

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

ENERĢĒTIKAS UN ELEKTROTEHNIKAS FAKULTĀTE

ENERĢĒTIKAS INSTITŪTS

**Laboratorijas darbu komplekss ETAP vidē
maģistra studiju programmai
I daļa**

Metodiskie norādījumi laboratorijas darbu izpildei
datorprogrammā ETAP 7.1

RTU Izdevniecība

RĪGA 2013

UDK 621.311.1 (076.5)

La 054

Laboratorijas darbu komplekss ETAP vidē maģistra studiju programmai. I daļa. Metodiskie norādījumi laboratorijas darbu izpildei datorprogrammā ETAP 7.1. – Rīga, RTU Izdevniecība, 2013. – 41 lpp.

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

Laboratorijas darba apraksts ir speciāli izstrādāts Enerģētikas un elektrotehnikas maģistra programmas studentiem disciplīnā – Elektroenerģētisko sistēmu stabilitāte, lai pilnveidotu zināšanas par energosistēmas modelēšanas un pārejas procesu pētīšanas iespējām. Apraksts laboratorijas darbam ir brīvi pieejams, visas autortiesības pieder Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas institūtam.

Sastādītāji: D. Antonovs, E. Bieļa, A. Sauhats, I. Zicmane

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

Iespiests saskaņā ar EVA 2013.gada 3.jūnija lēmumu protokols Nr. 11211-1.1/4

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2013.g.

ISBN 978-9934-10-445-9

SATURS

1. laboratorijas darbs	5
Laboratorijas darba mērķis	6
Laboratorijas darba uzdevums	7
Teorētiskā daļa	8
Praktiskā daļa	15
Direktorijas izveide	15
Faila dokumenta izveide	15
Energosistēmas tīkla shēma	17
Elementu ievadīšana	19
Elementu datu ievadīšana	20
Jaudas plūsmu sadalījuma analīze	24
Energosistēmas režīma analīze	27
Atskaites eksportēšana	30
Rezultāti un to analīze	38
Secinājumi	39
Pielikumi	40
Bibliogrāfiskais saraksts	41

ELEKTROENERĢĒTISKO SISTĒMU STABILITĀTE

**Energosistēmas modelēšanas pamati un
statiskās stabilitātes izpēte ETAP vidē**

1. laboratorijas darbs

Laboratorijas darba mērķis

- Iegūt praktiskās iemaņas energosistēmas elementu un tīklu modelēšanā, iepazīties ar ETAP programmatūras iespējām, kā arī iegūt pieredzi energosistēmas tīkla modeļa izveidošanā un normālo režīmu vadībā ETAP vidē.

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;
- Analizēt N – 1 kritērija iestāšanās sekas: gadījumā, kad līniju atslēdz vai izved remontā un pārbauda energosistēmas režīma parametrus;

- Izpētīt, kā slodzes izmaiņas ietekmē režīma parametrus pie dažādām slodzes vērtībām (slodzes palielinās un samazinās);
- Veikt iegūto rezultātu eksportēšanu atskaitei, pielietojot programmatūras atskaites bloku (Report Manager);
- Veikt modelēto gadījumu datu eksportēšanu, izmantojot jaudas plūsmas rezultātu analīzes bloku (Load Flow Result Analyzer).

Teorētiskā daļa

ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) ir pilna spektra analītiskās projektēšanas datorprogramma, kas specializējas energosistēmas plānošanā, izstrādē, analīzē, 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, kas saistīti ar energosistēmas modelēšanu un jaudas plūsmas analīzi.

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

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 jānospiež uz atbilstošo simbolu.

Lai ar vienu piegājienu izveidotu dažādus viena tipa elementus, divreiz jānospiež uz atbilstošo elementu un pēc tam Edit Mode logā, kur jānorāda elementu izvietojšanas vieta (piemēram, ja shēmā jānovieto 5 kopnes, sakumā jānospiež divreiz uz kopnes simbolu un tad 5 reizes tur, kur tās paredzētas

shēmā). Lai izietu no dotā ievadišanas 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.

Jāpiemin iespēja, kā mainīt elementu orientāciju shēmā, nospiežot ar labo pogu uz elementu un izvēloties funkciju *Rotate* (pagriezt).

2. Izveidojot energosistēmas tīkla modeli, jāveic tā jaudas plūsmas analīze (Load Flow Analysis), ko var izdarīt sekojošā secībā:

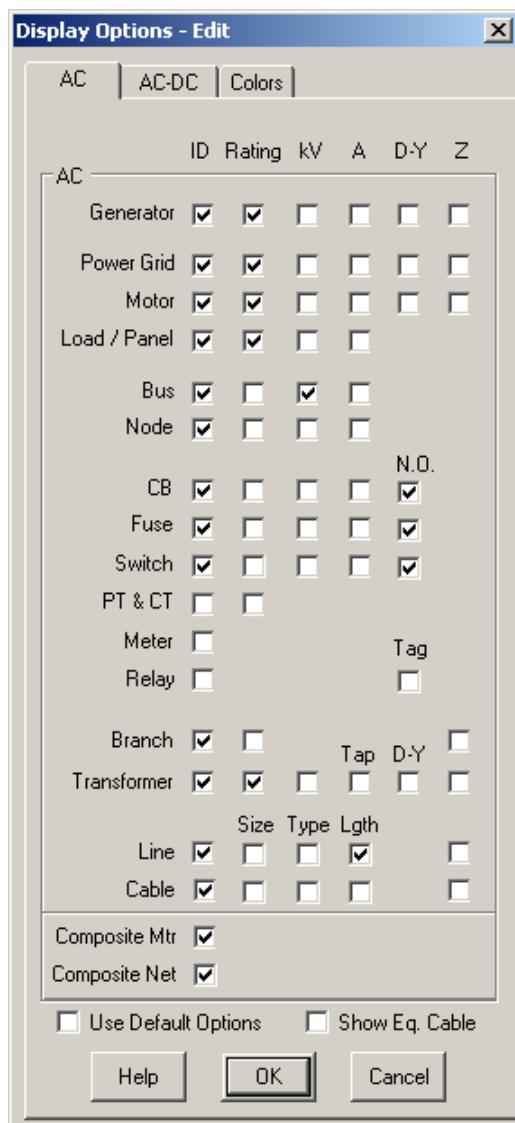
Uzsākot darbu ar pogu *Load Flow Analysis* , šajā blokā papildus jānospiež Run Load Flow poga. Rezultātā uz energosistēmas tīkla shēmas tiks attēlots jaudas sadalījums zaros un kopnes spriegumi, izteikti procentos no nominālās vērtības (sīkāk par to praktiskajā daļā).

