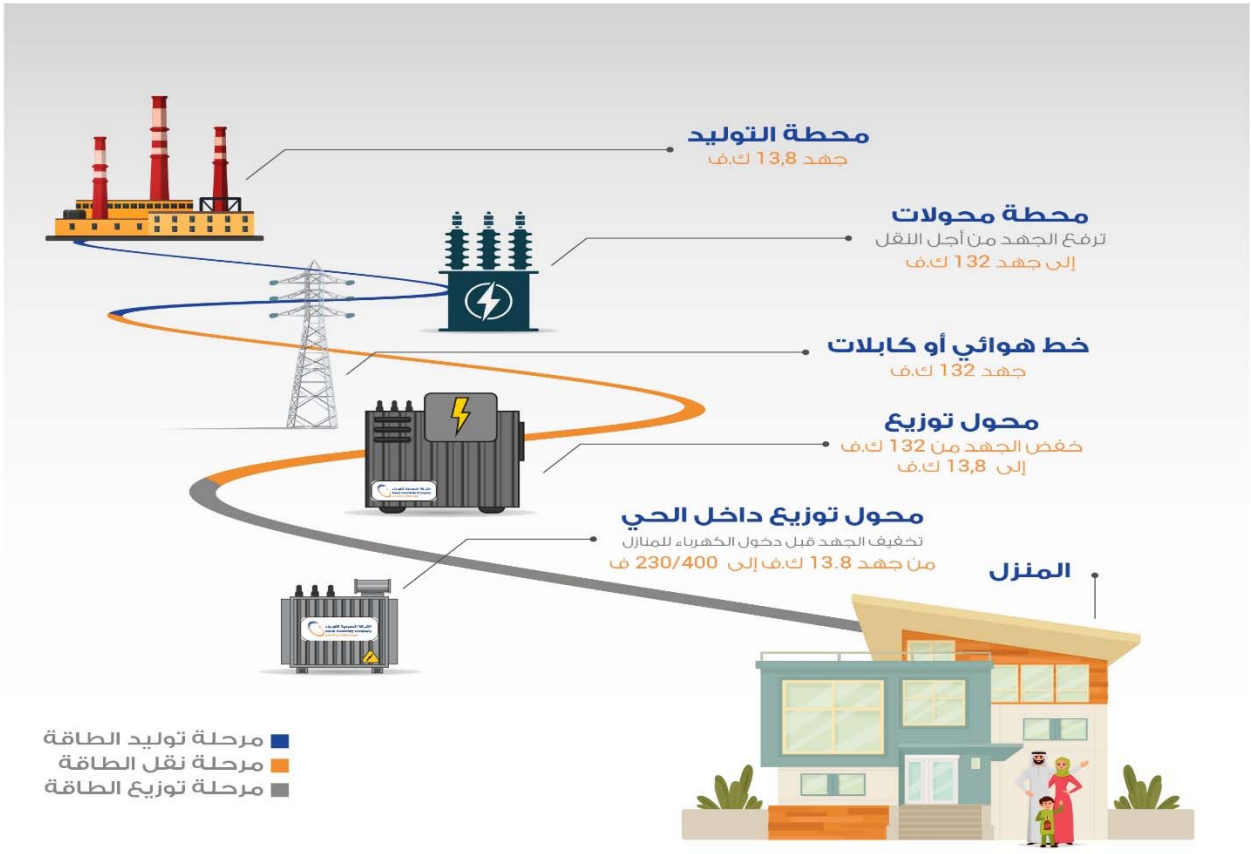


الخلاصة

فى حسابات تيار القصر

(Short Circuit)

لمهندسى الكهرباء

م/أحمد عيسى

ما هو تيار القصر في الدوائر الكهربية؟

دائرة القصر أو تيار القصر أو الشورت سيركت **Short Circuit** هو ببساطة تيار كبير جدًا يمر فجأة على الدائرة التي لا تستطيع تحمله، وبالتالي تقوم أضعف نقطة بفتح الدائرة، وعن سبب مرور هذا التيار الكبير جدًا فهو يعود إلى تلامس كابلين (سلكين) بينهما فرق جهد بشئ مقاومته صغيرة للغاية، ويعني ذلك من قانون أوم أن التيار المار بالكابل سيكون كبير للغاية وهذا هو تيار القصر.

في حالة حدوث قصر في دارة نظام كهربائي يتّخذ التيار قيمة قصوى أثناء استجابة عابرة . يحدث هذا التيار البالغ الشدة

عندما تنعدم مقاومة الدارة أو تكون المقاومة في الدارة منخفضة جدا ، وينشأ عن ذلك حرارة كبيرة في الدارة وقد يحدث أنفجار. المقاونة في الدارة هي مجموع جميع المعاوقات في الدارة) وهي أي مجموع المعاوقات الحقيقية (real impedances) و المعاوقات التخيّلية) وطبقا لقانون أوم ، يقترب التيار من قيمة اللانهاية طبقا للصيغة الآتية

$$I = \lim_{Z \longrightarrow 0} (\frac{V}{Z}) \longrightarrow \infty$$

تعد دراسات **SHORT CIRCUIT** ضرورية لأي نظام توزيع طاقة لتحديد تصنيف مجموعة المفاتيح أو القواطع للوحات التوزيع ، ولتحديد انخفاض الجهد أثناء بدء تشغيل المحركات الكبيرة لا تكتمل المخططات **One Line Diagram**إلا إذا تم حل قيم تيار القصر في نقاط إستراتيجية مختلفة .لا يمكن شراء أي لوحات كهربائية أو لوحات تحكم للمحركات ، أو لوحات التوزيع الصغيرة ، وما إلى ذلك ، دون معرفة معلومات تيار القصرالكاملة لنظام توزيع الطاقة بالكامل.

أنواع القصر الكهربائي

انواع دوائر القصر التى تحدث فى دوائر منظومة القوى هى:-

1- القصر المتماثل ثلاثى الوجه Symmetrical Three Phase fault

وفيه تكون الأوجه الثلاثة مقصورة معا كما فى الشكل التالى (4-7-أ) ولذلك تكون التيارات فى الأوجه الثلاثة متماثلة ويستوى فى هذه الحالة إتصال الأوجه الثلاثة بالأرض وعدم إتصالهم بها. وهذا النوع هو أقل حدوثا ولكنه أشد دوائر القصر خطرا على منظومة القوى حيث يكون تيار القصر أكبر منه فى باقى حالات القصر ولذلك يتم إستخدام تيار القصر فى هذه الحاله لتحديد مقننات القواطع

2- القصر خط - أرض Single Line To ground Fault

وفى هذا النوع من تيار القصر يحدث إتصال بين وجه والأرض كما فى الشكل التالى (4-7-ب)وهو الأكثر حدوثا فى منظومات القوى وأكثر مايحدث فى خطوط النقل والتيار الناتج فى هذا القصر يكون هو الأقل معظم الحالات ويكون التيار الذى يحدث فى الوجه الذى عليه القصر كبيرا فى حين يكون التيار فى الوجهين الآخرين صفرا ولذلك تكون المنظومة فى حالة عدم إتزان كبيرا فى الجهد والتيار

3- القصر خط - خط Line to line fault

وهذا النوع كما هو موضح فى الشكل (4-7-ج)حيث يحدث إتصال بين خطين بعيدا عن الأرض وهو أيضا خطأ غير متماثل لأن الأوجه الثلاثة ليست معرضة لنفس الظروف فهنا نجد أن خطين إتصلا فأصبح جهد كل منهما مساويا لجهد الآخر والتيار فى احدهما مساو ومعاكس للتيار فى الآخر فى حين ان الخط السليم تياره صفر وجهده مختلف عن الآخرين.

4- القصر خطين - أرض Double line to ground fault

وكما هو فى الشكل (4-7-د)إتصال بين خطين مع الأرض وهو أيضا خطأ غير متماثل لنفس السبب وهو ان الأوجه الثلاثة ليست معرضة لنفس الظروف وهنا فإن جهد الخطين المتصلين بالأرض يصبح صفرا ويكون تيار القصر المار فى الأرضى هو مجموع تيار القصر فى كل من الخطين .

شكل (٤ – ٧) أنواع دوائر القصر على منظومة القوى

حسابات تيار القصر

معرفة كيفية حساب مشاكل تيار القصر أمر لا بد منه لكل مهندس كهربائي قد يكون التعلم سهلاً بالنسبة للبعض ، وقد يكون صعبًا على البعض الآخر. ومع ذلك ، لا تتوفر المراجع الكثيرة لحسابات تيار القصر و قد لا تكون مهمة سهلة لحسابات تيار القصر لأن الطرق التقليدية لحل الدوائر لتيار القصر تتضمن الكثير من الصيغ.

حفظها في جميع الأوقات غير عملي بالنسبة للأغلبية.

ماهى الطرق المختلفة لحساب تيار القصر ؟

يتم حساب تيار القصر بعدة طرق كالتالى :-

1- طرق المعادلات وتنقسم هذه الطرق إلى التالى :-

- **OHMIC METHOD**
- **MVA METHOD**
- **PER UNIT METHOD (500000 750000&KVA BASE)**
- **POINT-TO- POINT METHOD**

2- طرق الجداول (شنايدر)

3- طرق البرامج (إيكوديال واللإيتاب والأكسل شيت وغيرهما)

أولا:- طرق المعادلات:-

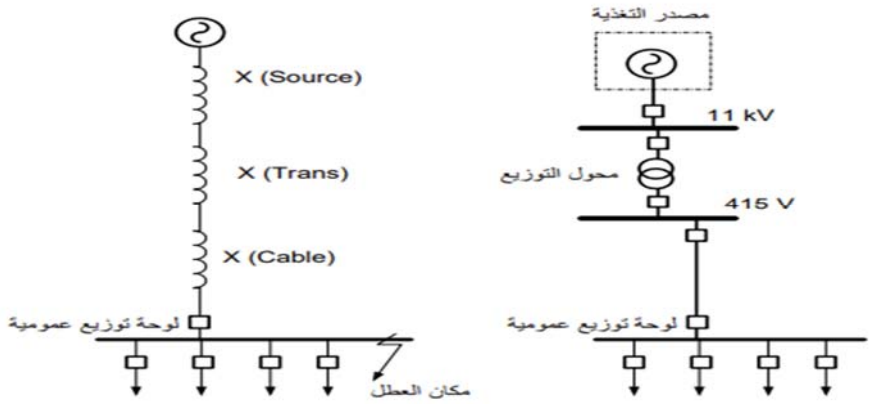
- طريقة قانون أوم :-

من المعلوم أن القانون الأساسى المستخدم لحساب تيار القصر المتوقع هو قانون أوم

$$I_{SC}=V/Z_{S.C}$$

وبالطبع فقيمة الجيد (V) معلومة ، ونحن نحتاج فقط إلى معرفة قيمة ال **Impedance .Z** من أجل حساب قيمة تيار القصر .Isc وبما أن الهدف هو حساب قيمة تيار القصر عند نقطة محددة فى لوحة توزيع المبنى فإننا يجب أن نحسب أولا قيمة Impedancesالكلية التى تمر خلالهاالتيار **(ZSC)** والتى تحسب من نقطة خروج التيار من محطة التوليد مرورا بمحطة المحولات والكابلات حتى يصل لنقطة العطل المفترضة ، وبعدها نطبق قانوف أوم لحساب التيار.

يمثل الشكل التالى إحدى الشبكات التقليدية البسيطة لمنظومة توزيع القوى ، لكنهافى نفس الوقت تعتبر الأكثر انتشارا فى التمديدات الكهربائية ، حيث تتكون المنظومة من مصدر تغذية ومحطة محولات التوزيع ومجموعة من الكبلات التى ينتهى كل منهم بحمل يمثله لوحات التوزيع العمومية لممبنى.



تحدد الخطوات التالية الاعتبارات الأساسية في إجراء حسابات تيار القصر. في الأنظمة الأبسط ، يمكن الجمع بين عدة خطوات ؛ على سبيل المثال ، يمكن استخدام single-line and impedance diagram.

1 .قم بإعداد مخطط أحادي الخط للنظام ، وهو أمر أساسي لتحليل تيار القصر و يجب أن تشمل جميع المعدات والمكونات الهامة وتظهر الترابط بينها.

2 .حدد مواقع الأعطال ونوع حسابات تيار القصر المطلوبة ، بناءً على نوع المعدات التي يتم تطبيقها.

3. إعداد مخطط impedance diagram لكل الأنظمة

- احسب مجموع Rt المقاومات من نقطة حدوث القصر إلى مصدر التغذية

Rt = R1+R2+R3+.... (m. ohm)

- احسب مجموعXt للممانعات من نقطة حدوث القصر إلى مصدر التغذية

Xt = X1+X2+X3+.... (m.ohm)

$$Zt = \sqrt{R\,2\,t + X2}$$

4- بالنسبة لمواقع الأعطال وظروف النظام المحددة ، قم بحل شبكة المعاوقة وحساب التيارات المتماثلة المطلوبة.(E / Z)

❖ $$I_{SC} = \frac{V_O}{\sqrt{3} \times Z_t} \quad .....(KA)$$

$$Isc = \frac{Uo}{\sqrt{3} \times \sqrt{Rt^2 + Xt^2}} \quad kA$$

5-الجيد المقنن بين اطراف الأوجه لمحول التغذية 230 / 400/Vفي حالة غياب الحمل

كيفية حساب قيم Xt&Rt لأى شبكة نظام تحتوى على المكونات التالية :-

- UPSTREAM NETWORK مصدر التغذية
- TRANSFORMER المحول
- CABLES الكابلات
- BUSBARS الباسبار

أولا:- حساب قيم X لمصدر التغذية

من المعلوم أنه عند حدوث عطل فإنه يتغذى من كافة المولدات القريبة منه ، والتى تتصل بمحولات التوزيع من خلال محولات الرفع ثم خطوط النقل وفى حالة حسابات تيار القصر فإننا نتخيل أن كل هذه العناصر قد جمعت فى عنصر واحد فى مصدر التغذية.

