تغذية المعامل بالطاقة الكهربائية

مع مطلع القرن التاسع عشر بدأت تتوالى الاكتشافات والاختراعات في مجال الطاقة الكهربائية، وما أن مضت عقود ثلاثة من القرن المذكور حتى تم اكتشاف الظاهرة الأهم في علم الكهرباء ألا وهي ظاهرة التحريض المغناطيسي وبالتالي استطاع العلماء "اختراع آلة التحويل الكهربائي" والتي بدورها وبسببها تم نقل القدرة الكهربائية من مصدرها إلى أماكن تقديم توليدها مسافات كبيرة جداً، مما أدى إلى إيصال هذه القدرة الكهربائية إلى المعامل والمنشآت الصناعية والتي بدورها يسهل إمداد الأعداد الهائلة من البشر بالصناعات اللازمة، لو بقي الحال على التصنيع اليدوي وبوسائل قديمة.

ولكي نفهم عملية إمداد المعامل بالطاقة الكهربائية يجب أن نتناول بحث عدة محاور هامة نلخصها بالتالي:

* أنواع محطات التحويل الكهربائية

- لمحة عامة عن محطات التحويل الكهربائية.
- أنواع محطات التحويل الكهربائية.
- حالات العمل لمحطات التحويل الكهربائية.
- مخنيات الأداء لمحطات التحويل الكهربائية.

* تركيب محطات التحويل الكهربائية ومعداتها

- التجهيزات والأجهزة الكهربائية الأساسية والثانوية.
- مخططات التوصيل الكهربائية ومكوناتها الرئيسية.
- الاحتياجات الذاتية.
- التأريض والحماية من الصواعق.

* عمل محطات التحويل الكهربائية ومعايرة تجهيزاتها

- شروط العمل المختلفة للتجهيزات الرئيسية.
- المعايرة والمراقبة وإرسال الإشارات.

* اختيار التجهيزات الكهربائية الأساسية والثانوية ومبادئ تصميمها
- تنظيم التشغيل والتحميل .
- الصيانة والاصلاح .
- تصميم وتخطيط وتركيب التجهيزات الكهربائية .
* النمذجة والمحاكاة لنظم التحويل الكهربائية
- المعادلات الرياضية لنظام التحويل .
- المخططات الصندوقية لنظام التحويل .
* أمثلة ومسائل وتطبيقات حاسبية وعملية
- مسائل وأمثلة عن أداء محطات التحويل .

* أنواع محطات التحويل الكهربائية

- لمحة عامة :

إن النظام الكهربائي لشبكة النقل الكهربائي يتألف من :

أ- نظام التوليد : وفيه يتم الحصول على القدرة الكهربائية من مجموعات التوليد في محطة التوليد وبطاقة تصل حتى (25 KV) حيث يتم ذلك بربط محور عنفة المنوبة مع محور عنفة تدوير وذلك باستخدام القدرات الموجودة في الطبيعة .

ب- نظام التوزيع والنقل : وعن طريقه يتم نقل القدرة الكهربائية المولدة من محطة التوليد وإيصالها عن طريق سيطات التوزيع إلى المعامل والمشافي الاقتصادية وإلى الأماكن في منزله أو عمله أو مكان راحته .

ج- نظام التحويل : تعتبر محطات تحويل الطاقة الكهربائية حلقة الوصل الحيوية والهامة للنظام الكهربائي برمته ، والذي سيكون محور هذه المادة العلمية في هذا الفصل ، حيث ترتبط هذه المحطات الرئيسية بين محطات توليد الطاقة الكهربائية المختلفة وبين مراكز الأحمال .

وبسبب وجود محطات توليد الطاقة (Power Plant) في مواقع بعيدة عن مراكز الأحمال حيث تتواجد هذه المحطات قرب مصادر الطاقة مثل البترول والغاز وكذلك مصادر المياه يتطلب إنشاء محطات تحويل لرفع الفولطية وخطوط نقل لنقل الطاقة المولدة للمستهلكين (معامل - مشافي - منازل - محالات ... الخ) وهذا يتطلب أيضاً إنشاء محطات تحويل لخفض الفولطية وتوزيعها في سيطات كهربائية قريبة من فولطية الأحمال

- دور محطات التحويل في النظام الكهربائي :

1 - رفع فولطية خطوط النقل المربوطة مع محطات التوليد .
2 - ربط محطات التوليد مع النظام الكهربائي .
3 - تخفيض فولطية النظام الكهربائي من أجل توزيعها في كابلات وخطوط نقل مسقدرة الفولطية .
4 - تنظيم فولطية خطوط النقل بواسطة مبدل الفولطية على حمل .
5 - تحسين معامل القدرة بواسطة المواسعات (Capacitor Banks).
6 - تحسين الفولطية بواسطة المحاثات (Reactors).
7 - إغلاق وفتح خطوط النقل والكابلات .
8 - تحتوي على الحمايات الخاصة للمولدات والمحولات والخطوط المغذية .
9 - تنظيم وتحديد مقدار القدرة المنقولة بالنظام وكذلك إطفاء الأعمال حسب أهميتها في حالة حدوث نقص بتوليد الطاقة .

- أنواع محطات التحويل الكهربائية :

يوجد عدة أنواع لمحطات التحويل الكهربائية وذلك على النحو الآتي :
1 - حسب طبيعة عملها :
2 - من حيث التركيب .
3 - من حيث تركيب القضبان العمومية .
4 - محطات تحويل على نظام One and half CB Substations

هذه الأنواع المذكورة أعلاه توجد على نحو واسع في العالم وفي بلادنا توجد مثل تلك الأنواع ولكن بالنسبة للنوعين الأخيرين لا توجد كل أشكالها في محطات التحويل ، وسنتناولها بشكل مفصل لاحقاً .

1 - محطات التحويل حسب طبيعة عملها :

تقسم محطات التحويل حسب طبيعة عملها إلى الآتي :
- محطات رفع فولطية (Step up) وهذه المحطات تكون متواجدة في محطات التوليد .
- محطات النقل حيث تقوم هذه المحطات بتحويل الفولطية العالية

إلى فولطيات أقل (Step down) من أجل توزيعها على المشتركات
مثال على ذلك محطة تحويل قحطانة (230 kV / 66 / 20).

- محطات تحويل لتوزيع الكهرباء الرئيسية ودورها تقوم على تحويل الفولطية العالية إلى فولطية متوسطة لتغذية الأحمال الكبرى وخطوط تغذية محطات توزيع الكهرباء (20/66 kV ، 6/20).
- محطات فرعية (خزانات) كما في الأحياء، حيث تقوم هذه المحطات بتحويل الفولطية المتوسطة إلى فولطية المستهلك (20kV / 0,38).

2- محطات التحويل من حيث التركيب :

تقسم هذا النوع من المحطات إلى الأنواع الآتية :

- محطات تحويل خارجية (Air insulated Switchgear)، حيث تكون جميع المعدات للمحطة من النوع الخارجي (Outdoor type) وتشمل جميع المعدات الخاصة بالفولطيات (20 ، 66 ، 230 ، 400 كيلوفولت) وتركب جميع هذه المعدات في الساحة الخارجية للمحطة ماعدا معدات التحكم والحماية (Control & Protection equipments) تركب في مبنى التحكم للمحطة (Control-Building)، كذلك يوجد بعض محطات التحويل الخارجية تكون معدات الجهد المتوسط مركبة داخل مبنى التحكم الخاص بالمحطة (Indoor Switchgear).
- محطات تحويل داخلية (Indoor Substations) يحوي هذا النوع من المحطات على معدات مركبة داخل مبنى المحطة حيث تكون القواطع الكهربائية للفولطيات العالية من النوع المغلف بالمعدن والمعزول (Gas insulated Switchgear) بغاز سادس فلوريد الكبريت (SF6)، أما قواطع الضغط المتوسط (MV Switchgear) فتكون من النوع الداخلي أو من النوع المغلف بالمعدن والمعزول بغاز سادس فلوريد الكبريت (SF6).

3- محطات التحويل من حيث تركيب القضبان العمومية :

تتوفر عالمياً أنواع كثيرة من هذه الأشكال ومنها :

- محطات تحويل بدون قضبان عمومية (Substation without BUS bars) أي أن خطوط النقل تكون موصولة بشكل مباشر على محولات القدرة وهذا النوع يكون

- قليل التطلب لكن يكون ذو اعتمادية قليلة (موثوقية - صيانة).

- محطات تحويل أحادية القضبان (Single Bus bar Substations) هذا النوع يعتبر ذو اعتمادية أكثر من المحطات السابقة، حيث يمكن في حالة عزل خط تبقى المولدات عاملة، وفي حالة عزل محول تبقى الخطوط عاملة.
أما في حالة حدوث عطل على القضبان العمومية يؤدي إلى إطفاء جميع المعدات الواصلة عن هذه الجهة من القضبان من خطوط ومولدات.

- محطات تحويل أحادية القضبان مع فاصل القضبان (Single Busbar - Substations with B,S) حيث الاعتمادية تعتبر أكثر اعتمادية من المحطات أحادية القضبان، حيث يمكن في حالة عزل خط تبقى المولدات عاملة وفي حال عزل محول تبقى الخطوط عاملة

- محطات تحويل ذات القضبان المزدوجة (مع توفر فاصل قضبان و وجود قضبان) (Double Busbar Substations with BS & BC) تعتبر هذه المحطات ذات اعتمادية عالية ولكن تكلفتها أعلى حيث تحتوي على هيكل فولاذية وعوازل ومعدات خارجية من قواطع سيدوية وغيرها أكثر من المحطات ذات الأحادية القضبان، حيث تمتاز بمايلي:
أ- امكانية ربط الخطوط والمولدات على أي جزء من أجزاء القضبان الاربعة.
ب- يمكن نقل الأحمال بين أجزاء القضبان بدون أي إنطفاء وبسهولة بوجود أعمال الصيانة.
د- يمكن للمحطة العمل كنظام أحادي القضبان أو مزدوج القضبان.

- محطات تحويل ذات القضبان المزدوجة (مع توفر وجود قضبان) (Double Busbar Substations with BC (Bus Coupler)، من حيث التركيب تشبه المحطات ذات القضبان المزدوجة، ولكن لا يتوفر فيها فاصل القضبان وهذا ما يقلل اعتماديتها.

- محطات تحويل ذات مزيج من القضبان (Mixed Busbar - Substations) هذه المحطات مزيج من المحطات السابقة ولكن اعتماديتها قليلة نسبياً كما في بعض الأنواع السابقة.

4- محطات تحويل على نظام One and half CB Substations :

- يستعمل هذا النظام في محطات تحويل الفولطية (400 kV) وتكون اعتمادية عالية جداً أعلى من ذات القضبان المزدوجة ولكن تكلفتها عالية جداً حيث يكون مخصص لكل دائرة قاطع آلي ونصف أي ثلاث قواطع آلية لكل دارتين وتكون تكلفة أجهزة الحماية عالية جداً لوجود حمايات إضافية غير الموفرة في المحطات العادية، ويتضح مما ذكر أعلاه أن اختيار نوع القضبان لذي محطة تحويل يعتمد على أهمية المحطة وموقعها وكيفية التوسع في المستقبل ومثال على ذلك محطة تحويل (400/66/20 kV).

