

Zdravko Pamić, dipl.ing.el.

[zdravko.pamic@gmail.com](mailto:zdravko.pamic@gmail.com)

## REKONSTRUKCIJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA UPOTREBOM MODULARNIH BRTVEĆIH SUSTAVA

### SAŽETAK

Brtvećim sustavima osigurava se brtvljenje i zaštita od vode te vatre, plina, prašine, prljavštine, sitnih glodavaca i drugih nepoželjnih utjecaja u objektima koji se ovim sustavima štite. Pored dosadašnjih brtvećih sustava koji su upotrebljeni u Hrvatskoj sve više se koriste modularni brtveći sustavi kojima se ostvaruje potpuna i trajna zaštita objekata u koje se ugrađuju.

U referatu će se opisati jedan od modularnih brtvećih sustava koji svojom upotrebom dominira u Hrvatskoj te sve više i u raznim elektroenergetskim objektima HEP-a, prilikom projektiranja novih tako i kod rekonstrukcije postojećih elektroenergetskih objekata. Prikazat će se i dosadašnja iskustva s njihovom primjenom te novosti koje dominiraju na području brtvljenja raznih objekata. Navest će se i prikazati veći broj elektroenergetskih objekata u Hrvatskoj gdje su do sada korišteni modularni brtveći sustavi, kao zamjena za do sada korištene druge brtveće sustave, ili su bili korišteni prilikom izgradnje novih elektroenergetskih objekata.

**Gljučne riječi:** modularni brtveći sustav

## RECONSTRUCTION OF POWER PLANTS USING MODULAR SEALING SYSTEMS

### SUMMARY

Sealing systems provide sealing and protection against water, fire, gas, dust, dirt, small rodents and other unwanted influences in buildings that are protected by these systems. In addition to the existing sealing systems used in Croatia, modular sealing systems are being increasingly used to provide complete and permanent protection of the power plants in which they are installed.

In this paper, it is described one of the modular sealing systems that is dominant in Croatia, even more in various electrical power plants in HEP, in the design of new ones and in the reconstruction of existing power plants. Experience with their application and novelties that dominate the sealing of various objects will be described. A number of power plants in Croatia will be listed and shown where modular sealing systems have been used as far as a replacement for other sealing systems used so far, or were used in the construction of new power plants.

**Key words:** modular sealing system

## 1. UVOD

U razna energetska postrojenja i druge objekte HEP-a, kod ulaza energetskih kabela i/ili cijevi (u daljnjem tekstu: kabela), ugrađuju se odgovarajući brtveći sustavi [1] - [3]. Sve više to su i u Hrvatskoj modularni brtveći sustavi kojima se ostvaruje sigurno i pouzdano brtvljenje. Osnovna funkcija ovih sustava je potpuna i trajna zaštita objekata u koje se ugrađuju, čime se postiže brtvljenje i zaštita od vode, vatre, plina, prašine, prljavštine, sitnih glodavaca i drugih nepoželjnih utjecaja u objektima koji se ovim sustavima štite. To je nadasve tehnološki razvijeno i prilagodljivo rješenje s konceptom kojim se prati razvoj situacije na terenu i omogućava naknadnu zamjenu, ili dodavanje kabela uz minimalne napore i troškove. Od njih se zahtijeva i da su jednostavni za montažu i funkcionalni u svim prilikama brtvljenja. Kvalitetno, pouzdano, sigurno i trajno brtvljenje kabela u tim objektima, kao i unutar objekata, postizemo odabirom jednog od brtvećih sustava, ili kombinacijom više njih.

Najznačajnija funkcija modularnih brtvećih sustava je brtvljenje i zaštita od vode, zbog moguće poplave ili pojave vlage u objektu gdje su postavljeni, posebno njezinog konstantnog pritiska na kabele koji ulaze kroz temelje objekata, a kako bi se spriječila oštećenja objekta i korištene opreme u njemu. Od posebne važnosti je da ovi sustavi štite od vlage koja se može pojaviti u tim objektima kao posljedica raznih slučajeva u kojima ta postrojenja rade. Naime, vlaga se pojavljuje u svim tim objektima zbog duljeg djelovanja vode u tim prostorima i za posljedicu ima mogućnost pojave većih parcijalnih pražnjenja, od ubičajenih, na ugrađenim elementima tog objekta [6].

