

Ιανουάριος 2021



Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση του PowerWorld

Κρυστάμτσης Νικόλαος, AEM: 2542
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών ΗΥ

Κρυστάμτσης Νικόλαος

AEM: 2542

**Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων
Με την χρήση του PowerWorld**

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών ΗΥ

KEYWORDS

Βραχυκύκλωμα, γεννήτρια, γραμμή, ζυγός, μονοφασικό, ρεύμα, τριφασικό, φάση

CONTENTS

1. Περιεχόμενα

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
3. PowerWorld	1
4. Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση PowerWorld.....	1
Ερώτημα Α.....	3
Ερώτημα Β.....	6
Ερώτημα C.....	10
Ερώτημα D.....	13
Ερώτημα E.....	18
Ερώτημα F.....	21
Ερώτημα G.....	24
Ερώτημα H.....	27
5. Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	31

THIS PAGE LEFT BLANK INTENTIONALLY

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία από τις σημαντικότερες αιτίες που προκαλούν προβλήματα στα δίκτυα είναι τα βραχυκυκλώματα. Μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με το είδος τους:

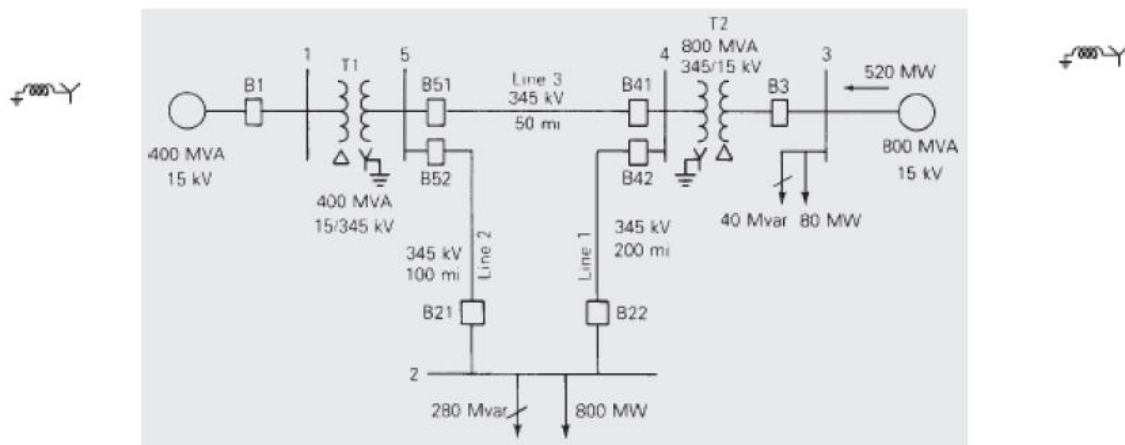
- Στερεό βραχυκύκλωμα, οφείλεται στην εφαρμογή τριών ίσων αντιστάσεων μεταξύ των τριών φάσεων και της γης (συμμετρικό βραχυκύκλωμα). Όταν $Z^0 = 0$, το βραχυκύκλωμα ονομάζεται στερεό. Αποτελούν μικρό ποσοστό των βραχυκυκλωμάτων που παρουσιάζονται, μόλις της τάξης του 5-6%
- Βραχυκύκλωμα δύο φάσεων, με την τρίτη φάση υγιή. Οι φάσεις που βραχυκυκλώνονται έχουν τη δυνατότητα να είναι γειωμένες ή και όχι.
- Βραχυκύκλωμα μιας φάσης με τη γη.

3. PowerWorld

Οι προσομοιώσεις των διαφόρων τύπων βραχυκυκλωμάτων θα γίνουν με την χρήση του PowerWorld. Το πρόγραμμα επιτρέπει τη δημιουργία συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ), με την κατάλληλη συνδεσμολογία γεννητριών, φορτίων, γραμμών μεταφοράς και ζυγών. Παρακάτω θα εξεταστούν όλα τα είδη βραχυκυκλωμάτων και θα γίνουν υπολογισμοί που αφορούν σημαντικά μεγέθη για τη λειτουργία ενός δικτύου.

4. Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση PowerWorld

Όλες οι προσομοιώσεις, θα γίνουν στο ΣΗΕ του παρακάτω σχήματος:



Τα screenshots σε κάθε ερώτημα, αφορούν τις τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, στον εκάστοτε ζυγό. Οι τιμές είναι σε pu μονάδες.

Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

G1: 400 MVA, 15KV

G2: 800MVA, 15KV

T1: 400 MVA, 15Δ/345Y KV

T2: 800 MVA, 345Y/15Δ KV

Line 1: 345KV, 200m

Line 2: 345KV, 100m

Line 3: 345KV, 50m

Load 2: 280 MVar, 800MW

Load 3: 40 MVar, 80MW

1. ΒΑΣΕΙΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΣ:

Οι προσφαλματικές τάσεις των ζυγών είναι 1.05 pu.

Η βάση τάσης στους ζυγούς 1,3 είναι:

$$V_{base1} = V_{base3} = 15KV,$$

ενώ στους ζυγούς 2, 4, 5 είναι:

$$V_{base2} = V_{base4} = V_{base5} = 345 KV.$$

Η βάση ισχύος για όλο το σύστημα είναι: $S_{base} = 100 MVA$.

2. ΥΠΟΜΕΤΑΒΑΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

$$X_{G1}'' = 0.045 pu$$

$$X_{G2}'' = 0.0225 pu.$$

3. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

$$\text{Line 1: } X_+ = 0.1 pu$$

$$\text{Line 2: } X_+ = 0.05 pu$$

$$\text{Line 3: } X_+ = 0.025 pu$$

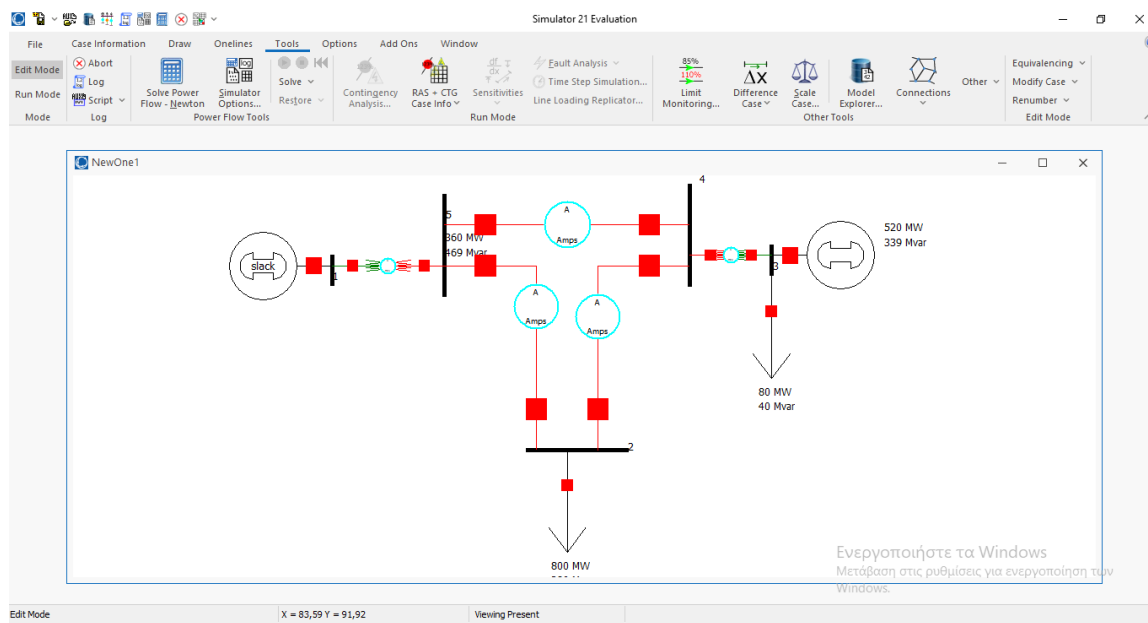
4. ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

$$T_1 = 0.02 \text{ pu}$$

$$T_2 = 0.01 \text{ pu}$$

Α. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος για συμμετρικό τριφασικό σφάλμα σε κάθε έναν από τους ζυγούς

Το ΣΗΕ που μελετάται είναι το εξής:



Στο ζυγό 1:

Simulator 21 Evaluation

File **Case Information** **Draw** **Onlines** **Tools** **Options** **Add Ons** **Window**

Edit Mode **Run Mode** **Log** **Script** **Solve Power Flow - Newton** **Simulator Options...** **Power Flow Tools** **Solve** **Contingency Analysis...** **RAS + CTG Case Info** **Sensitivities** **Time Step Simulation...** **Line Loading Replicator...** **Limit Monitoring...** **Difference Case...** **Scale Case...** **Model Explorer...** **Connections** **Other** **Equivalencing** **Modify Case** **Renumber** **Edit Mode**

Fault Analysis

Single Fault

Calculate **Clear** **Clear/Close**

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

1 (1) [15,00 kV]
2 (2) [345,0 kV]
3 (3) [15,00 kV]
4 (4) [345,0 kV]
5 (5) [345,0 kV]

Fault Location

☒ Bus Fault
☐ In-Line Fault

Location % 0

Fault Type

☐ Single Line-to-Ground
☐ Line-to-Line
☒ 3 Phase Balanced
☐ Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 40,761 p.u.
If Scaled Mag: 40,761 p.u.
If Angle: -85,69 deg.

Subtransient Phase Current

p.u. deg.

A 40,761 -85,69
B 40,760 154,31
C 40,760 34,31

Units ☒ p.u. ☐ Amps

Bus Records **Lines** **Generators** **Loads** **Switched Shunt Buses** **Y-Bus Matrices**

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,00000	0,00000	0,00000	-176,89	63,11	-56,89
2	2	0,29341	0,29341	0,29341	-19,81	-139,81	100,19
3	3	0,72487	0,72487	0,72487	4,53	-115,47	124,53
4	4	0,56944	0,56944	0,56944	2,98	-117,02	122,98
5	5	0,25708	0,25708	0,25708	-1,63	-121,63	118,37

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Στο ζυγό 2:

Simulator 21 Evaluation

File **Case Information** **Draw** **Onlines** **Tools** **Options** **Add Ons** **Window**

Edit Mode **Run Mode** **Log** **Script** **Solve Power Flow - Newton** **Simulator Options...** **Power Flow Tools** **Solve** **Contingency Analysis...** **RAS + CTG Case Info** **Sensitivities** **Time Step Simulation...** **Line Loading Replicator...** **Limit Monitoring...** **Difference Case...** **Scale Case...** **Model Explorer...** **Connections** **Other** **Equivalencing** **Modify Case** **Renumber** **Edit Mode**

Fault Analysis

Single Fault

Calculate **Clear** **Clear/Close**

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

1 (1) [15,00 kV]
2 (2) [345,0 kV]
3 (3) [15,00 kV]
4 (4) [345,0 kV]
5 (5) [345,0 kV]

Fault Location

☒ Bus Fault
☐ In-Line Fault

Location % 0

Fault Type

☐ Single Line-to-Ground
☐ Line-to-Line
☒ 3 Phase Balanced
☐ Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 20,156 p.u.
If Scaled Mag: 20,156 p.u.
If Angle: -83,41 deg.

Subtransient Phase Current

p.u. deg.

A 20,156 -83,41
B 20,156 156,59
C 20,156 36,59

Units ☒ p.u. ☐ Amps

Bus Records **Lines** **Generators** **Loads** **Switched Shunt Buses** **Y-Bus Matrices**

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,83340	0,83340	0,83340	6,84	-113,16	126,84
2	2	0,00000	0,00000	0,00000	40,34	-79,66	160,34
3	3	0,83499	0,83499	0,83499	6,37	-113,63	126,37
4	4	0,72830	0,72830	0,72830	6,44	-113,56	126,44
5	5	0,64365	0,64365	0,64365	6,68	-113,32	126,68

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Στο ζυγό 3:

The screenshot shows the 'Fault Analysis' window in PowerWorld Simulator 21 Evaluation. The 'Single Fault' tab is active, and a 3-phase fault is configured at bus 4. The fault impedance is set to 0.00000. The 'Fault Location' is set to 'Bus Fault'. The 'Fault Type' is '3 Phase Balanced'. The 'Fault Current' scale is 1,00000. The 'Subtransient Phase Current' table shows the following values:

Phase	Current (p.u.)	Angle (deg.)
A	59,481	-84,56
B	59,480	155,43
C	59,480	35,44

The 'Bus Records' table shows the following data for the faulted bus (4):

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,54648	0,54648	0,54648	4,78	-115,22	124,78
2	2	0,23413	0,23413	0,23413	-19,56	-139,56	100,44
3	3	0,00000	0,00000	0,00000	171,48	51,48	-68,52
4	4	0,11464	0,11464	0,11464	-1,38	-121,38	118,62
5	5	0,37474	0,37474	0,37474	1,41	-118,59	121,41

Στο ζυγό 4:

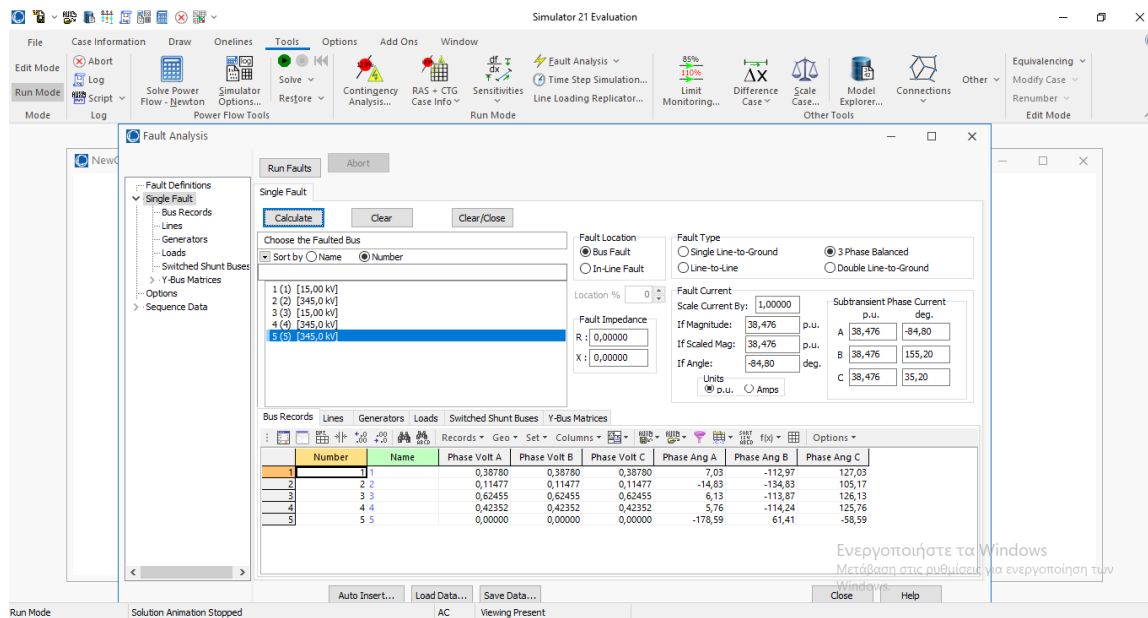
The screenshot shows the 'Fault Analysis' window in PowerWorld Simulator 21 Evaluation. The 'Single Fault' tab is active, and a 3-phase fault is configured at bus 4. The fault impedance is set to 0.00000. The 'Fault Location' is set to 'Bus Fault'. The 'Fault Type' is '3 Phase Balanced'. The 'Fault Current' scale is 1,00000. The 'Subtransient Phase Current' table shows the following values:

Phase	Current (p.u.)	Angle (deg.)
A	46,562	-84,83
B	46,561	155,17
C	46,561	35,17

The 'Bus Records' table shows the following data for the faulted bus (4):

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,59298	0,59298	0,59298	5,87	-114,13	125,87
2	2	0,16081	0,16081	0,16081	-16,91	-136,91	103,09
3	3	0,33219	0,33219	0,33219	6,74	-113,26	126,74
4	4	0,00000	0,00000	0,00000	-7,73	-127,73	112,27
5	5	0,29671	0,29671	0,29671	3,69	-116,31	123,69

Στο ζυγό 5:



Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων γίνεται αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται στο ζυγό 3 και το μικρότερο στο ζυγό 2. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι αντιστρόφως ανάλογο της σύνθετης αντίστασης κατά Thevenin. Επειδή: $I_{F(3)} > I_{F(1)} \Rightarrow Z_{TH(3)} < Z_{TH(1)}$

Επίσης, το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με την αντοχή του βραχυκυκλώματος. Αυτό σημαίνει ότι η αντοχή σε βραχυκύκλωμα του ζυγού 3, είναι μεγαλύτερη από αυτή του ζυγού 1.

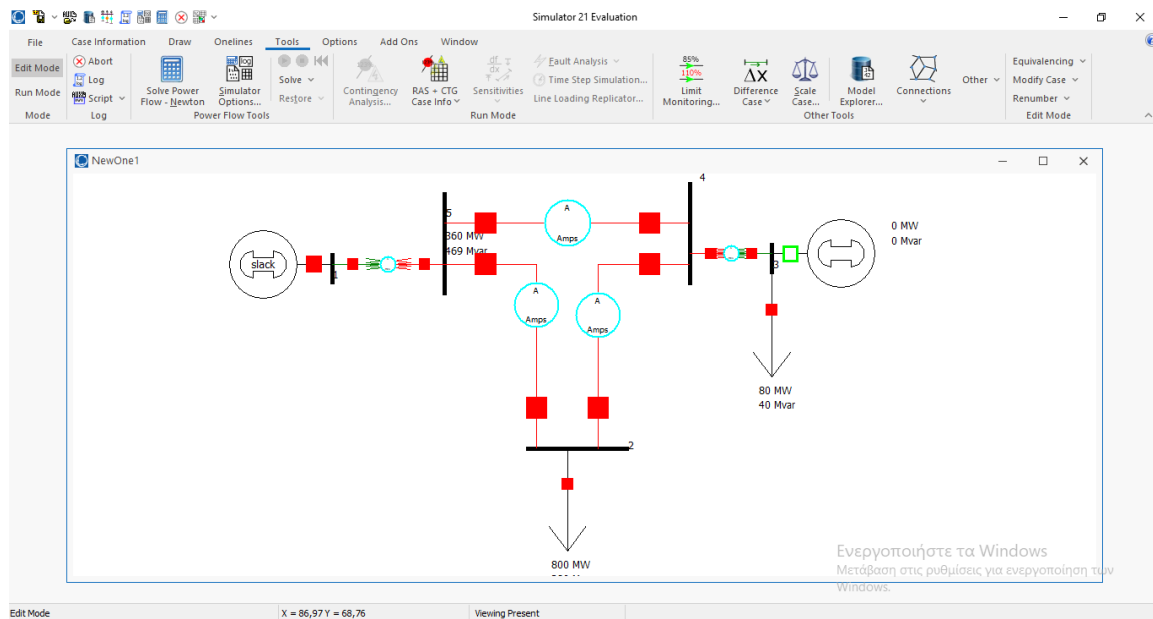
Επιπλέον, μεταξύ του ζυγού 2 και των γεννητριών παρεμβάλλονται μετασχηματιστές και γραμμές μεταφοράς. Γι' αυτό το λόγο, ήταν αναμενόμενο ότι ο ζυγός 2 θα έχει το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Β. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος για συμμετρικό τριφασικό σφάλμα σε κάθε έναν από τους ζυγούς, χωρίς τη γεννήτρια στο ζυγό 3

Για τη προσομοίωση, αρχικά ανοίγουμε το διακόπτη της γεννήτριας που είναι συνδεδεμένη στο ζυγό 3. Σε αυτή την περίπτωση, η γεννήτρια δεν μπορεί να τροφοδοτήσει το σύστημα. Επίσης δεν λαμβάνεται υπόψη η εσωτερική της αντίσταση. Το δίκτυο τροφοδοτείται μόνο από τη γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη στο ζυγό 1.

Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση του PowerWorld

Το ΣΗΕ που μελετάται είναι το εξής:



Υπολογίζουμε τα ρεύματα βραχυκυκλώματος σε κάθε έναν από τους ζυγούς:

Στο ζυγό 1:

Run Faults

Single Fault

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 1	0,00000	0,00000	0,00000	164,17	44,17	-75,83
2	2 2	0,00001	0,00001	0,00001	-150,41	89,59	-30,41
3	3 3	0,00001	0,00001	0,00001	-152,82	87,18	-32,82
4	4 4	0,00001	0,00001	0,00001	-152,34	87,66	-32,34
5	5 5	0,00001	0,00001	0,00001	-151,69	88,31	-31,69

Bus Records

Records - Geo - Set - Columns - Options

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Ενεργοποιήστε τα Windows
Μετάβαση στις ρυθμίσεις για ενεργοποίηση των Windows.

Στο ζυγό 2:

Run Faults

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0.92186	0.92186	0.92186	9.73	-110.27	129.73
2	2	0.00000	0.00000	0.00000	17.05	-102.95	137.05
3	3	0.45750	0.45750	0.45750	6.24	-113.76	126.24
4	4	0.46132	0.46132	0.46132	7.18	-112.82	127.18
5	5	0.58666	0.58666	0.58666	9.00	-111.00	129.00

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

Records Geo Set Columns Options

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present

Ενεργοποιήστε τα Windows
Μετάβαση στις ρυθμίσεις για ενεργοποίηση των Windows.

Στο ζυγό 3:

Run Faults

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0.83264	0.83264	0.83264	7.88	-112.12	127.88
2	2	0.22058	0.22058	0.22058	-30.96	-150.96	89.14
3	3	0.00000	0.00000	0.00000	-15.79	-135.79	104.21
4	4	0.13486	0.13486	0.13486	0.38	-119.62	120.38
5	5	0.45946	0.45946	0.45946	3.95	-116.05	123.95

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

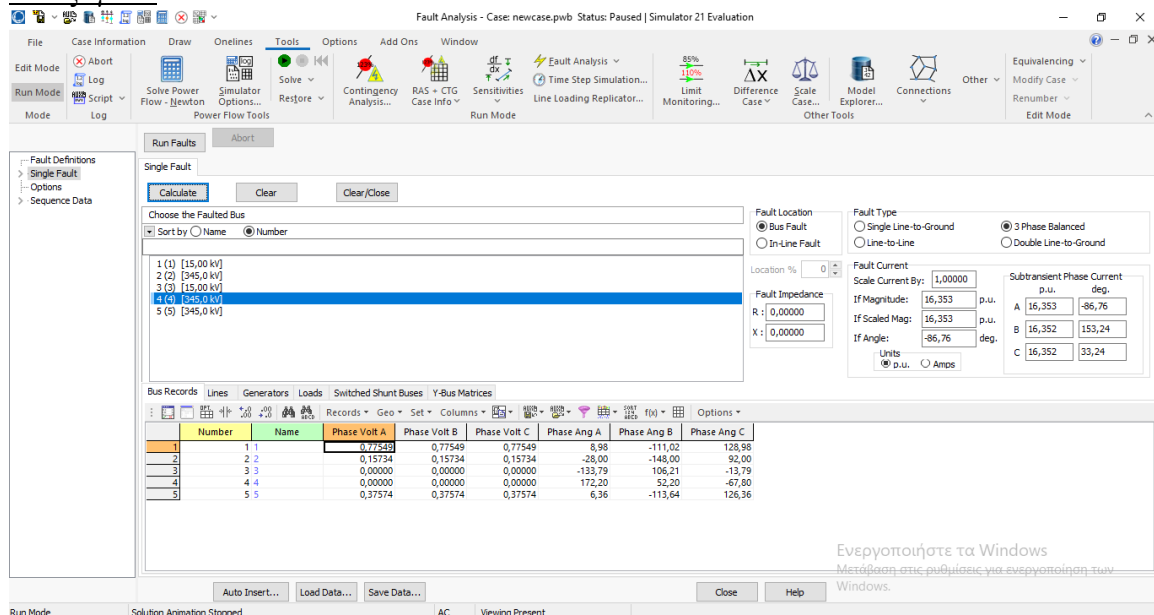
Records Geo Set Columns Options

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

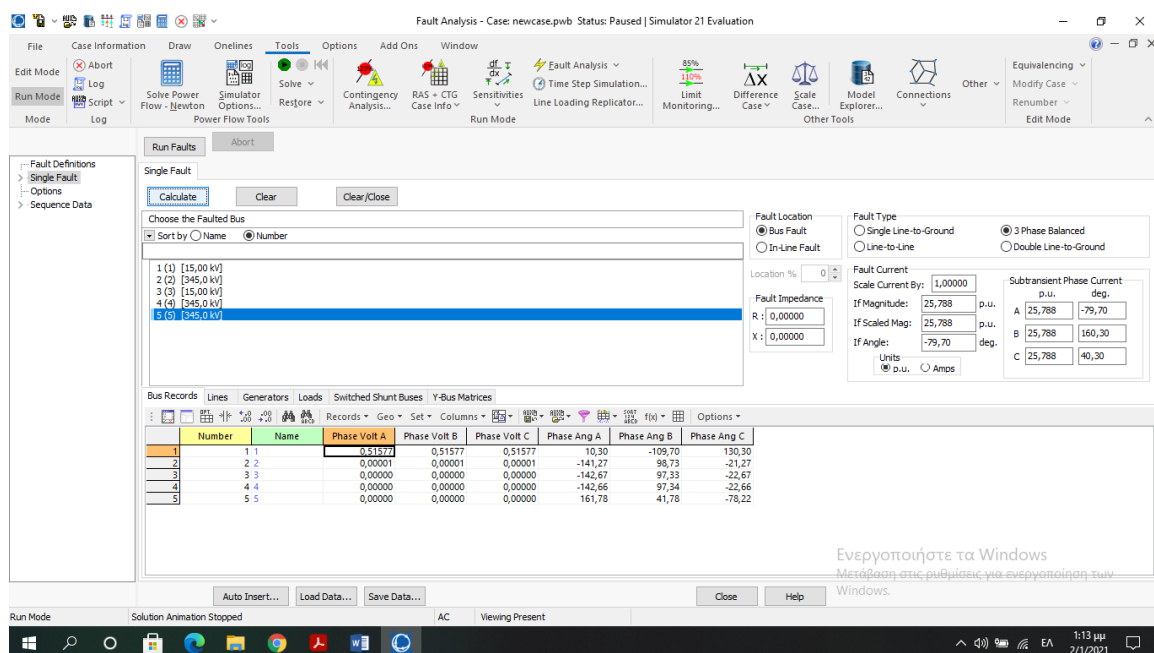
Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present

Ενεργοποιήστε τα Windows
Μετάβαση στις ρυθμίσεις για ενεργοποίηση των Windows.

Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:



Έχοντας αφαιρέσει τη γεννήτρια του ζυγού 3 από το δίκτυο, πλέον γίνεται αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι αυτό του ζυγού 1 και το μικρότερο αυτό του ζυγού 3.

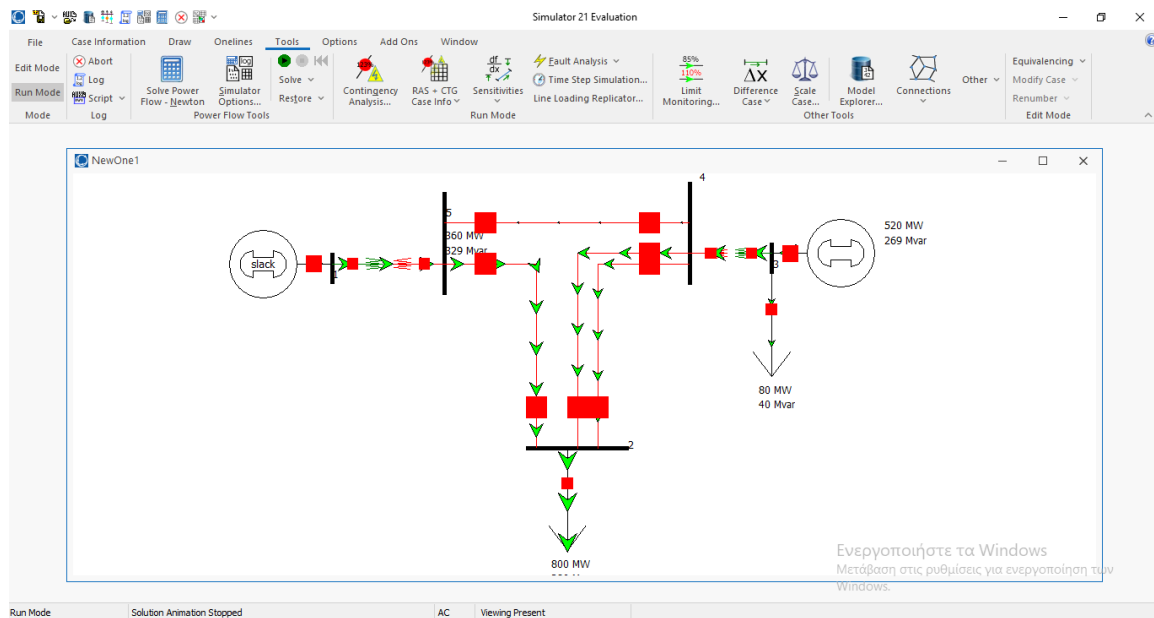
Στο ερώτημα Α, ο ζυγός 3 είναι αυτός που βρίσκεται πιο κοντά στην γεννήτρια που παράγει το μεγαλύτερο ρεύμα. Αφού η γεννήτρια αυτή έχει αφαιρεθεί, το ρεύμα που φτάνει πλέον στον ζυγό 3 είναι μόνο αυτό από τη γεννήτρια 1. Η απουσία της γεννήτριας

3 είναι αισθητή, αφού το ρεύμα σφάλματος σε αυτή τη περίπτωση είναι αρκετά μικρότερο από εκείνο του ερωτήματος Α (σχεδόν 5 φορές).

