

Tomislav Čabraja
Končar - Aparati i postrojenja d.d.
tomislav.cabraja@koncar-ap.hr

NOVI KONCEPT PREKIDAČA S TROPOLOŽAJNIM RASTAVLJAČEM I TROPOLOŽAJNE RASTAVNE SKLOPKE ZA VAKUUMSKE DISTRIBUCIJSKE APARATURE SERIJE VDAΣ

SAŽETAK

S obzirom na zahtjeve tržišta dorađen je koncept sklopni aparata aparature serije VDAΣ. Dosad raspoloživim aparatima (prekidač sa zemljospojnikom i tropoložajna rastavna sklopka), dodan je i novi aparat - prekidač s tropoložajnim rastavljačem. Nadalje, dubina aparata je smanjena što je omogućilo i smanjenje dubine čitave aparature kako bi bila omogućena ugradnja u transformatorske stanice manjih dimenzija.

Sklopni aparati novog koncepta više se ne nalaze na zajedničkom čeličnom postolju unutar kućišta aparature nego je svaki aparat samostalan sklop što omogućuje potpunu modularnost aparature pa je moguće u isto kućište aparature na bilo koje mjesto montirati bilo koji aparat. Za svaku konfiguraciju koristi se isto čelično kućište u koje se montiraju, unaprijed pripremljeni sklopni aparati, prema zahtjevu kupaca. Ovakav koncept će omogućiti značajno kraće rokove isporuke u slučaju neuobičajenih specifikacija od strane kupca.

Gljučne riječi: sklopna aparatura, modularnost, prekidač, rastavljač, sklopka

NEW SOLUTION OF CIRCUIT BREAKER AND THREE-POSITIONAL VACUUM LOAD BREAK SWITCH FOR ELECTRICAL DISTRIBUTION SWITCHGEAR SERIES VDAΣ

SUMMARY

Due to market requirements, the concept of prefabricated metal enclosed compact switchgear for electric power secondary distribution series VDAΣ was recently improved. Available choice of apparatus (vacuum circuit breaker and three-positional vacuum load break switch) is extended with a new solution – vacuum circuit breaker in series with three-positional disconnecter. Furthermore, the depth of the apparatus is reduced, which enables minimization of overall switchgear dimensions, in order to fit in small sized transformer substations.

Unlike the previous solution, where the apparatus were attached on a common steel frame inside the enclosure, the apparatus of the new concept are designed as self-standing assemblies. This allows complete modularity of the switchgear and ensures the layout flexibility. In single enclosure any apparatus can be placed anywhere. Universal metal enclosure is used for each configuration. The prefabricated apparatus can be arranged in metal enclosure in accordance with customer's special requirements. This approach enables significantly shorter delivery time in case of tailor-made configurations.

Key words: metal enclosed compact switchgear, modularity, circuit breaker, disconnecter, load break switch

1. UVOD

Otkako je 2007.g. isporučena prva vakuumska distribucijska sklopna aparatura oznake VDA Σ , kontinuirano se radilo na poboljšanju svih ključnih podsklopova aparature. U međuvremenu je značajno modificirana "limarija", odnosno samonosiva konstrukcija pri čemu joj je masa smanjena za gotovo 20%, dorađeni su mehanizmi za ručno sklapanje kako dvopoložajnim tako i tropoložajnim aparatima i napravljeni su novi motorom pogonjeni mehanizmi na temelju spomenutih ručno upravljanih mehanizama.

Sve ove promjene doprinijele su pouzdanosti aparature VDA Σ i učinile je konkurentnijom na tržištu u odnosu na originalnu izvedbu ali je i dalje ostao značajan prostor za poboljšanje. Tako je i aparatura VDA iz naše kuće bila i dalje u prednosti u slučaju da kupac zahtijeva konfiguraciju s vakuumskim prekidačem i tropoložajnim rastavljačem u istom polju, a također je ostala nezadovoljena preporuka HEP-a o dubini aparature manjoj od 800mm što se kao uvjet pojavljivalo u nekoliko natječaja.

S obzirom na ta dva zahtjeva (transformatorsko polje s vakuumskim prekidačem i tropoložajnim rastavljačem i dubina manja od 800mm), razvijena su dva nova epoksidna trofazna kućišta - jedno za prekidač i tropoložajni rastavljač, a drugo za tropoložajnu rastavnu sklopku. Dodatni razlog za razvoj ovakve izvedbe aparata je želja da sklopni aparati budu modularni, odnosno da svaki aparat može biti smješten u bilo koje polje aparature.

