

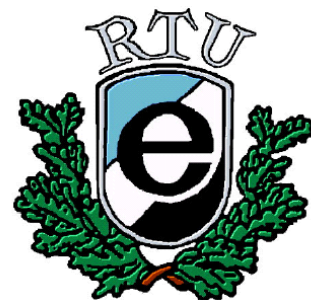
A. Svalovs

EUROSTAG v4.2 programmatūras īsā lietošanas pamācība universitātes studijām



Elektriskā tīkla
stacionārā režīma aprēķini

EEF Enerģētikas institūts
Rīgas Tehniskā universitāte
2005. g.



SATURS

1. Pamatfunkcijas	3
2. Programmatūras organizācija	4
3. Datu sagatavošana	7
4. Datu ieraksti	14
5. Aprēķinu bloks	28
6. Piemērs	34

Pielikumi:

1. Datu konvertēšana	39
2. Kas ir stacionārā režīma aprēķins?	40
3. Elektriskā tīkla modelēšana – kas nav apskatīts.	41
4. Īsumā par dinamisko pārejas procesu modelēšanu.	42

EUROSTAG pamatfunkcijas

Elektriskā tīkla stacionārā režīma aprēķins


- Tiešās secības režīmu parametri.
- Aktīvās un reaktīvās jaudas bilance pie fāzes simetrijas un nominālās frekvences.

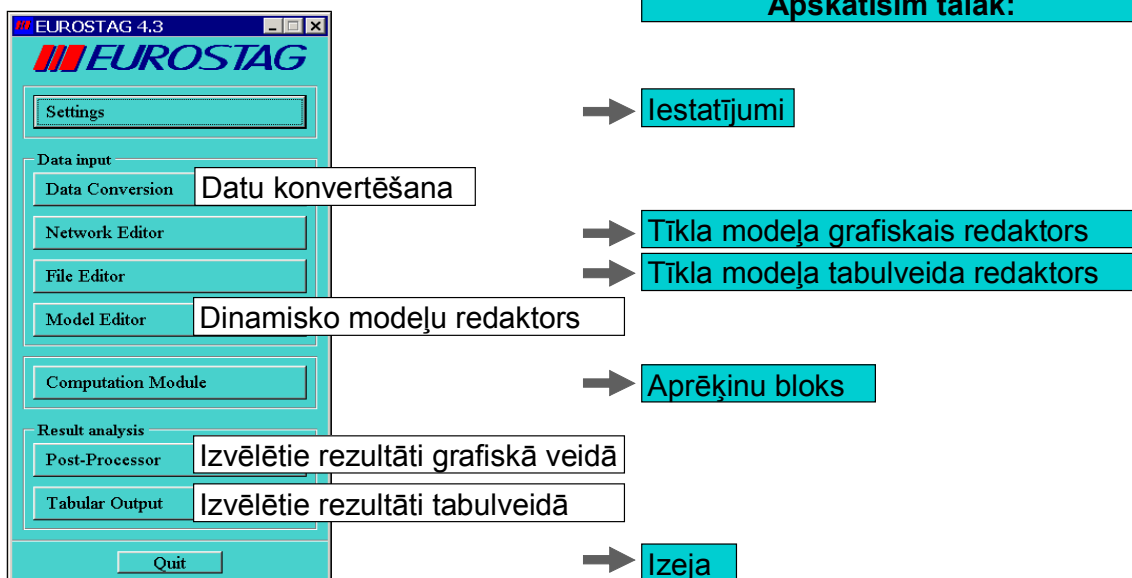
Elektromehānisko pārejas procesu modelēšana

- Lielumu izmaiņas laikā no nulles līdz 10÷100 sekundēm (un vairāk) pēc viena vai vairākiem bojājumiem.
- Fāzes nesimetrijas modelēšana.
- Papildus funkcijas.

3

Programmatūras organizācija - Bloki

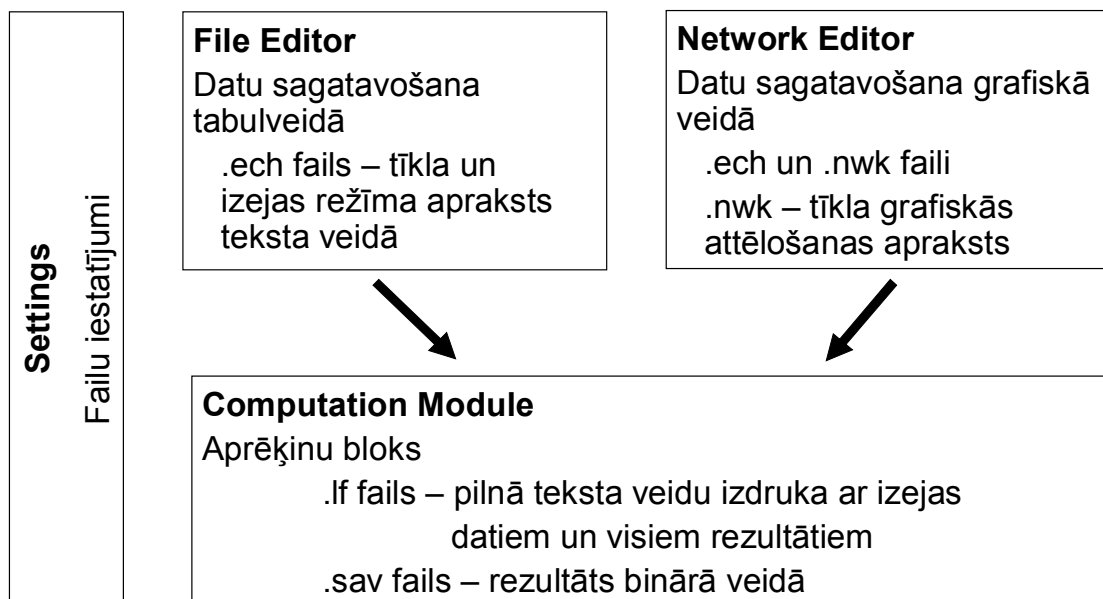
Palaižot  jums priekšā ir galvenais logs ar funkcionālo bloku selektoru.



