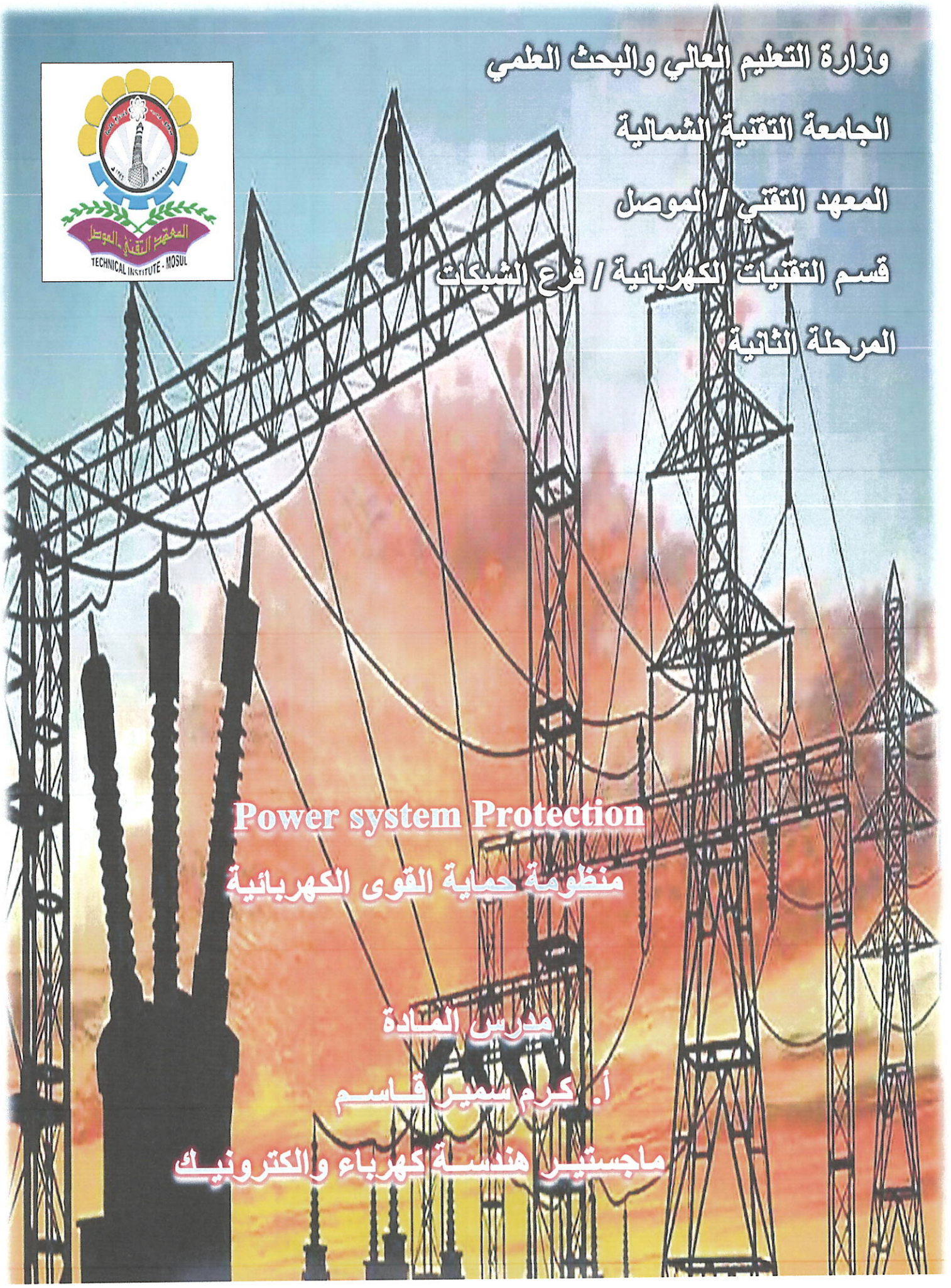


وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التقنية الشمالية

المعهد التقني / الموصل

قسم التقنيات الكهربائية / فرع الشبكات

المرحلة الثانية

Power system Protection

منظومة حماية القوى الكهربائية

مدرس المادة

أ. كرم سمير قاسم

ماجستير هندسة كهرباء والكترونيك

الفهرس

الاسبوع الاول	وظيفة منظومة الوقاية الكهربائية – مبدأ عمل منظومة الوقاية– الاعطال في منظومة الوقاية – انواع الاعطال – اشارات الاعطال – مكان عناصر منظومة الوقاية
الاسبوع الثاني	المتطلبات لآجهزة الحماية – الحماية الرئيسية والحماية الثانوية
الاسبوع الثالث	المصهرات – مكونات المصهر – انواع المصهرات – فوائد وعيوب المصهرات – مبدأ عمل المصهرات
الاسبوع الرابع	القواطع الكهربائية ومبدأ عملها – الاجزاء الاساسية للقواطع الكهربائية – نشأة القاطع الكهربائي – القوس الكهربائي
الاسبوع الخامس	طرق ووسائل اخماد القوس الكهربائي – تصنيف القواطع طبقا للجه التشغيلي– انواع القواطع الكهربائية طبقا للآخماد القوس الكهربائي
الاسبوع السادس	مبدأ عمل القوطع العاملة بالزيت(الزيتية – Oil circuit Breakers)واستخداماته مبدأ عمل القواطع الفراغية (المفرغة من الهواء – Vacuum Circuit Breaker)
الاسبوع السابع	مبدأ عمل قواطع سادس فلوريد الكبريت SF6 Circuit Breaker فوائد استخدام غاز سادس فلوريد الكبريت – القواطع العاملة بضغط الهواء Air CB – الاختبارات الاساسية للقواطع الكهربائية
الاسبوع الثامن	محولات التيار Current Transformer وظيفتها ومبدأ عملها– طرق توصيل محولات التيار – مسائل حسابية عن محولات التيار
الاسبوع التاسع	مشكلة التشبع – مشكلة فتح الملف الثانوي في محولات التيار – الاختبارات الاساسية لمحولات التيار
الاسبوع العاشر	محولات الجهد Voltage Transformer – توصيف محولات الجهد – محولات الجهد السعوية CVT – الفرق بين محولات التيار ومحولات الجهد
الاسبوع الحادي عشر	المتابعات Relays ومبدأ عملها – المتطلبات الاساسية للمرحلات – انواع المتابعات طبقا للفترة الزمينة ، مجالات التطبيق ، لتركيبها ومبدأ عملها
الاسبوع الثاني عشر	طريقة عمل المتابعات في منظومة الحماية – المتابعات الحثية Induction Relay نظرية العزوم المتولدة فيها– الاجزاء الاساسية لهذه المتبعات
الاسبوع الثالث عشر	المرحلات الاستاتيكية Static Relay– مبدأ عملها – التركيب الاساسي لهذه المرحلات– مرحل الترنزستور ونظرية عمله – دوائر التاخير الزمني

الاسبوع الرابع عشر	مرحلات الحماية ضد زيادة التيار مبدأ عملها - انواع المرحلات ضد زيادة التيار- طرق توصيلها -- استخدامات وضبط مرحلات ضد زيادة التيار =مكونات مرحلات ضد زيادة التيار ذات المبدأ الحثي
الاسبوع الخامس عشر	المرحلات المسافية Distance Relays – المتابعات التفاضلية Differential Relays- مبدأعملها – تطبيقات المتابع التفاضلي- المشاكل المرافقة للحماية التفاضلية – المتابع التفاضلي المنحاز
الاسبوع السادس عشر	مقدمة عن حماية المولدات الكهربائية – اعطال المولدات (Generators Faults الاعطال الميكانيكية – الاعطال الكهربائية (اعطال العضو الثابت Stator faults اعطال العضو الدوار Rotor Faults) – اعطال اخرى
الاسبوع السابع عشر	تأريض المولدات الكهرابئية (Generator Earth) - انواع التأريض – الحماية الاساسية للعضو الثابت stator main protection
الاسبوع الثامن عشر	حماية المولدات ضد زيادة الحمل – حماية المولدات ضد زيادة التيار – الحماية الارضية لمنطقة محددة – حماية الاساسية العضو الدوار Rotor main protection - الحماية ضد فقد الاثارة (Loss Of Excitation)
الاسبوع التاسع عشر	مقدمة عن حماية المحولات الكهربائية Transformer Protection - انواع الاعطال وتأثيرها – نظرية عمل الحماية التفاضلية – حماية محولات القدرة بأستخدام الحماية التفاضلية Differential protection of Power Transformer – مزايا وعيوب الوقاية التفاضلية المنفصلة للمحولات
الاسبوع العشرون	الحماية التفاضلية الكاملة Overall Differential Protection – جهاز بوخولز Bucholoz Relay -
الاسبوع الحادي والعشرون	حماية قضبان التوزيع Bus bar Protection - انواع قضبان التوزيع –اسباب الاعطال- الاساليب المستخدمة في وقاية الـ BBs

أن استمرارية الطاقة الكهربائية وتوفرها بشكل سليم وبسعر مناسب لهو قياس على تقدم البلاد وأن منظومة القوى الكهربائية التي تتكون من وحدات توليد وشبكات لنقل وتوزيع القدرة تحتاج الى مجهودات هائلة وتجهيزات كبيرة ومتنوعه وذلك للإيصال التيار الكهربائي الى المستهلك بشكل صحيح ومستمر.

منظومة القوى الكهربائية عادة تتكون من المولد الكهربائي التي تنتج الكهرباء وهو عادة يكون من النوع المتزامن Synchronous Generator مرورا بالمحولات Transformers الذي يرفع قيمة جهد التوليد الى قيم عالية وخفض قيم التيار من ثم خفض او تقليل الفقد في القدرة المنقولة من مكان لآخر ثم يلى ذلك خطوط نقل القدرة وهى غالبا اما تكون محمولة على ابراج عالية Overhead Transmission Lines او في صورة اخرى كابلات كهربائية مدفونة في الارض Underground Cables لاسيما داخل المدن ثم تنتهى خطوط النقل بمجموعة من محولات التوزيع Distribution Transformers التي تخفض الجهد الى قيم مختلفة لتوزيعه على المستهلكين في المناطق الصناعية (جهود متوسطة) والمناطق السكنية (الجهود المنخفضة) من خلال شبكة الخطوط الفرعية وتنتهى بمجموعات متنوعه من اللوحات الكهربائية

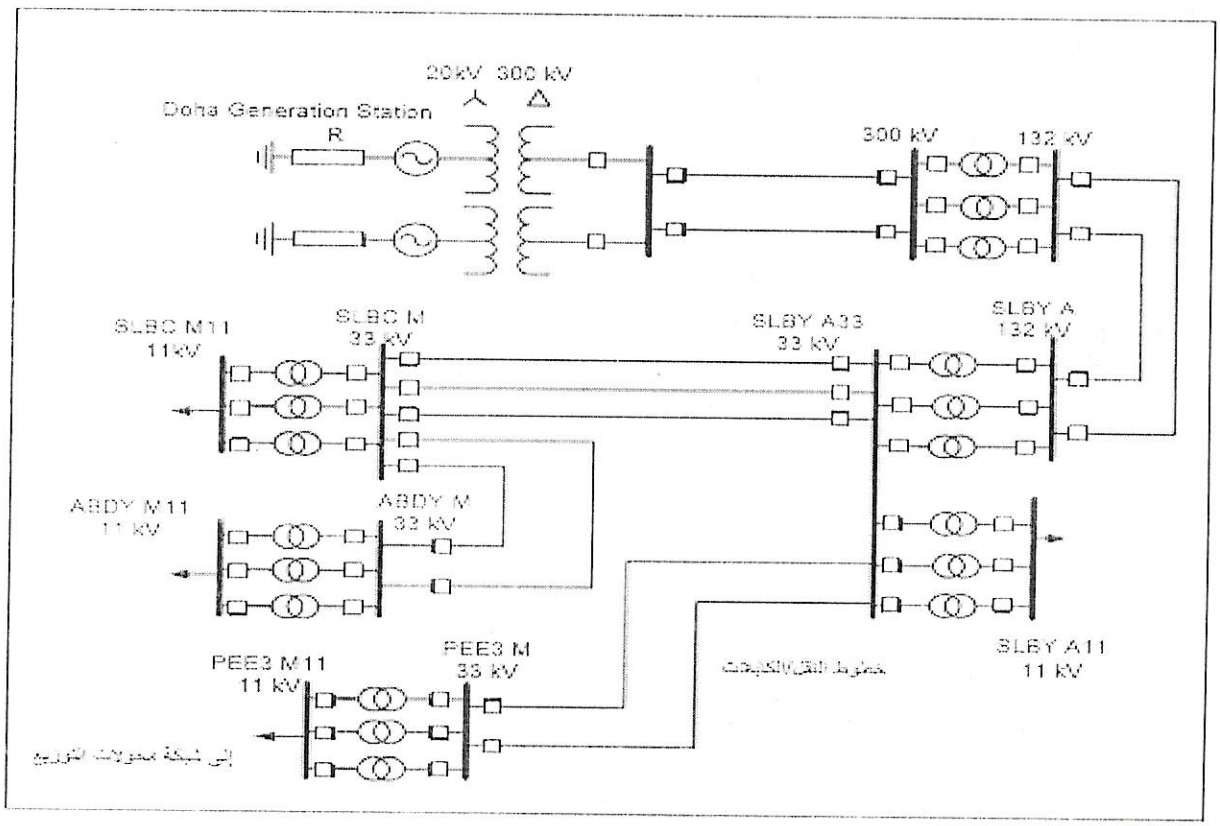
Distribution Boards ويتم ربط عناصر المنظومة ببعضها من خلال ما يسمى بقضبان التوزيع Bus bars والتي تظهر كخط سميك حيث يتم تركيب عليها خلايا الدخول وخلايا الخروج .

هذه المنظومة المتكاملة معرضة للأسف الي احداث غير طبيعية تدعى (بالأعطال) وذلك لأسباب قد تكون داخلية تتعلق بتصميم عناصرها وتحملها لقيم محددة للتيار والجهد ، سوء التصنيع، انهيار العازلية أو تكون لأسباب خارجية نتيجة العوامل الجوية (البرق) المؤثرة على الأجزاء الخارجية من هذه المنظومة .لذا فأننا سنعرض في.

الجزء الاول من هذا الفصل انواع واسباب الاعطال التي تحدث في المنظومة القوى الكهربائية.

الجزء الثاني من هذا الفصل سنعرض عناصر حماية المنظومة القوى الكهربائية ،وكذلك اشهر الاشارات Relaying signals التي تستخدمها اجهزة الوقاية لكشف الاعطال ،واشهر انواع اجهزة الوقاية ،واشهر انواع المصهرات Fuses ، والقواطع الكهربائية Circuit Breaker ، والعلاقة بينهما ،

الجزء الثالث من هذا الفصل سنعرض المفاهيم الاساسية لمنظومة الوقاية التي يلزم للمهندس او الفني الكهرباء ان يلم بها الماما تاما.