ولتبسّيط الحسابات،يوجد فى الجدول التالى قيّمRa - Xa للشبكة الرئّيسّية لمستوّيين من عطل قصر الدارة 250 MVA و 500 MVAاللذان،يعتبران من القّيم الشائعة لشركات الكهرباء على مستوى التوزّيع للفولتّة المتوسطة إلى. 36 kV

Psc	U_{20} (V)	Ra (mΩ)	Xa (mΩ)
250 MVA	420	0.07	0.7
500 MVA	420	0.035	0.351

Fig. G36 The impedance of the MV network referred to the LV side of the MV/LV transformer

وتستخدم القيم التالية مع سعات القصر الأكثر تداول فى الكود المصرى:

X_s	R_s	S.C. MVA
0.633	0.095	250
0.4515	0.0675	350
0.316	0.047	500

ثانيا:- حساب قيم المعاوقة للمحولات

فى حالة المحولات فإننا نهمل دائما مقاومة المحول، وتبقى فقط المركبة الحثية XT وتتوقف قيمة ال XT لمحول التوزيع على قدرة هذا المحتوى

$$R = \frac{Wc \times U^2}{S^2} 10^{-3} \qquad X = \sqrt{Z^2 - R^2} \qquad Z = \frac{Usc}{100} \times \frac{U^2}{S}$$

Where: -

W_c = Transformer copper losses (watt)

S= transformer apparent power (KVA)

U_{sc} (Z %) = short circuit of voltage of transformer in (%)

وغالبا تكون هذة القيمة مكتوبة على اللوحة المثبتة على جسم المحول Plate Name ، أو يمكن استخدام قيم تقريبية كالتالى:-

سعة المحول (kVA)	تبريد بالزيت Oil-immersed				جاف Cast-resin			
	Vsc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)	Vsc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)
100	4	37.9	59.5	70.6	6	37.0	99.1	105.8
160	4	16.2	41.0	44.1	6	18.6	63.5	66.2
200	4	11.9	33.2	35.3	6	14.1	51.0	52.9
250	4	9.2	26.7	28.2	6	10.7	41.0	42.3
315	4	6.2	21.5	22.4	6	8.0	32.6	33.6
400	4	5.1	16.9	17.6	6	6.1	25.8	26.5
500	4	3.8	13.6	14.1	6	4.6	20.7	21.2
630	4	2.9	10.8	11.2	6	3.5	16.4	16.8
800	6	2.9	12.9	13.2	6	2.6	13.0	13.2
1,000	6	2.3	10.3	10.6	6	1.9	10.4	10.6
1,250	6	1.8	8.3	8.5	6	1.5	8.3	8.5
1,600	6	1.4	6.5	6.6	6	1.1	6.5	6.6
2,000	6	1.1	5.2	5.3	6	0.9	5.2	5.3

المعاوقة المكافئة (Zs.c) (ملى أوم)	الممانعة المكافئة (Xs.c) (ملى أوم)	المقاومة المكافئة (Rs.c) (ملى أوم)	هبوط الجهد (Us.c)	قدرة المحول (kVA)
128	107	70.3	0.04	50
64	57.5	28	0.04	100
25.6	24.2	8.3	0.04	250
12.8	12.3	3.52	0.04	500
9	8.63	2.55	0.045	800
8	7.76	1.94	0.05	1000

Typical Percentage U Value for indoor, Open Dry-Type, Three-Phase, 2.5-15 kV Primaries and 208, 480, 600 V Wye or Delta Secondaries from IEEE Std 241-1990 CH.(9)

kVA	MV (kV)	LV (V)	%U	X/R
15	2.5-15	208Y-600	3.00	0.5
30	2.5-15	208Y-600	5.00	1.0
45	2.5-15	208Y-600	5.00	1.0
75	2.5-15	208Y-600	5.50	2.0
112.5	2.5-15	208Y-600	4.50	1.5
150	2.5-15	208Y-600	4.50	2.0
225	2.5-15	208Y-600	5.00	2.5
300	2.5-15	208Y-600	5.00	2.8
500	2.5-15	208Y-600	5.00	4.0
800	2.5-15	208Y-600	5.75	2.0
1000	2.5-15	208Y-600	5.75	2.5
1500	2.5-15	208Y-600	5.75	3.3
2000	2.5-15	208Y-600	5.75	4.0
2500	2.5-15	208Y-600	5.75	4.3

وفى حالة وجود عدد من المحولات (N) مركبة على التوازى تكون القيمة الإجمالية المكافئة لها تساوىXt/N

ثالثا:- حساب قيم الممانعة لقواطع الكهرباء

بالنسبة لقاطع الدائرة تؤخذ مفاعلته عادة ومقدارها **0.15 ΩM** وتهمل مقاومته وفى كثير من الأحيان تهمل ممانعته كليا.

رابعا:-حساب قيم معاوقة Bus Duct

أما مجارى قضبان التوزيع الجاهزة Bus Duct والتى تستعمل للتوصيل بدلا من الكابلات فى دائرة التغذية الرئيسية كما تستخدم أيضا فى الصواعد للأدوار فيمكن اهمال مقاومتها فيما عدا المقطع الصغير فيأخذ Phase reactants لها 0.15 ملى أوم لكل متر طولى

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad X = 0{,}15\ L$$

p = 22,5 (Cu)
p = 36 (Al)
L (m) = length
A (mm^2) = cross section area

Cutler-Hammer

AMPERE RATING UL 857 CU	AMPERE RATING UL 857 AL	AMPERE RATING IEC 439 CU	PHASE AND NEUTRAL BAR SIZE (DEPTH AND WIDTH) INCHES (MM)
225	225	225	.25 x 1.62 (6.4 x 41.1)
400	400	400	.25 x 1.62 (6.4 x 41.1)
600	—	630	.25 x 1.62 (6.4 x 41.1)
800	600	1000	.25 x 1.62 (6.4 x 41.1)
1000	—	1200	.25 x 2.25 (6.4 x 57.2)
1200	800	1400	.25 x 2.75 (6.4 x 69.9)
1350	1000	1550	.25 x 3.25 (6.4 x 82.6)
1600	1200	1800	.25 x 4.25 (6.4 x 108.0)
2000	1350	2250	.25 x 5.50 (6.4 x 139.7)
—	1600	—	.25 x 6.25 (6.4 x 158.8)
2500	2000	3000	.25 x 8.00 (6.4 x 203.2)
3200	—	3800	.25 x 4.25 (6.4 x 108.0)
4000	2500	4500	.25 x 5.50 (6.4 x 139.7)
—	3200	—	.25 x 6.25 (6.4 x 158.8)
5000	4000	5800	.25 x 8.00 (6.4 x 203.2)

خامسا:- حساب قيم معاوقة الكابلات والأسلاك

يمكن الحصول على قيم X-R مباشرة من جداول الكابلات من الشركات المصنعة أو يمكن حسابها بطرق تقريبية

$$R = p \frac{L}{S}$$

p = 22,5 (Cu)
p = 36 (Al)

$$X = 0,08\ L\ (3\ \phi\ \text{cables})$$
$$X = 0,12\ L\ (1\phi\ \text{cable})$$

L (m) = length
S (mm^2) = cross section area

قيم المقاومية ρ للنحاس والألمنيوم لنوعين من عوازل الكيبلات لدرجات حرارة مختلفة

EPR/XLPE 90 °C	PVC 70 °C	20 °C	
23.6928	22.212	18.51	نحاس
37.6448	35.292	29.41	ألومنيوم

ويمكن تلخيص السابق فى الجدول التالى:-

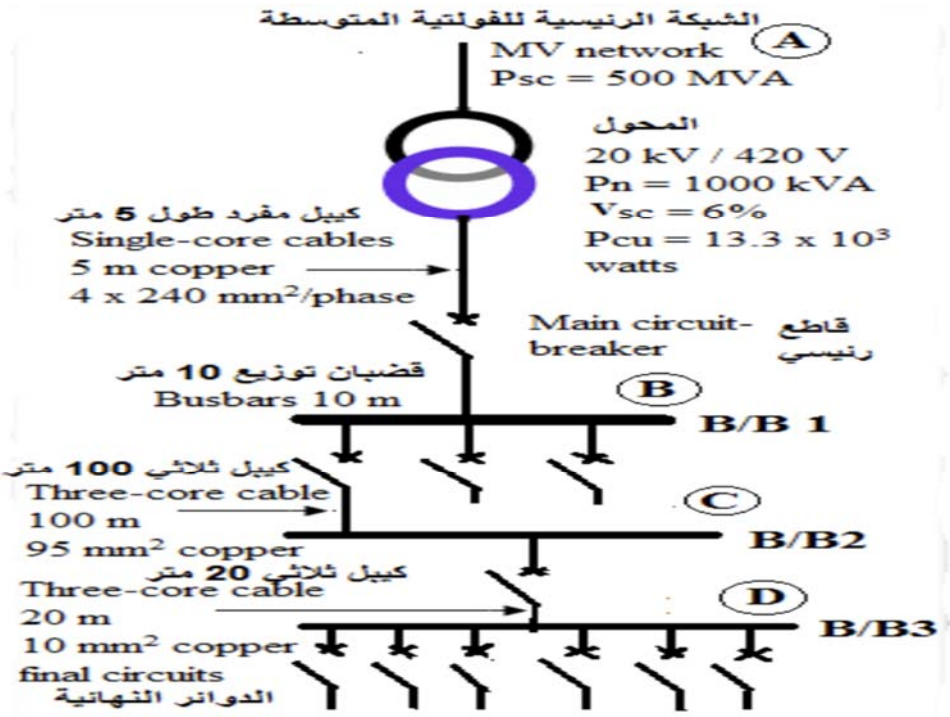
تحديد المقاومات و الممانعات لكل جزء من الشبكة الكهربية

Part of installation	Resistances mΩ	Reactances mΩ
Upstream network	$R1 = Z1 \cos \Phi\ 10^{-3}$	$X1 = Z1 \sin \Phi\ 10^{-3}$
	$\cos \Phi = 0,15$	$\sin \Phi = 0,98$
	$Z1 = \frac{U2}{P}$ with P = Psc of upstream network in MVA	
Transformer	$R2 = \frac{Wc \times U^2}{S^2} 10^{-3}$	$X2 = \sqrt{Z^2 2 - R^2 2}$
	Wc = copper loss (W)	$Z = \frac{Usc}{100} \times \frac{U^2}{S}$
	S = apparent power of transformer in kVA	Usc = short circuit voltage of transformer in %
Cables	$R3 = p \frac{L}{S}$	$X3 = 0,08\ L$ (3 ϕ cables)
	p = 22,5 (Cu) / 36 (Al) L (m) , S (mm^2)	X3 = 0,12 L (1ϕ cable) L (m)
Bars	$R3 = p \frac{L}{S}$	$X3 = 0,15\ L$
	p = 22,5 (Cu) / 36 (Al) L (m) , S (mm^2)	L (m)
Circuit breaker		
rapid	R4 negligible	X4 negligible
selective	R4 negligible	X4 negligible

مثال رقم 1 :-

فى منظومة الكهرباء التالية قم بحساب تيار القصر عند النقاط التالية B-C-D

قم بفرض أن جميع الكابلات المستخدمة من نوع XLPE



الحل كالتالى :-

أولا:- نبدأ بحساب تيار القصر عن النقطة B

1- ممانعة الشبكة من الجهة العليا لمسار التيار قبل المحول من الجدول السابق تساوى 500 MVA

Ra = 0.035 (mΩ) , Xa = 0.351 (mΩ)

2- ممانعة المحول من الجدول السابق بما أن سعة المحول 1000 كيلو فولت أمبير تساوى

Rtr = 2.3 (mΩ) , Xtr = 10.8 (mΩ)

3- ممانعة الكابل الذى له المواصفات التالية حسب المثال 4x240 mm XLPE بطول 5 متر قم بأخذ ρ = 23.7

$$R_c = \rho \frac{L}{A} = 23.7 \frac{5}{4x240} = 0.12 \ m\Omega$$

وكذلك نجد أن ، $Xc = 0.08 \ x \ 5 = 0.40 \ m\Omega$

- ممانعة قاطع الدائرة الرئيسي : يمكن إهمالها

ألان نحسب الممانعة من النقطة A إلى النقطة B :

$$R_{T1} = R_a + R_{tr} + R_c = 0.035 + 2.3 + 0.12 = 2.4 \ (m\Omega)$$

$$X_{T1} = X_a + X_{tr} + X_c = 0.351 + 10.3 + 0.4 = 11.05 (m\Omega)$$

ويكون تيار القصر في النقطة B :

$$I_{sc1} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_{T1}^2 + X_{T1}^2}} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{2.4^2 + 11.05^2}} \cong 26 \ kA$$

2- نجري حسابات القصر عند النقطة C وكالآتي :

- تهمل ممانعة قضيب التوزيع (B/B1,10 m) كما ورد سلفا ،
- للكيبل الثلاثي النحاسي $95 \ mm^2$ بطول 100 متر تحسب ممانعته كما يأتي :

$$R_{c2} = 23.7 \ x \ \frac{100}{95} = 25 \ m\Omega \quad , \quad Xc2 = 100 \times 0.08 = 8 \ m\Omega$$

لذا فان

$$R_{T2} = R_{T1} + R_{c2} = 25 + 2.4 = 27.4 \quad (m\Omega)$$

$$X_{T2} = X_{T1} + X_{c2} = 8.85 + 8 = 16.85 \quad (m\Omega)$$

$$I_{sc2} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_{T2}^2 + X_{T2}^2}} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{27.4^2 + 16.85^2}} = 7.54 \ kA$$

- كما نجري حسابات تيار القصر عند النقطة D :بإهمال ممانعة قضيب التوزيع B/B2 وبأخذ ممانعة الكيبل الثلاثي 10 ملم^2 بطول 20 متر نجد أن :

$$R_{c3} = 23.7 \ x \ \frac{20}{10} = 47.4 \ m\Omega$$

$$X_{c3} = 20 \times 0.08 = 1.6 \ m\Omega$$

$$R_{T3} = R_{T2} + R_{c3} = 27.4 + 47.4 = 74.8 \ m\Omega$$

$$X_{T3} = X_{T2} + X_{c3} = 16.85 + 1.6 = 18.45 \ m\Omega$$

$$I_{sc3} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_{T3}^2 + X_{T3}^2}} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{74.8^2 + 18.45^2}} = 3.15 \ kA$$

