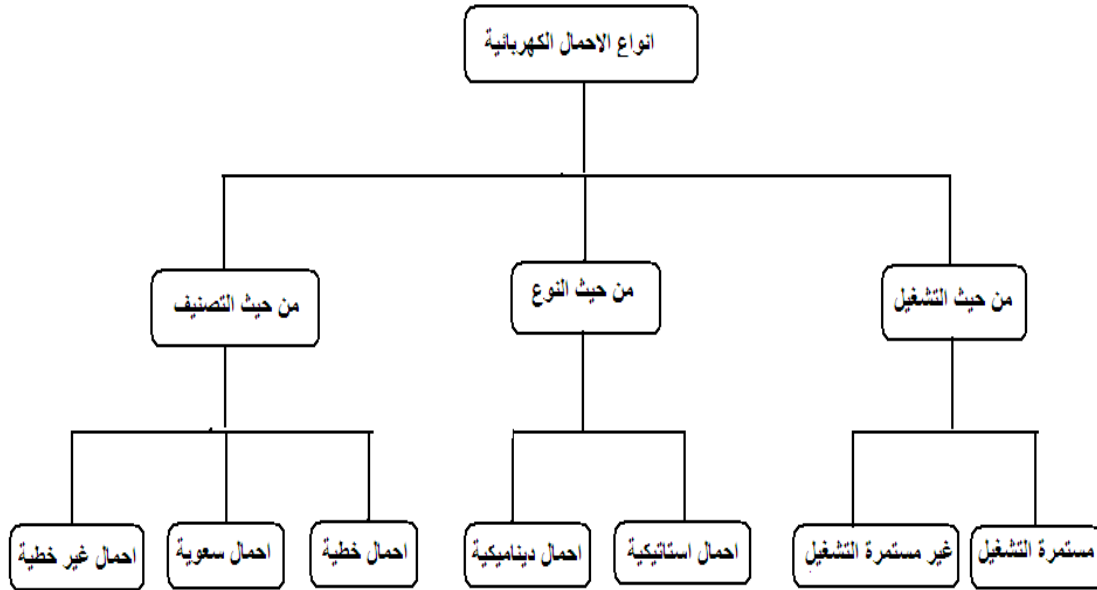


خطوات التصميم الكهربائي

قبل التطرق للتصميم لابد من معرفة أنواع الأحمال المستخدمة في الشبكة الكهربائية



1 – أنواع الأحمال الكهربائية وفقا لطريقة التشغيل

- الأحمال مستمرة التشغيل

وهي تلك الأحمال التي يستمر تشغيلها بفترات كبيرة بدون فصلها ومن أمثله تلك الأحمال هي الإنارة بكافه أنواعها الداخلية والخارجية – الأحمال العامة (تلفزيون- كاسيت)-

- الأحمال غير مستمرة التشغيل

هي الأحمال التي يتم تشغيلها لفترات قصيرة لا تتجاوز 1 ساعة وتعتبر تلك الأحمال من أحمال الطوارئ ومن أمثله لها هي مضخة الإطفاء – انظمه الحماية من الحريق – أناره الطوارئ

- الحمل اللحظي

وهو الحمل الذي لا يتجاوز زمن تشغيله أكثر من دقيقه ويمكن أقل ومن أمثله ذلك دوائر البدء للمحركات وأيضا دوائر التحكم الآلي

2 - الأحمال الكهربائية وفقا للنوع

- الأحمال الاستاتيكية

وتعرف بالأحمال الساكنة وهي تلك الأحمال التي لا تحتوي على أجزاء متحركة مثل السخانات و الدفايات الأفران الكهربائية و أجهزة الإضاءة. ويتم حساب الأمبير والقاطع و الكابل لها كالآتي :

$$I_L = kW / (1.73 * v * 0.8) \quad I_{cb} = I_L * 1.2 \quad I_{cable} = I_{cb} * 1.2$$

ويجب أن يكون تيار الكابل (I_{cable}) اكبر من تيار القاطع (I_{cb})

وتيار القاطع (I_{cb}) اكبر من تيار الحمل (I_L)

مثال : حمل ثلاثي الأوجه بقدرة 21 ك واط وله معامل قدرة 0.8 يغذى بجهد 415 فولت

$$I_L = 21 \times 1.73 = 36.5A$$

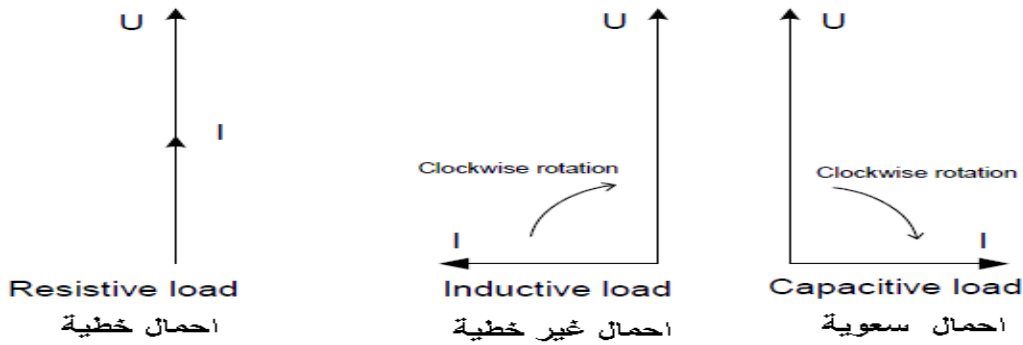
$$I_{cb} = I_L \times 1.2 = 36.5 \times 1.2 = 43A$$

فتكون تيار القاطع هو 43 أمبير ولذلك اقرب قيمة للقاطع هي 50 أمبير

- الأحمال الديناميكية

و تعرف بالأحمال المتحركة وهي تلك الأحمال التي تحتوي على أجزاء متحركة مثل المراوح و المحركات

3 - الأحمال من حيث التصنيف



- الأحمال الخطية: Resistive Loads

حيث يكون الجهد و التيار في نفس الاتجاه بمعنى أن تكون الزاوية المحصورة بين الجهد والتيار تساوى صفر أي لا توجد بينهما زاوية وهذه الحالة أفضل حالات التحميل حيث يستفاد من كل القدرة المتولدة وأمثلة لذلك المصابيح المتوهجة

- الأحمال غير الخطية Inductive Loads

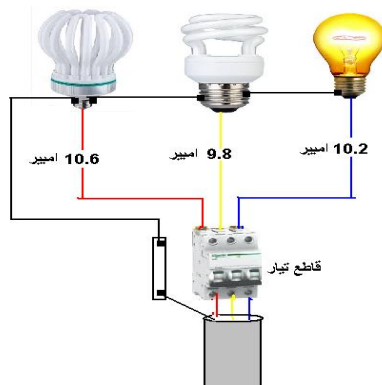
حيث يكون التيار متأخر عن الجهد بزاوية اكبر من 1 و اقل من 90 وأمثلة لذلك (المحولات ، المحركات الحثية المصابيح الفلوريسنت ، الأفران الكهربائية ، أفران الحث ، ... الخ.) حيث تؤدي الطبيعة غير الحثية لهذه الأحمال إلى تبديد جزء من الطاقة المغذية لها في صورة قدرة غير فعالة تستوجب العمل على استيعابها، وذلك عن طريق تعويض هذا الجزء بواسطة مصدر خارجي يعمل كمولد للقدرة غير الفعالة (KVAR-Generator) لإضافة قدرة غير فعالة لمنظومة القدرة الكهربائية ويكون عادة عن طريق مكثف يتم توصيله على التوازي مع الحمل المراد تحسين معامل القدرة له.

- الأحمال السعوية :-

وهو أي حمل به مكثفات وفي هذه الحالة يتقدم شدة التيار على فرق الجهد بزواوية تحددها قيمة الحمل نفسه ويسمى معامل قدرة متقدم وتتراوح قيمته من الصفر إلى الواحد الصحيح

اتزان الأحمال

يجب إن يوجد اتزان بين الأحمال وبعضها في دوائر الثلاث أوجه عن طريق التوزيع المنتظم لتلك الأحمال علي الثلاث أوجه بالتساوي قدر المستطاع حتى لا يؤدي ذلك إلي تعرض بعض الموصلات المغذية لتلك الأحمال إلي اجهادات ولذلك تنص كثير من الموصفات العالمية علي إن النسبة المسموح بها لعدم الاتزان في الفولت هي 10% ويجب إن لا تتعدى هذه النسبة لتفادي مشكلات كثيرة في الشبكة فمثلا يتم تقدير الحمل لكل منزل بطريقة سليمة والحمل عبارة عن جزئين (أحمال مستمرة وأحمال غير مستمرة) وهذه نقطة مهمة جدا يغفل عنها كثير من المصممين وان يتم توزيع الأحمال على فازات المحول بالتساوي فنجد إن عدم الاتزان في الأحمال قد قل بدرجة كبيرة ونجد إن قيمة التيار المار في لدائرة لا يمثل قيمة الأحمال الحقيقية وإنما يمثل الأحمال اللحظية (أي الأحمال الشغالة في المنازل لحظة القياس) وهي لا تعبر بالضرورة عن الحمل الحقيقي للمنزل (نظرا لاحتمالية وجود أحمال مفصولة سيتم تشغيلها فيما بعد) وهذا هو السبب في عدم قدرتك على ضبط عدم الاتزان في الأحمال لأنها تتغير باستمرار عن القيمة التي قمت بقياسها والضبط بناء عليها ودعنا نوضح ذلك من خلال هذا المثال البسيط القادم حيث نجد إن الشكل يمثل 3 أحمال تمر بها تيارات مختلفة وهي 10.6 وأيضا 9.8 وأيضا 10.2 أمبير فيتم حساب نسبة حدوث الاتزان كالآتي



حساب التيار المتوسط = مجموع الثلاث تيارات / 3

قيمة متوسط التيار = $(10.2 + 9.8 + 10.6) / 3 = 10.2$ أمبير

نسبة الاتزان بين الأحمال = $((\text{أكبر تيار} - \text{متوسط التيار}) / \text{متوسط التيار}) * 100$

نسبة الاتزان بين الأحمال = $100 * ((10.2 / (10.2 - 10.6)) = 3.9\%$

نجد إن قيمة الاتزان هي 3.9 % وهي أقل من 10% نسبة الاتزان مسموح بها

ملحوظة مهمة جداً عند التصميم

توجد علاقة بين الحمل والفقد الكهربائي حيث عند عدم أتران الأحمال يتسبب في زيادة المفاقد النحاسية بداخل الموصلات و يتسبب أيضا في وجود المركبة ألسالبه أما المركبة الصفرية فالسبب في تواجدها هو حدوث تلامس بين الموصل و الأرض وأحيانا بسبب تنوع الأحمال يؤدي ذلك إلي ظهور بعض التشوهات في الجهد

مثال يوضح أهمية اتران الأحمال

فلو فرض أن أحد الأوجه على سبيل المثال يمر فيه تيار بمقدار 10 أمبير والوجه الآخر 1 أمبير

والوجه الثالث 1 أمبير فتكون قيمة الفقد في هذه الحالة = $2 * مربع التيار \times المقاومة$

الفقد = $10 \times 10 \times 2 + 1 \times 1 \times 2 + 1 \times 1 \times 2$ المقاومة

الفقد = $204 \times المقاومة (واط)$

ولكن لو تم تقسيم الأحمال بالتساوي على كل وجه بقيمة 4 أمبير فيكون الفقد كما يلي :

$4 \times 4 \times 2 \times المقاومة = 96 \times المقاومة$

مما سبق يتضح قيمة النقص في الفقد في الموصلات بسبب إجراء أتران للأحمال

وهو $204 - 96 = 108 \times المقاومة (الوات)$

مما سبق يتبين أن أتران الأحمال يقلل من المفقودات بداخل الموصلات

توجد بعض العوامل التي تأخذ في الاعتبار عند التصميم

1- الاعتمادية: (Reliability)

بما إن حياتنا اليومية تعتمد كلياً على الكهرباء فمن الضروري لكل شخص أن يكون النظام الكهربائي الذي يستعمله موثقاً به ويمكن الاعتماد عليه، بمعنى أن يكون هذا النظام مصمماً بطريقة سليمة وجيدة بحيث عند حدوث أي خلل في أي جزء بالدائرة الكهربائية يجب إن لا يتسبب في قطع التيار عن المبنى بكامله أو أجزاء كبيرة منه.

2- المرونة: (Flexibility)

ويقصد بها المرونة في التصميم بحيث يؤخذ بعين الاعتبار الزيادات المستقبلية في الأحمال الكهربائية، فعند التصميم يتم وضع دوائر احتياطية (Spare) لاستعمالها عند الحاجة، وعند استعمالها للتوسع في البناء أو لوجود معدات جديدة يجب أن لا تتسبب في إحداث أي خلل في الشبكة الكهربائية القائمة.

- في الحالات العامة لا تعمل جميع الأجهزة الكهربائية المنزلية في وقت واحد وبالتالي لا يكون حمل الإنارة كاملا ولذا يستخدم عند حساب قدرة الحمل وقدرة القاطع الآلي عامل التباين

نوع الأبنية	الإنارة	مأخذ كهربائي	أجهزة الطهي	المصاعد	المدافئ
١ - مساكن خاصة	٦٦٪	١٠٠٪ لأقوى مأخذ ٤٠٪ للمأخذ الأخرى	١٠٠ لاهم موقد ٥٠٪ للمواقد الأخرى	١٠٠٪ لأقوى محرك ٧٥٪ للمحرك الذي يليه ٥٠٪ للمحركات الأخرى	١٠٠٪
٢ - أبنية السكن	=	=	=	=	=
٣ - الفنادق	٧٥٪	١٠٠٪ لأقوى مأخذ ٧٥٪ للمأخذ الكائنة في الأماكن المشتركة ٤٠٪ للمأخذ الأخرى	١٠٠٪ لاهم موقد ٨٠٪ للموقد الثاني ٦٠٪ للمواقد الأخرى	=	=
٤ - مخازن مكاتب	٩٠٪	١٠٠٪ لأقوى مأخذ ٧٥٪ للمأخذ الأخرى	=	=	=

ولفهم ذلك لو فرضنا أن منزل قدرته 600 واط خاص بحمل الإنارة فتكون القدرة التي تقريبا يتم تشغيلها في نفس الوقت وفقا للمعامل هي $0.66 \times 600 = 400$ واط أي أنه لا يتم تشغيل الحمل الكلي ولكن تقريبا يتم تشغيل 400 واط من الحمل الكلي وهو 600 واط

3- المعاملات المستخدمة بالمنظومة الكهربائية

- عامل الطلب الأقصى للحمل: Maximum demand

يعرف بأنه متوسط الطلب لفواصل زمني يتراوح ما بين 10 إلى 30 دقيقة حول اللحظة التي يبلغ عندها الحمل ذروته خلال الفترة الزمنية المحددة للطلب نفسه ويعرف أيضا بأنه أقصى طلب يمكن أن تطلبه المنظومة ويقسم على الحمل الكلي المصممة له المنظومة وقيمة عامل الطلب دائما أقل من الواحد. ويكون الغرض من معرفة عامل الطلب هو تقدير حصة الحمل الكلي الموصل والمطلوب تغذية في نفس الوقت وعادة يكون أقصى حمل لمجموعة من الأحمال أقل من مجموعة قدرات هذه الأحمال وهذا راجع إلى اختيار سعة المعدات الكهربائية أكبر من المطلوب وذلك للتغلب على بعض حالات زيادة الحمل ونادرا ما يكون عمل مجموعة الأحمال عند أقصى حمل في نفس الوقت .

مثال توضيحي منزل يحتوي على المصابيح الآتية:

عدد 3 مصابيح قدرة 60 و 10 مصابيح قدرة 40 واط وعدد 40 مصابيح قدرة 100 واط وأيضاً عدد 10 مصابيح قدرة 50 واط. بفرض أن أعداد الطلب يشير خلال 30 دقيقة لقيمة أقصى طلب $W 650$ احسب عامل الطلب،

الحمل الكلي لمصابيح الإضاءة $1030 = 10 \times 50 + 100 \times 40 + 10 \times 40 + 60 \times 3$ واط

أقصى طلب خلال دقيقة هو $w650$

عامل الطلب = أقصى طلب خلال دقيقة / الحمل الكلي

عامل الطلب = $1030 / 650 = 1.5846$ = 63.1 %

- متوسط الحمل demand

يحسب متوسط الحمل خلال فترة زمنية ويعرف باسم الطلب ويفضل استخدام وحدة الكيلو فولت أمبير حيث أنها تتضمن التيار الفعلي بصرف النظر عن قيمة معامل القدرة ويوجد أيضا ما يعرف بالفصل الزمني وهو يمثل الفترة الزمنية التي تحسب خلالها القيمة المتوسطة للحمل ولذلك عند تحديد متوسط الحمل يتم تحديد الفترة الزمنية لهذا الحمل متوسط الحمل اليومي = مجموع الأحمال خلال 24 ساعة / 24 ساعة متوسط الحمل السنوي = مجموع الأحمال خلال 12 شهر / 12 شهر

- معامل الطلب demand factor

يعتبر هذا المعامل مؤشر علي مجموع الأحمال التي تعمل في نفس الوقت معامل الطلب = الطلب الأقصى للمنظومة / مجموع الأحمال الموصلة للمنظومة وقيمة هذا الطلب غالبا اقل من الواحد أو ممكن تساوي الواحد في الحالات التي تشتغل فيها جميع الأجهزة في نفس الوقت خلال فترة زمنية محددة للطلب

- عامل التنوع أو التباين أو التشتت Diversity Factor:

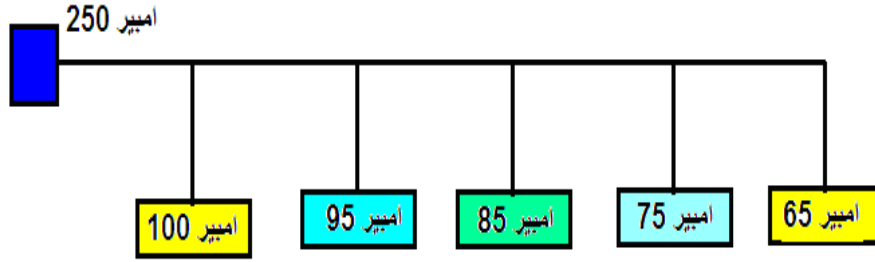
معامل التباين = مجموع الطلب الأقصى لكل حمل / الطلب الأقصى لمجموع الأحمال

Diversity factor = / Sum of individual maximum demand / maximum demand

هو يمثل حاصل قسمة الحمل المركب علي الحمل التشغيلي بمعنى هو النسبة بين مجموع أكبر حمل فعلي لأجزاء المنظومة المنفردة إلي الحمل الكلي المصممة عليه المنظومة. أي تقاس الأجزاء الفرعية في المنظومة لمعرفة أقصى سحب لها ثم تجمع النتائج وتقسم على الحمل الكلي المصممة له المنظومة و يستخدم عامل التنوع من اجل تقليل حجم مغذيات التوزيع والمحولات وكذلك لتحديد تحميل الذروة القصوى ويستند دائما عامل التنوع على معرفة عملية التشغيل والإيقاف حيث يتوجب عليك أن تفهم ما سوف يتم إيقافه أو تشغيله في وقت معين للمباني المختلفة وعامل التنوع عادة ما يكون أكثر من واحد أو يساوي 1 ولكن بشرط إن تكون جميع الطلبات القصوى للأحمال متزنة

مثال رقم 1 لحساب معامل التنوع

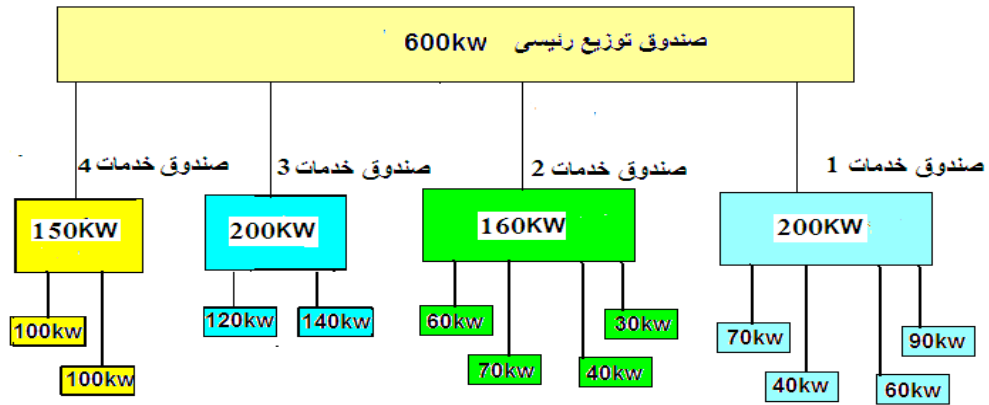
مغذي رئيسي يغذي 5 مغذيات فرعية وكان أقصى سحب للمغذيات كلها من المغذي الرئيسي تم تسجيله يصل إلي 250 أمبير والشكل الآتي يوضح ذلك:



$$\text{معامل التنوع} = \frac{\text{مجموع الامبير الكلى للمغذيات}}{\text{اقصى امبير للمغذى الرئيسى}} = \frac{65+75+85+95+100}{250} = 1.68$$

مثال رقم 2

شبكة توزيع جهد منخفض تتمثل في صندوق توزيع رئيسي بقدرة 600 كيلو واط و 4 صناديق خدمات بقدرة مختلفة لتغذية أحمال مختلفة كما بالشكل الآتي:



$$\text{معامل التنوع} = \frac{\text{مجموع الاحمال لكل مغذى منفصل}}{\text{اقصى حمل للمغذى الرئيسى}}$$

$$1.3 = 200 / (60 + 90 + 40 + 70) = \text{صندوق خدمات رقم 1}$$

$$1.25 = 160 / (60 + 70 + 40 + 30) = \text{صندوق خدمات رقم 2}$$

$$1.3 = 200 / (120 + 140) = \text{صندوق خدمات رقم 3}$$

$$1.33 = 160 / (100 + 100) = \text{صندوق خدمات رقم 4}$$

$$1.18 = 600 / (150 + 200 + 160 + 200) = \text{صندوق توزيع رئيسي}$$

مثال رقم 3

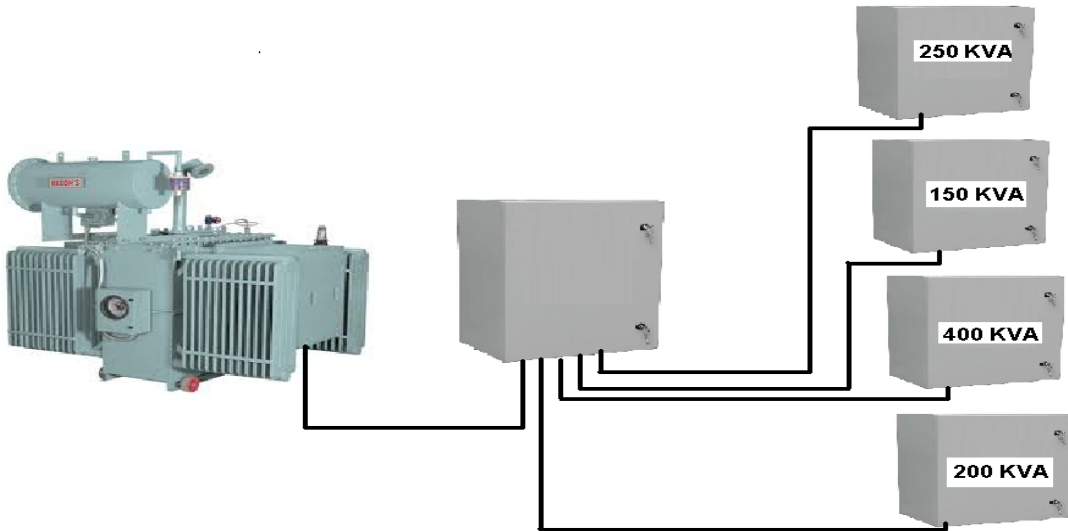
محطة توزيع بها 3 مغذيات خروج قدرتهم كالآتي:

- 1- المغذى الأول أقصى طلب (maximum demand) له هو 10MW عند الساعة 10 صباحا
 - 2- المغذى الثاني أقصى طلب (maximum demand) له هو 12MW عند الساعة 7 مساء
 - 1- المغذى الثالث أقصى طلب له (maximum demand) هو 15MW عند الساعة 9 مساء
- بينما أقصى طلب (maximum demand) لثلاث مغذيات يكون 33MW عند الساعة 8 مساء
- فيكون مجموع الكلى للمغذيات الثلاثة هو $37MW = 10 + 12 + 15$
- بينما أقصى طلب لنظام كلى هو 33MW
- معامل التنوع $1.12 = 37/33$

العديد من المصممين يفضلون استخدام عامل التنوع هو الوحدة أي أن عامل التنوع يساوى الواحد الصحيح في التخطيط بسبب عدم اليقين من تغير الحمل والبعض الآخر يفضل استخدام عامل التنوع اقل من الواحد لأنه يعمل على تقليل حجم موصلات تغذية الخدمة وكذلك تقليل قدرة المحول وفى النهاية لتقدير قيمة عامل الطلب يتم تسجيل البيانات ثم إنشاء رسم بياني للحمل لمدة 24 ساعة.

مثال رقم 4

الشكل القادم يوضح محطة توزيع



نجد من خلال الشكل السابق أنه يوجد 4 بليرات يتم تغذيتهم من صندوق توزيع رئيسي وهذا الصندوق يتم تغذيته من محول توزيع وقدرة كل بلير مسجلة عليه كما بالشكل وباعتبار أم معامل الطلب هو 0.8 أي يمثل 80%

بلير رقم 1 قدرته هو 250 ك ف ا فإذا تم استخدام معامل الطلب 0.8 فيكون

$$\text{قدرة البلير} = 0.8 * 250 = 200 \text{ ك}$$

بلير رقم 2 قدرته هو 150 ك ف ا فإذا تم استخدام معامل الطلب 0.8 فيكون

$$\text{قدرة البلير} = 0.8 * 150 = 120 \text{ ك}$$

بلير رقم 3 قدرته هو 400 ك ف ا فإذا تم استخدام معامل الطلب 0.8 فيكون

$$\text{قدرة البلير} = 0.8 * 400 = 320 \text{ ك}$$

بلير رقم 4 قدرته هو 200 ك ف ا فإذا تم استخدام معامل الطلب 0.8 فيكون

$$\text{قدرة البلير} = 0.8 * 200 = 160 \text{ ك}$$

فيكون مجموع أقصى طلب للمنظومة $= 160 + 320 + 120 + 200 = 800 \text{ ك ف ا}$

قدرة لوحة توزيع رئيسية

قدرة لوحة التوزيع = مجموع الكلي لأقصى طلب $= 2.5 * 800 = 2000$ أمبير

ولحساب قدرة محول الذي سوف يغذي تلك الصناديق يتم استخدام معامل التنوع 0.7

$$\text{قدرة المحول} = 0.7 * 800 = 560 \text{ ك ف ا}$$

ويتم حساب إن المحول يعمل بنسبة 80% من حملة

$$\text{قدرة المحول المطلوب} = 0.8 / 560 = 700 \text{ ك ف ا}$$

ويتم حساب قدرة المحول لاحتمال زيادة مستقبلية بنسبة 20%

$$\text{قدرة المحول مع الزيادة المستقبلية} = 1.2 * 700 = 840 \text{ ك ف ا}$$

أقرب قيمة إلي 840 ك ف ا هي القيمة 1000 ك ف ا فيتم استخدام محول بقدرة 1000 ك ف ا

- عامل التوافق أو ما يسمى معامل الصدفة (Coincidence factor (sky)

معامل التوافق = الطلب الأقصى لمجموع الأحمال / مجموع الطلب الأقصى لكل حمل

$$\text{Coincidence factor} = \text{Maximum demand} / \text{Sum of individual maximum demand}$$

هو مقلوب معامل التشتت ولذلك نجد إن تلك القيمة دائماً أقل من الواحد

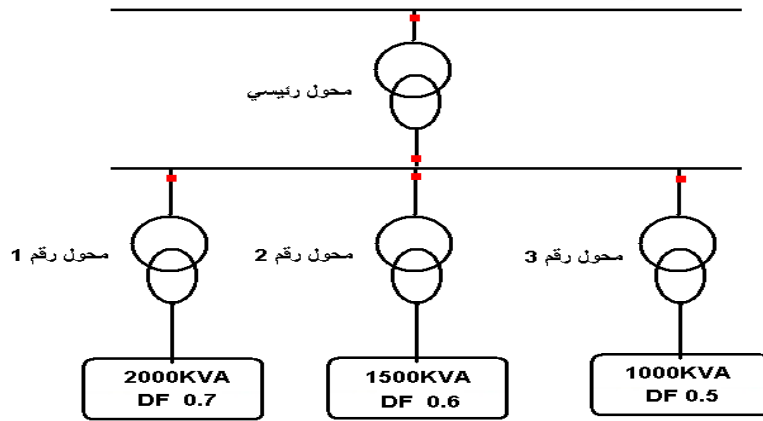
وهذا المعامل هو الذي يكثر استدامة في تصميم التركيبات الكهربائية السكنية

- معامل الحمل (Load Factor)

هو النسبة بين متوسط الحمل خلال فترة زمنية محددة وأقصى قيمة للحمل خلال نفس الفترة الزمنية بمعنى أنه يمثل الحمل التشغيل الحقيقي علي الحمل التصميم. وهذا المعامل يوضح مدى تذبذب الأحمال لدى المستهلكين خلال فترة معينة، حيث تتغير الأحمال خلال ساعات اليوم من وقت لآخر ومن فصل لآخر وهو ويوضح مدى كفاءة استخدام المستهلكين لتجهيزاتهم الكهربائية. كما يستخدم كدليل على خصائص الأحمال في المنطقة وقيمة هذا المعامل هي دائما اقل من الواحد الصحيح 1 أو يساويه الواحد في حالة التي يكون فيها الحمل ثابت خلال الفترة المحددة فمثلا يوجد موتور مصمم ليعمل بقدرة 20 كيلو واط ولكن عند التشغيل كانت القدرة الفعلية له هي 15 كيلو واط فيكون قيمة معامل الحمل $0.75 = 15/20 = 75\%$ ومثال آخر لو كان متوسط الحمل خلال 24 ساعة هو 80 كيلو واط وكانت أقصى قيمة للحمل خلال هذه الفترة هي 100 كيلو واط فان معامل الحمل $0.8 = 80/100$

ما هي العلاقة بين معامل التباين وأقصى حمل

إن استخدام معامل التباين وأيضا معامل الحمل يعمل علي تخفيض قدرة المحول ونوضح ذلك من خلال المثال القادم



الشكل السابق يوضح حمل كل محول فيكون حمل المحول الرئيسي هو مجموع الأحمال للمحولات الفرعية

$$\text{حمل المحول الرئيسي} = 2000 + 1000 + 1500 = 4500 \text{ ك ف ا}$$

ولكن لو تم استخدام معامل التباين ومعامل الحمل سوف تقل تلك القيمة كالآتي :

المحول رقم 1

الحمل الكلي للأحمال هو 2000 ك ف ا وتم استخدام معامل الحمل 0.7

$$\text{فتكون قيمة الحمل للمحول} = 0.7 * 2000 = 1400 \text{ ك ف ا}$$

المحول رقم 2

الحمل الكلي للأحمال هو 1500 ك ف ا وتم استخدام معامل الحمل 0.6

فتكون قيمة الحمل للمحول $= 0.6 * 1500 = 900$ ك ف ا

المحول رقم 3

الحمل الكلي للأحمال هو 1000 ك ف ا وتم استخدام معامل الحمل 0.5

فتكون قيمة الحمل للمحول $= 0.5 * 1000 = 500$ ك ف ا

المحول الرئيسي

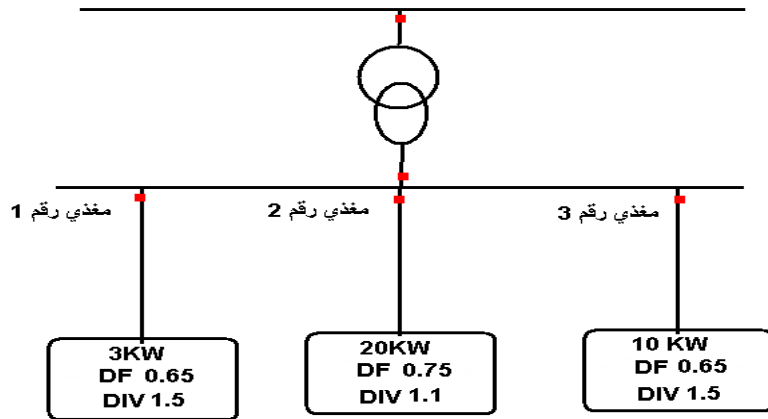
فيكون الحمل الكلي للمحول الرئيسي هو $= 1.1 / (500+900+1400) = 2545$

فنجد فعلا إن تم تقليل قدرات المحولات من 2000 ك ف ا إلي 1400 ك ف ا وأيضا

تقليل المحول الثاني من 1500 ك ف ا إلي 900 ك ف ا وتقليل قدرة المحول الثالث

من 1000 ك ف ا إلي 500 ك ف ا

وأخير تم تقليل المحول الرئيسي من 4500 ك ف ا إلي 2545 ك ف ا



أقصى حمل للمغذي رقم 1 = القدرة * معامل الحمل $= 0.65 * 10 = 6.5$ ك واط

أقصى حمل للمغذي رقم 2 = القدرة * معامل الحمل $= 0.75 * 20 = 15$ ك واط

أقصى حمل للمغذي رقم 3 = القدرة * معامل الحمل $= 0.65 * 30 = 19.5$ ك واط

وبتطبيق معامل التباين علي كل مغذي

1 - المغذي رقم 1 فيكون أقصى حمل $= 1.5/6.5 = 4$ كيلو واط

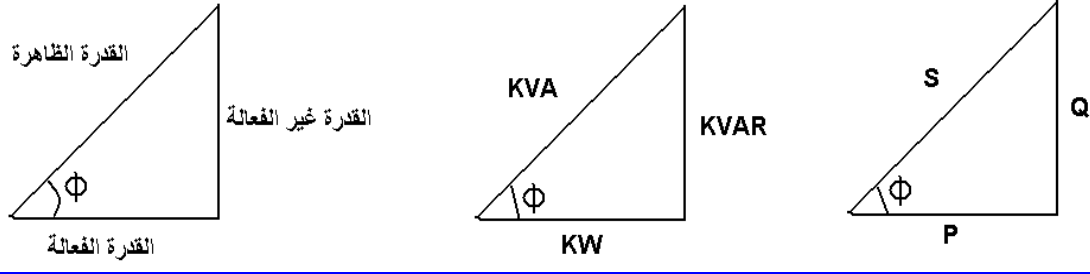
2 - المغذي رقم 2 فيكون أقصى حمل $= 1.1/15 = 14$ كيلو واط

3 - المغذي رقم 3 فيكون أقصى حمل $= 1.5/19.5 = 13$ كيلو واط

فيكون أقصى حمل علي المحول الرئيسي $= 13+14+4 = 31$ كيلو واط

4- مثلث القوى

نجد إن اغلب القوانين الهندسية المستخدمة في التصميم تأتي من مثلث يعتبر هو قلب المنظومة الكهربائية وهذا المثلث يطلق عليه مثلث القوى الكهربائية



1 - القدرة الاسمية أو الظاهرة ووحداتها الكيلو فولت أمبير KVA

ويتم استخدام تلك العلاقة لحساب قدرة المحولات أو الأجهزة بدلالة KVA يفضل استخدام تلك الطريقة في حالة عدم تطبيق معامل القدرة

كيفية حساب القدرة الاسمية بالكيلو فولت أمبير (KVA) في الوجه الواحد :-

القدرة الاسمية = الجهد x التيار

حيث (V) فرق الجهد بالفولت (I) شدة التيار بالأمبير

الوحدة لحسابية 1 ك ف أ

التيار = القدرة / الجهد = 240 / 1000 = 4.16 أمبير

كيفية حساب القدرة الاسمية بالكيلو فولت أمبير (KVA) في الثلاثة أوجه

القدرة الاسمية = $\sqrt{3} \times \text{الجهد} \times \text{التيار}$

التيار = القدرة / الجهد * $\sqrt{3}$ = 415 / 1000 * 1.732 = 1.392 أمبير

2- القدرة الفعلية أو الحقيقية ووحداتها الكيلو واط KW

ويتم استخدام تلك العلاقة لحساب قدرة الأجهزة بدلالة KW ويتم

حساب القدرة الحقيقية والفعلية (KW) في دائرة الوجه الواحد من خلال العلاقة الآتية :

القدرة الفعالة = جهد الوجه x التيار x معامل القدرة .

التيار = القدرة / (الجهد * معامل القدرة) = (0.8*240) / 1000 = 5.2 أمبير

نجد أن 1 ك واط يساوى 5.2 أمبير في حالة دوائر الوجه الواحد بجهد 240 فولت

كيفية حساب القدرة الحقيقية والفعلية (KW) في دائرة الثلاث أوجه (415 فولت)

القدرة الفعالة = $\sqrt{3} \times \text{جهد الخط} \times \text{التيار} \times \text{معامل القدرة}$

ولحساب قدرة 1 كيلو واط

التيار = القدرة / الجهد * معامل القدرة * $\sqrt{3}$ = 415 * 0.8 * 1.732 = 1.732

نلاحظ نفس النتيجة وهي أن كيلو واط يعادل 1.73 أمبير في حالة استخدام جهد يساوي 415 فولت سواء تم الحساب عن طريق جهد الخط وهو 415 فولت وفي هذه الحالة يتم الضرب في 1.73 أو عن طريق جهد الوجه وهو 240 فولت وفي هذه الحالة يتم الضرب في 3

$$\text{القدرة الفعالة} = 3 \times \text{جهد الوجه} \times \text{التيار} \times \text{معامل القدرة}$$

$$\text{التيار} = 1000 / 240 \times 0.8 \times 3 = 1.732 \text{ أمبير}$$

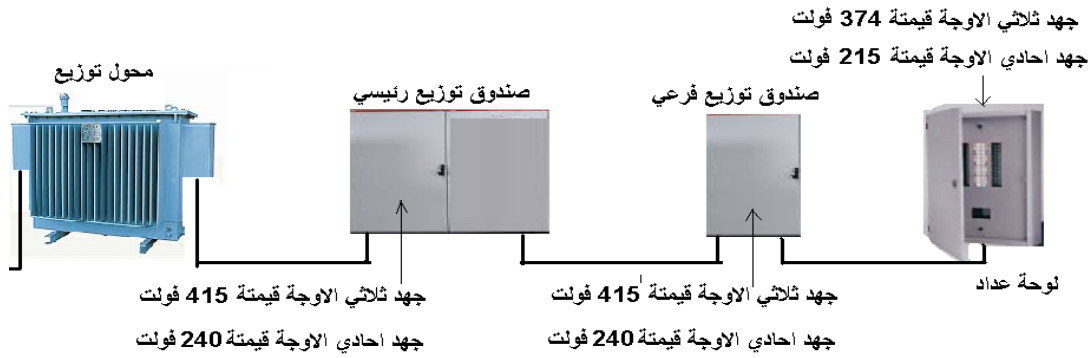
3- القدرة الغير فعالة ووحداتها الكيلو فار KVAR

ويتم استخدام تلك العلاقة لحساب قدرة المكثفات بدلالة KVAR

$$\text{التيار} = \text{القدرة} / \text{الجهد} \times \text{معامل القدرة} \times \sqrt{3} = 1.732 \times 415 \times 0.8 = 577.44 \text{ أمبير}$$

4- قيمة الهبوط في الجهد

هبوط الجهد هو حدوث انخفاض في قيمة الجهد من نقطة إلي أخرى كما هو موضح بالشكل



حيث نجد إن قيمة الجهد الثلاثي الأوجه عند صندوق التوزيع هو 415 فولت وتكون قيمة الجهد أحادي الوجه هو $415 / 1.732 = 240$ فولت ولكن عند قياس الجهد عند اللوحة الأخيرة وجدنا أن قيمة الجهد قلت من 415 فولت إلي 374 فولت وبالتالي يقل جهد الوجه من 240 إلي القيمة الجديدة والتي نحصل عليها كالآتي $374 / 1.732 = 215$ فولت من خلال ذلك نجد أن هبوط الجهد يقصد به حدوث انخفاض في قيمة الطاقة الكهربائية حيث تفقد الشحنة هذه الطاقة نتيجة لمقاومة المادة التي صنع منها الموصل والتي تقوم باستهلاك الطاقة التي اكتسبتها الشحنة وتفرغها على شكل حرارة وبما أن مقاومة المواد تختلف فذلك قيمة هبوط الجهد تختلف من موصل لآخر وتعتمد قيمة هبوط على عنصرين:

1- مقاومة الموصل

حيث كلما زادت مقاومة الموصل اشتدت معاكسته للتيار كان الفقد أكبر مما لو كانت المادة ذات

حيث كلما زادت مقاومة الموصل اشتدت معاكسته للتيار كان الفقد أكبر مما لو كانت المادة ذات موصلية كبيرة ولذلك يستخدم الألومنيوم والنحاس في الدوائر الكهربائية بسبب قدرتهما العالية علي التوصيل للكهرباء وانخفاض معاكستهم للتيار بسبب انخفاض قيم مقاومتيهم.

2- عدد الشحنات المارة في الموصل

فكلما زاد عدد الشحنات زاد الفقد والانتقاص من الطاقة المكتسبة ولذلك في محطات القدرة يتم استعمال محولات كهربائية تقوم برفع الجهد وخفض التيار في خط النقل ليكون بالإمكان نقله إلى مسافات بعيدة جداً دون أن يعاني هبوطاً كبيراً في الجهد وبهذه الطريقة يمكن تقليل الفقد حتى 100 مرة مما لو كان ينقل على مستوى الخرج من محطة القدرة أي من دون استعمال محولات تخفض قيمة التيار. ويتم حساب الانخفاض من تلك المعادلة

$$V_d = (mV * L * I) / 1000$$

V_d = هبوط الجهد في الدائرة

MV = هبوط الجهد في الكابل لكل متر طولي ولكل أمبير من تيار الكابل حيث تؤخذ قيمة

هبوط الجهد من الجدول المناسب لطبيعة الكابل ونجد إن جميع الكتلوجات تحتوى على

المعامل K وهو يمثل قيمة مقاومة التيار المستمر DC RESISTANCE بالكيلو متر

فبعض الشركات تعطيه بوحدات V/A/KM والبعض الآخر يعطيه على صورة

وحدات V/A وهما نفسي الشيء حيث واحدة بالأم و الأخرى بالكيلو أوم

L = طول الكابل (بالمتر)

I = التيار المار في الكابل (بالأمبير)

الجدول القادم يوضح أقصى قيم وأقل قيم للانخفاض في الجهد

أقل جهد	أقصى جهد (U_m)	جهد التشغيل (U_n)
216 V	264 V	240 V
374 V	457 V	415 V
3.0 kV	3.6 kV	3.3 kV
6.0 kV	7.2 kV	6.6 kV
10 kV	12 kV	11 kV
20 kV	24 kV	22 kV
30 kV	36 kV	33 kV
60 kV	72.5 kV	66 kV
120 kV	145 kV	132 kV
200 kV	256 kV	220 kV
380 kV	420 kV	400 kV

5- الترتيب بين أجهزة الوقاية في شبكة الجهد المنخفض

الشكل القادم يوضح الترتيب المتبع في حماية شبكة الجهد المنخفض وفقا لتيار القصر بداية من وحدات الربط الحلقية حتى المستهلك حيث نجد أن قيمة تيار القصر على الوحدة الحلقية ينقسم إلي نوعين وهما كالآتي :

- تيار القصر على قضبان المغذيات بقدرة 360 أمبير

إن قيمة تيار القصر على قضبان المغذيات في الوحدة الحلقية هي 21.9 ك أمبير ويتم حسابها وفقا للقانون الآتي

$$MVAsc = \sqrt{3} * kA * KV$$

و تنص اغلب الموصفات العالمية علي أن قدرة سعة القصر MVAsc تساوي 350 ميجا

فولت أمبير في حالة الجهد 11 ك ف وبالتعويض عن تلك القيمة في المعادلة السابقة يتم

الحصول علي قيمة تيار القصر علي قضيب التوزيع

$$\text{قيمة التيار} = 350 / (\sqrt{3} * 11) = 18.3 \text{ ك أمبير}$$

إما في حالة التغذية بجهد 6.6 ك ف فتكون قيمة سعة القصر هي 250 ميجا فولت أمبير

$$\text{ويكون قيمة تيار القصر} = 250 / (\sqrt{3} * 6.6) = 21.9 \text{ ك أمبير}$$

- تيار القصر على قضبان توزيع المحول بقدرة 200 أمبير

تيار القصر على سكينه المحول يتم بقسمة تيار القصر وهو 250 ميجا فولت أمبير على

الممانعة وهي 4.5% فيكون قيمة تيار القصر هي $250 / (\sqrt{3} * 0.045) = 3.15 \text{ ك أمبير}$

أما لحساب تيار القصر بلوحات التوزيع يتم تقسيم لوحات التوزيع إلي أنواع وفقا للتيار وهي

1- لوحة التوزيع الرئيسية

أما في حالة قضبان التوزيع الخاصة بلوحة التوزيع الرئيسية التي تحمل قيمة تيار بداية من

1 ك أمبير حتى 5 ك أمبير فيكون قيمة تيار القصر تتراوح ما بين 30 إلي 80 ك أمبير

2 - لوحات التوزيع الفرعية

أما في حالة لوحات التوزيع الفرعية تنقسم إلي نوعين وهما:

A- لوحة توزيع فرعية أولية

وتبدأ من تيار قيمته اكبر من 400 أمبير و قيمة تيار القصر ما بين 35 إلي 65 ك أمبير

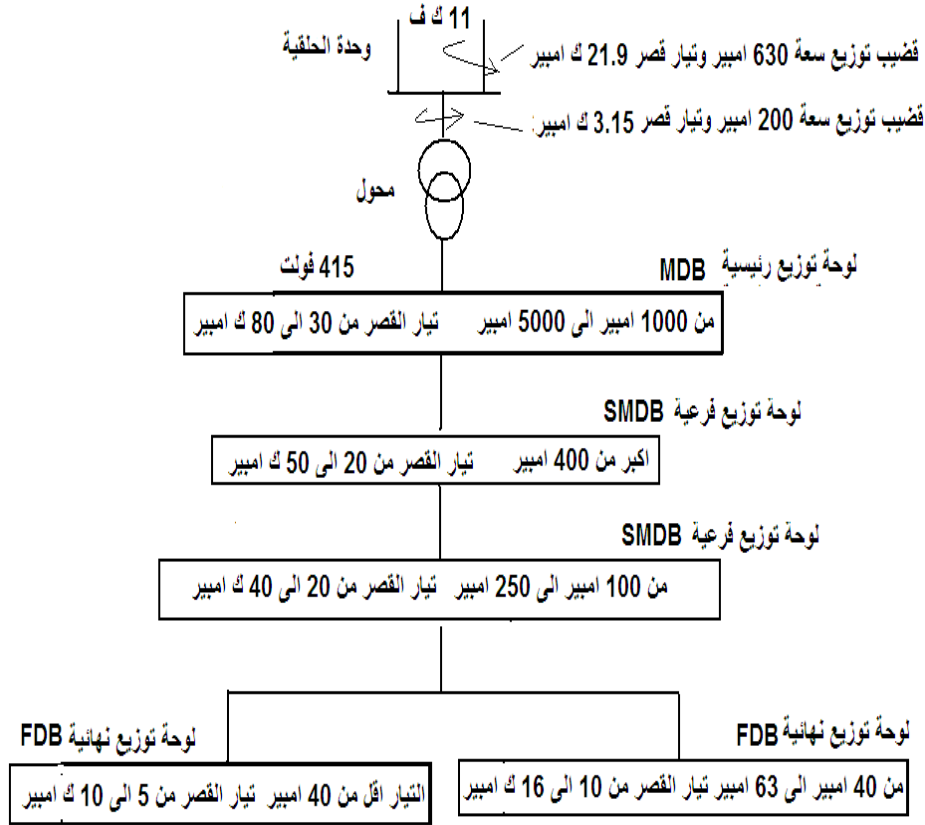
B - لوحة توزيع فرعية ثانوية

وتبدأ من 100 أمبير حتى 400 أمبير ويكون تيار القصر ما بين 25 إلي 55 ك أمبير

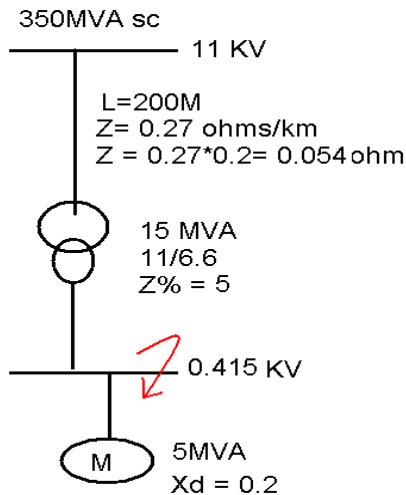
3- لوحات توزيع نهائية

أما لوحة التوزيع النهائية تنقسم هي الأخرى إلي نوعين وهما :

- A- لوحة توزيع نهائية أولية
وتبدأ من 40 أمبير حتى 63 أمبير وتكون قيمة تيار القصر من 10 إلى 16 ك أمبير
- B - لوحة توزيع نهائية ثانوية
وتبدأ من تيار أقل من 40 أمبير وتكون قيمة تيار القصر ما بين 5 إلى 10 ك أمبير
والشكل القادم يوضح ذلك



الشكل القادم يوضح محطة توزيع ثانوية 0.415/11 ك ف وتم حدوث قصر علي قضيب التوزيع 0.415 ك ف فما هي قيمة تيار العطل جميع البيانات المطلوبة موجودة علي الرسم



$$MVA_{sc} = 350 \text{ MVA}$$

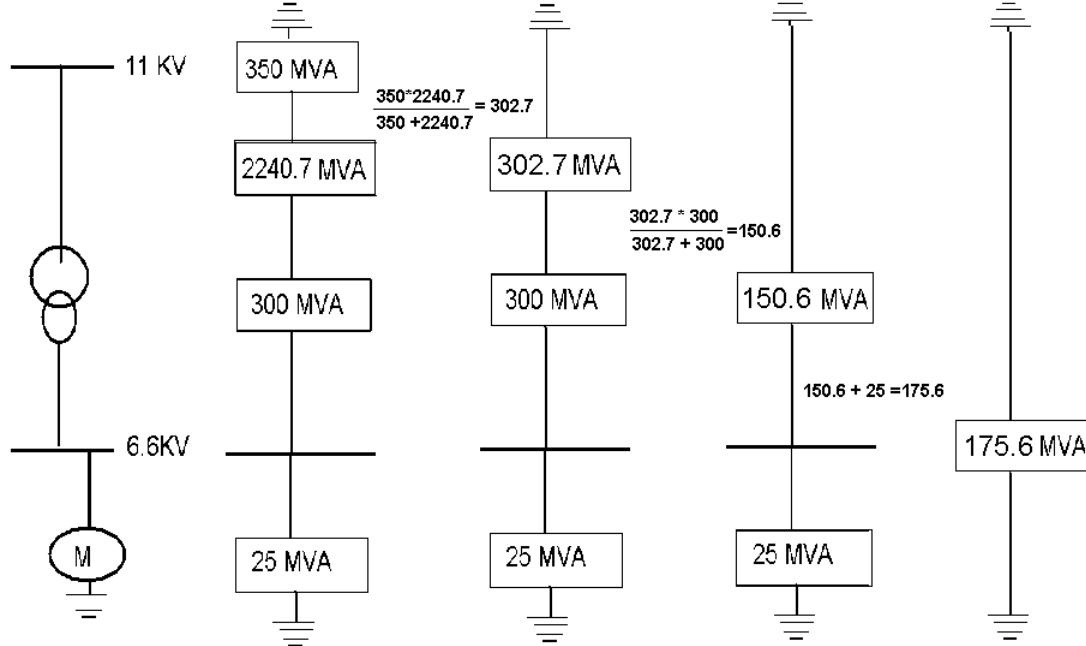
$$350 \text{ MVA}$$

$$MVA_{sc \text{ cable}} = \frac{KV^2}{Z_{cable}} = \frac{11^2}{0.054} = 2240.7 \text{ MVA}$$

$$MVA_{sc \text{ trans}} = \frac{MVA}{Z\%} = \frac{15}{0.05} = 300 \text{ MVA}$$

$$MVA_{sc \text{ motor}} = \frac{MVA}{x_d} = \frac{5}{0.2} = 25 \text{ MVA}$$

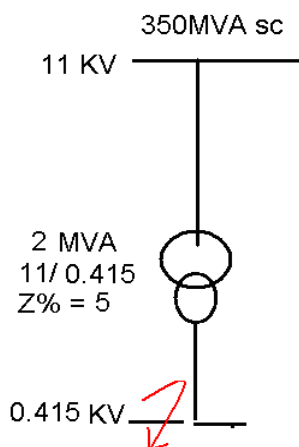
بعد الحصول علي سعة القصر لكل جزء بالشبكة الكهربائية يتم تحويل الرسم إلي ما يكافئها من سعة القصر ثم يتم الحصول علي سعة القصر الكلية عن طريق جميع MVA حيث لو كانت MVA موصلة توالي علي الرسم يتم جمعها علي التوازي إما لو كانت MVA موصلة توازي علي الرسم يتم جمعهم توالي كما موضح بالشكل القادم



