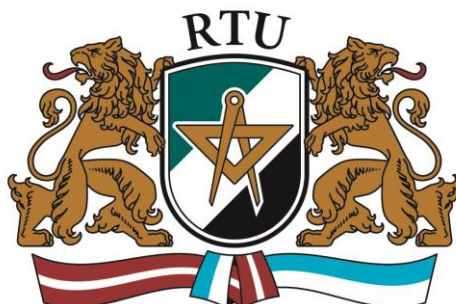


RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
ENERĢĒTIKAS UN ELEKTROTEHNIKAS FAKULTĀTE
ENERĢĒTIKAS INSTITŪTS



**Energosistēmas modelēšanas pamati un
īsslēgumu procesu izpēte ETAP vidē**

Metodiskie norādījumi laboratorijas darbu izpildei datorprogrammā ETAP 7.1

Aprakstu sastādīja:
Pētn., Dmitrijs Antonovs
Pētn., Edīte Bieļa
Prof., Antans Sauhats
Asoc. prof., Inga Zicmane

RĪGA
2013

Šis apraksts sniedz nepieciešamo informāciju par laboratorijas darba saturu (izvirzītiem mērķiem un uzdevumiem), norises kārtību, priekšizstāvēšanas un aizstāvēšanas prasībām, teorētisko, praktisko daļu un noformējumu (pielikumā ir dota atskaites forma).

Laboratorijas darba apraksts ir speciāli izstrādāts Enerģētikas un elektrotehnikas bakalaura programmas studentiem disciplīnā - Elektriskās sistēmas II, lai pilnveidotu zināšanas par energosistēmas modelēšanas un pētīšanas iespējām.

Apraksts laboratorijas darbam ir brīvi pieejams, visas autortiesības pieder Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas institūtam.

Piezīmes un novēlējumus metodisko norādījumu satura uzlabošanai lūdzam sūtīt autoriem uz elektronisko pastu, kas atrodas pielikumā.

Recenzents: Vad. pētn., Dr. sc. ing., Josifs Survilo

SATURS

Laboratorijas darba mērķis	4
Laboratorijas darba uzdevums	4
Teorētiskā daļa	5
Praktiskā daļa	7
Direktorijas izveide	7
Faila dokumenta izveide	7
Energosistēmas tīkla shēma	8
Elementu ievadīšana	10
Elementu datu ievadīšana	11
Jaudas plūsmu sadalījuma analīze	12
Energosistēmas režīma analīze	14
Elementu datu papildināšana ar parametriem, kas nepieciešami īsslēgumu modelēšanai	15
Īsslēgumu analīzes modulis	17
Atskaites eksportēšana	22
Rezultāti un to analīze	25
Secinājumi	26
Bibliogrāfiskais saraksts	27
Pielikumi	28

Laboratorijas darba mērķis

- Iegūt praktiskās iemaņas energosistēmas elementu un tīklu modelēšanā, iepazīties ar ETAP programmatūras iespējām, kā arī iegūt pieredzi energosistēmas tīkla modeļa izveidošanā ETAP vidē.
- Noteikt īsslēgumu strāvas un avārijas režīma sprieguma vērtības energosistēmas mezglos.

Laboratorijas darba uzdevumi

- Iepazīties ar ETAP programmatūru;
- Iemācīties modelēt energosistēmas elementus un ievadīt to parametrus;
- Izmantojot jaudas plūsmas analīzes bloku (Load Flow Analysis) noteikt:
 - jaudas plūsmu sadalījumu tīklā;
 - spriegumu uz energosistēmas tīkla kopnēm;
- Veikt energosistēmas darba režīmu izpēti un mainīt tās parametrus;
- Modelēt īsslēgumus energosistēmā, izmantojot ETAP īsslēgumu strāvas analīzes (Short Circuit Analysis) un attēlošanas iespēju (Display Options) blokus;
- Veikt iegūto īsslēguma rezultātu eksportēšanu atskaitei lapā, pielietojot atskaites bloku (Report Manager).

Teorētiskā daļa

ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) ir pilna spektra analītiskās projektēšanas datorprogramma, kas specializējas energosistēmas plānošanā, izstrādē, analizē, vadībā, apmācībā un modelēšanā. ETAP programmatūra sastāv no dažādiem blokiem, kas piemēroti plašiem mērķiem (sīkāk <http://etap.com/index.htm>). Laboratorijas darba ietvaros pievērsīsim uzmanību tikai daži no tiem.

ETAP vide ir ergonomiska un intuitīva, tajā ir samērā viegli izveidot dažāda veida modeļus, izmantojot jau esošus elementus apvienotus atbilstošos blokos. Lietotājiem jāsaprot, lai programma varētu veikt dažādu režīmu aprēķinus, ir nepieciešams vesels klāsts elementu parametru.

ETAP programmatūrā ir iespējams eksportēt iegūto informāciju dažādos formātos, lai pēc laboratorijas darba izpildes varētu tos analizēt.

Laboratorijas darba laikā studentiem jāiepazīstas ar dažādām ETAP iespējām, tādām kā

1. **One-Line Diagram (OLD)**, ar kuru palīdzību tiek realizēta energosistēmas elementu (ģeneratoru, kopņu, transformatoru, līniju, slodžu, jaudas slēdžu utt.) modelēšana un to parametru ievadīšana, kā arī tīkla konfigurācijas izveide.

Lai uzsāktu darbu ar ETAP programmatūras **Edit Mode** bloku (rediģēšanas režīms), ir nepieciešams iepazīties ar pamata interfeisiem: *sistēmas interfeisu*, *režīma interfeisu* utt., kas sniedz kopējo priekšstatu par ETAP Edit Mode iespējām.

Kopumā *Edit Mode* iekļauj sevī trīs apakšblokus: *Instrumentu*, *Līdzstrāvas (DC)* un *Mainstrāvas (AC)* elementus. Šī laboratorijas darba ietvaros izmantosim tikai *Mainstrāvas (AC)* elementu bloku. Lai ievietotu tajā visus nepieciešamos elementus, *Edit Mode* logā jāuzklikšķina uz atbilstošo simbolu.

Lai ar vienu piegājienu izveidotu dažādus viena tipa elementus, divreiz jānoklikšķina uz atbilstošo elementu un pēc tam **Edit Mode** logā, kur jānorāda elementu izvietojuma vieta (piemēram, ja shēmā jānovieto 5 kopnes, sakumā jānospiež divreiz uz kopnes simbolu un tad 5 reizes tur, kur tās paredzētas). Lai izietu no dotā ievadīšanas režīma, jānospiež klaviatūrā Esc poga.

Shēmas elementu savstarpēja savienošana notiek:

- *manuāli* (grafiski), novietojot kursoru uz elementu (parādīsies piesaistes punkts), nospiežot kreiso pogu un noturot to, pārvietot kursoru līdz savienojumam ar citu elementu);
- *ar elementu piesaisti*, nospiežot ar kreiso taustiņu uz elementu un noturot to, pārvietojot kursoru līdz citam elementam;
- *izmantojot izvēles opciju* (divreiz nospiežot uz elementu un ieejot Info lapā, kur jāizvēlas kopne (-es), kurai(-ām) jāpieslēdz elements);

Lai atvienotu elementu no kopnes (-ēm), jānospiež uz savienojumu ar kreiso pogu (savienojums kļūst sarkans) un tad uz *Delete* pogu.

2. Izveidojot enerģosistēmas tīkla modeli, jāveic tā jaudas plūsmas analīze (Load Flow Analysis), ko var izdarīt sekojošā kārtībā:
 - Nospiežot pogu Load Flow Analysis, dotajā blokā papildus jānospiež Run Load Flow pogu. Rezultātā uz enerģosistēmas tīkla shēmas tiks attēlots jaudas sadalījums zaros un kopnes spriegumi, izteikti procentos no nominālās vērtības (sīkāk par to praktiskajā daļā).
3. Elementu papildus datu ievadīšana īsslēguma režīmu aprēķinam notiek *Edit Mode* blokā.
4. Īsslēguma strāvas un spriegumu analīze enerģosistēmas tīkla modelim notiek, izmantojot *Short Circuit Analysis* bloku.
5. Laboratorijas darba noslēgumā, visi iegūtie dati ir jāeksportē no ETAP programmatūras, izmantojot ģenerācijas pārskata (Report Manager) bloku, izvēloties sev piemērotāko attēlošanas veidu: atskaites forma un formāts (PDF, Word, Excel vai Viewer*).

* Viewer formāts ļauj aplūkot un izdrukāt datus.

