وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التقنية الجنوبية

المعهد التقني التكنلوجي في البصرة

قسم التقنيات الكهربائية

الحقيبة التعليمية

لمادة: التأسيسات الصناعية

المرحلة: الثانية

السنة الدراسية: 2024 – 2025

الفصل الدراسي: الأول

إعداد: أ.م. د. ***معاد ناصر حسين***

تاريخ الإعداد: 2025\06\25

اسم المادة	السنة الثانية– الفصل الاول	الساعات الاسبوعية			عدد الوحدات
		ن	ع	م	
التأسيسات الصناعية		2	2	4	4

المفردات النظرية

الاسبوع	تفاصيل المفردات
الاول	الكيبلات – مكونات الكيبل وجهد التشغيل ، انواع الكيبلات حسب نوع العازل (M.I.M.P.V.C.T.R.S.VRI) والكيبلات الورقية ذات الغلاف الرصاصي .
الثاني	طرق مد القابلوات ، الاعطال الممكن حدوثها في الكيبلات ، كيفية تحديد نوع العطل ومكانته
الثالث	حماية المحركات الكهربائية ، الحماية ضد التيارات الزائدة نتيجة تيارات القصر
الرابع	الحماية ضد التيارات الزائدة نتيجة لزيادة الاحمال
الخامس	الحماية من اختفاء او سقوط احد الاطوار والحماية من هبوط الجهد
السادس	قواطع الدورة الكهربائية ، انواعها (الزيتية ، قاطع سادس فلوريد الكبريت ، قواطع التفريغ ، قواطع الضغط الهوائي)
السابع	المحطات الفرعية ، القضبان العمودية ، لوحة مفاتيح الضغط الهوائي تصنيف لوحات السيطرة للتيار المتغير
الثامن	الانارة ، اسس الهندسة الضوئية ، المنابع الضوئية ، انظمة الانارة ونوعيتها ، اجهزة قياس الضوء
التاسع	اسئلة محلولة عن كيفية تصميم وحساب الانارة الاكهربائية للقاعات والورش والساحات
العاشر	النظام المؤرض والنظام المعزول مقارنة بينها في حالة حدوث خطأ ، مساوي ومميزات كل نظام
الحادي عشر	هبوط الجهد في المغذيات احادية وثلاثية الاطوار ، معنى الهبوط في الجهد ، مسببات هبوط الجهد ، الاضرار الناتجة من هبوط الجهد ، اختبار احجام المغذيات (الكيبلات) العوامل التي تعتمد عليها معدلات التيار
الثاني عشر	اسئلة محلولة على حسابات هبوط الجهد
الثالث عشر	الاساليب الفنية للتسليك ، دراسة نظام التسليك ، طرق التسليك ، والاساليب المستخدمة لذلك
الرابع عشر	تاسيس الاماكن الخطرة(امثلة للاماكن الخطرة)خصوصيات التاسيس بالاماكن الخطرة والخطوات الواجب اتخاذها لذلك
الخامس عشر	التاريض ، انواعه ، تركيب الموصلات الارضية للمحطات الفرعية والابنية ومانعات الصواعق

المفردات العملية

الاسبوع	تفاصيل المفردات
الاول	تجهيز الكيبلات للعمل – عملية التقشير – تجهيز الاطراف للكيبلات المسلحة والبلاستيكية العزل. استخادم المكبس الميكانيكي – والهيدروليكي لكبس الاطراف المعدنية لنهاية موصلات الكيبل
الثاني	تجهيز الاطراف للكيبلات الورقية ذات الغلاف الرصاصي وعمل لحام خلال صندوق ارضي مجهز بكم رصاصي
الثالث	استخدام المصهرات بانواعها (قابلة للتسليك – الخرطومية – ذات سعة القطع العالية) لحماية دائة قوى ويشمل ذلك فك وتركيب والتثبيت باستخدام قاطع الدورة الصغيرة –رسم المنحني الحراري للقاطع
الرابع	اللواقط ذات الحماية الحرارية والمغناطيسية (بواديء التشغيل على المباشر على الخط) استخدام بواديء التشغيل ذات جهود التشغيل المختلفة لتشغيل المحرك ويشمل ذلك اعادة التسليك الداخلي للباديء –ضبط مقننات التيار
الخامس	) رسم الخريطة (مخطط التوصيل والفصل للحالات Yمفتاح تشغيل محرك حثي ثلاثي الاطوار بطريقة (/ المختلفة للمفتاح) دراسة الاعطال الممكنة . المفاتيح الدورانية واستخدامها لتشغيل محرك حثي ثلاثي الاطوار – لعكس الاتجاه – لتشغيل محرك من مصدرين – لتشغيل محركين بالتناوب

السادس	مفتاح السكينة وكيفية استخدامه في السيطرة على دائرة كهربائية – وكيفية حماية الشخص المستعمل من اخطار الشرارة
السابع	المفاتيح المعددة – استخدام الانواع المختلفة لها – استخدام المفاتيح المحددة لنهاية الحركة
الثامن	قياس مقاومةالعمود الارضي باستخدام جهاز قياس الارضي – قياس شبكة الارضي للمختبر القواطع الارضية للتسرب الارضي واختيار تيار الفصل
التاسع	1-استخدام القواطع الجهدية للتيار المتسرب 2-عمل دائرة ذاتية لملىء الخزانات باستخدام مفتاح طوافة
العاشر	استخدام المفاتيح المحددة 1-في المصاعد عمل دائرة لتحقيق نظرية عمل المصعد وتنفيذها 2-استخدام المفاتيح المحددة في الكرين عمل دائرة توضح عمل الرافعة في حالتي النقل والتصعيد وتنفيذ الدائرة
الحادي عشر	ايقاف المحركات (الكبح) وذلك بطريقة 1-التيار المستمرD.C. Brake 2- التيار العكسي Counter current braking
الثاني عشر	عددات الطاقة الكهربائية الثلاثية الابعاد – فك وتركيب الربط والتشغيل – كيفية ضبط العداد لقياس معامل القدرة باستخدام الاميترواستخدام الحلقة المغناطيسية لقياس التيار والجهد
الثالث عشر	عمل دائرة سيطرة لتشغيل محرك حثي ثلاثي الاطوار باستخدام اللواقط
الرابع عشر و الخامس عشر	تاسيس الانابيب المعدنية (قطع الانابيب –عمل سن لها – الربط باستخدام بوشات التوصيل – عمل انحناء للبوري بواسطة ماكنة الانحناء)

وصف مقرر مادة التأسيسات الصناعية

- تطوير التفكير الهندسي وتطبيق النظريات لحل المشكلات.

يهدف مقرر التأسيسات الصناعية إلى تزويد الطلبة بالمفاهيم الأساسية المتعلقة بأنظمة التأسيسات الكهربائية داخل المنشآت الصناعية. يتناول المقرر دراسة أنواع التأسيسات، مكوناتها، أساليب تصميمها وتنفيذها، وطرق الصيانة الوقائية لها. كما يغطي المقرر تطبيقات عملية على التركيبات الكهربائية، شبكات الإمداد بالطاقة، التمديدات الصحية، شبكات الهواء المضغوط، وأنظمة الحماية.

🎯 الأهداف التعليمية:

بنهاية هذا المقرر سيكون الطالب قادرًا على:

1️⃣ التعرف على أنواع التأسيسات الصناعية ووظائفها.

2️⃣ قراءة المخططات والرسومات الخاصة بالتأسيسات.

3. حساب الأحمال وتصميم التمديدات الكهربائية والصحية.
4. تطبيق إجراءات الأمن والسلامة في مواقع العمل.
5. إجراء صيانة دورية للتأسيسات الصناعية.

طرق التدريس:

محاضرات نظرية – تطبيقات عملية – زيارات ميدانية – مشاريع مصغرة.

طرق التقييم:

اختبارات تحريرية – تقارير عملية – مشروع عملي – مشاركة صفية.

المقدمة

عرفت الكهرباء على أنها مصدر للصعقة الكهربائية عندما بدأ استعمالها في إنارة الشوارع في بعض المدن الكبرى في الولايات المتحدة الأمريكية و أوربا في نهاية القرن الثامن عشر .حيث عانى الكثير من الناس من الصقعات الكهربائية من خلال التماس المباشر بالآلات الكهربائية المربوطة إلى مصدر الطاقة الكهربائية .أدت التركيبات وطرائق التأسيسات الكهربائية غير المتكاملة إلى حصول الكثير من الحرائق. ومنذ ذلك الحين، ومع تزايد استعمال الطاقة الكهربائية تزايدت حوادث الصعق والحريق المواكبة للاستعمال غير الآمن للطاقة الكهربائية أو الناتجة من افتقار التصاميم إلى متطلبات السلامة والأمان. لهذه الأسباب، تشكلت لجنة في الولايات المتحدة الأمريكية لأعداد وتطوير كود التأسيسات الوطني .كما شكل المعهد البريطاني لمهندسي الكهرباء لجنة مماثلة لأعداد نظم وقواعد التأسيسات أعقبتها لجان وهيئات مماثلة في العديد من دول العالم لنفس الغرض.

التأسيسات الكهربائية

تعرف التأسيسات الكهربائية بشكل عام على انها التركيبات الكهربائية تشمل الأسلاك والقابلوات والمحولات والمفاتيح وأية مكونات كهربائية ذات ميزات منسقة لتحقيق غرض أو أغراض معينة في المباني. كما ان هناك شروط ومتطلبات يجب اتباعها للحصول على تأسيسات كهربائية امنة وجيدة ونذكر منها

1- القيام بالتأسيس الجيد وتطبيق القواعد والنظم الخاصة بالسلامة والامان مع نظافة المكان واستخدام المواد في مواقعها المناسبة
2- الاختيار المناسب من احجام الموصلات والانابيب والمعدات الخاصة بالتأسيس مع الثبيت الجيد للوحات والمفاتيح والمأخذ وكافة المعدات وحمايتها من التلف
3- ربط السلك الفعال (الحار) دائما الى مفتاح او قاطع دورة لضمان انقطاع الكهرباء اثناء القيام بالصيانة
4- العزل الجيد لجميع الاسلاك والموصلات ونقاط الربط بمواد عازلة جيدة بالإضافة الى حمايتها من الاجهادات الميكانيكية
5- ربط الاجزاء المعدنية والمعدات الكهربائية مثل المحركات الكهربائية وغيرها بالسلك الارضي بصورة جيدة مع المراقبة المستمرة

6- توفير الحماية الجيدة لكل دائرة كهربائية حسب متطلبات الدائرة والتيار المار من خلالها لضمان العزل الكهربائي عند حدوث الاعطال والمشاكل
7- القيام بالصيانة الدورية او حسب مقتضيات الحاجة لكافة التأسيسات الكهربائية

اجراءات السلامة من الصعقة الكهربائية

تعرف الصعقة او الصدمة الكهربائية بأنها مرور التيار الكهربائي في جسم الإنسان أو مما يسبب آثار حرارية وتحليلية وبيولوجية لجسم الإنسان كما مبين في الشكل -1-، ويتمثل الأثر الحراري في الاحتراق الذي يصيب الأجزاء الخارجية للجسم وكذلك لسخونة الأوعية الدموية، و يتمثل الأثر التحليلي في تحلل الدم و السوائل الحيوية الأخرى مما يؤدي إلى إتلاف تركيبها الفيزيائي والكيميائي و يتمثل الأثر البيولوجي في تهييج الأنسجة الحية الذي يمكن ان يترافق مع تقلصات تشنجية غير إرادية للعضلات بما فيها عضلات القلب و الرئتين، مما يؤدي إلى تمزق الأنسجة و اختلال في عمليتي التنفس ودورة الدم. و قد تختلف شدة تلك الآثار ودرجة خطورتها تبعا إلى ثلاثة عوامل رئيسية هي:

- مسار التيار في جسم الإنسان
- شدة التيار المار في جسم المصاب
- الفترة التي يبقى المصاب خلالها تحت تأثير الصعقة.

كما يمكن الوقاية من الصدمات الكهربائية بأتباع الخطوات التالية

- لتلافي حدوث الصدمة الكهربائية يجب ان تكون جميع الأجهزة الكهربائية محمية بأجهزة حماية (مصهرات وقواطع)كما يجب تأريض جميع الأجهزة
- التقيد بإجراءات السلامة اثناء العمل بصيانه الكهرباء من لبس القفازات واستخدام العدد المعزولة عزلا جيدا كما يجب عدم ترك الادوات وعدة العمل دون ترتيب
- الابتعاد عن العمل في حالة الارهاق او المرض ,التحرك ببط اثنا ء العمل وعدم الاستعجال في اداء العمل والانشغال بأمور اخرى وعدم العمل حافي القدمين او العمل على ارضية رطبة

المقادير	شدة التيار (ملي أمبير)	التأثير الناتج عنه
الآمنة	واحد أو اقل	لا يشعر به الإنسان
	8-1	يشعر بالصدمة بدون آلم ويمكنه الابتعاد عن المصدر والتحكم في عضلاته
غير الآمنة	15 – 8	صدمة مؤلمة بمكنه الابتعاد والتحكم في عضلاته
	20 – 15	صدمة مؤلمة، يفقد السيطرة في العضلات القريبة من مكان الصدمة
	50 – 20	آلم وتقلص شديد في العضلات صعوبة بالتنفس – لا يتمكن من الحركة
	100 – 50	اضطرابات القلب الحالة الناتجة تسبب الوفاة
	200 فأكثر	حروق شديدة – تقلص شديد بالعضلات، وتحدث الوفاة بصورة مؤكدة. أثناء الصدمة

شكل -1- شدة التيار الكهربائي وتأثيره على جسم الانسان

الاسلاك والقابلوات والعوازل المستخدمة في التأسيسات الكهربائية

تعتبر الاسلاك والقابلوات هي الوسط الناقل للتيار الكهربائي من المصدر الى الحمل وتختلف هذه الاسلاك والقابلوات من حيث الحجم والنوع اعتمادا على طبيعة العمل المراد تنفيذه من خلالها اما العوازل فهي ضرورية جدا في عمليات العزل الكهربائي لضمان سلامة العمل. ولتسليط الضوء على هذة المكونات يجب في البداية معرفة استجابة المواد في الطبيعة الى الكهربائية حيث يمكن تقسيم المواد في الطبيعة حسب استجابتها الى لمرور التيار الكهربائي الى

- **المواد الموصلة** : وهي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها وتكون مقاومتها للتيار واطئة في درجات الحرارة الاعتيادية وتشمل هذة المواد بشكل العام المعادن مثل الالمنيوم والنحاس والذهب والفضة . وتعتمد مقاومة المواد بشكل عام على قانون اوم كما يمكن ايجادها اعتمادا على مساحة مقطع الموصل (A) وطول الموصل (L) والمقاومة النوعية للمعدن (ρ) وحسب العلاقة التالية :

$$R = \rho \frac{L}{A} \ (\Omega)$$

- **أشباه الموصلات** :- هي مادة صلبة ينتقل فيها التيار الكهربائي بصعوبة، يتم التحكم في موصليتها الكهربائية بإضافة عناصر أخرى بكميات ضئيلة مثل السيليكون والجرمانيوم. شبه الموصل تكون مقاومته الكهربائية ما بين الموصلات والعوازل. وتعتبر مهم في تنظيم التيار الكهربائي وفي انظمة الحماية مثل الدايود والترانزستور.
- **المواد العازلة** :- وهي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها وبذلك تكون رديئة التوصيل مثل الخشب والمطاط البلاستك . لذا تستخدم في العزل الكهربائي والحماية.

الاسلاك والقابلوات

تتكون الاسلاك والقابلوات بشكل عام من موصلات اسطوانية الشكل وصلدة, وظيفة الأسلاك والقابلوات الرئيسة هي توصيل الدائرة الكهربائية بين المصدر والحمل وتختلف في اشكالها واحجامها وانواعها تبعا لظروف العمل والتصميم الكهربائي والكلفة. ويمكن تلخيص الفرق بين الاسلاك والقابلوات بأن الأسلاك تختلف عن القابلوات في قياساتها واستخداماتها. حيث ان الأسلاك تستخدم الفولتيات القليلة **(200-380 V)** وقياساتها محدودة وعازلها محدود المقاومة وظروف الاستخدام وهي متفردة او مزدوجة او ثلاثية. شكل -2- يبين نموذج من الاسلاك الكهربائية

شكل-2- الاسلاك الكهربائية

اما **القابلو** فيعرف بانة عبارة عن موصل او موصلين او اكثر معزولة عن بعضها بمادة عازلة وتغلف سوية. تستخدم القابلوات لنقل تيارات مختلفة(قليلة -متوسطة -عالية)وتستخدم لمختلف الجهود او الحرارة العالية او الرطوبة او في الانهار او تحت الارض او اماكن توجد فيها مواد كيمياوية او غازية شكل -3-.

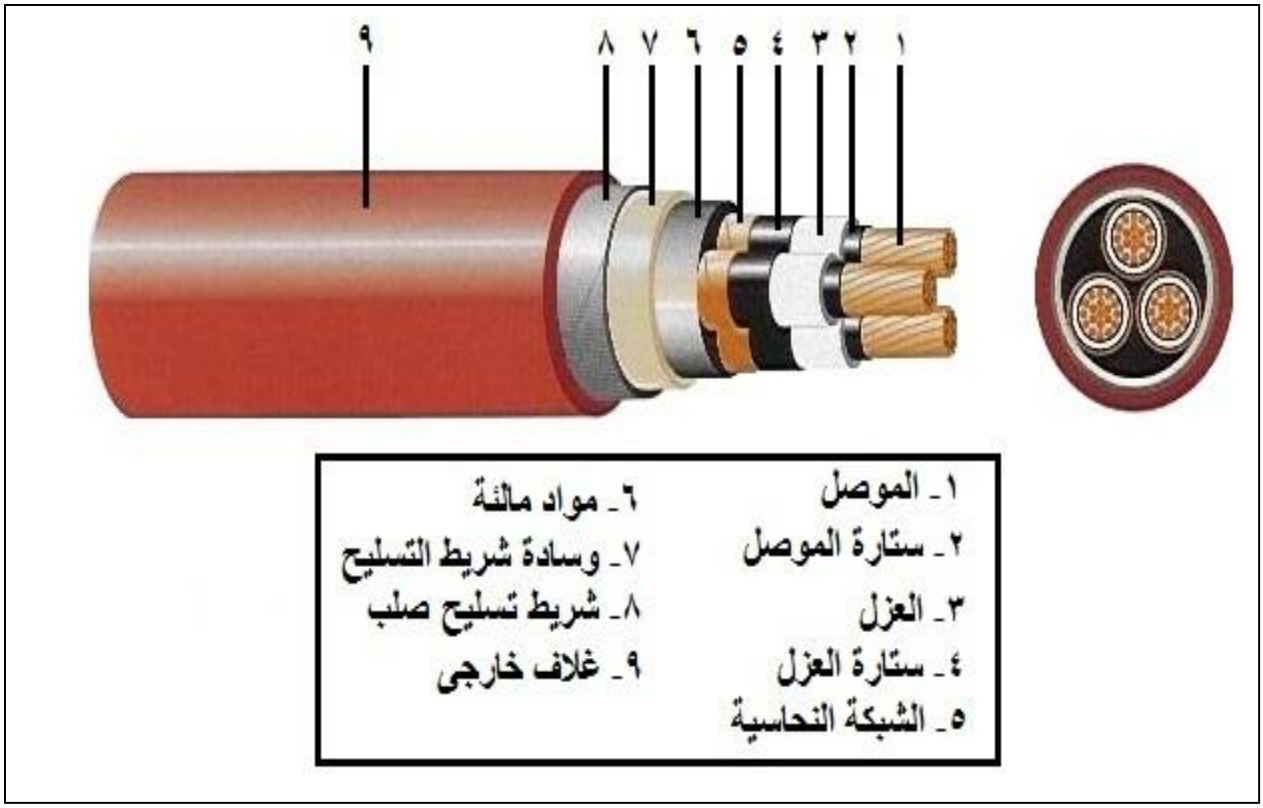
شكل -3- نموذج من القابلو الكهربائي

التركيب العام للقابلو الكهربائي

يتركب القابلو بشكل عام من الاجزاء الرئيسة التالية شكل -4-

1- الموصل
2- العازل
3- الاغلفة
4- التسليح
5- الغطاء الواقي

الاجزاء المبينة أعلاه تختلف من قابلو الى اخر اعتمادا على التطبيقات العملية وظروف العمل .



