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

الحقيبة التدريسية لمادة

الشبكات الكهربائية/٢

الصف الثاني

تدريسي المادة

م .م فاطمة ياسين عبد الله

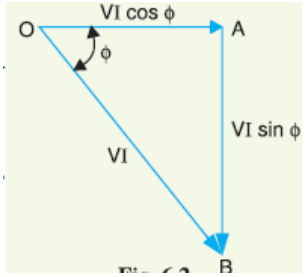
الفصل الدراسي الثاني

اسم المادة	لغة التدريس	السنة الدراسية	الفصل الدراسي	الفرع	الساعات الاسبوعية			الوحدات
					ن	ع	م	
الشبكات الكهربائية2	العربية	الثانية	الثاني	القوى الكهربائية	2	2	4	4

الاسبوع	المفردات
الاول والثاني	شروط استقراريه عمل المولدات التزامنية مع الشبكة منحني الحمل كيفيه عمل المولدات التزامنية مع بعضها على التوازي مع بعضها ومع الشبكة
الثالث والرابع	طرق تحسين معامل القدره وتقسم الى الأخطاء المتماثلة وحساب تيار الخطأ في الدائر الكهربائيه المتسعات الاستاتيكيه المحركات التزامنية اجهزه مقدمه الطور
الخامس	انواع الأخطاء في الشبكات الكهربائيه وتقسيمها الى الأخطاء المتماثلة وحساب تيار الخطأ في الدائرة الكهربائيه الأخطاء الغير متماثله وحساب تيار الخطأ في الدائرة الكهربائيه
السادس	مبادئ الحماية وتعرفها نضمها المختلفه استخدامات مرحلات الحماية والفصل قواطع الدوره في منظومه القدره الكهربائيه واجهزه القياس ومنها - محولات قياس الفولتية - محولات قياس التيار
السابع	المتابعات و تقسيمها حسب نظريه عملها متابعات الحماية ضد زياده التيار ضد عكس القدره المتابعات الالكترونيه
االثامن والتاسع	كيفيه حمايه الخطوط الهوائية حمايه المسافه (حمايه ضد قياس الممانعة) حمايه القضبان (BB)
العاشر	كيفيه حمايه محولات القدره باستخدام Differential protection
الحادي عشر	كيفيه حمايه المولدات التزامنية باستخدام Differential protection Digital protection Power protection
الثاني عشر	حمليه العضو الثابت عند زياده التيار و حمايه العضو الدوار
الثالث عشر	المفاعل النسبية (Percentage reactor)
الرابع عشر	الرسم البياني لدوائر القدره في جهة الاستقبال
الخامس عشر	التشغيل الاقتصادي لمحطات توليد الكهرباء معامل الحمل سعه الحمل حساب كلفه الكيلو واط ساعه

تحسين معامل القدرة(20)

أن تحسين معامل القدرة ضروري جدا لكل من المستهلك والمولدحيث أن الواطميتر لا يقرأ القدرة الغير نافعة. مثلث القدرة:



يكون عامل القدرة للحمل متأخرا (lagging) أذا كان الحمل حثي أي يحتاج الى (KVAR) وعلى هذا فأن عامل القدرة للمحرك الحثي (lagging) لانه يحتاج الى (KVAR) لاحتياجه تيار المغنطة . (leading) أذا بينما يكون عامل القدرة متقدما كان الحمل سعوي أي يعطي (KVAR) .

محاسن تحسين معامل القدرة :

1. زيادة كفاءة الشبكة والاجهزة المستخدمة . 2. تقليل هبوط الجهد.
3. تقليل مساحة مقطع الاسلاك بالتالي تقليل الكلفة . 4. زيادة القدرة المنقول بنفس الاسلاك .
5. تقليل المفاقيد النحاسية والتي تساوي I^2R 6. تقليل احجام المحولات والمولدات .
7. تقليل Kwh المسحوب من الشبكة .
8. تقليل الحمل على الشبكة .
9. الاستخدام الامثل للشبكة والمولدات .
10. الحفاظ على معدل الطاقة المتولدة وتقليل كلفة الاجهزة والمعدات .

مساؤى عدم تحسين معامل القدرة :

1- $\overline{P} = \sqrt{3}\ V\ I\ \cos\Phi$ بما ان الفولتية والقدرة ثابتيتين اذن التيار يتناسب عكسيا مع معامل القدرة

$$I \propto 1/\cos\Phi$$

نستنتج ان التيار يزداد عند عدم تحسين معامل القدرة والعكس بالعكس. وهذا يعني زيادة المفاقيد النحاسية والتي تساوي $‡^2\ R$

1- زيادة التيار يعني زيادة في KVA وبالتالي زيادة في احجام المولدات والمحولات والقواطع وبقية المكونات .
2- زيادة التيار يعني زيادة احجام اسلاك لف المولدات وزيادة الكلفة .

3- زيادة هبوط الجهد لان VD = IR.

4- معامل تنظيم الفولتية قليلة . 5- الكفاءة

قليلة .

6- زيادة الحمل على محطات التوليد بسبب الزيادة في التيار .

كيفية تحسين معامل القدرة في الشبكة:

أذا تم تقليل القيمة الغير فعالة للقدرة (KVAR) مع بقاء القيمة الفعالة للقدرة (KW) ثابتة يزداد معامل القدرة . وأذا اصبحت قيمة (KVAR) = صفر فأن معامل القدرة = 1 ويسمى (Unity power factor) ويتم ذلك :

1- ربط مكثف مع الحمل على التوازي ليعطي (KVAR) معاكس .

2- أستخدام محرك تزامني (Synchroneous Motor) يدور بدون حمل وفي حالة فوق الاثارة (over-excited)لكي يعطي (KVAR).

3- أستخدام المكثفات التزامنية (Synchroneous Condencer) .

$$P = V_L I_L \cos\phi \qquad \text{(For single phase supply)}$$

$$I_L = \frac{P}{V_L \cos\phi} \qquad \ldots(i)$$

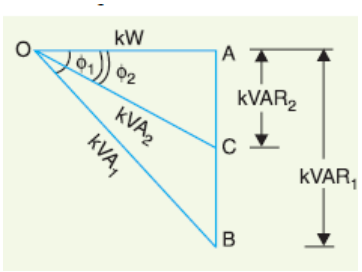
$$P = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi \qquad \text{(For 3 phase supply)}$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3}\, V_L \cos\phi} \qquad \ldots(ii)$$

التيار يتناسب عكسيا مع معامل القدرة

$$KVA = \frac{KW}{\cos\emptyset}$$

القدرة الظاهرة (الاسمية) (S) تتناسب عكسيا مع معامل القدرة



مثال 1: حمل يحتاج الى قدرة فعالة قدرها (P=80 Kw) وقدرة غير فعالة (Q= 60 Kvar) جد مقدار Kvar للمكثف الذي يجب أن يربط على التوازي مع الحمل لزيادة عامل القدرة بمقدار (0.1+).

$S=\sqrt{P^2 + Q^2}$ $\qquad P=80\ KW\ ,\ Q=60\ KVAR$

$S=100\ KVA$ $\qquad COS\varphi_1 = \frac{P}{S} = 0.8$

$COS\,\varphi_2 = 0.8+0.1 = 0.9$ $\qquad \varphi_2 = \cos^{-1} 0.9 = 25.8^\circ$

$\tan \varphi_2 = Q_2 / P$ $Q_2 = P \tan \varphi_2 = 80 \tan 25.8^\circ = 38.7$ KVAR

Capacitor power = 60 – 38.7 = 21.3 KVA**R**

مثال 2:محرك ثلاثي الاوجه قدرته 100 حصان بفولتية 400 فولت وتردد 50 هيرتز وبمعامل قدرة متاخر 0.75 وكفاءة 93% . ربط على خرجه مجموعة من المتسعات على شكل دلتا اصبحت معامل قدرته 0.95 وكانت كل 4 متسعات مربوطة على ضلع الدلتا وبفولتية 100 فولت لكل متسعة كما في الشكل ادناه . جد سعة كل متسعة ؟

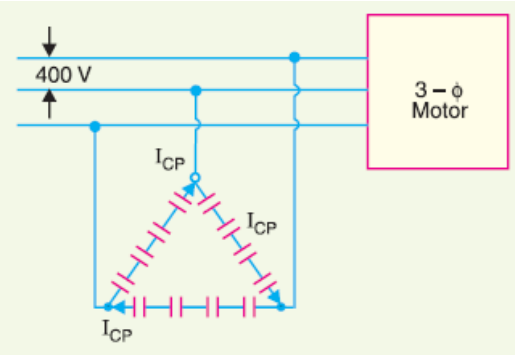


Fig. 6.11 shows the delta* connected condenser bank. Let C farad be the capacitance of 4 capacitors in each phase.

الحل :

$$50240\,C = 14{\cdot}75$$

$$\therefore \quad C = 14{\cdot}75/50{,}240 = 293{\cdot}4 \times 10^{-6}\ \text{F} = 293{\cdot}4\ \mu\text{F}$$

Since it is the combined capacitance of four equal capacitors joined in series,

$$\therefore \quad \text{Capacitance of each capacitor} = 4 \times 293{\cdot}4 = \mathbf{1173{\cdot}6\ \mu F}$$

مثال 3 : محرك أحادي الوجه جهز بفولتية مقدارها 400 فولت ,50 هرتز وكان التيار المسحوب 31.7 أمبير وبمعامل قدرة 0,7 متأخر جد قيمة المكثف الذي يجب أن يربط على التوازي مع المحرك لزيادة عامل القدرة الى 0,9 متأخر.

الحل :

$$or \quad 11{\cdot}85 = 400 \times 2\pi \times 50 \times C$$

$$\therefore \quad C = 94{\cdot}3 \times 10^{-6}\ \text{F} = \mathbf{94{\cdot}3\ \mu F}$$

مثال 4: محرك ثلاثي الاوجه قدرته 5 KW بمعامل قدرة متاخر 0.75 . ربط مجموعة من المكثفات على شكل دلتا على اطراف المحرك . زادت معامل القدرة الى 0.9 متاخر . احسب KVAR للمتسعات المربوطة على كل وجه.

