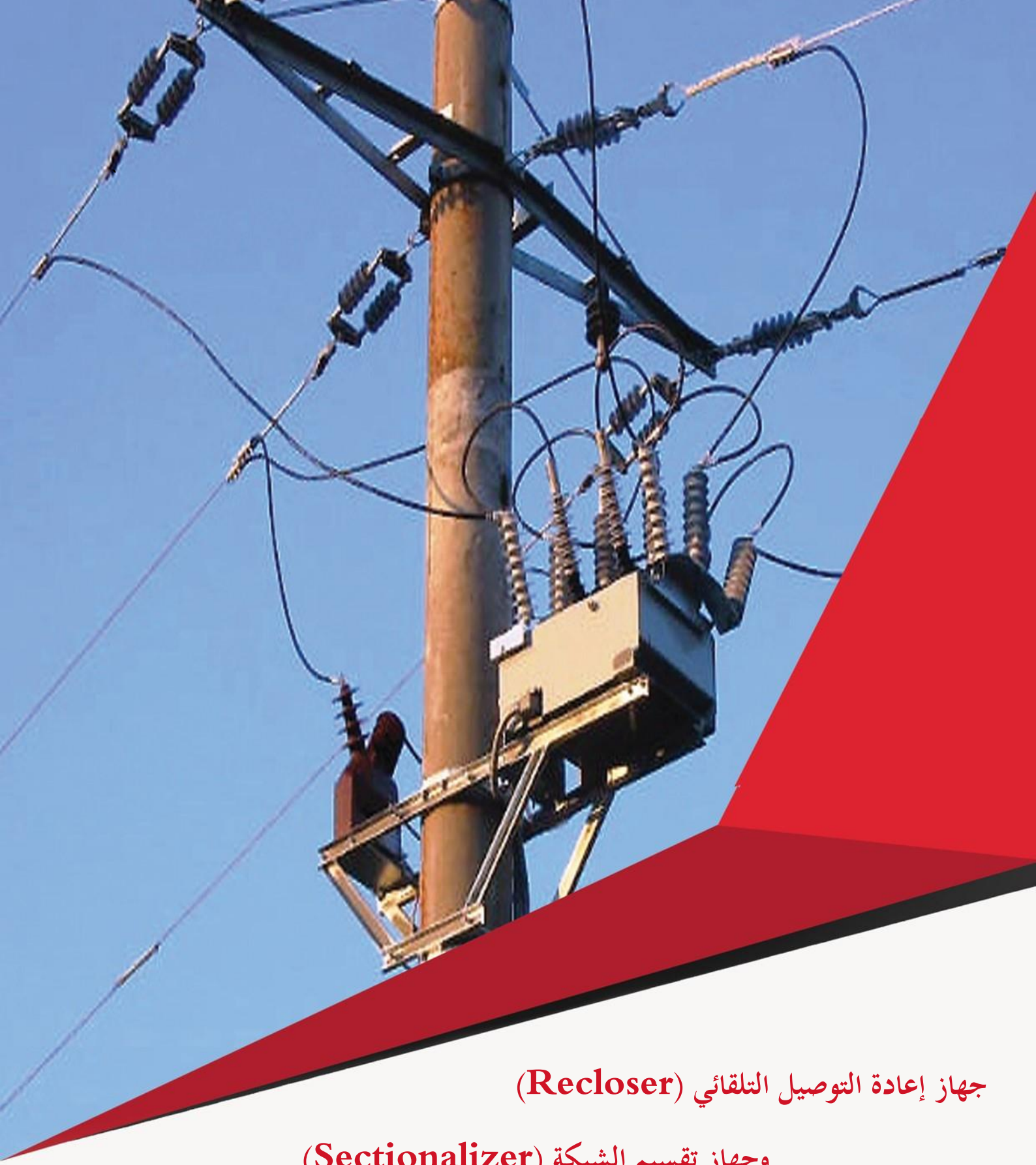


جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)

وجهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizer)

إعداد
مثنى محمد كاظم توفيق
رئيس مهندسين

٢٠١٨

المحتويات

المقدمة..... ٢
الفصل الأول :- جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)..... ٣
تعريفه ومبدأ عمله..... ٣
الأنواع..... ٥
التركيب والأجزاء..... ٨
متحسسات الجهد والتيار (Current & Voltage sensors)..... ٩
وحدة التحكم (control)..... ٩
أولاً :- النوع الزيتي..... ١٣
ثانياً :- النوع المفرغ من الهواء (Vacuum) مع عازل من الإيبوكسي المصبوب..... ١٥
ثالثاً :- النوع المفرغ من الهواء (Vacuum) مع عازل الهواء..... ١٦
رابعاً :- النوع المفرغ من الهواء (Vacuum) مع عازل غاز (SF_6)..... ١٨
آليتي الفصل والتوصيل..... ١٩
آلية الفصل..... ١٩
آلية إعادة التوصيل..... ١٩
الفصل الثاني : - جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizer) عمله وأجزاءه..... ٢١
مبدأ عمله..... ٢١
الأنواع..... ٢١
التركيب والأجزاء..... ٢٤
أولاً :- النوع الزيتي..... ٢٥
ثانياً :- النوع الهوائي..... ٢٦
آليتي الفصل والتوصيل..... ٢٧
آلية الفصل..... ٢٧
آلية إعادة التوصيل..... ٢٧
الفصل الثالث :- ربط أجهزة (Reclosers) و (Sectionalizers)..... ٢٨
أولا :- ربط بشكل متوالي أي بشكل متسلسل على الشبكة..... ٢٨
ثانياً:- ربط بشكل متوازي أي على أفرع الشبكة..... ٢٩
الملحق : نبذة عن مواصفات وزارة الكهرباء العراقية للجهازين..... ٣١
أولاً :- مواصفة (D-67) لسنة ٢٠١٥ لجهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)..... ٣١
ثانياً :- مواصفة (D-68) لسنة ٢٠١٥ لجهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizers)..... ٣١
المصادر..... ٣٢

المقدمة

إن الحفاظ على إستمرارية خدمة الطاقة الكهربائية للمستهلكين من أولويات شركات ودوائر توزيع الطاقة الكهربائية لرفع مستوى مبيعاتها وكذلك أولوية للمستهلك لحاجته للطاقة الكهربائية. وجهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) مستخدم بشكل واسع من قبل هذه الشركات والدوائر في جميع أنحاء العالم كجهاز أساسي لتحقيق هدفها الرئيسي هذا وبشكل مبسط وإقتصادي. تم إختراع هذا الجهاز وتسويقه لأول مرة سنة ١٩٤٠ في الولايات المتحدة الأمريكية من قبل شركة كايل (إستحوذت عليها شركة كوبر وهي جزء من مجموعة شركات إيتون حالياً). وللحصول على أقصى قدر من الاستمرارية للطاقة الكهربائية للمستهلكين تستخدم هذه شركات ودوائر التوزيع جهاز آخر معه وهو مقسم الشبكة (Sectionalizer). وفي هذا الكراس سيتم تسليط الضوء على هذين الجهازين وخصائصهما وإستخداماتهما في الشبكة.

وتؤكد الحاجة لإستخدام هذه الأجهزة في شبكة توزيع كهرباء العراق لغرض تقليل القطوعات الناتجة من الأعطال العابرة والأعطال الدائمة التي تحتاج الى إصلاح، وأيضاً لتقليل الوقت والجهد الذي تبذله فرق الصيانة للبحث عن موقع العطل وخصوصاً في المغذيات الطويلة والمتفرعة، أيضاً هناك حاجة كبيرة لإستخدام هذه الأجهزة في تنفيذ شبكات ٣٣/٠,٤ كي. في. لتضيف حماية إضافية لمغذي ٣٣ كي.في وتقسمه الى أجزاء من دون إستخدام غرف الأزرار.

وقد قامت وزارة الكهرباء في جمهورية العراق سنة ٢٠١٥، بوضع مواصفات للجهازين الاولى بإسم (D-67) لجهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)، والثانية باسم (D-68) لجهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizers). شملت فقط ٣٣ كي.في ولا تشمل المواصفة جهد ١١ كي.في ونحن نرجو قيام الوزارة بوضع مواصفات لهذين الجهازين لجهد ١١ كي.في أيضاً.

وسيكون هذا الكراس إن شاء الله أول ماينشر باللغة العربية عن الجهازين حيث تخلو شبكة الإنترنيت عن أي كتاب أو كراس باللغة العربية عن هذين الجهازين.

الفصل الأول :- جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)

تعريفه ومبدأ عمله

جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) عبارة عن مفتاح أوتوماتيكي أو قاطع دورة مجهز بآلية يمكنها إغلاق القاطع تلقائياً بعد فتحها بسبب عطل معين كدائرة القصر (short circuit)، فجهاز قاطع الدورة (Circuit Breakers)، يبقى على حالة الفصل (trip) بعد حدوث العطل حتى يتم إعادته للعمل. بينما يقوم جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) بإختبار المغذي أوتوماتيكياً فيحدد هل زالت المشكلة أم لا. فإذا كانت المشكلة عابرة وزالت فإنه يعيد نفسه للعمل ويستأنف تجهيز الطاقة الكهربائية مرة أخرى. لذا تعرفه بعض المصادر على إنه قاطع دورة مجهز بآلية يمكنها إغلاق القاطع تلقائياً بعد فتحها بسبب عطل معين.