شكل -4- الاجزاء الرئيسية في القابلو الكهربائي

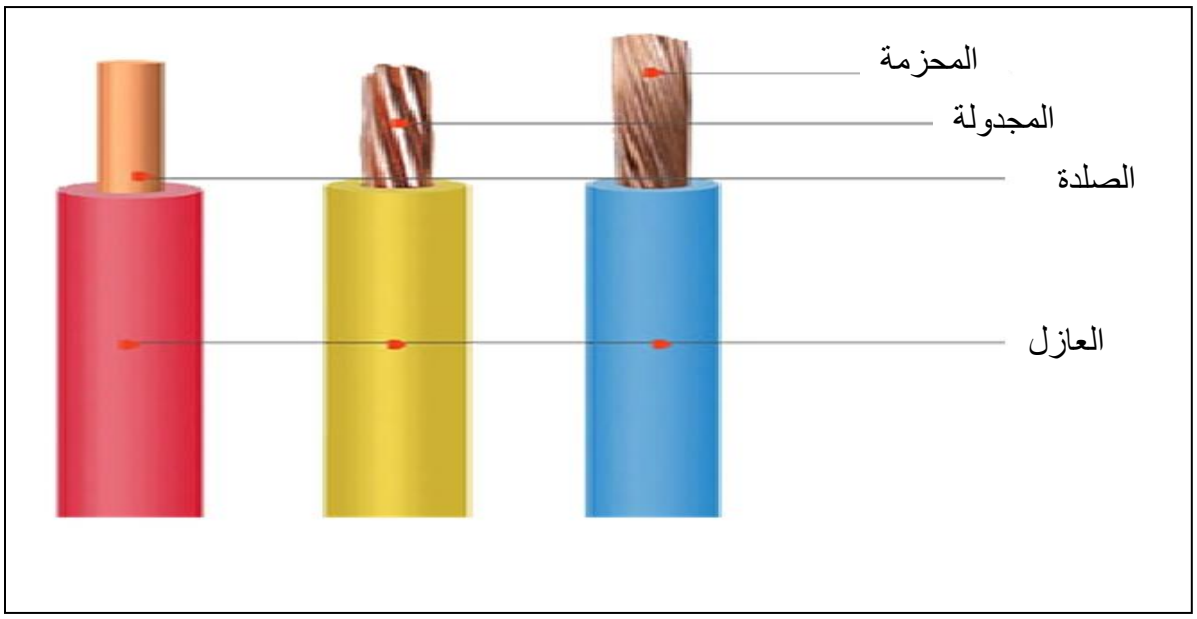
وفيما يلي توضيح مختصر الى الاجزاء الرئيسية للقابلو:-

- **الموصل:-** يعتبر الموصل هو قلب القابلو الكهربائي ويقوم بتوصيل التيار الكهربائي ويصنع الموصل من الالمنيوم او النحاس او الالمنيوم المغلف بالنحاس والبرونز. هناك انواع من الموصلات يمكن تلخيصها بما يلي شكل -5-

1- الموصلات الصلدة وغالبا ما تتكون من سلك واحد وتستخدم في المسافات القصيرة مثل التأسيسات المنزلية

2- الموصلات المجدولة وهي عدة اسلاك بمساحة مقطع كبيرة تلف مع بعضها بهيئة جدائل وتستخدم في المسافات المتوسطة والقصيرة مثل نقل الطاقة وتوزيعها

3- الموصلات المحزمة او العنقودية وهي عدد كبير من الاسلاك بمساحة مقطع صغيرة



شكل -5- انواع الموصلات المستخدمة في القابلوات

- **العازل** :- توضع المواد العازلة بين القابلوات التي تحتوي على اكثر من موصل منفرد (او مجموعة من الموصلات المنفردة) وذلك لعزلها عن بقية الموصلات وتستخدم في الدوائر الكهربائية ثلاثية الطور **(3 phase)** وتستخدم انواع مختلفة من العوازل اشهرها المطاط , المطاط السليكوني البلاستك , العازل المعدني , الاسبستوس , الورق , القماش العازل الزجاجي. ومن اكثر المواد المستخدمة في العزل

1- الاسبستوس :- هو العازل يصادم الحرارة ويستعمل في الافران الكهربائية وغرف المراجل

2- مادة P.V.C :- مادة البوليستيل كلوريد صنعت عام 1331 سميت هكذا الى المادة العازلة وهي من المشتقات النفطية لها مصادمه عالية للرطوبة والتأثير الكيمياوي قليل عليها لأنها مادة كاملة وتقاوم الصدأ

- **الاغلفة :-** تستخدم الاغلفة غالبا مع القابلوات لغرض منع تسرب الرطوبة وهناك انواع مختلفة من الاغلفة منها شكل -6-

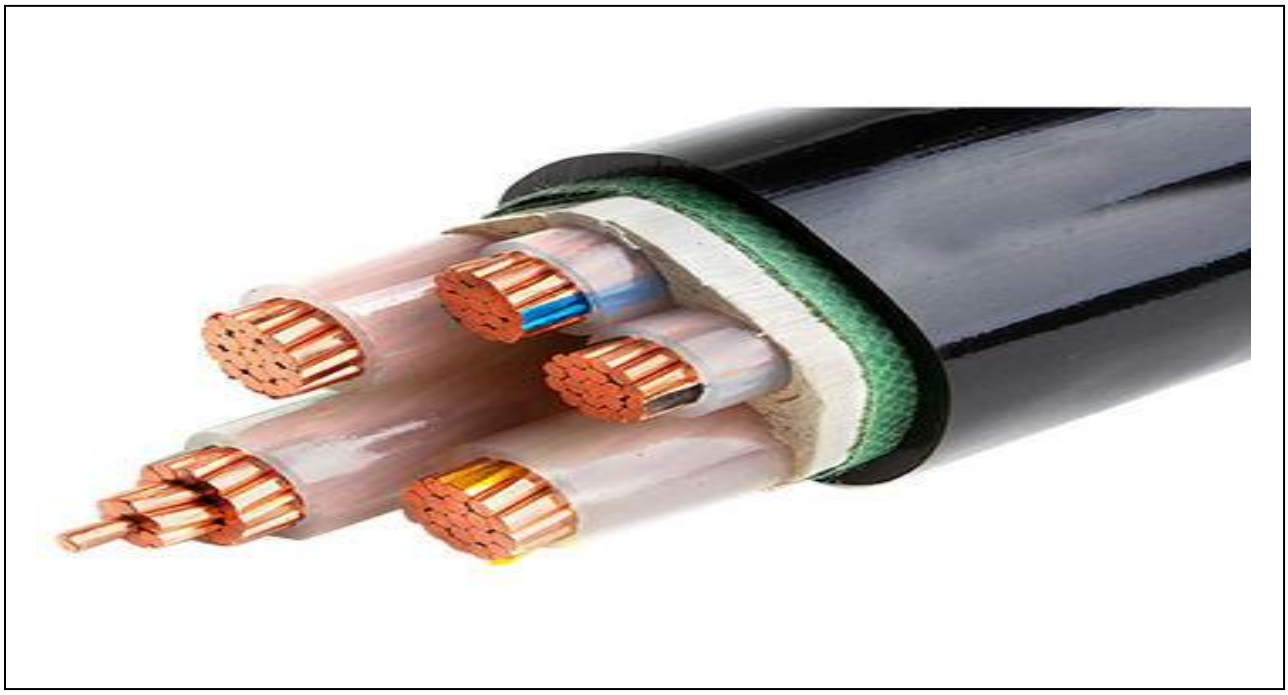
1- التغليف بالرصاص ويستخدم لمنع تسرب الرطوبة إلى داخل القابلو ولمنع خروج الزيت إلى الخارج في القابلوات الورقية

2- التغليف بالألمنيوم ومن مميزاته خفيف الوزن وقوي واستخدامه يزيد من مرونة القابلو

3- التغليف بالورق

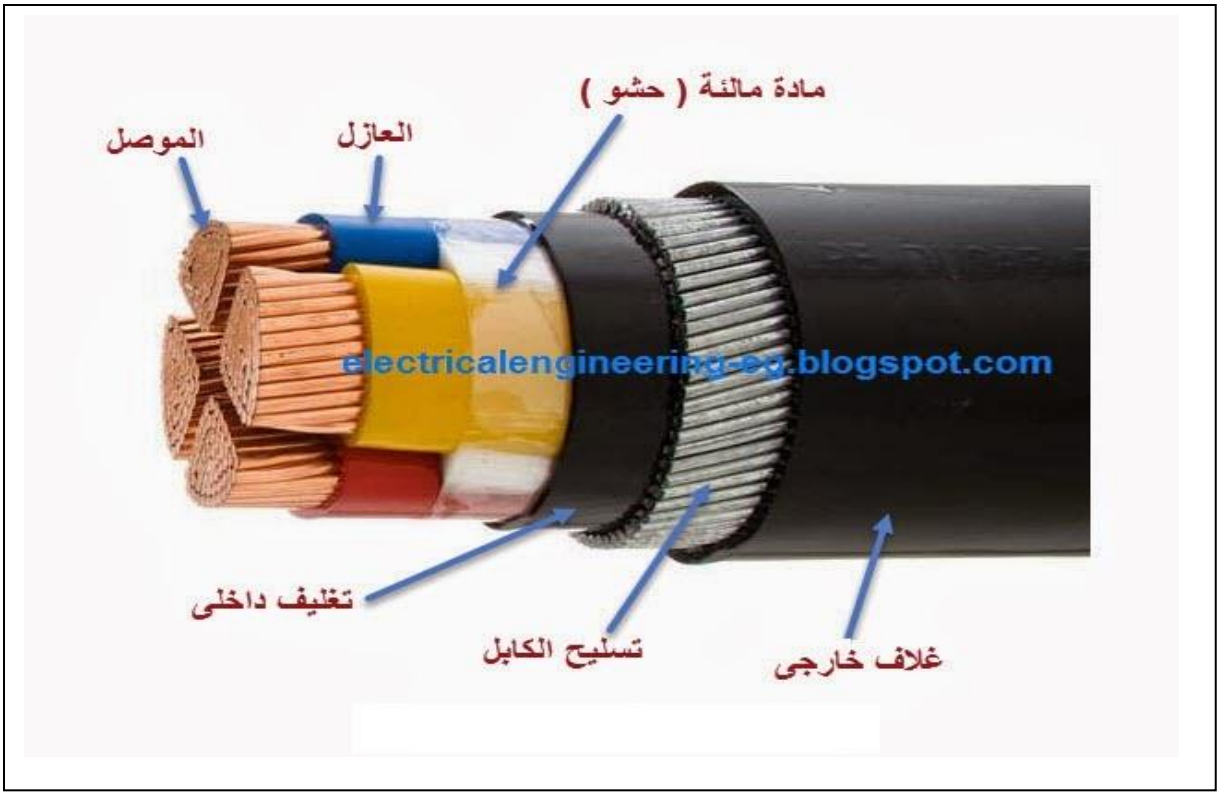
4- التغليف بالبلاستك p.v.c

5- التغليف بالمواد الليفية مثل القماش



شكل -6- التغليف في القابلو الكهربائي

- **التسليح :-** يستخدم التسليح وذلك لضعف القابلوات عن تعرضها للإجهادات الميكانيكية الخارجية (اي لإعطاء القابلو القوة الميكانيكية في الشد والحماية من الصدمات الخارجية .) فيتم تسليح القابلوات بليف طبقتين من شريط الصلب او طبقتان من اسلاك الصلب الملفوفة. شكل -7-
- **الغطاء الواقي** :- تغطى جميع القابلوات سواء كانت مسلحه او غير مسلحه بمادة واقية وذلك لحماية القابلو من الرطوبة , الصدأ ,الحريق , الغازات , الظروف الخارجية الاخرى من الاماكن ,استخدام المطاط وشرائط النسيج او البلاستك او القار.



شكل -7- يبين التسليح والغلاف الخارجي للقابلو الكهربائي

مميزات القابلوات مقارنه بخطوط النقل الهوائي

- **المحاسن**

1- لا تشغل حيز كبير من الفراغ

2- غير معرضة لحالات التفريغ الجوي

3- صيانتها اقل كلفة بسبب قلة التأثيرات الميكانيكية عليها

- **العيوب**

1- كلفتها عالية

2- لا يمكن تغيير موضعها في الحالات التي تتطلب ذلك

3- الصعوبة في ايجاد وحصر الخطأ او العطل

تصنيف القابلوات

يتم تصنيف القابلوات الكهربائية بشكل عام كما يلي

1- تصنيف القابلوات حسب الجهد الذي تعمل علي

- قابلوات الجهد المنخفض : والتي تعمل على جهد 400 فولت
- قابلوات الجهد المتوسط : والتي تعمل على الجهد ولغاية 11 كيلو فولت
- قابلوات الجهد العالي : والتي تعمل على الجهد اكبر من 11 كيلو فولت.

2- تصنيف القابلوات من حيث التسليح

- القابلوات المسلحة
- القابلوات غير المسلحة

3- تصنيف القابلوات حسب العوازل المستخدمة

ا- القابلو ذو العازل المطاطي المقسى Vulcanized rubber insulation(V.R.I)

الموصل من النحاس او الالمنيوم , العازل المستخدم من المطاط المقسى المعالج بإضافة الكبريت لغرض التحكم بالمقاومة الميكانيكية يعلوه شريط من القطن غير مناسب للحالات التي تتخللها الرطوبة ويستخدم لحالات الجهد الواطئ شكل -8- ويمتاز بالمرونة العالية وسهولة الاستخدام غير انه قابل لامتصاص الماء مما يقلل من خواص العزل ولا يقاوم التفاعلات الكيمائية وسريع التفاعل مع الزيت .

شكل -8-قابلو العازل المطاطي المقسى

ب- القابلو ذو الغلاف المطاطي المتين tough rubber sheath cable (T.R.S)

لوحظ أن القابلوات ذات العازل المطاطي المقسى V.R.I غير مناسبة لحالات التشغيل التي تتخللها الرطوبة لذا أدخلت قابلوات T.R.S لو هذا الاحتياج على شكل غلاف من المطاط القوي وله المقاومة عالية ضد الماء ويستخدم في الحالات التشغيل التي تتخللها نسبة من الرطوبة شكل رقم -9-

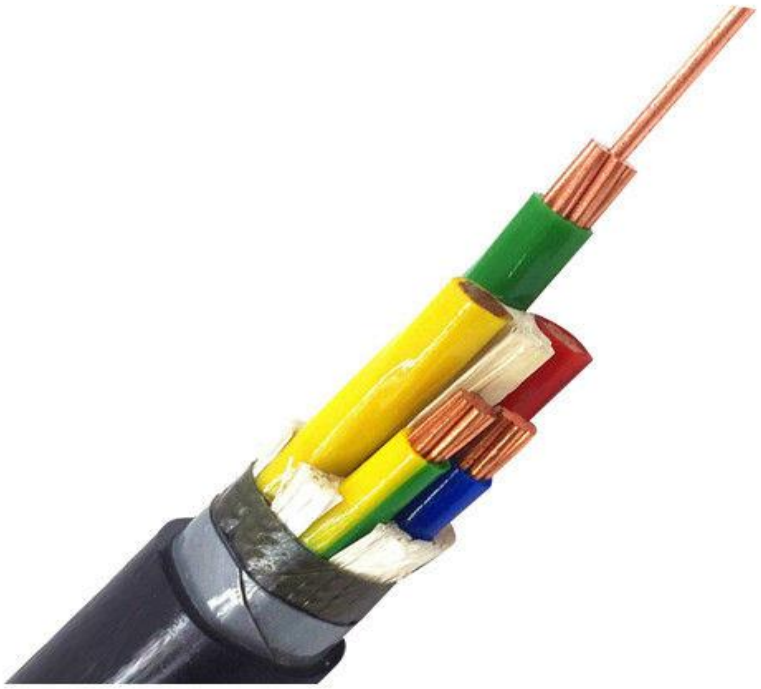
شكل -9- القابلو ذو الغلاف المطاطي المتين

ت- القابلو ذو العازل البلاستيكي poly vinyl – chloride cable (P.V.C)

تم تصنيعه عام 1987 وان هذه القابلوات سميت بهذه التسمية استناداً الى ماده العزل والتي تم تصنيعها من المشتقات النفطية حيث لها مقاومة عالية للرطوبة والتأثير الكيميائي قليل عليها لانها ماده خاملة اضافة الى انها تقاوم الصدأ وهناك تحديدات لاستخدام ال p.v.c فيجب أن لا نزيد درجة الحرارة عن ($70\ C^O$) حيث أن الحرارة العالية تغير من مواصفات المادة وتعرضها للتلف وكذلك يكون التأثير نفسه في درجات الحرارة الواطئة حيث يميل البلاستك الى تشقق يكون الموصل من النحاس او الألمنيوم المجدول والعازل من البلاستك p.v.c والغطاء الواقي من البلاستك الصلب p.v.c يستخدم في حالة الجهد العالي في الغالب شكل -10-

محاسن القابلو :- قوة العزل الكهربائي عالية , له قوة ميكانيكية عالية , له مقاومة عالية ضد اللهب , عمره طويل

عيوب القابلو :- يستخدم فقط في الحالات التشغيل التي لا تزيد فيها درجة الحراره عن ($70\ C^O$)



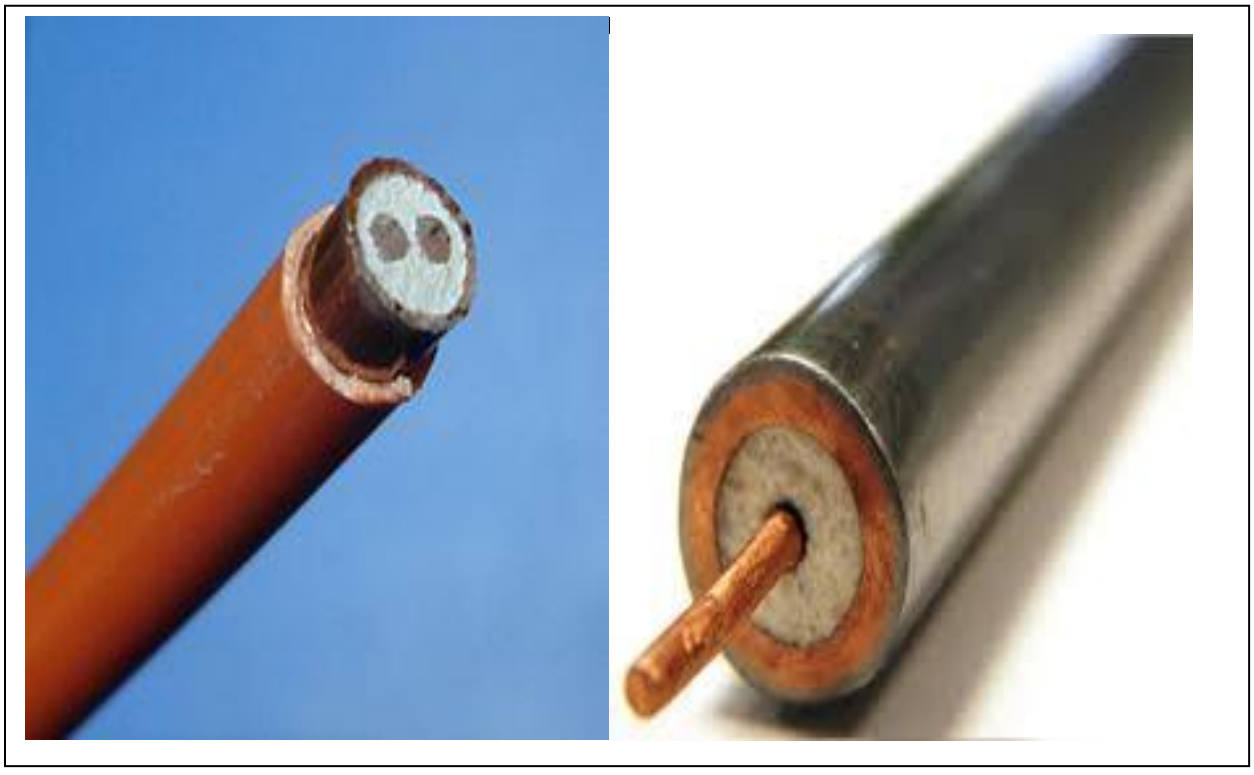
شكل -10- القابلو ذو العزل البلاستيكي

ث- القابلوات ذات مواد العزل المعدني Mineral insulated materials cable (M.I.M)

في هذا النوع الموصل من النحاس محاطاً بأنبوبه تملأً بأوكسيد المغنيسيوم العازل وتكون بشكل مسحوق ابيض powder ثم تأتي بطبقة التسليح وهي سلك من الالمنيوم يلف حول الأنبوبة لزيادة القوة الميكانيكية للقابلو ثم يأتي الغطاء الواقي من ماده p.v.c ويجب سد نهايتي القابلو من كلا الجهتين , يستخدم لحالات التشغيل ذات الحرارة العالية (اكثر من 80 مئوية) شكل رقم -11-

محاسن القابلو :- غير قابل للاشتعال , مانع للرطوبة والزيوت واي سوائل اخرى , له مقاومة ميكانيكية عالية, معدل تحمله للتيار عالي

عيوب القابلو :- يحتاج الى مهارات في التنفيذ , يحتاج الى معدات تنفيذ خاصة



شكل -11- القابلو ذو مواد العزل المعدني

ج- القابلوات الورقية ذات الغلاف الرصاصي PILCS

Paper insulation lead cover sheath cables

في هذا النوع من القابلوات يكون الموصل من النحاس او الالمنيوم المجدول, والعازل من الورق المشبع بالزيت على شكل شريط يلف بطريقه حلزونية حول الموصل طبقة تلو الاخرى ويعتمد عددها على درجة العزل ويكون عددها من (22-27) طبقة ثم يأتي غلاف من الرصاص يمنع تسرب الزيت الى الخارج) ودخول الرطوبة الى العازل ويستخدم كأرضي ايضاً يتلو هذا الغلاف طبقة من الورق المشبع بالقار ثم تأتي طبقة التسليح وهي عبارة عن شريط من صفائح الحديد تلف حول القابلو نصف على نصف ثم تأتي طبقة من الجوت(خيوط) المشبعة بالمادة القار وتعتبر كغطاء واقي ,ويستخدم هذا النوع من القابلوات في حالات الجهد المتوسط للقابلولات الارضية شكل -12-

شكل -12- القابلو الورقي ذو الغلاف الرصاصي

طرق مد القابلوات

هناك عدة طرق يتم استخدامها في مد القابلوات الكهربائية اعتمادا على نوعية الاحمال , المسافة بين الحمل والمصدر , الطبيعة الجغرافية للمنطقة , الكلفة الاقتصادية ,الظروف الجوية وغيرها من العوامل وفيما يلي نستعرض اهم الطرق المستخدمة

1- على الاعمدة والجدران : وتستخدم هذة الطريقة في الازقة والاحياء الضيقة واحيانا في تأسيسات المعامل والمنازل والاحمال القليلة
2- الدفن المباشر تحت الارض :- تتميز هذة الطريقة بالكلفة القليلة وسهول التنفيذ ويتم دفن القابلو على اعماق تتراوح بين (70 cm- 100) ويتم استخدام هذة الطريقة في المسافات المفتوحة خارج المدن ومن مساوئ هذة الطريقة التسريب الحراري الكبير وصعوبة اصلاح الاعطال حيث ان ذلك يتطلب في البداية عملية كشف العطل ثم الحفر مما يزيد في التكاليف شكل -13-

شكل -13- الدفن المباشر للقابلو الكهربائي تحت الارض

3- داخل انابيب تحت الارض :- يتم استخدام الانابيب البلاستيكية او الاسبستية ,حيث يتم مد القابلوات من خلالها وتستخدم هذة الطريقة في المنازل والمعامل لا يصال القابلو الرئيسي الى لوحة التوزيع وتتميز هذة الطريقة بسهولة استبدال القابلو عند العطل وقلة التسريب الحراري للقابلو و تستخدم في المسافات القصيرة شكل -14-

