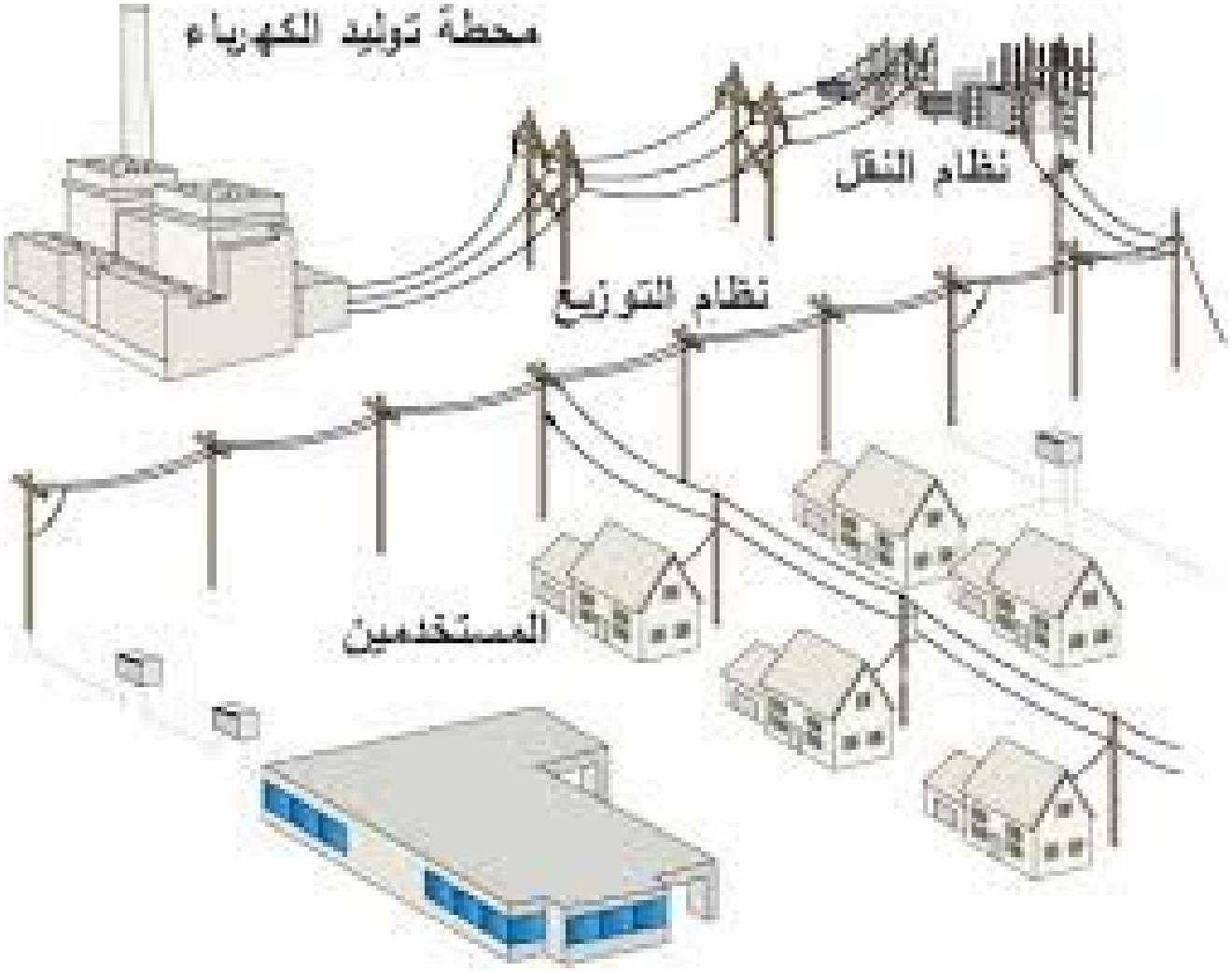
توليدـ الطـــاقة الكهربائيةـــ

الشبكة الكهربائية



تعتبر الطاقة الكهربائية من افضل انواع الطاقة واكثرها استخداما وذلك لعدة اسباب منها :-

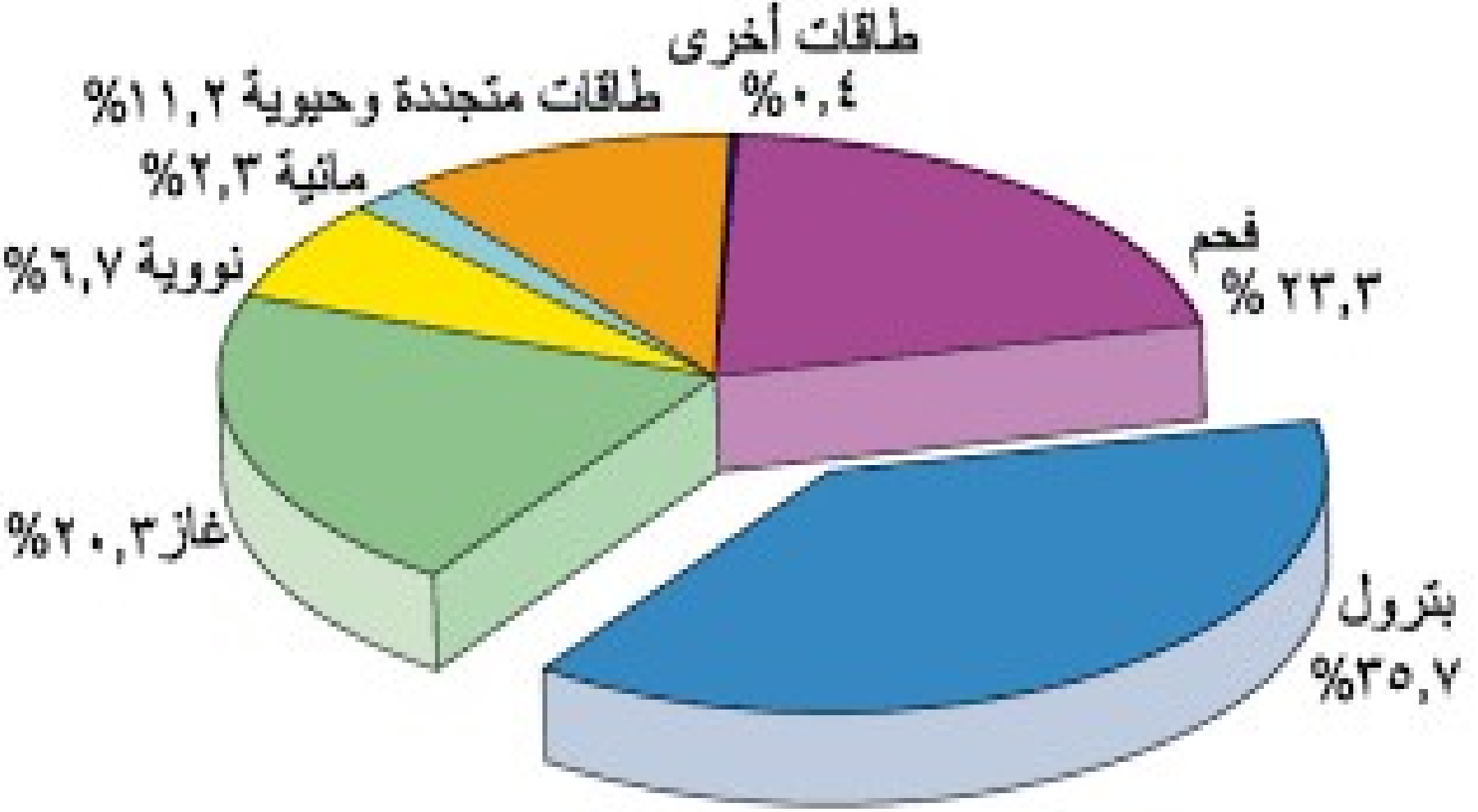
1. امكانية نقلها الى مسافات بعيدة بدون ضياع كثير
2. امكانية انشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية ذات سعات كبيرة اينما وجدت المصادر المختلفة لها و بتكاليف مناسبة.
3. سهولة توزيعها على مناطق الاستهلاك بغض النظر عن حجم الاستهلاك.

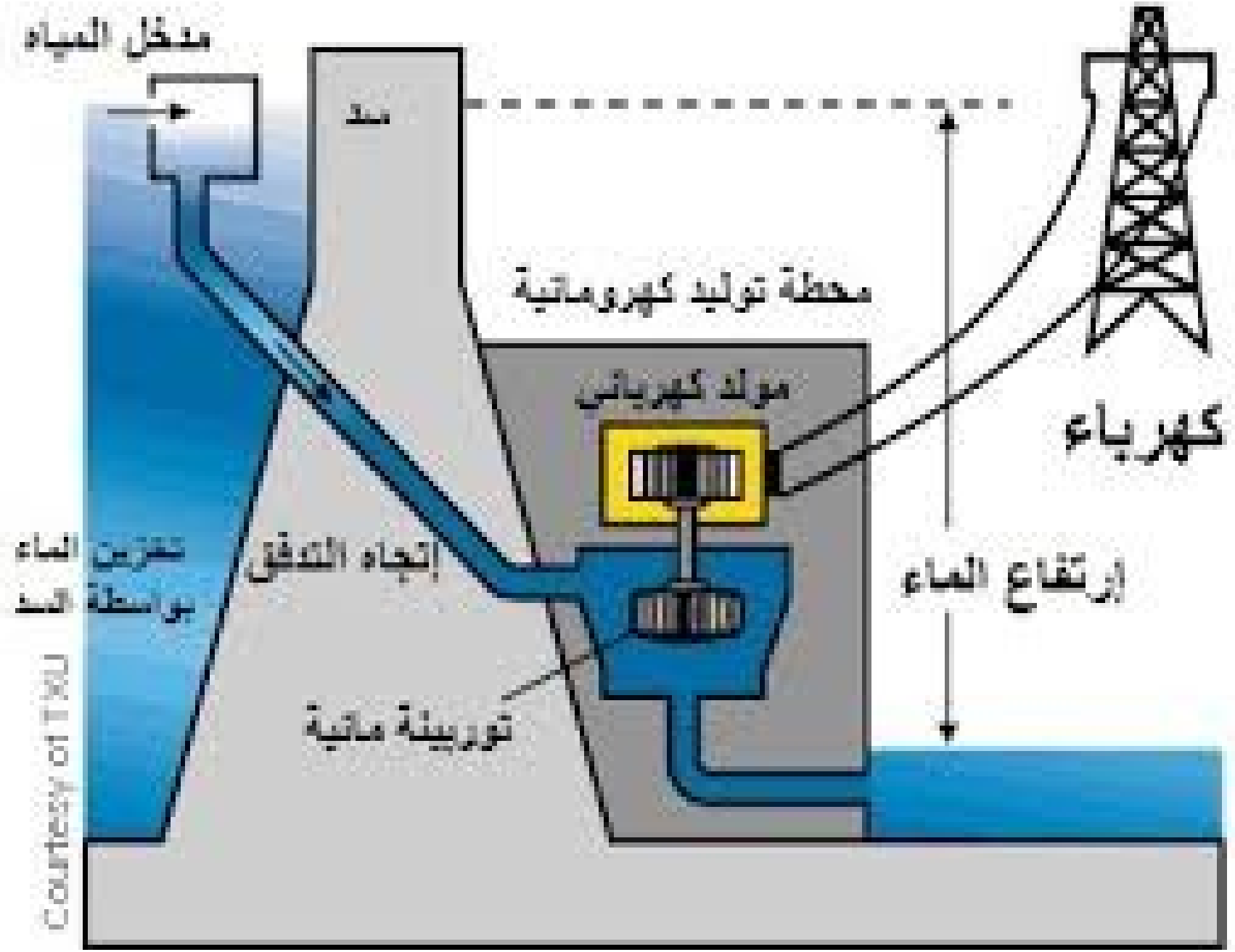
1. سهولة تحويلها الى طاقات اخرى مفيدة مثل الطاقة الكيميائية والحرارية و الضوئية.
2. سهولة استعمالها في جميع فروع الاقتصاد.
3. عدم وجود مخاطر صحية من جراء استعمالها حيث لا تسبب تسمم او تلوث للبيئة.
4. سهولة ورخص توليدها وتوزيعها واستهلاكها في ان واحد.

ان مصادر الطاقة الكهربائية كثيرة ومتنوعة ولكن اكثرها شيوعا في الوقت الحاضر هي :-

- الوقود
- الطاقة المائية
- الرياح
- الطاقة الشمسية
- الطاقة الجيوحرارية
- الطاقة الذرية

مصادر الطاقة




مدخل المياه
سد
محطة توليد كهرومائية
مولد كهربائي
كهرباء
تخزين الماء بواسطة السد
إتجاه التدفق
إرتفاع الماء
توربينة مائية
Courtesy of TVU

الوقود

- يعتبر الوقود بانواعها الصلبة و السائلة والغازية من العوامل الرئيسية في تحديد كلفة الوحدة الكهربائية.
- اذ احتراقه يسبب انبعاث حرارة وهذه الاخيرة يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية .
- ومن انواعها الرئيسية و المستخدمة في محطات توليد الطاقة الكهربائية الفحم و النفط والغاز الطبيعي.
- كما يعتبر نوع الوقود ووفرته وكلفته من جملة الخصائص الاساسية في تقسيم المحطة وتحديد سعتها وموقعها.

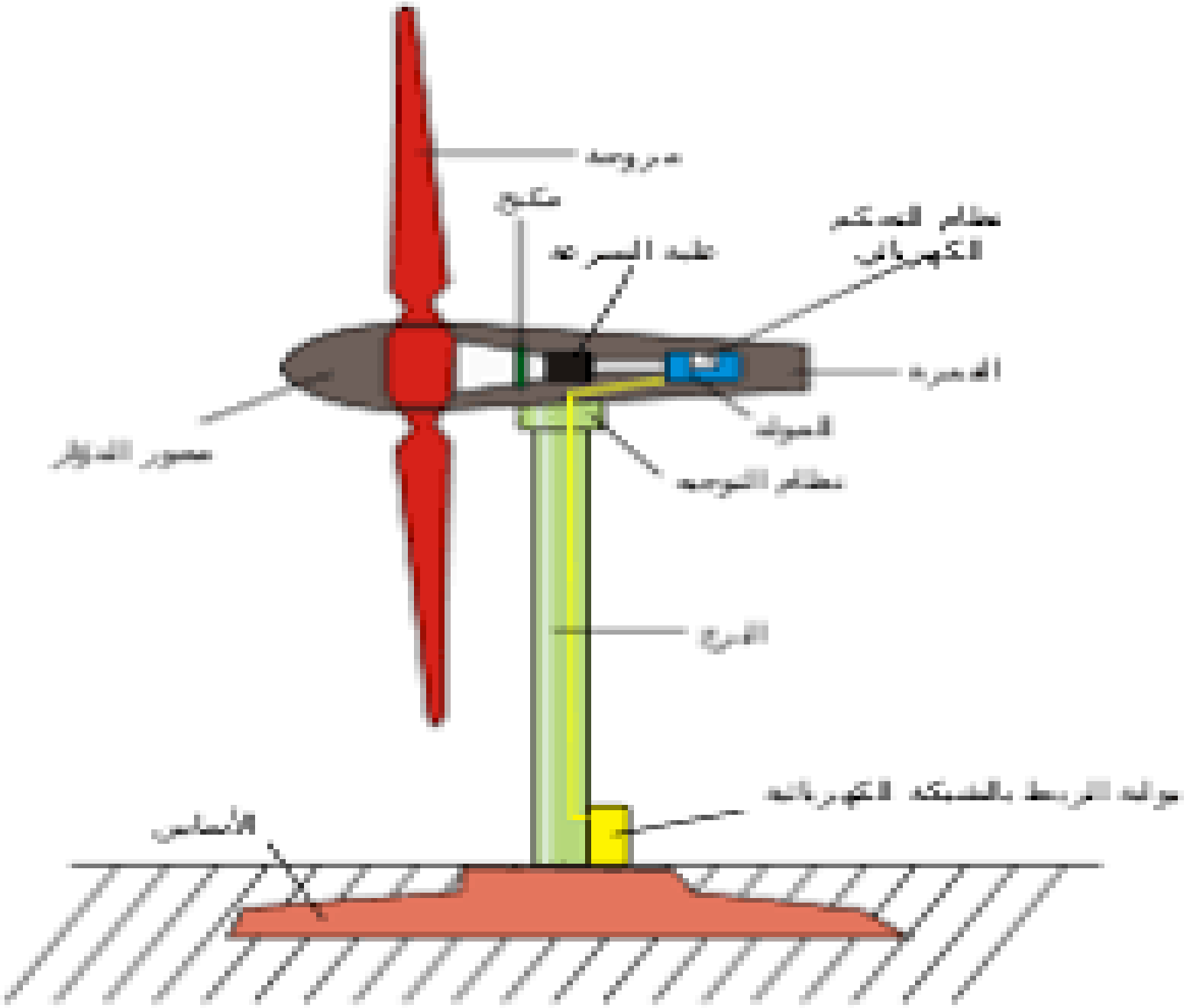
- تشمل الطاقة المائية طاقة الشلالات و المياه المخزونة في البحيرات وكذلك مياه المد و الجزر والامواج.
- طاقة المد والجزر Tidal power أو الطاقة القمرية هي نوع من طاقة الحركة التي تكون مخزونة في التيارات الناتجة عن المد والجزر.

- توجد طريقتان أساسيتان لتوليد الطاقة الكهربائية باستغلال ظاهرة المد والجزر:
- طريقة بناء السدود
- طريقة الأبراج

- اما طاقة الامواج فانها بعد العديد من التجارب التي اجريت اثبتت انه يمكن بطريقة معينة تحويل هذه الطاقة الى طاقة كهربائية .

الرياح

1. استخدام طواحين الهواء في ادارة مولدات كهربائية .
2. نظرا لطبيعة الرياح حيث انها متقطعة كما ان اتجاهها و سرعتها متغيرة مما يؤدي الى تغيرات في القدرة الناتجة بالاضافة الى الطرق المتعددة في التحكم التي يجب توفرها لتلافي التغيرات في الجهد و التردد
3. تعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربين الرياح على سرعة الرياح وقطر الشفرات.


مروحة
مكبح
علبة السرعة
نظام التحكم الكهربائي
المحرك
المحول
نظام التوجيه
محور الدوران
البرج
موائد الربط بالشبكة الكهربائية
الأساس

الرياح

- المكونات الرئيسية لعنفة الرياح هي شفرات دوارة تحمل على عمود ومولد يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية.

- فعندما تمر الرياح على الشفرات تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دوران الشفرات، وهذا الدوران يشغل المولد فينتج طاقة كهربائية
- مميزاتها وعيوبها : طاقة الرياح طاقة محلية متجددة ولا ينتج عنها غازات تسبب ظاهرة البيت الزجاجي أو ملوثات، مثل ثاني أكسيد الكربون أو أكسيد النتريك أو الميثان.

- حقول الرياح يمكن استخدامها في أغراض أخرى مثل الزراعة أو الرعي كما يمكن وضع التوربينات فوق المباني

- يمكن تحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء باستخدام محولات فولتوضوئية (PV)وعملية تركيز الطاقة الشمسية (CSP)
- وتُستخدم المحولات الفولتوضوئية بشكل أساسي لإمداد الأجهزة الصغيرة والمتوسطة بالكهرباء.
- وكان يتم توليد الكهرباء على نطاق واسع بواسطة محطات تركيز الأشعة الشمسية، ولكن الآن أصبحت محطات المصفوفات الضوئية الجهدية التي تنتج كمية كبيرة من الكهرباء .

الطاقة الجيو حرارية

- ان المقصود بالطاقة الجيو حرارية هي الطاقة الموجودة تحت قشرة الارض حيث ان باطن الارض طبقا لبعض النظريات يحتوي على مواد منصهرة

- ان مثل هذه الطاقة موجودة في بلدان كثيرة من العالم ولكنها تحتاج الى تحريات جيو فيزيائية و جيوكيميائية قبل معرفة توفرها.

منشأة طاقة حرارية جوفية
تبريد البخار
ماء ساخن
ماء بارد

الطاقة الذرية

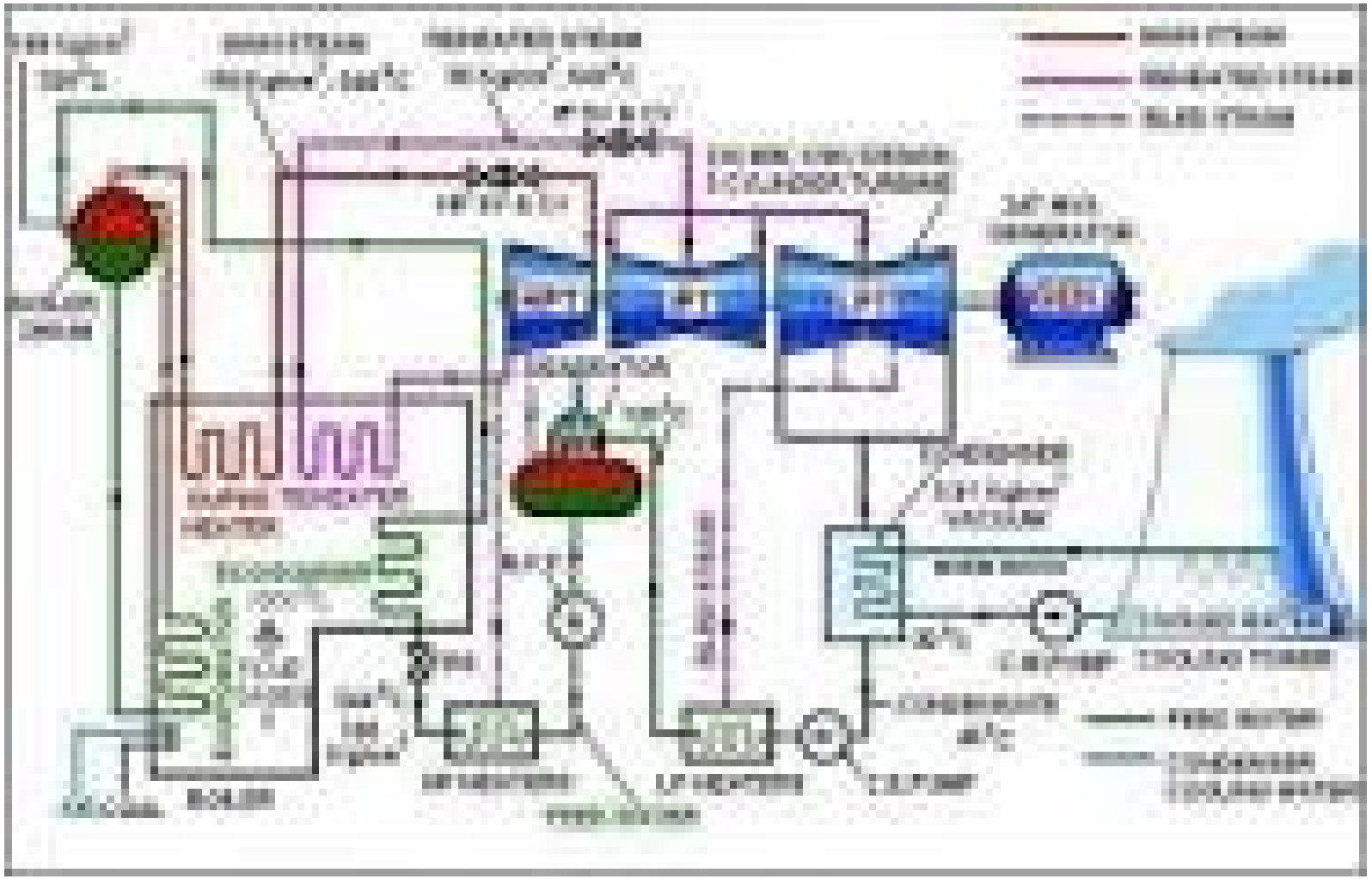
- هي الطاقة التي يتم توليدها عن طريق التحكم في تفاعلات انشطار أو اندماج الأنوية الذرية.
- تستغل هذه الطاقة في محطات توليد الكهرباء النووية، لتسخين الماء لإنتاج بخار الماء الذي يستخدم بعد ذلك لإنتاج الكهرباء.
- في 2009 ، شكلت نسبة الكهرباء المنتجة من الطاقة النووية بحوالي 13-14 % من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في العالم .

