**Fakultet elektrotehnike i računarstva**

**Zavod za visoki napon i energetiku**

Unska 3, 10000 Zagreb

**KONSTRUKCIJSKI ZADATAK IZ PREDMETA  
"ANALIZA EES-a"**

Student: xxxx yyyyyyyyyy

0123456789

Zagreb, siječanj 2010.

Sadržaj:

[Zadatak: 2](#_Toc83098971)

[1. Proračun tokova snaga 3](#_Toc83098972)

[1.1 Izračun Y matrice 3](#_Toc83098973)

[1.2 Teorijski opis Gauss – Seidelove metode pomoću](#_Toc83098974)

[Y matrice 5](#_Toc83098974)

[1.3 Priprema za iteracijski postupak 7](#_Toc83098975)

[1.4 Tijek iteracijskog postupka 9](#_Toc83098976)

[1.5 Tokovi snaga po vodovima i gubici snage na vodovima 15](#_Toc83098977)

[2 . Proračun kratkog spoja 19](#_Toc83098978)

Zadatak:

**PRORAČUN TOKOVA SNAGA I KRATKOG SPOJA U MREŽI**

Konstrukcijski program

Zadana je mreža s podacima:

Un = **110 kV** Sb = **100 MVA**

Podaci vodova:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Vod | Z ( Ω/km ) | Y ( μS/km ) | L ( km) |
| 1-4 | 0.0600 j0.2990 | j3.7900 | 39 |
| 1-6 | 0.1600 j0.4250 | j2.8000 | 38 |
| 2-4 | 0.1940 j0.4210 | j2.7100 | 35 |
| 2-5 | 0.1200 j0.4060 | j2.8100 | 25 |
| 3-4 | 0.1200 j0.4130 | j2.7900 | 56 |
| 3-6 | 0.0600 j0.2990 | j3.7900 | 48 |
| 4-5 | 0.1940 j0.4210 | j2.7100 | 32 |
| 4-6 | 0.1600 j0.4250 | j2.8000 | 52 |
| 5-6 | 0.1200 j0.4060 | j2.8100 | 43 |

Opterećenja sabirnica i početni naponi u čvorištima:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Čvor | Trošila  P (MW) Q (MVAr) | Generatori  P (MW) Q (MVAr) | Generatori  Sn (MVA) xd (%) | Napon u čvorištu ( kV ) |
| 1 | 25 10 | - - | - - | 110 j0 |
| 2 | 40 20 | 65 20 | 80 20 | 110 j0 |
| 3 | 25 5 | - - | - - | 110 j0 |
| 4 | 20 5 | - - | - - | 110 j0 |
| 5 | 20 10 | - - | - - | 110 j0 |
| 6 | - - | / / | 120 20 | 111,5 j0 |

Referentni čvor: **6**

Potrebna preciznost: **0.0001**

Za zadanu mrežu treba izračunati napone čvorišta i tokove snaga u granama metodom: **Gauss-Seidel koristeći Y matricu**

U zadanoj mreži nastao je kratki spoj u čvorištu: **4**

Za opterećenu mrežu treba izračunati struju kratkog spoja, napone bolesne mreže, te struje u granama i generatorima primjenom matrične metode.

Proračun tokova snaga

## Izračun Y matrice

Na osnovu zadanih podataka može se nacrtati model zadane mreže:



Slika : Shema zadane mreže

Stvarne uzdužne impedancije (Zij) i admitancije (Y’ij) te poprečne admitancije (Yij) za zadane vodove se računaju prema izrazima:

Zij (Ω) = Zij (Ω/km)⋅Lij (km)

Yij’ (S) = 1/Zij (Ω)

Yij (μS) = Yij (μS/km)⋅Lij (km)

Tablica : Stvarne uzdužne impedancije (Zij) i admitancije (Y’ij) te poprečne admitancije (Yij) za zadane vodove

