



ARISTOTLE
UNIVERSITY
OF THESSALONIKI

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 9ο ΕΞΑΜΗΝΟ (2023-2024)

ΜΑΘΗΜΑ : ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



ΥΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ, ΑΛΕΞΙΑΔΗΣ ΜΗΝΑΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ 2: Χρήση του λογισμικού Neplan για τον υπολογισμό ρευμάτων βραχυκύκλωσης κατά IEC 60909.

ΟΜΑΔΑ 6:

ΤΣΟΧΑΝΤΑΡΗΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ	10069	ctsochan@ece.auth.gr
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	10048	konssidi@gapps.auth.gr
ΜΠΟΣΤΑΝΗΣ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ	9586	mpostanis@ece.auth.gr

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	1
<i>Γενικά δεδομένα του συστήματος προς προσομοίωση.....</i>	<i>2</i>
<i>Ερώτημα 1.....</i>	<i>4</i>
<i>Ερώτημα 3.....</i>	<i>7</i>
<i>Ερώτημα 6.....</i>	<i>14</i>

Γενικά δεδομένα του συστήματος προς προσομοίωση

Στην 2η εργασία στα πλαίσια του μαθήματος ΥΜΕΣ καλούμαστε να κάνουμε μία μελέτη υπολογισμού βραχυκυκλωμάτων κατά IEC 60909 σε ένα δίκτυο διανεμημένης παραγωγής. Πιο αναλυτικά, στο δίκτυο υπάρχει μια σύγχρονη γεννήτρια (**ST**) στα 15 kV, η οποία συνδέεται μέσω του μετασχηματιστή ανύψωσης **TF1** σε ζυγό τάσης 150kV (B1). Πάνω στον ίδιο ζυγό είναι συνδεδεμένο και το δίκτυο **Feeder**.

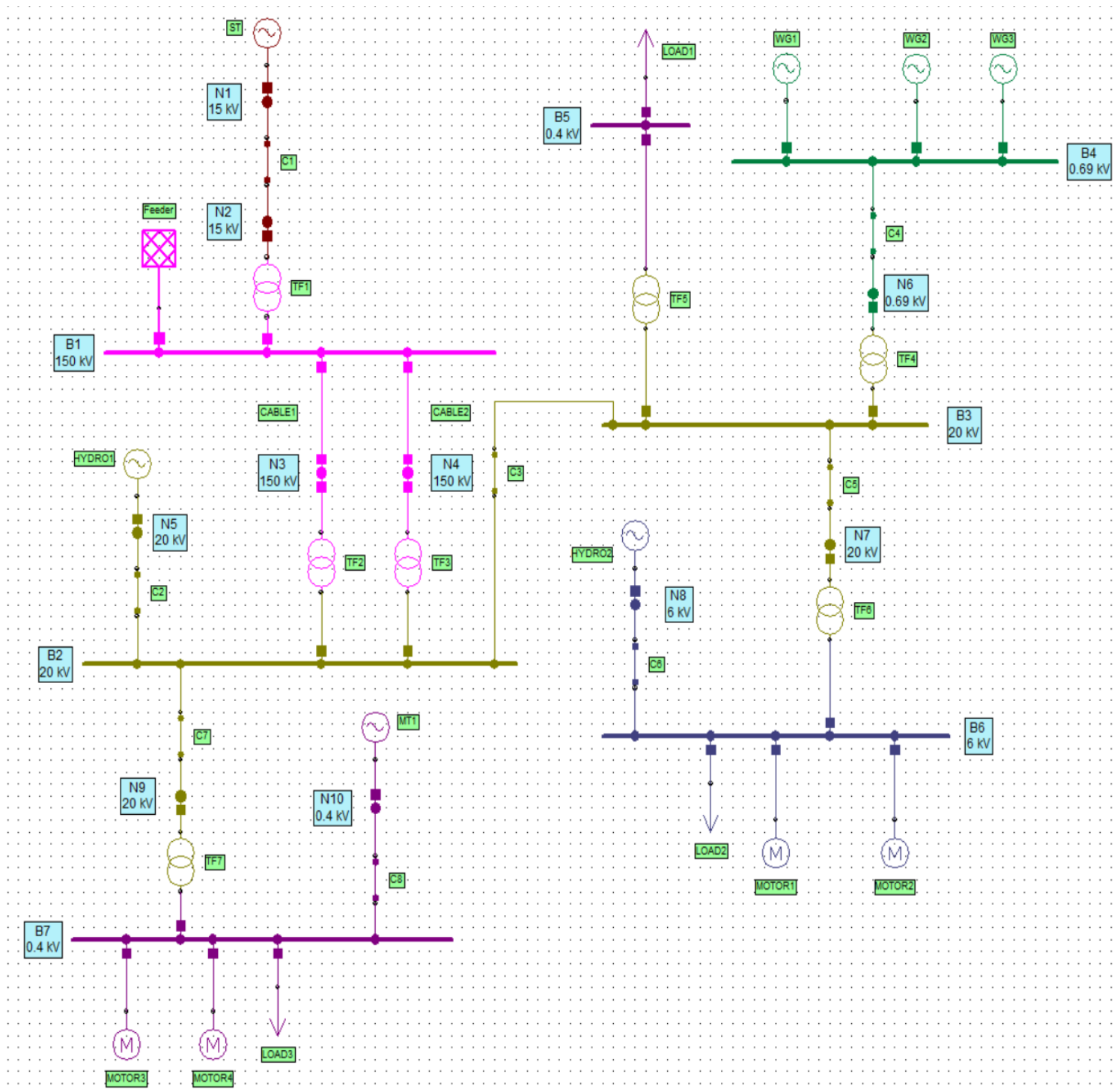
Ο ζυγός B1 συνδέεται μέσω των καλωδίων **CABLE1** και **CABLE2** στους μετασχηματιστές υποβιβασμού **TF2** και **TF3**, οι οποίοι συνδέονται στο ζυγό B2 στα 20 kV. Πάνω στον ζυγό B2 είναι συνδεδεμένη μια υδροηλεκτρική μονάδα παραγωγής με σύγχρονη γεννήτρια (**HYDRO1**). Στον ίδιο ζυγό υπάρχει και ο μετασχηματιστής **TF7** ο οποίος υποβιβάζει την τάση στα 400 V στο ζυγό B7, όπου συνδέονται δύο ασύγχρονοι κινητήρες (**MOTOR3** και **MOTOR4**), το φορτίο **LOAD3** και μια σύγχρονη γεννήτρια με μικροστρόβιλο (**MT1**).

Ο ζυγός B2 συνδέεται επίσης μέσω του διακόπτη C3 με τον ζυγό των 20 kV B3. Πάνω στον ζυγό αυτό συνδέονται τρεις ανεμογεννήτριες με σύγχρονη μηχανή (**WG1-WG3**) μέσω του μετασχηματιστή ανύψωσης 0,69/20 kV (**TF4**). Στον ίδιο ζυγό, είναι επίσης συνδεδεμένος ένας μετασχηματιστής υποβιβασμού 20/0,4 kV (**TF5**) που οδηγεί στον ζυγό B5 των 400 V. Στον ζυγό αυτό βρίσκεται συνδεδεμένο το φορτίο **LOAD1**. Επιπλέον, ο ζυγός B3 είναι συνδεδεμένος μέσω του μετασχηματιστή υποβιβασμού 20/6 kV (**TF6**) με τον ζυγό B6. Στον ζυγό B6 βρίσκονται συνδεδεμένοι δύο ασύγχρονοι κινητήρες (**MOTOR1** και **MOTOR2**), το φορτίο **LOAD2** και μία υδροηλεκτρική μονάδα παραγωγής με σύγχρονη γεννήτρια (**HYDRO2**). Τέλος, όλες οι γειώσεις των μετασχηματιστών θεωρούνται άμεσες (direct) ενώ των γεννητριών απομονωμένες (isolated)

Για την προσομοίωση στο υπολογιστικό πρόγραμμα NEPLAN, έγινε χρήση των πινάκων που δόθηκαν στην εκφώνηση, ώστε να επιλεγούν οι σωστές παράμετροι για κάθε στοιχείο του δικτύου. Επιπλέον, για τις σύγχρονες γεννήτριες ST και WG1-WG3 επιλέγεται η παράμετρος **Unit Generator**, δεδομένου πως συνδέονται με μετασχηματιστές ανύψωσης, ενώ για τους αντίστοιχους μετασχηματιστές επιλέγεται η παράμετρος **Unit Transformer**.

Τα ερωτήματα που θα αναλυθούν στην παρούσα αναφορά αφορούν την ΟΜΑΔΑ 6 και αντιστοιχούν στα ερωτήματα 1), 3) και 6) της εκφώνησης.

Το συνολικό δίκτυο προς προσομοίωση φαίνεται παρακάτω:



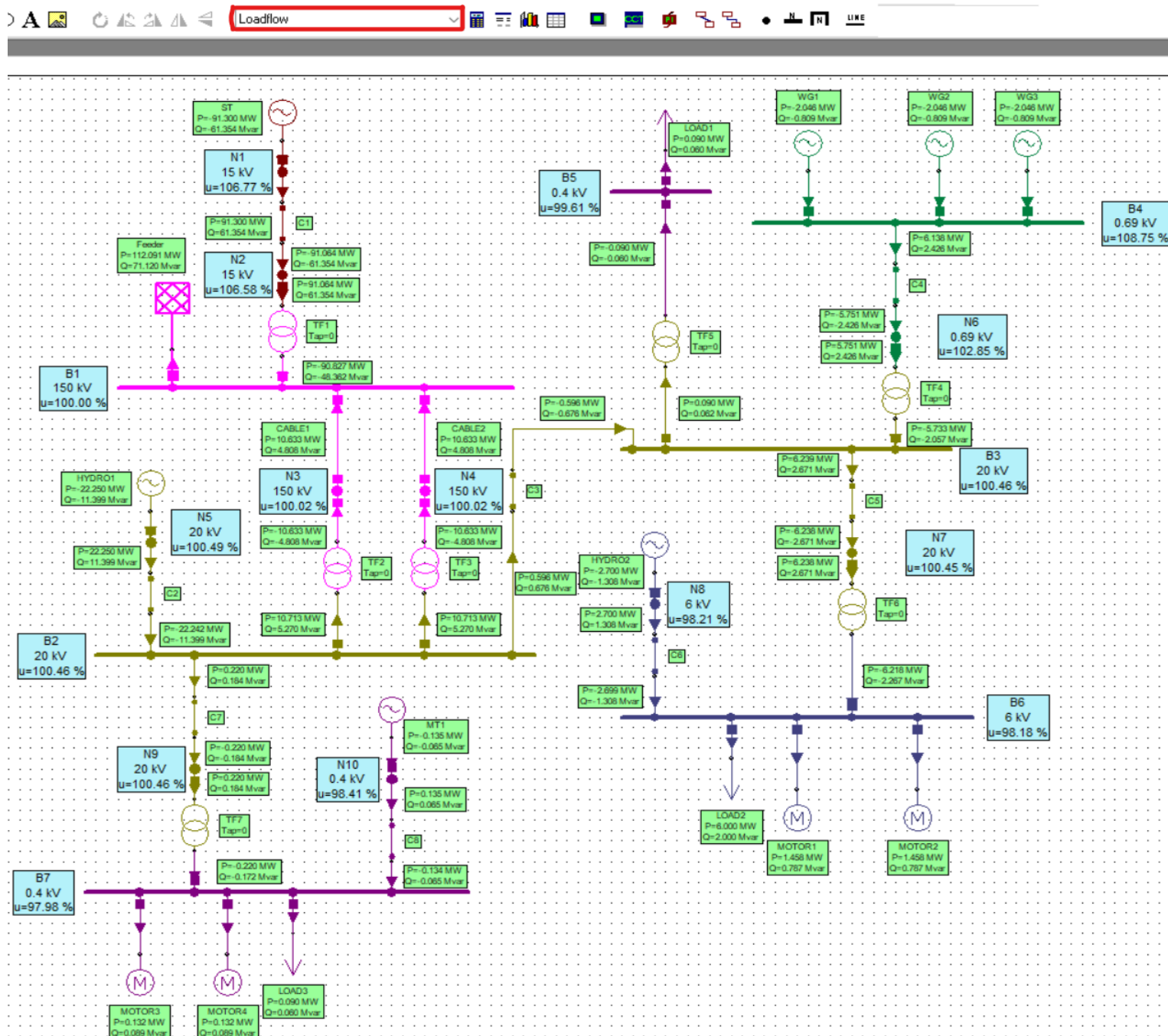
Εικόνα 1: Συνολικό Δίκτυο προσομοίωσης

Ερώτημα 1

Να υπολογιστεί η ροή φορτίου για το κύκλωμα με όλους τους διακόπτες κλειστούς θεωρώντας ότι όλες οι σύγχρονες γεννήτριες και οι ασύγχρονοι κινητήρες λειτουργούν στα ονομαστικά τους στοιχεία. Να εξηγηθούν τα αποτελέσματα.

