

PLINSKI (BUCHHOLZ) RELEJI

GAS (BUCHHOLZ) RELAYS

Luka Kolar, Krešimir Meštrović

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Transformator je ključna komponenta u elektroenergetskom sustavu. Njegova osnova značajka promjena je naponske razine s više na nižu i obratno kako bi se omogućili učinkovit prijenos i distribucija električne energije do korisnika. Upravo zbog toga vrlo je važno osigurati ispravnost njegovog rada od potencijalnih kvarova. Zaštita transformatora uključuje primjenu različitih mjera za otkrivanje i otklanjanje potencijalnih kvarova koji se mogu pojaviti unutar ili izvan transformatora. Kvarovi koji se mogu pojaviti kvarovi su u izolaciji, preopterećenje, kratki spojevi, vanjske smetnje i drugi. Ukoliko se na vrijeme ne otkriju, mogu dovesti do posljedica kao što je zastoj rada samog transformatora te u konačnici cjelokupnog elektroenergetskog sustava, što bi ujedno predstavljalo rizik za okoliš i ljude u neposrednoj blizini. Za zaštitu transformatora zaduženi su višebrojni releji, zaštitne sheme i brojni drugi uređaji. Kod uljnih transformatora vrlo važnu zaštitu komponentu čini plinski Buchholzov relej. Njegova glavna operativna funkcija otkrivanje je i pravovremeno isključivanje transformatora od ostatka elektroenergetskog sustava prilikom pojave kvara. Osim navedenih funkcija, tijekom godina tehnološkog razvitka omogućen je određeni tehnički napredak samog releja kao što je nadziranje temperature i nastanka vlage unutar transformatora.

Ključne riječi: *plinski (Buchholz) releji, zaštita transformatora, pametni plinski (Buchholz) releji*

ABSTRACT

The transformer is a key component in the power system. Its main function is to change the voltage level from high to low or vice versa, enabling efficient transmission and distribution

of electrical energy to users. Ensuring the proper functioning of the transformer is crucial to prevent potential faults. Transformer protection involves the implementation of various measures to detect and eliminate potential faults that may occur inside or outside the transformer. Potential faults include insulation failures, overloads, short circuits, external disturbances, and others. If these faults are not detected in a timely manner, they can lead to the transformer's failure and, ultimately, the entire power system, posing risks to the environment and people in the vicinity. Multiple relays, protective schemes, and other devices are responsible for transformer protection. In the case of oil-filled transformers, the gas Buchholz relay plays a vital role in protection. Its main operational function is to detect faults and disconnect the transformer from the rest of the power system when a fault occurs. In addition to these functions, technological advancements over the years have allowed for additional features in the relay, such as monitoring the temperature and moisture levels inside the transformer.

Keywords: *gas (Buchholz) relays, transformer protection, smart gas (Buchholz) relays*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Unutarnji kvarovi koji nastanu u transformatoru mogu uzrokovati stvaranje temperature iznad 350 °C uzrokujući pri tome razgrađivanje ulja i postupno nastajanje plinova koji se dižu kroz ulje i nakupljaju na vrhu uljnog spremnika transformatora. Postupno nastajanje plinova uzrokovano je postupnim zagrijavanjem, koje ima takav učinak da se čvrsti ili tekući izolacijski materijali s vremenom počnu razgrađivati, to jest propadati. To dovodi do nastajanja

