

DOI: [10.46793/CIGRE37.A2.05](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.A2.05)**A2.05****МЕХАНИЧКИ КВАРОВИ REGULACIONIH SKLOPKI POD OPTEREĆENJEM –
ANALIZA DVA SLUČAJA****MECHANICAL FAILURES OF ON-LOAD TAP CHANGERS - ANALYSIS OF TWO
CASES****Goran Filipović, Aleksandar Antonić, Siniša Spremić***

Kratak sadržaj: Regulaciona sklopka pod opterećenjem (u daljem tekstu: RS) sa pripadajućim motornim pogonom je zahtevan uređaj za održavanje. Za održavanje RS je kod "diverter switch" ili prekidačkog tipa pristupačan prekidački deo koji je u sudu RS dok je birački deo u sudu transformatora, a kod "selector switch" ili prekidačko-biračkog tipa se birački i prekidački deo nalaze u sudu RS koji je odvojen od suda transformatora. Kod oba tipa može da dođe do mehaničkih kvarova delova koji se nalaze u sudu transformatora. Takođe može da bude i električnih kvarova čiji je najčešći uzrok pregrevanje kontakata birača ili vijčanih spojeva koji mogu da dovedu do slabih ili jakih električnih pražnjenja. Revizije i remontu prekidačkih ili prekidačko-biračkih delova RS se obavljaju redovno uz zamenu delova prema preporuci proizvođača RS (ukoliko još uvek postoji). Birački deo i mehanički delovi u sudu transformatora se ne pregledaju izuzev u slučaju otvaranja transformatora. Postoji mogućnost pregleda uz istakanje ulja ulaskom kroz revizioni otvor transformatora. Za taj pregled je neophodno lice sa potpunim poznavanjem izgleda i rada regulacione sklopke, a zbog malog prostora za pristup poželjno je da je lice sitnije građe. U poslednje dve godine su se dogodila dva mehanička kvara regulacionih sklopki na biračkom delu u sudu transformatora koji su se ispoljili lomom oslabljenog mesta u prekidačkom delu RS. U radu su detaljno prikazana i opisana oba kvara sa merama koje su preduzete na utvrđivanju vrste kvara i otklanjanju kvara sa ciljem puštanja transformatora u pogon.

Ključne reči: Regulaciona sklopka, Birački, Prekidački, Mehanički, Električni, Kvar

Abstract: The On-load tap changers (hereinafter: OLTC) with the associated motor drive is a maintenance-required device. For OLTC maintenance, the diverter switch type has an accessible part that is in the OLTC vessel, while the selector is in the transformer vessel, and in the selector switch type, the selector and switching part are located in the OLTC vessel, which is separated from the transformer vessel. In both types, mechanical failures of the parts located in the transformer vessel can occur.

* Goran Filipović, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, goran.filipovic.ns@es.rs
Aleksandar Antonić, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, aleksandar.antonc@es.rs
Siniša Spremić, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, sinisa.spremic@es.rs

There can also be electrical faults or failures, the most common cause of which is overheating of selector contacts or screw connections that can lead to weak or strong electrical discharges. Revisions and overhauls of diverter switch or selector switch parts of the OLTC are performed regularly with the replacement of parts according to the recommendation of the RS manufacturer (if it still exist). The selector part and mechanical parts in the transformer vessel are not inspected, except in the case of opening the transformer. There is a possibility of inspection with oil discharge by entering through the inspection opening of the transformer. For this inspection, a person with complete knowledge of the appearance and operation of the control switch is necessary, and due to the small space for access, it is preferable that the person is of a smaller build. In the last two years, there have been two mechanical failures of the control switches on the selector in the transformer vessel, which were manifested by the fracture of the weakened spot in the diverter switch part of the OLTC. In the paper, both defects are shown and described in detail with the measures taken to determine the type of failure and eliminate the defect with the aim of putting the transformer into operation.

