

Nikola Bogunović, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
nikola.bogunovic@hep.hr

Nenad Banović, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
nenad.banovic@hep.hr

Arsen Jurasić, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
arsen.jurasic@hep.hr

Anamarija Antonić, mag. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
anamarija.antonc@hep.hr

SUSTAV PRAĆENJA VRŠNIH OPTEREĆENJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE

SAŽETAK

Referat prikazuje sustav praćenja vršnih opterećenja distribucijske mreže razvijen u Elektroprimorju Rijeka za potrebe djelatnika zaposlenih na planiranju i razvoju elektroenergetskih mreža.

Sustav je baziran na tehničkom informacijskom sustavu i web sučelju, a krajnjim korisnicima kroz različite forme izvješća i kroz grafičke preglede pruža mogućnost jednostavnog pristupa informacijama o vršnim opterećenjima u mreži. Zamišljen je kao nadopuna podacima koji su planerima dostupni kroz izvješća iz sustava SCADA.

Ključne riječi: vršna opterećenja, planiranje mreža, razvoj mreža, tehnički informacijski sustav, SCADA

MONITORING THE PEAK LOADS IN DISTRIBUTION NETWORKS

SUMMARY

The paper describes the peak load monitoring solution developed and being used in Elektroprimorje Rijeka to fulfill the needs of the employees working on electricity network planning and development.

The solution is based on the technical information system (TIS) and on web environment, and it has enabled the end users to analyze the network peak loads data through the different tabular and graphical reports. It has been designed to supplement the data accessible through the reports from the SCADA system.

Key words: peak loads, network planning, network development, technical information system, SCADA

1. UVOD

Za razvoj i planiranje elektroenergetskih mreža trenutni iznosi opterećenja transformatorskih stanica, kao i trend njihove promjene, predstavljaju jedan od važnijih ulaznih kriterija na temelju kojih se odlučuje o potrebnim zahvatima kojima se elektroenergetske mreže prilagođavaju sadašnjim i budućim potrebama korisnika mreža.

U ovom referatu opisano je softversko rješenje za prikupljanje i praćenje podataka o vršnim opterećenjima transformatorskih stanica SN/NN, koje je razvijeno u *Elektroprimorju Rijeka* za potrebe djelatnika koji rade na poslovima razvoja elektroenergetskih mreža.

Rješenje je razvijeno kao zaseban modul tehničkog informacijskog sustava *Elektroprimorja*, a pregled unesenih podataka omogućen je kroz dinamičko web okruženje u grafičkom i tabličnom obliku.

Na taj način korisnicima je omogućen brz i jednostavan uvid u podatke koji kroz SCADA sustav uglavnom nisu dostupni jer je udio transformatorskih stanica SN/NN koje su u sustavu daljinskog vođenja još uvijek relativno malen.

Osim prikaza navedenog softverskog rješenja, referat ukratko prikazuje i planirane aktivnosti na poboljšanju i proširenju njegovih funkcionalnosti.

2. TEHNIČKI INFORMACIJSKI SUSTAV U ELEKTROPRIMORJU RIJEKA

2.1. Povijesni razvoj tehničkog informacijskog sustava Elektroprimorja

Razvoj i održavanje složenih sustava bili bi gotovo nemogući bez sustavnog praćenja podataka o postojećoj infrastrukturi, opterećenju i iskorištenosti sustava. Zbog toga se u samim počecima razvoja elektrodistribucijske djelatnosti javila potreba za vođenjem adekvatne dokumentacije. Oblik pohranjivanja dokumenata vremenom se mijenjao i uglavnom je pratio razvoj tehnologije, koja je pružala sve veće mogućnosti pohranjivanja i analiza podataka.