فبعد إن تم الحصول علي سعة القصر الكلية وهي 175.6 ميغا فولت أمبير يتم الحصول علي تيار القصر علي قضيب التوزيع 0.415 ك ف من خلال العلاقة الآتية

$$I_f = \frac{MVA_{sc}}{\sqrt{3} * KV} = \frac{175.6}{\sqrt{3} * 0.415} = 224 \text{ KA}$$

مثال آخر لحساب تيار القصر علي قضيب توزيع 415 فولت



$$MVA_{sc} = 350 \text{ MVA}$$

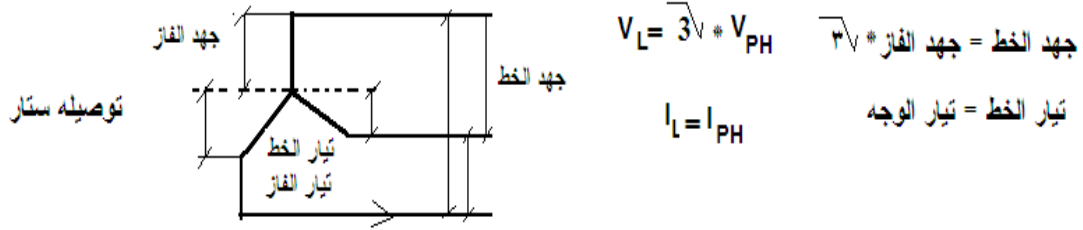
$$MVA_{sc \text{ trans}} = \frac{MVA}{Z\%} = \frac{2}{0.05} = 40 \text{ MVA}$$

$$MVA = \frac{1}{\frac{1}{MVA_{sc}} + \frac{1}{MVA_{trans}}} = \frac{1}{\frac{1}{350} + \frac{1}{40}} = 36 \text{ MVA}$$

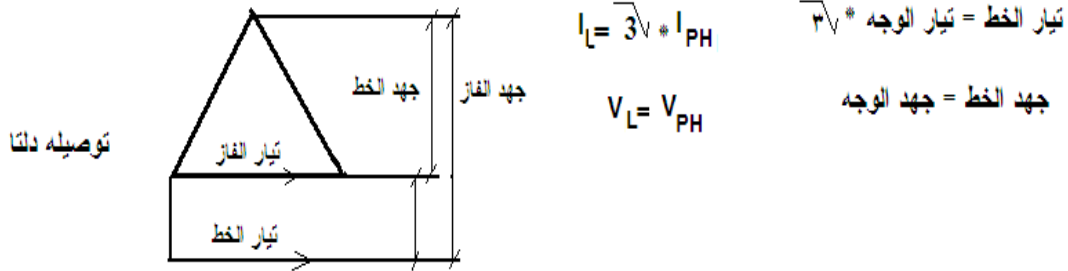
$$I_f = \frac{MVA_{sc}}{\sqrt{3} * KV} = \frac{36}{\sqrt{3} * 0.415} = 50 \text{ KA}$$

قبل البدء في شرح خطوات التصميم نحب أن نوضح ما هي العلاقة بين جهد الخط وجهد الوجه كما ذكرنا سابقاً إن محول التوزيع يعتبر هو المصدر الأساسي لشبكة الجهد المنخفض حيث يتم توصيل ملفات المحول الثانوية بطريقة النجمة أو كما تسمى ستار وهي كما نعلم إن يتم توصيل نهاية الثلاث ملفات مع بعض فنحصل على نقطة المنتصف والتي تسمى نقطة التعادل

1- توصيل النجمة (ستار)



2- توصيلة دلتا



الجهد المنخفض يمثل جهد الاستهلاك ويأتي هذا الجهد نتيجة لتحويل الجهد المتوسط الذي يمثل الجهد الابتدائي للمحول وغالباً قيمته هي 11 ك ف إلى الجهد المنخفض على الملف الثانوي لمحول التوزيع وكما نعلم إن محولات التوزيع تكون طريقة توصيل ملفات الملف الثانوي لها على شكل ستار لذلك ينشئ نوعين من جهد الاستهلاك وهما :

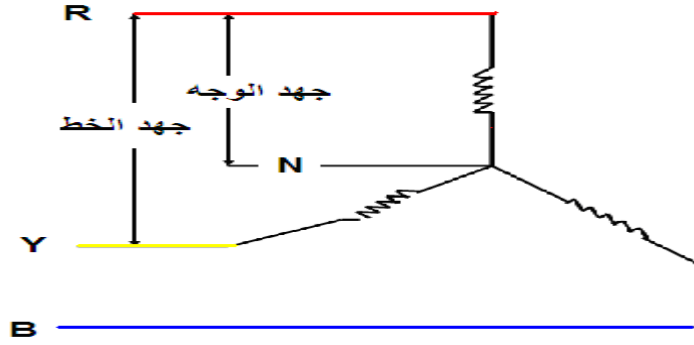
1- جهد الثلاث أوجه أي 3 فاز ويمثل جهد الخط :

ويمثل الجهد بين كل فازه والأخرى بقيمة 415 فولت

2- جهد الوجه الواحد أي 1 فاز:

وهو الجهد بين أي فازه وخط التعادل ويمثل بقيمة $\sqrt{3}/415 = 240$ فولت ويتم نقل الجهد المنخفض إلى المستهلك عن طريق كابلات وصناديق التوزيع توجد علاقة بين جهد الخط وجهد الوجه في حالة توصيله النجمة كالآتي

$$\text{جهد الخط} = \sqrt{3} \times \text{جهد الوجه}$$



كما ذكرنا سابقا إن شبكة الجهد المنخفض تتمثل من دائرتين وهما :

1 - دائرة الثلاث أوجه ويطلق عليها 3 فاز (380-415)

التيار الثلاثي الأوجه هو نظام كهربائي متعدد الأوجه خاص بالتيار المتردد وهو المستعمل والأكثر شيوعا في محطات الطاقة التي تنتج الكهرباء وسميت ثلاثية الأوجه لأن ثلاثة تيارات تسير في ثلاثة أسلاك وكل تيار من هؤلاء الثلاثة يسبق الآخر بزاوية مقدارها 120 درجة وتوجد دائرتين أساسيتين للتيار ثلاثي الأوجه تستخدم لتوزيع الكهرباء لدى المستهلك وهما

1 - الدائرة ذات ثلاثة أسلاك

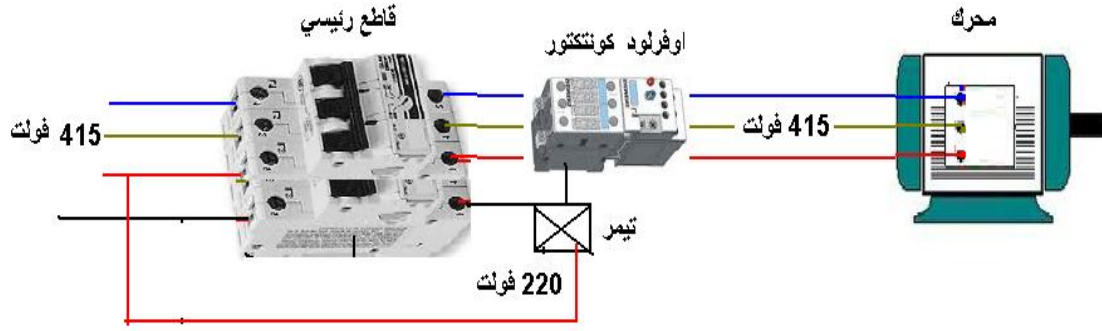
في هذا النظام يتكون جهد المصدر الكهربائي من ثلاثة أطراف R و Y و B وتلك الأطراف يجدها المستهلك على لوحة توزيع عنده وتستخدم لتشغيل محرك كهربائي يعمل بالثلاثة أوجه كما لها استخدامات أخرى ولكن بشرط وجود طرف آخر يسمى طرف التعادل



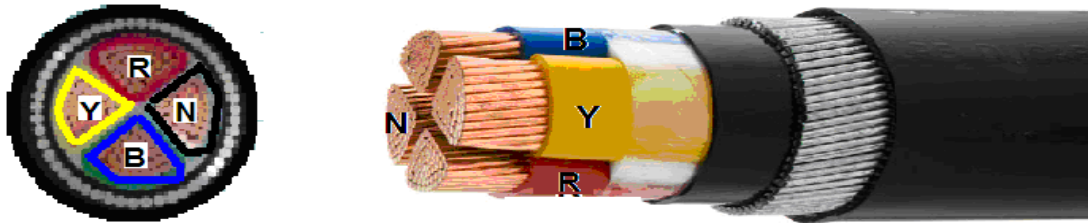
2 - الدائرة ذات أربعة أسلاك

وهي عبارة عن دائرة تتكون من 3 أطراف ولكن يضاف إليها طرف رابع يسمى خط التعادل وهو لا يحمل تيارا وهذه الدائرة يطلق عليها توصيلة النجمة Y حيث تقدم للمستهلك نوعين من الجهد الكهربائي وهما :

جهد أحادي الأوجه بين أحد الأطراف الثلاثة وبين طرف التعادل N بقيمة 230 فولت
جهد ثلاثي الأوجه بين أي اثنين من الأطراف الثلاثة وبعضها البعض بقيمة 415 فولت
حيث من خلال الشكل القادم نجد إن أطراف التوصيل للمحرك تعمل على جهد 415 فولت بين كل طرفيين مع بعض (R-B) (B-Y) (R-Y) وأيضا يوجد تيمز يعمل على تشغيل الكونتكتور يعمل على جهد أحادي الأوجه 220 فولت (R-N)



وبما إننا نتحدث عن شبكة الجهد المنخفض فعندما نقول إن الشبكة الكهربائية ثلاثية الأوجه نقصد بها جهد 415 فولت ويكون الكابل ذو أربعة أطراف حيث ثلاث أطراف تمثل الطرف الحي (R- Y-B) والطرف الرابع يمثل خط التعادل (N) أي الطرف البارد وهذه الخطوط الأربعة وهي الطرف الأول وهو الطرف الحي يرمز له بالحرف (R) ويكون لون العزل احمر الطرف الثاني وهو الطرف الحي يرمز له بالحرف (Y) ويكون لون العزل اصفر الطرف الثالث وهو الطرف الحي يرمز له بالحرف (B) ويكون لون العزل ازرق الطرف الرابع وهو الطرف البارد يرمز له بالحرف (N) ويكون لون العزل اسود والشكل القادم يوضح صورة من تلك الكابلات المستخدمة



وتعمل دوائر الثلاث أطراف عند نفس التردد وان كانت متجهات التيارات والجهود فيها غير متزنة إلا أنها تتميز بعده مميزات عن دوائر الوجه الواحد فمثلا التكلفة الاقتصادية لدوائر الثلاث أوجه تكون أفضل منها في حاله الوجه الواحد وأيضا تعطي المولدات ثلاثيه الأوجه خرج اكبر مقاسا بالميجا فولت أمبير عن الخرج في حاله مولدات الوجه الواحد ولذلك يكون عزم الدوران علي عمود الدوران للمحرك ثلاثي الوجه منتظما إلا انه في حاله الوجه الواحد يكون متذبذبا

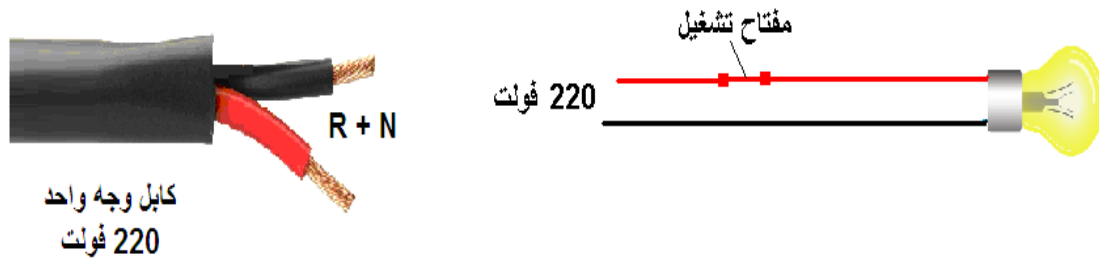
2- دائرة الوجه الواحد ويطلق عليها سنجل فاز (220-240)

التيار أحادي الوجه هو تيار كهربائي متردد وكان هذا التيار هو السائد والمنتشر في بدايات صناعة المحطات الكهربائية لكن بعد زيادة الأحمال نتيجة للتوسع في بناء المصانع عملت علي زيادة الأحمال إلى مستويات عالية لذلك تم الاستغناء عن التوصيل بدائرة الوجه الواحد لن يمكن معامل إنتاج الكهرباء من توفير الطاقة بالكميات المطلوبة بسبب أن قدرة الموصل الكهربائي

محدودة ومحددة مسبقا فلا يمكن تجاوزها مطلقا وتحميل السلك ما لا يحتمل وبالتالي حصل عجز في تلبية الطلب على الطاقة الكهربائية. ويوجد نوعين من دوائر الوجه الواحد .

1- دائرة وجه واحد مكونة من سلكيين

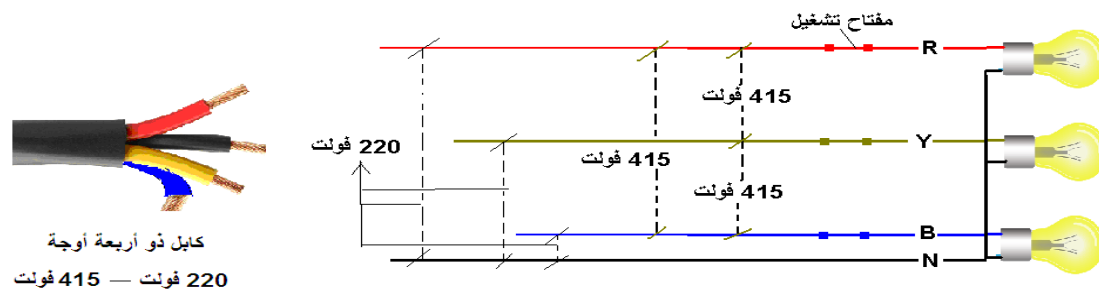
وعندما نقول شبكة وجه واحد نقصد الشبكة التي جهداها 220 فولت ويتم في تلك الحالة استخدام الكابل ذو الوجهين فقط مع بعض فمثلا يتم استخدام كابل خاص بخط تعادل وكابل آخر خاص بالوجه الحي (R - N) وهذه الدائرة يكثر استخدامها بداخل البيوت السكنية لتوصيل أجهزة الإنارة والمكيفات



ونجد إن تيار أو جهد أحادي الوجه محدود القدرة فمثلا قدرات محركات المصممة للعمل على التيار الأحادي ضئيلة القدرة نسبيا ولا تتجاوز على الأكثر 3 حصان ميكانيكي، فكفائته منخفضة فيكون الهادر في الطاقة الكهربائية كبيرا ودعت هذه الأسباب إلى الاستغناء عن التيار الأحادي تماما في محطات القدرة واستبداله بجهد ثلاثي الأسلاك

2- دائرة وجه واحد مكونة من أربعة أسلاك

هذه الدائرة يطلق عليها دائرة الثلاث أوجه لأنها تحتوي على ثلاث أطراف للجهد الحي وطرف آخر لخط التعادل ولكن هذه الدائرة تعمل على وجه واحد ولكن بشرط وهو أن يتم استخدام كل وجه حي منفصل مع وجه البارد الذي يمثل خط التعادل (RN-BN-YN) كما توضح الإشكال الآتية



سلك التأريض

تنص كافة الأنظمة الكهربائية وتعليمات السلامة على ضرورة وجود نظام التأريض بالمباني والمنشآت بكافة أنواعها وذلك لحماية الإنسان ووقاية من الصدمة الكهربائية بسبب الأخطاء

التصميمية أو التشغيلية أو العوامل الجوية أو حدوث انهيار للعزل الحامي للموصلات الحاملة للتيار و تتكون منظومة الحماية الأرضية من قضيب التأريض والذي يتم توصيلة عن طريق كابل التأريض الرئيسي ثم يتم توزيع التأريض إلى الدوائر الفرعية من خلال أسلاك التأريض هذا السلك يعتبر من وسائل الحماية لأنه يعمل على توصيل أي تسرب بالتيار إلى الأرض ولذلك تلعب عملية التأريض دور أساسي في حماية الإنسان والأجهزة وأيضا يساعد علي عمل المعدات بصورة جيدة ويوجد نوعين من أنظمة التأريض وهما :

1- تأريض الوقائي

وهو عبارة عن تأريض جميع الأجزاء المعدنية للمعدات الكهربائية والتي يمكن إن يحدث تلامس مباشر بين جسم الإنسان وبينها حيث يجب إن لا تحمل تلك الأجسام أي شحنة كهربائية

2- تأريض المنظومة

هو إن يتم تأريض جزء من الدائرة الكهربائية مثل تأريض نقطة التعادل والهدف من ذلك أنه يعمل علي الحماية من جهد اللمس أما شبكات الجهد المنخفض يتم تأريض نقطة التعادل لأنه يعمل علي عدم زيادة جهد الوجه إلي جهد يصل لجهد الخط إثناء حدوث عطل علي أي قازة أخرى

قضيب التأريض

هو عبارة عن قضيب نحاسي معالج ضد التحلل يتراوح طوله ما بين 1 إلي 2 متر ويدفن في الأرض عن طريق الدق ويجب إن لا تتجاوز مقاومته 2 أوم وتتوقف مقاومة القضيب علي طبيعة التربة ويوجد جدول يحدد المقاومة النوعية للتربة

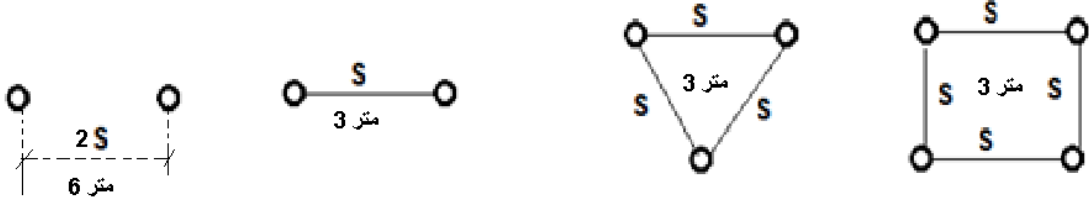
يتم قبول قيمة مقاومة الأرضي إذا كانت اقل من 1 أوم وأحيانا تزيد حتى تصل إلي 10 أوم في الورش والأماكن الصخرية ولا يفضل بأي من الأحوال قبول مقاومة التأريض اكبر من 10 أوم



يعتقد كثير من الناس إن بزيادة قطر قضيب التأريض تزيد المقاومة الأرضية وهذا بالطبع اعتقاد خاطئ لان بزيادة قطر قضيب التأريض يزيد وزنه وبالتالي تزيد تكلفته ولكن تقل المقاومة بنسبة صغيرة جدا تصل إلي 10% ولذلك يفضل إن لا يقل قطر قضيب التأريض عن 16 مم ولكن يتم تقليل المقاومة الأرضية بزيادة طول قضيب التأريض عن طريق ربط أكثر من قضيب مع بعض بواسطة وصلة وتنص بعض الموصفات الهندسية عن أنه يجب إن لا يزيد طول قضيب التأريض عن 3 متر ولكن لصعوبة زيادة قطر القضيب وأيضا زيادة طوله فكان الحل باستخدام قضبان تأريض متوازية توجد بينهم مسافة لا تقل عن طول قضيب التأريض نفسه وتنص بعض الموصفات الهندسية إن تكون المسافة بين قضبان التأريض المتوازية ضعف طول قضيب

التأريض نفسه ويوجد عدد من طرق توصيل قضبان التأريض وكل طريقة يوجد لها مسافة كما بالشكل القادم

- 1- في حالة تركيب قضبان التأريض علي شكل مربع تكون المسافة بين كل قضيبين هي 3 متر
- 2- في حالة تركيب قضبان التأريض علي شكل مثلث تكون المسافة بين كل قضيبين هي 3 متر
- 3- في حالة تركيب قضيب تأريض في وضع توازي تكون المسافة بينهما هي 3 متر
- 4- في حالة تركيب عدد 2 قضيب التأريض منفصلين عن بعض تكون المسافة هي 6 متر



تحديد عدد قضبان التأريض

في اغلب الأجهزة الكهربائية مثل المحولات والمولدات يوجد عدد 2 من قضبان التأريض حيث يوجد قضيب لتأريض جسم الأجهزة والقضيب الآخر لتأريض نقطة التعادل

كيفية حساب مقاومة سلك التأريض وعدد قضبان التأريض

توجد علاقه رياضية يتم من خلالها حساب مقاومة سلك التأريض وهي

$$R = \rho / 2 \times 3.14 \times L (\log (8 \times L / d) - 1)$$

إن القيمة ρ تمثل مقاومة التربة أو الوسط الذي يدفن به سلك التأريض أوم/ متر

والقيمة L تمثل طول قضيب سلك التأريض بالمتر

والقيمة D تمثل قطر قضيب سلك التأريض بالمتر

ونوضح ذلك من خلال المثال القادم .

سلك تأريض طوله 4 متر وقطرة 12.2 مم مدفون بداخل تربة مقاومتها هي 500 أوم

مقاومة سلك التأريض (R) يتم حسابها من العلاقة الآتية:

$$R = \rho / 2 \times 3.14 \times L (\log (8 \times L / d) - 1)$$

$$R = 500 / (2 \times 3.14 \times 4) \times (\log (8 \times 4 / 0.0125) - 1) = 8.2 \Omega$$

وطبعا هذه القيمة كبيرة وللوصول إلي مقاومة قيمتها 1 أوم يتطلب وجود عدد من قضبان

التأريض ويتم حساب ذلك من العلاقة الآتية :

$$\text{عدد قضبان التأريض} = 1.5 * \text{مقاومة قضيب التأريض}$$

$$12 = 8.2 * 1.5 = \text{عدد قضبان التأريض}$$

يتطلب وجود 12 قضبان تأريض للوصول إلي مقاومة مقدارها 1 أوم

مثال آخر نوضح من خلاله كم عدد قضبان التأريض المطلوبة للحصول علي مقاومة مقدارها 1 أوم وهذه القضبان سوف تدفن في تربة مقاومتها هي 40 أوم وطول قضيب التأريض هو 2.5 متر وقطره هو 38 مم .

عدد قضبان التأريض = $1.5 * \text{مقاومة قضيب التأريض}$
مقاومة قضيب التأريض =

$$R = \rho / 2 \times 3.14 \times L (\log_e (8 \times L / d) - 1)$$

$$R = 40 / (2 \times 3.14 \times 2.5) \times (\log_e (8 \times 2.5 / 0.038) - 1) = 1.48 \Omega$$

فنجد إن قيمة مقاومة قضيب التأريض اكبر من 1 أوم

$$\text{عدد قضبان التأريض} = 1.5 * 1.48 = 2.2$$

للحصول علي قيمه مقاومة اقل من 1 أوم نحتاج عدد 2 قضيب تأريض

كابل التأريض

هو عبارة عن سلك نحاسي جيد التوصيل للكهرباء يتم ربط بين قضيب التأريض الذي يدفن في الأرض وبين بارة التأريض التي بلوحة التوزيع الرئيسية ثم يتم توزيع أسلاك التأريض الفرعية إلي جميع الدوائر الفرعية وفقا لحجم الكابل الرئيسي ومنها إلي الأجهزة الكهربائية



تحديد مساحة مقطع سلك الأرضي

سلك التأريض كما ذكرنا يعتبر هو من وسائل الحماية حيث عند حدوث أي قصر بالدائرة يمر ذلك التيار من خلال هذا السلك فلا بد من إن تكون مساحة مقطعة تتناسب مع كمية التيار المار به ولذلك توجد قاعدة مبدئية يتم من خلالها تحديد مساحة مقطع سلك الأرضي وهي :

- 1- إذا كان مساحة مقطع الطرف الحي 16 مم يكون سلك الأرضي هو نفس مساحة مقطعه
- 2- إذا كان مساحة مقطع الطرف الحي من 16 حتى 35 مم يكون سلك الأرضي هو 16 مم
- 3- إذا كان مساحة مقطع الطرف الحي اكبر من 35 مم يكون سلك الأرضي هو نصف الطرف ونطبق ذلك علي بعض الأمثلة فمثلا

أولا في حالة الكابلات اقل من 16 مم2

- كابل مساحة مقطعة 6 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو أيضا 6 مم2
كابل مساحة مقطعة 10 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو أيضا 10 مم2
كابل مساحة مقطعة 16 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو 16 مم2

ثانيا في حالة كابلات اكبر من 16 مم2 واقل من 35 مم2

كابل مساحة مقطعة 25 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو 16 مم2

كابل مساحة مقطعة 35 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو 16 مم2

ثالثا في حالة مساحة مقطع الكابلات اكبر من 35 مم2

كابل مساحة مقطعة 50 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو $25 = 2/50$ مم2

كابل مساحة مقطعة 70 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو $35 = 2/70$ مم2

كابل مساحة مقطعة 95 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو $50 = 2/95$ مم2

كابل مساحة مقطعة 185 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو $95 = 2/185$ مم2

كابل مساحة مقطعة 300 مم2 فيكون مساحة مقطع سلك التأريض هو $150 = 2/300$ مم2

أو يمكن استخدام عدد اثنين من سلك مساحة مقطعة $2 * 70$

هذه الطريقة السابقة تعتبر طريقة تقريبية تعتمد بشكل كبير علي الخبرة ولكن يوجد طريقة علمية يتم من خلالها حساب مساحة مقطع سلك التأريض بدلالة قيمة تيار القصر وفقا لتلك العلاقة الآتية

مساحة مقطع سلك التأريض = (مربع تيار القصر / زمن الفصل) / معامل K)

والمعامل K نحصل عليه من الجدول القادم وفقا لنوع الاستخدام ومادة القضيبي

قيمة المعامل K	(PVC)	(XLPE)-(EPR)
(°C) درجة حرارة نهائية	160	250
(°C) درجة حرارة أولية	30	30
موصل متعدد الاوجة	نحاس	143
	الموننيوم	94

ونوضح ذلك من خلال المثال القادم

فمثلا توجد دائرة وكان قيمة تيار القصر هي 1 كيلو أمبير حيث تم استخدام قضيب تأريض مصنوع من النحاس فما هي مساحة مقطع قضيب التأريض لو كان زمن التسرب المستخدم هو 3 ثانية وأيضا لو كان زمن التسرب هو 1 ثانية .

نجد إن قضيب التأريض مصنوع من النحاس فيكون قيمة المعامل K هي 115 من الجدول

أولا في حاله 3 ثانية

مساحة مقطع قضيب التأريض = ($1^2 * \sqrt{3} / 115$) = 15 مم2 يعني تقريبا يكون قضيب

التأريض هو 16 مم2 او 25 مم2

ثانيا في حالة 1 ثانية

مساحة مقطع قضيب التأريض = $(\sqrt{1^2} * \sqrt{1} / 115) = 8.9$ مم2 يعني تقريبا يكون قضيب هو 10 مم2 أو 16 مم2

وتوجد طريقة مبدئية تستخدم لتحديد مساحة مقطع سلك التأريض وهي
مساحة مقطع سلك التأريض = التيار الكلي / 4

فمثلا لوحة توزيع مصمم إن يمر بها تيار بقية 200 أمبير وفي تلك الحالة يكون سلك التأريض المناسب لتلك اللوحة هو $4/200 = 50$ مم2
وفقا لقيمة التيار المسموح المرور به

الجدول القادم يوضح قيمة التيار المسموح المرور بها في قضيب التأريض

التيار اللحظي المسموح بمروره خلال ثانية واحدة بالأمبير		التيار المسموح بمروره مدة طويلة بالأمبير		مقطع موصل التأريض (مم2)
نحاس	ألومنيوم	نحاس	ألومنيوم	
٢٥٠٠	-	١٥٠	-	١٦
٤٠٠٠	٢٧٠٠	٢٠٠	١٦٠	٢٥
٥٥٠٠	٣٧٠٠	٢٨٠	٢٠٠	٣٥
٨٠٠٠	٥٣٠٠	٤٨٠	٢٥٠	٥٠
١١٥٠٠	٧٤٠٠	٥٩٠	٣٢٠	٧٠
١١٦٠٠	١٠٥٠٠	٧٨٠	٤٣٠	٩٥
٣٢٥٠٠	٢١٠٠٠	١٣٨٠	٧٦٠	١٨٥

طرق الربط بين سلك التأريض والأجسام المعدنية

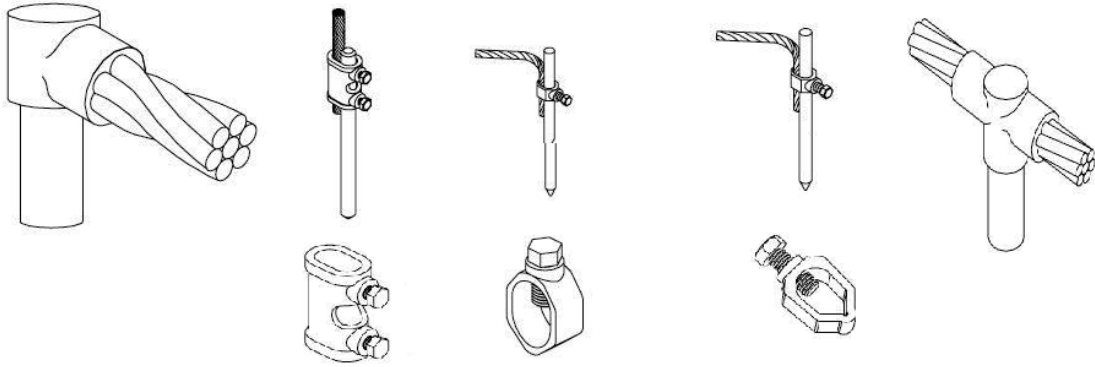
يعتبر من أهم الخطوات في منظومة التأريض أن يتم التأكد من جودة الربط بين قضيب التأريض وبين كابل التأريض وتوجد بعض الطرق المتبعة لعملية الربط وهي



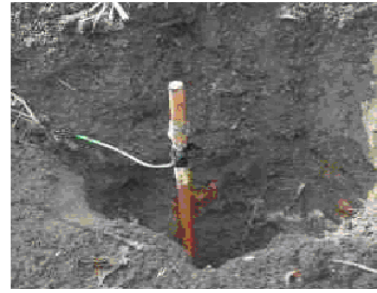
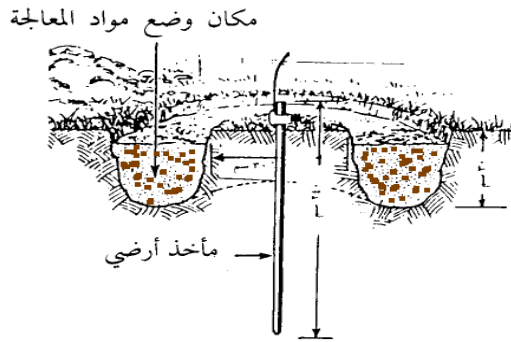
1- طريقة الربط الميكانيكي بواسطة قواميط أو مسامير

2- طريقة الربط بواسطة الكبس علي جلب من النحاس بواسطة مكبس هيدروليكي

3- طريقة الربط باللحام



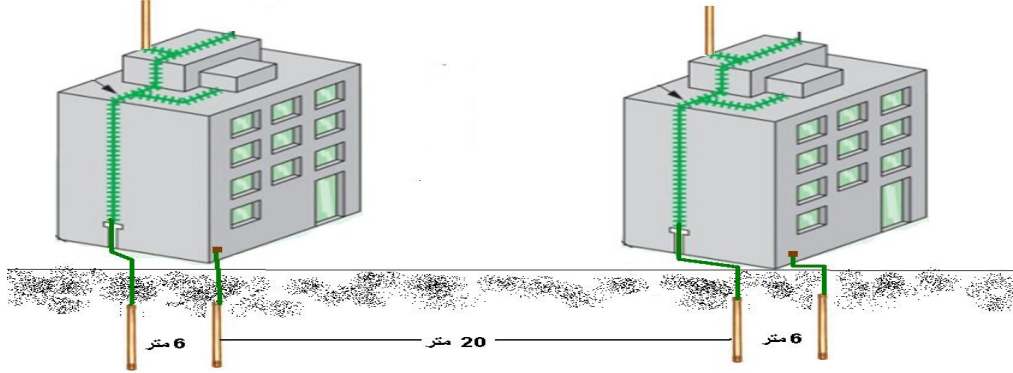
طريقة تنفيذ خندق التأريض



هو أن يتم عمل حفرة بالأرض علي ارتفاع تقريبا 2 متر أو أكثر ويتم دق بها قضيب التأريض ثم يوضع حول الحفرة بعض المواد التي تعمل علي تحسين مقاومة التأريض مثل الملح (كلوريد الصوديوم) أو الفحم (كبريتات المغنيسيوم) ويجب تقادي وضع هذه المواد بتماس مباشر مع قضيب التأريض حيث يفضل أن توجد مسافة تقريبا 20 سم حتى لا يحدث التلامس المباشر ثم بعد ذلك يتم دفن الحفرة وملئها بالماء حتى يحدث تجانس للمواد وبعضها ثم يتم ربط رأس قضيب التأريض بواسطة سلك أو كابل التأريض وتعمل له غرفة تفتيش بإبعاد داخلية 40*40*40 سم للكشف علي ربط وصلة كابل التأريض مع القضيب والتي يجب أن تربط جيدا جدا بواسطة حلقة ذات براغي غير قابلة للصدأ ثم يتم توصيل سلك التأريض إلي لوحة التوزيع أو إلي الأجسام التي يجب تأريضها و أحيانا لا نستطيع الحصول علي قيمة المقاومة المطلوبة فيتم استخدام أكثر من قضيب لتأريض بحيث تبعد المسافة بين كل قضيب عن الآخر بمسافة اكبر من طول القضيب حيث عندما يتم ربط عدد 2 قضيب يتم الحصول علي 60% من مقاومة الأرضي لقضيب واحد وعندما يتم ربط عدد 3 قضبان تأريض يتم الحصول علي نسبة 40% من المقاومة لقضيب واحد أي بزيادة عدد القضبان يتم الحصول علي مقاومة قليلة

ملحوظة مهم

يجب أن لا تقل المسافة بين أي خندقين لتأريض عن 20 متر في حالة تأريض أكثر من مبني



الشروط الواجب توافرها عند عمل الأرضي بصورة صحيحة

- 1- يجب أن توجد مقاومة منخفضة بين قضيب التأريض وبين الأرض
- 2- يجب أن يكون قضيب التأريض مقاوم للتآكل وجميع التوصيلات به جيدة جدا
- 3- يجب أن يتميز قضيب التأريض بتسريب التيارات العالية عدده مرات متتالية

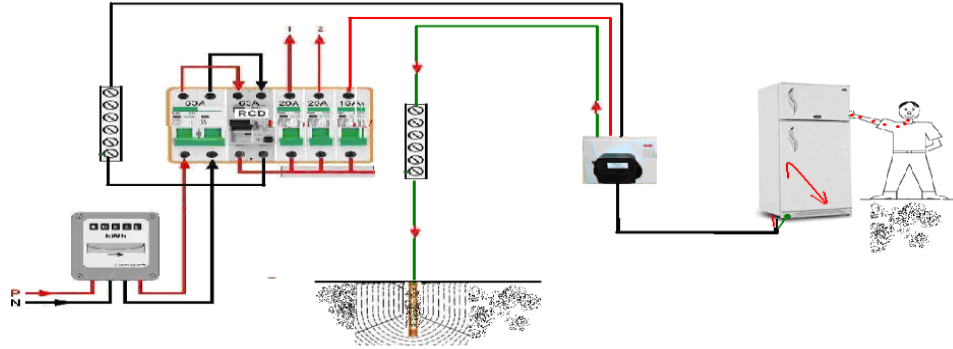
المقاومة النوعية للتربة

تعتبر المقاومة النوعية للتربة هي العامل الأساسي الذي يؤثر علي قيمة الأرضي وهذه المقاومة تتأثر بالعوامل الآتية : نسبة الرطوبة بالتربة / نسبة الأملاح بالتربة / درجة حرارة التربة وتحدد المقاومة النوعية نسبة التآكل الكيميائي تحت الأرض بين قضيب التأريض والأرض حيث الانخفاض في قيمة المقاومة النوعية يقابله زيادة في نسبة التآكل الكيميائي

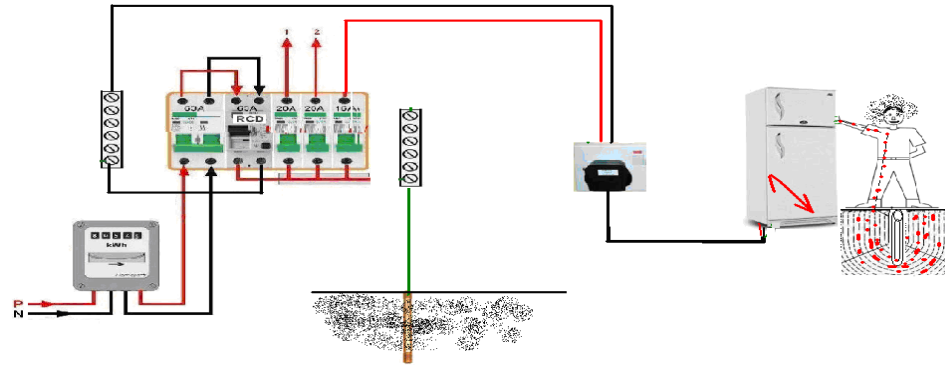
المقاومة النوعية		نوع التربة
القيمة التقريبية أوم . متر	القيمة الوسطية أوم . متر	
٣٠	١٠ - ٥٠	تربة رطبة
١٠٠	٢٠ - ٢٠٠	تربة طينية زراعية
٤٥٠	١٠٠ - ٢٠٠	تربة رملية رطبة عمق ٢ متر
١٠٠٠	١٥٠٠ - ٥٠٠	تربة رملية جافة
١٥٠٠	٢٠٠٠ - ٢٠٠	صخر جامد عمق ٢ متر
٣٠٠٠	٨٠٠ - ٣٠٠	تربة حجرية
	مقاومة عالية جداً	تربة صخرية

أهمية استخدام تأريض الأجهزة الكهربائية

الشكل القادم يوضح أهمية وجود سلك التأريض بشرط أن يتم تأريض الأجهزة بشكل جيد ولكن لو فرضا أنه تم حدوث تسرب لتيار إلى جسم الأجهزة نتيجة لضعف العزل في تلك الحالة أصبح جسم الجهاز الكهربائي محمل بشحنة كهربائية عالية تكفي لقتل الإنسان فإذا كان سلك التأريض منفذ تحت شروط تضمن أن قيمة المقاومة له أقل من 1 أوم فلا يتأثر الشخص بالصدمة الكهربائية بشكل قوي ولكن تحدث له لسعة تجعله يرفع يده بسرعة عالية حيث إن التيار المار في جسم الجهاز وجد إمالة طريقتين وهما طريق مقاومته تكاد تكون صفر وهو سلك التأريض وطريق آخر مقاومته تقريبا 8000 أوم وهو جسم الإنسان ونظر لان الكهرباء تسير في الطريق الأسهل فان اكبر قدر من التيار سوف يمر بسلك التأريض إلى الأرض وبهذا أعطي فرصة للشخص الملامس للجهاز بسرعة إبعاد اليد عن الجهاز كما بالشكل

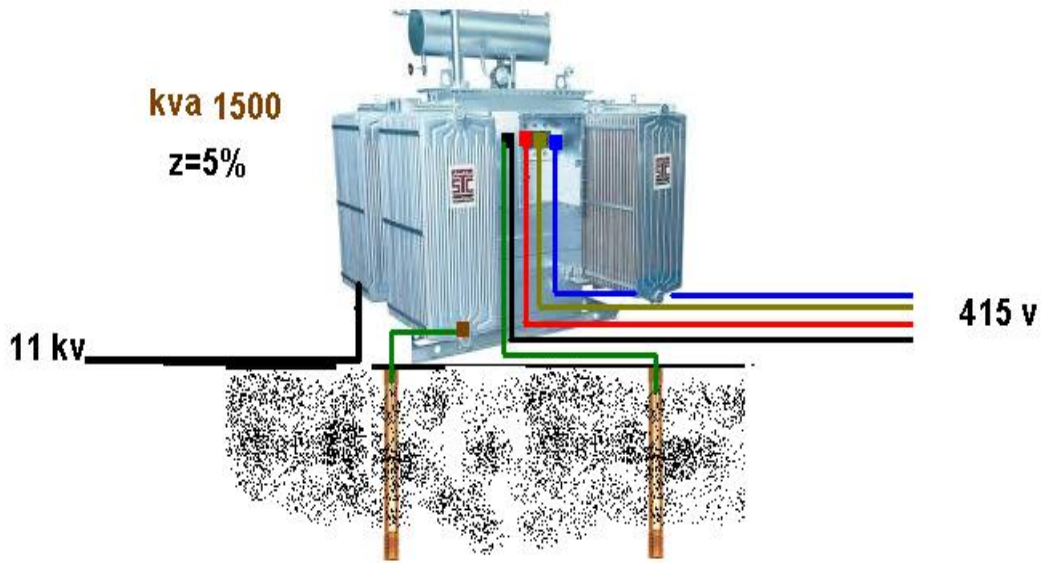


إما عند عدم تأريض الأجهزة أو إذا كانت مقاومة سلك التأريض كبيرة جدا اكبر من 10 أوم فان الشخص ممكن يكون معرض للصدمة الكهربائية وذلك لان التيار المار بجسم الجهاز يجد إمالة طريق واحد لتفريغ الشحنة وهذا الطريق هو جسم الإنسان فيمر بالكامل من خلال جسم الإنسان إلى الأرض ونسبة الإصابة هنا تعتمد بشكل كبير علي مقاومة الإنسان وطبيعة جسمه حيث نسبة تعرض الإصابة بالصدمة الكهربائية لإنسان مقاومته مثلا 5000 أوم تختلف عن إنسان مقاومته 8000 أوم والشكل القادم يوضح عند عدم وجود توصيل لسلك التأريض



تأريض محول التوزيع

محول التوزيع يعتبر هو المصدر الأساسي للجهد المنخفض 415 فولت أو 240 فولت حيث يقوم بتحويل الجهد العالي 11 ك ف المار بالملف الابتدائي إلى الجهد 415 فولت بين الثلاث فازات مع بعض إما عند قياس الجهد بين أي من الفازات الحية ونقطة التعادل نحصل علي قيمة أخرى للجهد وهي 240 فولت ومن هذا نجد إن المحول يحتوي علي نوعين من أنظمة التأريض وهما تأريض الوقائي عن طريق تأريض جسم الخارجي للمحول و النوع الثاني وهو تأريض النظام عن طريق تأريض نقطة التعادل كما بالشكل القادم .



عدد قضبان التأريض المطلوب لحماية محول بقدرة 1500 ك ف ا وممانعة قدرها 5%

1- حساب قيمة تيار القصر للمحول

سعة القصر للمحول = قدرة المحول / ممانعة = $0.05 / 1.5 = 30$ ميغا فولت أمبير

تيار القصر لمحور = سعة القصر / الجهد * $\sqrt{3} = 0.415 / 30 = 1.732$ كيلو

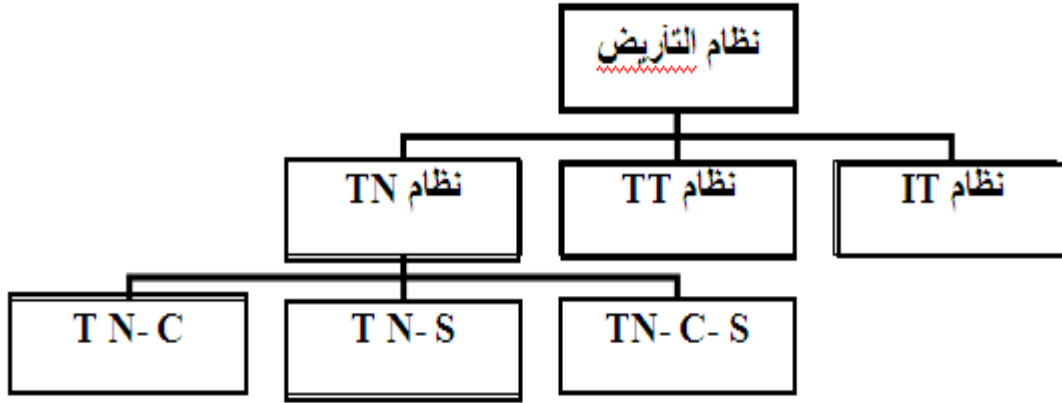
أمبير تقريبا هي 42 كيلو أمبير

مساحة مقطع قضيب التأريض = $9 * \text{زمن} * \sqrt{\text{تيار القصر}}$

مساحة مقطع قضيب التأريض = $9 * 0.5 * \sqrt{42} = 267$ مم²

يعني كابل مساحة مقطعة 300 مم² يكون مناسب أو استخدام عدد 2 كابل مساحة كل واحد هو

انظمه تأريض المنظومات الكهربائية :



هناك عدة أنواع لأساليب تأريض المنظومات الكهربائية ويرمز لهذه الأنواع بحرفين :

1. الحرف الأول يشير إلى طريقة توصيل نقطة التعادل عند مصدر التغذية مثلاً

حرف T تشير إلى أن النقطة تكون موصلة بالأرض .

حرف I تشير إلى أن جميع الأجزاء الحية وسلك التعادل معزولان عن الأرضي

2. الحرف الثاني أو الثالث يشير إلى طريقة توصيل الأجزاء المعدنية المكشوفة إلى الأرضي

T = تعني إن تأريض المستهلك يكون منفصل عن تأريض المصدر.

N = توصيل مباشر إلى نقطة المحايد المؤرضة لمصدر الطاقة وفقاً لعلاقة TN-C أو TN-S.

وبموجب أسلوب الترميز أعلاه يمكن تمييز الأنواع التالية من أنظمة التأريض

ملحوظة هام ليس المقصود بكبل التأريض أن يمد كابل آخر بجوار كابل التغذية ولكن يتم تأريض

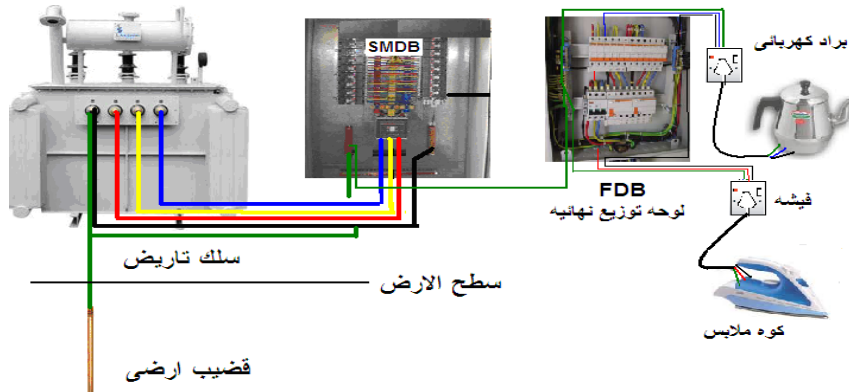
الحماية المعدنية للكبل حيث أنها ممتدة بطول الكابل فليس هناك داعي لكبل آخر

نظام التاريض المجمع (TN-C) :

يتم توصيل نقطة الأرضي التابعة للمستهلك إلى نقطة التعادل التابعة لمحول التغذية بواسطة

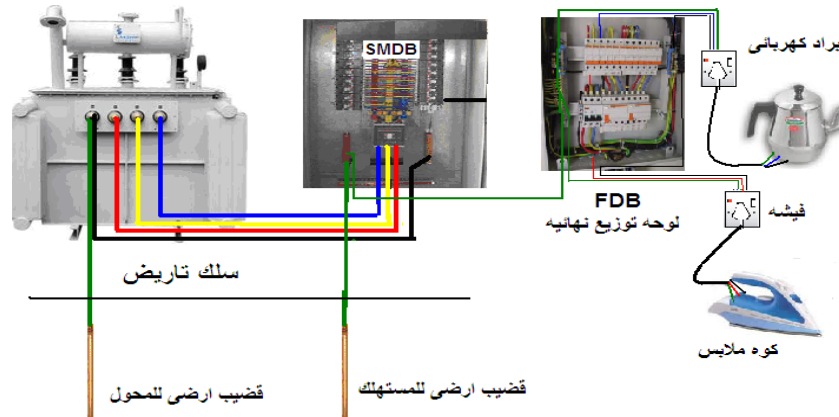
موصل حماية ارضي (PE) والذي يمكن أن يكون بهيئة موصل إضافي أو غلاف معدني لكبل

التغذية ومن هنا يمكن القول إن خط التأريض يكون متحد مع خط التعادل.



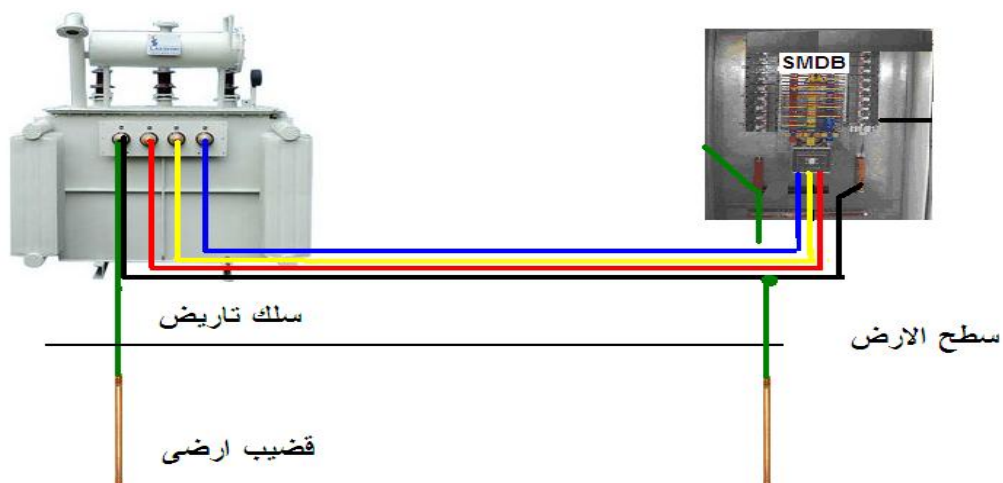
نظام نوع المنفصل (TN-S)

وفيه يكون خط التعادل وخط التأريض للمستهلك منفصلين تماماً طول المسافة من المصدر حتى المستهلك ويكون الموصل الذي يربط بين بدن المعدات داخل المبنى والمصدر هو الغلاف المعدني أو أسلاك التسليح في كابلات القوى أو موصل منفصل تماماً عن موصل التعادل



نظام التاريض المجمع والمنفصل (TN-C-S):

هنا تكون وظيفتي خط الأرضي والمحايد متحدتان في منظومة التغذية (TN-C) بينما تكون منفصلتين في التأسيس (TN-S) بمعنى أن خط التعادل وخط التأريض يكون متحداً من المصدر حتى مدخل المستهلك وينفصلان داخل منزل المستهلك ، ويسمى هذا النظام أيضاً بتأريض الحماية المتعدد (PME) (Protective Multiple Earthing) حيث يتم تأريض المصدر في عدة نقاط وقد يكون من الضروري توفير قطب ارضي عند أو بالقرب من أساسات المستهلك . يسمى موصل (PEN) أيضاً بموصل الحماية والأرض المتحد (Combined Earth (CNE) Conductor & Neutral



نظام نوع (IT) :

في هذا النظام يكون المصدر معزولا عن الأرض أو متصل بها من خلال ممانعة ارضي يعتمد إدخالها . لا يستخدم هذا النظام في منظومة التغذية العامة للمستهلكين.

