

التمديدات الكهربائية

د. م. ياسر الحسون

٢٠٢٠

ماهي اللوحات التنفيذية للمشروع الكهربائي ؟

- ١ - لوحة مسار المواسير بمختلف أنواعها وطرق تثبيتها .
- ٢ - لوحة مسار حاملات الكابلات وعددها و أبعادها.
- ٣ - لوحة المآخذ بمختلف أنواع مع المفاتيح الكهربائية.
- ٤ - لوحة أماكن توزع اللوحات الفرعية والعمومية و أبعادها وطريقة تثبيتها ودخول وخروج الكابلات من وإلى اللوحات مع تسميتها وترقيمها .
- ٥ - توزع القواطع الكهربائية بعد معرفة (سعات القطع ، تيار القصر، قيم اسمية للجهد والتيار،.....)
- ٦ - لوحات توزع الانارة العادية وانارة الطوارئ.
- ٧ - لوحات توزع أماكن الصواعد وعددها وأقطارها والمسافات البينية وطريقة التثبيت.
- ٨ - لوحات بمختلف أنواع أنظمة التيار الضعيف (أنظمة المراقبة، أنظمة الإنذار، أنظمة الصوت، التلفون، شبكات الحواسيب،.....)

التسيق مع المهندس المعماري

بخصوص تحديد المساحات والأماكن اللازمة لوضع المعدات الكهربائية

١ - غرفة المحولات : مثلاً اذا تجاوز حمل المبنى 500KVA ويتغير تبعاً لكود الدولة المعمل به.

- اذا كانت المحولة من النوع الزيتي ، يجب اضافة حجرة تجميع زيت بعمق أكثر من ٦٠ سم .

٢ - غرفة مولدات الديزل :

- تتوقف مساحتها على حجم أحمال الطوارئ بالمبنى.

- تتطلب جدران عازلة للصوت .

- ارتفاع الحجرة من ٣ الى ٥ م أو تبعاً لكتالوج المولدات.

٣ - غرفة اللوحات العمومية:

- تحتوي على اللوحات الرئيسية لشبكة التوزيع الخاصة بالمبنى





غرفة المحولات



غرفة المولدات الاحتياطية (ديزل)



غرفة اللوحات الكهربائية

التنسيق مع المهندس الانشائي

- من أجل تحديد أماكن المعدات الكهربائية ذات الأوزان الثقيلة التي ستوضع في طوابق عليا لمراعاة سماكة البلاطة وأحمالها. في الابراج العالية جداً توضع محطة لمحولات التوزيع في منتصف المبنى لتغذية النصف العلوي منه.



أخطاء شائعة :

- سوء توزيع الدارات الكهربائية وضخامة كمياتها وتركيزها الشديد بالقرب من أحد الأعمدة ضمن الجسر الصلب مما يفقد هذا الجزء مساحة كبيرة وهامة من مساحة مقطعه خاصة مع وجود مواسير أخرى ملاصقة لهم للصرف الصحي ولمواسير التكييف، فكيف سيكون لهذه البلاطة القدرة على تحمل اجهادات القص التي تبلغ قيمتها القصوى بالقرب من الأعمدة ؟

التنسيق مع مهندس الميكانيك

للتأكد من :

❖ عدم تعارض أماكن توضع المعدات الكهربائية مع الميكانيكية.

أخطاء شائعة :

❖ وضع مخرج اطفاء حريق فوق مصباح فلورسنت متدلي من السقف .

❖ وجود انابيب التكييف في اماكن تعيق الفراغ المتاح في الممرات قبل تمديد مواسير الكهرباء.

❖ تعارض مسار دكتات التكييف مع حوامل الكابلات



خطوات تصميم مشروع كهربائي

١ - تحديد المتطلبات العامة للتصاميم والتركيبات الكهربائية

٢ - تقدير الأحمال الكهربائية **Load Estimation** بصورة مبدئية بناء على حسابات المساحات وتشمل تقدير أحمال الإنارة ، المآخذ ، التكيف ، الصحية .. إلخ . وتشمل هذه المرحلة أيضاً حساب الحمل الكلي التقريبي باستخدام عوامل الطلب **Demand Factors** (يتعلق بنوع واحد من الأحمال) وعوامل التباين **Diversity Factors** (يتعلق بأنواع مختلفة من الأحمال) وعموماً فهذه الخطوة مهمة لبدء إجراءات الحصول على تراخيص البناء من الهيئات المعنية حيث تبدأ هذه الإجراءات في الغالب قبل الانتهاء من التصميمات النهائية. لاحظ أننا لو انتظرنا حتى تكتمل كافة المعلومات التفصيلية الخاصة بكافة عناصر المشروع فإن ذلك سيكلفنا تأخيراً زمنياً كبيراً ، فالمعماري مثلاً لن يتمكن من تحديد المساحات المطلوبة لأعمال الكهربائية وأماكنها ومساراتها ، كما سيتأخر مهندس الإنشاءات الذي يحتاج لمعرفة أماكن المعدات الثقيلة المتعلقة بالكهرباء ، وهكذا كافة التخصصات الأخرى، ومن هنا لم نكون قادرين على عمل تقدير مبدئي للأحمال إلى

أن يتم مراجعة هذا التقدير خلال مراحل المشروع

تشكل أحمال الإنارة بين 20% إلى 50% من الحمل الكهربائي . و يتراوح الحمل القياسي لأحمال الإنارة لكل متر مربع في المباني المختلفة بين 2 واط/م² كما في المخازن إلى حوالي 50 واط/م² كما في الملاعب. وتتوقف القيمة المستخدمة على الكود القياسي المستخدم .

خطوات تصميم مشروع كهربائي

- ٣- تصميم أعمال الإنارة ووضع رموز عناصر الإنارة، **المصابيح والمفاتيح على المخطط** ، وتحديد أماكن المخارج العامة (البرايز)، ووضع رموزها في أماكنها على المخطط .
- ٤- تصميم الأعمال الكهربائية لأحمال القوى مثل **التكييف والمصاعد ، مضخات المياه** ،... إلخ مع وضع رموز مناسبة لأماكن كافة مخارج القوى الكهربائية اللازمة لهذه الاعمال . وهذا كله بالطبع يتم بالتنسيق مع المهندسين المختصين في هذه التخصصات.
- ٥- البدء في حسابات الدوائر الفرعية **Branch Circuits** وتصميم دوائرها ، وهذه الدوائر الفرعية هي الدوائر الكهربائية التي تنتهي بأحمال (المبات ، مخارج عامة ، مخارج قوى ، ... إلخ).
- ٦- تصنيف الأحمال طبقاً لطبيعتها (إنارة ، أحمال قوى ، أحمال هامة ، حرجة ، طوارئ ، إلخ).
- ٧- تجميع الدوائر الفرعية في **لوحات توزيع فرعية** طبقاً لطبيعة الحمل و تصنيفه بحيث يتم تجميع دوائر إنارة مثلاً بأنواعها المختلفة في لوحات منفصلة مع انشاء جداول حسابات لهذه اللوحات يأخذ فيها بعين الاعتبار قواعد التصميم الأساسية.
- ٨- تصميم دوائر المغذيات العمومية أو اللوحات العمومية (وهي الدوائر الكهربائية التي تنتهي **بلوحة توزيع** وليس بحمل محدد) حيث تتم تغذية اللوحات الفرعية من لوحات أخرى عمومية ، ويتم في هذه المرحلة تحديد أماكن اللوحات الفرعية والعمومية بدقة.

خطوات تصميم مشروع كهربائي

٩- حسابات المحولات وقواطع الحماية (Circuit Breakers) Feeders & CB للوحات العمومية طبقاً لقواعد التصميم المتفق عليها وعمل جداول خاصة بالوحات العمومية.

١٠- عمل المراجعات الضرورية للتصميم.

١١- اعتماد نظام تغذية للوحات بالمشروع Distribution System طبقاً لطبيعة وأهمية المبنى من خلال الاجابة على عدد الأسئلة المهمة على سبيل المثال:

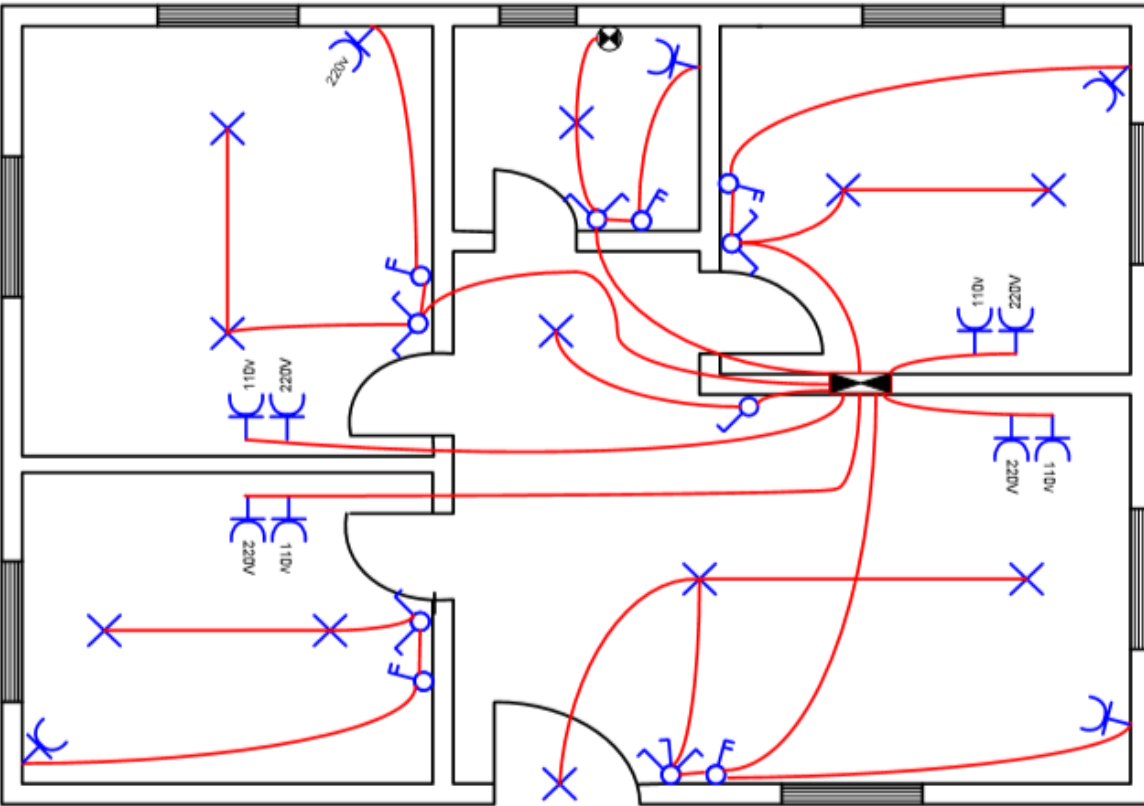
هل يتم التغذية من مصدر واحد أم مصدرين؟؟ وما حجم مولد الطوارئ ان وجد؟ وكيف سيتم توصيله؟ ... وهكذا مع رسم Line Diagram Single مبدئي للشبكة . كما يتم تصميم منظومة الأرضي الخاصة بالمشروع.

١٢- ثم يتم تصميم دوائر تغذية الانظمة المساعدة Auxiliary Systems أو أنظمة التيار الضعيف وهي أنظمة عديدة مثل:

Data Networks , Fire alarm , Fire Fighting , Earthing , Telephone, Antenna

١٣- كتابة دفتر الشروط والمواصفات وعمل جداول الكميات .

مثال لتوزيع المآخذ والمفاتيح الكهربائية



رموز الخامات المستخدمة في التميرين

مفتاح المكيف. 45 أمبير	
مفتاح الإنارة المزدوج.	
مفتاح ثلاثي	
مفتاح مفرد	
بريز (مأخذ كهربائي).	
المصباح الكهربائي.	
لوحة التغذية والتوزيع الرئيسية	
مروحة تكييف الهواء	
قاطع الحماية الرئيس (~ 3).	
عداد ثلاثة أوجه (~ 3).	

مواصفات الأعمال الكهربائية

كثيراً ما يتكلم المختصون في التصميمات الكهربائية عن " الكود المستخدم " **فما المقصود بالـ**
" الكود " ؟؟

بداية هناك فرق بين كلمة المواصفات و كلمة كود وان كان الشائع هو استخدام كل واحدة منها مكان الاخرى وهذا غير دقيق فعلى سبيل المثال : طريقة تركيب المحول مثلاً يحددها الكود، لكن مواصفات المحول الفنية تجدها في المواصفات الفنية للمحول من الشركة الصانعة.

■ وفي جميع الخطوات السابقة يفترض انها تمت بناء على مواصفات قياسية محددة ، ولها مرجعية تنفيذية طبقاً لـ **" الكود "** المتبع في الدولة وتفاصيل هذا الكود تحدد بواسطة الهيئات الحكومية في الدولة ، وبالطبع يمكن أن تستخدم أي كود عالمي مثل **NEC (National Electrical Code)** أو **Code** أو **BS (British Standards)** شريطة ألا تتعارض مع الكود القياسي بالبلد.

IEC (international engineering code)

تصميم انارة المباني

في هذا الفصل سنتعرف على أهم مصابيح الإنارة الكهربائية المستخدمة في تطبيقات الإنارة الداخلية وبالطبع لم يتم شرح كل مصابيح الإنارة والتي هي كثيرة ومتنوعة ولكن تم التركيز على أهم مصابيح الإنارة المستخدمة بشكل كبير وتم تجاهل المصابيح القديمة او التي لا تستخدم الا نادرا او التي تم حظرها لانها تستهلك الكثير من الطاقة الكهربائية.

لقد تم شرح اهم الخصائص لهذه المصابيح وتم تجاهل طريقة العمل الفيزيائي لان المهم هو معرفة تطبيقات هذه المصابيح بغض النظر عن طريقة عملها فمصمم الإنارة يهتمه النتائج النهائية للمصباح المراد استخدامه وتم التركيز على الخصائص التالية لمصابيح الإنارة.



Watt	أ. إستطاعة المصباح
Efficacy	ب. كفاءة المصباح
Color Temperature	ج. درجة حرارة اللون
Color rendering	د. درجة تمييز الالوان
Brilliance	هـ. بريق الإنارة
Accent	و. خاصية الإنارة المركزة
Average Life	ز. عمر المصباح
Dimmable	ح. خاصية الإعتماد

compact
fluorescent lamp



هي مقدار ما يصرفه المصباح الكهربائي من طاقة كهربائية وتقدر بالوات Watt .

