

## TERMOVIZIJSKA ISPITIVANJA POSTROJENJA 110/X U SASTAVU EMS ZA 2007 GODINU

N.Simić, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd, Srbija  
LJ. Čičkarić, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd, Srbija  
M. Senćanić, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Beograd, Srbija

### UVOD

Neprekidnost napajanja potrošača je jedan od primarnih uslova pouzdanosti elektroenergetske mreže. U ispunjenju tog cilja termovizijska (termografska) ispitivanja elektroenergetske opreme, koja se u našoj zemlji obavljaju sistematski od 1971. godine daju nesporan doprinos. Poznato je da usled proticanja električne struje kroz provodnike dolazi do njihovog zagrevanja. Zagrevanje je pokazatelj, ne samo trenutnog opterećenja delova postrojenja, već i ukupnog stanja i eksploatisanosti opreme. Dugoročno gledano, zagrevanje se može koristiti kao pokazatelj kvaliteta ugrađene opreme u postrojenja i kvaliteta obavljenih intervencija. Posebna pogodnost ovog beskontaktnog metoda merenja temperature je u tome što se sva merenja obavljaju u realnim pogonskim uslovima, ne remeteći funkcionisanje sistema. Ovim preventivnim ispitivanjima se nebrojeno mnogo puta izbegla havarija u sistemu, a poseban doprinos je u planiranju isključenja pojedinih elemenata u postrojenju, u cilju otklanjanja neispravnosti. Da bi se ispitivanjem mogao odrediti stepen ugroženosti opreme sa stanovišta zagrevanja, u istom polju je potrebno uočiti toplo mesto i referentno mesto. Topla mesta su sva mesta koja se usled kvara greju više od ispravnih, referentnih mesta. Razlika temperatura toplog mesta i referentnog mesta se naziva pregrevanje. U zavisnosti od visine pregrevanja, sa naručiocem radova se dogovaraju kriterijumi vezani za vremenski period u kome je potrebno otkloniti neispravnost. Jedan od primenjenih kriterijuma je da se sva pregrevanja razvrstavaju u tri kategorije: pregrevanja do 10 °C, pregrevanja između 10 °C i 30 °C, te pregrevanja preko 30 °C. U prvom slučaju pregrevanja se mogu tolerisati do remonta, u drugom slučaju reviziju bi trebalo obaviti u roku do 60 dana, dok pregrevanja preko 30 °C zahtevaju hitno otklanjanje neispravnosti. Navedeni kriterijumi se odnose na vidljive spojeve, dok su za unutrašnje kvarove kriterijumi strožiji. Ovo je razumljivo ako se zna da je za zagrevanje ulja unutar prekidača, mernih i energetskih transformatora, makar i za samo par stepeni Celzijusa iznad normalne radne temperature, potrebna znatna količina energije. U ovim slučajevima je za svako konkretno toplo mesto neophodno poznavati konstrukciju aparata, moguće načine iznošenja toplote na površinu, opterećenje,...itd. Sistematskim termovizijskim ispitivanjima, u našoj prenosnoj mreži je značajno smanjen broj toplih mesta sa visokim pregrevanjima (npr preko 100°C), tako da se sada godišnje uoči svega nekoliko ovakvih toplih mesta i to na priključnim stezaljkama aparata.

U radu je dat pregled rezultata termografskih ispitivanja u TS 110/X, koje su u sastavu Elektromreže Srbije (EMS). Pošto eksploataciju i održavanje ovih objekata ubrzo preuzimaju Elektrodistribucije (ED), rad je zapravo presek stanja za ovaj period sa stanovišta pregrevanja opreme.