4

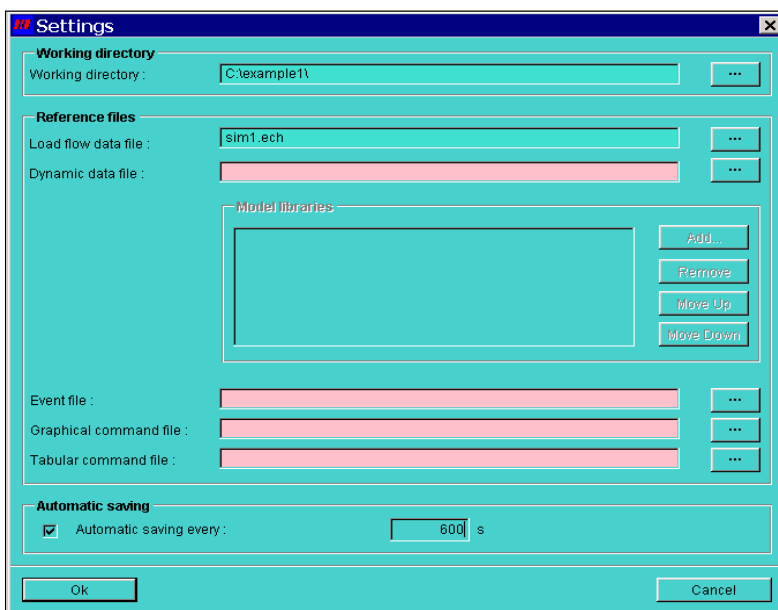
Programmatūras organizācija - Faili

Katram blokam ir ieejas fails un izejā arī ir fails vai failu kopums



5

Programmatūras organizācija – Failu iestatījumi (Settings)



Working Directory

Direktorija, kur pārsvarā atrodas jūsu faili

Reference files

Visbiežāk izmantotie faili jūsu aprēķinos.

Šie faili būs jau nolasīti visos blokos.

6

Dati – Obligāto ierakstu tipi un secība

- | | |
|---|----------------------|
| 1. “ General Parameters ” | kopēji parametri |
| 2. “ General Comments ” | jūsu komentārs |
| 3. “ Area – AC Area ” | maiņstrāvas rajoni |
| 4. “ Node – Node ” | mezgli |
| “ Node – PV Node ” | elektrostacijas |
| “ Node – Slack Bus ” | balansējošais mezgls |
| 5. “ Branch – Line ” | līnijas |
| “ Branch – Fixed Ratio Transformer ” | transformatori |
| 6. “ Load ” | slodze (patēriņš) |

7

Dati – Relatīvās (attiecinātās) vienības

Elementu pretestību un vadītspēju lielumi jā sagatavo relatīvās (attiecinātās) vienībās.

Aprēķinos izmantot:

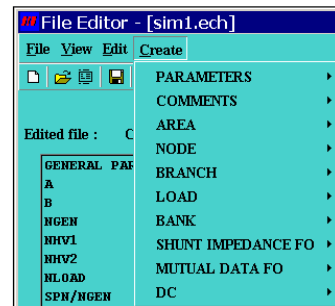
SNREF – bāzes jauda [MVA],
viens lielums visiem aprēķiniem
(“**General Parameters**” ierakstā)

Ub – bāzes spriegums [kV],
atsevišķs lielums katram mezglam
(“**Node**” ierakstā)

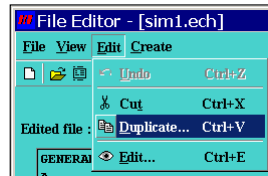
8

File Editor – Operācijas ar ierakstiem

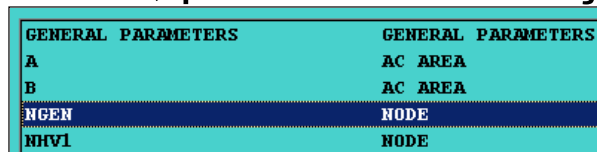
1. Ievadīt jauno ierakstu Create → ...



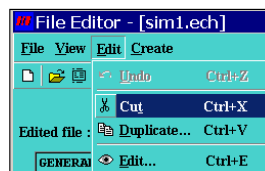
2. Kopēt ierakstu
Edit → Duplicate



3. Rediģēt ierakstu "Enter", peles dubultklikšķis,
vai Edit → Edit



4. Nodzēst Edit → Cut



11

Datu ievadīšanas un rediģēšanas paņēmienu ar File Editor

1. Katram elementam var sagatavot jauno ierakstu "Create → ..." ar visiem datiem.
2. Sagatavot vienu ierakstu ar visiem datiem un pavairot to (Edit/Duplicate).
Izmainīt jauno ierakstu.
3. Rediģēt eksistējošo failu-piemēru.

