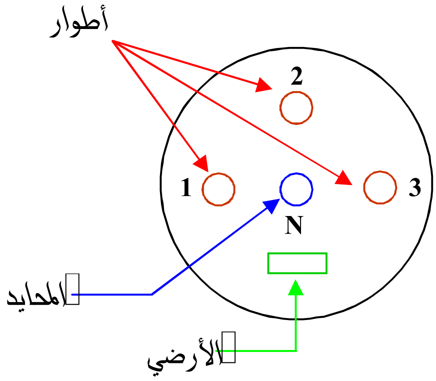
المحور الأول : وظيفة التغذية

الدرس الأول : التيار المتناوب ثلاثي الطور

النشاط الأول :

الشكل التالي يمثل مأخذ للتيار ثلاثي الطور .



باستعمال الجهاز المتعدد القياسات نقيس التوتر بين كل طور و المحايد ثم نقيس التوتر بين كل طورين.

تذكير :

(نضع مفتاح القراءة على ACV و نختار عيار 750V)

النتائج مبينة في الشكل التالي :

V_{1N}	V_{2N}	V_{3N}	U_{12}	U_{31}	U_{23}
220 V	220 V	220 V	380 V	380 V	380 V

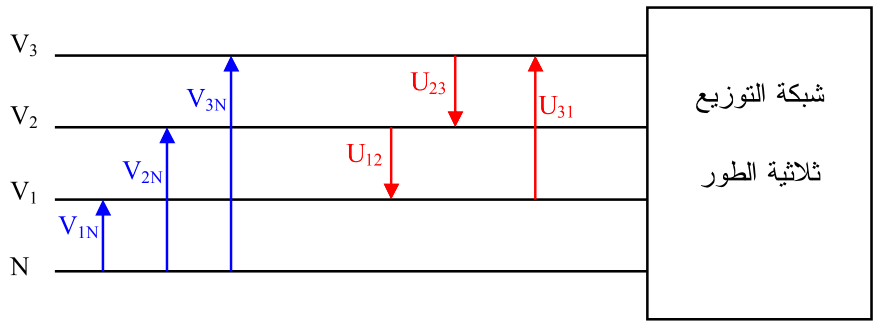
خلاصة :

- التوتر المقاس بين المحايد و أحد الأطوار الثلاثة يسمى التوتر البسيط . عند القياس وجدنا المقادير الثلاثة متساوية (220V)
- التوتر المقاس بين طورين يسمى التوتر المركب و يختلف عن التوتر البسيط من حيث القيمة . (380V)
- النسبة بن التوتر المركب و البسيط هي :

$$\frac{U}{V}=\frac{380}{220}=1.73=\sqrt{3} \quad \Rightarrow U=\sqrt{3}\,.\,V$$

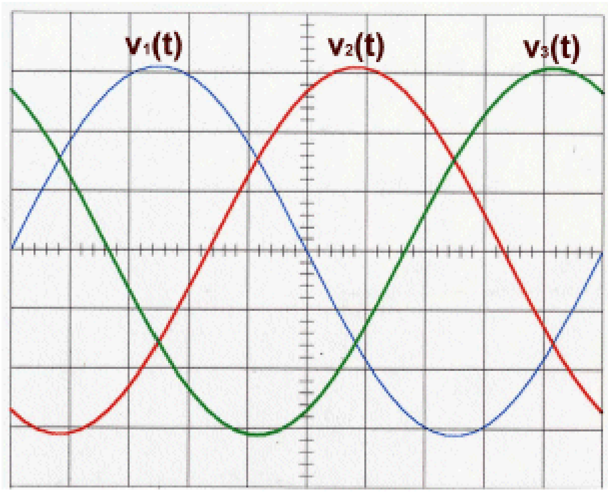
تعريف :

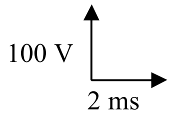
تحتوي شبكة التوزيع على أربعة أسلاك منها ثلاثة أطوار و الرابع يسمى المحايد . و نستعمل هذه الشبكة عندما تفوق الاستطاعة المنتجة 10KW



النشـاط الثاني :

باستعمال راسم الاهتزاز المهبطي نقوم بمعاينة المقادير البسيطة فنحصل على الإشارات التالية :