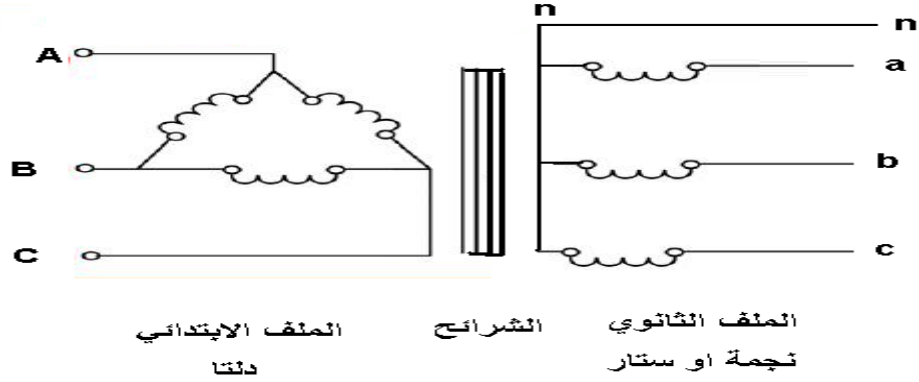


نظام التاريس	المزايا	العيوب	التطبيق
TN-S	تكلفة قليلة	- تيار العطل كبير - جهد التلامس كبير	يكثر استخدامه في المباني السكنية
TN-C	أقل تكلفة	- تيار العطل كبير - جهد التلامس كبير - لا يوفر حماية ضد الحريق	لا يوصى باستخدامه في المباني السكنية لضعف درجات الأمان فيه
TT	- تيار العطل صغير - جهد التلامس يمكن التحكم فيه بتوصيل المواسير المعدنية وهيكل المبنى المعدني بالأرضي	- يتطلب استخدام أجهزة الحماية التفاضلية ELCB-RCD - لا يصلح في المواقع ذات مقاومة عالية للأرضي	- في المواقع العامة - في التركيبات التي تخضع لتعديلات بصفة دورية
IT	- أعلى اعتمادية (ضمان عدم إنقطاع التيار) - جهد تلامس آمن	- تحتاج مراقبة مستمرة لكشف العطل الأول - تتطلب عمالة مدربة - أعلى تكلفة	- المستشفيات - مواقع تتطلب استمرار الخدمة

خط التعادل

أو كما يطلق عليه الخط البارد ومشهور بمسمى النيتروول ويرمز له بالرمز N هو ناتج من تجميع نهايات ملفات الجهد المنخفض للمحول في حالة توصيله النجمة ويطبق عليه قانون كيرشوف الذي ينص على انه عند تلاقي 3 تيارات متساوية القيمة والاتجاه في نقطه واحد تكون هذه النقطة تساوى صفر ومن هنا جاءت نقطه التعادل ويميز شكل سلك التعادل غالبا بالون الأسود أو بالرقم صفر و كما هو معلوم إن خط التعادل يعتبر هو مكمل الدائرة في حالة التغذية بوجه واحد 220 فولت إما في حالة التغذية بالجهد ثلاثي الأوجه 415 فولت فهو يحمل التيار

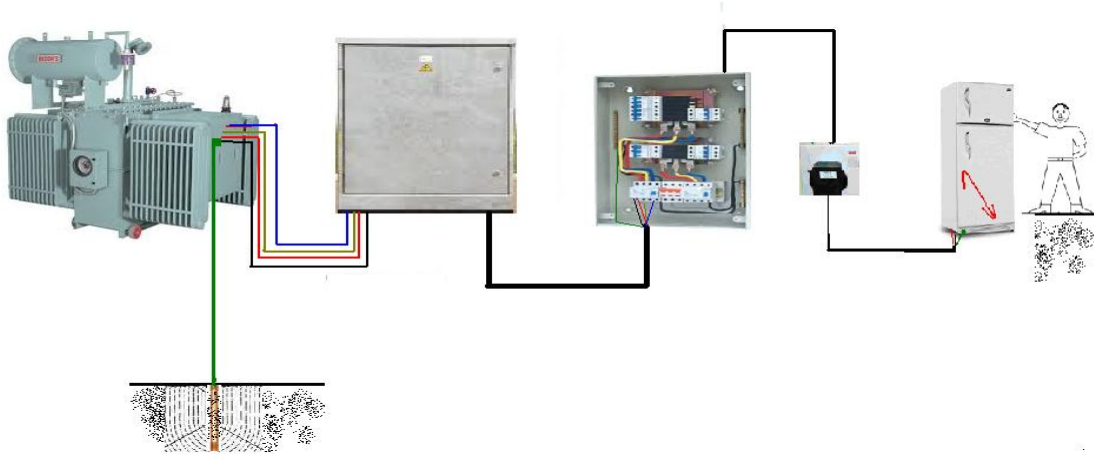
الناتج عن عدم تماثل الأوجه الثلاثة أي إن خط التعادل يمر بيه تيار ولكن في حالة عدم اتزان الأحمال على الثلاث أوجه .



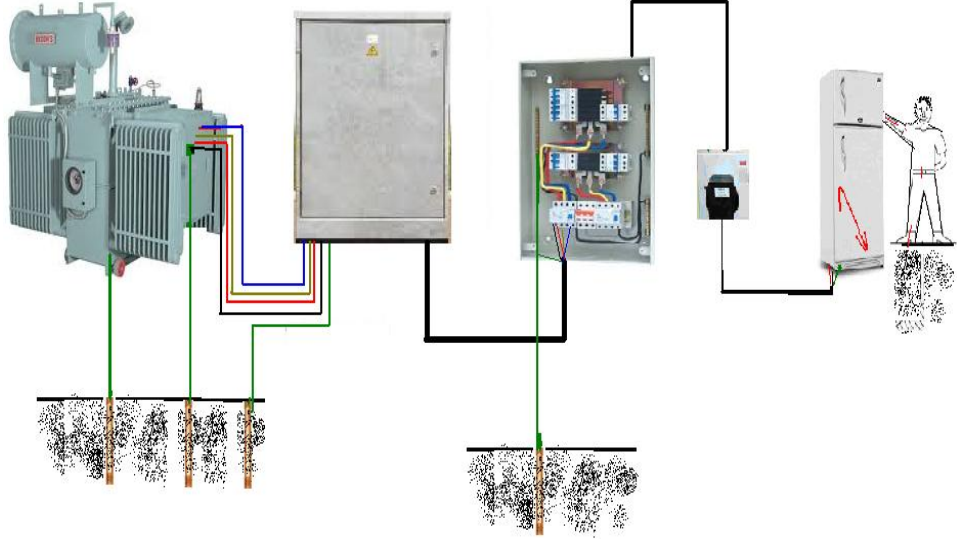
الفرق بين خط التعادل (N) وخط الأرضي (E) هو إن خط التعادل يمر فيه تيار ليعود مرة أخرى إلي المصدر أما خط الأرضي فيمر بيه تيار العطل ويفرغ إلي الأرض

1- تأريض خط التعادل

كما نعلم أن خط التعادل يمر به تيار في حالة عدم اتزان الأحمال فذا كان التيار المار به كبير ولمس شخص خط التعادل فقد يصاب بالصدمة ولكن لو تم تأريض سلك التعادل فلن يتأثر الشخص بالتيار العائد في خط التعادل لأي سبب حيث أن سلك التأريض أصبح ألان يمثل دائرة توازي مع الشخص فلا يمر بيه تيار قصر حيث تيار القصر يمر في أقل مقاومة ثم إلي الأرض ،

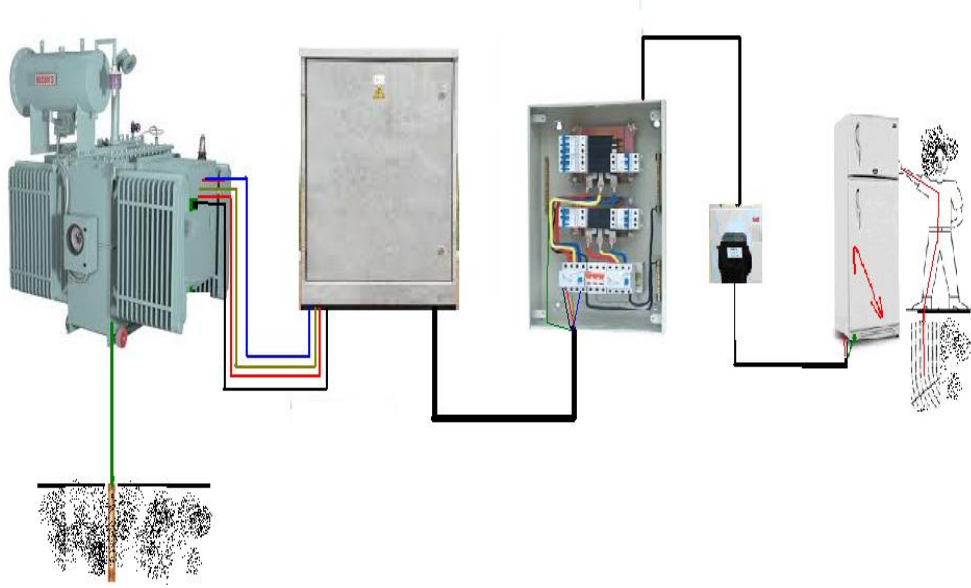


ولكن التصميم السابق قد يحدث منه مشاكل كثيرة حيث عند حدوث أي قصر بداخل لوحة توزيع المستهلك فان المحول يتأثر بذلك لان تيار العطل يعود من خلال سلك التعادل إلي المحول ولتفادي ذلك يتم تقسيم قضبان التأريض إلي مجموعتين وهما 3 قضبان تأريض ارضي خاص بجسم المحول والقضيب الآخر خاص بتأريض نقطة التعادل والأرضي الأخير لتأريض صندوق التوزيع الرئيسي و قضيب التأريض الآخر خاص للمستهلك كما هو موضح بالشكل القادم



2- عدم تأريض خط التعادل

فإذا كان خط التعادل غير مؤرض فإنه يمكن أن يتعرض الإنسان للصعقة الكهربائية عند لمس خط التعادل و ذلك لوجود التيار العائد من الحمل الغير متزن



قيمة الجهد المسموح به بين خط الأرضي وخط التعادل

تنص بعض الموصفات على أن تكون قيمة الجهد بين خط الأرضي وخط التعادل لأتزيد عن 2 فولت أما لو زادت قيمة الجهد عن 2 فولت فهذا يدل على وجود تسرب أو شيء غير طبيعي ونجد أن التيار المسموح به لمرور بخط التعادل يكون قليل وقريب من الصفر وفقا للمعادلة الآتية .

$$I_N = I_{R<0} + I_{Y<120} + I_{B<-120}$$

أهمية اتزان الأحمال

في شبكة الجهد المنخفض عند عدم اتزان الأحمال يؤدي ذلك إلى مرور تيار في سلك التعادل

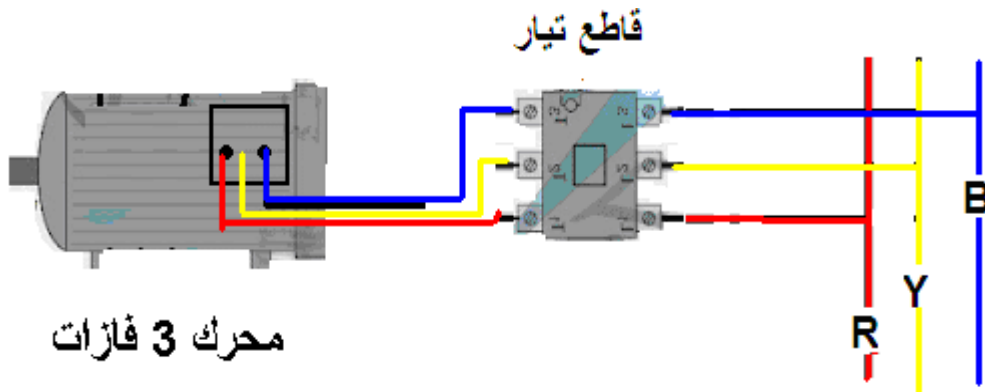
م	مثال لأوضاع خط التعادل			تيار كل وجه			تيار التعادل	جهد كل وجه		
	وضع التوصيل			B	Y	R	IN	BN	YN	RN
1	وجود سلك التعادل مع اتزان الأحمال			5.6	5.6	5.6	صفر	220	220	220
2	قطع سلك التعادل مع اتزان الأحمال			5.6	5.6	5.6	صفر	220	220	220
3	وجود سلك التعادل مع عدم اتزان الأحمال			1.5	4.5	5.6	4	220	220	220
4	قطع سلك التعادل مع عدم اتزان الأحمال			1.5	4.5	5.6	صفر	300	240	140

ماذا يحدث إذا انقطع سلك التعادل

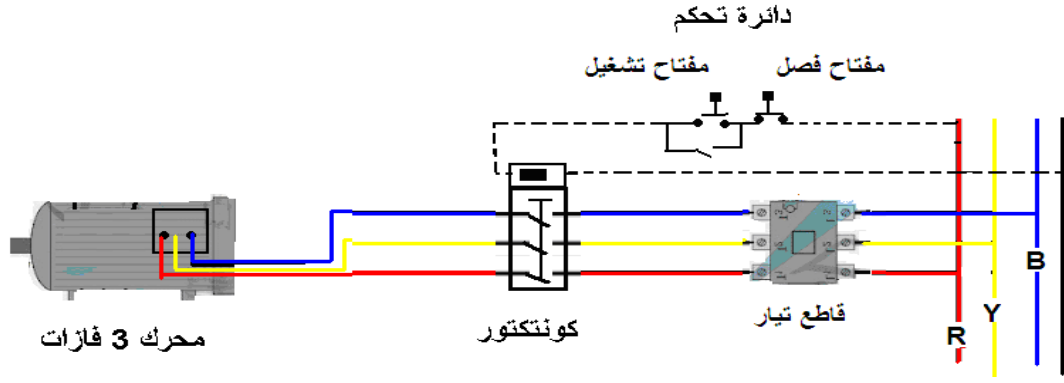
نجد إن الأحمال ثلاثية الأوجه المترنة لا تحتاج إلى سلك التعادل بسبب اكتمال الدائرة الكهربائية عن طريق الفازات نفسها حيث إن المجموع الاتجاهي لتيارات الفازات الثلاثة يساوي صفر .
إما في حالة الأحمال ثلاثية الأوجه الغير مترنة فإنها تسحب تيارات مختلفة فلا بد من ربط سلك التعادل من أجل حمل التيار المتبقي من المجموع الاتجاهي حيث سيسري تيار معين تعتمد قيمته على تناسق زوايا الفازات الثلاثة و ذلك لأن الزاوية ما بين فاز و آخر لا تساوي 120 درجة .
وللأمان الأكثر من حدوث انقطاع خط التعادل يتم ربطه مع سلك الأرضي ولكي نوضح ما يحدث عند حدوث انفصال لسلك التعادل فلا بد من تحديد نوع التغذية كما سوف نوضح ذلك

1 - التغذية بجهد 3 أوجه (400 فولت)

في حالة تشغيل ماكينات 3 فاز إذا كانت التوصيل مباشر بالمحرك من خلال فيوز أو قاطع تيار فان خط التعادل ليس له أهمية لأنه لا يدخل في تشغيل المحرك كما بالشكل القادم

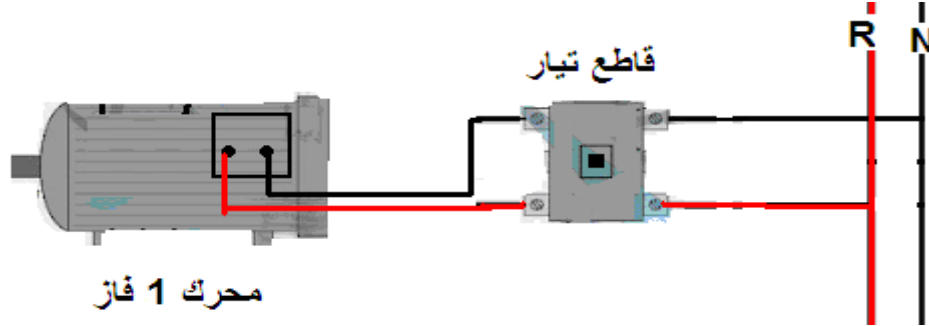


ولكن لو كان المحرك يعمل بدائرة تحكم فان خط التعادل مهم جدا لأنه يكمل تشغيل دائرة التحكم ولذلك نجد إن دوائر المحركات تتكون من دائرتين وهما دائرة القدرة ودائرة التحكم



2- تغذية المحركات أحادية الوجه بدائرة الوجه الواحد (240 فولت)

في تلك الحالة يعتبر موصل التعادل مهم جدا لتكتملة تشغيل الدائرة لأنه يعتبر مكمل لدائرة حيث إن انقطع موصل التعادل فلا تستطيع أي من الأجهزة العمل لان الدائرة تكون مفتوحة



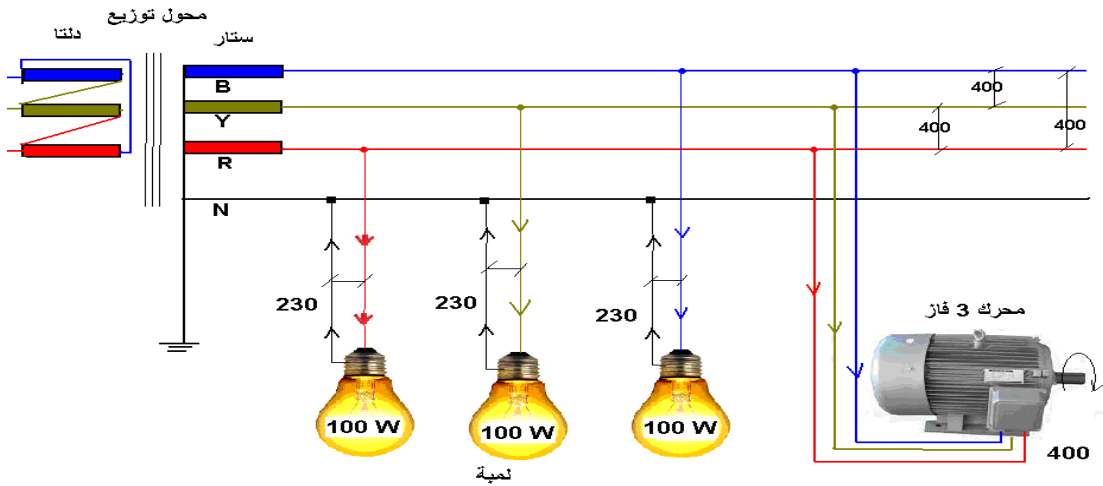
والآن نوضح ماذا يحدث في حالة فصل نقطة التعادل في محول التوزيع

الشكل القادم يوضح إن الدائرة تعمل بشكل سليم حيث المحرك يعمل علي جهد 400 فولت ثلاثي الأوجه وكل حمل من الأحمال الثلاثة يعمل وتضئ اللمبة

حيث عند قياس الجهد بين الفازات الثلاثة مع بعض كانت قيمة القياس 400 فولت

وعند قياس الجهد بين كل فازه مع خط التعادل كانت قيمة القياس 230 فولت

وعند قياس الجهد بين خط التعادل وخط التأريض كانت قيمة القياس اقل من 3 فولت



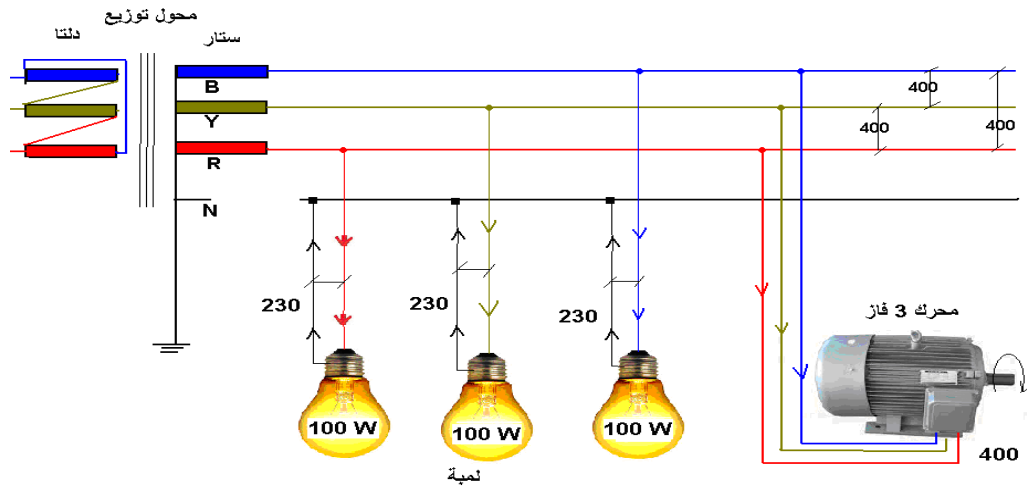
وألان سوف نقوم بدراسة تأثير فصل نقطة التعادل علي الأحمال المختلفة حيث يوجد حالتين لفصل نقطة التعادل وهما :

أولا فصل نقطة التعادل الرئيسية لجميع الأحمال

عند فصل نقطة التعادل الرئيسية لجميع الأحمال في تلك الحالة يوجد عديد من الاحتمالات وألان سوف نقوم بتوضيح تأثير فصل خط التعادل علي كل حالة

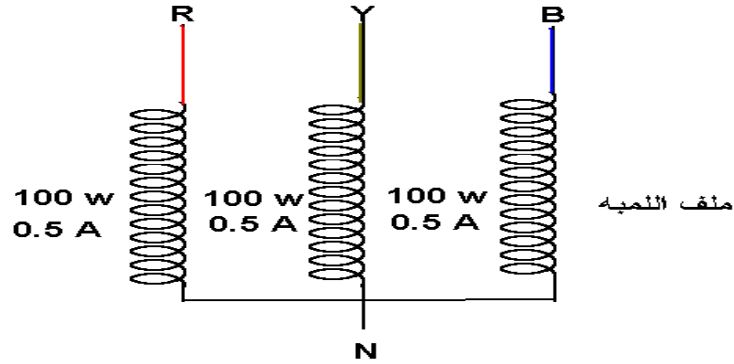
الحالة الأولى عند فصل نقطة التعادل الرئيسية على الأحمال المتزنة

نتيجة لان توصيل الملف الثانوي لمحول التوزيع يكون ستار حيث يتم تجميع نهايات الملفات الثلاثة مع بعض في نقطة وهذه النقطة تمثل نقطة التعادل فعند حدوث قطع لنقطة التعادل ناحية الحمل فلا يحدث اختلاف في قيم الجهد بين الأوجه الثلاثة حيث يكون الجهد هو 400 فولت لأنه لا يتأثر بنقطة التعادل أما عند قياس الجهد بين أحد الأوجه ونقطة التعادل يتراوح قيمة الجهد بين 00 إلي 400 فولت معتمدا على قيمة الحمل و الشكل القادم يوضح انه تم فصل نقطة التعادل الرئيسية فما تأثير ذلك علي الأحمال .



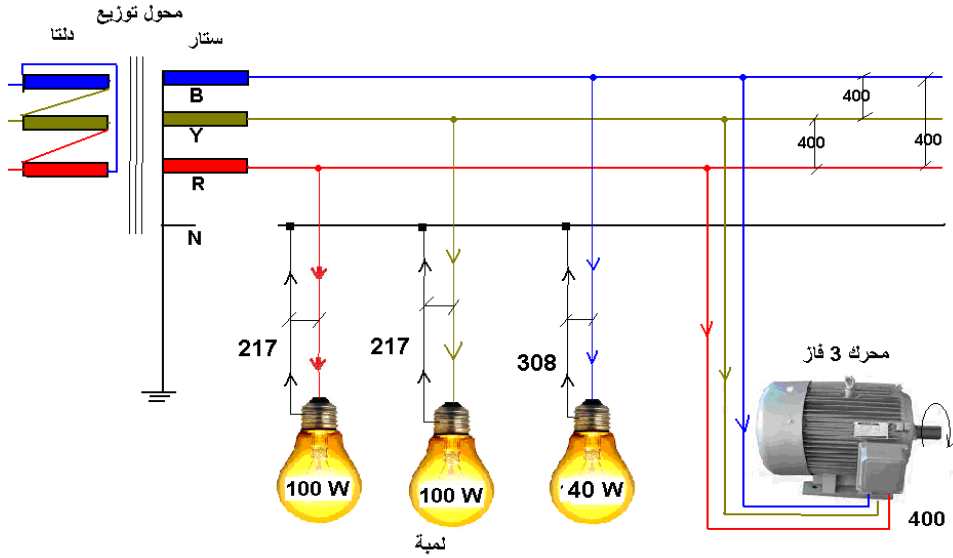
نجد من خلال الشكل السابق انه يوجد نوعين من الأحمال حمل غير خطي ويمثله المحرك وهو لا يتأثر بنقطة التعادل لأنه يعمل علي جهد ثلاثي الأوجه ولذلك نجد إن المحرك يعمل بشكل سليم حيث عند قياس الجهد بين نقاط توصيل المحرك مع بعضها البعض كانت قيمة الجهد هي 400 فولت والحمل الآخر هو حمل خطي ويمثله لمبات الإنارة ونجد أنها متزنة الأحمال لان قدرتها 100 واط وهي أيضا لم تتأثر بفصل نقطة التعادل الرئيسية حيث نجد إن المصابيح تعمل بشكل جيد ولا تتأثر بفصل نقطة التعادل الرئيسية حيث نجد إن التيار المار من الفازه R يمر بالطرف التعادل ولكن لا يعود إلي مصدر التغذية لتكملة الدائرة ولكن يمر بخط التعادل فيقابل التيار القادم من الفازه Y وكذلك أيضا يقابل التيار المار من الفازه B فتتلاقى جميع التيارات في نقطة وهذه النقطة تصبح هي نقطة التعادل الجديدة لجميع اللمبات وفقا لنظريه كيرشوف التي تنص

علي انه عند تلاقي مجموعة تيارات متساوية القيمة والاتجاه في نقطة تكون محصلة هذه النقطة صفر والشكل القادم يوضح ذلك



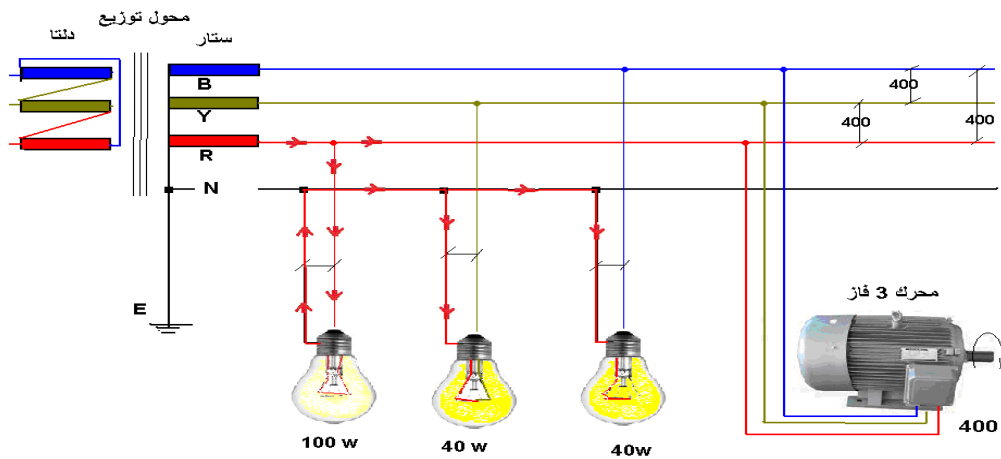
1- في حالة فصل نقطة التعادل الرئيسية مع اختلاف في الأحمال

الشكل القادم يوضح انه تم فصل نقطة التعادل الرئيسية فما تأثير ذلك علي الأحمال



نجد إن المحرك لا يتأثر بانفصال نقطة التعادل حيث عند قياس الجهد بين نقاط توصيل المحرك مع بعضها البعض كانت قيمة الجهد هي 400 فولت وهذا المحرك يعمل علي جهد ثلاثي الأوجه إما الأحمال التي تمثلها لمبات الإنارة حيث يوجد عدد 2 لمبة قدرة كل لمبة 100 واط ولمبة أخرى قدرتها 40 واط فنجد إن جميع اللمبات تضئ بشكل جيد ولا تتأثر بفصل نقطة التعادل وعند قياس الجهد بين نقطة التعادل المجمعة للمبات الثلاثة مع بعض وبين الفاز المغذي للمبة 40 واط كان 308 فولت وعند قياس الجهد بين نقطة التعادل المجمعة لثلاث لمبات والفاز المغذية للمبة 100 واط كان 217 فولت

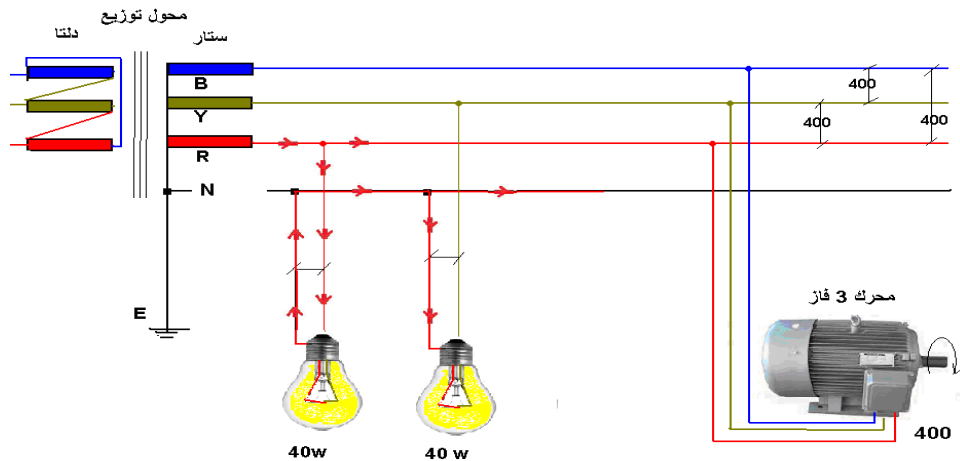
1- في حالة فصل نقطة التعادل الرئيسية مع اختلاف في الأحمال



حيث نجد إن اللمبات ذات القدرة 40 واط تضيئ ولكن ليس بالقدرة الكلية وعند قياس الجهد علي طرفها نجد انه 315 فولت أما اللمبة ذات القدرة 100 واط فتضيئ بضوء ضعيف جدا وعند قياس الجهد بين طرفها يكون 125 فولت .

حالة تشغيل لمبتئين 40 واط

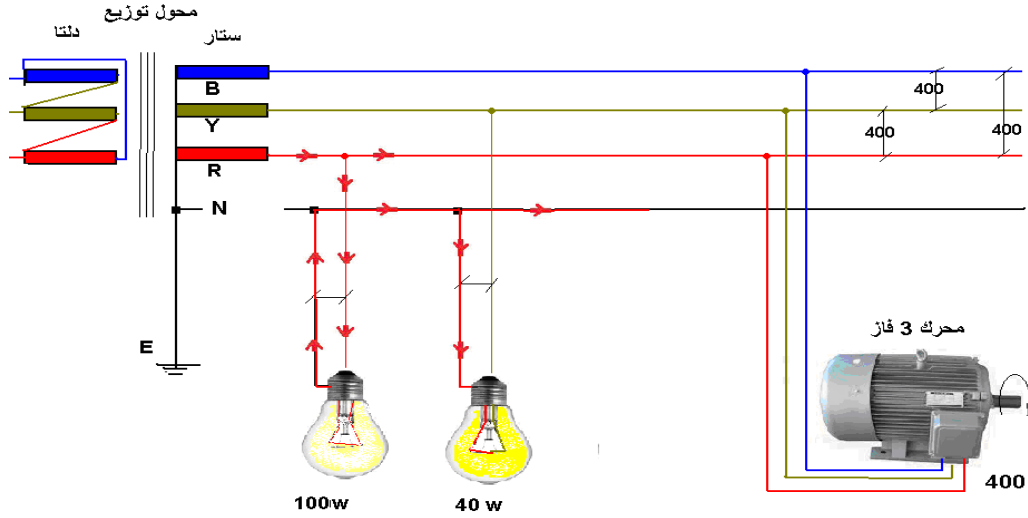
في تلك الحالة عند تشغيل لمبتين قدرة كل لمبة 40 واط مع فصلهم من خط التعادل وتوصيلهم مع بعضهم كما بالشكل القادم .



ف نجد إن المحرك لا يتأثر بانفصال سلك التعادل إما للمبتين فيتم إنارتهم ولكن ليس بقدرتهم الطبيعية ويكون قيمة الجهد على كل لمبة 210 فولت .

حالة تشغيل لمبتين مع اختلاف حملهم احدهما 40 واط والاخرى 100 واط

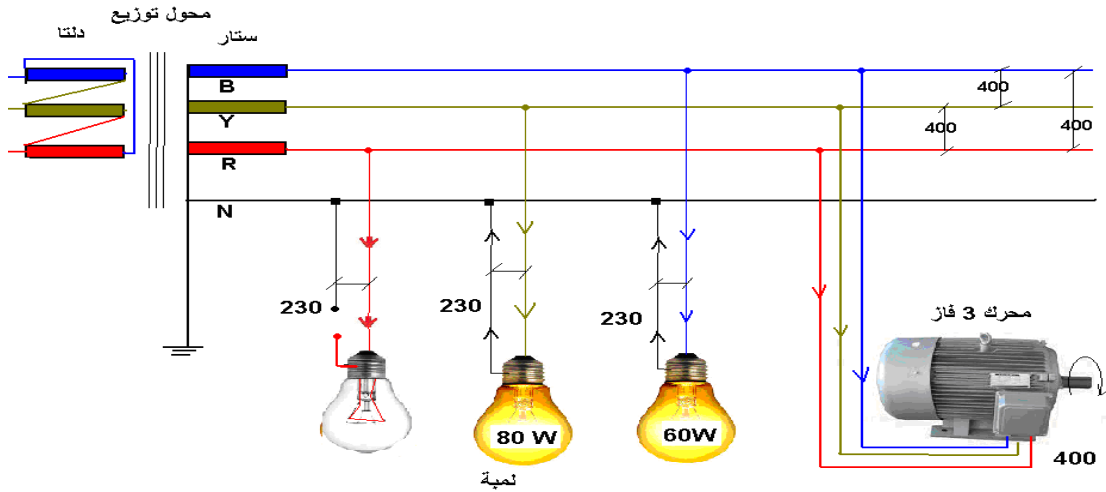
في تلك الحالة عند تشغيل لمبتين قدرة اللبنة 40 واط والأخرى 100 واط مع فصلهم من خط التعادل وتوصيلهم مع بعض كما بالشكل القادم .



فنجذ إن المحرك لا يتأثر بانفصال سلك التعادل إما اللبتين فيتتم إنارتهم ولكن ليس بقدرتهم الطبيعية حيث اللبة 40 واط تضئ بقدرة عالية ويكون قيمة الجهد هو 388 فولت واللبة 100 واط إضاءة ضعيفة جدا وتكون قيمة الجهد علي اللبة 100 واط هو 63 فولت

ثانيا في حالة فصل نقطة التعادل على الحمل فقط

الشكل القادم يوضح انه عند فصل نقطة تعادل على الحمل فلن تعمل اللبة والسبب في ذلك هو عدم اكتمال التغذية حيث تصبح الدائرة مفتوحة



كيفية تحديد وجود ارتقاء في توصيلة خط التعادل

دائرة تعمل علي جهد 440 فولت فعند قياس الجهد بين الفازات وبعضها كانت القيمة متساوية وتساوي 440 فولت وهذا طبيعيا إما عند قياس الجهد بين احد الفازات وبين سلك التعادل المفروض إن تكون القيمة هي 230 فولت ولكن كانت قيمة القياس تتراوح ما بين 110 فولت إلي 330 فولت وعند قياس الجهد بين سلك التعادل وسلك الأرضي المفروض إن تكون القيمة تقريبا صفر ولكن كانت قيمة القياس هي 110 فولت وعند قياس الجهد بين احد الفازات وبين

سلك الأرضي كانت القيمة هي 120 فولت ونجد إن السبب في حدوث هذا الاختلاف في قيمة القياس عن القيمة الطبيعية نتيجة عدم ربط سلك التعادل جيد بمعنى أنه يحدث تعويم لسلك التعادل حيث نجد إن قيمة الجهد $110 + 120 = 230$ فولت .

إما في حالة عدم اتزان الأحمال فمثلا الفازة الأولى R حملها قدرته 3 ك واط والفازة الثانية B حملها 2 ك واط والفازة الأخيرة B حملها 1 ك واط وتم فصل سلك التعادل من جهة الأحمال سوف نجد إن الفازة التي لها حمل عالي R يقل قيمة الجهد عليها والفازة الأخيرة B يزيد الجهد عليها إما الفازة Y فيبقى قيمة الجهد عليها ثابت بدون أي تغير

ولتغلب علي مشكلة فصل خط التعادل أو عدم ربطة جيدا يتم من خلال استخدام قواطع تيار من النوع ذات أربعة أقطاب 4P أو استخدام قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي حيث عند حدوث أي قطع أو فقدان لسلك التعادل يحدث فصل للقواطع مباشرة فيتم حماية الأحمال

تصميم محطات التوزيع الثانوية 0.415/11 ك ف

عند تصميم شبكة التوزيع يجب معرفة عامل الطلب وعامل التباين للأحمال المختلفة وهذه القيمة لعامل الطلب وعامل التباين هي قيم تقديرية وان قيمة عامل التباين تزيد كلما زاد عدد الأحمال المماثلة ويتم حساب قيمة الطلب الأقصى باعتبار إن قيمة معامل التباين ثابتة في جميع المراحل بحيث تستطيع الشبكة تحمل الزيادة في الأحمال ولكن قبل مناقشة كيفية تصميم محطات التوزيع الثانوية 0.415/11 ك ف لابد من تحديد مقدار التغذية الكهربائية المناسبة بالشبكة يوجد بعض القواعد لتحديد التغذية وتختلف من دول لأخرى وفقا لتصنيف الجهد وأيضا للقدرة

- 1- إذا قل الحمل عن 10 ك واط يتم التغذية بمصدر أحادي الوجه (240V)
- 2- إذا زاد الحمل عن 10 كيلو واط حتى 100 ك واط يوصل بمصدر 3 فاز (415V)
- 3- إذا زاد الحمل عن 100 كيلو واط يلزم تركيب محول توزيع وفقا لقدرة المشروع كالاتي
 - عند قدرة 100 كيلو واط يتم التغذية بمحول 250 كيلو فولت أمبير
 - عند قدرة 160 كيلو واط يتم التغذية بمحول 300 كيلو فولت أمبير
 - عند قدرة 320 كيلو واط يتم التغذية بمحول 500 كيلو فولت أمبير
 - عند قدرة 640 كيلو واط يتم التغذية بمحول 1000 كيلو فولت أمبير
 - عند قدرة 960KW يتم التغذية بمحول 1500KVA
 - تكون التغذية بجهد 3.3 ك ف بداية من 100 الي 500 كيلو واط
 - تكون التغذية بجهد 6.6 ك ف بداية من 500 إلي 2500 كيلو واط
 - إذا زاد الحمل عن 2500 كيلو واط يتم التغذية بجهد 11 ك ف

ولكن بصفة عامة ونظر لعدم استعمال كلا الجهدين 3.3 و 6.6 كيلو فولت فيتم التغذية مباشرة بجهد 11 ك ف عندما يزيد الحمل عن 100 كيلو واط من خلال شبكة توزيع داخلية

- إذا زاد الحمل عن 5 ميغا وات يتم التغذية مباشرة من لوحة 11KV مباشرة

- إذا زاد الحمل عن 10 ميغا وات يتم التغذية مباشرة من لوحة 33KV مباشرة

خطوات تصميم محطات التوزيع الثانوية 0.415/11 ك ف

من خلال المخطط القادم نوضح خطوات تحديد وتصميم محطات التوزيع الثانوية



عند تصميم محطات التوزيع لابد من اختيار المكان حيث يوجد نوعين من الاختيار وهما :

أولا إن تقوم هيئة الكهرباء بتحديد مكان محطة التوزيع الثانوية

فإذا كان للهيئة حرية الاختيار فيتم ذلك من خلال حسابات علمية لتحديد أفضل مكان من خلال بعض الحسابات ولابد من توافر المعلومات الآتية لتصميم محطة توزيع الثانوية كالآتي :

1- مخطط هندسي يحتوي على البيانات التالية

- عدد البيوت (المنازل) في التجمع السكني المراد تصميم المحطة له.

- عدد المتاجر والمحلات المتوقع إنشائها

- إنارة الشوارع ،

أن أفضل موقع لمحطة التوزيع هو مركز ثقل الأحمال في المنطقة المراد تغذيتها،

ويقصد بمركز ثقل الأحمال هو الموقع الذي تتحقق فيه أقل قيمة لهبوط الجهد

2- اختيار موقع المحطة:

لتحديد موقع المحطة يفضل إن تكون في مركز الأحمال للمنطقة المراد تغذيتها ويقصد بمركز الأحمال الموقع الذي تتحقق فيه أقل نسبة من حدوث الانخفاض في الجهد ولذلك يفضل إن تكون موقع المحطة في منتصف مركز الأحمال ويتم تحديد ذلك عن طريق .

تطبق النظرية الميكانيكية لتحديد مركز الثقل الكهربائي كالتالي .

1- تقسم المنطقة المراد تغذيتها على أقسام متساوية تقريباً ليتم تغذية كل قسم منها بمحطة توزيع

2- تحديد محور أفقي (x) ومحور عمودي عليه (Y)، وذلك لكل قسم من الأقسام السابقة

3- يحسب كل من (Xo) و (Yo) لكل قسم في المنطقة المراد تغذيتها، وتكون هي إحداثيات

مركز الثقل الكهربائي المناسب لموقع محطة التحويل حيث يتم ضرب الحمل في البعد عن

المحور الأفقي مرة وأيضاً المحور الرأسي مرة أخرى ويتم تجميع كل الأحمال على المحور

الأفقي وأيضاً تجميع كل الأحمال على المحور الرأسي

وعموماً نجد أنه في الحياة العملية نادراً ما يكون مركز الثقل هو الموقع الأمثل لاعتبارات

تنظيمية أو اجتماعية أو جغرافية تخص المنطقة .

ثانياً إن تقوم وزارة التخطيط والمساحة بتحديد مكان محطة التوزيع

في أوقات لا يكون من حق هيئة الكهرباء تحديد مكان محطة التوزيع حيث تقوم وزارة التخطيط

والمساحة بتحديد مكان لمحطة التوزيع وفي تلك الحالة يحق لهيئة الكهرباء إن تحدد حجم

المساحة المطلوبة لإنشاء المحطة وفقاً لحجم ونوع المحول والمفاتيح الكهربائية ووفقاً لنوع

المحطة خاصة أو تجاريه حيث يجب إن لا تقل مساحة المحطة (4 * 4.5) متر

تحديد جهد التشغيل

يتم اختيار جهد التشغيل وفقاً لقدرة الحمل وقد يختلف هذا من دولة إلى أخرى ولكننا سوف

نوضح ذلك وفقاً للمعايير الدولية .

1- يتم التغذية بجهد 415 فولت بداية من 10 ك ف ا حتى يصل الحمل إلى 100 ك ف ا

2- يتم التغذية بجهد 6.6 ك ف بداية من 100 ك ف ا حتى حمل 1 م ف ا

3 - يتم التغذية بجهد 11 ك ف بداية من 100 ك ف ا حتى حمل 1 م ف ا

4- يتم التغذية بجهد 11 ك ف بداية من 1 م ف ا حتى حمل 2 م ف ا

5- يتم التغذية بجهد 22 ك ف بداية من 2 م ف ا حتى حمل 3 م ف ا

6- يتم التغذية بجهد 33 ك ف عندما يزيد الحمل عن 3 م ف ا

توجد معادلة رياضية يتم من خلالها تحديد جهد التشغيل وفقاً للمسافة

$$\text{الجهد} = 5.5 * \left(\sqrt{\frac{\text{القدرة}}{100} + \frac{\text{الطول}}{1.6}} \right)$$

حيث الطول بالكيلو متر والقدرة بالكيلو واط

فمثلا لو كان حمل قدرته 500 ك ف ا وهذا الحمل علي بعد 1 كيلو متر
أولا يتم تحويل القدرة من ك ف ا إلي ك واط كالآتي .

القدرة بالكيلو واط = القدرة بالكيلو فولت أمبير * معامل القدرة

القدرة بالكيلو واط = 500 * 0.8 = 400 كيلو واط

ثم بالتعويض عن القيم في المعادلة السابقة نحصل علي جهد التشغيل

$$\text{الجهد} = 5.5 * \left(\sqrt{\frac{1}{1.6} + \frac{400}{100}} \right) = 11.82 \text{ ك ف}$$

تحديد قدرة المحطة

قدرة المحطة يقصد بها قدرة محولات التوزيع التي تغذي حمل تلك المنطقة و لا يكفي معرفة قيمة الأحمال المراد تغذيتها كما لا يكفي التنبؤ بمقدار الاستهلاك خلال فترة معينة بقدر ما يهم التنبؤ بالطلب على الطاقة أو معرفته يتم تحديد ذلك وفقا لقيمة معامل التباين وأيضا قيمة معامل الطلب Demand & Diversity Factors ويجب أيضا مراعاة تحديد اتجاه التوسع المستقبلي وكما ذكرنا سابقا إن الحمل هو مجموع قدرة الأحمال المركبة على مصدر طاقة معين إما قيمة الطلب فهي القدرة التي تستأجرها مجموعة الأحمال الموصولة مع مصدر الطاقة خلال فترة معينة أو مجموع قدرة الأحمال العاملة على مصدر طاقة معين ولكي نتمكن من تأمين الطاقة الكهربائية للمستهلكين بشكل اقتصادي ومرضي فلا بد من معرفة أكبر استهلاك للطاقة الكهربائية يتم تسجيله خلال فترة معينة (يوم أو شهر أو سنة)

تحديد قدرة محولات التوزيع

تعتمد المعطيات الأولية لتحديد أحمال التصميم بالدرجة الأولى على الخبرة.
إن الأحمال الكهربائية هي قيم عشوائية فهي تأخذ قيماً مختلفة وباحتمالات مختلفة.
يتم تحديد النتائج الأولية بتقارب نتائج الأبحاث والتنبؤات والإحصائيات مع الواقع.
إن الهدف من دراسة الأحمال الكهربائية هو التنبؤ بمخطط الحمل و تحديد قيمة الحمل الحسابية (حمل التصميم) بشكل صحيح وذلك استناداً إلى الطرق النظرية وبناءً على المعطيات التجريبية التي يتم الحصول عليها من منشآت مماثلة

1- طريقة تحديد قدرة محول التوزيع اللازم لتغذية مبنى

لكي يتم تحديد قدرة محول التوزيع لتغذية مبني أو منطقة معينة يكون وفقا لطريقتين وهما

الطريقة الأولى

حساب قدرة المحول بمعلومة قدرة المبنى يتم ذلك وفقا للقانون الآتي:

قدرة المحول بالكيلو فولت أمبير = قدرة الحمل بالكيلو واط / معامل القدرة

$$KVA = P / \cos \Phi = KW / 0.8$$

فمثلا يوجد مبني سكني مكون من 5 طوابق وكل طابق يوجد به 4 شقق سكنية وحمل كل شقة هو 40 ك ف ا وأحمال الخدمات مثل إنارة الممرات والمصاعد والمضخات هو 10 ك ف ا فما هي قدرة محول التوزيع لألزم لتغذية تلك البناية

حمل البناية = عدد الطوابق * عدد الشقق السكنية * حمل كل شقة + حمل الخدمات

عدد الشقق = عدد الطوابق * عدد الشقق بكل طابق

عدد الشقق السكنية = 5 * 4 = 20 شقة سكنية

حمل البناية = 40 * 20 + 10 = 810 ك ف ا

فيكون أفضل محول لتغذية هذه البناية هو 1000 ك ف ا

الطريقة الثانية

حساب قدرة المحول بمعلومة مساحة المبنى

بعض الدول تحدد أن كل متر مربع يغذى مقدار من فولت أمبير أو واط والجدول القادم يوضح ذلك فمثلا في حالة المنازل نجد إن كل متر مربع يحتاج إلي 33 واط

الحمل النوعي W/M²	نوع الحيز أو المرفق	الحمل النوعي W/M²	نوع الحيز أو المرفق
32.28	صالونات التجميل	10.76	مستودعات الأسلحة
33.28	صالونات الحلاقة	10.76	مياني الجماعات العامة
5.37	اماكن التخزين الصناعي	37.66	البنوك
16.13	غرف التخزين	10.76	اماكن العبادة
37.66	المكاتب	21.52	النوادي
21.52	المطاعم	22.52	قاعات المحاكم
32.28	المدارس	32.28	المنازل
32.28	المتاجر	5.37	مواقف السيارات
2.7	المستودعات	21.52	المستشفيات
10.76	قاعات التجميع*	22.52	الفنادق-شقق مفروشة
20.7	مناطق التخزين*	5.37	صالونات الانتظار والممرات*

ولفهم ذلك من خلال المثال القادم

1- مبنى مساحته 8000 متر مربع والمطلوب تحديد سعة محول التوزيع لتغذية هذا المبنى.

بناء على طلب الحمل هو 12 ك ف لكل 100 متر مربع

الحمل = مساحة المبنى * قيمة طلب الحمل

الحمل الأقصى = $(8000 * 12) / 100 = 960$ كيلو فولت أمبير

فيتم اختيار محول بقدرة 1000 كيلو فولت أمبير = 1 ميغا فولت أمبير

2- مبنى أدارى مساحته 1500 متر مربع ومكون من 30 طابقاً والمطلوب تحديد عدد ساعات

محول التوزيع المناسب لتغذية هذا المبنى.

بناء على طلب الحمل هو 12 ك ف لكل 100 متر مربع

الحمل = مساحة المبنى * قيمة طلب الحمل * عدد الأدوار

الحمل الأقصى = $(1500 * 12 * 30) / 100 = 5.4$ ميغا فولت أمبير

عند استخدام محول بقدرة 1000 ك ف ا (1 = ميغا فولت أمبير)

عدد المحولات المطلوبة = قيمة الحمل الكلي / قدرة المحول

عدد المحولات = $5.4 / 1 = 5.4$ تقريبا عدد 6 محولات توزيع قدرة المحول الواحد هو 1 ميغا

فولت أمبير إما لو تم استخدام محول بقدرة 1.5 ميغا فولت أمبير فيكون عدد المحولات المطلوبة

هي $5.4 / 1.5 = 3.6$ تقريبا 4 محولات بقدرة 1.5 ميغا فولت أمبير

تحديد مكونات المحطة

لكي نحدد مكونات المحطة لابد من تحديد نوع المحطة حيث كما نعلم يوجد نوعين من محطات

التوزيع الثانوية وهما محطة توزيع عامة ومحطة توزيع خاصة .