Απάντηση (Αρχείο P02G06Q1)

Με χρήση της επιλογής **Loadflow** στο Nersplan λαμβάνουμε τη ροή του φορτίου στο δίκτυο.



Εικόνα 2: Αποτελέσματα ροής φορτίου (Loadflow)

Με χρήση της επιλογής **Grid Results** → **Element results** φαίνονται συγκεντρωτικά σε πίνακες τα δεδομένα των στοιχείων.

Node Na	Element	Type	P	Q	I	Angle I	Loadin	P Loss	Q Loss	P Fe	Q Com	Tap	Sens. Xser	On
			MW	Mvar	kA	°	%	MW	Mvar	MW	Mvar		%/Ohm	
B1	CABLE2	Line	-10.632	-11.379	0.06	133.1	0	0.0005	-6.5711		0		0.00000	ON
B1	CABLE1	Line	-10.632	-11.379	0.06	133.1	0	0.0005	-6.5711		0		0.00000	ON
B1	TF1	2W Transfor	-90.827	-48.362	0.396	152	0	0.2371	12.992	0.072		0	0.00000	ON
B1	Feeder	Network Feed	112.091	71.12	0.511	-32.4								ON
B2	TF2	2W Transfor	10.713	5.27	0.343	-25.7	0	0.0806	0.4616	0.079		0	0.00000	ON
B2	C7	Coupler	0.22	0.184	0.008	-39.3	0	0	0					ON
B2	C2	Coupler	-22.242	-11.399	0.718	153.4	0	0.0077	0					ON
B2	C3	Coupler	0.596	0.676	0.026	-48.1	0	0	0					ON
B2	TF3	2W Transfor	10.713	5.27	0.343	-25.7	0	0.0806	0.4616	0.079		0	0.00000	ON
B3	TF5	2W Transfor	0.09	0.062	0.003	-34.1	0	0.0003	0.0024	0.000		0	0.00000	ON
B3	C3	Coupler	-0.596	-0.676	0.026	131.9	0	0	0					ON
B3	TF4	2W Transfor	-5.733	-2.057	0.175	160.8	0	0.018	0.3693	0.003		0	0.00000	ON
B3	C5	Coupler	6.239	2.671	0.195	-22.6	0	0.0006	0					ON
B4	WG2	Synchronous	-2.046	-0.809	1.693	160.7								ON
B4	WG1	Synchronous	-2.046	-0.809	1.693	160.7								ON
B4	C4	Coupler	6.138	2.426	5.078	-19.3	0	0.3868	0					ON
B4	WG3	Synchronous	-2.046	-0.809	1.693	160.7								ON
B5	LOAD1	Load	0.09	0.06	0.157	-33.9								ON
B5	TF5	2W Transfor	-0.09	-0.06	0.157	146.1	0	0.0003	0.0024	0.000		0	0.00000	ON
B6	C6	Coupler	-2.699	-1.308	0.294	151.6	0	0.0013	0					ON
B6	LOAD2	Load	6	2	0.62	-21								ON
B6	MOTOR1	Asynchronou	1.458	0.787	0.162	-30.9								ON
B6	MOTOR2	Asynchronou	1.458	0.787	0.162	-30.9								ON
B6	TF6	2W Transfor	-6.218	-2.267	0.649	157.4	0	0.0203	0.404	0.009		0	0.00000	ON
B7	C8	Coupler	-0.134	-0.065	0.22	152.9	0	0.0007	0					ON
B7	MOTOR3	Asynchronou	0.132	0.089	0.234	-35.1								ON
B7	TF7	2W Transfor	-0.22	-0.172	0.411	140.8	0	0.0005	0.0118	0.000		0	0.00000	ON
B7	LOAD3	Load	0.09	0.06	0.159	-34.9								ON
B7	MOTOR4	Asynchronou	0.132	0.089	0.234	-35.1								ON
N1	C1	Coupler	91.3	61.354	3.966	-28.1	0	0.2359	0					ON
N1	ST	Synchronous	-91.3	-61.354	3.966	151.9								ON
N10	MT1	Synchronous	-0.135	-0.065	0.22	152.9								ON
N10	C8	Coupler	0.135	0.065	0.22	-27.1	0	0.0007	0					ON
N2	TF1	2W Transfor	91.064	61.354	3.966	-28.1	0	0.2371	12.992	0.072		0	0.00000	ON
N2	C1	Coupler	-91.064	-61.354	3.966	151.9	0	0.2359	0					ON
N3	TF2	2W Transfor	-10.633	-4.808	0.045	155.7	0	0.0806	0.4616	0.079		0	0.00000	ON
N3	CABLE1	Line	10.633	4.808	0.045	-24.3	0	0.0005	-6.5711		0		0.00000	ON
N4	TF3	2W Transfor	-10.633	-4.808	0.045	155.7	0	0.0806	0.4616	0.079		0	0.00000	ON
N4	CABLE2	Line	10.633	4.808	0.045	-24.3	0	0.0005	-6.5711		0		0.00000	ON
N5	C2	Coupler	22.25	11.399	0.718	-26.6	0	0.0077	0					ON
N5	HYDRO1	Synchronous	-22.25	-11.399	0.718	153.4								ON
N6	TF4	2W Transfor	5.751	2.426	5.078	-19.3	0	0.018	0.3693	0.003		0	0.00000	ON
N6	C4	Coupler	-5.751	-2.426	5.078	160.7	0	0.3868	0					ON
N7	C5	Coupler	-6.238	-2.671	0.195	157.4	0	0.0006	0					ON
N7	TF6	2W Transfor	6.238	2.671	0.195	-22.6	0	0.0203	0.404	0.009		0	0.00000	ON
N8	C6	Coupler	2.7	1.308	0.294	-28.4	0	0.0013	0					ON
N8	HYDRO2	Synchronous	-2.7	-1.308	0.294	151.6								ON
N9	C7	Coupler	-0.22	-0.184	0.008	140.7	0	0	0					ON
N9	TF7	2W Transfor	0.22	0.184	0.008	-39.3	0	0.0005	0.0118	0.000		0	0.00000	ON

Εικόνα 3: Δεδομένα των στοιχείων του δικτύου

Αντίστοιχα, με την επιλογή **Grid Results** → **Node results** απεικονίζονται οι τάσεις στους ζυγούς και τους κόμβους του δικτύου.

Name	U	u	U ang	P Load	Q Load	P Gen	Q Gen	Q Shunt	Sens. PG/ Nodal	Sens. QG	DU
	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar			Feeder
B1	150	100	0	112.091	71.12	0	0	0	0	0	0
B2	20.092	100.46	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	20.092	100.46	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	0.75	108.75	2.3	0	0	6.138	2.426	0	0	0	0
B5	0.398	99.61	-0.2	0.09	0.06	0	0	0	0	0	0
B6	5.891	98.18	-2.5	8.917	3.574	0	0	0	0	0	0
B7	0.392	97.98	-1.2	0.354	0.237	0	0	0	0	0	0
N1	16.015	106.77	5.8	0	0	91.3	61.354	0	0	0	0
N10	0.394	98.41	-1.3	0	0	0.135	0.065	0	0	0	0
N2	15.986	106.58	5.9	0	0	0	0	0	0	0	0
N3	150.033	100.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N4	150.033	100.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N5	20.097	100.49	0.5	0	0	22.25	11.399	0	0	0	0
N6	0.71	102.85	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0
N7	20.09	100.45	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
N8	5.893	98.21	-2.5	0	0	2.7	1.308	0	0	0	0
N9	20.092	100.46	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0

Εικόνα 4: Τάσεις σε διάφορα σημεία του δικτύου

Τέλος, με την επιλογή **Grid Results** → **Summary** φαίνονται οι συνολικές απώλειες του δικτύου.

From	To	P Loss	Q Loss	P Imp	Q Imp	P Gen	Q Gen	P Load	Q Load
Area/Zo	Area/Zo	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar
Network		1.072	1.56	-112.091	-71.12	122.523	76.552	121.451	74.991

Εικόνα 5: Τελικό ισοζύγιο ισχύος του δικτύου

Παρατηρήσεις

Αρχικά παρατηρούμε πως το δίκτυο έχει απώλειες $P_{\text{losses}} = 1.0716 \text{ MW}$ και $Q_{\text{losses}} = 1.56 \text{ MVar}$. Το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος του δικτύου παρέχεται από τη σύγχρονη γεννήτρια ST, η οποία βρίσκεται πιο κοντά στο δίκτυο και τροφοδοτεί τον μετασχηματιστή TF1 με $P_{\text{ST}} = 91.3 \text{ MW}$ και $Q_{\text{ST}} = 61.354 \text{ MVar}$. Ο TF1 μαζί με τους TF2, TF3 τροφοδοτούν το δίκτυο. Ακόμη, παρατηρούμε πως οι τάσεις στους ζυγούς και τους κόμβους είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, $\pm 10\%$ της ονομαστικής. Πιο συγκεκριμένα, στους B1, B2, B3 η πτώση τάσης είναι ελάχιστη καθώς οι ανάγκες για άεργο ισχύ αντισταθμίζονται από την ST και HYDRO1, οι οποίες βρίσκονται σε υπερδιέγερση. Στον B4 έχουμε υπερδιεγερμένες ανεμογεννήτριες, οι οποίες παρέχουν άεργο ισχύ και προκαλούν ανύψωση της τάσης. Τέλος, στον B5 δεν παρατηρείται μεγάλη απόκλιση της τάσης, ενώ στους B6 και B7 είναι συνδεδεμένοι επαγωγικοί κινητήρες οι οποίοι καταναλώνουν άεργο ισχύ και προκαλούν πτώση τάσης.

Ερώτημα 3

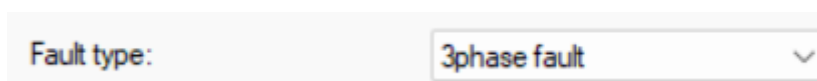
Θεωρείστε ότι όλοι οι διακόπτες σύνδεσης είναι κλειστοί. Να υπολογιστούν τα μέγιστα και ελάχιστα τριφασικά και μονοφασικά ρεύματα βραχυκύκλωσης (rms) στους ζυγούς B1 και B3. Τι παρατηρείτε;

Απάντηση

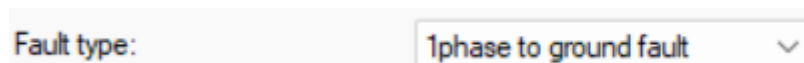
Για την υλοποίηση των προσομοιώσεων τριφασικών και μονοφασικών βραχυκυκλωμάτων θα γίνει χρήση της λειτουργίας **Short Circuit** που διαθέτει το NEPLAN. Πιο συγκεκριμένα, επιλέγουμε αρχικά τα **nodes** στα οποία θέλουμε να προσομοιώσουμε τα σφάλματα, έπειτα διαλέγουμε αν πρόκειται για τριφασικό ή μονοφασικό και τέλος επιλέγουμε ή αποεπιλέγουμε την παράμετρο $I_k''_{max}$ **calculation** ανάλογα αν θέλουμε να υπολογίσουμε το μέγιστο ή το ελάχιστο ρεύμα αντίστοιχα. Τέλος, ως **Calculation method** επιλέγουμε το πιο πρόσφατο πρότυπο IEC 60909 (Ed. 2 2016).