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Vod | Z ( Ω) | Y (mS) | Y’ (S) |
| 1-4 | 2.3400 +j11.6610 | j0.147810 | 0.016542 - j0.082436 |
| 1-6 | 6.0800 +j16.1500 | j0.106400 | 0.020417 - j0.054233 |
| 2-4 | 6.7900 +j14.7350 | j0.094850 | 0.025795 - j0.055979 |
| 2-5 | 3.0000 +j10.1500 | j0.070250 | 0.026780 - j0.090607 |
| 3-4 | 6.7200 +j23.1280 | j0.156240 | 0.011585 - j0.039872 |
| 3-6 | 2.8800 +j14.3520 | j0.181920 | 0.013441 - j0.066980 |
| 4-5 | 6.2080 +j13.4720 | j0.086720 | 0.028214 - j0.061227 |
| 4-6 | 8.3200 +j22.1000 | j0.145600 | 0.014920 - j0.039632 |
| 5-6 | 5.1600 +j17.4580 | j0.120830 | 0.015570 - j0.052678 |

Budući da se proračuni rade s *per unit* veličinama potrebno je odrediti baznu admitanciju i s njom podijeliti sve uzdužne i poprečne admitancije prije nego formiramo Y matricu. Bazna admitancija definirana je izrazom:



Kada smo podijelili sve admitancije s baznom admitancijom možemo početi formirati Y matricu tako da su dijagonalni elementi Y matrice yii jednaki zbroju uzdužnih admitancija vodova koji ulaze u i-to čvorište i polovine sume poprečnih admitancija vodova koji ulaze u i-to čvorište jer će vod biti predstavljen njegovim Π modelom. Vandijagonalni elementi Y matrice yij se formiraju tako da na mjesto *i,j*  koje povezuje i-to i j-to čvorište, koja nisu međusobno direktno povezna vodovima dolazi 0, a na mjesto *i,j* koje povezuje i-to i j-to čvorište, koja su međusobno direktno povezana vodom dolazi negativna uzdužna admitancija tog voda. Matrica Y je dijagonalno simetrična. Matrica Y glasi:

## Teorijski opis Gauss – Seidelove metode pomoću Y matrice

  ova jednadžba uvijek vrijedi, makar nije rješiva









Iz ove jednadžbe moguće je odrediti dva koeficijenta koja neće mijenjati svoju vrijednost tijekom iterativnog postupka:



Potrebno je spomenuti neke od značajki Gauss-Seidel-ove metode:

- iterativni postupak je spor

- dolazimo do rješenja; vrijeme izračuna je izuzetno brzo (nema računanja inverza)

- pomoću ove metode možemo koristiti i generatorska čvorišta

- fleksibilna je na promjene elemenata u mreži

Radi usporedbe s Gauss – Seidel-ovom metodom pomoću *Z* matrice, spomenimo kratki primjer:

- neka imamo mrežu od 100 čvorišta → Gauss-Seidel pomoću *Z* ↔ 5 iteracija

→ Gauss-Seidel pomoću *Y* ↔ 300 iteracija

No, vrijeme izračuna je izuzetno kratko jer nema inverzije matrice, kao u slučaju Gauss-Seidel-ove metode pomoću *Z* matrice.

Da bi smanjili veliki broj iteracija, koristimo koeficijent ubrzanja , koji se kreće od 0,8 do 1,8.

U našem primjeru, koristiti ćemo koeficijent ubrzanja˙

## Priprema za iteracijski postupak

Iteracijski postupak se sastoji od sljedećeg sustava jednadžbi:



*Napomena:* Referentno čvorište dolazi u ove jednadžbe, iako sustav ne sadrži referentnu jednadžbu.

Kriterij koji određuje kraj iterativnog postupka je:



gdje *ε* u ovom slučaju iznosi 0.0001.

U dobivenoj matrici Y potrebno je sada označiti referentno čvorište. Zadano referentno čvorište je čvorište br. 6.

Iz zadanih podataka snage i napona u čvorištima, koji su zadani u SI sustavu, možemo izračunati njihove ekvivalentne *per unit* veličine

(, ).

