



# University of Priština – Kosovska Mitrovica – UPKM

## Proračun tokova snaga primenom ETAP programa Calculation of load flows using ETAP software

**dr Miloš Milovanović, docent  
maj 2022.**



# Sadržaj

- Uvod
- Matematička formulacija problema
- Matematički modeli elemenata mreža
- Pregled metoda za proračun tokova snaga
- Programske pakete ETAP
- Zaključak
- Literatura



# Uvod – 1/2

- Proračuni tokova snaga spadaju u najkorišćenije proračune elektroenergetskih sistema (EES-a).
- Proračuni tokova snaga su od značaja kako za planiranje daljeg razvoja, tako i za utvrđivanje optimalnih uslova funkcionisanja postojećeg EES-a.
- Određivanje tokova snaga može se prikazati kao zadatak nalaženja stanja mreže, odnosno određivanje napona čvorova, snaga injektiranja u čvorove i tokova snaga po elementima mreže.
- Samo se za sisteme malih dimenzija do tačnog rešenja može doći analitičkim putem.
- Proračuni se mogu vršiti u uravnoteženim, neuravnoteženim, monofaznim, trofaznim, radijalnim i upetljanim mrežama.
- Distribuirana proizvodnja električne privlači globalnu pažnju, kao jedan od koncepata koji najviše odgovaraju ostvarivanju ciljeva energetske efikasnosti i smanjenju emisije štetnih gasova.

# Uvod – 2/2

- Pod proračunom tokova snaga podrazumeva se nalaženje stanja mreže (odnosno, kompletног režima) u datom trenutku.
- Proračuni se koriste ili samostalno, ili kao modul u okviru drugih energetskih funkcija planiranja i eksploatacije distributivnih mreža.
- U naučnoj literaturi postoji veliki broj različitih metoda i algoritama za rešavanje problema tokova snaga.
- ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) je jedan od najpopularnijih i najsnažnijih programskih paketa za projektovanje, monitoring, kontrolu i analizu prenosnih, distributivnih i industrijskih mreža.
- ETAP sadrži module za simulaciju karakterističnih stanja različitih sistema. Neki od najčešće korišćenih su: modul za proračune jednosmernih mreža; modul za proračune naizmeničnih mreža, modul za proračune kablovskih mreža, proračun uzemljenja, itd.
- U prezentaciji biće izložen postupak proračuna tokova snaga u ETAP-u.

# Matematička formulacija problema – 1/2

- Formiranje matrice admitansi čvorova [ $\mathbf{Y}_{\text{bus}}$ ]
  - Dijagonalni elementi
  - Vandijagonalni elementi

$$Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij} = \begin{cases} -\underline{y}_{ij} & \text{za } i \neq j \\ \sum_{j \in \alpha_i} \left( \underline{y}_{ij} + \underline{y}_{ij}^{ot} \right) & \text{za } i = j \end{cases}$$

- Jednačine injektiranja aktivnih i reaktivnih snaga u čvorove mreže

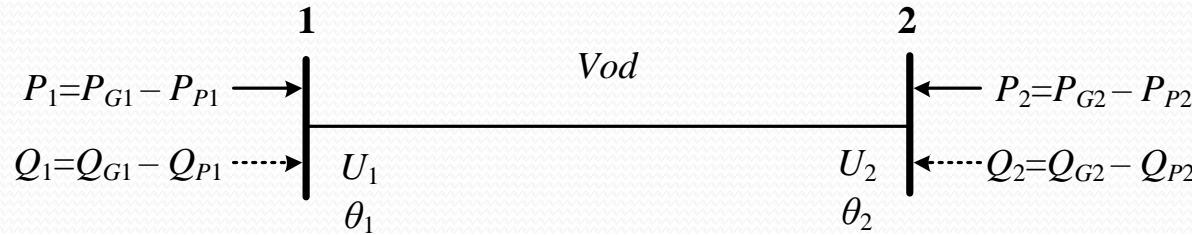
$$P_i = P_{Gi} - P_{Pi} = U_i^2 \cdot G_{ii} + U_i \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N U_j \cdot [G_{ij} \cdot \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \cdot \sin(\theta_i - \theta_j)]$$

$$Q_i = Q_{Gi} - Q_{Pi} = -U_i^2 \cdot B_{ii} + U_i \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N U_j \cdot [G_{ij} \cdot \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cdot \cos(\theta_i - \theta_j)]$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

# Matematička formulacija problema – 2/2

- Klasifikacija čvorova EES-a za proračun tokova snaga

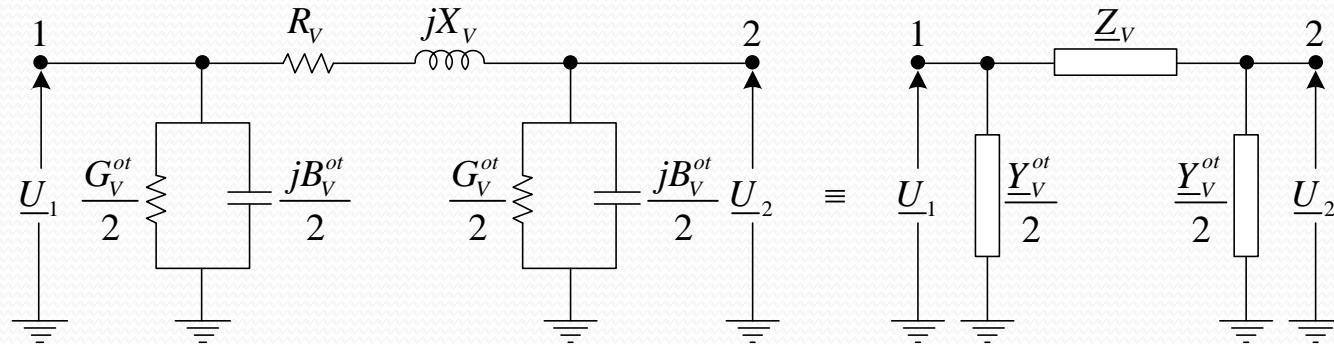


- potrošački (PQ) čvorovi
- generatorski (PU) čvorovi
- balansno referentni (BLR) čvor

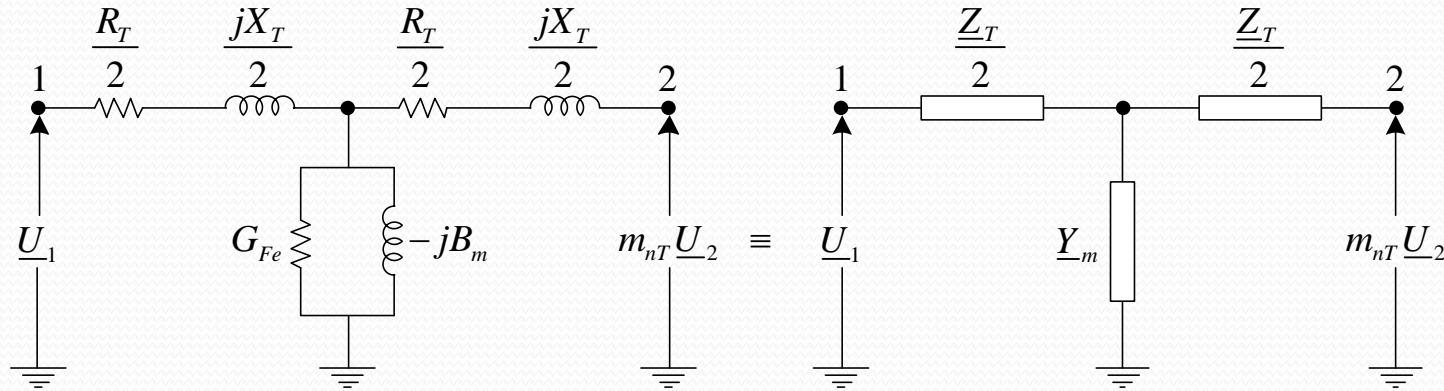
Tip čvora	Oznaka čvora	Broj čvorova	Poznate promenljive	Neoznate promenljive
Balansno-referentni	$U\theta$	1	Modul napona $U$ Fazni stav $\theta$	Aktivna snaga $P$ Reaktivna snaga $Q$
Generatorski	$PU$	$N_{PU}$	Aktivna snaga $P$ Modul napona $U$	Fazni stav $\theta$ Reaktivna snaga $Q$
Potrošački	$PQ$	$N_{PQ}$	Aktivna snaga $P$ Reaktivna snaga $Q$	Modul napona $U$ Fazni stav $\theta$

# Matematički modeli elemenata mreža – 1/2

- Model voda/kabla

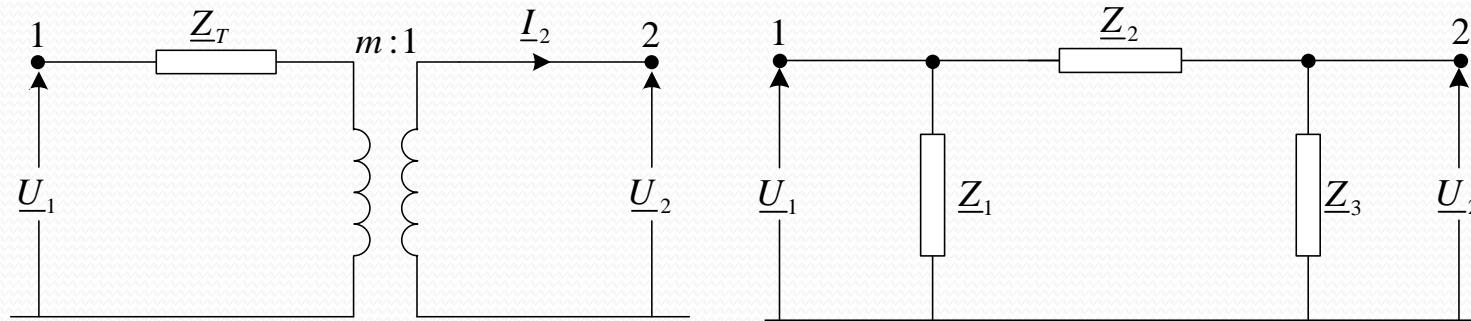


- Model dvonamotajnog transformatora

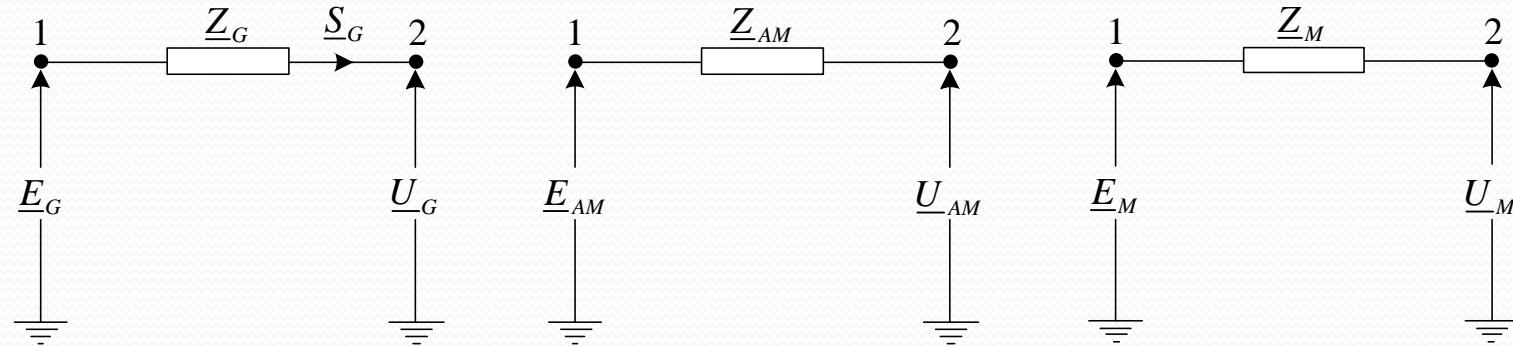


# Matematički modeli elemenata mreža – 2/2

- Model dvonamotajnog regulacionog transformatora



- Modeli generatora, asinhronog motora i mreže





# Pregled metoda za proračun tokova snaga – 1/6

- *Gauss-ova metoda*
- *Gauss-Seidel-ova metoda*
- *Newton-Raphson-ova metoda*
- *Stott-ova metoda*
- Nazad/napred (eng. *backward/forward sweep* – BFS) metoda

# Pregled metoda za proračun tokova snaga – 2/6

- *Gauss-ova metoda*

- Opšti oblik iterativne šeme za proračun nepoznatih promenljivih:

$$\underline{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \cdot \left[ \frac{\underline{P}_i - j\underline{Q}_i}{(\underline{U}_i^{(k)})^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \underline{Y}_{ij} \cdot \underline{U}_j^{(k)} \right]; \quad i = 2, \dots, N; \quad k = 1, 2, \dots$$

$$\underline{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \left[ \frac{\underline{P}_i - j\underline{Q}_i^{(k)}}{(\underline{U}_i^{(k)})^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k)} \right]; \quad i = 2, \dots, M; \quad k = 1, 2, \dots$$

- Reaktivna snaga generatorskih čvorova:

$$\underline{Q}_i^{(k)} = \text{Im} \left\{ \underline{U}_i^{(k)} \sum_{j=1}^N \underline{Y}_{ij}^* \left( \underline{U}_j^{(k)} \right)^* \right\}; \quad i = 2, \dots, M$$

- Uslov konvergencije:  $|\theta_i^{(k+1)} - \theta_i^{(k)}| \leq \varepsilon_\theta$       i       $|U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)}| \leq \varepsilon_v$

# Pregled metoda za proračun tokova snaga – 3/6

- *Gauss-Seidel-ova metoda*
  - Opšti oblik iterativne šeme za proračun nepoznatih promenljivih:

$$\underline{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \cdot \left[ \frac{\underline{P}_i - jQ_i}{\left(\underline{U}_i^{(k)}\right)^*} - \sum_{j=1}^{i-1} \underline{Y}_{ij} \cdot \underline{U}_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^N \underline{Y}_{ij} \cdot \underline{U}_j^{(k)} \right]; \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad k = 1, 2, \dots$$

$$\underline{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{\underline{Y}_{ii}} \left[ \frac{\underline{P}_i - jQ_i^{(k)}}{\left(\underline{U}_i^{(k)}\right)^*} - \sum_{j=1}^{i-1} \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^N \underline{Y}_{ij} \underline{U}_j^{(k)} \right]; \quad i = 1, 2, \dots, M; \quad k = 1, 2, \dots$$

- Reaktivna snaga generatorskih čvorova:

$$Q_i^{(k)} = \text{Im} \left\{ \underline{U}_i^{(k)} \sum_{j=1}^N \underline{Y}_{ij}^* \left(\underline{U}_j^{(k)}\right)^* \right\}; \quad i = 2, \dots, M$$

- Uslov konvergencije:  $|\theta_i^{(k+1)} - \theta_i^{(k)}| \leq \varepsilon_\theta \quad \text{i} \quad |U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)}| \leq \varepsilon_v$

# Pregled metoda za proračun tokova snaga – 4/6

- *Newton-Raphson-ova metoda*

- Opšti oblik iterativne šeme za proračun nepoznatih promenljivih:

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{\theta} \\ \mathbf{U} \end{bmatrix}^{(k+1)} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\theta} \\ \mathbf{U} \end{bmatrix}^{(k)} + \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{\theta} \\ \Delta\mathbf{U} \end{bmatrix}^{(k)} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\theta} \\ \mathbf{U} \end{bmatrix}^{(k)} - \left( \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta\mathbf{P}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \Delta\mathbf{P}}{\partial \mathbf{U}} \\ \frac{\partial \Delta\mathbf{Q}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \Delta\mathbf{Q}}{\partial \mathbf{U}} \end{bmatrix}_{\mathbf{x}^{(k)}} \right)^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\mathbf{P}(\mathbf{x}^{(k)}) \\ \Delta\mathbf{Q}(\mathbf{x}^{(k)}) \end{bmatrix}$$

- Matrica Jakobijana (eng. *Jacobian matrix*):

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \mathbf{J}_{11} & \mathbf{J}_{12} \\ \mathbf{J}_{21} & \mathbf{J}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta\mathbf{P}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \Delta\mathbf{P}}{\partial \mathbf{U}} \\ \frac{\partial \Delta\mathbf{Q}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \Delta\mathbf{Q}}{\partial \mathbf{U}} \end{bmatrix}$$

- Uslov konvergencije:

$$\left| \theta_i^{(k+1)} - \theta_i^{(k)} \right| \leq \varepsilon_{\theta} \quad \text{i} \quad \left| U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)} \right| \leq \varepsilon_v$$

# Pregled metoda za proračun tokova snaga – 5/6

- Stott-ova raspregnuta metoda
  - Aproksimacija matrice Jakobijana:

$$\mathbf{J} \approx \begin{bmatrix} \mathbf{J}_{11} & 0 \\ 0 & \mathbf{J}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta \mathbf{P}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & 0 \\ 0 & \frac{\partial \Delta \mathbf{Q}}{\partial \mathbf{U}} \end{bmatrix}$$

- Opšti oblik iterativne šeme za proračun nepoznatih promenljivih:

$$\Delta \mathbf{P}^{(k)} = \Delta \mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}^{(k)}, \mathbf{U}^{(k)}), \quad \boldsymbol{\theta}^{(k+1)} = \boldsymbol{\theta}^{(k)} - [\mathbf{B}']^{-1} \frac{\Delta \mathbf{P}^{(k)}}{(\mathbf{U}')^{(k)}}$$

$$\Delta \mathbf{Q}^{(k)} = \Delta \mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}^{(k+1)}, \mathbf{U}^{(k)}), \quad \mathbf{U}^{(k+1)} = \mathbf{U}^{(k)} - [\mathbf{B}'']^{-1} \frac{\Delta \mathbf{Q}^{(k)}}{(\mathbf{U}'')^{(k)}}$$

- Uslov konvergencije:

$$\left| \theta_i^{(k+1)} - \theta_i^{(k)} \right| \leq \varepsilon_{\theta} \quad \text{i} \quad \left| U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)} \right| \leq \varepsilon_v$$

# Pregled metoda za proračun tokova snaga – 6/6

- Nazad/napred metoda
- Postupak proračuna se izvršava kroz sledeće iterativne korake:
  - *Korak 1. Inicijalizacija postupka*
  - *Korak 2. Zamena unazad – proračun struja*

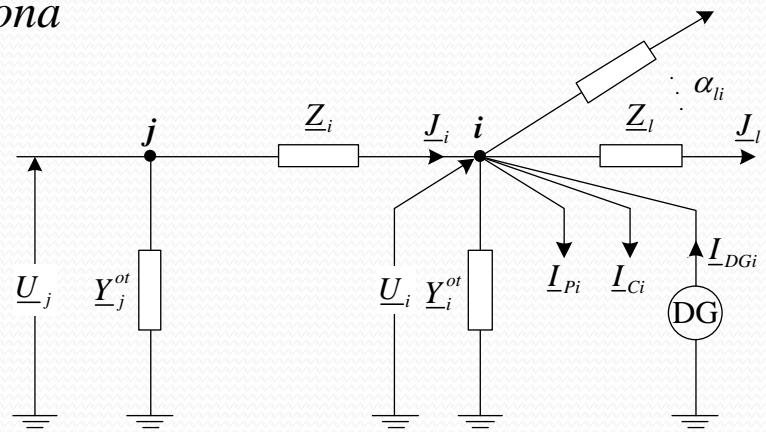
$$\underline{J}_i^{(k)} = \underline{I}_{Pi}^{(k)} + \underline{I}_{Ci}^{(k)} - \underline{I}_{DGi}^{(k)} + \underline{Y}_i^{ot} \cdot \underline{U}_i^{(k-1)} + \sum_{\substack{\ell \in \alpha_{\ell i} \\ \ell \neq i}} \underline{J}_\ell^{(k)}; \quad i = N, N-1, \dots, 0; \quad k = 1, 2, \dots$$

- *Korak 3. Zamena unapred – proračun napona*

$$\underline{U}_i^{(k)} = \underline{U}_j^{(k)} - \underline{Z}_i \underline{J}_i^{(k)}$$

- *Korak 4. Uslov konvergencije:*

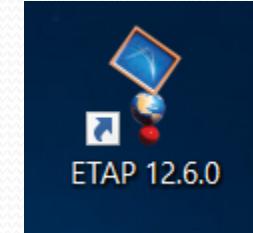
$$|\theta_i^{(k+1)} - \theta_i^{(k)}| \leq \varepsilon_\theta \quad \text{i} \quad |U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)}| \leq \varepsilon_v$$



Slika 1. Raspodela struje u i-tom čvoru mreže

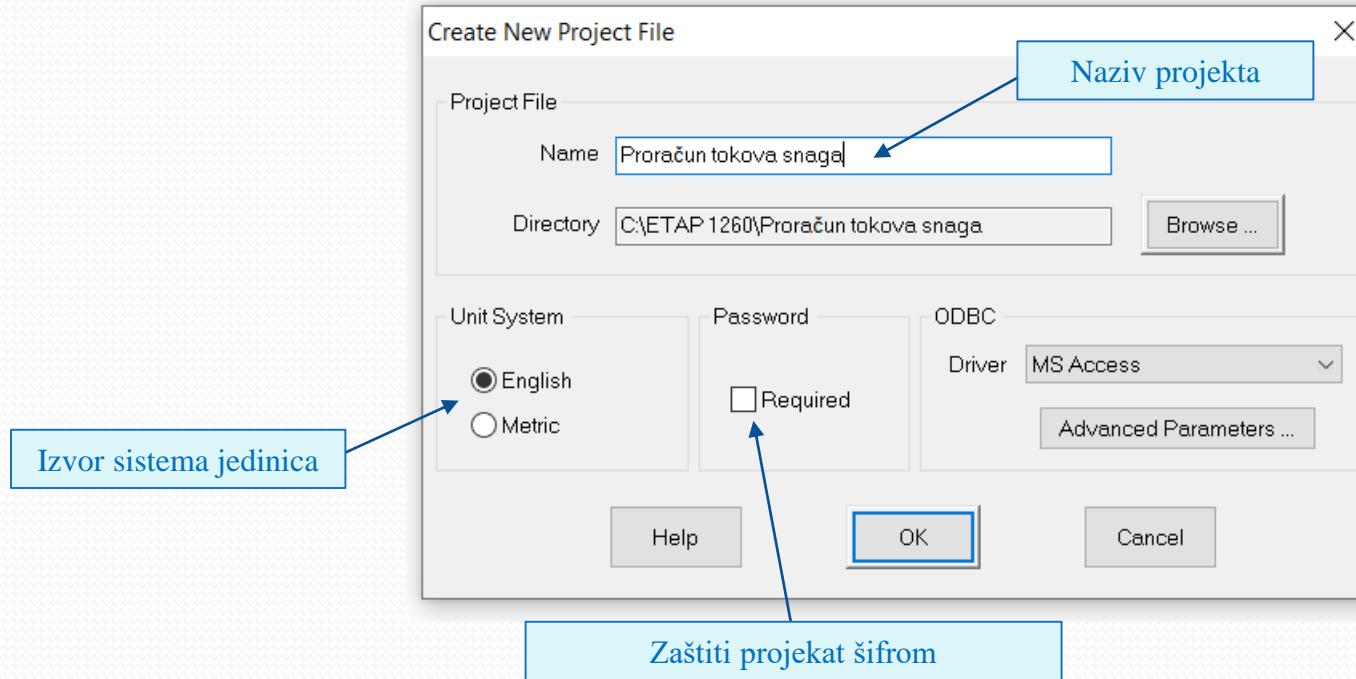
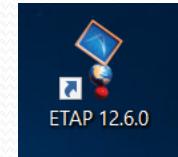
# Programski paket ETAP – 1/68

- ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) je jedan od najpopularnijih programskih paketa za projektovanje, monitoring, kontrolu i analizu prenosnih, distributivnih i industrijskih mreža.
- ETAP je razvila američka kompanija Operation Technology Inc. (OTI) 1986.
- Neki od najčešće korišćenih modula su:
  - modul za proračune jednosmernih mreža,
  - modul za proračune naizmeničnih mreža,
  - modul za proračune kablovskih mreža,
  - modul za proračun uzemljenja,
  - GIS (Geographic information system) – geografski informacioni sistem,
  - izbor i koordinacija zaštitnih uređaja,
  - izrada jednosmernih i naizmeničnih upravljačkih sistema.



