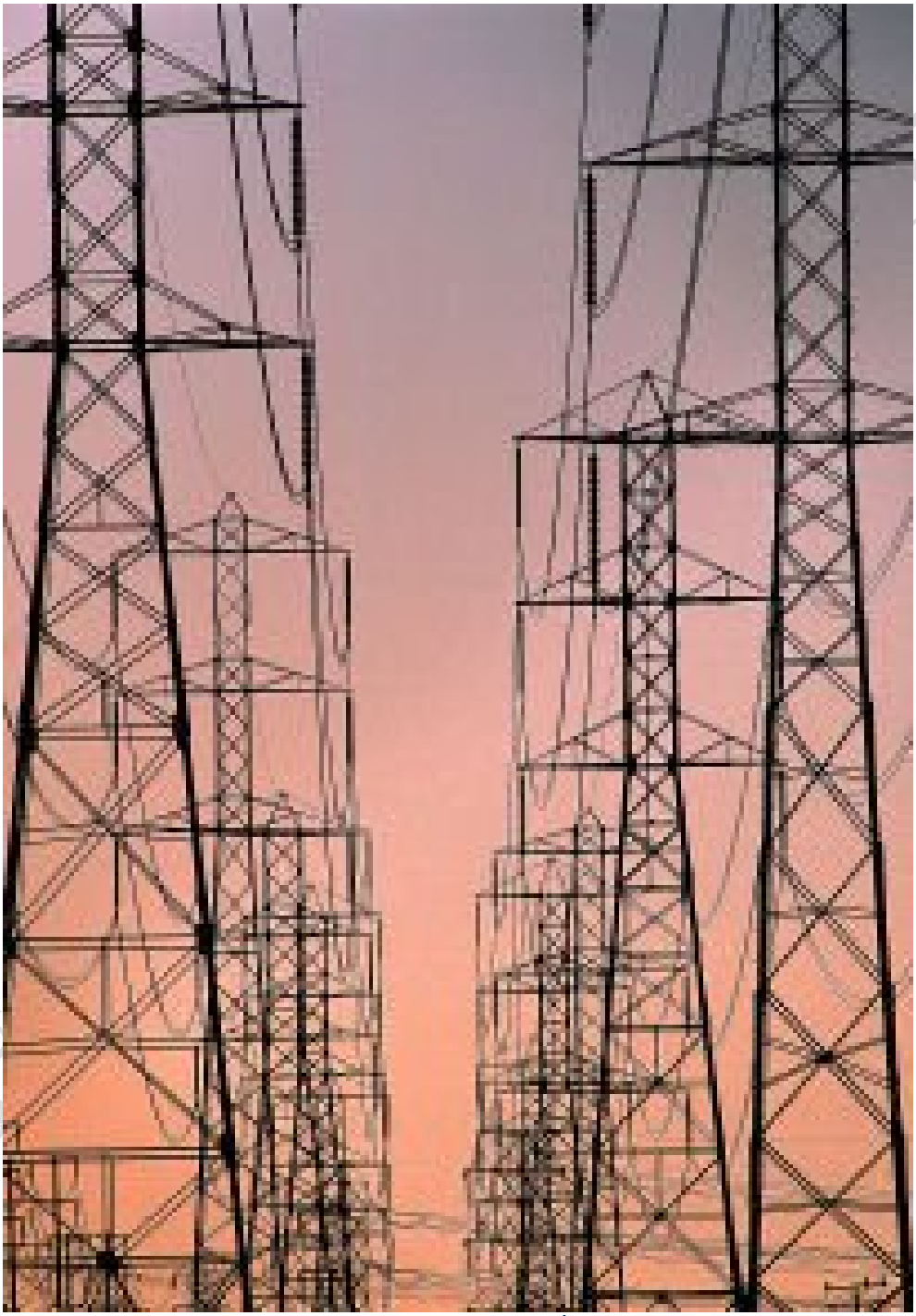
المعلومات الأساسية لخطـــوط النقـــل الهوائية

Basic information for over head transmission lines



إعداد م / أحمد عبد العزيز صبيح

السيرة الذاتية للمؤلف

الاســـم : أحمد عبد العزيز فهمي صبيح
الوظيفة :مهندس صيانة خطوط هوائية
المؤهل : بكالوريوس الهندسة الكهربية
الجامعة : المنوفية 1996

Training: الدورات

1-Basic line maintenance (BLM) from 5/11/1999 to22/12/1999
2-Live working light maintenance (HV1) from25/12/1999 to 9/2/2000
3- Hot washing for insulators under voltage from 11/11/2007 to 6/12/2007

تمهيد : بعد نشر كتاب المعلومات الأساسية لخطوط النقل الهوائية علي شبكة المعلومات قام العديد من الأصدقاء والعاملين في صيانة الخطوط الهوائية بمراسلتي وطلب توضيحات لبعض النقاط في هذا الكتاب وبعد استشارة أصحاب الخبرة من العاملين في هذا المجال قمت بإعادة صياغة هذا الكتاب بعد إجراء بعض التعديلات والإضافات بما يخدم العاملين في هذا المجال وبما يحقق الغرض من الكتاب وشكرا.

Over head transmission lines خطوط النقل الهوائية

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. التوليـــــد Generation
2. خطوط النقل Transmission lines
3. الأحمـــــال Loads

وسوف نتعرف في هذه الدراسة على جزء مهم من هذه المنظومة وهو مكونات خطوط النقل الهوائية (OVERHEAD LINES) وطرق الصيانة المختلفة والاجهزة والمعدات المستخدمة في صيلنة الخطوط والظواهر التي تتعرض لها الخطوط.

مكونات الخطوط الهوائية:

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

1 – الأبـــــراج TOWERS

الغرض من استخدام لأبراج الكهربيةهو الحفاظ على الموصلات علي ارتفاع آمن من الأرض وكذالك علي مسافة آمنه بينها وبين بعضعها البعض وتعتمد تكلفة البرج الكهربي علي جهد الخط وتصميمة ونقل المعدات وظروف العمل وكذالك بعده عن الطرق .

وهناك عدة انواع من الأبراج الكهربية ويمكن بناءه من الخشب wood أو الحديد المجلفن Galvanized steel غير أن النوع الثانى الأكثر شيوعا فى الجهود العالية ويمكن أن يحمل البرج الكهربي دائرة كهربية واحدة(كل دائرة تحتوي ثلاث اوجه 3phase) او اثنين (فى بعض الدول المتقدمة توجد ابراج تحمل اربع دوائر) و يجب أن يراعي عند تصميم الأبراج وجود مسافات امان بين الموصلات والأرض والحد الدنى للمسافة بين الموصلات والرض هى كما يلي :

UP TO 33 KV	5.8 m
33 KVTO 66 KV	6.0 m
66 KV TO 132 KV	6.7 m
132 KV TO 275 KV	7.0 m
275 KV TO 400 KV	7.3 m

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

العوامل التي تؤثر في تصميم الأبراج الكهربية:

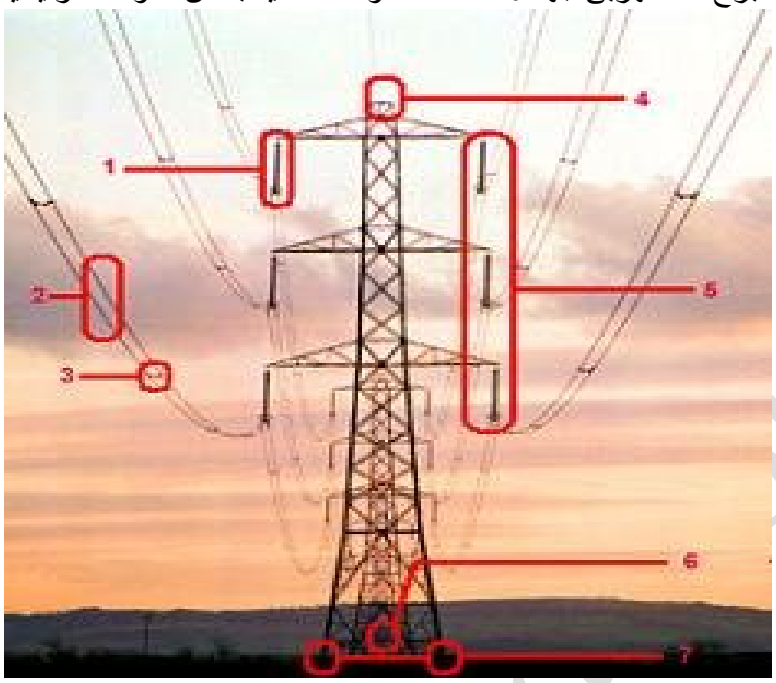
1. الجهد الكهربي المستخدم.
2. عدد الدوائر التي يحملها البرج.
3. العوامل الميكانيكية التي يتعرض لها الخط (رياح – ثلوج.....) .
4. أقطار الموصلات والمسافة بينها.
5. المسافة بين الأبراج.