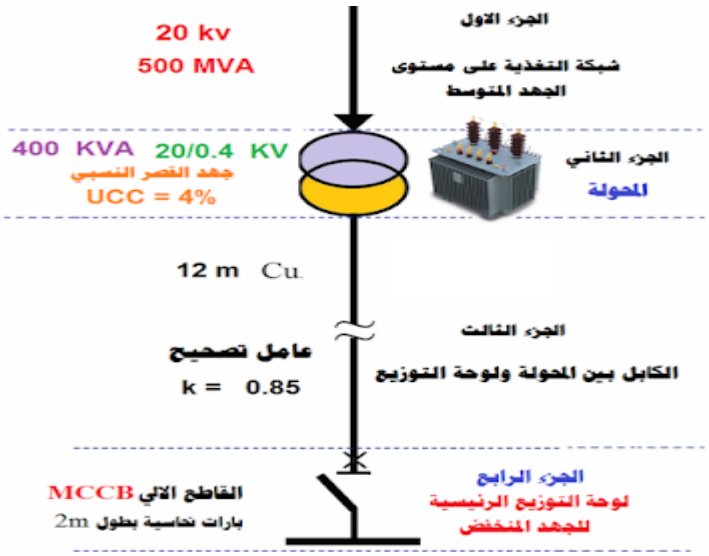
مثال أخر

قم بحساب تيار القصر لنموذج التوزيع شبكة الكهرباء التالية

المحول ذوسعة 400 كيلو فولت أمبير وكانت Ucc=4%

وكانت الكابلات نحاسية احادية بين المحول والقاطعNYY 12m نموذج التركيب E عامل تصحيح k0.85

اللوحة الرئيسية للتوزيع: القاطع الآليMCCB بارات نحاسية بطول 2 mمقطع 400 mm2 للطور
نظام التاريضTN-S



سيتم حساب تيار القصر على مختلف الحالات الممكنة

اولا"- حساب التيار الاسمي In للمحول ذات المواصفات السابقة:

في المحولات ثلاثية الطور ذات الجهد 0.4/20 kv يحسب التيار الاسمي جهة الجهد المنخفض بالتناسب مع استطاعة المحولة Sn بالعلاقة المبسطة التالية:

$$In(A) = 1.44Sn(kva)$$

وبالتالي فان التيار الاسمي للمحول على كل خط

$$In = 580\ A$$

وعلى اعتبار نموذج التركيب E للكابلات بين المحول وقاطع الجهد المنخفض مع عامل تصحيح0.85 k = فان التيار الذي على قيمته سيتم اختيار المقاطع المناسبة لتلك الكابلات يصبح

$$580/0.85=683A$$

من جداول الكابلات النحاسية الاحادية في المواصفة القياسية IEC 60364 ينتج لدينا امكانية اختيار كابل احادي مزدوج نحاسي لكل طور SPh=2x185mm2اما مقطع الناقل الحيادي فيمكن اختيار كابل واحد 185 mm2او كابلين نحاس بمقطع 295mm

ثانيا"- حساب تيار القصر:

Isc3 max = Cmax * Uo / √3.Zsc

حيث Uo قيمة الجهد بين طورين للمحولة على فراغ
حيث Cmax ثابت يؤخذ في حالة التيار الاعظمي بقيمة 1.05
حيث Zsc ممانعات الشبكة لطور واحد من مصدر التغذية الى نقطة العطل

ان ممانعة حلقة دارة العطل Zsc عند حدوثه على مخرج القاطع الالي تساوي مجموع ممانعة شبكة الجهد المتوسط والمحولة وممانعات الربط بين المحولة والقاطع الالي وممانعة القاطع الالي التي يمكن اعتبارها mΩ/pole R=0 X= 0.15

بالجدول التالى تم وضع وحساب كافة المعطيات اللازمة لحساب تيار القصر للمحول المطلوب

حساب المقاومة والمفاعلة للنواقل والبارات

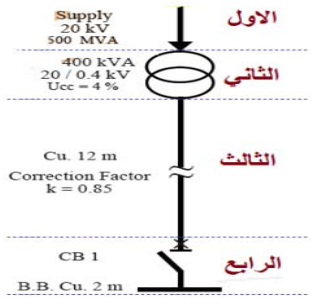
حساب المقاومة $Rc = \rho \times L / S$

حساب المفاعلة $Xc = \lambda \times L$

حيث أن قيمة المفاعلة الخطية " λ (mΩ/m) " لواحدة المتر الطولي محددة في الجدول التالي وذلك تبعاً لنوعية الناقل وطريقة تمديده .

	البارات	كابل ثلاثي	نواقل أحادية	نواقل أحادية	نواقل أحادية متباعدة	
النوعية وطريقة التمديد					d = 4 r	d = 2 r
قيمة " λ "	0.15	0.08	0.15	0.085	0.145	0.19

بعد إتمام العمليات الحسابية نحصل على النتائج التالية



الجزء	النوع	الطول	X (mΩ)	R (mΩ)	θ (°C)
الاول	شبكة التوتر المتوسط	----	0.314	0.064	----
الثاني	المحولة	----	15.21	4.95	----
الثالث	ناقل الطور 2 x 185 mm²	12 m	0.48	0.61	20 °C
				0.75	75 °C
	ناقل الحيادي 2 x 95 mm2	12 m	0.48	1.17	20 °C
				1.44	75 °C
الرابع	القاطع الآلي	----	0.15	0	----
	البارات 400 mm2	2 m	0.30	0.11	75 °C
----	ناقل الحماية " PE " 50 mm2	12 m	0.96	4.45	20 °C
				5.48	75 °C

الان سنقوم بحساب تيار القصر على اطراف الجهد المنخفض للمحول مباشرة: "

Zsc = 16.31mΩ

Isc3 max = 1.05 x 400/√3x16.31 = 14.9 Ka

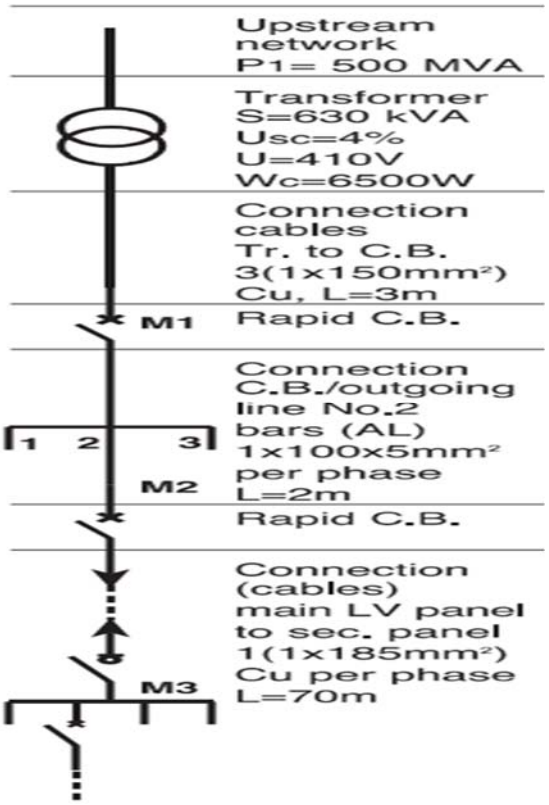
تيار القصر الاعظمي على مرابط القاطع الالي

Zsc = 17.1 mΩ

Isc3 max = 1.05 x 400/√3x17. 1 = 14.19 Ka

مثال آخر من دليل شنايدر 11/1

قم بحساب تيار القصر لمنظومة الكهرباء التالية على الباسبار M1-M2-M3



الحل كالتالى

نقوم بحساب المقاومات والممانعات لكل مكونات الشبكة من مصدر التغذية إلى كل مكان لعطل تيار القصر كالتالى

Part of installation	Resistances mΩ	Reactances mΩ
Upstream network P1= 500 MVA	$R1=\frac{412^2}{500}\times 0,15\times 10^{-3}$ $R1=0,05$	$X1=\frac{412^2}{500}\times 0,98\times 10^{-3}$ $X1=0,33$
Transformer S=630 kVA Usc=4% U=410V Wc=6500W	$R2=6500\times\frac{412^2}{630^2}\times 10^{-3}$ $R2=2,75$	$X2=\sqrt{\{\frac{4}{100}\times\frac{412^2}{630^2}\}^2-(2,75)^2}$ $X2=10,31$
Connection cables Tr. to C.B. 3(1x150mm²) Cu, L=3m	$R3=\frac{22,5\times 3}{150\times 3}$ $R3=0,15$	$X3=0,12\times\frac{3}{3}$ $X3=0,12$
M1 Rapid C.B.	$R4=0$	$X4=0$
Connection C.B./outgoing line No.2 bars (AL) 1x100x5mm² per phase L=2m (1 2 3, M2)	$R5=\frac{36\times 2}{500}$ $R5=0,14$	$X5=0,15\times 2$ $X5=0,30$
Rapid C.B.	$R6=0$	$X6=0$
Connection (cables) main LV panel to sec. panel 1(1x185mm²) Cu per phase L=70m (M3)	$R7=22,5\times\frac{70}{185}$ $R7=8,51$	$X7=0,12\times 70$ $X7=8,40$

بعد ذلك نقوم بحساب تيار القصر من المعادلة التالية لكل موقع تيار العطل M1-M2-M3

$$Isc = \frac{Uo}{\sqrt{3} \times \sqrt{Rt^2 + Xt^2}} \text{ kA}$$

Resistances mΩ	Reactances mΩ	Isc kA
at Rt1= R1+R2+R3 M1 Rt1= 2,95	Xt1= X1+X2+X3 Xt1= 10,76	$\frac{410}{\sqrt{3}\sqrt{(2,95^2 + 10,76^2)}} = 21,2$ kA
at Rt2= Rt1+R4+R5 M2 Rt2= 3,09	Xt2= Xt1+X4+X5 Xt2= 11,06	$\frac{410}{\sqrt{3}\sqrt{(3,09^2 + 11,06^2)}} = 20,6$ kA
at Rt3= Rt2+R6+R7 M3 Rt3= 11,6	Xt3= Xt2+X6+X7 Xt3= 19,46	$\frac{410}{\sqrt{3}\sqrt{(11,6^2 + 19,46^2)}} = 10,4$ kA

ملاحظات هامة :-

1- يمكن إيجاد قيم المفاعلة إلى Induction and Synchronous Machine

Reactance Values for Induction and Synchronous Machine

	X" Subtransient
Salient pole Gen 12 pole	0.16
14 pole	0.21
Synchronous motor 6 pole	0.15
8-14 pole	0.20
Induction motor above 600V	0.17
Induction motor below 600V	0.25

2- تيار العطل للمحركات الكهربائية

فى لحظة وقوع عطل قصر الدارة تعمل المحركات الكهربائية كمولدات وتقوم بتغذية العطل نفسه بصورة عامة فإن التيار الذى تسببه هذه المحركات يمهل اذا كان مجموع قدرة المحرك أو المحركات أقل من 25% من قدرة المحول الذى يغذيها وخلاف ذلك يتم أخذه بعين الإعتبار بموجب الآتى

للمحرك المفرد Iscm=3.5 In

لمحركين متشابهين يعملان سويا Iscm=3.5(2 x In)

لعدد m من المحركات المتشابهة تعمل سويا ISCM=3.5(m In)

هذه للمحركات 3 فاز

طريقة حساب تيار القصر حسب IEC60909

يتم حساب الممانعات لكل عنصر من عناصر الشبكة من مصدر التغذية إلى مكان وقوع تيار القصر

أولا:- شبكة التوزيع

يجب معرفة تيار القصر لشبكة التوزيع ويمكن معرفتها من الجدول الأسترشادى التالى بناءا على الجهد للشبكة

Distribution network voltage [kV]	Short-circuit apparent power Current European practice [MVA]	Short-circuit apparent power Current North-American practice [MVA]
7.2–12–17.5-24	500	500
36	1000	1500
52–72.5	3000	5000

ثم نقوم بالتعويض فى القانون التالى لمعرفة الممانعة للشبكة

$$Z_{knet} = \frac{U_n^2}{S_{knet}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{knet}}$$

ثانيا :- المولدات

يتم حساب الممانعة للمولد بناءا على الحمل المقنن والجهد والمفاعلة للمولد

from 10% to 20% smooth rotor (isotropic machines)

from 15% to 30% salient pole rotor (anisotropic machine

$$X''_d = \frac{x''_d}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n}$$

Rated apparent power **Sn**

Rated voltage **Un**

Sub transient reactance **X"d**

ثالثا:- المحولات

يتم حساب الممانعة للمحول بناءا على الحمل المقنن و الجهد الأبتدائى والثانوى له مع قيمة جهد القصر مابين 4 إلى 8 فى المائة

$$Z_{TR} = \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_{2n}^2}{S_n}$$

Rated apparent power **Sn** •

Primary rated voltage **V1n** •

Secondary rated voltage **V2n** •

Short-circuit voltage **Vk%**

Rated apparent power S_n [kVA]	Short-circuit voltage $v_{k\%}$
≤ 630	4
630 < S_n ≤ 1250	5
1250 < S_n ≤ 2500	6
2500 < S_n ≤ 6300	7
6300 < S_n ≤ 25000	8

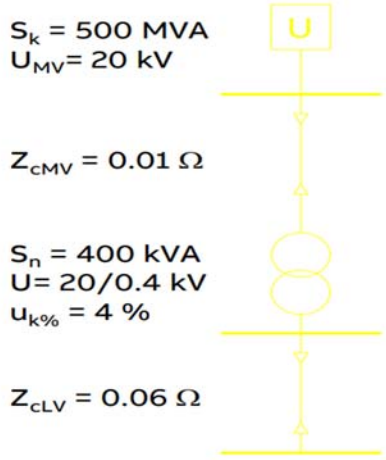
رابعا:- المحركات غير المتزامنة

فى حالة حدوث تيار قصر للموتور فإنه يعمل كمولد مع قيمة Xd من 20 إلى 25%مع إفتراض أن التيار له يساوى 4 إلى 6 أضعاف التيار المقنن له

$$\left(\sum I_{nM} > \frac{I_k}{100}\right)$$

(Ik short-circuit without motor contribution)

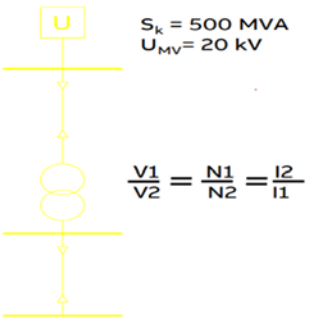
مثال قم بحساب تيار القصر لبسبار اللوحة K لمنظومة التوزيع التالية بناءا على طريقة IEC60909