أحسب السعة ، الدور (التواتر) و فرق الصفحة لكل إشارة من الإشارات التالية :

* حساب السعة :

$$V_{1max} = V_{2max} = V_{3max} = 3.1 \ . \ 100 = 310 \text{ V}$$
$$V_{eff} = U_{max} / \sqrt{2} = 310 / \sqrt{2} = 219.2 \approx 220 \text{ V}$$

* حساب الدور (T) و التواتر (f) :

$$T_1 = T_2 = T_3 = 10 \ . \ 2 \text{ ms} = 20 \text{ ms} = 0.02 \text{ s}$$
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Hz}$$

* حساب فرق الطور (φ) :

الفارق الزمني بين الإشارتين $V_1(t)$ و $V_2(t)$ هو θ حيث :

$$\theta = 3.3 \ . \ 2 \text{ ms} = 6.6 \text{ ms}$$

إذن فرق الطور بين الإشارتين φ حيث :

$$\varphi = \frac{2}{T}\pi\theta = \frac{2\,\pi}{3} \text{ radians}$$
$$\varphi = \theta \ . \frac{360}{T} = 6.6 \ . \frac{360}{20} = 120°$$

و بنفس الكيفية :

فرق الطور بين الإشارتين $V_1(t)$ و $V_3(t)$ هو $240°$ أي $\frac{4\,\pi}{3}$ و فرق الطور بين الإشارتين $V_2(t)$ و $V_3(t)$ هو $120°$ أي $\frac{2\,\pi}{3}$

خلاصة :

تحصلنا على توترات متناوبة لها نفس الدور و نفس القيمة العظمى و تتباعد عن بعضها البعض بثلث دور ($120°$) .

$V_{1max} = V_{2max} = V_{3max}$ نقول أن هذه التوترات تشكل نظام ثلاثي الطور متوازن .

2- التمثيل الرياضي لإشارة جيبية ثلاثية الطور متوازنة :

نمثل إشارة جيبية بالعلاقة التالية :

$$\boxed{U(t) = U_{max} \sin(\omega t + \varphi)}$$

حيث :

السعة	:	U_{max}
التواتر	:	$f = \omega / 2\pi$
القيمة ذروة ذروة	:	$U_{cc} = 2\, U_{max}$
القيمة المتوسطة	:	$U_{moy} = 0$
القيمة الفعالة	:	$U_{eff} = U_{max} / \sqrt{2}$
فرق الصفحة	:	φ

نمثل الآن الإشارات التي رأيناها سابقا تمثيلا رياضيا حيث تعطى بالعلاقات التالية :

$$\begin{cases} V_1(t) = V_{1max} \sin \omega t \\ V_2(t) = V_{2max} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_3(t) = V_{3max} \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \end{cases}$$

ملاحظة :

إن الإشارة التي مثلناها رياضيا بالعلاقة :

$$U(t) = U_{max} \sin(\omega t + \varphi)$$

يمكن تمثيلها أيضا بالأعداد المركبة :

$$\underline{U}(t) = U \,.\, e^{j(\omega t + \varphi)} = U \,.\, e^{j\omega t} \,.\, e^{j\varphi} = \underline{U} \,.\, e^{j\omega t}$$

حيث $\underline{U}$ هو عدد مركب يمثل التوتر و $\underline{U}(t)$ هو التوتر المركب .

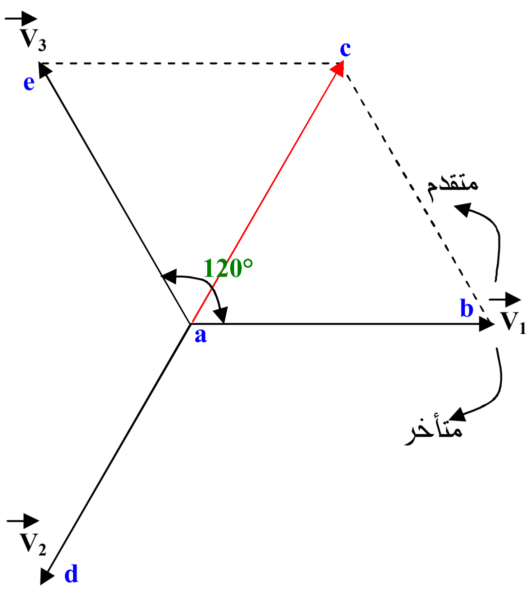
3- تمثيل فرينل لإشارة جيبية ثلاثية الطور متوازنة :