Key words: *Tap Changer, Selector, Diverter Switch, Mechanical, Electrical, Failure*

1 UVOD

Prema iskustvu u održavanju RS najčešći kvarovi koji nisu doveli do potrebe popravke transformatora su bili na kontaktima prekidačkog dela RS i fleksibilnim vezama (bakarnim pletenicama). Dešavali su se slučajevi otpadanja kontakata i pucanja ili oštećenja bakarnih pletenica. Bilo je i drugih kvarova kao što su lom nosača vratila, loš kontakt dosednog kontakta, prekid prelaznog otpornika i slično. Redovnim remontima i pregledima RS su uočavane greške i otklanjane. Dvostruki kontakti i dvostruke pletenice su razlog zašto nije bilo češćih i većih kvarova koji bi zahtevali popravke u fabrici. Bilo je kvarova koji su zahtevali popravke transformatora, a u nekim slučajevima je zbog starosti i lošeg stanja transformatora odlučeno da nije isplativa popravka i transformator se rashodovao. [1] Do pre nekoliko godina nismo imali slučajeve da je kvar uzrokovan čistim mehaničkim kvarom. U prethodne dve godine su bila dva kvara RS koji su uzrokovani mehaničkim kvarom i oni su prikazani u ovom radu.

2 DVA SLUČAJA MEHANIČKIH KVAROVA RS

Ovde će se obraditi dva slučaja mehaničkih kvarova u sudu transformatora koji su u jednom slučaju utvrđeni pregledom unutrašnjosti transformatora, a u drugom slučaju proverama i ispitivanjima. U drugom slučaju nije poznato šta je uzrok nemogućnosti promene položaja RS.

2.1 Kvar uzrokovan stranim telom u biračkom delu regulacione sklopke

Automatskom regulacijom napona nije bilo moguće menjati položaj RS. Dolazilo je do ispada zaštitne motorne sklopke. Probano je da se ručno promeni položaj RS kurbicom (polugom) i osetio se otpor prilikom promene sa desetog na jedanaesti položaj i sa devetog na osmi položaj RS. Puštanjem kurbice se zbog napetosti kurbila vraćala nekoliko krugova nazad. Mogući položaji RS su bili devet i deset.

Transformator je ispitan u mogućim položajima devet i deset i sve je bilo ispravno. Prethodno je uzet uzorak ulja za analizu gasova rastvorenih u ulju (u daljem tekstu: AGRU) iz suda transformatora kako bi se utvrdilo da li u sudu transformatora postoji kvar. Uzorak je ispitan prenosnim uređajem i u tabeli I u koloni „Broj izveštaja“ je označen sa KTX. Rezultati te AGRU sa nekoliko prethodnih AGRU obavljenih od strane ovlašćene laboratorije su prikazani u tabeli I.

Količine gasova su uglavnom na približnom nivou kao na prethodnim redovnim AGRU koje je obavljala ovlašćena laboratorija izuzev količine etana. Rezultati AGRU ukazuju da u unutrašnjosti transformatora nema kvara tipova: električna pražnjenja, pregrevanje (termički), parcijalna pražnjenja ili mešoviti kvar nekog od prethodno navedenih. Primećeno je i ranije da prenosni uređaj za AGRU daje veće količine etana u odnosu na laboratoriju, ali su te količine na relativno niskom nivou ukoliko nema kvara. U slučaju kvara količina etana zavisi i od vrste kvara i od jačine i trajanja kvara. Za neke kvarove se pojavi u malim količinama.

Tabela I: Rezultati analiza gasova rastvorenih u ulju suda transformatora

Datum	Broj izveštaja	Prob a	H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2
20230721	KTX	D	5	2	8	21	23	129	1281
20230420	423125	D	2	2	11	16	1	90	1180
20211108	421447	D	5	3	24	19	1	185	1332
20201016	420356	D	5	3	23	20	1	171	1258
20190530	419212	D	3	2	20	15	1	101	998

Pokušaj jačeg kurbljanja je doveo do zvuka pucanja, a posle toga se kurbljanje moglo nastaviti, ali bez ikakvog učinka na promenu položaja RS. Dolazilo je do obrtanja vertikalnog i horizontalnog vratila od motornog pogona RS do RS, ali se po zvuku nije ništa događalo unutar suda RS.