كفاءة المصباح Efficacy

هي مقدار ما يعطيه المصباح من ضوء باللومن لكل وات ويتم حسابها بقسمة كمية اللومن للمصباح على إستطاعته والجدول التالي يبين كفاءة بعض المصابيح

نوع المصباح	الفيض الضوئي	الكفاءة/لومن/وات Lumen/Watt
المصباح المتوهج 60 وات	750 لومن	12.5
مصباح هالوجين 100 وات	2200 لومن	22
مصباح فلورسنت 14 وات	1350 لومن	96
مصباح ميتل هالايد 20 وات	1700 لومن	85

نلاحظ بأن كفاءة مصباح الفلورسنت تزيد عن 7 أضعاف كفاءة المصباح المتوهج.

تم ذكر درجة حرارة اللون الناتج من ضوء الشمس في الفصل الاول وهي خاصية مهمة لمعرفة إختيار لون الانارة الناتجة من المصباح الكهربائي.

درجة حرارة اللون



Cool white درجة حرارة اللون أبيض بارد



Warm white درجة حرارة اللون أبيض دافئ

وأكثر نوع من المصابيح الكهربائية التي لها تدرج كبير في الألوان هو مصباح اليد LED وكذلك مصباح الفلورسنت أو الفورسنت المدمج والجدول التالي يبين بعض قيم درجات حرارة اللون.

لون الضوء	درجة الحرارة
الأبيض الدافئ (يميل للحمرة)	2700K
الأبيض الدافئ (أبيض أصفر)	3000K
أبيض عادي	4000K
أبيض بارد (ضوء النهار) Daylight	6500K
أبيض بارد جدا	8000K



لون ابيض دفيء درجة حرارة اللون 2700K



لون ابيض بارد درجة حرارة اللون 6500K



دجة تميز الالوان (Color Rendering)

هذه الخاصية تعبر عن مدى قابلية المصباح الكهربائي لإظهار الألوان للأجسام بالمقارنة مع ضوء الشمس.

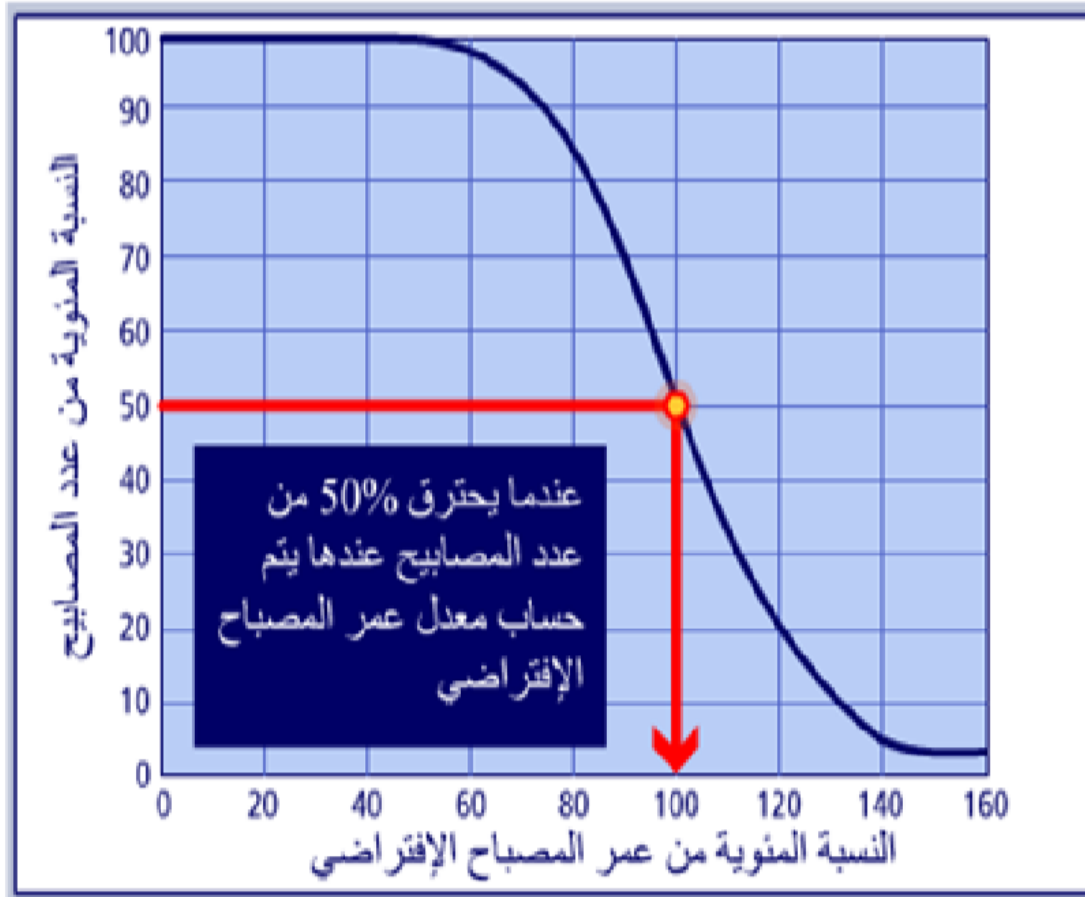
وتعتبر الألوان التي ترى تحت ضوء الشمس هي الألوان الحقيقية؛ ويرمز لهذه الخاصية بالرمز Ra والرقم هو عبارة عن نسبة مئوية فخاصية إظهار الألوان للشمس هي $Ra=100$.

وتختلف المصابيح الكهربائية بهذه الخاصية والجدول التالي يوضح بعض هذه القيم

المصباح	خاصية إظهار الألوان Ra
الهالوجين والمتوهج	100
مصباح الفلورسنت الأحادي الفسفور Halo-Phosphor	60
مصباح الفلورسنت المتعدد الفسفور Tri-phosphor	80

عمر المصباح Average Life

هو العمر الافتراضي بالساعات الذي يعطي فيه المصباح الضوء قبل ان يحترق, ويتم حساب هذا المر الافتراضي من قبل الشركات المصنعة للمصابيح عند اختبار عينة من المصابيح فإذا احترق نصفها فعندئذ يتم تحديد عمر المصباح بعدد الساعات.



تحديد العمر الافتراضي للمصابيح

إن معرفة العمر الافتراضي للمصابيح مهم جدا وذلك للتقليل من الصيانة وخصوصا في الارتفاعات العالية والجدول

التالي يبين العمر الافتراضي بشكل تقريبي لبعض أنواع المصابيح

نوع المصباح	العمر الافتراضي
هالوجين	2000 ساعة
هالوجين بتقنية الأشعة تحت الحمراء	5000 ساعة
مصباح فلورسنت T5	20000 ساعة
مصباح ميتل هالايد	12000 ساعة
مصباح ليد LED	50000 ساعة



خاصية الإعتام Dimmable

هي القدرة على إعتام المصباح وتخفيف ضوءه بإستخدام ادوات تحكم وهي خاصية تتمتع بها أغلب المصابيح التي تستخدم للإنارة الداخلية بإستثناء مصباح الميتل هالايد لذلك إذا كان لدينا تطبيق مثل قاعة حفلات وكنا نريد التحكم بشدة الإنارة عن طريق إعتامها فيجب تجنب المصابيح التي لايمكن إعتامها مثل مصباح الميتل هالايد.

خاصية الإنارة المركزية Accent

عند استخدام إنارة مركزة يجب اختيار مصابيح تكون مناسبة لهذا النوع من الإنارة وهي المصابيح الصغيرة مثل الهالوجين والميتل هالايد اما المصابيح الكبيرة مثل الكومباكت فلورسنت والفلورسنت فهي غير مناسبة إطلاقا للإنارة المركزية



أجهزة سيوت لايت معلقة على السلك غاطسة في السقف للإنارة المركزية



أجهزة سيوت لايت غاطسة في السقف للإنارة
المركزة

المصابيح صغيرة الحجم او مايسمى بالنمابع النقطية Point Source مناسبة للإنارة المركزية

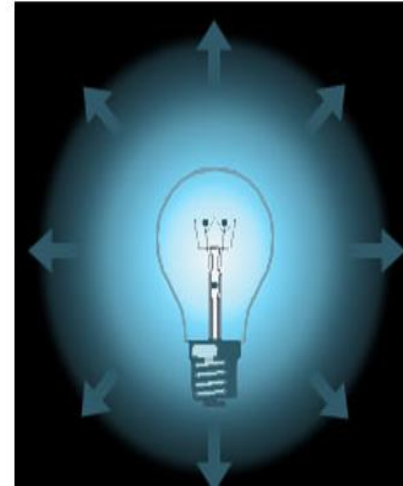
يعرف الفيض الضوئي بكمية الضوء الصادر عن منبع الضوء وهي المصباح الكهربائي في جميع الاتجاهات ويقاس بوحدة تسمى اللومن Lumen. وهو مهم جدا فمن خلاله نستطيع إختيار الإستضاءة المناسبة لمصباح معين والجدول التالي يبين كمية الفيض الضوئي لبعض هذه المصابيح .

للمصابيح وكمية الفيض الضوئي لها

نوع المصباح	الفيض الضوئي
المصباح المتوهج 60 وات	750 لومن
مصباح هالوجين 100 وات	2200 لومن
مصباح فلورسنت 14 وات	1350 لومن
مصباح فلورسنت مدمج 17 وات	1250 لومن
مصباح ميتل هالايد 20 وات	1700 لومن



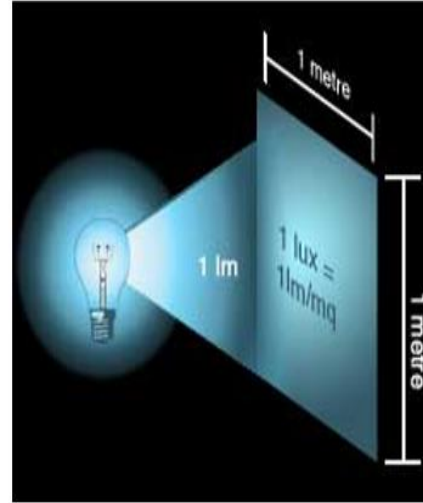
باختصار الفيض الضوئي هو كمية الضوء التي يعطيها المصباح في جميع الاتجاهات.



- لناسب للمصباح المناسب في التطبيقات وعادة ماتستخدم القيم التالية بشكل عام
- ذات الارتفاع المنخفض أقل من 3 امتار 1000-2000 لومن.
 - ذات الإرتفاع المتوسط حتى أقل من 5 امتار حتى 5000 لومن.
 - ذات الارتفاع العالي حتى 15000 لومن.
- وهذه انيم إرساديه وقد تختلف باختلاف المكان وطبيعة النشاط.

نوع التطبيق	مستوى الانارة	ارتفاع سطح العمل عن الارض
المكاتب	500 لكس	على سطح المكتب 0.75 - 0.85 متر
أماكن الاستقبال في الفنادق	300 لكس	على طاولة الاستقبال 0.75 - 0.85 متر
المطاعم	200 لكس	على الطاولات 0.75 - 0.85 متر
المداخل الرئيسية	100 لكس	0.1-0.2 متر
غرف الإنتظار	200 لكس	0.75 - 0.85 متر
الممرات	100 لكس	0.1-0.2 متر
السلامم الثابتة اوالسلامم المتحركة	150 لكس	0.1-0.2 متر

هو كمية الضوء في المكان ويقاس بوحدة تسمى اللكس Lux. والواحد لكس تعادل لومن لكل مترمربع و من المهم جدا معرفته حيث من خلاله نستطيع معرفة كمية الضوء المناسبة لمكان معين.



اللكس يعادل لومن لكل متر مربع فإذا قلنا انه في المكاتب نحتاج الى 500 لكس أي اننا نحتاج الى 500 لومن لكل متر مربع من المكتب.

فمثلا في المكتب ذو مساحة 10 متر نحتاج الى

5000 لومن (500 lumen x 10 meter)

اما المكتب الذي مساحته 100 متر فإننا نحتاج الى 50000 لومن (500 lumen x 100 meter)

بالطبع إستخدام قيمة محددة لاتتعلق بالمساحة يجعل الامر اسهل لذلك نحن لانقول بأننا نحتاج الى 500 لومن/مترمربع فالمكتب الصغير يحتاج الى 5000 لومن والمكتب الكبير الى 50000 لومن بل نقول ان كلا المكتبين له نفس مستوى الانارة وهو 500 لكس .



سطح العمل يختلف باختلاف النشاط

إن دقة المعلومات وصغر حجمها يجعلنا نحتاج الى اضاءة عالية فمثلا الشخص الذي يعمل في صناعة الساعات يحتاج الى مستوى عال من الانارة يصل الى 3000 لكس ونفس الشيء ينطبق على طبيب الاسنان أما في الممر فإننا لا نريد ان نرى اشياء صغيرة وانما نريد التنقل من مكان لآخر فلذلك نحن لانحتاج اكثر من 100 لكس. وتعطي المواصفات العالمية كمية الضوء المنصوح بها على سطح العمل لأماكن مختلفة وذلك حسب نوع النشاط والجدول التالي يبين كمية الضوء على سطح العمل لبعض التطبيقات.

لا يعني تحقيق كمية الانارة حسب المواصفات العلمية ان الانارة جيدة وإنما يعني ان الانارة كافية. فمستوى الانارة لا يعبر عن جودة الانارة وإنما يعبر عن كمية الانارة وفي المثال التالي نلاحظ مكتب تمت انارته بـ 500 لكس بعدة طرق مختلفة حيث نلاحظ ان هنالك فرق واضح في نوعية الانارة تؤثر على النشاط والراحة النفسية وجاذبية المكان لذلك من الخطأ الاعتماد حصرياً على مستوى الانارة مثل ما هو شائع عند العديد من المهندسين ولا بد من أخذ العوامل السابقة بعين الاعتبار.

أنواع الانارة داخل المباني



إنارة مباشرة (أجهزة لها عاكس)



إنارة مباشرة منتشرة (أجهزة لها ناشر)



إنارة غير مباشرة



إنارة مباشرة (Downlight)

أنواع مصابيح الإنارة

مع أنواع المصابيح كثيرة إلا انه تم ذكر أحدث هذه المصابيح و أكثرها إستخداما مع ذكر أهم محاسنها وأهم مساوئها ومن يريد الإطلاع على كافة المعلومات الفنية فعليه مراجعة كاتالوجات الشركات المصنعة للمصابيح وأشهر هذه الشركات هي الشركات التالية:

← شركة اوسرام الالمانية Osram

← شركة فيليبس الهولندية Philips

← شركة جي إي الامريكية GE

تتيح هذه الشركات على مواقعها على الانترنت كاملة ومفصلة عن المصابيح لذا يمكن الإطلاع عليها لمعرفة المزيد من التفاصيل.