- حالات العمل لمحطات التحويل الكهربائية ومعنيات أدائها:

إن المحطات المنشأة لتحويل الكهرباء ستؤدي عملها بالاعتماد على أهم عناصرها ألا وهو المولد، وبالتالي سيكون أداء المولد معتمداً على استطاعته التي صممت بالاعتماد على دراسة تضمن استمرار الحمل اليومي أو الأسبوعي أو الشهري أو السنوي.

- إن محولات الاستطاعة المستخدمة في محطات القوى الكهربائية (محطات التوليد) أو في محطات التفريع إما أن تكون أحادية الطور single Phase أو ثلاثية الطور Three Phase. وفي الوقت الأخير (أي منذ عدة عقود)

- استخدام المحولات ذات الملفات المتصلة في جهة الجهد المنخفض.

- في محطات التحويل تجهز المحولات بأجهزة تنظيم الجهد، عندها تكون الأفرع في جهة التوتر العالي، أما في المحولات الثانوية فإن ذلك يكون في جهة الجهد المنخفض، يبين الجدول (1-1) حالات تنظيم الجهد في المحولات.

وتستخدم المحولات التي لا تحتوي على تنظيم للجهد إما للعمل في مجموعة واحدة مع المولدات مباشرة حيث أن تنظيم الجهد في هذه الحالة يتم عن طريق المولد أو في مجموعة تحتوي على أجهزة خاصة تنظم الجهد، أما في الحمل الزائد فيسمح به للمحولات في الحالات التالية:

إذا كان الجهد على لفات المحول لا يزيد عن الجهد الاعتيادي فإنه يسمح بزيادة التحميل بالتيار إلى 5% وذلك لكل لفة على حدة.

نوع المحول	خافض ←		رافع ←	
استخدام أفرع التنظيم	تنظيم تحت الحمل	تغيير أفرع العنفات بدون تهييج (بدون حمل)	تغيير أفرع العنفات بدون تحريض (بدون حمل)	
اللفات عالية الجهد	10 ± 8 · 1,25% للمحولات أقل من 10MVA	10 ± 2 · 2,5%	38,5 ± 2 · 2,5%	
	10 ± 8 · 1,5%	20 ± 2 · 2,5%	121 ± 2 · 2,5%	
	20 ± 6 · 1,5% للمحولات أقل من 10MVA	35 ± 2 · 2,5%	165 ± 2 · 2,5%	
	20 ± 8 · 1,5%	110 ± 2 · 2,5%	242 ± 2 · 2,5%	
	35 ± 6 · 1,5%			
	36,75 ± 8 · 1,5%			
	110 ± 4 · 2,5%			
	115 ± 9 · 1,78%			
	158 ± 8 · 1,5%			
	230 ± 8 · 1,5%			
	230 ± 10 · 1,2%			
	230 ± (6-8) · 12%			
	300 ± (6-8) · 11,5%			
اللفات متوسطة الجهد	115 ± 6 · 2%	38,5 ± 2 · 2,5%	38,5 ± 2 · 2,5%	
	121 ± 6 · 2%			
	110 ± 10 · 1,2%			
	165 ± 12%			
	230 ± 12%			
	347 ± 12%			
اللفات منخفضة الجهد	11 ± 10 · 1,5%			
	11 ± 8 · 1,5%			

جدول (1-1)

* إن قيمة زيادة التحميل النظامي في فترات النهار تعتمد على درجة حرارة الجو المحيط وعلى مخفي الحمل اليومي وطريقة تبريد المحول.

يسمح للمحولات بشتاء بزيادة عظمى في التحميل المنتظم قدرها 15% وذلك عند درجة حرارة جو محيط تصل إلى (5° م) ولفترة زمنية تصل إلى الساعة، أما إذا كانت مدة استمرار الحمل الأعظمي بين (4 h – 2) فإن قيم التحميل الزائد المسموح به هي كما في الجدول (1-2):

الفصل	شتاء		صيفاً
درجة حرارة الهواء	حتى 5° م	من (5° - 15°) م	حتى 15° م
زيادة التحميل المسموح به %	1,45 – 1,35	1,35 – 1,25	1,3 – 1,2

جدول (1-2)

* وفي محطات التحويل في شبكات التوزيع (التغذية) والتي تغذي الأحمال ذات مخفي حمل ثابت تقريباً فإن القيم المسموح بها للحمل الزائد للمحول تقع في الحدود المذكورة في الجدول (1-3):

الفصل	شتاء		صيفاً
درجة حرارة الهواء	حتى 5° م	من (5° - 15°) م	من (5° – 15°) م
زيادة التحميل المسموح به %	1,2 – 1,15	1,15 – 1,1	حتى 1,05

جدول (1-3)

وإذا كانت القيمة العظمى في مخفي الحمل صيفاً أقل من الاستطاعة العظمى للمحول فإنه يمكن السماح في الشتاء بزيادة تحميل المحول بنسبة 1% عن كل انتقاص تحميل في الصيف قدره 1%، ولكن بشرط أن لا تتجاوز هذه الزيادة 15% وبحيث لا يزيد تحميل المحول إذا اجتمعت الحالات الثلاث عن 50%.

وفي حالات الأعطال يسمح لمحولات الزيت بزيادة التيار فيها فوق القيمة الاعتيادية وذلك بغض النظر عن نوع التبريد ودرجة حرارة الوسط، والجدول (4-1) يبين ذلك:

زيادة الحمل بالتيار %	30	45	60	75	100	200
استمرار الحمل الزائد بالدقيقة	120	80	45	20	10	15

جدول (4-1)

أنواع تحميل المحولات:

يمكن استخدام المحول ثلاثي الطور ثلاثة محولات أحادية الطور وأنواع التوصيل المتبعة بالنسبة للمحولات هي:

أ- وصلة نجمي مثلثي Δ/Y .
ب- وصلة مثلثي مثلثي Δ/Δ .
ج- وصلة نجمي نجمي Y/Y .
د- وصلة مثلثي نجمي Y/Δ .

فالتوصيلة المثلثية تستخدم من أجل الحالات التي يكون فيها التوتر صغيراً والتيار كبيراً، ذلك لأن توتر الخط هو نفسه توتر الطور أما تيار الخط فإنه يساوي تيار الطور مضروباً بـ ($\sqrt{3}$).

أما إذا كان التوتر كبيراً وتيار الخط صغيراً، نستخدم التوصيلة النجمية لأنه في هذه الحالة يكون تيار الخط يساوي تيار الطور بينما توتر الخط يساوي توتر الطور مضروباً بـ ($\sqrt{3}$)، وهذا في التوصيلة النجمية يمكن تأمين عزل ملفات المحول عند جهد منخفض.

أما التوصيلة النجمية المثلثية فتستعمل لإمكانية استخدام الحيادي فيها ويكون التوصيل النجمي فيها في الجانب الثانوي.

عند مقارنة التوصيلة Δ/Δ مع Δ/λ يجب الاشارة إلى النقاط التالية:

1- إن الجهد السيني للوصلة Δ/Δ يحدد طبيعة نواص دارة المحولة والدارة الخارجية، كما أن تقسيم التيار يعتمد على النواص الداخلية للمحولة، ويكون تقسيم الحمل مثالياً فقط في المحولات ذات المفاعلات المتساوية. أما في التوصيلة Δ/λ فإن تقسيم الحمل يكون مستقلاً عن نواص المحولات ولا يعتمد على اختلاف هذه النواقض. ويقسم الحمل المتزن الثلاثي الطور بين الأطوار بالتساوي في هذه الحالة دون النظر إلى عدم تساوي المفاعلات.

ويلاحظ أثر اختلاف نسب التوتر في حالة المحولات الموصلة بشكل Δ/Δ حيث أن هناك تياراً كبيراً يسري في كل من الملفات العالية التوتر والملفات منخفضة التوتر إذا لم تكن كل الأطوار متساوية.

أما في المحولات ذات التوصيلة Δ/λ فهي غير حساسة بالنسبة لاختلاف نسب التوتر.

2- في حالة الأعطال تحمل المحولات الموصلة على شكل Δ/Δ بمعنى أنه لو حصل أي عطل في أحد الأطوار فإن المحول يبقى في الدارة موصولاً على مثلث مفتوح بحيث يمكن استخدام مصدر التغذية الثلاثي الطور غير أن سعة المحول تنخفض إلى 86,6% من سعة الوحدتين العاملتين أو إلى 57,7% من سعة الوحدات الثلاثة العاملة، وبالتالي لو حدث محولتين موصلتين بشكل Δ مفتوحة وتغذيان حملاً معيناً يمكن اضافة وحدة ثالثة ومن ثم اتمام عملية التوصيل على شكل Δ وذلك لتغذية حمل أكبر في الشبكة.

أما في حالة التوصيل Δ/λ فإنه عند حصول أي عطل على أحد الأطوار يمكن أن يؤدي إلى خطر كبير وإلى فصل المحول عن مصدر التغذية.

أما في حالة توصيلة (λ/λ) فيحصل عدم اتزان الحمل وذلك لعدة أسباب نذكر منها:

1- من الفرق بين تيارات مفنطة الذطوار المختلفة للمحولة والتي تحدث بسبب الفروق في عناصر الدارة المتشابهة الناتجة عن خطأ في تركيب المحول.

2- نتيجة لعدم اتزان الحمل، عندها لا تقع نقطة الحيادي الفيزيائية في مركز مثلث الجهد بل يمكن أن تكون عند أي نقطة اعتباطية.

وموقع هذه النقطة تتأثر بصورة كبيرة بجوانب الحمل وحالات الدارة الخارجية.

ويجب أن نلاحظ انه بالنسبة لتوصيلة Y فلا يمكن للتوافق الثالث أن يمر وهذا ما يسبب بكثافة فيض أكبر وبالتالي زيادة في قيمة الجهد المتولد، بحيث يمكن أن تصل هذه الزيادة في بعض الحالات إلى (50%) فوق القيمة العادية.

وفي حالات التوصيلات Δ/Y ، Y/Δ ، تؤدي وجود التوصيلة Δ إلى إهمال جهود التوافقيات الثلاثية المرافقة للتوصيلة Y، وبالتالي تؤدي إلى اتزان الحيادي. كما أن وجود التوصيلة Y يعمل على توزيع الحمل بين الذطوار بشكل لا يعتمد على المفاعلات وبذا فإنه المحولات التي لها مفاعلات مختلفة يمكن أن توصل بشكل Δ/Y.

* معدات محطات التحويل الكهربائية وتركيبها :

- التجهيزات والأجهزة الكهربائية الرئيسية والثانوية :

تتألف محطات التحويل الكهربائية من معدات وتجهيزات رئيسية وأخرى ثانوية ، أما التجهيزات الرئيسية فهي :

أولاً - المحولات .
ثانياً - القواطع الآلية .
ثالثاً - المستعزلات .
رابعاً - محولات التيار والفولتية .
خامساً - صاعقات الصواعق .
سادساً - النواقل .

وسنتناول في هذا المحور كل منها بشيء من التفصيل .

