

dr. sc. Radovan Milošević, dipl. inž.
KONČAR – Električni aparati srednjeg napona, d.d.
uprava@koncar-easn.hr

Sonja Ivančić Unger, dipl. inž.
KONČAR – Električni aparati srednjeg napona, d.d.
prodaja@koncar-easn.hr

METALOM OKLOPLJENI I PLINOM IZOLIRANI KOMPAKTNI SKLOPNI MODULI ZA GRADNJU ELEKTRIČNIH SKLOPNIH POSTROJENJA SREDNJEG NAPONA

SAŽETAK

Članak ukazuje na pristup razvoju i opisuje vrste modernih kompaktnih sklopnih modula za gradnju električnih sklopni postrojenja srednjeg napona iz proizvodnog programa KONČAR-EASN.

Razvoj ovih proizvoda je temeljen na suvremenim principima, kakve koristi većina svjetskih proizvođača, ali i nekim osobitostima izvornog karaktera, zahvaljujući kojima su riješeni neki suvremeni zahtjevi na ovu vrstu opreme, što proizvođaču treba osigurati konkurentnost na domaćem i svjetskom tržištu u budućnosti.

Ključne riječi: sklopni moduli, sklopna postrojenja, vakuumske komore, pogonski mehanizam

METAL-ENCLOSED AND GAS INSULATED COMPACT SWITCHING MODULES FOR BUILDING ELECTRICAL MEDIUM VOLTAGE SWITCHGEAR

SUMMARY

The article deals with the approach to development and presents various types of metal-enclosed, gas-insulated compact switching modules available for medium voltage switchgear design, manufactured by KONČAR – MEDIUM VOLTAGE APPARATUS, Inc.

The development of this product line has been based upon the modern/up-to-date design and construction principles accustomed by most world leaders in this field. Additionally, implementation of some specific original solutions enables manufacturer to keep present and future competitiveness at domestic and export markets.

Key words: compact switching modules, switchgear, vacuum interrupters

1. UVOD

Tradicija vlastitog razvoja električnih sklopnih aparata srednjeg napona za unutarnju ugradnju, duga više od 6 desetljeća u KONČARU nastavljena je u društvu KONČAR – ELEKTRIČNI APARATI SREDNJEG NAPONA d.d. odmah pri njegovom osnivanju 1991. god. Shvaćeno je, naime, da samo ubrzanim razvojem novih, kvalitetnih proizvoda, temeljenih na suvremenim tehnologijama tvrtka može opstati i razvijati se, uz već poznate i priznate svjetske proizvođače, na već tada potpuno otvorenom tržištu.

Ideja o ulasku u razvoj suvremenih sklopnih modula za gradnju sklopnih postrojenja u tvornici, koja je tradicionalno proizvodila samo sklopne električne aparate srednjeg napona, nametnula se kao logičan put u razvoju novih proizvoda. Nove sklopne tehnike, odnosno novi mediji za gašenje električnog luka u procesu sklapanja: visoki vakuum i SF6 plin, te novi izolacijski materijali, omogućili su gradnju vrlo trajnih i pouzdanih sklopnih aparata, praktično bez potrebe za eksploatacijskim održavanjem. Zbog toga je dotadašnji princip gradnje sklopnih blokova s pojedinačnim sklopnim aparatima, koji su se mogli nadgledati i brzo zamjenjivati u slučaju kvara izgubio temeljni smisao, jer ozbiljnijih kvarova praktično više nije bilo.

Sklopni aparati, prvenstveno elementi njihovog strujnog puta, te sklopovi za prekidanje struje (gašenje električnog luka) ugrađivani su sada u metalna kućišta, te izolirani elektronegativnim plinovima. Ovim su uz aparate bez potrebe za eksploatacijskim održavanjem, rješavani i zahtjevi tržišta za povećanom sigurnošću osoblja, koje rukuje s postrojenjima, te zahtjeve za minimiziranjem dimenzija sklopnih blokova, odnosno postrojenja.

2. DISTRIBUCIJSKE SKLOPNE APARATURE – VDA

2.1. Općenito

Vakuumske distribucijske sklopne aparature tipske oznake VDA, bile su prvi metalom oklopljeni i SF6 plinom izolirani kompaktni sklopni moduli građeni na istaknutom principu. Na njoj se temeljio cijeli daljnji razvoj u tvornici KONČAR – ELEKTRIČNI APARATI SREDNJEG NAPONA d.d. na ovom području.

Ove sklopne aparature razvijene su u uvjetima kada još i nije bilo posve jasno treba li ići u razvoj, jer su ih pod nazivom sklopne aparature za prstenaste mreže (Ring Main Unit) veliki svjetski proizvođači (SIEMENS, ABB, SCHNEIDER, PFISTERER itd.) već niz godina imali u proizvodnim programima i uvelike plasirali na tržište, pa je sumnja (nekih) u uspjeh našeg rješenja bila i razumljiva. Smatrali smo, međutim, da i u takvim uvjetima možemo naći svoje mjesto na tržištu sklopnih aparatura, ako proizvedemo aparature koje će s tehničkog gledišta ponuditi nešto novo, što dotadašnje nisu nudile.