منظومة القوى الكهربائية

عناصر منظومة حماية القوى الكهربائية

- **وظيفة منظومة حماية القوى الكهربائية.**

نشير هنا الي ان وظيفة منظومة الوقاية الكهربائية هي ليست منع حدوث العطل فذلك شبه مستحيل لأن الكثير من الاعطال قد تكون أسبابها خارجية لا قدرة لأجهزة الوقاية على منعها لكن دور منظومة الوقاية هي سرعة فصل الاعطال بدقة وبتفصيل أكثر اقوى نستطيع القول أن دور منظومة الوقاية هو:

١- اكتشاف الأعطال وتحديد مدى خطورتها ومكانها ومن ثم ارسال اشارة فصل Trip Signal للقواطع الكهربائية Circuit Breaker المطلوب فتحها أو ارسال اشارة منع Block Signal للقواطع الآلية المطلوب منعها من التشغيل وذلك كله يتم بواسطة جهاز الوقاية Protective Relay .

٢- عزل العناصر المتأثرة بالعطل فقط عن باقي أجزاء الشبكة الكهربائية مع ضمان استمرارية عمل باقي اجزاء الشبكة وذلك يتم فتح القواطع المناسبة .

وتشمل أجهزة الحماية التي تستخدم في حماية منظومة القوى الكهربائية من الاعطال الناتجة على ما يلي.

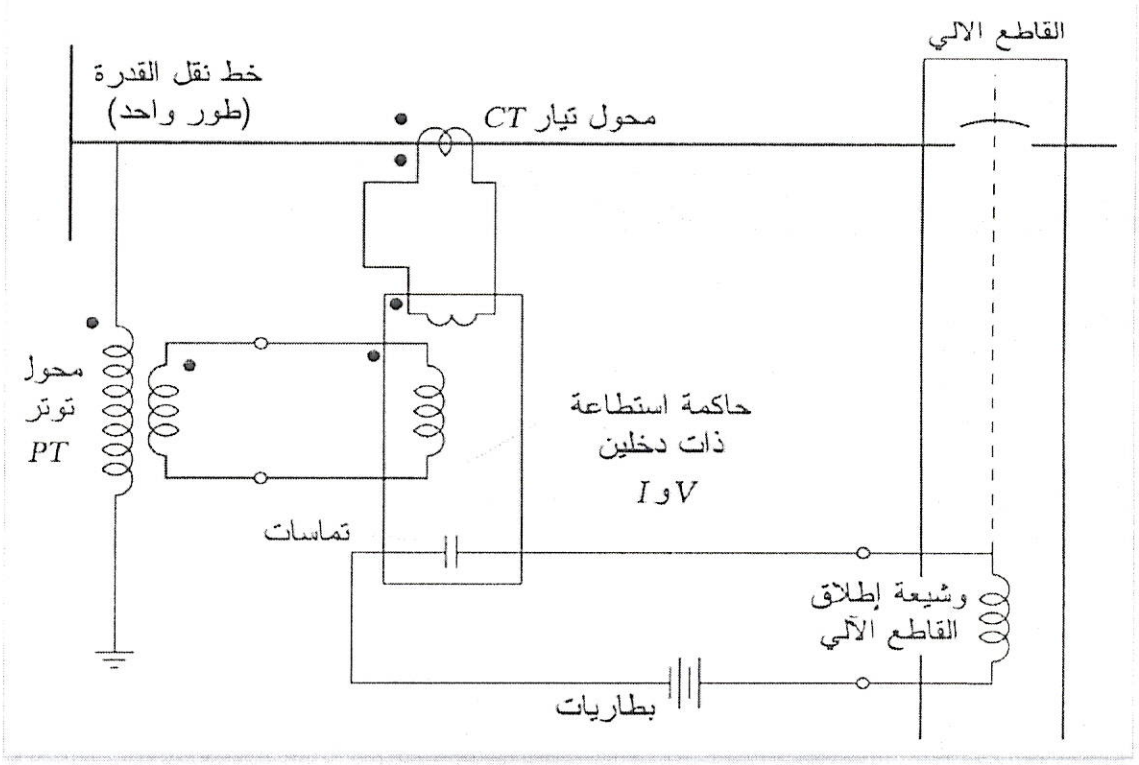
- المرحلات **Protective Relays**
- محولات الجهد والتيار **CT & VT Transformers**
- القواطع الكهربائية **Circuit Breakers**
- المصهرات **Fuses**
- مانعات الصواعق **Lighting Arrestors**

المبادئ الأساسية لعمل أجهزة الحماية (الوقاية)

ان لجميع مرحلات الحماية (Protective Relays) وضعيتين الوضع الاول وهو الوضع النظامي ويكون الملامس عادة مفتوح الدائرة والوضع الثاني وهو وضع العطل ويكون الملامس مغلق الدائرة وتتغير وضعية الملامس في الحماية الى الوضعية المغلقة (وضعية العطل) عندما تزيد كميات العطل الغير النظامية (زيادة التيار مثلا)على الكميات النظامية.

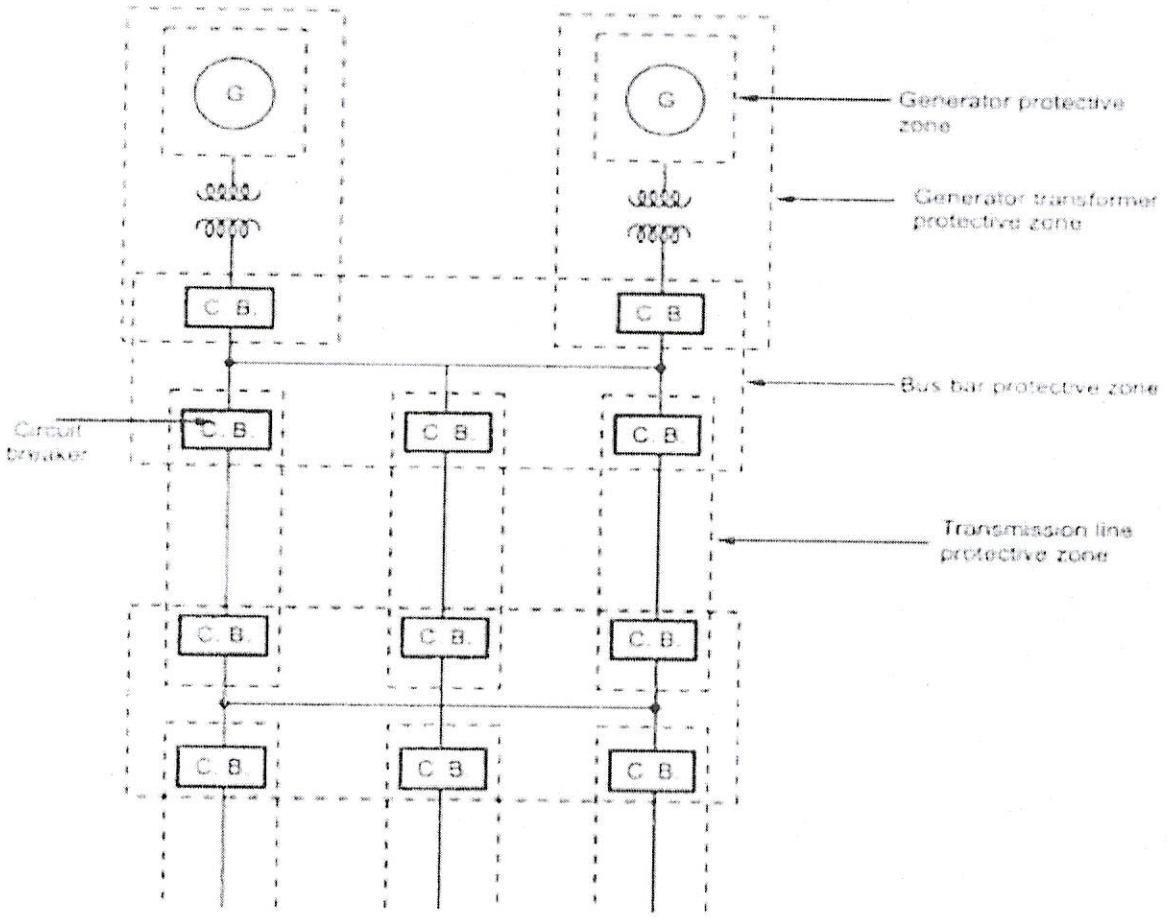
ويبين الشكل ادناه التوصيلات الاساسية لمرحل الحماية من الاعطال التي تحدث على القسم المراد حمايته ويوضح الشكل ادناه القضبان المجمعة (Bus-Bars) لمحطة توزيع وأحد المغذيات (Feeders) ومحولات الجهد والتيار لأغراض القياس والحماية في الدائرة المراد حمايتها ويجب ان تتضمن الدائرة المراد حمايتها ثلاث محولات تيار من اجل نظام الحماية الفعال وتغذي الدائرة الثانوية لمحولات التيار ملف التيار في جهاز الحماية (المرحل) ويتغذى ملف الجهد في المرحل من دائرة الثانوية لمحولات الجهد .وقد مثل المرحل بأحد ملفات التيار وملف الجهد و أحد ملامس التحكم ووجد ملف الجهد دلالة على ان المرحل يفصل بشكل اتجاهي حسب السهم في الشكل الموضح كما يتضح في الدائرة وشيعة الفصل للقاطع الآلي (Trip Coil t.c.) والملامس المساعد (Auxiliary Switch) للقاطع الآلي كما توصل في الدائرة مجموعة من البطاريات حسب الشكل من اجل تغذية اجهزة الحمايات والقاطع الآلي ويمكن شرح عملية فصل القاطع الالي عند حصول عطل في الدائرة المحمية بالشكل التالي .

عند حصول عطل ما في الدائرة المحمية يرتفع التيار في الدائرة الاولية وبالتالي يرتفع التيار في الدائرة الثانوية لمحولات التيار والذي يغذي ملفات التيار في المرحل وهذا التيار يكون اكبر من التيار الطبيعي والذي يكون المرحل معاير من أجله وتنشأ قوة كهرومغناطيسية كافية لعملية جذب الحافظة التي تحمل الملامسات او تدوير القرص التحريضي بالتالي تغلق ملامسات المرحل الذي يؤدي الي اكتمال دائرة وشيعة الفصل الآلي حيث يطبق جهد البطاريات عليها ومن ثم ينتج فصل ميكانيكي للقاطع الآلي وتنفصل التغذية عن المخرج ويعود المرحل الى وضعه الاساسي .



مكان عناصر منظومة الوقاية

منظومة الوقاية الكهربائية توجد بصورة متكررة داخل المنظومة الكهربائية حيث توجد منظومة وقاية منفصلة لكل عنصر يراد حمايته فعلى سبيل المثال فهي موجودة في بداية ونهاية كل Transmission Line كما انها موجودة مع كل عنصر توليد Generator وموجودة مع كل عنصر Transformer فكل عنصر من عناصر المنظومة المذكورة مسبقا لها منظومة وقاية خاصة به لكن سيكون نوع التنسيق بين عمل منظومات الوقاية المختلفة كما سيتبين لاحقا ويتم وضع اجهزة الوقاية داخل غرف التحكم بالمحطات اما مكان القواطع ومكان محولات الجهد والتيار فهي أما في ساحة المحطة كما في المحطات الخارجية او داخلة ضمن مجموعة GIS في المحطات المعزولة بالغاز . تجدر بالإشارة الي ان كل مربع صغير يمثل بالواقع العناصر الثلاثة لمنظومة الوقاية .



صورة توضح نظم الحماية الرئيسية والثانوية في منظومة القوى الكهربائية

.....

الأعطال في المنظومة القوى الكهربائية

- **أسباب الأعطال**

الأعطال في منظومة القوى الكهربائية هي كل ما يتسبب أو يسبب تغيير غير طبيعي في قيم التيار او الجهد وأكثر ما يسبب ذلك عموما هو حدوث انهيار في العزل الموجود على الموصلات بسبب ضغوط ميكانيكية أو كهربائية أو ربما نتيجة ظروف جوية أو بسبب تلامس مع الارض أو حدوث تلامس بين خطين أو بين خط والأرض الي غير ذلك من الأسباب التي تؤدى الى حدوث انهيار لقيم العزل الأساسية ومن ثم تحدث تغيرا غير طبيعي في قيم التيار او الجهد او كلاهما وقد يكون

العطل نتيجة Open Circuit بسبب كسر في أحد موصلات الدائرة وقد يكون العطل أيضا نتيجة تحميل زائد Over Load .

- **أنواع الأعطال**

غالبا ما تصنف الأعطال طبقا لعدد الأوجه (Phases) المتأثرة بالعطل فربما يكون العطل:

- خط واحدا متلامسا بالأرض Single Line To Ground
- خطين متلامسين مع الأرض Double Line To Ground
- ثلاث خطوط متلامسة معا Three Lines
- خطين متلامسين معا Phase To Phase
- ثلاث خطوط متلامسة مع الارض Three Lines To Ground

تصنف الأعطال طبقا لدرجة التشابه بين ال phases فمثلا الأنواع الاربعة الاول السابقة تسمى أعطال غير متماثلة (unsymmetrical faults) لآن قيم التيار والجهد تختلفان من phase لآخر أما العطل الخامس فيسمى عطلا متماثلا(symmetrical fault) لآن قيم الجهود والتيارات في جميع ال phases متساوية .

كما تصنف الاعطال **طبقا للفترة الزمنية** التي يستغرقها العطل ،فهنالك اعطال دائمة وأخرى أعطال مؤقتة أو تسمى أيضا أعطال لحظية وقد تحدث الاعطال الدائمة نتيجة سقوط خط هوائي ع الارض أو حدوث عطل داخلي في المولد الكهربائي بالتالي يعتبر عطل دائمي لأنه يستغرق فترة زمنية طويلة للإعادة الى العمل ،أما بخصوص الاعطال اللحظية تحدث عادة نتيجة تلامس فرع شجري مع خطوط النقل ،مثلا بعض الاحيان يتم مد خطوط النقل الضغط العالي في العديد من الدول من خلال الغابات بالتالي في الايام التي تحدث فيها عواصف يتم تلامس الاشجار مع خطوط النقل للطاقة الكهربائية لفترة زمنية قصيرة جدا، ولهذا السبب سميت بالأعطال اللحظية.

إشارات الأعطال Relaying signals

عند حدوث عطل بالدائرة فأن قيم الجهد والتيار في أغلب الاحيان تتغير تغيرا ملحوظا يمكن متابعته واكتشافه ،لكن بالطبع هنالك قيم اخرى غير التيار الجهد قد تتغير نتيجة حدوث – الأعطال ، وجميع الإشارات التي تستخدم في اكتشاف الأعطال تسمى ب Relaying Signals ومنها على سبيل المثال :

- التردد قد يرتفع او ينخفض
- اتجاه مرور القدرة الكهربائية قد يحدث انعكاس في اتجاه القدرة.
- توازن الاحمال في ال Phases الثلاثة قد يحدث خلل نتيجة العطل.
- الفرق بين قيمة التيار الداخل والتيار الخارج لعنصر ما التغير الكبير بينهما ينشأ او يحدث نتيجة العطل.

