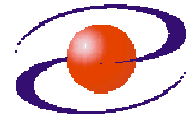




**UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**



STUDIJSKI PROGRAM: *ENERGETIKA I AUTOMATIKA*

PREDMET: *ANALIZA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA II*

FOND ČASOVA: *2+2+0.5*

LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 3

NAZIV: *ISPITIVANJE NAPONSKE STABILNOSTI*

CILJEVI VJEŽBE:

- Formiranje modela mreže za analizu naponske stabilnosti,
- Upoređenje rezultata sa rezultatima koji su dobijeni računskim putem (auditorne vježbe iz Analize elektroenergetskih sistema II),
- Formiranje i analiza P-U krivih s aspekta naponske stabilnosti
- Formiranje i analiza Q-U krivih s aspekta naponske stabilnosti.

POTREBAN PRIBOR:

- kalkulator.

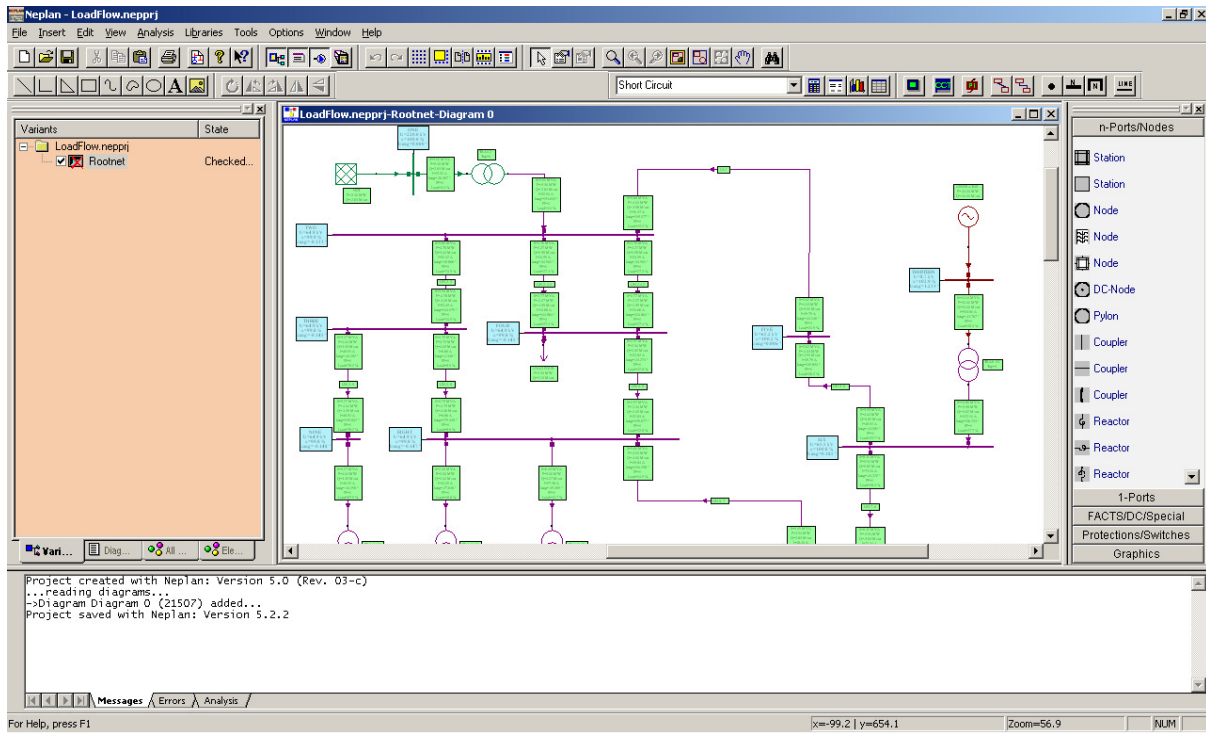
IME I PREZIME: _____.

BROJ INDEKSA: _____.

