جامعة حلب

كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية

مفهوم الإستطاعة الردية

طرق تعويضها

ونقلها في الشبكة الكهربائية

إعداد :

محمد بستاني

Mohammad Bostani

عبد القادر غزال حبّال

Abd Alkader Habbal

هندسة نظم القدرة الكهربائية

Electrical Power Systems Engineering

2011

بإشراف الدكتور :

محمد بشير الرفاعي

KAhROUb group

الإستطاعة

Power

الردية

Reactive

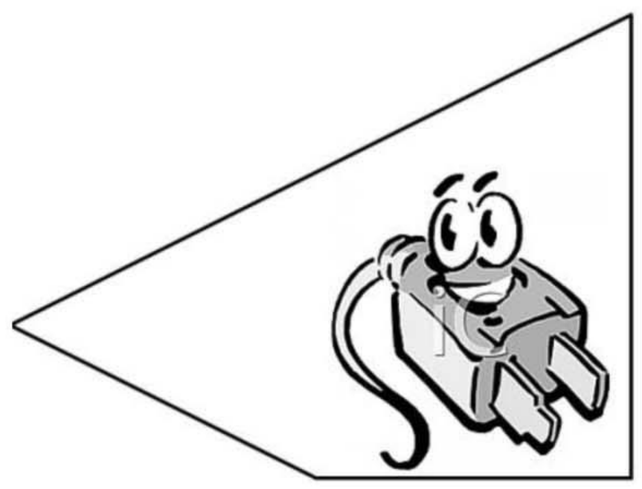
مضمون البحث : مفهوم الإستطاعة الردية (الرد فعلية)

- ✓ **اولا :** مفهوم الاستطاعة الرد فعلية .
- ✓ **ثانيا :** طرق توليدها .
- ✓ **ثالثا :** طرق نقلها في الشبكة الكهربائية .
- ✓ **رابعا :** طرق تحسين عامل الاستطاعة .
- ✓ **خامسا :** طريقة قياس الاستطاعة الردية .

مع جزيل الشكر لمن قدم لنا يد العون والمساعدة :

الدكتور : محمد بشير الرفاعي

المهندس : عدنان سراج (رئيس قسم الكهرباء في المعهد الهندسي – جامعة حلب)



1 مفهوم الإستطاعة الرد فعلية

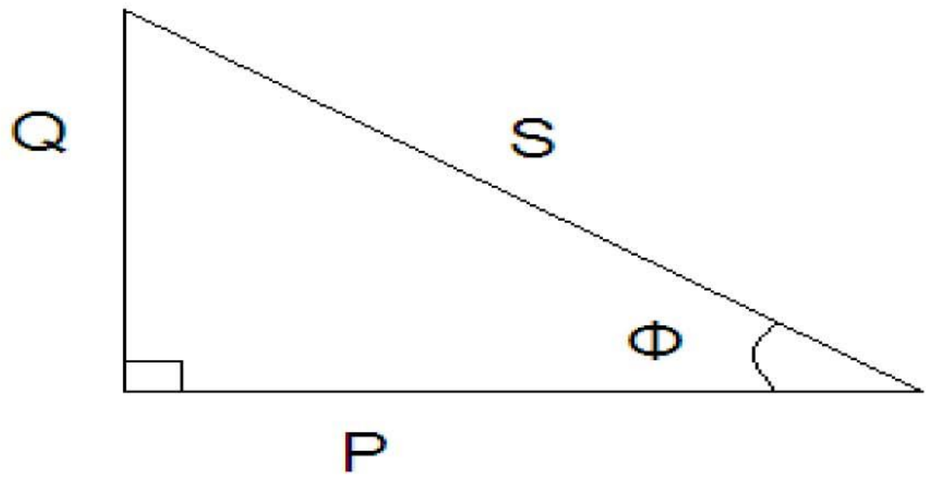
تعريفها:

- هي الاستطاعة التي تضيع في الشبكة الكهربائية والحمولات **ظاهريا** ، ولكنها **في الحقيقة** ضرورية لإنتاج الحقل الكهرطيسي ، و تُستهلك في العناصر التحريضية .
- حيث إن آلات التيار المتناوب (مولدات ، محركات ، محولات) بحاجة لحقل مغناطيسي من أجل عملها ، هذا الحقل بمثابة طاقة تتموّج بشكل متناوب بين منبع الطاقة والمستهلك بتردد ضعف تردد نظام الشبكة ..