1- محطة التوزيع العامة

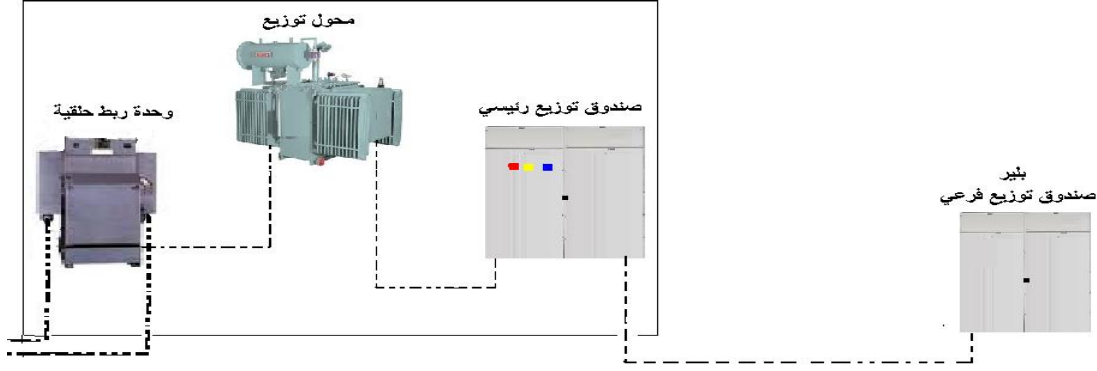
وهذه المحطة يتم إنشائها لتغذية منطقة سكنية عامة وأيضا يتم تغذية أماكن الخدمات

العامة وتتكون تلك المحطة من جزئين جزء داخلي وهو الذي يوجد بداخل حدود

المحطة ويحتوي بداخله علي 3 أشياء مهمة وهي المحول ووحدة الربط الحلقية

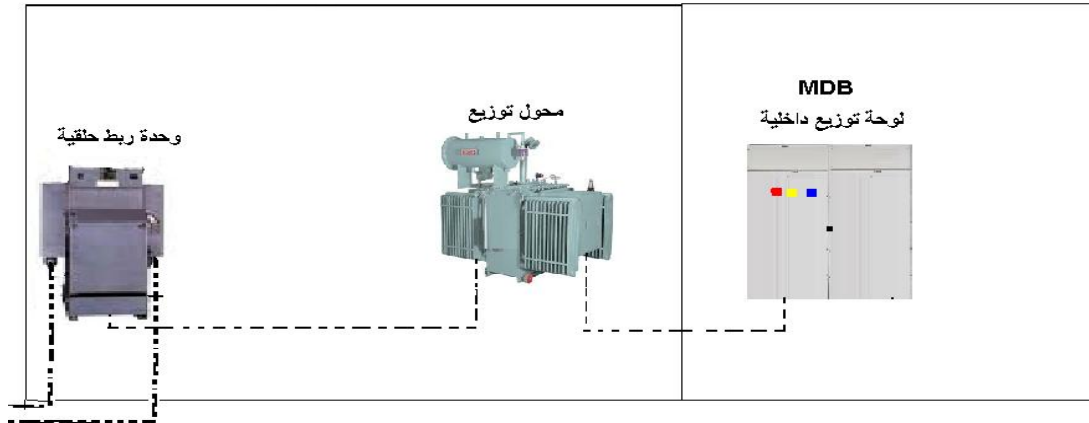
وصندوق التوزيع الرئيسي و الجزء الآخر يكون خارج حدود المحطة وفي أماكن

متفرقة وهو صندوق التوزيع الفرعي (البلير)



2 - محطة توزيع خاصة

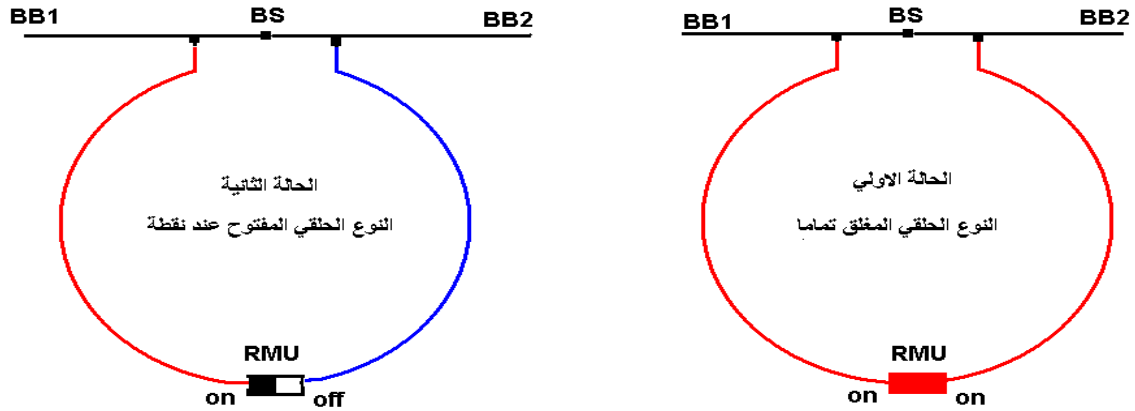
وهذه المحطة يتم إنشائها لتغذية مبني سكني خاص بذاته مثل عمارة سكنية أو مصنع وتتكون تلك المحطة من 3 أشياء مهمة وهي وحدة الربط الحلقية والمحول ولوحة التوزيع الرئيسية حيث تكون وحدة الربط الحلقية والمحول بغرفة منفصلة ويكون المتحكم في تلك الغرفة وزارة الكهرباء أما لوحة التوزيع الرئيسية تكون في غرفة أخرى وهي غرفة خاصة يكون المتحكم بها صاحب المبنى السكني .



تحديد طريقة تغذية المحطة

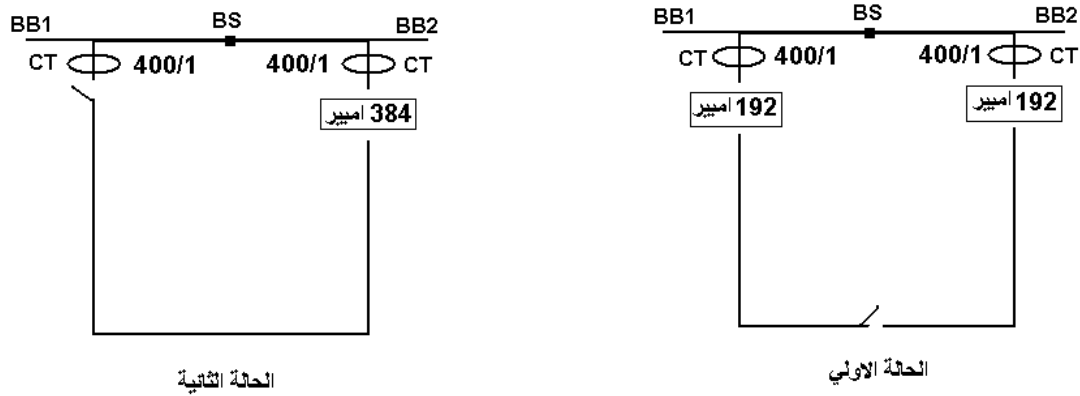
بعد تحديد مكان وقدرة ونوع محطة التوزيع الثانوية يتم ألان تحديد طريقة التغذية أو بمعنى آخر من أي مغذي 11 ك ف يتم تغذية تلك المحطة طرق التغذية تعتمد على موضع المحطة بالنسبة للشبكة الكهربائية للجهود المتوسط 11 ك ف فيتم اختيار انسب طريق بشرط أن لا يؤثر ذلك على المغذي الرئيسي وتكون التغذية وفقا لوضع المغذي هل هو مغذي حلقي فلا بد من تغذية المحطة وان تكون بداخل الحلقة وتكمل الحلقة أما لو كان المغذي إشعاعي التوصيل فيتم أضافه المحطة لتكملة المسار الإشعاعي للمغذي كما نعلم إن نظم التوزيع تعتمد بشكل كبير علي طريقة التوصيل الحلقي و تعتبر طريقة التوصيل الحلقي من أفضل وانسب الطرق لتلك الأنظمة

حيث يوجد نوعين من طرق التوصيل الحلقي وهما التوصيل الحلقي المغلق والتوصيل الحلقي المفتوح عند نقطة كما موضح بالشكل القادم



وما الفرق بينهما لا يوجد فرق سوء التكلفة الاقتصادية ولكن نظام التوصيل الحلقي المفتوح يعتبر من أكثر الأنظمة تنفيذا في شبكات التوزيع للجهد المتوسط والتي تعتمد بشكل كبير علي وحدات الربط الحلقية المعزولة بالزيت ونظر لان أكثر إجهام الكابلات استخدام للربط بين محطات التوزيع للجهد المتوسط هي 400 مم2 أو 300 مم2 أو 185 مم2 بعزل زيتي أو بعزل XLPE ويتم تصميم المغذي وفقا لقيمة محول التيار المركب عالية كما سوف نوضح من الصور الآتية

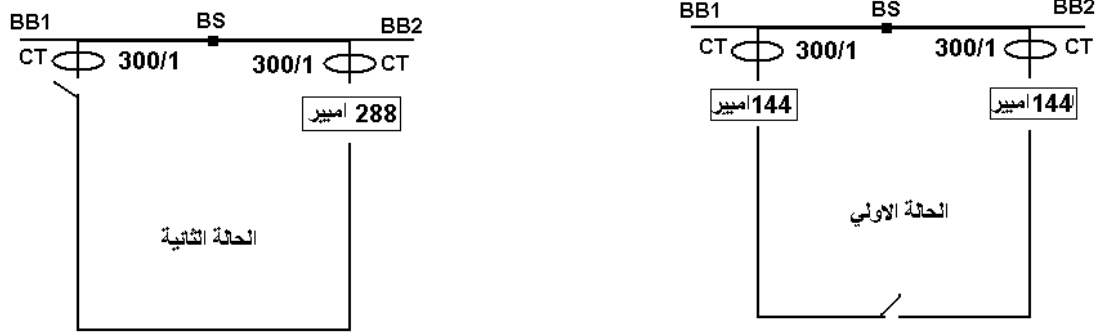
أولا في حالة التوصيل بكابل 400 مم2 مركب عالية محول تيار 400/1



من خلال الشكل السابق نجد أنه تم تصميم المغذي وفقا لقيمة محول التيار في حالة وجود نقطة الفصل في منتصف المغذي حيث يتم تحميل المغذي بنسبة 48% من قيمة محول التيار فيكون قيمة التيار = $400 \times 0.48 = 192$ أمبير حيث يوجد مسارين كل مسار يحمل 190 أمبير وطبعا كل مسار اقل من 400 أمبير وبالتالي لا يفصل المغذي نتيجة زيادة التيار فمثلا في حالة فصل احد المغذيات من لوحة التوزيع الرئيسية حيث يتم نقل أحمال المغذي المفصول إلي أحمال المغذي الآخر فتكون قيمة التيار الكلي هو $192 + 192 = 384$ أمبير

وطبعا تلك القيمة اقل من 400 أمبير وبالتالي لا يفصل المغذي وفقا لزيادة التيار حيث في حالة تحميل المغذي يشترط إن لا تزيد قيمة التيار عن 400 أمبير

ثانيا في حالة التوصيل بكابل 300 مم2 مركب على محول تيار 300/1

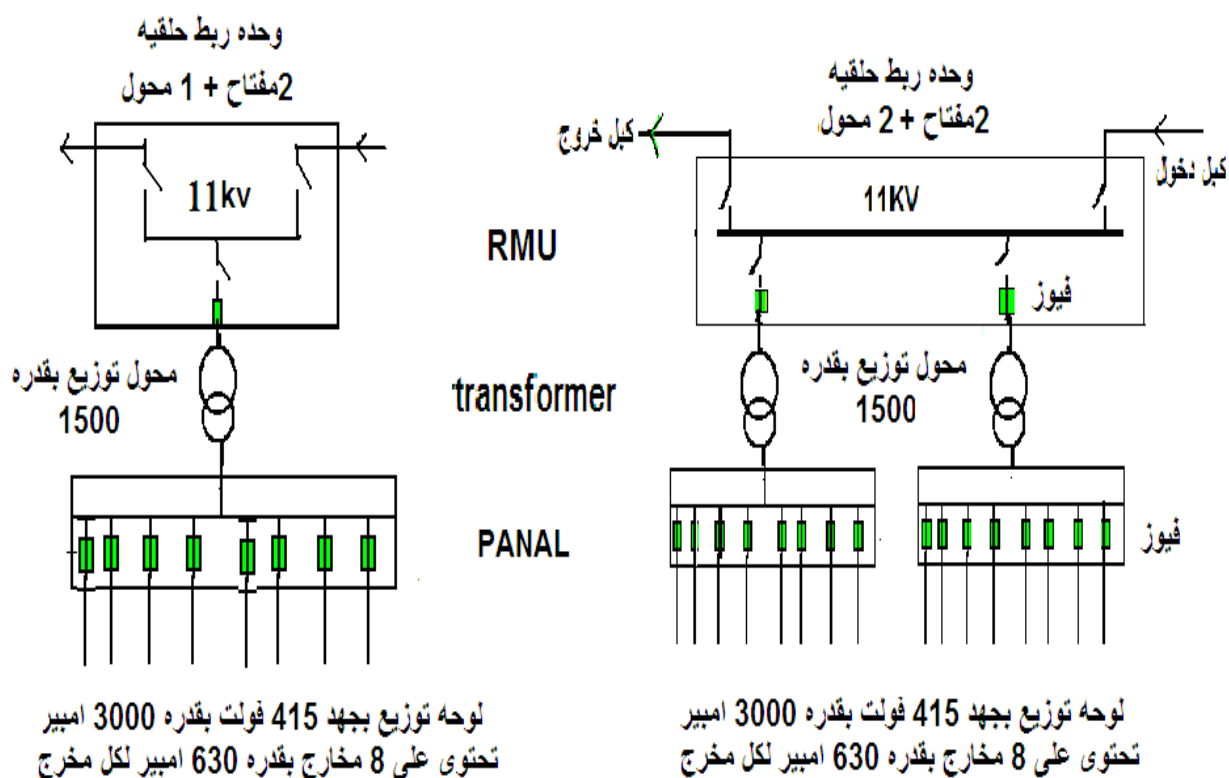


من خلال الشكل السابق نجد أنه تم تصميم المغذي وفقا لقيمة محول التيار 1/300 في حالة وجود نقطة الفصل في منتصف المغذي بحيث يكون تحميل المغذي يكون بنسبة 48% من قيمة محول التيار فيكون قيمة التيار $300 \times 0.48 = 144$ أمبير حيث يوجد مسارين كل مسار يحمل 144 أمبير وطبعا كل مسار اقل من 300 أمبير وبالتالي لا يفصل المغذي نتيجة زيادة التيار فمثلا في حالة فصل من احد المغذيات يتم تحميل أحمال المغذي المفصول إلى أحمال المغذي الآخر حيث تكون قيمة التيار $144 + 144 = 288$ أمبير وطبعا تلك القيمة اقل من 300 أمبير وبالتالي لا يفصل المغذي وفقا لزيادة

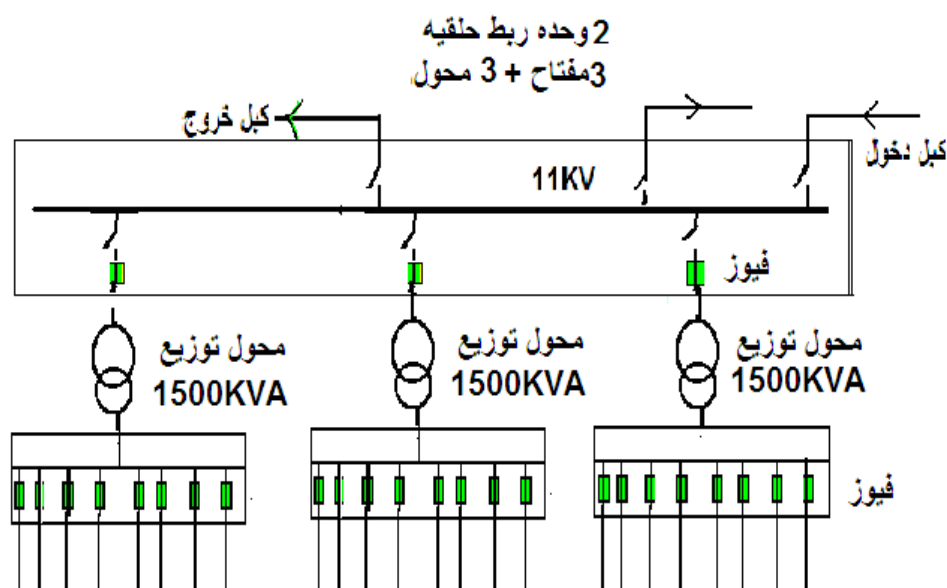
طرق التوصيل بداخل محطات التوزيع الثانوية وفقا إلى قدرة الحمل

1-الحمل حتى قدرة 3 ميجا فولت أمبير (3 MVA)

يتم توصيل محولات توزيع شرط أن لا تزيد القدرة الكلية عن 3 ميجا فولت أمبير حيث يجوز توصيل محول واحد بقدرة حتى 1500 كيلو فولت أمبير و أيضا يجوز توصيل محولين قدرة كلا منهما 1500 كيلو فولت أمبير من خلال وحدة حلقية أو من خلال لوحه مفاتيح 11 ك ف بها قضيب توزيع واحد بدون مجزئ القضبان(باس سكشن) ولكن لا يجوز توصيل محول بقدرة أعلى من 3 ميجا فولت أمبير على قضيب توزيع(باس بار) واحد بدون مجزئ القضبان(باس سكشن) ألا في شروط خاصة حيث يتطلب وجود عدد 2 وحدة حلقية لو كان التوصيل من خلال وحدات حلقية أو مفاتيح 11 كيلو فولت بها مجزئ القضبان(باس سكشن) لو كان التوصيل من خلايا 11 كيلو فولت والصور القادمة توضح ذلك

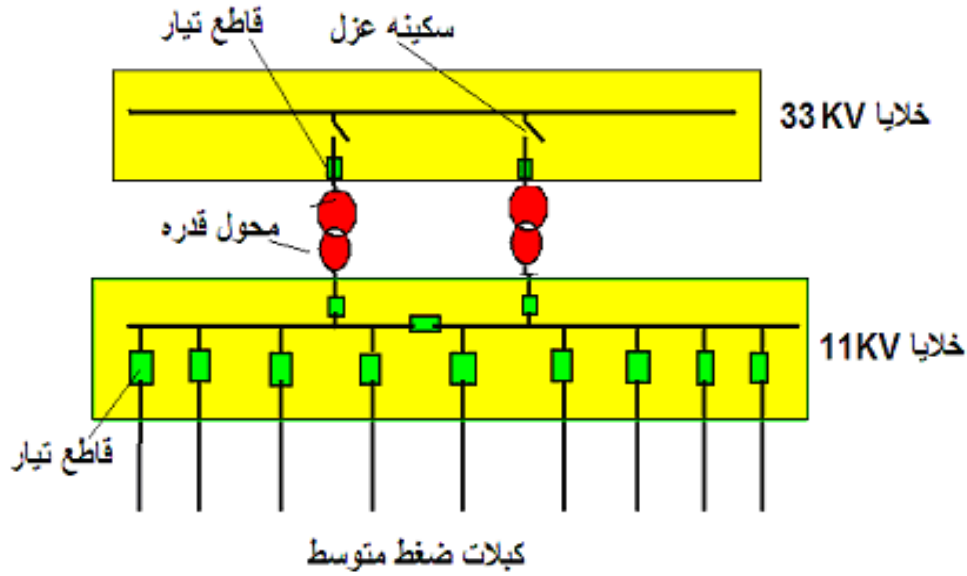


2- يتم توصيل عدد من الوحدات الحلقية مع بعض إذا كان الحمل اكبر من 3 ميغا فولت أمبير عند جهد 11 كيلو فولت

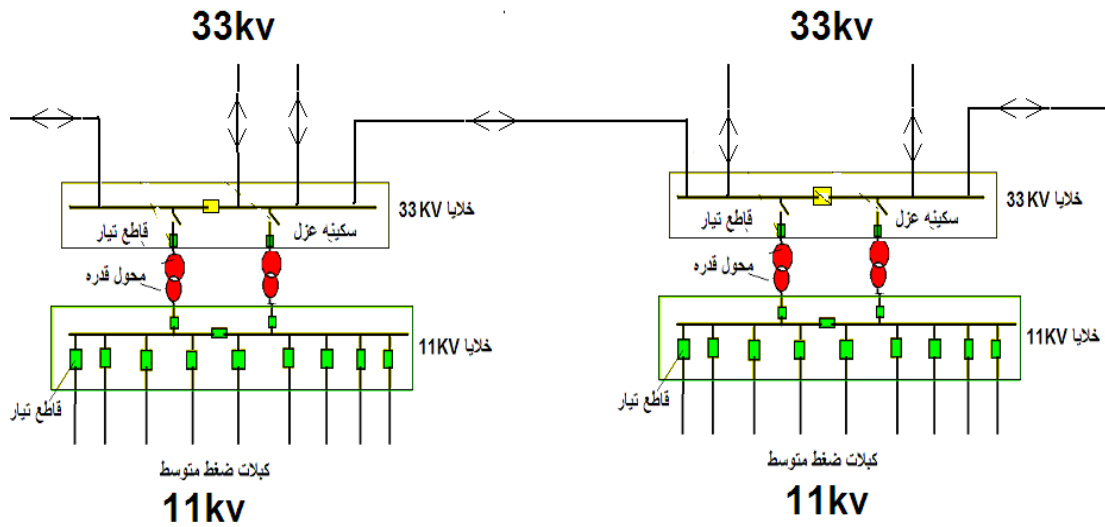


3 لوحات توزيع بجهد 415 فولت بقدرة 3000 امبير
تحتوى على 8 مخارج بقدرة 630 امبير لكل مخرج

3- توصيل مباشرة من لوحة توزيع 11 كيلو فولت عندما يصل الحمل اكبر من 5ميغا فولت أمبير إلى 12 ميغا فولت أمبير فيتم التغذية من شبكه 11/33 مباشرة كما بالشكل

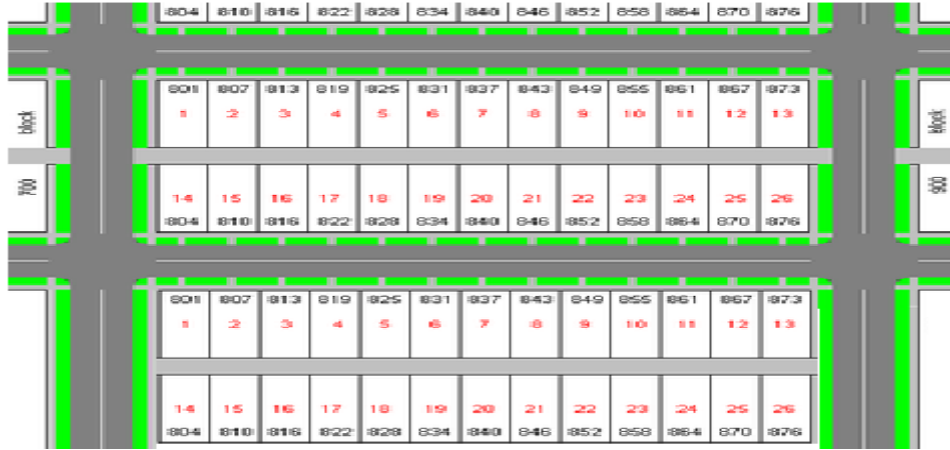


4- توصيل من لوحات 33 كيلو فولت عندما يزيد الحمل عن 12 ميجا فولت أمبير



الخطوات المتبعة لكي يتم تخطيط مناطق سكنية أو صناعية أو سياحية

المربع السكني يعتبر عنصر أساسي في التخطيط والتصميم العمراني. والمربع السكني هو المنطقة الصغرى المحاطة بالشوارع. وهو مكان البناء في إطار تخطيط شوارع المدينة، ويمثل الوحدة الرئيسية في النسيج الحضري للمدن. وربما تنقسم المربعات السكنية إلى عدد من قطع الأراضي ذات الملكية الخاصة، إلا أنها أحياناً تكون مملوكة بشكل آخر من أشكال الحيازة. وعادة ما تبني المربعات السكنية بدرجات متفاوتة وتتكون أغلب المدن من هذه المربعات الحضرية المتفاوتة في الحجم بالزيادة أو بالنقصان. على سبيل المثال، ففي عصر ما قبل الثورة الصناعية كان قلب المدن تتجه في شكلها إلى عدم الانتظام في أنماط الشوارع والمربعات الحضرية،



الرسم التخطيطي لنموذج مربع سكني مستطيل من الأعلى تحيطه الشوارع من كل جانب .
والمربع السكني مقسم إلى وحدات كما هو ظاهر في الخارطة .

حساب الأحمال التقديرية لمدينة سكنية

تمثل مساحة المنطقة السكنية بالمتر المربع .

يتم تقسيم المنطقة السكنية إلى ثلاثة أقسام بالنسب والمساحات الآتية :

1- شوارع بنسبة 20 % .

2- مساحات خضراء بنسبة 40 % .

3- مساحة مخصصة للمباني الفعلية بنسبة 40 %

ولحساب الأحمال الكهربائية التقديرية للمنطقة السكنية يجب تقسيمها طبقاً للأحمال الكهربائية

المختلفة ويكون ذلك طبقاً لتقسيم المباني على الأساس الآتي :

1 – سكن عمال :

* يتم تسكين العمال بالمصانع المختلفة في هذه المنطقة السكنية .

* تكون النسبة المخصصة لتسكين العمال 50 % من المساحة للبناء الفعلي

* يتم البناء في هذا النوع على أساس عمارات سكنية بارتفاع أربع طوابق بواقع وحدتين في كل

طابق مساحة الوحدة الواحدة 75 متر مربع .

وباعتبار أن معدل الحمل لسكن العمال هو 2 Kva لكل وحدة سكنية .

أحمال سكن العمال = عدد وحدات السكنية * معدل الحمل

2 – الإسكان المتوسط :

* يمثل الإسكان المتوسط نسبة 35 % من المساحة الفعلية المخصصة للبناء

* باعتبار انه يتم البناء بارتفاع أربعة طوابق بواقع وحدتين في كل طابق مساحة كل وحدة 100 متر مربع . ويكون عدد الوحدات الفعلية هو = عدد العمارات * عدد الطوابق * عدد الشقق وباعتبار أن معدل الحمل هو 3 Kva لكل وحدة سكنية .
أحمال الخدمات السكنية = عدد وحدات * معدل الحمل

3 – الإسكان فوق المتوسط :

* يمثل الإسكان فوق المتوسط نسبة 15 % من المساحة الفعلية المخصصة للبناء
* باعتبار انه يتم البناء بارتفاع أربعة طوابق بواقع وحدتين في كل طابق مساحة كل وحدة 150 متر مربع وعلى ذلك يتم حساب عدد العمارات السكنية المخصصة للإسكان فوق المتوسط
* وباعتبار أن معدل الحمل هو 6 Kva لكل وحدة سكنية .

ويكون عدد الوحدات الفعلية هو = عدد العمارات * عدد الطوابق * عدد الشقق
أي مدينة سكنية لابد من وجود الخدمات بها ولذلك لابد من حسابها كالآتي :
تبلغ مساحة الخدمات 10% متر مربع من المدينة السكنية ويتم تقسيم الأعمال الخدمية إلي

أ – خدمات تعليمية بنسبة 20 % من مساحة الخدمات

* يتم البناء فيها على مساحة تبلغ 50 % من المساحة المخصصة للخدمات التعليمية
* باعتبار أن معدل الحمل للخدمات التعليمية $0.02 \text{ Kva} / \text{m}^2$.
وعلى ذلك يكون إجمالي أحمال الخدمات التعليمية هو :
أحمال الخدمات التعليمية = مساحة * معدل الحمل * عدد الطوابق

ب – خدمات صحية بنسبة 30 %

* يتم البناء فيها على مساحة تبلغ 70 % من المساحة المخصصة للخدمات الصحية.
* باعتبار أن معدل الحمل للخدمات التجارية هو $0.05 \text{ Kva} / \text{m}^2$.
أحمال الخدمات الصحية = مساحة * معدل الحمل * عدد الطوابق

ج – خدمات تجارية بنسبة 10 %

* يتم البناء فيها على المساحة المخصصة كلها .
* باعتبار أن معدل الحمل للخدمات التجارية هو : $0.09 \text{ Kva} / \text{m}^2$.
أحمال الخدمات التجارية = مساحة * معدل الحمل * عدد الطوابق

د – خدمات فندقية بنسبة 20 %

* يتم البناء فيها على مساحة 50 % من المساحة المخصصة
* باعتبار أن معدل الحمل للخدمات الفندقية هو : $0.06 \text{ Kva} / \text{m}^2$.
أحمال الخدمات الفندقية = مساحة * معدل الحمل * عدد الطوابق

هـ - خدمات أخرى بنسبة 20 %

يتم البناء فيها على المساحة المخصصة كلها .

باعتبار أن معدل الحمل للخدمات الأخرى هو $0.05 \text{ Kva} / \text{m}^2$.

أحمال الخدمات الأخرى = المساحة * معدل الحمل * عدد الطوابق

حساب الحمل الكلي للمدينة السكنية باعتبار أن معامل التباين الكلي هو 0.8

تكون الأحمال الكلية لمنطقة الخدمات هي :

حمل المدينة السكنية = 0.8 (حمل الخدمات كلها)

ثانيا حساب الأحمال التقديرية للمناطق الصناعية

يتم تحديد مساحة المنطقة الصناعية بالمتر المربع .

بفرض أن مساحة المباني الفعلية المقامة على هذه المساحة تشكل 40 % من مساحات المنطقة

مساحة المباني الفعلية المقامة = مساحة المنطقة الصناعية * 0.4 = متر مربع .

باعتبار أن جميع الصناعات المذكورة هي ما بين صناعات خفيفة وصناعات متوسطة

بفرض أن معدل الحمل هو 0.06 ك ف ا لكل متر مربع ($0.06 \text{ Kva} / \text{m}^2$) .

بفرض أن معامل التباين هو 0.8 .

وعلى ذلك تكون الأحمال التقديرية للمنطقة الصناعية هي :

الأحمال التقديرية = مساحة المباني الفعلية * معامل التباين * معدل الحمل للمتر المربع

ثالثا حساب الأحمال التقديرية للمناطق السياحية :

يتم تحديد مساحة المنطقة السياحية بالمتر المربع ويتم تقسيم المنطقة السياحية إلى ثلاث أقسام

وهي الشوارع ومساحات خضراء ومساحات مباني فعلية كالآتي :

حيث تمثل الشوارع بنسبة 20 %

وأیضا تمثل المساحات الخضراء بنسبة 40 %

وطبعا تكون المساحات المخصصة للمباني الفعلية بنسبة 40 %

بفرض أن معدل الحمل هو 0.09 ك ف ا لكل متر مربع ($0.09 \text{ Kva} / \text{m}^2$) .

باعتبار أن معدل التباين هي 0.8 .

وعلى ذلك يكون إجمالي أحمال المنطقة الاستثمارية هو :

الحمل الكلي = مساحة المباني الفعلية * معامل التباين * معدل الحمل

رابعا حساب الأحمال التقديرية للمنطقة الإدارية :

يتم تحديد مساحة المنطقة الاستثمارية بالمتر المربع ويتم تقسيم المنطقة الاستثمارية إلى ثلاث

أقسام وهي الشوارع ومساحات خضراء ومساحات مباني فعلية كالآتي :

حيث تمثل الشوارع بنسبة 20 %

وأیضا تمثل المساحات الخضراء بنسبة 40 %

وطبعا تكون المساحات المخصصة للمباني الفعلية بنسبة 40 %

بفرض أن معدل الحمل هو 0.05 ك ف لكل متر مربع (0.05 Kva / m²) .

باعتبار أن معدل التباين هي 0.8 .

وعلى ذلك يكون إجمالي أحمال المنطقة الاستثمارية هو :

الحمل الكلي = مساحة المباني الفعلية * معامل التباين * معدل الحمل

خطوات تخطيط الشبكة الكهربائية لمنطقة سكنية تحت الإنشاء

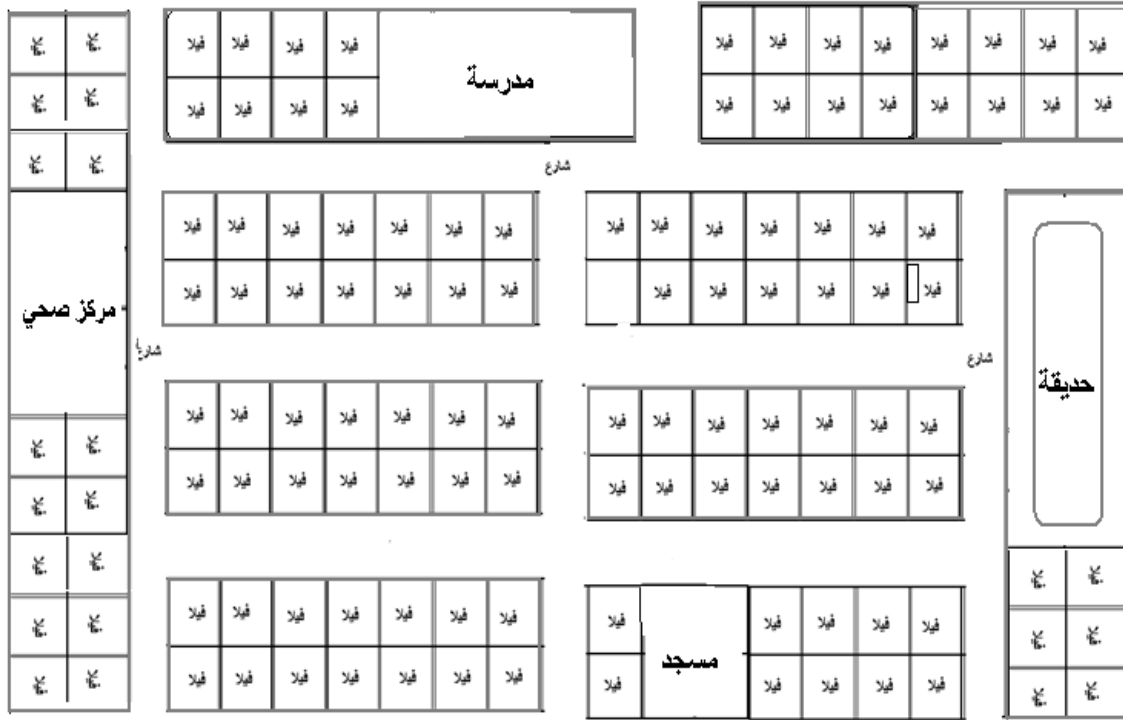
توجد منطقة تم تحديدها لتكون منطقة سكنية حيث تم تقسيم تلك المنطقة إلى عدد من المناطق

وكل منطقة تحتوي بداخلها على عدد من البيوت السكنية متساوية المساحة باستثناء بعض

المناطق التي يوجد بها مناطق خدمية وترفيهية مثل المسجد والمدرسة والحديقة وقامت جهة

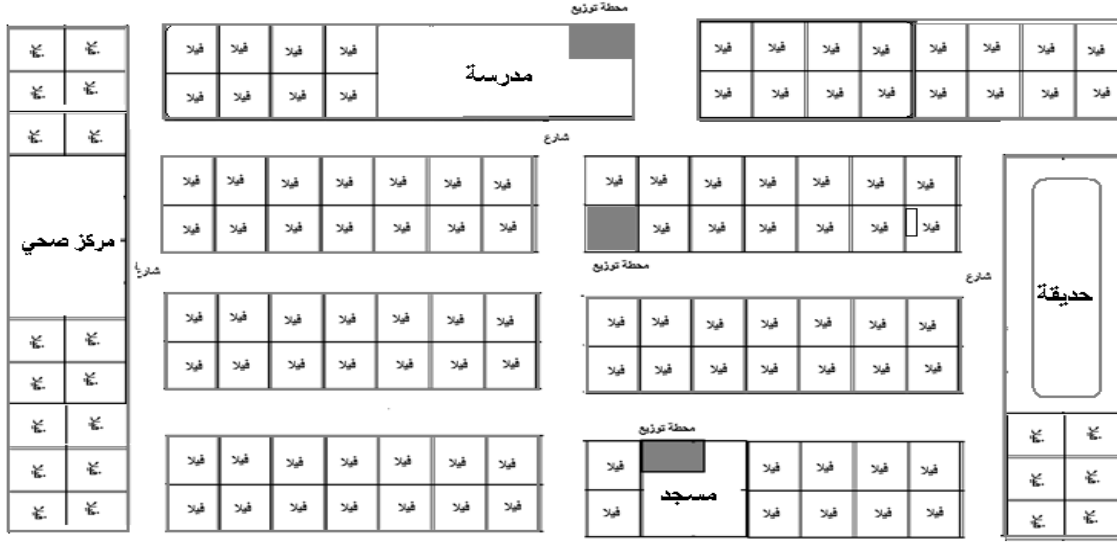
التخطيط بإسناد تلك المنطقة إلى هيئة الكهرباء لتصميم شبكة التوزيع الكهربائية لها كما هو

موضح بالشكل الآتي :



1 - تحديد مكان محطة التوزيع

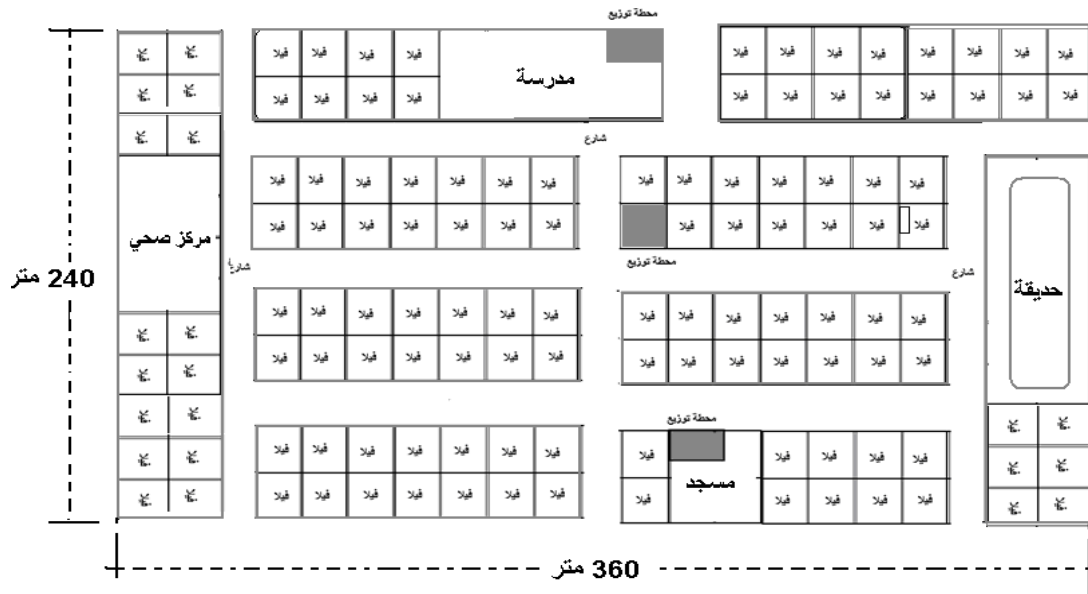
وفقا لقطاع التخطيط والمساحة تم تحديد بعض المناطق لتكون موقع محطة التوزيع



بعد تحديد موقع محطة التوزيع الثانوية يبقينا لنا تحديد قدرة تلك المحطة وكما نعلم توجد طريقتين لتحديد قدرة المحطات المطلوبة .

الطريقة الأولى بمعلومة المساحة

تنص بعض الموصفات علي إن كل 100 متر مربع تحتوي علي حمل مقداره 12 ك ف ا
وبتطبيق ذلك علي المشروع حيث كما يوضح الشكل إن عرض المشروع هو 240 متر وطول المشروع هو 360 متر



نجد إن مساحة المشروع الكلية = $240 \times 360 = 86400$ متر مربع

قدرة الحمل الكلية = $86400 \times 12 / 100 = 10368$ ك ف ا

قدرة الحمل الكلي = 10.3 ميغا فولت أمبير

عند استخدام محول بقدرة 1.5 ميغا فولت أمبير

عدد المحولات = $1.5 / 10.3 = 6$ محولات

ونظر لان الأحمال لان تعمل بوقت واحد فيكون التشغيل بنسبة 60%

حمل الكلي = $10.3 \times 0.6 = 6.2$ ميغا فولت أمبير

عند استخدام محول بقدرة 1.5 ميغا فولت أمبير وتحميله بقدرة 70%

حمل المحول = $1.5 \times 0.7 = 1.05$ ميغا فولت أمبير

عدد المحولات = $6.2 / 1.05 = 6$ محولات توزيع

فيتم استخدام عدد 6 محولات توزيع قدرة كل محول 1.5 ك ف ا لتغذية حمل ذلك المشروع

الطريقة الثانية بمعلومية الحمل الكهربائي

حيث نجد إن الجهة التي خصصت تلك المنطقة قد حددت إن كل فيلا سكنية تكون قدرة الحمل الكهربائي لها هو 60 كيلو واط

تحديد عدد المحولات المطلوبة لتغذية تلك المشروع

يوجد 3 أنواع من محولات التوزيع المستخدمة بكثرة في شبكات التوزيع وهي

محول بقدرة 1500 ك ف ا أي ما يعادل 1200 ك واط وعند تشغيله بنسبة 85% تكون قدرة

المحول = $1200 \times 0.85 = 1020$ ك واط

محول بقدرة 1000 ك ف ا أي ما يعادل 800 ك واط وعند تشغيله بنسبة 85% تكون قدرة

المحول = $800 \times 0.85 = 680$ ك واط

محول بقدرة 500 ك ف ا أي ما يعادل 400 ك واط وعند تشغيله بنسبة 85% تكون قدرة المحول

= $400 \times 0.85 = 340$ ك واط

بعد إن استعرضنا قدرات المحولات وبنسبة التشغيل 85% نأتي ألان لنحدد عدد الفيلا التي

يغذيها المحول الواحد ولكن كما نعلم أنه لا يتم تشغيل الفيلا بالحمل الكامل ولكن وفقا لتصميم يتم

التشغيل بنسبة تتراوح ما بين 50% حتى 80% وفي مشروعنا هذا تم اختيار النسبة الأعلى وهي

80% ولذلك يكون حمل الفيلا هو $60 \times 0.8 = 48$ ك واط :

عدد الفيلا عند التغذية من محول 1500 ك ف ا

عدد فيلا = قدرة المحول / قدرة الفيلا الواحدة = $1020 / 48 = 21$ فيلا

عدد الفيلا عند التغذية من محول 1000 ك ف ا

عدد فيلا = قدرة المحول / قدرة الفيلا الواحدة = $680 / 48 = 14$ فيلا

عدد الفيلا عند التغذية من محول 500 ك ف ا

عدد فيلا = قدرة المحول / قدرة الفيلا الواحدة = $48 / 340 = 7$ فيلا

وفقا لتلك المعطيات نأتي ألان لتحديد المحول حيث نجد أنه يوجد 10 مناطق كل منطقة تحتوي علي عدد من فيلا حيث يبلغ العدد الكلي للفيلا هو 124 و 5 مناطق خدمية مثل مدرسة وحديقة ونادي صحي ومسجد فيكون العدد الكلي هو 129 قطعة وباعتبار إن حمل القطعة هو 48 ك واط فيكون الحمل الكلي لجميع المناطق هي

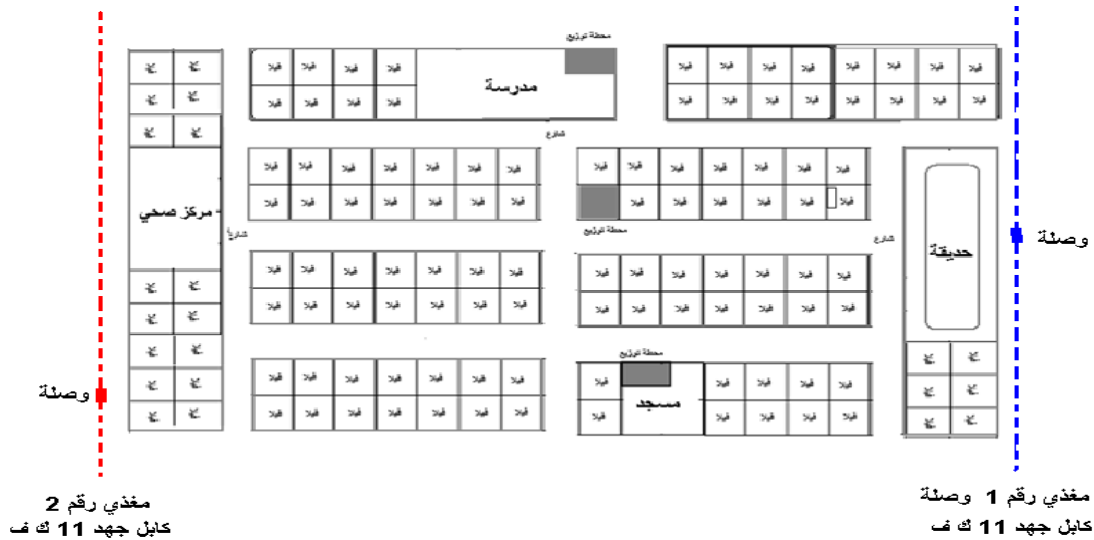
قدرة الكلية لجميع المناطق = عدد الفيلا * قدرة الفيلا الواحدة = $129 * 48 = 6192$ ك واط

عدد المحولات = القدرة الكلية للمناطق / قدرة المحول الواحد = $6192 / 1020 = 6$

يتم استخدام 6 محولات بقدرة 1500 ك ف ا وفي تلك الحالة يمثل كل محولين محطة توزيع كما موضح بالشكل القادم حيث محطة رقم 1 تحتوي علي عدد 2 محول توزيع وتكون قدرة المحول الواحد هي 1500 ك ف ا

مرحلة ربط محطات التوزيع الجديدة بشبكة التوزيع الرئيسية الموجودة مسبقا

حتى يتم ربط الثلاث محطات الجديدة بالشبكة الكهربائية يتم تحديد اقرب مغذي يمر بجوار تلك المنطقة فنجد إن يوجد مغذيان يمران بجوار تلك المنطقة كما موضح بالشكل القادم

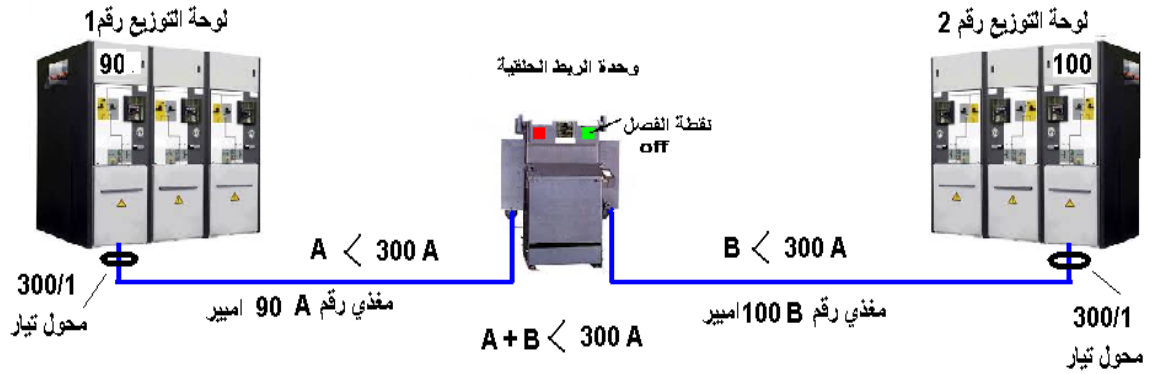


يوجد مغذيان كما نري بالشكل السابق ولكن أيهما يتم الاختيار للتوصيل منه ولذلك يتم دراسة حالة كل مغذي

نأتي ألان لدراسة حالة المغذي رقم 1

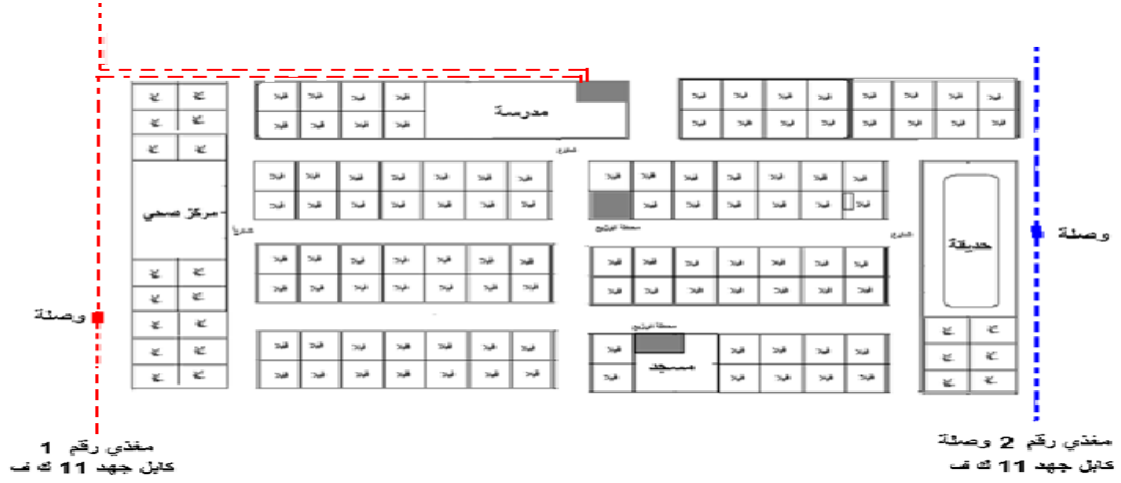
هذا المغذي يعتمد علي طريقة التوصيل الحلقي المفتوح حيث هو عبارة عن مغذي منفصل إلي جزئين كل جزء يتم تغذيته من لوحة التوزيع منفصلة مركب عليها محول تيار قيمته $1/300$ وهذا المغذي يكون مساحة مقطعة 300مم ب عزل زيتي ونجد إن حمل ذلك المغذي المتصل

بلوحة التوزيع رقم 1 هو 90 أمبير وحمل المغذي الآخر المتصل بلوحة التوزيع رقم 2 هو 100 أمبير وفقا لرسم القادم



ولكن لابد إن نوضح أنه في حالة فصل لوحة التوزيع رقم 1 لأي سبب فأنه يتم نقل أحمال ذلك المغذي إلى المغذي الآخر وبذلك يكون حمل المغذي رقم 2 من لوحة التوزيع رقم 2 هو 100 + 90 = 190 أمبير وطبعا هذا القيمة أقل من 300 أمبير وبالتالي لانفصل أجهزة الوقاية نتيجة زيادة التيار لان محول التيار المركب هو 1/300 فإذا زاد التيار عن 300 أمبير ترسل أجهزة الوقاية الأمر لفصل ذلك المغذي ولهذا بهمنا إن يكون حمل المغذي بين كلتا لوحات التوزيع أقل من 300 أمبير ومن هنا نجد إن ذلك المغذي يصلح التوصيل منه ولكن بقيمة تيار معينة بحيث لا يتجاوز التيار الكلي 300 فإذا أضافنا حمل الثلاث محطات الجديدة إلى ذلك المغذي مثلا فهل ذلك متاح أو لا فمن خلال حساباتنا إن حمل الفيلا هو 60 ك واط وطبعا لا يتم تشغيل جميع الأحمال في وقت واحد حيث غالبا يتم تشغيل نصف الأحمال علي الأقل فعند تشغيل بنسبة 50% فيكون حمل الفيلا هو $0.5 \times 60 = 30$ ك واط والمحول بقدرة 1500 ك ف ا يغذي عدد 21 فيلا فيكون الحمل الكلي لذلك المحول هو $30 \times 21 = 630$ ك واط فيتم تحويل الحمل بدلالة الكيلو واط إلى ك ف ا عن طريقة القسمة علي 0.8 فتكون قيمة الحمل بالكيلو فولت أمبير $0.8 / 630 = 787 = 19$ حيث ك ف ا ويتم حساب قيمة التيار عن طريقة قسمة القدرة بالكيلو فولت أمبير علي الرقم 19 حيث يكون التيار $19 / 787 = 41$ أمبير وهو قيمة التيار الفعلي عن تشغيل عدد 21 فيلا بنصف حمولتها أو يمكن الحصول علي تلك القيمة مباشرة بدلالة قدرة المحول بتشغيل المحول بنسبة 52.5% فيكون الحمل هو $0.525 \times 1500 = 787$ وهي نفس القيمة السابقة وكما ذكرنا سابقا إن المحطة الواحدة تحتوي بداخلها علي عدد 2 محول قدرة هي 1500 ك ف ا وكما وجدنا إن تيار المحول الواحد وفقا للحمل هو 41 أمبير فيكون التيار الكلي للمحطة هو $2 \times 41 = 82$ أمبير ويوجد لدينا عدد 3 محطات جديدة فإذا تم توصيل تلك المحطات إلى ذلك المغذي سوف يعملان بشكل سليم لو إن مجموع التيار علي المغذي أقل من 300 أمبير وأيضا مجموع التيار الكلي

للمغذيات اقل من 300 أمبير حيث عند إضافة المحطات الجديدة إلي ذلك المغذي فان قيمة تيار المغذي رقم 1 = 90 + 82 + 82 + 82 = 336 أمبير وهذا اكبر من 300 أمبير وبالتالي لا يصح ذلك التوصيل فلا بد من تقليل المحطات من 3 إلي 2 فيكون قيمة التيار = 90 + 82 + 82 = 254 وطبعاً نجد أنه اقل من 300 أمبير ولكن لكي ينجح الاختيار لابد من أن يكون مجموع التيار الكلي للمغذي بالكامل اقل من 300 أمبير حيث تكون قيمة التيار الكلي للمغذي = 90 + 82 + 82 + 100 = 354 أمبير وطبعاً اكبر من 300 أمبير فلا يصح ذلك الاختيار فلا بد من تقليل عدد المحطات إلي محطة واحد من ذلك المغذي حيث تكون قيمة التيار = 90 + 82 + 100 = 272 = 300 أمبير وطبعاً هذه القيمة اقل من 300 أمبير فيتم إضافة تلك المحطة لذلك المغذي ويبقى عدد 2 محطة توزيع يتم تغذيتها من مغذيات أخرى