(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.
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 .

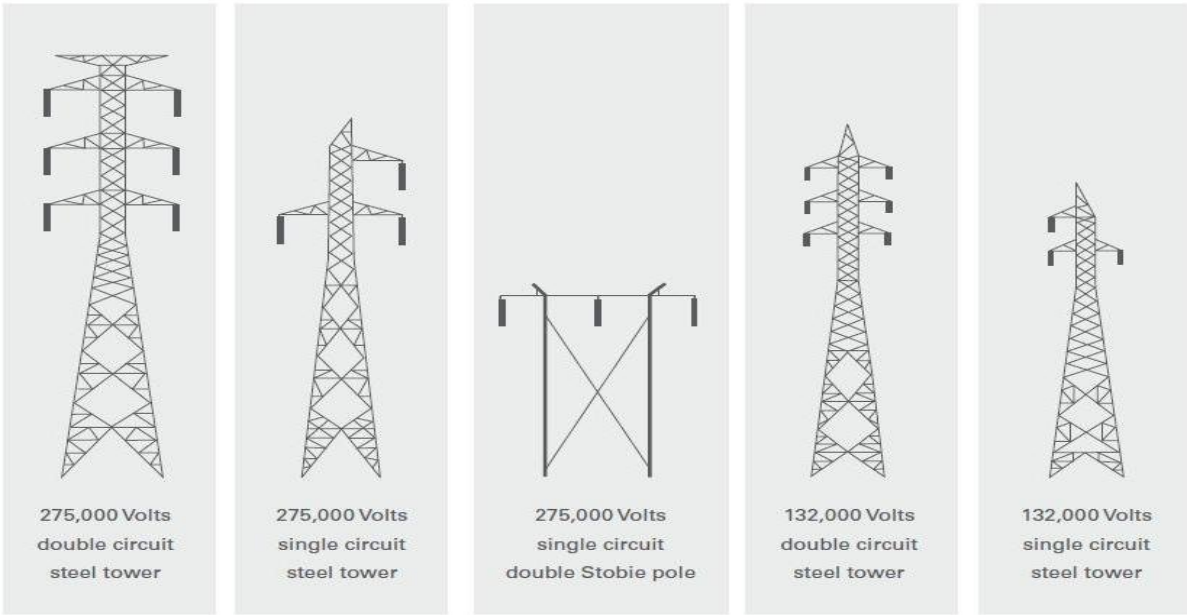
Eng Ahmed Sobih

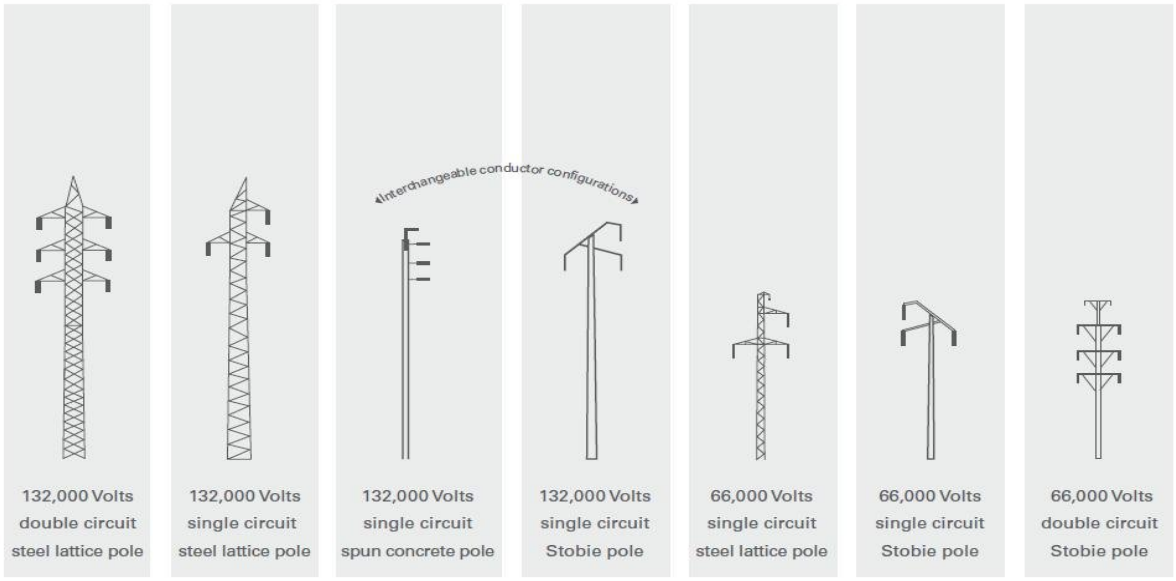
ويوضح الشكل صورة لبرج نقل كهربى جهد 220 ك ف موضحا عليه بعض مكوناته الرئيسية وهي :



1. سلسلة العازل (Insulator)
2. حزمة من اثنين من الموصلات (Bundle of two conductors)
3. فاصل بين الموصلات (Spacer)
4. سلك الأرضي في أعلي البرج (Steel wire or OPGW wire)
5. الثلاث موصلات يشكلون دائرة كهربية واحدة
6. لوحة تعريفية توضح هوية الخط وتحذر من مخاطر الصعق الكهربي (Identity or Notice plate)
7. مانع التسلق (اسلاك شائكة) Anti-climbing

والأشكال التالية توضح بعض نماذج من الأبراج الشائعة الاستخدام في خطوط النقل الهوائية





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 بالطرق الآتية :

(2 – 3 – 1) أولا من حيث الشكل التصميمي

1. نوع الطاقية والمسمار Cap & Pin

ويصنع هذا النوع من البور سلين أو الزجاج كما بالشكل الموضح

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 كما بالشكل

(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 – 3 – 3) ثالثا من حيث التركيب البنائى :

1- عوازل البورسلين :

ويصنع العازل من سيليكات الالومنيوم ويخلط مع مادة الكاولين البلاستيكية ومادة الكوارتز ويسخن الخليط لدرجة الحرارة المناسبة لكي يحدث توازن بين القوة الميكانيكية المطلوبة ومسامية المادة والتي تؤثر علي شدة العزل الكهربي وتصل شدة المجال الكهربي دون الانهيار إلي 60 Kv/cm ويصنع من البورسلين نوعين العوازل CAP &PIN و LONG RODعلي السواء.

2- العوازل الزجاجية :

ويتم تصنيع الزجاج من السيلكون ويكون عزله عاليا يصل إلي 140Kv/cmوله شدة ضغط ميكانيكي عالية مقارنة بالبورسلين ويمتاز بأنه شفاف مما يجعل رؤية أي شوائب أو فقاعات غازية أو شروخ ممكنة بالعين المجردة , ونجد أن أداء العوازل الزجاجية والبورسيلنية قد يكون متشابها من حيث العزل الكهربي والتحمل الميكانيكي والفرق الوحيد هو أنه عند حدوث عطب داخلي بسبب التفريغ الكهربي فإنه قد يحدث داخليا في العوازل البورسيلينية وبالتالي لا يمكن رؤيته بالعين المجردة أما في العوازل الزجاجية فإن أي تفريغ كهربي ينتج عنه تكسير الجزء الخارجي ويصنع من الزجاج العوازل من نوع Cap & Pin .

