

Mladen Banović, dipl. ing.
Končar - Institut za elektrotehniku, Zagreb

KONČAR TMS - SUSTAV MOTRENJA TRANSFORMATORA

SAŽETAK

Sustav motrenja transformatora daje uvid u stanje transformatora i uvjete u kojima transformator radi u stvarnom vremenu. Kod nas se osim naziva motrenje u manjoj mjeri koriste i drugi nazivi, kao što su monitoring, nadzor, praćenje itd.

Sustavom motrenja može se motriti (pratiti) vrijednost više parametara transformatora, a ovisno o broju i tipu tih parametara razlikuju se parcijalni i kompletni sustavi motrenja. Parcijalnim sustavima se prati jedna ili par srodnih veličina, npr. motrenje parcijalnih izbijanja, motrenje plinova u ulju, motrenje temperatura i slično. S druge strane, kompletnim sustavom motrenja moguće je motriti stotinjak parametara transformatora. U članku je riječ o jednom takvom sustavu - KONČAR TMS, firme KONČAR, razvijenog u suradnji KONČAR-Instituta za elektrotehniku i tvornice KONČAR-Energetski transformatori, na osnovi dugogodišnjeg iskustva u projektiranju, proizvodnji i ispitivanju transformatora te na osnovi iskustava iz razvoja sustava za automatizirana ispitivanja transformatora.

KONČAR TMS - TRANSFORMER MONITORING SYSTEM

SUMMARY

Transformer monitoring system enables real-time insight in transformer state (health and operating conditions). There are few terms for monitoring, like condition monitoring, on-line monitoring etc.

Transformer monitoring system enables monitoring of many transformer parameters. Depending on the number and type of parameters, monitoring systems are partial or complete. Partial monitoring systems enable monitoring of one or more affined parameters, e.g. partial discharges, gases-in-oil, temperatures etc. On the other hand, complete monitoring systems enable monitoring of about hundred transformer parameters. The paper describes such a monitoring system – KONČAR TMS by KONČAR group of companies. The system has been developed in cooperation of Končar-Electrical Engineering Institute and Končar Power Transformers, on the basis of long experience in the design, production and testing of transformers, and on the basis of experience in the development of automated systems for transformer testing.

SVRHA SUSTAVA MOTRENJA

Uvodno je rečeno kako se sustavom motrenja prate parametri transformatora. Praćenje parametara podrazumijeva prikupljanje vrijednosti parametara (mjeranjem ili estimacijom), pohranu u bazu podataka te prezentaciju informacija korisniku ili prosljeđivanje u druge sustave (npr. SCADA sustav). Mjerenje se obavlja senzorima koji se ugrađuju na transformator, dok se estimacija vrijednosti parametara obavlja u softverskim alatima ugrađenim u sustav motrenja, na osnovi vrijednosti mjerenih parametara i podataka transformatora.

Osim motrenja parametara, u sustav su ugrađeni i dodatni alati, kao što su alarmi i trendovi, kojima se u stvarnom vremenu kreiraju informacije bitne za rad transformatora, alat inteligentnog upravljanja rashladnim sustavom, alat za posluživanje udaljenih korisnika, komunikacijski alati za razmjenu informacija s drugim sustavima u trafostanici protokolima IEC 60870-5-101, 60870-5-104, MODBUS itd.

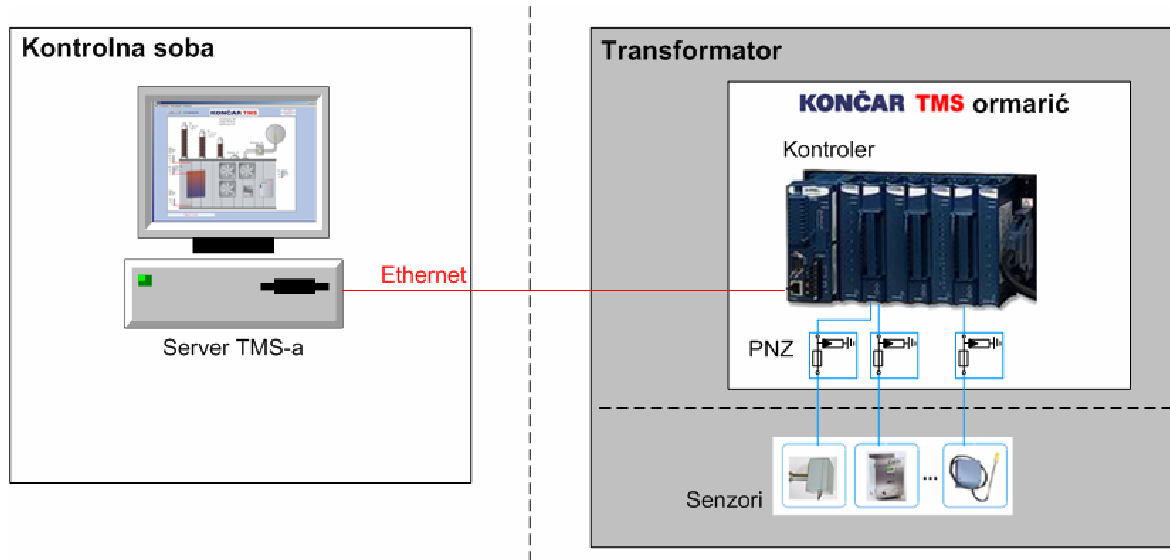
Dakle, svrha sustava motrenja je prikupljanje, obrada, prezentacija, razmjena i arhiviranje informacija o transformatoru, s ciljem sprečavanja kvarova ili smanjenja posljedica kvarova pravovremenim informiranjem korisnika o stanju transformatora.