Tablica : Zadane snage i naponi u čvorištima, u *per unit* veličinama

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Čvorište | Snaga  P Q | Napon u čvorištu |
| 1 | -0.25 -0.10 | 1.0000 j0 |
| 2 | 0.25 0.00 | 1.0000 j0 |
| 3 | -0.25 -0.05 | 1.0000 j0 |
| 4 | -0.20 -0.05 | 1.0000 j0 |
| 5 | -0.20 -0.10 | 1.0000 j0 |
| 6 | - - | 1.013˙6˙ j0 |

Zavisno čvorište nam je referentno čvorište (čvorište br. 6), a nezavisna su sva ostala te upravo u njima tražimo koeficijente  i :

Koeficijenti :



Koeficijenti :

|  |  |
| --- | --- |
| KL1 | (-9.4557 -j12.572)\*10-3 |
| KL2 | (4.4837 +j12.494) \*10-3 |
| KL3 | (-7.9776 -j17.496) \*10-3 |
| KL4 | (-3.1622 - j4.8272) \*10-3 |
| KL5 | (-6.1081 -j5.9787) \*10-3 |

Kod proračuna koeficijenata  potrebno je napomenuti da je , jer je



;

 koeficijenti dani su u tablici (indeks *p* su redci a *i* stupci)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| / | 0 | 0 | -0.5930817 + j0.0393843 | 0 | -0.4077856 - j0.0391495 |
| 0 | / | 0 | -0.3944833 - j0.0345057 | -0.6060158 + j0.0346849 | 0 |
| 0 | 0 | / | -0.3783934 - j0.0198290 | 0 | -0.6231087 + j0.0201814 |
| -0.2821196 + j0.0388740 | -0.2077894 - j0.0201846 | -0.1404418 + j0.0073374 | / | -0.2272697 - j0.0220769 | -0.1433888 - j0.0035984 |
| 0 | -0.4365420 + j0.0196888 | 0 | -0.3102617 - j0.0309261 | / | -0.2538035 + j0.0114469 |
| / | / | / | / | / | / |

## Tijek iteracijskog postupka

Nakon što smo napravili pripremu za iteracijski postupak, izvodimo isti prema već navedenom sustavu jednadžbi:



Dakle, određujemo napone zavisnih čvorišta zadane mreže prema gore napisanim jednadžbama.

Kako je iteracijski postupak relativno spor, iteracija se ubrzava s koeficijentom ubrzanja , koji se kreće od 0,8 do 1,8.

Ovdje smo odabrali .

Ubrzanje vršimo na slijedeći način:





U slijedeću iteraciju idemo sa ubrzanim naponom.