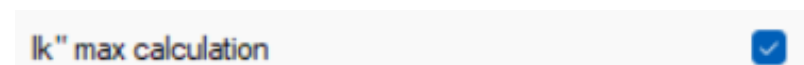
Εικόνα 6: Επιλογή προτύπου της προσομοίωσης



Εικόνα 7: Παράμετρος για προσομοίωση 3φασικών σφαλμάτων



Εικόνα 8: Παράμετρος για προσομοίωση 1φασικών σφαλμάτων



Εικόνα 9: Παράμετρος για υπολογισμό μέγιστου/ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης

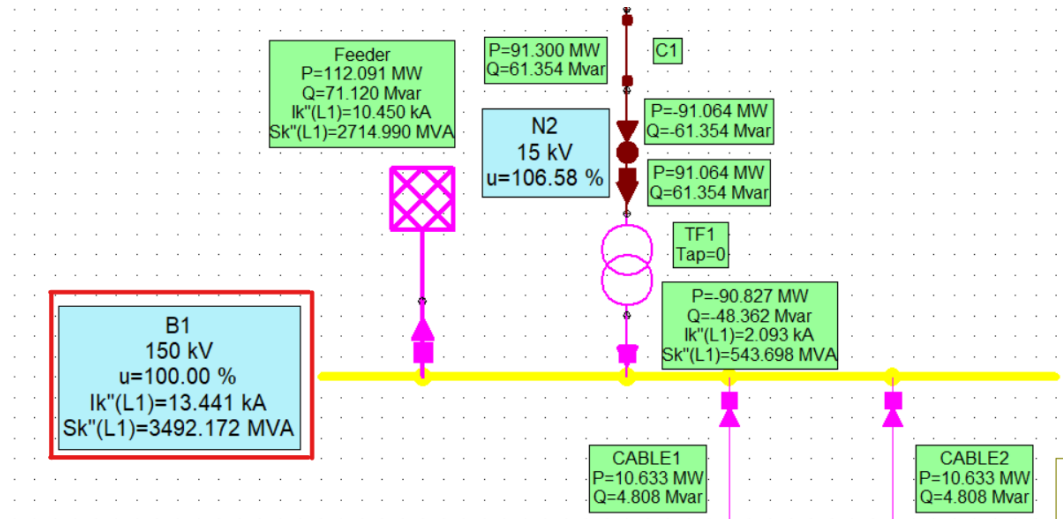
Selected nodes:

	Node	Network type (IEC)
1		
	B1	Automa
	B3	Automa

Εικόνα 10: Επιλεγμένοι ζυγοί που υφίστανται το βραχυκύκλωμα

3Φ Βραχυκυκλώματα (Αρχεία \rightarrow P02G06Q2_3ph_max και P02G06Q2_3ph_min)

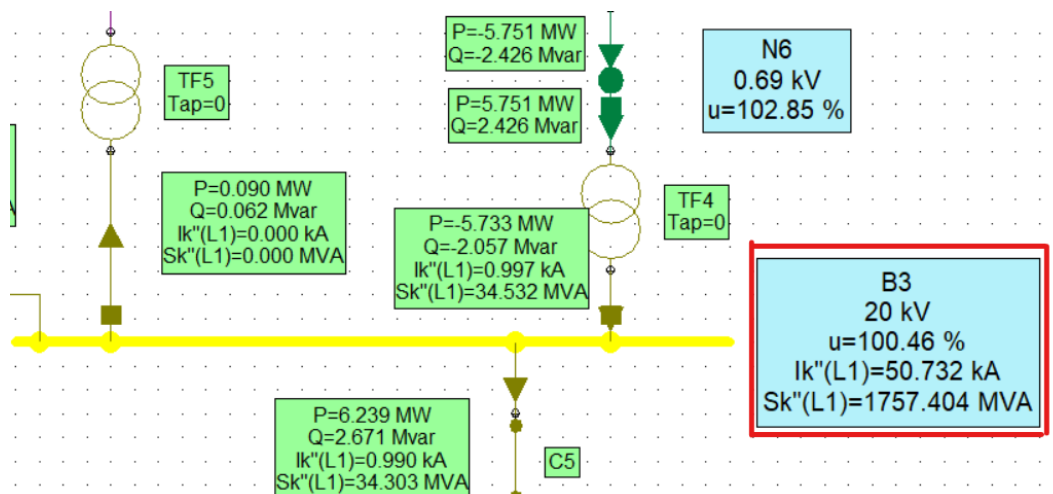
1. Μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης στον ζυγό B1



Εικόνα 11: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q2_3ph_max (Ζυγός B1)

Οπότε λαμβάνουμε $I_k'' = 13.441 \text{ kA}$

2. Μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης στον ζυγό B3

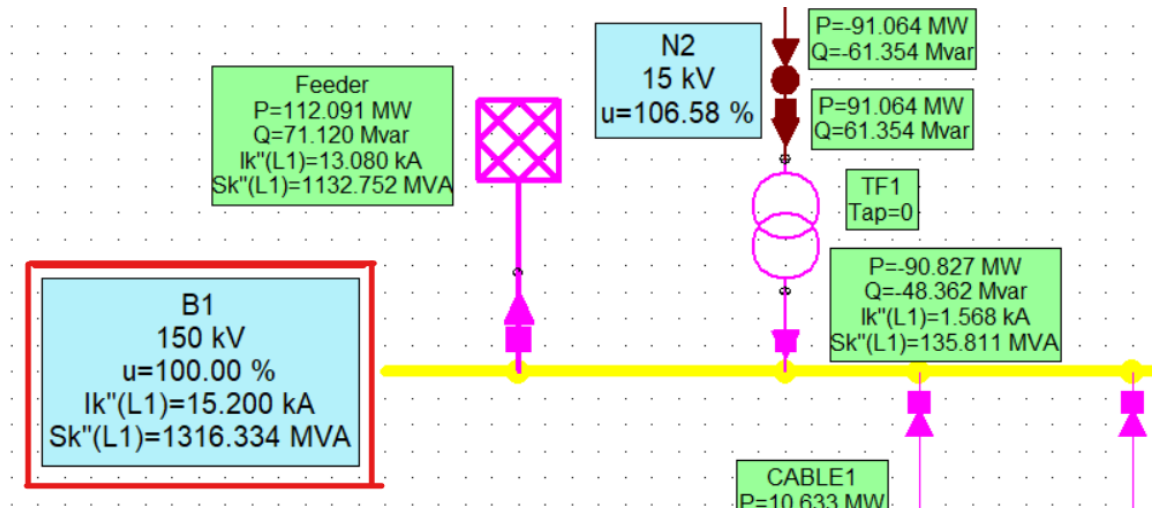


Εικόνα 12: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q2_3ph_max (Ζυγός B3)

Οπότε λαμβάνουμε $I_k'' = 50.732 \text{ kA}$

1Φ Βραχυκυκλώματα (Αρχεία → P02G06Q2_1ph_max και P02G06Q2_1ph_min)

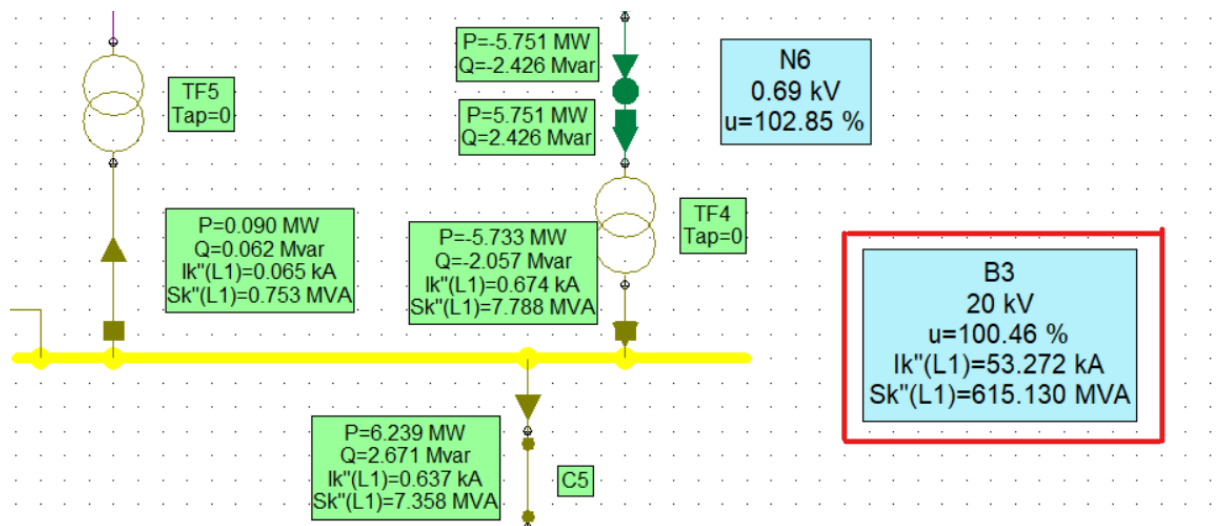
1. Μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης στον ζυγό B1



Εικόνα 15: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q2_1ph_max (Ζυγός B1)

Οπότε λαμβάνουμε $I_k'' = 15.2 \text{ kA}$

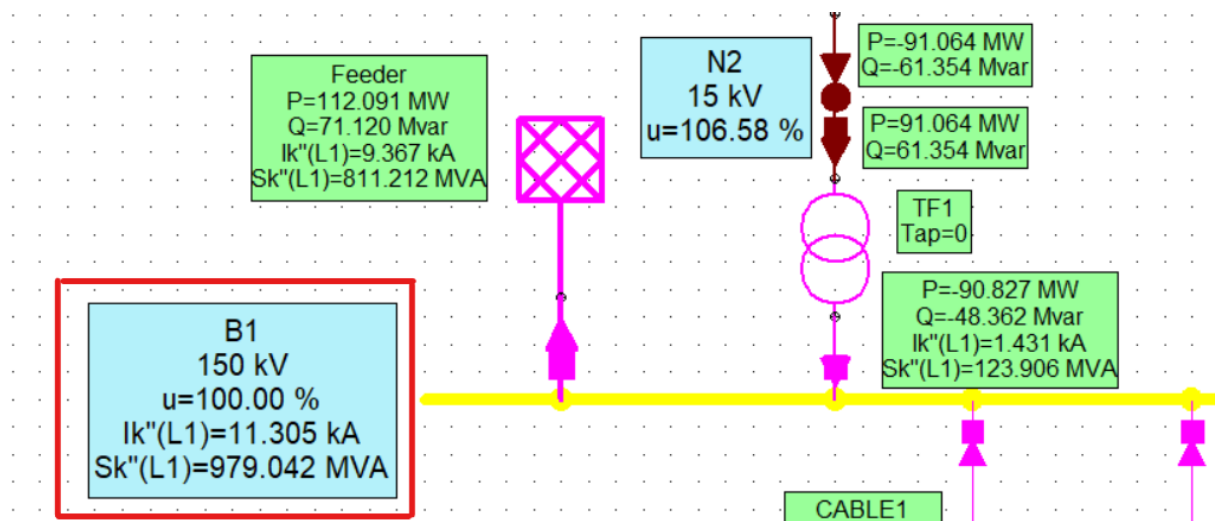
2. Μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης στον ζυγό B3



Εικόνα 16: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q2_1ph_max (Ζυγός B3)