فحدوث تغيير في أي من هذه الاشارات او في قيم الفولت او التيار اكبر من الحدود المسموح – به يعنى أن شيئا ما غير طبيعي قد حدث في الشبكة يجب اكتشافه ودراسته ،ومن ثم يجب فصل الدائرة ان وصل الى درجة الخطر لعزل الجزء المتعطل عن باقي اجزاء منظومة القوى الكهربائية وذلك لضمان استمرارية تدفق الطاقة الكهربائية من المصدر الي المستهلك .

المتطلبات العامة لأجهزة الحماية

ان القواطع الكهربائية غير كافية لوحدها لعزل الاعطال التي يمكن ان تحدث على تجهيزات نظام القدرة المراد حمايتها بل يجب ان تدعم القواطع الالية بأجهزة حماية مناسبه مثل المرحلات للكشف على وجود الاعطال وعزل الجزء المتعطل عن بقية اجزاء نظام القدرة السليمة وبذلك تعمل على الحد من انتشار التلف الذي يمكن ان يحدث بسبب حدوث الاعطال وجميع اجهزة الحماية المستخدمة مهما كانت نوعيتها واستعمالها يجب ان تتصف بعدة صفات أو خصائص أساسية ومن هذه الصفات (الانتقائية ، الموثوقية ،سرعة العمل ،الحساسية والاستقرار).

١- الانتقائية Selectivity

ان صفة الانتقائية لجهاز الحماية هو قدرته على عزل الجزء المتعطل من الشبكة دون بقية الاجزاء السليمة واستمرار التغذية في بقية الشبكة الكهربائية وفي هذه الحالة فان الحماية لها القدرة على اكتشاف وجود الاعطال في النظام المراد حمايته وتحديد القواطع الالية التي تعمل لعزل العطل .

٢- سرعة العمل Speed Operation

ان المطلب الثاني التي يجب تحقيقه من اجهزة الحماية هو سرعة العمل فعند حدوث عطل في منطقة ما فان الحماية في هذه المنطقة يجب ان تقرر دون تأخير اذا كان هذا العطل ضمن منطقة الحماية او خارجها وكلما طالت فترة بقاء العطل استمر تيار العطل مما يؤدي الى تلف الاجهزة واذا كان العطل ضمن المنطقة المحمية فان الحماية يجب ان تفصل القاطع الالي مباشرة ولكن الحماية لا يمكنها التأكد بشكل لحظي فيما اذا كان العطل ضمن منطقة الحماية او خارجها، وتعتبر خاصية السرعة ضرورية لأنها تفصل القسم المتعطل خلال فترة زمنية قصيرة مما يؤدي الى التخفيف او الحد من التلف والدمار للتجهيزات كما يتم تجنب فقدان الاستقرار في عمل مجموعات التوليد ومجموعات القدرة ،ويتحدد زمن عزل الاعطال بعدة امور منها مواصفات وجودة اجهزة الحماية ونوعيتها كما يعتمد على استطاعة وجهد

وتكاليف نظام القدرة كما يعتمد ايضا على نوعية العطل وحتى تحافظ مجموعات القدرة على استقرارها يجب ازالة العطل ضمن زمن معين .

٣- الحساسية Sensitivity

وتعرف الحساسية بأنها مستوى قيمة تيار العطل الذي تعمل عنده المرحلات ويعبر عنه بالأمبير في الدوائر الفعلية او كنسبة مئوية من تيار الدوائر الثانوية لمحولات التيار ،اي ان الحساسية هي تجاوب المرحلات مع الاعطال التي تظهر في المنطقة المحمية ويجب ان تفصل المرحلات ادنى قيمة لتيار العطل في قسم المراد حمايته وعند عدم تجاوب المرحلات فان العطل يمتد الى الاقسام السليمة من الشبكة اذا لم نعمل الحمايات الاحتياطية (Back-Up Protection).بمعنى اخر تعرف الحساسية بمقدرة المرحل (Relay) على التجاوب مع الاعطال التي تظهر ضمن المنطقة المحمية فقط .

٤- الموثوقية Reliability

ان صفة الموثوقية لعمل المرحلات او ضمان تتحقق عندما تعمل المرحلات بشكل سليم ومناسب وكاف لعزل جميع انواع الاعطال التي تحدث ويعتبر اغلب حوادث فصل الدوائر نتيجة العمل الخاطئ للمرحلات نفسها .

ويجب ان تعمل المرحلات بدون اي خلل عند حدوث عطل في المنطقة المحمية وعندما تفشل المرحلات في العمل لسبب ما من الاسباب فأنها تسبب اضطرابا في التغذية واضطرابا في المنشأة وكذلك عندما تعمل المرحلات بدون حدوث اي عطل فأنها تسبب ايضا اضطرابا في التغذية نتيجة العمليات الخاطئة .

٥- الاستقرار Stability

تعرف صفة استقرار الحماية بأنها قدرة اجهزة الحماية بأن تكون غير عاملة بالنسبة للأعطال التي تحدث خارج منطقة الحماية والتي تسمى بالأعطال الخارجية وتكون عاملة بالنسبة للأعطال التي تحدث ضمن منطقة الحماية والتي تسمى بالأعطال الداخلية .

الحماية الرئيسية والحماية الاحتياطية

(Main and Back-Up Protection)

ان وضع أجهزة حماية احتياطية لأجهزة الحماية الرئيسية مطلب مهم ورئيسي للحماية باستخدام المرحلات ففي حالة فشل احد القواطع الالية او المرحلات بفصل القسم المتعطل يجب ان تعمل اجهزة الحماية الاحتياطية الخاصة بهذا الجزء المتعرض للعطل بعد فترة زمنية كافية لإعطاء الفرصة الكافية للمرحل والقاطع الرئيسي ليقوم بفصل العطل اولا .

وتمثل منظومة القوى نموذجية مجهزة بحماية متراكبة .وتختلف الاجراءات المتخذة لتأمين الحماية الاحتياطية من المضاعفة التامة للمرحلات والقواطع الالية وباقي تجهيزات الحماية من جهة وبين عدم تأمين اية حماية اضافية مطلقا من جهة اخرى ولتامين حماية احتياطية مناسبة يجب دراسة الأسس التالية .

١. الوسائل الفنية الممكنة لتامين الحماية الاحتياطية
٢. أهمية الجزء المحمي حماية احتياطية
٣. تكاليف الطرق المختلفة لتامين الحماية الاحتياطية
٤. احتمالات الاعطال واحتمالات فشل اجهزة الحماية الاساسية

مقدمة عامة

أن عزل الأعطال التي تحدث على منظومة القوى الكهربائية يؤدي الى التقليل من فقدان التغذية للمنشأة ، المعامل الاقتصادية كما يؤدي أيضا الى الحد من التلف الذي يحصل على التجهيزات الخاصة بمنظومة القوى الكهربائية ،تعتبر المصهرات من أجهزة الحماية الرئيسية في الشبكات الكهربائية ذات الجهد المتوسط والمنخفض وتتميز ببساطتها وانخفاض ثمنها وقلة أو انعدام الصيانة لها. وتستعمل المصهرات للحماية من زيادة التيار Over Current وتيار القصر Short Circuit Current. لغرض الحد من تلف الذي يحصل على التجهيزات الخاصة بالمنظومة الكهربائية فأن من الضروري تامين مطلبين اساسين وهما.

١- يجب تزويد نظام القدرة بعدد مناسب من أجهزة القطع (مصهرات وقواطع الية كهربائية) موضوعة بشكل صحيح في الشبكة ومناسبة لظروف التشغيل المطبقة على منظومة القوى الكهربائية .

٢- كل من هذه الاجهزة يجب ان تملك وسيلة تحكم بإمكانها تمييز الحالات الغير طبيعية(حالة العطل) ضمن المنطقة المحمية او خارجها بالتالي تستطيع ان تعزل الاقسام المتعطلة فقط من الشبكة .

الأجهزة المستخدمة في نظام الحماية (Component of Protective System)

١- المصهرات Fuses

٢- القواطع الالية Circuit Breakers

٣- المرحلات Protective Relays

٤- محولات الجهد Voltage Or Potential Transformers VT & PT

٥- محولات التيار Current Transformers CT

٦- مانعات الصواعق Lighting Arrestors

المصهرات – Fuses

- مقدمة.

يعرف المصهر **Fuses** :- بأنه جهاز حماية للدوائر الكهربائية من زيادة التيار الناتجة عن دوائر القصر أو الحمل الزائد وتفتح الدائرة عند هذه الزيادة نتيجة انصهار عنصر قابل للانصهار عند التيار عن قيمة محددة وخلال زمن مناسب .

ويستخدم المنصهر Fuses منذ زمن طويل كجهاز بسيط يحمي نظم القوى الكهربائية ضد زيادة التيار وهو أكثر أجهزة الحماية استخداما في حماية نظم القوى الكهربائية الحديثة وذلك لسببين :السبب الأول هو رخص ثمنه والسبب الثاني هو أن المصهر يعتبر أكثر هذه الأجهزة مرونة، حيث أنه يستطيع أن تؤدي وظيفته على أتم وجه بعد مضي فترة تتراوح بين ١٥ و ٢٠ سنة بدون الحاجة الى صيانه لأنه على عكس مفاتيح القطع فأن المصهرات Fuses لا تحتوى على أجزاء متحركة .
وتحدد مقننات أي مصهر بناء على قيم الجهد، وتيار الحمل، وتيار القصر عند موقع المنصهر في الشبكة الكهربائية
ومقننات المصهر وهي جهد التشغيل والتيار المقنن وسعة القطع يجب ان تتساوى هذه القيم أو ان تتجاوزها ويجب على المصهرات ان تتحمل ١١٠ % من تيارها المقنن باستمرار وبدون اي تغيير في خصائصها كما يجب عليها ، عند قطع التيار أن تتحمل الارتفاع العابر في الجهود المستعادة الذي يظهر بين طرفي المنصهر وسعة القطع .

المنصهر هي أعلى قيمة فعالة للتيار يستطيع المصهر أن يقطعه بنجاح واذا زاد تيار القصر عن سعة القطع فأن وذلك قد تؤدي الى انفجار المصهر ونشوب حريق.

مكونات المصهر - Fuse components

عنصر المصهر Fuse element

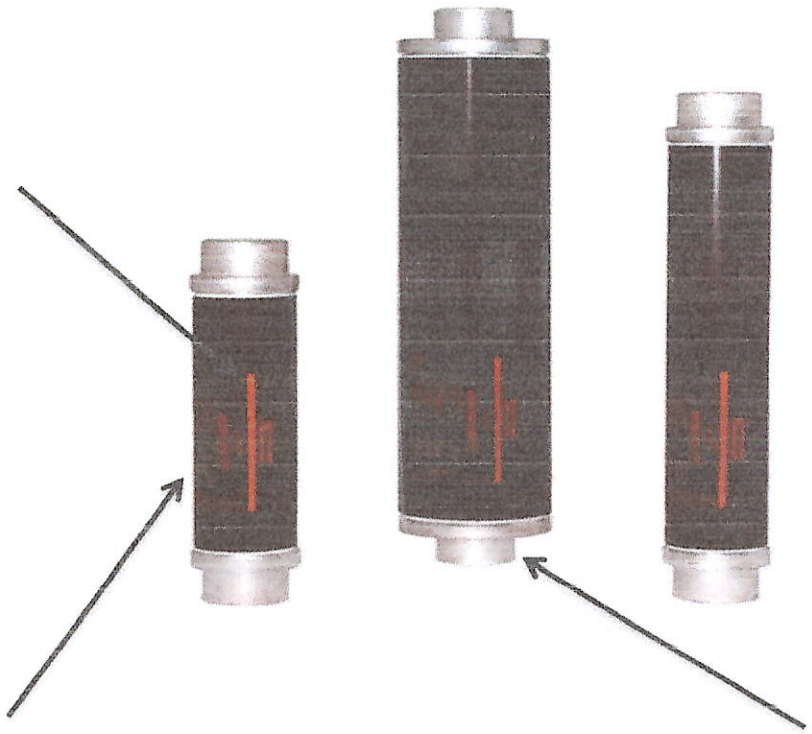
وهو مصنوع من مادة معدنية ذات أشكال وأبعاد معينة بحيث يكون انصهارها سريعًا بالنسبة لباقي مكونات الشبكة ويصنع بمادة من الفضة أو النحاس أو الألومنيوم أو الرصاص أو بعض السبائك الأخرى ذات درجة حرارة انصهار منخفضة.

وصلة الصهر Fuse link

ويوجد داخلها عنصر الصهر والمواد المستخدمة في إطفاء القوس الكهربي الناشئ عن انصهاره بالإضافة إلى أي أجزاء أخري مساعدة .

أطراف المصهر Fuse contact

وتستعمل في تثبيت المصهر في الدائرة وتوصيله كهربيًا بها.



١- التيار النظامي أو المقنن Rated carrying current

وهو التيار الذي تتحمله عنصر المصهر بشكل دائم وبدون اي تلف او ارتفاع درجة الحرارة بشكل غير مقبول .وعادة يكون مكتوب على المصهر من قبل الشركة المصنعة ويرمز لها بالرمز (In) وهذا التيار يكون اقل من تيار المصهر الاصغر.

٢- تيار الصهر الاصغر Fusing current

وهو أصغر قيمة للتيار التي تجعل العنصر المصهر ينصهر وهو القيمة المقارب للتيار المبين على المخطط ،ويعتمد على العوامل الآتية: (الطول، مساحة المقطع العرضي نوع الغلاف التاريخ السابق للمصهر شكل مقطع المصهر.....الخ.

٣- زمن قبل حدوث القوس الكهربائي

وهو الزمن بين ابتداء زيادة التيار بشكل كاف ليسبب انصهار العنصر المصهر ولحظة بداية القوس الكهربائي.

٤- زمن القوس الكهربائي Arcing Time

وهو الزمن بين لحظة انقطاع العنصر المصهر والفصل النهائي للدائرة.

أنواع المصهرات - Type of Fuses

١- المصهرات المملؤة بالمسحوق Power Filled Fuses

وهي من أهم الأنواع المتطورة للعنصر المصهر وهي تتميز بفاعلية عالية للحد من تيارات دائرة القصر كما تتميز باستطاعة قطع عالية.

٢ - المصهرات الصغيرة Miniature Fuses

تستخدم عادة هذا النوع من المصهرات لحماية الأجهزة الإلكترونية أو دوائر التحكم أو الأجهزة المشابه الأخرى.

٣- المصهرات نصف المغلقة Semi - enclosed rewire able fuses

وعنصر الصهر يتكون من سلك أو عدة أسلاك مجدولة مثبته على مقبض من الصيني والتيار المقنن لها قد يصل إلى حوالي ٥٠٠ أمبير وتكون سعة القطع لجهد ٤٠٠ فولت حوالي ٤ ك . أمبير .وهذا النوع من المصهرات له عدة عيوب منها تعرض سلك المصهر للتقادم بسبب الأكسدة مما يسبب عمل المصهر عند قيمة تيار أقل من المفروض أن يعمل عندها . كذلك المعايرة الدقيقة للمصهر غير ممكنة . ، وتعتبر هذه المصهرات من المصهرات ذات الجهد المنخفض.

