

((مقدمة))

الوظيفة الأساسية للخطوط الهوائية هي نقل القدرة الكهربائية من مكان إلى آخر , والمكون الرئيسي لخط النقل الهوائي هو الموصل (Conductor) حيث إنه الناقل الفعلي للطاقة الكهربائية أما باقي تركيبات الخطوط الهوائية فهي إما لحمل وتثبيت الموصل أو لعزل الموصلات عن الأرض وعن بعضها البعض .

والخطوط الهوائية غالبا ما تكون في صورة خطوط نقل هوائية فوق الرأس , ويطلق عليها **الخطوط الهوائية** لكون الهواء هو العازل الرئيسي بين الموصلات , حيث تستخدم الموصلات (*conductors*) المكشوفة غير المعزولة محمولة على أعمدة لرفع هذه الموصلات عن سطح الأرض بمسافة كافية لتوفير الأمان , وكذلك للحفاظ على مسافة ثابتة بين الموصلات , وتكون الموصلات معزولة عن جسم العمود باستخدام العوازل , أما على طول مسار الخط يكون الهواء هو العازل بين الموصلات والأرض وبين الموصلات وبعضها البعض .

وخطوط النقل يجب أن تتوافر لها الخصائص التالية :

- يجب أن يكون الجهد ثابتا على طول الخط .
- يجب أن يكون الفقد في القدرة أقل ما يمكن حتى تكون كفاءة النقل عالية وتكلفة النقل أقل ما يمكن.
- يجب أن لا يتسبب الفقد في القدرة في تسخين الموصل لدرجة تسبب تغييرا في الخواص الكهربائية والميكانيكية للموصل .
- يجب أن يتحمل الموصل الإجهاد الميكانيكي الواقع عليه نتيجة وزنه أو تأثير الرياح عليه .

مكونات الخطوط الهوائية

1- الموصلات (Conductors):

الموصل هو الجزء الرئيسي في خط النقل حيث إنه هو الناقل الذي يقوم بنقل الطاقة الكهربائية من مكان إلى آخر والموصلات المستخدمة في خطوط النقل غالبا ما تكون مكشوفة أي غير مغطاة بمادة عازلة , وتكون معلقة بين أعمدة تبعد عن بعضها مسافات قد تصل في بعض الأحيان إلى 90 متر , وهذه المسافة تعرف بالـ (**span**).

وكون الموصل معلقا يجعله دائما واقعا تحت تأثير وزنه الذي يؤثر رأسيا إلى أسفل مسببا إجهاد شد في الموصل , ولذلك فإنه يجب أن تكون المادة التي يصنع منها الموصل ذات متانة ميكانيكية عالية تجعلها تتحمل الإجهاد الواقع عليها, وأن تكون خفيفة الوزن حتى تكون قوة الشد المؤثرة على الموصل قليلة وحتى يمكن زيادة المسافة بين الأبراج لتقليل تكلفة إنشاء الخط .

ويتم اختيار مادة الموصل (Conductor) على حسب :

- المسافة بين العمودين ومقدار الترخيم المسموح به .
- الشد في الموصلات .
- الفقد في القدرة .
- الهبوط في الجهد على الخط .
- الطقس والعوامل المناخية .

ملاحظة : يجب أن تكون المادة التي تصنع منها موصلات خط النقل ذات موصلية (Conductivity) عالية وذلك حتى يكون الفقد في القدرة على الخط أقل ما يمكن حتى تكون عملية النقل اقتصادية, فكلما زادت الموصلية قلت مقاومة الموصل وقل بالتبعية الفقد في القدرة في الخط , فعندما تزيد الموصلية (conductivity) يمكننا استخدام موصلات ذات مساحة مقطع أقل مما يؤدي إلى توفير في مادة الموصل وتوفير في تكلفة الموصل المستخدم .