الحل :

$$= 1{\cdot}99/3 = \mathbf{0{\cdot}663\ kVAR}$$

أنواع الاعطال في الشبكات الكهربائية : (21)

عندما يحدث عطل في اية دائرة كهربائية فأنه يحدث الاتي :

1- تغيير مفاجئ في الفولتية سواء بالارتفاع أو الانخفاض يؤثر على الحمل والعزل.

2- ارتفاع في درجة الحرارة نتيجة مرور تيار الخطاء مما قد يؤدي الى حدوث حرائق واخطار كبيرة لذلك يجب وضع اجهزة الوقاية التي تعمل على فصل التيار فصلا تاما.

أنواع دوائر القصرفي الشبكات الكهربائية: Short Circuits in Transmission Lines

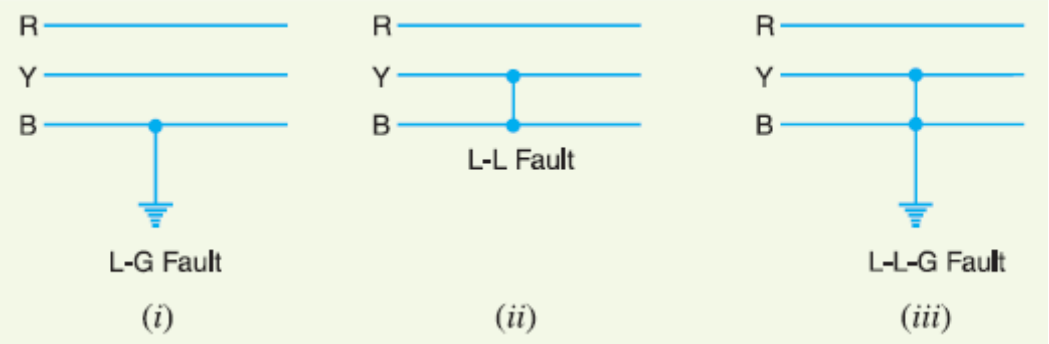
تقع الاخطاء في أنظمة القدرة أما بسبب انهيار العازل نتيجة الفولتيات العابرة أو ضربات الصواعق وتاخذ الاعطاب الناتجة حالات مختلفة وهي :

1- قصر بين احد الاطوار والارض. Phase – earth fault

2- قصر بين طور واخر دون الاتصال بالارض. Phase – phase fault

3- قصر بين طور واخر مع الاتصال بالارض. 2 phase –earth fault

4- قصر ثلاثي الاطوار. 3 phase – short circuit

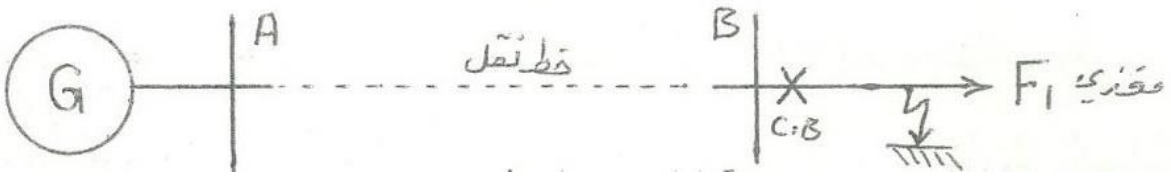


وهذه الاخطاء تسبب مرور تيارات عالية تسمى تيارات دوائر القصر. ان ايجاد قيم هذه التيارات تساعدنا على حسن اختيار الاجهزة من قضبان عمومية ومحولات واجهزة توليد ونقل واختيار اجهزة حماية مناسبة كقواطع الدورة

ومتابعات .....الخ .ان اكثر انواع الاعطال شيوعا هو عطب خط – ارض Phase – earth fault

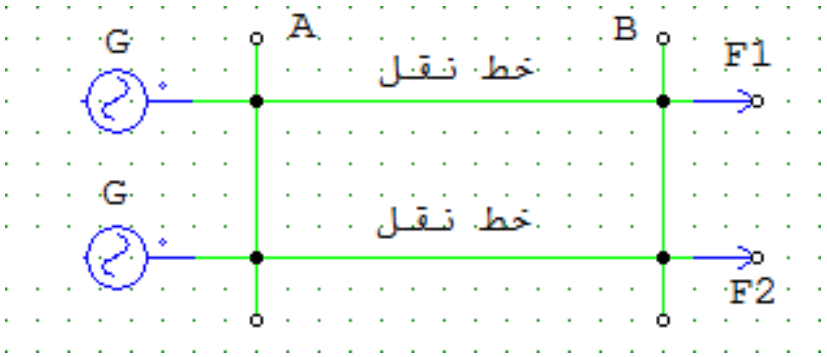
محددات تيار العطب: Limitations of fault current

دائرة قصر على اطراف مغذي ذو مولدة واحدة :



في الشكل اعلاه A، B يمثلان قضبان لمحطة توليد ومحطة ثانوية على الترتيب F_1 مغذي خارج من المحطة الثانوية B ومربوط من خلال قاطع الدورة X ، يتحدد تيار العطب بممانعة المولد وممانعة الخط الى نقطة العطب .

دائرة قصر في شبكة تحتوي على اكثر من مولدة :



عند زيادة وحدات التوليد لتلبية متطلبات الحمل الاضافية فان تيار العطب سوف يكون اكبر من حالة المنظومة الاصلية وذلك :

1- زيادة KVA لمحطة التوليد ويعتمدذلك على عدد المولدات .

2- نقصان الممانعة الكلية لمحطة التوليد (ممانعة مولدتين على التوازي اقل من ممانعة مولدة واحدة). 3- نقصان الممانعة الكلية لخط النقل.

خطوات حساب تيار القصر :

لتسهيل حل الاعطاب الثلاثية الاطوار :

1- يرسم التمثيل الاحادي للشبكة single line diagram موضحا عليه سعة وفولتية وممانعة جميع المولدات ،

2- خطوط النقل ، المحولات والمفاعلات.

3- اعتمادا على التمثيل الاحادي الطور ترسم الممانعة الاحادية للخط (طور واحد محايد) وتكتب قيم الممانعات بالنسب المئوية (على اساس KVA موحد). مع الاخذ بنظر الاعتبار :

أ/ اهمال قيم مقاومة المولدات والمحولات اذا كانت قليلة وغير مؤثرة. ب/ تمثيل

المحولة بممانعة على التوالي .

ج/ عدم اهمال المقاومة في الخطوط الهوائية الطويلة أو الكابلات لان قيمتها تكون مؤثرة عادة.

4- بعد رسم الممانعات تحسب الممانعة الكلية الى نقطة العطب.

5- يتم حساب تيار القصر Ish و MVA القصر (MVAsh) للدائرة كما يلي :

عندما تكون الممانعات معطاة بالنسبة المئوية : تيار القصر

للدائرة $$\text{Ish} = \frac{I \times 100}{X\%}$$

MVA القصر للدائرة $$\text{MVA sh} = \frac{100\ MVA\ \text{b}}{X\%}$$

$$\text{or} \qquad \text{KVA sh} = \frac{100.KVA\,\text{b}}{X\%}$$

$$\text{Ish}_{(\text{rms})} = \frac{MVAsh \times 10^3}{KV(L\ to\ L) \times \sqrt{3}} \quad \text{or} \quad \text{Ish}_{(\text{rms})} = \frac{KVAsh}{KV(L\ to\ L) \times \sqrt{3}}$$

النسبة المئوية للممانعات : Percentage Reactance

تهمل المقاومة في حسابات الاعطاب لكونها قليلة عادة عند مقارنتها بقيمة المفاعلة X_L حيث لاتزيد على 5% .

$$\%X = \frac{I\,X}{V} \times 100 \qquad \ldots(i)$$

where

I = full-load current

V = phase voltage

X = reactance in ohms per phase

اذا كانت X هي الممانعة الوحيدة في الدائرة فأن تيار القصر I_{sh} هو

$$Ish = \frac{V}{X} = I \times \frac{100}{X\%}$$

في حالة حدوث قصر على أطراف الثانوي لمحولة ذات فولتية ابتدائي مقنن وممانعة (4%) فأن تيار القصر يصل الى (25) مرة بقدر التيار المقنن .

ملاحظة : من الضروري تحويل ممانعات الكابلات والخطوط الهوائية الى نسب مئوية لانها تعطى عادة بالاوم (Ω) . وذلك من المعادلة أدناه

$$X\% = \frac{KVA\ .\ X}{10 \times\ (KV)^2}$$

س / برهن العلاقة السابقة

* From exp. (i), $X = \dfrac{(\%X)\,V}{100I} = \dfrac{(\%X)\,V \times V}{100 \times VI} = \dfrac{(\%X)\left(\frac{V}{1000}\right)\left(\frac{V}{1000}\right) \times 1000}{100 \times \left(\frac{V}{1000}\right) \times I} = \dfrac{(\%X)\,(\text{kV})^2 \times 10}{\text{kVA}}$

$$\therefore \qquad \%X = \frac{(\text{kVA})\,X}{10\,(\text{kV})^2}$$

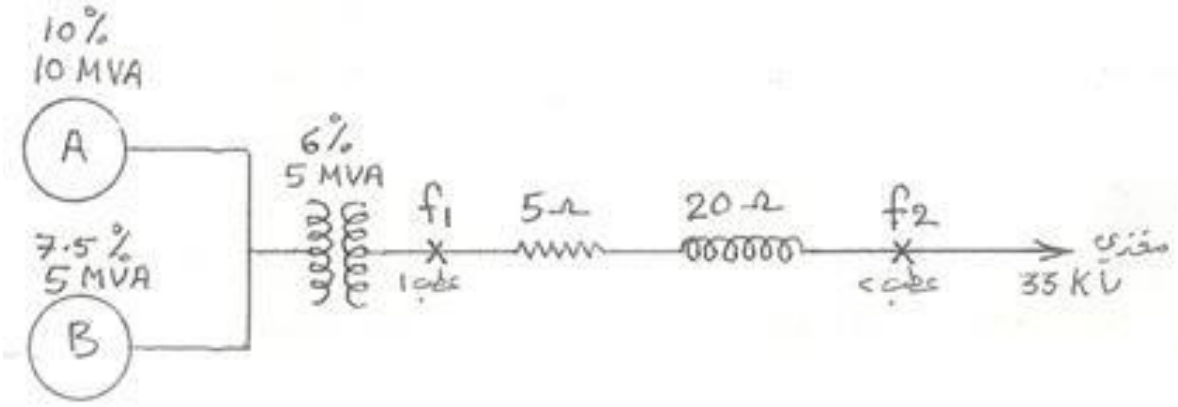
مثال 1: خط ثلاثي الاطوار (33) كيلو فولت له مقاومة (5) اوم ومفاعلة (20) أوم ربط الى قضبان محطة توليد خلال محولة رافعة (5) MVA بممانعة (6%). في المحطة مولدتان احداهما بسعة (10) MVA وبممانعة (10%) والاخرى بسعة (5) MVA وبممانعة (7.5 %) . احسب KVA العطب عندما يحدث :

1- في نهايات الضغط العالي للمحولة (H.T). 2- في جهة الحمل لخط النقل .

