وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني العمارة
قسم التقنيات الكهربائية

الحقيبة التدريسية لمادة

الشبكات الكهربائية/ ١

الصف الثاني

تدريسي المادة

م.م فاطمة ياسين عبد الله

الفصل الدراسي الاول

اسم المادة	لغة التدريس	السنة الدراسية	الفصل الدراسي	الفرع	الساعات الاسبوعية			الوحدات
					ن	ع	م	
الشبكات الكهربائية 1	العربية	الثانية	الاول	القوى الكهربائية	2	2	4	4

المفردات النظرية

الاسبوع	المفردات
الأول والثاني	كيفيه توليد الطاقة الكهربائيه-تطور الطاقة-نظام القوه الكهربائيه في التوليد وحتى الاستهلاك -الجهود القياسية
الثالث	محطات التوليد المائية-الحراريه
الرابع	محطات التوليد الغازية وفكره عن بعض محطات التوليد الأخرى مثل الديزل
الخامس	نظام القضبان العمومية والمخططات لمحطات المحولات داخل وخارج المباني
السادس	الخطوط الهوائية واستخداماتها وتقسيم الخطوط الى قصيره ومتوسطة وطويله
السابع	حسابات الميكانيكية للخطوط الهوائية ومنها حساب الشد والارتخاء عندما تكون الأبعاد عن سطح الأرض متساوية حساب وزن الثلج المتراكمة على السلك حساب مقدار قوه ضغط الريح المؤثرة على السلك
الثامن	حساب العناصر الأساسية لخطوط الهوائية منها حساب المقاومة حساب المحاثه الداخلية والخارجية للسلك حساب المحاثه للنظام الثلاثي المكون من ثلاثة اسلاك تبعد عن بعضها بمسافات مختلفة وتتبادل بالمواقع
التاسع	حل مسائل عن الاسبوع السابع والثامن
العاشر	الخطوط القصيرة ويشمل تمثيلها كدائرة كهربائيه وحساب كفاءتها حل الخطوط المتوسطة ويشمل تمثيلها كدائرة كهربائيه على شكل حرفT تمثيلها كدائره كهربائيه على شكل حرفπ
الحادي عشر	عوازل خطوط النقل انواعها أشكالها وتركيبها وظاهره التفريغ أسبابها والطرق المستخدمة للتخلص منها
الثاني عشر	شبكات التوزيع موزعات التيار المستمر التي تغذى من طرف واحد والتي تغذى من طرفين
الثالث عشر	شبكات التوزيع موزعات التيار المتناوب التي تغذى من طرف واحد
الرابع عشر	الموزعات الحلقية بكافه انواعها و مقارنه بين انواع الموزعات المختلفه
الخامس عشر	حل امثله شبكات التوزيع

مصادر :

1. **Science and Reactor Fundanentals-Electrical CNSC Technical Training Group**
2. **Power System Stability-Vol.II,by S.B Grary,John Waley and Sons**
3. **Electric Power Transmission and Distribution by P.J Freeman**
4. **Acourse in Transnission and Distribution by S.K.Giradhar and G.C.Garg**
5. **Acourse in Electrical Power by M.I.Somi and P.V.Gupta**
6. **The Trasmission and Distribution of Electrical Power by H- Cotton and H-Barber**

7.الملزمة النظرية لمادة الشبكات الكهربائية التي اعدت من قبل معهد التكنولوجيا-بغداد

(1,2) :طرق توليد الطاقة الكهربائية

سيكون الطالب في نهاية الدرس قادرا على :-

1- يعرف أنواع طرق التوليد 2-

يعرف أنواع أنظمة القدرة

عملية توليد الطاقة الكهربائية :

إن عملية توليد وإنتاج الطاقة الكهربائية هي في الحقيقة عملية تحويل الطاقة من شكل إلى أخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة في مراكز الطلب على الطاقة الكهربائية وحسب الكميات المطلوبة لهذه الطاقة الأمر الذى يحدد أنواع محطات التوليد وأنواع الاستهلاك وأنواع الوقود ومصادره هذه كلها تؤثر في تحديد نوع المحطة ومكانها وطاقتها. ميزات الطاقة الكهربائية:

يفضل استخدام الطاقة الكهربائية في مجالات عديدة بسبب ميزاتها الفريدة ومنها: 1-إمكانية نقلها إلى مسافات بعيدة وبكفاءة عالية .

2- إمكانية إنشاء محطات للتوليد ذات سعات كبيرة وبتكاليف مناسبة . 3-سهولة توزيعها على مناطق الاستهلاك .

4-سهولة تحويلها إلى أنواع أخرى من الطاقات كالحرارية والميكانيكية والضوئية وغيرها. 5- عدم وجود مخاطر صحية من جراء استخدامها.

مصادر الطاقة الكهربائية:

1-الوقود . - 2-الطاقة المائية. 3-الرياح . -

4الطاقة الشمسية . 5- الطاقة الجيو حرارية . 6الطاقة الذرية.

أنظمة القدرة :

من الممكن نقل الطاقة الكهربائية إما بواسطة التيار المستمر أو التيار المتناوب إلا أن أكثر مشاريع نقل الطاقة الكهربائية تتم ألان بالتيار المتناوب .ويمثل الشكل رقم 1 نظاما نموذجيا للقدرة الكهربائية من النوع المتناوب.

إن الهدف الرئيس لأنظمة القدرة هو توليد الطاقة الكهربائية بكميات كافية في الأماكن الملائمة لتوليدها ونقلها بكميات كبيرة إلى مراكز الحمل وتوزيعها على المستهلكين بكلفة قليلة وخسائر اقل.

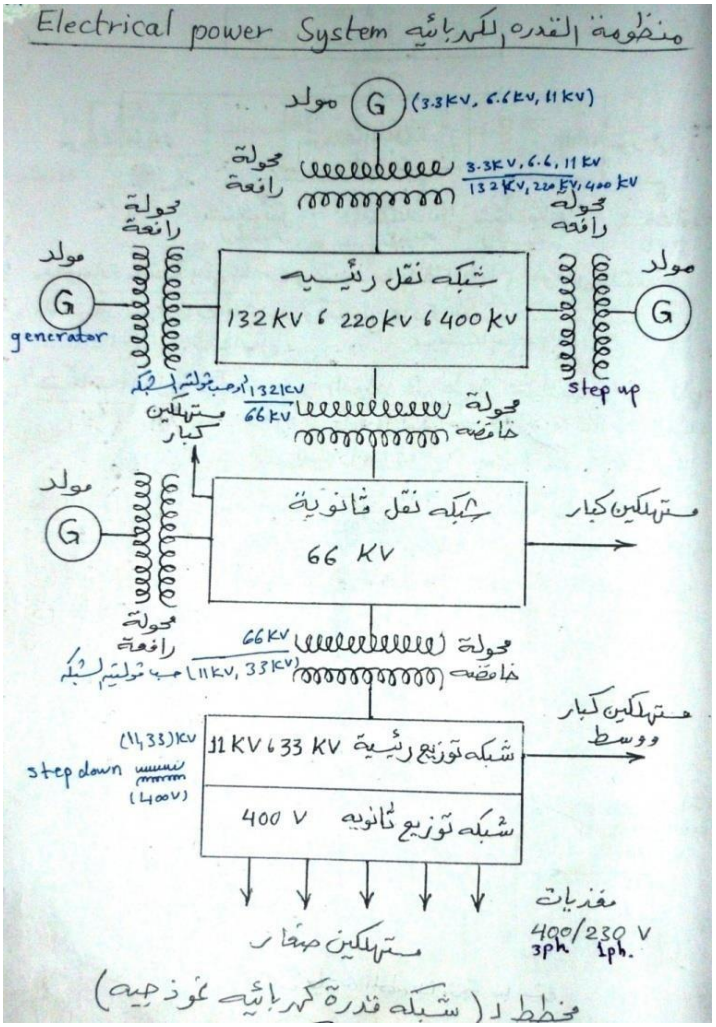
الجهود القياسية :

ويمكن تقسيم أنظمة القدرة الكهربائية إلى الأجزاء التالية توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية وفق الجهود القياسية التالية:

1- محطات التوليد Generating Stations: تختلف فولتيات التوليد في محطات التوليد المختلفة حيث فولتيات التوليـد Generation Voltage القياسية هي نفس قيمة (3.3,6.6,11,33) KV وتقوم المحولات برفع جهد التوليد الى جهد شبكة النقل الرئيسية.

2-خطوط النقل Transmission Lines: يتم رفع جهد التوليد عن طريق محولات رافعة للجهد ويتوقف هذا الجهد على مسافة النقل وتكاليف الانشاء والعزل حيث فولتيات النقـل Transmission Voltage القياسية هي (132,220,400)KV

3- أنظمة التوزيع: Distribution systems :ويتم خفض جهد خط النقل عن طريق محولات خفض الجهد الى فولتيات التوزيـع Distribution Voltage القياسية هي (6.6,11,33) KV.



الشكل رقم 1 نظام نموذجي للقدرة الكهربائية

تصنيف أنظمة التوزيع :

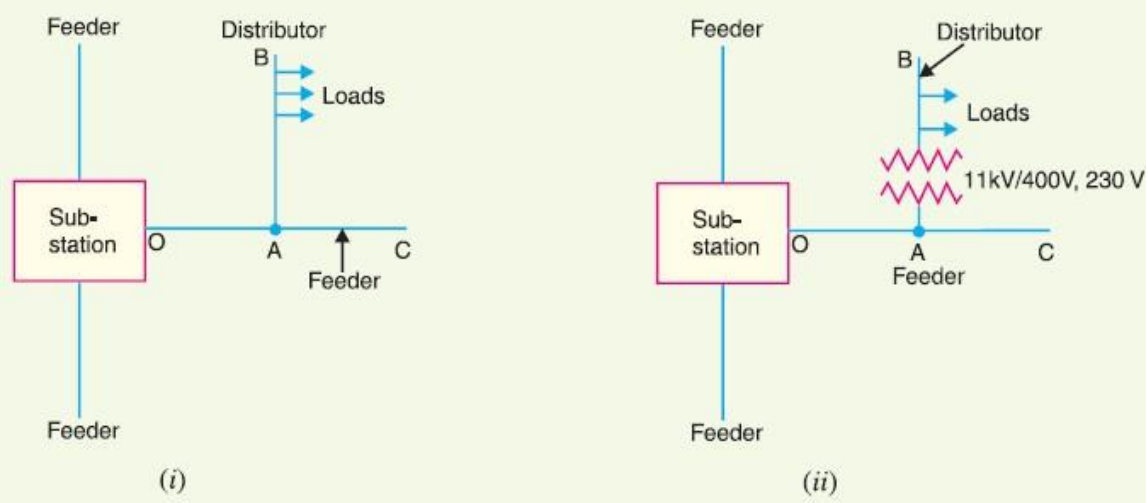
يمكن تصنيف أنظمة التوزيع إلى ما يلي: ا- حسب طبيعة التيار (مستمر أم متناوب).

ب- حسب طبيعة التنفيذ (أنظمة هوائية معلقة أم كابلات أرضية).

ج- حسب طريقة الربط : Connection schemes of distribution systems

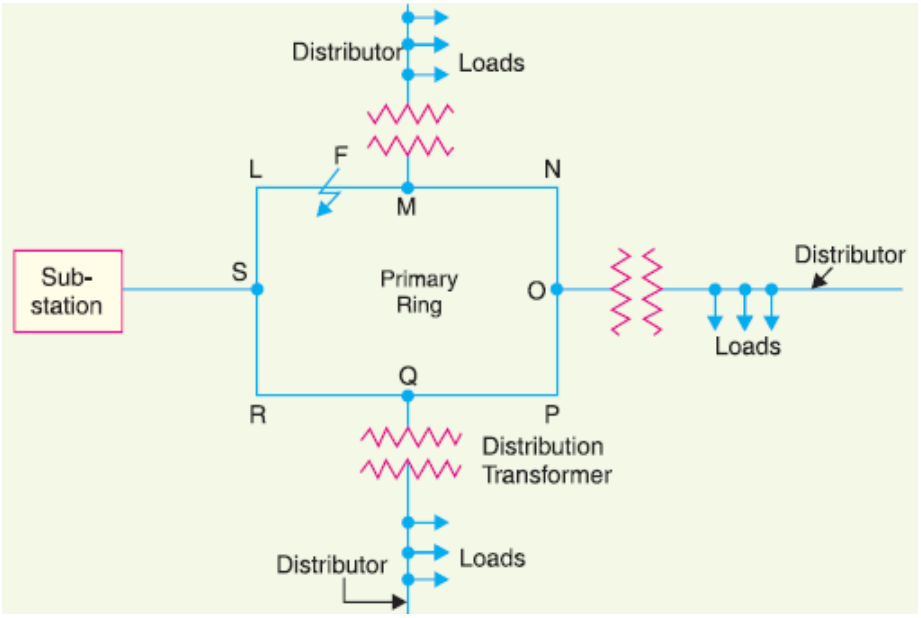
وتوجد ثلاثة أنواع من الربط لأنظمة التوزيع :

أولا- النظام الشعاعي Radial system : وهو رخيص الكلفة إلا انه لا يضمن استمرار وصول الطاقة الكهربائية إلى المستهلكين في حالة حصول خلل فيه كما في الشكل 2.لذا فنظام التغذية المزدوج يكون ضروريا للمستهلكين الهامين.



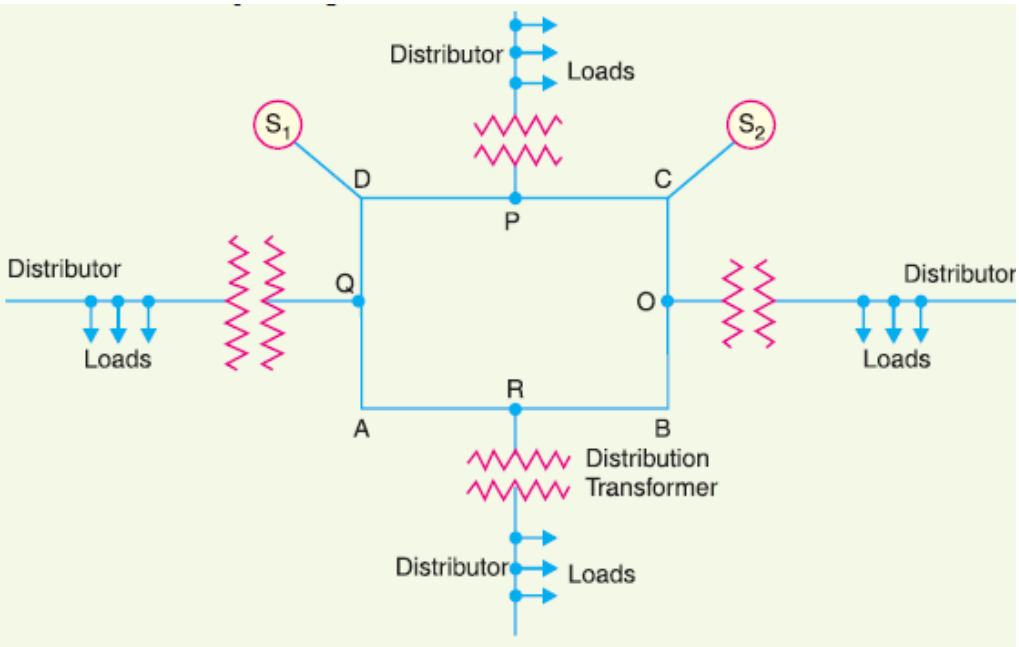
الشكل رقم 2 مخطط للنظام الشعاعي

ثانيا-النظام الحلقي : Ring main system: وهو يعطي ضمانا لوصول الطاقة الكهربائية إلى المستهلكين لأنه يهيئ إيصال الطاقة من عدة مناطق كما في الشكل 3.



الشكل رقم 3 مخطط للنظام الحلقي

ثالثا- النظام المتداخل(المترابط): Interconnected systemوهو تطوير للنظام الحلقي كما في الشكل 4.



الشكل رقم 4 مخطط للنظام المترابط

محطات توليد الطاقة الكهربائيـــــة: (3) سيكون الطالب

في نهاية الدرس قادرا على :-

1- يفهم أنواع محطات التوليد

2- يعرف محاسن ومساوئ كل نوع من أنواع محطات التوليد

محطات توليد الطاقة الكهربائيـــــة:

1- محطات التوليد الحرارية: وتقسم إلى : محطات توليد بخارية و محطات ذات محركات الاحتراق الداخلي ومحطات ذات توربينات غازية. -

2محطات التوليد المائية.

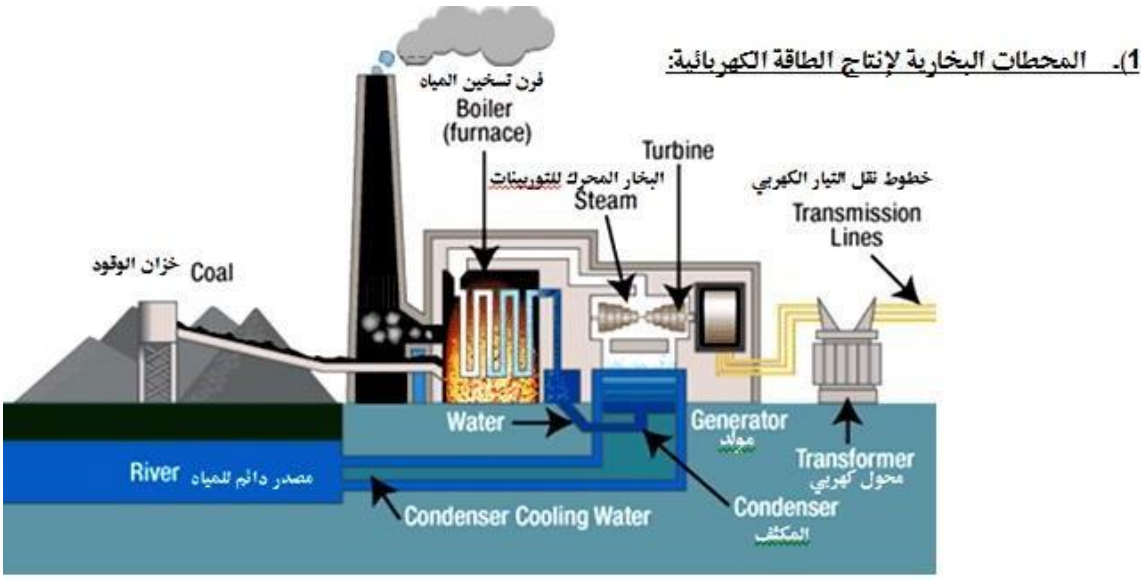
3-محطات التوليد التي تعمل بالطاقة النووية. 4-محطات التوليد التي تعمل بالمد والجزر. 5-محطات التوليد التي تعمل بواسطة الرياح . 6-محطات التوليد التي تعمل بالطاقة الشمسية.

تربط المحطات جميعا بالشبكة الوطنية لإغراض التشغيل الاقتصادي وتقاسم الأحمال بطريقة تقلل من تكاليف التشغيل وتضمن استمرارية تغذية الأحمال بالطاقة .

1-محطات التوليد الحراريـــــــــة :Thermal station وتشمل الأنواع التالية:

أ/محطات توليد بخاريـــــــة:Steam power station

تعتبر هذه المحطات محولات للطاقة (Energy Converter) وتستخدم أنواع مختلفة من الوقود مثل الفحم الحجري أو النفط أو الغاز. وتمتاز بكبر حجمها ورخص تكاليفها بالنسبة لإمكاناتها الضخمة وممكن استخدامها في تحليه المياه في نفس الوقت الأمر الذي يجعلها ثنائية الإنتاج.



العوامل التي تؤثر على اختيار موقع المحطة:

من اجل أن تكون تكاليف أنتاج الطاقة الكهربائية اقل ما يمكن من المستحسن أن يكون موقع المحطة قريب من مركز الحمل ويجب أن يراعى ما يلي :

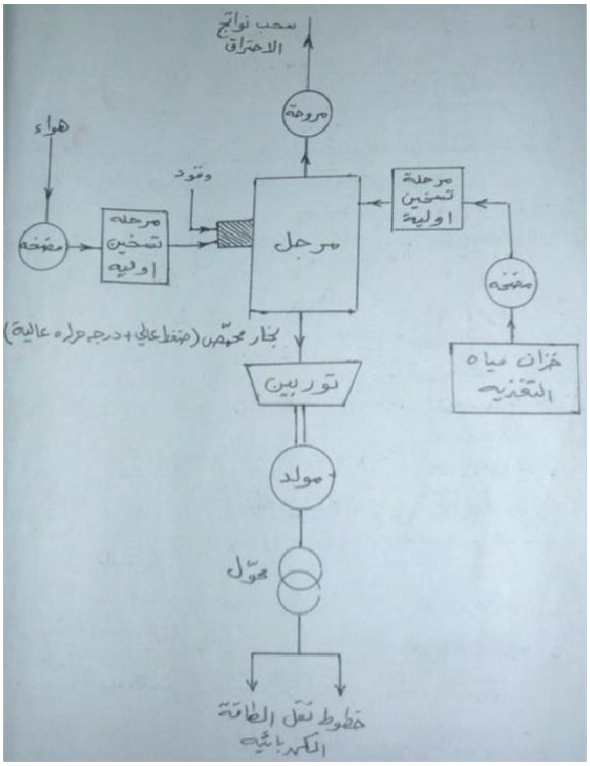
1- **قربها من مركز المياه.**
2- **القرب من مراكز الاستهلاك لتوفير تكاليف إنشاء خطوط النقل.**
3- **سعر الأرض التي ستشيد عليها المحطة.**
4- **أمكانية التوسع المستقبلية .**
5- **توفر أماكن مناسبة لخزن الوقود.**
6- **طبيعة الأرض وملائمتها للأساسات.**

الأجزاء الرئيسية لمحطات التوليد البخاريـــــــــة :

1- **المرجـــل(Boiler):عبارة عن وعاء كبير يحتوي على مياه نقية تسخن بواسطة حرق الوقود لتتحول إلى بخار محمل بالطاقة الحرارية لإنتاج العزم اللازم لإدارة التوربين الذي يقوم بإدارة المولد الكهربائي .**
2- **التوربين البخاري (Turbine): ويقوم بالسيطرة على عمل المولد الكهربائي من خلال البخار الداخل اليه والخارج منه .**
3- **المولد الكهربائي (Generator): ويتكون من عضو دوار مربوط مباشرة مع محور التوربين وعضو ثابت ويقوم بإنتاج الطاقة الكهربائية.**
4- **المكثف (Condenser):عبارة عن وعاء كبير من الصلب يدخل إليه من الأعلى البخار القادم من التوربين بعد ان يكون قد قام بتدويره وفقد الكثير من ضغطه وحرارته ،ويدخل من الأسفل ماء للتبريد داخل أنابيب حلزونية تعمل على تحويل البخار إلى ماء ثم يعود هذا الماء إلى المرجل مرة أخرى.**
5- **المدخنة: وتكون عالية وتعمل على طرد الغازات الناتجة من الاحتراق الى الجو.**

الكفاءة الكلية للمحطة البخارية = الحرارة المكافئة للطاقة الكهربائية الخارجة من المولد /حرارة الاحتراق الكفاءة الحرارية للمحطة البخارية = الحرارة المكافئة للطاقة الميكانيكية الداخلة إلى التوربين /حرارة الاحتراق . الكفاءة الكلية للمحطة = كفاءة المولد ×كفاءة التوربين ×كفاءة مجاري المياه(الفقد في أنابيب المياه).

في هذه المحطات وجد ان أكثر من نصف الطاقة الحرارية المتولدة نتيجة احتراق الوقود تفقد على أساس أنها حرارة مفقودة في المكثف لذلك يجب الأخذ بنظر الاعتبار كفاءة المولد الكهربائي ،في هذه المحطات وفي أحسن الأحوال تكون الكفاءة الكلية بين 25-30%.



الشكل يبين مخطط محطة توليد حرارية

ب/محطات التوليد ذات محركات الاحتراق الداخلي:

يتكون محرك الاحتراق الداخلي من اسطوانة ومكبس حيث يتم حرق الوقود السائل بعد مزجه بالهواء بنسبة معينة داخل الاسطوانة وينتج غاز بضغط عالي والذي يقوم بتحريك المكبس وتمتاز بسرعة التشغيل والايقاف وسهلة التركيب. ولكنها تحتاج إلى كمية عالية من الوقود وبالتالي كلفة الطاقة المتولدة تكون عالية وقدرة التوليد قليلة لا تتجاوز 3MVA تستخدم هذه الأنواع في :

1-وحدات التوليد المتنقلة حيث يتم نقلها من مكان إلى مكان أخر حسب الحاجة .

2-كوحدات توليد احتياطية في الأماكن التي تحتاج إلى تجهيز مستمر كالمستشفيات والمصانع . ج/محطات التوليد ذات توربينات الغاز: وتتكون من :

1- ضاغط هواء. 2- حـــــــارق.

3-توربين غازي .

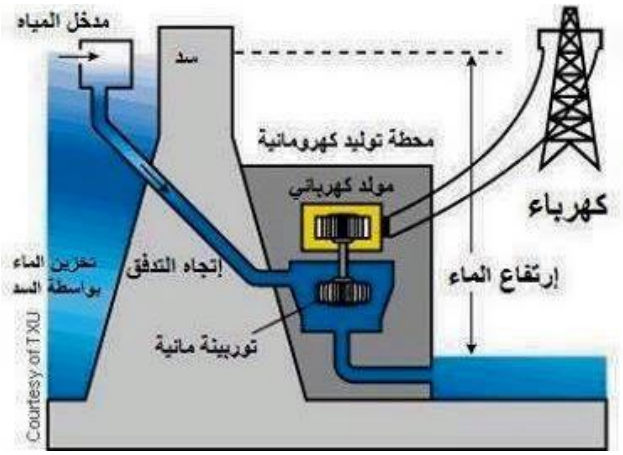
4-ملحقات أعمال التزييت والتحكم بالسرعة .

عندما يتم اشتعال الوقود ترتفع درجة حرارة الهواء ويزداد حجمه تحت ضغط ثابت يدخل هذا الهواء إلى التوربين حيث يقوم بإدارته لان الهواء يعطي الطاقة الحركية الموجودة فيهالى ريش التوربين الذي بدوره يقوم بإدارة المولد .تستخدم أنواع مختلفة من الوقود .

محاسنها: تعتبر هذه المحطات رخيصة , سريعة التركيب ،وصيانتها سهلة .

مساوئها :تستخدم كميات كبيرة من الوقود وعمرها قصير.