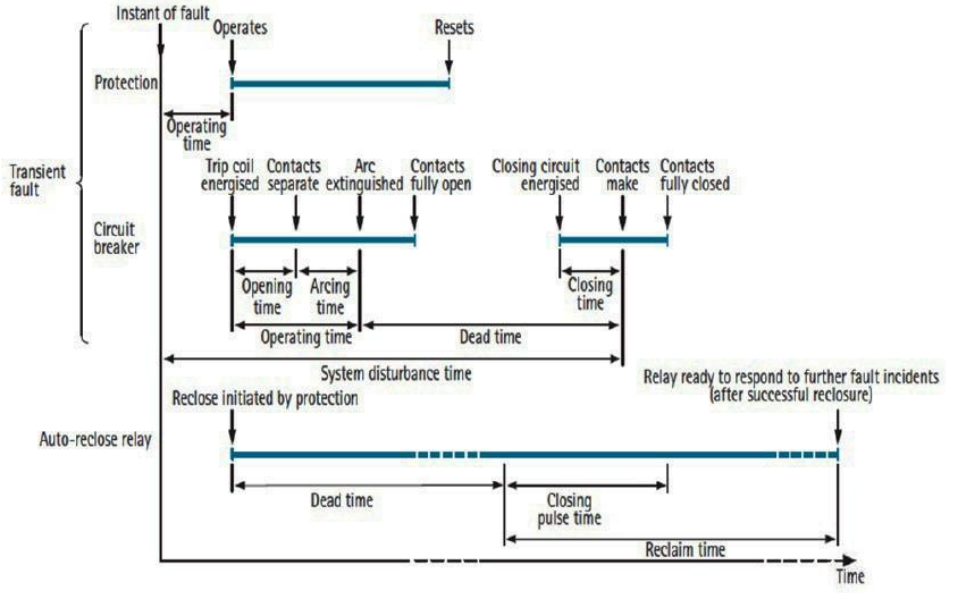
إن أغلب الأعطال العارضة في خطوط الجهد العالي والمتوسط الهوائية تكون عابرة ومؤقتة مثل الصواعق أو ملامسة فروع الأشجار للأسلاك بسبب الرياح أو ملامسة الطيور وبعض الحيوانات للشبكة وهذه العوارض تزول بنفسها حالاً بعد قطع الدورة الكهربائية من قبل أجهزة الحماية (قاطع الدورة أو جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)).

يتحسس جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) العطل (fault) فيقطع الدورة الكهربائية بشكل تلقائي. وبعد فترة زمنية قصيرة جداً يغلق الدورة الكهربائية ويعيد التيار الكهربائي، فإذا زال العارض فإن التيار سيستمر بشكل طبيعي، ولكن اذا كان العطل مستمراً وليس عابراً فإنه سيقطع الدورة الكهربائية مرة ثانية وهكذا. فإذا تكرر العطل ثلاث مرات أو أربعة (حسب برمجة الجهاز) فإن جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) يعتبر العطل دائم ويبقى في حالة الفصل (trip) وحينها يكون دور فريق الصيانة أن يجد العطل ويقوم بإصلاحه ويقوم بإعادة جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) للعمل.

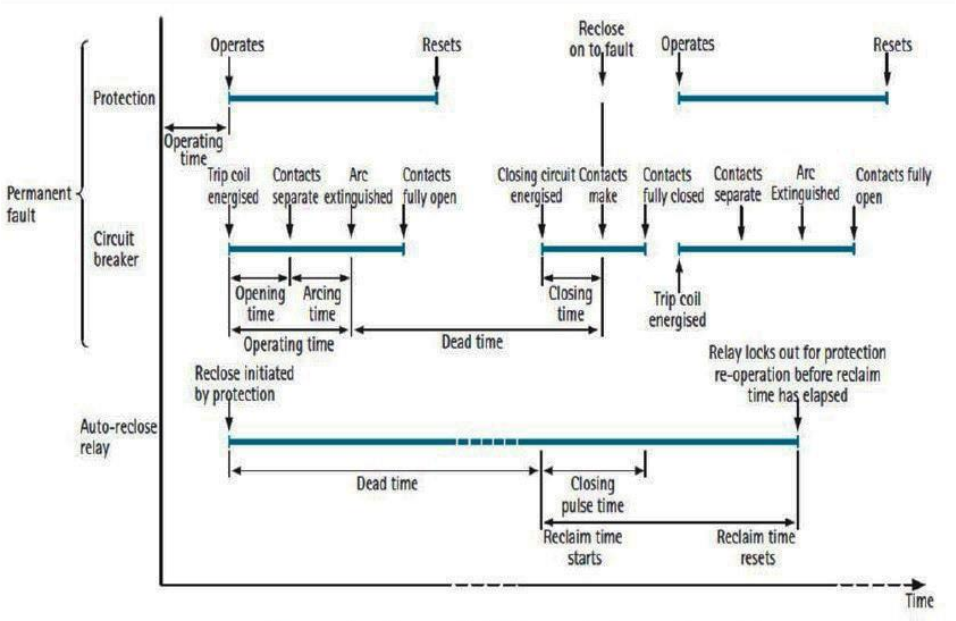
تتم برمجة الجهاز على عدد مرات القطع قبل إعتبار العطل دائم. ويمكن برمجة بعض الأجهزة لتمييز نوع العطل واتخاذ القرار المناسب وفق ذلك، إعتماداً على مناولات الحماية ووحدة التحكم (control) التي يتضمنها الجهاز. فمثلاً حماية

(earth fault) تشير إلى عطل أحد خطوط الأطوار أو خطين مع الأرض (Line to Ground). بينما حماية (Overcurrent) تشير إلى عطل طور مع طور آخر.

يوفر هذا الجهاز الوقت والنفقات حيث إنه يحافظ على إستمرارية تجهيز التيار الكهربائي للمستهلكين ويساعد فريق الصيانة على تحديد موقع العطل وبالتالي تقليص الوقت لإصلاحه مما يزيد من موثوقية الشبكة.



مخطط يبين خطوات عمل الجهاز عند القطع لمرة واحدة في حالة وجود عطل عابر



مخطط يبين خطوات عمل الجهاز عند القطع لمرة واحدة في حالة وجود عطل مستمر

الأنواع

يمكن تصنيف أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) كالتالي

أولاً :– حسب الوسط الخامد للشرارة أي أما زيتي، أو مفرغ من الهواء (Vacuum) وهو الوسط الخامد للشرارة المحدد من قبل مواصفات وزارة الكهرباء العراقية (D-67) لسنة ٢٠١٥.

زيتي (Oil)

مفرغ من الهواء (Vacuum)
مع عازل إيبوكسي مصبوب

مفرغ من الهواء (Vacuum)
مع عازل غاز SF_6

ثانياً :– حسب العازل بين الأطوار وبينها وبين الصندوق الخارجي، فيكون أما مادة صلبة مصبوبة على الأجزاء الموصلة للأطوار تسمى إيبوكسي (cycloaliphatic-epoxy polymer) أو تكون الأطوار داخل صندوق يكون الهواء فيه هو العازل، أو داخل صندوق محكم يحتوي غاز (SF_6) وهو العازل المحدد من قبل مواصفات وزارة الكهرباء العراقية (D-67) لسنة ٢٠١٥.

مفرغ من الهواء (Vacuum)
مع الهواء عازل

مفرغ من الهواء (Vacuum)
مع عازل إيبوكسي مصبوب

مفرغ من الهواء (Vacuum)
مع عازل غاز SF_6

ثالثاً :– حسب نوع الشبكة أي أما مثبت على الأعمدة في الشبكات الهوائية (Pole Mounted) أو موضوع على الأرض في الشبكات الأرضية (Pad Mounted).

Pad Mounted

Pole Mounted

رابعاً :– حسب الأطوار أي أما أحادي الطور (Single Phase) أو ثلاثي الطور (Three Phase)

Three-phase

Control cubicle T97 with controller 7SR224

Single-phase

Control cubicle T96 with controller 7SC80

خامساً :- حسب جهاز السيطرة أما إلكتروني يكون مزوداً بمعالج رقمي، ويستخدم في أكثر أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) ثلاثية الطور (Three Phase) وقليلاً في الأجهزة أحادية الطور (Single Phase)، أو هيدروليكي يكون مزوداً بملف مربوط على التوالي مع الخط يسمى (trip coil) يضم داخله مكبس الفصل، وحجرات أو مجاري هيدروليكية منفصلة. ويستخدم في أكثر الأجهزة أحادية الطور (Single Phase) وقليلاً في الأجهزة ثلاثية الطور (Single Phase)، سنتكلم عن النوعين لاحقاً بالتفصيل.

سادساً :– حسب مستوى الجهد وقيمة التيار المقنن (Rated current) كما في قواطع الدورة، فقيمة التيار تحدد حجم الموصل وقابليته على تحمل الحرارة. وقيمة الجهد تحدد حجم العازل وقابليته على تحمل شدة المجال الكهربائي. وكما هو معلوم فإن مستويات الجهد تعتمد على النظام والمواصفات المتبعة في البلد. أما بالنسبة لقيمة التيار (Rated current) فتتوفر أنواع بقيم مختلفة مثل ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٤٠٠ ، ٦٣٠ ، ٨٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٢٥٠ أمبير.

