

PROJEKTNI ZADATAK 10

Izobličenje napona pri napajanju električne instalacije iz mreže i sa dizel-električnog agregata

U radu se analizira izobličenje talasnog oblika napona, kao faktora njegovog kvaliteta, pri napajanju potrošača koji generišu više harmonične komponente struje. Tretiraju se dve kvalitativno različite situacije - kada je izvor napajanja standardna javna distributivna mreža i dizel-električni agregat, kao izvor rezervnog napajanja. Prikazuje se mogućnost filtracije izvorišnih viših harmonika struje primenom rezonantnih filtera, kao i analiza njihovih relevantnih parametara za projektovanje.

Posmatra se niskonaponska instalacija (3 x 380/220 V), koja je na javnu distributivnu mrežu (3 x 10 kV) snage kratkog spoja $S_n = 250$ MVA priključena preko transformatora snage 1000 kVA, relativnog napona kratkog spoja $u_k = 6$ %. Mreža i transformator se u zamenskim šemama mogu približno predstaviti kao čisto induktivni elementi. Opterećenje niskonaponske strane predstavljaju različiti linearni potrošači sumarnog faktora snage $\cos \varphi = 0.82$ i šestopulsni ispravljački diodni most, kao nelinearno opterećenje. Ispravljač generiše više harmonike struje, čiji je harmonijski sastav približno definisan izrazom $I_n = I_1/n$, gde je I_1 struja osnovnog harmonika i I_n struja harmonika reda n ; može se smatrati da ispravljač generiše harmonike reda $6k \pm 1$ ($k = 1, 2, 3, \dots$).

1. Navedena analiza se vrši na sledeći način. Prvo se određuje dozvoljeni procentualni udeo snage ispravljača u ukupnom opterećenju transformatora tako da faktor izobličenja, bez ikakvih dodatnih mera, ne pređe dozvoljene vrednosti - prema standardu IEC 61000-3-6 pojedini naponski harmonici, po kriterijumu elektromagnetske kompatibilnosti, ograničeni su na vrednosti date u sledećoj tabeli.

Neparni harmonici koji nisu deljivi sa 3		Neparni harmonici deljivi sa 3		Parni harmonici	
Red harmonika	Harmonik napona	Red harmonika	Harmonik	Red harmonika n	Harmonik
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.3	6	0.5
13	3	21	0.2	8	0.5
17	2	> 21	0.2	10	0.5
19	1.5			12	0.2
23	1.5			> 12	0.2
25	1.5				
> 25	$0.2 + 0.5 \cdot 25/n$				

Ukupni faktor izobličenja napona 8 %.

2. Izračunava se faktor izobličenja napona na sabirnicama 10 kV, kao mera kojom navedeno nelinearno opterećenje pogoršava kvalitet napona svim potrošačima napajanim sa zajedničke mreže 10 kV.

3. Izračunaju se viši harmonici napona i ukupan faktor izobličenja kada se predmetna instalacija napaja sa dizel-električnog postrojenja. Dizel-električno postrojenje se sastoji od dva identična agregata snage 500 kVA, koji odgovarajućom regulacijom potpuno simetrično raspodeljuju opterećenje. Sve relevantne karakteristike generatora, potrebne za

proračun izobličenja napona su poznate i date kao skup vrednosti u sistemu relativnih vrednosti (p. u.).

Matematički model sinhrona mašine za proračun naponskog izobličenja, odnosno odgovarajući program za proračune, se prilaže u fajlu *filtri3.mcd* (za Mathcad, ver. 6 ili kasnija). Pri proračunu usvojiti da su viši harmonici struje istog faznog stava.

4. Ako izobličenje napona prelazi dozvoljene vrednosti date u tabeli, potrebno je primeniti filtre za smanjenje strujnih harmonika. Potrebno je analizirati filtre tipa rezonantnih filtera. Koji su ulazni parametri za projektovanje osnovnih elemenata (L i C) rezonantnih filtera? ^emu je jednak i zašta je važan faktor dobrote filtera? Kako se određuje stepen slabljenja viših harmonika struje pri korišćenju filtera pri napajanju sa dizel-električnog agregata i sa mreže?

Ako izobličenja prelaze dozvoljene granice, iraćunati koliki bi bio dizel-električni agregat kod koga bi sadržaj harmonika bio ispod dozvoljenih granica.

5. Za napajanje sa mreže i sa dizel-električnog agregata odrediti potrebne faktore dobrote, na osnovu potrebnog propusnog opsega filtra. Realna relativna promena u odnosu na proračunske vrednosti (zbog nesavršenosti izrade i klimatskih uticaja) kapaciteta kondenzatora je $[-7\%, 12\%]$ i induktivnosti prigušnica $[-3\%, 3\%]$. Varijacija učestanosti napajanja kod mrežnog napajanja je $\pm 1\%$, a kod napajanja sa dizel-električnih agregata $\pm 5\%$.
6. Ako izobličenja pri napajanju instalacije sa dizel-električnih agregata ukupne snage 1000 kVA prelaze dozvoljene granice, odrediti parametre filtera koje je potrebno ugraditi da bi se izobličenja napona bila ispod dozvoljenih vrednosti. Za filtre je potrebno odrediti L , C i Q (faktor dobrote). Faktor snage za osnovni harmonik podesiti na jediničnu vrednost. Faktor dobrote odrediti prema kriterijumima slabljenja harmonika; ovu vrednost uporediti sa vrednošću dobijenom na osnovu potrebnog propusnog opsega filtra.
7. Proračune iz prethodne tačke (vrednosti L , C i Q) ponoviti varirajući faktor snage linearnog opterećenja u granicama 0.75 do 0.95. Nacrtati krivu faktora dobrote Q u funkciji reaktivne snage koju daje filter za osnovni harmonik.
8. Izvršiti proračun efekata filtera definisanih u tački 6. za slučaj da se instalacija napaja sa mreže: odrediti nivo slabljenja pojedinih harmonika. Odrediti faktor dobrote filtera koji bi davali istu rezonantnu učestanost i reaktivnu snagu za osnovni harmonik, a više harmonike slabili kao filtri definisani za dizel-električni agregat. Dobijene faktore dobrote uporediti sa onima koji su određeni prema potrebnom propusnom opsegu za napajanje instalacije sa mreže.
9. Ukoliko se zbog propusnog opsega zahteva faktor dobrote (Q_{prop}) koji ima veću vrednost od onog koji je definisan potrebama slabljenja harmonika (iz prethodne tačke), odrediti neophodnu reaktivnu snagu koju filter daje za osnovni harmonik takvoj da je faktor dobrote određen prema zahtevanom slabljenju jednak vrednosti Q_{prop} . Koliko u tom slučaju iznosi povećanje napona osnovnog harmonika na kondenzatoru i kapacitetu filtra u odnosu na nominalnu vrednost od 380 V, a koliko ukupne efektivne vrednosti napona u odnosu na nominalnu efektivnu vrednost od 380 V?