الحل : يتم رسم المنظومة وفق معطيات السؤال .

1- نختار الاساس (KVA) للمولد الاول 10 MVA ويساوي S = 10000KVA

∴ مفاعلة المولدة الاولى X_A % = A = 10%



مفاعلة الجديدة للمولدة B X_B% = ممانعة B(القديمة) $\times \frac{KVA \text{ اساس}}{KVA \text{ مولدة}}$

$$X_B\% = 7.5\% \times \frac{10000\ KVA}{5000 KVA} = 15\%$$

$$\frac{10000\ KVA}{5000\ KVA} = 12\%$$

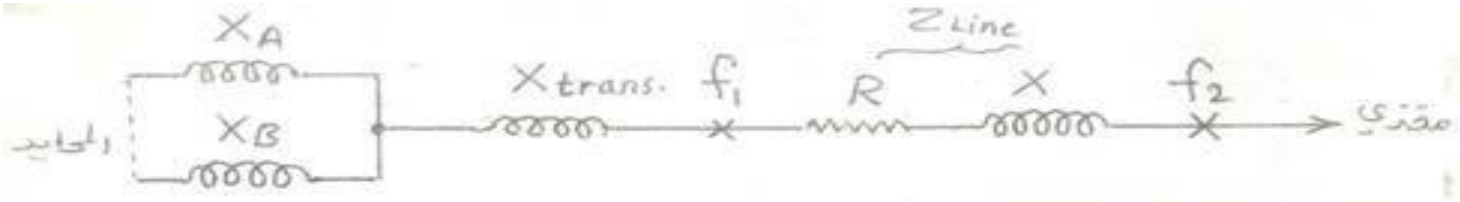
2- مفاعلة المحولة Xtrans.= %6 ×

نقوم بتحويل ممانعة الخط من الاوم الى النسبة المئوية :

$$X\% = \frac{KVAb\ .\ X}{10(KV)^2} = \frac{10000\times\ 20}{10\ (33)^2} = 18.4\%$$

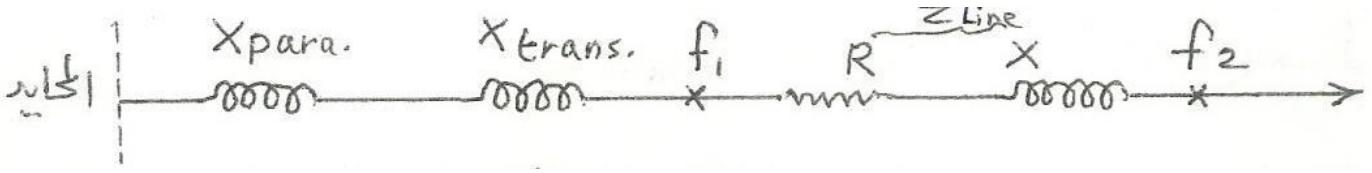
$$R\% = \frac{KVAb\ .\ R}{10\ (KV)^2} = \frac{10000 \times 5}{10(33)^2} = 4.6\%$$

3- يمكن رسم التمثيل الاحادي للمانعات ....



مفاعلة التوازي X_A, X_B X parallel. $= \frac{15\%\times\ 10\%}{15\%+10\%} = 6\%$

باختصار الدائرة السابقة تكون كالاتي :



المطلوب الاول : في حالة حدوث عطب في اطراف الضغط العالي للمحولة تكون الممانعة لحد العطب f_1 .

X para. + X trans. = 6% + 12% = 18%

$$\therefore KVAsh \text{ للعطب} = \frac{100 \,.\, KVA \text{ اساس}}{X\%} = \frac{100 \times \ 10000}{18} = 55556\ KVA$$

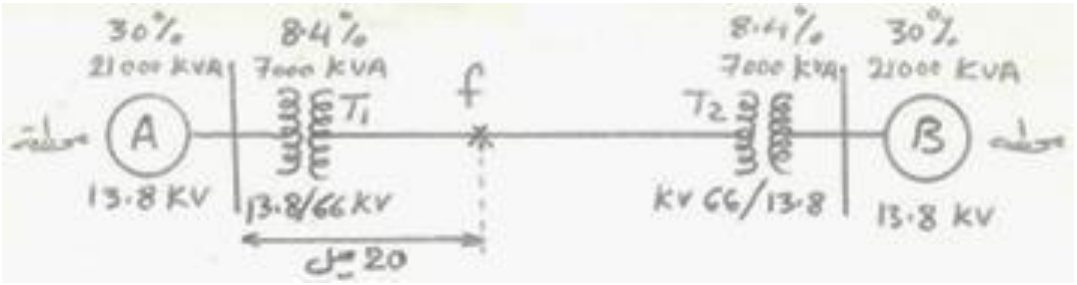
المطلوب الثاني : في حالة حدوث العطب في جهة الحمل f_2 .

المفاعلة الكلية الى نقطة العطب= 18 + 18.4 = 36.4 %

الممانعة الكلية= $\sqrt{R^{\,2} + X^{\,2}} = \sqrt{(4.6)^2 + (36.4)^2}$ = 36.68

$$\therefore KVA\ sh \text{ للعطب} = \frac{100 \,.\, KVA \text{ اساس}}{X\%} = \frac{100 \times 10000}{36.68} = 27260\ KVA$$

مثال 2: ربطت مولدتان متماثلتان كل منهما (21000KVA) ، (13.8KV) وبممانعة (30%) لكل منهما الى خط خلال محولتين متماثلتين تقنين كل منهما (13.8 / 66 KV) ، (7000KVA) وبممانعة (8.4 %) .طول خط التوصيل بين المحطتين (50) ميل ، كل موصل له ممانعة مقدارها (0.848) اوم / ميل . أوجد تيار القصر لعطب ثلاثي الاطوار حدث على بعد (20) ميل عن احدى المحطتين .



الحل : 1- نرسم المنظومة وحسب المعلومات المعطاة في السؤال . وليكن العطب على بعد (20) ميل عن المحطة A

2-نختار اساس KVA وقيمته 21000KVA وذلك لاحدى المولدتين

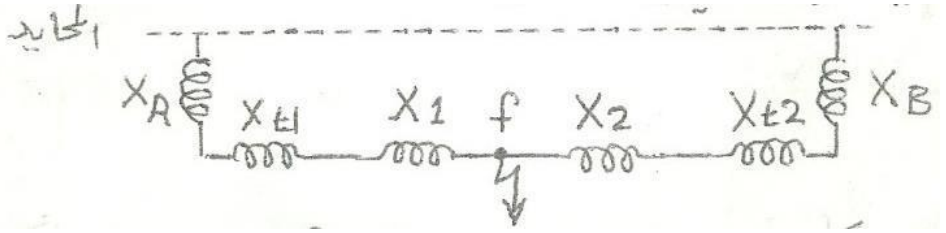
$$\therefore XA = XB = 30\%$$

ايجاد ممانعة المحولة $Xt_1 = Xt_2 = 8.4\% \times \frac{21000}{7000} = 25.2\%$

ايجاد ممانعة الموصل لطول (20) ميل $X_1\% = \frac{KVAb \cdot X}{10\ (KV)^2} = \frac{21000\times\ (0.848\times\ 20)}{10\ (66)^2} = 8.175\ \%$

ايجاد ممانعة الموصل لطول (30) ميل $X_2\ \% = \frac{21000\ \times\ (0.848\ \times\ 30)}{10\ (66)^2} = 12.26\ \%$

3- يتم رسم الدائرة التي تمثل التمثيل الاحادي للمانعات ..



نجد محصلة الممانعة الكلية من المولد A الى العطب f ....

X% = 30% + 25.2% + 8.175% = 63.375 %

نجد محصلة الممانعة الكلية من المولدة B الى نقطة العطب f....

X% = 30% + 25.2% + 12.25% = 67.45%

نجد الممانعة المكافئة للمسارين اعلاه (توازي).....

$$X\% = \frac{63.375\times 67.45}{63.375+67.45} = 32.5\ \%$$

$$\text{KVAsh} = \frac{100\ .\ KVA\ \text{اساس}}{X\%} = \frac{100\times\ 21000}{32.5} = 64615.4\ KVA$$

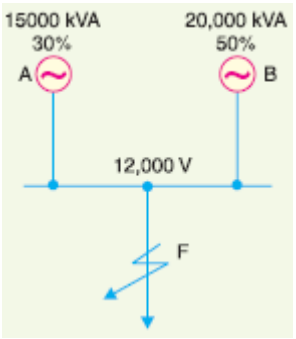
$$Ish = \frac{KVAsh}{KV(L\ to\ L)\ \times\ \sqrt{3}} = \frac{64615.4}{66\ \times\ \sqrt{3}} = 565\ Amp.$$

مثال 3: ربطت مولدتان متماثلتان كل منهما (21000KVA) ، (13.8KV) وبممانعة (30%) لكل منهما الى خط خلال محولتين متماثلتين تقنين كل منهما (13.8 / 66 KV) ، (7000KVA) وبممانعة (8.4 %) .طول خط التوصيل بين المحطتين (50) ميل ، كل موصل له ممانعة مقدارها (0.848) اوم / ميل . أوجد تيار القصر لعطب ثلاثي الاطوار حدث على بعد (25) ميل عن احدى المحطتين .

