

Verifikacija električnih instalacija niskog napona - najčešći problemi u projektovanju i izvođenju

Ninoslav Simić

Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Univerzitet u Beogradu, Koste Glavinića 8a
11000 Beograd, Srbija
ninoslav.simic@ieent.org

Kratak sadržaj: U radu su prezentovana zapažanja prikupljena tokom dugogodišnjeg ispitivanja električnih instalacija. Navedene su najčešće neusaglašenosti sa pravilnikom i standardima na koje treba obratiti posebnu pažnju i kroz primere predloženi načini za otkrivanje uzroka problema u svakom navedenom slučaju. Naglašena je upotreba termografske kamere kao dodatnog instrumenta tokom verifikacije električnih instalacija.

Ključne reči: električne instalacije, verifikacija, problem.

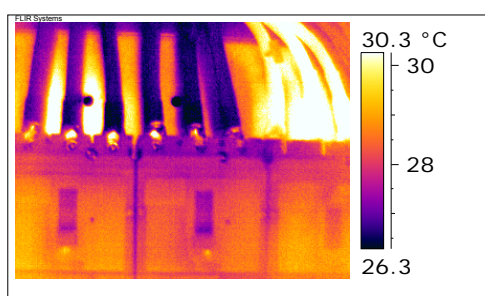
1. Uvod

Verifikacija električnih instalacija prema važećem standardu [1] i pravilniku [2], a u zavisnosti od tipa, vrste, veličine, namene objekata i sl. [3], se obavlja pre tehničkog prijema novih objekata, ili za stare objekte prema dinamici preporučenoj u standardu [1]. Svakodnevno smo svedoci problema u eksploataciji objekata, čestih strujnih udara, požara i posledica koje ostavljaju. Sa druge strane, veliki broj starih objekata bez obaveze verifikacije električnih instalacija, kao i tendencija brze i jeftine izgradnje novih objekata stavlja veliku odgovornost na nadzorne organe i verifikatore (ispitivače). Nedoslednost u primeni važećih pravilnika i standarda, česta primena povučenih standarda, te neusaglašenost novih standarda i davno donešenog pravilnika su dodatno doprineli šarenolikosti projekata i izvedenih radova, koje ispitivači sreću u praksi. Prilikom provere definisanih koraka koje je neophodno sprovesti u cilju verifikacije električnih instalacija [1], u radu se nabrojani najčešći problemi koji nastaju kao posledica izvođenja radova ili neusaglašenosti između realnog stanja i glavnog projekta, odnosno projekta izvedenog objekta.

2. Najčešće neusaglašenosti elemenata električne instalacije sa pravilnikom i standardima

2.1. Dužina i tip napojnog voda objekta sa pripadajućim zaštitnim uređajem

Priključak objekta na distributivnu ili industrijsku mrežu, odnosno tip priključka (podzemni kablovski vod, vazdušni vod, prelaz sa vazdušnog na kablovski vod), presek i oznaka napojnog voda (jedan ili više paralelnih vodova, broj žila, provodnik od bakra ili aluminijuma), tip zaštitnog uređaja, sistem zaštite od indirektnog dodira delova pod naponom (TN-C/S, TT, ...) se definišu od strane distributivnog preduzeća ili samostalno u slučaju velikih industrijskih objekata. U oba slučaja, dužina i vrsta materijala provodnika (npr. podzemnog kablovskog voda od transformatorske stanice do mernog ili glavnog razvodnog ormara MRO, GRO) je parametar koji određuje pad napona na trasi, kao i impedansu petlje kvara. Ove vrednosti se praktično sabiraju sa vrednostima pada napona i impedanse petlje kvara u najdaljim strujnim kolima od MRO (GRO), stoga je odabir napojnog voda najvažniji korak u projektovanju. Ukoliko je npr. zahtevana velika dužina podzemnog kablovskog voda (preko 100 metara) i presek za velike potrošače, često se uočava kontradiktornost sa predviđenim osiguračem u napojnoj ćeliji, odnosno nije ispoštovano maksimalno dozvoljeno vreme isključenja napajanja u slučaju kvara. Ovakvi problemi se obično u praksi rešavaju dodavanjem još jednog napojnog kablovskog voda istog tipa, ali se zaboravlja da je praktično izvođenje spoja dve kablovske žile, bilo na osiguračkoj letvi, ili na drugi način nesavršeno, te se struja ne deli ravnomerno na dva kabla. Kao rezultat, nastaje pregrevanje jednog kabla što se lako dokazuje termografskim snimkom (slika 1).