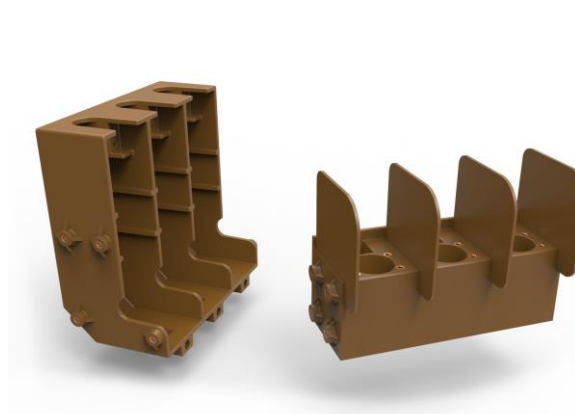
2. SKLOPNI APARATI

2.1 Novi koncept izolacije sklopnih aparata

Postojeća izvedbe aparata (prekidač sa zemljospojnikom i tropoložajna rastavna sklopka), prema slici 1, izvedene su kao pojedinačni aparati smješteni na zajedničko čelično postolje za sva polja iste aparature. U novom konceptu je eliminirana potreba za čeličnim postoljem, a aparati su smješteni u zasebna trofazna epoksidna kućišta koja se proizvoljno razmještaju u aparaturi. Trofazna kućišta s pregradama između svake faze, omogućuju smanjenje međufaznog razmaka sa 160mm na 130mm. Također je smanjen i razmak prema uzemljenim komponentama aparature pa je ukupna dubina aparature smanjena sa 840mm na 740mm. Trofazna kućišta novog koncepta sklopnih aparata prikazana su na slici 2.



Slika 1. Postojeće rješenje postolja

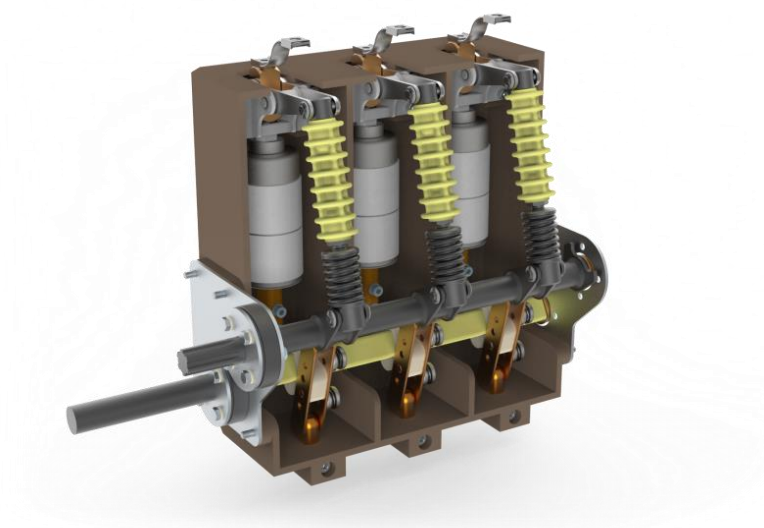


Slika 2. Novo rješenje kućišta sklopnih aparata

2.2. Vakuumski prekidač s tropoložajnim rastavljačem

Osim dosadašnje verzije polja s prekidačem i zemljospojnikom, novo epoksidno kućište omogućilo je izvedbu vakuumskog prekidača s tropoložajnim rastavljačem u istom polju (slika 3). Zbog svoje kompaktnosti ovu kombinaciju aparata moguće je ugraditi i u spojno polje aparatura s mjernim poljem. Tako je primjerice aparatura 2VSMT s dva vodna polja, spojnim, mjernim i transformatorskim

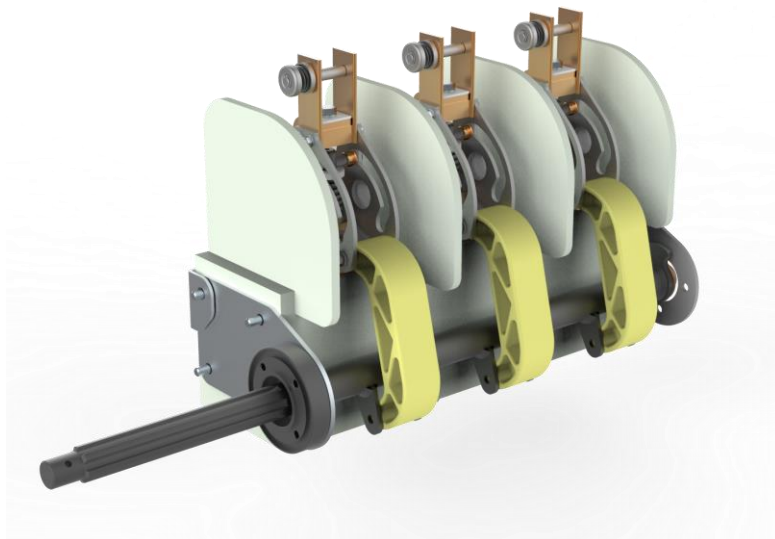
poljem dosad u spojnom polju mogla imati samo tropoložajnu vakuumsku sklopku, a sada će biti moguća i izvedba s prekidačem i tropoložajnim rastavljačem.