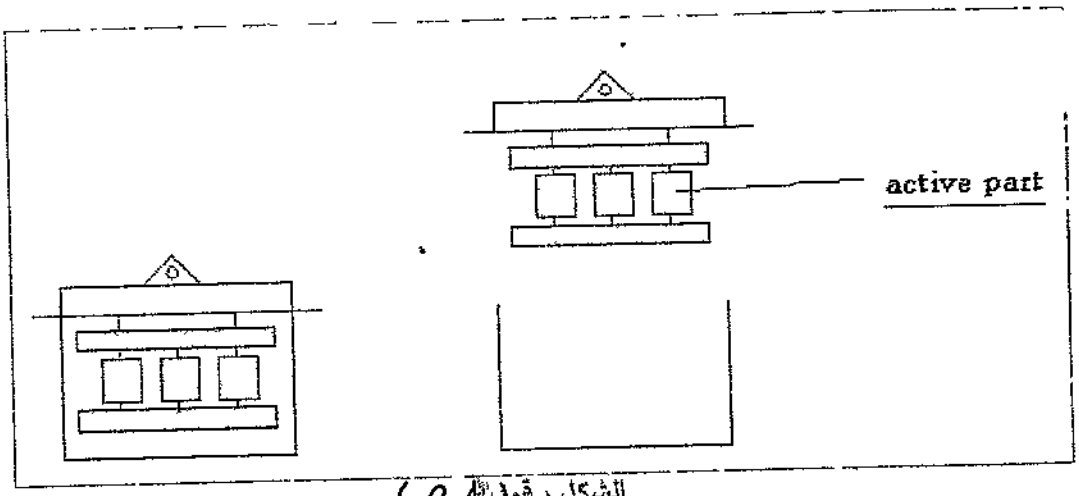
أولاً - المحولات الرئيسية (Transformers) :

المحولات الكهربائية هي أجهزة كهرومغناطيسية استاتيكية ، تقوم بتحويل الجهد والتيار الكهربائي من مستوى معين إلى مستوى آخر ، تحوي المحولات ملفين على الأقل مستقلين مغناطيسياً ومقترنين مغناطيسياً ، يسمى الملف الموصول مع الشبكة بالملف الأولي ، والملف الثاني بالملف الثانوي (يكون موصولاً إما مع خط نقل أو مع المستهلك) .

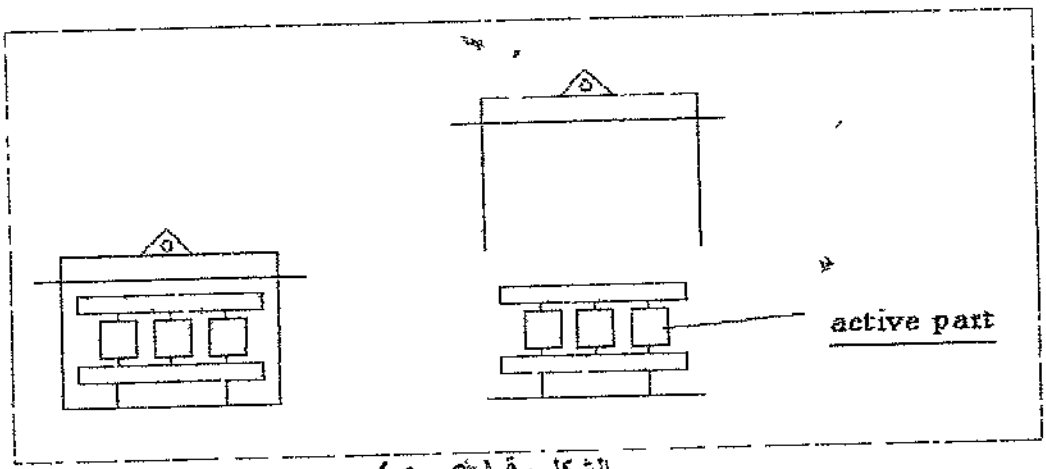
أنواع أجسام المحولات : يوجد لجسم المحولات نوعان :

أ- النوع الأول وفيه يكون الجزء الفعال مربوط مع الغطاء العلوي كما هو موضح بالشكل (1-2) ولذلك عند القيام بأعمال صيانة للمحول نحتاج لفك الجسم بكامله (نحتاج لرافعة ذات قدرة كبيرة) ولكن لا نحتاج لتفريغ الزيت بشكل كامل من جسم المحول .

ب- النوع الثاني وفيه يتم ربط الجزء الفعال مع قاعدة المحول لذلك في حالة القيام بالصيانة للمحول لا نحتاج لرافعة عالية القدرة ولكن نحتاج لتفريغ الزيت من المحول بشكل كامل وهذا ما يوضحه الشكل (2-2) .



الشكل رقم(2-1)



الشكل رقم(2-2)

أنظمة التبريد للمحولات Cooling systems:

يوجد عدة أنظمة لتبريد المحولات وهي:

أ- ONAN : (Oil Natural & Air Natural)

في هذا النظام يكون التبريد بواسطة الزيت والهواء بشكل طبيعي، حيث يصعد الزيت الحامي إلى أعلى المحول وبالتالي للمشعات والزيت البارد إلى أسفل المحول من المشعات وهذه خاصية طبيعية بالزيت.
كما أن التبريد بواسطة الهواء يتم أيضاً بشكل طبيعي حيث يتم تبريد الزيت في المشعات بواسطة الهواء الطبيعي.

ب- ONAF : (Oil Natural & Air FORCED)

نفس الآلية السابقة ولكن الهواء يتم بواسطة مراوح مركبة على المشعات.

ج- OFAF : (Oil Farced & Air Forced)

يتم التبريد في هذه الطريقة بواسطة ضخ الزيت بالأنابيب، التبريد بواسطة مضخات مركبة على الأنابيب، والهواء بواسطة مراوح.

أنواع قلب الملفات:

يوجد نوعان من أنواع قلب الملفات للمحولات:

أ- النوع الأول (Core Type):
حيث يتم لف الملفات بشكل اسطواني عامودي حول القلب الحديدي يبين الشكل (3-2) هذا النوع.

ب- النوع الثاني (Shell Type):
حيث تكون الملفات اسطوانية ولكن بشكل أفقي والشكل (4-2) يبين مقطعاً علوياً لهذا النوع.

ثانياً- القواطع الآلية (CIRCUIT BREAKERS):

تعد القاطعة الكهربائية من أكثر الأجهزة الكهربائية استعمالاً في نظم القدرة الكهربائية، وهي جهاز مصمم لاغلاق دارة كهربائية ما، ولتبريد

أنظمة التبريد للمحولات Cooling systems:

يوجد عدة أنظمة لتبريد المحولات وهي:

أ- ONAN : (Oil Natural & Air Natural)

في هذا النظام يكون التبريد بواسطة الزيت والهواء بشكل طبيعي، حيث يصعد الزيت الحامي إلى أعلى المحول وبالتالي للسخان والزيت البارد إلى أسفل المحول من السخان وهذه خاصية طبيعية بالزيت.
كما أن التبريد بواسطة الهواء يتم أيضاً بشكل طبيعي حيث يتم تبريد الزيت في السخان بواسطة الهواء الطبيعي.

ب- ONAF : (Oil Natural & Air Forced)

بنفس الآلية السابقة ولكن الهواء يتم بواسطة مراوح مركبة على السخان.

ج- OFAF : (Oil Forced & Air Forced)

يتم التبريد في هذه الطريقة بواسطة ضخ الزيت بالأنابيب التبريد بواسطة مضخات مركبة على الأنابيب، والهواء بواسطة مراوح.

أنواع قلب الملفات:

يوجد نوعان من أنواع قلب الملفات للمحولات:

أ- النوع الأول (Core Type):

حيث يتم لف الملفات بشكل اسطواني عامودي حول القلب الحديدي يبين الشكل (2-3) هذا النوع.

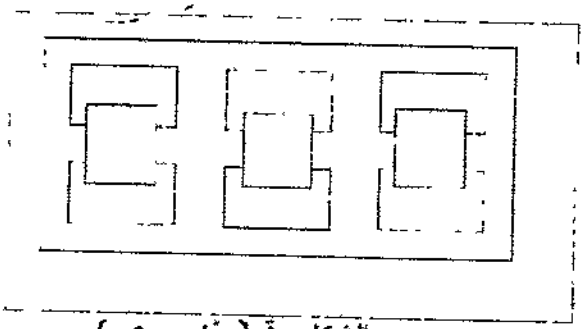
ب- النوع الثاني (Shell Type):

حيث تكون الملفات اسطوانية ولكن بشكل أفقي والشكل (2-4) يبين مقطعاً علوياً لهذا النوع.

ثانياً - القواطع الآلية (CIRCUIT BREAKERS):

تعد القاطعة الكهربائية من أكثر الأجهزة الكهربائية استعمالاً في نظم القدرة الكهربائية، وهي جهاز مصمم لاغلاق دارة كهربائية ما، ولتحرير

الشكل رقم (3 - 2)



الشكل رقم(4 - 2)

التيار في هذه الدارة وكذلك لقطع الدارة وفصلها عن التوتر الكهربائي بواسطة فتح تماسات متحركة أو إغلاقها، وذلك في شروط العمل والتيارات النظامية أو في ظروف العمل والتيارات غير النظامية عند حدوث الأعطال وظهور تيارات القصر، أما قواطع القدرة الكهربائية فإنها تعمل في نظم القدرة الكهربائية وفي شبكات التوتر العالي والتوتر المتوسط التي يزيد توتر عملها على (1000V) حسب تعريف الهيئة العالمية للكهرباء (IEC).

إن الهدف من القواطع الآلية المستخدمة في محطات التحويل هو إطفاء الشرارة التي تحدث عند عمل القاطع في الحالات العادية وفي حالات حدوث عطل.

تتكون القاطع من الأجزاء التالية:

أ- حجرة الإطفاء (EXTINGUISHING CHAMBER):

حيث يتم إطفاء الشرارة، فعندما ينفصل الجزء المتحرك (MOVING CONTACT) عن الجزء الثابت (Fixed Contact) تحصل فجوة للضغط في المنطقة ما بين الجزء المتحرك والجزء الثابت تعمل هذه الفجوة على إجبار الوسط العازل (زيت أو غاز) لإطفاء الشرارة المتكونة مع العلم أن ضغط الغاز في الحجرة يصل إلى (7Bar) ١٠ الشكل (2-5) يبين حجرة إطفاء القواطع الكهربائية.

