

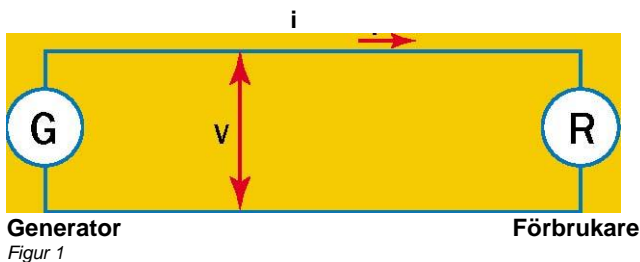
Vad är elektrisk effekt?

# Mätning av effekter

Vad är aktiv-, skenbar- reaktiv- medel- och direkt effekt samt effektfaktor?

Denna studie ger vägledning om de grundläggande parametrarna för 3-fas effektmätning.

Vid ett givet tillfälle, när strömmen,  $i$  rör sig från generator **G** till mottagare **R** riktningen definieras av spänningen  $v$  som ges av generator (figur 1), är den **direkta effekten** som går till mottagare R lika med **storheten U** och **I**.



Om spänningen och strömmen är DC, är medeleffekten  $U \times I$  lika med den omdelbara effekten  $U \times I$ .

Om spänningen och strömmen är **sinus AC**, är det generellt en **fasförskjutning**  $\varphi$  mellan spänningen och strömmen (figur 2).

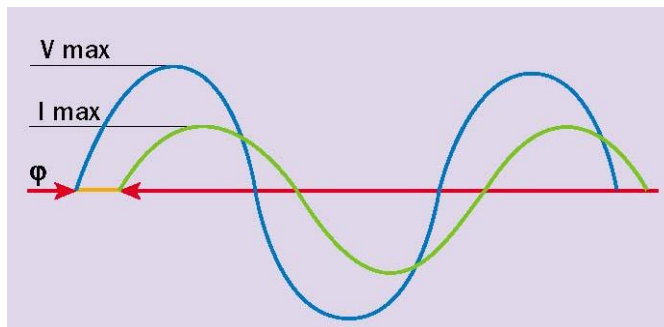
Det **direkta värdet** av spänningen  $v$  samt strömmen  $i$  har följande formel:

$$v = U_{\max} \cos \omega t$$

$$i = I_{\max} \cos (\omega t - \varphi)$$

Där  $\omega$ , pulsen, är proportionell mot frekvensen

$$f (\omega = 2 \times \pi \times f). T=1/f$$



**Fasförskjutningen**  $\varphi$  är, vanligtvis, räknad som positiv när strömmen är fördröjd i förhållande till spänningen.

Den **direkta effekten** har ett värde enligt:

$$U_{\max} \cdot I_{\max} \cdot \cos \omega \cdot \cos (\omega t - \varphi).$$

Ett medelvärde på denna storhet måste fås för att kunna se effekten som kommer från generatoren G till mottagare R.

Denna effekt kallas för **aktiveffekt** och har följande formel:

$$P = \frac{V_{\max} \cdot I_{\max}}{\sqrt{2}} \cos \varphi = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos \varphi \rightarrow P = U \times I \times \cos \omega$$

En **effektmätare** gör denna beräkning antingen med ett elektrodynamiskt eller ferrodynamiskt instrument eller genom att ge en DC ström eller spänning som är proportionell till effekten. Detta visas sedan i displayen på instrumentet.

När fasförskjutning  $\varphi$  finns mellan ström och spänning, gäller följande för AC strömmar med 3 olika storheter:

- **Skenbar effekt  $S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$** , i VA (volt-ampere), definierar spänningen  $U_{\text{eff}}$  som inte överskrider (isolationsfel) och intensiteten  $I_{\text{eff}}$  cirkulerande hos mottagaren.

- **Effekt faktorn:**  $\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}}$

när ström och spänning är sinusformade.

- **Reaktiv effekt  $Q = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin \varphi$** , i rva (reaktive volt-ampere). Detta kan mätas av en wattmeter om spänningen  $U_{\text{max}} \cdot \cos \omega t$  om spänningen är fasskiftad  $\pi/2$ , alltså  $U_{\text{max}} \times \cos(\omega t - \pi/2)$ .