تم شرح المصابيح التالية

Halogen lamp	مصباح الهالوجين	←
Metal halide lamp	مصباح الميتل هالايد	←
Fluorescent lamp	مصباح الفلورسنت	←
Compact Fluorescent Lamp	مصباح الفلورسنت المدمج	←
LED	مصباح اليد	←

أنواع المصابيح واستخداماتها Lamp types

المصباح المتوهج - (Incandescent lamp)

1



Efficiency : 13 lumen / W
RA : 100
USED: DOMESTIC LIGHTING

Tungsten – halogen lamp)

2



Efficiency : 14-22 lumen / W
RA : 100
USED: DECORATION

Fluorescent lamp

3



Efficiency : 58-99 lumen / W
RA : 40-100
USED: GENERAL LIGHTING

مصباح الميتل هالايد Metal halide lamp



(Low pressure sodium lamp, SOX) - مصباح صوديوم ذو ضغط منخفض

4



Efficiency : 100-200 lumen / W
RA : 20
USED: STREET LIGHTING

(High pressure sodium lamp, HPS) - مصباح صوديوم ذو ضغط عال

5



Efficiency : 95-150 lumen / W
RA : 45
USED: STREET LIGHTING,
COMMERCIAL

(High pressure mercury vapour lamp, HPM) - مصباح زئبق ذو ضغط عال

6



Efficiency : 55 lumen / W
RA : 40
USED: STREET LIGHTING,
INDUSTRIAL

- إنارة تنسيق المواقع
- إنارة الملاعب
- إنارة الساحات العامة
- إنارة المطارات
- إنارة المعارض والمحلات
- إنارة الأماكن التي لها أسقف مرتفعة

أما القدرة بالوات فلها تنوع كبير وأشهرها

2000-1000-400-250-150-70- 35- 20

هي مصابيح حديثة وتتطور بسرعة كبيرة حيث انه من المتوقع ان تحل هذه المصابيح محل معظم أنواع المصابيح الاخرى وذلك لمزاياها العديدة ومنها

أهم محاسن مصابيح اليد LED

1. كفاءة عالية تصل إلى 90% وهي تتحسن باستمرار.
2. حجم صغير جدا.
3. مناسبة للإنارة العامة والإنارة المركزة.
4. عمر طويل يصل إلى 50000 ساعة مما يجعل فترة صيانتها كبير كل 15 عام أو أكثر.
5. لاتولد حرارة.
6. يمكن إعتامها Dimmable.
7. لها درجات حرارة متنوعة بين الابيض الدائى إلى الابيض البارد.
8. درجة تمييز الالوان فيها تصل إلى 95%.

أهم مساويء مصابيح اليد LED

1. سعرها مرتفع جدا فهي أعلى انواع المصابيح.
2. لاتتوفر منها اجهزة بكميات تدفق ضوئي عالي(لومن) لذلك فهي مقصورة على الارتفاعات المنخفضة ولايمكن استخدامها في الارتفاعات العالية جدا ولكن من المتوقع خلال السنوات القادمة ان تتوفر أجهزة تغطي الارتفاعات العالية مع تطور هذه التقنية.

18W



أشهر أجهزة الإنارة الليد المستخدمة حالياً

شكل الجهاز

اسم الجهاز وتوصيفه



جهاز إنارة شريحة ليد سقفي مخفي ضمن السقف المستعار ٣٠ وات: وهو عبارة عن هيكل معدني (إطار ألومنيوم) مطلي باللون الأبيض مزود بعاكس من الألمنيوم اللامع عالي النقاء ويحقق أعلى فاعلية ضوئية وأفضل توجيه للفيض الضوئي، مصدر الضوء هو شريحة ليدات واستطاعة الجهاز ٣٠ وات والفيض الضوئي بحدود ١٩٠٠ لومن.



جهاز إنارة ليد (بانال) سقفي مخفي استطاعة (١٨ وات) : من النوع المخفي ضمن السقف المستعار وهو عبارة عن هيكل معدني (إطار ألومنيوم) مطلي باللون الأبيض مزود بعاكس من الألمنيوم اللامع عالي النقاء ويحقق أعلى فاعلية ضوئية وأفضل توجيه للفيض الضوئي، مصدر الضوء هو ليدات و استطاعة الجهاز ١٨ وات والفيض الضوئي بحدود ١١٠٠ لومن .



جهاز إنارة ليد (سبوت) سقفي مخفي استطاعة (٣ وات): من النوع المخفي ضمن السقف المستعار وهو عبارة عن هيكل معدني (إطار ألومنيوم) مطلي باللون الأبيض مزود بعاكس من الألمنيوم اللامع عالي النقاء ويحقق أعلى فاعلية ضوئية وأفضل توجيه للفيض الضوئي والفيض الضوئي بحدود ١٩٠ لومن .



جهاز إنارة ليد ظاهر سقفي ظاهر استطاعة (١٨ وات) : وهو عبارة جهاز إنارة سقفي ظاهر (إطار ألومنيوم أو مطلي بلون ابيض - مصدر الضوء هو ليدات - استطاعة الجهاز ١٨ وات - الفيض الضوئي لا يقل عن ١١٠٠ لومن).



جهاز إنارة ليد ظاهر سقفي ظاهر استطاعة (٢٤ وات) :
جهاز إنارة سقفي ظاهر إطار ألومنيوم أو مطلي باللون الأبيض - مصدر الضوء هو ليدات -
استطاعة الجهاز ٢٤ وات - الفيض الضوئي لا يقل عن ١٥٠٠ لومن)



جهاز إنارة الطوارئ، (٨ وات) جداري :
يركب على الجدار في المكان المحدد ضمن المخططات وتوصل كهربائياً بشكل ظاهر إلى شبكة تمديدات خاصة مستقلة على ارتفاع ٢٠٠ سم عن سطح البلاط بحيث يكون لكل جهاز مخرج خاص به ، و يعطي سوية إنارة جيدة لفترة عمل متواصلة لا تقل عن (٣) ساعات على أن تتوفر الحماية اللازمة من تفريغ البطارية بشكل كامل وإقلال عمر البطارية ، استطاعة اللبة المركبة فيه (٨) وات، مع إمكانية العمل بشكل تلقائي فور انقطاع التيار الكهربائي عنها .



جهاز إنارة برجكتور شريحة ليد استطاعة (١٠٠ وات) :
هو عبارة عن هيكل معدني قابل للتوجيه (إطار ألومنيوم) مصدر الضوء هو ليدات -
استطاعة الجهاز ١٠٠ وات - الفيض الضوئي لا يقل عن ٦٠٠٠ لومن).

أجهزة داون لايت الحجم الكبير

حجم هذه الأجهزة الكبير يجعلها مناسبة للاماكن الوظيفية مثل المكاتب والمستشفيات والمدارس حيث أن الظلال المتشكلة باستخدامها تكون أقل وتجانس الإنارة أعلى مقارنة مع أجهزة داون لايت الحجم الصغير بشكل عام وتسمى في بعض المراجع بالداون لايت وفي مراجع أخرى بالأجهزة الغاطسة في السقف وفي المصطلح الأمريكي يطلق عليها إسم تروفر (Troffer) إلا أن المصطلح الأخير غير شائع في الدول العربية و كما تم ذكره سابقا تكون هذه الأجهزة في الغالب لمصابيح الفلورسنت أو مصابيح الليد LED ويكون أكثر هذه الأجهزة إستخداما التي لها الحجم 60x60 سم وتحتوي في الغالب على ثلاثة أو أربعة مصابيح حيث تستخدم بشكل كبير في الأسقف المستعارة Acoustic Ceiling 60x60 سم حيث تستخدم أجهزة لها نفس الحجم وتوضع مكان هذه البلاطات وهناك احجام مختلفة أخرى كثيرة وبشكل عام يعتمد طولها على طول المصباح المستخدم والصور التالية توضح بعض أمثلة أجهزة داون لايت الحجم الكبير.



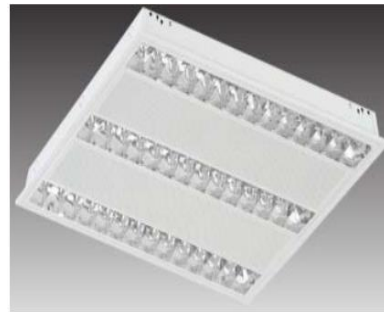
أجهزة 600x600 ملم لمصابيح ليد LED



أجهزة 600x600 ملم لمصابيح الفلورسنت



جهاز 1200x600 ملم يحتوي على

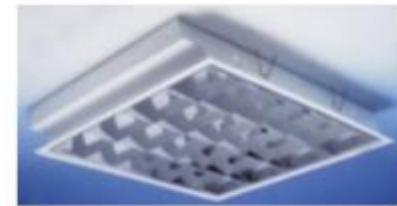


جهاز 600x600 ملم يحتوي على ثلاثة

مصابيح 3x14 w T5



جهاز فلورسنت ذو الناشر



جهاز فلورسنت ذو العاكس

مقارنة بين جميع انواع اللمبات

Lamp type	Power(watt)	lumen	Color rendering	Length	Life time	Efficiency (lumen /watt)
TL-D fluorescent	18W	1350	85%	60Cm	10,000 hr.	75 Lm/W
	36W	3350	85%	120Cm	10,000 hr.	93 Lm/W
	58W	5400	85%	150Cm	10,000 hr.	93 Lm/W
TL-5 fluorescent	14W	1200	85%	60Cm	20,000 hr.	86 Lm/W
	28W	2900	85%	120Cm	20,000 hr.	103 Lm/W
	35W	4000	85%	150Cm	20,000 hr.	114 Lm/W
compact fluorescent (nonintegrated)	18W	1300	82%	-----	10,000 hr.	72 Lm/W
	26W	1800	82%	-----	10,000 hr.	70Lm/W
	36W	2800	82%	-----	10,000 hr.	78 Lm/W
Halogen	20 W	300	100%	-----	4000 hr.	15 Lm/W
	35 W	600	100%	-----	4000 hr.	18 Lm/W
	70 W	1 400	100%	-----	4000 hr.	20 Lm/W
	100 W	2 550	100%	-----	4000 hr.	15 Lm/W
High pressure sodium	150 W	17500	25%	-----	38,000 hr.	110 Lm/W
	250 W	33200	25%	-----	38,000 hr.	128 Lm/W
	400 W	56500	25%	-----	38,000 hr.	138 Lm/W
High pressure MERCURY	250 W	12700	45%	-----	15,000 hr.	50 Lm/W
	400 W	22000	45%	-----	15,000 hr.	55 Lm/W
Metal halide	35W	3100	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	
	70W	5600	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	79 Lm/W
	150 W	12500	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	86 Lm/W
	250 W	19000	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	76 Lm/W
	400 W	32500	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	82 Lm/W
	1000 W	100000	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	96.2 Lm/W
	2000 W	200000	70% TO 90%	-----	10,000 hr.	98 Lm/W
led			85%	-----	50,000 hr.	110 Lm/W

حسابات الانارة

1. حسابات الإضاءة

- طريقة اللومن: تستخدم لحساب الإضاءة الداخلية ويمكن من خلالها حساب مستوى الإضاءة الوسطية للمكان، وهي الأكثر استخداماً نظراً لسهولةتها، وتأخذ بعين الاعتبار الانعكاسات الضوئية للجدران والأسقف وعامل صيانتها ومردود الأجهزة الضوئية.

بعد معرفة المعطيات التالية:

الطول L العرض W	نحسب عامل المكان K	
	$K = \frac{2L + 8W}{10 h}$	
الارتفاع H	نحسب	يمكننا فرض:
تدلي المصباح L1	الارتفاع الفعال h	لون السقف أبيض لامع ومنه نجد عامل انعكاس السقف: $R_p = 0.7$
مستوى العمل L2	$h = H - L1 - L2$	لون الجدران أبيض لامع ومنه نجد عامل انعكاس الجدران: $R_m = 0.5$

h: الارتفاع بين المصباح و سطح العمل (في حالة الانارة المباشرة)، أما في حالة الانارة (غير المباشرة أو نصف غير المباشرة) فهي

المسافة بين السقف و سطح العمل.

انارة - جدول 1: شدات سويات الإنارة الموصى بها عالميا (لوكس)

المساحة=الطول x العرض (متر2)

$$\Phi_t = \frac{E \cdot A}{\mu_u \cdot \mu_m} [Lm]$$

الفيض الضوئي الكلي (لومن)

عامل الصيانة (مقلوب عامل الاستهلاك أو التقادم)

عامل الاستعمال

K انارة - جدول 2 : حساب عامل المكان

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_{lamp} \times \epsilon}$$

عدد المصابيح الكلية

مردود المصباح

الفيض الضوئي للمصباح

عدد الاجهزة الضوئية
Number of Device

$$ND = \frac{N}{LD}$$

عدد المصابيح في الجهاز الضوئي
Lamps in Device

عدد المصابيح الكلية

ملاحظة : عندما يزداد قيمة K عن 10 فإن تأثيره يكون ضعيف جدا على عامل الاستخدام وفي هذه الحالات يؤخذ K=10

-حساب تفريعات الإضاءة:

يعطى عدد التفريعات بالعلاقة:

$$n = \frac{P_{total}}{1500}$$

P_{total} = (العدد الكلي للمصابيح) . استطاعة المصباح)

n عدد التفريعات .

P_{total} الاستطاعة الإجمالية لإضاءة الغرف .

حيث ان الاستطاعة المسموح بها للتفريعة الواحدة هي 1500 Watt حسب شروط التحميل الحراري .

آ - مقطع التفريعة حسب شرط هبوط التوتر وفق العلاقة التالية:

$$S \geq \frac{2 \cdot P_i \cdot L_i \cdot 100}{\Delta u \% \cdot U_{ph}^2 \cdot \gamma}$$

S مقطع التفريعة (mm^2)

γ الناقلية النوعية لمادة النواقل ومن أجل النحاس $56 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$

P_i استطاعة التفريعة المقربة إلى استطاعتها النظرية (W).

L_i المسافة ما بين أبعد نقطة من نقاط التفريعة و القواطع (m).

U_{ph} التوتر النظامي (الاسمي) (220 V).

الرقم (2) يعني أننا نحسب الطول ذهاباً وإياباً للطور و الحيادي .