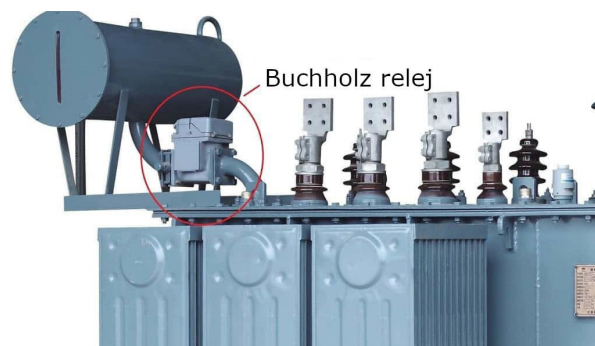
zapaljivih plinova koji bi mogli stvoriti velika oštećenja, ne samo za transformator, nego i za cijelu elektroenergetsku mrežu. Neki od plinova koji mogu nastati unutar uljnog spremnika transformatora su sljedeći: kisik, dušik, vodik, acetilen, propan, etan, etilen, ugljični monoksid. Ne dolazi uvijek do stvaranja visokih toplinskih i električnih naprezanja u transformatoru pa se plinovi koji su možda nastali uslijedi malih naprezanja s dovoljnim vremenskim odmakom mogu otope u ulju. Za nadzor prisutnosti nedozvoljene količine plina u spremniku koristi se Buchholzov plinski relej. Međutim, nije dovoljno nadzirati stanje, odnosno količinu plina unutar transformatora uz pomoć Buchholzovog releja. Poželjno provoditi analizu otopljenog plina transformatorskog ulja na rutinski način kako bi se dobili podaci o unutarnjem životnom vijeku jednog transformatora. Buchholzov relej razvio je 1921. godine Max Buchholz, tada viši savjetnik u Pruskom poduzeću za električnu energiju u Kasselu. Tijekom jednog ispitivanja shvatio je da veliki dio topline nastale zbog električnog luka s vremenom uništava izolacijski materijal te dolazi do stvaranja plina. Došao je na ideju da nastale mjehuriće plina koji posredstvom fizikalnih zakonitosti putuju do vrha poklopca glavnog spremnika usmjeri te prikupi na odgovarajuće mjesto. Nastali plin prikupio je malim nagibom poklopca te pomoću cijevi koja je dovodila plin do konzervatora. Tako je mogao promatrati boju i količinu plina, je li zapaljiv ili nije.

2. PRIMJENA

2. APPLICATION

Buchholzov relej zaštitna je jedinica u skladu sa standardima DIN 42566 i EN 50216. Služi za nadzor aparata koji su izolirani tekućinom (uljem) s konzervatorom kao što su transformatori ili prigušnice. Dizajn samog releja takav je da reagira u slučaju kvara unutar samog uređaja kojeg treba zaštititi. Tip samog releja koji će se koristiti ovisi o nazivnoj vrijednosti i značajkama konstrukcije uređaja kojeg treba zaštititi. Buchholzovi releji mogu se koristiti u opremi za zatvorene i otvorene prostore. Ugrađuje se u cijev između spremnika uređaja koji se štiti kao, primjerice, transformator i konzervator. Tijekom normalnog rada u potpunosti je ispunjen izolacijskom tekućinom, to jest uljem. Relej unutar sebe može sadržavati

jedan ili dva plovka, ovisno o izvedbi. U oba slučaja plovci se nalaze u gornjem položaju. Primjena releja bit će objašnjena na primjeru izvedbe s dvostrukim plovkom. [1]



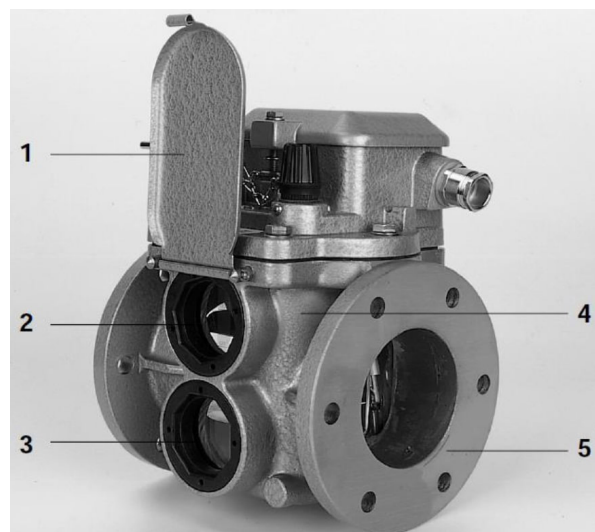
Slika 1 Buchholzov relej postavljen na transformator:

Figure 1 Buchholz relay mounted on a transformer.

