

التركيبيات ,

Study

By: Mohamed A. Numair

بالعربي عشان نقربك من الشغل العملي

باذن الله نتناول الماده بشكل يجمع بين انك تقبل الامتحان وتفهم تركيبات للشغل

ايه انت صدقت ! كفايه تقبل الامتحان

أفكار المسائل	4
1	الجداول المستخدمة في حل المسائل.....4
1.1	المعروفة CBقيم ال 4
1.2	جداول الكابلات..... 5
2	مسائل الإضاءة.....13
2.1	كميات ووحدات الإضاءة: 13
2.2	المعادلات وال العلاقات الرياضية 13
2.2.1	حساب الإضاءة (طريقة الليومن) 14
2.2.2	حساب الإضاءة (الطريقة المعدلة) 14
2.3	أمثلة 16
2.3.1	مثال 1 16
2.3.2	مثال 2 18
2.3.3	مثال 3 19
2.3.4	مثال 4 20
2.3.5	مثال 5 21
3	مسائل تقدير الأحمال.....23
3.1.1 25
3.1.2	مثال 1 25
3.1.3	مثال 2 26
3.1.4	مثال 3 27
3.1.5	مثال 4 28
3.1.6	مثال 5 (اهمهم) 28
3.1.7	يوجد مثالين عن معامل التباین 31
3.1.8	مثال 6 31

3.1.9	مثال 7.....	33
4	المحركات.....	36
4.1	اولا: لكابلات وقواطع كل محرك على حده	36
4.2	ثانيا : لكابلات وقطعان لوحه المحركات.....	36
4.3	أمثلة.....	38
4.3.1	مثال 1.....	38
4.3.2	مساله كويز المحاضره.....	40
5	مسائل معاملات فقد الكابلات.....	42
5.1	الاختبار الأول : اختبار التحمل الحراري	42
5.1.1	تأثير الحرار.....	42
5.1.2	معامل عمق الدفن.....	42
5.1.3	تأثير الحراره النوعية للتربة.....	42
5.1.4	تأثير تجاور الكابلات فوق الحوامل	42
5.1.5	تأثير تجاور الكابلات تحت الارض	42
5.2	الاختبار الثاني : الهبوط في الجهد	42
5.3	الاختبار الثالث تحمل أقصى تيار قصر متوقع	44
5.3.1	أولا حساب المعاوقة.....	44
5.3.2	طريقةMVA_Method	45
5.3.3	مثال شامل	46
6	الفصل الخامس : تصميم لوحة شبكات التوزيع الكهربائية.....	50
6.1.1	حساب الحمل التصميمي للوحة فرعية	50
6.2	تصميم لوحة توزيع فرعية في المرحلة النهاية	52
6.3	التحميل الزائد للمحولات	66

أفكار المسائل

1 الجداول المستخدمة في حل المسائل

1.1 قيم الـ CB المعروفة

6-10-15-16-20-25-32-40-50-63-100

125-150-163

200-225-250

300-400-500

630

800

1000-1200-1500-1750

2000-2200-2500

3000-3200

4000-5000

6300

جدول 3-7 : معاملات التخفيض في الدوائر المختلفة

نوع الحمل	وحدات سكنية وحدات من عددة عمارت تتكون من عددة سكنية خاصة وحدة سكنية أو وحدات للنوم والمعيشة فنادق صغيرة أو مباني عامة عامية خلاف الورش والمصانع
الإنارة	50% من الحمل الكلى 66% من الحمل الكلى 75% من الحمل الكلى 90% من الحمل الكلى
المأخذ الكهربائية (البراز)	100% من التيار التصميمي لأكبر مأخذ بالدائرة. 100% من التيار التصميمي لأكبر مأخذ بالدائرة. 40+% من التيار التصميمي لباقي مأخذ الدائرة. 40+% من مجموع التيارات التصميمية لباقي مأخذ الدائرة. 75+% من مجموع التيارات التصميمية لباقي مأخذ الدائرة.
الأجهزة الكهربائية الثابتة خلاف المحركات والسخانات وأجهزة الطهي	100% من الحمل الكامل لأكبر جهاز. 100% من إجمالي الحمل الكامل لمجموع الأجهزة حتى سعة 10 أمبير. 50+% من الحمل الكامل للجهاز الأول الذي يلي أكبر جهاز. 33+% من الحمل الكامل للجهاز الثاني الذي يلي أكبر جهاز. 20+% من الحمل الكامل لباقي الأجهزة.
أجهزة الطهي الثابتة	100% من الحمل الكامل لأكبر جهاز. 100% من الحمل الكامل للأجهزة حتى 10 أمبير. 30+% من الحمل المعنون الزائد على 10 أمبير. 33+% من الحمل الكامل للجهاز الثاني الذي يلي أكبر جهاز. 20+% من الحمل الكامل لباقي الأجهزة.
المحركات الكهربائية خلاف محركات المصاعد التي لها اعتبارات خاصة	100% من الحمل الكامل لأكبر محرك. 100% من الحمل الكامل لأكبر محرك + 50% من الحمل لباقي المحركات.
السخانات الكهربائية متقطعة التشغيل	100% من الحمل لأكبر سخان + 100% من الحمل الكامل للسخان الذي يلي أكبر سخان + 25% من الحمل الكامل لباقي السخانات.
السخانات الكهربائية مستمرة التشغيل	100% من الحمل الكامل في جميع الحالات.

جداول الكابلات 1.2

ACC - Code	Nominal Cross Sectional Area MM ²	Max. Conductor Resistance		Current Rating			Approx. Overall Diameter MM	Approx. Weight KG/KM
		DC at 20°C Ω / KM	AC at 90°C Ω / KM	Laid Direct in Ground A	Laid in Ducts A	Laid in free Air A		
Two Core Cables								
CX1-T102-U04	1.5 mm	12.1	15.4	30	25	25	11.6	164
CX1-T102-U06	2.5 mm	7.41	9.45	37	32	34	12.6	198
CX1-T102-U08	4 mm	4.61	5.88	50	40	46	13.6	263
CX1-T102-U09	6 mm	3.08	3.93	63	52	60	14.8	325
CX1-T102-U10	10 mm	1.83	2.33	82	69	79	16.9	459
CX1-T102-U11	16 mm	1.15	1.47	106	83	105	18.9	647
CX1-T102-U12	25 mm	0.727	0.927	139	107	139	22.2	946
CX1-T102-U13	35 mm	0.524	0.669	166	134	166	24.5	1212
Three Core Cables								
CX1-T103-U04	1.5 mm	12.1	15.4	26	23	22	12.2	181
CX1-T103-U06	2.5 mm	7.41	9.45	35	29	32	13.0	234
CX1-T103-U08	4 mm	4.61	5.88	45	36	41	14.2	322
CX1-T103-U09	6 mm	3.08	3.93	57	45	50	15.6	393
CX1-T103-U10	10 mm	1.83	2.33	75	60	68	17.6	557
CX1-T103-U11	16 mm	1.15	1.47	97	75	89	20.2	900
CX1-T103-U12	25 mm	0.727	0.927	128	102	120	23.8	1300
CX1-T103-U13	35 mm	0.524	0.669	155	120	145	26.4	1700
Four Core Cables								
CX1-T104-U04	1.5 mm	12.1	15.4	26	23	22	13.0	218
CX1-T104-U06	2.5 mm	7.41	9.45	35	29	32	14.0	275
CX1-T104-U08	4 mm	4.61	5.88	45	36	41	15.2	397
CX1-T104-U09	6 mm	3.08	3.93	57	45	50	16.6	506
CX1-T104-U10	10 mm	1.83	2.33	75	60	68	18.7	734
CX1-T104-U11	16 mm	1.15	1.47	97	75	89	21.2	975
CX1-T104-U12	25 mm	0.727	0.927	128	102	120	25.3	1480
CX1-T104-U13	35 mm	0.524	0.669	155	120	145	28.0	2940
CX1-T104-U14	50 mm	0.387	0.494	185	145	179	27.9	2180
CX1-T104-U15	70 mm	0.268	0.343	220	180	225	31.6	3020
CX1-T104-U16	95 mm	0.193	0.248	265	210	268	35.4	4070
CX1-T104-U17	120 mm	0.153	0.197	305	245	310	39.2	5140
CX1-T104-U18	150 mm	0.124	0.160	335	275	352	43.6	6315
CX1-T104-U19	185 mm	0.0991	0.129	375	310	404	48.7	7860
CX1-T104-U20	240 mm	0.0754	0.099	435	365	483	54.5	10190
CX1-T104-U30	300 mm	0.0601	0.081	490	405	562	60.0	12640

معامل الطلب	عدد المركبات
1	1-5
0.75	6-10
0.7	11-15
0.65	16-20
0.6	21-30
0.55	31-50

جدول 7-7: منسوب التعليق والمسافات البينية لوحدات الإنارة

إضاءة مباشرة شبه مركزية		إضاءة مباشرة مرکزة		إضاءة مبادرة - شبه مبادرة - أو تأثيرية		إضاءة غير مبادرة أو شبه غير مبادرة			
أقصى مسافة بين الوحدات (م)	أقصى مسافة بين الوحدات (م)	أقصى مسافة بين الوحدات (م)	المسافة من الحوائط (م)	منسوب التعليق (م)	أقصى مسافة بين الوحدات (م)	تدلى الوحدة (م)	المسافة من الحوائط (م)	ارتفاع السقف (م)	
0.75	1.65	2.25	0.90	2.40	2.70	-0.30 0.90	0.90	2.40	
0.90	1.80	2.70	0.90	2.70	3.15	-0.45 0.90	0.90	2.70	
1.20	2.10	3.15	1.05	3.00	3.75	-0.60 0.90	1.05	3.00	
1.35	2.40	3.60	1.05	3.30	4.05		1.05	3.30	
1.50	2.70	4.05	1.20	3.60	4.50	-0.75 1.20	1.20	3.60	
1.65	3.00	4.50	1.20	3.90	5.10	-0.90 1.20	1.20	3.90	
1.80	3.30	4.95	1.50	4.20	5.70		1.50	4.20	
1.95	3.60	5.40	1.50	4.50	6.00		1.50	4.50	
2.10	3.90	6.00	1.80	4.80	6.60	-1.20 1.50	1.80	4.80	
2.40	4.65	6.60	1.80	5.40	7.20		1.80	5.40	
2.70	5.25	7.50	2.10	6.00 أو أكثر	8.40	-1.20 1.80	2.10	أكثر من 5.40	

جدول 4-7 : تصحيح التحميل حسب درجة حرارة الجو

55	50	45	40	35	30	25	درجة حرارة الهواء
0.65	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07	1.13	PVC
0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.04	1.09	XLPE

جدول 4-8 : تصحيح التحميل حسب درجة حرارة التربة

55	50	45	40	35	30	25	درجة حرارة التربة
0.71	0.82	0.95	1.00	1.08	1.15	1.22	PVC
0.84	0.89	0.90	1.00	0.90	1.10	1.14	XLPE

جدول 4-9 : معامل تصحيح عمق الدفن

قطع الكابل			عمق الدفن سم
Above 300 mm ²	Up to 240 mm ²	Up to 70 mm ²	
1.00	1.00	1.00	50
0.97	0.98	0.99	60
0.94	0.96	0.97	80
0.92	0.93	0.95	100
0.89	0.92	0.94	125
0.87	0.90	0.93	150
0.86	0.89	0.92	175
0.85	0.88	0.91	200

جدول 4-10 : معامل تصحيح المقاومة النوعية للتربة

250	200	150	120	100	90	80	الحرارة النوعية للتربة °C.cm/watt
0.73	0.80	0.91	1.0	1.07	1.12	1.17	معامل التصحيح

جدول 4-11 : معامل تصحيح عدد الكابلات المجاورة أفقيا ورأسيا في الهواء

عدد الكابلات على الحامل					
أكثر من 9					
8-6	5-4	3	2		معامل التصحيح للمجموعات أفقية
0.7	0.72	0.75	0.78	0.85	معامل التصحيح للمجموعات الرأسية
0.66	0.86	0.7	0.73	0.8	

جدول 4-12 : معامل تصحيح عدد الكابلات المجاورة تحت الأرض

المسافة بين الكابلات						عدد الدوائر	
Spacing 30 cm		Spacing 15 cm		Touching			
Trefoil	Flat	Trefoil	Flat	Trefoil	Flat		
0.91	0.91	0.87	0.87	0.81	0.81	2	
0.82	0.84	0.76	0.78	0.69	0.70	3	
0.77	0.81	0.72	0.74	0.62	0.63	4	
0.73	0.78	0.66	0.70	0.58	0.60	5	
0.70	0.76	0.63	0.67	0.54	0.56	6	

جدول 4-14 : العلاقة بين تيار القصر ومقطع الكابل و زمن الفصل

kA short circuit current - Copper conductor - PVC insulated

C.S.A. mm ²	Duration sec.									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
16	5.8	4.1	3.4	2.9	2.6	1.8	1.3	1.1	0.9	0.8
25	9.1	6.4	5.2	4.5	4.1	2.9	2.0	1.7	1.4	1.3
35	12.7	9.0	7.3	6.4	5.7	4.0	2.8	2.3	2.0	1.8
50	18.2	12.9	10.5	9.1	8.1	5.8	4.1	3.3	2.9	2.6
70	25.5	18.0	14.7	12.7	11.4	8.1	5.7	4.6	4.0	3.6
95	34.5	24.4	19.9	17.3	15.5	10.9	7.7	6.3	5.5	4.9
120	43.6	30.9	25.2	21.8	19.5	13.8	9.8	8.0	6.9	6.2
150	54.5	38.6	31.5	27.3	24.4	17.3	12.2	10.0	8.6	7.7
185	67.3	47.6	38.8	33.6	30.1	21.3	15.0	12.3	10.6	9.5
240	87.3	61.7	50.4	43.6	39.0	27.6	19.5	15.9	13.8	12.3
300	109.1	77.1	63.0	54.5	48.8	34.5	24.4	19.9	17.3	15.4
400	130.0	91.9	75.1	65.0	58.2	41.1	29.1	23.7	20.6	18.4
500	162.5	114.9	93.8	81.3	72.7	51.4	36.3	29.7	25.7	23.0
630	204.8	144.8	118.2	102.4	91.6	64.8	45.8	37.4	32.4	29.0

Copper $a(mm^2) = 9 \sqrt{t} I_{SC}$

Alum $a(mm^2) = 14.2 \sqrt{t} I_{SC}$

جدول 4-13 : الهبوط في الجهد

Voltage drop for single core L.V cables

C.S.A mm ²	Copper conductor					
	Voltage drop (mv / AMP / Meter.)					
	PVC insulation & PVC sheathed			XLPE insulation & PVC sheathed		
	Flat	○○○	Trefoil	Flat	○○○	Trefoil
4	7.83		7.770	8.337		8.277
6	5.287		5.226	5.628		5.568
10	3.184		3.124	3.401		3.341
16	2.068		2.008	2.203		2.142
25	1.357		1.297	1.440		1.380
35	1.034		0.971	1.085		1.024
50	0.793		0.732	0.836		0.776
70	0.595		0.534	0.624		0.564
95	0.469		0.408	0.490		0.430
120	0.410		0.349	0.417		0.357
150	0.354		0.294	0.366		0.305
185	0.312		0.252	0.322		0.262
240	0.272		0.211	0.278		0.218
300	0.247		0.187	0.253		0.192
400	0.224		0.164	0.220		0.159
500	0.208		0.148	0.211		0.150
630	0.194		0.134	0.191		0.131

Voltage drop for multi core L.V cables

C.S.A mm ²	Copper conductor		
	Voltage drop (mv / AMP / Meter.)		
	PVC insulation & PVC sheathed		XLPE insulation & PVC sheathed
1.5	20.345		20.341
2.5	12.397		13.197
4	7.741		7.731
6	5.199		5.191
10	3.101		3.094
16	1.988		1.982
25	1.280		1.276
35	0.959		0.955
50	0.720		0.715
70	0.524		0.520
95	0.398		0.394
120	0.341		0.337
150	0.285		0.282
185	0.244		0.241
240	0.204		0.201
300	0.180		0.177
400	0.157		0.155