## REZULTATI TERMOVIZIJSKIH ISPITIVANJA

Da bi se lakše sagledali rezultati ispitivanja, objekti su tabelarno razvrstani po trenutnoj pripadnosti nekom od pogona EMS. Zbog preglednosti, naponski nivoi 20 kV i 35 kV, kao i naponski nivoi od 5,25kV, 6kV i 10 kV su obuhvaćeni u jednom redu tabele. Prazna polja u svim tabelama imaju vrednost nula. Tabele 1.1. - 1.4. daju prikaz toplih mesta po kategorijama pregrevanja za svaki objekat. Tabele 2.1. - 2.4. predstavljaju raspodele toplih mesta prema vrsti aparata i naponskom nivou. Rezultati, koji su dati u zgradama, predstavljaju topla mesta koja se ponavljaju u odnosu na prethodno termovizijsko ispitivanje. Oznaka ostalo<sup>(1)</sup> se odnosi na kablovske glave, energetske kablove, užad, ostale stezaljke...

r.br.	Objekat	Naponski nivo (kV)	Broj toplih mesta razvrstan po kategorijama pregrevanja			
			<=10°C	10-30°C	>=30°C	ukupno
1	TS Valjevo 1	110		1	5	6
		35	2	5	1	8
2	TS Osečina	110				
		35				
3	TS Sevojno	110		1	1	2
		35	1			1
4	TS Šabac 1	110	10	2		12
		35	1	1	1	3
		6				
5	TS Šabac 2	110			2	2
		35 (20)	1			1
6	TS Čačak 1	110				
		35				
7	TS Gornji Milanovac	110	2	2		4
		35		1		1
8	TS Nova Varoš	110		1		1
		35				
9	TS Arandjelovac	110				
		35 (20)		3	4	7
		10			1	1
Ukupno		110	12	7	8	27
		35 (20)	5	10	6	21
		10 (6)			1	1
Ukupno na svim naponskim nivoima			17	17	15	49

TABELA 1.1.– RASPODELA TOPLIH MESTA PO KATEGORIJAMA PREGREVNANJA I NAPONSKIM NIVOIMA U POGONU VALJEVO, 2007.

U tabeli 1.1. se vidi da od ukupnog broja toplih mesta 34,7% čine mesta sa pregrevanjima do 10°C, isto toliko ima mesta sa razlikom od 10°C do 30°C i 30,6% su topla mesta sa pregrevanjima većim od 30°C. Unutrašnji kvarovi su uočeni na 2,5% aparata na 110kV, dok na nižim naponskim nivoima nije bilo ovih grejanja. Prosečno je uočeno 5,4 toplih mesta po objektu.

Aparati	Naponski nivo (kV)			
	110	35	10	ukupno
Prekidač	7 (1)	1		8 (1)
Rastavljač	14 (4)	8 (1)		22 (5)
Merni strujni transformator	5 (1)	2		7 (1)
Merni naponski transformator				
VF prigušnica				
Transformator snage		1		1
Provodni izolator		4		4
Ostalo <sup>(1)</sup>	1	6 (4)	1	8 (4)
<b>Ukupno</b>	<b>27 (6)</b>	<b>21 (5)</b>	<b>1</b>	<b>49 (11)</b>

TABELA 2.1. – PRIKAZ RASPODELE TOPLIH MESTA PO APARATIMA, NAPONSKIM NIVOIMA I PONAVLJANJU U POGONU VALJEVO, 2007.

r.br.	Objekat	Naponski nivo (kV)	Broj toplih mesta razvrstan po kategorijama pregrevanja			
			<=10°C	10-30°C	>=30°C	ukupno
1	TS Bor 1	110				
		35		2		2
2	TS Bor 3	110				
		5,25				
3	TS Knjaževac	110			1	1
		35				
4	TS Majdanpek 1	110				
		35	1	1		2
		6				
5	TS Majdanpek 2	110		1		1
		35		2		2
6	TS Majdanpek 3	110	1	2		3
		6				
7	TS Negotin	110	1	1		2
		35	1	1	1	3
8	TS Veliki Krivelj	110				
		35	2			2
		6				
9	TS Zaječar 1	110		1		1
		35	5	1		6
10	TS Zaječar 2	110				
		35				
Ukupno		110	2	5	1	8
		35	9	7	1	17
		6				
Ukupno na svim naponskim nivoima			11	12	2	25

TABELA 1.2.– RASPODELA TOPLIH MESTA PO KATEGORIJAMA PREGREVNANJA I NAPONSKIM NIVOIMA U POGONU BOR, 2007.

