

KONCEPT NAPAJANJA SLOŽENIH TEHNOLOŠKIH CELINA NA PRIMERU GASNE KOMPRESORSKE STANICE – VELIKA PLANA**CONCEPT OF POWER SUPPLYING AN COMPLEX TECHNOLOGICAL PROCESS ON EXAMPLE OF A COMPRESSOR STATION – VELIKA PLANA**Marija Čamparević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu razmatran je princip odabira opreme za napajanje objekta kompresorske stanice – Velika Plana uz kratak osvrt na princip rada same kompresorske stanice i opis trase gasovoda na kojoj se ona nalazi. Razmatra se odabir energetskih transformatora, kao i njihove zaštite. Obraden je i sistem brespekidnog napajanja koji je implementiran na samom objektu. Pored ovih sistema, određuje se i ATS uređaj koji služi kao sigurnost za napajanje potrošača u slučaju prestanka napajanja jednog od sistema sabirnica.

Ključne reči: Odabir energetskih transformatora, ATS, odabir zaštite transformatora, UPS.

Abstract – In this work, the principle of selecting equipment for the power supply of the compressor station facility - Velika Plana is discussed, with a brief review of the principle of operation of the compressor station itself and a description of the gas pipeline route on which it is located. The selection of energy transformers, as well as their protection, is considered. The uninterruptible power supply system, which was implemented on the building itself, was also processed. In addition to these systems, an ATS device is also specified, which serves as security for the supply of consumers in the event of a power failure of one of the bus systems.

Keywords: Selection of power transformers, ATS, selection of transformer protection, UPS.

1. UVOD

Konstantan rast populacije, tehnološki i ekonomski napredak društva iziskuje sve veću potrebu za energijom. Politikom cena sve više će se destimulisati korišćenje električne energije za zagrevanje, pa će se na taj način eliminisati kao energent. Strategija dugoročnog razvoja energetike Srbije u periodu do 2020. godine, sa vizijom do 2050. godine, ističe gas kao energetski izvor 21.veka i ekološki najprihvatljivije konvencionalno gorivo. Prirodni gas uz ugalj i ostala čvrsta goriva, jedini je primarni oblik energije koji se, uz elementarnu pripremu, može neposredno upotrebljavati.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Jerkan, vanr.prof.

Neposrednom upotrebom prirodnog gasa može se u domaćinstvima zadovoljiti od 80-85% energetskih potreba (grejanje prostorija, kuvanje, priprema tople vode). Upotrebom gasa u pojedinačnim ložištima za grejanje, postiže se veća efikasnost nego upotrebom vrele vode iz toplana i kotlarnica. Prirodni gas ne sadrži zagađivače, pa se njegovim sagorevanjem dobija samo ugljen-dioksid i vodena para.

2. GASOVOD

Gasovod je dug 930 kilometara sa kapacitetom od 31,5 milijardi kubnih metara gasa godišnje. Prvi krak prolazi kroz Tursku, dok drugi krak ide ka Bugarskoj, Srbiji i Mađarskoj. Srbija i Bugarska taj deo gasovoda nazivaju "Balkanski tok". Kapacitet svakog kraka je 15,75 milijardi kubnih metara gasa. Ova količina energije dovoljna je da zadovolji potrebe 15 miliona srednjih domaćinstava. "Turskim tokom" transportuje se gas od ruske kompresorske stanice blizu Anape u ruskoj krasnodarskoj oblasti preko Crnog mora do prijemnog terminala u turskom mestu Kijikej. Od Kijikeja krak gasovoda nastavlja se ka distributivnom centru Luleburgas. Sledeći segment dužine 145 kilometra ide ka centru u Ipsali na tursko-grčkoj granici, koji se tu grana ka tursko-bugarskoj granici.

2.1. Kompresorska stanica

Kompresorska stanica je podeljena na više funkcionalnih celina (prostora):

Prostor za filtere, Prostor za kompresore, Prostor za vazdušne hladnjake, Prostor za turbinski pogonski gas, Prostor za pripremu tople vode, Prostor zatvorene drenaže, Prostor za ispuštanje gasa, Prostor za izdvajanje azota, Prostor za dizel, Prostor za servisnu vodu i vodu za piće, Prostor za prečišćavanje otpadnih voda...