Αντίθετα, το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι εκείνο του ζυγού 1. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο, αφού βρίσκεται πιο κοντά στη γεννήτρια του ΣΗΕ.

Γ. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος για συμμετρικό τριφασικό σφάλμα σε κάθε έναν από τους ζυγούς, με την προσθήκη μίας γραμμής μεταφοράς μεταξύ των ζυγών 2 και 4

Προσθέτουμε μία γραμμή μεταφοράς με επαγωγική αντίσταση 0,075 pu μεταξύ των ζυγών 2 και 4. Υπολογίζουμε τα ρεύματα βραχυκύκλωσης των ζυγών. Το ΣΗΕ που προκύπτει είναι:



Μελετάται τριφασικό βραχυκύκλωμα για κάθε έναν από τους ζυγούς.

Στο ζυγό 1:

Simulator 21 Evaluation

File **Case Information** **Draw** **Onlines** **Tools** **Options** **Add Ons** **Window**

Edit Mode **Run Mode** **Log** **Script** **Solve Power Flow - Newton** **Simulator Options...** **Power Flow Tools** **Solve** **Contingency Analysis...** **RAS + CTG Case Info** **Sensitivities** **Time Step Simulation...** **Line Loading Replicator...** **Limit Monitoring...** **Difference Case** **Scale Case** **Model Explorer...** **Connections** **Other** **Equivalencing** **Modify Case** **Renumber** **Edit Mode**

Fault Analysis

Single Fault

Calculate **Clear** **Clear/Close**

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1 (1) [15,00 kV]		0,00000	0,00000	0,00000	0,89	-119,11	120,89
2 (2) [345,0 kV]		0,37957	0,37957	0,37957	-13,48	-133,48	106,52
3 (3) [15,00 kV]		0,70693	0,70693	0,70693	1,86	-118,14	121,86
4 (4) [345,0 kV]		0,55081	0,55081	0,55081	-0,29	-120,29	119,71
5 (5) [345,0 kV]		0,26795	0,26795	0,26795	-3,66	-123,66	116,34

Fault Location

☒ Bus Fault ☐ In-Line Fault

Location %

Fault Impedance

R : 0,00000
X : 0,00000

Fault Type

☐ Single Line-to-Ground ☒ 3 Phase Balanced ☐ Line-to-Line ☐ Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 39,919 p.u.
If Scaled Mag: 39,919 p.u.
If Angle: -86,30 deg.

Units ☒ p.u. ☐ Amps

Subtransient Phase Current

	p.u.	deg.
A	39,919	-86,30
B	39,918	153,70
C	39,918	33,70

Bus Records **Lines** **Generators** **Loads** **Switched Shunt Buses** **Y-Bus Matrices**

Records **Geo** **Set** **Columns** **Options**

Auto Insert... **Load Data...** **Save Data...** **Close** **Help**

Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present

Ενεργοποιήστε τα Windows για ενεργοποίηση των Windows. Μετάβαση στις ρυθμίσεις Windows.

Στο ζυγό 2:

Simulator 21 Evaluation

File **Case Information** **Draw** **Onlines** **Tools** **Options** **Add Ons** **Window**

Edit Mode **Run Mode** **Log** **Script** **Solve Power Flow - Newton** **Simulator Options...** **Power Flow Tools** **Solve** **Contingency Analysis...** **RAS + CTG Case Info** **Sensitivities** **Time Step Simulation...** **Line Loading Replicator...** **Limit Monitoring...** **Difference Case** **Scale Case** **Model Explorer...** **Connections** **Other** **Equivalencing** **Modify Case** **Renumber** **Edit Mode**

Fault Analysis

Single Fault

Calculate **Clear** **Clear/Close**

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1 (1) [15,00 kV]		0,75291	0,75291	0,75291	6,72	-113,38	126,72
2 (2) [345,0 kV]		0,00000	0,00000	0,00000	168,79	48,79	-71,21
3 (3) [15,00 kV]		0,72931	0,72931	0,72931	4,72	-115,28	124,72
4 (4) [345,0 kV]		0,58212	0,58212	0,58212	5,04	-114,96	125,04
5 (5) [345,0 kV]		0,55386	0,55386	0,55386	6,07	-113,93	126,07

Fault Location

☒ Bus Fault ☐ In-Line Fault

Location %

Fault Impedance

R : 0,00000
X : 0,00000

Fault Type

☐ Single Line-to-Ground ☒ 3 Phase Balanced ☐ Line-to-Line ☐ Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 24,659 p.u.
If Scaled Mag: 24,659 p.u.
If Angle: -84,50 deg.

Units ☒ p.u. ☐ Amps

Subtransient Phase Current

	p.u.	deg.
A	24,659	-84,50
B	24,659	155,50
C	24,659	35,50

Bus Records **Lines** **Generators** **Loads** **Switched Shunt Buses** **Y-Bus Matrices**

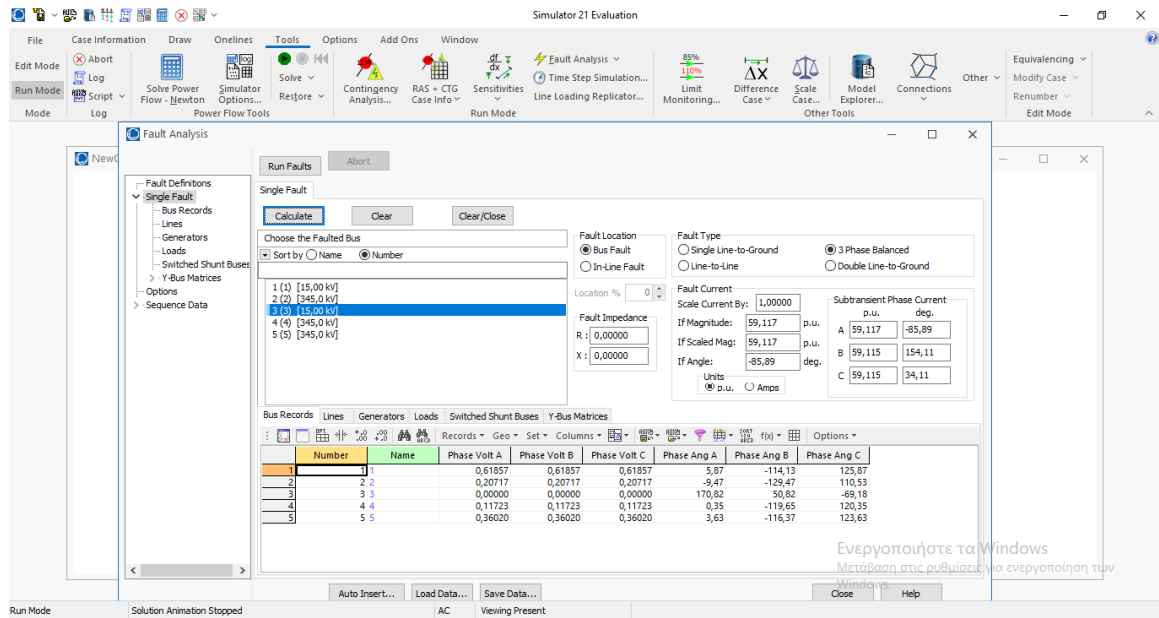
Records **Geo** **Set** **Columns** **Options**

Auto Insert... **Load Data...** **Save Data...** **Close** **Help**

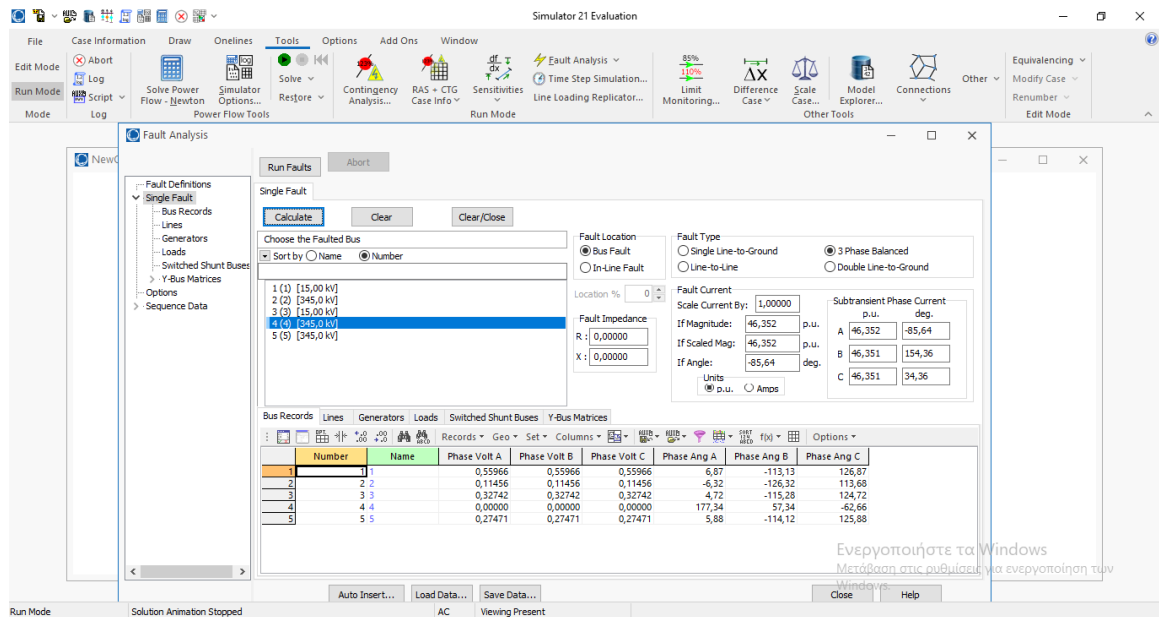
Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present

Ενεργοποιήστε τα Windows για ενεργοποίηση των Windows. Μετάβαση στις ρυθμίσεις Windows.

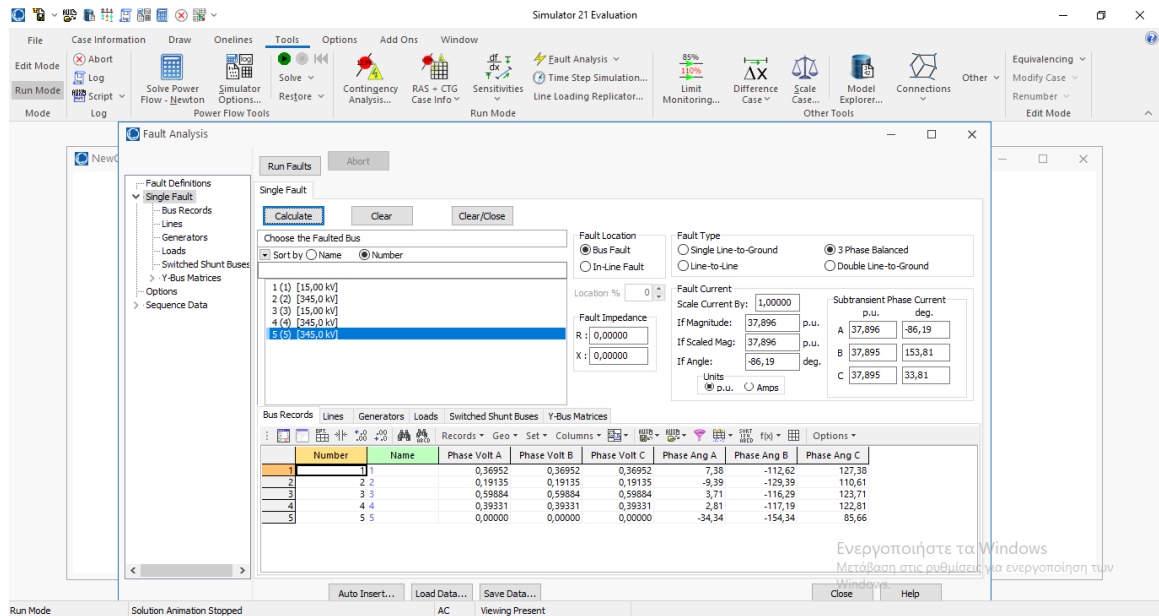
Στο ζυγό 3:



Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:



Με την προσθήκη μίας γραμμής μεταξύ των ζυγών 2 και 4 παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα μοιάζουν πολύ με αυτά του ερωτήματος A, εκτός αυτό του ζυγού 2.

Το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι εκείνο του ζυγού 3 και το μικρότερο του ζυγού 2. Η προσθήκη της γραμμής επέφερε ελάχιστες διαφορές στα ρεύματα βραχυκύκλωσης. Ωστόσο, στο ζυγό 2 το ρεύμα αυξήθηκε περίπου 5 pu.

D. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος και τάσης, για μη συμμετρικό σφάλμα (line-to-ground), σε κάθε έναν από τους ζυγούς

Τα νέα δεδομένα του συστήματος που μελετάται είναι:

Table 1.4: Synchronous machine input data for unsymmetrical faults

Bus	X_0 per unit	$X_1 = X_d''$ per unit	X_2 per unit	Neutral Reactance X_n per unit
1	0.0125	0.045	0.045	0
3	0.005	0.0225	0.0225	0.0025

Table 1.5: Line input data for unsymmetrical faults

Bus-to-Bus	X_0 per unit	X_1 per unit
2-4	0.3	0.1
2-5	0.15	0.05
4-5	0.075	0.025

Table 1.6: Transformer input data for unsymmetrical faults

Low-Voltage (connection) bus	High-Voltage (connection) bus	Leakage Reactance per unit	Neutral Reactance per unit
1 (Δ)	5 (Y)	0.02	0
3 (Δ)	4 (Y)	0.01	0

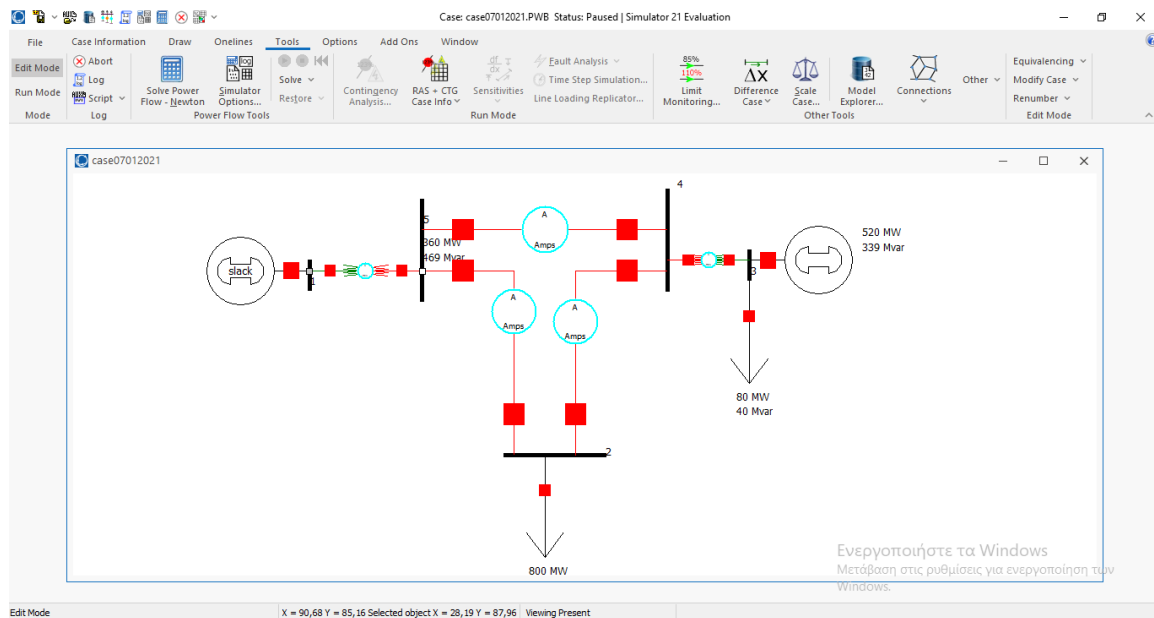
$$S_{base} = 100 \text{ MVA}$$

$$V_{base} = \begin{cases} 15 \text{ kV at buses 1, 3} \\ 345 \text{ kV at buses 2, 4, 5} \end{cases}$$

Αρχικά, κάνουμε τις απαραίτητες μετατροπές στο δίκτυο. Συμβαίνει μονοφασικό σφάλμα.

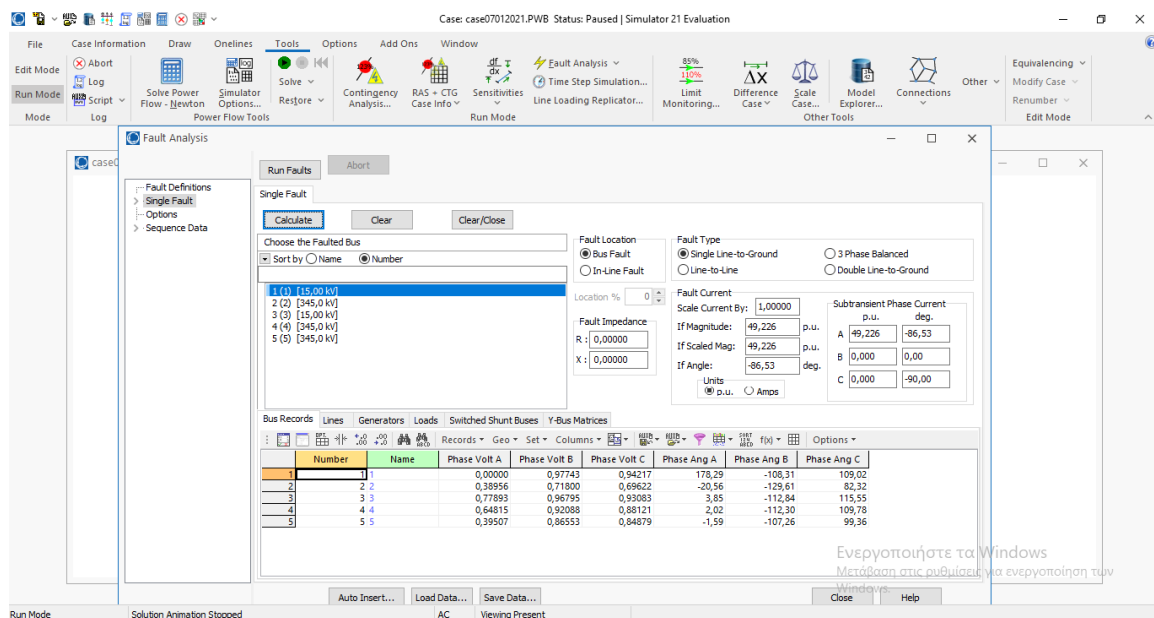
Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση του PowerWorld

Το ΣΗΕ έχει την εξής μορφή:



Οι τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης και τάσεων των ζυγών παρουσιάζονται παρακάτω.

Στο ζυγό 1:



Στο ζυγό 2:

Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

File Case Information Draw Onlines Tools Options Add Ons Window

Edit Mode Log Script Solve Power Flow - Newton Simulator Options... Power Flow Tools

Run Mode Log

Solve Solve Restore Contingency Analysis... RAS + CTG Case Info... Sensitivities Time Step Simulation... Line Loading Replicator...

Limit Monitoring... Difference Case... Scale Case... Model Explorer... Connections Other

Equivalencing Modify Case Renummer Edit Mode

Fault Analysis

Run Faults Abort

Single Fault

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by Name Number

1 (1) [15,00 kV]
2 (2) [345,0 kV]
3 (3) [15,00 kV]
4 (4) [345,0 kV]
5 (5) [345,0 kV]

Fault Location

Bus Fault In-Line Fault

Location % 0

Fault Type

Single Line-to-Ground Line-to-Line 3 Phase Balanced Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 13,051 p.u.
If Scaled Mag: 13,051 p.u.
If Angle: -101,24 deg.

Subtransient Phase Current

p.u. deg.

A 13,051 -101,24
B 0,000 -90,00
C 0,000 0,00

Units p.u. Amps

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,97422	1,06208	1,00014	4,15	-117,22	119,06
2	2	0,00000	1,08594	0,86940	80,83	-153,59	119,03
3	3	0,94284	1,01003	0,96142	4,22	-116,92	120,16
4	4	0,86672	0,98908	0,92820	3,48	-119,45	117,95
5	5	0,80088	0,99288	0,92235	3,03	-122,33	116,55

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Στο ζυγό 3:

Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

File Case Information Draw Onlines Tools Options Add Ons Window

Edit Mode Log Script Solve Power Flow - Newton Simulator Options... Power Flow Tools

Run Mode Log

Solve Solve Restore Contingency Analysis... RAS + CTG Case Info... Sensitivities Time Step Simulation... Line Loading Replicator...

Limit Monitoring... Difference Case... Scale Case... Model Explorer... Connections Other

Equivalencing Modify Case Renummer Edit Mode

Fault Analysis

Run Faults Abort

Single Fault

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by Name Number

1 (1) [15,00 kV]
2 (2) [345,0 kV]
3 (3) [15,00 kV]
4 (4) [345,0 kV]
5 (5) [345,0 kV]

Fault Location

Bus Fault In-Line Fault

Location % 0

Fault Type

Single Line-to-Ground Line-to-Line 3 Phase Balanced Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 65,083 p.u.
If Scaled Mag: 65,083 p.u.
If Angle: -85,81 deg.

Subtransient Phase Current

p.u. deg.

A 65,083 -85,81
B 0,000 0,00
C 0,000 0,00

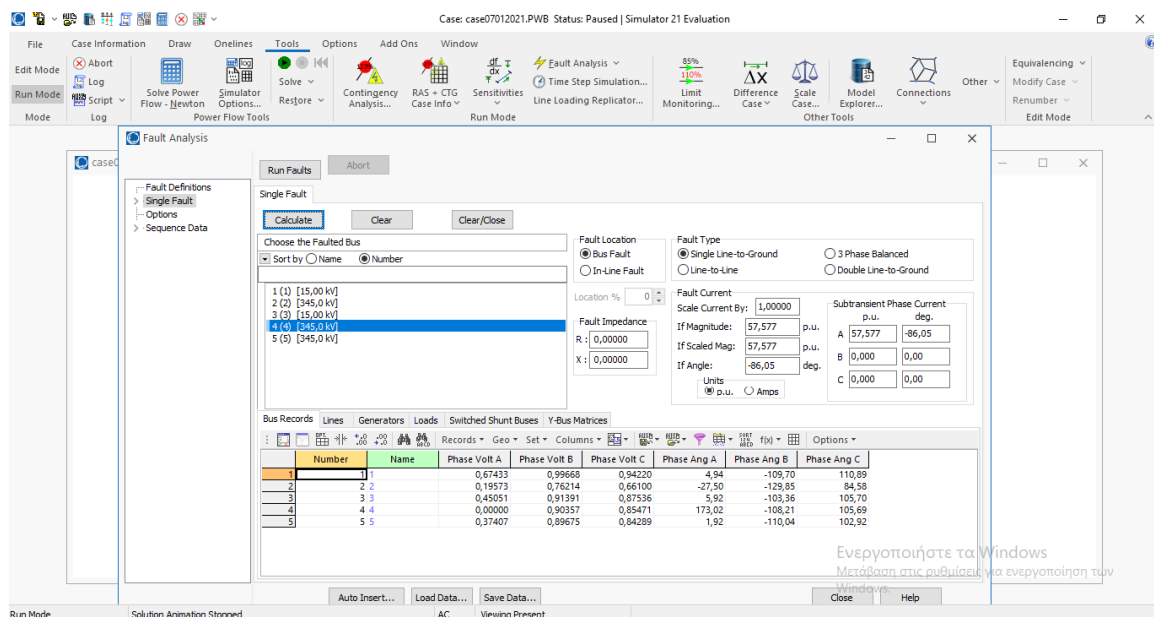
Units p.u. Amps

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

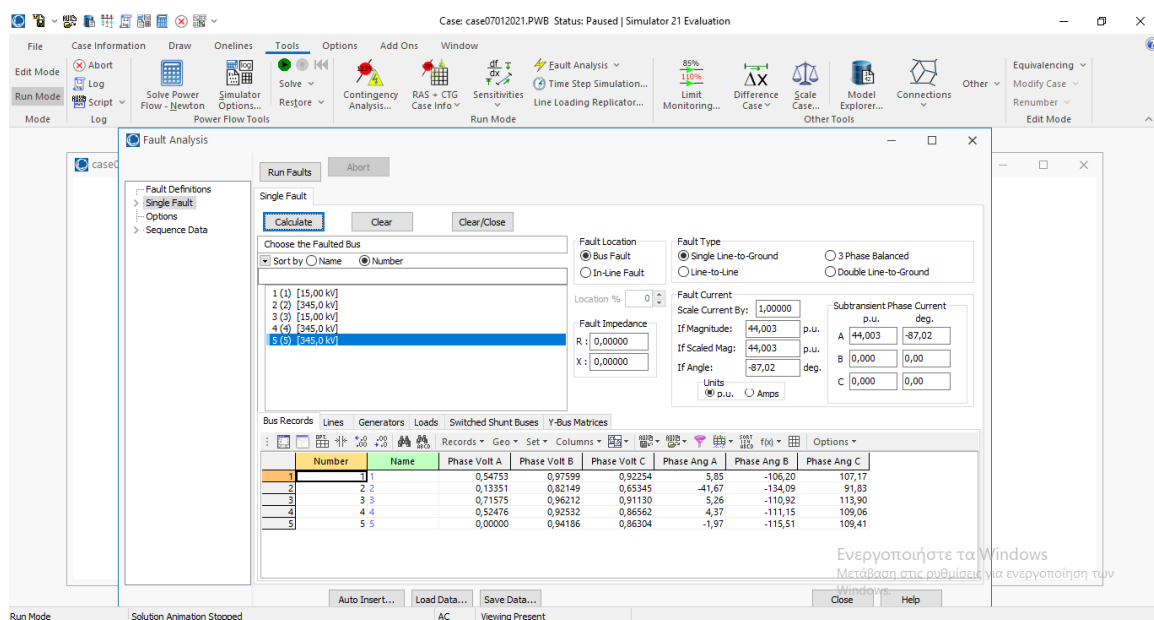
Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,73632	1,00570	0,96350	3,46	-112,04	113,06
2	2	0,38367	0,71973	0,69590	-20,66	-129,40	82,08
3	3	0,00000	0,97802	0,93509	-0,84	-113,68	116,59
4	4	0,34679	0,86554	0,85176	0,58	-103,29	99,99
5	5	0,53453	0,89264	0,85883	-0,28	-111,46	104,01

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:



Για μονοφασικό βραχυκύκλωμα σε κάθε έναν από τους ζυγούς, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι του ζυγού 3 και αντίστοιχα το μικρότερο του ζυγού 2. Θεωρείται ότι το μονοφασικό βραχυκύκλωμα συμβαίνει στη φάση α. Γι' αυτό, η τάση του ζυγού βραχυκυκλώματος στη φάση α, ισούται με μηδέν σε κάθε περίπτωση.