Bilo je za očekivati da će se distribucijske i ostale električne mreže u cilju kvalitetnije opskrbe potrošača električnom energijom sve više automatizirati, što će nametnuti potrebu za novim sklopnim aparaturama s mogućnošću daljinskog upravljanja. Postojeće aparature to nisu nudile, jer su građene s visokonaponskim visokoučinskim osiguračima za zaštitu transformatora u transformatorskim poljima, koji se nakon pregaranja mogu samo ručno zamijeniti, odlaskom na mjesto ugradnje.

Nadalje, porast interesa za zaštitu okoliša nametao je potrebu za ekološki podobnijim sklopnim aparaturama, u kojima se neće stvarati za okoliš štetni produkti u procesu sklapanja. Postojeća rješenja, također to nisu nudila, jer se električni luk u ovim aparaturama gasi u SF6 plinu, pri čemu mogu nastati određeni ekološki neprihvatljivi produkti. Sklopne aparature serije VDA, kao izvorno rješenje su izvedene tako da u cijelosti rješavaju spomenute probleme uz konkurentnu cijenu, pa su kao takve vrlo brzo našle svoje mjesto na tržištu. To pokazuje činjenica da je do sada, a to znači u roku od desetak godina od početka proizvodnje, proizvedeno i na tržište (domaće i strano) plasirano preko 2500 aparatura različitih izvedbi u ukupnoj vrijednosti od preko trideset milijuna eura. Razvijeno je i proizvodi se četiri osnovne, tzv. neproširive izvedbe distribucijske sklopne aparature, koje se kao pojedinačni moduli u četiri različita metalna kućišta koriste prvenstveno u prstenastim razdjelnim mrežama.

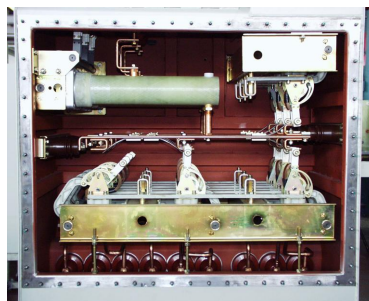
Distribucijske sklopne aparature serije VDA su izvorna konstrukcijska rješenja, s nekoliko novih izvornih (patentiranih) ideja. To su prije svega ideja o korištenju dva medija za rješavanje električkih problema u aparaturama – visoki vakuum za proces sklapanja i SF6 plin za izoliranje među elementima i prema zemlji. To je omogućilo rješavanje ekoloških problema koji mogu nastati u aparaturama gdje se koristi samo jedan medij, SF6 plin, za gašenje luka i za izoliranje.

Druga značajna izvorna ideja je pogonjenje svih sklopnih aparata u sve položaje sa samo jednim pogonskim mehanizmom, odnosno jednom sklopnom oprugom (jednim elektromotorom). Zahvaljujući tome racionalizirana je proizvodnja, jer je značajno smanjen broj dijelova pogonskog mehanizma u odnosu na aparature koje imaju za svaki sklopni aparat posebni pogonski mehanizam.

Nadalje, ovdje je za zaštitu energetskog transformatora u trafo polju uveden vakuumski prekidač sa specifičnom prekostrujnom zaštitom umjesto visokonaponskih visokoučinskih osigurača. To je uz spomenuti novi princip pogonskog mehanizma omogućilo daljinsko upravljanje aparaturama i maksimalnu automatizaciju trafostanica u kojima se koriste. Distribucijske sklopne aparature serije VDA grade se prvenstveno za nazivni napon 12 kV, (17,5 kV) i 24 kV, te nazivnu struju 630 A.



Slika 1. Vakuumska distribucijska sklopna aparatura (ring main unit) tipa VDA 24 - 4VT



Slika 2. VDA 24 - 4VT – unutrašnjost



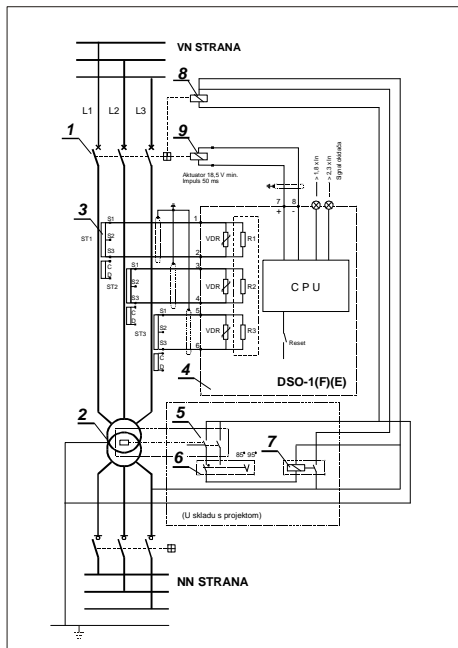
Slika 3. VDA 24 - 4VT – pogonski mehanizam opremljen elementima za daljinsko upravljanje

2.2. Zaštita energetskog transformatora

Zaštitu energetskog transformatora u distribucijskoj transformatorskoj stanici 10(20)/0,4 kV predstavlja vakuumski prekidač koji je paralelno upravljan s dvije vrste okidača.