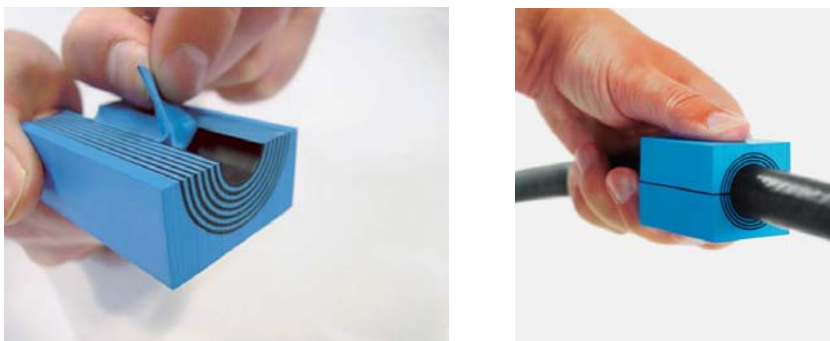
Njihova instalacija je jednostavna, prvenstveno zbog uklonjivih listića prilagodljivih svakoj debljini kabela položenih pod zemljom i u vodi. Cjelokupan sustav je ključni element sigurnosti u mnogim projektima i primjenama, a upotrebljavaju se u raznim sustavima zidnih prodora i podnih ulaza, na mjestima gdje se zahtijeva provlačenje višestrukih kabela kroz zid ili pod, a objekt mora udovoljiti određenim sigurnosnim normama. Ovakvi sustavi pojednostavljuju projektiranje i instalaciju te omogućavaju dodatne kapacitete širenja ugradnjom novih modula.

Ugrađeni modularni sustavi imaju dodatni rezervni kapacitet za dogradnju. Naime, neiskorišteni moduli sustava spremni su za ugradnju svakog novog kabela kad god zatreba. Naravno, ovo rješenje se temelji na uklonjivim slojevima i omogućava idealnu prilagodbu bilo kojoj dimenziji kabela, što pomaže većoj konkurentnosti, jer možemo dodavati više kabela bez ikakvih dodatnih troškova materijala. Kada nam je potrebno, jednostavno otvaramo i ponovno brtvimo, čime se štedi na vremenu, radu i troškovima održavanja te postiže ekonomičnost od početka do kraja projekta.

## 2. OSNOVNI DJELOVI SVAKOG MODULARNOG SUSTAVA

### 2.1. Modul

Moduli se izrađuju iz određene EPDM gumene mješavine. Veličine modula se prilagođavaju kablom različite veličine, što je temelj ovakvih sustava gdje se brtvećim modulima i gumenim umetcima s uklonjivim listićima postiže prilagodba svakom promjeru kabela koji se ugrađuje u ovaj sustav (Slika 1.).



Slika 1. Prilagodba modula dimenziji kabela

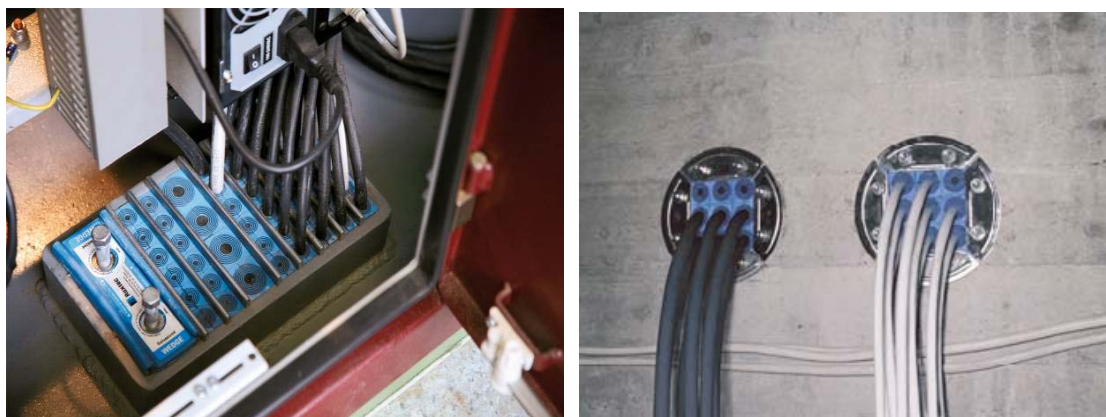
Potrebno je skinuti sloj listića dok se ne postigne idealna izolacija oko bilo kojeg tipa vanjskog zaštitnog plašta kabela. Razlika između dviju polovica ne smije iznositi više od jednog sloja listića na način da se ostvari zračnost od 0,1 do 1,0 mm između dviju polovica dok ih se drži na kabelu.