OSM15 Autorecloser

OSM27 Autorecloser

OSM38 Autorecloser

التركيب والأجزاء

يختلف تركيب أجهزة إعادة التوصيل حسب تصاميم الشركات والموديلات وكذلك حسب الأنواع المشار لها في الصفحات السابقة، ولكنها تتشابه من حيث الأجزاء الرئسية فكل الأنواع تتألف من :-

١- منافذ الإدخال والإخراج
٢- عوازل منافذ الإدخال والإخراج (Bushings)
٣- أسلاك التوصيل الداخلية
٤- ملامسات القطع والتوصيل
٥- الوسط الخامد للشرارة
٦- الملف الفصل الحلزوني (trip solenoid) وملف التوصيل الحلزوني (closing solenoid)
٧- التركيب الميكانيكي للفصل والغلق (actuator)
٨- مؤشر حالة الفصل أو التوصيل
٩- عتلة الفصل والغلق اليدوي
١٠- الغلاف الخارجي
١١- متحسسات الجهد والتيار (Current & Voltage sensors)
١٢- وحدة التحكم (control)

بعض هذه الأجزاء مثل العوازل والأسلاك فهي معروفة لاتحتاج الى توضيح وأجزاء أخرى كملفي الفصل والتوصيل الحلزونيين والتركيب الميكانيكي للفصل والغلق (actuator) وامؤشر الحالة، سنتكلم عنها لاحقاً في آليتي الفصل والتوصيل. وسنوضح الآن متحسسات الجهد والتيار ووحدة التحكم، وسنأخذ بعض الأمثلة لتوضيح الأجزاء بالتفصيل.

متحسسات الجهد والتيار (Current & Voltage sensors)

توضع على كافة الأطوار (أي ثلاثة وفي بعض الأنواع تكون ستة تشمل الأطوار الثلاثة الداخلة من جهة المصدر والأطوار الثلاثة الخارجة الى جهة الحمل) وتقوم بنقل المعلومات حول التيار والفولتية الى وحدة التحكم، فعند حصول العطل ومرور تياره العالي في طور أو أكثر يقوم متحسس التيار بنقل هذه المعلومة الى وحدة التحكم ليقوم بإعطاء إشارة الفصل الى ملف الفصل اللولبي كما شرحناه سابقاً. يكون متحسس التيار عبارة عن محولة تيار (CT) تكون فيها نسبة التحويل واحدة لجميع سعات جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) لأنها تعتمد على تيار العطل (fault current) وليس التيار المقنن (rated current). متحسس الجهد ويقوم بنقل قيم الجهد الى وحدة التحكم ليتخذ الإجراء المناسب في حالة إرتفاع أو انخفاض الجهد.

وحدة التحكم (control)

التحكم والبرمجة التي تمكّن جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) من تحسس التيار العالي (overcurrent)، واختيار توقيت العملية، أي وقت الفصل والتوصيل والإقفال أخيراً، تسمى وحدة التحكم (control). يوجد نوعين أساسيين من وحدات التحكم (control) هما :-

١- وحدة تحكم هيدروليكية (hydraulic).
٢- وحدة تحكم إلكترونية (electronic).

١- وحدة تحكم هيدروليكية (hydraulic)

وكما أسلفنا سابقاً فإنها تستخدم في أكثر أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) أحادية الطور (Single Phase) وقليلاً في الأجهزة ثلاثية الطور (Three Phase)، وتكون ضمن البناء الداخلي للجهاز. في هذه الوحدات يتم تحسس التيارات العالية (overcurrent) من خلال ملف خاص يسمى (trip coil) والذي يكون مربوطاً على التوالي مع الخط، فعند مرور التيار العالي (overcurrent) أو تيار العطل (fault current) من خلاله يقوم بإطلاق مكبس

لتحرير نابض الفصل وفصل الملامسات الكهربائية. وبالنسبة لتوقيت وتسلسل عمليات الفصل والتوصيل فتتم عن طريق ضخ زيت من خلال حجرات أو مجاري هيدروليكية منفصلة. ويستخدم في أكثر الأجهزة أحادية الطور (Single Phase) وقليلاً في الأجهزة ثلاثية الطور (Single Phase)، ولايمكن إستخدامه في الشبكات المؤتمتة والذكية التي تحتاج الى البرمجة والإتصال بمركز السيطرة.

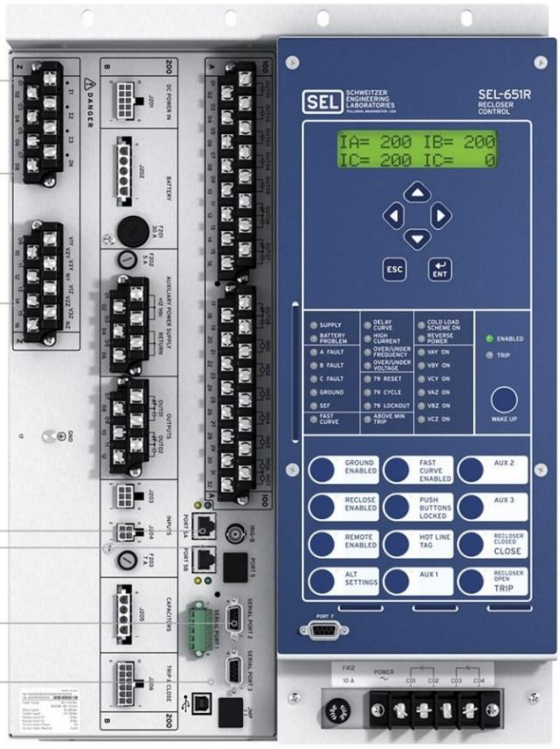
٢- وحدة تحكم إلكترونية (electronic)

وتكون مزودة بمعالج رقمي وذاكرة مع برنامج (Software) وبذلك تكون لها إمكانية التمييز بين الأعطال، والعديد منها يتمتع بوظائف حماية عالية للشبكة من أعطال دائرة القصر (Short circuit) والخطأ الأرضي (Earth fault) وإنخفاض الجهد (Under Voltage) وحالة تحت الذبذبة (Under frequency) وغيرها، إضافة الى خزن معلومات قيم القراءات والأحداث الحاصلة، وقابلية الوحدة للربط مع أجهزة كومبيوتر موقعياً، ومنظومة إتصالات مثل منظومة (SCADA) لتأمين الإتصال مع مركز سيطرة لنقل المعلومات والقراءات وتحديد مواقع العطل، والتحكم عن بعد من قبل مركز السيطرة. وهي بالمقارنة بوحدات التحكم الهيدروليكية تعد أكثر مرونة، وأسهل ضبطاً وقابلة للبرمجة، وتوفر حماية أعلى، وقياس للقراءات، والتحكم عن بعد. وتستخدم في أكثر أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) ثلاثية الطور (Three Phase) وقليلاً في الأجهزة أحادية الطور (Single Phase).

هذه الوحدات تأخذ المعلومات من متحسسات التيار والجهد وتقوم بمعالجتها والتمييز بين الأعطال وتتخذ القرار المناسب وفق برمجة مسبقة تحدد عدد مرات الفصل والتوصيل. وتقوم بإعطاء إشارات الفصل والتوصيل أو إشارة شحن النابض الى ملفات الفصل والتوصيل أو وحدة الكونتاكتر (contactor) في التركيب الميكانيكي للفصل والغلق (actuator). إضافة الى عمليات أخرى تقوم بها لإدارة الجهاز وغيرها. ومن البديهي أن تختلف البرمجيات المستخدمة وتختلف الإمكانات وكذلك تصميم الجهاز الداخلي والخارجي حسب المنتج والشركة المصنعة.

مركز السيطرة

Single-door control option shown.



Single-door control option shown.

وسنأخذ ثلاثة نماذج لتوضيح كيفية تركيب الأجزاء الداخلية بالتفصيل

أولاً :- النوع الزيتي

وتكون أجزاءه الداخلية مغمورة بالزيت حيث يعمل الزيت كعازل بين الأطوار وبينها وبين الغلاف الخارجي. وكوسط خامد للشرارة عند عمليتي الفصل والتوصيل، إضافة الى التبريد. ولكن من عيوب إستخدام الزيت في المعدات هو الحاجة لصيانة المعدات وفحص الزيت وتغييره.

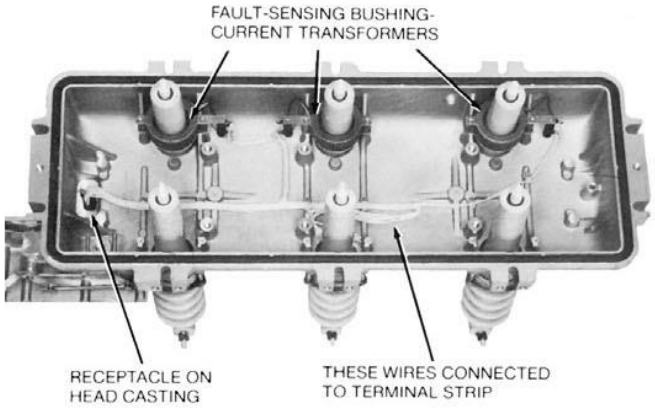
وفيما يلي جدول لمواصفات الزيت المستخدم في هذا النوع :-