الموصل المستخدم حالياً هو النحاس (copper)

يمتاز النحاس بخاصية توصيل (Conductivity) ممتازة وقدرة على نقل تيار عالي نسبياً بسبب خصائصه الحرارية الجيدة , ودرجة انصهاره العالية , ومتانته , وقوه شده العالية جدا ((تقريبا ضعف الألمنيوم)) مع المرونة العالية , ومقاومته للتآكل , ومعامل تمدده قليل , مما يجعله موصل ذا جودة عالية .

• الترخيم (Catenary Curve) :

هو مقدار انخفاض الموصل عن مستوى نقطة التعليق أو (هو مقدار ميلان الموصل "**conductor**" بين عامودين).

ملاحظة : يكون أقصى ترخيم للموصل في منتصف المسافة بين العامودين .

• (العوامل التي تؤثر في الترخيم)

يتأثر مقدار الترخيم بعدة عوامل هي :

- 1- وزن السلك (**Wc**) كلما زاد وزن السلك زاد الترخيم .
- 2- المسافة بين العامودين (**الباع L**) وكلما زادت المسافة بين العامودين زاد الترخيم .
- 3- الشد في السلك (**T**) وهو من العوامل التي تؤثر تأثيرا كبيرا في مقدار الترخيم وكلما زاد الشد في السلك قل الترخيم .
- 4- درجة الحرارة : كلما زادت درجة حرارة السلك وزاد طوله زاد الترخيم ويحدث العكس عند انخفاض درجة الحرارة .

(حساب الترخيم بين عامودين متماثلين) :

عندما يكون العامودين متماثلين تكون نقاط تعليق الموصل على نفس الارتفاع , وفي هذه الحالة يحدث أقصى ترخيم في منتصف المسافة بين نقطتي التعليق .

وإذا اعتبرنا أكثر النقاط انخفاضا هي نقطة الأصل (D) فإن :

$$D = \frac{W_c L^2}{8T}$$

والمسافة بين الموصل والأرض هي (C) :

$$C = H - D$$

** حيث H هي ارتفاع نقطة التعليق عن سطح الأرض **

مثال :

لخط نقل كهربائي كانت المسافة بين عامودين هي (L = 160m)

ووزن الموصل (W_c = 0.75Kg/m)

ومقدار الشد (T = 600 Kg)

فإذا كانت نقطتي التثبيت على نفس الارتفاع (H = 20 m)

** احسب المسافة بين سطح الأرض والموصل :

الحل :

