المعلومات الأساسية لخطـــوط النقــل الهوائية

Basic information for over head transmission lines

إعداد م / أحمد عبد العزيز صبيح

خطوط النقل الهوائية

Over head transmission lines

مقدمه

: يعتبر نقل الطاقة الكهربية من محطات التوليد الي المستهلك هو الهدف الأساسي من انشاء خطوط النقل كما يجب المحافظة علي قيمة الجهد الكهربي عند النقط المختلفة في حدود معينة . و تختص خطوط النقل الكهربي بأربعة ثوابت هي: المقاومة – المفاعلة – السعة – التوصيلية . و في العادة تهمل التوصيلية لصغر قيمتها.

و تقسم خطوط نقل القوي الكهربية طبقا لأطوالها إلي المجموعات التالية:

- خطوط قصيرة و يقل طولها عن 80 كيلومتر
- خطوط متوسطة الطول و يتراوح طولها ما بين 80 إلي 240 كيلومتر
- خطوط طويلة و يزيد طولها عن 240 كيلومتر.

و تختلف كل مجموعة عن الأخرى في طريقة تمثيل الثوابت و أخذها في الاعتبار أو إهمالها. و قد وجد أن دقة النتائج مقبولة في كل حالة مع البساطة في الحسابات. و في هذا المجال تهمل السعة في المجموعة الأولي و تؤخذ في الاعتبار كقيمة مركزة عند نقطة معينة في المجموعة الثانية ، أما في المجموعة الثالثة فيلزم اعتبار توزيع السعة علي طول الخط حيث ترتفع قيمة التيار السعوي علي الخط لزيادة الطول.

وتتكون منظومة القوى الكهربائيه في جميع دول العالم من الآتي:

1. التوليـــد Generation
2. خطوط النقل Transmission lines
3. الأحمـــال Loads

وسوف نتعرف في هذه الدراسة على جزء مهم من هذه المنظومة وهو مكونات خطوط النقل الهوائية الرئيسية وطرق الصيانة المختلفة والظواهر التي تتعرض لها الخطوط.

مكونات الخطوط الهوائية:

1. الأبراج Towers
2. العوازل Insulators
3. الموصلات Conductors
4. الإكسسوارات Accessories

1 – الأبـــــراج TOWERS

(1 – 1) يتم تصميم الأبراج الكهربائيه تبعا لوظيفة البرج و مسار الخط الهوائي

العوامل التي تؤثر في تصميم الأبراج الكهربية:

1. الجهد الكهربي المستخدم.
2. عدد الدوائر التي يحملها البرج.
3. العوامل الميكانيكية التي يتعرض لها الخط (رياح – ثلوج.....) .
4. أقطار الموصلات والمسافة بينها.
5. المسافة بين الأبراج.

(1 – 2) أنواع الأبراج المستخدمة

1. أبراج التعليق (Suspension towers) وتشكل هذه الأبراج 80 % من اجمالى عدد الأبراج في الخط وتستخدم في تحميل الموصلات .
2. أبرج الشد (tension towers) وفائدتها تحمل الشد في الخط.
3. أبرج التباديل (transposition towers) وعليها يتم تبادل الأوجه لكى يحدث تعادل للسعه والمحاثه على كل الأوجه بطول الخط.

Eng Ahmed Sobih

4. أبراج الزاوية (angle towers) وفائدتها تغيير مسار الخط .
5. أبراج عبور (crossing towers) تستخدم هذه الأبراج عند عبور الأنهار والسكك الحديدية أو الخطوط الأقل جهد .
6. أبراج بداية و نهاية (terminal towers) وهى أبراج شد وفائدتها تحمل الشد في بداية الشد من جهة واحده .

****

2- العوازل الكهربية Electrical insulators

مقدمه : تعتبر العازلات الكهربية هي أحد أهم المكونات الرئيسية في خطوط وشبكات نقل الطاقة وهى أحد العوامل المؤثرة على تكاليف خط نقل الطاقة وكذلك تكاليف التشغيل والصيانة.
وتتعرض العازلات للإجهادات الكهربية بسبب جهود التشغيل وكذلك موجه الدفع الكهربية الناتجة عن العواصف الرعدية والجهود الزائدة بسبب عمليات الفصل والتوصيل وقد أوضحت الدراسات أن 80 % من الأعطال في خطوط النقل تكون بسبب عدم مقدره العازلات على تحمل الجهود التشغيلية العادية تحت ظروف التلوث.

(2 – 1) المتطلبات الرئيسية للعوازل الكهربية:

1. المتانة الميكانيكية لتحمل أكبر الإجهادات ألمتوقعه.
2. جوده العزل تحت أسوأ الظروف.
3. خاليه تماما من الشوائب و الشروخ وغير مسامية.
4. لا تتأثر بتغير درجه الحرارة المحيطة.
5. مقاومه للانهيار الداخلي puncture والانهيار السطحي الكهربي .flashover

(2 – 2) العوامل الرئسيه في ظاهره تلوث العازلات

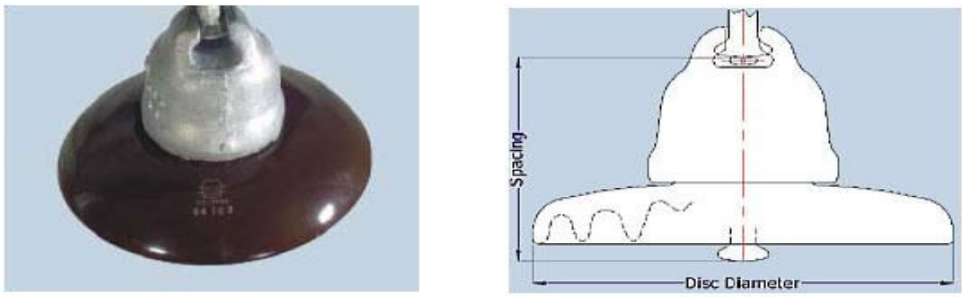
تنشأ مشكله تلوث العازلات بسببين
- تراكم مواد التلوث العالقة في الجو على سطح العازل.
- ترطيب طبقه التلوث.

يعتبر هذا السبب هو المؤثر الذي يجعل سطح العازل موصلا conductivity surface وهو أول خطوه لحدوث الوميض السطحي .

(2 – 3) أنواع العوازل المستخدمة

يتم تصنيف العوازل بطريقتين:
(2 – 3 – 1) أولا من حيث الشكل التصميمي
1. نوع الطاقية والمسمار Cap & Pin

ويصنع هذا النوع من البورسلين أو الزجاج كما بالشكل رقم 1)



وحدة عازل تعليق لخطوط النقل الكهربائي

شكل رقم(1)

Eng Ahmed Sobhi

2. نوع الساق الطويلة Long rod

ويصنع من البور سلين أوالمطاط السيلكونى وتجد علامة مميزه على كل عازل توضح اسم المصنع أو العلامة التجارية وسنه الصنع وهو مطبوع وليس محفور.