Kao početak digitalnog pohranjivanja podataka u *Elektroprimorju* može se označiti 1991. godina, kada je u aktivnu upotrebu ušao tehnički informacijski sustav (u daljnjem tekstu TIS). TIS je bio realiziran na *Oracle* bazi podataka, koja se izvršavala na *HP Proliant* poslužitelju. Aplikacije za unos i ažuriranje podataka, kao i ostale aplikacije namijenjene raznim korisnicima u *Elektroprimorju*, izvodile su se u terminalskom sučelju, a bile su kreirane alatom *Oracle Forms*.

sif	tip	naziv	sif.OSA gr.	sif.OSA el.	izv.napon	napon	max
CER4	TS	CERNIK 4	122215/01982	14023X/03377	20/0.4 kV	10/0.4 kV	630
CER5	TS	CERNIK 5 (METRO)		100925/04355	20/0.4 kV	10/0.4 kV	2X1
CIPI	TS	CIPICA	043668/01540	13955X/03309	20/0.4 kV	10/0.4 kV	630
CRLI	TS	CROATIA LINE		02722X/03960	10/0.4 kV	10/0.4 kV	2X1

sab.	napon	tip	materijal	presjek	oblik presjeka	dimen1	dimen2	dat.upis
A	10	G1	CU		OKRUGLI	18		29.08.1995
B	.4	G1			NN BLOK			18.01.2005

Count: 122 č v <Replace>
1(010,003)

Slika 1. Terminalski prozor početne verzije tehničkog informacijskog sustava *Elektroprimorja*

Struktura TIS baze podataka i sve aplikacije koje se na nju oslanjaju razvijene su u *Elektroprimorju*. Struktura baze hijerarhijski je bila podijeljena na nekoliko razina:

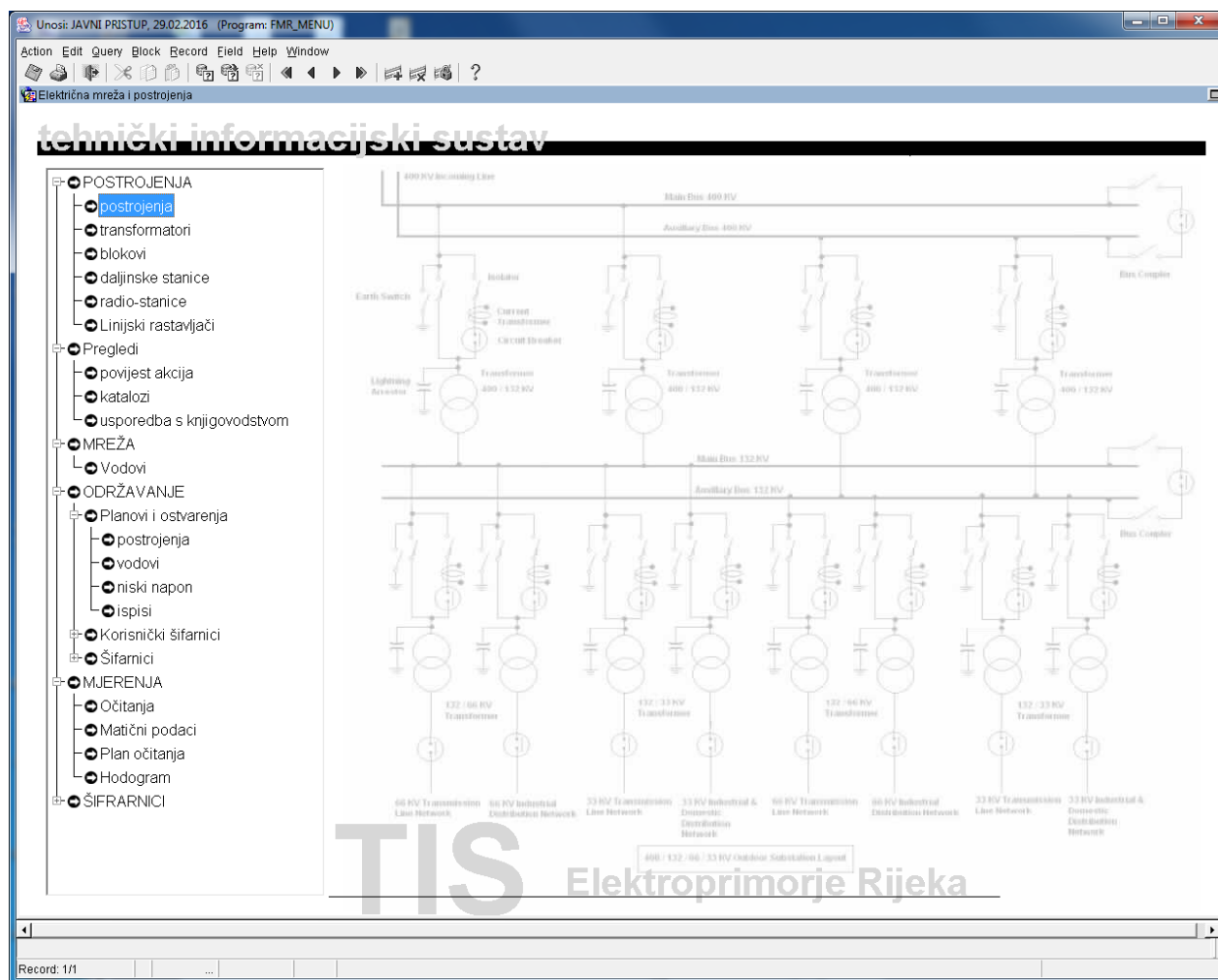
- mreža, pogon, napon
- transformator, postrojenje, vod
- elementi mreže (polja, elementi polja, dionice, čvorovi)