Slika 1. Termografski snimak pregrevanja jednog od dva paralelna kablovska voda PPOO-A 4x240mm²

2.2. Nejednaka vrednost impedanse petlje kvara po fazama

Vrednosti impedanse petlje kvara je neophodno uporediti po fazama, jer međusobno odstupanje vrednosti ukazuje na propuste u izvođenju instalacije ili kvalitetu ugrađene opreme. Veliko odstupanje vrednosti u jednoj od faza ima za posledicu produženje vremena reagovanja zaštitnog uređaja i dodatni pad napona na prelaznom otporu, koji je često praćen velikim grejanjem elementa u instalaciji. Sekcionisanjem tokom ispitivanja kvar je moguće brzo locirati, a uzrok kvara su najčešće loše izvedeni spojevi.

2.3. Pravilna ugradnja ZUDS

Zaštitni uređaj diferencijalne struje (ZUDS/FID) je osnovni element zaštite u TT sistemima i dopunski zaštitni element u TN sistemima. Bez obzira na primenjeni sistem i struju reagovanja ovog uređaja, prilikom ispitivanja ZUDS očekivane vrednosti vremena reagovanja su reda dvadesetak milisekundi. Efekat produženja vremena reagovanja prilikom ispitivanja je obično uzrokovan nepravilnom ugradnjom elementa, greškom u instalaciji ili neodgovarajućim kvalitetom elementa. U poslednjem slučaju, dovoljno je ponoviti merenje nakon što ZUDS jednom odreaguje, kada se zbog prorade opruge vreme reagovanja značajno smanjuje (tabela I). Prevrmeno reagovanje ZUDS može ukazivati na problem sa postojanjem napona na uzemljivaču.

Tabela I. Primer ispitivanja struje i vremena reagovanja zaštitnog uređaja diferencijalne struje

redni broj ispitivanja	tip zaštitnog uređaja	diferencijalna struja reagovanja	vreme reagovanja
		$I_{\Delta n}$ [mA]	t [ms]
1.	ZUDS na poziciji F 88 u GRO (M) $I_n=16 \text{ A}, I_{\Delta n}=30 \text{ mA}$	27,1	171,4
2.	ZUDS na poziciji F 88 u GRO (M) $I_n=16 \text{ A}, I_{\Delta n}=30 \text{ mA}$	27,1	82,2

2.4. Otpornost izolacije provodnika

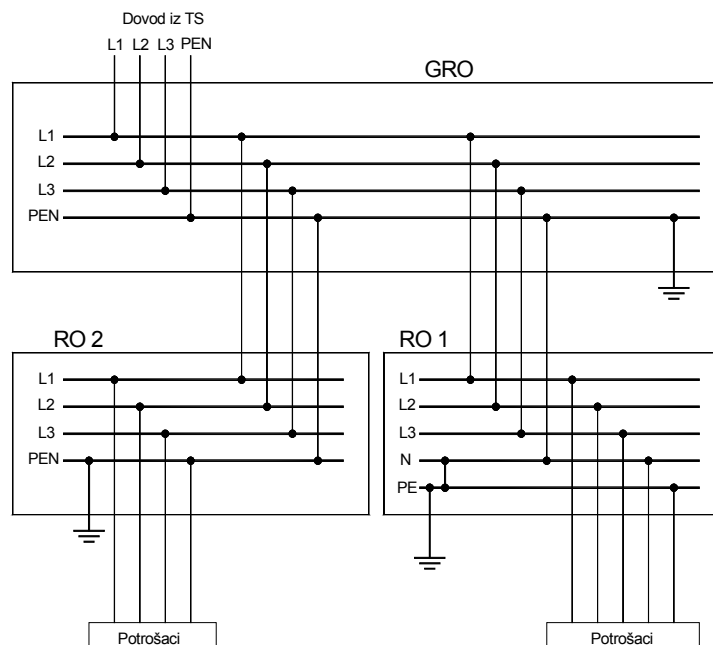
Kod novih provodnika otpor izolacije bez obzira na ispitivani napon (250V, 500V, 1000V) je reda stotina megaoma, a često i gigaoma. Ove vrednosti se kod provodnika niskog napona retko menjaju tokom godina. U