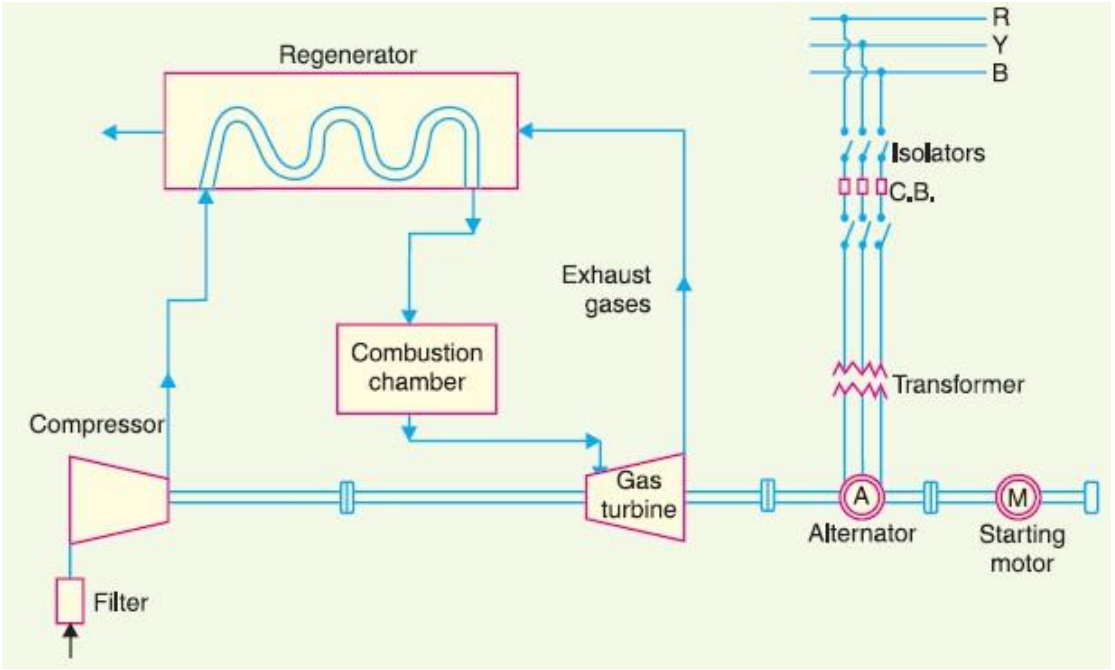
2- محطات التوليد المائيـــــــــــة: Hydroelectric power stations تنشا هذه



المحطات عادة بالقرب من السدود حيث يتم استغلال الطاقة المفقودة من مياه الأنهار أثناء سريانها إلى المصب من الأماكن المرتفعة. في التوربين المائي يتم تحويل الطاقة الحركية وطاقة الوضع للمياه إلى طاقة ميكانيكية والتي تستخدم لإدارة التوربين ومن ثم المولد والذي يقوم بدوره بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية .

وتتألف من الأجزاء الرئيسية التالية : مساقط المياه والتوربين الذي يكون عادة مع المولد في مكان واحد ومركبين على محور راسي واحد. في المحطات المتطورة.

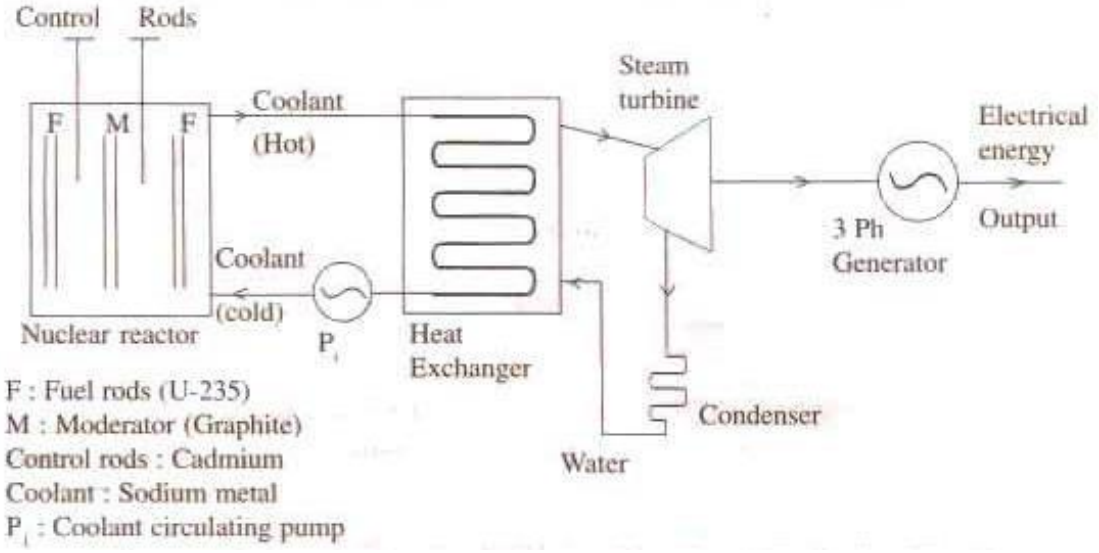
3-محطات التوليد الغازية: Gas turbine power plant(4)



وتستغل فيها الطاقة الحرارية للغازات الناتجة من بعض المصانع مثل مصانع تكرير البترول في ادارة التوربينات الغازية والتي تقوم بتدوير المولد الذي يولد الطاقة الكهربائية. هذا النوع من المحطات يعمل بطاقة محدودة نسبيا.

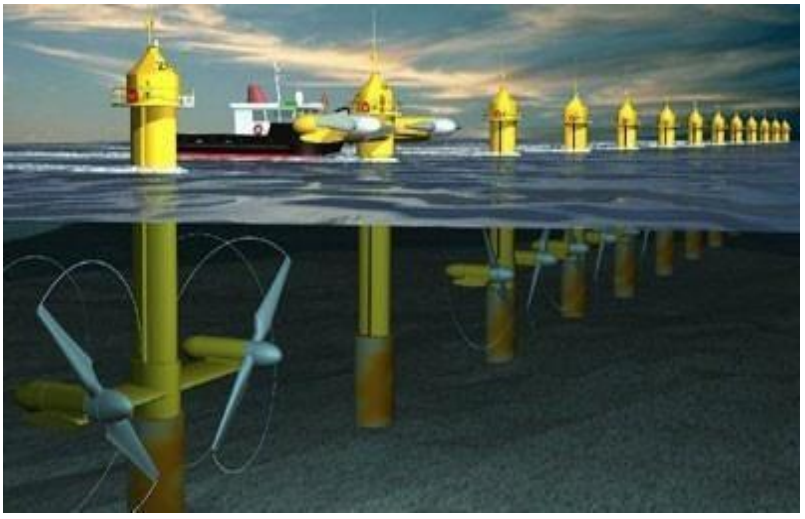
4- محطات التوليد الذريـــــة: Nuclear power stations

إن المحطات الذرية في الواقع هي محطات حرارية تقوم بتوليد البخار بالحرارة حيث استبدل الفرن بمفاعل ذري والذي يحتاج الى جدار عازل وواق من الإشعاع الذري ، ويتم إنتاج الطاقة الحرارية في المفاعل الذري بانشطار نواة اليورانيوم (235)من الوقود الذري حيث تنتقل الطاقة الحرارية الناتجة من هذا الانشطار الى أنابيب المياه حيث سيتبخر الماء الى بخار بدرجة حرارة عالية وضغط عالي والذي يقوم بتدوير التوربين البخاري الذي بدوره يقوم بتدوير المولد الكهربائي ويتم انتاج الطاقة الكهربائية.



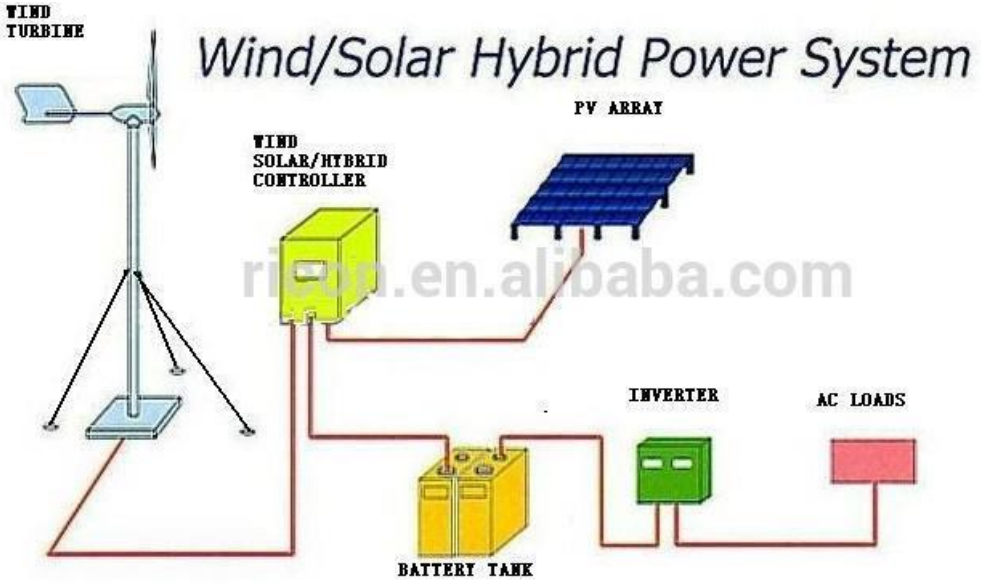
5- محطات التوليد من المد والجزر:

وهي من الظواهر الطبيعية الناتجة من جاذبية القمر عندما يكون القمر قريبا تحدث ظاهرة المد وعندما يكون بعيدا أي عندما يغيب القمر تحدث ظاهرة الجزر وقد أنشئت محطات لتوليد الطاقة الكهربائية في المناطق التي تحدث فيها هذه الظاهرة حيث توضع توربينات خاصة في مجرى المد فتديرها المياه الصاعدة ثم تعود المياه الهابطة وتديرها مرة أخرى هذه التوربينات تقوم بتدوير المولد الذي بدوره ينتج الطاقة الكهربائية.



6-محطات التوليد التي تعمل بالرياح:

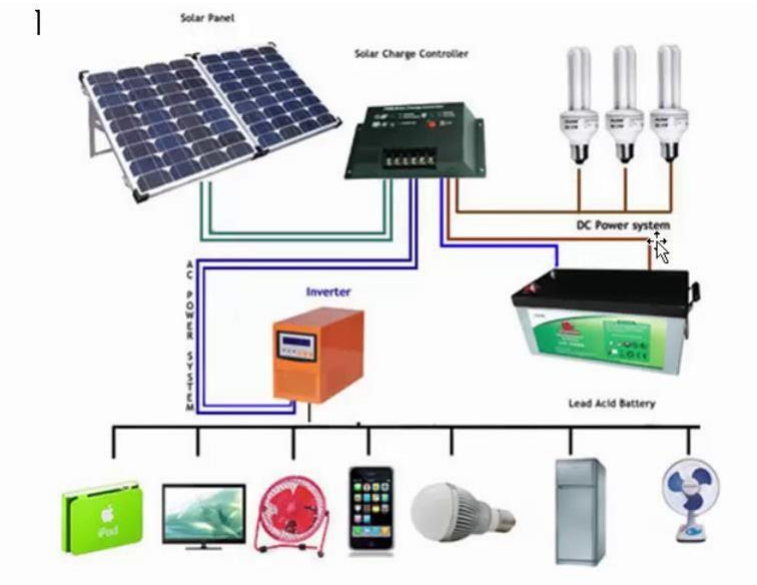
في الأماكن التي تعتبر مجارى دائمة للرياح تستغل الرياح لتدوير مراوح عالية وكبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية



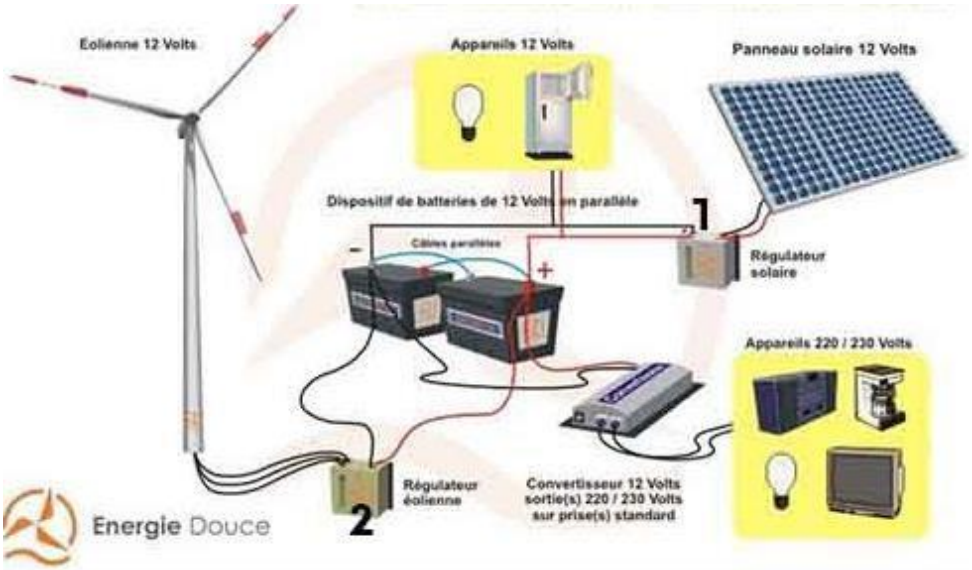
7- محطات تعمل بالطاقة الشمسية:

يتم استغلال الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية والاستعمال المنزلي وإنارة الشوارع وفي تسخين المياه.

تتكون المنظومة الشمسية من الالواح الشمسية Solar panel ومنظم الشحن Solar charge controller والعاكس Inverter والبطاريات Batteries والاحمال Ł o a d s



والمنظومات الحديثة فيها عاكسات سولار Solar Inverter اي منظم الشحن يكون داخل العاكس (قطعة واحدة) وتكون فيها الاولوية للطاقة الشمسية .



كمية الحرارة والطاقة الميكانيكية:

السعرة(كالورى):هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غم واحد من الماء درجة مئوية واحدة (وهي وحدة قياس كمية الحرارة في النظام المتري).

(B.T.U)وحدة حرارية بريطانية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة فهرنهايتية واحدة (وهي وحدة قياس كمية الحرارة في النظام العالمي). 1 رطل

=453,6 غم ،

1 درجة فهرنهايت=9/5= 0,55درجة مئوية ،

1درجة مئوية =5/9درجة فهرنهايت =1,8 درجة فهرنهايت.

1(B.T.U)=453,6×(0,55)=252سعرة

المكافيء الميكانيكي للحرارة :الحرارة والطاقة الميكانيكية لا يقبلان التغيير ، حيث ان وحدة واحدة من الحرارة تولد كمية معينة من الطاقة الميكانيكية والعكس بالعكس.

1 B.T.U =778 رطل.قدم 1سعرة (كالوري)=4,18 جول

وحدات القدرة : هي الواط او الحصان h.p

1واط =10^7 أرك/ثا=1 جول/ثا

1 حصان = 550 رطل.قدم / ثا = 746 واط

وحدة الطاقة الكهربائية هي الكيلو واط. ساعة Kw.h

1 كيلو واط . ساعة = 3600 × 1000 = 3,6 × 10^6 واط . ثا (جول) 1

سعرة = 4,18 جول

∴ 1 كيلو واط . ساعة = (3,6 × 10^6 جول) / 4.18 = 8,6 × 10^5 سعرة

1(B.T.U) = 252 سعرة

∴ 1 كيلو واط . ساعة =(8,6× 10^5) /252 = 3412 B.T.U

1كيلوواط. ساعة = 3,6 × 10^6 جول =

8,6 × 10^5 سعرة

= 3412 B.T.U

القيمة الحرارية للوقود:

لكل مادة عند حرقها سعرات حرارية معينة فالفحم المستخدم في التدفئة في المنازل تختلف قيمته الحرارية عن الفحم المستخدم في محطات توليد الطاقة الكهربائية وكذلك النفط والبنزين .....الخ .

ووحداتها أما كيلو سعره /كغم او B.T.U / رطل

س 1/ تستخدم أحدى المحطات وقودا قيمته الحرارية 12000 B.T.U / رطل ماهي كمية الوقود المستهلكة لإنتاج 1 كيلو واط . ساعة طاقة كهربائية إذا علمت أن الكفاءة الكلية للمحطة23,7%؟ الحـــــل /

الكفاءة = الطاقة الخارجة / الطاقة الداخلة

23,7 / 100 = 1(كيلو واط . ساعة) / الطاقة الداخلة (كيلو واط . ساعة)

∴ الطاقة الداخلة = (1 / 0,237) كيلو واط . ساعة = 4,22 كيلو واط . ساعة

∵ 1 كيلو واط . ساعة = 3412 B.T.U

∴ الطاقة الداخلة = 4,22× 3412 = 14398,6 B.T.U من السؤال إن كل رطل من الوقود المستخدم له طاقة حرارية قيمتها 12000 B.T.U لذلك فان :

وزن الوقود المستخدم = الطاقة الداخلة / القيمة الحرارية للوقود = 14398,6 / 12000 = 1,2 رطل .

س2 / تستخدم إحدى المحطات 800 غم من الوقود لإنتاج طاقة كهربائية قدرها كيلو واط . ساعة ما هي كفاءة المحطة اذا علمت ان القيمة الحرارية للوقود المستخدم هي 7500 كيلو سعره / كغم .

الحل :

الكفاءة = الطاقة الخارجة / الطاقة الداخلة

وزن الوقود المستخدم = الطاقة الداخلة / القيمة الحرارية للوقود

الطاقة الداخلة = وزن الوقود × القيمة الحرارية للوقود = 0.8 × 7500 = 6000 كيلو سعرة

الطاقة الداخلة = 8.6/6000000 × 100000 = 6.97 كيلو واط . ساعة

الكفاءة = 14.33 %

واجب بيتـــــــــــــــــــــي :

س 1 / تستخدم أحدى المحطات وقود قيمته الحرارية 6000 كيلو سعره / كغم فإذا علمت أن الكفاءة الكلية للمحطة 25% جد :

1- عدد السعرات (كالورى)اللازمة لإنتاج طاقة كهربائية قيمتها 1 كيلو واط .ساعة 2- كمية الوقود اللازمة لإنتاج هذه الطاقة ؟

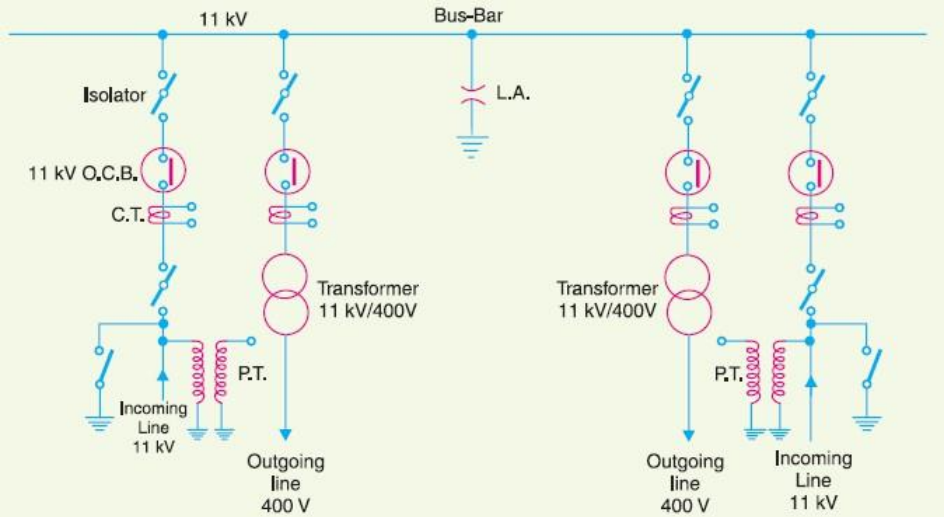
نظام القضبان العمودية : (Bus-Bar) : (5)

تكون عادة من النحاس أو الألمنيوم وتنقسم إلى :

أ-القضبان العمودية المفردة Single Bus Bar : ويتألف من قضيب مفرد تربط خلاله الخطوط الداخلة الى المحطة والخارجة منه.

محاسنه :القضبان العمودية المفردة مكوناته بسيطة ورخيصة

مساوئه: في حالة حدوث خلل أو عطب على القضبان يحدث إطفاء كلي للمحطة (shut down) لذلك لا يستخدم هذا النوع لفولتيات أعلى من (KV33).



شكل 6 القضبان العمودية المفردة

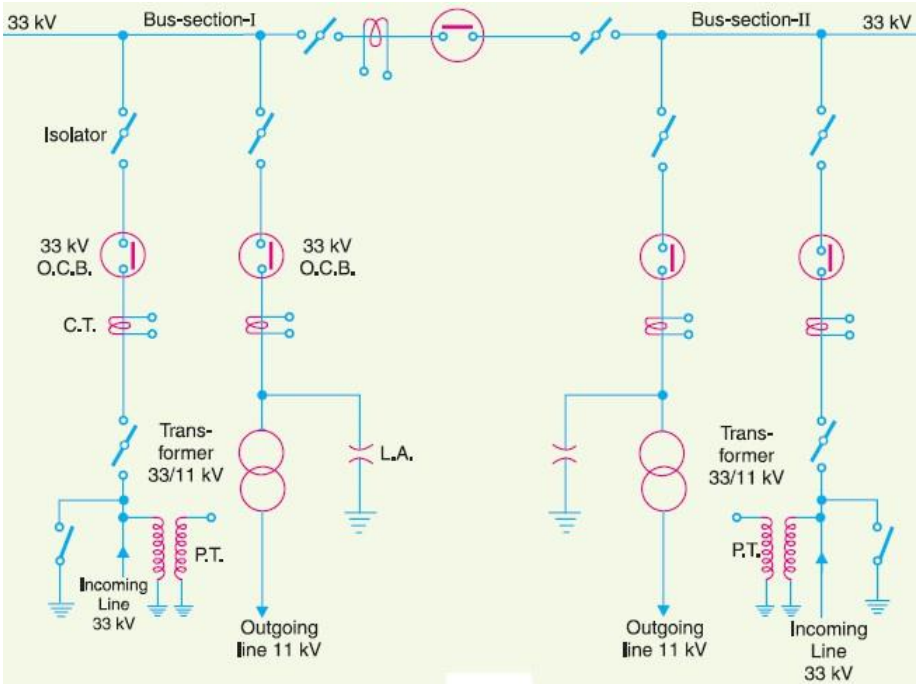
ب-القضبان العمودية المفردة مع مجزئ القضبان: Single Bus Bar System With Section Alisation :يتم تجزئة القضيب إلى مقطعين ويتم توزيع الحمل بالتساوي بين جميع المقاطع ويربط كل مقطعين خلال قاطع دورة وفاصلين.

ميزاتـــــه:

1- يمكن إزالة الخطأ في مقطع دون فصل الطاقة الكهربائية عن المقطع الأخر.

2- يمكن صيانة أي مقطع مع استمرارية التغذية للمقطع الأخر وبذلك يضمن عدم الإطفاء الكلي للمحطة.

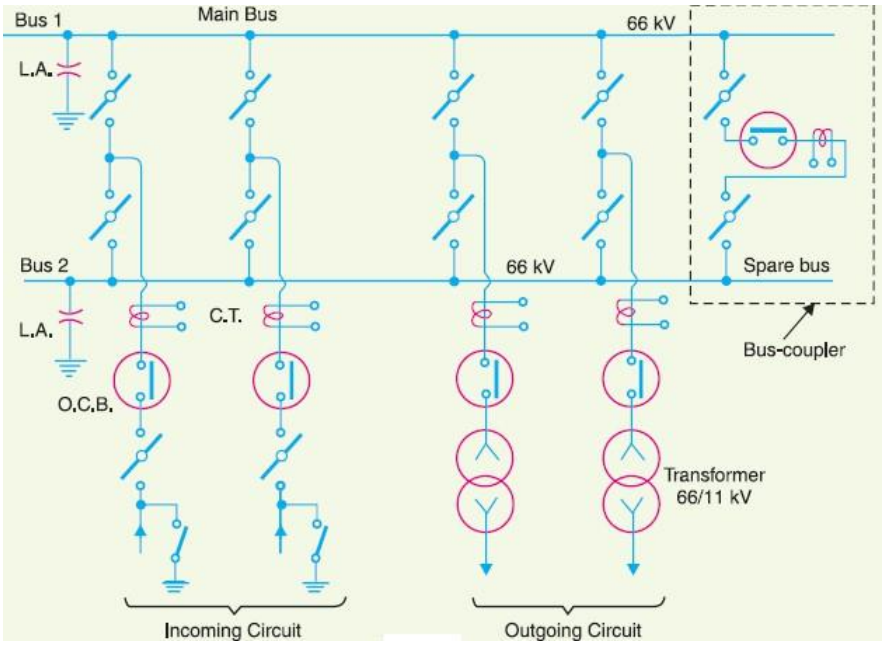
3- ممكن أن يستخدم هذا النوع لفولتيات أعلى من (33KV)



شكل 7 القضبان العمودية المفردة مع مجزئ القضبان

ج-القضبان العمودية المزدوجة: Double Bas Bur:

يتألف هذا النوع من القضبان من مجموعتين أحداهما رئيسية والأخرى احتياط ،سعة كل منهما تساوي سعة المحطة ،يمكن ربط الخطوط الداخلة والخارجة إلى أي من القضبان بواسطة مقرن القضبان (Bus -Coupler) والذي يتألف من قواطع دورة وفواصل ، تربط الخطوط الداخلة والخارجة من المحطة إلى القضيب الرئيسي عادة، يتم بقاء استمرارية تجهيز القدرة الكهربائية وذلك بتحويل الخطوط إلى القضيب الاحتياط ،يستخدم هذا النوع للفولتيات من (66 KV)فما فوق.



شكل 8 القضبان العمودية المزدوجة

مزايا النقل للقدرة الكهربائية على الجهود العالية حسابيا:(Advantages of H.V transmission):

يتم نقل القدرة الكهربائية بواسطة أسلاك نحاسية أو أسلاك من سبائك النحاس والألمنيوم .....الخ لتكن مقاومة السلك الناقل

R =

$P=I.V\cos\Phi$

P = power per phase

V= voltage per phase

$I= p / V\cos\Phi$

Let K = power losses in transmission line /phase

K = ليكن الفقد في خط النقل / طور

$K= I^2 R$

$$\because R = \frac{\rho L}{A} \quad \therefore K = \frac{P^2}{V^2 \cos^2\phi} \times \frac{\rho L}{A} \quad \because \rho, A, L, P \text{ ثوابت} \quad \therefore K \propto 1/V^2 \cos^2$$

نلاحظ ان K الخسائر النحاسية للسلك الناقل تتناسب عكسيا مع مربع الجهد و كذلك مع مربع معامل القدرة .

مثـــــــال :خط نقل ذات قدرة مقدارها 150 MVA عند معامل قدرة 0.8 متأخر تنقل الى مسافة قدرها 360 KM بواسطة خط نقل هوائي ثلاثي الأوجه بفرض بقاء مادة الموصل ثابتة . قارن بين استخدام الفولتيتين (100KV , 200KV) من ناحية : 1-حجم مادة الموصلات . 2- الهبوط في الجهد على الموصل . 3- المفاقيد في الخط .

الحـــــــل :

مساحة المقطع في حالة 100KV ضعف مساحة المقطع في حالة 200KV لذلك يتناسب مساحة مقطع السلك عكسيا مع الفولتية .

At (100KV) $I= S / \sqrt{3}\, V = (150 \times 10^6) / (\sqrt{3} \times 10^5) = 866\, A$

At (200 KV) $I= S / \sqrt{3}V = 433A$

At (100 KV) Let resistance / phase = RΩ

∴ At (200 KV) resistance / phase = 2RΩ

At (100 KV) VD = IR = 866 *R = 866 R V

At (200 KV) VD = IR = 433 * 2R = 866R V

Voltage drop is constant

At (100KV) $K = I^2R = (866)^2$ R=749956 R

At (200KV) $K = I^2R = (433)^2$ 2R=374978 R

اذن المفاقيد تقل الى النصف عند رفع الفولتية الى الضعف اي المفاقيد تتناسب عكسيا مع الفولتية . اذن كلما ارتفع الجهد في النقل كان افضل من الوجهة الاقتصادية بالرغم من كبر الابراج والعوازل وتكاليف المحولتين عند الجهد .