12

Ieraksti – “General Parameters”

The screenshot shows the 'Edition' dialog box for 'GENERAL PARAMETERS'. The window title is 'Edition'. The 'Type' is 'GENERAL PARAMETERS' and the 'Class' is 'PARAMETERS'. The 'Page' is 'Page 1'. The dialog contains several settings:

- Print-out level: limited print-out
- Interrupt after reading and processing data: no
- Print-out of results: yes
- Saving of results in a .sav file: yes
- Maximum number of iterations: 20
- MVA system base (SNREF): 100. MV (circled in red)
- Transformer voltage control: On
- Initial voltage profile: Flat start
- Iteration number at which sub-iterations begin: 4
- Max. permitted tolerance on mismatches: 0.005 p.u.

Help: full print-out includes missing values of full transformer model

Buttons: Ok, Cancel

1. Pārbaudīt, vai SNREF lielums sakrīt ar jūsu izmantoto lielumu.

2. Pārējie lielumi – pēc šī attēla.

14

Ieraksti – “General Comments”

The screenshot shows the 'Edition' dialog box for 'GENERAL COMMENTS'. The window title is 'Edition'. The 'Type' is 'GENERAL COMMENTS' and the 'Class' is 'COMMENTS'. The 'Page' is 'Page 1'. The dialog contains a large text area for 'Comments' with the text 'Test simulation' entered. Below the text area are 'Insert' and 'Delete' buttons. At the bottom are 'Ok' and 'Cancel' buttons.

Help:

Jūs varat pievienot savu komentāru

15

Ieraksti – “AC Area”

Noteikti aprakstiet vismaz vienu “Area” !

“Area” (rajons) – mezglu grupa, kas formē kādu energosistēmu, vai tās daļu.

Area name – rajona nosaukums
(divas pozīcijas ar tekstu simboliem vai cipariem)

Comments – jūsu komentārs
(Piemēram: “Pirmais rajons”, utt.)

16

Ieraksti – “Node” (Mezgli)

Node name	– mezgla nosaukums
Area name	– pie kāda rajona pieder šis mezgls
Base voltage	– bāzes spriegums [kV], tīkla vai tīkla daļas nominālais spriegums
Generated active power	– aktīvās jaudas ģenerācija mezglā [MW]
Generated reactive power	– reaktīvās jaudas ģenerācija mezglā [MVar]

Node name: NGEN
Area name: A
Base voltage: 24. kV
Generated active power: 0. MW
Generated reactive power: 0. Mvar
Active losses: 0. kW
Shunt capacitor: 0. Mvar
Initial voltage magnitude: 0. p.u.
Initial voltage angle: 0. degrees

Active losses = 0 kW
Shunt capacitor = 0 MVar
Initial voltage magnitude = 0 p.u.
Initial voltage angle = 0 degree

Mezgliem nav numerācijas, tikai nosaukumi.

17

Kā aprakstīt elektrostacijas

1. Mezgli, kuros atrodas elektrostacijas, vispirms ir jāapraksta ar NODE (mezgls) ierakstiem.
2. Mācību uzdevumos elektrostacijām bieži tiek uzdoti aktīvās un reaktīvās ģenerācijas lielumi ($P_g + jQ_g$).

Tad ievadiet tās kā “Generated active power” un “Generated reactive power” datus mezglā.

18

Kā aprakstīt elektrostacijas (turp.)

3. Daudzos gadījumos elektrostacijām iepriekš tika uzdoti:
 - aktīvās jaudas ģenerācijas lielums P_g ;
 - prasītais sprieguma lielums U_{pr} ;
 - reaktīvās ģenerācijas izmaiņas diapazons Q_{gmin}, Q_{gmax} .
- 3.1 Aktīvās jaudas ģenerācijas lielumu ievadiet NODE ierakstā.
- 3.2 Ar papildus “NODE-PV NODE” ierakstu aprakstiet U_{pr} , Q_{gmin} un Q_{gmax} .

19

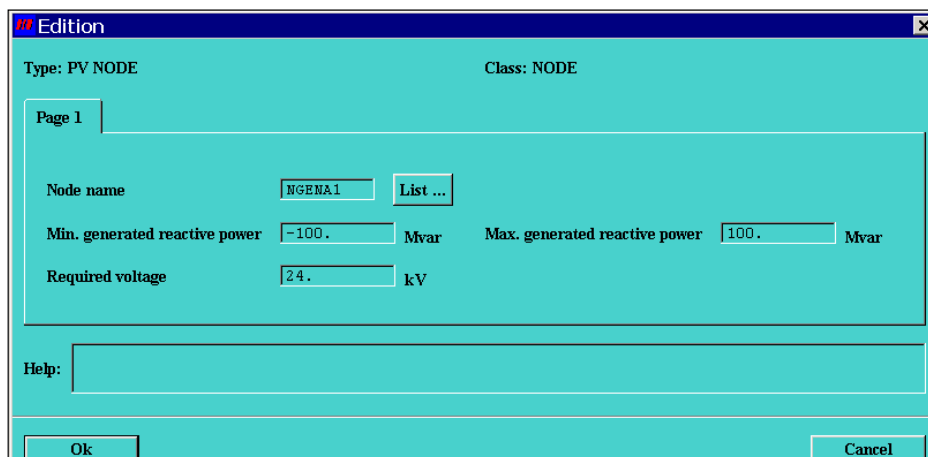
Ieraksti – “PV Node” (elektrostacijas)

Node name – elektrostacijas pievienošanas mezgla nosaukums;

Min. generated reactive power – reaktīvās jaudas minimālā ģenerācija [MVar];

Max. generated reactive power – reaktīvās jaudas maksimālā ģenerācija [MVar];

Required voltage – prasītais sprieguma lielums mezglā [kV].