# Programski paket ETAP – 2/68

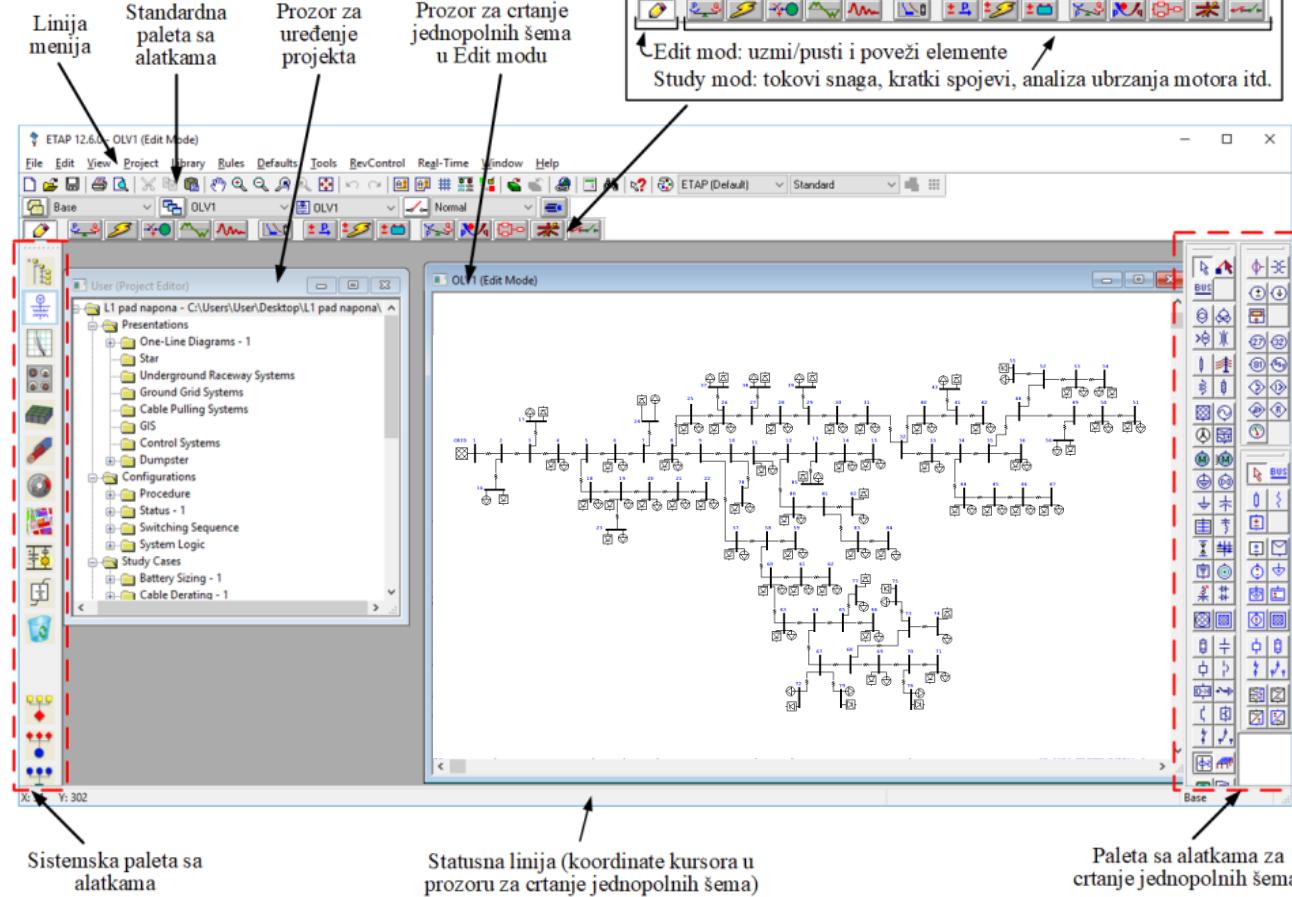
- Pokretanje programa ETAP vrši se dvostrukim klikom na ikonicu
- Nakon pokretanja pojavljuje se prozor



u kome je potrebno upisati naziv projekta, izabrati lokaciju na kojoj će projekat biti sačuvan, izabrati sistem jedinica, a moguće je zaštititi projekat šifrom.

# Programski paket ETAP – 3/68

- Korisnički interfejs ETAP-a:

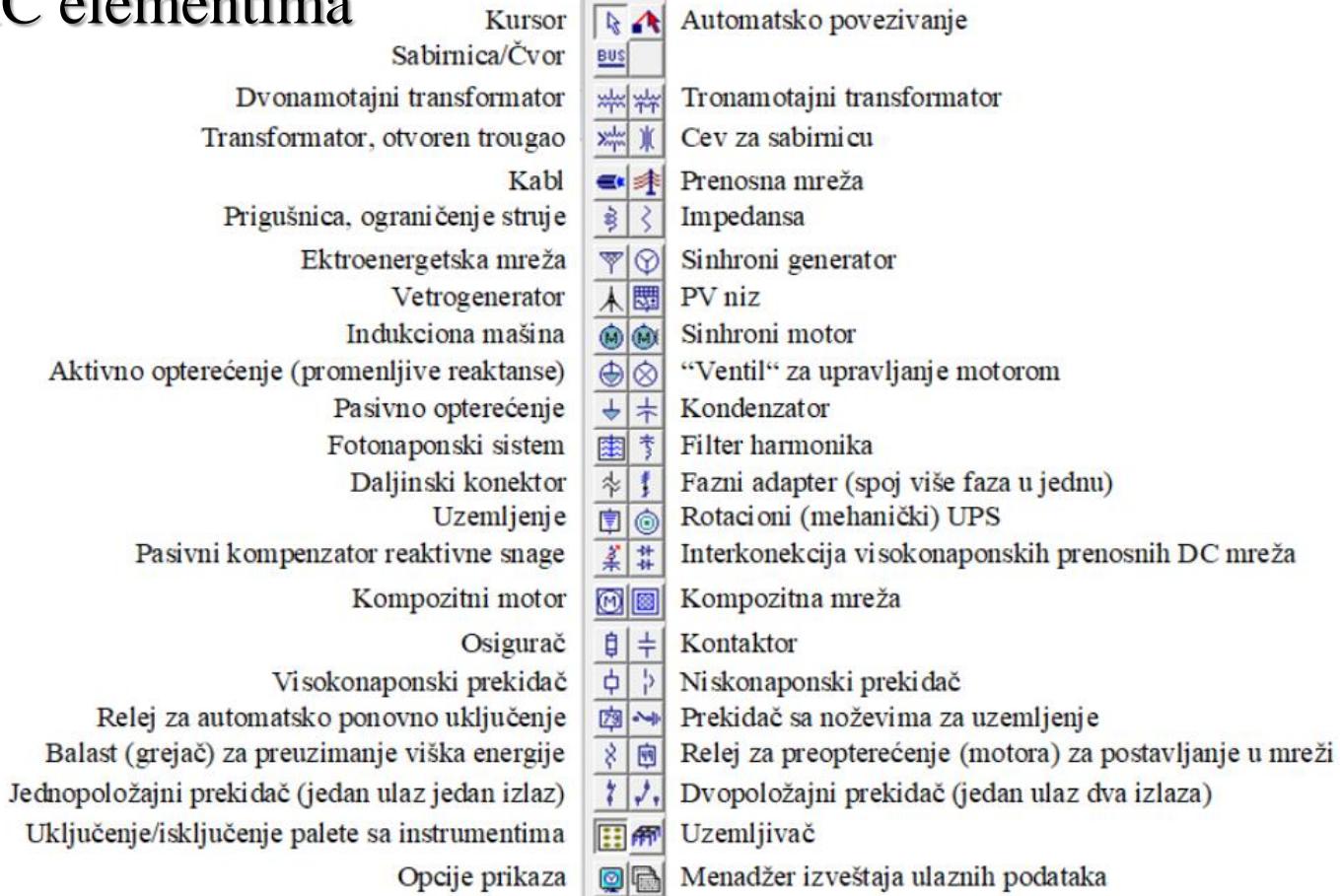


# Programski paket ETAP – 4/68

- **Edit mod**
- Mod za crtanje i uređenje jednopolnih šemi (**Edit mod**) 
- U okviru ovog moda mogu se grafički dodavati, brisati, premeštati i povezivati elementi jednopolne šeme, uvećavati ili smanjivati prikaz, isključivati/prikazivati pomoćna mreža, menjati veličina i orijentacija elementa, menjati simboli, sakrivati/prikazivati zaštitni uređaji, unositi svojstva, i dr.
- Kada je aktivan mod, aktivira se paleta sa alatkama za crtanje šema.
- Postoje tri palete u kojima su elementi grupisani prema oblasti primene:
  - paleta sa elementima koji se primenjuju u mrežama naizmenične struje (AC),
  - paleta sa elementima koji se koriste u mrežama jednosmerne struje (DC) i
  - paleta sa instrumentima za merenje i uređajima za zaštitu.

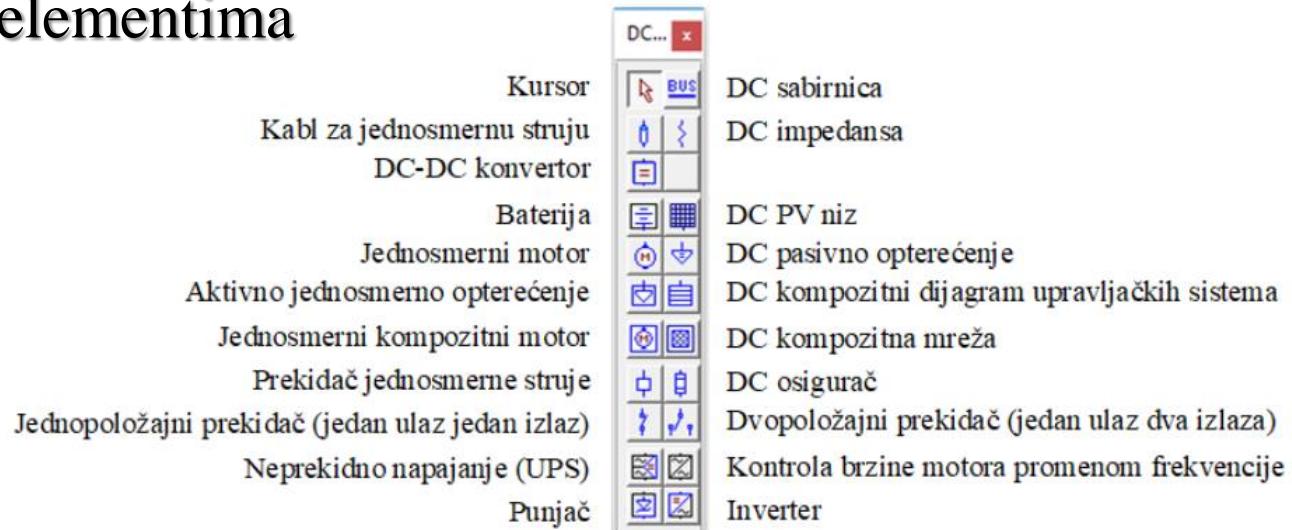
# Programski paket ETAP – 5/68

## ● Paleta sa AC elementima

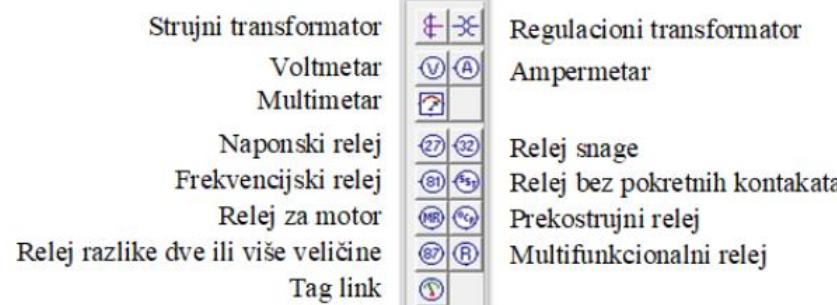


# Programski paket ETAP – 6/68

## ● Paleta sa DC elementima

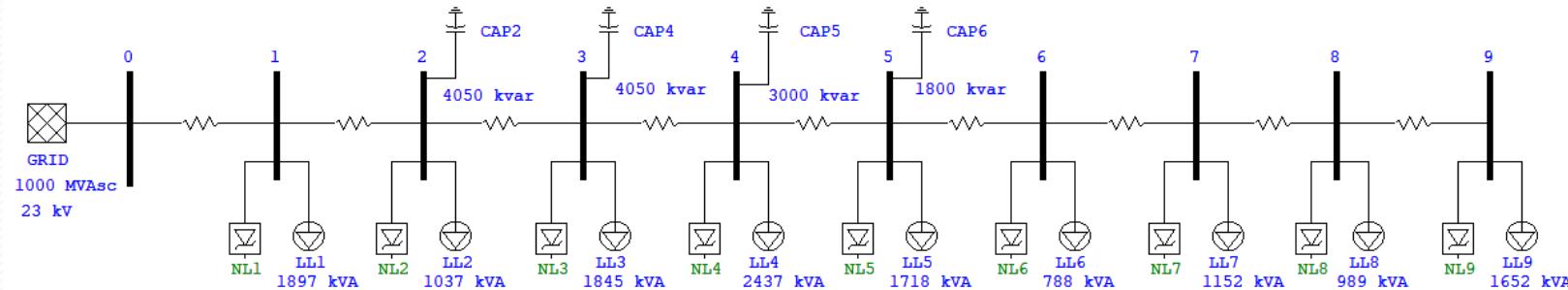


## ● Paleta sa mernim instrumentima i uređajima za zaštitu



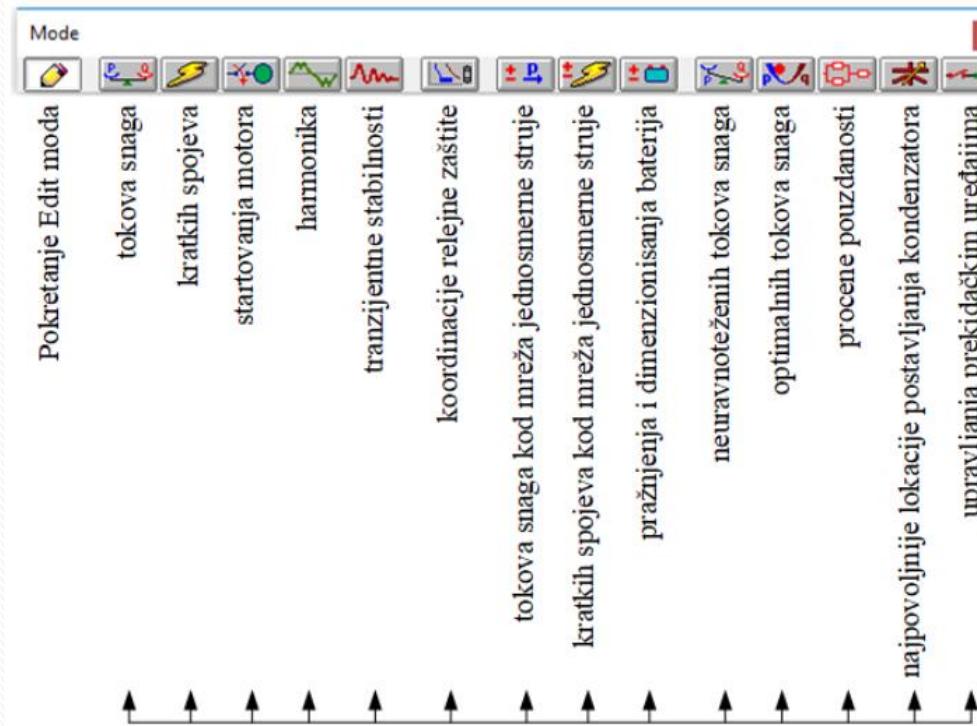
# Programski paket ETAP – 7/68

- Jednopolne šeme
- Formiranje jednopolnih šema mreža vrši se jednostavnim prevlačenjem odgovarajućih elemenata iz paleta sa desne strane u prozor za crtanje jednopolnih šema i njihovom povezivanjem. Svaki element ima svoj editor u koji se unose tehnički podaci, a moguća je i promena naziva elementa, kao i unos napomena i komentara vezanih za dati element.
- ETAP ima još i mogućnost da se deo mreže ili cela mreža predstavi pomoću samo jednog elementa (kompozitna mreža), čime se dobija znatno bolji pregled celog sistema.



# Programski paket ETAP – 8/68

- Study mod
- Alatke iz **Study moda** postaju aktivne nakon klik na dugme:
- Ova paleta sastoji od 15 alatki.



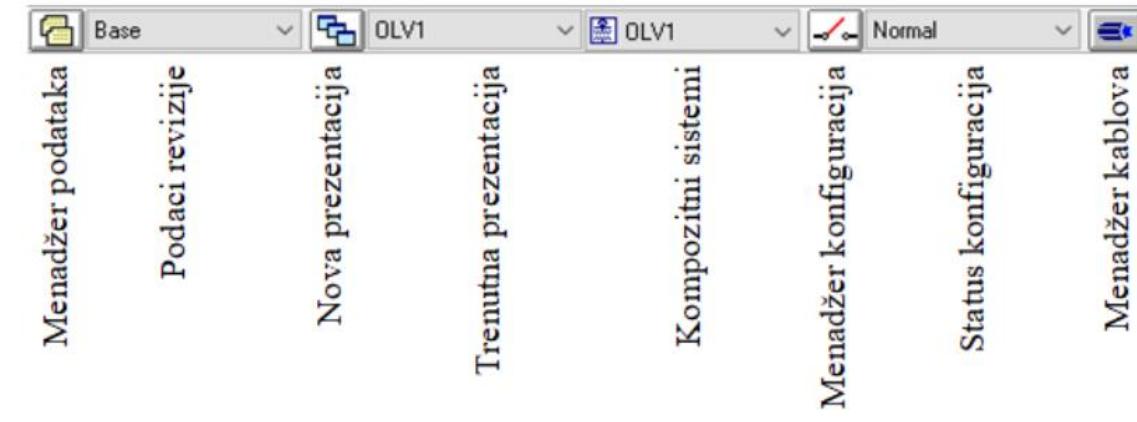


# Programski paket ETAP – 9/68

- **Linija menija**
- Linija menija sadrži standardnu listu opcija. Svaka opcija aktivira padajuću listu komandi, kao što su: operacije sa datotekama, štampanje, konverzije podataka, razmena podataka, standardi projekta, postavke projekta i opcije projekta, biblioteke...
- **Organizacija projekta**
- ETAP generiše tri glavne komponente sistema:
  - Prezentacija – nezavisne grafičke prezentacije jednopolne šeme koje predstavljaju projektne podatke za različite namene (kao što su dijagram impedansi, rezultati studije ili plan štampanja)
  - Konfiguracija – nezavisne konfiguracije sistema koje identifikuju status prekidačkih uređaja (otvoreni i zatvoreni), motora i opterećenja (kontinualni rad, intermitirani rad i rezerva), režim rada generatora (oscilacije rotora generatora, kontrola napona, kontrola snage, kontrola faktora snage)
  - Podaci revizije – podaci koji prate promene i modifikacije parametara elemenata (na primer, natpisne pločice ili podešavanja elemenata)

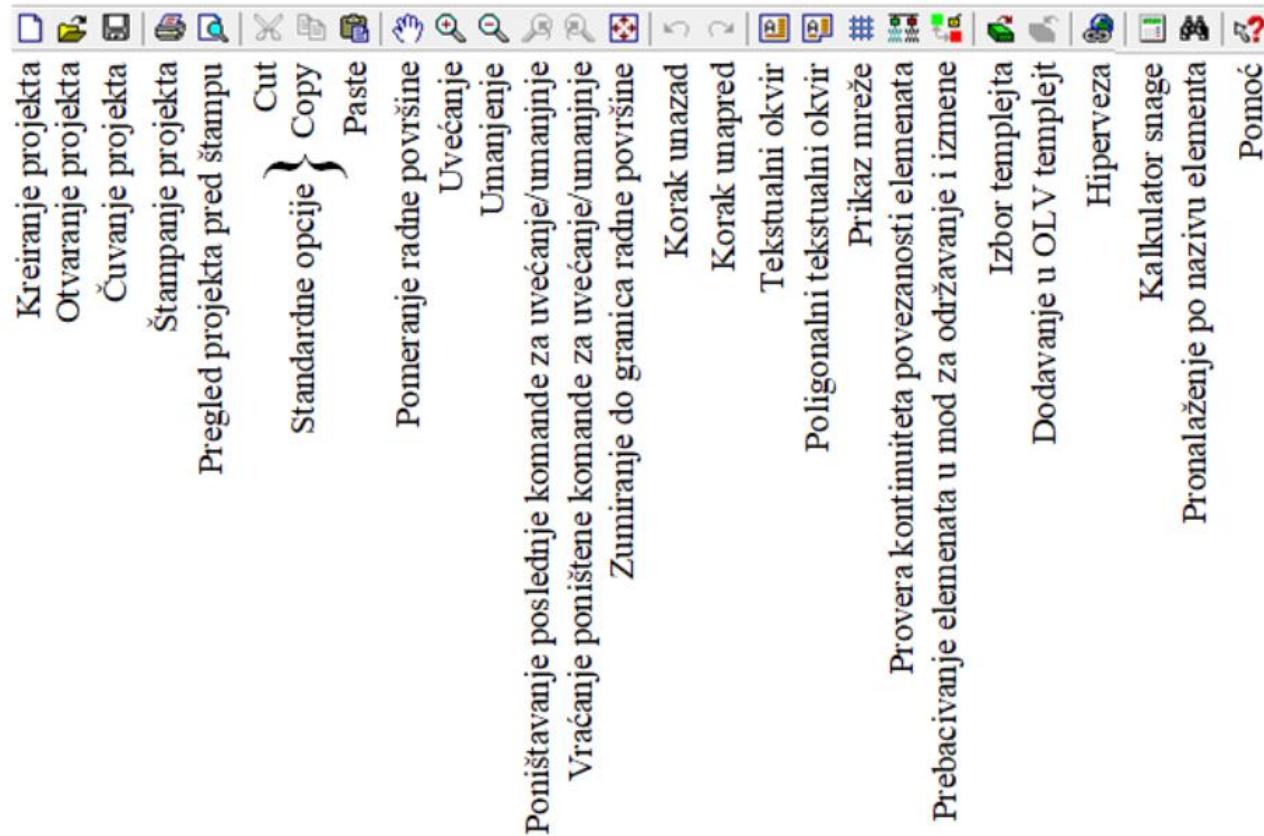
# Programski paket ETAP – 10/68

- Organizacija projekta



# Programski paket ETAP – 11/68

## • Standardna paleta sa alatkama



# Programski paket ETAP – 12/68

- **Sistemska paleta sa alatkama**
- Sistemska paleta sa alatkama predstavlja brz i efikasan način kretanja unutar različitih sistema.
- Izbor odgovarajućeg sistema i kretanje unutar njih vrši se klikom na odgovarajuću alatku iz sistemske palete sa alatkama. Termin sistem označava prozor unutar koga se vrše radnje u okviru izabranog sistema.
- Objašnjenje pojedinih alatki iz sistemske palete sa alatkama prikazano je na slici.