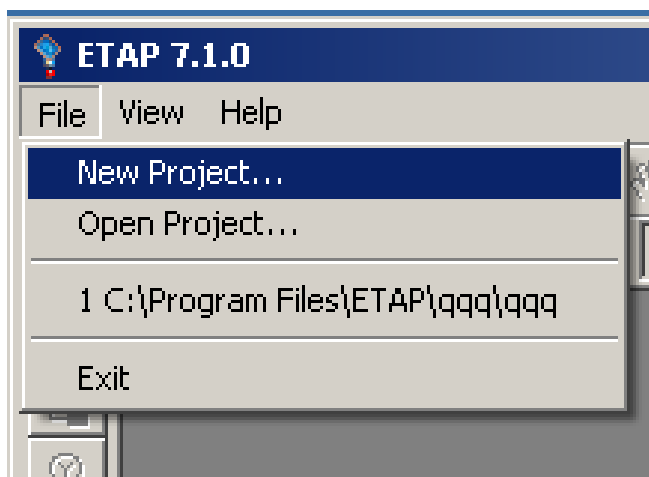
Praktiskā daļa

Direktorijas izveide

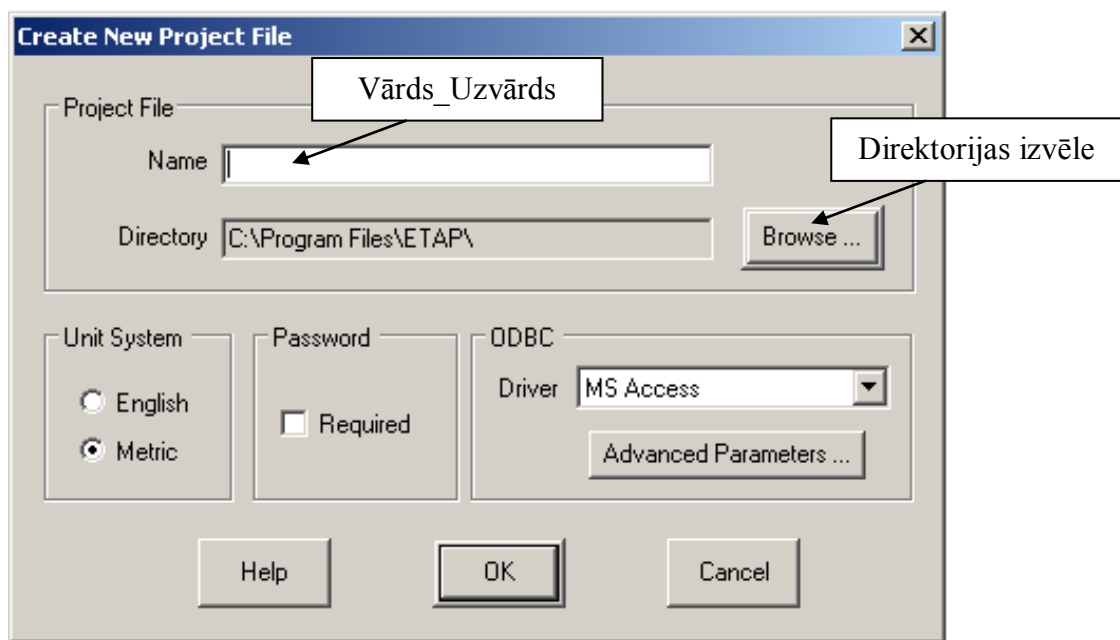
Laboratorijas darba sākumā jāizveido personīgā mape (Vārds_Uzvārds), kurā tiks saglabāti visi laboratorijas darba laikā iegūtie dati un rezultāti uz datora darba virsmas (Desktopa). Pēc minētās operācijas darbu ar ETAP programmatūru var sākt, divreiz noklikšķinot uz ETAP ikonu.

Faila dokumenta izveide

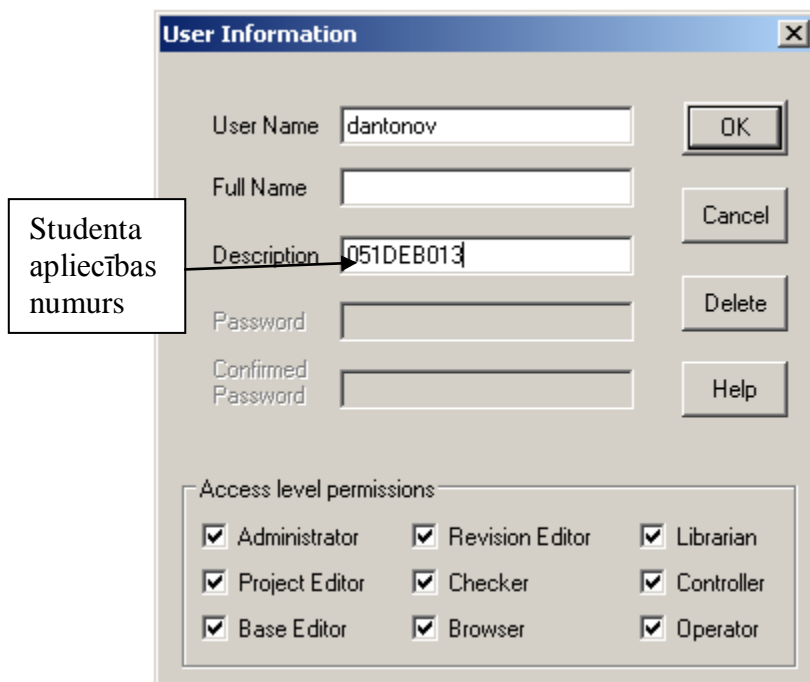
Lai pārietu pie shēmas parametru ievadīšanas, jānospiež poga *File* → *New Project* (1. att.) un jāizveido fails, kurā šī energosistēmas shēmas informācija tiks ievietota (glabāta). Attiecīgā laukā *Name* (2. att.) jāieraksta Vārds_Uzvārds un jāizvēlas izveidotā personīgā mape, nospiežot *Browse* pogu un apstiprinot izvēli, nospiežot OK. Ekrānā parādīsies *User Information* logs (3.att.), kur laukā *Description* studentam jāievada savas apliecības numurs. Kad tas tiks izdarīts, vēlreiz jānospiež OK poga.



1. att. Jauna faila dokumenta izveide



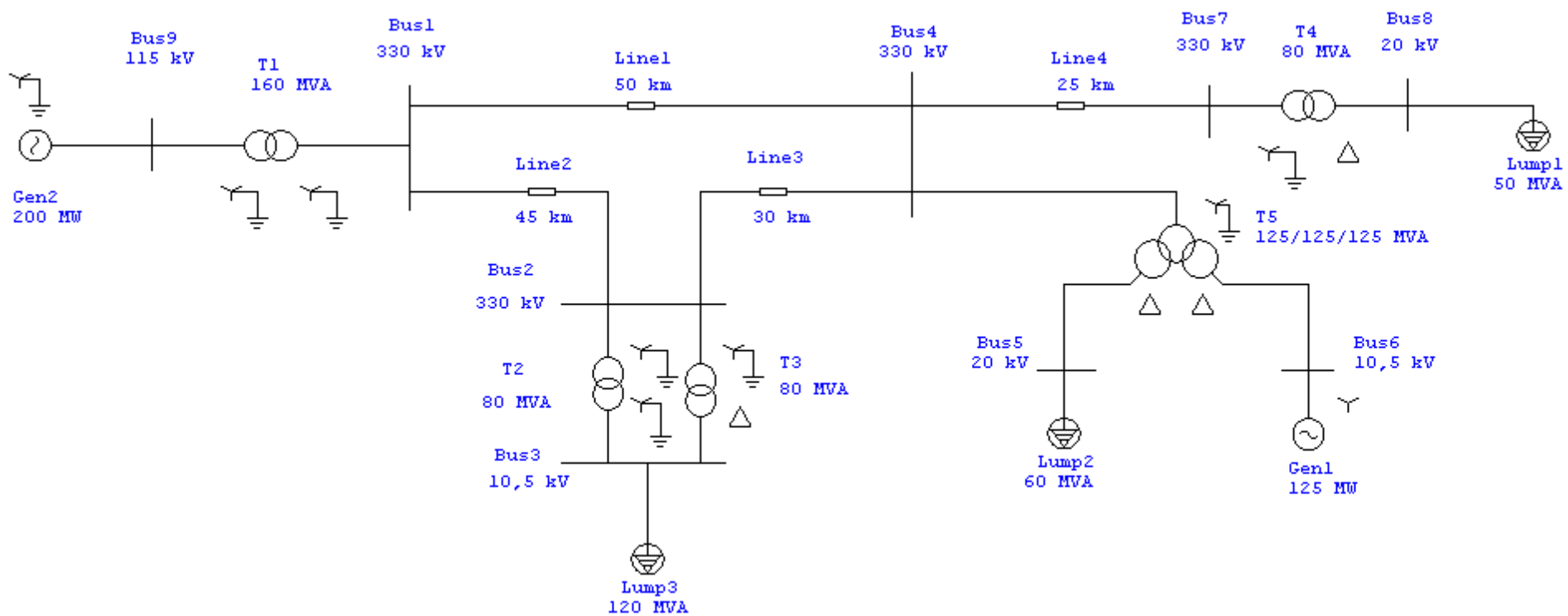
2. att. Faila dokumenta nosaukums un direktorijas izvēle



3. att. Lietotāja datu ievadīšana



Energosistēmas tīkla shēma

Pētāmā enerģosistēmas tīkla shēma sastāv no 2 ģeneratoriem, 3 slodzēm, 4 līnijām, 5 transformatoriem un 9 kopnēm (4. att.).



4. att. Energosistēmas tīkla shēma

Rekomendācijas:

1. Vienādo elementu parametrus var kopēt un ielikt tādā pašā elementa parametru tabulā (*Copy Data to Default*  un *Paste (Get) Default Data* ) , kas atvieglo un paātrina laboratorijas darba izpildi.
2. Ģeneratoram G1 papildus *Design* laukā, kas atrodas uz *Rating* lapas, ievadīsim lielumus 100 MW, $Q_{\min} = 20$ MVar un $Q_{\max} = 80$ MVar.
3. 4. kopnei iesakām ievadīt nominālo spriegumu 330 kV (**Nominal kV**).
4. Visām līnijām papildus izvēlēsimies aizsargtroses (120 mm², CHERRY, ACSR, Pirelli/GZ).
5. Divtinumu transformatoriem pretestību ievadīšanai izmantosim **Typical Z&X/R** poga. Trīstinumu transformatoram nultās un tiešas secības (*Zero and Positive Impedance*) pretestības uzskatīsim par vienādām.