٤- مصهرات الطرد (الانفجارية) Expulsion Fuses

وتتكون من عنصر صهر داخل أنبوبة ولها نهاية مفتوحة وعند انصهار عنصر المصهر يمتد القوس الكهربي بين طرفي المصهر ونتيجة لدرجة الحرارة العالية لهذا القوس تتبخر مادة الأنبوبة مما يؤدي إلي انبعاث كمية هائلة من الغازات التي ترفع الضغط داخلها مما يعمل على إطفاء القوس الكهربي ومنع إعادة اشتعاله . ويتم طرد الغازات بشدة إلى الجو من الطرف الأعلى للأنبوبة ويستخدم هذا النوع من المصهرات في الأماكن الخارجية وخاصة لحماية الخطوط الهوائية والمحولات المركبة على الأعمدة . كما يمكن استغلال شدة اندفاع الغازات في إسقاط المصهر بأكمله إلى أسفل بحيث يعطي دليلا مرئيًا على انصهاره . ولا يمكن بطبيعة الحال استخدام هذا النوع داخل المباني بسبب الإزعاج وكمية الغازات الهائلة المنبعثة عند الانصهار.

٥ ـ مصهرات القدرة Power Fuses

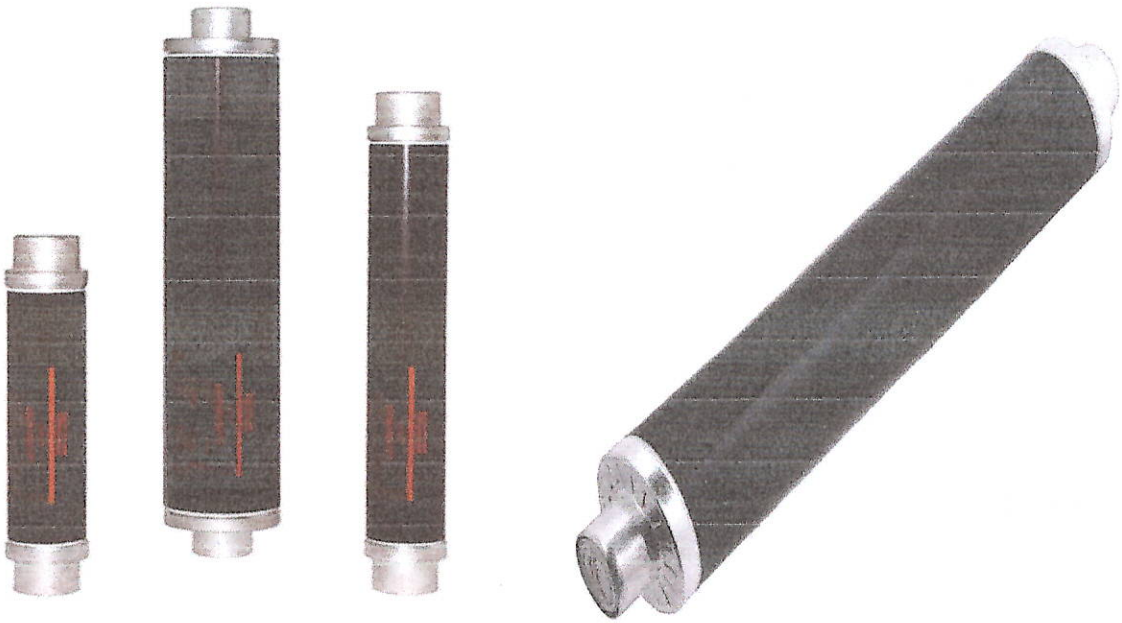
وهي التي تكون على شكل قاطع او تستعمل مع قاطع وتغمر في الزيت ضمن وعاء وتسمى احيانا بالمصهرات ذات الزيت الخامد للقوس الكهربائي.

- المصهرات المفرغة Vacuum fuses

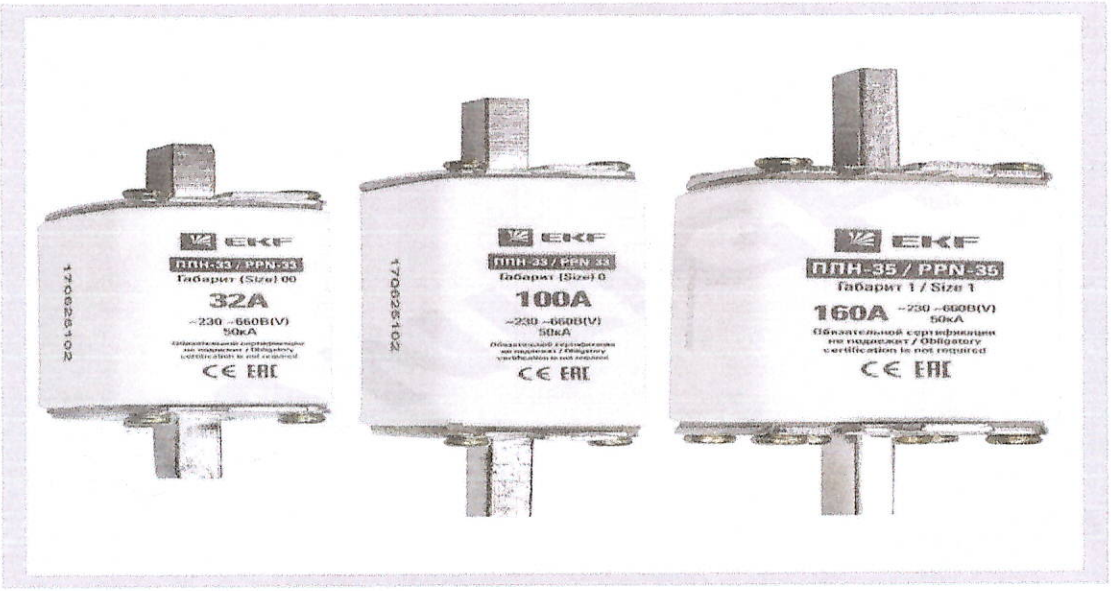
وهي تشبه في تصميمها ونظرية أدائها مصهرات الطرد إلا أنها محكمة تماما ومفرغة وتعتمد فكرة قطع القوس الكهربي وعدم اشتعاله على خاصية العزل الكهربي للفراغ وتتميز هذه المصهرات بصغر حجمها وهدوء عملها لذلك فهي تصلح للأماكن المغلقة.

- مصهرات ذات سائل Liquid Type

استخدامها أكثر شيوعًا في الجهد العالي كذلك يمكن استخدامها في المحولات ذات تيار مقنن يساوي ٤٠٠ أمبير وجهد يساوي ١٣٢ ك فولت .

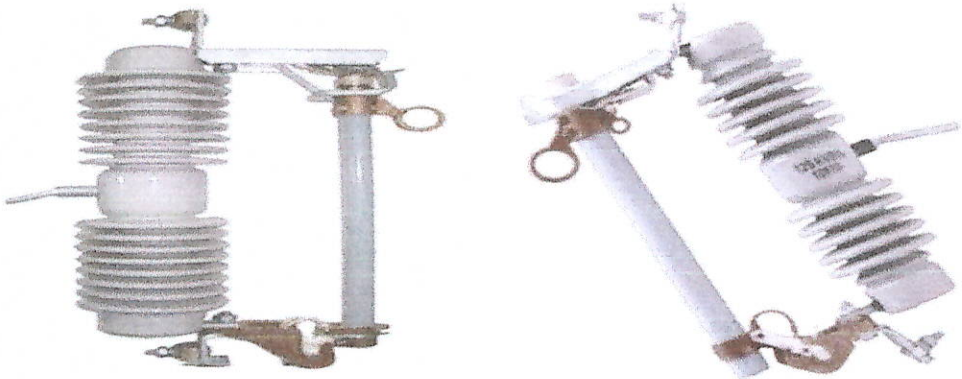


المصهرات المملؤة بالمسحوق



المصهرات النصف مغلقة

المصهرات المفرغة



مصهرات الطرد أو الانفجارية

المفاتيح الكهربائية – Switchgears

- **مقدمة**

من المعروف أن اي دائرة كهربائية تحتاج الي مجموعة من المفاتيح الكهربائية يمكن من خلالها التحكم في الدائرة وخاصة من خلال فتحها وغلقها تحت ظروف تشغيل عادية وتختلف احجام هذه المفاتيح على حسب نوع الدائرة الكهربائية التي قد تكون دائرة أضاءه بسيطة او شبكة قوى مترابطة .

يعرف القاطع الكهربائي (Circuit Breaker):- على أنه أداة فصل و وصل للدائرة الكهربائية، يقع بين المصدر الكهربائي (Source) وبين الأحمال(Loads) المغذات من هذا المصدر. بمعنى أخر يعرف القاطع الكهربائي : - مفتاح يعمل تلقائيا لحماية الدوائر الكهربائية، سواء ان كانت محركات كهربائية و وصلات منزلية، وخطوط القدرة طويلة المدى، والدوائر الكهربائية الأخرى، من الضرر الناتج عن مرور تيار كهربائي عال جداً. وقد يمر التيار الكهربائي العالي في الدائرة كهربائية، إما نتيجة عطب في الدائرة، أو نتيجة عامل خارجي إضافي مثل البرق .....الخ.

ويصمم كل قاطع دائرة، بحيث يسمح بمرور حد أقصى من التيار الكهربائي. وإذا زاد التيار الكهربائي عن هذا الحد، فإن الآلية الأوتوماتيكية داخل قاطع الدائرة، تقوم بفتح مجموعة التلامس المفاتيح وتوقف التيار. وتتضمن الآليات المستخدمة في فتح مجموعة التلامس، المغانط الكهربائية والنبائط الحساسة للحرارة. تتحرك الأجزاء الميكانيكية فيه إما يدويا (Manual) أو كهربائيا (Electrical) لتعمل بدورها على فصل التيار الكهربائي عن مركز الأحمال مهما كانت سواء محركات أو دوائر إضاءة أو تغذية اللوحات كهربائية أو دوائر مراقبة و تحكم ...الخ.

- **تتحدد مواصفات ال C.B بقيمتين هامتين .**

١- **Rated Current** أقصى قيمة لتيار يمكن ان يمر خلال القاطع الكهربائي دون أن يتسبب فصل ال C.B .

٢- **Short Circuit Capacity** أقصى قيمة للتيار يمكن أن يتحملها C.B دون ان يحترق.

• نشأة القاطع الكهربائي.

تم وصف الشكل المبدئي للقاطع التيار الكهربائي من قبل العالم توماس اديسون كبراءة اختراع عام ١٨٧٩ ، على الرغم من استخدام المصهر في نظام توزيع الطاقة له. وكان الغرض منه حماية أسلاك الإضاءة من دوائر القصر وزيادة التحميل . و قاطع الدائرة المصغر الحديث مماثل في الاستخدام لقاطع التيار المخترع من قبل مجموعة براون ، بوفيري أندسي عام ١٩٢٤ . هوجو ستوتز هو مهندس و رائد القاطع الحراري المغناطيسي الحديث الذى يستخدم عادة في مراكز الأحمال المنزلية حتى يومنا هذا . الربط بين مصادر التوليد داخل الشبكة الكهربائية يتطلب تطوير لقواطع التيار بسبب ازدياد معدلات الجهد وازدياد معدلات الأمان لقطع تيار القصر الموجود بالشبكات الكهربائية.

.....

• الأجزاء الأساسية للقواطع الكهربائية - Circuit Breaker Components

١- **الملامس المتحرك :-** ويكون من مادة جيدة التوصيل للكهرباء و وظيفته مع الملامس الثابت

الوصل المباشر بين أطراف المصدر الكهربائي وأطراف دائرة الحمل . وفي بعض القواطع خاصة ذات القدرات الكهربائية العالية تكون الملامسات المتحركة وكذلك الملامسات الثابتة ذات جزأين حيث يكون الجزء الثاني مضافا لوقاية الملامسات الرئيسية من آثار الشرر الكهربائي الذي يحصل عند الوصل و الفصل وتسمى الملامسات الأولى بالملامسات الرئيسية Main contact ، ويسمى الجزء الثاني من الملامس بملامسات امتصاص الشرر(Arcing contact).

٢- **الملامس الثابت:-** يكون من مادة جيدة التوصيل للكهرباء وظيفته مشتركة مع الملامس المتحرك، توجد هنالك ملامسات امتصاص شرر ثابتة تقابل ملامسات امتصاص الشرر المتحركة.

٣- **الجزء الميكانيكي** :- يتحكم بحركة الملامس المتحرك ،حيث يقوم بوصله أو فصله بالملامس الثابت بعد أن يأخذ أمرا بذلك من الجزء الكهربائي ، ويأخذ الجزء الميكانيكي أشكالا وتركيبات وخواص تختلف باختلاف نوع القاطع و استخداماته وصناعته.

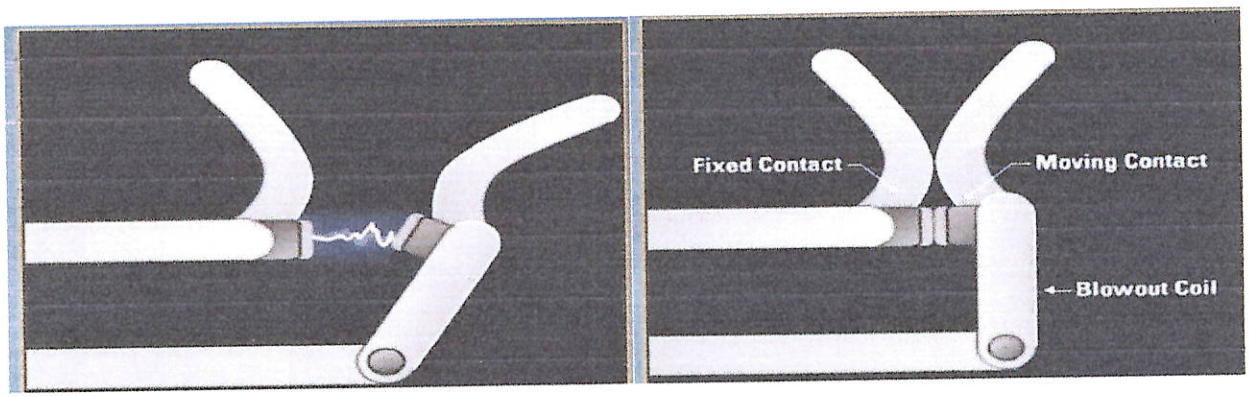
٤- **الجزء الكهربائي** : وهذا الجزء موجود فقط في القواطع التي يمكن تشغيلها كهربائيا ،وكما ذكر سابقا فإن وظيفة الجزء الكهربائي إما أن تكون لإعطاء أوامر الفصل و الوصل للجزء الميكانيكي وإما لشحن الزنبركات ،ويكون الجزء الكهربائي إما محرك كهربائي (Motor)وإما أن يكون ملف مغناطيسي يتحكم بالجزء الميكانيكي بشكل مباشر أو غير مباشر.