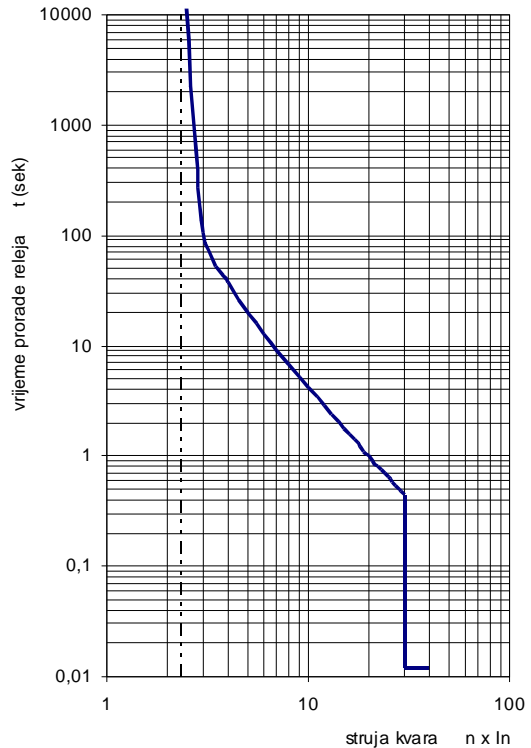
Na slici 4. prikazana je shema djelovanja zaštite transformatora, na kojoj vidimo da na vakuumski prekidač djeluje naponski okidač (8), koji je povezan s termoprotektorom, odnosno Buchholzovim relejom na energetskom transformatoru. Na prekidač djeluje i poseban okidač (9) - "aktuator", koji je povezan s posebnim mikroprocesorskim nadstrujnim zaštitnim relejom (4) tipa DSO-1(F)(E) i strujnim zaštitnim transformatorom ST-1 (3), a služi za zaštitu energetskog transformatora od preopterećenja i struje kratkog spoja.

Nadstrujna zaštita projektirana je tako da zadovolji sve standardizirane snage energetskih transformatora koji se ugrađuju u distribucijske transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV. Nazivne struje strujnih transformatora odgovaraju izlaznim snagama energetskih transformatora.



- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Vakuumski prekidač | 6. Preklopka za izbor razine zaštite |
| 2. Energetski transformator | 7. Pomoćni sklopnik |
| 3. Strujni transformator za zaštitu | 8. Svitak naponskog okidača |
| 4. Elektronički sklop okidača | 9. Aktuator |
| 5. Termoprotektor | |

Slika 4. Shema djelovanja nadstrujne zaštite



Slika 5. Krivulja prorade digitalnog sklopa okidača DSO-1(F)(E)

$$t = \frac{74,6}{\left(\frac{I}{2,3I_n}\right)^2 - 1}$$

Osnovni princip rada nadstrujne zaštite je da se struje šticeenog energetskog transformatora (2) prenose preko strujnih transformatora (3) na mikroprocesorski (digitalni) nadstrujni relej (4).

Pri prekoračenju nazivne struje energetskog transformatora (2) za više od $2,3 \times I_n$, relej (4) šalje naponski signal minimalno $18,5 \text{ V}$ na aktuator (9), koji preko prikladnog mehaničkog sustava isklapa prekidač. Vrijeme isklapa prekidača ovisi o veličini struje prekoračenja. Na slici 5. prikazana je krivulja vremenske ovisnosti prorade prekidača o iznosu struje preopterećenja energetskog transformatora.

Tipna oznaka:	Opis:	Značajke:	Jednopolna shema:
VDA24-2VT	Dva vodna i jedno transformatorsko polje Masa: cca 400 kg	Q - vakuumski prekidač Q1, Q2 - tropoložajne vakuumske rastavne sklopke Q3 - zemljospojnik iza prekidača C - kapacitivni indikatori napona	
VDA24-3VT	Tri vodna i jedno transformatorsko polje Masa: cca 450 kg	Q - vakuumski prekidač Q1, Q2, Q4 - tropoložajne vakuumske rastavne sklopke Q3 - zemljospojnik iza prekidača C - kapacitivni indikatori napona	
VDA24-4VT	Četiri vodna i jedno transformatorsko polje Masa: cca 570 kg	Q - vakuumski prekidač Q1, Q2, Q4, Q7 - tropoložajne vakuumske rastavne sklopke Q3 - zemljospojnik iza prekidača C - kapacitivni indikatori napona	
VDA24-2V2T	Dva vodna i dva transformatorska polja Masa: cca 550 kg	Q, Q5 - vakuumski prekidači Q1, Q2 - tropoložajne vakuumske rastavne sklopke Q3, Q6 - zemljospojnici iza prekidača C - kapacitivni indikatori napona	

Slika 6. Jednopolne sheme neproširivih vakuumskih distribucijskih sklopnih aparatura serije VDA