Slika 3. Vakuumski prekidač i tropoložajni rastavljač

2.3. Tropoložajna rastavna sklopka

Tropoložajna rastavna sklopka predstavljala je ključni element za smanjenje dubine aparature budući da su upravo na njoj međufazni razmaci između vodilica pokretnih dijelova iznosili nešto više od 60mm pa dodatno smanjenje nije bilo moguće. Upravo su između tih vodilica postavljene krute izolacije te je međufazni razmak smanjen za oko 30mm. Tropoložajna rastavna sklopka smještena u novo kućište prikazana je na slici 4.



Slika 4. Tropoložajna rastavna sklopka

Osim toga, sklopka je u odnosu na prethodno rješenje napravljena zrcalno na način da je, gledano s prednje strane, vratilo sada s desne strane aparata. Ova promjena omogućila je dvije bitne značajke - prva je da je vratilo tropoložajne rastavne sklopke moguće smjestiti u identičan provrt na čeličnom kućištu na kojem se nalazi vratilo prekidača, a druga je da je promijenjen smjer vrtnje vratila za

uklapanje, odnosno za uzemljenje rastavne sklopke, što je dodatno pojednostavnilo pogonski mehanizam. Budući da se novi smjer vrtnje vratila poklapa sa zahtjevom da se uklapanje obavlja rotacijom upravljačke ručke u smjeru kazaljke na satu, postao je suvišan zupčasti par za promjeru smjera vrtnje pogonskog mehanizma, a time je i pogonski mehanizam značajno pojednostavljen. Posebno se to odnosi na motorom pogonjeni mehanizam koji u ovoj izvedbi aparature ima i mogućnost motornog upravljanja uzemljenjem. Povećanu efikasnost mehanizma najbolje opisuje činjenica da se uz korištenje motora iste snage vrijeme sklopne operacije smanjilo s 10s na 2s.

2. MODULARNOSTI APARATURA

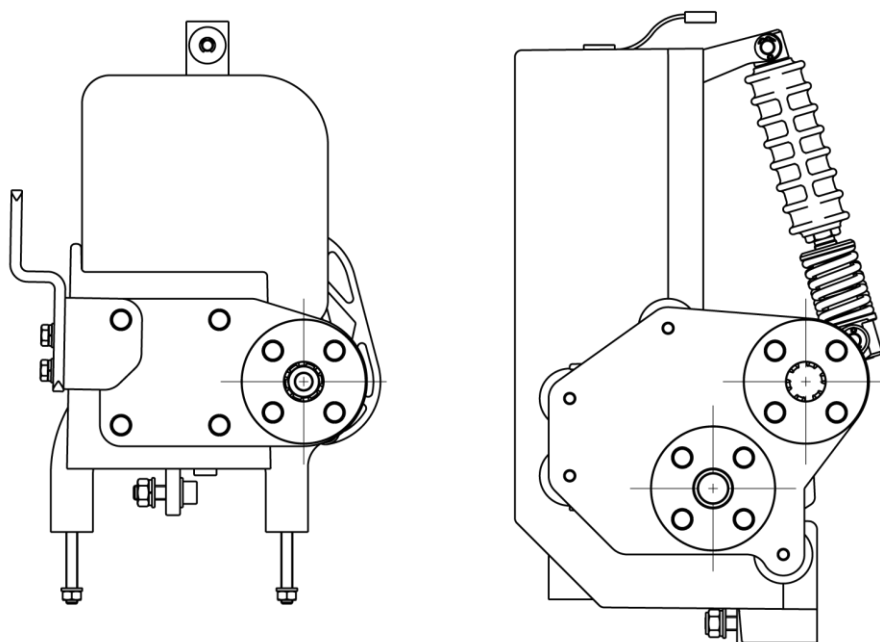
Novi su aparati oblikovani tako da su im glavna vratila na istim mjestima, a da su gabariti u odnosu na vratila slični, što je vidljivo na slici 5. Iz tog je razloga moguće naručivati univerzalna kućišta širine od jednog, dva, tri, četiri ili pet polja i u svako od tih pet kućišta ugraditi bilo koju kombinaciju aparata. Tako se konfiguracije VVVVT, VVVTT, VTVTV, TVTVT, VVVVV, TTTTT i ostale ugrađuju u isto kućište.

