

ISTICANJE GASA U 110KV POSTROJENJIMA ELEKTRODISTRIBUCIJE BEOGRAD

S. Međo, PD „Elektrodistribucija Beograd“, Srbija
N. Stojanović, PD „Elektrodistribucija Beograd“, Srbija
P. Tasić, PD „Elektrodistribucija Beograd“, Srbija

UVOD

Primena izolacije gasom sumporheksafloridom (SF₆) omogućava realizaciju kompaktnije elektroenergetske opreme, sa kvalitetnijom i dugotrajnijom izolacijom. Sumpor heksaflorid (SF₆) je gasni dielektrik koji se koristi u visokonaponskoj opremi kao izolator i medijum za gašenje luka. Njegove izuzetne izolacione karakteristike dovele su do široke upotrebe elektroenergetske opreme izolovane ovim gasom u visokonaponskim i srednjenaponskim postrojenjima, kako u svetu, tako i u našoj zemlji. U pogledu upravljanja, postrojenje SF₆ se ne razlikuje od nekog konvencionalnog postrojenja, ali i pored toga se mora voditi računa i o eventualnim posebnim uslovima u pogledu održavanja. Pogonsko ponašanje oklopljenih postrojenja ne podleže ni uticajima atmosferskih prilika ni uticajima zagađivanja izolacije, a to znači da su pogonski uslovi znatno povoljniji nego kod postrojenja konvencionalnih tipova. Postoje dve različite kategorije radova na odražavju SF₆ postrojenja. U prvoj kategoriji su radovi održavnja koji se mogu izvoditi bez prekidanja pogona, kao što su: kontrolisanje vlažnosti u raznim gasnim zonama, kontrola položaja kontakata kod rastavljača, podmazivanje pogona itd. U drugoj kategoriji su radovi na rasklopnim aparatima koji se mogu vršiti jedino kada je taj aparat isključen i bez napona i uzemljen sa obe strane. Na području „Elektrodistribucije Beograd“ (EDB) u pogonu je šest transformatorskih stanica 110/10 kV/kV sa postrojenjima 110 kV izolovanih SF₆ gasom. U ovom radu dat je osvrt na detekciju isticanja gasa, koja je na poseban način obavljena na nekim od ovih postrojenja u EDB-u.

Kako u svetu postoji veliki broj postrojenja koja koriste gas SF₆, i sve ih je više, preporuke mnogih međunarodnih agencija i udruženja su da se zbog uticaja ovog gasa na atmosferu sa njim postupa veoma pažljivo.

KARKTERISTIKE GASA SF6

Čist gas SF₆ je inertan, stabilan, bezbojan, bez mirisa, netoksičan i nezapaljiv. Otprilike je pet puta teži od vazduha i istiskuje vazduh u ograničenom prostoru. Osnovna uloga SF₆ gasa u postrojenju je da služi kao izolator, a u prekidačima i kao medijum za gašenje luka. U njima se ovaj gas nalazi pod pritiskom. Zatvoren prostor u kome se rukuje SF₆ gasom mora biti dobro provetren. Ekološka zaštitna agencija je identifikovala gas sumpor heksaflorid kao gas izazivač staklene bašte, sa potencijalom globalnog zagrevanja 23900 puta većim od ugljen dioksida (CO₂), i atmosferskim vremenom raspada od 3200 godina. Pored primene u energetici, koristi se i u proizvodnji poluprovodničkih kola, industriji nekih metala i medicini.

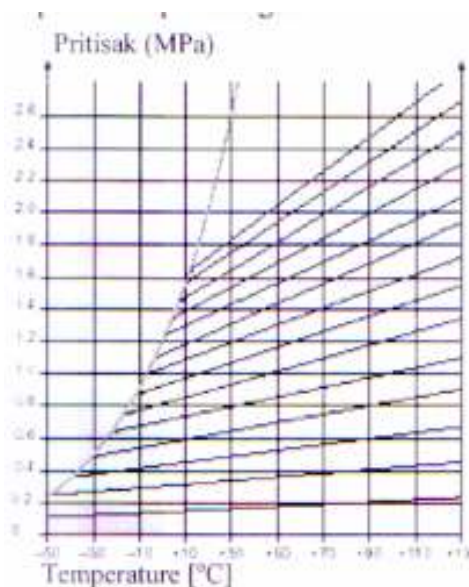
TABELA 1 – FIZIČKE I HEMIJSKE OSOBINE

Molska masa	146,05 g/mol
Specifična težina pri atmosferskom pritisku	16,13 g/l (kg/m^3)
Tačka topljenja	-50,8 °C
Tačka ključanja	-64 °C
Kritična temperatura	45,5 °C
Kritični pritisak	37,59 bar
Kritična gustina	0,74 kg/l