Slika 2.2 Kompresorska stanica – Velika Plana

3. NAPAJANJE KOMPRESORSKE STANICE

Napajanje će se izvesti sa dva nezavisna polja regionalne distributivne transformatorske stanice 110/35 kV (110/35 kV TS Velika Plana), na naponskom nivou 35 kV.

Ova TS je napajana vodovima 110 kV u prstenu i opremljena sa dva transformatora opterećena tako da je jedan transformator u mogućnosti da u slučaju potrebe preuzme napajanje svih posebno odgovornih potrošača za vreme potrebno da se i drugi transformator pusti u rad.

3.1. Transformacija i glavni razvod električne energije na nivou kompresorske stanice

U skladu sa usvojenom koncepcijom napajanja električnom energijom na nivou kompleksa kompresorske stanice, u skladu sa zahtevanim nivoom pouzdanosti i izdatim uslovima za projektovanje i priključenje, predviđa se izgradnja transformatorske stanice (TS).

TS pri kompresorskoj stanici je prenosnog odnosa 35/0,4 kV, instalisane snage 2x2500 kVA, sa maksimalnom snagom od 2500 kVA. Rezervisanje napajanja električnom energijom na nivou niskog napona rešeno je primenom agregata adekvatne snage. Predviđena su dva dizel agregata nominalne snage po 1600kVA.

3.2. Transformatori

Karakteristične veličine energetskih transformatora su: naznačeni napon, nazivna snaga, naznačeni odnos transformacije, napon kratkog spoja, način hlađenja i sprega transformatora.

Veoma bitan parametar svakog transformatora jeste impedansa kratkog spoja. Kratak spoj predstavlja režim rada u kome je jedan namotaj kratko spojen. U slučaju kada je drugi namotaj priključen na U_n , reč je o havarijskom kratkom spoju.

Napon kratkog spoja, predstavlja napon čijim se dovođenjem u transformatoru uspostavlja odgovarajuća naznačena struja. U zavisnosti od nazivne snage, različite su karakteristične vrednosti napona kratkog spoja. On se izražava u procentima, i kao takav je jednak impedansi kratkog spoja.

U režimu kratkog spoja, dominantni su fluksevi rasipanja primarnog i sekundarnog namotaja, i ovi parametri su ključni za proračun struje kratkog spoja, i dimenzionisanje opreme na strujna, termička i mehanička naprezanja.

4. ATS

S obzirom na to da nije dozvoljen paralelan rad transformatora, a da pritom treba obezbediti mogućnost napajanja svih potrošača, neophodno je ostvariti odgovarajuće međuveze glavnih niskonaponskih razvoda.

Dakle, pored lokalne i daljinske kontrole prekidačkih jedinica, u uslovima nestanka napona, prekidačima u dovodnim i spojnim poljima upravlja sistem za automatski preklap.

Različiti su načini kojima se može ostvariti upravljanje prekidačkim jedinicama u funkciji ATS-a. Često se u te svrhe koriste prefabrikovana rešenja poznatih proizvođača (korišćen je uređaj ATS022), ili se odgovarajuća logika implementira u neku upravljačku jedinicu (npr. PLC).

5. ORMANI KOMPENZACIJE

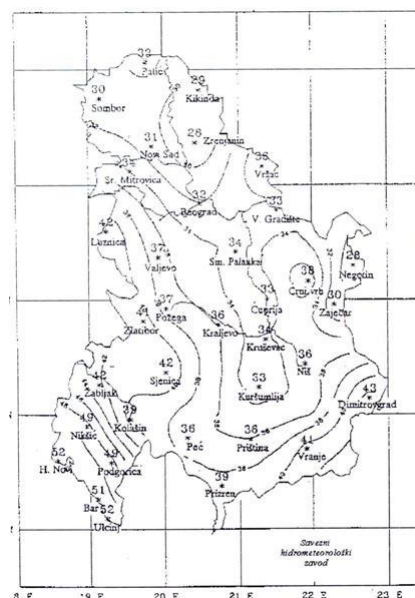
U sistemu napajanja električnom energijom, opterećenje sa malom vrednošću faktora snage vuče više struje nego opterećenje sa većom vrednošću faktora snage za istu količinu prenesene korisne energije.