slučaju nepažnje pri izvođenju radova, kada se provodnici vuku preko oštih ivica, usled oštećenja izolacije izmereni otpor naglo opada, te se mogu dobiti vrednosti od par desetina megaoma. Ukoliko se prilikom merenja konstatuju vrednosti bliske graničnoj vrednosti od 1 M Ω [1], velika je verovatnoća da su u ispitivanom kolu prisutni dodatni elementi (svetiljke, tinjalice, elektromagneti, elektronske komponente...). U praksi je uočeno da je prisustvo vode u blizini električne instalacije jedan od glavnih uzroka pada vrednosti otpornosti izolacije, a merenje se odlikuje promenljivom vrednošću otpornosti pri svakom uzastopnom ispitivanju. Kvar se teško locira jer osigurači ne reaguju na vrednosti struje curenja u izolaciji, a sa povlačenjem vode praktično se više ne manifestuje.

2.5. Pravilno izvođenje TN-C/S sistema

U današnjim električnim instalacijama TN-C/S sistem je najzastupljeniji. Osnovne odlike ovog sistema su velike struje kvara (često reda kA kad su objekti bliski TS) i ušteda u materijalu do mesta gde se zaštitno-neutralni provodnik PEN razdvaja na zaštitni PE i neutralni (nulti) provodnik N. Istovremeno se eliminiše problem prekida N provodnika, posmatrajući zaštitnu funkciju PEN provodnika. Slikovito rečeno, u ovom slučaju su objedinjene osobine TN-C i TN-S sistema. Treba imati u vidu da pravilno funkcionisanje TN-C/S sistema fundamentalno zavisi od sledećih faktora:

- a) Impedanse petlje kvara u zavisnosti od napojnog voda (tačka 2.1.)
- b) Pravilnog izvođenja TN-C/S sistema što podrazumeva sledeće: Prelaz sa četvorožilnog na petožilni provodnik se u jednom delu električne instalacije obavlja samo na jednom mestu. Tada se PEN provodnik deli na PE i N provodnik umetanjem kratkospojnika između PE i N sabirnice (šine). PE i PEN provodnik su obavezno žutozelene boje, N provodnik je plave boje. Nakon razdvajanja se u tom delu sistema isključivo koristi petožilni provodnik, a naknadna spajanja PE i N provodnika nisu dozvoljena. Dalje izvođenje instalacije u sledećim razvodnim ormanima podrazumeva da se svi metalni izloženi delovi opreme koji mogu doći pod napon povezuju na PE provodnik, koji se u svakom ormanu veže na zaštitnu šinu. Neutralni provodnik se u ovim ormanima veže na pripadajuću šinu, koja je izolovana od metalnog kućišta razvodnog ormara. Drugi deo električnih instalacija, i dalje može ostati četvorožilni, ako to potrošač zahteva, ali od momenta kada se i u tom delu sistema obavi razdvajanje PEN provodnika važe gore navedena pravila (primer: postoje ormani GRO, RO1 i RO2. Potrošači iz RO1 su napajani petožilnim provodnikom, a potrošači iz RO2 četvorožilnim provodnikom. Veza od GRO do RO1 i RO2 je četvorožilna - slika 2).