وتعطى بالدستور :

$$Q = P.\tan\varphi = S.\sin\varphi$$

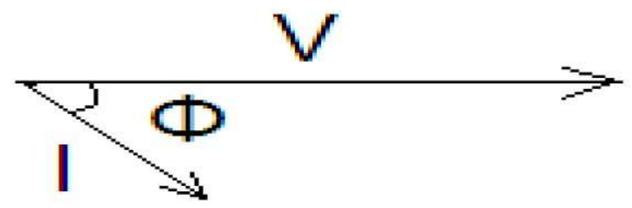
حيث : يرمز للإستطاعة الردية ب (**Q**) .



S : الإستطاعة الظاهرية .

P : الإستطاعة الفعلية .

إن الأحمال التحريضية تسبب تأخير التيار عن التوتر بزاوية ، و هذا يؤدي إلى تشكل الاستطاعة الرد فعلية.

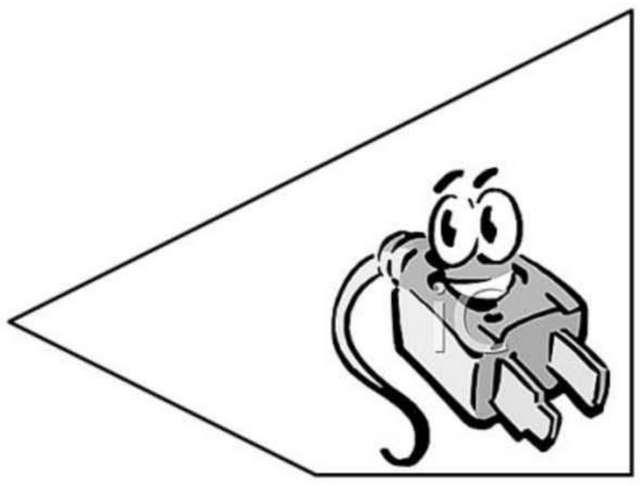


أي أن : ~ ((سبب الاستطاعة الرد فعلية هو الزاوية بين التيار و توتر الحمل)) ~

؟ ما ســبب التسمية؟!

سميت بالاستطاعة الرد فعلية لأن :

القسم السالب من الاستطاعة يقوم بمعاكسة اتجاه الاستطاعة القادمة إلى الحمل ، ويُظنُّ أنها تتجه من الحمل إلى الشبكة (خطأ شائع) ، لذلك تسمى استطاعة رد فعلية .



2 توليد الإستطاعة الرد فعلية

- يمكن الحصول على الاستطاعة الرد فعلية Q في اي نقطة من الشبكة الكهربائية ، فهي تتولد في المحركات المتواقتة وذلك عندما تعمل في نظام التهييج الزائد ، وتتولد في سعات خطوط النقل ، وفي المكثفات الساكنة ، وفي محطات التوليد .

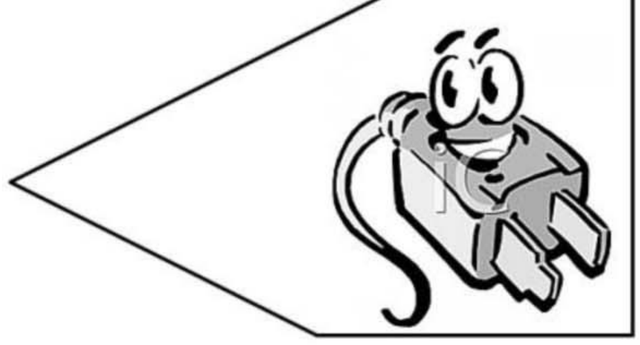
- وبالتالي كل عنصر في الشبكة او الدارة الكهربائية الذي يكون فيه التيار متقدما على التوتر ، يكون مولدا او معوضا للاستطاعة الرد فعلية.