U slučaju ugradnje tropoložajne rastavne sklopke, potrebno je samo na kućištu, posebno izrađenim poklopcem, zatvoriti provrt za vratilo tropoložajnog rastavljača.

Nakon uspješnog postizanja željenog cilja modularnosti sklopnih aparata i nepropusnih kućišta, isti je princip primijenjen i kod rekonstrukcije unutarnjih sabirnica, pogonskih mehanizama, unutarnjeg ožičenja, kao i kod završnih poklopaca mehanizama i kablenskog prostora.

Ovakav pristup konstruiranju aparature omogućuje proizvoljan raspored aparata neke aparature bez ikakvih ograničenja i bez ikakve potrebe za naknadnim konstruiranjem nekih novih pozicija. Primjerice, aparatura s pet polja 3V2T, može se korištenjem istih dijelova izvesti i kao VTVTV, TTVVV ili kao bilo koja druga izvedba s tri vodna i dva transformatorska polja.

Na ovaj način se svi glavni podsklopovi aparature (sklopni aparat, mehanizam, ožičenje, limena postolja s praznim kućištima) mogu unaprijed proizvoditi i ispitivati. Po pristigloj narudžbi treba samo u proizvodnju prosljediti specifikaciju aparature nakon čega slijedi završna montaža prethodno pripremljenih komponenti i završno ispitivanje. Rok isporuke za bilo koju izvedbu aparature se na ovaj način može značajno skratiti.



slika 5. Vanjski gabariti aparata u odnosu na pogonska vratila

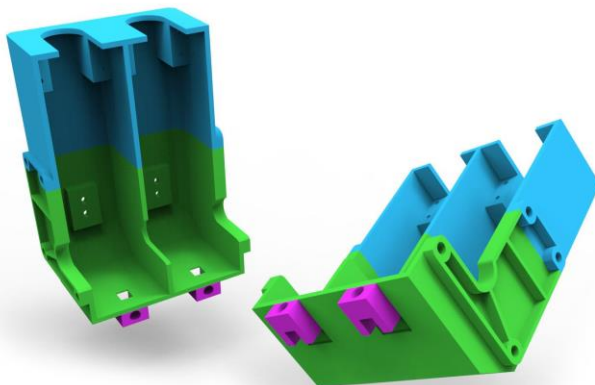
3. PROVEDENA RAZVOJNA ISPITIVANJA

Zadržavanje identične geometrije kinematičkog lanca oba opisana aparata, kao i zadržavanje dimenzija i specifikacija svih ključnih komponenti sklopnih aparata (iste vakuumske komore s pripadajućim hodom otvaranja i silama tlačenja, isti pomični kontakti rastavne sklopke i vakuumnog prekidača, isti profili sabirnica) ukazuju na to da ne treba očekivati nikakvu promjenu kod strujnih parametara aparature.

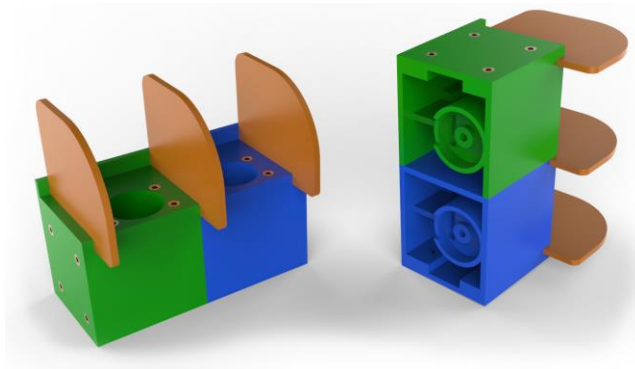
S druge strane, značajno smanjenje dimenzija aparature, odnosno međusobno približavanje faza L1, L2 i L3, kao smanjenje udaljenosti faza L1 i L3 prema uzemljenim dijelovima aparature, svakako je predstavljalo izazov i ukazalo na potrebu provođenja naponskih ispitivanja u ranoj fazi projekta.