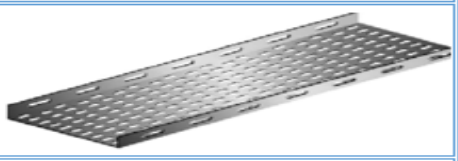
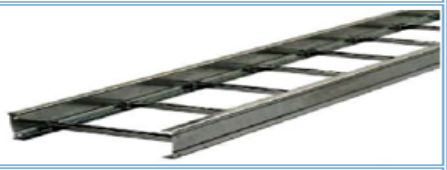
شكل -14- مد القابلوات في انابيب تحت الارض

4- داخل القنوات الارضية : يتم حفر قنوات ارضية بأبعاد مناسبة لمد القابلوات الى المعامل الكبيرة والمدن حيث تكون الاحمال عالية والمسافة بين الحمل والمصدر بعيدة نسبيا وتعتبر هذة الطريقة مكلفة اقتصاديا لاحتياجها لا عمال مدنية كبيرة من حفر القنوات والخنادق شكل -15-

شكل -15- حفر القنوات الارضية لمد قابلو ارضي

5- على حامل للقابلوات :- يستخدم في هذة الطريقة حوامل معدنية مثقبة يتم تثبيتها على الجدران او السقوف الموجودة في المختبرات او الغرف الخاصة بالمكائن او المعامل ويتم مدها لمسافات قصيرة

شكل-16-

Cable tray types	Suitable for	Applications with Heat Generated	Figure
Perforated	Power & Data Cables	Moderate	
Ladder	Power & Large Cables	High	
Duct	Power & Data Cables	Minimal	
Wire Mesh	Data & Fiber Optic Cables	-	
Cable Trunking	smaller & Data Cables	-	

شكل -16- حوامل القابلوات

اعطال القابلوات الكهربائية

تحدث الاعطال في القابلوات الكهربائية لعدة اسباب منها بشرية وهي الاعطال التي يتسبب بها الانسان مثل التصميم الخاطئ او ان تكون الاعطال بفعل الطبيعة مثل الرطوبة والتفاعلات الكيميائية وفيما يلي سوف نستعرض اهم الاعطال واسبابها وكيفية الكشف عنها

انواع الاعطال في القابلوات

- القطع
- التماس بين الاطوار
- التماس بين الاطوار والارض

اسباب الاعطال في القابلوات الكهربائية

1- الاخطاء البشرية :- الاختيار الخاطئ للقابلو الكهربائي ويمكن تفادي هذا النوع من الاخطاء بأجراء حسابات تحدد من خلالها مساحة مقطع الموصل المناسب ونوع العازل المستخدم اعتمادا على

- نوعية الحمل
- تيار الحمل
- درجة حرارة المحيط
- الظروف البيئية
- مكان مد القابلو
- عدد القابلوات المجاورة

علما ان تحديد مساحة مقطع القابلو الكهربائي والمعتمد اساسا على قيمة التيار المار بة تلعب دورا مهما في

- تحديد المفاقيد في الجهد
- زيادة درجة الحرارة
- تلف العوازل
- حدوث قصر بين الموصلات

2- الظروف البيئية :- بما ان القابلوات الكهربائية تكون بتماس مباشر مع البيئة والمحيط سواء كانت هوائية او ارضية فانها تكون عرضة لمشاكل الطقس , الرطوبة , الاجهادات الميكانيكية , تفاعل المواد الكيميائية او الزيوت وكل هذة العوامل تؤدي الى تلف العازل وبالتالي قد تسبب تماس بين الاطوار مع بعضها او مع الارض . كما ان استخدام القابلو لفترة طويلة ونتيجة للتأثيرات البيئية يؤدي الى استهلاك مادة العزل.

طرق كشف الاعطال فى القابلوات الكهربائية

هناك عدة طرق يتم استخدامها لغرض الكشف عن الاعطال في القابلات الكهربائية نذكر منها

1- الكشف النظري :- وهو عملية متابعه الكابل من بداية التوصيل حتى الحمل في حالة توفر مخطط يوضح مسار القابلو حيث قد يحدث القطع نتيجة مرور بعض الاليات الثقيلة علي مجري الكوابل او نتيجة أعمال الحفر في منطقه ما دون الرجوع للرسومات.

2- استخدام جهاز الحث الكهرومغناطيسي :- يتكون الجهاز من ثلاثة اجزاء مرسل الاشارة وملف البحث ومستلم الاشارة . يتم ارسال اشارة كهربائية من مرسل الاشارة في احد اطراف القابلو كي يتم استلامها من خلال ملف البحث الذي يربط مع الطرف الاخر والارض لاكمال الدائرة الكهربائية . يقوم ملف البحث باستلام الاشارة وايصالها الى المستلم وعند تمرير المستلم قرب القابلو سوف يحسب قيمة الاشارة الكهرومغناطيسية ويحولها الى قيمة مقروءة ويقف عند اقل قيمة والتي تحدد مكان العطل

3- تحديد اختبار الموصلية او العازلية باستخدام جهاز المجر (megger) للاطوار مع بعضها البعض او مع الارضي .

نظم التسليك الكهربائي Electrical wiring systems

يقصد بالتسليك الكهربائي هو كيفية توصيل أو سحب التوصيلات الكهربائية (الاسلاك) الخاصة بأي تأسيس .
كما توجد عدة انواع من انظمة التسليك الكهربائي يمكن استخدامها ولكل نظام محاسنه ومساوئه و لاختيار نوع نظام التسليك يجب مراعاة ما يلي

1 -نوع الحمل الذي يتم تغذيته

2 -نوع التيار

3 -الكلفة الاقتصادية

4 -الفترة الزمنية المتوقعة لعمر التأسيس

5 -الشكل او المظهر الخارجي للتأسيس

6 -العمل والمتانة

7 -الظروف غير الطبيعية مثل (الرطوبة , غازات وابخرة أو مؤثرات ميكانيكية)

انظمة التسليك الكهربائي

1 -نظام التسليك باستخدام الموصلات العارية

2 -نظام التسليك بالقابلوات المعزولة بالورق

3 -نظام التسليك المثبت (cleat)

4 -نظام التسليك بالموصلات المعزولة (قابلوات)

5 -نظام التأسيس بالأنابيب

6 -نظام التسليك المغلق بالخشب

❖ **نظام الموصلات العارية bar conductor system**

ويستخدم هذا النظام في بعض الاغراض الخاصة مثل

1 -التوصيلات الخاصة بالارضي

2 -كموصلات في نظام الجهد المنخفض جداً

3 -في المصاعد وقضبان التوصيل العابرة

4 -في الباصات الكهربائية والرافعات

ومن اهم مساوئ نظام الموصلات العارية هو امكانية حدوث الحريق بالإضافة الى حدوث الصدمات الكهربائية

الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استخدام هذا نظام الموصلات العارية-:

- وضع قضبان التوصيل والموصلات التي تحمل جهد اً بحدود (415-220) فولت بحيث تكون بعيدة عن متناول الاشخاص العاديين.
- ان يكون العازل الذي تعلق عليه الموصلات قوياً ومثبتاً وان لا تزيد المسافة بين طرفي تثبيت الموصلات عن 10 متر
- ان توضع في اماكن تسمح للموصلات بالتمدد والانكماش مع تغير درجة الحرارة الناتجة عن تغير تيار الحمل
- عند اختراق الجدران أو الاسقف والارضيات يتم وضع الموصلات داخل انابيب او قنوات معدنية مؤرضة وتكون الموصلات محاطة بماده عازلة غير قابلة للاحتراق

❖ **نظام التسليك المثبت cleat**

هذا النظام يعتبر من ارخص النظم من حيث الكلفة وفيه نجد ما يلي :-

1- يتم تثبيت قابلو ذو قلب واحد او اكثر بواسطة الكلبسات على ان لا تزيد المسافة نقطة تثبيت واخرى عن 5 سم.

2- تثبت القابلوات على ارتفاع مترين من الارضية فتكون امينه ولا تحتاج الى احتياطات ضد المؤثرات الخارجية

1- يستخدم هذا النظام في التأسيسات المؤقتة او التي لا يهم فيها الشكل و المظهر الخارجي

- **نظام التسليك بالأنابيب conduit wiring system**

في هذا النظام يستخدم انبوب لحمل قابلو او عدة قابلوات . وظيفة الانبوب هو حمل وحماية القابلوات من المؤثرات الخارجية , تصنع الانابيب من مواد مختلفة مثل انابيب الالمنيوم , انابيب النحاس, انابيب الصلب المرنة , انابيب البلاستيكية .من مميزات نظام التسليك بالأنابيب-:

- يعطي القابلوات بداخله درجة عالية من الحماية ضد المؤثرات الخارجية
- التقليل من خطورة الحريق
- يعطي توصيل جيد وفعال للتأريض
- يمكن اعادة التسليك مرة اخرى بسهولة .

الخطوات او النقاط التي يجب اتباعها عند استخدام هذا النظام-:

- يجب نصب الانابيب وتأمينها قبل وضع القابلوات
- علب التفرع والفحص يجب ان توضع في اماكن يسهل الوصول اليها
- عند وضع عده قابلوات في انبوب واحد يجب ان لا يزيد معامل الفراغ عن 40% حيث ان

$$\text{معامل الفراغ} = \frac{\text{مجموع مساحات القابلوات}}{\text{مساحة المقطع الداخلي للانبوب}} \times 100\ \%$$

الغرض من ذلك ان يتم التسليك بسهولة وأمان , فإذا مر القابلو بزاويتين 90 درجة فانة ذلك سيسبب مضايقه عند التسليك لهذا يجب ان يقلل معامل الفراغ حتى يتسنى سحب القابلو بسهولة , بالإضافة عند مرور التيار الكهربائي في القابلوات ينتج حراره قد تؤدي الى تغير شكل العوازل المضغوطة.

- عند الانحناء يجب ان لا يقل نصف القطر الداخلي للانحناء عند مره من القطر الخارجي للأنبوب ويجب ان لا يقل عن اربعة امثال قطر أكبر قابلو ممدود داخل الانبوب.
- يجب ازالة النتوءات من اطراف الانبوب بعد قطع الانابيب للحماية من احتمال قشط العازل للقابلو.
- نهاية اطراف القابلو يجب عزلها بماده غير قابلة للاحتراقtape
- من الضروري تأريض التأسيس.
- يجب وضع السلك الحار والسلك البارد ولحمل معين في نفس الانبوب وذلك للأنابيب المصنوعة من مادة مغناطيسية (الصلب)
- يجب تصريف الرطوبة المتكونة داخل الانابيب من خلال فتحات خاصة معدة لهذا الغرض .
- يجب وضع القابلوات الخاصة بالجهد المرتفع في انابيب تختلف عن الانابيب المخصصة للإنارة.
- عند اختراق الانابيب الاسقف او الجدران يجب ان تكون الفتحات مؤمنة بالإسمنت

مقارنة بين نظام التسليك باستخدام انابيب الالمنيوم والانابيب البلاستيكية

نظام التسليك باستخدام انابيب الالمنيوم	نظام التسليك باستخدام الانابيب البلاستيكية
- خفيفة وسهلة العمل ورخيصة - قليلة التأكل بالنسبة للصلب - تعطي تأريض جيد - مادة غير مغناطيسية - ليست قوية كالصلب لذا لا تعطي حماية ميكانيكية كبيرة	- خفيفة وسهلة الاستخدام اليدوي و رخيص الثمن - التأثر بالقوس الكهربائي قليل مقارنة بالأنابيب المعدنية - ماده غير مغناطيسية - لا تعطي حماية ميكانيكية كبيرة مقارنة بالأنابيب الحديدية

مثال 1 :- احسب حجم الانبوب البلاستيكي اللازم لاحتواء اربعة اسلاك القطر الخارجي لها 6.2mm وخمسة اسلاك اخرى بقطر خارجي4.5mm والاسلاك معزولة بمادة P.V.C .

الحل :-

بما ان القابلو على شكل اسطوانة لذا يمكن ايجاد مساحة القابلو باستخدام مساحة الدائرة كما يلي:-

$$A = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \pi$$

حيث ان D هو قطر موصل واحد

$$A_1 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \pi = \left(\frac{6.2}{2}\right)^2 \times \pi \times 4 = 120.76\ mm^2$$

$$A_2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \pi = \left(\frac{4.5}{2}\right)^2 \times \pi \times 5 = 79.52\ mm^2$$

اذا المساحة الكلية لجميع القابلوات تصبح

$$A = A_1 + A_2 = 120.76 + 79.52 = 200.28\ mm^2$$

بتطبيق قانون معامل الفراغ يمكن ان نحصل على مساحة الانبوب البلاستيكي كالاتي:-

$$\text{معامل الفراغ} = \frac{\text{مجموع مساحات القابلوات}}{\text{مساحة المقطع الداخلي للانبوب}} \times 100\ \%$$

$$\frac{40\%}{100\%} = \frac{200.28\ mm^2}{A_P} \implies A_P = 500.7\ mm^2$$

وبذلك يمكن ايجاد قطر الانبوب البلاستيكي كما يلي

$$\because A_p = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \pi \implies \mathrm{D} = \sqrt{\frac{4 \times A_p}{\pi}}$$

$$\mathrm{D} = \sqrt{\frac{4 \times A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 500.7}{\pi}} = 25.25\ mm$$

واجب بيتي:- احسب حجم الانبوب البلاستيكي اللازم لاحتواء خمسة اسلاك نصف قطرها الخارجي 4mm وسلكان القطر الخارجي لكل منهما يساوي 5cm علما ان الاسلاك معزولة و معامل الفراغ يساوي 0.55.

هبوط الجهد ومعادلات التيار voltage drop and current rating

يعرف هبوط الجهد بأنه فقدان جزء من الفولتية بين بداية الموصل (المصدر) ونهاية الموصل (الحمل) بشرط استمرارية مرور التيار الكهربائي خلال الموصل وتعتمد قيمة هبوط على عنصرين :

1- مقاوميه الموصل فكلما زادت خاصية المقاومة في الموصل واشتدت معاكسته للتيار كان الفقد أكبر مما لو كانت المادة ذات موصلية كبيرة ولذلك يستخدم الألمونيوم والنحاس في الدوائر الكهربية بسبب موصليتهم العالية وانخفاض معاكستهم للتيار بسبب انخفاض قيم مقاومتهم.

2- عدد الشحنات المارة في الموصل فكلما زاد عدد الشحنات زاد الفقد والانتقاص من الطاقة المكتسبة ولذلك في محطات القدرة يتم استعمال محولات كهربائية تقوم برفع الجهد وخفض التيار في خط النقل ليكون بالإمكان نقله إلى مسافات بعيدة جدا دون أن يعاني هبوطا كبيرا في الجهد وبهذه الطريقة يمكن تقليل الفقد حتى 100 مرة مما لو كان ينقل على مستوى فولتية المحطة أي من دون استعمال محولات تخفض قيمة التيار.

ويمكن حساب هبوط الجهد في الموصلات (الاسلاك والقابلوات) اعتمادا على قيمة مقاومة الموصل بالإضافة الى عدد الاطوار المستخدمة وفيما يلي كيفية حساب هبوط الجهد اعتمادا على تغذية الموصل

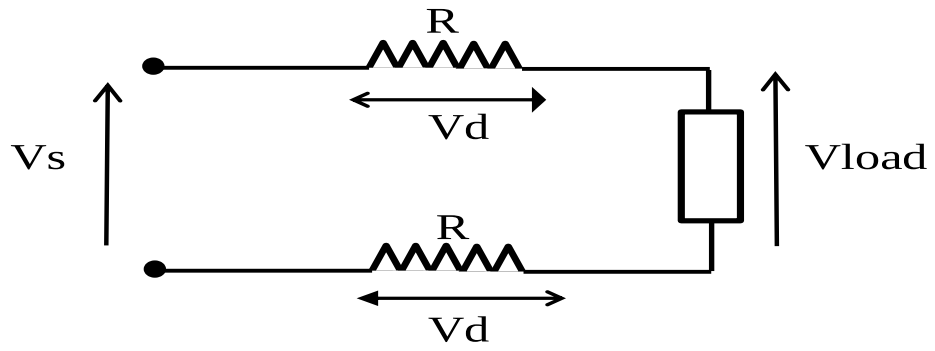
- **مغذي احادي الطور**

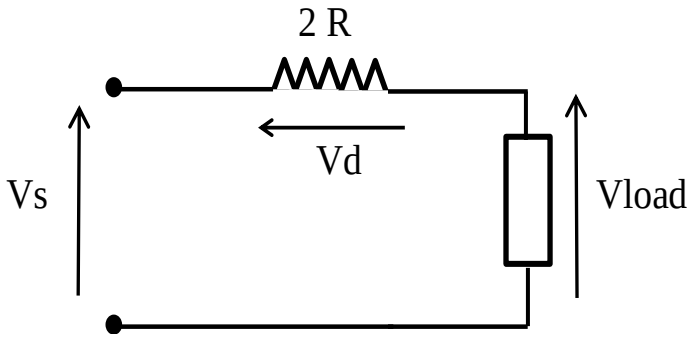
يتم تغذية الحمل في هذا النوع بواسطة موصلين من نفس النوع احدهما لمرور التيار من المصدر الى الحمل (الذهاب) والاخر لرجوع التيار من الحمل الى المصدر (الاياب) لذا فان كلا الموصلين يظهران هبوط جهد بسبب مقاومة الموصل كما مبين في الشكل أدناه .و يمكن حساب هبوط الجهد كما يلي

$$V_d = V_s - V_{load}$$

$$V_d = I \times 2R$$

حيث ان V_s هي فولتية المصدر و V_{load} هي فولتية الحمل و V_d هو هبوط الجهد بينما تمثل R مقاومة موصل واحد فقط .



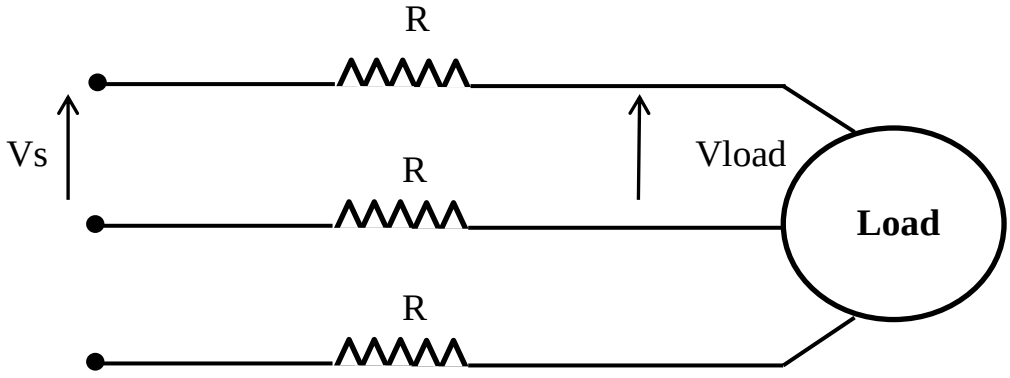


- **مغذي ثلاثي الطور**

يتم تغذية الحمل ثلاثي الاطوار باستخدام ثلاث موصلات متماثلة حيث تكون مقاومة جميع الخطوط متساوية كما مبين في الشكل أدناه . ويمكن حساب هبوط الجهد على الخطوط الناقلة كما يلي :

$$V_d = V_s - V_{load}$$

$$V_d = \sqrt{3}\, I \times R$$



كما يمكن حساب هبوط الجهد في الموصلات اعتمادا على نوع الموصل المستخدم لكل متر من العلاقة التالية :

$$V_d = \frac{MV \times I \times L}{1000}$$

حيث ان MV تمثل هبوط الجهد بالنسبة لنوع الموصل (القابلو) لكل متر ويمكن الحصول على قيمتها من الجداول الخاصة بالقابلوات ووحدتها هي $V/A/m$, بينما I يمثل التيار المار في الوصل و L يمثل طول الموصل.

ومما تجدر الاشارة الية ان القيم المسموح بها لهبوط الجهد كالاتي

- دوائر المحركات:- هبوط الجهد لا يزيد عن 2.5% من الجهد المقنن عند الحمل التام
- دوائر الانارة:- هبوط الجهد المسموح لا يزيد عن (1%-2%) من الجهد عند المستهلك

<u>اختيار حجم القابلو المناسب لتقليل هبوط الجهد</u>

ان اختيار حجم القابلو المناسب يلعب دورا كبيرا في تقليل مقدار هبوط الجهد علية لذا عند اختيار حجم القابلو في التوصيلات الكهربائية يؤخذ بنظر الاعتبار النقاط التالية

- مساحة القابلو
- درجة الحرارة المحيطة
- نوع الحماية المستخدمة
- القرب والبعد عن القابلوات الاخرى
- هبوط الجهد

- **مساحة المقطع**

ان قيمة التيار الذي يتحمله الموصل تعتمد على مساحة المقطع لذلك الموصل حيث ان لكل سلك قيمة معينة لأقصى تيار يمر من خلاله وعند تجاوز التيار الحد المسموح به يحصل ما يلي

- ارتفاع درجة حرارة القابلو مما يؤدي لزيادة مقاومته وبالتالي زيادة هبوط الجهد
- عازل القابلو له مقاومة معينة لدرجة الحرارة وعند ارتفاعها عن الحد المطلوب تؤدي الى تلف العازل
- استمرارية مرور التيار مع تلف العازل يؤدي لحدوث دائرة القصر Short circuit

- **درجة الحرارة المحيطة**

ان ازدياد درجة الحرارة يؤدي الى زيادة مقاومة الموصل وهذا بدورة يؤدي الى زيادة هبوط الجهد لذا عند زيادة درجة الحرارة يجب زيادة حجم الموصل لكي لا تتجاوز الحد المسموح به لهبوط الجهد و مما تجدر الاشارة الية ان هناك مواصفات عالمية للقابلوات تم تحديدها في بعض الجداول مثل الجداول البريطانية IEE والتي تعطي قيمة معينة لمعدل التيار لكل مساحة مقطع ولجميع القابلوات وعند درجة حرارة 30 مئوية. فاذا كانت درجة الحرارة المحيطة بالقابلو اقل او اكثر من 30 درجة مئوية فان قيمة معدل التيار تضرب في معامل درجة الحرارة التي حددتها تلك الجداول لاختيار مساحة المقطع المناسبة كما مبين في الجدول أدناه

جدول قياسي عند درجة حرارة 30 مئوية

حجم الموصل (مساحة المقطع) mm^2	معدل التيار(A)	هبوط الجهد MV/A/m
1	12	40
1.5	15	27
2.5	22	16
4	29	10
6	34	7
10	46	4
16	61	3

معامل التباين Diversity factor (DF)

وهو النسبة بين اقصى قيمة للحمل خلال فترة معينة الى الحمل الكلي ويستخدم معامل التباين لتقليل كلفة التأسيس عند الدوائر الرئيسية والفرعية حيث لا يتوقع ان تعمل جميع الاحمال(المعدات والاجهزة الكهربائية وتراكيب الانارة) في نفس الوقت للوصول الى اقصى حمل فمثلا لا يتوقع ان تعمل جميع اجهزة الانارة في دار ما في نفس الوقت فاذا كان في هذه الدار انارة تعادل 1000W وان اقصى استخدام كان 600W فان معامل التباين:-

$$DF = \frac{600}{1000} = 0.6$$

مثال 1:- حمل ثلاثي الاطوار متزن 300KW ويعمل بجهد 415V عند معامل قدرة 0.78 متأخر من خلال قابلو نحاسي طولة 270m , ومساحة مقطعة تساوي $400mm^2$ احسب قيمة هبوط الجهد في القابلو, أهمل الجهد الناتج عن المفاعلة واعتبر ان المقاومة النوعية للنحاس $0.017\ \mu\ \Omega.m$.