The screenshot shows a software dialog box titled "Edition" with a blue header and a white body. At the top, it displays "Type: PV NODE" and "Class: NODE". Below this, there is a "Page 1" tab. The main area contains several input fields: "Node name" with the value "NGENA1" and a "List ..." button; "Min. generated reactive power" with the value "-100." and the unit "Mvar"; "Max. generated reactive power" with the value "100." and the unit "Mvar"; and "Required voltage" with the value "24." and the unit "kV". At the bottom, there is a "Help:" label followed by a text area, and two buttons: "Ok" and "Cancel".

20

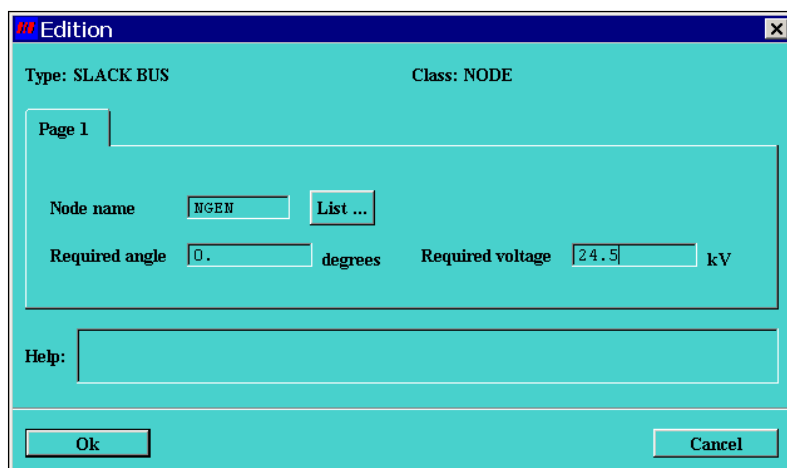
Kā aprakstīt balansējošo mezglu

1. Tīkla modelī jābūt vismaz vienam balansējošam mezglam.
2. Balansējošais mezgls vispirms ir jāapraksta “NODE” (mezglu) ierakstos.
3. Ar papildus “SLACK BUS” ierakstu ievadīt datus par prasīto spriegumu šajā mezglā.

21

Ieraksti – “SLACK BUS”

- Node name – mezgla nosaukums, kurš ir balansējošais
- Required angle – prasītais sprieguma leņķis mezglā [grādi]
- Required voltage – prasītais sprieguma lielums mezglā [kV]

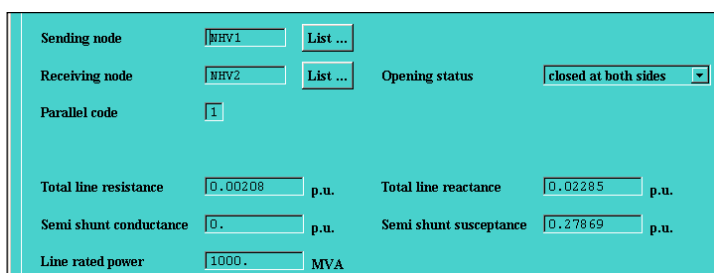


Parasti:
 Required angle = 0;
 Required voltage =
 nominālais spriegums
 mezglā [kV].

22

Ieraksti – “LINE” (līnijas)

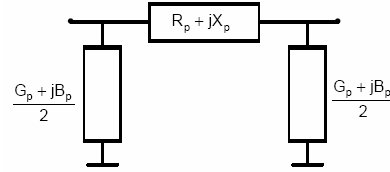
- Sending node – mezgla nosaukums līnijas vienam galam
- Receiving node – mezgla nosaukums līnijas pretējām galam
- Opening status – ieslēgta (closed at both sides), vai atslēgta (open)
- Parallel code – paralēlās ķēdes apzīmējums
- Total line resistance – līnijas kopējā aktīvā pretestība [r.v.]
- Total line reactance – līnijas kopējā reaktīvā pretestība [r.v.]
- Semi shunt conductance – puse no līnijas kopējās aktīvās vadītspējas [r.v.]
- Semi shunt susceptance – puse no līnijas kopējās reaktīvās vadītspējas [r.v.]
- Line rated power – maksimālā pieļaujamā jauda [MVA]



23

Līniju parametri

1. Līnijas ar pilno aizvietošanas shēmu



Pretestību un vadītspēju lielumi aprēķināti pie:

- bāzes jauda = SNREF;
- bāzes spriegums = "Sending node" bāzes spriegums = "Receiving node" bāzes spriegums;
- parasti "Semi shunt conductance" $G_p = 0$.

2. Līnijas ar vienkāršoto aizvietošanas shēmu

- "Semi shunt conductance" $G_p = 0$ un
- "Semi shunt susceptance" $B_p = 0$

Ieraksti – "FIXED RATIO TRANSFORMER"

- Sending node – mezgla nosaukums transf. vienam galam
- Receiving node – mezgla nosaukums transf. pretējam galam
- Opening status – ieslēgts (closed ...), vai atslēgts (open ...)
- Parallel code – paralēlās ķēdes apzīmējums
- Resistance – transformatora aktīvā pretestība [r.v.]
- Reactance – transformatora reaktīvā pretestība [r.v.]
- Shunt conductance – transformatora aktīvā vadītspēja [r.v.]
- Shunt susceptance – transformatora reaktīvā vadītspēja [r.v.]
- Transformer rated power – maksimālā pieļaujamā jauda [MVA]
- Transformer ratio – transformācijas koeficients [r.v.]