محطات توليد الطاقة الكهربائية

تنقسم محطات توليد الطاقة الكهربائية من حيث الاسلوب و طريقة العمل الى ثلاثة انواع رئيسية هي:-

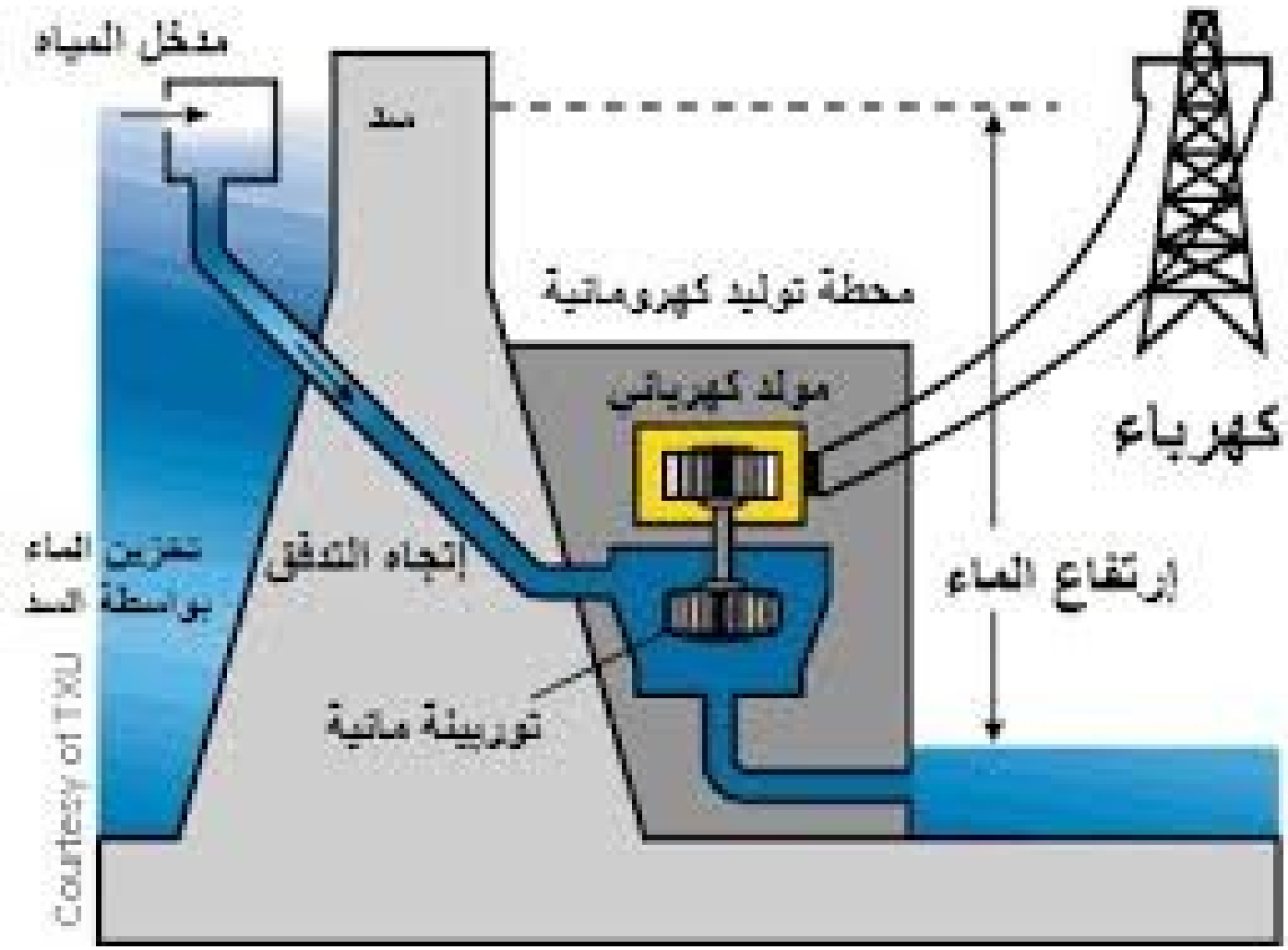
1. المحطات الحرارية Thermal station
2. المحطات المائية Hydeo-electric power station
3. المحطات الذرية Nuclear power station

المحطات الحرارية



Hydeo-electric power stationالمحطات المائية

المحطات المائيةHydeo-electric power station



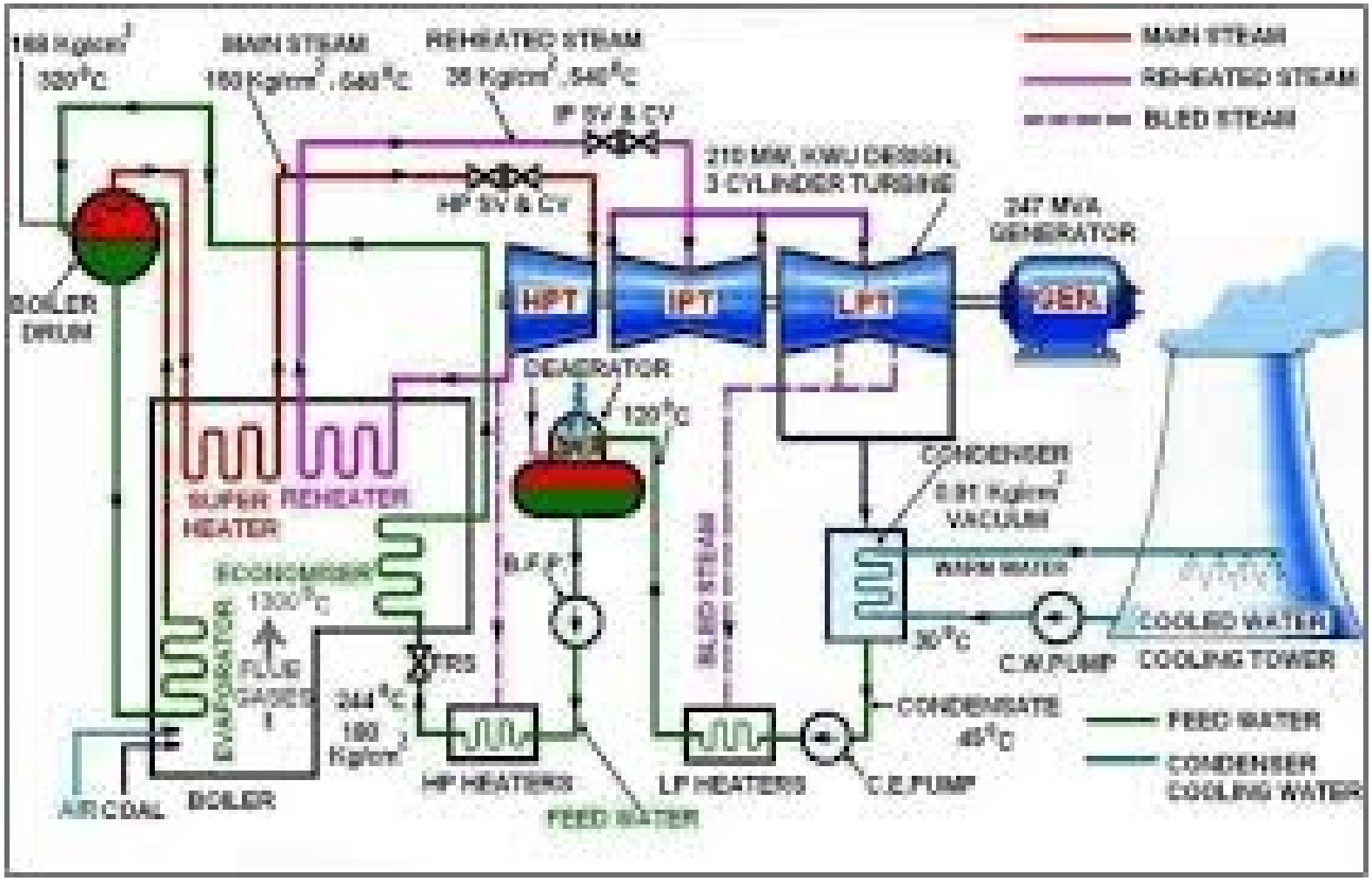
المحطات الذريةNuclear power station

محطات التوليد الحرارية

- يمكن الحصول على الطاقة الحرارية بواسطة الاحتراق الصحيح لوقود تجاري، تنقسم المحطات الحرارية الى ثلاثة انواع :-

- محطات توليد بخارية Steam power station
- محطات محركات الديزل Diesel power station
- محطات ذات توربينات الغاز Gas turbine station

Steam power stationمحطات توليد بخارية



Diesel power station محطات محركات الديزل

محطات ذات توربينات الغاز Gas turbine station

العوامل التي تؤثر على اختيار موقع المحطة :

يجب ان يراعى في اختيار موقع المحطة ما يلي

- قربها من مصدر المياه.
- سهولة نقل الوقود الى المحطة.
- سعر الارض التي ستخصص للمحطة .
- امكانية التوسيع المستقبلي لها.
- توفير اماكن مناسبة لخزن الوقود.
- طبيعة الارض و ملائمتها لاغراض الاسلسلت .

الاجزاء الرئيســـية لمــحطات التوليدــ البخاريةــ

المرجل Boiler

التوربين البخاري Steam turbine

المولد الكهربائي Electric generator

Boiler المرجل

Steam turbine التوربين البخاري

LOW PRESSURE TURBINE
www.explainthatstuff.com

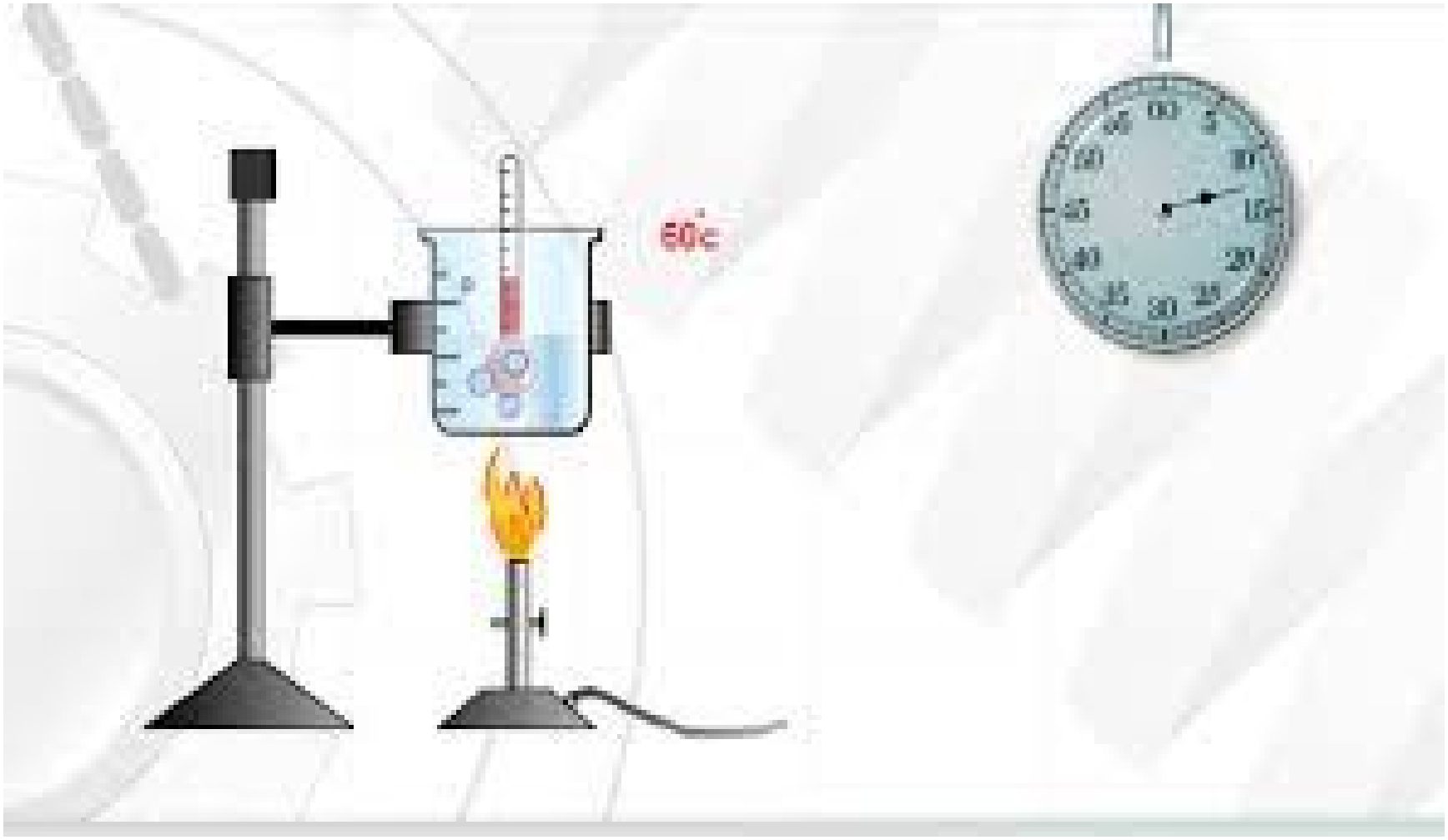
المولد الكهربائي Electric generator

وحدات الطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية

وحدات الطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية

- السـعرة (كالوري) Calori فـي النظام المتري وهي كميـة الحرارة اللازمـة لرفـع درجـة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة.

- وكذلك وحدة الحرارة البريطانية في النظام البريطاني B.T.U وهـي كمية الحرارة اللازمـة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة فهرنهايتية واحدة.
-


60c

الرطل الواحد = 453.6 غرام

ا فهرنهايت = 5/9 درجة مئوية

اذن الوحدة الحرارة البريطانية = 252 كالوري

وايضا 1 سعرة كالوري = 4.18 جول

و 1 واط = 1 جول \ ثانية

تقاس الطاقة الكهربائية بالكيلو واط ساعة

اي 1 كيلو واط ساعة = 3600 x 1000 واط \ ثانية

= 860000 = $\frac{3600 \times 1000}{4.18}$

سعرة كالوري

$\frac{8.6 \times 10^{5}}{252}$

= 3412 BTU =

وحدة حرارة بريطانية

مثال : تستخدم احدى المحطات وقودا قيمته الحرارية 12000 (B.T.U \ رطل) ، ما هي كمية الوقود المستهلكة لانتاج (1 كيلو واط . ساعة) طاقة كهربائية اذا علمت ان الكفاءة الكلية للمحطة تساوي 23.7% .

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$0.237 = \frac{1}{P_{in}} \quad \rightarrow \quad P_{in} = \frac{1}{0.237} = 4.22 \ \text{kW.h}$$

$$1\ \text{kW.h} = 3412\ \text{B.T.U}$$

$$P_{in} = 4.22 \times 3412 = 14398.6 \ \ \text{B.T.U}$$

$$w = \frac{P_{in}}{thermal\ \ value} = \frac{14398.6}{12000} = 1.2$$

رطل

محطات ـ محركات ـ الديزل
Diesel power station

- محطات التوليد التي تستخدم محركات الديزل لتدوير مولد الكهرباء تسمى محطات محركات الديزل Diesel power station . يتم حرق الديزل داخل المحرك لينتج حركة مكانيكية تدير المولد وانتاج طاقة كهربائية ، تكون كلفة الديزل عالية مقارنة مع باقي انواع الوقود لذلك فان كلفة انتاج الكهرباء تكون عالية.

محطات ـ محركات ـ الديزل
Diesel power station

- الميزات
- يمكن نصبه في اي مكان .
- يشغل مساحة صغيرة .
- يمكن تشغيل المحطة بسرعة وكذلك تحتاج الى وقت قصير لربط المحطة بالحمل .
- تحتاج الى كمية قليلة من الماء للتبريد .
- كلفة انشاء المحطة اقل من كلفة انشاء محطة بخارية بنفس القدرة .
- كفاءة محطات الديزل اعلى من كفاءة محطات البخارية .
- تحتاج الى عدد قليل من العاملين .

محطات محركات الديزل
Diesel power station

المساؤى

- الكلفة العالية للوقود المستخدم.
- كمية القدرة المنتجة تكون قليلة .
- كلفة التشحيم والتزييت عادة عالية.
- كذلك كلفة الصيانة تكون عالية.

المحطات المائية **Hydeo-electric power station**

محطات توليد الكهرباء المائية هي التي تصمم للاستفادة من الطاقة الموجودة في المياه وتحويلها الى طاقة كهربائية .

وفي التوربين المائي تتحول طاقة الحركة وطاقة الوضع للمياه الى طاقة ميكانيكية تستخدم لادارة التوربين وبالتالي ادارة المولد الكهربائي .

تتميز التوربينات المائية بانها كفؤة وطولية العمر ،

توجد تصاميم مختلفة للتوربينات المائية ولكن يمكن ان تصنف هذه التوربينات بشكل عام الى نوعين رئيسين :-

التوربين الدفعي Impulse turbine

تعتمد فكرة التوربينات الدفعية على تحويل طاقة الارتفاع الكامنة الى طاقة حركية.

وتوجد عدة انواع منها ، اهمها توربين بلتون Pelton

التوربين التفاعلي او المرتد Reaction turbine

يحدث في هذه التوربينات تغير في الضغط السكوني للمائع في اثناء مروره خلال الريش وتتولد قوى تسبب تغير زخم المائع ،

وتوجد هناك انواع منها :-

توربين فرانسس Francis turbine

توربين كابلان Kaplan turbine

المـــحطات الثانوية ـــ
Sub-Station

- محطات الثانوية **Sub-Station**
- **هي المحطات التي تحوي على معدات وآلات تقوم بتحويل وتغيير بعض خصائص القدرة الكهربائية (مثل تحويل فولتيةa.c. الى فولتية d.c. ، التردد ، معامل القدرة ، الخ)**

النقاط التالية يجب ان تتوفر عند تصميم اي محطة ثانوية :-

- اختيار المكان المناسب . يجب ان تكون المحطة الثانوية موجودة قرب مركز الحمل قدر المستطاع.
- توفر الامان والتنظيم يمكن الاعتماد والوثوق به.
- سهولة التشغيل و الصيانة.
- اقل كلفة اقتصادية .

تصنيف المحطات الثانوية Classification of Sub-Station

هناك عدة طرق لتصنيف المحطات الثانوية ، تصنيفها يعتمد على

1. **متطلبات الخدمة** اعتمادا على نوع الخدمة المطلوبة تصنف المحطات الثانوية الى :-

- **محطات تحويل ثانوية Transformer Sub-Station** . هذه المحطات تغير مستوى الفولتية حيث تستلم هذه المحطات القدرة بفولتية معينة وتجهز الحمل فولتية اخرى. ان المحولة تمثل الجزء الرئيسي للمحطة

- **محطات تشغيل ثانوية Switching Sub-Station** .انها تستلم و تجهز القدرة بنفس الفولتية. فهي ببساطة تقوم بتحويل القدرة بين خطوط النقل.

- **محطات ثانوية لتحسين معامل القدرة Power Factor Correction Sub-Station** . هذه المحطات تقوم بتحسين معامل القدرة في منظومة القدرة ، وهي عادة توجد عند طرف الاستلام لخطوط النقل، تستخدم بنك المتسعات capacitors bank كمعدات لتحسين معامل القدرة.

- **محطات ثانوية لتغيير التردد Frequency changer Sub-Station** . وتستخدم هذه المحطات لتغيير التردد المجهز، حيث تستعمل للاغراض الصناعية.

- **محطات ثانوية عاكسة Converting Sub-Station** . تقوم هذه المحطات بتغيير القدرة a.c. الى قدرة d.c.

الخصائص الانشائية
Constractional Features

- تحوي المحطات الثانوية على عدة معدات (قواطع دورة **circuit breakers**، فواصل**switches** ، مصهرات**fuses** ، مقاييس) والتي يجب ان توضع بشكل يسمح باستمرار و موثوقية الخدمة . ووفقا خصائص الانشائية، فان المحطات الثانوية تصنف الى :

- محطات المحولات داخل المباني **Indoor sub-station**

وتستخدم لفولتية حتى 11 kV، وتنصب معدات المحطة في داخل البناية لاسباب واعتبارات اقتصادية،

- محطات المحولات خارج المباني **Outdoor sub-station**

وتستخدم لفولتية حتى 66 kV ، ويتم تنصيب الاجهزة خارج المباني لمثل هذه الفولتيات حيث نحتاج الى ان تكون هناك مسافات بين الموصلات وكذلك مساحات لقواطع الدورة و الفواصل وباقي الاجهزة ، لذلك لا تكون اقتصادية في حالة وضعها داخل المباني.