BROJ POENA:	
OVJERAVA:	
DATUM:	

1. APARATURA

Na raspolaganju je softver NEPLAN 5.2 u studentskoj verziji za simulaciju rada elektroenergetskih sistema (Slika 1.1).



Slika 1.1 Radni prozor softvera za simulaciju EES

2. TEORIJSKA OSNOVA LABORATORIJSKE VJEŽBE

2.1 Naponsko reaktivna stabilnost

Naponsko-reaktivna stabilnost predstavlja sposobnost EES-a da održava prihvatljive vrijednosti napona u svim čvorovima sistema. Naponska nestabilnost se javlja ako poslije nastanka iznenadnih poremećaja dolazi do nekontrolisanih padova napona u čvorovima dijela, ili cjelokupnog EES-a.

Sistem je naponski nestabilan ako se napon makar u jednom čvoru smanjuje kada u istom čvoru raste reaktivna snaga. Drugim riječima, sistem je naponski stabilan kada je koeficijent U-Q osjetljivosti za sve čvorove pozitivan, a naponski nestabilan ako je makar u jednom čvoru negativan. Pritom može doći do potpunog naponskog sloma, najčešće pod dejstvom kaskadnih poremećaja, praćenih naponskom nestabilnošću i niskim naponskim profilom u značajnom dijelu EES-a.

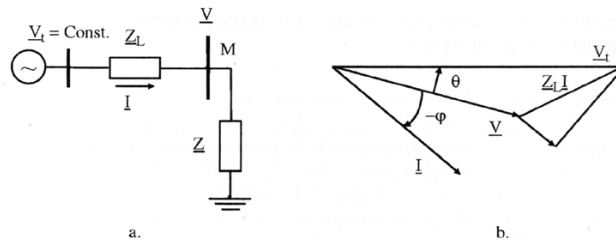
Kao i u slučaju ugaone stabilnosti i kod naponsko-reaktivne stabilnosti se razlikuje stabilnost pri malim i pri velikim poremećajima. Naponska stabilnost pri malim poremećajima odnosi se na sposobnost sistema da održi napone pri malim perturbacijama, kao što su postepene promjene u opterećenju sistema.

Naponska stabilnost pri velikim poremećajima, takođe, predstavlja sposobnost sistema da kontroliše i održi napone pri velikim poremećajima, kao što su kratki spojevi ili ispad generatora iz pogona i drugi kvarovi u sistemu.

Mada je moguća i istovremena pojava ugaone i naponske nestabilnosti, naponska nestabilnost se češće javlja kao odvojeni fenomen lokalnog karaktera i obezbjeđuje se adekvatnim bilansom reaktivnih snaga.

2.2 Osnovna teorija

Za radijalni sistem sa Slike 2.1 može se napisati relacija (2.1).



Slika 2.1 Radijalni prenosni sistem

$$\left(\frac{U^2}{U_t^2}\right)^2 + \left(\frac{2X_L Q}{U_t^2} - 1\right) \frac{U^2}{U_t^2} + \left(\frac{X_L P}{U_t^2}\right)^2 + \left(\frac{X_L Q}{U_t^2}\right)^2 = 0 \quad (2.1)$$

Poslije uvođenja relativnih koordinata za P, Q i U definisanih kao:

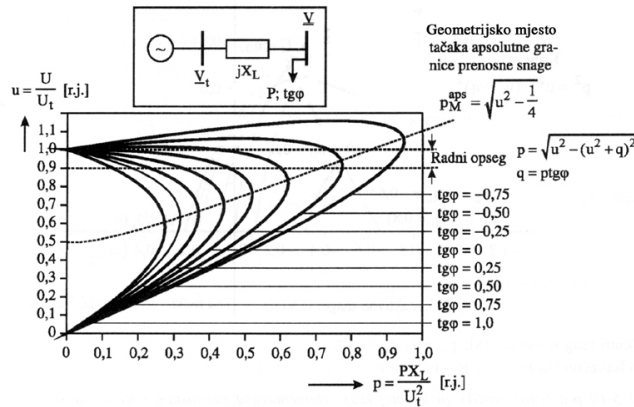
$$p = \frac{P}{P_{\max}} = \frac{X_L P}{U_t^2}; \quad q = \frac{Q}{P_{\max}} = \frac{X_L Q}{U_t^2}; \quad u = \frac{U}{U_t} = \frac{V}{V_t}; \quad P_{\max} = U_t^2 / X_L \quad (2.2)$$