3. OSNOVNE KONSTRUKCIJSKE I TEHNIČKE ZNAČAJKE

3. BASIC CONSTRUCTION AND TECHNICAL CHARACTERISTICS

Kućiče prikazano na Slici 2 izrađeno je od legure lijevanog aluminija otporne na vremenske uvjete s premazom boje (5). Za provjeru pravilnog rada relejnog sustava kućiče je opremljeno kaljenim staklom sa stupnjevanom skalom u cm^2 (2,3). Kaljeno staklo sa stupnjevanom skalom omogućuje očitavanje sakupljenog volumena plina. Releji se također mogu opremiti poklopcem za kaljeno staklo (1).

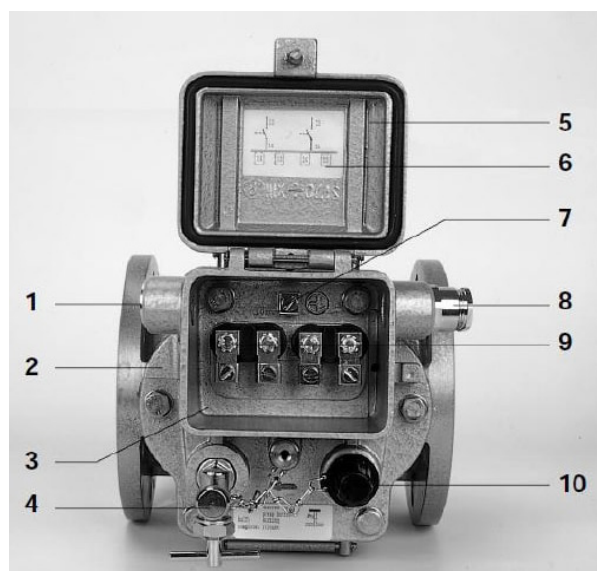


Slika 2 Kućiče Buchholzovog releja

Figure 2 Buchholz relay case

Poklopac prikazan na Slici 3 odljevak je lake legure otporne na vremenske uvjete. Priključna kutija (3), ispitni ventil (4) i ispitni ključ pokriveni kapičastom maticom (10) nalaze se ispred poklopca. Terminal kutija ima kontakt za uzemljenje (7) i električne konektore (9). Poklopac (5) brtvi priključnu kutiju. Ako je poklopac preklapljen prema gore, mogu se vidjeti postavke kontakta (6). Kabel se po izboru može uvesti kroz jedan od dvije kabelaške uvodnice (1; 8). [2]

Rasklopna oprema ima sljedeće glavne komponente: 1) funkcijski element(e), sklopni sustav(e), 2) nosač, okvir te 3) uređaj za mehaničko ispitivanje.



Slika 3 Poklopac Buchholzovog releja.

Figure 3 Cover of the Buchholz relay.

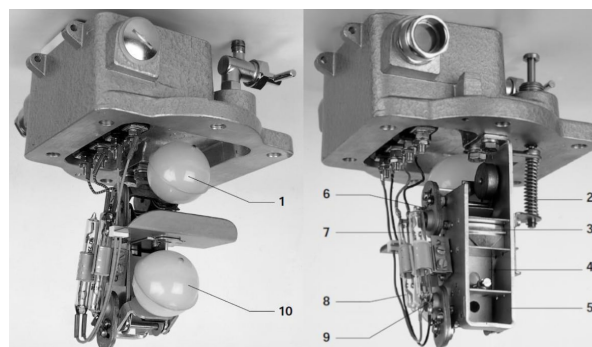
Bitno je pritom naglasiti da Buchholzov relej s jednim plovkom ima samo jedan sklopni sustav, a Buchholzov relej s dvostrukim plovkom ima gornji i donji sklopni sustav kao što je prikazano na Slici 4.

Gornji sklopni sustav sastoji se od:

- 1) jednog plovka (1)
- 2) jednog permanentnog magneta (6)
- 3) jedne (dvije) magnetne kontaktne cijevi (8).