Οπότε λαμβάνουμε $I_k'' = 53.272 \text{ kA}$

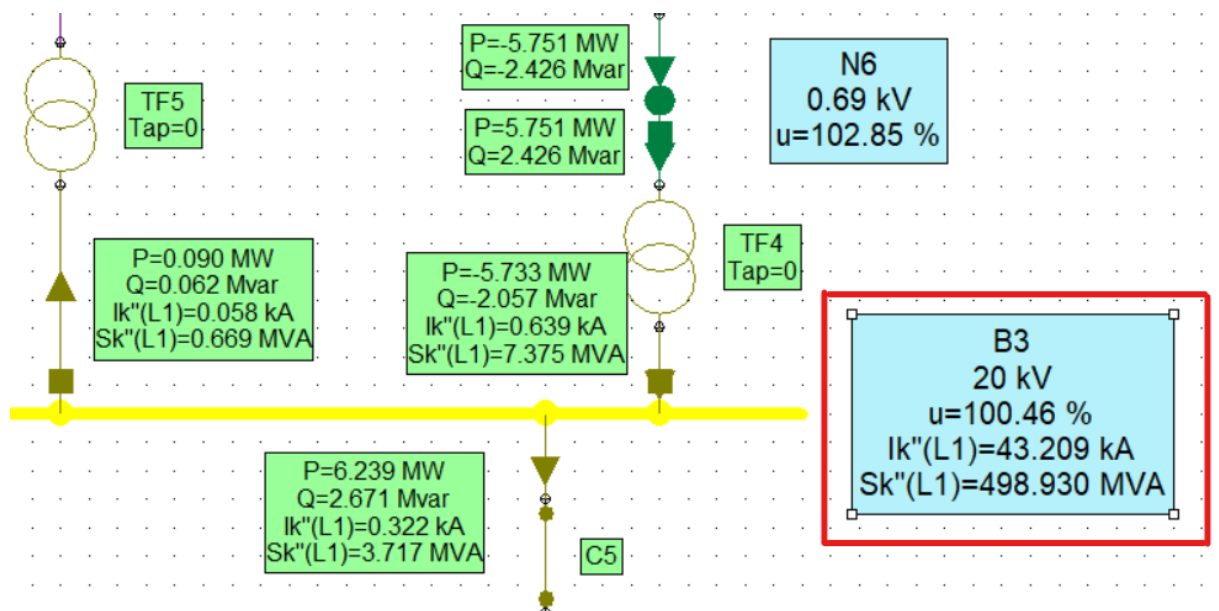
3. Ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης στον ζυγό B1



Εικόνα 17: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q2_1ph_min (Ζυγός B1)

Οπότε λαμβάνουμε $I_k'' = 11.305 \text{ kA}$

4. Ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης στον ζυγό B3



Εικόνα 18: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q2_1ph_min (Ζυγός B3)

Οπότε λαμβάνουμε $I_k'' = 43.209 \text{ kA}$

Παρατηρήσεις

Σύμφωνα λοιπόν με τις παραπάνω προσομοιώσεις βραχυκυκλωμάτων καταλήγουμε στα εξής δεδομένα:

- Για το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k

		Ζυγός B1	Ζυγός B3
3φασικο βραχυκύκλωμα	max	13.441kA	50.732kA
	min	9.975kA	41.110kA
1φασικο βραχυκύκλωμα	max	15.2kA	53.272kA
	min	11.305kA	43.209kA

Πίνακας 1: Μέγιστα/Ελάχιστα Ρεύματα Βραχυκύκλωσης για τους Ζυγούς B1,B3

- Για την ισχύ βραχυκύκλωσης S_k

		Ζυγός B1	Ζυγός B3
3φασικο βραχυκύκλωμα	max	3492.172 MVA	1757.404 MVA
	min	2591.574 MVA	1424.098 MVA
1φασικο βραχυκύκλωμα	max	1316.334 MVA	615.130 MVA
	min	979.042 MVA	498.93 MVA

Πίνακας 2: Μέγιστη/Ελάχιστη Ισχύς Βραχυκύκλωσης για τους Ζυγούς B1,B3

Αρχικά, παρατηρούμε πως τα ρεύματα στα 1φασικά βραχυκυκλώματα είναι μεγαλύτερα από αυτά στα 3φασικά. Αυτό είναι λογικό γιατί, όπως μας δόθηκε στην εκφώνηση, τα μονοφασικά ρεύματα βραχυκύκλωσης του Feeder είναι μεγαλύτερα των τριφασικών.

Τύπος Σφάλματος	$I_{k,max}$	$I_{k,min}$
3φ σφάλμα / 150 kV	10,45 kA	7,25 kA
1φ σφάλμα / 150 kV	12,65 kA	9,15 kA

Εικόνα 19: Ρεύματα βραχυκύκλωσης του Feeder

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60909 η τοπολογία του κυκλώματος είναι αυτή που επηρεάζει τα ρεύματα βραχυκύκλωσης. Πιο συγκεκριμένα, **τα ρεύματα βραχυκύκλωσης σε τριφασικό και μονοφασικό σφάλμα υπολογίζονται σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:**

$$\begin{aligned} \text{➤ } I''_{sc3} &= \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_1} \\ \text{➤ } I''_{sc1} &= \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{|Z_1 + Z_2 + Z_3|} \end{aligned}$$

Όπου με Z_1 συμβολίζουμε την σύνθετη αντίσταση του δικτύου στο ορθό σύστημα, με Z_2 την σύνθετη αντίσταση του δικτύου στο ανάστροφο σύστημα και με Z_0 συμβολίζουμε την σύνθετη αντίσταση του δικτύου στο ομοπολικό σύστημα. Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους, είναι αδύνατη η πρόβλεψη του μεγαλύτερου ρεύματος, παρά μόνο όταν γνωρίζουμε τα Z_1 , Z_2 , Z_3 και την τοπολογία του κυκλώματος.

Επίσης, παρατηρούμε πως τα ρεύματα βραχυκύκλωσης είναι πολύ μεγαλύτερα στο ζυγό B3 με ονομαστική τάση 20kV, σε σχέση με τα ρεύματα στον ζυγό B1 τάσης 150kV. Αυτό είναι λογικό, καθώς έχουμε δύο διαφορετικά επίπεδα τάσης και ως γνωστόν, όσο μειώνεται η τάση τόσο αυξάνεται το ρεύμα.

Ακόμη, για την **ισχύ βραχυκύκλωσης** γνωρίζουμε από τη θεωρία πως πρόκειται για μία φανταστική μεταβλητή που υπολογίζεται ως το γινόμενο του αρχικού συμμετρικού ρεύματος βραχυκύκλωσης με την ονομαστική τάση και το συντελεστή $\sqrt{3}$:

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k''$$

Για το δίκτυο, παρατηρούμε πως η ισχύς βραχυκύκλωσης είναι μεγαλύτερη σε τριφασικά σφάλματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως το βραχυκύκλωμα τροφοδοτείται από 3 φάσεις και όχι μία.

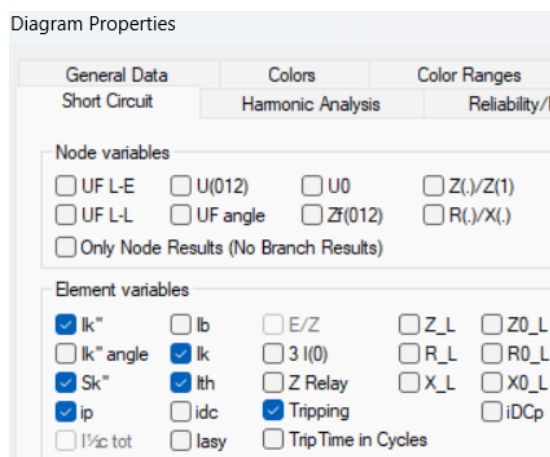
Τέλος, η ισχύς βραχυκύκλωσης είναι πολύ μεγαλύτερη (σχεδόν διπλάσια) στον ζυγό B1 συγκριτικά με τον ζυγό B3. Ο ζυγός B1 είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον Feeder και τη σύγχρονη γεννήτρια ST, δύο στοιχεία τα οποία προσδίδουν στο ζυγό πολύ μεγάλη ισχύ βραχυκύκλωσης. Απο την άλλη, όσο απομακρυνόμαστε και φτάνουμε στο ζυγό B3 παρεμβάλλονται σύνθετες αντιστάσεις μεταξύ του ζυγού και των στοιχείων αυτών με αποτέλεσμα τα στοιχεία να δίνουν όλο και λιγότερο ισχύ στο σφάλμα.

Ερώτημα 6

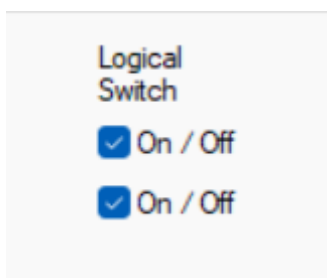
Για τον ζυγό B2 να υπολογιστεί η συμβολή της γεννήτριας HYDRO1 καθώς και των άμεσα συνδεδεμένων ζυγών B1, B3 και B7 στα μέγιστα και ελάχιστα τριφασικά και μονοφασικά ρεύματα βραχυκυκλώματος, θερμικά και μηχανικής καταπόνησης. Με δεδομένο ότι η γεννήτρια HYDRO1 κάποιες φορές είναι συνδεδεμένη στο ζυγό B2 και κάποιες όχι, με βάση ποια τιμή ρεύματος θα υπολογιστεί η μέγιστη θερμική καταπόνηση, η μέγιστη μηχανική καταπόνηση και ο συντονισμός των μέσων προστασίας στο σημείο αυτό; Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Απάντηση

Για την υλοποίηση του ερωτήματος, θα προσομοιώσουμε τα τριφασικά και μονοφασικά σφάλματα με την ίδια μέθοδο που εφαρμόστηκε στο προηγούμενο ερώτημα, με τη διαφορά πως θα έχουμε και επιπλέον προσομοίωση για την περίπτωση που η γεννήτρια HYDRO1 δεν είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο. Η σύνδεση και αποσύνδεση της γεννήτριας στις προσομοιώσεις του Neplan θα γίνεται μέσω του coupler C2 που τοποθετήσαμε στο δίκτυο. Επίσης, επειδή μας ενδιαφέρουν και η θερμική και μηχανική καταπόνηση καθώς και τα μέσα προστασίας θα επιλέξουμε στο **Diagram Properties** τις παραμέτρους I_{th} , I_p και I_k για το θερμικό ρεύμα, το ρεύμα μηχανικής καταπόνησης και το ρεύμα βραχυκύκλωσης στάσιμης κατάστασης αντίστοιχα.



Εικόνα 20: Παράμετροι διαγράμματος NEPLAN

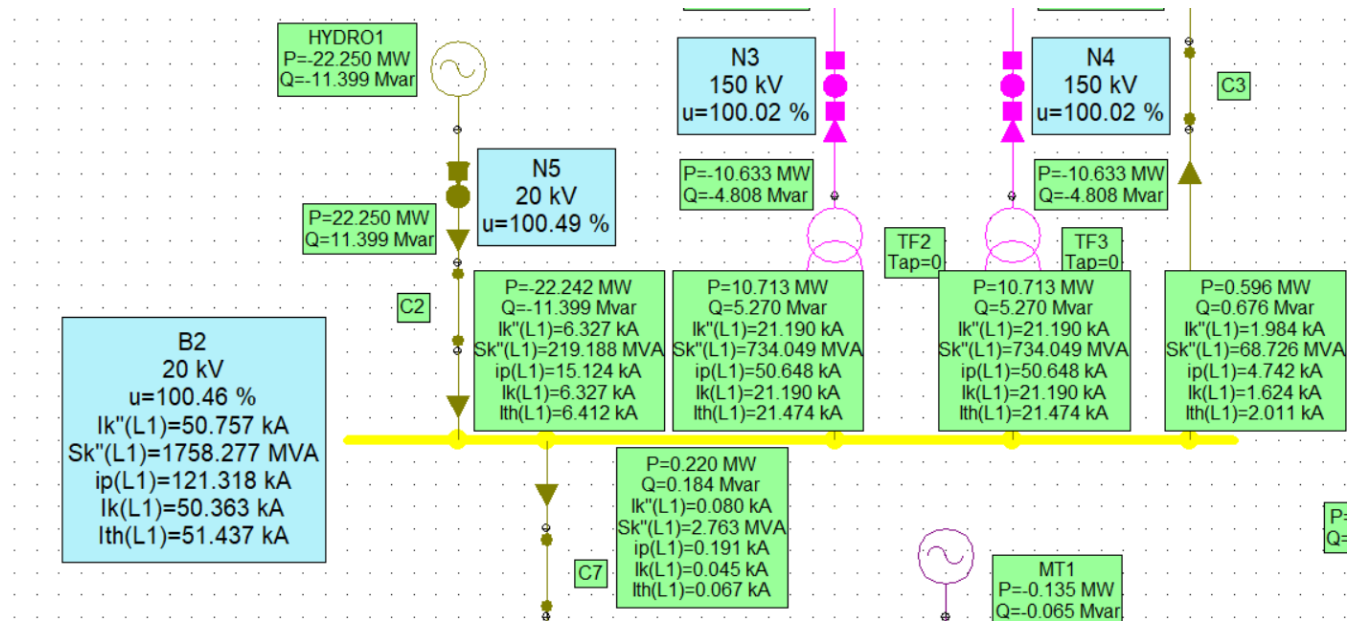


Εικόνα 21: Σύνδεση/Αποσύνδεση του Coupler C2

3Φ Βραχυκυκλώματα

(Αρχεία P02G06Q3_3ph_max_closed P02G06Q3_3ph_max_open
P02G06Q3_3ph_min_closed P02G06Q3_3ph_min_open)