وقد امكن تصنيع العوازل الزجاجية بأشكال مختلفة طبقا للظروف البيئية المختلفة ويمكن تقسيمها الي اربع اشكال مختلفة وهي :

I) العازل القياسي Standard insulator
وهو العازل الشائع الاستخدام فى مناطق التلوث المنخفضة

II) العازل المضاد للتلوث Anti-pollution insulators

يناسب هذا العازل المناطق ذات تلوث متوسط أو عاالوهو عازل يتمتع بحد زحف عال (creepage distance) يسمح بتقليل تأثير التلوث بدون الحاجة الي زيادة طول السلسة

III) Aerodynamic insulators

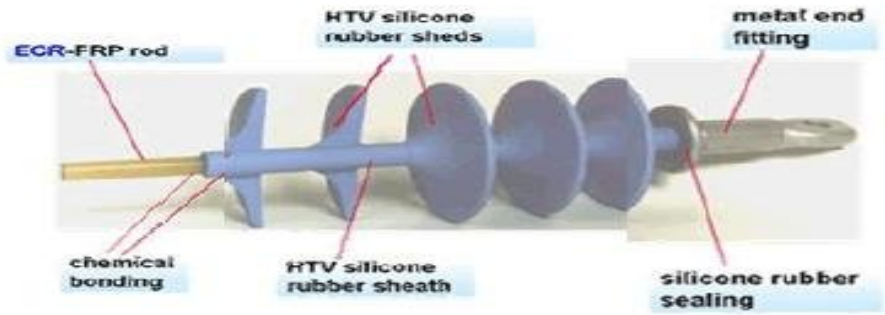
هذا العازل ينصح به في المنلطق الصحراوية ونظرا لعدم وجود تجاويف به ولانه مسطح تماما فانه يجعل من الصعب تراكم التلوث عليه بتأثير الرياح والأمطار
وهذا النوع يصلح في مناطق التلوث الصناعى والصحراوي

IV) العازل الكروي Spherical insulators

كما هو الحال في العازل السابق فان عدم وجود تجاويف يساعد علي عدم تراكم الملوثات
هذا الشكل الكروى يساعد علي عدم تكسير العازل

3- العوازل المطاطية Composite insulators :

تتكون العازلات المطاطية من قضيب داخلي من مادة الفيبر جلاس المقوي وهذا القضيب يقوم بأداء المهام الميكانيكية يحيط بالقضيب الغلاف والأجنحة (Housing & Sheds) وتكون مصنوعة من البليمرات أو خليط من المطاط والسيلكون ويتم ربط قلب العازل (القضيب) بواسطة متممات معدنية إلي المنشآت المعدنية والتي تكون عادة الأبراج أو أجسام القواطع أو المحولات ويمتاز هذا النوع بعازلية فائقة لا تسمح للماء بالتواصل مع التلوث على العازل مما يحد من تأثر هذه العوازل بالتلوث كما يمتاز بخفة وزنة الكبيرة مقارنة بالعوازل الاخري ($\frac{1}{30}$) من وزن عازل البورسيلين كما يمتاز بسهولة تركيبه علي الأبراج غير أن ثمنة مرتفع مقارنة بالعوازل الاخري ويصنع منه عوازل من نوع Long rod فقط ويوضح الشكل صورة للعازل. مبين تركيبه .



(2 – 4) توزيع الجهد على سلسة العازل

بالنظر إلى الشكل رقم ( ) و باعتبار

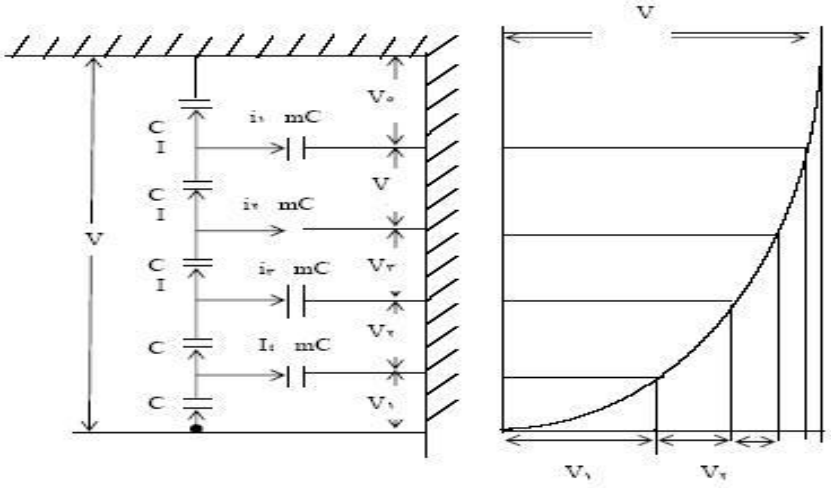
$\omega = 2 \pi f c$

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 ( )

$I_1 = V_1 . \omega . C$

$I_1 = m . V_1 \omega . C$

$I_2 = I_1 + I_2$

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

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

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

العـازل أقل سعـه و الوحـدة السفلى اكبـر سعـه فإننـا يمكن أن نسـاوى الجهـود 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 نزيد 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

وتكون كفاءة العازل $\eta = 38.11 \times 100 / (15.2 \times 5) = 50.4$ %

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.

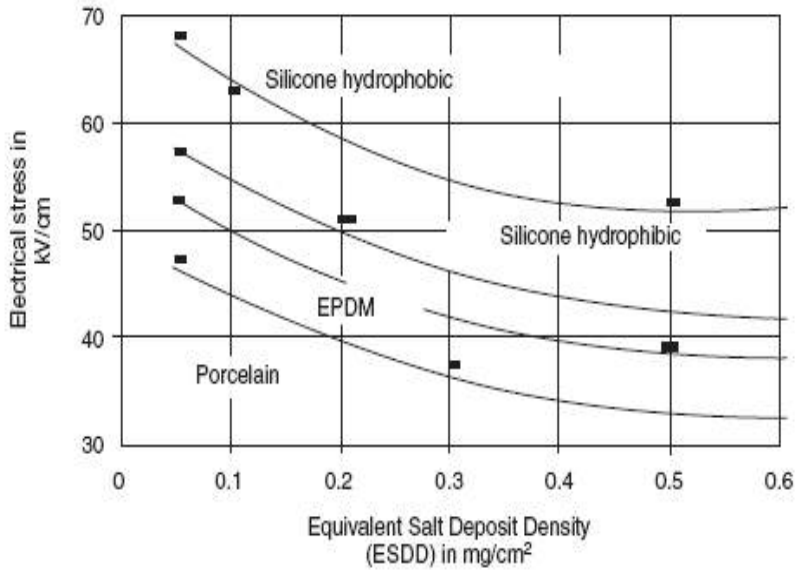
1. التلوث الملحي: يحدث في المناطق الساحلية نتيجة تطاير رذاذ المياه المالحة من البحار وهو من الأنواع الخطرة.وتكون الشبورة الصباحية الملحية ذات تأثير علي التلوث للعازلات وكذلك معدل تآكل الموصلات وخاصة ACSR بفعل تغلغل هذه الشبورة داخل الموصل مما يؤدي إلي التآكل الداخلي لطبقة الصلب.
2. التلوث الصناعي: يحدث 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.

Eng Ahmed Sobih

(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) اختبارات العازلات الكهربية (Tests on insulators)

ويمكن تقسيم الاختبارات التي تتم علي العازلات الكهربية الي ثلاث مجموعات

1. اختبار النوع أو الطراز Type Test
2. اختبار العينة Sample test
3. اختبار المسار Routing test

(2 – 8 – 1) اختبار النوع أو الطراز Type Test

تتم عدة اختبارات علي العازل لبيان التصميم المناسب للعازل طبقا للغرض المطلوب وهي

أ) اختبار الصمود Withstand test

ويتم هذا الأختبار في ظروف تحاكي الظروف التي يتعرض لها العازل فى الطبيعة حيث يتم تسليط موجه نبضية (A 1/50 µ sec wave) عند جهد محدد علي العازل وينبغي في هذه الحالة الا يحدث للعازل ثقب puncture أوقوس كهربى flashover للعازل (اذا حدث ثقب فان العازل يتلف) وهذا الاختبار يتم تكرارة 5 مرات لكل قطبية (موجب أو سالب).

ب) *اختبار القوس الكهربي* *Flash-over test*

يتم تسليط موجه نبضية (A 1/50 µ sec wave) ويتم في هذا الأختبار رفع الجهد تدريجيا بقيمة 50%من جهد النبضة وينبغى ان يتم الأختبار للقطبين وألا يحدث ثقب للعازل اثناء الأختبار.

