المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

برنامج التدريب العسكري المهني

تخصص قوى كهربائية

ورشة التركيبات الكهربائية

٢٨٨ كهر

ورشة التركيبات الصناعية

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **ورشة التركيبات الصناعية** " لمتدربي تخصص " **قوى كهربائية** " في معاهد التدريب العسكري المهني موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

ورشة التركيبات الكهربائية

٢٨٨ كهر

ورشة التركيبات الصناعية

التعليمات والنظم الخاصة بالتركيبات الصناعية و ورش العمل

الجدارة: الإلمام بإجراءات الوقاية الكهربائية المختلفة وأماكن وطرق تركيب الموصلات.

الأهداف:

أن يكون لدى المتدرب إلمام بالتالي:

١- معرفة متطلبات السلامة وإجراءات الوقاية الكهربائية .

٢- أماكن تركيب الموصلات الكهربائية.

٣- طرق تركيب وتنفيذ التركيبات الصناعية .

مستوى الأداء المطلوب:

أن يتم إتقان هذه الجدارة بنسبة ١٠٠٪ بعد إكمال هذه الوحدة.

الوقت المتوقع للتدريب :

١٨ ساعة

الوسائل المساعدة:

١- أدوات السلامة.

٢- التمارين العملية .

متطلبات الجدارة:

معرفة أساسيات الكهرباء .

مقدمة

لاشك أن العمل الصناعي بالورش وأماكن العمل يتطلب تعليمات خاصة يجب التقيد بها عند العمل في تلك الأماكن ، حيث أن هذه الأماكن يوجد بها عدة مكونات وعناصر يجب الحرص والحذر عند التعامل معها لتفادي إتلاف تلك المعدات أو قد يؤدي سوء التعامل معها إلى إصابات بليغة ، ومن هنا تأتي أهمية الإلمام التام بهذه التعليمات ويطلق عليها تعليمات السلامة والأمان وهناك عدة متطلبات تتعلق بمكان العمل وأخرى يجب أن يتقيد بها الشخص المتعامل مع المعدات والتجهيزات لتتم الاستفادة بشكل سليم منها وفي نفس الوقت تجنب المخاطر التي قد تنجم عن سوء استخدام أو إهمال في تعليمات السلامة . ويمكن أن تتلخص تلك المتطلبات على النحو التالي :

١- ١ متطلبات الصحة والسلامة في أماكن العمل :

١- يجب أن يكون المبنى واسعاً ويتيح حرية الحركة ويراعي تثبيت المعدات والآلات في أماكن لا تعيق الحركة.

٢- يجب أن تكون تهوية المبنى جيدة ، بحيث تعطي إمكانية لتحرك الهواء وعدم تجمع الغازات والدخان الناتج عن بعض العمليات الصناعية .

٣- ضرورة وجود مخارج للطوارئ وأن يوضح عليها أنها مخصصة للحالات الطارئة وأن تكون المخارج سالكة وغير مسدودة بكراتين أو عربات أو غيرها .

٤- وجود طفايات الحريق في أماكن واضحة وأن تتم المتابعة الدورية لصلاحيتها ، ووجود نظام الإطفاء الذاتي.

٥- وجود العلامات واللوحات الإرشادية والتحذيرية في أماكن العمل وبشكل واضح .

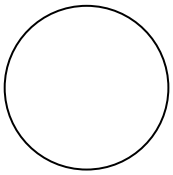
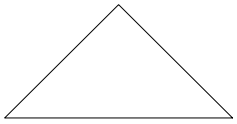
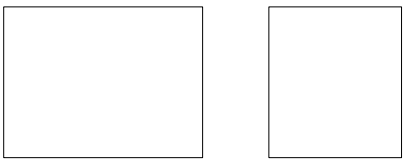
المتطلبات الخاصة بالعاملين:

١- يجب التقيد بملابس العمل التي تتيح سهولة التعامل مع العدد والتجهيزات الصناعية . كما يجب ارتداء حذاء السلامة وخوذة السلامة الواقية عند الحاجة.

٢- الإلمام التام بإرشادات ودلائل السلامة والتي تم تصميمها عالميا لتعطي مدلولات وتوجيهات تناسب أماكن وحاجة العمل وهي مصنفة بناءً على اللون والشكل الهندسي ويوضح الجدول (١- ١) والجدول (٢- ١) تلك التصنيفات

اللون	المعني	مثال	الشكل
الأحمر	توقف – المنع	علامات التوقف نقاط الطوارئ	 ممنوع التدخين
		كما يستخدم للدلالة على مكان أجهزة مكافحة الحريق	
الأزرق	إلزامي	يأمر بلبس معين أو عمل معين	 أغسل يديك الأن يجب لبس قفازات الأيدي
الأصفر	تحذير	تحذير من الخطر حريق – كهرباء –انفجار –إشعاع	 خطر جهد عالياً
الأخضر	أماكن السلامة والأمن	طرق الخروج مخارج الطوارئ إسعافات أولية	 إسعافات أولية مخرج الطوارئ

جدول (١- ١) يوضح مدلولات السلامة حسب الألوان

الشكل	المعنى	مثال
دائرة 	المنع – توقف	
مثلث 	تحذير	
مربع أو مستطيل 	تعليمات	نقطة الإسعاف منطقة التدخين

جدول (١- ٢) يوضح إشارات السلامة حسب الأشكال الهندسية

تنبيه :

يجب على جميع العاملين الإلمام التام بجميع مدلولات الأمان والسلامة ومعرفة الإجراءات الواجب اتباعها في حال الحوادث الطارئة .

التعليمات الخاصة بالوقاية من الأخطار الكهربائية:

تحصل الصدمة الكهربائية عندما يصبح الشخص جزءاً من الدائرة الكهربائية

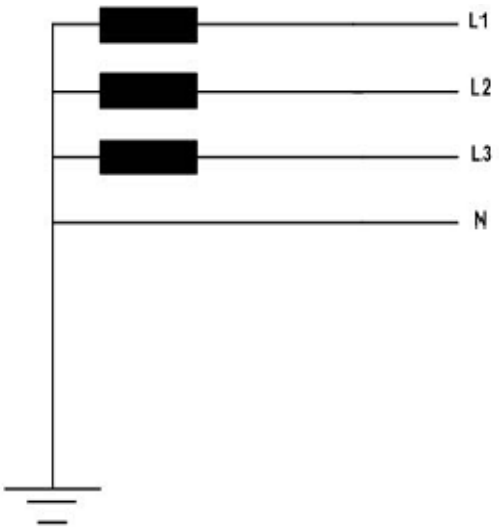
شكل (١- ١) الشخص جزاً من الدائرة الكهربائية

- مستوى تأثر الشخص بالصدمة الكهربائية يعتمد على عدة عوامل مثل العمر وبدانة الشخص ومكان التلامس الذي تعرض للدخول بالدائرة ومسار التيار والمدة الزمنية لمرور التيار وشدة التيار.
- تكون الصدمة الكهربائية قاتلة عندما يزيد التيار الكهربائي عن ٥٠ ملي أمبير والذي يؤدي إلى تقلص العضلات وتباطؤ خفقان القلب وصعوبة التنفس .
- عندما يكون تيار الصدمة أقل من ٥٠ ملي أمبير يؤدي إلى رعشة في الجسم ويشعر الشخص بألم قوى في الصدر.

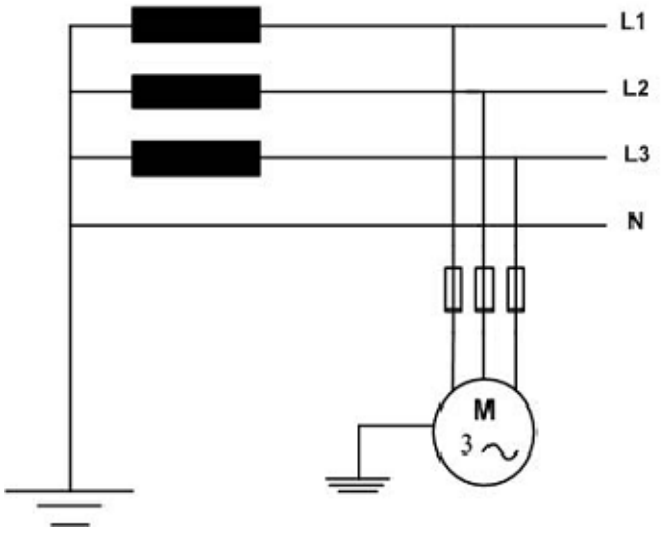
لتلافي حدوث الصدمة الكهربائية ، يجب أن تكون جميع الدوائر الكهربائية محمية بأجهزة الحماية الكهربائية (المصهرات، والقواطع ، ...) كما يجب تأريض جميع الأجهزة التي يتعامل معها الشخص تعاملاً مباشراً.

التأريض الوقائي للدوائر الكهربائية :

تعد عملية التأريض للدوائر الكهربائية وللأحمال التي يتعامل معها الإنسان من أهم الأمور الواجب تنفيذها لاسيما في المصانع وورش العمل حيث تعد من عناصر السلامة الواجب توافرها في البيئات الصناعية والمنزلية . والتأريض هو عبارة عن توصيل نقطة ما في الدائرة الكهربائية بالأرض ، ويسمى هذا النوع بتأريض الخدمة Function earthing وعادة ما يتم من قبل الشركة الموردة للكهرباء وذلك عن طريق توصيل نقطة التعادل الداخلية في محول التوزيع أو المولد الكهربائي بالأرض كما هو موضح بالشكل (١- ٢) . أما الطريقة الثانية من طرق التأريض فيتم توصيل جسم الجهاز أو الحمل الكهربائي بالأرض وتسمى هذه الطريقة بالتأريض الوقائي protection earthing والشكل (١- ٣) يوضح طريقة التأريض الوقائي.



شكل(١- ٢) تأريض الشبكة



شكل(١- ٣)التأريض الوقائي

ويتكون نظام التأريض الوقائي من قطب واحد أو عدة أقطاب أرضية وموصل أرضي ومجموعة من الموصلات ويقوم نظام التأريض الوقائي بما يلي :

- منع حدوث فرق جهد في الوسط المحيط بين المعدات والأحمال عند حدوث أي خطأ، مثل هياكل المعدات وذلك بربطها جميعاً بنظام التأريض .
- يقوم بتمرير وتفريغ الشحنات الإستاتيكية في أجسام المعدات والأجهزة إلى الأرض.
- يمرر التيار اللازم لتشغيل أجهزة الحماية من زيادة تيار القصر.
- يعمل على تصريف الشحنات الكهربائية للصواعق للأرض.
- تعتبر الأرض كموصل له مساحة مقطع كبيرة جداً ، وله طول كبير جداً ، ويمكن للأرض حمل تيار مهما كانت شدته .

ما الإجراءات الواجب إتباعها عند حدوث صدمة كهربائية :

- أقفل مصدر التغذية الكهربائية إذا كان ذلك ممكناً.
- إذا لم يكن فصل مصدر التغذية ممكناً، يجب إبعاد الشخص عن مكان التلامس بواسطة مادة عازلة(بلاستيك،أو خشب جاف ،أو قماش جاف) ، ولا تلمسه مباشرة .
- إذا كان الشخص المصاب في حالة توقف للتنفس أو أن قلبه قد توقف يجب الاتصال بالإسعاف فوراً(٩٩٧) وعمل التنفس الصناعي و الإنعاش للقلب ، حتى وصول فريق الإسعاف

هذه الإجراءات سهلة وكثير من العاملين على علم بها وقد تمضي فترات طويلة جداً لا نحتاجها ، ولكن عند الحاجة لها يجب أن تنفذ بكل دقة لأنها تكون سبباً بعد مشيئة الله في إنقاذ زميل لك في العمل أو قد تنقذ حياتك أنت .

١- ٢ معرفة أماكن وطرق تركيب الموصلات الكهربائية :

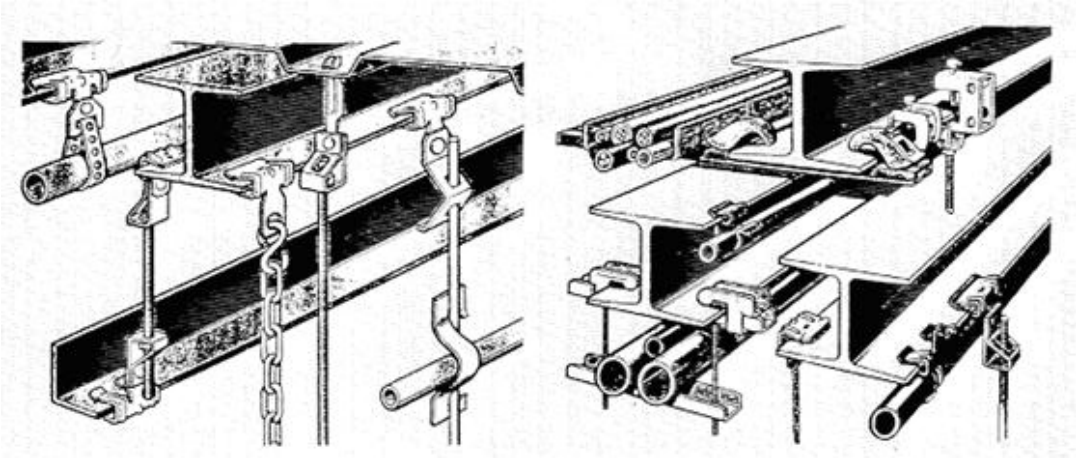
الموصلات الكهربائية هي الوعاء الذي يتم من خلاله نقل القدرة الكهربائية لتغذية مختلف الأحمال الكهربائية ولتوصيل القدرة من خلال هذا الوعاء فإن هناك عدة طرق يتم وضع الموصل بها لتعطي الكفاءة العالية في التوصيل وأيضاً تعطي تكلفة اقتصادية أقل لاسيما عند ارتفاع سعر المعادن التي تستخدم في التوصيل الكهربائي (النحاس ،أو الألمنيوم) . وتخضع طريقة التمديد لنوعية المبنى المراد تمديده ، فإذا كان عبارة عن مبنى تقليدي فإن التمديدات تكون مخفية تحت الجدار كما هو معمول به في المنازل والمكاتب والمستشفيات وأما إذا كان المبنى مصمم من الهناجر الحديدة كما في المصانع وورش العمل فإنه لا يمكن حفر الحديد ووضع الموصلات داخله لذلك يتم تمديد الموصلات والكابلات داخل مواسير إما بلاستيكية أو معدنية أو عن طريق تمديد مجار معلقة بالسقف الحديدي وتوضع الموصلات داخل تلك القنوات والمجاري المعلقة . ومن هنا يتضح أن هناك عدة طرق للتمديد كما يلي :

١- ظاهرة على الجدار داخل مواسير بلاستيكية أو معدنية :

يتم تركيب الموصلات على أسطح الجدران بداخل مواسير خارجية أو قنوات مصنوعة من الصلب أو النحاس أو الألمنيوم أو البلاستيك ،أو بتثبيتها بكلبسات إذا كانت مجمعة على شكل الكيبل .وذلك لعدة أسباب حيث يتم بناء المنشآت الصناعية بواسطة مجمعات من الهياكل الحديدية ويتم الفصل بين الغرف والمكاتب والورش بطبقة من الجبس الصناعي ويطلق عليه (جبسون بورد)(Jepson board) ولذلك يتم تثبيت المواسير البلاستيكية أو المعدنية بالكلبسات والمسامير المعدنية ومن ثم سحب الموصلات داخل تلك المواسير وتوصيلها بمفاتيح التحكم بالأحمال الكهربائية .كما أن تنوع العدد الصناعية الموجودة في المصانع والورش تجعل طريقة تمديد الموصلات ظاهرة على الجدار أسهل في التعامل مع عوامل التطوير والتغير في الأماكن حسب حاجة بيئة العمل ، فلو كانت مثبتة داخل الجدار لكان من الصعب تغيير تلك الأماكن لاسيما لو كان التغير يتطلب سعة أمبيرية أكبر لكن في حالة المواسير الظاهرة على الجدار يتم تبديل الموصل ذي مساحة المقطع المناسبة بيسر وسهولة وتستخدم في البيئات الصناعية بكثرة. فهذه الطريقة تعطي مرونة أكبر في تغير الأماكن والأحمال. وتوضح الأشكال التالية طريقة تمديد الموصلات بشكل ظاهر على الجدار داخل مواسير .

شكل(١- ٤) تمديد الموصلات ظاهرة على الجدار داخل مواسير

وعندما تكون الأسقف للمباني الصناعية والورش عبارة عن هناجر حديدية يتم تثبيت المواسير عن طريق أدوات تعليق خاصة يتم تثبيتها في الهناجر ومن ثم تركيب المواسير المعدنية ويوضح الشكل (١- ٥) طريقة تثبيت المواسير المعدنية والبلاستيكية معلقة على سقف مبنى حديدي .



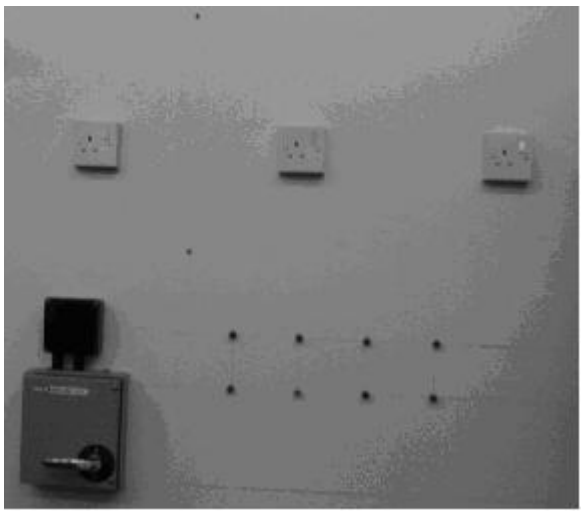
شكل(١- ٥) طريقة تثبيت المواسير في الهناجر الحديدية

٢- تحت الجدار أو مخفية تحت سقف مستعار :

يتم التكسير في الجدران في مرحلة العظم للمباني بالطريقة التقليدية ومن ثم تمديد المواسير البلاستيكية المرنة (جرجور) داخل الجدار بعد تحديد أماكن المفاتيح والبرايز الكهربائية ويتم تحديد عدد من علب التوزيع الداخلية وبعد عمل التثبيت المبدئي للمواسير المرنة (جرجور)في الجدار يتم سحب

الأسلاك داخلها . وتوصل الأسلاك بين علب التوزيع والمفاتيح والبرايز وأجهزة التكييف والتدفئة إلى لوحة التوزيع الرئيسة(الطبلون) ومن ثم تأتي مرحلة التثبيت النهائية وذلك بأعمال اللياسة للمبنى ، ومن الملاحظ أنه في هذه الطريقة يكون التعديل صعب جداً إذ لابد من التكسير في الجدار عند إرادة إحداث مكان جديد لمفتاح أو حمل معين. وتستخدم هذه الطريقة في المنازل السكنية بكثرة.

أما بالنسبة لوضع الموصلات مخفية تحت سقف مستعار ، فيتم تثبيت المواسير المعدنية على السقف بواسطة كلبسات معدنية. ومن ثم تسحب الموصلات داخل المواسير وتكون هناك علب توزيع خارجية (مثبته) على السقف . ومن ثم يتم تركيب سقف مستعار على بعد مناسب من السقف ليتمكن فني الصيانة من عمل الصيانة اللازمة في حالة الأعطال . وتستخدم هذه الطريقة في المباني ذات الأسقف المرتفعة والتي تتطلب شكلاً جمالياً ليغطي التمديدات المثبتة على السقف ، مثل المجمعات التجارية والمستشفيات والمكاتب التجارية .

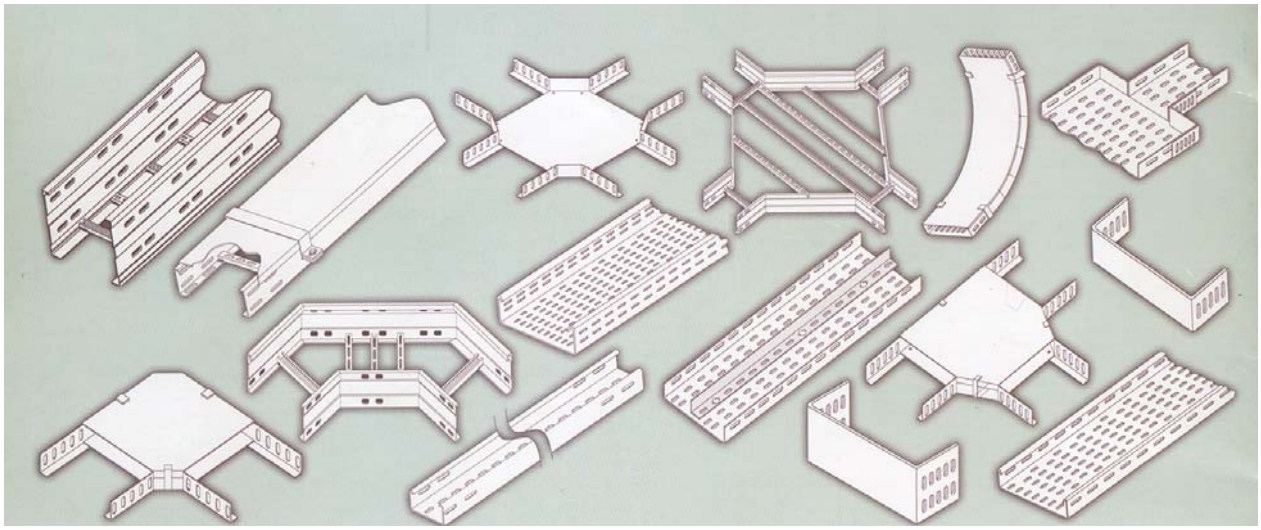


شكل(١- ٦) تمديد الموصلات داخل الجدار

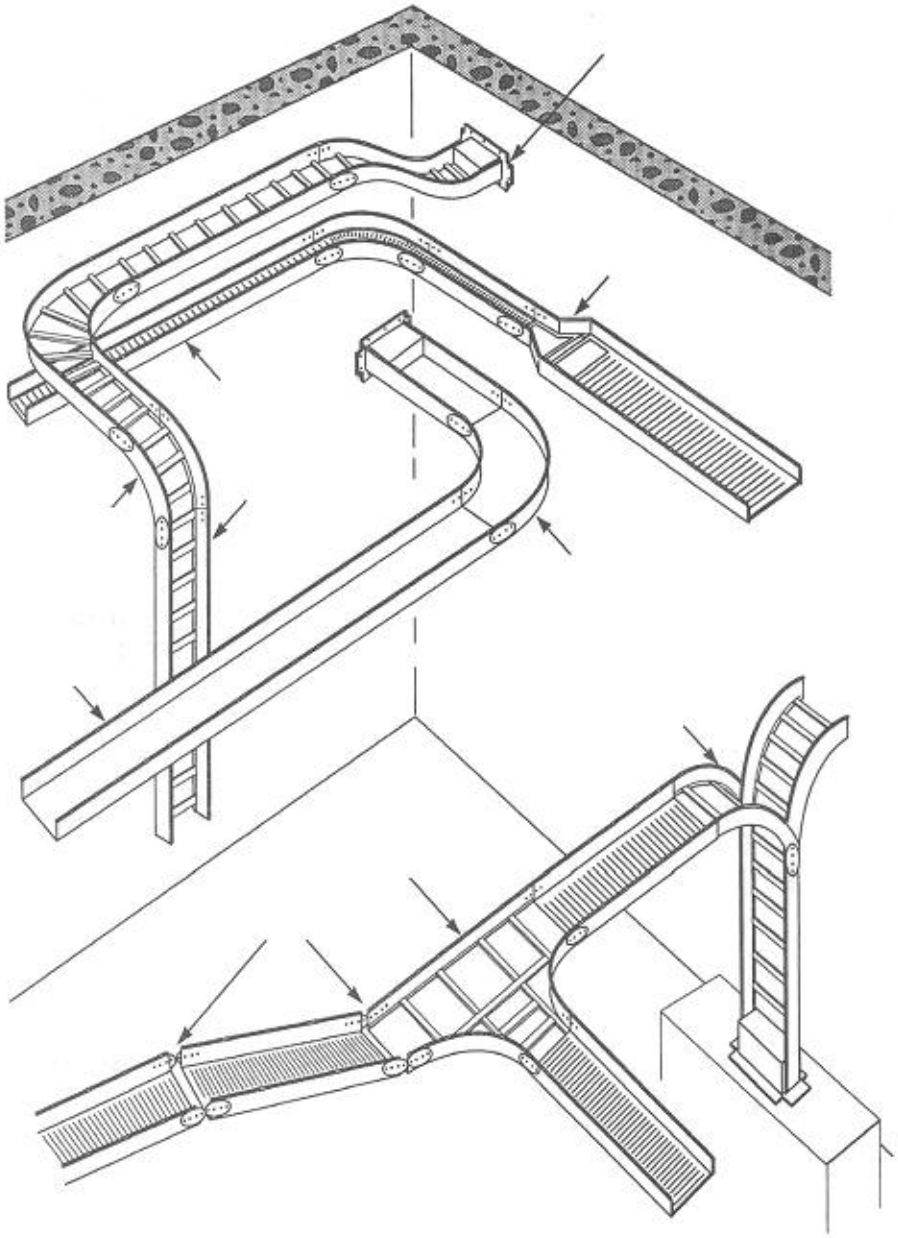
٣- ملعقة على أرفف معدنية :

يتم استخدام طريقة التمديد بواسطة الأرفف المعدنية(المسارات) في الحالات التي تتطلب تأجيل التمديد إلى وقت لاحق نظراً للتحديث في الأحمال الكهربائية لاسيما في المباني الصناعية الضخمة . وتكون الإضافة والتعديل في الموصلات والكيابل سهلة جداً ، حيث تتكون هذه الأرفف من صفائح معدنية مجلفنة على شكل رفوف يمكن تجميعا وتركيبها بواسطة المسامير المعدنية انظر الشكل (١- ٧) والذي يوضح المكونات الرئيسة للرف المعدني. ويتراوح عرض الرف من ٥٠ مم إلى ٩٠مم ويمكن

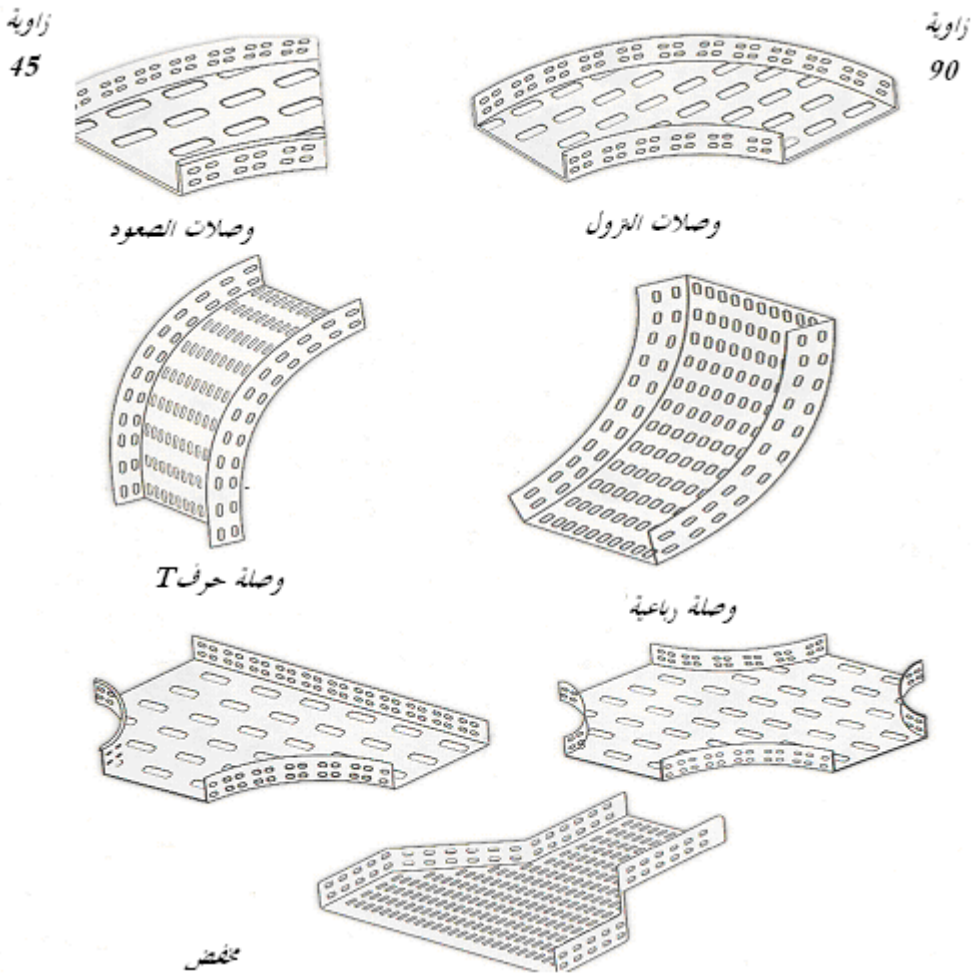
تركيب هذه المسارات أو الأرفف على الجدار وتثبيته بزوايا حديدية بطريقة تشبه طريقة تركيب الرف العادي أو يمكن تركيب مثبتات معلقة ومثبتة على السقف لتحمل تلك المسارات. ويتم تصميم المسارات المعلقة بعدة أشكال تناسب متطلبات التوصيل بحث يكون هناك مسار رباعي أو ثلاثي يمكن من تمديد الكيابل إلى أربع جهات (تماماً مثل علب التوزيع) في التوصيل العادي ، كما توجد بتلك المسارات ثقوب متعددة لتمكن من ربط الكيابل والموصلات بواسطة المثبتات البلاستيكية. ويمكن عمل الزوايا القائمة أو غيرها عن طريق ماكينة الثني الخاصة بذلك.



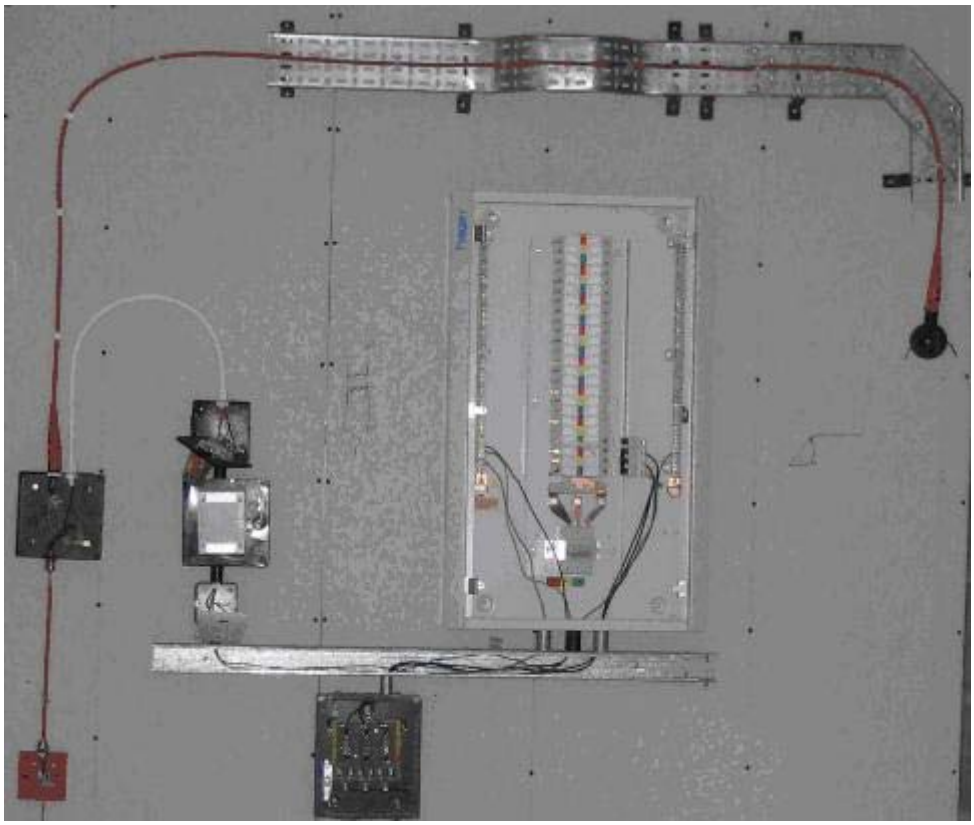
شكل (١- ٧) مكونات الرف المعدني



شكل (١- ٨) عدة أنواع من الأرفف المعلقة والسلالم الرأسية للتمديدات الكهربائية



شكل(١- ٩) الزوايا ونقاط التوزيع الثلاثية والرباعية للرف المعدني



شكل(١- ١٠) أحد التمارين الفعلية على تركيب الأرفف المعدنية

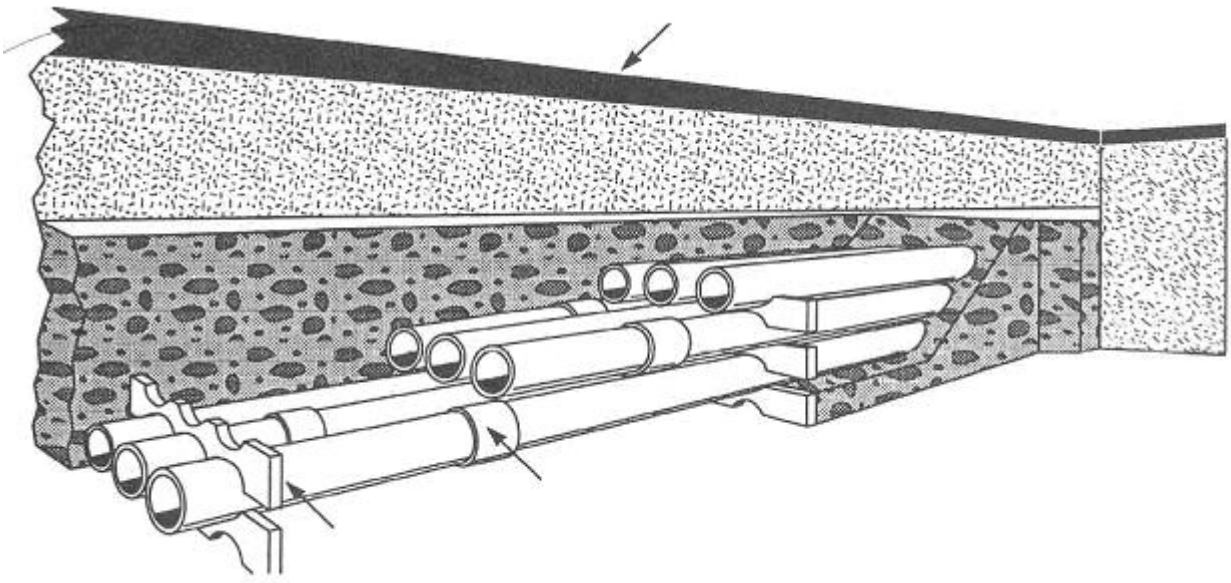
ويوضح الشكل (١- ١١) منظر عام لورشة في مصنع تم تركيب الموصلات على أرفف معدنية معلقة .

٤- تمديد الكيابل والموصلات تحت الأرض أو بداخل قنوات أرضية :

تعتبر الكيابل الكهربائية مهمة جداً حيث تنقل التيار للمعدات والأحمال ، ويمكن تمديد تلك الكيابل تحت الأرض عن طريق الحفر والردم المباشر ويتوقف عمق الحفر على نوعية الجهد المنقول ففي الجهود المنخفضة يكون عمق الحفرة أقل مما هو عليه في حال الجهد المتوسط والعالي ، وتتم صناعة الكابلات بحيث تكون مهيئة للردم المباشر وذلك بتصفيحها بعدة طبقات عازلة ومقاومة لعوامل التلف جراء الدفن . كما يمكن وضع الكابلات والموصلات داخل قنوات أرضية بحيث تكون هذه القنوات مهيئة للتركيب داخل أخدود أرضي تحت الأرض وأيضا يعتمد العمق بناءً على قيمة الجهد الذي ستحمله الموصلات والكابلات ونوع الأحمال الموصلة . وتصنع القنوات الأرضية من عدة مواد من أبرزها :

١- القنوات المصنعة من الفيبر :

قنوات الفيبر تصنع من خليط من لب الخشب مع عجينة البيوتومين ويتم وصل القطع المختلفة من القناة مع بعضها بواسطة وصلات من نفس المادة والشكل التالي يوضح مقطعاً من هذه القنوات



شكل (١- ١٢) مقطع من قناة توصيل تحت الأرض

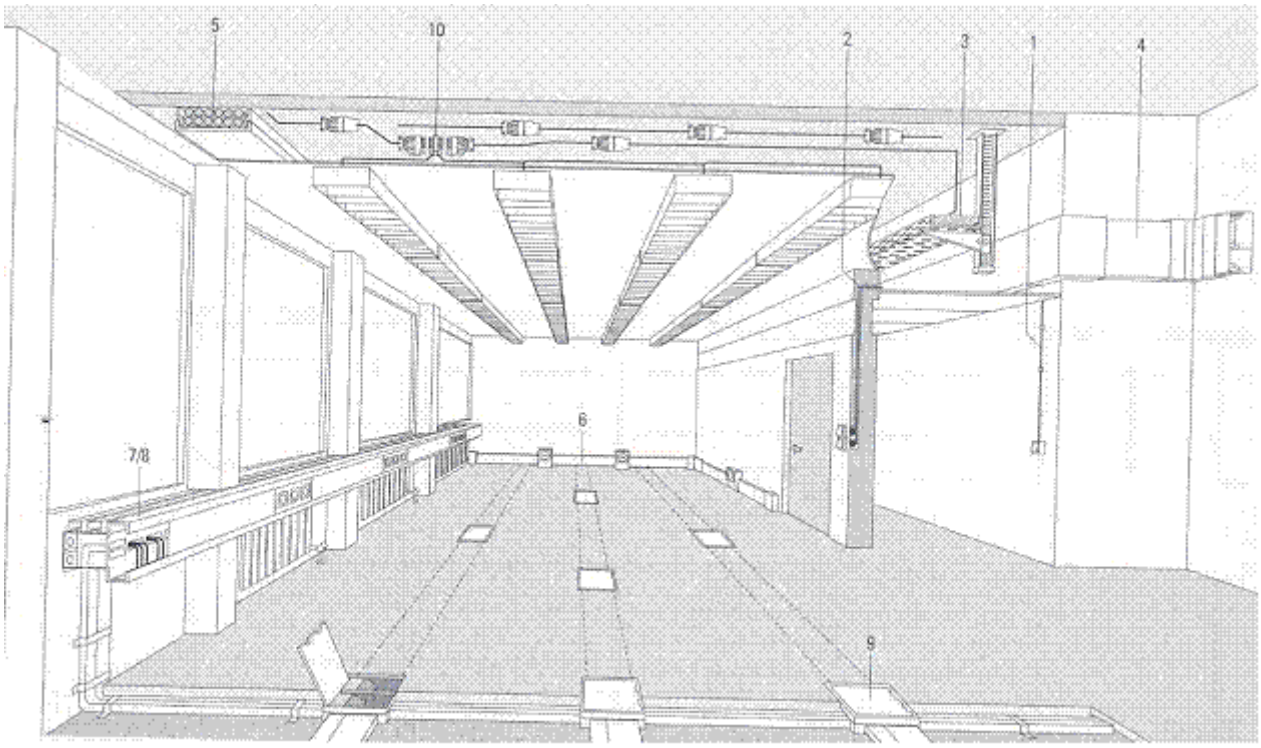
ويمكن تركيب تلك القنوات بطريقتين الأولى بحيث تكون القناة مع مستوى الأرض (تستخدم كمجار أرضية) ويكون لها أغطية من نفس طبقة الأرض من الإسمنت ، والطريقة الثانية يتم دفنها تحت مستوى الأرض .