Osim opisa same strukture elektroenergetskog sustava, u TIS-u su postojale i razne nadogradnje u vidu aplikacija i podataka namijenjenih radu s pojedinim elementima mreže:

- investicijsko-tehnička dokumentacija
- energetska mjerenja na obračunskim mjernim mjestima
- planiranje održavanja trafostanica i vodova
- stupna mjesta
- obrada pogonskih događaja

Zbog uglavnom povijesnih razloga, TIS je još uvijek središnji sustav s podacima o elementima mreže u poduzeću, a svi sustavi koji su kasnije uvedeni u upotrebu nadovezuju se na njega. Na taj je način izbjegnuto višestruki unos podataka o istim elementima mreže i omogućeno je jednostavno preuzimanje tehničkih podataka o elementima mreže svim aplikacijama kojima su ti podaci potrebni.

TIS je kroz godine neprekidno nadograđivan i dodavane su mu nove mogućnosti, a 2014. godine je u potpunosti redizajniran, prebačen na novu verziju *Oracle* baze podataka i modernizirano mu je sučelje. Na sljedećoj slici prikazano je novo sučelje TIS-a.



Slika 2. Nova verzija tehničkog informacijskog sustava *Elektroprimorja*

Sredinom 2013. godine na razini *HEP Operatora distribucijskog sustava d.o.o.*, čiji je *Elektroprimorje* sastavni dio, geografski informacijski sustav (u daljnjem tekstu GIS) prepoznat je kao jedan od ključnih informacijskih sustava od iznimne važnosti za poduzeće, te je pokrenut projekt uvođenja jedinstvenog sustava u cijelo društvo. Pri tome je za jedinstveni sustav odabrano rješenje *Smallworld* američke korporacije *General Electric*, a prelazak *Elektroprimorja* na taj sustav očekuje se u drugoj polovici 2016. godine.

Budući da novi GIS sustav pokriva funkcionalnosti sadašnjeg GIS-a i TIS-a *Elektroprimorja*, u sklopu promjene sustava predviđeno je i gašenje tehničkog informacijskog sustava *Elektroprimorja*. U procesu prelaska planirana je i prilagodba za rad s novim sustavom svih postojećih aplikacija i specifičnih rješenja koja se koriste u *Elektroprimorju*.