جـ) *الاختتبار الجاف لمدة دقيقة* *Dry One-minute test*

ويتم تركيب العازل وهو نظيف وجاف طبقا للمواصفات ويتم رفع الجهد تدريجيا (عند تردد المنبع)وذلك لمدة دقيقة وينبغى لنجاح العازل ألا يحدث له ثقب أو قوس كهربي

د) *الاختبار الجاف مع القوس الكهربي* *Dry flash-over test:*

هو استكمال للاختبار السابق حيث يتم رفع الجهد تدريجيا حتي يحدث قوس كهربي ويتم تكرار هذاالاختبار 10 مرات ويينبغي للعازل الا يتلف نتيجة هذا الاختبار.

هـ) *اختتبار المطر لمدة دقيقة* *One-minute Rain test:*

ويتم رش العازل بمطر صناعى (ماء مقاومته 100 اوم.سم) عند درجه حرارة 10°م و بزاوية 45° علي العازل بمعدل 3 مم / دقيقة لمدة دقيقة واحدة .

و) *الاختبار الرطب مع القوس الكهرب* *Wet flash-over test:*

هو استكمال للاختبار السابق حيث يتم رفع الجهد تدريجيا حتي يحدث قوس كهربي ويتم تكرار هذاالاختبار 10 مرات ويينبغي للعازل الا يتلف نتيجة هذا الاختبار.

ز) *الاختبار المرئي للتفريغ* *Visible discharge test*

بعد الاختبارات السابقة يتم جعل غرفة الاختبار مظلمة وعند الجهد المقنن يترك العازل لمدة 5 دقائق ويتم متابعة العازل فى حال ظهور اى اضاءه حول العازل (الكورونا).

(2 – 8 – 2) اختبار العينة Sample test

فى هذه الاختبارات يتم اخبار العينات حتي تصل الي نقطة الانهيار

أ) *اختبار درجة الحرارة* *Temperature cycle test*

فى هذا الاختبار يتم تعريض العازل ل5 تحولات (بارد – ساخن – بارد .....)وذلك لمدة 30 ثانية لكل حالة

ب) *اختبار التحمل الميكانيكى* *Mechanical loading test*

في هذا الاختبار يتم تحميل العازل ميكانيكيا حتي يصل الي نقطة الانهيار والا يقل التحميل عن 2000 باوند

جـ) *الاختبار الالكتروميكانيكى* *Electro-mechanical test*

يتم تعريض العازل لاجهاد ميكانيكي وكهربي مع عدم حدوث تلف للعازل ويكون الجهد في حدود 75 % من الجهد فى Dry flash-over

د) *اختبار الجهد الزائد* *Over voltage test:*

في هذا الاختبار يكون العازل مغمور فى وسط عازل (oil) لمنع حدوث قوس كهربي ويتم رفع الجهد تدريجيا بدون حدوث تلف للعازل ثم بعد ذلك يرفع الجهد مع حدوث تلف للعازل .

هـ) *اختبار المسامية* *Porosity test:*

يتم اخذ قطع مكسورة من العازل وغمرها 24 ساعة في صبغة عند ضغط 2000 p.s.i وذلك لمعرفة مسامية العازل.

(2 – 8 – 3) اختبار المسار Routing test

يتم هذا الاختبار علي كل العازلات الكهربية ويبدأ بجهد منخفض ثم يزداد الجهد بسرعة حتي يحدث قوس كهربي كل بضع ثواني وعند ذلك يجب المحافظة علي الجهد لمدة 5 دقائق وفي النهاية فانة يتم تقليل الجهد الي ثلث قيمتة قبل فصل التيار

الاختبار الميكانيكي *Mechanical Routine Test*

ستم زيادة الحمل الميكانيكي للعازل بنسبة 20 % على اقصي حمل ميكانيكي يتحملة العازل ويجب أن ينجح العازل في الاختبار وألا يحدث له انهيار ميكانيكي

Eng Ahmed Sobih

The impulse test voltage recommended by I.E.C. (International Electrotechnical Commission) are given in the table blew

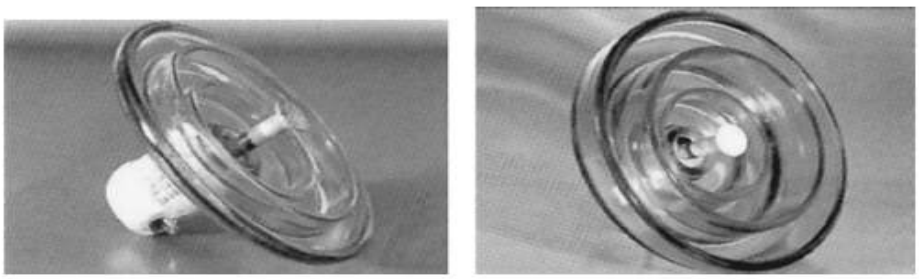
System Voltage	I.E.C. Impulse Withstand Voltage
11 KV	75 KV
33 KV	170 KV
66 KV	325 KV
132 KV	550 KV
275 KV	1050 KV

(2 – 9) 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.



Standard and fog-type insulators.

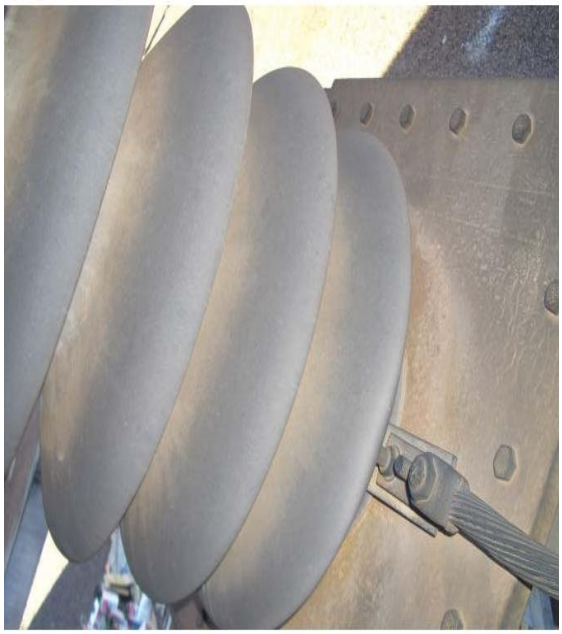
2 - استخدام العازلات المطاطية:

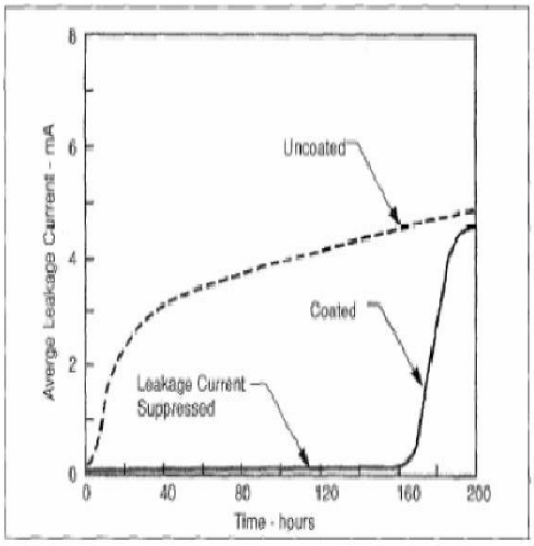
تمتاز هذه العازلات بخاصية عدم السماح بتجميع قطرات المياه وعدم السماح بتكون مسار مستمر لمرور تيار التسرب خلال طبقة التلوث كما يمتاز بأن معدلات تجميع وتراكم مواد التلوث على سطحها تعتبر قليلة مقارنة بعوازل الزجاج والبورسلين بالإضافة إلي أنها خفيفة الوزن وسهلة التركيب غير أن هناك عدد من المشاكل المرتبطة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

3 – 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 .