3. Mainīt tīkla konfigurāciju, lai modelētu N – 1 kritērija iestāšanos, veicot līnijas atslēgšanu vai izvešanu remontā, ka arī pārbaudīt jaudas plūsmas sadalījumu un režīma parametru pieļaujamību.
4. Veikt slodzes izmaiņas, lai modelētu tās pieaugumu laikā (palielināt pār 20 %) un slodzes sezonalitāti (samazināt slodzi par 50% (vasaras minimums)), ka arī pārbaudīt jaudas plūsmas sadalījumu un režīma parametru pieļaujamību.
5. Laboratorijas darba noslēgumā, visi iegūtie dati ir jāeksportē no ETAP programmatūras, izmantojot

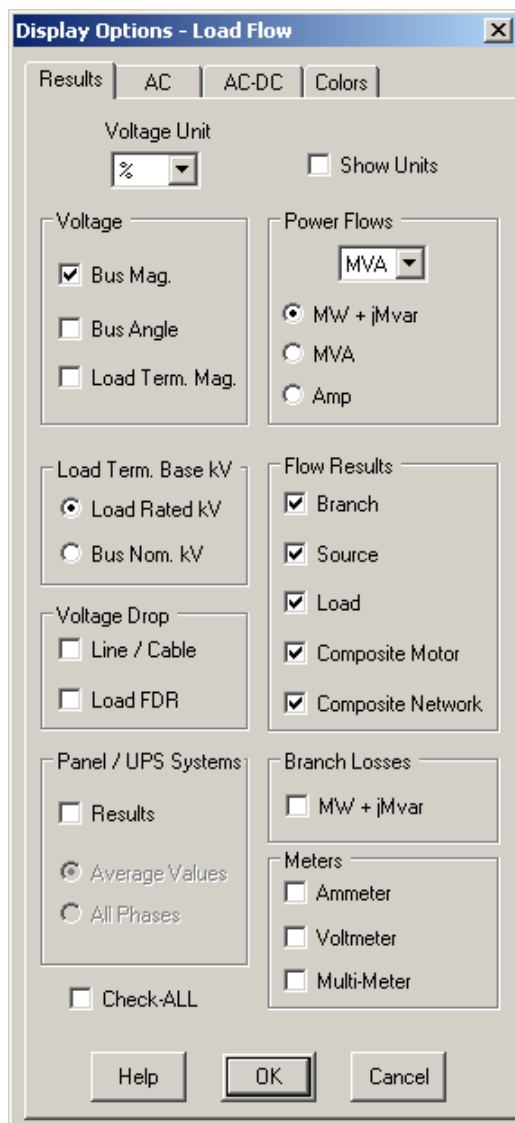
rezultātu atskaites (*Report Manager*) bloku, izvēloties sev piemērotāko attēlošanas veidu: atskaites forma un formāts (PDF, Word, Excel vai Viewer*), un *Load Flow Result Analyzer* bloku.

* Viewer formāts ļauj aplūkot un izdrukāt datus.

Šajā laboratorijas darbā tiek izmantots *Display Options* bloks. Katram modulim ir noteiktās atšķirības. *Edit* moduļa bloks ir attēlots 1.1. attēlā. Šajā blokā var izvēlēties elementus, kas jāattēlo uz energosistēmas tīkla modeļa (OLD). 1.2. attēlā ir attēlots *Load Flow Analysis* moduļa *Display Options* bloks. Šajā gadījumā var mainīt *Load Flow Analysis* datu attēlošanu, piemēram, mainīt kVA uz MVA vai papildināt esošo datu daudzumu, parādot zudumus zaros.