Od ukupno 25 toplih mesta koja su uočena u pogonu Bor, 44% je u prvoj, 48% u drugoj i 8% u trećoj kategoriji pregrevanja, sa prosečno 2,5 topla mesta po objektu. U ovom pogonu nisu registrovana mesta čiji su uzroci pregrevanja unutar aparata, a većina pregrevanja potiče sa stezaljki.

Aparati	Naponski nivo (kV)		
	110	35	ukupno
Prekidač			
Rastavljač	2 (1)	4 (1)	6 (2)
Merni strujni transformator	2 (1)	3	5 (1)
Merni naponski transformator			
VF prigušnica			
Transformator snage	1	1 (1)	2 (1)
Provodni izolator		5	5
Ostalo <sup>(1)</sup>	3 (1)	4	7 (1)
Ukupno	8 (3)	17 (2)	25 (5)

TABELA 2.2. – PRIKAZ RASPODELE TOPLIH MESTA PO APARATIMA, NAPONSKIM NIVOIMA I PONAHLJANJU U POGONU BOR, 2007.

U pogonu Bor, u odnosu na prethodne godine, registrovan je manji broj toplih mesta, a zbog malih opterećenja u pojedinim objektima pregrevanja su приметно niža. U TS koje su u okolini Majdanpeka registrovana su pregrevanja na telima provodnih izolatora 35 kV izazvana aerozađađenjem.

Aparati	Naponski nivo (kV)		
	110	35	ukupno
Prekidač	2 (1)	4 (1)	6 (2)
Rastavljač	21 (6)	6 (1)	27 (7)
Merni strujni transformator	4 (2)	12 (3)	16 (5)
Merni naponski transformator	1 (1)		1 (1)
VF prigušnica			
Transformator snage	1		1
Provodni izolator		9 (4)	9 (4)
Ostalo <sup>(1)</sup>	2	14 (5)	16 (5)
Ukupno	31 (10)	45 (14)	76 (24)

TABELA 2.3. – PRIKAZ RASPODELE TOPLIH MESTA PO APARATIMA, NAPONSKIM NIVOIMA I PONAHLJANJU U POGONU BEOGRAD, 2007.

U pogonu Beograd je zadržan trend iz prethodnih godina, da se najveći broj toplih mesta na naponskom nivou 110kV javlja na rastavljačima. Konstatovan je veći broj toplih mesta na priključcima kablovskih glava i ostalim stezaljkama na nivou 35kV, nego u drugim pogonima.

r.br.	Objekat	Naponski nivo (kV)	Broj toplih mesta razvrstan po kategorijama pregrevanja			
			<=10°C	10-30°C	>=30°C	ukupno
1	TS Beograd 2	110	1	2		3
		35	3	1		4
2	TS Beograd 6	110	1			1
		35	5	2	1	8
3	TS Beograd 7	110				
		35	3	1		4
4	TS Beograd 9	110		4	7	11
		35		8	2	10
5	TS Beograd 10	110	1			1
		35	2		1	3
6	RP Pančevo 1	110	2	5		7
7	TS Beograd 11	110		1		1
		35		1		1
8	TS Smederevo 1	110				
		35				
9	TS Smederevo 2	110		1		1
		35		1		1
10	TS Mladenovac	110				
		35	1		1	2
11	TS Velika Plana	110				
		35				
12	TS Sm.Palanka	110		1		1
		35				
13	TS Požarevac	110	1	2		3
		35	5	4	1	10
14	TS Petrovac	110	1		1	2
		35		1	1	2
15	TS Vel.Gradište	110				
		35				
Ukupno		110	7	16	8	31
		35	19	19	7	45
Ukupno na svim naponskim nivoima			26	35	15	76

TABELA 1.3.– RASPODELA TOPLIH MESTA PO KATEGORIJAMA PREGREVANJA I NAPONSKIM NIVOIMA U POGONU BEOGRAD, 2007.