اولا:- حساب الممانعة لشبكة التغذية

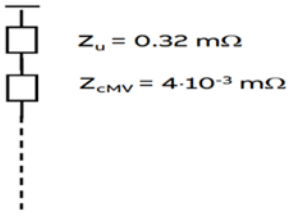
$$Z_{u20kV} = \frac{U^2}{S_k} = \frac{(20\cdot 10^3)^2}{(500\cdot 10^6)} = 0.8\Omega$$

$$Z_{u400V} = Z_{u20kV}\cdot\frac{(400)^2}{(20000)^2} = 3.2\cdot 10^{-4}\Omega$$



ثانيا :- حساب الممانعة لكابل الجهد المتوسط

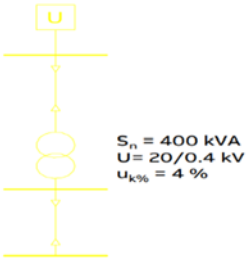
$$Z_{cMV400V} = Z_{cMV20kV} \cdot \frac{(400)^2}{(20000)^2} = 4 \cdot 10^{-6}\Omega$$

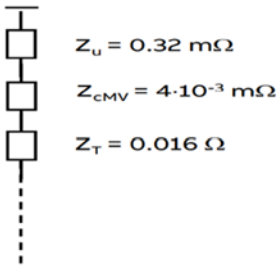


ثالثا :- حساب الممانعة للمحول

من الجدول السابق تكون قيمة Uk للمحول ذو سعة 400 كيلو فولت أمبير تساوى 4%

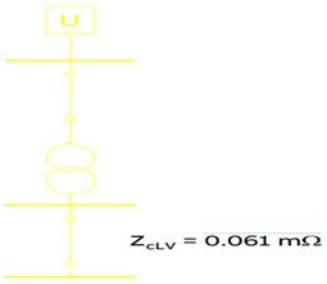
$$Z_T = \frac{u_{k\%}}{100}\frac{U_{nLV}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \cdot \frac{(400)^2}{400 \cdot 10^3} = 0.016\Omega$$

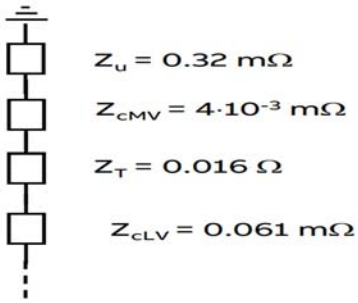




رابعا :- حساب الممانعة لكابل الجهد المنخفض

سوف نقوم باختيارها من جداول الكابلات من الشركات المصنعة ولتكن قيمة الممانعة للكابل 0.061 mΩ

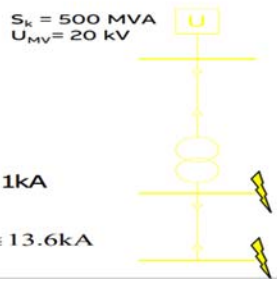


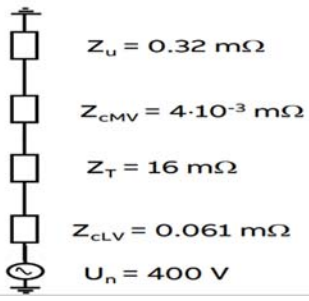


بعد ذلك نقوم بالتعويض فى قانون تيار القصر عند الباسبار رقم F

$$I_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (Z_u + Z_{cMV} + Z_T)} \cong 14.1kA$$

$$I_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (Z_u + Z_{cMV} + Z_T + Z_{cLV})} \cong 13.6kA$$





- طريقة MVA Method :-

في الأساس ، طريقة MVA هي تعديل للطريقة الأومية التي تكون فيها مقاومة الدائرة هي مجموع ممانعات المكونات المختلفة للدائرة .

لماذا يفضل أسلوب MVA مقارنة بالطرق الأخرى؟

من الطرق السابقة وجدنا بعض الصعوبات فى حفظ المعادلات أما طريقة MVAفلاتعتمد على حفظ أى معادلات ولذلك يفضل إستخدامها .

طريقة MVA ، ليس من الضروري تحويل الممانعات من جهد إلى آخر كما في الطريقة الأومية .ولا يشترط أي قيمة أساسية للقيمة المضافة كما في طريقة كل وحدة .لذا فإن العمليات الحسابية باستخدام طريقة MVA هي حسابات يدوية بسيطة وسريعة أيضًا.

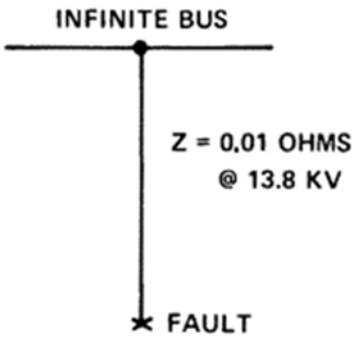
$$Y = \frac{1}{Z_{ohms}} \quad (1)$$

$$KVA_{sc} = 1000 \times (KV)^2 \times Y \quad (2)$$

$$MVA_{sc} = (KV)^2 \times Y \quad (3)$$

$$MVA_{sc} = \frac{MVA}{Z_{pu}}. \quad (4)$$

Y	admittance of a circuit
Z_{ohms}	impedance in ohms
Z_{pu}	impedance in per unit
KV	line to line voltage
KVA_{sc}	short circuit KVA
MVA_{sc}	short circuit MVA



$$I_{sc} = V/Z$$

$$\sqrt{3}\,(\sqrt{3}\,V)\,I_{SC} = \sqrt{3}\,(\sqrt{3}\,V)\,V/Z$$

$$\sqrt{3}\,E\,I_{SC} = E^2/Z$$

$$VA_{SC} = E^2/Z$$

$$KVA_{SC} = 1000\,(KV)^2/Z$$

$$MVA_{SC} = KV^2/Z$$

$E = \sqrt{3}\,V$

I SC = SHORT CIRCUIT CURRENT IN AMPERES

E = LINE TO LINE VOLTAGE IN VOLTS

V = LINE TO NEUTRAL VOLTAGE IN VOLTS

Z = LINE TO NEUTRAL IMPEDANCE IN OHMS

MVA SC = SHORT CIRCUIT MVA

Fig. 1. One line diagram.

الخطوات الرئيسية لحساب تيار العطل بطريقة MVA Method

1- حساب قيمة M لكل عنصر من عناصر الشبكة التالية

- المحولات
- المولدات
- المحركات
- الكابلات
- **بالنسبة للمحولات والمحركات والمولدات** تكون قدرتها المقننة تكون معلومة كما أنه يمكن من لوحات Name Plate معرفة Xpuبالتالى تكون المعادلة

$$M(gen, motor, transf) = \frac{MVA_{raterd}}{X_{p.u}}$$

بالنسبة للكابلات

فى الغالب تكون المعلومات المعروفة للكابلات هى قيم المقاومة بالأوم ، ولذلك فمن المناسب استخدام المعادلة التالية لحساب قيمة M الخاصة بالكابلات:

$$M_{cable} = \frac{(KV_L)^2}{|Z_C|\ (\Omega)}$$

2- حساب القيمة المكافئة لقيمة M على النحو التالى

القيمة المكافئة لمجموعة من ال M موصلة التوازى تحسب وكأنها موصلة على التوالى.

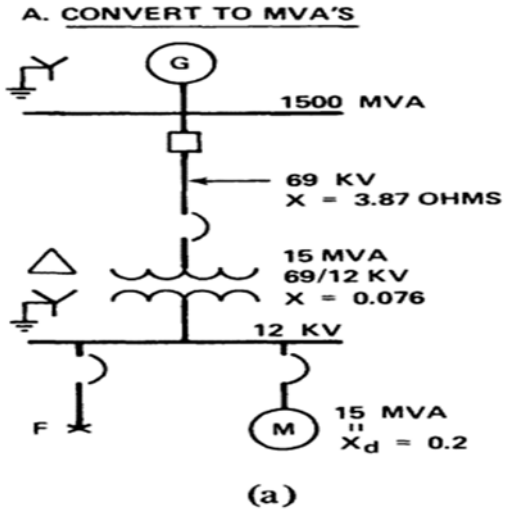
القيمة المكافئة لمجموعة من ال M موصلة التوالى تحسب وكأنها موصلة على التوازى.

3-تطبق الخطوة السابقة من مصدر تغذية الأعطال سواء مولد او محرك بإتجاه نقطة العطل حتى نصل إلى نهاية العطل

ثم نطبق فى القانون التالى حيث أن Kv هو جهد المنطقة التى بها العطل

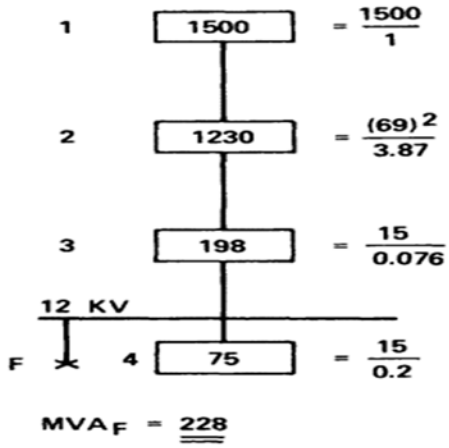
$$I_{SC} = \frac{MVA_{SC}}{\sqrt{3}(kV)}$$

مثال رقم 1 قم بإستخدام طريقة MVA لحساب تيار العطل لنظام كهرباء التوزيع التالى عند البسبار رقم F



(a)

نقوم بحساب القيمة المكافئة MVA لعناصرالنظام كالتالى



(b)

$$MVA_{1,2} = \frac{1500 \times 1230}{1500 + 1230} = 675$$

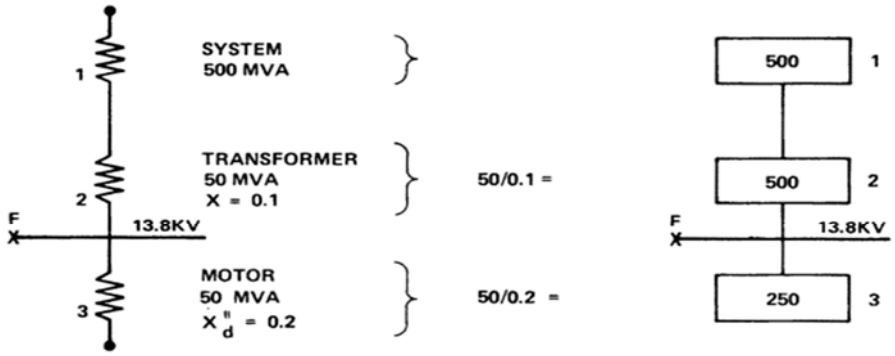
(this is the new MVA_1)

$$MVA_{1,3} = \frac{675 \times 198}{675 + 198} = 153$$

$$MVA_{1+4} = MVA_1 + MVA_4 = 153 + 75 = 228$$

$$I_{12} = \frac{228 \times 1000}{\sqrt{3} \times 12} = 11\,000 \text{ A.}$$

مثال رقم 2 قم بإستخدام طريقة MVA لحساب تيار العطل لنظام كهرباء التوزيع التالى عند البسبار رقم F



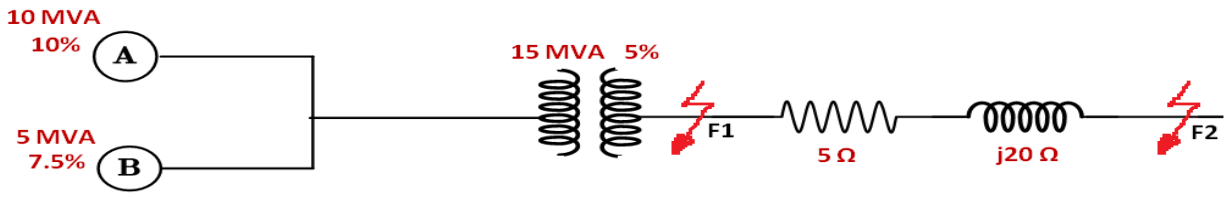
$MVA_{1,2} = MVA_1 \times MVA_2 / MVA_1 + MVA_2$

$= 500 \times 500 / 500 + 500 = 250$

$MVA_{1+3} = 250 + 250 = 500$

$I_{SC} = 500 \times 1000 / \sqrt{3} \times 13.8 = 20900$ AMPS

مثال رقم 3 قم بإستخدام طريقة MVA لحساب تيار العطل لنظام كهرباء التوزيع التالى عند نقطة رقم F1&F2



يتكون المخطط السابق من مولد رقم أ بسعة 10 ميجا فولت أمبير ومولد رقم ب بسعة 5 ميجا فولت أمبير

ومحول بسعة 15 ميجا فولت أمبير لتحويل من 11 إلى 33 كيلو فولت وخط النقل Impedance Z = 5+j20 ohms

الحل كالتالى :-

الخطوة الأولى :- تحويل جميع مكونات الخط الأحادي في SLD المعطى إلى تيار القصر MVA

المولد رقم -أ

MVA1 = MVA/Sub-transient reactance of generator in per unit

MVA1 =10/0.1=100

المولد رقم -ب

Short Circuit of MVA of Generator-B MVA2 = MVA/Sub-transient reactance of generator in per unit

MVA2 =5/0.075=66.67

المحول

Short Circuit of MVA of Transformer MVA3 = MVA/Impedance in per unit

MVA3=15/0.05=300

خط النقل

Impedance Z = 5+j20 ohms

Z= sqrt(5*5+20*20)

Z= sqrt(25+400)

Z=sqrt(425)