dolazi se do

$$u^4 + (2q - 1)u^2 + (p^2 + q^2) = 0 \quad (2.3)$$

Jednačina (2.3) definiše sve statičke karakteristike prenosa elementarnog sistema sa Slike 2.1. Za $u = Const.$ to su $p - q$ krive, a za $q = Const.$ dobijaju se $u - p$ krive i, najzad, za $p = Const.$ imaju se $q - u$ krive.

Primjer p-u karakteristika dat je na Slici 2.2.



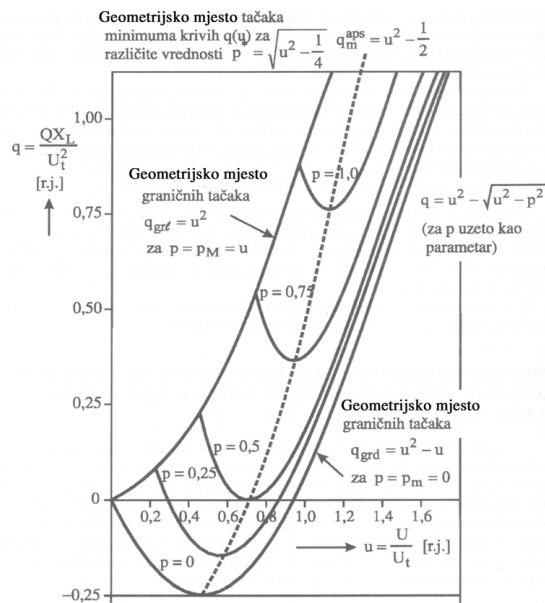
Slika 2.2 u-p karakteristike prijemnog kraja prenosnog sistema

Sa Slike 2.2 se zaključuje da je stabilan samo region iznad geometrijskog mjesta kritičnih tačaka, za koju je ispunjen uslov da je:

$$\frac{dP}{dU} \leq 0 \tag{2.4}$$

Pritom su rizici od pojave naponskog sloma utoliko manji ukoliko je napon na prijemnom kraju viši, kao i da se prenosna snaga jako povećava pri kompenzaciji potrošača.

Primjer q-u karakteristika je dat na Slici 2.3.

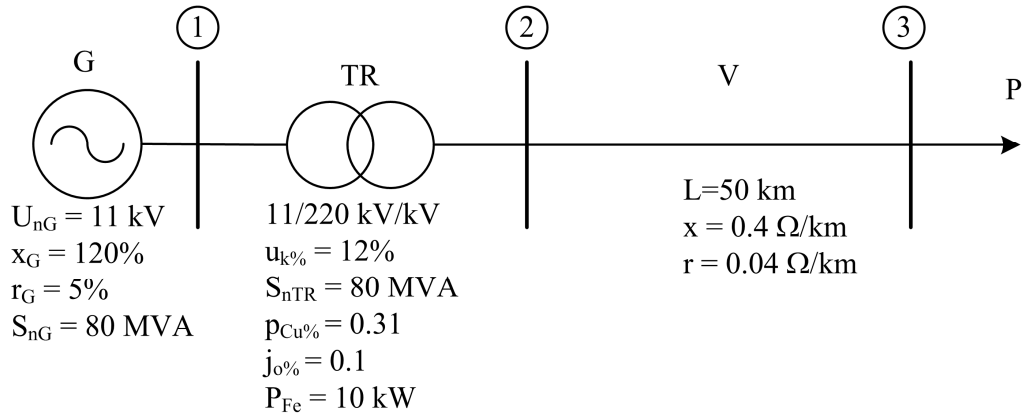


Slika 2.3 q-u karakteristike prijemnog kraja prenosnog sistema

Familija $q - u$ karakteristika prijemnog kraja prenosnog voda sa aktivnom snagom p kao parametrom prikazana je na Slici 2.3. Iz ovih karakteristika se, za analizirani elementarni sistem, može odrediti minimalni prenos reaktivne snage za zahtijevanu radnu snagu potrošača.