وتوفر لقنوات الأرضية حماية منسابة جدا للكابلات والموصلات من الصدأ ومن عوامل التلف الميكانيكية

٢- القنوات المصنعة من كلورايد البولي فينيل (PVC):

تعد مادة PVC من أفضل المواد العازلة التي من الممكن أن تستخدم في القنوات الأرضية وفي الكيابل الكهربائية بصفة عامة . وبالنظر إلى التكلفة الاقتصادية لهذه المادة جعلها من أفضل المواد المستخدمة في مجالات العزل الكهربائي للموصلات والكيابل .

انظر الشكل (١- ١٣) وحدد نوع طريقة التمديد للموصلات حسب الأرقام الموضحة ؟



شكل (١- ١٣)عدة أنواع من طرق توصيل الكابلات والموصلات الكهربائية

١- ٢-

٣- ٤-

٥- ٦-

٧- ٨-

٩- ١٠-

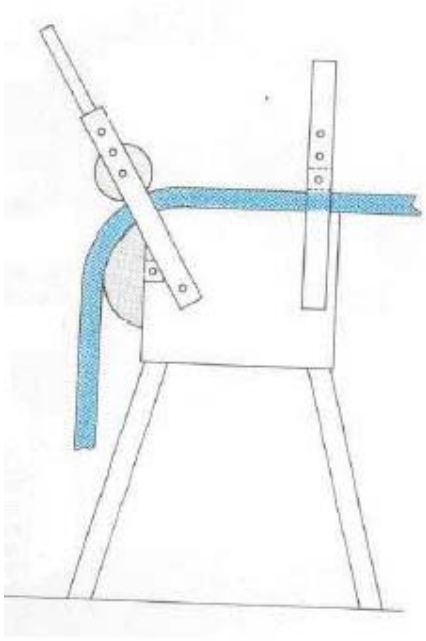
شكل(١- ١٤) فني الكهرباء مطلوب في كل مكان

شكل (١- ١٥)العدد اليدوية المستخدمة في التركيبات الصناعية

١- ٣ التمارين العملية

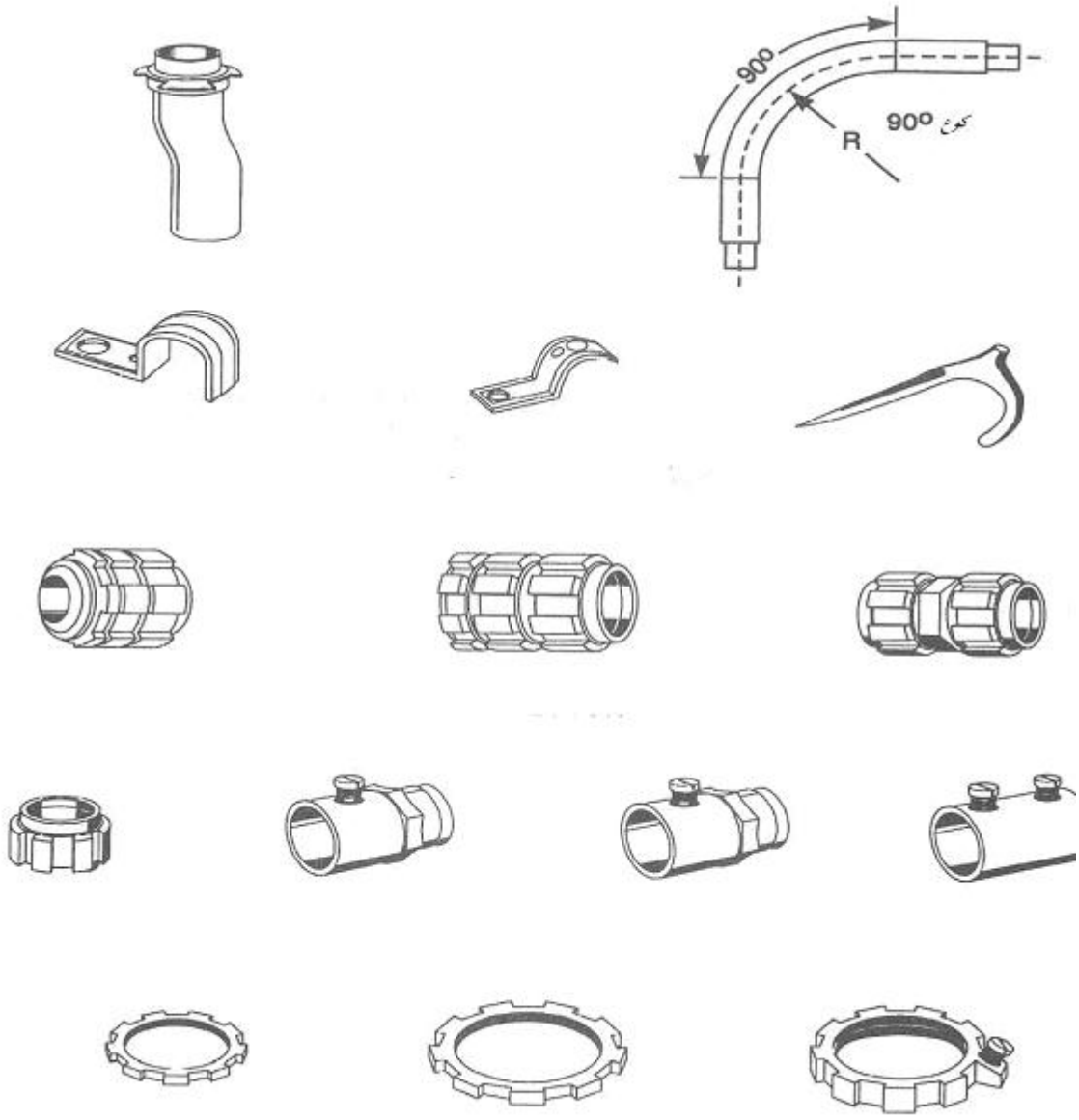
تعد التطبيقات العملية مهمة جداً ، وذلك نظراً لكونها تربط المتدرب بالحياة العملية حيث يلم المتدرب بتقنيات العمل الفني للتركيبات في البيئات الصناعة وورش العمل. وسوف يتم في هذا الجزء من المنهج التعرف على الطرق العملية للتركيبات للموصلات والكابلات الكهربائية ، ومما سبق لنا دراسته اتضح لنا أن من أكثر أنواع التركيبات الكهربائية في الورش هو استخدام التمديدات الظاهرة على الجدار داخل مواسير معدنية أو بلاستيكية أو تثبيت الموصلات على أرفف معدنية معلقة في السقف .

ومن المهارات التي يتم التدريب عليها ، كيفية تثبيت المواسير المعدنية أو البلاستيكية على الجدار والربط بين المواسير المعدنية ببعضها عن طريق جلب الربط الخاصة . كما يتم التدريب على طريقة تشكيل المواسير وعمل الأكواع والأقواس بما يوافق الحياة العملية حيث تصادف هذه المهارات فني الكهرباء في الحياة العملية بكثرة ليتم تركيب المواسير على حسب تصميم المباني ، كما يتم التدريب على طريقة سحب الموصلات داخل المواسير بالشكل الصحيح وعدم إتلاف العوازل أثناء عملية السحب . كما يتم التدريب على طريقة تثبيت وتركيب الأرفف المعدنية المعلقة أو المثبتة على الجدار وطريقة تثبيتها ببعضها وعمل التشكيلات اللازمة للرف بشكل زاوية أو أقواس حسب متطلبات العمل وبما يشابهه الواقع العملي . وتوضح الأشكال التالية العدد الواجب استخدامها للتدريب على المهارات السابق ذكرها .

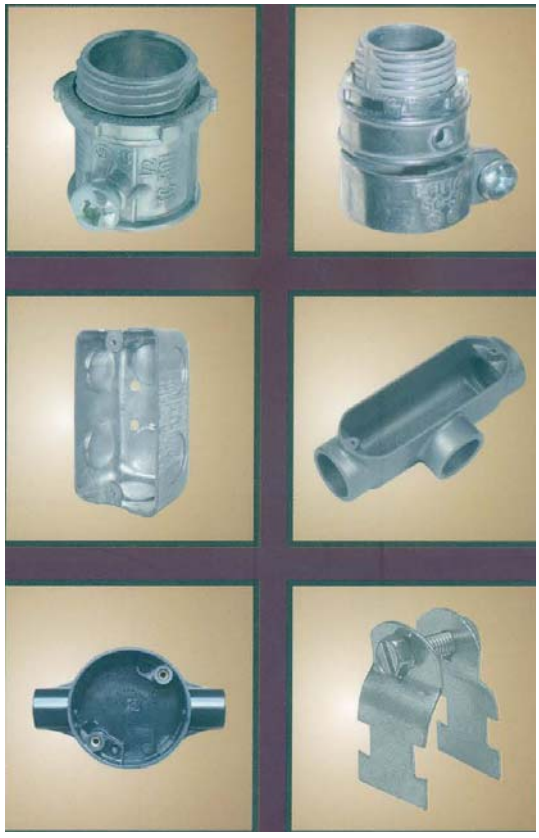


ماكينة ثني المواسير المعدنية

شكل (١- ١٦) ماكينة قص المواسير المعدنية المرنة



شكل (١- ١٧) ملحقات تركيب المواسير

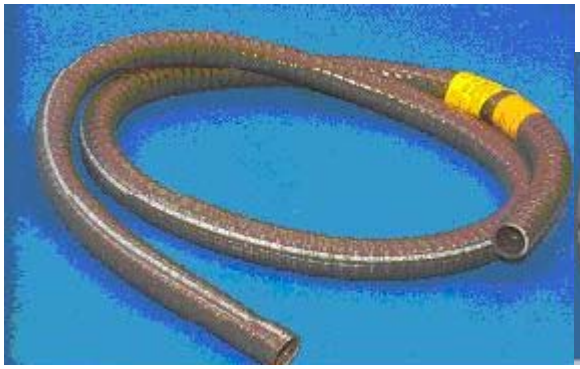


شكل (١- ١٨) قفيز التثبيت وعدة أنواع من جلب التوصيل والمواسير المرنة وعلب التوزيع المعدنية

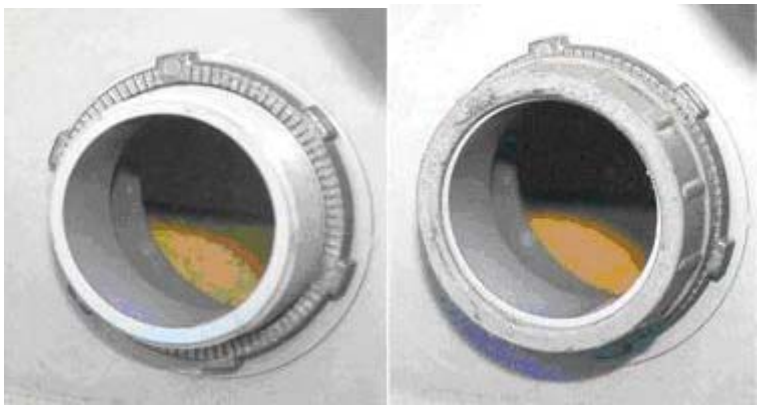
شكل ١- ١٣ كوع بزاوية ٩٠

كوع بزاوية ٤٥

شكل(١- ١٩) قفيز تثبيت مفرد التثبيت ومزدوج



شكل (١- ٢٠)ماسورة بلاستيكية مرنة وطريقة تثبيت جلبة النهاية



شكل(١- ٢١)تثبيت أطرف المواسير المعدنية في علب التوزيع وتركيب جلب بلاستيكية لتلافي خدش الأسلاك الكهربائية

التمارين

التمرين الأول : تمديد مواسير معدنية معلقة تحت سقف مستعار أو خارجية على جدار مع عملية الربط بين المواسير .

(يمكن تنفيذ هذا التمرين باستخدام المواسير المعدنية أو البلاستيكية)

الهدف من التمرين : تعلم طريقة تثبيت مواسير التوصيل المعدنية أو البلاستيكية وتثبيتها مع بعضها بواسطة جلب التوصيل وسحب الموصلات داخل الماسورة .

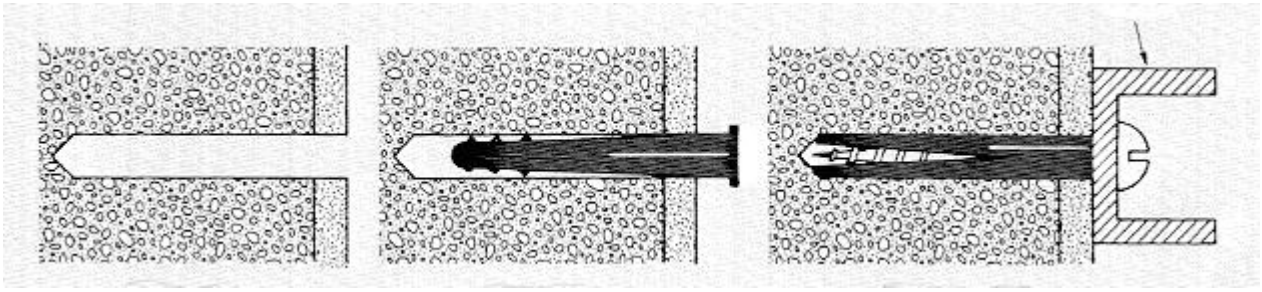
خطوات العمل :

١- قم بقص ماسورة التوصيل إلى قطعتين متساويتين بطول ٥٠سنتيميتراً

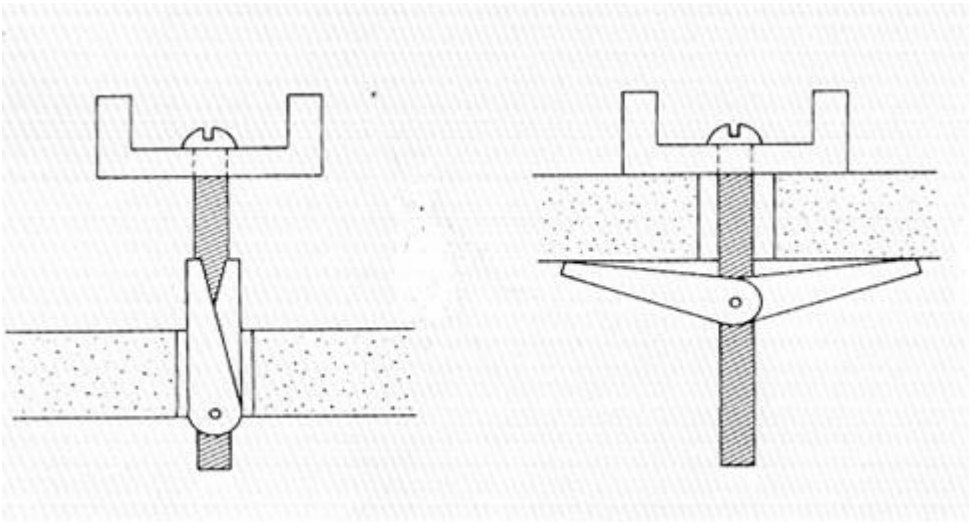
٢- قم بتوصيل القطعتين عن طريق جلبة التوصيل

٣- ثبت الماسورة على الجدار وقم بتحديد مواقع تركيب قفيز التثبيت بالقلم

٤- قم بثقب مواقع تثبيت القفيز كما هو موضح بالشكل (١- ٢٢)يجب اختيار المقاس المناسب لمسمار التثبيت وكذلك الخابور وبنطة الثقب .



شكل(١- ٢٢) طريقة تركيب مسمار معدني داخل جدار



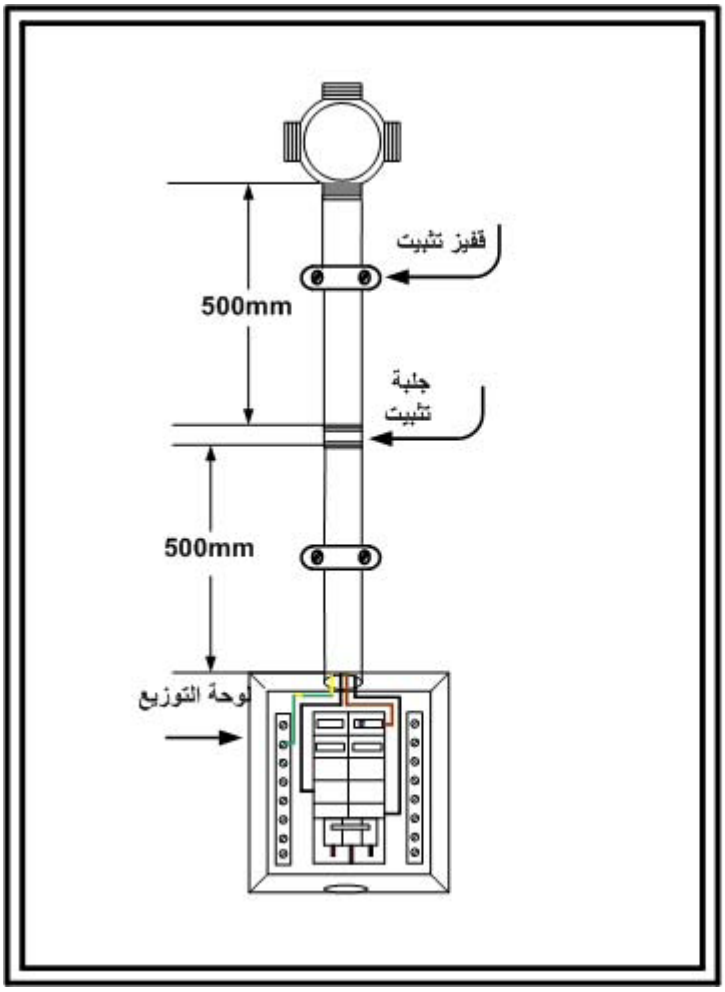
شكل(١- ٢٣) طريقة تركيب مسمار باستخدام السسته للجدار ذات السمك القليل

٥- بعد تركيب الماسورة على الجدار وتثبيتها بقفيز التثبيت ، قم بتركيب شعب النهايات في الطرف العلوي للماسورة وبمسافة مناسبة .

٦- قم بتثبيت علبة التوزيع في الطرف السفلي للماسورة

٧- اسحب أسلاك التوصيل داخل الماسورة بربطها مع بعضها بسسته السحب .

٨- قم بتوصيل أطراف التوصيل بشعب النهايات بعد عمل التعرية المناسبة



شكل(١- ٢٤) التمرين الأول تثبيت المواسير المعدنية أو البلاستيكية على الجدار

التمرين الثاني : تمديد مواسير معدنية معلقة تحت سقف مستعار أو خارجية على جدار وربطها ببعض في زوايا وعلى شكل أقواس.

(يمكن تنفيذ هذا التمرين باستخدام المواسير المعدنية أو البلاستيكية)

الهدف من التمرين : استخدام ماكينة ثني المواسير المعدنية(أو الأكواع الجاهزة) وطريقة تركيب المواسير وتثبيتها على الجدار وسحب الأسلاك خلال المواسير بعد تثبيت المواسير كما يمكن استخدام الأكواع الجاهزة

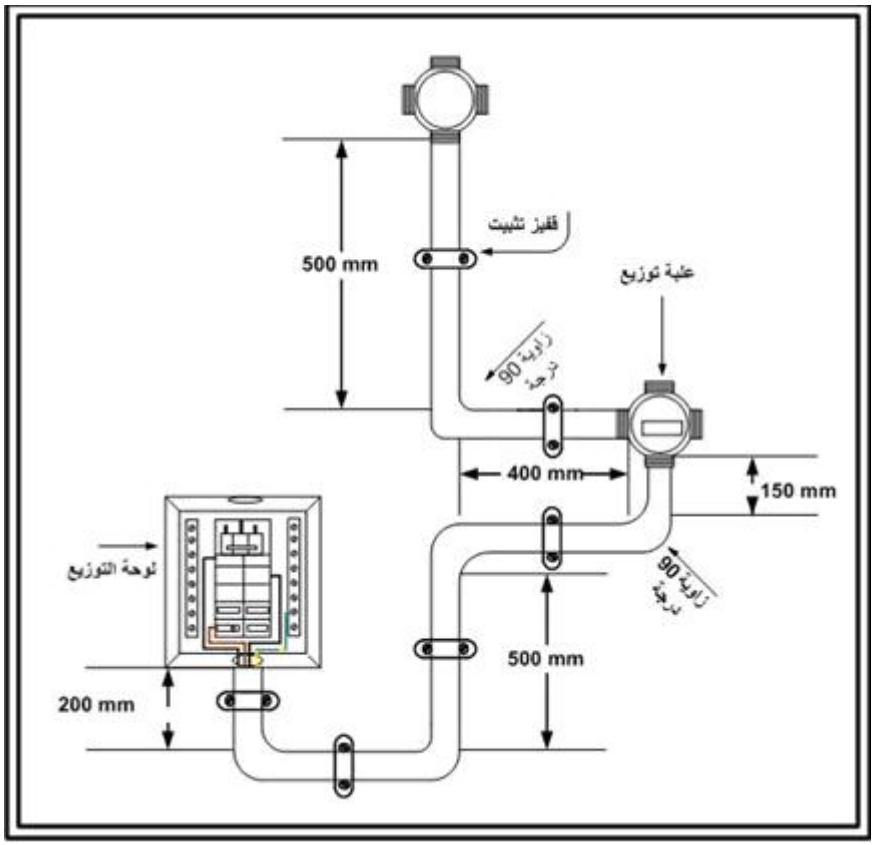
خطوات العمل :

١- قم بالاستفادة من القطع الجاهزة من التمرين السابق ذات المقاس ٥٠٠mm .

٢- قم بعمل زوايا قائمة

٣- في حال عدم وجود ماكينة ثني يمكن استخدام الأكواع الجاهزة

٤- قم بتثبيت المواسير حسب الشكل الموضح



شكل (١- ٢٥)التمرين الثاني تشكيل المواسير وتثبيتها مع التمديد للموصلات

التمرين الثالث : تمديد أرفف معدنية معلقة تحت سقف مستعار أو خارجية على جدار مع عملية الربط بينها .

(يمكن تنفيذ هذا التمرين باستخدام الأرفف المعدنية أو القنوات البلاستيكية)

الهدف من التمرين : التدريب على طريقة تثبيت الأرفف المعدنية المعلقة أو المثبتة على الجدار وطريقة الربط بين الأرفف.

من المعلوم أن استخدام الأرفف المعدنية المعلقة من الأسقف تعد من أكثر أنواع التركيبات الصناعية انتشارا كما سبق شرحه في الفقرة السابقة عند التعرف على أنواع التركيبات المختلفة للتوصيلات الكهربائية .

خطوات العمل :

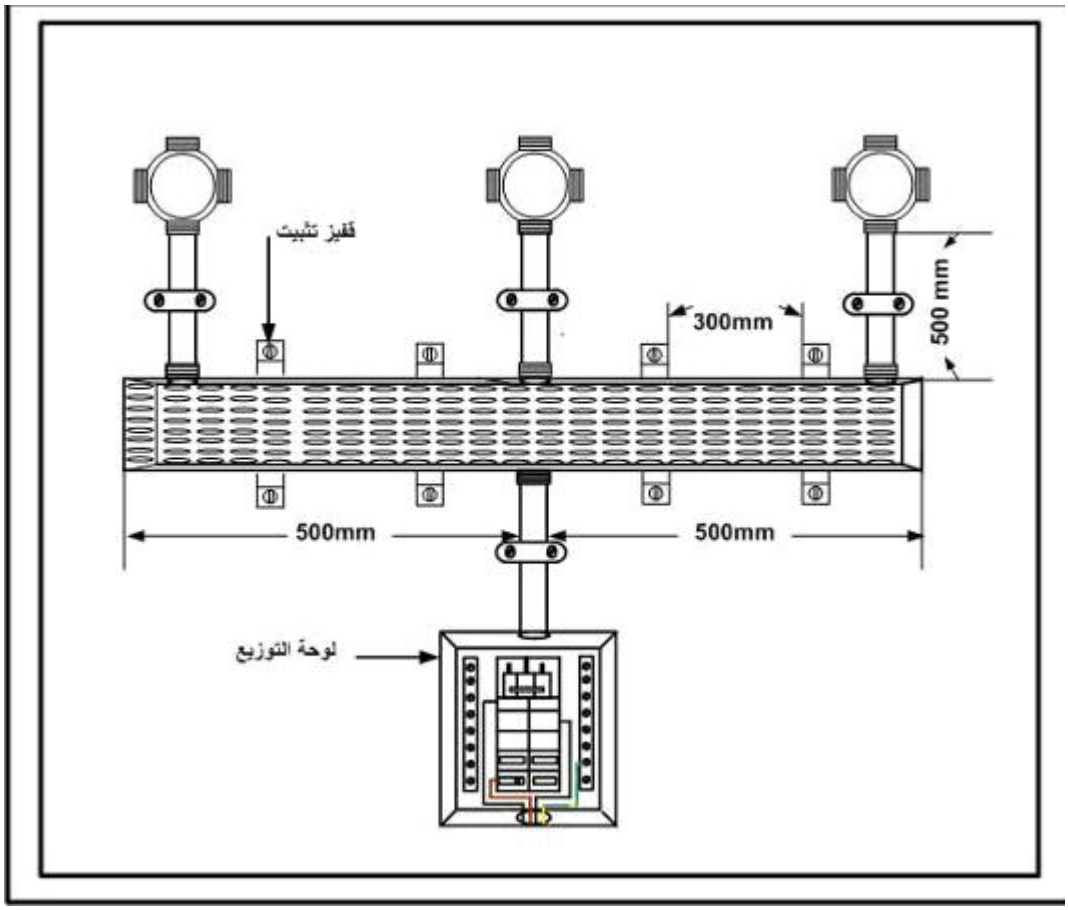
١- قم بقص الرف المعدني أو البلاستيكي إلى قطعتين متساويتين بمقاس ٥٠٠ ملم.

٢- قم بتثبيت القطعتين بجانب بعضها البعض وذلك باستخدام قفيز التثبيت المشترك بين القطعتين.

٣- قم بتثبيت قفيز التثبيت بحيث تكن المسافة الفاصلة بين القفيزين ٣٠٠ ملم .

٤- قم بتوصيل المواسير المعدنية أو البلاستيكية حسب المقاسات المعطاة في الشكل (١- ٢٦) .

٥- قم بسحب مجموعة من الموصلات داخل المواسير والقنوات .

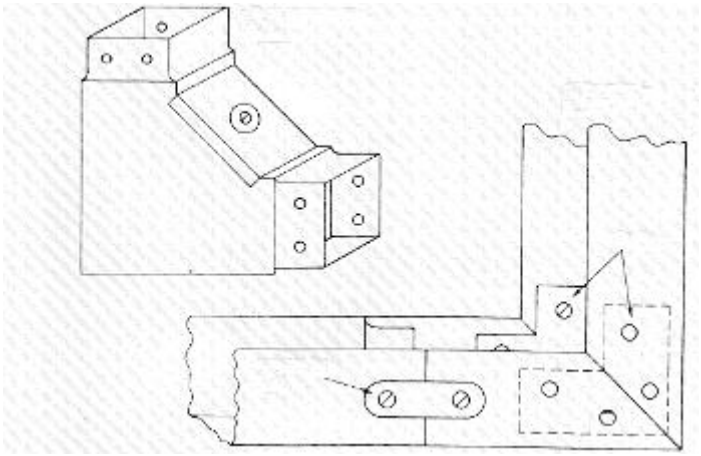


شكل (١- ٢٦) التمرين الثالث تثبيت الرف المعدني (حامل الكابلات والموصلات) على الجدار

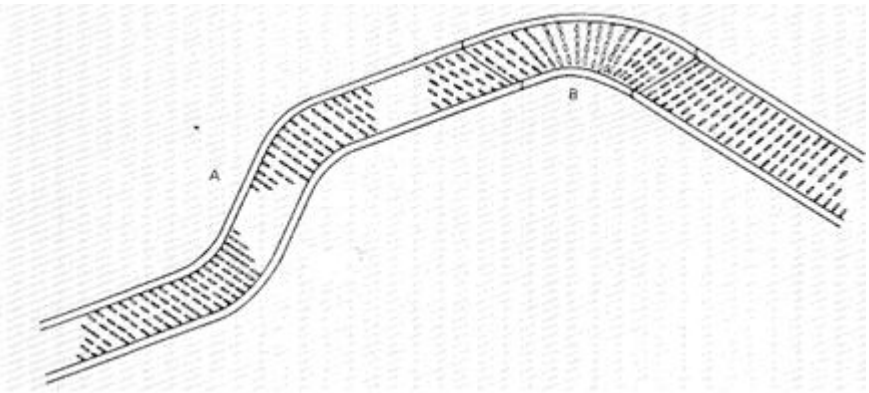
التمرين الرابع : تمديد أرفف معدنية خارجية على جدار وربطها ببعض في زوايا وعلى شكل أقواس.

(يمكن تنفيذ هذا التمرين باستخدام الأرفف المعدنية أو القنوات البلاستيكية)

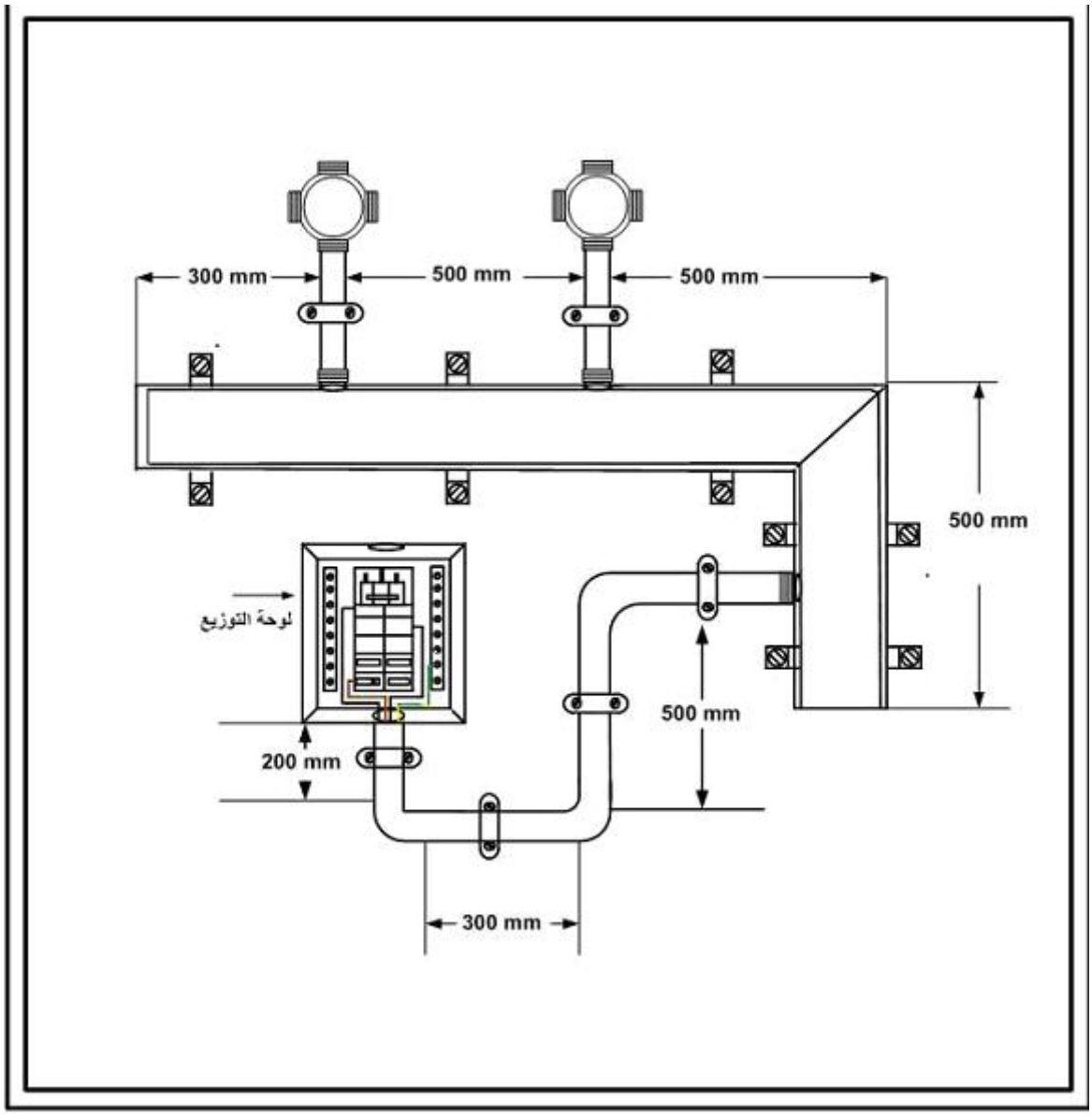
الهدف من التمرين : التدريب على تركيب الأرفف المعدنية المعلقة وتثبيتها على الجدار وربط تلك الأرفف ببعضها عن طريق المثبتات المعدنية وعمل أقواس معدنية من نفس الأرفف على حسب حاجة العمل تماماً كما في الحياة العملية وتركيب الزوايا الجاهزة ، أو عمل زوايا بواسطة ماكينة ثني الأرفف . والشكل التالي يوضح طريقة تركيب زوايا جاهزة .