Prije same montaže postavljanja modula na kabel, temeljito se moraju podmazati svi moduli za okvir kao i sve unutarnje i vanjske površine modula. Proizvođači modularnih sustava preporučuju da se kod montaže prvo zabrtve kabeli pri dnu okvira te da se započne s ugradnjom većih prema manjim modulima, a da se rezervne module ostavi na vrhu ruba okvira. Vijci na kompresijskom klinu zatežu se dijagonalno, pri čemu će se brtva raširiti i zabrtviti otvor, a pravilno brtvljenje je postignuto kad gume ekspandiraju preko prednje ploče i kada se listići šire prema van. Time ovo rješenje pojednostavljuje projektiranje čime se znatno štedi vrijeme prilikom instaliranja ovog sustava.

## 2.2. Okvir

Okviri se izrađuju u četvrtastom ili oblom obliku, najčešće od metala (inox, čelik ... ) ili plastike, prilagođenog broju kabela i modulima koji se ugrađuju u određeni objekt. Rupe u zidovima moraju biti u skladu s dimenzijama otvora okvira i u skladu s kombinacijama rupa na odgovarajućim okvirima koji će se pričvrstiti na zid.

Okviri mogu biti zavareni na podlogu u građevinama, zaliveni u betonu, umetnuti u otvore izrađene krunskim bušenjem ili pričvršćeni maticama i vijcima na površinu bilo kojeg objekta (Slika 2.). Mogu se zavariti ili umetnuti u raznim vrstama zidova: gotovi (izolirani), betonski, čelični, gips ploče, opeke ili blok opeke, odnosno u razne tipove podova: čelični (modularne ili gotove građevine), povišeni (podatkovni ili komunikacijski centri), betonski (građevine s fiksnom lokacijom) ili zaštitni (objekti za obradu). Isti oblik okvira moguće je ugraditi okomito ili vodoravno, čime se postiže veća funkcionalnost. Od posebnog interesa je upotreba okruglih brtvi. Pri tome se takve brtve jednostavno instaliraju i prilagođavaju raznim primjenama kabela. Moguća je njihova upotreba za plastične i metalne cijevi i vodove kao i za kabele. Razvijene su za uporabu u zahtjevnim okruženjima, ne zauzimaju puno prostora i savršena su rješenja za brtvljenje zidnih i podnih prolaza kabela.



Slika 2. Neke od izvedbi okvira: četvrtasti i oblog oblika

### 2.3. Nivelacijske pločice i kompenzacijski klin



Slika 3. Nivelacijske pločice i kompenzacijski klin

Na vrhu svakog završenog reda modula umeću se nivelacijske pločice dok se na vrh svih modula, uz gornji rub okvira, postavlja kompenzacijski klin. U kompenzacijskom klinu nalaze se dva vijka koji se zatežu do kraja navoja. Po završetku montaže spojnica kompenzacijskog klina pričvršćuje se na vijke kompenzacijskog klina kako bi se provjerila pravilna zategnutost samog kompenzacijskog klina (Slika 3.). Demontaža se obavlja obrnutim redoslijedom od instalacije.

### 3. ZAŠTITA OD ELEKTRIČNE INTERFERENCIJE

Unutar modularnih brtvećih sustava postoji posebna grupa proizvoda kojima se osigurava i elektromagnetska kompatibilnost te zaštita od eksplozije kojima se postiže sigurno i učinkovito povezivanje ili uzemljenje kabela s mehaničkom i/ili električnom zaštitom kabela [4] - [5]. Takvi sustavi moraju zaštititi ostalu ugrađenu opremu od električne interferencije tj. moraju osigurati brtvljenje i uzemljenje veće količine kabela s električnom i/ili mehaničkom zaštitom. Zato svaka polovica modula oko svoje rubne površine, ima aluminijsku traku ili pokositrenu pletenu bakrenu traku za uzemljenje. Na taj način su direktno ili kroz susjedne module u kontaktu s okvirom modularnog sustava, čime se ostvaruju višestruke uzemljivačke veze. Sve to osigurava visoko vodljiva i fleksibilna elastomerna barijera ugrađena unutar modula kao zaštita za radijacijsku interferenciju.