- يمكن أن يكون توليد واستهلاك الإستطاعة الفعلية والإستطاعة الردية منفصلان تماما عن بعضهما بعضا لأنه :

  - توجد آلات كهربائية مستهلكة للإستطاعة الفعلية وبنفس الوقت منتجة للإستطاعة الردية مثل (الآلات المتواقتة المعوّضة) .

➢ كما وتوجد آلات كهربائية معاكسة تماما حيث تستهلك استطاعة ردية وتولد استطاعة فعلية . مثل :

(المولدات غير المتواقتة)



3 نقلها في الشبكات الكهربائية

يتم نقلها عن طريق المحولات و خطوط النقل و الكابلات الارضية من الشبكة إلى المستهلك لذلك من المهم جدا تخفيف الحمولة التحريضية عند المحولة وإنقاص الاستطاعة الرد فعلية المنقولة ، وهذا يتم عادة برفع عامل الاستطاعة الطبيعي عند الاستهلاك ووضع أجهزة تعويض على أطراف التوتر المنخفض للحمولة في مراكز التحويل (ربط المكثفات في المناطق القريبة من الحمل) ، ثم إن :

① إن نقل كميات كبيرة يسبب زيادة ضياعات الاستطاعة الفعلية في عناصر الشبكة المرتبطة بتحميلها للاستطاعة الرد فعلية حيث تتناسب ضياعات الاستطاعة الفعلية طرداً مع مربع الاستطاعة Q.

$$\Delta P = \frac{p^2 + Q^2}{U^2} R$$

$$= \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_A + \Delta P_r$$

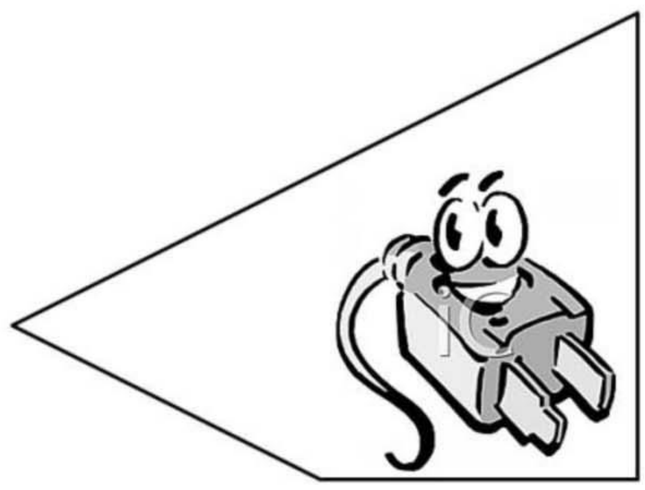
② إن نقل الاستطاعة الردية يسبب هبوطات إضافية في التوتر فنقل استطاعة فعلية P واستطاعة رد فعلية Q في خط مقاومته الفعلية R و الرد فعلية X يسبب هبوط في التوتر قيمته:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

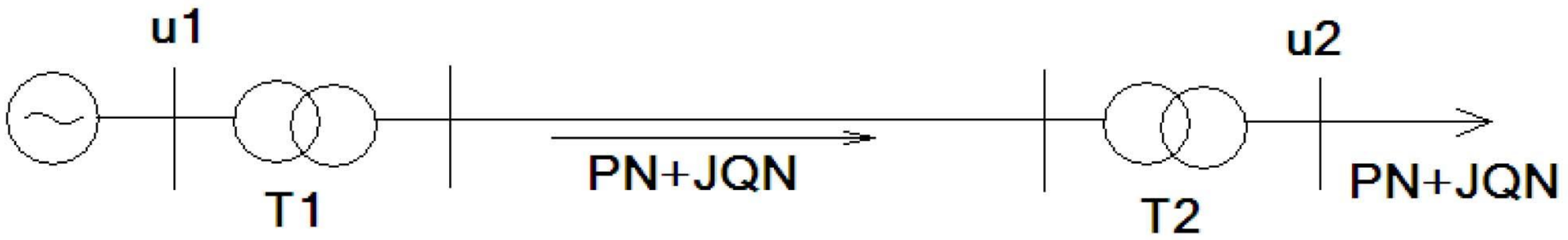
$$= \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_a + U_r$$