- محطات المحولات تحت الارض **Underground sub-station**

وتنصب محطات المحولات تحت الارض في حالة المناطق المكتظة بالسكان والمساحة المتوفرة للأجهزة محددة وغالية .

- محطات المحولات معلقة **Pole-mounted sub-station**
- وتعتبر من محطات المحولات خارج المباني، وتنصب الاجهزة على اعمدة نوع H او على تراكيب من اربعة اعمدة . وهي ارخص اشكال المحطات الثانوية وتستخدم لفولتيات لا تتجاوز 11 kV او 33 kV في حالات معينة.

معدات في محطة التحويل الثانوية

- **المعدات المطلوبة في محطة التحويل الثانوية تعتمد على نوع محطة التحويل و متطلبات الخدمة ودرجة الحماية المطلوبة . على العموم تحوي المحطات الثانوية على المعدات التالية :-**
- قضبان التوزيع Bus-bars
- العوازل Insulators
- مفاتيح العزل Isolating switches
- قواطع الدورة Circuit breakers
- محولات القدرة Power Transformers
- محولات التيار C.T. Current Transformer
- محولات الجهد P.T. Potential Transformer
- اجهزة القياس و الاشارة Metering and Indicating Instruments
- مصاهر Fuses

قضبان التوزيع Bus-bars

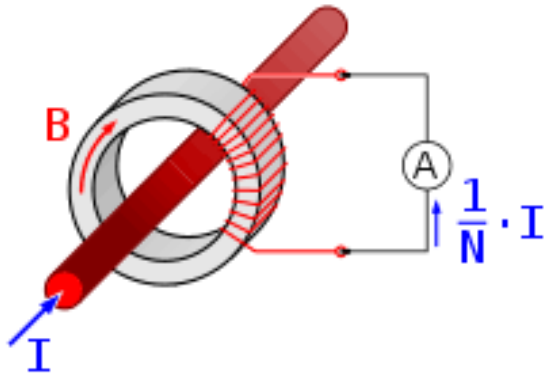
Insulators العوازل

Isolating switches مفاتيح العزل

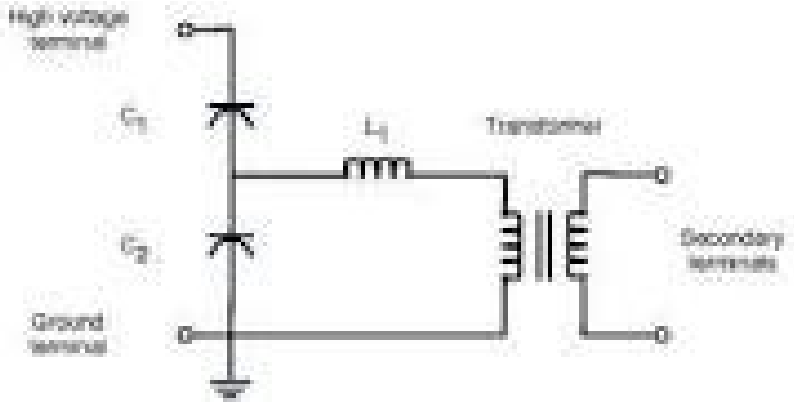
Circuit breakers قواطع الدورة

Power Transformers محولات القدرة

C.T. Current Transformer محولات التيار



P.T. Potential Transformer محولات الجهد



اجهزة القياس و الاشارة

مصاهر Fuses

هناك نوعان رئيسيان من المحطات الثانوية في العالم،

- محطات معزول بالغاز **Gas Insulated Substation (GIS)**
- محطات معزول بالهواء **Air Insulated Substation (AIS)**

محطـات معزول ـ بالغاز

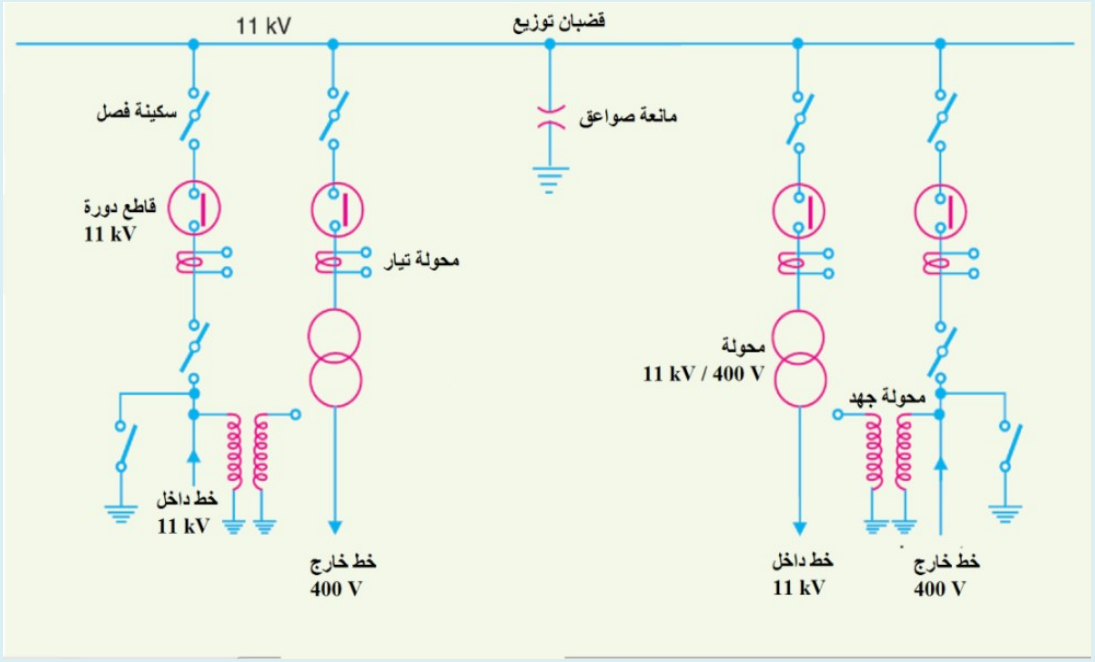
Gas Insulated Substation (GIS)

- تتكون المحطات المغلقة من وحدة مركبـة تشمـل وحدات الوظائف الرئيسية كقاطع الدورة ، سكينة الفصل والتاريض واجهزة التحويل وغيرها ، وتوضـع كـل الوحدات داخل غلاف معدني مملوء بغاز SF6 ـ ،
- حيث يؤمن هذا الغاز ـ العزل الكامل بين الوحدات الحية (المكهربة) والغلاف المعدني الخارجي، وكما يؤمن العزل بيـن نقاط التلامس لقاطع الدورة و السكين في حالة العزل.

- وتستخدم غاز سداسي فلوريد الكبريت **SF6** كعازل أولي. فهو مادة غير سامة، ويحافظ على الخصائص الذرية والجزيئية حتى في الفولتية العالية، وخصائص التبريد عالية، وخصائص تبريد قوس ممتازة

قـــضبان التوزيع Bus-bar

- منظومة قضبان توزيع احادي Single bus-bar system
- يحوي على قضبان توزيع واحد وجميع المغذيات الداخلة والخارجة مرتبطة به .



- ميزات
- قليلـ الكلفـة ،ـ
- قليلةـ الصيانةـ ،ـ
- سـهلة التشـغيل.

- مساؤى،
- انقـطاع التيار الكهربائيـ في حالةـ صيانةـ القـضبان او حصولـ عطلـ علىـ القـضبان

- يسـتخدم هـذا النـوع منـ المـنظومات لفـولتية اقلـ منـ 33 kV ،ـ وعادةـ يسـتخدم فيـ المـحطة الثانويةـ الدـاخلية لـ 11 kV .

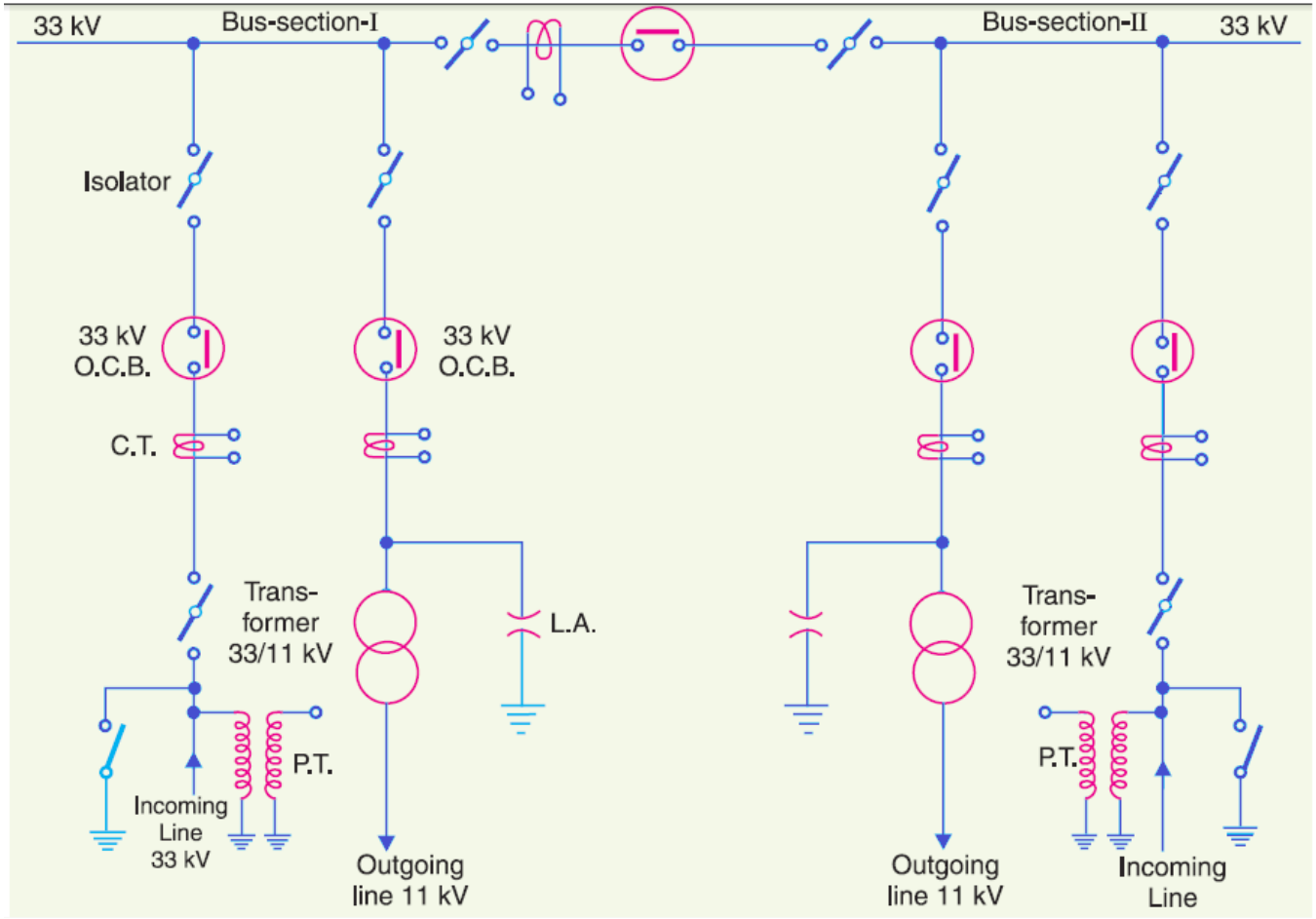
13,200 VOLTS
F.A.S.S. FDR. 13-4

منظومة قضبان توزيع احادي مع مقسم

Single bus-bar system with sectionalisation

- القضبان الاحادي يُقسم الى مقطعين وتوزع الاحمال على جميع المقاطع بالتساوي.
- في كل مقطعين للقضبان ترتبط بقاطع دورة وفواصل.
- **الميزات**
- اذا حصل عطل في اي مقطع من القضبان ، فانه يمكن عزل ذلك المقطع بدون ان يؤثر على التجهيز من المقطع الاخر.
- وكذلك في حالة اعمال الصيانة والتصليح ، يتم فصل مقطع المطلوب دون الحاجة الى انقطاع التجهيز. تُستخدم هذه المنظومة لفولتية حتى 33 kV .

منظومة قضبان توزيع احادي مع مقسم
Single bus-bar system with sectionalisation

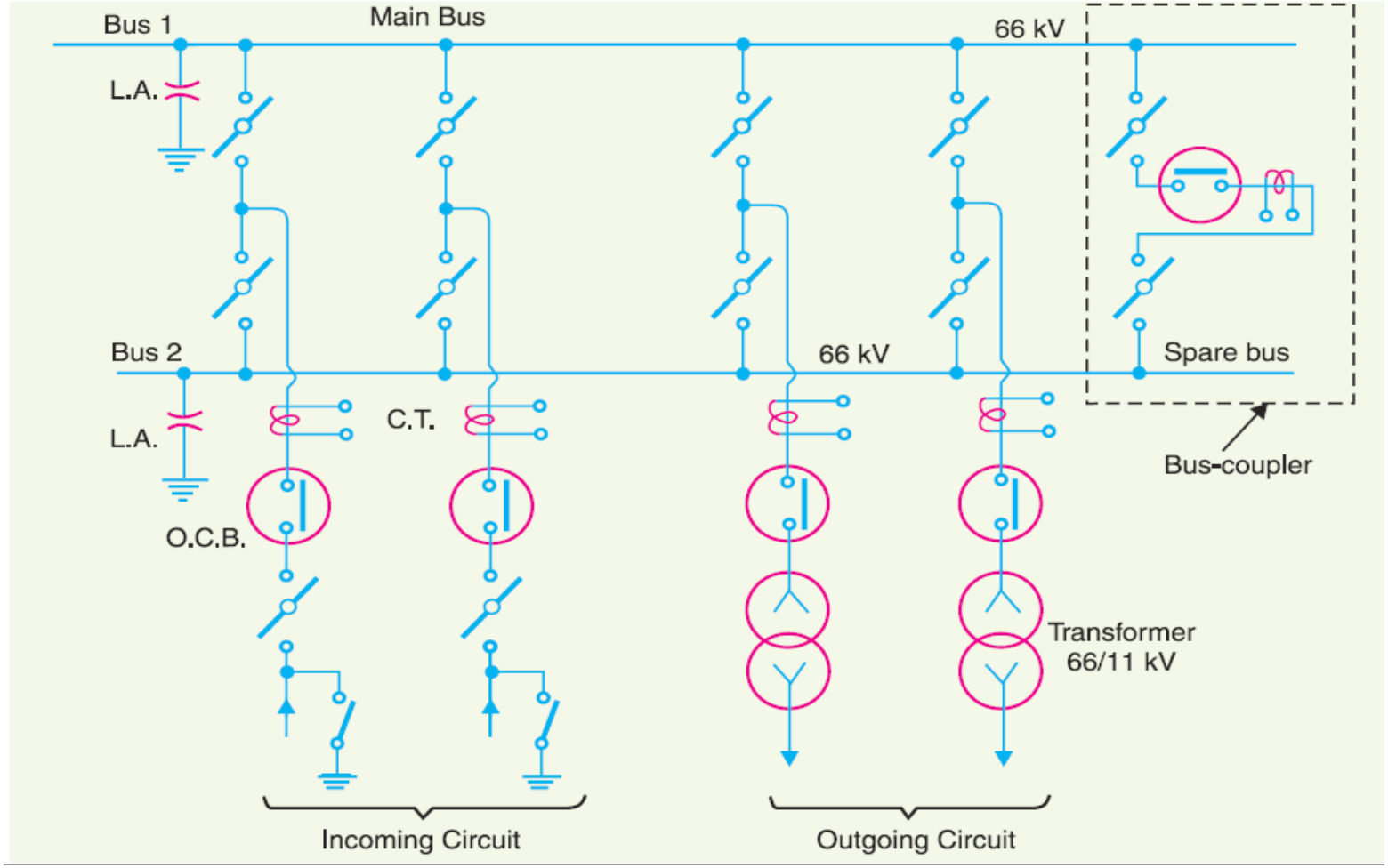


منظومة ثنائي القضبان
Duplicate bus-bar system

- تحوي منظومة ثنائي القضبان على اثنين من القضبان، قضبان رئيسي main bus-bar وقضبان احتياط spare bus-bar .
- كل قضبان يتمكن من تغذية الحمل الكامل للمحطة الثانوية.
- الخطوط الداخلة والخارجة يمكن ربطها الى القضبان الرئيسي وكذلك القضبان الاحتياط من خلال قضبان الاقتران bus-bar coupler الذي يحوي على قاطع دورة و فواصل.
- عادة يتم ربط الخطوط الداخلة والخارجة الى القضبان الرئيسي.

- **الميزات**
- في حالة اعمال الصيانة او حدوث عطل في القضبان الرئيسي ، فانه يتم الاستمرار بتجهيز القدرة من خلال التحويل الى القضبان الاحتياط
- تستخدم منظومة ثنائي القضبان لفولتية اعلى من 33 kV .

منظومة ثنائي القضبان
Duplicate bus-bar system



العوازل
Insulators

للعوازل وظيفتين رئيسيتين في منظومة القدرة

- حمل الموصلات الكهربائية او قضبان التوزيع
- وكذلك عزل وحصر التيار الكهربائي في الموصلات.

وتصنع اغلب العوازل عادة من البورسلين porecelain . هناك عدة انواع من العوازل ، مثل عوازل المسمار pin type و عوازل التعليق suspension type و عوازل post insulator . ويكون اختيار نوع العازل اعتمادا على متطلبات الخدمة ، فمثلا يستخدم عازل نوع post insulator مع قضبان التوزيع في المحطات الثانوية

مفاتيح العزل
Isolating switches

- تستخدم مفاتيح العزل (سكينة الفصل knife switch) لفصل

وعزل جزء من منظومة القدرة الكهربائية لاغراض الصيانة او

التصليح ، حيث تصمم مفاتيح العزل لفتح الدائرة في حالة اللاحمل no

load ، اي انها تعمل فقط عندما تكون الخطوط غير محملة بالتيار.

قاطع الدورة
Circuit breaker

- قاطع الدورة هو الجهاز الذي يعمل على فتح وغلق الدائرة في حالة الظروف الطبيعية والعطل.
- وهي مصممة لتعمل بشكل يدوي manually او مسيطر عليها على بعد remote control وكذلك تعمل بشكل ذاتي automatically في حالة العطل.

قاطع الدورة
Circuit breaker

- طريقة العامة للتصنيف قواطع الدورة تعتمد على اساس **الوسط المستخدم لاطفاء القوس الكهربائي** ar **الناتج من عملية فصل و توصيل** قاطع الدورة.
- حيث يستخدم الهواء air ، الزيت oil ، سادس فلوريد الكبريت sulphur hexafluoride SF_6 او الفراغ Vacuum كوسط في اطفاء القوس الكهربائي.
- **وتقسم قواطع الدورة الى:ـ**
- قواطع دورة زيتية Oil circuit breakers
- قواطع دورة للدفع الهوائي Air-blast circuit breakers
- قواطع دورة سادس فلوريد الكبريت Sulphur hexafluoride circuit breakers
- قواطع دورة مفرغة Vacuum circuit breakers

- تستخدم قواطع الدورة الزيتية لفولتية حتى 66 kV ، اما قواطع الدورة الاخرى فتستخدم لفولتيات اعلى من 66 kV .

محولات القدرة

Power transformers

- تستخدم محولات القدرة في المحطات الثانوية لرفع الفولتية step-up او خفض الفولتية step-down ،
- حيث تستخدم محولات الرفع في المحطات الثانوية القريبة من محطات التوليد لرفع الفولتية المنتجة الى (132kV او 220 kV او اكثر) ،
- وتستخدم المحطات الثانوية القريبة من الحمل محولات الخفض لتقليل الفولتية بما يناسب واستخدام المستهلك.
- تستخدم محولات المغمورة بالزيتoil immersed transformer لقدرة حتى 10 MVA ، اما لقدرات اعلى فيستخدم محولات تبريد بالدفع الهوائي air blast cooled

محولات التيار
C.T. Current Transformer

- تعتبر محولة التيار محولة رافعة step-up transformer حيث تقوم بخفض قيمة التيار بنسبة معلومة.
- يتكون الملف الاولي لمحولة التيار من لفة واحدة او اكثر ذو سلك سميك ومرتبط على التوالي مع الموصل ،
- اما الملف الثانوي فيتكون من عدد كبير من اللفات ذو سلك رفيع وترتبط مع اجهزة القياس و المرحلات relays لتجهزها بنسبة ثابتة من تيار الخط.
- فمثلا نفرض قيمة محولة التيار 100/5 A مرتبطة بالخط ، اذا كان تيار الخط 100 A فان التيار في الملف الثانوي لمحول التيار سيكون 5 A ، وبالمثل اذا كان تيار الخط 50 A فان تيار الثانوي سيكون 2.5 A ، وعليه فان محول التيار في هذا الفرض يخفض التيار بنسبة 20.

محولات الجهد
P.T. Potential Transformer

- تعتبر محولة الجهد محولة خافضة step-down transformer حيث تقوم بخفض قيمة الفولتية بنسبة معلومة.
- يتكون الملف الاولي لمحولة الجهد من عدد كبير من اللفات ذو سلك رفيع ومرتبط الى الموصل ،
- اما الملف الثانوي فيتكون من لفات قليلة وترتبط مع اجهزة القياس و المرحلات لتجهزها بنسبة ثابتة من الفولتية .
- فمثلا نفرض قيمة محولة الجهد66 kV/110 V مرتبطة بالخط لقياس الجهد، اذا كان فولتية الخط 66 kV فان الفولتية في الملف الثانوي لمحول الجهد سيكون 110 V.

SANAİ

CMA 20110907110

ISO 9000:2000

المـــحطات الثانوية ـــ
Sub-Station

- محطات الثانوية **Sub-Station**
- **هي المحطات التي تحوي على معدات والات تقوم بتحويل وتغيير بعض خصائص القدرة الكهربائية (مثل تحويل فولتيةa.c. الى فولتية d.c. ، التردد ، معامل القدرة ، الخ)**

النقاط التالية يجب ان تتوفر عند تصميم اي محطة ثانوية :-

- اختيار المكان المناسب . يجب ان تكون المحطة الثانوية موجودة قرب مركز الحمل قدر المستطاع.
- توفر الامان و وتنظيم يمكن الاعتماد والوثوق به.
- سهولة التشغيل و الصيانة.
- اقل كلفة اقتصادية .