Sud RS je otvoren i izvađen je prekidački deo RS. Uočeno je da je pukao oslabljeni deo na izolacionom delu koji prenosi mehanički momenat na RS što je prikazano na slici 1 gde je gornjom strelicom označen puknuti deo izvađen iz cevi, a donjom strelicom mesto gde taj deo prolazi kroz izolacioni deo (naknadni kvar). U radionici je rastavljen i detaljno pregledan. Umesto oštećenog dela stavljen je vijak sa maticom sa slike 2. Sam prekidački deo RS je radio ispravno u radionici uz prebacivanje sa jedne na drugu stranu polugom. Nakon vraćanja prekidačkog dela u sud RS u istim položajima RS je opet dolazilo do otpora prilikom pokušaja promene položaja RS kurblo.

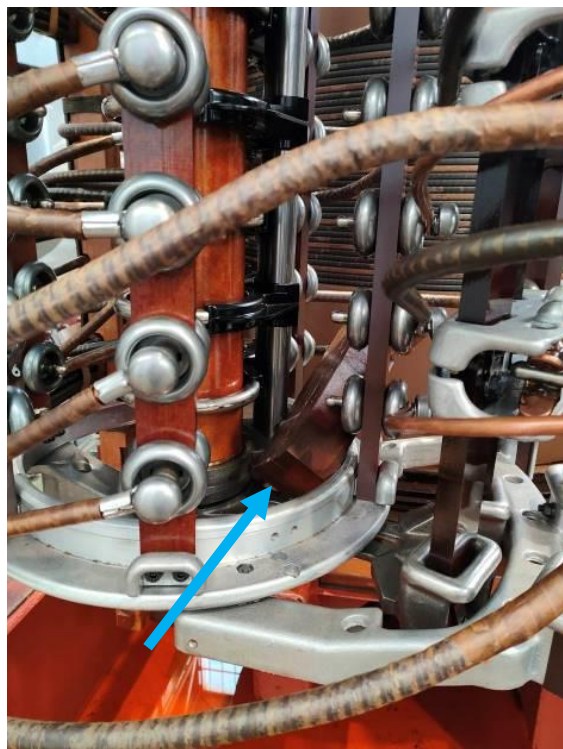


Slika 1: Mesto naknadnog kvara



Slika 2: Postavljeni vijak

Zbog mogućnosti da transformator radi samo u položajima RS devet i deset, zaključeno je da transformator mora da se pošalje u fabriku kako bi se utvrdio uzrok blokade promene položaja RS koji je unutar suda transformatora na biračkom delu RS. U fabrici je pregledom utvrđeno da je u birački deo upao komad drveta koji služi za učvršćenje delova transformatora što je prikazano na slici 3 i koji je mehanički blokirao promenu položaja RS izuzev u položaje devet i deset.



Slika 3: Zaglavljen komad drveta u biračkom delu RS

Nakon vađenja komada drveta iz biračkog dela RS pokušane su promene položaja da se vidi da li ima nekih problema prilikom prebacivanja položaja RS. Utvrđeno je da zbog blage iskrivljenosti nosača pokretnih kontakata na biračkom delu dolazi do neispravnog naleganja pokretnog kontakta birača na nepokretni kontakt u nekim položajima RS što bi moglo da dovede do ozbiljnijeg kvara.

Daljim razmatranjima je zaključeno da ispravljanje nosača pokretnih kontakata birača nije sigurno rešenje pa je odlučeno da se izvrši zamena RS sa pripadajućim motornim pogonom RS.

2.2 Kvar čiji uzrok još nije otkriven

Komanda za promenu položaja RS nije menjala stvarni položaj RS nakon isključenja transformatora i probe ispravnosti uvedenog položaja regulacione sklopke u novom automatskom regulatoru napona (dana 07.10.2024. godine). Uređaj automatske regulacije napona je ispravno dobijao položaj koji se dobija iz motornog pogona RS sa diodne kodne matrice (BCD), ali je to zbog prisutnog kvara bio neispravan položaj RS. Problem je uočen nakon paralelovanja transformatora koji su prema pokazivanju položaja RS bili u istom petom položaju RS, ali u stvarnosti nisu i tada je vrednost sekundarnog napona (20 kV naponski nivo) bila veoma visoka. Stvarni položaj RS je na jednom transformatoru bio peti, a na drugom sedamnaesti.