Sending node	<input type="text" value="NGEN"/>	<input type="button" value="List ..."/>		
Receiving node	<input type="text" value="NHV1"/>	<input type="button" value="List ..."/>	Opening status	<input type="text" value="closed at both sides"/>
Parallel code	<input type="text" value="1"/>			
Resistance	<input type="text" value="0.000185"/>	p.u., SNREF base		
Reactance	<input type="text" value="0.00769"/>	p.u., SNREF base		
Shunt conductance	<input type="text" value="0."/>	p.u.		
Shunt susceptance	<input type="text" value="0."/>	p.u.		
Transformer rated power	<input type="text" value="1300."/>	MVA	Transformer ratio	<input type="text" value="1.0526"/>
				p.u.

Transformatoru parametru aprēķins

1. Pretestību un vadītspēju lielumi aprēķināti pie:

- bāzes jauda = SNREF [MVA];

- bāzes spriegums = bāzes spriegums no "Receiving node" puses.

2. Transformācijas koeficienta aprēķins

$$\text{Transformer ratio} = \frac{\text{Spriegums "Receiving node" pusē [r.v.]}}{\text{Spriegums "Sending node" pusē [r.v.]}}$$

26

Ieraksti – “LOAD” (Patēriņš)

Connection node – mezgla nosaukums, kuram tiek pievienots patēriņš

Active load – aktīvās jaudas patēriņš [MW]

Reactive load – reaktīvās jaudas patēriņš [MVar]

Type: LOAD Class: LOAD

Page 1 Page 2



Connection node MLOAD List ...

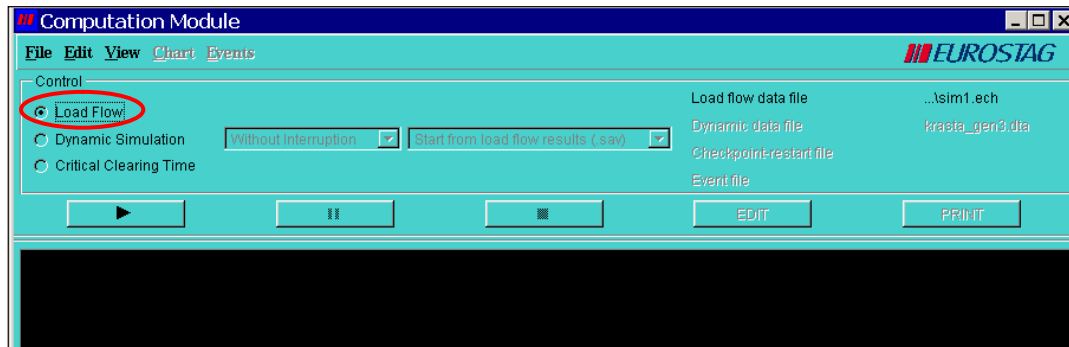
Active load 600. MW Reactive load 200. Mvar

Mezgli ar patēriņu vispirms ir jāapraksta "NODE" (mezglu) ierakstos.

27

Aprēķinu bloks – Stacionārais režīms

1. Palaist Computation Module no Eurostag galvenā loga , vai izvēlēties jau strādājošo bloku  .
2. Aprēķinu bloka logā izvēlēties “Load Flow”.



28

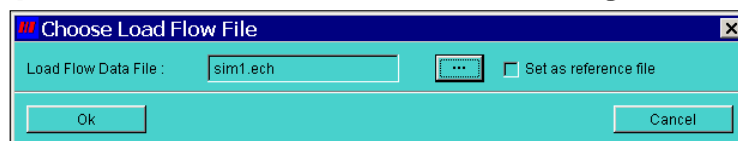
Aprēķinu bloks – Stacionārais režīms (turp.)

3. Izvēlēties nepieciešamo .ech failu

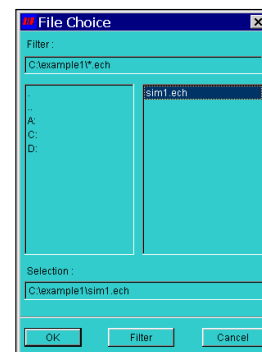
3.1. File→Load Flow File...



3.2. Jums priekšā ir faila izvēles logs



3.3. Nospiežot  var izvēlēties citu direktoriju un citu failu

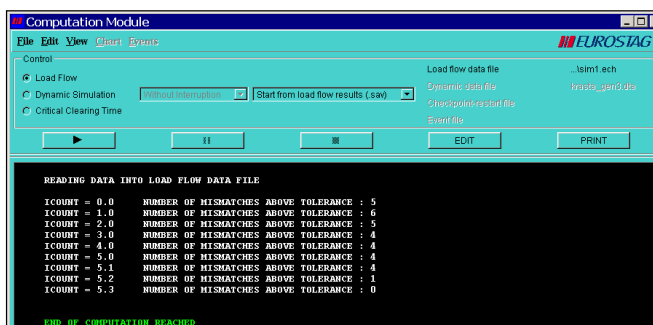


29

Aprēķinu bloks – Stacionārais režīms (turp.)

4. Nospieš PLAY  pogu.

5. Atskaite par iterācijām un rezultāta statuss būs jums priekšā.



6. **END OF COMPUTATION REACHED** nozīmē, ka aprēķinu rezultāts ir sabalansētais režīms.

7. **ERROR SEE OUTPUT-LISTING FOR DETAILS** nozīmē, ka datos ir kļūda, tie nav pilnīgi, vai tie ir jāprecizē.