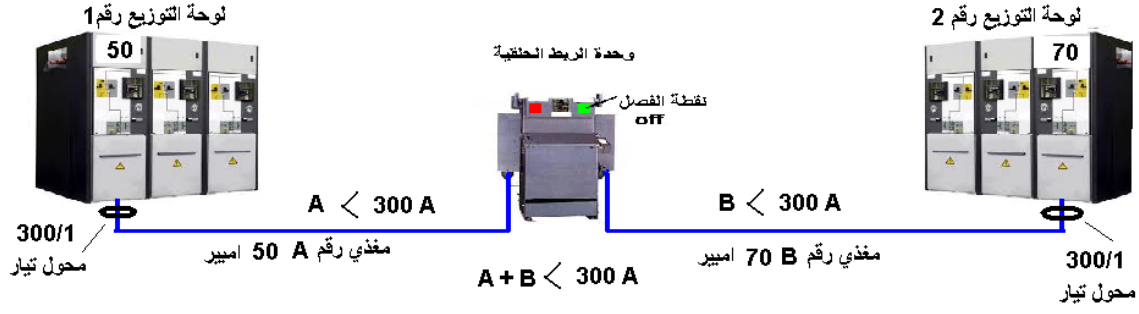


دراسة حالة المغذي رقم 2

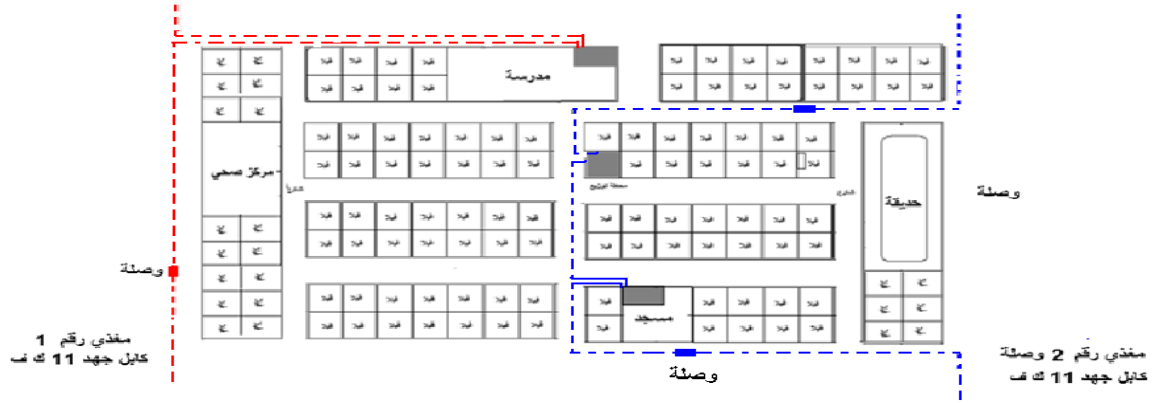
هذا المغذي هو الآخر يعتمد علي طريقة التوصيل الحلقي المفتوح حيث يتم تركيب محول تيار قيمته 1/300 علي كلا الجانبين للوحات التوزيع رقم 1 ورقم 2 وهذا المغذي مساحة مقطعة 300مم بعزل زيتي ونجد إن حمل ذلك المغذي المتصل بلوحة التوزيع رقم 1 هو 50 أمبير وحمل المغذي الآخر المتصل بلوحة التوزيع رقم 2 هو 70 أمبير وكلا المغذيان نستطيع تحميل عدد من المحطات ولكن لابد من حساب قيمة التيار الكلي عند فصل احدي لوحات التوزيع لأي سبب حيث يتم نقل أحمال المغذي الذي تم فصل لوحة التوزيع له إلي المغذي الآخر وبذلك يكون حمل المغذي رقم 2 من لوحة التوزيع رقم 2 هو 70 + 50 + 82 + 82 = 284 أمبير وهذه القيمة اقل من 300 أمبير

فإذا تم إضافة المحطات للمغذي رقم 1 = 50 + 82 + 82 = 214 أمبير اقل من 300 أمبير

فإذا تم إضافة المحطات للمغذي رقم 2 = 70 + 82 + 82 = 234 أمبير اقل من 300 أمبير

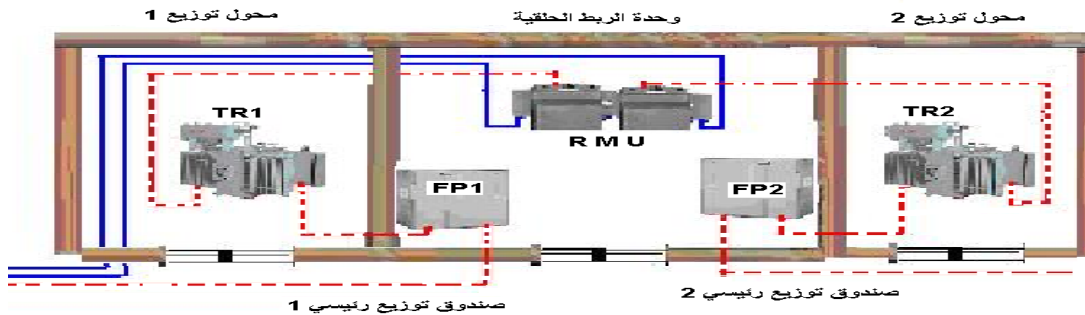


وطبعاً نجد إن جميع القيم أقل من 300 أمبير وبالتالي يكون ذلك المغذي هو الأنسب في الاختيار حيث يمكن زيادة عدد من المحطات إلى ذلك المغذي بدون إن تقوم أجهزة الوقاية بالفصل نتيجة زيادة التيار ولهذا يفضل إن يكون حمل المغذي بين كلتا لوحات التوزيع 1 و 2 أقل من 300 أمبير ومن هنا نجد إن ذلك المغذي يصلح التوصيل مئة كما بالشكل



أولا محطة التوزيع رقم 1

هذه المحطة مساحتها هي 11 متر * 4.5 متر و تحتوي علي 3 غرف تحتوي بداخلها علي وحدة ربط حلقية وعدد 2 محول توزيع بقدرة 1500 ك ف ا وعدد 2 صناديق توزيع رئيسية بقدرة 3000 أمبير والشكل القادم يوضح مكونات تلك المحطة والتوزيع بين الغرف



بعد تحديد عدد المحولات وطريقة التوصيل يتم ألان توزيع صناديق التوزيع الفرعية (البليبر) علي المشروع وفقا لإمكان توزيع الأحمال

1 - يفضل الطرق القصيرة لتقليل أطوال الكابلات

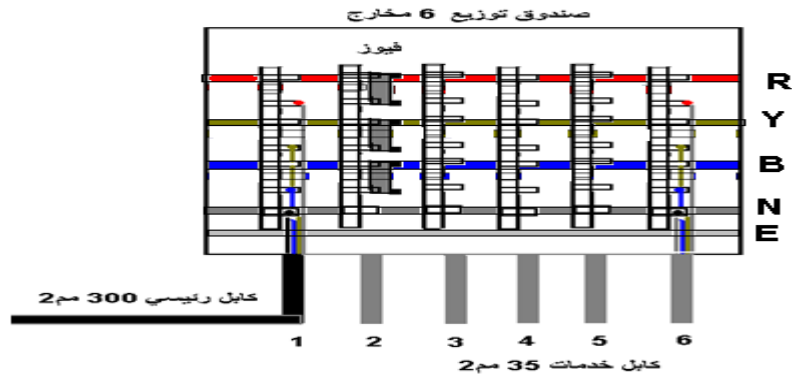
2 - التنسيق في وضع صناديق التوزيع

وألان سوف نقوم بتوزيع صناديق التوزيع للمحطة رقم 1

صندوق التوزيع أو ما يطلق عليه البليز هو يحتوي بداخله علي 6 مخارج ويطلق عليه بليز 6 مخارج والشكل القادم يوضح صورة لذلك البليز وهذا البليز يكون مجهز بداخله بعدد من الوصلات التي يتم من خلالها توصيل الكهرباء إلي البيوت السكنية من خلال فيوز حماية تركيب بين أطراف التوصيل للوصلات من جهة وبين أطراف توصيل الكابل من جهة أخرى

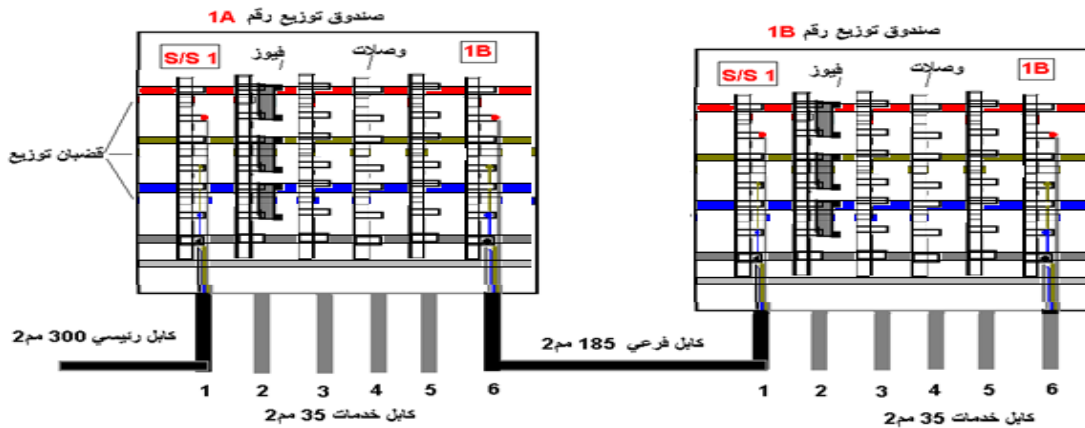
1 - في حالة تركيب صندوق توزيع 1

هذا النوع يتم تغذية 5 أماكن خدمية حيث أول وصلة تكون لكابل التغذية الرئيسي والوصلات الأخرى تكون للفيلات

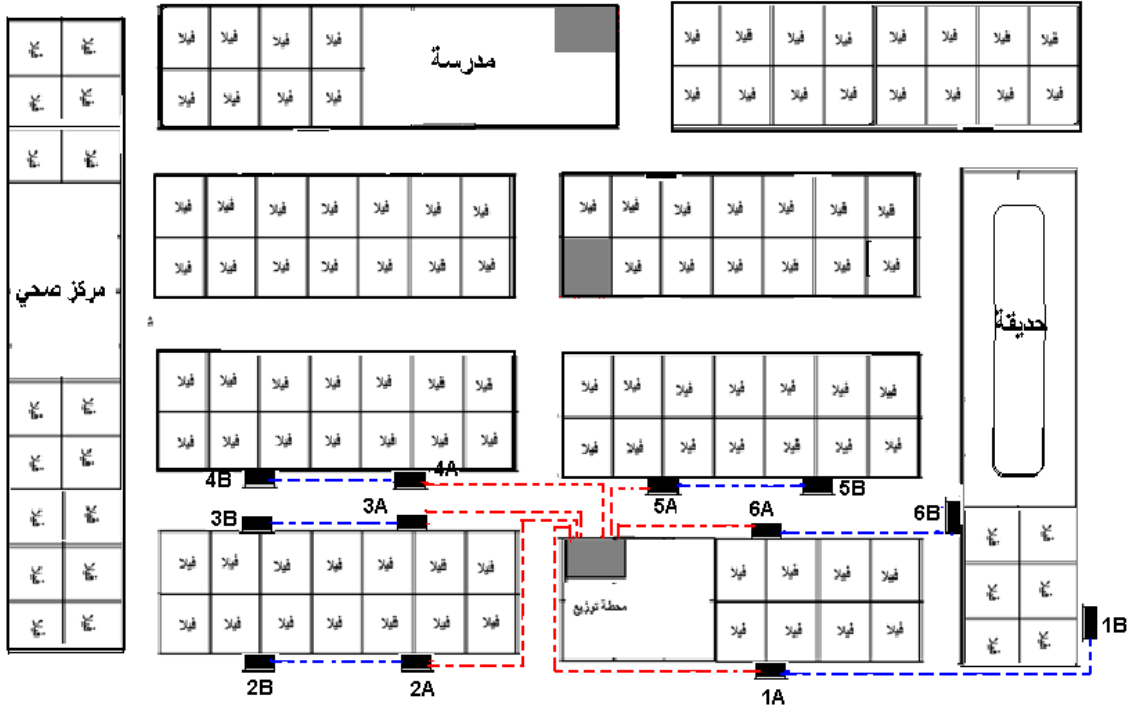


2 - في حالة تركيب عدد 2 صندوق توزيع

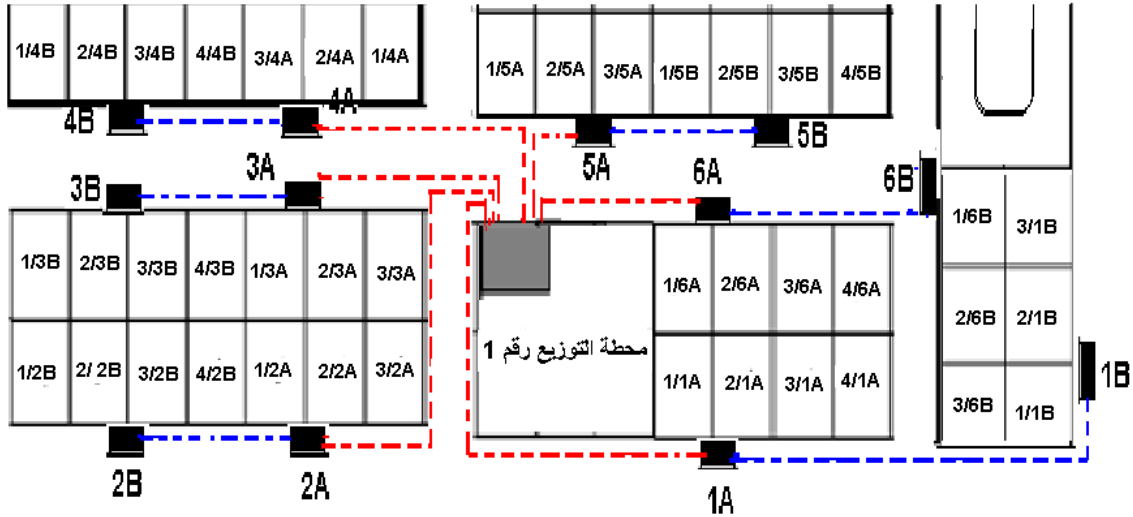
يوجد 3 وصلات خاصة بالتغذية الرئيسية للصندوق الأول والثاني إما باقي الوصلات تكون لتغذية الفيلا



ثم يتم البدء في توزيع صناديق توزيع الخدمات علي الفيلا كما هو موضح بالشكل القادم

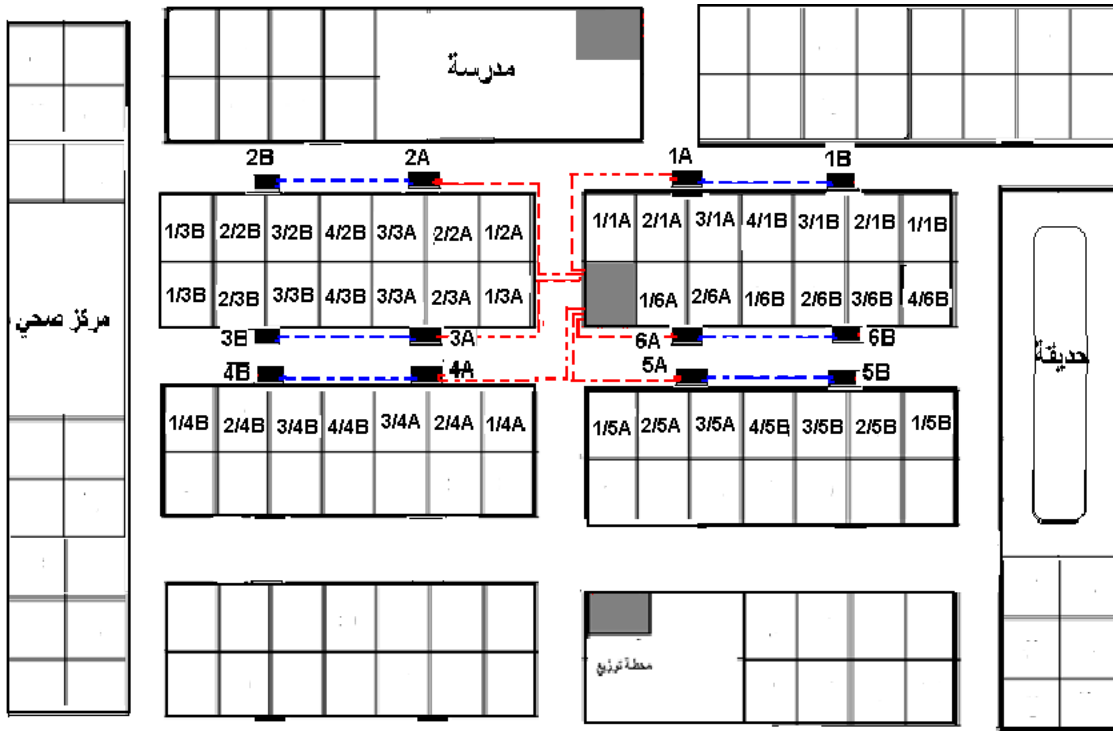


من خلال الشكل السابق تم توزيع شبكة التوزيع الخاص بالمحطة رقم 1 حيث تم استخدام صناديق التوزيع ذات 6 مخارج لتغذية الفيلا وتم توزيع كابلات التغذية عليها وألان سوف نوضح رقم التغذية لكل قطعة من أي صندوق .



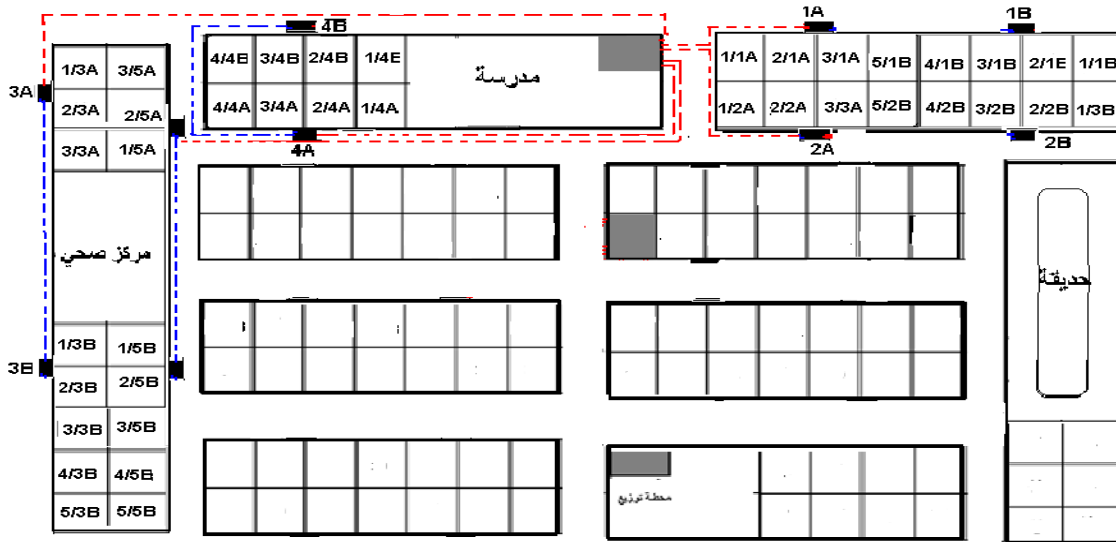
ثانيا محطة التوزيع رقم 2

وهي نفس التصميم لمحطة التوزيع رقم 1 من حيث المساحة وأيضا المكونات الداخلية وألان ننقل إلي توزيع صناديق توزيع الخدمات علي الفيلا السكنية كما موضح بالشكل القادم



ثالثا محطة التوزيع رقم 3

وهي نفس التصميم لمحطة التوزيع رقم 1 و 2 من حيث المساحة وأيضا المكونات الداخلية
والآن ننقل إلي توزيع صناديق توزيع الخدمات علي الفيلا السكنية كما موضح بالشكل القادم

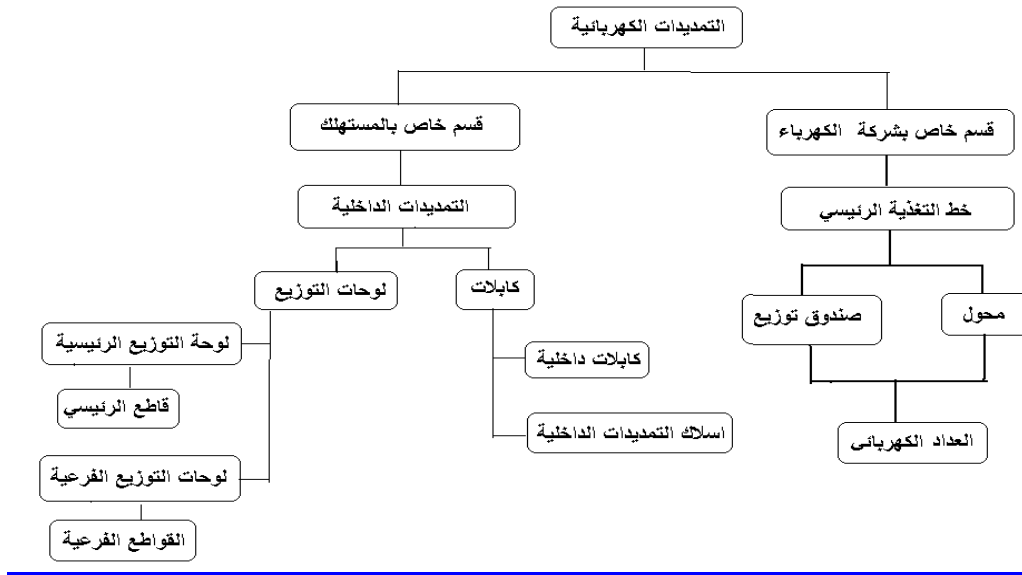


بعد وصول التغذية الكهربائية إلي صناديق التوزيع (البليز) بذلك تم الانتهاء من تصميم محطة
التوزيع لتلك المناطق ويبقى إن يتم تغذية تلك الفيلا حيث يتم توصيل كابل وفقا لقدرة الفيلا من
صندوق توزيع الخدمات إلي صندوق التوزيع الرئيسي للفيلا والذي يحتوي بداخله علي العداد
الكهربائي ومن هنا انتهت مرحلة هيئات الكهرباء ويبقى مرحلة المقاول لتوصيل بين لوحة

التوزيع الرئيسية وبين لوحة التوزيع الفرعية بداخل الفيلا السكنية حيث يتم ذلك وفقا لبعض المتطلبات وتم شرحها سابقا

المرحلة الثانية وهى التصميم الكهربائى داخل المباني السكنية

أن التصميم الكهربائى المقصود به هو التمديدات الكهربائية داخل المناطق السكنية لتوصيل التغذية الكهربائية إلى الأجهزة الكهربائية بداخل المناطق السكنية والصناعية ولذلك نجد أن التصميم الكهربائى يحتاج إلى بعض الشروط والقواعد التي تناسب كل تصميم .
الشكل القادم يوضح تسلسل عمليات التمديدات الكهربائية .



تصميم الأعمال الكهربائية

الإعمال الكهربائية ليست إعمال منفردة لأنها مرتبطة بالأجهزة الكهربائية المختلفة وكذلك مرتبطة بالإضاءة المرتبطة بالألوان والفرش داخل الغرفة ولذلك يشترك في التصميمات كثير من الأقسام فلا بد من التنسيق بينهما ومن أمثلة ذلك ما سوف نوضحه الآن .

الخطوة الأولى التنسيق فى الإعمال بداخل المبنى السكنى

أولا أحب إن أوضح إن عملية التنسيق بين الإعمال داخل حدود المشروع لا يمكن حصرها بشكل كلي لان لكل موقع ظروفه الخاصة ولكننا سوف نوضح ذلك بصورة عامة

التنسيق مع المهندس المعماري

يقوم المهندس المعماري بتصميم الإنشائي للمنزل السكني موضح به أماكن النوافذ وفتحات التهوية والأبواب كما هو موضح بالشكل القادم كما يجب إن يتم التنسيق بين مهندس تنفيذ الإعمال الكهربائية والمهندس المعماري من أجل تحديد المساحات أو الأماكن الأربعة لوضع المعدات الكهربائية كالآتي

- غرفة المحولات

أحيانا يحتاج المشروع إلي تركيب محول لتغذية المبني إذا زاد الحمل عن 120 كيلو واط ولذلك لابد من توافر غرفة خاصة لوضع بها محول التوزيع الرئيسي للمبني والذي سوف يتصل بشبكة التوزيع العمومية للمدينة وهذه الغرفة إبعادها تختلف وفقا لقدرة المحول وأيضا وفقا لتركيب معها لوحة المفاتيح RMU وباب هذه الغرفة يكون علي الشارع ولابد من توافر مسافة إمام باب الغرفة تكفي لتعامل مع الأجهزة الكهربائية بسهولة ويسر عند إدخالها أو أخرجها من الغرفة الخاصة بها ويجب أيضا إن تزود الغرفة بوسائل التهوية اللازمة وان تكون تلك الغرفة بعيدة قدر الإمكان عن أي من مصادر المياه المتنوعة وان لا يمر بها أي من مواسير الصرف أو المياه

- غرفة مولدات الطوارئ

غرفة المولد تتوقف علي حجم المولد ونظر لان المولد يصدر ضوضاء عن التشغيل فيفضل إن تكون تلك الغرفة عازلة للصوت ولابد من وجود ارتفاع لا يقل عن 3 متر ولا يزيد عن 5 متر لسهولة التعامل مع المولد من رفعة أو تحريكه وإبعاد غرفة المولد تأتي مع الكتالوج الخاص به ويجب أيضا إن تزود الغرفة بوسائل التهوية اللازمة وان تكون تلك الغرفة بعيدة قدر الإمكان عن أي من مصادر المياه المتنوعة وان لا يمر بها أي من مواسير الصرف

- غرفة اللوحات الكهربائية الرئيسية

عدد اللوحات الرئيسية تتوقف حجمها وعددها علي قدرة المبني فلا بد من تحديد حجم وعدد تلك اللوحات والمسافة بين كل لوحة حتى يتمكن المهندس المعماري من توفير المساحة الكافية لتلك الغرفة وفقا لعدد اللوحات المركبة بها ولابد أيضا تحديد أماكن لوحات التوزيع في كل مكان بالمبني لتوضيح مسار مرور الكابل حتى لا يتعارض مع أي من التركيبات الأخرى حيث لو كان المسار يؤثر علي المبني فلا بد من تغيير ذلك المسار بطريق آخر

2- التنسيق مع مهندس الميكانيكا

توجد بعض التركيبات التي ممكن يشترك بها كل من مهندس الأعمال الميكانيكية ومهندس الكهرباء وجميع تلك الأعمال يكون في السقف حيث يجب التنسيق وتحديد مسار الخراطيم في السقف حتى لا يقم احد بالأعمال الميكانيكية بعمل تلف للخراطيم عن طريق استخدام دريل لتخريم السقف لتثبيت الوحدات الهوائية وأيضا كثير يتم استخدام الكابل تري لحمل الأسلاك أو الكابلات الكهربائية عليا وها المسار قد يتعارض مع مسار دكتات المكيفات وأيضا يجب إن يتم تحديد أماكن نقاط التغذية الكهربائية لتغذية المكيفات علي مخطط وأيضا

لابد من إعطاء المهندس الكهرباء الأحمال للأعمال الميكانيكية كالمكيفات لتحديد الدوائر المناسبة لها

3- التنسيق مع مهندس الأعمال المدنية

يحتاج مهندس الكهرباء التنسيق مع المهندس المدني بالأخص في حالة الأبراج العالية والتي أحيانا تتطلب تركيب محول توزيع في اعلي الأبراج أو منتصف المسافة وفي تلك الحالة لابد من مراعاة تصميم أرضية تلك الغرفة بما يتناسب مع الوزن التي سوف تحمله وأيضا في حالة تركيب السقف المستعار فيجب التنسيق من اجل عدم وضع حوامل السقف المعلق في أماكن تركيب وحدات الإنارة ولكن عندما يكون مهندس المدني ومهندس الكهرباء ذو ذكاء وتعاون يعين كثير من عمليات التنسيق وإذا لم يوجد بينهم هذا التفاهم قد يلحق العديد من الإضرار ويكلف كثير من الأموال

4- التنسيق مع مهندس الديكور

مهندس الديكور هو من يقوم بتوزيع الأساس المنزلي بداخل الغرف وأيضا من يقوم بتحديد نوع الألوان ولذلك يتم التنسيق بين مهندس الكهرباء ومهندس الديكور بتحديد نوع الإضاءة وقوة شدة الإضاءة وعدد لمبات الإضاءة وتعتبر الإضاءة من أهم المراحل بداخل التصميم الكهربائي ولذلك سوف نعطي بعض المعلومات عن الإضاءة

أنواع الإنارة الأساسية في المنزل

1- الإنارة الرئيسية

توفر هذه النوعية من الإنارة كمية ضوء كبيرة تشمل المساحة الرئيسية كما توفر كمية سطوع مناسبة للرؤية والحركة بشكل سليم. يمكننا تحقيق هذه الإنارة من خلال وحدات الإضاءة السقفية

2- الإنارة المساعدة

تساعدك الإنارة على إنجاز بعض المهمات اليومية كالقراءة والخياطة والطبخ وكتابة الواجبات وممارسة الهويات وغيرها من الأنشطة ويجب أن تتميز بأنها لا تكون انعكاسات وظلال وأن تكون مناسبة بحيث لا تجهد العين يمكن تحقيق هذه الإنارة باستخدام المصابيح المعلقة بأنواعها.

3- إنارة فنية

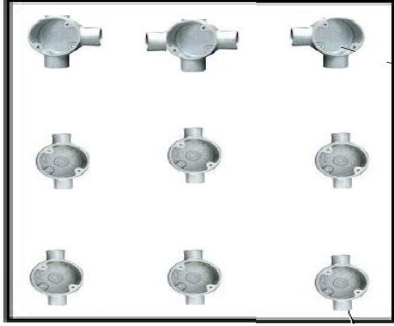
هي إضاءة مركزية لخلق نقاط بصرية جمالية وتستخدم لتسليط الضوء على لوحة أو نبتة أو لإبراز معالم حائط معين ولإبراز هذه الأنوار يجب مراعاة أن تكون على الأقل ثلاثة أضعاف قوة الإنارة العامة المستخدمة ويتم تحقيق هذه الإنارة باستخدام وحدات المسارات الموجهة والوحدات الحائطية

أنواع الأسقف للمباني السكنية والعامة

لابد من الأخذ في الاعتبار نوع السقف حيث يوج نوعين من الأسقف وهي أن يكون سقف عادي أو يكون سقف غاطس ويسمى سقف مستعار .

أولا السقف العادي

في هذا النوع يتم توزيع نقاط إنارة السقف قبل الصبة حيث يتم وضع صناديق بلاستيكية عند نقاط الإنارة ثم يتم التوصيل بينها بواسطة مواسير بلاستيكية ثم يتم تمديد الأسلاك بها وفقا لطريقة التصميم لها ويفضل في هذا النوع استخدام اللمبات العادية أو الفلوريسنت



ثانيا السقف المستعار

السقف المستعار هو سقف يكون موازيا للسقف الأساسي ويوجد نوعين وهما

1- الأسقف المعلقة

هو نوع من التشطيبات الحديثة والمتطورة تعطي شكل جمالي في المقام الأول وأحيانا نلجأ إليه لإخفاء بعض التشوهات في السقف العادي أو إذا كان ارتفاع السقف كبير حيث يتم تقسيم السقف إلى مربعات 60×60 سم ثم يتم تركيب ألواح الجبس عليها ويتم تركيب لوح الإنارة الذي يحتوي بداخله علي عدد 2 لمبة فلوريسنت أو يتم تركيب دوان ليت



2- السقف الجبس بورد

نلجأ إلى تلك الطريقة عندما نريد عمل إشكال ديكورية بالسقف حيث يتم أولاً مد المواسير على السقف مباشرة وتثبيتها ثم يتم تمديد الأسلاك بها وفقاً لطريقة التصميم لأماكن الإنارة ثم تأتي مرحلة تركيب الجبس مع ضرورة تحديد أماكن نقاط الإنارة وبعد الانتهاء من تركيب الجبس يتم فتح أماكن تركيب الإنارة بواسطة فتاحات للجبس حيث توجد فتاحات بقياسات متعددة لجميع أنواع أجهزة الإنارة التي سيتم تركيبها في السقف المعلق ثم بعد ذلك يأتي الدهان لرش الجبس ثم أخيراً يأتي الكهربائي لتركيب لمبة الإنارة



أماكن تركيب الإنارة بداخل المنازل السكنية

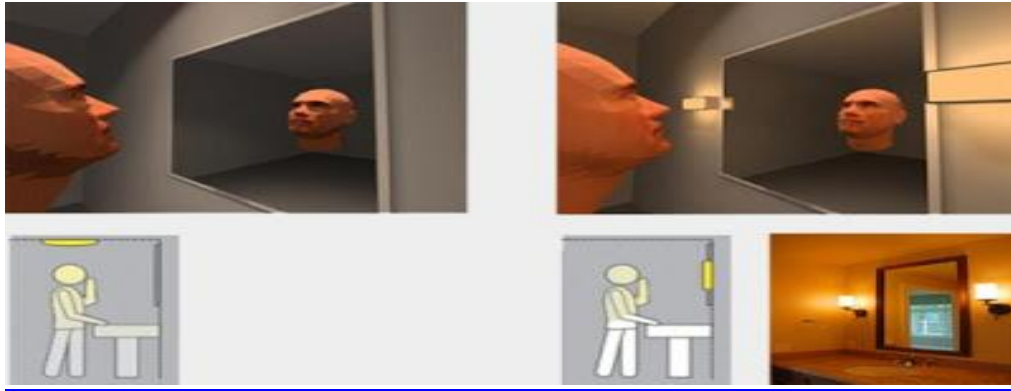
1- غرفة المعيشة

يتنوع النشاط بغرفة المعيشة من الجلوس مع الأهل إلى القراءة والكتابة ومشاهدة التلفاز وغير ذلك من الأنشطة اليومية للأسرة. تختلف شدة الإنارة المطلوبة في غرفة المعيشة حسب النشاط فبينما تتطلب القراءة إلى شدة عالية فإن مشاهدة التلفاز تتطلب شدة ضعيفة للإنارة لذلك يفضل أن تكون جميع أجهزة الإنارة قابلة للإعتام بحيث يمكن للمستخدم تخفيف شدة الإنارة حسب الحاجة ينصح بأن يكون هنالك إنارة عامة للأنشطة المختلفة في هذه الغرفة وإنارة مركزة على التحف واللوحات الفنية وتبقى الإنارة الديكورية أقل أهمية في هذه الغرفة من وجودها في صالة الاستقبال. نظام التحكم بالإنارة مهم جداً ولذلك لاختلاف متطلبات الإنارة باختلاف النشاط في هذه الغرفة ويفضل بأن يكون نظام تحكم ذكي.



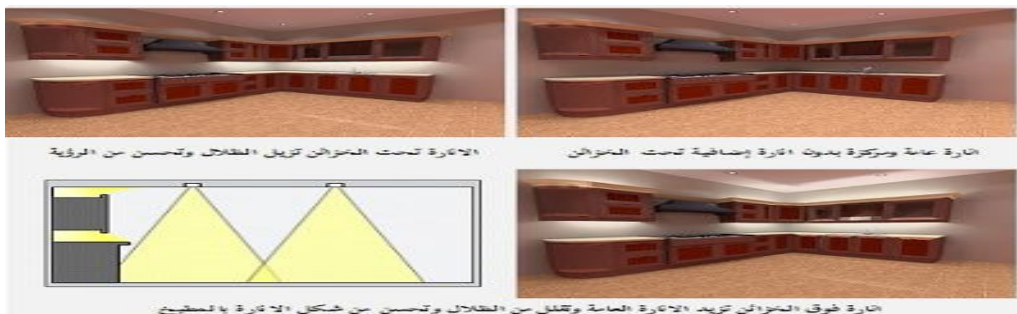
2- الحمام- غرفة الملابس

من الخطأ الشائع في هذه الأماكن هو وجود إنارة غاطسة بالسقف وتعرف بالمصطلح الشائع (سبوت لايت) بجانب المرأة وهذا يسبب ظلال كبيرة وتزيد هذه الظلال عند وضع اليد على الوجه بحيث تعيق الرؤية الفعالة وتعتبر هذه المنطقة هي أكثر المناطق حاجة إلى شدة إنارة عالية بدون ظلال فهي التي يكون التركيز فيها على إيضاح الصورة بالمرآة ولتجنب الظلال ينصح وضع إنارة جانبية على جانب المرأة أو فوق المرأة بحيث يأتي الضوء من جميع الاتجاهات ويخفف الظلال تحت العيون والأنف وعند وضع اليد على الوجه بالنسبة لمنطقة مغاسل الضيوف يمكن وضع إنارة ديكورية مناسبة لهذه المنطقة. وإذا وجدت لوحة فنية أو عنصر مهم فيمكن وضع إنارة مركزة عليه.



3- المطبخ

يتطلب النشاط بالمطبخ إلى إنارة عالية وذلك في حالات تحضير الطعام أو تنظيف الصحون ويتم ذلك بوضع إنارة عامة يمكن أن تكون غاطسة في السقف ويجب تركيز الإنارة على مناطق العمل مثل منطقة المنضدة (الكاونتر) لذلك ينصح بوضع إنارة تحت الخزائن تضيء هذه المنطقة وينصح أيضا بوضع إنارة مخفية فوق الخزائن فهي تزيد الإنارة العامة وتقلل الظلال وتحسن من شكل الإنارة بالمطبخ.



إذا احتوى المطبخ على طاولة طعام فينصح بوضع إنارة مركزة عليها تكون متدلية من السقف أو غاطسة فيه كذلك يمكن وضع إنارة مركزة على أي عنصر آخر مهم في المطبخ.

4- غرفة الطعام

ينصح بوضع إنارة فوق طاولة الطعام قد تكون غاطسة أو متدلية بشرط إن يكون شكلها ديكوري مناسب لغرفة الطعام ويمكن أن تحتوي غرفة الطعام على إنارة عامة مخفية بالديكور إذا كان تصميم السقف يسمح بوضع إنارة مخفية فيه كما ينصح أيضا بوضع إنارة مركزة على اللوحات الفنية والتحف إن وجدت وإذا كانت غرفة الطعام كبيرة يمكن وضع إنارة ديكورية جدارية تكون متناسقة مع الأثاث.



6- غرفة النوم

تختلف متطلبات الإنارة في غرف النوم من إنارة هادئة وخفيفة قبل النوم إلى إنارة أعلى وذلك في حال القراءة لذلك ينصح بأن يكون هنالك مستويات متعددة من الإنارة العامة الهادئة التي يمكن الحصول عليها من إنارة مخفية في السقف أو إنارة غير مباشرة من أجهزة إنارة ديكورية وتعطي نور هادئ وقد تكون على الطاولة أو الجدار أو على عامود. توضع الإنارة المركزة على اللوحات الفنية والتحف ويجب أن تكون جميع أنواع الإنارة قابلة للإعتماد حتى يتمكن المستخدم من اختيار شدة الإنارة المطلوبة



7- الموزع والممرات والدرج

يكون النشاط في هذه الفراغات هو العبور من مكان لآخر لذلك لا تحتاج هذه الفراغات إلى إنارة عالية وإنما إنارة قليلة تختلف تصميم الإنارة لهذه الأماكن بحسب حجم الممر فإذا كان الممر كبير وله سقف مضاعف الارتفاع مثل مدخل بعض الفل فينصح بوضع نجفة كبيرة ديكورية في منتصف السقف. يمكن أن تتم إنارة هذه الفراغات بإنارة غير مباشرة بالسقف أو عن طريق أجهزة جدارية تعطي إنارة للسقف (كشافات) ويمكن أن تكون هذه الكشافات غاطسة بالجدار وتنبير السقف.



بعض هذه الفراغات تحتوي على لوحات فنية لذلك ينصح بوضع إنارة مركزة على هذه اللوحات الفنية أو القطع الديكورية.



يمكن أن تتم إنارة الممرات والدرج بإنارة توضع على الجدار لإنارة الأرضية وفي حال اختيار هذه الطريقة يجب أن يتم اختيار أجهزة إنارة لا تعطي حرارة لكي لا تحرق يد الأطفال لأنها تكون منخفضة جدا وقريبة من أيديهم.



الخطوة الثانية تصميم الأعمال الكهربائية

بعد الانتهاء من أعمال التصميم المعماري والإنشائي يتم البدء في تصميم المخططات الخاصة بالأعمال الكهربائية أول خطوة هي أن يتم تصميم المخططات الكهربائية بناء على الأحمال الكهربائية الخاصة بالمبنى والتي تشمل جميع الأحمال الخاصة بالأعمال الكهربائية والميكانيكية مع ضرورة وضع أحمال كهربائية احتياطية تحسباً لزيادة الأحمال الكهربائية مستقبلاً حيث يتم تقدير الأحمال الكهربائية بصورة مبدئية بناء على حسابات المساحة وتشمل تقدير أحمال الإنارة والبرازيل والتكيف و أيضاً حساب الحمل الكلي عن طريق معامل الطلب ومعامل التباين مع الالتزام بمواصفات وزارة الكهرباء والماء وحتى يكون التصميم بصورة جيدة فأنه لا يكفي معرفة قيمة الأحمال المراد تغذيتها، كما لا يكفي التنبؤ بمقدار الاستهلاك خلال فترة معينة بقدر ما يهم التنبؤ بالطلب على الطاقة . وبعد الانتهاء من حساب الأحمال الكهربائية يتم البدء بتصميم المخططات الخاصة بالأعمال الكهربائية وتنقسم هذه المخططات إلى مخطط توزيع وحدات الإضاءة ويجب مراعاة أن تكون شدة الإضاءة مناسبة لطبيعة واستخدام المكان ووضع الرموز الخاصة بها على المخطط ثم يتم تصميم الأعمال الكهربائية للمخارج والبرازيل وفقاً لنوع الأجهزة المصممة لها وهل تلك البرازيل تمثل دائرة واحدة أو دائرة حلقية وتحديد أماكن المفاتيح ومسار مد الأسلاك ولا ننسى إن يشمل مخطط توزيع القوى نقاط المكيفات و السخانات الكهربائية . ثم يتم البدء بتصميم لوحة الدوائر الفرعية النهائية طبقاً لطبيعة الحمل وتصنيفه فمثلاً دوائر الإنارة يفضل إن تكون لها لوحة توزيع منفصلة وأيضاً لوحة البرازيل تكون لها لوحة توزيع منفصلة وأحمال المكيفات تكون لها لوحة توزيع منفصلة وهذا في حالة الأحمال والمباني الكبيرة أما في حالة المساكن الصغيرة فيجوز الجمع بين الدوائر وبعضها في لوحة واحدة بشرط إن يتم التنسيق والترتيب حتى لا يحدث تداخل بين الدوائر حيث بعد الانتهاء من أعمال التصميم المعماري والإنشائي يأتي مهندس الكهرباء لبدأ في تصميم الأعمال الكهربائية .

حيث يجب إن يكون مهندس الكهرباء علي علم باستخدام برنامج الأوتوكاد للرسم الهندسي حيث يعد الأوتوكاد في الوقت الحاضر من أهم البرامج الهندسية وأكثرها انتشاراً في جميع المجالات الهندسية بكافة أنواعها وذلك لسهولة استخدامه ولتغطيته جميع جوانب المتعلقة بالرسم ولذلك لابد للمهندسين التميز في استخدام هذا البرنامج حتى ولو لم يكن يمارس عملية الرسم بنفسه وألآن نحدد بعض من الأوامر المستخدمة في برنامج الأوتوكاد التي يحتاجها مهندس التصميم

امر POLYLINE

ويستخدم من اجل رسم خطوط واقواس ، وعادة يستخدم من اجل رسم خطوط المواسير ويتم تنفيذه عن طريق كتابة الرمز PL في شريط command

امر ARC

ويستخدم من اجل رسم الاقواس مثل عمل ال blocks الخاصة بالاباريز

امر circle

ويستخدم من اجل رسم الدوائر ويتم عن طريق كتابة c في شريط الاوامر

command

امر move

ويستخدم من اجل تحريك الاجسام والخطوط ويتم عن طريق كتابة m في شريط الاوامر

امر copy

ويستخدم من اجل نسخ رسم او خط او شكل معين ويتم من خلال كتابة co في شريط الاوامر

امر matchprop

من اجل عمل خط معين مشابه لصفات خط اخر ويتم من خلال كتابة ma في شريط الاوامر

امر Divide

ويستخدم من اجل تقسيم خط ما الى عدة اقسام متساوية في الطول ويستخدم عادة من اجل توزيع وحدات الانارة داخل غرفة ما ويتم من خلال كتابة Div في شريط الاوامر

امر Dimension

ويستخدم من اجل اخذ ابعاد معينة في الرسم وتكون اما عمودية vertical او افقية horizontal او مائلة aligned وغيرها ويتم ذلك بكتابة Dim في شريط الاوامر ثم كتابة الاختيار المطلوب hor or ver or ali

الامر mirror

من اجل عمل مراة لشكل معين مثل وضع ابريزين مقابل بعضهما على جدارين متقابلين وذلك بوضع منتصف الغرفة محور المراة ويتم عن طريق كتابة mi في شريط الاوامر

الامر block

وذلك من اجل عمل شكل ما او رمز ما على شكل block بحيث يكون كتلة واحدة ويستخدم لجعل العناصر المعدودة كالاباريز على شكل كتل من اجل سهولة الرسم والتعامل معها في المخطط اضافة الى حساب الكميات

الامر hatch

ويستخدم من اجل تظليل جزء وتهشير ذلك بكتابة H في شريط الاوامر

الامر text

من اجل كتابة نص في الرسم

الامر trim

ويستخدم من اجل مسح الاجزاء غير المرغوب بها في الرسم وذلك بكتابة tr في شريط الاوامر

الامر erase

وذلك من اجل مسح اجزاء كاملة كوحدة واحدة من المخطط كمسح خط كامل او مربع او غيره

الامر extrude

في حال الرغبة بعمل رسومات ثلاثية الابعاد وذلك من خلال كتابة ext في شريط الاوامر

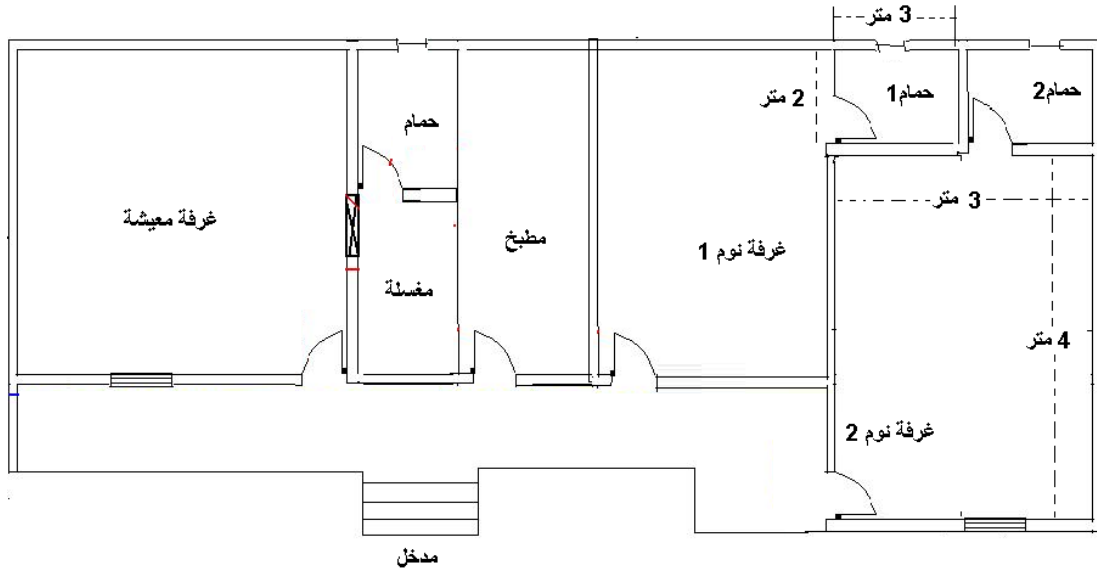
الامر rectangle

من اجل رسم المربعات والمستطيلات وذلك من خلال كتابة rec في شريط الاوامر
الامر xref وذلك من اجل تنزيل المخططات المعمارية على المخطط الكهربائي .

وتذكر حتى تكون بارعا في استخدام الاوتوكاد فانه لا بد لك من اتقان استخدام شريط الاوامر والتعامل مع الاوامر مباشرة من خلال الشريط command .

ومن الاوامر المهمة اثناء العمل على المخطط التنفيذي معرفة كيفية استخدام ال object snap حيث انها تسهل في تحديد نقاط الالتقاء ، واستخدام polar الذي يساعد على رسم الخطوط بزوايا مرجعية تحدد مسبقا ، ومعرفة كيفية التعامل مع الخصائص properties ومعرفة كيفية الطباعة من خلال الامر plot وكيفية تحديد الورق المستخدم للطباعة.

بعد توضيح بعض المعلومات عن برنامج الأوتوكاد نأتي الآن لمرحلة التصميم الكهربائي .



1- أعمال الإنارة الكهربائية

الإنارة ليست فقط مجرد ضوء يجعلنا نرى في الظلام ولكنها يضيف إلي الأشياء عنصر جمالي مؤثر يعطي الإحساس بالهدوء والراحة ولذلك يعتمد الأداء الكفاء لأي نشاط إنساني على التفاعل بين الإنسان وحيز العمل المباشر حوله وكيفية ملائمة وقد تكون العين أحيانا أهم جزء في جسم الإنسان يسعى للمحافظة عليه .ويستطيع المصمم أن يساعده في الحفاظ عليها بتوفير الإضاءة الصحية لها بما يتفق وما تؤديه في الأماكن المختلفة. ويبدأ الإنسان بالشعور بالآثار الضارة للتصميم السيئ لنظام الإضاءة، إذا ما قلت شدة الإضاءة من حوله بما يؤثر على قدرته على تقييم ما حوله وبالتالي عدم تمكن العين من الرؤية السليمة مما يسبب أخطاء ومعوقات في

الأداء لذلك كان واجبا إيجاد ضوابط ومعايير تسمح بالرؤية بوضوح وسهولة دون تعب أو إجهاد حيث توجد بعض القوانين والعلاقات الهندسية التي يجب مراعاتها عند تصميم الإنارة وهي :

1- المكان

يجب أن تقرر ما هي الوظيفة لكل غرفة فمثلا هناك أماكن تحتاج لإضاءة مكثفة كمناطق القراءة والكتابة وغيرها أما المطبخ فهنا سيختلف فيها التخطيط للإضاءة فالمطبخ يحتاج إضاءة محيطية قوية وساطعة كما يحتاج إلى مصابيح عمل لمناطق معينة كأسفل الخزائن العلوية

2- جو الغرفة

الإضاءة المحيطة أو العامة تؤثر على جو الغرفة المضاء بشكل مشرق وزاهي و تعطي شعور ايجابي وتبعث التفاؤل أما الغرفة المظلمة نسبياً فتعطي شعور بالرومانسية

3- التوافق

ولتحقيق التوافق أو الانسجام الضوئي يتم عن طريق التنسيق بين شكل اللمبات وبعضها وأيضا بين اللمبات و الأثاث المنزلي حيث نجد من الأخطاء الاعتماد علي نوع واحد من الإضاءة حيث ذلك قد يشعرنا بالملل وليس المقصد استخدام إضاءة بتأثيرات جنونية ولكن توفير أنواع مختلفة من الإضاءة في غرفة واحدة تعطي مرونة أكثر في التغير والإحساس بالتجديد الداخلي ومن أهم الأشياء في تصميم الإنارة هو تحديد نوع المبنى (مبنى تجارى - سكنى - أدارى - خدمي) لأن كل نوع من المباني له شدة إضاءة مختلفة ومن أهم العناصر الواجب توفرها عند شراء اللمبات هو اختيار الوات و شدة الإضاءة لتناسب المكان ولذلك لابد من معرفة البيانات الخاصة بها من الكتالوج فمثلا يفضل اللمبات ذات الواط العالي للقراءة والكتابة أما الإضاءة بلمبات ذات واط منخفض فيفضل استخدامها بجانب السرير

4- شدة الإضاءة

إن تحديد مستوى شدة الإضاءة المطلوب لإنجاز أي عمل من الأعمال هو نقطة البداية في تصميم الإضاءة. و شدة الإضاءة هي خارج قسمة تدفق الإنارة المشعة بواسطة مصدر أو عنصر للمصدر في مخروط متناهي الصغر يحتوي علي الاتجاه المعطى علي الزاوية لهذا المخروط. ويمكننا الحصول على الحد الأقصى لحدة الإبصار بشدة إضاءة تتراوح بين 500 حتى 2000 لوكس Lux . وأي زيادة في شدة الإضاءة بعد ذلك تقلل حد الإبصار لدى الإنسان ويجب أن تكون شدة الإضاءة كافية لتخدم نوع النشاط، أو العمل الذي يؤديه الإنسان، وان تكون كافية لتحديد حجم الأشياء التي يتعامل معها وتحديد التباين بين الأشياء وخلفياتها. الجدول التالي يوضح بعض مستويات شدة الإضاءة بال لوكس Lux:

نوع العمل	أمثلة	شدة الإضاءة (Lux)
غير دقيق	المخازن	150-50
متوسط الدقة	المطابخ	500-250
دقيق	القراءة-الخياطة	1000-500
دقيق جدا	أعمال تحتاج مهارة	2000-1000

و ال لوكس Lux هو وحدة قياس شدة الإضاءة، وهو يساوي مقدار شدة الإضاءة الناتجة من فيض ضوئي مقداره ليومين واحد واقع عموديا على مساحة متر مسطح واحد.
مع مراعاة تأثير عامل السن على حساسية البصر كما سبق أن ذكرنا، حيث تفقد عضلات العين مرونته مع تقدم السن تصبح أقل مرونة واستجابة لعملية التكيف مع الضوء.