3. ZADACI LABORATORIJSKE VJEŽBE

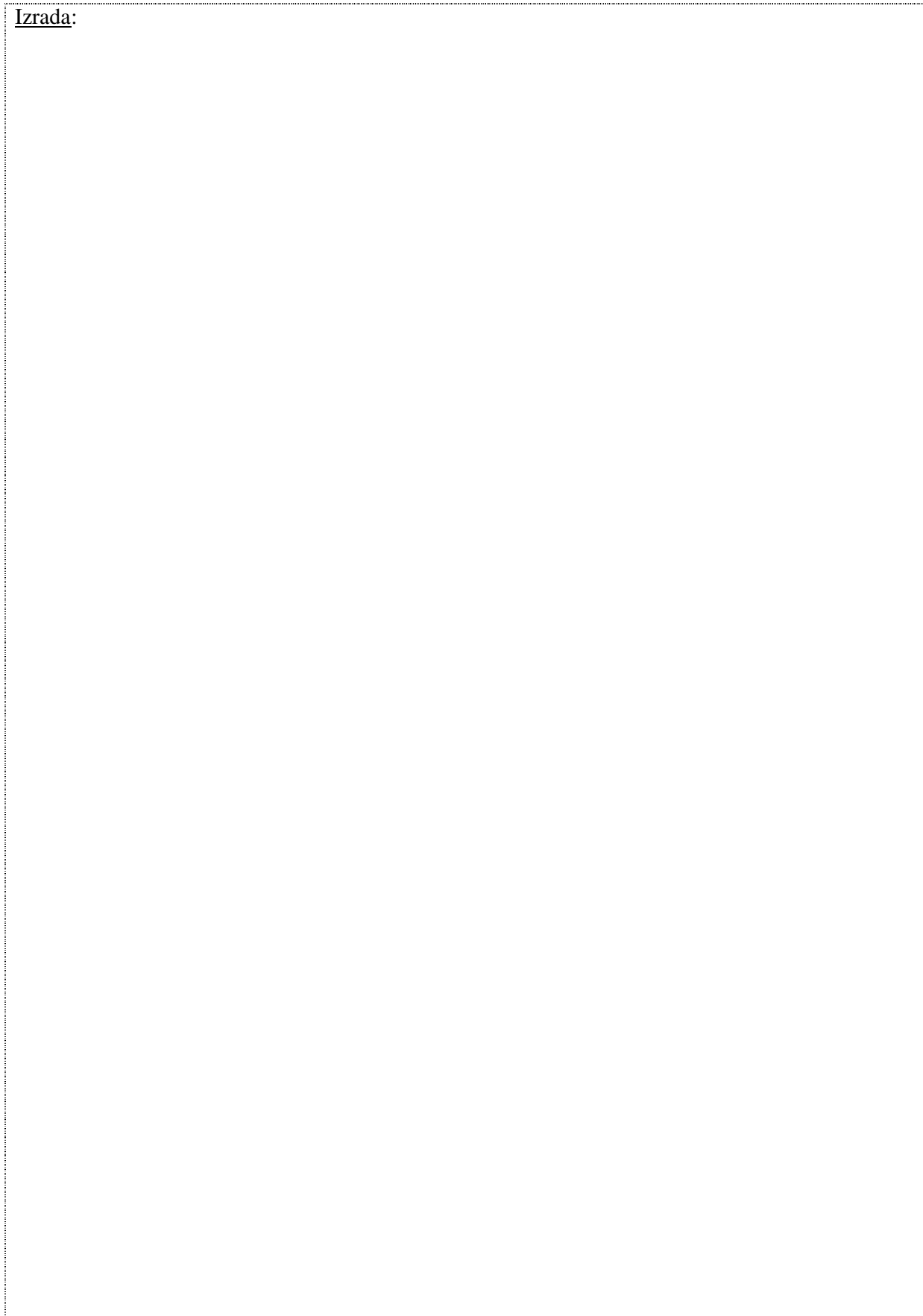
1) Za tipičan radialni EES sa šeme (Slika 3.1) proračunati napon u potrošačkom čvoru kao i snagu koju generator odaje na svojim sabirnicama, ako je snaga koju preuzima potrošač $S_p = 80$ MVA sa faktorom snage 0.9 ind. Napon na sabirnicama generatora je 11 kV. Proračunati pad napona od čvora 1 do čvora 3.