النقل للجهود العالية بالتيار المستمر :

يتميز استخدام التيار المستمر بالمزايا التالية عن استخدام التيار المتردد :

1- حجم الموصلات يقل عند نفس القدرة للحمل .
2- لاوجود للمتسعات بالنتيجة لا وجود لتيار المتسعات .
3- لا وجود للمحاثات بالنتيجة لا وجود لهبوط للجهد عليها .
4- مصاعب العزل اقل منها في حالة التيار المتردد.
5- لا توجد مفاقيد هسترة في المادة العازلة للكابلات الأرضية .

لكن عيوبـــــــــــــــــه :

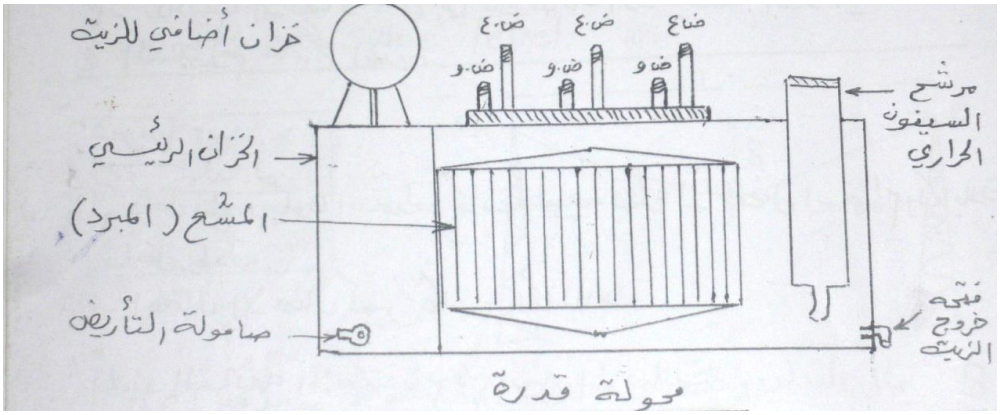
يجب تحويل التيار المتردد إلى مستمر عند جهة الإرسال وتحويل التيار المستمر إلى متردد عند جهة الاستقبال ومع أن هذا ممكن بكفاءة عالية وتكاليف معقولة إلا أن استخدام التيار المستمر يتحدد طبقا للتطبيقات المطلوبة مقابل عيوب استخدام هذا النظام (يستخدم كابل DC بين بريطانيا وفرنسا تحت البحر حاليا).

محطات المحولات (المحطات الثانوية): Sub Stations

يجب أن تكون المحطات على مسافة مناسبة من مراكز التوزيع ومراكز استخراج الوقود على سبيل المثال يجب أن تكون المحطات التي تستخدم الفحم كوقود قريبة من مراكز استخراج الفحم لتوفير تكلفة النقل بينما المحطات التي تعمل بالطاقة النووية يجب أن تكون بعيدة عن المدن لتوفير الأمان للكائنات الحية و يتحكم في موقع المحطات المائية خزانات المياه ومساقط المياه . ولهذا قد تصل المسافة بين محطة التوليد ومركز التوزيع إلى 160 كم في بعض الحالات وفي الدول المتقدمة تزداد الحاجة إلى زيادة الطاقة للمستهلكين للأغراض الصناعية والتجارية . ولنجاح عملية نقل الطاقة لمسافات بعيدة يجب أن تزداد فولتية الخط إلى 400 كيلو فولت ويسمى بفولتية الضغط الفائق وفي بعض الدول المتطورة تصل الفولتية إلى 800 كيلو فولت . يتم ربط محطات التوليد وشبكات النقل ومراكز التوزيع بخطوط هوائية ثلاثية الأوجه .

محولات القدرة :

تعد محولات القدرة من أهم مكونات المحطات الثانوية بينما تعد الأجهزة الأخرى أجهزة مساعدة وثانوية لإغراض التحكم والسيطرة ، تكون محولات القدرة عادة ثلاثية الأطوار وتختلف سعة هذه المحولات تبعا لسعة المحطة ، وتكون أما محولات رافعة للجهد وهذه المحولات تكون قريبة من محطات التوليد أو محولات خافضة للجهد والتي تكون قريبة من المستهلكين .



شكل 9 محولات القدرة

محطات المحولات خارج المباني	محطات المحولات داخل المباني
1-تستخدم لجهد KV 800-35 2- توضع جميع الأجهزة والمعدات الحاملة للتيار في العراء وتثبت على هياكل حديدية. **المحاسن /** 1- التوفير في إقامة المباني . 2- تقليل خطوة امتداد التلف لبعد المسافات .3- سهولة تركيب وفك المعدات عند استبدالها . **العيــوب /** 1- استخدام مساحة ارض اكبر . 2- صعوبة التشغيل ، حيث يجب اختبار المعدات مهما كانت الأحوال الجوية . 3- تعرض المعدات لتغيرات شديدة في درجات حرارة الهواء والأتربة مما يستلزم تصميم خاص .	1-تستخدم لجهد KV11-6 2- يجب تحديد أبعاد المبنى تبعا لحجم المعدات المركبة و المسافات التي يجب تركها بين الأجزاء الحاملة للتيار وأجزاء المبنى. 3- قد تتكون هذه المحطات من طابقين او ثلاثة حسب القدرة الكلية للمحطة وتصميم القضبان العمومية وعدد الخطوط وأنظمتها . 4- في بعض الاحيان تقام محطات المحولات ذات جهد KV 100-33 داخل المباني في حالة عدم توفر المساحة الكافية خارج المباني أو إذا احتوى الهواء المحيط على مواد لها تأثير ضار.

خطوط النقل الهوائية : (6) Over –Head Transmission Lines

الغرض من خطوط النقل الهوائية هو لنقل القدرة الكهربائية من محطات توليد الطاقة الكهربائية الى المحطات الثانوية ومن ثم الى المستهلك.

تصنيف خطوط النقل حسب الأطوال :

لا تختلف الخطوط فيما بينها من ناحية المكونات والتركيب .

1- خط النقل القصير (الطول < 80 كم) يهمل تأثير المتسعة المتوازية للخط القصير. 2- خط النقل المتوسط (80 كم <الطول <250 كم)

تحسب قيمة المتسعة المتوازية للخط المتوسط وتعتبر متمركزة في نقطة او نقطتين . 3- خط النقل الطويل (الطول >250 كم)

نحتاج إلى حسابات بدلالة المعاملات (Parameters) الموزعة على طول الخط الطويل .

محاسنها : Advantages

1- سهولة تحديد الأعطال . 2-

سهولة الإنشاء .

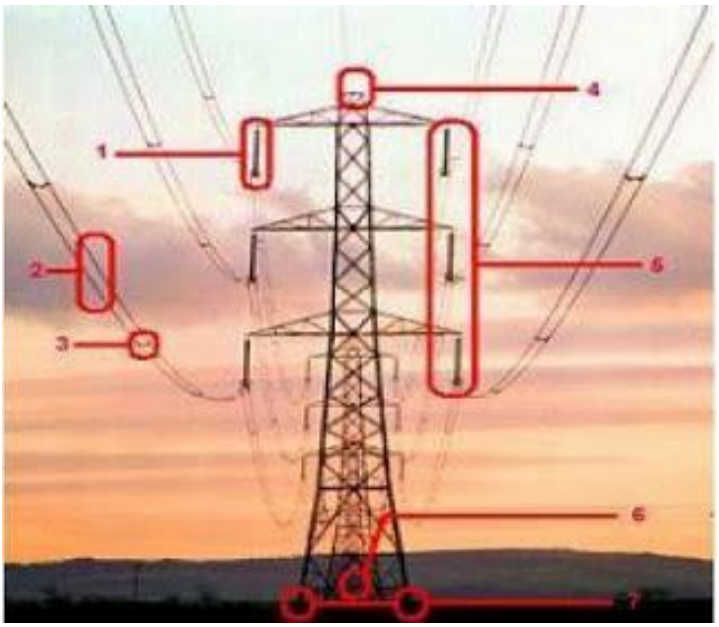
3- تكاليف الإنشاء اقل مما في حالة الكابلات الأرضية . 4-تستخدم

خارج المدن .

عيوبهـا: Disadvantages

1- داخل المدن يكون استخدامها ذات طبيعة خطرة لذا يفضل استخدام الكابلات داخل المدن . 2-احتمال الأعطال كبير عكس الكابلات .

يوضح الشكل أدناه صورة لبرج نقل كهربائى جهد 220 ك ف موضحا عليه بعض مكوناتها الرئيسية وهي :



1) Insulator سلسلة العازل

2) Bundle of two conductors حزمة من اثنين من الموصلات

3) Spacer فاصل بين الموصلات

4) Steel wire or OPGW wire سلك الأرضي في أعلي البرج

5) الثلاث موصلات يشكلون دائرة كهربية واحدة

6) Identity or Notice plate لوحة تعريفية توضح هوية الخط وتحذر من مخاطر الصعق الكهربائي 7) Anti-climbing مانع التسلق (اسلاك شائكة).

خطوط النقل والكابلات: تستخدم الخطوط الهوائية و الكابلات الأرضية فى نقل القدرة الكهربية من محطات التوليد وعبر محطات المحولات مختلفة الجهود حتى تصل الى مناطق الاستهلاك .

مقارنة بين الخطوط و الكابلات الأرضية

وجه المقارنة	الخطوط الهوائية	الكابلات الأرضية
التكلفة الاقتصادية	التكلفة رخيصة	التكلفة كبيرة
الأعطال	زمن إصلاح العطل قليل سهولة تحديد مكان العطل	زمن إصلاح العطل طويل صعوبة تحديد مكان العطل
الصيانة	غير مكلفة	مكلفة
الفقد فى القدرة المنقولة	كبير	قليل
المسارات	خارج نطاق الكتلة السكنية	داخل نطاق الكتلة السكنية

المواد الشائعة الاستخدام فى صنع الموصلات :تتكون موصلات الخطوط الهوائية من أسلاك عارية , تكون أما موصلات مجدولة وهذه الموصلات مساحة مقطعها لا تزيد عن 16 ملم^2 أو موصلات مصمتة solid conductor وتكون مساحة مقطعها اكثر من 16 ملم^2.

1- النحاس وسبائك النحاس :يمتاز بموصلية عالية ومقاومة ميكانيكية عالية نسبيا ومعدل تأكسد النحاس في الهواء بطيء وقابلية اللحام عالية وسعرها غالي.

2- الألمنيوم و سبائك الألمنيوم: يمتاز بخفة وزنه فالألمنيوم أخف من النحاس ب 3,3 مرة

3- الألمنيوم المقوى بالصلب Steel – Cord Aluminum .

العوامل التى تؤثر على اختيار مادة الموصل :

1- الموصلية .

2- المقاومة الميكانيكية . 3-

الجهد العالي .

4- الوزن .

أما الحسابات فتجري بالقيم الطورية . أبراج

خطوط النقل :

الغرض من استخدام لأبراج الكهربية هو الحفاظ على الموصلات علي ارتفاع آمن من الأرض وكذلك علي مسافة آمنة بينها وبين بعضها البعض وتعتمد تكلفة البرج الكهربائى على جهد الخط وتصميمه ونقل المعدات وظروف العمل وبعده عن الطرق.

وهناك عدة أنواع من الأبراج الكهربية ويمكن بناؤه من الخشب Wood أو الصلب المجلفنGalvanized Steel غير أن النوع الثانى هو الأكثر شيوعا فى الجهود العالية ويمكن أن يحمل البرج الكهربائى دائرة كهربائية واحده (الدائره تحمل ثلاثة أوجه phases three) أو إثنين (فى بعض الدول المتقدمة توجد أبراج تحمل أربع دوائر) ويجب أن يراعى عند تصميم الأبراج وجود مسافات أمان بين الموصلات والأرض.

العوامل التي تؤثرفي تصميم الأبراج الكهربائية:

1-الجهدالكهربي المستخدم. 2-عدد

الدوائر التي يحملها البرج.

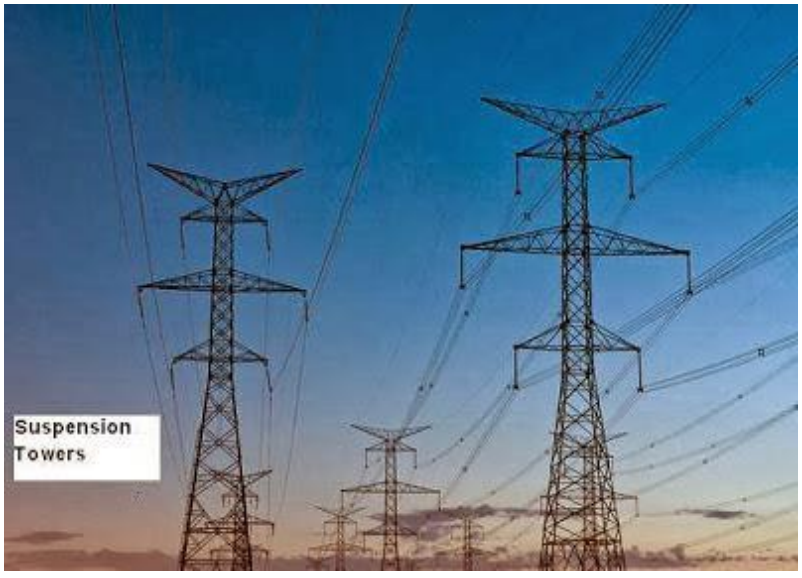
3-العوامل الميكانيكية التي يتعرض لها الخط (رياح – ثلوج.....) -

4أقطارالموصلات والمسافة بينها.

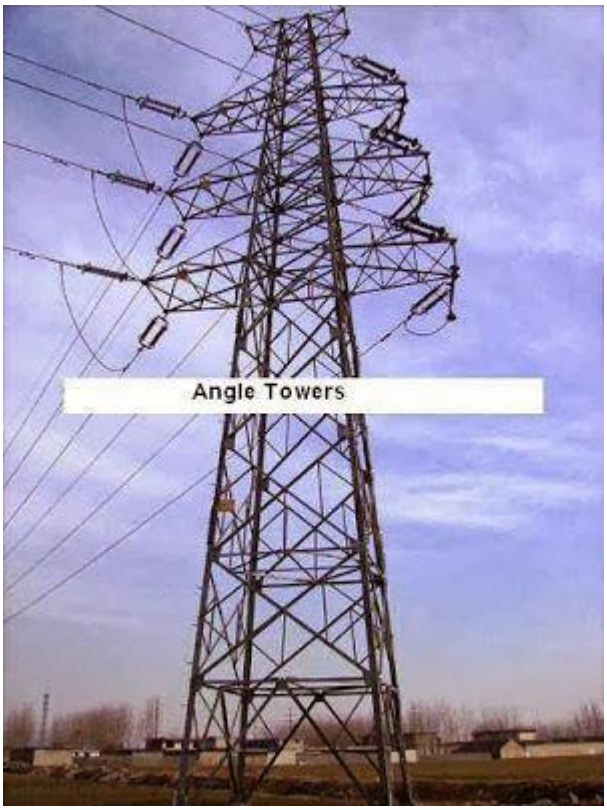
5-المسافة بين الأبراج.

ترتب أبراج خطوط النقل تبعا لنوع المادة المصنوعة منها ووظيفتها وهي :

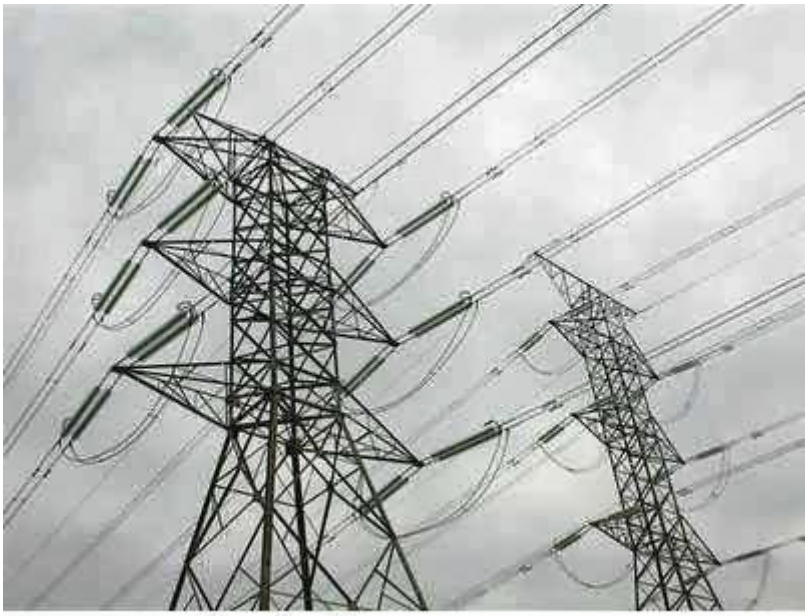
1- **أبراج التعليق (Suspension): ويستخدم هذا النوع من الأبراج لحمل الموصلات على استقامة الخط ولايتحمل اي زاوية انحراف والمسافة بين كل برجين من 325 الى 350 متر وتشكل هذه الأبراج حوالى 80 % من إجمالى عدد الأبراج فى الخط.**



2- أبراج الزاوية: Angle Tower وفائدتها تغيير مسار الخط ويستخدم عند وجود تغيير في مسار الخط بزوايا .



3- ابراج الشد : Tension Towers : يستخدم في الخط بزاوية انحراف 45° كحد اقصى وفائدتها تحمل الشد فى الخط.



4- ابراج التبادل : Transposition Towers : يستخدم لتغيير اتجاه الاسلاك في الخطوط ذات المسارات الطويلة ويتم بتبادل الاوجه على مسافات متساوية بطول الخط لكى يحدث تعادل أو تساوى للسعه Capacitance والمحاثة Inductance للأوجه الثلاثة بطول الخط.

Transposition Towers

5- أبراج التعليق والزاوية :

6- أبراج البداية النهاية :Terminal Towers : وتستخدم عند بداية ونهاية خط النقل أو مدخل ومخرج محطات النقل الكهربيه وهى أبراج شد وفائدتها تحمل الشد من جهه واحده .

-7

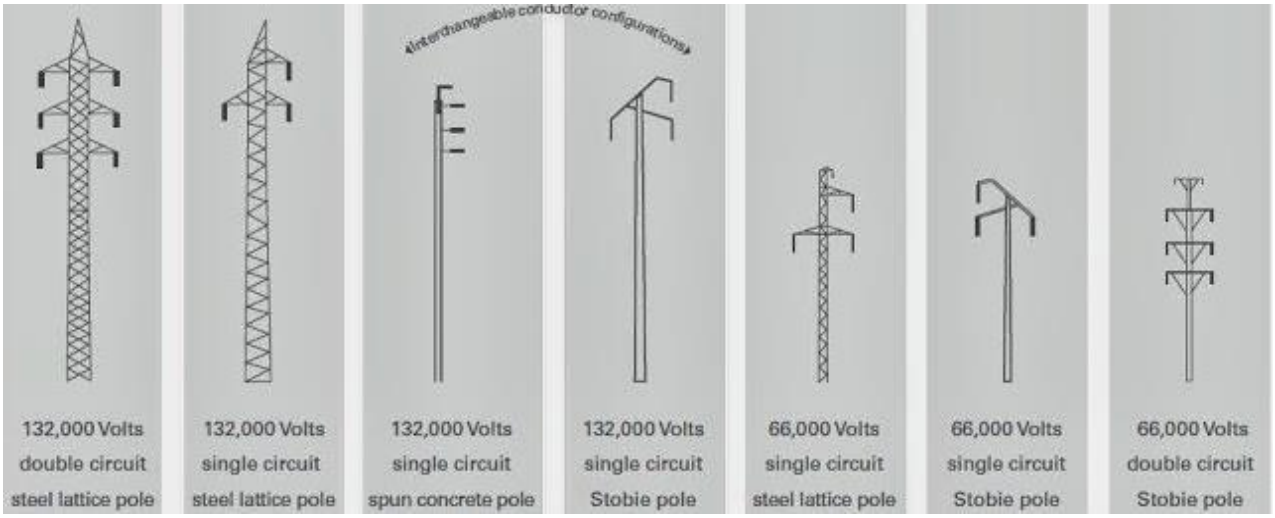
Terminal Towers

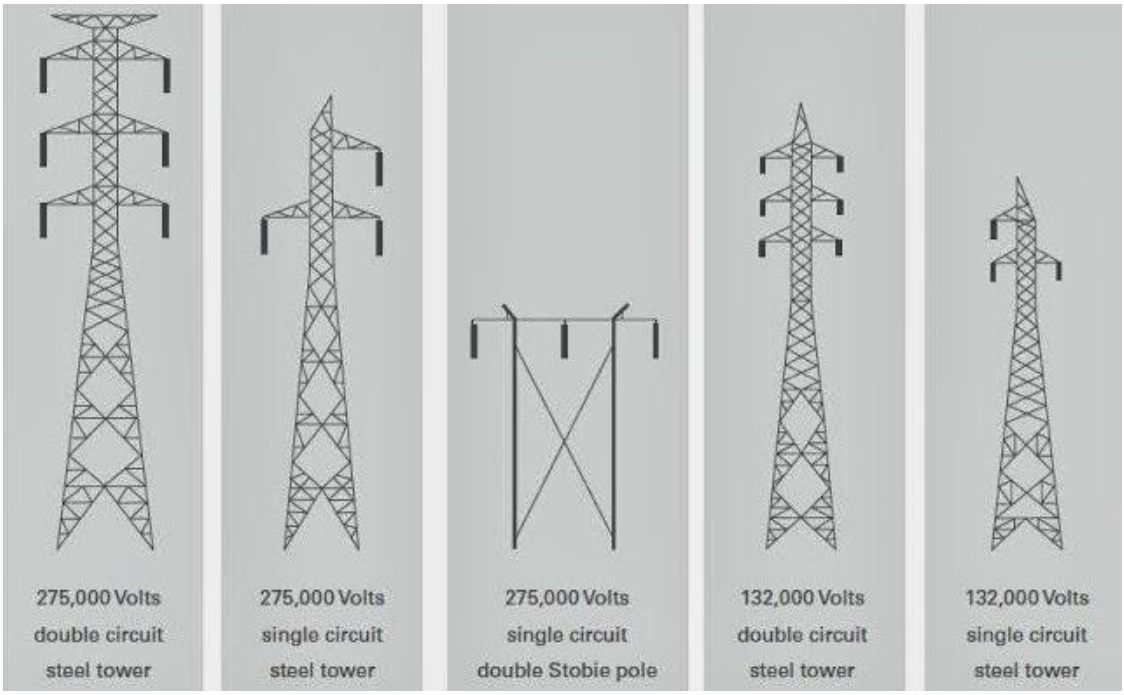
7-أبراج التوزيع : 8-

أبراج العبور : Crossing Towers وتستخدم عند عبور الأنهار أوالجسور أوالطرق السريعة التي لها ارتفاعات عالية أو غير ذلك من التقاطعات .

Crossing Towers

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





مخاطر السكن قرب الابراج الكهربائية :

هناك مجال كهرومغناطيسي يحيط بأبراج وشبكات وخطوط الضغط العالي, وقد وجدت في بعض الدراسات أن هذا المجال الكهرومغناطيسي المنبعث من الأسلاك بالتوتر العالي يسبب أمراضاً للساكنين بقرب هذه الأبراج وهناك دراسات أجُريت في بريطانيا وأمريكا وقد أظهرت هذه الدراسات وجود خطورة للساكن القريب من أسلاك الكهرباء وأبراج الطاقة أو التوتر العالي أو محولات الطاقة الكهربائية بسبب المجال الكهرومغناطيسي الذي ينبعث منها، فقد وجُد أنه يضاعف من احتمال حدوث سرطان الدم عند الأطفال، وأشارت إلى ضرورة ترك مسافة خمسين متر على الأقل كمسافة آمنة. وهناك إمراض أخرى يقُال: إن لها علاقة مع هذا التعرض، مثل أمراض القلب وبعض الأمراض العصبية إلا أن ذلك لم يثبت، وتحدد الدول مسافة آمنة حول هذه الأبراج.

منحنى الحمـــل :

تسمى العلاقة بين الحمل والزمن بمنحني الحمل وعادة تكون القدرة الكيلو واط أو الميكا واط والزمن بالساعات وتبدأ من منتصف الليل وتسمى بمنحني الحمل اليومي . ومن منحني الحمل يمكن الحصول على عدة معلومات ومنها:

1- المساحة تحت المنحني تمثل الطاقة الكهربائية بالكيلو واط ساعة . 2-أعلى قيمة للمنحني وتمثل أقصى قيمة للحمل المطلوب في ذلك اليوم .

3 – المساحة تحت المنحني مقسومة على عدد الساعات يمثل معدل الطلب في ذلك اليوم .

4- معامل الحمل .

انواع الأحمال :

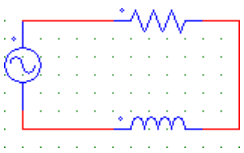
الأحمال المنزلية ـ الأحمال الصناعية ـ الأحمال التجارية ـ الأحمال البلدية ـ أحمال النقل بالقاطرات أحمال الإرواء جميعها احمال حثية .

اعتماد القدرة على الفولتية والتردد:

تتألف معظم الأحمال المربوطة على قضبان أنظمة النقل والتوزيع من محركات كهربائية حثيه وأحمال ساكنة ، تتألف من مقاومة ومحاثة يمكن تمثيلها بالدائرة الكهربائية المجاورة . التغير في القدرة يعتمد على الفولتية والتردد وكذلك على معدل تغير الفولتية ومعدل تغير التردد مع الزمن .

$$p = \left(\frac{R}{R^2 + (wl)^2}\right) V^2$$

R



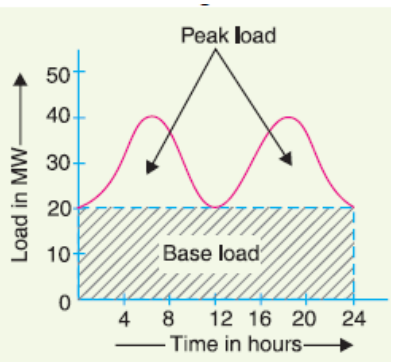
WL

$$Q = \left(\frac{wl}{R^2 + (wl)^2}\right) V^2$$

1-الحمل المربوط : Connected Load : يقصد به مجموع مقننات القدرة المستمرة لجميع الأجهزة المربوطة على نظام التجهيز فمثلا إذا كان لدى مستهلك 5 مصابيح سعة 100 واط لكل واحد وحمل آخر يستهلك 500 واط لذلك فان مجموع الأحمال المربوطة هي 1000واط .

2-الحمل الأساس : Base Load: ويقصد به الحمل الثابت الذي لا يتغير طوال الليل والنهار .

3-حمل الذروة : Peak Load: يمثل النهايات العظمى على المنحني والتي تقع أعلى الحمل الأساس للمحطة بأقصى حمل وتكون هذه الطلبيات جزء من الحمل الكلي .



4- الطلب : Demand: هو الحمل خلال فترة زمنية محددة وبما انه يعني الحمل المعدل على فترة زمنية معينة لذلك لايوجد ما يسمى الطلب اللحظي .