Cijena alata za lijevanje kućišta od epoksida predstavlja značajan trošak u razvoju novih aparata pa je donesena odluka da se nova kućišta ispitaju korištenjem modela izrađenog tehnologijom 3D printa. Za potrebe ispitivanja naručeni su modeli kućišta prekidača i tropoložajne sklopke izrađenih od materijala ABSPlus-P430 na 3D printeru Stratasys Dimension Elite. Prema specifikacijama proizvođača dielektrična čvrstoća spomenutog materijala iznosi 28 kV/mm što je značajno niže od dielektrične čvrstoće epoksida EPIKOTE 861 + EPIKURE 871, od kojih će kućišta u konačnici biti izrađena, ali svejedno bi uz stjenku debljine 8mm trebalo zadovoljiti kriterij udarnog napona od 125kV prema zemlji i međufazno te 145kV na rastavnom razmaku rastavljača.

Osim naponskog, modeli s 3D printa predstavljaju i dobru mehaničku provjeru aparata kako bi se izbjegli nepotrebni troškovi zbog mogućih propusta.



Slika 6. Sastavni dijelovi dvofaznog prekidača prilagođeni dimenzijama 3D printera



Slika 7. Zalijepljeno dvofazno kućište tropoložajne rastavne sklopke

Kućišta prekidača i rastavne sklopke su izrađena kao dvofazna zbog ograničenih dimenzija dijelova koje printer može izraditi. I dvofazne je modele trebalo lijepiti iz više dijelova, ali se činilo da bi trofazni bio značajno složeniji pa je odlučeno ispitivanje provesti na manjem modelu jer je zadržana mogućnost i ispitivanja prema uzemljenim dijelovima s prednje i zadnje strane kućišta, kao i međufazno ispitivanje. Ukratko, aparatura je napravljena kao da ima faze L1 i L3, a srednja faza L2 je izostavljena. Za ispitivanje je naručeno i čelično nepropusno kućište za SF6 plin odgovarajuće manje dubine. Sastavni dijelovi kućišta prekidača prikazani su na slici 6, a kućište sklopke prikazano je na slici 7.

Naponska ispitivanja tropoložajne rastavne sklopke zadovoljila su sve potrebne kriterije prema standardu IEC 62271-200.

Ispitivanje prekidača s tropoložajnim rastavljačem ispitivano je u ukupno šest mogućih stanja aparata (dva položaja prekidača i tri rastavljača). Zbog većeg broja mogućih stanja i zbog nekoliko ponavljanja kod svakog stanja, ispitivanje nije u potpunosti zadovoljilo sve kriterije prema IEC standardu, prvenstveno zbog manjeg broja izvedenih uspješnih ponavljanja. Razlog tome je progaranje kućišta od ABS-a koja su onemogućila nastavak ispitivanja. Dielektrična čvrstoća izrađevine dobivene aditivnim tehnologijama osim dielektrične čvrstoće same sirovine očito jako ovisi i o samom procesu izrade (npr. smjer nanošenja materijala).

Bez obzira na to, rezultat ispitivanja je s dovoljnom sigurnošću ukazao na to da se može pristupiti izradi alata za lijevanje kućišta od epoksida.

4. ZAKLJUČAK

Zahtjevom tržišta za dubinom aparature manjom od 800mm započet je razvojni projekt čiji je osnovni cilj bio razviti nova kućišta postojećih sklopnih aparata koja bi omogućila takvo smanjenje dubine. Konačan rezultat je aparatura dubine 740mm, koraka polja 321mm (u odnosu na 333mm na originalnoj izvedbi), uz zadržavanje iste visine. Uz ostvarenje manje dubine, nova rješenja kućišta aparata su sama spontano dovela i do čitavog niza pojednostavljenja što same vakuumske aparature kao proizvoda, tako i proizvodnog procesa koji će omogućiti značajno kraće rokove isporuke proizvoda uz veću mogućnost ispunjavanja zahtjeva kupca, vezano za raspored aparata u aparaturi VDAΣ.

Funkcionalno gledano treba dodatno naglasiti da je aparatura dobila mogućnost odabira polja s prekidačem i tropoložajnim rastavljačem.

Kod pogonskih mehanizama promjenu je doživio pogon rastavne sklopke zbog promjene smjera vrtnje pripadajućeg vratila, a što je omogućilo značajno pojednostavljenje mehanizma i dodatnu mogućnost uzemljenja rastavne sklopke motornim putem.

5. LITERATURA

- [1] B. Galić, J. Rimac, "Razvojno naponsko ispitivanje kućišta prekidača s tropoložajnim rastavljačem i kućišta tropoložajne rastavne sklopke međuosnog razmaka 130mm", Končar EASN d.d., srpanj 2016.
- [2] "EPIKOTE Resin 861 + EPIKURE Curing Agent 871 2-Component Casting System", Hexion, studeni 2007.
- [3] "ABSplus-P430 production-grade thermoplastic for design series 3d printers", Stratasys, 2015.