2.2. Modularna izvedba tehničkog informacijskog sustava

Tehnički informacijski sustav *Elektroprimorja* građen je od nekoliko međusobno povezanih modula. Pojedinačnim modulima pristupa se kroz glavni izbornik aplikacije (slika 2.), sukladno ovlastima korisnika, a oni obuhvaćaju sljedeće cjeline tehničkih podataka:

1. POSTROJENJA – tehnički podaci o elektroenergetskim postrojenjima, transformatorima, blokovima, daljinskim stanicama, radio stanicama i linijskim rastavljačima
2. MREŽA – tehnički podaci o elektroenergetskim vodovima
3. ODRŽAVANJE – ovaj modul više se ne koristi, budući da je u međuvremenu razvijena zasebna aplikacija za održavanje
4. MJERENJA – planiranje mjerenja i praćenje vršnih opterećenja transformatorskih stanica
5. ŠIFARNICI – održavanje različitih kataloga opreme
6. PREGLEDI – različiti pregledi i izvješća

2.3. Modul za praćenje vršnih opterećenja transformatorskih stanica u TIS-u

Za unos podataka u modul za praćenje vršnih opterećenja transformatorskih stanica zaduženi su djelatnici *Odjela za zaštitu i mjerenja*, koji djeluje unutar *Službe za vođenje pogona*. Kroz ovaj modul omogućen je unos osnovnih podataka koji su potrebni za pripremu mjerenja vršnih opterećenja te za analizu dobivenih rezultata, kao i unos rezultata provedenih mjerenja.

Kako bi se samo mjerenje opterećenja moglo što bolje i efikasnije organizirati, kroz zasebne forme ovog modula potrebno je izraditi plan mjerenja opterećenja transformatorskih stanica te plan njihovog obilaska. U prvoj fazi se za svaku transformatorsku stanicu, a sukladno karakteru potrošnje i očekivanom razdoblju vršnog opterećenja, kroz formu za unos i ažuriranje plana mjerenja opterećenja određuju mjeseci u tekućoj godini za koje je planirano mjerenje. Budući da ovaj proces može biti relativno zahtjevan i dugotrajan, kroz aplikaciju je omogućeno dodjeljivanje transformatorskih stanica različitim grupama, nakon čega je plan mjerenja moguće unijeti na razini tako definiranih grupa.

Na slici 3. prikazana je forma za unos i ažuriranje plana mjerenja opterećenja transformatorskih stanica.

Nakon što je izrađen plan mjerenja opterećenja transformatorskih stanica, potrebno je definirati i plan njihovog obilaska (hodogram) za svaki mjesec u tekućoj godini. Plan obilaska uređuje se kroz zasebnu formu aplikacije, pri čemu se na popisu prikazuju samo one transformatorske stanice za koje je u odabranom mjesecu potrebno provesti mjerenje opterećenja. Forma za ažuriranje plana obilaska transformatorskih stanica prikazana je slikom 4.

Po provedbi pojedinačnih mjerenja opterećenja, izmjerene vrijednosti unose se u aplikaciju kroz formu prikazanu slikom 5.

Korisnik: JAVNI PRISTUP, 07.03.2016 (Program: FOC_PLAN_AZURIRANJE)

Action Edit Query Block Record Field Help Window

PROZOR

Ažuriranje plana očitavanja

ODABERI POGON:

SLUŽBE U SJEDIŠTU DP - RIJEKA

Postrjenja

SIFRA	NAZIV	KAT. OC.
ABK1	A.B. KIKOVICA	
ABMA	A.B. MARIŠČINA	
ACK1	A.C. KIKOVICA	6
ADAM	ADAMIĆEVA	3
AERO	AERODROM	6
AGAT	AGATIĆEVA	6
AGRO	AGRO R-29	
AG-2	AG-2	3
ALMA	ALEKSANDAR MAMIĆ	3
ALG1	ALGA 1	6
ALG2	ALGA 2	6
AMBA	AMBALAŽA	6
AUT1	AUTOPUT 1	6
AUT2	AUTOPUT 2	6
AUT3	AUTOPUT 3	6
AUT4	AUTOPUT 4	3
AUT5	AUTOPUT 5 (LABINSKA 1)	1
AUTT	AUTOTEHNIKA	6
AUTO	AUTOTROLEJ	6
BAC1	BAČIĆI	3
BAJA	BAJAMONTI	1
BASE	BAJČEVO SELO	1
BAS2	BAJČEVO SELO 2	1
BAL1	BAKAR LUKA 1	
BAL2	BAKAR LUKA 2	