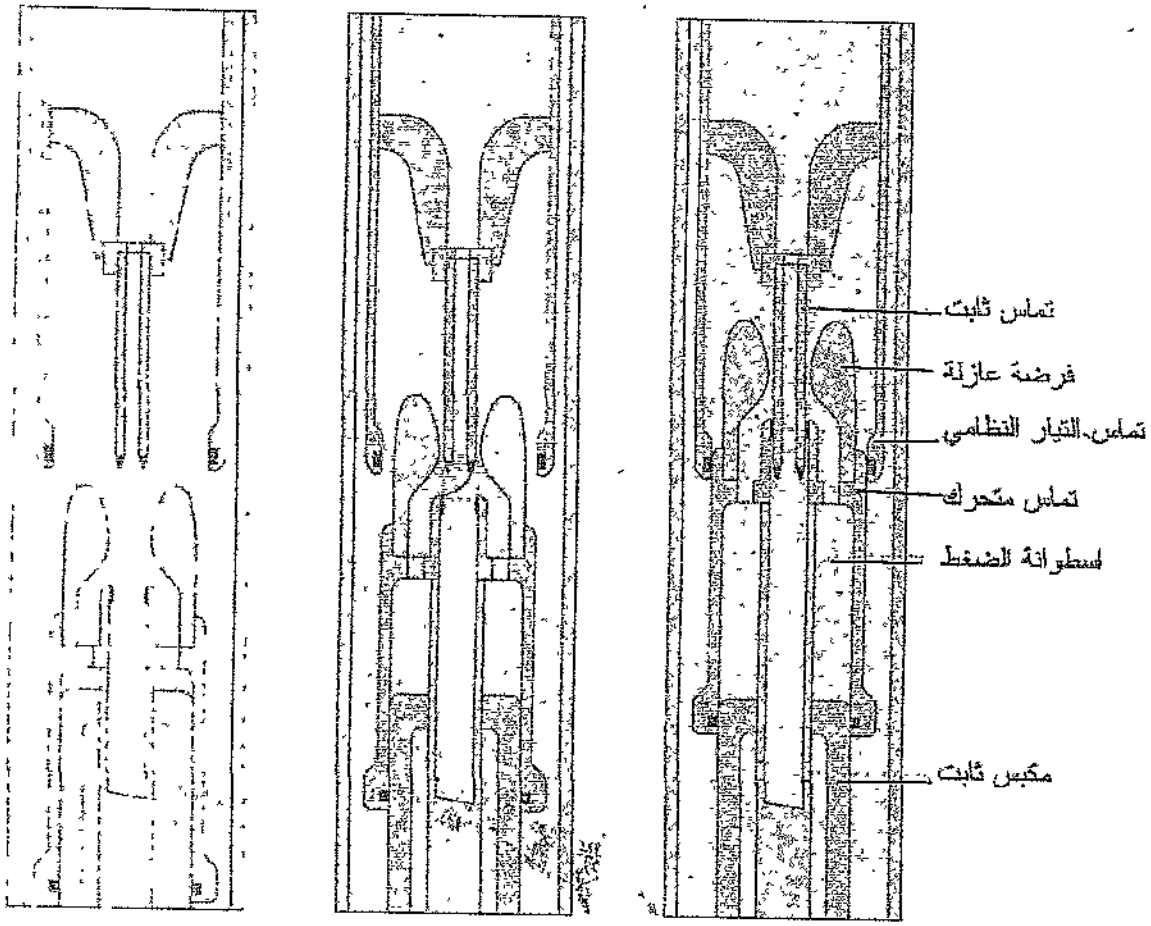
ب- آلية العمل (Mechanism):

تعمل الآلية على تحريك الجزء المتحرك في القاطع ليفصل عن الجزء الثابت. هنالك عدة أنواع لهذه الآلية:

- الطوابيه: حيث يتكون هذا النظام من:

1- ضاغطة (Compressor).
2- اسطوانة تعمل على تخزين الهواء المضغوط (Cylinder).
3- خزان زيت احتياط (Conservator).
4- صمامات (Valves).
5- أنابيب (Tubes).
6- مكبس (Piston).

حيث يتم ضغط الهواء داخل الاسطوانة عن طريق الضاغطة وعند الفصل أو التوصيل يتم تحرير هذا الضغط وتوجيهه إلى المكبس الذي يقوم بدوره في تحريك الجزء المتحرك إما وصل أو فصل حسب الأمر المعطى.



الشكل (2-5) حجرة إطفاء القوس الكهربائية في القاطعة الغازية

- هيدروليكية : يتكون هذا النظام من :

1- مضخة (Pump) .
2- زيت هيدروليكي (Hydraulic) .
3- اسطوانة فيها غاز الآزوت بالإضافة للزيت الذي يعمل على تخزين الطاقة مثل الزنبرك (الرامور) (Accumulator) .
4- صمامات (Valves) .
5- أنابيب (Tubes) .
6- مكبس (Piston) .

تعمل المضخة على ضغط الزيت الهيدروليكي والذي بدوره يضغط النيتروجين (الآزوت) الموجود في (المكدس) ليتم تخزين هذه الطاقة حين الحاجة إليها ففند إعطاء أمر للقاطع بالفتح أو الوصل يوجه الزيت المضغوط إلى المكبس الذي يقوم بتحريك الجزء المتحرك داخل الزوة عن طريق ذراع توصيل .

- زنبركية (نابضية) : يتكون هذا النظام من :

1- زنبرك (Spring) .
2- محرك (Motor) .

في هذا النوع يتم شحن زنبرك بواسطة محرك عند الحاجة إلى عملية الفصل أو الوصل يتم تحرير الزنبرك المشحون ليقوم بتحريك الجزء المتحرك ضمن غرفة الإطفاء . ويعتبر هذا النوع من أفضل الآليات المستخدمة وأكثرها موثوقية .

د- جسم القاطع : (Body Brearers) .

- في حالة الجهد الخارجية يكون الجسم هو عبارة عن عازل بورسلان ليتم عزل الأجزاء الفعالة عن الأجزاء الموصولة بالأرض .
- وفي حالة الجهد الداخلية يكون الجسم من معدن وداخل هذا الجسم غاز العزل الذي يعزل جميع الأجزاء المكهربة عن الأجزاء الموصولة بالأرض وهذا يعد أيضاً يجعل الجهد الداخلية صغيرها أقل بكثير من الجهد الخارجية .

د- العازل المحيطي (Insolator Periphery)

هنالك نوعان من أنواع العزل المستعملة حالياً :

- غاز سادس فلور الكبريت (SF6) والذي يمتاز بما يلي :

1- قدرته العالية على العزل وحتى في ضغط هوائي الضغط الجوي.
2- قدرته على إعادة تشكيل نفسه بعد أن يتعرض للشرارة التي تعمل على تأين الغاز.
3- العمر الطويل.
4- غير سام، لا لون ولا رائحة له.
5- غير قابل للاشتعال بل يطفئ الشرارة.

- الزيت (OIL):

يمتاز الزيت بـ: أ- قدرته على اطفاء الشرارة.
ب- لاحاجة لوجود ضغط.

ولكن تتكون الكربون بعد كل عملية إطفاء تؤدي بعد زمن إلى الحاجة لعملية تبديل الزيت.
كما أنه يستعمل للفولتيات المتوسطة والمنخفضة.

بناءً على ما سبق من تفصيل فإن للقواطع عدة أنواع:

1- من حيث مستوى الفولتية:
قواطع (0,4KV - 6,6 KV - 11 KV - 33 KV - 230 KV - 400 KV).

2- من حيث العزل:
- زيتية حيث يستخدم في قواطع الـ 33 KV وقواطع 11KV.
- غازية (غاز SF6) حيث يستخدم في قواطع (33 ÷ 400 KV).

3- من حيث الآلية:
- هوائي (Pneumatic).
- هيدروليكية (Hydraulic).
- زنبركية (Spring).

ثالثاً- المستعزلات (ISOLATORS)

إن الهدف من استخدام المستعزلات في محطات التحويل هو العزل المرئي للجزء الذي نريد القيام بالصيانة عليه، سواء أكانت الصيانة طارئة للعطل أم كانت صيانة دورية مبرمجة في المحطة.
وعادة ما تكون المستعزلات على طرفي القاطع الآلي ويكون بينها وبين القاطع الآلي نظام تقافل بحيث لا يمكن فتح المستعزلات إلا عندما

يكون القاطع مفتوحاً .

وتقسم المفصلات إلى قسمين من حيث الآلية :

- يدوي (Manual) .
- آلي (Motorized) .

رابعاً - محولات التيار والفولتية (CT & VT) .

أ - محول التيار (Current Transformer) :

- يقوم هذا النوع من المحولات بتحويل التيارات العالية إلى تيارات قليلة جداً عادة (1 ÷ 5 A) لنتمكن من التعامل مع هذا التيار بشكل آمن ومن أجل استخدام معدات صغيرة يمكن استعمالها .
- يتم تصنيف محولات التيار إلى (Classes) وذلك حسب الاستخدام (للحماية أم للقياس) .
- من أهم الشروط التي لا بد منها هي : أن تكون دارة الثانوية مكتملة وأن لا تفتح أثناء عمل المحول .
- الجهة الابتدائية للمحول (Primary) هي عبارة عن الموصل أي لفة واحدة بينما الجهة الثانوية (Secondary) فتتكون من آلاف اللفات .

ب - محول الفولتية (Voltage Transformer) :

- يقوم هذا النوع من المحولات بتحويل الفولتيات العالية إلى فولتيات قليلة جداً عادة إلى 110V / ليتمكن فني الحطة من التعامل مع هذه الفولتية بشكل آمن ، وأيضاً من أجل استخدام معدات صغيرة يمكن التعامل معها .
- من أهم الشروط التي لا بد من مراعاتها هي : أن لا تكون دارة الثانوية مقصورة أثناء عمل المحول .
- أنواع هذه المحولات : ١- محولات الفولتية السعوية (CVT) .
٢- محولات الفولتية الحثية (IVT) .

خامساً - حاذقات الصواعق (SURGE ARRESTER).

تستخدم هذه الحاذقات (مانعات) الصواعق في المحطات من اجل حماية المحولات والكابلات من الصواعق الكهربائية الحادة والتي تعمل على تدمير المحطة كاملة" وذلك بتدميرها للمحولات، لذلك توضع هذه الأجهزة قبل المحولات وقبل نهاية الكابلات.

سادساً - النواقل (CONDUCTORS)

تتألف النواقل من:

1- الموصلات (Conductor-Lines)

إن الموصلات المستخدمة في المحطات هي من النحاس، اما الموصلات المستخدمة في الخطوط فهي من الألمنيوم.

2- الكابلات (Underground Cables)

- من حيث شكل الموصل النحاسي * دائري (Circular)

* مقسّم (Segmental)

- من حيث العزل (Insulating Material)

* ورقي مغطس بالزيت.

* عجينة البولي ايتيلين.

- من حيث الحماية الخارجية (Sheath).

* كابلات نحاسية.

* كابلات ألمنيوم.

* كابلات رصاص.

* التجهيزات الثانوية والمرافقات لمحطات التحويل:

من التجهيزات الثانوية في محطات التحويل نذكر:

- نظام التحكم (RTU/SCS)

يجب تحديد عملية التحكم بالمعدات الكهربائية Relays اثناء التشغيل (المحلي - البعيد - المراقبة والاشراف)

- أجهزة الحماية (Protection Relays)

يجب تأمين أجهزة الحماية المطلوبة لمحطة التحويل وتحديد كل دائرة وما تحتاج له من حمايات أساسية وثانوية (Main & Backup).

- نظام التداخل والفتح (Interlocking & Intertrip)
طرق التداخل لكل خلية ومعدة وكذلك التحكم بالفولطية من خلال (OLTC) وكذلك كيفية التشغيل ووقت التشغيل (Reactor & Capacitor Banks)

- نظام التأريض والحماية من الصواعق.
والذي يبين كيفية تأريض المعدات وحماية المحطة من الصواعق وكذلك حماية العاملين من الصدمات الكهربائية خلال العمل في المحطة.

- الكابلات الكهربائية والتوصيلات.
أي القيام بتحديد مسار الكابلات للطاقة (العالية التوتر HV و المتوسطة التوتر MV) وكذلك تحديد مسارات كبلات التحكم ودراسة تحديد أقطار الكابلات لتتناسب مع الحمل وزيادة الأحمال.

- الأعمال الكهربائية المساعدة والكهرومغناطيسية.
والتي تشمل على:

* أعمال الانارة الداخلية والخارجية.
* أجهزة إطفاء الحريق.
* أجهزة الانارة.
* أجهزة ونظام الاتصالات (الهاتفية - Net - ...الخ)
* أجهزة التكييف.
* ورشات صيانة.
* معدات صيانة.

= . = . = . = . = . = . = . =

* التأريض في محطات التحويل الكهربائية :

مقدمة :

إن إمكانية وقوع حادثة مميتة للإنسان في الانشاءات الكهربائية يمكن أن ترتفع إذا كان من الممكن أن يلامس الشخص العامل في المحطة الأجزاء الحية العادية .

