

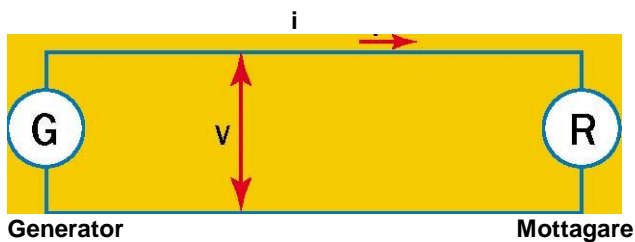
Vad är elektrisk effekt?

Mätning av effekter

Vad är aktiv-, skenbar- reaktiv- medel- och direkteffekt 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**.



Figur 1

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** φ mellan spänningen och strömmen (figur 2).

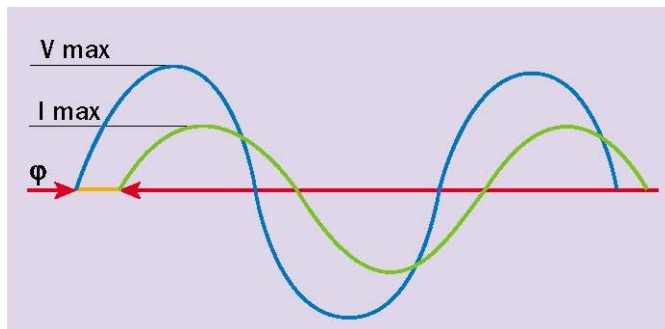
Det **direkta värdet** av spänningen v samt strömmen i har följande formel:

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

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

Där ω , pulsen, är proportionell mot frekvensen

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



Figur 2

Fasförskjutningen φ 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 generatorm 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 φ 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_{eff} som inte överskrider (isolationsfel) och intensiteten I_{eff} cirkulerande hos mottagaren.

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

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 effektfaktorn:

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

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

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

Mätning av aktiveffekt

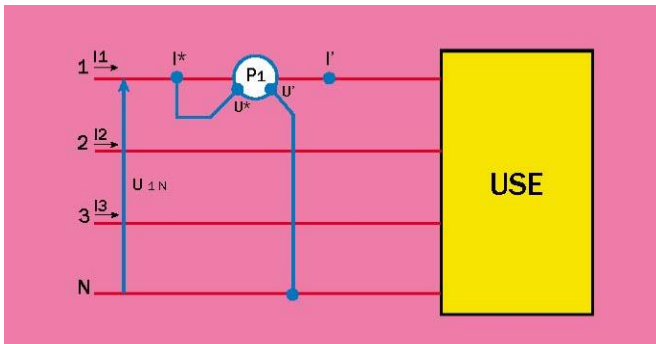
4-tråds balanserad 3-fas mätning (3 faser + nolledare)

Strömmarna som cirkulerar i 3-faser är lika med rms värden $I_1 = I_2 = I_3$ samt har samma fasförskjutning φ 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:

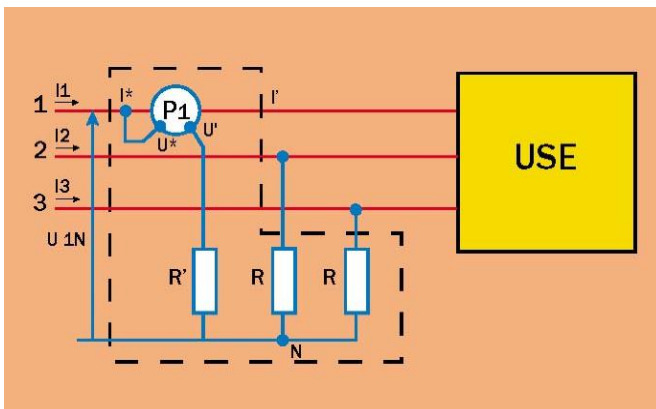
$$P = \vec{U}_{1N} \cdot \vec{I}_1 + \vec{U}_{2N} \cdot \vec{I}_2 + \vec{U}_{3N} \cdot \vec{I}_3$$

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.

Mätning i 3-tråds obalanserad 3-fas (3-faser ingen nolledare) - med två effektmätare wattmeters.
Både i balanserade och obalanserade nät utan av nolledare, kvarstår att $I_1 + I_2 + I_3 = 0$.

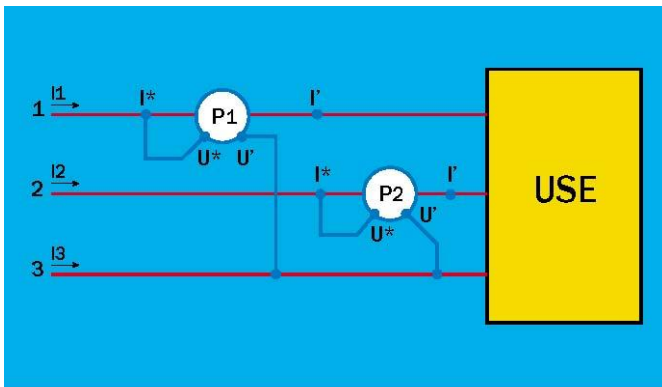
I detta fall är den generella formeln på effekten förenklad som följande:

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

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

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:

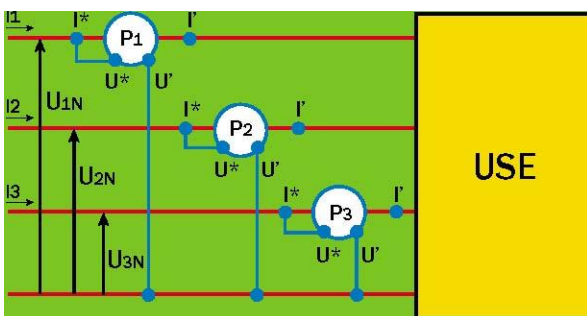
a) $P_1 \geq 0$ och $P_2 \geq 0$, sedan $P_{\text{total}} = P_1 + P_2$

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.