Donji sklopni sustav sastoji se od:

- 1) jednog plovka (10)
- 2) jednog permanentnog magneta (9)
- 3) jedne (dvije) magnetne kontaktne cijevi (7)
- 4) jednog dampera. (4)



Slika 4 Unutarnji prikaz rasklopne opreme Buchholzovog releja.

Figure 4 Internal view of the switchgear of the Buchholz relay.

Permanentni magnet i plovak kruto su povezani tvoreći jedinicu koja je pokretno pričvršćena na okvir zajedno s uređajem za mehaničko ispitivanje i magnetom kontaktne cijevi. Damper je fiksiran dodatnim permanentnim magnetima (3), a djeluje na donji sklopni sustav. [2]

4. NAČELO RADA

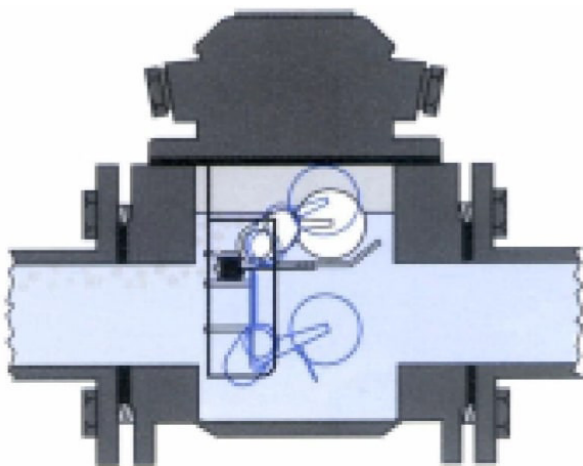
4. THE OPERATION PRINCIPLE

Na primjeru Buchholzovog releja s dvostrukim plovkom objasniti ćemo načelo rada. Buchholzov relej ugrađen je u spojnu cijev između spremnika transformatora i konzervatora. Kada je u normalnom pogonu, relej je potpuno ispunjen izolacijskom tekućinom. Zbog uzgona plovcu su na svojim maksimalnim položajima, to jest vrhu. Ako dođe do kvara unutar transformatora Buchholzov relej aktivira se na jedan od sljedećih načina: nakupljanje plina unutar Buchholzovog releja, gubitak izolacijske tekućine (ulja) i snažan protok izolacijske tekućine (ulja) kroz relej.

1) Nakupljanje plina unutar Buchholzovog releja

Kao što smo prethodno rekli, Buchholzov je relej u potpunosti ispunjen uljem. Prvi kvar koji se može pojaviti je lokalno zagrijavanje unutar transformatora što će uzrokovati postupno raspadanje tekućih i čvrstih izolacijski materijala te u konačnici stvaranje plina. Plin koji se stvorio kretat će se iz spremnika transformatora prema Buchholzovom releju te će se početi nakupljati unutar njega pri tome istiskujući izolacijsku tekućinu (ulje) iz samog releja u konzervator. Smanjenje razine tekućine unutar releja

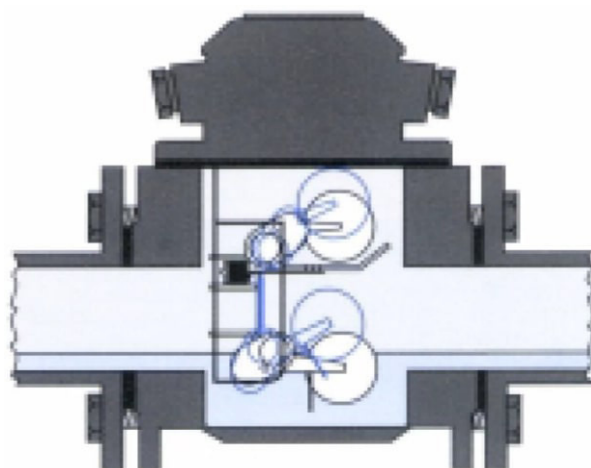
uzrokovat će spuštanje gornjeg plovka na donji položaj. Permanentni magnet koji je povezan s gornjim plovkom počinje kliziti duž kontaktne cijevi magneta. Kako se taj permanentni magnet pomiče kao što se pomiče i plovak u određenom trenutku, kada dosegne svoj položaj odziva aktivirat će kontakt, odnosno odaslat će se signal upozorenja.