أ – العلاقة الموجودة بين التوترات البسيطة :

حسب تمثيل فرينا للتوترات البسيطة نجد :

نشاط :

أحسب المجموع الجبري للشعاعات الثلاثة ؟



$$\vec{V_1} + \vec{V_2} + \vec{V_3} = ?$$

$$\vec{ab} + \vec{ae} = \vec{ac}$$

$$\vec{V_1} + \vec{V_3} = \vec{ac}$$

$$\vec{ac} + \vec{ad} = \vec{ac} + \vec{ca} = \vec{aa} = \vec{0}$$

Donc

الخلاصة : $\vec{V_1} + \vec{V_2} + \vec{V_3} = \vec{0}$

المجموع الجبري للتوترات البسيطة يساوي الصفر .

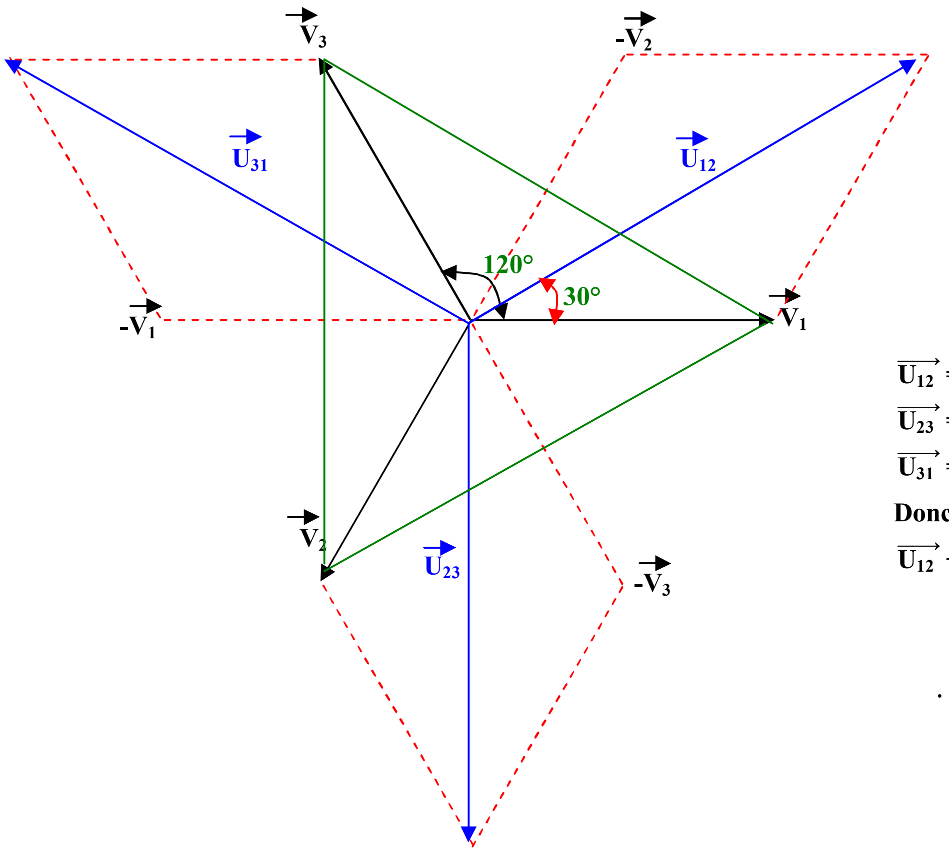
ب – العلاقة الموجودة بين التوترات المركبة :

U_{12} : التوتر بين الطور (1) و الطور (2)

U_{23} : التوتر بين الطور (2) و الطور (3)

U_{31} : التوتر بين الطور (3) و الطور (1)