Pēc minētā etapa pabeigšanas **faila dokuments atkārtoti jā saglabā** (*Ctrl+S* vai *Save*).

1. tabula


Energosistēmas elementu dati

Ģeneratori					
Nosaukums	P, MW	Tips		U, kV	cos φ
G1	125	Sprieguma regulēšana (Voltage Control)		10,5	0,8
G2	200	Regulējošs (Swing)		115	0,8
Slodzes					
Nosaukums	Kopēja jauda	Procentuālais slodzes sastāvs		U, kV	cos φ
		Dzinēji	Statiskā		
Kompleksā slodze (Lump1)	50 MVA	50%	50%	20	0,85
Kompleksā slodze (Lump2)	60 MVA	80%	20%	20	0,85
Kompleksā slodze (Lump3)	120 MVA	70%	30%	10,5	0,85
Līnijas					
Nosaukums	Šķērsgriezums, mm ²	Garums, km	Tips	Konfigurācija	
L1 (Line1)	307 (DICE)	50	ACSR	Horizontāla, H= 25 m, AB = 11 m, 1 aizsargtrose, CG = 5 m	
L2 (Line2)	307 (DICE)	45	ACSR		
L3 (Line3)	307 (DICE)	30	ACSR		
L4 (Line4)	307 (DICE)	25	ACSR		
Transformatori					
Nosaukums	U _A , kV	U _Z , kV	Jauda, MVA (Max)	%Z	
T1	340	115	160 (200)	12,5	
T2	330	10,5	80 (100)	12,5	
T3	330	10,5	80 (100)	12,5	
T4	330	20	80 (100)	12,5	
Nosaukums T5	U, kV	Jauda, MVA (Max)	%Z	X/R	
U _A	330	125 (160)	10	25	
U _V	20	125 (160)	35	40	
U _Z	10,5	125 (160)	24	33	

Jaudas plūsmu sadalījuma analīze



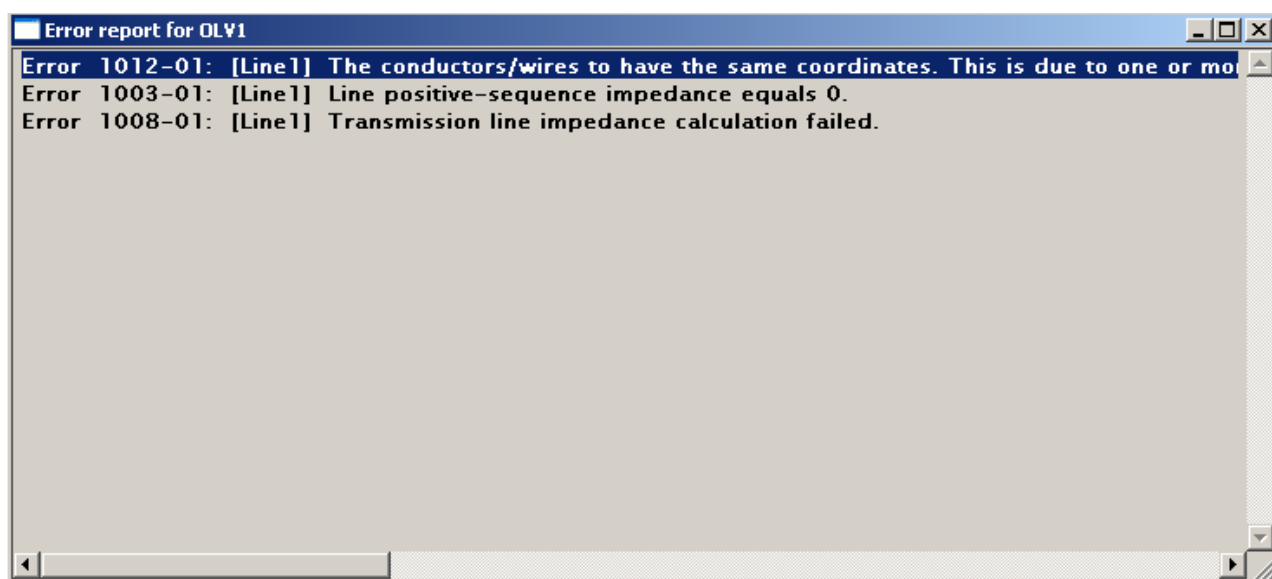
Kad energosistēmas modeļa izveide ir pabeigta, jāuzklikšķina uz ikonu Load Flow

Analysis (augšējās rīkjoslas centrā) un jānospiež poga Run Load Flow  (labajā rīkjoslā). Rezultātā parādīsies logs, kurā jāievada atbilstošs nosaukums.

Rekomendācija


Iespējama **Error** loga parādīšanās (6. att.) liecina par kļūdām, kas radušās datu ievadīšanas laikā. Kļūdu novēršanai divreiz jānospiež uz atbilstošo rindu, kurā aprakstīta(s) kļūda(s), tādējādi atvērot elementa logu, kurā šī kļūda ir ieviesta. Pēc kļūdu izlabošanas

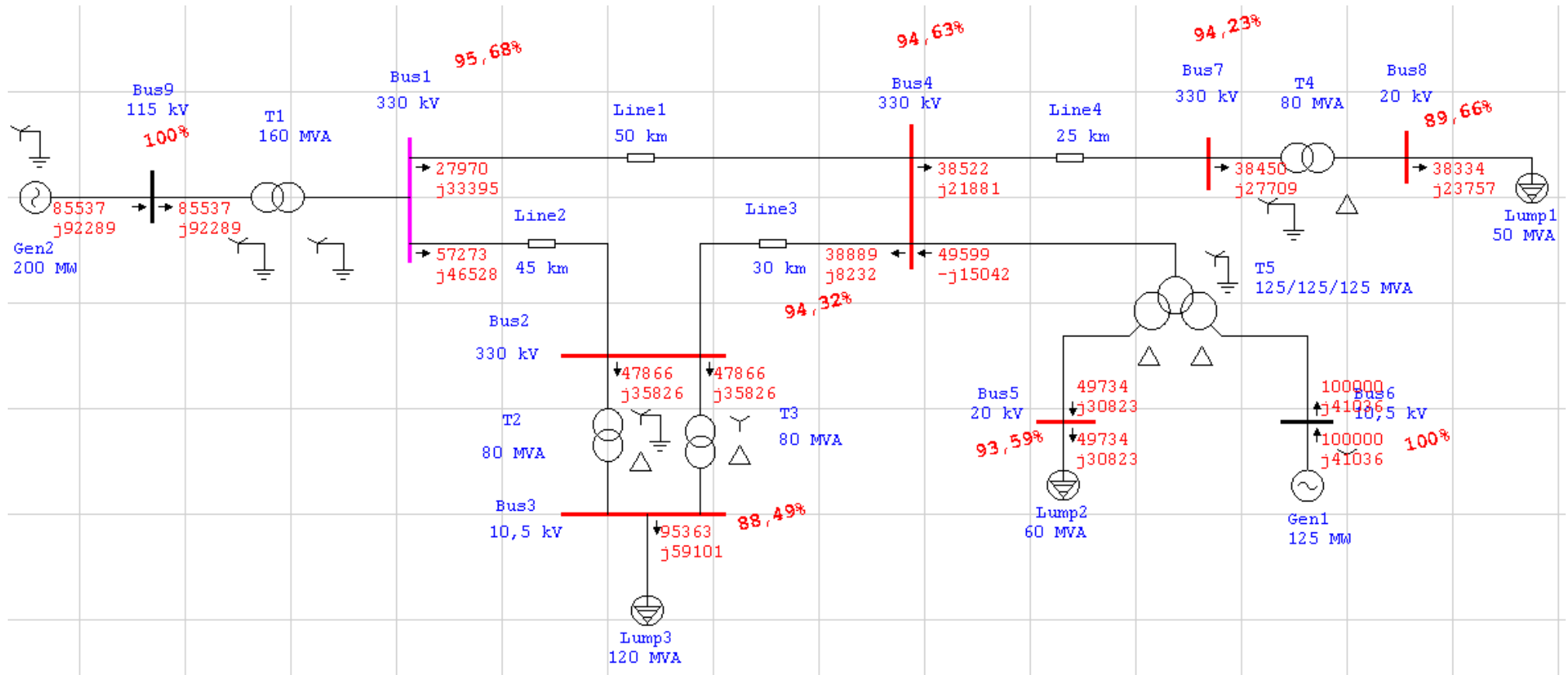
jāatkārto Run Load Flow  komanda.



6. att. Kļūdu atskaites logs

Run Load Flow aprēķinātais jaudas plūsmas sadalījums energosistēmas modelim tiks attēlots ar jaudas plūsmu vērtībām zaros (kW un kVAr) un spriegumiem, izteiktiem procentos no atbilstošo kopņu nominālām vērtībām (7. att.). Jaudu mērvienības var mainīt uz MVar un


MW attiecīgi, izmantojot papildus **Display Options**  bloku.