3. PROŠIRIVE SKLOPNE APARATURE - VDAP

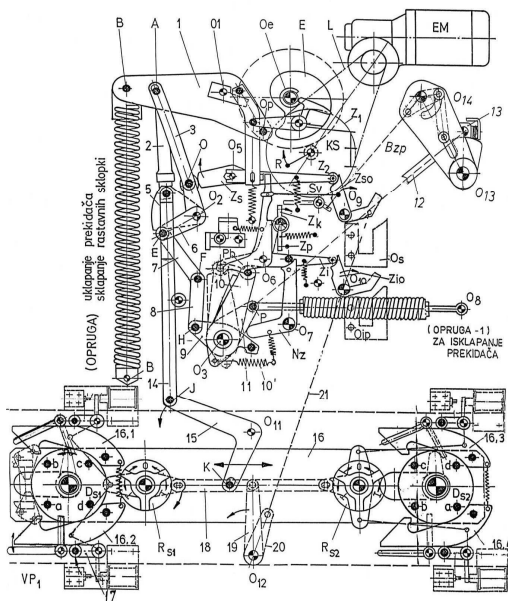
3.1. Općenito

Temeljem ne proširivih izvedbi distribucijskih sklopnih aparatura serije VDA, razvijen je cijeli niz proširivih modula pod tipskom oznakom VDAP, koji se s pomoću izoliranih sabirnica, limom oklopljenim u zraku vežu u cjeline, omogućavajući tako gradnju različitih konfiguracija rasklopišta i industrijskih transformatorskih stanica s mogućnošću mjerenja potrošnje električne energije.

Za razliku od distribucijski sklopnih aparatura (npr. VDA 24 - 2VT), gdje struja ulazi preko kabela i provodnih izolatora u priključnom odjeljku, tropoložajne sklopke i unutarnjih sabirnica, pa preko druge tropoložajne sklopke i provodnih izolatora izlazi na drugo vodno polje, a dio struje se sabirnica preko prekidača odvodi na transformator, ovdje je smjer toka struje obrnut.

Kod distribucijskih kompaktnih sklopnih modula serije VDA struja s vanjskih sabirnica na gornjoj strani kućišta (krovu) aparatura teče preko provodnih izolatora na prekidač u kućištu, koji služi kao zaštita jednom ili više odvodnih polja. S njega struja teče na unutarnje sabirnice pa na rastavnu sklopku (jednu ili više), zatim na izlazne provodne izolatore i kabele u priključnom odjeljku.

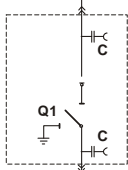
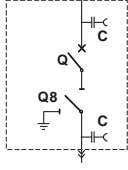
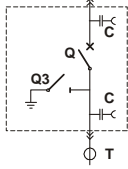
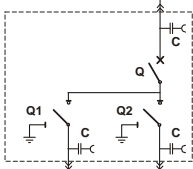
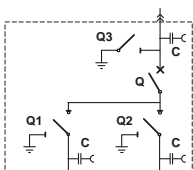
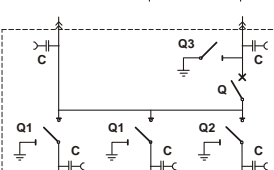
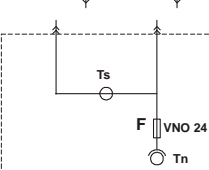
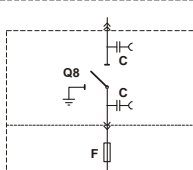
Nazivni napon ovih modula je 12 kV i 24 kV, a nazivna struja vanjskih sabirnica postrojenja je do 1250 A. Razvijeno je više od trideset tipova ovakvih modula, te proizvedeno i na tržište plasirano preko dvije stotine postrojenja s gotovo 1000 komada različitih modula.



Slika 7. Konstruktivna shema pogonskog mehanizma za aparaturu tip VDA 12(24) – 2VT i modul tipa VDA 12(24) – D2V



Slika 8. Sklopno postrojenje VDA 12(24)kV; HEP DP Elektra Zagreb - TS 10(20)/0,4 kV Frankopanska (konfiguracije polja T+sD2V+3V+T)

Tipna oznaka:	Opis:	Značajke:	Jednopolna shema:
VDAP24-V	Vodno polje Masa: cca 430 kg	širina 450 mm tropoložajna rastavna sklopka	
VDAP24-DV	Dovodno polje Masa: cca 450kg	širina 450 mm prekidač tropoložajni rastavljač	
VDAP24-T	Transformatorsko polje Masa: cca 400 kg	širina 450 mm prekidač zemljospojnik odvodni izolatori 250A ili 630 A elektronički relej DSO-1BC ili DSO-2A strujni zaštitni transformatori ST1	
VDAP 24-D2V	Dva vodna i jedno spojno polje Masa: cca 410 kg	širina 720 mm prekidač dvije tropoložajne rastavne sklopke	
VDAP24-Z2V	Dva vodna i jedno spojno polje Masa: cca 430 kg	širina 720 mm prekidač zemljospojnik dvije tropoložajne rastavne sklopke	
VDAP 24-sZ3V	Tri vodna, dva spojna polja Masa: cca 570 kg	širina 1100 mm prekidač zemljospojnik tri tropoložajne rastavne sklopke dva reda izolatora 630 A	
VDAP24-MPo	Mjerno polje za mjerenje energije Masa: cca 300 kg	širina 750 mm strujni mjerni transformatori naponski mjerni transformatori visokonaponski visokoučinski osigurači	
VDAP24-MPn	Mjerno polje za mjerenje napona Masa: cca 350 kg	širina 750 mm naponski mjerni transformatori visokonaponski visokoučinski osigurači	

Slika 9. Jednopolne sheme nekih izvedbi vakuumskih distribucijskih sklopnih modula serije VDAP

4. KOMPAKTNI SKLOPNI MODULI SERIJE KSMA

4.1. Općenito

Kompaktni sklopni moduli serije KSMA nastali su kao daljnji korak u razvoju proširivih sklopnih modula, a građeni su također s metalom zaštićenim i s polukrutom izolacijom izoliranim sabirnicama u zraku za nazivni napon 12, 24 i 38 kV, najprije za nazivnu struju sabirnica do 1250 A, a potom 2500 A.