نشاط :
أحسب المجموع الجبري للتوترات الثلاثة ؟



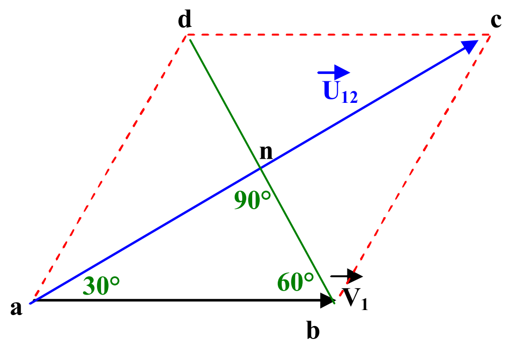
$$\vec{U_{12}} = \vec{V_1} - \vec{V_2} = \vec{V_1} + (-\vec{V_2})$$
$$\vec{U_{23}} = \vec{V_2} - \vec{V_3} = \vec{V_2} + (-\vec{V_3})$$
$$\vec{U_{31}} = \vec{V_3} - \vec{V_1} = \vec{V_3} + (-\vec{V_1})$$

Donc

$$\vec{U_{12}} + \vec{U_{23}} + \vec{U_{31}} = \vec{0}$$

الخلاصة :
المجموع الجبري للتوترات المركبة يساوي الصفر .

ج – العلاقة الموجودة بين التوتر البسيط و التوتر المركب :
المثلث cba مثلث متساوي الساقين و بالتالي له زاويتين متساويتين و تساوي $\pi/6$
المثلث abn :

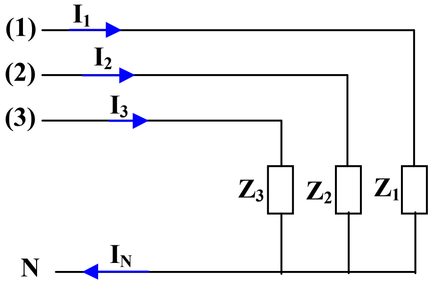


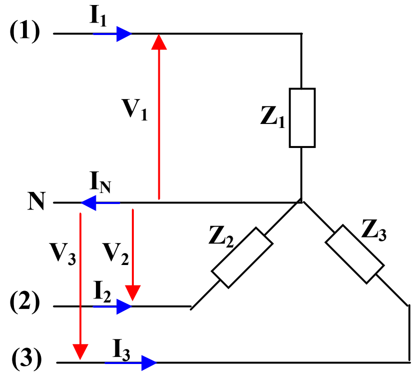
$$\cos \pi/6 = \frac{an}{ab} \Rightarrow an = ab \cdot \cos(\pi/6)$$
$$an = \frac{1}{2} \cdot ac \quad (ac = U_{12})$$
$$ab = V_1$$
$$\Rightarrow \frac{1}{2} ac = \frac{ab}{2}\sqrt{3}$$
$$\Rightarrow U_{12} = \sqrt{3} \cdot V_1$$

الخلاصة :
التوترات المركبة متقدمة على التوترات البسيطة ب $\pi/6$ و طويلة القيمة المركبة هي حاصل جداء القيمة البسيطة و $\sqrt{3}$

4- تغذية حمولة ثلاثية الطور متوازنة :

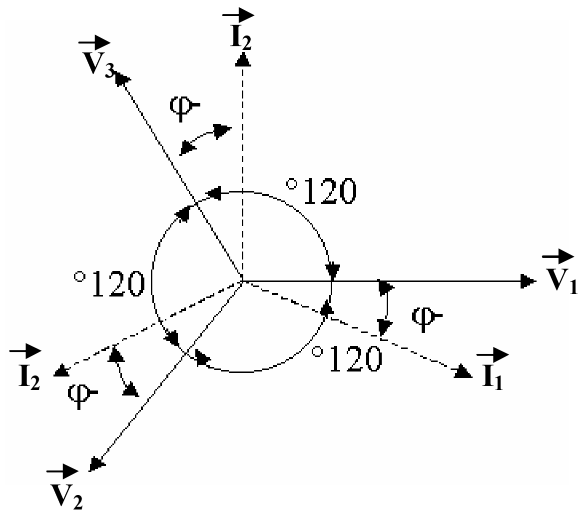
4-1 : التركيب النجمي :
لدينا ثلاث ممانعات Z_1 ، Z_2 و Z_3 حيث تربط كل واحدة منها بين طور و المحايد لموزع ثلاثي الطور . نسمي هذا التركيب بالتركيب النجمي و نرمز له بالرمز Y عندما يكون يحتوي على محايد ، أما إذا لم يكن يحتوي على محايد فنرمز له بالرمز Y .