Iz tabele 1.3. se vidi da je od ukupno 76 toplih mesta, 34,2% u prvoj, 46,1% u drugoj i 19,7% u trećoj kategoriji pregrevanja. U proseku je po objektu registrovano 5 toplih mesta. Od 31 toplog mesta na naponskom nivou 110 kV, npr. samo 3,2% predstavlja unutrašnje kvarove, dok je na strani nižih naponskih nivoa taj procenat veći i iznosi 15,6%.

r.br.	Objekat	Naponski nivo (kV)	Broj toplih mesta razvrstan po kategorijama pregrevanja			
			<=10°C	10-30°C	>=30°C	ukupno
1	TS Jagodina	110				
		35		1	1	2
2	TS Paraćin	110	4			4
		35	4	2	1	7
3	TS Trstenik	110				
		35			1	1
4	TS Kraljevo 1	110				
		35				
5	TS Aleksinac	110		3		3
		35		3	2	5
6	TS Niš 1	110	6	7	1	14
		35	4	2	5	11
7	TS Niš 3	110			1	1
		35		1		1
8	TS Pirot 1	110	1	1	2	4
		35		2	2	4
9	TS Pirot 2	110	4	15	21	40
		35	2			2
10	TS Dimitrovgrad	110	4			4
		35	2	3	1	6
11	TS Leskovac 1	110				
		35		1		1
12	TS Vranje	110				
		35		1		1
13	TS Bosiljgrad	110				
		35	4			4
14	TS Prokuplje	110				
		35				
15	TS Kuršumlija	110				
		35		1		1
16	TS Svrlijig	110	1	1		2
		35		2	2	4
17	TS Novi Pazar	110		2		2
		35	1	1		2
18	TS Raška	110	3	1		4
		35		3	1	4
19	TS Sjenica	110		2	1	3
		35	1		1	2
Ukupno		110	23	32	26	81
		35	18	23	17	58
Ukupno na svim naponskim nivoima			41	55	43	139

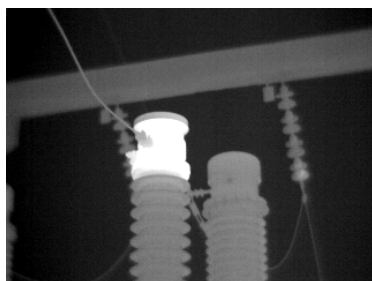
TABELA 1.4.– RASPODELA TOPLIH MESTA PO KATEGORIJAMA PREGREVANJA I NAPONSKIM NIVOIMA U POGONU KRUŠEVAC, 2007.

Raspodela po kategoriji pregrevanja u pogonu Kruševac pokazuje da u prvu kategoriju spada 29,5% toplih mesta, 39,5% potpada pod drugu kategoriju, dok 31% čine pregrevanja veća od 30°C. Unutrašnji kvarovi potiču sa 2,5% aparata. U pogonu Kruševac se javlja najveći prosečan broj toplih mesta (7,3). Sa druge strane u ovom pogonu je i najmanji broj ponovljenih neispravnosti (7,9%), što ukazuje na izuzetno dobar rad remontnih ekipa. U nekim TS se periodično javljaju izuzetno velika grejanja, što je posledica starosti opreme (npr. na prekidačima i priključcima cevni sabirnica 35 kV u TS Kuršumljaja).