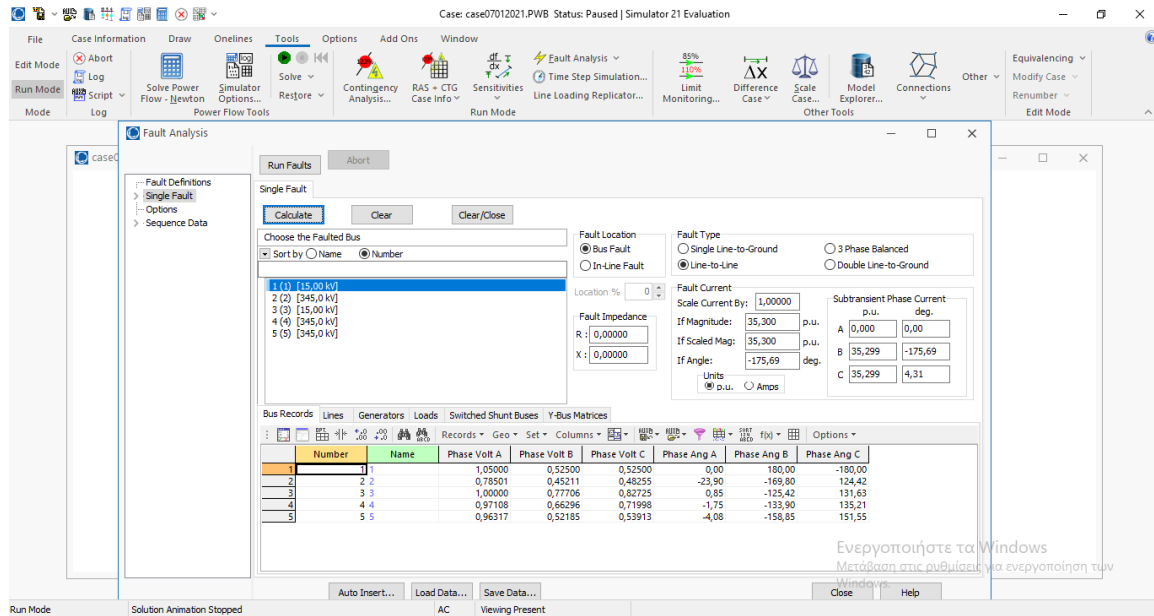
Μελετώντας την τάση της φάσης α, όταν το βραχυκύκλωμα συμβαίνει στους ζυγούς 1 και 5 η μεγαλύτερη τάση είναι του ζυγού 3. Ωστόσο, όταν το βραχυκύκλωμα γίνεται στους ζυγούς 2, 3 και 4 μεγαλύτερη τάση έχει ο ζυγός 1.

Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση του PowerWorld

Ε. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος και τάσης, για μη συμμετρικό σφάλμα (line-to-line), σε κάθε έναν από τους ζυγούς

Μελετάται διφασικό σφάλμα, χωρίς επαφή με τη γη. Το ΣΗΕ είναι το ίδιο με το ερώτημα D. Αναλυτικά, για κάθε έναν από τους ζυγούς έχουμε:

Στο ζυγό 1:



Στο ζυγό 2:

Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

Fault Analysis

Single Fault

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 (1) [15,00 kV]	1,05000	0,84039	0,94171	0,00	-121,49	130,45
2	2 (2) [345,0 kV]	0,78501	0,39251	0,39251	-23,90	156,10	156,10
3	3 (3) [15,00 kV]	1,00000	0,83867	0,91785	0,85	-120,03	129,21
4	4 (4) [345,0 kV]	0,97108	0,73914	0,84900	-1,75	-124,11	130,92
5	5 (5) [345,0 kV]	0,96317	0,66513	0,80180	-4,08	-128,66	132,84

Fault Location: ☒ Bus Fault ☐ In-Line Fault

Location %: 0

Fault Impedance: R: 0,00000 X: 0,00000

Fault Type: ☐ Single Line-to-Ground ☒ Line-to-Line ☐ 3 Phase Balanced ☐ Double Line-to-Ground

Fault Current: Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 17,455 p.u.

If Scaled Mag: 17,455 p.u.

If Angle: -173,41 deg.

Subtransient Phase Current: A: 0,000 0,00 deg. B: 17,455 -173,41 deg. C: 17,455 6,59 deg.

Units: ☒ p.u. ☐ Amps

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Στο ζυγό 3:

Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

Fault Analysis

Single Fault

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 (1) [15,00 kV]	1,05000	0,73492	0,78679	0,00	-130,61	135,70
2	2 (2) [345,0 kV]	0,78501	0,42794	0,45521	-23,90	-175,70	129,74
3	3 (3) [15,00 kV]	1,00000	0,50000	0,50000	0,85	-179,15	-179,15
4	4 (4) [345,0 kV]	0,97108	0,49497	0,49621	-1,75	-170,17	166,71
5	5 (5) [345,0 kV]	0,96317	0,55437	0,60595	-4,08	-148,44	143,70

Fault Location: ☒ Bus Fault ☐ In-Line Fault

Location %: 0

Fault Impedance: R: 0,00000 X: 0,00000

Fault Type: ☐ Single Line-to-Ground ☒ Line-to-Line ☐ 3 Phase Balanced ☐ Double Line-to-Ground

Fault Current: Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 51,512 p.u.

If Scaled Mag: 51,512 p.u.

If Angle: -174,56 deg.

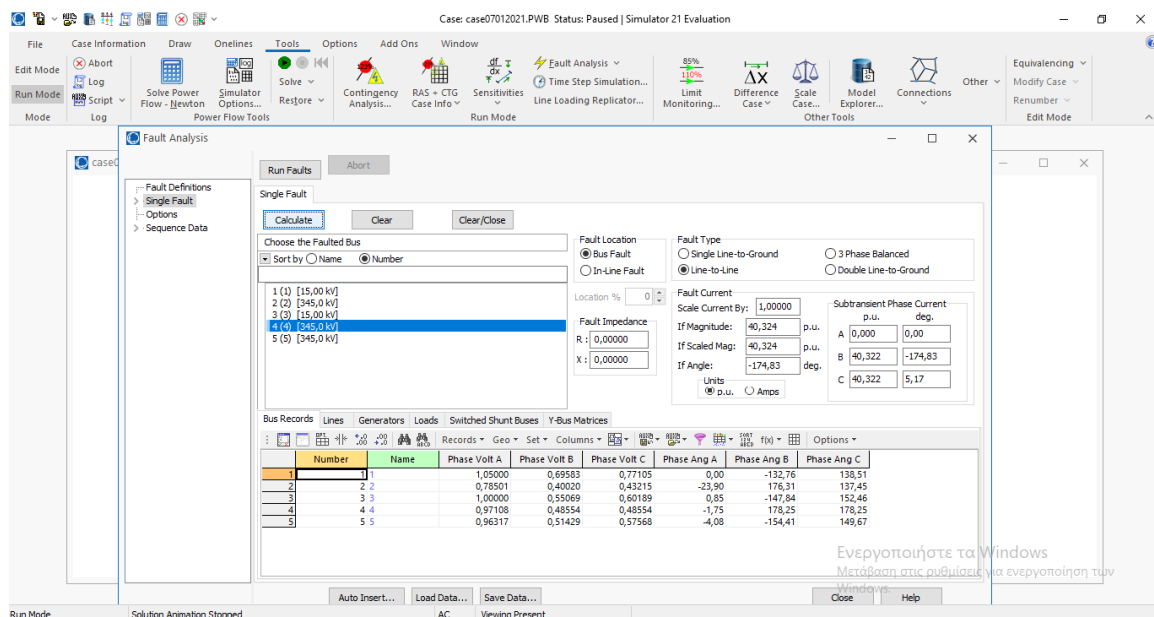
Subtransient Phase Current: A: 0,000 0,00 deg. B: 51,511 -174,56 deg. C: 51,511 5,44 deg.

Units: ☒ p.u. ☐ Amps

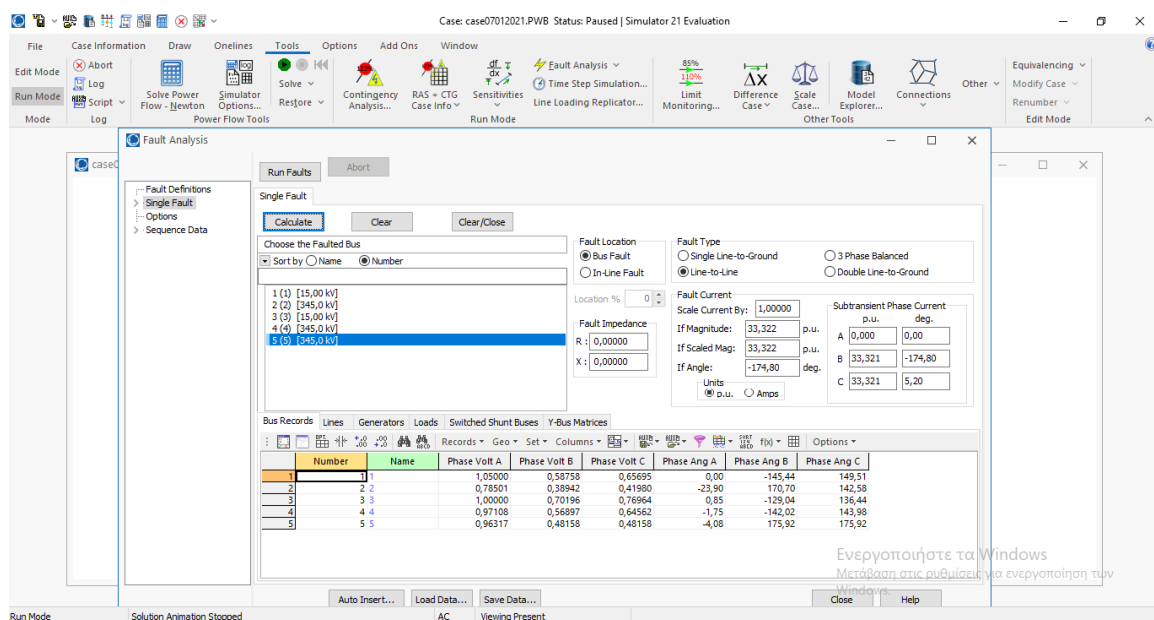
Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:



Το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι του ζυγού 3 και το μικρότερο του ζυγού 2.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με αυτά του προηγούμενου ερωτήματος, παρατηρούμε αρχικά ότι οι ζυγοί που είχαν το μεγαλύτερο και το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης, δεν έχουν αλλάξει. Αυτό που έχει αλλάξει είναι το εξής:

Οι ζυγοί 1, 3, 4, 5 για διφασικό βραχυκύκλωμα παρουσιάζουν μείωση στο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε σχέση με το αυτό του μονοφασικού βραχυκυκλώματος. Αντίθετα, ο

Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση του PowerWorld

ζυγός 2 παρουσιάζει αύξηση στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του, περίπου 5 pu. Η μεγαλύτερη μείωση στο ρεύμα σφάλματος παρατηρείται στον ζυγό 4 και είναι περίπου ίση με 17 pu.

F. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος και τάσης, για μη συμμετρικό σφάλμα (double line-to-ground), σε κάθε έναν από τους ζυγούς

Μελετάται διφασικό βραχυκύκλωμα με επαφή στη γη στο ίδιο ΣΗΕ με το ερώτημα D. Για κάθε έναν από τους ζυγούς, έχουμε:

Στο ζυγό 1:

The screenshot shows the PowerWorld Simulator 21 Evaluation interface. The 'Fault Analysis' window is open, displaying the following information:

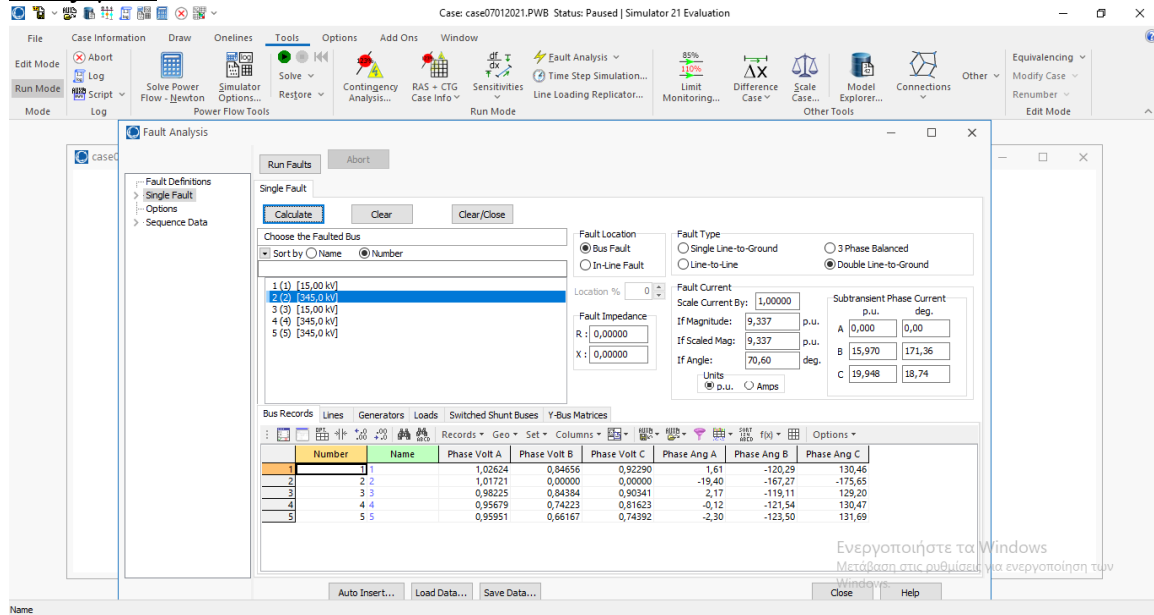
- Case:** case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation
- Tools:** File, Case Information, Draw, Onlines, Tools, Options, Add Ons, Window, Run Mode, Log, Script, Solve Power Flow - Newton, Simulator Options..., Power Flow Tools, Solve, Restore, Contingency Analysis..., RAS - CTG Case Info, Sensitivities, Time Step Simulation..., Line Loading Replicator..., Limit Monitoring..., Difference Case, Scale Case, Model Explorer, Connections, Other, Equivalencing, Modify Case, Renummer, Edit Mode.
- Fault Analysis Window:**
 - Run Faults:** Run Faults, Abort
 - Single Fault:** Calculate, Clear, Clear/Close
 - Choose the Faulted Bus:** Sort by Name, Number. List: 1 (1) [15,00 kV], 2 (2) [345,0 kV], 3 (3) [15,00 kV], 4 (4) [345,0 kV], 5 (5) [345,0 kV].
 - Fault Location:** Bus Fault, In-Line Fault. Location %: 0.
 - Fault Impedance:** R: 0,00000, X: 0,00000.
 - Fault Type:** Single Line-to-Ground, Line-to-Line, 3 Phase Balanced, Double Line-to-Ground (selected).
 - Fault Current:** Scale Current By: 1,00000. If Magnitude: 62,101 p.u., If Scaled Mag: 62,101 p.u., If Angle: 92,19 deg. Units: p.u., Amps.
 - Subtransient Phase Current:** p.u., deg. A: 0,000, 0,00; B: 46,141, 142,05; C: 47,868, 44,72.
- Bus Records:** Lines, Generators, Loads, Switched Shunt Buses, Y-Bus Matrices. Table with columns: Number, Name, Phase Volt A, Phase Volt B, Phase Volt C, Phase Ang A, Phase Ang B, Phase Ang C.