Slika 3.1 Dio EES-a

Izrada:

Izrada:



2) Koristeći softver Neplan 5.2 za simulaciju EES, formirati model iz prethodnog zadatka proračunati tokove snaga i fazore napone u čvorovima. Dobijene rezultate napisati u Tabela 3-I. Koliki je pad napona?

Tabela 3-I Rezultati simulacije

	Prvi čvor	Drugi čvor	Treći čvor
Amplituda napona U [kV]			
Fazni stav napona δ [°]			

Snaga potrošača:

_____.

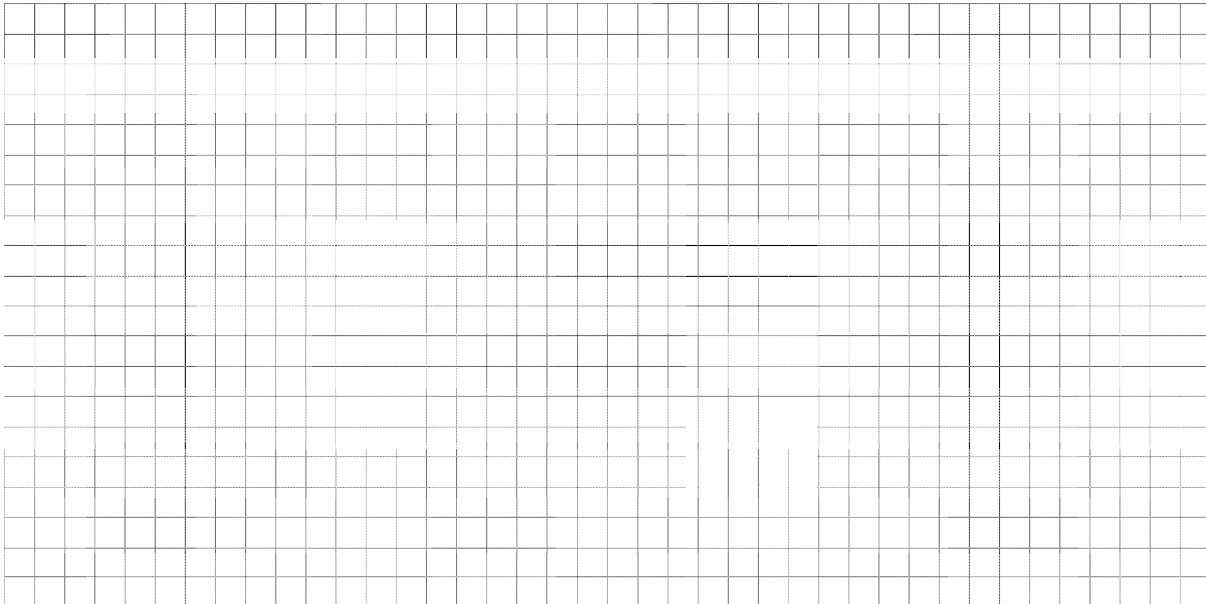
Pad napona od generatora do potrošača:

_____.

3) Koristeći Neplan formirati krive P-U za potrošački čvor za tri slučaja:

- $\cos\varphi = 0.9_{ind}$
- $\cos\varphi = 1$
- $\cos\varphi = 0.9_{cap}$

Dobijene rezultate skicirati (Slika 3.2).