تصنيف المحطات الثانويةClassification of Sub-Station

هناك عدة طرق لتصنيف المحطات الثانوية ، اهم طرقتين لتصنيفها تعتمد على

1. **متطلبات الخدمة** اعتمادا على نوع الخدمة المطلوبة تصنف المحطات الثانوية الى :-

- **محطات تحويل ثانوية Transformer Sub-Station** . هذه المحطات تغير مستوى الفولتية حيث تستلم هذه المحطات القدرة بفولتية معينة وتجهز الحمل فولتية اخرى. ان المحولة تمثل الجزء الرئيسي للمحطة

- **محطات تشغيل ثانوية Switching Sub-Station** .انها تستلم و تجهز القدرة بنفس الفولتية. فهي ببساطة تقوم بتحويل القدرة بين خطوط النقل.

- **محطات ثانوية لتحسين معامل القدرة Power Factor Correction Sub-Station** . هذه المحطات تقوم بتحسين معامل القدرة في منظومة القدرة ، وهي عادة توجد عند طرف الاستلام لخطوط النقل، تستخدم بنك المتسعات capacitors bank كمعدات لتحسين معامل القدرة.

- **محطات ثانوية لتغيير التردد Frequency changer Sub-Station** . وتستخدم هذه المحطات لتغيير التردد المجهز، حيث تستعمل للاغراض الصناعية.

- **محطات ثانوية عاكسة Converting Sub-Station** . تقوم هذه المحطات بتغيير القدرة a.c. الى قدرة d.c.

خصائص الانشائية
Constractional Features

- تحوي المحطات الثانوية على عدة معدات (قواطع دورة **circuit breakers**، فواصل**switches** ، مصهرات**fuses** ، مقاييس) والتي يجب ان توضع بشكل يسمح باستمرار و موثوقية الخدمة . ووفقا خصائص الانشائية، فان المحطات الثانوية تصنف الى :

- محطات المحولات داخل المباني **Indoor sub-station**

وتستخدم لفولتية حتى 11 kV، وتنصب معدات المحطة في داخل البناية لاسباب واعتبارات اقتصادية،

- محطات المحولات خارج المباني **Outdoor sub-station**

وتستخدم لفولتية حتى 66 kV ، ويتم تنصيب الاجهزة خارج المباني لمثل هذه الفولتيات حيث نحتاج الى ان تكون هناك مسافات بين الموصلات وكذلك مساحات لقواطع الدورة و الفواصل وباقي الاجهزة ، لذلك لا تكون اقتصادية في حالة وضعها داخل المباني.

- محطات المحولات تحت الارض **Underground sub-station**

وتنصب محطات المحولات تحت الارض في حالة المناطق المكتظة بالسكان والمساحة المتوفرة للأجهزة محددة وغالية .

- محطات المحولات معلقة **Pole-mounted sub-station**
- وتعتبر من محطات المحولات خارج المباني، وتنصب الاجهزة على اعمدة نوع H او على تراكيب من اربعة اعمدة . وهي ارخص اشكال المحطات الثانوية وتستخدم لفولتيات لا تتجاوز 11 kV او 33 kV في حالات معينة.

معدات في محطة التحويل الثانوية

- **المعدات المطلوبة في محطة التحويل الثانوية تعتمد على نوع محطة التحويل و متطلبات الخدمة ودرجة الحماية المطلوبة . على العموم تحوي المحطات الثانوية على المعدات التالية :-**
- قضبان التوزيع Bus-bars
- العوازل Insulators
- مفاتيح العزل Isolating switches
- قواطع الدورة Circuit breakers
- محولات القدرة Power Transformers
- محولات التيار C.T. Current Transformer
- محولات الجهد P.T. Potential Transformer
- اجهزة القياس و الاشارة Metering and Indicating Instruments
- مصاهر Fuses

هناك نوعان رئيسيان من المحطات الثانوية في العالم،

- محطات معزول بالغاز **Gas Insulated Substation (GIS)**
- محطات معزول بالهواء **Air Insulated Substation (AIS)**

محطـات معزولـ بالغاز

Gas Insulated Substation (GIS)

- تتكون المحطات المغلقة من وحدة مركبـة تشمـل وحدات الوظائف الرئيسية كقاطع الدورة ، سكينة الفصل والتاريض واجهزة التحويل وغيرها ، وتوضـع كـل الوحدات داخل غلاف معدني مملوء بغاز SF6 ،
- حيث يومن هذا الغاز العزل الكامل بين الوحدات الحية (المكهربة) والغلاف المعدني الخارجي، وكما يؤمن العزل بيـن نقاط التلامس لقاطع الدورة و السكين في حالة العزل.

- وتستخدم غاز سداسي فلوريد الكبريت **SF6** كعازل أولي فـهو غير سـامة، ويحافـظ علـى الخصائص الذرية والجزيئية حتى في الفـولتية العالية، وخصائص التبريد عالية، وخصائص تبريد

اداء خطوط النقل
Performance of Transmission Lines

- نحتاج عند دراسة خط النقل الى تحديد
- هبوط الجهد Voltage Drop
- مفاقيد الخط Power Losses
- كفاءة Efficiency

تمثل دراسة خط النقل :-

❖ فرصة لفهم تاثير ثوابت الخط ***R, L, C*** على الفولتية العمومية للقضبان **Voltage bus** وكذلك على سريان القدرة **Flow of Power**،

❖ يساعد في تطوير الفهم العام لما يحدث في منظومة القدرة الكهربائية.

❑ حيث تتاثر هبوط الجهد و مفاقيد الخط و الكفاءة بثوابت خطوط النقل *R, L, C*

❑ هبوط الجهد الحاصل في خط النقل يعتمد على القيم الثلاث لثوابت خط النقل.

❑ تسبب مقاومة الموصلات في ضياع القدرة وبالتالي تاثر على كفاءة خط النقل.

تصنيف خطوط النقل المعلقة

- تمتلك خطوط النقل ثلاث ثوابت تتوزع بشكل منتظم على طول خط النقل،
- حيث تُشكل المقاومة Resistance و المحاثة Inductance ممانعة الخط على التوالي
- في حين المتسعة Capacitance الموجودة بين الموصلات او بين الموصل و المحايد تُكون مسار التوازي Shunt Path على طول خط النقل،
- لذلك فان تاثير المتسعة يشكل صعوبات في حسابات خط النقل.
-

يتم تقسيم خطوط النقل اعتمادا على فولتية الخط وطوله وكذلك اعتمادا على طريقة التي تُاخذ المتسعة فيها بنظر الاعتبار الى ما يلي:

خطوط النقل القصيرة Short Transmission Lines

خطوط النقل المتوسطة Medium Transmission Lines

خطوط النقل الطويلة Long Transmission Lines

خطوط النقل القصيرة Short Transmission Lines

- هي الخطوط التي لا يزيد طولها عن 50 km
- وفولتية الخط اقل من 20 kV .
- وبسبب قصر الخط والفولتية القليلة فان تاثير السعة يكون قليل و يمكن اهمالها،
- عند دراسة اداء خطوط النقل القصيرة ناخذ المقاومة و المحاثة فقط بنظر الاعتبار

خطوط النقل المتوسطة Medium
Transmission Lines

- هي الخطوط التي يكون طولها بين 50 - 150 km
- وفولتية الخط بين 20 - 100 kV.
- يؤخذ تاثير المتسعة بنظر الاعتبار بسبب فولتية الخط العالية و طوله
- توضع على التوازي في نقطة واحدة او نقاط متعددة على طول الخط

خطوط النقل الطويلة Long Transmission Lines

- الخطوط التي تزيد طولها عن 150 km والفولتية عن 100 kV.
- تتوزع ثوابت الخط بشكل منتظم على طول خط النقل و تستخدم طرق حساب دقيقة وصارمة في تحليل خطوط النقل الطويلة.
- عند دراسة اداء خطوط النقل فانه من المناسب تحديد قيمة تنظيم الجهد Voltage Regulation و كفاءة النقل Transmission Efficiency

تنظيم الجهد Voltage Regulation

- ان وجود مقاومة ومحاثة على طول الخط يسبب هبوط جهد على الخط عند مرور التيار،
- وبالتالي فان فولتية الاستقبال (V_R) Receiving end voltage عند نهاية الخط تكون اقل من فولتية الارسال (V_S) Sending end voltage .
- ان هبوط الجهد على خط النقل عند جهة الاستقبال في حالتي الحمل الكامل Full Load وحالة اللاحمل No load يعبر عنه بانه النسبة المئوية لفولتية جهد الاستقبال و تسمى تنظيم الجهد Voltage Regulation

$$\text{Voltage Regulation} = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100$$

- الافضل ان تكون قيمة تنظيم الجهد قليلة ، اي ان ، زيادة التيار في الحمل لا يسبب اي فرق واضح وكبير في فولتية جهد الاستقبال.

كفاءة النقل Transmission Efficiency

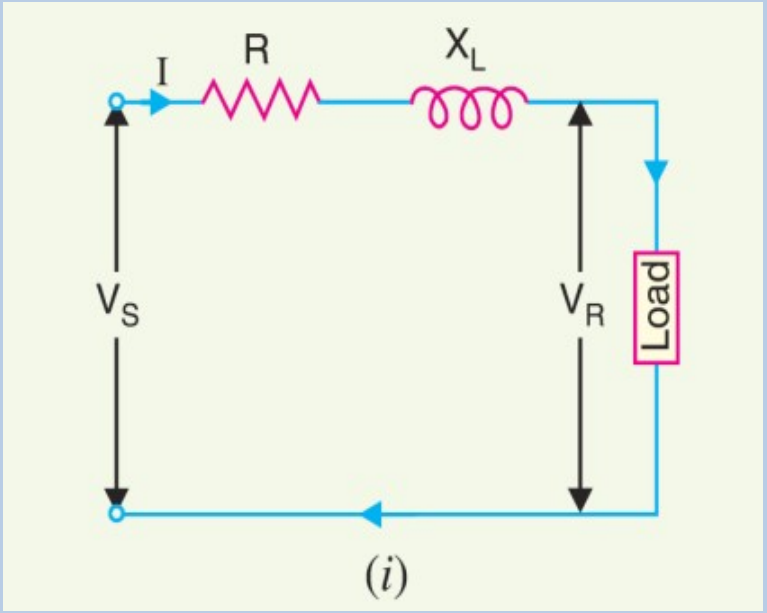
- ان القدرة المستلمة في جهد الاستقبال عند نهاية الخط اقل من القدرة المرسلة بسبب المفاقيد في مقاومة خط النقل
- ان نسبة قدرة جهة الاستقبال receiving end power الى قدرة جهة الارسال sending end power تعرف بكفاءة النقل

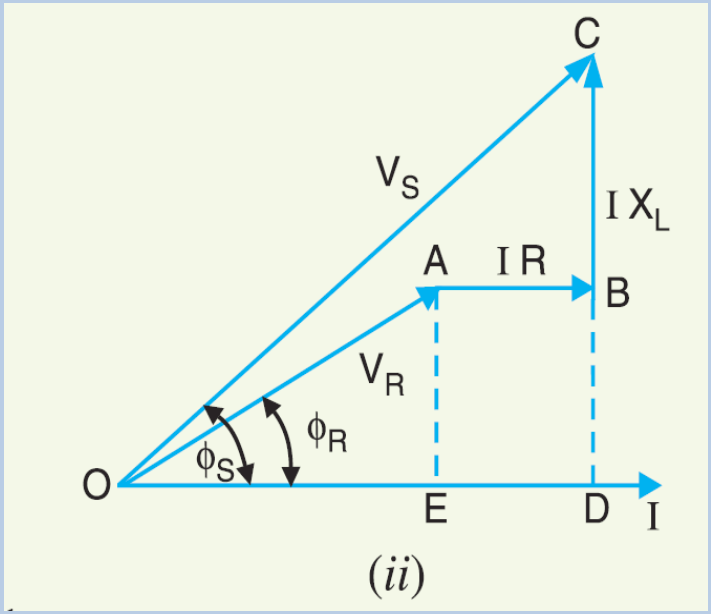
$$\text{Transmission Efficiency, } \eta = \frac{\text{Receiving end power}}{\text{Sending end power}} \times 100$$

$$= \frac{V_R I_R \cos\phi_R}{V_S I_S \cos\phi_S} = 100$$

- حيث V_R , I_R , $\cos\phi_R$ تمثل فولتية وتيار و معامل القدرة لجهة الاستقبال بينما V_S , I_S , $\cos\phi_S$ تمثل فولتية وتيار و معامل القدرة لجهة الارسال.

- يمكن تمثيل خط نقل قصـير بمقاومة و محاثة علىالتوالي تكون مجتمعة بدل من توزـيعها علىطول الخط
- ويهمل تاثيرـ المتسعة.





الشكل يوضح المخطط الطوري لخط نقل ذو معامل قدرة متاخر lagging ،
المثلث *ODC* قائم الزاوية ،فيه

$$(OC)^2 = (OD)^2 + (DC)^2$$

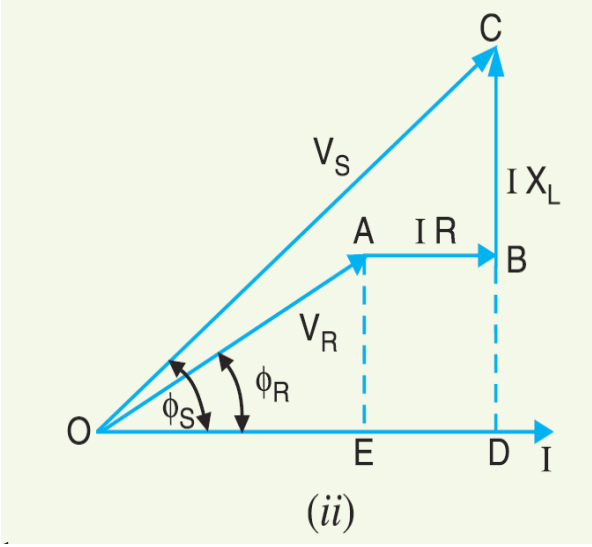
$$V_S{}^2 = (OE + ED)^2 + (DB + BC)^2$$

$$= (V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX_L)^2$$

$$V_S = \sqrt{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX_L)^2}$$

$$(i) \qquad \text{Voltage Regulation} = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100$$

(ii) Sending end $P.F.$, $\cos\phi_S = \frac{OD}{OC} = \frac{V_R \cos\phi_R + IR}{V_S}$



وايضا نجري الحسابات بالطريقة التالية

+

= +()

كفاءة الخط

(*iii*) Power Delivered $= V_R I_R \cos\phi_R$

Line Losses $= I^2 R$

Power sent out $= V_R I_R \cos\phi_R + I^2 R$

$$\text{Transmission efficiency} = \frac{\text{Power delivered}}{\text{power sent out}} \times 100$$

$$= \frac{V_R I_R \cos\phi_R}{V_R I_R \cos\phi_R + I^2 R} \times 100$$

مثال1 . خط نقل قصير احادي الطور يجهز حمل بـ1100kW بفولتية 33kV ومعامل قدرة 0.8 متاخر ، مجموع المقاومة والمفاعلة الحثية للخط 10 Ω و 15Ω على التوالي. احسب (i) فولتية جهة الارسال (ii) معامل القدرة لجهة الارسال (iii) كفاءة الخط (iv) ارسم المخطط الطوري.

$$\vec{Z} = R + jX_L = 10 + j15$$

Line current, $$\mathrm{I} = \frac{kW \times 10^3}{V_R \cos\phi_R} = \frac{1100 \times 10^3}{33000 \times 0.8} = 41.67\,A$$

$$\cos\phi_R = 0.8 \qquad \therefore \ \sin\phi_R = 0.6$$

$$\overrightarrow{V_R} = 33000 + j0$$

$$\vec{I} = I(\cos\phi_R + j\sin\phi_R)$$

$$= 41.67(0.8 + j0.6)$$

$$= 33.33 - j25$$

$$\overrightarrow{V_S} = \overrightarrow{V_R} + \vec{I}\vec{Z}$$

$$= 33000 + (33.33 - j25)(10 + j15)$$

$$= 33708.3 + j250$$

$$V_S = \sqrt{33708.3^2 + 250^2} = 33709 \quad \mathrm{V}$$

(iii) Output Delivered = 1100 kW

Line Losses = 17.364 kW

Power Sent = 1100 + 17.364 = 1117.364 kW

Transmission Efficiency $= \frac{\text{Power Delivered}}{\text{Power Sent}} \times 100 = \frac{1100}{1117.364} \times 100 = 98.44\%$

(ii) $\alpha = \tan^{-1}\frac{250}{33709} = 0.42°$

زاوية معامل القدرة لجهه الارسال

$$\phi_s = \phi_R + \alpha = 36.87° + 0.42° = 37.29°$$

$$\cos\phi_s = \cos 37.29° = 0.7956 \quad \text{lagging}$$

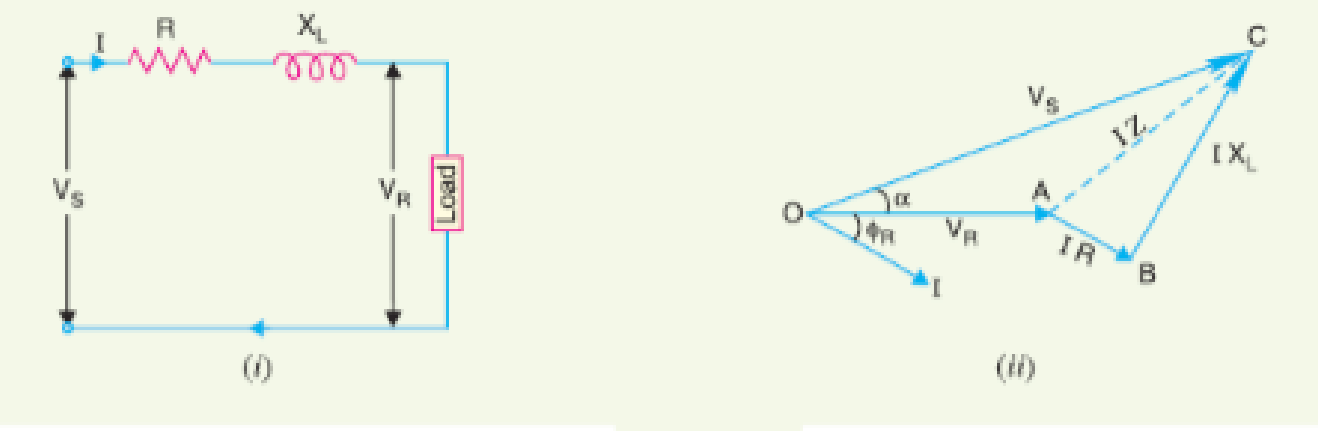
(iii) Line Losses $= I^2R = (41.67)^2 \times 10 = 17.364$ kW — مفاقيد الخط

Output Delivered = 1100 kW — القدرة المجهزة

Power Sent = 1100 + 17.364 = 1117.364 kW — القدرة المرسلة

كفاءة النقل

$$\text{Transmission Efficiency} = \frac{\text{Power Delivered}}{\text{Power Sent}} \times 100 = \frac{1100}{1117.364} \times 100 = 98.44\%$$



العوازل
Insulators

- العوازل **Insulators**

الوظـــيفة الرئيســـية للعوازلـــ

- هي ـ عزل ـ الموصلات ـــ عن ـ بعضـــها البعض ـــ وعن ـ المســـاند
- والوظـــيفة الاخرى ـــ للعوازل ـــ هي ـ حمل ـ الموصلات ـــ ـ

ولتحقيق هذه الوظيفة يجب ان تمتلك العوازل المواصفات التالية

- شد ميكانيكي عالي يمكنه تحمل وزن الموصل و الظروف الجوية من رياح وثلوج والخ.
- تمتلك مادة العازل مقاومة كهربائية عالية لمنع من تسرب التيار للارض.
- يكون عامل السماحية للعازل عالي جدا لتوفير عزل كهربائي عالي.
- يجب ان تكون العوازل خالية من المسامات ، الشقوق و الشوائب والتي تقلل من عامل السماحية.

انواع العوازل **Types of Insulators**

ان ـ نجـاح عمل ـ خط ـ النقل ـ يعتمـد بشـكل كـبير على ـ الاخـتيار المناسـب للعوازل ـ. فهناك ـ عـدة انواع ـ من ـ العوازل ـ اهـمها

1. عوازل ـ المسـمار pin type insulators ،ـ
2. عوازل ـ التعليق ـ suspension type insulators
3. عوازل ـ الاجـهاد strain type insulators .

- يتكون عازل المسمار من قطعة واحدة او اكثر من الخزف او الزجاج المقسى
- وتسمى كل قطعة بالمظلة او السقف shed
- ويوجد اخدود في اعلى العازل لوضع الموصل فيه كما موضح بالشكل
- يستعمل عازل المس النقل و التوزيع القدرة الكهربائية
- اما لفولتيات اعلى مار يصبح كبيرا وغير اقتصادي.

عوازل التعليق
Suspension Type Insulators

- تستخدم عوازل التعليق لفولتيات اعلى من 33 kV
- حيث تتكون من مجموعة من العوازل مربوطة على التوالي من خلال رابط معدني لتشكل سلسلة، يعلق الموصل في اسفل السلسلة بينما تربط السلسلة من الاعلى بذراع الى البرج
- كل وحدة من العازل في السلسلة تُصمم ليتحمل جهد 11 kV .
- تكون عوازل التعليق ارخص من عوازل المسمار لفولتيات اعلى من 33 kV .
- في حالة عطب احد العوازل فانه يمكن تبديل ذلك العازل المعطوبه فقط دون الحاجة الى تبديل كامل السلسلة .
- تعطي سلسلة التعليق مرونة اكثر للخط حيث ترتبط السلسة في الذراع الرابط مما يتيح حرية للتارجح swing في اي اتجاة وتحتفظ بالموقع الذي يوفر اقل اجهاد ميكانيكي .
- في حالة زيادة الطلب demand على خط النقل، فانه يكون من الضروري رفع فولتية الخط ، وبالتالي يحتاج الخط الى عزل اضافي ليغطي الزيادة بالفولتية ، حيث يمكن اضافة وحدات عزل اخرى للسلسلة .