في حال المقطع اصغر من 1.5 mm^2

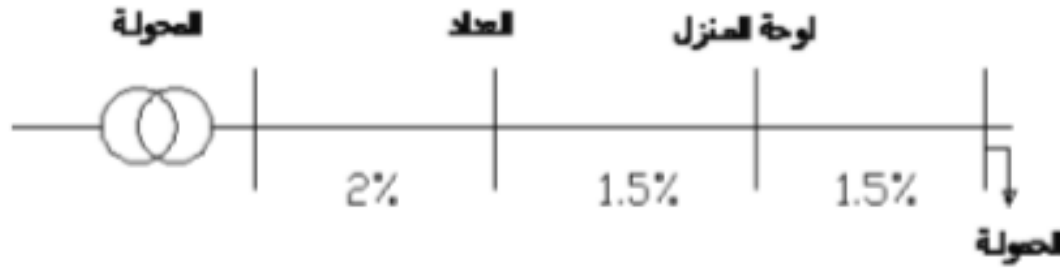
فأنا نختاره 1.5 mm^2

من اجل التحمل الميكانيكي

$P_i = N$. استطاعة المصباح) . مصباح التفريعة

شدة الإضاءة (لوكس)	المكان	
١٢٠	سلام	المباني السكنية
٦٠	ممرات	
<u>غرف معيشة :</u>		
١٥٠	عام	
٣٠٠	قراءة	
١٢٠	غرفة طعام	تابع المباني السكنية
١٢٠	غرفة نوم	
مطبخ		
١٢٠	عام	
٥٠٠	فوق أسطح العمل	
٣٠٠	حمام	
حجرة مكتب		
٣٠٠	عام -	
٥٠٠	فوق سطح المكتب -	

$\Delta u\%$ هبوط التوتر الطولان المثوي المسموح به، كما هو موضح بالشكل (1).



الشكل 1

ولحساب التيار (في النظام أحادي الطور) وذلك بغاية تحديد تحمل المقطع للشروط الحرارية نطبق العلاقة التالية:

$$I_i = \frac{P_i}{U_{ph} \times \cos \phi}$$

حيث I_i تيار التفريغة

بعد تحديد طريقة تمديد الكابلات (موضحة في جداول مقاطع الكابلات)

نختار من (جدول مقاطع الكابلات - جدول 2) وباعتبار ان النواقل هي نواقل احادية الطور نختار (2 PVC)

ننظر للمقطع المختار, ونحدد, هل يستطيع ان يتحمل التيار I_i أو لا؟

مقاطع الأسلاك والكابلات النحاسية الهوائية كتابع لنوع العزل و التيار القياسي له (table B.52-1 of IEC 60364-5-52)

Referenc methods	Number of loaded conductors and type of insulation												
		2 PVC	3 PVC		3 XLPE	2 XLPE							
A1		2 PVC	3 PVC		3 XLPE	2 XLPE							
A2	3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE								
B1				3 PVC	2 PVC		3 XLPE		2 XLPE				
B2			3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE						
C					3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE			
E						3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE		
F							3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Size (mm ²) Copper													
1.5	13	13.5	14.5	15.5	17	18.5	19.5	22	23	24	26	-	
2.5	17.5	18	19.5	21	23	25	27	30	31	33	36	-	
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-	
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-	
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-	
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-	
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161	
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200	
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242	
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310	
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377	
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437	
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504	
185	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575	
240	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679	

**300/500 V - SINGLE CORE SHEATHED
COPPER CONDUCTOR PVC INSULATED
UNSHEATHED or PVC SHEATHED CABLES
(Cu/PVC or Cu/PVC/PVC)**



Nominal Area of Conductor	maximum Conductor Resistance at 20°	Thickness of Insulation	Cu/PVC		Cu/PVC/PVC			Standard Packing Length	Drum Size / Coil	Approx. Gross Weight	
			Max Overall Diameter	Approx. Cable Weight	Thickness of Sheath	Max Overall Diameter	Approx. Cable Weight			Cu/PVC	Cu/PVC/PVC
Sqmm	Ohm/Km	mm	mm	Kg/Km	mm	mm	Kg/Km	Yard/Meter		Kg	
1.0†	18.1	0.6	2.7	15	0.8	4.5	31	100 Y	Coil	1.4	2.6
1.5*	12.1	0.7	3.2	21	0.8	4.9	39	100 Y	*	1.9	3.3
1.5	12.1	0.7	3.3	22	0.8	5.2	41	100 Y	*	2.0	3.5
2.5*	7.41	0.8	3.9	32	0.8	5.8	52	100 Y	*	2.9	4.6
2.5	7.41	0.8	4.0	34	0.8	6.0	55	100 Y	*	3.1	4.9
4	4.61	0.8	4.6	49	0.9	6.8	76	100 Y	*	4.5	6.6
6	3.08	0.8	5.2	68	0.9	7.4	98	100 Y	*	6.2	8.7
10	1.83	1.0	6.7	115	0.9	8.8	150	100 Y	*	10.5	13.8
16	1.15	1.0	7.8	170	1.0	10.5	215	100 Y	*	15.5	19.7
								Meter ± 10%			
25**	0.727	1.2	9.7	265	1.1	12.5	325	1000 M	D-9	-	385
35	0.524	1.2	10.9	360	1.1	13.5	425	1000 M	D-10	420	485
50	0.387	1.4	12.8	490	-	-	-	1000 M	D-9	550	-
70	0.268	1.4	14.6	690	-	-	-	1000 M	D-10	750	-

انارة - جدول 2 :عامل المكان K

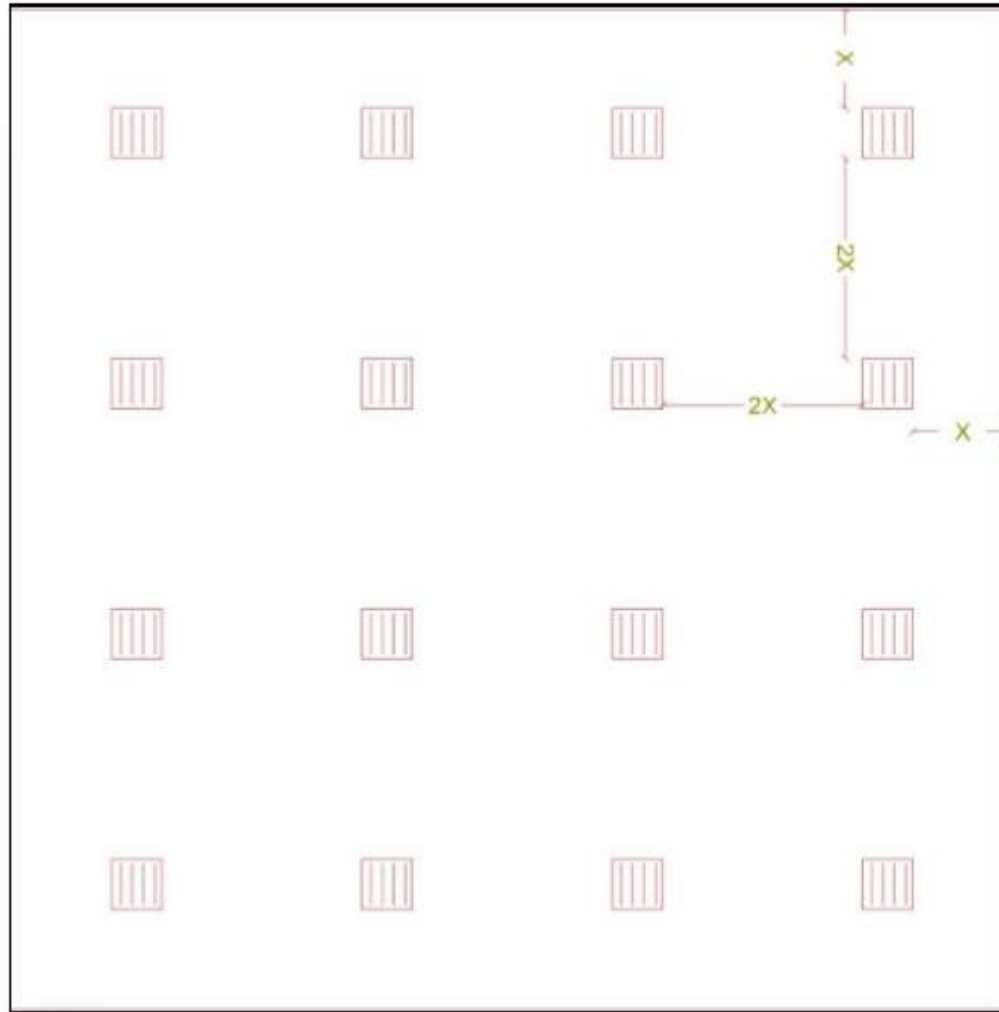
مصايح وهاجة			μ_u عامل الاستعمال									μ_m عامل الصيانة			
نظام الإنارة	المردود الضوئي %£	عامل الغرفة K	RP=0.7			RP=0.5			RP=0.3			1 Ans	2 Ans	3 Ans	
			0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	A	B	c	
موزعة		1	0.20	0.15	0.12	0.18	0.13	0.1	0.15	0.11	0.09	توسيح ضعيف			
		1.2	0.24	0.18	0.15	0.21	0.16	0.13	0.17	0.14	0.11	0.8	0.714	*	
		1.5	0.28	0.23	0.19	0.24	0.20	0.16	0.21	0.17	0.14	توسيح عادي			
	35	2	0.34	0.29	0.25	0.30	0.25	0.21	0.25	0.21	0.18	0.659	0.555	*	
	Up	2.5	0.39	0.33	0.29	0.33	0.29	0.25	0.28	0.25	0.22	توسيح شديد			
		3	0.42	0.37	0.32	0.36	0.32	0.28	0.31	0.27	0.24	*	1	*	
	79	4	0.46	0.42	0.38	0.40	0.36	0.33	0.34	0.31	0.29				
	Down	5	0.50	0.45	0.42	0.43	0.40	0.37	0.37	0.34	0.32				
		6	0.52	0.48	0.45	0.45	0.42	0.39	0.39	0.36	0.34				
	44	8	0.55	0.52	0.49	0.48	0.45	0.43	0.42	0.39	0.37				
		10	0.57	0.54	0.51	0.50	0.48	0.46	0.43	0.41	0.40				
		من أجل أجهزة موضوعة في مركز المكان المراد إنارته													
		1	0.21	0.16	0.12	0.18	0.14	0.11	0.15	0.12	0.09				
		1.2	0.25	0.19	0.16	0.21	0.17	0.14	0.18	0.14	0.12				
		1.5	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.22	0.18	0.15				
	2	0.36	0.31	0.27	0.32	0.27	0.24	0.27	0.24	0.21					

جدول A

مصباح فلوريسانت			μ_u عامل الاستعمال									μ_m عامل الصيانة		
نظام الإنارة	المردود الضوئي %£	عامل الغرفة K	RP=0.7 عامل الانعكاس			RP=0.5			RP=0.3			1 Ans	2 Ans	3 Ans
			0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	A	B	c
مباشر بدون عاكس	0%	1	0.29	0.24	0.20	0.29	0.23	0.20	0.28	0.23	0.20	توسيع ضعيف		
		1.2	0.35	0.29	0.25	0.34	0.28	0.25	0.33	0.28	0.24	*	*	*
		1.5	0.41	0.36	0.31	0.41	0.39	0.31	0.40	0.35	0.31	توسيع عادي		
	Up	2	0.50	0.45	0.41	0.49	0.44	0.41	0.48	0.44	0.41	0.714	0.588	0.526
		2.5	0.55	0.50	0.47	0.54	0.50	0.46	0.53	0.50	0.46	توسيع شديد		
	82%	3	0.59	0.55	0.51	0.58	0.54	0.51	0.58	0.54	0.51	0.54	0.392	0.312
		4	0.65	0.61	0.58	0.64	0.60	0.58	0.63	0.60	0.57			
		Down	5	0.68	0.65	0.62	0.67	0.64	0.62	0.66	0.64			
	6		0.70	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65			
	82%	8	0.73	0.71	0.69	0.72	0.71	0.69	0.72	0.70	0.69			
		10	0.75	0.73	0.71	0.74	0.73	0.71	0.74	0.72	0.71			
		1	0.32	0.26	0.22	0.31	0.26	0.22	0.30	0.26	0.22			
		1.2	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.29	0.37	0.32	0.29			
		1.5	0.46	0.41	0.38	0.46	0.41	0.38	0.45	0.41	0.38			
		2	0.57	0.53	0.50	0.57	0.53	0.50	0.56	0.53	0.50			

جدول E

Distance between two luminaire must be equal double distance between wall and luminaire.



عدد أجهزة الإنارة بالطول
عدد أجهزة الإنارة بالعرض

➤ Number of luminaire in length(column) = $\sqrt{\frac{L \times N}{W}}$

➤ Number of luminaire in width (row) = $\sqrt{\frac{W \times N}{L}}$

Where:-

W: Width

L: Length

N: Total number of luminaires

المأخذ الكهربائية

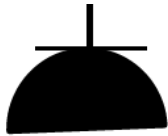
هي وسيلة تغذية غالبية الأجهزة الكهربائية المنزلية أو في المباني العامة وتظهر جميعها في لوحة الاعمال الكهربائية بمختلف انواعها .

أنواعها:

□ مأخذ تيار كهربائي عادي General used sockets or Single sockets

$$V = 250 \text{ volt ; } I = 10 \text{ A or } I = 16 \text{ A}$$

يستخدم للأجهزة التي تحتاج تيار كهربائي شدته أقل من ١٠ أو ١٦ أمبير يمكن استخدامه لتشغيل : تليفزيون ، فيديو، كمبيوتر ، مروحة، غسالة نصف اتوماتيك ... وأي جهاز استطاعته أقل من ٢٠٠٠ واط



□ مأخذ قوى كهربائية :Sockets (Power)

$$V = 250 \text{ volt ; } I = 20 \text{ A or } 32 \text{ A}$$

يستخدم للأجهزة التي تحتاج تيار كهربائي حتى ٢٠ أو ٣٢ أمبير أو جهاز استطاعته حتى ٤٠٠٠ واط يستخدم لتشغيل : سخان كهربائي ، غسالة اتوماتيك ، مكيف ، جهاز ميكروويف يختلف عن المأخذ العادي في مكوناته الداخلية فهي تتحمل مرور تيار كهربائي عالي.

Sockets (Power)

Contents:-

1. Types of sockets.
2. Distribution of sockets.

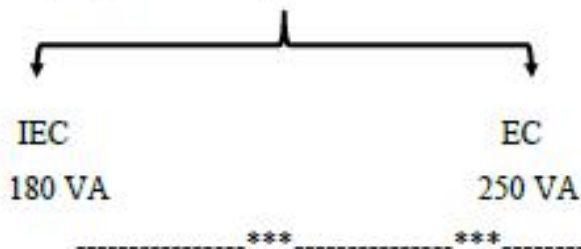
Types of Sockets

1) General used sockets or Single sockets.

Standard rating for single socket:-

V = 250 volt ; I = 10 A or I = 16 A

S (VA) = according to codes



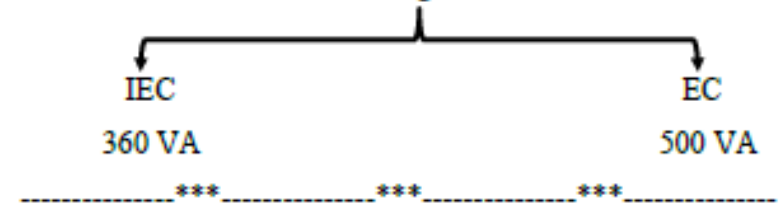
2) Double socket



Standard rating for double socket:-

V = 250 volt ; I = 10 A or 16 A

S = according to codes



3) Power socket

Standard rating for power socket:-

V = 250 volt ; I = 20 A or 32 A

- For (500 < S > 3000 VA) ↔ Take 20A.
- For (3000 < S > 5000 VA) ↔ Take 32A.