2 مسائل الإضاءة

2.1 كميات ووحدات الإضاءة :

الوحدة	الرمز	الكمية
Lumen,Lm	ϕ, F	الفيض الضوئي Luminous Flux
Steradian,Sr	ω	الزاوية المجمسه او الزاوية الفراغيه solid angle
Candela,Cd or Candle Power,Cp	I	شدة الإضاءة Luminous Intensity
$\text{Lux} = \text{Lm/m}^2$	E	شدة الإستضاءة Illumination
		المنحنيات القطبية Polar Curve
		متوسط قدرة شمعة كروية Mean Spherical Candle Power(
Lambert - Cp/Cm ²	L	النசوع Brightness (لمصدر الضوء)
Lux	B	النصوع Brightness (جسم لامع)
%	CRI	أمانة نقل الألوان Color Rendering Index

2.2 المعادلات وال العلاقات الرياضية

$$I = \frac{\phi}{\omega} \text{ Lm/Sr}$$

$$E = \frac{\phi}{A} \text{ Lux}$$

$$L = \frac{I}{S} \text{ Cp/cm}^2$$

$$B = E * \text{Reflectance}$$

$$E = \frac{\phi}{\omega R^2} = \frac{I}{R^2} \quad \text{قانون التربع العكسي}$$

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2} = \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta \quad \text{Lambert Cosine Law}$$

Reflectance:

السطح الأبيض %100

السطح الأسود %2

السطح الرمادي %40

Lambert:

السماء 10^5

فلورسنت 10^3

المنزل 10

2.2.1 حساب الإضاءة (طريقة الليومن)

معطى $E(\text{lux})$ والمطلوب حساب الأضاءة اضرب في المساحة

$$\phi = E * A$$

$$\text{Lumen for a lamp} = \frac{Lm}{W} * W$$

2.2.2 حساب الإضاءة (الطريقة المعدلة)

$$E = \frac{N\phi \text{UF } L_L}{A}$$

E	شدة الإضاءة المطلوبة Lm/m^2
A	مساحة مستوى التشغيل m^2
ϕ	الفيض الضوئي لكل مصباح Lm
UF	معامل الاستفادة utilization factor وهو رقم اقل من الواحد
L_L, MF	معامل فقد الضوء او الصيانة وهو رقم اقل من الواحد
N	عدد المصايب

خطوات الحل:

1- تحديد نوع الإضاءة

مباشره : نستفيد بالضوء كله 90% لاسفل

غير مباشره : نضرب في 0.6 هو المستفاد لأن 90% يتوجه لاعلى

وهناك شبه مباشره و شبه غير مباشره

2- تحديد مستوى شدة الإضاءة

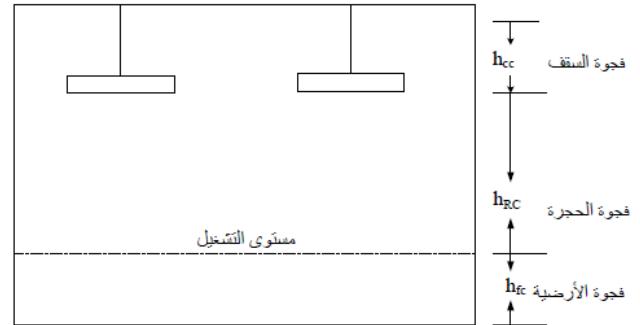
هو شده الإضاءة حسب الكود (الجدول) على مستوى التشغيل (70 : 90 سم)

3- تحديد نوعية المصايب

على حسب الديكور والكتالوج والذي منه

4- حساب UF ثم Room index

احسب الـ h_{RC} . a



b. احسب الـ Room Index K

$$k = \frac{L * W}{h_{RC}(L + W)}$$

c. احسب UF

من الجدول بقى وصلاحه

5- احسب الـ L_L او MF معامل فقد او صيانه

0.76 الى 1 داخلي في حالة صيانة (0.8 داخلي)

0.66 الى 0.75 خارجي في حالة الكسل وعدم الصيانة (0.6 خارجي)

6- احسب عدد المصايب

$$N = \frac{EA}{\phi * UF * L_L}$$

في ناس تقولك امن نفسك في اللعبات واضرب في $N=1.25N$

في ناس بقى تتفزلك وتقولك ضيف الكفاءه بتاع المصايب

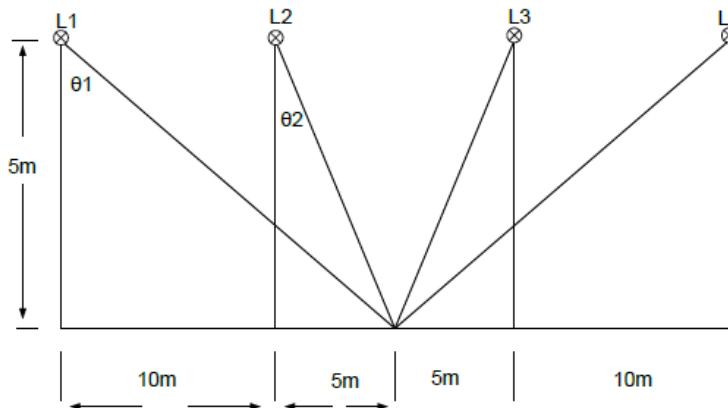
$$N = \frac{EA}{\phi * P\eta_{lamp} * UF * L_L}$$

7- وزع المصايب

ضبط الرقم N اللي طلعلك بحيث تعرف توزعه صفوف واعمده ولو هو بيتباع بلوكتات لمبتين ف بعض تعرف هتوزع ازاي ع المساحة بتاعتك مع بعض اتعامل يعني !

أمثلة 2.3

مثال 1 2.3.1



يراد إضاءة ممر بأربعة مصابيح كما في الشكل 7-9 ، يبعد كل واحد عن الآخر 10 m ، و موضوعة على ارتفاع 5 m من سطح الأرض ، فإذا كانت شدة الإضاءة للمصباح cd 200 في جميع الاتجاهات . أوجد الإضاءة عند منتصف المسافة بين المصباحين الثاني والثالث .

الحل

لحل هذه المسألة نوجد الإضاءة بتأثير المصباح الأول والثاني أولاً ، وحيث أنه يوجد شمائل بينهما وبين الثالث والرابع فإن شدة الإضاءة الكلية نحصل عليها بالضرب في 2.

أولاً شدة الإضاءة نتيجة المصباح L1

$$E_{L1} = \frac{I \cos^3 \theta_1}{h^2}$$

ويمكن من المبادئ البسيطة لحساب المثلثات أن نحسب قيم الزاوية θ_1 كما يلى

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{15}{5} = 71.5^\circ$$

ومنها نستنتج قيمة $0.316 = \cos \theta_1$

وبالتعويض

$$E_{L1} = \frac{200}{5^2} \cos^3 \theta_1 = 0.25 \text{ lux}$$

وبالمثل يمكن حساب قيمة الزاوية $\theta_2 = 45^\circ$. ومنها نحسب شدة الاستضاءة نتيجة المصباح الثاني L₂ :

$$E_{L2} = \frac{200}{5^2} \cos^3 \theta_2 = 2.83 \text{ lux}$$

ومن ثم تكون مجموع شدة الاستضاءة من المصباحين الأول والثاني تساوى lux 3.08 ، وهذا يعني أن شدة الاستضاءة نتيجة المصابيح الأربع تساوى :

$$2 * 3.08 = 6.16 \text{ ux}$$

2.3.2 مثال 2

عند إضاءة غرفة معيشة مساحتها 5×8 متر . استخدم - طبقاً لمتطلبات الديكور - عدد 4 لمبات متوهجة قدرة 150 وات مدفونة بالسقف ، وكان الفيض الصادر من هذه المصايبخ يساوى 2830 Lm لكل مصباح ، واستخدم أيضاً عدد 5 لمبات فلورسنت في الكرانيش (كل منها له 4160 Lm) وأخيراً استخدمت ثلاثة مصايبخ هالوجين (4730 Lm لكل منها). فإذا كان مستوى شدة الاستضاءة المطلوبة يساوى 800 lux ، فالمطلوب التأكد من أن هذا الأعداد من المصايبخ المختلفة كافية لتحقيق مستوى شدة الاستضاءة المطلوبة. (اعتبر أننا نستفيد فقط من 60% من فيض المصايبخ المدفونة بالسقف)

الحل:

طبقاً لمستوى شدة الاستضاءة المطلوبة ومساحة الغرفة فإن إجمالي الليومن المطلوب يساوى

$$E * A = 800 * 40 = 32000 \text{ ليومن}$$

إذاً حقق الفيض الصادر من مجموعة المصايبخ الواردة في المثال هذه القيمة فسيعتبر التصميم سليماً ، وهو ما سنتحقق عنه في الخطوات التالية:

بما أن الفيض من المصايبخ المتوهجة يساوى

$$4 * 2830 * 0.6 = 6792 \text{ ليومن}$$

(لاحظ أنها مدفونة إلى أننا نستفيد فقط من 60% من الفيض الكلى)

وبما أن الفيض من اللعبات الفلورسنت يساوى

$$12480 = 0.6 * 5 * 4160 \text{ ليومن}$$

(تم الضرب في 0.6 لأنها إضاءة غير مباشرة فهي مدفونة بالكرانيش)

أما الفيض من اللعبات الهالوجين فيساوى

$$14190 * 3 = 4730 \text{ ليومن}$$

إذن الفيض الكلى من كافة المصايبخ = $14190 + 12480 + 6792 = 33462 \text{ ليومن}$

وهو أعلى من مستوى الفيض المطلوب ، إذن فعدد المصايبخ كاف. ورغم بساطة الطريقة إلا أنها بالتأكيد غير دقيقة ، وتعتبر تقريبية و مناسبة فقط للحسابات السريعة.

مثال 2.3.3

ملعب لكرة القدم مساحته $120m \times 60m$ يراد إضاءته ليلاً بمصابيح قدرة كل واحد منها $1000W$ وأن تكون الاستضاءة منتظمة حول الملعب باستخدام أبراج عددها 12 برج ، ويفرض أن 40 % فقط من الإضاءة تصل إلى الملعب. فإذا كانت شدة الاستضاءة المطلوبة Lm / m^2 1000 وأن كفاءة المصابيح المستخدمة $30 Lm/W$. احسب عدد المصابيح في كل برج .

الحل

$$\text{مساحة الملعب} =$$

$$120 \times 60 = 7600 \text{ } m^2$$

الفيض المطلوب يساوى

$$E * A = 7600 \times 1000 = 7.6 \times 10^6 \text{ Lm}$$

وحيث إن 40 % من الفيض يصل إلى أرض الملعب فإن الفيض الكلى المطلوب من المصابيح

$$= 7.6 \times 10^6 / 0.4 = 19 \times 10^6 \text{ Lm}$$

الفيض المطلوب من كل برج

$$= 19 \times 10^6 / 12 = 1.58 \times 10^6 \text{ Lm}$$

الفيض الخارج من كل مصباح

$$= 30 \text{ Lm/W} \times 1000W = 3 \times 10^4 \text{ Lm}$$

عدد المصابيح في كل برج

$$= 1.58 \times 10^6 / 3 \times 10^4 = 52.67 \rightarrow 53 \text{ Lamp}$$

4 مثال 2.3.4

مطلوب تصميم إضاءة مكتب أبعاده 7×14 متر ، وارتفاع السقف 3 متر ، ومستوى الاستضاءة المطلوبة يساوي Lux 1000 ، علما بأن انعكاس السقف 70% والحوائط 50% ، والأرضيات 20% ، وأن مستوى العمل يرتفع 75 سم من الأرض ، وأن وحدة الإضاءة المستخدمة تنتج فيضاً قدره 2250 ليومن ومعلقة تحت السقف بمسافة 60 سم.

الحل:

يجب أولاً تحديد فجوة الحجرة h_{RC} وتساوي

$$H_{RC} = 3 - 0.6 - 0.75 = 1.65 \text{ m}$$

ثم بمعلومية أبعاد الحجرة

$$L = 14 \text{ m}$$

$$W = 7 \text{ m}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

بحسب منها الد Room Index (راجع المعادلة 7-11)

$$k = \frac{L \times W}{h_{RC}(L + W)} = \frac{14 \times 7}{1.65(14 + 7)} = 2.8$$

الآن بمعلومية هذه القيمة (تقر إلى 3 في الشكل 7-12) ، وبمعلومية أيضاً نسبة الانعكاس من السقف (%) ، وانعكاس الحوائط (%) ، وانعكاس الأرضيات (%) ، ومن الجدول الموجود في الشكل 7-12 وستجد أن معامل الاستفادة U_f يساوي 0.69 ، وبفرض أن معامل فقد الضوء يساوي 0.7 ، ثم بالتعويض في المعادلة لحساب عدد المصايب N نجد أن العدد يساوي

$$N = \frac{1000 * 7 * 14}{2250 * 0.69 * 0.7} = 90.1 \cong 91$$

5 مثال 2.3.5

المطلوب تصميم نظام الإضاءة لغرفة اجتماعات أبعادها كالتالي:

$$L = 15.00 \text{ m}$$

$$W = 8.00 \text{ m}$$

$$H = 3.40 \text{ m}$$

$$h_{RC} = 2.55 \text{ m}$$

علماً أن المستوى المطلوب للإضاءة يساوي Lux 300 ، ومواصفات اللامبة المستعملة هي كما يلى:

OSRAM DULUX 2 x 24 W

light color LUMILUX Warm

luminous flux per lamp = 1800 Lumen

Light loss factor = 0.58

مع مراعاة أن الانعكاس من الحوائط والأسقف والأرضيات معطى بالقيم التالية:

Ceiling = 0.8

Wall = 0.5

Work surface = 0.3

الحل:

نحتاج أولاً إلى حساب الـ Room Index Factor, k طبقاً للمعطيات في رأس المسألة

$$k = \frac{L \times W}{h_{RC}(L + W)} = \frac{15 \times 8}{2.55(15 + 8)} = 2$$

ومن الجدول 6-7 (وهو خاص بالشركة المنتجة للمصابيح) سنجد أن UF المقابل لانعكاس السقف = %80 وحوائط %50 وأرضيات %30 مع (Room Index = 2) سنجد أن UF المقابل يساوى 0.91 .
ومن معطيات ومواصفات اللامبة نجد أن 0.58 = Light Loss .