Ova serija sklopnih modula temeljena je na istim principima primanog strujnog kruga kao i serije VDA, VDAP, a to znači sklopni aparati s vakuumskim komorama za proces sklapanja i SF₆ plinom i krutom izolacijom za izoliranje među elementima strujnog puta i prema zemlji.

Pogonski mehanizmi sklopnih aparata na ovoj seriji sklopnih modula su građeni s osnovnim kinematičkim lancem izvedenim iz vrlo pouzdanog i u praksi provjerenog opružnog pogonskog mehanizma s vakuumskih prekidača serije V i VK. Sklopna postrojenja koja se grade s ovim modulima imaju svestrano izolirane sabirnice u metalnim oklopmima, bez uzemljenog plašta za nazivnu struju do 1250 A (slika 12.a), te sabirnice limom oklopljene (ne nužno) i uzemljenim vanjskim plaštem, dakle sabirnice za dodir. Ove se izvode kao jednoreдне za nazivnu struju do 1250 A (slika 12.b) i kao dvoreдне za nazivnu struju do 2500 A (slika 12.c).

Sklopni moduli tipa KSMA namijenjeni su za gradnju sklopnim postrojenja u tzv. primarnoj distribuciji, za razliku od sklopnih modula VDA i VDAP, koji služe za gradnju sklopnih postrojenja u tzv. sekundarnoj distribuciji električne energije.

4.2. Tropoložajna rastavna sklopka

Izvorna je osobitost za sva tri naprijed opisana tipa sklopnih modula (VDA, VDAP, KSMA) primjena (uz vakuumске prekidače) tzv. tropoložajnih vakuumskih rastavnih sklopki u strujnom putu, koje omogućavaju sklapanje (uklapanje, isklapanje te uzemljivanje i otvaranje iz uzemljenog položaja) nazivnih parametara za koje je sklopka po definiciji namijenjena, bez pojave električnog luka u okolnom SF₆ plinu, što osigurava ekološku podobnost ovih modula.

To su originalno riješeni (patentirani) sklopni aparati, u kojima se gašenje električnog luka odvija u vakuumskim komorama, a dielektrične karakteristike u otvorenom položaju osiguravaju naknadnim, automatskim otvaranjem pomičnih kontakata rastavljača, ali tek nakon definitivnog gašenja električnog luka. Pri uklapanju ne može doći do prepaljenja luka među kontaktima rastavljača, jer je na domišljat način osigurano da najprije uklope oni, a potom kontakti u vakuumskoj komori. Ista je situacija i pri uzemljivanju.

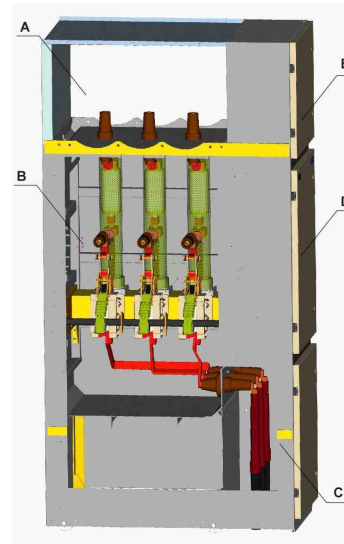
Prikladnom konstrukcijom kontakata rastavljača omogućeno je da pri isklapanju pomični kontakti ostaju u galvanskoj vezi s njegovim čvrstim kontaktima preko dinamičke veze (lisnate opruge) sve dok se ovi u potpunosti ne otvore. Ovo rješenje omogućava da se uspostavi potrebni razmak bez pojave luka, jer se ovaj u međuvremenu ugasio u vakuumskoj komori.

Naime, ukupno gibanje pomičnih kontakata rastavljača traje oko 15 ms. Toliko teorijski smije trajati i električni luk u vakuumskoj komori pri isklapanju. Obzirom da luk ne traje duže od 10 ms, što je eksperimentalno dokazano, nema mogućnosti da se on pojavi na kontaktima rastavljača.

Pri uzemljivanju je osigurano da galvansku vezu uspostavljaju prvo kontakti rastavljača, a potom kontakti u vakuumskoj komori, tako da se pri možebitnom uzemljivanju voda pod naponom prepaljenje luka dogodi u vakuumskoj komori. Pri otvaranju iz uzemljenog položaja nema posebnih zahtjeva, osim korektnog dovođenja pomičnih kontakata u krajnji otvoreni položaj.