شكل (١- ٢٧)زوايا قائمة تركب للأرفف المعلقة



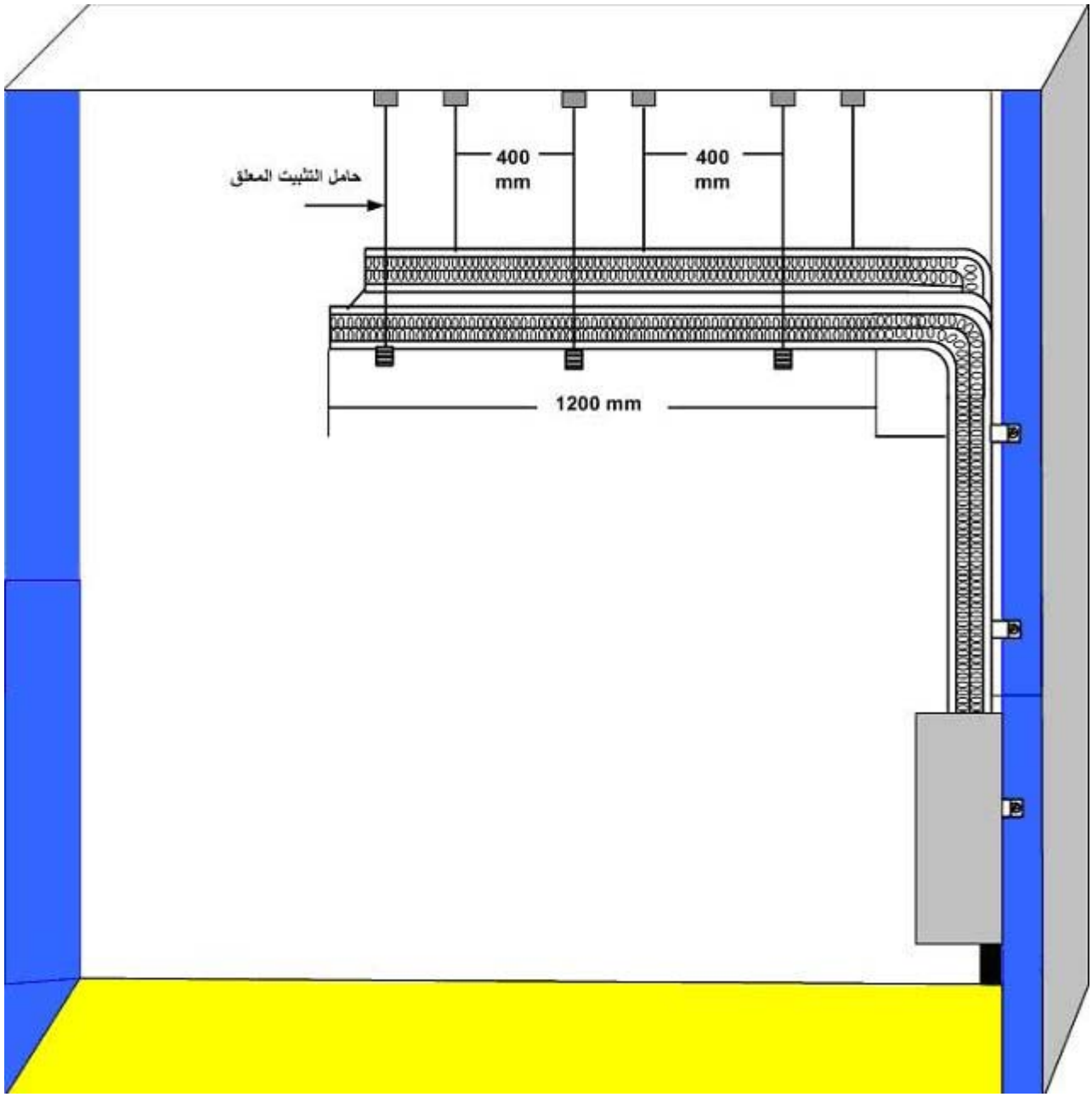
شكل (١- ٢٨) رف معدني بعد عملية الثني A الثني بواسطة ماكينة الثني الخاصة بالأرفف و B استخدام الزوايا القائمة الجاهزة وتركيبها في الرف



شكل(١- ٢٩) تثبيت القنوات على الجدار على شكل زوايا وتوصيل المواسير بها

التمرين الخامس : تثبيت الأرفف المعدنية معلقة بالسقف :

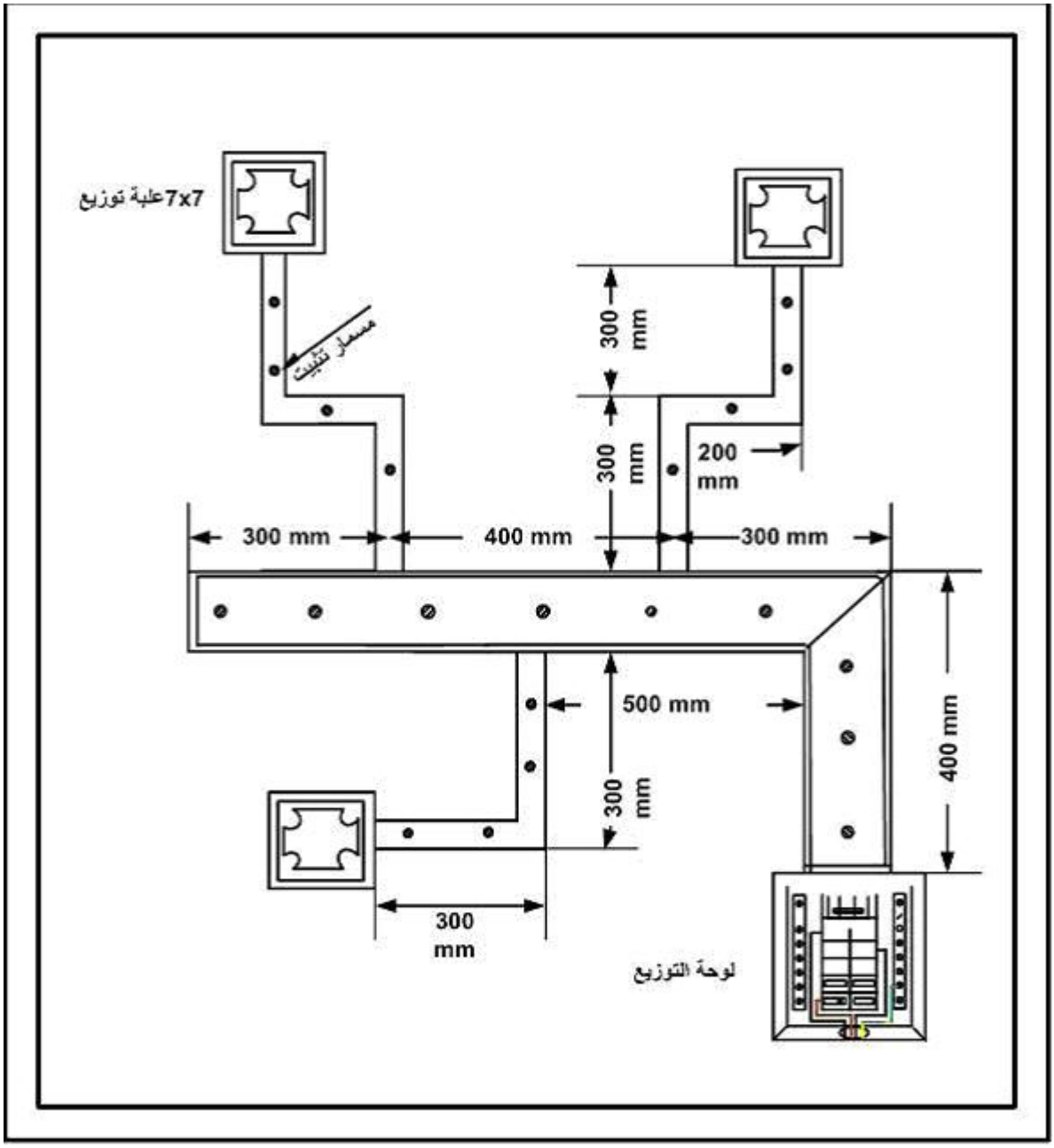
الهدف من التمرين : هو التدريب على مهارة تثبيت الأرفف المعدنية معلقة بالسقف عن طريق أدوات التعليق الخاصة بتثبيت الأرفف المعدنية والتدريب على أخذ المقاسات المناسبة وعمل الزوايا الساقطة على الجدار كما هو موضح بالشكل (١- ٣٠)



شكل (١- ٣٠) تثبيت الرف المعدني معلق بالسقف وعمل الزوايا الساقطة على الجدار

التمرين السادس : تمديد (قناة أرضية) معدنية أو بلاستيكية خارجية على جدار وتوصيلها ببعض بشكل مستقيم أو على شكل زوايا أو على شكل أقواس.

الهدف من التمرين : التدريب على المهارات اليدوية على تركيب القنوات والمجاري البلاستيكية على الأرض أو على الجدار وطريقة تشكيل القنوات والتوصيل بين القنوات وطريقة تثبيتها وتمديد الموصلات الكهربائية داخل تلك القنوات



شكل (١- ٣١) تمديد وتثبيت قنوات بلاستيكية على الجدار

ورشة التركيبات الكهربائية

٢٨٨ كهر

ورشة التركيبات الصناعية

تخطيط لوحات التوزيع لجهد منخفض

الجدارة: الإلمام بأنواع أنظمة التوزيع الكهربائية للمصانع والورش وعمل التصميم والتخطيط لتلك الأنظمة.

الأهداف:

١- معرفة أنواع أنظمة التوزيع.
٢- عمل تصميم وتخطيط لنظام توزيع صناعي .
٣- اختيار المكونات اللازمة وتحديد خطوات التنفيذ لنظام توزيع صناعي .
٤- تخمين الوقت اللازم لتنفيذ مشروع توزيع صناعي.
٥- عمل الرسومات التنفيذية للتوصيلات والكابلات الكهربائية.

مستوى الأداء المطلوب:

أن يتم إتقان هذه الوحدة بجميع الأهداف السابقة بنسبة ٩٥ ٪.

الوقت المتوقع للتدريب :

١٥ ساعات

الوسائل المساعدة:

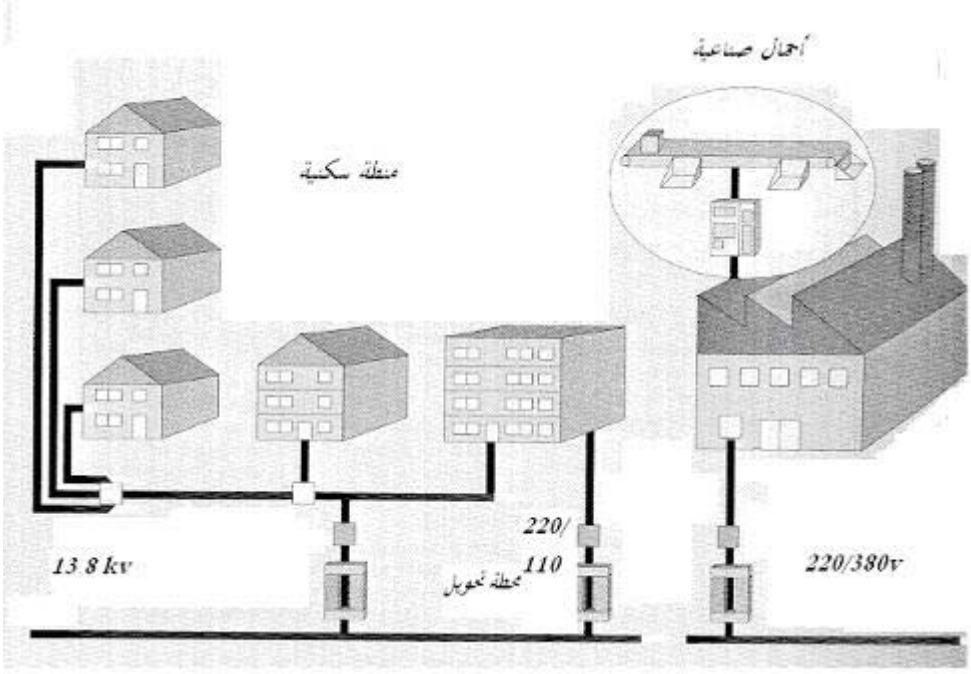
عمل الرسومات وتوقيع أماكن الأحمال عليها.

متطلبات الجدارة:

معرفة أساسيات الكهرباء

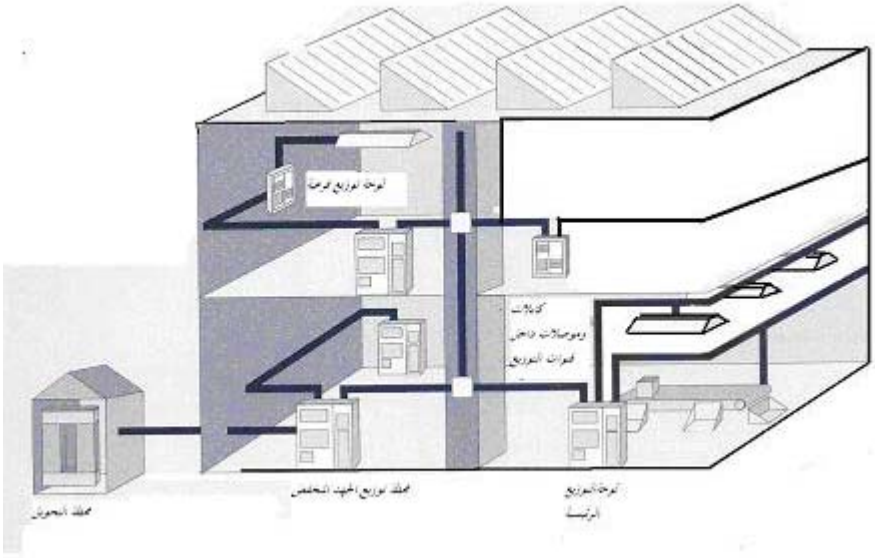
٢- ١ معرفة الأنواع المختلفة لأنظمة التوزيع الكهربائي :

لاشك أن استخدام الطاقة الكهربائية في الحياة العامة له أهمية بالغة حيث لا يمكن الاستغناء عن الطاقة الكهربائية في جميع مجالات الحياة ، لاسيما في التطبيقات الصناعية حيث تظهر بجلاء الحاجة الماسة لهذه الطاقة المهمة التي تعد عصب الحياة ، ويتم توصيل القدرة الكهربائية للمستهلكين العاديين والصناعيين من قبل شركة الكهرباء المحلية من خلال شبكات النقل والتوزيع والشكل(٢- ١) يوضح طريقة النقل والتوزيع لمجمع سكني ومصنع.



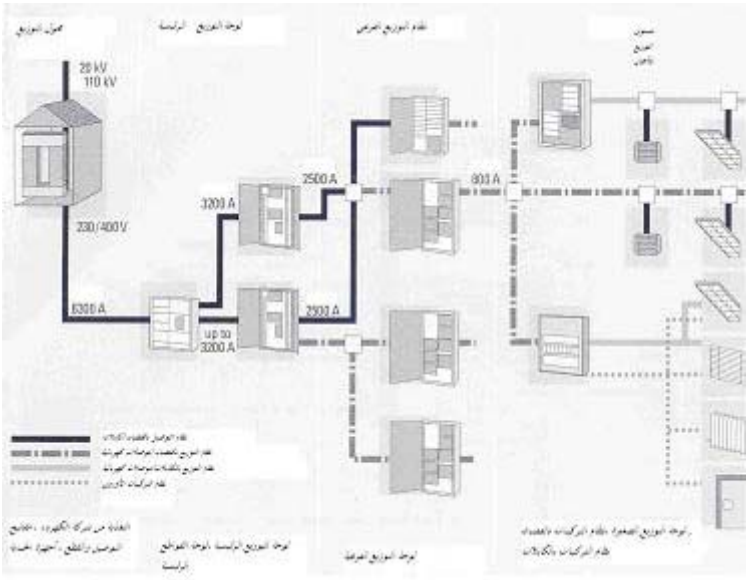
شكل (٢- ١) مخطط توزيع لمجمع سكني وصناعي

ويتم توصيل الطاقة الكهربائي داخل المصنع من خلال شبكة توزيع داخلية من خلال لوحات التوزيع داخل المصنع والتي تختلف عن لوحات التوزيع في المنازل السكنية ، والشكل (٢- ٢) يوضح المكونات الرئيسة لنظام توزيع داخل مصنع .



شكل (٢- ٢) نظام التوزيع داخل المصنع

وللتوضيح أكثر انظر الشكل (٢- ٣) والذي يوضح مستوى التوزيع في مجمع صناعي حيث تمت تجزئة نظام التوزيع إلى أربعة أجزاء: (أ) محول التوزيع، و (ب) نظام التوزيع الرئيس (ج) نظام التوزيع الفرعي، و (د) المستوى الأخير للأحمال .



شكل (٢- ٣) والذي يوضح مستوى التوزيع في مجمع صناعي

وكما تلاحظ فإن منظومة القوى الكهربائية تتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة :

١- محطات التوليد

٢- منظومة النقل

٣- منظومة التوزيع

والذي يهمنا في هذه الحقيبة هو الجزء الثالث وهي منظومة التوزيع ، حيث تنقسم إلى :

أ) منظومة توزيع أولي وهي التي تنقل القدرة من المحطات الفرعية للتوزيع إلى محولات التوزيع.

ب) منظومة توزيع ثانوي وتنقل القدرة من محولات التوزيع إلى المستهلكين .

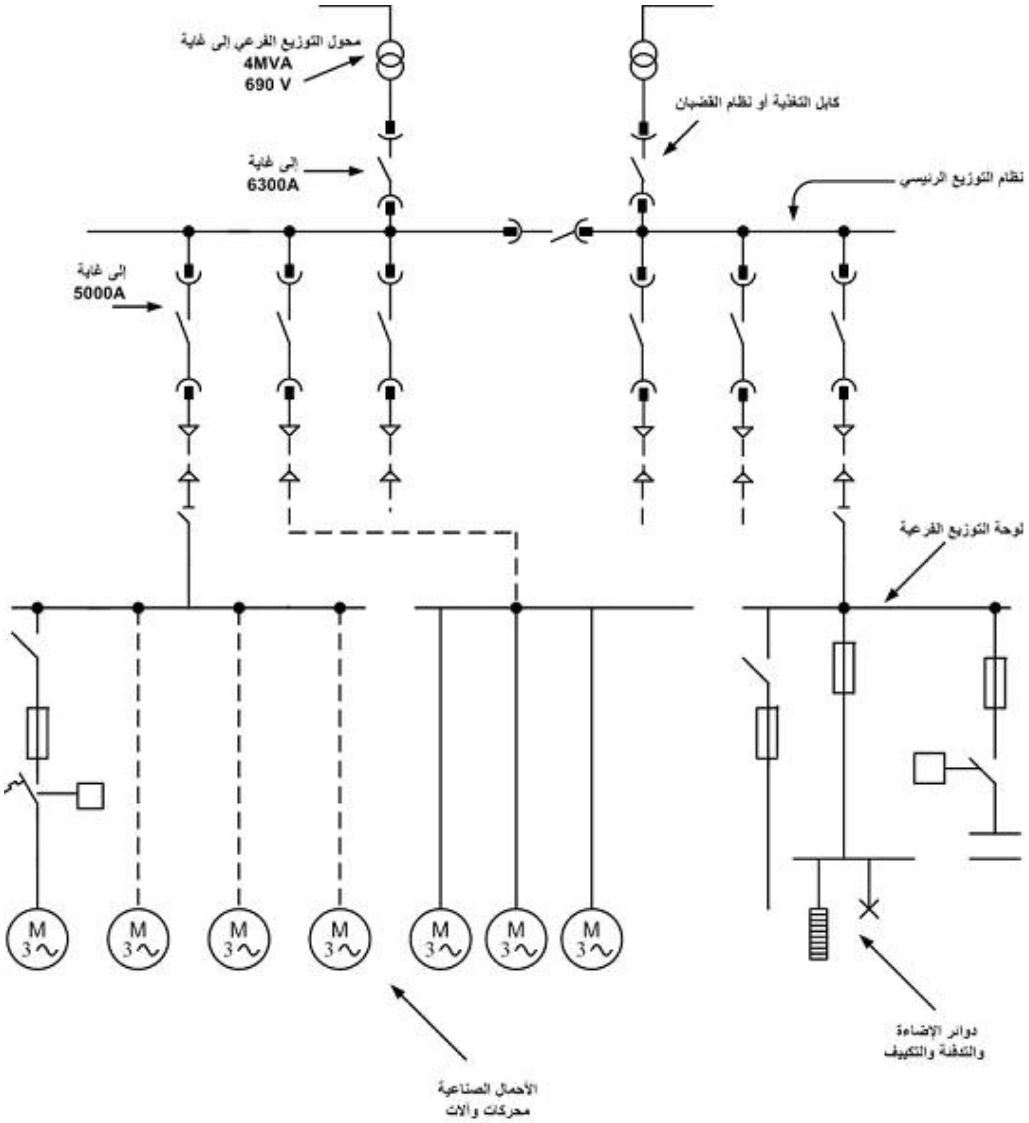
ج- نظام التوزيع داخل المنشأة الصناعية أو ورش العمل ، حيث يتم تصميم وتنفيذ الجزأين (أ) و (ب) من قبل الشركة الخاصة بتوليد ونقل الطاقة الكهربائية وتوضع محطات التوليد ومحطات التوزيع الفرعية ومحولات التوزيع في الأحياء السكنية حسب نوعية وقدرة الأحمال المتوقعة كما تقوم الشركة المتعهدة بتوليد وتوزيع الطاقة الكهربائية بوضع المحطات الفرعية ومحولات التوزيع الخاصة بالمناطق الصناعية ، حيث تختلف حاجة الأحمال الصناعية عنها في الأحمال المنزلية والسكنية . ففي الصناعات الخفيفة والمتوسطة يتم وضع شبكة توزيع تناسب تلك الأحمال ولا تصلح تلك الشبكة لتغذية مناطق الصناعات الثقيلة . وتعتبر لوحات توزيع الجهد المنخفض الرابط مابين الأحمال الكهربائية والمولدات الكهربائية من خلال محولات التوزيع .ويوضح الشكل (٢- ٤) نظام توزيع متكامل لمشروع صناعي ويخضع اختيار النوع المناسب من أنظمة التوزيع إلى أربعة عوامل الرئيسية كما يلي :

١- التيار الكهربائي (التيار المقنن لقضبان التوزيع –التيار المقنن للحمل الكلي – التيار المقنن لقوطع التوصيل – تيار القصر للقضبان)

٢- درجة ونوع الحماية والعزل الكهربائي (الحماية من الصعقة الكهربائية – طريقة التمديد للموصلات داخل الجدار – خارج الجدار – عدد أوجه التشغيل وجه واحد – متعدد الأوجه)

٣- طريقة تركيب المعدات والآلات (معدات ثابتة التركيب – معدات متغيرة المكان قابلة للنقل)

٤- بناءً على التطبيقات والاستخدامات



شكل (٢- ٤) نظام توزيع متكامل لمشروع صناعي

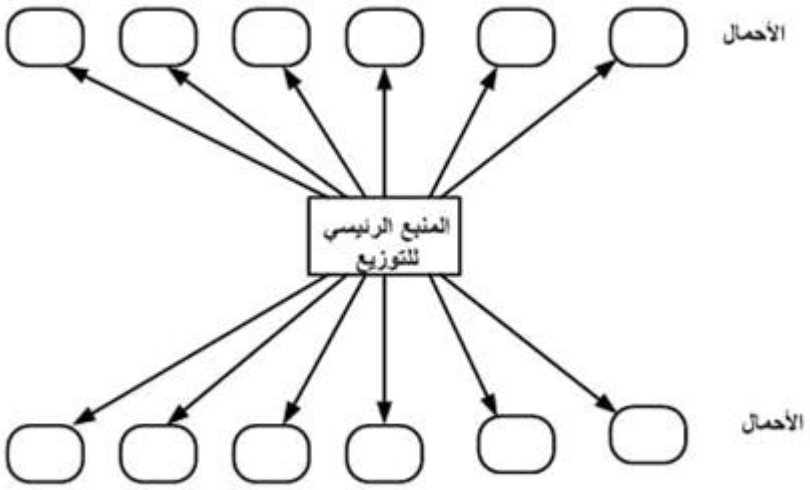
ولا يوجد فرق كبير بين الأنظمة الخاصة بالتوزيع للجهد المنخفض وفي معظم الحالات يتم استخدام نظام التوزيع بناءً على نوع التطبيقات والأحمال المراد تغذيتها بالقدرة الكهربائية .

نظام التوزيع :

١- نظام التوزيع الرئيس وهو عبارة عن لوحة توزيع تربط مباشرة بالمنبع الرئيسي والشكل السابق موضح عليه هذا النوع

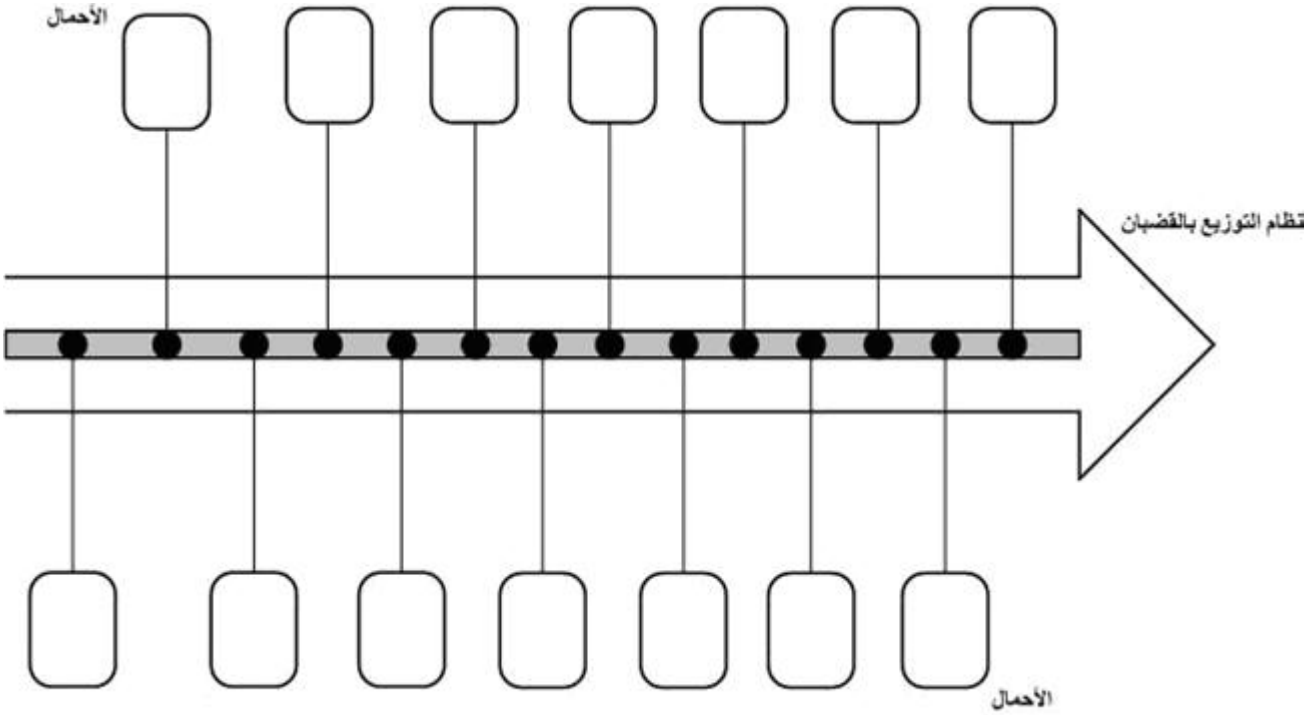
٢- نظام توزيع فرعي ويتم توصيله بالنظام الرئيسي ومنه تتم تغذية الأحمال الكهربائية بمختلف أنواعها.

٣- نظام توزيع النقطة الواحدة ويتم من خلاله توصيل الأحمال من نقطة المنبع كما هو موضح بالشكل (٢- ٥)



شكل (٢- ٥) نظام توزيع النقطة الواحدة

٤- نظام قضبان التوزيع ومن خلال هذا النظام يتم تعليق القضبان تحت السقف للمصنع أو الورشة ويتم توصيل الأحمال الكهربائية عن طريق نظام متكامل من أجهزة الحماية بالمصهرات والقواطع الكهربائية ويستخدم هذا النظام في المصانع الكبيرة ويتيح عدداً من المزايا من أبرزها سهولة تغيير أماكن المعدات والآلات الكهربائية وكذلك سهولة رفع السعة الأمبيرية للمعدات كما يمكن توصيل هذا النظام بالطريقة الأفقية في المصانع والورش أو بالطريقة الرئيسة لاسيما في المباني ذات الأدوار المتعددة . والشكل (٢- ٦) يوضح طريقة توصيل هذا النظام



شكل (٢- ٦) نظام توزيع بالقضبان

٢- ٢ اختيار المكونات اللازمة لتنفيذ المشروع:

لمعرفة كيفية اختيار المكونات المناسبة للتنفيذ يجب معرفة طريقة اختيار الموصل المناسب ومساحة مقطعه المناسبة وكذلك يجب معرفة اختيار الطريقة المناسبة للتمديد وكذلك قطر الماسورة المناسبة في حال اختيار المواسير المعدنية أو البلاستيكية ، وسوف نتطرق في هذه الوحدة للمبادئ والتعليمات التي يمكن من خلالها اختيار تلك المكونات من خلال عرض جداول محددة وعرض بعض الأمثلة التوضيحية وكذلك تمارين عملية على اختيار المكونات السليمة بناء على معطيات محددة .

أولا: عند اختيار مساحة مقطع الموصلات المناسبة لابد من اعتبار المتطلبات التالية :

١- استغلال أحسن سعة تيارية للكيبل

٢- عدم تعدي فقد الجهد المسموح به (٢,٥٪)

وبمجرد معرفة تيار الحمل فإنه يمكن تعيين مساحة المقطع التي تحقق المتطلب ١ ، ثم بعد ذلك ينصح بعمل اختبار للتأكد من صحة تحقق المتطلب ٢

وتعتمد شدة التيار المار في الكيبل على نوع التيار (متردد ،أو مستمر) ونوع الدائرة التي يستخدم فيها الكيبل (أحادية الوجه- أو ثلاثية الأوجه) والمعادلات التالية تستخدم لتعين شدة التيار

بالنسبة للتيار المستمر $I = \frac{P}{U}$

بالنسبة للتيار المتردد وجه واحد $\frac{P}{U\cos\phi}$

بالنسبة للتيار المتردد ثلاثية الأوجه $\frac{P}{\sqrt{3}\ U\cos\phi}$

علماً بأن I يكون تيار الوجه في حالة الأحمال أحادية الوجه ، ويكون تيار الخط في حالة الأحمال ثلاثية الأوجه . وكذلك فإن U جهد الوجه في حال الأحمال الأحادية الوجه وجهد الخط في حالة الأحمال الثلاثية الأوجه .والجدول (٢- ١) يوضح مساحة مقطع الموصلات تبعاً لتيار الحمل وطريقة التمديد وأجهزة الوقاية المناسبة

مساحة المقطع mm	المجموعة ١ كيبل أو عدة كيابل بقلب واحد ممددة داخل قناة				المجموعة ٢ الكابل متعدد القلوب مثل الالكابلات PVC، والكابلات المدرعة ، والكابلات المغلفة بالرصاص ، والكابلات الشريطية .				المجموعة ٣ الالكابلات موضوعة في الهواء بعزل XLPE بحيث أن المسافة بين أي الكابلين متجاورين لاتقل عن قطر أحدهما			
	جهاز الوقاية A		الالكابل A		جهاز الوقاية		الالكابل		جهاز الوقاية		الالكابل	
	CU	AL	CU	AL	CU	AL	CU	AL	CU	AL	CU	AL
٠,٧٥	-	-	-	-	١٢	-	٦	-	١٥	-	١٠	-
١,٠	١١	-	٦	-	١٥	-	١٠	-	١٩	-	١٠	-
١,٥	١٥	-	١٠	-	١٨	-	١٠	-	٢٤	-	٢٠	-
٢,٥	٢٠	١٥	١٦	١٠	٢٦	٢٠	٢٠	١٦	٣٢	٢٦	٢٥	٢٠
٤	٢٥	٢٠	٢٠	١٦	٣٤	٢٧	٢٥	٢٠	٤٢	٣٣	٣٥	٢٥
٦	٣٣	٢٦	٢٥	٢٠	٤٤	٣٥	٣٥	٢٥	٥٤	٤٢	٥٠	٣٥
١٠	٤٥	٣٦	٣٥	٢٥	٦١	٤٨	٥٠	٣٥	٧٣	٥٧	٦٣	٥٠
١٦	٦١	٤٨	٥٠	٣٥	٨٢	٦٤	٦٣	٥٠	٩٨	٧٧	٨٠	٦٣
٢٥	٨٣	٦٥	٦٣	٥٠	١٠٨	٨٥	٨٠	٦٣	١٢٩	١٠٣	١٠٠	٨٠
٣٥	١٠٣	٨١	٨٠	٦٣	١٣٥	١٠٥	١٠٠	٨٠	١٥٨	١٢٤	١٢٥	١٠٠
٥٠	١٣٢	١٠٣	١٠٠	٨٠	١٦٨	١٣٢	١٢٥	١٠٠	١٩٨	١٥٥	١٦٠	١٢٥
٧٠	١٦٥	-	١٢٥	-	٢٠٧	١٦٣	١٦٠	١٢٥	٢٤٥	١٩٣	٢٠٠	١٦٠
٩٥	١٩٧	-	١٦٠	-	٢٥٠	١٩٧	٢٠٠	١٦٠	٢٩٢	٢٣٠	٢٥٠	٢٠٠
١٢٠	٢٣٥	-	٢٠٠	-	٢٩٢	٢٣٠	٢٥٠	٢٠٠	٣٤٤	٢٦٨	٣١٥	٢٠٠
١٥٠	-	-	-	-	٣٣٥	٢٦٣	٢٥٠	٢٠٠	٣٩١	٣١٠	٣١٥	٢٥٠
١٨٥	-	-	-	-	٣٨٢	٣٠١	٣١٥	٢٥٠	٤٤٨	٣٥٣	٤٠٠	٣١٥
٢٤٠	-	-	-	-	٤٥٣	٣٥٧	٤٠٠	٣١٥	٥٢٨	٤١٤	٤٠٠	٣١٥
٣٠٠	-	-	-	-	٥٠٤	٤٠٩	٤٠٠	٣١٥	٦٠٨	٤٧٩	٥٠٠	٤٠٠
٤٠٠	-	-	-	-	-	-	-	-	٧٢٦	٥٦٩	٦٣٠	٥٠٠
٥٠٠	-	-	-	-	-	-	-	-	٨٣٠	٦٤٩	٦٣٠	٥٠٠

جدول (٢- ١) مساحة مقطع الموصلات تبعاً لتيار الحمل وطريقة التمديد

ملاحظة : عند استخدام أجهزة وقاية قابلة للمعايرة مثل قواطع المحركات ، يضبط القاطع على تيار التحميل للموصل . ويمكن استخدام أجهزة الوقاية بتيار A ١٦ مع الموصلات الثنائية . ألمنيوم = Al ، ، ، نحاس = Cu

مثال توضيحي :

يوجد حمل بتيار قدره A ١٣ أوجد مساحة المقطع المناسبة له في حالة استخدام النحاس أو الألمنيوم ، وسعة جهاز الوقاية المناسب . علماً بأن طريقة التوصيل داخل قناة بلاستيكية.

الحل : بالنظر إلى جدول(٢- ١) في المجموعة الأولى لأن المثال يشير إلى أن الكابل ممد داخل قناة وبالتوجه لقائمة النحاس Cu نجد أن التيار A ١٣ لايوجد فنقوم باختيار التيار الذي يليه مباشر وهو ١٥A نجد أن مساحة المقطع المناسبة هي mm ١,٥ سعة جهاز الوقاية المناسب هو A ١٠ .

أكمل الحل في حال كون الموصل من الألمنيوم

- -
- -
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -

ثانياً : اختيار المواسير المناسبة ومساحة مقطعها :

يوجد نوعان من هذه المواسير هما النوع المعدني ، والنوع البلاستيكي PVC

١- النوع المعدني: ويوضح الجدول(٢- ٢) معامل القطر للمواسير المعدنية وعدد الموصلات الممكن توصيلها داخلها حسب قطر الماسورة :

مساحة مقطع الموصل mm / قطر الماسورة mm	١,٥	٢,٥	٤	٦	١٠
١٦	٩	٦	٥	٣	١
٢٠	١٤	١٠	٧	٥	٣
٢٥	٢٥	١٨	١٣	٩	٥
٣٢	٤٥	٣٢	٢٤	١٥	٩

مثال توضيحي : ما عدد الموصلات الممكن توصيلها داخل ماسورة معدنية ٣٢ ملم إذا كانت مساحة مقطع الموصل المراد تمديده هي ١٠ ملم ؟

الحل : بالنظر إلى الجدول نجد أن عدد الموصلات هو ٩ موصلات

تطبيق عملي : ما عدد الموصلات الممكن توصيلها داخل ماسورة معدنية ٣٢ ملم إذا كانت مساحة مقطع الموصل المراد تمديده هي ١,٥ ملم ؟

الحل: -
- -
- -

٢- النوع الثاني مواسير PVC:

لقد ازداد استخدام هذا النوع من المواسير في الآونة الأخيرة وذلك نظراً لوزنها الخفيف ولا تحتاج إلى تأريض ولا تتعرض للصدأ ويسهل تشكيلها وقطعها ، والجدول(٢- ٤) يوضح معامل التمديد للموصلات بمسافات أقل من ٣ أمتار .

مساحة المقطع للموصل ملم	١	١,٥	٢,٥	٤	٦	١٠
تمديد قصير	٢٢	٣١	٤٣	٥٨	٨٨	١٤٦
تمديد طويل بانحناءات	١٦	٢٢	٣٠	٤٣	٥٨	١٠٥

جدول (٢- ٣) معامل تمديد الموصلات الممدة لمسافات قصيرة أقصر من ٣ أمتار أو طويلة وتحتوي على انحناءات

قطر الماسورة بالمتر	طول التمديد بالمتر	١	١,٥	٢	٢,٥	٣	٣,٥	٤	٤,٥	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
١٦		١٨٨	١٨٢	١٧٧	١٧١	١٦٧	١٦٢	١٥٨	١٥٤	١٥٠	١٤٣	١٣٦	١٣٠	١٢٥	١٢٠
٢٠		٣٠٣	٢٩٤	٢٨٦	٢٧٨	٢٧٠	٢٦٣	٢٥٦	٢٥٠	٢٤٤	٢٣٣	٢٢٢	٢١٣	٢٠٤	١٩٦
٢٥		٥٤٣	٥٢٨	٥١٤	٥٠٠	٤٨٧	٤٧٥	٤٦٣	٤٥٢	٤٤٢	٤٢٢	٤٠٤	٣٨٨	٣٧٣	٣٥٨
٣٢		٩٤٧	٩٢٣	٩٠٠	٨٧٨	٨٥٧	٨٣٧	٨١٨	٨٠٠	٧٨٣	٧٢٠	٧٢٠	٦٩٢	٦٦٧	٦٤٣

جدول (٢- ٤) معامل مواسير PVC تبعاً لقطر الماسورة وطولها .

مثال توضيحي : ماسورة بلاستيكية طولها ٦ أمتار مطلوب تمديد الموصلات التالية بها :

٦ موصلات مقاس ١ ملم ، و٦ موصلات مقاس ١,٥ ، و٤ موصلات مقاس ٢,٥ ملم أوجد أقل حجم مناسب للماسورة .

الحل : بالنظر للجدول (٢- ٣) عند الطول ٦ أمتار فإن معامل التوصيل يساوي ٢٢,٣٠ ,١٦

وبالتالي فإن المعامل الكلي هو خاص لجمع ضرب عدد الموصلات في المعامل على النحو التالي

١٦X٦+٢٢X٦+٣٠X٤=٣٤٨

وبالنظر في الجدول (٢- ٤) نجد أن الرقم ٣٤٨ ليس له وجود فنأخذ الرقم الذي يليه مباشرة عند الطول المحدد وهو ٦ أمتار وفي هذه الحالة هو ٤٢٢ ويقابله في خانة القطر للماسورة ٢٥ ملم .

تطبيق عملي : ماسورة بلاستيكية طولها ٩ أمتار مطلوب تمديد الموصلات التالية بها :

٦ موصلات مقاس ١ ملم ، و٦ موصلات مقاس ١,٥ ، و٤ موصلات مقاس ٢,٥ ملم أوجد

الحل: -

- -

- -

ثالثاً : اختيار النوع المناسب من الأرفف المعلقة

بعد اختيار مساحة مقطع الكابلات والموصلات المناسبة لتمديد المشروع يمكن اختيار نوع الرف المعلق المناسب للتوصيل حيث يتم إنتاج الأرفف بمقاسات مختلفة وبمواصفات مختلفة والجدول (٢- ٥) يوضح عينة من المقاسات للأرفف المعدنية .