Reaktivnost gasa SF₆ je među najnižim među poznatim supstancama. Pri električnim pražnjenjima u prisustvu vlage i gasa SF₆ dolazi do formiranja korozivnih jedinjenja (između ostalih, fluorovodonične kiseline HF) koja nagrizažu izolacione materijale (staklo, keramiku, papir), što može dovesti do kvarova u elektroenergetskim postrojenjima. Iz tih razloga gas koji se koristi kao izolacioni medijum ne sme sadržati vlagu. Ova korozivna jedinjenja su otrovna, pa se pri rukovanju sa kontaminiranim SF₆ gasom mora obratiti posebna pažnja.

U poslednje vreme ovaj gas privlači sve veću pažnju ekologa. Potencijalni izvori emisije SF₆ potiču od: a) gubitka gasa usled lošeg rukovanja tokom instalacije, održavanja i uklanjanja i b) isticanje gasa iz opreme koja sadrži gas SF₆. Korišćenje i održavanje SF₆ ambalaže koja se koristi za uklanjanje, skladištenje, čišćenje i dopunu gasa SF₆ u visokonaponsku opremu se smatra najvećim izvorom gubitaka gasa vezanog za loše rukovanje. Sa druge strane, curenje na opremi je rezultat gubitaka osobina zaptivača i materijala od kojih je napravljena oprema koja sadrži gas SF₆, tokom vremena i eksploatacije, a usled uticaja starenja i korozivnih efekata.

Sa stanovišta kvaliteta eksploatacionih karakteristika SF₆ opreme od posebne je važnosti relacija između temperatura i pritiska gasa.

SL. 1 - Kriva pritiska gasa SF₆ u zavisnosti od temperature

Analizom grafika može se zaključiti da je promena pritiska sa promenom temperature približno linearna i relativno mala u opsegu radnih temperatura od -25 °C do +50 °C. Postoji realna karakteristika SF₆ gasa, koja se razlikuje od idealne. Pošto pritisak gasa ima direktan uticaj na električne karakteristike izolacije, može se zaključiti da gas SF₆ malo menja svoje izolacione karakteristike u širokom opsegu radnih temperatura, što ga čini posebno pogodnim za upotrebu u elektroenergetskim postrojenjima.

ODRŽAVANJE POSTROJENJA 110 KV IZOLOVANIH SF6 GASOM

U priloženim tabelama 2 i 3 su dati postupci održavanja postrojenja izolovanih SF6 gasom sa predviđenom postupkom obavljanja radova na rasklopnim aparatima.

TABELA 2 – ODRŽAVANJE PREKIDAČA

POSTUPAK PRI ODRŽAVANJU	PERIOD	POSTUPAK	IZVRŠENJE
vizuelni pregled	svake godine	- pritisak gasa u gasnim zonama - funkcija grejanja pogona - očitavanje brojača operacija	zaposleni u održavanju
dodatni pregledi	u proseku svakih 5 godina	- pored vizuelnog pregleda - test operacija ON-OFF	
dodatni pregledi posle dužeg perioda	svakih 8-10 godina	pored vizuelnog pregleda: - test opearacija ON-OFF - podmazivanje pogonskog mehanizma - provera polužnog sistema	
remont	u proseku svakih 15-20 godina ili nakon 2500 manipulacija ili ako je dostignuta suma kvadrata vrednosti struje prekidanja ili ako je neophodno na osnovu rezultata revizije	- provera ili zamena kontakata i mlaznica - provera pogonskih elemenata unutar ili van gasnih zona - zamena zaptivača na izolacionoj poluzi - provera ili zamena gasa - podmazivanje mehanizma i polužnog sistema - temeljno čišćenje - provera indikatora gustine gasa - opreacije uključenje - isključenje	proizvođač ili pod nadzorom proizvođača