1. Μέγιστο τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια HYDRO1 συνδεδεμένη



Εικόνα 22: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_3ph_max_closed

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

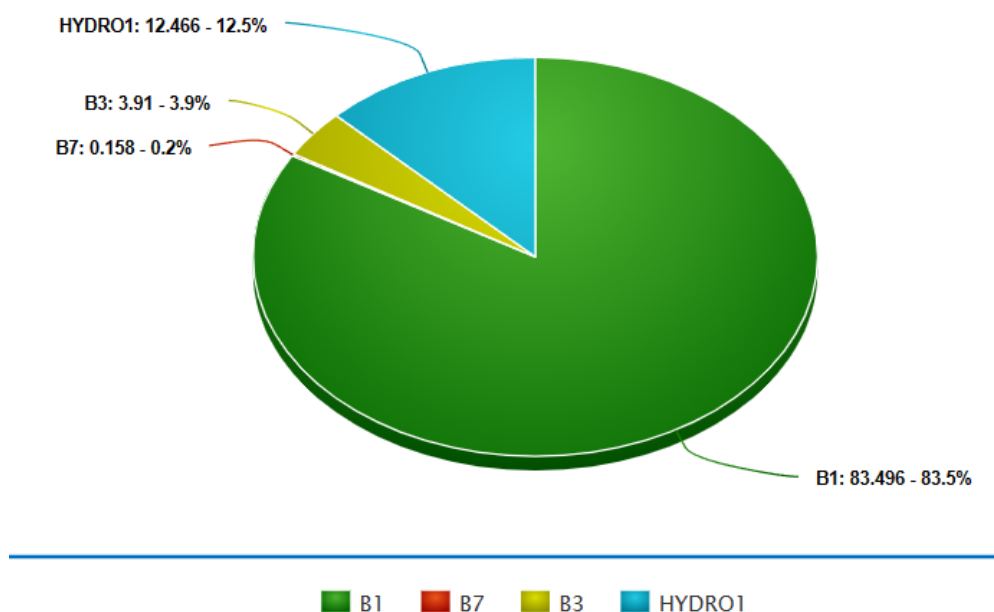
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		50.757	1758.277	50.363	51.437	121.318
HYDRO1		6.327	219.188	6.327	6.412	15.124
Ζυγός B1	CABLE1	21.190	734.049	21.190	21.474	50.648
	CABLE2	21.190	734.049	21.190	21.474	50.648
Ζυγός B3		1.984	68.726	1.624	2.011	4.742
Ζυγός B7		0.08	2.763	0.045	0.067	0.191

Πίνακας 3: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_max_closed)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

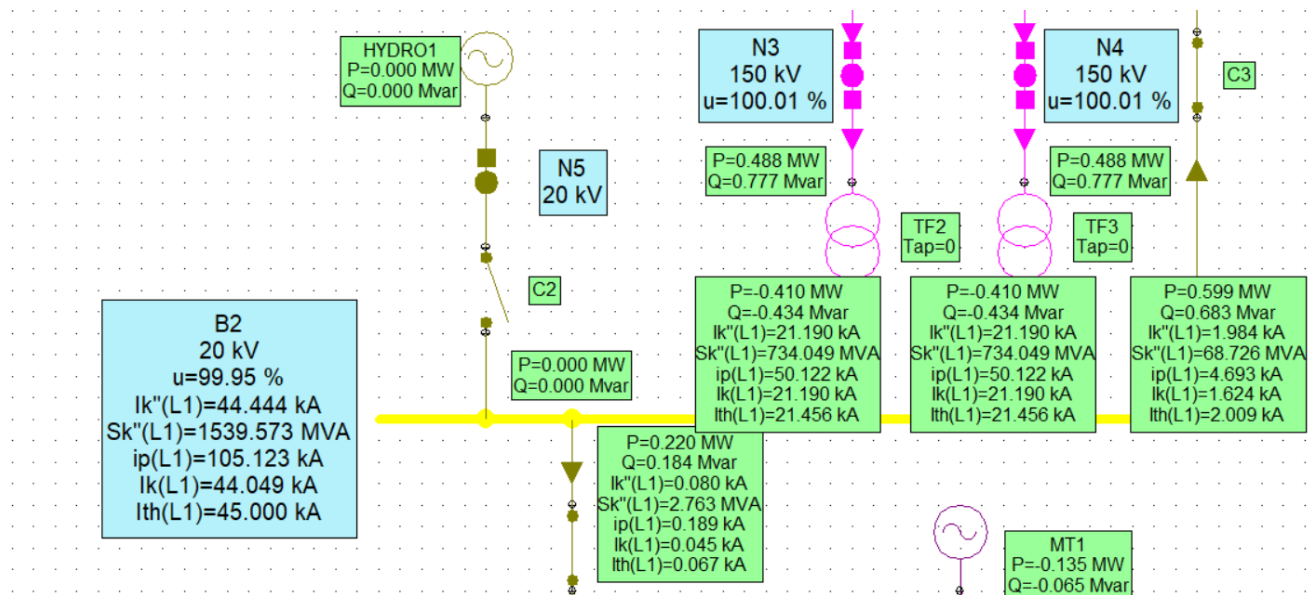
		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		12.465	12.466	12.466	12.466	12.466
Ζυγός B1	CABLE1	41.748	41.748	41.748	41.748	41.748
	CABLE2	41.748	41.748	41.748	41.748	41.748
Ζυγός B3		3.9	3.91	3.91	3.91	3.91
Ζυγός B7		0.158	0.157	0.157	0.158	0.158

Πίνακας 4: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_max_closed)



Εικόνα 23: Συμβολή για μέγιστο τριφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη

2. Μέγιστο τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια **HYDRO1**
αποσυνδεδεμένη από το δίκτυο



Εικόνα 24: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_3ph_max_open

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

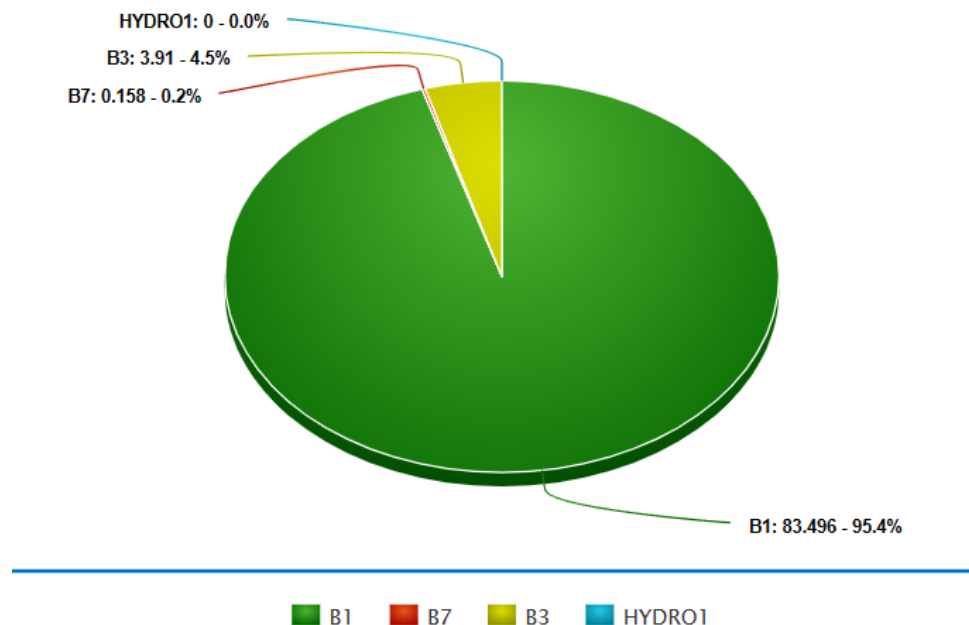
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		44.444	1539.573	44.049	45	105.123
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	21.190	734.049	21.190	21.456	50.122
	CABLE2	21.190	734.049	21.190	21.456	50.122
Ζυγός B3		1.984	68.726	1.624	2.009	4.693
Ζυγός B7		0.08	2.763	0.045	0.067	0.189

Πίνακας 5: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_max_open)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

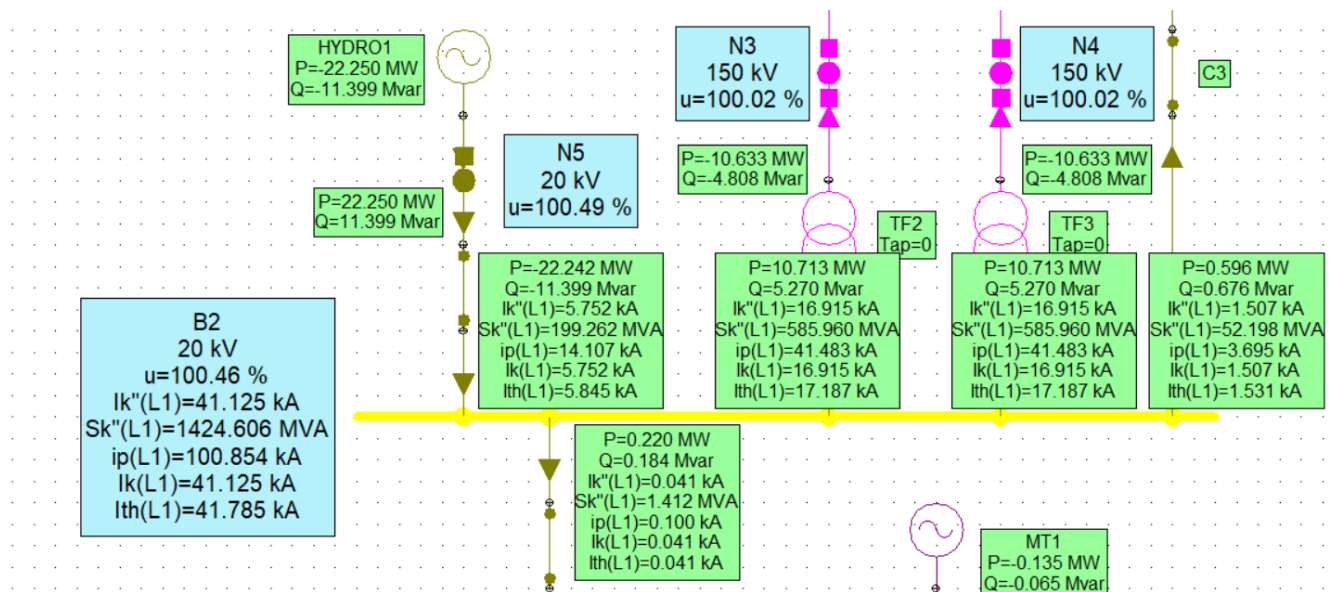
		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k '' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k '' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	47.678	47.678	47.678	47.678	47.678
	CABLE2	47.678	47.678	47.678	47.678	47.678
Ζυγός B3		4.46	4.43	4.45	4.45	4.45
Ζυγός B7		0.18	0.18	0.179	0.179	0.179

Πίνακας 6: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_max_open)



Εικόνα 25: Συμβολή για μέγιστο τριφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου

3. Ελάχιστο τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια HYDRO1 συνδεδεμένη