PRIMJENA SUSTAVA MOTRENJA

Sustavi motrenja koriste se na energetskim i distributivnim transformatorima, kako u proizvodnji električne energije, tako i u prijenosu i u distribuciji. Opravdanost ugradnje sustava na transformator određuje se na osnovi važnosti transformatora u mreži, njegove snage, starosti te dodatnih specifičnih faktora, kao što su prilike u mreži itd. S obzirom da potrošnja električne energije u svijetu i kod nas stalno raste, uz istovremeni porast cijene energije, broj transformatora na kojima je opravdano ugraditi sustav motrenja stalno se povećava.

HARDVER

Hardver sustava KONČAR TMS sastoji se od podsustava ugrađenog na sam transformator (ormar sustava i senzori ugrađeni na odgovarajuća mjesta na transformatoru) te računala (servera) smještenog u kontrolnom uredu (Slika 1). Server i ormar sustava povezani su optičkim kabelom. Komunikacija se obavlja komunikacijskom vezom (Ethernet) TCP/IP skupom protokola (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol).



Slika 1. Prikaz dijelova sustava motrenja

Server sustava motrenja

Server sustava motrenja je industrijsko računalo sa tvrdim diskovima u RAID modu rada. Tijekom dužeg rada sustava motrenja podaci prikupljeni u bazu postaju važniji dio cijelog sustava i dok se sve komponente i programi sustava mogu zamijeniti, jedino su podaci u bazi podataka nenadoknadiivi. Korištenjem dva diska za smještaj baze podataka sprečava se gubitak podataka u slučaju kvara jednog od tih diskova.

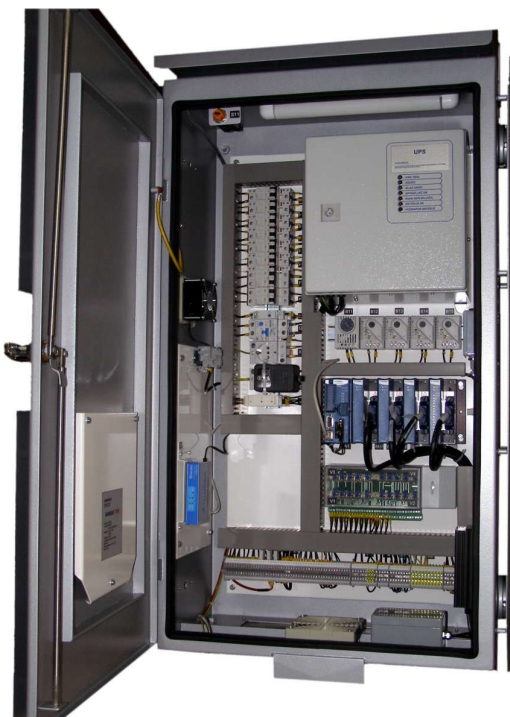
Podsustav na transformatoru

Podsustav na transformatoru sastoji se od ormara sustava motrenja i senzora. U ormaru su smješteni kontroler (Compact FieldPoint) i drugi uređaji sustava: instalacijski prekidači (osigurači), uređaj za neprekidno napajanje, uređaji za reguliranje mikroklima ormara, uređaji za prenaponsku i nadstrujnu zaštitu signala, pretvornik bakar-optika (*media converter*), i drugi uređaji (Slika 2).

Kontroler (Slika 3) je *real-time* industrijski mrežni uređaj, s vlastitim procesorom i memorijom, te radi neovisno o serveru.

Senzori su ugrađeni na odgovarajuća mjesta na transformatoru. Na primjer, mjerni pretvornik napona (Slika 4) ugrađuje se na mjerni priključak provodnika, mjerni pretvornik razine ulja na

odgovarajuće priključno mjesto na konzervatoru, mjerni pretvornik plina i/ili vlage u ulju na odgovarajući uljni priključak na kotlu transformatora itd.



Slika 2. Ormar sustava motrenja



Slika 3. Kontroler sustava motrenja



Slika 4. Mjerni pretvornik napona VSB

SOFTVER

Softver sustava motrenja sačinjavaju *real-time* aplikacija za motrenje na kontroleru (e-Trafo Origin), aplikacije za motrenje na serveru (e-Trafo Spot i e-Trafo Anywhere), program Tag Engine, baza podataka, operacijski sustavi na kontroleru i serveru te drugi programi za komunikaciju, provjere i sigurnost.