٥- **العازل بين الأقطاب** :- وهذا الجزء تزداد أهميته كلما كان التعامل مع مصادر جهود وتيارات أعلى إذ يعمل هذا الجزء بمثابة حاجز يمنع التماس بين الأقطاب وبالتالي يمنع حدوث دوائر القصر (Short circuit) بينها . والسبب الرئيسي لحدوث التماس بين الأقطاب هو الشرر الكهربائي الذي يحصل لحظة الفصل و الوصل .ونجد أن العازل في القواطع الصغيرة السعة هو عبارة عن نوع خاص من الزيوت العازلة ،وفي بعض الأنواع يكون هذا العازل غازا خاملا ضمن غرف مفرغة من الهواء ، وهناك العازل المحيط الذي تكون وظيفته عزل الأقطاب عن الأرض أو الجسم الذي تركب عليه وهو مهم جدا كعازل الأقطاب، كما يتم اجراء اختبار فحص متانة او تحمل العزل من خلال جهاز يدعى Hipot Tester سنتطرق اليه لاحقا .

القوس الكهربائي - Electric ARC

عند حدوث عطل في منطقة ما فأن (Circuit Breakers) المركبة على بداية ونهاية هذه المنطقة يتم فتحها بناء على اشارة فتح أو أشاره غلق (Trip Signal Or Block Signal) من جهاز الوقاية (Relay) وذلك لوقف مرور تيار العطل . وأخطر ما سيواجه (C.Bs)عندما تبدأ في العمل هو حدوث ما يسمى بالشرارة الكهربائية (Electric Arc) أو القوس الكهربائية أو التفريغ الكهربائي أو التقوس الكهربائية التي تنشأ بين طرفي ال C.B وهذه الشرارة يمكن أن تسبب مشاكل كثيرة منها على سبيل المثال اشتعال الحرائق ومنها ايضا أنها اذا استمرت فان التيار سيمر خلال أقطاب القاطع (Breaker Poles) . وبالتالي يصبح القاطع كانه لايزال مغلقا ومن ثم هناك انواع عديدة من القواطع تتفق جميعا على هدف واحد وهو سرعة اطفاء الشرارة التي تنشأ بين اقطاب القاطع عند فتحه لكنها تختلف فيما بينها في الطريقة المستخدمة لهذه المهمة .

تحدث الشرارة الكهربائية بسبب انهيار عازلية الغاز المحيط مما يسبب حدوث سريان في تيار الكهربائي في وسط غير موصل كالهواء ، مفهوم التقوس الكهربي أو الانحناء الكهربي هو التعطيل الكهربائي ولها عدة معاني. المصطلح يمكن ان يعبر عن فشل دائرة كهربائية مما يترتب عليه فشل بأداء الوظائف. وهذا يرجع إلى هبوط حاد بمقاومة العازل ويؤدي إلى تولد شرارة تتحرك حول العازل أو خلال العازل. ووصفت هذه الظاهرة أول مرة عن طريق العالم الروسي بيتروف الذي اكتشفها عام ١٨٠٢ .



صورة توضيحية عن الشرارة الكهربائية التي تحدث خلال فتح وغلق C.B

- **طرق إخماد القوس الكهربائي :-**

١. إخماد القوس الكهربائي بواسطة الهواء المضغوط.
٢. إخماد القوس الكهربائي بواسطة الزيت الصناعي.
٣. إخماد القوس الكهربائي بواسطة الغاز الصناعي (SF6) غاز سداسي فلوريد الكبريت.

.....

- **وسائل إخماد القوس الكهربائي:-**

١. تقسيم القوس الكهربائي الي أقواس صغيرة .
٢. استبدال الوسط المتأين بوسط غير متأين.
٣. إطالة مسار القوس الكهربائي .
٤. امتصاص الإلكترونات الحرة .

.....

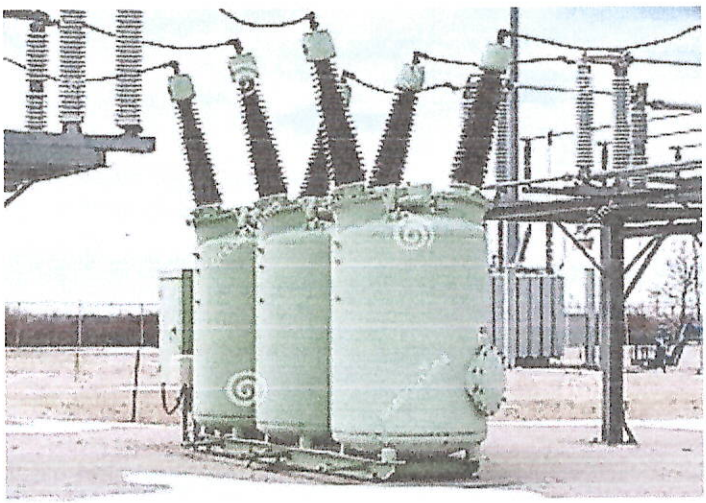
- **تصنيف قواطع الكهربائية طبقا للجهد التشغيل:**

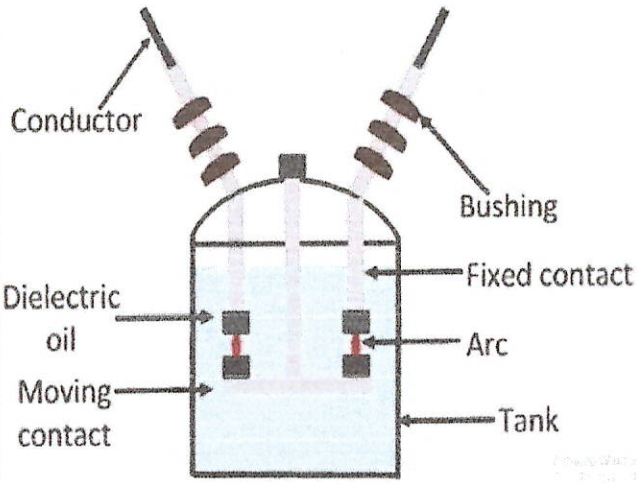
١. قواطع ذو الجهد المنخفض حتى (١٠٠٠ V) .
٢. قواطع الجهد المتوسط (أكبر من ١ KV حتى ٣٣ KV).
٣. قواطع الجهد العالي (أكبر من ٣٣ KV حتى ٢٤٠ KV).
٤. قواطع الجهد الفائق (أكبر من ٢٤٠ KV) .

أنواع القواطع الكهربائية طبقا للإخماد القوس الكهربائي

١ - القواطع الزيتية (Oil Circuit Breaker-) .

يستخدم Oil-C.B في الجهد المنخفض حتى(KV 30) والجهد العالي ايضا فالزيت بصفة عامة عازل جيد وعندما يسخن الزيت نتيجة مرور تيار عالي فيه فان بعض الذرات تتأين وتقل كثافته فيرتفع للأعلى ويحل محلة زيت بارد غير متأين وبالتالي يحافظ على عازلتيه وفي بعض الاحيان يستخدم مضخة مع الزيت لكى تقلب الزيت بقوة فتبعد الزيت المتأين ليحل محله زيت جديد غير متأين . ويستخدم هذا النوع من القواطع الجهد العالية ،حيث تكون الفيزات الثلاثة مفصولة عن بعضها البعض ، ويستخدم لكل منها حجرة مملوءة بالزيت لإخماد القوس الكهربائي ،حيث يتم تنفيس الأبخرة التي تولدت نتيجة تحلل الزيت في منطقة الشرارة أثناء حركة الملامس المتحرك من القاطع وتقوم هذه الأبخرة بتوجيه كمية من الزيت كامل العزل الموجود في الحجرة لإخماد الشرارة والذي يتم فتحه وإغلاقه بواسطة قوة شد زنبرك و لكن يجب ملاحظة انه يجب عمل اختبارات دورية للزيت بعد عدة عمليات فصل للقصر و يتم تغييره إذا لزم الأمر و يستخدم في الجهود المنخفضة و المتوسطة و من عيوبه أن حجمة كبير جدا في حالة استخدامه في الجهد العالي.



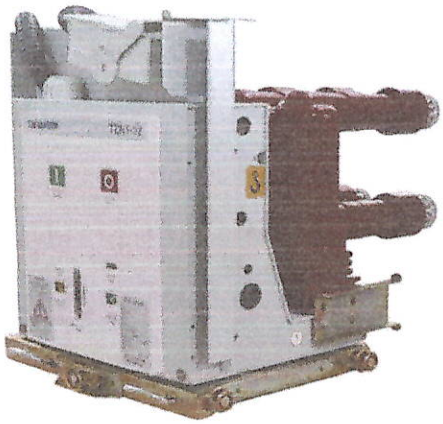


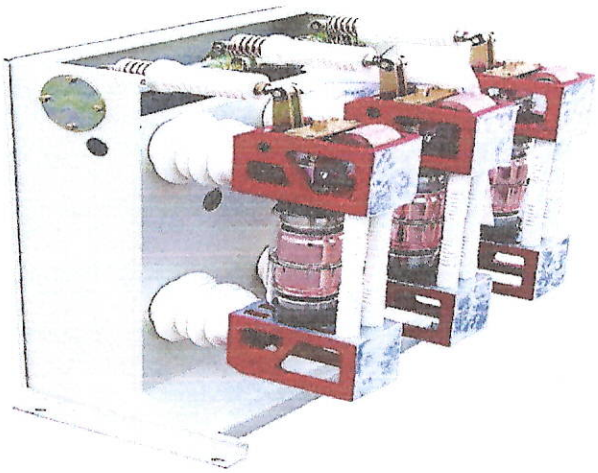
صورة توضيحية للقاطع الكهربائي باستخدام الزيت الصناعي

٢- القواطع الفراغية (Vacuum Circuit Breaker)

هذا النوع من القواطع لا تحتوى على الهواء مطلقا في المنطقة المحيطة بأقطاب ال C.B وبالتالي فلن تحدث شرارة كهربائية لكن يعيبه انه اذا حدث أدنى تسرب للهواء داخل ال C.B فأنه يؤدي الى حدوث شرارة كبيرة .هذا النوع من القواطع يستخدم في بعض المحطات ولكن ايضا في حدود جهد المتوسط .وأهم مميزات القواطع المفرغة هي عدم احتياجها لآية اعمال صيانه تذكر. والعمر الافتراضي للملامسات هي حوالي ١٠٠عملية فتح عند تيار القصر المقنن وحوالي ٢٠.٠٠٠ عملية فتح عند التيار المقنن المتواصل.

والميزات الاخرى للقواطع المفرغة هي عدم احتوائها على سوائل قابلة للاشتعال (مثل الزيت) او على غازات قد يصعب التعامل معها مثل (سادس فلوريد الكبريت)
(Sulpher Hexafluoride –SF6) وخفة الوزن وهدوء التشغيل.



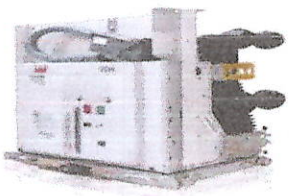


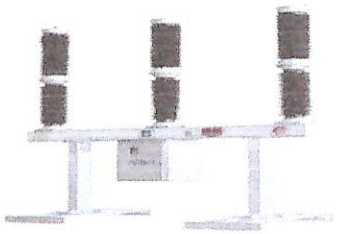
صورة توضيحية للقاطع تيار الكهربائي المفرغ من الهواء

Vacuum Circuit Breaker

٣- قواطع سادس فلوريد الكبريت (SF6 -Sulfur hexafluoride C.B)

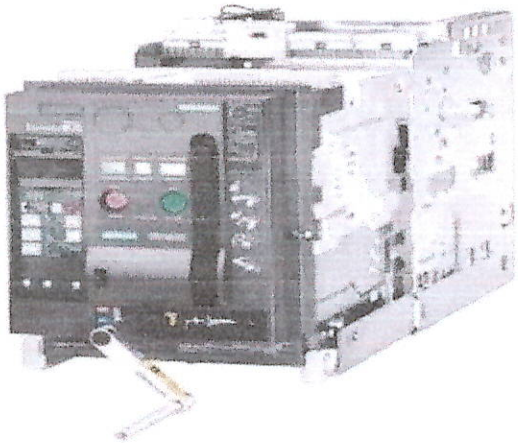
أشهر انواع الغازات المستخدمة في C.Bs هو ال (SF6) سادس فلوريد الكبريت ويتميز غاز ال SF6 بأنه غير قابل للاشتعال وغير سام وعازل جيد للكهرباء حيث تزيد كفاءة عزل هذا الغاز وعشر مرات عن عزل الهواء للكهرباء تحت ضغط الجو عادى ، وهو ايضا غاز مستقر كيميائيا و لا يتحد مع اي مادة أخرى عند درجة حرارة الغرفة ولا يشكل ضرر عند خروجه الي الهواء فعندما يراد التخلص منه يتم تسخينه مع حجر الجيري(Lime Stone) تحت درجة حرارة عالية . وأهم خاصية لهذا الغاز ان شرارة فيه تؤدي الي تأين ذرات ال (SF6) و الأيونات الناتجة تتحد مع ذرات SF6 وينتج SF6 جديد وبالتالي فالغاز لن يفقد عازليته ابدا لأنه يتجدد تلقائيا ،لكن المشكلة الوحيدة تحدث عند حدوث تسريب للغاز ولذا فان المحطات التي تستخدم هذا النوع من العزل تحتاج الى التأكد دائما من مستوى ضغط الغاز داخل العنصر المعزول فإذا حدث أي تسريب للغاز سيؤدي الي انخفاض ضغط الغاز فستصبح عازليته ضعيفة وربما يحدث(Short Circuit) بين الاطراف ولذلك فالقواطع الكهربائية في هذه الحالة تزود بدائرة لمنع القاطع منعا باتا حتى ولو بصورة يدوية لأن مجرد حدوث شرارة داخل القاطع في ظل انخفاض ضغط الغاز سيتسبب في كارثة.