5 - متوسط الطلب :Average Demand: متوسط القدرة المطلوبة خلال فترة زمنية معينة مثلا يوم او شهر او سنة .

$$\text{القدرة} = \frac{\text{متوسط طلب (Kwh) القدرة المستهلكة خلال فترة زمنية}}{\text{عدد الساعات خلال الفترة}}$$

6- أقصى طلب : Maximum Demand: هو أعلى طلب يحدث ضمن فترة زمنية معينة ولمعرفته يجب ان تحدد الأمور التالية:

أ/ بيان تاريخ الفترة المطلوب إيجاد أقصى حمل فيها

ب/ بيان مدى الفترة الزمنية التي يتم على أساسها احتساب أقصى طلب

7- عامل الطلب : Demand factor:هو النسبة بين أقصى طلب حقيقي الى مجموع الأحمال المربوطة. أقصى طلب

$$\text{عامل الطلب} = \frac{\text{أقصى طلب}}{\text{مجموع الأحمال المربوطة}}$$

س1/ أوجد عامل الطلب لمغذي يجهز الأحمال التالية 3 مصابيح افترض أن 100 واط 10 مصابيح 40 واط 5 مصابيح 60 واط أقصى طلب لفترة 30 دقيقة هو 650 واط .

$$\text{عامل الطلب} = \frac{\text{أقصى طلب}}{\text{مجموع الأحمال المربوطة}} = \frac{650}{3\times100 + 10\times 40 + 5 \times 60} = \%65$$

8- عامل الحمل Load Factor: النسبة بين متوسط الطلب إلى أقصى طلب . معدل الطلب

$$\text{عامل الحمل} = \frac{\text{معدل الطلب}}{\text{أقصى طلب}}$$

إن من الضروري معرفة الفترة الزمنية التي يتم فيها احتساب أقصى طلب ومتوسط القدرة بدقة .

إذا احتسب أقصى طلب لمدة 30 دقيقة ومتوسط القدرة على مدى شهر يكون عامل القدرة (نصف ساعة – شهري)

$$\text{عامل الحمل اليومي} = \frac{\text{عدد الوحدات المجهزة فعليا/ يوم}}{\text{قدرة مطلوبة} \times 24} \text{ الوحدة (كيلو واط ساعة) أقصى}$$

$$\text{عامل الحمل الشهري} = \frac{\text{عدد الوحدات المجهزة فعليا/ شهر}}{\text{أقصى قدرة مطلوبة} \times 24 \times 30}$$

$$\text{عامل الحمل السنوي} = \frac{\text{متوسط عدد الوحدات المجهزة فعليا/ سنة}}{\text{أقصى قدرة مطلوبة} \times 24 \times 365}$$

س 2/ محطة توليد ربط عليها حمل قيمته 43 Kw أقصى طلب كان 20 Kw فإذا علمت إن عدد وحدات التوليد / سنة $61,5 \times 10^6$ w.h احسب عامل الطلب D.F، عامل الحمل L.F ؟

الحـــــــــــل /

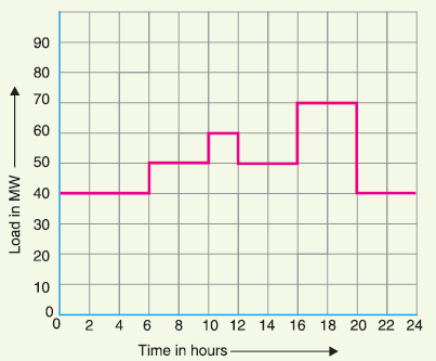
$$\text{عامل الطلب} = \frac{\text{أقصى طلب}}{\text{مجموع الأحمال المربوطة}} = \frac{20 \text{ Kw}}{43 \text{ Kw}} = 0,465$$

$$\text{عامل الحمل السنوي} = \frac{\text{متوسط عدد الوحدات المجهزة فعليا/ سنة}}{\text{أقصى قدرة مطلوبة} \times 24 \times 365} = \frac{61,5 \times 10^6}{8760 \times 10^3 \times 20} = \% 35,1$$

مثـــــــــــــال 3 / محطة توليد لها دورة حمل يومي كما يلي :

الزمن (ساعة)	6-0	10-6	12-10	16-12	20-16	24-20
الحمل (Mw)	40	50	60	50	70	40

ارسم منحني الحمل وأوجد أ/ أقصى حمل ب/ عدد وحدات التوليد باليوم ج/ معدل الحمل د/ عامل الحمل . أقصى حمل = 70 MW



عدد وحدات التوليد باليوم = $10^3 \times$ (4 × 40 + 4 × 70 + 4 × 50 + 2 × 60 + 4 × 50 + 6 × 40)

= Kwh 1200000 = Mwh 1200

$$\text{معدل الحمل} = \frac{\text{عدد الوحدات المجهزة فعليا في اليوم}}{24} = \frac{1200\,000}{24} = \text{Kw } 50000$$

$$\text{عامل الحمل} = \frac{\text{معدل الحمل}}{\text{أقصى حمل}} = \frac{50000}{70000} = 0.714 = \%71.4$$

س 4 / محطة توليد لها منحني دورة حمل يومي كما يلي :

الزمن(ساعة)	24-20	20-16	16-12	12-10	10-6	6-0
الحمل (MVA)	90	0	50	40	30	20

ارسم منحني الحمل وجد:1-أقصى طلب 2-عدد وحدات التوليد باليوم 3- معدل الحمل 4- عامل الحمل

الحل : اقصى طلب هو 90 ميكا واط

عدد وحدات التوليد باليوم = 6× 20 + 4× 30 + 2×40 + 4×50 + صفر + 4×90 = 880 ميكا واط

معدل الحمل = (باليوم التوليد وحدات عدد)/(ساعة 24) = 24/880 = 36.66 ميكا واط

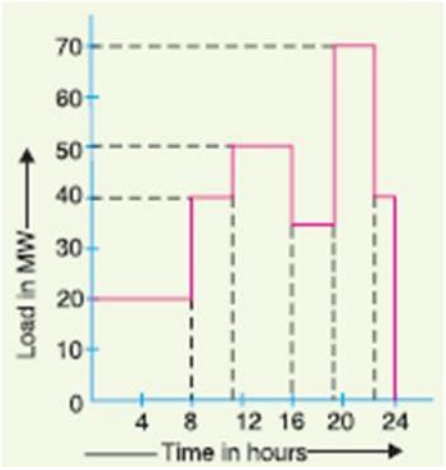
عامل الحمل = (الحمل معدل)/(حمل اقصى) = 90/(36.66) = % 40

س 5 / محطة توليد لها ذروة حمل يومي وكما يلي :

Time in hours	*6—8*	*8—11*	*11—16*	*16—19*	*19—22*	*22—24*	*24—6*
Load in MW	*20*	*40*	*50*	*35*	*70*	*40*	*20*

أرسم منحني الحمل وجد :معدل الحمل . 2- عامل الحمل .

$$\text{Units generated per day} = \text{Area (in kWh) under the load curve}$$
$$= 10^3\,[20\times 8 + 40\times 3 + 50\times 5 + 35\times 3 + 70\times 3 + 40\times 2]$$
$$= 10^3\,[160 + 120 + 250 + 105 + 210 + 80]\ \text{kWh}$$
$$= 925\times 10^3\ \text{kWh}$$
$$\text{Average load} = \frac{925\times 10^3}{24} = 38541{\cdot}7\ \text{kW}$$
$$\text{Load factor} = \frac{38541{\cdot}7}{70\times 10^3}\times 100 = 55{\cdot}06\%$$



واجب بيتـــــــــــــــــي :

س 6 / محطة توليد بسعة 100 M. w تجهز 100 M. w لفترة 2 ساعة / يوم ، 50 M. w لفترة 6 ساعة / يوم ، وتبقى بدون توليد لبقية اليوم كما أنهالا تعمل 45 يوم لأغراض الصيانة . ارسم منحني الحمل وأوجد عامل الحمل السنوي ؟

س 7 / محطة توليد لها ذروة حمل يومي وكما يلي :

الزمن (ساعة)	6-0	10-6	12-10	16-12	20-16	24-20
الحمل (Mw)	20	25	30	25	35	20

ارسم منحني الحمل وأوجد أ/ أقصى حمل ب/ عدد وحدات التوليد باليوم ج/ معدل الحمل د/ عامل الحمل.

س 8 / محطة توليد بسعة 150 M. w تجهز 100 M. w لفترة 6 ساعة / يوم و 75 M. w لفترة 6 ساعة / يوم ، بدون توليد لبقية اليوم كما أنها لا تعمل شهرين لأغراض الصيانة .ارسم منحني الحمل وأوجد: 1 / أقصى حمل 2/ عدد وحدات التوليد باليوم 3/ معدل الحمل 4/ عامل الحمل .

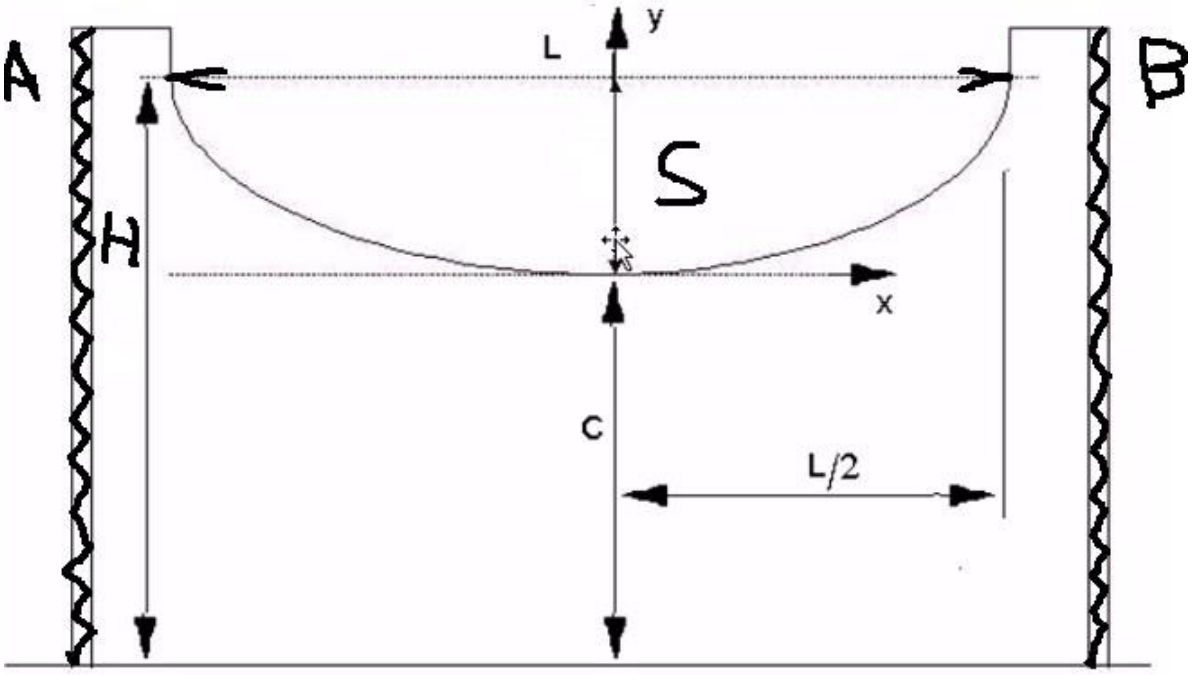
الحسابات الميكانيكية للخطوط الهوائية :(7)

التدلـــــــــــــــي:Sag هي المسافة العمودية بين خط مستقيم واصل بين برجين وادنى نقطة على السلك الموصل بينهما ويعتمد التدلي على :

1- قوة الشد 2- وزن الموصل 3- درجة الحرارة حيث يزداد التدلي بزيادة درجة الحرارة . 4- المسافة بين الابراج .

5- العوامل المناخية .

حساب التدلي في حالة كون المساند بمستوى واحد : Supports at same level



التدلي (الترخيم) لبرجين بمستوى واحد

$$S = \frac{WL^2}{8T}$$

$$H = S + C$$

S يمثل التدلي ويقع في منتصف الخط الهوائي ووحداته المتر (م)

T يمثل شد الموصل ووحداته نيوتن (نت)

W يمثل وزن الموصل ووحداته نيوتن / متر (نت/م) L المسافة بين البرجين ووحداتها المتر (م)

ارتفاع البرج A يساوي ارتفاع البرج B = H ووحداتها المتر (م)

C = المسافة بين اوطا نقطة على السلك وسطح الارض ووحداتها المتر (م)

س 1/خط نقل هوائي بطول (152م)مسنود بمساند على مستوى واحد ، القطر الفعال للموصلات (2,062 سم)، مساحة المقطع للسلك (3,065 سم^2) وكتلته (2,292 كغم /م) ، أوجد التدلي ؟ علما ان أقصى قوة شد على الموصلات (1054,63 كغم / سم^2).

الحـــــــــل:

لإيجاد الوزن ب (نت / م) $W=9.81\times 2.292 = 22.484 \quad N/m$

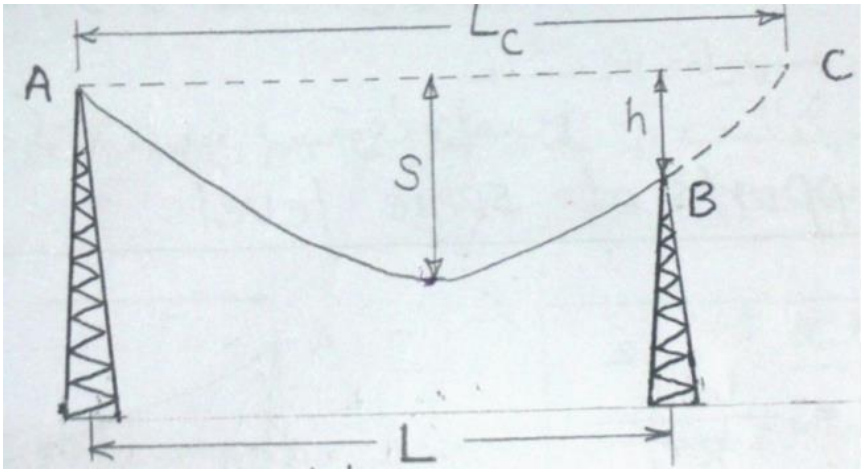
لإيجاد قوة الشد الكلية على الموصل $T= 1054.63 \times 3.065 = 3232.44$ Kg

$T= 3232.44 \times 9.81= 3.17 \times 10000$ نيوتن

$$S = \frac{WL^2}{8T} = \frac{22.484\times(152)^2}{8\times3.171\times10000} = 2.05m$$

حساب التدلي كون المساند ليست بمستوى واحد :Supports at different levels

قد تكون الأبراج بمستويات مختلفة في كثير من الأحيان وخاصة عند مرور الشبكات الكهربائية في مناطق جبلية او عند تقاطعها مع حواجز طبيعية كالأنهار مثلا .



$$S = \frac{WLc^2}{8T}$$

$$Lc = L + \frac{2TH}{WL}$$

h = ارتفاع البرج العالي – البرج الواطئ ووحداته (متر M)

Lc = الطول الافتراضي بين البرجين بنفس المستوى ووحداته (m)

L = الطول الفعلي للخط الهوائي ووحداته (m) S = التدلي ووحداته (m)

W = وزن الموصل ووحداته (N/m) (نت/م) T = شد الموصل ووحداته (N) (نت)

س2/ خط نقل هوائي بطول (336m) ، مسنود على طرفي نهر بمسندين (برجين) ارتفاعهما (29m) ، (33.6m) عن مستوى الماء ، وزن الموصل (8.33N/m) أذا كان الشد على الموصل لايتجاوز (3.34×10000)N احسب

1- المسافة بين اوطا نقطة على الموصل والماء = C

2- بعد اوطا نقطة على الموصل عن البرج المنخفض (أقصر مسافة بين أوطا نقطة والعمودالواطي) **الحـــــــــــل :**

$$Lc = L + \frac{2TH}{WL}$$

H=h1- h2= 33.6- 29 = 4.6 m

$$Lc = 336 + \frac{2 \times 3.34 \times 10000 \times 4.6}{336 \times 8.33} = 445.79 \text{ m}$$

$$S = \frac{WLc^2}{8T} = \frac{8.33 \times (445.79)^2}{8 \times 3.34 \times 10000} = 6.195\ m$$

أوطأ نقطة تنخفض (6.195)م عن البرج الأعلى والذي يرتفع (33.6) م عن سطح الماء =C

لذا فان المسافة بين اوطا نقطة و سطح الماء C= h1-S = 33.6 – 6.195 = 27.405 m

المسافة بين أوطأ نقطة والبرج العالي هي منتصف Lc Y= 0.5 Lc = 445.79 × 0.5 =222.89m

المسافة بين أوطأ نقطة على الموصل والبرج الواطي X = X = L – ½ Lc= 336-222.89 = 113.11 m

س3 / خط نقل مسند بيرجين عبر نهر ارتفاعهما (50 متر) ،(55 متر) عن مستوى الماء ، المسافة الأفقية البرجين (300 متر) قوة بين الشد على الموصل (2000كغم) ، وزن الموصل (0,85كغم / م) جد :

1- ادنى مسافة بين الموصل والماءC .

2- بعد ادنى نقطة على الموصل عن البرج العالي Y=

3- بعد ادنى نقطة على الموصل عن البرج الواطئ X.

H=h1- h2= 55 - 50 = 5 m

$$Lc = L + \frac{2TH}{WL} = 300 + \frac{2 \times 2000 \times 9.81 \times 5}{0.85 \times 9.81 \times 300} = 378.5\ m$$

$$S = \frac{WLc^2}{8T} = \frac{0.85\times (378.5)^2}{8\times 2000} = 7.6\ m$$

أوطأ نقطة تنخفض (7.6)م عن البرج الأعلى والذي يرتفع (55) م عن سطح الماء =C لذا

فان المسافة بين اوطا نقطة و سطح الماء C= h1-S = 55 – 7.6 = 47.4 m المسافة بين

أوطأ نقطة والبرج العالي هي منتصف Lc Y= 0.5 Lc = 0.5× 378.5 =189.25m

المسافة بين أوطأ نقطة على الموصل والبرج الواطي X = L – ½ Lc= 300 – 189.25 = 110.75 m

تاثير الرياح والجليد على حسابات التدلي :

ربما يتعرض الموصل بالإضافة الى وزنه إلى تأثيرات أخرى وهي ضغط الرياح أو زيادة الوزن بسبب الجليد المتجمع حول الموصل وهذه العوامل تؤثر على الوزن الكلي للموصل وبالتالي على التدلي .

$$S = \frac{F_t\ Lc^2}{8T}$$

$$Ft = \sqrt{(W + W\,i)^2 + Fw^2}$$

حيث أن :W = وزن مادة الموصل ووحداته (نت / م)

Wi = وزن الجليد ووحداته (نت / م) Fw

= ضغط الرياح ووحداته (نت / م)

Ft = محصلة القوى الكلية ووحداتها (نت / م)

واجب بيتـــــــــــــــي :

س 4 / خط نقل هوائي مسند ببرجين عبر نهر أرتفاعهما (60) م ، (75) م عن مستوى سطح الماء المسافة الافقية بين البرجين (500) م قوة الشد على الموصل (1000) كغم وزن الموصل (0.9) كغم / م . جد أدنى مسافة بين الموصل وسطح الماء علما أن الموصل يتعرض لتاثير ريح مقداره (0.5) نت/م.

س 5 / أعد حل السؤال السابق معتبرا أن خط النقل تحت تاثير تجمع جليد حول الموصل بحيث أن وزن الجليد (2) نت / م .

الحسابات الكهربائية لخطوط النقل الهوائية: (8)

حساب العناصر الاساسية للخطوط :

حساب المقاومة : The Resistance

R_0 هي مقاومة الموصل للتيار وتسمى المقاومة الفعالة في حالة كون التيار موزع بانتظام على مساحة المقطع .

$$R_o = \frac{\rho L}{A}$$

ρ **المقاومة النوعية لمادة الموصل ووحداتها أوم . متر (Ω .m)**

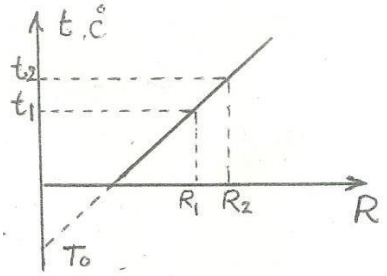
L طول الموصل ووحداته متر (m)

A مساحة المقطع العرضي للموصل ووحداتها م^2 (m^2)

العوامل التي تؤثر في مقاومة موصلات خطوط النقل :

1- الموصلات المجدولة ..... تزيد المقاومة بحدود 1% الى 2%.

2- درجة الحرارة ..... وتزداد المقاومة زيادة خطية مع درجة الحرارة .



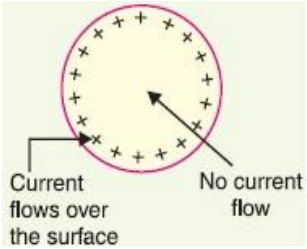
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_o \pm t_2}{T_0 + t_1}$$

حيث T_o ثابت يعين من المنحني ويختلف حسب نوع المادة

3- ظاهرة القشرة (Skin effect):

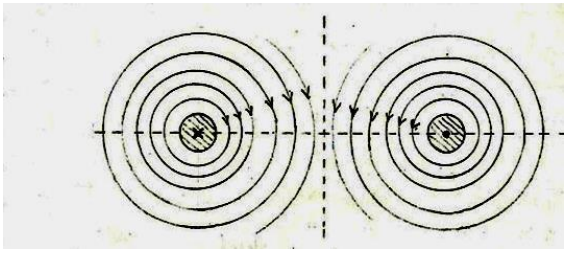
المقاومة النوعية لمادة الموصل تبقى ثابتة في حالة التيار المتناوب والمستمر الا ان المقاومة الكلية للموصل لاي موصل تكون اكبر في حالة التيار المتناوب منها في حالة التيار المستمر . وذلك بسبب المجال المغناطيسي المتناوب الذي يظهر في حالة التيار المتناوب والذي يعمل على توليد قوة دافعة كهربائية مضادة لهذا المجال حبث تكون قيمتها عند مركز الموصل اكبر منها في محيط الموصل الخارجي. وبالتالي التيار المتناوب النهائي يسري في الموصل بالقرب من السطح الخارجي له مما ينتج عنه تقليل مساحة المقطع الفعلية فتزداد قيمة المقاومة الكلية للموصل وهذ هو ما يعرف بظاهرة القشرة للموصلات عند استخدام التيار المتناوب. لذا يكون التيار موزعا بالتساوي على مساحة مقطع الموصل في حالة التيار المستمر DC فقط . ولكن في حالة التيار المتناوب مع زيادة التردد يكون التوزيع غير منتظم للتيار ويتزايد مع زيادة التردد وتتركز كثافة التيار على القشرة الخارجية للموصل.

وبذلك تزداد المقاومة مع زيادة التردد $R \propto Hz$.



حساب محاثة خطوط النقل الهوائية : Calculation the Inductance of O.H.T.L

عند مرور تيار كهربائي في دائرة كهربائية فسينشأ عنه فيض مغناطيسي في الفضاء ويمكن تحديد شكل هذا المجال من الشكل الهندسي للدائرة ولما كان التيار يمر في دائرة مغلقة فأن المجال المغناطيسي سيحلق حول الدائرة التي يمر فيها التيار .



عند تغير التيار المار في الدائرة مع الزمن فأن التدفق المغناطيسي المحيط بالدائرة سيتغير ايضا مع الزمن وحسب قانون فاراداي فأن جهد مستحث ينتج في الدائرة يعمل على معارضة التغير الاصلي في التيار وتسمى خاصية توليد دائرة الجهد الحثي الذي يعارض أي تغيير في التيار المار في الدائرة نفسها بالمحاثة الذاتية .

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} = - L\frac{di}{dt}$$

$$L = \frac{d\Phi}{di} \quad (\text{weber / amper}) \qquad \text{(للوسط الغير خطي)}$$

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad (\text{weber / amper}) \qquad \text{(للوسط المغناطيسي الخطي)}$$

حيث Φ التدفق المغناطيسي Flux

المحاثة الذاتية = التدفق المحيط بالدائرة / التيار المار في الدائرة

حساب المحاثة الداخلية والخارجية للسلك المفرد : Calculation the Inductance of soli d circular single conductor

لحساب محاثة الموصل يجب أن نفرق بين المحاثة الداخلية والمحاثة الخارجية له .

المحاثة الداخلية : هي (مقدار مساهمة الفيض المغناطيسي الذي يقطع الموصل فعلا) ويمر بداخل الموصل.

المحاثة الداخلية للموصل (هنري / متر)

$$Li = \frac{\mu}{8\pi} \text{.....} \left(\frac{H}{m}\right)$$

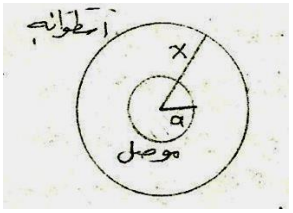
حيث $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$

$$Li = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{8\pi} = 0.5 \times 10^{-7} \ \frac{h}{m}$$

$$Li = 0.05 \times 10^{-6} \ \frac{h}{m} = 0.05 \ \frac{mh}{km}$$

وهذه المعادلة تبين أن المحاثة الذاتية الداخلية لموصل اسطواني لا تعتمد على قطر الموصل .

لحساب المحاثة الخارجية (Le) يجب حساب الفيض المحصور بين سطح الموصل الذي نصف قطره a واسطوانة نصف قطرها x .



$Le = \frac{\mu}{2\pi} Ln \frac{x}{a} \ldots\ldots\ldots \frac{h}{m}$ المحاثة الخارجية .....

$$Le = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} Ln \frac{x}{a} = 2 \times 10^{-7} Ln \frac{x}{a} = 0.2 \times 10^{-6} Ln \frac{x}{a} \ldots\ldots \frac{h}{m}$$

$$Le = 0.2\ Ln \frac{x}{a} \ldots\ldots\ldots \frac{mh}{km}$$

المحاثة الكلية للموصل :

$$L = L_i + L_e$$

$$L = 0.05 + 0.2\ Ln \frac{x}{a} \ldots\ldots\ldots \frac{mh}{km}$$

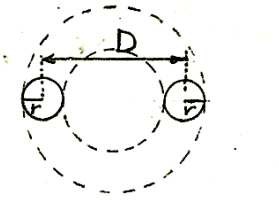
حساب المحاثة للنظام الاحادي المكون من سلكين : Calculation the Inductance of single phase (two wires)

أعتبر خط نقل هوائي يتكون من سلكين مستقيمين طويلين متوازيين مقطع كل منهما دائري ونصف قطر كل منهما r

أفرض المسافة بين محوري الموصلين D حيث D أكبر بكثير من r علما أن الموصلان يحملان تيارين متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه .

المحاثة الكلية للنظام الاحادي = 2 × محاثة السلك المفرد

$$L_{loop} = 2 \times (0.05 + 0.2\ Ln \frac{D}{r}) = 0.1 + 0.4\ Ln \frac{D}{r} \quad mh/km$$



مثال 1/ جد قيمة المحاثة لنظام أحادي متكون من موصلين وكل موصل مكون من أربعة أسلاك قطر كل سلك (5 ملم)

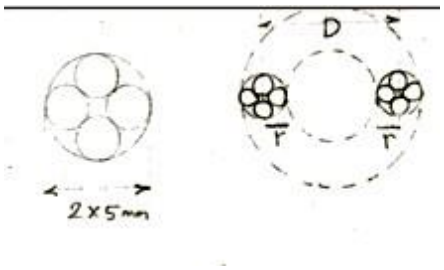
كما مبين بالشكل افرض أن المسافة بين محوري الموصلين (20 سم)علما أن طول الخط (2 كم).