4 - تغطية العازلات بمادة

RTV(Room Temperature Vulcanized) Silicon Rubber coated





Suppression of leakage current on a coated insulator during slat fog test, the first generation[1]

حيث أن العازلات الزجاجية والبورسيلين تستخدم على نطاق واسع في نظم النقل الكهربية ونتيجة لتراكم الملوثات علي سطح العازل فان تيارتسرب عالي Leakage Current يمر علي سطح العازل وتتكون منطقة جافة علي سطح العازل هذه الظاهرة يتسبب تكرارها فى حدوث قوس كهربي وتم عمل عدة طرق لتحسين اداء العازل نتيجة االتلوث منه تغطية العازل بمادة RTV حيث ان هذه المادة تعطى سطح غير مائي Hydrophobic surface وكذلك سطح املس تماما وقد وجد ان المادة قللت بشكل كبير تيار التسرب كما بالشكل حيث يظهر كيف تم تقليل تيار التسرب علي سطح العازل باستخدام تلك المادة

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 تركبها في منطقة ما تبعا لدرجه التلوث

الجهد (K.v)	عدد الاطباق طبقا لمستوي التلوث		
	عادى	متوسط	شديد
66	6	7	9
132	8	9	11
220	14	16	19
500	32	37	44

Eng Ahmed

(2 – 10) طرق الصيانة تحت الجهد

(2 – 10 – 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 – 10 – 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

Eng Ahmed Sobih

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

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

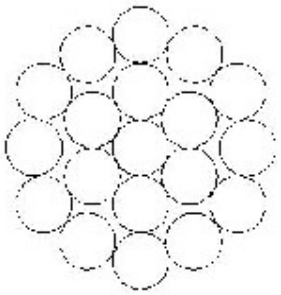
AAC : **A**ll **A**luminum **C**onductors

AAAC : **A**ll **A**luminum **A**lloy **C**onductor

ACSR : **A**luminum **C**onductor **S**teel **R**einfoced

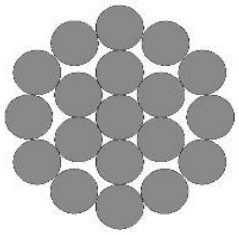
وتوجد أنواع أخرى غير هذه الموصلات غير أن استخدمتها تكون في ظروف معينه لذلك سوف نركز في هذه الدراسة علي هذه الأنواع لأنها الأكثر شيوعا في خطوط النقل.

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

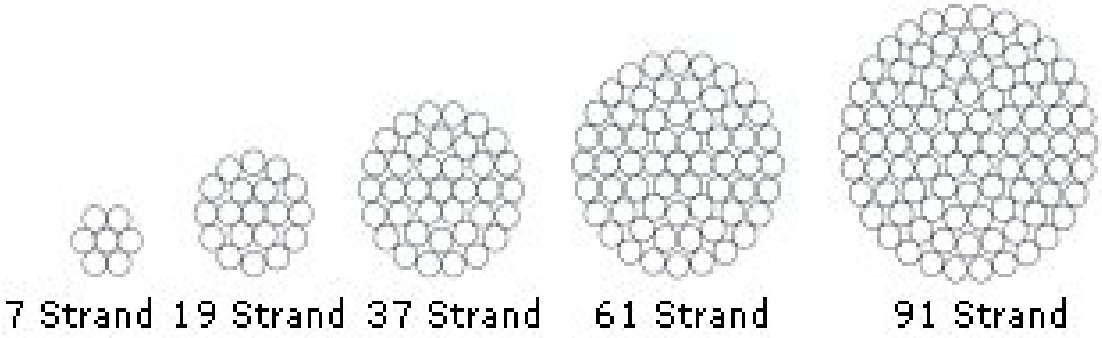


تتكون الجدايل من ألومونيوم عالي النقاوة (99.95 ≈ 99.95- %) وتسمى سبيكة Aluminum – H19 ويمتاز بخاصية توصيليه جيده مقارنه بوزنه (62.5 % من توصيلية النحاس)ومقاومته للتآكل جيده وقوته ومتانته متوسطه لذلك يستخدم في المسافات القليلة بين الأعمدة (short spans)وهو أرخص الأنواع

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

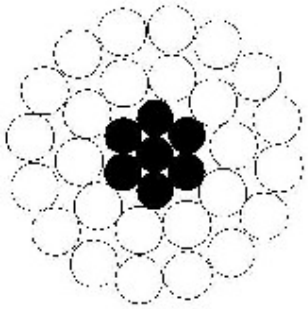


تتكون من سبيكة الومنيوم متجانسة تسمى 6201 T81 Aluminum Alloy مركبة من الألمنيوم والمغنسيوم والسيلكون ومعالجة حراريا وتمتاز بخاصية توصيلية لا بأس بها (52.5 % من توصيلية النحاس) وهو أقل من النوع الأول ولكنه يمتاز بمتانة وقوة شده مقارنة بوزنه ومقاومه للتآكل ممتازة لذلك يستخدم في البيئات التي يزداد بها معدل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



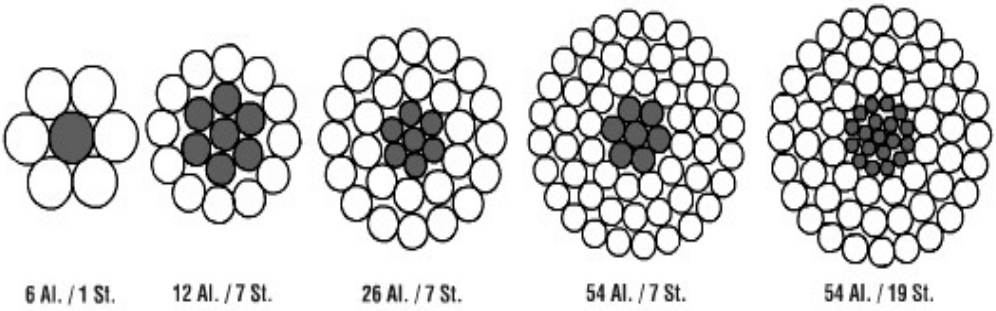
شكل رقم (4)

ACSR : Aluminum Conductor Steel Reinfoced (3 – 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

Eng Ahmed

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°	درجة الإنصهار
.0036	.004	.0039	1 / C°	معامل التمدد الحرارىلزيادة المقاومة +20 C°
53	62 : 63	97 :100	%	التوصيلية عند 20 C°
.0328	.02857	.01786	Mm^2 / m	المقاومة للمقطع العرضي عند Ω20 C°

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 $D_{AL} = 1.3\ D_{CU}$

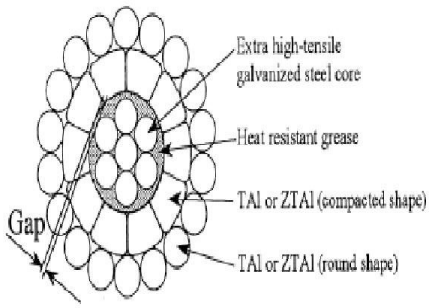
معلومة: المعيار العالمي للنحاس المسحوب

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 %

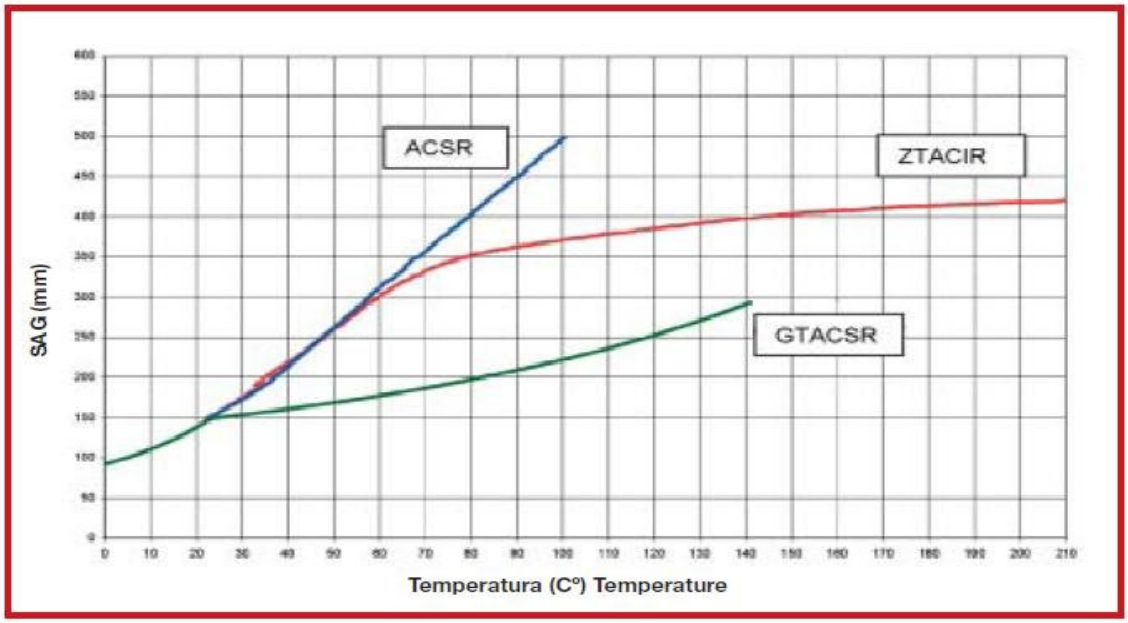
GTACSR : Gap Type conductor (4 – 2 – 3)