مثال 4 :خط ثلاثي الاطوار (30) كيلو فولت له مفاعلة (20) اوم ربط الى قضبان محطة توليد خلال محولة رافعة (4000) KVA بممانعة (6%) في المحطة مولدتان احدهما بسعة (1000) KVA

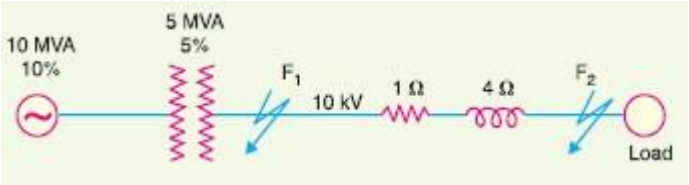
وبممانعة (10%) والاخرى بسعة (5) الحمل MVA وبممانعة (8%) . أحسب KVA العطب عندما يحدث في جهة لخط النقل .

مثال 5 : ربطت مولدتان على التوازي وكما موضح بالرسم جد تيار القصر عندما يكون العطب في نقطة F .



الحل : Ish = 4330 A

مثال 6 : في الرسم ادناه جد KVA sh عند حصول العطب في F1 و F2



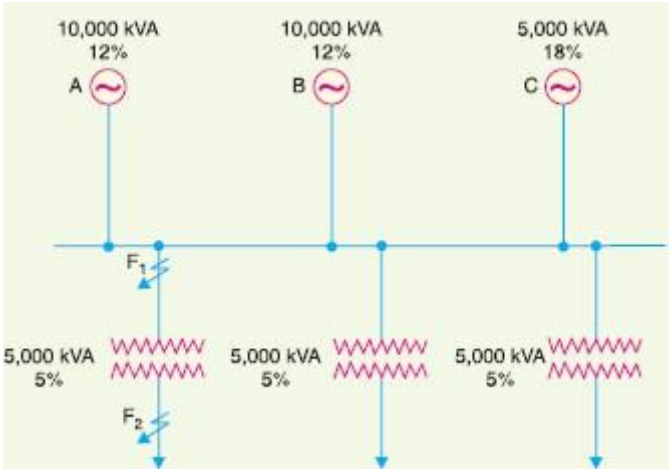
الحل : العطب في F1

$$\text{Short-circuit kVA} = 10{,}000 \times 100/20 = 50{,}000 \text{ kVA}$$

العطب في F2

$$\text{Short-circuit kVA} = 10{,}000 \times 100/60{\cdot}83 = 16{,}440 \text{ kVA}$$

مثال 7 : في الدائرة الشبكة ادناه جد MVA sh عند حصول العطب في F1 وفي F2



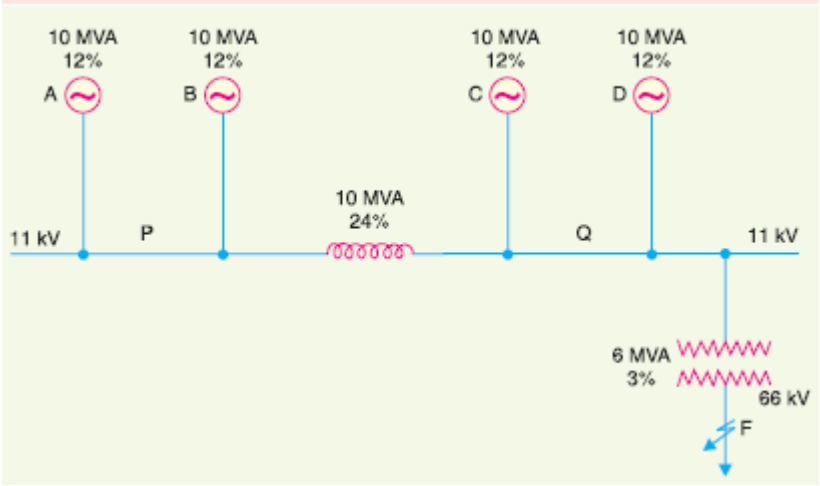
الحل : العطب في F1

$$\text{Fault MVA} = 10{,}000 \times \frac{100}{5{\cdot}14} \times \frac{1}{1000} = 194{\cdot}5$$

العطب في F2

$$\text{Fault MVA} = 10{,}000 \times \frac{100}{15{\cdot}14} \times \frac{1}{1000} = 66$$

مثال 8 : في الرسم ادناه جد تيار العطب عند حصول العطب في F



الحل :

$$\text{Short-circuit current, } I_{SC} = \frac{100 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 66000} = 875 \text{ A}$$

نسبة الوحدات Per Unit (P.U)

في انظمة القدرة الكهربائية المتداخلة والكبيرة من الضروري دراسة هذه الانظمة على اساس نسبة الوحدة (P.U) بدلا من القيم الحقيقية للفولتيات والتيارات في الخطوط والقضبان وذلك لوجود اختلاف كبير بين قيم هذه الكميات وفي بعض الاحيان تستخدم النسبة المئوية .

$$\text{نسبة الوحدة (p.u)} = \frac{\text{القيمة الحقيقية لاي مقدار (باية وحدة)}}{\text{قيمة الاساس بنفس الوحدة}}$$

يعد(التيار I ، الفولتية V، الممانعة Z) من الكميات الاساسية في الهندسة الكهربائية ، اذا تم اختيار الاساس لاثنين منها ، فان الاساس للكمية الثالثة يظهر تلقائيا..

$$\text{ممانعة الاساس} \quad Z_{\text{تيار الاساس}} = \frac{V_{\text{فولتية الاساس}}}{\text{الاساس}}$$

تعطى مقننات الاجهزة الكهربائية في انظمة القدرة على اساس الفولتية العاملة V والسعة KVA لذا من المفيد اختيار KVA الاساس .

لو فرضنا : فولتية الاساس V_b و كيلو فولت امبير الاساس اذن KVA_b

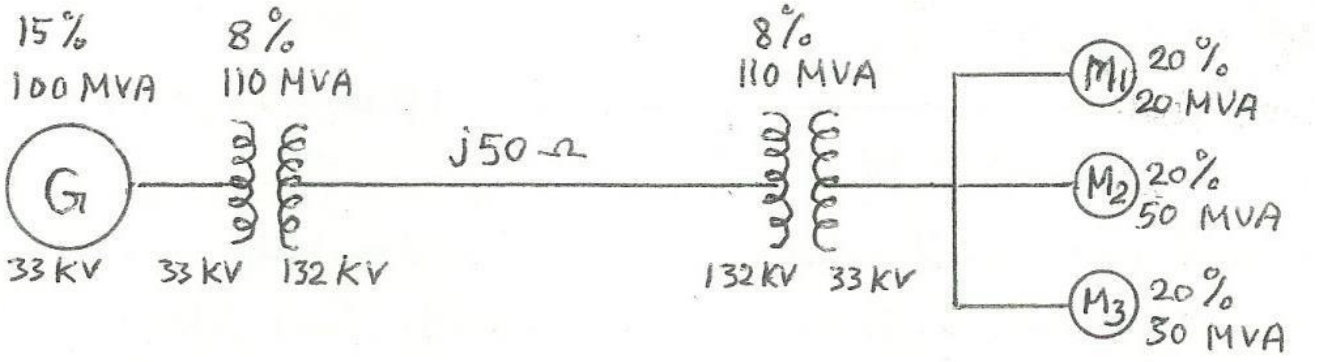
$$\text{تيار الاساس } I_b = \frac{KVA\,b \times 1000}{Vb}$$

$$I\,p.u = \frac{\text{التيار الحقيقي}}{\text{تيار الاساس}} = \frac{\text{فولتية الاساس x التيار الحقيقي}}{\text{الاساس} KVAb \times 1000}$$

من الضروري ايجاد الممانعة لجميع الاجهزة الكهربائية المربوطة في الشبكة على اساس موحد ، اذا كانت القيم الانفرادية للجهاز تمثل (Z p.u القديم ، (KVA) القديمة ، (V)القديمة والكميات على اساس موحد هي (Z p.u) الجديد ، (KVA) الجديدة ، (V) الجديدة فيمكن ايجاد المعادلة التالية :

$$\text{Z p.u الجديد} = \text{Zp.u القديم} \times \frac{KVA_{\text{اساس}}}{KVA_{\text{حقيقي}}} \times \left(\frac{V_{\text{حقيقي}}}{\text{اساس}}\right)^2$$

مثال 1: مولد 100 MVA ، 33 KV له مفاعلة (15%) ، ربط المولد الى ثلاثة محركات من خلال خط نقل ومحولتان ، تقنين كل محرك (القدرة الداخلة) 20 MVA ، 50 MVA ، 30 MVA بفولتية 30 KV ومفاعلة (20%) مقننات المحولات مثبتة على الشكل مفاعلة الخط (50) اوم . باعتماد مقنن المولد كمقنن اساس ، ارسم الدائرة المكافئة للمنظومة ادناه مبينا مفاعلات المعدات وكذلك كمياتها بنسبة الوحدة (p.u) .