- 1 Prikaz projekta
- 2 Crtanje jednopolnih šema
- 3 Ispitivanje koordinacije zaštitnih uređaja
- 4 Proračun opterećenja kablova i prikaz podzemnih trasa
- 5 Kreiranje zaštitnog uzemljenja
- 6 Polaganje kablova izvlačenjem
- 7 Nadzor i upravljanje EES-om u realnom vremenu
- 8 Prostorni prikaz razmatranog sistema
- 9 Dijagrami kontrolnih sistema
- 10 Kreiranje dinamičkih modela uređaja
- 11 Kontejner za smeštanje obrisanih elemenata
- 12 Čarobnjak za scenario
- 13 Čarobnjak za različite vrste studija
- 14 Čarobnjak projekta

# Programski paket ETAP – 13/68

- **Sistemska paleta sa alatkama**
- Pomoću opcije (3) moguće je izvršiti ispitivanja koordinacije zaštitnih uređaja. Razne karakteristike pružaju pouzdane preporuke o izvodljivosti razmatranih uređaja. To pomaže projektantima da brzo uoče eventualne probleme pri njihovoj izradi i da donešu neophodne odluke u cilju poboljšanja pouzdanosti i stabilnosti sistema.
- Svaki ETAP projekat podržava različite prikaze podzemnih trasa kablova (4). U njima su dati poprečni preseci kablova i izvora toplove koji su u neposrednoj blizini. Pomoću ove opcije moguće je sprovesti različite proračune, kao što su proračun temperature kabla pri jednakom i promenljivom opterećenju, proračun strujne opteretljivosti kabla i proračun preseka kabla za zadato opterećenje i maksimalnu temperaturu kabla.
- Klikom na dugme (5) otvara se novi prozor u kome je moguće kreirati zaštitno uzemljenje. Softver, pored dvodimenzionalnog, ima mogućnost i trodimenzionalnog prikaza uzemljivača. Ostale mogućnosti su: proračun dozvoljenih napona koraka i dodira, generisanje tabelarnih rezultata, određivanje optimalnog broja paralelnih provodnika i vertikalnih uzemljivača, proračun otpora raspršivanja uzemljivača i porasta potencijalne razlike zemlje, proračun ukupne cene uzemljivača.

# Programski paket ETAP – 14/68

- **Sistemska paleta sa alatkama**
- Opcija (6) omogućava da se izgradi kablovska kanalizacija i da se izvrše proračuni koji se odnose na bezbedno vučenje kabla. Pomoću proračuna je moguće odrediti mehanička naprezanja kabla na svakom delu trase, kao i na svakoj promeni pravca. Takođe, pri vučenju kabla je omogućeno određivanje naprezanja u oba smera, u cilju biranja smera sa manjim mehaničkim naprezanjima.
- Opcija (7) ima mogućnost povezivanja sa SCADA sistemom, što omogućava nadzor i upravljanje elektroenergetskim sistemom. Pored toga, mogu se izvršiti prethodno pomenute analize EES-a, bazirane na trenutnim ili arhiviranim podacima o sistemu, kao i predviđanje ponašanja sistema.
- Pomoću opcije (8) može se pristupiti mapama koje predstavljaju prostorni prikaz razmatranog sistema. Takođe, mogu se dobiti neophodne informacije za izvršavanje različitih simulacija sistema.
- Opcija (9) omogućava da se kreira šema kontrolnog kola i da se izvrši simulacija rada kontrolnih uređaja, kao što su solenoidi, releji, kontrolni prekidači, prekidači sa više kontakata.



# Programski paket ETAP – 15/68

- **Sistemska paleta sa alatkama**
- Klikom na dugme **(10)** otvara se prozor, tj. program, u kome je moguće kreirati dinamičke modele za uređaje kao što su sinhrone mašine i vetrogeneratori. ETAP može koristiti ove modele pri izvođenju analiza tranzijentne stabilnosti. Softver, ima mogućnost korišćenja modela napravljenih u MATLAB/Simulink softveru.
- Opcija **(11)** sadrži sve prethodno obrisane i kopirane elemente sa šeme električne mreže ili podzemnih kablovskih trasa. Kada se iseče element ili grupa elemenata, oni se smeštaju u odgovarajuće ćelije. Ove ćelije (elementi) se čuvaju, sve dok ih korisnik ne izbriše. Svi elementi koji nisu obrisani se mogu, u bilo koje vreme, vratiti tamo odakle su obrisani.
- Pomoću poslednje tri opcije **(12, 13 i 14)** može se izvršiti veći broj analiza, različitih vrsta studija u okviru jednog ili više projekata, klikom na jedno dugme, što značajno skraćuje vreme rada u softveru.

# Programski paket ETAP – 16/68

- **Kreiranje jednopolne šeme razmatranog sistema**
- Da bi se mogao izvršiti bilo koji proračun u ETAP-u, potrebno je nacrtati šemu sistema i definisati parametre za sve elemente razmatranog sistema neophodne za proračun koji se želi izvršiti.
- Ovde su moguća dva pristupa:
  - da se unesu svi elementi sistema, a zatim definišu njihovi parametri
  - da se unosi jedan po jedan element sistema i odmah definišu njihovi parametri
- Nakon pokretanja ETAP-a i otvaranja novog projekta, automatski se otvaraju prozor za crtanje šema i prozor za uređenje projekta i aktiviran je sistem za crtanje jednopolnih šema.
- Postupak izbora je isti za sve elemente; označi se odgovarajući element levim tasterom, zatim se cursor pozicionira negde u okviru prozora za crtanje jednopolnih šema i pritisne levi taster. Nakon prebacivanja elementa u radni prostor prozora za crtanje šema, potrebno je definisati njegove parametre. To se radi dvostrukim klikom na element. U nastavku je dat pregled neophodnih podataka za različite elemente.

# Programski paket ETAP – 17/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*)

**ID:** Polje za unos naziva mreže.

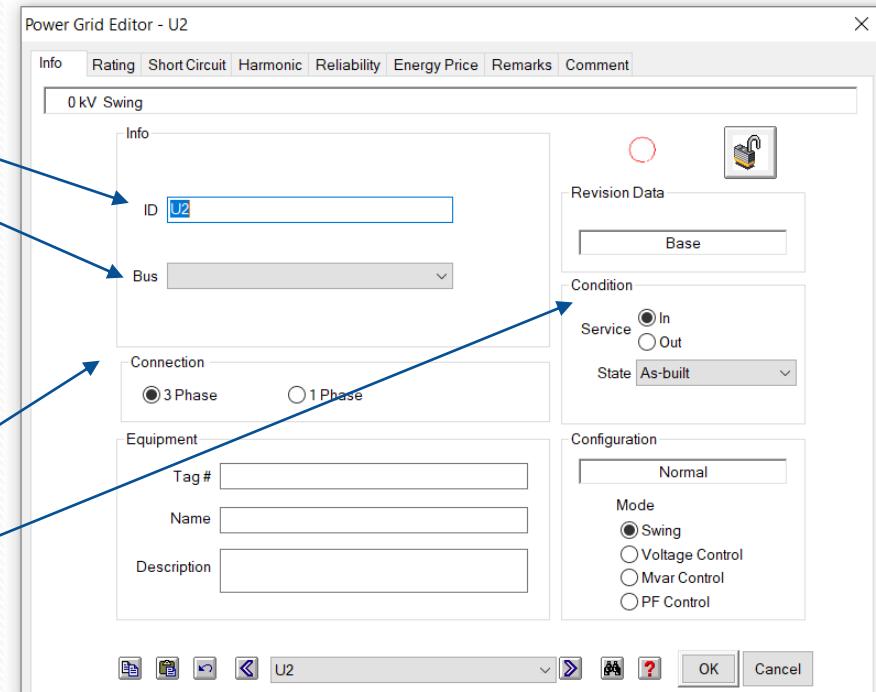
**Bus:** Ovde se prikazuje naziv sabirnice sa kojom je mreža povezana. Ako mreža nije povezana ni sa jednom sabirnicom, onda je polje prazno.

**Connection:** Mreža može biti trofazna ili monofazna što se definiše klikom na odgovarajuće dugme u okviru ove opcije.

**Condition:** *Service*

Određivanje radnih uslova mreže. Izborom opcije **In**, mreža se definiše kao aktivna. U slučaju da se izabere opcija **Out**, mreža je neaktivna i neće se uzeti u obzir.

Kartica Info



# Programski paket ETAP – 18/68

- Kreiranje šeme sistema

- Napojna mreža (*Power grid*) 

**Condition:** *State*

U okviru ove opcije moguće je izabrati stanje mreže (upravo izgrađena, nova, planirana, premeštena, modifikovana, uklonjena i dr.).

**Equipment:** *Tag*

U okviru ove opcije može se uneti naziv fidera.

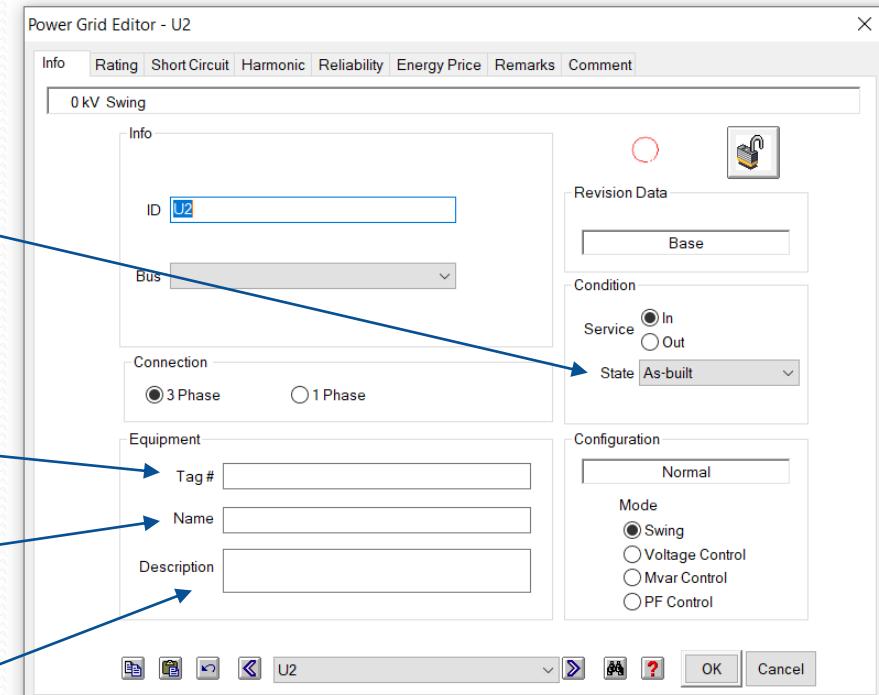
**Equipment:** *Name*

U okviru ove opcije može se uneti naziv opreme.

**Equipment:** *Description*

U okviru ove opcije može se uneti opis opreme.

Kartica Info



# Programski paket ETAP – 19/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*)

Mode: *Swing*

Jaka mreža predstavlja podrazumevani mod napojne mreže. U ovom modu se potrošačima isporučuje snaga pri čemu vrednost napona i fazni stav ostaju nepromenjeni (BLR čvor).

Mode: *Voltage Control*

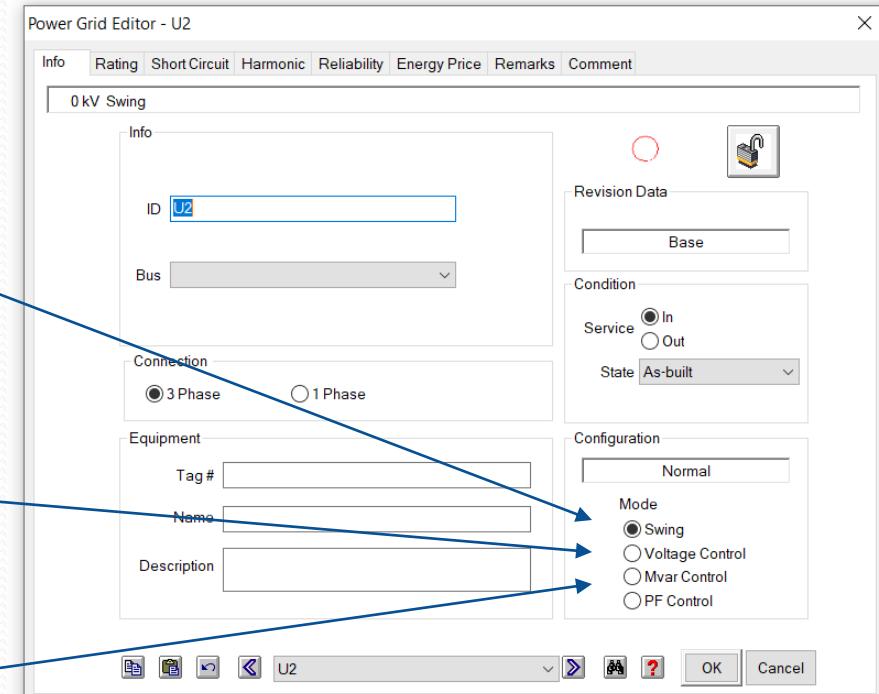
Naponski kontrolisana ili regulaciona mreža prilagođava vrednost reaktivne energije u cilju kontrole napona (PU čvor).

Mode: *Mvar Control*

Izborom ovog moda može se zadati fiksna vrednost aktivne i reaktivne snage koju mreža generiše u okviru kartice **Rating**.



Kartica Info



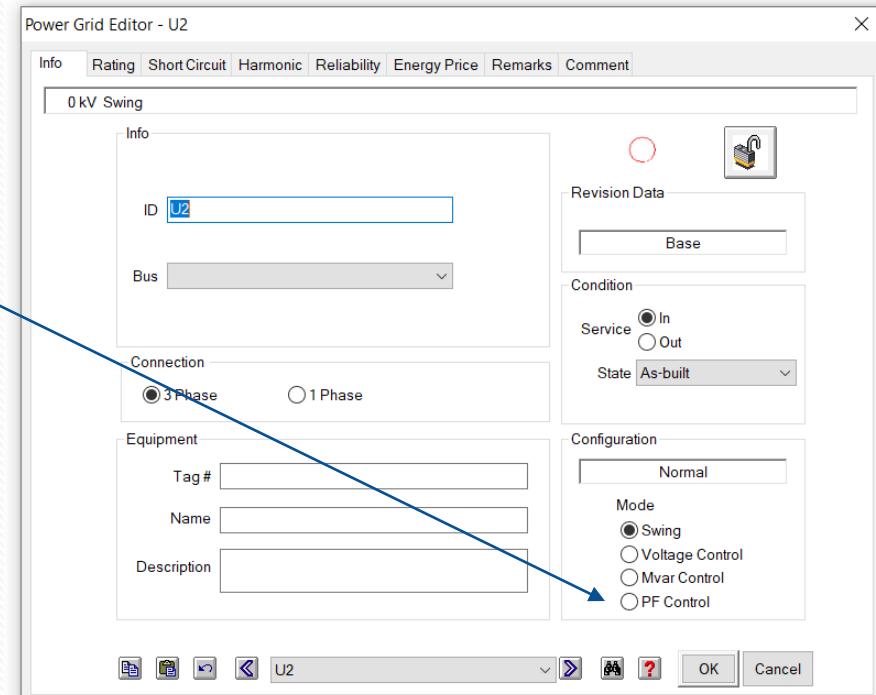
# Programski paket ETAP – 20/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*) 

Mode: *PF Control*

Kod ovog moda moguće je definisati fiksnu vrednost aktivne snage koju mreža isporučuje i faktor snage. ETAP će na osnovu ovih vrednosti izračunati reaktivnu snagu koju mreža injektira u sistem.

Kartica Info

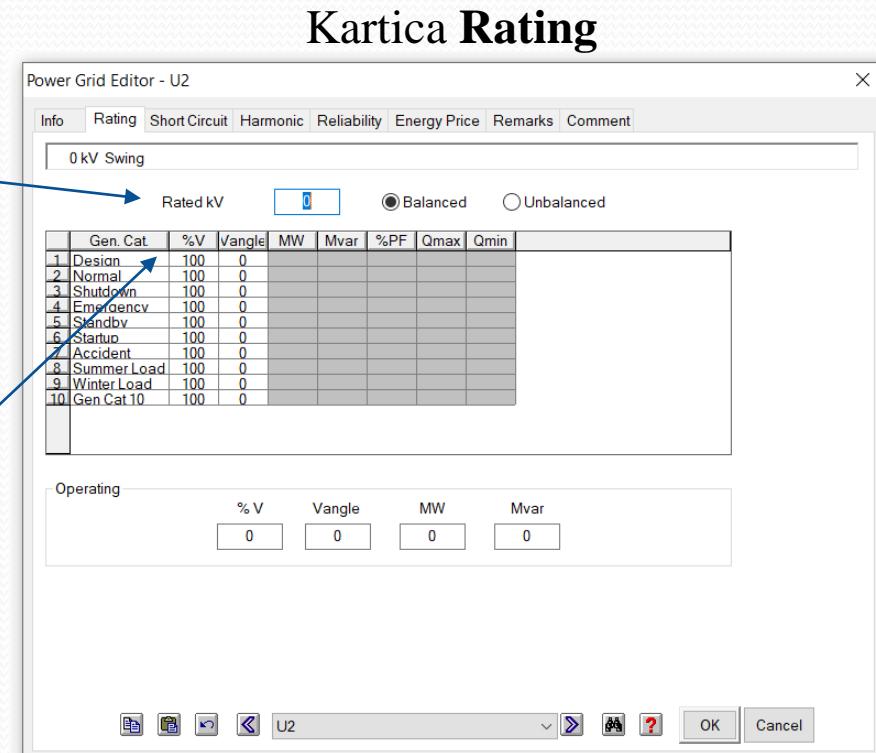


# Programski paket ETAP – 21/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*) 

**Rated kV:** Ovde se unosi naponski nivo napojne mreže. Sa desne strane ove opcije moguće je izabrati tip mreže (uravnotežena ili neuravnotežena).

**Generation Categories:** Ovde se nalaze 10 različitih kategorija koje se odnose na različita stanja mreže. Za svaku kategoriju moguće je izvršiti podešavanja snage koja se odnose na procetualnu vrednost napona (%V), ugao napona u stepenima (Vangle), aktivnu snagu (MW), reaktivnu snagu (Mvar), faktor snage (%PF), maksimalnu i minimalnu vrednost reaktivne snage (Qmax) i (Qmin). U zavisnosti od izabranog moda mreže neke opcije se ne mogu menjati.



# Programski paket ETAP – 22/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*) 

**Operating:** Nakon izvršenja proračuna tokova snaga, ovde se prikazuju podaci za efektivnu vrednost napona (%V), ugao napona (Vangle), vrednost aktivne snage (MW) i vrednost reaktivne snage (Mvar), a mogu se i uneti vrednosti koje će ETAP koristiti u zavisnosti od izabranog moda mreže.

**Kartica Rating**

Power Grid Editor - U2

Info Rating Short Circuit Harmonic Reliability Energy Price Remarks Comment

0 kV Swing

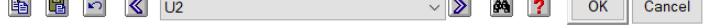
Rated kV   Balanced  Unbalanced

Gen. Cat.	%V	Vangle	MW	Mvar	%PF	Qmax	Qmin
1 Design	100	0					
2 Normal	100	0					
3 Shutdown	100	0					
4 Emergency	100	0					
5 Standby	100	0					
6 Startup	100	0					
7 Accident	100	0					
8 Summer Load	100	0					
9 Winter Load	100	0					
10 Gen.Cat.10	100	0					

Operating

% V Vangle MW Mvar

0 0 0 0

 U2 OK Cancel

# Programski paket ETAP – 23/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (Power grid) 

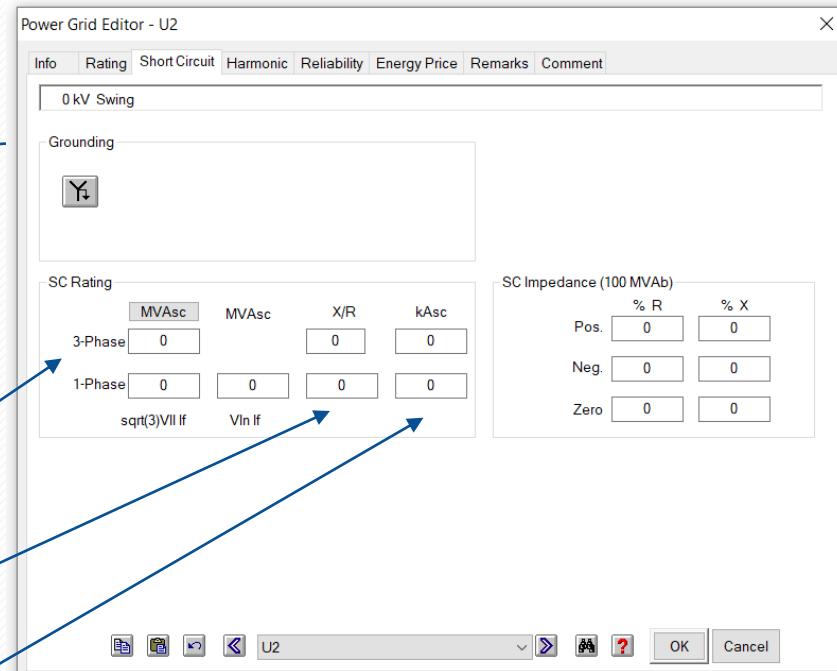
**Grounding:** U zavisnosti od sprege transformatora, moguće opcije sprege mreže su trougao ili zvezda. Izbor se vrši klikom na ikonicu na kojoj je nacrtan trougao ili uzemljena neutralna tačka.