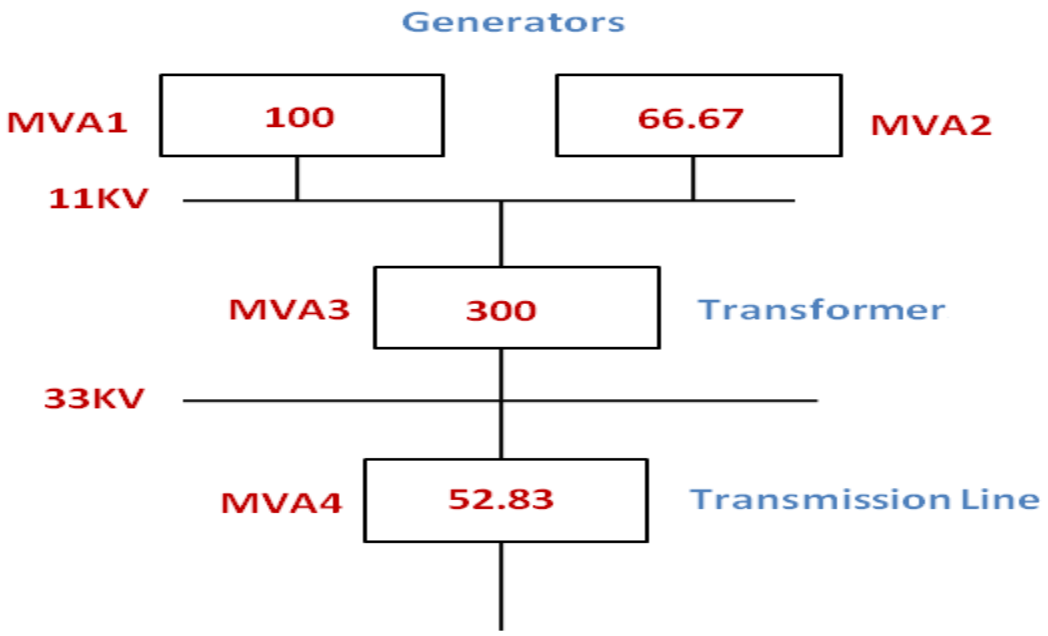
Z=20.615 ohms

بما أن الجهد على خط النقل يساوى 33 كيلو فولت

Short Circuit of MVA of Transmission Line MVA4 = KV2/Impedance in ohms

MVA4= 33*33/20.615 = 52.83

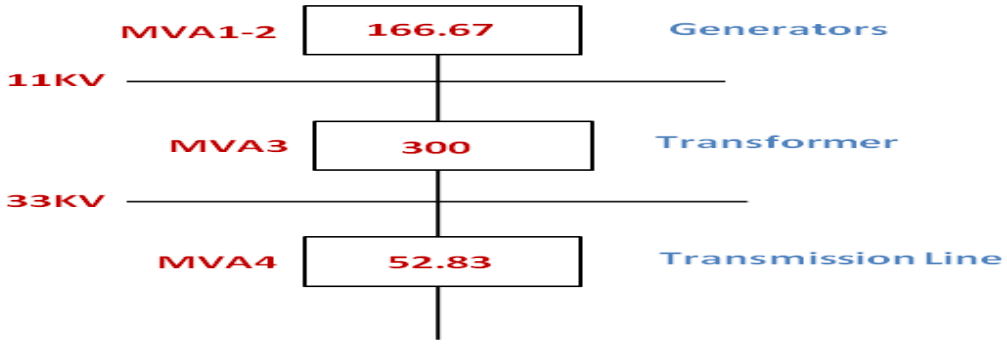
الخطوة الثانية :- باستخدام قيم MVA للدائرة القصيرة المذكورة أعلاه لكل مكون في SLD ، ارسم مخطط MVA كما هو موضح أدناه.



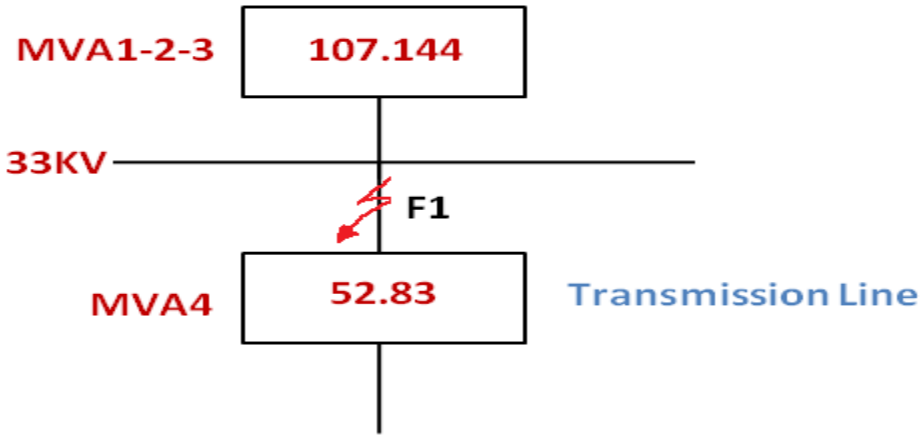
الخطوة الثالثة :-نقوم بجمع قيم MVA (بالتوالى أو التوازى حسب وضع كل عنصر فى الشبكة)

1- مولدان متصلان على التوازى

Combined MVA1-2= MVA1 + MVA2 = 100 + 66.67 =166.67



MVA1-2 is in series with MVA-3



Total Short circuit MVA up to the fault F1= Combined MVA1-2-3= (MVA1-2 * MVA3)/ (MVA1-2 + MVA3)

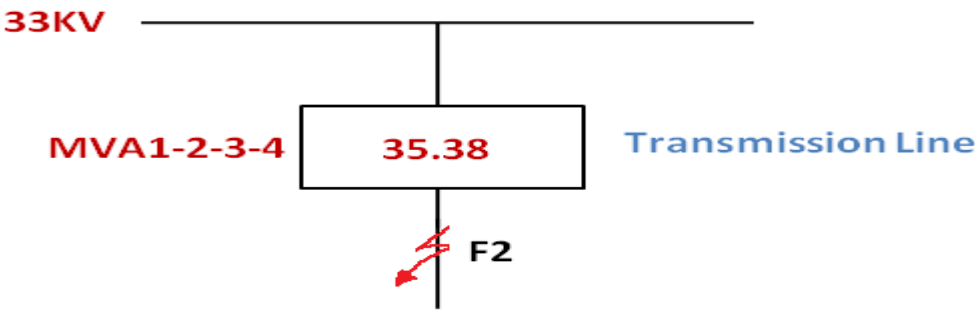
MVA1-2-3= (166.67 *300)/ (166.67 +300) =107.144

إذا حساب تيار القصر عند F1 يساوى 107

Total Short circuit MVA up to the fault F1=107.144

Short Circuit Current at F1 = Total Short circuit MVA up to the fault*1000/ (1.732 * KV) = 107.144*1000/ (1.732*33) =1874.58A

بنفس الخطوات السابقة نقوم بحساب تيار القصر على F2



Total Short circuit MVA up to the fault F2= Combined MVA1-2-3-4= (MVA1-2-3* MVA4)/ (MVA1-2-3 + MVA4)

MVA1-2-3-4= (107.144*52.83)/ (107.144 +52.83) =35.38

- Total Short circuit MVA up to the fault F2=35.38
- Short Circuit Current at F2 = Total Short circuit MVA up to the fault*1000/ (1.732 * KV) = 35.38*1000/ (1.732*33) =619A

- **طريقة Basic Point-to-Point**

الخطوات الرئيسية لحساب تيار العطل بطريقة Basic Point-to-Point Method

1- حساب التيار الكلى للمحول من المعادلات التالية

3Ø Transformer $$I_{F.L.A.} = \frac{kVA \times 1000}{E_{L-L} \times 1.732}$$

1Ø Transformer $$I_{F.L.A.} = \frac{kVA \times 1000}{E_{L-L}}$$

$$Multiplier = \frac{100}{*\%\, Z_{transformer}}$$

2-نقوم بإيجاد قيمة الممانعة للمحول من الجدول التالى

Table 1. Short-Circuit Currents Available from Various Size Transformers

(Based upon actual field nameplate data or from utility transformer worst case impedance)

Voltage and Phase	kVA	Full Load Amps	% Impedance†† (Nameplate)	Short Circuit Amps‡
120/240 1 ph.*	25	104	1.5	12175
	37.5	156	1.5	18018
	50	208	1.5	23706
	75	313	1.5	34639
	100	417	1.6	42472
	167	696	1.6	66644
120/208 3 ph.**	45	125	1.0	13879
	75	208	1.0	23132
	112.5	312	1.11	31259
	150	416	1.07	43237
	225	625	1.12	61960
	300	833	1.11	83357
	500	1388	1.24	124364
	750	2082	3.50	66091
	1000	2776	3.50	88121
	1500	4164	3.50	132181
	2000	5552	4.00	154211
	2500	6940	4.00	192764
277/480 3 ph.**	75	90	1.00	10035
	112.5	135	1.00	15053
	150	181	1.20	16726
	225	271	1.20	25088
	300	361	1.20	33451
	500	602	1.30	51463
	750	903	3.50	28672
	1000	1204	3.50	38230
	1500	1806	3.50	57345
	2000	2408	4.00	66902
	2500	3011	4.00	83628

* Single-phase values are L-N values at transformer terminals. These figures are based on change in turns ratio between primary and secondary, 100,000 KVA primary, zero feet from terminals of transformer, 1.2 (%X) and 1.5 (%R) multipliers for L-N vs. L-L reactance and resistance values and transformer X/R ratio = 3.

Impedance Data for Single-Phase Transformers

kVA 1Ø	Suggested X/R Ratio for Calculation	Normal Range of Percent Impedance (%Z)*	Impedance Multipliers** For Line-to-Neutral Faults for %X	for %R
25.0	1.1	1.2–6.0	0.6	0.75
37.5	1.4	1.2–6.5	0.6	0.75
50.0	1.6	1.2–6.4	0.6	0.75
75.0	1.8	1.2–6.6	0.6	0.75
100.0	2.0	1.3–5.7	0.6	0.75
167.0	2.5	1.4–6.1	1.0	0.75
250.0	3.6	1.9–6.8	1.0	0.75
333.0	4.7	2.4–6.0	1.0	0.75
500.0	5.5	2.2–5.4	1.0	0.75

* National standards do not specify %Z for single-phase transformers. Consult manufacturer for values to use in calculation.

** Based on rated current of the winding (one–half nameplate kVA divided by secondary line-to-neutral voltage).

3-نقوم بإستخدام المعادلة التالية أو الجدول السابق لحساب تيار القصر للمحول

IS.C. = TransformerF.L.A. x Multiplier

4-نقوم بحساب قيمة Factor (F)من المعادلات التالية

3Ø Faults

$$f = \frac{1.732 \times L \times I_{3\emptyset}}{C \times n \times E_{L\text{-}L}}$$

1Ø Line-to-Line (L-L) Faults
See Note 5 & Table 3

$$f = \frac{2 \times L \times I_{L\text{-}L}}{C \times n \times E_{L\text{-}L}}$$

1Ø Line-to-Neutral (L-N) Faults
See Note 5 & Table 3

$$f = \frac{2 \times L \times I_{L\text{-}N}^{\dagger}}{C \times n \times E_{L\text{-}N}}$$

Where:

L = length (feet) of conductor to the fault.

C = constant from Table 4 of "C" values for conductors and Table 5 of "C" values for busway.

n = Number of conductors per phase (adjusts C value for parallel runs)

I = Available short-circuit current in amperes at beginning of circuit.

E = Voltage of circuit.

أما بالنسبة لقيمة C Factor تكون من الجداول التالية للموصلات سواء كابلات أو باسبار Busway

Conductors & Busways "C" Values

Table 4. "C" Values for Conductors

AWG or kcmil	Three Single Conductors Conduit Steel 600V	5kV	15kV	Nonmagnetic 600V	5kV	15kV	Three-Conductor Cable Conduit Steel 600V	5kV	15kV	Nonmagnetic 600V	5kV	15kV
Copper												
14	389	-	-	389	-	-	389	-	-	389	-	-
12	617	-	-	617	-	-	617	-	-	617	-	-
10	981	-	-	982	-	-	982	-	-	982	-	-
8	1557	1551	-	1559	1555	-	1559	1557	-	1560	1558	-
6	2425	2406	2389	2430	2418	2407	2431	2425	2415	2433	2428	2421
4	3806	3751	3696	3826	3789	3753	3830	3812	3779	3838	3823	3798
3	4774	4674	4577	4811	4745	4679	4820	4785	4726	4833	4803	4762
2	5907	5736	5574	6044	5926	5809	5989	5930	5828	6087	6023	5958
1	7293	7029	6759	7493	7307	7109	7454	7365	7189	7579	7507	7364
1/0	8925	8544	7973	9317	9034	8590	9210	9086	8708	9473	9373	9053
2/0	10755	10062	9390	11424	10878	10319	11245	11045	10500	11703	11529	11053
3/0	12844	11804	11022	13923	13048	12360	13656	13333	12613	14410	14119	13462
4/0	15082	13606	12543	16673	15351	14347	16392	15890	14813	17483	17020	16013
250	16483	14925	13644	18594	17121	15866	18311	17851	16466	19779	19352	18001
300	18177	16293	14769	20868	18975	17409	20617	20052	18319	22525	21938	20163
350	19704	17385	15678	22737	20526	18672	22646	21914	19821	24904	24126	21982
400	20566	18235	16366	24297	21786	19731	24253	23372	21042	26916	26044	23518
500	22185	19172	17492	26706	23277	21330	26980	25449	23126	30096	28712	25916
600	22965	20567	17962	28033	25204	22097	28752	27975	24897	32154	31258	27766
750	24137	21387	18889	29735	26453	23408	31051	30024	26933	34605	33315	29735
1,000	25278	22539	19923	31491	28083	24887	33864	32689	29320	37197	35749	31959
Aluminum												
14	237	-	-	237	-	-	237	-	-	237	-	-
12	376	-	-	376	-	-	376	-	-	376	-	-
10	599	-	-	599	-	-	599	-	-	599	-	-
8	951	950	-	952	951	-	952	951	-	952	952	-
6	1481	1476	1472	1482	1479	1476	1482	1480	1478	1482	1481	1479
4	2346	2333	2319	2350	2342	2333	2351	2347	2339	2353	2350	2344
3	2952	2928	2904	2961	2945	2929	2963	2955	2941	2966	2959	2949
2	3713	3670	3626	3730	3702	3673	3734	3719	3693	3740	3725	3709
1	4645	4575	4498	4678	4632	4580	4686	4664	4618	4699	4682	4646
1/0	5777	5670	5493	5838	5766	5646	5852	5820	5717	5876	5852	5771
2/0	7187	6968	6733	7301	7153	6986	7327	7271	7109	7373	7329	7202
3/0	8826	8467	8163	9110	8851	8627	9077	8981	8751	9243	9164	8977
4/0	10741	10167	9700	11174	10749	10387	11185	11022	10642	11409	11277	10969
250	12122	11460	10849	12862	12343	11847	12797	12636	12115	13236	13106	12661
300	13910	13009	12193	14923	14183	13492	14917	14698	13973	15495	15300	14659
350	15484	14280	13288	16813	15858	14955	16795	16490	15541	17635	17352	16501
400	16671	15355	14188	18506	17321	16234	18462	18064	16921	19588	19244	18154
500	18756	16828	15657	21391	19503	18315	21395	20607	19314	23018	22381	20978
600	20093	18428	16484	23451	21718	19635	23633	23196	21349	25708	25244	23295
750	21766	19685	17686	25976	23702	21437	26432	25790	23750	29036	28262	25976
1,000	23478	21235	19006	28779	26109	23482	29865	29049	26608	32938	31920	29135

Note: These values are equal to one over the impedance per foot and based upon resistance and reactance values found in IEEE Std 241-1990 (Gray Book), IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commerical Buildings & IEEE Std 242-1986 (Buff Book), IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. Where resistance and reactance values differ or are not available, the Buff Book values have been used. The values for reactance in determining the C Value at 5 KV & 15 KV are from the Gray Book only (Values for 14-10 AWG at 5 kV and 14-8 AWG at 15 kV are not available and values for 3 AWG have been approximated).