(2 – 3 – 2) ثانيا من حيث الوظيفة

1. عوازل التعليق Suspension insulators

وهى إما مفرده أو مزدوجة أو شكل حرف Aأو شكل حرف U.

2. عوازل الشـــد Tension insulators

وهى إما شد مفرده أو مزدوجة.

3. عوازل ازاحه Displacement insulators

وتستخدم لإزاحة الموصل بعيدا عن جسم البرج وهذا يكون في شد الإزاحة.

(2 – 4) توزيع الجهد على سلسة العازل

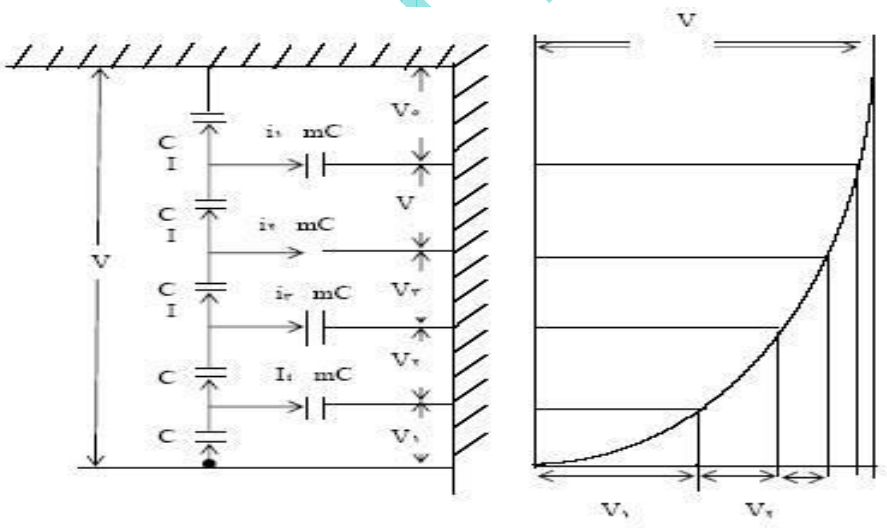
بالنظر إلى الشكل رقم (2) و باعتبار

$\omega = 2 \pi f c$ ω : حاصل ضرب التردد × ضعف ألنسبه التقريبية

C : السعه الذاتية للطبق

Xc: المواسعه المتبادلة بين الطبق وجسم البرج

m : النسبة بين المواسعه المتبادلة والمواسعه الذاتية للطبق



توزيع الجهود على وحدات سلسلة العوازل

شكل رقم (2)

$I_1 = V_1 . \omega.C$

$I_1 = m.V_1 \ \omega.C$

$I_2 = I_1 + I_2$

$I_2 = V_2 . \omega .C = V_1 . \omega.C + m .V_1 \ \omega.C$

$V_2 . \omega.C = \omega.C.V1 \ (1 + m)$

$V_2 = V1 \ (1 + m)$ ---------- (1)

$V_3 = V_1 \ (1 +3m + m^2)$ ---------- (2)

$V_4 = V_1 \ (1 +6m + 5m^2 + m^3)$ ---------- (3)

$V5 = V_1(1 +10m +15m^2 +7m^3 +m^4)$ ---------- (4)

وبالجمع

$V = V_1 + V_2 +V_3 + V_4 + V_5$

$V = V_1 (5 +20m + 21m^2 +8m^3 +m^4)$ ---------- (5)

من خلال هذه المعادلات يتضح أن الطبق المتصل بالموصل عليه جهد أعلى من الجهد على الطبق الذي بلية وهكذا يقل الجهد على الأطباق حتى يصل للصفر عند ذراع البرج وباستمرار هذه الظاهرة تقل كفاءة السلسلة حيث أن: كفاءة السلسلة (ή) = جهد الخط / (قيمة الجهد على الطبق المجاور ×عدد أطباق السلسلة)

(2 – 4 – 1) طرق زيادة كفاءة السلسلة :

1. تقليل قيمة m :

وبالنظر إلى المعادلات نلاحظ أنه كلما اقتربت قيمة m من الصفر فإن الجهد على وحدات العازلات يتساوى تقريبا و للوصول إلى هذه القيمة فإنه يجب زيادة طول زراع البرج لكن هناك حدود تصميمية لزيادة طول ذراع البرج لذلك فإن هذه الطريقة غير عمليه .

2. بتدرج العوازل:

إذا قمنا بتدرج في قيم السعة المتبادلة للعوازل بحيث تكون الوحدة العليا في سلسلة العازل أقل سعه و الوحدة السفلى اكبر سعه فإننا يمكن أن نساوى الجهود على وحدات السلسلة ولكن هناك صعوبات كبيرة للحصول على مثل هذه الوحدات والتي لها سعات بهذه النسبة لهذا فإن هذا الحل صعب التطبيق.

3. استخدام حلقة حماية Guard ring :

وهى حلقة معدنية لها قطر كبير توصل بخط النقل وتحيط بالوحدة السفلى من سلسلة العازل وهذه الحلقة تزيد سعه المكثفات بين الروابط المعدنية بالسلسة والخط الكهربي وهذا الحل هو أكثر الحلول العملية التي تستخدم .

مثال : خط نقل كهربي جهد الخط 66 K.v محمول بسلسلة عازل مكونه من 5 وحدات معلقه ~ النسبة بين سعه كل عازل إلى السعه للأرض 25. احسب الجهد عبر كل وحدة وكفاءة السلسة .

الحل : بالتعويض عز الجهد $V = 66 / \sqrt{3} = 38.11$ K.v

والتعويض في المعادلة رقم (5) نجد أن $V_1 = 3.33$ K.v

وبالتعويض في المعادلات رقم (1) ، (2) ، (3) ، (4) نجد أن

$V_2 = 4.16$ Kv ; $V_3 = 6.04$ Kv ; $V_4 = 9.42$ Kv ; $V5 = 15.2$ Kv

$\acute{H} = 38.11 \times 100 / (15.2 \times 5) = 50.4$ %

من خلال هذا المثال يتضح دور حلقات الحماية في الوصول إلي أقصى استفادة من وحدات العازل.

(2 – 5) ميكانيكية حدوث الوميض السطحي للعوازل الكهربية

نتيجة ترسيب المواد الملوثة والتي غالبا تحتوى على أملاح ذائبة فإنه يتم ترطيب العازل بتأثير الضباب –الرطوبة – الندى وتتكون طبقه موصله على سطح العازل تسمح بمرور تيار تسرب leakage current عبرها ويعتمد قيمه هذا التيار على موصليه هذه الطبقة ويقوم هذا التيار بتسخين بعض أجزاء سطح العازل وتتكون ما يسمى بالمناطق الجافة dry zones ونتيجة موصليه الطبقة الملوثة وقيمه التيار وظروف الترطيب وشكل العازل تزداد المناطق الجافة على سطح العازل وتزداد مقاومتها مع الوقت وقد يحدث نتيجة لذلك أقواس كهربيه جزئيه partial arcs على هذه المناطق وبالتالي زيادة قيمه تيار التسرب على باقي الأجزاء الأخرى مما يؤدى إلى تسخين مناطق أخرى وتتكون مناطق جافه أخرى ومن ثَمَ أقواس كهربيه وإذا ما وصل قيمه تيار التسرب إلى القيمة الحرجة critical leakage current وامتد القوس الجزئي إلى مسافة حرجه فإنه يتكون قوس كهربي كامل بامتداد العازل complete flashover هذا القوس يعتمد على

- درجه التلوث.
- توزيع التلوث على سطح العازل.
- شكل العازل.
- معدل وزمن الترطيب لسطح العازل.