**SC Rating:** MVAsc - Ovde treba uneti snagu trofaznog kratkog spoja. Ispod se nalazi polje u kome se prikazuje snaga jednofaznog kratkog spoja sa zemljom.

**SC Rating:** X/R - R i X predstavljaju ekvivalentnu otpornost i reaktansu mreže u tački gde se računa struja kvara.

**SC Rating:** kAsc - Ovde se može uneti vrednost subtranzijentne struje kvara.

Kartica Short Circuit

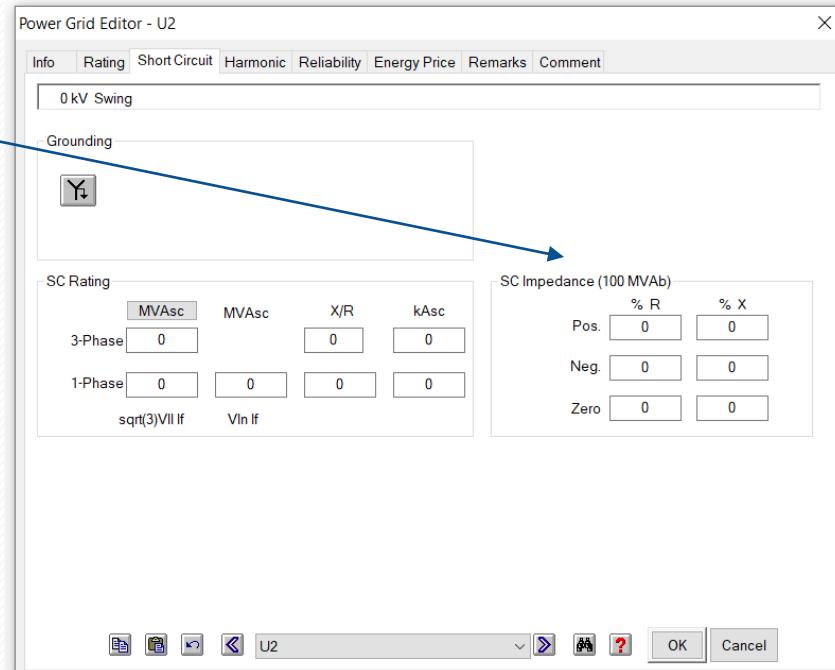


# Programski paket ETAP – 24/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*) 

**SC Impedance (100 MVA<sub>b</sub>):** Ovde se prikazuju relativne vrednosti aktivne i reaktivne otpornosti kratkog spoja mreže u procentima za sistem direktnog, inverznog i nultog redosleda, izračunate za baznu snagu od 100 MVA. Ove vrednosti izračunava ETAP na osnovu unetih vrednosti za snagu tropolnog kratkog spoja i odnos X/R.

Kartica Short Circuit



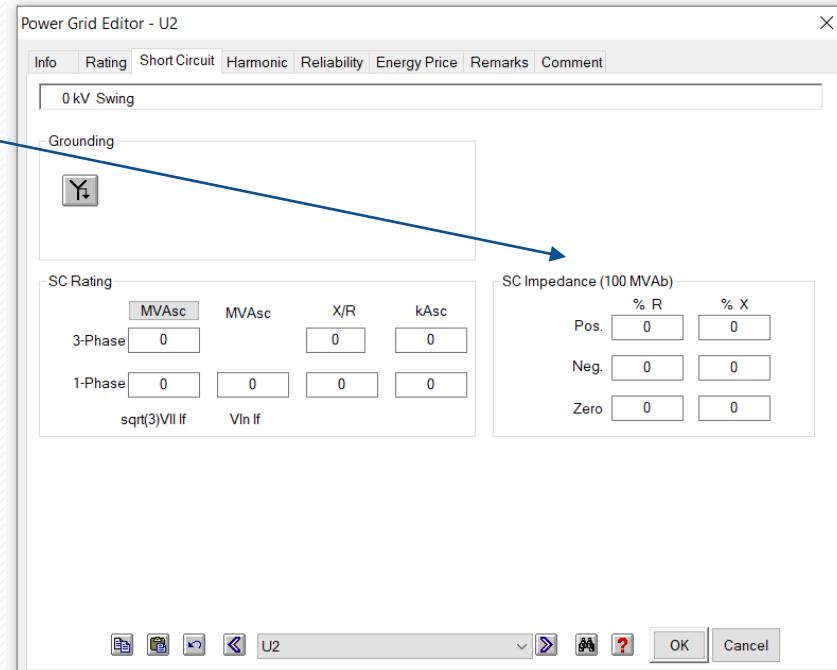
# Programski paket ETAP – 25/68

- Kreiranje šeme sistema
- Napojna mreža (*Power grid*) 

Ostale kartice prozora za definisanje parametara napojne mreže, **Harmonic**, **Reliability**, **Energy Price**, **Remarks** i **Comment**, koje redom služe za analizu harmonika, pouzdanosti, cena električne energije, razne napomene i komentare.

One nisu od interesa za proračun tokova snaga u mreži pa se neće ni razmatrati.

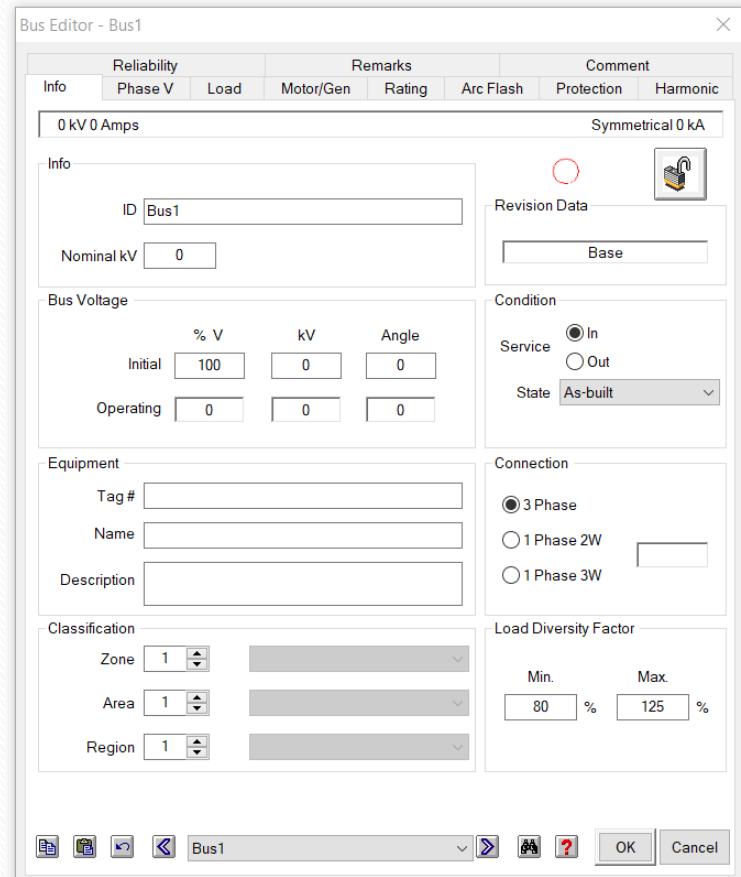
Detaljno objašnjenje opcija unutar ovih kartica može se pronaći u **Help-u ETAP-a**.



# Programski paket ETAP – 26/68

- Kreiranje šeme sistema
- Sabirnica/čvor (Bus) 

U okviru prozora za definisanje parametara sabirnice, koji se otvara dvostrukim klikom na element, moguće je izvršiti razna podešavanja sabirnice. U okviru različitih kartica ovde se mogu definisati opšte postavke, parametri koji se tiču linijskih i faznih napona sabirnice, zatim parametri vezani za pouzdanost sabirnice, itd. Pošto će sabirnica preuzeti naponski nivo mreže na koju je priključena, ostaje samo da se u okviru kartice **Info** definiše naziv sabirnice. Ostale postavke ne menjati.



# Programski paket ETAP – 27/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

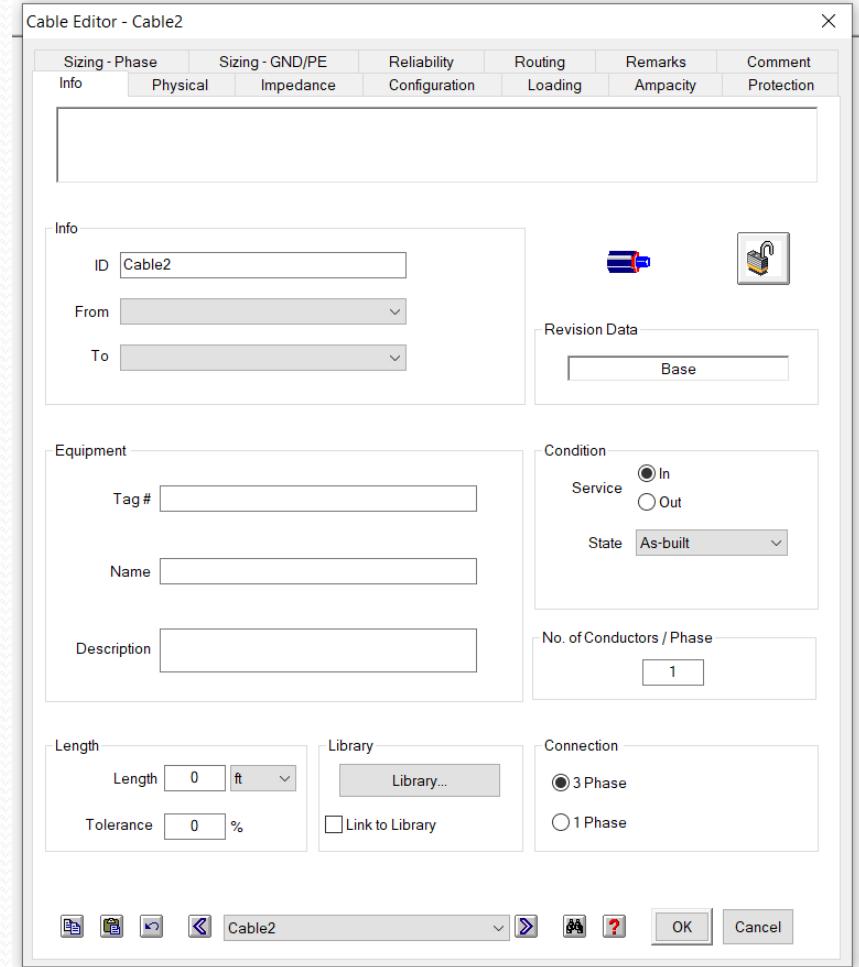
Dvostrukim klikom na ovaj element otvara se prozor kao na slici.

**Info:** *ID* - Ova opcija je ista za sve elemente u ETAP-u. U okviru nje se zadaje naziv.

**Info:** *From* - Ovde se prikazuje naziv sabirnice odakle kabl polazi.

**Info:** *To* - Ovde se prikazuje naziv sabirnice do koje kabl dolazi.

Sa desne strane se vidi ikonica sa otključanim katancem. Klikom na ovu ikonicu katanac se zaključava i sve opcije postaju neaktivne.



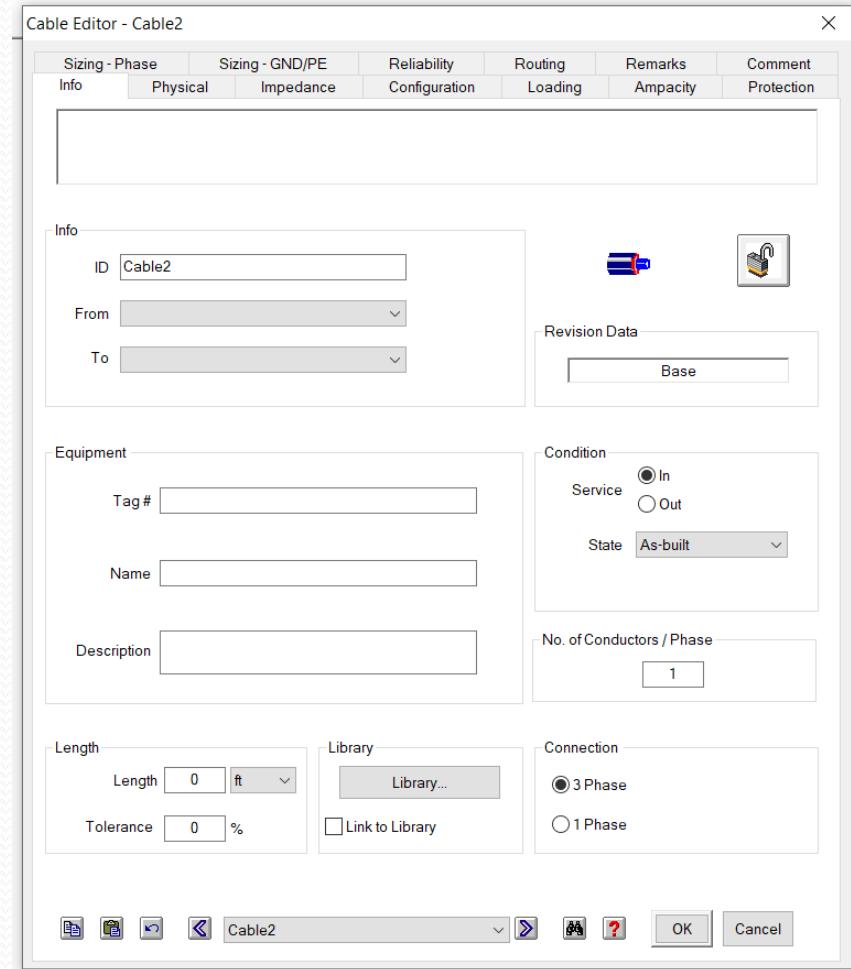
# Programski paket ETAP – 28/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

**Length:** *Length* - U ovom polju se unosi dužina kabla a sa desne strane iz padajuće liste biraju se jedinice mere. U ponudi su stope (ft), milje (mile), metri (m) i kilometri (km).

**Length: Tolerance** - U okviru ove opcije je moguće navesti odstupanje dužine kabla od planirane.

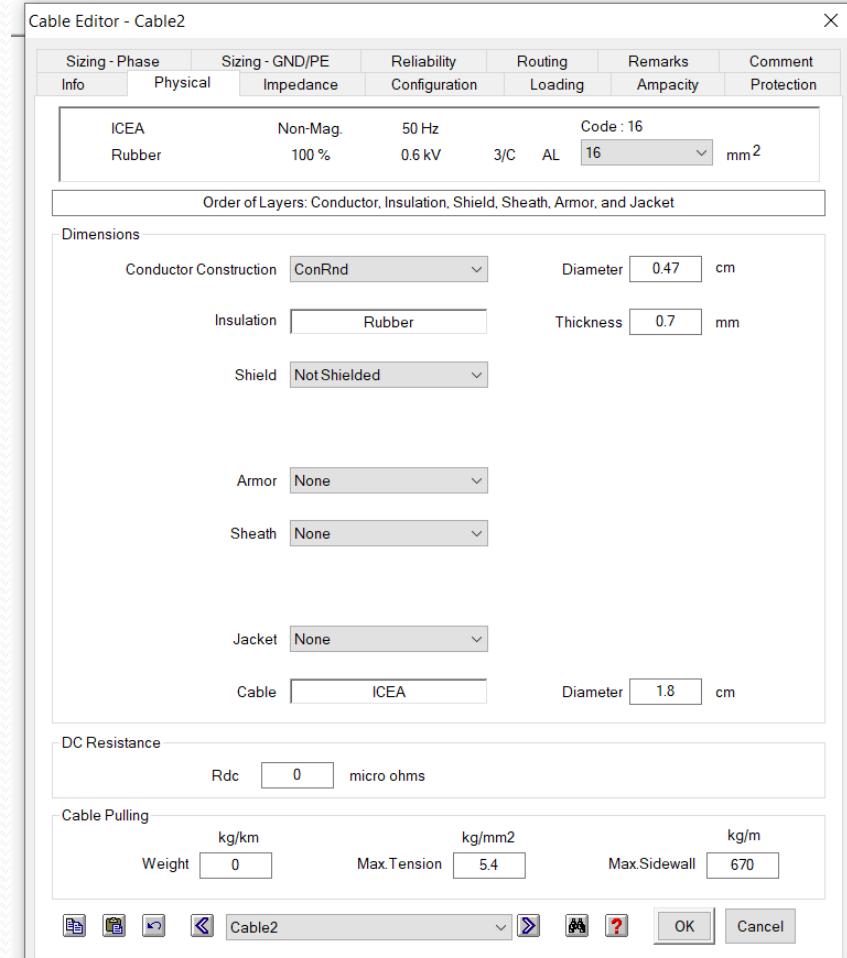
**Library:** Klikom na dugme **Library...** otvara se biblioteka kablova odakle se bira kabl određenih karakteristika. Karakteristike kabla su određene prema standardu ili su preuzete iz kataloga proizvođača.



# Programski paket ETAP – 29/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

U okviru kartice **Physical**, moguće je izabrati: presek provodnika, konstrukciju provodnika, prečnik provodnika, debljinu izolacije, postojanje ekrana kabla, postojanje armature i njenog tipa ako postoji, postojanje električne zaštite i materijala od koga je napravljena ako postoji, materijal zaštitnog plašta, prečnik provodnika, otpornost pri jednosmernoj struji, težinu kabla, maksimalni pritisak koji kabl može izdržati bez oštećenja i maksimalni pritisak bočnih zidova kabla.



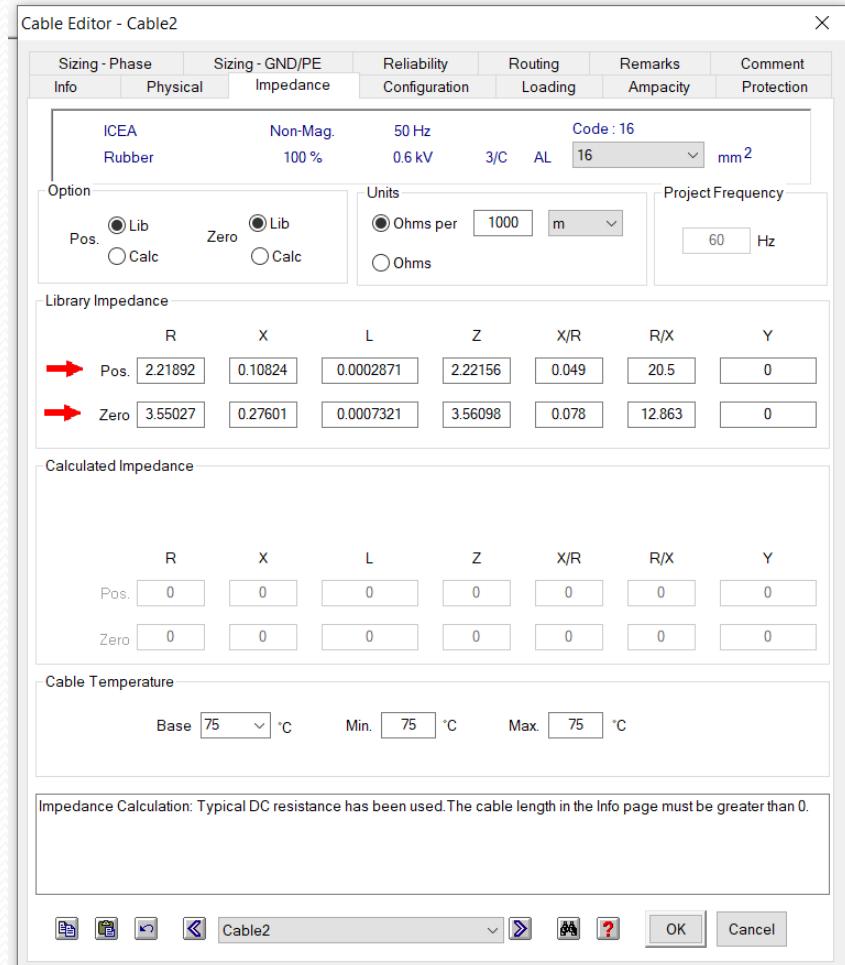
# Programski paket ETAP – 30/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

U okviru biblioteke kablova nalaze se podaci o aktivnoj i reaktivnoj otpornosti kabla. Međutim, ove vrednosti se mogu promeniti u okviru kartice **Impedance**.

**Option:** Ovde korisnik može izabrati jednu od dve opcije: **Lib** ili **Calc** za sistem direktnog i/ili nultog redosleda.

**Units:** Kao jedinice za izražavanje impedanse kabla mogu se koristiti omi po jedinici dužine (stope, milje, metri ili kilometri) ili samo omi, što se bira u okviru ove opcije.