D= 20 cm = 0.2 m

r = 5 mm = 0.005 m = $5 \times 10^{-3}\ m$

$$L_{loop} = 0.1 + 0.4\ Ln\frac{D}{r} \quad mh/km$$

$$L_{\ loop} = 0.1 + 0.4\ Ln\ \frac{0.2}{5 \times\ 10^{-3}} = 1.575\ mh/km$$



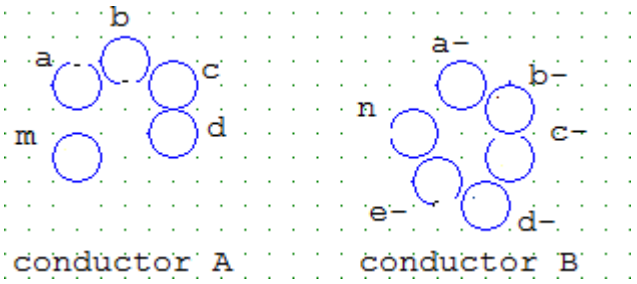
لان طول الخط = 2 كم اذن $= 2 \times\ 1.575 = 3.15\ mH$

س2 / أعد السؤال السابق أعلاه معتبرا أن كل موصل مكون من خمسة أسلاك ؟

حساب المحاثة لنظام أحادي مكون من موصلين مركبين :

Calculation the Inductance of single phase line with composite conductor:

في الشكل ادناه موصلين مركبين من عدة اسلاك يرمز للموصل الاول A وعدد اسلاكه m والموصل الثاني B وعدد اسلاكه n . حيث $n \neq m$



المحاثة في الموصل A هو L_A والمحاثة في الموصل B هو L_B المحاثة الكلية تساوي مجموع المحاثتين :

$$L = L_A + L_B \qquad LA = 0.2 \ln \frac{Dm}{DSA} \qquad mh/km$$

معدل البعد الهندسي(Dm) = Geometric mean distance

معدل النصف قطري الهندسي (Ds) = Geometric mean radius

$$Dm = \{(Daa^{-} \; Dab^{-} \; Dac^{-} ...Dan)(Dba^{-} Dbb^{-} \; Dbc^{-} ...Dbn) ...(Dma^{-} \; Dmb^{-} \; Dmc^{-} .....Dmn)\}^{1/mn}$$

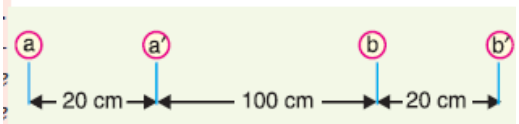
$$D_{SA} = \{(DaaDabDac…Dam)(DbaDbbDbc…Dbm)(DmaDmb…Dmm)\}^{1/m2}$$

$$Daa = Dbb = Dcc = ……..Dmm = (r\, e^{-1/4}) = 0.7788\, r$$

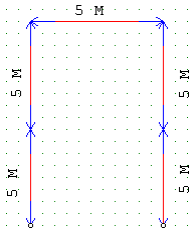
كذلك يمكن حساب L_B بنفس الطريقة .

س1 / خط احادي الوجه كما موضح بالشكل ادناه : الموصلان للذهاب على التوازي مع الموصلين a a′ و b b′ للاياب أحسب المحاثة الكلية للخط لكل كم معتبرا التيار المار في الموصلين متساويين وأن قطر كل موصل 2سم .

الحل : المحاثة الكلية تساوي **1.36 mH / Km**



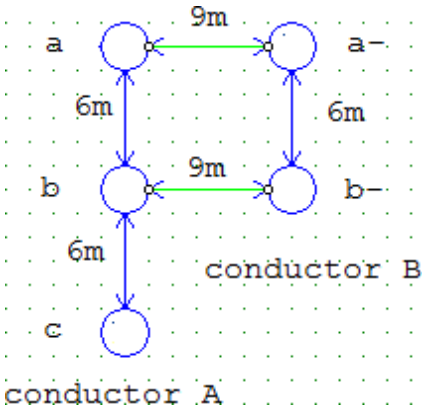
س 2/أحسب المحاثة لكل كم لخط نقل أحادي كما مبين في الشكل علما أن نصف قطر الموصل الاول 0,2 سم ونصف قطر الموصل الثاني 0,4 سم .



مثال HW 3 : أحسب المحاثة لكل كم لخط نقل أحادي الوجه والموضح أدناه علما ان قطر الموصل A= 0.25 سم

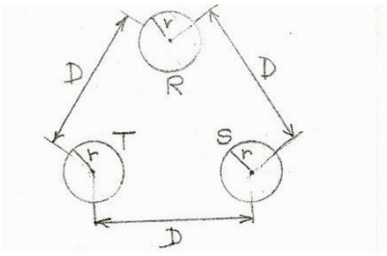
وقطر الموصل B = 0.5 سم . **الحل** : (LA= 0.62 mh/ km & LB= 0.85 mh/km)

L = 1.47 mh/ Km



حساب محاثة خط نقل ثلاثي الاوجه : Calculation Inductance the Three Phase O.H.T.L.

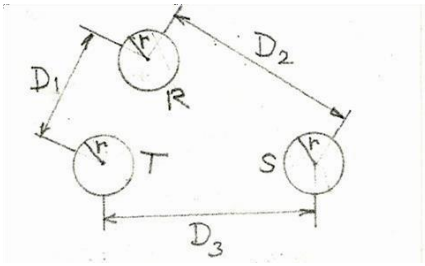
أ- الموصلات على أبعاد متساوية (متماثلة) Symmetrical



$$L\ /phase\ = 0.05 + 0.2\ L_n\ \frac{D}{r} \quad \ldots\ldots\ldots mH/Km$$

D متساوي بين الموصلات

ب- محاثة خط نقل هوائي ثلاثي الاوجه غير متماثل: Unsymmetrical

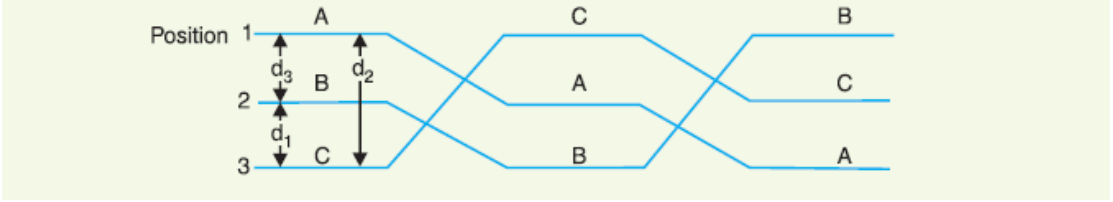


$$D_1 \neq D_2 \neq D_3$$

$$L_{/\ phase} = 0.05 + 0.2\ L_n\ \frac{\sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}}{r} \quad mH/Km$$

بما ان $D_3 \neq D_2 \neq D1_1$ اذن $L_3 \neq L_2 \neq L_1$ ينتج من هذا عدم تساوي جهود الاوجه وللتغلب على هذه الحالة يجب تغيير مواقع الاوجه change position الى ثلاثة مسافات متساوية لنضمن تساوي المحاثة ونمنع تداخل اللاسلكي في خطوط النقل .

وكذلك في حالة عدم تساوي جهود الاوجه فأن الفيض المشتبك والمحاثة لكل وجه ستكون غير متساوية وهذا بدوره يؤدي



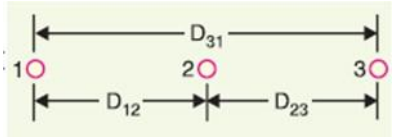
الى عدم تساوي X_L أي $X_{L3} \neq X_{L2} \neq X_{L1}$ والذي يؤدي الى عدم تساوي الهبوط في الجهد للأطوار الثلاثة حتى في حالة كون تساوي التيارات في أوجه الخطوط الثلاثة . لذلك فأن الجهد في جهة الاستقبال سيكون مختلفا بالنسبة للأطوار الثلاثة . ولمنع هذه الحالة الغير مرغوب فيها يتم تبادل المواقع للأطوار الثلاثة فيما بينها على طول الخط وبمسافات منتظمة ومتساوية كما مبين في الشكل أعلاه وتسمى هذه العملية بتبادل المواقع . لذلك فأن محاثات الاطوار الثلاثة ستتساوى.

$$L = L_A = L_B = L_C = 0.2\, L_n \frac{Deq.}{r} \qquad \text{mH / Km / phase}$$

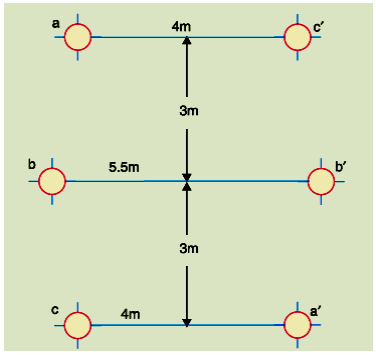
$$D\ eq. = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$$

مثال 1 : أحسب محاثة كل موصل لخط نقل ثلاثي الاوجه الموصلات موضحة بالشكل ادناه و تتبادل المواقع وقطر الموصل 2.5 سم المسافة من 2-1 هي 2 متر ومن 3-2 هي 2 متر ايضا .

(الحل : 1.11 mH)



مثال 2 / أحسب محاثة كل وجه لكل كم لخط نقل ثلاثي الاوجه مزدوج كما موضح في الشكل ادناه قطر كل موصل 0.75 سم علما ان الموصلات تتبادل المواقع على طول الخط.



O O O O O O
a a^- b b^- c c^-

الجواب :

Equivalent mutual G.M.D. is

$$D_m = \sqrt[3]{D_{AB} \times D_{BC} \times D_{CA}}$$

where $D_{AB} = \sqrt[4]{D_{ab} \times D_{ab'} \times D_{a'b} \times D_{a'b'}} = \sqrt[4]{3{\cdot}1 \times 5{\cdot}62 \times 5{\cdot}62 \times 3{\cdot}1}$

$= 4{\cdot}17\ \text{m} = D_{BC}$

$D_{AB} = \sqrt[2]{0.75^2 + 3^2} = 3.1$

$D_{CA} = \sqrt[4]{D_{ca} \times D_{ca'} \times D_{c'a} \times D_{c'a'}}$

$= \sqrt[4]{6 \times 4 \times 4 \times 6} = 4{\cdot}9\ \text{m}$

$\therefore \quad D_m = \sqrt[3]{4{\cdot}17 \times 4{\cdot}17 \times 4{\cdot}9} = 4{\cdot}4\ \text{m}$

تساوي Ds

$= \sqrt[4]{(0{\cdot}584 \times 10^{-2}) \times (7{\cdot}21) \times (0{\cdot}584 \times 10^{-2}) \times (7{\cdot}21)}$

$= 0{\cdot}205\ \text{m} = D_s$

$$D_{s2} = \sqrt[4]{(D_{bb} \times D_{bb'} \times D_{b'b'} \times D_{b'b})}$$

$$= \sqrt[4]{(0{\cdot}584 \times 10^{-2}) \times (5{\cdot}5) \times (0{\cdot}584 \times 10^{-2}) \times 5{\cdot}5} = 0{\cdot}18 \text{ m}$$

$$\therefore \quad D_s = \sqrt[3]{0{\cdot}205 \times 0{\cdot}18 \times 0{\cdot}205} = 0{\cdot}195 \text{ m}$$

$$\therefore \quad \text{Inductance/phase/m} = 10^{-7} \times 2 \log_e D_m/D_s = 10^{-7} \times 2 \log_e 4{\cdot}4/0{\cdot}195 \text{ H}$$

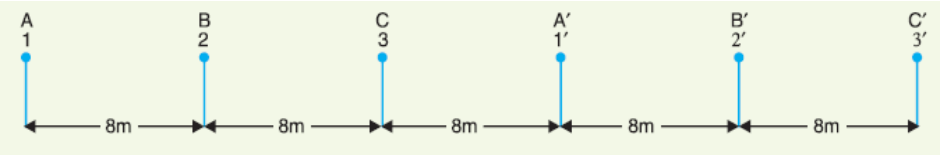
$$= 6{\cdot}23 \times 10^{-7} \text{ H} = 0{\cdot}623 \times 10^{-3} \text{ mH}$$

$$\text{Inductance/phase/km} = 0{\cdot}623 \times 10^{-3} \times 1000 = 0{\cdot}623 \text{ mH}$$

مثال 3 / أوجد المحاثة لكل طور لكل كم لخط نقل ثلاثي متبادل المواقع Transposed اذا كان قطر كل موصل 2 سم والابعاد بين الاطوار الثلاثة 1.8 m , 2 m , 2.5 m .

الحل : 1.12 mh/ Km

مثال 4 / في الشكل ادناه أحسب المحاثة لكل وجه لكل كم لخط نقل ثلاثي الاوجه مزدوج مع العلم أن قطر كل موصل هو 5.3 سم . علما ان الموصلات تتبادل المواقع على طول الخط.



O O O O O O

a a^- b b^- c c^-

$$\text{G.M.R. of conductor} = 0{\cdot}7788\, r = 0{\cdot}7788 \times 5{\cdot}3 \times 10^{-2} = 0{\cdot}0413 \text{ m}$$

Equivalent self-G.M.D. of one phase is

$$D_s = (D_{s1} \times D_{s2} \times D_{s3})^{1/3}$$

where $D_{s1} = (D_{AA} \times D_{AA'} \times D_{A'A'} \times D_{A'A})^{1/4} = (0{\cdot}0413 \times 24 \times 0{\cdot}0413 \times 24)^{1/4} = 0{\cdot}995$ m

$D_{s2} = (D_{BB} \times D_{BB'} \times D_{B'B'} \times D_{B'B})^{1/4} = (0{\cdot}0413 \times 24 \times 0{\cdot}0413 \times 24)^{1/4} = 0{\cdot}995$ m

Similarly $D_{s3} = 0{\cdot}995$ m

$$\therefore \quad D_s = \sqrt[3]{0{\cdot}995 \times 0{\cdot}995 \times 0{\cdot}995} = 0{\cdot}995 \text{ m}$$

Equivalent mutual G.M.D. is

$$D_m = (D_{AB} \times D_{BC} \times D_{CA})^{1/3}$$

where $D_{AB} = (D_{AB} \times D_{AB'} \times D_{A'B} \times D_{A'B'})^{1/4} = (8 \times 32 \times 16 \times 8)^{1/4}$

$$= 13{\cdot}45 = D_{BC}$$

$$D_{CA} = (D_{CA} \times D_{CA'} \times D_{C'A} \times D_{C'A'})^{1/4} = (16 \times 8 \times 40 \times 16)^{1/4}$$

$$= 16{\cdot}917 \text{ m}$$

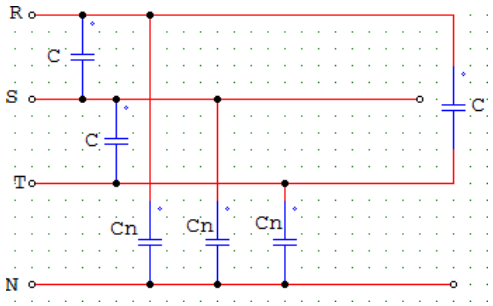
$$\therefore \quad D_m = (13{\cdot}45 \times 13{\cdot}45 \times 16{\cdot}917)^{1/3} = 14{\cdot}518 \text{ m}$$

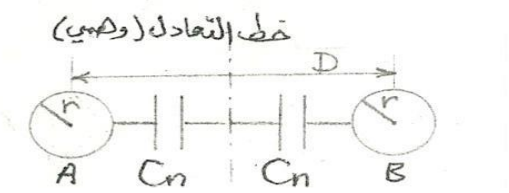
$$\text{Inductance/phase/m} = 10^{-7} \times 2 \log_e D_m/D_s \text{ H/m}$$

$$= 5{\cdot}36 \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

Calculation the Capacitance of Single Phase : حساب متسعة خط هوائي أحادي الطور O.H.T.L.

أعتبر ان موصلين هوائيين متوازيين نصف قطر كل منهما r متر والبعد بين مركزيهما D متر كما في الشكل





$$C = \frac{1}{36\ Ln\frac{D=r}{r}} \quad .... \quad {}^{\mu F}/_{Km}$$

C هي المتسعة بين الموصلين A, B وسبب ظهور المتسعة على خط النقل المتوسط وهو وجود فرق جهد بين الاطوار

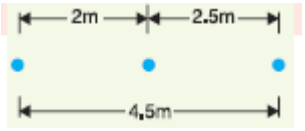
ووجود عازل متمثلة بالهواء بين الاطوار . وتتناسب قيمتها طرديا مع مربع فولتية خط النقل ويظهر تأثير المتسعة كتيار متسرب للأرض وتعتبر المتسعة كمصدر لتوليد ا لقدرة الخيالية ويكون التيار متقدم على الفولتية .

$$C_n = 2\,C = \frac{1}{18\ Ln\frac{D-r}{r}} \quad .... \quad {}^{\mu F}/_{Km}$$

حيث C_n .... هي المتسعة بين كل موصل وخط التعادل .

مثال 4 : خط نقل هوائي ثلاثي الاوجه فولتية الارسال 66 كيلو فولت وبتردد 50 هيرتز كما موضح بالرسم قطر الموصل 1.25 سم طول الخط 100 كم . احسب : متسعة الوجه (المتسعة بين الخط ونقطة التعادل) ثم احسب تيار شحن

المتسعة. علما ان الخط يتبادل المواقع .



$$D = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} = \sqrt[3]{2 \times 2.5 \times 4.5} = 2.82\ m$$

$$C_n = 2\,C = \frac{1}{18\ Ln\frac{D-r}{r}} \quad .... \quad {}^{\mu F}/_{Km}$$

$$= 0.625 \qquad r = \frac{1.25}{2}$$

Cn= 0.0091 μF/ Km

(ii) Charging current per phase is

$$I_C = \frac{V_{ph}}{X_C} = \frac{66{,}000}{\sqrt{3}} \times 2\pi\ f\ C$$

$$= \frac{66{,}000}{\sqrt{3}} \times 2\pi \times 50 \times 0{\cdot}91 \times 10^{-6} = 10{\cdot}9\ \text{A}$$

مثال

5H.W : أحسب متسعة خط نقل هوائي ثلاثي طوله 100 كم يتكون من ثلاثة موصلات قطر كل موصل 2سم والمسافة بين كل موصلين 2.5 متر.

مثال 6 H.W : خط نقل معلق احادي الوجه قطر كل من موصليه 0.625 سم والبعد بينهما 60 سم المقاومة النوعية 1.675 مايكرو اوم. سم اذا كان طول الخط = 12.8 كم . أحسب القيمة الكلية للمقاومة والمحاثة والمتسعة .

R= $\frac{\rho\, L}{A}$ $= 1.75\ \Omega$ اكتب المعادلة هنا.

$R = 1.75 \times 2 = 3.5\ \Omega$

$L = 0.2\ Ln\frac{60}{0.3125} = 1.0514\ \frac{mH}{Km} \times 12.8 = 13.459\ mH$

C = ?

مثال 7 : احسب المفاعلة السعوية لخط نقل طوله 200 كم ونصف قطر الموصل 3 سم والمسافة بين كل طور وطور 5 متر والتردد 50 هيرتز.

الحل :

$$C = \frac{1}{36\ Ln\frac{D-r}{r}} = \frac{1}{36\ Ln\frac{5-0.03}{0.03}} = 0.00543 \ldots .\ {}^{\mu F}/_{Km}$$

$$C = 0.00543 \times 200 = 1.087\ \mu F$$

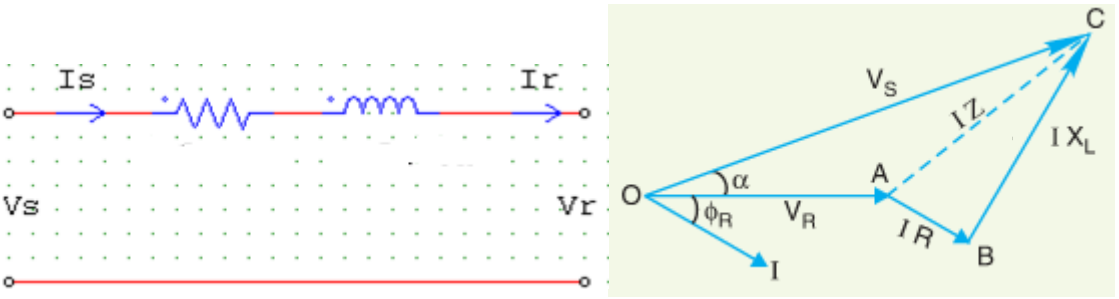
$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 1.087 \times 10^{-6}} = 2929.2\ \Omega$$

حسابات العناصر الاساسية للخطوط الهوائية : (10)

عند تحليل ودراسة الخطوط الثلاثية الأوجه المتماثلة (3 phase symmetrical system) يفترض من الفولتيات المعطاة هي فولتية خط - خط وجميع التيارات تمثل تيارات الخطوط وكذلك الفولت أمبير – القدرة الفعالة – القدرة الغير فعالة كلها ثلاثية الأوجه . أما معامل القدرة فيمثل معامل القدرة للوجه الواحد .

جميع الحسابات تجرى بالقيم الطورية (In phaser Diagram)

خط النقل القصير : Short Transmission Line



يمكن أحتساب ممانعة التوالي فقط لان تأثير متسعة التوازي تهمل لان قيمتها قليلة....

$Is = Ir$ $\qquad$ $\vec{Vs} = \vec{Vr} + Ir\,\vec{Z}$

$Vs = Vr + Ir\,R\cos\Phi_r + Ir\,X\sin\Phi_r$

تنظيم الجهد Voltage Regulation لخط النقل :

يعرف تنظيم الجهد بانه ارتفاع فولتية الاستلام حينما يرفع حمل كامل ذو معامل قدرة معينة بينما تبقى فولتية الارسال ثابتة ويعبر عنه بالنسبة المئوية للحمل الكامل علما بأن فولتية الاستلام غير الحملية تساوي فولتية الارسال Vs .

$$\%\ \text{Reg.} = \frac{|Vs| - |Vr|}{|Vr|}$$

$$\%\ \text{Reg.} = \frac{Ir\,R\cos\Phi r \pm Ir\,X\sin\Phi r}{Vr} \times 100\%$$

الاشارة + تعني عامل قدرة متأخر الاشارة Lagging power factor

- تعني عامل قدرة متقدم Leading power factor

حالة خاصة : عندما يكون التنظيم = صفر

$Vs = Vr \quad \rightarrow \quad \Phi s = \Phi r$

للخط القصير $Vs = Vr + Ir\,R\cos\Phi_r + Ir\,X\sin\Phi_r$

$-Ir\ R\cos\Phi_r = Ir\ X \sin \Phi r$

$-R\cos\Phi_r = X \sin \Phi r$

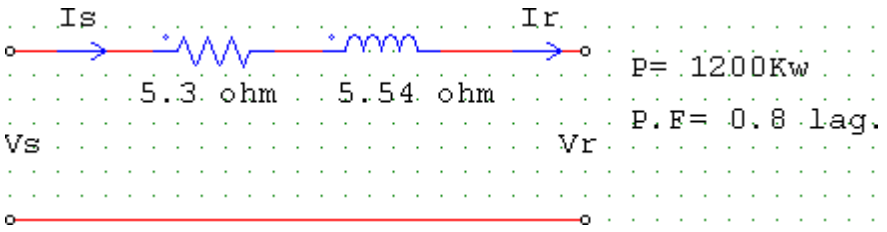
$\tan \Phi_r = -R / X$

مفاقيد القدرة في الخط هي مفاقيد نحاسية $(I^2 R)$

كفاءة النقل : النسبة بين القدرة المستلمة الى القدرة المرسلة .

$$\eta\ trans. = \frac{\text{القدرةالمستلمة}}{\text{القدرةالمرسلة}}$$

مثال 1 : خط نقل ثلاثي الاطوار بطول 15 Km (قصير) مقاومة الخط / طور (5.3) أوم المفاعلة الحثية / طور (5.54) أوم فولتية الارسال (11 كيلو فولت) الحمل في نهاية الاستلام (1200) كيلو واط بعامل قدرة (0.8) متأخر . جد الفولتية والتيار في جهة الاستلام ؟ وأحسب كفاءة خط النقل ؟



$Vs / ph = \frac{11000}{\sqrt{3}} = 6351\ V$ $P.F = \cos \Phi$

$P = 3\ Vr\ Ir \cos \Phi r$

Vr فولتية الطور , Ir تيار الطور

$$Ir / ph = \frac{p}{3Vr\ cos\ \boldsymbol{\Phi} r} = \frac{1200000}{3\times Vr\times 0.8} = \frac{500000}{Vr}$$

$$\text{Sin } \boldsymbol{\Phi} r = \sqrt{1 - cos^2\theta r}$$

$Vs = Vr + Ir\ R\cos\Phi_r + Ir\ X \sin \Phi_r$ للخط القصير

$$6351 = Vr + \frac{500000\times 5.3\times 0.8}{Vr} + \frac{500000\times 5.54\times 0.6}{Vr}$$

$Vr = 5685$ Volt { $X = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4\,Ac}}{2A}$ (الحل بالدستور)}

$$Ir = \frac{500000}{Vr} = \frac{500000}{5685} = 87.95\ Amp.$$

أحسب كفاءة النقل للخط أعلاه

طول الخط 15 Km (قصير) لذلك يمكن أعتبار $\Phi s = \Phi r$

$P_o = \sqrt{3}\, Vr\, Ir\, cos\Phi r = 1200Kw$

$P_i = \sqrt{3}\, Vs\, Is\, cos\Phi s$

$$\eta = \frac{\text{القدرةالمستلمة}}{\text{القدرةالمرسلة}} = \frac{1200000}{\sqrt{3} \times 11000 \times 87.95 \times 0.8} \times 100\% = 89.5\%$$

مثال 2 : ماهو اقصى طول بالكم لخط نقل احادي الوجه مساحة مقطع الموصل 0. 775 سم^2 وقدرة الحمل 200 كيلو واط ومعامل قدرة يساوي واحد وبفولتية قدرها 3300 V وكفاءة الخط 90 % وبمقاومة 1.725 μΩ لكل سم .

$$\therefore \quad l = \frac{Ra}{\rho} = \frac{3{\cdot}025 \times 0{\cdot}775}{1{\cdot}725 \times 10^{-6}} = 1{\cdot}36 \times 10^6 \text{ cm} = \mathbf{13{\cdot}6 \text{ km}}$$

خط النقل المتوسط : Medium Transmission Lines

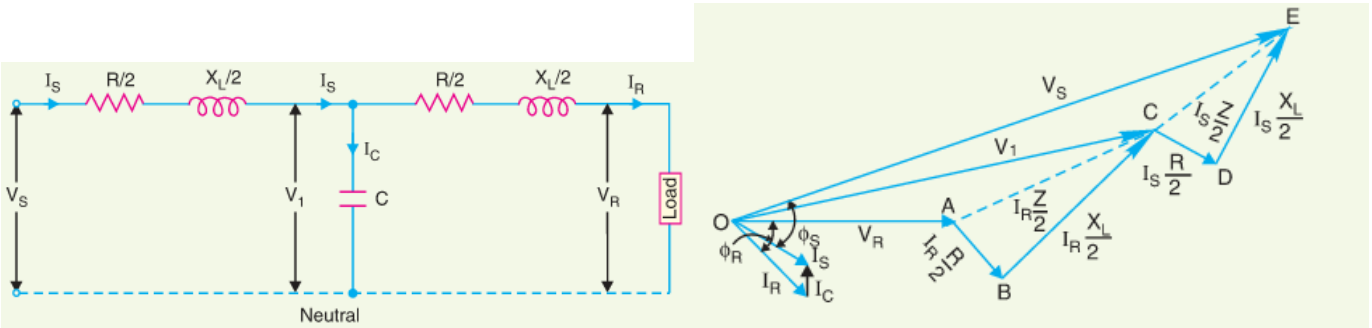
وهي الخطوط التي يتراوح طولها بين 80 و250 كم و يظهر تأثير متسعة التوازي في هذه الخطوط ويمكن تجميع متسعة الخط في نقطة واحدة أو نقطتين لدراسة تأثيرها.