Slika 3.2 P-U karakteristike posmatranog sistema

Kolika je maksimalna snaga koja se može prenijeti a da pad napona bude maksimalno 10%?

Za slučaj $\cos\varphi = 0.9_{ind}$ P = _____.

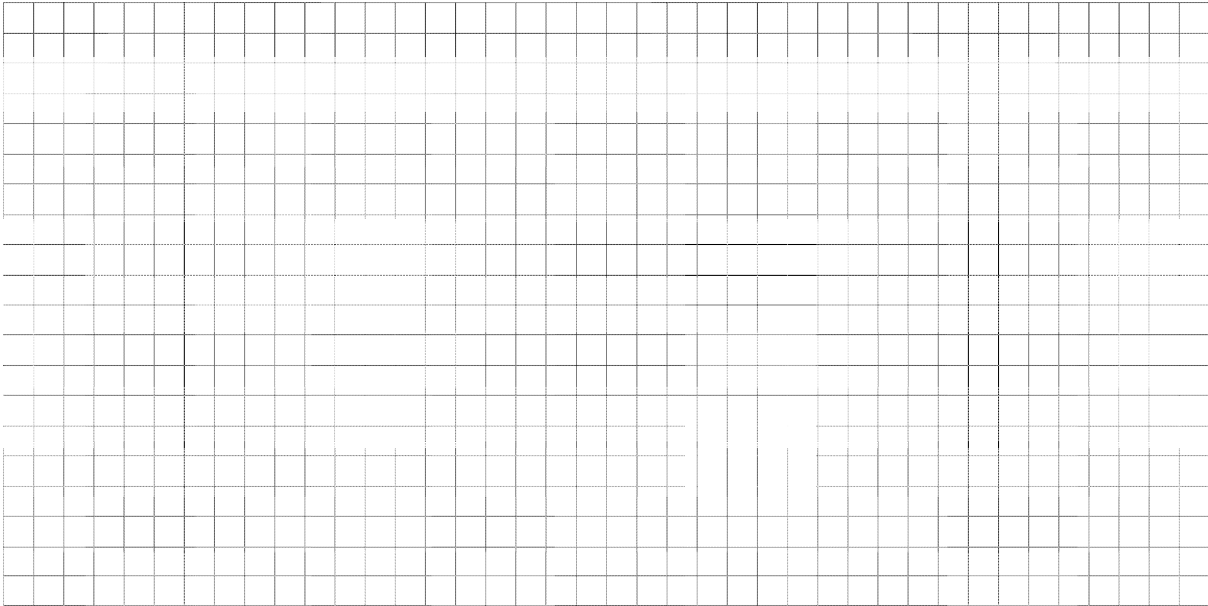
Za slučaj $\cos\varphi = 1$ P = _____.

Za slučaj $\cos\varphi = 0.9_{cap}$ P = _____.

4) Koristeći Neplan formirati Q-U krive za potrošački čvor za tri slučaja:

- P = 100 MW
- P = 50 MW
- P = 0 MW

Dobijene rezultate skicirati (Slika 3.3).



Slika 3.3 Q-U karakteristike prenosnog sistema

Kolika je granična reaktivna snaga?

- Za P = 100 MW Q = _____.
- Za P = 50 MW Q = _____.
- Za P = 0 MW Q = _____.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu urađenih zadataka, odgovoriti na sljedeća pitanja.

1. Kakva priroda snage ima najznačajniji uticaj na naponske prilike?

2. Kakav uticaj na stabilnost ima prenos reaktivne snage preko vazdušnih vodova?

3. Značaj P-U karakteristika?

4. Značaj Q-U karakteristika?

5. Mjere za poboljšanje naponske stabilnosti?