وبالتعويض نجد أن عدد المصايب

$$N = \frac{1.25 \times 300 \times 15 \times 8}{2 \times 1800 \times 0.58 \times 0.91} = 23.7$$

ونقرب إلى أقرب أعلى عدد صحيح (24) ، والتوزيع المقترن هو . 3 × 8 Lamp

وأخيرا ، يمكن تحديد نسبة المسافة البينية بين المصايب وكذلك تحديد ارتفاع تعليق وحدات الإنارة من الجدول

.7-7

جدول 7-7: منسوب التعليق والمسافات البينية لوحدات الإنارة

إضاءة مباشرة شبه مركزه	إضاءة مباشرة مرکزه	إضاءة مباشرة - شبه مباشرة - أو تنايرية			إضاءة غير مباشرة أو شبه غير مباشرة			
أقصى مسافة بين الوحدات (م)	أقصى مسافة بين الوحدات (م)	أقصى مسافة بين الوحدات (م)	المسافة من الحوائط (م)	منسوب التعليق (%)	أقصى مسافة بين الوحدات (م)	تدلى الوحدة (م)	المسافة من الحوائط (م)	ارتفاع السقف (م)
0.75	1.65	2.25	0.90	2.40	2.70	-0.30 0.90	0.90	2.40
0.90	1.80	2.70	0.90	2.70	3.15	-0.45 0.90	0.90	2.70
1.20	2.10	3.15	1.05	3.00	3.75	-0.60 0.90 -0.75 -0.90	1.05	3.00
1.35	2.40	3.60	1.05	3.30	4.05		1.05	3.30
1.50	2.70	4.05	1.20	3.60	4.50		1.20	3.60
1.65	3.00	4.50	1.20	3.90	5.10		1.20	3.90
1.80	3.30	4.95	1.50	4.20	5.70	1.20	1.50	4.20
1.95	3.60	5.40	1.50	4.50	6.00		1.50	4.50
2.10	3.90	6.00	1.80	4.80	6.60		1.80	4.80
2.40	4.65	6.60	1.80	5.40	7.20	1.50	1.80	5.40
2.70	5.25	7.50	2.10	6.00 أو أكثر	8.40		-1.20 1.80	2.10 5.40

3 مسائل تقدير الأحمال

نعمل تقدير للأحمال بطريقتين

1- عن طريق المساحات

لكل نوع من الأحمال يوجد واط / م² نضربه في المساحة يقوم يوجد الحمل

الأنوار 30 واط / م² لو موفره 15 واط / م² - التكييف 120 واط / م² المركزي 65 واط / م² - السوكت الواحد 100 وات
الأحمال العامة 50 واط / م²

BTU/HR/12000 = Ton Cool

Ton Cool * 2.2 = kwatt

مباني سكنية أقل من 15 طابق

التي يقل ارتفاعها عن 15 طابقا

طلب الحمل (ك.ف.أ) لكل مائة متر مربع		
إدارى	سكنى	
12 - 6	2 - 1.5	إسكان منخفض التكاليف
	4 - 2.5	إسكان متوسط
	10 - 8	إسكان فاخر

مباني يزيد ارتفاعها عن 15 طابق

التي يزيد ارتفاعها عن 15 طابقا

طلب الحمل (ك.ف.أ) لكل مائة متر مربع	
إدارى	سكنى
12	10 - 8

في الجداول أعلاه معطى ك.ف.أ يعني القدره هتضرب في PF

2- عن طريق الأحمال الرئيسية (الانارة - البرايز- القوى والتكييف) احفظ مثال 5 حفظ

خطوات الحل

1- تحدد احمال كل دور انارة بالمتر المربع

$$ك.ف.أ = \frac{M}{100} * عدد الادوار * المساحه$$

M للبدروم 2 و للسكنى 10 وللمحلات 12

3- نحدد احمال القوى كلاسي

$$KVA = \frac{P(Kwatt)}{PF} = \frac{P(HP) * 0.746}{PF * \eta}$$

4- نجمع كلا نوعين الاموال SUM

5- نحسب المحول بعد حساب التحميل

$$TR = \frac{SUM}{0.8}$$

ونحسب اكبر قيمه لفوق

6- نحسب مساحه مقطع الكابلات

من الرقم SUM نفسه وهو كبير فلازم ندخله 3 فيز

$$I_L = \frac{S(3\phi)}{\sqrt{3}V_L(380)}$$

7- حساب الـ CB المطلوب

$$I_{CB} = 1.25 I_L$$

ونشوف القيمه الاكبر لل CB

من التيار ICB نجيب مقطع الكابل 4 كور (لو اقل من 35 مم بنجيب 4 كور قد بعض لو اكبر من 35 بنجيب 3 و 1 نصهم)

لو التيار بتاعك اكبر من اكبر تيار ف الجدول بتقسمه على اكبر كابل وتشوف هتحتاج منه كام كابل او باس داكت بقى

Demand F : بين الانارة ونفسها او القوى ونفسها (بيقولك اضربها في الانارة فقط !!!)

Diversity F يعني بين الانارة والقوى على بعض

مثال 3.1.2

احسب الحمل المبدئي لمسجد بالكويت مساحته 500 متر مربع.

الحل:

$$\text{أحمال الإنارة التقريرية} = 30 \text{ W/m}^2 \times 500 = 15000 \text{ وات.}$$

$$\text{أحمال التكييف التقريرية} = 120 \text{ W/m}^2 \times 500 = 60000 \text{ وات.}$$

ولأن طبيعة المسجد لا يناسبها تكثير أحمال المخارج العامة Sockets بطريقة المتر المربع ، فالأفضل أن يكون التكثير حسب عدد المخارج ، وبفرض وجود 20 مخرج عام داخل المسجد ، فإن الأحمال العامة التقريرية = $20 \times 100 = 2000 \text{ W}$.

وبالتالي فالحمل المبدئي لهذا المسجد يساوى تقريراً 77 kW ، وبالطبع قد يختلف قليلاً عند الانتهاء من التصميم النهائي للمشروع ، لاسيما بعد إضافة أحمال السخانات.

لاحظ أن حمل التكييف يمكن تقديره بوحدات BTU ، على أساس 660 BTU/Hr/m^2 ، وهذا يعني أننا نحتاج لهذا المسجد إلى حوالي $660 \times 500 = 330000 \text{ BTU/Hr}$ ، وهو ما يعادل تقريراً $330000 / 12000 = 27.5$ طن تبريد ، وهذه القيمة تعادل كهربياً ما يساوى تقريراً $(27.5 \times 2.2) = 60 \text{ kW}$ ، وهي قيمة قريبة جداً من القيمة السابقة (بفرض أن معامل التحويل هي قيمة وسطية = 2.2) . مع الأخذ في الاعتبار أن جميع هذه القيم هي قيم تقديرية مبدئية ويجب أن تراجع في الحسابات النهائية.

مثال 3.1.3

احسب الحمل الكهربى لعمارة سكنية مكونة من 12 شقة ، والمساحة الفعلية لكل شقة تساوى 150 متر مربع؟

الحل

لاحظ هنا في البداية استخدام مصطلح "المساحة الفعلية للشقة" ، فمن المعلوم أن مساحة الشقة المدونة بعد البيع تكون دائمًا أقل من المساحة الحقيقة الفعلية للشقة ، لأن المساحة المدونة بالعقد تشمل على نسبة من المنافع العامة للعمارة مثل السلالم والمناور وغيرها ، فالشقة التي مساحتها 180 متر مربع ربما لا تزيد المساحة الفعلية داخلها عن 150 متر مربع. وبالطبع فإننا عند حساب الأحمال الكهربائية لا نأخذ المساحة المدونة بالعقد بـ المساحة الفعلية للشقة.

وفي المثال الحالى فإننا نحسب الحمل الكهربى لكل شفة كما يلى:
 أحمال الإنارة = $150 \times 15 = 2250W$ (على اعتبار W/m^2)
 لو فرضنا ان اللumbas موفقة
 وغير ذلك استخدم 30 بدلا من 15)

$$\begin{aligned} \text{الأحمال العامة} &= 50 \times 150 = 7500W \quad (\text{على اعتبار } 50 \text{ W/m}^2) \\ \text{أحمال التكييف} &= 65 \times 150 = 9750W \quad (\text{على اعتبار تكييف مركبى } 65 \text{ W/m}^2) \end{aligned}$$

(لو استخدمنا تكيف وحدات سنفترض وجود 3 مكيفات قدرة كل منها 4 حسان وإجمالي قدرتهم يصل تقريباً لنفس القيمة السابقة لو كان التكييف مركزي)

$$\text{الحمل الكلى للشقة} = 2250 + 7500 + 9750 \approx 20 \text{ kW}$$

$$\text{الحمل الكلى للعمارة} = 240 \text{ kW} = 20 \times 12$$

ويجب أن تضاف بعد ذلك أحمال الخدمات العامة للمبني (المصاعد والمصبات).

مثال 3.1.4

احسب الحمل التقديرى لمبنى بالكويت مكون من 20 دور ، منهم 3 أدوار مساحة كل منها $200m^2$ ويفترض أن تشغل محلات تجارية ، وهناك أيضا 17 دور مساحة كل منها $100 m^2$ ويففترض أن تكون مكاتب إدارية.

الحل:

طبقاً للمواصفات الكويتية فإن الأحمال الأساسية تقدر كالتالي:

المكاتب : W 30 للإنارة (لم نفرض هنا أنها موفرة) ، W 50 للمخارج ، W 70W للتكييف

المحلات : W 60 للإنارة ، W 60W للمخارج ، W 90W للتكييف

وعليه فإن إجمالي الأحمال التقديرية يكون كالتالي:

$$(30+ 50 + 70) W/m^2 \times 17 \times 100m^2 + (60 + 60 + 90) W/m^2 \times 3 \times 200m^2 = 381 \text{ kW}$$

وتضاف قيمة تقديرية لثلاثة مصاعد على الأقل (قدرة كل منهم 25kW نظراً لارتفاع المبنى) ، وأيضاً ثلاثة مضخات للمياه قدرة كل منهم kW 5 ، لتصبح القدرة الإجمالية المضافة تساوى kW 100 ، وعلى هذا يصبح الحمل التقديرى يساوى تقريراً 480 kW .

لكن مؤسسة الكهرباء المعنية بتوصيل الطاقة تعتبر أن الأحمال متباينة بحسب تختلف حسب طبيعة المناطق السكنية ومن ثم يصبح تقدير الحمل لكل متر مربع من وجهة نظر شركة الكهرباء أقل من تقدير المهندس المصمم. والملحق -3 كما ذكرنا به نماذج لجدال حسابات أحجام الشقق السكنية في مؤسسة الكهرباء السعودية وفي نطاق القاهرة الكبرى.

4 مثال 3.1.5

في مبني بالسعودية ، إذا كان لدينا اللوحة العمومية لأحمال الإنارة تغذى 5 شقق سكنية مساحة كل منها 200 متر وتغذى معهم أيضاً 3 محلات تجارية مساحة كل منهم 100 متر. أحسب الحمل التصميمي للوحة العمومية ، من وجهة نظر المهندس المصمم ومهندس الوزارة .

الحل:

طبقاً للكود الوارد في الجزء الثاني بالملحق -3 فالشقة مساحة 200 متر حملها التقديرى 32 kVA ، لكنها من وجهة نظر المؤسسة فإن حملها يساوى فقط 0.5 × 16 = 8 kVA (DF) . أما المحلات مساحة 100 متر فحملها التقديرى 22 kVA ويقدر بـ 13.2 kVA في مؤسسة الكهرباء. وعلى هذا يكون الحمل الكلى لهذا المبني :

= 1- من وجهة نظر المهندس المصمم (وعليه ستحسب قيم الـ CBs والكابلات)

$$5 \times 32 + 3 \times 22 = 226 \text{ kVA}$$

= 2- من وجهة نظر مهندس الوزارة (وعليه تقدر أحمال المحول الرئيسي للمنطقة)

$$5 \times 16 + 3 \times 13.2 = 119.6 \text{ kVA}.$$

3.1.6 مثال 5 (أهمهم)

مبني سكني تجاري بمصر على مساحة 600 م² عبارة عن:
دور بدروم جراج وخدمات -
عدد / 2 دور (أرضي + ميزانين) تجاري -
عدد/16 دور متكرر بكل دور عدد/5 شقة -
عدد/3 مصعد كهربائي كل منهم 15 أ.د.وات -
محطة طلمبات مياه لرفع المياه إلى الخزان العلوى بها عدد/3 طلمبة رفع مياه قدرة 17.5 حصان وكفاءة 88% أحدهما احتياطية. -

- محطة طلمبة كسر مياه من البدروم بها عدد/ 2 طلمبة قدرة 6.5 حصان وكفاءة 87% أحدهما احتياطية

المطلوب حساب سعة المحول (المحولات) اللازمة لتغذية المبني:

الحل:

على اعتبار أن :

- طلب الحمل لكل 100m^2 سكنى 8 - 10 ك.ف.أ.
- طلب الحمل لكل 100m^2 تجاري 12 ك.ف.أ.
- (البدروم يصنف على أنه سكن منخفض التكاليف ومن ثم يعامل على 2 ك.ف.أ لكل 100m^2 مربع)

تكون الأحمال كالتالي:

$$12 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{2 \text{ ك.ف.أ.}}{\frac{100}{\text{م}^2}} \times 600 \text{ م}^2 \quad (1) \text{ البدروم بمساحة } 600 \text{ م}^2$$

$$\text{ التجارى عدد: } 2 \text{ دور} \times 600 \text{ م}^2 = 1200 \text{ م}^2 \quad (2)$$

$$144 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{12}{100} \times 1200$$

$$(3) \text{ السكنى عدد: } 16 \text{ دور} \times 600 \text{ م}^2 = 9600 \text{ م}^2$$

$$960 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{10 \text{ ك.ف.أ.}}{\frac{100}{\text{م}^2}} \times 9600$$

المدخل+السلام+غرف السطح (يمكن أخذها جميعاً مثل حمل البدروم)=12 ك.ف.أ. (4)

وبذلك يكون إجمالي أحمال الإنارة: $12 + 960 + 12 + 144 = 1128$ ك.ف.أ.

(5) أحمال القوى:

$$53 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{15 \times 3 \text{ ك.وات}}{(0.85 \text{ معامل القدرة})} * 3 \text{ مصعد:}$$

$$35 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{0.746 \times 17.5 \times 2}{* 2 \text{ طلمبة مياه:}}$$

$$0.85 \times (القدرة \times 0.88 \times الكفاءة)$$

$$6.6 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{0.746 \times 6.5}{0.85 \times (القدرة \times 0.87 \times الكفاءة)} * [طلبية كسر مياه:]$$

إجمالي أحمال القوى: $6.6 + 35 + 53 \cong 95 \text{ ك.ف.أ.}$

ملحوظة :

إذا ما أضيفت أحمال الإنارة كاملة دون تطبيق معاملات تباين عليها إلى أحمال القوى تصبح القيمة الإجمالية للطلب = $95 + 1128 = 1223 \text{ ك.ف.أ.}$

$$1528.75 = \frac{1223}{\% 80} \quad \text{سعة المحول على أساس أن التحميل 80% من السعة =}$$

وبالتالي تكون سعة المحول المناسبة هي 2000 ك.ف.أ.

أما إذا سمحت ظروف المكان وشركة توزيع الكهرباء ونسبة الإشغال بالمبني بتطبيق معامل تباين فإن تطبيقه يتم فقط على أحمال الإنارة أما أحمال القوى فلا يطبق عليها معاملات تباين. فإذا ما افترض معامل تباين قيمته 68% فهذا يكون الحمل المطلوب = $95 \times \% 68 = 862 \text{ ك.ف.أ.}$

$$1077 \text{ ك.ف.أ.} = \frac{862}{\% 80} \quad \text{و تكون سعة المحول المناسب =}$$

وبالتالي يكون المحول المناسب بسعة 1500 ك.ف.أ.

3.1.7 يوجد مثالين عن معامل التباين

6 مثال 3.1.8

مثال 3-8 :

مبنى يحتوى على عدة وحدات سكنية يشتمل على الأحمال التالية:

(1) أحمال إنارة 75 ك.و. ومعامل قدرة = 1 .

(2) 30 دائرة للمأخذ الكهربية تحتوى كل دائرة على ست مأخذ كل منها بسعة 2 أمبير.

(3) 10 سخانات كهربية متقطعة التشغيل والحمل الإسمى لكل منها 1.5 ك.و. ومعامل قدرة = 1 .

المطلوب تحديد الحمل الأقصى لهذا المبنى مع السماح باستخدام معاملات التباين في حالة:

(أ) إذا كان المبنى عمارة سكنية.

(ب) إذا كان المبنى سوق تجاري.