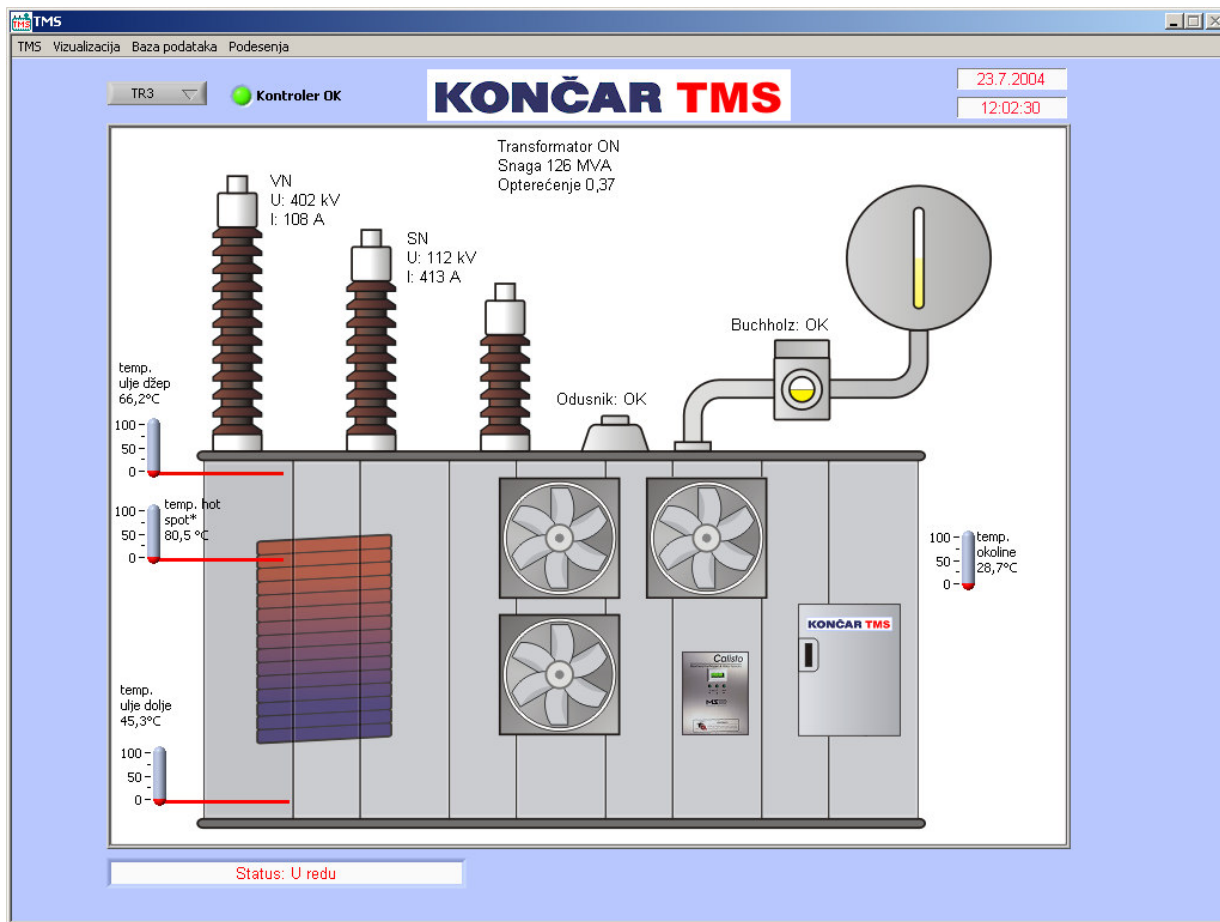
e-Trafo Origin – redundantna aplikacija na kontroleru motri veličine transformatora i kontinuirano dijagnosticira rad serverske aplikacije e-Trafo Spot na serveru te stanje komunikacijske veze sa serverom. U slučajevima kad aplikacija na serveru ili server nisu aktivni ili kad je prekinuta komunikacijska veza server-kontroler, aplikacija na kontroleru preuzima na sebe kompletno motrenje, obradu i arhiviranje podataka. Na kontroleru se mogu pohranjivati podaci kroz duži period. Taj period ovisi o broju motrenih veličina i memoriji kontrolera, a kreće se od nekoliko mjeseci do godinu dana ili više. Nakon uspostave veze sa serverom aplikacija kontrolera prosljeđuje prikupljene podatke programima e-Trafo Spot i Tag Engine koji ih koriste za svoj rad i pohranu u bazu podataka.

e-Trafo Spot - aplikacija na serveru preuzima rezultate motrenja od Tag Engine-a, dodatno ih obrađuje, rezultate prosljeđuje Tag Engine-u za pohranu u bazu podataka, prijavljuje korisnike u sustav, poslužuje ih lokalno i daljinski te eventualno poslužuje druge sustave u trafostanici rezultatima motrenja.

e-Trafo Anywhere – klijentska aplikacija (Slika 5) na serveru ili udaljenom računalu prezentira korisniku rezultate motrenja. Ovo je jedina aplikacija u sustavu s kojom korisnik ima neposrednu interakciju pa će u nastavku biti detaljnije opisana.