Εικόνα 26: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_3ph_min_closed

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

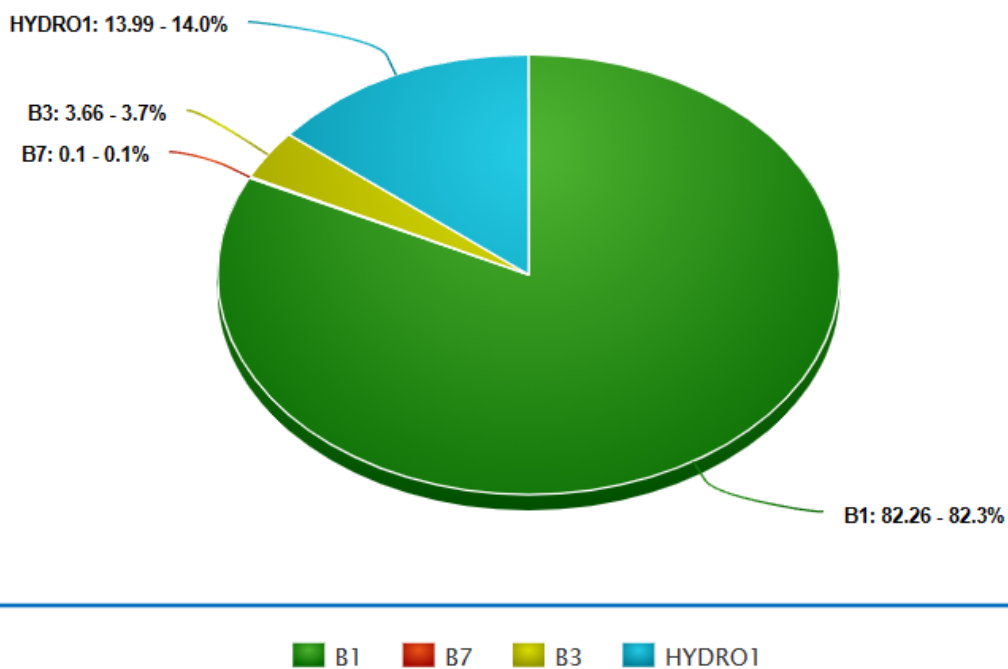
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		41.125	1424.606	41.125	41.785	100.854
HYDRO1		5.752	199.262	5.752	5.845	14.107
Ζυγός B1	CABLE1	16.915	585.96	16.915	17.187	41.483
	CABLE2	16.915	585.96	16.915	17.187	41.483
Ζυγός B3		1.507	52.198	1.507	1.531	3.695
Ζυγός B7		0.041	1.412	0.041	0.041	0.100

Πίνακας 7: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_min_closed)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

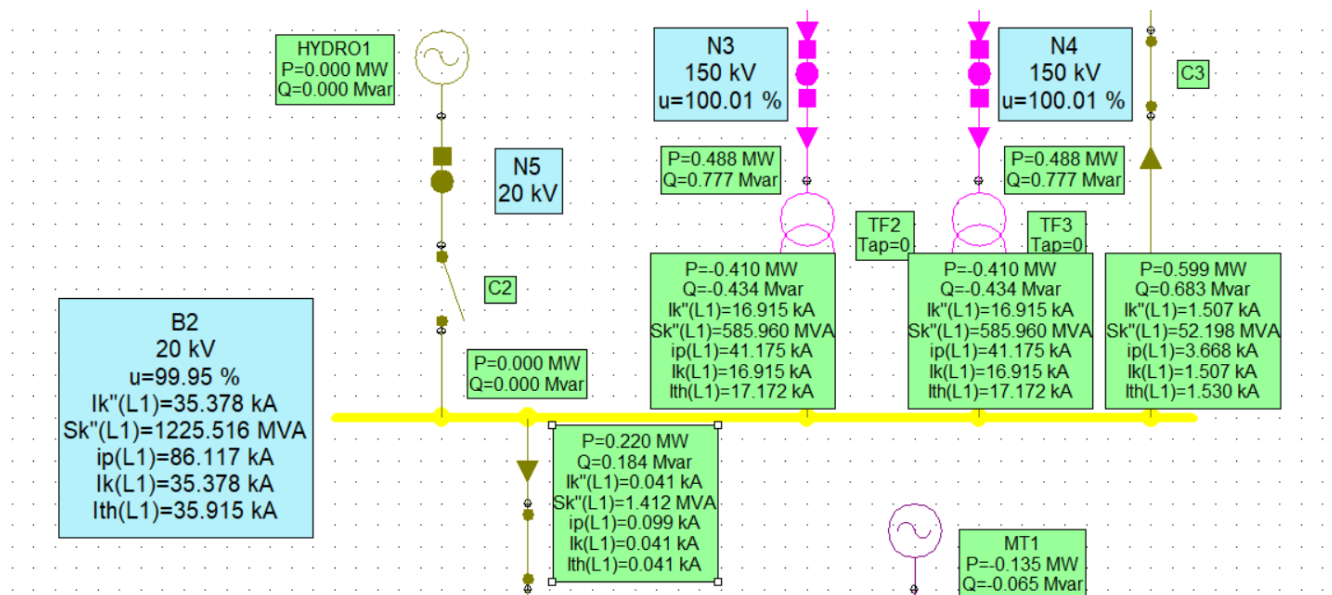
		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		13.99	13.99	13.99	13.99	13.99
Ζυγός B1	CABLE1	41.13	41.13	41.13	41.13	41.13
	CABLE2	41.13	41.13	41.13	41.13	41.13
Ζυγός B3		3.66	3.66	3.66	3.66	3.66
Ζυγός B7		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Πίνακας 8: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_min_closed)



Εικόνα 27: Συμβολή για ελάχιστο τριφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη

4. Ελάχιστο τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια **HYDRO1**
αποσυνδεδεμένη από το δίκτυο



Εικόνα 28: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_3ph_min_open

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

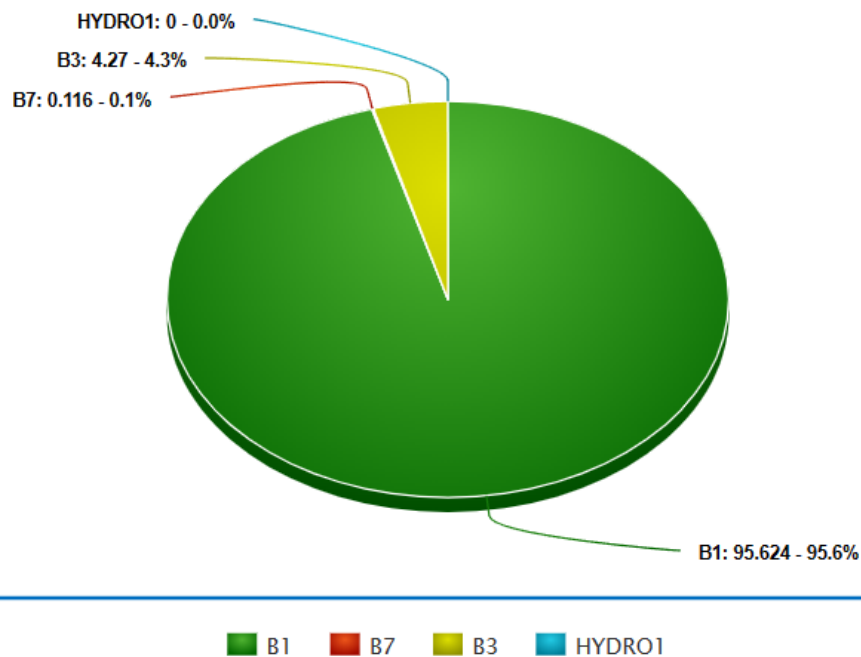
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		35.378	1225.516	35.378	35.915	86.117
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	16.915	585.96	16.915	17.172	41.175
	CABLE2	16.915	585.96	16.915	17.172	41.175
Ζυγός B3		1.507	52.198	1.507	1.530	3.668
Ζυγός B7		0.041	1.412	0.041	0.041	0.099

Πίνακας 9: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_min_open)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	47.812	47.812	47.812	47.812	47.812
	CABLE2	47.812	47.812	47.812	47.812	47.812
Ζυγός B3		4.26	4.27	4.26	4.26	4.26
Ζυγός B7		0.116	0.115	0.116	0.116	0.116

Πίνακας 10: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_3ph_min_open)

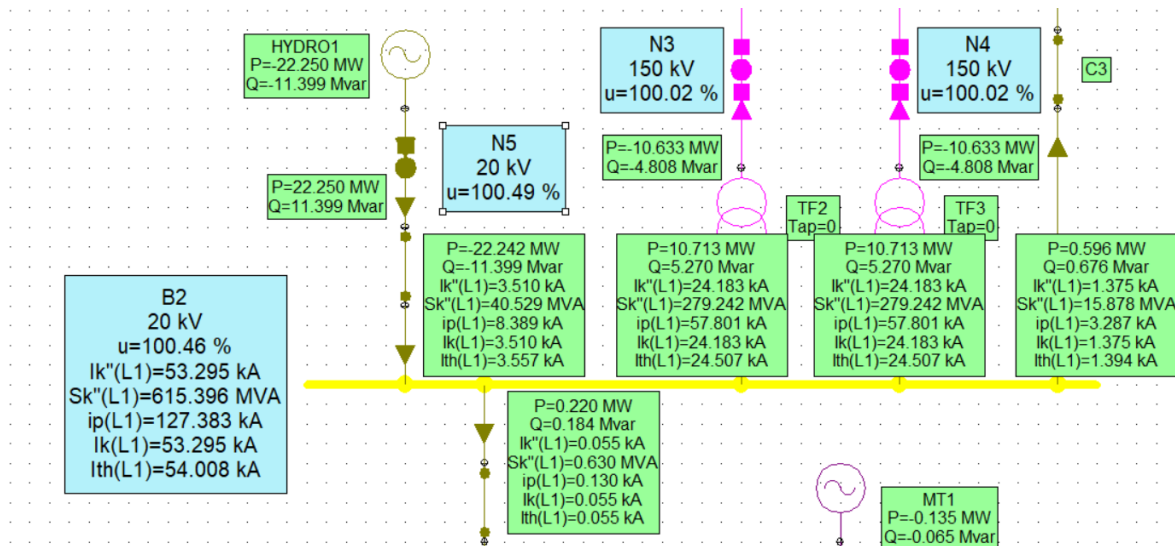


Εικόνα 29: Συμβολή για ελάχιστο τριφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου

1Φ Βραχυκυκλώματα

(Αρχεία P02G06Q3_1ph_max_closed P02G06Q3_1ph_max_open
P02G06Q3_1ph_min_closed P02G06Q3_1ph_min_open)

1. Μέγιστο μονοφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια HYDRO1
συνδεδεμένη



Εικόνα 30: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_1ph_max_closed

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

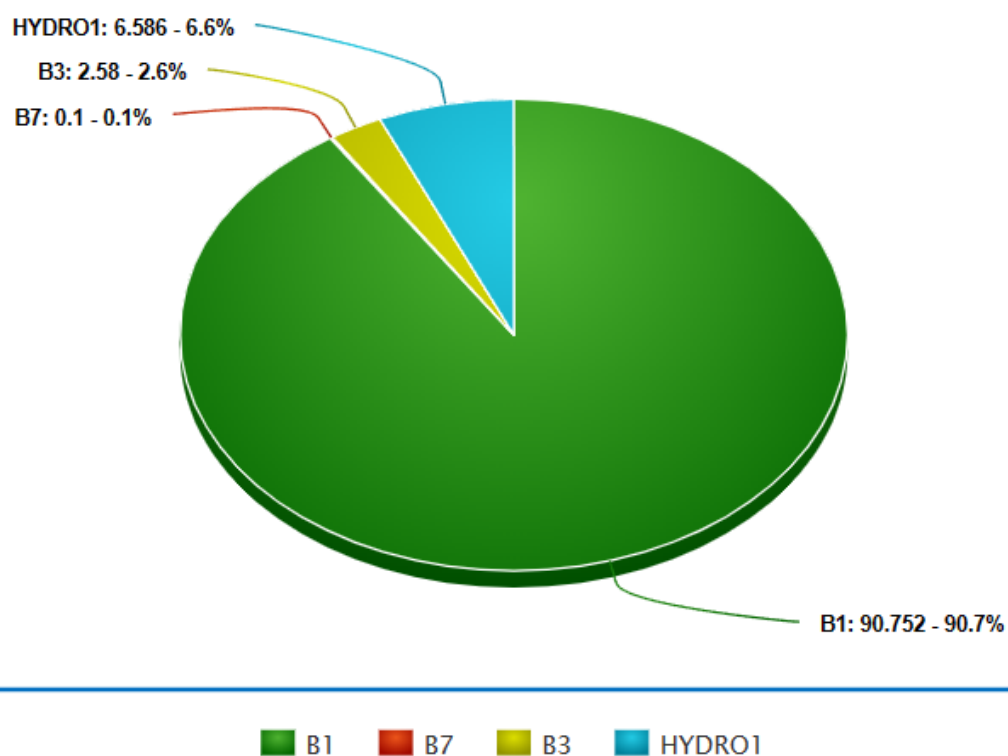
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		53.295	615.396	53.295	54.008	127.383
HYDRO1		3.51	40.529	3.51	3.557	8.389
Ζυγός B1	CABLE1	24.183	279.242	24.183	24.507	57.801
	CABLE2	24.183	279.242	24.183	24.507	57.801
Ζυγός B3		1.375	15.878	1.375	1.394	3.287
Ζυγός B7		0.055	0.63	0.055	0.055	0.130