Moguće su 3 izvedbe takvih modula (Slika 4.):

a) BG B modul je namijenjen za završetke i prolaze gdje je zaštita okruženja zahtijevana samo s jedne strane i to za regularne okvire

b) BG modul je namijenjen za prolaze gdje je zaštita okruženja zahtijevana na obje strane i to za regularne okvire

c) CM BG B modul je namijenjen za završetke i prolaze gdje je zaštita okruženja zahtijevana samo s jedne strane i to za kompaktne okvire



Modul BG B

Modul BG

Modul CM BG B

Slika 4. Izvedbe modula za zaštitu od električne interferencije

Na mjestu prolaska kabela kroz modul, ugrađen u okvir cijelog modularnog sustava, skida se vanjski zaštitni plašt s kabela te se električni ili mehanički dio kabela dovodi u kontakt s aluminijskom trakom, ili pokositrenom pletenom bakrenom trakom u sredini modula te se na taj način povezuje s metalnim okvirom i ostalim modulima u okviru. Neke od prednosti ovakvog načina uzemljenja su manja duljina sistema za uzemljenje te kontinuirani kontakt trake za uzemljenje oko električne i/ili mehaničke zaštite kabela te ušteda u sistemu uzemljenja.

#### 4. IZGRADNJA I REKONSTRUKCIJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA UPOTREBOM MODULARNIH BRTVEĆIH SUSTAVA

U nastavku ovog referata prikazat će se najznačajniji novoizgrađeni elektroenergetski objekti gdje su ugrađeni dijelovi modularnih sustava. Tu se prvenstveno ubrajaju TS Ferenščica, TS Plat, i TS Kutina. Značajan udio modularnih brtvećih sustava ugrađeni su u i TE Plomin, ELTO Zagreb, TS Pehlin, TS Kraljevac, TS Buje, TS Studena Rijeka i TS Beketinci. U fazi nuđenja su razni tipovi modularnih sustava za TS Sučidar, TS Split 3, TS Cvjetno, TS Zadar Istok, TS Zamet te još mnogi drugi gdje se očekuje, u dogledno vrijeme, da će investitor u konačnosti odabrati jedan od nuđenih modularnih sustava, čime se osigurava sigurnost, učinkovitost i pouzdanost rada svih tih objekata.

##### 4.1. TS 110/10(20) kV Ferenščica

Kod izgradnje TS 110/10(20) kV Ferenščica korišteno je 40 okruglih brtvi te 6 kvadratnih okvira za ugradnju većeg broja modula raznih dimenzija (Slika 5.).



Slika 5. TS 110/10(20) kV Ferenščica

##### 4.2. TS 220/110/35/20(10) kV Plat



Slika 6. TS 220/110/35/20(10) kV Plat



Trafostanica 220/110/35/20(10) kV Plat (Slika 6.) rađena je iznad sela Plat u blizini postojeće HE Dubrovnik. Tako je odabrana lokacija omogućila spajanje na postojeće priključke 220, 110, 35 i 20 (10) kV. Tom prilikom korišteno je 127 specijalnih okruglih brtvi kod ulaza VN i NN kabela koji su prema zahtjevu projektanta bili još i dodatno premazani vatrootpornim premazom, kao dodatnom zaštitom od moguće pojave vatre u tom objektu.

#### 4.3. TS 110/10(20) kV Kutina

Kod rekonstrukcije TS 110/10(20) kV Kutina (Slika 7.) tijekom 2017. godine korišteno je 25 kvadratnih okvira ubetoniranih u oplatu, uključujući EMC module ispod GIS postrojenja, za razne izvedbe NN kabela s dodatnom električnom zaštitom te 85 okruglih brtvi za razne druge kabele.