(2 – 6) أنواع التلوث.

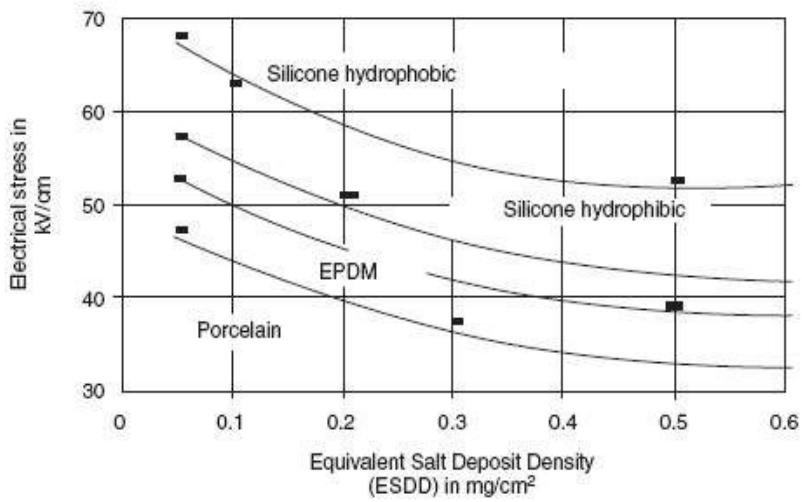
Eng Ahmed Sobih

1. التلوث الملحي: يحدث في المناطق الساحلية نتيجة تطاير رذاذ المياه المالحة من البحار وهو من الأنواع الخطرة.
2. التلوث الصناعي: يحدث نتيجة تطاير المخلفات والعوادم والغارات التي تصدر من المنشآت الصناعية وكذلك أتربه المحاجر والمناجم.
3. التلوث الزراعي: يحدث فلا المناطق الزراعية نتيجة تراكم الأتربة وذرات المخلفات الزراعية طبقا لنوع المحاصيل المزروعة وحجم المخلفات.
4. التلوث الصحراوي
5. التلوث المختلط: هذا النوع هو النوع الشائع ويتكون من نوع أو أكثر من أنوع التلوث.

(2 – 7) طرق وقياس شده التلوث

يعتبر الوزن النوعي للأملاح الذائبة (Equivalent salt deposit density ESDD) وللأملاح الغير قابله للذوبان (Non-soluble deposit density NSDD) من أهم العناصر التي تبين درجه التلوث على سطح العازل ولقياس شده يتم إتباع اللآتى :

1. يتم تركيب عازلات اختبار على الخط الحقيقي في شكل عينه مكونه من 8 أطباق وذلك بمواقع مختلفة من الخط و كذلك مواقع مختلفة التلوث.
2. بعد تعرض العينات لفترة زمنيه محدده يتم نقل العينات إلى معامل الاختبار.
3. يتم ازاله كميه التلوث المتراكمة على أسطح العازل أو النماذج وإذابتها في كميه محدده من الماء المقطر (لتر واحد) ويقاس موصليه المحلول Conductivity ويتم تسجيلها ودرجه الحرارة عند القياس ثم يتم حساب الموصلية عند درجه 20°م وتؤخذ الموصلية على أنها مؤشر لشده التلوث.
4. يتم قياس المكافىء الملحى للمواد الملوثة على سطح العازل Equivalent Nacl / cm^2 وتجد أجهزه للقياس المباشر للمكافىء الملحي Pollution monitors
5. قياس الموصلية لسطح العازل.
6. قياس تيار التسرب تحت الجهد التشغيلي.
7. من خلال الشكل رقم (3) يتم تحديد جهد التحمل الكهربي للعازل Withstand voltage .



شكل رقم (3)

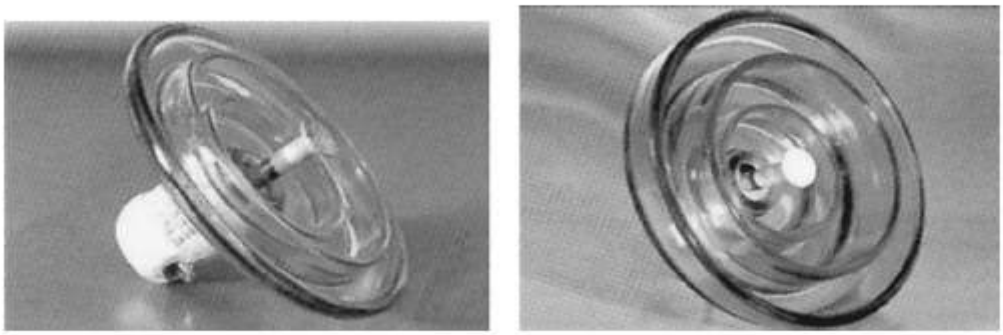
(2 – 8) الطرق الوقائية لمواجهه مشكله التلوث

تعتمد الطريقة المثلي لمواجهة تلوث العازلات علي استخدام سلاسل العازلات ذات مسار التسرب المناسب Leakage distance وكذلك اختيار شكل العازل المناسب لدرجات التلوث وتصنف طرق مواجهة التلوث إلي ثلاث أنواع :

أولا:طرق تعتمد علي إجراء تعديل في التصميم

1 - استخدام عازلات مضادة للضباب Anti Fog : غير أن هذا النوع يسمح بتراكم التلوث داخل تجاويف العازل ويصعب تنظيفه ذاتيا (بالهواء والرياح)أو يدويا.

Eng Hassan



Standard and fog-type insulators.

2- استخدام عازلات مغطاة بطبقه شبه موصله Semi-conducting glse

وتعتمد هذه الطريقة علي رفع درجة حرارة سطح العازل عن طريق مرور تيار صغير خلال الطبقة الشبه موصلة يمنع ترطيب طبقة التلوث وتظل جافه وبالتالي عدم تكون طبقة ذات موصلية عالية غير أن مرور تيار التسرب خلال هذه الطبقة باستمرار يمثل فقداً في الطاقة بالإضافة إلي إمكانية تآكل هذه الطبقة مما يؤدى إلي حدوث انهيار حراري.

3 - استخدام العازلات المطاطية:

تمتاز هذه العازلات بخاصية عدم السماح بتجميع قطرات المياه وعدم السماح بتكون مسار مستمر لمرور تيار التسرب خلال طبقة التلوث كما يمتاز بأن معدلات تجميع وتراكم مواد التلوث على سطحها تعتبر قليلة مقارنة بعوازل الزجاج والبورسلين بالإضافة إلي أنها خفيفة الوزن وسهلة التركيب غير أن هناك عدد من المشاكل المرتبطة بها منها تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من أشعه الشمس وانخفاض أدائها وتناقص عمرها التشغيلي وارتفاع أسعارها.