Pokušaj da se ručno kurblo na motornom pogonu RS promeni položaj RS nije bio moguć jer obrtanje vertikalnog i horizontalnog vratila od motornog pogona RS do RS nije dovelo ni do kakvog učinka. Pre vađenja prekidačkog dela RS je provereno u kom položaju se po pokazivaču u prekidačkom delu nalazi regulaciona sklopka. Nalazila se u sedamnaestom položaju i po pokazivaču i po izvršenom merenju prenosnog odnosa u zatečenom stanju. U ovom slučaju položaj koji je bio na motornom pogonu RS nije odgovarajuć jer je u međuvremenu bilo pokušaja da se ručno promeni položaj RS. Otvoren je sud RS i izvađen prekidački deo. Na oslabljenom mestu, na spoju prenosa sa klinom, je došlo do pucanja čime je onemogućena promena položaja RS i to se vidi na slikama 4 i 5. Pronađen je rezervni izolacioni deo koji sadrži i polomljeni metalni deo i on je u radionici zamenjen što se vidi na slici 6 (u žutoj elipsi), a u radionici je ustanovljena ispravnost rada prekidačkog dela.



Slika 4 (levo) i 5 (desno): Mesto naknadnog kvara

Slika 6: Nakon zamene

Prilikom ubacivanja prekidačkog dela RS je uočeno da se položaj na pokazivaču u sudu prekidačkog dela RS koji je zapamćen prilikom vađenja ne podudara sa zatečenim sedamnaestim prilikom ubacivanja. Prilikom ubacivanja prekidačkog dela bio je 21. položaj RS na pokazivaču u sudu prekidačkog dela RS. Moguće je da je zbog neke napregnutosti zbog kvara pa je prilikom vađenja prekidačkog dela došlo do obrtanja koje nije uočeno. Sam pokazivač položaja RS u sudu prekidačkog dela RS ne može da se podešava po želji. Okrugla ploča može da se postavi samo u položaj koji mu dozvoljava šlic kroz koji moraju da prođu šiljci (pinovi) sa drugog dela RS. Nakon ubacivanja prekidačkog dela u RS izvršena su merenja prenosnog odnosa i otpornosti namotaja u zatečenom položaju RS. Onda se položaj RS na motornom pogonu RS doveo da bude isti kao onaj dobijen merenjem prenosnog odnosa razdvajanjem vertikalnog vratila od motornog pogona RS. Taj spoj je vraćen uz potrebno fino podešenje. Položaj RS se dalje menjao ručno kurblanjem uz praćenje tačnog položaja RS prema merenju i uz beleženje pokazivanja položaja RS na motornom pogonu RS i na pokazivaču u prekidačkom delu RS. Položaj na motornom pogonu RS je bio usklađen sa stvarnim položajem dobijenim merenjem prenosnog odnosa, a položaj RS na pokazivaču u prekidačkom delu nije odgovarao stvarnom. Pokušaj ručne promene položaja kurblanjem nije bio moguć iznad osamnaestog položaja RS jer je dolazilo do otpora okretanju kurble. Pretpostavka je da verovatno je problem mehaničko blokiranje u prenosnom delu (zupčanici) koji se nalazi na dnu suda prekidačkog dela RS ili negde na biračkom delu RS unutar suda transformatora.

Nije jasno da li je mogući uzrok strano telo u biračkom delu RS ili se zbog ponavljanja položaja na pokazivaču položaja RS u prekidačkom delu RS dođe do krajnjeg položaja (21) RS gde verovatno postoji mehanička blokada.