Slika 2. Primer izvođenja TN-C/S sistema, kada je u jednom delu sistema objedinjen zaštitnoneutralni provodnik

Ukoliko zbog potrošača nije zahtevan ovakav način razdvajanja PEN provodnika, dovoljno je u ormanu GRO predvideti petu sabirnicu i postaviti kratkospojnik u njemu između PE i N sabirnice. Tada je napajanje svakog sledećeg ormara RO izvedeno petožilnim kablom i nije dozvoljeno ponovno naknadno spajanje PE i N sabirnice u njima.

2.6. Problemi TT sistema

U starim objektima i slabo naseljenim područjima i danas se sreće TT sistem. Takođe, ovaj sistem se često sreće na gradilištima i privremenim objektima. Osnovne odlike ovog sistema su mala struja kvara i praktično neizbežna primena ZUDS kao elementa osnovne zaštite od čije ispravnosti (tačka 2.3.) zavisi funkcionalnost zaštite ljudi od indirektnog dodira delova pod naponom. Pretpostavimo da je izmerena otpornost uzemljivača jednog objekta 5Ω , što za napon od 230 V odgovara struji kvara od 46 A. Ova vrednost je u praksi podložna promeni u zavisnosti od vlažnosti tla. Jasno je da je za ovako malu struju kvara vreme reagovanja osigurača npr. 25A svakako daleko iznad dozvoljenog vremena reagovanja. Stoga je neophodna ugradnja ZUDS, a opšte prihvaćeni je sa strujom reagovanja od 0,5A. Primena osetljivijih uređaja često rezultuje neočekivanim reagovanjem usled

grmljavinskih aktivnosti, varijacija napona u mreži, kvarova na instalacijama bliskih objekata i sl. Sa obzirom na to da ZUDS štiti sve potrošače koji se nalaze iza ovog uređaja, treba imati u vidu da je za zaštitu ispred mesta ugradnje ZUDS zadužen drugi zaštitni uređaj (npr. osigurač na otcepu voda koji napaja objekat 35A). Ukoliko bi se dogodio jednopolni kratak spoj u razvodnom ormanu pre ZUDS, kvar bi praktično bio dugotrajan i ovakvi slučajevi se, iako retki, mogu sresti u praksi. Stoga se preporučuje da razvodni ormani u TT sistemu budu izrađeni od PVC mase, a ukoliko su već postavljeni metalni ormani neophodno je primeniti dodatne mere zaštite (postavljanje izolacionih prostirki, orman van dohvata ruke,...)

2.7. Neodgovarajući broj i raspored priključnica

Velika primena računara i mobilnih uređaja je višestruko povećala zahteve za brojem priključnica u objektima. Nažalost, u praksi se svakodnevno uočavaju produžni kablovi koji osim estetskog imaju i praktičan problem. Naime, na tržištu su dostupni produžni kablovi kod kojih često preseći provodnika ne zadovoljavaju termički niti trajna opterećenja za priključne uređaje, niti za struje kratkog spoja. Iako važeći pravilnik ne razmatra posebno produžne kablove, za priključnice u električnoj instalaciji je definisan minimalni presek provodnika od $2,5\text{mm}^2$, uz obavezu postojanja zaštitnog provodnika. Dodatno, ovi kablovi utiču na povećanje impedanse kvara (npr. za $0,5\Omega$) te se tokom verifikacije dolazi u kontradiktornost da se uređaj mora napojiti preko produžnog kabla, a zbog povećanja impedanse petlje kvara osigurač ne zadovoljava vreme isključenja.

2.8. Termičko opterećenje kabla u slučaju promene namene potkrovlja ili podrumskih prostorija u stambeno poslovni prostor

U praksi se često sreću stambeni prostori u potkrovlju (duplexi) ili u suteranima objekata, čija prvobitna namena nije podrazumevala stalni boravak ljudi. Za bolje razumevanje problema pregrevanja kablova razmotrimo sledeći slučaj:

Vlasnik stana na šestom spratu stambenog objekta starog 10 godina je svom stanu pridružio nekadašnji zajednički tavan i uredno uknjižio novi stan tzv. duplex. Električna instalacija u potkrovlju je izvedena iz razvodne table u stanu, tako što je u potkrovlju postavljena još jedna razvodna tabla. Projekti su uredni, s tim da su kofecijenti jednovremenosti potrošača u potkrovlju smanjeni da bi ukupno jednovremeno opterećenje duplexa odgovaralo ugrađenom osiguraču. Grejanje zgrade je daljinsko, a zagrevanje tople vode akumulacionim bojlerima. U zgradi postoje glavni razvodni ormani GRO1 i GRO2. Orman GRO1 je smešten u prizemlju objekta, a orman GRO2 na četvrtom spratu. U prvobitnom projektu iz ormara GRO2 se napajalo šest

stanova sa šest kablova. Napajanje stanova je usponskim vodom smeštenim u zidu PP00-Y 5x4mm² iz ormana GRO2, preko automatskog osigurača tip C 25A. Nakon izgradnje jednog duplexa i dalje je bilo šest kablova, ali je struktura tada bila pet stanova i jedan duplex. Sledeće godine je i susedni stan pretvoren u duplex, te je na kraju šest kablova napajalo četiri stana i dva duplexa. Problemi u napajanju su nastali u jesenjem periodu, pre aktiviranja daljinskog grejanja, kada su svi stanovi u zgradi za zagrevanje koristili električnu energiju. Kvar se manifestovao kao prekid faze u jednom od stanova, a pre toga nijedan osigurač u ormanu GRO 2 nije reagovao. Uzrok kvara je pronađen u zidu gde su usponski kablovi stanova prolazili zajedničkom trasom. Naime, iako je svaki od kablova bio opterećen u granicama koje dozvoljava osigurač, usled dodatnog opterećenja promenila se temperatura okoline u kojoj su kablovi bili smešteni. Takođe na priključcima osigurača duplexa, u dužini od pet centimetara bili su приметni tragovi nagaranja izolacije. U ovakvim slučajevima se za proveru termičkog opterećenja kompletne električne instalacije preporučuje upotreba termografskih kamera. Ovi uređaji po trenutno važećem pravilniku nisu obavezni, ali je njihova upotreba definisana u novom pravilniku o električnim instalacijama čiji je nacrt već objavljen.

3. Zaključak

Verifikacija električnih instalacija je skup mera koje je neophodno sprovesti u cilju provere usaglašenosti instalacije sa važećim standardima i pravilnikom. Usvojeni i trenutno važeći standardi u zemlji, koji pripadaju seriji standarda SRPS HD obrađuju širok dijapazon električnih instalacija u raznim objektima. Primeri navedeni u ovom radu se pre svega odnose na svakodnevne probleme koje ispitivači sreću u praksi i kao takvi nisu obrađeni u navedenim standardima, a dati su u cilju unifikacije kvaliteta obavljene verifikacije. Navedeni primeri su odabrani na osnovu važnosti, u smislu izbegavanja težih posledica jednostavnom dodatnom proverom instalacije prema navedenim tačkama od strane ispitivača. Za proveru temperature elemenata u električnoj instalaciji preporučuje se korišćenje termografske kamere.

Literatura

- [1] SRPS HD 60364 – 6: 2012, Električne instalacije niskog napona - Deo 6: Verifikacija
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, Sl.list SFRJ 28/95
- [3] Grupa standarda za oblast električnih instalacija:

SRPS HD 60364-1: 2012
SRPS HD 60364-4-41: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zaštita radi ostvarivanja bezbednosti – Zaštita od električnog udara
SRPS HD 60364-4-42: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zaštita radi ostvarivanja bezbednosti – Zaštita od toplotnog dejstva
SRPS HD 60364-4-43: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zaštita radi ostvarivanja bezbednosti — Zaštita od prekomerne struje
SRPS HD 60364-4-442: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zaštita radi ostvarivanja bezbednosti – Zaštita instalacija niskog napona od povremenih prenapona usled zemljospoja u visokonaponskom sistemu i usled kvarova u niskonaponskom sistemu
SRPS HD 60364-4-443: 2012, Električne instalacije u zgradama — Zaštita radi ostvarivanja bezbednosti — Zaštita od naponskih smetnji i elektromagnetskih smetnji — Tačka 443: Zaštita od prenapona atmosferskog porekla ili usled rasklapanja
SRPS HD 60364-4-444: 2012,
SRPS HD 60364-5-51: 2012, Električne instalacije u zgradama — Izbor i postavljanje električne opreme — Opšta pravila
SRPS HD 60364-5-52: 2012, Električne instalacije niskog napona - Izbor i postavljanje električne opreme – Električni razvod
SRPS HD 60364-5-534: 2012, Električne instalacije niskog napona — Izbor i postavljanje električne opreme – Rastavljanje, rasklapanje i upravljanje - Tačka 534: Uređaji za zaštitu od prenapona
SRPS HD 60364-5-54: 2012, Električne instalacije niskog napona — Izbor i postavljanje električne opreme – Uzemljenje i zaštitni provodnici
SRPS HD 60364-5-551: 2012, Električne instalacije niskog napona — Izbor i postavljanje električne opreme – Ostala oprema - Tačka 551: Niskonaponski generatori
SRPS HD 60364-5-559: 2012, Električne instalacije niskog napona - Izbor i postavljanje električne opreme – Ostala oprema - Tačka 559: Svetiljke i instalacije osvetljenja
SRPS HD 60364-5-56: 2012, Električne instalacije niskog napona — Izbor i postavljanje električne opreme — Sigurnosni sistemi — Izmena 11
SRPS HD 60364-7-701: 2012, Električne instalacije u zgradama - Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije - Lokacije koje sadrže kade i tuševe
SRPS HD 60364-7-702: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Bazeni za plivanje i fontane
SRPS HD 60364-7-703: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zahtevi za specijalne instalacije i lokacije — Prostorije i kabine koje sadrže grejače za saunu
SRPS HD 60364-7-704: 2012, Električne instalacije u zgradama — Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Gradilišta i rušilišta
SRPS HD 60364-7-705: 2012, Električne instalacije niskog napona — Zahtevi za specijalne instalacije i lokacije - Objekti za poljoprivredu i hortikulturu

SRPS HD 60364-7-706: 2012, Električne instalacije u zgradama —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Provodne lokacije sa
ograničenim kretanjem

SRPS HD 60364-7-708: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Auto-kampovi, kampovi i
slične lokacije

SRPS HD 60364-7-709: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Marine i slične lokacije

SRPS HD 60364-7-710: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Lokacije za pružanje
medicinskih usluga

SRPS HD 60364-7-712: 2012, Električne instalacije u zgradama —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Solarni fotonaponski (PV)
sistemi za napajanje

SRPS HD 60364-7-714: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Instalacije spoljašnjeg
osvetljenja

SRPS HD 60364-7-715: 2012, Električne instalacije u zgradama —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Instalacija osvetljenja malog
napona

SRPS HD 60364-7-717: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Mobilne ili prenosive
jedinice

SRPS HD 60364-7-721: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Električne instalacije u kamp
prikolicama i motornim kamp prikolicama

SRPS HD 60364-7-729: 2012, Električne instalacije niskog napona —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Prolazi za rad ili održavanje

SRPS HD 60364-7-740: 2012, Električne instalacije u zgradama —
Zahtevi za specijalne instalacije ili lokacije — Privremene električne
instalacije za strukture, uređaje za zabavu i štandove na sajmištima, u
zabavnim parkovima i cirkusima

Abstract: This paper presents observations collected over many years of testing electrical installations. We have numbered the most common non-compliances with the specific rules and standards to which special attention should be paid, and through examples we have proposed appropriate methods for solving each problem and a specific case of failure. In the paper we emphasize the use of a thermal camera as an additional tool in the verification of electrical installations.

Keywords: electrical installations, verification, fault.

Verification of Low-Voltage Electrical Installations – The Most Common Faults During Design Phase and Commissioning

Rad primljen u uredništvo 13.10.2014. godine
Rad prihvaćen 23.10.2014. godine