Conductor's cross-section type GTACSR

وهذا الموصل يطلق عليه الموصل الحراري و يتميز بوجود فجوة بين القلب المكون من اسلاك الصلب واسلاك سبائك الألومنيوم المقاوم للحرارة مما يجعل الموصل يتحمل حرارة اعلي وبالتالي زيادة التحمل الكهربي للموصل وقد امكن زيادة القدرة المنقولة علي الخطوط الكهربية عن طريق استبدال الموصلات ACSR او AAAC الموجودة بموصلات GTACSR

والشكل التالى يوضح مقارنة بين موصلات ACSR و GTACSR حيث نلاحظ قدرة تحمل الموصلات GTACSRللحرارة عن ACSR



(3 – 3) الحسابات الكهربية:

(3 – 3 – 1) حساب قيمة مقاومة الموصل

$$R = \rho \, L / A \qquad \Omega$$

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

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

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

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 C° يمكن حساب المقاومة

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

R_{tc} هى المقاومة عند درجة حرارة معينه

R_{20} هى المقاومة عند 20 C°

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

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

ووفقا للظاهرة القشرية يتم أخذ $\acute{\alpha}$ للموصلات ACSR مثل الألمنيوم

Eng Ahmed

وتوضح الجداول الآتية قيم الأبعاد والمقاومات والتحمل الميكانيكي للموصلات المستخدمة في ج.م.ع وفقا للمواصفاتالقياسية الألمانيةية (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 C° 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 C° 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

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

ويوضح الجدول الآتى الموصلات الكهربية المستخدمة فى البلدان العربية وفقا لمسمياتها

All Aluminum Alloy Conductor (A.A.A.C)

Name	**Nominal area**	**Nominal cross sec area**	**No of strands & diameter**	**Resistance at 20 C °**	**Overall diameter**	**Weight**	**Strength**
	(mm^2)	**(mm^2)**	**Al No × φ (mm)**	**Ω / Km**	**(mm)**	**Kg / Km**	**KN**
Poplar * AAAC	**200**	**239.4**	**37×2.87**	**0.1330**	**20.1**	**659.4**	**70.61**
Zebra		**525**	**61×3.31**	**0.0651**		**1448.4**	**146**
Flint *	**740Kcml**	**375.4**	**37×3.594**	**0.0892**	**25.16**	**1035**	**108.6**

Eng Ahmed sobih

Aluminum Conductor Steel Reinforced (A.C.S.R)

Name	Nominal area	Nominal cross sec. area	No of strands & diameter		Resistance at 20 C °	Overall diameter	Weight	Strength
UNITS	(mm²)	(mm²)	Al No × φ (mm)	St No × φ (mm)	Ω / Km	(mm)	Kg / Km	KN
Raccoon *	80	92.0	6 × 4.09	1 × 4.09	0 .36365	12.7	338.8	28.8
Wolf *	150	194.9	30 × 2.59	7 × 2.59	0.1829	18.1	725.3	68.91
Lynx *	175	226.2	30 × 2.79	7 × 2.79	0.1576	19.5	841.6	79.97
Zebra *	400	484.5	54 × 3.18	7 × 3.18	0.0676	28.6	1620.8	131.92

(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)

$GMR = \sqrt[N2]{\sum_{k=1\ to\ N} \sum_{m=1\ to\ N} D_{mm}}$ 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

Eng Ahmed Sobih

Also $X_L = 2 \pi f L$ Ω / Km

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

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

also $X_C = 1 / (2 \pi f C)$ Ω / Km

مثال توضيحي :احسب قيمه المقاومة R عند $50\ C^o$ و X_L و X_C لخط هوائي جهد 66 Kv ونوع الموصل AAAC والمسافة بين الموصلات 2.65 m

الحل : من الجداول نجد أن $R_{20} = 0.08380$ و $\acute{\alpha}_{20} = 0.00347$

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

$R50 = 0.0838 (1 + 0.00347 (50 -20)) = \underline{0.09252}\ \Omega / Km$

لحساب قيمة X_L و X_C يلزم حساب GMD & GMR

ومن الجداول نجد أن $D = 26$ mm فتكون $r = 13$ mm

وحيث أن الموصل عدد جدايلة 61 فإن $GMR = 0.772\ r = \underline{0.772 \times 13} = 10.036$ mm

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

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

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

$C = 0.0556 / [\ln (GMD / r)] = 0.0556 / [\ln(3.39/13 \times 10^{-3})] = 9.993$ = n F/Km

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

(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 و 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

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

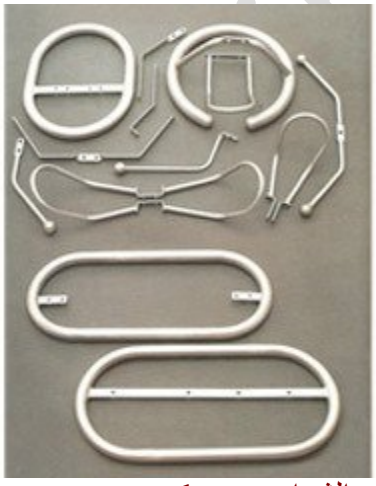
7. الشد في الخط T ويمكن تحديده من العلاقة $T = (w \times l^2) / (8 \times \text{max sag})$

Eng Ahmed Sobih

****

4 - الإكسسوارات Accessories

خامد الاهتزازات



قرن الشرارة arc horn

كلامب تعليق

وصلات معدنية –شماعات سلسلة شد

مجموعة متتنوعة من الكلامبات والمسامير والشيكال

****

5 - بعض الأجهزة المستخدمة والضرورية

في هذه الفقرة سوف نتعرف علي بعض الأجهزة المستخدمة فى خطوط انقل الهوائية بطريقة مختصرة ولزيادة المعلومات حول هذه الأجهزة يمكن الرجوع لمواقع الشركات المصنعة لها علي الانترنت

Hi-Test Insulator Tester (1 - 5)

وهو جهاز يستخدم لفحص العازلات الكهربية للتأكد من عدم حدوث انهيار داخلي وذلك للحفاظ علي سلامة فرق صيانة الخطوط ويستخدم الجهاز كأداة فحص روتينية سريعة وبأمان ويمكن استخدامه فى الخطوط والمحطات أثناء الخدمه كما يمكن استخدامه لفحص العازلات قبل تركيبها

(5 – 2) مبين الجهد VOLTAGE INDICATOR

هذا الجهاز من الأجهزة الهامة جدا للعاملين في مجال الخطوط حيث انه يستخدم لبيان وجود جهد علي الموصلات أم لا ويوجد منه نوعان احدهما للجهود من 0 حتي 69 ك ف والاخر من 69 حتي 750 ك ف وهو جهاز يعمل بالبطارية ويتم اختبار الجهاز قبل وضعه علي الموصلعن طريق مفتاح الاختبار ومن ثم اضاءه لمبة البيان الخضراء وسماع صوت من سماعة الجهاز ثم بعد ذلك يتم وضع الجهاز علي الموصل وفي حاالة وجود جهد فان اللمبة الحمراء ستضئ ونسمع صوت دليل علي وجود الجهد