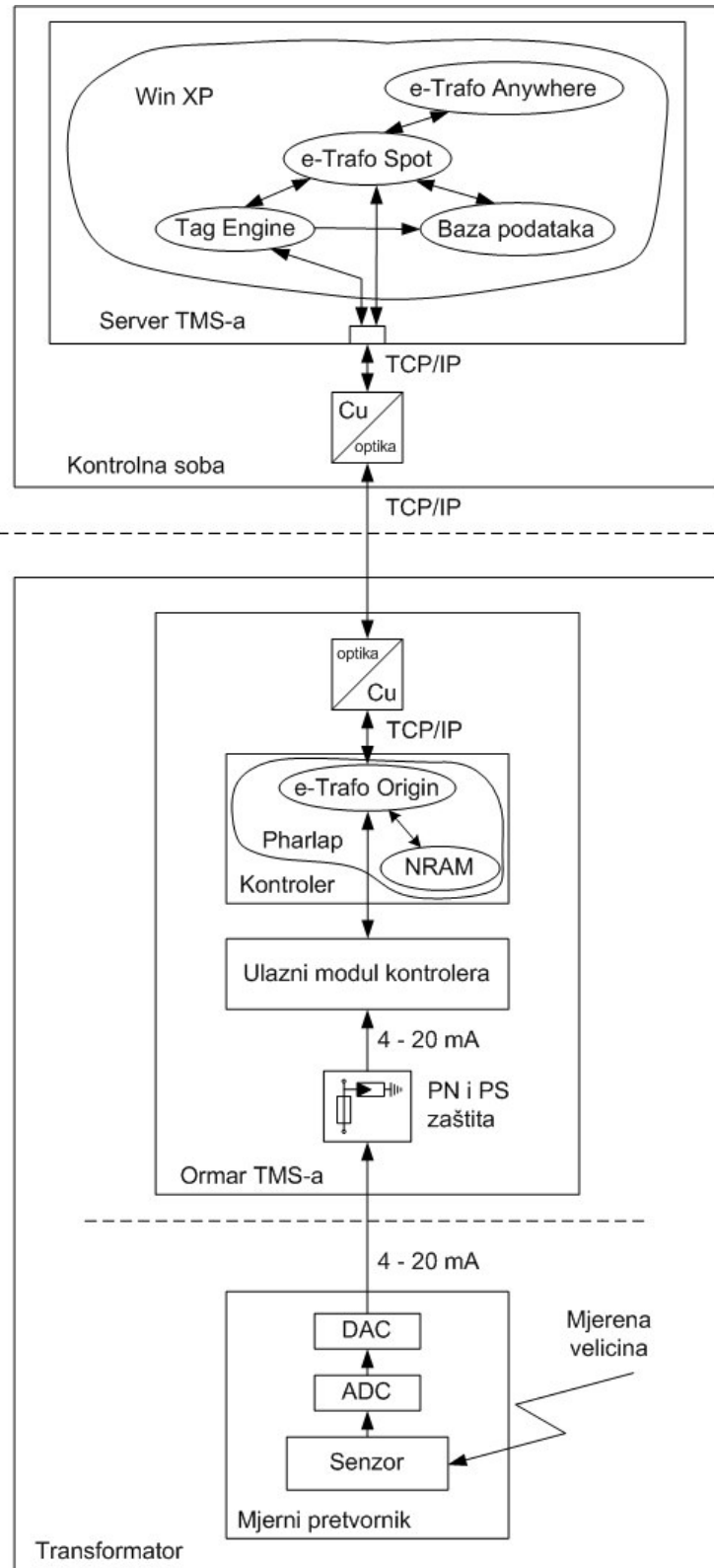
Tag Engine - program koji prenosi podatke s kontrolera na server, upisuje ih u bazu podataka i daje ih na raspolaganje programu e-Trafo Spot. Također podatke dobivene obradom u programu e-Trafo Spot pohranjuje u bazu.

Baza podataka - služi za pohranu prikupljenih i obrađenih podataka na serveru sustava motrenja. Podaci koji se pohranjuju u bazu su izmjerene vrijednosti, estimirane vrijednosti veličina te alarmi.



Slika 5. Sučelje klijentske aplikacije e-Trafo Anywhere

Za lakše razumijevanje načina rada i toka informacija u sustavu motrenja, slijedi shematski prikaz toka podataka (Slika 6).



Slika 6. Tok podataka u sustavu motrenja

e-Trafo Anywhere – klijentska aplikacija za pregled informacija sustava motrenja. Instalirana je na serveru sustava motrenja i na udaljenim računalima.

e-Trafo Spot - aplikacija na serveru preuzima rezultate motrenja od Tag Engine-a, obrađuje ih, rezultate prosljeđuje Tag Engine-u za pohranu u bazu podataka, prijavljuje korisnike u sustav i posluđu ih.

Tag Engine - program koji prenosi podatke s kontrolera na server i upisuje ih u bazu podataka.

Baza podataka - služi za pohranu prikupljenih i obrađenih podataka na serveru sustava motrenja.

Cu/optika – pretvornik za povezivanje bakrenog i optičkog kabela.

Pharlap – *real-time* operacijski sustav kontrolera.

e-Trafo Origin – redundantna aplikacija za motrenje na kontroleru koja preuzima motrenje u slučaju kad je server TMS-a nedostupan. Prikupljene i obrađene podatke pohranjuje u memoriju koja čuva sadržaj i kad nestane napajanja (NRAM).

Ulazni modul - obavlja AD konverziju signala i vremensko označavanje očitavanja (timestamp). Modul može obrađivati analogne, digitalne te signale sa Pt temperaturnih sonde.

PN i PS zaštita – uređaj za prenaponsku i nadstrujnu zaštitu preko kojeg se vode signali koji ulaze u ormar TMS- a do ulaznog modula.

Mjerni pretvornik - opremljen senzorom za mjerenje, AD te DA pretvornikom. Izlaz mjernog pretvornika je standardizirani signal (4...20 mA, 0...20 mA itd.).