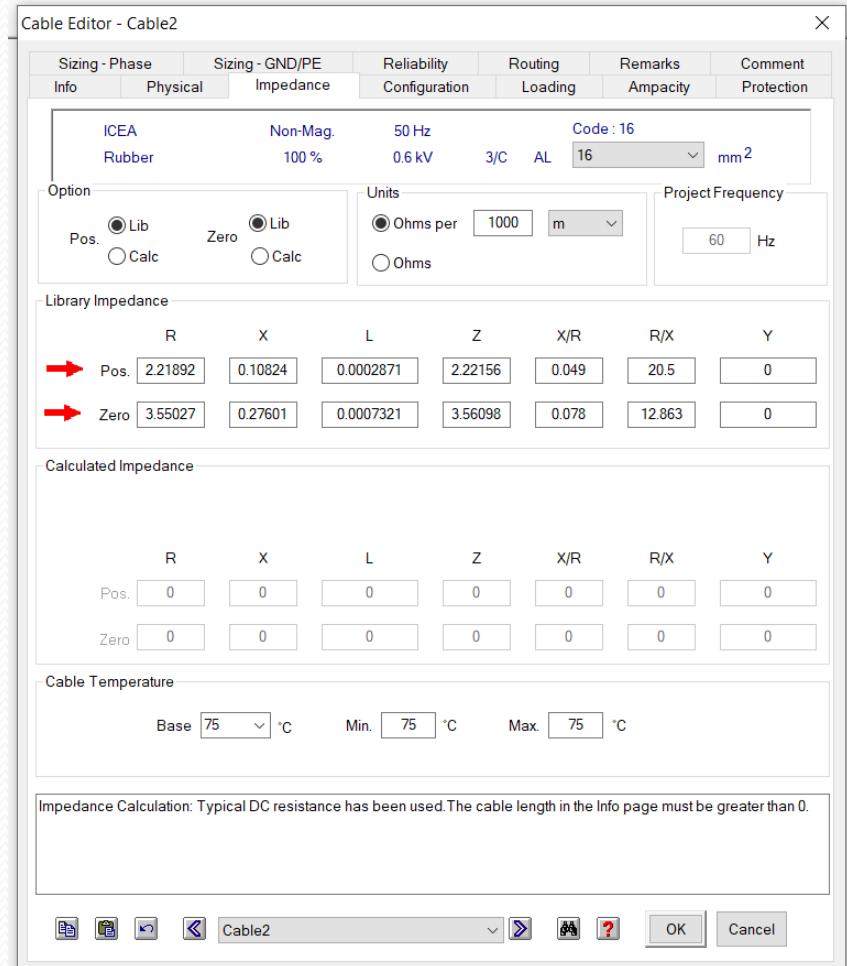


# Programski paket ETAP – 31/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

**Project frequency:** Dve su standardne vrednosti frekvencije elektroenergetskog sistema, 50 Hz ili 60 Hz.

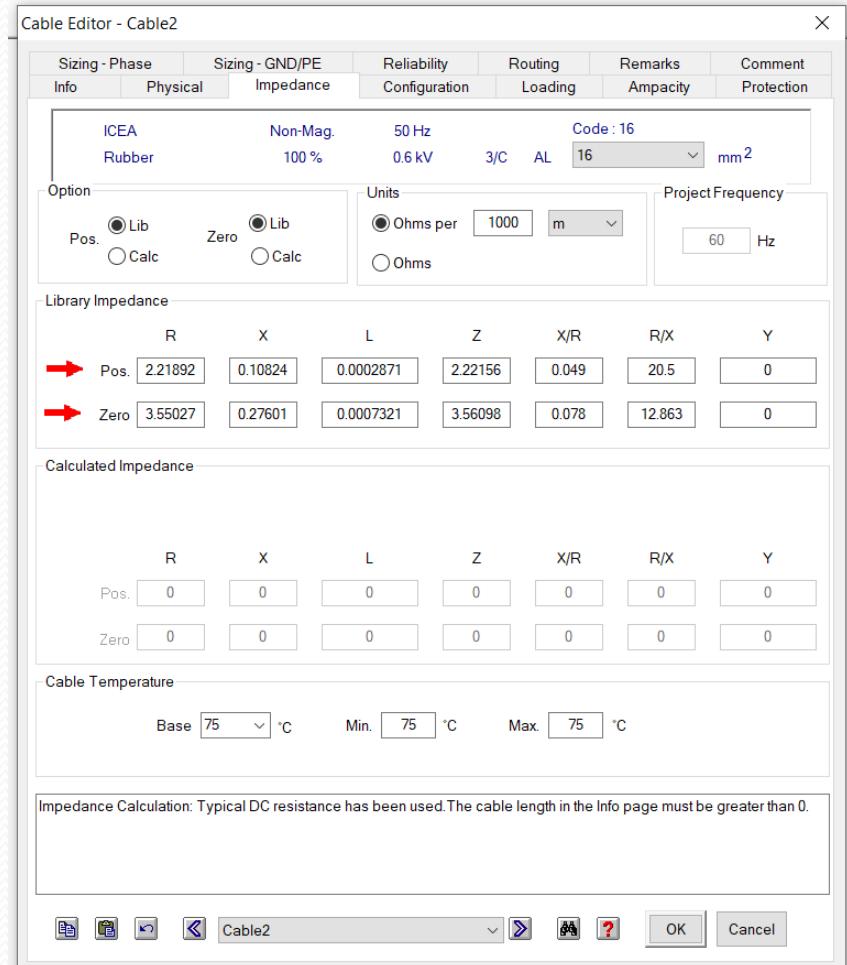
**Library Impedance:** Ako je u okviru polja **Option** korisnik izabrao dugme **Lib**, crvene strelice će pokazivati na sledeće parametare: R, X, L, Z, X/R, R/X, Y za direktni i/ili nulti redosled. U ovom slučaju ETAP navedene parametre uzima iz biblioteke koja je formirana na osnovu kataloga proizvođača.



# Programski paket ETAP – 32/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

**Calculated Impedance:** Ovo polje će biti aktivno samo ako je u oviru polja **Option** korisnik izabrao dugme **Calc.** Tada će crvene strelice pokazivati na parametare: R, X, L, Z, X/R, R/X, Y za direktni i/ili nulti redosled koji se u ovom slučaju računaju na osnovu jednačina iz standarda IEC 60909-3, IEC60287-1-1 i ICEA P-34-359. U zavisnosti od toga po kojim jedinicama dužine je izabrana otpornost, ETAP automatski preračunava vrednosti navedenih parametara.

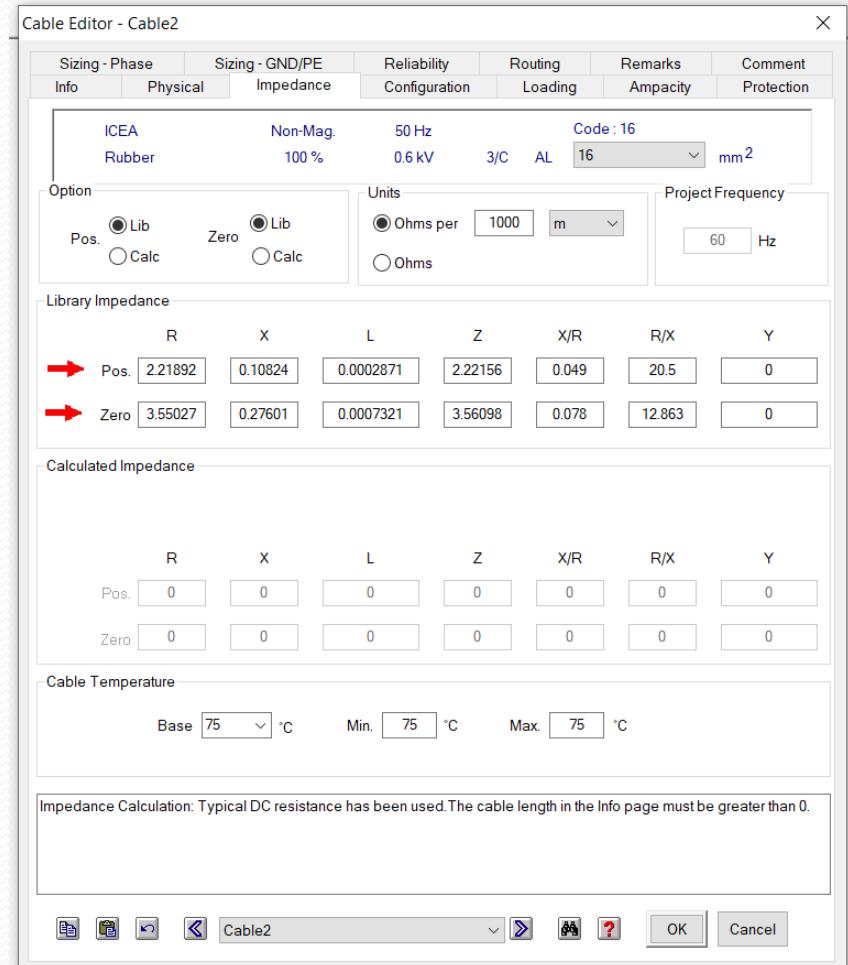


# Programski paket ETAP – 33/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

**Cable Temperature: Base Temperature -**  
Ovde se unosi bazna vrednost temperature u °C na koju se odnose unesene vrednosti parametara kabla.

**Cable Temperature: Minimum & Maximum Temperature -** Minimalna i maksimalna radna temperature provodnika koriste se u pojedinim analizama, uglavnom za preračunavanje otpornosti. Najčešće se koristi podatak za maksimalnu radnu temperaturu.

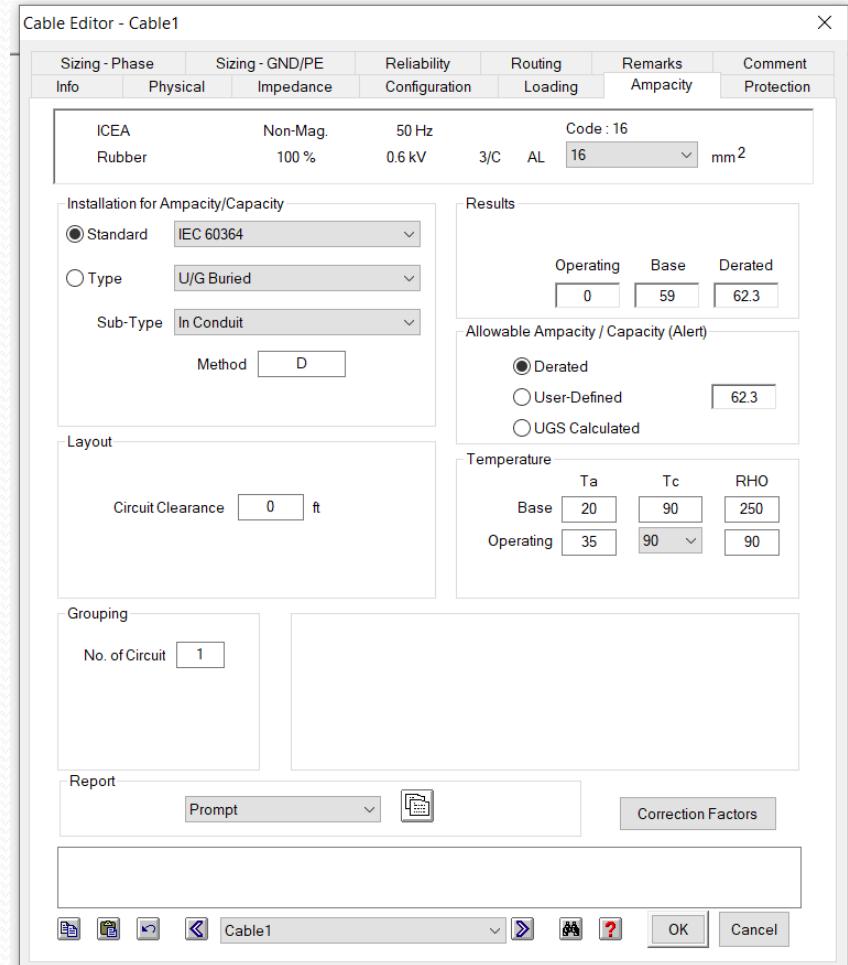


# Programski paket ETAP – 34/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

U okviru kartice **Ampacity** mogu se definisati sledeći korekcioni faktori: korekcioni faktor za temperaturu  $k_{\theta}$ , korekcioni faktor za termičku otpornost tla  $k_{\lambda}$  i korekcioni faktor za grupno polaganje kablova  $k_n$ .

**Installation for Ampacity/Capacity:** U ovom polju nudi se izbor standarda po kome će biti utvrđeni uslovi polaganja i tip instalacije kablova. U okviru polja **Method**, može se videti oznaka tipa polaganja kablova, u ovom slučaju je to slovo D koje se odnosi na podzemno polaganje.



# Programski paket ETAP – 35/68

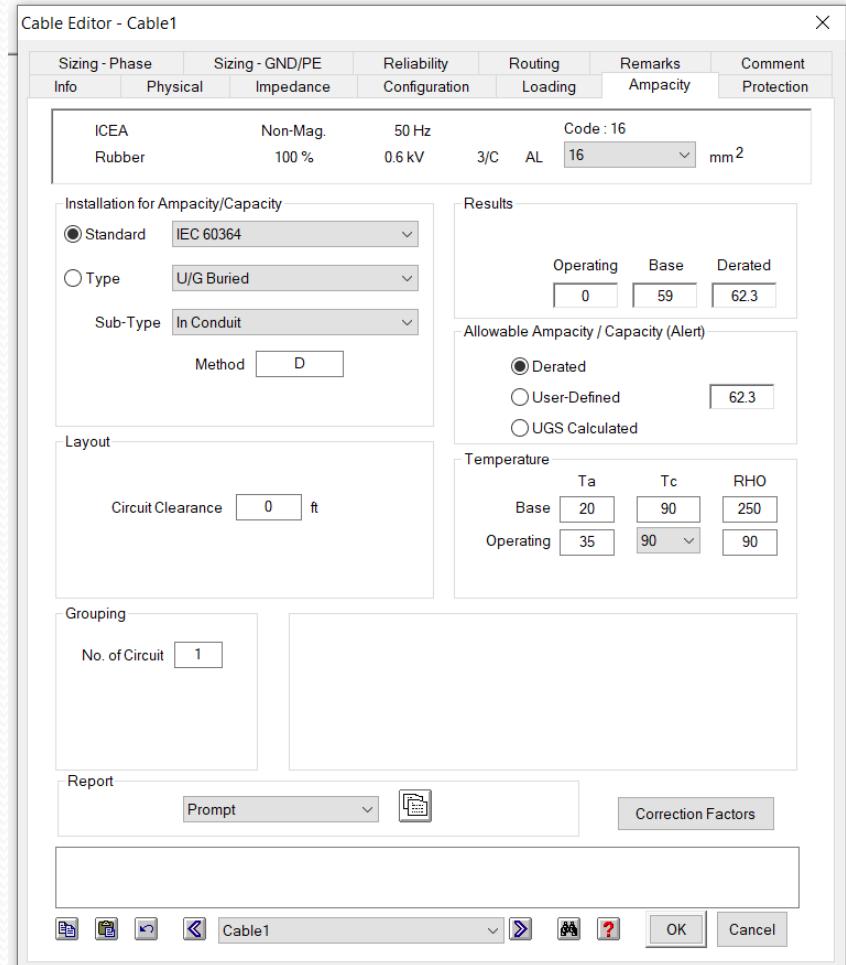
- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

**Layout:** U slučaju da postoji više od jednog strujnog kola, onda se ovde unosi razmak između njih.

**Grouping:** Ovde se unosi broj stujnih kola i na osnovu njega se određuje faktor  $k_n$ .

**Results:** *Operating* - Ovo polje prikazuje zahtevanu struju opterećenja za kabl.

Korisniku je korisno da na jednom mestu vidi zahtevanu temperaturu zajedno sa temperaturom koja se postiže za izabrani tip kabla u baznim (**Base**) i realnim (**Derated**) radnim uslovima.

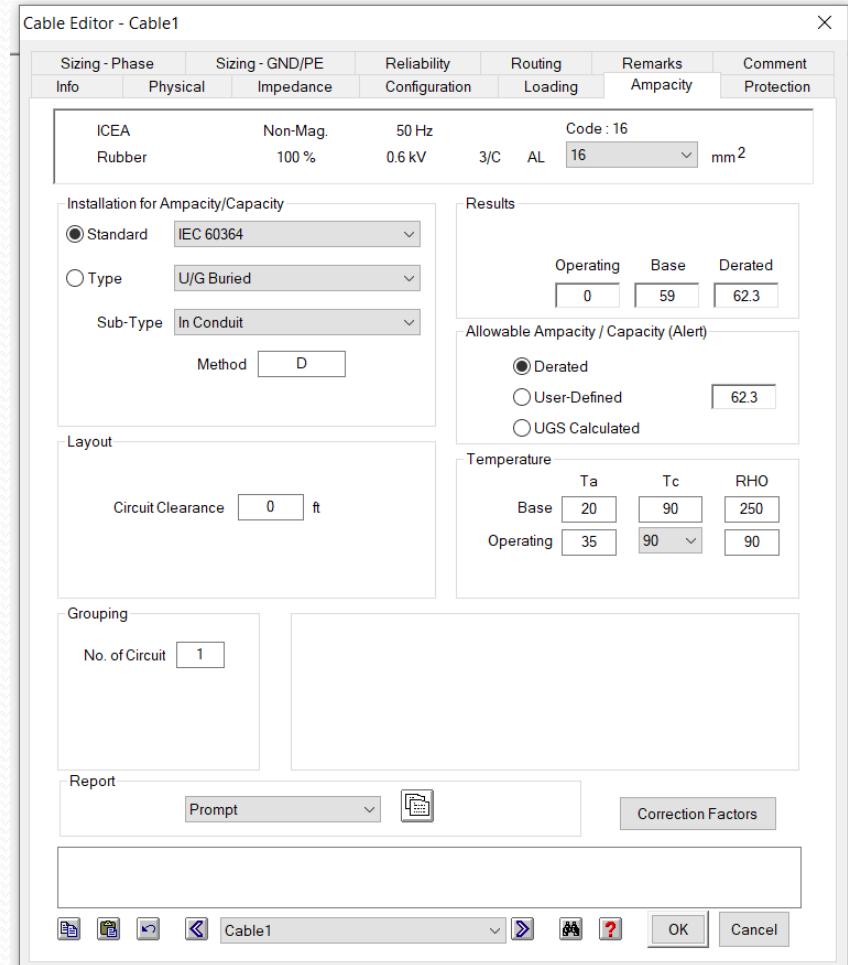


# Programski paket ETAP – 36/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

**Allowable Ampacity / Capacity (Alert):**  
Ovo je maksimalna trajno dozvoljena struja kabla. Ova struja može biti jednaka onoj koja je izračunata uzimajući u obzir realne radne uslove eksplotacije (**Derated**), može je korisnik definisati (**User-Defined**) ili se može preuzeti iz modula za proračun opterećenja kablova i prikaz podzemnih trasa (**UGS Calculated**).

**Temperature:** U ovom polju nalaze se informacije o temperaturi kabla i specifičnoj toplotnoj otpornosti zemlje za slučaj da se radi o kablovskom vodu.

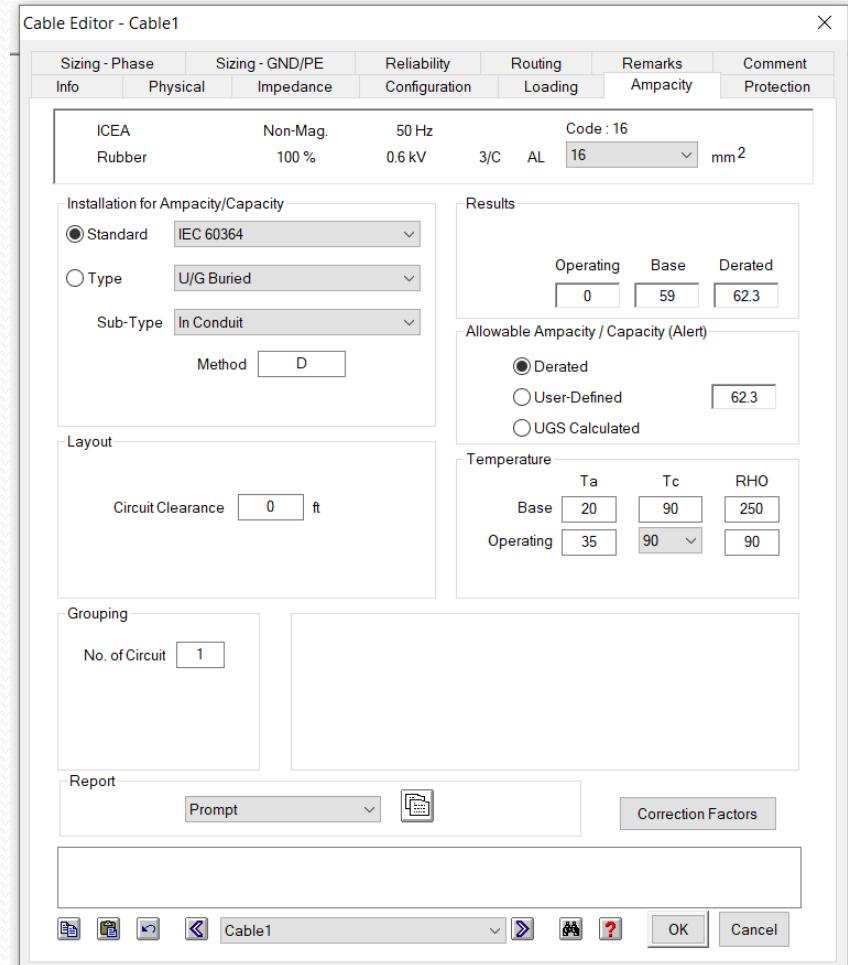


# Programski paket ETAP – 37/68

- Kreiranje šeme sistema
- Kabl (Cable) 

Klikom na dugme **Correction Factors** moguće je videti vrednosti korekcionih faktora za temperaturu, termičku otpornost tla i za grupno položena strujna kola.

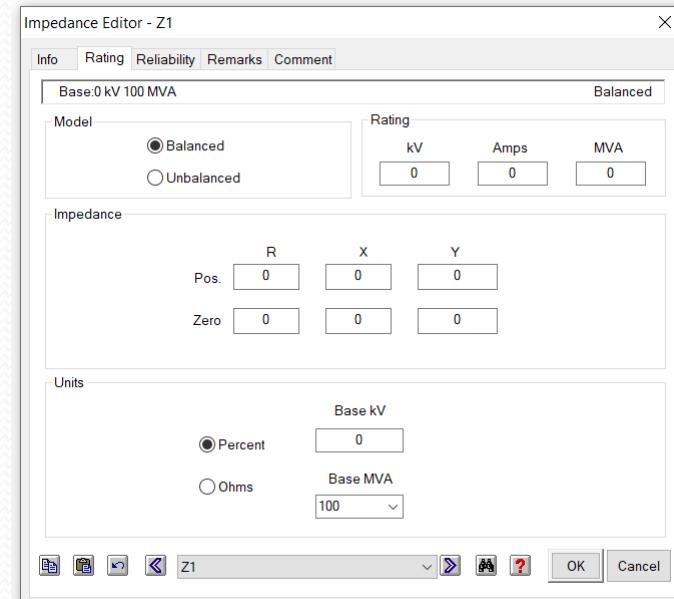
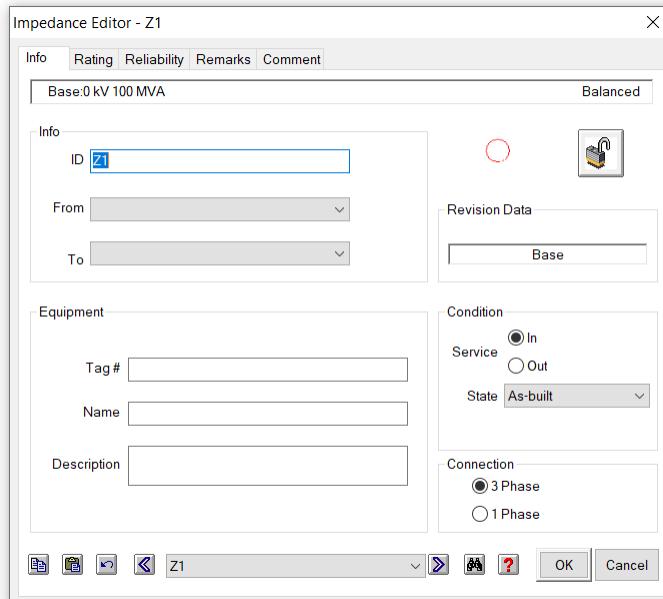
Prozor za definisanje parametara kablova, osim pomenutih, ima niz drugih kartica unutar kojih se mogu definisati parametri za određene analize. Dimenzionisanje kabla i izbor optimalnog preseka provodnika kabla prema nekoj struji moguće je izvršiti u okviru kartice **Sizing-Phase**. Pre toga, u okviru kartice Loading, treba definisati zahtevanu struju opterećenja.