Πίνακας 11: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_max_closed)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

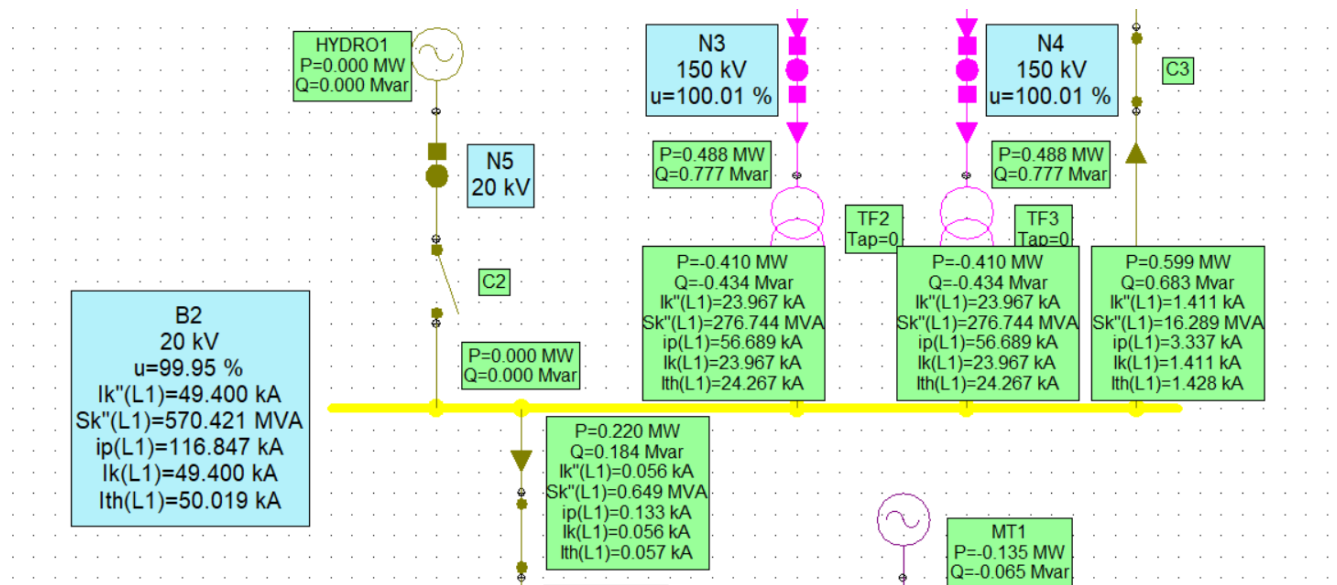
		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		6.586	6.584	6.586	6.586	6.585
Ζυγός B1	CABLE1	45.376	45.376	45.376	45.376	45.376
	CABLE2	45.376	45.376	45.376	45.376	45.376
Ζυγός B3		2.58	2.58	2.58	2.58	2.58
Ζυγός B7		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Πίνακας 12: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_max_closed)



Εικόνα 31: Συμβολή για μέγιστο μονοφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη

2. Μέγιστο μονοφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια HYDRO1 εκτός δικτύου



Εικόνα 32: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_1ph_max_open

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

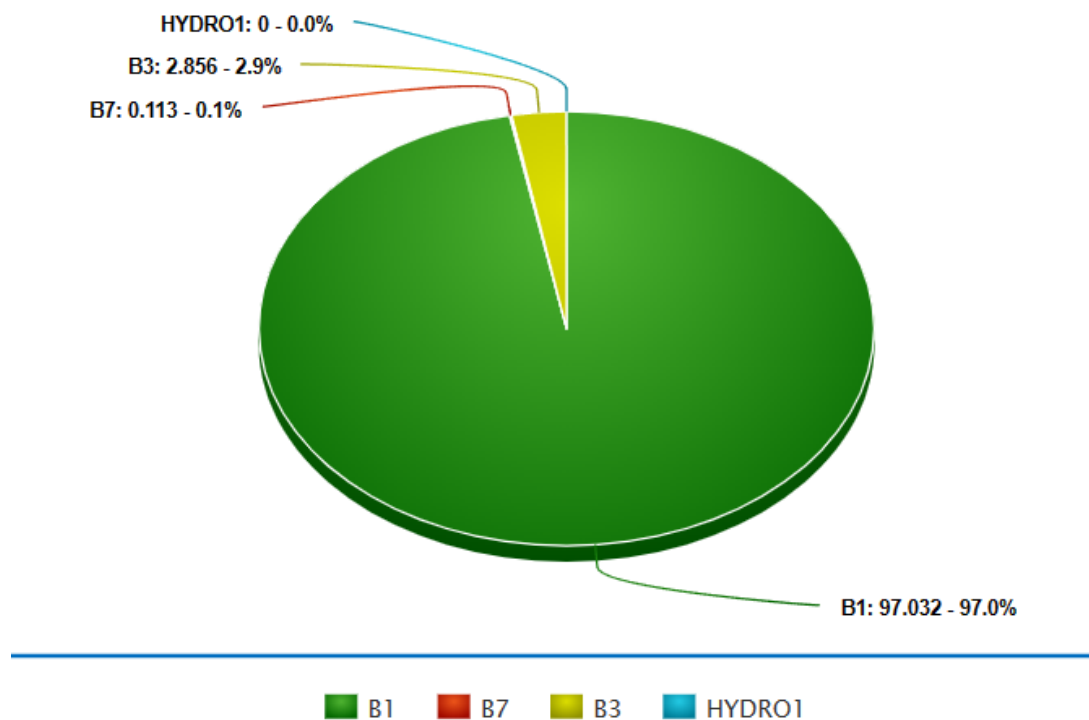
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		49.4	570.421	49.4	50.019	116.847
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	23.967	276.744	23.967	24.267	56.689
	CABLE2	23.967	276.744	23.967	24.267	56.689
Ζυγός B3		1.411	16.289	1.411	1.428	3.337
Ζυγός B7		0.056	0.649	0.056	0.057	0.133

Πίνακας 13: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_max_open)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

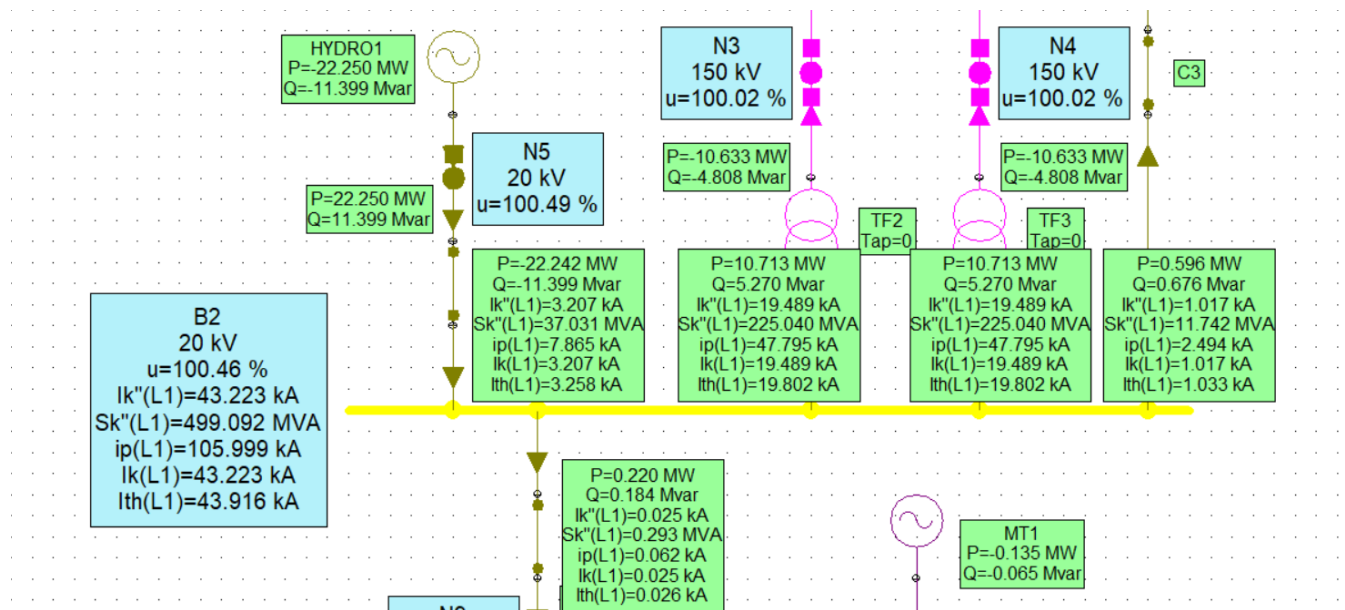
		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	48.516	48.516	48.516	48.516	48.516
	CABLE2	48.516	48.516	48.516	48.516	48.516
Ζυγός B3		2.856	2.856	2.856	2.855	2.856
Ζυγός B7		0.113	0.113	0.113	0.114	0.113

Πίνακας 14: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_max_open)



Εικόνα 33: Συμβολή για μέγιστο μονοφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου

3. Ελάχιστο μονοφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια **HYDRO1** συνδεδεμένη



Εικόνα 34: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_1ph_min_closed

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

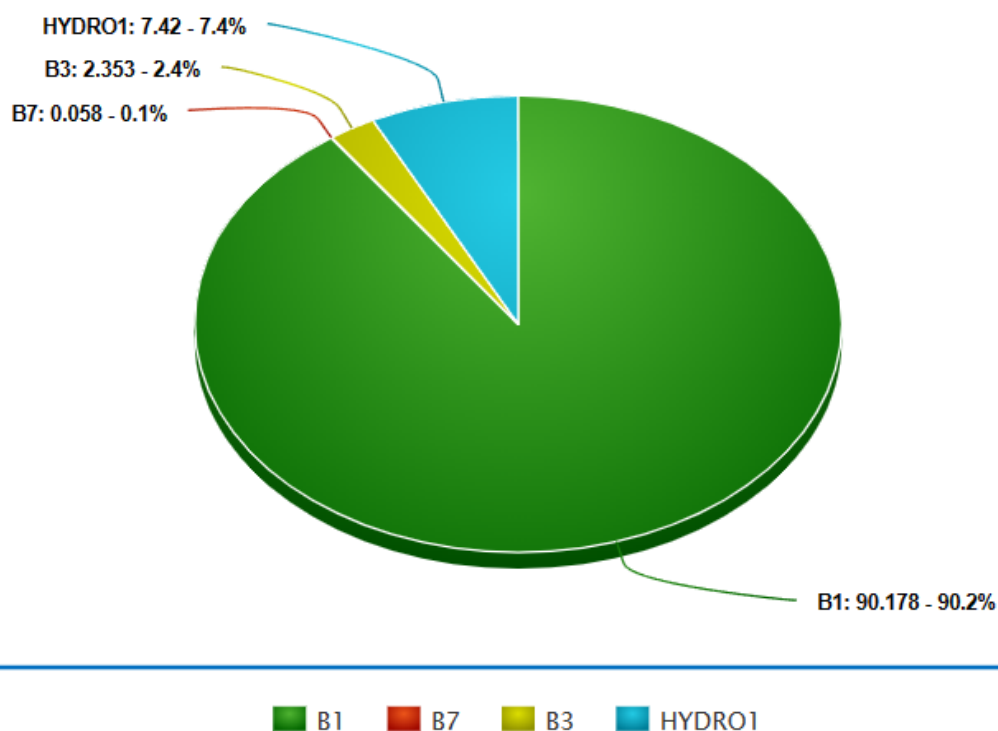
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		43.223	499.092	43.223	43.916	105.999
HYDRO1		3.207	37.031	3.207	3.258	7.865
Ζυγός B1	CABLE1	19.489	225.04	19.489	19.802	47.795
	CABLE2	19.489	225.04	19.489	19.802	47.795
Ζυγός B3		1.017	11.742	1.017	1.033	2.494
Ζυγός B7		0.025	0.293	0.025	0.026	0.062