1.1. att. *Display Options* bloks *Edit Mode* modulim



1.2. att. *Display Options* bloks *Load Flow Analysis* modulim

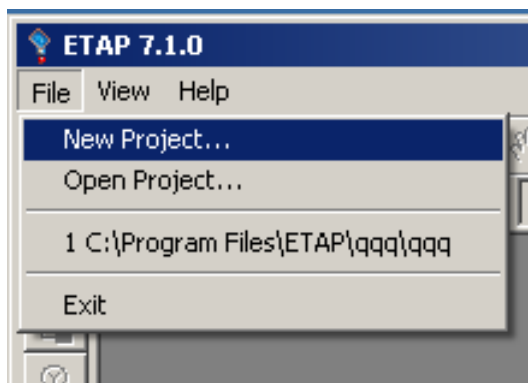
Praktiskā daļa

Direktorijas izveide

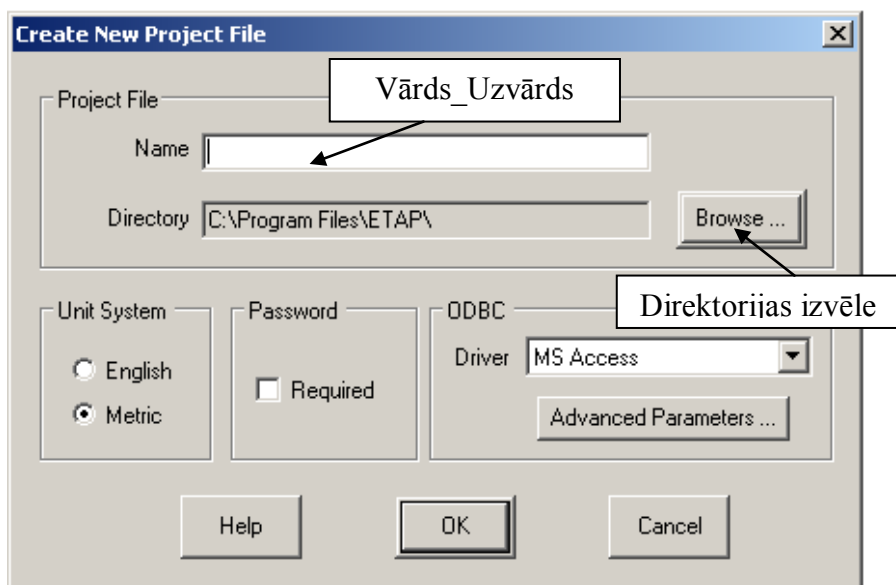
Laboratorijas darba sākumā jāizveido personīgā mape (Vārds_Uzvārds) uz datora darba virsmas (Desktopa), kur tiks saglabāti visi laboratorijas darba laikā iegūtie dati un rezultāti. Pēc minētās operācijas darbu ar ETAP programmatūru var sākt, divreiz nospiežot uz ETAP ikonu.

Faila dokumenta izveide

Lai pārietu pie shēmas parametru ievadīšanas, jānospiež poga *File* → *New Project* (1.3. att.) un jāizveido fails, kurā šī energosistēmas shēmas informācija tiks ievietota (glabāta). Attiecīgā laukā *Name* (1.4. att.) jāieraksta Vārds_Uzvārds un jāizvēlas izveidotā personīgā mape, nospiežot *Browse* pogu, un apstiprināt izvēli, nospiežot OK. Ekrānā parādīsies *User Information* logs (1.5.att.), kur laukā *Description* studentam jāievada savas apliecības numurs. Kad tas tiks izdarīts, vēlreiz jānospiež OK poga.



1.3. att. Jauna faila dokumenta izveide



1.4. att. Faila dokumenta nosaukums un direktorijas izvēle

Studenta apliecības numurs

User Information

User Name: dantonov

Full Name:

Description: 051DEB013

Password:

Confirmed Password:

Access level permissions:

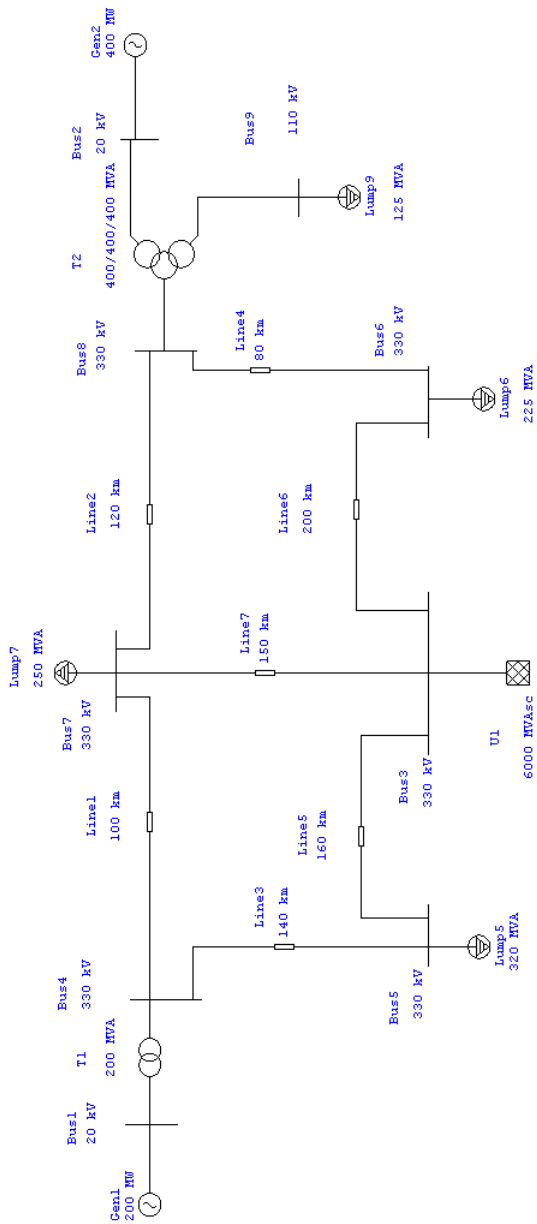
- Administrator
- Project Editor
- Base Editor
- Revision Editor
- Checker
- Browser
- Librarian
- Controller
- Operator

Buttons: OK, Cancel, Delete, Help

1.5. att. Lietotāja datu ievadīšana

Energosistēmas tīkla shēma

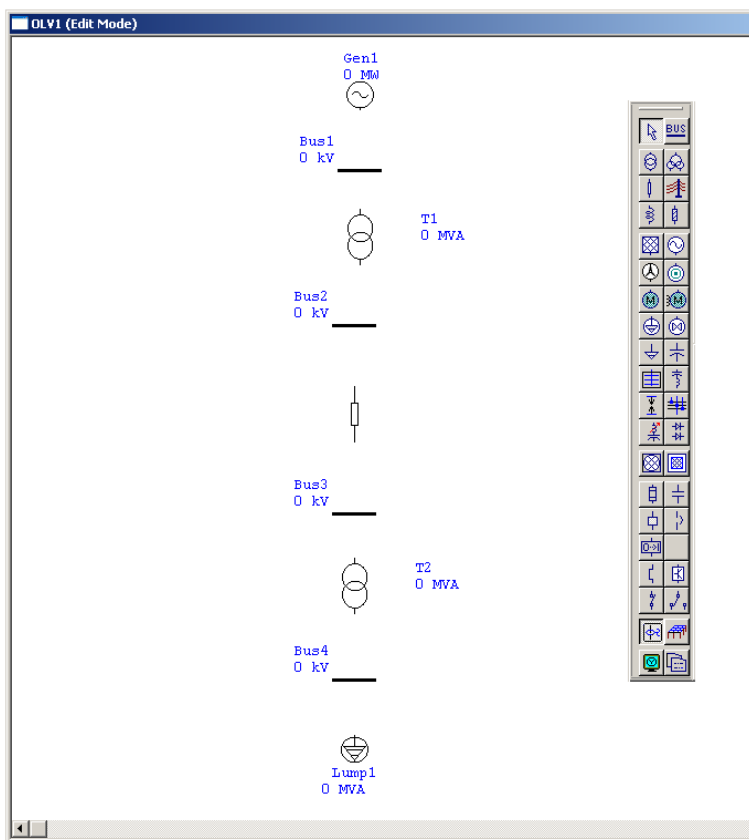
Pētāmā enerģosistēmas tīkla shēma sastāv no 2 ģeneratoriem, 1 sistēmas, 4 slodzēm, 7 līnijām, 2 transformatoriem un 9 kopnēm (1.6. att.).