Det ger denna formel

$$V_{\text{max}} \cdot I_{\text{max}} \cdot \cos(\omega t - \pi/2) \times \cos(\omega t - \varphi)$$

som visas:

$$Q = \frac{V_{\text{max}} \cdot I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \cos(\pi/2 - \varphi) = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin \varphi$$

Om man vet P och Q, kan en beräkning göras av skenbareffekt och effekt faktorn:

Skenbareffekt:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Effekt faktor:  $PF = P/S = P/\sqrt{P^2 + Q^2}$

Genom att vi vet följande storheter: aktiveffekt, reaktiveffekt, skenbareffekt samt effekt faktor, är grundläggande för att rättvisande kalylereringar ska kunna göras på följande parametrar: last,  $\cos \varphi$  och andra användningsbegränsningar. Effektmetrar som används för dessa mätningar är i dag uteslutande elektroniska.

#### Mätning av aktiveffekt

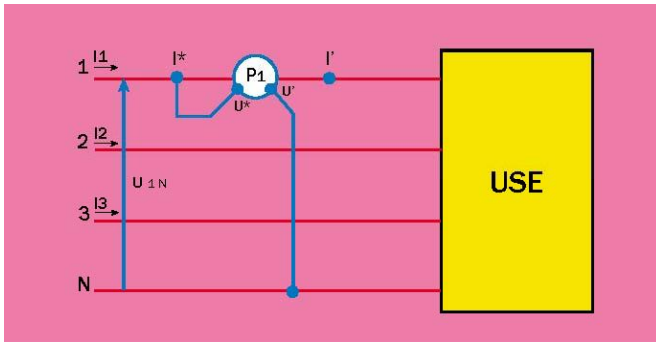
##### **4-tråds balanserad 3-fas mätning (3 faser + nolledare)**

Strömmarna som cirkulerar i 3-faser är lika med rms värden  $I_1 = I_2 = I_3$  samt har samma fasförskjutning  $\varphi$  i relation till respektive spänning på de tre faserna.

Om  $U_{1N}$  är en enskild spänning uppmätt mellan fas 1 och nolledaren, kommer effekten  $P_1$  som fås från fas 1 att visas om man ansluter en effektmeter enligt figur 3.

Detta värde är:  $P_1 = U_{1N} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$

Den totala effekten P är lika med de tre faserna  $P_1$ .



Figur 3

OBS: Formeln  $P_1 = U_{1N} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$  är produkten av 2 vektorer

$U_{1N}$  och  $I_1$  vilket ger följande:

$$P = \vec{U}_{1N} \cdot \vec{I}_1$$

samt i 3-fas applikationer:

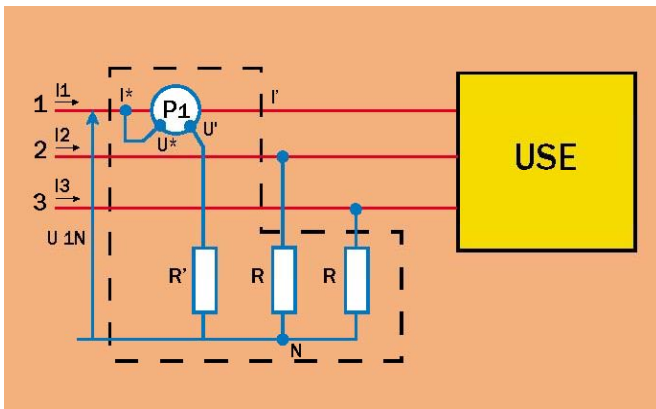
$$P = \vec{U}_{1N} \cdot \vec{I}_1 + \vec{U}_{2N} \cdot \vec{I}_2 + \vec{U}_{3N} \cdot \vec{I}_3$$

### 3-tråds balanserad 3-fas mätning (3 faser ingen nolledare)

Strömmen i de tre faserna är lika med

$I_1 = I_2 = I_3$ . En konstgjord nolledare har gjorts med de tre resistanserna  $R$ ,  $R$  och  $R'$ . Summan  $R' + r$  måste vara lika  $R$  ( $r$  är resistansen på spänningen på enheten).