وللوقاية ضد هذه الإمكانية تكون الأقسام الحية للانشاءات الكهربائية ذات سياج ، كما تستخدم وسائل أخرى لمنع الاقتراب من الأجزاء المشحونة بالجهد الخطر. والاحتمالات الأساسية الأخرى للخطوط في الصدمات الكهربائية تأتي من أن الشخص العامل والأشخاص الآخرين يمكن أن يصبحوا في اتصال مع الأجزاء التي يجب أن تكون عاملة بشكل طبيعي بدون أي جهد ولكن تصبح مشحونة بالجهد الخطر بسبب عطل في عازل نواقل الأطوار كالعطل في الأجزاء المعدنية مثلاً .

ولتأمين السلامة من الخطر تؤرض كل الأقسام المعدنية التي تكون عادة عند جهد الصفر والتي تصبح فجأة مشحونة إلى جهد الخطر بسبب عطل عازل الأقسام الحية ، ويقصد بتأريض الأجزاء المعدنية للأجهزة الكهربائية عمل موصلية قاسية ذلك سيؤدي إلى انهيار العازل بين طور والهيكل وبالتالي ارتفاع الجهد الهيكل إلى قيمة تشكل خطراً على أي شخص يلمسه . أما إذا كان الهيكل مؤرض فإن جهده بالنسبة للأرض سيكون :

$$V_e = I_e R_e$$

حيث : I_e تيار العطل الأرضي للطور الأعظم

R_e مقاومة الأرضي للنظام .

في هذه الحالة إذا لامس شخص ما هيكل المولد المؤرض فإن التيار الذي سيجري في جسم الإنسان يحدد من العلاقة

$$V_e = V_{hp} = I_{hb} \cdot R_{hb} \Rightarrow$$

$$\frac{I_{hb}}{I_e} = \frac{R_e}{R_{hb}}$$

لكن R_e أقل بكثير من مقاومة جسم الانسان R_{hb} وعادة تؤخذ R_e قيمة لا تتجاوز 10Ω أما مقاومة جسم الانسان فتتراوح بين $(600-1000)\Omega$ وقد تصل عند بعض الناس إلى عدة آلاف من الأوم أما في حالة الأمان الكهربائي فتؤخذ مقاومة الجسم للإنسان $Z_{hb}=1000$ أوم ويكون دائماً $I_e \gg I_{hb}$ حيث :

$$I_{hb} = I_e \frac{R_e}{R_{hb}}$$

من العلاقة السابقة نلاحظ أنه كلما قلت المقاومة R_e كلما قل التيار المار في جسم الانسان ولذا يمكن التحكم بقيمة R_e بحيث يصبح التيار المار جسم الانسان عند قيمة مأمونة .

ويتم التأريض بالوصل الكهربائي للأجزاء المعدنية في الانشاء الكهربائي إلى نظام تواصل كهربائية أو أقطاب ذات تلامس مع التربة تحت سطح الأرض لمسافة معينة ، وتسمى التواصل المعدنية الموصلة إلى أقسام المنشأة مع الأرض بالتوصيلات الأرضية .

الأجهزة والعناصر الواجب تأريضها :

من عوامل الأمان في محطات التحويل الكهربائية ولتفادي الأعطال الداخلية في المحطة والتي تؤدي لمرور تيار كهربائي كبير مما يشكل خطراً على العاملين في المحطة ، يجب ملاحظة التأريض التالي :

1- تأريض جميع الأغطية والقواعد والهياكل المعدنية في المحطة (مولدات - قواطع - أجهزة قياس - لوحات مفاتيح - ...) .

2- تأريض عناصر القيادة والتحكم في الأجهزة الكهربائية .

3- الهياكل المعدنية في لوحات التوزيع ولوحات التحكم يجب أن تؤرض أيضاً .

4- تأريض هاديات الصواعق (هادفات الصواعق) وقوس التفريغ .

5- تأريض الباب الرئيسي وكل ما هو معدني .

6- تأريض الخط الحامي للمحولات .

* الإرشادات الهامة في تصميم الشبكة الأرضية :

عند تصميم الشبكة الأرضية للمحطة ينصح بالإرشادات التالية والتي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار :

1 - يجب أن لا تزيد مقاومة التوصيل الخاصة الموصلة بين الهياكل وقضيب الأرضي العام عن (2Ω) .

2 - عندما يكون جهد الحيادي منخفضاً ، يجب أن لا يربط في داخل نظام القضيب الأرضي العام بل يؤخذ إلى أرض منفصلة بسبب اختلاف التوتر بين الحيادي العالي (بسبب العطل) وجهد المنخفض ، مما يؤدي إلى زيادة جهد الخطر عبر نظم الأرض.

3 - يجب أن يربط قضيب التأريض العام بتوصيل خاصة صفرية المقاومة إلى الأنابيب الممتدة مباشرة وكذلك إلى أنابيب الآبار الأرضية ، كما تؤخذ التوصيل من القضيب وتوزع عبرة الى البرادات.

4 - يجب أن تؤرض السياج الخارجي للمحطة والمشاة للوقاية به من الأسلاك الحرية التي يمكن أن يؤدي العطل بقربها للخطر حيث يوصل إلى القضيب العام بأقل مناسب ومن عدة أماكن .

5 - يجب أن تحيط الشبكة الأرضية بالبناء وبإنشاءات المحطة حيث تعتبر هذه الشبكة كقضيب أرضي عام .

6 - يجب أن لا تزيد المقاومة الكلية للقضيب عن (2Ω) .

7 - بالنسبة للأبنية يجب أن تكون لكل جزء قضيب أرضي خاص به ثم يربط ويوصل القضبان إلى القضيب الأرضي العام للبناء .

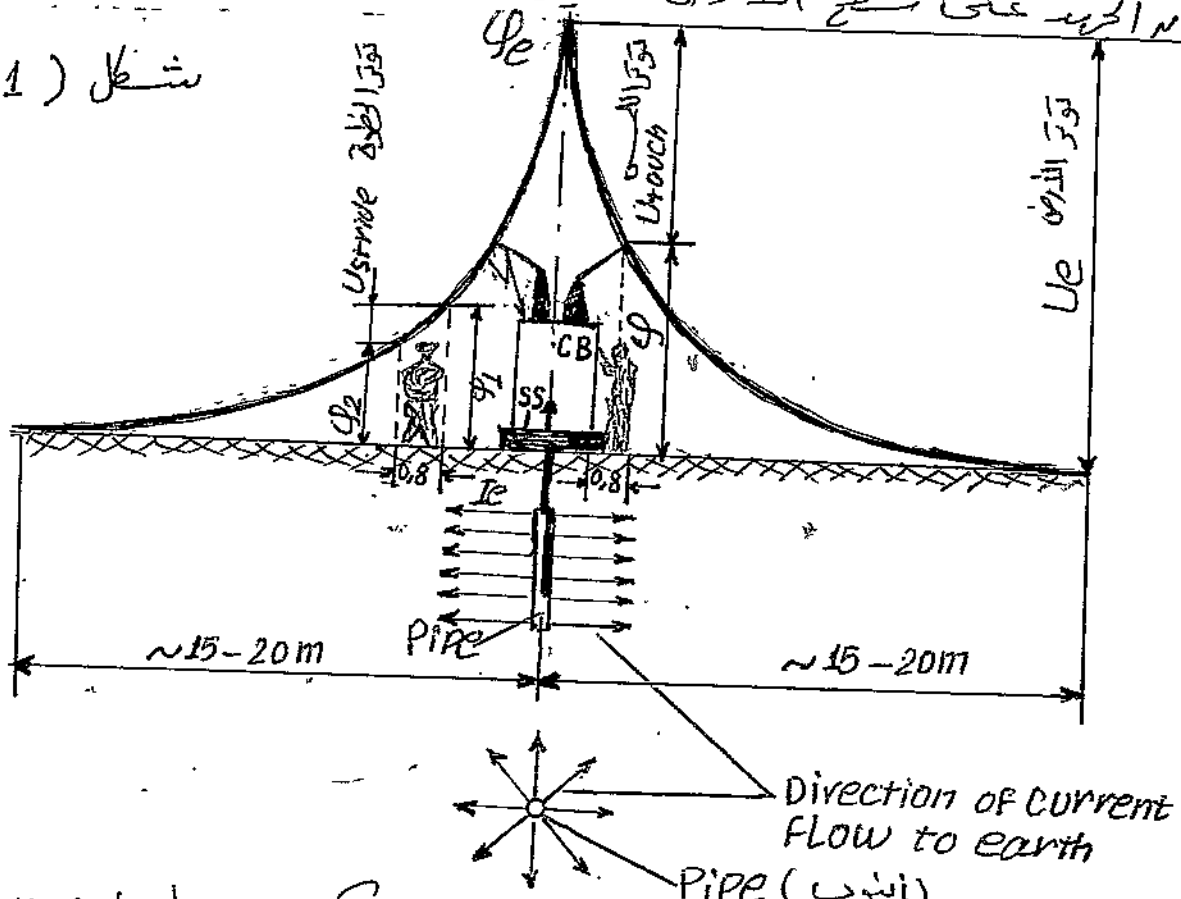
8 - يجب أن تكون أقطاب التأريض المتلامسة مع التربة خالية من المواد العضوية.

9 - يجب أن يوصل الأسلاك من الأرضي العام بأقل جهد وأن تكون نقاط الوصل خالية من التآكل ، وأن تكون ذات موثوقية عالية من اللحام سواء بأقطاب المؤازاة المطابقة أو الكيميائية.

10 - يجب أن يوضع خط أرضي في كل محطة متوازية لحماية الشبكة المستقبلة ولذلك وصله من كافة الأجزاء المعدنية في المحطة بحيث يوصل كل جزء من قضيب تأريض العطل إلى قضيب تأريض المحطة عبر موصلة نحاسية

فإذا فرضنا حدوث عطل في طرف وصلة مواسير في قاطع دارة كما في الشكل (3-1) وأدى ذلك إلى حدوث عطل في ناقل الطور المقابل لكون القاطع المؤرض لقطعة فولاذية (SS) إلى أنبوب فولاذي (قطب) موصل بالتربة، فتيار العطل الأرضي في هذه الحالة (Ie) سيسري من ناقل الطور إلى هيكل القاطع إلى الأنبوب الأرضي، فإذا ما كانت التربة ذات مقاومة منخفضة فإن التيار سيسري خلال منتظم في جميع الاتجاهات، وعندما يسري التيار في حجم وتزايد من الأرض تنقص كثافته كلما زادت المسافة عن الأنبوب، وحيث إن كثافة التيار تكون أعلى على سطح الأنبوب الأنبوب، وكلما قاس الجهد على سطح الأرض سيكون أعلى ما يمكن حول الأنبوب، وكلما

شكل (3-1)



تزداد المسافة من الأنبوب، كلما قل فرق الكمون لسطح الأرض بالنسبة لوحدة الطول من نقطتين، فإذا أخذنا مجموعة من القياسات بواسطة فولتمتر وذلك بتحديد جهود سطح الأرض على مسافات مختلفة من الأنبوب نحصل على منحنيات الجهد بالصيغة وبالشكل المبين على شكل (3-2)، وبإهمال تأثير الجهد الناتج من وجود القطعة الفولاذية (SS) فإن هذان قاطع الدارة

3) يمكن اعتباره عند نفس الجهد.