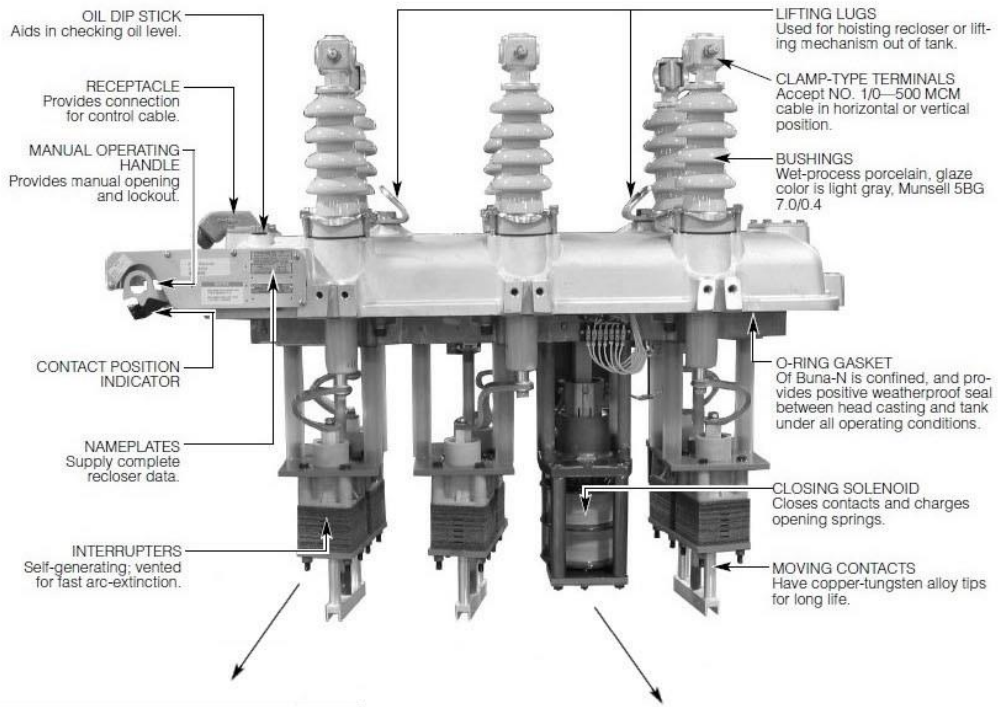
Cooper Power System Oil Specifications

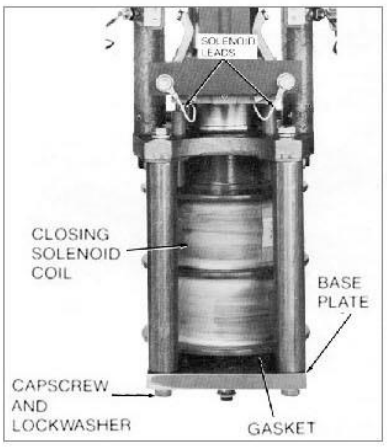
Characteristic	Acceptable Value	ASTM Test Standard*
Color	0.5 max (ASTM calorimeter)	D1500
Reaction	Neutral	
Neutralization No.	0.03 mg KOH/g max	D974
Corrosive Sulfur	Non-Corrosive	D1275
Steam Emulsion No.	25 seconds max	D1935
Flash Point	145 C min	D92
Fire Point	160 C min	D92
Pour Point	-40 C max	D97
Viscosity, ST (SUS) at 100 C 40 C 0 C	 3.0 (36) Maximum 12.0 (66) Maximum 76.0 (350) Maximum	D445, D88
Specific Gravity at 15 C	0.91 g/cc max	D1298
Coefficient of Expansion (from 25 to 100 C)	0.0007 to 0.0008	D1903
Interfacial Tension	40 dynes per cm min	D971
Dielectric Constant	2.2 – 2.3	D924
Dielectric Strength	30 kV min	D877, D1816
Water Content (Karl Fischer Test)	35 ppm	D1533
PCB Content	No detectable amount	D3304
Weight	0.9 kg/liter 7.5 lb/gal	

*Tests are described in latest revision of ASTM standards.

وفيما يلي صورة للإجزاء الداخلية للجهاز موضحة بالتفصيل.

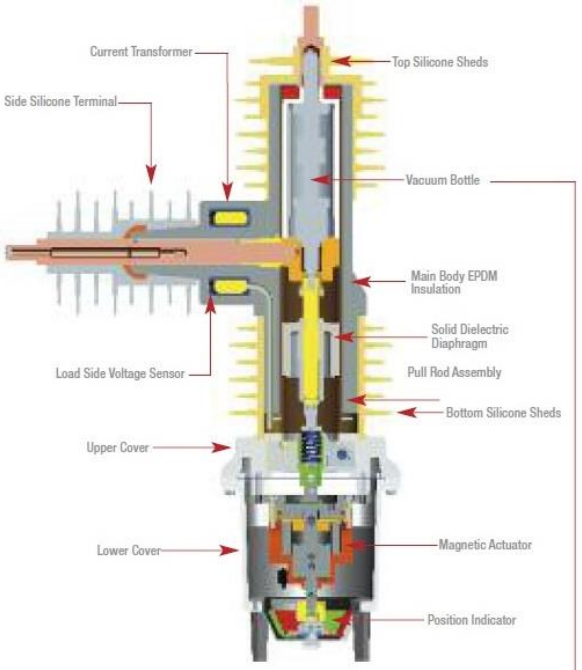


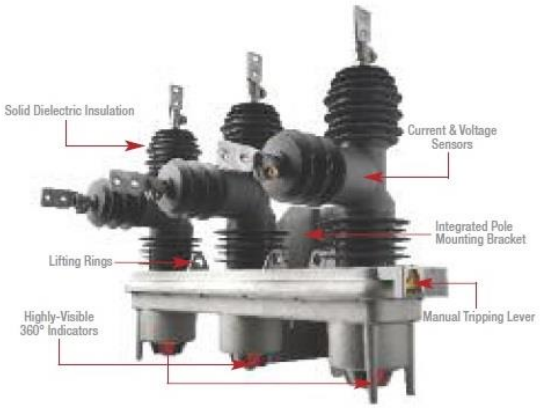


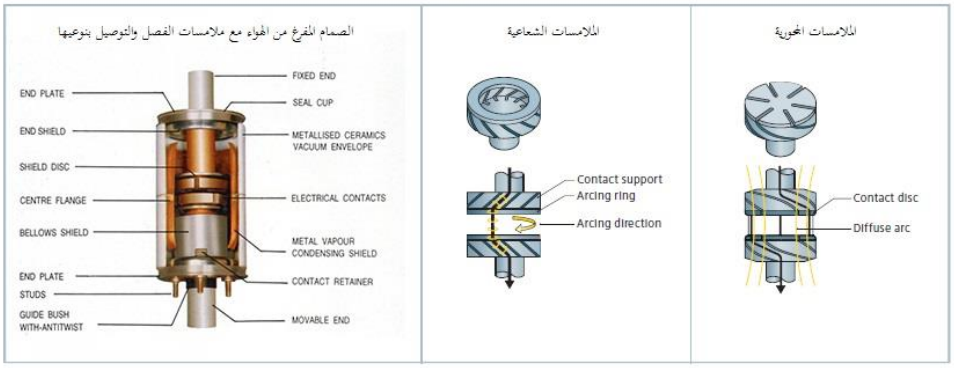


ثانياً :– النوع المفرغ من الهواء (Vacuum) مع عازل من الإيبوكسي المصبوب

وفيه تتم عملية الفصل والتوصيل داخل صمام مفرغ من الهواء (Vacuum) لغرض إخماد الشرارة وهو أسطوانة من السيراميك عالي الألومينا الذي يمتاز بالقوة وتحمل درجات الحرارة العالية لقوس الشرارة، وفي داخله ملامسات القطع والتوصيل مصنوعة من سبيكة نحاس غير قابلة للإنصهار. تكون أجزاء الجهاز الداخلية الموصلة مصبوب عليها مادة صلبة تسمى إيبوكسي (cycloaliphatic epoxy polymer) تستخدم كعازل بين الأطوار وبينها وبين الأرضي، والتي لها مقاومة عالية للملوثات وللأشعة فوق البنفسجية، يمتاز هذا النوع بخفة وزنه، وإنه لايحتاج الى صيانة، وفيما يلي صورة للإجزاء الداخلية للجهاز موضحة بالتفصيل.