الحل :-

$$P = \sqrt{3}\ I\ V_{line} \cos\theta$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\ V \cos\theta} = \frac{300 \times 1000}{\sqrt{3} \times 415 \times 0.78} = 535.079\ A$$

$$R = \rho \frac{L}{a} = \frac{0.017 \times 10^{-6} \times 270}{400 \times 10^{-6}} = 0.0115\ \Omega$$

$$V_d = \sqrt{3}\ I\ R = \sqrt{3} \times 535.079 \times 0.0115 = 10.658\ V$$

مثال 2 :- لوحة مفاتيح رئيسية تغذي ورشة محركات على بعد 240 m وبحمل ثلاثي الاطوار متزن مقداره 80 KW عند معامل قدرة 0.75 متأخر اختر الحجم القياسي واحسب القيمة الحقيقة لهبوط الجهد علما انه يجب المحافظة على الجهد عند الحمل بمقدار 415 V على ان لا يتجاوز فقد الجهد في القابلو 2.5% عند

لوحة المفاتيح . ان مقاومة النحاس النوعية $0.0175\ \mu\Omega.m$. ملاحظة يجب ان يكون اختيار القابلو ضمن الاحجام القياسية ومنها

70 mm^2 , 95 mm^2 , 120 mm^2 , 150 mm^2 , 185 mm^2 , 240 mm^2

الحل :-

$$P = \sqrt{3}\ I\ V_{Line} \cos\theta$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\ V_{Line}\ cos\,\theta} = \frac{80 \times 1000}{\sqrt{3} \times 415 \times 0.75} = 148.4\ A$$

$$V_d = 2.5\%\ V_s = 0.025\ V_s$$

$$\because\ V_{load} = 415, and\ V_d = V_s - V_{load}$$

$$\therefore 0.025V_s = V_s - 415 \implies V_s = \frac{415}{0.975} = 425.64\ V$$

$$\therefore\ V_d = 0.025 \times 425.64 = 10.64\ V$$

لإيجاد حجم القابلو (مساحة مقطعة) يجب ايجاد مقاومة القابلو المستخدم لذا

$$V_d = \sqrt{3}\ I\ R \implies R = \frac{V_d}{\sqrt{3}\ I} = \frac{10.64}{\sqrt{3} \times 148.4} = 0.0414\ \Omega$$

$$R = \rho\frac{L}{a} \implies a = \rho\frac{L}{R} = \frac{0.0175 \times 10^{-6} \times 240}{0.0414} = 101.45mm^2$$

كما يلاحظ ان مساحة مقطع الموصل لا تقع ضمن الحدود القياسية للموصلات لذلك يتم اختيار موصل مساحة مقطعة قريبة من المساحة أعلاه وضمن الحدود القياسية للموصلات وحسب القيم المعطاة في السؤال فان اقرب مساحة مقطع قياسية هي 120 mm^2 , لذلك يتم اختيار الموصل وفق هذا القياس . لذا يجب حساب هبوط الجهد الذي يتوافق مع مساحة الموصل القياسي وكما يلي

$$V_d = \sqrt{3}\, I\, R \Longrightarrow \sqrt{3}\, I\, \rho \frac{L}{a} = \frac{\sqrt{3} \times 148.4 \times 0.0175 \times 10^{-6} \times 240}{120 \times 10^{-6}} = 8.996\, V$$

مثال 3 :- قابلو احادي الطور يبلغ طولة 10 m ويغذي محرك كهربائي 10.5 KW ويعمل بجهد 240 V ومعامل التباين 66% علما ان مساحة المقطع $6mm^2$, بين فيما اذا كان هذا القابلو مناسب للعمل ام لا .

الحل :- يجب ايجاد اقصى تيار يتحمله الموصل وفقا لمعامل التباين وكما يلي

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10.5 \times 1000}{240} = 43.75\, A$$

$$I_{max} = I \times DF = 43.75 \times 0.66 = 28.88\, A$$

من جدول الموصلات القياسية فان مساحة مقطع موصل $6mm^2$ تقابل MV=7 لذلك فان هبوط الجهد يحسب كالاتي

$$V_d = \frac{MV \times I \times L}{1000} = \frac{7 \times 28.88 \times 10}{1000} = 2.02\, V$$

كما معروف ان هبوط الجهد المسموح بة للمحركات الكهربائية 2.5% من فولتية المصدر لذا يكون هبوط الجهد المسموح به

$$V_d = 2.5\% \times V_s = 0.025 \times 240 = 6\, V$$

بما ان الهبوط الفعلي في الموصل 2.02V وهو اقل من الهبوط المسموح به (6V) لذا فان هذا القابلو مناسب للعمل.

المحطات الفرعية (الثانوية) و قضبان التوزيع العمومية و لوحات التوزيع الكهربائية

المحطات الفرعية (محطات التحويل)

تعتبر محطات التحويل من إحدى المكونات الرئيسية لأي نظام كهربائي ، حيث تقوم محطات التحويل في هذه المنظومة بتحويل الفولتيات من قيم لأخرى حتى يتم نقلها أو التعامل معها بسهولة وسلامة كاملة. من المعروف لدينا بان محطات التوليد المختلفة يتم اختيار بنائها قرب مصادر الوقود و المياه وذلك لمراعاة النواحي الاقتصادية في تكلفة توليد الطاقة الكهربائية ، وقد تكون هذه المحطات بعيدة عن مراكز استهلاك الطاقة الكهربائية ، لذا لا بد من ضرورة نقل هذه الطاقة الى المستهلكين في اماكن تواجدهم رغم البعد ، مما يجعل استخدام خطوط النقل الطويلة وضمن مسافات شاسعة ضرورة حتمية لضمان وصول الطاقة الكهربائية من محطات التوليد الى مراكز الاستهلاك .

ان عملية نقل التيار الكهربائي عبر خطوط النقل يترتب عليه فقد في الطاقة الكهربائية المنقولة (Power Losses) وذلك بسبب ان الجزء المفقود يذهب في تسخين الموصلات الكهربائية ، وكلما زادت قيمة التيار الكهربائي المار تزداد كمية الفقد في الطاقة المنقولة وهذا يتضح حسب المعادلة ($Ploss = I^2 * R$) ، اذا يمكن التقليل في الفقد اذا حاولنا تقليل المقاومة (R) ، علما بأن التقليل في المقاومة يزيد لنا من المقطع العرضي للموصل(Cross Sectional Area) وبالتالي الزيادة في كمية الموصل وزيادة التكلفة المترتبة عليه وخاصة عند الاستخدام لمسافات طويلة ، لذا قد تعتبر هذه الطريقة غير مجدية من النواحي الاقتصادية ،

ومن هنا وجب علينا التفكير في تقليل الفقد عن طريق تقليل قيم التيار وهذا يتم فعليا من خلال رفع قيم الفولتية الى قيم عليا باستخدام مبدأ عمل محولات القوى الكهربائية التي تقوم برفع قيم الفولتية وتخفيض قيم التيار او بالعكس مع ثبات قيم القدرة وبنفس التردد.

اجزاء منظومة التوليد الكهربائية

يمكن تقسيم منظومة توليد الطاقة الكهربائية بشكل مبسط الى العناصر التالية

- **محطات التوليد** :- التي تقوم بتوليد و انتاج الطاقة الكهربائية ضمن فولتيات لا تتجاوز (25KV).
- **محطات التحويل (نقل) / محولات الرفع** (Substations/Step-Up Power transformers): التي تقوم برفع فولتية الطاقة المتولدة في محطات التوليد إلى فولتية الشبكة الكهربائية المقررة ومنها الى خطوط النقل الكهربائي ذات الفولتيات العالية
- **شبكات النقل** (High Voltage Transmission Lines): التي يتم عن طريقها نقل الطاقة الكهربائية المتولدة في محطات التوليد الى محطات التحويل (الخفض) المنشأة بالقرب من مناطق الاستهلاك وهي إما ان تكون عبارة عن شبكات هوائية (Overhead Lines) او كوابل ارضية .
- **محطات التحويل (نقل)/ محولات الخفض** Substations/Step-Down transformers :- التي تبنى بالقرب من مناطق الاستهلاك وهي تقوم بخفض فولتية الشبكة الكهربائية العالية إلى فولتية متوسطة وذلك تمهيدا لتوزيعها عبر خطوط شبكات التوزيع.
- **خطوط التوزيع الكهربائي ذات الفولتيات المتوسطة / شبكات التوزيع** (Medium Voltage Transmission Lines) :- التي يتم عن طريقها نقل الطاقة الكهربائية إلى محطات التوزيع المنتشرة في مناطق الاستهلاك وهي إما ان تكون عبارة عن شبكات هوائية (Overhead Lines) او كوابل ارضية
- **محطات التحويل (توزيع رئيسية)/ محولات الخفض** Substations/Step-Down transformers:- وهي تبنى في المناطق السكنية الكثيفة وبالقرب من الصناعيين المتوسطين و تقوم هذه المحطات بخفض فولتية الشبكة الكهربائية المتوسطة إلى فولتية متوسطة اخرى اقل لتوزيعها الى المستهلكين الصناعيين المتوسطين و محطات التوزيع الفرعية

- **محطات التحويل (توزيع فرعية)/ محولات الخفض** Substations/Step-Down transformers:- التي تقوم بخفض فولتية الشبكة الكهربائية المتوسطة إلى فولتية منخفضة وهي تبنى بالقرب من المستهلكين المنزليين و التجاريين و الصناعيين الصغار.
- **خطوط التوزيع الكهربائي ذات الفولتيات المنخفضة / شبكات التوزيع** (Low Voltage Transmission Lines): -التي يتم عن طريقها نقل الطاقة الكهربائية إلى المستهلك مباشرة وهي إما ان تكون عبارة عن شبكات هوائية (Overhead Lines) او كوابل ارضية.
- **المستهلك** (Consumer) : وهو إما ان يكون مستهلك منزلي او تجاري او زراعي او صناعي او خدمات.

دور المحطات الفرعية في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

1- إيجاد وتوفير الربط الكهربائي الإقليمي لشبكات النقل ما بين الدول المتجاورة مما يزيد من كفاءة واعتمادية الأنظمة الكهربائية من حيث انتاج وتبادل الطاقة الكهربائية بين الدول المتجاورة.

2- إيجاد نقاط الربط المشتركة لمحطات التوليد عن طريق ربطها بشبكة النظام الكهربائي الموحد من خلال رفع فولتية مولدات الطاقة الكهربائية في محطات التوليد الى فولتية شبكة النظام الموحدة ، وبالتالي التمكن من نقل الطاقة الكهربائية المتولدة الى مراكز الاستهلاك.

3- القيام بتخفيض قيم الفولتية العالية و المتوسطة عند مراكز الاستهلاك ضمن الحدود والمتطلبات المناسبة للمستهلك.

4- تنظيم فولتية الشبكة الكهربائية عن طريق مبدلات التفريعة (Tape Changers) المركبة داخل محولات القوى وعن طريق المكثفات (Capacitors) والمحاثات (Reactors) المتواجدة في محطات التحويل ذات القدرات العالية والمتوسطة.

5- حماية الدوائر الكهربائية المرتبطة بالنظام الكهربائي مثل دوائر المحولات و دوائر الخطوط عن طريق انظمة الحماية التي تكفل لنا حصر الأجزاء المتضررة جراء الاعطال دون التأثير بالأجزاء الاخرى ، وبالتالي الاستمرارية في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية.

6- فصل الدوائر الكهربائية مثل دوائر الخطوط ودوائر المحولات عند الحاجة لإجراءات الصيانة والفحوصات المبرمجة أو عند الحاجة للتوسعة والتركيبات الاضافية عن طريق المفاتيح الكهربائية المتواجدة في محطات التحويل .

انواع المحطات الفرعية

تقسم محطات التحويل إلى قسمين رئيسيين وكما يلي :

أولا- محطات النقل

وهي المحطات التي تقوم بتحويل فولتية النظام الكهربائي من فولتية عالية إلى فولتية عالية اخرى أو إلى فولتية متوسطة وهي إما ان تكون :

- محطات رفع وخاصة التي تكون مجاورة لمحطات التوليد ، حيث تقوم برفع فولتية المولدات الى فولتية الشبكة الوطنية الموحدة .
- محطات خفض والتي تقوم بتحويل الفولتية العالية الى فولتية عالية اخرى ذات قيمة أقل أو الى فولتية متوسطة تمهيدا لتوزيعها على مراكز الاستهلاك.

تقسم محطات النقل من حيث طبيعة و تصميم المحطة الى قسمين وهما :

1) محطات النقل الخارجية : وهي التي تكون جميع دوائرها للفولتية العالية في المساحات الخارجية والعازل المحيط بها هو الهواء الخارجي المحيط ، وأما دوائر الفولتية المتوسطة فتكون داخل مباني خاصة بها والعازل المحيط هو المطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى

2) محطات النقل الداخلية : وهي التي تكون جميع مكوناتها موجودة داخل مباني خاصة بها ، حيث تكون معدات ودوائر الفولتية العالية موجودة ضمن انابيب معدنية معزولة عن بعضها البعض باستخدام غاز سادس

فلوريد الكبريت (SF6) ، وأما دوائر الفولتية المتوسطة فتكون في غرف مخصصة لها ومعزولة بالمطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى... وتسمى هذه المحطات ايضا بمحطات النقل الداخلية التقليدية كون ان محولاتها متواجدة في الهواء الطلق خارج المباني وموصولة بالقضبان العمومية ومعدات الفولتية العالية عن طريق الشبكات الارضية.

ثانيا- محطات التوزيع

وتقسم محطات التوزيع الى محطات توزيع رئيسية ومحطات توزيع فرعية وهي موضحة كما يلي :-

- محطات التوزيع الرئيسية : وهي التي تقوم بتحويل فولتية شبكة التوزيع الرئيسية من فولتية متوسطة الى فولتية متوسطة اخرى ذات قيمة أقل ، وهي إما ان تكون من حيث تصميم المحطة :-

1- محطات خارجيــة : بحيث تكون جميع دوائرها الرئيسية لكلا الفولتيتين موجودة في الساحات الخارجية والوسط العازل هو الهواء الخارجي المحيط وأما معدات القياس والحماية فتكون داخل مباني خاصة.

2- محطات داخليــة : بحيث تكون جميع دوائرها الرئيسية لكلا الفولتيتين موجودة داخل مبنى خاص باستثناء محولات القوى ويكون الوسط العازل للمعدات هو المطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى.

- محطات التوزيع الفرعية : وهي التي تقوم بتحويل فولتية شبكة التوزيع الرئيسية من فولتية متوسطة الى فولتية منخفضة تتناسب مع توزيعها على الاحياء السكنية والتجارية والخدماتية وغيرها وهي كما يلي:-

1- محطات داخليــة : وهذه المحطات يمكن تركيبها ضمن حاويات معدنية مجمعة ومجهزة لتوصيل الخطوط الكهربائية لها بحيث توضع على قواعد مصممة لها ، ويمكن تركيبها وتصميمها داخل مباني مخصصة أو تحت الشوارع والارصفة.

2 - محطات خارجيــة : وهذه المحطات تركب في الخارج بحيث قد تكون مركبة على الأعمدة الكهربائية أو قد تكون مركبة على قواعد أرضية .

مكونات المحطات الفرعية (محطات التحويل)

اولا- مكونات محطات النقل

1) المحولات (Transformers) :

- المحولات الرئيسية (محولات القوى) وتعمل هذه المحولات على رفع الفولتية القادمة من المصدر أو القيام بخفضها وذلك قبل إرسالها عبر الشبكات الكهربائية أو الى محطات التوزيع وهي ذات قدرات عالية .

- المحولات المساعدة (محولات التأريض) : وهي المحولات التي تكون مرافقة لمحولات القوى الرئيسية ذات القدرة العالية أو المتوسطة ، ولها عدة فوائد كما يلي :

- تأمين نقطة تعادل للدارة الثانوية في محولات القوى .

- تزويد احتياجات محطة التحويل بالطاقة الكهربائية كالإنارة والتدفئة والتبريد والشواحن .

- محولات القياس : وهي محولات التيار ومحولات الفولتية والتي تستخدم لأغراض القياس والحماية وذلك عن طريق تخفيض قيم التيار والفولتية الى قيم مناسبة وحسب المتطلبات الفنية .

2) **المفاتيح الكهربائية** :

وهي التي تقوم بإجراء عمليات الفصل و الوصل وعمليات العزل و التأريض للأجزاء والدوائر الكهربائية في محطات التحويل ، وهي موضحة كما يلي :

- القواطع الآلية (Circuit Breakers) : وهي القواطع التي تقوم بفصل و وصل التيار الكهربائي للمعدات الكهربائية في الظروف الطبيعية عند الحاجة للصيانة او الظروف غير الطبيعية بسبب الأعطال اللحظية أو الدائمة وهي مهيأة لإطفاء القوس الكهربائي الناتج عن عملية فصل التيار الكهربائي ، ولها عدة أنواع من حيث آلية العمل وطريقة ومادة العزل .

- المستعزلات اليدوية (Isolators) : وهي المستعزلات المستخدمة لتأمين العزل المرئي للدائرة الكهربائية بعد إجراء فصلها بالقاطع الآلي مسبقاً ، إذ يوجد نظام تقافل كهربائي(Interlock) ما بين القاطع الآلي والمستعزل اليدوي بحيث يضمن عدم فتح المستعزل اليدوي إلا بعد فصل الدائرة بالقاطع الآلي وذلك بسبب ان العازل اليدوي لا يمكن به إطفاء الشرارة الناتجة بسبب فصل التيار الكهربائي

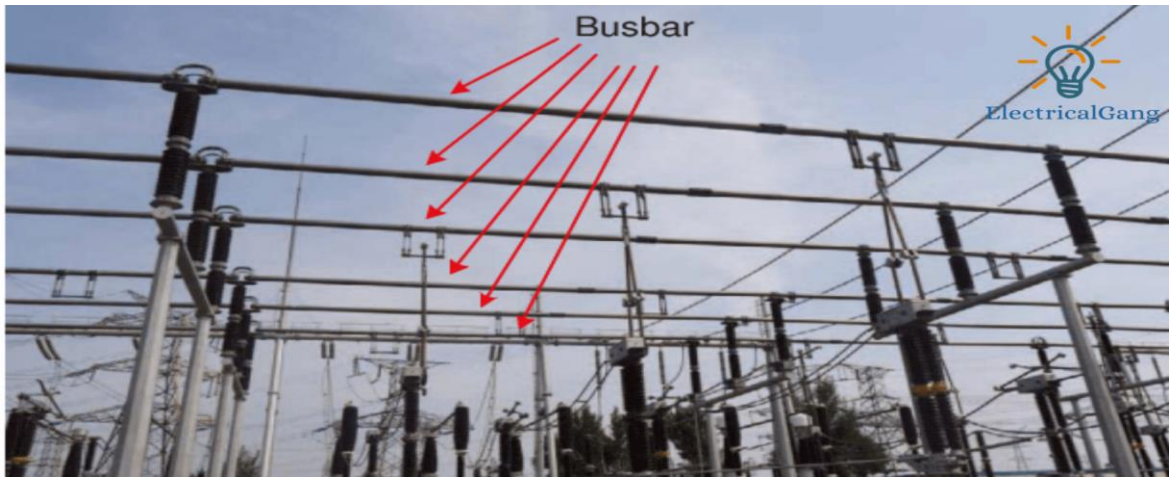
- مفاتيح التأريض (Earthing Switches) : وهي المفاتيح المصاحبة للمستعزلات اليدوية وتستخدم من أجل تاريض الجزء المفصول والمعزول وذلك لتأمين الحماية للعاملين على معدات الدوائر الكهربائية عند عمليات الصيانة والفحص لها.

3) القضبان العمومية :

وهي مخصصة لتجميع الطاقة الكهربائية القادمة من المصدر تمهيدا لتوزيعها على الاحمال والمحولات ودوائر الخطوط ، وتقسم القضبان العمومية إلى عدة أقسام وأنظمة تعتمد على قدرة المحطة المغذية :

- نظام القضبان المفرد : والذي يستخدم في المحطات ذات القدرات المنخفضة والفولتيات المتوسطة.

- نظام القضبان المزدوج : والذي يستخدم في المحطات ذات القدرات العالية وانظمة الفولتية العالية وذلك من أجل الاستفادة من توزيع ونقل الاحمال الكهربائية في حالات الصيانة على الدوائر الكهربائية في المحطة وبالتالي استمرارية التغذية للأحمال الكهربائية.
- نظام القضبان الحلقي : والذي يستخدم في المحطات ذات القدرات العالية وانظمة الفولتية الفائقة ويتكون من عدة مفاتيح كهربائية مربوطة مع بعضها البعض على التوالي ،و تربط عدة دوائر كهربائية وذلك من أجل الاستفادة من توزيع ونقل الاحمال الكهربائية في حالات الصيانة للدوائر الكهربائية في المحطة وبالتالي استمرارية التغذية للأحمال الكهربائية.