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,77626	0,00000	0,00000	2,19	175,14	-169,09
2	2	0,53591	0,36290	0,37554	-21,77	-157,36	115,68
3	3	0,86097	0,75020	0,77201	2,77	-120,47	128,40
4	4	0,76779	0,61225	0,63741	0,60	-125,01	129,97
5	5	0,60522	0,37360	0,37776	-2,30	-145,72	141,59

Ενεργοποιήστε τα Windows για να ενεργοποιήσετε μερικές λειτουργίες. Μετάβαση στις ρυθμίσεις Windows.

Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present Close Help

Στο ζυγό 2:



Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

Tools: Solve, Contingency Analysis, RAS + CTG Case Info, Sensitivity, Time Step Simulation, Line Loading Replicator, Limit Monitoring, Difference Case, Scale Case, Model Explorer, Connections, Other.

Equivalencing: Modify Case, Renumber, Edit Mode.

Run Faults: Calculate, Clear, Clear/Close.

Choose the Faulted Bus: Sort by Name, Number.

Fault Location: ☒ Bus Fault, ☐ In-Line Fault.

Fault Type: ☐ Single Line-to-Ground, ☐ Line-to-Line, ☐ 3 Phase Balanced, ☒ Double Line-to-Ground.

Location %: 0.

Fault Impedance: R: 0,00000, X: 0,00000.

Fault Current: Scale Current By: 1,00000. If Magnitude: 9,337 p.u., If Scaled Mag: 9,337 p.u., If Angle: 70,60 deg.

Subtransient Phase Current: p.u., deg. A: 0,000, 0,00; B: 15,970, 171,36; C: 19,948, 18,74.

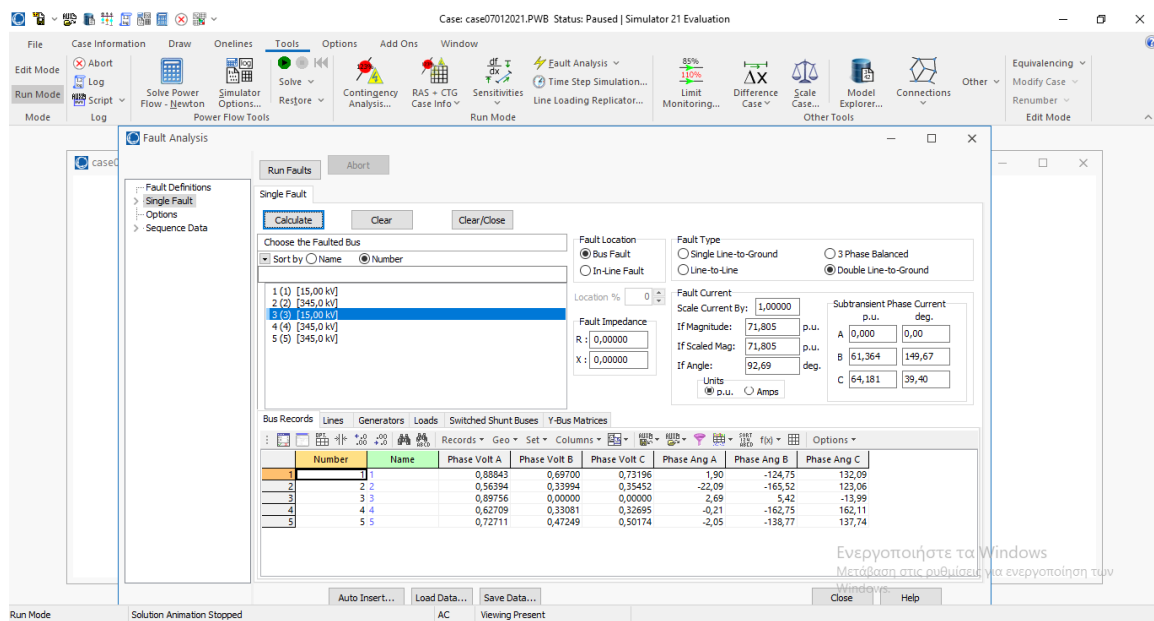
Units: ☒ p.u., ☐ Amps.

Bus Records: Lines, Generators, Loads, Switched Shunt Buses, Y-Bus Matrices.

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	1,02624	0,84656	0,92290	1,61	-120,29	130,46
2	2	1,01721	0,00000	0,00000	-19,40	-167,27	-175,65
3	3	0,98225	0,84984	0,96341	2,17	-119,11	129,20
4	4	0,95679	0,74223	0,81623	-0,12	-121,54	130,47
5	5	0,95951	0,66167	0,74392	-2,30	-123,50	131,69

Auto Insert..., Load Data..., Save Data..., Close, Help.

Στο ζυγό 3:



Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

Tools: Solve, Contingency Analysis, RAS + CTG Case Info, Sensitivity, Time Step Simulation, Line Loading Replicator, Limit Monitoring, Difference Case, Scale Case, Model Explorer, Connections, Other.

Equivalencing: Modify Case, Renumber, Edit Mode.

Run Faults: Calculate, Clear, Clear/Close.

Choose the Faulted Bus: Sort by Name, Number.

Fault Location: ☒ Bus Fault, ☐ In-Line Fault.

Fault Type: ☐ Single Line-to-Ground, ☐ Line-to-Line, ☐ 3 Phase Balanced, ☒ Double Line-to-Ground.

Location %: 0.

Fault Impedance: R: 0,00000, X: 0,00000.

Fault Current: Scale Current By: 1,00000. If Magnitude: 71,805 p.u., If Scaled Mag: 71,805 p.u., If Angle: 92,69 deg.

Subtransient Phase Current: p.u., deg. A: 0,000, 0,00; B: 61,364, 149,67; C: 64,181, 39,40.

Units: ☒ p.u., ☐ Amps.

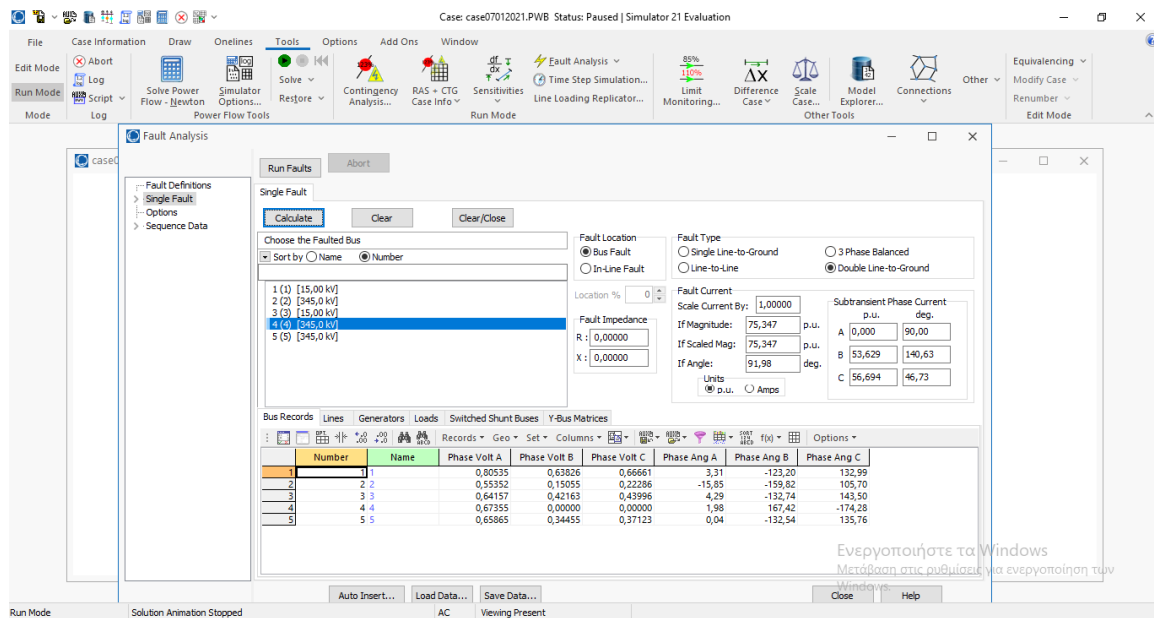
Bus Records: Lines, Generators, Loads, Switched Shunt Buses, Y-Bus Matrices.

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	0,88843	0,69700	0,73196	1,90	-124,75	132,09
2	2	0,56394	0,33994	0,35452	-22,09	-165,52	123,06
3	3	0,89756	0,00000	0,00000	2,69	5,42	-13,99
4	4	0,62709	0,33081	0,32695	-0,21	-162,75	162,11
5	5	0,72711	0,47249	0,50174	-2,05	-138,77	137,74

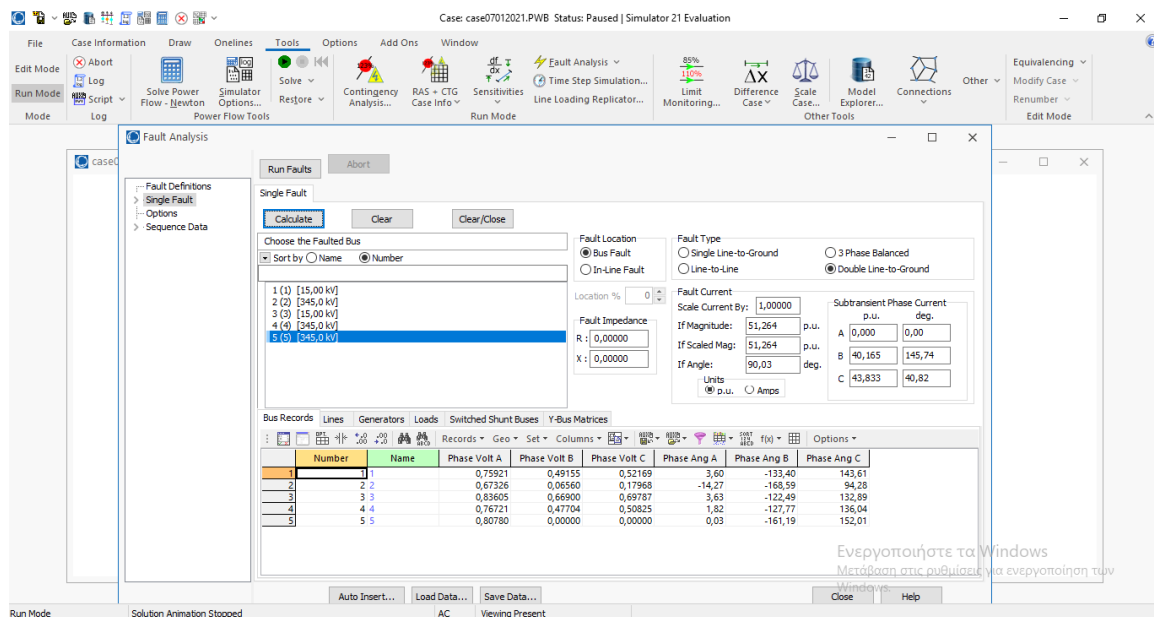
Auto Insert..., Load Data..., Save Data..., Close, Help.

Run Mode: Solution Animation Stopped, AC, Viewing Present.

Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:

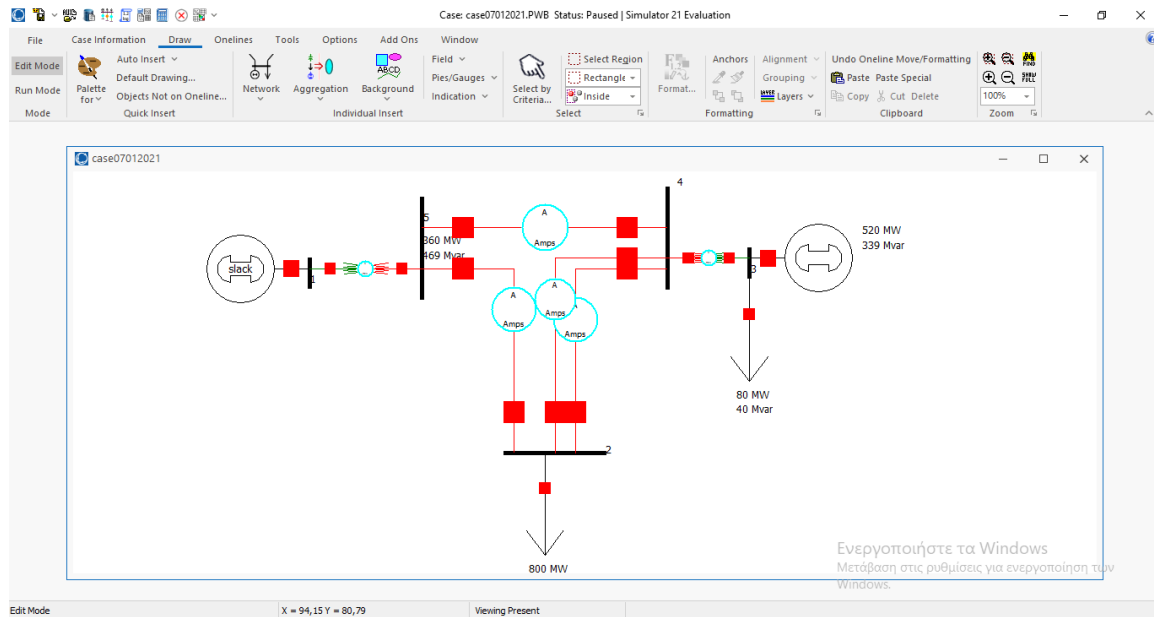


Το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι του ζυγού 4 και το μικρότερο του ζυγού 2.