MVA الاساس هو MVA المولد = 100 MVA

KV الاساس هو KV المولد = 33 KV

مفاعلة نسبة الوحدة للمولدة = 15%

$$\text{Z p.u الجديد} = \text{Zp.u القديم} \times \frac{KVA \text{ اساس}}{KVA \text{ حقيقي}} \times \left(\frac{\text{حقيقي}}{V \text{ اساس}}\right)^2$$

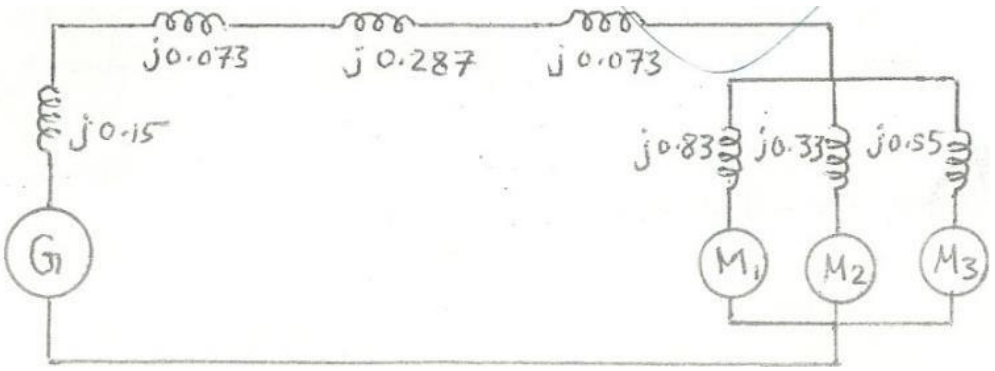
للمحرك 1 $\quad p.u = 0.2 \times \frac{100\ MVA}{20\ MVA} \times \left(\frac{30}{33}\right)^2 = 0.83$

للمحرك 2 $\quad p.u = 0.2 \times \frac{100\ MVA}{50\ MVA} \times \left(\frac{30}{33}\right)^2 = 0.33$

للمحرك 3 $\quad p.u = 0.2 \times \frac{100\ MVA}{30\ MVA} \times \left(\frac{30}{33}\right)^2 = 0.55$

لكل محولة $\quad p.u = 0.08 \times \frac{100\ MVA}{110\ MVA} \times \left(\frac{33}{33}\right)^2 = 0.073$

للخطX % $= \frac{KVA.}{10 \times (KV)^2} = \frac{100000 \times 50}{10\ (132)^2} = 0.287$

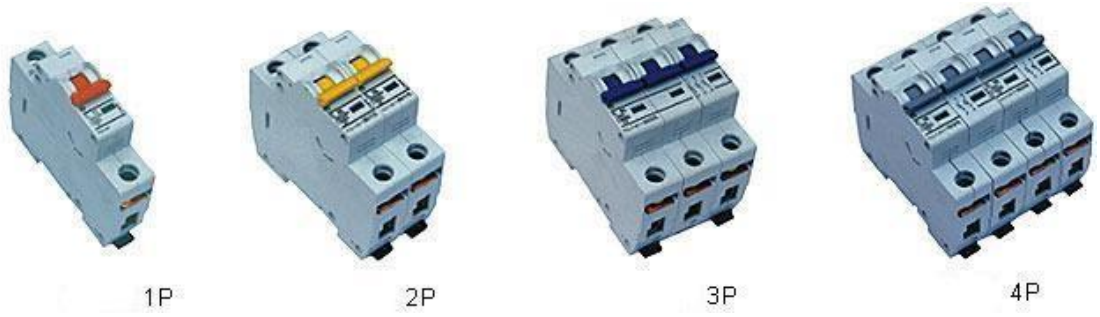


مثال 2: مولد 100 MVA ، 33 KV له مفاعلة (15%) ، ربط المولد الى ثلاثة محركات من خلال خط نقل ومحولتان ، تقنين كل محرك (القدرة الداخلة) 20 MVA ، 50 MVA ، 30 MVA بفولتية 30 KV ومفاعلة

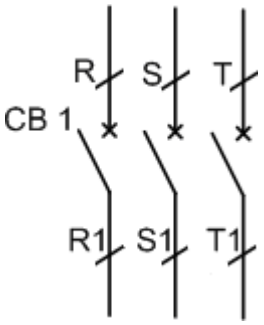
(20%) مقننات المحولات مثبتة على الشكل مفاعلة الخط (50) اوم . ارسم الدائرة المكافئة للمنظومة ادناه مبينا مفاعلات المعدات وكذلك كمياتها بنسبة الوحدة (p.u) .

مثال 3: مولد 100 MVA ، 33 KV له مفاعلة (15%) ، ربط المولد الى ثلاثة محركات من خلال خط نقل ومحولتان ، تقنين كل محرك (القدرة الداخلة) 20 MVA ، 50 MVA ، 30 MVA بفولتية 30 KV ومفاعلة (20%) مقننات المحولات مثبتة على الشكل مفاعلة الخط (50) اوم . باعتماد مقنن المحرك الوسط كمقنن اساس ، ارسم الدائرة المكافئة للمنظومة ادناه مبينا مفاعلات المعدات وكذلك كمياتها بنسبة الوحدة (p.u) .

قواطع الدورة : Circuit Breakers (22)



الشكل التالي يبين رمز القاطع (3Ph-3Pole) في المخططات الكهربائية



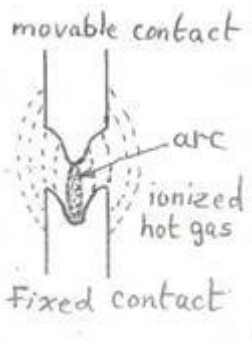
قواعد أطفاء القوس الكهربائي :

عندما تستخدم قواطع الدورة لقطع التيار المستمر يكون الجهد الناشيء بين التلامسين صغيرا في بداية انفصالهما ويستمر التيار في المرور على شكل قوس كهربائي وتعمل الحرارة الناشئة عن المفاقيد $I^2 R$ في القوس على تأين الوسط المحيط بالقوس وهذا الجهد الصغير كافي لاستمرار القوس الكهربائي ويجب زيادة المسافة بين التلامسين حتى يكون الجهد الموجود غير قادر على استمرار القوس الكهربائي . وفي الجهود العالية والتيارات الكبيرة يجب ان يزود القاطع بالاتي :

1- جعل طول مسار القوس الكهربائي اكبر من المسافة بين التلامسين .

2- تبديل الوسط الساخن المتأين بأخر بارد وغير متأين . يكون اطفاء القوس الكهربائي أقل صعوبة في حالة التيار المتردد لان الجهد والتيار يمر كل منهما بالصفر 100 مرة في الثانية الواحدة اذا كان التردد 50 هيرتز . غالبا

يعبر عن سعة القاطع C.B Rating بالكيلو فولت امبير KVAاو بالميكا فولت امبير MVA .



قواطع الدورة ذات السعة الصغيرة: ***Small capacity Circuit Breaker***

تكون هذه على شكل قواطع دورة هوائية صغيرة أو لواقط هوائية حيث يتمدد فيها الهواء في كل حاجز نتيجة الحرارة لذلك ينحني القوس ويزداد طوله ويسهل قطعه. وقد تستخدم القواطع الزيتية ذات السعة الصغيرة حيث تكون الملامسات الثابتة والمتحركة مغمورة في وعاء يحوي على زيت عازل لذلك سوف تتولد فقاعات غازية حول القوس تعمل على اطفاء القوس الكهربائي عن طريق تكوين فراغات في الزيت تساعد على تفريغ محتويات القوس بعيدا عن مساره . كلا النوعين السابقين يكون زمن بقاء القوس الكهربائي فيها طويلا لذا يستخدم فقط في السعات الصغيرة ويتم تبديل نهايات الملامسات بكثرة في القواطع الهوائية عن القواطع الزيتية وفي القواطع الزيتية يتكربن الزيت carbonized. خلال فترة اطفاء القوس الكهربائي لذا يجب ان ينظف الخزان ويجفف ويغير الزيت على فترات تعتمد على معدل تكرار عملية الفصل .

قواطع الدورة الهوائية : **Air Circuit Breaker**

في هذه القواطع يكون حاجز الشرارة محتويا على فواصل شرارة داخلية واحيانا ترتب ملفات تحمل التيار الذي يجب قطعه لتوليد مجال مغناطيسي في حاجز الشرارة يساعد على تحويل مسار القوس الكهربائي بعيدا عن مساره الاصلي داخل فواصل الشرارة تسمى ملفات التفريغ .

قواطع الدورة باندفاع الهواء :

ويتم فيها ابعاد القوس الكهربائي وذلك بالهواء المضغوط من خزان عن طريق ضاغط .

قواطع الدورة الزيتية : **Oil Circuit Breaker**

في هذه القواطع يستفاد من فقاعات الغاز المتكونة في الزيت نتيجة القوس لدفع زيت بارد وغير متاين في مسار القوس وهذا يزيد معدل ارتفاع مقاومة العزل بين التلامسين .

قواطع الدورة باندفاع الزيت :

وفي هذا النوع يندفع الزيت الى مسار القوس بالضغط الناشيء عن مضخة ميكانيكية متصلة بذراع التشغيل للقاطع ويكون لذلك ثلاثة مزايا :

1- لا يعتمد مقدار الزيت على مقدار تيار الفصل .

2- يمكن جعل اندفاع الزيت ذات سرعة عالية قبل فصل الملامسات. 3- يقل حجم القاطع وكمية الزيت المطلوبة.

قواطع الدورة الغازية :

يعتبر غاز سادس فلوريد الكبريت SF6 سالب الالكترونية أي أن جزيئات هذا الغاز تجذب الالكترونات الحرة . لهذا فمن الناحية العلمية يعتبر هذا الغاز وسط جيد لاطفاء القوس الكهربائي بحيث يمتص الالكترونات الحرة الناتجة من القوس الكهربائي وكذلك يزداد العزل الكهربائي للغاز SF6 بالضغط عكس الزيت المضغوط أو الهواء المضغوط.