③ إن نقل كميات كبيرة من الاستطاعة الرد فعلية عبر خطوط شبكة التغذية الكهربائية وعبر المحولات يسبب نقص مقدرة تلك العناصر على تمرير الاستطاعة الفعلية ويتطلب زيادة مقاطع الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية **(من اجل حمل تيار أكبر و بالتالي حمل استطاعة فعلية أكبر)** وزيادة استطاعة المحولات في محطات التحويل أو زيادة عددها.

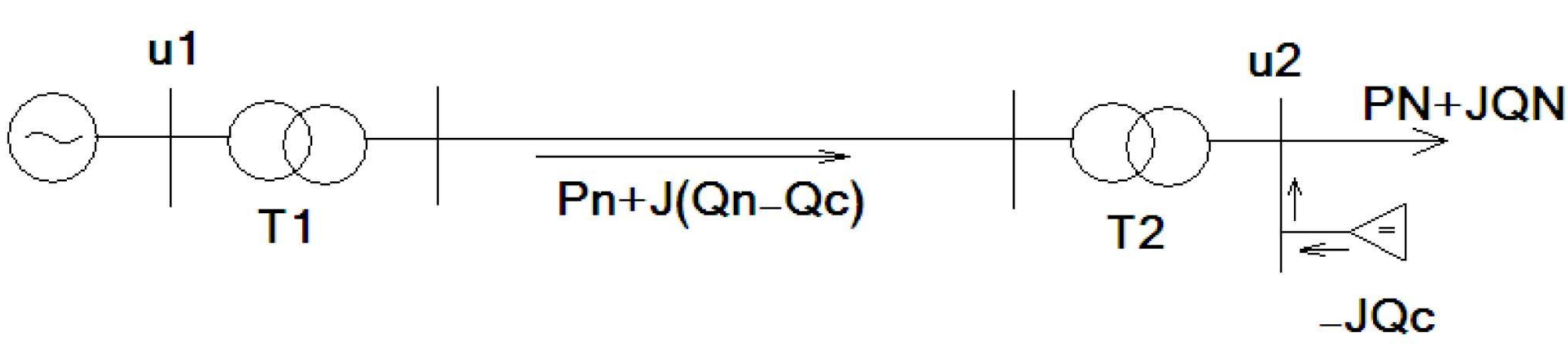
(حيث تزداد استطاعة المحولة بربط عدد من المحولات المتماثلة على التوازي)



4 طرق تحسين عامل الإستطاعة



☑ بعد وضع المعوّض:



√ عادة توضع المعوضات المتواقتة في مركز الاستهلاك عند الحمولات وذلك لتعويض الاستطاعة الردية الضائعة في الشبكة والحمل .

√ المعوض المتواقت يقوم بتوليد استطاعة ردية Qc وتدخل في الحسابات بإشارة سالبة .