TABELA 3 – ODRŽAVANJE RASTAVLJAČA I ZEMLJOSPOJNIKA

TIP PREGLEDA	PERIOD	PROCEDURA	IZVRŠENJE
provera stanja i funkcionalnosti	u proseku svakih 5 godina	- test operacija ON-OFF - merenje vremena potrebnog za manipulaciju - vizuelna provera funkcionisnja kontaktnog sistema	zaposleni u održavanju
remont	nakon 2500 manipulacija ili ako je neophodno na osnovu rezultata revizije	- provera ili zamena kontakata - zamena zaptivača na pogonskom mehanizmu - provera manipulacija - podmazivanje mehanizma i polužnog sistema - čišćenje delova unutar gasnih zona	proizvođač ili pod nadzorom proizvođača

Postupci obavljanja gasnih merenja, što obuhvata detekciju isticanja gasa SF6 i merenje pritiska opisani su u ovom radu.

Detekcija isticanja gasa SF6

Isticanje gasa na opremi može da dovede do gubitka funkcije prekidača i delova postrojenja, a jedan je od dva potencijalna izvora emisije gasa SF6. Prvi signal je „pad pritiska“ i predstavlja tzv. mali kvar. On predstavlja opomenu da treba dopuniti gas koji ističe iz neke od gasnih zona, a oprema ostaje u pogonu. Dopunom gasa sprečava se veliki kvar, kada indikator gustine gasa pri previše niskom pritisku isključuje prekidač i blokira ga. Prekidač se može ponovo pustiti u pogon tek posle dopune gasa.

Prema nekim izvorima i izveštajima o emisijama gasa, čak 10% prekidača u svetu danas „ističe“, od toga 15% ima minimalna isticanja, a preostalih 85% značajna i trebalo bi ih odmah servisirati. Istraživanja su pokazala da se najveći broj isticanja javlja u gasnim pogonskim mehanizmima, oko 70%, dok su ostala curenja u istrošenim ili polomljenim provodnim izolatorima i u gasnim tankovima. Ova curenja se mogu eliminisati samo popravkom opreme ili njenom zamenom. Kako oprema stari i dostiže kraj svog radnog veka, u cilju sprečavanja isticanja gasa SF6, sve su bolja rešenja zameniti opremu nego izvršiti njenu popravku. Mnogi proizvođači danas daju garanciju za minimalna isticanja iz svojih prekidača. Gubitak gasa ne izaziva samo ekološke probleme, već predstavlja direktan gubitak novca pa se preporučuje redovna provera zaptivenosti prekidača i postrojenja koja koriste gas SF6.

Preporuke IEC su da su prekidači koji koriste ovaj gas ne smeju isticati više od 0,5% ukupne zapremine godišnje, što znači da se prvi „top off“ alarm (pad pritiska) za gubitak 10% zapremine gasa sme oglasiti tek posle 20 godina rada. EPA preporučuje da isticanja budu manja od 0,1% zapremine godišnje, odnosno da za 50 godina radnog veka prekidača ne sme izgubiti više od 5% zapremine.

Svako postrojenje zavisno od pogonskih uslova i potreba podeljeno je na nekoliko nezavisnih gasnih zona. Ta podela se vrši sa pregradnim izolatorima koji ne propuštaju gas, s tim što se tamo gde se zahteva gasna veza postavljaju propusni izolatori. Svaka gasna zona ima priključak za gas na koji se može priključiti vakuumska pumpa za evakuisanje gasa, ili kolica za punjenje ili dopunjavanje gasa. Prepunjavanje se sprečava ventilom za nadpritisak koji je ugrađen u kolica za punjenje gasom.

Merenja su izvršena instrumentom inostranog proizvođača, koji može da radi u režimu rada:

- Detektovanje isticanja gasa – prisustvo SF6 gasa

limit detekcije SF6 gasa: 10^{-8} cm³/s

0,001 g/god

0,1 ppm

Na postrojenjima je obavljeno merenje dva puta. Prvi put sa ciljem da se konstatuje prisustvo gasa SF6, a drugi put da se utvrdi (gde je moguće) intenzitet isticanja u toku nekog vremena. Ispitivanje je vršeno na svim spojevima gde je pažnja usmerena na spojeve koji nisu fabrički, spojevi nastali u procesu montaže postrojenja. Kritična mesta na postrojenju grupisana su u dve grupe. Prvu grupu čine fabrički montažno-demontažni spojevi kao i spojevi nastali na licu mesta u procesu montaže i njih karakteriše postojanje samo zaptivača. Drugu grupu čine spojevi – mesta gde pored zaptivača postoje grafitne membrane prečnika 4 ili 8 inča, čija je primarna uloga mehanička zaštita postrojenja (pucaju na određenom nadpritisaku).