العرض	سمك المعدن	الاستخدام
٥٠ - ٢٠٠	mm١	الاستخدامات الخفيفة الموصلات ذات مساحة المقطع الصغيرة
٢٥٠ - ٣٥٠	mm١,٢	
٤٠٠ - ٦٠٠	mm١,٥	
١٠٠ - ٣٠٠	mm١,٢	الاستخدامات المتوسطة
٣٥٠ - ٦٠٠	mm١,٥	
١٠٠ - ٣٠٠	mm١,٥	الاستخدامات الثقيلة
٣٥٠ - ١٠٠٠	mm٢	

جدول (٢- ٥) يوضح عينة من المقاسات للأرفف المعدنية

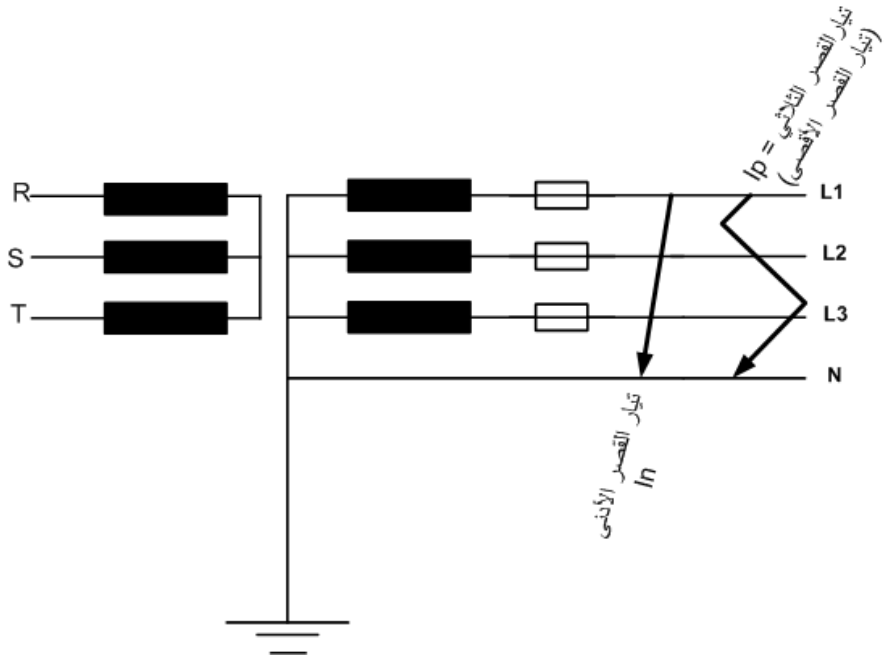
رابعاً: اختيار القواطع الفرعية والرئيسة :

توجد عدة نقاط تؤخذ في الاعتبار عند اختيار قواطع الجهد المنخفض وهي كالتالي :

١- حساب التيار المقنن للقاطع In والذي يعتمد على تيار الحمل أو مساحة مقطع الكابلات ، وعادة يتم تحديد التيار المقنن من قبل الشركة المصنعة وكتابته على القاطع .

٢- حساب سعة القاطع القصوى (Breaking Capacity) وذلك بحسب تيار القصر الأقصى والأدنى ، كما يلي :

عند حدوث قصر بين ثلاثة أوجه حسب الشكل (٢- ٧)



شكل (٢- ٧) تيار القصر الأقصى والأدنى

$$Ip = \frac{U}{Zs+Zp}$$

Ip تيار القصر الأقصى والمار في أحد الأوجه
Zs معاوقة المصر الكهربائي
Zp معاوقة موصلات أحد الأوجه
U جهد الوجه للمصدر الكهربائي

وتيار القصر الأدنى حسب المعادلة

$$Ipn = \frac{U}{Zs+Zp+Zn}$$

تيار القصر الأدنى Ipn

معاوقة خط التعادل Z

٣- معرفة تيار البدء وزمن البدء للأحمال التي لها تيار بدء كبير مثل المحركات

٤- تحديد نوعية القاطع تبعاً لطريقة التثبيت

والجدير بالذكر أن الشركات المصنعة للقواطع الكهربائية توفر عادة دليلاً لاختيار القاطع من منظور ظروف التشغيل ونوع الحمل وتيار التشغيل المقنن وسعة القاطع القصوى مع تحديد الانتقائية الأمر الذي يوفر على المستخدم كثيراً من الحسابات المعقدة .

٢- ٣ عمل تصميم وتخطيط لنظام توزيع صناعي وفقاً لمشروع صناعي محدد :

عند القيام بتصميم شبكة توزيع ، أياً كان نوعها ، صناعية أو تجارية أو سكنية ، فهناك عدة خطوات يجب اتباعها . وسوف نوضح فيما يلي أهم هذه الخطوات بالنسبة لشبكة توزيع صناعية حيث إنها محور اهتمامنا في هذه الحقيبة ويمكن تلخيص هذه الخطوات فيما يلي :

١- توقيع أماكن الأحمال الكبيرة على الرسم التخطيطي للمصنع وحساب إجمالي الحمل بالتقريب (KVA) ، ومعرفة مكان الكابل التغذية الرئيس.

٢- تقدير حمل الإضاءة وحمل التكييف والأحمال الأخرى وذلك عن طريق البيانات المتوفرة أو من التقديرات المبدئية .

٣- تحديد الحمل الكلي وحساب أقصى طلب باستخدام عامل طلب وعامل تباين مناسب .

٤- التحقق من الأحمال غير العادية مثل المحركات الكبيرة وتشغيل الأفران أو أجهزة اللحام بالقوس الكهربائي ، والأحمال التي يجب تشغيلها أياً كانت الظروف والأحمال ذات دورات التشغيل الخاصة.

٥- دراسة نظم التوزيع المختلفة واختيار أنسب نظام يتفق واحتياجات المصنع مع الأخذ في الاعتبار التكاليف . وجدير بالذكر بالنسبة للمصانع فإن تكلفة نظام التوزيع ليس العامل الفاصل في تحديد نظام التوزيع حيث إن تكلفة نظام التوزيع تتراوح بين ٢- ١٠٪ من التكلفة الكلية للمصنع.

٦- تحضير رسم تخطيطي مبدئي لمخطط التمديدات لخط واحد (single –line diagram)

٧- الحصول علي معلومات من المؤسسة أو الشركة التي ستزود المصنع بالطاقة المطلوبة مثل:

(جهد التغذية – نوع التأريض أو تيار القصر المقدر للقواطع الحالي والمتوقع مستقبلاً)

٨- تحديد ضرورة تركيب محطة توليد محلية بديلة في حال انقطاع التغذية الرئيسة (standby) والأحمال التي يجب تغذيتها بالمحطة البديلة والتي تختلف باختلاف السلعة المصنعة ففي مصانع الزجاج والسكر والصلب والأدوية والمطاط والورق والكيمائيات يؤدي انقطاع التيار ليس فقط إلى خسارة كبيرة بل أيضاً إلى صعوبة بالغة في استئناف الإنتاج مرة أخرى.

٩- في المصانع والمنشآت التي تستخدم أجهزة تشغيل البيانات (data processing)يجب دراسة مدى تأثير انقطاع القدرة على كفاءة استخدام هذه الأجهزة (أي مدى استغلالها من حيث الزمن) وإذا لزم الأمر تأمين المنبع البديل الخاص بهذه الأجهزة والمعروف باسم المنبع غير القابل للقطع

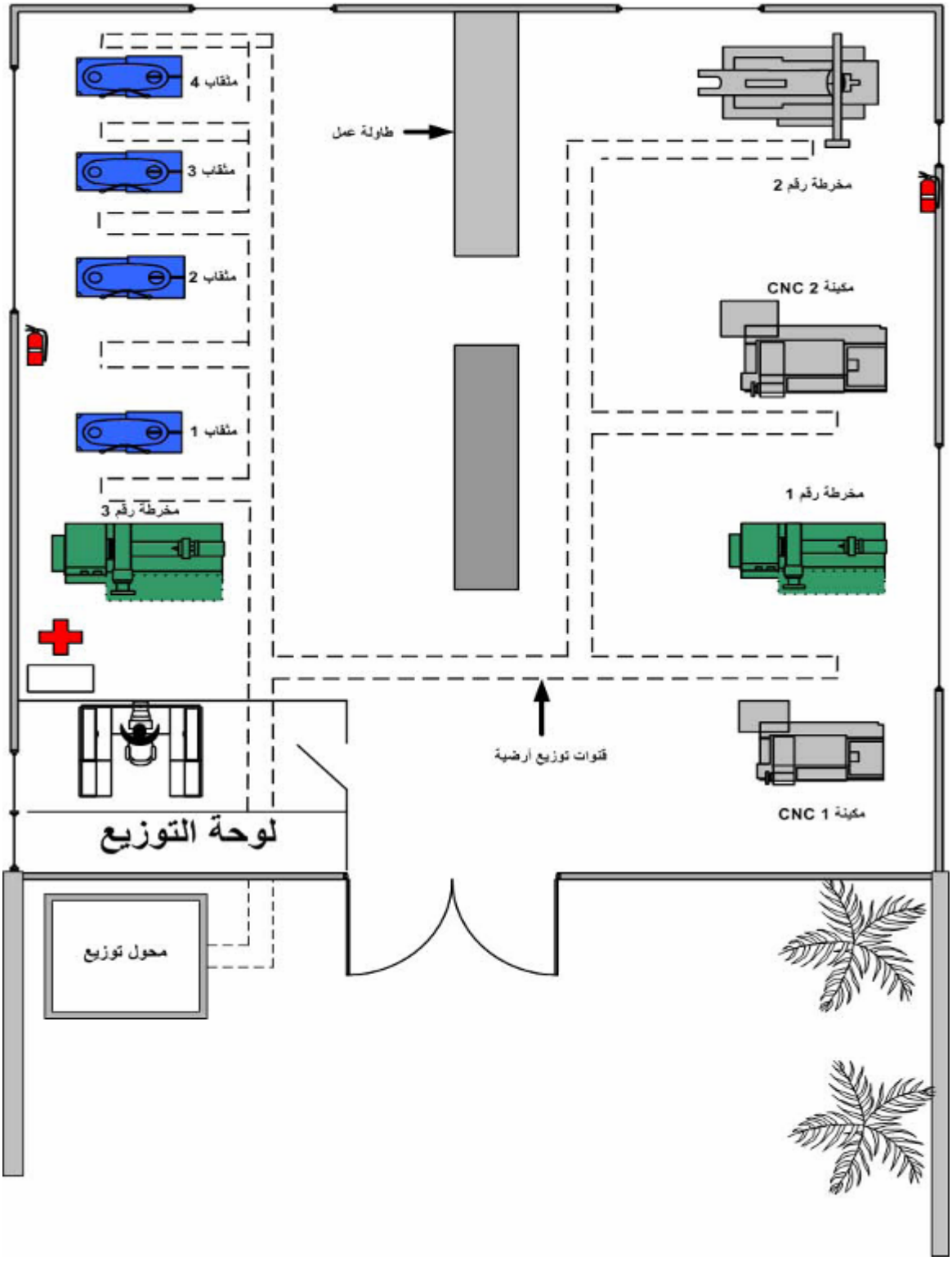
(uninterruptible power supply) (ups)

١٠- التأكد من أن إجراءات الأمان كافية تماماً في جميع أنحاء شبكة التوزيع الداخلية.

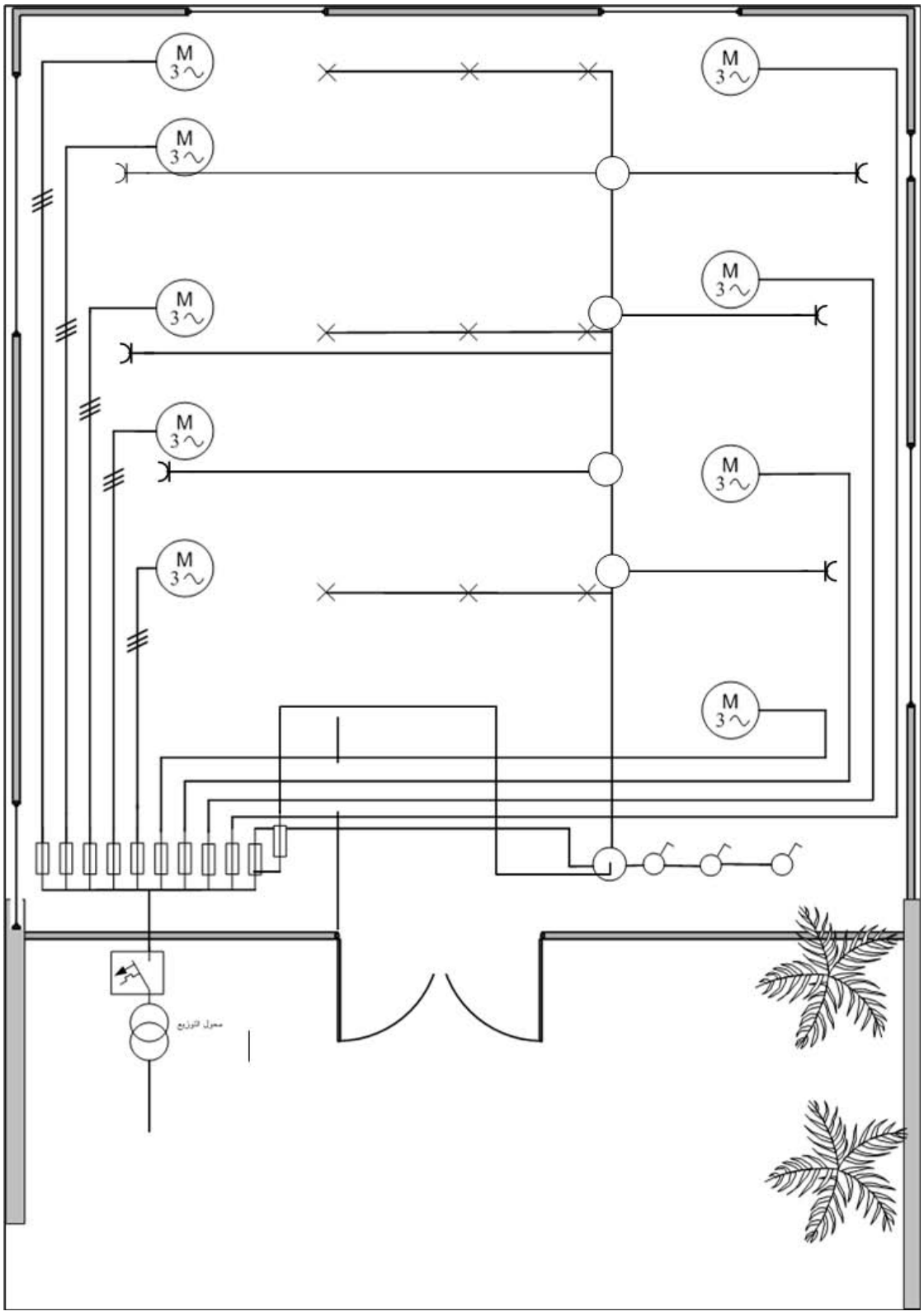
١١- تحديد مواصفات الأجهزة والمعدات الخاصة بشبكة التوزيع الداخلية وإرفاق رسم مخطط رمزي للوحة التوزيع .

١٢- مراعاة المرونة في شبكة التوزيع بحيث تأخذ في الاعتبار التوسع المستقبلي بأقل تكلفة وبأقل تعطيل في الإنتاج للمصنع.

وقبل البدء بعمل التخطيط لنظام التوزيع وكيفية توزيع الموصلات داخل المصنع لابد من تحقق الشروط الواجبة في التصميم وهي كما تم شرحه في الفقرة السابقة تعتبر قاعدة بيانات مهمة جداً فبناءً على تيار الحمل الكلي للمصنع والتيار المسموح به من شركة الكهرباء يتم اختيار قاطع التوصيل الرئيسي . وأيضا عن طريق تحديد أماكن تثبيت المعدات والآلات يتم اختيار طريقة التمديد المناسبة ويمكن استخدم القنوات الأرضية أو قضبان التوزيع المعلقة في المصانع والورش التي بها أوناش رفع أو عربات متحركة ، ويجب وجود رسم يوضح أماكن وجود المعدات والآلات الكهربائية في الورشة وسوف نعتبر الشكل (٢- ٧) الذي يوضح ورشة عمل بها عدة آلات كهربائية . ويجب على فني الكهرباء معرفة جهود وقدرات المعدات التي سيقوم بعمل التخطيط الكهربائي لها .



شكل (٢- ٧) يوضح مسقطاً لورشة عمل ، بها عدة آلات كهربائية



شكل (٢- ٨) مخطط التوزيع للورشة

وبالنظر لمكونات الورشة يتضح ما يلي :

م	الوصف	البيانات الكهربائية			
		القدرة	الجهد	عدد الأوجه	التيار
١	ماكينة ١ CNC	٧kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	١٧,٥ A
٢	مخرطة ١	٢,٢ kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	٩,٦ A
٣	مثقاب ١	١,١kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	٤,٨ A
٤	ماكينة ٢CNC	٥,٧kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	١٢ A
٥	مثقاب ٢	٠,٧٥kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	٣ A
٦	مخرطة ٢	٤kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	١٧ A
٧	مثقاب ٣	١,١kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	٤,٨ A
٨	مخرطة ٣	٢,٢kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	٩,٦ A
٩	مثقاب ٤	٤kw	٢٢٠/٣٨٠	٣ph	١٧ A
١٠	٦ برايز	١,٠٨٠ kw	٢٢٠	-	٥ A
١١	٩ لمبات	٣,٦ kw	٢٢٠	-	١٦ A

جدول(٢- ٥) بيانات الإضاءة والآلات الكهربائية في الورشة

سنقوم في هذا الجزء بعمل حسابات وتوزيع الأحمال على الأوجه الثلاثة بالتساوي بحيث يكون التحميل متزناً للتي تم عمل تخطيط التوزيع الكهربائي لها ومن ثم سوف نحدد سعة القاطع الرئيسي لمساحة مقطع السلك المستخدم للتوصيل لكل حمل وكذلك سوف نحدد طريقة التمديد للموصلات وكذلك أطوال مقاس ماسورة التوصيل أو حامل الموصلات المناسبة حسب عدد الموصلات . ولهذا الغرض لابد من معرفة مساحة مقاطع الموصلات وسعتها الأمبيرية ، حيث يتضح من الجدول السابق قدرة كل حمل من الأحمال الموجودة في الورشة وكذلك الجهد الموصل للحمل والتيار المسحوب . والجدول التالي يوضح طريقة التوزيع للأحمال في الورشة السابقة ومساحة المقطع المناسبة للموصلات بالرجوع للجدول (٢- ١) .

	القدرة موزعة على الأوجه الثلاثة			تيار الحمل	مساحة المقطع	تيار القاطع	عدد الأقطاب	رقمه في لوحة التوزيع
وصف الحمل	L٣	L٢	L١					
ماكينة CNC ١	٢٣٤			١٧,٥A	٢,٥	٢٠	٣	١
		٢٣٣						
			٢٣٣					
مخرطة ١	٧٣٣			٩.٦ A	١,٥	١٠	٣	٢
		٧٣٤						
			٧٣٣					
مثقاب ١	٣٦٦			٤.٨ A	١	١٠	٣	٣
		٣٦٦						
			٣٦٧					
ماكينة	١٩٠٠			١٢ A	٢,٥	١٦	٣	٤

CNC٢		١٩٠٠						
			١٩٠٠					
مثقاب ٢	٢٥٠			٣A	١	١٠	٣	٥
		٢٥٠						
			٢٥٠					
مخرطة ٢	١٣٣٤			١٧ A	١,٥	١٠	٣	٦
		١٣٣٣						
			١٣٣٣					
مثقاب ٣	٣٦٧			٤.٨ A	١	١٠	٣	٧
		٣٦٦						
			٣٦٦					
مخرطة ٣	٧٣٣			٩.٦ A	١,٥	١٠	٣	٨
		٧٣٤						
			٧٣٣					
مثقاب ٤	١٣٣٣			١٧ A	١,٥	١٠	٣	٩
		١٣٣٣						
			١٣٣٤					
٩لمبات	١٢٠٠			١٦ A	٢,٥	٢٠	١	١٠
		١٢٠٠						
			١٢٠٠					
٦ برايز	٣٦٠			٥ A	١,٥	١٠	١	١١
		٣٦٠						

					٣٦٠			
المجموع لكل وجه	٨٨١٠	٨٨١٠			٨٨١٠			
المجموع الكلي	٢٦٤٣٠							

جدول (٢- ٦) توزيع الأحمال حسب القدرة وتيار القاطع

ولإيجاد التيار الكلي الذي يتم من خلاله اختيار مساحة القاطع الرئيسي للتوزيع نقوم بعمل ا التالي :

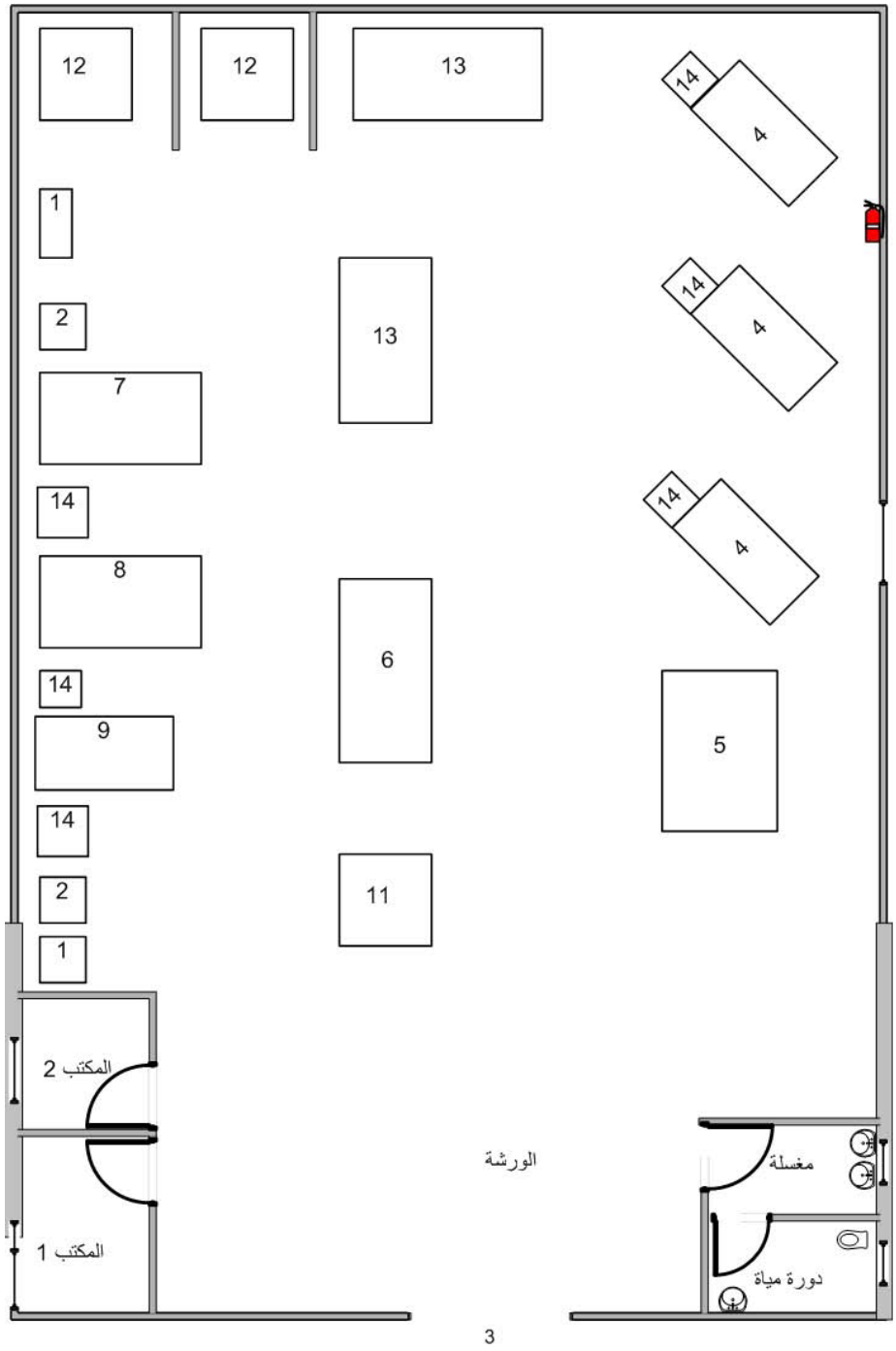
$$\frac{S}{\sqrt{3}\ U}$$

$$\frac{26430}{\sqrt{3}\ \times 220} =$$

٦٩,٥٥A

ومن ثم نختار قاطعاً سعته ١٠٠A

نشاط عملي : قم بعمل تخطيط لورشة العمل الموضحة بالشكل (٢- ٩) وحدد التيار الكلي بناءً على المعطيات في الجدول (٢- ٧)



شكل (٢- ٩) رسم يوضح مكونات ورشة إنتاج

م	الوصف	البيانات الكهربائية				
		القدرة	الجهد	عدد الأوجه	معامل القدرة	التيار
١	حجر جلخ	١,٥kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٠	?
٢	مثقاب صغير	١,٢kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٥	?
٣	باب رأسي يعمل بمحرك	١,٥kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٨٩	?
٤	مخرطة زنبة	٥.٥kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٤	?
٥	منشار هيدروليكي	٢.٢kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٨٥	?
٦	مثقاب الدف	٤kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٣	?
٧	فريزة رأسية	٧kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٦	?
٨	فريزة أفقية	٤kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٦	?
٩	مقشطة نطاحة	٣kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٨٧	?
١٠	ماكينة جلخ اسطوانية	٤.٥٥kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٨٩	?
١١	ماكينة جلخ سطحي	٧.٥kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٠	?
١٢	ماكينة لحام	٢٢.٨kw	٢٢٠/٣٨٠	٣	٠.٩٥	?

جدول (٢- ٨) بيانات الآلات والمعدات بالورشة

ملحوظة : يمكن إيجاد التيار بالحساب $P= IxUxcos\phi$

الأن قم بعملية توزيع الأحمال على الأوجه وحدد مساحة مقاطع الموصلات المستخدمة تيار القاطع لكل حمل ومن ثم التيار الكلي ، حسب الجدول (٢- ١)التالي :

وصف الحمل	القدرة موزعة على الأوجه الثلاثة			تيار الحمل	مساحة المقطع	تيار القاطع	عدد الأقطاب	رقمه في لوحة التوزيع
	L٣	L٢	L١					

القدرة الكلية لكل وجه								
القدرة الكلية للورشة								

التيار الكلي للورشة :

٢- ٤ تحديد خطوات العمل لتنفيذ المشروع:

من الواضح من خلال البنود السابقة أن خطوات التنفيذ للمشروع تتلخص فيما يلي :

١- جمع المعلومات الأساسية عن الموقع مثل المساحة، و الأطوال، و طبيعة المبني ، و أماكن تركيب المعدات والأحمال ، و موقع محول التوزيع الذي يغذي المبنى ، و موقع دخول الكابل التغذية.

٢- رسم إنشائي يوضح الإبعاد للمبنى والطوابق المتعددة ، وعلى ضوئه يتم رسم التخطيط الكهربائي لدوائر القدرة ودوائر الإضاءة

٣- توزيع الأحمال على أوجه التغذية بالتساوي ، للحصول على تحميل متزن لضمان استمرار التغذية ، وبناءً علية نحدد سعة الكابلات والقواطع الرئيسة والفرعية

٤- تحديد أبعاد الموصلات حسب المسافات الموجودة بالورشة واختيار أنواع المواسير المعدنية أو البلاستيكية المناسبة وكذلك الأرفف المعلقة .

٥- تحديد مواقع لوحات التوزيع الرئيسة والفرعية ، حسب متطلبات المعدات والآلات الكهربائية .

٦- تثبيت القنوات والمجاري والأرفف المعلقة والمواسير حسب الاحتياج الفعلي ، بحيث يراعى عند التثبيت الشكل العام وكذلك يراعى أن تكون مسارات التمديد للقنوات والأرفف بعيدة عن التعرض للتلف الميكانيكي كالبكرات المتحركة والأوناش المعلقة.

٧- ترقيم وتمييز الموصلات القادمة من الأحمال إلى لوحات التوزيع ليسهل التعامل معها عند توصيلها .

٨- عمل الدوائر التنفيذية ودوائر التحكم في لوحات التوزيع والتحكم حسب حاجة العمل وظروف الإنتاج للورشة .

٢- ٥ تحديد الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع:

خَريطة الجدول الزمني هي عبارة عن رَسم بياني يوضح الجدول الزمني لعمل ما مثل مشروع إنشائي أو عملية صيانة أو عملية تطوير أو مشروع تطوير وتصنيع وتسويق مُنتج جديد. هذه الخريطة تَستخدم الخطوط العرضية لتُوضح الزمن الذي تستغرقه كل خطوة من خطوات المشروع ومتى تبدأ ومتى تنتهي. وبالتالي فهذه الخريطة تساعدنا على التخطيط للمشروع وعلى نقل هذا التخطيط لمديرينا وزملائنا وكل من له علاقة بالمشروع. هذه الخريطة تُعتبر وسيلة جيدة جدا في متابعة تَطور الأعمال وعرض هذه المتابعة بشكل يسهل استيعابه بسرعة. فيمكننا أن نستخدم خطوطا أفقية أخرى لتحديد الوقت الفعلي لتنفيذ الأعمال بمعنى أن الخريطة يظهر عليها الزمن المخطط ، و هذه الخريطة منسوبة إلى Hennery Gantt والذي عملها في عام ١٩١٧ ومازالت مستخدمة حتى الآن بل هي أشهر وسيلة مستخدمة في عرض الجداول الزمنية

ما أهمية إعداد جدول زمني:

دعنا نسأل السؤال بطريقة أخرى: وماذا لو لم نُعد جدولاً زمنياً للمشروع؟ إذن لا يعلم أحدٌ متى ينتهي المشروع ولا يُمكننا توقع الخطوات التي تؤثر على انتهاء المشروع بسرعة ولا يمكننا تمييز الخطوات التي يمكننا القيام بها في آنٍ واحد ولا يمكننا تنظيم مواردنا ولا يمكن للعاملين في المشروع من معرفة متى يأتي دَورُهم في المشروع ولا يمكن للمشاريع الأخرى تَنسيق أعمالها مع هذا المشروع

فالجدول الزمني يجعلنا نخطط للمشروع بشكل جيد إذ إنه يوضح لنا الموارد المطلوبة وكيفية استغلالها ويساعدنا على تقليل زمن التنفيذ عن طريق تنفيذ بعض الخطوات بشكل متواز أو عن طريق بدء بعض الخطوات في مرحلة مبكرة. كذلك فإن الجدول الزمني هو وسيلة للتنسيق مع كافة الأطراف المشاركة والمتأثرة بالمشروع أو خطواته.

افترض أننا سنقوم بعملية تركيب ماكينة جديدة. وافترض أننا لم نعد جدولاً زمنياً. كيف ستسير الأمور؟ لن نستطيع أن نقول أننا نعمل بمعدل جيد لأنه لا توجد أية خطة مُسبَّقة. فعندما نحتاج لمسؤولي التركيبات الميكانيكية سنُفاجئهم بالطلب وقد يكونون غير مستعدين وكذلك الحال عندما نحتاج مسؤولي التركيبات الكهربائية ومسؤولي التشغيل وهكذا. قد يكون من الممكن أن نقوم ببعض الأعمال الكهربائية والميكانيكية بشكل متوازٍ لضغط الوقت ولكننا لن ننتبه لذلك. قد نُفاجأ في وقت

متأخر أن عملية ما لم يتم إجراؤها سوف تتسبب في تعطيل كل شيء مع أنه كان يمكن تنفيذها في أي وقت سابق. كذلك فإن تنسيق استخدام الموارد (مثل أدوات النقل أو الحمل أو أجهزة الحاسوب....) بين الأعمال المختلفة سيكون مشكلة كبيرة.

إن كان ولابد من إعداد جدول زمني فلماذا خريطة جانتGantt Chart؟ ألا يكفي أن نكتب كل شيء في جدول؟ إن خريطة الجدول الزمني سهلة الفهم وقراءتها أيسر بكثير من قراءة جدول به بعض المواعيد والأزمنة. ولذلك فهي شائعة الاستخدام منذ زمن بعيد. لاحظ أن إعداد خريطة الجدول الزمني لا يتطلب وقتاً كبيرا في رسمها لأن برامج الحاسوب تجعل هذا يسيرا بل ولو رسمت باليد فإنها لا تأخذ وقتا كبيرا. وفيما يلي نستعرض بعض الجداول الزمنية المتوقعة لتنفيذ بعض التركيبات الصناعية التي سبق شرحها . وسوف نكتفي بعرض الجدول فقط دون التعليق علية حتى نختصر الوقت .

		الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة				
م	مساحة المقطع× عدد الموصلات	وضع الكيبل داخل الماسورة	فوق البياض بواسطة قفزان الكيابل	فوق البياض بواسطة مسامير	تحت البياض	الحفر بواسطة الأزميل
١	١,٥ ملم^{٢} × ٢	٣	٨	٥	٥	٥
٢	١,٥ ملم^{٢} × ٣	٣	٨	٥	٥	٥
٣	١,٥ ملم^{٢} × ٤	٣,٥	٨	٥	٥	٥
٤	١,٥ ملم^{٢} × ٥	٣,٥	٨	٥	٥	٥
٥	١,٥ ملم^{٢} × ٧	٣,٥	٩	٥	٥	٥
٦	٢,٥ ملم^{٢} × ٢	٣,٥	٩	٥	٥	٥
٧	٢,٥ ملم^{٢} × ٣	٣,٥	٩	٥	٥	٥
٨	٢,٥ ملم^{٢} × ٤	٣,٥	٩	٥	٥	٥
٩	٢,٥ ملم^{٢} × ٥	٣,٥	١٠	٥	٥	٥
١٠	٤ ملم^{٢} × ٢	٣,٥	١٠	٦	٦	٥
١١	٤ ملم^{٢} × ٣	٣,٥	١٠	٦	٦	٥

١٢	٤ ملم^{٢} × ٤	٣,٤	١٠	٦	٦	٥
١٣	٤ ملم^{٢} × ٥	٣,٤	١٠	٧	٧	٥
١٤	٦ ملم^{٢} × ٢	٣,٤	١٠	٦	٦	٥
١٥	٦ ملم^{٢} × ٣	٤	١٠	٧	٧	٥
١٦	٦ ملم^{٢} × ٤	٤	١٠	٧	٧	٥
١٧	٦ ملم^{٢} × ٥	٤,٥	١١	٧,٥	٧,٥	٥
١٨	١٠ ملم^{٢} × ٢	٤,٥	١١	٧,٥	٧,٥	٥
١٩	١٠ ملم^{٢} × ٣	٥	١١	٨	٨	٥
٢٠	١٠ ملم^{٢} × ٤	٥,٥	١١	٩	٩	٧
٢١	١٠ ملم^{٢} × ٥	٦	١٣	٩	٩	٧
٢٢	١٦ ملم^{٢} × ١	٥,٥	١٣	٩	٩	٧
٢٣	١٦ ملم^{٢} × ٢	٦	١٣	٩	٩	٧
٢٤	١٦ ملم^{٢} × ٣	٦	١٤	١٠	١٠	٧
٢٥	١٦ ملم^{٢} × ٤	٦,٥	١٥	١٠	١٠	٧
٢٦	١٦ ملم^{٢} × ٥	٧	١٦	١٠	١٠	٧
٢٧	٢٥ ملم^{٢} × ١	٧	١٥	١٠	١٠	٧

جدول (٢- ١٠) الوقت المستغرق لتنفيذ تمديد الكابلات داخل المواسير أو تحت الجدار

	الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة	
م	مساحة المقطع و عدد الموصلات	الكابل داخل قناة مدفونة
١	٢,٥ ملم^{٢} × ٥ - ١,٥ × ٢	٥
٢	٦ ملم^{٢} × ٥ - ٢,٥ × ٥	٥
٣	٦ ملم^{٢} × ٥ - ٦× ٥	٧
٤	٢٥ ملم^{٢} × ٥ - ١٦ × ٥	٩
٥	٧٠ ملم^{٢} × ٥ - ٢٥ × ٥	١١
٦	٩٥ ملم^{٢} × ٥ - ٧٠ × ٥	١١

جدول (٢- ١١) الوقت المستغرق لتنفيذ الكابلات داخل قناة أرضية مدفونة

	الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة		
م	مساحة المقطع × عدد الموصلات	للتوصيل فوق البياض	السحب بواسطة سلك (سسته) داخل ماسورة أو قناة بلاستيكية أو قناة أرضية ظاهرة
١	١٠/١٦ ملم^{٢}× ٤	٨	٦
٢	١٦/٢٥ ملم^{٢}× ٤	٨	٦
٣	١٦/٣٥ ملم^{٢}× ٤	١٠	٨
٤	٢٥/٥٠ ملم^{٢}× ٤	١٣	١١
٥	٣٥/٧٠ ملم^{٢}× ٤	١٣	١١
٦	٥٠/٩٥ ملم^{٢}× ٤	١٣	١١
٧	٧٠/١٢٠ ملم^{٢}× ٤	١٥	١٣

جدول (٢- ١٢) الوقت المستغرق لتنفيذ تمديد الموصلات داخل مواسير أو قنوات أرضية

		الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة		
م	مساحة المقطع × عدد الموصلات	سحبه داخل ماسورة خالية	للتوصيل فوق البياض بواسطة المسامير	تحت البياض
١	٠,٨ ملم^{٢} × ٢	٢,٥	٤,٥	٣,٥
٢	٠,٨ ملم^{٢} × ٣	٢,٥	٤,٥	٣,٥
٣	٠,٨ ملم^{٢} × ٤	٣	٤,٥	٤
٤	٠,٨ ملم^{٢} × ٦	٣	٥	٤
٥	٠,٨ ملم^{٢} × ٨	٣,٥	٥	٤
٦	٠,٨ ملم^{٢} × ١٠	٣,٥	٦	٤,٥
٧	٠,٨ ملم^{٢} × ١٢	٤	٧	٤,٥

جدول (٢- ١٣) الوقت المستغرق لتنفيذ تمديد موصلات تلفون

		الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة		
م	القطر Ø	فوق البياض بواسطة قفزان الكابل	في المجرى	تحت البياض
١	١٣,٥ ملم	٦	٦	٦
٢	١٦ ملم	٦	٦	٦
٣	٢٣ ملم	٨	٨	٨
٤	٢٩ ملم	٩	٩	٩
٥	٣٦ ملم	١١	١١	١١
٦	٤٨ ملم	١٤	١٤	١٤

جدول (٢- ١٤) يوضح قطر ماسورة بلاستيكية فارغة والوقت المتطلب للتنفيذ

		الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة				
م	القطرØ	فوق البياض بواسطة قفزان الكبل	فوق خرسانة الأرضية	داخل الخرسانة (بدون حفر)	في المجرى	تحت البياض
١	١٣,٥ ملم	٦	٥	٦	٦	٦
٢	١٦ ملم	٦	٥	٦	٦	٦
٣	٢٣ ملم	٨	٧	٨	٨	٨
٤	٢٩ ملم	٩	٨	٩	٩	٩
٥	٣٦ ملم	١١	١٠	١١	١١	١١
٦	٤٨ ملم	١٤	١٢	١٤	١٤	١٤

جدول (٢- ١٥) يوضح قطر ماسورة بلاستيكية من النوع القوي المفرغ وزمن التنفيذ .