POSTROJENJE:

AUTOPUT 2

Mjeseci

☐ 1. mjesec
☐ 2. mjesec
☐ 3. mjesec
☐ 4. mjesec
☐ 5. mjesec
☒ 6. mjesec
☐ 7. mjesec
☐ 8. mjesec
☒ 9. mjesec
☐ 10. mjesec
☐ 11. mjesec
☐ 12. mjesec

Prenesi mjesec:

<<<

POMOĆNA TABLICA

☐ 1. mjesec
☐ 2. mjesec
☐ 3. mjesec
☐ 4. mjesec
☐ 5. mjesec
☐ 6. mjesec
☐ 7. mjesec
☐ 8. mjesec
☐ 9. mjesec
☐ 10. mjesec
☐ 11. mjesec
☐ 12. mjesec

Pridodaj svim postrojenjima :

IZVRŠI

Odznači sve mjesece za trenutno postrojenje :

ODZNAČI

Prikaži / sakrij nova postrojenja i ona koja nemaju plana očitavanja:

FILTER

Brzo pridodavanje je:

ISKLJUČENO

Brzo pridodavanje kopira sve mjesece iz pomoćne tablice u tablicu postrojenja za ono postrojenje na koje kliknete lijevim klikom miša.

Klikom na "IZVRŠI" automatski pridodate svim postrojenjima u tablici mjesece označene u pomoćnoj tablici.

Record: 14/7

[illegible]

Korisnik: JAVNI PRISTUP, 08.03.2016 (Program: FOC_OČITANJA)

Action Edit Query Block Record Field Help Window

PROZOR

Očitavanje opterećenja postrojenja

IZVJEŠTAJ

ODABERI POGON: SLUŽBE U SJEDIŠTU DP - RIJEKA

MJ. I GOD. OČITANJA: 9. 2015 PRIKAZ

STORNO NOVO OČIT. ZAKLJUČAJ FILTER

HOD.	ŠIFRA	NAZIV	mm	DATUM	TIP.	S _n	I _n	C	NAPOMENA	I (A)	I ₀	S ₀	%
105	SKU8	ŠKURINJE 8	1	9/2015		400	577	120		2,70	324,0	224,21	56
106	SKU3	ŠKURINJE 3	1	9/2015		400	577	120		1,60	192,0	132,86	33
106	SKU3	ŠKURINJE 3	2	9/2015		400	577	120		2,10	252,0	174,38	44
107	SKU5	ŠKURINJE 5	1	9/2015		400	577	120		1,90	228,0	157,78	40
108	SK11	ŠKURINJE 11	1	9/2015	D2	400	550	120		3,26	391,0	270,57	71
109	SK10	ŠKURINJE 10	1	9/2015	D2	400	550	120		4,98	597,0	413,12	109
110	TIBL	TIBLJAŠI	1	9/2015		160	231	40		2,60	104,0	71,97	45
111	GOS2	GORNJE ŠKURINJE 2	1	9/2015		250	361	80		2,25	180,0	124,56	50
112	GOS1	GORNJE ŠKURINJE 1	1	9/2015		630	866	200		1,60	320,0	221,44	37
112	GOS1	GORNJE ŠKURINJE 1	2	9/2015		630	866	200		1,60	320,0	221,44	37
113	CVJE	CVJEČARSTVO	1	9/2015		400	550	120		2,10	252,0	174,38	46
114	SKU4	ŠKURINJE 4	1	9/2015	AM	400	577	120	uk	0,00	0,0	0	0
115	OSJ2	OSJEČKA 2	1	9/2015	D2	250	344	80		3,15	252,0	174,38	73
116	TVKO	TVORNICA KONOPA	1	9/2015		630	910	120		2,20	264,0	182,69	29
117	SKSK	SKLADIŠTE ŠKURINJE	1	9/2015		400	577	120		3,80	456,0	315,55	79
118	ELEK	ELEKTROLUX	1	9/2015		400	577	120		2,90	348,0	240,82	60
119	MLJE	MLJEKARA	1	9/2015	D2	400	577	120		2,39	287,0	198,6	50
119	MLJE	MLJEKARA	2	9/2015	D2	630	909	200		3,39	677,0	468,48	74
120	RUTO	RUDOLF TOMŠIĆ	1	9/2015		400	577	120		1,50	180,0	124,56	31
121	STFA	STROJARSKI FAKULTET	1	9/2015		400	577	120		3,60	432,0	298,94	75
122	TRSC	TRŠČANSKA	1	9/2015		400	577	120	isk.	0,00	0,0	0	0
122	TRSC	TRŠČANSKA	2	9/2015		400	577	120		2,60	312,0	215,9	54