5- خلو الضوء من الانبهار:

هي خاصية هامة لتجنب انبهار العين لإحداث الراحة في الرؤية و إن من اخطر الأشياء حدوثا أن يضع الإنسان مصدر ضوء ساطع جدا في مجال الرؤية مما قد يسبب إجهادا للعين.

6- تجانس الأسطح المضاءة:

أثبتت الدراسات الفسيولوجية أن أفضل ظروف للرؤية من أجل راحة الإبصار يعتمد علي توزيع وتباين الأسطح الكبيرة الواقعة في مجال الرؤية و بما أن كمية الضوء المنعكس تتأثر بنوعية الأسطح العاكسة ينبغي أن يكون اختيار اللون والمواد المستخدمة في تصميم وطلاء الحوائط والأثاث والأشياء والمساحات الكبيرة في الأماكن الداخلية ذات أهمية كبيرة. ومعاملات الانعكاس التالية يمكن إن تشكل دليلا إرشاديا في هذا الصدد
و لتقليل نسبة السطوع إلى أقل حد ممكن يجب مراعاة الآتي:

- يجب أن يكون لمعان السطح في معظم الاتجاهات متساويا باستخدام اللون والضوء.
- الأدوات والأجهزة الموجودة بالمكان يجب أن تكون غير ساطعة

7- الإضاءة المتجانسة وعامل الزمن.

إن تغير مصدر الضوء بانتظام في مجال الإبصار يعتبر أكثر إزعاجا وعندما يتم توجيه الإبصار بانتظام بين سطحين أحدهما مظلم والآخر ساطع أو في حالة وجود مصدر ضوء يرسل وميضاً

في مجال الإبصار؛ فان قطر الحدقة وحساسية شبكية العين تحتاج إلى وقت للتكيف مع المتغيرات في شدة الضوء. فعندما تتغير شدة الضوء بسرعة فان العين تتعرض إلى الانبهار. ونؤكد العديد من الدراسات الفسيولوجية، أن التغير المنتظم لسطحين لهما سطوع بنسبة 5/1 يحدث نفس النقص في وحدة الإبصار كما لو كان هناك نقص في شدة الضوء من 1000-30 لوكس Lux

كيفية تحدد حمل الإنارة المطلوبة للغرفة وفقا للمساحة وشدة الإنارة

1- في حالة اللمبة المتوهجة العادية

قدرة المطلوبة بالواط = 0.2 (مساحة الغرفة * كثافة الإنارة لللمبة)

2- في حالة اللمبة الفلوريسنت

قدرة المطلوبة بالواط = 0.068 (مساحة الغرفة * كثافة الإنارة لللمبة)

حيث نجد أن كثافة الإنارة تتراوح ما بين 100 إلى 200 لإنارة الممرات وما بين 200 إلى 400 لإنارة الغرف والمكاتب ويوجد أكثر من ذلك عندما نريد إضاءة متوهجة وعالية ونوضح ذلك من خلال مثال بسيط

غرفة نوم طولها 4 متر وعرضها 3 متر وارتفاعها 3 متر فما هي عدد اللمبات المتوهجة المطلوبة لإنارة تلك الغرفة المطلوبة

مساحة الغرفة = 4*3 = 12 متر

قدرة الحمل بالوات = 0.2 * (12 * 100) = 240 واط

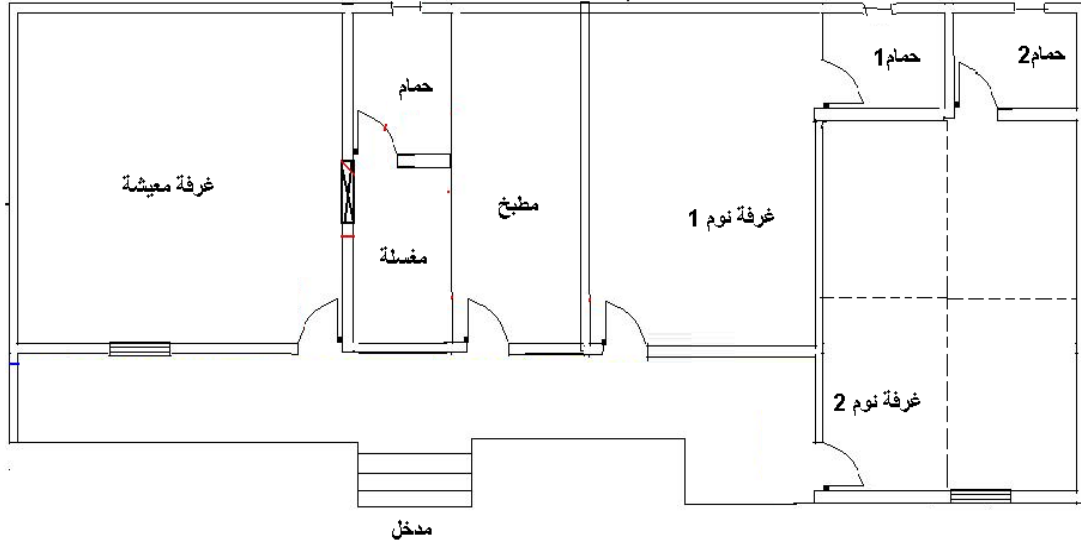
عدد اللمبات = 100/240 = 2.4 تقريبا عدد من 2 الي 3 لمبات متوهجة

ويوجد جدول من خلاله يتم تحديد عدد اللمبات وأيضا عدد البرايز.

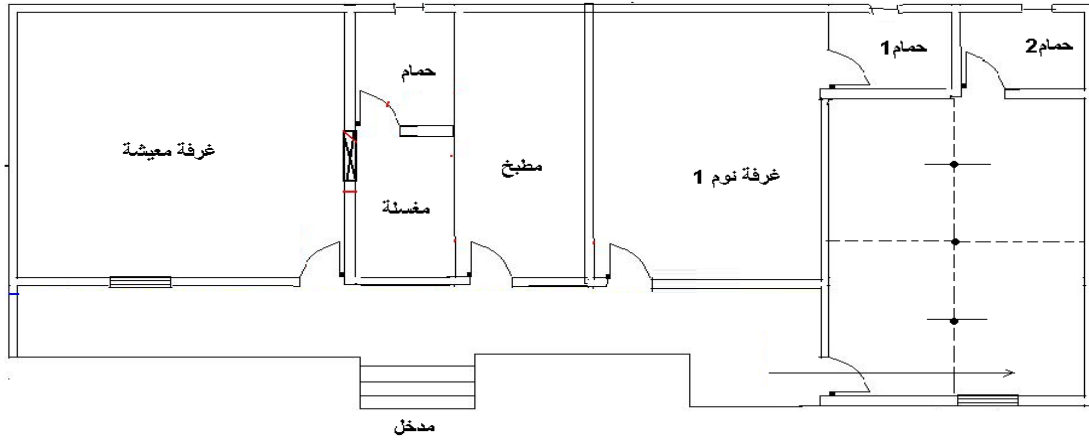
Number of Lamps and Sockets and ratings

Space No	Function	Area (m2)	luminance (Lux)	Type of Lamp	Required Wattage	Actual Wattage	No. of Lamps	No of Sockets	Sockets	
									N.	P
1	Bedroom 1	26	50	I	260	5×60	5	5	4	1
2	Bedroom 2	18	50	I	180	3×60	3	6	5	1
3	Reading room	18	200	F	244	4×60	4	5	4	1
4	Salon	22	75	I	330	6×60	6	5	4	1
5	Dinning Room	22	75	I	330	6×60	6	3	3	-
6	Hall 1	24	50	I	240	4×60	4	2	2	-
7	Kitchen	9	300	F	183.6	3×60	3	7	6	1
8	Balcony 1	10.56	50	I	105	3×40	3	2	2	-
9	Balcony 2	13.2	50	I	132	4×40	4	1	1	-
10	Bathroom	5.06	100	F	34.4	40	1	5	3	2
11	W.C	1.6	100	I	32	40	1	-	-	-
12	Hall 2	5.7	50	I	57	60	1	1	1	-
13	Hall 3	4.48	50	I	44.8	60	1	1	1	-
14	Hall 4	3	50	I	30.8	40	1	1	1	-
15	Entrance	10	50	I	100	3×40	3	-	-	-

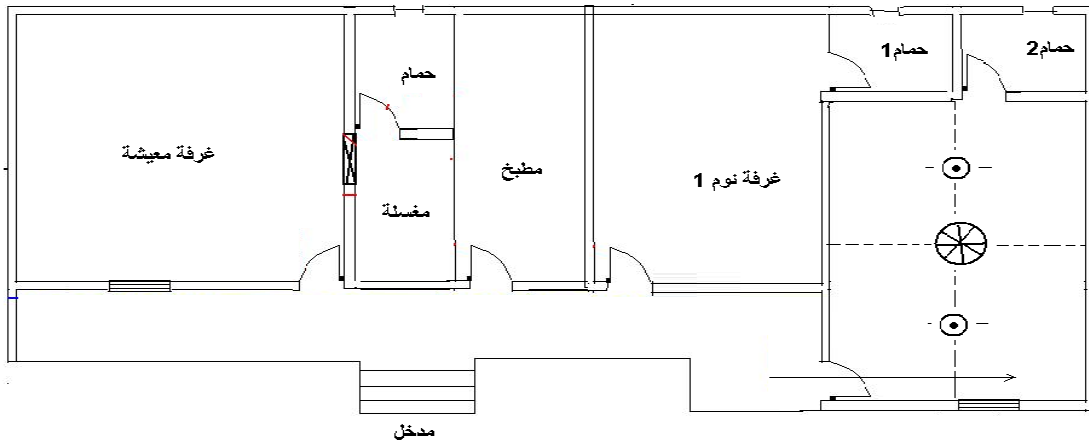
بعد أن يقوم المهندس بتحديد نوع اللمبات وعددها يتم البدء بفرش لمبات الإنارة علي كل غرفة وفقا احتياج الغرفة حيث بعد تحديد عدد اللمبات يتم تقسيم الغرفة للوصول إلي نقطة المنتصف كما بالشكل القادم .



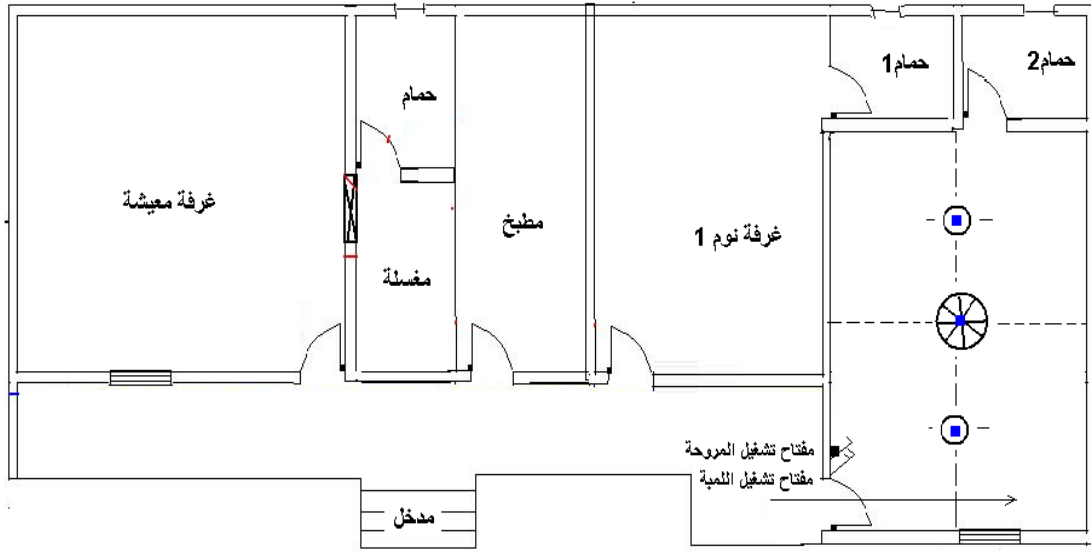
نقطة المنتصف تمثل مكان تواجد المروحة السقفية ولكي نحدد أماكن لمبات الإنارة يتم تقسيم المسافة بين نقطة المنتصف والحائط ويتم اختيار المسافة الأطول وكثير من المصممين يفضلون أن يكون محور لمبات الإنارة عمودي علي محور باب الدخول فبعد تحديد نقطة المنتصف فتكون تلك النقطة هي نقطة لمبة الإنارة كما بالشكل



بعد تحديد نقاط الإنارة لغرفة النوم رقم 2 يتم وضع اللمبات والمروحة علي الرسم كما يلي



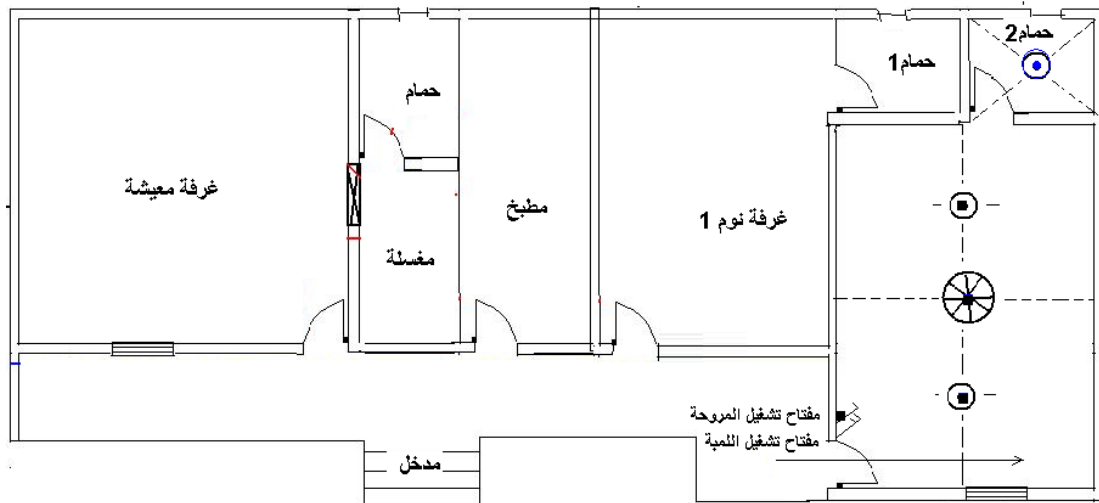
ثم تأتي مرحلة تحديد مكان وضع المفتاح الذي يغذي تلك اللمبات ومفتاح تشغيل المروحة حيث يفضل وضع المفتاح الخاص بغرف النوم بداخل الغرفة خلف الجانب المتحرك للباب



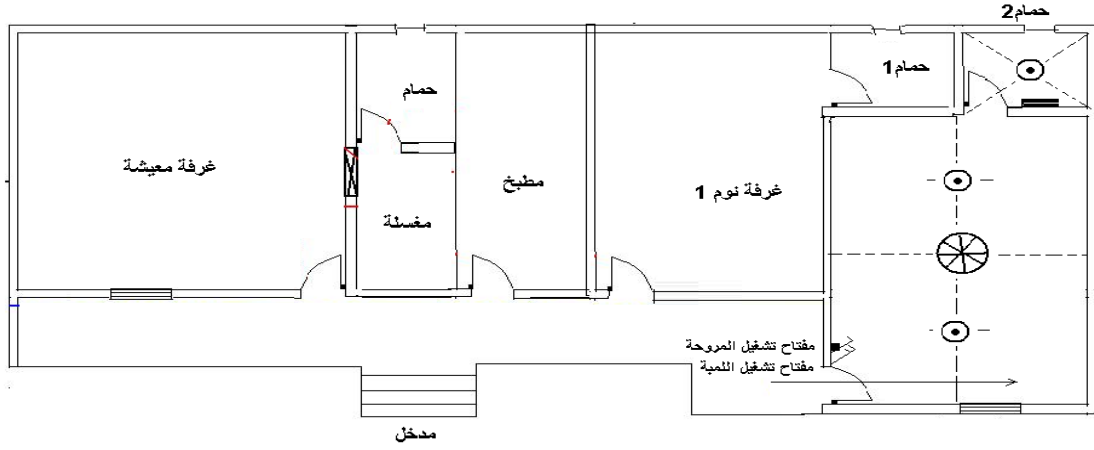
ثم نأتي الآن لوضع الإنارة للحمام رقم 2 حيث يتم تحديد عدد اللمبات المتوهجة المطلوبة لإنارة الحمام وفقا لمساحته حيث إن طول هو 3 متر والعرض هو 2 متر
مساحة الغرفة = $3 \times 2 = 6$ متر

قدرة الحمل بالوات = $0.2 \times (6 \times 100) = 120$ واط

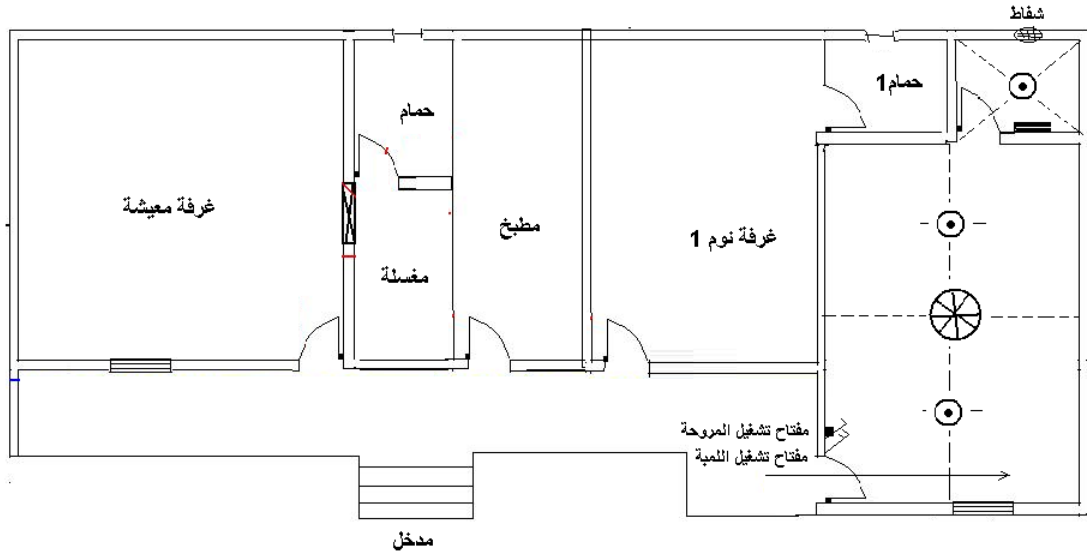
عدد اللمبات = $100/120 = 1.2$ تقريبا عدد من 1 الي 2 لمبات متوهجة بعد تحديد عدد اللمبات
يتم تقسيم الغرفة للوصول إلي نقطة المنتصف التي سوف يتم وضع بها لمبة الإنارة كما هو موضح بالشكل القادم



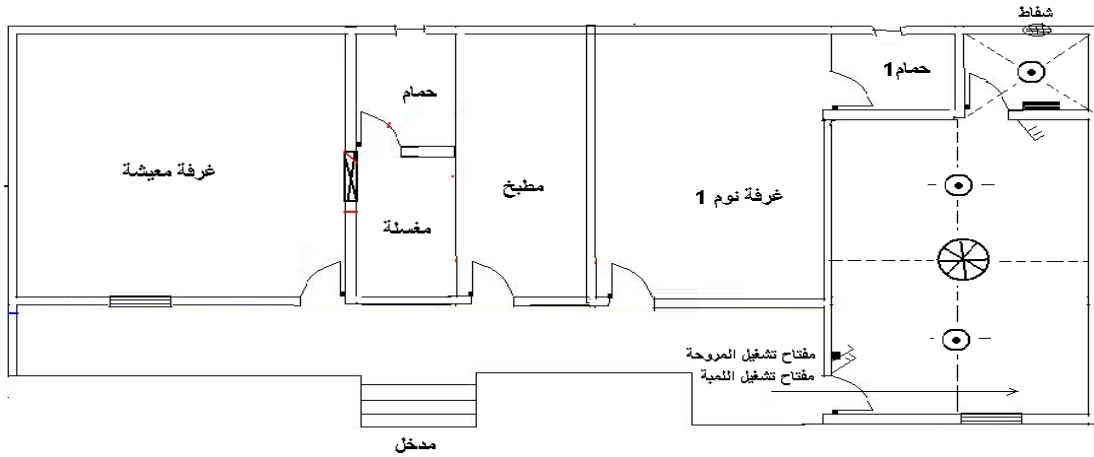
وطبعا يوجد بداخل الحمام مريه ولذلك يتم وضعة لمبة فلوريسنت فوق المرية كما بالشكل



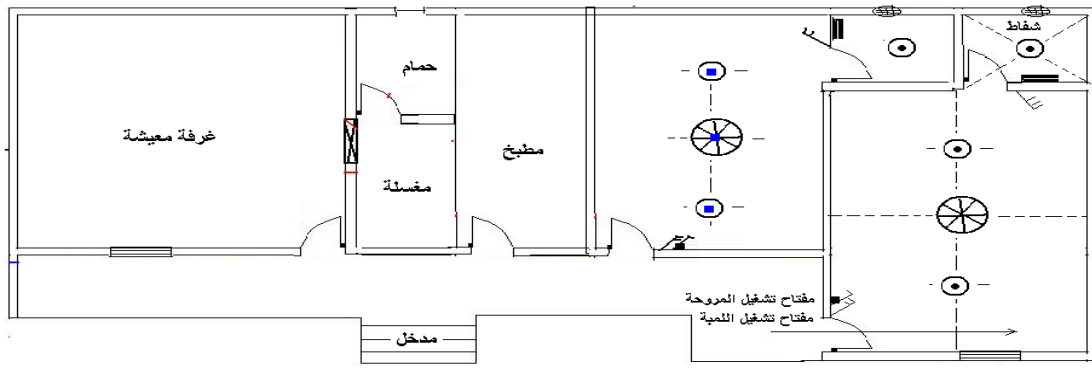
ولا ننسي إن الحمام قد يكون به بعض الروائح الكريهة ولذلك لابد من تركيب شفاط خارجي



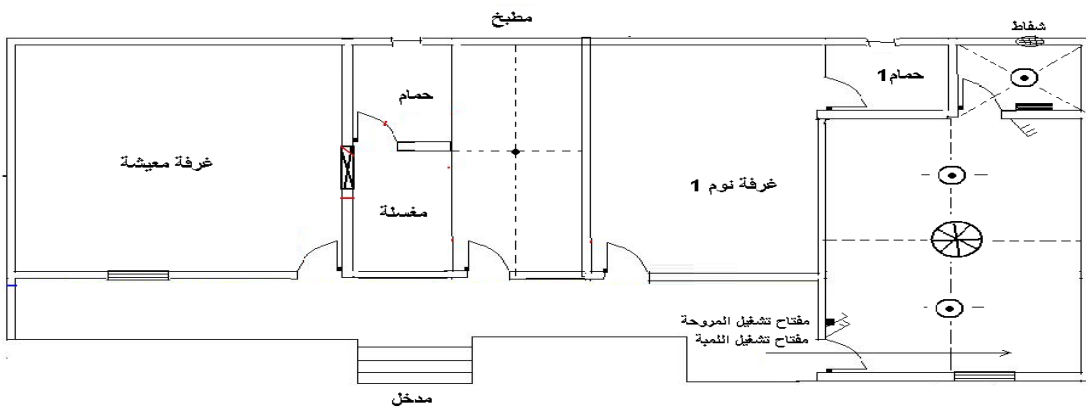
ثم تأتي مرحلة تحديد مكان المفاتيح التي سوف تتحكم في كلا من لمبة السقف ولمبة الفلوريسنت والشفاط حيث كما ذكرنا سابقا يفضل وضع المفاتيح في جانب الباب الحر ولكن في هذه الحالة يكون مكان وضع المفتاح خارج الحمام كما بالشكل القادم



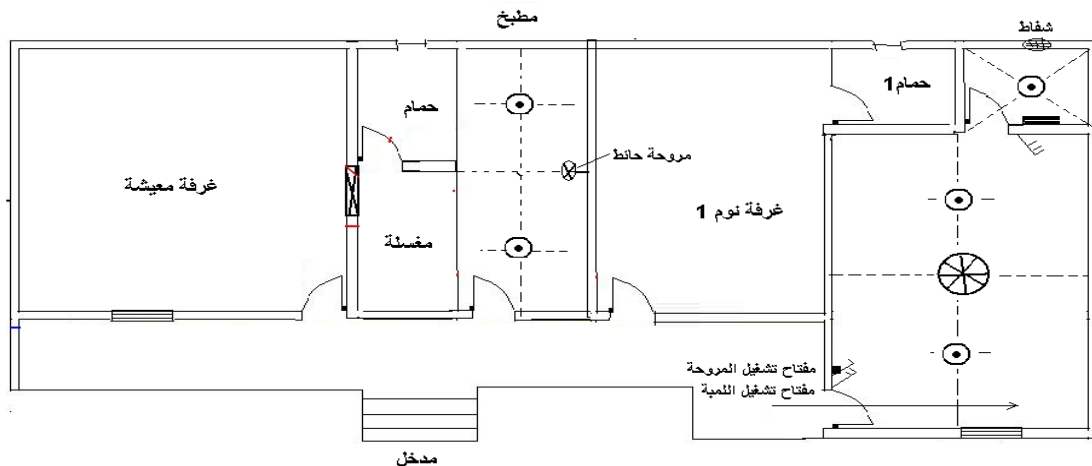
ثم يتم تكرار ما سبق علي غرفة النوم رقم 1 والحمام رقم 1 الخاص بغرفة النوم



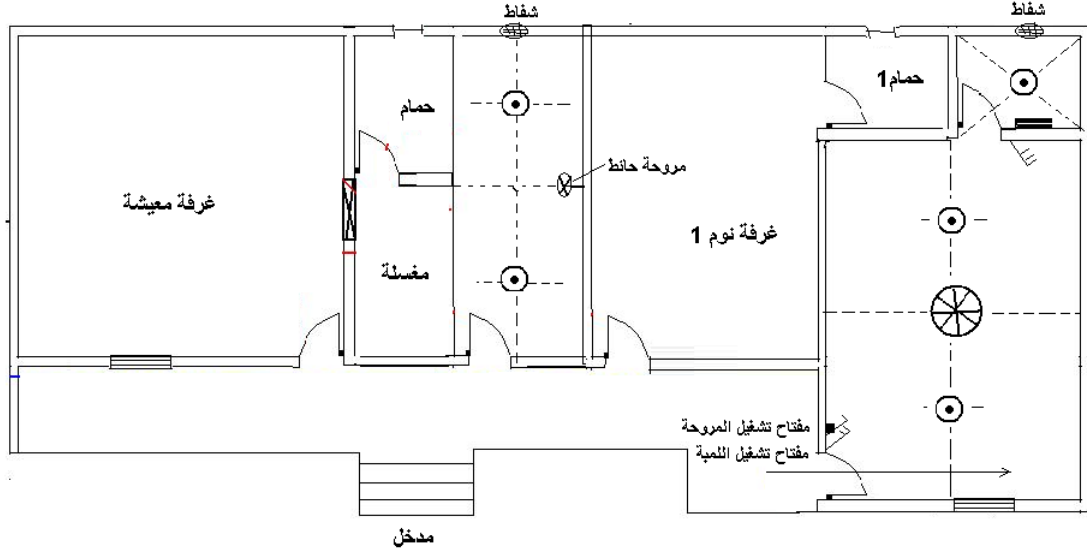
نأتي الآن لوضع لمبات الإنارة بالمطبخ حيث لابد إن تكون الإنارة من النوع القوي والغير مجهد للعين ويتم تقسيم مساحة غرفة المطبخ للحصول علي نقطة المنتصف كما بالشكل



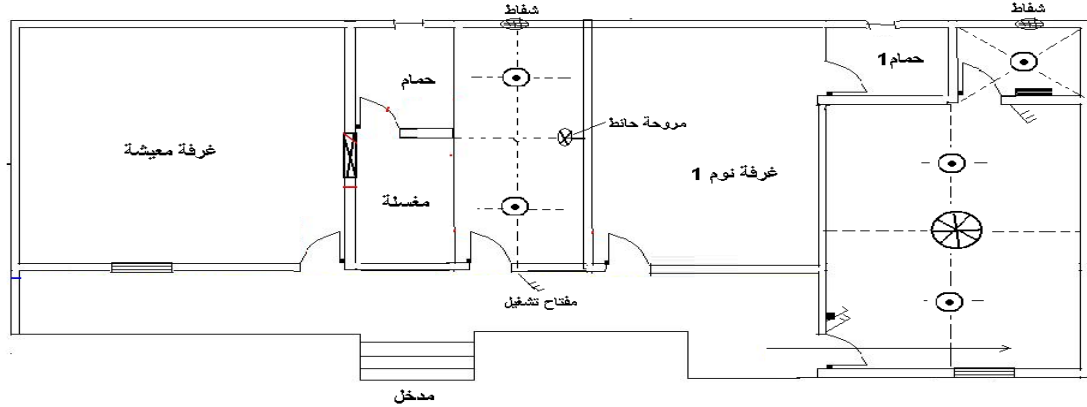
حيث أجد إن كثير من المصممين يتم وضع مروحة سقفية في المنتصف ولكنني لا أفضل ذلك لان المطبخ يكون به فرن أو بوتاجاز به إشعال وعند تشغيل المروحة تعمل علي تحريك اللهب في اتجاهات ممكن تسبب مشاكل فإذا أحببت وضع مروحة يفضل إن توضع مروحة حائط قابلة للحركة في الاتجاهات حيث عن تشغيلها يتم تحديد الاتجاه بعيد عن مكان الإشعال وهذا من وجهة نظري الخاصة ثم يتم الآن تقسيم المسافة بين نقطة المنتصف والحائط لتكون مكان موضع اللبة كما هو موضح بالشكل القادم



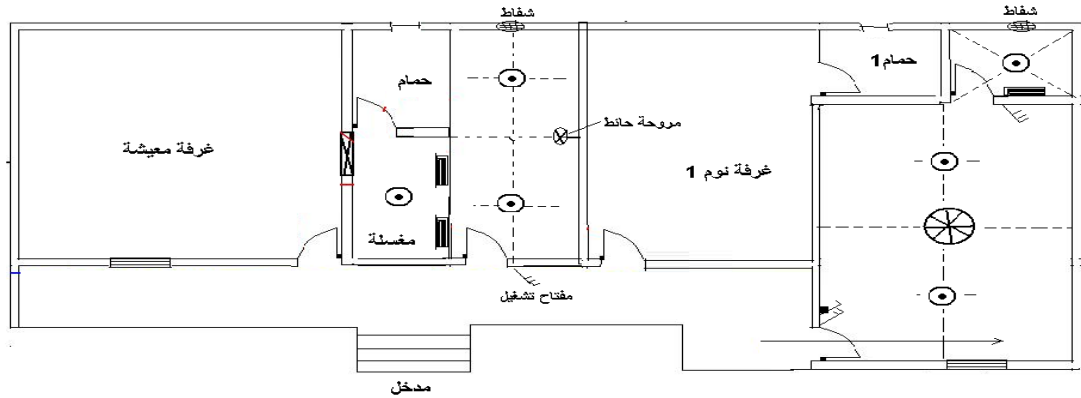
وطبعاً لا ننسى إن المطبخ يكثر به الدخان نتيجة للإعمال الطبخ والروائح أيضاً ولذلك يتم تركيب شفط لسحب تلك الأبخرة والدخان والروائح للخارج كما بالشكل القادم



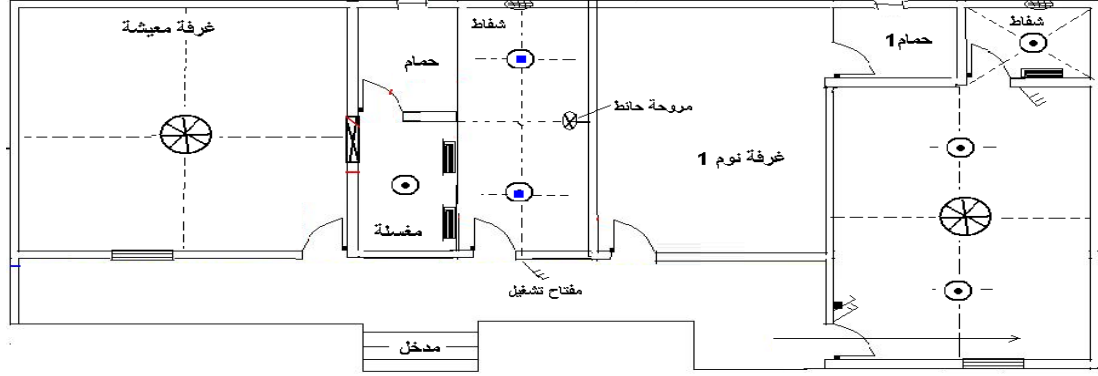
ثم نأتي الآن لوضع مكان مفاتيح تشغيل مروحة الحائط ولمبة الإنارة والشفط حيث يتم وضع المفتاح علي جانب الباب الحر ولكن من الخارج كما بالشكل القادم



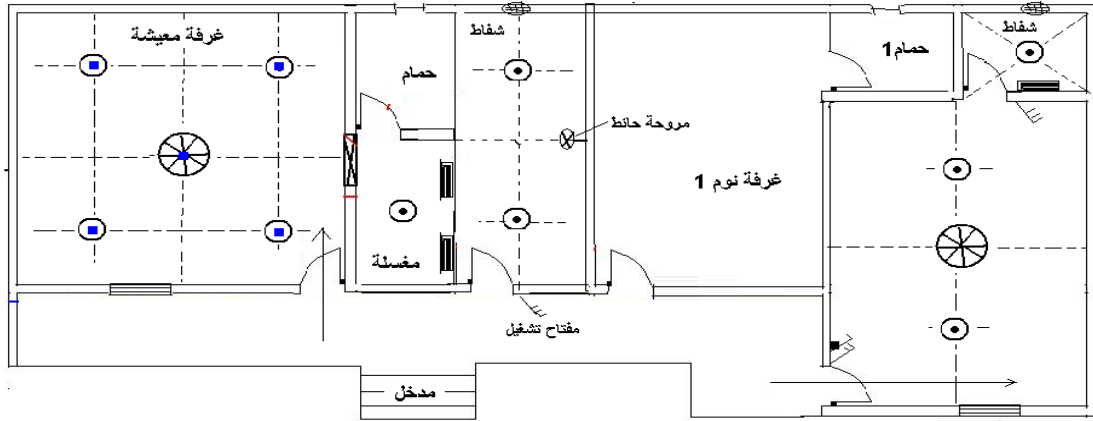
يتم تصميم إنارة المغسلة كأنها حمام ولكن بدون الشفط حيث يتم وضع لمبة بمنتصف السقف ثم يتم وضع لمبة فلوريسنت علي كل مغسلة كما موضح بالشكل الآتي



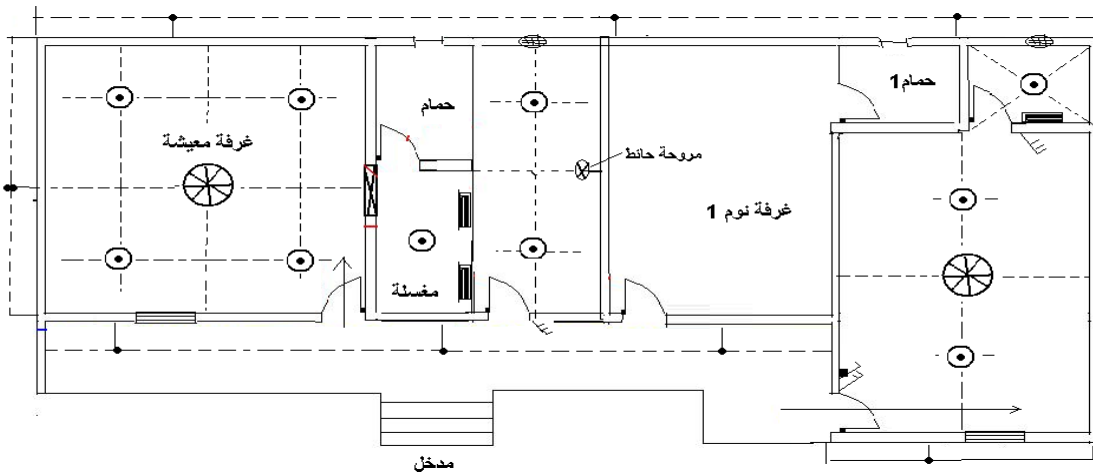
نأتي الآن لغرفة الجلوس أو كما تسمى غرفة المعيشة حيث يقوم مهندس الكهرباء بفرش الإنارة في تلك الغرفة مع الأخذ بالاعتبار إن تلك الغرفة هي مكان تجمع جميع أفراد العائلة ولذلك لابد من زيادة قوة الإضاءة بها حيث يفضل إن يوضع صفين متوازيين من لمبات الإنارة فيتم أولا تقسيم الغرفة للحصول علي نقطة المنتصف لوضع مروحة سقفية بها كما بالشكل

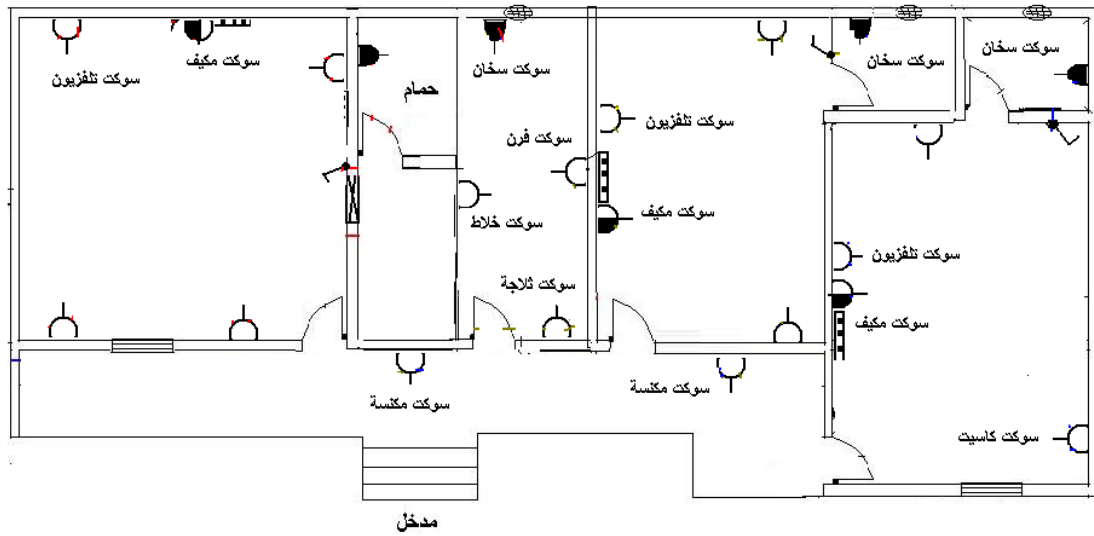


ثم يتم الآن وضع لمبات الإنارة ويفضل إن تكون محورها عمودي علي الباب كما بالشكل

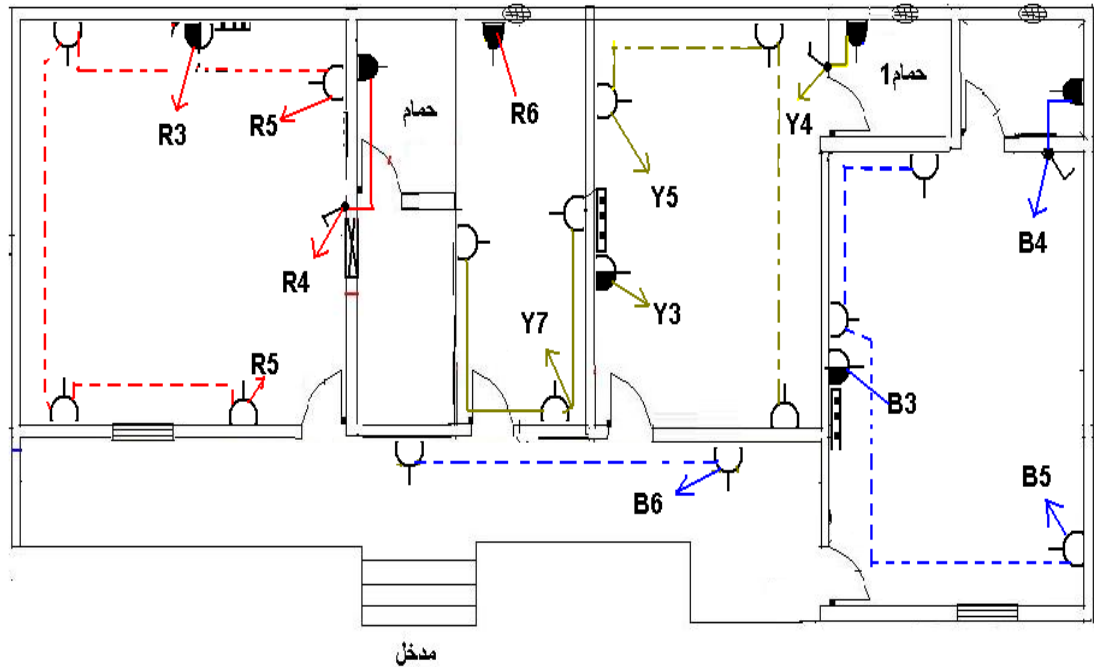


نأتي مرحلة تصميم الإنارة الخارجية للمنزل والتي تتركب علي حائط المنزل من الخارج حيث يتم تقسيم المسافة كما بالشكل القادم

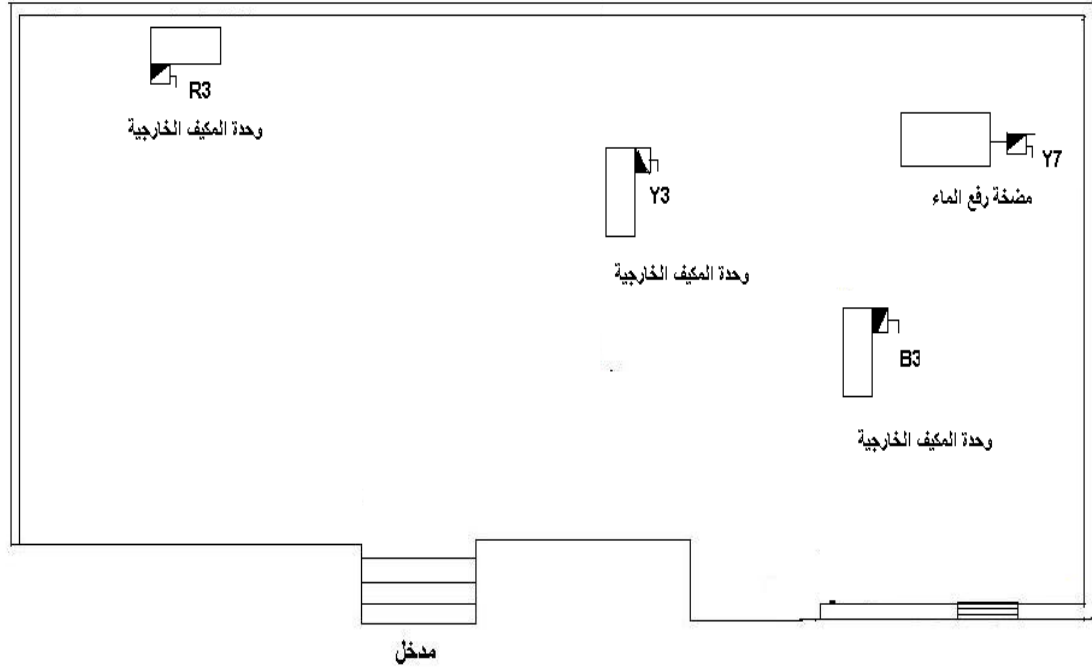




بعد تحديد أماكن السوككات تأتي مرحلة تمديد الأسلاك حيث يكون مساحة مقطع الأسلاك لا تقل عن 4 مم² وفي حالة المكيفات تكون 6 مم² وحيث يتم تحديد حمل الدائرة حيث لو زاد عدد السوككات العادية عن 3 سوككات يكون التوصيل من كلا الجانبين بمعنى إن يكون توصيل حلقي إما سوكت المكيف فيتم مد الأسلاك له مباشرة من لوحة التوزيع وأيضا يتم توصيل سوكت السخان مباشرة من لوحة التوزيع والشكل القادم يوضح ذلك



ثم يتم تحديد أماكن وضع الوحدة الخارجية للمكيفات علي السطح الخارجي وأيضا مفتاح المضخة لرفع الماء كما هو موضح بالشكل

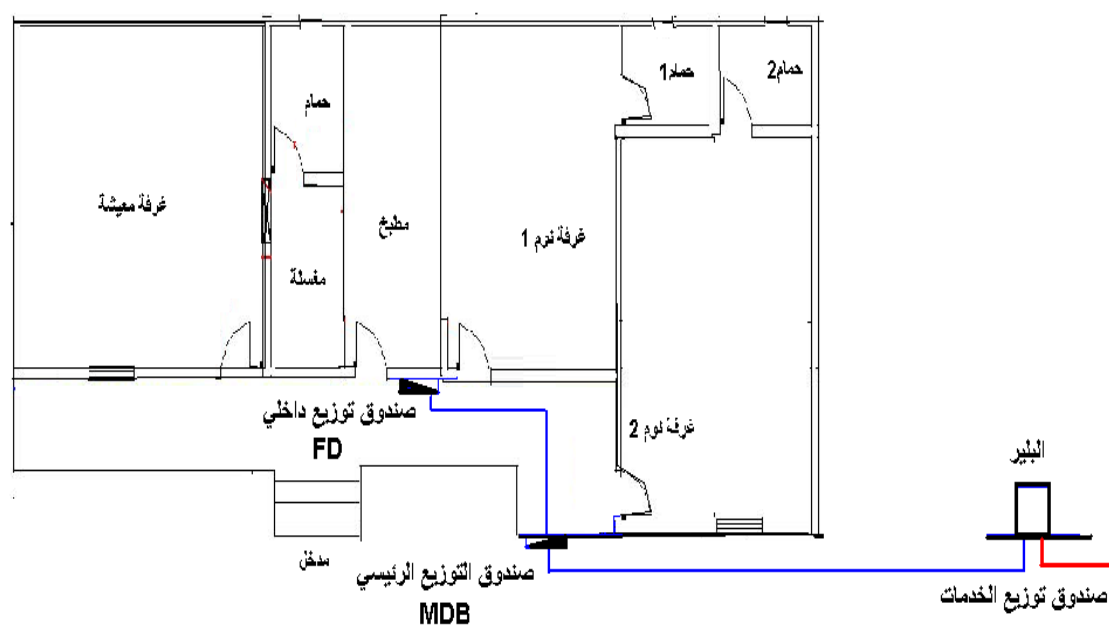


يتم الآن عمل جدول وتنسيق توزيع الأحمال عليـة حيث يجب أن يـرعي الأتي

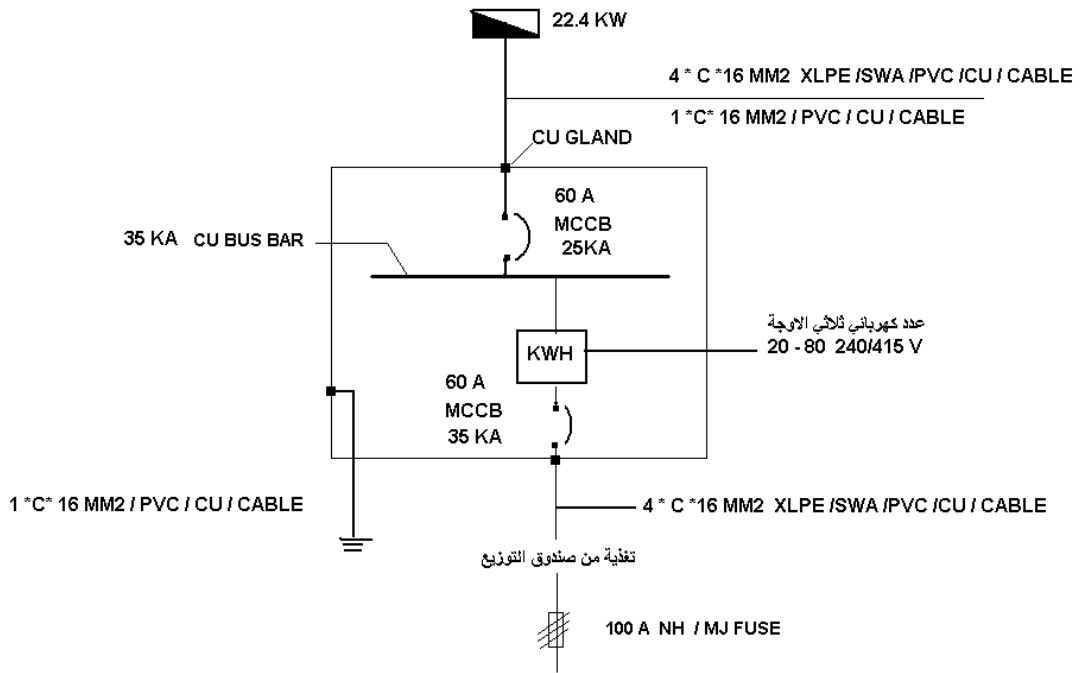
- 1 - أسلاك الإنارة لأتزيد عن 2.5 مم
- 2 - أسلاك السوككات لأتقل عن 4مم2
- 3 - أسلاك التكيف تكون من 4مم2 حتى 6مم2
- 4 - لا تزيد قدرة الحمل بين فاز والأخر عن 1000 واط
- 5 - حمل دائرة الإنارة لأتزيد عن 1800 واط ويتم حمايتها بقاطع 10 أمبير
- 6 - حمل دائرة السوككات اقل من 3 يتم حمايتها بقاطع 20 أمبير
- 7 - حمل السوككات أكثر من 3 (الحلقة) يتم حمايتها بقاطع 30 أمبير
- 8 - حمل المكيفات يتم حمايتها بقاطع 30 أمبير
- 9 - دوائر الإنارة والشفاط يتم تركيب قاطع تسرب ارضي 100 ملي أمبير
- 10- دوائر السوككات يتم تركيب قاطع تسرب ارضي 30 ملي أمبير

40 A TP	ELCB	القسطن		MCB	حجم السلك			المكان	نوع المعدة							عدد	حمل	الحمل بالوات		
					L	N	E		ثنية	مروحة	انارة	شفط	سواكن	مكيف	سنان			R	Y	B
40 A = 100 MA	1	R1	10 A	2.5	2.5	2.5		6	1	3	1				11	100	1100			
	2	Y1	10 A	2.5	2.5	2.5		3	1	1	1				6	100		600		
	3	B1	10 A	2.5	2.5	2.5		3	1	1	1				6	100			600	
	4	R2	10 A	2.5	2.5	2.5														
	5	Y2	10 A	2.5	2.5	2.5														
	6	B2	10 A	2.5	2.5	2.5		12	1		1				14	100			1400	
	7	R3	30A	6	6	6							1		1	3000	3000			
	8	Y3	30A	6	6	6							1		1	3000		3000		
	9	B3	30A	6	6	6							1		1	3000			3000	
	10	R4	15A	4	4	4								1	1	1500	1500			
	11	Y4	15A	4	4	4								1	1	1500		1500		
	12	B4	15A	4	4	4								1	1	1500			1500	
	13	R5	20A	4	4	4							3		3	200	600			
	14	Y5	30A	4	4	4							4		4	200		800		
	15	B5	20A	4	4	4							3		3	200			600	
	16	R6	20A	4	4	4								1		1500	1500			
	17	Y6	20A	4	4	4									1	750		750		
	18	B6	20A	4	4	4							2		2	200			400	
16	R7	20A																		
17	Y7	20A	4	4	4							3		3	200		600			
18	B7	20A																		
																	7700	7250	7500	
																	22450 وات			
																	38.8 امبير			

بعد ذلك يتم عمل مخطط توضيحي لصناديق التوزيع وكيفية التغذية كالاتي



والشكل القادم يوضح ما يعني هذا الشكل السابق



وألان نقوم بشرح وتوضيح ما يعني الشكل السابق

المربع الكبير يعتبر هو لوحة التوزيع الرئيسية التي تتركب علي السور الخارجي للمستهلك والتي تحتوي بداخلها علي العداد الكهربائي وهذا اللوحة لها مدخل ومخرج حيث المدخل وهو كابل التغذية القادم من صناديق التوزيع الخارجية (البليز) وهذا الكابل يتم تحديد حجمه وطوله من قبل هيئة الكهرباء ونظر لان الحمل هو 22.45 كيلو واط فان الكابل المناسب لذلك الحمل هو كابل نحاس حجمه 16 مم² بعزل XLPE و الكابل يتم حمايته من كلا الجانبين حيث يتم تركيب قاطع تيار 60 أمبير بداخل الصندوق وأيضا يتم حماية الكابل من جهة البليز عن طريق تركيب فيوز بقوة 100 أمبير من النوع NH أو النوع MJ وفقا لنوع البليز والطرف الآخر وهو طرف الخروج والذي يتم تمديد كابل من ذلك الصندوق حتى مكان الصندوق الداخلي الذي يحتوي علي القواطع لتغذية المنزل من الداخل وهذا الكابل يتحدد حجمه وفقا للحمل المركب عليه حيث نجد إن الحمل هو 22.45 كيلو واط فيكون الكابل هو نحاس بحجم 16 مم² بعزل XLPE وهذا الكابل يتم حماية من كلا الجانبين بواسطة قاطع تيار يتم تحديد قدرته وفقا للحمل كالاتي

$$\text{تيار الحمل} = 1.732 * 22.45 = 38.8 \text{ أمبير}$$

$$\text{تيار القاطع الآلي} = 1.2 * 38.8 = 46 \text{ أمبير}$$

ف نجد أن اقرب قاطع تيار لتلك القيمة هو 60 أمبير

ويتم تثبيت الكابل بصندوق التوزيع وصندوق التوزيع الرئيسي بواسطة جالاند نحاس

أما سلك التأريض فيتم تحديد وفقا للقاعدة التي تنص إذا كان مساحة الكابل الرئيسي اقل من 25 فيكو كابل التأريض هو نفس مساحة كابل التغذية وبذلك يكون كابل التأريض المناسب هو أيضا كابل نحاس بحجم 16مم² بعزل PVC

وأيضا يوجد بداخل اللوحة عداد كهربائي يتم تحديده وفقا لقدرة الحمل والتيار المار به فإذا كان الحمل اقل من 10 ك واط يكون العداد من النوع الوجه الواحد ويعمل بجهد 240 فولت إما لو كان الحمل اكبر من 10 كيلو واط واط اقل من 60 كيلو واط فيكون العداد من النوع ثلاثي الأوجه ويعمل علي كلا الجهدين 240 و 415 فولت إما لو زاد الحمل عن 60 كيلو واط يفضل تركيب عداد ثلاثي الأوجه ولكن مزود بمحول تيار

ومن خلال المثال نجد أن الحمل هو 22.45 وهو اكبر من 10 واط اقل من 60 كيلو واط ولذلك يتم استخدام عداد كهربائي ثلاثي الأوجه وتكون مواصفات ذلك العداد كالآتي
جهد الاستخدام 240 / 415 فولت

تيار المار بالعداد 20 / 100

بعد الانتهاء من أعمال التصميم الكهربائي فلا بد من توافر تلك المخططات وان تكون منفصلة عن بعضها البعض حتى يكون التصميم الكهربائي كامل وهي كالآتي :

- 1- مخطط توزيع وحدات الإضاءة لكل دور من أدوار المبنى .
- 2- مخطط توزيع القوى (برايز عادية ، مكيفات ، مراوح ، سخانات) .
- 3- مخطط شبكة تأريض المبنى .
- 4- مخطط لمانعة الصواعق (حسب الحاجة) .
- 5- مخطط لوحات التوزيع .
- 6- مخطط مسار الكابلات .
- 7- المخططات الأحادية (RISER DIAGRAM) لكل نظام من الأنظمة المستخدمة

تحديد نظام التغذية الرئيسية للمبنى

في تلك الخطوة يحدد نوع مصدر التغذية ومن يحكم تلك المرحلة هو قيمة الأحمال فكما تنص بعض الموصفات إذا قل الحمل عن 10 كيلو يتم التغذية بمصدر أحادي الأوجه 240 فولت وإذا زاد الحمل عن 10 كيلو واط حتى 100 كيلو واط يتم التغذية بمصدر ثلاثي الأوجه 415 فولت إما لو زاد الحمل عن 120 كيلو واط نحتاج ألي تركيب محول لتغذية المبنى ويتوقف قدرة المحول علي حمل المبنى

الخطوة الثالثة مراجعة التصميم الكهربائية :

بعد الانتهاء من التصميم الكهربائي فيجب إن يتم مراجعة المخططات الكهربائية والتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية المعتمدة وتقوم وزارة الكهرباء بالإشراف علي تلك المراجعة حتى تضمن السلامة بداخل المنشآت السكنية والصناعية وفقا للمواصفات القياسية.