Talica : Tablični prikaz iteracijskog postupka

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | Čvorište |  |  |  |
| 0. | 1. | 1.000000000000 | 0 | - |
| 2. | 1.000000000000 | 0 | - |
| 3. | 1.000000000000 | 0 | - |
| 4. | 1.000000000000 | 0 | - |
| 5. | 1.000000000000 | 0 | - |
| 6. | 1.013636363636 | 0 | - |
| 1. | 1. | 0.996972307471 - j0.012273100956 | -0.003027692528 - j0.012273100956 | 0.997547569052 - j0.009941211775 |
| 2. | 1.004982856723 + j0.012314672559 | 0.004982856723 + j0.012314672559 | 1.004036113945 + j0.009974884772 |
| 3. | 1.002021597777 - j0.018123249108 | 0.002021597777 - j0.018123249108 | 1.001637494199 - j0.014679831777 |
| 4. | 0.999483857180 - j0.007758376313 | -0.000516142819 - j0.007758376313 | 0.999581924315 - j0.006284284814 |
| 5. | 0.999983093022 - j0.004032152528 | -0.000016906977 - j0.004032152528 | 0.999986305348 - j0.003266043547 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |
| 2. | 1. | 0.996178140655 - j0.016773654301 | -0.000794166816 - j0.004500553344 | 0.996329032350 - j0.015918549165 |
| 2. | 1.004721641986 + j0.006784198618 | -0.000261214736 - j0.005530473940 | 1.004771272786 + j0.007834988667 |
| 3. | 1.001683135829 - j0.020884245102 | -0.000338461947 - j0.002760995994 | 1.001747443599 - j0.020359655863 |
| 4. | 0.999123683439 - j0.011520035437 | -0.000360173740 - j0.003761659123 | 0.999192116450 - j0.010805320204 |
| 5. | 1.000256653136 - j0.006370915695 | 0.000273560114 – j0.002338763166 | 1.000204676714 - j0.005926550693 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |
| 3. | 1. | 0.995752842338 - j0.018955785344 | -0.000425298316 - j0.002182131043 | 0.995833649018 - j0.018541180446 |
| 2. | 1.004863997154 + j0.003841045256 | 0.000142355167 - j0.002943153362 | 1.004836949672 + j0.004400244395 |
| 3. | 1.001571303593 - j0.022296770378 | -0.000111832235 - j0.001412525275 | 1.001592551718 - j0.022028390575 |
| 4. | 0.999025634561 - j0.013701225468 | -0.000098048878 - j0.002181190030 | 0.999044263848 - j0.013286799362 |
| 5. | 1.000236425104 - j0.008630055750 | -0.000020228032 - j0.002259140055 | 1.000240268430 - j0.008200819140 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |
| 4. | 1. | 0.995577658794 - j0.020229014868 | -0.000175183544 - j0.001273229523 | 0.995610943667 - j0.019987101259 |
| 2. | 1.004845908379 + j0.001594393348 | -0.000018088775 - j0.002246651908 | 1.004849345246 + j0.002021257210 |
| 3. | 1.001552366740 - j0.023113694559 | -0.000018936852 - j0.000816924181 | 1.001555964742 - j0.022958478964 |
| 4. | 0.998979814280 - j0.015232097597 | -0.000045820280 - j0.001530872129 | 0.998988520133 - j0.014941231893 |
| 5. | 1.000215450733 - j0.010169985419 | -0.000020974370 - j0.001539929669 | 1.000219435864 - j0.009877398782 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |
| 5. | 1. | 0.995472784289 - j0.021124530660 | -0.000104874505 - j0.000895515792 | 0.995492710445 - j0.020954382660 |
| 2. | 1.004842464939 + j0.000046813142 | -0.000003443440 - j0.001547580205 | 1.004843119192 + j0.000340853381 |
| 3. | 1.001551287198 - j0.023687065964 | -0.000001079541 - j0.000573371404 | 1.001551492311 - j0.023578125397 |
| 4. | 0.998958125270 - j0.016282275645 | -0.000021689010 - j0.001050178048 | 0.998962246182 - j0.016082741816 |
| 5. | 1.000197644490 - j0.011248959812 | -0.000017806242 - j0.001078974392 | 1.000201027677 - j0.011043954678 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 6. | 1. | 0.995406515153 - j0.021738800504 | -0.000066269136 - j0.000614269843 | 0.995419106288 - j0.021622089234 |
| 2. | 1.004841106792 - j0.001028269144 | -0.000001358146 - j0.001075082286 | 1.004841364840 - j0.000824003509 |