4 – زيادة مسار التسرب لسلاسل العازلات: وذلك عن طريق زيادة وحدات العازلات وهذه الزيادة محكومه بالمسافة العازلة بين الموصل والبرج وفى أحوال أخرى يتم زيادة مسار التسرب عن طريق تغيير شكل السلسلة واستخدام سلاسل علي شكل حرف V .

ثانيا: طرق تعتمد علي استخدام وسائل تقليل درجه التلوث ويشمل هذا النوع:

1- صيانة بدون جهد * يدويا

* استخدام مياه بدون ضغط أو تحت ضغط.

2 – صيانة تحت الجهد *استخدام فرش النظافة تحت الجهد .

* استخدام مياه بضغط معين ومقاومه نوعية اكبر من 1300 أوم. سم وعلى مسافات محددة من العازل .

3 – تغطيه سطح العازلات بطبقه من الشحم السيلكونى

ويوضح الجدول التالي العدد القياسي لعدد الأطباق من نوع العوازل (Cap &Pin)التي يمكن تركيبها في منطقة ما تبعا لدرجه التلوث

الجهد (K.v)	مستـــــوى التلـــــــــوث		
	عادى	متوسط	شديد
66	6	7	9
132	8	9	11
220	14	16	19
500	32	37	44

(2 – 9) طرق الصيانة تحت الجهد

Eng Ahmed Soy

(2 – 9 – 1) الصيانة الخفيفة تحت الجهد

هي أسلوب عمل لإجراء نظافة للعازلات في وجود الجهد الكهربي باستخدام فرشاة النظافة تحت الجهد والعصيان المعزولة وللتعرف عليه يلزم معرفة التعاريف الاتية :

منطقة عمل رجل الخطوط Line man ´s evolution area

هي الحجم الذي يشغله رجل الخطوط بتحركاته العادية عند قيامة بالعمل تحت الجهد.

المسافة الأساسية Basic distance وهى تنقسم إلي :

المسافة الأساسية حول الأجزاء الحية مع خمود زيادة الجهد t

المسافة الأساسية حول سلاسل العوازل والمحطات c

قيمة الجهد	66 Kv	132 Kv	220 Kv
t cm	30	70	110
c cm	20	50	70

مسافة الحماية (g) Guard distance

تعرف بمسافة الحماية وتضاف هذه المسافة إلي المسافات الأساسية لتحرير رجل الخطوط من القلق الدائم لاحترام المسافات الأساسية وهى تقريبا حوالى 50 سم.

مسافة العمل

هي أقل مسافة للاقتراب في الهواء بين رجل الخطوط والجزاء المختلفة ذات الجهد المحدد وهى تساوى مسافة العمل مضافا إليها مسافة العمل.

- مسافة العمل حول سلاسل العازلات c + g
- مسافة العمل حول الأجزاء الحية t + g

قيمة الجهد	66 Kv	132 Kv	220 Kv
t + g cm	80	120	160
c + g cm	70	100	120

نظام العمل الخاص Special Operation Mode S.O.M

1. فصل أجهزة التوصيل التلقائي من كلا منطقتي العمل
2. إذا حدث فصل فانه ممنوع إعادة التوصيل إلا بإذن من مشرف العمل

(2 – 9 – 2) غسيل العازلات تحت الجهد

لإجراء وتنفيذ عملية غسيل العازلات تحت الجهد بأمان تام فانه يلزم تنفيذ القواعد الآتية:

1 . تيار التسرب

هو التيار الذي يمر عادة في العناصر الغير موصله وحد الأمان لتيار التسرب هو 9 m A : 8 وفى الغسيل تحت الجهد لا يجب أن يتعدى تيار التسرب 2 m A

العوامل التي تؤثر على تيار التسرب

- المسافة بين الموصل والفونية
- مقاومة الماء المستخدم – ضغط الماء – قطر الفونية

2 . مسافات العمل

تقل قيمة تيار التسرب بزيادة تلك المسافة

جهد الخط Kv	اقل مسافة بين الفونية والموصل (م)	ضغط الماء على المضخة (بار)	قطر الفونية (مم)
66 K v	2.74	27	6.34 = ¼ inch
132 K v	3.96	27	6.34 = ¼ inch
220 K v	4.57	27	6.34 = ¼ inch

3 . مقاومة المياه المستخدمة

يجب أن تكون مقاومة المياه اكبر من 1300 اوم سم ويتم قياسها قبل الاستخدام

4 . قطر الفونية

زيادة قطر الفونية عن القيم المذكورة بالجدول يؤدى إلى تغيير قيم العوامل المؤثرة

Eng Ahmed Soliman

5 . معدل تصريف المياه
تعتمد كمية الماء المستخدم علي قيمة ضغط الطلمبة وكذلك قطر الفونية
6 . تأثير الرياح
عند غسيل العازلات تحت الجهد يجب ألا تزيد سرعة الرياح عن القيم الآتية:
10 م / ث لأبراج التعليق
8 م / ث لأبراج الشد العادية والزاوية حتى 20º
6 م / ث لأبراج الشد الزاوية من 20º حتى 45º
4 م / ث لأبراج الشد الزاوية اكبر من 45º

****

3 - الموصلات Conductors

مقدمه : يعتبر استخدام الكهرباء من أهم العناصر المؤثرة في النواحي الحياتية والاقتصادية منذ اختراعها ،وقد انشأ أول خط نقل طاقه كهربيه في ألمانيا سنه 1884 بطول 59 كم وكان ينقل الطاقة بالتيار المستمر (D.C) وفي عام 1886 تم عمل أول منظومة لنقل الطاقة بالتيار المتغير (A.C) تستخدم المحولات في الولايات المتحدة ثم في عام 1891 تم إنشاء أول خط ثلاثي الأوجه (3 phase A.C) في ألمانيا وحينها كانت أسلاك النحاس هي المستخدمة في النقل والتوزيع وفى عام 1895 استخدمت أسلاك الألمنيوم (ACC)لأول مرة في أمريكا وفرنسا وفى عام 1908 ظهرت أسلاك (ACSR) واستمر التطور في مجال الكهرباء حتى يومنا هذا وفى هذه الدراسة سوف نتناول شرح عن الموصلات المستخدمة في خطوط النقل في ج.م.ع والتي يحتاجها معظم العاملين في هذا المجال .

تعريف بالموصلات وأنواعها

(3 – 1) الموصلات النحاس Copper conductors

وهى مختلفة الأحجام والاستخدامات فأكثر اللألات والمحولات وموصلات التأسيس الداخلية من النحاس وحجم هذه الموصلات تعتمد علي التحميل والتي تحدد مساحه المقطع العرضي للموصل وعدد الجدايل التي تؤلف الموصل.
ويمتاز النحاس بخاصية توصيلة ممتازة وقدرتة علي نقل تيار عالي نسبيا بسبب خصائصه الحرارية الجيدة ودرجة انصهارة العالية ومتانته وقوه شده العالية جدا (تقريبا ضعف الألمنيوم) مع المرونة العالية ومقاومه التآكل ومعامل تمدد قليل لكـــنه ثقيل الوزن – غالى الثمن لذلك بدأ الاتجاه العالمي إلى الألمنيوم.