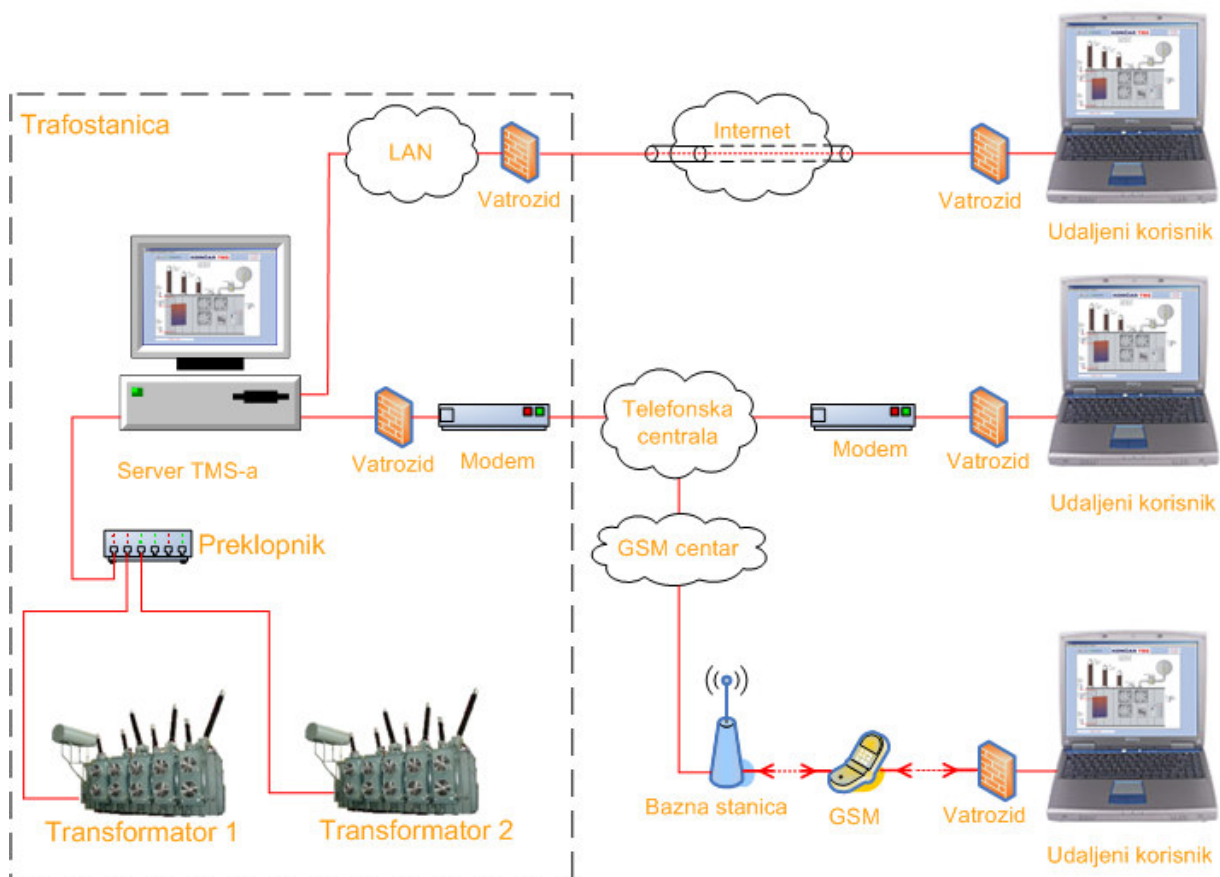
Sustav motrenja aplikacijom e-Trafo Anywhere prezentira podatke u obliku očitavanja (trenutna vrijednost veličine) (Slika 5), tabličnog prikaza (aktualni i alarmi koji su se dogodili u prošlosti, Slika 7) te grafički (prikaz motrenih veličina u proizvoljnom vremenskom intervalu, Slika 8).



Daljinska vizualizacija

6

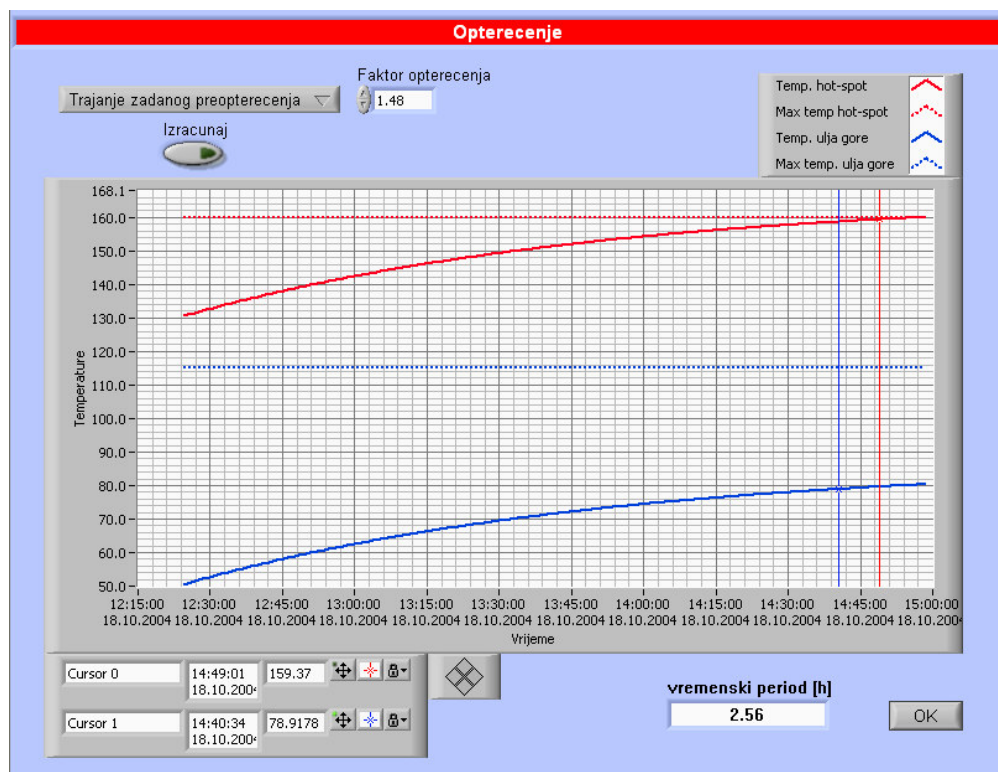
Moguće je direktno pristupanje sustavu s podrškom za pregled, ali i održavanje sustava kroz LAN/WAN, direktnim spajanjem kroz infrastrukturu fiksne telefonske mreže korištenjem analognog ili ISDN modema ili kroz infrastrukturu mobilne mreže korištenjem mobilnog modema (mobilni telefon ili *wireless* kartica) (Slika 9).