4) المتسعات والمحاثات :

وهي تستخدم لتنظيم الفولتية عن طريق التحكم بالقدرة المركبة الناتجة في النظام الكهربائي بسبب تغير الأحمال إما عن طريق سحبها (امتصاصها) بالمحاثات أو تعويضها (توليدها) بالمتسعات.

5) حارفات الصواعق الكهربائية :

وتستخدم لحماية المحولات والمحاثات من الزيادة في الفولتية.

ب- الأجزاء الثانوية :

- أجهزة الحماية والقياس : التي تقوم بحماية الدوائر الكهربائية وقياس القيم الكهربائية.
- لوحات التحكم ومعدات الاتصالات : التي تقوم بالتحكم بتشغيل الاجهزة والمعدات الكهربائية إما عن طريق مركز المراقبة والتحكم باستخدام معدات الاتصالات المتوفرة في المحطة أو مباشرة من داخلها عن طريق شخص يكون مخول ومكلف بذلك.
- أجهزة الفحص ومعدات السلامة والاطفاء وأجهزة التكييف والتبريد والتدفئة.

- عدادات الطاقة الكهربائية ولوحات تسجيل الاعطال ولوحات الاشارة والانذار.
- نظام التأريض العلوي والسفلي والعوازل الداعمة وأبراج المعدات.

ثانياً- محطات التوزيع:

أ- الاجزاء الرئيسية:

- **المحولات** : (Transformers) وتقسم الى نوعين كما يلي:

- محولات القوى : (Power Transformers) تقوم بخفض الفولتية المتوسطة الى قيم متوسطة أقل تمهيدا لتوزيعها على المستهلكين.

- محولات التأريض :(Earthing Transformers) ولها نفس مبدأ عمل محولات التأريض في محطات النقل.
- **المتسعات** : (Capacitors) التي تتحكم بالقدرة المركبة وبالتالي تنظيم الفولتية وتحسين معامل القدرة.
- **لوحات المبدلات** : (Changers Panels) وهي تتكون من:

أ- قواطع الدارة الكهربائية : تقوم بالفصل والوصل للدوائر الكهربائية في الظروف الطبيعية وغير الطبيعية.

ب- محولات القياس : التي تقوم بخفض قيم التيار والفولتية من اجل اجهزة الحماية والقياس.

ت- القضبان العمومية: المخصصة لتجميع الطاقة الكهربائية وهي من النوع المفرد.

ث- حارفات الصواعق :(Surge Arrestors) حماية معدات محطة التحويل من الزيادة في الفولتية.

ج- لوحات التحكم والقياس والحماية ولوحات الاشارة والانذار.

ح- معدات الاتصالات والتأريض.

خ- دوائر التيار المستمر والتيار المتردد وأجهزة الفحص والسلامة والإطفاء.

ب- الاجزاء الثانوية

- محولات القوى : تقوم بخفض الفولتية المتوسطة الى قيم منخفضة تمهيدا لتوزيعها على المستهلكين
- المفاتيح الكهربائية : وهي المفاتيح الكهربائية التي تقوم بإجراء عمليات الفصل و الوصل وعمليات العزل للمحولات عن المصدر المغذي لها ، وهي إما ان تكون عدة مفاتيح كما في النظام الحلقي أو مفتاح واحد كما في النظام الشعاعي ذو مصدر التغذية المفرد.
- لوحة توزيع الفولتية المنخفضة

اللوحات الكهربائية

تعتبر اللوحات الكهربائية أحد تلك المعدات الكهربائية الهامة المستخدمة في أي منظومة كهربائية كبيرة أو صغيرة فاللوحات الكهربائية تمثل نقاط تمركز وتوجيه وتنظيم ومتابعة للطاقة الكهربائية لذلك كان لزاما على كل العاملين بمجال الكهرباء بمواقع العمل المختلفة أن يتعاملوا معها بصورة علمية وعملية تساعدهم على التشغيل المثالي وإجراء عمليات الإصلاح والصيانة بصورة آمنه لضمان حسن أداء العمل واستمراريته.

ويمكن تقسيم اللوحات الكهربائية بشكل عام كالاتي:-

لوحات التوزيع

وظيفتها هي استقبال خطوط القوى الكهربائية من مصدر واحد أو عدة مصادر مع وجود نظام لتنسيق العمل بينهم ثم توزيع (إرسال) تلك الطاقة الداخلة في صورة عدة مغذيات إلى مناطق الاستهلاك أو إلى عدة محولات أخرى. و خلال تلك العملية يتم متابعة خطوط القوة الداخلة والخارجة من خلال مجموعة أجهزة حماية مختلفة وأجهزة قياس لضمان حسن التوزيع حسب النظام المخطط للأحمال وبالجهد المقنن وكذلك فصل خطوط القوى عند حدوث زيادة للحمل أو حدوث مخاطر على خطوط القوى. وتعتبر لوحات التوزيع حلقات الربط في شبكات التوزيع الكهربائية للانتقال من التوترات الأعلى إلى التوترات المتوسطة أو الأقل والعكس. وكذلك هي حلقة الربط بين مدخلات الشبكة ومخرجاتها الى المستهلكين (الأحمال) حيث تعتبر اللوحة التي تستقبل خطوط القوى في المحطات الثانوية هي لوحة توزيع حيث أنها تقوم باستقبال خطوط القوى الكهربائية الداخلة بتوتر متوسط ثم تقوم بتوزيعها على محول أو عدة محولات للحصول على توتر أقل يناسب تشغيل المعدات داخل المحطة .

لوحات التشغيل

ويعتبر هذا الصنف من اللوحات هو أخر نقطة من المنظومة الكهربائية حيث تبدأ المنظومة من المولدات الكهربائية ثم تعطى الطاقة الى الشبكة الكهربية لتوزيعها حتى تنتهي عند لوحات التشغيل التي تعمل على تغذية الأحمال بالطاقة الكهربائية حسب التوتر المقنن للأحمال وتنقسم لوحة التشغيل إلى جزئيين أساسيين مثلها مثل أي لوحة كهربائية وهما جزء الاستقبال وهو المسؤول على استقبال التوتر الداخل بخط واحد أو عدة خطوط مع التنسيق بينهم ثم الجزء الأخر هو جزء تغذية الأحمال ومتابعتها .

لوحات التحكم

هذا النوع من اللوحات يختلف عما سبق من حيث أن هذه اللوحات للتحكم فقط وليست لوحات قوى كاللوحات التوزيع والتشغيل التي تعمل على الجهد المنخفض أو المتوسط أو العالي حيث أن الجهد في تلك اللوحات هو جهد التحكم البسيط (220-240 V) ووظيفتها هي التحكم في العمليات التشغيلية مثل خطوط الإنتاج أو المولدات بمحطات الطاقة وغيرها. حيث يتم ربط المعدات السابقة بهذه اللوحات التي تحتوى على دوائر ونظم تحكم تعمل على تشغيل ومتابعة عمل هذه المعدات إما يدويًا أو اوتوماتيكيًا, أو محليًا أو عن بعد وقد يكون العمل بنظام مبرمج بأحد انواع نظم التشغيل المخطط مثل PLC . وتكون لوحات التحكم إما في صورة لوحة مستقلة صغيرة أو متوسطة الحجم وكذلك قد يتم احتواء نظم تحكمها داخل لوحات التشغيل السابق الحديث عنها وبذلك تصبح لوحة التشغيل محملة بنظام القوى ومحتوية على نظام التحكم مما يجعلها معقدة بموصلات التحكم مما يصعب عمليات الصيانة والإصلاح والبحث عن الأعطال.

لوحات المراقبة

وهى قريبة الشبه بنظام لوحات التحكم لكنها تنقسم الى:-

ا- **لوحة المراقبة** :- وهى لوحة توجد في غرفة متابعة عن بعد لمتابعة نظام العمل داخل المحطة لمعرفة الوحدات المتوقفة حيث يتمكن مراقب أو مهندس التشغيل من خلالها التعرف على حالة المحطة في أي وقت ويعنى ذلك انه من خلال تلك اللوحة يمكن التعرف الكامل على وحدات المحطة وحالة تشغيلها من خلال لوحة واحدة إما أن تكون في صورة وحدات بيان (لمبات) مكتوب عليها اسم ورقم الوحدة وموقعها بالمحطة وإما أن تكون في صورة لوحة بيانية مخطط عليها مواقع المحطة بشكل اجزاء وفى داخل كل جزء توضح عدد الوحدات وأنواعها وعلى كل وحدة لمبات بيان حالة التشغيل وهذه اللوحات يتراوح حجمها من الصغير الى المتوسط الى اللوحات الضخمة التي تحاكى نموذج كامل للمحطة.

ب- **لوحة مراقبة وتحكم جزئي** :- وهى لوحة مشابهه للسابقة تماما لكن يضاف عليها بعض مفاتيح التشغيل عن بعد لبعض الوحدات وهذه الوحدات تكون لها حساسية خاصة في منظومة العمل داخل للمحطة .

ج- **لوحة مراقبة وتحكم كامل بالتشغيل**:- وهذا النوع يشبه النوع السابق ولكن في هذا النوع من اللوحات يكون التحكم كامل في جميع وحدات المحطات تشغيليًا وعن بعد وكذلك يعطي بيان كامل لحالة كل وحدة من خلال أجهزة القياس مثل الفولتميتر و الاميتر وغيرها من أجهزة القياس الكهربائية كل ذلك موجود في هذا

النوع من اللوحات بحيث يكون مراقب التشغيل متحكم تمامًا في جميع أجزاء المحطة تشغيليًا ويمكنه إتمام جميع أعمال التشغيل من خلال لوحة المراقبة وهذا النوع من اللوحات ضخم ومعقد تحكميًا حيث يمكنه تشغيل المحطة دون الحاجة الى مشغلين بالأقسام المختلفة للمحطة .

لوحات التوزيع الكهربائية (Switch Gear)

تنبع أهمية لوحة التوزيع من أنها ضرورية عند أي نقطة توزيع أو فصل وتوصيل في أي نظام كهربائي وكذلك فأنها ضرورية عند اختلاف مستويات الجهد واختلاف مستويات الأحمال وأيضا للربط بين محطات المحولات والتوليد والأحمال النهائية ولهذا فأن التطبيقات المختلفة لمتطلبات اللوحة تعتمد بصورة كبيرة على موقع اللوحة وطبيعة تركيبها ومعدل الجهد و المتطلبات المحلية لموقع اللوحة . وتحتوي لوحات التوزيع بشكل عام على مجموعة من العناصر والمعدات تختلف اعتمادا على طبيعة عمل لوحة التوزيع لذا فان اهم مكونات لوحات التوزيع :-

- قواطع الدائرة الكهربائية و سكاكين التحويل الكهربائية.
- قضبان التوزيع العمومية و العوازل .
- محولات الجهد والتيار و المصهرات و أجهزة الحماية والإنذار.
- المعدات المساعدة للتحكم وأجهزة القياس و دوائر التحكم والحماية والقياس

تقسيم وتصنيف لوحات التوزيع

اولا:- تقسم اللوحات من حيث قيمة ونوع الجهد الكهربائي

1- من حيث قيمة الجهد

- لوحات ضغط عالي H.V (66-220 KV)
- لوحات ضغط متوسط M.V (1-66 KV)
- لوحات ضغط منخفض L.V (1KV-380V)

2- من حيث نوع الجهد

- لوحات الجهد المتغير A.C
- لوحات الجهد المستمر D.C :- وهى اللوحات التي تستخدم في شحن البطاريات لجميع الأغراض مثل الإنارة أو للسيارات أو لتغذية دوائر التحكم للوحات الكهربائية , وهذا هو المهم بالنسبة لنا داخل المحطات حيث يعمل التيار D.C على تشغيل دوائر التحكم لأجهزة الحماية والفصل والإنذار عند انقطاع المصادر الرئيسية للتيار الكهربي.

ثانيا :- تقسيم اللوحات من حيث الموقع وطبيعة التركيب

1- لوحات تركب داخل المباني Indoor

وهى اللوحات التي تركب داخل مبنى سواء معدني أو من المباني الخرسانية بمعنى أنها محمية من العوامل الجوية مثل الأمطار والأتربة والرطوبة والحرارة والغازات والطيور والحشرات ... وبالتالي فالجسم الخارجي للوحة لا يتكلف كثيرًا بالنسبة للنوع التالي حيث أن المبنى يعطى جزء كبير من الحماية للوحات ويتم تجهيز وضع اللوحة بالشكل المناسب وهو الوضع الذي لا يتعارض مع حرية الحركة والدخول للمعدات داخل المبنى لذلك يراعى وضع اللوحات بجوار الجدران دون ملاصقة لها حتى يمكن لفرق الصيانة فتحها من الخلف أثناء عمليات الإصلاح والصيانة بسهولة وإدخال معدات الصيانة ويراعى أيضا وضعها بعيدًا عن الأبواب الرئيسية والفرعية ومنافذ الهروب وبعيدًا عن أماكن المعدات التي تحدث اهتزازات وكذلك أبعادها عن خطوط أنابيب المياه بأنواعها والغازات وتركب اللوحة على قاعدة إسمنتية مرتفعة عن مستوى أرضية المبنى حماية لها من المياه أثناء عمليات التنظيف ويتم أيضا تجهيز مجارى للكابلات أسفل اللوحات لسهولة توصيل الكابلات الكهربائية بها.

2- لوحات تركب خارج مبنى Outdoor

وهى اللوحات التي تفرض علينا ظروف العمل داخل المحطة وضعها في العراء في الأجواء المفتوحة مثل بعض لوحات الإنارة لشوارع ..... لذا فإن هذا النوع من اللوحات يراعى فيه حماية اللوحة ومعداتها الداخلية من العوامل البيئية السابق ذكرها . وعلية يتم تصنيع هذه اللوحات بإحكام شديد وتكون مدهونة بدهانات خاصة تقاوم هذه البيئات بجميع ظروفها لتصبح هذه اللوحات مقاومة لتسرب الغازات و الأتربة و مقاومة لتسرب المياه . ويتم إدخال الكابلات الكهربائية بأنواعها إلي تلك اللوحات من خلال مواسير معدنية تحكم بحقنها بالفوم بعد أمرار الكابلات خلالها وذلك لمنع تسرب الحشرات إلى داخل تلك اللوحات

ثالثا:- تقسيم اللوحات من حيث طبيعة عملها

1- لوحات توزيع :- وهى لوحات عمومية الغرض منها استقبال الخطوط الكهربائية الرئيسية بأي عدد وتقوم بتوزيعها على أقسام الموقع او المحطة ويتم من خلال هذا النوع من اللوحات عمل المناورات الكهربائية عند عطل أحد أو بعض الخطوط الكهربائية لضمان استمرار التغذية بالطاقة الكهربائية لجميع أجزاء المحطة.
2- لوحات محطات المحولات والتوليد :- وهى لوحات تعمل على ربط المحولات الكهربائية أو المولدات بخطوط التغذية والأحمال لذلك فهي مجهزة بأجهزة الحماية و الإنذار المناسبة لطبيعة عمل المحولات وكذلك فان لوحات محطات التوليد تجهز بحيث تكون مناسبة للتحكم في المولدات وتوزيع الطاقة الخارجة منها .
3- لوحات التشغيل :- وهى اللوحات المستخدمة سواء في الضغط المتوسط أو المنخفض الغرض منها هو توصيل الطاقة الكهربائية لتشغيل الأحمال والتحكم فيها لذلك تجهز تلك اللوحات بمكونات كهربائية تناسب مع كل حمل على حدة .

معامل القدرة وطرق تحسين معامل القدرة (POWER FACTOR (PF

معامل القدرة هو النسبة بين القدرة الفعالة إلى القدرة الظاهرية $(\cos\theta)$، وهو مساوٍ لجيب تمام زاوية الطور - والتي هي فرق زاويتي الجهد والتيار. لذا فهو قيمة عددية ليس لها وحدة قياس تتراوح من الصفر إلى الواحد، في محطات القدرة يحبذ ويتم السعي إلى أن يكون معامل القدرة أكبر ما يمكن حيث أنه بزيادة معامل القدرة يزداد مقدار القدرة الفعالة وتنخفض القيمة القدرة غير الفعالة أو القدرة المخزنة .

تقسم القدرة بشكل عام في دوائر التيار المتناوب الى ثلاثة انواع وهي:-

- القدرة الظاهرية (apparent power) وهي عبارة عن القدرة الكلية في دوائر التيار المتناوب وتقاس بوحدة VA ويرمز لها بالرمز S ويمكن ايجادها حسب العلاقة التالية

$$S = VI^*$$

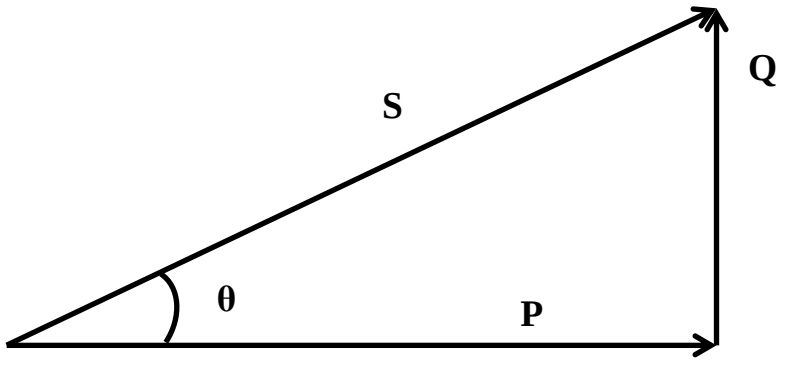
- القدرة الحقيقة او الفعالة (active or real power) وهي القدرة الفعلية التي تستهلك من قبل الحمل وتقاس بوحدة W ويرمز لها بالرمز P ويمكن ايجادها كما يلي

$$P = VIcos\theta$$

- القدرة غير الفعالة (reactive power) وهي القدرة التي لا تستهلك من قبل الحمل حيث يتم خزنها في العناصر الخازنة للطاقة مثل المحاثة والمتسعة وتقاس بوحدة VAR ويرمز لها بالرمز Q ويعبر عنها بالعلاقة التالية

$$Q = VIsin\theta$$

ويمكن التعبير عن هذه القدرات الثلاثة بمثلث القدرة كما موضح في الشكل أدناه



لذا هناك علاقة رياضية تربط هذه القدرات مع بعضها وهي كالاتي

$$S = P \pm jQ$$

$$P = S\cos\theta$$

$$Q = S\sin\theta$$

حيث الاشارة الموجبة عندما يكون للحمل تأثير حثي ومعامل القدرة متأخر بينما الاشارة السالبة عندما يكون تأثير الحمل سعوي ومعامل القدرة متقدم

والأحمال الكهربائية الأكثر شيوعاً هي الأحمال الحثية ومثال عليها: المحولات الكهربائية ومحركات التيار الحثية. وجميع هذه الأحمال (الحثية) تحتاج إلى نوعين من القدرة الكهربائية لكي تعمل القدرة الفعالة أو القدرة الحقيقية القدرة غير الفعالة. القدرة الفعالة هي القدرة المفيدة في الشبكة الكهربائية في حين أن القدرة غير الفعالة لا دور لها سوى توليد المجال المغناطيسي اللازم لعمل الأحمال الحثية. وفي جميع الأحوال، على شركات تزويد الطاقة الكهربائية تزويد التيار إلى أحمال المستهلكين بغض النظر أكانت مقاوميه، سعويه أو حثية. وهذا التيار بلا شك، سيولّد طاقة مهدورة في خطوط النقل الكهربائي بحسب العلاقة معامل القدرة الكهربائية يعني تزويد طاقة ظاهرة أكثر من الطاقة الفعالة وتدني معامل القدرة الكهربائية يؤدي إلى زيادة في توليد التيار للتعويض مما يؤدي إلى خسائر الطاقة.

طرق تحسين معامل القدرة الكهربائية

من الضروري توخي الحذر لتحسين معامل القدرة الكهربائية، لأنه يعتبر مقياسًا للكفاءة الكهربائية، خاصة في دوائر التيار المتردد المستخدمة في النظم الصناعية المختلفة، والأساليب المستخدمة لتحسينه هي:-

1- استخدام المتسعات (المكثفات)

تستخدم المتسعات الكهربائية ، خاصة الثابتة منها ، لسحب التيار الكهربائي المتأخر بسبب وجود الأحمال الكهربائية المفرطة ، لذلك يتم تثبيت المكثفات بالتوازي مع الأحمال الكهربائية مع عامل طاقة منخفضة ، لتصحيح قيمة النقص في التيار الحالي في الدائرة ، حيث يتميز استخدام هذه المكثفات بأنها

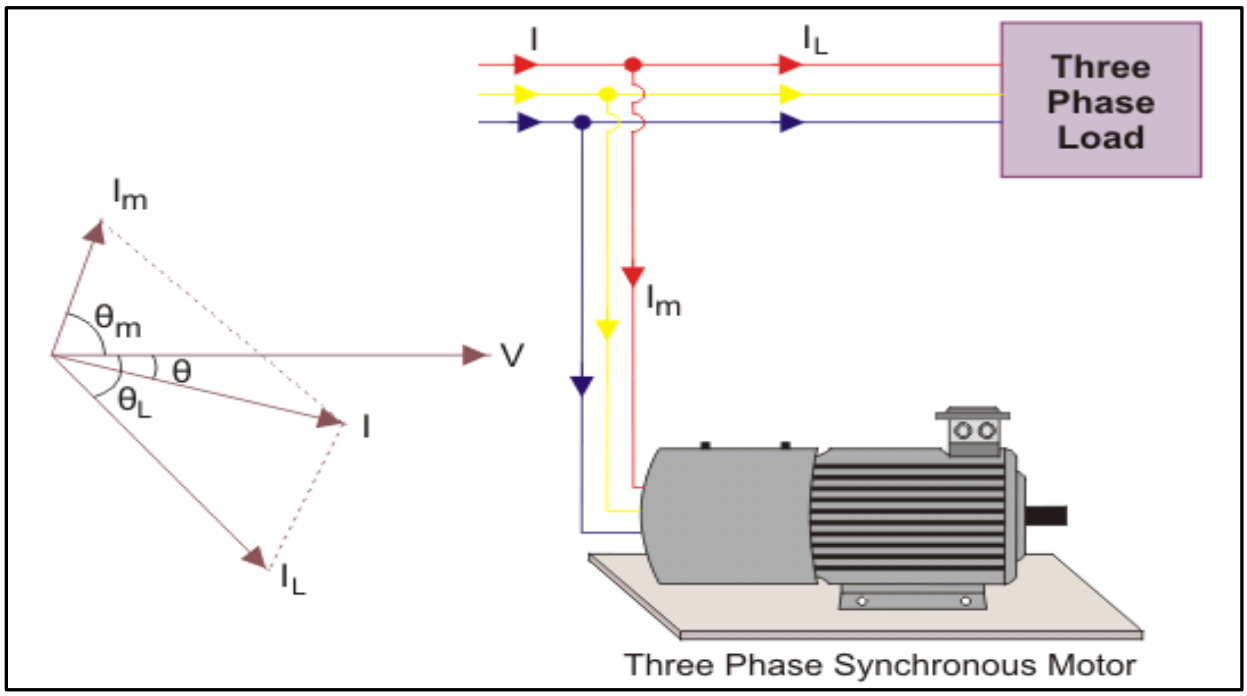
- خفيفة الوزن

- إنها سهلة التثبيت، ولها بعض العيوب التي يجب الانتباه إليها نظرًا لعمرها القصير حوالي 10 سنوات، وتعتبر مكلفًة للغاية عندما تحتاج إلى الاستبدال بسبب التلف.