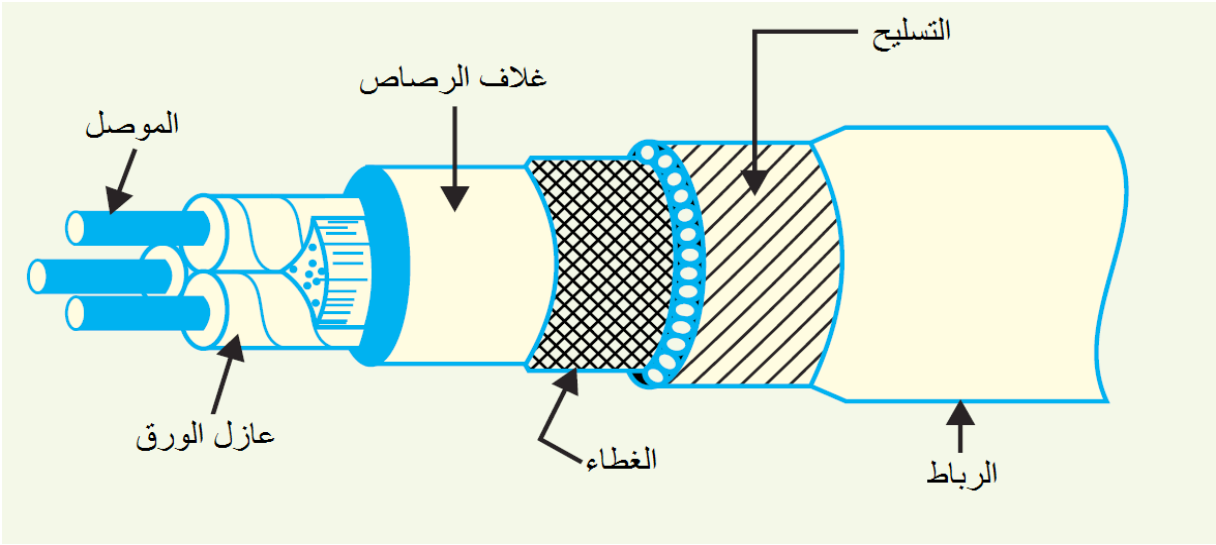
القابلوات الارضية
Underground Cables

يتكون القابلو اساسا من موصل او اكثر مغطى بعازل والكل محاط بغلاف حماية،

فولتية التشغيل ومتطلبات العمل تعتبرهي العامل الاساسي في اختيار نوع القابلو، والذي يجب ان تتوفر فيه الشروط التالية:

- الموصلات المستخدمة يجب ان تطلى بالقصديراو الالمنيوم للحصول على توصيلية عالية ، وتكون مجدولة لتصبح اكثر مرونة.
- يجب ان يكون حجم الموصل ملائم لتحمل سريان التيار المطلوب بدون ارتفاع بدرجة حرارة القابلو او هبوط جهد.
- القابلو يجب ان يكون لديه عازل بسمك مناسب لاعطاء درجة عالية من الامان .
- القابلو يجب ان يجهز بحماية مكانيكية مناسبة ليقاوم الظروف الخارجية.
- المواد المستخدمة في صنع عوازل القابلوات يجب ان تكون دائما ثابته كيميائيا و فيزيائيا.

تركيب القابلو Construction of Cables



- الموصلات او القلب **Core or Conductors** . القابلو قد يحوي موصل او اكثر اعتمادا على نوع العمل الذي يؤديه. الموصلات تصنع من النحاس او الالمنيوم المكرر وتوضع بشكل اسلاك مجدولة للحصول على المرونة المناسبة.

- العازل **Insulation** كل موصل او لب يجهز بعازل مناسب يعتمد على الفولتية التي يعمل بها القابلو، وعادةً يستخدم للعازل مواد مثل الورق المشرب بالزيت Oil impregnated paper و قماش قطين ملمع varnished cambric و مركب المطاط المعدني rubber mineral compound

تركيب القابلو Construction of Cables

- الغلاف المعدني **Metallic sheath** لحماية القابلو من الرطوبة و الغازات وكذلك حمايته من اي سائل في الارض او الفضاء المحيط بالقابلو. يصنع الغلاف المعدني من الرصاص او الالمنيوم ويحيط بالموصلات كما موضح بالشكل.
- الغطاء **Bedding** وتضع فوق الغلاف المعدني طبقة غطاء من مادة ليفية مثل الجوت jute او hessian. الغرض من الغطاء هو حماية الغلاف المعدني ضد التآكل ومن الاصابة الميكانيكية بسبب التسليح armouring.
- التسليح **Armouring** يجهز القابلو بتسليح فوق الغطاء يتكون من طبقة او اثنين من الستيل المغلون galvanized steel ، والغرض منه هو حماية الكابل من الاصابة الميكانيكية. وليس بالضرورة جميع القابلوات تحوي على تسليح.
- الرباط **Serving** تستخدم طبقة من مادة ليفية مثل الجوت فوق طبقة التسليح لحمايته من الظروف الجوية.

تصنيف القابلوات **Classification of Cables**

- قابلوات الجهد الواطئ Low Tension Cables وتستعمل حتى فولتية 1000V
- قابلوات الجهد العالي High Tension Cables وتستعمل حتى فولتية 11000V
- قابلوات الجهد الاعلى Super Tension Cables وتستعمل لفوتية 22 kV – 33 kV
- قابلوات الجهد الاعظم Extra-high Tension Cables وتستعمل لفوتية 33kV–66 kV
- قابلوات الجهد الفائق Extra-super Tension Cables وتستعمل لفوتية اعلى من 132 kV

القابلوات خط ثلاثي الطور
Cables for Three Phase Lines

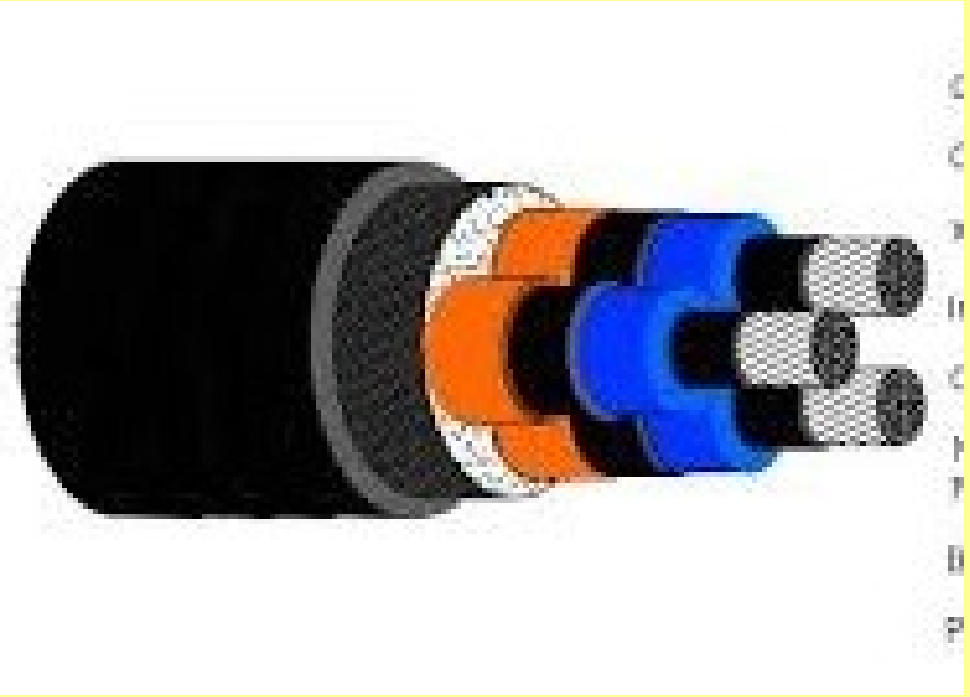
- لخط نقل ثلاثي الطور يستعمل اما ثلاث قابلوات احاديه 3-single-core cables او قابلو ثلاثي اللب three-core cable اعتمادا على فولتية التشغيل والحمل المطلوب. تستخدم قابلو ثلاثي اللب حتى فولتية 66kV اما لفواتية اعلى من 66 kV فقابلو ثلاثي اللب يصبح كبير جدا و غير متوفر لذلك يستخدم ثلاث قابلوات احادي الطور.
- اهم انواع القابلوات المستعملة لخط ثلاثي الطور هي :
- قابلو المطوق Belted Cable حتى فولتية 11 kV
- قابلو المحجوب Screened Cable تستعمل لفوتية 22 – 66kV
- قابلو المضغوط Pressure Cable لفولتية اعلى من 66 kV

قابلو المطوق Belted Cable

- يستخدم القابلو المطوق ضمن فولتيات حتى 11 kV لكن في حالات استثنائية قد يتوسع استخدامه حتى 22 kV .
- الموصلات معزولة عن بعضها بطبقات من الورق المشبع بالزيت
- وتكون الموصلات مجدولة
- . يغلف القابلو بغلاف رصاص لحماية القابلو من الرطوبة والصدمات الميكانيكية. ويحاط الغلاف الرصاص بطبقة او اكثر من التسليح.

قابلو المحجوب Screened Cable

- قابلو المحجوب اعد لغرض الاستخدام عند فولتية حتى 33 kV ، لكن في حالات عملية يمكن استخدامه لفولتية تشغيل حتى 66 kV . هناك نوعين من القابلو المحجوب هي قابلو نوع H-type cable H و قابلو نوع S.L. type cable S.L.



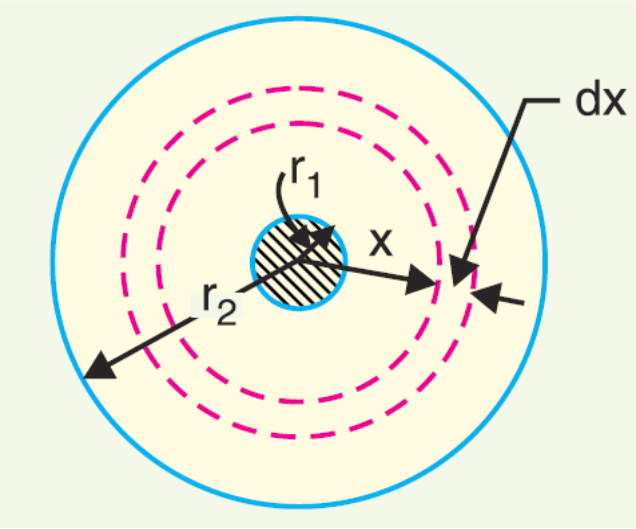
قابلو المضغوط Pressure Cable

- لفوفتيات اعلى من 66 kV يكون استخدام القابلوات المحجوبة غير مرغوب فيها بسبب خطر الانهيار نتيجة ظهور الفراغات في القابلو. لذلك يستخدم القابلو المضغوط بدل منه. هناك نوعين من القابلو المضغوط يستخدم عادة هما قابلو مملؤ بالزيت oil-filled cable حيث يكون الموصل مجوفا و مملؤ بالزيت تحت ضغط معين ونوع اخر هو قابلو مملؤ بالغاز gas pressure cable حيث يستخدم الغازات الخاملة مثل النتروجين المضغوط او غاز كبريتات الهيكسافلورايد SF6

مقاومة العازل في قابلو احادي اللب

- مقاومة العازل في القابلو هي المقاومة التي يبديها العازل لتيار التسرب leakage current حيث يحيط بالموصل مادة عازلة بسمك مناسب وذات مقاومة عالية لمنع تيار التسرب بالمرور

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{r_2}{r_1}$$



مثال : قابلو احادي اللب ، قطر الموصل 1 *cm* وسمك العازل 0.4 *cm* ، والمقاومة النوعية للعازل $5\times10^{14}\ \Omega\text{-cm}$. احسب مقاومة العازل اذا كان طول القابلو 2 *km*

$$r_1 = 1/2 = 0.5 \text{ cm}$$

$$l = 2 \text{ km} = 2000 \text{ m}$$

$$\rho = 5\times10^{14}\ \Omega\text{-cm} = 5\times10^{12}\ \Omega\text{-m}$$

$$r_2 = 0.5 + 0.4 = 0.9 \text{ cm}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{r_2}{r_1} = \frac{5\times10^{12}}{2\pi\times2000}\ln\frac{0.9}{0.5}$$

$$= 0.234\times10^{9}\ \Omega = 234\ \text{M}\Omega$$

مثال: مقاومة العازل لقابلو احادي اللب هي 495 MΩ ، قطر الموصل 2.5 *cm* ، والمقاومة النوعية للعازل $4.5\times10^{14}\ \Omega\text{-cm}$ احسب سمك العازل.

$$r_1 = 2.5/2 = 1.25 \text{ cm}$$

$$l = 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$\rho = 4.5\times10^{14}\ \Omega\text{-cm} = 4.5\times10^{12}\ \Omega\text{-m}$$

$$R = 495\ \text{M}\Omega = 495\times10^{6}\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{r_2}{r_1}$$

$$\ln\frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi lR}{\rho} = \frac{2\pi\times1000\times495\times10^{6}}{4.5\times10^{12}}$$

$$\ln\frac{r_2}{r_1} = 0.69 \rightarrow r_2/r_1 = 2$$

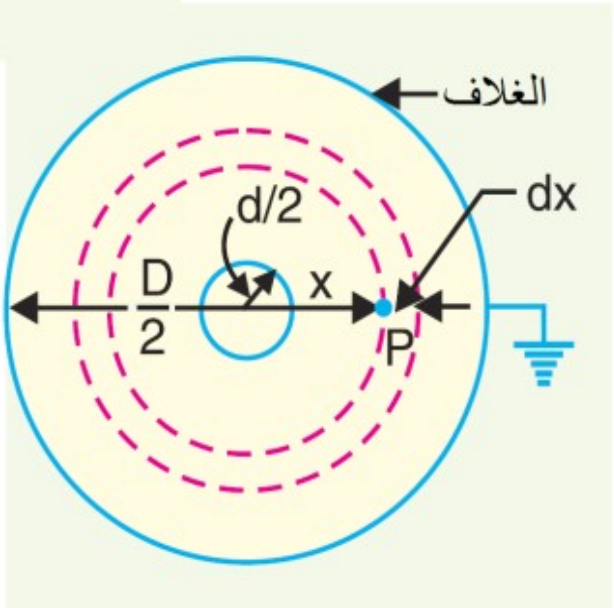
$$r_2 = 2\times r_1 = 2\times1.25 = 2.5 \text{ cm}$$

$$\textit{Insulation thickness} = r_2 - r_1 = 2.5 - 1.25 = 1.25 \text{ cm}$$

متسعة قابلو احادي اللب
Capacitance of Single Core Cable

- يمكن تشبية القابلو احادي اللب باسطوانتين محوريتين two co-axial cylinders ،
- الموصل او اللب للقابلو يمثل الاسطوانة الداخلية بينما غلاف الرصاص يمثل الاسطوانة الخارجية.

$$C = \frac{\varepsilon_r \ l}{41.4 \times \log \frac{D}{d}} \times 10^{-9} \quad \text{F}$$



$$C = \frac{\varepsilon_r \ l}{41.4 \times \log \frac{D}{d}} \times 10^{-9} \quad \text{F}$$

- من خلال المعادلة اعلاه نجد
- 1- ان قيمة المتسعة تزداد مع زيادة طول القابلو.
- 2- مع زيادة متسعة القابلو تزداد قيمة تيار الشحن المار خلال القابلو.

مثال . قابلو احادي اللب، قطر الموصل 1 cm والقطر الداخلي للغلاف 1.8cm. السماحية النسبية للعازل 4، احسب متسعة القابلو لكيلو متر واحد.

- الحل
- طول القابلو يساوي 1000 m

$$C = \frac{\varepsilon_r \ l}{41.4 \times \log \frac{D}{d}} \times 10^{-9} \quad \text{F}$$

$$C = \frac{4 \times 1000}{41.4 \times \log \frac{1.8}{1}} \times 10^{-9} = 0.378 \times 10^{-6} \ \text{F} = 0.378 \ \mu\text{F}$$

مثال . احسب متسعة وتيار الشحن لقابلو احادي اللب يستعمل في خط نقل ثلاثي الطور ، 66 kV بتردد 50Hz. طول القابلو 1 km قطر الموصل 10 cm، سمك العازل 7 cm ، السماحية النسبية للعازل الورق المشبع بالزيت 4

$$l = 1000 \quad \text{m}, \quad d = 10 \quad \text{cm}, \quad D = 10 + 2 \times 7 = \quad 24 \quad \text{cm}$$

$$C = \frac{\varepsilon_r \; l}{41.4 \times \log \frac{D}{d}} \times 10^{-9} \qquad \text{F}$$

$$C = \frac{4 \times 1000}{41.4 \times \log \frac{24}{10}} \times 10^{-9} = 0.254 \times 10^{-6} \quad \text{F} = 0.254 \quad \mu\text{F}$$

- الفولتية بين الموصل و الغلاف

$$V_{ph} = \frac{66 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 38.1 \qquad \text{kV}$$

- تيار الشحن

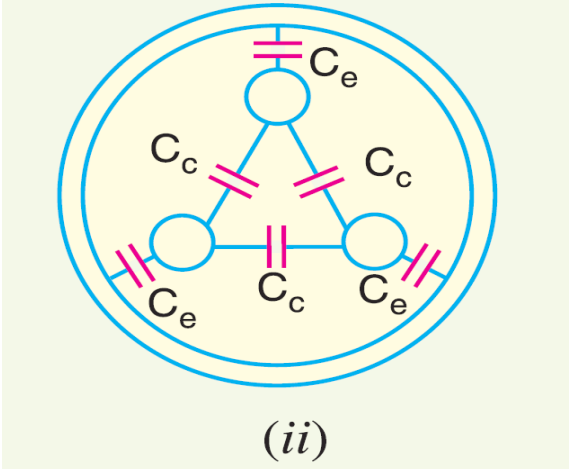
$$I_{ch} = \frac{V_{ph}}{X_C} = 2 \; \pi f \; C \; V_{ph}$$

$$= 2 \pi \times 50 \times 0.254 \times 10^{-6} \times 38.1 \times 10^3 = 3.04 \qquad \text{A}$$

متسعة قابلو ثلاثي اللب
Capacitance of 3-Core Cables

- المتسعة في خط نقل باستخدام القابلوات تكون اكثر اهمية منه في خط نقل معلق بسبب
- i) قرب الموصلات من بعضها البعض وكذلك قربها من الغلاف المؤرض في القابلو
- ii) ان الموصلات معزلة بعازل ذو سماحية اكبر من سماحية الهواء

انواع المتسعات في قابلو ثلاثي اللب



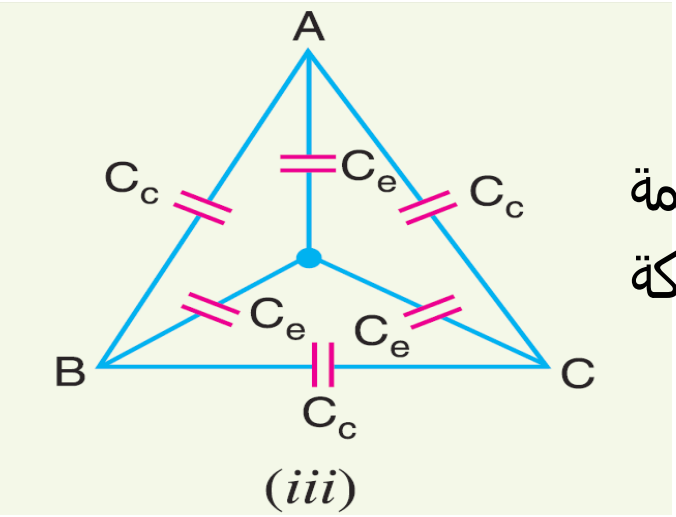
(ii)

- متسعات لب- لب core-core capacitances C_c

هوز متسعات موصل ارضي conductor-earth capacitances C_e فكما في الشكل 1 (ii).

- تكون متسعات لب- لب الثلاثة C_c مربوطة بشكل دلتا delta connected

ب موصل ارضي C_e الثلاثة مربوطة بشكل نجمة star connected والغلاف يشكل نقطة النجمة المشتركة كما موضح بالشكل 1(iii)

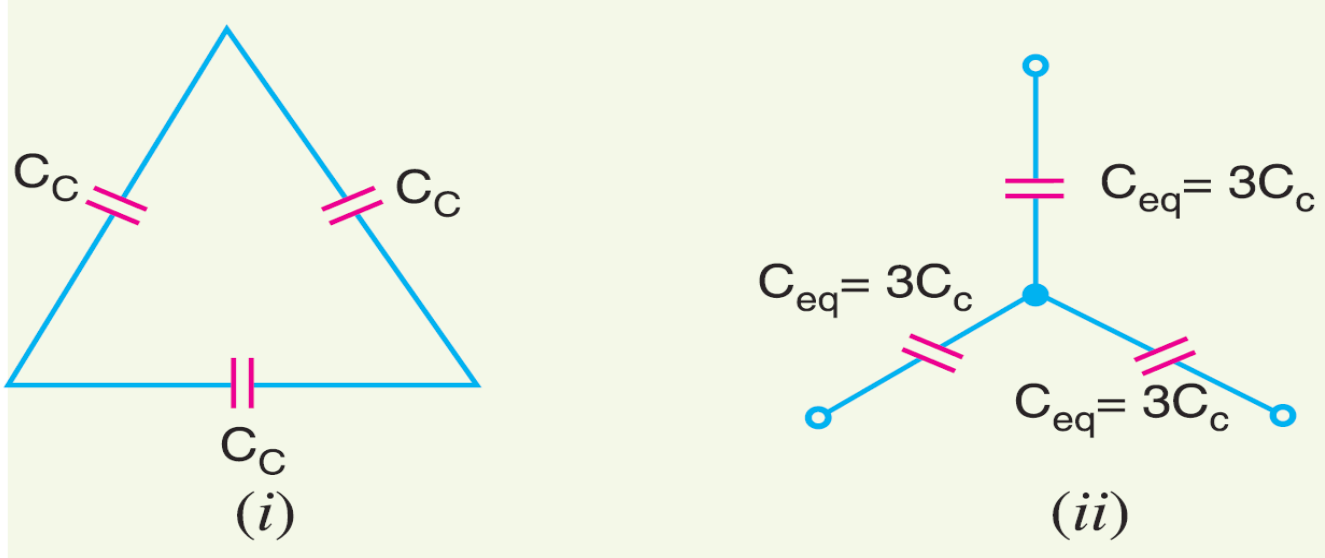


(iii)

باستخدام تحويل دلتا ـ نجمة ، يمكن تحويل المتسعات الثلاثة المربوطة دلتا C_C الى مكافئها متسعات مربوطة بشكل نجمة كما في الشكل .