| 3. | 1.001554123573 - j0.024079875639 | 0.000002836374 - j0.000392809675 | 1.001553584662 - j0.024005241801 |
| 4. | 0.998946441749 - j0.017012096825 | -0.000011683521 - j0.000729821179 | 0.998948661618 - j0.016873430801 |
| 5. | 1.000187766299 - j0.011996555428 | -0.000009878191 - j0.000747595616 | 1.000189643155 - j0.011854512261 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |
| 7. | 1. | 0.995362644065 - j0.022165807535 | -0.000043871 - j0.00042701 | 0.995370 - j0.022085 |
| 2. | 1.004843068371 - j0.001774056920 | 0.0000019616 - j0.00074579 | 1.00480 - j0.0016324 |
| 3. | 1.001557508475 - j0.024352773534 | 0.0000033849 - j0.00027290 | 1.001600 - j0.024301 |
| 4. | 0.998940536048 - j0.017517972223 | -0.0000059057 - j0.00050588 | 0.998940 - j0.017422 |
| 5. | 1.000182797785 - j0.012515224949 | -0.0000049685 - j0.00051867 | 1.000200 - j0.012417 |
| 6. | 1.013636363636 | / | / |
| 8. | 1. | 0.99533 – j0.022462 | -0.000029100 - j0.00029602 | 0.99534 - j0.022406 |
| 2. | 1.0048 - j0.0022913 | 0.0000033350 - j0.00051727 | 1.0048 - j0.0021930 |
| 3. | 1.00160 - j0.024542 | 0.0000031795 - j0.00018908 | 1.00160 - j0.024506 |
| 4. | 0.99894 - j0.017869 | -0.0000026603 - j0.00035088 | 0.99894 - j0.017802 |
| 5. | 1.00020 - j0.012875 | -0.0000020038 - j0.00035972 | 1.00020 - j0.012807 |
| 6. | 1.013636 | / | / |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 9. | 1. | 0.99531 – j0.022667 | -0.000019315 – j0.00020536 | 0.99532 - j0.022628 |
| 2. | 1.00490 - j0.0026501 | 0.0000037432 - j0.00035880 | 1.0048 - j0.0025820 |
| 3. | 1.00160 - j0.024673 | 0.0000027604 - j0.00013111 | 1.00160 - j0.024648 |
| 4. | 0.99894 - j0.018112 | -0.00000083816 - j0.00024333 | 0.99894 - j0.018066 |
| 5. | 1.00020 - j0.013124 | -0.00000037278 - j0.00024948 | 1.00020 - j0.013077 |
| 6. | 1.013636 | / | / |
| 10. | 1. | 0.99530 - j0.022810 | -0.000012789 - j0.00014244 | 0.99530 - j0.022783 |
| 2. | 1.0049 - j0.0028990 | 0.0000036013 - j0.00024886 | 1.0049 - j0.0028517 |
| 3. | 1.00160 - j0.024764 | 0.0000023008 - j0.000090891 | 1.00160 - j0.024747 |
| 4. | 0.99894 - j0.018281 | 0.00000012319 - j0.00016875 | 0.99894 - j0.018249 |
| 5. | 1.00020 - j0.013297 | 0.00000045835 - j0.00017302 | 1.00020 - j0.013265 |
| 6. | 1.013636 | / | / |
| 11. | 1. | 0.99529 - j0.022908 | -0.0000084450 – j0.000098801 | 0.99529 - j0.022890 |
| 2. | 1.0049 - j0.0030716 | 0.0000032046 - j0.00017260 | 1.00490 - j0.0030388 |
| 3. | 1.00160 - j0.024827 | 0.0000018662 - j0.000063011 | 1.00160 - j0.024815 |
| 4. | 0.99894 - j0.018398 | 0.00000058020 - j0.00011702 | 0.99894 - j0.018376 |
| 5. | 1.00020 - j0.013417 | 0.00000082146 - j0.00011999 | 1.00020 - j0.013395 |
| 6. | 1.013636 | / | / |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 12. | 1. | 0.99529 - j0.022977 | -0.0000055586 - j0.000068528 | 0.99529 - j0.022964 |
| 2. | 1.0049 - j0.0031913 | 0.00000271902 - j0.00011970 | 1.0049 - j0.0031685 |
| 3. | 1.00160 - j0.024871 | 0.0000014841 - j0.000043681 | 1.00160 - j0.024862 |
| 4. | 0.99894 - j0.018479 | 0.00000074972 - j0.000081143 | 0.99894 - j0.018464 |
| 5. | 1.00020 - j0.013501 | 0.00000092340 - j0.000083211 | 1.00020 - j0.013485 |
| 6. | 1.013636 | / | / |
| 13. | 1. | 0.99528 - j0.023024 | -0.0000036455 - j0.000047529 | ITERACIJSKI SE POSTUPAK ZAUSTAVLJA |
| 2. | 1.00490 - j0.0032743 | 0.00000223460 - j0.000083017 |
| 3. | 1.001600 - j0.024901 | 0.00000116250 - j0.000030279 |
| 4. | 0.998940 - j0.018535 | 0.00000076382 - j0.000056265 |
| 5. | 1.000200 - j0.013558 | 0.00000088875 - j0.000057703 |
| 6. | 1.013636 | / |