2- استخدام المحركات المتزامنة

من الطرق المستخدمة لتحسين معامل القدرة أيضًا استخدام محرك متزامن ثلاثي الطور ، يُسمى أيضًا مكثف متزامن ، ويتميز استخدامه بحقيقة أنه يعمل دون الحاجة إلى أي حمل ، حيث يعمل في ثلاث حالات من معامل القدرة وهي التأخير أو التقديم أو الثبات ، وفي حالة الحمل الحثي ، وبتركيب المحرك المتزامن بجانبه ، فإنه يؤدي دور المكثف الثابت في تصحيح قيمة معامل القدرة ، ويعد استخدامه أفضل من المتسعات الثابتة

نظرًا لعمره الطويل الذي يصل إلى 25 عامًا ، ويحتاج إلى صيانة أقل ، ولكن من عيوبه هي تكاليف الصيانة المرتفعة والازعاج بسبب العمل ، كما يحتاج الى استخدام معدات لتوليد عزم دورانه.



فوائد تحسين معامل القدرة

- تحسين كفاءة الأجهزة في النظم الكهربائية المختلفة.
- الحد من انخفاض الجهد.
- زيادة القدرات المتاحة.
- التوفير على فاتورة الكهرباء

مثال :- حمل ذو قدرة كهربائية تساوي 50 KW و معامل قدرة 0.8 متأخر مربوط الى مصدر فولتية مقداره 220 V بتردد 50 Hz, تمت اضافة متسعة على التوازي مع الحمل لتحسين معامل القدرة الى 0.95 متأخر احسب مقدار قيمة المتسعة.

الحل :- لتوضيح الحل بشكل مبسط نتبع الخطوات التالية

1- القدرة الحقيقة P تعتبر ثابتة قبل التحسين وبعدة

2- نجد القدرة الظاهرية قبل التحسين S_1 والقدرة الظاهرية بعد التحسين S_2

3- نطرح القدرة الظاهرية قبل التحسين من القدرة الظاهرية بعد التحسين(S_1-S_2) للحصول على القدرة غير الفعالة للمتسعة Q_C ومنها يمكن ايجاد قيمة المتسعة

$$S_1 = \frac{P}{\cos\theta_1}\angle cos^{-1}PF_1 = \frac{5000}{0.8}\angle cos^{-1}0.8 = 6250\angle 36.87^o$$

$$\therefore S_1 = 5000 + j3750\ VA$$

$$S_2 = \frac{P}{\cos\theta_2}\angle cos^{-1}PF_2 = \frac{5000}{0.95}\angle cos^{-1}0.95 = 5263.16\angle 18.2^o$$

$$\therefore S_2 = 5000 + j1643.87\ VA$$

$$Q_c = S_1 - S_2 = 5000 + j3750 - 5000 - j1643.87 = j2106.13\ VAR$$

$$Q_c = V_{source} \times I_c \implies I_c = \frac{Q_c}{V_{source}} = \frac{2106.13}{220} = 9.57\ A$$

$$X_c = \frac{V_{source}}{I_c} = \frac{220}{9.57} = 22.99\ \Omega$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \implies C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 22.99} = 1.385 \times 10^{-4}\ F$$

$$= 0.1385\ mF$$

الحماية الكهربائية

تعرف الحماية (الوقاية) الكهربائية بشكل عام بأنها عملية حماية شبكات الطاقة الكهربائية(شبكات النقل، شبكات التوزيع) من الاعطال من خلال عزل الأجزاء المعطوبة. الهدف من نظام الحماية هو الحفاظ على نظام مستقر من خلال عزل الجزء المعطوب (المتعطل) فقط عن طريق أجهزة الحماية الكهربائية، بحيث تؤمن استمرارية التيار في الأجزاء الأخرى من الشبكة الكهربائية. وبالتالي، يجب تطبيق خطط الحماية على نهج عملي وعلمي لإزالة أعطال النظام بالشكل الصحيح.

اهداف الحماية الكهربائية

- تقليل التلف الذي قد يصيب المعدات من زيادة الفولت أو الحرارة التي قد تنتج خلال حدوث العطل.
- منع حدوث أو تقليل الضرر الذي قد يصيب الأشخاص القريبين أو العاملين على المعدات.
- لضمان استمرارية التيار الكهربائي.
- لضمان استقرار المولدات

معدات الحماية في التأسيسات الكهربائية

إن الوظيفة الأساسية لقواطع الدورة والمنصهرات ذات الضغط الواطئ هي تجنب أو تحديد الضرر الحاصل أو النتائج الخطرة من جراء دائرة القصر أو بسبب التحميل العالي أو انهيار العازل .ينتج من التشغيل الصحيح لقواطع الدورة أو المنصهرات فصل سريع للدائرة المعطوبة عن بقية المنظومة .ويعطي العزل السريع للدائرة المعطوبة. وفيما يلي شرح مفصل عن معدات الحماية التي تستخدم في التأسيسات الكهربائية

اولا : المصهرات (Fuses)

تعتبر المصهرات اقدم الوسائل الفعالة لحماية التأسيسات الكهربائية والمعدات من التلف والاحتراق نتيجة لتيار القصر العالي او تيار الحمل الزائد ويعتمد مبدا عمل المصهر على التأثير الحراري للتيار المار من خلاله حيث ينصهر عنصر المصهر عند مرور تيار اعلى من التيار المقنن للمصهر كما مبين في الشكل أدناه

أشكال متعددة للفيوزات

ولابد من الاشارة الى بعض التعريفات الأساسية في المصهرات :

- **عنصر المصهر** :- وهو الجزء من المصهر (سلك رفيع) الذي يتم تصميمة لينصهر ويقطع الدائرة عند مرور تيار اعلى من التيار المقنن . ويعتمد اختيار عنصر المصهر على قيمة الجهد المقنن و قيمة التيار المقنن واستمرارية الخدمة.
- **التيار المقنن** :- وهو عبارة عن اقصى قيمة للتيار يمكن ان تتحمله مادة المصهر (عنصر المصهر) لوقت لا محدد بدون ان يحدث الانهيار (الصهر)
- **تيار الانصار** :- وهو عبارة عن اقل قيمة للتيار الذي يسبب انصهار او سقوط عنصر المصهر
- **معامل الانصهار:**- وهو النسبة بين تيار الانصهار الى التيار المقنن ويكون اكبر من واحد دائما

وبشكل عام يشترط في المصهر ان يكون جيدا ولا يستهلك مع مرور الزمن وان لا تتغير صفاتة في تحمل التيار وان يكون سريع الانصار وان لا يسبب انصهاره اية عواقب.

انواع المصهرات

١- المصهرات القابلة للتسليك

ويتكون عنصر المصهر في هذا النوع من سلك رفيع من النحاس ذو مقاومة قليلة وتعتمد قيمة التيار المسبب لانصهار هذا المصهر على طول السلك ومساحة مقطعة ويدعى هذا النوع من المصهرات بالشبة المغلق كما مبين في الشكل ادناة

المحاسن :-

- رخيص الثمن
- سهولة استبدال عنصر المصهر في حالة انصهاره

العيوب:-

- تأكسد وتغير مساحة مقطع عنصر المصهر بسبب ارتفاع درجة حرارته مما يؤثر على صلاحية عملة لذلك يجب استبدال عنصر المصهر مرتين خلال العام
- استبدال عنصر المصهر بسلك من مادة اخرى او سلك لا يحمل نفس مساحة المقطع يتسبب في اختلاف مواصفات المصهر وبالتالي يؤثر على عملة
- عدم قابلية هذا النوع على التميز بين التيارات العالية التي تستمر لفترة طويلة او تلك التي تستمر لفترة قصيرة كما هو عند بدء تشغيل المحركات لذا لا يفضل استخدام هذا النوع في حماية المحركات

٢- المصهرات الانبوبية

تم تصنيع هذا النوع من المصهرات لغرض تلافي مساوئ المصهرات القابلة للتسليك من حيث تأكسد سلك المصهر مما يؤدي الى سقوطه حتى في حالات العمل الاعتيادية. تختلف المصهرات الانبوبية في تصنيعها اعتمادا على اختلاف التطبيقات المستخدمة فيها حيث تتراوح اشكالها من جسم اسطواني من الزجاج في التطبيقات البسيطة الى جسم اسطواني من الخزف يحتوي بداخلة على عنصر المصهر ومملوء بمادة الرمل السليكوني الذي يساعد على اطفاء القوس الكهربائي عند الانصار وذلك في تطبيقات الجهد المتوسط والعالي كما مبين في الشكل أدناه

المحاسن :-

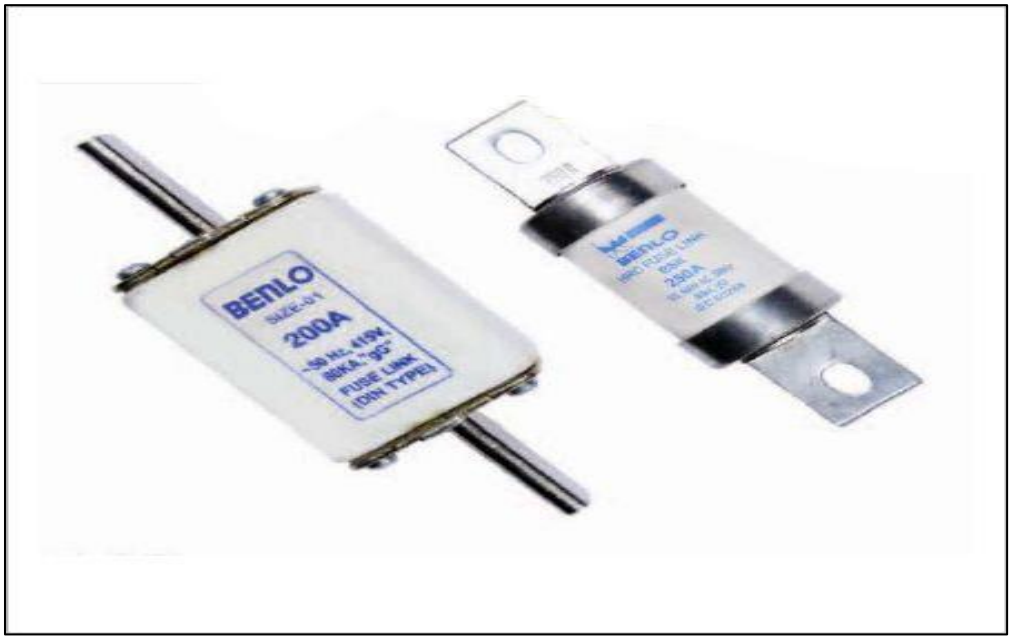
- امكانية استبدال عنصر المصهر
- سلك المصهر غير قابل للتأكسد بسبب تعرضه للهواء
- اطفاء القوس الكهربائي بسرعة

العيوب :-

عدم التميز بين التيار الزائد الذي يستمر لفترة طويلة والذي يزول بسرعة بعد فترة قصيرة

٣- **المصهرات ذات سعة القطع العالي H.R.C**

تصنع هذة المصهرات من اسطوانة من السراميك الجيد ويكون عنصر المصهر فيها عبارة عن سلك رفيع من الفضة وتملئ الاسطوانة بمادة السليكون. كما يزود هذا النوع من المصهرات بمؤشر كي يبين حالة عنصر المصهر ويتكون هذا المؤشر من سلك رفيع يتصل بالتوازي مع عنصر المصهر. كما يمكن معرفة قيمة التيار الذي يتحمله هذا النوع من المصهرات من خلال لون موجود على الغلاف الخارجي وحيث يبلغ معامل الانصهار لهذا النوع 1.25 كما يستطيع هذا النوع عزل دائرة القصر خلال 0.0013 من الثانية كما مبين من الشكل أدناه



المحاسن:-

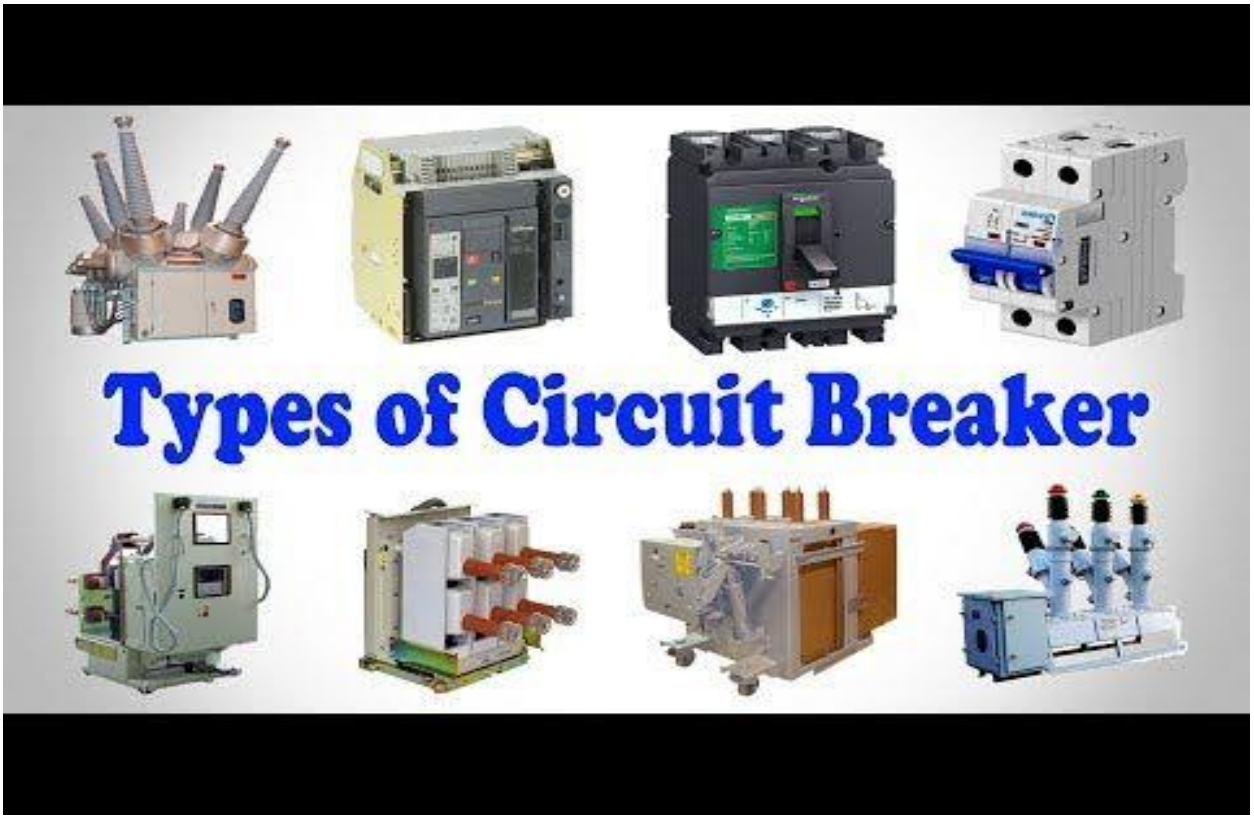
- لها خصائص فصل يمكن التحكم بها عند التصنيع
- تستعمل في الاحمال الصناعية الكبيرة
- يحتوي على مؤشر يوضح حالة عنصر الصهر فيما لو انصهر ام لا
- قابلة لتحمل الصدمات الكهربائية العالية
- تعطي تلامس كهربائي جيد
- لا تتطلب صيانة وليس لها عمر محدد وذات سرعة فصل عالية بدون ضوضاء او دخان

العيوب

- يجب استبدالها بعد كل عملية قطع للدائرة الكهربائية حيث لا يمكن استبدال عنصر المصهر لذلك فهي تستخدم لمرة واحدة.

ثانيا : قواطع الدورة Circuit Breakers

هو عبارة عن وسيلة ميكانيكية لتوصيل الدائرة الكهربائية في الظروف الاعتيادية وفصلها في الظروف الغير اعتيادية مثل زيادة الحمل او حدوث تيار قصر او حالات الهبوط الشديد في الجهد كما مبين في الشكل أدناه . وبصورة عامة فان قاطع الدورة هو عبارة عن مفتاح يقوم بإيصال وفصل الدائرة يدويا في الحالات الاعتيادية بينما يفصل الدائرة أوتوماتيكيا عندما يمر تيار اعلى من التيار المقنن وعند ابعاد الملامسات عن بعضها عند الانفصال يستمر مرور التيار الكهربائي خلالها على شكل قوس كهربائي لاسيما في فولتيات الجهد العالي والمتوسط حيث يعمل قاطع الدورة على اخماد القوس الكهربائي بين الملامسات لما لة من تاثير سلبي على الملامسات حيث ترتفع درجة الحرارة مما يسبب اتلاف هذة الملامسات.



ويمكن تصنيف قواطع الدورة اعتمادا على جهد التشغيل الى

- قواطع الجهد المنخفض اقل من 1KV
- قواطع الجهد المتوسط (33KV-1KV)

- قواطع الجهد العالي (240KV-33KV)
- قواطع الجهد الفائق اكبر من 240KV

كما يمكن ان تصنف قواطع الدورة اعتمادا على نوع الوسط المستخدم لا طفاء القوس الكهربائي الى

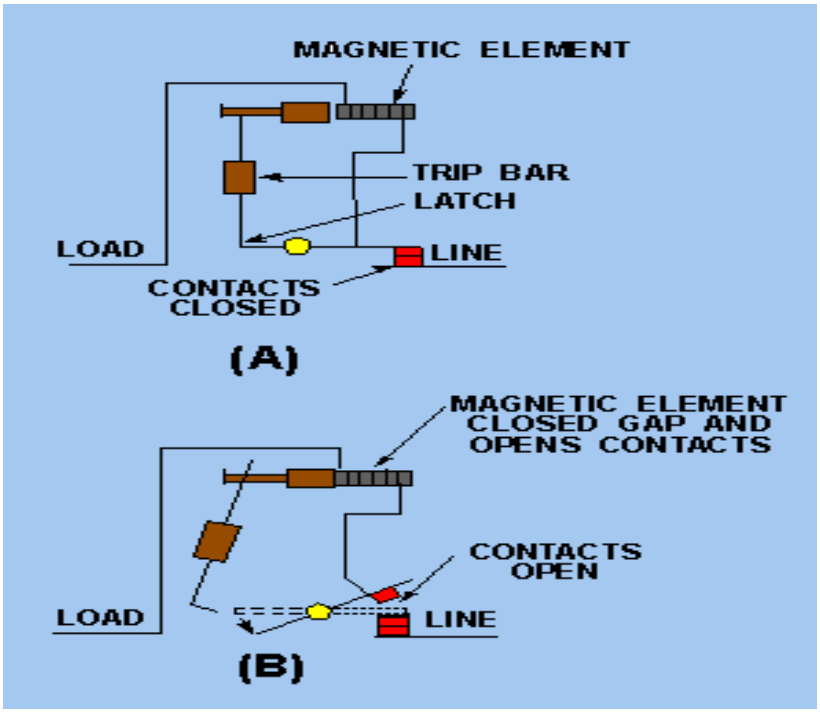
- القواطع الهوائية
- القواطع الزيتية
- القواطع المفرغة من الهواء
- قواطع سادس فلوريد الكبريت (SF6)

مبدا عمل قواطع الدورة

عند اختيار قاطع الدورة يجب الاخذ بنظر الاعتبار التيار الاعتيادي الذي يتحمله و التيار الذي يقطع عنده دون ان يتلف او يتضرر بالإضافة الى فولتية التشغيل المقننة . وبصورة عامة فان سعة قاطع الدورة تعتمد بشكل كبير على الوسط المستخدم لتقليل القوس الكهربائي. يمكن تقسيم قواطع الدورة اعتمادا على مبداء العمل الى قسمين رئيسين

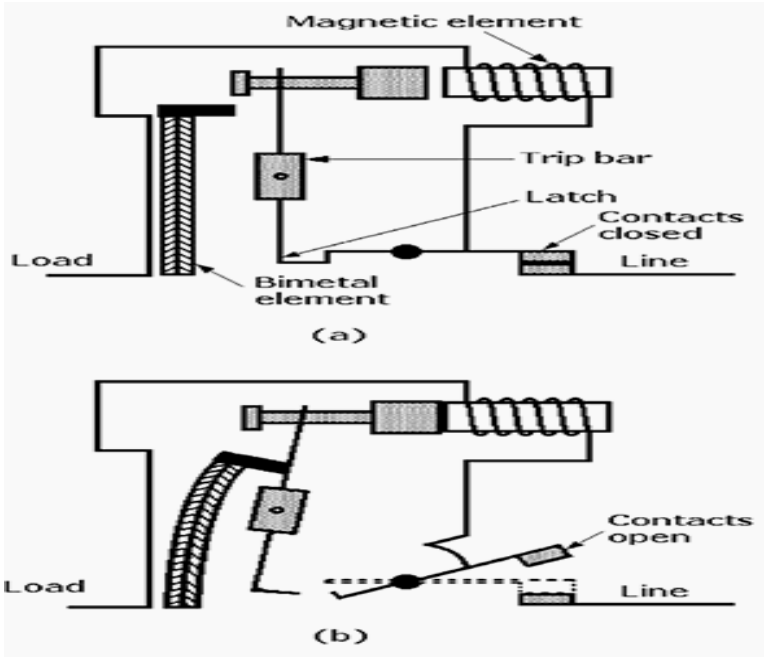
- **قواطع الدورة التي تفصل بتأثير المغناطيسي**

يتكون بصورة عامة من ملف حلزوني وقلب حديدي وتوجد امام الملف قطعة حديدية فعندما يكون القاطع في حالة التوصيل فان التيار الذي يسري في الملف يولد مجال مغناطيسي صغير غير قادر على جذب القطعة الحديدية التي تقابله, ولكن عند مرور تيار اعلى من المقرر فان القطعة الحديدة تنجذب بفعل المجال المغناطيسي المتولد في الملف مما يؤدي الى فصل الملامسات الموجودة في الطرف الاخر من القطعة الحديدة مما يؤدي لفصل الدائرة كما مبين في الشكل أدناه .