محاسن قواطع الدورة الغازية : Advantages

1- يمكن استخدامه لجهود أعلى .
2- نظرا لصغر زمن القوس الكهربائي فأن احتراق التلامسات يكون محدودا حتى في أقصى حالات تيار القصر.
3- من نواتج القوس الكهربائي تكون مسحوق جيد العزل ويمكن التخلص منه بسهولة.
4- الغاز المضغوط لا يفرغ في الهواء لهذا فأن التشغيل يكون اهدا منه في حالة الهواء المضغوط.
5- الغاز غير قابل للاشتعال وغير فعال كيمياويا.
6- حجم القاطع أقل من حجم القاطع الهوائي المماثل.

عيوب قواطع الدورة الغازية : Disadvanteges

1- ارتفاع سعر الغاز SF6 لذا يجب ان ينقى ويستخدم مرة اخرى .
2- يحتاج الى كميات تعويضية خلال فترات التشغيل الطويلة. 3- يجب ان يجوع الغاز في خزانات عند صيانة القاطع.
4- يسيل الغاز SF6 عند درجة حرارة أقل من 10 مئوية وضغط 1520 كيلو نيوتن / م^2 لذا يجب استخدام ثرموستات حرارية لابقاء درجة الحرارة أعلى من 10 مئوية.

متابعات الوقاية : (23) Protective relays

أحوال التشغيل غيرالاعتيادية في النظم الكهربائية :

1- زيادة التيار : سببها مرور تيار اكبر من القيمة الاعتيادية .

2- هبوط التردد : سببها حدوث قصر على خرج المولدات تحت التشغيل وبذلك يحدث انخفاض في كفاءة التشغيل وحدوث متاعب نتيجة تغير السرعة .

3- زيادة الجهد : ويحدث في المحطات الهيدروليكية عندما تنفصل الاحمال فجأة منها مما يؤدي الى زيادة سرعة المولد الى حد انهيار العزل في بعض الاحيان.

المتطلبات الاساسية في أجهزة الوقاية (خواص أجهزة الوقاية):

1- الانتقائية : Selectivity

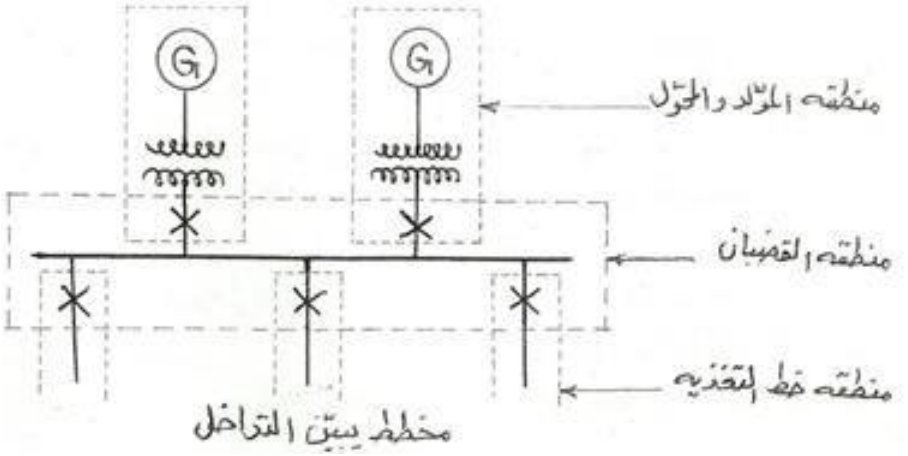
الانتقائية هي مقدرة أجهزة الوقاية لعزل الجزء المعطوب فقط من الدائرة بعد حدوث القصر وأستمرار تغذية باقي الاجزاء السليمة.

2- سرعة الاستجابة والتخلف الزمني : Speed of operation & time lag

يجب أن يزال القصر من الشبكة الكهربائية بأسرع ما يمكن لتجنب انهيار المعدات وكذلك لزيادة الكفاءة وتجنب هبوط الجهد عند المستهلك .

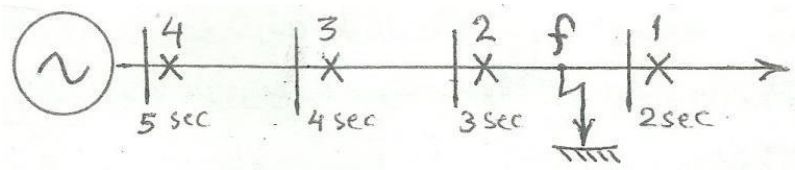
3- التداخل: Interference

لكي تكون وقاية الشبكة الكهربائية كاملة يجب أن تتداخل مناطق الوقاية حتى لا تترك منطقة بدون وقاية لكن تتداخل حول القاطع فأذا حدث أي عطل في الدائرة المشتركة فأن أجهزة الوقاية الخاصة بالمنطقتين المتداخلتين ستفصل القاطع بينهما .



4- التدرج الزمني : Time garding

للحصول على خاصية التمييز في وقاية الخطوط الكهربائية يستعمل التسلسل الزمني في متابعات المحطات الفرعية بحيث يكون الزمن بالتدريج كلما ابتعدنا عن المحطة (مصدر التغذية) .



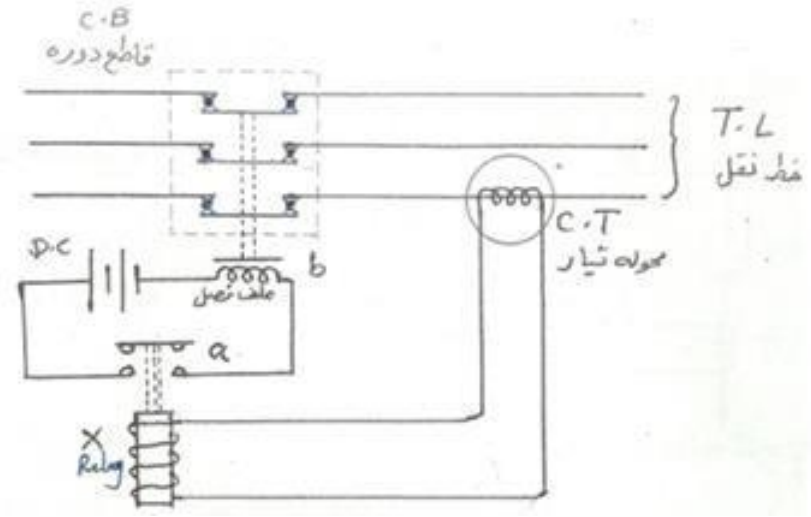
اذا حدث عطل في منطقة f فان جزء الخط 1- 2 سيفصل بينما المتابعات 3 و4 تبقى موصلة بمصدر التغذية .

5- الاستعادة التلقائية :

غالبا ما تحدث اعطال مؤقتة في الخطوط الهوائية بسبب الطيور او البرق لذا تستعمل خاصية الاستعادة التلقائية لقاطع الدورة بحيث اذا كان العطل موقتا يعود الخط الى طبيعته اما اذا كان دائميا فسوف يفصل نهائيا .

كيفية حماية الخطوط الهوائية : (24)

نظام حماية بسيط لمتابع Relay في الشبكة



اذا حدثت زيادة في التيار على خط النقل T.L فان هذه الزيادة ستنقل الى متابع الملفات X خلال محولة التيار C.T وبالتالي سوف ينجذب القلب المغناطيسي وتغلق الدائرة الكهربائية a مما يؤدي الى مرور التيار في الملف b (ملف الفصل) ويجذب الذراع الخاص بالقاطع ويفصل ملامساته مما يؤدي الى قطع التيار في الخط .

لذلك يمكن تعريف متابعات الوقاية بانها الاجهزة التي تعمل كهربائيا او ميكانيكيا للتحكم في قاطع الدورة عندما تصل القيمة المصممة للاستجابة لقيمة معينة (التيار؛ الجهد ؛ القدرة ؛ الضغط ؛ درجة الحرارة .... الخ).

يمكن تقسيم المتابعات تبعا للطريقة التي تتم بها تغذية ملفات التتابع :

أ / متابعات وقاية أولية : وفيها تتم التغذية مباشرة من الخط وتتميز بالاتي:

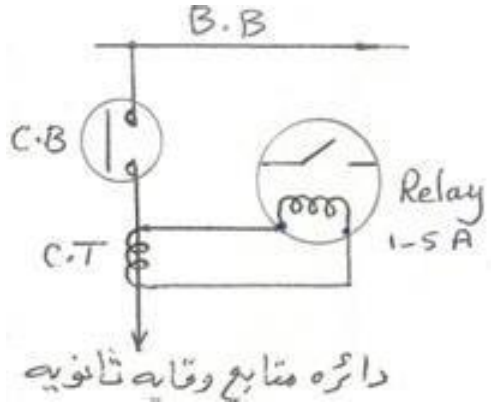
1- لا تحتاج الى محولات قياس. 2- لا تحتاج الى كابلات للتحكم بها.

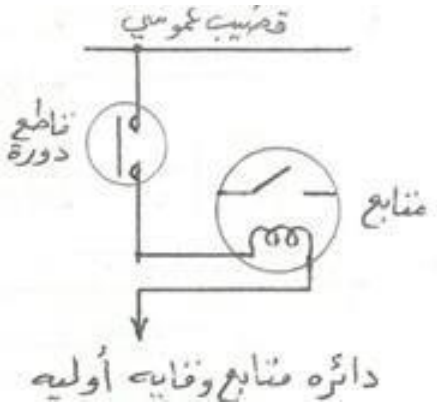
3- تستخدم بكثرة في المحركات والمحولات ذات القدرة الصغيرة وشبكات التوزيع منخفضة الجهد ذات القدرة الصغيرة.

ب / متابعات وقاية ثانوية : وفيها تتم التغذية من خلال محولات القياس (محولات جهد أو محولات تيار)ويستخدم هذا النوع عمليا بكثرة اكثر من النوع الاول نظرا للمزايا التالية :

1- تكون معزولة عن الجهد العالي . 2- اماكنها مناسبة للصيانة والاصلاح .