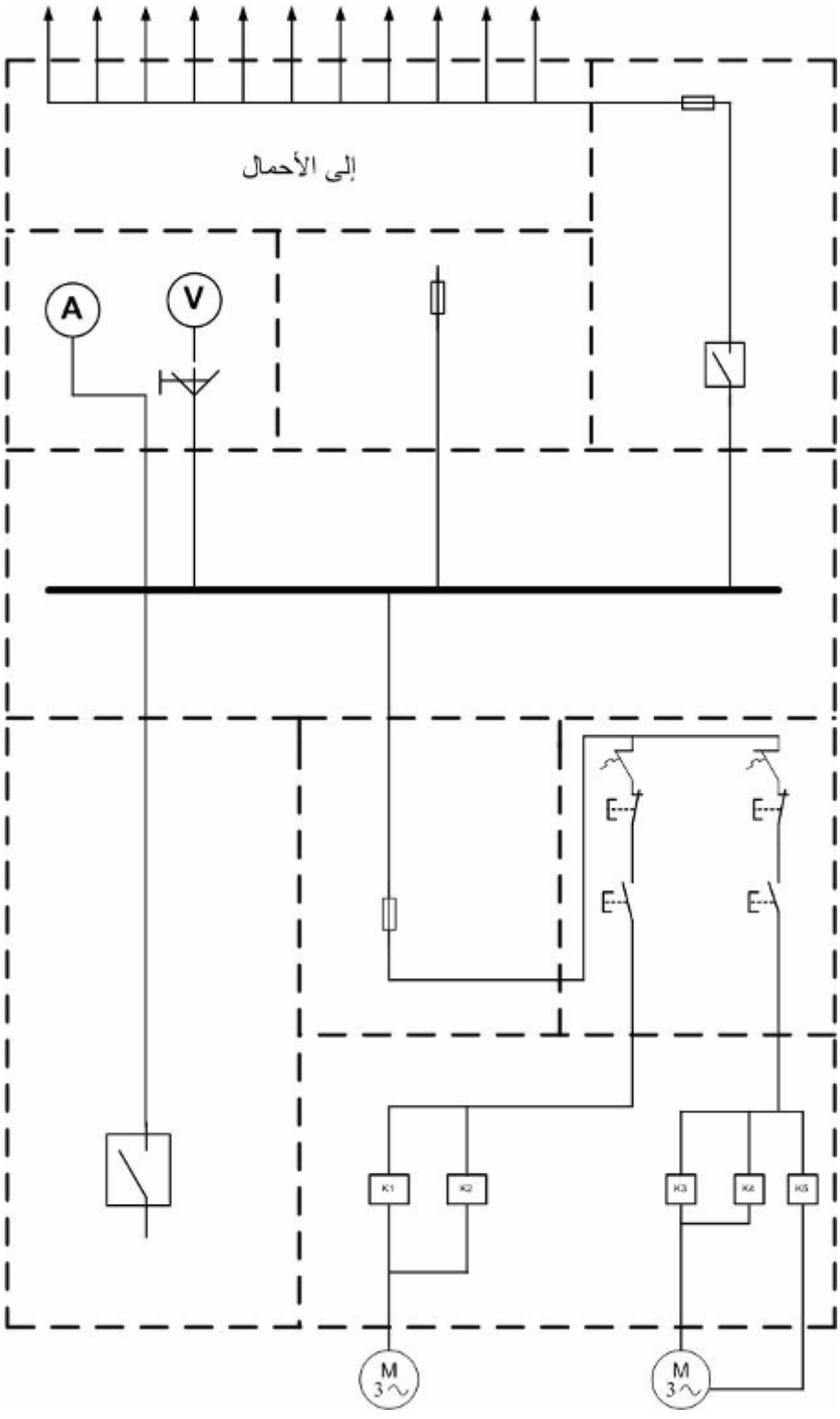
	الوقت المستغرق للتنفيذ بالدقيقة	
م	القطر	فوق البياض
١	١٣,٥ ملم Ø	٨
٢	١٦ ملم Ø	٩
٣	٢٣ ملم Ø	١٠
٤	٢٩ ملم Ø	١٣
٥	٣٦ ملم Ø	١٦
٦	٤٢ ملم Ø	١٨
٧	٤٨ ملم Ø	٢٢

جدول (٢- ١٦) المواسير حسب الأقطار وزمن التنفيذ

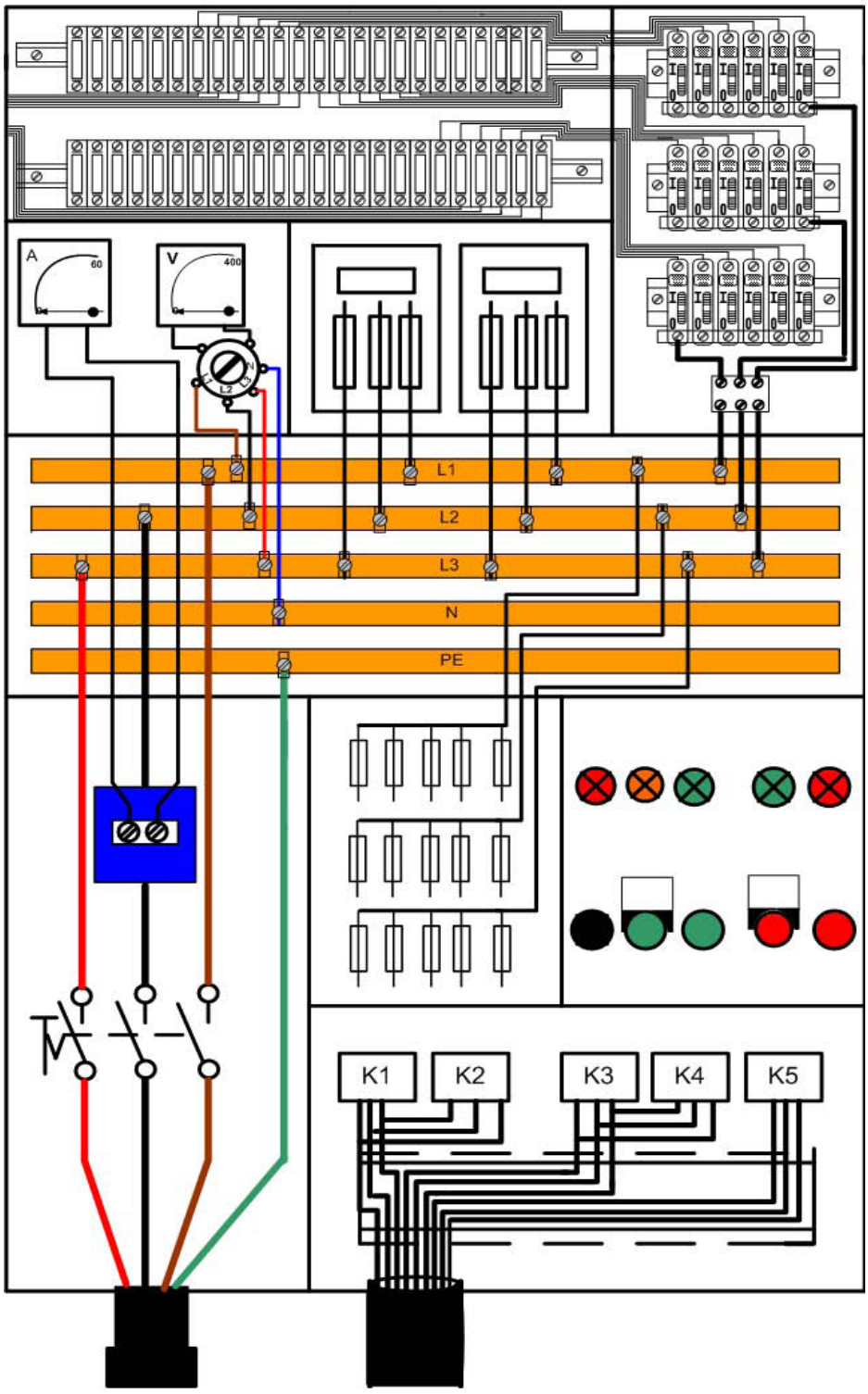
٢- ٦ رسم المخططات التنفيذية للتوصيلات الكهربائية :

تعتبر الدوائر التنفيذية للوحات التوزيع والتحكم من أهم الأمور التي تتم العناية بها من قبل شركات التصنيع ، بحيث تكمن أهميتها في تأدية الهدف المطلوب منها على الوجه الأمثل وفي حالة حدوث أي خطأ في تصميم أو تنفيذ الدوائر التنفيذية قد يؤدي إلى تلف مكونات اللوحات فضلاً عن دوائر الحماية والموصلات والمعدات الموجودة بمنطقة العمل ، ومن هنا سيتم في هذا البند أخذ بعض الأمثلة التوضيحية على لوحة التوزيع التي سيتم التعامل معها في الوحدة الثالثة من هذه الحقيبة . وقبل البداية في عمل الدوائر التنفيذية يجب معرفة ما الأحمال والتي ستقوم لوحة التوزيع بتغذيتها كما سبق شرحه في بند التصميم والتخطيط ولمزيد من التوضيح انظر الشكل التالي :

شكل (٢- ٨) التخطيط العام للوحة توزيع جهد منخفض

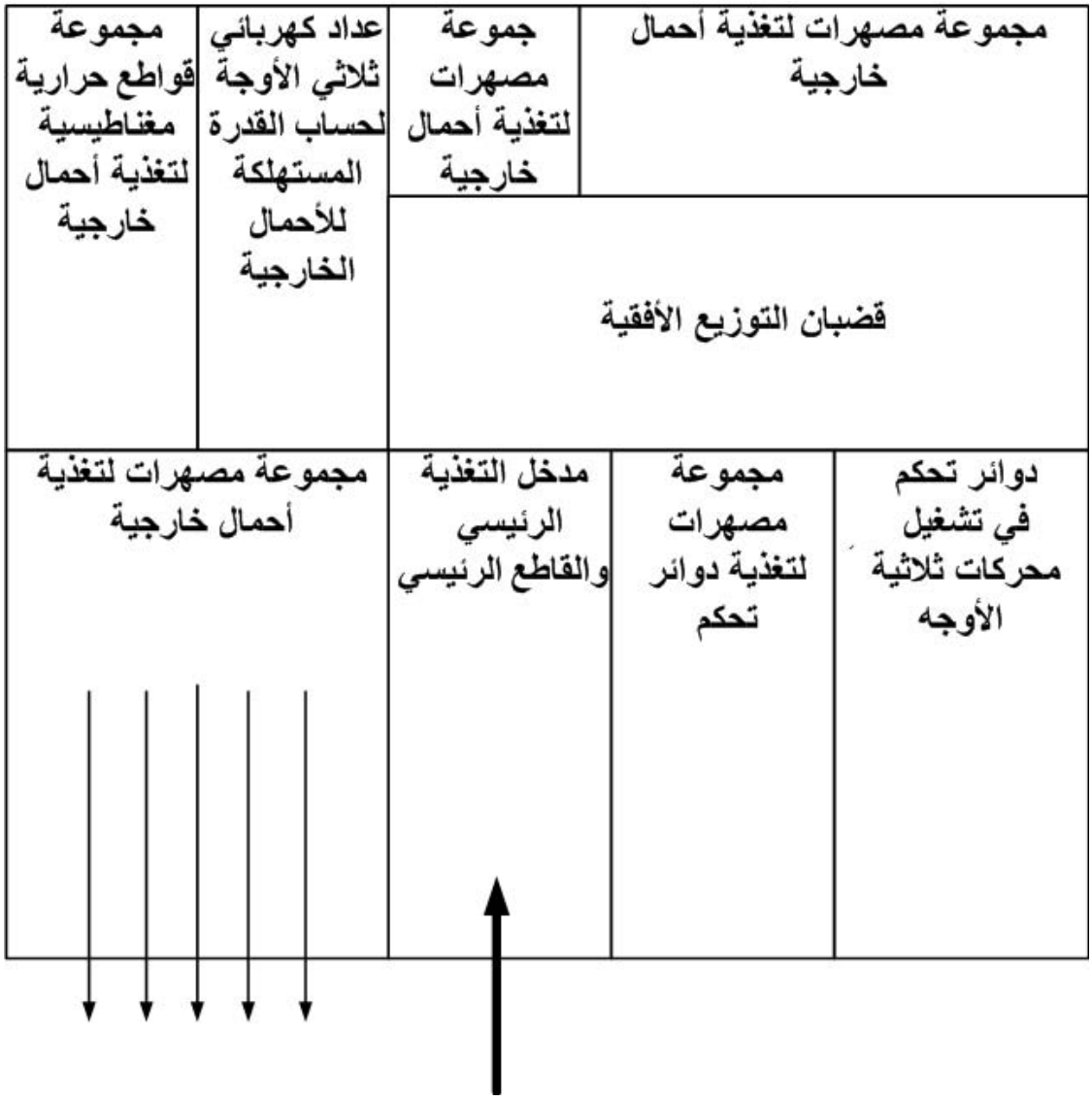


شكل (٢- ٩) رسم مخطط وجه واحد للتوزيع المقترح للوحة التوزيع



شكل (٢- ١٠) الدوائر الداخلية للوحة توزيع

نشاط فصلي : أنظر الشكل التالي الذي يوضح مخططاً عاماً للوحة توزيع وقم برسم دائرة الوجه الواحد ، ومن ثم عمل الدائرة التنفيذية .



شكل (٢- ١١) مخطط عام للوحة توزيع

ورشة التركيبات الكهربائية

٢٨٨ كهر

ورشة التركيبات الصناعية

تركيب لوحات التوزيع للجهد المنخفض

الجدارة:

القيام بتركيب لوحات التوزيع وتمديد الموصلات الكهربائية حسب المخططات التنفيذية ، مع مراعاة السلامة أثناء التوصيل .

الأهداف:

١- الإلمام بأنواع لوحات التوزيع
٢- اختيار المكونات اللازمة لعمل اللوحات
٣- تركيب وتجميع لوحات التوزيع
٤- تركيب الكابلات الصناعية وترقيمها

مستوى الأداء المطلوب:

أن يتم إتقان هذه الجدارة بنسبة عالية.

الوقت المتوقع للتدريب :

٢٤ ساعة

الوسائل المساعدة:

العدد والأجهزة والتمارين العملية

متطلبات الجدارة:

الإلمام بالوحدات السابقة.

مقدمة

بصفة عامة تعتبر لوحات التوزيع للجهد المنخفض عبارة عن خليط من التوزيع والتحكم ، كما سوف نتعرف عليه من خلال هذه الوحدة ،وتتكون لوحات التوزيع الخاصة بالمصانع وورش العمل من دواليب مصنوعة من الصاج وتحتوي على عدة أماكن لتركيب المكونات المتعددة مثل القاطع الرئيسي الذي يتم من خلاله تغذية اللوحة بالكامل ، ولأن أجهزة القياس لها أهمية قصوى فإنها توجد في معظم لوحات التوزيع وتحتاج أجهزة القياس لمحولات ، خاصة أجهزة قياس التيار لابد لها من محولات تيار وتركيب هذه المحولات على خطوط التغذية ومن ثم يؤخذ منه مخرج لتغذية جهاز قياس التيار . وسوف نبدأ بالتعرف على أنواع لوحات التوزيع كما هي موجودة في الحياة العملية وذلك عن طريق تدعيم الشرح النظري بالصور والأشكال التوضيحية ومن ثم سوف نتعرف على مكونات لوحات التوزيع بصفة عامة مع التركيز على النوع الذي سوف يتم التدريب عليه في الورشة في البند القادم بالفك والتركيب ، ليتم الربط بين المعلومة النظرية والعملية بشكل كبير ، وفي الباب الأخير من هذه الوحدة سنتعرف على طريقة تركيب وترقيم الموصلات الصناعية .

وتستخدم كل من لوحات المفاتيح switch boards ، ولوحات التوزيع Distribution boards في الربط بين محولات الخفض ،ومن هنا يمكن أن نقول أن اللوحات بها جزء للتحكم والتشغيل وقراءة المعلومات من جهد وتيار وقدرة وخلافه وجزء آخر يعنى بالتوزيع يكون به قضبان توزيع وشعب نهايات وأدوات الحماية . وفي المجال الصناعي يتكامل هذان الجزآن في مكان واحد ويطلق عليها غرفة التحكم والتوزيع ، وفيما يلي أهم الفروقات بين لوحات المفاتيح ولوحات التوزيع:

لوحات المفاتيح :

- تحتوي على قضبان تصل سعتها إلى ٤٠٠٠A
- تصنع من ألواح الصلب
- يصل ارتفاعها إلى ٢,٢m
- يحتوى قواطع من النوع الثابت ، وقواطع من الذي يمكن سحبه خارج اللوحة.
- تحتوي على دوائر تتحمل تيارات قصر تصل إلى ١٧٦KA

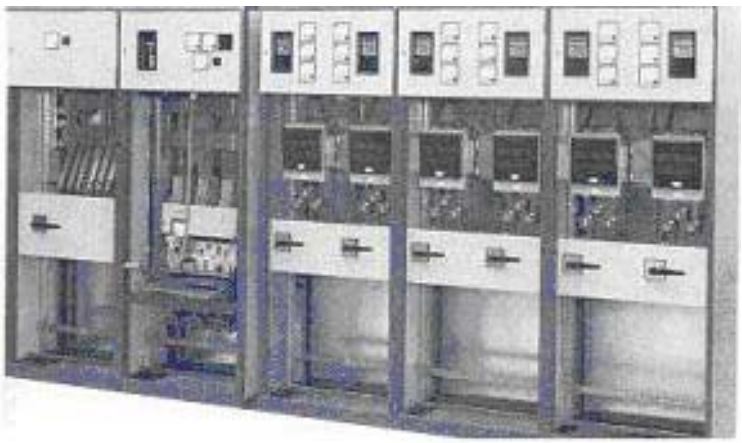
لوحات التوزيع :

- تحتوي على قضبان تصل سعتها إلى ٢٠٠٠A
- تصنع من ألواح الصلب أو مواد عازلة من الزهر الرمادي
- ارتفاع الصناديق المنفردة لا يزيد عن ١m
- تحتوي على دوائر تتحمل تيارات قصر تصل إلى ٨٠KA

٣- ١ أنواع لوحات التوزيع :

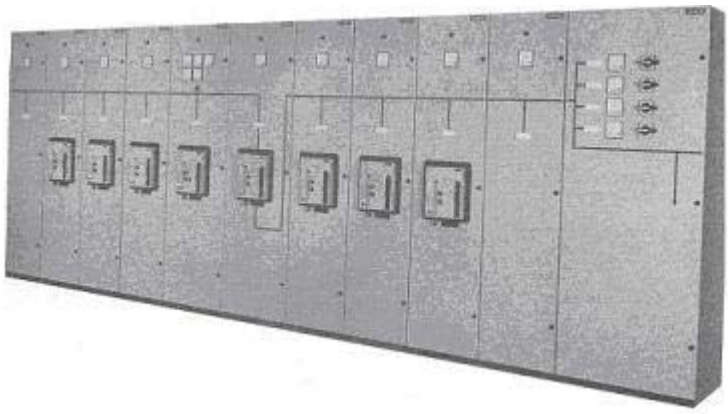
يتم تصنيف لوحات التوزيع من حيث التركيب إلى ما يلي :

١- لوحة التوزيع المكشوفة وهي نوع نادر الاستخدام ويجب وضعه في غرف التحكم المغلقة ويمكن مشاهدة القضبان الخاصة بالتوزيع داخل الدولاب المكشوف



شكل (٣- ١) لوحة توزيع من النوع المكشوف

٢- لوحة توزيع مغلقة . وهي عكس النوع الأول وتتكون من دولاب مغلق من جميع الجوانب ويركب له أبواب من الأمام وتوضع داخله القضبان وقواطع التحكم والتشغيل ويعتبر هذا النوع أكثر استعمالاً من النوع الأول نظراً لعوامل السلامة والأمان.

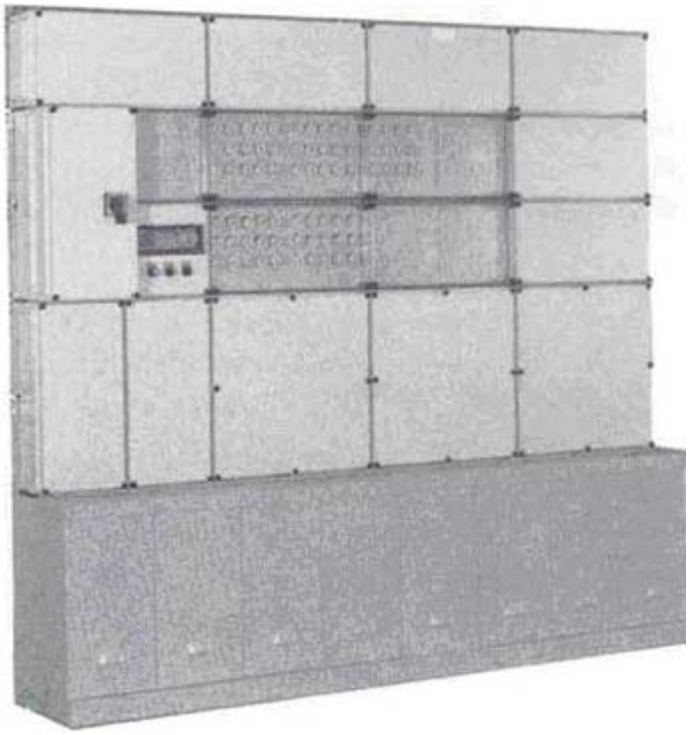


شكل(٣- ٢) لوحة توزيع من النوع المغلق

٣- لوحة التوزيع ذات الأدراج . وفي هذا النوع يتم تصميم دولاب التوزيع الرئيسي بحيث يتم تركيب أدراج التوزيع والتحكم وتكون قابلة للانزلاق والسحب ، ويكون بها نقاط توصيل لقضبان التغذية المثبتة في خلفية الدولاب بحيث يتم دفع الدرج ليتم تثبيته في الدولاب وفي نفس الوقت يتم التلامس من خلال أذرعه التوصيل لقضيب التوزيع الخلفي . والشكل (٣- ٣) يوضح أحد الأدراج الموجودة في لوحة توزيع من هذا النوع.

شكل (٣- ٣) أحد القواطع المركبة في لوحة توزيع من نوع الأدراج

٤- لوحة التوزيع ذات الصناديق المتعددة . وهي عبارة عن عدة صناديق منفردة يتم تجميعها داخل دولاب التوزيع الرئيسي وتوصل فيما بينها حسب الاحتياج وتكون هذه الصناديق عبارة عن مصهرات وقواطع تحكم ومرحلات حماية وقواطع توصيل والشكل (٣- ٤) يوضح أحد أنواع لوحات التوزيع ذات الصناديق المتعددة ،وسوف يتم التدريب في هذا الفصل على هذا النوع في الفك والتركيب وتوصيل المكونات ببعضها. ونلاحظ أن من مزايا هذا النوع أنه يمكن التعامل مع كل صندوق على حدة ، حيث تتم عملية تجميع مكونات الصندوق وعمل جميع التوصيلات الكهربائية الخاصة بمكوناته ببعضها ومن ثم تثبيت الصندوق في المكان المناسب له حسب مخطط التوصيل التنفيذي الكلي للوحة التوزيع .

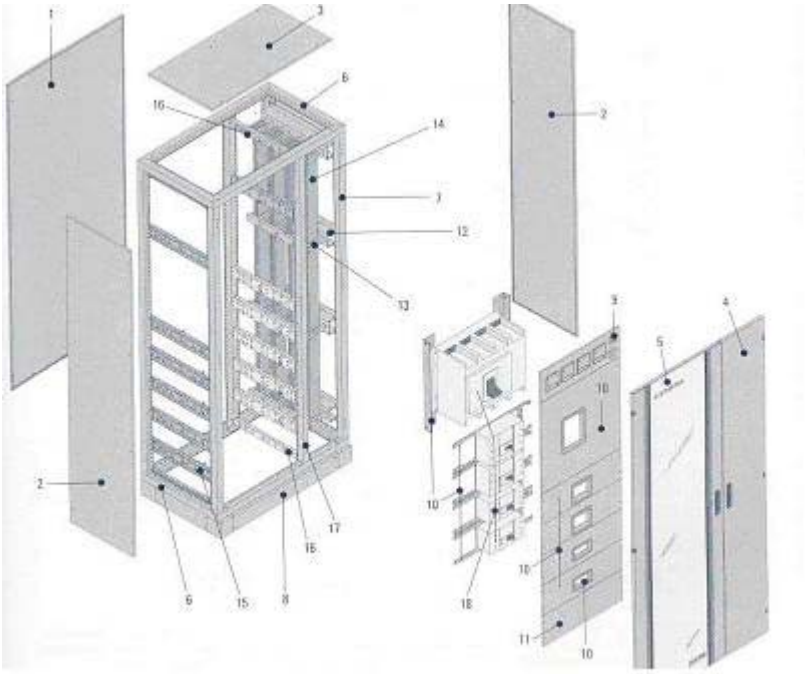


شكل (٣- ٤) لوحة توزيع ذات صناديق متعددة

تركيب لوحات التوزيع :

سوف نوسع الحديث والشرح عن تركيب لوحات التوزيع ومكوناتها وطريق توصيل الدوائر التنفيذية حسب ما تم شرحه في البند السابق وفي البداية نتطرق لتركيب لوحات التوزيع من ناحية الهيكل الخارجي والتصميم الأساسي للدولاب الذي سيتم فيما بعد وضع العناصر الخاصة بالتوزيع فيه مثل قضبان التوزيع وشعب النهايات والقنوات البلاستيكية . وحوامل تلك المكونات يجب أن يتم تثبيتها بشكل قوي وسليم لتتمكن من حمل المكونات .

أ) التركي الخارجي :



شكل (٣- ٥) مكونات لوحة التوزيع الخارجية

١- الغطاء الخلفي.

٢- الغطاء الجانبي.

٣- الغطاء العلوي.

٤- درفة معدنية للباب الخارجي.

٥- غطاء بلاستيكي شفاف.

٦- الإطار العلوي.

٧- القائم الجانبي.

٨- الإطار السفلي.

٩- أجهزة القياس.

١٠- مجموعة قواطع قابلة للتجميع.

١١- الغطاء الأمامي.

١٢- دعامات جانبية لحمل قضبان التوزيع

١٣- حامل القضبان.

١٤- قضبان رأسية.

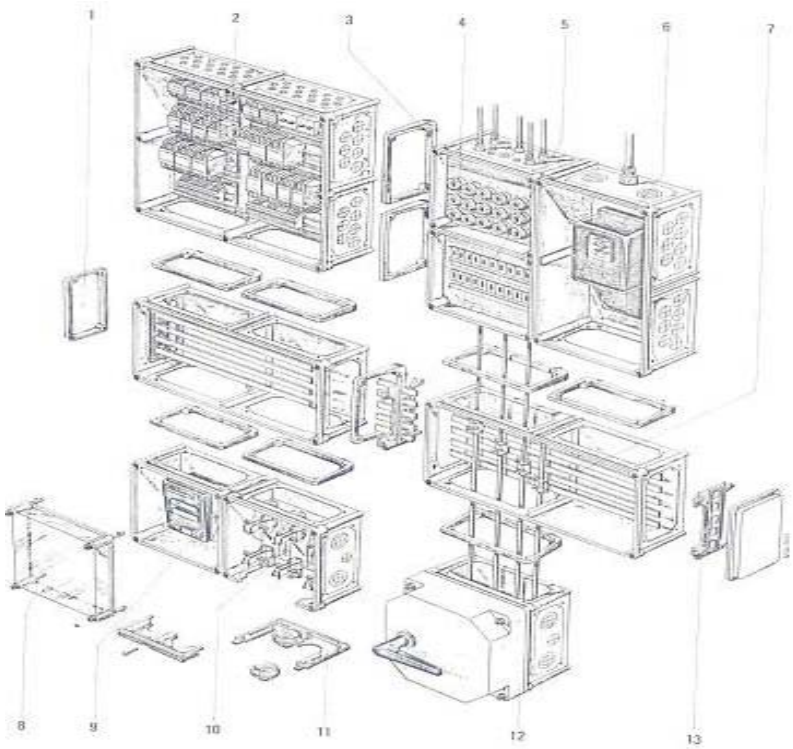
١٥- حامل ثنائي.

١٦- حامل أحادي.

١٧- القائم المتوسط.

١٨- القاطع الرئيسي.

ب) التركيب الداخلي :



شكل (٣- ٦) التركيب الداخلي للوحة توزيع

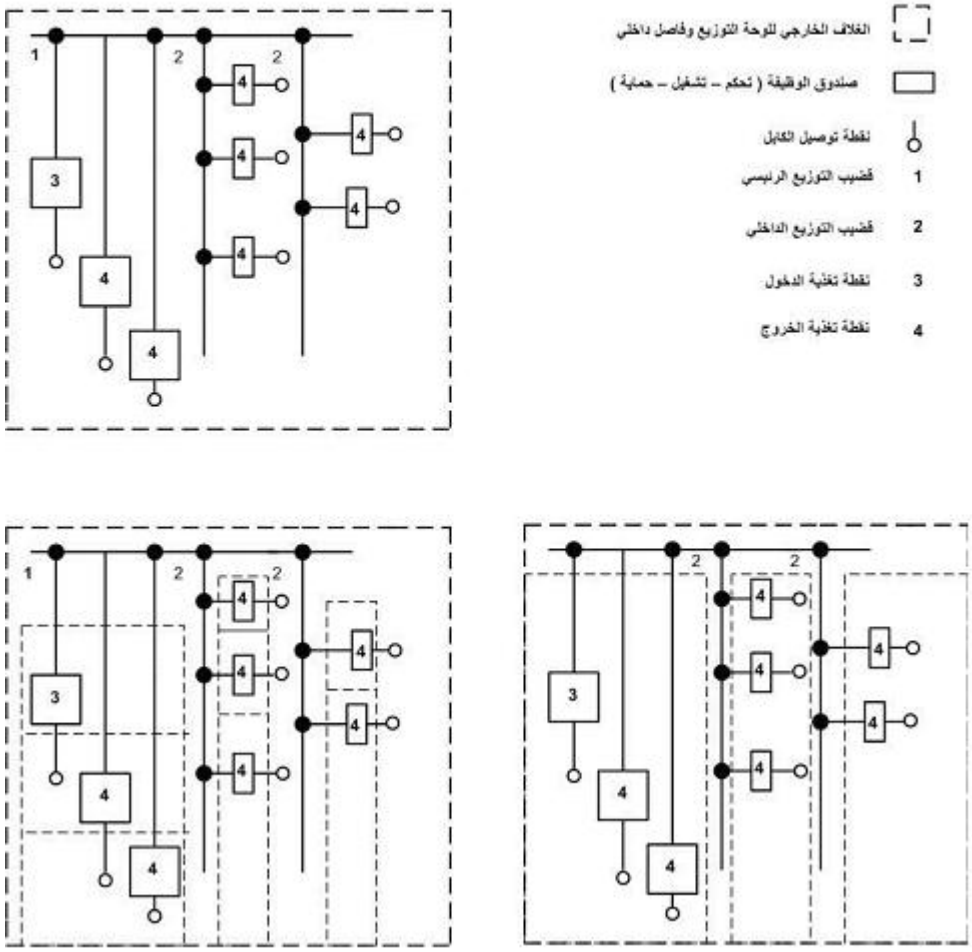
وبالنظر للشكل يمكن تسمية العناصر والمكونات للوحة التوزيع حسب التسلسل الرقمي التالي :

١- الغطاء الجانبي المعزول (بلاستيك مقوى)
٢- صندوق به أجهزة التحكم
٣- فواصل تركيب بين الصناديق
٤- صندوق المصهرات
٥- نقاط التلامس بالكبس
٦- صندوق العداد
٧- مجرى قضبان لتوصيل
٨- غطاء أمامي للصندوق
٩- صندوق مصهرات الجهد المنخفض
١٠- حاملات المصهرات
١١- حامل مدخل الكابل التغذية
١٢- مفتاح الفصل والتوصيل (القاطع)
١٣- حامل القضبان

طرق العزل والتركيب لمكونات لوحات التوزيع :

تختلف مواقع الصناديق من لوحة توزيع لأخرى ، حيث يتم وضع المفتاح الرئيسي للتوصيل والفصل في أقرب مكان للكيبل الرئيسي للتغذية وقد يتم تركيب المفتاح الرئيسي في المنتصف ويتم توصل شبكة القضبان بالاتجاهات الأربع انطلاقا من المفتاح الرئيسي . كما أن هناك عدة طرق للفصل بين مكونات لوحة التوزيع والشكل (٣- ٧) يوضح بعض هذه الطرق .

نماذج للعزل بين عناصر لوحات التوزيع



الشكل (٣- ٧) طريقة العزل بين مكونات لوحات التوزيع

٣- ٢ اختيار مكونات لوحات التوزيع :

تتكون لوحات التوزيع كما تم شرحه في البند السابق من دولاب يتم تصميمه حسب المخططات التنفيذية وغالباً يتم تصميم هذه الدواليب من الصاج لتتحمل ثقل الأجهزة التي ستركب فيها ويتم اختيار المكونات الرئيسية للوحات التوزيع وهي كالتالي :

١- القاطع الرئيس

٢- قضبان التوزيع

٣- القواطع الفرعية

٤- المصهرات

٥- قواطع التحكم في المحركات

٦- الضواغط ولمبات البيان

٧- شعب النهايات

٨- أجهزة القياس

٩- محولات التيار

١٠- الموصلات

١- اختيار القاطع الرئيسي :

تعتبر جميع قواطع الجهد المنخفض من نوع القواطع الهوائية ويتم اختيار القاطع الرئيسي بناءً على التيار الكلي الذي سيتم تحميله للوحة التوزيع ، وغالباً ما يتم اختيار قاطع الدائرة المقولبة MCCBS وتشابه خواص قواطع الدائرة المقولبة مع قواطع الدائرة المصغرة لحد كبير ، ولكن قاطع الدائرة المقولبة يتوفر بسعات أمبيرية كبيرة تصل إلى ٤٠٠٠ أمبير ، وتستخدم لحماية الموصلات والكابلات الرئيسية والمحركات والمولدات ومكائن اللحام والأفران ودوائر تحسين معامل القدرة ويوضح الشكل (٣- ٨) أحد أنواع قاطع الدائرة المقولبة .

شكل (٣- ٨) قاطع الدائرة المقولبة

ويتضح من الشكل أن لهذا القاطع ثلاثة أوضاع لذراع التحكم ١- وضع التشغيل ON، و ٢- وضع الفصل OFF، و ٣- وضع الفصل عند العطل وهو وضع يكون فيه الذراع في المنتصف ولتشغيل القاطع في هذه الحالة يجب التأكد من إزالة سبب العطل ومن ثم دفع الذراع لوضع الفصل OFF ومن ثم دفعه لوضع التشغيل ON. ومن أهم مميزات هذا النوع من القواطع ما يلي :

١- إنها أجهزة بنظام ميكانيكي يجعل فتح وغلق الملامسات الداخلية سريعاً جداً وليس له علاقة بسرعة تحريك ذراع التشغيل .

٢- تعمل بالنظام الحراري والمغناطيسي ولكل نظام وضع معايرة خاص ، بخلاف الأنواع الأخرى التي لا يمكن التحكم بوضع الفصل المغناطيسي .

٣- يمكن معايرتها للفصل عند انخفاض الجهد . ويمكن ضبط تيار الفصل الحراري للثلاثة أوجه وكذا لخط التعادل .

٤- لها سعات قطع تصل إلى ٨٠KA.

٥- يمكن استخدام هذا النوع من القواطع في الأماكن التي توجد بها درجات حرارة مرتفعة .

٢- قضبان التوزيع :

يعتمد اختيار قضبان التوزيع على عدة عوامل من أبرزها مقدار التيار وكذلك مساحة لوحة التوزيع ومدى التطبيقات التي سيتم استخدامها في لوحات التوزيع ، حيث يوجد نوعان من قضبان التوزيع :

١- النوع المصمتٍ. وهو عبارة عن كتلة من النحاس المصبوبة على شكل قضيب مستطيل الشكل يكون له ارتفاع وعرض وطول محدد.

٣- النوع المثقبٍ. وهو نوع عبارة عن قضيب به عدة ثقوب يتم تركيبه في لوحة التوزيع والاستفادة من تلك الثقوب في تقليل درجة الحرارة الناتجة عن مرور التيار ، وكذلك الاستفادة من تلك الثقوب في تثبيت القضبان ببعضها أو تثبيت المصهرات ونقاط التوزيع والكابلات والموصلات بها . والشكل (٣- ٩) يوضح عدة أنواع من قضبان التوزيع

شكل (٣- ٩) مجموعة من قضبان التوزيع بأشكال متعددة

٣- القواطع الفرعية :

يتم تركيب القواطع الفرعية في لوحات التوزيع وذلك قبل التوصيل للأحمال ويتم اختيار القاطع على حسب السعة الأمبيرية للحمل وعادة تكون من نوع قواطع الدائرة المصغرة وتوجد عدة سعات للقواطع المصغرة . ولمعرفة النوع المناسب للتركيب في الدائرة الكهربائية ليحقق الحماية المطلوبة يجب معرفة

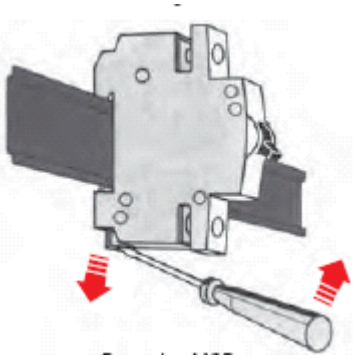
أولاً: التيار المقنن In وهو التيار الذي يمر في القاطع بدون حدوث فصل للقاطع

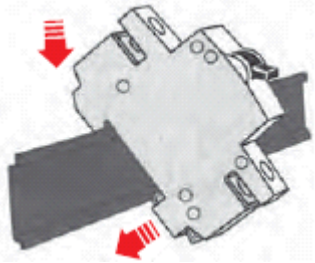
ثانياً : تيار الفصل اللحظي وهو أقل تيار يعمل على قطع الدائرة ويكون في زمن (٥ □ ٠,٢) ثانية.