Mogućnost upisa: ☒ Aktivno očitavanje: Nema...

Očitano: 671/700 Stornirano: 0 Preopterećeno: 17

Record: 137/?

Slika 5. Forma za unos podataka o izmjenjenim opterećenjima

3. PREGLED INFORMACIJA O VRŠNIM OPTEREĆENJIMA TRANSFORMATORSKIH STANICA

3.1. Web prikaz izmjerenih vrijednosti opterećenja

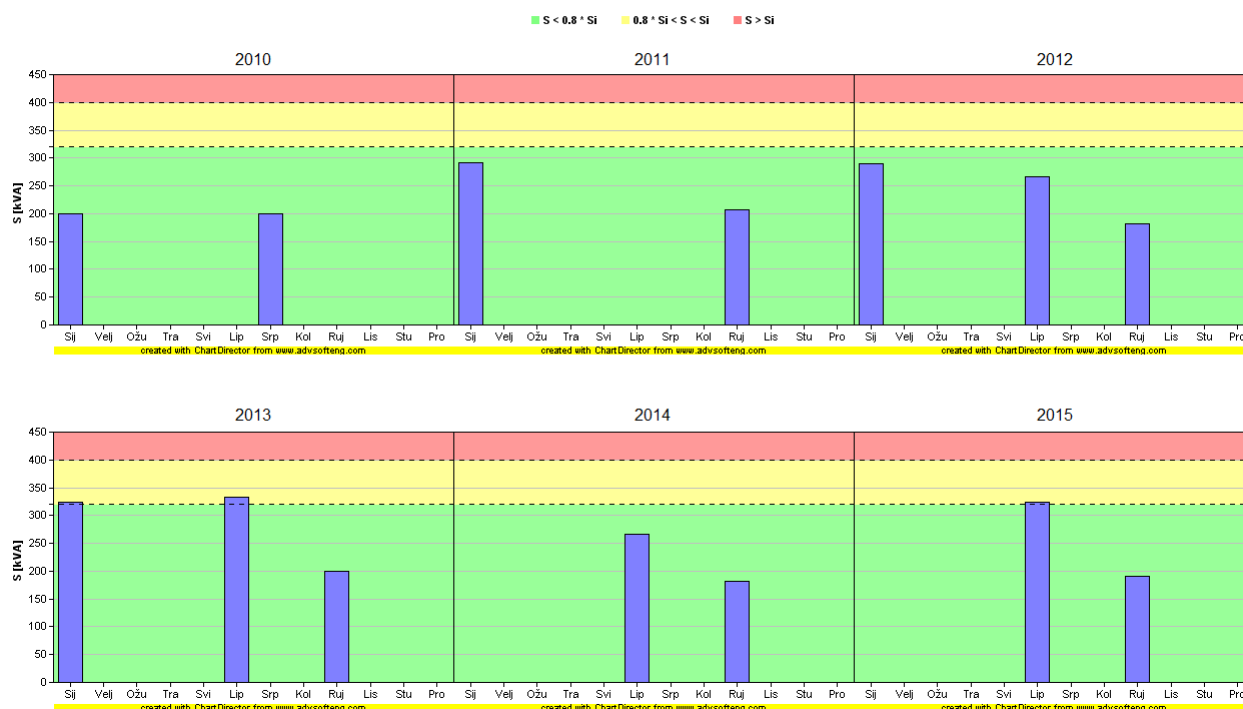
Podaci uneseni u tehničku bazu podataka putem modula za unos vršnih opterećenja transformatorskih stanica mogu se pregledavati kroz isto sučelje kroz koje je obavljen i unos, s tim da su korisnicima koji ih pregledavaju prava pristupa ograničena samo na čitanje. Kako bi se pregled podataka dodatno pojednostavnio, razvijen je i zaseban web prikaz izmjerenih vrijednosti. Kroz njega se podaci o provedenim mjerenjima mogu analizirati grafički i tablično, što doprinosi boljem razumijevanju rezultata mjerenja.