1- مراجعة أحمال المحولات الكهربائية أن وجدت وطريقة الربط بشبكة التغذية

2- التأكد من بيانات اللوحات الكهربائية الفرعية والعمومية ومطابقتها للأحمال

3- التأكد من ساعات القواطع الرئيسية والفرعية و مقاطع الأسلاك والكابلات

4- مطابقة ترقيم الدوائر الكهربائية مع أرقام القواطع الفرعية بلوحات التوزيع الكهربائية .

5- التأكد من وجود رسومات إيضاحية لبيان كيفية تنفيذ وإنشاء شبكة التأسيس .

6- التأكد من وجود رسومات إيضاحية لبيان كيفية تنفيذ وإنشاء شبكة مانعة الصواعق .

الخطوة الرابعة هي التنسيق بين الأعمال الكهربائية والأعمال الأخرى

بعد الانتهاء من تصميم مخططات الأعمال الكهربائية وتسليم المخطط التنفيذي للمقاول للقيام بتنفيذ تلك الأعمال الكهربائية يجب أولا مطابقة المخطط التنفيذي مع المخططات الأخرى وهي مخططات الأعمال المدنية ومخططات التكييف وذلك لضمان عدم وجود أي تعارض بين تلك المخططات مثل أماكن تركيب نقاط التوزيع والتمديدات الكهربائية من قبل المقاول وذلك كترجمة فعلية لمخططات التصميم ويعتبر ذلك كأنه محاكاة للموقع حيث هو عبارة عن حلقة الوصل بين الأفكار المدروسة من قبل مكتب التصميم وبين المواصفات المطلوبة في المشروع وبين الكادر الفني علي ارض الواقع

الخطوة الخامسة وهي اختيار المواد الأزمة للمشروع

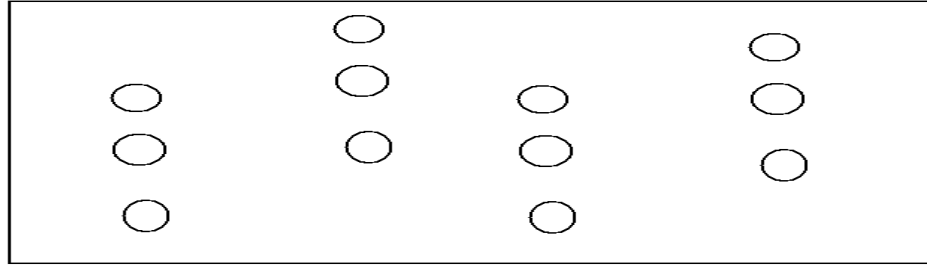
بعد الانتهاء من تصميم المخططات الكهربائية وقبل البدء في تنفيذ الأعمال الكهربائية يتم اختيار المواد والتي ستستخدم في تنفيذ هذه الأعمال مثل اللوحات الرئيسية والفرعية والأسلاك الكهربائية والمفاتيح و يجب الحرص على اختيار مواد ذات جودة عالية وتعتبر من أهم الخطوات في تنفيذ المشروع هو حساب الكميات من مواسير أو أسلاك أو معلقات للإنارة وكثير من الأشياء بداخل مرحلة التنفيذ حيث نجد إن من أهم الأمور التي يجب مراعاتها في عمل مهندسين المواقع هو تحديد وطلب الكميات المطلوب توريدها للموقع بحيث تكون قيمتها دقيقة قدر المستطاع

حيث لطلب كميات مثل هذه المواد ، يتم الرجوع الى المخطط التنفيذي وتقدير اطوال المواسير بحسبة صغيرة كأن يتم اخذ طول معين REFERENCE ويتم ضربه بعدد الخطوط الموجودة مضافا اليه نسبة ١٠% ، وذلك من اجل تقدير اطوال الاسلاك والمواسير المطلوب توريدها لانجاز عمل ما ، ومع الممارسة تصبح عملية التوريد تلقائية واذا كانت بنسبة خطأ ٥% فان عملية التوريد تكون نسبيا دقيقة . ومن اجل توريد الوحدات المحسوبة عدديا ، فان من افضل الطرق هو الرجوع الى اوامر الاوتوكاد وتحديد الاوامر التالية :

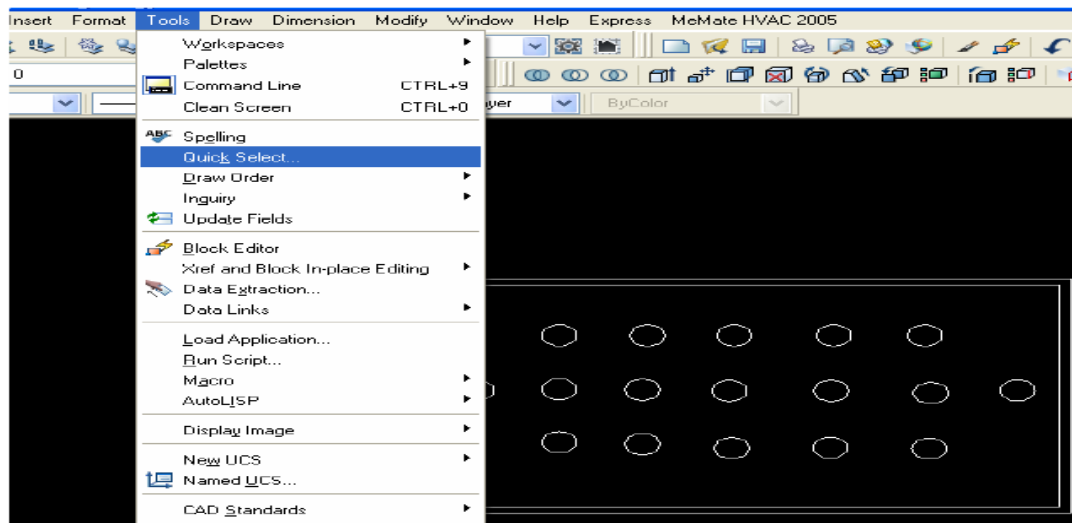
- Data extraction

- Quick select

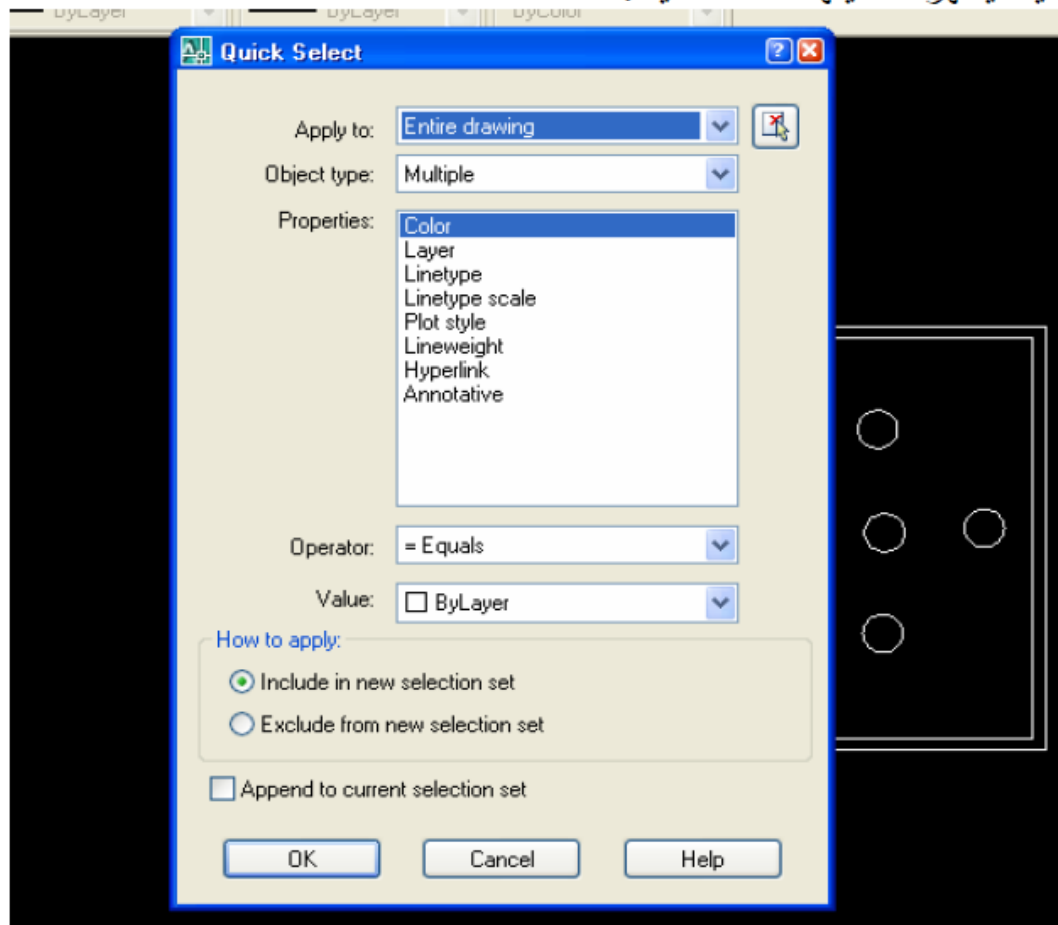
حيث يتم الحصول على العدد المطلوب بالتحديد من خلال حساب عدد ال blocks الموجودة في المخطط وفيما يلي شرح لما تم ذكره :



نفترض من الشكل اعلاه انه مخطط مشروع ما خاص بنظام الانارة ، حيث مركب spot light يرمز له بالدائرة المبينة في المخطط فمن اجل حساب كميات وحدات الانارة نقوم اولاً بالتأكد من الدائرة الممثلة لوحدة الانارة مسجلة على شكل block .
نختار بعدها الامر quick select من قائمة الاوامر tools كما في الشكل :



حيث يظهر لنا حينها النافذة التالية :

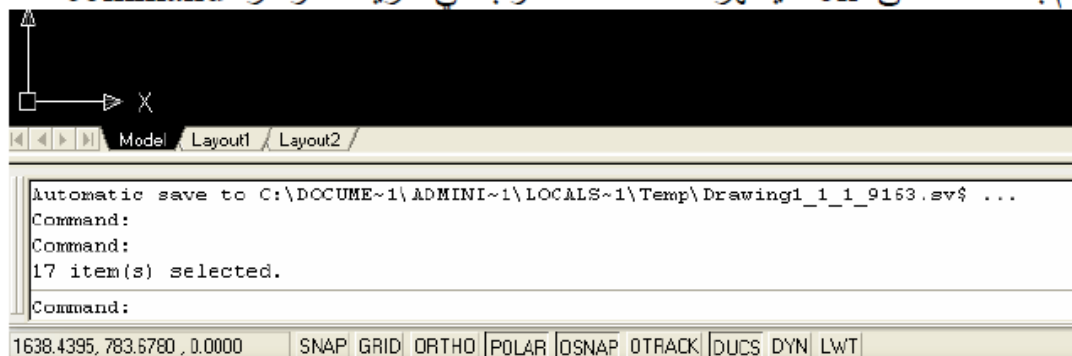


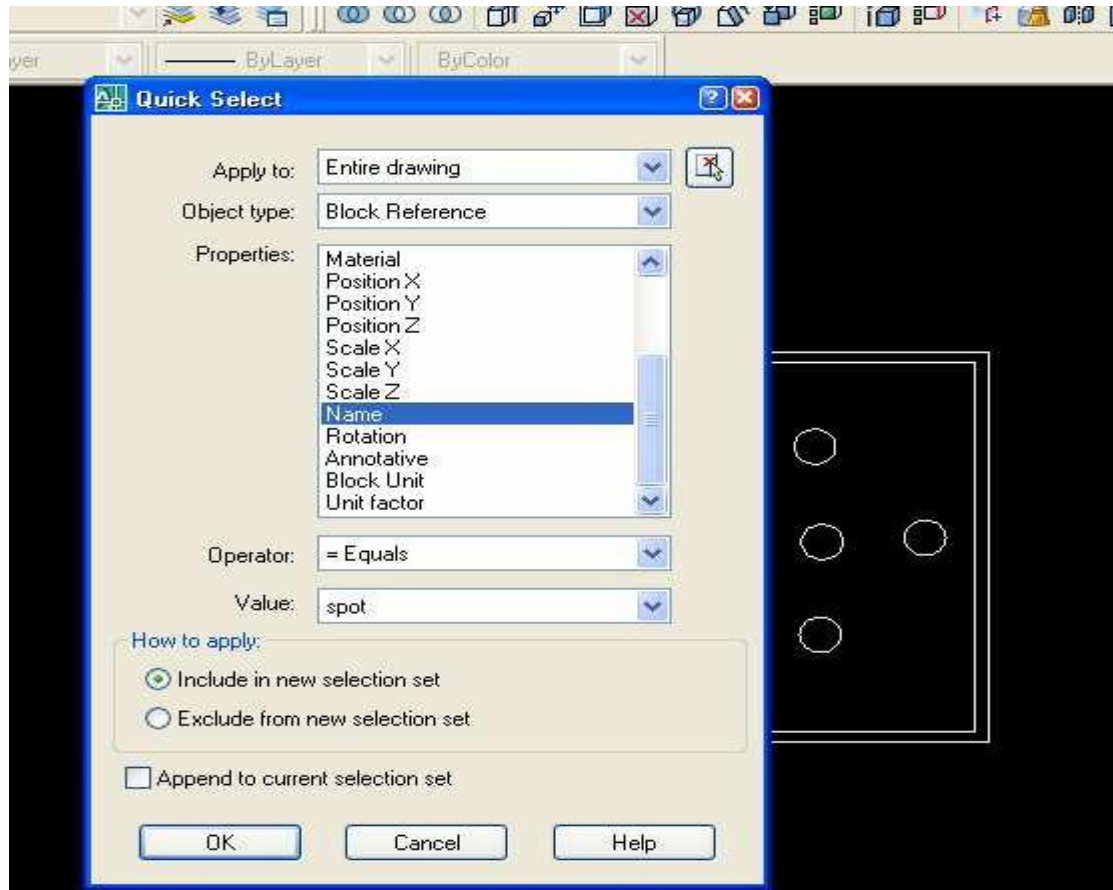
حيث نختار حينها الاختيار Block reference من خيار object type

والخيار name من properties

ونختار اسم ال block المراد حسابه من خلال value

ثم بالضغط على ok ، يظهر لنا العدد المطلوب في شريط الاوامر command



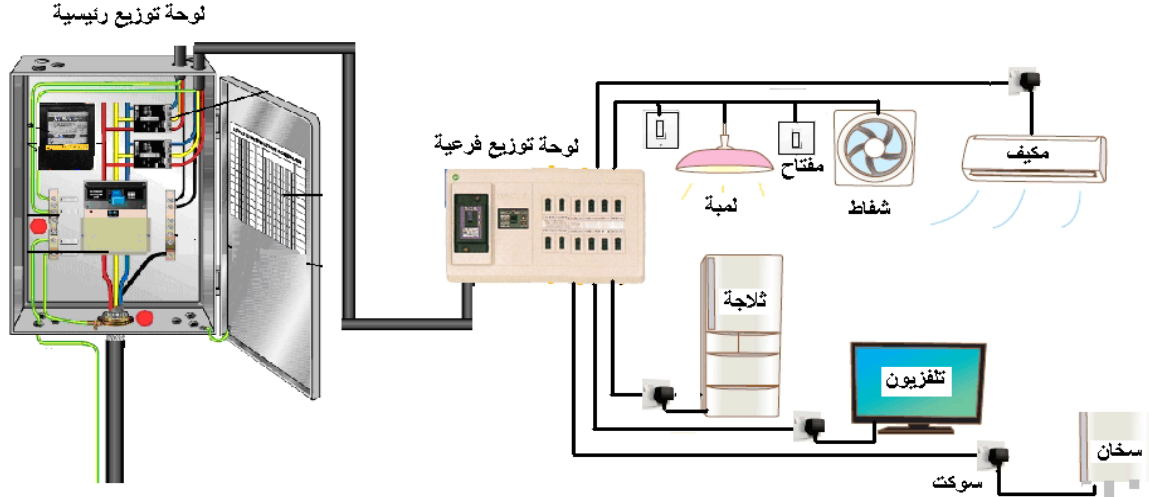


حيث بهذه الطريقة نستطيع معرفة جميع اعداد الوحدات ، كما يمكن معرفة اطوال الخطوط من خلال الامر Data extraction ، ويتميز الامر Data extraction بقابليته لاجراج العديد من المخرجات في ان واحد واخراجها على شكل ملف excel فيه اسم ال block والعدد ويراعى ايضا عند حساب الكميات المطلوب توريدها ان يتم عمل check double بعد انتهاء العمل وذلك من اجل تفادي حصول اي خطأ. ونذكر هنا ان عملية طلب كميات المواد ليست بالعملية السهلة وتحتاج الى دقة وتركيز ، وقد تكلف الشركة الكثير في حال حدوث خطأ ما ، كتوريد بضاعة اكثر من المطلوب ، خاصة في الوحدات غالية الثمن

و يتم البدء في تنفيذ الأعمال الكهربائية مع بداية العمل في الهيكل الإنشائي بالمبنى وسنحاول في هذا الفصل تبسيط وشرح خطوات تنفيذ الأعمال الكهربائية وذلك عن طريق تقسيمها إلى أجزاء فنبدأ بشرح خطوات تركيب اللوحات الرئيسية واللوحات الفرعية بالمبنى ومن ثم سنتطرق إلى خطوات تركيب شبكة الأنابيب البلاستيكية المفرغة وسحب الأسلاك مروراً بتركيب وسائل التأريض وانتهاء بفحص التيار الكهربائي.

الخطوة السادسة مرحلة التنفيذ والبدء بالعمل

فبل البدء في تنفيذ الأعمال الكهربائية نحسب أن نوضح بعض المكونات الأساسية المستخدمة لعمل التمديدات الكهربائية للمنشآت السكنية والصناعية



لوحات التوزيع

تنقسم اللوحات الكهربائية بالمباني إلى لوحات رئيسية ولوحات فرعية. واللوحات الرئيسية هي اللوحات التي يصل لها التيار الكهربائي من خلال كابل الوزارة. واللوحات الفرعية هي اللوحات المنتشرة بالمبنى وتتغذى بالكهرباء من اللوحة الرئيسية. وسنتطرق بالشرح إلى مكونات هذه اللوحات وكيفية تركيبها كما يلي:

1- اللوحات الرئيسية :

اللوحة الرئيسية تعتبر هي بوابة دخول التيار الكهربائي للمكان الموضوعة به من بناية سكنية أو فيلا أو مصنع ولذلك يوجد نوعين من لوحات التوزيع الرئيسية وهما :

لوحة التوزيع الرئيسية:

تحدثنا عنها سابقا و تعتبر من أهم مكونات الأساسية للشبكة الكهربائية وهي عبارة عن هيكل من الحديد المغلف بالصاج المطلي بإصباغ خاصة تتحمل الحرارة والرطوبة ويكون محكم الغلق وله باب يتحكم في غلقه وفتحه ذو قفل خاص تثبت بداخلها قضبان التوزيع الكهربائية التي يجب أن تكون ذات بنية ميكانيكية متينة بحيث تكون قادرة على تحمل الاجهادات الميكانيكية والكهربائية الناتجة من حدوث القصر وأيضا يتم تصميم القضبان العمومية لتحمل الجهد المتغير حتى 500 فولت بتشغيل متواصل وتردد مقداره (50) هرتز و يتم تركيب هذه اللوحة على قواعد إسمنتية بجوار غرفة المحولات حيث يتم تغذيتها من المحول من خلال قاطع الآلي من النوع الهوائي

ACB ثم يتفرع منها المغذيات الرئيسية التي تغذي اللوحات الفرعية الموزعة علي كل دور من ادوار المبني من خلال قاطع الآلي نوع MCCB

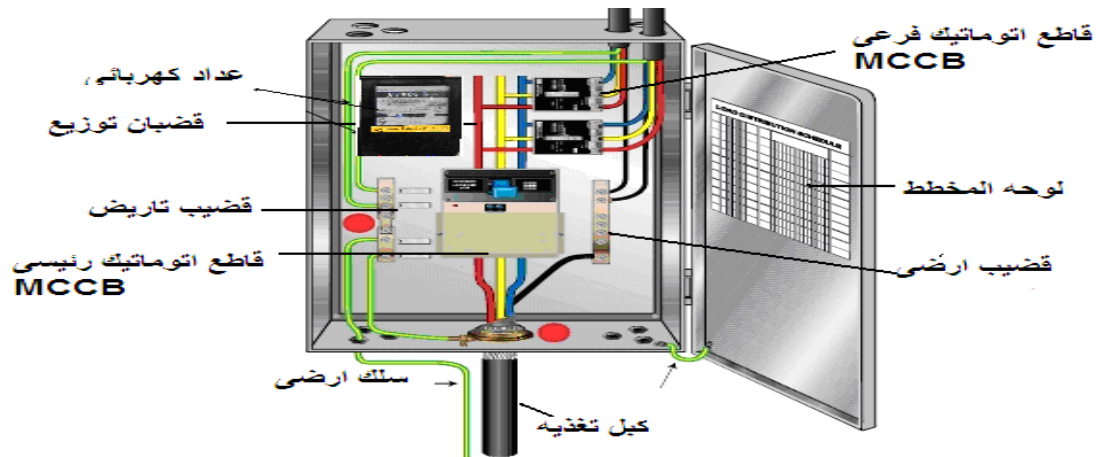
1- لوحات التوزيع الرئيسية علي شكل الدولاب

تعتبر هذه اللوحة هي بوابة الدخول لتغذية بناية سكنية أو مصنع لأنها تستمد التغذية مباشرة من خلال محول التوزيع وسميت تلك اللوحة بالدولاب لأنها تأخذ شكل الدولاب في الحجم وهذه اللوحة توجد بداخل غرفة مستقلة وتركب علي قواعد اسمنت



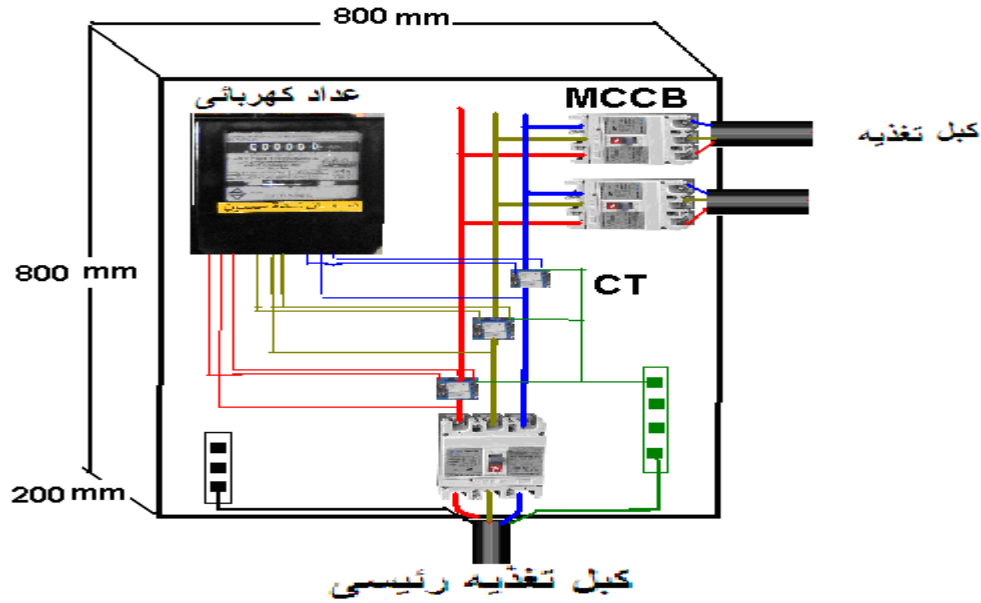
2- لوحات التوزيع الرئيسية علي شكل الشباك

تعتبر تلك اللوحة هي بوابة الدخول لتغذية الفيلا السكنية أو المنازل السكنية وتستمد تلك اللوحة التغذية من صناديق التوزيع الفرعية (البليز) و أول خطوة في تركيب هذه اللوحات هي وضع مواسير باللوحة تناسب خط التغذية الرئيسي القادم من البليز وهذه اللوحات تحتوي بداخلها علي العداد الكهربائي الخاص بحساب كمية استهلاك الطاقة الكهربائية للمبنى وقاطع رئيسي أو صندوق منصهرات (فيوزات) ومكان تركيبها علي السور الخارجي للمبنى ولذلك يطلق عليها الشباك حيث يكون ارتفاعها عن سطح الأرض تقريبا 120 سم. وهذا النوع من اللوحات يوجد منه أشكال كثير تحدد وفقا للمساحة كما سوف نوضح الآن



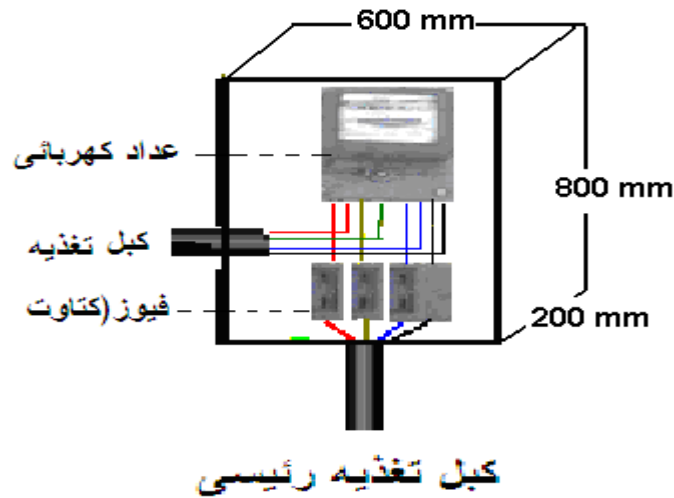
- لوحة توزيع 200*800*800

وهذه اللوحة تعتبر احد أنواع لوحات التوزيع الرئيسية والتي تتركب بداخل الحوائط لتغذية فيلا سكنية وهذه اللوحة تستمد التغذية من صناديق التوزيع الفرعية (البليز) وهذه اللوحة تحتوي بداخلها علي قاطع تيار رئيسي يخرج منه قضبان توزيع مركب عليها عدد 3 محولات تيار لتغذية عداد ثلاثي أوجه يحتوي علي 4 أسلاك و يوجد أيضا بداخل اللوحة عدد من القواطع الفرعية لتوزيع الحمل بداخل المنطقة السكنية والشكل القادم يوضح تلك اللوحة



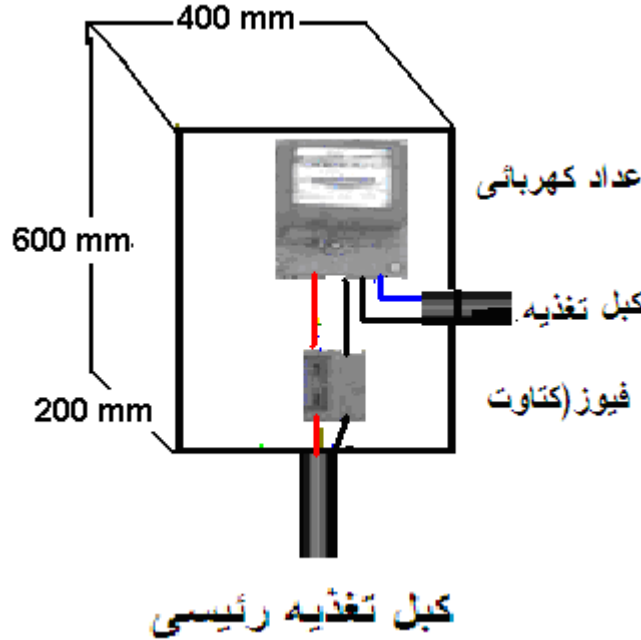
- لوحة توزيع 200*600*800

وهذه اللوحة تتركب بداخل الحوائط لتغذية فيلا سكنية تحتوي بداخلها علي العداد الكهربائي ثلاثي الأوجه ذو 4 أسلاك وأيضا يتركب بداخل تلك اللوحة 3 فيوزز ومعهما مشترك التعادل



- لوحة توزيع 200*400*600

وهذه اللوحة تتركب بداخل الحوائط لتغذية فيلا سكنية و يتم تركيب بها عداد ولكن من النوع ذات الوجه الواحد ذو 2 سلك ويتم تركيب به الفيوز والتي تسمى كتاوت

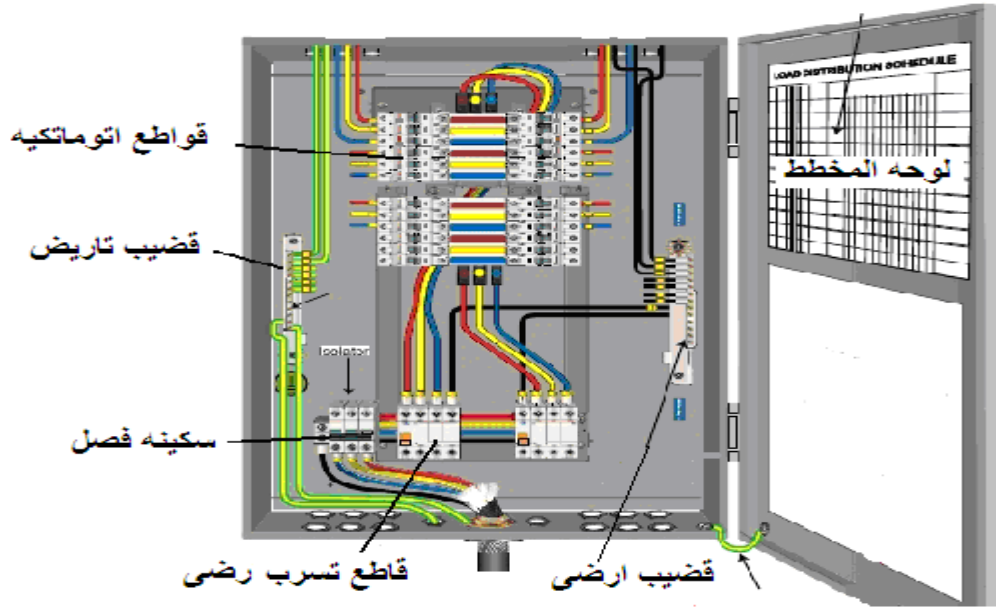


2- اللوحات الفرعية

ويتم التوصيل بين لوحات التوزيع الفرعية الموجودة داخل المبنى ولوحة التوزيع الرئيسية الداخلية للمبنى من خلال شبكة الأنابيب البلاستيكية والتي يمر بداخلها أسلاك كهربائية تحدد أقطارها بناء على الأحمال الكهربائية الخاصة بهذه اللوحات الفرعية ويخصص قاطع فرعي في اللوحة الرئيسية لكل لوحة فرعية وغالبا ما يتم تخصيص لوحة توزيع فرعية لكل دور بالمبنى حسب الأحمال الكهربائية الموجودة بالدور ويفضل أن تكون اللوحة منقسمة إلى قسمين قسم خاص بالإضاءة (Lighting) وقسم خاص بالقوى (power) ويقصد بالقوى السوككات وتتكون لوحات التوزيع الفرعية من:

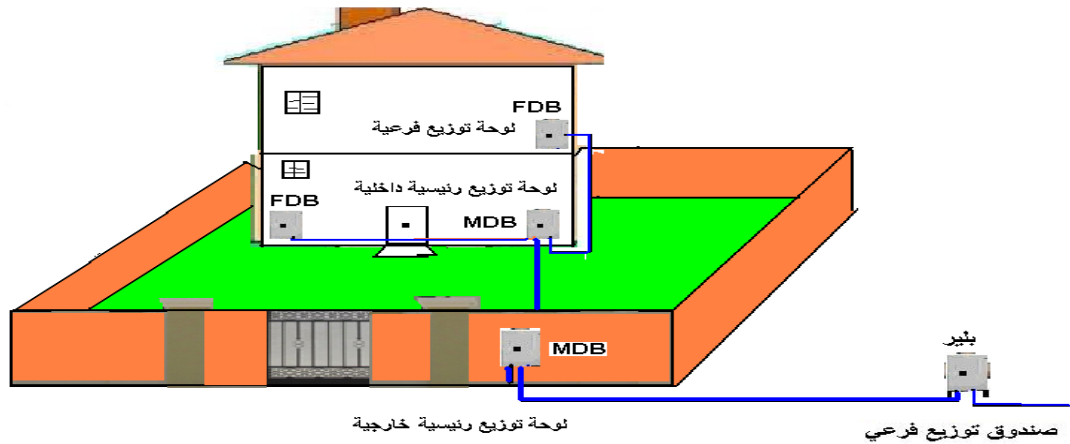
1. قاطع تيار يدوي غير أوتوماتيكي وهو مفتاح لفتح وإغلاق التيار عن لوحة التوزيع الفرعية
 2. قاطع تيار إلكتروني ويعمل على قطع التيار أوتوماتيكيا في حالة الإحساس بالقصر أو الإحساس بزيادة التيار وهو المكون الغالب على لوحات التوزيع حيث يحمي كل دائرة قاطع خاص وتحدد أحجام القواطع حسب الأحمال الكهربائية للدائرة.
 3. مانع التسرب الأرضي (Earth leakage) هو قاطع يعمل على مقارنة الأوجه الثلاثة وخط التعادل مع الأرضي فعند حدوث أي تسريب بقيمة معينة يتم الفصل الأوتوماتيكي.
- هذه الصورة القادمة توضح مكونات لوحة التوزيع النهائية (FDB) التي تمثل 3 بارات

جهد (R-Y-B) وباره جانبيه لخط التعادل (N) وباره من الجانب الآخر لخط الأرضي (E)

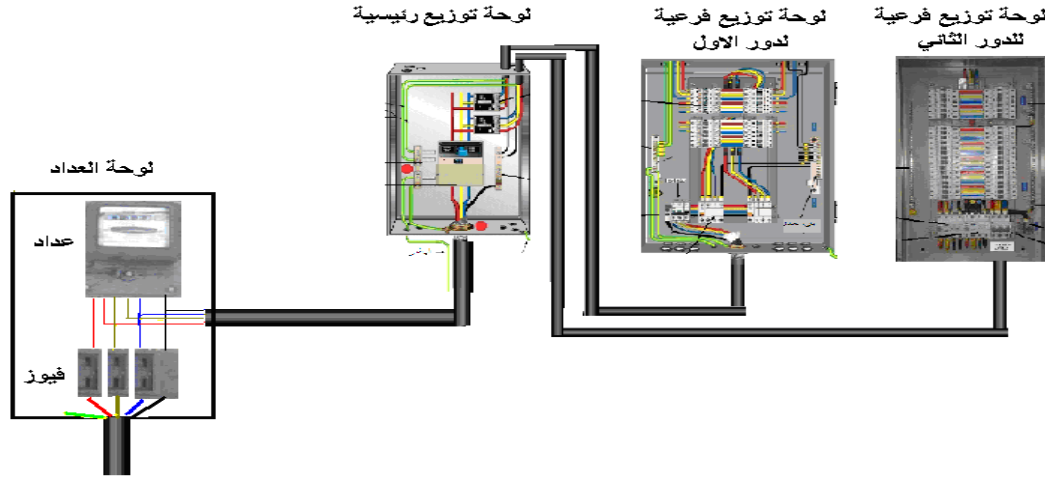


طرق التوصيل بين لوحات التوزيع الرئيسية ولوحات التوزيع الفرعية

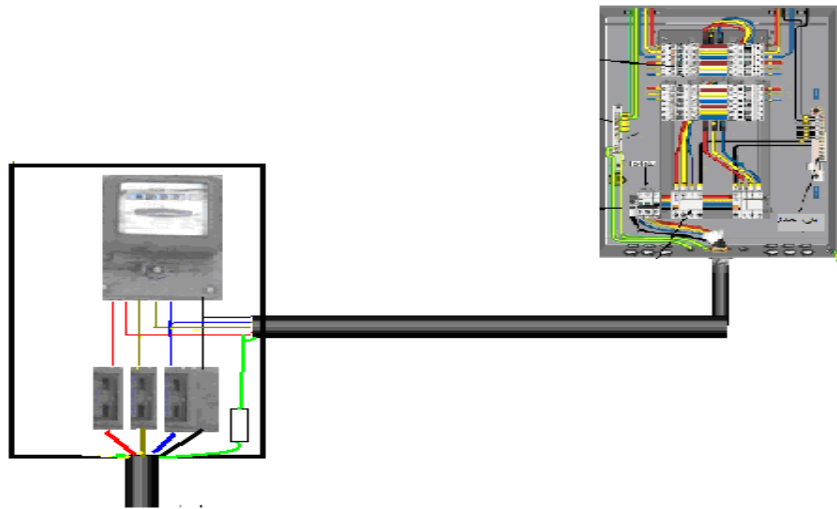
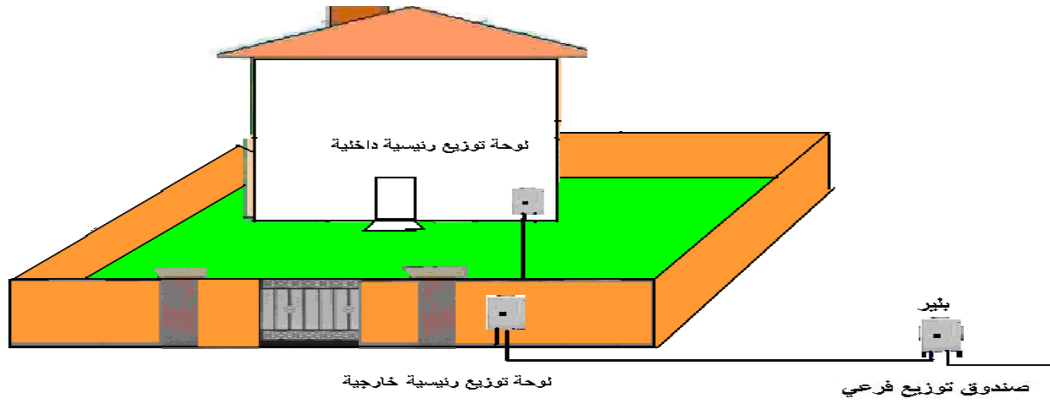
ثم يتم التوصيل بين اللوحة الرئيسية الخارجية واللوحة الرئيسية الداخلية بالمبنى بواسطة كابل كهربائي يحدد قطره بناء على الأحمال الكهربائية للمبنى. وتتكون لوحة التوزيع الرئيسية الداخلية بالمبنى من مجموعة قواطع رئيسية تسمى (M.C.B) وكل قاطع من هذه القواطع متصل بقاطع آخر داخل المنزل مثل قاطع السخانات المركزية وقاطع المصاعد وقاطع وحدات التكييف المركزية وقاطع لوحات التوزيع الفرعية. ويجب أن تكون بعيدة عن أي مصدر مياه بمسافة لا تقل عن مترين. فإذا كان المنزل السكني يتكون من طابقين فإن يوجد عدد 2 من لوحات التوزيع الفرعية وفي تلك الحالة يوجد لوحة توزيع رئيسية داخلية غير لوحة التوزيع الرئيسية المركبة على السور الخارجي كما هو موضح بالشكل القادم



هذه الصورة توضح كيفه دخول الكهرباء إلي منزل بداية من الفيوز والعداد ولوحه التوزيع الرئيسية ثم لوحات التوزيع الفرعية



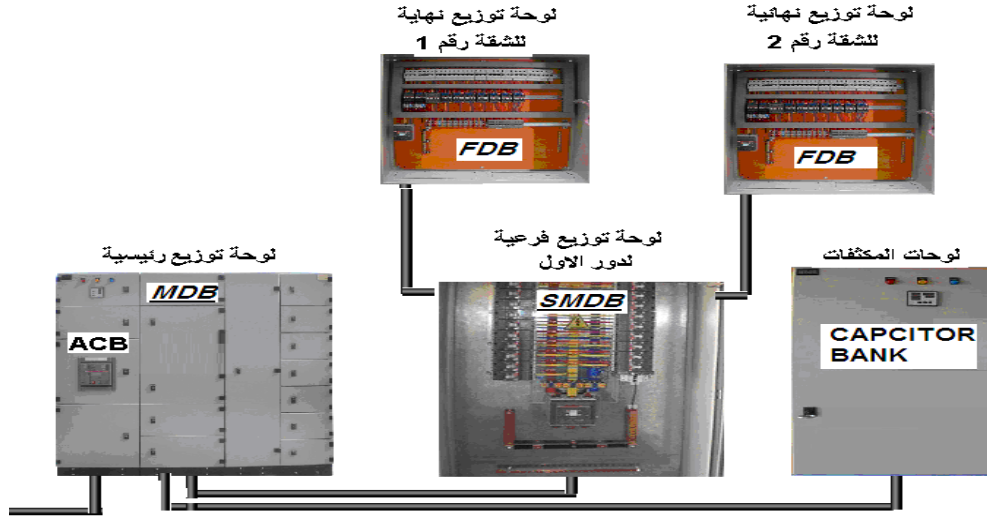
وكثير في حالة الأحمال الصغيرة يتم التوصيل مباشرة من لوحة العداد إلي اللوحة الفرعية التي تركيب بها قواطع MCB كما يوضحها الشكل الآتي .



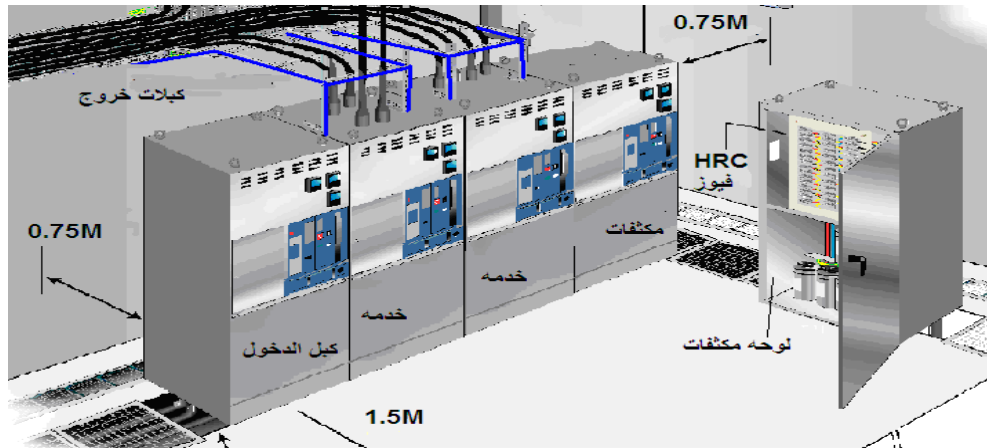
الصورة القادمة توضح كيفية ربط لوحة على هيئة خلايا والتي تحتوى على 3 خلايا وهي خلايا اللوحة الرئيسية (MDB) وخلايا اللوحة الفرعية (SMDB) وخلايا لوحات المكثفات (CB)



الصورة القادمة توضح كيفه ربط لوحة التوزيع الرئيسية (MDB) مع لوحة مكثفات (CB) مع لوحة التوزيع الفرعية (SMDB) مع لوحة التوزيع النهائية (FDB)



- هذه الصورة توضح المسافة المسموح بها بين الجدران واللوحات الكهربائية



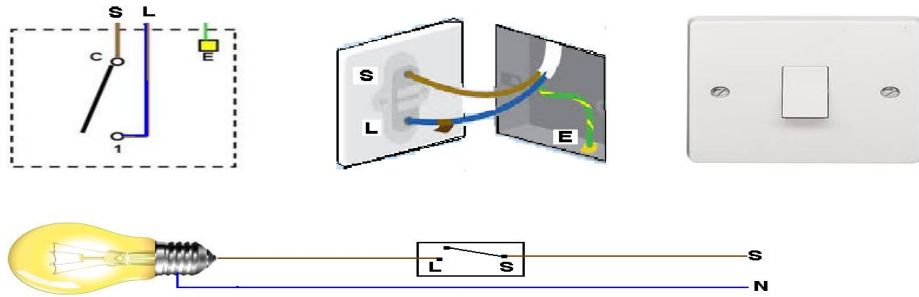
2- المفاتيح الكهربائية

المفاتيح هي وسيلة فصل وتشغيل الأجهزة الكهربائية حيث تعتبر الوسيلة التي تمرر من خلالها التيار الذي يغذى الأجهزة حيث يجب أن يتحمل المفتاح التيار المار به حيث تتراوح قدرة المفتاح من 10 إلى 16 أمبير وأحياناً تصل إلى 30 أو 40 أمبير عند استخدام أجهزة التكييف والسخانات الكهربائية و عند وجود أجهزة إنارة حملها أكثر مما يتحملة المفتاح فإنها تتوزع على مفاتيح أخرى أما المفاتيح الخاصة بدورات المياه والحمامات فتوضع خارج الغرف

أنواع المفاتيح

1- المفتاح العادي أو المفتاح ذو الطرف الواحد: (One Way Switch)

وهو المفتاح الذي يقوم بالتحكم بمرور التيار لأنه مركب على الوجه أو السلك الحار (الحي)، وفي الحالات العادية يستخدم مفتاح 10 أمبير إذا لم يتعد الحمل 1200 واط، وتركب هذه المفاتيح عادة على وجه الحائط،



2- روكر (Rocker Type)

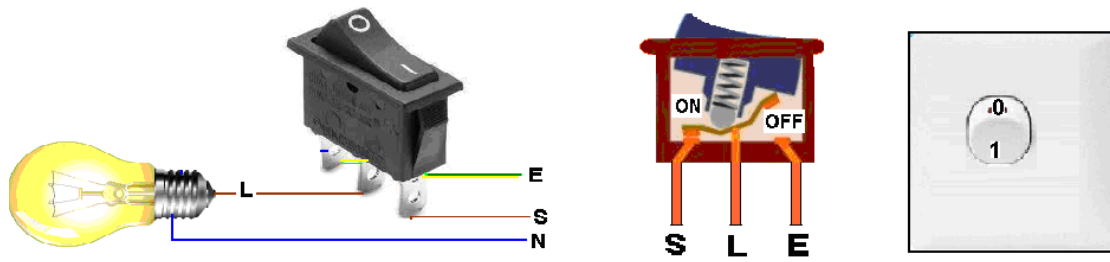
وفي هذا النوع يوجد مفتاح صغير في الكبسة، ينزلق ليقفل فتحة صغيرة مسبباً مرور التيار ما تم الضغط على المفتاح، ويتحرك بالعكس مانعاً التيار من المرور متى ما تم الضغط بالاتجاه المعاكس وهذا هو النوع المفضل في العمل وذلك لسهولة عملة ولكونه أقل عرضة للتلف كما تنص شروط ومواصفات الأعمال الكهربائية على استعمال المفاتيح المطرية "المقاومة للعوامل الجوية" في الحالات الآتية:

إذا كانت المفاتيح معرضة للعوامل الجوية كاستخدامها لإنارة السور مثلاً.

إذا كانت معرضة للرطوبة، كان تركيب داخل الحمام أو المطبخ مثلاً.