(3 – 2) الموصلات الألمنيوم Aluminum conductors

وتنقسم إلي نوعين من حيث الشكل

1. الأسلاك الدائرية Circular wires
وتكون الجدايل المكونة له ذلت مقطع دائري
2. الأسلاك ذات مقطع شبه منحرف Trapezoidal wires
وتكون الجدايل المكونة له ذات مقطع شبه منحرف

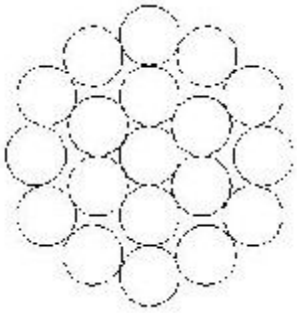
CIRCULAR WIRES

AAC : **A**ll **A**luminum **C**onductors
AAAC : **A**ll **A**luminum **A**lloy **C**onductor
ACSR : **A**luminum **C**onductor **S**teel **R**einfoced

وتوجد أنواع أخرى غير هذه الموصلات غير أن استخدمتها تكون في ظروف معينه لذلك سوف نركز في هذه الدراسة علي هذه الأنواع لأنها الأكثر شيوعا في خطوط النقل.

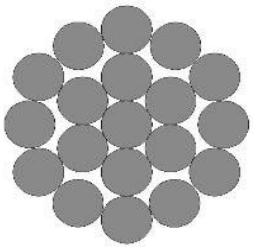
Eng Ahmed Sobh

AAC : All Aluminum Conductor (1 – 2 – 3)

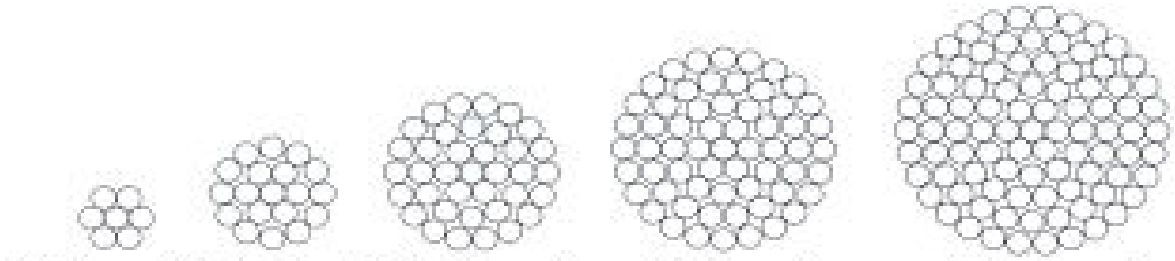


تتكون الجدايل من ألومونيوم عالي النقاوة (99.95 ≈ 99.95- %) وتسمى سبيكة Aluminum – H19 ويمتاز بخاصية توصيليه جيده مقارنه بوزنه (62.5 % من توصيلية النحاس)ومقاومته للتآكل جيده وقوته ومتانته متوسطه لذلك يستخدم في المسافات القليلة بين الأعمدة (short spans)وهو أرخص الأنواع

AAAC : All Aluminum Alloy Conductor (1 – 2 – 3)

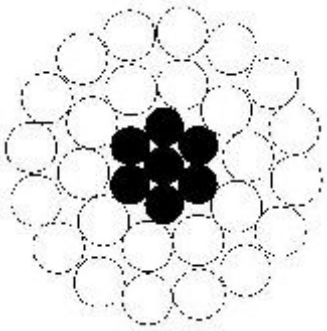


تتكون من سبيكة الومنيوم متجانسة تسمى 6201 T81 Aluminum Alloy مركبة من الألمنيوم والمغنسيوم والسيلكون ومعالجة حراريا وتمتاز بخاصية توصيلية لا بأس بها (52.5 % من توصيلية النحاس) وهو أقل من النوع الأول ولكنه يمتاز بمتانة وقوة شده مقارنة بوزنه ومقاومه للتآكل ممتازة لذلك يستخدم في البيئات التي يزداد بها معدل التآكل ويوضح الشكل (4) التالي النماذج القياسية لهذا النوع من الموصلات



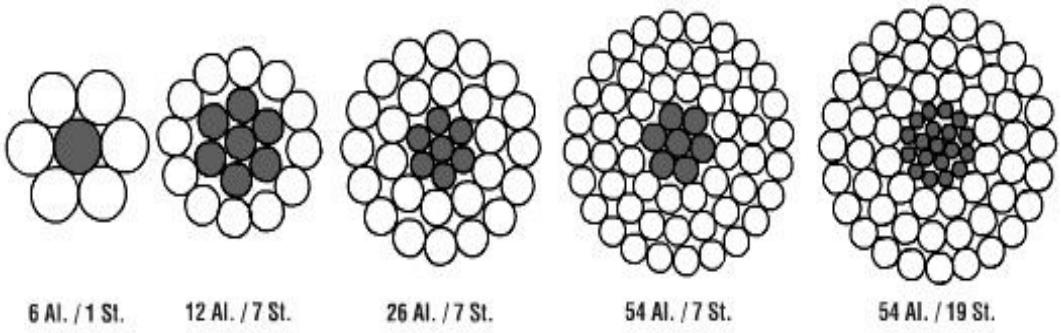
شكل رقم (4)

ACSR : Aluminum Conductor Steel Reinfoced (2 – 2 – 3)



تتكون الجدايل الخارجية من الألمنيوم عالي النقاوة AAC بينما تكون الجدايل الداخلية من الصلب (Steel) لتقوية وتدعيم الموصل ويشكل الحديد من 11% : 18 % من الوزن الكلى ويمتاز بتوصيلية العالية وقدرتة على نقل تيار أعلى أما متانتة وقوة شدة فتعتبر عالية مقارنة بوزنة ويمتاز بخاصية ارتخاء (Sag)قليلة لذلك هو النوع الأكثر شيوعا في الاستخدام .