عندما نقرب الأنبوب يكون معدل نقص الجهد ملحوظاً ، في حين أنه كلما زادت المسافة كلما نقص هذا المعدل ، وعلى مسافة (20M) مثلاً من الأنبوب يكون الجهد صفراً أحياناً بحيث يمكن إهماله ، وفي الهندسة الكهربائية عندما يذكر اصطلاح « الأرض » فإنه ذلك يعني النقاط التي يكون عندها الجهد مساوياً إلى الصفر.

وعند استخدام أقطاب أرضية ذات أشكال مختلفة فإنه بمختبرات توزيع جهد سطح الأرض ستكون مشابهة إلى منحنيات الأقطاب الأنبوبية ، وكلما زاد عمق القطب تحت سطح الأرض كلما كان توزيع الجهد أكثر انتظاماً.

أما اصطلاح مقاومة الأرض فلا يعني مقاومة الاتصال بين القطب الأرضي والأرض ، بل يعني مقاومة التربة بين القطب ونقطة الجهد الصفري ، وبإهمال المقاومة الصفرية للتوصيلات الموصلة فإنه مقاومة الأرض يمكن أن تحدد من العلاقة التالية :

$$R_e = \frac{V_e}{I_e}$$

حيث : V_e - هو الجهد المسلط على القطب الأرضي عندما يكون التيار المار إلى الأرض I_e .

فإذا ما لمس أحد الأشخاص هيكل آلة أو قطعة من جهاز فيها طور واحد متصل معها بسبب انهيار العازل ، ولنفترض مثلاً حالة قاطع الدارة المبين في الشكل (4-3) فيصبح الجهد بين يد وقدم الشخص هو :

$$V_{touch} = \varphi_e - \varphi$$

حيث : V_{touch} - هو جهد اللمس ، أي الجهد بين تلك النقطتين من مرور تيار العطل الأرضي الذي يلمسه العامل (أي الجهد بين يده وقدمه) علماً أن الشخص بمستواه أنه يقف على بعد 0,8 م من هيكل القاطع.

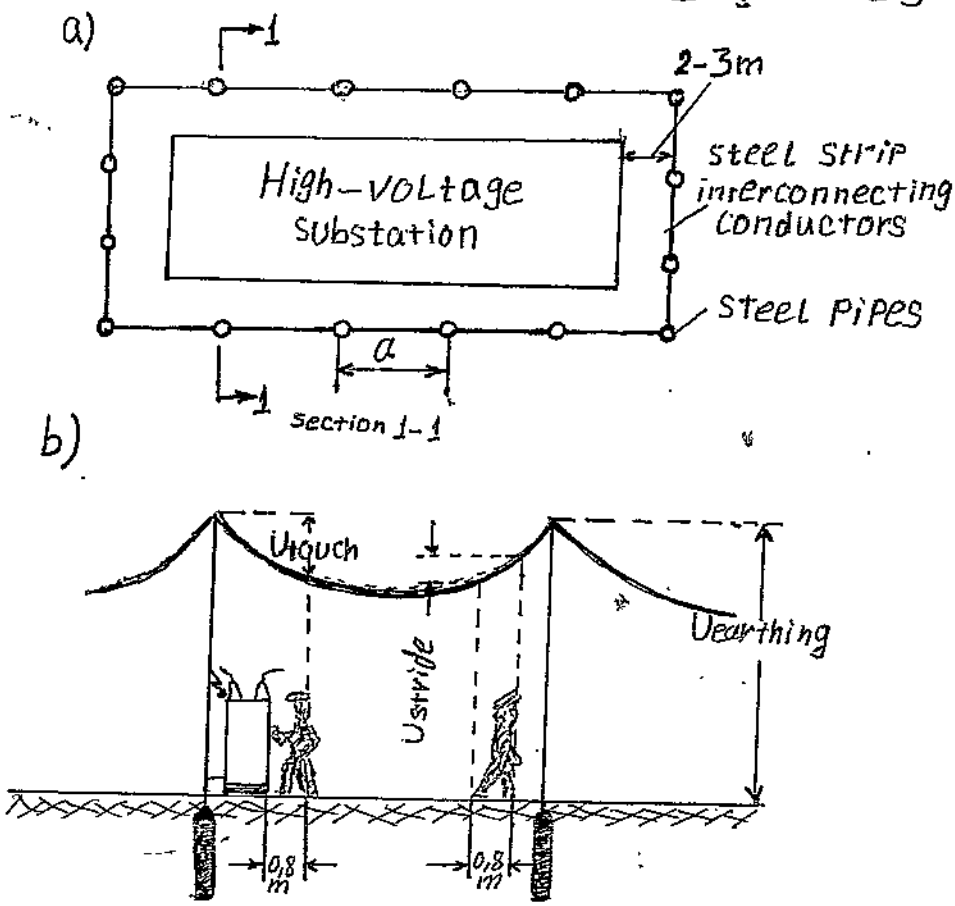
أما إذا سار شخص باتجاه قطعة من جهاز أو آلة فإنه فرق الكمون لسطح الأرض بين قدمه سيكون :

$$V_{stride} = \varphi_1 - \varphi_2$$

حيث : V_{stride} - هو جهد الخطوة (اعتبر أن طول الخطوة 0,8 م).

وعند تأريض نظام معين يجب الحرص بأن يكون $V_{stride} - V_{touch}$ أقل ما يمكن وذلك لتأمين حماية كافية للعامل في المنشأة، وهذا يمكن أن يتحقق مثلاً بوضع نظام أرضي عام يتمثل دارة حلقة حول أجهزة المحطة والبناء.

الشكل (3-2) يعطي مخططاً لمثل هذا النظام الأرضي حول البناء لمحطة توزيع داخل بناء، ويتكون هذا النظام الأرضي من سلسلة من الأنابيب الفولاذية الممتدة بشكل رأسي في التربة وموصلة مع بعضها بشرائح فولاذية ويعطي نفس الشكل مخططاً كون السطح الأرضي عند قطع عرضي مأخوذ عند 1-1 .

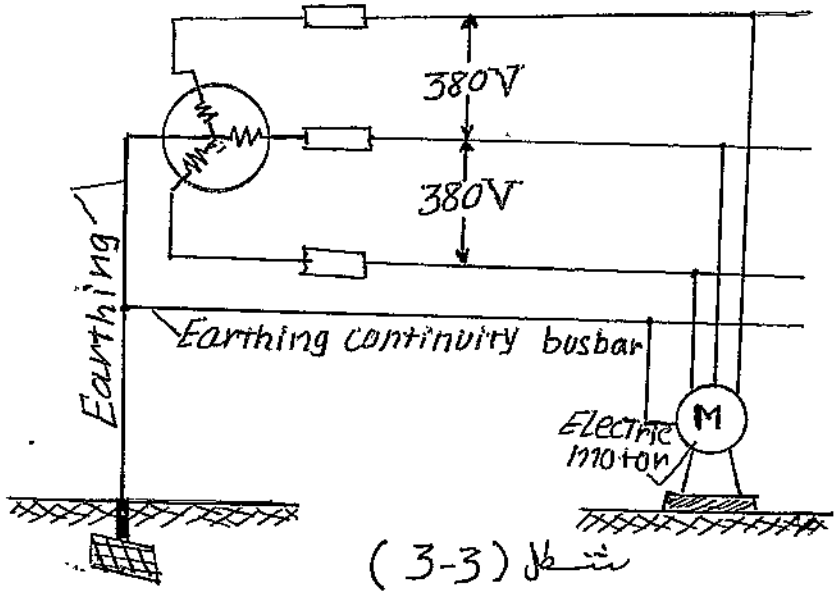


شكل (3-2)

بسبب التأثير المركب للأقطاب الممتدة يكون كون السطح الأرضي داخل محدود التماثل للأرضي العام موزعاً بانتظام أحسن من حالة استخدام قطب أرضي مجرد، وبذلك تكون جهود اللمس والخطوة أقل.

في نظم الثلاثية الطور ذات الدرجة أسلاك وكيابل ذي موازن معدنية 2 أو 3 فولت) يمكن تحقيق السلامة في الاستغناء عن طريق إمطارية

فصل الدارة المغذية لقطعة معينة من الجهاز عندما يحصل عطل بين أحد أطوارها والهيكل، ولهذا الغرض يجب أن توصل هياكل المعدات الكهربائية بخطوط موصلة إلى الناقل الحيادي المؤرض، شكل (3-3) فإذا كانت مقاومة الناقل الحيادي قليلة فإن العطل إلى الهيكل يصبح كدارة قصر أحادية الطور تؤدي إلى فصل السريع المطلوب بأحراق المصهرات للأنتاء الأرضي.



شكل (3-3)

* التأريض الاصطناعي:

يتم ذلك بوضع أنابيب حديدية وزوايا من (2 - 3 متر) في الطول في التربة، ويجب أن تكون الأنابيب الفولاذية قطرها الخارجي يتراوح بين (30 - 50 مم) وسماكة جدار لاتقل عن (3,5 مم) أما الزوايا الحديدية فيجب أن تكون سماكة الساق فيها لاتقل عن (4 مم)، وتوضع الأقطاب الأنبوبية والزوايا تحت سطح التربة بحيث لاتقل عمق الطرف العلوي عن (0,5 - 1 متر)، وتكون مقاومة هذا القطب المصنوع من الأنابيب والزوايا متباعد (50 - 150 أوم)، وعدد الأنابيب والزوايا يجب أن لاتقل عن اثنين، ويجب وضع الأنابيب والزوايا في التربة توصل بعضها ببعض بواسطة حديدية بسماكة لاتقل عن (4 مم) وملحومة بخط حديد إلى رأس كل قطب عند عمق لاتقل عن (0,5 متر) تحت سطح الأرض.

* التأريض داخل الأبنية:

يتم خلال التأريض جمع حديدي عام ممتد في القرى وأرضيات بيوت المفاتيح ويوصل للجميع أيضاً مجلة من قضبان نحاسية، ويجب أن توصل كل قضيب نحاسي أرضي البناء إلى الأقل بموصل نحاسي، وذلك لتأمين مسار قصير إلى الأرض، وتكون الموصلات مزودة عن مسامير الفولاذ لاتقل مساحتها عن (4 مم) وسماكتها (2 مم).

وكذلك في حالة تأريض يجب أن تكون موصلاً إلى أقرب جمع أرضي لأنظمة تأريض أخرى مستقل.

الحماية من الصواعق :

كما لاحظنا سابقاً يكون ارتفاع البرج المعدني الناتج عن الصواعق في معظم الحالات مصدراً للخطر على عازل الاتصالات الكهربائية والدارات ، لذا توافرت بعض الوسائل للحماية ضد هذه الارتفاعات ومن هذه الوسائل استخدام قضبان الصواعق والأسلاك الأرضية ومانعات الصواعق وثقوب الحماية .