# Programski paket ETAP – 38/68

- Kreiranje šeme sistema
- Impedansa (*Impedance*) 

Kablovi i vodovi se mogu predstaviti pomoću impedance. Podaci koje je neophodno uneti/odabratи su sledeći: naziv, povezanost, tip, model, napon, otpornost, reaktansu i susceptansu direktnog i nultog redosleda (u absolutnim ili relativnim jedinicama).



# Programski paket ETAP – 39/68

- Kreiranje šeme sistema
- Opterećenje (*Load*)

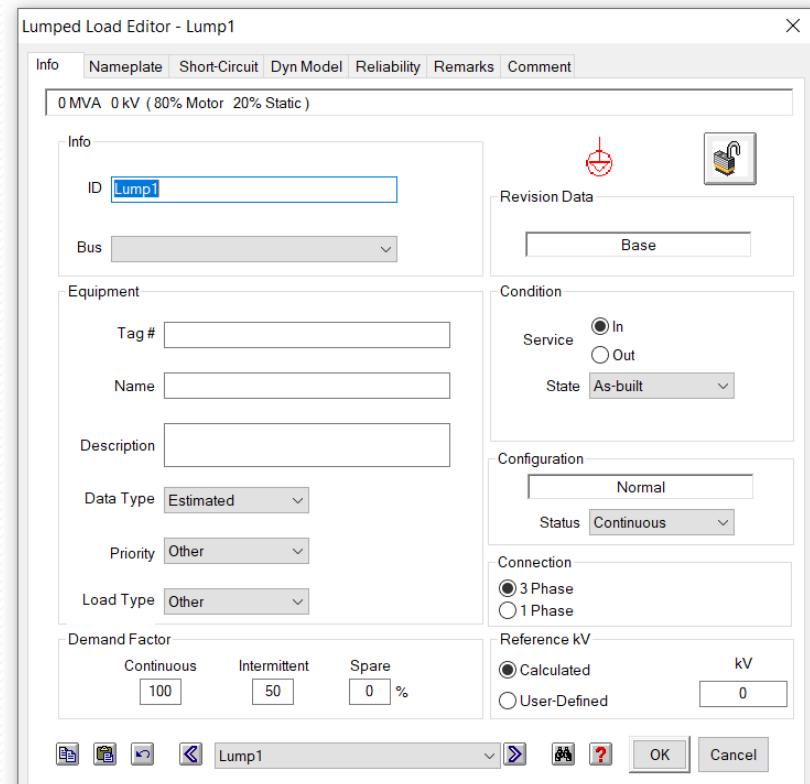


Trofazni potrošači se mogu predstaviti modelom konstantne snage, konstantne struje, konstantne impedanze ili preko procentualnog učešća svakog od tri navedena modela.

Monofazni potrošači se mogu predstaviti samo modelima konstantne impedanse i konstantne snage. Prethodno se odnosi na aktivno opterećenje (**Lumped Load**).

Pasivno opterećenje (**Static Load**) nema mogućnost izbora tipa potrošača.

Za modelovanje potrošača u mreži, iz AC palete alatki koristi se aktivno opterećenje.



# Programski paket ETAP – 40/68

- Kreiranje šeme sistema
- Opterećenje (*Load*)

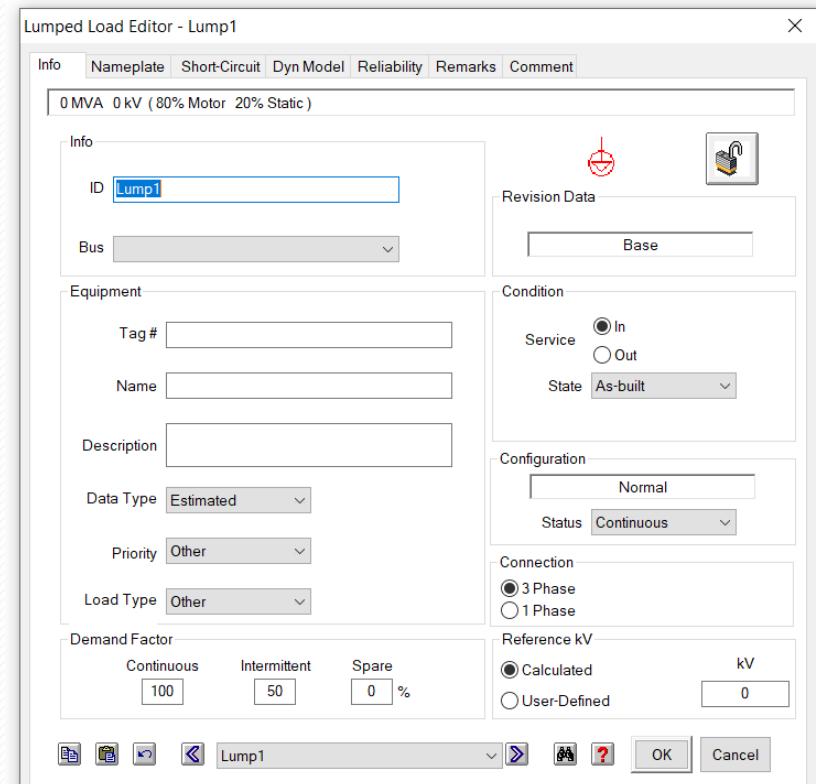


Pojedine opcije u okviru prozora sa slike su identične kao kod napojne mreže.

Nove opcije su **Data type**, **Priority** i **Load Type**. Padajuća lista **Data type** predstavlja zgodan način za praćenje unosa podataka o karakteru opterećenja.

Iz padajuće liste **Priority** korisnik može izabrati prioritet snabdevanja potrošača.

U okviru polja **Configuration** iz padajuće liste *Status* moguće je izabrati režim rada opterećenja. U ponudi su kontinualni (*Continuous*), isprekidani (*Intermittent*) i rezervni (*Spare*).



# Programski paket ETAP – 41/68

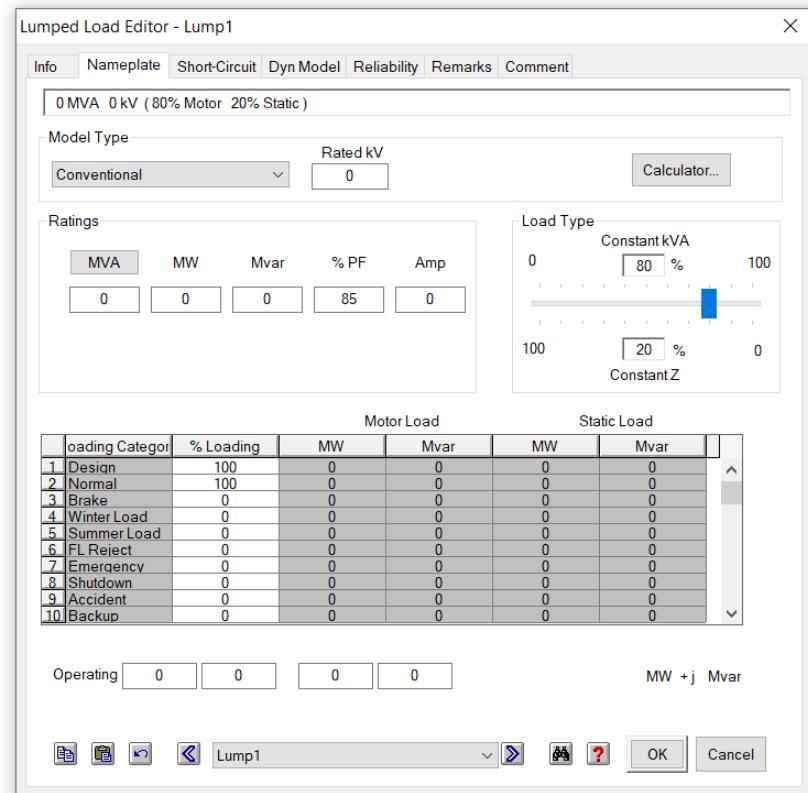
- Kreiranje šeme sistema
- Opterećenje (*Load*)



Najbitnija kartica unutar koje se definiše opterećenje faza i karakter opterećenja jeste kartica **Nameplate**, prikazana na slici.

U okviru polja **Model Type** iz padajuće liste bira se karakter opterećenja. U ponudi su konvencionalno, neuravnoteženo, eksponencijalno, polinomsко и kombinovano koje kombinuje sva tri prethodna. Razlika između pojedinih tipova je u načinu određivanja aktivne i reaktivne snage.

U polju **Load Type** može se definisati karakter potrošača. Tabela **Loading Category** je slična tabeli za slučaj mreže.



# Programski paket ETAP – 42/68

- Kreiranje šeme sistema
- Opterećenje (*Load*)



Ako je kao tip opterećenja izabранo neuravnoteženo (*Unbalanced*), onda će se u okviru kartice **Ratings** pojaviti tri reda polja koja se odnose na faze A, B i C i pet kolone koje se odnose na definisanje prividne snage, aktivne snage, reaktivne snage, faktora snage i opterećenja u amperima gledajući s leva na desno. U ovim poljima potrebno je definisati snagu svake faze (obično prividnu) i faktor snage. Pritiskom na dugme **MVA** u prvoj koloni, menjaju se jedinice za snagu u kVA, kW i kvar.

Lumped Load Editor - Lump1

Rating Category	Loadin	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
1 Design	100	0	0	0	0	0	0
2 Normal	100	0	0	0	0	0	0
3 Brake	0	0	0	0	0	0	0
4 Winter Load	0	0	0	0	0	0	0
5 Summer Load	0	0	0	0	0	0	0
6 FL Reject	0	0	0	0	0	0	0
7 Emergency	0	0	0	0	0	0	0
8 Shutdown	0	0	0	0	0	0	0
9 Accident	0	0	0	0	0	0	0
10 Backup	0	0	0	0	0	0	0

Operating ----- A ----- ----- B ----- ----- C -----  
MW Mvar

Info Nameplate Short-Circuit Dyn Model Reliability Remarks Comment

0 MVA 0 kV (80% Motor 20% Static 0% Current)

Model Type: Unbalanced Rated kV: 0

Ratings:

	MVA	MW	Mvar	% PF	Amp
AB	0	0	0	0	0
BC	0	0	0	0	0
CA	0	0	0	0	0

Load Type:

Constant MVA	80	%
Constant Z	20	%
Constant I	0	%

Buttons: Back, Forward, Save, Lump1, OK, Cancel

# Programski paket ETAP – 43/68

- Kreiranje šeme sistema

- **Transformator (Transformer)** 

Podatke koje je potrebno uneti/odabrat za transformatore su: nazivni napon i snaga, procentualne vrednosti impedanse za direktni i nulti redosled i odnosi reaktivne i aktivne otpornosti, podaci vezani za regulacioni namotaj, sprega namotaja, vrsta uzemljenja i njeni parametri za sve namotaje, fazni pomak između namotaja.

- **Generator (Generator)** 

Podatke koje je potrebno uneti/odabrat za generator su: nazivna aktivna snaga, napon, faktor snage, prividna snaga, stepen iskorišćenja i broj polova. Zavisno od izabranog načina modeliranja generatora, mogu se uneti različiti podaci. Tako za kontrolu napona i njegovog faznog stava unose se procentualna vrednost nazivnog napona i njegov fazni stav. Za kontrolu napona unosi se vrednosti napona i aktivne snagu, za kontrolu reaktivne snage unose se aktivna i reaktivna snaga, dok se za kontrolu faktora snage unose aktivna snaga i faktor snage. Preostali neophodni podaci su vrednosti reaktanse i otpornosti, kao i njihovi odnosi za inverzni i nulti redosled, sprega i vrsta uzemljenja.

# Programski paket ETAP – 44/68

- Kreiranje šeme sistema

- **Sinhroni motor (Synchronous Motor)** 

Neophodni podaci za sinhroni motor su: faktori potražnje za kontinualni i intermitentni režim rada, broj motora, nazivna snaga, napon, faktor snage i faktori snage pri 100%, 75% i 50% opterećenju, nazivni stepen iskorišćenja i stepen iskorišćenja pri 100%, 75% i 50% opterećenju, vrednosti nazivne snage za različite kategorije potrošača, vrednosti reaktanse i otpornosti, kao i njihovi odnosi za inverzni i nulti redosled, sprega namotaja i vrsta uzemljenja.

- **Asinhrona mašina (Induction Machine)** 

Neophodni podaci za asinhronu mašinu su: faktori potražnje za kontinualni i intermitentni režim rada, broj motora, nazivna snaga, napon, faktor snage i faktori snage pri 100%, 75% i 50% opterećenju, nazivni stepen iskorišćenja i stepen iskorišćenja pri 100%, 75% i 50% opterećenju, procentualne vrednosti nazivne snage za različite kategorije potrošača, vrednosti reaktanse za nulti i inverzni redosled, odnos X/R, sprega i vrsta uzemljenja.

# Programski paket ETAP – 45/68

- Kreiranje šeme sistema
- Vetrogenerator (*Wind Turbine Generator*) 

Neophodni podaci za vetrogenerator: nazivna snaga, nazivni napon, nazivni faktor snage, nazivni stepen iskorišćenja, vrednosti nazivne snage za različite kategorije potrošača, broj polova, vrednosti reaktanse i otpornosti, kao i njihovi odnosi za direktni, inverzni i nulti redosled, vremenska konstanta  $T_d'$ , sprega namotaja, vrsta uzemljenj. Postoji i mogućnost odabira gotovih modela (jednokaveznih ili dvokaveznih) vetrogeneratora iz baze podataka ETAP-a.

Pored ovih podataka, potrebno je definisati karakteristične podatke o turbini, bilo izborom podataka o turbini iz biblioteke ili ručnim unosom potrebnih podataka. To su podaci o rotoru, gustini vazduha i brzini vazduha, koji se koriste za generisanje karakteristike snage u odnosu na brzinu vetra. Takođe, potrebno je uneti informacije o vetu koje ETAP može da koristi za kreiranje profila vetra za jednu turbinu ili grupu turbina. Prosečna osnovna brzina se koristi za proračune tokova snaga, dok se ostala polja koriste samo u slučaju proračuna stabilnosti.

# Programski paket ETAP – 46/68

- Kreiranje šeme sistema
- Fotonaponski panel/niz (*PV array*) 

PV niz može biti sastavljen od više fotonaponskih panela, vezanih redno ili paralelno. Neophodni podaci su: nazivna snaga, odstupanje snage od nazivne snage, maksimalni (vršni) napon panela, napon otvorenog kola, efikasnost panela, maksimalna (vršna) struja panela, struja kratkog spoja, faktor popunjenoosti (*fill factor*), broj panela, fizičke karakteristike panela i tehnički podaci o invertoru.

Menjanjem temperature i solarne iradijanse moguće je uticati na performanse PV panela. Ove parametre je takođe moguće menjati ili ostaviti na podrazumevane vrednosti.

Postoji i mogućnost odabira gotovih modela solarnih panela iz baze podataka ETAP-a. Na osnovu gore navedenih podataka, formiraju se krive zavisnosti I-V i P-V.

# Programski paket ETAP – 47/68

- Kreiranje šeme sistema
- Invertor (*Inverter*) 

Neophodni podaci za invertor su: faktori potražnje za kontinualni i intermitentni režim rada, aktivna snaga sa jednosmerne strane, jednosmerni napon, nazivni stepen iskorišćenja, naizmenični napon, faktor snage.

U zavisnosti od izabrane kontrolisane veličine na naizmeničoj strani unose se procentualna vrednost nazivnog napona i njegov fazni stav, za naponsku kontrolu procentualna vrednost nazivnog napona i aktivna snaga, za kontrolu reaktivne snage aktivna i reaktivna snaga i za kontrolu faktora snage aktivna snaga i faktor snage.

- Ispravljač (*Charger*) 

Neophodni podaci za ispravljač su: faktori potražnje za kontinualni i intermitentni režim rada, nazivna snaga, nazivni stepen iskorišćenja, nazivni napon, nazivni faktor snage, i nazivni jednosmerni napon.

# Programski paket ETAP – 48/68

- Kreiranje šeme sistema

- Kondenzatorska baterija (*Capacitor*) 

Neophodni podaci za kondenzatorske baterije su: faktori potražnje za kontinualni i intermitentni režim rada, nazivni napon, snaga kondenzatorske baterije, broj kondenzatorskih baterija.

- Statički Var kompenzator (*Static Var compensator*) 

Neophodni podaci za statički Var kompenzator su: nazivni napon, procentualne vrednosti za maksimalni i minimalni napon, induktivna i kapacitivna reaktivna snaga, maksimalne vrednosti za induktivnu i kapacitivnu reaktivnu snagu, i podaci vezani za harmonike (procentualne vrednosti u odnosu na osnovni harmonik), ako postoje.

- Pasivni filter (*Harmonic Filter*) 

Neophodni podaci za pasivni filter su: tip filtera (prost uskladen filter, visokopropusni filter prvog reda, filter drugog reda, filter trećeg reda i C-filter), nominalna snaga filterskog kondenzatora, nominalni i maksimalni (vršni) napon kondenzatora, maksimalna struja kroz prigušnicu, reaktansa prigušnice i faktor dobrote prigušnice .

# Programski paket ETAP – 49/68

## ● Proračun tokova snaga

Nakon kreiranja jednopolne šeme razmatranog sistema i unošenja neophodnih tehničkih podataka za svaki element sistema, može se izvršiti analiza tokova snaga. Jedan od rezultata ove analize jeste vrednost napona na svakom potrošaču. S obzirom na to da ETAP softver ima 14 vrsta analiza koje se mogu izvršiti, pristupanje analizi tokova snaga vrši se klikom na dugme **Load Flow Analysis**  koje se nalazi u okviru palete alatki za izbor moda. Čim se klikne na pomenuto dugme, otvaraju se palette sa alatkama, kao što je prikazano na narednoj slici.



Pored ove analize, ETAP program nudi mogućnost proračuna tokova snaga u kolima jednosmerne struje (**DC Load Flow Analysis**), proračuna tokova snaga u neuravnoteženim sistemima (**Unbalanced Load Flow Analysis**), proračuna optimalnih tokova snaga (**Optimal Power Flow**), kao i proračuna harmonijskih tokova snaga (**Harmonic Analysis**). Ove funkcije će biti predstavljene na nekom od budućih kurseva.

# Programski paket ETAP – 50/68

## ● Proračun tokova snaga

Klikom na dugme „**Pokretanje analize tokova snaga**“  (Run Load Flow) vrši se proračun tokova snaga, nakon čega se pored potrošača na jednopolnoj šemi sistema prikazuju rezultati. U zavisnosti od zahteva korisnika, rezultati mogu biti vrednosti napona čvorova u apsolutnim ili procentualnim vrednostima, vrednosti struje kroz kablove/vodove, vrednosti aktivne i/ili reaktivne snage, vrednosti gubitaka, padova napona, itd. Podešavanja prikaza rezultata vezana za analizu tokova snaga vrše se klikom na dugme uokvireno plavom bojom.



Klikom na ovo dugme otvara se prozor koji se sastoji od pet kartica: **Info, Loading, Adjustment, Alert i Emergency**.

# Programski paket ETAP – 51/68

## ● Proračun tokova snaga

### Kartica Info:

**Study Case ID:** U ovom polju unosi se naziv studije.

**Method:** Raspoložive metode za proračun tokova snaga su:

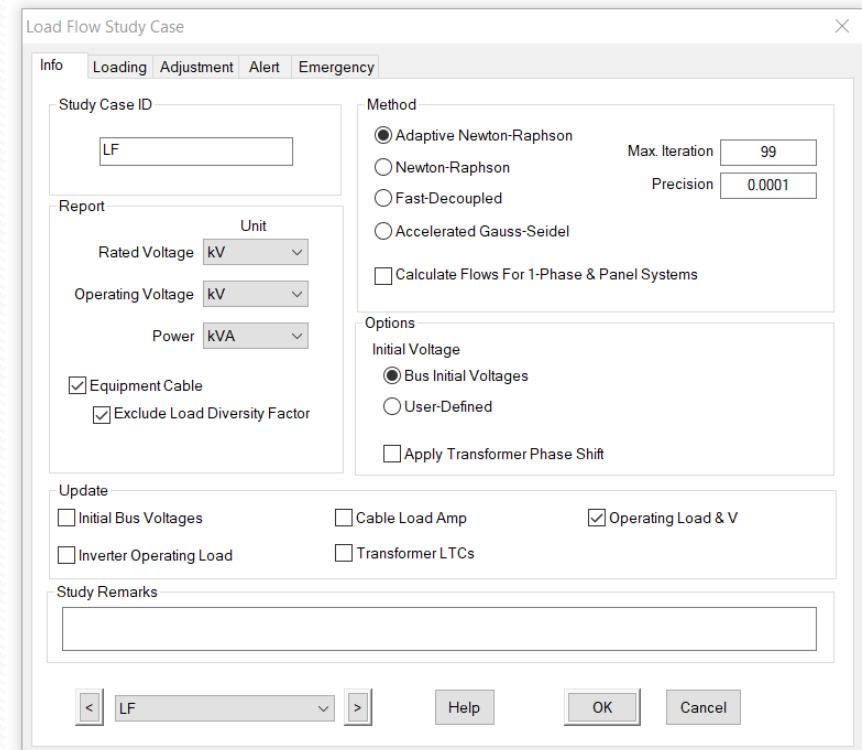
Adaptivna *Newton-Raphson*-ova,

Osnovna *Newton-Raphson*-ova metoda,

*Stott*-ova brza raspregnuta metoda

Ubrzana *Gauss-Seidel*-ova metoda.