$$C = H - D$$

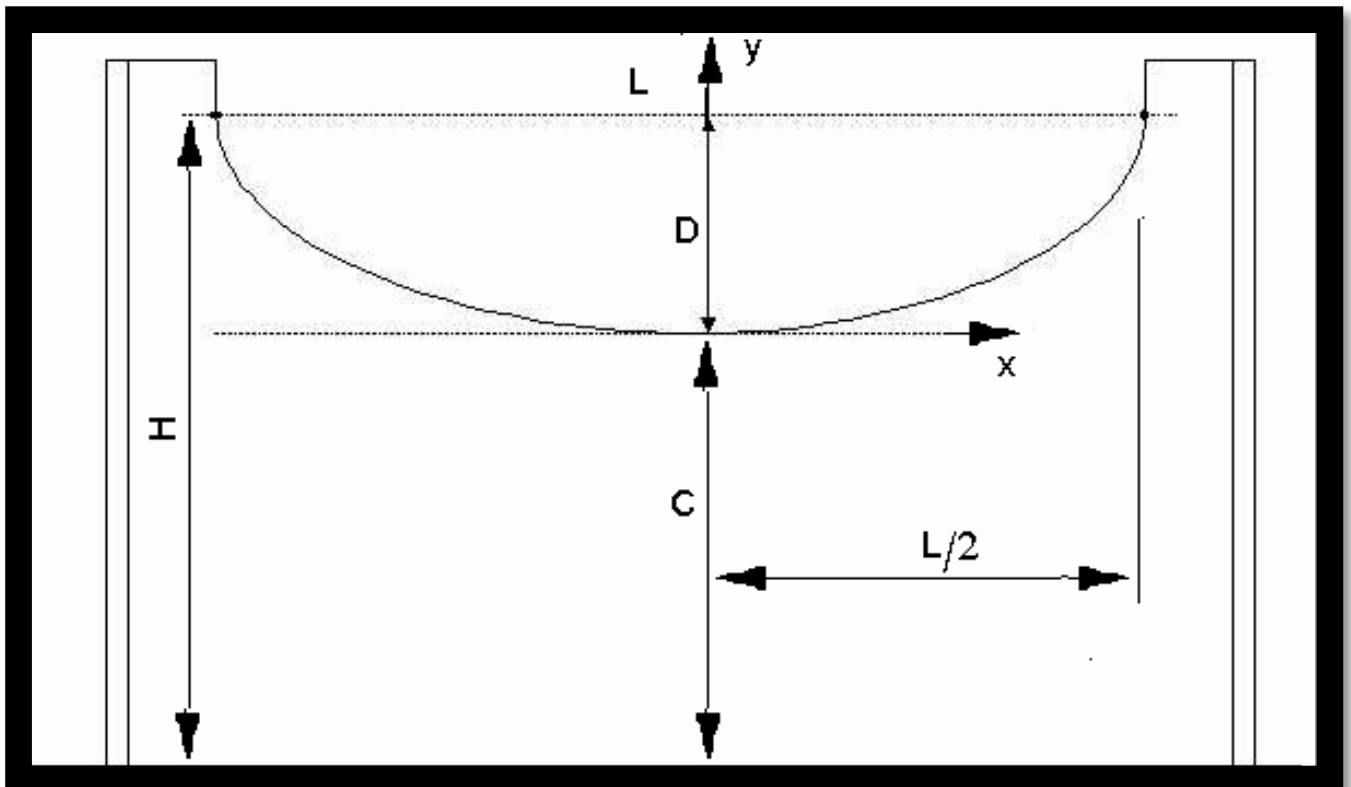
$$D = \frac{W_c L^2}{8T}$$

$$D = 0.75 \times (160)^2 / 8 \times 600$$

$$D = 4 \text{ m}$$

وتكون المسافة بين الموصل والارض

$$C = 20 - 4 = 16\text{m}$$



2- الأعمدة الخشبية :

تعتبر الأعمدة الخشبية أرخص أنواع الأعمدة وتصنع من أخشاب شجر الأرز والصنوبر وذلك لطولها واستقامتها وتتوافر الأعمدة الخشبية بأطوال مختلفة والتي نستخدمها هي (12 , 11 , 10 m) وتتميز الأعمدة الخشبية بمرونتها حيث تنحني إذا تعرضت لأحمال ميكانيكية عالية ثم تعود إلى وضعها الطبيعي بزوال الحمل وهذه الخاصية تجعلها ملائمة تماماً لأغراض تثبيت الموصلات ولذا ينصح باستعمالها كلما أمكن ذلك , لأنه في حالة تعرض الموصلات لقوى شديدة كتلك الناتجة عن عاصفة مثلاً فإن حركة العمود الخشبي تمتص هذه القوة وتخفف من تأثيرها على الموصلات .

وتتميز الأعمدة الخشبية إلى جانب ما ذكرناه بمقاومتها لمرور التيار ويمكن تصنيفها في حالة الجهود المنخفضة كمادة عازلة , وتتميز كذلك بسهولة تركيبها وبحاجتها إلى أساسات بسيطة لتثبيتها.

ملاحظة : أغلب الأعمدة المستخدمة هي (11m) , وتستخدم الأعمدة (12m) في بداية الخط وبعد كل (11) عمود وذلك لتثبيت توازن الخط الهوائي وكذلك لتعليق المحول , وتستخدم الأعمدة (10m) عند إضافة محول بحيث نضع عمود (10m) بجانب عمود (11m) وذلك لتعليق المحول عليهما .

ملاحظة : عادة المسافة بين الأعمدة تكون ما بين (60 متر إلى 90 متر) وتحدد حسب الموقع .