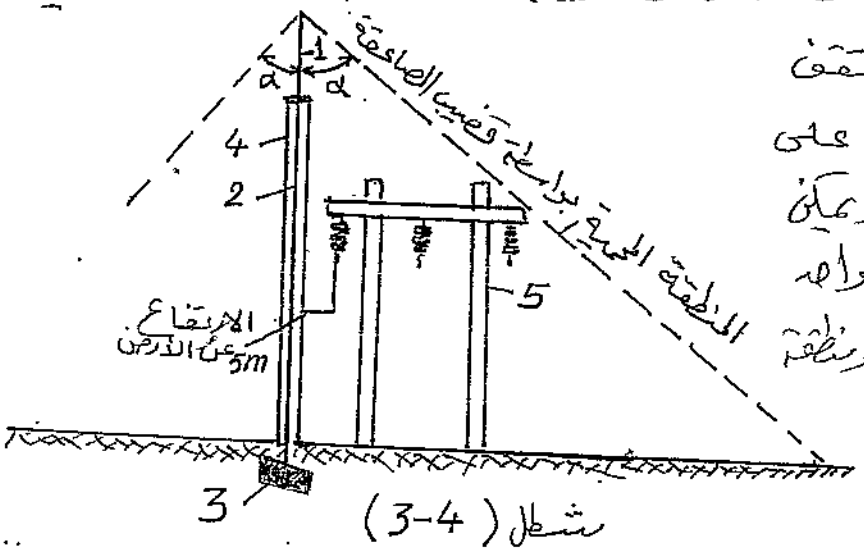
حيث تستخدم الوسيلتان الأولتيان لحماية الانشاءات الكهربائية ضد الضربات المباشرة للصواعق .

إن قضيب الصاعقة الذي يبينه الشكل (3-4) يتكون من قضيب تقريق (1) ، وصلة معدنية (2) ، مرجعية معدنية (3) ، مركزه سارية (4) ، بحيث تلتقي المركزة السارية الضربة المباشرة ، حتى توصل إلى الوصلة المعدنية الهابطة وبالتالي عن طريق الصفيحة المعدنية تبدد تيار الضربة الصاعقة إلى الأرض .

يقصد بالنظام الأرضي (القضيب الأرضي) ناقل معدني أو مجموعة من النواقل موضوعة بقرب مهتاف من التربة وذلك لتأمين تماس كهربائي مباشر مع الأرض (كما مر معنا) .

يجب أن تكون قضيب الصاعقة أعلى من الأهداف المراد به حمايتها ، ويجب أن يتم اختيار المجال المحمي بالقضيب ليشمل كل المعدات اللازم حمايتها ، ومجال الحماية لقضيب الصاعقة المفرد الواقف ذو الشكل المخروطي نصف زاوية رأسه (α) تتراوح قيمتها بين (40°-50°) وتسمى زاوية حماية الصاعقة .

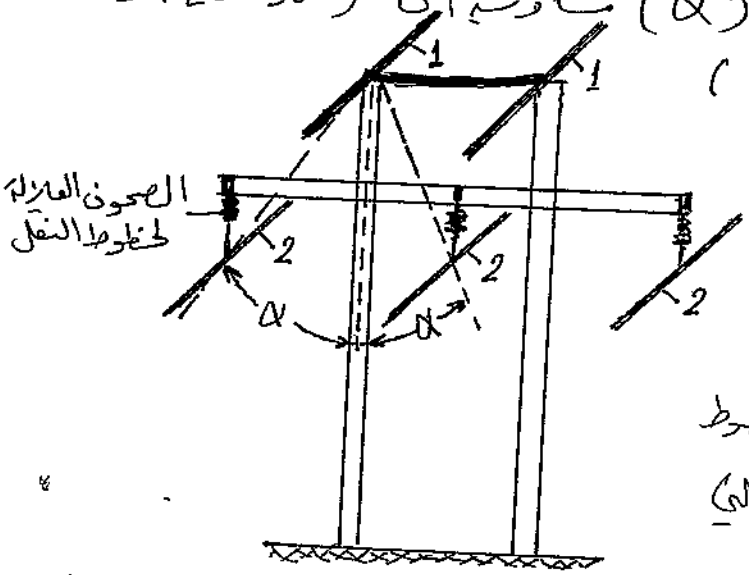
وتستخدم قضبان الصواعق بشكل واسع في محطات التوزيع في العراق وذلك من أجل جهود (35 KV) وأعلى ، وذلك للحماية ضد ضربات الصواعق ويمكن أن تصمم هذه المانعات لتقف على قوائم مرة أو أن تكون على منشأ قضبان جميع المحطة ، ويمكن أن يستخدم قضيب الصواعق واحد أو أكثر وذلك حسب نظام ونطاق الحماية المطلوبة .



شكل (3-4)

يمكن أن تنشأ قصبان الصواعق على طول خط النقل عندما تقترب هذه الخطوط من محطات التوزيع وعندما تكون مهمة التشغيل (35 KV) وأعلى، غير أنه هذا يمكن أن يستخدم فقط في حالة تعذر استخدام سلك أرضي للحماية.

أما السلك الأرضي فهو نوع من أنواع الحماية من الصواعق ويكون كذلك ناقلاً واحداً أو عدة نواقل، يبين ذلك الشكل (3-5)، ويوصل هذا الناقل جيداً بالأرض عند كل مرتكز ويمتد من مرتكز إلى مرتكز آخر فوق خطوط النقل (2) أما المستوى الذي يجب أن يركب فيه الخط الأرضي فيتخذ بالحسبان ويختار بحيث يكون خط النقل ضمن منطقة الحماية للخط الأرضي، ومن أجل حماية جيدة تؤخذ زاوية الحماية (α) مساوية إلى ($20^\circ - 30^\circ$) وهذه الزاوية مبينة بالشكل (3-5)



شكل (3-5)

تستخدم الأسلاك الأرضية لحماية خطوط النقل من الصدمات المباشرة عند جهود (110 KV) أو أكثر (حتى 750 KV)، وتركب الخطوط الأرضية فوق جميع خطوط النقل الخشبية أو في المناطق التي تكثر فيها الصواعق.

أما في خطوط النقل ذات المرتكزات الخشبية والتي تعمل عند جهود قدرها من (35-110KV) فيركب الخط الأرضي والتي تعمل عند جهود قدرها من (35-110KV) فيركب الخط الأرضي قرب محطات التوليد ومحطات التوزيع فقط، ولا تتخذ أية وسيلة أخرى للحماية من الصواعق في الأقسام الباقية من هذه الخطوط.

مانعات الصواعق:

هي معدات كهربائية تصمم لحماية عوازل خطوط النقل والمنشآت الكهربائية ضد الارتفاعات المفاجئة للجهد والناتجة عن الصواعق وذلك بتحويل هذه الارتفاعات إلى الأرض.

وتكون هذه المانعات عادة من نوعين:

أ- أنبوب طرد.

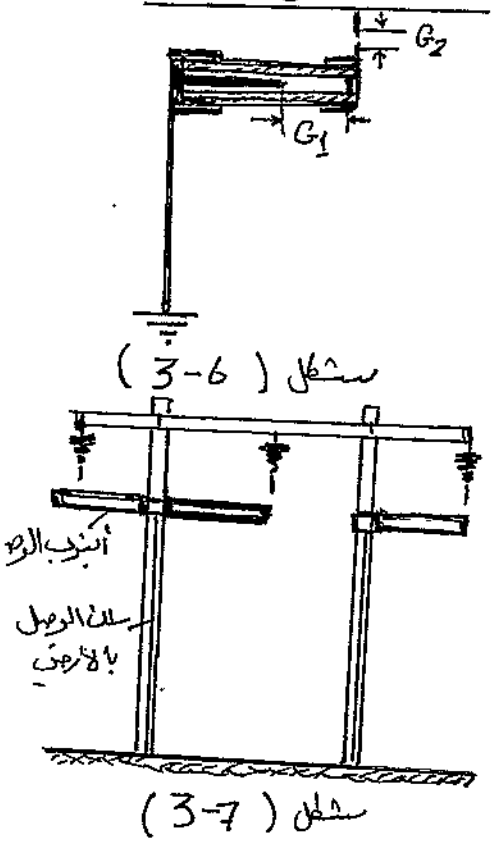
ب- صمام.

٢- مانعات الصواعق من نوع أنبوب الطرد:

هو مكون من قفويتين موصولتين على التسلسل إحداهما خارجية (هواء مفتوح) وهي الثغرة (G_2) وهذه الثغرة تعمل أيضاً كمانع تسلل قوي، أما الثغرة الداخلية (G_1) فهي داخل الأنبوب، ويوصل قطب العضيب في الأنبوب بالأرض، ويجب أن يوضع أنبوب الطرد بالداخل ثلاثة نواقل للأطوار الثلاثة. هذا ما يبينه الشكل (6-3) والشكل (7-3). فلو حدث قصر مطابق للجهد نتيجة الصاعقة، انتقل على طول ناقل الطرد ووصل النقطة المركب فيها أنبوب الطرد تتكسر الثغرتان (تتأين) المزودتان بالتسلل ويمر تيار التفريغ المطابق هذا إلى الأنبوب ثم إلى الناقل الأرضي، وبذا ينخفض الجهد المطابق، وعند انكسار ثغرات الأنبوب لطورين أو ثلاثة أطوار أو طور واحد يحدث قصر مطابق في الشبكة. يشكل هذا القصر (عن طريق وسيط) جاهزية التشغيل في دارات داخل صيادي سوارض. يشكل هذا القصر (عن طريق وسيط) جاهزية التشغيل في دارات داخل صيادي سوارض. يشكل قصراً مطابقاً في إدارة تيار قدرة، وهذا التيار يحب أن يمر عبر الأنبوب. ولعل أقواس بين ثغراتهم أو تؤدي الحرارة العالية للقوس في ثغرة الأنبوب إلى إعطاء كمية كبيرة من الغازات بسبب تحلل بعض مواد أنبوب الطرد، هذه الغازات تخرج على الأنبوب تحت ضغط (100-500) ضغط جوي، وبذا ينطفئ القوس، ويعود عازل الثغرة إلى وضعه الطبيعي بالنسبة للأرض. زمن إطفاء القوس يكون صغيراً جداً بالنسبة لزمن عمل دواجل الحماية مما يؤدي إلى نقاء الخط في حالة عمل والدواجل لا تستجيب لتلك الضربة الصاعقية.

إن هدف وجود الثغرة الهوائية الخارجية (G_2) هو عزل أنبوب الطرد عن الخط، وتؤدي عدم وجود الثغرة الخارجية إلى وضع أنبوب تحت جهد تيار مرور التشغيل للناقل، وهذا يسبب تيارات تسريبية على سطح الأنبوب تؤدي إلى إحداث أضرار فيه.

تعمل أنابيب الطرد هذه على جهود من (3 - 110 KV).

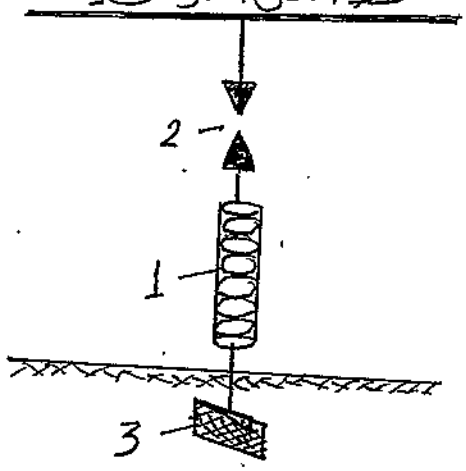


شكل (6-3)

شكل (7-3)

ب - مانعات الصواعق من نوع الصمام:

وهي قطعة من جهاز تتألف بصورة رئيسية من علبة تفرغ الشرار، ومقاوم متغير تعتمد مقاومته على مقدار الجهد المسلط عليه، والمادة المستخدمة في المقاوم هي الفيليت (Vilite) وسبب اختيار هذه المادة هو امكانية تغير مقاومته تبعاً للجهد المسلط عليه، فكلما زاد الجهد المسلط قلت المقاومة والعكس بالعكس.