Det ger oss följande scenario med  $U_{1N}$  mellan fas 1 och den konstgjorda nolledaren (figur 4).



Figur 4

$P_1$  = Effekten som ges på fas 1

Som total  $P$  ges =  $3 U_{1N} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 3P_1$ .

På flertalet effektmätare är balanserade 3-fas mätningar (3-faser ingen nolledare) direkt kalkylerade; den konstgjorda nolledaren skapad av resistanserna  $R$ ,  $R$  och  $R'$  är inbyggda i instrumentet. Denna del är inritad i figur 4 med streckad linje.

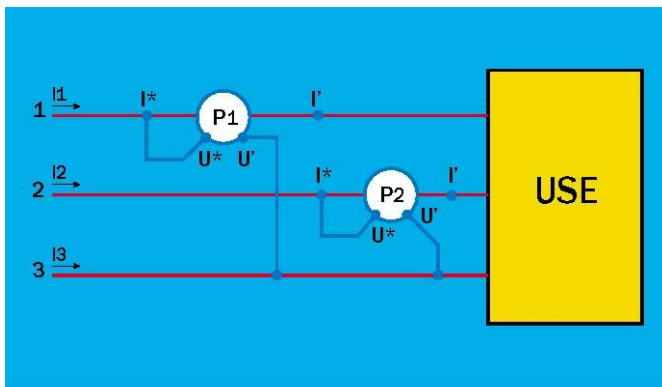
I detta fall är den generella formeln på effekten förenklad som följande:

$$P = (\vec{U}_{1N} - \vec{U}_{3N}) \vec{I}_1 + (\vec{U}_{2N} - \vec{U}_{3N}) \vec{I}_2$$

$$\text{so } P = \vec{U}_{13} \cdot \vec{I}_1 + \vec{U}_{23} \cdot \vec{I}_2$$

och därför kan mätningen av den totala effekten göras med två effektmetrar (figur 5).

$U_{13}$  och  $U_{23}$  är fas-fas spänning uppmätt enskilt på varje fas mellan fas 1 och fas 3 samt mellan fas 2 och fas 3.



Figur 5

Två scenarion kan uppkomma:

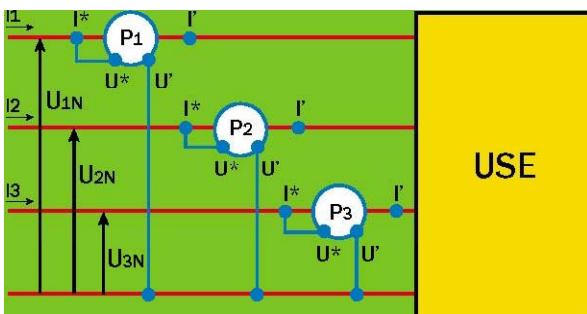
a)  $P_1 \geq 0$  och  $P_2 \geq 0$ , sedan  $P_{\text{total}} = P_1 + P_2$

b) en effektmeter indikerar vänster på en analog skala, och den andra indikerar höger på en analog skala. För att avläsa den andra; anslut den till spänningskretsen:  $U^* \cdot U'$  blir då  $U' \cdot U^*$ . Det värdet kommer att avläsas som ett negativt värde enligt följande:  $P_{\text{total}} = P_1 - P_2$

Om det är en digital effektmeter kommer de båda värdena att läggas ihop samt ett algebraiskt värde visas.

OBS: det är möjligt att använda bara en effektmätare ansluten till båda mätpunkterna genom att använda en inverterswitch.

### **Mätning i 4-tråds balanserad 3-fas (3 faser samt nolledare)**



figur 6

Vi får  $P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3$  (figur 6).

I detta fall måste vi använda 3 effektmätare samt addera ihop de avlästa värdena. Om mätvärdena är stabila kan även dessa avläsningar göras med en enkel effektmätare.