

## Esercizio – Misura di rendimento e valutazione dell'incertezza

Si intende misurare il rendimento  $\eta$  di un dispositivo che converte una potenza in continua  $P_{dc}$  in una potenza attiva in alternata  $P_{ac}$ . Un documento normativo impone che entrambe le potenze debbano essere misurate con un'accuratezza almeno pari al 2 % del valore misurato.

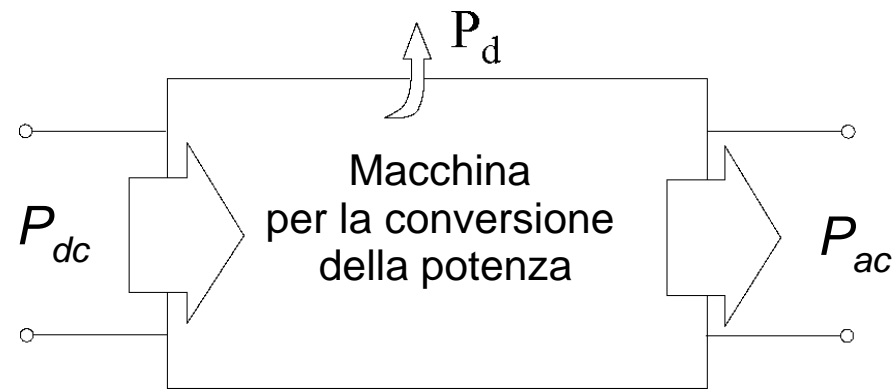
Si supponga di avere a disposizione due wattmetri digitali, aventi le seguenti specifiche di accuratezza:

- per il wattmetro in continua, impiegato nella portata di 1000 W:  $\pm (1,5 \% \text{ lettura} + 0,03 \% \text{ fondo scala})$ ;
- per il wattmetro in alternata, impiegato nella portata di 2000 W e dotato di un display da 4 ½ cifre:  $\pm (1,5 \% \text{ lettura} + 5 \text{ digit})$ .

Si determini per quale valore minimo delle potenze misurate i due wattmetri rispettano le specifiche richieste dalla norma.

Si determini poi il valore del rendimento nel caso in cui i valori misurati siano  $P_{dc} = 645,2 \text{ W}$  e  $P_{ac} = 582,4 \text{ W}$  e, ipotizzando che la distribuzione delle variabili associate alle potenze misurate dai wattmetri sia di tipo uniforme all'interno dell'intervallo di tolleranza definito dalle rispettive specifiche e che tutte le grandezze siano indipendenti tra loro, si calcoli l'incertezza estesa con fattore di copertura  $k = 3$ .

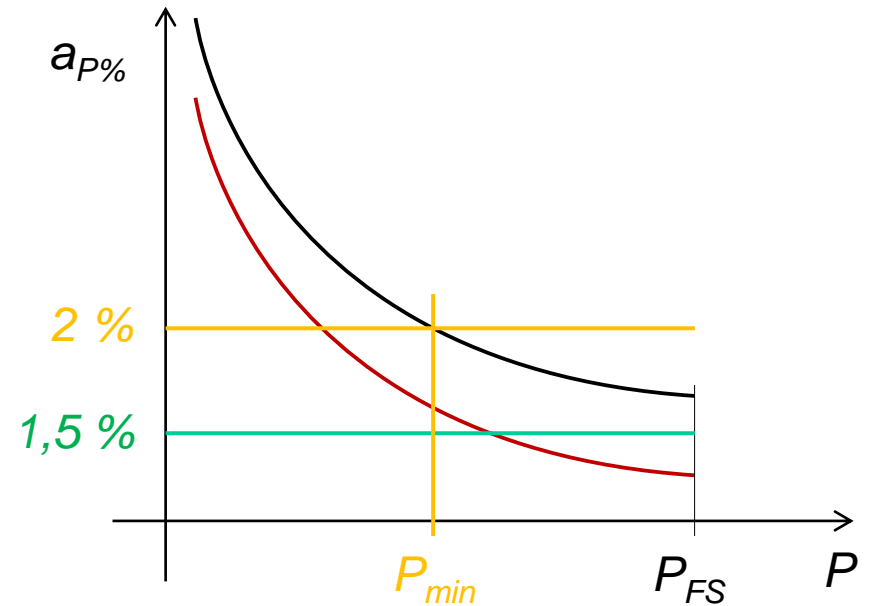
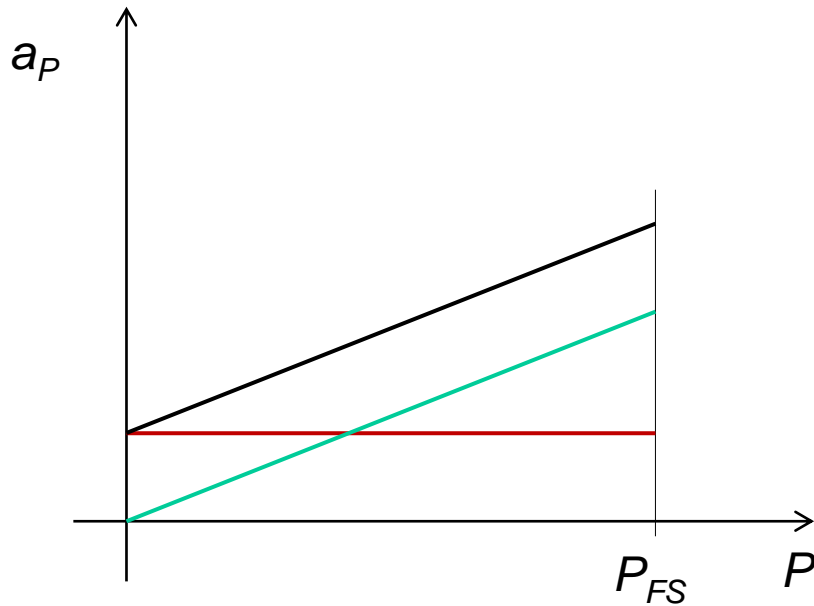
## Rendimento