إذا كانت المسافة بين المفتاح وأقرب مصدر للماء لا تقل عن مترين، ونقصد بمصدر الماء

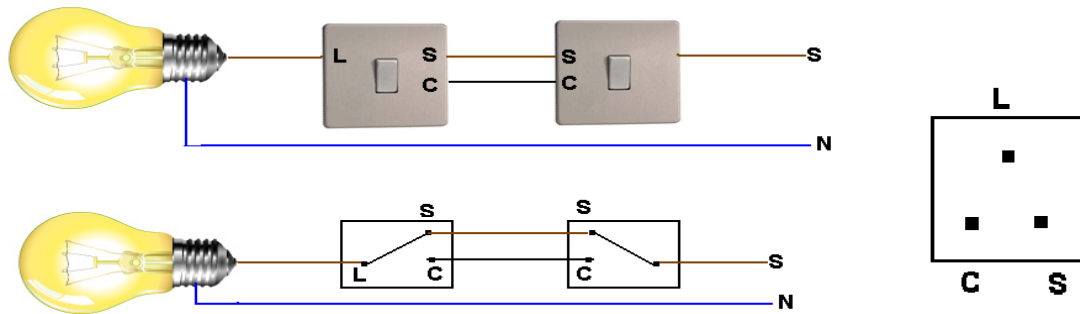
(مغسلة – حوض – صرف .. الخ)، أما إذا كانت المسافة أكثر من مترين جاز استعمالها بشكلها



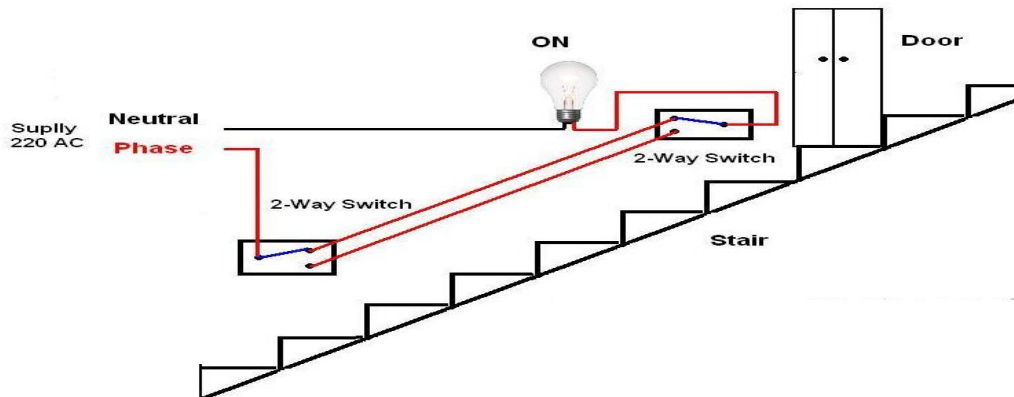
3- المفتاح ذو الطريقين (Two Way Switch)

أطلق عليه الاسم مفتاح ذو الطريقين لأنه يستخدم للتحكم في الدائرة من مكانين مختلفين كما في دائرة السلم أو عندما يكون هناك صالة أو قاعة كبيرة لها مدخلين مثلاً، حيث يستطيع الشخص إن يضيء اللبنة (اللمبات) من موضع ويطفئها من موضع آخر أو يضيء من الأسفل ويطفئ من الأعلى أو العكس

وعند النظر إلي هذا المفتاح من الخلف نجد ثلاثة براغ، الأول ويكتب عليه (Common)، وهذا البراغي في المفتاح الأول يوصل فيه السلك الحار القادم من لوحة التوزيع الفرعية، أما في المفتاح الثاني فيوصل في هذا البراغي السلك الحار المغذي للنبة ويوجد برغيان في المفتاح الأول يخرج منهما سلكين يصلان إلي البراغي نفسهما في المفتاح الثاني، ويطلق عليهما (Strapping wires)، ويقوم أحد هذين السلكين، وليس كليهما بتوصيل التيار للمفتاح الثاني حسب وضع المفتاحين ..



الصورة القادمة توضح كيفية استخدام مفتاح 2 طرف لإنارة درج السلم



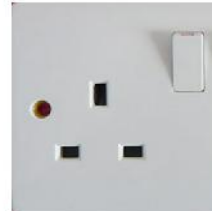
وتمنع المواصفات والشروط توصيل المفتاح مع السلك البارد (الحيادي أو المتعادل). ويعتبر ذلك مخالفاً لقواعد الأمن والسلامة المعمول بها في التمديدات الكهربائية وفي الحقيقة أن التوصيل الصحيح للمفتاح يجب أن يكون مع السلك الحار (الوجه)، فلو فرضنا أن شخصاً ما يحاول تبديل لمبة تالفة وكان المفتاح موصلاً على السلك الحار وأغلق المفتاح فإن التيار لن يمر وسيكون ذلك الشخص بأمان أما عندما يوصل المفتاح على التوالي مع السلك البارد أو الحيادي فإن اللمبة لن تضيء لعدم اكتمال الدائرة إلا أن الجهد المطبق عليها يقدر بـ 240 فولتاً ولذلك فإن أي شخص يرغب بتبديل لمبة محروقة أو تالفة موصلة بهذه الطريقة قد يتعرض للصعق الكهربائي وبالتالي تتعرض حياته للخطر وتركب هذه المفاتيح عادة على الحوائط، ويتم التركيب بوضع علبة معدنية أولاً في الحائط توصل بها الماسورة ثم تغطي الماسورة بالمساح وتترك العلبة وعند الانتهاء من عملية المساح تكون حواف العلبة الخارجية متساوية مع المساح أو مغموسة فيه قليلاً وتكون المرحلة التالية بعد ذلك هي مرحلة سحب الأسلاك في المواسير ويوجد في العلبة المعدنية فتحات لموازنة العلبة حتى لا تكون في وضع معوج أو غير سليم، كما تحتوي العلبة أيضاً على فتحة صغيرة جانبية يربط بها براغي صغير مخصص للتوصيل الأرضي

3- البرايز أو المأخذ (الفيش)

السوكات تأخذ أسماء كثيرة منها البريزة والفيش والمأخذ وهي عبارة عن وسيلة لربط الأجهزة الكهربائية بالأسلاك المغذية لها وتوضع السوكات في أماكن يكثر بها استخدام الأجهزة الكهربائية لتزويد الأجهزة المختلفة بالتيار الكهربائي ومن تلك الأجهزة المكانس الكهربائية والتلفزيون والحاسب الآلي وغيرها وقد صممت فتحاتها بحيث لا يدخل بها إلا الرأس ذو المسمار المناسب وطريقه حساب قدرتها تعتبر طريقة تقريبيه حوالي 200 واط نظراً لعدم تشغيلها لجهاز واحد وإنما يتنوع تشغيل الأجهزة لها وتأتي البريزة على عدة أنواع وإشكال لتناسب جميع أماكن التركيب فمنها الغاطس ومنها السطحي ومنها ضد المطر



سوكت 3 ثقب دبل



سوكت 3 ثقب



سوكت 2 ثقب

مكونات السوكات الكهربائية

الفتحة الأولى هي التي تكون على اليمين والتي تتصل بالسلك الحي أو الحار (السلك البني)، وهو المتصل بمفتاح المأخذ، ويرمز له بالرمز (L).

الفتحة الثانية هي التي تكون على اليسار والتي تتصل بخط التعادل أو البارد (السلوك الأزرق) ويرمز له بالرمز (N).

الفتحة الثالثة هي التي تكون فوق الاثنين وهي خاصة بتوصيل الأرضي ويتصل بالسلوك الأرضي (السلوك الأخضر / الأصفر)، ويرمز له بالرمز (E).

أنواع السوكات الكهربائية

1- من حيث نقاط الاتصال

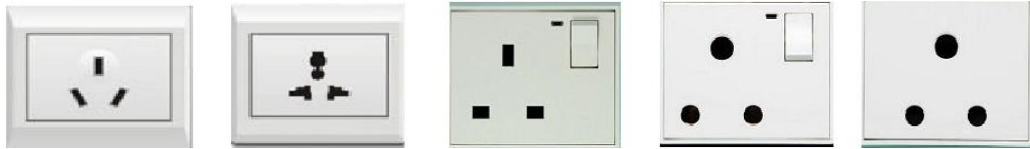
A- سوكت ثنائي

هو سوكت له ثقبين أحدهما الوجه والآخر خط التعادل ويكون بقدرة 10 أمبير



B- سوكت ثلاثي

هو سوكت له ثلاث ثقوب الأول للفاز والآخر لخط التعادل والأخير لخط التأسيس ويتراوح تيار من 10 إلى 16 أمبير



2- من حيث شكل نقاط الاتصال

نقطه اتصال مستطيلة – نقطه اتصال دائرية

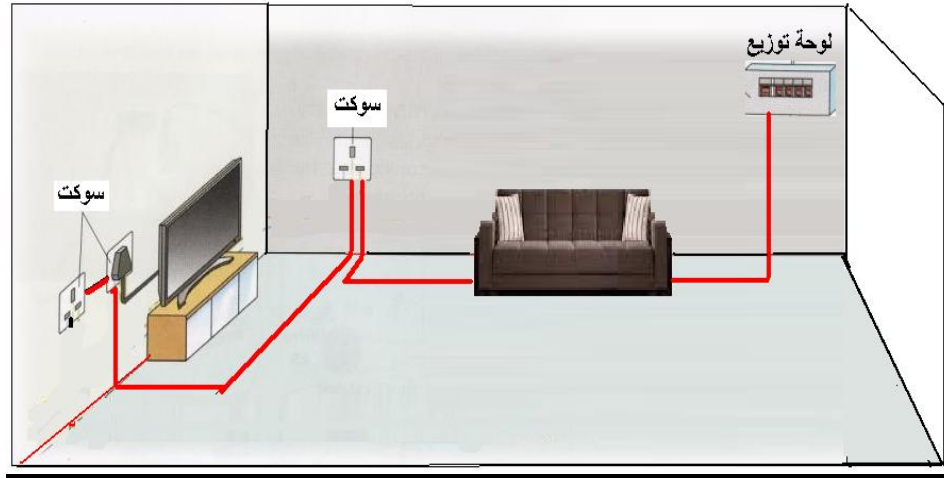


طرق توصيل السوكات في الدائرة الكهربائية

1- طريقة التوصيل على التوالي

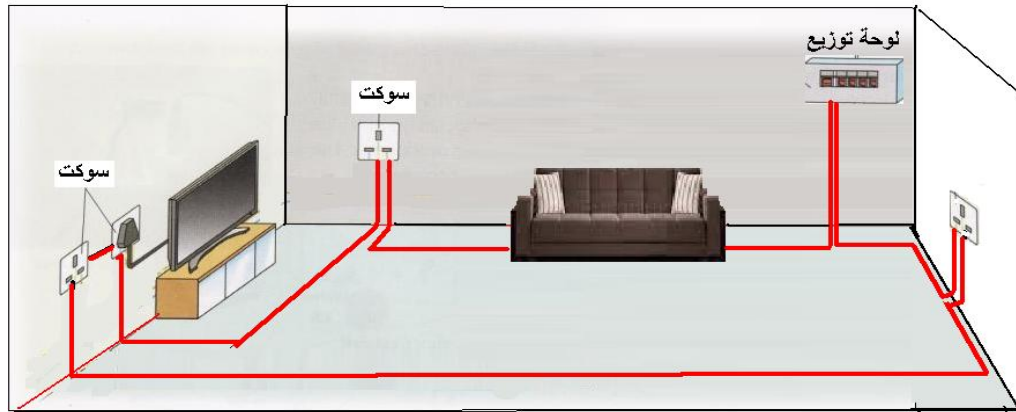
التوصيل على التوالي يعني إن التغذية من اتجاه واحد و يتم التوصيل بهذه الطريقة في حالة إن يكون عدد السوكات اقل أو يساوي 3 سوكات ويتم استخدام قاطع تيار 20 أمبير لحماية دائرة بشرط إن لا يزيد حملها عن 5 كيلو واط أو عدد السوكات يكون في مساحة لا تزيد عن 50 مم² يتم حماية تلك السوكات عن طريق تركيب قاطع تيار بقدرة 20 أمبير ويتم التوصيل بين

السوككات وبعضها بواسطة سلك مساحة مقطعة يتراوح ما بين 2.5 إلى 4 مم² ويفضل 4 مم² لتنوع الأجهزة



2- طريقة التوصيل على التوازي (الحلقة المغلقة)

التوصيل على التوازي يعني إن يتم التغذية من كلا الجانبين ويفضل استخدام تلك الطريقة عند زيادة عدد السوككات عن 3 بحد أقصى 8 سوكات أو قدرة 7 كيلو واط أو في مساحة 100 مم² حيث يتم تركيب قاطع تيار من نوع MCB لحماية تلك الدائرة وتتراوح قيمته ما بين 20 إلى 32 أمبير ويتم التوصيل بين السوككات وبعضها بواسطة سلك نحاسي معزول مساحة مقطعة هي 4 مم² أما لو زاد عدد السوككات عن 8 يفضل عمل دائرة ثانية ويركب قاطع بقدرة 30 أمبير



وملخص ما سبق عن السوككات أو كما يطلقون عليه البريزة

- 1 - يتم تجميع من 4 أي 6 سوككات على الدائرة الواحدة بحد أقصى 7 كيلو واط .
 - 2 - السوككات العادية تكون 16 أمبير.
 - 3 - سوككات السخانات أو الغسالات 20 - 25 أمبير.
 - 4 - سوككات التكييف تكون على حسب نوع التكييف
- تكييف صغير القدرة تكون برايز بقدرة 20-25 أمبير

- تكييف كبير أو متوسط القدرة تكون برايز بقدرة 32 أمبير

5 - أسلاك السوككات العادية تكون 4 مم² وتكون 3 أسلاك (فازه - تعادل - ارضي)

6 - ارتفاع السوكك من 30 إلى 45 سم من التشطيب النهائي للأرضية

7- يجب أن لا تتجاوز المساحة الأرضية للحلقة الواحدة عن 100 متر مربع

تركيب السوككات

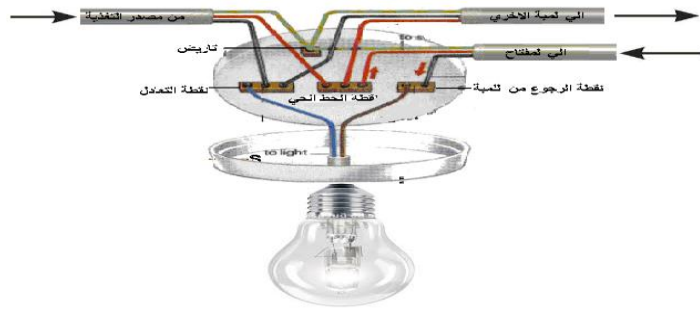
عند تركيب السوككات ليس لها إبعاد ثابتة فارتفاعها مختلف باختلاف المشروع ولها أكثر من موقع فقد تكون جانبيه أو علي ارتفاع منخفض 45 سم أو علي ارتفاع عالي 150 سم أو أحيانا تكون فوق السقف المعلق لتغذية المكيفات والسخانات ولكن بالنسبة للمنازل السكنية فاغلب أماكن تركيبها يكون علي بعد 45 سم من الأرض

سحب الأسلاك بالسوككات

عملية سحب الأسلاك تكون سهلة جدا في المآخذ حيث يتم سحب سلك الفاز والتعادل والارضي من اللوحة إلي أول سوكك ثم إلي المآخذ الذي يليه وهكذا

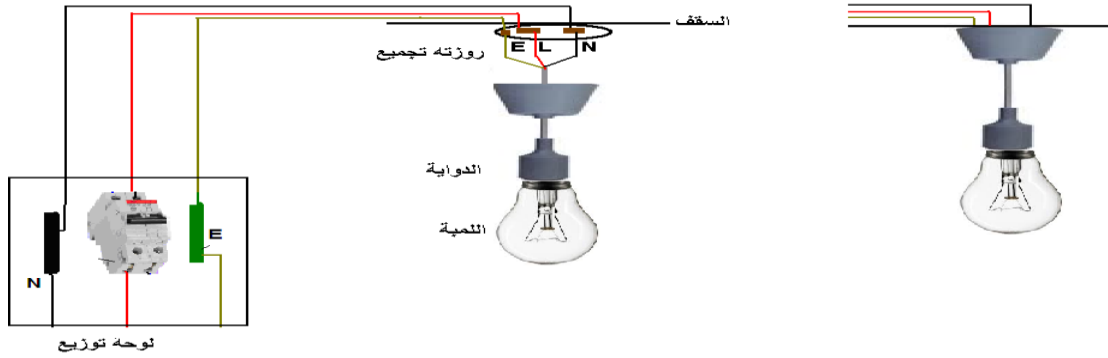
4- وردات السقف: (Ceiling Roses)

تستخدم وردات السقف كوسيلة أمان للربط بين الأسلاك التي تكون بالسقف وبين الأسلاك المرنة المستخدمة في وحدات الإضاءة المعلقة وهي عادة ما تصنع من البلاستيك و تحتوي هذه الوردات على مسمار السلك الحار (الوجه) ومسمار السلك البارد (التعادل) وأيضا مسمار يربط به السلك الأرضي كما بالشكل القادم



ويوجد غطاء واقى يمنع وصول أي جسم إلي الأجزاء الحية من التمديدات وتحتوي وردة السقف على فتحة خلفية يتم إدخال أسلاك التمديدات منها وربط كل سلك مع البراغي المخصص له حسب ما هو موضح على العلبة وبعد ذلك يتم تثبيت وردة السقف بالعلبة الدائرية المخصصة لها عن طريق مسمار تثبيتي جيداً. أما الفتحة الأمامية يتم عن طريقها إدخال السلك المرن وربط كل موصل فيه مع البراغي المخصص له وبذلك يكون كل سلك مربوطاً مع مثيلة من أسلاك

التمديدات وبهذه الطريقة يتم الاتصال بين أسلاك التمديدات والسلك المرن عن طريق وردة السقف ويكون الاتصال بهذه الطريقة سليماً ومحكماً،



الدواية (حاملات اللمبة)

لا يتم تثبيت أجهزة الإنارة بالسقف مباشرة ولكن يتم من خلال جسم يطلق عليه اسم الدواية حيث بعد ربط السلك المرن بوردة السقف من جهة ومن الجهة الأخرى يتم ربطه بالدواية ويتم تثبيت اللمبة بداخل الدواية كما بالشكل القادم



ويعتمد شكل الدواية علي شكل قاعدة اللمبة فان كانت قاعدة اللمبة حلزونية تكون الدواية أيضاً حلزونية حيث يتم تركيب اللمبة بها عن طريق اللف إما لو كانت قاعدة اللمبة من النوع المسماري فيكون شكل الدواية أيضاً من النوع المفتوح حيث يتم تركيب اللمبة بها عن طريق اللف والتعشيق بين أطراف المسمار والإشكال الآتية توضح تلك الأنواع



قاعدة حلزونية



دواية حلزونية



قاعدة مسمارية



دواية مسمارية

ويستعمل هذا النوع من الدوايات مع اللمبات التي لا يتعدى حملها 200 واط وتصنع هذه الدوايات من البكالييت المقاوم للحرارة وأجزائها الداخلية مغطاة بالبورسلان ويوجد بداخلها نقاط الاتصال

ويكون بعد الدواية عن السقف يتراوح ما بين 10 إلى 15 سم أما في حالة استخدام الدواية في الحمام أو المطبخ يجب أن تكون على مسافة لا تقل عن 2.5 متر من الأرض كما يجب أن تبعد مسافة لا تقل عن 2 متر عن أي مصدر للماء إما في حالة الضرورة استخدام الدواية في مكان يكثر فيه استخدام المياه كالحمامات والمطابخ يجب أن يكون بعيداً عن متناول اليد ويكون محمياً بشكل جيد يصعب الوصول إليه ويصعب وصول الماء والرطوبة إلى الأجزاء الحية "المتصلة بالسلك الحار"، كما ينبغي في حالة استعمال حامل معدني أن يؤرض هذا الحامل.

5- أنواع وحدات الإضاءة

عند اختيار وحدات الإضاءة يجب مراعاة أن تكون متينة وسهلة الفك والتركيب وألا ينتج عنها سخونة عالية لوحدة الإضاءة أو الغطاء الخاص بها وكذلك سهولة تنظيفها وصيانتها وتنقسم وحدات الإنارة من حيث التعليق إلى ثلاث أنواع وهي :

1- الأجهزة المعلقة في السقف

2- الأجهزة المعلقة على الحائط

3- الأجهزة حرة التعليق (موضوعة على الطاولة أو الأرضية)

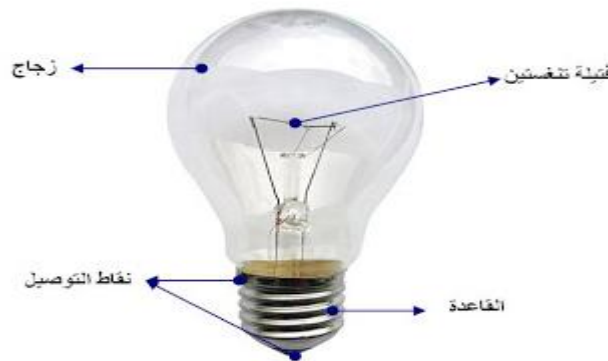
وأيضاً يوجد نوعان رئيسيان للمبات وهما اللمبات الساطعة واللمبات الفلورية

أولا اللمبات الساطعة

يتم استخدامها عادة في إضاءة المنازل وتتميز بتوفير أضواء دافئة وناعمة ولكنها تتعرض للسخونة وتعرض للاحتراق بسرعة وتستهلك كهرباء وأشهرها اللمبة العادية المتوهجة

- المصابيح المتوهجة (لمبات الإنارة العادية)

وتعتبر من أقدم وأكثر الأنواع انتشار وتكون بقدرة 100 واط وهي تتكون من سلك وهاج يعرف باسم الشعيرة حيث تصنع الشعيرات من مواد معدنية تقاوم تدفق التيار الكهربائي. حيث يتدفق التيار الكهربائي خلال المادة ذات مقاومة عالية مثل الكربون Carbon أو النجستين Tungsten فتتولد حرارة عالية تجعل المادة تتوهج و تصبح ساطعة ومنيرة.



يتركب المصباح الكهربائي المتوهج من :

1- الفتيلة :

وهي مصنوعة من مادة التنجستين وهي التي تصل إليها الكهرباء وتجعلها تشتعل وتضيئ
2- سلك من الرصاص :

هو سلك يوصل الكهرباء للفتيلة مما يساعدها على الاشتعال وهي التي تسند الفتيلة

3- غاز حامل :

وهو الغاز الذي يحمي الفتيلة ويطيل عمرها وهو غاز لا يتحد مع اشتعال الفتيلة لأنه حامل

4- الزجاج :

وهو الذي يحصن الفتيلة ويمنع خروج الغاز أو دخول الهواء الجوى إلى الفتيلة لأنه إذا اتحد
الهواء مع الفتيلة سوف تحترق ويتلف المصباح

5- القاعدة :

وهي يمكن أن تكون حلزونية (قلاووظ) ومسمارية وهي التي تربط المصباح بالدواية

6- نقاط التوصيل :

هو سلك من الرصاص يوجد في طرف القاعدة ليوصل الكهرباء بالدائرة الكهربائية
عادة في الخطوط الكهربائية والأسلاك الرئيسية التي تصنع من مواد ذات مقاومة منخفضة مثل
نحاس أو الألمنيوم, لذلك في العادة هي لا تسخن ولا تتوهج

ثانيا اللامبات الفلورية

تستخدم عادة في المصانع ومكاتب العمل وأماكن العمل والمنازل السكنية وتتميز بان إضاءتها
شديدة ومحبة للعين وتتوفر منها العديد من الألوان والإشكال وتدوم لفترة أطول واستهلاكها اقل
للطاقة الكهربائية ومن أشهرها اللامبات الفلوريسنت و الهالوجين

A - اللمبة الفلوريسنت:

لماذا سميت تلك الأنواع من اللامبات باللمبة الفلوريسنت بسبب ظاهرة امتصاص الطيف فوق
البنفسجي وانبعث الطيف المرئي بواسطة المواد الفسفورية ومن هنا أطلقت على هذه المصابيح
الفلوريسنت أو كما تسمى ضوء النيون وهي يكثر استخدامها في المنازل وفي المكاتب وفي
ترتيب المحلات التجارية والإعلانات التجارية وتعتبر اللامبات الفلوريسنت من أفضل أنواع
الإضاءة المستخدمة وذلك لتوافرها بإشكال وتصميمات مختلفة بالإضافة لرخص سعرها. كما
أن اللامبات الفلوريسنت تعتبر موفرة في استهلاك الكهرباء وأيضا موفرة من حيث التجهيز لها
.بمعنى أنك لا تحتاج أكثر من سلك 1.5 مم على الأكثر لإنارة 4 لمبات فلوريسنت 40 واط..
وتوجد لمبات الفلوريسنت بأطول 120 سم بقدرة 38 واط وبطول 60 سم بقدرة 18 واط



36 W – 120CM



18 W – 60 CM

ويمكن توصيل أكثر من لمبة فلوريسنت مع بعض توصيل توازي ويكثر استعمال ذلك النوع في حالة إنارة الأسقف المعلقة كما بالشكل القادم .



3 * 18 W



4 * 18 W



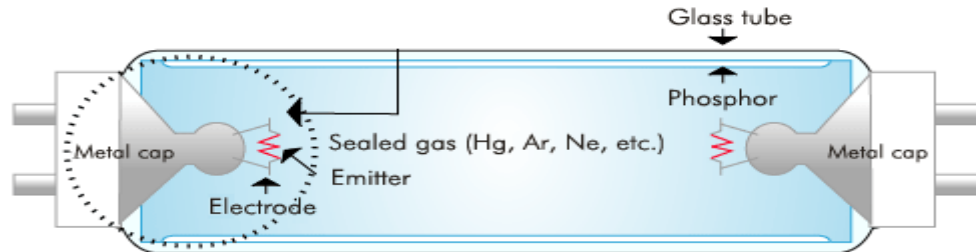
2 * 36 W

العنصر الأساسي في أنبوبة الفلوريسنت هي الأنبوبة الزجاجية المفرغة من الهواء وهذه الأنبوبة تحتوي بداخلها على عدد من جزيئات الزئبقي Hg وغاز حامل يطلق عليه اسم غاز الأرجوان Ar وكذلك تغطي سطح الأنبوبة الداخلي بطبقة من مادة فسفورية ويوجد على كلا طرفي الأنبوبة أطراف للتوصيل الكهربائي وهذه الأطراف تتصل بفتيلة حرارية تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية

أنواع اللمبات الفلوريسنت

1- اللمبة الفلوريسنت التي تعتمد على الملف الحراري EEFL

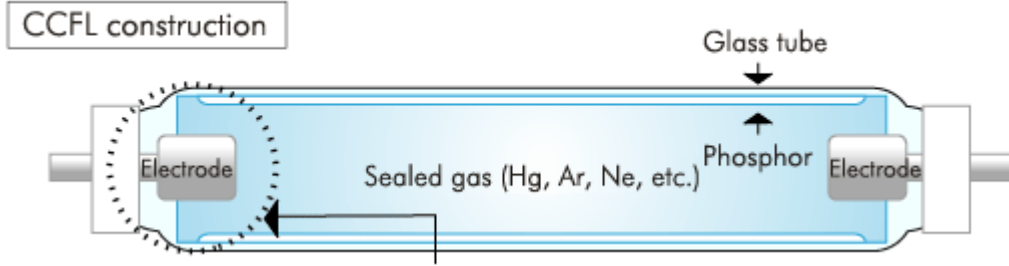
تسمى باللغة الانجليزية External Electro Fluorescent Lamps وهذا النوع يستخدم ملف حراري عند تسخينه يولد الكترونات تساعد على عملية التأين



2- اللمبة الفلوريسنت التي تعتمد على الكاثود البارد CCFL

تسمى باللغة الانجليزية cold cathode fluorescent lamp

مصباح الكاثود البارد تستخدم اسطوانية معدنية مغلقة من الداخل حيث يستطيع السطح الداخلي للأقطاب الباردة بقدرته على إنتاج الأيونات للوصول إلى بسرعة لحاله التأين بدون تسخين

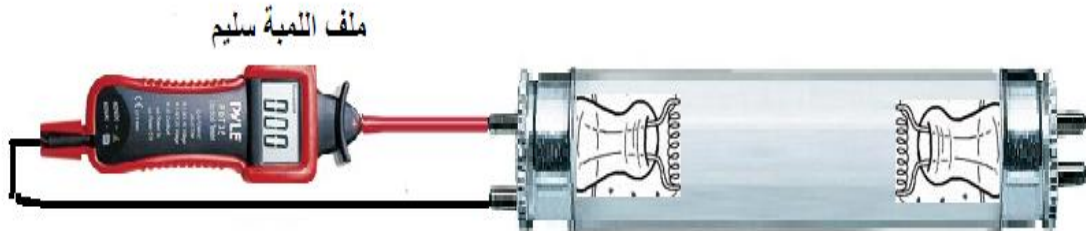


فكرة تشغيل اللمبة الفلوريسنت

حيث بمجرد توصيل التيار الكهربائي على طرفي التوصيل تسخن الفتيلة وتتطلق الإلكترونات منها حيث تتزايد سرعتها تحت تأثير فرق الجهد الكهربائي المطبق على طرفي الأنبوبة والذي يبلغ 240 فولت فيحدث تصادم بين هذه الإلكترونات وبين غاز الأرجون فيحدث تأين له و يشكل دائرة كهربائية يمر فيها التيار خلال غاز الأرجون وعندما تصطدم الإلكترونات مع ذرات الغاز الزئبقي داخل الأنبوبة الزجاجية فتأثر ذرات الزئبقي حيث تنتقل الإلكترونات من مدار إلى مدار آخر ذات طاقة أعلى ولكن هذه الإلكترونات تعود مره أخرى لمداراتها الأصلية مصاحبة بضوء ولكن هذا الضوء غير مرئي ولذلك فهو لا يصلح للإضاءة ولهذا يجب تحويله إلى ضوء مرئي عن طريق اصطدام الضوء الغير مرئي بالغطاء الفسفوري ليظهر الضوء الأبيض والذي هو خليط من ألوان الطيف السبعة ونتيجة للحركة المستمرة للفوتونات الضوئية فيحدث الارتفاع الطيف في درجة حرارة الأنبوبة الفلوريسنت

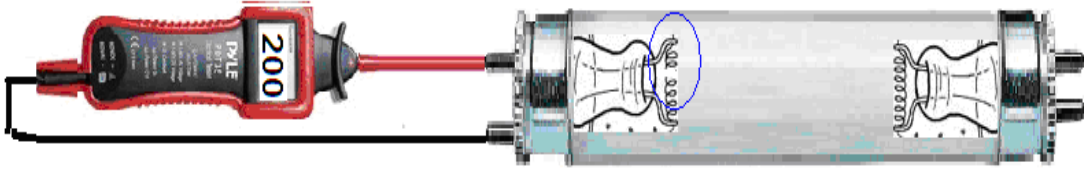
اختبار اللمبات الفلوريسنت

كما عرفنا سابقا بان اللمبة هي عبارة عن أنبوبة تحتوي بكلاً نهايتها علي ملف حراري ويتم الاختبار عن طريق التأكد من سلامة ذلك الملف الحراري عن طريق توصيل جهاز الاختبار بين أطراف الملف الحراري فإذا أعطي مقاومة صفر تدل علي الاستمرارية كما بالشكل القادم

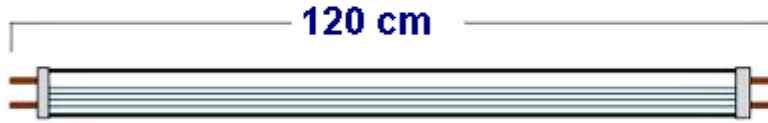


ولكن عند إجراء ذلك الاختبار وأعطى جهاز الاختبار مقاومة عالية يدل ذلك علي وجود قطع بالملف كما بالشكل القادم

ملف اللمبة مقطوع



إبعاد وأطوال اللمبة الفلوريسنت



بدء الإشعال (الستار تر)

هو عبارة عن مصباح ضوئي صغير مثل فلاش الكاميرا يحتوي على طرفين من سلكي من معدنين مختلفين يتأثران بدرجة الحرارة حيث عند ارتفاع درجة الحرارة نتيجة لمرور التيار يحدث تمدد لهما وبيتعدان عن بعضهما أما في حالة البرودة فينكمش المعدنان ويتلامسان مع بعضهما البعض

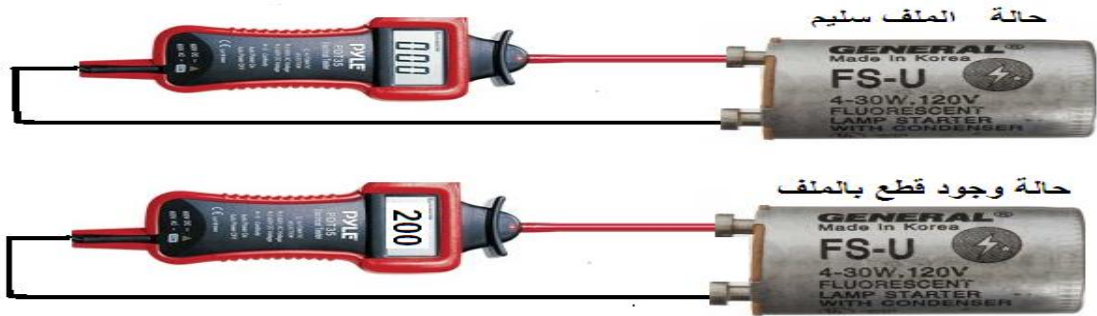


كيفية تركيب الستارتر



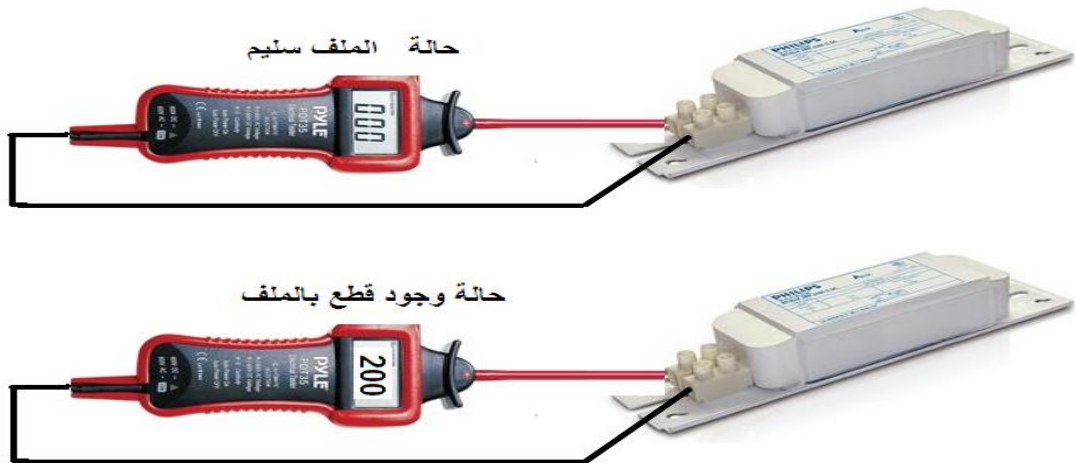
اختبار الستارتر

يتم اختبار الستارتر بواسطة جهاز الاختبار حيث يتم توصيل أطراف جهاز الاختبار مع أطراف الستارتر كما موضح بالشكل



الملف الخائق (ترانس)

هو عبارة عن ملف وظيفته رفع الجهد إلى قيمة عالية تصل حتى 1000 فولت بحيث يصبح كافي لتأين الغاز وإضاءة اللمبة وتختلف قدرة الملف الخائق على حسب طول اللمبة حيث لمبة طولها 120 سم تتركب لها ملف قدرته 40 واط و أستار تر 40 واط أيضا أما لو كان طول اللمبة هي 60 سم يتركب لها محول قدرته 20 واط و أستار تر 20 واط وأحيانا يمكن تركيب لمبتين بطول 60 سم على محول خائق واحد بقدرة 40 واط الشكل القادم يوضح كيفية اختبار محول



طريقة تشغيله

من المعروف أن غاز الأرجون لا يوصل التيار الكهربائي إلا إذا أصبح متأين حيث عند بدء تشغيل مصباح الفلوريسنت يبدأ التيار الكهربائي في المرور من خلال الستار تر لان الغاز داخل الأنبوبة مازل عازل للتيار الكهربائي. يحدث بين طرفي سلك الستار تر تفريغ كهربائي ينتج عنه بريق ضوئي يعمل على تسخين السلكيين أحد هذين السلكيين يتمدد في اتجاه الطرف الآخر فيتلامسان ويمر التيار الكهربائي من خلالهما ويستمر مرور التيار في الستار تر إلي أن يتأين غاز الأرجون ويجد التيار الكهربائي مقاومة أقل في غاز الأرجون المتأين .عندها يتوقف مرور التيار في الستار تر ومن ثم يبرد الستار تر وينكمش السلك ليبتعد عن السلك الآخر. وينتهي دوره إلي أن يعاد تشغيل المصباح في المرة القادمة. يمكنك فكه بعد إضاءة ضوء المصباح وستجد إن المصباح لا زال يعمل

أهمية استخدام مكثفات مع لمبات الفلوريسنت

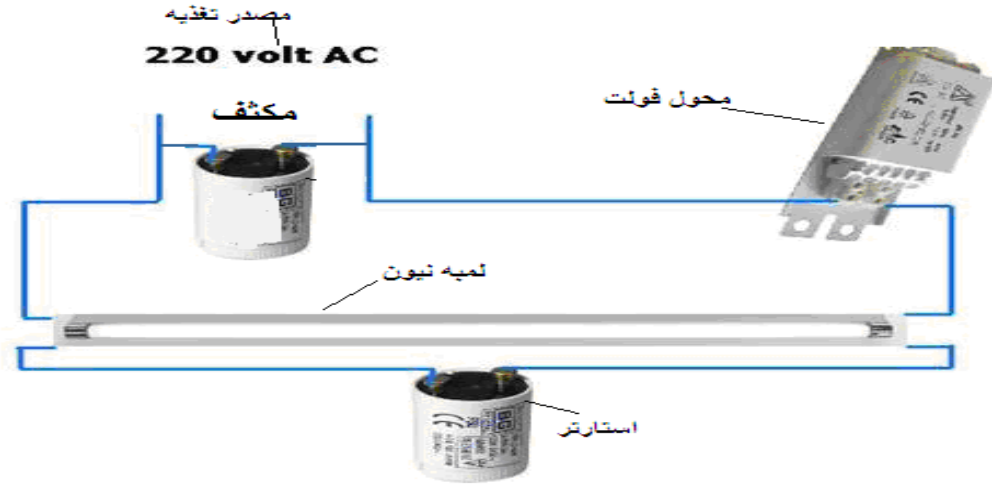
سوف نوضح الأهمية من خلال ذلك المثال
صندوق يحتوى على 3 لمبات فلوريسنت بطول 120 سم بقدرة 38 واط فما هي القدرة والتيار قبل تركيب مكثف وبعد تركيب مكثف

1- قبل تركيب مكثف

القدرة الحقيقية = $38 * 3 = 114$ واط
وتكون القدر الظاهرة = $114 / 0.5 = 228$ فولت أمبير
ويكون التيار هو $228 / 240 = 0.95$ أمبير

2- بعد تركيب مكثف

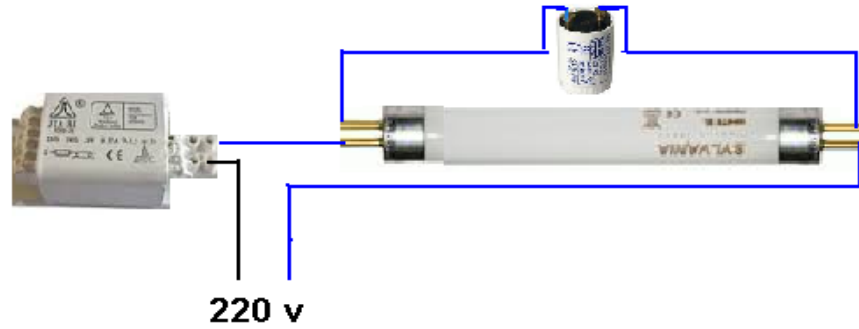
القدرة الحقيقية = $38 * 3 = 114$ واط
وتكون القدر الظاهرة = $114 / 0.85 = 134$ فولت أمبير
ويكون التيار هو $134 / 240 = 0.5$ أمبير
نلاحظ من المثال أن التيار قبل استخدام المكثف اكبر منه بعد تركيب المكثف وهذا يدل على أهمية استخدام المكثفات لتقليل التيار المسحوب



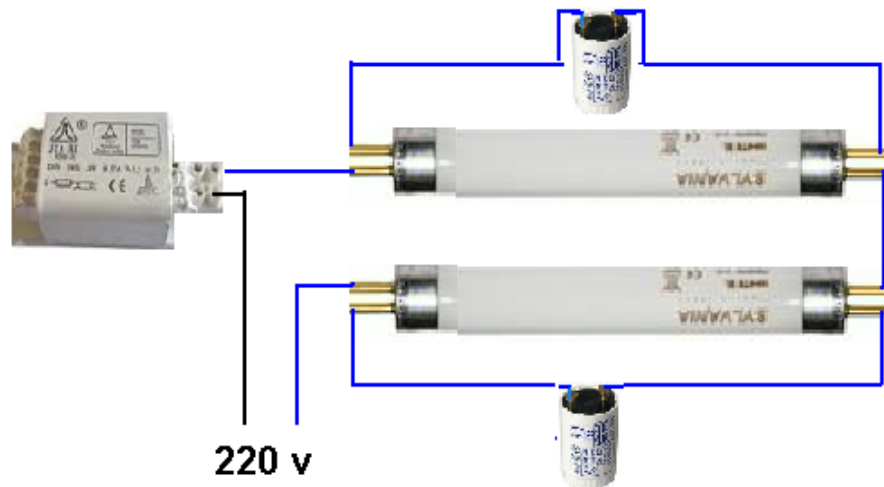
توجد ظاهرة تصاحب الللمبة الفلوريسنت حيث عندما نقوم بتشغيل الللمبة تتردد الللمبة مرة أو اثنين و بعد لحظات تشتعل بالكامل لان ذرات الزئبقي يلزمها تسخين مسبق ولذلك توجد الفتيلة الحرارية لتوليد الحرارة

طرق توصيل الللمبة الفلوريسنت

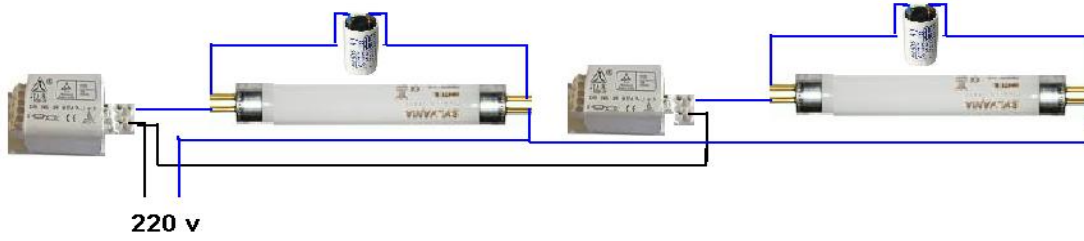
1- توصيل لمبة واحدة فلوريسنت



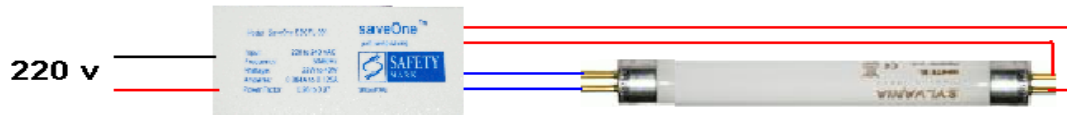
2- توصيل أكثر من لمبة فلوريسنت



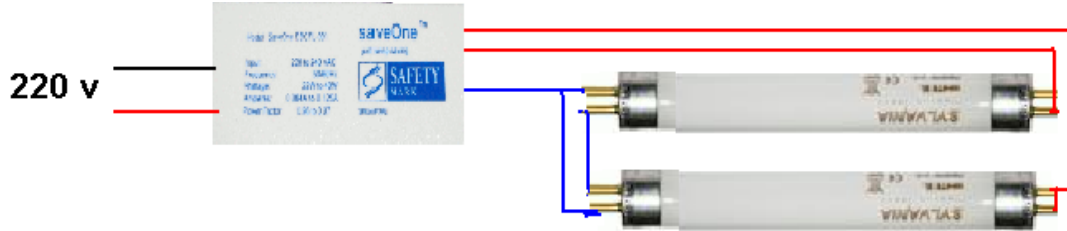
3- توصيل أكثر من لمبة بمحولين



4- توصيل اللبة بملف الكتروني



5- توصيل أكثر من لمبة بملف الكتروني



الجدول القادم يوضح قيمة مكثف وقدره لمبات الفلوريسنت

Lamp Power	Lamp Power With Ballast	Parallel Capacitor 250 V	Series Capacitor 480 V
W	W	uF	uF
4	10	2	
6	12	2	
8	14	2	
10	14	2	
13	19	2	
15	25	4.5	
15	19.5 (1)	4.5	
16	21	2.5	
18	27	4.5	2.9
18	23 (1)	4.5	
20	30	4.5	2.9
20	25 (1)	4.5	
22	27	5	3.2
30	39	4.5	3
32	42	5	3.6
36	45	4.5	3.6
38	48	4.5	3.6
40	49	4.5	3.6
40	54	4.5	4.4
58	69	7	5.7
65	76	7	5.7
65	80	9	6.8
115	135	18	12.2
140	160	18	12.7

B- أجهزة أناره هالوجينية (سبوتات)

الأسبوتات تعتبر من أجهزة الإنارة الخاصة بالديكور والتجميل حيث يوجد منها أشكال وألوان كثيرة لتناسب ديكور المنزل و تتراوح قدرتها ما بين 20 إلي 50 واط وهي ممكن أن تعمل مباشرة من خلال جهد 240 فولت أو من خلال جهد 12 فولت
الجدول القادم يوضح قدرة لمبات الهالوجين

Lamp Power W	Lamp Power With Ballast W	Parallel Capacitor 230 V-uF
35	48	6
70	88	12
150	170	20
250	275	32
400	385	35
400	440	45
1000	1050	85
2000	2070	37*
2000	2080	60*
3500	3650	100*

بعض الملاحظات في توزيع لمبات الإنارة والكشافات

- 1- يمكن توصيل عدد غرف مع بعض على نفس الدائرة-
 - 2 -يفضل عدم توصيل غرفة واحد على دائرتان مختلفتان 380 (فولت-)
 - 3 -يفضل توصيل كشافات الممرات مع بعض لتوصيلها على دائرة الكونكتور
 - 4 - في حالة وجود مولد طوارئ في المشروع يفضل اخذ حوالي 20%- 30% من كشافات الإضاءة للطوارئ كما يجب اخذ كل كشافات السلالم أيضا
 - 5 - يجب توصيل كشافات الطوارئ مع بعض ويكون لها لوحة خاصة بها بحيث تعمل في العادي من المحول وفي حالة انقطاع التيار الكهربائي تعمل من المولد
 - 6 - يجب توصيل كشافات العادي مع بعض ويكون لها لوحة خاصة بها بحيث تعمل في العادي من المحول وفي حالة انقطاع التيار الكهربائي لا تعمل
 - 7 - أقصى طول للدائرة الإضاءة حوالي 30 متر
 - 8 - يتم تحديد عدد اللوحات في المشروع على أساس أن طول الدائرة لا يزيد عن 30 متر
- كيفية التحكم في تشغيل وفصل وحدات الانارة

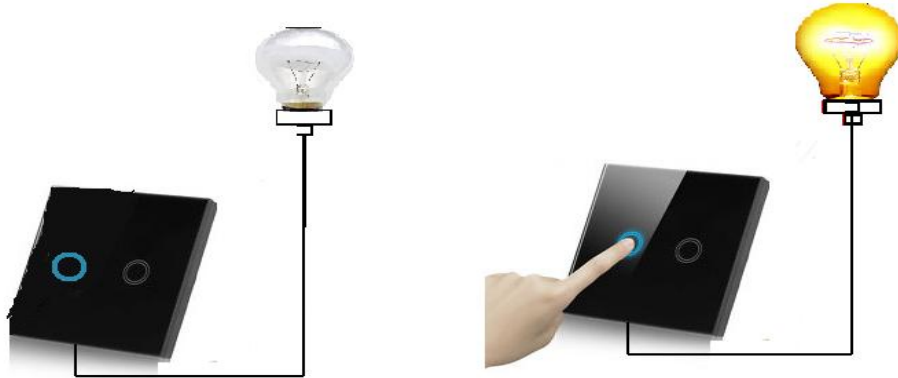
1 - الطريقة التقليدية

وهي تلك الطريقة التي يتم الاعتماد فيها علي الشخص لفصل وحدة الإنارة حيث يقوم بالضغط علي مفتاح الفصل لأعلي عندما يريد إطفاء الإنارة والضغط علي المفتاح إلي أسفل لتشغيلها



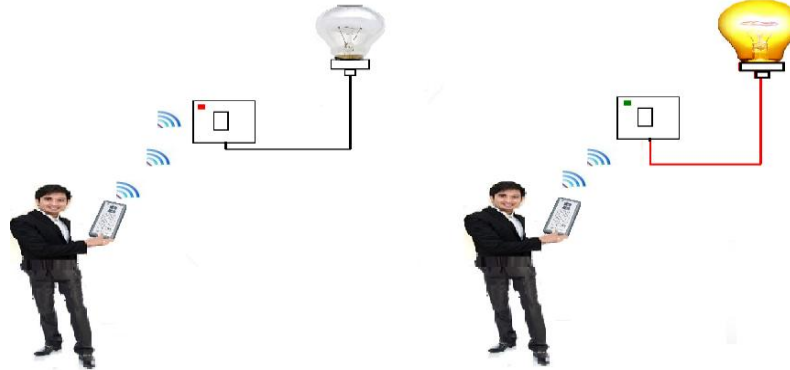
2- الطريقة الاتوماتيكية الحديثة

- التحكم عن طريق اللمس حيث يتم لمس المفتاح فيتم إنارة أو تشغيل اللمبة

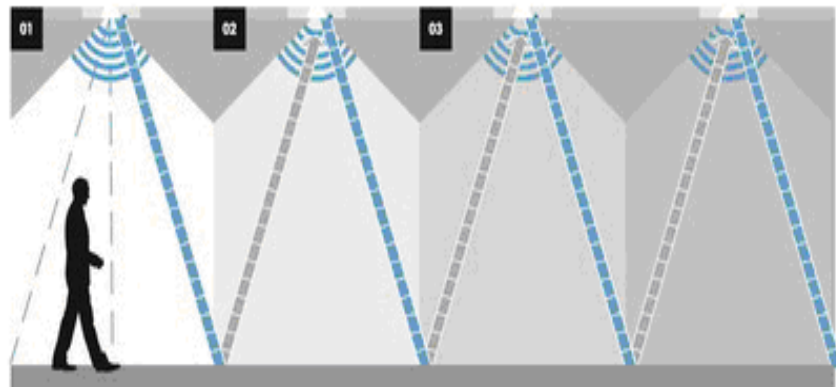


3- الطريقة الاتوماتيكية الحديثة التحكم عن بعد

نظر لحدوث تطور في صناعة الالكترونيات فكان لوحدة الإنارة نصيب من ذلك التطور حيث أصبحت الإنارة الآن تعتمد علي تلك التكنولوجيا الالكترونية ومنها الآتي :
A - وحدات الإنارة التي تعمل باستخدام التحكم عن بعد بواسطة ريموت كنترول



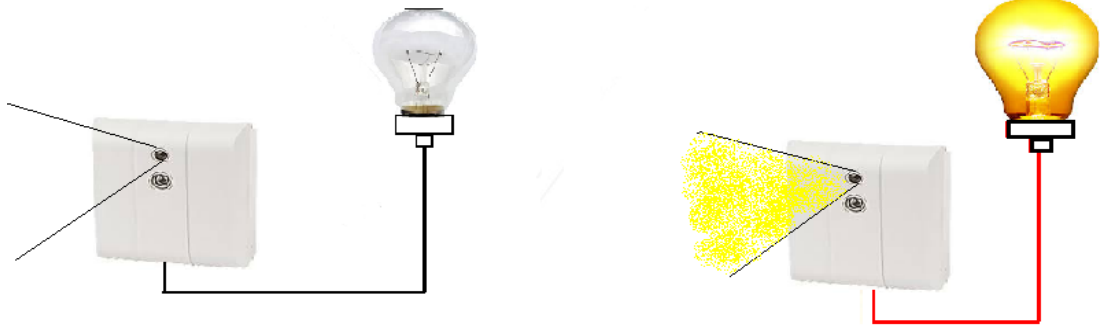
B - وحدات الإنارة التي تعمل باستخدام قطع شعاع ضوئي غر مرئي



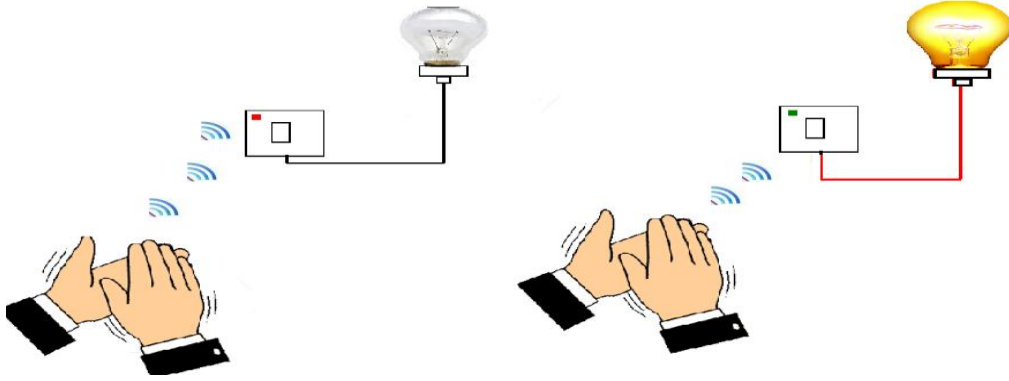
C - وحدات الإنارة التي تعمل باستخدام حساس الحركة



D - وحدات الإنارة التي تعمل باستخدام حساس شدة الإنارة الفوتو سيل



E - وحدات الإنارة التي تعمل باستخدام صدي الصوت



F - وحدات الإنارة التي تعمل باستخدام العداد الزمني (التيمر)