Veće struje znače povećanje gubitaka energije u distributivnom sistemu i zahtevaju veće dimenzije provodnika i ostale opreme. Zbog veće cene opreme i gubitaka energije, elektrodistributivna kompanija obično dodatno naplaćuje isporučenu električnu energiju potrošačima koji imaju faktor snage ispod definisane granice. U Republici Srbiji ta granica za faktor snage je 0,95.

6. ZAŠTITA OD ATMOSFERSKOG PRAŽNENJA

6.1. Klimatski uslovi

S obzirom na specifičnu svrhu objekta, postoji ekstremni rizik, između ostalog, od atmosferskih pražnjenja, kako direktnih, tako indirektnih.



Slika 6.1 Izokeraunička mapa Srbije

6.2. Sklonište za gasni kompresor blok 1/2/3 – Elaborat o proračunu atmosferskog pražnjenja

Zaštita objekata koju su se nalazili u EX zoni opasnosti izvodi se štapnim prihvatnim sistemom, firme HERMI. Između štapova se nalazi zaštitna mreža izrađena od Al provodnika. Ovde ćemo prikazati primer izvedbe zaštite od atmosferskog pražnjenja jednog od objekata koji je u toj zoni opasnosti.

6.3. Proračun sistema zaštite od atmosferskog pražnjenja (LPS) (procena i ocean rizika)

Određivanje nivoa zaštite za sve relevantne objekte se bazira na:

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} [\text{br. ud./km}^2\text{god}]$$

$$N_g = 0,04 \cdot 33^{1,25} \approx 3,16$$

gde su:

N_g : Prosečna godišnja gustina pražnjenja

$T_d = 33$: Prosečan broj dana sa grmljavinom na području Velike Plane i opštine Žabari.

7. SISTEM BESPREKIDNOG NAPAJANJA

Sistem za generisanje AC i DC sigurnosnog napona koncipiran je tako da su izvori AC i DC napona međusobno redundantni, a razvodi za distribuciju napona ka potrošačima su tako izvedeni da je obezbeđeno sigurno napajanje potrošača bez prekida. Sistem se sastoji iz dva poddela.

Prvi je podsistem za generisanje, distribuciju i skladištenje energije na jednosmernom naponu 220 V DC i sastoji se od:

- dva ispravljača 220 V DC, 250 A DC;
- dve baterije kapaciteta 800 Ah, 220 V DC, 108 ćelija;
- razvoda DC napona sa spojnim poljem i 20 izvoda za napajanje potrošača.

Drugi je podsistem za generisanje i distribuciju naizmeničnog napona i sastoji se od:

- dva invertora snage 60 kVA, 230 V AC;
- trokanalne statičke preklopke snage 60 kVA sa ručnim prekidačem za izbor mrežnog dovoda;
- razvoda AC napona.

7.1. Opis ispravljača i DC razvoda

7.1.1. Osnovne karakteristike

Ispravljač je namenjen za punjenje po određenom režimu i održavanje u napunjenom stanju akumulatorske baterije i samo u paralelnoj vezi sa akumulatorskom baterijom ispravljač predstavlja izvor jednosmernog napajanja koji je regulisan, dok postoji napajanje iz mreže, a održavan skokovito, u dozvoljenim granicama, u slučaju nestanka napona iz mreže.

7.1.2. Upravljačka elektronika

Osnovu upravljačke elektronike čine tri 16-bitna mikrokontrolera iz familije PIC kontrolera proizvođača MICROCHIP.

U ovom slučaju se radi o SISD (single instruction single data) arhitekturi, korišćenjem tri kontrolera omogućava se kako multitasking tako i redudansa na nivou hardvera. Pomenuta familija kontrolera izabrana je na osnovu dokazanih performansi i pouzdanosti u radu.