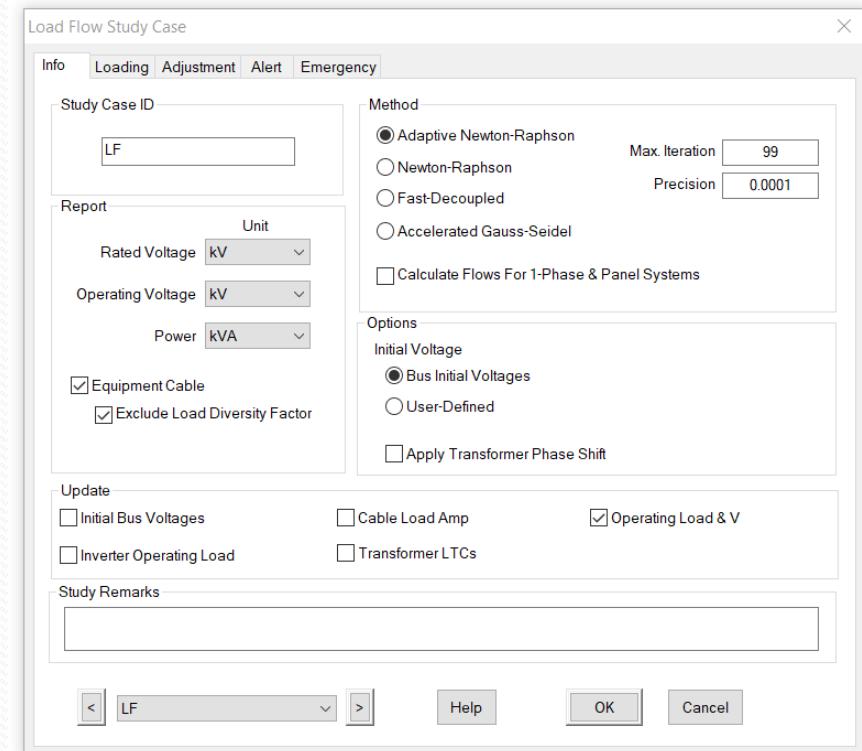
Kako su sve metode iterativne, u okviru ovog polja se može zadati maksimalni broj iteracija (**Max. Iteration**) i preciznost (**Precision**).



# Programski paket ETAP – 52/68

## • Proračun tokova snaga

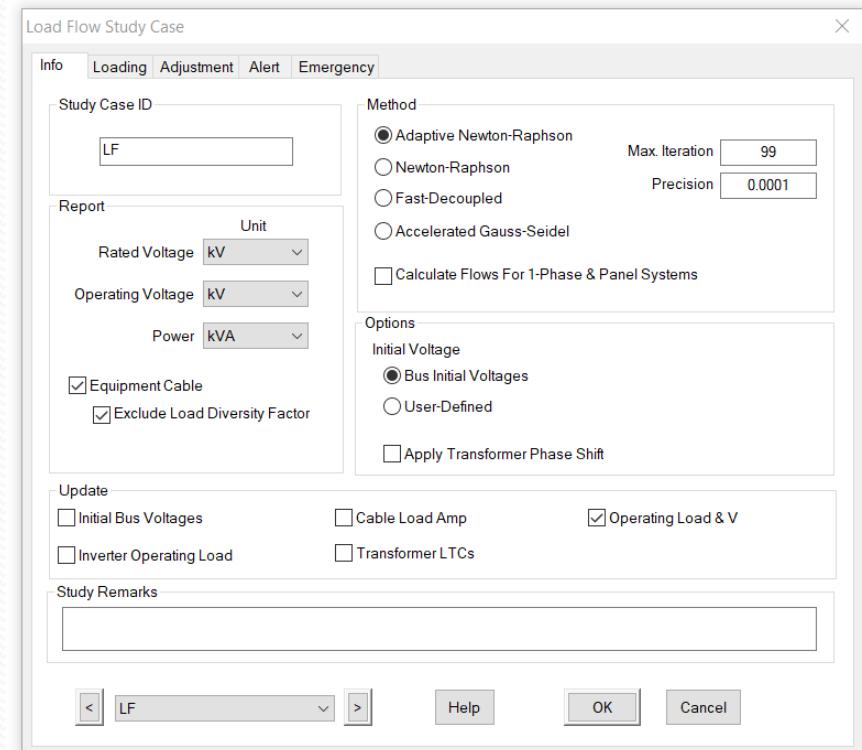
**Update:** Unutar ovog polja mogu se čekirati opcije za ažuriranje početnih vrednosti (uslova) za sabirnice ili regulacione otcepe transformatora na nove vrednosti koje se dobijaju nakon izvršenja proračuna tokova snaga. Tako na primer, ako se čekira opcija Initial Bus Voltages, program će kao početne vrednosti napona za sledeći proračun uzeti vrednost napona koja je dobijena u prethodnom proračunu. To vodi ka bržem proračunu jer je početno rešenje bliže konačnom. Isto je i za ostale opcije u okviru ovog polja.



# Programski paket ETAP – 53/68

## ● Proračun tokova snaga

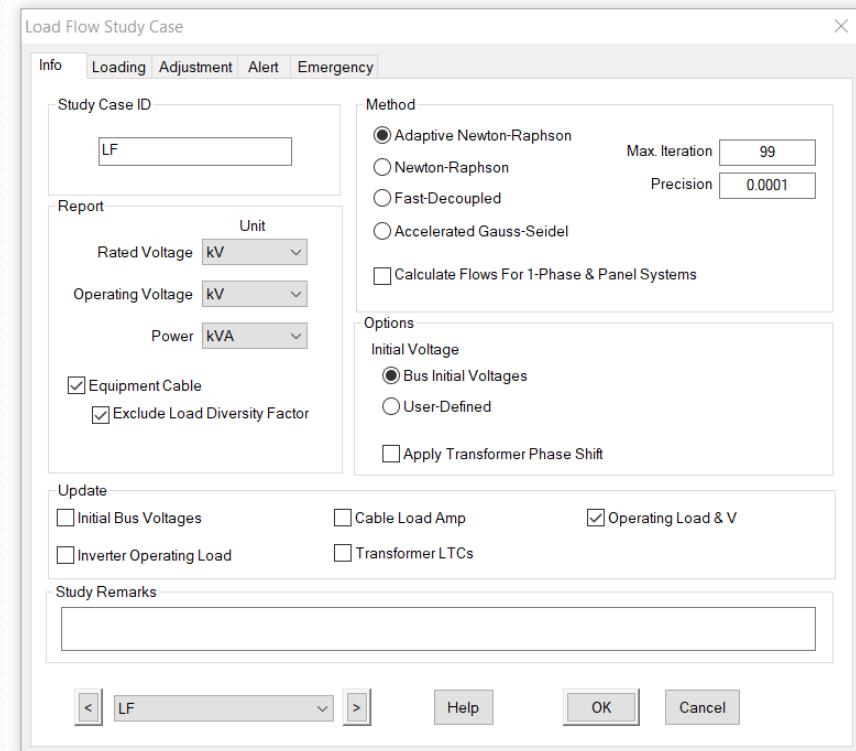
**Report:** U okviru ovog polja vrše se podešavanja vezana za konačni izveštaj. Iz padajuće liste **Rated voltage** mogu se izabrati jedinice za prikaz nominalnog napona na sabirnicama – kilovolti ili volti. Iz padajuće liste **Op. Voltage** biraju se jedinice za prikaz izračunate vrednosti napona. U ponudi su volti, kilovolti i procenti u odnosu na nominalni napon. Iz padajuće liste **Power** mogu se izabrati kilovati ili megavati. U slučaju da se u izveštaju žele prikazati gubici i padovi napona, treba čekirati opciju **Equipment Cable**.



# Programski paket ETAP – 54/68

## ● Proračun tokova snaga

**Options: Initial Voltage** - Početne vrednosti napona za sve sabirnice se mogu zadati u okviru ove opcije. Za slučaj da se kao početne vrednosti napona sabirnica žele koristiti vrednosti zadate u okviru kartice **Info** prozora za definisanje parametara sabirnica, treba čekirati opciju **Initial Bus Voltages**. Moguće je zadati istu početnu vrednost napona za sve sabirnice. To se radi čekiranjem opcije **User-Defined** nakon čega se otvaraju dva polja – jedno za definisanje modula početne vrednosti napona a drugo za definisanje ugla. Napon se zadaje u procentima u odnosu na nominalnu vrednost, a ugao u stepenima.



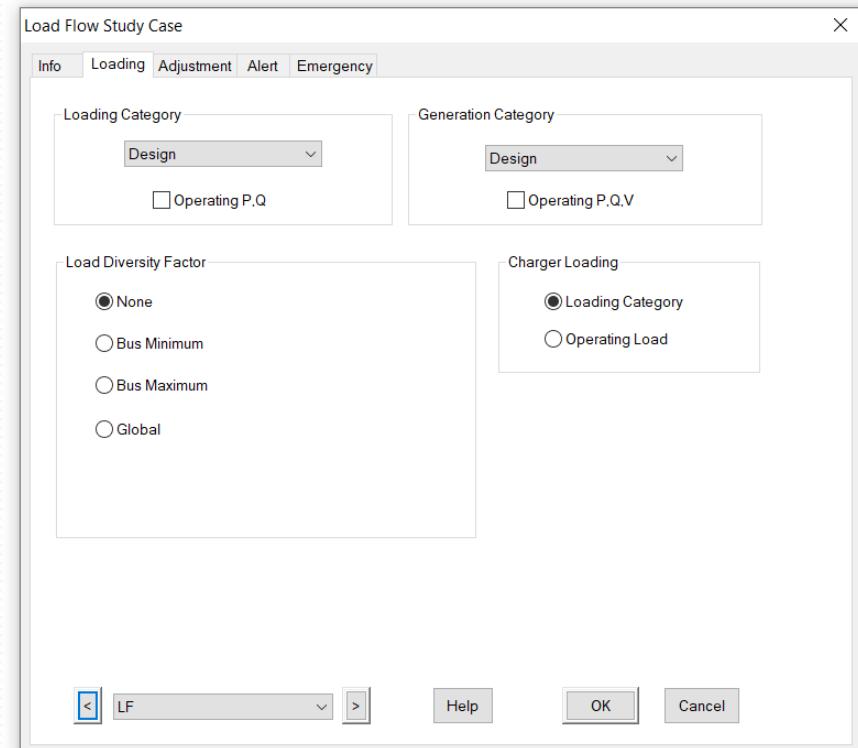
# Programski paket ETAP – 55/68

## ● Proračun tokova snaga

U okviru kartice **Loading** vrše se podešavanja vezana za opterećenja elemenata jednopolne šeme zadata u okviru kartice **Nameplate** uređaja poput indukcionih mašina, opterećenja itd.

U okviru kartice **Adjustment**, za različite elemente sistema, podešava se tolerancija dužine, impedanse i faktor korekcije otpornosti zbog različite temperature.

Svako podešavanje tolerancije može biti pojedinačno ili globalno. Sve unete vrednosti povećavaju zadatu impedansu, dužinu i otpornost pomenutih elemenata, što pri analizi tokova snaga unosi dodatnu sigurnost.

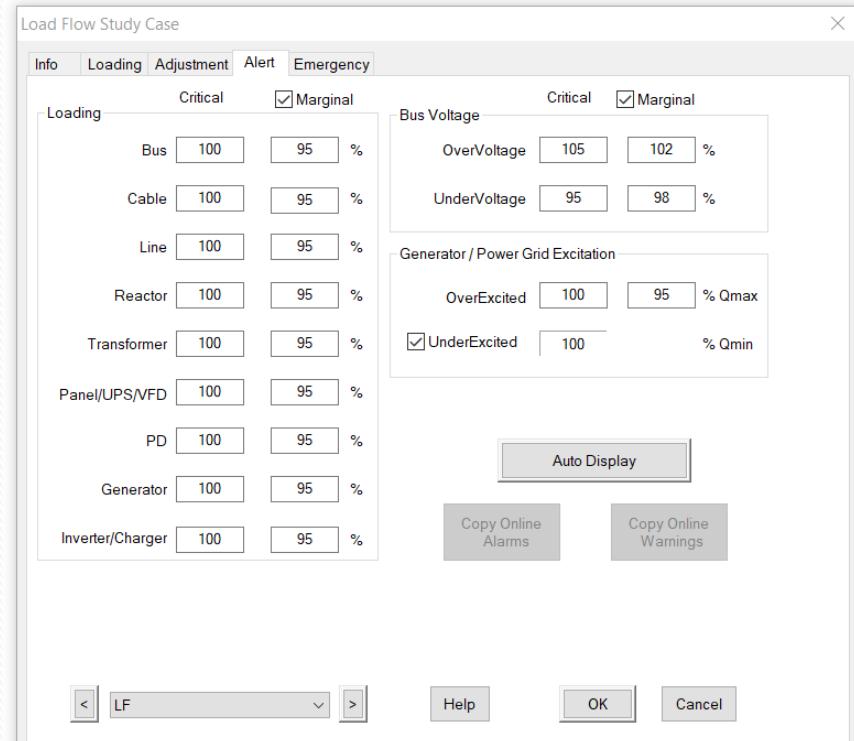


# Programski paket ETAP – 56/68

## ● Proračun tokova snaga

**Alert** kartica omogućava unos kritičnih i marginalnih granica koje se koriste za generisanje upozorenja po završetku proračuna tokova snaga. Kritične i marginalne granice se unose za preopterećenja koja se odnose na sve sabirnice, zaštitne uređaje, kablove, transformatore, itd. Upozorenja se, takođe, mogu generisati ukoliko se na sabirnicama u sistemu pojavi prenapon, ili dođe do poremećaja u pobudi generatora/motora.

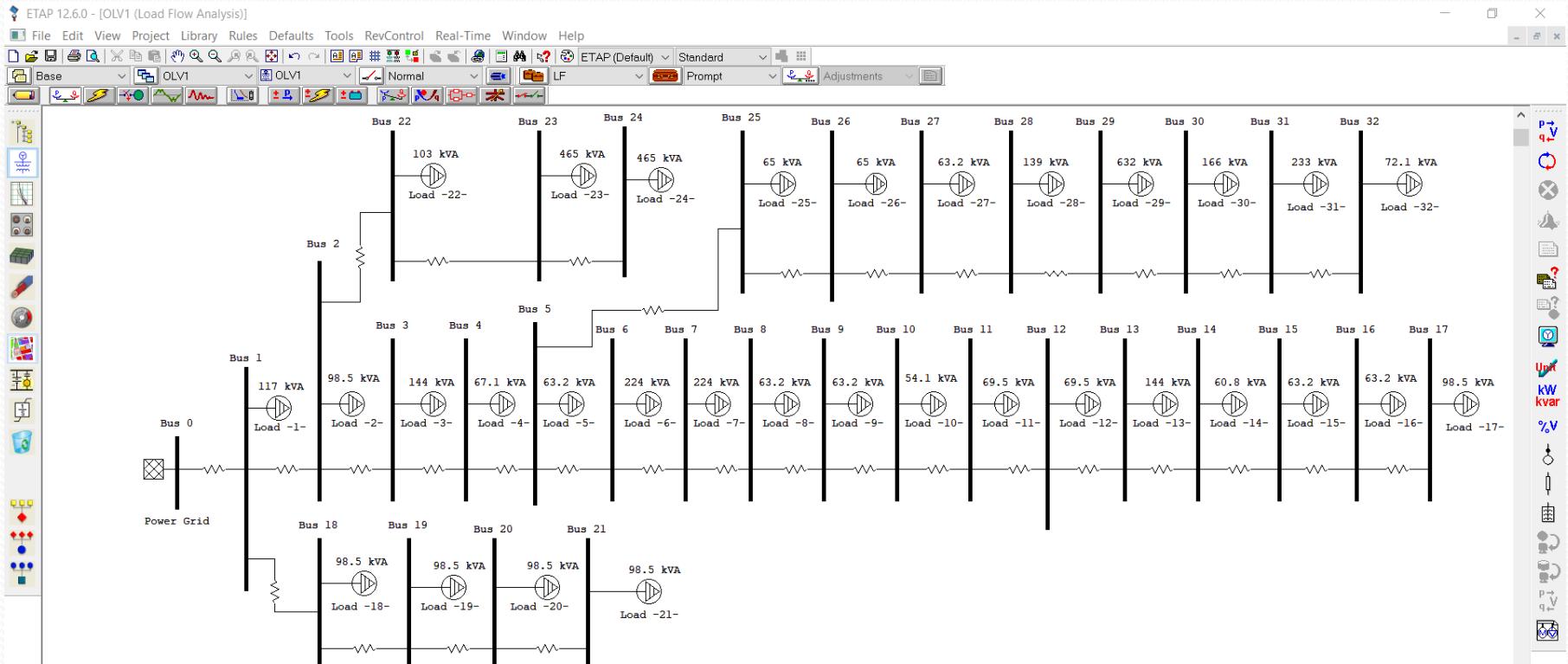
Funkcija **Emergency** će stupiti na snagu samo ako se analizira rad sistema u realnom vremenu.



# Programski paket ETAP – 57/68

## Primer proračuna - sistem IEEE 33

Softverski paket ETAP je primjenjen za proračun tokova snaga u sistemu IEEE 33. Jednopolna šema sistema u ETAP program prikazana je na sledećoj slici.



# Programski paket ETAP – 58/68

## • Primer proračuna - sistem IEEE 33

Podaci o vodovima i potrošnji dati su u tabeli. Vrednosti parametara i veličina u relativnim jedinicama izračunate su za baznu snagu od 10 MVA i napon od 12.66 kV.

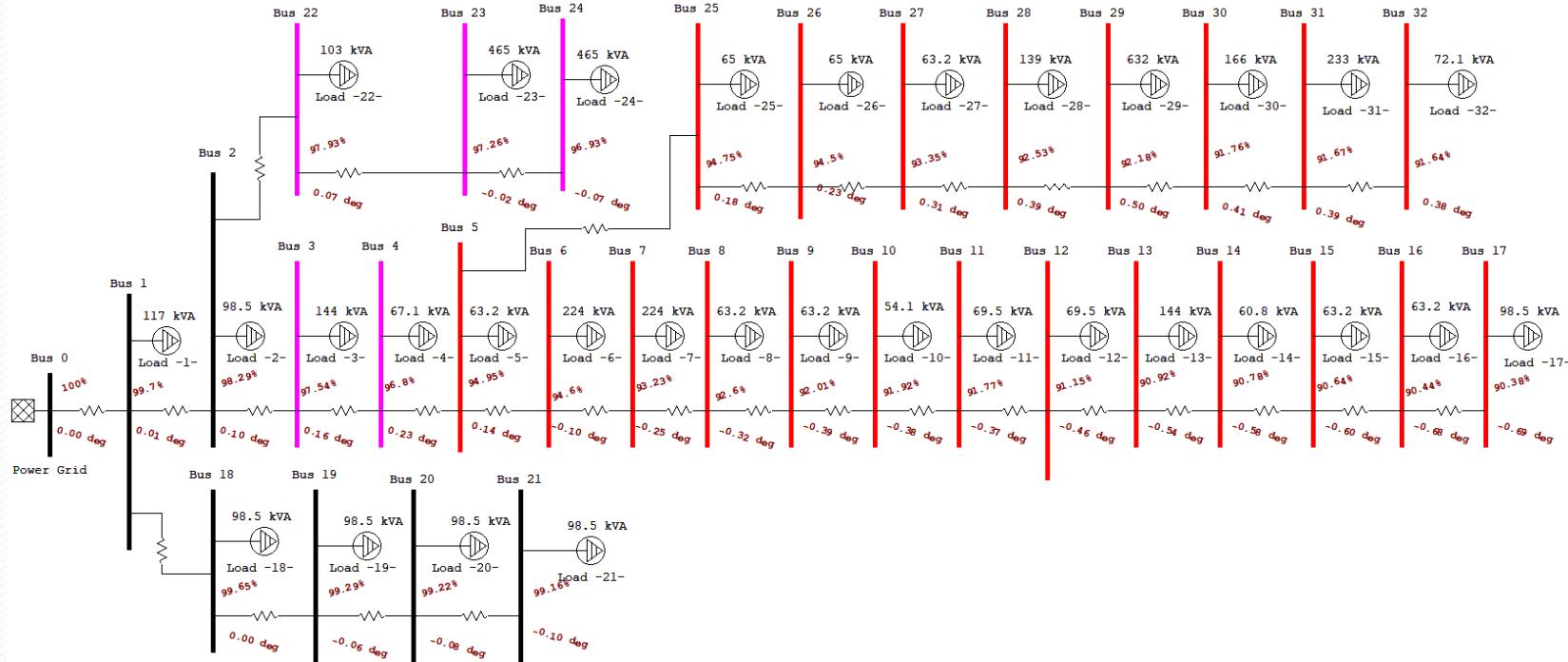
Tabela 1. Podaci o vodovima i potrošnji u test mreži IEEE 33

Vod		R (r.j.)	X (r.j.)	$P_P$ (r.j.)	$Q_P$ (r.j.)	Vod		R (r.j.)	X (r.j.)	$P_P$ (r.j.)	$Q_P$ (r.j.)
1	2	0.0057	0.0029	0.0100	0.0060	17	18	0.0457	0.0358	0.0090	0.0040
2	3	0.0308	0.0157	0.0090	0.0040	2	19	0.0102	0.0098	0.0090	0.0040
3	4	0.0228	0.0116	0.0120	0.0080	19	20	0.0939	0.0846	0.0090	0.0040
4	5	0.0238	0.0121	0.0060	0.0030	20	21	0.0255	0.0299	0.0090	0.0040
5	6	0.0511	0.0441	0.0060	0.0020	21	22	0.0442	0.0585	0.0090	0.0040
6	7	0.0117	0.0386	0.0200	0.0100	3	23	0.0282	0.0192	0.0090	0.0050
7	8	0.1068	0.0771	0.0200	0.0100	23	24	0.0560	0.0442	0.0420	0.0200
8	9	0.0643	0.0462	0.0060	0.0020	24	25	0.0559	0.0437	0.0420	0.0200
9	10	0.0651	0.0462	0.0060	0.0020	6	26	0.0127	0.0065	0.0060	0.0025
10	11	0.0123	0.0041	0.0045	0.0030	26	27	0.0177	0.0090	0.0060	0.0025
11	12	0.0234	0.0077	0.0060	0.0035	27	28	0.0661	0.0583	0.0060	0.0020
12	13	0.0916	0.0721	0.0060	0.0035	28	29	0.0502	0.0437	0.0120	0.0070
13	14	0.0338	0.0445	0.0120	0.0080	29	30	0.0317	0.0161	0.0200	0.0600
14	15	0.0369	0.0328	0.0060	0.0010	30	31	0.0608	0.0601	0.0150	0.0070
15	16	0.0466	0.0340	0.0060	0.0020	31	32	0.0194	0.0226	0.0210	0.0100
16	17	0.0804	0.1074	0.0060	0.0020	32	33	0.0213	0.0331	0.0060	0.0040

# Programski paket ETAP – 59/68

- Primer proračuna - sistem IEEE 33

Nakon kreiranja jednopolne šeme i unosa svih podataka za svaki element sistema, može se pristupiti proračunu tokova snaga. Prikaz jednopolne šeme sistema sa vrednostima modula i faznih stavova napona čvorova prikazana je na sledećoj slici.