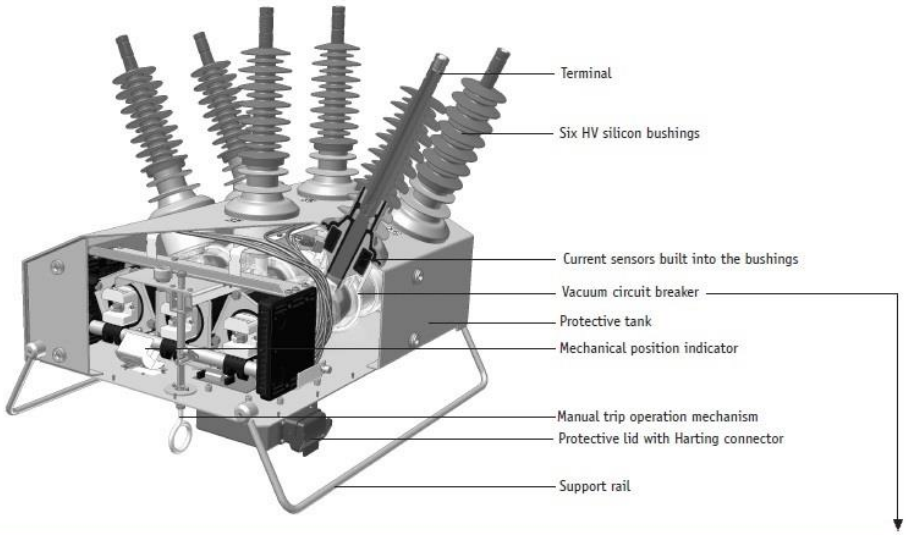


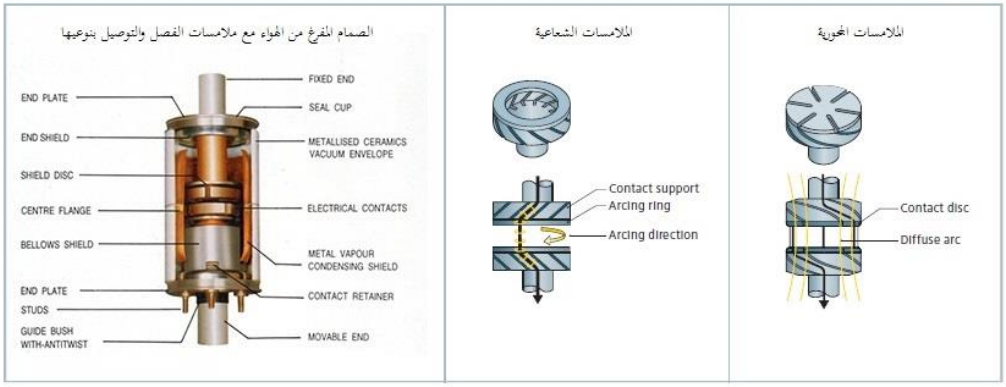


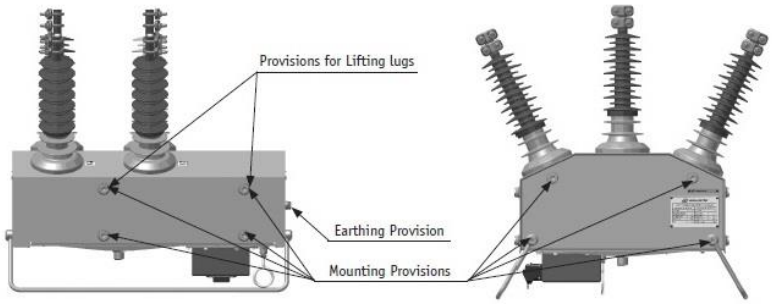


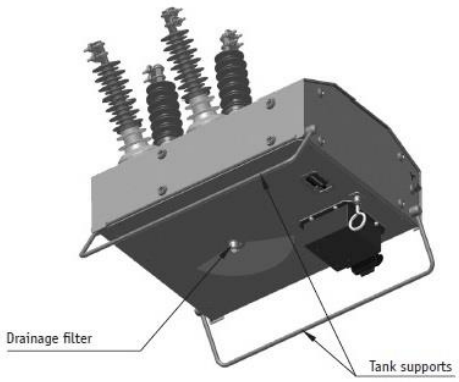
ثالثاً :– النوع المفرغ من الهواء (Vacuum) مع عازل الهواء

وفيه تتم عملية الفصل والتوصيل داخل صمام مفرغ من الهواء (Vacuum) لغرض إخماد الشرارة كما في النوع السابق. ولكن أجزاءه الداخلية الموصلة تكون داخل خزان معدني مطلي بالألمنيوم والعازل بين الأطوار وبينها وبين الصندوق الخارجي (الخزان) والذي يكون مصنوعاً من مادة مقاومة للتآكل وبعض الشركات تقوم بطلاءه بسبيكة ألمنيوم.


Terminal
Six HV silicon bushings
Current sensors built into the bushings
Vacuum circuit breaker
Protective tank
Mechanical position indicator
Manual trip operation mechanism
Protective lid with Harting connector
Support rail


الصمام المفرغ من الهواء مع ملامسات الفصل والتوصيل بنوعيها
END PLATE
END SHIELD
SHIELD DISC
CENTRE FLANGE
BELLOWS SHIELD
END PLATE
STUDS
GUIDE BUSH WITH-ANTITWIST
FIXED END
SEAL CUP
METALLISED CERAMICS VACUUM ENVELOPE
ELECTRICAL CONTACTS
METAL VAPOUR CONDENSING SHIELD
CONTACT RETAINER
MOVABLE END
الملامسات الشعاعية
Contact support
Arcing ring
Arcing direction
الملامسات المحورية
Contact disc
Diffuse arc


Provisions for Lifting lugs
Earthing Provision
Mounting Provisions


Drainage filter
Tank supports

رابعاً :– النوع المفرغ من الهواء (Vacuum) مع عازل غاز (SF_6)

وهو مشابه تماماً للنوع السابق فالوسط الخامد للشرارة هو صمام مفرغ من الهواء (Vacuum) أيضاً، ولكن العازل يكون غاز (SF_6) بدل الهواء، ويكون الصندوق الخارجي (الخزان) محكم الغلق لمنع تسرب الغاز الى الخارج.

غاز (SF_6) غاز عديم اللون والرائحة وغير قابل للإشتعال وغير سام، وذو عازلية ثابتة، وخامل كيميائياً، ويمتاز بعزل يقارب ثلاثة أضعاف عزل الهواء، وله إمكانية إخماد قوس الشرارة بحوالي ٣–٤ أضعاف أفضل من الهواء عند الضغط الجوي.

هذا النوع مطابق لمواصفات وزارة الكهرباء العراقية (D-67) لسنة ٢٠١٥.

آليتي الفصل والتوصيل

تعتمد آلية الفصل والتوصيل على نوع التحكم هل هو إلكتروني أم هيدروليكي ففي حالة التحكم الإلكتروني تكون كما يلي:-

آلية الفصل

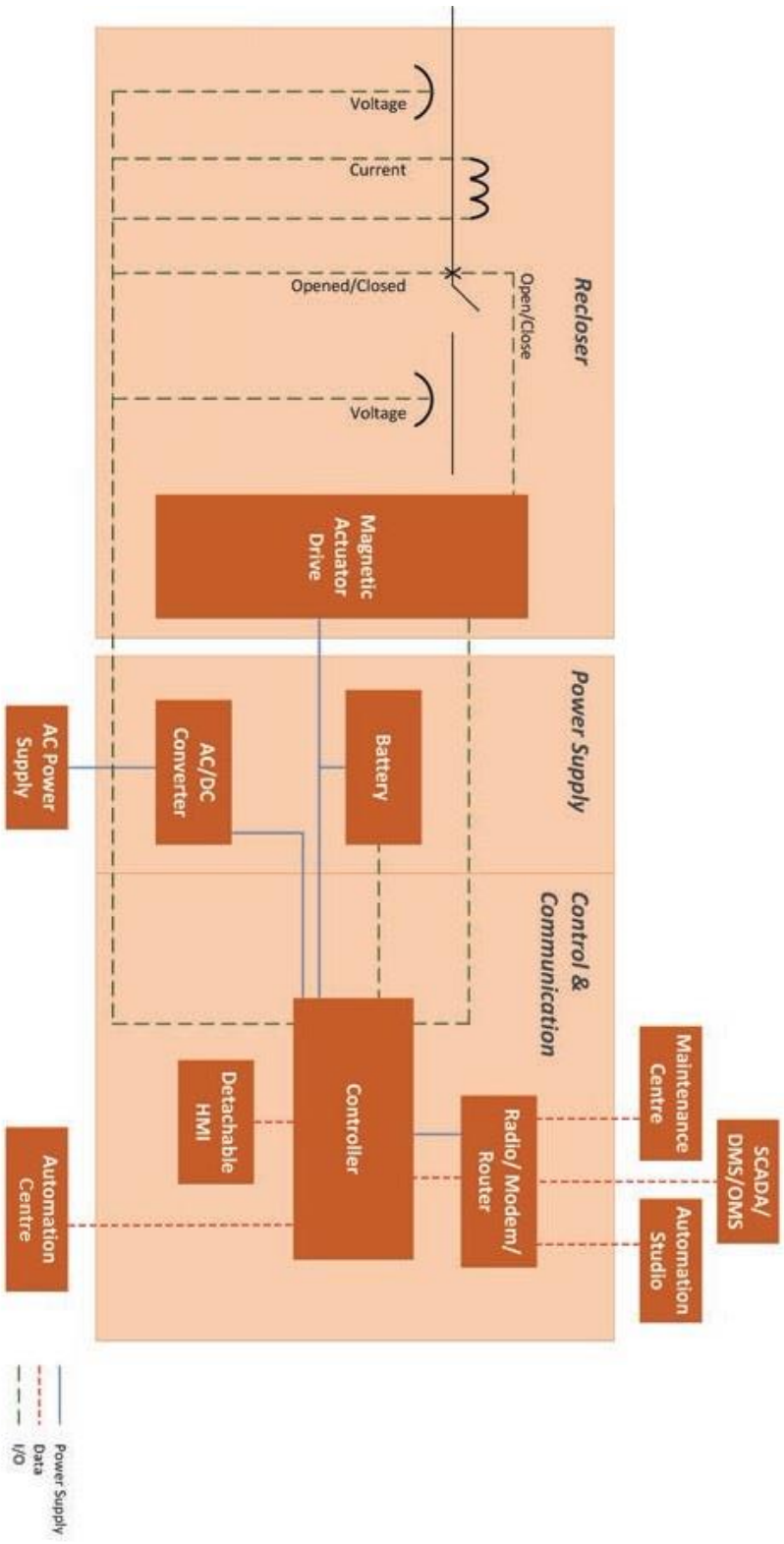
تقوم محولات التيار (CT) على كل طور والمرتبطة بجهاز إعادة التوصيل (Recloser) بإيصال قيمة التيار (المخفضة بنسبة ١٠٠٠:١) الى وحدة التحكم الإلكترونية. وعند إكتشاف مرور تيار عطل (fault current) يفوق الحد الأدنى لقيمة الفصل (trip) المبرمج عليها الجهاز مسبقاً في طور واحد أو أكثر، تقوم وحدة التحكم الإلكتروني بتنشيط (توصيل طاقة كهربائية الى) ملف الفصل اللولبي (trip solenoid) والذي يقوم بإطلاق مكبس يقوم بدوره بتحرير نابض الفصل وبالتالي فصل الملامسات الكهربائية داخل الوسط الخامد للشرارة بسرعة عالية لتتحقق عملية فصل الدورة الكهربائية.