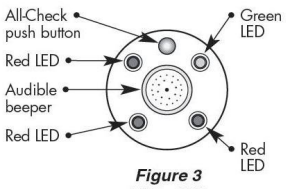


Figure 3
TAG -330
Control Panel

(5 - 3) HI-TEST ROPE TESTER

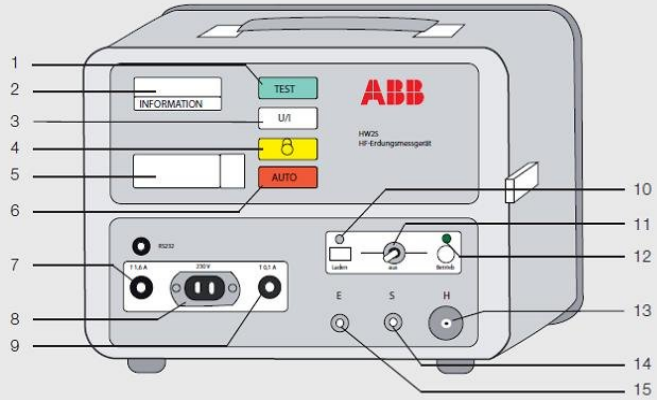
يستخدم هذا الجهاز في نظام الصيانة تحت الجهد وذلك لاختبار الحبال المستخدمة في رفع المعدات فوق الأبراج الكهربية وذلك للتأكد من أن الحبال تحتفظ بعزلها حتي لا تسبب مشاكل في حالة حدوث تداخل مع الموصلات الكهربية وعند تشغيل الجهاز فانه تضئ لمبة بيان خضراء وعند عمل اختبار لعزل الخبل وفي حاالة وجود رطوبة بالحبل او تراكم لملوثات بصورة عالية فانة تضئ لمبة بيان حمراء مما يعني ضرورة تجفيف الحبل وتنظيفة من الشوائب

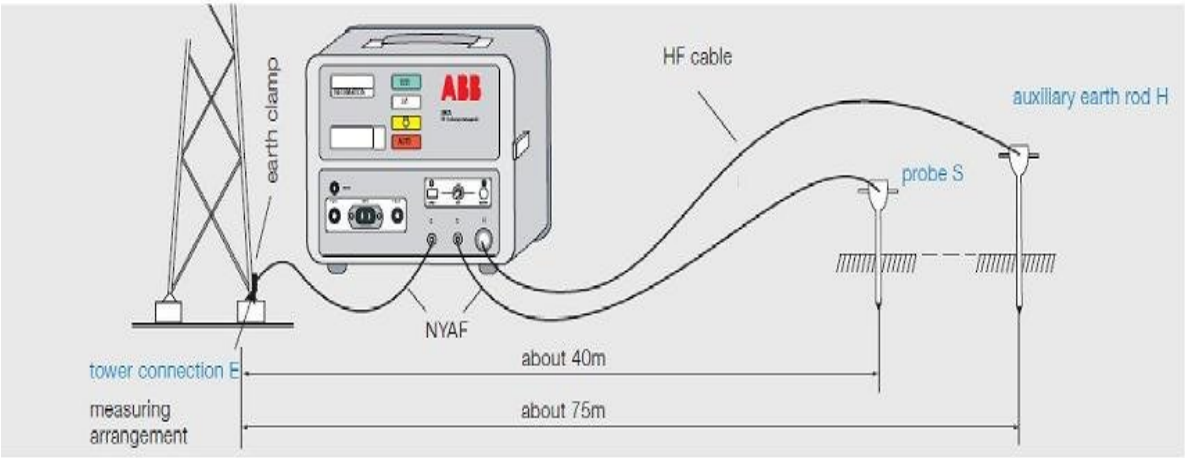
HF-Earth Resistance Measuring Instrument (4 – 5)

HF-Earth Resistance Measauring Instrument HW2S

1 Button for checking of instrument
2 Information display
3 Button for checking the batterie
4 Illumination of display (2)
5 Measured-value display
6 Button for automatic measurement
7 Fuse of measuring circuit
8 230 V socket
9 Fuse for charging circuit
10 Pilot lamp “charge”
11 Operation switch
12 Pilot lamp for operation
13 Socket for auxiliary earth rod (H)
14 Socket for probe (S)
15 Socket for tower leg (E)

CE





يستخدم جهاز HF-Earth Resistance Measuring Instrument لقياس مقاومة التأريض لأبراج النقل للخطوط الهوائية (اشتخدم الجهاز من نوع HF : High Frequency حتي لا يتم فصل كابل التأريض للبرج الهوائي) وقد صمم الجهاز لاستخدامة الدائم بطريقة دورية لمتابعة قيمة مقاومة التأريض للحفاظ عليها فى الحدود المقبولة وفقا للشروط القياسية (أقل من 10 اوم) واذا زادت المقاومة عن ذلك يتم تركيب كابلات تأريض اضافية (كابل نحاس بطول 25 متر وقطر 14 مم ومساحة مقطع 70 مم^2 وتوصيلة مع قائم البرج وقياس المقاومة واذا وجدت انها اعلي من المسموح يتم اضافة كابل ثان على القائم المقابل بطريقة قطرية)وذلك للحفاظ علي قيمة المقاومة في الحدود المقبولة

(5 – 5) جهاز قياسات الارضى MEGGER

هذا الجهاز يستخدم لقياس مقاومة الارضي وذلك بعد فصل الكترود التأريض من النظام واذا لم يكن ممكنا يجب عمل تأريض مؤقت لحين قيلاس التأريض ومن مزايا الجهاز

1 – يعمل علي جهد المنبع أو ببطارية قابة للشحن
2 –دقة عالية في قراءات المقاومة للتربة والكترود التأريض
3 – ذاكرة لتخزين النتائج بالتوقيتات

(5 – 6) العصيان المعزولة HOT STICKS

وهي عصيان معزولة تصنع من الفيبر جلاس وتتحمل الجهود العالية وذلك لاستخدامها مع فرق الصيانة بالفصل لتركيب الأرضي المحلي علي الموصلات الكهربية (حيث يتم توصيلها اولا بجسم البرج ثم توصيلها

بالموصلات) وذلك لتفريغ الشحنات الاستاتيكية في الموصلات وذلك لتوفير الامان لفرق صيانة الخطوط ويتم اختبار هذه المعدة بصورة دورية للتأكد من صلاحيتها للعمل.

****

6 - 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:

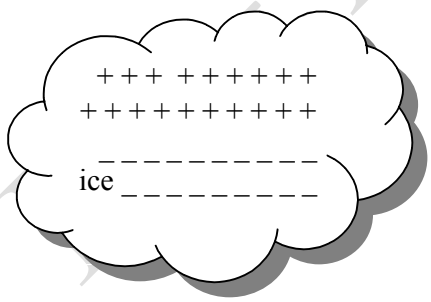
- زيادة الجهد بسبب البرق Lightning over-voltage
- زيادة الجهد بسبب الفصل والتوصيل Switching over-voltage

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 .

(6 – 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 flashoverهذه 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

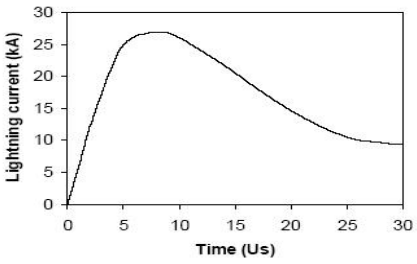
(6 – 2) ظاهرة البرق Lightning phenomena



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 10^8فولت 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 .

(6 – 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

(6 – 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

(6 – 4 – 1) الحماية باستخدام سلك الأرضي

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.

(6 – 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.

(6 – 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 .