- عند المحايد لدينا : $I_1 + I_2 + I_3 = I_N$
- التوتر المطبق على كل ممانعة هو التوتر البسيط .
- تيار الخط هو التيار المار في الحمولة.
- في التركيب المتزن لدينا : $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ و $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ في هذه الحالة يمكننا الاستغناء عن المحايد لأن التيار الذي يعبره يكون معدوما .

$$I_n = I_1 + I_2 + I_3 = (V_1 + V_2 + V_3) / Z = 0$$



تمرين تطبيقي :

1- شبكة ثلاثية الأطوار 220V/380V ، 50Hz تغذي على شكل نجمي ثلاث ممانعات متساوية $Z1 = Z2 = Z3 = Z = 200\ \Omega$ عبارة عن مقاومات خالصة .

- أحسب التيارات I_1 , I_2 , I_3
- أرسم تمثيل فرينل المناسب للتيارات و التوترات .
- برهن أن : $\vec{I_N} = \vec{0}$

2- لدينا ثلاث آخذات :

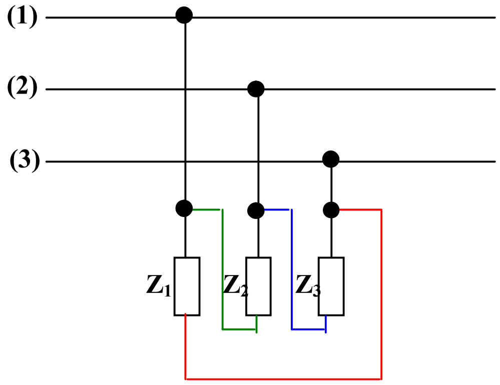
- ✓ الأولى مقاومة $R = 20\Omega$ -------------------- فرق الطور بين التيار و التوتر معدوم
- ✓ الثانية وشيعة $Z_L = 15\Omega$ -------------------- فرق الطور بين التيار و التوتر $= + \pi/2$
- ✓ الثالثة مكثفة $Z_c = 30\Omega$ -------------------- فرق الطور بين التيار و التوتر $= - \pi/2$

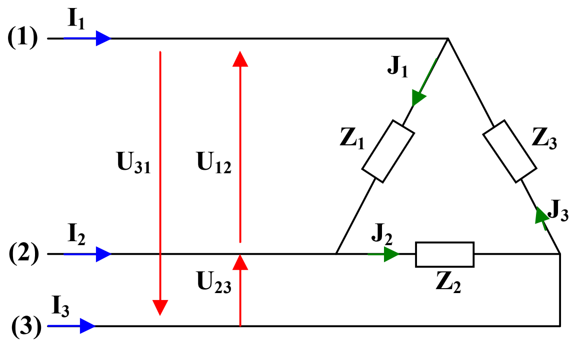
- القيمة المنتجة للتوتر البسيط هي $V = 60V$
- أحسب التيارات I_1 , I_2 , I_3
- أرسم تمثيل فرينل المناسب للتيارات و التوترات .

خلاصة :

- في التركيب النجمي المتوازن : $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ و $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ و $I_n = I_1 + I_2 + I_3 = 0$

4-2 : التركيب المثلثي :



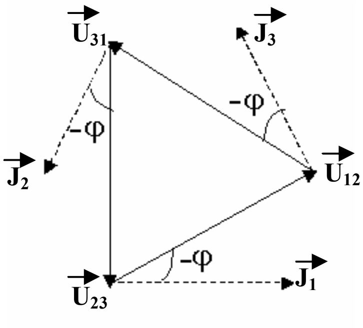


- الأطوار الثلاثة للآخذة موصولة بحيث تشكل دارة مغلقة " مثلث " .
- الأقطاب الثلاثة تشكل رؤوس المثلث .
- التوتر المطبق على كل ممانعة هو التوتر المركب .
- I_1 , I_2 , I_3 هي تيارات الخط .
- J_1 , J_2 , J_3 هي التيارات المارة في الحمولة.
- في التركيب المتزن لدينا : $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ و $\varphi_{12} = \varphi_{23} = \varphi_{31} = \varphi$

بتطبيق قانون العقد :

$$J_1 = I_1 + J_3 \Rightarrow I_1 = J_1 - J_3$$
$$J_2 = I_2 + J_1 \Rightarrow I_2 = J_2 - J_1$$
$$J_3 = I_3 + J_2 \Rightarrow I_3 = J_3 - J_2$$

نعلم أن المجموع الجبري لتيارات الخط معدوم و بالتالي من العلاقات السابقة نجد أن المجموع الجبري لتيارات الفرع أيضا معدوم .