# Programski paket ETAP – 60/68

## • Primer proračuna - sistem IEEE 33



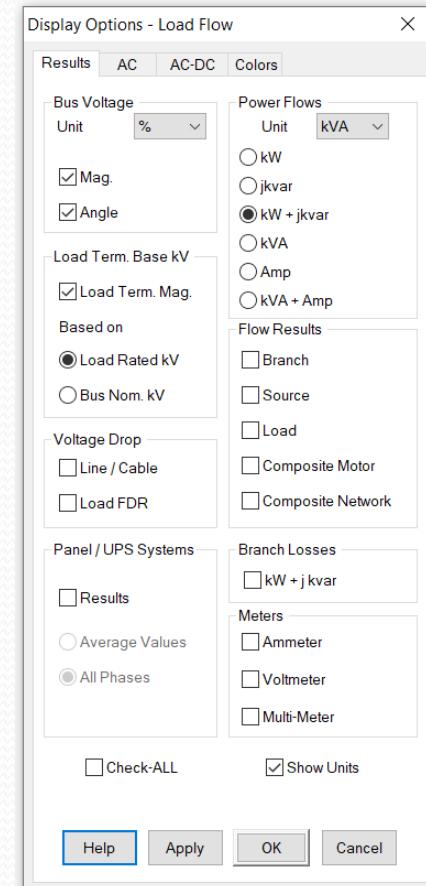
Klikom na dugme „**Opcije prikaza rezultata**“ (**Display Options**)

otvara se prozor koji se odnosi na prikaz rezultata prethodno izvršenih proračuna. U okviru ove opcije korisnik bira da li želi da prikaže vrednost napona u voltima, kilovoltima ili procentima, zatim da li želi da prikaže jedinice ili ne. Čekiranjem opcije

**Check-ALL** prikazuju se svi rezultati na jednopolnoj šemi. Može se prikazati efektivna vrednost i ugao napona. Ako se želi videti napon na potrošačima, potrebno je čekirati opciju **Load Term.**

**Mag.** Moguće je napon prikazati za izračunatu vrednost napona kao baznu (**Load Rated kV**) ili za nominalni napon kao bazni (**Bus Nom. kV**). Kada nema velikog pada napona, nema velike razlike između ove dve opcije. Moguće je prikazati pad napona na jednopolnoj šemi čekiranjem opcije **Line/Cable** unutar polja

**Voltage Drop.** Takođe, moguće je izabrati prikaz opterećenja preko aktivne snage, reaktivne snage, prividne snage ili struje.



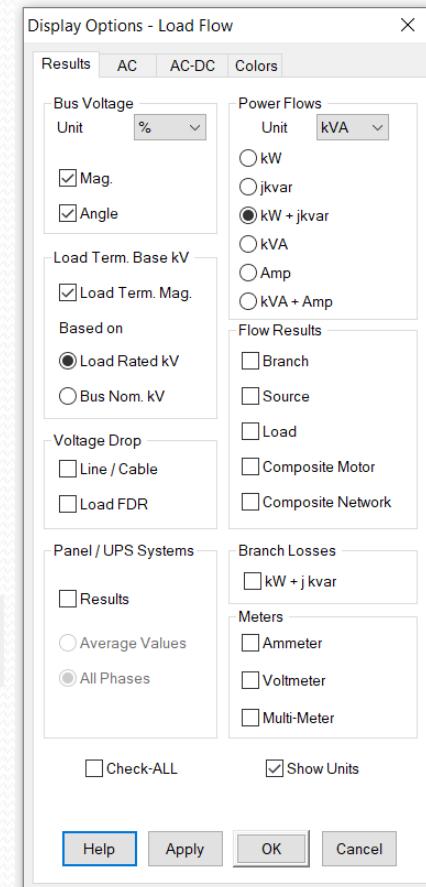
# Programski paket ETAP – 61/68

## • Primer proračuna - sistem IEEE 33

Za svaki element moguće je izabrati koje od nazivnih podataka se žele prikazati (kartice **AC** i **AC-DC**), kao i kojom bojom će različite vrste elemenata i rezultata biti prikazani na jednopolnoj šemi (kartica **Colors**).

Klikom na dugme „Alarmiranje prekoračenja“ (Alert View),  otvara se prozor unutar koga se može videti vrednost struje elemenata poput nadzemnih i kablovskeih vodova. U ovom prozoru se takođe može detektovati preopterećenje elemenata, ako je do njega došlo. Preopterećenje se može prikazati u procentima ili amperima.

Klikom na dugme „Menadžer izveštaja“ (Report Manager),  otvara se prozor koji se sastoji od četiri kartice: **Complete**, **Input**, **Results**, and **Summary**, kao što je prikazano na narednoj slici.

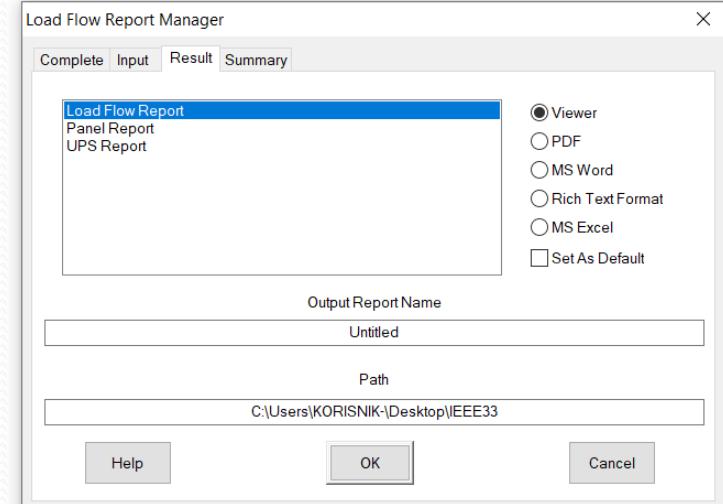
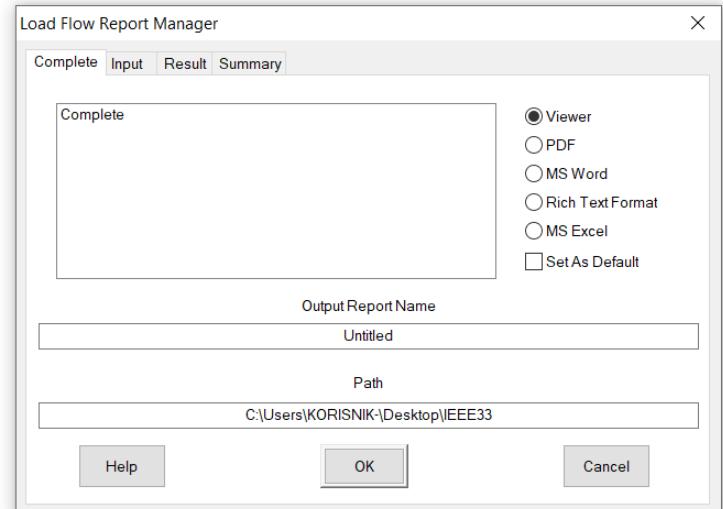


# Programski paket ETAP – 62/68

## • Primer proračuna - sistem IEEE 33

U svakoj od stranica se nalaze izveštaji sa različitim podacima koji se odnose na razmatrani EES. U okviru kartice **Complete** nalazi se zbirni izveštaj koji obuhvata sve izveštaje smeštene u preostale tri stranice. Ovaj izveštaj sadrži ulazne podatke za svaki element razmatranog EES-a, rezultate obavljenih proračuna, kao i različita upozorenja i rezultate koji se odnose na proračun tokova snaga. Softver omogućava prikaz izveštaja u Crystal Reports Viewer, PDF, MS Word, Rich Text Format, i MS Excel formatu.

Dokument koji sadrži sve informacije može se dobiti tako što se u okviru kartice **Result** izabere opcija **Load Flow Report**, odabere PDF kao format prikaza izveštaja i klikne na dugme OK.



# Programski paket ETAP – 63/68

- Primer proračuna - sistem IEEE 33

Ulazne vrednosti impedansi i admitansi grana direktnog redosleda razmatranog sistema date su u sledećoj tabeli.

Vrednosti su prikazne u absolutnim jedinicama.

Impedance Input Data

Impedance	Positive Sequence Impedance			Unit	
	ID	R	X	Y	
Line_0-1		0.0922	0.047	0	Ohm
Line_1-2		0.493	0.2511	0	Ohm
Line_01-18.		0.164	0.1565	0	Ohm
Line_2-3		0.366	0.1864	0	Ohm
Line_02-22.		0.4512	0.3083	0	Ohm
Line_3-4		0.3811	0.1941	0	Ohm
Line_4-5		0.819	0.707	0	Ohm
Line_5-6		0.1872	0.6188	0	Ohm
Line_5-25.		0.203	0.1034	0	Ohm
Line_6-7		1.7114	1.2351	0	Ohm
Line_7-8		1.03	0.74	0	Ohm
Line_8-9		1.044	0.74	0	Ohm
Line_9-10		0.1966	0.065	0	Ohm
Line_10-11		0.3744	0.1238	0	Ohm
Line_11-12		1.468	1.155	0	Ohm
Line_12-13		0.5416	0.7129	0	Ohm
Line_13-14		0.591	0.526	0	Ohm
Line_14-15		0.7463	0.545	0	Ohm
Line_15-16.		1.289	1.721	0	Ohm
Line_16-17.		0.732	0.574	0	Ohm
Line_18-19.		1.5042	1.3554	0	Ohm
Line_19-20.		0.4095	0.4784	0	Ohm
Line_21-22.		0.7089	0.9373	0	Ohm
Line_22-23.		0.898	0.7091	0	Ohm
Line_23-24.		0.896	0.7011	0	Ohm
Line_25-26.		0.2842	0.1447	0	Ohm
Line_26-27.		1.059	0.9337	0	Ohm
Line_27-28.		0.8042	0.7006	0	Ohm
Line_28-29.		0.5075	0.2585	0	Ohm
Line_29-30.		0.9744	0.963	0	Ohm
Line_30-31.		0.3105	0.3619	0	Ohm
Line_31-32.		0.341	0.5302	0	Ohm

# Programski paket ETAP – 64/68

- Primer proračuna – sistem IEEE 33

Ulagne vrednosti impedansi i admitansi grana direktnog redosleda razmatranog sistema date su u sledećoj tabeli.

Vrednosti su prikazne u relativnim jedinicama.

Branch Connections

CKT/Branch		Connected Bus ID		% Impedance, Pos. Seq., 100 MVA Base			
ID	Type	From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
Line_0-1	Impedance	Bus 0	Bus 1	5.75	2.93	6.46	
Line_1-2	Impedance	Bus 1	Bus 2	30.76	15.67	34.52	
Line_01-18.	Impedance	Bus 1	Bus 18	10.23	9.76	14.14	
Line_2-3	Impedance	Bus 2	Bus 3	22.84	11.63	25.63	
Line_02-22.	Impedance	Bus 2	Bus 22	28.15	19.24	34.10	
Line_3-4	Impedance	Bus 3	Bus 4	23.78	12.11	26.68	
Line_4-5	Impedance	Bus 4	Bus 5	51.10	44.11	67.51	
Line_5-6	Impedance	Bus 5	Bus 6	11.68	38.61	40.34	
Line_5-25.	Impedance	Bus 25	Bus 5	12.67	6.45	14.21	
Line_6-7	Impedance	Bus 6	Bus 7	106.78	77.06	131.68	
Line_7-8	Impedance	Bus 7	Bus 8	64.26	46.17	79.13	
Line_8-9	Impedance	Bus 8	Bus 9	65.14	46.17	79.84	
Line_9-10	Impedance	Bus 9	Bus 10	12.27	4.06	12.92	
Line_10-11	Impedance	Bus 10	Bus 11	23.36	7.72	24.60	
Line_11-12	Impedance	Bus 11	Bus 12	91.59	72.06	116.54	
Line_12-13	Impedance	Bus 12	Bus 13	33.79	44.48	55.86	
Line_13-14	Impedance	Bus 13	Bus 14	36.87	32.82	49.36	
Line_14-15	Impedance	Bus 14	Bus 15	46.56	34.00	57.66	
Line_15-16.	Impedance	Bus 15	Bus 16	80.42	107.38	134.16	
Line_16-17.	Impedance	Bus 16	Bus 17	45.67	35.81	58.04	
Line_18-19.	Impedance	Bus 18	Bus 19	93.85	84.57	126.33	
Line_19-20.	Impedance	Bus 19	Bus 20	25.55	29.85	39.29	
Line_21-22.	Impedance	Bus 20	Bus 21	44.23	58.48	73.32	
Line_22-23.	Impedance	Bus 22	Bus 23	56.03	44.24	71.39	
Line_23-24.	Impedance	Bus 23	Bus 24	55.90	43.74	70.98	
Line_25-26.	Impedance	Bus 25	Bus 26	17.73	9.03	19.90	
Line_26-27.	Impedance	Bus 26	Bus 27	66.07	58.26	88.09	
Line_27-28.	Impedance	Bus 27	Bus 28	50.18	43.71	66.55	
Line_28-29.	Impedance	Bus 28	Bus 29	31.66	16.13	35.54	
Line_29-30.	Impedance	Bus 29	Bus 30	60.80	60.08	85.48	
Line_30-31.	Impedance	Bus 30	Bus 31	19.37	22.58	29.75	
Line_31-32.	Impedance	Bus 31	Bus 32	21.28	33.08	39.33	



# Programski paket ETAP – 65/68

## Primer proračuna – sistem IEEE 33

Podaci o potrošnji razmatranog sistema date su u sledećoj tabeli.

U ovoj tabeli nalaze se podaci o aktivnoj, reaktivnoj i prividnoj snazi, struji i faktoru snage svake sabirnice.

Bus Loading Summary Report

ID	kV	Rated Amp	Directly Connected Load				Total Bus Load				Percent Loading	
			Constant kW	kvar	Constant Z	kW	kvar	Constant I	kW	kvar	kVA	
Bus 0	12.660		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4624.1	84.9
Bus 1	12.660		100.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4610.3	84.9
Bus 2	12.660		90.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4044.2	84.1
Bus 3	12.660		120.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2890.4	81.3
Bus 4	12.660		60.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2725.4	81.2
Bus 5	12.660		60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2608.4	81.0
Bus 6	12.660		200.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1221.1	90.1
Bus 7	12.660		200.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	983.1	90.4
Bus 8	12.660		60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	754.4	90.7
Bus 9	12.660		60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	687.2	90.4
Bus 10	12.660		45.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	623.9	89.8
Bus 11	12.660		60.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	569.4	90.3
Bus 12	12.660		60.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	496.8	90.9
Bus 13	12.660		120.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	426.7	91.6
Bus 14	12.660		60.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	285.4	94.8
Bus 15	12.660		60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	225.2	93.4
Bus 16	12.660		60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	92.8
Bus 17	12.660		90.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.5	91.4
Bus 18	12.660		90.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	395.2	91.3
Bus 19	12.660		90.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	295.7	91.4
Bus 20	12.660		90.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	197.0	91.4
Bus 21	12.660		90.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.5	91.4
Bus 22	12.660		90.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1041.2	89.9
Bus 23	12.660		420.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	932.0	90.3
Bus 24	12.660		420.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	465.2	90.3
Bus 25	12.660		60.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1358.1	69.8
Bus 26	12.660		60.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1295.1	68.3
Bus 27	12.660		60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1221.1	66.6
Bus 28	12.660		120.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1156.4	64.5
Bus 29	12.660		200.0	600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1022.6	60.8
Bus 30	12.660		150.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	469.9	89.4
Bus 31	12.660		210.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	304.2	88.8
Bus 32	12.660		60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.1	83.2

# Programski paket ETAP – 66/68

- Primer proračuna – sistem IEEE 33

U narednoj tabeli prikazani su tokovi snaga po elementima sistema, padovi napona, kao i gubici snage.

Ukupni gubici aktivne snage u sistemu su 211 kW, dok su ukupni gubici reaktivne snage 143 kVAr.

Branch Losses Summary Report

Ckt / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	
	ID	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	From	To	
Line_0-1		3926.0	2443.0	-3913.7	-2436.8	12.3	6.3	100.0	99.7	0.30
Line_1-2		3452.6	2215.7	-3400.5	-2189.2	52.1	26.5	99.7	98.3	1.41
Line_01-18.		361.1	161.1	-361.0	-160.9	0.2	0.2	99.7	99.6	0.05
Line_2-3		2370.9	1691.9	-2350.8	-1681.7	20.1	10.2	98.3	97.5	0.75
Line_02-22.		939.6	457.2	-936.4	-455.1	3.2	2.2	98.3	97.9	0.36
Line_3-4		2230.8	1601.7	-2212.0	-1592.1	18.8	9.6	97.5	96.8	0.74
Line_4-5		2152.0	1562.1	-2113.4	-1528.8	38.6	33.3	96.8	94.9	1.85
Line_5-6		1102.6	535.2	-1100.7	-528.7	1.9	6.4	94.9	94.6	0.35
Line_5-25.		950.8	973.6	-948.2	-972.3	2.6	1.3	94.9	94.8	0.19
Line_6-7		900.7	428.7	-888.8	-420.2	11.9	8.6	94.6	93.2	1.37
Line_7-8		688.8	320.2	-684.5	-317.1	4.3	3.1	93.2	92.6	0.63
Line_8-9		624.5	297.1	-620.9	-294.5	3.6	2.6	92.6	92.0	0.59
Line_9-10		560.9	274.5	-560.3	-274.3	0.6	0.2	92.0	91.9	0.09
Line_10-11		515.3	244.3	-514.4	-244.0	0.9	0.3	91.9	91.8	0.15
Line_11-12		454.4	209.0	-451.7	-206.9	2.7	2.1	91.8	91.2	0.62
Line_12-13		391.7	171.9	-391.0	-170.9	0.7	1.0	91.2	90.9	0.23
Line_13-14		271.0	90.9	-270.6	-90.6	0.4	0.3	90.9	90.8	0.14
Line_14-15		210.6	80.6	-210.3	-80.4	0.3	0.2	90.8	90.6	0.14
Line_15-16.		150.3	60.4	-150.1	-60.0	0.3	0.3	90.6	90.4	0.20
Line_16-17.		90.1	40.0	-90.0	-40.0	0.1	0.0	90.4	90.4	0.06
Line_18-19.		271.0	120.9	-270.1	-120.2	0.8	0.7	99.6	99.3	0.36
Line_19-20.		180.1	80.2	-180.0	-80.1	0.1	0.1	99.3	99.2	0.07
Line_21-22.		90.0	40.1	-90.0	-40.0	0.0	0.1	99.2	99.2	0.06
Line_22-23.		846.4	405.1	-841.3	-401.0	5.1	4.1	97.9	97.3	0.67
Line_23-24.		421.3	201.0	-420.0	-200.0	1.3	1.0	97.3	96.9	0.33
Line_25-26.		888.2	947.3	-884.9	-945.6	3.3	1.7	94.8	94.5	0.26
Line_26-27.		824.9	920.6	-813.6	-910.7	11.3	10.0	94.5	93.4	1.14
Line_27-28.		753.6	890.7	-745.7	-883.8	7.8	6.8	93.4	92.5	0.82
Line_28-29.		625.7	813.8	-621.8	-811.8	3.9	2.0	92.5	92.2	0.36
Line_29-30.		421.8	211.8	-420.2	-210.3	1.6	1.6	92.2	91.8	0.42
Line_30-31.		270.2	140.3	-270.0	-140.0	0.2	0.2	91.8	91.7	0.09
Line_31-32.		60.0	40.0	-60.0	-40.0	0.0	0.0	91.7	91.6	0.03
		211.0				211.0		143.0		



# Programski paket ETAP – 67/68

## Critical Report

Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus 10	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.64	91.9	3-Phase
Bus 11	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.62	91.8	3-Phase
Bus 12	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.54	91.2	3-Phase
Bus 13	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.51	90.9	3-Phase
Bus 14	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.49	90.8	3-Phase
Bus 15	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.48	90.6	3-Phase
Bus 16	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.45	90.4	3-Phase
Bus 17	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.44	90.4	3-Phase
Bus 25	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.00	94.8	3-Phase
Bus 26	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.96	94.5	3-Phase
Bus 27	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.82	93.4	3-Phase
Bus 28	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.71	92.5	3-Phase
Bus 29	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.67	92.2	3-Phase
Bus 30	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.62	91.8	3-Phase
Bus 31	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.61	91.7	3-Phase
Bus 32	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.60	91.6	3-Phase
Bus 5	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.02	94.9	3-Phase
Bus 6	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.98	94.6	3-Phase
Bus 7	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.80	93.2	3-Phase
Bus 8	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.72	92.6	3-Phase
Bus 9	Bus	Under Voltage	12.66	kV	11.65	92.0	3-Phase

## Marginal Report

Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus 22	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.40	97.9	3-Phase
Bus 23	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.31	97.3	3-Phase
Bus 24	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.27	96.9	3-Phase
Bus 3	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.35	97.5	3-Phase
Bus 4	Bus	Under Voltage	12.66	kV	12.25	96.8	3-Phase

# Programski paket ETAP – 68/68

- Primer proračuna - sistem IEEE 33

Sumarni prikaz rezultata proračuna, koji pružaja informacije o snagama generisanja, potrošnje i gubitaka, faktoru snage, broju iteracija i dr., dat je u narednoj tabeli.

SUMMARY OF TOTAL GENERATION , LOADING & DEMAND

	kW	kvar	kVA	% PF
Source (Swing Buses):	3926.0	2443.0	4624.1	84.90 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.0	0.0	0.0	
Total Demand:	3926.0	2443.0	4624.1	84.90 Lagging
Total Motor Load:	3715.0	2300.0	4369.4	85.02 Lagging
Total Static Load:	0.0	0.0	0.0	
Total Constant I Load:	0.0	0.0	0.0	
Total Generic Load:	0.0	0.0	0.0	
Apparent Losses:	211.0	143.0		
System Mismatch:	0.0	0.0		

Number of Iterations: 3

# Zaključak

- Pokazane su neke od funkcija koje ETAP nudi
- Izvršeni su proračuni tokova snaga i naponskih stanja
- Pokazana je velika jednostavnost u korišćenju
- Etap zahteva relativno male procesorske resurse
- Odlikuje se velikom brzinom proračuna
- Ne iziskuju mnogo vremena za unos podataka o sistemu
- Omogućava analizu velikih sistema u realnom vremenu
- Ostale funkcije, kao što su proračuni tokova snaga u kolima jednosmerne struje, proračuni tokova snaga u neuravnoteženim sistemima, proračuni optimalnih tokova snaga i proračuni harmonijskih tokova snaga, biće predstavljene na nekom od budućih kurseva.

# Literatura

- ETAP user guide 12.6, Operation Technology, 2014.
- B. Perović, Projektovanje pomoću računara u elektroenergetici, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, 2021.
- Jordan Radosavljević, Analiza elektroenergetskih sistema, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, 2018.
- M. Milovanović, Prilog optimalnom planiranju i eksploataciji distributivnih mreža sa nelinearnim potrošačima i izvorima primenom metaheurističkih metoda u cilju minimizacije harmonijskog izobličenja napona i struje, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, 2021.
- M. Milovanović, J. Radosavljević, B. Perović, A backward/forward sweep power flow method for harmonic polluted radial distribution systems with distributed generation units, International Transactions on Electrical Energy Systems, vol. 30, iss. 5, p. e12310, 2019.
- M. Milovanović, J. Radosavljević, D. Klimenta, B. Perović, GA-based approach for optimal placement and sizing of passive power filters to reduce harmonics in distorted radial distribution systems, Electrical Engineering, vol. 101, pp. 787-803, 2019.



Hvala na pažnji!