8. Sīkāka informācija ir rezultātu izdrukā.

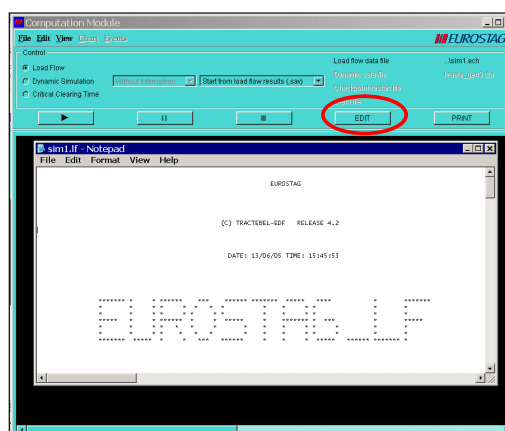
30

Aprēķinu bloks – Rezultāts

1. Rezultāta izdruka ir teksta veida ".lf" fails ar tādu pašu nosaukumu, ka .ech failam (sim1.ech → rezultāts sim1.lf).

2. Lai apskatītu rezultāta izdruku, ir jānospiež  pogu.

3. Jums priekšā būs .lf fails, attēlots caur Notepad (teksta redaktors).



Aprēķinu bloks – Rezultāts (turp.)

4. Rezultāta izdrukas saturs ir:

- visi ieejas dati ar tīkla aprakstu;
- datu kopsavilkums vai informācija par kļūdu;
- rezultāti tabulveidā (General Output Listing);
- Area (rajonu) kopsavilkums.

5. Rezultātu tabula (General Output Listing):

BUS AREA NAME	KV	DEGREE	GENERATION		LOAD		BUS AREA NAME	BRANCH				FLOW MVA	RATE MVA	FLOW %	RATIO TAP	
			REAL MW	REACTIVE MVAR	REAL MW	REACTIVE MVAR		FLOW MW	REACTIVE MVAR	LOSSES MW	REACTIVE MVAR					
A NGEN	24.50	0.00	605.39	214.51	0.00	0.00	A NHV1	1	605.4	214.5	0.7	27.5	642.3	1300	49	1.05
A NHV1	402.42	-2.32	0.00	0.00	0.00	0.00	A NGEN	1	-604.7	-187.0	0.7	27.5	633.0	1300	48	1.05
			0.00	0.00			B NHV2	1	302.4	93.5	2.0	-38.9	316.5	1000	31	
			0.00	0.00			B NHV2	2	302.4	93.5	2.0	-38.9	316.5	1000	31	
B NHV2	390.66	-5.83	0.00	0.00	0.00	0.00	A NHV1	1	-300.4	-132.4	2.0	-38.9	328.3	1000	32	
			0.01	0.03			A NHV1	2	-300.4	-132.4	2.0	-38.9	328.3	1000	32	
B NLOAD	158.02	-11.18	0.00	0.00	600.00	200.00	B NLOAD	1	600.8	264.9	0.8	64.8	656.6	1000	65	1.06
			-0.01	-0.05			B NHV2	1	-600.0	-200.0	0.8	64.8	632.5	1000	63	1.06

Mezglis,
rajons

Spriegums
mezglā

Ģenerācija
mezglā

Patēriņš
mezglā

Jaudas plūsmas no mezgla pa zariem

uz mezglu

MW MVA

zudumi

Aprēķinu bloks – Rezultāts (turp.)

6. Area (rajonu) kopsavilkums

AREA	AREA INTERCHANGE							
	ACTIVE POWER (MW)				REACTIVE POWER (MVAR)			
	GENERATION	LOAD	LOSSES	EXPORT	GENERATION	LOAD	LOSSES	EXPORT
A	605.39	0.00	2.65	602.74	214.51	0.00	-11.44	225.95
B	0.00	600.00	2.74	-602.74	0.00	200.00	25.93	-225.93
TOTAL	605.39	600.00	5.39	0.00	214.51	200.00	14.50	0.02
	MVAR GENERATED BY CAPACITOR(S)			0.00	MW LOSSES		0.00	

Area

Aktīvā jauda [MW]

Reaktīvā jauda [MVA]

rajons

ģenerācija

patēriņš

zudumi

eksports

ģenerācija

patēriņš

zudumi

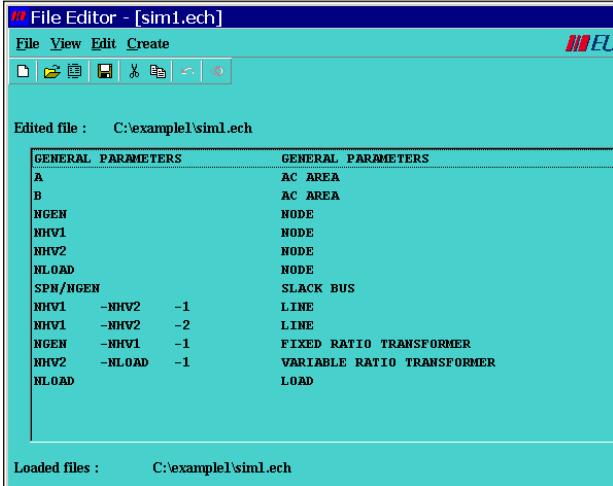
eksports

7. Drukāšana: Notepad Edit → Print

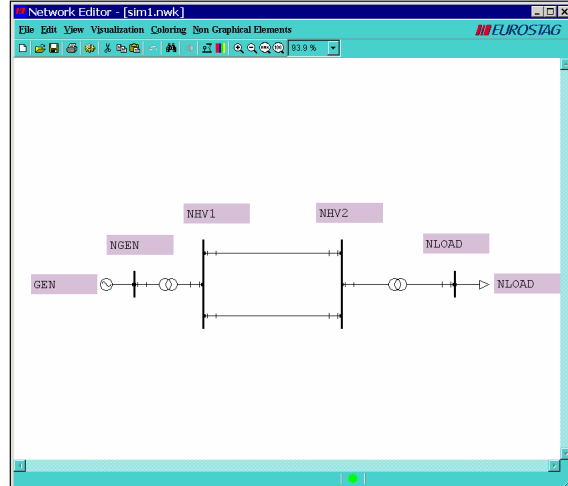
8. Saglabāriet rezultāta failu ar citu nosaukumu tālākai izmantošanai: Notepad File → Save As.