Take it in calculation (Depend on load)

Application:

توضع للأحمال الكبيرة التي تتعدى 0.5 KVA

- (1) Kitchen
- (2) Bath Rooms (heater and hand drier)
- (3) Laundry
- (4) Drilling Machines

4) U.P.S socket







Standard rating for U.P.S Sockets: - V = 250 volt; I = 10 A or 16 A

Take it in calculation (Depend on load). A separated distribution board For UPS- socket should be design.



5) Weather proof socket

It is normal socket with cover (IP↑↑)

SOCKETS	Weather proof SOCKETS
	
	
	

Application

- Corridors
- Kitchen
- Bath Room
- Outdoor
- Stores
- Factories

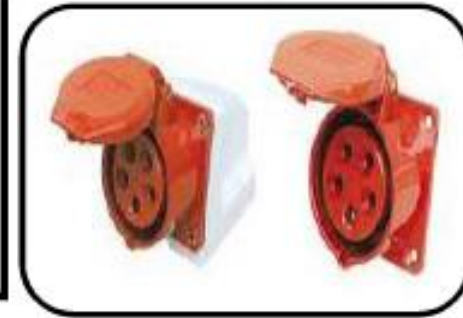


6) 3 φ socket (plug in) (فشة صارية)

Standard rating for 3φ sockets:-

V = 400 volt;

I = 16A, 32A, 63A, 100A or 125A.



7) Column sockets

تستخدم في الاماكن الخارجية

Standard rating for column sockets:-

V = 250 V I = 20 A & Outlet: 6, 12, 18, 24 outlets



8) Trunking Socket

تستخدم في العنابة المركزة وغرف الإخافة

V = 250 V & I = 20 A & Outlet: 6, 12, and 18

8) Trunking Socket

تستخدم في العناية المركزة وغرف الإخافة

V = 250 V & I = 20 A & Outlet: 6, 12, and 18



*** ** **

9) Floor box



V = 250 V & I = 16 A & Outlet: 1, 2, 3, 4, 5, 6 & (IP67)

Sockets Mounting

(١) يكون منسوب تركيب المقابس من ٣٠ سم إلى ٤٠ سم من الأرضية النهائية في الأماكن السكنية والمكاتب باستثناء المطابخ والحمامات فتكون على منسوب من 1.2 م إلى 1.35 م طبقاً للكود المصري.

(٢) يجب أن يجهز المقبس بواسطة بحيث يلامس طرف الأرضي فيه جسم العلبة المعدنية التي يركب بها.

(٣) يكون وجه علبة المقبس مصنوعاً من مادة عازلة صلبة غير قابلة للاشتعال ولا تلين عند ارتفاع درجة حرارتها إلى ٨٥ °م، ويجب أن تكون غير قابلة للتشوه ولا عند الاستعمال العادي.

(٤) يجب أن تكون المقابس المفردة أو المزدوجة من النوع ذي القطبين والقطب المؤرض.

(٥) يجب أن يكون ميبناً أو موضحاً على المقابس كلاً من القيمة المقننة للتيار والجهد بحروف بارزة.

(٦) يراعى أن تكون المقابس المركبة في الأرضيات من النوع الصامد للمياه لضمان ألا ينتج عنها خطراً أو تلفاً للعزل عند غسل الأرضيات.

(٧) يراعى أن تكون المقابس المركبة خارج المبنى من النوع الصامد للمياه سواء كانت خارج أو داخل الحائط مزودة بغطاء محكم لمنع وصول مياه المطر للأقطاب المكهربة.

(٨) يراعى عند استخدام مقابس أو مأخذ قوى على جانبي حائط أن تترك مسافة أفقية فيما بينهما مقدارها ١٥٠ مم على الأقل لتجنب انتقال الصوت من خلالها .

(٩) يجب أن تكون المقابس في الحمامات أو المطابخ أو ما يماثلها في أماكن بحيث لا تكون في متناول الذراع لشخص مبلل بالمياه.

(١٠) يجب مراعاة اختيار درجة الحماية المناسبة للمقبس في الأماكن (المعرضة للمياه أو الأتربة.

(١١) لا يسمح بوجود مقابس في حيز المغاطس وكبائن الاستحمام.

Panel Boards (لوحات التوزيع)

Contents:-

- 1) Construction of panel board.
- 2) How to draw the Panel Board (S.L.D).
- 3) Types of Panel Board.
- 4) Panel Board location.

Construction of panel board and specification.

- 1) Main circuit breaker
- 2) Bus bars (R+S+T+N+E)
- 3) outgoing circuit breakers or fuses
- 4) indicated lamps
- 5) digital meters (Volt- Amp- KW - KVA- P.F- VAR)
- 6) current and voltage transformers (C.T & V.T)
- 7) insulations



القاطع الرئيسي (main circuit breaker) :-

ويستخدم في حماية اللوحة من زيادة التيار وكذلك من حدوث short circuit ويمكن ان يكون من النوع القاطع المقولب (M.C.C.B) او المنمنم (M.C.B) او الهوائي (A.C.B).



قضبان التوزيع العمومية (B.B)

وهي الناقل الرئيسي لتيار الكهربي من بداية أطراف دخوله حتى أطراف خروجه من المغذيات. وتصنع قضبان التوزيع من النحاس الأحمر ويتم تثبيت القضبان رأسياً وأفقيًا داخل اللوحة على عوازل كهربائية تتناسب مع نوع وقيمة الجهد وهي عوازل من الصيني أو البكاليت ولها طرفان معدنيان أحدهما يثبت بجسم اللوحة المعدني والطرف الثاني يثبت القضبان العمومية ومربوط بها

- يتم حماية القضبان من تأثير الرطوبة الجوية أو أي غازات ضارة عن طريق دهان القضبان بعد تمام توصيلها وتربطها باللوحة بمواد عازلة ذات لون مميزة لليارات
 - إدخال قضبان التوزيع داخل غلاف من (PVC) يعزلها تمامًا عن البيئة وكذلك من الحيوانات الضارة كالقنثران يعتمد اختيار قطبان التوزيع على عدة عوامل أهمها قيمة التيار (rated current) و تيار القصر (short circuit current) مساحة لوحة التوزيع
- ويوجد نوعان من قضبان التوزيع .**

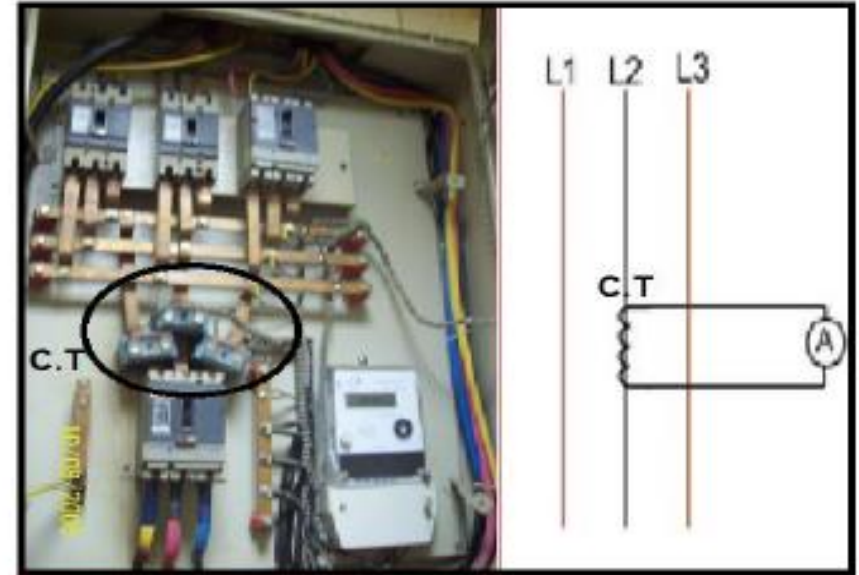
- (1) النوع المصمت وهو عبارة عن كتلة من النحاس المصبوب على شكل قضيب مستطيل .
- (2) النوع المثقوب وهو عبارة عن قضيب به عدة ثقوب يتم تركيبه في لوحة التوزيع والاستفادة من تلك الثقوب في تقليل درجة الحرارة عند مرور التيار وكذلك الاستفادة من تلك الثقوب في

تثبيت مفاتيح الخروج أو الفيوزات.



محولات التيار

تعتبر محولات التيار من المكونات المستخدمة في لوحات التوزيع ولها علاقه وثيقه باجهزه قياس التيار حيث يتكون محول التيار من ملف واحد فقط (الملف الابتدائي) بينما يعتبر الموصل الذي يتم تركيب المحول عليه هو الملف الثانوي للمحول والشكل يوضح رسماً لتركيب محول التيار.



القواطع الفرعية (outgoing circuit breaker)

يتم تركيب القواطع الفرعية في لوحة التوزيع قبل التوصيل للاحمال لحماية الكابل الموصل للحمل وكذلك الحمل ويمكن ان تكون مفاتيح احادية او ثلاثية .

اجهزة القياس

تتم اهمية اجهزة القياس في معرفة الكميات الكهربائية من فولت وتيار وقدرة ويمكن ان تكون (analog meters) او (digital meters).

* اللوحات الرئيسية تكون مزودة باجهزه لقياس الجهد والتيار بالاضافه الي الطاقه المستهلكه بصورها المختلفه (KWh ,KW and KVAR) وقد تزود باجهزه قياس معامل القدره power factor او التردد وذلك كله حسب حجم واهميه اللوحه.

* لسات البيان في لوحات توزيع الجهد المنخفض يجب ان تغذي مباشرة من اطراف قابل الدخول.

• قيمة IP للوحات التوزيع

- ❖ اللوحه الفرعية (IP44)
- ❖ اللوحه العمومية (IP54)
- ❖ اللوحه OUTDOOR (IP65)
- ❖ يجب ان يكون سمك الصاج للوحه لا يقل عن 2مم ومفصلات جيدة ولمبات بيان.
- ❖ يجب تأريض أجسام جميع لوحات التوزيع.

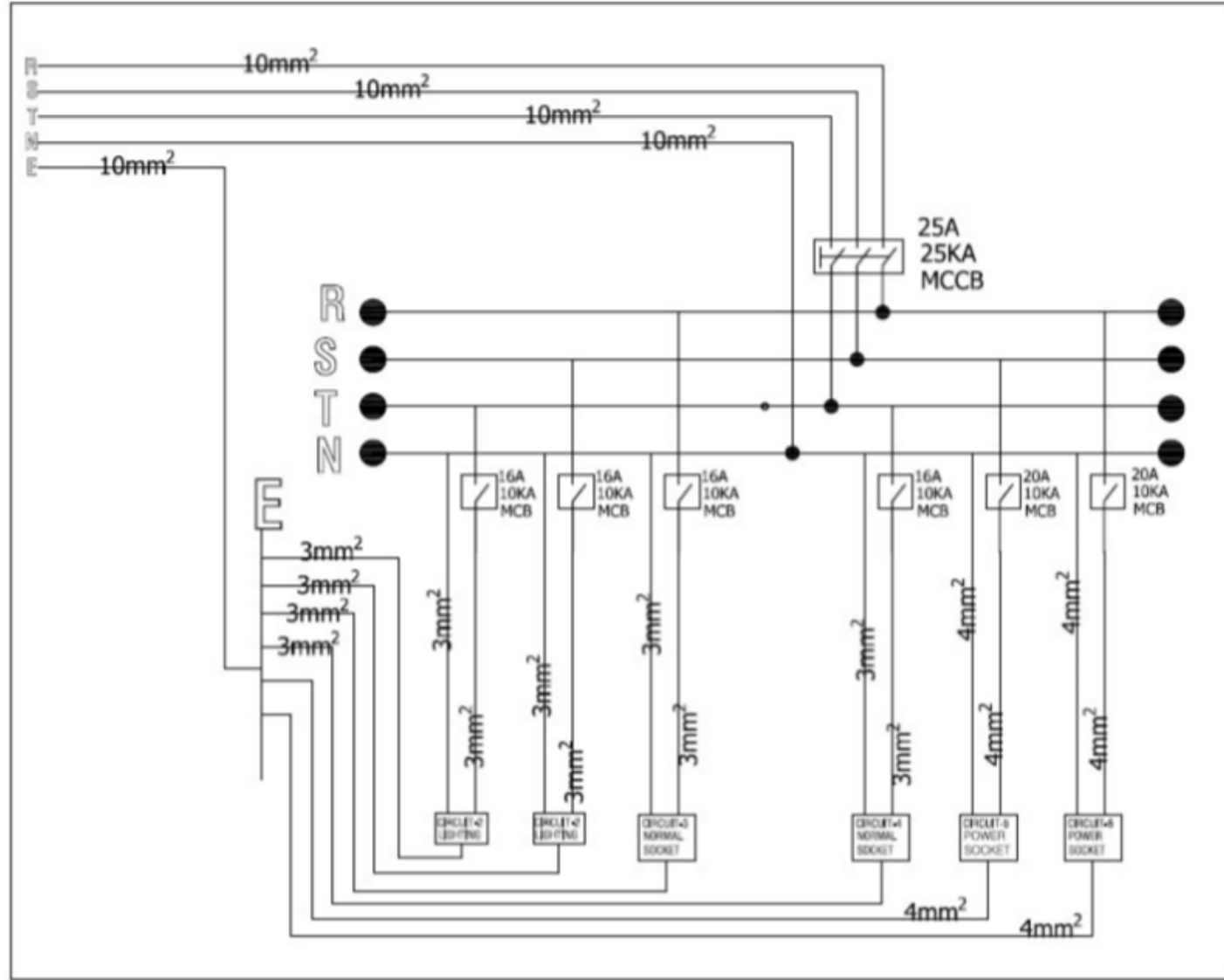


PANEL BOARD DRAWING (S.L.D)