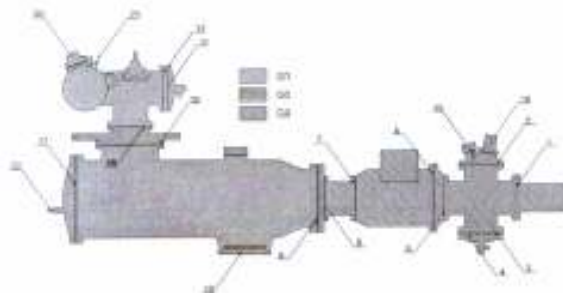


SL. 2.1. merenje na fabrički montažno-demontažnom spoju



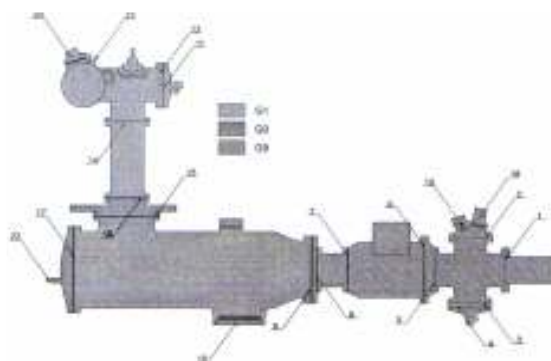
SL.2.2. merenje na membrani

Na pratećim crtežima date su dispozicije ispitnih mesta prve i druge grupe na poljima E1 do E4. U priloženim tabelama označene su lokacije spojeva gde je prvim merenjem detektovano prisustvo SF6 gasa, a takođe i intenzitet isticanja SF6 gasa utvrđene drugim merenjem.



SLIKA 3 – Skica poprečne projekcije polja E1 faze 0

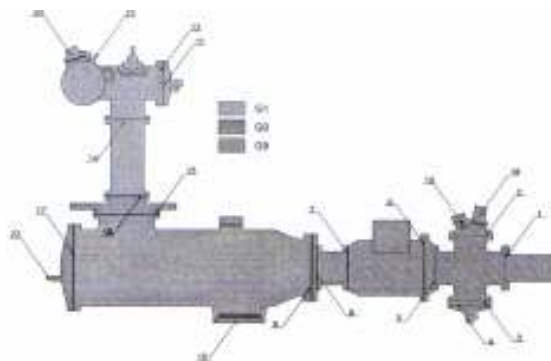
Lok.	Izmerena vrednost	Napomena
1	Nije detektovano isticanje	
2	Nije detektovano isticanje	
3	Nije detektovano isticanje	
4	Nije detektovano isticanje	
5	Nije detektovano isticanje	
6	Nije detektovano isticanje	
7	Nije detektovano isticanje	
8	Nije detektovano isticanje	
9	Nije detektovano isticanje	
10	Nije detektovano isticanje	Membrana zone E1-G0-0
11	Nije detektovano isticanje	
12	Nije detektovano isticanje	
15	Nije detektovano isticanje	
17	Nije detektovano isticanje	
18	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Usmerivač iznad membrane pored ventila zone E1-G9-0
19	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 91 ppm	Ventil zone E1-G9-0
20	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Usmerivač iznad membrane pored ventila zone E1-G1-0
21	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 606 ppm	Ventil zone E1-G1-0
22	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Ventil zone E1-G0-0



SLIKA 4 – Skica poprečne projekcije polja E1 faze 4

Lok.	Izmerena vrednost	Napomena
1	Nije detektovano isticanje	
2	Nije detektovano isticanje	
3	Nije detektovano isticanje	
4	Nije detektovano isticanje	
5	Nije detektovano isticanje	
6	Nije detektovano isticanje	

7	Nije detektovano isticanje	
8	Nije detektovano isticanje	
9	Nije detektovano isticanje	
10	Nije detektovano isticanje	Membrana zone E1-G0-4
11	Nije detektovano isticanje	
12	Nije detektovano isticanje	
14	Nije detektovano isticanje	
15	Nije detektovano isticanje	
17	Nije detektovano isticanje	
18	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Usmerivač iznad membrane pored ventila zone E1-G9-4
19	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 4 ppm	Ventil zone E1-G9-4
20	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Usmerivač iznad membrane pored ventila zone E1-G1-4
21	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 50,7 ppm	Ventil zone E1-G1-4
22	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Ventil zone E1-G0-4