1.6. att. Pētāmās enerģosistēmas shēma

Elementu ievadīšana

Elementu (kopņu, ģeneratoru, transformatoru utt.) ievadīšana jāsāk, nospiežot uz atbilstošo ikonu un pēc tam ievietojot kursoru *Edit Mode* logā un nospiežot peles kreiso taustiņu atbilstošajā loga daļā, t.i. tur, kur jāievieto izveidotais elements (1.7. att.).





1.7. att. Edit Mode logs un AC elementu rīkjosla (**piemērs**)

Kad visi elementi tiks ievietoti un savienoti atbilstoši uzdevuma nosacījumiem (1.6. att.), faila dokuments obligāti jā saglabā.

Elementu datu ievadīšana

Nākamais solis ir izvēlēto elementu parametru ievadīšana. Divreiz nospiežot uz elementu shēmas ar peles kreiso taustiņu, tiks atvērts logs, kurā šie parametri jāievada, atbilstoši 1.1. tabulas datiem.

Rekomendācijas:

1. Vienādo elementu parametrus var kopēt un ievietot 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 *Rating* lapā, ievadīsim lielumu 160 MW un izvēlēsim *Capability Curve* Mvar limits laukā.
3. Ģeneratoram G2 **papildus** *Design* laukā, kas atrodas *Rating* lapā, ievadīsim jaudas lielumu 320 MW un izvēlēsim *Capability Curve* Mvar limits laukā.

4. **7. kopnei** iesakām ievadīt nominālo spriegumu **330 kV (Nominal kV)**.
5. Visām līnijām papildus izvēlēsimies aizsargtroles (Size – 115,6 kcmil, Code - 7 No. 8, Conductor Type – AW, Southwire no Ground Wire Lib...).
6. Divtinumu transformatoram pretestību ievadīšanai izmantosim *Typical X/R* poga.
7. Trīstinumu transformatoram nultās un tiešas secības (*Zero and Positive Impedance*) pretestības ir vienādas.

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

Energosistēmas elementu dati

Generatori						
Nosaukums	P, MW	Tips		U, kV	cos φ (%PF)	
G1	200	Sprieguma regulēšana (Voltage Control)		20	0,8	
G2	400	Sprieguma regulēšana (Voltage Control)		20	0,8	
Sistēma						
Nosaukums	S _{īss} , MVA	Tips		U, kV		
U1	6000	Balansējoša (Balanced)		330		
Slodzes						
Nosaukums	Kopēja jauda	Procentuālais slodzes sastāvs			U, kV	cos φ (%PF)
		Dzinēji	Statiskā			
Kompleksā slodze (Lump5)	320 MVA	60%	40%		330	0,85
Kompleksā slodze (Lump6)	225 MVA	70%	30%		330	0,85
Kompleksā slodze (Lump7)	250 MVA	55%	45%		330	0,80
Kompleksā slodze (Lump9)	125 MVA	50%	50%		110	0,90

Līnijas					
Nosaukums	Šķērsgriezums, mm ²	Garums, km	Tips	Konfigurācija	
L1 (Line1)	182 (CRICKET)	100	ACSR	Horizontāla, 2 vadi fāzē, a = 50 cm, H = 26 m, AB = 11 m, 2 aizsargtroses, CG = 5 m, GG = 16 m	
L2 (Line2)	182 (CRICKET)	120	ACSR		
L3 (Line3)	182 (CRICKET)	140	ACSR		
L4 (Line4)	182 (CRICKET)	80	ACSR		
L5 (Line5)	182 (CRICKET)	160	ACSR		
L6 (Line6)	182 (CRICKET)	200	ACSR		
L7 (Line7)	182 (CRICKET)	150	ACSR		
Transformatori					
Nosaukums	U _A , kV	U _Z , kV	Jauda, MVA (Max)	%Z	
T1	330	20	200 (300)	12	
Nosaukums	T5	U, kV	Jauda, MVA (Max)	%Z	
U _A	330	400 (500)	PS = 14	25	
U _V	110	400 (500)	PT = 36	40	
U _Z	20	400 (500)	ST = 20	33	

Jaudas plūsmu sadalījuma analīze



Kad energosistēmas modeļa izveide ir pabeigta, jāuzklikšķina uz ikonu *Load Flow Analysis* (augšējās rīkjoslās

centrā) un jānospiež poga *Run Load Flow*



(labajā rīkjoslā). Rezultātā parādīsies logs, kurā jāievada atbilstošs nosaukums.