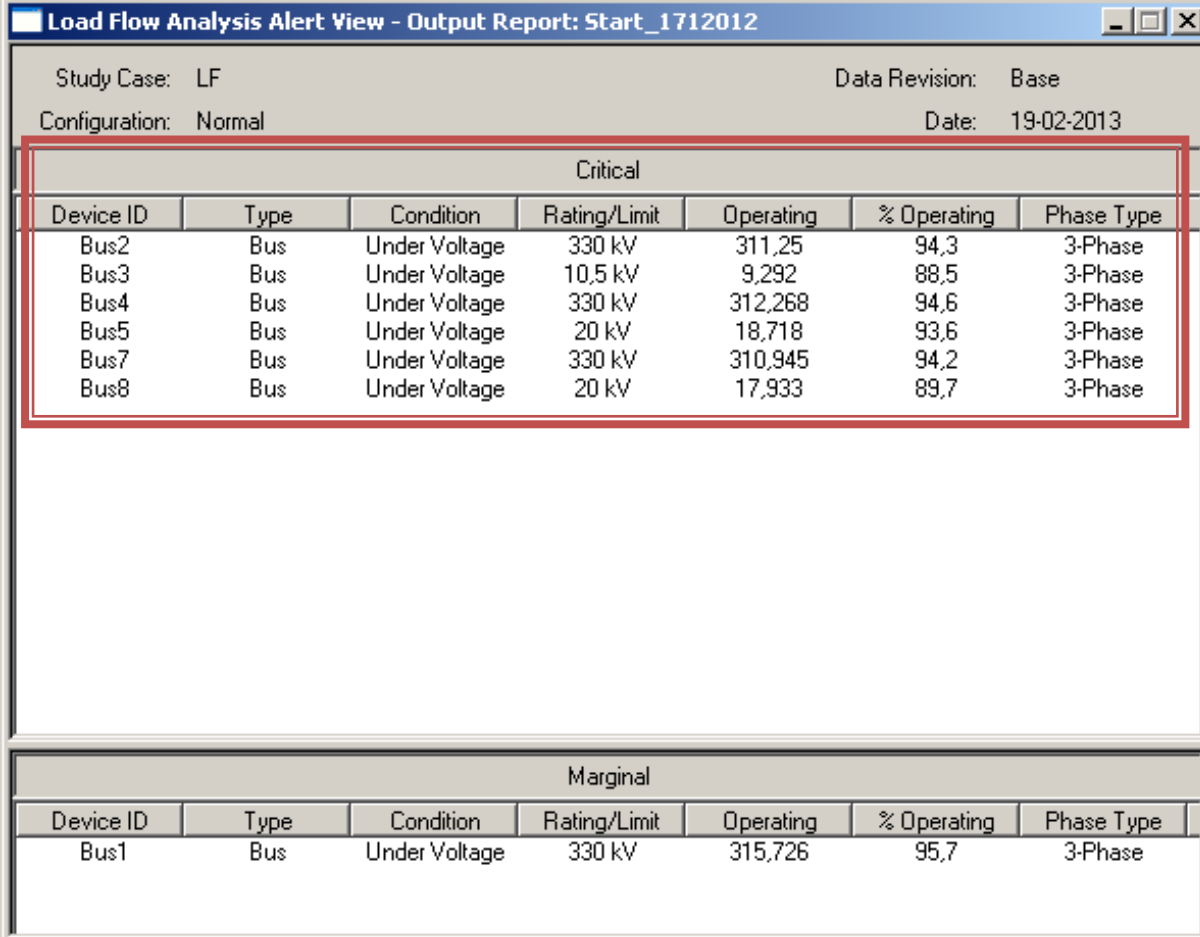


7. att. Jaudas plūsmu sadalījums un kopņu spriegumu vērtības

Energosistēmas režīma analīze

Energosistēmas režīma analīzei jāizmanto **Load Flow Result Analyzer** bloku. Ja režīma parametri atrodas ārpus pieļaujamām robežām (režīms nav sabalansēts), jāveic nepieciešamās izmaiņas. Ja sprieguma vērtības uz kopnēm neatbilst pieļaujamām robežām, jāveic atbilstošo parametru korekcijas, piemēram, mainot transformatoru transformācijas koeficientus. Lai aplūkotu visus elementus, kas atrodas ārpus pieļaujamām robežām,

jānospiež *Alert View* poga () (8. att.). Galvenais uzdevums novērst režīma parametrus no kritiskā (*Critical*) režīma apgabala, ieviešot tos pieļaujamo režīmu robežās (*Marginal*).




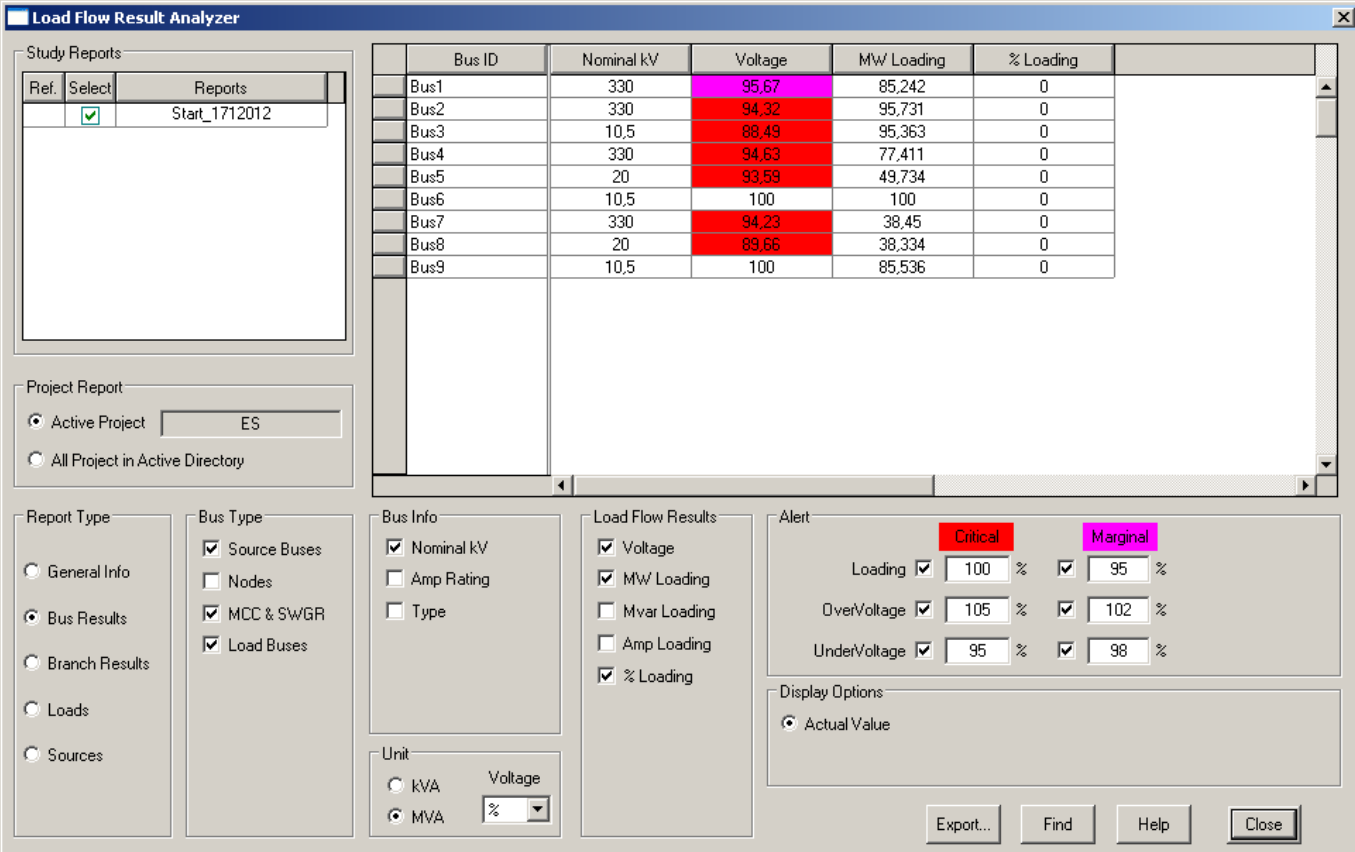
Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus2	Bus	Under Voltage	330 kV	311,25	94,3	3-Phase
Bus3	Bus	Under Voltage	10,5 kV	9,292	88,5	3-Phase
Bus4	Bus	Under Voltage	330 kV	312,268	94,6	3-Phase
Bus5	Bus	Under Voltage	20 kV	18,718	93,6	3-Phase
Bus7	Bus	Under Voltage	330 kV	310,945	94,2	3-Phase
Bus8	Bus	Under Voltage	20 kV	17,933	89,7	3-Phase

Marginal						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus1	Bus	Under Voltage	330 kV	315,726	95,7	3-Phase

8. att. Elementu dati ārpus pieļaujamām robežām

Visas veiktās režīma parametru un sistēmas parametru izmaiņas jāpieraksta un pēc laboratorijas darba izpildes tās detalizēti jāanalizē (laboratorijas darba atskaites veidā), pierādot jauniegūtā režīma iespējamību.