Naponi, koje uzimamo kao konačne napone čvorišta za daljnji proračun tokova snaga, iznose:

Tablica : Naponi čvorišta

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Čvorište | Naponi u *per unit* | Naponi u *kV* |
| 1. | 0.995283791101298 - j0.023024494916329 | 109.48121 - j2.53269 |
| 2. | 1.004861906258894 - j0.003274307519141 | 110.53480 - j0.36017 |
| 3. | 1.001570262025987 - j0.024900827369514 | 110.17272 - j2.73909 |
| 4. | 0.998939254562023 - j0.018535356260856 | 109.88331 - j2.03888 |
| 5. | 1.000183513169046 - j0.013558349591548 | 110.02018 - j1.49142 |
| 6. | 1.013636363636360 | 111.50000 |

## Tokovi snaga po vodovima i gubici snage na vodovima

Tokovi snaga po vodovima i gubici snage na vodovima računaju se na sljedeći način:

izvod%20za%20snage%20Word

Slika : Shema voda (π shema) potrebna za izvod tokova snaga

















































































\*

'

2

\*

'

2

\*

\*

\*

2

2

*j*

*i*

*j*

*j*

*i*

*i*

*j*

*i*

*j*

*i*

*j*

*i*

*i*

*j*

*j*

*i*

*j*

*i*

*y*

*U*

*y*

*U*

*y*

*U*

*U*

*U*

*U*

*S*

*S*

*S*

kvadratna forma















































































\*

'

2

\*

'

2

\*

\*

\*

2

2

*j*

*i*

*j*

*j*

*i*

*i*

*j*

*i*

*j*

*i*

*j*

*i*

*i*

*j*

*j*

*i*

*j*

*i*

*y*

*U*

*y*

*U*

*y*

*U*

*U*

*U*

*U*

*S*

*S*

*S*

kvadratna forma



Potrebno je spomenuti da je ovdje nemoguće dobiti negativne djelatne gubitke, dok predznak imaginarnih (jalovih) ovisi o tome da li je veća uzdužna ili polovina poprečne admitancije.

Razmotrimo vod *1 - 4* zadane mreže:





















Tablica : Prikaz tokova i gubitaka snaga po pojedinim vodovima

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vod | S [MVA] | ΔS [ MVA ] |
| 1-4  4-1 | -5.2482 - j3.5011 | 0.0067 - j1.7455 |
| 5.2549 + j1.7556 |
| 1-6  6-1 | -19.6968 - j6.5109 | 0.2142 - j0.7305 |
| 19.9109 + j5.7804 |
| 2-4  4-2 | 12.2424 - j1.3747 | 0.0836 - j0.9708 |
| -12.1587 + j0.4039 |
| 2-5  5-2 | 12.8589 + j1.3344 | 0.0414 - j0.7145 |
| -12.8175 - j2.0488 |
| 3-4  4-3 | -2.6526 + j1.2835 | 0.0067 - j1.8695 |
| 2.6593 - j3.1530 |
| 3-6  6-3 | -22.3207 - j6.2917 | 0.1245 - j1.6151 |
| 22.4452 + j4.6766 |
| 4-5  5-4 | -4.0932 + j0.3290 | 0.0090 - j1.0292 |
| 4.1022 - j1.3581 |
| 4-6  6-4 | -11.5982 - j4.3631 | 0.1010 - j1.5160 |
| 11.6993 + j2.8471 |
| 5-6  6-5 | -11.2604 - j6.6016 | 0.0687 - j1.2500 |
| 11.3291 + j5.3516 |

Snaga regulacijske elektrane dobiva se zbrajanjem svih snaga vodova u čvorištu 6:

S6 = S6-1 + S6-3 + S6-4 + S6-5 = 65.3845 +j18.6557 MVA



# . Proračun kratkog spoja

Kod proračuna kratkog spoja pretpostavlja se da se kratki spoj dogodio tijekom pogonskog stanja opisanog u prvom dijelu konstrukcijskog programa, te da je kratki spoj potpuno simetričan (trofazan). Zadano je da se kratki spoj dogodio u čvorištu 4. Naponi zdrave mreže su (u *per unit*):

|  |  |
| --- | --- |
| U1 | 0.995283791101298 - j0.023024494916329 |
| U2 | 1.004861906258894 - j0.003274307519141 |
| U3 | 1.001570262025987 - j0.024900827369514 |
| U4 | 0.998939254562023 - j0.018535356260856 |
| U5 | 1.000183513169046 - j0.013558349591548 |
| U6 | 1.013636363636360 |