Rekomendācijas:

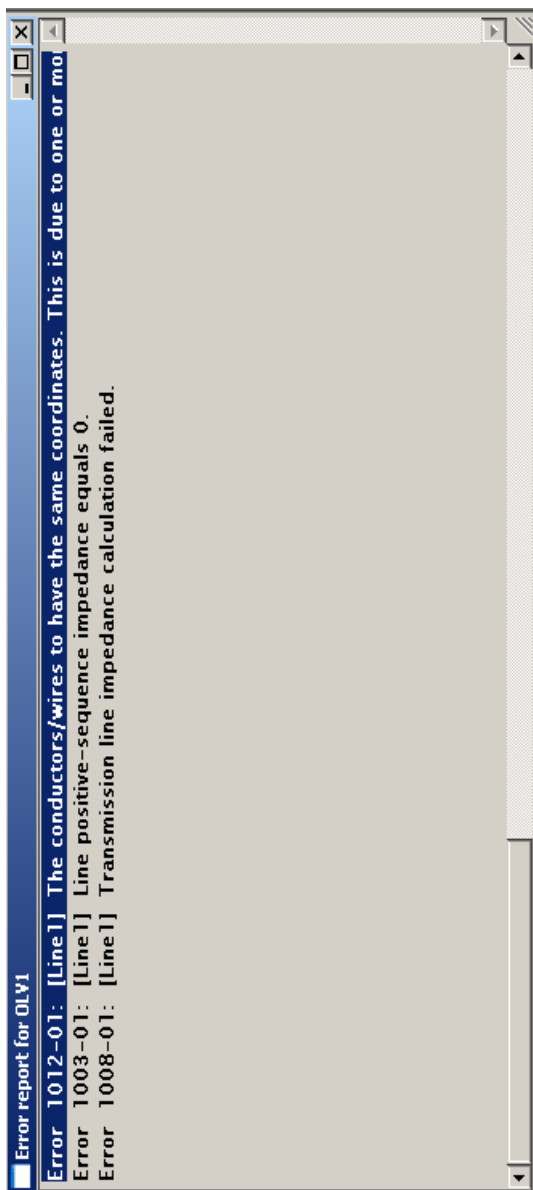
Iespējama **Error** loga parādīšanās (1.8. att.) liecina par kļūdām, kas radušās datu ievadīšanas laikā. Kļūdu novēršanai divreiz jānospiež uz atbilstošo rindu, kurā aprakstīta(s) kļūda(s), tādējādi atvērot elementa logu, kurā šī kļūda ir ieviesta. Pēc kļūdu izlabošanas jāatkārto *Run Load Flow* komanda.

Run Load Flow aprēķinātais jaudas plūsmas sadalījums energosistēmas modelim tiks attēlots ar jaudas plūsmu vērtībām zarus (kW un kVAr) un spriegumiem, izteiktiem procentos no atbilstošo kopņu nominālām vērtībām (1.9. att.). Jaudu mērvienības jāmaina uz **MW** un **MVAr** attiecīgi,

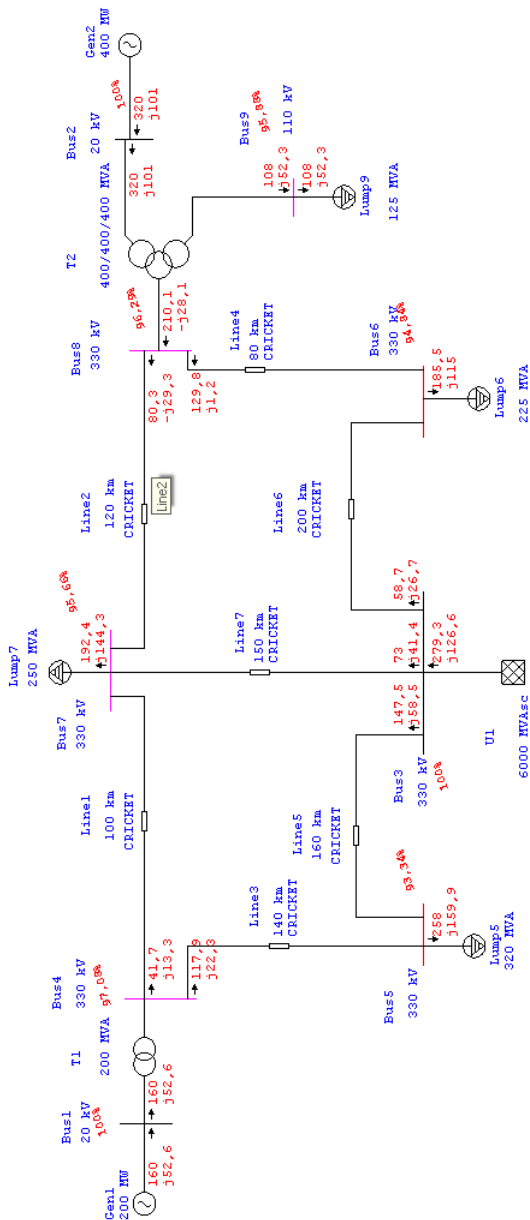
izmantojot papildus **Display Options**



bloku (1.2. att.).



1.8. att. Kļūdu atskaites logs



1.9. att. Jaudas plūsmu sadalījums un spriegumu vērtības uz kopnēm

Energosistēmas režīma analīze

Energosistēmas režīma analīzei jāizmanto **Load Flow Result Analyzer** bloks. 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, sakumā mainot transformatoru transformācijas koeficientus (TAP) un, ja trūkst regulēšanas diapazons, tad – līnijas šķērsgrizumus. Lai aplūkotu visus elementus, kas atrodas ārpus pieļaujamām robežām, jānospiež



Alert View poga (1.10. att.). Galvenais uzdevums ir novērst režīma parametrus no kritiskā (*Critical*) režīma apgabala, ieviešot tos pieļaujamo režīmu robežās (*Marginal*).

Visas veiktās režīma parametru un sistēmas parametru izmaiņas jāpieraksta un pēc laboratorijas darba izpildes tās detalizēti jāizanalizē (laboratorijas darba atskaites veidā), pierādot energosistēmas „dzīvotspēju” jauniegūtā režīmā.