(أ) في حالة استخدام المبنى كعمارة سكنية مكونة من عدة وحدات سكنية في هذه الحالة نستخدم معاملات الطلب المناسبة من العمود الأول في الجدول (3-7) وذلك على النحو التالي :

$$\begin{aligned}
 37.5 &= 75 \times \%50 = \text{حمل الإنارة} \\
 6 &= 5 \times 2 \times 0.40 + 2 = \text{حمل دائرة المأخذ الكهربائية بالأمير} \\
 \frac{220 \times 6}{1000} &= 1.32 = \text{حمل الدائرة الكهربائية بالكيلو فولت أمبير} \\
 39.6 &= 30 \times 1.32 = \text{الحمل الكلى للمأخذ} \\
 6 &= (1.5 \times 8) \%25 + 1.5 + 1.5 = \text{حمل السخانات الكهربائية} \\
 83.1 &= 6 + 39.6 + 37.5 = \text{الحمل الكلى}
 \end{aligned}$$

(ب) في حالة استخدام المبنى كسوق تجاري ، فنسنستخدم المعاملات الموجودة في العمود الأخير بالجدول 3-7 على النحو التالي :

$$\begin{aligned}
 67.5 &= 75 \times \%90 = \text{حمل الإنارة} \\
 9.58 &= (2 \times 5) \%75 + 2 = \text{حمل دائرة المأخذ الكهربائية} \\
 \frac{220 \times 9.58}{1000} &= 2.108 = \text{حمل الدائرة بالفولت أمبير} \\
 63.23 &= 30 \times 2.108 = \text{حمل البرايز} \\
 15 &= 1.5 \times 10 = \text{حمل السخانات} \\
 145.73 &= 15 + 63.23 + 67.5 = \text{الحمل الكلى}
 \end{aligned}$$

3.1.9 مثال 7

مثال 3-7

مطلوب تحديد الحمل الكهربائي لفيلا (وحدة سكنية خاصة) تحتوى على الآتى:

(1) عدد من مخازن الإنارة بإجمالي 15000 وات

(2) مأخذ كهربائى: سعة 2 أمبير بعدد 30 دائرة (كل دائرة تحتوى على عدد ست مأخذ).

(3) أجهزة كهربائية:

باب جراج يعمل بموتور 1.2 حصان -

جهاز ألعاب رياضية بقدرة 1400 وات -

عدد 7 أجهزة تكييف: -

عدد 2 بقدرة 3.5 حصان (2.6 ك.وات)

عدد 3 بقدرة 2.5 حصان (1.9 ك.وات)

عدد 2 بقدرة 2 حصان (1.5 ك.وات)

(4) أجهزة الطهى:

جهاز طهى رئيسى كهربائى بقدرة 6000 وات -

عدد 2 جهاز طهى كهربائى فرعى قدرة 2000 وات -

جهاز تسخين كهربائى قدرة 1200 وات -

(5) طلبات تعمل بموتور كهربائى:

طلوبة ضخ مياه بقدرة 1.6 ك.وات -

طلوبة رى حدائق بقدرة 2.8 ك.وات -

طلوبة كصح بالبدرؤم بقدرة 0.6 ك.وات -

(6) السخانات وما يماثلها:

عدد 2 سخان من النوع الذى يعمل مستمراً بسعة 3 ك.وات -

عدد 1 سخان من النوع الذى يعمل مستمراً بسعة 2 ك.وات -

عدد 1 سخان لحظى بسعة 6 ك.وات -

جهاز سخان للتسخين لجهاز الجاكوزى بسعة 5 ك.وات -

جهاز سخان للتسخين بغرفة الساونا بسعة 4 ك.وات -

الحل:

تحسب معاملات الطلب المناسبة في هذا المثال من العمود الخاص بوحدة سكتية خاصة في الجدول (3-7) وذلك على النحو التالي :

الإنارة: تتحسب 66% من أحمال الإنارة (1)

$$15000 \times \% 66 = 9.9 \text{ ك.وات}$$

المأخذ: حمل دائرة المأخذ الكهربائية بالأميرير (2)

$$5 \times 2 \times \frac{40}{100} + 2 = 6 \text{ أمبير}$$

حمل الدائرة الكهربائية بالكيلووات = $0.85 \times 220 \times 6 = 1.122 \text{ ك.وات}$ (معامل قدرة

:) 0.85

الحمل الكلى للمأخذ = $30 \times 1.122 = 33.66 \text{ ك.وات}$.

الأجهزة الكهربائية (3)

100% من إجمالي الحمل الكامل لمجموع الأجهزة حتى سعة 10 أمبير [1.87 ك.وات]

على أساس 0.85 معامل قدرة] + 50% من الحمل للأجهزة التي حملها يزيد عن 10 أمبير.

$$[1.9 \times 3 + 2.6 \times 2] \% 50 + (1.5 \times 2 + 1.4 + 0.746 \times 1.2)$$

$$10.75 = 5.4 + 5.3 = [5.7 + 5.2] \frac{50}{100} + (3 + 1.4 + 0.9) =$$

(4) أجهزة الطهي:

100% من الحمل الكامل للأجهزة حتى 10 أمبير + 30% من الحمل المفمن الزائد على 10 أمبير (2.2 ك.وات على أساس معامل قدرة واحد صحيح).

$$7.00 = (6) \% 30 + (1.2 + 2.00 \times 2) =$$

(5) المحركات الكهربائية:

100% من الحمل الكامل لأكبر محرك + 50% من الحمل لباقي المحركات = 100% من الحمل الكامل لأكبر سخان + 3.9 ك.وات = [0.6 + 1.6] \% 50 + [2.8]

(6) السخانات وما يماثلها:

(أ) السخانات الكهربائية متقطعة التشغيل:

100% من الحمل الكامل لأكبر سخان + 100% من الحمل الكامل للسخان الذى يلى أكبر سخان + 25% من الحمل الكامل لباقي السخانات
12 = (4) \% 25 + 5 + 6 =

(ب) السخانات الكهربائية مستمرة التشغيل:

100% من الحمل الكامل فى جميع الحالات
8 = 2 + 3 \times 2 =

الإجمالي:

$$\begin{array}{ccccccccc} & (6) & (6) & (5) & (4) & (3) & (2) & (1) \\ 85.21 = & 8 + & 12 & + 3.9 & + 7 & + 10.75 & + 33.66 & + 9.9 \end{array}$$

ملاحظة:

إذا تم جمع جميع الأحمال جمعاً جبرياً نجدها 137.722 ك.وات فيكون:

$$\frac{85.21}{137.722} = 61.87 = \text{معامل التباين الإجمالي (diversity factor)}$$

4 المحركات

اولاً: لكابلات وقواطع كل محرك على حده 4.1

محركات كبيرة $15 < HP$	محركات صغيرة $15 \geq HP$
$I_L = \frac{P(HP) * 746}{\sqrt{3} * 380 * PF * \eta}$ لو سينجل فيز $I_L = \frac{P(HP) * 746}{220 * PF * \eta}$ $I_{st} = 2.5I_L$ $I_{CB} > I_{st}$ الاختلاف $I_{Cable} > 1.25 I_L$ ونحتاج الى overload يعمل عند $I_{overload} = 1.05 I_{rated}$	$I_L = \frac{P(HP) * 746}{\sqrt{3} * 380 * PF * \eta}$ لو سينجل فيز $I_L = \frac{P(HP) * 746}{220 * PF * \eta}$ $I_{st} = 2.5I_L$ $I_{CB} > I_{st}$ $I_{Cable} > I_{CB}$ لا نحتاج هنا تصحيح

ثانياً : لكابلات وقطواع لوحه المحركات 4.2

لكل محرك $I_{rated} = I_L$ -1

get $I_{ratedMax}$ -2

$I_{st} = 2.5 I_L$ -3

get I_{stMax} -4

ويكون للمجموعه

معامل الطلب	عدد المحركات
1	1-5
0.75	6-10
0.7	11-15
0.65	16-20
0.6	21-30
0.55	31-50

$$Term = DF(\sum I_{rated} - I_{ratedMax})$$

$$I_{stgroup} = I_{stMax} + Term$$

$$I_{ratedgroup} = 1.25 I_{ratedMax} + Term$$

$$I_{CB} > I_{stgroup}$$

من الكبير فيهم $I_{cable} >$

خطوات الحل

- 1 لـ كل مـ حـ رـ كـ $I_{rated} = I_L$
 - 2 $get\ I_{ratedMax}$
 - 3 $I_{st} = 2.5\ I_L$
 - 4 $get\ I_{stMax}$
 - 5 عـ وـ ضـ فـ يـ الـ قـ اـ نـ وـ هـ اـ تـ الـ C~Bـ الـ عـ اـ مـ وـ الـ كـ اـ بـ لـ
 - 6 خـ شـ عـ لـىـ كـ لـ وـاـ حـ دـ لـوـ حـ دـ وـهـ اـتـ الـ I~C~Bـ اـنـتـ الـ رـيـ دـيـ حـاسـبـهـ
 - 7 خـ شـ عـ لـىـ الـ كـابـلـاتـ
- هـنـقـسـمـ هـنـاـ
- صـغـيرـ
- تيـارـ الـ كـابـلـ اـكـبـرـ مـنـ الـ C~Bـ
- كـبـيرـ
- تيـارـ الـ كـابـلـ $1.25I_L$ وـنـسـتـخـدـمـ اوـفـرـلـوـودـ $1.05I_{rated}$

أمثلة 4.3

مثال 4.3.1

Ex

صمم لوحة توزيع طاقة محركات.

تلاشت الأوجه ($\sqrt{3} \div$) تقسّم

$P_f = 0.85$ 10hp للحركة 4 محركات (1)

$M = 80^\circ$ $P_f = 0.87$ 15hp للحركة 3 محركات (2)

$$M = 0.85$$

$M = 0.87, 0.89 = P_f$ 20hp 4 محركات (3)

عملية التوزيع . $D_f =$ ، $I_{St} = 2.5 I_{Rat}$ ايجاد

$D_f = 0.7$ يقىء من الجدول ← عدد 12 محرك ←

$$I_{Rat} (10hp) = \frac{10 * 746}{0.8 * 0.85 * \sqrt{3} * 380} = 16.66 A$$

$$I_{Rat} (15hp) = 22.99 A \approx 23 A$$

$$I_{Rat} (20hp) = 29.27 A \Rightarrow \text{max } I_{Rat}$$

$$I_{St} (10hp) = 2.5 * 16.66 = 41.65 A$$

$$I_{St} (15hp) = 57.5 A$$

$$I_{St} (20hp) = 2.5 * 29.27 = 73.19 A \Rightarrow \text{max } I_{St}$$

$$\sum I_{Rat} = (5 * 16.66) + (3 * 23) + (4 * 29.27) \\ = 269.38$$

$$I_{St} = 73.19 + 0.7 [(269.38) - 29.27] \\ = 241.26 \text{ A}$$

$$I_{rated} = 1.25 * 29.27 + 0.7 (269.38 - 29.27) \\ = 204.664 \text{ A}$$

$$I_{GB} \xrightarrow{\text{main}} I_{St(\text{group})} \xrightarrow{} I_{GB} = 250 \text{ A}$$

I_{GB} ملاقة أقل من I_r لوحات الكبالت

$I_{GB}^{Group} > I_{cable}^{main}$ لا ينطبق

$I_{cable} = 1(3 \times 95 + 50) \rightarrow 260 \text{ A}$

$I(3 \times 95 + 50) \rightarrow 268$

250 A

$I_{GB(10hP)} > I_{St(10hP)}$

$\hookrightarrow I_{GB} = 50 \text{ A}$

$I_{GB(15hP)} > I_{St(15hP)}$

$\hookrightarrow I_{GB} = 63 \text{ A}$

$I_{GB(20hP)} > I_{St(20hP)}$

$\hookrightarrow I_{GB} = 100 \text{ A}$

63A

50A

3×3^9
neutral
(4 X 10)

(4 X 16)

10A

Cables

$I_{cable}(10hP) > I_{GB} \rightarrow (4 \times 10) \text{ mm}^2 \rightarrow 58 \text{ A}$

$I_{cable}(15hP) > I_{GB} \rightarrow (4 \times 16) \rightarrow 89 \text{ A}$

$(4 \times 16) \text{ و س ١٥ } (4 \times 10) \text{ و س ١٠ }$

$I_{cable}(20hP) > I_{GB} \rightarrow (4 \times 4) \rightarrow 36.6 \text{ A}$

$1.25 I_{rated} \rightarrow 36.6 \text{ A}$

$(4 \times 4) \rightarrow 41 \text{ A}$

$(10SII) \leftarrow \text{overload ١٠SII}$

السؤال الاول

1

مبني سكني تجاري يتكون من 8 ادوار ويحتوي على الاتي:

- دور أول يحتوى على 4 محلات تجارية والحمل الكهربى لكل منها 15 ك.ف.أ
- دور ثانى وثالث كل منهما يحتوى على 6 مكاتب والحمل الكهربى لكل منها 10 ك.ف.أ
- الدور الرابع حتى الثامن يحتوى كل منها على 30 شقة والحمل الكهربى لكلا منها 8 ك.ف.أ
- عدد 4 محرك ثلاثة الأوجه بالمواصفات الآتية
 - قدرة المحرك الأول 25 حصان بمعامل قدرة 0.87 وكفاءة 0.85
 - قدرة المحرك الثاني 20 حصان بمعامل قدرة 0.89 وكفاءة 0.87
 - قدرة المحرك الثالث 10 حصان بمعامل قدرة 0.85 وكفاءة 0.8
 - قدرة المحرك الرابع 5 حصان بمعامل قدرة 0.85 وكفاءة 0.8

بفرض ان جميع الكابلات ممدة فى ماسورة ، صمم لوحات التوزيع لكل من (الاحمال الاستاتيكية والديناميكية) وأستخدم جدول الكابلات المرفق.

Static Loads

$$F_1 = 4 * 15 = 60 \text{ kVA}$$

$$2,3 F_2 = 6 * 10 = 60 \text{ kVA}$$

$$4 \rightarrow 8 F = 30 * 8 = \frac{240}{48} \text{ kVA}$$

* total loads:

$$F_{\text{all}} = 3 * 60 + 5 * 240 = 1380 \text{ kVA}$$

$$I_L = \frac{1380}{\sqrt{3} * 380} \approx 2096.7 \text{ A}$$

$$I_{CB} = 1.25 * I_L = 2620.86 \text{ A} \quad \therefore CB = 3000 \text{ A}$$

$$\frac{I_{\text{cable}}}{\text{cables}} = \frac{2620.86}{400} \approx 7 \text{ cables}$$

$$7 (3 \times 300 + 150) \text{ mm}^2$$

~~∴ Cable~~ $F(1 \rightarrow 3)$

$$I_L = \frac{60}{\sqrt{3} * 380} = 91.16 \text{ A}$$

$$I_{CB} = 1.25 I_L = 113.9 \quad [CB 125]$$

Cable 4×50 or $(3 \times 50 + 25) \text{ mm}^2$

Dynamic loads

rated

$$I_{L1} = \frac{25 * 746}{\sqrt{3} * 380 + 0.85 * 0.87} = 38.31 \text{ A}$$

$$I_{St1} = 95.8 \text{ A}$$

Starting

$$\sum I_{\text{rated}} = 92.57$$

$$I_{L2} = \frac{20 * 746}{\sqrt{3} * 380 + 0.89 * 0.82} = 29.27 \text{ A}$$

$$I_{St2} = 73.19$$

$$T_{Cm} = DF (92.57 - 38.31)$$

$$I_{L3} = \frac{15 * 746}{\sqrt{3} * 380 + 0.85 * 0.8} = 16.66$$

$$I_{St3} = 41.67$$

$$I_{\text{rated}} = 38.31 + 54.26 = 92.57$$

$$I_{L4} = \frac{5 * 746}{\sqrt{3} * 380 + 0.85 * 0.8} = 8.33$$

$$I_{St4} = 20.835$$

$$I_{\text{group}} = 38.31 + 54.26 = 92.57$$

$$I_{\text{rated}} = 1.25 * 92.57 = 115.66$$

$$I_{\text{group}} = 1.25 * 92.57 = 115.66$$

$$I_{\text{cable}} = 3 \times 70 + 35$$

CB's

$CB 1 \rightarrow 100$ cables small

3 (4×10)

4 (4×4)