SLIKA 5 – Skica poprečne projekcije polja E1 faze 8

Lok.	Izmerena vrednost	Napomena
1	Nije detektovano isticanje	
2	Nije detektovano isticanje	
3	Nije detektovano isticanje	
4	Nije detektovano isticanje	
5	Nije detektovano isticanje	
6	Nije detektovano isticanje	
7	Nije detektovano isticanje	
8	Nije detektovano isticanje	
9	Nije detektovano isticanje	
10	Nije detektovano isticanje	Membrana zone E1-G0-8
11	Nije detektovano isticanje	
12	Nije detektovano isticanje	
14	Nije detektovano isticanje	
15	Nije detektovano isticanje	
17	Nije detektovano isticanje	
18	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Usmerivač iznad membrane pored ventila zone E1-G9-8
19	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 182 ppm	Ventil zone E1-G9-8
20	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa	Usmerivač iznad membrane pored ventila zone E1-G1-8
21	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 131ppm	Ventil zone E1-G1-8
22	Utvrđeno prisustvo SF6 gasa i izvršeno merenje intenziteta isticanja: 698 ppm	Ventil zone E1-G0-8

Posle dvadeset dana ponovljeno je merenje iz sledećeg razloga: Na svim E poljima postoje ventili za dopunjavanje i postoje usmerivači gasa koji bi trebalo da u slučaju prorade mehaničke zaštite usmere gas SF6 u željenom bezbednom pravcu. Obzirom na funkciju, usmerivači su konstruisani i realizovani u položaju „koso vertikalno naviše“. Sličnu poziciju imaju i ventili za dopunu.

U priloženim tabelama dati su rezultati ponovnog merenja u ppm. Predlaže se da se razmotri da tamo gde je izmerena vrednost veća od 1000 ppm-a, treba zameniti grafitnu membranu sa pripadajućim zaptivačima. Tako u slučaju TS Beograd 28 – Pionir, za polje E1 (faza 0 i 8) postoje dva slučaja koja bi mogli predstavljati problem u bliskoj budućnosti.

U razmeni iskustva sa proizvođačem grafitnih membrana, saznaje se da je poroznost membrana normalna pojava, da se ona intezivira posle 15-20 godina eksploatacije i da ta poroznost ne umanjuje mehaničku zaštitu posmatranog dela postrojenja ali sigurno ukazuje na zastarelost gumenog „šešir“ zaptivača i „O“ prstena (zaptivača), koji su sastavni deo membrane.

ZAKLJUČAK

Sumporheksaflorid gasni dielektrik je našao široku primenu u visokonaponskoj opremi. Nova konstrukcija elektroenergetske opreme je kompaktnija, a osim toga, zahteva manji nadzor i održavanje u odnosu na konvencionalan tip postrojenja. Tako, postrojenja izolovana gasom SF6 konstantno stiču prednost u odnosu na postrojenja klasičnog tipa, prvenstveno u pogledu minimalnih zahteva za prostorom, potpunoj zaštiti od delova koji su pod visokim naponom, većeg izbora lokacije postavljanja i zaštite životne sredine. Primenom gore navedenih postupaka, omogućeno je bolje sagledavanje isticanja gasa i smanjenje emisije gasa u atmosferu, kao i ispravnosti rada opreme.

LITERATURA

1. Blackman J., Averyt m. And Taylor Z., „SF6 Leak Rates from High voltage Circuit Breakers – U.S. EPA Investigates Potential Greenhouse Gas Emissions Source
2. Drakić K., Rajaković V., 2003, „Nadzor i održavanje elektroenergetske opreme izolovane SF6 gasom“, „Zbornik radova, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla““, „br.15“, str.81-90
3. Đurić M., 2005., „Beopres“ Beograd, str.258-271
4. International Electrotechnical Commission IEC 61634 ()
5. EPA, EOP 430.51.4, Substation Maintenance Electrical Operating Procedure
6. Air Liquide, Safety Data Sheet, Sulphur hexafluoride
7. Novaković B., Simić M., „Izveštaj o izvršenim radovima na ispitivanji isticanja SF6 gasa“, Elektrodistribucija Beograd, 2009, „br.193“