3- الوصلات (Joints) :

وفي قسم الخطوط الهوائية نستخدم نوعين من الوصلات :

الأولى :

هي (Mid Span Connector) وتستخدم لربط سلكين ببعض وذلك بوضع السلك الأول في طرف والثاني بالطرف الآخر ثم تكبس الوصلة (*mid span connector*) عليهما .

الثانية :

هي الوصلة اليدوية (hand joint) حيث يتم ربط السلكين ببعضهما البعض بواسطة السلك نفسه وذلك بلف السلك الأول على السلك الثاني , وهذه الطريقة هي أقوى انواع الوصلات وهي الوصلة المستخدمة حالياً .

ملاحظة : يستخدم الـ (*Line tap 32 , 70 , 100*) لربط نهايات

الأسلاك مع بعضها عند استخدام الوصلة اليدوية .



Mid span connector



Line tap

4- أنواع الأذرعة (cross arm) المستخدم في الخط الهوائي :



Intermediate cross arm -1

وهي القطعة التي يتم تثبيتها على العمود (single pole) لتثبيت الـ *pin insulator* .

H- pole cross arm -2

وهي القطعة التي يتم تثبيتها على H-pole لتثبيت الـ *disk insulator* .

Terminal single pole cross arm -3

وهي القطعة التي يتم تثبيتها على (single pole) لتثبيت الـ *disk insulator* .

Pole box cross arm -4

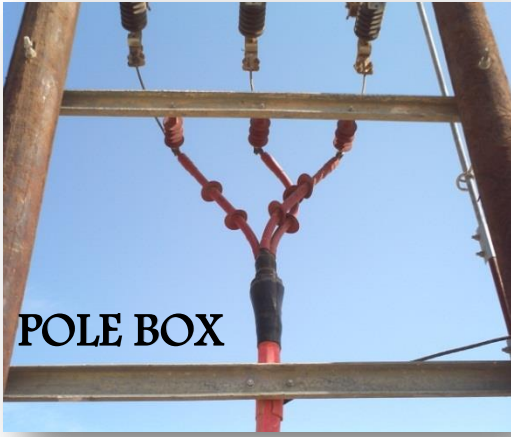
وهي القطعة التي يتم تثبيتها على (H-pole) وذلك لتثبيت الـ *terminal support insulator* .

PMT cross arm -5

وهي القطعة التي يتم تثبيتها على الـ (H-pole) وذلك لتثبيت المحول عليها .



PMT cross arm



: (Pole Box) -5

هو عبارة عن وصلة تربط الكيبل الأرضي
بالخط الهوائي وتتكون من ثلاث قطع :

: Lug ●

Lug 32 mm L4 C16

Lug 70 mm L7 C16

Lug 100 mm L8 C16



Lug

ويستخدم الـ lug لربط الخط بالـ terminal support

: (Terminal Support Insulator) ●

وهو العازل الذي يكون في نهاية الكيبل الأرضي وبداية الخط الهوائي
والذي يتم عليه تثبيت . . .

(الـ lug وهو بداية الخط الهوائي ونهاية الكيبل الأرضي) .



Terminal support insulator

: Pole Box cross arm ●

وهي القطعة التي يتم تثبيتها على العمود H-pole

لتثبيت (Terminal Support Insulator)

ملاحظة : هناك ثلاثة انواع أخرى من الـ (lug) وتستخدم لربط الخط
الهوائي بالمحول

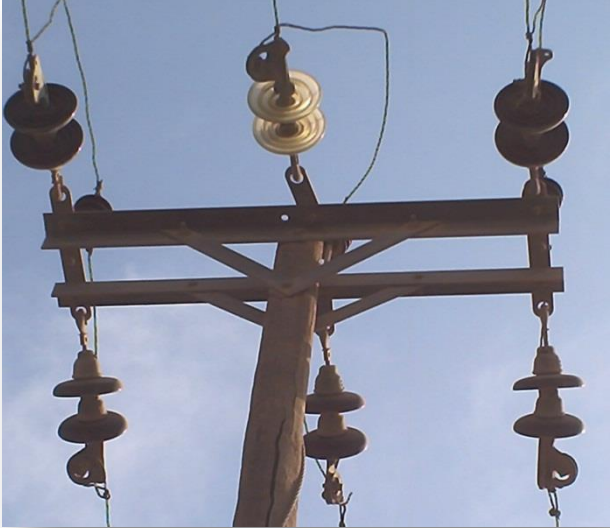
lug 32 L4 C10

lug 70 L7 C12 , lug 100 L8 C16

: (Disk Insulator) -6

وهي العازل الذي يعزل الخط الهوائي عن العمود

ويتكون من ثلاث قطع :