$CB 2 \rightarrow 100$ cables long

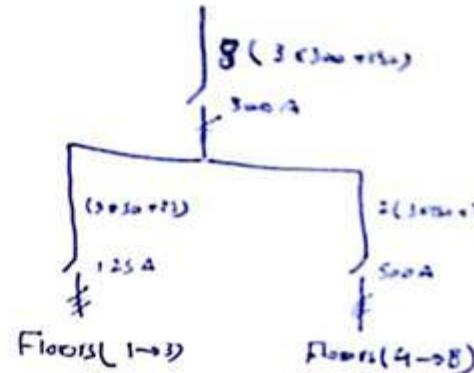
$CB 3 50$

$CB 4 32$

$$I_{C1} = 1.25 \times 38.31 = 47.88 \text{ A}$$

$$I_{C2} = 36.58 \quad 4 \times 6 \text{ mm}$$

$$4 \times 10 \text{ mm}$$



5 مسائل معاملات الفقد في الكابلات

5.1 الاختبار الأول : اختبار التحمل الحراري

5.1.1 تأثير الحرار

- درجه حراره الجو
- درجه حراره التربه

5.1.2 معامل عمق الدفن

5.1.3 تأثير الحراره النوعية للتربة

5.1.4 تأثير تجاور الكابلات فوق الحوامل

5.1.5 تأثير تجاور الكابلات تحت الأرض

كل دي معاملات يتم ضربها في قيمه التيار المقنن لتعطي قيمه التيار المقنن الفعلي

5.2 الاختبار الثاني : الهبوط في الجهد

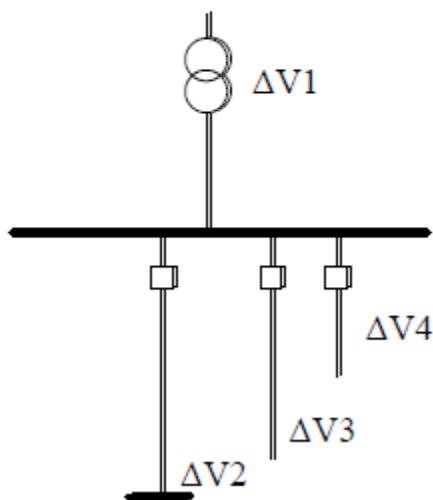
الحدود (4 % في الظروف العاديه او 8 % في ظروف الطواريء)

$\Delta V_0 = I_{ph} (R \cos \phi + jX \sin \phi)$ لو المقاومه طرف واحد $\times 2$ لو المقاومه لكل كم اضرب في الطول لو 3 فيز اضرب في $\sqrt{3}$	الطريقة الأولى
$\Delta V_0 = I_{ph} \times Z(\Omega)$ $\Delta V_0 = I_{ph} \times R(\Omega) \quad or \quad \Delta V_0 = I_{ph} \times X(\Omega)$	الطريقة الثانية
من الجدول	الطريقة الثالثه (افضل)
$\Delta V_0 = Z_{p.u} \times V_{line}$	الطريقة الرابعه

- .1 . يحسب الـ VD في دوائر 3-phase كنسبة من الـ V_{line} .
- .2 . لاحظ أن X_{cable} تهمل في الموصلات الصغيرة ، ويكتفى عندئذ فقط بقيمة المقاومة R .
- .3 . جداول الشركات تعطى القيمة الـ VD مضروبة مباشرة في 2 بالنسبة لدوائر الـ **Single Phase** ، ومضروبة مباشرة في $\sqrt{3}$ بالنسبة لدوائر الـ **3-Phase** .

لاظ أيضا أنه لو وجد عدد من الكابلات موصولة في دوائر على التوالى كما في الشكل 4 - 9 ، فإن أقصى هبوط في الجهد يحسب بجمع قيم الـ (ΔV) المتوازية على الكابلات كما في المعادلة:

$$\Delta V_{max} \text{ (total)} = \Delta V_1 + \max \text{ of } (\Delta V_2, \Delta V_3, \Delta V_4).$$



5.3 الاختبار الثالث تحمل أقصى تيار قصر متوقع

الجداول	الطريقه الاولى
المنحنيات	الطريقه الثانيه
<u>المعادلات التقريرية</u> $a(mm^2) = 9\sqrt{t} I_{SC}$ Cu $a(mm^2) = 14.2\sqrt{t} I_{SC}$ Al	الطريقه الثالثه

5.3.1.1 أولا حساب المعاوقة

MVA=500 للمصدر حيث

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA_{sc}}$$

لو ضاف 3 يعني ضرب الجهد في 1.05

5.3.1.2 للمحول

المحلات حتى 1MVA يمكن اعتبار X_T تساوى 4% .

المحلات حتى 10MVA يمكن اعتبار X_T تساوى 5 % .

MVA_Method طريقة 5.3.2

أولاً: حساب M 5.3.2.1

مولد موتور او محول

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

الكابل

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

ثانياً حساب المكافئ 5.3.2.2

وفي الخطوة التالية يتم حساب القيمة المكافئة لقيم M على النحو التالي:

1. القيمة المكافئة لمجموعة من الـ M موصولة على التوازي تحسب وكأنهم متصلين على التوالى (يعنى أن M المحصلة لهم تكون المجموع الجبرى لهم) .
2. قيم M الموصولة على التوالى تعامل كما لو كانوا موصلين على التوازي .

ISC و MVASC حساب 5.3.2.3

نعمل المكافئ من اول التوليد لحد نقطه العطل

عندما المكافئ هو MVA_{sc}

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

و

مثال شامل 5.3.3

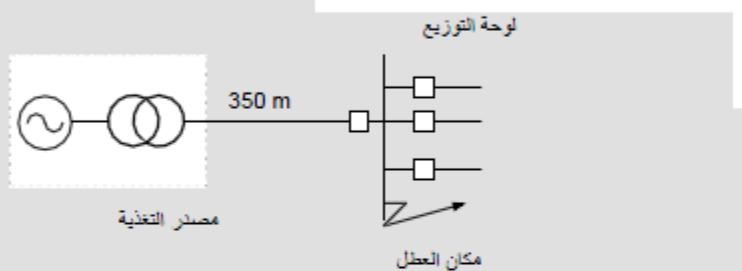
٤-٩ مثال شامل

احسب المقطع المناسب لکابل يذى لوحه توزيع مجموع أحمالها تساوى 1MVA ، وتبعد عن محول التوزيع مسافة 350 متر كما في الشكل 4-15. علما بأن:

$$\begin{aligned} MVA_{base} &= 1 \text{MVA} \quad \text{transformer} \\ MVA_{source} &= 500 \text{ MVA} \quad \& \quad X_T = 0.05 \text{ p.u} \\ Z_{cable} &= 0.014 \Omega / \text{Km} \end{aligned}$$

اعتبر أن جهد التشغيل 380 فولت ، وأن الكابلات لا PVC المتاحة هي كابلات نحاسية مقطعاها 240 mm^2 ، وأنه سيتم تمديدها فوق حوالن للكابلات في درجة حرارة تصل إلى 50 درجة مئوية.

نسبة الهبوط في الجهد لا تزيد عن 4%



شكل 4-15 : المثال الشامل

الحل:

= Load

$$I_L = \frac{1000,000}{\sqrt{3} \times 380} = 1500A$$

ومن جدول 2-6 بالفصل الثاني نجد أن تحمل الكابل (240mm^2) في الموارد يساوى 365 أمبير ، وهذا يعني أتنا بحاجة إلى عدد من الكابلات على التوازي ، وعددهم يساوى

$$No. Cables = \frac{1500}{365} \approx 5 \text{ cables}$$

وبالتالي ، فالتيار المار في كل كابل من هذه الكابلات الخمسة سيكون 300 أمبير فقط حيث التيار الكلي يساوى (1500 A).

كل الحسابات السابقة هي حسابات أولية ، وللاسف يكتفى بها بعض المقاولين في تنفيذ أعمالهم ، وهي بالتأكيد لا تصلح أن يكتفى بها أي مصمم محترف ، بل يجب عليه إجراء الاختبارات الثلاثة التي أشرنا إليها سابقا ، وهي:

1- اختبار التحمل الحراري

بما أن لدينا خمسة كابلات متقاربة على حامل للكابلات أفقياً فيجب استخدام معامل تصحيح قيمة التحميل من الجدول 7-4 ، وهو في هذه الحالة يساوي 0.75 ، كما أن معامل تصحيح درجة الحرارة من الجدول 7-4 يساوى 0.76 ، ومن ثم فالحمل الحراري لكل كابل يجب ألا يزيد عن

$$365 \times 0.76 \times 0.75 = 208 \text{ A}$$

وحيث أن كل كابل طبقاً للتصميم الأولي سيمبر به 300 أمبير، إذن فالاختيار خاطئ ويجب زيادة عدد الكابلات إلى 8 كابلات - مثلاً - بدلاً من 5 كابلات.

وفي هذه الحالة فالتحمل الحراري Thermal Rating الجديد لكل كابل يساوى طبقاً للمعامل الجديد لعدد الكابلات المتقاربة (0.72 بدلاً من 0.76) يساوى :

$$365 \times 0.76 \times 0.72 = 199.7 \text{ A}$$

وفي حالة وجود 8 كابلات فكل كابل من الكابلات الثمانية سيمبر به جزء من التيار الكلي يساوى في هذه الحالة (8 / 1500) أي حوالي 187 أمبير ، وهو أقل من الـ Thermal Rating الجديد 199.7 A ، ومن ثم يمكن أن نقول أن الكابل اجتاز الاختبار الأول ، وهو اختبار التحمل الحراري .

2- اختبار الهبوط في الجهد

يجب في المرحلة التالية اختبار أقصى هبوط في الجهد على طرف الكابل ، والتي يجب ألا تزيد عن 4% . ومن الجدول 7-13 نجد أن الهبوط في الجهد في الكابلات مقطع 240mm² يساوى 0.204 مللي فوت بـ متـر لكل أمبير . وهذا يعني أن إجمالي الهبوط في الجهد في نهاية الـ 350 متـر نتيجة مرور تيار قدره 187 أمبير في كل كابل من الثمانية المتوازية يساوى :

$$0.204 \times 10^{-3} \times 187 \times 350 = 13.3 \text{ Volt}$$

وبالتالي فسبة الهبوط في الجهد تساوى

$$13.31/380 = 3.5 \%$$

then it's ok in here
VD<4%

وهي أعلى من الـ 3% المسموح بها ، وهذا يعني أن الكابلات الثمانية المركبة على التوازي لم تجتاز الاختبار الثاني .

ولتحديد العدد المناسب الجديد نطبق القاعدة :
 العدد الجديد المناسب = العدد القديم × (نسبة الاهياء المرفوضة ÷ النسبة المطلوبة)
 وبتطبيق هذه القاعدة

$$No. \text{ of Cables} = 8 \times \frac{3.5}{3} = 10 \text{ cable}$$

3- اختبار تحمل تيار الفصر

بفى اختبار أخير حتى يمكن أن نجزم بأن اختبارنا لمقطع الكابل ، وعدد الكابلات المتوازية كان اختباراً صحيحاً ، وهو اختبار تحمل تيار الفصر . ومنه أيضاً سندد مستوى الد CC لقواطع المستخدمة بلوحة التوزيع . وهو يتم من خلال عدة خطوات :

1- حساب مستوى الفصر عند لوحة التوزيع

الخطوة الأولى : إذا أردنا أن نحسب قيمة الد CC لقواطع اللوحة ففي هذه الحالة يجب أن نفترض أن العطل وقع على الد Bus Bar الرئيسي للوحدة العمومية لأن تيار العطل حينئذ سيكون أكبر مما يمكن ، فإذا وقع العطل في الواقع العملي عند أي نقطة أخرى بعد من الد BB ، فالتأكد سيكون تيار الفصر أقل مما قد تم حسابه ، وهذا يعني أننا نصمم علىأسأ الفروض.

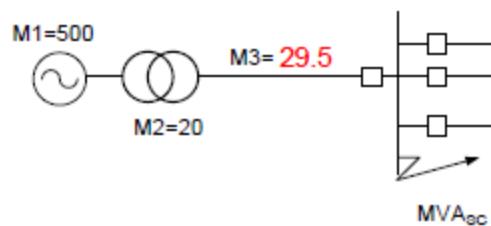
الخطوة الثانية : نحسب قيمة الد M لكل عنصر بالدائرة :

$$M_1 = M_{\text{source}} = 500 \text{ MVA.}$$

$$M_2 = M_{\text{transformer}} = 1/0.05 = 20 \text{ MVA.}$$

$$M_3 = M_{\text{cable}} = \frac{(KV)^2}{X_c(\Omega)} = \frac{0.38^2}{0.014 \times 0.350} = 29.5 \text{ MVA}$$

ثم نرسم الدائرة المكافئة للشبكة بدءاً من مصدر التغذية وحتى موضع العطل ، كما في الشكل 4-16.



شكل 4-16 الدائرة المكافئة للشبكة

الخطوة الثالثة : نحسب قيمة الـ M المكافئة (جميعهم على التوالي فيحسب المكافئ لهم كما لو كانوا على التوازي) .

$$M_{eq} = 11.64$$

نذكر أن M_{eq} هي نفسها M_{SC} التي نبحث عنها.

الخطوة الرابعة: حساب قيمة تيار القصر عند الـ CB (نهاية الكابل)

$$I_{SC} = \frac{MVA_{SC}}{\sqrt{3} kV_L} = \frac{11.46}{\sqrt{3} 0.38} = 17.4 \text{ kA}$$

ومن ثم فأقل قيمة لفواتح اللوحة هي 20 kA .

لاحظ أن حدوث قصر على الـ BB لن يكون خطيرا على الكابلات ، لأن هذه القيمة ستمر خلال 10 كابلات على التوازي ، وبالتالي فكل كابل منهم سير بـ تيارا 1.7 kA ، وهي قيمة صغيرة جدا بالنسبة لتحمل الكابل الذي تم اختباره (240 mm²) للتيارات القصر.

1- حساب مستوى القصر للكابلات

إذا أردت أن تختبر تحمل الكابلات لتيار القصر فيجب أن تفرض القصر في موضع قريب من بداية الكابل (وليس عند نهايته) ومن ثم فأسألاً الاحتمالات أن يكون القصر في الأمتار الأولى بعد المحول (اهمل عنده معاوقة الكابل تماما) ويصبح تيار القصر خلال الكابل يساوي حاصل الضرب على حاصل جمع الـ 500 MVA الخاصة بالمصدر ، والـ 20 MVA الخاصة بالمحول (يعتبرهم كأنهم توازي كما اتفقنا)

$$M_{SC} = \frac{500 \times 20}{520} = 19.23 \text{ MVA}$$

لاحظ هنا أن هذه القيمة لن تمر خلال العشر كابلات بل ستمر خلال الكابل الذي به الـ Short فقط ، و يمكن أن تختبر مدى تحمل الكابل الذي تم اختباره (240 mm²) لتحمل هذا التيار إما من خلال جدول 14-4 ، أو من خلال المعادلة 11-4 .

فمن الجدول 14-4 نجد أن الكابل 240 mm² يمكن أن يتحمل حتى kA 39 لمدة نصف ثانية ، وحيث أن أقصى قصر متوقع هو 29.2 kA ومن ثم فقد اجتاز الكابل هذا الاختبار.

للاحظ أنتا لو طبقنا المعادلة 11-4 فسنجد أن أقل مقطع لتحمل تيار القصر المتوقع هو

$$a(\text{mm}^2) = 9 \sqrt{t} I_{SC} = 9 \times \sqrt{0.5} \times 19.23 = 122 \text{ mm}^2$$

وهو بالتأكيد أقل من مقطع الكابل الذي تم اختباره (240 mm²) ، وبالتالي فهذا يؤكد أن الكابلات تجاوزت هذا الاختبار بنجاح .