Iegūstot līdzsvarotu (sabalansētu) sistēmu, jāaplūko kopējie dati par tās režīmu. Šim nolūkam tiek izmantots **Load Flow Result Analyzer** bloks . Redaktorā (9. att.) var iegūt informāciju par energosistēmas režīma parametriem un elementiem, ar ķeksīti atzīmējot nepieciešamo elementu parametru aili.



Bus ID	Nominal kV	Voltage	MW Loading	% Loading
Bus1	330	95,67	85,242	0
Bus2	330	94,32	95,731	0
Bus3	10,5	88,49	95,363	0
Bus4	330	94,63	77,411	0
Bus5	20	93,59	49,734	0
Bus6	10,5	100	100	0
Bus7	330	94,23	38,45	0
Bus8	20	89,66	38,334	0
Bus9	10,5	100	85,536	0

9. att. Jaudas plūsmu sadalījuma analīzes bloks

Elementu datu papildināšana ar parametriem, kas nepieciešami īsslēgumu modelēšanai

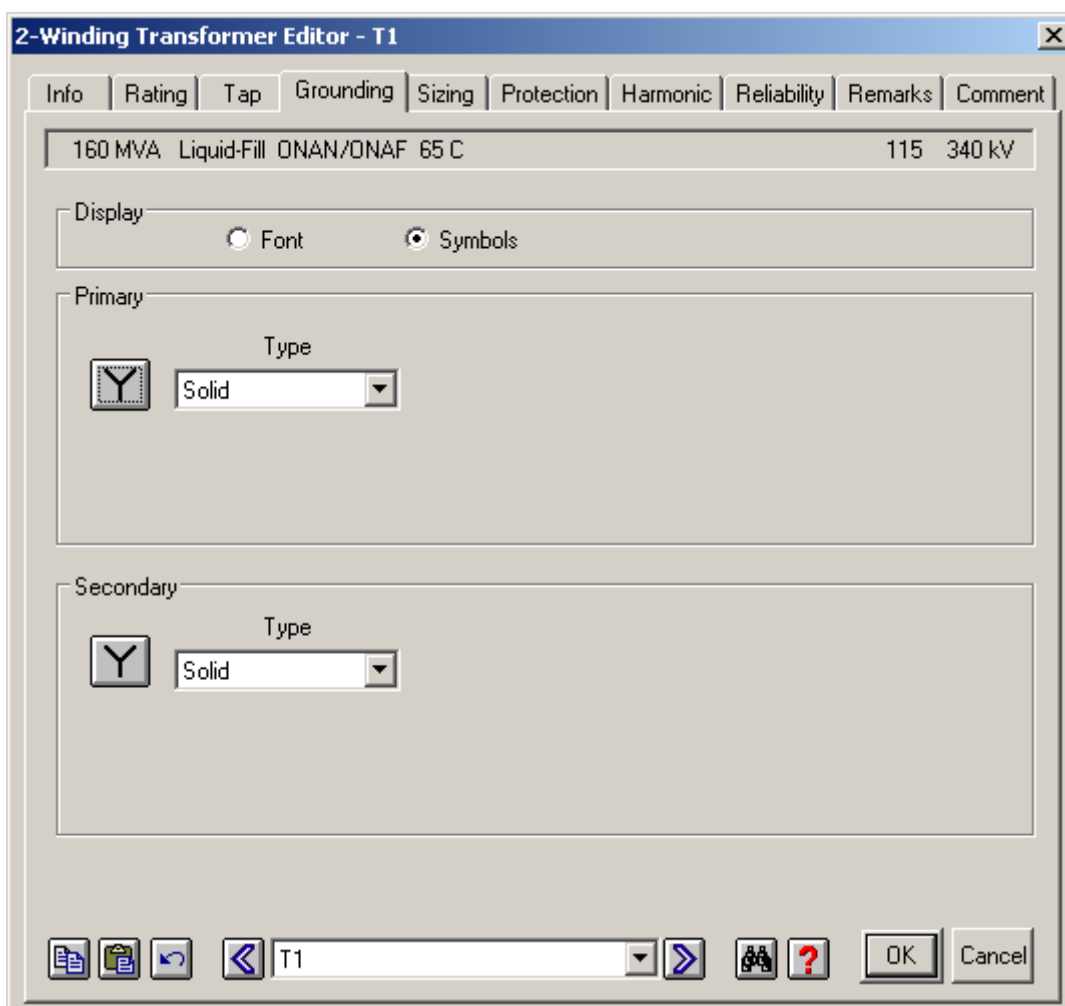
Lai veiktu īsslēguma modelēšanu ETAP programmatūrā ir nepieciešama ģeneratoru parametru papildus ievade. Lai to izdarītu, jāatgriežas *Edit Mode* blokā , kur divreiz nospiežot uz ģeneratora simbolu, tiks atvērta *Info* lapa. Pēc tam jānospiež *Imp/Model* lapa (10. att.), kur, lai vienkāršotu procesu, izvēlēsimies tipveida parametrus (*Typical Data* poga). Tā rezultātā visi tukšie lauki tiks aizpildīti automātiski, izmantojot standarta lielumus no ETAP bibliotēkas.

Papildus ģeneratoram G1 izvēlēsimies *Type* laukā tipu **Turbo (Gen.)**, **Round – Rotor (Rotor)**, bet otram ģeneratoram G2 izvēlēsimies *Type* laukā tipu **Hydro (Gen.)**, **Salient – Pole (Rotor)**.

10. att. Ģeneratora pretestību lapa (*Imp/Model* page)





Esošā enerģosistēmas tīkla modelī izmainīsim arī transformatora zemēšanas slēgumu grupas, atbilstoši norādītajam 4. attēlā. Lai attēlotu zemēšanas slēguma tipu, divreiz jāuzklikšķina uz transformatora elementu, jāatver zemēšanas lapa (*Grounding*) un jāizvēlas *Symbols* (simbols) *Display* laukā (11. att.). Papildus jāmaina zemēšanas slēguma tips katram transformatora primāram un sekundāram tinumam, nospiežot uz zvaigznes Y (jāizvēlas Open vai Solid zemēšanas tips) vai trīsstūra Δ simbolu. Slēguma tips jānosaka visiem transformatoriem, ieskaitot arī trīstinumu transformatoru T5, kuram zemēšanas lapā parādīsies arī terciārais tinums (*Tertiary*).

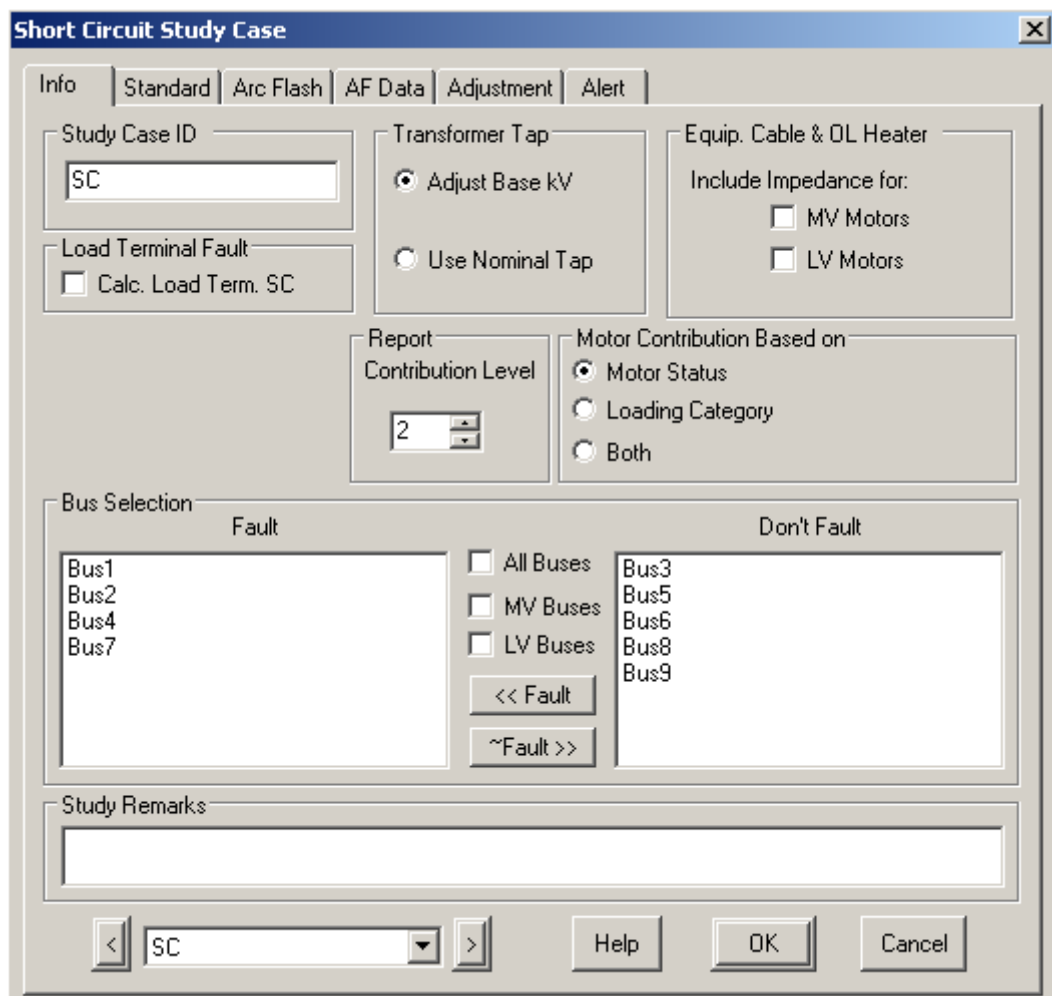
Tāpat, ģeneratoriem arī jāizvēlas atbilstošais zemēšanas slēgums. G1 gadījumā tas ir zvaigznes slēgumu (Open) un G2 – cieši zemētas zvaigznes slēgums (Solid).