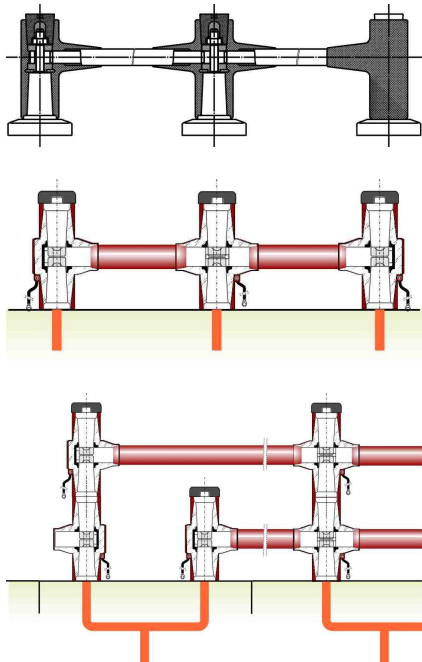
Slika 10. Sklopno postrojenje KSMA 24 – 630 A



Legenda:

- A – Sabirnički odjeljak
- B – Aparatni odjeljak
- C – Prikjučni odjeljak
- D – Pogonski mehanizam
- E – Niskonaponski ormarić

Slika 11. Sklopni blok tipa KSMA 24 PS – 630 A (vodno polje) – unutrašnjost



a) Izolirane sabirnice za nazivnu struju do 1250 A bez uzemljenog plašta (za kompaktne sklopne blokove VDAP i KSMA)

b) Svestrano izolirane sabirnice nazivne struje do 1250 A, sa uzemljenim plaštem (za kompaktne sklopne blokove VDAP i KSMA)

c) Svestrano izolirane sabirnice nazivne struje do 2500 A, sa uzemljenim plaštem (za kompaktne sklopne blokove KSMA)

Slika 12. Svestrano izolirane sabirnice za kompaktne sklopne blokove VDAP i KSMA

Tipna oznaka:	Opis/namjena:	Značajke:	Jednopolna shema:
KSMA 24 - PS KSMA 38 - PS	Vodno polje Trafo polje Polje MTU Kompenzacija Ostalo	Q - vakuumski prekidač Q1 - vakuumska tropoložajna rastavna sklopka	
KSMA 24 - PZ KSMA 38 - PZ	Polje kućnog transformatora	Q - vakuumski prekidač Q3 - zemljospojnik	
KSMA 24 - Mpn KSMA 38 - Mpn	Mjerno polje za mjerenje napona	Q1 - vakuumska tropoložajna rastavna sklopka Tn - naponski mjerni transformatori F - visokonaponski visokoučinski osigurači	
KSMA 24 - Mpo KSMA 38 - Mpo	Mjerno polje za mjerenje energije	Ts - strujni mjerni transformatori Tn - naponski mjerni transformatori F - visokonaponski visokoučinski osigurači	
KSMA 24 - Sp KSMA 38 - Sp	Spojno polje (jednostruko)	Q2 - vakuumska tropoložajna rastavna sklopka	

Slika 13. Jednopolne sheme kompaktnih sklopnih modula KSMA

5. KOMPAKTNI SKLOPNI MODULI SERIJE KSMV

5.1. Općenito

Kompaktni sklopni moduli serije KSMV, služe za gradnju klasičnih konfiguracija metalom oklopljenih i plinom izoliranih sklopnih postrojenja (GIS), gdje su i sabirnice metalom oklopljene i izolirane plinom SF6. Nazivna struja sabirnice ove serije sklopnih modula je do 2500 A.

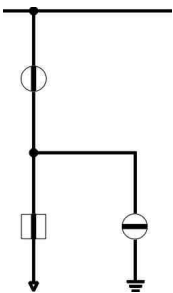
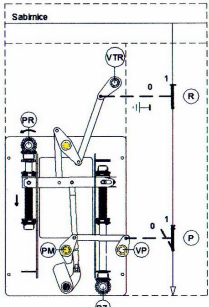
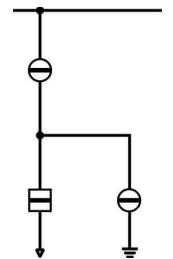
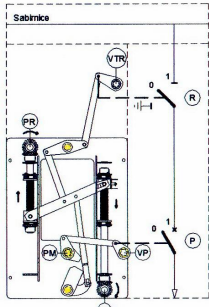
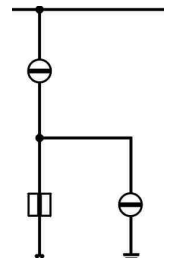
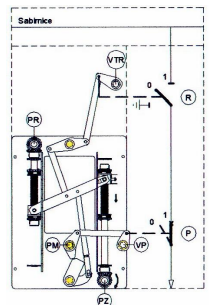
Za razliku od naprijed opisanih sklopnih modula, gdje su sklopni aparati (prekidač i rastavna sklopka) vezani u seriju i mogu sklapati neovisno jedan od drugih bez ikakvih blokada među njima, ovdje je primarni strujni krug građen sa sabirnicama, troležnim rastavljačem i prekidačem u seriji. Zbog toga je redoslijed sklapanja strogo definiran, jer se sklapanje u svim uvjetima može vršiti isključivo s prekidačem, i samo onda kad je rastavljač u nekom od tri krajnja položaja.