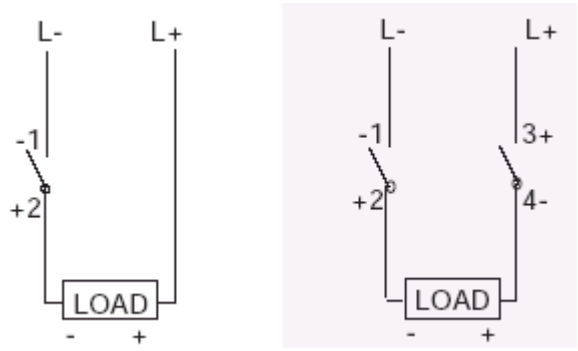
ثالثاً : تيار الفصل التقليدي It وهو التيار الذي يحدث فصلاً للقاطع في زمن أقل من ساعة واحدة .

رابعاً : سعة تيار القصر وهو أقصى تيار يمكن مروره في القاطع لحظة القصر .

شكل (٣- ١٠) عدة أنواع من قواطع الدائرة المصغرة







شكل (٣- ١١) طريقة تركيب وتوصيل القواطع المصغرة

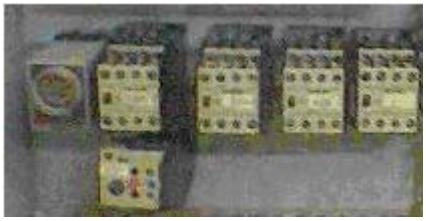
٤- المصهرات :

تعد المصهرات من أدوات الحماية التقليدية للدوائر الكهربائية ، والفرق بين المصهرات والقواطع كون القاطع يمكن إعادة تشغيله بعد إزالة سبب الفصل ، بينما المنصهر عبارة عن مادة تنصهر عند زيادة التيار نتيجة الحرارة مما يؤدي إلى فصل الدائرة حيث إن المنصهر يعتبر أضعف نقطة في الدائرة الكهربائية . والشكل (٣- ١٢) يوضح نوعاً من المصهرات

شكل (٣- ١٢) مجموعة من المصهرات

٥- قواطع التحكم في المحركات :

يمكن التحكم في تشغيل المحركات عن طريق مجموعة من المفاتيح الكهرومغناطيسية (القواطع) وهي عبارة عن مفاتيح ذات ملامسات خاصة تتحمل التيار العالي للمحركات خاصة عند بدء التشغيل . والشكل (٣- ١٣) يوضح مجموعة من المفاتيح الكهرومغناطيسية (القواطع)



شكل (٣- ١٣) مجموعة من المفاتيح الكهرومغناطيسية

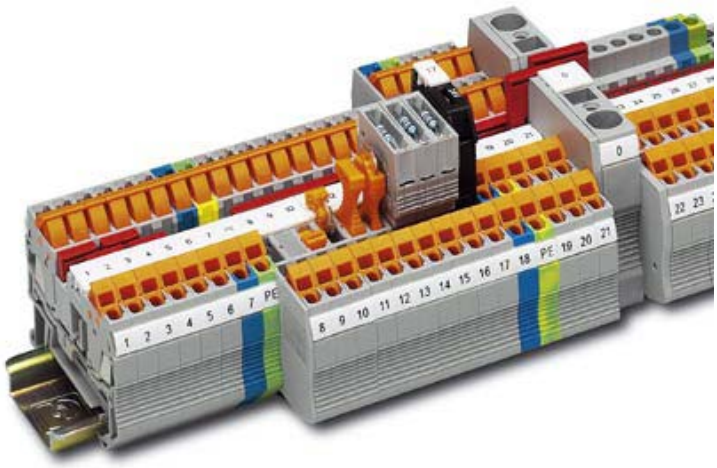
٦- ضواغط التشغيل ولمبات البيان :

تعتبر ضواغط التشغيل ولمبات البيان على ارتباط وثيق بلوحات التوزيع إذ نادراً ما تخلوا منها ، وتستخدم الضواغط ولمبات البيان للتحكم والتشغيل في المفاتيح الكهرومغناطيسية التي تشغل المحركات. والشكل (٣- ١٤) يوضح مجموعة من الضواغط ولمبات البيان .

شكل (٣- ١٤) مجموعة من ضواغط التشغيل ولمبات البيان

٧- شعب النهايات :

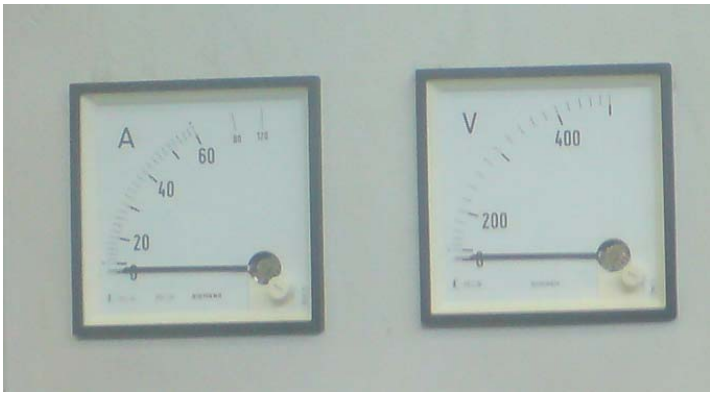
يوجد العديد من أنواع شعب النهايات ويتم اختيار الحجم المناسب منها على حسب مكان التركيب في لوحة التوزيع وينبغي مراعاة المتانة الميكانيكية لشعب النهايات وكذلك جودة العزل حيث إنه سيتم توصيل عدد كبير من الموصلات لتلك الأطراف ومن ثم توصيلها لعدة أحمال مختلفة ، فيجب أن تتناسب قوة العزل للشعب مع مقدار التيار المراد تحميله . والشكل (٣- ١٥) يوضح أحد الأنواع الشائعة الاستخدام من شعب النهايات .



شكل(٣- ١٥) مجموعة من شعب النهايات

٩- أجهزة القياس :

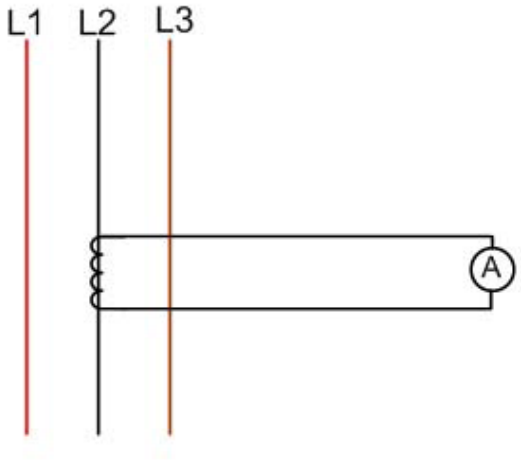
تكمن أهمية أجهزة القياس وضرورة وجودها في لوحات التوزيع لمعرفة الكميات الكهربائية من الجهد ، والتيار ، والقدرة الكهربائية والشكل (٣- ١٦) يوضح أجهزة القياس للتيار والجهد



شكل (٣- ١٦) أجهزة قياس الجهد والتيار

١٠- محولات التيار :

تعتبر محولات التيار من المكونات المستخدمة في لوحات التوزيع ، ولها علاقة وثيقة بأجهزة قياس التيار حيث يتكون محول التيار من ملف واحد فقط (الملف الابتدائي)بينما يعتبر الموصل الذي يتم تركيب المحول علية هو (الملف الثانوي) للمحول والشكل (٣- ١٧) يوضح رسماً لتركيب محول التيار



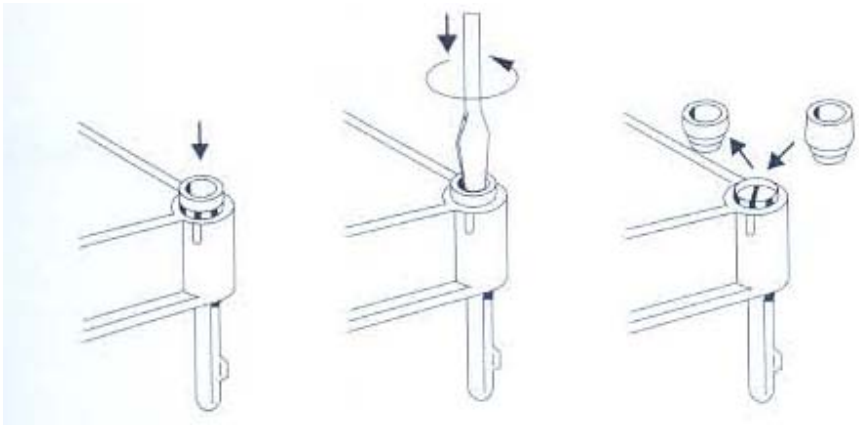
شكل (٣- ١٧) محول تيار

٣- ٣ تركيب وتجميع لوحات التوزيع للجهد المنخفض : (التمرين العملي)

في هذه الوحدة سيتم التدريب على تركيب وتجميع لوحات التوزيع حسب المخططات التي تم التدريب عليها في الوحدة الثانية ، وسيتم التدريب على المهارات اليدوية التي يجب على المتدرب الإلمام بها ، من حيث فك المكونات الكهربائية للوحات التوزيع وإعادة تجميعها في تمرين عملي ، وقبل ذلك لابد من التعرف على الشكل العام للوحة التوزيع ذات الجهد المنخفض والشكل (٣- ١٨) يوضح الشكل العام للوحة التي سيتم التدريب عليها.

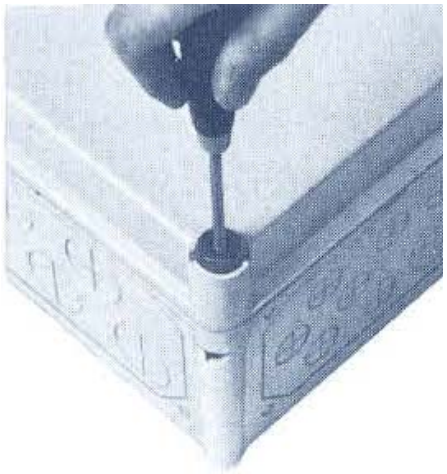
شكل (٣- ١٨) لوحة توزيع جهد منخفض

وكما سبق وأن تعرفنا في بداية هذه الوحدة على أنواع لوحات التوزيع ، وهذا النوع من لوحات التوزيع ذو الصناديق المتعددة حيث يحتوي كل صندوق على إحدى مكونات لوحة التوزيع وعند تجميع الصناديق وتثبيتها على هيكل اللوحة المعدني يتم توصيل الدوائر التنفيذية لها حسب المخططات . وقبل أن نبدأ في التمرين لعملية الفك وتركيب جميع مكونات لوحة التوزيع لابد من التدريب والإلمام بطرق وتقنيات التعامل مع فك هذه التجهيزات بالطريقة الصحيحة وكما ترى في الشكل (٣- ١٩) طريقة فك الصناديق التي تحتوي على مسامير بلاستيكية تركب بالكبس والدوران لتثبيت العلبة بالهيكل المعدني.

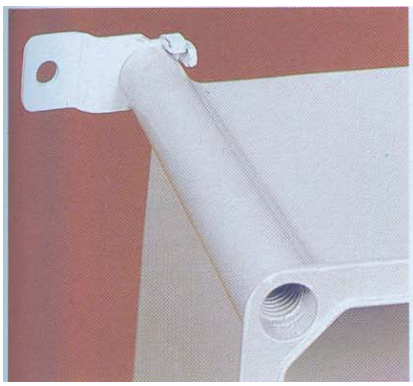
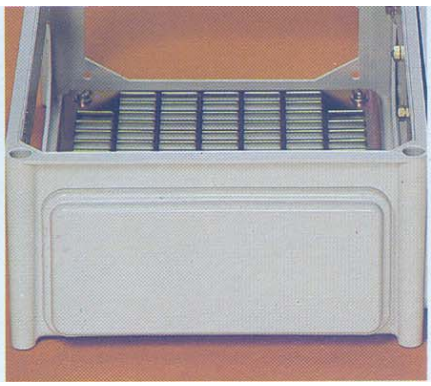
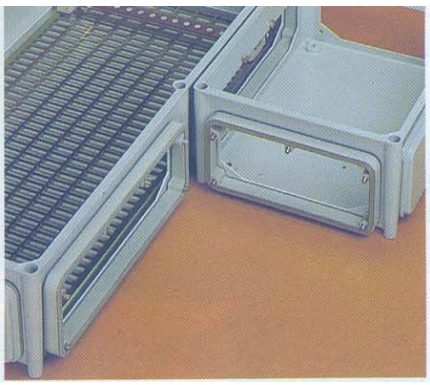


شكل (٣- ١٩) طريقة فك مثبتات الصناديق في الهيكل الرئيسي

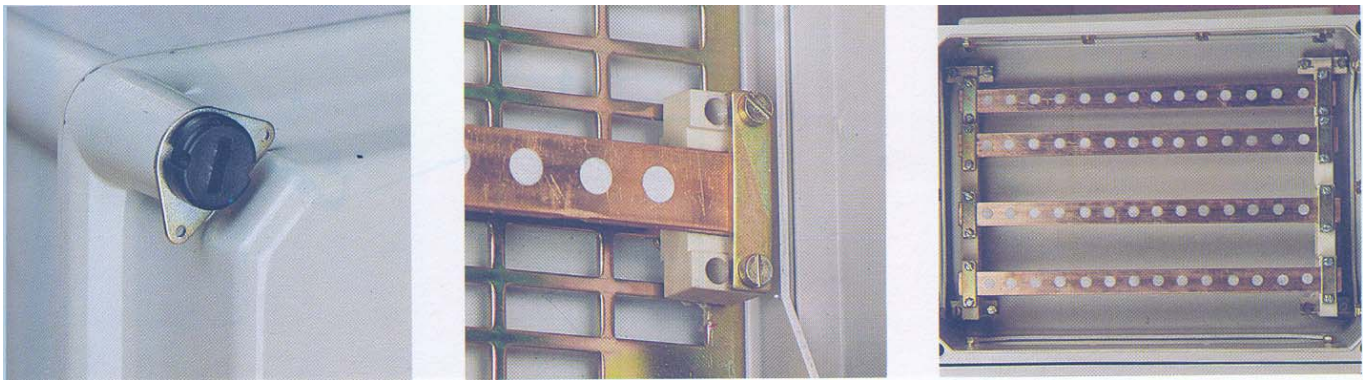
ونلاحظ أنه يجب الضغط على المسمار أولاً ومن ثم عمل البدء بتدوير المفك فقط بشكل دائرة واحدة فقط حيث يتكون المسمار من سسته ضاغطة يجب تحريرها بالضغط عليها ، ونلاحظ البروز في أسفل المسمار



شكل (٣- ٢٠) يجب اختيار المقاس الصحيح للمفك حتى لا يتسبب في إتلاف مسامير التثبيت

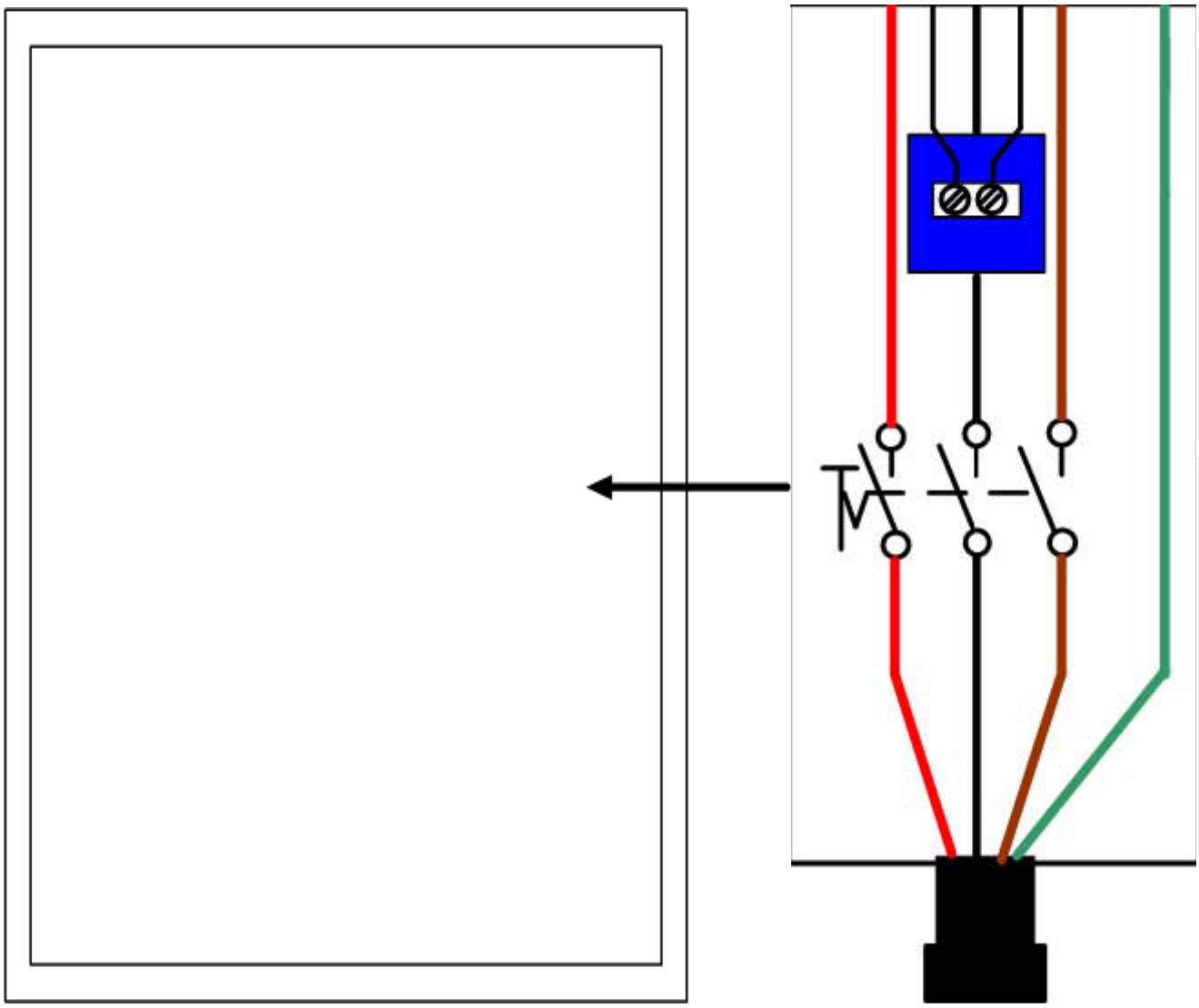
شكل (٣- ٢١) طريقة تثبيت العلب البلاستيكية ببعضها



شكل (٣- ٢٢) من اليمين لليسار(أ- تركيب حامل القضبان)(ب - تثبيت وعزل القضبان)
(ج- مسمار التثبيت البلاستيكي)

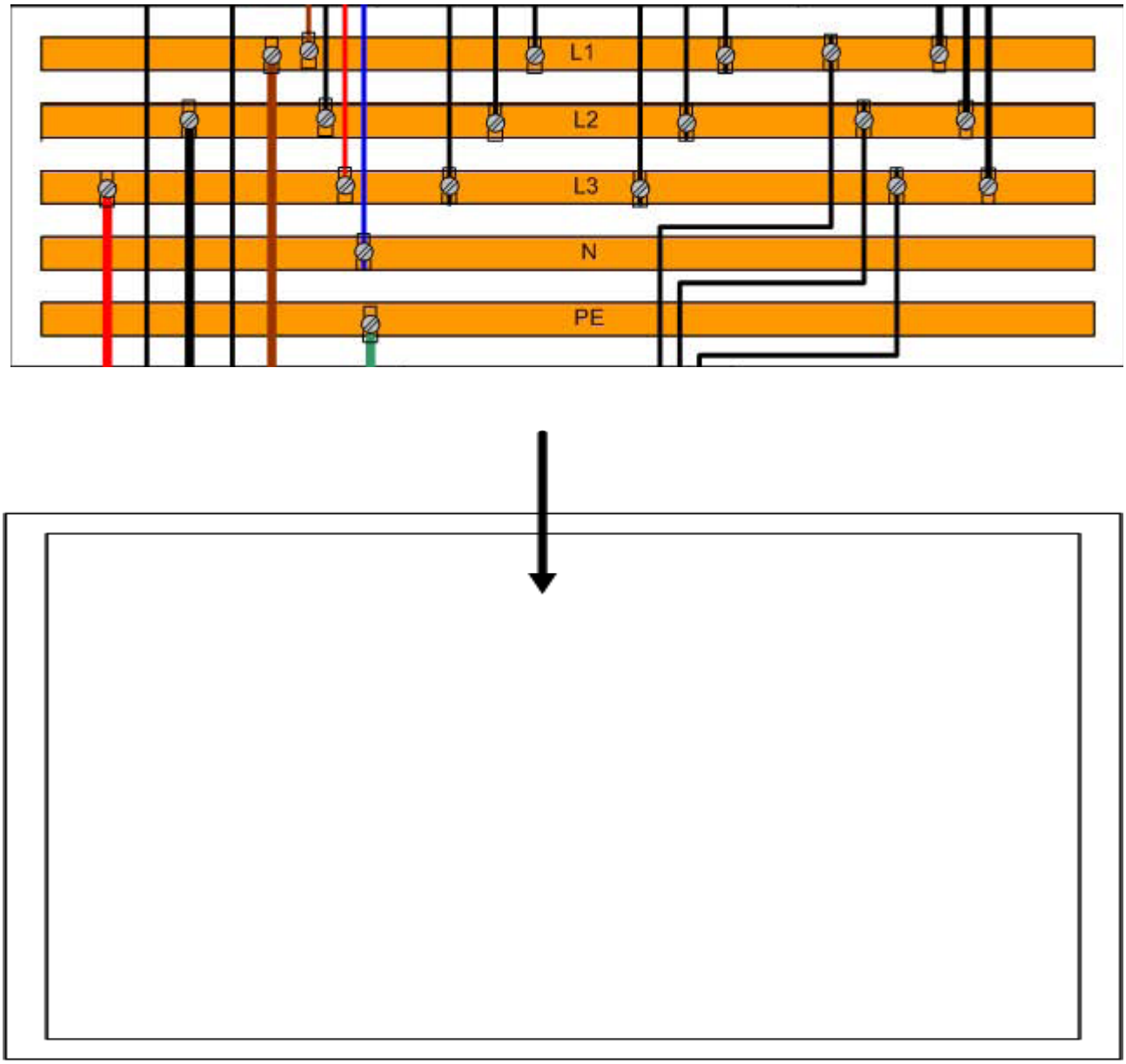
وسنبدأ التمرين العملي حسب مكونات لوحة التوزيع من صندوق القاطع الرئيسي رقم ١ ، وصندوق قضبان التوزيع رقم ٢، وصندوق الضواغط ولمبات البيان رقم ٣ ، وصندوق التحكم في دوائر تشغيل محركين أحدهما عكس الحركة والآخر تشغيل محرك نجمة دلتا صندوق رقم ٤ ، وصندوق المصهرات رقم ٥، وصندوق القواطع الفرعية رقم ٦، وصندوق المصهرات بالكبس رقم ٧، وصندوق رقم ٨ أجهزة القياس ، وصندوق شعب النهايات رقم٩.

فالصندوق رقم ١ يحتوي على القاطع الرئيسي ومحول التيار وكما يتضح من الشكل مدخل الالكابل ومن ثم القاطع الرئيسي ومنه لمحول التيار على الخط رقم L٢ وكما يتضح فإن خط التأريض لا يمر عن طريق القاطع وإنما يتجه مباشرة لقضبان التوزيع في الصندوق رقم ٢. و المطلوب من المتدرب رسم الدائرة التنفيذية للصندوق في المربع المخصص للرسم مقابل الصندوق . بعد ذلك يقوم المتدرب بتركيب الصندوق وتوصيله.



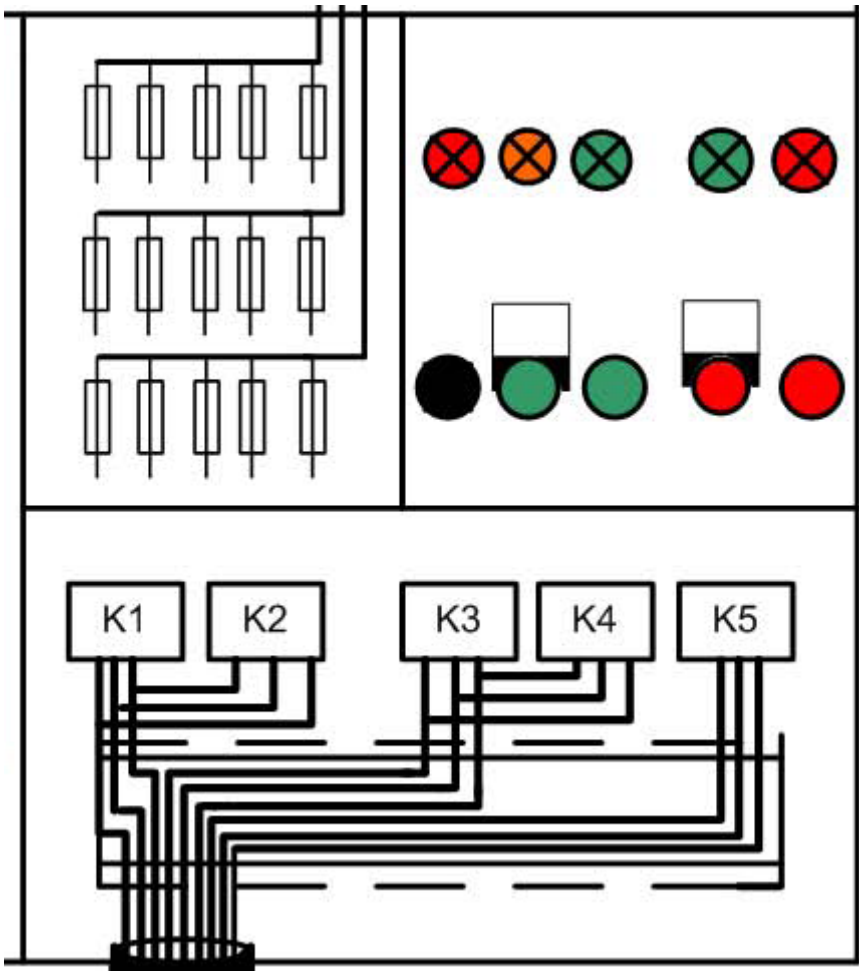
شكل (٣- ٢٣) صندوق القاطع الرئيسي

وصندوق قضبان التوزيع رقم ٢ ويعتبر هذا الصندوق بمثابة شريان التوزيع حيث يتم تغذية جميع أجزاء لوحة التوزيع من قضبان التوزيع والشكل (٣- ٢٤) و المطلوب من المتدرب رسم الدائرة التنفيذية للصندوق في المربع المخصص للرسم مقابل الصندوق . بعد ذلك يقوم المتدرب بتركيب الصندوق وتوصيله.

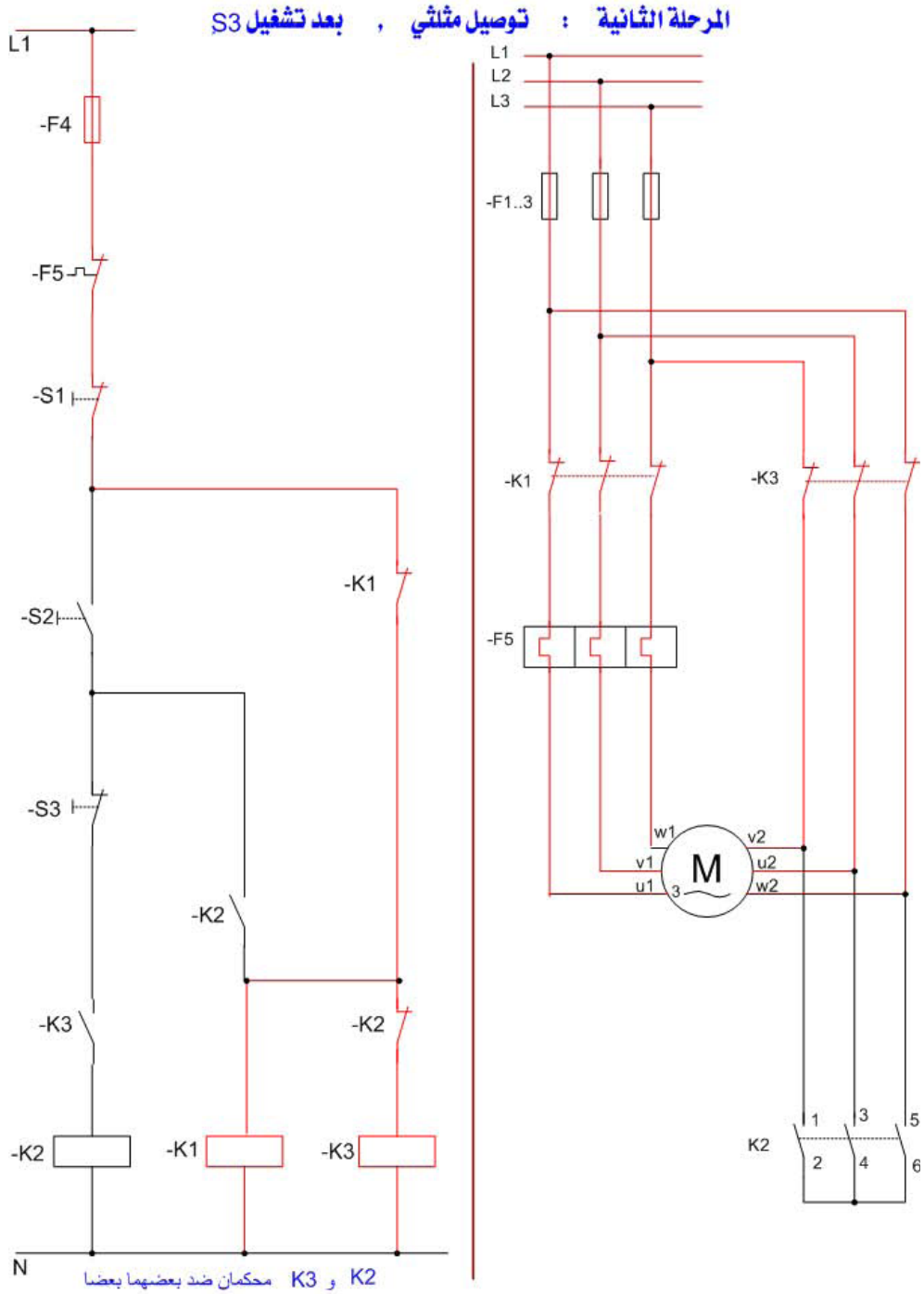


شكل (٣- ٢٤) قضبان التوزيع

وفي الشكل (٣- ٢٥) يتضح الصندوق ٣ الخاص بضواغط التشغيل ولمبات البيان والصندوق رقم ٤ الخاص بالمفاتيح الكهرومغناطيسية والصندوق رقم ٥ الخاص بالمصهرات و المطلوب من المتدرب تنفيذ الدوائر حسب الرسم في الصفحة التالية . بعد ذلك يقوم المتدرب بتركيب الصندوق وتوصيله.



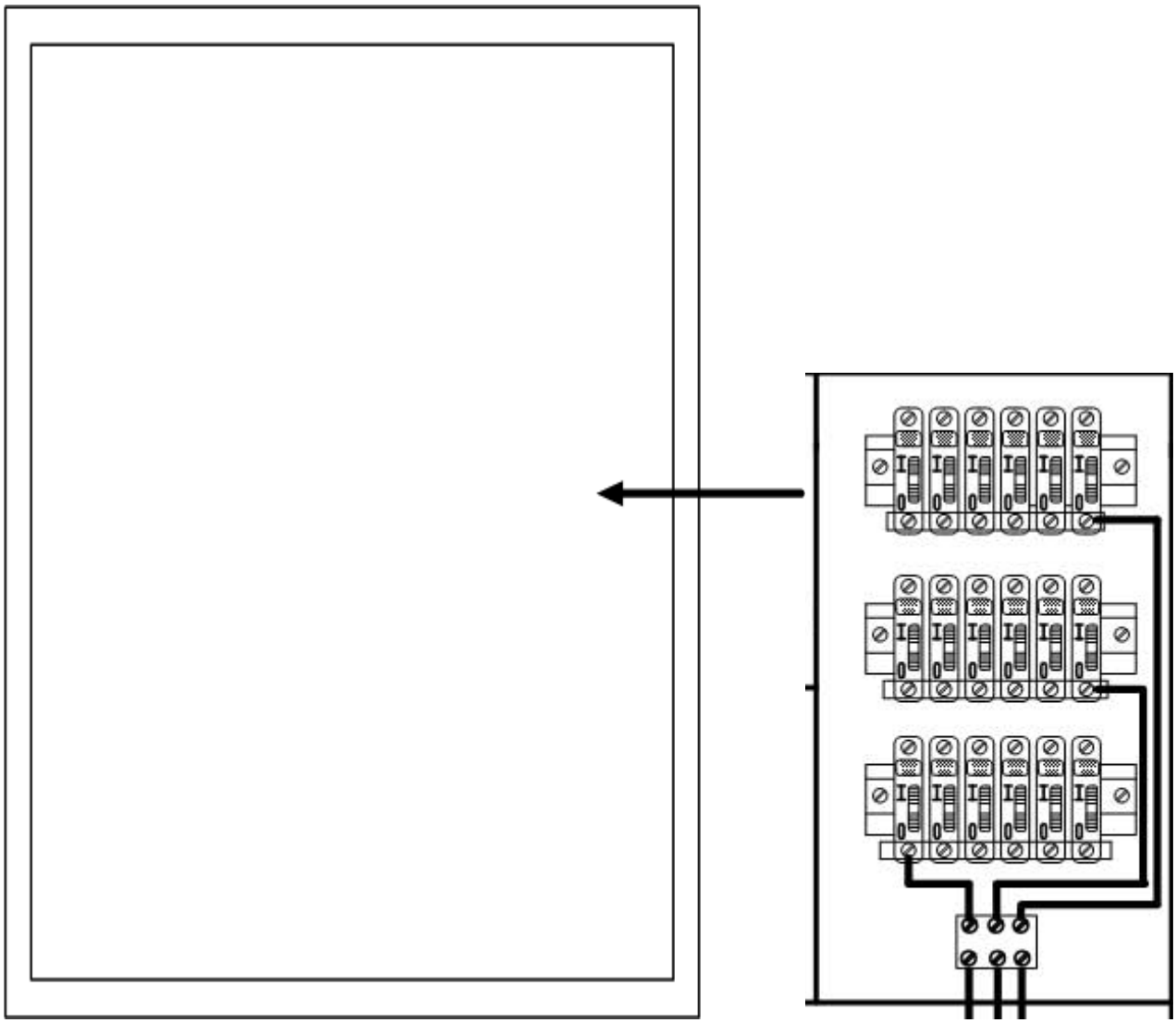
شكل (٣- ٢٥) دوائر التحكم ولمبات البيان والمصهرات



تحكم نجمي مثلثي مع مفاتيح تلامس: تشغيل يدوي

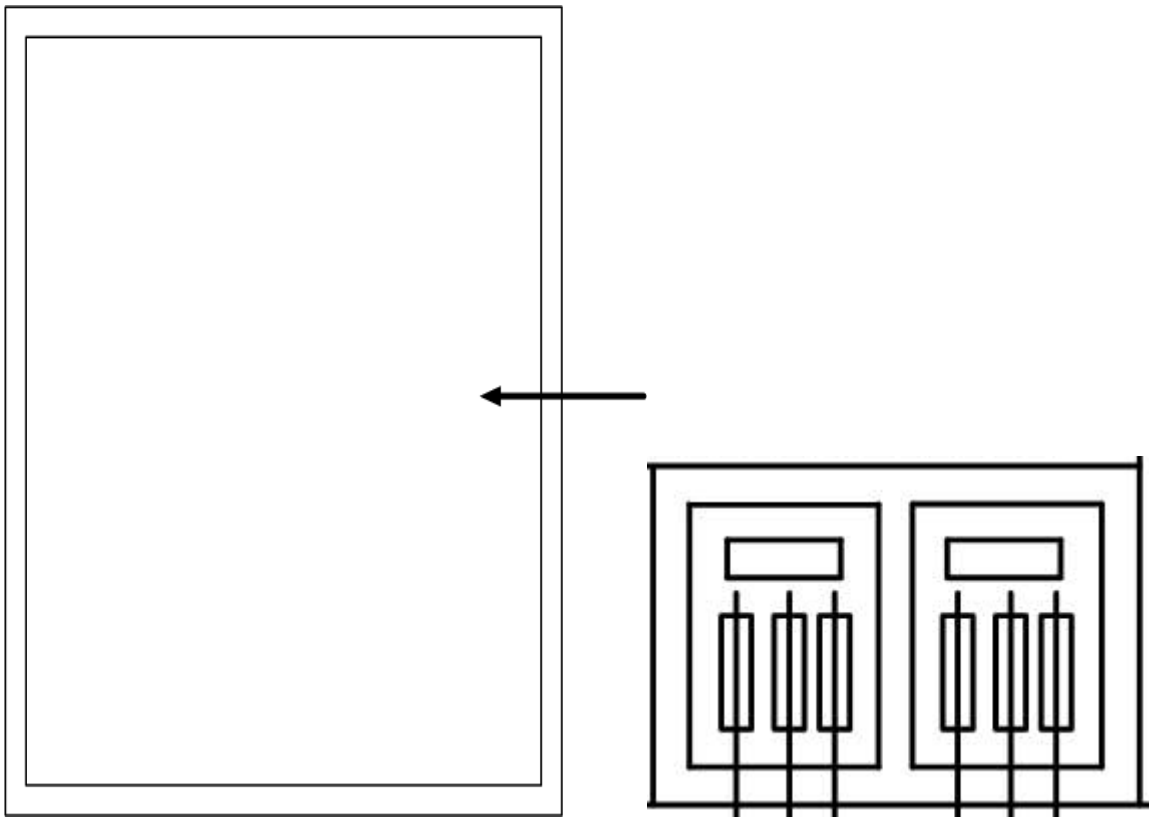
شكل(٣- ٢٦) دائرة التحكم في تشغيل محرك ثلاثي نجمة دلتا

والصندوق رقم ٦ الخاص بالقواطع الفرعية ، و المطلوب من المتدرب رسم الدائرة التنفيذية للصندوق في المربع المخصص للرسم مقابل الصندوق . بعد ذلك يقوم المتدرب بتركيب الصندوق وتوصيله.