11. att. Transformatoru zemēšanas slēguma izvēle

Īsslēgumu analīzes modulis (Short – Circuit Analysis)

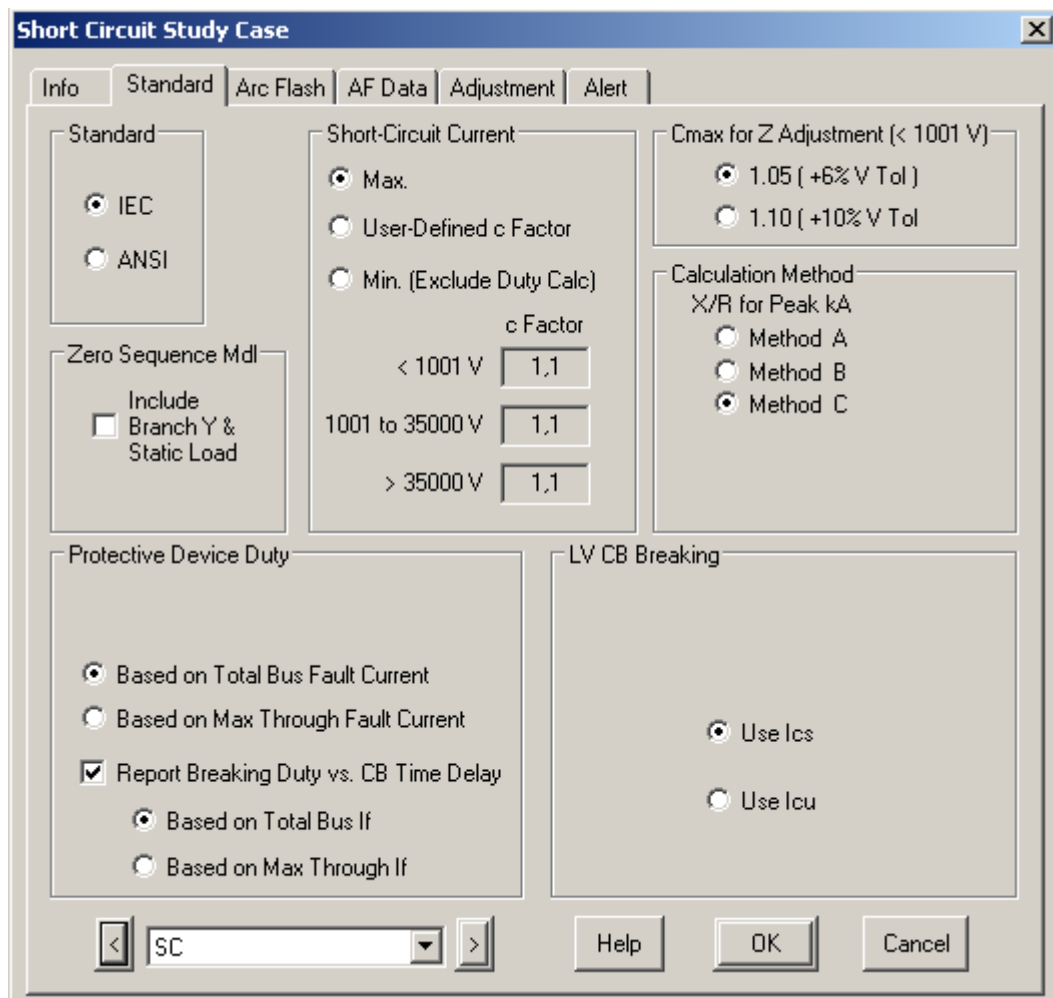
Īsslēgumu modelēšanu veiksīm, izmantojot IEC standartu , izvēloties īsslēgumu analīzes moduli . Tajā sakumā jānospiež  ikona, kā rezultātā parādīsies logs, kurā ir nepieciešams ierakstīt izpētes gadījuma nosaukumu (*Study Case*). Kad tiks nospiesta OK poga, parādīsies kļūdu logs, kurā tiks konstatēts, ka bojātās kopnes nav izvēlētas. Pēc tam jānospiež  ikona, tiks atvērts *Short Circuit Study Case* logs (12. att.).



12. att. Īsslēgumu izpētes gadījumu logs



Īsslēgumu izpēti logā jāizvēlas kopnes, uz kurām tiks izveidots īsslēgums. Šī laboratorijas darba ietvaros īsslēgumi tiks modelēti sekojošām kopnēm: **Bus1**, **Bus2**, **Bus4** un **Bus7**, kā tas ir parādīts 12. attēlā. Šīm nolūkam no labas kolonnas (*Don't Fault*) jāizvēlas atbilstošās kopnes un jānospiež „<< **Fault**” poga, kā rezultātā izvēlētās kopnes tiks pārceltas kreisajā kolonnā (*Fault*) (12. att.).

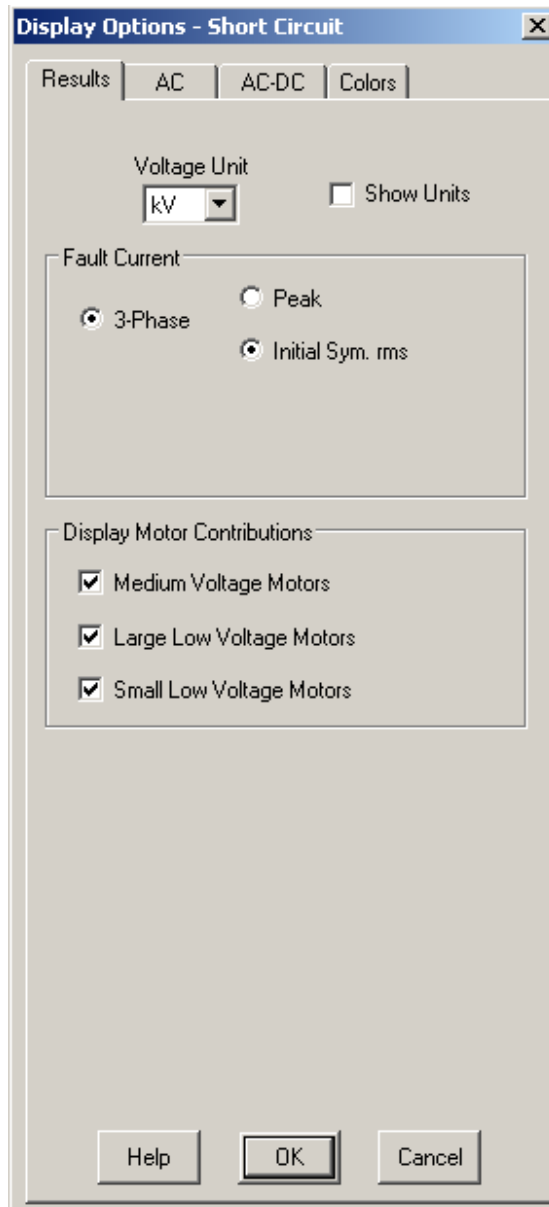
Nākamais solis ir īsslēguma strāvas vērtības un aprēķinu metodes noteikšana. Izvēlēsimies *Standart* lapa (13. att.), kurā nosakām īsslēguma strāvas vērtību (**Max**) un aprēķināšanas metodi (**Method C**). Beigās nospiedīsim OK.



13. att. Īsslēguma aprēķināšanas metodes izvēles logs

Turpmākais solis – īsslēguma veida izvēle.

1. Trīsfāžu īsslēgumu modelēšanai, jānospiež  ikona. Uz energosistēmas modeļa kopnēm tiks attēlotas bojājuma strāvu vērtības [kA]. Lai attēlotu tikai maksimālās strāvu vērtības, jāizmanto *Display Options*  bloks, kurā jāmaina *Initial Sym. rms* uz *Peak Fault Current* (14. att.).