أما في حالة التحكم من النوع الهيدروليكي فالأمر مشابه تماماً ولكن بدلاً من ملف الفصل اللولبي (trip solenoid) الذي يأخذ إشارة الفصل من وحدة التحكم الإلكترونية يوجد ملف مربوط على التوالي مع الخط يسمى (trip coil) وعندما يمر من خلاله التيار العالي (overcurrent) أو تيار العطل (fault current) يقوم بإطلاق مكبس لتحرير نابض الفصل وفصل الملامسات الكهربائية، لتتحقق عملية فصل الدورة الكهربائية.

آلية إعادة التوصيل

طاقة شحن النوابض المفتوحة يتم توفيرها من قبل ملف التوصيل اللولبي (closing solenoid) ذا الجهد العالي والمربوط بين طور وطور آخر من جهة المصدر أو من خلال تيار العطل العالي (current fault)، أو قد يكون جهد واطئ (AC) أو جهد واطئ (DC) مأخوذ من مصدر خارجي قد يكون بطارية وحدة التحكم (كما في آلية الفصل) من خلال وحدة كونتاكتر (contactor) والتي تأخذ الإشارة من وحدة التحكم، وعندما تكون الدائرة الكهربائية مغلقة أي إن الجهاز في حالة توصيل يتم شحن النوابض من خلال مكبس ملف التوصيل اللولبي (closing solenoid)، إستعداداً للفصل وإعادة التوصيل في المرة التالية.

إن هذا التركيب الميكانيكي (actuator)، يرتبط به مؤشر حالة الفصل والغلق لبيان الحالة لفرق الصيانة. ويمكن من خلاله أيضاً الفصل والتوصيل يدوياً بواسطة حلقة عتلة الفصل والغلق (التوصيل).



الفصل الثاني : – جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizer) عمله وأجزاءه

مبدأ عمله

تكلمنا في الفصل السابق عن جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) والذي يعمل مع أجهزة أخرى تقع بعده (أي أبعد عن المصدر) تسمى أجهزة تقسيم الشبكة (Sectionalizers) وهي عادة مفاتيح أو فواصل مجهزة بآلية لعد مرات الفصل أو موقت. إن جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizer) بشكل عام غير مصمم لأكتشاف تيار العطل (fault current) وفصل الدائرة الكهربائية، ولهذا فهو أبسط وأقل كلفة من جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser). يكتشف جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizer) عمليات الفصل التي يقوم بها جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) أو قاطع الدورة (Circuit Breakers) ويحسب عدد مرات عملية فصل التيار الكهربائي، حيث إنه مبرمج على عدد محدد مسبقاً من مرات قطع الدورة الكهربائية، وبذلك فإن جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizer) سيبقي الدائرة مفتوحة وبالتالي يفصل العطل عن بقية الشبكة. وبذلك يسمح لجهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) بإعادة تزويد باقي أجزاء الشبكة بالطاقة الكهربائية بشكل طبيعي، ولأنه يحدد منطقة العطل فإنه يسهل على فريق الصيانة إيجاده وبالتالي تقليص الوقت للبحث عنه وإصلاحه مما يزيد من موثوقية الشبكة.

الأنواع

يمكن تصنيف أجهزة تقسيم الشبكة (Sectionalizers) كما في أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) التي ذكرناها في الفصل السابق، عدا الوسط الخامد للشرارة حيث لاتحتوي أكثر أجهزة تقسيم الشبكة (Sectionalizers) على وسط خامد للشرارة وكما يأتي :–

أولاً :– حسب العازل بين الأطوار وبينها وبين الاجزاء الخارجية، فيكون أما مادة صلبة مصبوبة على الأجزاء الموصلة للأطوار تسمى إيبوكسي (cycloaliphatic-epoxy polymer) أو كون الهواء فيه هو العازل، أو داخل صندوق محكم يحتوي غاز (SF_6). وهو العازل المحدد من قبل مواصفات وزارة الكهرباء العراقية (D-68) لسنة ٢٠١٥.

عازل غاز SF_6

عازل إيبوكسي مصبوب

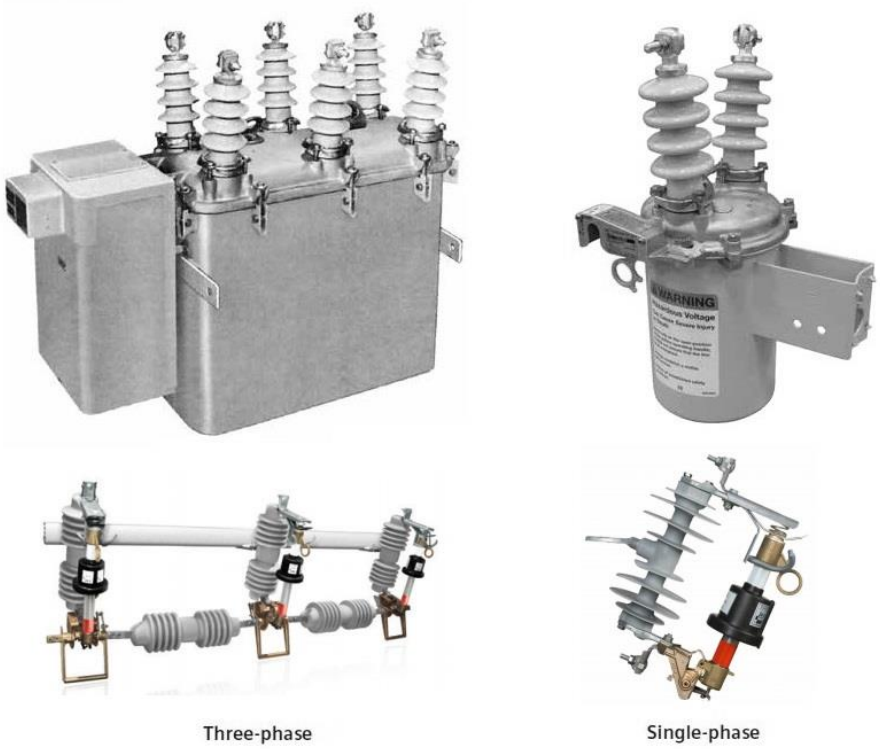
الهواء عازل

ثانياً :– حسب نوع الشبكة أي أما مثبت على الأعمدة في الشبكات الهوائية (Pole Mounted) أو موضوع على الأرض في الشبكات الأرضية (Pad Mounted) وحينها يسمى (Pad-Mounted Switching or Pad-Mounted Sectionalizing Enclosures) وهو ليس فقط جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizers) وإنما يجمع عدة وظائف في وقت واحد أي فاصل (Isolator) أو قاطع دورة (Circuit Breakers) مع معدات حماية ووسط خامد للشرارة.

Pole Mounted

Pad Mounted

ثالثاً :– حسب الأطوار أي أما أحادي الطور (Single Phase) أو ثلاثي الطور (Three Phase)



رابعاً :– حسب جهاز السيطرة أما إلكتروني يكون مزوداً بمعالج رقمي، ويستخدم في أكثر أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) ثلاثية الطور (Three Phase) وقليلاً في الأجهزة أحادية الطور (Single Phase)، أو هيدروليكي يكون مزوداً بملف مربوط على التوالي مع الخط يسمى (trip coil) يضم داخله مكبس يستخدم لعد مرات الفصل، وحجرات أو مجاري هيدروليكية منفصلة.

خامساً :- حسب مستوى الجهد وقيمة التيار المقنن (Rated Continuous Current) كما في قواطع الدورة، فقيمة التيار تحدد حجم الموصل وقابليته على تحمل الحرارة. وقيمة الجهد تحدد حجم العازل وقابليته على تحمل شدة المجال الكهربائي. وكما هو معلوم وذكرته سابقاً فإن مستويات الجهد تعتمد على النظام والمواصفات المتبعة في البلد. أما بالنسبة لقيمة التيار (Rated Continuous Current) فتتوفر أنواع بقيم مختلفة مثل ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٤٠٠ ، ٦٣٠ ، ٨٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٢٥٠ أمبير.