Navedenim podacima najčešće se koriste zaposlenici *Odjela za razvoj i pristup mreži*, koji djeluje unutar *Službe za razvoj i investicije*, a s ciljem dobivanja ulaznih podataka o trendu promjene opterećenja transformatorskih stanica, koji predstavlja jedan od važnijih ulaznih parametara za izradu planova razvoja i planova investicija.

Do prikaza vršnih opterećenja pojedinačnih transformatorskih stanica moguće je direktno doći odabirom njihovog naziva s popisa, a pristup je omogućen i kroz sučelje web aplikacije geografskog informacijskog sustava *Elektroprimorja*.

Sljedeća slika prikazuje dijagram izmjerenih vršnih opterećenja jedne transformatorske stanice u odabranom vremenskom razdoblju.

TS KANTRIDA 2



Slika 6. Prikaz izmjerenih vršnih opterećenja transformatorske stanice u odabranom razdoblju

Iz grafičkog prikaza vidi se odnos vršnog opterećenja i instalirane snage transformatorske stanice. Graf je podijeljen u tri područja:

- opterećenje do 80% instalirane snage (zeleno područje) – opterećenje transformatorske stanice je na zadovoljavajućoj razini
- opterećenje od 80% do 100% instalirane snage (žuto područje) – potreban pojačan nadzor zbog mogućnosti preopterećenja
- opterećenje preko 100% instalirane snage (crveno područje) – transformatorska stanica je preopterećena

Osim kroz grafički, podatke je moguće pregledavati i kroz tablični prikaz. On sadrži informacije o svim provedenim mjerenjima opterećenja za odabranu transformatorsku stanicu te podatke o mjesecu u kojem je provedeno mjerenje, instaliranoj snazi i vršnom opterećenju stanice.

3.2. Tehnologija izrade prikaza

Dinamički web prikaz rezultata mjerenja vršnih opterećenja transformatorskih stanica izvršava se s aplikacijskog poslužitelja *Elektroprimorja* (poslužitelj s instaliranim operacijskim sustavom *Microsoft Windows 2003 Server* i web serverom *Internet Information Services 6.0*). Na njemu je pokrenut web servis koji preuzima i obrađuje tražene podatke s TIS poslužitelja te ih preko računalne mreže prosljeđuje prema web pregledniku korisnika.

Pri izradi dinamičkog web prikaza, osim standardnih tehnologija, alata i jezika koji se primjenjuju u web okruženju (*HTML*, *CSS* i *ASP*), korištena je i komponenta *ChartDirector*, koja služi za dinamičko generiranje različitih grafičkih prikaza u web okruženju. Komponenta je prilagođena za rad s više skriptnih programskih jezika, kroz koje je moguće upravljati izgledom i sadržajem grafičkog prikaza. Konačni rezultat njezinog rada je slika u PNG formatu koja se generira na poslužitelju, a zatim se prosljeđuje klijentu i konačno se prikazuje u web pregledniku korisnika.