Slika 5 Nakupljanje plina unutar Buchholzovog releja.
Figure 5 Gas accumulation inside the Buchholz relay.

2) Gubitak izolacijske tekućine (ulja)

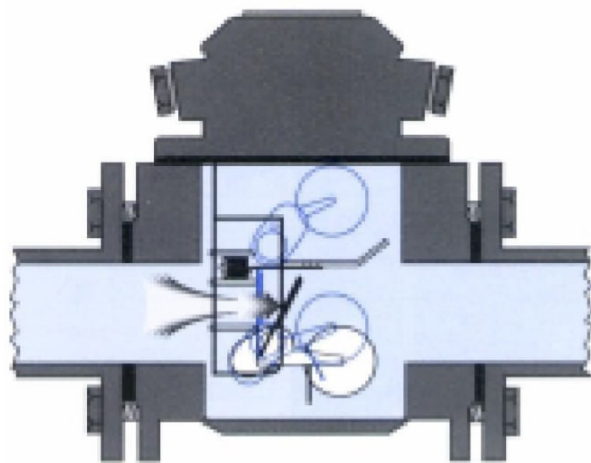
Drugi kvar koji se može pojaviti je propuštanje, odnosno curenje ulja iz spremnika transformatora. Reakcija do koje dolazi unutar Buchholzovog releja je sljedeća. Gornji plovak pomiče se prema dolje u skladu s padom razine tekućine. Sklopni sustav djeluje jednako kao i kod nakupljanja plinova, to jest usporedno s gornjim plovkom, a permanentni magnet koji je s njim povezan također počne padati na nižu razinu. U konačnici, kada oboje dođu u odgovarajući položaj, aktiviraju kontakt koji odašilje signal upozorenja. Ako se nastavi gubitak tekućine, ulje će se početi ispuštati iz konzervatora kroz spojnu cijev te u naposljetku kroz relej. To će uzrokovati pad i donjeg plovka. Donji plovak također je spojen na trajni magnet koji klizi duž kontaktne cijevi magneta. U trenutku kada donji plovak dosegne svoj položaj odziva, kontaktom upravlja permanentni magnet koji otpušta signal koji će isključiti transformator. Reakcija Buchholzovog releja na gubitak izolacijske tekućine (ulja) prikazana je na Slici 6.



Slika 6 Gubitak izolacijske tekućine (ulja).
Figure 6 Loss of insulating fluid (oil).

3) Snažan protok izolacijske tekućine (ulja) kroz relej

Treći kvar koji se može pojaviti je da dođe do vrlo brzog stvaranja plinova unutar spremnika transformatora koji nastaju kao rezultat visokoenergetskih pražnjenja. Uslijed toga nastaju valovi pritiska koji uzrokuju snažan protok izolacijske tekućine prema konzervatoru. Reakcija do koje dolazi unutar Buchholzovog releja je sljedeća. Snažni protok ulja koji dolazi iz spremnika transformatora dolazi u kontakt s damperom. Ako je brzina tog protoka veća od odziva dampera, donji se plovak naglo kreće u smjeru strujanja tjerajući tako donji plovak u njegov odgovarajući položaj u kojem dolazi do reagiranja kontakta koji zatim odašilje signal prekida, odnosno isključivanja samog transformatora.



Slika 7 Snažan protok izolacijske tekućine (ulja) kroz relej.
Figure 7 Strong flow of insulating liquid (oil) through the relay.

Prethodna Slika 7 prikazuje treći način reagiranja releja na kvar koji uzrokuje snažni protok izolacijske tekućine (ulja). Kod Buchholzovog releja s jednim plovkom, gornji i donji plovak čine jednu funkcionalnu jedinicu. U bilo kojem od ova tri slučaja relej s jednim plovkom obično odmah odvaja transformator od ostatka mreže.