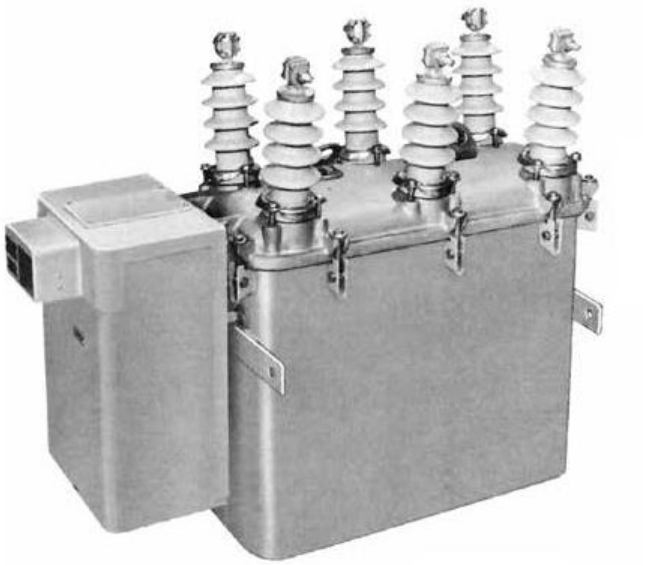
التركيب والأجزاء

يختلف تركيب أجهزة تقسيم الشبكة (Sectionalizers) حسب تصاميم الشركات والموديلات وكذلك حسب الأنواع المشار لها في الصفحات السابقة، ولكنها تتشابه من حيث الأجزاء الرئسية فكل الأنواع تتألف من :-

١- منافذ الإدخال والإخراج
٢- عوازل منافذ الإدخال والإخراج (Bushings)
٣- أسلاك التوصيل الداخلية
٤- ملامسات القطع والتوصيل
٥- الملف الفصل الحلزوني (solenoid) مع ملحقاته.
٦- التركيب الميكانيكي للفصل والغلق (actuator)
٧- عتلة الفصل والغلق اليدوي
٨- الغلاف الخارجي
٩- متحسسات الجهد والتيار (Current & Voltage sensors)
١٠- وحدة التحكم (control)

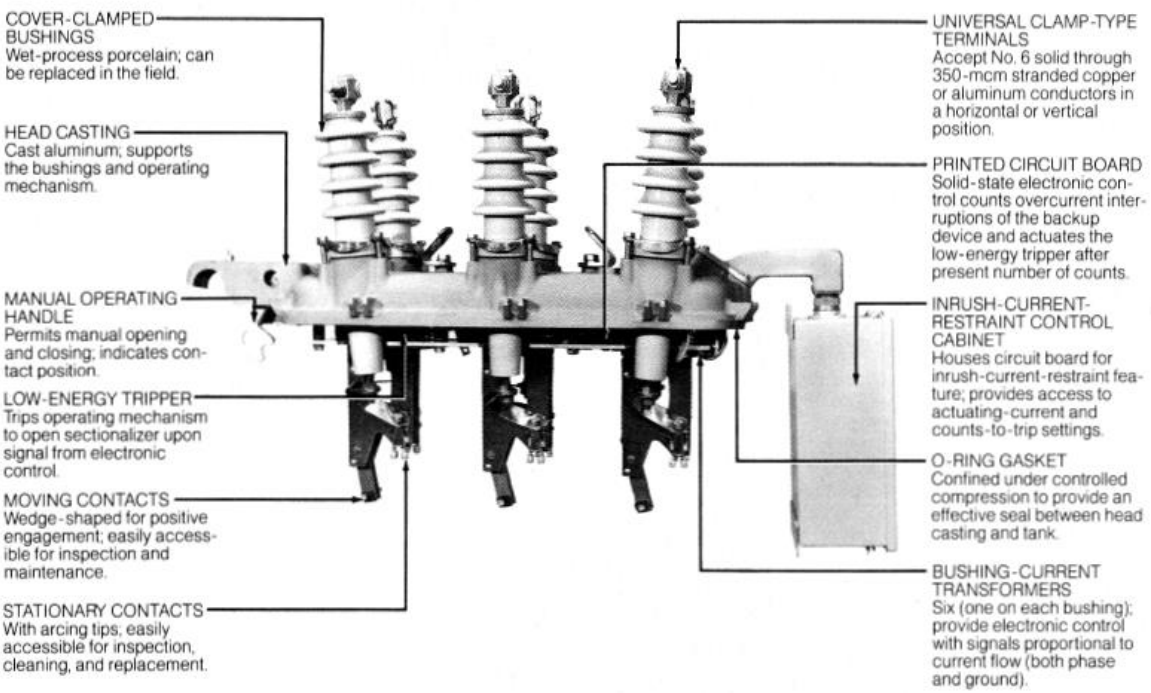
من الملاحظ إنه لايوجد وسط خامد للشرارة لأن عملية الفصل تتم خلال فترة فصل التيار، أما العوازل والأسلاك فهي معروفة لاتحتاج الى توضيح، وبالنسبة لمتحسسات الجهد والتيار فهي مشابهة تماماً لمتحسسات أجهزة إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)، وكذلك وحدة التحكم فهي مشابهة لوحدة تحكم جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) عدا إنها أبسط وتختلف بالوظيفة، وبالنسبة لملف الفصل الحلزوني (solenoid) والتركيب الميكانيكي للفصل والغلق (actuator) سنتكلم عنها لاحقاً في آليتي الفصل والتوصيل. وسنأخذ مثالين لتوضيح الأجزاء بالتفصيل.

أولاً :– النوع الزيتي



وتكون أجزاءه الداخلية مغمورة بالزيت حيث يعمل الزيت كعازل بين الأطوار وبينها وبين الصندوق الخارجي، إضافة الى التبريد. ولكن من عيوب إستخدام الزيت في المعدات هو الحاجة لصيانة المعدات وفحص الزيت وتغييره. كما هو الحال في جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser).

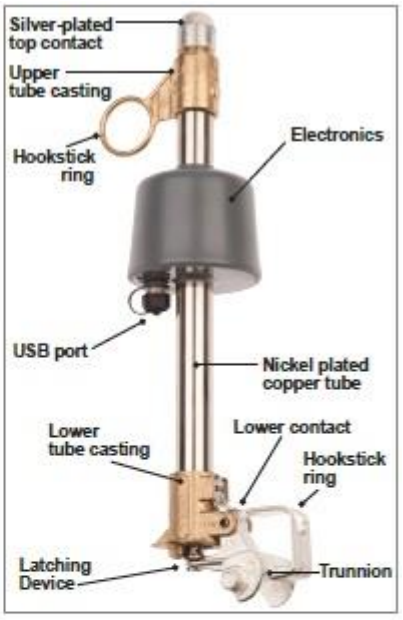
وفيما يلي صورة للإجزاء الداخلية للجهاز موضحة بالتفصيل.



ثانياً :– النوع الهوائي

ويكون شبيه بالفاصل فيوز (Cut out) فوق المحولة. والعازل بين الأطوار هو الهواء، .وهو بسيط التركيب، ووحدة تحكم إلكترونية (electronic) غير منفصلة وإنما مدمجة بذراع الفصل.

وفيما يلي صورة لتفاصيل الجهاز.



آليتي الفصل والتوصيل

آلية الفصل

عند فصل تيار عطل (fault current) من قبل جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) من جهة المصدر، تقوم وحدة التحكم الإلكتروني بتنشيط (توصيل طاقة كهربائية الى) الملف اللولبي (solenoid) والذي يقوم بإطلاق مكبس يقوم بدوره بتحرير نابض الفصل أو ذراع الفصل، وبالتالي فصل الملامسات الكهربائية خلال عملية فصل التيار التي يقوم بها جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser) لذا لايحتاج جهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizers) الى وسط خامد للشرارة. أما بالنسبة لعملية شحن النابض (في الأنواع التي تحتوي على نابض) فيتم أما بمساعدة متسعات تقوم بالتفريغ لإعطاء طاقة قليلة ولكنها كافية إطلاق المكبس لشحن النابض كما في بعض الأنواع أو بدون المتسعات ويتم الشحن إثناء التوصيل.

أما في حالة التحكم من النوع الهيدروليكي فالأمر مشابه تماماً ولكن يقوم ملف الفصل اللولبي (solenoid) عندما يمر من خلاله التيار العالي (overcurrent) أو تيار العطل (fault current) بإطلاق مكبس على مراحل خلالها يملأ الزيت الحجرات ليقوم بالعد وفق آلية معقدة تنتهي بتحرير نابض الفصل وفصل الملامسات الكهربائية بعد الفصل من قبل جهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser).

إن هذا التركيب الميكانيكي (actuator)، يرتبط به مؤشر حالة الفصل والغلق لبيان الحالة لفرق الصيانة. ويمكن من خلاله أيضاً الفصل والتوصيل يدوياً بواسطة حلقة عتلة الفصل والغلق (التوصيل).

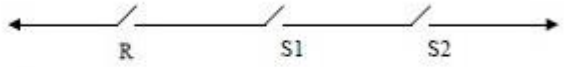
آلية إعادة التوصيل

أما بالنسبة لإعادة التوصيل فتتم بشكل يدوي وليس آلياً بعد إصلاح العطل.

الفصل الثالث :- ربط أجهزة (Reclosers) و (Sectionalizers)

يتم ربط الجهازين بشكل مراحل متعددة كل مرحلة تمثل عدد محدد من مرات الفصل وعند فصلها فإن جزء من شبكة المغذي يتم فصله فقط لكي يستمر تغذية باقي شبكة المغذي. وفيما يأتي مثالين عن كيفية ربط الأجهزة وضبطها :-

أولا :- ربط بشكل متوالي أي بشكل متسلسل على الشبكة



R: Autorecloser
S: Sectionalizer

In our example of one autorecloser and 2 sectionalizers, the settings can be as follows:

A. Autorecloser Number of operations before lock out R.OP = 4

B. Autorecloser's Dead Time one = 0.5 sec. Autorecloser will open for a short time of 0.5seconds allowing the downstream sectionalizers to count.

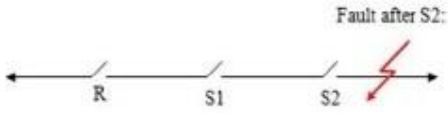
C. Autorecloser's Dead Time two = 10 sec. Autorecloser will open now for a longer and second time to allow sectionalizers S2 to trip in case of permanent fault.

D. Autorecloser's Dead Time three = 10 sec. Autorecloser will open now for a third time to allow sectionalizers S1 to trip.