7.1.3. Režimi rada

Da bi napon na potrošačima bio u dozvoljenim granicama pri svim režimima punjenja i pražnjenja, baterija je podeljena u dve grane: osnovnu i dodatnu.

U normalnom radu pri pražnjenju akumulatorske baterije, potrošači su priključeni na napon osnovne grane, dok se pri dužem pražnjenju baterije, uključivanjem kontaktora automatski prebacuju na celokupnu bateriju.

7.1.4. Monitoring izlaznih veličina i zaštita od neispravnog funkcionisanja

Ispravljač je konstruisan tako da neprekidno vrši nadzor nad izlaznim veličinama i u slučaju problema u radu preduzima odgovarajuću akciju. Zaštita funkcioniše tako da u slučaju poremećaja dolazi do paljenja signala greške i/ili zaustavljanja rada.

7.1.5. Razvod jednosmernog napona

Razvod jednosmernog napona 220VDC u sebi ima dva dovodna prekidača sa ispravljača i prekidač spojnog polja (molded case circuit breakers MCCB) odgovarajuće prekidne moći i odgovarajuće nazivne struje. Kao izvodni zaštitni elementi se koriste dvopolni automatski prekidači (miniature circuit breakers MCB) odgovarajuće prekidne moći i odgovarajuće nazivne struje.

7.2. Opis statičke preklopke i AC razvoda

Statička preklopka realizovana je u vidu slobodnostojećeg ormana sa četiri ulaza (inverter 1, inverter 2, mreža 1 i mreža 2) i podržava rad u "on-line" ili "off-line" režimu. U "on-line" režimu vodeći izvor su invertori (rade u paraleli i dele opterećenje), dok je u "off-line" režimu vodeći izvor mreža.

7.2.1. Opis AC razvoda besprekidnog napajanja

Razvod besprekidnog napajanja se sastoji od potrebnog broja dvopolnih automatskih prekidača, odgovarajuće nazivne struje, prekidne moći i krive okidanja.

7.3. Opis invertora

Invertor je uređaj zasnovan na primeni komponenata energetske elektronike, koristi jednosmerni napon spoljašnje baterije 220 Vdc i pomoću savremene poluprovodničke tehnologije ga pretvara u monofazni nazimnični sinusni napon stabilne amplitude i frekvencije.

Invertor je upravlján pomoću najsavremenije mikrokontrolerske tehnologije (na bazi 32-bitnog ARM mikrokontrolera) sa primenom metode strujne kontrolne petlje koja obezbeđuje izvanredne dinamičke osobine invertora pri naglom potpunom opterećenju ili rasterećenju invertora, kao i bezbedan rad pri metalnom (tvrdom) kratkom spoju na izlazu uređaja.

7.4. Proračun izbora baterija

Minimalni napon baterije U_{minb} se računa prema minimalno dozvoljenom naponu sistema (187V) i maksimalno procenjenom padu napona u kابلu do potrošača (2%):

$$U_{minb} = 187 + 4,4 = 191,4 V.$$

Minimalni napon ćelije tada iznosi:

$$U_{minc} = \frac{191,4}{108} = 1,77 V.$$

Zadatak ispravljača jeste da napaja potrošače u DC razvodu i istovremeno dopunjava bateriju. Nominalni DC napon 220V je u granicama 220V+-10%, što znači da se napon na DC potrošačima mora kretati od 198V do 242V da bi se obezbedilo njihovo sigurno i bezbedno napajanje.

8. SN KABLOVI

Izbor kablova vrši se u skladu sa:

- Trajno dozvoljenom strujom pri različitim tipovima razvoda;
- Dozvoljenim padom napona;
- Dozvoljenim padom napona prilikom starta motora;
- Koordinacijom sa zaštitnim uređajima;
- Zaštitom u slučaju indirektnog dodira;
- Udarnom strujom kratkog spoja (samo za SN kablove).

9. ZAŠTITA

9.1. Izbor strujnog transformatora

Karakteristike strujnog transformatora treba odabrati tako da se, u zavisnosti od namene strujnog transformatora i uslova na mestu ugradnje, obezbedi zahtevani nivo tačnosti i sigurnosti u radu.