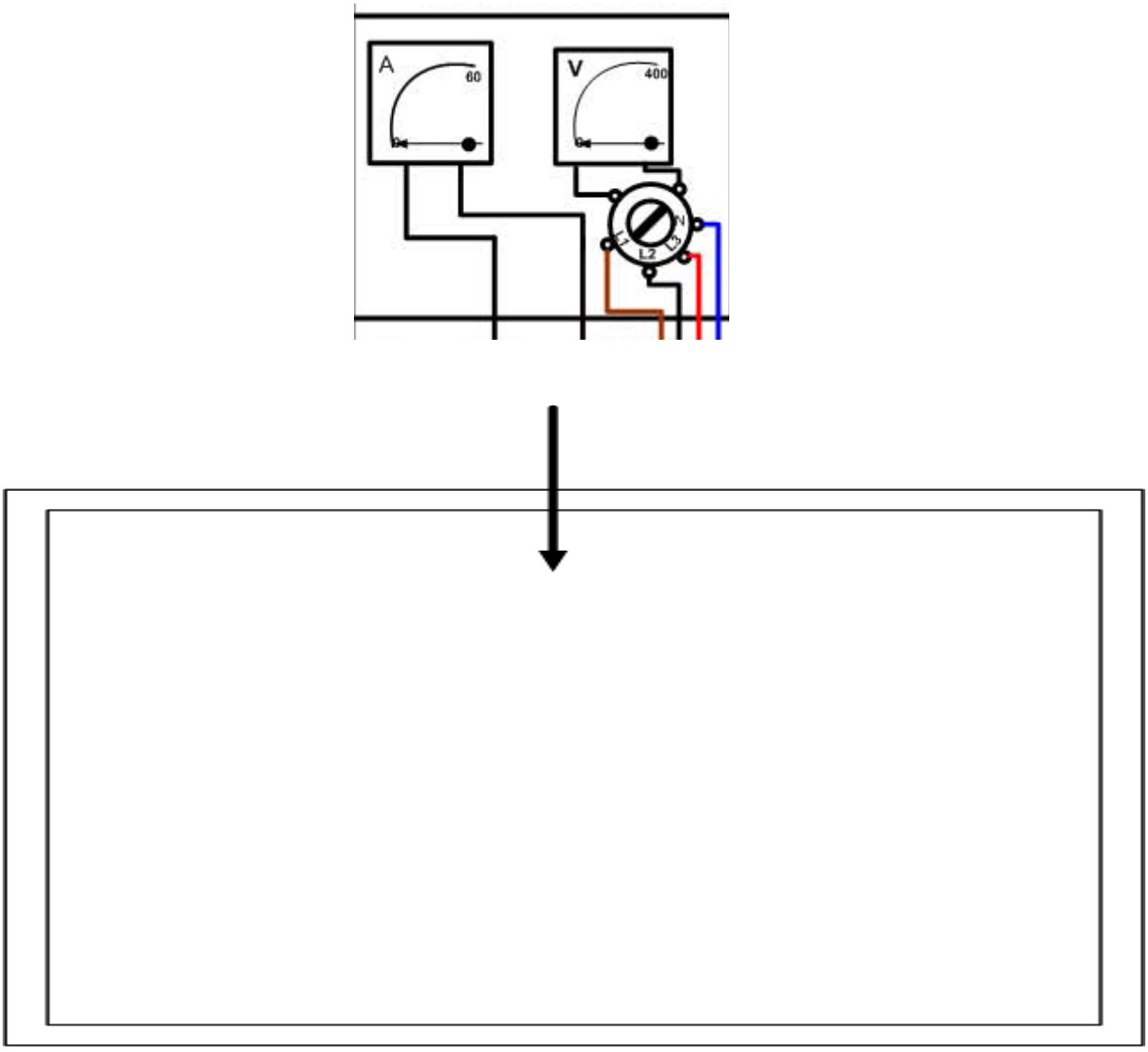
شكل (٣- ٢٧) القواطع الفرعية

والصندوق رقم ٧ عبارة عن مجموعة مصهرات يتم تركيبها بالكبس لتغذية عدة أحمال ، و المطلوب من المتدرب رسم الدائرة التنفيذية للصندوق في المربع المخصص للرسم مقابل الصندوق . بعد ذلك يقوم المتدرب بتركيب الصندوق وتوصيله.



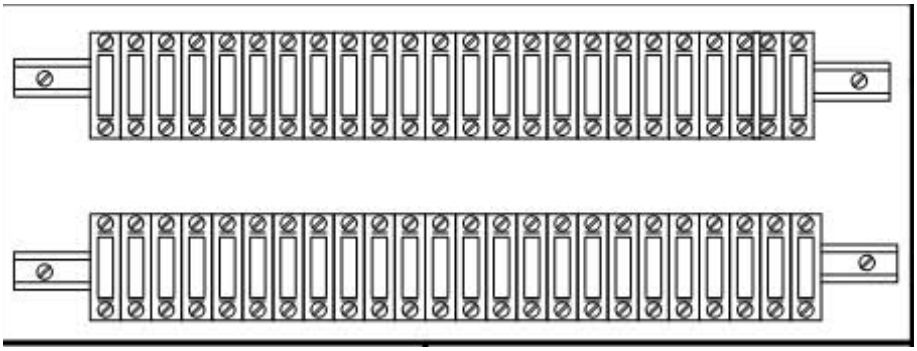
شكل (٣- ٢٨) مصهرات الكبس

وصندوق رقم ٨ خاص بأجهزة القياس ومفتاح التبديل بين الأوجه لجهاز قياس الجهد بحيث يقيس بين الجميع الخطوط بالتبديل (L١-L٢)(L٢-L١)(L٣-L١) و المطلوب من المتدرب رسم الدائرة التنفيذية للصندوق في المربع المخصص للرسم مقابل الصندوق . بعد ذلك يقوم المتدرب بتركيب الصندوق وتوصيله.



شكل (٣- ٢٩) أجهزة القياس ومفتاح التبديل

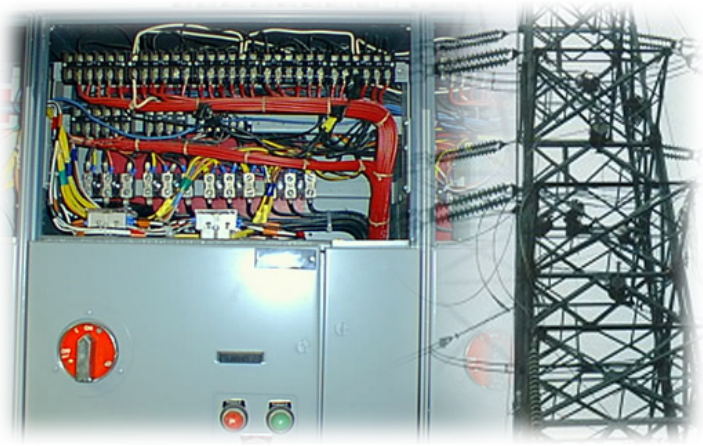
وصندوق رقم ٩ الخاص بشعب النهايات وهو عبارة عن المخرج الذي توصل به الأحمال المراد تغذيتها . وله علاقة بالصندوق رقم ٦ الخاص بالقواطع الفرعية .



شكل (٣- ٣٠) مجموعة من شعب النهايات

٣- ٤ تركيب الكابلات الصناعية وترقيمها :

في لوحات التوزيع الصناعية تكون التطبيقات المطلوبة متعددة جداً ومن الصعب جداً التعرف على الكابلات والموصلات أثناء تنفيذ الدوائر النهائية للتوصيل ، لذا يجب على الفني الماهر ترقيم جميع الموصلات حسب مخططات التوصيل التنفيذية ليسهل عليه التعامل مع الكم الهائل من الموصلات فقد تصل إلى عدة مئات من الموصلات والكابلات . وترك هذه الموصلات بدون ترقيم واضح يجعل التعامل معها صعب ويؤدي إلى أخطاء كبيرة قد تصل إلى عدم عمل المكونات على الوجه المطلوب أو إلى تلف المكونات الموجودة في لوحة التوزيع والشكل(٣- ٣١) التالي يوضح لوحة توزيع بها عدد من الموصلات وقد تم ترقيمها ليسهل توصيلها بالشكل الصحيح.



شكل (٣- ٣١) لوحة توزيع بها مجموعة كبيرة من الموصلات التي تم ترقيمها

ويجب ترقيم الكابل أو الموصل بنفس الرقم أو علامة للدلالة من الطرفين وهناك طريقتان للترقيم أو الدلالة وهي منتشرة ومستخدمة في هذا المجال. الطريقة الأولى: طريقة الترقيم بالألوان. وهذه الطريقة تشبه تماماً طريقة الترقيم للتعرف على المقاومات بالألوان ، فهي ليست غريبة عليك حيث قد سبق لك التعامل مع هذه المهارة ، ولمزيد من التوضيح والبيان فسوف نتطرق لها بشكل سريع . والطريقة الثانية هي طريقة الدلالة بالأرقام وهي طريقة سهلة جداً ومباشرة . وعادة يتم تركيب الكابلات والموصلات بحيث يحمل الموصل رقم النقطة التي سيتم توصله بها ، فعلى سبيل المثال يتم ترقيم الموصل بالرقم ١٠ بحيث يتم توصيلة بشعبة النهاية التي تحمل نفس الرقم ١٠ وهكذا ، ومن هنا تتضح أهمية الترقيم ليتم التوصيل بالشكل السليم .

الطريقة الأولى : وهي عبارة عن ألوان بلاستيكية لاصقة يتم تثبيتها على الموصلات للدلالة بالألوان ، دعنا نتذكر طريقة الترقيم بالألوان التي سبق دراستها وذلك من خلال الجدول التالي :

اللون	الرقم
الأسود	٠
البني	١
الأحمر	٢
البرتقالي	٣
الأصفر	٤
الأخضر	٥
الأزرق	٦
البنفسجي	٧
الرمادي	٨
الأبيض	٩

جدول (٣- ١) الترقيم بالألوان للموصلات الكهربائية

وفي حال كون لون الترقيم مشابه للون الكابل نضع علامات ترميزية من لون مختلف على طرفي اللون الدال على الرقم كما في المثال التالي ، فعندما يكون لون الموصل رمادياً وتم وضع علامتين من اللون الرمادي فإن الرقم يعني ٨٨ ويتم وضع لون وردي من الجانبين للون الرمادي .

شكل (٣- ٣٢) علامات الترقيم الملونة بنفس لون الكابل والعلامات الفاصلة

وعند الترقيم يجب معرفة الرقم الأخير الذي سيتوقف عنده الترقيم كما يجب أيضاً الترقيم بدقة لتلافي تكرار نفس الرقم لموصلين مختلفين ، وعندما يكون الرقم الأخير أكثر من خانتين تضاف أصفار على يسار الرقم بعدد الخانات للموصل الأخير .

وللتوضيح إليك المثال التالي :

إذا كان الموصل الأخير رقمه ١٢٨ لذا يجب البدء بالرقم ٠٠١ ، ٠٠٢ ، ٠٠٣ وهكذا حتى نصل للرقم الأخير وبذلك يكون اللون المقابل للرقم ١ أسود ، أسود ، بني

تمرين٣- ١ : إذا كان الرقم للموصل الأخير ٢١ ما الألوان التي تدل على الرقم الذي قبله ؟ وفي حال كون لون الموصل بنياً كيف يتم تلوين الرقم ١١؟

الحل :

- -

- -

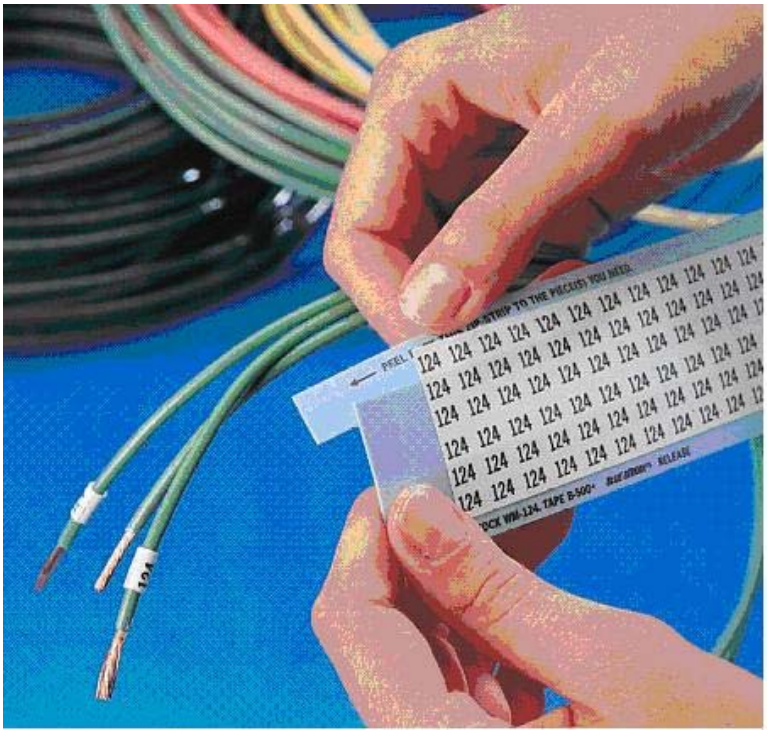
- -

تمرين ٣- ٢ : ما التلوين المقابل للرقم ١٠٠؟

- -

- -

الطريقة الثانية : الدلالة بالأرقام وهذه الطريقة من الطرق الشائعة والمنتشرة الاستخدام وتعد من الطرق الواضحة والمباشرة والتي لا تحتاج إلى اعتبار تعريفات محددة كما في الطريقة الأولى حيث يرتبط الترقيم بلغة الأرقام على المفهوم المباشر للرقم ، وفي هذه الطريقة يتم وضع الرقم على الموصل ويكون الرقم عبارة عن شريط لاصق يتم تثبيته على الموصل والشكل (٣- ٣٣) يوضح طريقة تثبيت الترقيم على الموصلات



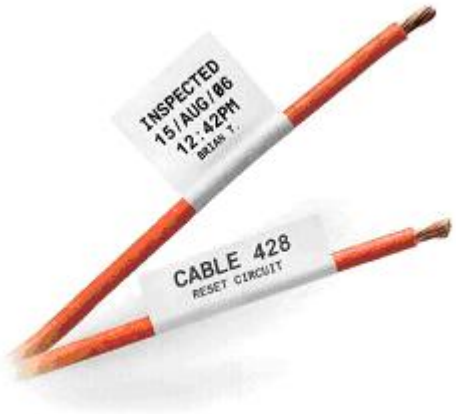
شكل (٣- ٣٣) يوضح طريقة تثبيت الترقيم على الموصلات

وفي بعض الحالات يتم استخدام بعض المكائن الخاصة بكبس وتثبيت الترقيم على الموصلات لضمان عدم نزع الترقيم عند سحب الموصلات داخل قنوات التوصيل .ويوضح الشكل (٣- ٣٤) ماكينة تثبيت الترقيم بالكبس الحراري . وتصل درجة الحرارة للكبس إلى ٢٦٠ درجة مئوية .

شكل (٣- ٣٤)ماكينة تثبيت الترقيم على الموصلات بالكبس الحراري

والهدف من الترقيم كما سبق أن وضحنا هو معرفة أماكن التوصيل ليتم توصيلها بالشكل الصحيح ويلاحظ في الشكل التالي أن الأرقام الموضوعة على الموصلات تحمل نفس الترقيم الموجود على شعب النهايات ليتم توصيلها بكل بساطة .

شكل (٣- ٣٥) الترقيم على الموصلات وفق مكان التركيب



كما يمكن الاستفادة من الترقيم في أعمال الصيانة بوضع علامة على الموصلات والمعدات التي تمت الصيانة لها وفيها تاريخ الصيانة . والشكل (٣- ٣٦) يوضح هذا المعنى

ورشة التركيبات الكهربائية

٢٨٨ كهر

ورشة التركيبات الصناعية

اختبار وتشغيل لوحات التوزيع للجهد المنخفض

الجدارة:

معرفة الاختبارات التي تجرى على لوحة التوزيع والتحكم تحت ظروف التشغيل وتوثيقها وكيفية إعداد تقرير عن ذلك.

الأهداف:

١- اختبار نظام التوزيع من حيث الأداء وإجراءات التشغيل .

٢- تشغيل نظام التوزيع

مستوى الأداء المطلوب:

أن يكون المتدرب على دراية بهذه الاختبارات وعملية إعداد التقرير بنسبة ١٠٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب :

٩ ساعات

الوسائل المساعدة:

أجهزة اختبار العزل والتمارين السابقة.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بالوحدات السابقة.

مقدمة

بعد التعرف في الوحدات السابقة على التعليمات والنظم الخاصة بالتركيبات الصناعية من إجراءات الوقاية وأماكن وطرق تركيب الموصلات الكهربائية وطرق التنفيذ والتخطيط للوحات وأنظمة التوزيع وعرض العديد من الأمثلة والتمارين العملية والتدريب على تركيب لوحات التوزيع حسب الدوائر التنفيذية فإن المرحلة التالية لكل تلك العمليات هي ما يختص باختبار لوحات التوزيع بالوثائق التقنية والمساعدة البصرية وكذلك إجراء الاختبارات تحت ظروف التشغيل وتوثيقها.

٤- ١ اختبار نظام التوزيع من حيث الأداء وإجراءات التشغيل:

توجد العديد من الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند الانتهاء من تركيب نظام التوزيع، وذلك لضمان توفر عامل الأمان قبل توصيل الطاقة الكهربائية واستخدامها ، وذلك تلافياً للأخطار والأضرار التي قد تسببها الأخطاء التي قد تنشأ أثناء التصميم أو التركيب.

ولكي تتم عملية الاختبار بشكل صحيح يجب مراعاة ما يلي :

١) أجهزة القياس : عند استخدام أجهزة القياس يجب معايرتها وضبطها والتأكد من أنها تعطي قراءة صحيحة و ألا تتجاوز دقة الأجهزة المستخدمة ± ٢٪. وأن تكون قد تم فحصها والتأكد من توفر عوامل الأمان بها للمستخدم.

٢) توقيت الاختبار : تتم الاختبارات أثناء التركيب وبعد الانتهاء من التركيب للوحات التوزيع ويكون ذلك قبل توصيل التيار الكهربائي ، كما يمكن عمل بعض الاختبارات بعد توصيل الطاقة دورياً وكلما لزم الأمر لضمان استمرارية الأمان.

بعد الانتهاء من تنفيذ لوحة التوزيع وقبل مرحلة التشغيل يجب أن تجرى العديد من الاختبارات للتأكد من توفر عوامل الأمان في التركيبات ومطابقتها للتصميم الموضوع والمواصفات المتبعة. وتشمل هذه الاختبارات من الطرق مثل: الاختبار بالمساعدة البصرية. وأهم الاختبارات التي تتم تحت ظروف التشغيل والتي العديدة تشتمل على اختبار استمرارية التوصيل ومقاومة العزل ومقاومة الأرض وأجهزة الوقاية، وفيما يلي سرد لهذه الاختبارات:

١. الاختبار بالمساعدة البصرية:

يتم اختبار التوصيلات الكهربائية بالعين المجردة طبقاً للمخططات التنفيذية ، وكذلك نقاط التوصيل المختلفة في لوحة التوزيع والقواطع والمنصهرات (حيث يمكن التأكد من أن موصل المحايد والوقاية لا لما لها من أهمية في ودقة عمل PEيحتويان على عناصر وقاية) ولا نهمل موصلات الوقاية (الأرضي) أجهزة الوقاية من قواطع ومفاتيح وقاية و مصهرات. كما أن الفحص النظري يبين لنا ما إذا كان هالك تلف في الموصلات أو العوازل أو الأجهزة. كما أننا نستطيع أن نعاين ونتأكد من توفر الحد الأدنى لمساحة مقطع الموصلات التي تم حساب الأحمال الموصلة عليها مسبقاً.

وهذا الفحص هو الفحص الوحيد الذي يمكننا من التأكد من جودة تثبيت لوحات التوزيع والعدادات مفاتيح التحكم وغيرها. وهذا الاختبار هو أول ما يجب عمله قبل الانتقال للاختبارات الأخرى التي سيتم شرحها فيما يلي

٢. الاختبارات تحت ظروف التشغيل وتوثيقها:

(أ) اختبار استمرارية التوصيل Continuity :

ويتم هذا الاختبار بتطبيق جهد صغير يتراوح بين ٣ إلى ١٠ فولت على إحدى النقاط ومشاهدة تأثير ذلك على النقاط الأخرى وذلك للتعرف على مدى التوصيل بين النقاط المختلفة. ويفيد هذا الاختبار في التعرف على التوصيلات المفتوحة والمقصورة والتوصيلات الخاطئة. ويمكن إجراء هذا الاختبار بالاستعانة بجهاز والذي يمكن من خلاله قياس الجهد والتيار والمقاومة (الشكل MultiMater)القياس المتعدد الأغراض (٤، ١)، حيث يتم استخدام اختيار قياس المقاومة لهذا النوع من القياسات ويجب أن لا تتجاوز قيمة المقاومة ١ أوم، لأن القيم التي تزيد عن ذلك تدل على عدم جودة التوصيل ووجود نقاط توصيل ضعيفة. ويبين الجدول (٤، ٢) قيم المقاومات لموصلات نحاسية حسب طولها ومساحة مقطعها ، كما يمكن حسابها من هي المقاومية (المقاومة النوعية للنحاس وتساوي ρ هي المقاومة و R حيث إن R=ρl/Aالمعادلة المعروفة هي مساحة مقطع الموصل بالمتر المربع.A هو طول الموصل بالمتر و l) و $\Omega.m$ ١٠$^{-8}$ أوم.متر (١,٧٢×

الشكل (٤، ١) أجهزة قياس متعددة الأغراض لقياس الاستمرارية للموصل والجهد والتيار.

ب) قياس استمرارية موصلات الوقاية PE:

المقاومة المقاسة بمعنى آخر يجب أن لا تزيد عن حاصل قسمة $50/I_a$ أو $25/I_a$ بالنسبة للتركيبات ، و القيم ٢٥ و ٥٠ تمثل الجهد الأقصى الذي يجب أن لا تزيد عنه الأجسام المعدنية المؤرضة عند حدوث خلل، و I_a عبارة عن أدنى قيمة للتيار التي تجعل أجهزة الوقاية كالقواطع والمصهرات تفصل عند مروره من خلالها لمدة ٥ ثوان.

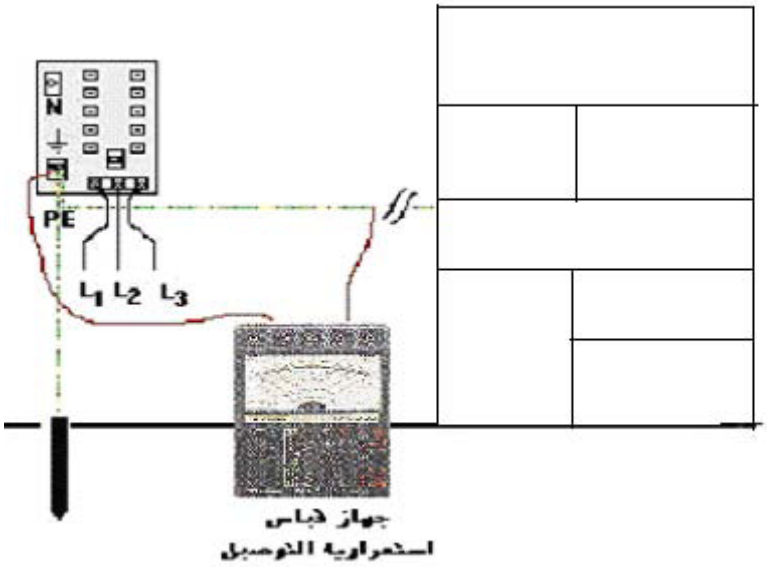
ولقياس مقاومة موصلات الوقاية فإنه يجب فصل أحد إطراف الموصل حتى لا تدخل الدوائر الموازية والموصلة في لوحة التوزيع أو غيرها في القياس. ويتم القياس بين الطرف المفتوح ونهاية طرف الموصل، كما هو موضح في الشكل (٤، ٢). ويجب أن يتم هذا الاختبار قبل توصيل مصدر الطاقة.

اختبار الاستمرارية للدائرة النهائية

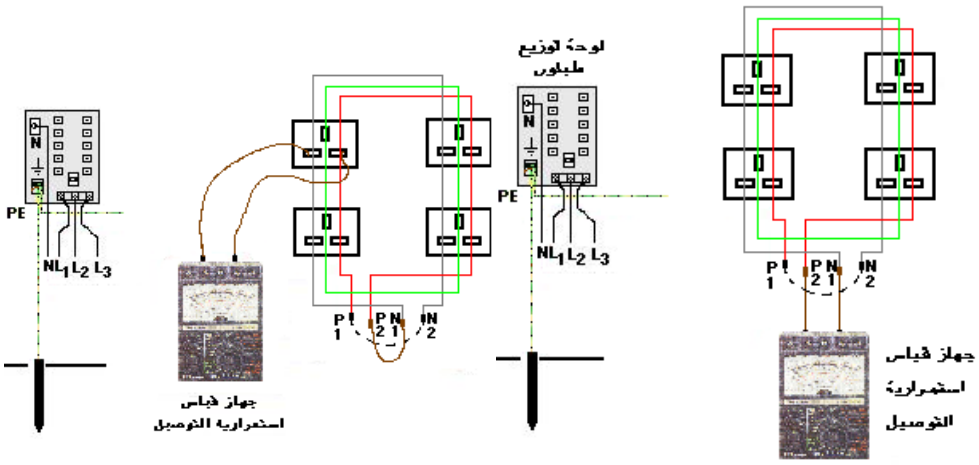
أما بالنسبة لاختبار الاستمرارية لموصلات الوجه والمحايد فيمكن تطبيقها كالتالي:

- تفصل الدائرة من لوحة التوزيع.
- يقصر طرفا الموصل الأول للوجهP_1 مع طرف موصل المحايد الثاني N_2 (الشكل ٣- ٤أ).
- تقاس المقاومة بين طرف الموصل الثاني للوجه P_2 وطرف المحايد الأول N_1.
- تسجل القراءة R_1.

- يقصر طرفا الموصل الثاني للوجه P_2 مع طرف موصل المحايد الأول N_1 (الشكل ٤- ٣ب).
- تقاس المقاومة بين كل وجه والمحايد وتقاس في كل مقبس في الدائرة، ويجب أن تساوي تقريباً قيمة القراءة التي سبق أخذها من قبل R_1.
- إذا تساوت القراءات فيعني ذلك أن الدائرة متصلة، وأن التمديدات سليمة.



الشكل (٢،٤) كيفية قياس استمرارية موصل الوقاية PE.



(ب) (أ)

شكل (٤، ٣) اختبار الاستمرارية للدائرة النهائية. (أ) قياس المقاومة عند قصر طرفي الوجه P_1 والمحايد N_2. (ب) قياس المقاومة عند قصر جميع أطراف الدائرة الوجه P_1 والمحايد N_2 و P_2 و N_1.

ب) اختبار مقاومة العزل Insulation Resistance:

إن اختبار العزل للتمديدات الكهربائية يعطينا مؤشراً هاماً حول جودة العزل حول الموصلات وكذلك للكيابل. ويتعرض العازل في بعض الأحيان إلى تلف على شكل تشققات وتقشير نتيجة لقدمه أو لتعرضه لأشعة الشمس المباشر لفترة طويلة أو يكون التلف نتيجة لإجهادات ميكانيكية أو عند حدوث زيادة في الجهود نتيجة للصعق الناشئ عن الصواعق أو الوصل والفصل في دوائر التوزيع كما ينشأ نتيجة لحدوث أخطاء في توصيل النهايات الطرفية وقد ينشأ أيضاً عند تطبيق جهد في وجود تلويث على سطح العازل وخاصة عند النهايات الطرفية في وجود جهد مطبق. فعند وجود خلل في العزل أو تلف فإنه يتسرب تيار ضئيل من خلاله قد يؤدي إلى زيادة سخونته وحدوث تفكك في روابط المادة العازلة، والذي قد يؤدي إلى حدوث قصر وتلفيات قد تصل إلى نشوب حريق إذا لم يتم عمل أجهزة الوقاية في الوقت المناسب. ويجب أن لايزيد تيار الخلل عن ١ ملي أمبير ماعدا الموصلات التي يزيد طولها عن ١٠٠ متر. و يجب ألا تقل مقاومة العزل عن ١٠٠٠ أوم لكل فولت واحد من جهد المصدر (مثلا لو أن جهد المصدر ٢٢٠ فولت فإن مقاومة العزل يجب ألا تقل عن ٢٢٠٠٠٠أوم، ومن قانون أوم $I=V/R$ فإن التيار يساوي ٢٢٠/٢٢٠٠٠٠ = ٠,٠٠١أمبير أي ١ ملي أمبير). وكما نعلم بأن تلوث العازل أو وجود رطوبة محيطة به تزيد من تدفق التيار المتسرب، لذلك فإن مثل هذه البيئات يمكن تجاوزاً اعتبار أن ٥٠٠ أوم لكل فولت واحد من جهد المصدر كحد أدنى تعتبر مقبولة (أي إن التيار المتسرب في هذه الحالة يجب أن لا يتجاوز ٢ملي أمبير).

وعادةً ما تتم هذه القياسات بعد فصل الأحمال، ولكن يمكن القياس مع وجود الأحمال إذا كانت القيم في النطاق الطبيعي لقيمة مقاومة العازل، ويجب إعادة القياس بعد فصل الأحمال عند تجاوز القيم الطبيعية.

ويتم القياس بتسليط جهد مستمر (لتفادي الفقد في السعة عند تسليط جهد متردد) يتراوح مابين ٢٥٠ فولت إلى ١٠٠٠ فولت حسب نوع الجهاز (بعض الأجهزة تحتوي على خيارات بجهد ٢٥٠ أو ٥٠٠ أو ١٠٠٠فولت). وتسمى هذه الأجهزة بأجهزة الميغر Megger اصطلاحاً (ولكن أجهزة الميغر لها استخدامات متنوعة غير قياس مقاومة العزل وهي أنواع كثيرة، ويجب أن نختار في هذه الحالة الجهاز المتخصص بقياس العزل). ويتم توليد الجهد المستمر بتدوير ذراع ويقيس الجهاز نسبة الجهد إلى التيار والتي هي عبارة عن المقاومة

(انظر الشكل ٤- ٤أ)، وبعض الأجهزة تولد جهد الاختبار المطلوب آلياً (الشكل ٤- ٤ب). كما يمكن أيضاً قياس مقاومة العزل بطريقة غير مباشرة وذلك عن طريق قنطرة مقاومة.

(أ)

(ب)

شكل (٤- ٤) جهاز اختبار مقاومة العزل. (أ) توليد جهد الاختبار يدوياً. (ب) توليد الجهد مباشرةً.

طريقة قياس مقاومة العزل :

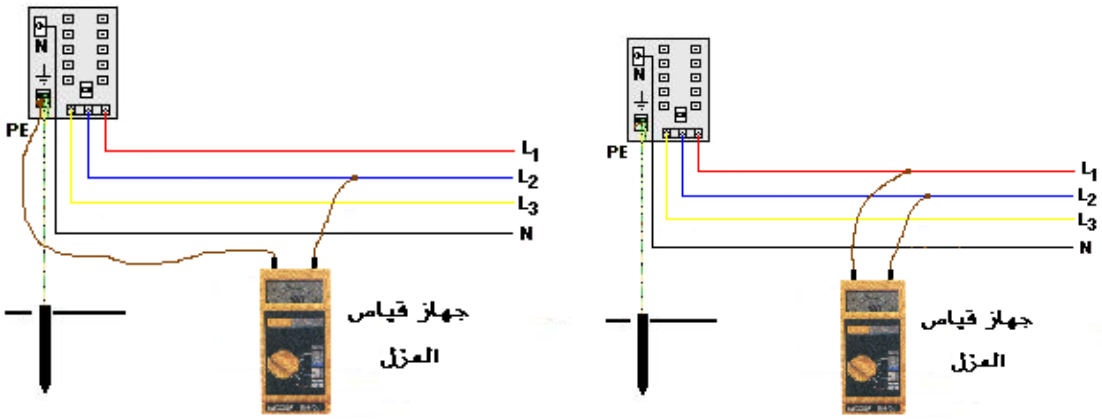
إن أول خطوة للتحضير لقياس مقاومة العازل هي فصل جميع الموصلات للمنشأة عن الشبكة الخارجية، ويتم ذلك بفصل المصهرات أو القاطع الرئيسي. كما تفصل موصلات الوقاية PE ويمكن أن يتم ذلك من لوحة التوزيع (الطبلون). وكذلك الأجهزة المنزلية مثل الأفران والثلاجات والغسالات وغيرها وذلك بنزع القوابس أو فصل المفاتيح. أما الإضاءة فلا يوجد لها تأثير كبير على ذلك.

وتقاس مقاومة العزل بين كل موصل غير مؤرض والأرض. كما يتم قياس المقاومة بين كل موصل والآخر لجميع الموصلات غير المؤرضة بطريقة تبادلية. ويوضح الجدول (٤- ١) الموصلات التي يجب قياس العزل بينها.

نوع القياس	الموصلا ت الواجب قياس العزل بينها					
بين الموصلات	L١ – N	L٢ – N	L٣ – N	L١ – L٢	L١ – L٣	L٢ – L٣
بين الموصلات والأرض	L١- PEN	L٢ – PEN	L٣ – PEN	N - PEN		

جدول (٤- ١) الموصلات التي يجب قياس مقاومة العزل بينها.

ويوضح الشكل (٤- ٥) الطريقة الأولى، والتي هي عبارة عن كيفية قياس مقاومة العزل بين الموصلات غير المؤرضة (L١ و L٢ و L٣ و N) بطريقة تبادلية. أما الشكل (٤- ٦) فيوضح كيفية تطبيق الطريقة الثانية والتي هي عبارة عن قياس مقاومة العزل بين كل موصل والأرض.

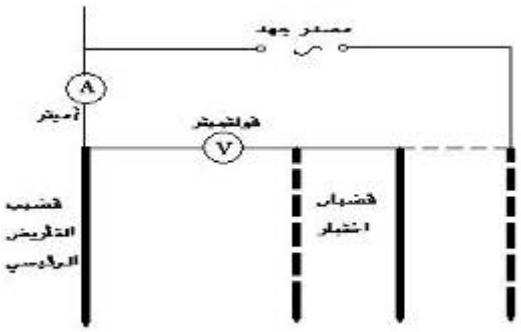


شكل (٤- ٥) اختبار مقاومة العزل. (أ) بين الموصلات غير المؤرضة. (ب) بين الموصلات والأرض.

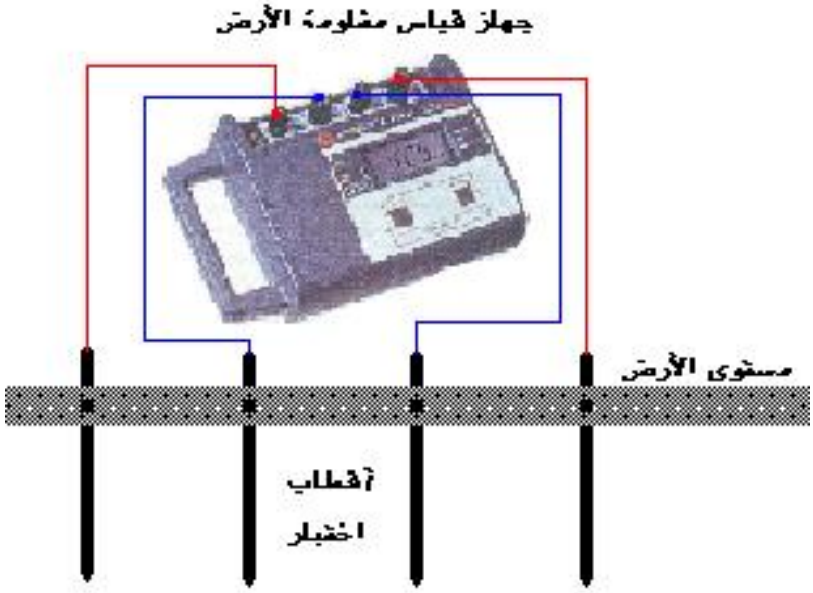
(ب) اختبار مقاومة الأرض Earth Resistance

كما سبق أن تعلمناه في الوحدات السابقة ما لموصلات الوقاية PE من أهمية كبرى في وقاية المستخدم من الصعق، حيث توفر هذه الموصلات مساراً سهلاً للتيار للتسرب إلى الأرض بدلاً من السريان في جسم الإنسان عند ملامسته لأحد الإطارات المعدنية المتلامسة. ولكن جودة عمل موصلات الوقاية تعتمد على قيمة مقاومة الأرض، فكلما كانت المقاومة صغيرة كلما كانت جودة التوصيل أفضل. ويمكن تصغير هذه المقاومة بعدة طرق، منها اختيار قضبان التأريض المناسبة

وزيادة طولها وقطرها حسب مقاومة الأرض. ولذلك كان لابد من قياس مقاومة الأرض لاختيار قضبان التأريض المناسبة واختيار موصلات الوقاية وأجهزة الوقاية المناسبة. وتشمل طريقة القياس قياس مقاومة الأرض وقضبان التأريض والاستمرارية. ويمكن قياس مقاومة الأرض بقياس الجهد بين قطبين موصلة بالأرض وقسمته على التيار الساري بينهما حسب قانون أوم $R=V/R$ (الشكل (٤- ٦) ، ومخاطر هذه الطريقة هو ظهور جهود للخطوة والتلامس لأن كثافة التيار تكون مركزة عند قضيب التأريض وتبدأ في التناقص كلما ابتعدنا عنه، ويؤخذ عادةً متوسط عدة قراءات. ولذلك فقد أوجدت طرق مباشرة لقياس مقاومة الأرض مباشرةً ومنه طريقة النقاط الأربع في القياس، حيث تتم الاستعانة بأربعة قضبان اختبار للتأريض بحيث يمرر تيار من القضيبين الطرفية لتحدث فرق جهد بين القضيبين الوسطية ويقوم الجهاز بقياس المقاومة، ويتم ذلك عند مسافات معينة (انظر الشكل ٤- ٧). ويبين الشكل (٤- ٨) أحد هذه الأجهزة التي تقيس مقاومة الأرض وقضبان التأريض والاستمرارية بصورة آلية كما تزود هذه الأجهزة بملحقات (أربعة أقطاب أرضية ومطرقة وموصلات طويلة وأطراف توصيل). ويجب أن نعلم إن مقاومة الأرض تتغير باختلاف نوع التربة وكذلك باختلاف درجات الحرارة ومنسوب الرطوبة في الأرض.