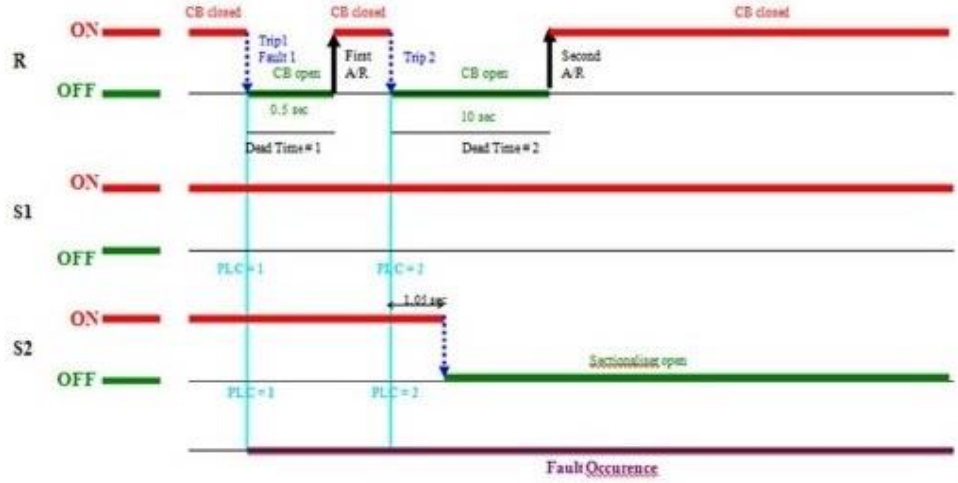
E. Sectionalizer S1 Counter S.OP = 3 (R.OP -1). Having counted 3 times, the sectionalizer will trip if the downstream fault is permanent.

F. Sectionalizer S2 Counter S.OP = 2 (R.OP -2). Having counted 2 times, the sectionalizer will trip if the downstream fault is permanent.

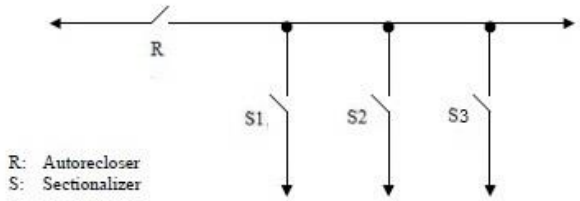
G. Sectionalizers opening time = 1.05 sec. If the sectionalizer has counted 2 down times, it will trip 1.05 seconds after the autorecloser's opening. This falls within the autorecloser second dead time of 10 seconds. The line trip sequence will be as shown below.



Sectionaliser S2 should be the only sectionaliser to trip and isolate the fault:



ثانياً:– ربط بشكل متوازي أي على أفرع الشبكة



In our example of one autorecloser and 3 sectionalizers, the settings can be as follows:

A. Autorecloser number of operations before lock out R.OP = 3

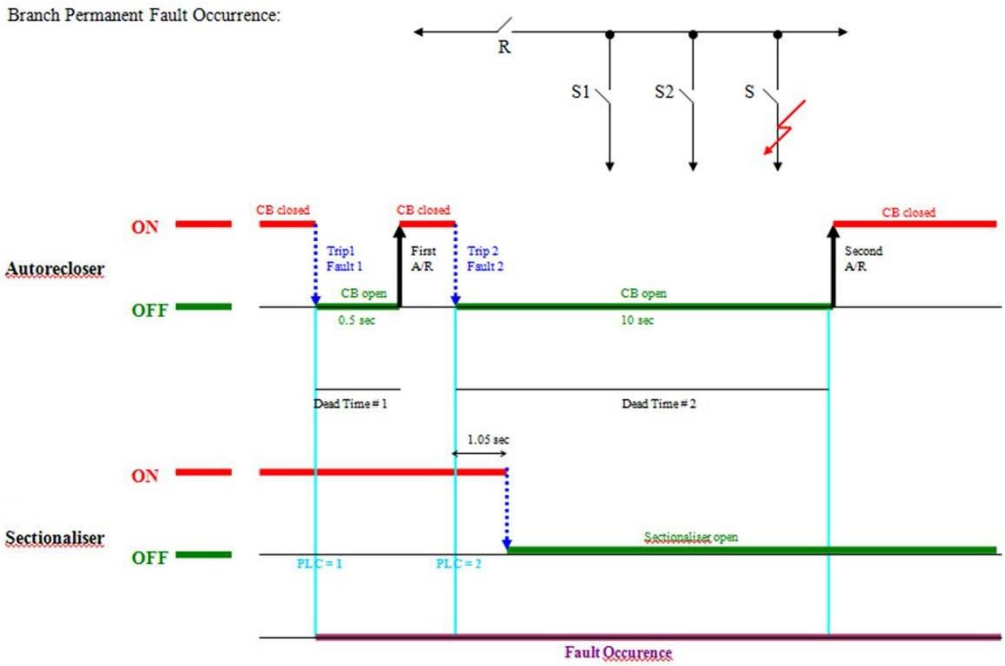
B. Autorecloser's Dead Time one = 0.5 sec. Autorecloser will open for a short time of 0.5seconds allowing the downstream sectionalizers to count.

C. Autorecloser's Dead Time two = 10 sec. Autorecloser will open now for a longer time to allow the sectionalizer to trip in case of permanent fault.

D. Sectionalizer Counter S.OP = 2 (R.OP -1). Having counted 2 times, the sectionalizer will trip if the downstream fault is permanent.

E. Sectionalizer opening time = 1.05 sec. If the sectionalizer has counted 2 down times, it will trip 1.05 seconds after the autorecloser's opening. This falls within the autorecloser second dead time of 10 seconds.

The line trip sequence will be as shown in below.



الملحق : نبذة عن مواصفات وزارة الكهرباء العراقية للجهازين

أولاً :– مواصفة (D-67) لسنة ٢٠١٥ لجهاز إعادة التوصيل التلقائي (Recloser)

حددت وزارة الكهرباء العراقية مواصفات الجهاز بأن يكون الوسط الخامد للشرارة مفرغ من الهواء (Vacuum) والعازل غاز (SF_6)، وأن يكون مثبت على الأعمدة في الشبكات الهوائية (Pole Mounted)، وحددت الجهد بـ ٣٣ كي.في ولا تشمل المواصفة جهد ١١ كي.في، والتيار المقنن ٨٠٠ أمبير.

ثانياً :– مواصفة (D-68) لسنة ٢٠١٥ لجهاز تقسيم الشبكة (Sectionalizers)

وقد حددت وزارة الكهرباء العراقية مواصفات الجهاز بأن يكون العازل غاز (SF_6)، وأن يكون مثبت على الأعمدة في الشبكات الهوائية (Pole Mounted)، وحددت الجهد بـ ٣٣ كي.في ولا تشمل المواصفة جهد ١١ كي.في، والتيار المقنن ٤٠٠ أمبير.

المصادر

الكتب العلمية

1. Power Distribution Engineering: Fundamentals and Applications\ James J. Burke\ Taylor & Francis Group, LLC, 1994
2. Network Protection & Automation Guide\ Siemens\

الكاتالوجات والمنشورات الفنية

3. Reclosers Types RVE and WVE S280-40-8\ Eaton’s Cooper Power Systems\ Pittsburgh, PA 15230\ USA
4. Reclosers Types RXE and WE S280-40-7\ Cooper Power Systems\ Pewaukee, WI 53072\ USA\ 2004
5. Reclosers Types VWE, VWVE27, VWVE38X, WE, WVE27, and WVE38X 280-40\ Cooper Power Systems\ Pewaukee, WI 53072\ USA\ 2005
6. Reclosers\ Types VWE, VWVE27, VWVE38X, WE, WVE27, and WVE38X; three phase electronically controlled; installation and operation instructions electronically controlled; installation and operation\ Eaton’s Cooper Power Systems\ USA\ 2017
7. Outdoor vacuum circuit-breakers and reclosers for medium voltage\ Siemens AG \Erlangen\ Germany\ 2010
8. Molded Vacuum Recloser\ Thomas&Betts
9. Overhead distribution switchgear \Eaton’s Cooper Power Systems\ Cleveland, OH 44122\ USA\ 2014
10. OSM Automatic Circuit Recloser - Technical Manual\ Tavrida Electric\ 2010.
11. SF6 GAS INSULATED VACUUM INTERRUPTION POLE MOUNTED Automatic Circuit Recloser\ No. SSIEC-GRC-00100\ Shingsung Industrial Electric Co.,Ltd\ Republic of Korea.

12. Sectionalizers\ Catalog information \Eaton's Cooper Power Systems\ Cleveland, OH 44122\ USA\ 2014
13. Stelmec\ SSSG12 OUTDOOR SF6 GAS INSULATED SECTIONALIZER\ India
14. ABB AutoLink resettable electronic sectionalizers\ Buenos Aires\ Argentina\ 2012
15. Hubbell Single-Phase Programmable Resettable Sectionalizers\ 2014

المجلات والدوريات العلمية

16. Int. Journal of Engineering Research and Application/ Vol. 8, Issue 7 (Part -V) July 2018, pp 01-05/Modelling of Smart Auto-Recloser with Over Current Protection/ Abdrabou Ashour

١٧. وزارة الكهرباء المصرية/الشركة القابضة لكهرباء مصر/ شركة البحيرة لتوزيع كهرباء العدد الأول –يناير-٢٠١٦

مواقع شبكة الإنترنيت

18. http://www.cooperindustries.com/content/public/en/power_systems/products/overhead_distributionequipment/Reclosers.html
19. https://www.bayt.com/ar/specialties/q/80771/what-s-the-relation-between-recloser-and-sectionalizer/
20. https://electrical-engineering-portal.com/sf6-gas-as-insulating-and-arc-quenching-medium
21. http://www.engineermaths.com/2012/03/automatic-circuit-recloser.html
22. http://engineering.electrical-equipment.org/safety/how-to-select-a-sectionalizer.html