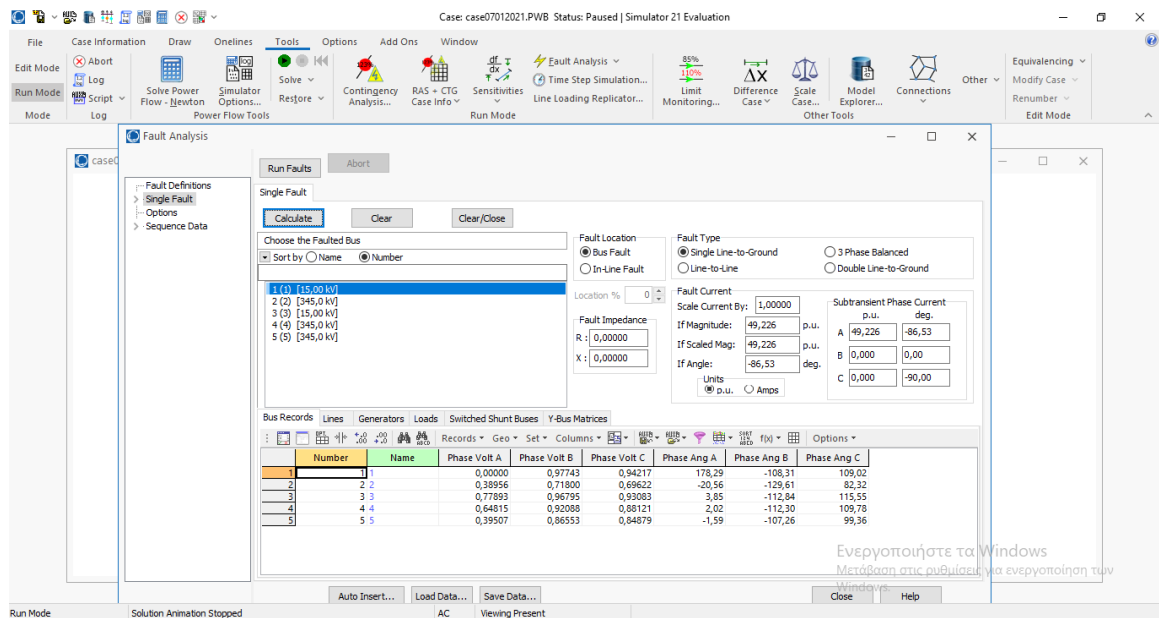
Σε σχέση με το ερώτημα D, οι τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης των ζυγών 1, 3, 4, 5 αυξάνονται, ενώ οι τιμή στου ζυγό 2 ελαττώνεται. Οι μεταβολές αυτές, έρχονται σε πλήρη αντίθεση με αυτές που παρατηρήθηκαν στο ερώτημα E. Η μεγαλύτερη αύξηση στο ρεύμα σφάλματος παρατηρείται στο ζυγό 4 και είναι περίπου ίση με 18 pu.

G. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος και τάσης, για μη συμμετρικό σφάλμα (line-to-ground), σε κάθε έναν από τους ζυγούς, με την προσθήκη μιας γραμμής μεταξύ των ζυγών 2 και 4

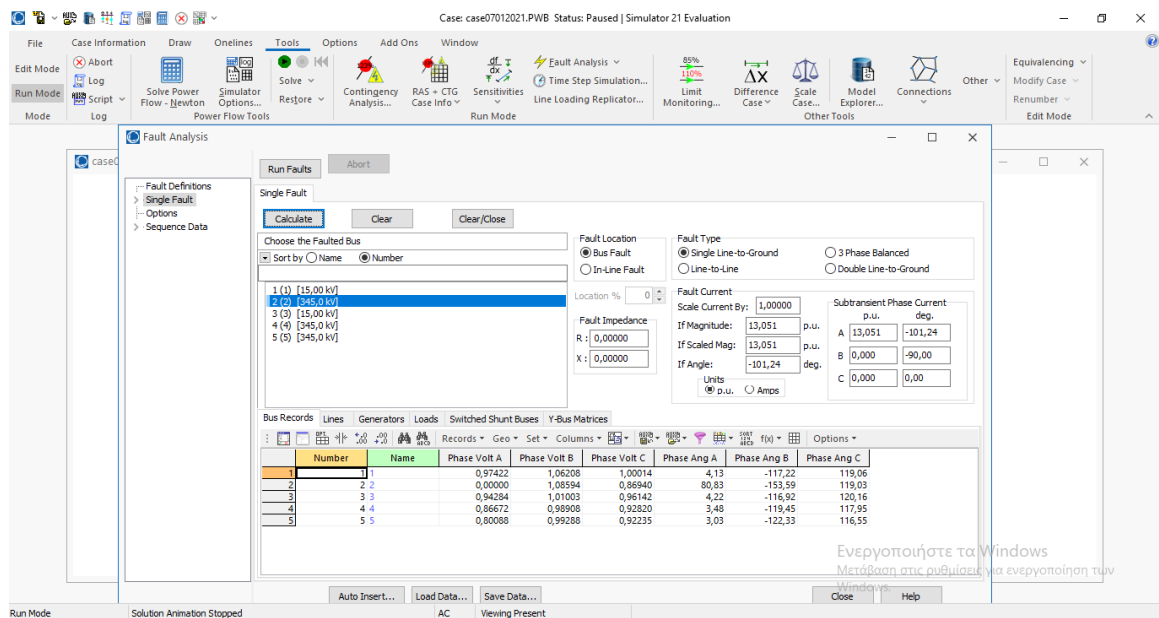
Στο ερώτημα αυτό τοποθετείται άλλη μια γραμμή μεταφοράς μεταξύ των ζυγών 2 και 4. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά της νέας γραμμής είναι ίδια με εκείνα της γραμμής που ήδη υπάρχει. Το ΣΗΕ που προκύπτει είναι:



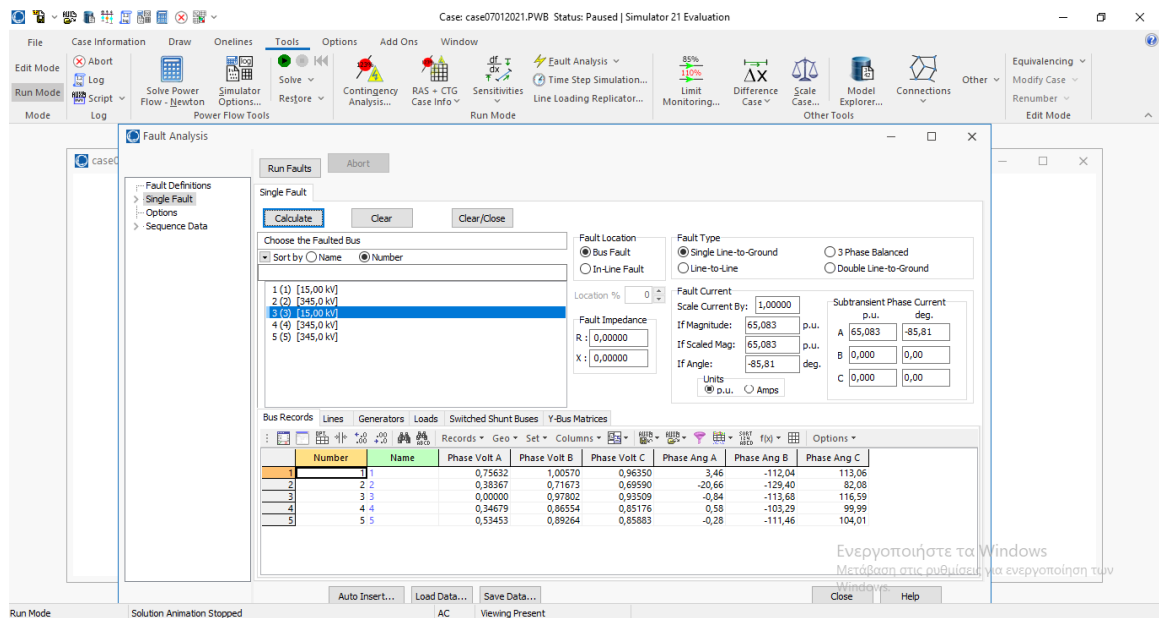
Στο ζυγό 1:



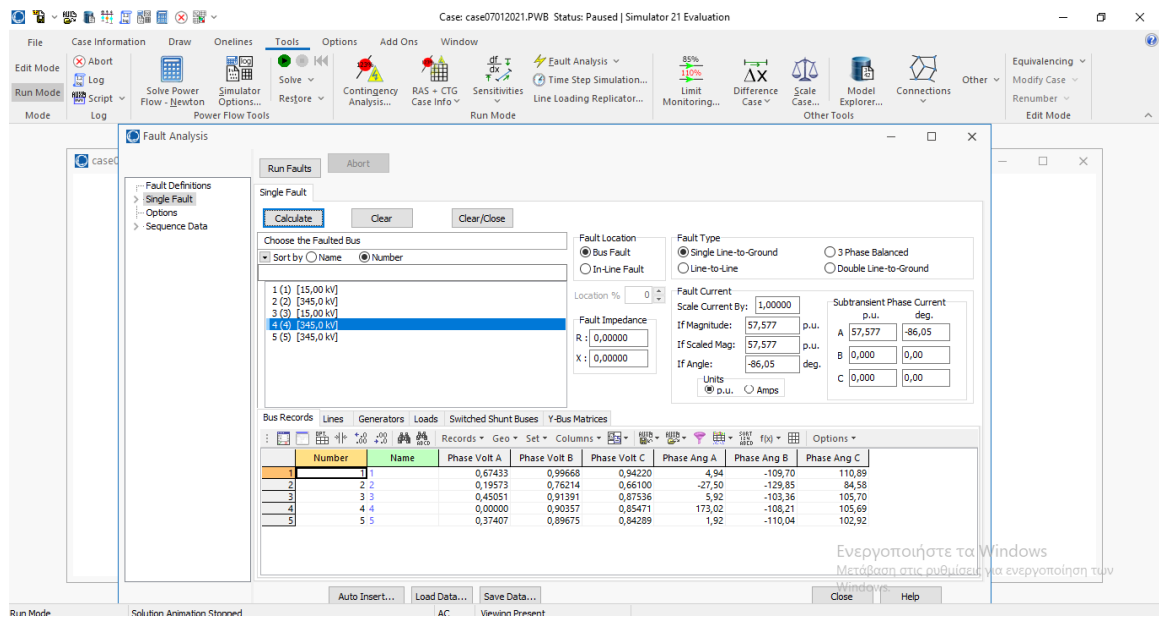
Στο ζυγό 2:



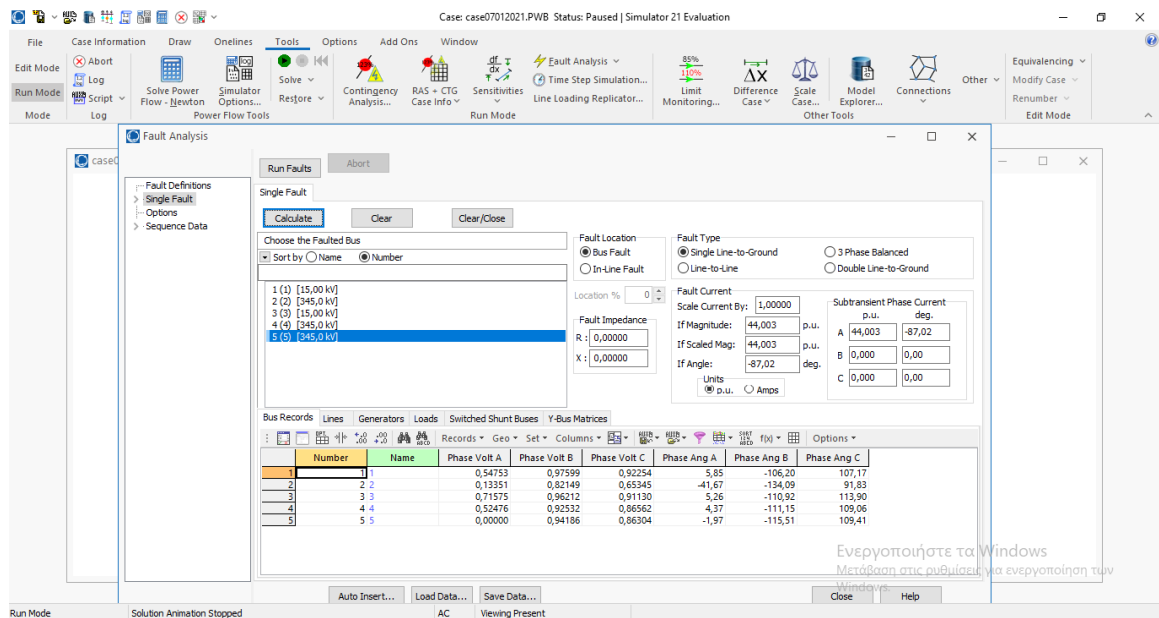
Στο ζυγό 3:



Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:



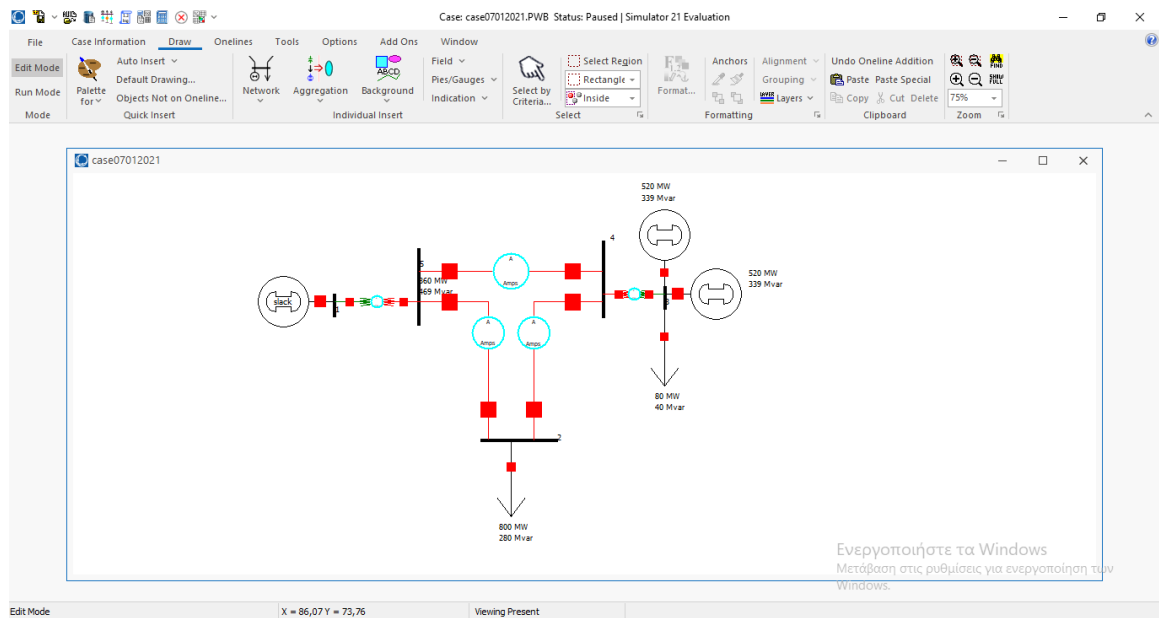
Μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι αυτό που προκύπτει στο ζυγό 3 και μικρότερο αυτό του ζυγού 2.