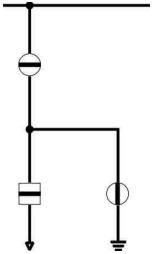
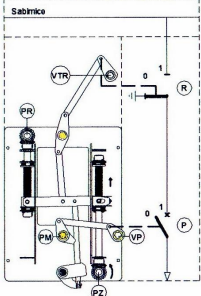
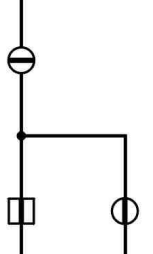
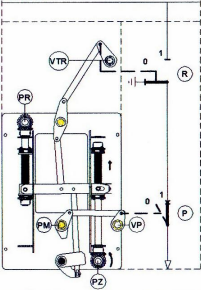
Pravilan redoslijed sklapanja i blokada među aparatima na izvorni je način riješen na ovim sklopnim modulima, pa će to nadalje kao njihova specifičnosti biti detaljnije opisano.

5.2. Blokade

Pri upravljanju sklopnim aparatima u modulima serije KSMV moguće je izvesti samo logičnu sklopnu operaciju. Naime, aparati su međusobno efikasno blokirani mehaničkim i električnim blokadama, tako da pogrešna manipulacija (sklopna operacija) nije moguća.

Način međusobnog mehaničkog blokiranja sklopnih aparata opisan je pomoću tablice na slici 14.

Slijepa shema	Stanje prekidača i troležnog rastavljača	Objašnjenje blokade:
		<ul style="list-style-type: none"> – Prekidač P je uključiv, može se isključiti – Rastavljač R je zatvoren, ne može se otvoriti prije nego prekidač isključi zbog blokade vratila pogonskog mehanizma PM – Rastavljač R se otvara okretanjem pogona rastavljača PR u lijevu stranu (u smjeru strelice) – Pogon zemljospojnika PZ je nedostupan
		<ul style="list-style-type: none"> – Prekidač P je isključiv, može se uključiti i isključiti – Rastavljač R je otvoren, može se zatvoriti i uzemljiti kada je prekidač P isključiv – Rastavljač R se zatvara okretanjem pogona rastavljača PR u desnu stranu (u smjeru strelice) – Rastavljač R se uzemljuje okretanjem pogona zemljospojnika PZ u desnu stranu (u smjeru strelice)
		<ul style="list-style-type: none"> – Prekidač P je uključiv, može se isključiti – Rastavljač R je otvoren, može se zatvoriti prije nego prekidač isključi, zbog blokade vratila pogonskog mehanizma PM – Rastavljač R se može uzemljiti okretanjem pogona zemljospojnika PZ u desnu stranu (u smjeru strelice)

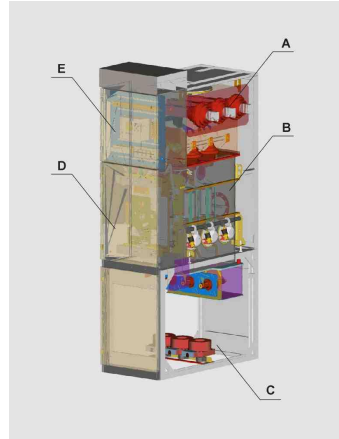
Slijepa shema	Stanje prekidača i tropoložajnog rastavljača	Objašnjenje blokade:
		<ul style="list-style-type: none"> – Prekidač P je isključen, može se uklopiti i iskllopiti – Rastavljač R je uzemljen, može se otvoriti iz uzemljenog položaja okretanjem pogona zemljospojnika PZ u lijevu stranu (u smjeru strelice) – Pogon rastavljača PR je nedostupan
		<ul style="list-style-type: none"> – Prekidač P je uklopljen, može se uklopiti i iskllopiti – Rastavljač R je uzemljen, može se otvoriti iz uzemljenog položaja okretanjem pogona zemljospojnika PZ u lijevu stranu (u smjeru strelice) – Pogon rastavljača PR je nedostupan

Slika 14. Mehaničke blokade između prekidača i tropoložajnog rastavljača



Slika 15. Sklopno postrojenje KSMV 4
– 2500 A, ukupno 50 polja

HEP DP Elektra Zagreb, TS Podsused



Legenda:

A – Sabirnički odjeljak

B – Prekidački odjeljak

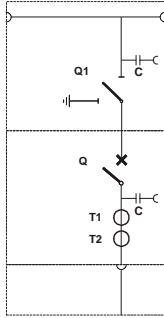
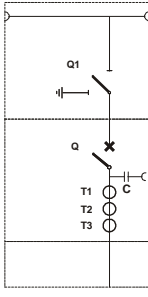
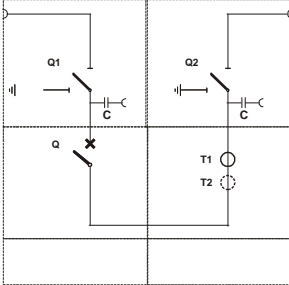
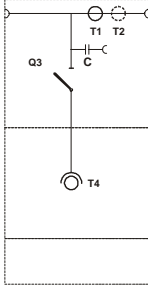
C – Priključni odjeljak

D – Pogonski mehanizam

E – Niskonaponski ormarić

Slika 16. Sklopni blok tipa KSMV 4 – VP, 2500 A
(vodno polje) – unutrašnjost

Kompaktni sklopni moduli serije KSMV grade se za nazivne napone 12 kV, 24kV i 38 kV. Ovim modulima mogu se rješavati praktično svi problemi pri gradnji električnih sklopnih postrojenja srednjeg napona u distribuciji i industriji kako za standardne, tako i za maksimalne parametre, koji se od takovih postrojenja na tržištu traže.