شكل (3-8)

ومانعة الصواعق من هذا النوع تحتوي على عدد من العناصر شكل أفراص (1) موصلة بالتسلسل مع مجموعة من تفرغات الشرارة (2). وتوصل المانعة الى الخط الهوائي من جانب تفرغة الشرارة اما من الجانب الثاني فتوصل الى قطب أرضي (3) وتركب دارة الحماية بتوصيل مانعة في كل طور. شكل (3-8).

وعندما يصل جهد التعميل أثناء العمل إلى قيمة عالية بسبب التغير المفاجئ في الجهد تفرغ تفرغات الشرارة وتدفع التيار إلى الأرض من خلال التفرغات والمانعة مما يؤدي إلى هبوط الجهد، وبسبب انهيار التفرغ الشرارة في اللحظة الأولى في تسليط جهد عال على أقراص المانعة وترتبط بذلك مقاومتها مما يسمح بذلك سريان تيار كبير إلى الأرض وهبوط واضح فجائي في موجة الجهد المفاجئ، ويستخدم هذا النوع من المانعات في جميع الجهود التي تقل إلى (40) كيلوفولت كما تمثل هذه المانعة أحسن شكل يمكن الحماية ضد اضطرابات تغيرات الجهد المفاجئ. تنشأ هذه المانعات عادة في بيوت المفاتيح ومحطات التوزيع المرصلة إلى خطوط النقل الهوائية وغيرها.

تغيرات الحماية:

وهي أجهزة تشكل تغيرات هوائية يمكن أن تزاوج الصاعقة كهربائياً بالتوازي مع العازل الذي تقوم بحمايته، وتركب عادة على روابط العوازل المعلقة لخط النقل الهوائي وكذلك على مرتكزات عوازل الأجهزة وذلك لحمايتها ضد تغيرات الجهد المفاجئة، وتتكون

هذه الدائرة تعمل قضبان أو قرون أو حلقات ، فأحد قضبان الحلقة يوصل الى الجهد المنخفض في حين أن القضيب الثاني يوصل إلى الناقل الأرضي وتركب شرفة حماية على كل طرف.

تصمم شرفة الحماية بحيث يستطيع الجهد العالي أن يسير الشرفة الهوائية بين أقطابها والتفريغ في الأرض.

وهي أن شرفة الحماية لا تتضمن أجهزة لامتصاص الموس ففي معظم الحالات يتبع تيار التفريغ سريان لتيار الاستطاعة بسبب عمل دوائر الحماية وعضل الدارة من المنبع ، ويعتبر الأثر الأضيق بمثابة السبة الرئيسية المرافقة لاستخدام شرفات الحماية.

ونادراً ما تستخدم شرفات الحماية في خطوط النقل الهوائية، غير أن هذه الحماية يمكن استخدامها في خطوط النقل ذات الجهد (35KV) وأعلى. المركبة على أبراج حديدية والتي ليس لها خطوط أرضية هوائية. كما يمكن استخدامها في مقاطع خطوط النقل ذات الجهود (35 KV) وأعلى والتي تتقاطع مع خطوط ذات جهود أقل، حيث في هذه الحالة يجب أن تجهز خطوط النقل بإطفاء التام في إعادة الاغلاق الأوتوماتيكي.

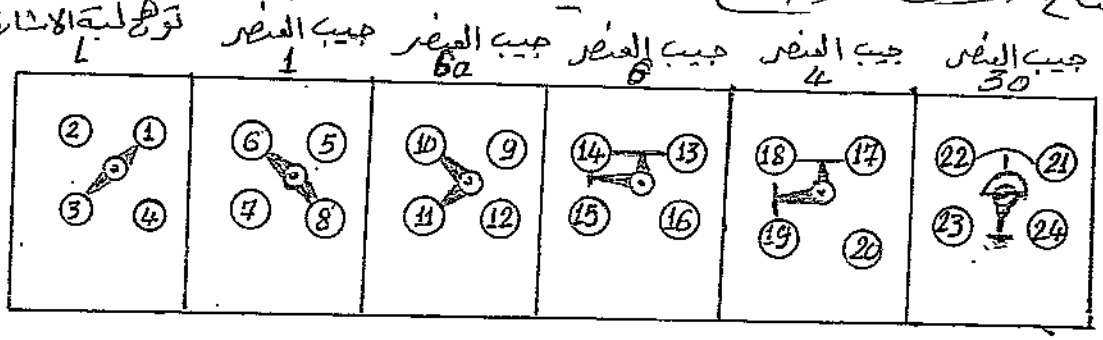
= . = . = . = . = . =

ملاحظة: سيتم ارفاق بعض المسائل على الحولات إضافة إلى بعض التقارير على زيارات للمعامل وطريقة تقديرها بالطاقة الكهربائية.

* التحكم عن بعد بقوابع الدارة:

يتم التحكم عن بعد (أي على بعد عدة مئات من الأمتار) بقوابع الدارة والموانل والكلامات والبادئات المغناطيسية والأجهزة الأخرى، ولإجراء التحكم من بعد، تغذى وصلة القاطع بآلية تشغيل ذات دارات فتح وإغلاق، يمكن إغلاقها لتغذى مع مفتاح تحكم. ويسمى إغلاق دارة التحكم بالأمر. والشخص الذي يقوم بعملية الإغلاق بالمشغّل والمكان الذي يرسل منه الأمر بمركز الأمر. ودارة التحكم هي توصيلات الدارة الكهربائية الواصلة بين مركز الأمر وآلية التشغيل، وتغذى دارات التحكم إما بالتيار المستمر من بطارية وحدة التوليد أو بالتيار المتناوب، وفي الوقت الحاضر تستخدم مفاتيح ذات قبضة من النوع الدوار، ويكون هذه المفاتيح ترتيبات وصل مختلفة بحيث تبقى بعض الكلامات مغلقة في الوضع الجديد بعد تدوير اليد في حين أن الكلامات الأخرى تعود ذاتياً بعدما ترجع القبضة إلى الوضع الأصلي، وتقوم الكلامات المجزئة في تشغيل دارات الإشارة في حين أن الكلامات الأخرى تبقى أمر الإغلاق والفتح.

تمل مفاتيح التحكم بمرحلتي دوران، فالدوران الأول يعمل لدرجة (90°) - من أجل وضع الإغلاق الأولي أو الفتح الأولي - ثم يعمل دوران ثاني بدرجة (45°) - لإغلاق أو فتح مكان الأمر - وبعد ذلك يعود المفتاح أوتوماتيكياً إلى الوضع الأولي (الإغلاق أو الفتح) المذكور، وبذلك يكون المفتاح ست أوضاع كما يبين الشكل (1-4).



شكل (1-4)

يبين الشكل (1-4) مجموعة من حزم العناصر المتاحة للتحكم في قواطع الدارة ففي وضع الفتح للتلامسات (على سبيل المثال) يكون لأحد الحزم تلامساته في الدارة مصباح اشارة ويكون بذلك عنصراً في دارة تحكم حيث تستخدم طية اشارة تدل على وضع قاطع الدارة.

أما الجدول (1-4) فيبين وضع التلامسات للمفتاح، وهي ستة أوضاع للمقبض، تكون فيه تلامسات كل عنصر إما مغلقة أو مفتوحة.

تغلق قواطع الدارة أو تفتح بواسطة وسيلة (كهربائية) أو مولد كهربائي أو آلية تشغيل بالهواء المضغوط.

إن آلة تشغيل ملفات القطع تحتاج إلى تيار قليل لتحرير الآلية (A 2-8) لذلك فإن أمر القطع يعطى بالاغلاق المباشر لدارة ملف القطع وذلك بتلامسات مفتاح التحكم. أما ملفات الاغلاق على وسيلة آلية الاغلاق فتحتاج إلى تيار كبير (35 -500A)، لذا فهي تعمل بأمر غير مباشر يعطى إلى تلامس إضافي حيث يعمل القاطع بمثل هذه الآلية. كما أنه بالنسبة لملفات الاغلاق العاملة بالهواء المضغوط لاحتاج آلية تشغيلها إلى تيار كبير ولذلك تعمل بالأمر المباشر.

نوع جيب العنصر (نوع المجموعة)		L		1		6a			6			4		30	
رقم أطراف الاتصال / وضعية المفتاح		1-3	2-4	5-7	6-8	10-11	9-12	9-10	13-14	16-13	14-15	17-20	18-19	23-21	24-22
مفتوح		X	—	—	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—
إغلاق ترتيدي		—	X	X	—	—	—	X	—	X	—	—	—	—	—
يقفل الأمر		—	X	—	—	—	X	—	—	X	—	X	—	X	—
مغلق		—	X	X	—	—	—	X	—	X	—	—	—	X	—
فتح ترتيدي		X	—	—	X	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—
يفتح الأمر		X	—	—	—	X	—	—	—	—	X	—	X	—	—

جدول (1-4)

* احتياجات دارات التحكم وطرق تركيب الدارة :

1- حيث أن قواطع الدارة تغلق وتفتح خلال جزء بسيط من الثانية لذا فإن ملفات أغلاقها وفتحها لا تحمل بالقدرة الدخلال وقت قصير جداً، فإذا لم يقطع التيار بسرعة فإن ذلك سيؤدي إلى سخونة زائدة وبالتالي إلى أحتراق العزل في أجزاء الشبكة.

2- يجب أن تجهز دارة التحكم بوسائل لتقطيع الأمر ديا فقط بل يجب أن تستطيع أن تقطع الأمر أوتوماتيكياً عن طريق زاجل حماية، وهذا العزم يوصل تلامس التأخير بالتوازي مع مفتاح التحكم المقابل.
وفي الحالات التي يجب أن يغلق فيها قاطع الدارة بتركيب تحكم أوتوماتيكي معين (كفصل أو إدخال أو إغلاق بعض الأجهزة) يجب أن توصل تلامس الزاجل التحكم الأوتوماتيكي بالتوازي مع تلامس مفتاح التحكم في الدارة المغلقة.

3- ولكي تقوم التلامسات المولية بفتح الدارات المغلقة والمفتوحة وتستطيع تحرير مفتاح التحكم وتلامسات الزاجل من الحمل القائم عند فتح ملف القاطع وملف الإغلاق، يجب أن ترتب آلية قاطع الدارة بحيث أن التلامس المولية تستطيع فتح الدارة تماماً قبل أن يتم الحمل المقابل أي قبل أن يحرر مفتاح التحكم وتلامس الزاجل قادرة على الفتح.

4- وحيث أن مفتاح التحكم لقاطع الدارة يكون مركباً على لوحة التحكم فإنه من أن قاطع الدارة يكون بعيداً عن المكان المناسب في الشبكة من الضروري أن يكرر هناك وسائل يبقي وضع قاطع الدارة عند أي لحظة ولأجل ذلك تستخدم لمبات إشارة

5- وللتمييز فيما إذا كان قاطع الدارة قد فتح بمفتاح التحكم، أو أوتوماتيكياً بزاجل الحماية يجب أن يكون هناك إشارة مرئية مميزة لتبين أنه وضع لأول مرة قد حصل على القاطع، في هذه الحالة تأخذ إشارة الطوارئ شكل لمبة بيان أخرى، أو أن تستخدم لمبة الفتح نفسها.

* وسائل الإستدلال في الإشارات الكهربائية:

تقسم وسائل الإشارة في الإشارات الكهربائية تبعاً للهدف إلى:

1- حالات الوضع.
2- الإنذار الاضطراري.
3- الإنذار.
4- الأمر.