- **قواطع الدورة التي تفصل بالتأثير الحراري**

في هذا النوع يستخدم عنصر ثنائي المعدن حساس لدرجة الحرارة فعندما يمر تيار اعلى من المحدد فان هذا العنصر ينحرف باتجاه قطعة معدنية والتي تسبب قطع الدائرة الكهربائية



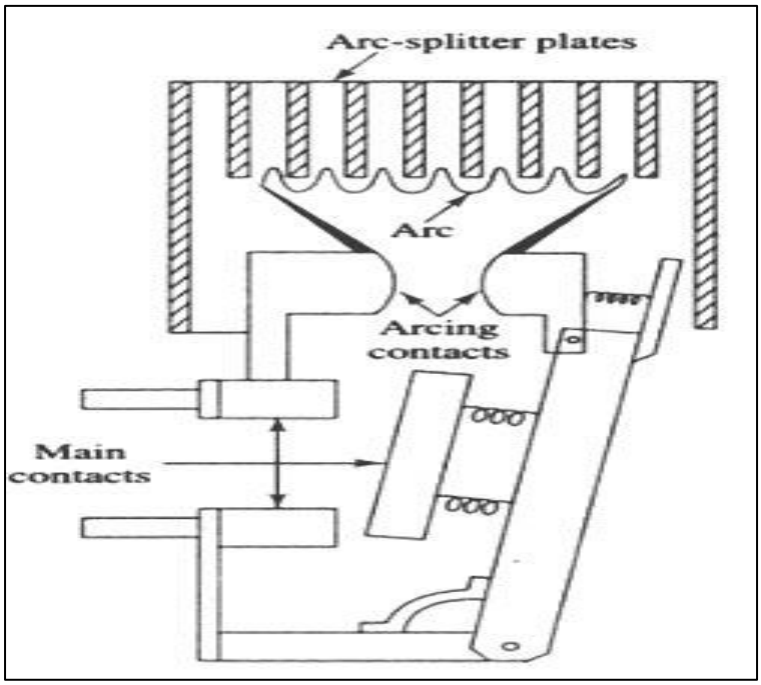
مميزات قواطع الدورة

- زمن الفصل قصير جدا تحت ظروف العطل
- تفتح جميع الملامسات في ان واحد
- يعاد الى العمل بسهولة بعد ازالة العطل
- اعطاء دليل واضح في حالة قطع الدائرة

قواطع الجهد المنخفض والمتوسط

- **قواطع الجهد المنخفض**

تعتبر قواطع الجهد منخفض من القواطع الهوائية حيث يتم اخماد القوس الكهربائي في الهواء عن طريق اطالة مسار القوس وتقسيمة الى اجزاء بواسطة مقسمات القوس وهي عبارة عن الواح معدنية تقوم بتقسيم القوس الكهربائي . وتكون هذه القواطع وحدة متكاملة داخل صندق معدني مصنوع من مادة عازلة وغير قابل للفتح ولا يمكن صيانتها او تبديل ملامساتها لذلك يجب استبدال القاطع بأكمله في حالة العطل كما مبين في الشكل أدناه

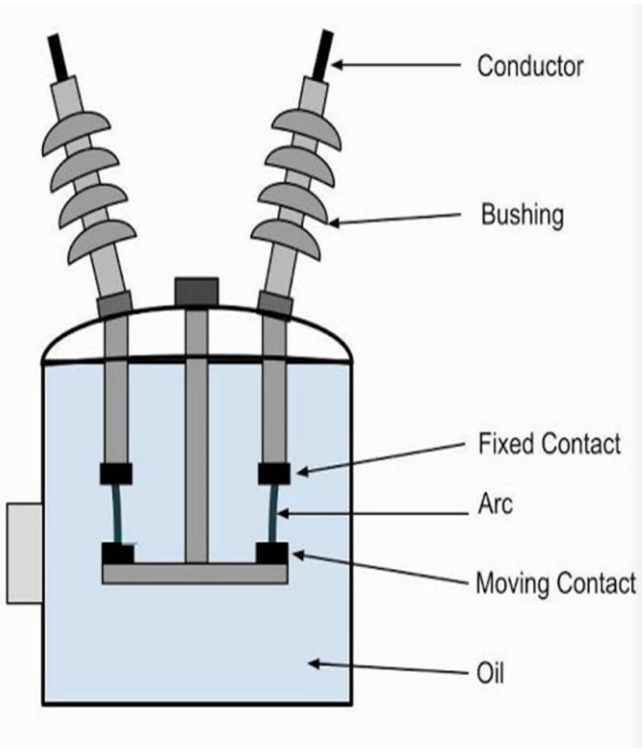


- **قواطع الجهد المتوسط**

يمكن تقسيم قواطع الجهد المتوسط اعتمادا على الوسط المستعمل لاطفاء القوس الكهربائي وفيما يلي اهم انواع هذة القواطع

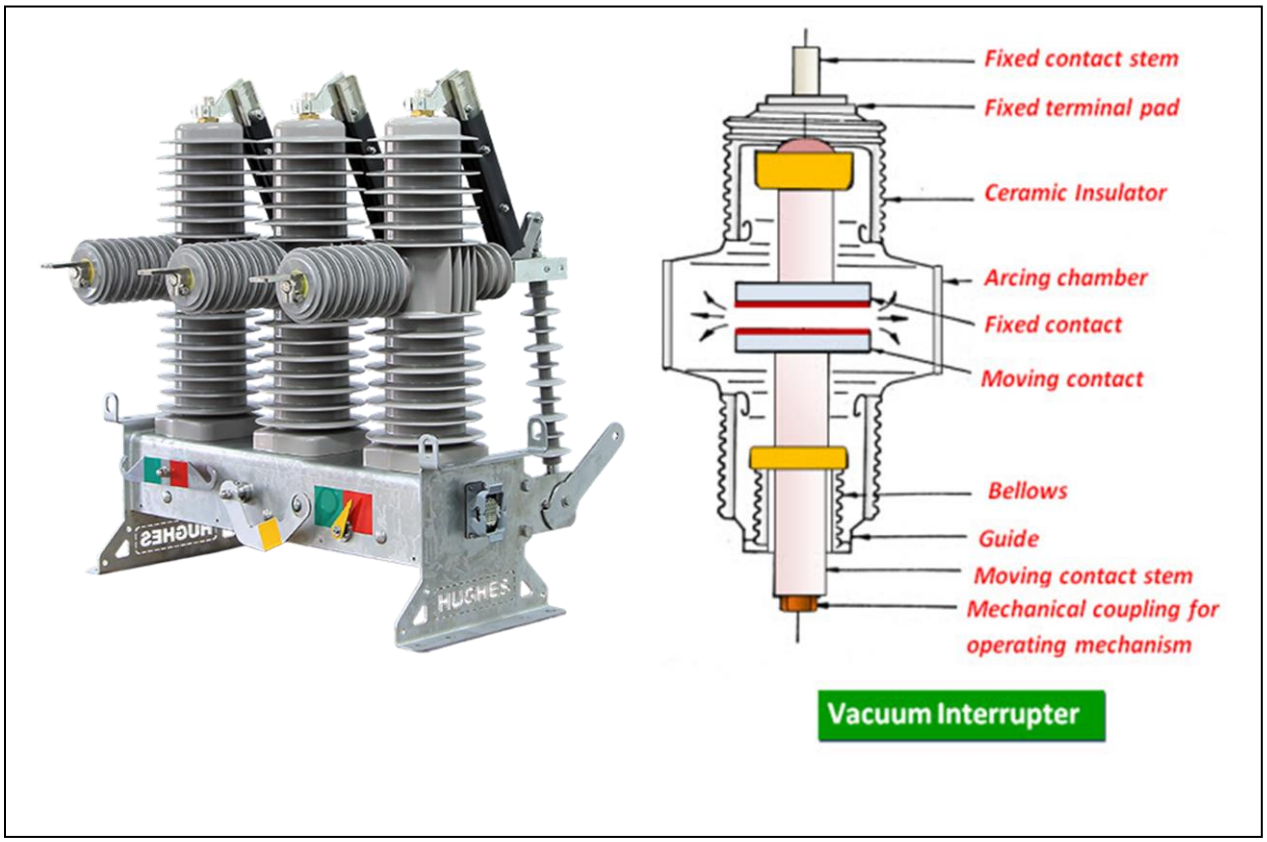
ا- قواطع الدورة الزيتية

يستعمل الزيت بين ملامسات القاطع لغرض اطفاء القوس الكهربائي المتولد عند تباعد ملامسات القاطع فعند فتحها وابتعادها عن بعضها البعض سيتولد قوس كهربائي بدرجة حرارة عالية تعمل على تبخر الزيت المحيط بالقوس وتحلله الى غاز الهيدروجين بضغط عالي حيث يعمل غاز الهيدروجين على تبريد القوس الكهربائي ويزيل حالة التأين لذرات الوسط بين الملامسات وبالتالي اخماد القوس الكهربائي. ومن العيوب الشائعة في هذا النوع من القواطع هي امكانية اشتعال الزيت داخل القاطع بالإضافة الى تولد الكاربون على اطراف الملامسات نتيجة القوس الكهربائي مما يسبب تلف الزيت مما يتطلب تبديله باستمرار كما مبين في الشكل أدناه



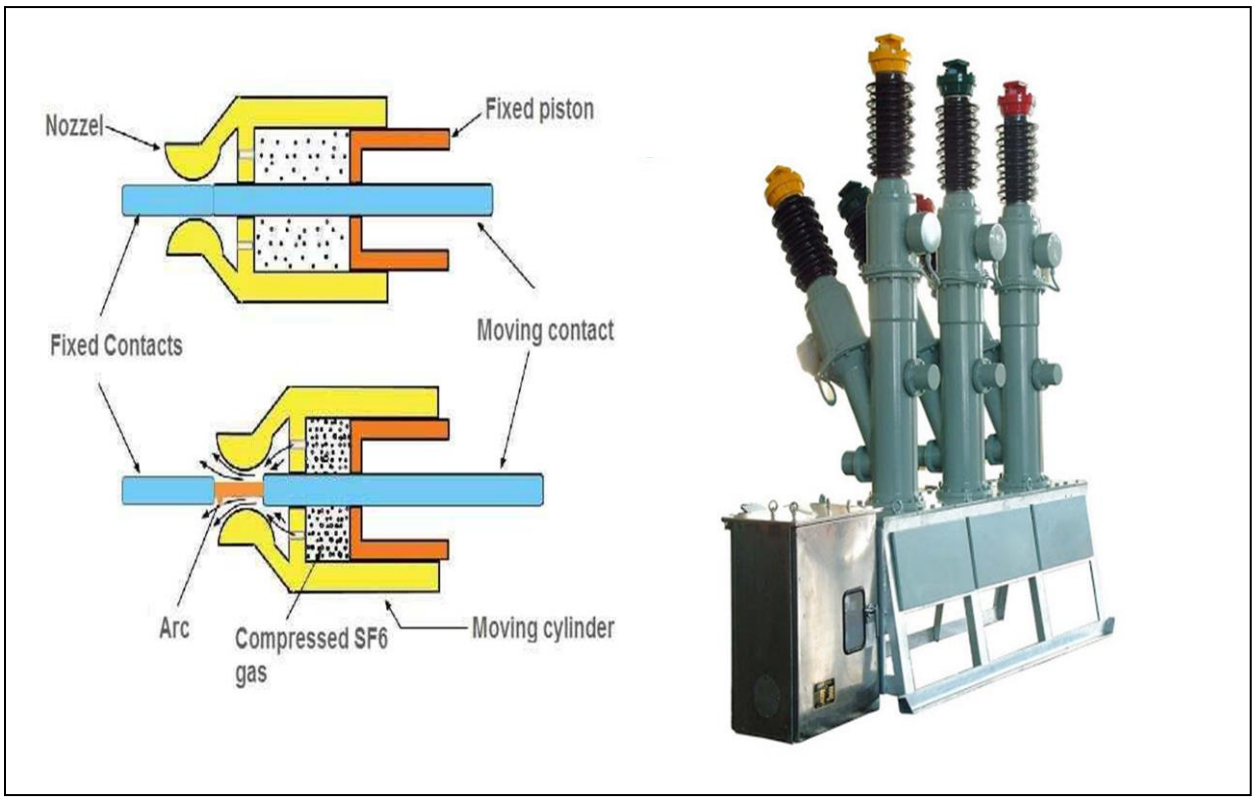
ب- قواطع الدورة المفرغة

وتتكون من غرفة مفرغة من الهواء وتحتوي على الملامسات ونتيجة للتفريغ من الهواء فان اخماد القوس الكهربائي يكون يسير لشدة عازليه الفراغ كما مبين في الشكل أدناه



ج- قواطع سادس فلوريد الكبريت

يعتبر غاز سادس فلوريد الكبريت من الغازات المصنعة وهو غير قابل للاشتعال وكثافته خمسة اضعاف كثافة الهواء كما ان خصائصة الحرارية جيدة ولة قابلية عالية على التأين مما يجعلة وسطا مثاليا لاخماد القوس الكهربائي . وتمتاز القواطع التي تستخدم هذا النوع من الغاز بانها غير قابلة للاشتعال كما ان قابليتها للعزل تكون جيدة لعدم وجود مخلفات كاربونية على الملامسات مما يزيد في عمر هذا النوع من القواطع لكن تعتبر هذة القواطع غالية الثمن مقارنة مع غيرها بسبب كلفة الغاز المرتفعة كما مبين في الشكل ادناة


Nozzel
Fixed piston
Fixed Contacts
Moving contact
Arc
Compressed SF6 gas
Moving cylinder

ثالثا: المرحلات او المتابعات (Relays)

المرحلات هي عبارة عن اجهزة تعمل عمل المراقب في الدوائر الكهربائية حيث تقوم بقياس الكميات الكهربائية باستمرار, وعندما تصبح هذه الكميات الكهربائية المقاسة اكبر او اقل (حالة الاعطال) من القيم المقررة (القيم النظامية) فأنها تعطي اوامر الى قاطع الدورة ليفصل الدائرة الكهربائية . لذا فان المرحل بصفة عامة يستقبل اشارة تحكم معينة من الدائرة المركب عليها وتبعا الى تلك الاشارة فانة يجري تغيرا او اكثر في تلك الدائرة, ومرحلات الحماية بشكل خاص تستجيب الى ظروف التشغيل غير الطبيعية في الدوائر الكهربائية كالأعطال وتجاوز الحمل ويعطي مرحل الحماية اشارة مناسبة لقاطع الدائرة ليقوم بفصل الجزء العاطل او المعيب في المنظومة الكهربائية وباقل وقت ممكن. الشكل أدناه يبين انواع مختلفة من المرحلات المتوفرة في الاسواق.

تركيب والية عمل مرحل الحماية

على الرغم من وجود انواع متعددة من المرحلات يعتبر المرحل الكهرومغناطيسي من ابسطها واكثرها شيوعا واستخداما لذلك سوف يعتمد لفهم تركيب والية ء مل المرحل الشكل أدناه بين التركيب العام للمرحل حيث يحتوي على ملامسات وظيفتها ايصال وفصل الم حل عن الدائرة الخارجية التي يقوم بتغذيتها وبشكل عام فان ملامسات المرحل تقسم الى نوعين حسب التوصيل

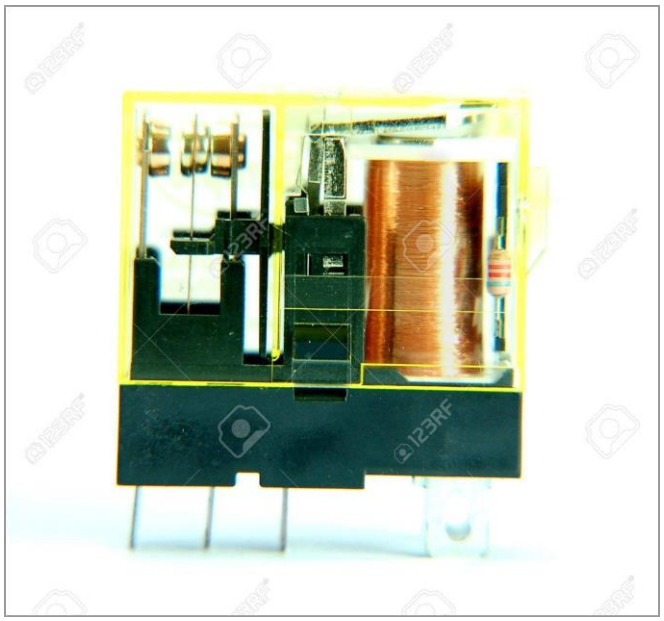
- (NO) normally open contact

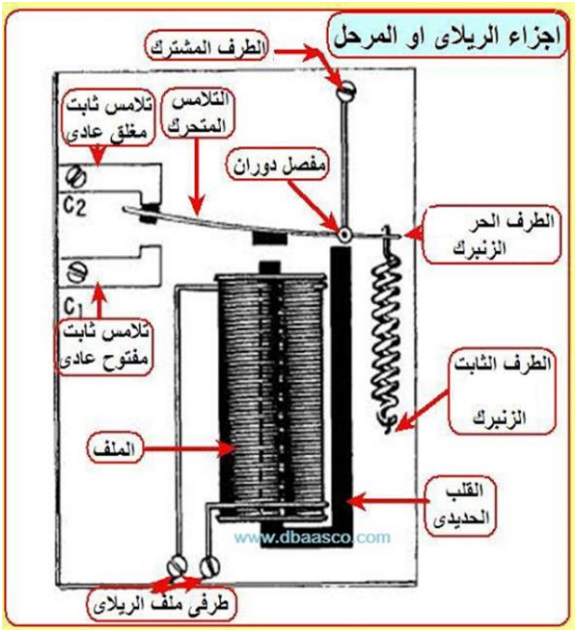
وتكون هذه الملامسات مفتوحة دائما في حالة ظروف التشغيل الاعتيادية وتعمل فقط عند اثارة المرحل والتي تكون عند حدوث الاعطال او ظروف العمل غير الطبيعة

- (NC) normally closed contact

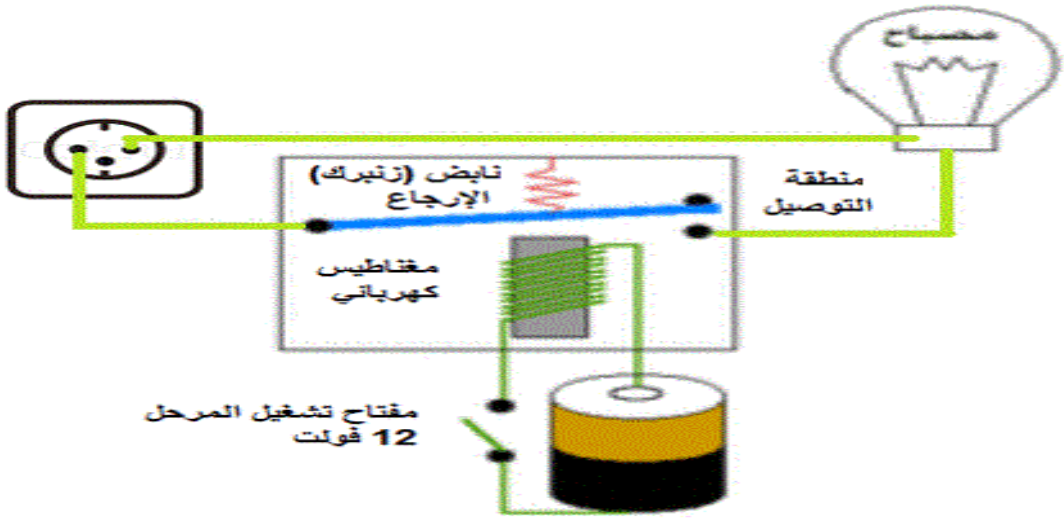
وتكون ملامسات المرحل في هذه النوع مغلقة (موصولة) في ظروف العمل الاعتيادية (اي عدم اثارة المرحل) وعند الظروف العمل غير الاعتيادية تفتح هذه الملامسات

بينما يوفر الملف الموجود في المرحل قوة جذب كهرومغناطيسية عند اثارة المرحل فيقوم بفتح وغلق الملامسات ويعمل الزنبرك على اعادة الملامسات الى الوضع الطبيعي عند ازالة العطل من الدائرة.