Slika 7. TS 110/10(20) kV Kutina

#### 4.4. TE Plomin

Instalacija fleksibilnog sistema brtvljenja u relejnom i kabelskom prostoru u TE Plomin (Slika 8.), korištena je kod rekonstrukcije upravljačkog sustava turbina, 13 pozicija (ormara).



(prije sanacije)

(nakon sanacije)

Slika 8. TE Plomin

#### 4.5. TS 110/30/10(20) kV ELTO ZAGREB



Slika 9. TETO Zagreb

Projekt izgradnje nove TS 110/30/10(20) kV ELTO ZAGREB bio je tek dio projekta novog 150 MW proizvodnog bloka u ELTO-u (Slika 9.). Montaža je započeta u rujnu 2018. prilagođavanjem otvora i uklanjanja opreme te kabela, instalacijom novih kabela, lijevanjem kalupa i ugradnjom modularnih brtvećih elemenata predviđenih projektnom dokumentacijom te svim ostalim radnjama za instalaciju, kontrolu i puštanje u rad predviđenih 77 raznih modularnih brtvećih kompleta.

#### 4.6. TS 20(10)/0,4 kV Beketinci

I na ovom objektu korišten je modularni brtveći sustav (Slika 10.) gdje je su ugrađena 3 kompleta brtvećeg sustava kojim je omogućena vodotjesnost i brtvljenje postojećih kabela uz fleksibilnost, „on site” podršku te otpornost na male životinje.



Slika 10: TS Beketinci, prije i nakon sanacije, s ugrađenim modularnim brtvećim sustavom



#### 4.7. TS 220/110/35 kV Pehlin



Slika 11. TS 220/110/35 kV Pehlin

Iako je prvobitnim projektom bilo predviđeno korištenje drugog sustava brtvljenja, prvenstveno zbog fleksibilnosti i mogućnosti reinstalacije zbog etapnosti projekta, iskustva instalatera i lokalne podrške, za rekonstrukciju TS 220/110/35 kV Pehlin (Slike 11.) izabran je modularni sustav brtvljenja te je ugrađeno 39 modularnih brtvećih kompleta kojim je postignuta vodotjesnost i protupožarnost u tom objektu.

#### 4.8. KTS 22.2.16 Elektra Varaždin – Lepoglava

Zbor curenja vode kroz postojeće uvednice u KTS uspješno je izvršena sanacija ugradnjom modularnih brtvi (Slika 12.).



Slika 12. KTS Lepoglava



#### 4.9. TS 110/35 kV Buje

U TS 110/35 kV Buje predviđeno je bilo uvađanje novog transformatora pa je projektant predvidio rješenje ugradnjom 3 modularna brtveća kompleta (Slika 13.).



Slika 13. TS 110/35 kV Buje

#### 4.10. TS 110/35 kV Kraljevac

U ovom objektu traženo je da upotrebljeni brtveći sustav zadovolji protupožarne zahtjeve na kabel, fleksibilnost, mogućnost dodavanja i zamjene novih kabela, te su korištena iskustva instalatera upotrebom modularnih brtvećih sustava. Za ovaj objekt korišteno je 13 modularnih brtvi (Slika 14.).



Slika 14. TS 110/35 kV Kraljevac

#### 4.11. KTS 10/0,4 kV Studena Rijeka

Zbog curenja vode kroz postojeće uvodnice uspješno je izvršena sanacija KTS 10/0,4 kV Studena Rijeka ugradnjom 8 kompleta modularnih brtvi modularnih brtvi (Slika 15.).



Slika 15. KTS Studena Rijeka

## 5. ZAKLJUČAK

Korištenje modularnih brtvećih sustava kod prolaza kabela u elektroenergetski objekt, omogućuje njihov uredan razmještaj kao i mali te pravilan razmak između svakog kabela, što omogućuje dobru iskoristivost prostora tog objekta uz bolji pregled i lakše održavanje. Fleksibilnost, kao i činjenica da su zalihe modularnih brtvećih sustava dostupne na licu mjesta, omogućava bržu preinaku instalacije i naknadno dodavanje kabela različitih dimenzija u taj objekt. Korištenje modularnih brtvećih sustava mala je investicija u odnosu na uložene velike iznose novaca pri izgradnji objekata u kojima se oni koriste, a istovremeno se otvara velika mogućnost za udovoljavanje budućim propisima donošenje kojih se očekuje u dogledno vrijeme, jednako kao i njihova nadogradnja. Upotrebom ovih sustava značajno se smanjuje broj artikala na zalihama, što svakako omogućava jednostavno i sigurno ugrađivanje i održavanje električnih instalacija.