ظاهرة فرانتي : هي ظاهرة ارتفاع جهد الاستقبال بالنسبة لجهد الإرسال في حالة الأحمال السعوية أو في حالة اللاحمل للخطوط المتوسطة والطويلة.

ويقسم خط النقل المتوسط الى :

أ ـ دائرة T الاسمية : وسميت بهذا الاسم لانها تشبه الحرف T باللغة الانكليزية .

تتمركز المتسعة الكلية لكل موصل في منتصف الخط . لذلك تكون مسامحة التوازي متمركزة في الوسط وممانعة التوالي مجزءة الى جزئين متساويين .



رسم خط النقل المتوسط نوع T

المخطط الطوري

$Y = j\,wc\,L$ سماحية المتسعة & $L=$ طول الخط

$$V_1 = Vr + Ir\frac{Z}{2}$$

$$Ic = V_1 Y = \left(Vr + \frac{IrZ}{2}\right) Y$$

$$Is = Ir + Ic = Ir + VrY + \frac{IrZY}{2} = VrY + \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) Ir$$

$$Vs = V_1 + Is\frac{Z}{2} = Vr + Ir\frac{Z}{2} + VrY\frac{Z}{2} + \left(1 + \frac{ZY}{2}\right)\frac{Z}{2} Ir$$

$$\therefore Vs = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) Vr + \left(1 + \frac{ZY}{4}\right) Z\,Ir$$

مثال 1 : خط هوائي ثلاثي الاطوار بطول 200 كم مقاومته 48.7 أوم / طور المفاعلة الحثية 80.2 أوم / طور متسعة الخط / محايد تساوي 8.42 نانوفراد / كم يجهز حملا قدره 13.5 ميكا واط بفولتية 88 كيلو فولت وبعامل قدرة قدره 0.9

متأخر أستخدم دائرة T الاسمية لايجاد فولتية الارسال وتيار الارسال وزاوية الطور وتنظيم الجهد .

$$Z = R + JX_L = 48.7 + J\,80.2 = 93.83\angle 58.73^\circ\ \Omega / \text{ phase}$$

$$Y = JW_C L = J \times 2\pi \times 50 \times 8.42 \times 10^{-9} \times 200 = 529 \times 10^{-6}\angle 90^\circ\ Siemens$$

$$Ir = \frac{P}{\sqrt{3}\, Vr\, cos\, \varphi r} = \frac{13.5\times10^6}{\sqrt{3}\times88\times10^3\times0.9} = 98.41 \angle -cos^{-1}0.9 = 98.41 \angle -25.84\ A$$

$$Vr = \frac{88000}{\sqrt{3}} = 50\,808.3 \angle 0\ Volt$$

$$Vs = (1+\frac{ZY}{2})\,Vr + (1+\frac{ZY}{4})\,Z\,Ir$$

عوض عن القيم واكمل الحل الى أن تصل الى النتيجة التالية

فولتية الطور $Vs = 57647.2 \angle 5.62^\circ\ Volt$

$$Vs\ (L\text{-}L) = \sqrt[2]{3} \times 57647.2 = 99.85\ Kv \angle 5.62^\circ$$

$$Is = VrY + (1+\frac{ZY}{2})\,Ir$$

اكمل الحل

تيار الارسال $Is = 87.25 - j\ 13.95 = 88.36 \angle -9.08\ A$

$$Vs = (1+\frac{ZY}{2})\,Vr + (1+\frac{ZY}{4})\,Z\,Ir$$

في حالة اللاحمل $Ir = 0$

$$Vs = (1+\frac{ZY}{2})\,Vr$$

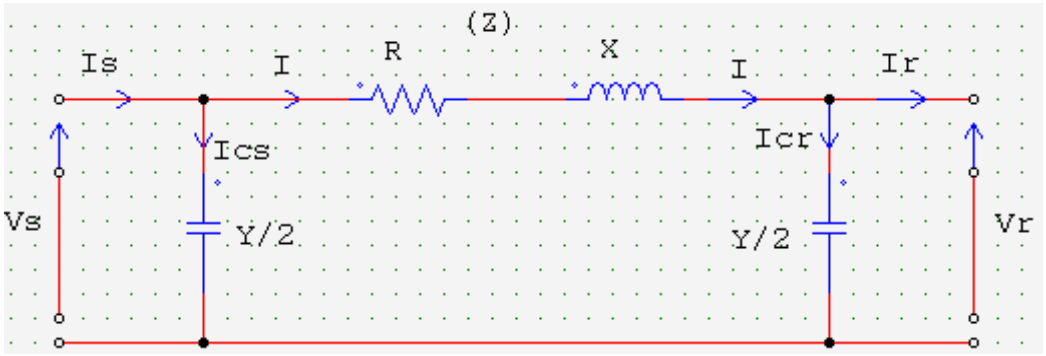
$$V_r = \frac{V_s}{1+\frac{ZY}{2}} = \text{اكمل الحل} = 58890.98\ V$$

$$\%\ Reg. = \frac{V_{r\,(no\,load)} - V_r\,(load)}{V_r(load)} = \frac{58890.98-50808.3}{50808.3} = 0.159 = 15.9\%$$

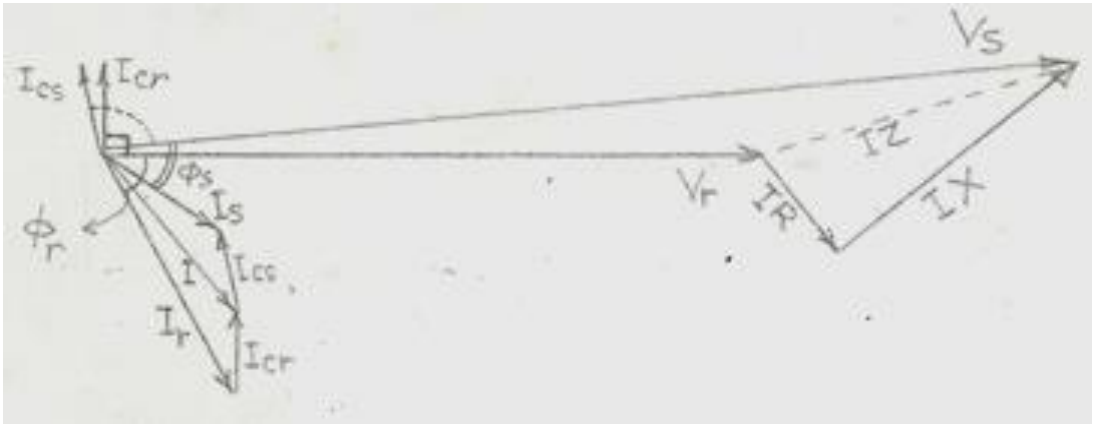
مثال 2 واجب / خط هوائي ثلاثي الاوجه بطول 100 كم له مقاومة 0.25 أوم / كم / طور والمحاثة 2 ملي هنري / كم / لكل طور ومتسعة الخط / محايد 0.015 µF أذا كان الحمل عند الاستقبال 10 MVA وجهد 120كيلوفولت ومعامل قدرة متأخر 0.8 أوجد الجهد عند جهة الارسال وتنظيم الجهد.(استخدم طريقة T)

دائرة (π) الاسمية لخط النقل المتوسط :

وتوضع نصف المتسعة الكلية في نهايتي الدائرة (طرفي الدائرة) وتبقى المقاومة والمحاثة بنفس قيمتيهما.



رسم دائرة خط النقل المتوسط نوع π



المخطط الطوري لخط النقل المتوسط نوع π

$$\mathbf{I = Ir + Icr = Ir + Vr\frac{Y}{2}}$$

$$\mathbf{Vs = Vr + IZ = Vr + Z\left(Ir + \frac{Vr\,Y}{2}\right) = Vr + ZIr + \frac{Vr\,ZY}{2}}$$

$$\mathbf{Vs = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right)Vr + ZIr}$$

$$\mathbf{Is = I + Ics = Ir + Vr\frac{Y}{2} + \frac{Y}{2}\left\{\left(1 + \frac{ZY}{2}\right)Vr + ZIr\right\}}$$

$$\mathbf{Is = Ir + \frac{VrY}{2} + \frac{Y}{2}\left(1 + \frac{ZY}{2}\right)Vr + \frac{ZYIr}{2} = VrY\left(1 + \frac{ZY}{4}\right) + Ir\left(1 + \frac{ZY}{2}\right)}$$

من الملاحظ عدم وجود فرق في الحسابات في كل من الطريقتين T و π في خطوط النقل المتوسطة .

تحويل من Rectangular form الى Polar form:

$Z_1 = A_1 + j\,B_1$ rectangular form

$Z_2 = A_2 + j\,B_2$ rectangular form

$Z_1 + Z_2 = A_1 + A_2 + j\,(B_1 + B_2)$

$Z1 - Z2 = A1 - A2 + j\,(B_1 - B_2)$

$A\angle\Phi \times B\angle\varphi = AB\ \angle\Phi + \varphi$ polar form

$A\angle\Phi \div B\angle\varphi = A/B\ \angle\Phi - \varphi$ polar form

Ex : $Z = 20 + j\,31.4$

$Z = \sqrt{20^2 + 31.4^2} = 37.2$

$\tan\varphi = \frac{31.4}{20} = 1.57 \rightarrow \varphi = \tan^{-1} 1.57 = 63.89 \approx 64^\circ$

$\therefore Z = 20 + j\,31.4 = 37.2\angle 64^\circ$

تحويل من Polar form الى Rectangular:

Ex : $37.2\angle 64^\circ$

$Z = 37.2\,(\cos 64^\circ + j\,sin64^\circ) = 37.2\,(0.5358 + j\,0.844) = 19.93 + j\,31.4$

$$Z \approx 20 + j31.4$$

EX:

Find Vs when:

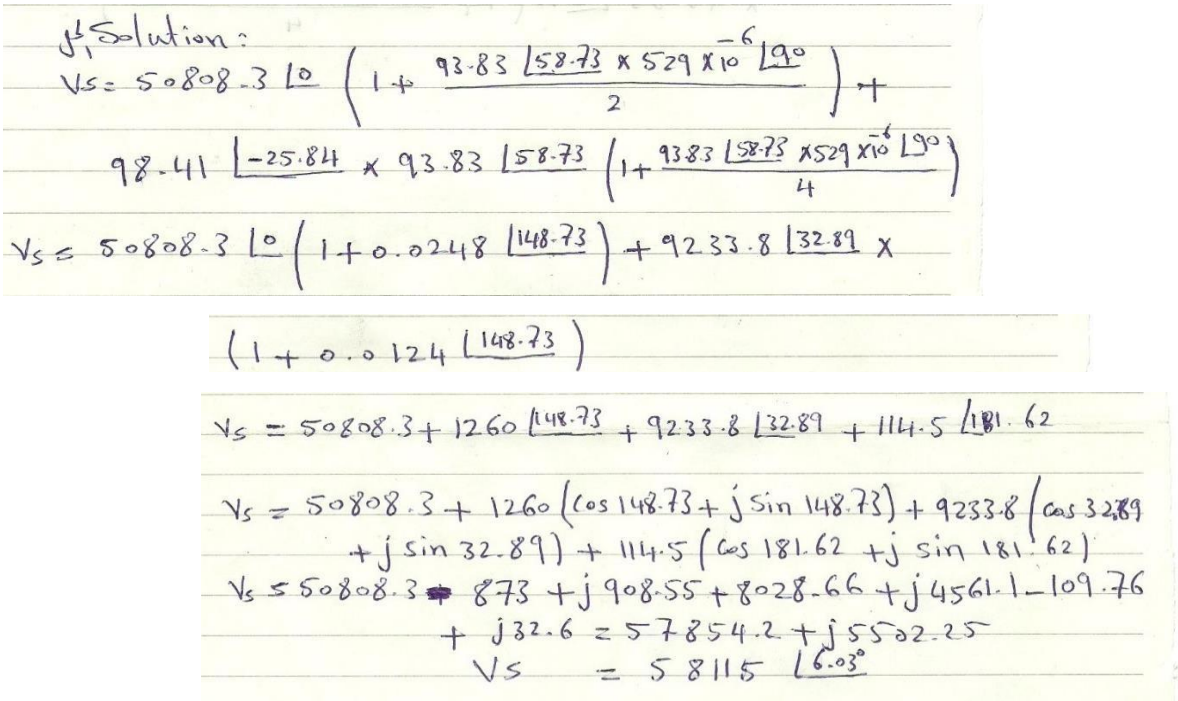
$Z = R + J\,X = 48.7 + j\,80.2 = 93.83\ \angle 58.73^\circ\ \Omega$ per phase

$Y = jwcl = j\,2\pi \times 50 \times 8.42 \times 10^{-9} \times 200 = 529 \times 10^{-6}\angle 90$ mho

$Vr = 50808\ \angle 0^\circ$ Volt $Ir = 98.41\angle -25.84$ A

$$Vs = (1 + \frac{ZY}{2})\,Vr + (1 + \frac{ZY}{4})\,Z\,Ir$$

Solution :


Solution:
$V_S = 50808.3\angle 0 \left(1 + \frac{93.83\angle 58.73 \times 529 \times 10^{-6}\angle 90}{2}\right) +$
$98.41\angle -25.84 \times 93.83\angle 58.73 \left(1 + \frac{93.83\angle 58.73 \times 529 \times 10^{-6}\angle 90}{4}\right)$
$V_S = 50808.3\angle 0 \left(1 + 0.0248\angle 148.73\right) + 9233.8\angle 32.89 \times$
$\left(1 + 0.0124\angle 148.73\right)$
$V_S = 50808.3 + 1260\angle 148.73 + 9233.8\angle 32.89 + 114.5\angle 181.62$
$V_S = 50808.3 + 1260(\cos 148.73 + j \sin 148.73) + 9233.8(\cos 32.89 + j \sin 32.89) + 114.5(\cos 181.62 + j \sin 181.62)$
$V_S = 50808.3 - 873 + j\,908.55 + 8028.66 + j\,4561.1 - 109.76 + j\,32.6 = 57854.2 + j\,5502.25$
$V_S = 58115\angle 6.03^\circ$

عوازل خطوط النقل الهوائية : (11)

العوازل : وهي معدات كهربائية تؤمن عزل الموصلات عن بعضها البعض وعن الارض في جميع الظروف الجوية .

وتمتاز بالخصائص التالية :

1- تحملها لفولتيات النقل والفولتيات العالية الناتجة من الصواعق والفولتيات الناتجة من فتح وغلق قواطع الدورة الكهربائية وفي جميع الظروف الجوية .

2- خلوها من الشوائب والشروخ . 3-

غير مسامية .

4- عدم تأثرها بالغازات والسوائل.

تصنع العوازل في الغالب من المواد التالية :

1- البورسلين (الخزف الصيني) :وهي عبارة عن سليكات الالمنيوم مضافة اليها مواد مساعدة. 2- الزجاج :ويمتاز بشدة عزل وشفافية ورخص السعر لكن من سلبياته قابليته للكسر بسهولة.

3- المطاط : هي مواد بلاستيكية ذات عازلية عالية وخفيفة الوزن وذات مرونة عالية.

تربط العوازل بالمساند بواسطة اذرع توصيل وتمر الاسلاك خلال ماسكة العوازل (Clamps) . تنقسم العوازل نسبة **الى مادة تصنيعها الى نوعين :**

1- العازل الخزفي :ويمتاز العازل الخزفي بما يلي : أ- بقوته الميكانيكية العالية.

ب- تأثره القليل بالحرارة .

ت- قلة مشاكله التسريبية بسبب العازل الجيد .

أن وجود أي فقاعة هوائية يؤدي الى انخفاض شدة العزل لذلك من الضروري أن يكون الخزف المستعمل للعوازل نظيفا وخاليا من السوائل والغازات .

2- العازل الزجاجي المتين : ويمتاز بامتلاكه قوة عزل عالية ونظرا لشفافيته يمكن رؤية الفقاعات الهوائية بسهولة ولكن من مساوئ هذا النوع سهولة تجمع الغبار والمواد العالقة على سطح العازل .

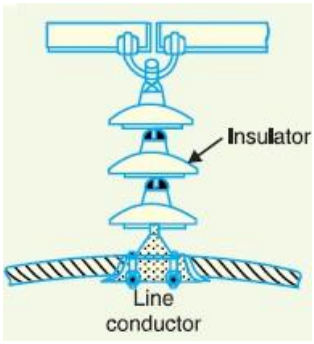
ومن أهم انواع العوازل المستخدمة في الخطوط الهوائية والمحطات :

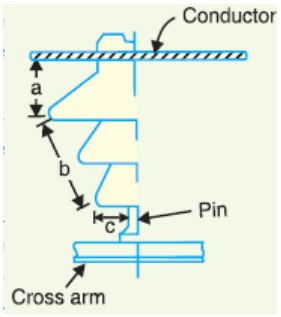
أ-

ب-

ت- العازل المسماري Pin Isolator :

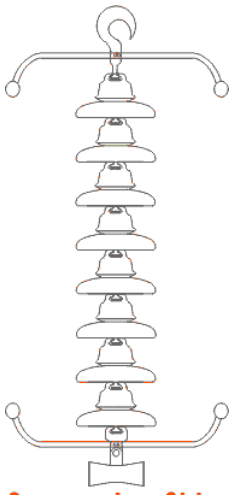
Pin type insulator





يثبت هذا النوع على مسمار في ذراع العمود . ويستخدم هذا النوع حتى (11KV)وتصنع هذه العوازل من قطعة واحدة أو قطعتين أو أكثر وفي حالة أعلى من 20KV يصنع من مادة خزفية .

ث- العازل المعلق (Suspention Insulator) :



تتالف من مجموعة من العوازل تربط سوية وتعلق على ذراع التوصيل وتحمل الموصل في نهايته السفلى ؛ يكون الفضاء المطلوب بين الموصل وأعمدة التثبيت (الابراج) في العوازل المعلقة أكبر مقارنة مع العوازل المسمارية وهذا يعني أن ذراع التوصيل أطول . وتمتاز العوازل المعلقة أضافة الى كونها أقتصادية أفضل من العوازل المسمارية لفولتيات أكثر من Kv33 وتمتاز بما يلي :

1-كل عازل يصمم لتحمل فولتية (11 KV) لذا عند فوصلتية (132 KV) مثلا نحتاج الى 12عازل . 2- يتم أستبدال العازل المعطوب فقط وليس السلسلة بالكامل في حالة حدوث عطب بالعازل .

3-بما أن الموصل والعوازل تتأرجح سوية في حالة هبوب الرياح فأن الاجهادات الميكانيكية في نقطة التوصيل تقل مقارنة مع العوازل المسمارية التي تكون ثابتة .

4- يمكن زيادة فولتية التشغيل لخط ما بزيادة عدد العوازل في السلسلة بدلا من تبديل العوازل كلها كما في العوازل المسمارية .

5-تمتاز ببساطة التصميم .

ج – العوازل الاجهادية (الشد) : Strain Insulator : هي عبارة عن عوازل معلقة من حيث التصميم والشكل وتستخدم لامتصاص الاجهادات الناتجة من الموصلات في :

1- نهاية الخطوط .

2- نقاط تغيير مسار الخط . 3-

التقاطعات مع الطرق .

4- ربط نهايات الكابلات بالخطوط الهوائية .

تثبت العوازل الاجهادية بوضع افقي مقارنة بالعوازل المعلقة التي تثبت بوضع رأسي .

توزيع الفولتيات على العوازل :

كحالة مثالية تتوزع الفولتية السلطة على سلسلة من العوازل المتماثلة بالتساوي بشرط أن تكون هذه العوازل (نظيفة وجافة و بدون أجزاء معدنية) . أما الحالة الاعتيادية يمكن تمثيل كل قرص كمتسعة C والسلسلة بالكامل تعمل كمقسم فولتية سعوي . تؤرض الابراج في التطبيق العملي ويكون الغطاء المعدني واللولب المسماري مع البرج المؤرض متسعة شاردة ولهذه المتسعات الشاردة تاثير مهم على توزيع الفولتية فالعوازل القريبة من الخط ذات فولتية أعلى من تلك القريبة من نهاية البرج .

يمكن تعريف كفاءة السلسلة التي تحتوي على n من العوازل

$$\text{كفاءةالسلسلة} = \frac{\text{فولتية الشرر العرضي للسلسلة}}{\text{فولتية الشرر العرضي للعازل الاخير} \times \text{عدد عوازل السلسلة}}$$

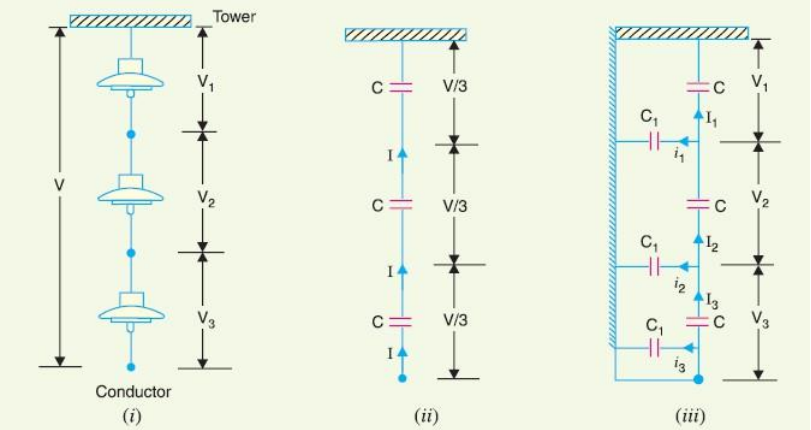
وتقل هذه الكفاءة بزيادة عدد عدد العوازل وبما أن توزيع الفولتية عبر العازل غير متكافيء لان العوازل القريبة من الخط معرضة الى اجهادات عالية بينما القريبة من نهاية البرج معرضة لاجهادات واطئة و ينتج عن هذا الاختلاف خسارة في المادة العازلة .

أن كفاءة السلسلة توضح هذه الخسارة الى حد ما ويمكن تقليلها بعدة طرق منها :

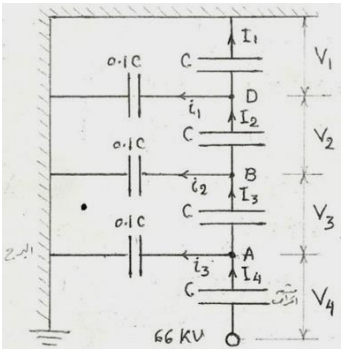
1- وضع حلقة معدنية كبيرة في نهاية العوازل وتربط مع الخط وتسمى هذه الحلقة (حلقة التدريج Grading Ring) أذن تتولد متسعات أضافية بين نقاط أتصال العوازل ببعضها والخط وبالتالي زيادة المتسعة المؤثرة للعوازل السفلية .

2- يثبت على نهايتي سلسلة العوازل في بعض الاحيان ما يسمى ب (أقران التفريغ Arcing Horn) وهي عبارة عن زوجين من الموصلات تستخدم لحماية العوازل المركبة على انظمة النقل الكهربائية ذات الجهد العالي من الانهيار

خلال فترة حصول الوميض الناتج من الصواعق او عند فتح وغلق القواطع . اذ يحصل التفريغ الكهربائي من خلالها وذلك لحماية سلسلة العوازل من الشرارات الناتجة من فولتيات الشرر العرضي Flash OverVoltage وليس لها علاقة بتوزيع الجهد عبر العوازل.



مثال 1 : تتكون سلسلة عوازل لخط 66 كيلو فولت من 4 أقراص متسعة التوازي بين كل نقطة أتصال والبرج 10% من قيمة متسعة الاقراص أحسب الفولتية عبر الاقراص المختلفة ثم أحسب كفاءة السلسلة؟



نفرض أن متسعة كل قرص = C

∴ المتسعة بين النقاط A,B,D والبرج = C 0.1

بتطبيق قانون كيرشهوف للتيار في نقطة D

$$I_2 = I_1 + i_1$$

$$\frac{V_2}{\frac{1}{wc}} = \frac{V_1}{\frac{1}{wc}} + \frac{V_1}{\frac{1}{0.1wc}}$$

$$wcV_2 = wc\,V_1 + 0.1\,wc\,V_1$$

Wc يختصر من طرفي المعادلة اذن

$$V_2 = 1.1\,V_1$$

في نقطة B $I_3 = I_2 + i_2$

$$wcV_3 = wc\,V_2 + 0.1\,wc(V_1 + V_2)$$

$$wcV_3 = wc\,V_2 + 0.1\,wc\,V_1 + 0.1\,wc\,V_2$$

$$V_3 = 1.1\,V_2 + 0.1V_1$$ Wc يختصر من طرفي المعادلة اذن

$$V_2 = 1.1\,V_1$$ بما ان

$$V_3 = 1.1\,(1.1V_1) + 0.1V_1 = 1.31\,V_1$$

في نقطة A $I_4 = I_3 + i_3$

$$wcV_4 = wc\,V_3 + 0.1\,wc(V_1 + V_2 + V_3)$$

$$wcV_4 = wc\,V_3 + 0.1\,wcV_1 + 0.1wcV_2 + 0.1wcV_3$$

$$V_4 = 1.1\,V_3 + 0.1\,V_1 + 0.1V_2$$ Wc يختصر ويعوض عن قيم V_1 و V_2 أذن

$$V_4 = 1.65\,V_1$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = \frac{66Kv}{\sqrt{3}} = 38.1\,Kv$$

$$V_1 + 1.1V_1 + 1.31V_1 + 1.651V_1 = 38.1\,Kv$$

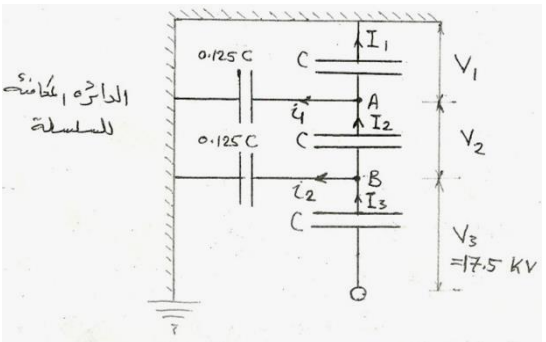
$$V_1 = 7.53\,Kv,$$

$$V_2 = 8.28\,Kv, \qquad V_3 = 9.86\,Kv, \qquad V_4 = 12.34\,Kv$$

$$\text{كفاءةالسلسلة } (\eta) = \frac{\text{فولتية الشرر العرضي للسلسلة}}{\text{فولتية الشرر العرضي للعازل الاخير} \times \text{عدد عوازل السلسلة}}$$

$$\boldsymbol{\eta} = \frac{38.1}{12.34 \times 4} \times 100\% = 76.6\%$$

مثال 2 / نظام ثلاثي الأطوار هوائي معلق بواسطة (3) عوازل متشابهة . الفولتية عبر العازل القريب من الخط هي (17,5)كيلو فولت .احسب فولتية الخط محايد بفرض إن متسعة التوازي ثمن متسعة العازل ثم أحسب كفاءة السلسلة .