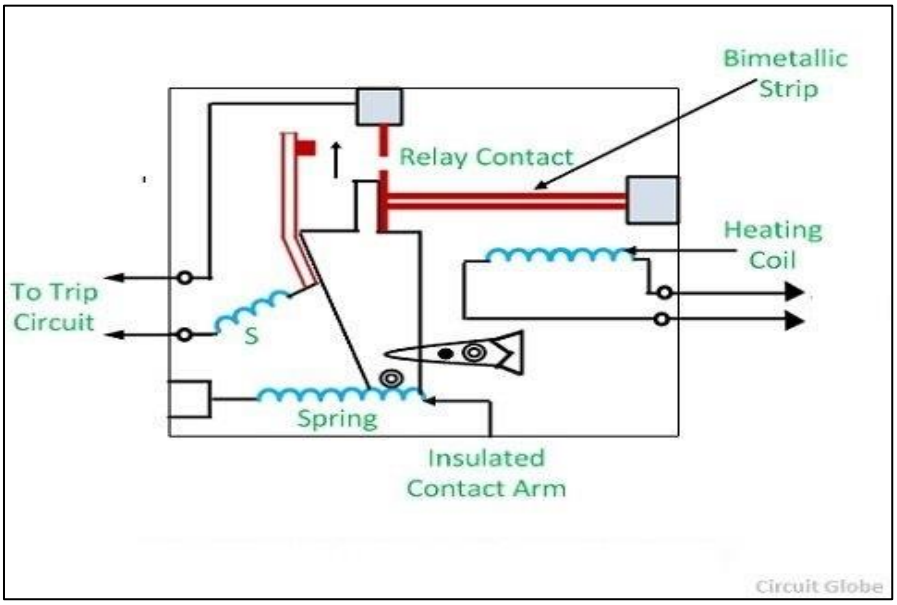
ولغرض فهم الية عمل المرحل انظر الى الدائرة في الشكل أدناه, تشكل هذة الدائرة تغذية مصباح كهربائي عن طريق المرحل . في الحالة الاعتيادية تكون ملامسات المرحل مفصولة عن الدائرة الخارجية وعند تحفيز ملف المرحل تتولد فيه قوة مغناطيسية تجذب ملامس المرحل ليتم ايصال الدائرة وتسمح بمرور التيار الى الحمل .



انواع المرحلات الحماية

- يمكن تقسيم المرحلات اعتمادا على مبدا عملها الى الاقسام التالية

١- المرحلات الحرارية Thermal relay

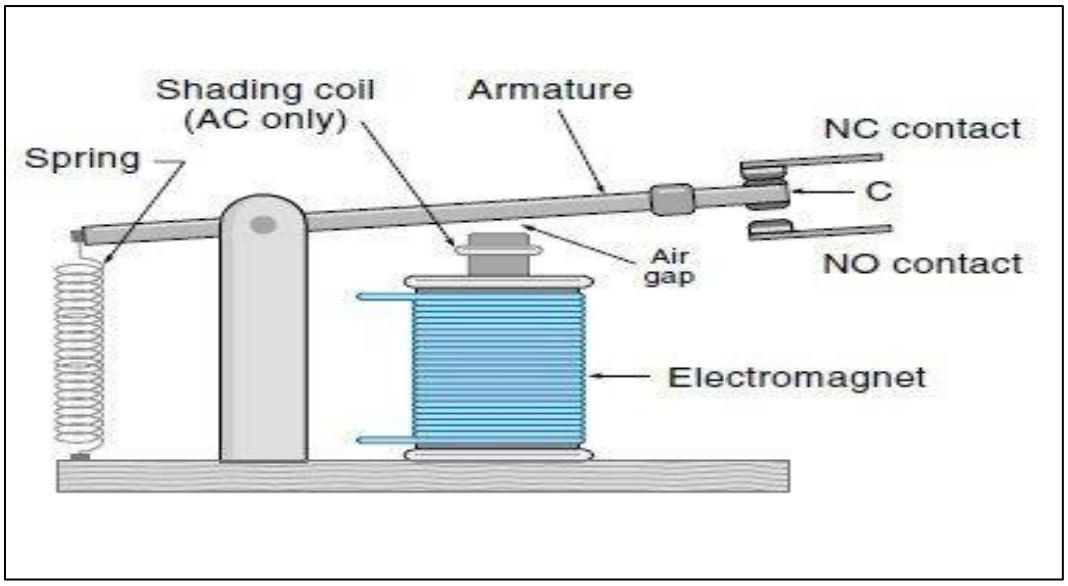


يعتمد عمل هذا النوع من المرحلات على التأثير الحراري الذي يولده التيار حيث تعتمد الية العمل على مبدأ التمدد والتقلص الحراري للألواح ثنائية المعدن(bimetallic strip). بمجرد أن يبدأ التيار بالتدفق خلاله ، تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع. كلما زاد تدفق التيار الحالي ، ارتفعت درجة حرارة لوحات الوحدة

الحرارية. في هذه الحالة ، تنتقل ألواح الوحدة الحرارية إلى المعدن مع معامل تمدد منخفض للحرارة. في هذه الحالة، يتم إغلاق جهة الاتصال أو فتحها في المرحل.

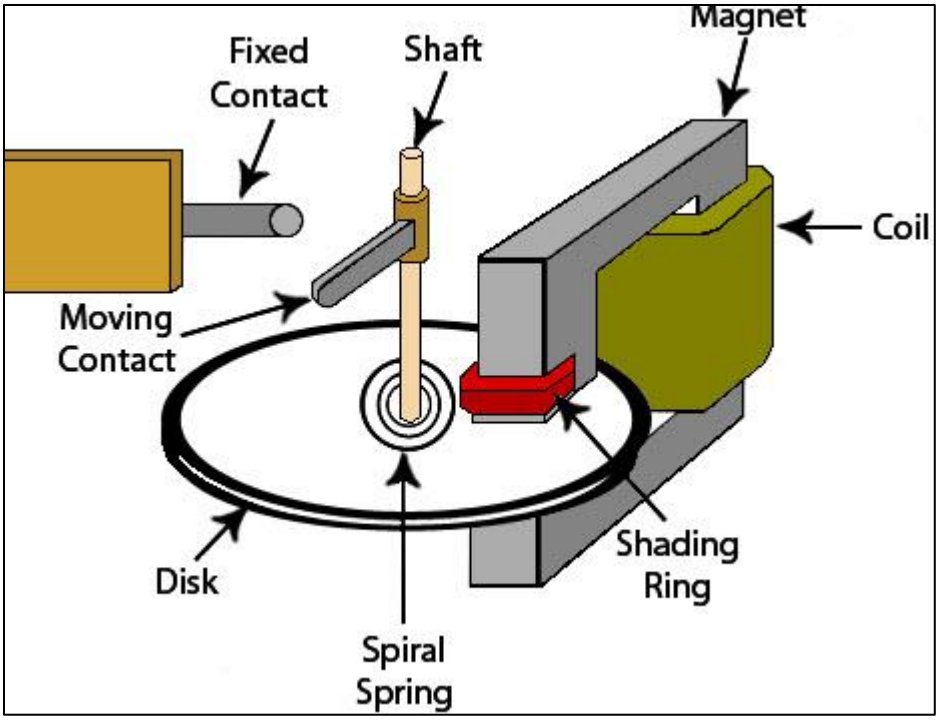
٢- المرحلات الكهرومغناطيسية Electromagnetic relay

يعتمد عمل هذه المرحلات على الفيض المغناطيسي الذي يولده التيار عند مروره في ملف ما حيث يقوم هذا المجال المغناطيسي المتولد بجذب ذراع ملامسات الموصل مما يؤدي الى اتصال بين ملامسات الموصل والدائرة الخارجية كما موضح في الشكل أدناه



٣- المرحلات الحثية Induction relay

يعتمد عمل هذا النوع من المرحلات في عملها التجاذب المغناطيسي بين فيضين مغناطيسين وبين التيارات الدوامة المستحثة في الجزء المتحرك ويمكن الحصول على فيضين مغناطيسين في هذا النوع اما عن طريق استخدام ملف اثارة ودائرة مغناطيسية واحدة لها قطب مظلل او عن طريق استخدام ملفين مغناطيسين منفصلين. الشكل أدناه يبين مرحل حثي ذي القطب المظلل ويتكون من قرص من النحاس او الالمنيوم مزود بمحاور ارتكاز وطليقة دوران في الثغرة بين القطبين المغناطيسين تقوم هذة الحلقة المظللة نتيجة التيارات المحتثة فيها بتأخير الفيض المغناطيسي في الجزء المظلل عن الفيض في الجزء غير المضلل مما يسبب حركة القرص الدوار وبالتالي تلامس اطراف المرحل .



٤- المرحلات الاستاتيكية Static relay

تعتمد هذة المرحلات في عملها على دوائر الالكترونية ثابتة مثل الدايود والترانستور او الثايرستور او الدوائر التكاملية لذا فهي غالبا لا تحتوي على اجزاء متحركة تكون غالية الثمن ولا تحتاج الى صيانة مثل الانواع الاخرى والشكل أدناه يبين احد انواع المرحلات الاستاتيكية

- يمكن تقسيم المرحلات اعتمادا على الكميات الكهربائية التي تعمل للحماية منها وكأمثلة على ذلك
- **مرحلات التيار** : وتعمل عند قيمة محددة للتيار وتشمل مرحلات زيادة التيار ومرحلات نقص التيار .
- **مرحلات الجهد** :- وتعمل عند قيمة محددة للجهد وتشمل مرحلات زيادة الجهد ومرحلات نقص الجهد
- **مرحلات القدرة** :- وتعمل عند قيمة محددة للقدرة وتشمل مرحلات زيادة القدرة ومرحلات نقص القدرة
- **المرحلات الاتجاهية** وتشمل:

مرحلات التيار المتردد : وتعمل على أساس علاقة الطور الزاوي بين الكميات المتناوبة (المترددة) .

مرحلات التيار الثابت : وتعمل على أساس اتجاه التيار وغالبًا لنظام المغناطيسي الثابت أو الملف المتحرك

- **مرحـلات التردد** : وتعمل عند قيمة محددة للتردد وتشمل مرحلات زيادة التردد ومرحلات نقص التردد.

حماية المحركات الكهربائية

تعتبر المحركات الكهربائية بشكل عام ضرورة اساسية في معظم التطبيقات الصناعية وتعتبر المحركات الحثية بشكل خاص من اكثرها شيوعا وانتشارا في هذه التطبيقات وتعتمد هذه المحركات في تشيلها على التيار المتناوب وتقسم الى محركات احادية الطور كما في المحركات المستخدمة في التطبيقات المنزلية او ثلاثية الطور للأغراض الصناعية وحرصا على ديمومة العمل وللحفاظ على هذه المحركات من التلف والاعطال المتعددة يجب اختيارها بصورة مناسبة للعمل وفق الاليات التالية

١- القدرة الكهربائية

٢- نظام التشغيل

٣- دائرة الربط واجهزة الحماية

٤- القابلوات واسلاك التوصيل

وعلى الرغم من اتخاذ الاحتياطات اللازمة لعمل هذة المحركات وخصوصا في التطبيقات الصناعية الا ان احتمالية حدوث الاعطال المفاجئة او العمل بصورة غير طبيعة واردة الحدوث وان من اكثر الاعطال شيوعا في المحركات الكهربائية

ا- اعطال القصر Short circuit والتي ممكن ان تحدث في

١- الطور الواحد او الطورين او الثلاثة اطوار للمحرك الكهربائي

٢- صندوق النهايات واسلاك التوصيل او خطوط التغذية (القابلوات)

٣- احد الاطوار او جميعها مع جسم المحرك

٤- دوائر التحكم والسيطرة

وتتميز هذه الاعطال بكونها سريعة التأثير وفجائية ويصحبها عادة ارتفاع وزيادة كبيرة في التيار المسحوب من قبل المحرك

ب- اعطال زيادة درجة حرارة المحرك والتي تحدث بسبب

١- زيادة الحمل

٢- زيادة او هبوط الفولتية المجهزة

٣- اخفاق وفشل في انظمة التبريد

٤- ارتفاع في درجة حرارة الجو المحيط بالمحركات الكهربائية

والصفة المميزة لهذه الاعطال انها بطيئة التأثير ويصحبها زيادة تدريجية للتيار المسحوب من قبل المحركات الكهربائية

حماية المحركات الحثية ثلاثية الاطوار

اولا:- الحماية من حدوث القصر وزيادة التيار

من انواع الحماية المستخدمة لتقليل من مخاطر اعطال دوائر القصر في المحركات الحثية ثلاثية الاطوار

١- المصهرات

تعتبر المصهرات وسيلة الحماية الاقل كلفة مقارنة مع وسائل الحماية الاخرى لذا تربط على التوالي مع كل طور من اطوار المحرك الحثي مع مراعاة اختيار المصهر بما يتوافق مع التيار المقنن للمحرك الحثي.

٢- مرحلات التيار current rely (C.R)

يستخدم مرحل التيار لحماية المحركات الحثية ثلاثية الطور حيث يتحسس الزيادة الحاصلة في التيار و يربط على التوالي مع اطوار المحرك الحثي ومن الجدير بالإشارة الية ان مرحل التيار لا يقوم هو ذاتيا بفصل المحرك عن مصدر التغذية بل يعمل مع اللاقط (الكونتكتر) contactor بالتزامن . و اللاقط (الكونتكتر) هو عبارة عن مفتاح كهربائي يشبهه قاطع الدورة من حيث الية العمل مع الاختلاف ان عملية التوصيل والفصل تتم تلقائيا من خلال ملف مغناطيسي يقوم بإيصال وفصل ملامسات اللاقط . لذا عند زيادة التيار يعمل المرحل على فتح ملامس مغلق موجود في دائرة السيطرة لملف الكونتكتر المتصل على التوالي مع المرحل وعندها ترجع الملامسات الرئيسية للكونتكتر الى وضع الدائرة المفتوحة وتتوقف التغذية عن المحرك. يبين الشكل أدناه مرحل التيار و الكونتكتر

الكونتكتر

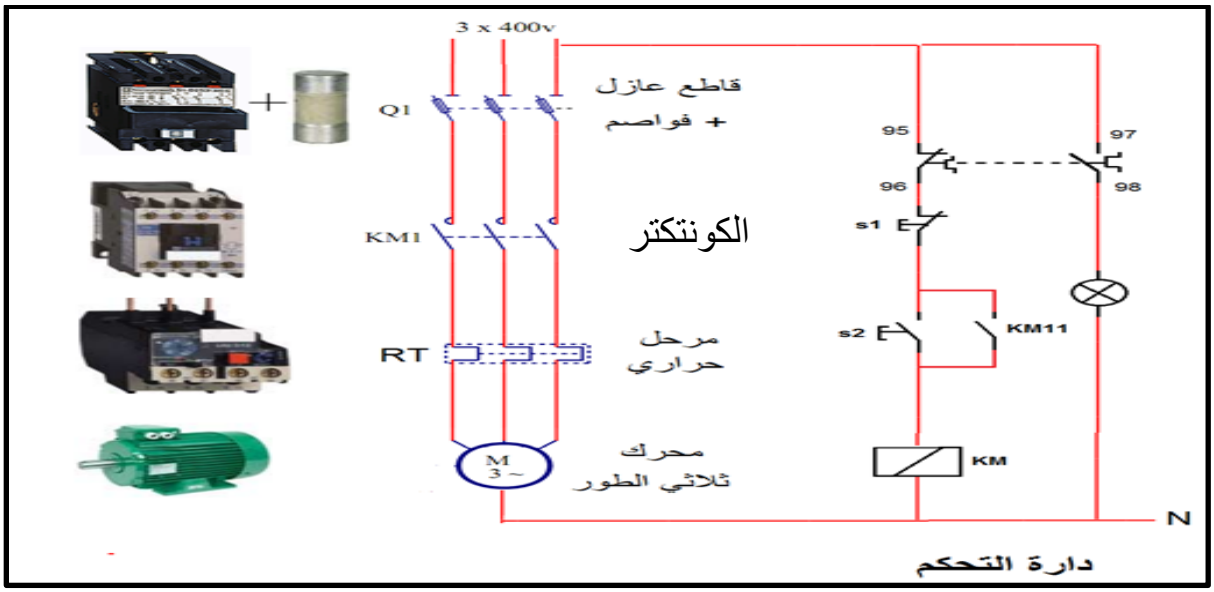
مرحل زيادة التيار

ثانيا :- الحماية من زيادة الحمل

يؤدي زيادة الحمل (over load) على المحرك الى زيادة قليلة في التيار عن التيار المقنن للمحرك وهذا بدورة يعمل على زيادة درجة حرارة المحرك عن الحدود المسموح بها مما قد يؤدي الى تلف عوازل اسلاك المحرك لذلك يمكن حماية المحرك الكهربائي باستخدام أحدى الطريقتين

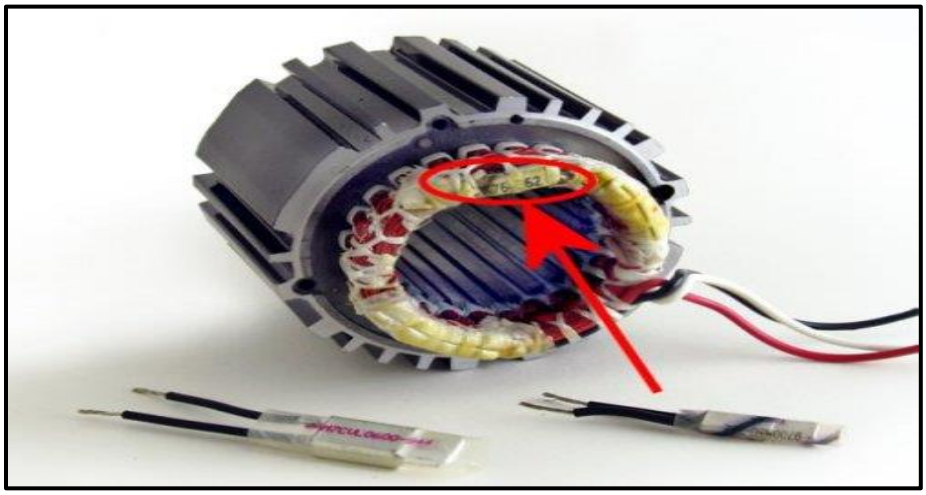
١- المرحل الحراري thermal relay (T.R)

يستخدم المرحل الحراري لحماية المحركات الحثية التي تعمل بصورة متواصلة لا تقل عن نصف ساعة من زيادة درجة الحرارة الناجمة عن ارتفاع التيار بسبب التحميل الزائد او الظروف البيئية ويتم ربط المرحل على التوالي مع خطوط تغذية المحرك اي يوضع بين المحرك والكونتكتر يقوم المرحل الحراري بتحسس درجة حرارة المحرك من خلال عنصر قابل للتمدد موجود داخل المرحل. تكون ملامسات المرحل مغلقة في دائرة السيطرة عند ظروف العمل الطبيعية وبذلك يكون الكونتكتر في حالة توصيل عند ازدياد درجة الحرارة تفتح ملامسات المرحل مسبب قطع التغذية عن الملف المغناطيسي الموجود في الكونتكتر مما يؤدي الى تباعد ملامساته وبالتالي فصل التغذية عن المحرك كما مبين في الشكل أدناه



٢- المتحسسات الحرارية المدفونة

وهو عبارة عن متحسس حراري يوضع بين ملفات المحرك ويتحسس الارتفاع في درجة الحرارة بصورة دقيقة ومن اهم المتحسسات الحرارية هو المقاوم الحراري Thermistor وهو عبارة عن مقاومة سيراميكية حساسة لدرجة الحرارة ويوجد منها نوعان احدهما مقاوم حراري لمعامل سالب (N.T.C) والاخر لمقاوم موجب (P.T.C) . ويتم تصميم دوائر الحماية لهذه المتحسسات بحيث تكون مسؤولة عن فتح ملامسات الكونتكتر عن ازدياد درجة الحرارة ففي الحالة الاعتيادية لا يسمح هذا المتحسس للتيار من المرور من خلاله ولكن مع ارتفاع درجة حرارته وانخفاض مقاومته يمر التيار من خلاله الى ملف الكونتكتر الذي بدورة يعمل على فتح تلامسته وفصل التغذية عن المحرك . يبين الشكل أدناه المتحسس الحراري ضمن ملفات المحرك.



ثالثا:-الحماية من انخفاض جهد التغذية

تستخدم مرحلات الفولتية voltage relay (V.R) لحماية المحركات الحثية من هبوط الجهد حيث تنص المواصفات القياسية ان اقصى هبوط المسموح به يجب ان لا يتجاوز 2.5% من الجهد المقنن للماكنة. وتعمل مرحلات الفولتية بالتزامن مع مرحلات التيار التي تعتبر الحماية الرئيسية حيث تكون ملامسات مرحلات التيار مغلقة في ظروف العمل الطبيعية بالإضافة الى ملامسات مرحل الفولتية التي يكون لها تاخير زمني في العمل يقارب النصف ثانية. عند حصول هبوط في الجهد تفتح ملامسات الكونتكتر لكن تستمر التغذية الى ملفة من قبل مرحل الجهد بسبب التأخير الزمني فاذا استمرت فترة هبوط الجهد لا كثر من نصف ثانية فان التغذية تقطع كليا بينما اذا انخفض الجهد او انقطع لفترة اقل من نصف ثانية فان ملامسات الكونتكتر تعود للعمل لضمان استمرار عمل المحرك ذاتيا . وتختلف مرحلات الفولتية فمنها من يعمل على فولتية مستمرة وهي بذلك تحتاج الى قنطرة تقويم ومنها من يعمل على التيار المتناوب . الشكل ادناه يبين مرحل زيادة ونقصان الفولتية

رابعا:- حماية من العمل على طورين (انقطاع احد الاطوار)

من المشاكل والاعطال التي تعاني منها المحركات ثلاثية الاطوار هي احتمالية انقطاع احد الاطوار والعمل بوجود طورين مما يسبب تلف ملفاتها نتيجة للارتفاع التيار الكهربائي ولغرض حماية المحركات الحثية من هذا النوع من الاعطال يستخدم مرحل الطور Phase Relay (P.R). يربط مرحل الطور على التوالي بين المصهرات او قاطع الدورة و الكونتكتر وتتصل بالتوالي مع خط التغذية ولا تعمل هذه المرحلات في حالة ظروف العمل الطبيعية ولكن عند انصهار احد المصهرات او انقطاع احد الاطوار فان الجهد على ملف المرحل يزداد مما يؤدي الى عمل المرحل وفتح ملامسته وهذا بدورة سوف يقطع التيار المار في ملف الكونتكتر مما يسبب في فتح ملامسات الكونتكتر وفصل التغذية عن المحرك. الشكل أدناه يبين دائرة عملية لعمل مرحل الطور