Table 5. "C" Values for Busway

Ampacity	Busway Plug-In Copper	Feeder Aluminum	Feeder Copper	High Impedance Aluminum	High Impedance Copper
225	28700	23000	18700	12000	—
400	38900	34700	23900	21300	—
600	41000	38300	36500	31300	—
800	46100	57500	49300	44100	—
1000	69400	89300	62900	56200	15600
1200	94300	97100	76900	69900	16100
1350	119000	104200	90100	84000	17500
1600	129900	120500	101000	90900	19200
2000	142900	135100	134200	125000	20400
2500	143800	156300	180500	166700	21700
3000	144900	175400	204100	188700	23800
4000	—	—	277800	256400	—

Note: These values are equal to one over the impedance per foot for impedance in a survey of industry.

5-نقوم بحساب قيمة Multiplier (M)من المعادلة التالية بمعلومية قيمة F أو من الجدول التالى أيضا مباشرة

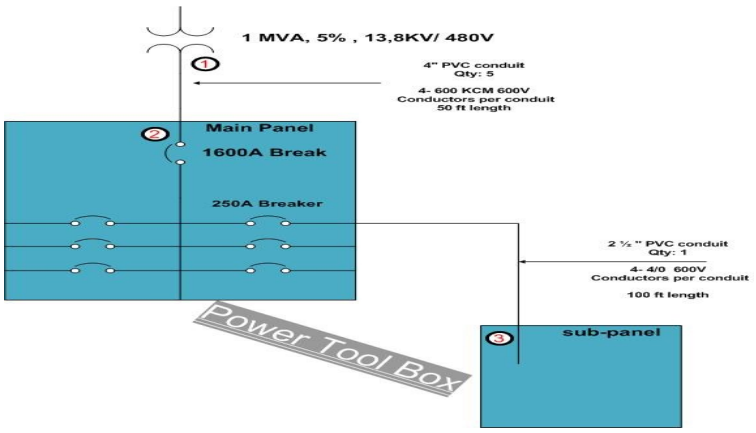
$$M = \frac{1}{1+f}$$

f	M	f	M	f	M
0.01	0.99	0.50	0.67	7.00	0.13
0.02	0.98	0.60	0.63	8.00	0.11
0.03	0.97	0.70	0.59	9.00	0.10
0.04	0.96	0.80	0.55	10.00	0.09
0.05	0.95	0.90	0.53	15.00	0.06
0.06	0.94	1.00	0.50	20.00	0.05
0.07	0.93	1.20	0.45	30.00	0.03
0.08	0.93	1.50	0.40	40.00	0.02
0.09	0.92	1.75	0.36	50.00	0.02
0.10	0.91	2.00	0.33	60.00	0.02
0.15	0.87	2.50	0.29	70.00	0.01
0.20	0.83	3.00	0.25	80.00	0.01
0.25	0.80	3.50	0.22	90.00	0.01
0.30	0.77	4.00	0.20	100.00	0.01
0.35	0.74	5.00	0.17		
0.40	0.71	6.00	0.14		

مثال حساب تيار القصر لمنظومة توزيع كهرباء بطريقة Point to Point Method

مثال رقم -1

من الشكل التالى لمنظومة توزيع الكهرباء قم بحساب تيار القصر عند النقطة 1 و2 و3 حسب طريقة Point to Point method



1-حسابات تيار القصر عند النقطة رقم 1 :-

أولا:- نقوم بحساب FLC للمحول ذو سعة 1 ميجا من القانون التالى

I F.L = P / (1.73 * V L-L)

I F.L = 1,000,000/ 1.73*480 = 1,202 A

ثانيا:- نقوم بحساب تيار القصر عند المحول بقسمة FLC / Z%

I S.C. 3 ph for point 1 = 1202 /0.05 = 24,506 A or 24.5 KA

إذا نقوم بضربها فى معامل أمان وبذلك تكون هذه قيمة تيار القصر على الباسبار رقم 1

2-حسابات تيار القصر عند النقطة رقم 2 :-

من المثال نجد أن طول الكابل يساوى 50 قدم

سوف نقوم بإستخدام أحد المعادلات التالية طبقا لنوع تيار القصر

F = (1.73 * L* I S.C. 3 ph.) / (C *n*V L-L); F for the three-phase fault ——– [1]
F = (2 * L* I S.C. L-L) / (C *n*V L-L); F for line to line fault ——– [2]
F = (2 * L* I S.C. L-N) / (C *n*V L-N); F for Line to Neutral fault ——–[3]

سوف نقوم بإستخدام النوع الأول وهو وجود قصر بين الأوجه الثلاثه نظرا لكبر تيار القصر لهذا النوع

أما قيمة C فهى معامل الكابل سوف نستخدمها من الجدول التالى و n هى عدد الكابلات المسحوبه و Lهو طول الكابل

Conductors & Busways "C" Values

Table 4. "C" Values for Conductors

Copper													
AWG or kcmil	Three Single Conductors						Three-Conductor Cable					
	Conduit						Conduit					
	Steel			Nonmagnetic			Steel			Nonmagnetic		
	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV
14	389	-	-	389	-	-	389	-	-	389	-	-
12	617	-	-	617	-	-	617	-	-	617	-	-
10	981	-	-	982	-	-	982	-	-	982	-	-
8	1557	1551	-	1559	1555	-	1559	1557	-	1560	1558	-
6	2425	2406	2389	2430	2418	2407	2431	2425	2415	2433	2428	2421
4	3806	3751	3696	3826	3789	3753	3830	3812	3779	3838	3823	3798
3	4774	4674	4577	4811	4745	4679	4820	4785	4726	4833	4803	4762
2	5907	5736	5574	6044	5926	5809	5989	5930	5828	6087	6023	5958
1	7293	7029	6759	7493	7307	7109	7454	7365	7189	7579	7507	7364
1/0	8925	8544	7973	9317	9034	8590	9210	9086	8708	9473	9373	9053
2/0	10755	10062	9390	11424	10878	10319	11245	11045	10500	11703	11529	11053
3/0	12844	11804	11022	13923	13048	12360	13656	13333	12613	14410	14119	13462
4/0	15082	13606	12543	16673	15351	14347	16392	15890	14813	17483	17020	16013
250	16483	14925	13644	18594	17121	15866	18311	17851	16466	19779	19352	18001
300	18177	16293	14769	20658	18975	17409	20617	20052	18319	22525	21938	20163
350	19704	17385	15678	22737	20526	18672	22646	21914	19821	24904	24126	21982
400	20566	18235	16366	24297	21786	19731	24253	23372	21042	26916	26044	23518
500	22185	19172	17492	26706	23277	21330	26980	25449	23126	30096	28712	25916
600	22965	20567	17962	28033	25204	22097	28752	27975	24897	32154	31258	27766
750	24757	21587	18889	29752	26455	23468	31051	30824	26955	34805	33515	29753
1,000	25278	22539	19923	31491	28083	24887	33864	32689	29320	37197	35749	31959
Aluminum												
14	237	-	-	237	-	-	237	-	-	237	-	-
12	376	-	-	376	-	-	376	-	-	376	-	-
10	599	-	-	599	-	-	599	-	-	599	-	-
8	951	950	-	952	951	-	952	951	-	952	952	-
6	1481	1476	1472	1482	1479	1476	1482	1480	1478	1482	1481	1479
4	2346	2333	2319	2350	2342	2333	2351	2347	2339	2353	2350	2344
3	2952	2928	2904	2961	2945	2929	2963	2955	2941	2966	2959	2949
2	3713	3670	3626	3730	3702	3673	3734	3719	3693	3740	3725	3709
1	4645	4575	4498	4678	4632	4580	4686	4664	4618	4699	4682	4646
1/0	5777	5670	5493	5838	5766	5646	5852	5820	5717	5876	5852	5771
2/0	7187	6968	6733	7301	7153	6986	7327	7271	7109	7373	7329	7202
3/0	8826	8467	8163	9110	8851	8627	9077	8981	8751	9243	9164	8977
4/0	10741	10167	9700	11174	10749	10387	11185	11022	10642	11409	11277	10969
250	12122	11460	10849	12862	12343	11847	12797	12636	12115	13236	13106	12661
300	13910	13009	12193	14923	14183	13492	14917	14698	13973	15495	15300	14659
350	15484	14280	13288	16813	15858	14955	16795	16490	15541	17635	17352	16501
400	16671	15355	14188	18506	17321	16234	18462	18064	16921	19588	19244	18154
500	18756	16828	15657	21391	19503	18315	21395	20607	19314	23018	22381	20978
600	20093	18428	16484	23451	21718	19635	23633	23196	21349	25708	25244	23295
750	21766	19685	17686	25976	23702	21437	26432	25790	23750	29036	28262	25976
1,000	23478	21235	19006	28779	26109	23482	29865	29049	26608	32938	31920	29135

F = (1.73 * L* I S.C. 3 ph) / (C *n*V L-L)

F = (1.73 *50 *24,506) / (28,303*5*480) = 0.031206

بعد ذلك نقوم بإيجاد قيمة M وهى Multiplier

M = 1/(1+F) = 0.969738.

أخيرا نقوم بضرب M فى تيار القصر السابق عند النقطة رقم 1 لحساب تيار القصر عند النقطة رقم 2

I S.C. 3 ph for point 2 = 24506* M = 24506*0.969738 = 23,764 A or 23.7 KA

3-حسابات تيار القصر عند النقطة رقم 3 :-

نقوم مثل الخطوات السابقة بحساب قيمة C للكابل من الجدول السابق ثم بالتعويض فى المعادلة

F = (1.73 * L* I S.C. 3 ph at point 2) / (C *n*V L-L)

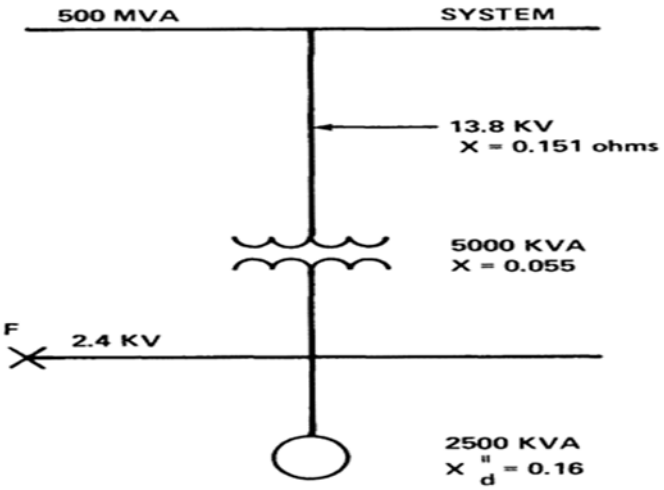
F = (1.73 *100*23,764) / (16673*1*480) = 0.51370

M = 1/(1+F) = 1/1.51370 = 0.6606

I S.C 3 ph for point 3 = 23,764 *0.6606 = 15,699 A or 15.7 KA

مثال شامل

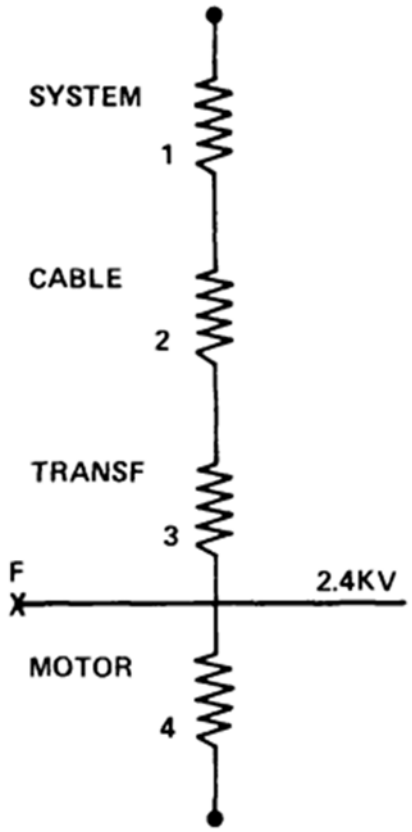
من الشكل التالىone line diagram قم بإستخدام طرق المعادلات المختلفة لحساب تيار القصر عند البسبار رقم F



الحل كالتالى :-

أولا:- أستخدام طريقة قانون أوم

OHMIC METHOD	
SYSTEM 1.	$X = \frac{1000 \times (KV)^2}{KVA_b} = \frac{1000 \times (13.8)^2}{500000} = 0.38 \text{ OHMS}$
13.8KV FEEDER 2.	$X = 0.151 \text{ OHMS}$
TRANSFORMER 3.	$X = \frac{1000 \times (X \text{ P.U.}) \times (KV)^2}{KVA_b} = \frac{1000 \times 0.055 \times (2.4)^2}{5000} = 0.063 \text{ OHMS}$
MOTOR 4.	$X = \frac{1000 \times (XP.U.) \times (KV)^2}{KVA_b} = \frac{1000 \times 0.16 \times (2.4)^2}{2500} = 0.369 \text{ OHMS}$



