ispitivanje prekidača pa je potencijalna upotreba u postrojenjima sa postojećom, starijom primarnom opremom za koju je teže naći kataloške podatke, olakšana.

Funkcija je aktivirana na izvodnim i transformatorskim čelijama a definisani skup signala prenosi se IEC61850 protokolom na stanični računar sa mogućnošću daljeg prenosa ka dispelečerskim centrima.

Tabela 1. Skup signala po zaštitno-upravljačkom uređaju odnosno polju

NAZIV SIGNALA	STANJE_1	STANJE_2	NAMING
PRORAČUN TOPLOTNOG IMPULSA - GREŠAKA	NORMALNO	OPOMENA	I2t method: Health
PRORAČUN TOPLOTNOG IMPULSA	NORMALNO	IZVRŠEN	I2t method: Behavior
PRORAČUN TOPLOTNOG IMPULSA	AKTIVAN	NEAKTIVAN	I2t method: Inactive
TOPLOTNI IMPULS - FAZA A			I2t method: Sum I2t phase A
TOPLOTNI IMPULS - FAZA B			I2t method: Sum I2t phase B
TOPLOTNI IMPULS - FAZA C			I2t method: Sum I2t phase C
TOPLOTNI IMPULS - OPOMENA	PRESTANAK	NASTANAK	I2t method: Warning

Skup signala koji su rezultat funkcije prikazuju se na operatorskoj radnoj stanici na posebno kreiranim prikazima. Vrednosti očitane iz zaštitno-upravljačkih releja putem prokola IEC 61850 će biti prikazane i arhivirane u lokalnom SCADA sistem na TS Beograd 41. Arhiviranje preuzetih vrednosti se vrši zajedno sa vremenskim pečatom što omogućava njihov prikaz i analizu tokom dužih vremenskih perioda što i jeste osnovni interes – analiza između planiranja godišnjih održavanja. Podaci se mogu eksportovati i u tabelarnom .csv obliku koristiti u drugim softverskim alatima.

041 TS 110/10 kV "BEOGRAD 41"				Izlaz F8	30.04.2020	10:38:37					
10 kV - S1		Pregled proračuna toplotnog impulsa									
10 VOD K02		10 VOD K03		10 VOD K04		10 VOD K05		10 TR1 K06		10 VOD K07	
I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s
I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s
I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s
PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>
10 VOD K08		10 VOD K09		10 VOD K10		10 VOD K11		10 VOD K12		10 VOD K13	
I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s
I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s
I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s
PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>
10 kV - S2											
10 VOD K14		10 VOD K15		10 VOD K16		10 VOD K17		10 VOD K18		10 VOD K19	
I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s
I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s
I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s
PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>
10 VOD K20		10 TR1 K21		10 VOD K22		10 VOD K23		10 VOD K24		10 VOD K25	
I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s	I2t - A	0 A2s
I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s	I2t - B	0 A2s
I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s	I2t - C	0 A2s
PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - IZVRŠEN	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - GREŠKA	<input checked="" type="checkbox"/>
PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>	PRORAČUN - OPOMENA	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 4. Prikaz proračuna toplotnog impulsa na operatorskom radnom mestimu u TS Beograd 41

DALJI RAZVOJ SISTEMA

Implementacija same funkcije monitoringa parametara prekidača kao i samo sakupljanje njenih rezultata opisana u ovom radu predstavlja polaznu tačku. Osnovni cilj je da se iskoriste postojeće funkcije u već instaliranim zaštitno-upravljačkim uređajima i stekne uvid u stanje prekidačkog elementa koji prethodno nisu bili opservabilni. Nakon zadovoljavajuće količine prikupljenih podataka, planira se testiranje i drugih, ovde u radu opisanih, metoda. Tehničko unapređenje sistema, koji u trenutnom obliku koristi postojeću infrastrukturu – zaštitno-upravljačke jedinice kao izvor informacija i lokalni SCADA sistem kao koncentrator podataka, podrazumevale bi prikupljanje datih podataka na platformi nezavisnoj od stanične infrastrukture i centralizovane na način da omogućava sakupljanje podataka od interesa u širem delu sistema.

ZAKLJUČAK

Osnovni zadatak svakog upravljačkog sistema kao celine jeste da sakupi, prenese i obradi podatke iz procesa i na taj način omogući viši stepen opservabilnosti i kontrolabilnosti u radu. U konkretnom slučaju, iskorišćena je jedna od funkcija koja je fabrički postojala u zaštitno-upravljačkoj jedinici ali prethodno nije bila aktivirana pa su samim tim i investicioni troškovi minimalni. Rezultat su pozdani procesni podaci i analitičke metode na osnovu kojih se može vršiti planiranje i selekcija prekidača za održavanje čime se ostvaruju značajne uštede u operativnim troškovima dok se pouzdanost elementa ne dovodi u pitanje.

Značaj implementirane funkcionalnosti monitoringa rada prekidača na ovde opisani način, u svojoj suštini predstavlja jedan od osnovnih značaja digitalizacije u elektroenergetici – kreiranje informaciono-tehnološke platforme odnosno upravljačkog sistema koji, osim poboljšanja radnih parametara, omogućava jednostavno dalje proširenje funkcionalnosti sistema a sve u cilju veće efikasnosti i pouzdanosti u eksploataciji.

LITERATURA

1. SIPROTEC 5, Overcurrent Protection, Manual, Siemens GmbH, Edition 11.2017
2. IEC 61850-7 Communication Networks and Systems in Substations – Part 7-1: Basic communication structure – Principles and models
3. Guidelines for Implementing Substation Automation Using IEC61850, the International Power System Information Modeling Standard, EPRI december 2004.
4. IEC 61850-8 Communication Networks and Systems in Substations – Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3,
5. Practical Modern SCADA Protocols, Gordon Clarke; Deon Reynders, Newners 2004.
6. User Experiences Implementing IEC61850 in Intelligent Electronic Devices, Ralph Mackiewicz, SISCO, Inc. ; Alfred Maschka, AMA-Systems GmbH.