خلاصة :

- في التركيب المثلثي المتوازن : $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ و $\varphi_{12} = \varphi_{23} = \varphi_{31} = \varphi$ و $J_1 = J_2 = J_3$

4-3 : العلاقة التي تربط ما بين تيار الفرع و تيار الخط :

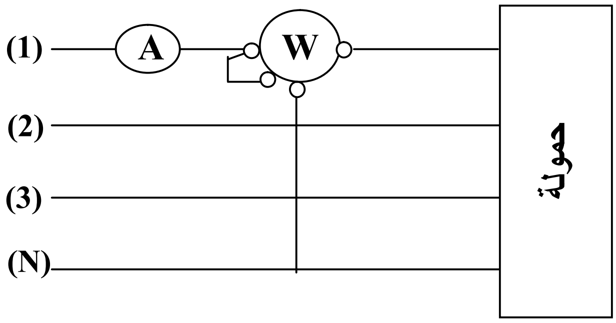
بنفس الطريقة السابقة برهن أن :

$$\boxed{I = J \,.\, \sqrt{3}}$$

4- الاستطاعة في ثلاثي الطور :

4-1 : طريقة الواطمتر الواحد :

أ) التركيب النجمي المتزن :



عمليا لقياس الاستطاعة الكلية نقيس الاستطاعة في خط واحد ثم نضرب النتيجة في 3 .

- في التركيب النجمي المتوازن : $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$

و $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$

و $I_n = I_1 + I_2 + I_3 = 0$

الاستطاعة الفعالة :

نعلم أن عبارة الاستطاعة الفعالة هي :

$P_1 = V_1.I_1 \cos\varphi_1$

$P_2 = V_2.I_2 \cos\varphi_2$

$P_3 = V_3.I_3 \cos\varphi_3$

إذن الاستطاعة الكلية :

$P_g = P_1 + P_2 + P_3$

و بما أن التركيب متزن فإن : $P_1 = P_2 = P_3 = P = V.I.\cos\varphi$

فإن :

$P_g = 3 . P = 3 . V. I . \cos\varphi$

$P_g = 3.(U/\sqrt{3}) .I . \cos\varphi = 3.(\sqrt{3} / \sqrt{3}) . (U/ \sqrt{3}) .I . \cos\varphi$

إذن عبارة الإستطاعة الفعالة الكلية هي :

$$P_g = \sqrt{3}\, U.I.\cos\varphi \quad (Watts)$$

الاستطاعة الإرتكاسية :

نعلم أن عبارة الاستطاعة الفعالة هي :

$Q_1 = V_1.I_1 \sin\varphi_1$

$Q_2 = V_2.I_. \sin\varphi_2$

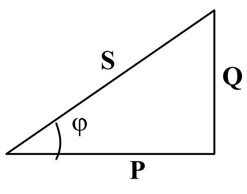
$Q_3 = V_3.I_3 \sin\varphi_3$

و بنفس الطريقة نجد :

$$Q_g = \sqrt{3}\, U.I.\sin\varphi \quad (VAR)$$

الاستطاعة الظاهرية :

من مثلث الاستطاعات نجد :



$$S_g = \sqrt{P_g^2 + Q_g^2} \Rightarrow S_g^2 = P_g^2 + Q_g^2 = (\sqrt{3}\, U.I.\cos\varphi)^2 + (\sqrt{3}\, U.I.\sin\varphi)^2$$

$$S_g = \sqrt{3}\, U.I \quad (VA)$$

استنتاج عامل الاستطاعة (cos φ) :

$$\cos\varphi = \frac{P_g}{S_g}$$

ب) التركيب المثلثي المتزن :

الاستطاعة الفعالة :