Load Flow Analysis Alert View - Output Report: LFA						
Study Case: LF			Data Revision: Base			
Configuration: Normal			Date: 17-04-2013			
Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus5	Bus	Under Voltage	330 kV	308,024	93,3	3-Phase
Bus6	Bus	Under Voltage	330 kV	312,985	94,8	3-Phase
Marginal						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus4	Bus	Under Voltage	330 kV	320,38	97,1	3-Phase
Bus7	Bus	Under Voltage	330 kV	315,67	95,7	3-Phase
Bus8	Bus	Under Voltage	330 kV	317,76	96,3	3-Phase
Bus9	Bus	Under Voltage	110 kV	105,468	95,9	3-Phase

1.10. att. Elementu dati ārpus pieļaujamām robežām

Iegūstot līdzsvarotu (sabalansētu) sistēmu, jāaplūko kopējie dati par tās režīmu. Šim nolūkam tiek izmantots **Load**

Flow Result Analyzer bloks .

Redaktorā (1.11. att.) var iegūt informāciju par energosistēmas režīma parametriem un elementiem, ar ķeksīti atzīmējot nepieciešamo elementu parametru aili.

Load Flow Result Analyzer

Study Reports

Ref	Select	Reports
	<input checked="" type="checkbox"/>	LFA

Project Report

Active Project LDIMAG1

All Project in Active Directory

Bus ID	Nominal kV	Voltage	MW Loading	Mvar Loading
Bus1	20	100	160	52.592
Bus2	20	100	320	101.041
Bus3	300	100	279,266	126.558
Bus4	300	97.08	159,595	35.577
Bus5	300	93.34	257,982	159.889
Bus6	300	94.84	185,486	114.954
Bus7	300	95.65	192,363	144.265
Bus8	300	96.23	210.139	29.324
Bus9	110	95.88	107.951	52.288

Report Type

General Info

Bus Results

Branch Results

Loads

Sources

Bus Type

Source Buses

Nodes

MCC & SWGR

Load Buses

Bus Info

Nominal kV

Amp Rating

Type

Unit

kVA

MVA

Voltage

%

Load Flow Results

Voltage

MW Loading

Mvar Loading

Amp Loading

% Loading

Alert

Critical

Loading 100 %

OverVoltage 105 %

UnderVoltage 95 %

Marginal

Loading 95 %

OverVoltage 102 %

UnderVoltage 98 %

Display Options


Actual Value

Export... Find Help Close

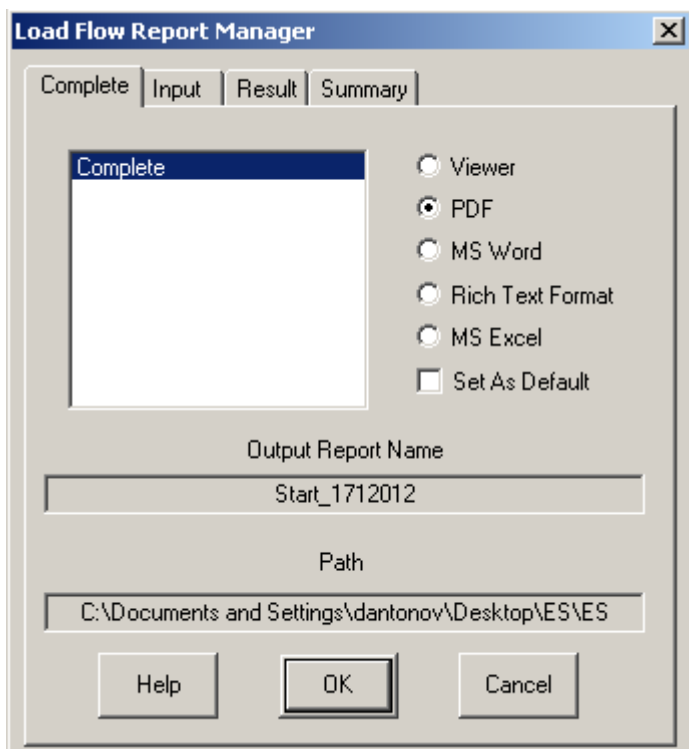
1.1.1. att. Jaudas plūsmu sadalījuma analīzes bloks

Atskaites eksportēšana (Report Manager)

Ērtākai datu apstrādei un to ievietošanai laboratorijas darba atskaitē ir jāveic datu eksportēšana ar **Report Manager** palīdzību. Šis bloks ļauj eksportēt modelēšanas rezultātus no ETAP programmatūras **PDF**, Word vai Excel formātā. *Load Flow Analysis* blokā jānospiež *Run Load Flow* poga un pēc

tam var nospiest uz *Report Manager* pogu . Rezultātā atvērsies *Load Flow Report Manager* logs (1.12. 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 atvērsies PDF fails.



1.12. att. Jaudas sadalījuma atskaites logs

Nākamais etaps ir $N - 1$ kritērija un slodzes izmaiņu modelēšana. Lai veiktu $N - 1$ kritērija modelēšanu un izpēti, pēc pasniedzēja noraidījumiem jāizved līnija remontā.

To var izdarīt līnijas *Info* lapā, izvelējoties **Out of service** (1.13. att.). Kad tas ir izdarīts, tad jānospiež *Run Load Flow* poga, rezultātā parādīsies jaudas plūsmas sadalījums un sprieguma vērtības uz kopnēm (līdzīgi 1.9. att.).