6 الفصل الخامس : تصميم لوحات وشبكات التوزيع الكهربية

6.1.1 حساب الحمل التصميمي للوحة فرعية

كيفيه تحديد ال load rated لهذه اللوحة

NEC -1

1. نحسب مجموع أحمال الإنارة والمخارج العامة والغسالة .
2. نعتبر قيمة معامل الطلب (DF) لأول 3000VA من مجموع الأحمال السابقة تساوى واحد صحيح ($DF=1$) .
3. بعد طرح الـ 3000VA من مجموع الأحمال المحسوبة فى الخطوة رقم 1 نعتبر ال DF للحمل المتبقى يساوى 0.35 .
4. الأفران الكهربية والتكييف والسخانات والمجف Dryer وغيرها تضاف مباشرة إلى الناتج من الخطوة السابقة على اعتبار أن لها ($DF = 1$) ، وبالتالي نصل إلى ما يسمى بالحمل التصميمي .
5. يتم اختيار الكابل والـ CB العمومي بناء على الحمل التصميمي الناتج من الخطوة الرابعة حسب القواعد التالية:

- 1 - Find : I_{Load}
- 2 - Choose $I_{CB} > 1.25 I_{Load}$
- 3 - Choose $I_{Cable} > I_{CB}$

TCL “total connected load” -2

نجمع كله وخلاص

-3 - بالمساحه

15W/m ²	الإنارة
3000VA	المخارج
1500VA	الغسالة
8000VA	الفرن الكهربائي
5000VA	مجف الملابس Dryer
65-60 W/m ²	التكييف

مثال 1-5 :

احسب الحمل التقديرى لشقة سكنية مساحتها 200 متر مربع:

1. بطريقة الـ NEC

2. بطريقة الـ TCL

الحل :

أولاً الحل بطريقة الـ NEC

بناء على الأحمال التقديرية المشار إليها فإن مجموع الأحمال يحسب بطريقة الـ NEC على النحو التالي (اعتبر معامل القدرة = 1 للتبسيط) :

$$3000W = 200 \times 15 = \text{أحمال الإنارة} -1$$

$$3000VA = \text{أحمال المخارج العامة} -2$$

$$1500VA = \text{الغسالة} -3$$

$$12000 W = 60 \times 200 = \text{التكييف} -4$$

$$8000 VA = \text{ الفرن الكهربى} -5$$

$$5000VA = \text{مجفف} -6$$

$$5000W = \text{مدفأة} -7$$

أولاً : حساب حمل الإنارة والمخارج العامة والغسالة

$$(3000+3000 + 1500) = 7500 VA$$

ثانياً: الحمل التقديرى :

$$3000 \times 1 + (7500 - 3000) \times 0.35 + 12000 + 8000 + 5000 = 29575 VA$$

وبالتالي فالحمل التصميمى التقديرى لهذه الشقة - الذى بناء عليه سختار الكابل والا CB العموميين للوحدة التوزيع الفرعية الخاصة بها - يساوى 29575 VA.

لاحظ أن المدفأة والتكييف لا يعملان معاً في وقت واحد ، ومن ثم يدخل الأكبر منهما فقط (التكييف) في الحسابات .

ثانياً الحمل التقديرى بطريقة الحمل المركب الكلى (TCL) :

في هذه الحالة فإن حمل الشقة يساوى مجموع كافة الأحمال الموجودة بالشقة

$$3000 + 3000 + 1500 + 12000 + 5000 + 8000 = 32500 VA$$

لاحظ أن الفرق ليس كبيراً بين الطريقتين .

6.2 تصميم لوحة توزيع فرعية في المرحلة النهائية

في هذا المثال سنفترض أن الأحمال صارت معلومة ، أي أنتا في مرحلة متقدمة من التصميم وليس في مرحلة الأحمال التقديرية كما في المثال السابق ، ومن ثم فإننا سنتكمل عناصر التصميم كاملة ، ولن نكتفى بمجرد حساب الحمل التقديرى .

مثال 5-2	
صمم لوحة توزيع لشقة سكنية بها الأحمال التالية.	
9000VA	الإنارة
3000VA	المخارج العامة
3000VA	غسالة
1500VA	سخان-1
3500VA	سخان-2
12000VA	فرن (3-phase)
2200 VA	3 تكييف (كل منها بقدرة)

الحل:

هذا المثال يختلف عن المثال السابق في كون الأحمال صارت كلها معلومة. ومن ثم فالتصميم سيكون نهائيا وليس أوليا. وهذا يعني أيضاً أننا سندرس - بالإضافة إلى اختيار مقطع الكابل العمومي واختيار CB العومي - كيفية التوزيع المتزن للأحمال على الأوجه الثلاثة ، وكذلك سنحتاج لرسم مخطط للوحة Single Line Diagram، SLD . وهذا كله يتم بالطبع بعد تصميم الدوائر الفرعية الخاصة بكل حمل على حدة أولا.

الخطوة الأولى: تصميم الدوائر الفرعية:
نتائج حسابات الدوائر الفرعية مسجلة في الجدول 5-2.

جدول 5-2 : الدوائر الفرعية في المثال 5-2

الحمل	التيار الكلى	عدد الدوائر المقترحة	التيار لكل دائرة (A)	1.25 A	CB	Cable	
						المقطع	Cable Rating
الإنارة	9000/220 =41A	8 (L1 :L8)	5A	6.25A	10	2*2 mm ²	25
المخارج العامة	3000/220 =14A	2 (P1 : P2)	7	9	16	2*3 mm ²	32
غسالة	3000/220 =14A	1 (P3)	14	18	25	2*4 mm ²	40
فرن	12000/3*220 =18A	1 (P4)	18	22	32	4*6 mm ²	52
سخان-1	1500/220 =7A	1 (P5)	7	9	16	2*3 mm ²	32
سخان-2	3500/220 =16A	1 (P6)	16	20	25	2*6 mm ²	52
ثكييف	2200/(220) =10A	3 (A1 :A3)	10	25 (2.5xA)	32	2*6 mm ²	52

لاحظ عند اختيار الـ CB الخاص بـ المخارج العامة أو الغسالة مثلاً فإنه لم يتم اختيار الـ CB الذي له قيمة أعلى مباشرة من القيمة المطلوبة ، بل اختيرت القيمة الأعلى من القيمة المناسبة (على سبيل المثال في المخارج العامة اختير 16A بدلاً من 10A ، حيث كان المطلوب قيمة أعلى فقط من 9A) ، والسبب كما ذكرنا في القواعد العامة أنه يجب اختيار أقرب قيمة قياسية أعلى من المحسوب (سواء للكابل أو لـ CB) ، ويجوز تجاوز هذه القيمة إلى قيمة أعلى إذا كانت القيمة القياسية قريبة من القيم المحسوبة ، لاسيما في هذه النوعية من الأحمال التي يمكن أن تشتمل على محركات صغيرة (مكنسة كهربائية مثلاً) ، وهذا يعني أن بعض الأحمال ربما يكون لها Starting Current ومن ثم يجب زيادة تيار الـ CB المفتون.

في بعض شركات الكابلات ربما لا تجد المقطع 3×2 وستجد بدلاً منه المقطع $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$.

الخطوة الثانية: حساب الحمل الكلى للإنارة والمخارج والغسالة (الأحمال التي يحسب لها عامل طلب طبقاً :NEC

$$\text{Total} = 9000 + 3000 + 3000 = 15000 \text{ VA} \quad ■$$

الخطوة الثالثة : حساب الحمل التصميمي بطريقة NEC

$$+ 35\% (15000 - 3000) + 12000 + 1500 + 3500 + \text{Design load} = 3000 \times 1 \blacksquare \\ 2200 \times 3 = 30800 \text{ VA}$$

لاحظ أن الحمل التصميمي بطريقه الـ **TCL** يساوى 38600 VA (وهو مجموع كل الأحمال الواردة في رأس المسألة) و الفرق بين الطريقتين قد لا يعتبر كبيراً ضمن مبني به عدد قليل من مثل هذه الشقة ، أما لو كان العدد كبير فسيكون هناك توفير كبير في الحمل الكلى للمبنى إذا تم الحساب بطريقه الـ **NEC** .

الخطوة الرابعة : التوزيع المتنز لالأحمال
يراعى توزيع الدوائر الفرعية على الـ **Phases** الثلاثة بحيث تكون قيم التيار متقاربة (ليس بالضرورة أن تكون عدد الدوائر متساوية بل المهم أن تكون التيارات الثلاثة أقرب إلى أن تكون متساوية) كما في الجدول 5-3.

الخطوة الخامسة : اختيار الـ **CB والكابل العمومي:**
يتم اختيار مقطع الكابل العمومي وسعة الـ **CB** بناء على قيمة أعلى تيار في الـ **3-Phases** 3 التي رتبت في الجدول السابق ، وهي هنا تساوى 62A .

$$I_{CB} = 1.25 \times 62 = 77.5A \Rightarrow CB = 100A \quad \text{■}$$

وبحسب الجدول 2-3 في الفصل الثاني يكون الكابل المناسب هو

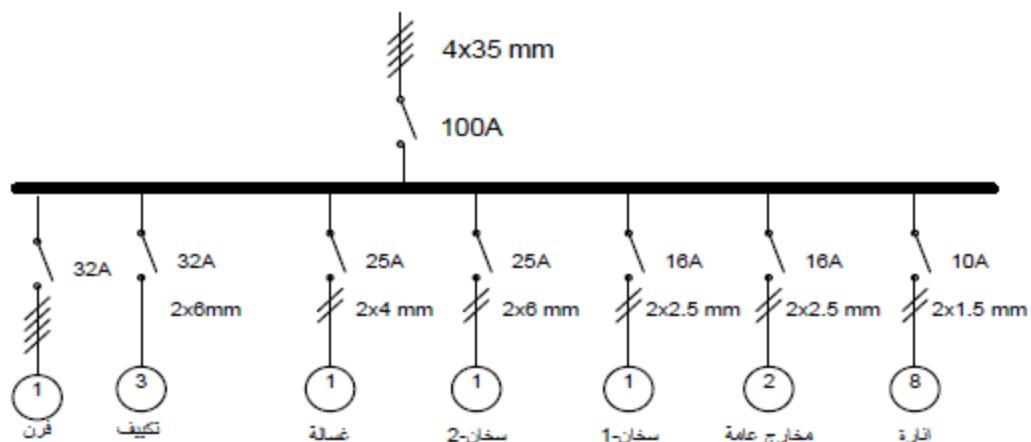
$$I_{Cable} = 4 \times 35 \text{ mm}^2 \quad \text{■}$$

جدول 5-3 : التوزيع المتنز لأحمال المثال 5-2

Load	Phase-A	Phase-B	Phase-C
إنارة	L1-L3 15A	L4-L6 15A	L7-L8 10A
المخارج العامة	P1=8A		P2=8A
غسالة		P3=14A	
فرن	P4=18A	P4=18A	P4=18A
سخان-1	P5 =7A		
سخان-2			P6 =16A
تكيف	A1=10A	A2 =10A	A3 =10A
Total current per phase	58A	57A	62A

تذكر أنه في حالة وجود عدم اتزان بين الأوجه الثلاثة يمكن نقل بعض الأحمال من **phase** إلى آخر حتى نصل إلى قيم متقاربة بين الـ **3-phases** .

الخطوة السادسة : رسم مخطط اللوحة SLD كما في الشكل 5-1.



شكل 5-1 : الا SLD للدوائر في المثال 5-2 .

مثال 5-3

المطلوب حساب الحمل التصميمي لشقة سكنية تشمل على مجموعة أحمال كما في الجدول 5-4 . اختر أيضا الكابل والا CB العمومي للوحة التوزيع .

الحل :

الأحمال المذكورة حتى الصف-17 في الجدول 5-4 تمثل الأحمال المعطاة مرتبة وموزعة بصورة متوازنة بين الـ phase الثلاثة ، أما الصور بعد الصف-17 فتمثل خطوات لحل المسألة بدءا بفرض قيمة الأحمال الاحتياطية ، إلى تجميع حمل كل الـ phase لتصميم الكابل والا CB العموميين بناء على أكبر تيار في الأوجه الثلاثة وتنمية جميع هذه العمليات داخل الجدول نفسه كما في الجدول 5-4.

اسم اللوحة				رقم الدائرة الفرعية
قيمة الحمل بالوات			جهد التشغيل: 415/240 V	
Ph-C	Ph-B	Ph-A	الحمل	
		1100	إنارة	1
	1100		إنارة	2
1100			إنارة	3
		1100	إنارة	4
	1100		إنارة	5
	1100		إنارة	6
	1100		إنارة	7
	1100		إنارة	8
1760			مخارج عامة	9
		1760	مخارج عامة	10
	1540		سخان-1	11
3520			سخان-2	12
		3080	غسالة	13
3960	3960	3960	فرن	14
	2200		تكيف	15
2200			تكيف	16
		2200	تكيف	17
		1200	احتياطي	18
	1200		احتياطي	19
1200			احتياطي	20
			فراغ فقط	21
			فراغ فقط	22
13740	14400	14400	Total Phase power	
(T.C.L)42540			Total connected load	
14400/220 = 65.5A			Max- Current per phase	
82 A			1.25 A	
CB = 100A Cable : 4 x 35 mm ²			CB والكابل العمومي	

مثال 4-5

فى الجدول 5-5 نعرض نموذجا مميزا للوحة توزيع فرعية لأحمال إنارة فى أحد المصانع فى صورة نهائية.

الحل :

جدول 5-5 : لوحة إنارة فرعية

PANELBOARD SCHEDULE - LL6C21							
VOLTAGE : 380Y/220 VOLTS, 3 PHASE 4W	LOAD - VA			RCT. NO.	BRANCH AMPS & POLES	LOAD DESCRIPTION	
	A	B	C				
MAIN BREAKER: 300 AMP 3 POLE TOP MOUNTED	2200	2600		1	20	1	LTC
MAIN BUS : 400 AMPS	1850	1500	1100	3	20	1	LTC
NEUTRAL BUS : YES			2250	5	20	1	LTC
GROUND BUS : YES	1800	1800		7	20	1	LTC
LOCATION : C229				9	20	1	LTC
MOUNTING : SURF			1650	11	20	1	LTC
ARC RATING : 65000	1600	1600		13	20	1	LTC
NOTES:				15	20	1	LTC
50 HZ PANELBOARD	4500	9000	1600	17	20	1	LTC
				19	20	1	LTC
				21	20	1	LTC
				23	20	1	LTC
				25	30	1	HTR-3
				27	60	1	HTR-1
			600	29	15	1	REC(ELEV)++
	400	400		31	20	1	REC(ELEV MONITOR)++
				33	20	1	SPARE
			400	35	20	1	SPARE
				39	125	3	PBD LL6C22
			23000	23000	23000	---	---
PROVIDE GFCI TYPE BREAKER WHERE MARKED ++ IN SCHEDULE							
			2700	1800	2	20	1
				2400	4	20	1
			2150	2400	5	20	1
				2400	6	20	1
			2000	1200	8	20	1
				1800	10	20	1
SUPPLIED FROM:					12	20	1
LOAD SUMMARY	KVA	CONN.			14	20	1
	A	B	C		16	20	1
LIGHTING	15	14	12		18	20	1
RECEPTACLE			1	400	20	20	1
MECH.(HTG)	5	9			22	20	1
MECH.(MTR)				400	24	20	1
MISC	23	23	23		26	15	1
WATER HTR.				400	28	15	1
SPARE	1	1	4		30	15	1
TOTALS	44	48	39	400	32	20	1
					34	20	1
TOTAL CONN. KVA	131.0				36		1
					38		1
					40		1
					42		1
							SPACE ONLY

لاحظ فى الجدول 5-5 حجم المعلومات الوفيرة المدونة فى هذا الجدول والمفيدة فى مراجعة عمليات التصميم ،
فهناك معلومات تفصيلية عن الدوائر الفرعية و القاطع الرئيسي ، والكابل الرئيسي وطريقة دخوله للوحة ، وكذلك
طريقة تثبيت اللوحة ، ومكان تثبيتها ، والعديد من المعلومات الأخرى المفيدة.