نعلم أن عبارة الاستطاعة الفعالة هي :

$$P_1 = U_{12}.J_1 \cos\varphi_{12}$$
$$P_2 = U_{23}.J_2 \cos\varphi_{23}$$
$$P_3 = U_{31}.J_3 \cos\varphi_{31}$$

إذن الاستطاعة الكلية :

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3$$

و بما أن التركيب متزن فإن : $P_1 = P_2 = P_3 = P = U.J.\cos\varphi$

فإن :

$$P_g = 3 . P = 3 . U. J . \cos\varphi$$
$$P_g = 3. U.(I/\sqrt{3}) . \cos\varphi = 3.(\sqrt{3}/\sqrt{3}) . U . (I/\sqrt{3}) . \cos\varphi$$

إذن عبارة الإستطاعة الفعالة الكلية هي :

$$P_g = \sqrt{3}\, U.I.\cos\varphi \quad (Watts)$$

الاستطاعة الإرتكاسية :

$$Q_g = \sqrt{3}\, U.I.\sin\varphi \quad (VAR)$$

الاستطاعة الظاهرية :

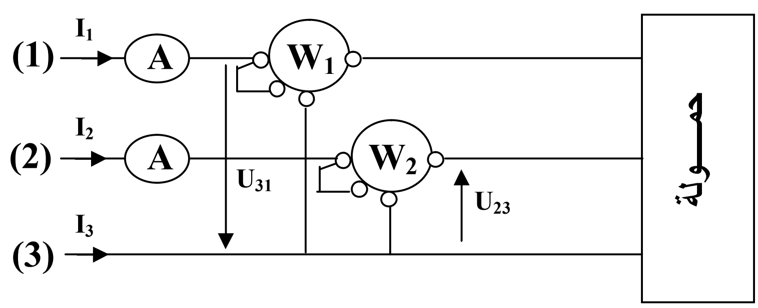
$$S_g = \sqrt{3}\, U.I \quad (VA)$$

عامل الاستطاعة (cos φ) :

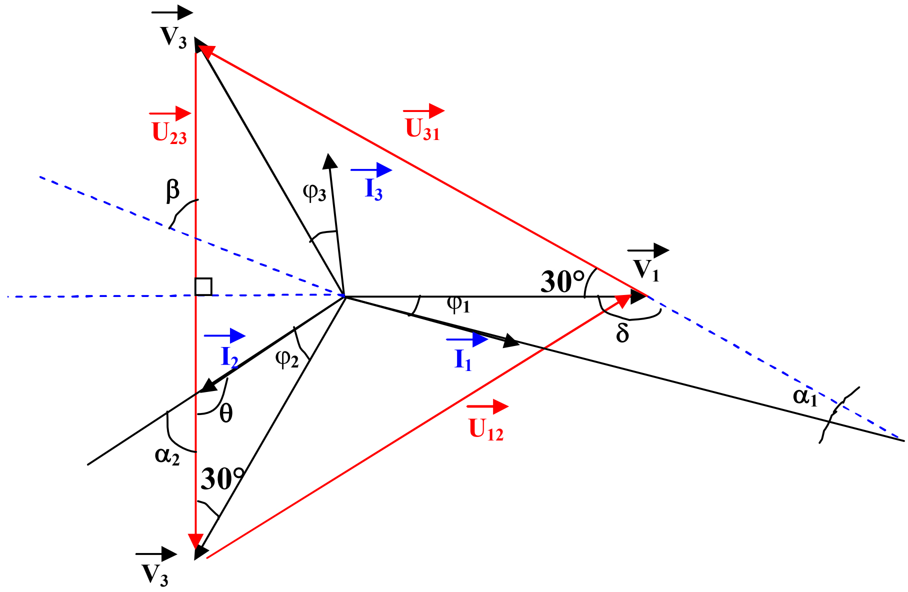
$$\cos\varphi = \frac{P_g}{S_g}$$

2-4 : طريقة الواطمترين :

قياس الاستطاعة الفعالة :



حسب تمثيل فرينل :



استطاعة الواطمتر(1) هي :

$$P_1 = U . I . \cos(\vec{I_1}, \vec{U_{31}}) = U . I . \cos\alpha_1 \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

استطاعة الواطمتر(2) هي :

$$P_2 = U . I . \cos(\vec{I_2}, \vec{U_{23}}) = U . I . \cos\alpha_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

التركيب متزن إذن :

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$$

من تمثيل " فرينال " نستطيع حساب الزوايا α_1 و α_2 .