5. PAMETNI PLINSKI (BUCHHOLZ) RELEJI

5. SMART GAS (BUCHHOLZ) RELAYS

Napretkom tehnologije, uz standardu funkciju Buchholzovog releja, odnosno njegov mehanički sklopni mehanizam koji reagira na nastanak plina, protok ili gubitak ulja, omogućen je dodatan razvoj releja kao takvog. Dodatne funkcije koje omogućavaju da se mehanički relej razvije u pametni su sljedeće:

- 1) senzor volumena plina
- 2) senzor temperature
- 3) senzor vlage i temperature

Te funkcije omogućuju kontinuirano praćenje proizvodnje plina, nastanka vode u ulju i temperature ulja. Praćenjem tih funkcija kvarovi u transformatoru mogu se otkriti na vrijeme i poduzeti korektivne mjere kako bi se produžio životni vijek transformatora. [2]

1) Senzor volumena plina

Standardni Buchholzov relej otkriva neotopljene plinove nastale u izolacijskoj tekućini te potom generira signal ukoliko je prisutnost generiranog plina iznad navedenog praga, ovisno o vrsti i izvedbi transformatora. Nazivni prag pri kojem dolazi do generiranja signala je obično od 125 cm³ do 300 cm³. Takvo načelo otkrivanja plinova nastalih iz izolacijske tekućine je problematično jer se ne može zaključiti u kojem je vremenskom razdoblju došlo do nastanka plinova. Upravo to vrijeme stvaranja plinova u izolacijskoj tekućini značajan je kriteriji za ocjenu kvara. Sastav i volumen plinova koji uzrokuju kvar ovise o vrsti i energetske sadržaju kvara. Spontani i visokoenergetski kvarovi uzrokuju značajne količine plina u kratkom vremenskom razdoblju, dok manji i niskoenergetski kvarovi proizvode male količine plina.



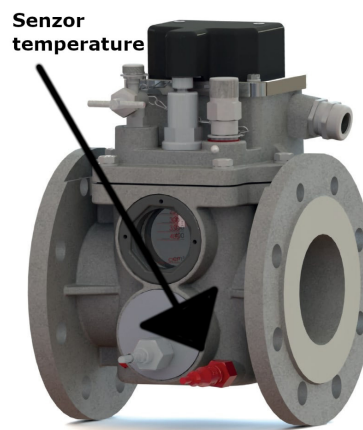
Slika 8 Buchholzov relej sa senzorom volumena plina.

Figure 8 Buchholz relay with gas volume sensor.

Neprekidna i analogna mjerenja u Buchholzovom releju pomoću senzora volumena plina daju informacije o razvoju neotopljenih plinova što omogućuje ranu procjenu kvara.

2) Senzor temperature

Buchholzov relej koji ima senzor temperature također ima i sve ostale komponentne kao što su plovci, damper i ostale elektromehaničke funkcije te načelno istu konstrukciju kao i standardni. Relej s dvostrukim plovkom opremljen je temperaturnom sondom. Senzor je temperaturno ovisan Pt1000 otpornik u kućištu od nehrđajućeg čelika. Temperaturna sonda postavljena je u donjem dijelu kućišta pored vidnog stakla, a spajanje je provedeno oklopljenim kabelom s konektorom. Slika 9 prikazuje raspored temperaturne sonde na primjeru tipa 26 (BF 80/10/8) Buchholzovog releja. Relej sa senzorom temperature može se ugraditi u postojeći sustav.



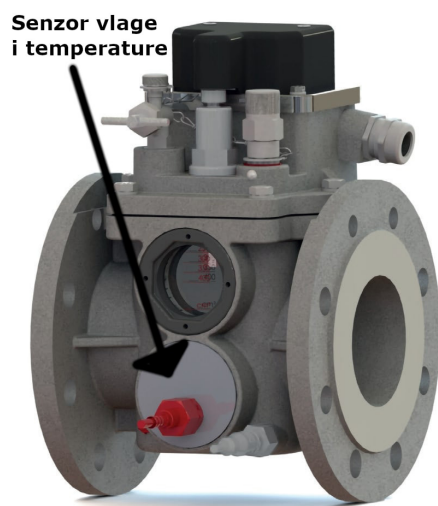
Slika 9 Buchholzov relej sa senzorom temperature.