Za formiranje *Y* matrice za kratki spoj generatori se modeliraju s početnom admitancijom *xd’’* i pretvaraju u idealne strujne izvore. Tereti se također modeliraju admitancijama. Matrica *Y* za kratki spoj je potpuno jednako građena, osim što se dijagonalnim elementima dodaju admitancije trošila i generatora. Admitancije generatora i tereta u *per unit* veličinama računaju se prema formulama:



Naponi *UTi* su naponi čvorišta na koji su spojeni tereti, a  su nazivne snage generatora. Rezultati:













Matrica Y za kratki spoj glasi:

Matrica Y za kratki spoj je regularna i njezinom inverzijom dobiva se matrica Z potrebna za proračun kratkog spoja:

Matrica Z glasi:

Kod tropolnog kratkog spoja pojavljuju se samo komponente direktnog sustava simetričnih komponenti, koje su jednake trofaznom simetričnom sustavu. U tom slučaju za rješenje je dovoljno postaviti jednadžbu:



gdje je *I* vektor struja strujnih izvora kojima se nadomještaju generatori, a *Im* vektor struja kvara. Pojedini elementi tih vektora, tj. pojedine struje su pozitivne ako ulaze u čvorište, a negativne ako izlaze iz čvorišta.

Umnožak [Z] ⋅ [I] predstavlja vektor napona zdrave mreže, pa se može pisati:



Budući da je zadan kratki spoj u čvorištu 4, odakle slijedi uvjet:



pa vektor struje kvara glasi:



Slijedi izračun vektora napona bolesne mreže:

 ili u kV 

Pri proračunu struje u vodovima konvencija je obratna: struja koja izlazi iz čvora je pozitivna, a struja koja ulazi u čvor negativna. Struja koja iz i-tog čvora ide prema j-tom računa se prema izrazu:



Tablica 6: Prikaz struja po vodovima

|  |  |
| --- | --- |
| Vod | I [p.u.] |
| 1-4  4-1 | 0.1813 - j1.2550 |
| -0.1813 + j1.2555 |
| 1-6  6-1 | -0.2115 + j1.2684 |
| 0.2117 - j1.2670 |
| 2-4  4-2 | 0.5411 - j2.0661 |
| -0.5409 + j2.0670 |
| 2-5  5-2 | 0.1914 - j0.9515 |
| -0.1912 + j0.9525 |
| 3-4  4-3 | 0.0909 - j0.9495 |
| -0.0907 + j0.9504 |
| 3-6  6-3 | -0.1357 + j0.9658 |
| 0.1361 - j0.9631 |
| 4-5  5-4 | -0.3588 + j1.6081 |
| 0.3589 - j1.6076 |
| 4-6  6-4 | -0.3467 + j1.5360 |
| 0.3469 - j1.5346 |
| 5-6  6-5 | -0.2030 + j0.6818 |
| 0.2033 - j0.6799 |

Za određivanje struja kroz generatore potrebno je odrediti struje kroz terete prema izrazu:



I10 = -0.0307 + j0.0143

I20 = -0.1018 + j0.0757

I30 = -0.0447 + j0.0181

I40 = 0.0000 + j0.0000

I50 = -0.0352 + j0.0282

Struje koju daju generatori se mogu izračunati preko bilance struja u čvorištima u kojima se oni nalaze:

Ig2 =I20+ I24 + I25 = 0.6307 - j2.9419

Ig6 = I61 + I63 + I46 + I56 = 0.8981 - j4.4447

Bazna struja je određena izrazom:



pa su stvarne struje generatora:

IKS = -0.79733 + j3.8928 kA ( izlazi iz čvorišta )

Ig2 = 0.33103 - j1.5441 kA ( ulazi u čvorište )

Ig6 = 0.47136 - j2.3329 kA ( ulazi u čvorište )