Πίνακας 15: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_min_closed)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

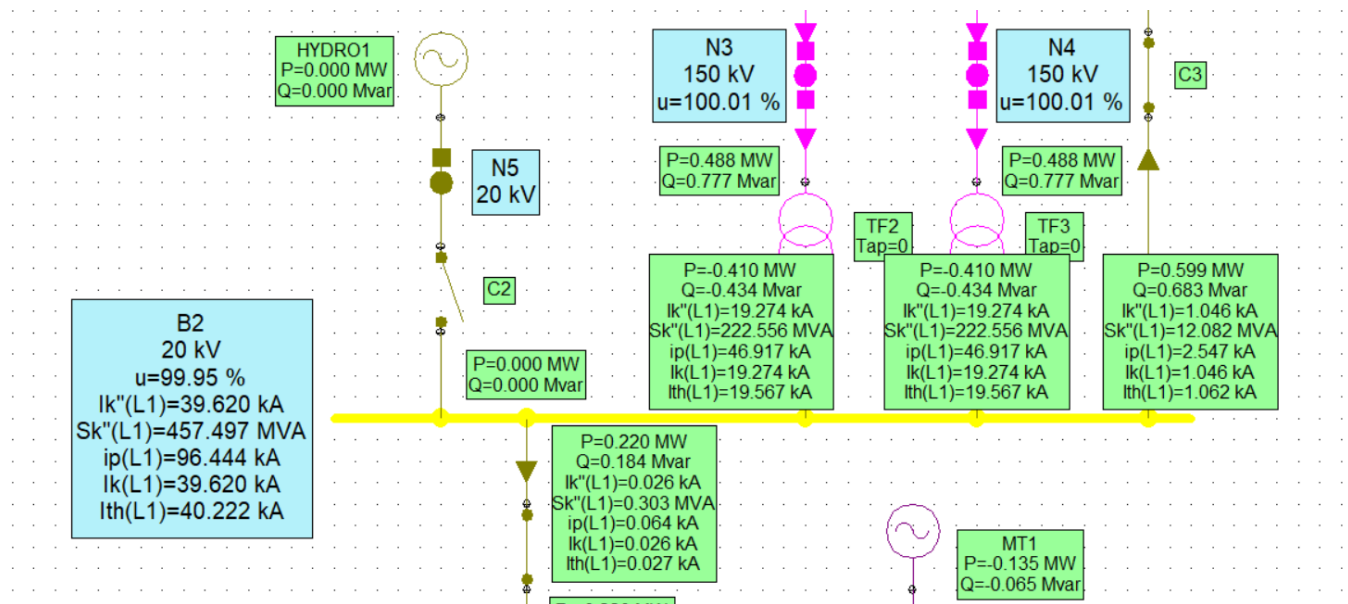
		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		7.42	7.42	7.42	7.42	7.42
Ζυγός B1	CABLE1	45.089	45.089	45.089	45.09	45.089
	CABLE2	45.089	45.089	45.089	45.09	45.089
Ζυγός B3		2.353	2.353	2.353	2.352	2.353
Ζυγός B7		0.058	0.058	0.058	0.059	0.058

Πίνακας 16: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_min_closed)



Εικόνα 35: Συμβολή για ελάχιστο μονοφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη

4. Ελάχιστο μονοφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης με τη γεννήτρια **HYDRO1** εκτός δικτύου



Εικόνα 36: Προσομοίωση αρχείου P02G06Q3_1ph_min_open

Για τη συμβολή των στοιχείων έχουμε:

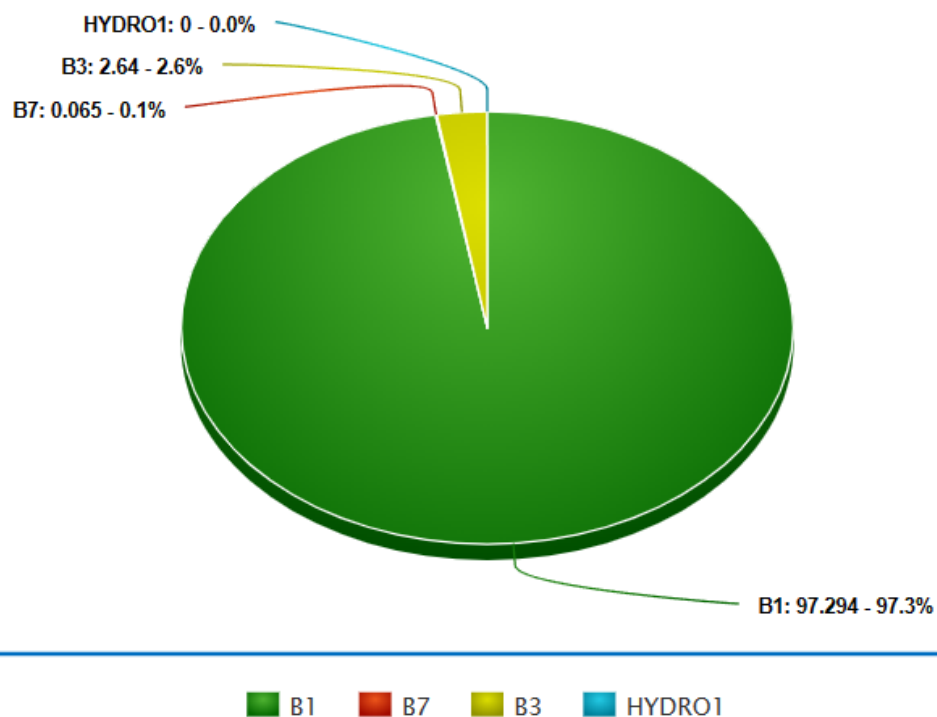
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (MVA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)
Ζυγός B2		39.62	457.497	39.62	40.222	96.444
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	19.274	222.556	19.274	19.567	46.917
	CABLE2	19.274	222.556	19.274	19.567	46.917
Ζυγός B3		1.046	12.082	1.046	1.062	2.547
Ζυγός B7		0.026	0.303	0.026	0.027	0.064

Πίνακας 17: Συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_min_open)

Σχηματίζουμε τον πίνακα με τα ποσοστά συμβολής των στοιχείων

		Συμβολή σε ποσοστό %				
		Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (%)	Ισχύς Βραχυκύκλωσης S_k'' (%)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (%)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (%)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (%)
HYDRO1		0	0	0	0	0
Ζυγός B1	CABLE1	48.647	48.647	48.647	48.647	48.647
	CABLE2	48.647	48.647	48.647	48.647	48.647
Ζυγός B3		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
Ζυγός B7		0.065	0.065	0.065	0.065	0.065

Πίνακας 18: Ποσοστιαία συμβολή στοιχείων στο σφάλμα του ζυγού B2 (P02G06Q3_1ph_min_open)



Εικόνα 37: Συμβολή για ελάχιστο μονοφασικό βραχυκύκλωμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου

Παρατηρήσεις

Παρατηρούμε πως μεγαλύτερη συμβολή στα σφάλματα έχει ο ζυγός B1 μέσω των γραμμών CABLE1 και CABLE2, το οποίο είναι λογικό καθώς στον B1 είναι συνδεδεμένο το Feeder και η σύγχρονη γεννήτρια ST. Όσον αφορά τη γεννήτρια HYDRO1, όταν αυτή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο έχει ποσοστά συμβολής στα σφάλματα <15% και συμβάλλει περισσότερο στα τριφασικά σφάλματα από τα μονοφασικά, ενώ οι ζυγοί B3 και B7 έχουν ελάχιστη συμβολή στα ρεύματα και την ισχύ βραχυκύκλωσης.

Συνολικά για τις προσομοιώσεις λοιπόν που πραγματοποιήσαμε προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας για τα σφάλματα στον ζυγό B2:

	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k'' (kA)	Θερμικό Ρεύμα i_{th} (kA)	Ρεύμα Μηχανικής Καταπόνησης I_p (kA)	Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_k (kA)
	Μέγιστο ρεύμα σε τριφασικό σφάλμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη			
Ζυγός B2	50.757	51.437	121.318	50.363
	Μέγιστο ρεύμα σε τριφασικό σφάλμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου			
Ζυγός B2	44.444	45	105.123	44.049
	Ελάχιστο ρεύμα σε τριφασικό σφάλμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη			
Ζυγός B2	41.125	41.785	100.854	41.125
	Ελάχιστο ρεύμα σε τριφασικό σφάλμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου			
Ζυγός B2	35.378	35.915	86.117	35.378
	Μέγιστο ρεύμα σε μονοφασικό σφάλμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη			
Ζυγός B2	53.295	54.008	127.383	53.295
	Μέγιστο ρεύμα σε μονοφασικό σφάλμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου			
Ζυγός B2	49.4	50.019	116.847	49.4
	Ελάχιστο ρεύμα σε μονοφασικό σφάλμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη			
Ζυγός B2	43.223	43.916	105.999	43.223
	Ελάχιστο ρεύμα σε μονοφασικό σφάλμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου			
Ζυγός B2	39.62	40.222	96.444	39.62

Πίνακας 19: Μέγιστα/Ελάχιστα ρεύματα μονοφασικών και τριφασικών σφαλμάτων στον ζυγό B2

Για το δεύτερο σκέλος της ερώτησης αρχικά από την θεωρία έχουμε:

- **Μέγιστη Θερμική Καταπόνηση:** Αφορά τη μέγιστη αντοχή των υλικών κατασκευής των καλωδίων, ως προς τη αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του ρεύματος που τους διαρρέει. Στο NEPLAN απεικονίζεται ως i_{th}
- **Μέγιστη Μηχανική Καταπόνηση:** Αφορά τις μέγιστες ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που ασκούνται στα στοιχεία του δικτύου, λόγω του μέγιστου ρεύματος που τα διαρρέει. Το ρεύμα μηχανικής καταπόνησης είναι η μέγιστη στιγμιαία τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Στο NEPLAN απεικονίζεται ως I_p
- **Συντονισμός Μέσων Προστασίας:** Αφορά τον υπολογισμό των παραμέτρων που καθορίζουν την άμεση απομόνωση των βραχυκυκλωμάτων από τα μέσα προστασίας του δικτύου. Στο NEPLAN θα λάβουμε υπόψη το ελάχιστο συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k , το οποίο ενεργοποιεί τους διακόπτες απομόνωσης

Οπότε από τον πίνακα 19, λαμβάνουμε αντίστοιχα τις απαιτούμενες τιμές:

1. $I_{th,max} = 54.008 \text{ kA}$, το οποίο εντοπίζεται σε μονοφασικό σφάλμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη
2. $I_p = 127.383 \text{ kA}$, το οποίο ομοίως εντοπίζεται σε μονοφασικό σφάλμα με την HYDRO1 συνδεδεμένη
3. $I_k = 35.378 \text{ kA}$, το οποίο εντοπίζεται σε τριφασικό σφάλμα με την HYDRO1 εκτός δικτύου

ΤΕΛΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