Visoka sigurnost modularnih brtvećih sustava također zahtijeva i ispravno instalirane sve dijelove ovih sustava kao i provjeru kvalitete instalacije. Zbog toga se od proizvođača ovih sustava zahtjeva pružanje usluge instalacijskog treninga i provjere instalacije nakon ugradnje svih dijelova modularnog brtvećeg sustava. Potrebno je koristiti i ispravan alat za montažu kao i video instrukcije koje daju proizvođači modularnih sustava, neki od njih i on-line, a nerijetko je sudjelovanje i njihovih stručnjaka prilikom montaže nekih dijelova sustava koji se ugrađuju u određenom elektroenergetskom objektu.

Modularni brtveći sustavi štite elektroenergetski objekt od vode, ali i od vlage koja se može pojaviti u tim objektima kao posljedica raznih slučajeva u kojima ti objekti rade. Naime, vlaga se pojavljuje u svim tim objektima kao posljedica duljeg djelovanja vode u tim prostorima i za posljedicu ima mogućnost pojave većih parcijalnih pražnjenja na ugrađenim elementima tog postrojenja od uobičajenih. Vlaga ovisi o temperaturi zraka u određenoj prostoriji elektroenergetskog objekta kao i njegovom pritisku, o tome da li je prisutna kiša, sunce, mraz ili neka druga vremenska nepogoda u okolini objekta kojeg promatramo, a koja može uzrokovati veću ili manju temperaturu zraka u tom prostoru. Naravno da se tu promatra i utjecaj položaja pojedinih vrata tog objekta, vrsta materijala od kojeg su ona načinjena i razni drugi utjecaji koji mogu na to utjecati. Jednako tako važan je i podatak o učestalosti kišnih dana, količini oborina u nekom periodu te smjer padanja kiše, često povezane i s vjetrom koji tada puše kao i njegovim smjerom i jačini. Svi ti činioci, kao i još mnogi drugi, utječu na stvaranje kondenzata u zraku, time i do stvaranje korozije na nekim dijelovima elektroenergetskog objekta. Naravno da se mora uzeti u obzir i utjecaj temperature koju stvara elektroenergetski objekt, koja time samo doprinosi povećanju ili smanjenju količine vlage u zraku.

## 6. LITERATURA

- [1] Zdravko Pamić, dipl.ing.el., "BRTVLJENJE KABELSKIH SUSTAVA", 18. Međunarodni simpozij EIS 2009, Šibenik, Hrvatska, svibanj 2009., referat broj EI-3

- [2] Zdravko Pamić dipl.ing.el., "KABELSKI BRTVEČI SUSTAVI", 12. savjetovanje HRO CIGRÉ, Šibenik, studeni 2015., referat broj B1-09
- [3] Zdravko Pamić, dipl.ing el., „MODULARNI BRTVEČI SUSTAV“, 9. Dani inženjera elektrotehnike Hrvatske, Pula, Hrvatska, rujan 2016.
- [4] Zdravko Pamić dipl.ing.el., "MODULARNI BRTVEČI SUSTAV KAO ZAŠTITA OD ELEKTRIČNE INTERFERENCIJE", 13. savjetovanje HRO CIGRÉ, Šibenik, studeni 2017., referat broj B1-10
- [5] Zdravko Pamić, dipl.ing.el., „DOSADAŠNJA ISKUSTVA S UPOTREBOM MODULARNIH BRTVEČIH SUSTAVA“, 6.(12.) savjetovanje HO CIRED, Opatija, Hrvatska, svibanj 2018., referata broj SO1-13
- [6] Zdravko Pamić, dipl.ing.el., „DOSADAŠNJA ISKUSTVA S PRODOROM VODE U ELEKTROENERGETSKE OBJEKTE“,14. savjetovanje HRO CIGRE, Šibenik, Hrvatska, studeni 2019., referat broj B1-11
- [7] Proizvodni katalozi tvrtke Roxtec International AB