3- تصمم بتيارات من 1-5 امبير بغض النظر عن جهد وتيار الدائرة.





ويمكن تقسيم المتابعات طبقا لنوع الكمية المقاسة :

1- حرارية : تستجيب للتاثير الحراري .

2- ميكانيكية : تستجيب للعوامل الميكانيكية (ضغط ؛ اندفاع الغاز .....) 3- كهربائية : تستجيب للكميات الكهربائية (تيار ، جهد ، قدرة .....)

ويمكن تقسيم المتابعات طبقا لوظيفتها :

1- متابعات رئيسية : وهي التي تتصل ملفاتها مباشرة مع الدوائر الرئيسية للشبكة خلال محولات التيار او محولات الفولتية.

2- متابعات مساعدة للمتابعات الرئيسية : هي التي تتصل ملفاتها في دوائر التشغيل الثانوية عن طريق ملامسات المتابع الرئيسي .

تنقسم المتابعات التي تعمل بالاستجابة الكهربائية :

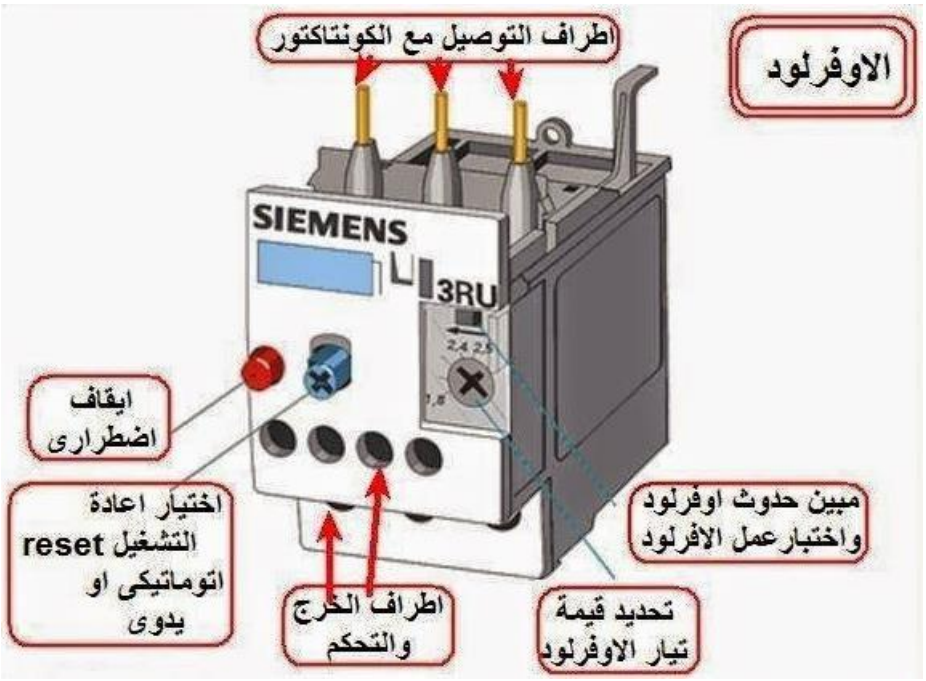
1- متابعات أقصى قيمة : تعمل اذا ازدادت القيمة المقاسة عن القيمة المحددة مسبقا مثل (التيار أو الجهد ....) 2- متابعات أقل قيمة : وتعمل اذا قلت القيمة عن القيمة المقاسة عن القيمة المحددة مسبقا.

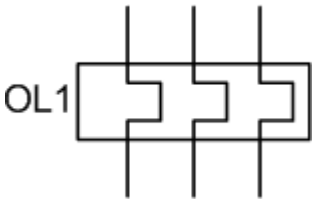
3- المتابعات الاتجاهية : وتعمل اذا عكست القيمة المقاسة اتجاهها (القدرة) .

4- متابعات التردد والمقاومة : وتستجيب اذا تغير التردد عن معدله او اذا انفضت المقاومة عن القيمة المحددة للمنطقة المطلوب وقايتها .

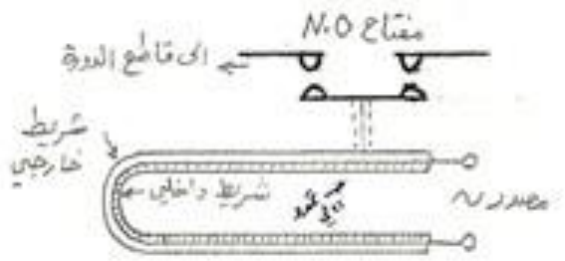
المتابعات الحرارية : Thermal Relays

والشكل التالي يبين رمز الأوفرلود في المخططات الكهربائية.





ويستخدم هذا النوع بكثرة في وقاية المحركات الكهربائية ضد زيادة التيار أو في حالة التيارات الغير متزنة ولا تستخدم في وقاية الخطوط . يتكون هذا المتابع من شريطين معدنيين مختلفين في معامل تمددهما الطولي بحيث يكون معامل التمدد للشريط الداخلي اكبر بكثير من معامل التمدد للشريط الخارجي والشريطان يكونان موصلان على التوالي بسلك تسخين (مقاومة تسخين) عند ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الشريط الداخلي اكثر من الشريط الخارجي مما يسبب حركة الحافظة من مكانها فتتلامس نقطتي التوصيل للدائرة وتفصلها في ملامسات قاطع الدورة ،عادة يوضع هذا النوع من المتابعات في خزان يحتوي على زيت لاغراض التبريد تتناسب كمية الحرارة مع مربع التيار وتكون العلاقة بين التيار وزمن التشغيل عكسية ، من عيوبه يحتاج الى زمن طويل لكي يشتغل بعد الفصل (يبرد).

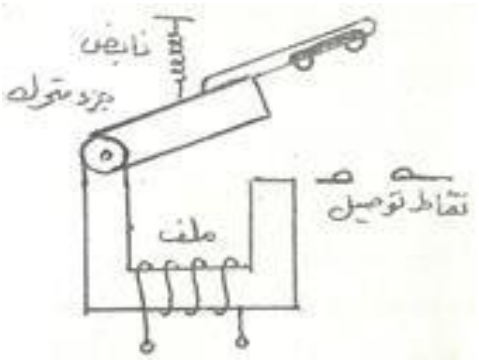


المتابعات الكهرومغناطيسية : Electromagnetic Relays

اساس العمل هو ان القوة المغناطيسية التي يجب ان تجذب الجزء المتحرك تتناسب طرديا مع الفيض المغناطيسي في الثغرة الهوائية حيث

$$F = \frac{I \times N}{R}$$

I التيار المار في ملف المتابع وN عدد لفات ملف المتابع و R المقاومة المغناطيسية



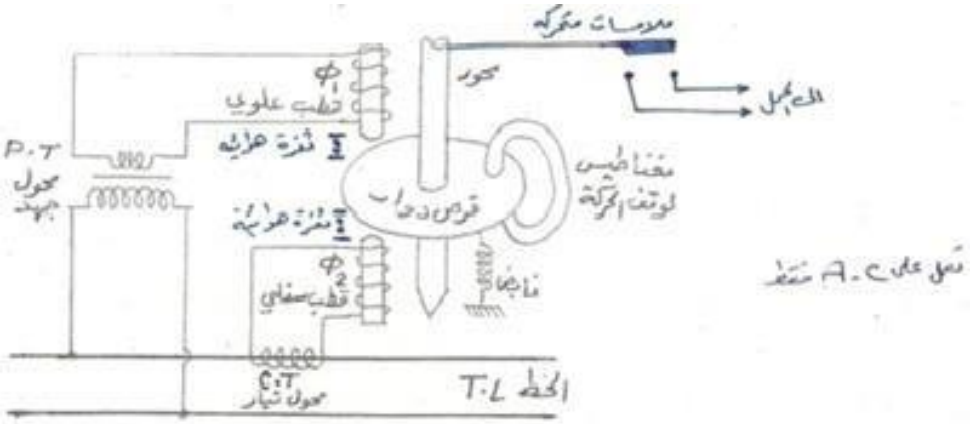
يمكن استخدام هذا النوع من المتابعات لوقاية الخطوط وذلك :

1- يمكن تغيير عدد لفات الملف حيث يكون التغيير منفصلا . 2- تغيير القوة الميكانيكية في المفتاح يكون ناعما ومتدرجا .

3- من الممكن تغيير المسافة بين العضو الثابت والمتحرك وحسب التصميم . في هذا النوع القوة والعزم تتناسبان مع مربع التيار لذلك تكون العلاقة بين زمن التشغيل والتيار علاقة عكسية .

المتابعات الاتجاهية (ضد عكس القدرة): The Directional Relay of Reverse Power Relay

وهي احدى انواع (المتابعات الحثية) ، وتعمل هذه المتابعات على التيار المتردد فقط لانها حثية .



تعتمد المتابعات الحثية على اتجاه التيار ويعمل المتابع عند حدوث عطل أي انعكاس اتجاه القدرة من المولد الى الحمل ويتكون من قرص دوار مركب على محور ويتحكم في حركة القرص نابض ، ويزود المتابع بوسيلة مغناطيسية لوقف الحركة بدون ذبذبة (damper). ويقوم محول الجهد P.T ومحول التيار C.T بإعطاء وتحويل الفيض المغناطيسي Φ_1 و Φ_2 على القطب العلوي والسفلي على التعاقب مما ينشأ عنه عزم دوران يدور القرص ويتجه نحو الملامسات

الثابتة ويكون هناك توصيل الدائرة الكهربائية . وفي حالة وجود خلل سوف لا يتولد هذا العزم مما يؤدي الى عدم فصل او توصيل الدائرة الكهربائية يمكن استخدام نفس النوع للوقاية من زيادة التيار ومن مزايا هذا النوع :

1- يمكن تحديد قوة النابض . 2-

اختيار سعة الثغرة الهوائية . **3-** اختيار

عدد لفات الملفات .