7 – التأريض الوقائى Protective Earthing

بعرف التأريض الوقائي بأنة اتصال مباشر بين أي معدة كهربية وجسم الأرض

الغرض منه 1 - حماية الأفراد من الصدمات الكهربية

2 – حماية المعدات والمنشأت من التلف

3 – السماح بمرور تيار كهربي الي الأرض يكفي لتشغيل اجهزة الوقاية

مكونات التأريض الوقائى-:
1 - الأرض وهى التربة التى يوضع فيها الكترودات التأريض
2 - الكترودات التأريض (قد يكون قضيب أو أسلاك مدفونة أفقيا أو ألواح معدنية فى باطن الأرض)
3 - موصلات التأريض
لعوامل التى تحدد قيمة المقاومة النوعية للتربة-:
1 - مقاومة الالكترود المعدني (النحاس هو أفضل المعادن التى يمكن استخدامها فى التأريض ونظرا لارتفاع ثمنه فأن أنسب نوع من قضبان التأريض هو المصنوع من الصلب المغلف بالنحاس)
2 - موصل التأريض (يصنع من موصلات النحاس العريان 25مم(2
3 - مقاومة التربة فى مكان التأريض

جهد اللمس Touch Potential

هو الجهد المتولد فى جسم الانسان نتيجة تلامسه مع معدة مؤرضة أثنا مرور تيار خطأ بها
وتكون قيمة التيار المار في الجسم متناسبا مع المقاومات الكلية المكون التي تحدد قيمة هذا التيار وهي:
أ - مقاومة اللمس بين جسم الإنسان والجسم المعدني.
ب - مقاومة جسم الإنسان نفسه .
ج - المقاومة بين كل قدم من قدمي الجسم والأرض.
د - مقاومة الأرض من نقطة التأريض حتى موضع وقوف الشخص.
هـ - مقاومة الأرض من موضع وقوف الشخص حتى نقطة التأريض اللانهائية.
ولتلاشي الخطر من ارتفاع جهد اللمس أثناء حدوث خطأ القصر الأرضي يجب عمل ألاتي:
أ - تقليل زمن الصدمة الكهربية عن طريق استخدام أجهزة حماية وفصل ذات أداء سريع بالنسبة لخطأ التماس بالأرض.
ب - زيادة مقاومة اللمس بين الجسم وكل من الجسم المعدني والأرض عن طريق استعمال قفازات مطاطية وأحذية عازلة أثناء الوقوف بجانب أو التعامل مع المعدات الكهربية المؤرضة.
ج - زيادة مقاومة الجسم المكافئة عن طريق استعمال ملابس عازلة وجافة وغير مشبعة بالرطوبة وكذلك مراعاة أن يكون الجسم جافا.
د - تقليل مقاومة الأرض بقدر الامكان.
هذا يؤدي إلي تقليل قيمة التيار المار في جسم الإنسان لنفس ظروف الصدمة الكهربية.

جهد الخطوةStep Potential

يعرف جهد الخطوة بأنه فلرق الجهد بين قدمي الانسان
عندما يتحرك شخص علي مسافة ليست بعيدة من جسم مؤرض ويتصادف حدوث خطأ تماس في الأرض المار عليها
فإنه ينشأ فرق جهد بين قدمي الإنسان نتيجة وجود مقاومة بين القدمين وكذلك مقاومة القدمين ويمر تيار في الجسم بين القدمين يؤدي إلى حدوث صعق كهربي يؤثر علي حياة الأفراد المتواجدين لحظة حدوث الخطأ.
ولزيادة أمن الأفراد وتلاشي خطر ارتفاع جهد الخطوة داخل المحطات وفي الأماكن القريبة من المعدات المؤرضة يجب عمل الأتي:
1 - أستخدام شبكات تأريض مدفونة كحصائر تأريض تحت سطح مستوي الأرض في محطات الكهرباء والأماكن القريبة من المعدات الكهربية المؤرضة.
2 -.تقليل مقاومة الأرض وبالتالي تقل مقاومة الأرض بين قدمي الشخص
3 -.زيادة مقاومة التلامس بين قدمي الشخص المار والأرض وذلك بارتداء أحذية سلامة عازله كهربيا

8 – ظاهرة التفريغ الهالى Corona

تنتج ظاهرة التفريغ الهالي (التفريغ الجزئي) نتيجة تأين الهواء المحيط حول موصلات الجهد العالى في صورة مجال كهربي غير منتظم ويمكن ملاحظة ذلك على خطوط النقل الكهربي كوميض لامع مائل للزرقة وتكون هذه الظاهرة مصحوبة بصوت أزيز وتتأثر بالعوامل الآتية:

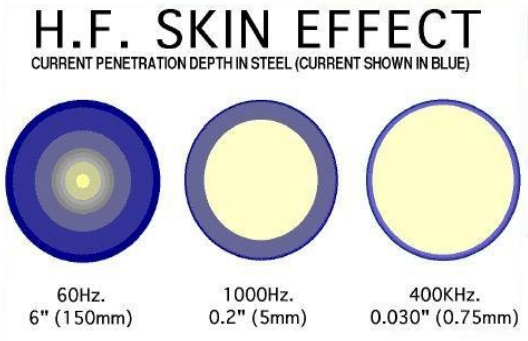
1. حالة سطح لموصل(كلما زادت خشونة السطح ازداد المجال الكهربي الغير منتظم وتزداد الظاهرة)
2. حالة الغاز المحيطة (نسبه الرطوبة – درجة الحرارة – الضغط الجوى – نوع الغاز المحيط)
3. شكل الموصلات الكهربية والمسافة بينها

ومن العيوب التي تسببها الكورونا

- حدوث مفاقيد للقدرة الكهربية
- سماع صوت أزيز
- اهتزاز الموصل
- تداخلات مع موجات الراديو

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 ثم عمل short circuit علي الموصل.

9 – الظاهرة القشرية Skin effect



هي ظاهرة مرور التيار الكهربي علي السطح الخارجي (القشرة الخارجية) للموصل نتيجة تكون قوة دافعة كهربية induced EMF داخل الموصل تمنع مرور التيار داخلة (ممانعة حثية) و تؤدى تلك الظاهرةالي زيادة الث داخل الموصل و كذلك زيادة مقاومة الموصل عنه في حالة التيار المستمروتزداد هذه الظاهرة بزيادة التردد الكهربي

Skin Effect contribution for round conductors at 60 Hz can be approximated using the following formula:

Ycs = 11.18 / (Rdc^2 + 8.8)

Where Ycs = Skin Effect expressed as a number to be added to the dc resistance

Rdc = dc resistance of the conductor in micro-ohms per foot at operating temperature

10– معدات الامان الشخصية Personal Protective Equipment (PPE)

هذه الفقرة من أهم الفقات بالكتاب حيث انه توضح المهمات التي يجب تواجدها مع العاملين في مجال الخطوط الهوائية من أجل تجنب المخاطر الكهربية والميكانيكية أثناء العمل ولا يمكن الاستغناؤ عن أي معدة من تلك المعدات حفاظا علي سلامة العاملين بالخطوط وهي :

1. حذام الأمان Safety belts (harnesses)
2. خوذة الأمان Safety Helmet
3. ملابس العمل (الأفرول) Coverall
4. القفاز أو الجوانتي Gloves
5. النظارة الواقية Glasses
6. حذاء الأمان Safety Boots

11 – قواعد الأمان للعمل علي خطوط النقل الهوائية Safety Rules

تعاريف اساسية **Basic Definitions**

PTW: Permit To Work تصريح العمل

هو امر الشغل الذي يصدر به تصريح رسمي للعمل علي أي معدة كهربية

EHV : Any apparatus operate at voltage exceeded 66 KV and above
HV : Any apparatus operate at voltage exceeded 1000 V to 66 KV
MV : Any apparatus operate at voltage exceeded 250 V to 1000 V
LV : Any apparatus operate at voltage not exceeded 250 V

مسافات الأمان للعمل بالقرب من معدات الضغط العالى

Rated Voltage	Clearance
Up to 33 KV	2.74 m (9 ft 0 inch)
Exceeding 33 KV but not exceeding 66 KV	2.97 m (9 ft 9 inch)
Exceeding 66 KV but not exceeding 132 KV	3.43 m (11 ft 3 inch)
Exceeding 132 KV but not exceeding 275 KV	4.57 m (15 ft 0 inch)

الاحتياطات الواجب اخذها فى الاعتبار عند العمل علي الخطوط الهوائية

1. الحصول علي تصريح العمل من المهندس المسئول
2. فصل الدائرة الكهربية والتأكد من فصلها وعزلها عن اي منبع كهربي
3. تركيب الأراضي الرئسيةعند بداية ونهاية الخط
4. عمل اختبار للدائرة قبل العمل باستخدام مبين الجهد
5. تركيب الأرضي المحليعلي الموصلات بطريقة معتمدة وصحيحة
6. تركيب لوحات تحذير عند اي نقاط يمكن توصيل الدارة عندها
7. تركيب علم أخضر فى اتجاة الدائرة المفصولة وعلم أحمر فى اتجاه الدائرة الحية

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)
7 - مركز التدريب تحت الجهد (نظام الصيانة والغسيل الميكانيكي تحت الجهد)
8 – مواقع الانترنت وكتالوجات الالاجهزة والمعدات

للتواصل ahmedsobih162@yahoo.com
ahmedsobih128@gmail.com

Eng Ahmed Sobih