ويوضح الشكل رقم (5) نماذج من الأشكال القياسية لموصل الألمنيوم المقوي بالصلب



شكـــــل رقم (5)

ويوضح الجدول الآتي مقاره بين النحاس والألمنيوم وسبيكة الألمنيوم

Alloy	Aluminum	Copper	الوحدة	الخصائص
2.7	2.7	8.9	Kg/dm^3	الكثافة
310	80 :180	240:450	N/mm^2	قوة الشد
3	2 : 35	1 : 35	%	الإستطالة
70	70	120	KN /mm	معامل المرونة
658	658	1083	C^o	درجة الإنصهار
.0036	.004	.0039	$1/C^o$	معامل التمدد الحراري لزيادة المقاومة +20 C^o
53	62 : 63	97 :100	%	التوصيلية عند 20 C^o
.0328	.02857	.01786	Mm^2/m	المقاومة للمقطع العرضي عند 20 C^o Ω

من خلال هذا الجدول نستنتج الآتي:

1 * عند المقارنة بين موصل نحاس وآخر الومنيوم بنفس الحجم (مساحه المقطع العرضى) وبنفس الطول

الوزن $W_{AL} = .3\ W_{CU}$

التوصيلية $\delta_{al} = .625\ \delta_{cu}$

التيار $I_{AL} = .8\ I_{CU}$

2 * عند المقارنة بينهما لهما نفس التوصيلية وبنفس الطول

الوزن $W_{AL} = 049\ W_{CU}$

مساحة المقطع العرضي $A_{AL} = 1.61\ A_{CU}$

قطر الموصل $D_{AL} = 1.3\ D_{CU}$

معلومة: المعيار العالمي للنحاس المسحوب

IACS : International Annealed Copper Standard

هو قيمة التوصيلية الكهربية لغرض المقارنة بين مختلف المواد نسبة إلى النحاس

- النحاس المسحوب تكون له توصيلية تساوى 100 %
- الألمنيوم النقي له توصيلية 62 :63 %

Eng Ahmed Sobih

(3 – 3) الحسابات الكهربية:

(3 – 3 – 1) حساب قيمة مقاومة الموصل

$$R = \rho L / A \quad \Omega$$

Where ρ: Resistivity of conductor Ω.m
L: Length of conductor m
A: Actual conductor area m^2

And $\rho = 2.826 \times 10^{-8}$ Ω.m for Aluminum

$\rho = 3.2 \times 10^{-8}$ Ω.m for Alloy

وهذه المعادلة تكون صحيحه إذا كان الموصل يتكون من جديلة واحده sold conductor أما في حالة الموصلات الهوائية فإن الموصل يتكون من مجموعة جدا يل لذلك يلزم استخدام معاملات تصحيح لحساب المقاومة بدقة وليجاد قيمه المقاومة لمسافة كيلومتر نأخذ L = 1 Km فتكون المعادلة هي

$$R = (\rho \times 1 / A) . \quad \Omega / Km$$

$$R = 4\rho / (n \pi d^2) \quad \Omega / Km$$

Where n : number of strands in conductor
d : diameter of each conductor

ومن المعلوم بأنه بزيادة درجة الحرارة تزداد المقاومة وبمعرفة قيمة المقاومة عند 20 Cº يمكن حساب المقاومة

$$R_{tc} = R_{20} (1 + \acute{\alpha}_{20} (Tc - 20)) \quad \Omega$$

Rtc هى المقاومة عند درجة حرارة معينه
R20 هى المقاومة عند 20 Cº

$\acute{\alpha}_{20} = 0.00404$ for aluminum

$\acute{\alpha}_{20} = 0.00347$ for aluminum alloy

ووفقا للظاهرة القشرية يتم أخذ $\acute{\alpha}$ للموصلات ACSR مثل الألمنيوم
وتوضح الجداول الآتية قيم الأبعاد والمقاومات والتحمل الميكانيكي للموصلات المستخدمة في ج.م.ع وفقا للمواصفاتالقياسية الألمانية (DIN)

Conductor size mm^2	Alloy area mm^2	Number of wires	Diameter of wires mm	Overall diameter mm	Linear Wight Kg/Km	Rated strength daN	R_{dc} at 20 Cº Ω / KM
240	242.54	61	2.25	20.3	670	6774	0.1383
400	400.14	61	2.89	26.0	1104	11176	0.08380
500	499.83	61	3.25	29.1	1379	1390	0.06709

↑ المواصفات القياسية للموصلات من نوع AAAC

Conductor size mm^2	Alloy area mm^2	Number of wires	Diameter of wires mm	Overall diameter mm	Linear Wight Kg/Km	Rated strength daN	R_{dc} at 20 Cº Ω / KM
240	242.54	61	2.25	20.2	670	4010	0.1191
400	400.14	61	2.89	26.0	1105	6190	0.07221
500	499.83	61	3.25	29.1	1381	7600	0.05781

↑ المواصفات القياسية للموصلات من نوع AAC

Eng Ahmed Sobih

Conductor	Area actual		Strand &diameter		overall	weight	Kg/Km	Breaking load daN	R_{dc} at 20C° Ω/Km
size mm^2	St mm^2	Al mm^2	Al	St	diameter	A l	St		
120/20	121.6	19.8	26/2.44	7/1.9	15.5	336	158	4565	0.2374
240/40	243	39.5	26/3.45	7/2.68	21.9	671	316	8640	0.1188
380/50	382.0	49.5	54/3.0	7/3.0	27.0	1056	397	12310	0.07573

↑ المواصفات القياسية للموصلات من نوع ACSR

(3 – 3 – 2) حساب قيمة المعاوقة الحثية X_L

لحساب قيمة المعاوقة الحثية يلزم حساب قيمة الحث Inductance وكذلك قيمة GMD & GMR

GMR: Geometric Mean Radius

It is defined the N^2 root of the product of the N^2 distance between the N sub- conductors (strands) of the conductor if the strands are identical (not applicable to ACSR)

GMR = $D_{mm} = r\, e^{-1/4} = .7788\, r$ for cylindrical strands (also sold conductor)

GMR = $\sqrt[N2]{\sum_{k=1}^{N} \sum_{m=1}^{N} D_{mm}}$ For strands conductor

الجداول التالي يوضح حساب قيمة GMR لأي نوع من الموصلات

Number of layer	Number of strands	GMR
1	6	0.5 r
2	26	0.812 r
2	30	0.826 r
2	32	0.833 r
3	36	0.778 r
3	54	0.810 r

GMR for ACSR conductor

Number of strands	GMR
7	0.726 r
19	0.758 r
37	0.768 r
61	0.772 r
91	0.774 r
Sold	0.779 r

GMR for aluminum & aluminum alloy

r: conductor radius

GMD : Geometric Mean Distance

(GMD) : هي المعدل الهندسي للمسافة بين الموصلات

وفى حالة الضغط العالي high voltage تكون المسافة بين الموصلات وبعضها البعض .