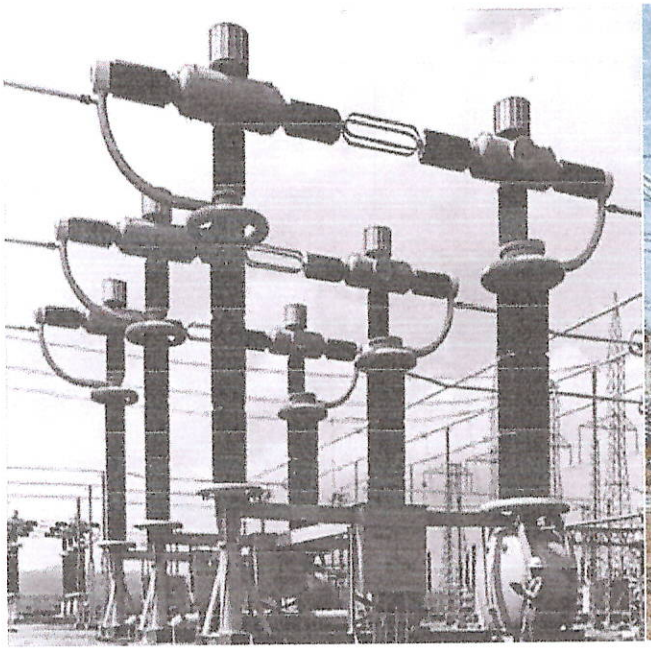


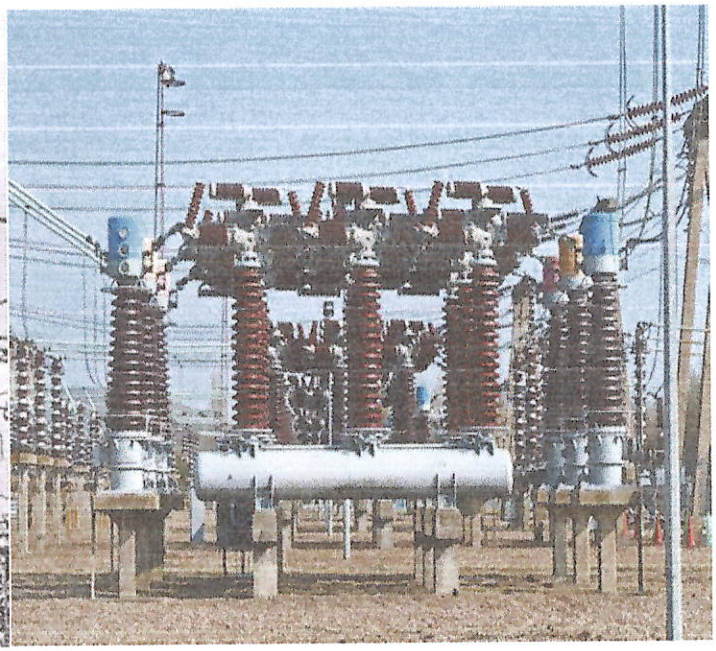


٤- قاطع الدائرة الكهربائية باستخدام ضاغط الهواء (Air Circuit Breakers)

حيث يتم استخدام هذا النوع من القواطع ضاغط الهواء(Air compressor) ،عند تولد الشرارة الكهربائية او القوس الكهربائي لحظة فتح او غلق القاطع الكهربائي، يعمل ضاغط الهواء على تسليط الهواء تحت ضغط عالي بين قطبي C.B لغرض تقسيم القوس الكهربائي الي اقواس صغيرة واخراجها على شكل انفجار(نتيجة الهواء المتولد تحت الضغط العالي).







Air Circuit Breakers

الاختبارات الاساسية لقواطع MV (الجهد المتوسط) من ضمن برامج الصيانة الوقائية.

عندما يحدث عطل fault في نظام الطاقة الكهربائية ، من المهم جدا" والمصيري توفر حماية سريعة وامنة وموثوقة ، فعندما يفشل القاطع الالي Circuit Breakers في القيام بعمله في الفصل عن العطل في تلك اللحظة الحرجة ، سيكون الضرر الناتج كارثيًا على الافراد والتجهيزات ،

وعلى الرغم من أن القواطع الالية يمكن أن تكون موثوقة للغاية ، لكنها تميل إلى جمع الأوساخ والرطوبة والملوثات أثناء الخدمة. حيث من الممكن أن تتعرض القواطع المستخدمة في البيئات غير الصديقة للعديد من الملوثات المسببة للتآكل ، والتي لا تلحق الضرر فقط بنظام العزل ولكن أيضًا بالمكونات المعدنية ، بما في ذلك الملامسات الرئيسية main contacts. لهذه الأسباب وغيرها ، من الضروري اختبار القواطع الدائرة الكهربائية وصيانتها لضمان التشغيل السليم أثناء حدوث الأعطال الكهربائية.

هناك ثلاثة اختبارات كهربائية أساسية يجب إجراؤها على القواطع الالية متوسطة الجهد كجزء من برنامج الصيانة الوقائية:

١- اختبار مقاومة التلامسات Contact resistance test
٢- اختبار مقاومة العزل Insulation resistance test
٣- اختبار متانة (تحمل)العزل Dielectric withstand voltage test

١- الاختبار الاول : اختبار مقاومة التماسات (الملامسات) Contact Resistance Test:

يجب فحص التماسات (الملامسات) الرئيسية main contacts بشكل دوري لاكتشاف التآكل غير الطبيعي ، و اكتشاف عدم التشحيم الكافي ، داخل القاطع الالي . حيث تتسبب الرداءة في الوصل والتلامس الى تشوه التماسات وتلفها وحدوث الحرائق الموضعية و الحرائق الكهربائية. يجب أن تكون مقاومة التماسات منخفضة ، قدر الإمكان ، للأطوار الثلاثة للقاطع الالي

يتم حساب المقاومة الكهربائية عن طريق قياس انخفاض الجهد عبر الخط لكل طور. يجب إجراء هذا الاختبار باستخدام مصدر طاقة منخفض الجهد ، تيار مستمر (DC) واستخدام (مقياس أوم للقيم المنخفضة للمقاومة) وتمرير التيار من خط إلى آخر ، مع القاطع وهو في الوضع المغلق.

٢- الاختبار الثاني : اختبار مقاومة العزل Insulation Resistance Test:

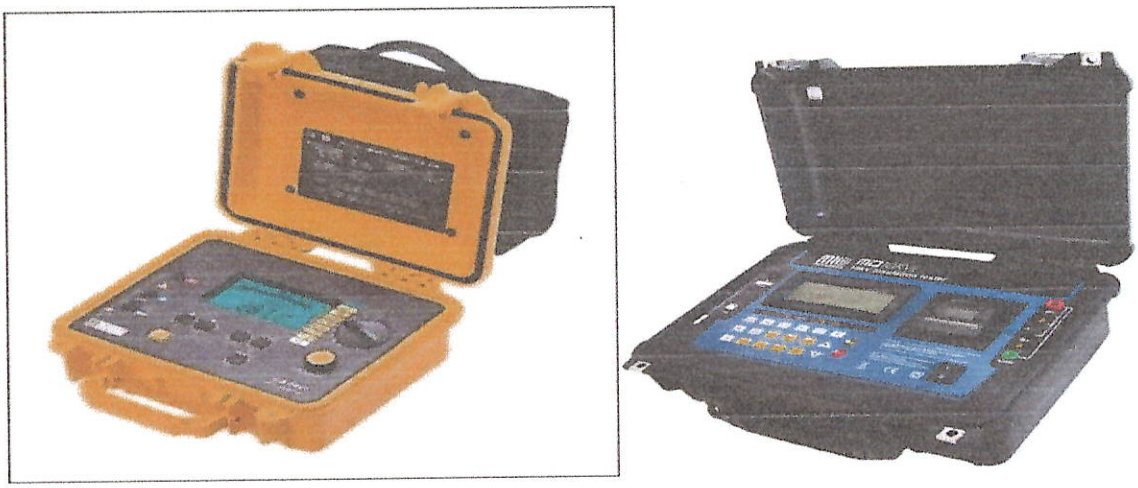
نظام عزل القاطع الالي مهم جدا" لذلك لابد من اختباره وتقييم نتائج الاختبار حيث من الممكن بأن تضعف سوية العزل بسبب الحرارة الناتجة عن القوس الكهربائي ، خاصة إذا لم تتم صيانة القاطع بشكل روتيني.

يمكن أن يؤدي العزل الضعيف إلى فشل القاطع ، خاصة أثناء الفصل وحدوث القوس الكهربائي. وتعد تجربة اختبار مقاومة العزل مفيدة لاكتشاف العيوب الرئيسية في نظام العزل ، ولكن يمكن استخدامها أيضًا كاختبار أمان نهائي قبل إعادة القاطع إلى الخدمة.

يجب إجراء هذا الاختبار باستخدام مقياس Megohmetter ويتم بين طور واخر phase-to-phase وبين الطور والارض phase-to-ground في الوضع المغلق ، وكذلك عبر التماسات المفتوحة لكل طور

كما يتم قياس مقاومة العزل لأسلاك التحكم للقاطع (بين الاسلاك والهيكل)

يجب أختبار جميع أسلاك التحكم في القاطع ، حيث من الممكن تعرضها للإجهادات الميكانيكية على الحواف الحادة عند تحريك القاطع داخل وخارج الخلية. وقد يؤدي ذلك إلى فشل ملف الفصل trip coil أو دارة الشحن أو حتى مرحل الحماية protective relay.



٣- اختبار متانة (تحمل)العزل Dielectric withstand voltage test:

هذا الاختبار هو أساسا" اختبار Hipot Test. لاكتشاف تحمل مواد العزل المستخدمة في القاطع حيث يكشف الاختبار التدهور والرطوبة في نظام العزل. يوصى باستخدام تجهيزات اختبار الجهد العالي AC عند اختبار القواطع ذات الجهد المتوسط. يتم إجراء اختبار التحمل من كل جانب لكل طور، مع فتح القاطع ، وجميع المراحل الأخرى مرتبطة ببعضها البعض ومتصلة بالأرض.

CT & VT Transformers

محولات الجهد والتيار

محولات الجهد والتيار (Current and Voltage Transformers – CT & VT) يمثلان بوابة الدخول لجهاز الوقاية ، فمنهما تدخل اليه كافة الاشارات Relaying Signals ،وبالتالي فأن اي خطأ أو تشويه في قراءة هذه الاشارات سيتسبب في خداع جهاز الوقاية ويجعله يعمل بطريقة غير مناسبة وهذا بالتأكيد ليس عيبا في جهاز الحماية ولكن عيبا في CT & VT ، ومن هنا وجب العناية بدراسة هذه الاجهزة والتأكد من دقة عملها وألا فلا قيمة لأى مجهود يبذل في تطوير أجهزة الوقاية طالما الاشارة الداخلة اليها غير سليمة وأن الجهود والتيارات في الغالب تكون عالية و لا يمكن ان تدخل مباشرة لجهاز الحماية ، فلذلك تقوم محولات الجهد والتيار بخفض قيمة كل من الجهد والتيار قبل دخولهما لجهاز الوقاية ، وهذا الفصل مكون من جزأين : الأول محولات التيار ، والثاني محولات الجهد.

بصفة عامة فأن محولات الجهد والتيار لغرض القياس والوقاية تتشابه فكلاهما يؤدي الوظائف التالية :

١- تخفيض قيم الجهد والتيارات العالية الي قيم مناسبة يمكن قياسها بأجهزة القياس أو الوقاية .

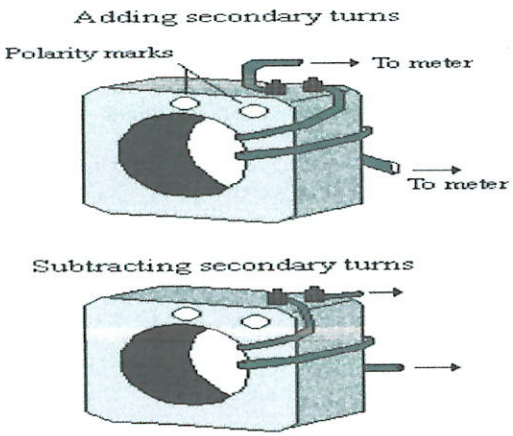
٢- عزل الدوائر الموجودة في الجانب الثانوي أجهزة القياس / الوقاية عن الجانب الابتدائي ذي التيارات والجهود العالية.

٣- استخدام قيم قياسية للجهد / للتيار للأجهزة الموجودة في الجانب الثانوي

محولات التيار (Current Transformers – CT)

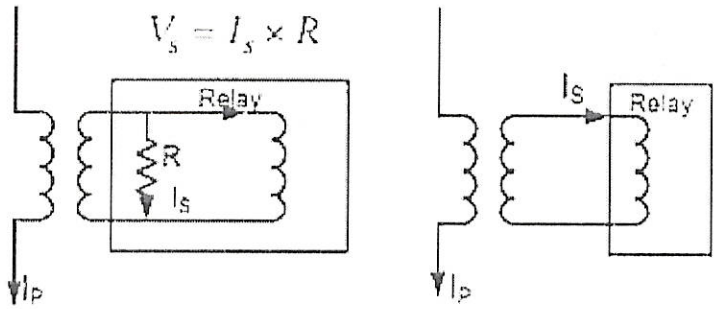
وهي المحولات التي تعمل على تحويل قيم التيارات العالية الي قيم منخفضة لغرض تغذية اجهزة القياس والحماية الكهربائية ، بمعنى أخر تعمل على توفير تيارات واطئة الي اجهزة القياس والحماية الكهربائية ،محولات التيار توفر عزلا كهربائيا لجهد الضغط العالي مما يسمح بتأريض الملف الثانوي للأمان . وظيفة محولات التيار أن يغذى جهاز القياس او الحماية بتيار صغير تتناسب قيمته مع التيار الأصلي المار بدائرة ويفضل دائما ان تكون قيمة التيار في الجانب الثانوي بحدود ٥ أمبير

او اقل في الاحوال الطبيعية ويتم ذلك باختيار نسبة تحويل معينة تعرف ب (Turn Ratio) ولها قيم قياسية أشهرها على سبيل المثال(٥:١٠٠ ـ ٥:٢٠٠ ـ ٥:٣٠٠).



توصيل محولات التيار مع أجهزة الوقاية

في بعض الاحيان يتم توصيل الملف الثانوي لمحولة التيار بصورة مباشرة الى ال Relay المرحل بمعنى اخر تيار الثانوي للمحولة يمر مباشرا في ملف جهاز الوقاية ، وفي بعض الاحيان يتم توصيل مقاومة صغيرة جدا بين طرفي الملف الثانوي تصل الى جزء من الاوم وينشأ عليها جهد يتناسب مع قيمة التيار المار في الملف الثانوي ل CT وهذا الاسلوب يستخدم غالبا مع اجهزة الوقاية الرقمية والتي تحتاج الى تحويل التيار الى جهد تمهيدا لتحويله الى Digital Number بواسطة A / D Converter.