$X_1 = 0.380 \text{ OHMS @ } 13.8KV$

$X_2 = 0.151 \text{ OHMS @ } 13.8KV$

$X_{1,2} = 0531 \text{ OHMS @ } 13.8KV$

$X_{1,2} = (0.531) \times (0.03) \text{ @ } 2.4KV \text{ (**)}$

$= 0.016 \text{ OHMS @ } 2.4KV$

$X_3 = 0.063 \text{ OHMS @ } 2.4KV$

$X_F = 0.079 \text{ OHMS @ } 2.4KV$

$MVA_F = \frac{(KV)^2}{X_F} = \frac{(2.4)^2}{0.079} = 72.8$

$X_4 = 0.369 \text{ OHMS @ } 2.4KV$

$X_{F+M} = \frac{(0.079) \times (0.369)}{(0.079) + (0.369)} = 0.0656 \text{ OHMS}$

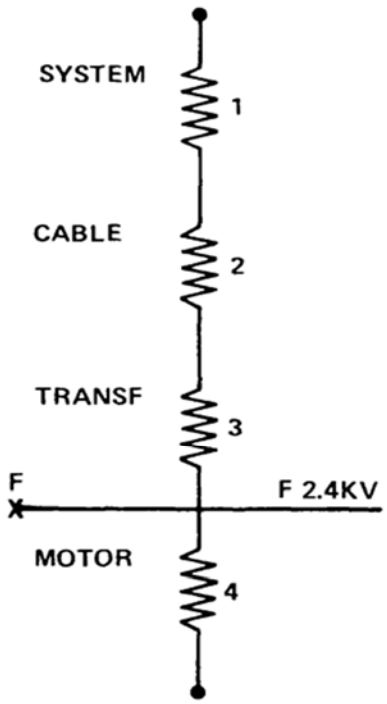
$MVA_{F+M} = \frac{(KV)^2}{X_F} = \frac{(2.4)^2}{0.0656} = 88$

** $OHMS_{2.4} = OHMS_{13.8} \times (2.4/13.8)^2$

$= OHMS_{13.8} \times (0.03)$

ثانيا :- طريقة Per Unit Method عند فرض KVA 500000 Base point

PER UNIT METHOD (500000 KVA BASE)	
SYSTEM 1.	$X_{P.U.} = \frac{\text{BASE KVA} \times (1)}{\text{KVA S.C.}} = \frac{500000 \times 1}{500000} = 1.000$
13.8KV FEEDER 2.	$X_{P.U.} = \frac{(\text{OHMS}) \times (\text{BASE KVA})}{1000 \times (\text{KV})^2} = \frac{(0.151) \times (500000)}{(13.8)^2 \times 1000} = 0.396$
TRANSFORMER 3.	$X_{P.U.} = \frac{(\text{X P.U.}) \times (\text{BASE KVA})}{\text{KVA}_T} = \frac{(0.055) \times (500000)}{5000} = 5.500$
MOTOR 4.	$X_{P.U.} = \frac{(\text{XP.U}) \times (\text{BASE KVA})}{\text{KVAm}} = \frac{(0.16) \times (500000)}{2500} = 32.000$



PER UNIT METHOD

BASE MVA = 500

$X_1 = 1.000$

$X_2 = 0.396$

$X_3 = 5.500$

$X_F \quad 6.896$

$MVA_F = 500/6.896 = 72.6$ WITHOUT MOTOR CONTRIBUTION

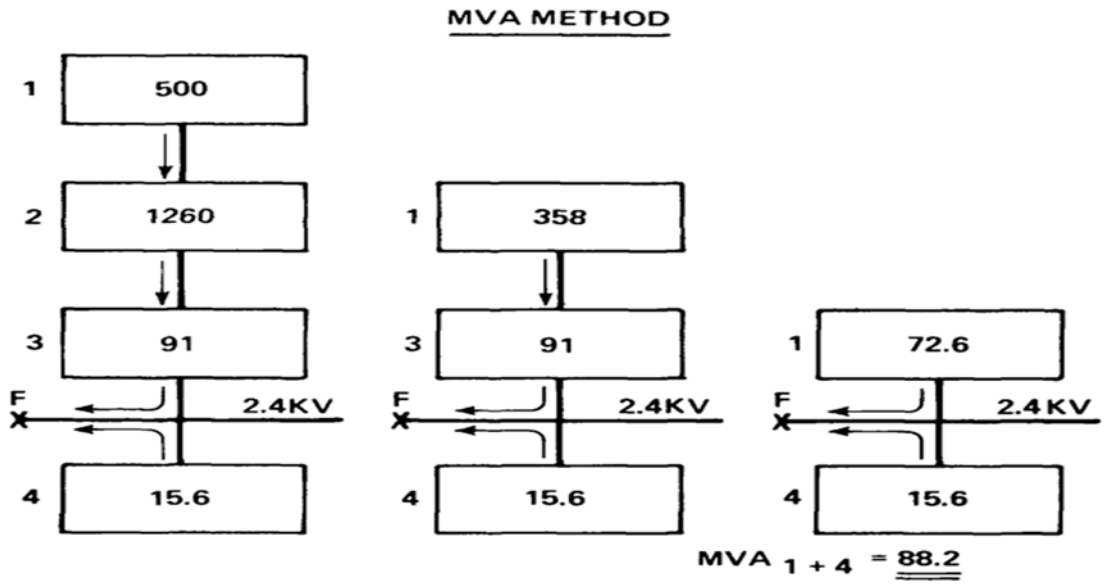
$X_4 = 32.000$

$X_{F+M} = \frac{(6.896) \times (32.000)}{(6.896) + (32.000)} = 5.67$

$MVA_{F+M} = \frac{500}{5.67} = 88$ WITH MOTOR CONTRIBUTION

ثالثا :- طريقة MVA Method

MVA METHOD	
SYSTEM	$MVA_1 = 500$
13.8KV FEEDER 2.	$MVA_2 = \frac{(KV)^2}{X\ OHMS} = \frac{(13.8)^2}{0.151} = 1260$
TRANSFORMER	$MVA_3 = \frac{MVA_T}{XP.U.} = \frac{5}{0.055} = 91$
MOTOR 4.	$MVA_4 = \frac{MVAm}{XP.U.} = \frac{2.5}{0.16} = 15.6$



المقارنة بين الطرق الثلاثة :-

METHODS / FAULT CONDITION	OHMIC METHOD	PER UNIT METHOD	MVA METHOD
FAULT @ 2.4KV BUS WITHOUT MOTOR CONTRIBUTION	72.8 MVA	72.6 MVA	72.6 MVA
FAULT @ 2.4KV BUS WITH MOTOR CONTRIBUTION	88MVA	88MVA	88.2MVA

ثانيا:- طريقة جداول شنايدر

يوجد طريقة أخرى لحساب قيمة تيار القصر بمعرفة طول الكابل و مساحة مقطعة وكذلك قيمة تيار القصر على اللوحة العمومية يمكن حساب تيار القصر على كل لوحات المشروع من خلال هذا الجدول

Cable section	Length [m]																								
[mm²]																									
1.5																0.9	1.1	1.4	1.8	2.5	3.5	5.3	7	9.4	14
2.5													0.9	1	1.2	1.5	1.8	2.3	2.9	4.1	5.9	8.8	12	16	24
4											0.9	1.2	1.4	1.6	1.9	2.3	2.8	3.7	4.7	6.6	9.4	14	19	25	38
6									0.8	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	3.5	4.2	5.6	7	10	14	21	28	38	56
10							0.9	1.2	1.4	1.9	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.8	7	9.4	12	16	23	35	47	63	94
16					0.9	1.1	1.5	1.9	2.2	3	3.7	4.7	5.6	6.5	7.5	9.3	11	15	19	26	37	56	75	100	150
25			0.9	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.6	5.8	7.2	8.7	10	12	14	17	23	29	41	58	87	116	155	233
35			1.2	1.6	2	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8	10	12	14	16	20	24	32	40	56	80	121	161	216	324
50		1.1	1.7	2.3	2.8	3.4	4.5	5.7	6.8	9	11	14	17	20	23	28	34	45	57	79	113	170	226	303	455
70	0.8	1.5	2.3	3.1	3.8	4.6	6.2	7.7	9.2	12	15	19	23	27	31	38	46	62	77	108	154	231	308	413	
95	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	50	60	80	100	140	200	300	400		
120	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	10	12	14	19	24	30	36	42	48	60	72	96	120	168	240	360	481		
150	1.4	2.8	4.2	5.6	7	8.4	11	14	17	23	28	35	42	49	56	70	84	113	141	197	281	422			
185	1.6	3.2	4.8	6.4	8	10	13	16	19	26	32	40	48	56	64	80	96	128	160	224	320	480			
240	1.8	3.7	5.5	7.3	9.1	11	15	18	22	29	37	46	55	64	73	91	110	146	183	256	366	549			
300	2	4	6	8	10	12	16	20	24	32	40	50	60	70	80	100	120	160	200	280	400				
2x120	2.4	4.8	7.2	10	12	14	19	24	29	38	48	60	72	84	96	120	144	192	240	336	481				
2x150	2.8	5.6	8.4	11	14	17	23	28	34	45	56	70	84	98	113	141	169	225	281	394	563				
2x185	3.2	6.4	10	13	16	19	26	32	38	51	64	80	96	112	128	160	192	256	320	448					
3x120	3.6	7.2	11	14	18	22	29	36	43	58	72	90	108	126	144	180	216	288	360	505					
3x150	4.2	8.4	13	17	21	25	34	42	51	68	84	105	127	148	169	211	253	338	422						
3x185	4.8	10	14	19	24	29	38	48	58	77	96	120	144	168	192	240	288	384	480						

I_k upstream	I_k downstream																								
[kA]	[kA]																								
100	96	92	89	85	82	78	71	65	60	50	43	36	31	27	24	20	17	13	11	7.8	5.6	3.7	2.7	2.0	1.3
90	86	83	81	78	76	72	67	61	57	48	42	35	31	27	24	20	17	13	11	7.8	5.6	3.7	2.7	2.0	1.3
80	77	75	73	71	69	66	62	57	53	46	40	34	30	27	24	20	17	13	10	7.7	5.5	3.7	2.7	2.0	1.3
70	68	66	65	63	62	60	56	53	49	43	38	33	29	26	23	19	16	13	10	7.6	5.5	3.7	2.7	2.0	1.3
60	58	57	56	55	54	53	50	47	45	40	36	31	28	25	23	19	16	12	10	7.5	5.4	3.7	2.7	2.0	1.3
50	49	48	47	46	45	44	43	41	39	35	32	29	26	23	21	18	15	12	10	7.3	5.3	3.6	2.6	2.0	1.3
40	39	39	38	38	37	37	35	34	33	31	28	26	24	22	20	17	15	12	10	7.1	5.2	3.6	2.6	2.0	1.3
35	34	34	34	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	20	19	16	14	11	10	7.1	5.1	3.5	2.6	2.0	1.3
30	30	29	29	29	28	28	28	27	26	25	23	22	20	19	18	16	14	11	9.3	7.0	5.0	3.5	2.6	1.9	1.3
25	25	24	24	24	24	24	23	23	22	21	21	19	18	17	16	14	13	11	9.0	6.8	5.0	3.4	2.6	1.9	1.3
20	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18	17	16	15	15	14	13	12	10	8.4	6.5	4.8	3.3	2.5	1.9	1.3
15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	13	13	12	12	12	11	10	8.7	7.6	6.1	4.6	3.2	2.5	1.9	1.3
12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	9.3	8.8	7.8	7.0	5.7	4.4	3.1	2.4	1.9	1.3
10	10	10	10	10	10	10	10	9.5	9.4	9.2	9.0	8.8	8.5	8.3	8.1	7.7	7.3	6.5	5.9	5.0	3.9	2.9	2.3	1.8	1.2
8.0	8.0	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7	7.6	7.5	7.4	7.2	7.1	6.9	6.8	6.5	6.2	5.7	5.2	4.5	3.7	2.8	2.2	1.7	1.2
6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	4.9	4.8	4.4	4.1	3.6	3.1	2.4	2.0	1.6	1.1
3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	0.9

Aluminium, Al - 400 V network

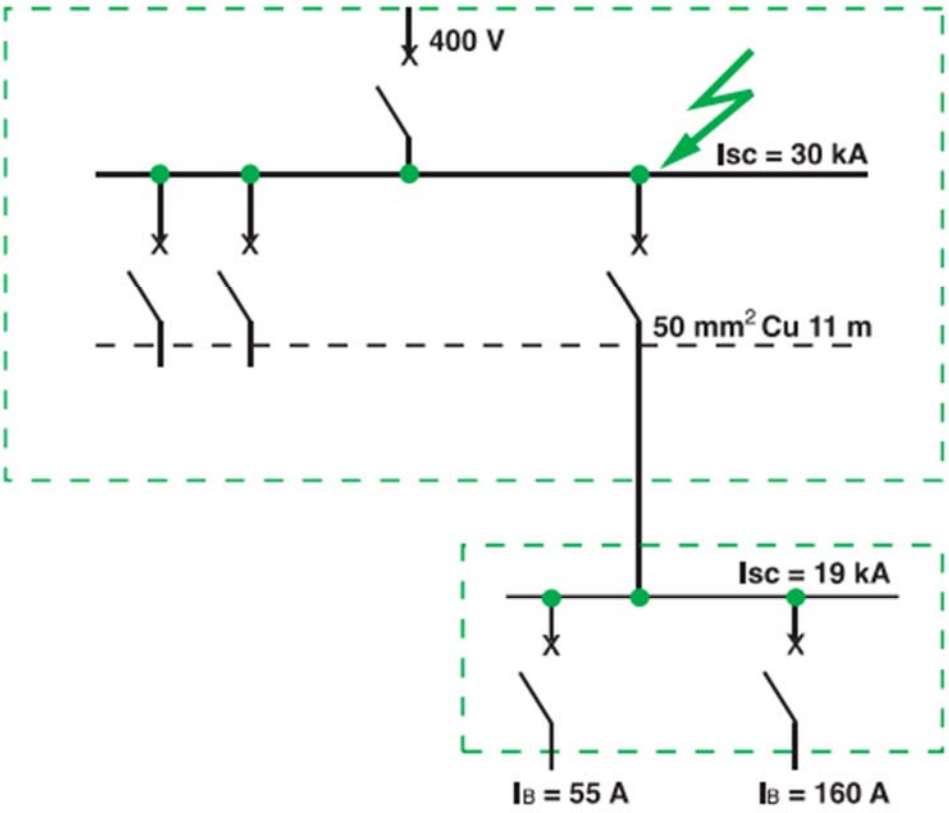
CSA per phase conductor (mm^2)	Length of cables (m)															
2,5														0,8	1	1,3
4													1	1,3	1,6	2,1
6												0,8	1,6	2	2,4	3
10												1,3	2,6	3,5	4	5,5
16										0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5
25								0,8	1	1,3	1,7	3,5	6,5	8,5	10	13
35							0,9	1,2	1,4	1,8	2,3	4,5	9	12	14	18
50							1,3	1,7	2	2,6	3,5	6,5	13	17	20	26
70						0,9	1,8	2,3	2,8	3,5	4,5	9	18	23	28	37
95						1,3	2,5	3	4	5	6,5	13	25	32	38	50
120					0,8	1,7	3	4	4,5	6,5	8	17	32	40	47	65
150					0,9	1,7	3,4	4,5	5	7	8,5	17	34	43	50	70
185				0,9	1	2	4	5	6	8	10	20	40	50	60	80
240		0,9	1	1,1	1,3	2,5	5	6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100
300	0,9	1	1,2	1,4	1,5	3	6	7,5	9	12	15	30	60	75	90	120
2 x 120	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	130
2 x 150	1	1,2	1,4	1,5	1,7	3,5	7	9	10	14	17	35	70	85	100	140
2 x 185	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4,1	8	10	12	16	20	41	80	100	120	160
2 x 240	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200
3 x 120	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	4,5	9,5	12	14	19	24	48	95	120	140	190
3 x 150	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	5	10	13	15	21	26	50	100	130	150	210
3 x 185	1,8	2,1	2,4	2,7	3	6	12	15	18	24	30	60	120	150	180	240
3 x 240	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300