Transmission Line Editor - Line1

Protection	Sag & Tension	Ampacity	Reliability	Remarks	Comment
Info	Parameter	Configuration	Grouping	Earth	Impedance
Pirelli/AC		T1	20 °C	Code	182, mm ²
ACSR	50 Hz	T2	75 °C	CRICKET	30 Strands

Info

ID: Line1

From: Bus7 330 kV

To: Bus4 330 kV

Equipment

Tag #: _____

Name: _____

Description: _____

Connection

3 Phase

1 Phase _____

Length

Length: 100


Unit: km

Tolerance: 0 %

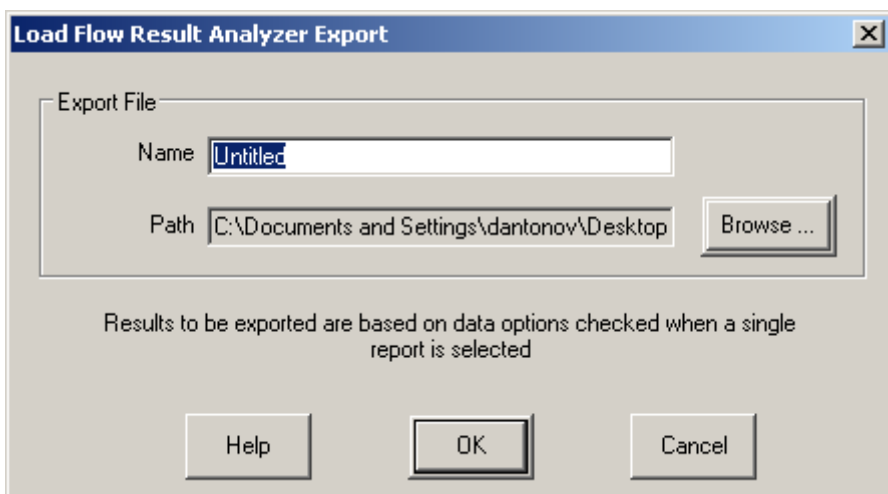
Line1

OK Cancel

1.13. att. Līnijas izvadīšana remontā (atslēgšana)

Pēc tam jānospiež *Load Flow Result Analyzer*  poga un tajā blokā (1.11. att.) jānospiež **EXPORT...** poga,

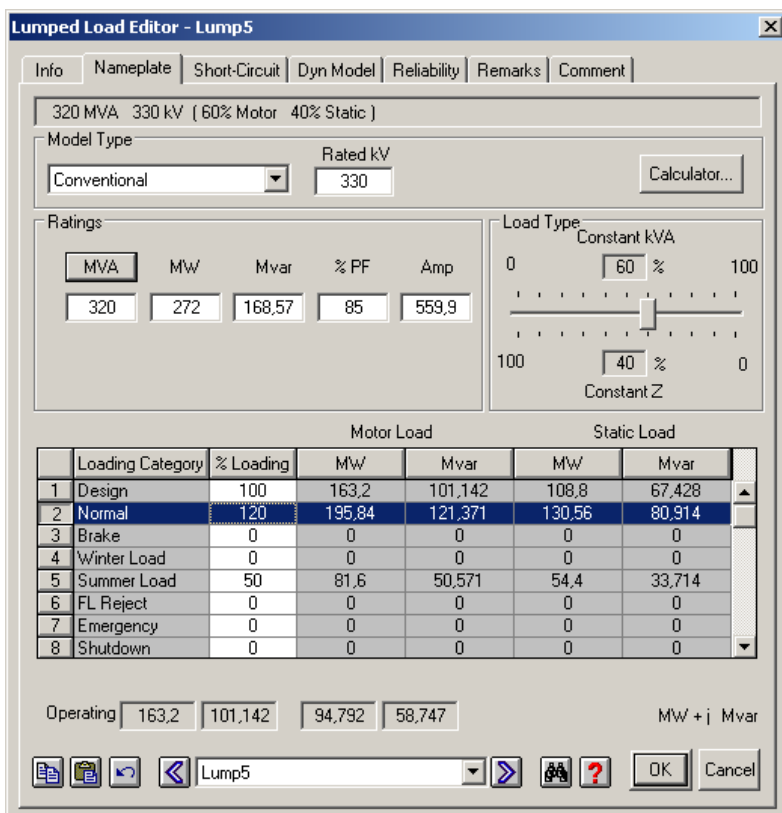
parādīsies logs (1.14. att.). Šis solis ļauj ģenerēt atskaiti Excel formātā par esoša režīma parametriem, ievadot atbilstošo nosaukumu un nospiežot OK. Rezultātā personīga mapē parādīsies Excel fails ar ievadīto nosaukumu, kas pēc tam jāizmanto rezultātu analīzē. Noslēdzot kritērija pārbaudi, līnija jāieslēdz atpakaļ darbā, izvelējoties *Info* lapā „**In service**”.




1.14. att. N – 1 kritērija modelēšanas datu eksportēšana Excel formātā

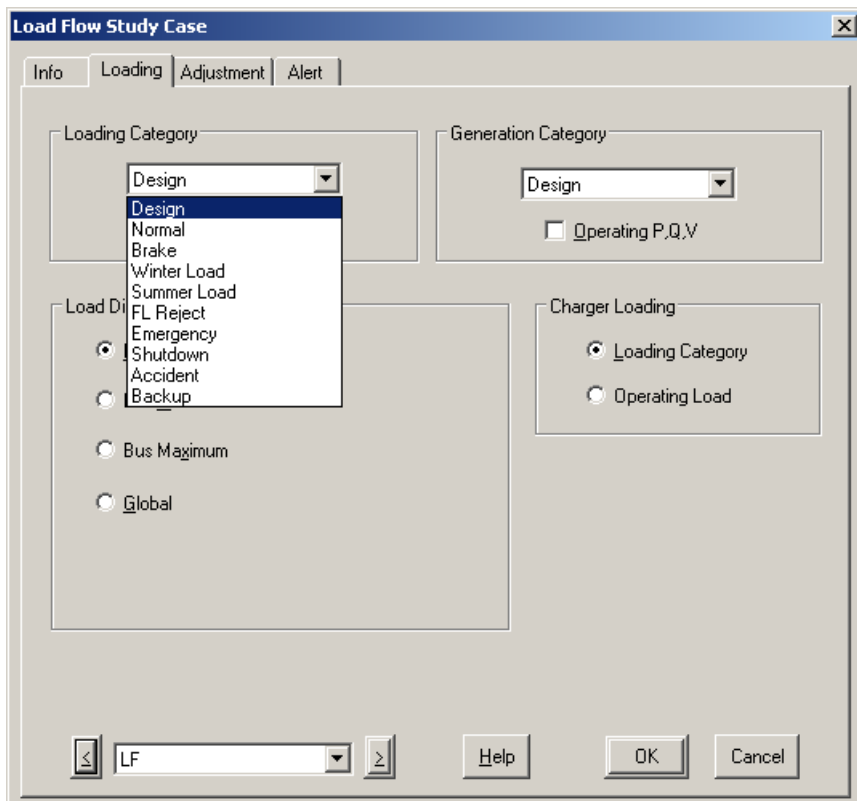
Atsevišķi uzmanība jāpievērš slodzes izmaiņu modelēšanai, lai pārbaudītu optimistisko scenāriju, kurā slodze pieaugs par 20 % pēc 20 gadiem, un vasaras sezonas slodzes samazinājumu (slodzes samazinātas par 50 %). Šim