حساب α_1 :

$\delta + \varphi + \alpha_1 = 180°$ و $30° + \delta = 180°$

و منه :

$\alpha_1 + \varphi + \delta = \delta + 30° \Leftarrow \alpha_1 + \varphi = 30°$

$\Leftarrow \boxed{\alpha_1 = 30 - \varphi}$

حساب α_2 :

$30° + \theta + \varphi = 180°$ و $\alpha_2 + \theta = 180°$

و منه :

$\alpha_2 + \theta = 30° + \theta + \varphi \Leftarrow \boxed{\alpha_2 = 30 + \varphi}$

إذن :

$$P_1 = U . I . \cos(30 - \varphi) \qquad (1)$$

$$P_2 = U . I . \cos(30 + \varphi) \qquad (2)$$

$$P = P1 + P2 = U . I ((\cos(30 - \varphi) + \cos(30 + \varphi)) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

نعلم أن :

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

إذن

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos a \cos b$$

و بالتالي :

$$(3) \Rightarrow P = U . I . 2 . \cos 30 . \cos\varphi \Rightarrow P = U . I . (\sqrt{3}/2) . \cos\varphi = \sqrt{3} . U . I . \cos\varphi$$

إذن :

$$\boxed{P_g = P_1 + P_2}$$

قياس الاستطاعة الارتكاسية :

$$P1 - P2 = U \,.\, I \,.\, ((\cos(30 - \varphi) - \cos(30 + \varphi))$$

$$P1 - P2 = U \,.\, I \,.\, 2.\sin 30 \,.\, \sin\varphi = U \,.\, I\,(1/2) \,.\, \sin\varphi = U.I.\sin\varphi$$

لكي نحصل على عبارة الاستطاعة الارتكاسية يكفي أن نضرب النتيجة في $\sqrt{3}$

إذن :

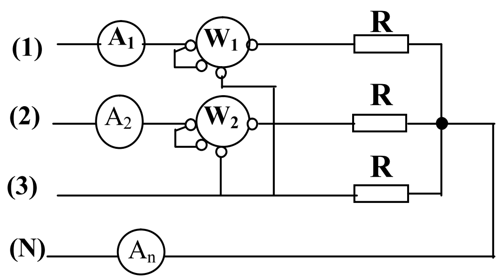
$$\boxed{Qg = \sqrt{3}\,(P1 - P2)}$$

هذه العلاقة صحيحة في حالة التركيب المتزن فقط !!

نشاط :

نحقق التجربة التالية باستعمال ثلاث مستقبلات متماثلة ذات مقاومات متساوية "R" موصولة في تركيب نجمي مغذى بشبكة ثلاثية الطور 380/ 220 V ، 50Hz كما هو موضح في الشكل التالي :

الواطمترين W_1 و W_2 وضعا لقياس الاستطاعة الفعالة و الارتكاسية الكلية و الأمبير مترين A_1 و A_2 وضعا لحماية الواطمترين وأيضا لقياس شدة التيار في الخط . الأمبير متر An موضوع لقياس شدة التيار في المحايد.



النتائج المحصل عليها موضحة في الجدول التالي :

الجهاز	المقدار المقاس	القيمة
A_1	I_1	2.2A
A_2	I_2	2.2A
W_1	P_1	725W
W_2	P_2	725W
A_n	I_N	0A

1. أحسب الاستطاعة الفعالة و الارتكاسية الكلية بالعلاقات المباشرة.
2. تحقق من الطريقة المبرهن عليها سابقا (طريقة الواطمترين) .
3. استنتج الاستطاعة الظاهرية.
4. أحسب قيمة R .
5. لماذا لم يشر الأمبير متر An إلى أية قيمة ؟ و ماذا تستنتج ؟

جدول محوصل :

التركيب		قياس بطريقة الواطمترين P	قياس بطريقة الواطمترين Q	حساب بالطريقة المباشرة
متزنة	مثلثي	نعم	نعم	نعم
متزنة	نجمي	نعم	نعم	نعم
غير متزنة	مثلثي	نعم	لا	لا
غير متزنة	نجمي	نعم	لا	لا