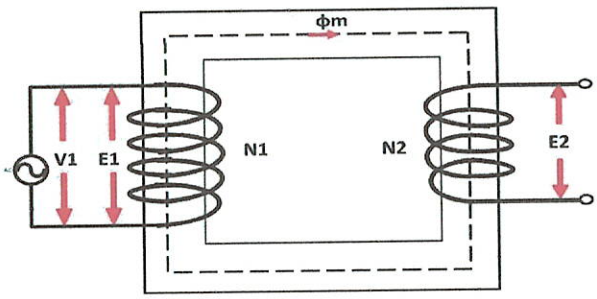
ب أ

النظرية الأساسية لمحولات التيار

كما هو معلوم فأن المحولات تتألف بالأساس من قلب حديدي له ملفين الابتدائي يسرى به تيار الشبكة الكهربائي وعادة يكون تيار ذو قيمة عالية ويربط بصورة مباشرة على التوالي مع الدائرة المراد قياس تيارها ، والملف الثانوي يسرى فيه تيار واطئ حيث يربط بصورة مباشرة مع أجهزة القياس والوقاية الكهربائية . ومن المعروف أن تيار الثانوي يتناسب مع تيار الابتدائي طبقا للنظرية العامة للمحولات ، بمعنى أن

$$I_P = I_S \times \frac{N_S}{N_P} = I_S \times N$$

حيث ان N هي النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي الى عدد لفات الملف الابتدائي وهى التي تسمى ب Turn Ratio . وعند توصيل محول التيار بمصدر تغذية ومن ثم الى جهاز الوقاية او القياس الكهربائي فأن التيار في الملف الابتدائي ينشئ قوة دافعة مغناطيسية mmf تعمل على دفع الفيض المغناطيسي المتولد في القلب الحديدي من الملف الابتدائي الي الثانوي وعندما يقطع هذا الفيض ملفات الملف الثانوي وينشأ تيار الثانوي ثم يقوم هذا التيار فينشأ قوة دافعة مغناطيسية mmf جديدة ومعاكسة لتلك الموجودة في الابتدائي



الجهد الناشئ على طرفي الملف الثانوي يتناسب طرديا مع معدل تغيير الفيض المغناطيسي بمعنى أن

$$E_S \quad \alpha \quad \frac{d\phi}{dt}$$

ومن المعروف أن الفيض اللازم لينشأ E_S يساوى

$$\phi = B \times A$$

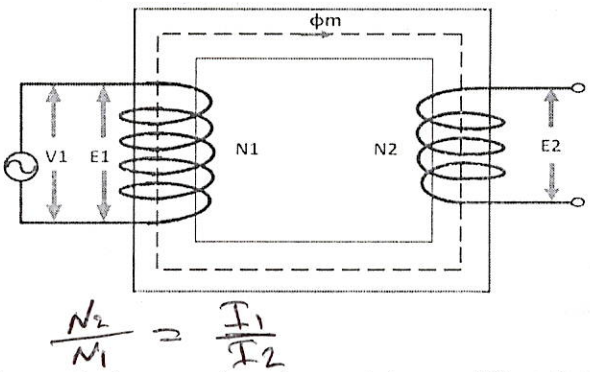
حيث B هي كثافة الفيض في القلب الحديدي وتقاس ب (. Tesla = Wb / m^2)

و A هي مساحة المقطع القلب الحديدي وتقاس ب M^2 . وطبقا للنظرية العامة للمحولات فان أقص جهد Ek ينشا بين طرفي المحول ويعرف ب knee point voltage يساوي

$$Ek = 4.44 * N * F * A * Bmax$$

حيث F هي التردد ويقاس ب Hz و N هي عدد اللفات .

حيث ان N هي النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي الى عدد لفات الملف الابتدائي وهى التي تسمى ب Turn Ratio . وعند توصيل محول التيار بمصدر تغذية ومن ثم الى جهاز الوقاية او القياس الكهربائي فأن التيار في الملف الابتدائي ينشئ قوة دافعة مغناطيسية mmf تعمل على دفع الفيض المغناطيسي المتولد في القلب الحديدي من الملف الابتدائي الي الثانوي وعندما يقطع هذا الفيض ملفات الملف الثانوي وينشأ تيار الثانوي ثم يقوم هذا التيار فينشأ قوة دافعة مغناطيسية mmf جديدة ومعاكسة لتلك الموجودة في الابتدائي



الجهد الناشئ على طرفي الملف الثانوي يتناسب طرديا مع معدل تغيير الفيض المغناطيسي بمعنى أن

$$E_S \quad \alpha \quad \frac{d\phi}{dt}$$

ومن المعروف أن الفيض اللازم لينشأ E_S يساوى

$$\phi = B \times A$$

حيث B هي كثافة الفيض في القلب الحديدي وتقاس ب (Tesla = Wb / m^2 .)

و A هي مساحة المقطع القلب الحديدي وتقاس ب M^2 . وطبقا للنظرية العامة للمحولات فان أقص جهد Ek ينشا بين طرفي المحول ويعرف ب knee point voltage يساوي

$$Ek = 4.44 * N * F * A * Bmax$$

حيث F هي التردد ويقاس ب Hz و N هي عدد اللفات .

مثال (1): محولة تيار نسبة تحويله (2000/5 A) له مساحة مقطع للقلب الحديدي ($20\ cm^2$) ومقاومة ملفات الثانوي (0.31Ω) اعلى تيار يمكن ان يتحمله التيار (40KA)، المطلوب ايجاد اعلى (Burden) يمكن ربطه على ثانوي محولة التيار لتجنب اشباع القلب الحديدي؟ افترض ان الاشباع يبدأ عند كثافة فيض (1.6 تسلا) وان التردد 50Hz.

الحل: من المعطيات في السؤال

$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$1 * 2000 = N_2 * 5 \Rightarrow \therefore N_2 = \frac{2000}{5} = 400 \text{ turn لفة}$$

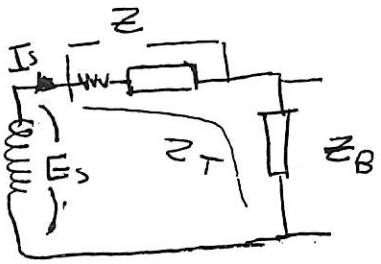
$$E_K = 4.44 * B * A * N * f$$

$$= 4.44 * 1.6 * 20 \times 10^{-4} * 400 * 50 = 284 \text{ Volt}$$

تيار الثانوي اثناء العطل

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow I_2 = \frac{N_1 I_1}{N_2}$$

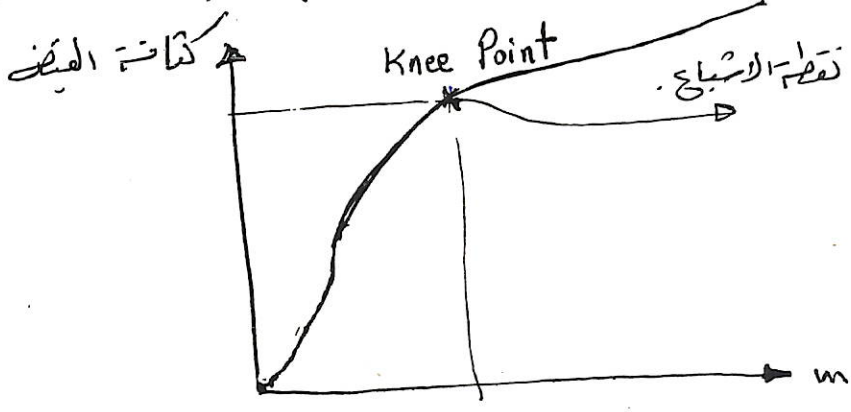
$$I_2 = \frac{1 * 40000}{400} = 100 \text{ Amp}$$



$$Z_T = \frac{E_s}{I_s} = \frac{284}{100} = 2.84\ \Omega$$

$$Z_B = 2.84 - 0.31 = 2.53\ \Omega$$

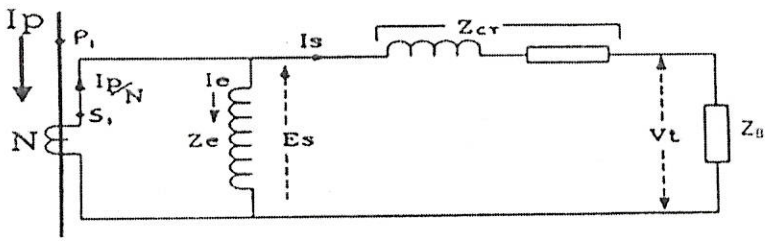
اعلى ممانعة يمكن ربطها على ثانوي محولة التيار هو (2.53Ω) لتجنب الاشباع للقلب الحديدي.



نقطة (Knee Point) بداية ظهور التشبع حيث الزيادة 10٪ في مولدية الثانوي يولد زيادة 50٪ من تيار المغنطة.

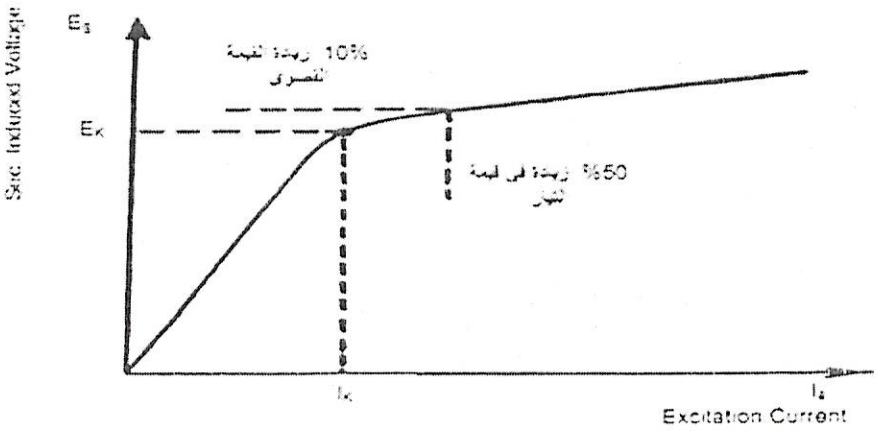
منحنى المغناطيسية - Excitation Curve

من المعروف ان لكل CT منحنى مغناطيسية خاص يوضح العلاقة بين الفولت الذي ينشأ في الملف الثانوي والتيار المسبب للفيض، وهو التيار المعروف ب Excitation Current وهذا التيار يمثل جزء صغير من التيار المتولد في الجانب الثانوي وهو يسحب داخل المعاوقه الداخلية لمحول التيار Ze التي تظهر ضمن الدائرة المكافئة لمحول التيار لاحظ أن جهاز الوقاية / القياس المركب بيم طرفي الثانوي يسحب الجزء الاكبر من التيار الثانوي.



الدائرة المكافئة لمحول التيار

ويعرف منحنى المغناطيسية الذى يظهر في الشكل التالي ب (Magnitization Curve) ويسمى أيضا ب Excitation Curve وتوجد نقطة الانقلاب عليه وتعرف بنقطة الانقلاب Knee Point . وتعرف هذه النقطة طبقا لـ IEC (International Electric Code) بأنها النقطة التي تتسبب في زيادة قدرها ١٠ % في قيمة Es نتيجة ارتفاع قيمة التيار Ie بمقدار ٥٠ % بمعنى اخر ،أنها النقطة التي تبدأ بعدها CT في دخول مرحلة ما يسمى بال (Saturation) وأغلب المحولات التيار يجب أن تعمل في المنطقة الخطية قبل هذه النقطة حتى لا يحدث تشبع للمحول كما. سيتضح لاحقا.

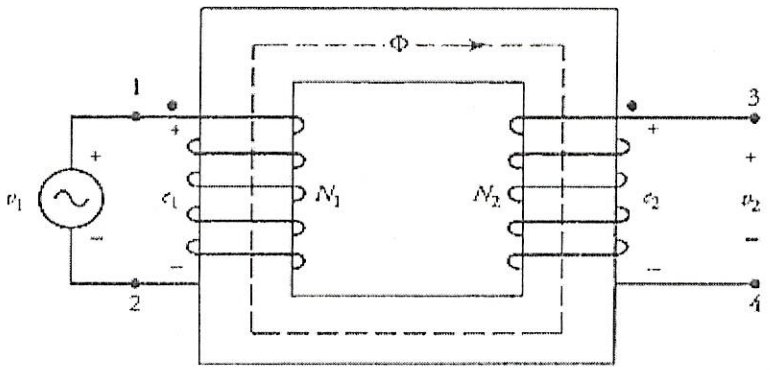


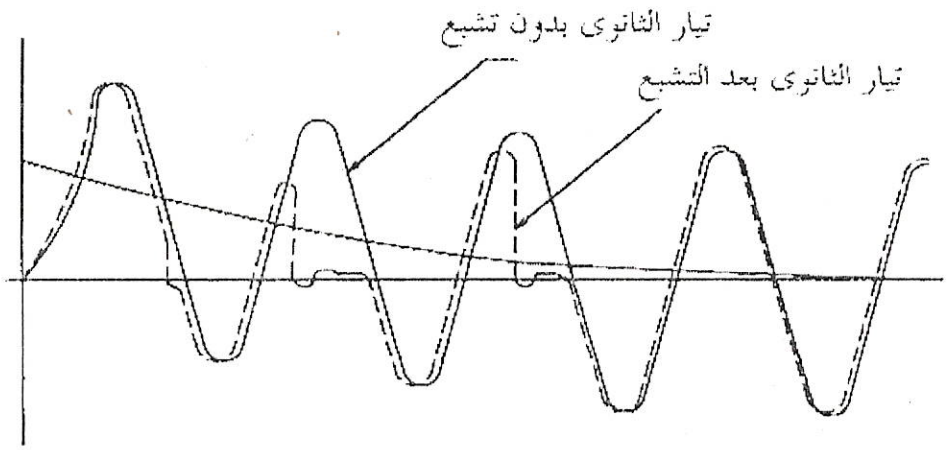
منحنى المغناطيسية في محولات التيار

مشكلة التشبع.

معلوم ان كل تيار كهربائي متردد مصاحب دائما بفيض مغناطيسي متردد يتناسب طرديا معه وبالتالي كلما زاد التيار زاد الفيض ، ومشكلة التشبع تحدث مع الزيادة الكبيرة في قيمة التيار عند حدوث العطل (،حيث يتسبب ذلك في نشوء فيض عالي جدا لا يستطيع القلب الحديدي تحمله فيحدث له ما يسمى التشبع (Saturation) والقلب الحديدي في هذه الحالة يشبه طريق كبير يمر فيه عدد من السيارات لكن الطريق له قدرة استيعابية محددة فاذا زاد عدد السيارات به فان المرور حتما سيتوقف ونقول أن الطريق قد تشبع ،وهذا تمام ما يحدث في القلب الحديدي حيث يتسبب التشبع في توقف زيادة الفيض العالي وبالتالي تثبت قيمة الفيضي على قيمة معينة ثابتة حد التشبع بمعنى أخر أن معدل التغيير في الفيض أصبح صغيرا وبالتالي لا ينشأ أي تيار في الملف الثانوي يصل تقريبا الى الصفر وشكل هذا التيار يظهر بصورة واضحة في الشكل التالي لاحظ النقص التدريجي في مركبة Dc component وهي أحد العوامل الأساسية التي تشوه قيمة التيار الثانوي مقارنة بتيار الابتدائي وتتوقف قيمتها على لحظة القفل وعلى قيمة R , X للدائرة بينما تتوقف مدة بقائها على قيمة ال R,X

فقط لاحظ ايضا ان الاختلاف في القيمة ليس بسبب Turn Ratio فحسب ،وانما ايضا بسبب التشبع ، لذا نقول ان التيار قد حدث له تشوه Distortion وبالتالي لا نتوقع أداء سليما لجهاز الحماية مهما كانت دقته مالم يتم حل هذه المشكلة .





مقارنة بين تيار الثانوي في حالتي التشبع وعدم التشبع

مشكلة فتح دائرة الثانوي في محول التيار

معلوم من أساسيات عمل المحول انه عند توصيل مصدر كهربائي على الملف الابتدائي فانه ينشأ قوة دافعة مغناطيسية mmf تقوم بدفع الفيض في القلب الحديدي ثم تقطع هذا الفيض ملفات الملف الثانوي فينشأ تيار الثانوي ثم يقوم تيار الثانوي بتوليد mmf جديدة ومعاكسة لتلك الموجودة في الابتدائي.