Slika 9. Sustav motrenja - posluživanje udaljenih korisnika

Prognoza preopterećenja

Alat za prognozu preopterećenja (Slika 10) omogućava korisniku procjenu preopterećenja transformatora – terećenja preko nazivnih vrijednosti (snage, struje, temperature ulja itd.). Procjena se ostvaruje temeljem izračuna vremena trajanja zadanog preopterećenja ili izračuna maksimalnog preopterećenja u zadanom vremenskom intervalu. Obje vrste izračuna uzimaju u obzir aktualne i granične vrijednosti temperatura najtoplije točke namota, ulja gore i dolje, podešenja temperatura uključivanja i isključenja pojedinih hladnjaka (podešenja termoslike i kontaktnog termometra), kao i eventualne promjene sustava hlađenja u razmatranom periodu. Rezultat oba proračuna su krivulje temperature ulja i hot spota, koje se korisniku prezentiraju u grafičkom obliku.



Slika 10. Alat za prognozu preopterećenja - izračun trajanja zadanog opterećenja

Inteligentno upravljanje rashladnim sustavom

Alat inteligentnog upravljanja rashladnim sustavom u sustavu motrenja KONČAR TMS je podsustav koji radi paralelno s postojećim klasičnim sustavima (termoslika i kontakti termometar). Alat je pouzdan u radu, a pouzdanost se dodatno garantira paralelnim radom s klasičnim sustavima upravljanja. Postoje tri moda rada: automatsko upravljanje rashladom, ručno upravljanje te isključenje kad sustav motrenja ne upravlja rashladom.

U automatskom modu rada rashladom transformatora upravlja algoritam, koji se temelji na izračunima temperature najtoplije točke namota (hot-spot) na osnovi podataka rashladnog sustava, podešenja termoslike, temperature ulja gore i/ili dolje, trenutnog faktora opterećenja transformatora i stanja rashladnog sustava transformatora.

Temperature se računaju prema IEC ili IEEE standardima za uljne transformatore. Algoritmom se predviđaju vrijednosti temperature najtoplije točke namota. Na osnovi predviđene temperature najtoplije točke namota određuje se buduće potrebno stanje rashladnog sustava i provode se akcije kojima se sustav dovodi u to stanje. Pri određivanju rashladnog stanja uzimaju se u obzir podešenja temperatura uključivanja stupnjeva termoslike, odnosno kontaktnog termometra.

Inteligentno upravljanje hlađenjem transformatora ima sljedeće prednosti:

- intermitirani rad hladnjaka prema prognozi temperature najtoplije točke namota,
- manje temperaturne promjene unutar transformatora uključivanjem odgovarajućeg broja hladnjaka ovisno o trenutnom opterećenju i temperaturi okoline,
- uslijed manjih temperaturnih promjena unutar transformatora smanjuje se disanje transformatora (kod sustava s otvorenim sustavom disanja) i smanjuje se unos vlage i kisika u transformator,
- brzo reagiranje sustava na promjene opterećenja i reagiranje upravo na promjenu opterećenja transformatora, a ne na promjenu temperature ulja, što daje puno brži odziv sustava,
- održavanje podjednakog broja radnih sati hladnjaka, što se postiže uključivanjem hladnjaka po broju radnih sati (opcija),
- uključivanje svake grupe hlađenja barem jednom u određenom periodu (npr. jednom tjedno) na kratko vrijeme radi propuhivanja (opcija),

- uključivanje svake grupe hlađenja kod niskih temperatura radi sprečavanja zaleđivanja (opcija).

U ručnom modu rada rashladom transformatora upravlja se iz sučelja aplikacije za motrenje korištenjem dugmeta za uključivanje, odnosno isključivanje hladnjaka.

Upravljanje hlađenjem iz sustava motrenja moguće je jedino sa servera sustava motrenja, tako da nema mogućnosti da se sa udaljenog računala greškom ili zloupotrebom manipulira rashladnim sustavom.

Komunikacijski alati

U sustavu motrenja podržani su standardni komunikacijski protokoli te interni komunikacijski protokol za potrebe razmjene informacija između aplikacija samog sustava motrenja,

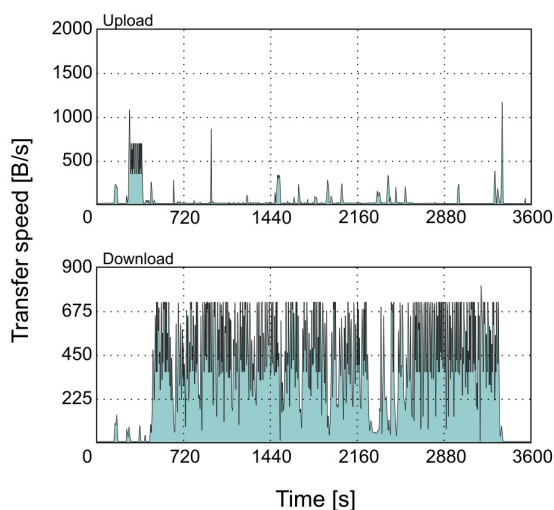
Komunikacijski protokol je skup pravila koji određuje kako se poruke koje sadrže podatke i kontrolne informacije sastavljaju za prijenos preko mreže te kako se raščlanjuju na odredištu.