حماية (وقاية)المولدات التزامنية : Protection of generators(26)

تتسبب معظم المتاعب في المولدات نتيجة انهيار العازل في العضو الثابت او العضو الدوار وذلك نتيجة قدم العوازل او تاثرها بالرطوبة او زيادة الجهد او تاثير ميكانيكي.

أعطال العضو الثابت : StaterFaults

قد يتعرض العضو الثابت الى :

1- قصر بين الاوجه : ويحصل ذلك بمرور تيار قصر (عدة الاف من الامبيرات) عند نقطة العطل مما يؤدي الى حدوث قوس كهربائي ومن ثم احتراق العازل للموصلات في الملفات او انصهار الشرائح احيانا.

2- قصر بين الاوجه والارض (الجسم): يمر تيار القصر في هذه الحالة خلال الدائرة المغناطيسية الى الارض ويؤدي ذلك الى انهيار او انصهار الشرائح .

أعطال العضو الدوار : Rotor faults

يكون الجهد المتولد في ملفات العضو الدائر صغير نسبيا (300-500 فولت) وبالتالي يكون عزله بامان اكثر من العضو الثابت ولكن نتيجة القوى الميكانيكية العالية في العضو الدائر والتي تسبب عن سرعة دورانه العالية(1500- 3000) دورة في الدقيقة لذلك يكون انهيار العازل والعطل في ملفات العضو الدائر محتملا في نقطة او اكثر. **ظواهر التشغيل غير المعتادة في المولدات :**

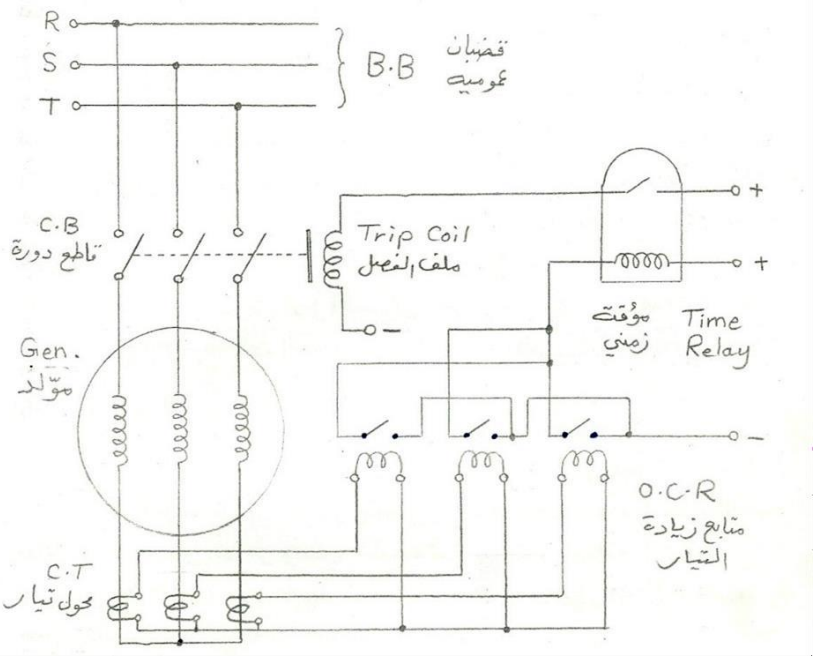
1- زيادة التيار : ينتج عن قصر خارجي او زيادة الحمل على المولد.

2- عدم اتزان تيار اوجه المولد : يحدث نتيجة قصر بين وجهين او وجه واحد مع الارض خارج منطقة المولد او فتح وجه open او وجهين في دائرة الخروج للمولد .

3- زيادة الجهد : يحدث في حالة هبوط مفاجئ للحمل مما يؤدي الى اختفاء او قلة المجال المغناطيسي .

حماية العضو الثابت : Stator protection (27)

الحماية من زيادة التيار في الاعطال الخاجية وزيادة الحمل .



يستخدم هذا النظام في فصل المولد اذا فصل المولد اذا حدث عطل مع القضيب الرئيسي B.B او فروعه (B.Bاو الخطوط او المحول) ومن المعتاد ان يتم فصل المناطق المعطوبة بواسطة الوقاية الخاصة بها ولهذا تعتبر الوقاية ضد الاعطال الخارجية على المولد وقاية خلفية لهذه المناطق .

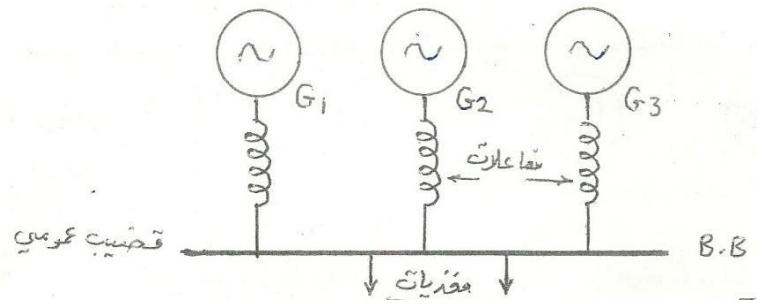
المفاعلات : Reactors (28)

تستخدم المفاعلات في شبكات التوليد الضخمة . الهدف من استخدامها هو تقليل تيار القصر اثناء حدوث الاعطاب . تمتاز المفاعلات بمحاثة ذاتية عالية ومقاومة واطئة نسبيا ، لذا فأن القدرة الضائعة في هذه المفاعلات تكون قليلة . في حالة استخدام لب حديدي للمفاعل تزداد المفاقيد بسبب الهسترة والتيارات الدوامية في اللب الحديدي . تصل المفاقيد

الكلية للمفاعل الى 5% من مقنن KVA للمفاعل . غالبا ما توضع المفاعلات في المواقع التي لا تحدث معها هبوط

فولتية عالية خلال حالات التشغيل الطبيعية ولكنها تحد من تيارات دوائر القصر وبذلك يحدد تيارات القطع التي تفصل بواسطة قواطع الدورة .

مفاعلات المولدة : تربط المفاعلات في هذا النوع على التوالي مع المولدات ، تحسب مفاعلة المفاعلة كخزء من الممانعة التسريبية للمولد بالرغم من حماية المولدة اثناء حالات القصر.

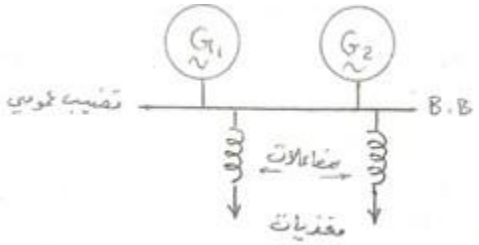


مساوىء المفاعلات :

1- وجود فولتية ومفاقيد ثابتة على المفاعل اثناء فترات التشغيل الطبيعية .

2- عند حدوث عطب قريب من القضبان وبسبب الهبوط بالجهد في المفاعلات فأن فولتية المولدات تنخفض الى درجة كبيرة مما يؤدي الى فقدان التزامن في المولدات وبالتالي اطفاء الشبكة shutdown لذا فأن هذا النوع لا يستخدم في محطات التوليد الحديثة.

مفاعلات المغذيات : عندما تربط المفاعلات على التوالي مع المغذيات تسمى بمفاعلات المغذيات وبما ان لكل شبكة عدد كبير من المفاعلات هذا يتطلب استخدام عدد كبير من المفاعلات .



محاسن المفاعلات :

1- عند حدوث عطب في أي مغذي فأن هبوط الفولتية في المفاعل لا يؤثر على فولتية القضيب فقدان التزامن قليل . B.B لذلك احتمال

2- حدوث عطب في احد المغذيات لايؤثر على البقية.

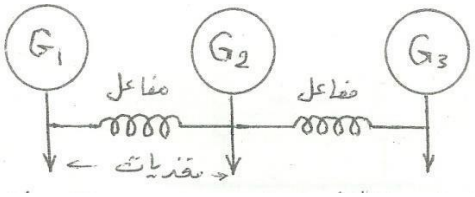
عيوب المفاعلات :

1- وجود هبوط فولتية ومفاقيد ثابتة عبر المفاعلات حتى في حالات التشغيل الطبيعية .

2- عند زيادة وحدات التوليد فأن حجم مفاعلات المغذيات يجب ان يزداد لابقاء تيارات القصر ضمن مقننات قواطع الدورة العاملة .

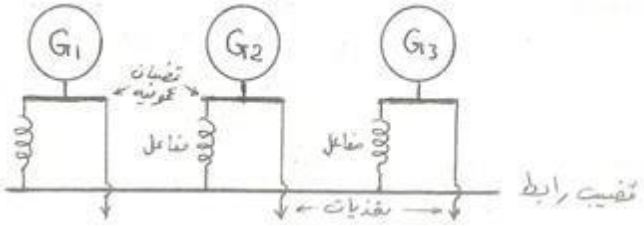
مفاعلات القضبان العمومية : وتستخدم للتغلب مساوىء مفاعلات المولدات والمغذيات .

أ/ النظام الحلقي : Ring system



يقسم القضيب B.B الى عدة مقاطع ، تربط المقاطع المختلفة خلال مفاعلات ، مفاقيد القدرة والجهد تكون اقل عند حدوث عطب ، توجد مولدة واحدة فقط تغذي العطب التيارات الداخلة الى العطب قليلة ، لذا فأن المقطع المغذي للعطب يتاثر فقط بينما تبقى بقية المقاطع مستمرة بالعمل .

ب/ النظام الشداد : Tie-Bar system



نلاحظ هناك مفاعلتان مؤثرتان على التوالي بين المقاطع لذا فأن المفاعلات لها قيمة المفاعلة المستخدمة في النظام الحلقي ومن الممكن اضافة مولدات جديدة للشبكة دون تغيير الممانعات الموجودة ولكنها تحتاج الى قضيب عمومي اخر أي القضيب الرابط .

الحمد لله الذي أعاننا على إكمال مفردات المنهج تمنياتنا

بالنجاح والتوفيق