Aparati	Naponski nivo (kV)		
	110	35	ukupno
Prekidač	11	3	14
Rastavljač	48 (3)	26 (5)	74 (8)
Merni strujni transformator	18	13 (2)	31 (2)
Merni naponski transformator			
VF prigušnica			
Transformator snage			
Provodni izolator		12	12
Ostalo <sup>(1)</sup>	4	3 (1)	7 (1)
Ukupno	81 (3)	58 (8)	139 (11)

TABELA 2.4.– RASPODELA TOPLIH MESTA PO KATEGORIJAMA PREGREVANJA I NAPONSKIM NIVOIMA U POGONU KRUŠEVAC, 2007.

Kada se sagledaju podaci iz svih pogona zaključuje se da je prosečno po objektu registrovano 5,45 mesta koja zahtevaju intervenciju. Od toga 50,9% su pregrevanja na naponskom nivou 110kV, dok je ostatak od 40,1% na nižim naponskim nivoima. Većina pregrevanja se javlja na priključnim stezaljkama aparata, ili je detektovana na ostalim stezaljkama. Što tiče visine pregrevanja, zbirno gledano, mesta sa najnižim pregrevanjem čine 32,9%, u drugu kategoriju spada 41,2%, dok topla mesta sa visokim pregrevanjima čine 25,9%. Najveći procenat neispravnosti je uočen na rastavljačima, a slede ih merni transformatori i prekidači. Kod mernih transformatora, pored priključnih stezaljki i pločica za promenu prenosnih odnosa, čest slučaj je i zagrevanje glave ili tela, što se odnosi na unutrašnje neispravnosti. Kod prekidača je registrovano pet grejanja kontaktnih sklopova na oba naponska nivoa. U prošloj godini nije bilo zagrevanja na provodnim izolatorima transformatora snage, čiji su uzroci neispravnosti unutar trafo suda. Razlog pojave ponavljanja toplih mesta je nemogućnost isključenja polja u cilju otklanjanja neispravnosti u tom vremenskom periodu. Osim toga, postoji određen procenat toplih mesta kod kojih se pregrevanja redovno ponavljaju. Na termogramima koji slede data su dva primera neispravnosti na aparatima. Na slici 1 je dat primer pregrevanja od 16 °C unutar glave mernog strujnog transformatora na 110 kV, dok je na slici 2 prikazano pregrevanje od 250 °C na donjem priključku provodnog izolatora 35kV.



SLIKA 1



SLIKA 2

## ZAKLJUČAK

Periodična termovizijska ispitivanja doprinose većoj pouzdanosti elektroenergetskog sistema. Pregrevanja koja potiču iz unutrašnjosti aparata, kao i visoka pregrevanja na ostalim elementima su posebno opasna, jer mogu uzrokovati havariju u postrojenju. Za potpunije sagledavanje stanja opreme u pojedinim objektima, preporučuje se saradnja između ekipa za održavanje i ekipa koje obavljaju termovizijska snimanja. Ovo se može ostvariti putem povratnih informacija sa terena, u kojima bi bili sadržani svi podaci o otklonjenim neispravnostima na elementima sa stanovišta pregrevanja. Ovakvim pristupom bi se uočili pojedini elementi, koji usled dugogodišnje eksploatacije postaju kritična mesta i njihova zamena bi bila opravdana i u drugim pogonima, što je bila praksa u EMS i dala je veoma dobre rezultate.

**Ključne reči:** termovizija, pregrevanje, toplo mesto

## LITERATURA

- [1] Senčanić M., Čičkarić Lj., Simić N., 2005. „Termografska istraživanja u elektroenergetskim postrojenjima Elektroprivrede Srbije“, Elektrotehnički institut Nikola Tesla - Zbornik radova“, Knjiga 17, strana 103-110
- [2] Čičkarić Lj., Simić N., Josifović B., 2008.: „Godišnji izveštaj rezultata termovizijskih ispitivanja u postrojenjima EMS“, godišnji obrađeni podaci termografskih ispitivanja u objektima EMS izv. br. 3308007