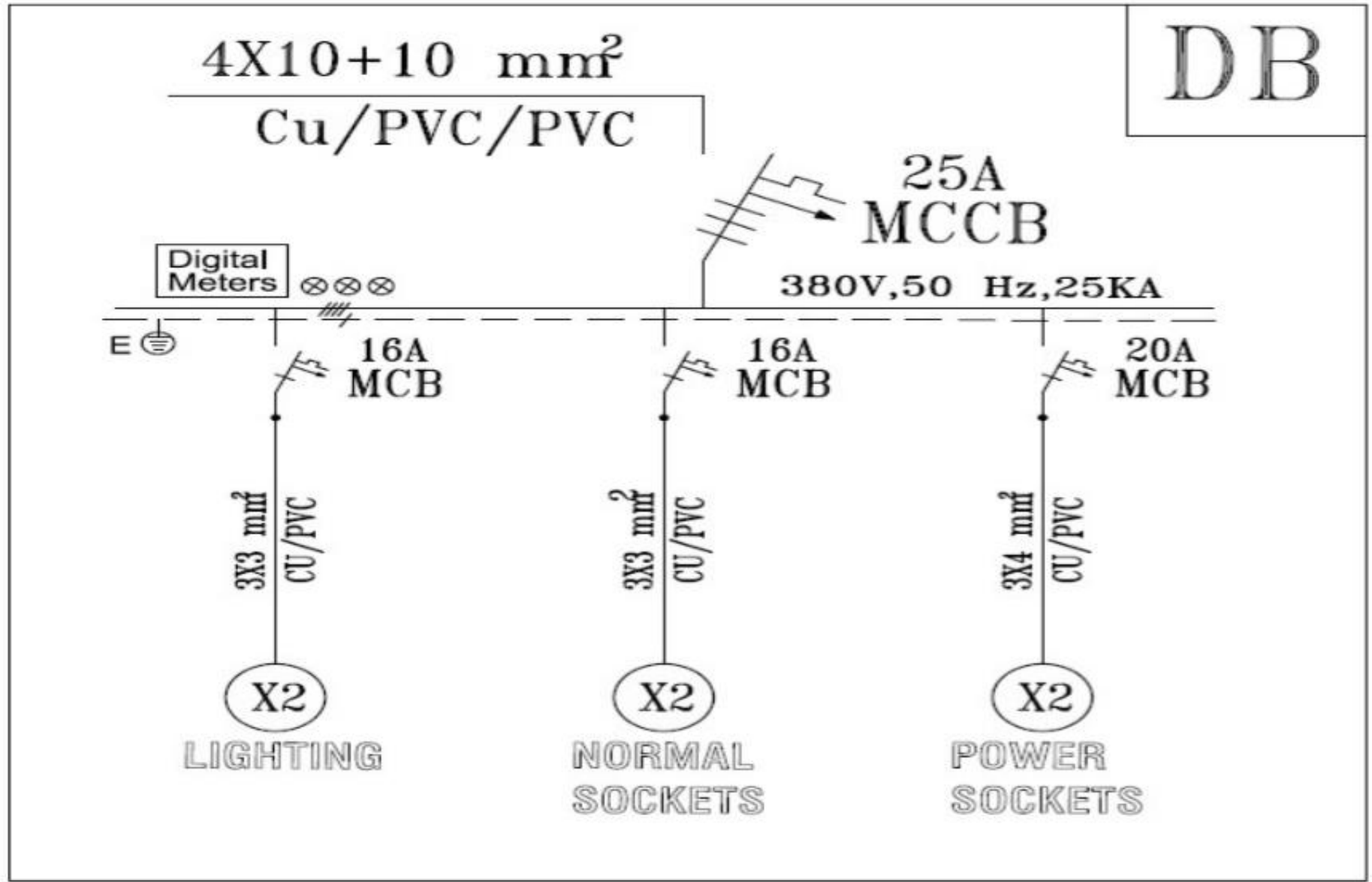
يتم رسم لوحة الكهرباء في صورة (single line diagram) حيث ان كل الاجزاء المتشابهه يتم

رسم جزء واحد فقط ويتم كتابة العدد من خلال هذه الامثلة سوف يتضح ذلك.

مخطط تفصيلي

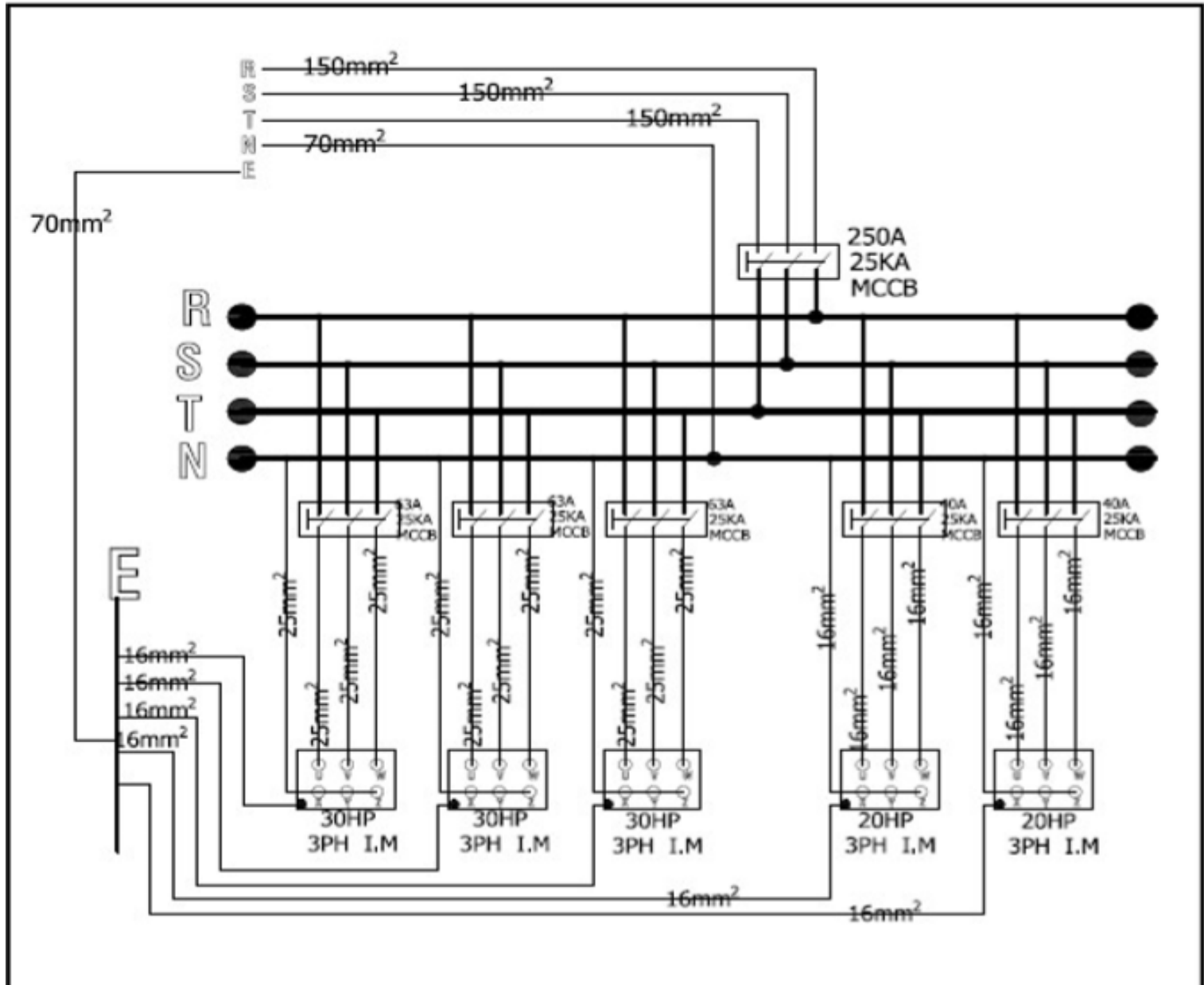


مخطط SLD للوحة السابقة

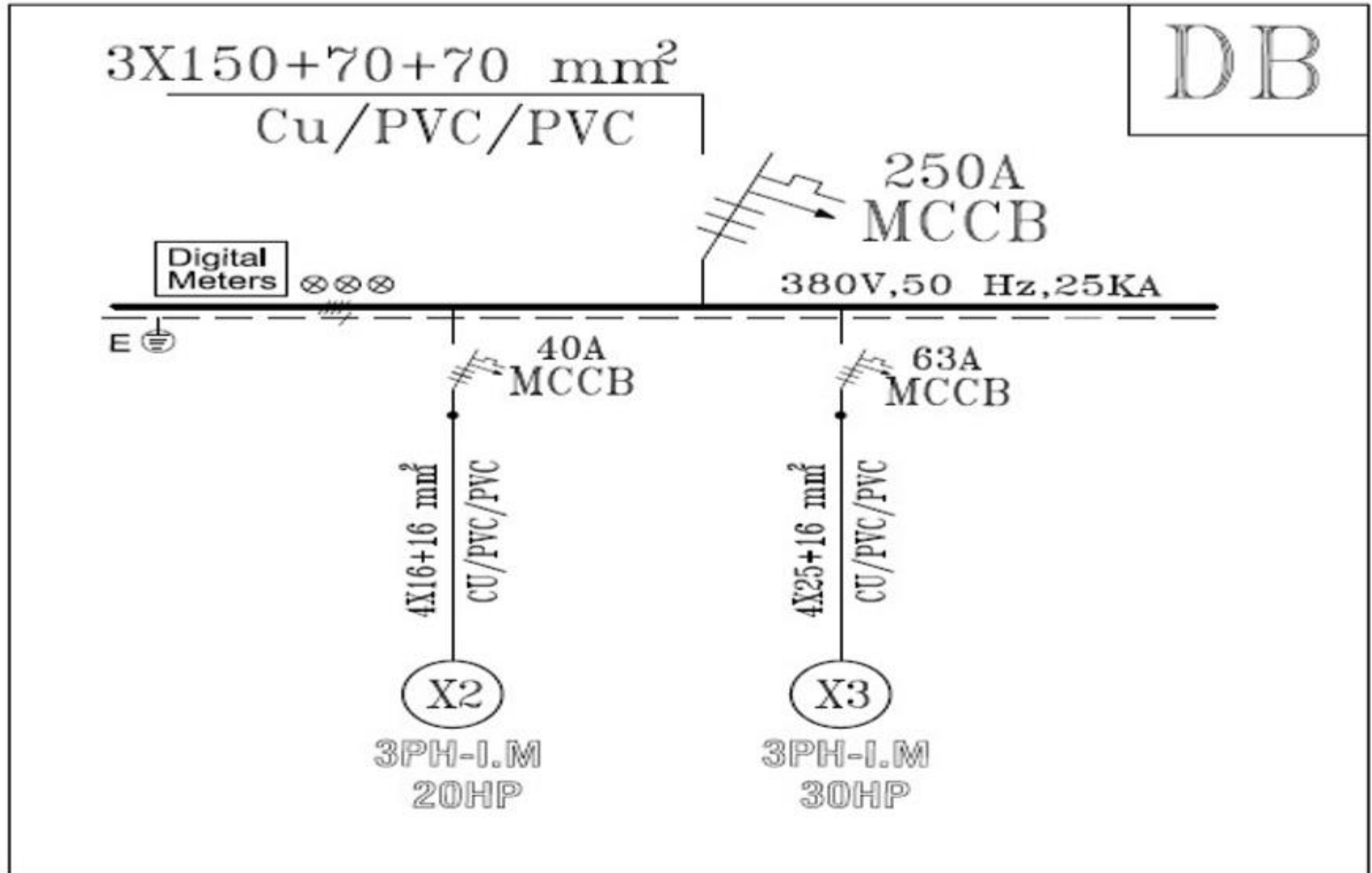


لوحة كهربائية لتغذية ثلاث محركات 30HP وكذلك تغذية محركين 20HP

مخطط تفصيلي



مخطط SLD للوحة السابقة



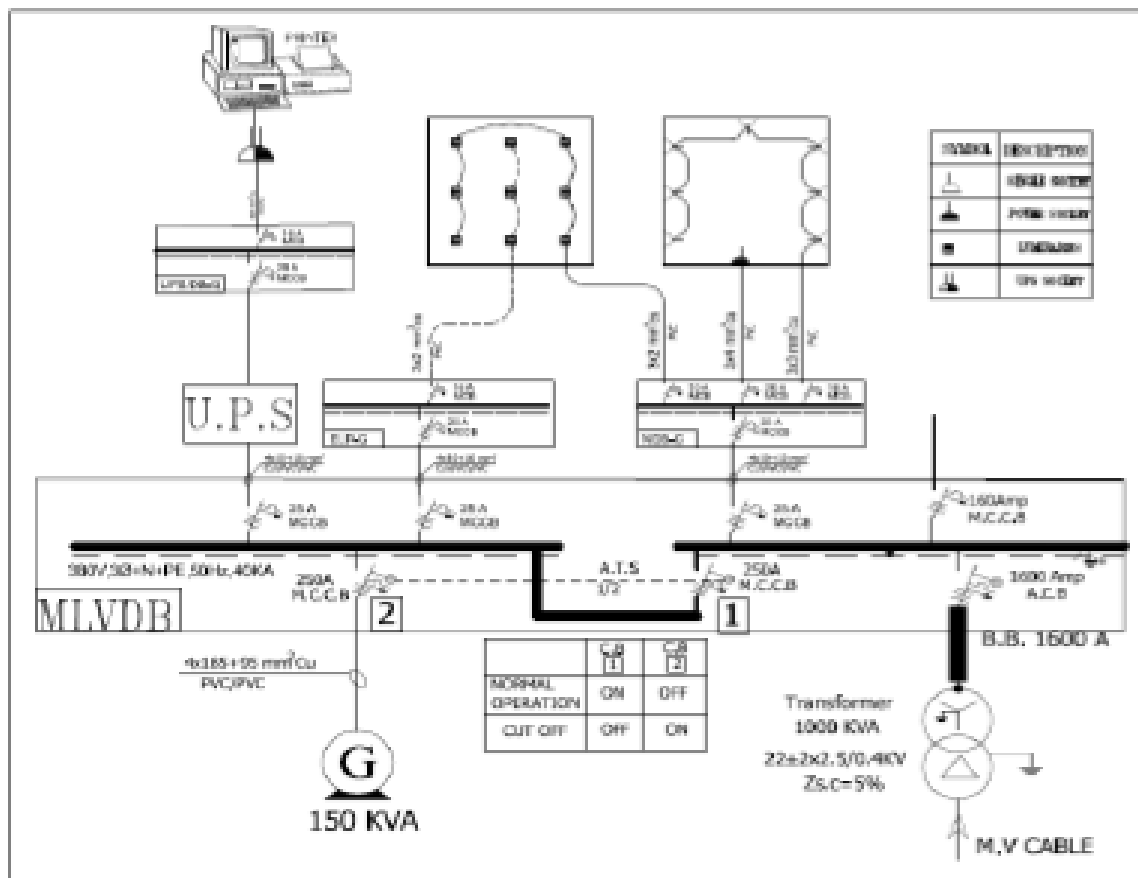
انواع لوحات التوزيع

من حيث نوع التغذية الكهربائية.