نفرض ان متسعة كل قرص = C اذن

متسعة التوازي $C \times \frac{1}{8} = 0.125\ C$

نطبق قانون كيرشهوف للتيار في نقطة A $I_2 = I_1 + i_1$

$$\frac{V_2}{\frac{1}{wc}} = \frac{V_1}{\frac{1}{wc}} + \frac{V_1}{\frac{1}{0.125wc}}$$

$$wcV_2 = wc\,V_1 + 0.125\,wc\,V_1$$

Wc يختصر من طرفي المعادلة اذن $V_2 = 1.125\,V_1$

$I_3 = I_2 + i_2$ B في نقطة

$wcV_3 = wc\,V_2 + 0.125\,wc(V_1 + V_2$)

$$wcV_3 = wc\,V_2 + 0.125\,wc\,V_1 + 0.125\,wc\,V_2$$

Wc يختصر من طرفي المعادلة اذن $V_3 = 1.125\,V_2 + 0.125\,V_1$

بما ان $V_2 = 1.125\,V_1$

$V_3 = 1.125\,(1.125V_1) + 0.125V_1 = 1.39\,V_1$

الفولتية عبر القرص العلوي $= \frac{V_3}{1.39} = \frac{17.5}{1.39} = 12.59Kv$ $\frac{}{1}$

الفولتية عبر القرص الوسطي $V_2 = 1.125 \times 12.59 = 14.16\ Kv$ $44.25\ Kv$

الفولتية بين الخط و المحايد $= V_1 + V_2 + V_3 = 12.59 + 14.16 + 17.5 =$

كفاءةالسلسلة $=$ $\frac{\text{فولتية الشرر العرضي للسلسلة}}{\text{فولتية الشرر العرضي للعازل الاخير} \times \text{عدد عوازل السلسلة}}$

$$\eta = \frac{44.25}{17.5 \times 3} \times 100\% = 84.28\ \%$$

س3/ خط هوائي ثلاثي الاطوار كل خط معلق بواسطة سلسلة من العوازل مكونة من 3 عوازل الفولتية المسلطة على العازل العلوي 10 كيلو فولت والوسطي 11 كيلو فولت احسب :

1 – نسبة متسعة التوازي الى المتسعة الذاتية لكل قرص . 2- كفاءة السلسلة .

3-فولتية الخط .

س 4/ سلسلة ذات اربعة عوازل المتسعة الذاتية تعادل أربعة مرات متسعة التوازي أحسب كفاءة السلسلة؟

س 5 / تتكون سلسلة عوازل لخط نقل ثلاثي الأوجه 66 كيلو فولت من (5) أقراص متسعة التوازي بين كل نقطة أتصال والبرج هي 5% من قيمة متسعة الأقراص أحسب الفولتية عبر كل الأقراص المختلفة ثم أحسب كفاءة السلسلة ؟

س 6 / خط هوائي ثلاثي الاطوار كل خط معلق بواسطة سلسلة من العوازل مكونة من 3 عوازل الفولتية المسلطة على العازل السفلي 12 كيلو فولت والوسطي 11 كيلو فولت احسب :

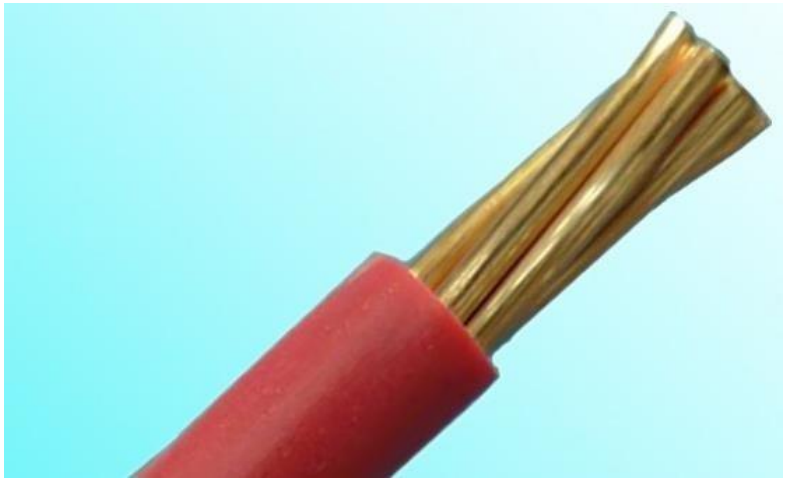
1 – نسبة متسعة التوازي الى المتسعة الذاتية لكل قرص . 2- كفاءة السلسلة .

3-فولتية الخط .

القابلوات الارضيــة :(12) Under Ground Cables

القابلوات الكهربائية هي احدى المعدات التي تستخدم لنقل الضغط الواطىء والعالي والضغط الفائق وتوزيع القدرة الكهربائية أي نقل القدرة الكهربائية من المصدر الى المستهلك وتكون الاسلاك فيها معزولة بعضها عن بعض وعن الارض بواسطة مادة عازلة وتكون اما مدفونة تحت الارض او داخل مجاري خاصة بالقابلوات وتكون المجاري اما مفتوحة او مغلقة. ويتم تامين ايصال القدرة الكهربائية فيها اكثر امانا من خطوط النقل الهوائية كونها اقل عرضة للحوادث والظروف الجوية المختلفة . وأثناء عملية نقل الطاقة تحدث بعض الظواهر مثل ارتفاع درجة حرارة الكابل نتيجة للمفاقيد وكذلك هبوط الجهد وتكوين المجالات الكهرومغناطيسية حول الكابل بالإضافة إلى الحث المتبادل بين دائرة الكابل والدوائر المجاورة .تستخدم الكابلات الأرضية في المدن سواء كان ذلك في نقل أو في توزيع الطاقة الكهربائية ويكون التوزيع اما بالخطوط الهوائية المعلقة أو بالقابلوات الأرضية.

تصنع القابلوات إما بقلب واحد Single Core أو قلبين أو ثلاثة قلوب Three-Cores وربما أكثر من ذلك



و يتكون القابلو وحيد القلب من:

- الموصل
- العازل
- غطاء
- والحماية الخارجية .

وتمتاز القابلوات بعدة خصائص وهي :

1- قلة احتمالية حدوث انهيار بسبب غياب العواصف والصواعق .

2- قلة كلفة الصيانة . 3- قلة حدوث الاعطال .

4- أفضلية مظهرها الخارجي .

المتطلبات الاساسية للقابلو :

1- الموصلات المستخدمة في القابلوات قد

2- تكون من النحاس أو الالمنيوم المطلي بالقصدير .

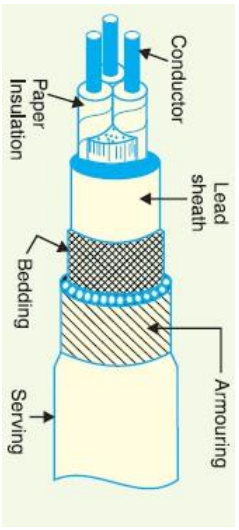
3- حجم الموصل يجب ان يتحمل التيار المطلوب دون حصول ارتفاع في درجة الحرارة . 4- يجب ان يكون للقابلو عزل مناسب ليعطي درجة كافية من الامان .

5- يجب أن يمتاز القابلو بقوة ميكانيكية كافية لكي يتحمل عمليات النقل والدفن .

6- يجب أن تمتاز المواد المستخدمة في تصنيع القابلوات باستقرارية كيميائية وفيزيائية .

مكونات القابلو : Construction of cable

القابلو الثلاثي القلب : هبوط ويمكن القول بصفة عامة أن استخدام القابلوات ثلاثية القلب يؤدي إلى خفض التكاليف وخفض أحادي القلب فهو أكثر الجهد أما القابلو مرونة واسهل في التركيب والتوصيل وعلى ذلك فإن استخدام القابلوات وحيدة القلب يكون أفضل داخل المباني التجارية نظراً لكثرة تعرض القابلو من انحنائات وكذلك كثرة التفريعات والتوصيلات على القابلو. ويتكون من :



1- الموصلات Conductor أو القلب :يصنع قلب القابلو من مادة عالية التوصيليه الكهربية و يستعمل النحاس أو الألومنيوم في صناعة الموصل القابلو وعادة ما يفضل استخدام موصلات النحاس لسبب خواصها الكهربية والميكانيكية والكيماوية الأفضل أما موصلات الألومنيوم فإنها تستخدم ايضاً على نطاق واسع بسبب رخص ثمنها وخفة وزنها بالنسبة للموصلات النحاس وذلك لنفس قيمة التيار . و في المباني السكنية و المنشآت التجارية والإدارية تستخدم الموصلات النحاسية المصمتة حتى مساحة(16) مم 2 على الأكثر وتستعمل الموصلات المجدولة للقطاعات الأعلي من ذلك للحصول على المرونة.

2- العـــــازل Insulator: يعتبر الورق المشرب والقماش المطلي بالوارنيش من العوازل الاساسية لقابلو القدرة الكهربائية ويعتمد سمك العازل على فولتية الخط . وهناك معايير لجودة العازل وهي :

أ- المتانة الكهربائية للعازل

ب- معامل قدرة العازل أو زاوية الفقد

ت- مدى تحمل العازل للثني وهناك أنواع أخرى من العوازل والتي تستخدم في صناعة بعض القابلوات وهي المطاط والمواد اللدنة مثل P.V.C .

3-غلاف معدني : ويكون عادة من الرصاص أو الالمنيوم ويستخدم لحماية العازل من الرطوبة ولمنع تسرب الزيت الى الخارج.

4-الفرشة : وتكون فوق الغلاف المعدني وتتكون من طبقة من الجوت أو لاصق شفاف لحماية الغلاف المعدني من التاكل أو الاصابة الميكانيكية من التسليح .

5-التسليح (الدرع): ويستخدم فوق طبقة الفرشة ويكون أما من أسلاك الفولاذ أو شرائح الفولاذ والغاية منه حماية القابلو المدفون .

6-الغطاء الواقي :ويصنع من مواد بلاستيكية وهو الطبقة الاخيرة ليعزل مكونات القابلو من الظروف الخارجية المحيطة بالقابلو .

توجد في القابلوات كما في الخطوط الهوائية محاثة داخلية وتكون ثابتة ولا تعتمد على نصف القطر وتساوي mh/km (0,05) ومحاثة خارجية والمحاثة الكلية تسوي المحاثة الداخلية + المحاثة الخارجية في الترددات العالية تهمل المحاثة الخارجية والداخلية أما في الترددات 50 و60 هيرتز فتهمل المحاثة الداخلية .

البيئة المار فيها القابلو :

قد يمر مسار القابلو بمناطق ذات درجات حرارة مرتفعة مما يتطلب أنواعاً خاصة من العازل كما قد يمر القابلو بمناطق خطرة أو معرضة للحرائق أو الانفجارات أو تحتوي على مواد كيماوية حارقة أو معرضة لإجهادات ميكانيكية عالية وفى مثل هذه الحالات يجب اختيار القابلو المناسب من حيث مواد العزل والحماية الخارجية أو التسليح الميكانيكي وقد يتطلب الأمر في بعض الأحيان اختيار كابل بمرونة عالية نظرًا لتعرض مساره للانحناءات الحادة المتكررة .

أنواع القابلوات :

يمكن تصنيف القابلوات الى انواع عدة حسب عدد القلوب ذو قلب واحد او عدة قلوب ويقسم الى :

1- قابلوات النوع المصمت : Solid Type Cable

يكون الضغط على الورق المشبع بالزيت أقل من الضغط الجوي وقد يهبط الى قيمة أقل في الفجوات وهذا يؤدي الى انهيار العازل عند الاجهادات الكهربائية العالية لذلك فأن هذا النوع لا يستعمل لفولتيات تزيد على 33 Kv .

م

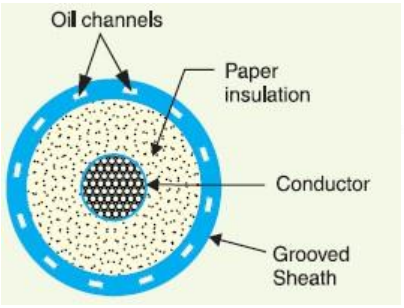
2- القابلوات المضغوطة : Pressure Cables

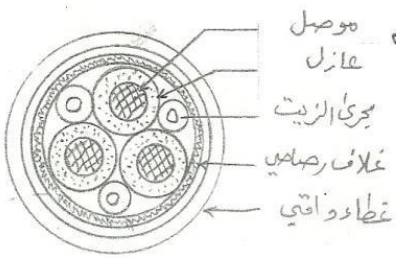
تستخدم هذه القابلوات لفولتيات أكثر من 66 كيلو فولت لان استخدام القابلوات المصمتة يشكل خطرا بسبب تكوين فجوات هوائية مما يؤدي الى انهيار العازل بينما يمكن في القابلوات المضغوطة إزالة هذه الفجوات بزيادة ضغط المركب العازل (الزيت).

تقسم القابلوات المضغوطة الى نوعين هما :

1- القابلوات المملؤة بالزيت : Oil – Filled Cables

في هذا النوع تجهز قنوات داخل الكابل لدوران الزيت لاغراض التبريد ويتم استمرارية تجهيز الزيت داخل القنوات تحت ضغط ثابت بواسطة خزانات توضع على طول الخط وجود الزيت بضغط عالي يؤدي الى عدم تكوين فجوات هوائية أو تلاشيها في حالة وجودها مما يجعل هذا النوع ملائم لفولتيات تصل الى 230 كيلوفولت.





محاسنها :

1- قلة حدوث الفجوات الهوائية وتأينها .

2- زيادة مدى الحرارة المسموح بها مع زيادة قوة العزل .

3- تلاشي التيارات التسربية في الغطاء الرصاصي مما يقلل حدوث أعطاب أرضية .

مساوئها :

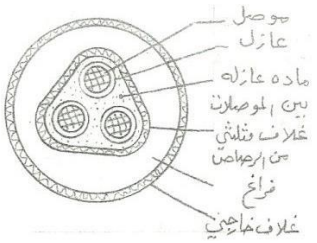
1- كلفتها الابتدائية عالية .

2- تحتاج الى أنظمة توصيل معقدة .

2-القابلوات المضغوطة بالغاز : Gas Pressure Cables

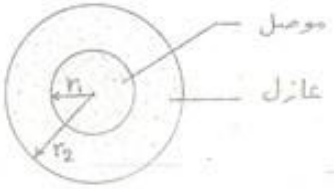
مكونات القابلو مشابهة للقابلوات العادية عدا الشكل المثلثي وكذلك سمك طبقة الرصاص الشكل المثلثي يقلل من وزن القابلو ويعطي مقاومة حرارية واطئة يحمي الغلاف الرصاصي بشريط معدني رقيق يدفن القابلو في أنبوب فولاذي يملاء بغاز

النتروجين تحت ضغط حوالي (15 ضغط جوي) يولد ضغط الغاز انضغاطا محوريا مسببا انقفال الفجوات الهوائية التي ربما تتولد بين طبقات العازل الورقي. يتحمل هذا النوع تيارات عالية ويعمل عند فولتيات عالية مقارنة مع القابلوات الطبيعية الاخرى أضافة الى قلة كلفة الصيانة ولكن من مساوئ هذا النوع زيادة كلفتها الابتدائية.



مقاومة العزل للقابلو ذي اللب المفرد : Insulation Resistance of Single Core (13)

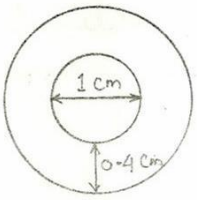
يجهز القابلو بمادة عازلة ذات سمك مناسب لمنع التيارات التسربية Leakage current. الممانعة التي يبديها العازل ضد التيارات التسربية تسمى **مقاومة العزل** . يجب أن تكون مقاومة العزل عالية جدا لكي يكون التشغيل جيدا.



$$R=\frac{\rho}{2\pi L}\ Ln\ \frac{r2}{r1}$$

حيث :$r1$ نصف قطر الموصل و $r2$ نصف قطر الموصل والعازل و L طول الكابل و**ρ** المقاومة النوعية للعازل .

مثال 1 / قابلو ذو لب مفرد قطر موصله 1 س م وسمك العازل 0.4 سم اذا كانت المقاومة النوعية للعازل 5×10^{14} أوم . سم احسب مقاومة العازل لكابل طوله 2 كم .



$$r1=\frac{D}{2}=\frac{1cm}{2}=0.5\ cm \qquad L=2\ Km=2000m$$

$$\rho=5\times 10^{14}\ \Omega.\ \mathrm{Cm}=5\times 10^{12}\Omega.\mathrm{m}$$

$$r2=0.5+0.4=0.9\ cm$$

$$R=\frac{\rho}{2\pi L}\ Ln\ \frac{r2}{r1}$$

$$=\frac{5\times 10^{12}}{2\pi\times 2000}\ Lin\ \frac{0.9}{0.5}=234\ M\Omega$$

س 2 / اوجد سمك العازل لقابلو ذي لب مفرد قطر موصله 2,5 سم المقاومة النوعية للعازل علما ان مقاومة $4{,}5\times 10^{14}$ أوم . سم العزل للقابلو 495 ميكا اوم / كم .

الحل:

سمك العازل = $r1 - r2$

$$R=\frac{\rho}{2\pi L}\ Ln\ \frac{r2}{r1} \qquad 495\times 10^{6} = \frac{4.5\times 10^{12}}{6.28\times 1000}\ Ln\ \frac{r2}{r1}$$

$$0.687 = Ln\ \frac{r2}{r1} = Ln\, r2 - Ln 1.25$$

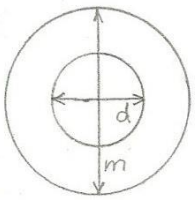
$\text{Ln } r_2 = \text{Ln } 1.25 + 0.687 = 0.91 \qquad e^{Ln\, r2} = e^{0.91} \qquad r_2 = 2.48$

السمك = 2.48 – 1.25 = 1.23 سم

وكذلك توجد متسعات بين الموصلات كما في الخطوط الهوائية.

المتسعة في القابلو ذي اللب المفرد : Capacitance of Single Core Cable

يمكن تمثيل القابلو ذي لب مفرد باسطوانتين متمركزتين أذ يمثل الموصل الاسطوانة الداخلية بينما يمثل الغلاف الرصاصي الاسطوانة الخارجية وعادة تكون مؤرضة .



$$C = \frac{\epsilon r\ L \times 10^{-9}}{41.4\ log\ (m/\ d)}\ Farad$$

حيث d قطر الموصل L طول القابلو و $\epsilon\ r$ نفاذية نسبية للعازل m قطر الغلاف الداخلي (العازل + الموصل)

مثال HW : القابلو ذو لب مفرد قطر الموصل 1 سم قطر الغلاف الداخلي 1.8 سم استخدم الورق المزيت ذو النفاذية النسبية 4 كعازل أحسب متسعة القابلو لطول 1 كم ؟ الحل = 378 nF

فقد العزل وزاوية الفقد : Dielectric losses and losses angle

يقسم فقد العزل في القابلوات الى نوعين :

1- الفقد نتيجة التردد : وهي الطاقة المفقودة نتيجة تردد المجال الكهربائي في العزل لقابلوات التيار المتردد وهذا التردد يسبب تغيير مستمر في مسار الالكترونات حول النواة في البناء الذري للعازل وينتج عنه طاقة على شكل حرارة .

2- الفقد نتيجة تيار التسرب : وهو يعطى من العلاقة التنالية I^2R حيث I هو تيار التسرب و R هي مقاومة العزل

أو V^2/R حيث V جهد الموصل – الارضي .

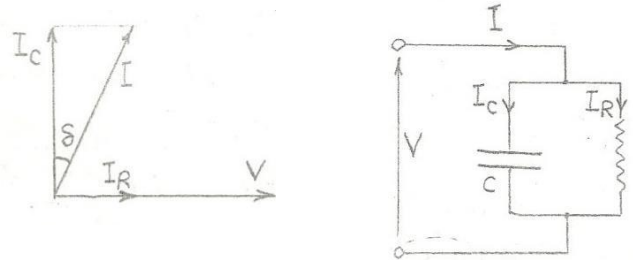
التأين في قابلوات القدرة :

عادة لا يسمح للقابلوات المعزولة بالورق المشرب بالوارنيش أن ترتفع درجة حراراتها الا بقدر صغير نسبيا والسبب في ذلك كما يلي .. عندما تسخن القابلوات بسبب التحميل فأن المركب الذي تشرب الورق العازل به يتمدد أكثر من الورق ويضغط على الغلاف الرصاصي فيتمدد وعندما يبرد الكابل فأن المركب ينكمش ولكنه لا يعود الى وضعه الاصلي وبالتالي فأن هناك احتمال كبير في ان تتكون فجوات داخلية كما يمكن أن تتشكل فراغات وجيوب غازية وسط العازل نتيجة عدم جودة عملية التشريب وكثرة ثني القابلو ونتيجة لذلك فأن المجال الكهربائي داخل القابلو قد يصل 3 أو 4 مرات المجال الكهربائي في العزل المحيط ونتيجة لذلك يحدث تأين داخل الفجوات ويحدث ما يسمى بالتفريغ الداخلي أو التفريغ الجزئي وتؤدي هذه التفاعلات الكيميائية الى انهيار العازل بالتدريج .

زاوية الفقد في العازل : Losses Angle

يعتبر القابلو غير المحمل مثال لسلك سيء العزل لذلك يمكن تمثيل القابلو بمكثف مثالي على التوازي مع مقاومة عند رسم المخطط الطوري نلاحظ ان تيار الشحن يتقدم الجهد المسلط بزاوية أقل من 90 درجة (مقدار الزاوية الصغيرة

δ تسمى زاوية الفقد) .



حيث I_C تيار العازل و I_R هو تيار مقاومة العازل زاوية الطور بين التيار المار في عازل القابلو والذي هو

عبارة عن تيار حقيقي يمر في مقاومة العازل وتيار خيالي يمر عبر متسعة القابلو والفولتية تمثل مقدار زاوية الفقد δ في العازل والتي تساوي 90 – δ . اذا δ قليلة القابلو جيد .

عند مرور تيار قليل في القابلو والقابلو يسخن اذن العزل غير جيد وكلما δ عالية. القدرة المفقودة في القابلو تكون عالية . وتيار الحمل في القابلو يتقدم على الفولتية بزاوية φ=بسبب متسعة القابل

و.

فقد العزل في العازل $Delectric\ losses = VI\ sin\delta + VI\ cos\ \delta$

حيث δ زاوية صغيرة جدا $\therefore\ sin\delta = 0 \quad \& \quad cos\ \delta = 1$

$Delectric\ losses = VI\ \because I = VWc$

$Delectric\ losses = V^2\ Wc$

يثبت من ذلك أن فقد العزل في الكابل يتناسب طرديا مع مربع الجهد ويعد ذلك ذو أهمية عظمى في حالة كابلات الضغط العالي حيث تقدر جودة الكابل بزاوية الفقد δ .

تقنين التيار في القابلو :

يعتمد تقنين (تحديد)قيمة التيار المار في القابلو على عدة عوامل :

1- مساحة مقطع الموصل : ويعتبر من اهم المحددات التي تقنن من قيمة التيار. 2- الفقد في الموصل :

والذي يمثل المصدر الرئيسي للحرارة في القابلو .

3- المقاومة الحرارية للعازل : عند تصميم القابلو يراعى ان تكون المادة العازلة تسمح بتسرب الحرارة الى الخارج

4- المقاومة الحرارية للوسط المحيط بالقابلو : ويفضل دائما ان تكون المقاومة الحرارية قليلة وذلك لتسريب الحرارة الى الخارج .

انهيار العازل في القابلو :

يحدث الانهيار في العازل لأسباب متعددة وهي :

1- الانهيار بسبب الحالة العابرة : ويعود ذلك الى تعرض القابلو الى اجهاد كهربائي عالي بسبب الفولتية العالية الناتجة مثلا من الصواعق الكهربائية او اعمال التوصيل والفصل او اي ظاهرة عابرة اخرى .

2- انهيار العازل بسبب التأين : أن وجود الشوائب أو الفقاعات الغازية أو الهوائية في العازل يؤدي الى حدوث تأين وانهيار العازل لذلك النظافة مهمة في القابلوات .

3- الانهيار الحراري : تبدأ خواص العازل في الانهيار عند التعرض الى حرارة عالية بسبب التحميل الزائد أو التعرض الى حالات القصر .

4- تدهور خواص العازل : بسبب التقادم بالزمن أو تسرب الرطوبة وكثرة الاستخدام .

أعطال القابلو بسبب الغلاف المعدني :

للغلاف المعدني تاثير كبير على عمل القابلو وخاصة في ضمان توزيع المجال الكهربائي في العازل وهناك بعض الاسباب التي تؤدي الى تضرر وشروخ في الغلاف ومن ثم عطل القابلو وهي :

1- تعرض القابلو للثني الشديد والاهتزازات .

2- تكرر التمدد والانكماش بسبب التغير الكبير في الحمل . 3- وجود شوائب في معدن الغلاف .

4- تعرض الغلاف المعدني للتاكل.

5- تلف ميكانيكي في القابلوات التي تستخدم الغازات أوالسوائل.

الاعطال التي تحدث في القابلو بسبب الموصل :

يحدث العطل في بعض الاحيان بسبب التاثير الخارجي على الموصل :

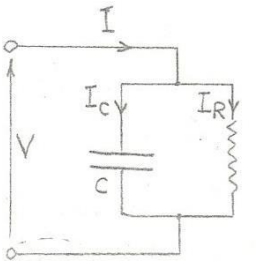
1- انقطاع الموصل والذي يكون بسبب اعمال الحفر في مسارات القابلوات المدفونة ولذلك يجب استخدام اشرطة تحذيرية .

2- تعرض القابلو للقطع وخاصة عند النهايات بسبب الحيوانات كالافاعي والقوارض او لاسباب اخرى.

العطل بسبب الغلاف الخارجي :

ان حدوث التلف في الغلاف الخارجي البلاستيكي يؤدي الى تلف العازل ومن اكثر العوامل المؤثرة على الغلاف هي القوارض وبعض انواع النمل .

مثال 3: قابلو احادي القلب بفولتية KV33 وبترددHz 50 نصف قطر الموصل 15 mm ونصف قطر العازل 40 mm النفاذية النسبية 2.5 وزاوية الفقد 5 درجة وطول القابلو Km 40 المق اومة النوعية للعازل $10^{12} \times 8.9$ أوم. متر احسب القدرة المفقودة في العازل ؟



$$P_d = IV \sin \delta$$

$$I = I_R + j\, I_C = \sqrt[2]{I_R^2 + I_C^2}$$

$$I_R = \frac{V}{R}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} Ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{8.9 \times 10^{12}}{2 \times 3.14 \times 40000} Ln \frac{40}{15} = 34.7\ M\Omega$$

$$I_R = \frac{33 \times 1000}{34.7 \times 1000000} = 0.95\ mA$$

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

$$C = \frac{\epsilon_r L}{41.4\ log \frac{m}{d}} = \frac{2.5 \times 40000}{41.4\ log \frac{80}{30}} = 5.67\ \mu F$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f\, c} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 5.67 \times 10^{-6}} = 561.6\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{33000}{561.6} = 58\ A$$

$$I = \sqrt[2]{0.95^2 + 58^2} = 58.7\ A$$

$$P = 33 \times 10^3 \times 58.7 \sin 5 = \qquad W$$

مثال 4 واجب بيتي : احسب القدرة المفقودة في عازل قابلو احادي القلب بفولتية 90 Kv وبطول 34 Km نصف قطر الموصل 14 ملم ونصف قطر القابلو 30 ملم السماحية النسبية للعازل 3 وبترددHz 60 وعلما ان المقاومة النوعية 9.5×10^{12} اوم .متر وزاوية الفقد = 15 درجة.