Σε σχέση με το ερώτημα D, οι τιμές είναι οι ίδιες. Η προσθήκη μιας ίδιας γραμμής στο ΣΗΕ, δεν επηρέασε τα ρεύματα βραχυκύκλωσης των ζυγών.

Η. Υπολογισμός ρεύματος βραχυκυκλώματος και τάσης, για μη συμμετρικό σφάλμα (line-to-ground), σε κάθε έναν από τους ζυγούς, με την προσθήκη μιας γεννήτριας στο ζυγό 3

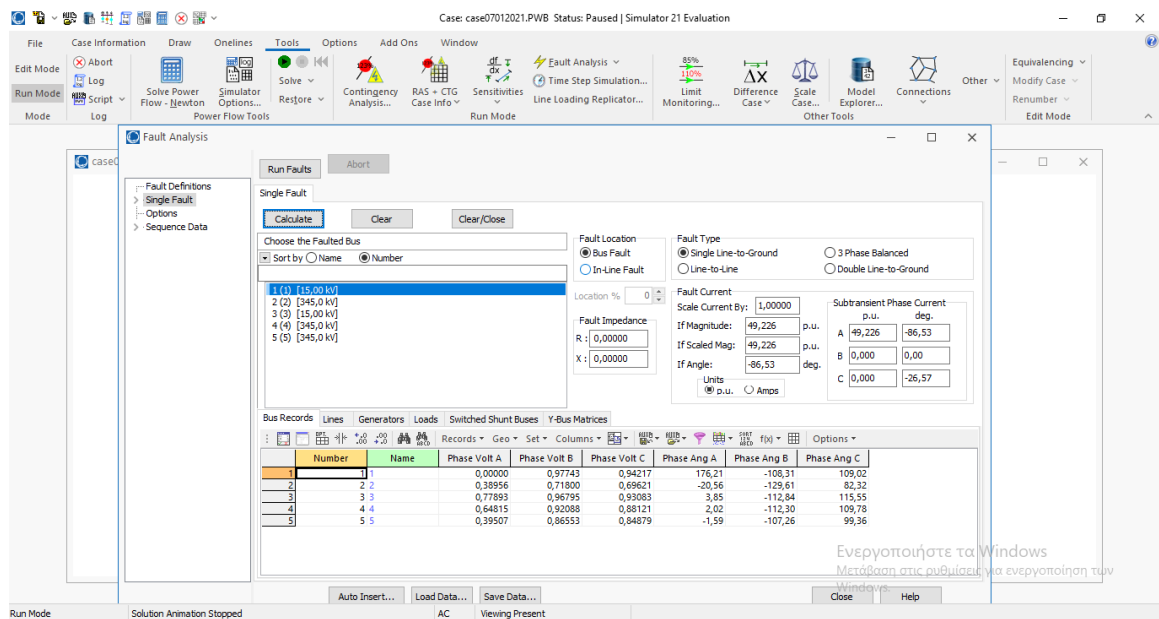
Στο ερώτημα αυτό προστίθεται μια γεννήτρια, στο ζυγό 3, η οποία έχει τα ίδια ονομαστικά χαρακτηριστικά με τη γεννήτρια που ήδη υπήρχε. Μελετάται μονοφασικό βραχυκύκλωμα για κάθε έναν από τους ζυγούς και το ΣΗΕ που προκύπτει είναι:

Προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων με την χρήση του PowerWorld



Για κάθε έναν από τους ζυγούς έχουμε:

Στο ζυγό 1:



Στο ζυγό 2:

Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

Tools Options Add Ons Window

File Case Information Draw Onlines **Tools** Options Add Ons Window

Edit Mode **Run Mode** **Mode** **Log** **Script** **Log** **Solve Power Flow - Newton** **Simulator Options...** **Power Flow Tools** **Solve** **Restore** **Contingency Analysis...** **RAS + CTG Case Info** **Sensitivities** **Time Step Simulation...** **Line Loading Replicator...** **Limit Monitoring...** **Difference Case...** **Scale Case...** **Model Explorer...** **Connections** **Other** **Equivalencing** **Modify Case** **Renumber** **Edit Mode**

Fault Analysis

Single Fault

Calculate **Clear** **Clear/Close**

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1 (1) [15,00 kV]		0,97422	1,06208	1,00014	4,13	-117,22	119,06
2 (2) [345,0 kV]		0,00000	1,08594	0,86940	163,34	-153,59	119,03
3 (3) [15,00 kV]		0,94285	1,01003	0,96142	4,22	-116,92	120,16
4 (4) [345,0 kV]		0,86672	0,98908	0,92820	3,48	-119,45	117,95
5 (5) [345,0 kV]		0,80088	0,99287	0,92235	3,03	-122,33	116,55

Bus Records **Lines** **Generators** **Loads** **Switched Shunt Buses** **Y-Bus Matrices**

Records **Geo** **Set** **Columns** **Options**

Options

Fault Location

☒ Bus Fault ☐ In-Line Fault

Fault Type

☒ Single Line-to-Ground ☐ Line-to-Line ☐ 3 Phase Balanced ☐ Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 13,051 p.u.

If Scaled Mag: 13,051 p.u.

If Angle: -101,24 deg.

Units ☒ p.u. ☐ Amps

Subtransient Phase Current

p.u. deg.

A 13,051 -101,24

B 0,000 0,00

C 0,000 0,00

Auto Insert... **Load Data...** **Save Data...** **Close** **Help**

Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present

Ενεργοποιήστε τα Windows
Μεταβαση στις ρυθμίσεις για ενεργοποίηση των Windows

Στο ζυγό 3:

Case: case07012021.PWB Status: Paused | Simulator 21 Evaluation

Tools Options Add Ons Window

File Case Information Draw Onlines **Tools** Options Add Ons Window

Edit Mode **Run Mode** **Mode** **Log** **Script** **Log** **Solve Power Flow - Newton** **Simulator Options...** **Power Flow Tools** **Solve** **Restore** **Contingency Analysis...** **RAS + CTG Case Info** **Sensitivities** **Time Step Simulation...** **Line Loading Replicator...** **Limit Monitoring...** **Difference Case...** **Scale Case...** **Model Explorer...** **Connections** **Other** **Equivalencing** **Modify Case** **Renumber** **Edit Mode**

Fault Analysis

Single Fault

Calculate **Clear** **Clear/Close**

Choose the Faulted Bus

Sort by ☐ Name ☒ Number

Number	Name	Phase Volt A	Phase Volt B	Phase Volt C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1 (1) [15,00 kV]		0,75632	1,00570	0,96350	3,46	-112,04	113,06
2 (2) [345,0 kV]		0,38366	0,71672	0,69599	-20,66	-129,40	82,08
3 (3) [15,00 kV]		0,00000	0,97802	0,93509	-2,23	-113,68	116,59
4 (4) [345,0 kV]		0,34679	0,86554	0,85176	0,58	-103,29	99,99
5 (5) [345,0 kV]		0,53453	0,99264	0,85883	-0,28	-111,46	104,01

Bus Records **Lines** **Generators** **Loads** **Switched Shunt Buses** **Y-Bus Matrices**

Records **Geo** **Set** **Columns** **Options**

Options

Fault Location

☒ Bus Fault ☐ In-Line Fault

Fault Type

☒ Single Line-to-Ground ☐ Line-to-Line ☐ 3 Phase Balanced ☐ Double Line-to-Ground

Fault Current

Scale Current By: 1,00000

If Magnitude: 65,083 p.u.

If Scaled Mag: 65,083 p.u.

If Angle: -85,81 deg.

Units ☒ p.u. ☐ Amps

Subtransient Phase Current

p.u. deg.

A 65,083 -85,81

B 0,000 0,00

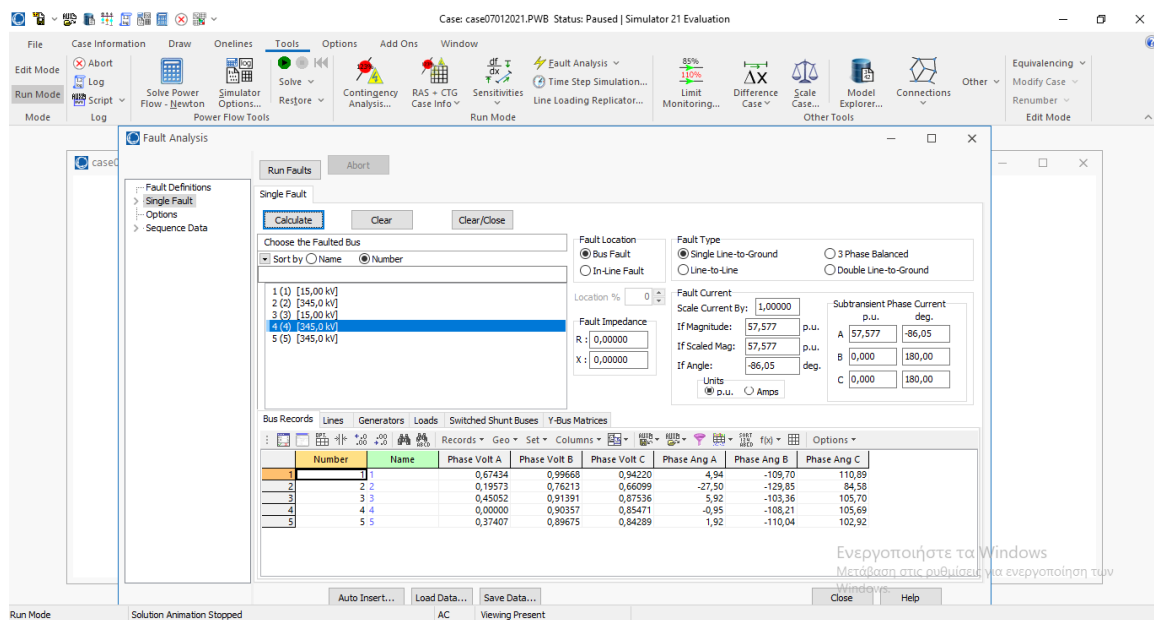
C 0,000 0,00

Auto Insert... **Load Data...** **Save Data...** **Close** **Help**

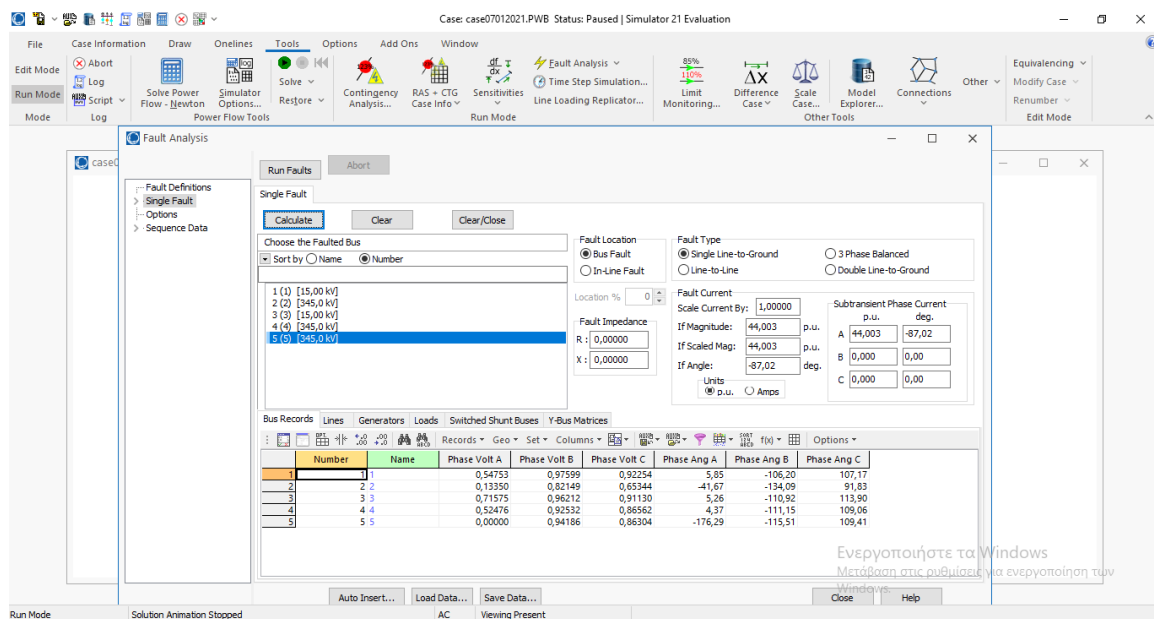
Run Mode Solution Animation Stopped AC Viewing Present

Ενεργοποιήστε τα Windows
Μεταβαση στις ρυθμίσεις για ενεργοποίηση των Windows

Στο ζυγό 4:



Στο ζυγό 5:



Όπως ήταν αναμενόμενο, το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ζυγού 3 είναι το μεγαλύτερο ρεύμα που σημειώνεται και το ρεύμα του ζυγού 2, το μικρότερο.

Συγκριτικά με τα αποτελέσματα του ερωτήματος D, οι τιμές είναι ίδιες. Η προσθήκη μίας γεννήτριας με ίδια χαρακτηριστικά με τη γεννήτρια που προϋπήρχε, δεν επιφέρει καμία αλλαγή στα ρεύματα βραχυκύκλωσης των ζυγών.

5. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις είναι:

<i>Ζυγός/Ερώτημα</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
<i>1</i>	40.761	37.250	39.919	49.226	35.300	62.101	49.226	49.226
<i>2</i>	20.156	16.345	24.659	13.051	17.456	9.337	13.051	13.051
<i>3</i>	59.481	13.486	59.117	65.083	51.512	71.805	65.083	65.083
<i>4</i>	46.562	16.353	46.352	57.577	40.324	75.347	57.577	57.577
<i>5</i>	38.476	25.788	37.896	44.003	33.322	51.264	44.003	44.003

*Οι παραπάνω τιμές που αναγράφονται αφορούν τιμές pu

Το μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης παρουσιάζεται στον ζυγό 4 στην περίπτωση F, δηλαδή σε διφασικό σφάλμα με επαφή προς τη γη.

Το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης εντοπίζεται στο ζυγό 2 στην περίπτωση F, δηλαδή σε διφασικό σφάλμα με επαφή προς τη γη.

Τέλος, από τις παραπάνω προσομοιώσεις, γίνεται αντιληπτό ότι οι παράμετροι που επηρεάζουν το ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι:

- Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά των γεννητριών
- Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά των μετασχηματιστών
- Οι αντιστάσεις που παρεμβάλλονται μεταξύ του σφάλματος και της γεννήτριας