nolūkam, divreiz jānospiež uz komplekso slodzes attēlu tīkla shēmā un *Nameplate* lapā rindā *Normal* un *Summer Load* procentuālās noslodzes (%Loading) laukā ievadīt 120 un 50, attiecīgi (1.15. att.). Tādā pašā veidā papildinājumi jāveic visām 4 slodzēm, lai apstiprinātu izvēli, jānospiež OK.




1.15. att. Slodzes izmaiņu modelēšana


Pēc iepriekšējās darbības izpildīšanas jānospiež  (*Edit Study Case*) poga, rezultāta parādīsies *Load Flow Study Case* logs (1.17. att.), kurā jāizvēlās *Loading* lapa. Šajā lapā var mainīt slodzes kategoriju (*Loading Category*).




1.17. att. Slodzes kategorijas izmaiņas

Šajā laboratorijas darbā jāizvēlas *Normal* kategorija, lai izpētītu slodzes pieauguma ietekmi uz energosistēmas režīma parametriem. Kad tiks izvēlēta *Normal* kategorija, jāapstiprina izvēle, nospiežot OK.

Atkārtoti jānospiež *Run Load Flow*  poga, tīkla shēmā tiks attēlots jaudas plūsmu sadalījums un sprieguma vērtības uz kopnēm, izteiktas procentos. Kad jauna režīma parametri tiek attēloti tīkla modelī, jānospiež *Load Flow*

Result Analyzer poga  un tajā blokā (1.11. att.) jānospiež **EXPORT...** poga, parādīsies logs (1.14. att.). Šajā logā jāievada atbilstošais nosaukums un jānospiež OK. Rezultātā tiek ģenerēta atskaite Excel formātā par esošā režīma parametriem un personīgā mapē parādīsies kā Excel fails ar ievadīto nosaukumu, kuru pēc tam jāizmanto slodzes izmaiņu rezultātu analīzē.

Pēdējais solis ir vasaras slodzes modelēšana ETAP vidē. Lai to izdarītu, jāatkārto tādas pašas operācijas kā slodzes pieauguma gadījumā. Tas ir: nospieš *Edit Study Case* pogu , *Loading* lapā (1.17. att.) jāizvēlas slodzes kategorija (*Loading Category*) – *Summer Load* (vasaras

slodze) un jāapstiprina izvēle, nospiežot OK. Pēc tā jānospiež



Run Load Flow poga un jāveic rezultātu eksportēšana, izmantojot ***Load Flow Result Analyzer*** bloku (1.11. att.). Šajā blokā jānospiež **EXPORT...** poga, parādīsies logs (1.14. att.), kurā jāievada atbilstošais nosaukums un nospieš OK. Rezultātā tiek ģenerēta atskaite *Excel* formātā un personīgā mapē parādīsies Excel fails, kuru pēc tam jāizmanto slodzes izmaiņu rezultātu analīzē.

Visām atskaitēm jāatrodas personīgā mapē, kas tika izveidota laboratorijas darba sākumā. Kopumā jābūt **1 atskaitē PDF formātā (Complete) un 3 EXCEL failiem.**

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).
- Uzzīmēt līnijas balsta konstrukciju un vadu izvietojumu ar atbilstošiem izmēriem;
- Novērtēt elektroenerģijas zudumus elementos un tīklā;
- Veikt brīdinājuma atskaites analīzi (Alert Summary Report);
- Analizēt energosistēmas tīkla kopējo ģenerāciju un slodzi (no bilances viedokļa);
- Veikt parametru analīzi N – 1 kritērija gadījuma (režīma atbilstība salīdzinot ar pamata režīmu);
- Analizēt slodzes izmaiņu ietekmi uz energosistēmas režīma parametriem.

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 teorētiskais pamatojums (īss teorētiskais apraksts darbam ar ETAP programmatūru, N – 1 kritērija definējums, slodzes pieauguma prognozes definīcija un ziemas – vasaras diennakts slodzes grafiks) un praktiskajā daļā jāveic saīsināts, kodolīgs apraksts, atbilstoši izpildītājiem uzdevumiem (ja ir nepieciešams, ar skaidrojumiem iekavās).

PDF atskaites jādrukā uz divām lappusēm.

PIELIKUMI

Atskaites forma

Atskaitē jāiekļauj sekojoši punkti (atskaites forma ir dota 1.1. 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
(CHAPTERS: 3, 9, 11, 19)

1.1. Pielikums
Laboratorijas darba atskaites forma

ELEKTROENERĢĒTISKO SISTĒMU STABILITĀTE

Energosistēmas modelēšanas pamati un statiskās
stabilitātes izpēte ETAP vidē
Laboratorijas darbs № 1

Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte

1. 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)

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

PAMATLITERATŪRA

1. Elektromehāniskie pārejas procesi elektriskās sistēmas.
I. Zicmanes redakcijā. Rīga, RTU izdevniecība, 2012.
– 402 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. В. А. Веников, Переходные электромеханические процессы в электрических системах, Москва, 1985,
– 536 с.
4. П. С. Жданов, Вопросы устойчивости электрических систем, Москва, – 233 с.