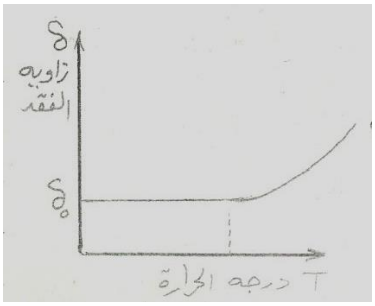
مثال 5 واجب بيتي : قابلو نحاس أحادي القلب يعمل بفولتية 66 كيلو فولت ومساحة مقطع 300 ملم^2 وقطر القابلو 15 سم والسماحية 2.8 احسب القدرة المفقودة في الموصل والعازل اذا كان طول القابلو 50 كم والمقاومة النوعية $10^{-8}\times$ 1.7 أوم. متر والتيار المار في الموصل 85 امبير والمقاومة النوعية للعازل 3.2×10^{8} اوم . متر وزاوية الفقد= 10 درجة .

مثال 6 واجب بيتي : قابلو احادي القلب قطر الموصل 25 ملم وقطر العازل 60 ملم احسب مقاومة العزل والتيار المتسرب في العازل اذا كانت السماحية النسبية في العازل 1.9 والفولتية 11 كيلو فولت والمقاومة النوعية للعازل 4.6×10^{11} اوم . متر .

مثال 7 واجب بيتي : أحسب تيار التسرب المار في مقاومة العازل لقابلو احادي القلب طوله 87 كم عند فولتية 90 كيلو فولت ونصف قطر الموصل 10 ملم وسمك العازل 24 ملم والمقاومة النوعية للعازل 8×10^{12} اوم . متر .

تأثير الحرارة على زاوية الفقد δ :

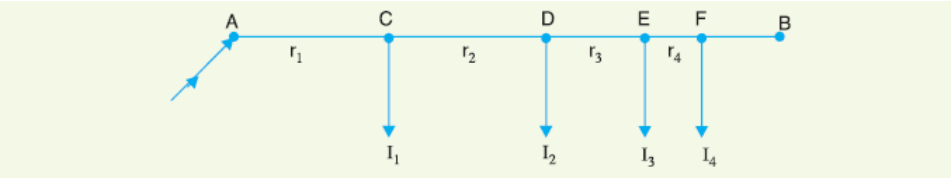
يبين الشكل التغير النموذجي لزاوية الفقد δ مع تغير درجة الحرارة لعزل الكابل نلاحظ أن هناك مدى حراري تبقى فيه الزاوية δ ثابتة بعد هذا المدى تزداد بسرعة وتستمر بالزيادة مع ارتفاع درجة الحرارة .



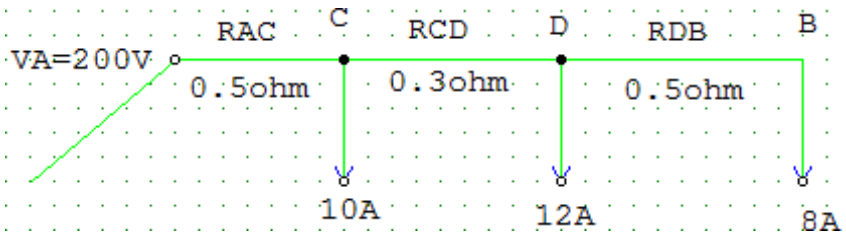
شبكات التوزيع : (16)

موزعات التيار المستمر ..... انواعها :

أ- موزع مغذى من طرف واحد :



مثال 1 : في الموزع الموضح في الشكل أوجد قيمة الفولتية عند الحمل (B) اذا علمت أن فولتية التغذية عند النقطة (A = 200) فولت وان مقاومة المقاطع لخطي الذهاب والاياب هي (0.5 و0.3 و 0.5) اوم للمقاطع (AC,CD,DB) على الترتيب



$I_{DB} = 8$ A , $I_{CD} = 12+8=20$A , $I_{AC} = 10+12+8= 30$A

الفولتية عند نقطة B = فولتية A– (هبوط الفولتية في AC + هبوط الفولتية في CD + هبوط الفولتية في DB)

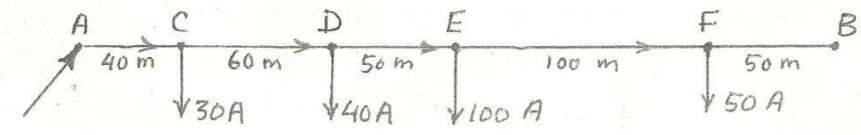
$$= \text{فولتية A} - (I_{DB} R_{DB} + I_{CD} R_{CD} + I_{AC} R_{AC})$$

$$= 200 - (8\times0.5 + 20 \times 0.3 + 30\times 0.5)$$

= 175 فولت

ملاحظة : اذا اعطيت مقاومة الخط الذهاب فقط او الاياب فقط يجب ضرب المقاومة × 2

مثال 2 : موزع تيار مستمر بطول 300 متر وكما موضح بالشكل اوجد مساحة مقطع الموزع ، اذا علمت ان اقصى هبوط فولتية مسموحة هي 10 فولت علما ان المقاومة النوعية لمادة الموصل ($\rho = 1.78 \times 10^{-8}$) أوم . متر



لتكن مقاومة المقطع $100\text{m} = r = R_{EF}$

$$R_{AC} = \frac{40\,r}{100} = 0.4\,r\,,\ R_{CD} = 0.6\,r\,,\ R_{DE} = 0.5\,r\,,\ R_{EF} = r\,,\ R_{FB} = 0.5\,r$$

I_{EF}= 50 A , I_{DE}= 100 + 50 =150 A , I_{CD}= 40 + 100 + 50 = 190 A , I_{AC} = 30+ 40 +100+ 50 = 220 A

مجموع هبوطات الفولتية على الموزع= $V_{AC} + V_{CD} + V_{DE} + V_{EF}$

$$= I_{AC}R_{AC} + I_{CD}R_{CD} + I_{DE}R_{DE} + I_{EF}R_{EF}$$

$$= 220 \times 0.4r + 190 \times 0.6r + 150 \times 0.5\, r + 50 \times r$$

$$= 327r$$

من السؤال (أقصى هبوط فولتية يجب أن لايزيد عن 10 فولت)

$$327\, r = 10 \quad \rightarrow \quad r = \frac{10}{327} \therefore = 0.03058\ \Omega$$

ان المقاومة $r = 0.03058\ \Omega$ هي مقاومة المقطع R_{EF} وذلك (ذهاب واياب)

∴ مقاومة المقطع R_{EF} للذهاب فقط هي $\frac{0.03058}{2}$

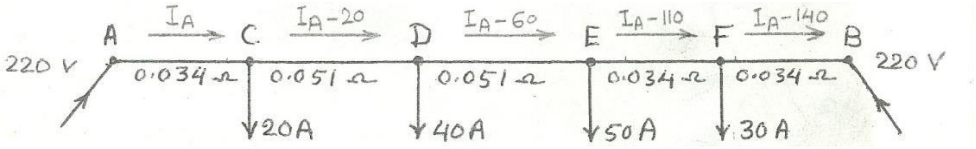
$$R = \boldsymbol{\rho}\frac{L}{A}\, A = \boldsymbol{\rho}\frac{L}{R} = \frac{1.78 \times 10^{-8} \times 100}{\frac{0.03058}{2}} = 1.164\ Cm^2 \therefore$$

ب / موزع تيار مستمر مغذى من طرفيه ويجهز احمالا متمركزة :

DC Distributor Fed at both ends concentrated loading

1/ فولتية التغذية متساوية : **Equal Feeding Voltage**

مثال 3 : موزع بطول 600 متر مغذى من طرفيه بفولتية 220 فولت ويجهز الاحمال المؤشرة كما في الشكل أوجد نقطة ادنى فولتية علما ان مقاومات المقاطع المؤشرة على الشكل (ذهاب وعودة)



نفرض ان التيار المار في المقطع AC هو I_A

الفولتية في B = الفولتية في A - مجموع الهبوطات على الموزع AB

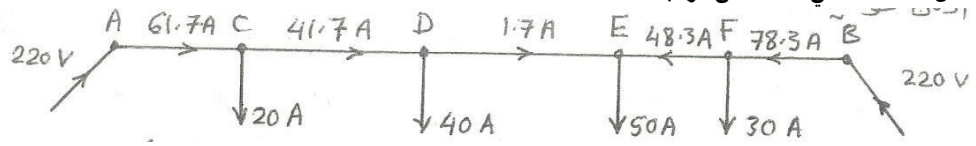
$$V_B = V_A - (V_{AC} + V_{CD} + V_{DE} + V_{EF} + V_{FB})$$

$$V_B = V_A - [I_A R_{AC} + (I_A-20)R_{CD} + (I_A-60)R_{DE} + (I_A-110)R_{EF} + (I_A-140)R_{FB}]$$

$$220-220 = \{ 0.034\, I_A + 0.05\, (I_A-20) + 0.05\, (I_A-60) + 0.034\, (I_A-110) + 0.034\, (I_A-140)$$

$$I_A = 61.7 \text{ A}$$

نعيد التوزيع الحقيقي للتيارات ونلاحظ من الواضح ان التيارات الداخلة الى النقطة E قادمة من الطرفين (اي من النقطتين D و F) لذا فأن نقطة E هي نقطة أدنى فولتية .



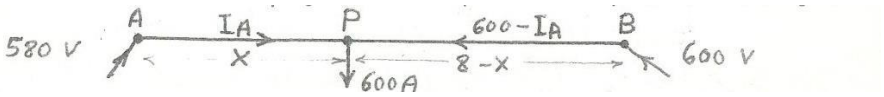
$$V_E = V_A - (I_{AC}R_{AC} + I_{CD}R_{CD} + I_{DE}R_{DE}) = 215.69 \text{ Volt}$$

$$\text{or } V_E = V_B - (I_{FB}R_{FB} + I_{EF}R_{EF}) = 215.69$$

2/ فولتية التغذية غير متساوية : Unequal Feeding Voltage

مثال 4 : قطار كهربائي يسحب تيار مستمر قيمته 600 امبير يسير على مقطع من الخط بين محطتين بينهما مسافة (8) كم وفولتية (600 و580) فولت لكل منهما مقاومة الخط (ذهابا وايابا) (0.05) اوم /كم أوجد نقطة أدنى فولتية على الخط وكذلك قيمة التيار المجهز من كلتا المحطتين في تلك اللحظة .

نفرض أن أدنى فولتية تحصل على النقطة P التي تبعد X كم عن المحطة A .



$$Vp = 580 - I_A (0.05\ X) = 600 - (600 - I_A) \times (8-X) \times 0.05$$

$$\therefore 580 - 0.05\ I_A X = 600 - 240 + 30\ X + 0.4\ I_A - 0.05 I_A X$$

$$I_A = \frac{220 - 30\ X}{0.4} \qquad \text{or} \quad X = \frac{220 - 0.4\ IA}{30}$$

نعوض عن قيمة التيار I_A في معادلة V_P

$$Vp = 580 - I_A (0.05\ X) = 580 - [\ (\frac{220 - 30\ X}{0.4}) \times 0.05X$$

$$Vp = 580 - \frac{220}{8} X + \frac{30}{8} X^2$$

$\because Vp$ يجب أن تكون أقل ما يمكن أذن نشتقها ونساويها بالصفر لايجاد قيمةX

$$+\frac{60}{8} X = 0 \quad \rightarrow \quad \therefore \frac{60}{8} X = \frac{220}{8} \quad \rightarrow \quad \therefore X = 3.67\ Km \frac{d\ vp}{dx} = 0 - \frac{220}{8}$$

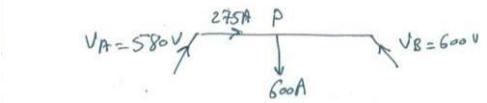
$I_A = \frac{220 - 30\ X}{0.4} = 275\ Amper$ التيار المسحوب من المحطةA

مثال B التيار المسحوب من المحطة $= 600 - 275 = 325\ Amper$

5 : قطار يسير على مقطع من خط بين محطتين بينهما مسافة (8) كم وفولتية كل منهما (600 و 580) فولت ومقاومة الخط ذهابا ورجوعا 0.05 اوم / كم أوجد مسافة نقطة أدنى فولتية بين المحطتين اذا علمت أن التيار المغذى من المحطتين يساوي (325 و 275) أمبير .

الحل : أدنى نقطة هي نقطة P نفرض المسافة بين A و P هي X

∴ المسافة بين B و P هي 8 - X



$$V_p = V_A - V_{AP} = V_B - V_{BP} = V_A - (I_{AP}\ R_{AP}) = V_B - (I_{BP} R_{BP})$$

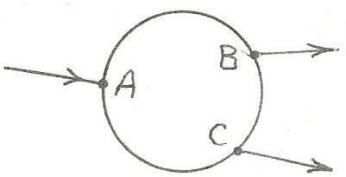
$$= 580 - (275 \times X \times 0.05) = 600 - [325 \times (8-X) \times 0.05\ ]$$

$$X = 3.66\ Km$$

وهي المسافة بين A , P أما ا المسافة بين B , P هي 8 - 3.66 = 4.33 كم

الموزع الحلقي : D.C Ring Distributor(17و 18)

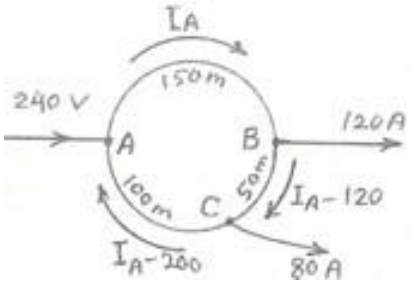
الموزع الذي يشكل حلقة مغلقة ويغذى من نقطة واحدة أو عدة نقاط يسمى بالموزع الحلقي. وتبدأ هذه الموزعات من نقطة معينة وتكون حلقة في منطقة الخدمة وترجع الى نقطة البداية . الموزع الحلقي يمكن اعتباره مجموعة من الموزعات المتوالية والذي يتغذى من الطرفين . الفائدة الاساسية للمغذي الحلقي هو توفير كبير في كمية النحاس المستخدم اذا أحسن اختيار عدد نقاط التغذية . يوضح الشكل أدناه ابسط انواع الموزعات الحلقية ' الموزع له نقطة تغذية واحدة هي نقطة (A) بينما النقاط (B, C) هي نقاط تجهيز ويمكن تمثيلها بموزع خطي مغذى من طرفيه بفولتية متساوية .



مثال 6 : موزع حلقي ذو سلكين بطول 300 متر يغذى من نقطة A بفولتية (240) فولت ويجهز الاحمال المؤشرة في الشكل فاذا كانت مقاومة (100) متر من السلك الواحد تساوي (0.03) أوم . اوجد :

1- التيار المار في جميع مقاطع الموزع . 2- الفولتية في نقطتي (C,B).

مقاومة الموزع للسلكين وبطول 100 متر = 2× 0.03 = 0.06 أوم



$$\text{مقاومة المقطع AB} = 0.06 \times \frac{150}{100} = 0.09\ \Omega$$

$$\text{مقاومة المقطع BC} = 0.06 \times \frac{50}{100} = 0.03\ \Omega$$

$$\text{مقاومة المقطع AC} = 0.06 \times \frac{100}{100} = 0.06\ \Omega$$

نفرض أن التيار المار في المقطع AB = I_A أمبير

∴التيار المار في المقطع BC = I_A - 120 أمبير

التيار المار في المقطع AC = I_A - 200 أمبير

وحسب قانون كيرشهوف للفولتية فأن مجموع هبوط الجهد في دائرة مغلقة = صفر

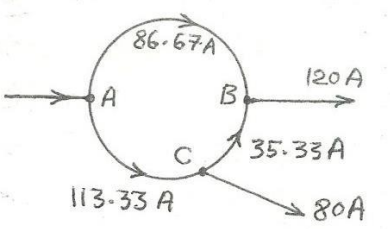
$$V_{AB} + V_{BC} + V_{AC} = 0$$

$$I_{AB} R_{AB} + I_{BC} R_{BC} + I_{AC} R_{AC} = 0$$

$$0.09\ I_A + 0.03\ (I_A - 120) + 0.06\ (I_A - 200) = 0$$

$$I_A = 86.67\ \text{Amp.}$$

نعيد التوزيع الحقيقي للتيارات يصبح كما موضح بالشكل



الفولتية في النقطة B تساوي =240 – (86.67 ×0.09) = 232.2 V

الفولتية في النقطة C تساوي =240 – (113.33× 0.06) = 233.2 V

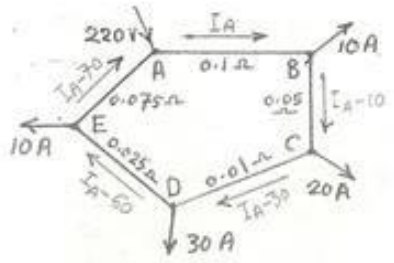
مثال 7 : موزع حلقي ذو سلكين مغذى من نقطة (A) بفولتية 220 فولت ومحمل كما مبين في الشكل أدناه جد : نقطة أدنى فولتية والتيار المار في جميع المقاطع . علما ان قيم المقاومات المؤشرة تمثل السلكين الذهاب والاياب .

الحل : نفرض أن التيارالمار في المقطع I_A = ABأمبير نطبق قانون كيررشهوف للفولتية :

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DE} + V_{EA} = 0$$

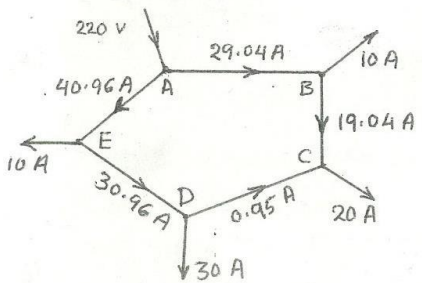
$$I_{AB}R_{AB} + I_{BC}R_{BC} + I_{CD}R_{CD} + I_{DE}R_{DE} + I_{EA}R_{EA} = 0$$

$$0.1I_A + 0.05(I_A - 10) + 0.01(I_A - 30) + 0.025\ (I_A - 60) + 0.075\ (I_A - 70) = 0$$



I_A=29.04 Amper

نعيد التوزيع الحقيقي للتيارات .....



ملاحظة : ضرورة الانتباه الى اتجاهات التيارات في الافرع المختلفة . نلاحظ أن النقطة C هي نقطة أدنى فولتية بذلك يكون أعلى هبوط

:

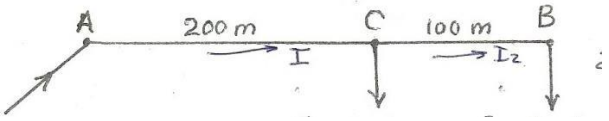
فولتية نقطة C = $V_A - (V_{AB} + V_{BC})$ = 220 – (29.04 × 0.1 + 19.04 × 0.05) = 216.44 V)

موزعات التيار المتناوب : AC Distributors

موزع مغذى من طرف واحد :

مثال 8 : موزع تيار متناوب ذو طور واحد AB بطول (300) متر مغذى من طرف A ومحمل بالاحمال المؤشرة على الشكل .أحسب فولتية الهبوط الكلية للموزع اذا علمت أن المقاومة والمحاثة الكلية للموزع هما (0.2 كم على التوالي وأن عامل و 0.1) أوم / القدرة مرجع الى جهة الاستلام .

ملاحظة : عبارة المقاومة والمحاثة الكلية تعني (ذهاب واياب)



$I_1 = 100$ A $I_2 = 200$ A

$\cos\varphi_1 = 0.707$ lag. $\cos\varphi_2 = 0.8$ lag.

$VD = ? = V_{AC} + V_{CB}$

$Z/Km = (0.2 + j\ 0.1)\Omega$

$Z_{AC} = (0.2 + j\ 0.1) \times \frac{200}{1000} = 0.04 + j\ 0.02\Omega$

$Z_{CB} = (0.2 + j\ 0.1) \times \frac{100}{1000} = 0.02 + j\ 0.01\ \Omega$

C تيار الحمل في نقطة = $I_1 = 100\ (0.707 - j\ 0.707) = 70.7 - j\ 70.7$ Amp.

B $I_{AC} = I_1 + I_2 = 230.7$ –تيار الحمل في نقطة = $I_2 = 200\ (0.8 - j\ 0.6) = 160 - j\ 120$ Amp.

AC التيار في المقطع = j 190.7 Amp.

BC هبوط الجهد في المقطع $= V_{BC} = I_{BC} Z_{BC} = (160 - j120)(0.02 + j\ 0.01) = 4.4 - j\ 0.8$V

AC هبوط الجهد في المقطع $V_{AC} = I_{AC} Z_{AC} = (230.7 - j\ 190.7)(0.04 + j\ 0.02) = 13.04 - j3.01$V

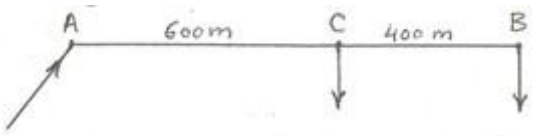
هبوط الجهد في الموزع $= V_{AC} + V_{BC} = 17.44 - j\ 3.81$ V $= \sqrt{(17.44)^2 + (3.81)^2} = 17.85\ V$

مثال 9 : ABموزع ثلاثي الاطوار (400) فولت محمل كما في الشكل ربط حمل ثلاثي الاطوار في النقطة C يسحب تيار قدره (5) أمبير / طور بعامل قدرة 0.8متاخر.في نقطة B ربط محرك حثي ثلاثي الاطوار قدرته الخارجة (10) حصان وكفائته (90%) ويعمل على فولتية (400) فولت وبعامل قدرة (0.85) متاخر. كم يجب أن تكون فولتية النقطة A اذا اردنا ابقاء فولتية B عند (400) فولت علما بان مقاومة ومحاثة الخط هما (1و 0.5) أوم / كم /طورعلى التوالي .

ملاحظة : اذا لم يذكر نوع الربط يؤخذ على انه نجمي (ستار) في أنظمة التوزيع الثلاثية الاطوار.

$I_L = I_{ph}$ $V_L = \sqrt{3}\, V_{ph}$ in Y

$V_L = V_{ph}$ $I_L = \sqrt{3}\, I_{ph}$ in Δ



I_1=5 A/ ph I_2=?

$\cos\varphi_1$=0.8 lag $\cos\varphi_2$=0.85

η= 90% V_L=400V H.p=10

فولتية الطور في نقطة B = $\frac{400}{\sqrt{3}}$ $231\ V$

refrence ∠ 0∴ VB = 231 + j0 (hp = 746 W) هي فولتية مرجعية اي B Pin نفرض أن V_B في نقطة

(motor) =$\sqrt{3}\ \overline{Vl\ I2}\ cos\ \theta 2\ wat$

Po (motor) = 10 × 746 = 7460 watt

$\eta = \frac{po}{pin} \times 100\%$ $\rightarrow \frac{90}{100} = \frac{7460}{\sqrt{3}\times 400\times I2\times 0.85}$

تيار الطور ∴ I_2 = 13.88 A

تيار الحمل في نقطة B I_2= 13.88 (0.85 – j 0.527) = 11.8 - j7.3 A

تيار الحمل في نقطة C I_1 = 5 (0.8 – j 0.6) = 4 – j 3 A

التيار في المقطع CB – A I_{CB}= I_2 = 11.8 –j7.3 A

التيار في المقطع AC I_{AC} = I_1+ I_2 = 15.8 j10.3

Z/ Km = (1 + j 0.5) Ω

Z_{AC} = (1 + j 0.5) × $\frac{600}{1000} = 0.6 + j\ 0.3\ \Omega$

Z_{CB}= (1 + j 0.5) × $\frac{400}{1000}$ = $0.4 + j\ 0.2\ \Omega$

هبوط الجهد V_{CB} = I_{CB} Z_{CB} = (11.8 – j 7.3)(0.4 + j 0.2) = 6.18 – j 0.56 V V_{AC}

هبوط الجهد= I_{AC} Z_{AC} = (15.8 – j 10.3)(0.6 + j 0.3) = 12.57 - j 1.44 V

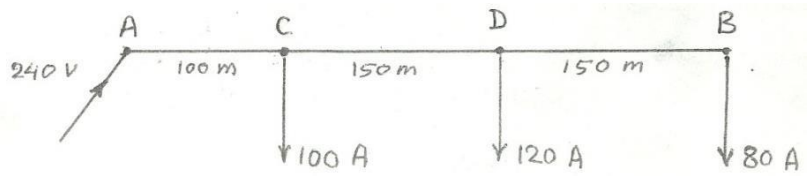
V_A = V_B + V_{CB} + V_{AC} = 231 + j0 + 6.18 – j 0.56 + 12.57 – j 1.44 = 249.75 – j2

V_A / phase = $\sqrt{(249.75)^2 + (2)^2} = 250\ V \rightarrow VA/\text{L} = \sqrt{3}\ VA/\ phase = \sqrt{3} \times 250$

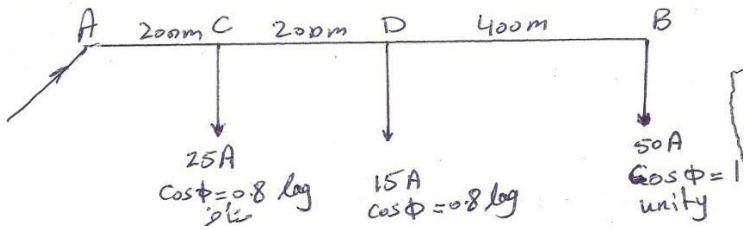
= 433 V

س 10 / موصل ثلاثي الاطوار طوله (400) متر يغذي الاحمال المتمركزة الموضحة بالشكل عامل القدرة للاحمال جميعا يساوي 1 (Unity) باهمال الهبوط في الجهد بالمحايد أوجد الفولتية في النقطة للموصل هي (0.25) B علما أن مقاومة (1) كم اوم وفولتية التغذية / طور هي (240) فولت .

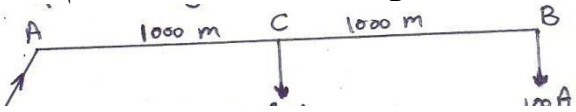
الحل : V_B 226.14 V



س 11 / موزع تيار متناوب بطول 800 m مغذى من طرف Aبالاحمال المؤشرة في الشكل أحسب فولتية V_D و V_B اذا علمت ان فولتية المصدر $V_A = 220 \angle 0$ ومقاومة ومحاثة الموزع الكلية (0.3 , 0.5) أوم لكل كم .



س 12 / موزع تيار متناوب بطول 2 كم مغذى من طرف Aبالاحمال المؤشرة في الشكل أحسب فولتية V_Aاذا كانت فولتية $V_B = 220 \angle 0$ وأن مقاومة ومحاثة كل كم 0.04 + 0.03 أوم

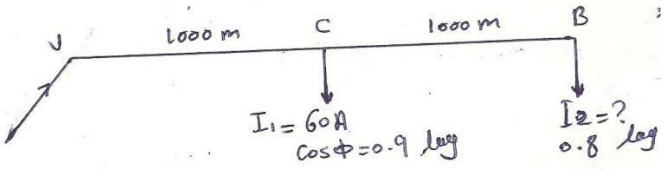


60 A 100A

Cos Φ= 0.9 Lag. Cos φ = 0.8 Lag.

Ans: $231 \angle 1.03° \, Volt$

س 13 / في الموزع ادناه اذا كانت فولتية V_A= 231 Volt ومقاومة ومحاثة الخط 0.04 j + 0.03 أوم لكل كم وفولتية $V_B = 220 \angle 0$أحسب التي التيار في (I_2 B)؟



Ans:100A

س 14 / في المثال السابق اعلاه اذا كانت الجواب I_2 = 100 A أحسب I_1 ؟

= 60 A