$$\eta = \frac{P_{ac}}{P_{dc}}$$

### Espressione binomia

$$a_P = \frac{1}{100} \left( a_{1\%} \cdot P + a_{FS\%} \cdot P_{FS} \right)$$



**Wattmetro DC**

$$a_{P_{dc}\%_{max}} = 2 \%$$

$$a_{P_{dc}} = \frac{1}{100} \left( 1,5 \cdot P_{dc} + 0,03 \cdot P_{FSdc} \right)$$

$$a_{P_{dc}\%} = 100 \cdot \frac{a_{P_{dc}}}{P_{dc}}$$

$$P_{dc_{min}} = \frac{0,03 \cdot P_{FSdc}}{2-1,5} = 60 \text{ W}$$

**Wattmetro AC**

$$a_{Pac\%_{max}} = 2 \%$$

$$a_{Pac} = \frac{1}{100} \left( 1,5 \cdot P_{ac} \right) + 0,5$$

$$a_{Pac\%} = 100 \cdot \frac{a_{Pac}}{P_{ac}}$$

$$P_{ac_{min}} = \frac{100 \cdot 0,5}{2 - 1,5} = 100 \text{ W}$$

## Misura del rendimento

$$\eta = \frac{P_{ac}}{P_{dc}} = 0,90267$$

**Incertezze di tipo B**

$$a_{P_{dc}} = \frac{1}{100} \left( 1,5 \cdot P_{dc} + 0,03 \cdot P_{FSdc} \right) = 9,98 \text{ W}$$

$$U_{P_{dc}} = \frac{a_{P_{dc}}}{\sqrt{3}} = 5,76 \text{ W}$$

$$a_{P_{ac}} = \frac{1}{100} \left( 1,5 \cdot P_{ac} \right) + 0,5 = 9,24 \text{ W}$$

$$U_{P_{ac}} = \frac{a_{P_{ac}}}{\sqrt{3}} = 5,33 \text{ W}$$

## Legge di propagazione delle incertezze

### Incertezza tipo composta

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial w_i} \right)^2 u_{w_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \frac{\partial f}{\partial w_i} \frac{\partial f}{\partial w_j} u_{w_i, w_j}}$$

$$u_\eta = \sqrt{\left( \frac{\partial \eta}{\partial P_{ac}} \right)^2 u_{P_{ac}}^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial P_{dc}} \right)^2 u_{P_{dc}}^2} = \sqrt{\left( \frac{1}{P_{dc}} \right)^2 u_{P_{ac}}^2 + \left( \frac{-P_{ac}}{P_{dc}^2} \right)^2 u_{P_{dc}}^2}$$

$$u_\eta = 0,012$$

## **Incerteza estesa**

$$U_{\eta} = 3 \cdot u_{\eta} = 0,036$$

$$\eta = 0,903 \pm 0,036$$