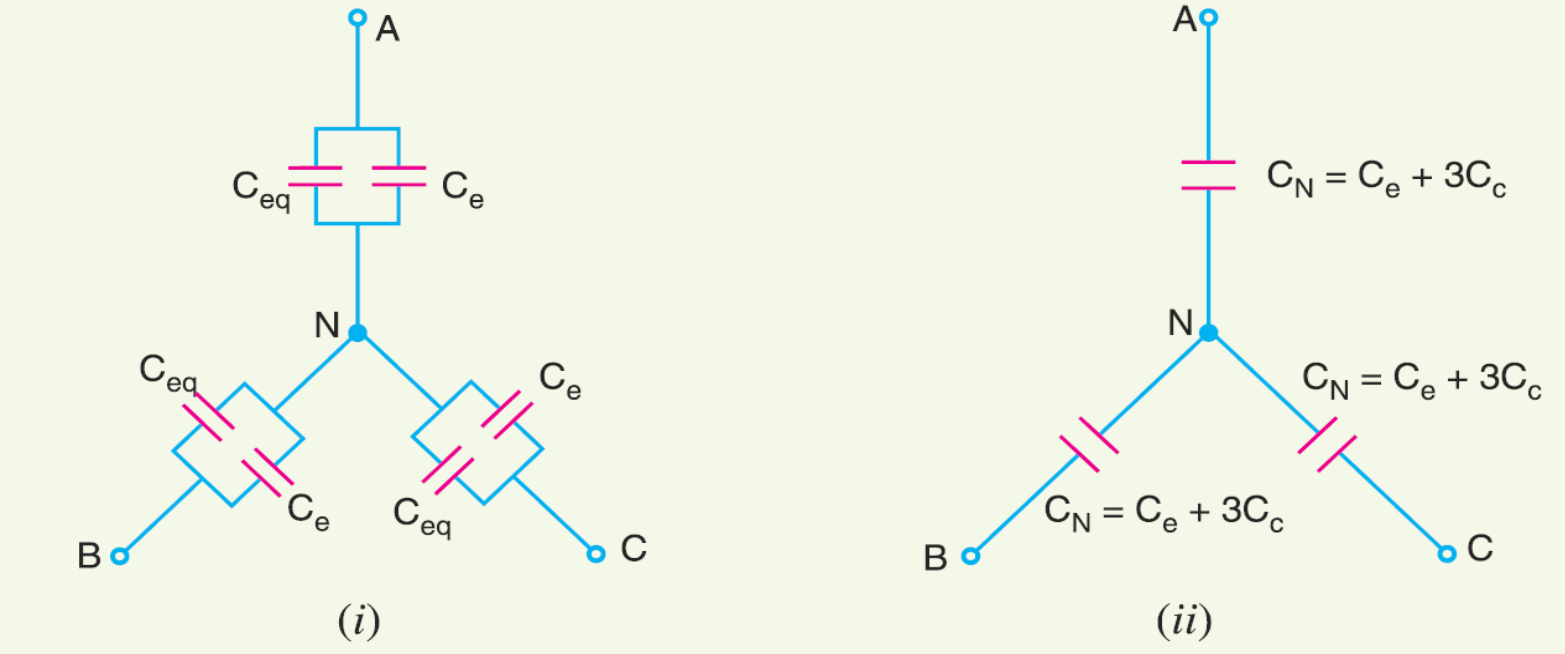
وحيث ان المتسعات C_C متساوية ، فان قيمة المتسعة المكافئة تساوي

$$C_{eq} = 3\ C_C$$



الشكل 2 (i) يوضح الدائرة المكافئة لمجموعة المتسعات في الشكل 1(iii) .

وعليه تكون الدائرة المكافئة لمتسعات القابلو مكونة من ثلاث متسعات مربوطة بشكل نجمي كما موضح بالشكل 2(ii)



قياس المتسعات C_c و C_e
Measurement of C_e and C_c

- يتم ربط الموصلات الثلاثة الى بعضها (مشترك) ،
- ويتم قياس المتسعة بين الموصلات المربوطة و الغلاف.
- وبهذا فان المتسعات C_c الثلاثة تحذف وتبقى المتسعات C_e الثلاثة على التوازي $C_1 = 3C_e$
- وعليه، اذا كانت C_1 هي قيمة المتسعة المقاسة ، اي $C_e = \frac{C_1}{3}$

الطريقة الثانية

- ربط موصلين مع الغلاف ثم قياس المتسعة بين موصلين مع الغلاف وبين الموصل الثالث.
- نتيجة القياس $2C_C + C_e$. اذا كانت C_2 هي قيمة المتسعة المقاسة، فان:

$$C_2 = 2C_C + C_e$$

- بما ان قيمة المتسعة C_e تم معرفتها من الطريقة الاولى، فان قيمة C_C يمكن تحديدها.

- قياس المتسعة بين الموصلين مع عزل الموصل الثالث او ربطه بالغلاف ،
- هذا يؤدي الى حذف احدى متسعات C_e . فاذا كانت C_3 المتسعة المقاسة بين الموصلين فان

$$C_3 = C_C + \frac{C_C}{2} + \frac{C_e}{2}$$

$$= \frac{1}{2}(C_e + 3C_C) \qquad , \qquad C_N = C_e + 3C_C$$

$$= \frac{1}{2}C_N$$

موزعات التيار المستمر
D. C. Distribution

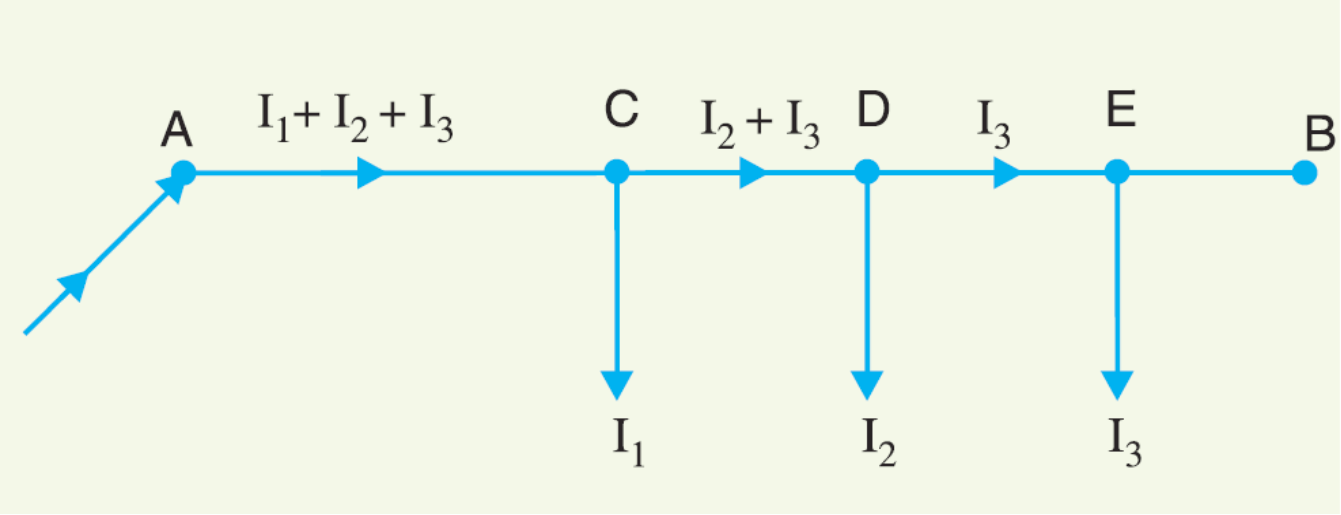
D.C. Types of D.C. Distributors انواع موزعات الـ

تمثـل طريقـة تغذيـة المغذيات feeders الاسـلوب الاكثر استخداما لتصنيف موزعات الـd.c. ، وعلى هذا الاساس تصنف الموزعات الى :

1. موزع يُغذى من طرف واحد Distributor fed at one end
2. موزع يُغذى من طرفين Distributor fed at both ends
3. موزع يُغذى من المركز Distributor fed at the centre
4. موزع الحلقي Ring distributor

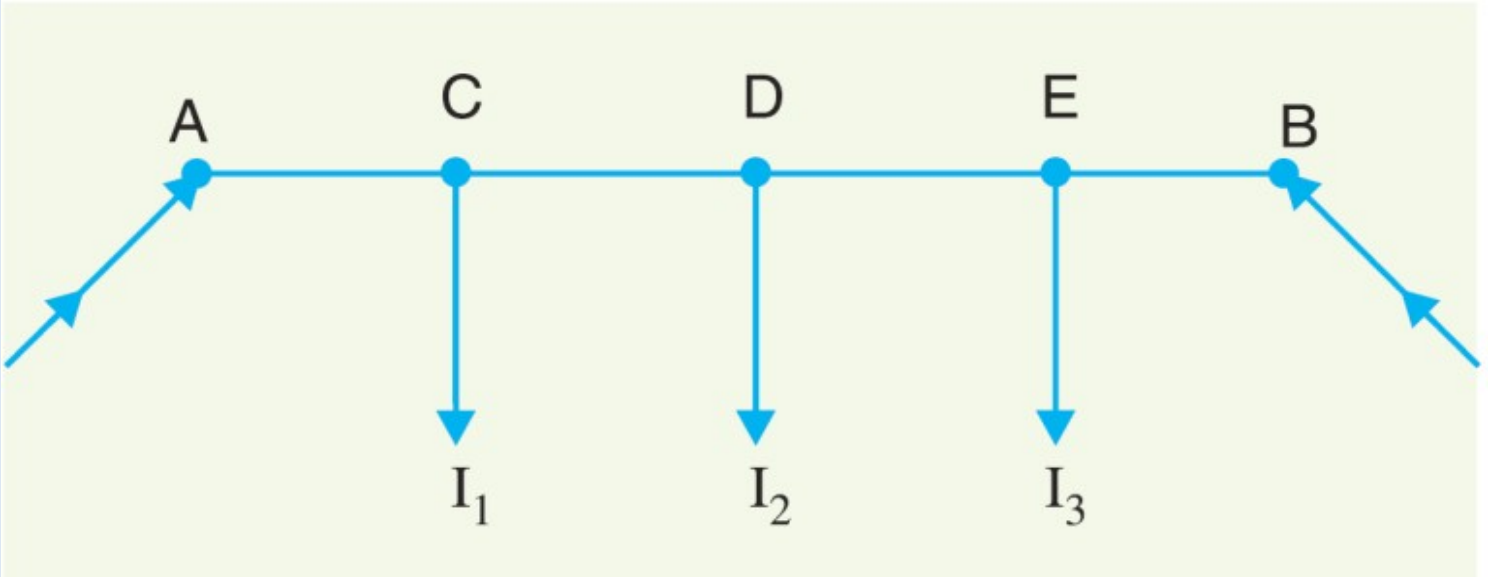
مـوزع يُغذى ـــ من ـ طـرف واحد ـــ
Distributor fed at one end

- يربط الموزع الى مصدر التغذية من طرف واحد
- والاحمال loads تاخذ من نقاط مختلفة على طول الموزع.
- ويسمى ايضا موزع احادي التغذية single fed distributor



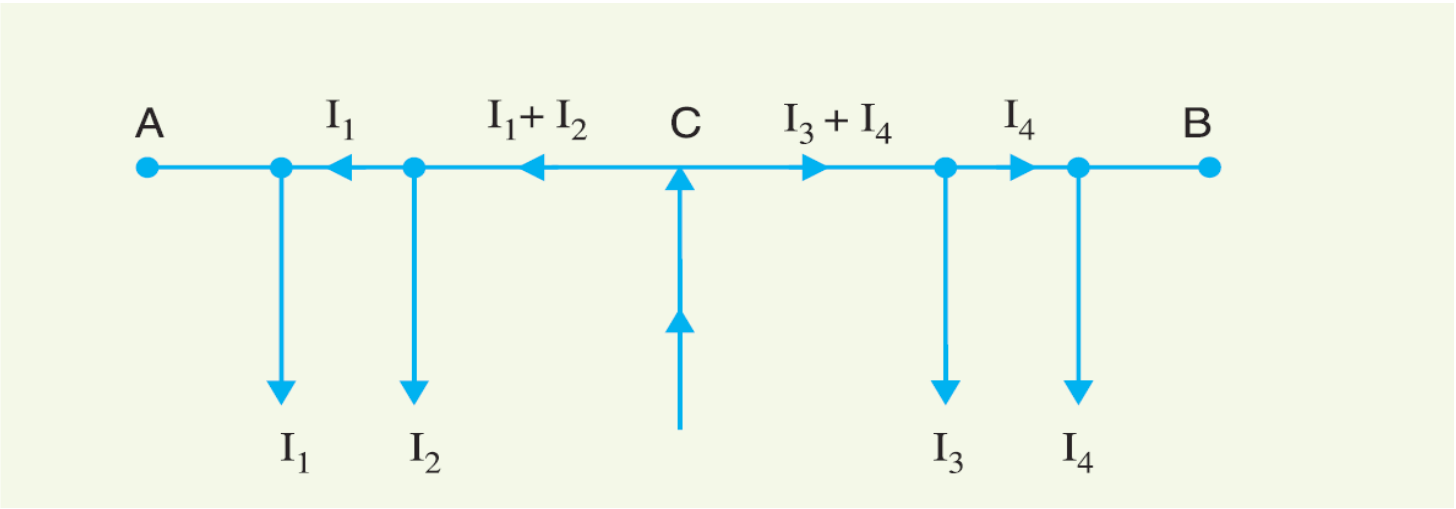
- موزع يُغذى من طرفين
- **Distributor fed at both ends**

- الموزع يربط الى مصدر التغذية من كلا طرفيه
- والاحمال توصل الى الموزع في مختلف النقاط على طول الموزع،
- الفولتية عند طرفي الموزع قد تكون متساوية او غير متساوية،



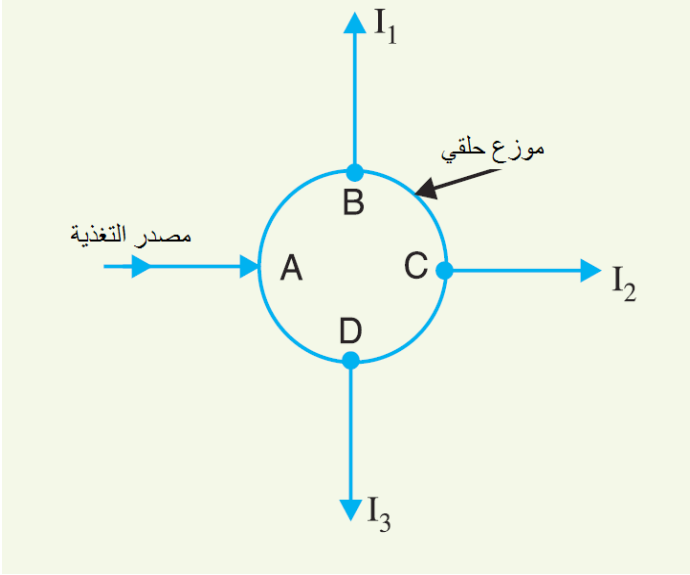
موزع يُغذى من المركز
Distributor fed at the centre

- مركز الموزع يربط الى المصدر الرئيسي كما في الشكل.
- وهو مكافئ الى موزعين احادي التغذية يشتركان بمغذي واحد



موزع الحلقي
Ring distributor

- الموزع على شكل حلقة مغلقة كما في الشكل ،
- وهو مكافئ لموزع يُغذي من طرفين بفولتية متساوية وقد جمع الطرفان ليشكلا حلقة مغلقة،
- موزع الحلقي قد يُغذي من نقطة واحدة او اكثر.



مثال **2.** AB موزع سلكين d.c ، طوله 300 m ، يُغذى بالنقطة A . مختلف الاحمال ومواقعهم موضحة ادناه

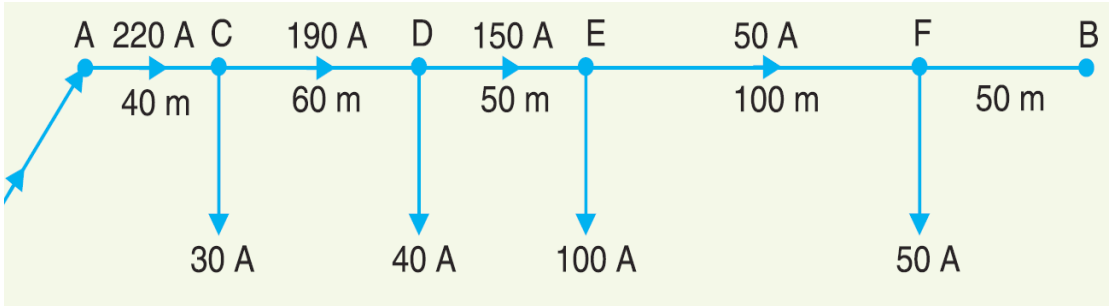
النقطة	المسافة من النقطة A	الاحمال (A)
C	40	30
D	100	40
E	150	100
F	250	50

اذا كان اعلى هبوط مسموح به لا يتجاوز 10 V اوجد مساحة المقطع للموزع .

$$\rho = 1.78\times10^{-8}\ \Omega m$$

الشكل مخطط خط احادي لموزع والاحمال مرتبطة بالموزع. نفرض r مقاومة الخط لكل 100 m ، لذلك المقاومة لكل مقطع هي :

$$R_{AC} = 0.4r\ \Omega\ ;\ R_{CD} = 0.6r\ \Omega;\ R_{DE} = 0.5r\ \Omega\ ;\ R_{EF} = r\ \Omega$$



$$I_{AC} = 220\ \text{A}\ ;\ I_{CD} = 190\ \text{A};\ I_{DE} = 150\ \text{A}\ ;\ I_{EF} = 50\ \text{A}$$

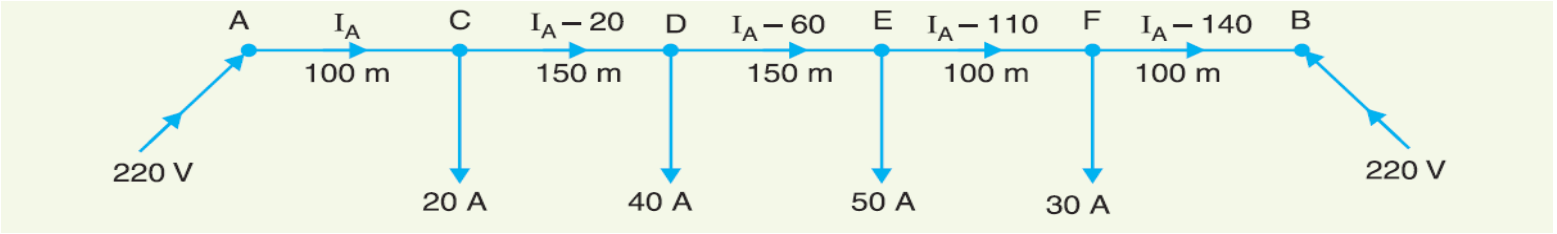
$$= I_{AC}R_{AC} + I_{CD}R_{CD} + I_{DE}R_{DE} + I_{EF}R_{EF}$$
$$= 220 \times 0.4r + 190 \times 0.6r + 150 \times 0.5r + 50 \times r$$
$$= 327r$$

$$10 = 327r$$

$$r = \frac{10}{327} = 0.03058 \ \Omega$$

$$X_area = \frac{\rho l}{r/2} = \frac{1.78 \times 10^{-8} \times 100}{\frac{0.03058}{2}} = 1164 \times 10^{-6} \ \text{m}^2 = 1.164 \ \text{cm}^2$$

موزع سلكين d.c ، طوله 600 m يُغذى من طرفيه بفولتية 220 V ، الاحمال 20 A , 30 A , 40 A , 50A مرتبطة على مسافة 500m من النقطة A , 100m , 250m , 400m . مساحة المقطع للموزع 1 cm^2 . اوجد اقل فولتية . $\rho = 1.7 \times 10^{-6}\ \Omega cm$



$$= 2 \times \frac{1.7 \times 10^{-6} \times 100}{1} = 3.4 \times 10^{-4}\ \Omega$$

$$R_{AC} = (3.4 \times 10^{-4}) \times 100 = 0.034\ \Omega$$

$$R_{CD} = (3.4 \times 10^{-4}) \times 150 = 0.051\ \Omega$$

$$R_{DE} = (3.4 \times 10^{-4}) \times 150 = 0.051\ \Omega$$

$$R_{EF} = (3.4 \times 10^{-4}) \times 100 = 0.034\ \Omega$$

$$R_{FB} = (3.4 \times 10^{-4}) \times 100 = 0.034\ \Omega$$

$$V_B = V_A - \text{drop over length } AB$$

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

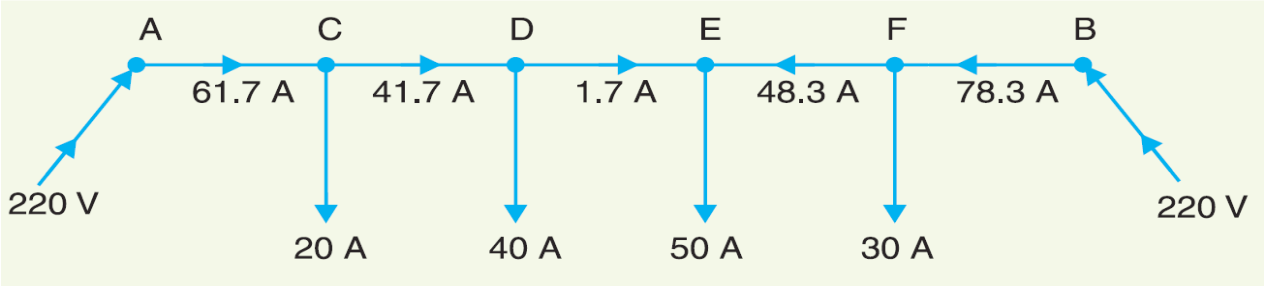
$$220 = 220 - [0.034 I_A + 0.051(I_A - 20) + 0.051(I_A - 60) + 0.034(I_A - 110) + 0.034(I_A - 140)]$$

$$= 220 - [0.204 I_A - 12.58]$$

$$0.204 I_A = 12.58$$

$$I_A = \frac{12.58}{0.204} = 61.7 \text{ A}$$

- يوضح الشكل التوزيع الحقيقي للتيارات في مختلف المقاطع من الموزع ، من الواضح ان التيارات القادمة تكون من كلا الطرفين، وعليه تكون النقطة E للحمل هي نقطة اقل جهد E



$$V_E = V_A - [I_{AC} R_{AC} + I_{CD} R_{CD} + I_{DE} R_{DE}]$$

$$= 220 - [61.7 \times 0.034 + 41.7 \times 0.051 + 1.7 \times 0.051]$$

$$= 220 - 4.31 = 215.69 \text{ V}$$

امثلة عن الموزع الحلقي

مثال **22.** موزع حلقي d.c ، طوله 300 m يُغذى بفولتية240 V عند النقطة A ، في النقطة B التي تبعد بـ 150m من A حمل يسحب 120 A وفي النقطة C التي تبعد 100m من النقطة A بالاتجاه الاخر، حمل يسحب 80 A. مقاومة الموزع لكل 100m ولموصل واحد 0.03 Ω . اوجد (i) التيارات لكل مقطع بالموزع (ii) فولتية عند النقطة B و C .