شكل (٤- ٦) قياس مقاومة الأرض بتسليط جهد وقياس التيار الساري.



شكل (٤- ٧) قياس مقاومة الأرض مباشرةً باستخدام طريقة النقاط الأربع.

شكل (٤- ٨)

(أ) جهاز اختبار مقاومة مقاومة الأرض واستمرارية التوصيل وقضبان التأريض.

(ب) ملحقات الجهاز من أقطاب تأريض وموصلات وأطراف توصيل ومطرقة.

(ج) اختبار أجهزة الوقاية

عادةً ما تزود أجهزة الوقاية من خلل التيار والجهد بزر اختبار، يتم ضغطه من وقت لآخر للتأكد من أنه يعمل ويقوم بفصل الدائرة، فعند وجود خطأ في التوصيل أو تلف في الجهاز فإنه لا يقوم بفصل الدائرة مما يتوجب مراجعة التوصيلات وفحصه واستبداله في حال تلفه. كما توجد أجهزة لاختبار عمل هذه الأنواع من القواطع، حيث يمرر الجهاز نبضة تيار لقواطع الحماية من تيار الخلل (RCD أو FI أو RCCB أو ELCB تتراوح مابين ٦ إلى ٥٠٠ ملي أمبير (٦ و ١٠ و ٣٠ و ١٠٠ و٣٠٠ و٥٠٠ ملي أمبير) وذلك لمدة دقيقتين أو٥٠٠ ملي ثانية أو٥٠ ملي ثانية حسب زمن وتيار الخلل الذي يفصل عنده القاطع، ويبين الجهاز زمن الفصل بدقة (انظر الشكل) (٤- ٩).

شكل (٤- ٩) جهاز اختبار قاطع الوقاية من تيار الخلل (التسرب الأرضي)

ورشة التركيبات الكهربائية

٢٨٨ كهر

ورشة التركيبات الصناعية

صيانة لوحات التوزيع للجهد المنخفض

الجدارة: الإلمام بطريقة صيانة وتوصيل القواطع الرئيسة والفرعية في لوحات التوزيع الكهربائية

الأهداف: (العبارة ص١)

١- كيفية صيانة القاطع الرئيسي
٢- صيانة القواطع الفرعية
٣- صيانة قضبان التوصيل
٤- صيانة نهايات الشعب

مستوى الأداء المطلوب:

أن يتم إتقان هذه الوحدة بجميع الأهداف السابقة بنسبة ٩٠ ٪.

الوقت المتوقع للتدريب :

١٢ ساعة

الوسائل المساعدة:

الأمثلة والصور المرفقة

متطلبات الجدارة:

ما ورد في الوحدات السابقة.

مقدمة :

في هذه الوحدة سوف نتطرق لبرامج الصيانة المقترحة التنفيذ على لوحات التوزيع للجهد المنخفض ، ومن المعلوم أن الصيانة الدورية للقواطع ومرحلات الحماية ، ونقاط التوصيل والفصل وقضبان التوزيع داخل لوحات التوزيع لها أثر إيجابي في المحافظة على تلك المكونات من التلف ، كما تسهم الصيانة بشكل كبير في التعرف على بعض الأخطار التي قد تحدث نتيجة لرداءة التوصيل الكهربائي بين مكونات لوحات التوزيع الناجم عن تجمع الأتربة والغبار على مكونات لوحات التوزيع أو ظهور طبقة التصلد بين الكابلات ونقاط التوصيل نتيجة لعدم إتقان الربط بين تلك الكابلات والموصلات و نقاط التفرع والتجمع . ومن المفضل عمل جدول صيانة دوري للقواطع والمرحلات لمراقبة حالة تلك الأجهزة والتأكد من سلامة أجزائها في الحركة الميكانيكية وعدم وجود تلف في النقاط المتحركة. وقبل الشروع في خطوت الصيانة ومتطلباتها لابد أن يتعرف المتدرب على طبيعة تركيب القواطع ونظرية عملها بشكل مبسط ومن ثم نبدأ بالتدريب على كيفية عمل الصيانة والأجهزة التي تستخدم في الصيانة .

وبما أن هذه المكونات تعمل بمثابة الحارس الأمين الذي يقوم بحراسة ومراقبة سير التوزيع والتحكم في لوحات التوزيع لذا يجب علينا التأكد من أن هذا الحارس يقوم بالعمل المطلوب ، ولا يكون ذلك إلا من خلال المتابعة الدورية والصيانة .

٥- ١ كيفية صيانة القاطع الرئيسي :

تعرف القواطع الكهربائية على أنها أجهزة فصل وتوصيل للتيار الكهربائي تعمل تحت ظروف التشغيل العادية والطارئة ،حيث تقوم عند ظروف التشغيل الطارئة على قطع الدائرة التي حدث بها الخلل نتيجة لارتفاع التيار الكهربائي. وتصنف القواطع من حيث النوع على حسب نظرية التشغيل ومن هنا نجد أن جميع قواطع الجهد المنخفض تعمل بنظرية الهواء للعمل على إخماد القوس الكهربائي الناتج عن التوصيل والفصل بين نقاط التلامس عند التشغيل للدائرة الكهربائية أو فصلها . كما أن الجهد الذي تستخدم فيه قواطع الجهد المنخفض يصل كحد أقصى إلى ١٠٠٠V.

وتوجد عدة أنواع من قواطع الجهد المنخفض كما يلي :

أ) القواطع المصغرة (miniature circuit breaker) والقواطع ذات الصندوق المشكل (moulded case circuit breaker) وتتكون هذه القواطع من وحدة متكاملة مغلقة داخل صندوق محكم مصنوع من مادة عازلة وأغلب هذه القواطع وخاصة المصغرة منها لا يمكن صيانتها أو استبدال الملامسات ويجب استبدال القاطع بأكمله.

ب) قواطع القوى ذات الجهد المنخفض (**low voltage power circuit breakers**) وهي تعرف أيضاً بالقواطع الهوائية وتتكون أغلب هذه القواطع من مجموعة من الوحدات القياسية **(Modular units)** يمكن استبدالها أو الإضافة إليها في أي وقت كما يمكن صيانتها وتغيير الملامسات الخاصة بها .

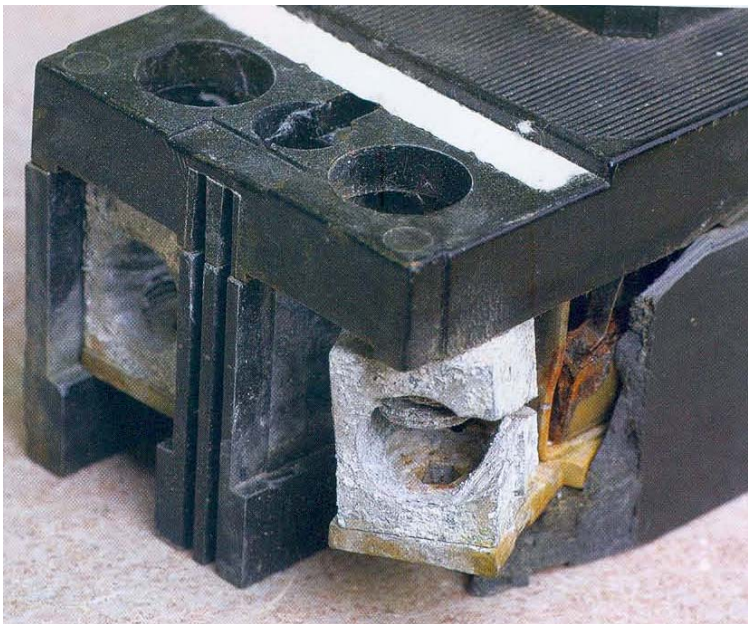
العوامل التي تؤثر على كفاءة لوحات التوزيع الصناعية للجهد المنخفض :

عوامل تأثير البيئة مثل الغبار والصدأ والتآكل والغازات والاهتزازات ، مما يؤدي إلى الحد من كفاءة مكونات لوحات التوزيع ،وعدم الصيانة الدورية لها يؤدي إلى تعطلها وفي بعض الحالات قد يؤدي إلى تلفها بالكلية ويمكن أن نلخص أهم العوامل التي يجب إتباعها عند صيانة القواطع الكهربائية ومكونات لوحات التوزيع بشكل عام ، هو مثلث يشبه مثلث الحريق ويمكن أن نطلق علية مجازاً مثلث الصيانة للقواطع الكهربائية

وبالنظر إلى مثلث الصيانة يتضح لنا أنه عند تحقيق الأضلاع الثلاثة فإن الصيانة تكون قد تحققت بشكل سليم .

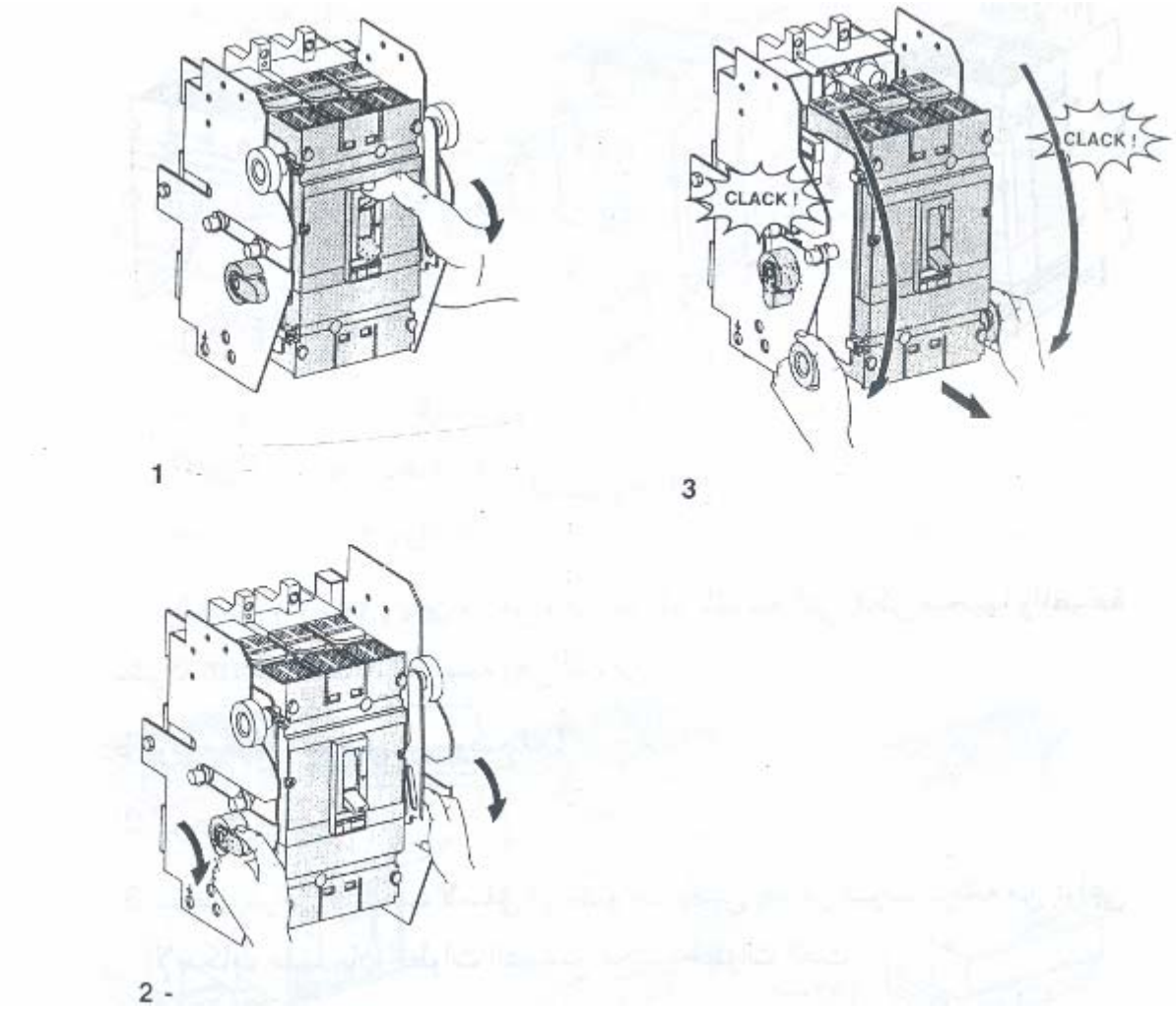
١- **التركيب الصحيح** : لاشك أن التركيب السليم للمعدات الكهربائية يجعل أداء تلك المعدات ممتاز ويقلل من احتمالات الأعطال ومن أبرز الأخطاء في التركيب التي تظهر بجلاء في القواطع الكهربائية **الارتخاء في التوصيل لنقاط القاطع** الذي يؤدي إلى وجود ثغرة هوائية بين الأطراف مما يجعل الشرارة الكهربائية تنشأ ومع مرور الزمن تكبر هذه الشرارة وتؤدي إل تلف القاطع ، ولتلافي حدوث هذه المشكلة يجب التأكد من جودة الربط للموصلات بنقاط الدخول والخروج للقاطع وعند أعمال الصيانة الدورية للقاطع يجب الفحص لتلك النقاط .

والشكل (٥- ١) يوضح ما أدى إليه عدم الجودة في الربط



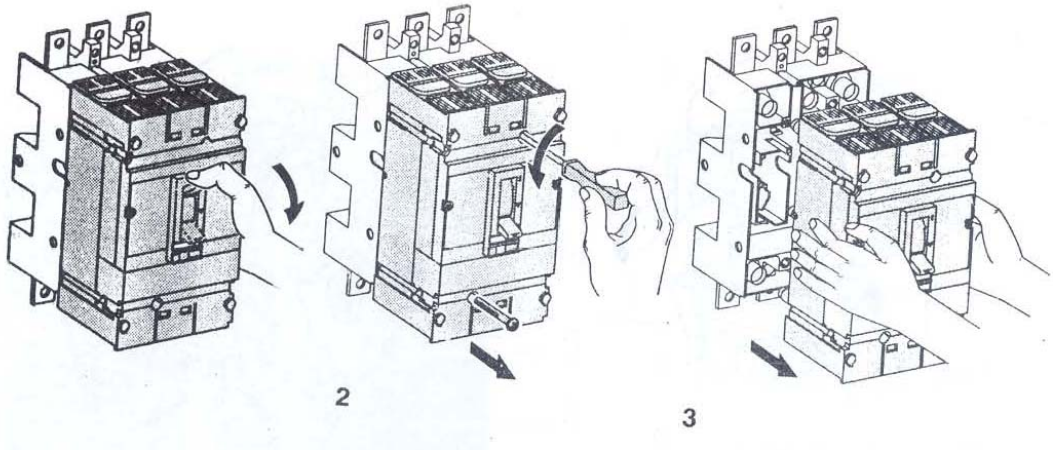
شكل(٥- ١)عدم الربط الجيد أدى إلى تآكل نقطة التوصيل وإتلاف القاطع

وأيضاً يجب استخدام أدوات الربط الصحيحة لعدم إتلاف نقاط التوصيل والفصل وذلك حسب تعليمات الشركة المصنعة ، وفي بعض الحالات يتم استبدال بعض النقاط القابلة للاستبدال .
كما هو موضح بالشكل (٥- ٢) بعض النقاط التي يمكن استبدالها وكيفية عمل ذلك.



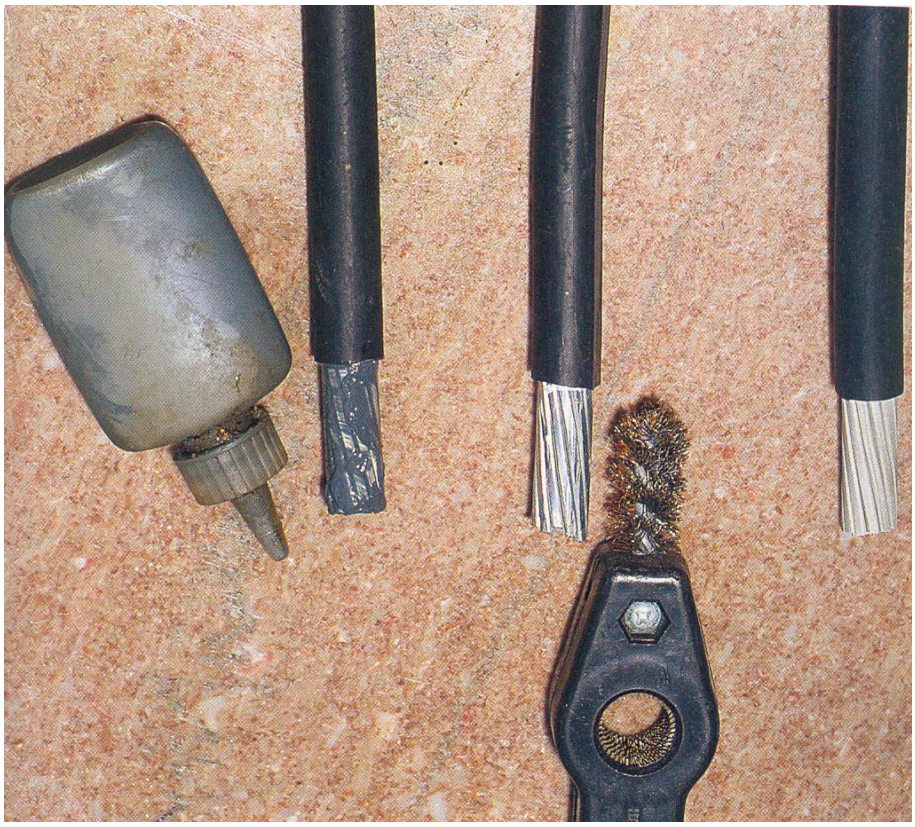
شكل (٥- ٢) نقاط قابلة للتبديل

كما هو موضح بالشكل يتم تصميم هذا القاطع بحيث يتم تركيب نقاط التلامس عن طريق التعشيق بحيث يتم الاتصال الميكانيكي عن طريق ذراع ليتم جذب النقاط وغلقها ، وعند تلف النقاط يتم فك ذراع التعشيق وتبديل النقاط حسب الخطوات الموضحة في الشكل (٥- ٣)



شكل (٥- ٣) طريقة نزع وتركيب نقاط التلامس في قاطع ثلاثي

وفي الآونة الأخيرة ارتفعت أسعار الموصلات النحاسية بشكل كبير مما أدى إلى استخدام موصلات الألمنيوم لاسيما في الكابلات الكبيرة ذات المسافات الطويلة ومساحة المقطع الكبيرة .وعند ربط أطراف الكابلات المصنوعة من الألمنيوم بالنقاط النحاسية بالقاطع يجب الأخذ في الاعتبار وضع مادة مقاومة للصدأ على موصل الألمنيوم قبل توصيله بنقاط القاطع ،والشكل (٥- ٤) يوضح الخطوات الواجب اتباعها قبل التوصيل والربط .



شكل (٥- ٤) عند ربط موصل ألمنيوم بأطراف نحاسية لابد من استخدام مادة مضادة للصدأ

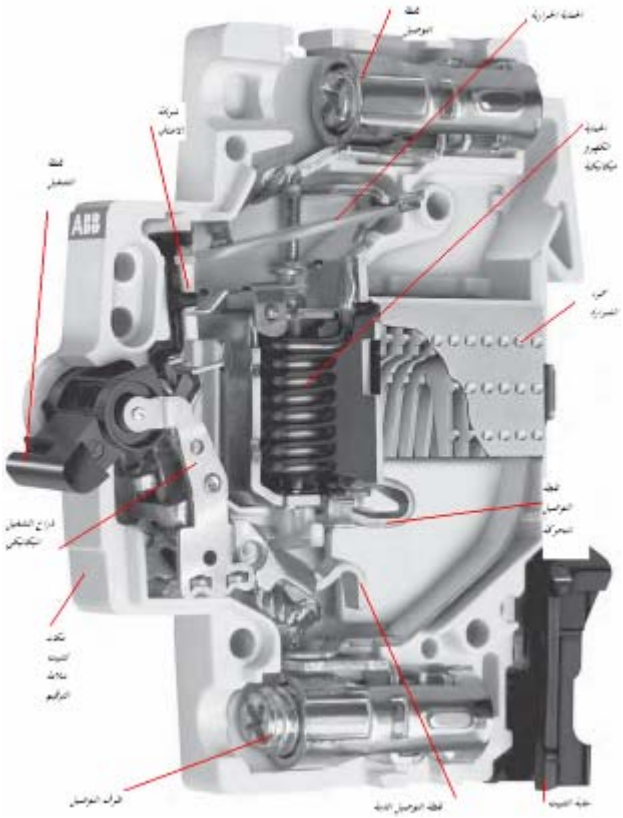
يوضح الشكل الكابل من الألمنيوم من اليمين لليسار وقد تم تعريته أولاً بمقاس مناسب للربط في نقطة التلامس للقاطع ، ومن ثم عمل تنظيف بالفرشاة المبينة بالشكل لضمان عدم وجود طبقة من الصدأ ، ثم تم وضع مادة مقاومة للصدأ على طبقة الألمنيوم الموصلة .

٢- **المحافظة على النظافة :** إن من أبرز أسباب تعطل المعدات الكهربائية والقواطع هو تجمع الأتربة والغبار على نقاط التوصيل ، وعند ترك هذه الأتربة والغبار بدون تنظيف وعدم تفحص أطراف ونقاط التوصيل يؤدي ذلك إلى تقليل كفاءة التوصيل وحجب الهواء الطبيعي الذي يساهم في التبريد وهذا يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة الحرارة ومع الزمن يؤثر هذا على العمر الافتراضي للمعدات والقواطع الكهربائية .

٣- **المحافظة على الجفاف وعدم البلل:** تتطلب جميع الأجهزة الكهربائية جواً جافاً وغير رطب ، وعند تعرض هذه الأجهزة للبل تتم عملية التأكسد للموصلات ونقاط التوصيل ، مما يؤدي إلى ارتفاع المقاومة وبناءً عليه ترفع درجة الحرارة والتي تؤثر على كفاءة التوصيل .

٥- ٢ صيانة القواطع الفرعية :

ويستخدم في هذا النوع قواطع الدائر المصغرة Miniature C.B.S وتقوم بوصل وفصل الدوائر الكهربائية سواءً في الأحوال العادية أو في حالات الخطأ . ومن أهم مزايا القواطع المصغرة أنها تقوم بفصل الحمل عند حدوث قصر في الدائرة الكهربائية في زمن قصير جداً ، وتعمل بشكل سليم عند إزالة القصر وأسباب الخطأ ، ويمكن استخدامها بمفتاح الرئيسي في الدائرة الفرعية ، كما يمكن فصلها وتشغيلها في حالة الحمل دون الخوف من حدوث شرارة كهربائية . كما توجد لها عدة أشكال وتصاميم فيوجد منها قاطع القطب الواحد ،والقطبان والثلاثة ، والشكل (٥- ٥) يوضح التركيب الداخلي لقاطع مصغر ذي قطب واحد ويتضح من أجزاء التركيب أن الحماية في هذا النوع تعتمد على الحماية الكهر وميكانيكية عن طريق سسته قوية تتأثر بالمجال المغناطيسي وشريحة حرارية تعتمد على التمدد الحراري للشريحة . وهناك عدة مصطلحات لابد على المتدرب من الإلمام بها



شكل (٥- ٦) مقطع يوضح المكونات الداخلية لقاطع حراري كهروميكانيكي مصغر

ويتضح من الشكل أن القاطع المصغر غالباً لا يمكن عمل تبديل لنقاط التلامس أو تبديل لدائرة الإعتاق والمتبع في الصيانة هو عمل الفحص لنقاط التوصيل والتنظيف من الأتربة والغبار والتأكد من متانة الشد الميكانيكي للموصلات . وفي حال تلف هذا النوع من القواطع المصغرة يتم استبدال القاطع بالكامل .

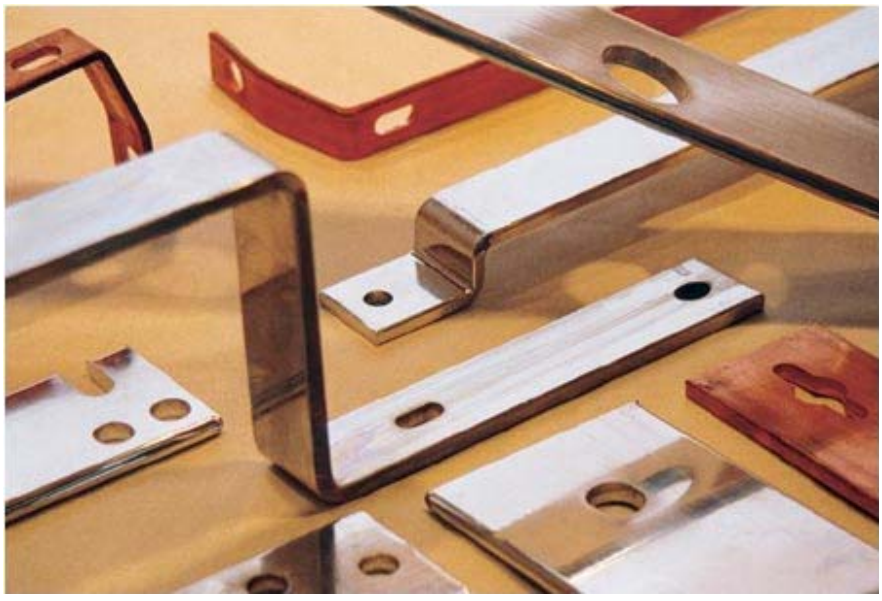
٥- ٣ صيانة قضبان التوزيع :

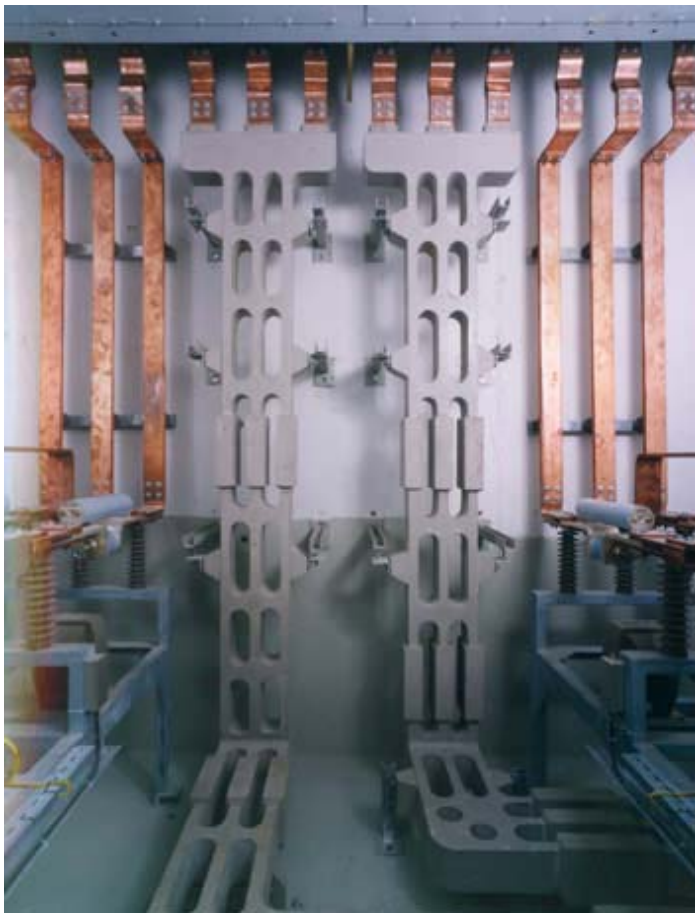
تعد قضبان التوزيع من أشهر نظم التوزيع في المحطات الفرعية وفي لوحات التوزيع بمختلف الجهود المنخفضة والمتوسطة والعالية ، وعادة يتم تصنيع قضبان التوزيع من النحاس أو الألمنيوم وهاذين المعدنيين من أفضل المعادن من ناحية كفاءة التوصيل الكهربائي ، وتعتبر مساحة مقطع القضبان مهمة جداً حيث يعتمد عليها مقدار التيار الذي يمكن أن يتحمله وينقله قضيب التوصيل بأمان . وتتراوح مساحة مقطع قضبان التوزيع بين مساحات صغيرة في التطبيقات ذات القدرات المخفضة بحيث تكون ١٠ ملم وتصل إلى مساحات كبيرة في التطبيقات ذات القدرات العالية تكون ١٠٠٠ملم أو أكبر ، وتصمم قضبان التوزيع على شكل قطع مصمتة وأخرى بها عدة ثقوب للتمكن من الربط الميكانيكي بينها وبين نقاط التوزيع

أو الربط بين القضبان ببعضها ، ويتم تركيب قضبان التوزيع في لوحات التوزيع ودعمها وتثبيتها عن طريق قطع بلاستيكية صلبة تدعم وضع القضبان وتعزل التيار عن بقية أجزاء دولاب التوزيع المعدنية . ويمكن تثبيت قضبان التوزيع بشكل أفقي أو رأسي حسب التخطيط المبدئي للوحة التوزيع والشكل (٥- ٧) يوضح طريقة تثبيت القضبان المصمتة بشكل أفقي بأعلى لوحة التوزيع .

شكل (٥- ٧) تركيب قضبان التوزيع بشكل أفقي

كما يمكن تشكيل قضبان التوزيع وتصميمها بأشكال هندسية تتناسب وطريقة التوصيل المراد عملها والشكل (٥- ٨) يوضح عدة أشكال من قضبان التوزيع





شكل (٥- ٨) أشكال متعددة من قضبان التوزيع

ويمكن تلخيص أعمال الصيانة لقضبان التوزيع فيما يلي :

١- الفحص والتأكد من عدم وجود أتربة أو غبار على القضبان أو نقاط التوزيع ، لأن وجود تلك الأتربة والغبار يؤدي إلى ازدياد درجة حرارة قضبان التوزيع وعدم كفاءة التوصيل ، ويمكن عمل جداول صيانة دورية إما أسبوعية أو شهرية أو نصف سنوية أو سنوية ويعتمد تحديد المدة الزمنية للصيانة على مكان وطبيعة الجو الذي يتم فيه تركيب قضبان التوزيع ، وتزال الأتربة والغبار عن طريق مضخات هوائية خاصة مصممة لدفع الهواء بشدة مما يؤدي إلى طرد تلك الأتربة والتراكمات من على سطح التوصيل لقضبان التوزيع . والشكل (٥- ٩) يوضح أحد أنواع مكائن التنظيف بدفع الهواء .

شكل (٥- ٩) ماكينة التنظيف بدفع الهواء

٢- التأكد من شد جميع الوصلات ونقاط التفريع لقضبان التوزيع ، حيث يتم التأكد من ذلك بواسطة فني الصيانة المتمكن وذلك بعد عمل جميع إجراءات السلامة من حيث الملابس المعزولة وكذلك يستخدم العدد المعزولة عزلاً جيداً ، نظراً لأنه سوف يتعامل مع أجزاء يكون التيار المار فيها عال جداً . والشكل (٥- ١٠) يوضح نوعية من العدد المعزولة .

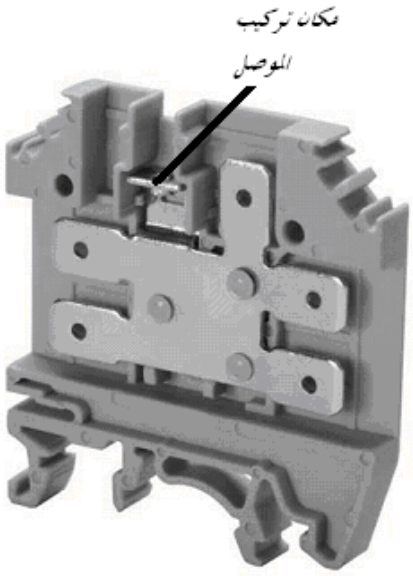
شكل (٥- ١٠) مفكات ذات عزل عال

٣- الفحص والتأكد من أن جميع حوامل ومثبتات القضبان بوضعها الصحيح وأن جميع نقاط الدعم للقضبان معزولة تماماً عن بقية أجزاء الدولاب المعدني .

٤- التأكد من عدم وجود طبقة الأوكسيد الناتجة عن تفاعل المعدن مع مركبات الماء نتيجة لتعرض القضبان للرطوبة والتأكسد ، ويتم عمل الصيانة للقضبان النحاسية بالتنظيف بعد قطع التيار عنها وذلك بفصل القاطع الرئيسي ، ومن ثم القيام بتنظيف الطبقة الناتجة عن التأكسد وذلك باستخدام سوائل خاصة بها نسبة من عالية من الأحماض لتقضي على طبقة الأوكسيد .

٥- ٤ صيانة شعب النهايات :

إن شعب النهايات من المكونات الضرورية في لوحات التوزيع وتكمن أهمية شعب النهايات في أنها تسهل عملية التوزيع لعدد كبير من الأحمال ، ويتم تركيبها بحسب متطلبات التوصيل والتوزيع ومما يجعل شعب النهايات ضرورية في لوحات التوزيع كونها سهلة التركيب والتجميع وأيضاً أنها جيدة التوصيل ، ويمكن وضع عدد كبير منها وترقيمها بسهولة بالغة . وهناك عدة أنواع من شعب النهايات ويمكن تثبيت شعب النهايات بعدة طرق والشكل (٥- ١١)يوضح أحد أنواع شعب النهايات المنتشرة الاستخدام في التطبيقات الكهربائية .



شكل (٥- ١١) أحد أنواع شعب النهايات الشائعة الاستخدام

وكما يظهر في الشكل فإن شعب النهايات عبارة عن خليط من العازل التقليدي للكهرباء مادة PVC وتوجد بها شرائح توصيل من النحاس أو الألمنيوم وبها مكان لتركيب الموصل الكهربائي ، وتختلف طريقة تركيب وتثبيت الموصل ففي بعض الأنواع كتلك التي نستخدمها في لوحة التوزيع الذي تم التدريب عليها في الوحدة الثالثة يتم تثبيت الموصلات عن طريق شد الموصل بواسطة مسمار الشد الخاص والمثبت في طرف شعبة النهاية وعند الشد يقوم بسحب الفك السفلي للشريحة ليتم تثبيت الموصل بشكل سليم .

شكل (٥- ١٢) التثبيت بشعب النهايات من اليمين بالشد بالمسمار أوالكبس

وتعد أعمال الصيانة للشعب بسيطة جداً وتعتمد في معظم الأحيان على المتابعة للتأكد من أن جميع الأطراف الموصلة لها قد تم تركيبها بشكل جيد ، وأن الشعب تم تثبيتها بشكل صحيح لتلافي الخلل الميكانيكي الناتج عن عدم التثبيت الجيد . والفحص الروتيني للنظافة وسلامة جميع أطراف الشعب من التلف لعدم استخدام المفكات ذات المقاس المناسب مما يؤثر سلباً على متانة الشد والتثبيت الميكانيكي للموصلات الكهربائية .

المراجع

١ - م . أحمد عبد المتعال ، التركيبات الكهربائية في المنشآت الصناعية والتجارية والعامة ، دار النشر للجامعات

٢- د. آسر علي زكي ، القواطع والمصهرات في شبكات التوزيع ، منشأة المعارف .

٣- د. علي رفعت حمدي ، التمديدات الكهربائية في المباني وهندسة الإضاءة، دار الراتب الجامعية

٤- م . أحمد عبد المتعال الأسس العملية في التركيبات الكهربائية ، دار النشر للجامعات

٥- منشورات الثانوية الفنية طرابلس – ليبيا

٦- د.م ميسر محمد الحسن ، م سامر فياض ، الكهرباء الصناعية الصيانة وكشف الأعطال

٧- مذكرات الزميل م . عثمان علي الغامدي المدرب بكلية التقنية بجدة.

٨- John Cadick, Cables and wiring, Delmar Publishers .....

٩- Motivate Series, Electrical Installation, Macmillan.....

١٠- Rex Cauldwwll, Wiring a house, The Taun Press J. Hyde.....

١١- Stephen Fardo ,Dale Patrick, Electrical power systems & technology, N

١٢- W.E. Steward. T.A Stubbs. Modern wiring Practice,Newnes.....

١٣- Trevor Linsley ,Introduction to Electrical,Newnes.....

١٤- Günter G. Seip, Electrical Installations handbook. Wiley……

١٥- Bob Mercer ,Industrail Control Wiring Guide,Newnes…….

١٦- Maurice Lewis, Electrical installation Guide, Newnes……..

م	الموضوع	رقم الصفحة
	الوحدة الأولى :التعليمات والنظم الخاصة بالتركيبات الصناعية وورش العمل	١
	متطلبات الصحة والسلامة في أماكن العمل	٢
	معرفة أماكن وطرق تركيب الموصلات	٨
	التمارين العملية	٢٠
	الوحدة الثانية: تخطيط لوحات التوزيع للجهد المنخفض	٣٣
	معرفة الأنواع المختلفة لأنظمة التوزيع الكهربائي	٣٤
	اختيار المكونات اللازمة لتنفيذ المشروع	٤٠
	عمل تصميم وتخطيط لنظام توزيع صناعي وفقاً لمشروع صناعي محدد	٤٨
	تحديد خطوات العمل لتنفيذ المشروع	٦١
	تحديد الزمن المتوقع لتنفيذ المشروع	٦٢
	رسم المخططات التنفيذية للتوصيلات الكهربائية	٦٩
	الوحدة الثالثة: تركيب لوحات للجهد المنخفض	٧٥
	أنواع لوحات التوزيع	٧٧
	اختيار مكونات لوحات التوزيع	٨٥
	تركيب وتجميع لوحات التوزيع	٩٣

تركيب الكيابل الصناعية وترقيمها ١٠٣

الوحدة الرابعة : اختبار وتشغيل لوحات التوزيع للجهد المنخفض ١١٠

اختبار نظام التوزيع من حيث الأداء والتوزيع ١١١

الوحدة الخامسة : صيانة لوحات التوزيع للجهد المنخفض ١٢٠

كيفية صيانة القاطع الرئيسي ١٢١

صيانة القواطع الفرعية ١٢٧

صيانة قضبان التوزيع ١٢٨

صيانة شعب النهايات ١٣٢

المراجع

المحتويات