Tabela II: Snimljeni stvarni položaji RS prema merenju i po pokazivaču na prekidačkom delu RS

Stvarni položaj RS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11a	11b	11c	12	13	14	15	16	17	18
Po pokazivaču na prekidačkom delu RS	7	8	9	10	11a	11a	11b	11c	12	13	-	-	15	16	17	18	19	19	20	21

U tabeli II se vidi da je za srednje položaje RS motorni pogon regulacije namešten da automatski preskoči položaje 11a i 11b krećući se od desetog do jedanaestog (11c) položaja RS kako je urađeno kod tog proizvođača i tipa transformatora. Pretpostavka je da su kod stvarnih položaja 11a i 11b na prekidačkom delu bili prikazani položaji četrnaest. Posle pet položaja gde dolazi do promene položaja RS na pokazivaču u prekidačkom delu RS u šestom položaju se ponovi prethodni položaj. Od stvarnog prvog položaja RS gde je razlika bila šest položaja od položaja RS u prekidačkom delu RS, u stvarnom osamnaestom položaju RS se došlo do razlike od tri položaja RS. Očigledno je da postoji neko preskakanje zupčanika u sudu prekidačkog dela RS ili u sudu transformatora. Na žalost nemamo detaljnu dokumentaciju prema kojoj bi se mogao sagledati moguće mesto i uzrok.

Analiza gasova rastvorenih u ulju suda transformatora nije urađena.

Na ovoj RS je postojao problem razilaska broja položaja na pokazivaču položaja RS u prekidačkom delu RS i pokazivaču u motornom pogonu RS 2022. godine prilikom remonta prekidačkog dela RS. Uočeno je da su kretanjem od krajnjeg 21. položaja RS naniže usklađeni položaji RS do petog položaja RS i tada je dolazilo do razilaženja položaja RS za jedan položaj. Pokazivač položaja u prekidačkom delu RS je pokazivao neispravno 6-6-5-4-3-2 umesto 6-5-4-3-2-1. Merenje prenosnog odnosa u oba smera je pokazalo da je greška u pokazivanju kod pokazivača u prekidačkom delu RS.

Zbog potrebe da se transformator pusti u pogon, a normalan opseg rada za uslove napon i opterećenja je u položajima ispod jedanaestog, u motornom pogonu RS je izvršena ograničenje (blokada) u šesnaestom položaju RS za promenu položaja RS naviše prema 21. položaju.

Transformator radi sa navedenim ograničenjem više od pet meseci bez ikakvih problema. Planirano je da se transformator detaljno ispita na terenu u 2025. godini.

Predviđeno je da se transformator pošalje na remont/popravku gde će onda biti utvrđeno mesto i uzrok problema.

3 ZAKLJUČAK

U poslednje dve godine su se dogodila dva neuobičajena mehanička kvara na RS istog tipa sa razlikom od 11 godina u datumu proizvodnje. Iako se održavanju posvećuje pažnja i remontu prekidačkih delova RS rade u redovnim vremenskim razmacima (jer ne prelaze broj prorada u tim vremenskim razmacima) događaju se različiti kvarovi. Prvi kvar je uzrokovao stranim telom u nepristupačnom prostoru, tj. u biračkom delu RS. Drugi kvar je imao lom prenosnog dela u prekidačkom delu kao naknadni kvar, ali osnovnom kvaru još uvek nije otkriveno mesto i uzrok.

Analiza gasova rastvorenih u ulju suda transformatora može da pokaže da li je bilo električnog ili termičkog kvara unutar suda transformatora što onda može da ukaže da možda postoji kvar u biračkom delu RS. Različita ispitivanja mogu da pokažu mesto kvara i ukažu na uzrok, ali i ne moraju, pogotovo ako je uzrok mehaničke prirode.

Osnovni cilj ovog rada je da sa zaposlenima na održavanju podele iskustva koja mogu primeniti u svom radu.

4 LITERATURA

- [1] Goran Filipović, Aleksandar Antonić, Siniša Spremić, 2024, "Kvarovi regulacionih sklopki pod opterećenjem", CIRED Srbija – 14. savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije sa regionalnim učešćem, Kopaonik, Srbija, R 1.05