Tipna oznaka:	Opis/namjena:	Značajke:	Jednopolna shema:
KSMV 24 - VP KSMV 38 - VP	Vodno polje	<p>Širina 600 mm</p> <p>Q - vakuumski prekidač Q1 - tropoložajni rastavljač T1 - strujni mjerni transformatori T2 - strujni mjerni transformatori C - kapacitivni indikatori napona</p>	
KSMV 24 - TP KSMV 38 - TP	Transformatorsko polje	<p>Širina 600 mm</p> <p>Q - vakuumski prekidač Q1 - tropoložajni rastavljač T1 - strujni mjerni transformatori T2 - strujni mjerni transformatori T3 - strujni mjerni transformatori C - kapacitivni indikatori napona</p>	
KSMV 24 - SS KSMV 38 - SS	Spojno polje	<p>Širina 2 x 600 mm</p> <p>Q - vakuumski prekidač Q1 - tropoložajni rastavljač T1 - strujni mjerni transformatori T2 - strujni mjerni transformatori C - kapacitivni indikatori napona</p>	
KSMV 24 - Mp KSMV 38 - Mp	Mjerno polje	<p>Širina 600 mm</p> <p>Q3 - rastavljač T1 - strujni mjerni transformatori T2 - strujni mjerni transformatori T4 - naponski mjerni transformatori C - kapacitivni indikatori napona</p>	

Slika 17. Jednopolne sheme kompaktnih sklopnih modula serije KSMV

6. ZAKLJUČAK

Sklopni modula za gradnju sklopnih postrojenja srednjeg napona kod svih svjetskih proizvođača ovakve opreme temeljeni su na suvremenim medijima za gašenje električnog luka i održavanje dielektričnih karakteristika (ultravisoki vakuum i elektronegativni plinovi, krute i polukrute izolacije).

Novo načelo gradnje sklopnih aparata i postrojenja, koji bi naglo smijenili ovaj pristup gradnji nije za očekivati tako skoro, pa većinu pažnje proizvođači ovakve opreme pri razvoju novih proizvoda u svijetu posvećuje njihovom minimiziranju i automatiziranju u cilju što racionalnije proizvodnje i minimumom potreba za eksploatacijskim održavanjem.

Naš pristup razvoju sklopnih modula uz ostalo omogućio je rješavanje sve izraženijih ekoloških problema, koji se mogu javiti kod ranijih rješenja sklopnih modula gdje je SF₆ korišten kao jedinstven medij za gašenje električnog luka održavanje dielektričnih karakteristika. Naime, mi smo među prvima, praktično prvi u svijetu uveli dva medija u sklopnim modulima: vakuum kao medij za gašenje električnog luka u procesu sklapanje, te SF₆ plin kao medij za održavanje dielektričnih karakteristika u modulima.

Na taj način izbjegli smo mogućnost stvaranja štetnih produkata koji se javljaju razgradnjom plina pri visokim temperaturama koje nastaju gorenjem električnog luka, jer je ovaj zatvoren i gasi se u vakuumske komore. Izbjegli smo također probleme oko zbrinjavanja SF₆ plina nakon isteka vijeka trajanja sklopnih modula, jer se ovaj može ispumpati i bez daljnega upotrijebiti za druge module. Time se KONČAR-EASN definitivno svrstao među svjetske proizvođače kompaktnih sklopnih modula srednjeg napona, logičnim slijedom u tradicionalno vlastitom razvoju originalnih proizvoda.

LITERATURA

- [1] H. Rubčić, Ž. Bago: "Vakuumska distribucijska sklopna aparatura tip VDA (Ring Main Unit) za unutarnju ugradnju", ŠESTO SAVJETOVANJE H.K. CIGRE, Cavtat. 09.-13. studenog 2003. Zbornik radova: Visokonaponska oprema, str. 63 - 72.
- [2] H. Rubčić, D. Huzanić: Kompaktni sklopni moduli serije VDAP za unutarnju ugradnju, ŠESTO SAVJETOVANJE H. K. CIGRE, Cavtat, 09.-13. Studenog 2003. Zbornik radova: Visokonaponska oprema, str. 73 – 82.
- [3] D. Huzanić, R. Milošević, H. Rubčić, Kompaktni sklopni moduli serije KSMA za unutarnju ugradnju, ŠESTO SAVJETOVANJE H. K. CIGRE, Cavtat, 09.- 13. studenog 2003. Zbornik radova: Visokonaponska oprema, str. 85 - 91.
- [4] IEC 61850-3 Communication networks and systems in substations – part 3 General requirements, January 2002
- [5] R. Milošević, M. Markulin D. Huzanić, M. Uremović; Vakuumska distribucijska sklopna aparatura srednjeg napona, Izjava o patentu P-931456; Zagreb, 2000.
- [6] R. Milošević, D. Huzanić, H. Rubčić, Kompaktni sklopni moduli serije KSMV za unutarnju ugradnju, ŠESTO SAVJETOVANJE H. K. CIGRE, Cavtat 09.-13. studenog 2003. Zbornik radova: visokonaponska oprema, str. 93 - 102.
- [7] R. Milošević, MEHANIZMI ELEKTRIČNIH SKLOPNIH APARATA, osnove teorije i praksa, Graphis, Zagreb 2004. (knjiga).