14. att. Trīsfāžu īsslēguma strāvas Display Options bloks

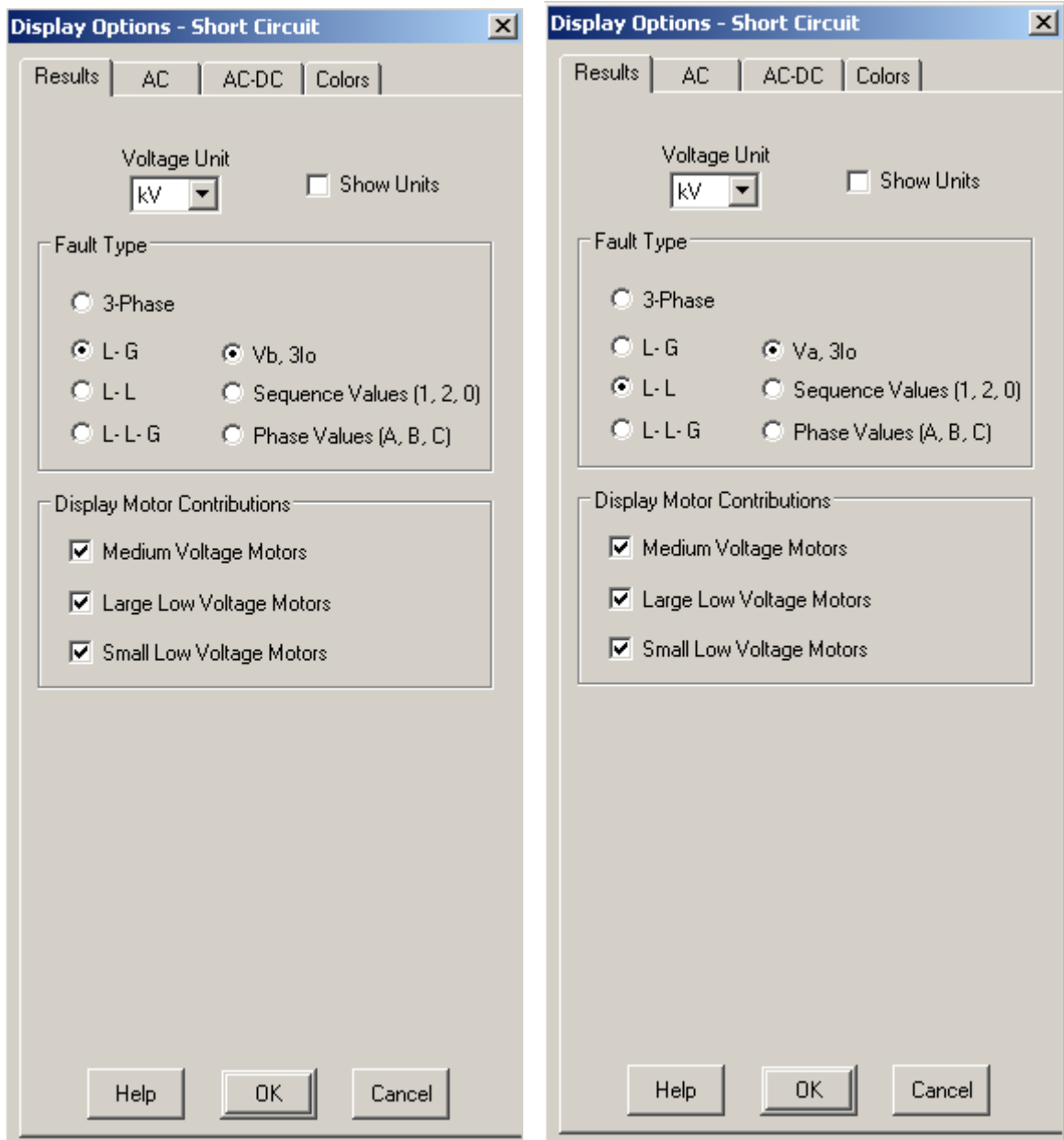
2. Nesimetrisko īsslēgumu strāvu modelēšanai nospiedīsim *Run LG, LL, LLG...* ikona



Sakumā uz kopnēm, kur notiek bojājums, parādīsies trīsfāžu īsslēguma strāvas un tā sastāvdaļas bojājuma vietā. Lai mainītu īsslēguma veidu, jāizmanto *Display Options* bloks (15. att. (a)), kurā izvēlēsimies atbilstošo īsslēguma veidu vienfāzes īsslēgumu uz zemi ($L - G$, t.i. *Line to Ground jeb $K^{(1)}$*). Jāatzīmē, ka līdzīgas iespējas *Display Options* blokam ir divfāžu ($L - L$ jeb *Line to Line jeb $K^{(2)}$*) un divfāžu uz zemi ($L - L - G$ jeb *Line to Line to Ground jeb $K^{(1,1)}$*) īsslēguma gadījumos (15. att. (b)). Papildus eksistē vēl 3 izvēles iespējas:

- Īsslēguma spriegums $U_b (U_a)$ un summāra nultās secības strāva $3I_0$;


- Sprieguma un strāvas tiešās, apgrieztās un nultās secības vērtības (Sequence Values (1, 2, 0));
- Fāzes vērtības spriegumam un strāvai (Phase Value (A, B, C)).




A

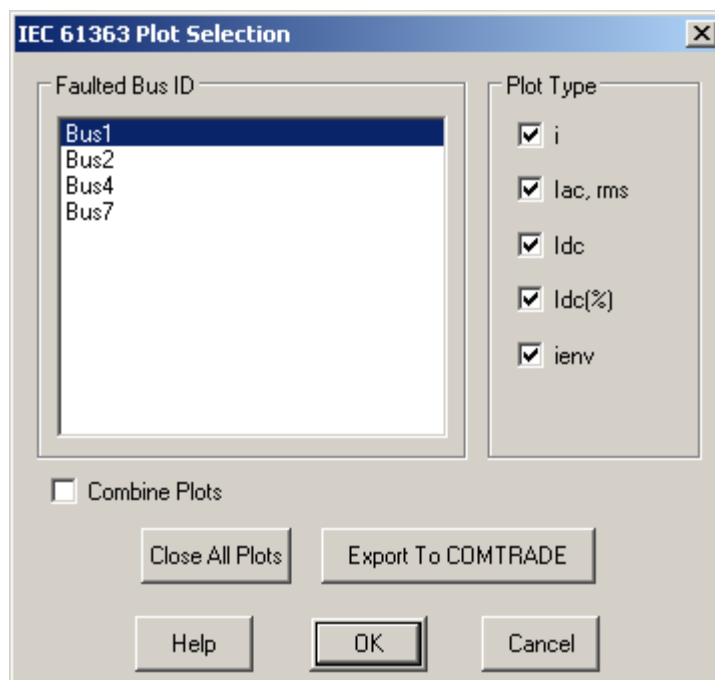
B

15. att. Nesimetrisko īsslēguma strāvu Display Options bloks

3. Nākamais etaps ir *Run Transient SC* . Nospiežot šo pogu, uz īssavienotām kopnēm parādīsies īsslēguma strāvas vērtības, izteiktas kA.

Atsevišķa uzmanība jāpievērš īsslēguma strāvas grafiskai attēlošanai (grafiku blokam). Lai aplūkotu īsslēguma strāvas vērtības izmaiņu laikā, jānospiež *IEC 61363 Short circuit Plots*

poga  ekrāna labajā rīkjoslā. Rezultātā atvēršies ģisslēguma strāvas grafiku izvēles logs (16. att.), kurā jāuzrāda atbilstošā kopne vai kopnes, grafiku konstruēšanai. Ja ir nospiesta OK poga, automātiski tiks attēloti visi 5 grafiki. Laboratorijas darba atskaitē ir nepieciešams iekļaut tikai kopējo ģisslēguma strāvas grafiku (*Total Fault Current*), kurā ir attēlotas maksimālās un minimālās ģisslēguma strāvas izmaiņa laikā (jāizvēlas divas līknes kopnēm ar lielāko un mazāko trieciensrāvu).




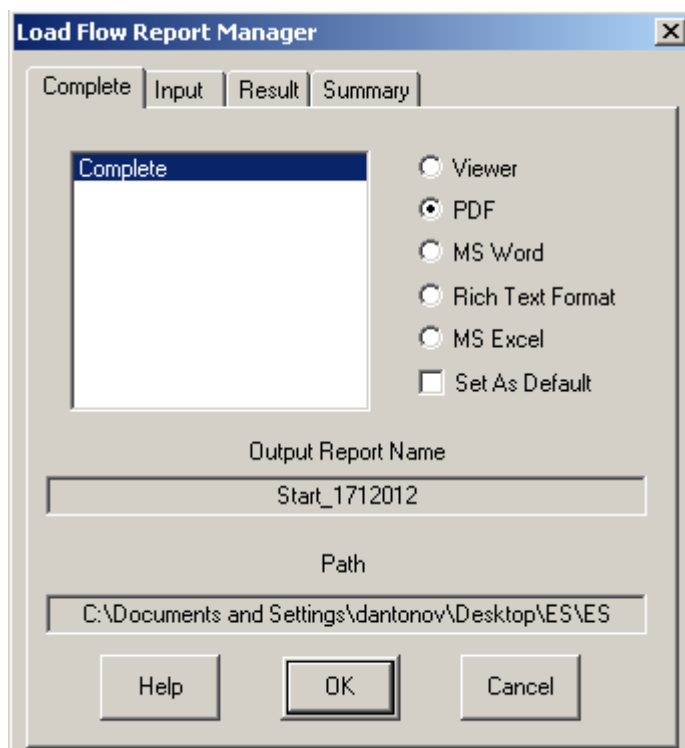
16. att. ģisslēguma strāvas grafiku izvēles logs

Atskaites eksportēšana (Report Manager)

Ērtākai datu apstrādei un to ievietošanai laboratorijas darba atskaitē ir jāveic datu eksportēšana ar **Report Manager** palīdzību. Dotais bloks ļauj eksportēt modelēšanas rezultātus no ETAP programmatūras **PDF**, Word vai Excel formātā.


1. Sakumā jāatgriežas *Load Flow Analysis* blokā, kur atkārtoti jānospiež *Run Load*


Flow poga un tikai pēc tam var nospiegt uz *Report Manager* pogu . Rezultātā atvēršies *Load Flow Report Manager* logs (17. att.). Šajā logā *Complete* lapā jāizvēlas **Complete** versija un **PDF** formāts. Izvēle jāapstiprina, nospiežot OK pogu. Ekrāna labajā stūrī apakšā parādīsies uzraksts *Generating Report...*, pēc tam atvēršies PDF fails.