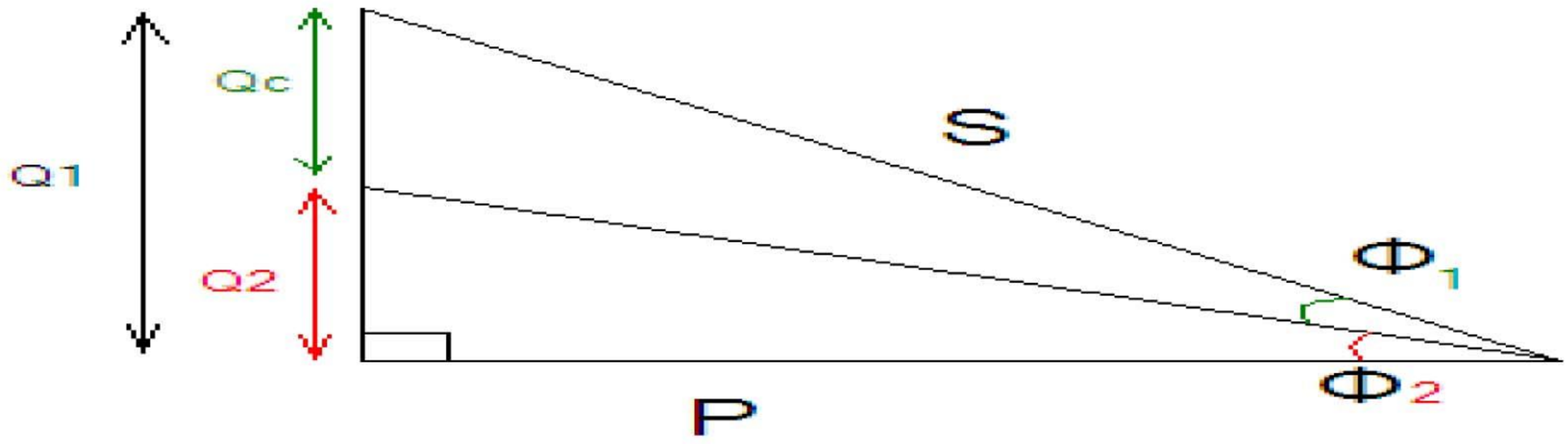
☠ ان الاستطاعة الردية السارية في خط النقل و المغذية للحمل هي Qn ، وعند عمل المحركات التحريضية في مصنع ما سيؤدي الى انخفاض عامل الاستطاعة $\cos \varphi$ الى قيمة اقل من 0.95 أي الى 0.75 مثلا وهذا يسبب ضياع في القدرة الكهربائية المولدة وعدم استقرار في الشبكة وزيادة في هبوط التوتر وبالتالي خسارة اقتصادية .

لذلك ينصح بل ويفرض على كل مصنع او معمل الذي يكون فيه $0.95 > \cos \varphi$ بتركيب لوحة تحسين عامل استطاعة ، تركب جانب عداد القدرة الكهربائية في منطقة الاستهلاك ، تحوي هذه اللوحة على مجموعة من المكثفات المتواقتة او الساكنة وعلى كنتاكتورات وحاسوب بعدة مراحل وسعات مكثفات مختلفة تدخل كل مرحلة حين اللزوم وانخفاض عامل الاستطاعة فيرتفع الى 0.95 المطلوب ، ويحسب هبوط التوتر في الخط من العلاقة :

$$\Delta U = \frac{Pn.R}{Un} + \frac{(Qn - Qn).x}{Un}$$

√ نلاحظ انخفاض هبوط التوتر في الخط عند استعمال المكثفات المتواقتة Qc بتوليد استطاعة ردية تعوض الاستطاعة الردية الضائعة .

ونستطيع حساب سعة المكثفات المستعملة كما يلي : $Q_c = Q_1 - Q_2$



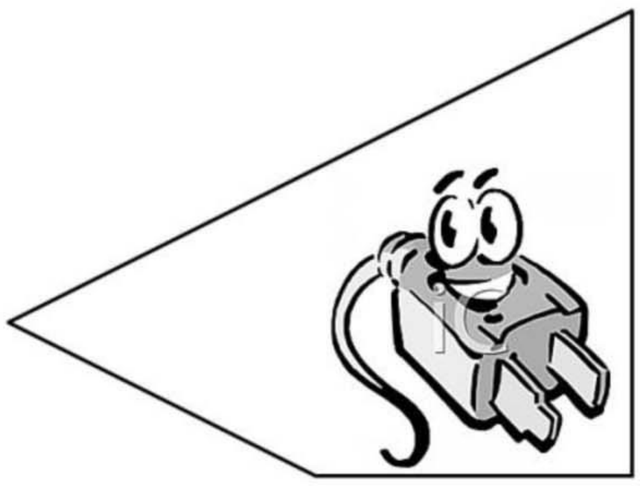
حيث:

$Q_1 = P.\tan \emptyset 1$ الإستطاعة الردية قبل التحسين

$Q_2 = P.\tan \emptyset 2$ الإستطاعة الردية بعد التحسين

$Q_c = 3.W.C.V_{ph}^2$ الإستطاعة الردية المتولدة بواسطة المكثفات

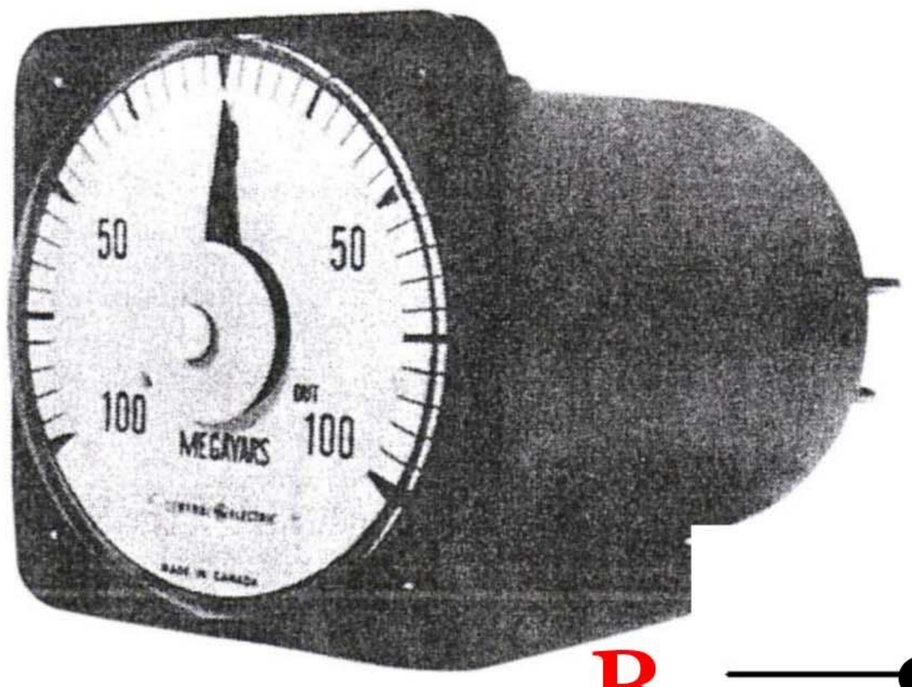
علماً انه في حالة انخفاض عامل الاستطاعة الى اقل من 0.8 يلاحظ استهلاك استطاعة ردية كبيرة تُدفع قيمتها من قِبل المستهلك ولا يستفيد منها (بشكل مباشر) ، لذلك يطلب من كل صاحب منشأة صناعية تركيب لوحة تحسين عامل الإستطاعة لتقوم بتحسين عامل الإستطاعة .