يوجد ثلاثة انواع من اللوحات طبقا لطريقة التغذية الكهربائية وهم :-

TYPE	FEEDING	SYMBOL_
NORMAL	transformer	N
EMERGENCY	transformer	E
	generator	
U.P.S	transformer	U.P.S
	U.P.S	
	generator	

توضح الرسمة التالية الفرق بين الثلاثة لوحات حيث ان :-



ما هو ال ATS ؟

❖ جهاز ال Automatic transfer switch او ما يعرف اختصارا ب ATS يمكنه ان ينقل

تغذية اي لوحة طوارئ اوتوماتيكيا في حالة انقطاع التيار من المصدر الاصلي وهو عادة الكهرباء

العمومية الي المصدر الثاني وهو مولد الديزل كما هو موضح بالشكل السابق .

❖ لوحة NORMAL تعمل من مصدر واحد وهو المحول وفي حالة انقطاع الكهرباء لاتعمل

هذه اللوحة وغالبا ما تغذى احمال عادية مثل الانارة والبراييز والتكييف والسخانات

واضح من الشكل ان تغذية الحمل تأتي دائما من خلال البطارية ومن ثم فعند انقطاع التيار فلن تتأثر هذه الاحمال مطلقا ولن تشعر باي اهتزاز في مصدر التغذية لكن بالطبع عند انقطاع التيار فلن يكون هناك مصدر شحن للبطارية ومن ثم سيستمر ال UPS في تغذية هذه الاحمال لمدته تتوقف علي سعة البطارية وكمية التيار المسحوب منها ولذا يتم توصيف البطاريات عادة بوحدة ال Ampere Hour ولذلك فان اهم عنصرين يجب تحديدهما في مواصفات ال UPS عند شرائه هما : قيمة اقصي تيار يمكن ان يغذيه، اقصي مده لهذه التغذية.

وبالطبع كلما زاد التيار وزادت المدة كلما كبر حجم ال UPS وزاد سعره وفي الغالب فاننا نحتاج الجهاز ان يخزن المعلومات التي يخشي من ضياعها) واثناء هذه المدة الوجيزة تكون الشحنة المخزنة في بطاريات ال UPS هي المصدر الوحيد للتغذية ويستمر ذلك الي ان ينتهي جهاز ال ATS من تحويل التغذية من المصدر الرئيسي الي المصدر الاحتياطي (الديزل) وبعدها تعود البطارية لتتشن مرة اخري لكن هذه المرة من خلال الديزل وليس من المصدر الرئيسي.

Panel board location

يتم تحديد عدد واماكن لوحات الاثارة والقوى على اساس قاعدتين هما

(1) يتم تقسيم الدور الى zones على اساس ان اللنية لا يزيد طولها عن 30 م .

(2) داخل zones حيث يتم تحديد عدد اللوحات على اساس التصنيع حيث يوجد لوحات (6 خط 12- خط 18 - خط 24 - خط 36- خط 48 خط) وهذا يتطلب منا تحديد اماكن اللوحات

❖ اما لوحات الطوارئ (emergency) تعمل في الحالة العادية ويكون مصدر الكهرباء هو المحول وكذلك تعمل عند انقطاع الكهرباء ويكون في هذه الحالة مصدر الكهرباء هو المولد الاحتياطي ولكن هذه اللوحات تفصل جزء من الوقت قد يصل الي (30 ثانية) او اكثر على حسب مدة دخول المولد الاحتياطي وفي هذا النوع تكون الاحمال اكثر اهمية مثل جزء من الاضاءة واحمال التلجيات و المصاعد.....الخ

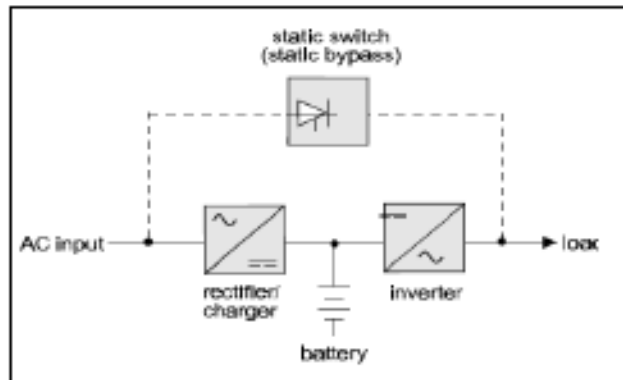
❖ لوحة U.P.S تعمل في الحالة العادية ويكون مصدر الكهرباء هو المحول وكذلك تعمل لحظيا عند انقطاع الكهرباء ويكون في هذه الحالة مصدر الكهرباء هو جهاز U.P.S وبعد قيام المولد يكون مصدر الكهرباء هو المولد الاحتياطي وهذه اللوحات تغذي الاحمال الاكثر اهمية مثل غرف العمليات والحماية المركزية واجهزة الحاسب في المباني الادارية الهامة مثل البنوك.

كيفية عمل جهاز ال UPS

❖ في الجزء الاول منه يتم تحويل التيار المتردد الي تيار مستمر .

❖ في الجزء الثاني يتم استخدام التيار المستمر في شحن عدد من البطاريات.

❖ في الجزء الثالث يتم تحويل التيار المستمر الخارج من البطارية الي تيار متردد مرة اخري.



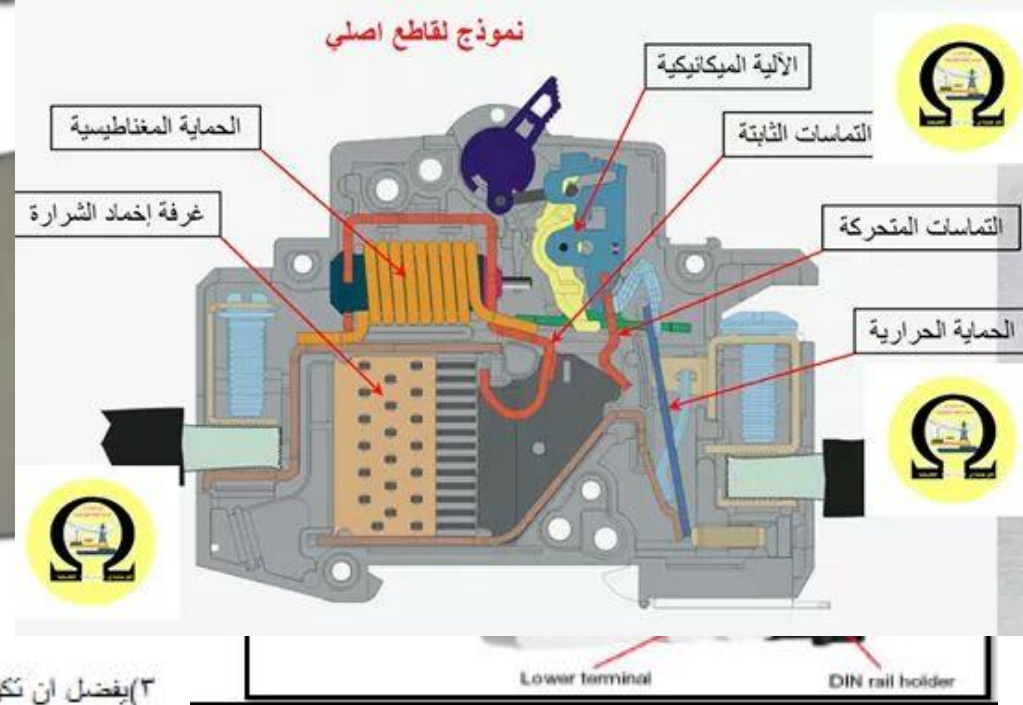


Circuit Breaker

Specification of circuit Breaker:-

- [1] Operating voltage of C.B
- [2] Rated current of C.B (I_r or I_n) Amp.
- [3] Instantaneous short circuit current (I_m)
- [4] Rated breaking capacity (I_{cu}) KA
- [5] Types of C.B
- [6] Types of poles.
- [7] Earth leakage C.B

Construction of low voltage C.B

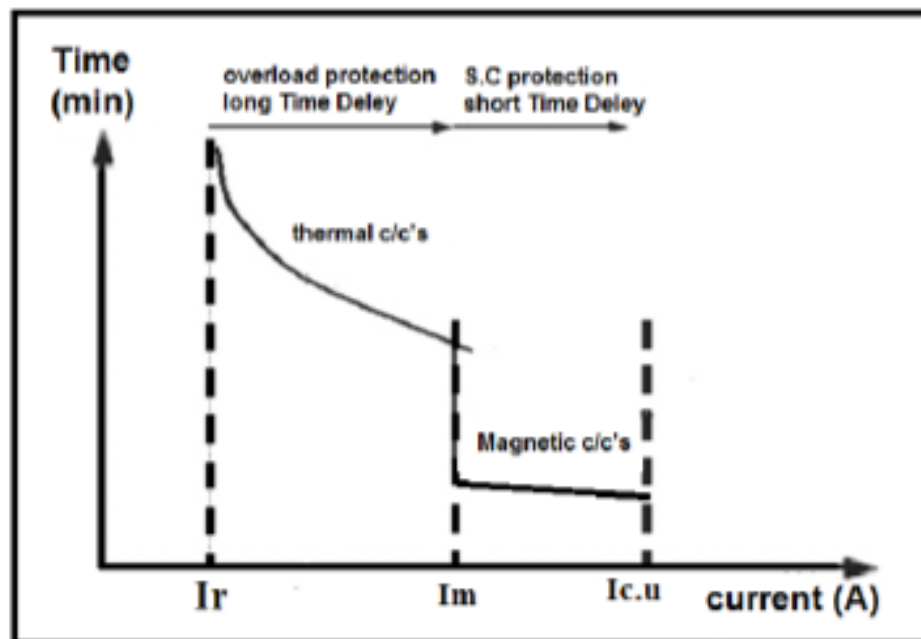


٣) يفضل ان تكون غرف الكبرياء في متوسط الاحمال

مواصفات القاطع



1- Operating Principle of low voltage C.B



I_r : rated current of C.B (Amp)

I_m : intendance short circuit current of C.B

$I_{c.u}$: max short circuit current or (Rated Breaking capacity) (KA)

Note:

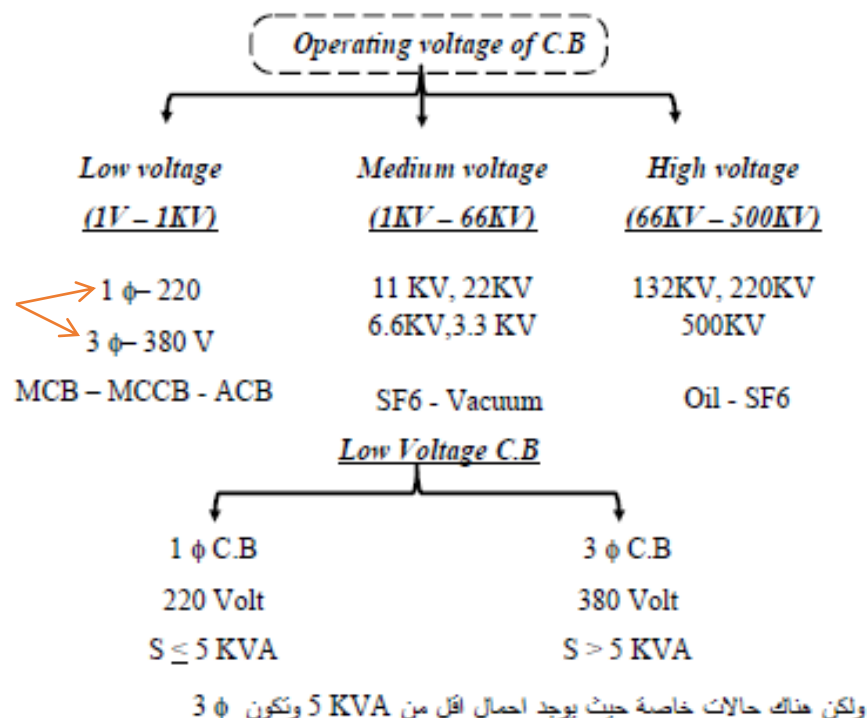
I_r : depend on KVA of load

(Discussed in details in this chapter)

$I_{c.u}$: depend on the impedance of (Cables, Bus Bars and Transformers)

(Will be discussed in details in SC calculation chapter)

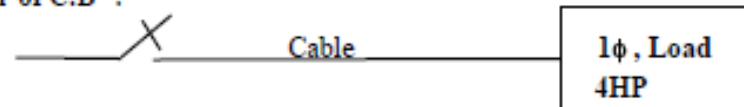
oo



2- How to select C.B according to I_r (A)?

EX-1

I_r of C.B=?



NOTE:-

We assume that $HP = KVA$

$$\text{As, } S_{1\phi} = V \cdot I$$

$$\text{So, } I_{load} = \frac{S}{V} \quad (\text{Single Phase})$$

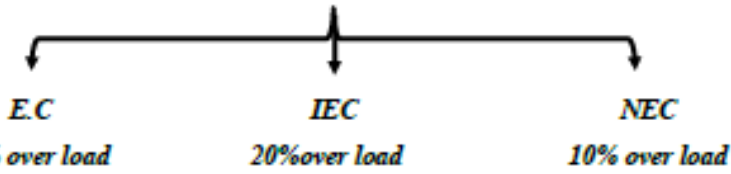
$$I_{load} = \frac{S * 1000}{220} = 4.5 * S$$

$$I_L = 4.5 * KVA \quad \text{OR} \quad I_L = 4.5 * HP \quad \text{for 1-}\phi \text{ Load}$$

$$\diamond I_{load} = 4.5 * 4 = 18 A$$

$$I_{C.B} = \text{Safety factor} * I_{load}$$

Safety factor



$I_{C.B} = 1.25 * 18 = 22.5 \text{ Amp.}$
(But there is no C.B with $I_r = 22.5A$.)

So, from C.B standard:-



So, Select **C.B = 25 Amp.**



Circuit Breaker Ratings																CB (A)									
10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	400	630		800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
MCB										ACB															
MCCB																									

EX-2

I_r of C.B = ?