$$R_{BC} = 0.06 \times \frac{50}{100} = 0.03\ \Omega$$

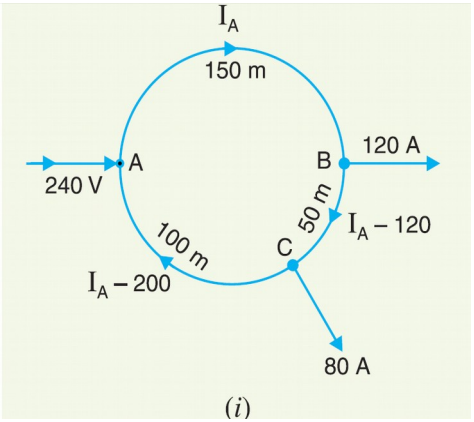
$$R_{CA} = 0.06 \times \frac{100}{100} = 0.06\ \Omega$$

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

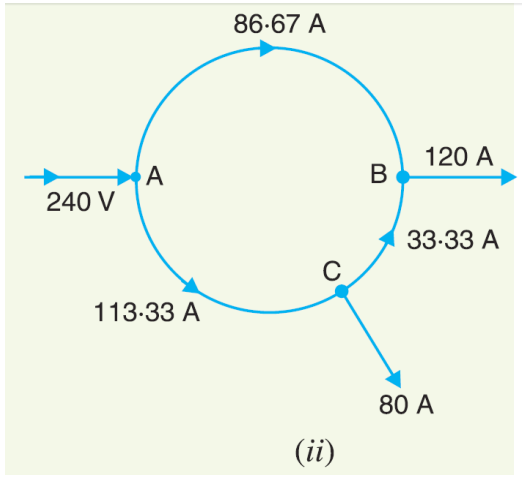
$$0.09\,I_A + 0.03\,(I_A - 120) + 0.06\,(I_A - 200) = 0$$

$$0.18 I_A = 15.6$$

$$I_A = \frac{15.6}{0.18} = 86.67\ \text{A}$$



(*i*)



(*ii*)

$$I_{AB} = I_A = 86.67 \text{ A} \quad \textit{from } A \textit{ to } B$$

$$I_{BC} = I_A - 120 = 86.67 - 120 = -33.33 \text{ A}$$

$$= 33.33 \text{ A} \quad \textit{from } C \textit{ to } B$$

$$I_{CA} = I_A - 200 = 86.67 - 200 = -113.33 \text{ A} \quad \textit{from } C \textit{ to } A$$

$$= 113.33 \text{ A} \quad \textit{from } A \textit{ to } C$$

$$V_B = V_A - I_{AB} R_{AB}$$

$$= 240 - 86.67 \times 0.09 = 232.2 \text{ V}$$

$$V_C = V_B - I_{BC} R_{BC}$$

$$= 232.2 - 33.33 \times 0.03 = 233.2 \text{ V}$$

ŧ óõj ̨ΔϑΘ έΔϘΔ/ıFηϰ ̃ϑ) *ABCDEA* ЬϑΘϑ) d.c. cϘΔ ωί ŧų **23** ŕ**Ψ**ų

cΎ20 A ; BΔτ Ϙϑ□cΎ10 A: c ϑ)ΨϷŕΎΔΜ▯ σ ̨ AΔτ Ϙϑ□Ïϑ 220 VΔΘϑŸ

(ïρΎΘϕ□ΎΘϕϷΔυσΘų . EΔτ Ϙϑ□cΎ10A σ ; DΔτ Ϙϑ□¢Ύ30 A ; CΔτ Ϙϑ□

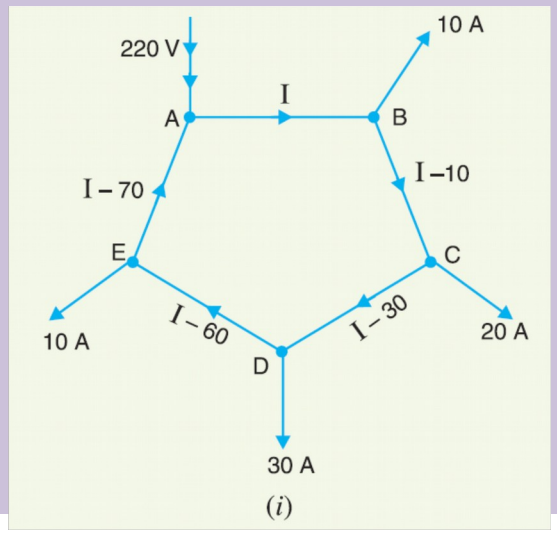
:c ϑ)ΨϷ)ΩΎ□σΩΎΨŸ

$$AB = 0.1\ \Omega;\ BC = 0.05\ \Omega;\ CD = 0.01\ \Omega;$$
$$DE = 0.025\ \Omega;\ EA = 0.075\ \Omega$$

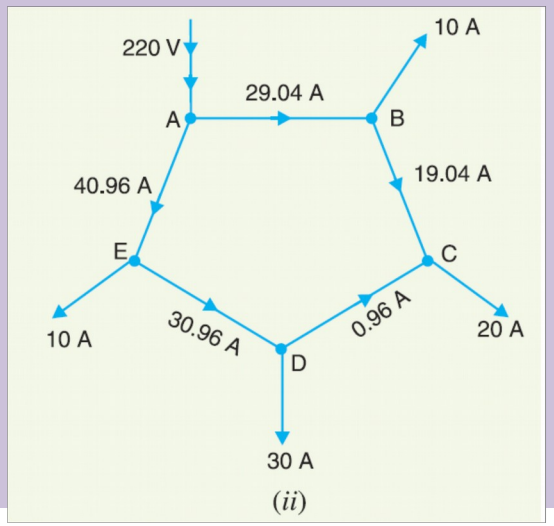
ωί ŧϷϕτ ΘϑΎς¢Ύ€ΘΘ□ (*ii*)ΔΘϑ□ŧΎΨϰ ̨Δτ Θ (*i*): ΩΣ

ΎΘϕΘų Ύ€▯ έΎΘ

ϱσΘϑj *ABCDEA* Δ



(*i*)



(*ii*)

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

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

$$0.26I=7.55$$

$$I=\frac{7.55}{0.26}=29.04A$$

$I = 29.04$ A *from A to B*

$I = I-10 = 29.04-10 = 19.04$ A *from B to C*

$I = I-30 = 29.04-30 = -0.96$ A $= 0.96$ A *from D to C*

$I = I-60 = 29.04-60 = -30.96$ A $= 30.96$ A *from E to D*

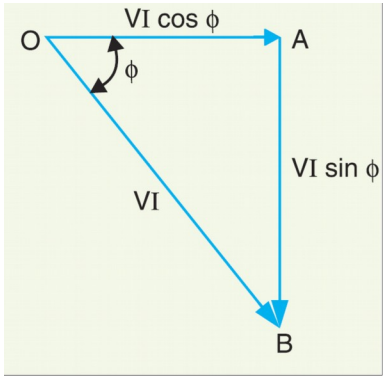
$I = I-70 = 29.04-70 = -40.96$ A $= 40.96$ A *from A to E*

تحسين معامل القدرة
Power Factor Improvement

معامل القدرة **Power Factor**

- يعرف معامل القدرة بجيب تمام الزاوية بين الفولتية والتيار في دوائر التيار المتناوب a.c. circuit.
- حيث يوجد عادة فرق طور phase difference φ بين الفولتية والتيار في دوائر التيار المتناوب ، ويسمى مصطلح cos φ بمعامل القدرة للدائرة.
- اذا كانت الدائرة حثية ، فان التيار يتاخر عن الفولتية ويسمى معامل قدرة متاخر lagging power factor ،
- اما اذا كانت الدائرة سعوية فان التيار يتقدم عن الفولتية ويسمى معامل قدرة متقدم leading power factor .

مثلث القدرة
Power Triangle

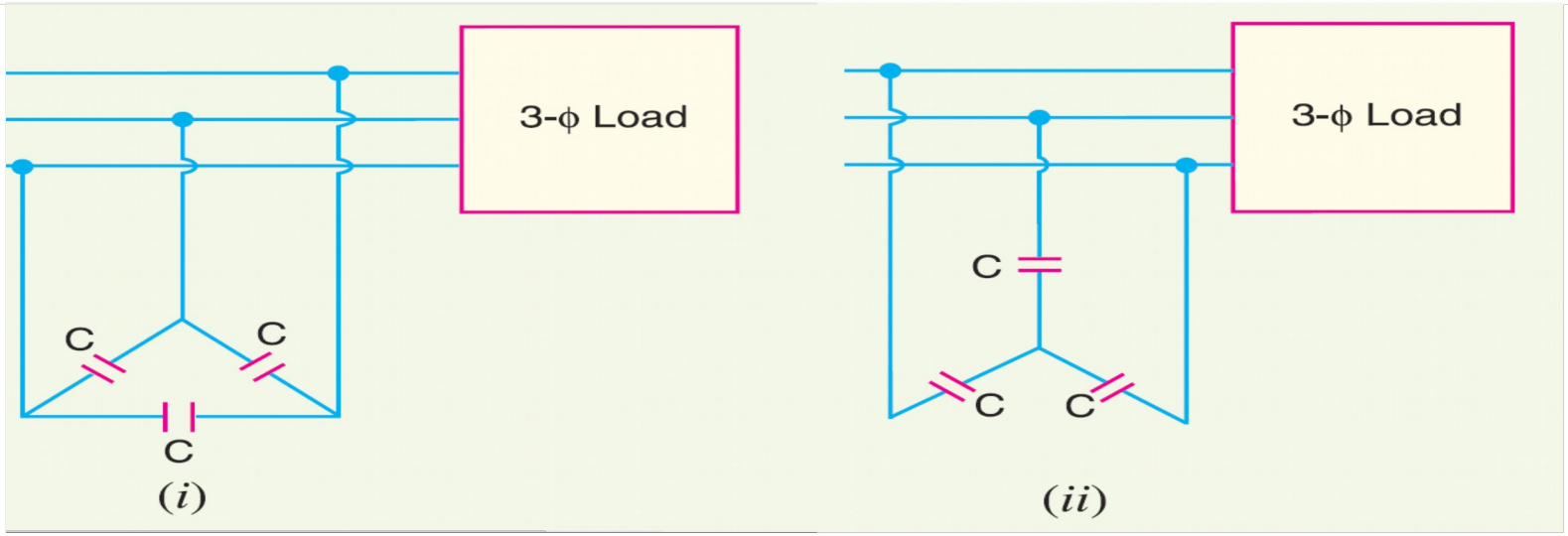


مساوئ معامل القدرة المنخفض
Disadvantages of Low Power Factor

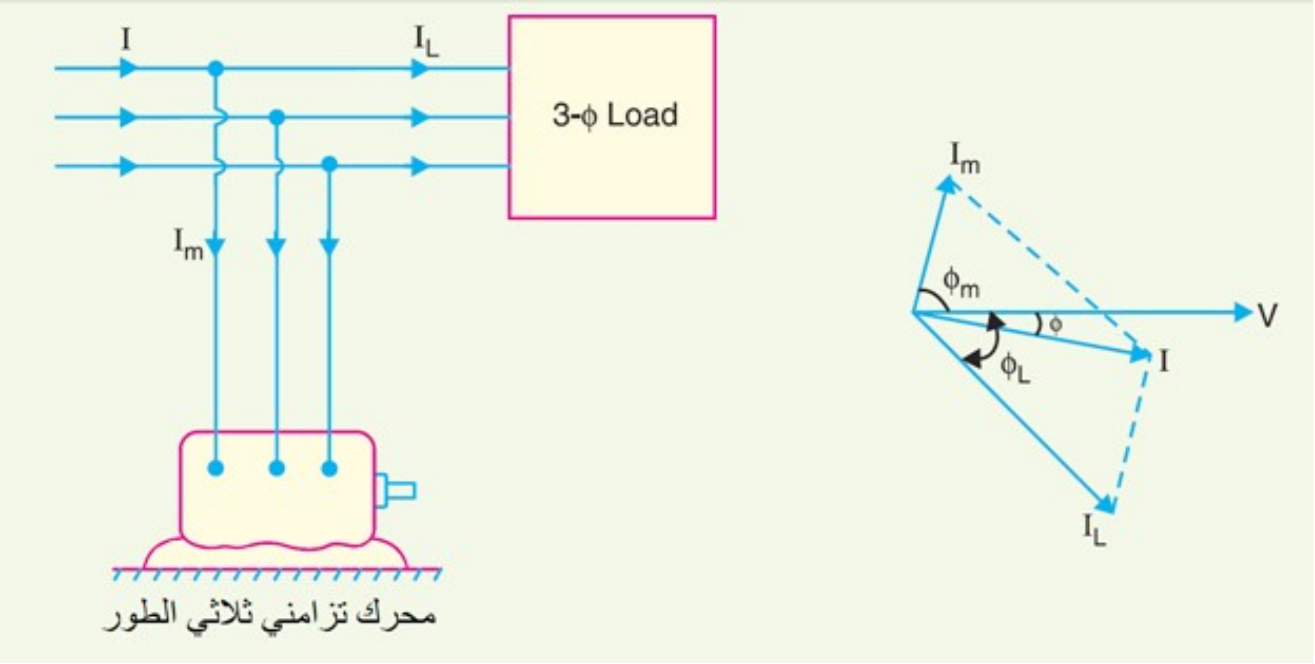
- ارتفاع نسبة kVA للمكائن **Large kVA rating of equipment**
- حجم الموصل اكبر **Greater conductor size**
- خسائر نحاس كبيرة **Large copper losses**
- تنظيم جهد رديء **Poor voltage regulation**
- **Reduced handling capacity of system**

Power Factor آلات تحسين معامل القدرة Improvement Equipment

- **Static capacitor** متسعة الاستاتيكية



مكثف تزامني Synchronous condenser



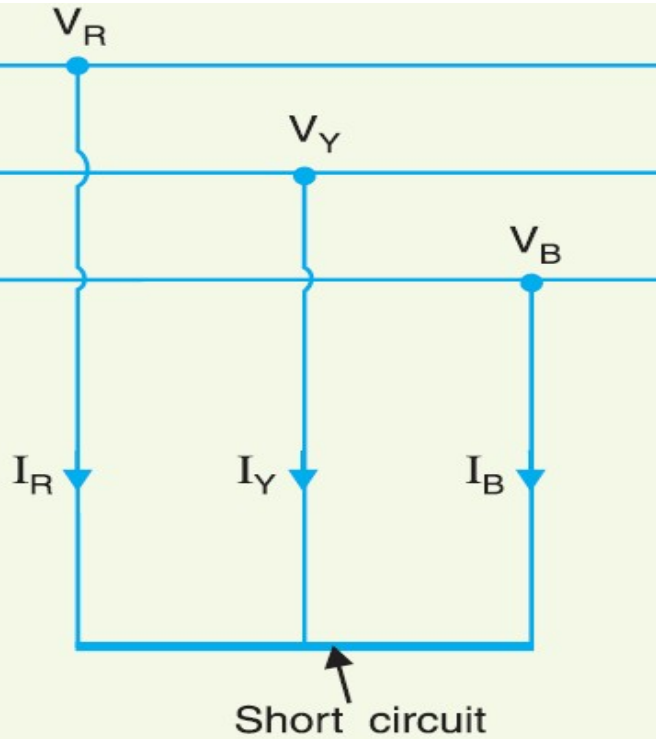
اجهزة مقدمة الطور phase advancer devices

- تستعمل مقدمات الطور لتحسين معامل القدرة لمحرك الحثي induction motor .
- حيث يكون معامل قدرة محرك الحثي قليل بسبب ملفات الجزء الثابت stator winding التي تسحب تيار اثارة يكون متاخر عن فولتية المصدر بزاوية 90° .
- اذا امكن توفير اثارة امبيرلفة exciting ampere turns من مصدر a.c. اخر ، فان تيار الاثارة للجزء الثابت سوف يقل وبالتالي معامل القدرة للمحك تتحسن.
- هذه المهمة يمكن انجازها باستخدام مقدم الطور phase advancer الذي هو عبارة عن a.c. exciter بسيط
-

حسابات العطل المتماثل
Symmetrical Fault Calculations

- اغلب الاعطال في منظومة القدرة تؤدي الى حالة دائرة القصر short-circuit condition .
- وعند حصول مثل هذه الحالة ، فان تيار كبير يسمى تيار دائرة القصر short circuit current
- يسري في المنظومة يسبب تلف كبير للمنظومة و يوقف تجهيز القدرة للمستهلكين.

الاعطـال المتماثلة ـــ في ـ منظومة ـــ ثلاثي ـ الطـور
Symmetrical Faults on 3-Phase System

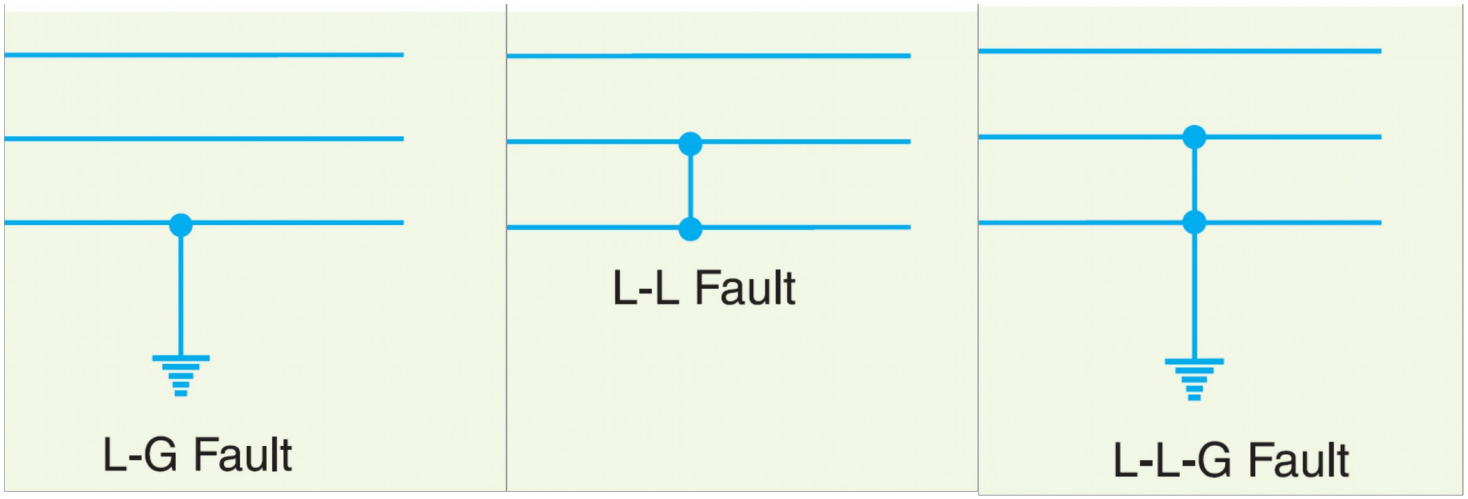


- الاعطال المتماثلة symmetrical faults هـي تلـك الاعطال التي تحدث نتيجـة حصـول دائرة قصـر بين الاطوار الثلاثة
- وتؤدي الـى سـحب تيار عطـل متماثل (تيارات عطل متساوية وبزاوية 120° بيـن الاطوار) كمـا موضـح بالشكل ، تيارات العطـل متسـاوية وزاوية طور 120 ° بينهم .

حسابات العطل غير المتماثل
Unsymmetrical Fault Calculations

هناك ثلاث انواع لاعطال غير المتماثلة

- عطل خط احادي الى ارضي Single line to ground fault (*L - G*)
- عطل خط الى خط Line to line fault (*L – L*)
- عطل خطين الى ارضي Doubl line to ground fault (*L – L –G*)


L-G Fault
L-L Fault
L-L-G Fault

مكونات المحطات الثانوية

العوازل
Insulators

للعوازل وظيفتين رئيسيتين في منظومة القدرة

- حمل الموصلات الكهربائية او قضبان التوزيع
- وكذلك عزل وحصر التيار الكهربائي في الموصلات.

وتصنع اغلب العوازل عادة من البورسلين porcelain . هناك عدة انواع من العوازل ، مثل عوازل المسمار pin type و عوازل التعليق suspension type و عوازل post insulator . ويكون اختيار نوع العازل اعتمادا على متطلبات الخدمة ، فمثلا يستخدم عازل نوع post insulator مع قضبان التوزيع في المحطات الثانوية

مفاتيح العزل
Isolating switches

- تستخدم مفاتيح العزل (سكينة الفصل knife switch) لفصل وعزل جزء من منظومة القدرة الكهربائي لاغراض الصيانة او التصليح ، حيث تصمم مفاتيح العزل لفتح الدائرة في حالة اللاحمل no load ، اي انها تعمل فقط عندما تكون الخطوط غير محملة بالتيار.

قاطع الدورة
Circuit breaker

- قاطع الدورة هو الجهاز الذي يعمل على فتح وغلق الدائرة في حالة الظروف الطبيعية والعطل.
- وهي مصممة لتعمل بشكل يدوي manually او مسيطر عليها على بعد remote control وكذلك تعمل بشكل ذاتي automatically في حالة العطل.

قاطع الدورة
Circuit breaker

- طريقة العامة للتصنيف قواطع الدورة تعتمد على اساس الوسط المستخدم لاطفاء القوس الكهربائي **arc** الناتج من عملية فصل و توصيل قاطع الدورة.
- حيث يستخدم الهواء air ، الزيت oil ، سادس فلوريد الكبريت sulphur hexafluoride SF_6 او الفراغ Vacuum كوسط في اطفاء القوس الكهربائي.
- وتقسم قواطع الدورة الى :ـ
- قواطع دورة زيتية Oil circuit breakers
- قواطع دورة للدفع الهوائي Air-blast circuit breakers
- قواطع دورة سادس فلوريد الكبريت Sulphur hexafluoride circuit breakers
- قواطع دورة مفرغة Vacuum circuit breakers

- تستخدم قواطع الدورة الزيتية فولتية حتى 66 kV ، اما قواطع الدورة الاخرى فتستخدم لفولتيات اعلى من 66 kV .