المطلوب حساب القيمة القصوى لتيارات الدوائر الفرعية النهائية فى لوحة توزيع فرعية تقوم بتغذية أحمال القوى فى مطبخ أحد الفنادق ، وأخرى لأعمال الإتارة ، وكذا حساب القيمة القصوى لتيار الدائرة العمومية التى تغذى لوحتى المطبخ بأكمله إذا كان جهد طور التغذية هو 220 فولت علما بأن المطبخ يحتوى على الأحمال التالية :

- عدد 3 فرن كهربائي ثلثي الأطوار بقدرة 12 ك وات لكل منها.
- عدد 3 ثلاجة ثلثية الأطوار بقدرة 3 ك وات ومعامل قدرة 0.8 متأخر.
- عدد 2 سخان مياه ذات طور واحد بقدرة 2 ك وات.
- عدد 2 مفرمة لحوم ذات طور واحد بقدرة 2 ك وات ومعامل قدرة 0.7 متأخر.
- عدد 2 آلة عجين ثلثية الأطوار بقدرة 3 ك وات ومعامل قدرة 0.8 متأخر.
- عدد 2 آلة تحضير الخضروات ذات طور واحد بقدرة 1 ك وات ومعامل قدرة 0.7 متأخر.
- أحمال الإتارة تتمثل بعدد 200 مصباح فلوري قدرة 18 وات مزود ببادئ إتارة الكترونى 4 وات ومعامل قدرة محسن إلى 0.95 متأخر .

الحل:

يتمنى تغذية كل من الأجهزة السابقة من لوحة فرعية خاصة بأحمال القوى ، كما يتم تغذية لوحة الإتارة من لوحة أخرى ، وفيما يلى حساب التيار المقىن فى كل من هذه الأحمال ، كما تتضمن الحسابات التالية تحديد القيمة القصوى لتيار اللوحة العمومية التى تغذى المطبخ بأكمله :

- التيار المقىن للفرن الواحد = $12000 \div (1 \times 380 \times 1.732) = 18.23$ أمبير
- التيار المقىن للثلاجة الواحدة = $3000 \div (0.8 \times 380 \times 1.732) = 5.7$ أمبير
- التيار المقىن للسخان الواحد = $2000 \div (1 \times 220) = 9.09$ أمبير
- التيار المقىن لمفرمة اللحوم الواحدة = $(0.7 \times 220) \div 2000 = 13$ أمبير
- التيار المقىن لآلة العجين الواحدة = $3000 \div (0.8 \times 380 \times 1.732) = 5.7$ أمبير
- التيار المقىن لآلة تحضير الخضروات الواحدة = $1000 \div (0.7 \times 220) = 6.5$ أمبير
- التيار المقىن للوحة لإتارة بأكملها = $(0.95 \times 380 \times 1.732) \div (22 \times 200) = 7.04$ أمبير

مع ملاحظة أن الأحمال أحديبة الطور من الـ Phases الثلاثة بطريقة تضمن التساوى (بقدر الإمكان) بين مجموع كل من القدرات الفعالة وغير الفعالة فى الـ Phases الثلاثة كما فى الجزء الأول من الجدول 6-5 ، فى حين أن الأحمال ثلثية الأطوار (الأفران والثلاجات وألئى العجين ولوحة الإتارة) تغذى من الـ Phases الثلاثة بالتساوى فى قيم تيارات الـ Phases كما فى الجزء الثاني من نفس الجدول ، وبالتالي التساوى بين قيم تيارات الـ 3-Phases التي تغذى المطبخ بأكمله كما هو واضح من الجزء الأخير فى الجدول:

جدول 5-6 : توزيع الأحمال الأحادية والثلاثية بالتساوي

Phase-3		Phase-2		Phase-1		الحمل
P kW	Q kVAR	P kW	Q kVAR	P kW	Q kVAR	
--	--	2	--	2	--	السخانات
2	2.04	2	2.04	--	--	مفرمة اللحوم
1	1.02	--	--	1	1.02	آلة تحضير الخضروات
و يتضافر بعد ذلك الأحمال الـ 3-Phase كما يلى:						
12	--	12	--	12	--	الأفران
3	2.25	3	2.25	3	2.25	الثلاجات
3	2.25	3	2.25	3	2.25	آلة العجين
1.47	0.48	1.47	0.48	1.47	0.48	الإنارة
ويذلك يكون مجموع الأحمال على الـ Phases الثلاثة كما يلى:						
22.47	8.04	23.47	7.02	22.47	6.00	المجموع على كل Phase

ومن قيم الـ P ، Q السابقة يمكن حساب قيم المركبات الـ Active و الـ Reactive لنبار كل Phase وقيمتها العددية بالأمير كما يلى :

القيمة العددية (I)	(I _{mag}) Reactive	I _{Real} (Active)	الطور
105.715	27.273	102.136	Phase-1
111.352	31.909	106.682	Phase-2
108.477	36.545	102.136	Phase-3

ويمكن بدلالة قيم مركبات التيار في الـ 3-Phases السابقة حساب قيم مركبنا تيار المار في الـ Neutral وقيمتها العددية بالأمير باستخدام قوانين الـ Symmetrical Components كما يلى :

$$\text{المركبة الحقيقة} = (I_{nr})_{\text{Real Part}} = 1.742 = (36.545 - 31.909)0.866 + (102.136 + 106.682) 0.5 - 102.136$$

المركبة التخيلية I_{ng} Imaginary Part

$$= (102.136 - 106.682)0.866 + (36.545 + 31.909)0.5 - 27.273$$

$$\text{القيمة العددية } I_n = 3.484 \text{ أمبير}$$

ملاحظات:

تحقق كل قيم القدرات والتيارات السابقة عند تغذية كل الأحمال بالمطبخ بكامل قدراتها في نفس الوقت (كما في حالة الإعداد لحفل مثلاً) ، ويجبأخذ هذه القيم كأساس لتصميم الدوائر كلها لتلافى زيادة الحمل في الدوائر في حالات الطوارئ ، لكنها بالطبع ستتغير مع تغير نسب التحميل .

القيم القصوى للقدرات والتيارات فى الأحوال العادية

عند حساب القيم السابقة افترضنا أن جميع الأحمال تعمل في وقت واحد (حفل كبير مثلاً ، ويسمى حمل الطوارئ) ، لكن عند تقدير حمل اللوحة التي تغذى المطبخ بأكمله ، فإذا أخذنا معاملات التباين الواردة في الجدول 3 - 5 في الفصل الثالث من هذا الكتاب في الاعتبار فإن القيم القصوى للأحمال ستصبح كما يلى .

- الأفران $100 \% \times 60 + 12 \% \times 80 + 12 \% \times 100 = 28.8 \text{ ك وات}$
- الثلاجات $100 \% \times 60 + 3 \% \times 80 + 3 \% \times 100 = 7.2 \text{ ك وات}$
- السخانان $2 \times 2 (\text{باعتبارهما يعملان باستمرار وقت الذروة}) = 4 \text{ ك وات}$
- مفرمتنا اللحوم $100 \% \times 2 + 2 \% \times 80 = 3.6 \text{ ك وات}$
- آلة العجين $100 \% \times 80 + 3 \% \times 100 = 54 \text{ ك وات}$
- آلة تحضير الخضروات $100 \% \times 80 + 1 \% \times 100 = 1.8 \text{ ك وات}$
- الإنارة $100 \% \times 4.4 = 4.4 \text{ ك وات}$

وبذلك تكون القيمة القصوى لحمل المطبخ بأكمله $= 55.2 \text{ ك وات بدلا من } 68.41 \text{ ك وات في حالات الطوارئ} ، وال الصحيح أن يتمأخذ حالات الطوارئ كأساس لتصميم طالما أنها واردة الحدوث باحتمال عالى لاسيما أن الفرق ليس كبيرا .$

251- 283

مثال 6-5

المطلوب تغذية مصنعين أحمالهما كما يلى:

المصنوع الأول (مكون من مبنيين):

مبنى 1: 3.34 MVA

مبنى 2: 1.66 MVA

المصنوع الثاني (مكون من مبنيين):

مبنى 3: 1.33 MVA

مبنى 4: 2.66 MVA

علماً بأن المصنوع الأول يقع بالقرب من محطة التغذية الرئيسية بالمدينة ، ومن ثم ستتم استقبال التغذية الرئيسية عليه أولاً ثم يتم تغذية المصنوع الثاني من خلال المصنوع الأول.

5-10-1 التغذية المقترحة للمصنوع

الخطوة الأولى أن تتم دراسة وضع الأحمال في محطات الـ 66/11 القريبة من موقع المشروع ، بحيث يتم تحديد عدد الخلايا الغير مستخدمة في كل محطة ، و تحديد الأحمال التي تتدنى من كل محطة وحجم القدرة الـ Spare المتاحة في كل منها.

وقد اقترح في هذا المشروع تغذية اللوحة الرئيسية للمصنعين والموجودة بالمصنوع الأول من أقرب محطة المحولات جهد 66/11 (اسم المحطة هو S4 وهي محطة يبلغ الحمل الأقصى لها 25×4 MVA وبلغ مجموع الأحمال الفعلية عليها حوالي 20 MVA فقط ، ومن ثم فهي مناسبة لتغذية المصنعين). وهذه اللوحة ظهرت في الجزء العلوي من الشكل 5-16 .

الخطوة الثانية بعد تحديد محطة معينة ، هي اختبار مقطع وعدد الكابلات التي تصل بين محطة التغذية الرئيسية والمصنوع.

الخطوة الثالثة هي قياس المسافة بين محطة التغذية والمصنوع تمهدًا لحسابات الـ Short Circuit وحسابات الـ Voltage Drop علماً بأننا لن شوف كثيراً عند هذه الحسابات التي درست تفصيلاً في الفصل الرابع . وسنركز هنا فقط على شكل التغذية وليس على طرق الحسابات ، لكن معظم الحسابات خاصة بالنسبة لاختبار الكابلات يمكن التأكيد منها بتطبيق نفس القواعد السابق دراستها.

5-10-2 المهام الالزامية لتغذية المصنع

أهم المعدات الالزامية لتغذية المصنع هي (انظر الشكل 16-5) :

- 1- لوحة التوزيع الرئيسية (المصنع الأول) ، وتشتمل على 11 خلية:
 - عدد 3 خلية دخول خاصة بالتنمية من محطة المحولات S4
 - عدد 2 خلية خاصة برابط القضبان bus coupler.
 - عدد 4 خلية لتغذية المحولات (منهم واحد احتياطي).
 - عدد 2 خلية خروج لتغذية المصنع الثاني .

بالإضافة إلى عدد 4 محولات سعة 2000 MVA جهد 11 / 0.4 kV (منهم واحد احتياطي) تغذى جميعا من اللوحة.

2- لوحة التوزيع الفرعية (المصنع الثاني) ، وتشتمل على 7 خليةا :

- عدد 2 خلية دخول .
- عدد 2 خلية خاصة برابط القضبان .
- عدد 3 خلية خروج لتغذية المحولات .

بالإضافة إلى عدد 3 محول سعة 200 kVA جهد 11/0.4 kV تغذى جميعا من اللوحة.

3- كابلات نحاس مفرد Single core مسلح ذو مقطع 400 مم (XLPE) جهد 20/12 kV من محطة محولات (S4) حتى لوحة التوزيع الرئيسية بالمصنع الأول. (لاحظ أن هذا المقطع لا يناسبه استخدام الكابلات الا Multi-core لصعوبة تمديده وتثبيته).

4- كابلات نحاس مسلحة قطاع 3 × 240 مم 2 (XLPE) جهد 20/12 كـ ف وذلك لتغذية لوحة التوزيع بالمصنع الثاني من اللوحة الرئيسية بالمصنع الأول . (لاحظ أن قيمة الجهد للكابل لا تعني جهد التشغيل بل فقط تعني أقصى جهد يتحمله وهو يساوى هنا 20 kV) .

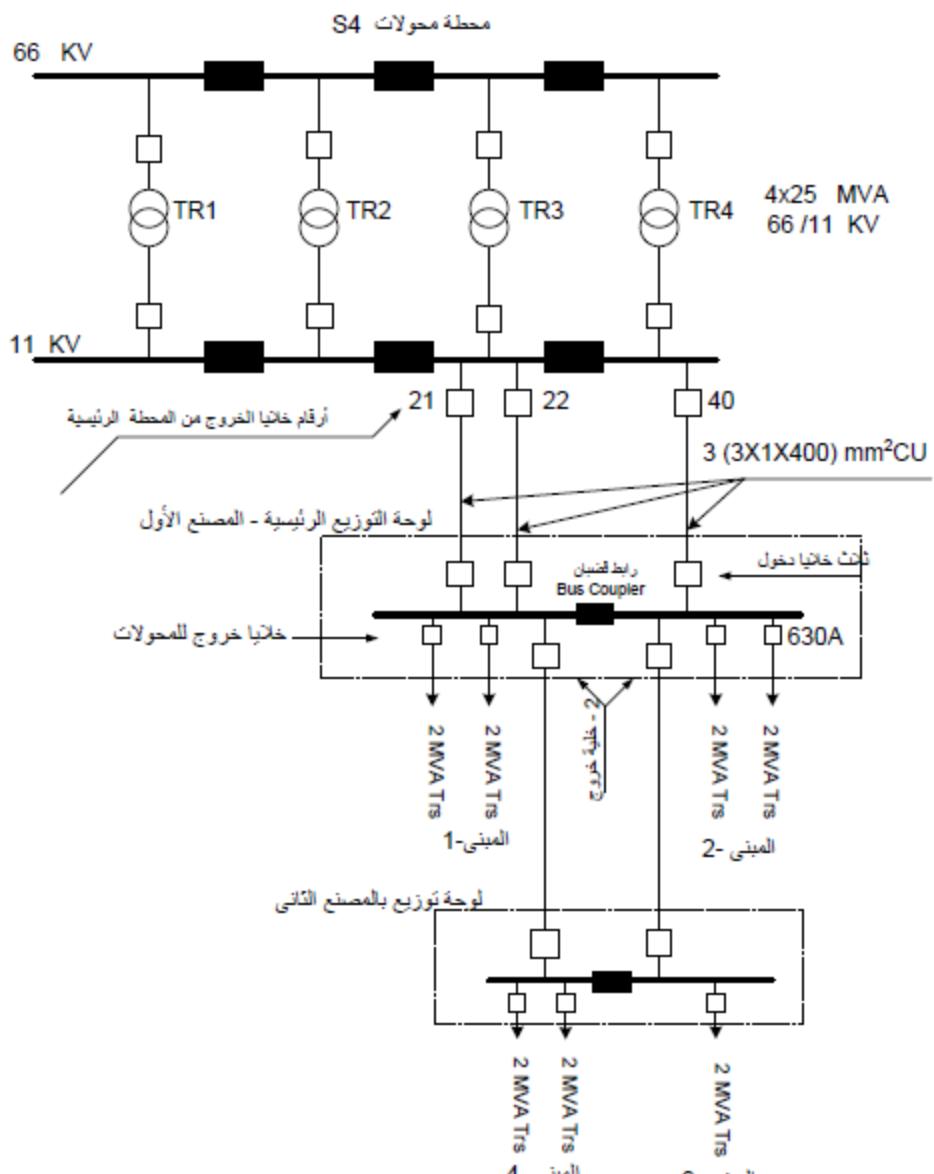
5- كابلات نحاسية قطاع 3 × 95 مم 2 (XLPE) جهد 20/12 كـ ف. وذلك لتغذية المحولات الرئيسية من لوحة التوزيع بالمصنعين .