4. PLANIRANI RAZVOJ

Prikaz vršnih opterećenja transformatorskih stanica putem weba koristi se u svakodnevnom radu djelatnika koji rade na poslovima razvoja elektroenergetskih mreža i planiranja investicije te se pokazao kao nezamjenjiv alat za brzo pronalaženje željenih podataka. Kako bi se njegova funkcionalnost dodatno povećala, planirani su i dodatni zahvati na njegovom unapređenju.

Alat će se razvijati na način da se omogući prikaz dodatnih dijagrama za detaljniju i točniju analizu trenda promjene opterećenja transformatorskih stanica te automatsko svrstavanje transformatorskih stanica u jednu od grupa promjene opterećenja: brzo rastuće, rastuće, stagnirajuće, padajuće i brzo padajuće.

Pored toga, bit će dodani i različiti izvještaji koji prikazuju preopterećene transformatorske stanice te transformatorske stanice koje bi sukladno trendu promjene opterećenja ubrzo mogle postati preopterećene.

Također, u planu je i prilagodba postojećeg rješenja za rad s novim geografskim informacijskim sustavom HEP ODS-a, jer je njegovim uvođenjem planirano ukidanje postojećeg tehničkog informacijskog sustava *Elektroprimorja*.

5. ZAKLJUČAK

Planiranje i razvoj elektroenergetskog sustava vrlo je složen posao, a sa svakom izmjenom zakonske regulative pojavljuju se i novi zahtjevi koje je potrebno uvažiti i slijediti. Zbog toga je postojanje kvalitetnih ulaznih podataka od iznimne važnosti za obavljanje ovog posla.

Jedan od važnijih pokazatelja stanja elektroenergetskog sustava, a samim time i bitan ulazni podatak za planiranje i razvoj mreža, jest i trend promjene vršnog opterećenja transformatorskih stanica.

Za transformatorske stanice prijenosnog omjera 110/X kV i 35/X kV ovi podaci mogu se dobiti iz sustava SCADA. Nažalost, još je uvijek relativno malen udio transformatorskih stanica prijenosnog omjera 10(20)/0,4 kV koje su uključene u sustav daljinskog vođenja, a upravo na tim naponskim razinama događaju se najbrže promjene u elektroenergetskoj mreži. Zbog toga je u *Elektroprimorju* razvijeno rješenje za prikupljanje, unos, obradu i pregled podataka o vršnim opterećenjima tih transformatorskih stanica. Time su dobiveni ulazni podaci za planiranje i razvoj elektroenergetskih mreža koji trenutno nisu pokriveni sustavom SCADA.

Podatke prikupljaju i u sustav unose djelatnici *Odjela za zaštitu i mjerenja*, a najčešće ih koriste, pregledavaju i analiziraju djelatnici *Odjela za razvoj i pristup mreži*.

Budući da je *Elektroprimorje* upravo u procesu prelaska na novi geografsko informacijski sustav, koji će biti jedinstven u cijelom HEP-u, osnovni zadatak koji predstoji jest prilagodba postojećeg rješenja za rad s tim sustavom uz zadržavanje svih postojećih funkcionalnosti.

6. LITERATURA

- [1] D. Močinić, D. Međurečan: „Implementacija geografskog informacijskog sustava na Oracle bazi podataka i povezivanje sa bazom tehničkih podataka u HEP Distribucija d.o.o., DP Elektroprimorje Rijeka“, HrOUG, Umag, 2003.
- [2] N. Bogunović, D. Močinić, D. Franković: „Trenutno stanje i planirani razvoj GIS sustava u Elektroprimorju Rijeka“, 2. (8.) savjetovanje HO-CIRED, Zbornik radova, Umag, Hrvatska, 2010.