Tension hook ●



وهي القطعة التي يتم تثبيتها بالـ cross arm

Tension clamp ●



Disk insulator



وهي التي تربط العازل بالموصل conductor

Tension Disk insulator ●



وهي القطعة التي فيها مادة العزل .

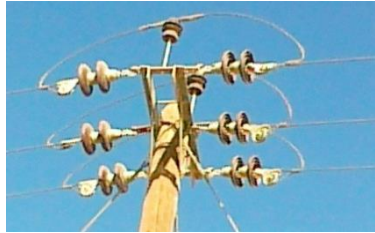


7- (Jumper) الناقل :

وهو عبارة عن قطعة صغيرة من الموصل وعادة ما يكون طولها ما بين متر إلي مترين .

ويستخدم الناقل في الحالات التالية :

- من الموصل (conductor) إلى الـ Switch .
- من الـ Switch إلى المحول .
- من الـ Switch إلى الـ Pole Box
- من الموصل إلى الموصل , وذلك عند استخدام الـ H-pole في منتصف الخط , وعند استخدام الـ Disk Insulator فوق أعمدة الـ 11 متر .



كيفية استخدامه :

يتم لف طرف الناقل وهو من النحاس على الموصل بطريقة الـ hand joint ثم يوصل طرفه الآخر إلى الـ Switch , ومن الـ Switch إلى المحول باستخدام الـ Lug ومن الـ Switch إلى الـ Pole Box باستخدام الـ Lug أيضا .

ملاحظة : حجم الناقل (Jumper) يكون مثل حجم الموصل

(Conductor) , ((32 , 70 , 100 mm))



8- التأسيس (Copper Earth Rod)

نستخدم التأسيس في الحالات التالية :



- مع المحول .
- المفتاح الافقي (horizontal mounting switch)
- المفتاح العمودي (vertical mounting switch)
- عازل الصواعق (surge arrestor)
- (Pole Box)

ملاحظة : نستخدم التأسيس لحماية الخطوط من الصواعق .

Earth wire

9- (The Stay)

وهو السلك الذي يستخدم لتثبيت الأعمدة ويتكون من أربعة قطع :



● Stay wire سلك الشد

● Stay rod قضيب الشد



● Stay insulator عازل الشد



● Kicking block 1.22*0.250*0.125 mm

وهي القطعة الخشبية التي تكون في الأرض وذلك لتثبيت الـ *stay* فيها .



10- (Trussing Tackle)



وهي قطعة من الحديد تكون على شكل (X) وتوضع بين عامودي الـ (H-pole) وذلك لتثبيت العامودين .

11- (Pin Insulator)

وهو العازل الذي يعزل الخط الهوائي عن العامود ويتكون من ثلاث قطع :

● (Pin insulator spindle)

يستخدم لتثبيت الـ *Pin Insulator* على الـ *Cross arm*



● (Pilot Pin Spindle)



يستخدم الـ *pilot Spindle* مع الناقل (*jumper*).

● (Pin insulator)

يستخدم لعزل الأسلاك وتثبيتها على الأعمدة.



12- المصهرات (The Fuse)

هناك 6 أنواع من المصهرات وهي :

(8,15,30,40,60,100) A Re Wireable Fuse Element .