الآن في حالة فتح الملف الثانوي في محول التيار فلن تنشأ أي mmf قوة دافعة مغناطيسية مضادة لتلك المتولدة في الابتدائي وبالتالي تكون كل mmf في الابتدائي مركزة على core فقط ويظهر جهد عالي على اطراف المحول بسبب مرور كل تيار الابتدائي في shunt impedance Ze التي ظهرت ، وهذا الجهد العالي يمثل خطورة ليس فقط على المحول وانما على الأشخاص المتعاملين مع هذه المحولات في حالة صيانتها مثلا ،والذين تعرضوا بالفعل لهذا الموقف احترقت أيديهم تماما كما لو أنهم أمسكو بنار مشتعلة. ولذا فأن كان من الضروري ان يتم نزع جهاز الوقاية من الجانب الثانوي لمحول التيار لأى سبب من الأسباب فانه يلزم أن يستبدل الجهاز ب short circuit على أطراف الجانب الثانوي للمحول بالتالي يبقى هنالك تيار يسرى في الملف الثانوي وتبقى هنالك mmf معاوقة لتلك الموجودة في الملف الابتدائي فلا يرتفع الجهد على اطراف محول التيار.

.....

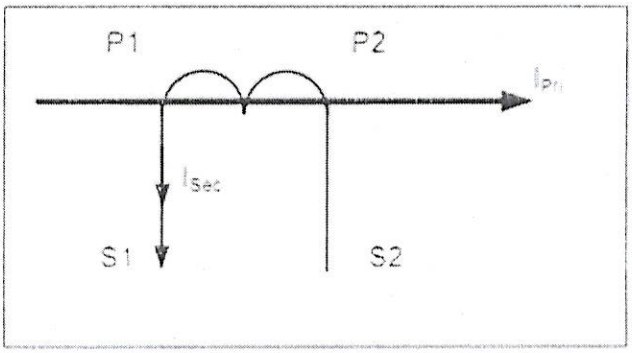
الاختبارات الأساسية لمحول التيار

هنالك ثلاث اختبارات اساسية يجب اجروها قبل البدء في ادخال محولات التيار في الخدمة ،وهي ما يعرف بـ Commissioning Tests وهي :اختبار القطبية ،اختبار قيمة نسبة التحويل Turns Ratio ،اختبار الـ Magnetization Curve ،وفيما يلي توضيح هذه الاختبارات.

فأسهل هذه الاختبارات هو اختبار نسب التحويل حيث يوصل جهد على احد الجانبين ويقاس الجهد الناتج في الجانب الاخر بفرض التأكد من دقة التحويل ،وعندها نقول ان الثانوي يمثل بصدق ما يحدث في الجانب الابتدائي ، الاختبار الثاني هو اختبار القطبية ويتم اجراؤه كما يلي:

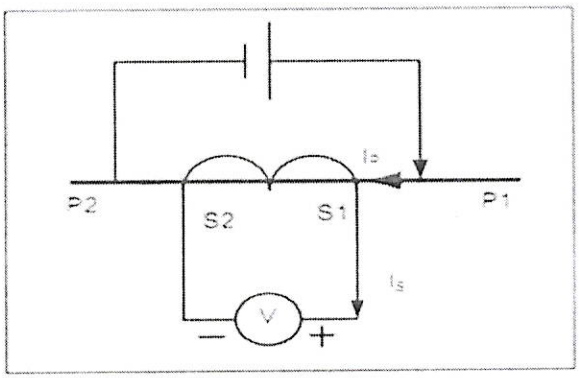
- **القطبية في محولات التيار**

من المهارات اللازم معرفتها كيفية تحديد اتجاه التيار في ملفات الثانوي ،يمكنك للسهولة تطبيق قاعدة بسيطة وهي ان تيار الثانوي (من S1 الى S2 في الدائرة الخارجية)يكون دائما في نفس اتجاه التيار الابتدائي المار من (P1 الى P2 كما في الشكل الموضح ادناه ، لاحظ ان التيار في الملف الثانوي نفسه يسير في عكس اتجاه الابتدائي



تحديد اتجاه التيار في محولات التيار مقارنة بالتيار الأصلي

وللتأكد من صحة القطبية قبل توصيل الـ CT يمكن اجراء الاختبار المعروف بـ Flicker Test حيث يوصل فولتميتر بين طرفي الجانب الثانوي للـ CT بينما يتم توصيل بطارية جهد ٦ فولت بين طرفي الجانب الابتدائي فعند توصيل البطارية في الدائرة ينحرف مؤشر الفولتميتر الى الجهة الموجبة ،وعند فصل البطارية ينعكس اتجاه المؤشر في الاتجاه الاخر ،وعندها تكون S1 هي الطرف الموصل الي جهة الموجبة للفولتميتر .

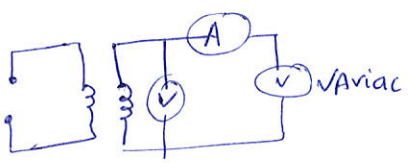


اختبار الـ Flicker لمعرفة القطبية الصحيحة لـ CT

- **اختبار التشبع Saturation Tests**

نحتاج لإجراء هذا الاختبار الي جهاز جهد متغير Variac مع اجهزة لقياس التيار ولجهد ويتم تغذية اطراف الجانب الثانوي بالجهد المتغير من اللـ Variac مع قياس التيار الذي ينشأ في الجانب الثانوي علما بأن الجانب الابتدائي يظل مفتوحا بدون اي حمل أثناء الاختبار .

يبدأ الاختبار بزيادة تدريجية للجهد حتى نصل الى النقطة التي تتسبب اي زيادة طفيفة في الجهد في زيادة ضخمة في التيار ،وهي نقطة الانقلاب التى تحدثنا عنها ،وعندئذ يبدأ تسجيل القراءات حيث نبدأ في خفض قيمة الجهد تدريجيا وتسجيل قيم التيار المقابلة لكل قيمة من قيم الجهد ،مع التأكد من وصول الجهد الى الصفر في النهاية للتأكد من حدوث Demagnetization للقلب الحديدي .



محولات الجهد - Voltage Transformer

تقوم محولات الجهد بتخفيض الجهد الى ١٠٠ فولت أو ١١٠ فولت لتغذية أجهزة القياس مثل

KVAR/h، Kw/h، kV، Kw كما تقوم أيضا بتغذية أجهزة الوقاية مثل voltage Over / Under، Directional O/C وكذلك تغذى ال VTs أنظمة التحكم مثل Load Shedding Interlock . بمعنى أخر محولات الجهد تعمل على تخفض الجهود العالية جهود الشبكة الي قيم يمكن قياسها بسهولة وعادة ما تكون هذه القيم ١٠٠ او ١١٠ فولت على الملفات الثانوية لمحولة الجهد والمتصلة مباشرا وبصورة متوازية بملفات الجهد لدوائر الحماية الاتجاهية ومتممات الجهد واجهزة

القياس الجهد فولتميتر وأجهزة القدرة ....الخ. ومحولات الجهد المستخدمة في القياس والوقاية تختلف أساسا عم المحولات القوى الرئيسية – المستخدمة في الشبكات لرفع أو خفض الجهد في القيمة ال – Rated Power لكل منهما ، فمحولات القياس ربما لا يتعدى القدرة التي تمر خلالها عدة عشرات من VA بينما تصل القدرة المارة خلال محولات القوى الى ما يزيد عن ٣٠٠ MVA كما أن محولات الجهد المستخدمة في القياس أو الوقاية لا تحتاج على سبيل المثال لتبريد ، بينما محولات القوى تحتاج الى تبريد بشكل أساسي لآن القدرة المارة خلالها عالية ، بينما محولات القوى تحتاج الى تبريد بشكل أساسي لان القدرة خلالها عالية ولذا فمن بين الاختلافات عن محولات القوى الاختلاف في الحجم . وعادة يكون السبب الرئيسي في حصول نسبة خطأ)نسبة التحويل وزاوية فرق الطور

هو أن تيار المغنطة الضروري للمغنطة القلب الحديدي يسبب هبوط الجهد على الملفات الابتدائية بالإضافة لذلك تيار الحمل المسحوب بواسطة burden يسبب أيضا هبوط الجهد على طرفي الابتدائي والثانوي. هنالك نوعان أساسيان لهذه المحولات الأول هو ما يعرف ب potential Transformer والآخر هو Capacitive Voltage Transformer وسنتعرض للنوعين لاحقا.

توصيف محولات الجهد

هنالك عدة مواصفات لابد ان تكون واضحة قبل الاختبار محول الجهد المناسب منها:

1- **Rated Voltage** ،ويقصد به جهد الجانب الابتدائي وعادة يكون ١٢ KV

2- **Level Voltage** ويقصد به جهد الجانب الثانوي وعادة ما يكون (١٢ ــ ٢٨ ــ ٧٥ ــ ١٠٠ ــ ١١٠ فولت).

3- **Breakdown – Pulse Voltage** وهى أقصى قيمة يتحملها المحول بصورة مؤقته ولحظية وليس بصورة دائمة وغالبا ما تكون عند لحظات الاعطال.

4- **Turn Ratio** وهى نسبة التحويل .

5- **Accuracy Class** وهذه من اهم المواصفات لأنها توصف نسبة الخطأ في قراءة محول الجهد من حيث المقدار والزاوية وبالتالى تحدد هل هذا النوع من المحولات يناسب الاستخدام مع دوائر الوقاية ام يناسب دوائر القياس ،أشهر القيم لدرجة دقة للمحولات المستخدمة في اجهزة القياس (٠.١ ــ ٠.٥ ــ ٠.٧٥ ــ ١)

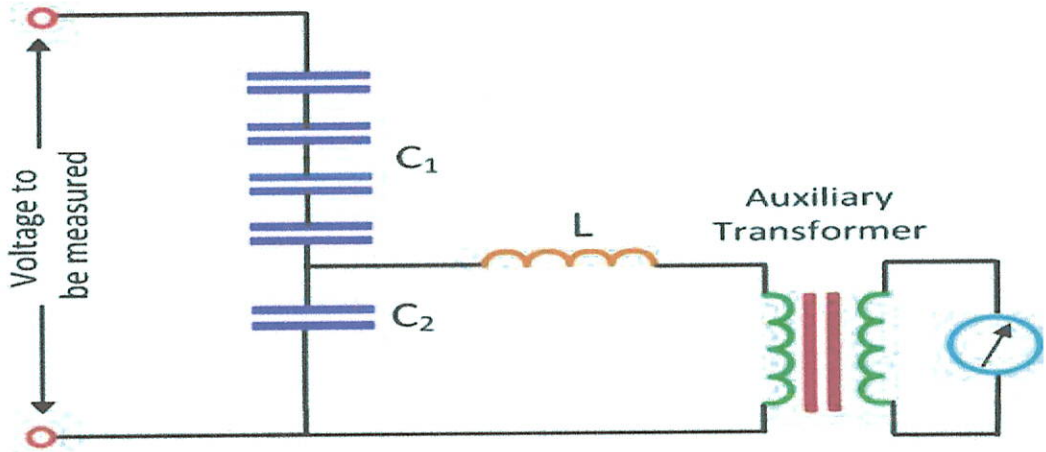
أما درجة الدقة للمحولات المستخدمة في اجهزة الوقاية فهي تتميز بوجود حرف P بعد الرقم مثل 3P دلالة على الحماية .

المحولات الفولطية السعويه

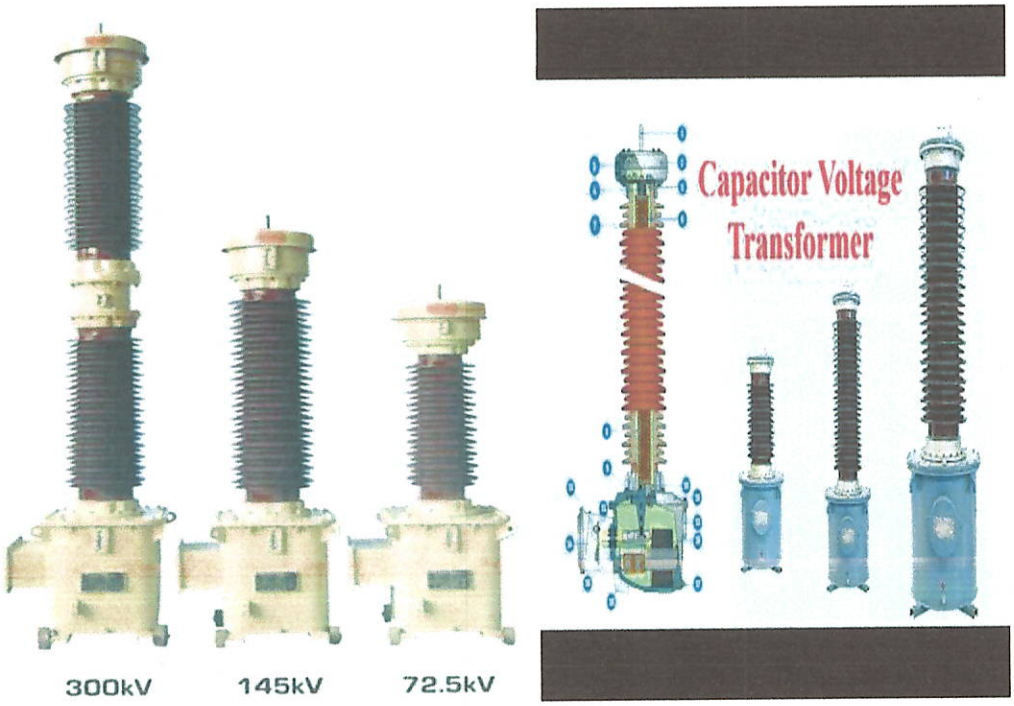
(Capacitor Voltage Transformers – CVT)

في حالة الجهود العالي يصبح استخدام المحولات العادية مكلف جدا لأن العزل المطلوب سيكون عاليا والتغلب على هذه المشكلة يتم بطريقة اقتصادية من خلال استخدام (CVT) لتمييزه عن V.T العادي. محولات الجهد السعوي CVT – CCVT هو محول يستخدم في أنظمة الطاقة لخفض إشارات الجهد العالي وتقديم أشاره الجهد المنخفض للقياس او الحماية ، تتكون هذا النوع من المحولات من ٣ أجزاء اساسية وهي المكثفات التي تعمل على تقسيم الجهد ومستحث ملف لضبط الجاهز على تردد الخط ومحول جهد لعزل وخفض الجهد ويحتوى الجهاز على اربعة أطراف على الأقل طرف للتوصيل وطرف ارضى وطرفان ثانويان للتوصيل بمرحل الحماية او القياس. تكون هذا النوع من المحولات تمثل في الواقع ما يعرف Capacitor divider حيث يتوزع الجهد العالي على عدد من المكثفات ويتم قراءة الجهد على أخر هذه المكثفات من ناحية الارض بواسطة VT العادية حيث أصبح الجهد الابتدائي الآن يمثل نسب صغير من الجهد الأصلي وهى نفس نسبة سعة المكثف الأخير الى مجموعة المكثفات .

وبالتالي تكون قيمة العزل قليلة للمحول وبالتالي تكون محولات الجهد السعوي اكثر كفاءة واقتصادية من محولات الجهد العادية . من أهم تطبيقات يعتبر محول الجهد السعوي مفيد أيضا في أنظمة الاتصالات . حيث يستخدم محول الجهد السعوي مع مصائد الموجة لتنقية إشارات الاتصالات عالية التردد من تردد القدرة، وهذا يشكل شبكة اتصالات محمولة خلال شبكة النقل



Capacitive Potential Transformer



صورة توضح أشكال وأحجام محولات الجهد السعوية