Figure 9 Buchholz relay with temperature sensor.

Senzor temperature neprekidno prati temperaturu izolacijske tekućine u Buchholzovom releju. Uobičajeni tip senzora otpora Pt1000 omogućuje jednostavnu integraciju u nadzorni sustav transformatora preko oklopljenog konektora, a senzor temperature je spojen na pretvarač signala koji osigurava korisnik.

3) Senzor vlage i temperature

Relej koji sadrži senzor vlage i temperature ne razlikuje se puno u odnosu na standardu izvedbu releja koji ima plovke, damper te ostale elektromehaničke komponente. Razlika u izvedbi je u tome što Buchholzov relej s dvostrukim plovcima nema kontrolno staklo za donji sklopni sustav, nego njega zamjenjuje kombinirani senzor za detektiranje vlage i temperature kao što je vidljivo iz Slike 10. Senzor ima dva analogna izlaza i jedan digitalni izlaz RS 485 za serijsku komunikaciju putem Modbus protokola. Napajanje senzora, očitavanje dobivenih vrijednosti te u konačnici i serijska komunikacija odvijaju se putem oklopljenog spojnog kabela.



Slika 10 Buchholzov relej sa senzorom vlage i temperature.

Figure 10 Buchholz relay with moisture and temperature sensor.

Kombinirani senzor vlage i temperature može biti odabran u tri različita modela:

- 1) standardnoj inačici
- 2) inačici za visoke temperature
- 3) inačici za obalna područja

Kombinirani senzor vlage i temperature mjerni

je uređaj koji mjeri sadržaj vode i temperaturu transformatorskog ulja. Mjerenje se provodi neovisno o vrsti i starosti ulja te njegovih aditiva. Sadržaj vode može se izraziti kao aktivnost vode, relativna zasićenost ili kao apsolutna vrijednost. Napon napajanja senzora je 24 V, DC i dostupan je od strane korisnika. Izlaz mjernih podataka dostupan je putem analognog signala (od 4 do 20 mA) ili digitalnim signalom RS-485 s Modbus RTU.

6. ZAKLJUČAK

6. CONCLUSION

Kad god se transformator podvrgne neuobičajenim toplinskim i električnim napreznjima stvaraju se određeni plinovi zbog raspadanja transformatorskog ulja. Taj proces obično je dugotrajan i te sitne kvarove otkrivamo putem Buchholzovog releja. Osim sitnih kvarova čiju štetu ne možemo istog trena prepoznati, imamo i velike kvarove kao što su gubitak transformatorskog ulja ili iznenadan nastanak plinova unutar spremnika transformatora koji nastaju kao rezultat visokoenergetskih pražnjenja. Samo kontrolom Buchholzovog releja sveukupno stanje ispravnosti električkog transformatora nije moguće, ali uvelike olakšava sami proces jer nije potrebno za svaki sitni kvar vršiti tehnički pregled cjelokupnog transformatora. To nas dovodi do zaključka da Buchholzov relej svojom izvedbom i relativno jednostavnom konstrukcijom uvelike doprinosi zaštiti transformatora.

7. REFERENCE

7. REFERENCES

- [1.] Ram, B., Vishwakarma D. N., Power System Protection and Switchgear (2nd edition), New Delhi, 2011.
- [2.] Elektromotoren und Gerätebau Barleben GmbH, https://www.emb-online.net/fileadmin/Downloads/nach_Themen/Kataloge/Buchholzrelais/Catalogue_Buchholz_Relay_EN.pdf, pristupljeno 06.11.2023.

AUTORI · AUTHORS

• **Luka Kolar** – rođen 1997. u Sisku. Stekao zvanje stručnog prvostupnika inženjera elektrotehnike u Zagrebu 2021. Trenutno student završne godine stručnog diplomskog studija elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu.

Korespondencija · Correspondence

lkolar1997@gmail.com

lkolar1@tvz.hr

• **Krešimir Meštrović** – nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

Korespondencija · Correspondence

kresimir.mestrovic@tvz.hr