9.2. Izbor zaštitnih uređaja

U elektroenergetskim sistemima, IEEE numeracija uređaja identifikuje karakteristike zaštitnih uređaja kao što su releji ili prekidači.

- **IEEE broj 50** - Trenutni prekostrujni element
- **IEEE broj 51** - Vremenski-zavisan prekostrujni element u naizmjeničnim strujnim kolima
- **IEEE broj 52** - Prekidač snage u naizmjeničnim strujnim kolima

9.2.1. Kriterijumi za evaluaciju sistema relejne zaštite

Kriterijumi za evaluaciju sistema relejne zaštite 35 kV mreže napajanja postrojenja Kompresorske stanice Velika Plana, su definisani kroz sledeće četiri tačke:

- Minimiziranje trajanja kvara, tj. maksimalna moguća sigurna osetljivost trenutnih zaštitnih elemenata;
- Izolovanje mesta kvara od strane rasklopne opreme (jednog ili više prekidača snage) koja odgovara elementu koji je pod kvarom;
- U analizama, usvojen je minimalni koordinacioni interval od 300 ms za normalno stanje, odnosno, 200 ms za izuzetne situacije;
- Minimizacija ispada elektroenergetskih elemenata pri otkazu prekidača snage ili kvara odgovarajućeg zaštitnog uređaja.

Princip podešavanja :

Predlog je da se fazna prekostrujna zaštita realizuje sa tri stepena. Prvi stepen služi za zaštitu transformatora od preopterećenja, dok je uloga drugog i trećeg stepena da štite transformator od međufaznih kratkih spojeva.

10. ZAKLJUČAK

Tehnoloski i ekonomski razvoj čovečanstva doneo je mnoge pogodnosti i rešenja, ali je takođe i iznedrio mnoge probleme vezane za energetske resurse, koji moraju ispratiti ovaj razvoj. Uz svaki problem eksploatacije energije, javlja se i problem energetske efikasnosti tog rešenja, kao i zaštite životne sredine. Kroz ovaj rad je detaljno opisano i prikazano postrojenje za kompresiju gasa, kao i funkcionalnost istog. Objekat ovog tipa je jedinstven na teritoriji Srbije. Izgradnjom gasovoda, Srbija se približila evropskoj direktivi za povećanje energetske efikasnosti, na planu od 2020. do 2050. godine, primenom gasa kao izvora toplotne energije.

Rad je imao za cilj da upozna čitaoca sa funkcionisanjem ovakvog sistema, ali i da pokaže kako se vrši usklađivanje opreme spram potrošača, objekta i infrastrukture. Oprema mora omogućiti bezbedan rad u svim zahtevanim režimima, kao i bezbedno zaustavljanje samog sistema. Tehničko rešenje napajanja, u kom će se pogon nalaziti većinu svog vremena, i rešenje havarijskog stanja, značajno se razlikuju. Zadatak oba rešenja je isti, moraju se zadovoljiti potrebe tehnologije, kako bi se sam proces kompresije gasa nastavio.

6. LITERATURA

- [1] Srbijagas, zvaničan sajt. <https://www.srbijagas.com>
- [2] Jovan Nahman, *Razvodna postrojenja*, Elektrotehnički fakultet Beograd 2005.
- [3] *Technical description of the uninterrupted power supply*, Electrical engineering institute "Nikola Tesla", Belgrade, 2020.
- [4] Glavni projekat transformatorske stanice 35/0,4kV (u objektu kompresorske stanice), MAGISTRALNI GASOVOD (INTERKONEKTOR) GRANICA BUGARSKE – GRANICA MAĐARSKE – Deonica 5 – Kompresorska stanica i ostali objekti u funkciji kompresorske stanice.
- [5] Milenko Đurić, *Relejna zaštita*, Beograd, 2003.
- [6] IEEE Std C37.2-2008: *IEEE Standard for Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms and Contact Designations* - IEEE Power and Energy Society, Sponsored by the Substations Committee and the Power Systems Relaying Committee, 2008.

Kratka biografija:

Marija Čamparević rođena je u Kragujevcu 1996. god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetika, elektronika i telekomunikacije odbranila je 2020.god.