$GMD = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$ m

وبعد حساب GMR & GMD يتم حساب قيمة الحث Inductance

$L = 2 \times 10^{-4} \ln (GMD / GMR)$ H / Km

Also $X_L = 2 \pi f L$ Ω / Km

(3 – 3 – 2) حساب قيمة المعاوقة السعوية X_C

$C = 0.0556 / [\ln (GMD / r)]$ μ F / Km

also $X_C = 1 / (2 \pi f C)$ Ω / Km

مثال توضيحي :احسب قيمه المقاومة Rعند 50 C° و X_L و X_C لخط هوائي جهد 66 Kv ونوع الموصل AAAC والمسافة بين الموصلات 2.65 m

الحل : من الجدول رقم (*) نجد أن $R_{20} = 0.08380$ و $\acute{\alpha}_{20} = 0.00347$

$R_{tc} = R_{20} (1 + \acute{\alpha}_{20} (Tc - 20))$

$R50 = 0.0838 (1 + 0.00347 (50 - 20)) = 0.09252$ Ω / Km

Eng Ahmed Sobih

لحساب قيمة X_L وX_C يلزم حساب GMD & GMR

ومن الجدول رقم (*) نجد أن D = 26 mm فتكون r = 13 mm

وحيث أن الموصل عدد جدايلة 61 فإن GMR = 0.772 r = 0.772 × 13 = 10.036 mm

$$GMD = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} \quad m$$

$D_1 = D_2 = 2.65$ m & $D_3 = 2.65 \times 2 = 5.3$ m

So GMD = $\sqrt[3]{2.65 \times 2.65 \times 5.3} = 3.39$ m

$L = 2 \times 10^{-4} \ln (GMD / GMR) = 2 \times 10^{-4} \ln (3.39 / (10.036 \times 10\text{-}3)) = 1.161$ m H/Km

$X_L = 2 \pi f L = 2 \pi \times 50 \times 1.161 \times 10^{-3} = 0.365\ \Omega / Km$

$C = 0.0556 / [\ln (GMD / r)] = 0.0556/[\ln(3.39/13\times10^{-3})] = 9.993$ = n F/Km

also $X_C = 1 / (2 \pi f C) = 318.52\ K\Omega / Km$

(3 – 4) الحسابات الميكانيكية:

عند القيام بأعمال صيانة ميكانيكية علي الأبراج (تغيير عوازل – تغيير موصل .....) فإنه يلزم معرفة الإجهادات المختلفة التي تؤثر علي الأبراج حتى يمكن تحديد المعدات المناسبة

تعار يف أساسية:

1. مساحة المقطع العرضي a : cross section area (mm2)
2. وزن المتر الطولي كجم / م w : conductor weight / unit Kg / m
3. طول البحر l : length of span m وهى المسافة بين برجين مقاسة بالمتر
4. أقصي شد مسموح به بالخط maximum allowable tension T_o

البحر المكافىء equivalent sag

هو الجذر التربيعى لمجموع مكعبات البحور مقسوما على مجموع البحورفاذا كان لدينا بحرين l_1 l_2 فان l_{eq} يكون

$$= \sqrt{(l_1^3 + l_2^3)} / l_{eq}$$

5. حساب أوزان السلاسل تتراوح أوزان وحدات العوازل المستخدمة في ج.م.ع للجهود المختلفه مثل 500 ك0ف 220 ك0ف 66 ك0ف هي كالتالي 11.5، 7.5، 5.5 كجم لكل وحدة وبعرفة جهد الخط يمكن معرفة عدد الوحدات الواجب تركيبها

وزن السلسلة = وزن الطبق الواحد ×عدد الأطباق

6. وزن الموصل وهو يساوى متوسط طول البحرين حول البرج

$$W = w (l_1 + l_2) / 2 \quad Kg$$

7. الشد في الخط T ويمكن تحديده من العلاقة $T = (w \times l^2) / (8 \times max\ sag)$

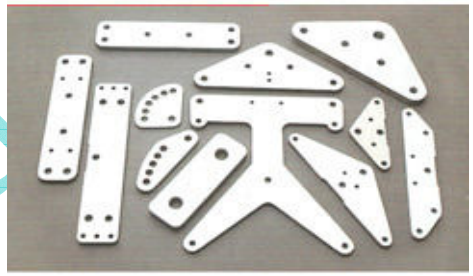
****

4 - الإكسسوارات Accessories

خامد الاهتزازات

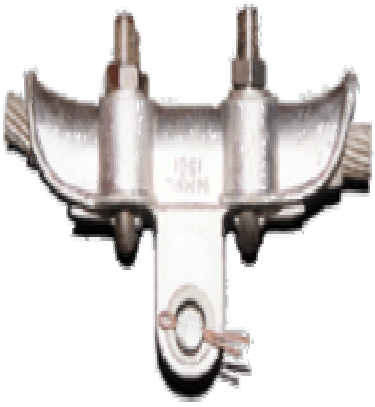
Eng Ahmed Sobih

قرن الشرارة arc horn



كلامب تعليق

وصلات معدنية –شماعات سلسلة شد



كلامب شد

كلامب تعليق

****

5 - ظاهرة زيادة الجهد والتعامل معها في منظومة القوى الكهربية

إنه لمن الضرورى لحماية محطات التوليد ضمان وصول الطاقة للمستهلكين أن نولى اهتماما خاصا لحماية خطوط نقل الطاقة والأجهزة والمعدات الكهربية من زيادة الجهد ومن الأسباب الرئيسة لذلك:

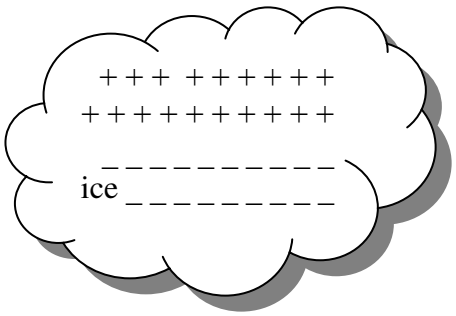
- زيادة الجهد بسبب البرق Lightning over-voltage
- زيادة الجهد بسبب الفصل والتوصيل Switching over-voltage

وزيادة الجهد بسبب البرق ظاهرة طبيعية بينما زيادة الجهد بسبب الفصل والتوصيل للأحمال تنشأ داخل المنظومة بسبب الفصل والتوصيل للقواطع الكهربية circuit breaker أو بسبب أعطال الخطأ faults كسقوط موصل على موصل أو سقوط موصل على الأرض .

(5 – 1) فكرة أو مبدأ تنسيق العوازل

يجب تقليل انهيار العوازل بقدر الإمكان وفي نفس الوقت يجب ألا تكون تكاليف العوازل وأجهزة الحماية عالية جدا لذا يلزم تدرج العزل طبقا لأهمية الأجهزة المستخدمة وبصفة عامه فإن المحطات الفرعية التي تحتوى على محولات وأجهزة مفاتيح وأجهزة قيمة لها عوازل لا تستطيع أن تجدد العزل ذاتيا بعد الانهيار يجب حماية العوازل لها من الانهيار أما التي تحتوى عوازل لها القدرة على تجدد مقرتها للعزل مرة أخرى مثل سلسلة العازل إذا تعرضت لجهد كسر سطحي flashover هذه العوازل ليست لها مشكلة حيث يظل العازل صالحا للاستخدام بعد مرور القوس الكهربي طالما أن القوس الكهربي في حدود ضئيلة أما الجهود العارمة surge voltage بسبب البرق أو الفصل والتوصيل lightning &switching فإنها تتطلب إنشاء مستويات حماية متدرجة وذلك باستخدام مانعة الصواعق lightning arresters وهى أجهزة إيقاف ومنع البرق من الوصول إلى خطوط المقل والأجهزة والمحولات وهى أجهزة توصل بالتوازي مع خطوط النقل