Upstream Isc (kA)	Downstream short-circuit current (kA)															
100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	50	33	20	17	14	11
90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11
80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11
70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11
60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10
50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10
40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5
35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9
30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9
25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5
20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5
15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7
10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5
7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9

مـثـــال :

- الكابلات المستخدمة نحاسية
- قطر الكابل = ٥٠ مم٢
- طول الكابل = ١١ متر
- تيار القصر فى النقطة أعلى الكابل = ٢٨ كيلو أمبير

بتقريب الأرقام الى المناسب لها بالجدول ، فإنه يمكن الوصول الى قيمة تيار القصر التقريبى فى نهاية الكابل و هى ١٩ كيلو أمبير .



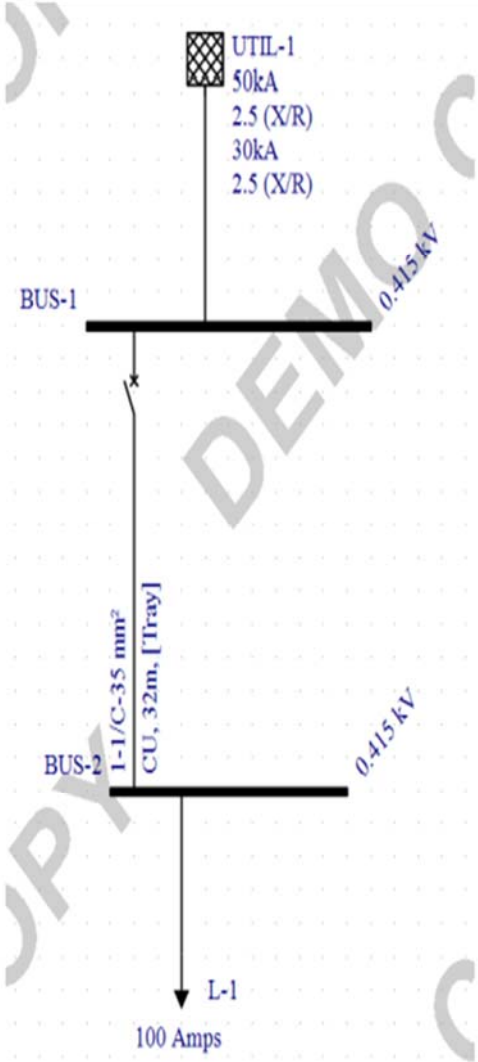
Copper, Cu - 400 V network

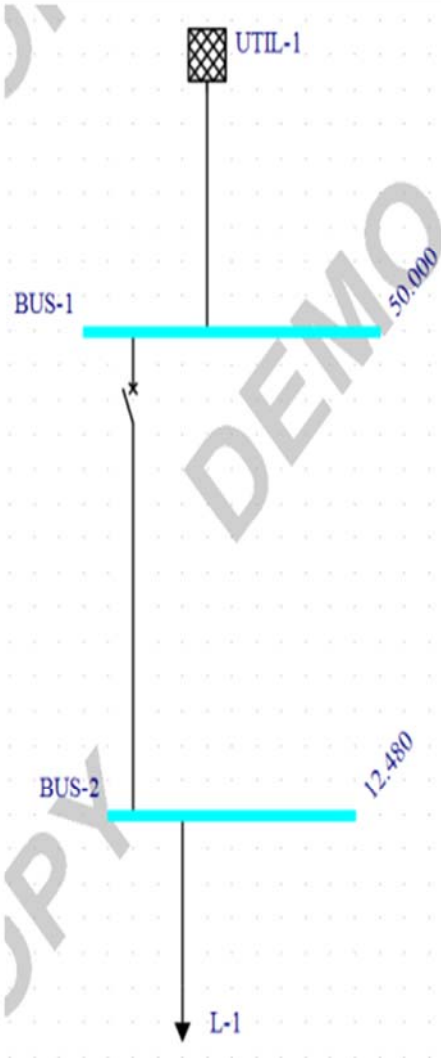
CSA per phase conductor (mm^2)	Length of cables (m)															
1,5														0,8	1	1,3
2,5													1	1,3	1,6	2,1
4												0,8	1,7	2,1	2,5	3,5
6												1,3	2,5	3	4	5
10										0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5
16								0,9	1	1,4	1,7	3,5	7	8,5	10	14
25							1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21
35							1,5	1,9	2,2	3	3,5	7,5	15	19	22	30
50						1,1	2,1	2,7	3	4	5,5	11	21	27	32	40
70						1,5	3	3,5	4,5	6	7,5	15	30	37	44	60
95					0,9	1	2	4	5	6	8	10	20	40	50	60	80
120			0,9	1	1,1	1,3	2,5	5	6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100
150	0,8	1	1,1	1,2	1,4	2,7	5,5	7	8	11	14	27	55	70	80	110
185	1	1,1	1,3	1,5	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	130
240	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4	8	10	12	16	20	40	80	100	120	160
300	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	5	9,5	12	15	19	24	49	95	120	150	190
2 x 120	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5,1	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200
2 x 150	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	5,5	11	14	17	22	28	55	110	140	170	220
2 x 185	2	2,3	2,6	2,9	3,5	6,5	13	16	20	26	33	65	130	160	200	260
3 x 120	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300
3 x 150	2,5	2,9	3,5	3,5	4	8	16	21	25	33	41	80	160	210	250	330
3 x 185	2,9	3,5	4	4,5	5	9,5	20	24	29	39	49	95	190	240	290	390

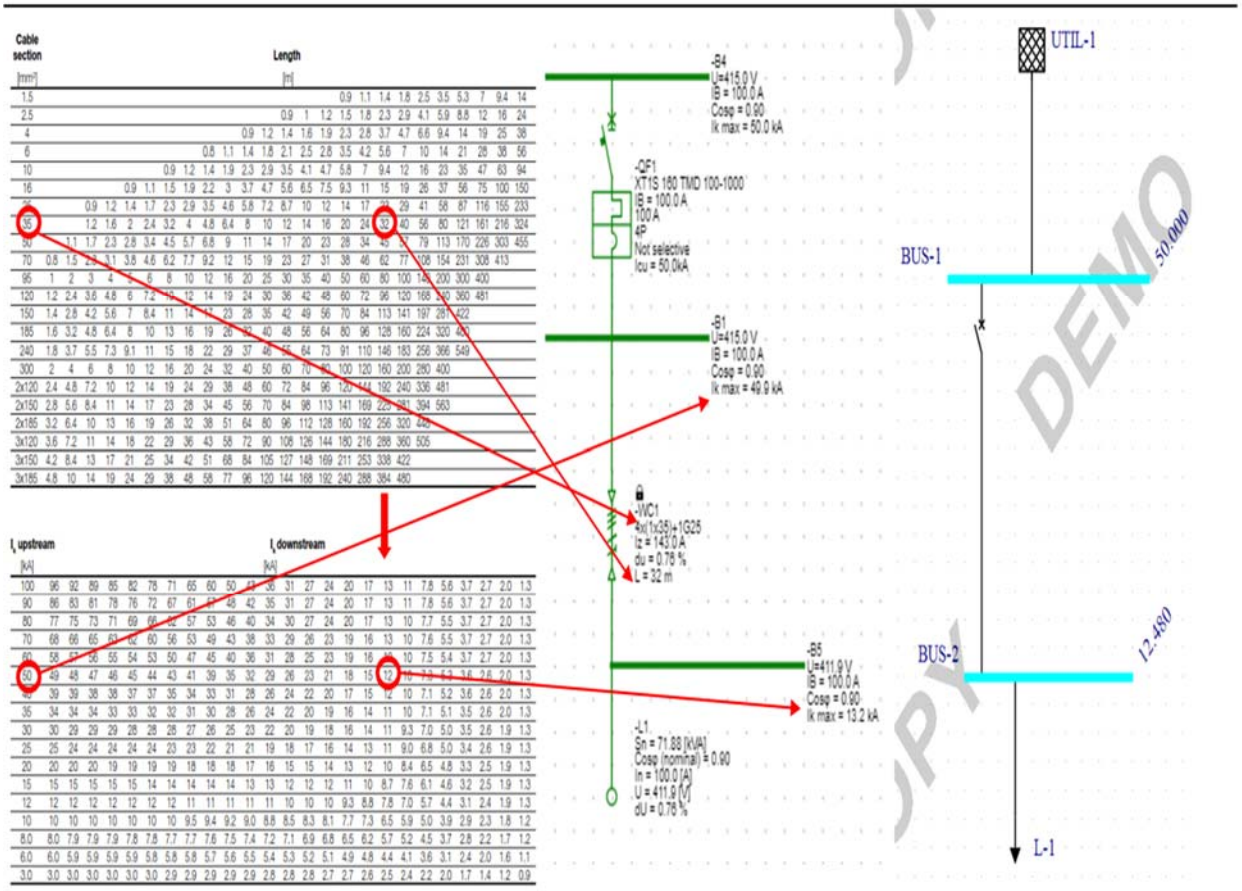
Upstream Isc (kA)	Downstream short-circuit current (kA)															
100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	50	33	20	17	14	11
90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11
80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11
70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11
60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10
50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10
40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5
35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9
30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9
25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5
20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5
15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7
10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5
7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9

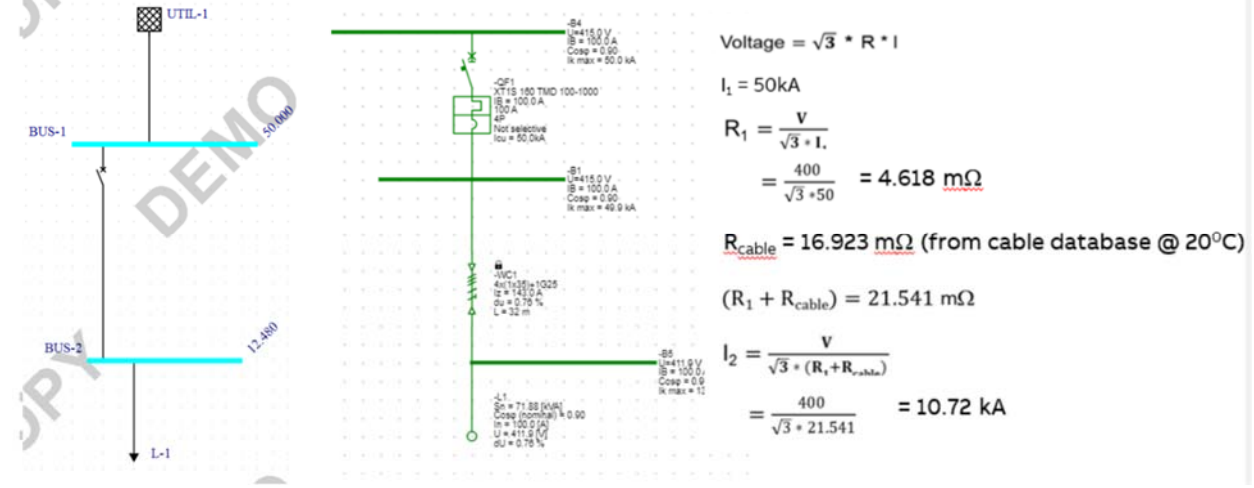
مثال آخر

استخدم طريقة جداول شنايدر لحساب الباسبار رقم 1 والباسبار رقم 2









Voltage = $\sqrt{3} * R * I$

$I_1 = 50kA$

$$R_1 = \frac{V}{\sqrt{3} * I_1} = \frac{400}{\sqrt{3} * 50} = 4.618\ m\Omega$$

R_{cable} = 16.923 mΩ (from cable database @ 20°C)

$(R_1 + R_{cable}) = 21.541\ m\Omega$

$$I_2 = \frac{V}{\sqrt{3} * (R_1 + R_{cable})} = \frac{400}{\sqrt{3} * 21.541} = 10.72\ kA$$

المراجع

- دليل شنايدر الفنى للجهد المنخفض
- حسابات شركة EATONلتيار القصر
-كتاب التمديدات الكهربائية د.الجيلانى
- كتاب توزيع الكهرباء لعبد المنعم شعبان
- كتاب التمديدات الكهربائية للأبنية د.الزهيرى
- كتاب حساب تيار القصر لشركة Ge
- كتاب حساب تيار القصر لشركة ABB
- مقالة د.Moon H. Yuen للطرق المختلفة لحسابات تيار القصر 1973