Piemērs

1. Datu faili w:\ ... \sim1.ech – tīkla dati
sim1.nwk – grafiskā attēlošana



File Editor programma



Network Editor programma

34

Piemērs (turp.) Datu kopums

General Parameters

Type: GENERAL PARAMETERS Class: PARAMETERS

Page 1

Print-out level:

Interrupt after reading and processing data:

Print-out of results:

Saving of results in a .sav file:

Maximum number of iterations:

MVA system base (SNREF): MVA

Transformer voltage control:

Initial voltage profile:

Iteration number at which sub-iterations begin:

Max. permitted tolerance on mismatches: p.u.

AC Area

Type: AC AREA Class: AREA

Page 1

Area name:

Comment:

Type: AC AREA Class: AREA

Page 1

Area name:

Comment:

35

Piemērs (turp.) Datu kopums

Node

Type: NODE Class: NODE

Page 1 Page 2

Node name Area name

Base voltage kV

Generated active power MW Generated reactive power Mvar

Active losses kW

Shunt capacitor Mvar

Initial voltage magnitude p.u. Initial voltage angle degrees

Type: NODE Class: NODE

Page 1 Page 2

Node name Area name

Base voltage kV

Generated active power MW Generated reactive power Mvar

Active losses kW

Shunt capacitor Mvar

Initial voltage magnitude p.u. Initial voltage angle degrees

Type: NODE Class: NODE

Page 1 Page 2

Node name Area name

Base voltage kV

Generated active power MW Generated reactive power Mvar

Active losses kW

Shunt capacitor Mvar

Initial voltage magnitude p.u. Initial voltage angle degrees

Type: NODE Class: NODE

Page 1 Page 2

Node name Area name

Base voltage kV

Generated active power MW Generated reactive power Mvar

Active losses kW

Shunt capacitor Mvar

Initial voltage magnitude p.u. Initial voltage angle degrees

36

Piemērs (turp.) Datu kopums

Slack Bus

Type: SLACK BUS Class: NODE

Page 1

Node name

Required angle degrees Required voltage kV

Line

Type: LINE Class: BRANCH

Page 1 Page 2

Sending node

Receiving node Opening status

Parallel code

Total line resistance p.u. Total line reactance p.u.

Semi shunt conductance p.u. Semi shunt susceptance p.u.

Line rated power MVA

Type: LINE Class: BRANCH

Page 1 Page 2

Sending node

Receiving node Opening status

Parallel code

Total line resistance p.u. Total line reactance p.u.

Semi shunt conductance p.u. Semi shunt susceptance p.u.

Line rated power MVA

37

Piemērs (turp.) Datu kopums Transformatori

Type: FIXED RATIO TRANSFORMER Class: BRANCH

Page 1 Page 2

Sending node List ...

Receiving node List ... Opening status

Parallel code

Resistance p.u., SNREF base

Reactance p.u., SNREF base

Shunt conductance p.u.

Shunt susceptance p.u.

Transformer rated power MVA Transformer ratio p.u.

Type: VARIABLE RATIO TRANSFORMER Class: BRANCH

Page 1 Page 2

Sending node List ...

Receiving node List ... Opening status

Parallel code

Resistance p.u., SNREF base

Reactance p.u., SNREF base

Shunt conductance p.u.

Shunt susceptance p.u.

Regulated node Voltage target kV

Transformer rated power MVA

Initial transformer ratio p.u.

Min. transformer ratio p.u. Max. transformer ratio p.u.

Slodze (patēriņš)

Type: LOAD Class: LOAD

Page 1 Page 2

Connection node List ...

Active load MW Reactive load Mvar

1. Pielikums. Datu konvertēšana

1. No Eurostag v4.2 uz v4.3:
Speciālā konvertēšana nav vajadzīga,
.ech failus var lasīt parastā veidā.
2. No Eurostag v4.3 uz v4.2:
.ech failā 1. rindā ar teksta redaktoru
(piem. Notepad) izmainīt "4.3" uz "4.2".
3. No Mustang vai PSS/E programmatūras
 - 4.1. Mustang programmā izmantot funkciju
"Конвертор MUSTANG -> PSS/E";
 - 4.2. PSS/E programmā izmantot funkciju "RAWD"
(Saglabāt ".raw" formātā).

2. Pielikums. Kas ir stacionārā režīma aprēķins?

Ja ir zināma topoloģija, jāzina slodze katrā mezglā, kāda ir aktīvā ģenerācija katrā elektrostacijā, jāzina kāds ir reaktīvās ģenerācijas izmaiņas diapazons katrā elektrostacijā. Kādam spriegumam jābūt elektrostacijas kopnēs, kur ir balansējošais mezgls.

Aprēķinu procesā iegūsim spriegumus slodzes mezglos, kāda ir aktīvā ģenerācija balansējošā mezglā, jaudas un strāvas katrā līnijā.