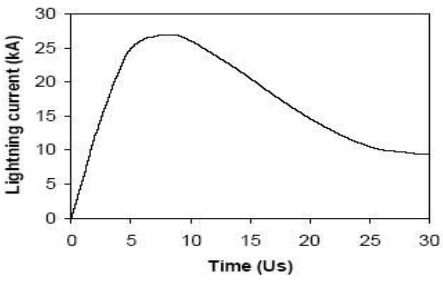
(5 – 2) ظاهرة البرق Lightning phenomena



عبارة عن تفريغ هائل للشحنات من سحابة إلى أخرى مجاورة أو من سحابة للأرض وتكون المسافة بين السحابتين أو السحابة والأرض كبيرة جدا حوالي 10 Km وتكون الشحنات الموجبة أعلي السحابة والشحنات السالبة أسفل السحابة وبينهما طبقه من الثلج والشحنة داخل السحابة من 1 حتى 100 كولوم وقد يصل الجهد إلي 10^7 أو 10^8 فولت وتدرج الجهد قد يصل إلي 10 Kv / cm وطبقا لنظرية سمبسون عندما تكون سرعة الريح 800 cm /sec تنتشر الشحنات الموجبة داخل السحابة ويلقى بالشحنات السالبة في الهواء ولكي تبدأ عملية تفريغ الشحنة في الفراغ يتطلب ذلك شدة مجال كهربي 30 Kv / cm ولكن مع وجود الرطوبة والتلوث يقل إجهاد الكسر إلى 10 Kv / cm ويحدث التفريغ الأولى في شكل خبطة سُلمية stepped loader stroke فتتحرك الشحنات ببطيء حتى تصل إلي الأرض عندئذ تحدث خبطة مرتدة return stroke للسحابة تكون أسرع وأكثر إضاءة وقد ينتهي التفريغ عند هذا القدر لكن الغالب أن تتكرر هذه العملية حتى يشكل ضوء البرق وتكون الفترة الزمنية لحدوث البرق من مللي ثانية إلي أكثر من ثانية .

(5 – 3) خصائص تيار الصواعق الرعدية

يوضح الشكل المقابل موجة التيار للموجات الدفعية للصاعقة على خطوط النقل الكهربية ويوضح الشكل أن التيار يزداد في زمن قصير جدا (10 ميكروثانيه) ثم يقل تدريجيا حتى يصل للصفر في زمن أطول نسبيا وتسمى الموجة التي يرتفع فيها التيار إلى قيمته القصوى موجه الأمام (front wave) أما الموجه التي ينخفض فيها التيار تدريجيا إلى الصفر فتسمى موجه الذيل (tail wave) وتأخذ وقتا أطول وهى المسئولة عن انهيار المعدات الكهربية (انهيار حراري).



موجة التيار النبضية (الدفعية) للصاعقة

(5 – 4) حماية خطوط النقل من الصواعق

يتم حماية خطوط النقل من الصواعق بالطرق الأتيه:

1. الحماية باستخدام سلك الأرضي
2. الحماية باستخدام القضبان الأرضية
3. الحماية باستخدام مانعات الصواعق

(5 – 4 – 1) الحماية باستخدام سلك الأرضي

Ahmed Sobh

هو موصل كهربي يصنع من الصلب المجلفن موجود أعلى الأبراج الكهربية وهذا الموصل يعمل على حماية خط النقل من الشحنات المتولدة من السحب وكذلك من تفريغ الصواعق الرعدية ويمكن تلخيص دور سلك الأرضي في حماية خط النقل الكهربي كما يلي:

- تقسيم كمية الشحنات في الصاعقة على عدد الأبراج
- توصيل هذا السلك يدل على أن الأبراج موصلة على التوازي وبالتالى قلة المقاومة المحصلة وبالتالي يعمل سرعة تفريغ الصواعق في الأرض.
- حماية الصواعق نفسها من الصاعقة.

(5 – 4 – 2) الحماية باستخدام القضبان الأرضية

هي قضبان من الحديد المجلفن أو النحاس وتكون مدفونة في الأرض وموصلة بقائم البرج ويعتمد عدد القضبان وعمق الدفن على القيمة المطلوبة للمقاومة الأرضية ويكون قطرها حوالي 15 مم وتراوح طولها بين 2.5 و 3.5 م في الأرض.

(5 – 4 – 3) مانعات الصواعق

هي أجهزة تستخدم في محطات المحولات وعند بداية ونهاية الخط لتفريغ الجهود الزائدة للصواعق الرعدية والجهود الدفعية أثناء عمليات الفصل والتوصيل للقواطع الكهربية ، ومانعات الصواعق لها جهد انهيار سطحي أقل من أي عازل أو أجهزة بالمحطات الكهربية ولها القدرة أيضا على تفريغ تيارات تتراوح من10 K.A إلى 20 KA لجهود دفعية ذات فترات زمنية طويلة (2 : 5 µ.sec) وتيارات تتراوح من (100:250 KA)لجهود دفعية ذات فترات زمنية قصيرة (1 : 5 µ.sec) والفكرة الأساسية التي تبنى عليها مانعات الصواعق هي وجود أقراص مصنعة من عناصر ذات مقاومة غير خطية تكون عازلة تماما عند قيم الجهود العادية للخط ولكن عند وجود تفريغ صاعقة على الخط تتحول هذه العناصر إلى مواد موصلة تماما حتى يتم تفريغ الشحنة الزائدة إلى الأرضي ثم ترجع إلى طبيعتها الأصلية .

6 – ظاهرة التفريغ الهالى Corona

تنتج ظاهرة التفريغ الهالى في حالة وجود مجال كهربي غير منتظم ويمكن ملاحظة ذلك على خطوط النقل الكهربي كوميض لامع مائل للزرقة وتكون هذه الظاهرة مصحوبة بصوت أزيز وتتأثر بالعوامل الآتية:

1. حالة سطح لموصل(كلما زادت خشونة السطح ازداد المجال الكهربي الغير منتظم وتزداد الظاهرة)
2. حالة الغاز المحيطة (نسبه الرطوبة – درجة الحرارة – الضغط الجوى – نوع الغاز المحيط)
3. شكل الموصلات الكهربية والمسافة بينها

وتؤدى ظاهرة الكورونا إلى زيادة التيار على سطح الموصل الخارجي وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة وزيادة المفاقيد ويمكن تقليل الكورونا عن طريق زيادة مساحة السطح الخارجي للموصل ويتم ذلك عن طريق تقسيم الموصل الموصلين أو أكثر وهو ما يعرف بال bundle conductors .

المراجع

1 – Leonard L.Grigshy (Electric power transmission)

2 – Dr. S.L.Uppal (Electric power)

3 – William D. Stevenson (Elements of power system analysis)

4 – م/سمير عزالعرب – د.م/ حامد السعيد زرزورة (الطرق الوقائية للحد من الأعطال بسبب تلوث العازلات)

5 – المؤسسة العامة للتعليم بالمملكة العربية السعودية (كتاب تقنية الجهد العالي)

6 – المواصفات القياسية الألمانية للأسلاك (سبيكة الالومنيوم – الالومنيوم المقوي بالحديد)

للتواصل ahmedsobih162@yahoo.com

Eng Ahmed Sobih