As, $S_{3\phi} = \sqrt{3} V.L$ So, $I_{load} = \frac{S}{\sqrt{3} V}$ (Three Phase)

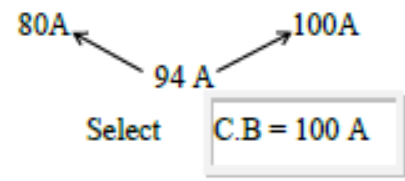
$$I_{load} = \frac{S * 1000}{\sqrt{3} * 380} = 1.5 * S$$

$$I_L = 1.5 * KV\% \quad \text{OR} \quad I_L = 1.5 * HP \quad \text{for 3-}\phi \text{ Load}$$

$$I_L = 1.5 * 50 = 75 A$$

$$I_{C.B} = 75 * 1.25 = 94 A$$

From C.B standard

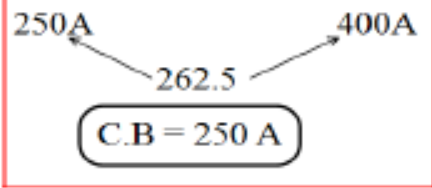


EX-3

3ph load, 140 hp

$$I_L = 140 * 1.5 = 210 A$$

$$I_{C.B} = 210 * 1.25 = 262.5 A$$

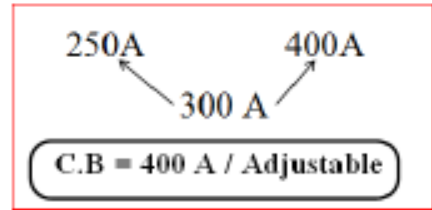


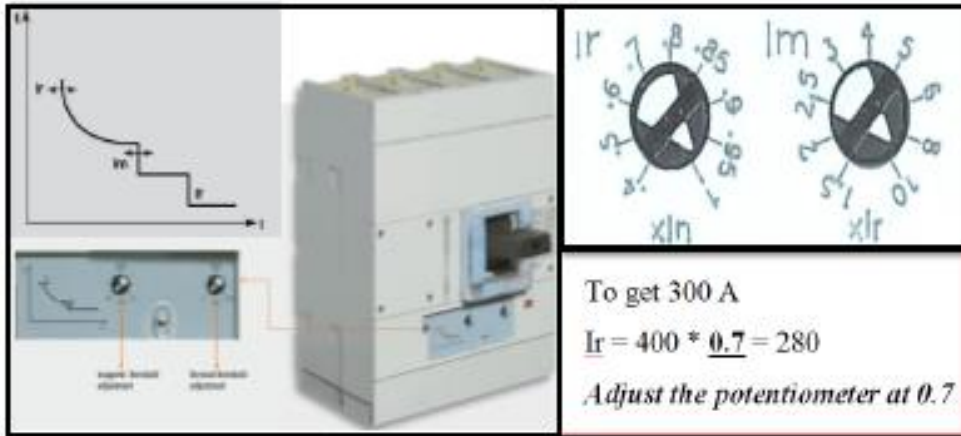
Ex-4

3ph load, 160KVA

$$I_{rated} = 1.5 * 160 = 240 A$$

$$I_{C.B} = 1.25 * 240 = 300 A$$





٢- المنحنى المغناطيسي الثابت (C)

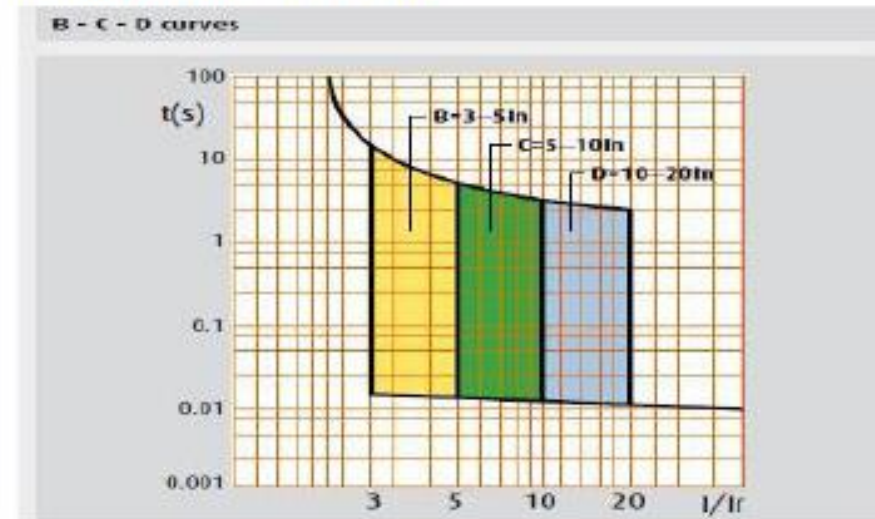
I_m يتراوح بين ($10I_n$ --- $5I_n$) ويختار هذا المنحنى لحماية {dynamic loads} مثل المواتير والتي لها تيارات بدا عالية.

٣- المنحنى المغناطيسي الثابت (D)

I_m يتراوح بين ($20I_n$ --- $10I_n$) ويختار هذا المنحنى في حالة تيارات بدا عالية جدا مثل المحولات.

3- Instantaneous short circuit current (I_m)

How to select C.B according to I_m ?



١- المنحنى المغناطيسي الثابت (B)

I_m يتراوح بين ($5I_n$ --- $3I_n$) ويختار هذا المنحنى لحماية {static loads} مثل الانارة

والبراييز والسخانات .

Types of low voltage Circuit Breakers

(I) Miniature C.B (القواطع المنمنمة)



خصائص القواطع المنمنمة

١- سعة المفتاح تتراوح بين 6A الى 125A

٢- تيار القصر لمفتاح 4.5KA- 6KA—10KA—15 KA

٣- يوجد منها احادى وثلاثى

٤- تستخدم في الدوائر الفرعية مثل الانارة والبراييز والاحمال المنزلية

2- حسابات المآخذ:

تركب المآخذ الكهربائية على جدران الغرف وعلى إرتفاع 35 سم فوق سطح الأرض لسهولة تغذية الأجهزة المنزلية المختلفة، ويجب أن تشمل التمديدات الحديثة سلك أرضي بقطع مناسب، وذلك لمنع وصول التوتر إلى الأجسام المعدنية للتجهيزات في حالة حدوث عطل داخلها، ويستحسن تركيب عدد كافٍ من المآخذ في الغرفة ليسهل تغذية الأجهزة دون الحاجة لإجراء تمديدات ظاهرة، ويجب ألا يقل عيار المآخذ عن 10 A و 250 V. أما المآخذ الخاصة وهي التي تكون موصلة بخط مستقل مع اللوحة المباشرة حتى مكان الجهاز، فهي تستعمل من أجل الأجهزة ذات الإستطاعات الكبيرة (براد، مكيف، فرن، سخانة...)، وهذه يجب أن لا يقل عيارها عن 20 A و 250 V. وهي تضم:

المآخذ العادية: وهي تستخدم لتغذية الأجهزة ذات الاستطاعات الصغيرة والعادية.

المآخذ الخاصة: تستخدم لتغذية الأجهزة ذات الاستطاعات الكبيرة كالمكيفات والسخانات.

• تفرعات المآخذ العادية:

يعطى عدد التفرعات بالعلاقة:

$$n = \frac{P_{total}}{2500}$$

n عدد تفرعات المآخذ.

P_{tot} الاستطاعة الإجمالية للمآخذ العادية.

الاستطاعة المسموحة لكل تفرعة من تفرعات المآخذ هي 2500W من الناحية الحرارية.

• حسابات المآخذ الخاصة:

وفيها نأخذ تفرعة مستقلة لكل مأخذ خاص مثل : المكيف - مأخذ مكواة - رأس غاز كهربائي - غسالة أتوماتيك - قازان ماء ساخن

في حال المقطع اصغر من 2.5 mm^2
فأننا نختاره 2.5 mm^2
حسب توصيات نقابة المهندسين

؟

• حساب مقطع التفرعة حسب شرط هبوط التوتر وفق الشكل التالي:

ثلاثي الطور (معمل)	احادي الطور (منزل أو منشأة)
نحدد المقطع باستخدام العلاقة التالية $S \geq \frac{P_i \cdot L_i \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot \Delta u\% \cdot U_{Line}^2 \cdot \gamma}$	نحدد المقطع باستخدام العلاقة التالية $S \geq \frac{2 \cdot P_i \cdot L_i \cdot 100}{\Delta u\% \cdot U_{ph}^2 \cdot \gamma}$
ولحساب التيار (في النظام الثلاثي الطور) وذلك بغاية تحديد تحمل المقطع للشروط الحرارية نطبق العلاقة التالية: $I_i = \frac{P_i}{\sqrt{3} \times U_{Line} \times \cos \theta}$ U_{line} : هو جهد خط وليس جهد طور	ولحساب التيار (في النظام أحادي الطور) وذلك بغاية تحديد تحمل المقطع للشروط الحرارية نطبق العلاقة التالية: $I_i = \frac{P_i}{U_{ph} \times \cos \theta}$

1	انارة - متوهجة
0.6-0.56	انارة - فلورسانت (بدون تحسين عامل استطاعة)
0.93	انارة - فلورسانت (مع تحسين عامل استطاعة)
0.95-0.8	محركات - حالة طبيعية
0.35	محركات - اقلاع

طريقة تمديد الكابلات للنظام آحادي الطور

- نحدد طريقة تمديد الكابلات (موضحة في جداول مقاطع الكابلات)
- نختار من (جدول مقاطع الكابلات - جدول 2) وباعتبار ان النواقل هي نواقل احادية الطور نختار (2 PVC)
- ننظر للمقطع المختار, ونحدد, هل يستطيع ان يتحمل التيار I_i أو لا؟

3- اللوحات الكهربائية:

• حالة شقة سكنية:

تقوم هذه اللوحات بتغذية دارات الإضاءة والمآخذ داخل السكن، وتتغذى بدورها من عداد القدرة المتصل بشبكة التوزيع في المدينة، وتركب على اللوحة عادة أجهزة التحكم بالدارات وأجهزة الحماية، وأجهزة القياس (للتيار والتوتر) ويمكن تركيب مصابيح إشارة لتدل على وجود التيار الكهربائي، وتحتوي اللوحة بصورة أساسية على قاطع آلي للتحكم بالتغذية الكهربائية في اللوحة بكاملها، وتأمين الحماية اللازمة، وعلى قاطع آلي لكل دائرة متصلة بهذه اللوحة.

• حساب مقطع الكابل المغذي:

بفرض أن الشقة تستجر استطاعة ناتجة عن مجموع P_{t1} , P_{t2}

حيث P_{t1} مجموع استطاعات تفرعات الإنارة

P_{t2} مجموع استطاعات تفرعات المآخذ العامة والخاصة (بفرض أن P_{t3} استطاعة أكبر مآخذ خاص موجود في الشقة)

وبالتالي فإن الاستطاعة التي يغذيها الكابل تحدد بالعلاقة التالية:

$$P = P_{t1} \times G_1 + P_{t2} \times G_2 + P_{t3} \times G_3$$

حيث:

P_{t1} الاستطاعة الكلية للإضاءة و G_1 عامل الاستعمال للإنارة 0.66 (مآخذ-جدول I: حساب عامل الاستعمال K)

P_{t2} الاستطاعة الكلية للمآخذ و G_2 عامل الاستعمال للمآخذ ويساوي 0.40 (مآخذ-جدول I: حساب عامل الاستعمال K)

P_{t3} استطاعة أقوى مآخذ و G_3 عامل الاستعمال لأقوى مآخذ ويساوي 1.00 (مآخذ-جدول I: حساب عامل الاستعمال K)

حسابات المآخذ:

بعد القيام بحساب عدد المآخذ في كل غرفة قمنا بتنظيم (الجدول 2) وقمنا بإضافة مآخذ خاصة (حسب التوقع أو بالتنسيق مع وضع الديكور) لكل غرفة:

المكان	الأجهزة المستخدمة	المآخذ العادية [W]	المآخذ الخاصة [W]	المجموع [W]
غ نوم 1	مدخل تلفاز و ستلايت ومروحة سقفية	200+200	X	400
غ نوم 2	مدخل تلفاز و ستلايت + مروحة سقفية	200+200	X	400
استقبال	مدخل تلفاز و ستلايت + مكيف	200	1500	1900
طعام	مدخل تلفاز و ستلايت	200	X	200

تفريعات المآخذ العادية:

يعطى عدد التفريعات بالعلاقة:

$$N = \frac{P_{total}}{2500} = \frac{3800}{2500} = 1.52 \cong 2$$

إن الاستطاعة المسموحة لكل تفريعة من تفريعات المآخذ هي 2500W من الناحية الحرارية، ولكن نظراً للتوزيع المكاني نريد أن نأخذ التفريعة الأولى باستطاعة $P_1 = 2000$ W، والتفريعة الثانية باستطاعة $P_2 = 1800$ W.

وتحسب تيارات التفريعات وفق العلاقات التالية:

$$I_1 = \frac{2000}{220 \times 0.8} = 11.36 \dots A$$

$$I_2 = \frac{1800}{220 \times 0.8} = 10.22 \dots A$$

ويعطى مقطع الناقل بالعلاقة:

$$S \geq \frac{2 \cdot P_i \cdot L_i \cdot 100}{\Delta u \% \cdot U_n^2 \cdot \gamma}$$

P_i استطاعة الحمل (W)

L_i بعد الحمل عن القاطع الفرعي (m)

γ الناقلية النوعية للنحاس (Ω / m)

$\Delta u \%$ هبوط الجهد النسبي المئوي

يجب أن لا يقل مقطع التفريجة للمأخذ عن 2.5mm²

المأخذ الخاصة:

تؤخذ تفريجة مستقلة لكل مأخذ خاص:

- المكيف باستطاعة 1500 W نختار له مقطع 4 mm² و عيار القاطع 25 A

- مأخذ مكواة ت باستطاعة 1500 W بمقطع 4 mm² و عيار القاطع 25 A

- فرن كهربائي باستطاعة 2000 W ومقطع 4 mm² و عيار القاطع 25 A

- غسالة أتوماتيكية باستطاعة 2000 W ومقطع 4 mm² و عيار القاطع 25 A

- قازان ماء ساخن 1 باستطاعة 1000 W بمقطع 4 mm² و عيار القاطع 25 A

رقم تفريجة المأخذ	الأحمال المغذاة من التفريجة
1 (مأخذ عادية)	غرفة الاستقبال وغرفة الطعام وغرفة المعيشة وغرفة نوم الوالدين وغرفة نوم الأولاد والتراسين
2 (مأخذ عادية)	براد ومايكرويف وخلاط وساحب هواء ورائحة ومجفف شعر وآلة حلاقة كهربائية
3 (مأخذ خاصة)	مكيف

ويتم توزيع أحمال المأخذ العادية والخاصة في المسكن على التفريجات حسب الجدول

- حساب مقطع الكابل المغذي للشقة:

تحسب الاستطاعة التي يغذيها الكابل بالعلاقة التالية:

$$P = P_{t1} \times G_1 + P_{t2} \times G_2 + P_{t3} \times G_3$$

حيث:

P_{t1} الاستطاعة الكلية للإضاءة و G_1 عامل استخدام الإضاءة ويساوي 0.66

P_{t2} الاستطاعة الكلية للمأخذ و G_2 عامل استخدام المأخذ ويساوي 0.40

P_{t3} استطاعة أقوى مأخذ و G_3 عامل استخدام أقوى مأخذ ويساوي 1.00