Reālajā dzīvē ir divas “lielas” regulēšanas sistēmas – 1) frekvences un aktīvās jaudas regulēšanas sistēma; 2) katram ģeneratoram ir sprieguma un reaktīvās jaudas regulators.

Ja nominālā frekvence ir 50 Hz, tad jaudas patēriņš un ģenerācija ir sabalansētas pie šīs frekvences. Katrā elektrostacijā reaktīvā jauda būs minimālās un maksimālās vērtības robežās.

40

3. Pielikums. Elektriskā tīkla modelēšana – kas nav apskatīts:

- Transformatoru precīzā modelēšana, tajā skaitā ar komplekso transformācijas koeficientu;
- Komutācijas elementi;
- Kondensatori un reaktīvās jaudas reaktori;
- Līdzsprieguma tīkla elementi un citi.

41

4. Pielikums. Īsumā par dinamisko pārejas procesu modelēšanu.

Sinhronie ģeneratori:

Pilnais modelis

Vienkāršotais modelis

Modeļu bibliotēka:

Ātruma regulēšana un turbīnas

lerosmes sistēmas

Releju aizsardzība un automātika

Gāzes turbīnas

Jauno tipu ģeneratori (vēja utt.)

FACTS (Flexible AC Transmission System)

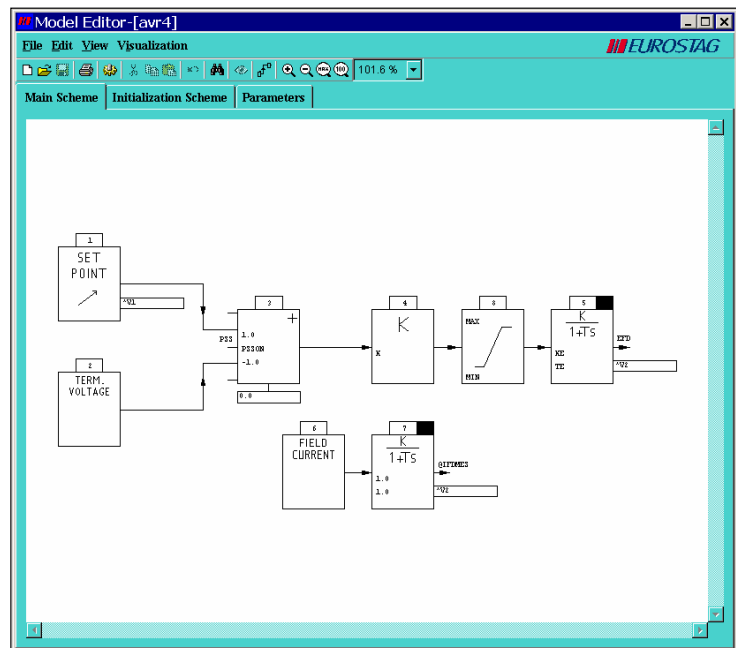
HVDC (High Voltage Direct Current)

42

Dinamisko pārejas procesu modelēšana (turp.)

Modeļu patstāvīgā
izstrāde pēc
struktūras shēmām

Model Editor bloks



43

Dinamisko pārejas procesu modelēšana (turp.)

Papildus automātiskās iespējas:

- kritiskā īsslēguma atslēgšanas laika aprēķins;
- “eigenvalue” aprēķins;
- tīkla modeļa linearizācija.

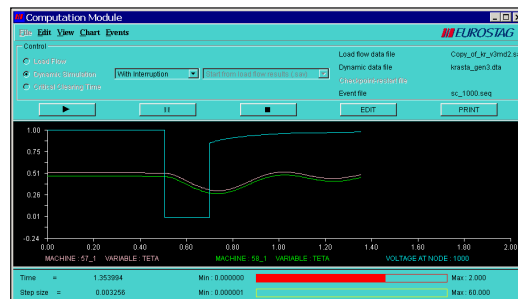
Skaitliskās metodes modelēšanas procesā: the mixed Adams-BDF method;

44

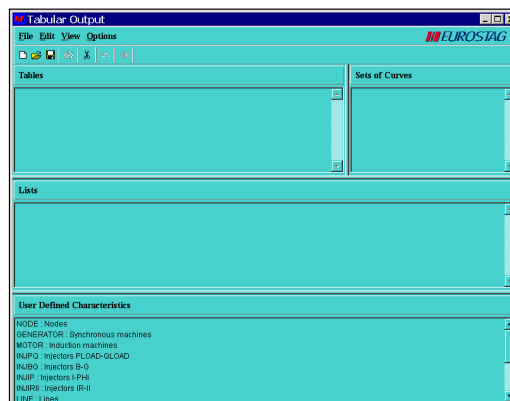
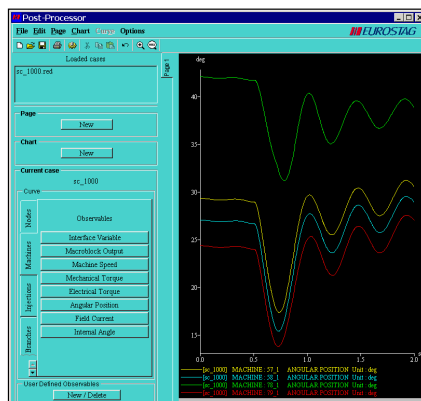
Dinamisko pārejas procesu modelēšana (turp.)

Rezultātu attēlošana:

- aprēķinu procesā:



- pēc aprēķiniem – grafiskā vai tabulveidā:



45