Interni komunikacijski protokol

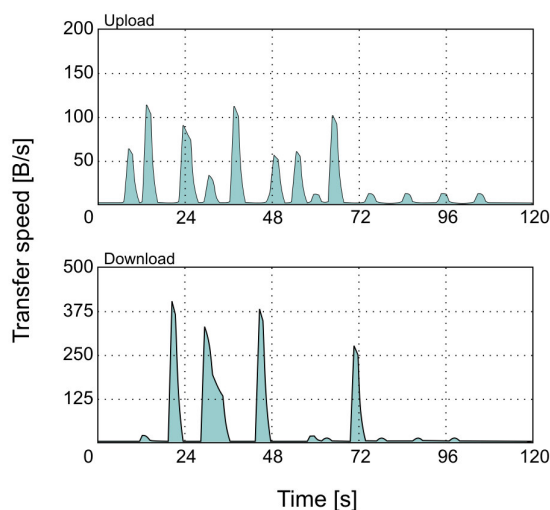
Protokol po kojem se obavlja promet podataka u sustavu motrenja razvijen je zajedno sa sustavom motrenja. To je vrlo brz i siguran protokol koji u usporedbi sa standardnim komunikacijskim rješenjima daje desetak puta bolje rezultate u smislu brzine prijenosa informacija. Ujedno omogućava daljinski pristup sustavu kroz bilo koju TCP/IP vezu, uključujući i pristup sustavu pomoću prijenosnog računala i mobilnog telefona, dajući najveći mogući komfor korisniku.

Komunikacijski modul dio je serverske aplikacije e-Trafo Spot, i može istovremeno posluživati više klijenata. Klijenti se mogu neovisno spajati i pristupati rezultatima motrenja u skladu s pripadajućim ovlastima. Ovo je velika prednost u odnosu na druga rješenja, koja ne omogućavaju istovremeni pristup za više korisnika.

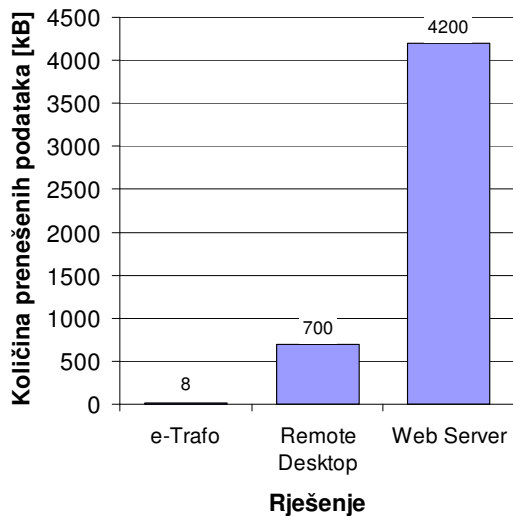
Razvojem vlastitog protokola drastično se smanjila i količina prenesenih podataka pri daljinskom spajanju u sustav, što omogućuje korištenje i najsporijih veza. U nastavku je dana usporedba prenesenih podataka i potrebnog vremena za daljinski pregled sustava korištenjem vlastitog rješenja te Remote Desktop-a i web servera koji su razmatrani kao standardna rješenja za daljinski pristup (Slika 11, Slika 12, Slika 13 i Slika 14).



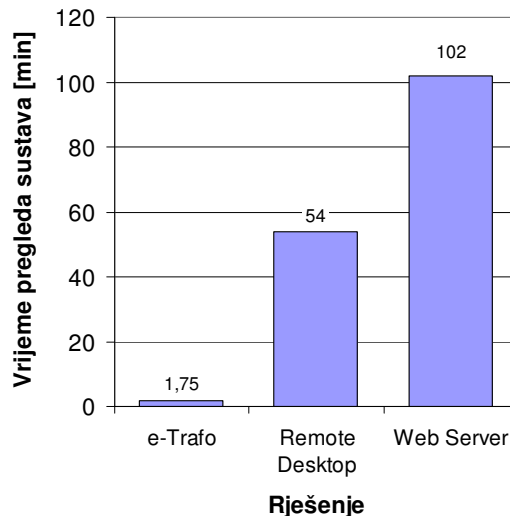
Slika 11. Mrežni promet između servera i udaljenog računala pri korištenju Remote Desktop-a



Slika 12. Mrežni promet između servera i udaljenog računala pri korištenju vlastitog rješenja za daljinski pristup



Slika 13. Grafikon s prikazom količine prenesenih podataka pri daljinskom pristupu (manje je bolje)