ملحوظة :

النتائج الخاصة بحسابات الهبوط في الجهد وحسابات القصر كانت كما يلى:

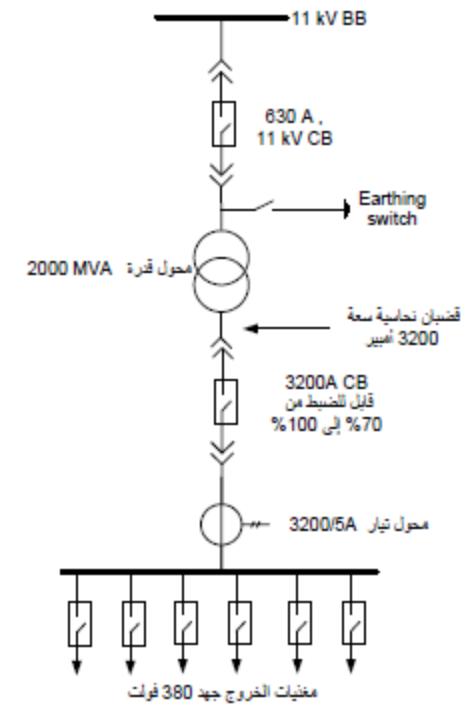
- أقصى هبوط في الجهد في التحميل العادي يساوى 0.5% وفي التشغيل الاضطرارى يساوى 1.43%.
- أقصى تيار قصر مترافق عند قضبان التوزيع 11kV 11 المتغذية للمصنع الأول يصل إلى ($7.9 \text{ kA} = 150 \text{ MVA}$) وهي أقل من سعة القطع SCC لـ CBs المركبة على الـ BBs المتغذى منها المصنع الأول.

والشكل 5-16 يمثل مخطط تغذية المصنعين بالطاقة الكهربائية.



شكل 5-16 : تغذية كبار المستهلكين

كما يمثل الشكل 5-17 نموذجاً للوحة أحد المحولات قدرة 2MVA المستخدمة بالمصانع.



شكل ١٧-٥ تفاصيل لوحة أحد المحولات بالمشروع

6.3 التحميل الزائد للمحولات

الأصل أنه يجب دائمًا مراعاة أن لا يتم تحميل المحول بأكثر من 80% من قدره الاسمية، والأصل أيضًا أن يتم تكبير سعة المحولات بناءً على هذه القاعدة كما في المثال التالي:

مثال 7-5:

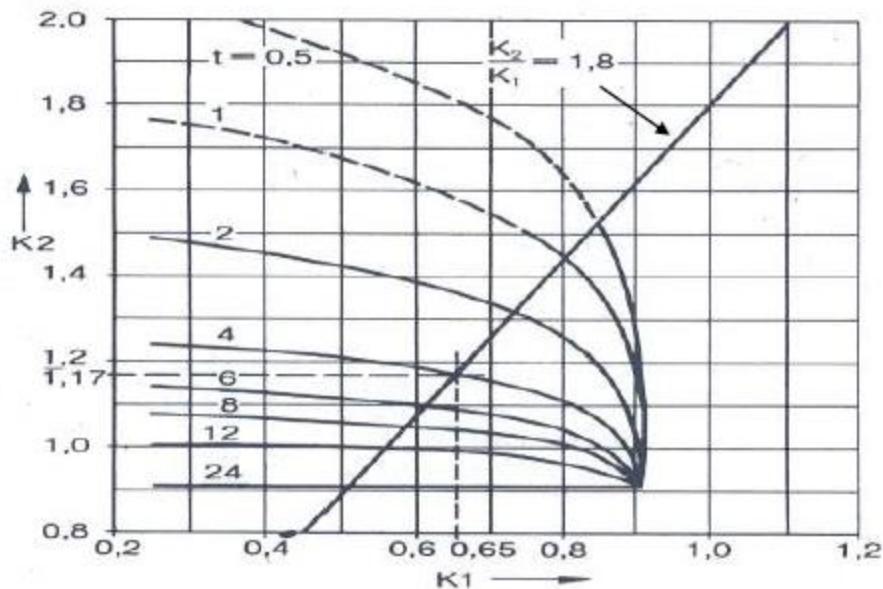
مبنى إداري مساحته 1500 متر مربع ومكون من 3 طوابق، والمطلوب تحديد سعة محول التوزيع المناسب لهذا المبنى مع عدم السماح بالتحميل الزائد.

الحل:

على اعتبار أن الحمل في المبني الإداري يساوي 12 ك.ن.م / m^2

$$\text{الحمل الأقصى للمبني} = \frac{1500}{100} \times 30 \times 12 = 5.4 \text{ ك.ن.م}$$

إلا أنه في الواقع العملي تجد هناك ظروفاً تضطرك لتحميل المحول فوق هذه القدرة ، وقد وضعت شركات تصنيع المحولات شروطاً لذلك حفاظاً على المحول من التلف. ومن ثم يمكن تحميل المحولات بقدرة أكبر من السعة الاسمية للمحول وذلك بالاستعانة بالمنحنies شكل 11-5 ، والتي تمثل العلاقة بين التحميل المعاد للمحول كنسبة من السعة الاسمية (k_1) ، و التحميل الزائد للمحول المسموح به كنسبة أيضاً من السعة الاسمية (k_2) و ذلك لعدد ساعات معينة ، في درجة حرارة 30° مئوية.



شكل 11-5 : منحنies التحميل الزائد لمحولات التوزيع في درجة حرارة 30 درجة مئوية

حيث:

k_1 = الحمل المعهاد كنسبة من السعة الاسمية

k_2 = الحمل الزائد المسموح به كنسبة من السعة الاسمية

t = فترة التحميل الزائد (ساعة).

مثال 5-8 :

محول سعة اسمية 1250 ك.ف.أ، و الحمل المعهاد لهذا المحول هو 750 ك.ف.أ، فما هو أقصى تحميل زائد مسموح به لمدة أربعة ساعات، و ذلك في درجة حرارة 30° مئوية؟

من الشكل 11-5 :

$$k_1 = \frac{750}{1250} = 0.6; t = 4h$$

$$\therefore k_2 = 1.19$$

وبذلك يكون أقصى تحميل زائد مسموح به لمدة أربعة ساعات هو:

$$S_2 = k_2 * S_N = 1.19 * 1250 = 1487.5 \text{ kVA}$$

مثال 9-5 :

المطلوب تحديد سعة محول توزيع بنظام تبريد ONAN علما بأنه سيتم تحميله بحمل قيمته 450 ك.ف.أ. لمدة أربع ساعات ، وحمل طبيعي قيمته 250 ك.ف.أ. لمدة العشرين ساعة الباقية.

$$S_1 = 250 \text{ kVA} , \quad t_1 = 20h$$

$$S_2 = 450 \text{ kVA} , \quad t_2 = 4h$$

$$S_2 / S_1 = 450 / 250 = 1.8 = k_2 / k_1$$

من الشكل 11-5 يرسم الخط $k_2 / k_1 = 1.8$ ويمر بنقطة الأصل ; وتقاطعه مع المنحنى $t = 4h$ ، فإن النسب k_1 ، k_2 تكون على النحو التالي : $k_1 = 0.633$ ، $k_2 = 1.14$. ومن ثم يجب أن تتحقق السعة الإسمية لهذا المحول S_N المعادلة التالية

$$S_N = \frac{S_1}{K_1} = \frac{S_2}{K_2}$$

$$S_N = \frac{450}{1.14} = \frac{250}{0.633} = 394.9 \text{ KVA}$$

ولذا فإن المحول المناسب هو محول سعته 400 ك.ف.أ.

7 الفصل السادس : نظم التأريض

7.1 حساب مساحه مقطع موصل التأريض

مثال 1-6 :

أحسب مقطع موصل التأريض المناسب لتأريض محول قوى قدرته MVA 1.5 ، علما بأن معافاة المحول X_{pu} تساوى 0.05 .

الحل:

الخطوة الأولى في هذه النوعية من المسائل هي تحديد قيمة تيار القصر المتوقع مروره ، ومن ثم نستخدم المعادلات التقريرية لحساب المقطع المناسب.

ويمكن حساب قيمة تيار القصر بطريقة بسطة كما فى المعادلة التالية :

$$MVA_{SC} = \frac{MVA_{Base}}{X_{pu}} = \frac{1.5}{0.05} = 30MVA$$

$$I_{SC} = \frac{MVA_{SC}}{\sqrt{3}V_L} = \frac{1.5}{\sqrt{3} \times 0.38} = 45kA$$

ومن المعادلة التقريرية 4-11 في الفصل الرابع يمكن حساب المقطع المناسب كما يلى :

$$a(mm^2) = 9\sqrt{f} I_{SC} = 9 \times \sqrt{0.5} \times 45 = 286 mm^2$$

وأقرب مقطع مناسب هو 300 ملم.

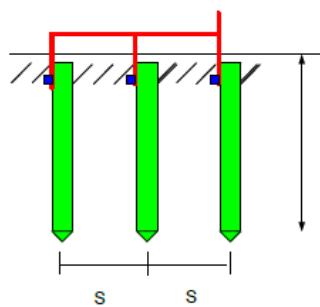
7.2 حساب مقاومة الارضي

7.2.1 حساب مقاومه

$R = \frac{\rho}{2\pi r}$	الكترود نصف كروي
$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{8L}{d}$	الكترود اسطواني
$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[\ln \frac{8L^2}{ah} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} - 1 + \frac{h}{L} + \frac{h^2}{4L^2} \right]$	الكترود افقي (شريحة)
$R = \frac{\rho}{2A} \sqrt{\frac{\pi}{2A}}$	- باهمال السمك a

7.2.2 الحسابات التقريرية

$R_V = \frac{\rho}{L}$	الكترود واحد مدفون راسيا
$R_{VN} = \frac{R_V}{\eta_V N}$	عدد من الالكترودات الرأسية
$R_H = \frac{2\rho}{L}$	الكترود مدفون افقيا
$R_{HT} = \frac{2\rho}{\eta_H L}$	شريط افقي حول مبني محيطه L
$R_{eq} = \frac{R_H \times R_V}{R_H + R_V}$	المقاومه الكليه راسي على افقي



المعامل η_v (screening coefficient) بسبب المقاومه بينهم : يعتمد على

-1 بشرط $S/L \leq 3$ متر

-2 عدد الالكترودات N من الجدول

η	N	S/L	η	N	S/N	η	N	S/L
0.95 - 0.97	2	3	0.93 - 0.95	2	2	0.8 - 0.87	2	1
0.91 - 0.95	3		0.9 - 0.92	3		0.76 - 0.8	3	
0.89 - 0.92	5		0.85 - 0.88	5		0.67 - 0.72	5	
0.82 - 0.88	10		0.79 - 0.83	10		0.56 - 0.62	10	
0.79 - 0.81	20		0.74 - 0.79	20		0.5 - 0.47	20	

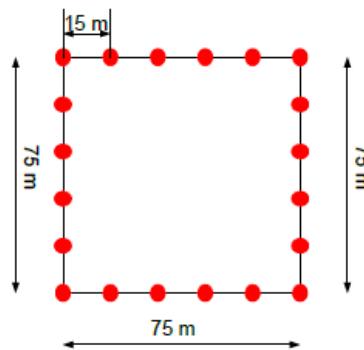
ASSUME $\eta_v = 0.8$ and $\eta_H = 0.7$

مثال 6-2:

مصنع مربع الشكل ، طول طلعه 75 متر ، مطلوب تصميم شبكة أرضي له مكونة من 20 إلكترود رأسى طول كل منهم 5 متر ، مدفونة في تربة مقاومتها النوعية تساوى $\Omega \cdot m = 500$ ، على أن يتم توصيل هذه الإلكترودات معا بشرط أفقى أبعاده $4 \times 40 \text{ mm}$.

الحل

طبقا لأبعاد المصنع والمعلومات المعطاة فإن المسافة بين كل إلكترودين تساوى 15 متر كما في الشكل 6-10.



شكل 6-10 : مثال 6-2

$$\text{مقاومة إلكترود رأسى واحد} =$$

$$R_V = \frac{\rho}{L} = \frac{500}{5} = 100\Omega$$

المقاومة الكلية للإلكترودات الرأسية

$$R_{V-T} = \frac{R}{\eta N} = \frac{100}{0.8 \times 20} = 6.25\Omega$$

لاحظ أن النسبة $S/L = 15/5 = 3$ ومن ثم فمعامل التصحيح الرأسى من الجدول 6-4 يساوى تقريبا 0.8

$$\text{المقاومة المكافأة للشرط الأفقي} =$$

$$R_{H-T} = \frac{2\rho}{L\eta_H} = \frac{2 \times 500}{300 \times 0.7} = 4.7\Omega$$

على اعتبار أن معامل التصحيح الأفقي يساوى 0.7 (يرجع للقيم الدقيقة في الكود المستخدم) .

وعلى هذا فال مقاومة المكافأة للمنظومة الكاملة =

$$R_{eq} = \frac{R_H \times R_V}{R_H + R_V} = \frac{4.7 \times 6.25}{4.7 + 6.25} = 2.6\Omega$$

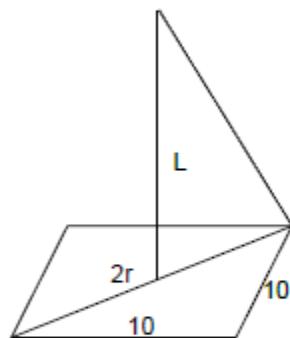
7.3 مانعه الصواعق

مثال 3-6

بنية عالية مساحة سطحها 10×10 متر مربع ، والمطلوب حمايتها ضد الصواعق البرقية باستخدام مانع الصواعق الرأسية.

الحل :

إذا تم استخدام مانعة صواعق واحدة فيجب أن يكون ارتفاع المانعة (L) مساوياً لقطر مخروط الحماية أي $2r = L$ كما في الشكل 15-5 .



شكل 6-15 : مثال 3-6

وفرض أن زاوية رأس المخروط مع حرف المبني تساوى 45 درجة فيمكن حساب L كما يلى:

$$(2r)^2 = 10^2 + 10^2 \Rightarrow 2r = 10\sqrt{2} \Rightarrow L = 14.4m$$

7.3.1 حساب الجهد على موصلات النزول

$$V = I_{LT}R_E + I_{LT} \frac{dL}{dt}$$

7.4 توزيع الجهد

7.4.1 قيمة جهد الخطوة

$$V_{step} = \frac{\rho I_f}{2\pi} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right)$$

مثال 6-4:

شخص يقف بجوار المحول الرئيسي لمبنى كبير ، فإذا كان المحول مؤرضاً بواسطة إلكترود نصف كروي نصف قطره نصف متر في تربة لها مقاومة 120 أوم.متر. ثم حدث فصر بالمحول ونتج عنه تيار قدره 1500 أمبير إلى الأرضي احسب :

1. جهد اللمس ، بفرض أن الشخص قريب جداً من المحول.
2. جهد الخطوة عبر شخص تقف إحدى قدميه على بعد 4 متر والأخرى 4.8 متر من المحول.

الحل:

$$r = 0.5 \text{ m}$$

$$\rho = 120 \Omega \cdot \text{m}$$

$$I_f = 1500 \text{ A}$$

$$V_T = \frac{\rho}{2\pi r} \times I = \frac{120 \times 1500}{2\pi \times 0.5} = 57.29 \text{ kV}$$

هذا الجهد لن يظهر كاملاً على جسم الشخص الذي لا يمس المحول بل سيظهر الفرق بين هذه القيمة وبين قيمة الجهد عند قدميه ، حيث قيمة الجهد عند قدميه تتوقف على بعد المسافة بينه وبين الجسم المؤرضاً ، ويبلغ جهد اللمس أقصى قيمته إذا كان الشخص قريباً جداً من المحول بحيث يمكن أن نعتبر جهد جسم المحول هو تقريباً جهد اللمس.

أما جهد الخطوة فيحسب مباشرةً من المعادلة 6 - 8 :

$$V_{step} = \frac{\rho \times I}{2\pi} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right) = \frac{120 \times 1500}{2\pi} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4.8} \right) = 1.193 \text{ kV}$$