5 قياس الإستطاعة الرد فعلية

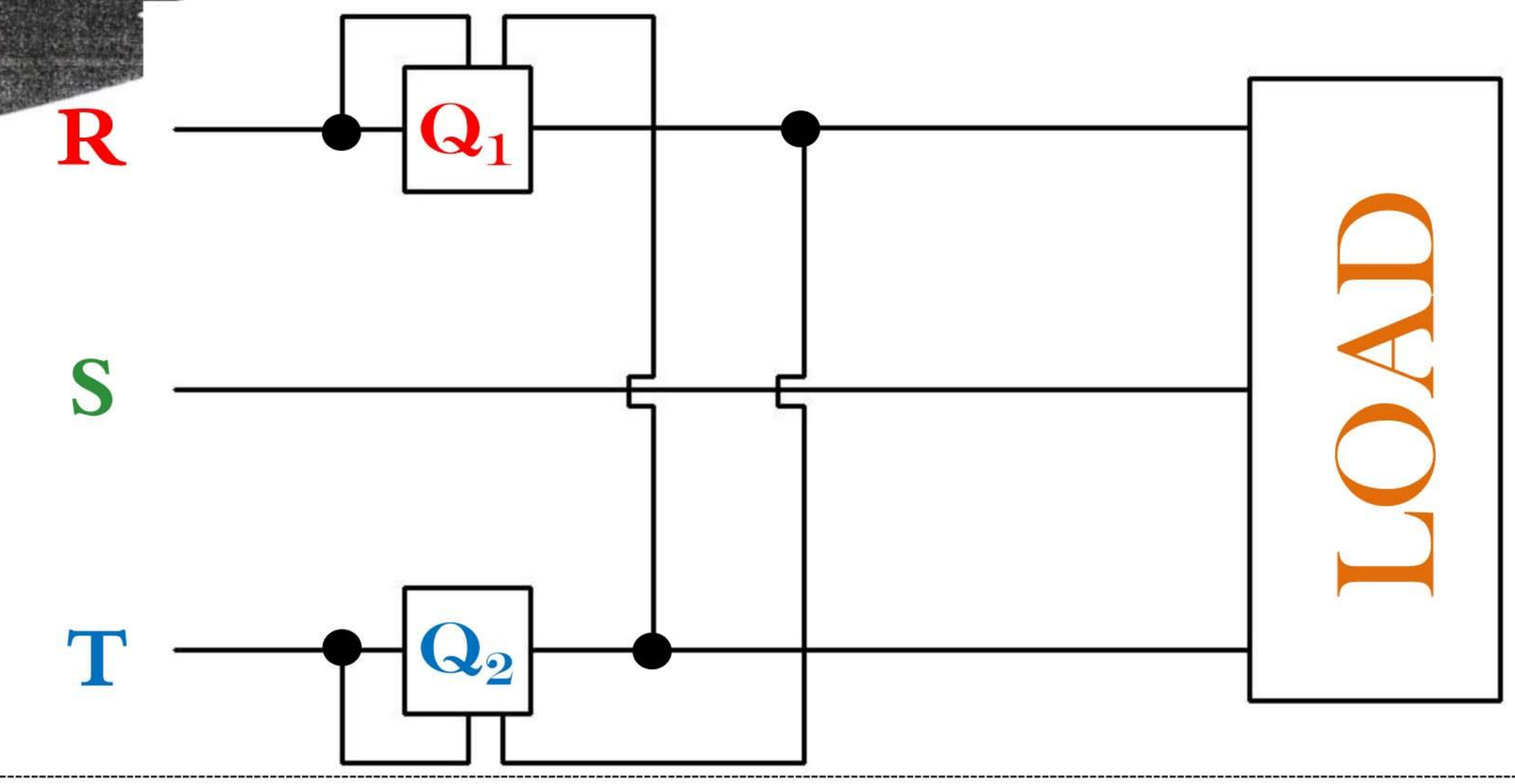
★ يتم قياس الاستطاعة الردية Q الضائعة في الشبكة والحمولات باستخدام عداد قدرة ردي ، يوضع بجانب عداد القدرة الفعلي الذي يقيس الاستطاعة الفعلية المستهلكة .

★ ان العداد الثلاثي الطور يقيس الاستطاعة الردية Q الضائعة بـ KVAR (كيلو فولط امبير ردي) او (فارمتر) ومع الزمن تصبح قدرة ردية ضائعة تقاس من قبل المؤشر وتحسب قيمتها ، وتدفع مع وصل القدرة الفعلية المستهلكة بجدولين $\mathbf{KW_{hr}}$ (كيلو واط ساعي) $\mathbf{KVAR_{hr}}$ (كيلو فولط امبير ردي ساعي) .



في الشكل جانبا : مقياس الإستطاعة الردية (**VARmeter**)

حيث نقطة الصفر في المنتصف لقياس الإستطاعة الردية الموجبة والسالبة



طريقة التوصيل مع الشبكة

قياس الإستطاعة الردية في شبكة ثلاثية الطور : باستخدام المقياس Q_1 و المقياس Q_2 ونحصل على الإستطاعة الكلية بجمع Q_1+Q_2