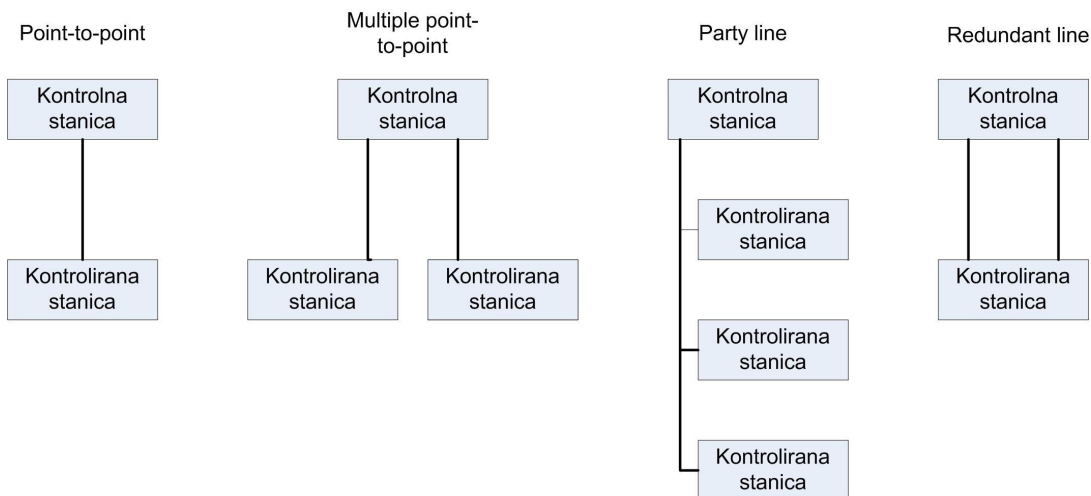


Slika 14. Grafikon s prikazom vremena pri daljinskom pristupu (manje je bolje)

Standardni komunikacijski protokoli

U sustav motrenja ugrađeni su standardni komunikacijski moduli za razmjenu podataka sa drugim sustavima prema protokolima IEC 60870-5-101, 60870-5-104 te MODBUS. Modulom za komunikaciju prema IEC protokolima razmjenjuju se podaci između sustava motrenja i drugih sustava u trafostanici ili postrojenju, a podržane su sljedeće konfiguracije mreže:

- Point-to-point
- Multiple point-to-point
- Party line
- Redundant line



Slika 15 Podržane konfiguracije mreže u komunikacijskim alatima za IEC protokol

Modulom za komunikaciju prema MODBUS protokolu razmjenjuju se podaci između jezgre sustava motrenja (serverska aplikacija) i senzora sustava motrenja.

USPOREDBA S DRUGIM SUSTAVIMA

U sustav motrenja ugrađene su brojne funkcije koje većina drugih sustava ne podržava ili ne podržava u standardnim izvedbama. Neke od tih funkcija su: jednostavna integracija u LAN (sustav je utemeljen na Ethernet sabirnici i povezivanje u LAN mrežu ne zahtijeva dodatni hardver niti softver), jednostavan, siguran i učinkovit daljinski pristup sustavu, *event-driven* komunikacija (prijenos podataka po događaju – smanjuje mrežni promet i zagušenje komunikacijske infrastrukture), prenaponska i nadstrujna zaštita sustava sa strane signalnih ulaza, autostart (automatsko pokretanje sustava nakon nestanka i ponovne pojave napajanja), redundancija sustava itd.

REFERENCE

Sustav motrenja KONČAR TMS u predproizvodnoj fazi je ugrađen na dva transformatora u Hrvatskoj. Početkom 2006. godine započela je serijska proizvodnja, te su proizvedena dva sustava za transformatore u Hrvatskoj, a u pripremi je proizvodnja još jednoga. Glavnina proizvodnje namijenjena je izvozu. Tako je proizvedeno 10 sustava za katarsko tržište i 1 za slovačko, a u tijeku je proizvodnja dodatnih 7 sustava za katarsko tržište i 1 za slovačko.

ZAKLJUČAK

Sustav motrenja KONČAR TMS je suvremen proizvod, jednostavan za korištenje, ali sa vrlo kompleksnom strukturom. Njegovi brojni moduli i alati za mjerenja, zaštitu, analize, procjene, prognoze, komunikacije, arhiviranje, izvještavanje, mrežni rad itd. sinkronizirano rade i ostvaruju funkciju motrenja, sa ciljem pravovremenog informiranja korisnika o stanju transformatora te sprečavanja kvarova, odnosno smanjenja njihovih posljedica. Nastao je na temeljima dugogodišnjeg uspješnog rada sa transformatorima, u kombinaciji najsuvremenijih znanja i tehnologija sa iskustvima u projektiranju, proizvodnji i ispitivanju transformatora.

LITERATURA

- [1] M. Banović, S. Keitoue: „Mobility Support for the Access to a Monitoring System”, XVIII IMEKO World Congress, Rio de Janeiro, Brazil, rujan 2006.
- [2] M. Banović, S. Keitoue: „Enhanced Remote Access to the Monitoring System”, International Conference on Condition Monitoring and Diagnostics CMD, Changwon, Koreja, travanj 2006.
- [3] M. Banović, Z. Godec, V. Cindrić: „The Value of Information Obtained Through Transformer Monitoring System”, 10th IMEKO TC10 International Conference on Technical Diagnostics, Budimpešta, lipanj 2005.
- [4] M. Banović, R. Gardijan: „Sklopovska oprema sustava motrenja transformatora Končar TMS“, Sedmo savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, studeni 2005.
- [5] V. Cindrić, M. Banović, S. Keitoue: „Programska oprema sustava motrenja transformatora Končar TMS“, Sedmo savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, studeni 2005.