محولات القدرة
Power transformers

- تستخدم محولات القدرة في المحطات الثانوية لرفع الفولتية step-up او خفض الفولتية step-down ،
- حيث تستخدم محولات الرفع في المحطات الثانوية القريبة من محطات التوليد لرفع الفولتية المنتجة الى (132kV او 220 kV او اكثر) ،
- وتستخدم المحطات الثانوية القريبة من الحمل محولات الخفض لتقليل الفولتية بما يناسب واستخدام المستهلك.
- تستخدم محولات المغمورة بالزيتoil transformer immersed لقدرة حتى 10 MVA ، اما لقدرات اعلى فيستخدم محولات تبريد بالدفع الهوائي air blast cooled

محولات التيار
C.T. Current Transformer

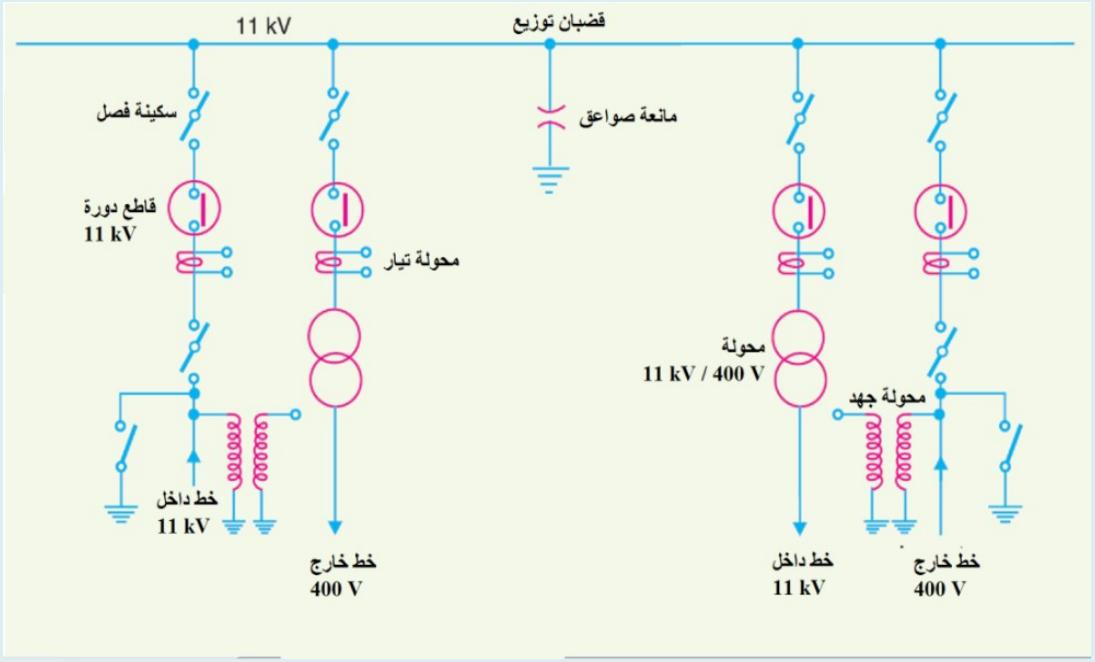
- تعتبر محولة التيار محولة رافعة step-up transformer حيث تقوم بخفض قيمة التيار بنسبة معلومة.
- يتكون الملف الاولي لمحولة التيار من لفة واحدة او اكثر ذو سلك سميك ومرتبط على التوالي مع الموصل ،
- اما الملف الثانوي فيتكون من عدد كبير من اللفات ذو سلك رفيع وترتبط مع اجهزة القياس و المرحلات relays لتجهزها بنسبة ثابتة من تيار الخط.
- فمثلا نفرض قيمة محولة التيار 100/5 A مرتبطة بالخط ، اذا كان تيار الخط 100 A فان التيار في الملف الثانوي لمحول التيار سيكون 5 A ، وبالمثل اذا كان تيار الخط 50 A فان تيار الثانوي سيكون 2.5 A ، وعليه فان محول التيار في هذا الفرض يخفض التيار بنسبة 20.

محولات الجهد
P.T. Potential Transformer

- تعتبر محولة الجهد محولة خافضة step-down transformer حيث تقوم بخفض قيمة الفولتية بنسبة معلومة.
- يتكون الملف الاولي لمحولة الجهد من عدد كبير من اللفات ذو سلك رفيع ومرتبط الى الموصل ،
- اما الملف الثانوي فيتكون من لفات قليلة وترتبط مع اجهزة القياس و المرحلات لتجهزها بنسبة ثابتة من الفولتية .
- فمثلا نفرض قيمة محولة الجهد66 kV/110 V مرتبطة بالخط لقياس الجهد، اذا كان فولتية الخط 66 kV فان الفولتية في الملف الثانوي لمحول الجهد سيكون 110 V.

قـــضبان التوزيع Bus-bar

- منظومة قضبان توزيع احادي Single bus-bar system
- يحوي على قضبان توزيع واحد وجميع المغذيات الداخلة والخارجة مرتبطة به .



- ميزات
- قليل الكلفة ،
- قليلة الصيانة ،
- سهلة التشغيل.

- مساؤى،
- انقطاع التيار الكهربائي في حالة صيانة القضبان او حصول عطل على القضبان

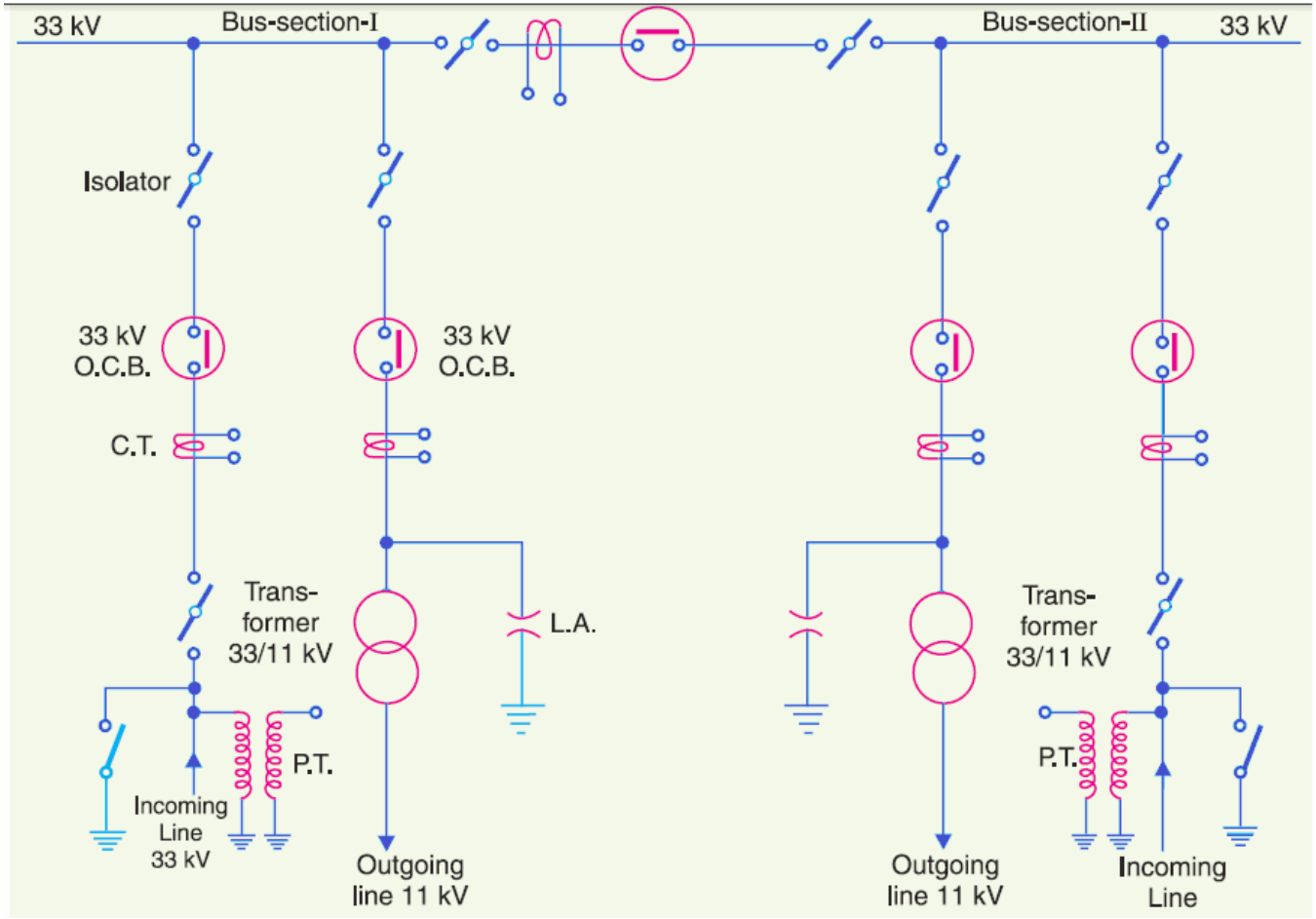
- يستخدم هذا النوع من المنظومات لفولتية اقل من 33 kV ، وعادة يستخدم في المحطة الثانوية الداخلية لـ 11 kV .

13,200 VOLTS
F.A.S.S. FDR. 13-4

منظومة قضبان توزيع احادي مع مقسم
Single bus-bar system with sectionalisation

- القضبان الاحادي يُقسم الى مقطعين وتوزع الاحمال على جميع المقاطع بالتساوي.
- في كل مقطعين للقضبان ترتبط بقاطع دورة وفواصل.
- **الميزات**
- اذا حصل عطل في اي مقطع من القضبان ، فانه يمكن عزل ذلك المقطع بدون ان يؤثر على التجهيز من المقطع الاخر.
- وكذلك في حالة اعمال الصيانة والتصليح ، يتم فصل مقطع المطلوب دون الحاجة الى انقطاع التجهيز. تُستخدم هذه المنظومة لفولتية حتى 33 kV .

منظومة قضبان توزيع احادي مع مقسم
Single bus-bar system with sectionalisation

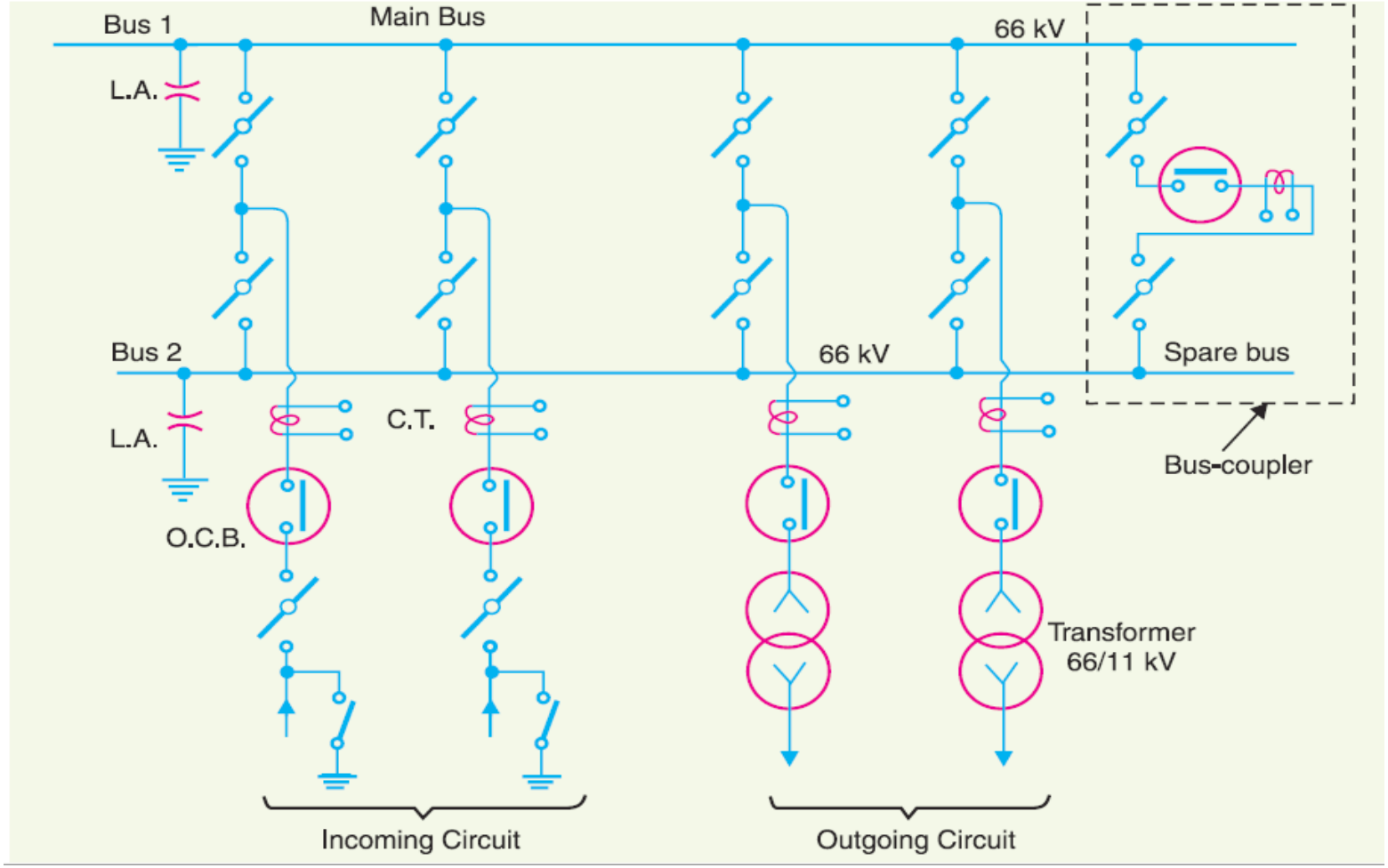


منظومة ثنائي القضبان
Duplicate bus-bar system

- تحوي منظومة ثنائي القضبان على اثنين من القضبان، قضبان رئيسي main bus-bar وقضبان احتياط spare bus-bar .
- كل قضبان يتمكن من تغذية الحمل الكامل للمحطة الثانوية.
- الخطوط الداخلة والخارجة يمكن ربطها الى القضبان الرئيسي وكذلك القضبان الاحتياط من خلال قضبان الاقترانbus-bar coupler الذي يحوي على قاطع دورة و فواصل.
- عادة يتم ربط الخطوط الداخلة والخارجة الى القضبان الرئيسي.

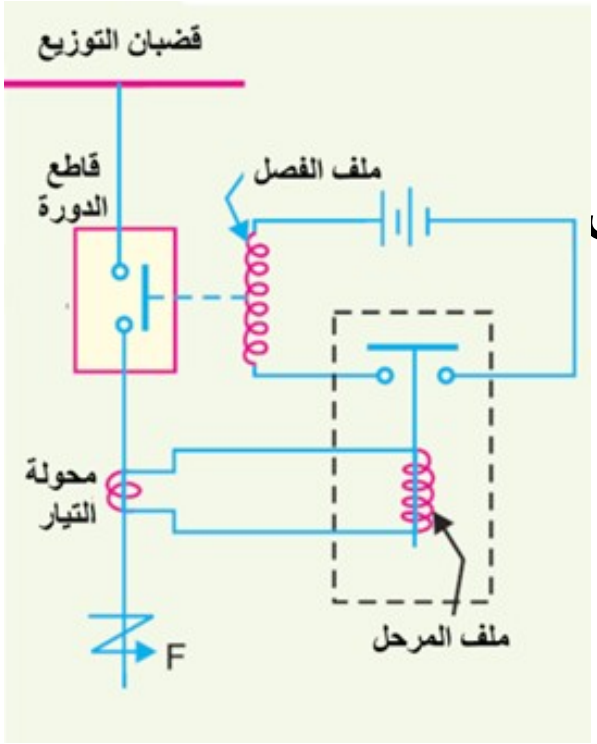
- **الميزات**
- في حالة اعمال الصيانة او حدوث عطل في القضبان الرئيسي ، فانه يتم الاستمرار بتجهيز القدرة من خلال التحويل الى القضبان الاحتياط
- تستخدم منظومة ثنائي القضبان لفولتية اعلى من 33 kV .

منظومة ثنائي القضبان
Duplicate bus-bar system



مرحلات الحماية
Protective Relays

- مرحل الحماية هو جهاز الذي يكشف العطل و يبدأ بتشغيل قاطع الدورة لفصل الجزء المتضرر عن باقي المنظومة .
- فالمرحل يكتشف الحالة غير الطبيعية في الشبكة الكهربائية بقياس الكميات الكهربائية (الفولتية ، التيار ، التردد ، زاوية الطور) التي تكون لها قيم في الحالة الطبيعية تختلف عن قيمها في حالة العطل .
- فاذا حصل تغير مفاجئ في قيمة او اكثر من الكميات الكهربائية ، فان المرحل يتحسس لذلك ويُغلق دائرة الفصل trip circuit لتشغيل قاطع الدورة ويفصل الجزء العاطل من المنظومة .



- الجزء الاول هو الملف الابتدائي لمحولة التيار (C.T.) الذي يرتبط على التوالي مع الخط للحماية.
- الجزء الثاني يتكون من الملف الثانوي لمحولة التيار و ملف التشغيل للمرحل relay operating coil .
- الجزء الثالث هو دائرة الفصل trip circuit والتي اما ان تكون a.c. او d.c. . وتحوي دائرة الفصل على مصدر قدرة و ملف الفصل trip coil و توصيلات المرحل relay contacts .

المتطلبات الرئيسية للحماية

الوظيفة الرئيسية لمرحلات الحماية هو العزل السريع و الفوري من الخدمة لاي جزء في منظومة القدرة عندما يبدا ذلك الجزء بالعمل بشكل غير طبيعي، لذلك يجب ان تتميز مرحلات الحماية بالخصائص التالية

- الاختيارية selectivily .
- السرعة speed .
- الحساسية sensitivity .
- الموثوقية reliability
- البساطة simplicity
- اقتصادية economy

المرحلات الرئيسية
Basic Relays

- معظم المرحلات المستخدمة في منظومة القدرة تعمل استنادا على التيار و \ او الفولتية المجهزة من محولة التيار و محولة الفولتية المربوطة في منظومة القدرة كجزء من منظومة الحماية.
- من خلال التغير النسبي في احدى الكميتين او كلاهما ،والتي تشير الى وجود عطل، يمكن تحديد نوع والمكان المرحلات التي يجب ان تعمل.
- بعد الكشف عن العطل، تقوم المرحل بتشغيل دائرة الفصل trip circuit في قاطع الدورة مما يؤدي إلى فتح قاطع الدائرة، وبالتالي عزل منطقة العطل عن المنظومة.

معظم المرحلات الموجودة حاليا في منظومة القدرة من نوع كهروميكانيكي electro-mechanical type وتعمل على مبدئين رئيسيين هما

- الجذب الكهرومغناطيسي Electromagnetic attraction
- الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic induction

مرحل نوع الجذب الكهرومغناطيسي Electromagnetic attraction type relay

- تعمل مرحلات الجذب الكهرومغناطيسية على اساس جذب المكبس إلى أقطاب الكهرومغناطيسية.
- ويمكن تشغيل هذه المرحلات بفولتية a.c. او فولتية d.c. .

واهم انواع مرحلات الجذب الكهرومغناطيسية هي

- مرحل نوع جذب المنتج Attracted armature type relay
- و مرحل نوع الملف اللولبي Solenoid type relay
- و مرحل نوع الشعاع المتوازن Balanced beam type relay .

مرحلـ نوع الحثـ الكهرومغناطيسي
Electromagnetic induction

- توقيت المرحل **Relay Timing**
- من الخصائص المهمة للمرحل هو وقت تشغيله. ونقصد بـ "وقت التشغيل" هو طول الوقت من اللحظة التي يتم تنشيط عنصر المنحازـ إلى لحظة التي يتم فيها إغلاق توصيلات المرحل.
- في بعض الأحيان يكون من المرغوب فيه والضروري التحكم في وقت تشغيل المرحل.
- لهذا الغرض، يتم استخدام ملحقات الميكانيكية مع المرحل.

- المرحل اللحظي **Instantaneous relay**
- المرحل اللحظي هو المرحل الذي لا يوفر تأخير زمني مقصود. في هذه الحالة،
- يتم إغلاق توصيلات المرحل مباشرة بعد مرور تيار في ملف المرحل يتجاوز الحد الأدنى من القيمة المعايرة cablibrated value للتيار.

مصطلحات مهمة Important Terms

- ومن المستحسن تعريف وشرح بعض المصطلحات المهمة المستخدمة كثيرا فيما يتعلق بالمرحلات
- تيار اللاقط Pick-up current : هو الحد الأدنى للتيار في ملف المرحل الذي يبدأ المرحل عنده في العمل. وطالما أن التيار في المرحل أقل من قيمة تيار اللاقط ، فإن المرحل لا يعمل ويظل القاطع circuit breaker الذي يسيطرعليها المرحل في الوضع المغلق. على كل حال، عندما تكون قيمة التيار في ملف المرحل تساوي او اكبر من قيمة تيار اللاقط ، فان المرحل يعمل على تشغيل ملف الفصل trip coil الذي يفتح قاطع الدورة.

- تنظيم التيار current sitting . غالبا ما يكون من المرغوب فيه ضبط قيمة تيار اللاقط الى أي قيمة المطلوبة. ويعرف هذا بتنظيم التيار، وعادة يتم تحقيق ذلك من خلال استخدام مسطرةtapping على لفائف التشغيل للمرحل. حيث يتم اختيار القيمة المناسبة من خلال تحريك المسطرة كما هو مبين في الشكل 21.14. تسمح مسطرة التوصيل من تغيير عدد لفات ملف المرحل. وهذا يغير عزم الدوران على القرص، وبالتالي يغيروقت تشغيل المرحل. القيم المؤشرة على المسطرة تمثل نسبة مئوية من قيمة التيار الكلي لمحولة التيار ، وعليه فان المرحل يبدا بالعمل وفصل دائرة قاطع الدورة مجرد ان يصبح التيار اعلى من قيمة تنظيم التيار.
- تيار اللاقط = تيار الثانوي لمحولة التيار x تنظيم التيار
- فمثلا ، نفرض انه تم تنظيم مرحل فرط التيار overcurrent relay عند قيمة 125%
-