17. att. Jaudas sadalījuma atskaites logs

2. Nākamais etaps ir īsslēguma strāvas un sprieguma vērtību eksportēšana. Lai to izdarītu, jānospiež *Short – Circuit Analysis* poga un jāatkārto agrāk minētās

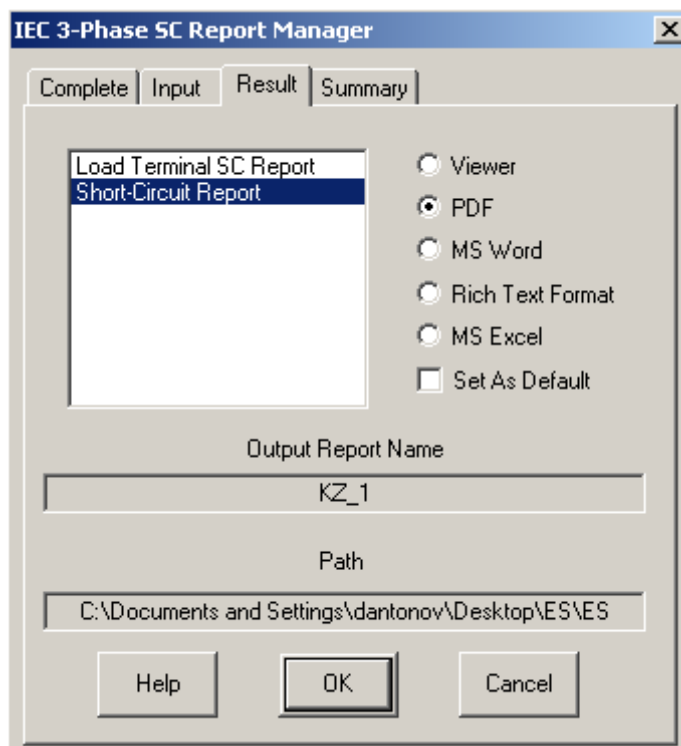
operācijas, t.i. jānospiež  ikona. Ja uz kopnēm parādās režīma parametru vērtības, jāuzklikšķina *Report Manager*. Rezultātā atvērsies jau pazīstamais *Report Manager* logs, pēc kā jāizvēlas *Result* lapa (18. att.), **Short-Circuit Report** atskaite un **PDF** formāts. Beigās jānospiež OK.

3. Atkārtoti jānospiež *Run LG, LL, LLG...* poga . Kad uz energosistēmas modeļa kopnēm parādīsies īsslēguma režīma dati, jānospiež *Report Manager*. Parādīsies logs, kurā būs *Results* lapa un tajā jāizvēlas trīs atskaites (19. att.):

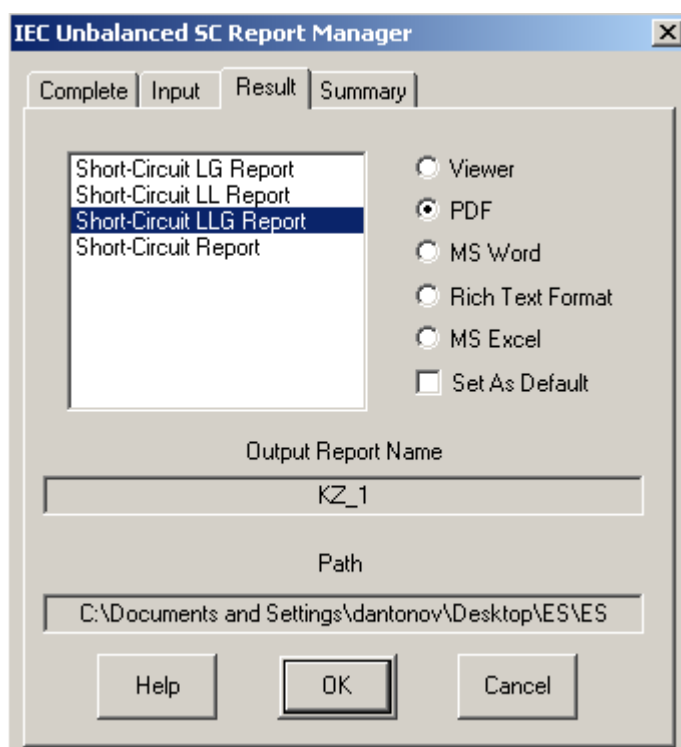
- **Short-Circuit LG Report,**
- **Short-Circuit LL Report,**
- **Short-Circuit LLG Report.**

Atskaites eksportēšana jāveic pa vienai **PDF** formātā.

Visām atskaitēm jāatrodas personīgā mapē, kas tika izveidota laboratorijas darba sākumā. Kopumā jābūt **5 atskaitēm PDF formātā.**



18. att. Trīsfāžu režīma datu eksportēšana



19. att. Nesimetrisko režīmu datu eksportēšana

Rezultāti un to analīze

- Attēlot tīkla topoloģiju:
 - Izmantojot ETAP atskaiti, attēlot tīkla topoloģiju A4 formāta lapā (kopnes nosaukumi un to spriegumi; līniju nosaukumi, garumi un šķērsriezumi; transformatoru nosaukumi un to nominālās jaudas);
 - Attēlot atskaites rezultātus tīkla shēmā (jaudas sadalījums un zudumi elementos).
- Novērtēt elektroenerģijas zudumus;
- Veikt brīdinājuma atskaites analīzi (Alert Summary Report);
- Analizēt energosistēmas tīkla kopējo ģenerāciju un slodzi (no bilances viedokļa);
- Analizēt trīsfāžu īsslēguma režīma parametrus un attēlot to vērtības grafiski;
- Uzzīmēt strāvas un spriegumu vektoru diagrammas atbilstoši pārsniezēja uzdotiem īsslēguma veidam, izmantojot īsslēguma režīma parametrus;
- Paskaidrot kopējās īsslēguma strāvas (Total Fault Current) izmaiņas raksturu pārejas procesa laikā.

SECINĀJUMI

Pēc laboratorijas darba izpildes, jāapkopo visa informācija un jāuzraksta izvērsti secinājumi par paveikto laboratorijas darba gaitā, veicot iegūto rezultātu detalizētu analīzi.

Noformējot laboratorijas darba atskaiti, teorētiskajā daļā jāaplūko īsslēguma veidu teorētiskais pamatojums (īsslēgumu veidu definīcijas, strāvas un sprieguma vektoru diagrammu konstruēšana dažādiem nesimetriskiem īsslēgumiem) un praktiskajā daļā jāveic saīsināts, kodolīgs apraksts, atbilstoši izpildītājiem uzdevumiem (ja ir nepieciešams, ar skaidrojumiem iekavās).

PDF atskaites jādrukā uz divām lappusēm.

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

PAMATLITERATŪRA

1. B. Papkovs, I. Zicmane. Elektromagnētiskie pārejas procesi elektriskās sistēmas. Rīga, RTU izdevniecība, 2007. – 306 lpp.
2. ETAP® 5.5 User Guide, Operation Technology, Inc., 2006. – 3386 p.
(http://www.eef.rtu.lv/doc/studiju_materiali/026.pdf)

PAPILDLITERATŪRA

3. G. Kļaviņš. Aprēķina praktiskās metodes. – Rīga: RTU, 1990. – 83 lpp.
4. A. Vanags. Elektriskie tīkli un sistēmas. *RTU*, 2007, – 479 lpp.
5. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы, Москва, Энергия, 1970.
– 520 с.

PIELIKUMI

Atskaites forma

Atskaitē jāiekļauj sekojoši punkti (atskaites forma ir dota 1. pielikumā):

- priekšmeta un laboratorijas darba nosaukums, numurs;
- personīgā informācija (fakultāte, kurss, grupa, vārds uzvārds, stud. apl. numurs);
- laboratorijas darba mērķis;
- laboratorijas darba uzdevums;
- teorētiskā daļa;
- praktiskā daļa;
- rezultāti un to analīze;
- secinājumi;
- pielikumi (ETAP izdrukas).

ETAP programmatūras apraksts un vietnes:

- www.etap.com (software);
- www.youtube.com (ETAP software)
- http://www.eef.rtu.lv/doc/studiju_materiali/026.pdf (CHAPTER 3, CHAPTER 9, CHAPTER 11, CHAPTER 15 (IEC Short-Circuit), CHAPTER 19)

Kontaktu informācija:

- Dmitrijs Antonovs d-lord@inbox.lv
- Edīte Biēļa edinnsh@inbox.lv

Laboratorijas darba atskaites forma

ELEKTRISKĀS SISTĒMAS II

Energosistēmas modelēšanas pamati un īsslēgumu procesu izpēte ETAP vidē

Laboratorijas darbs № 1

Enerģētikas un Elektrotehnikas fakultāte

3. kurss

GRUPA

Vārds UZVĀRDS

Stud. apl. numurs

Laboratorijas darba mērķis

.....

Laboratorijas darba uzdevums

.....

Teorētiskā daļa

.....

Praktiskā daļa

.....

Rezultāti un to analīze

.....

Secinājumi

.....

Pielikumi (ETAP izdrukas)