ويتم تحديد نوع المصهر بالقانون التالي :

$$S_{(KVA)} = \sqrt{3} \quad I_{(A)} \quad V_{(V)}$$

استخدام الفيوز :

- يوضع المصهر بعد (Crossing) وذلك لتحديد العطل هل هو من الكيبل الأرضي أو الخط الهوائي .
- يستخدم عندما نريد أن نغذي الخط الهوائي من اعمدة الكهرباء (33kv).
- يوضع قبل المحول لحمايته .

ملاحظة : إذا تغذى الهوائي من الميجر (المحطة الرئيسية) أو محطة ثانوية عادةً لا نستخدم الفيوز بين ال- switch والكيبل .



13- المحول :

المحول المستخدم في الألب هو المحول ذو كفاءته 150 kVA



14- قاطع الضغط المنخفض (LT cut out)



LT cut out

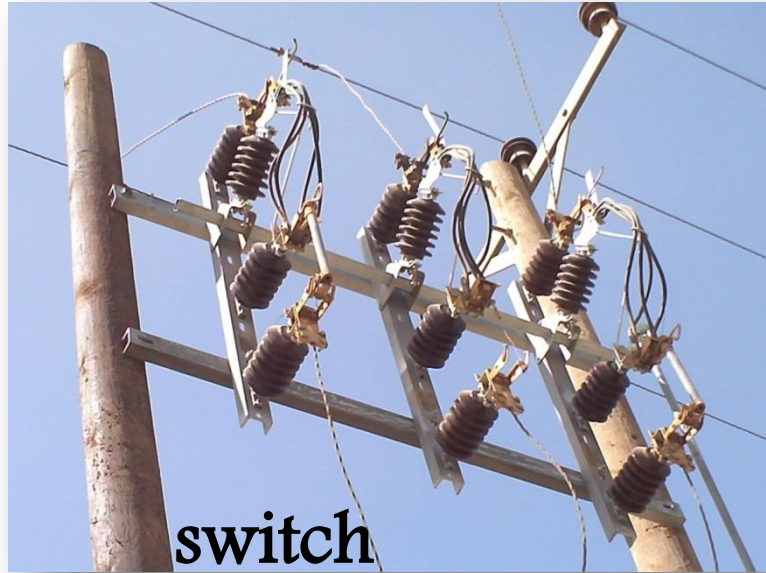
The Switch -15

يستخدم الـ *Switch* لقطع وتوصيل الكهرباء في
ثلاث حالات :



Switch Handle

- مع المحول (PMT)
- مع الـ (Pole Box)
- مع الـ (LT cut out)



ملاحظة : يستخدم الـ *Lighting Arrester* مع الـ *switch*
وذلك لمنع الصواعق عن الخط الهوائي ويستخدم ايضا مع

الـ *Pole Box* , *PMT* .



OVER HEAD LINE



بإشراف المهندس : بليه العجمي
رئيس قسم الخطوط الهوائية

إعداد : عبدالله العنزي



Line tap



Mid span connector



PMT cross arm



Intermediate cross arm



BOLE BOX



Lug



Terminal support insulator



Tension clamp



Tension hook



Disk insulator



Tension Disk insulator



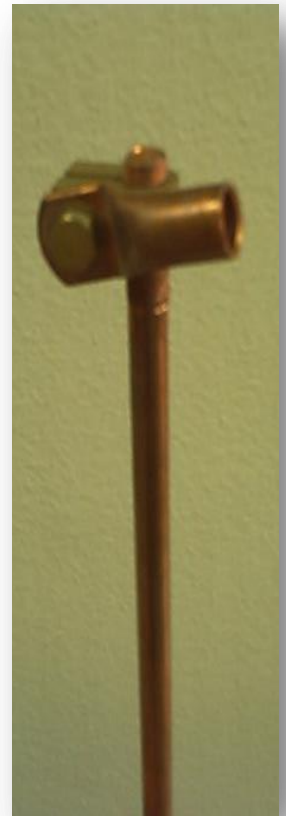
Disk insulator



Stay wire



Earth wire



Earth Rod



Kicking block



Stay insulator



Stay rod



Spindle



Pin insulator



Pilot spindle



Pin insulator



FUSE



PMT



LT cut out



switch



Switch Handle