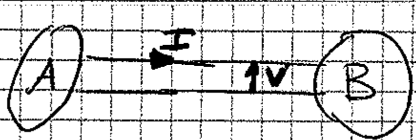
Per questo le incertezze sono molto più grandi rispetto al TRMS. Normalmente viene applicato ai voltmetri di tipo analogico.

MISURE di POTENZA

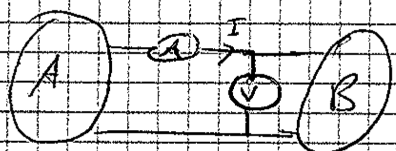
Sistemi in corrente continua

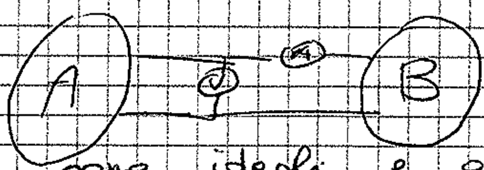


Abbiamo 2 grandezze indipendenti da misurare.

$P = V \cdot I$

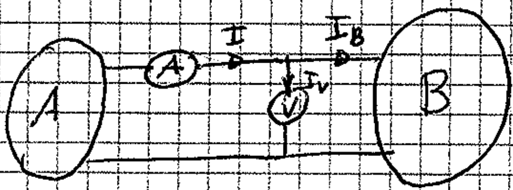
Dobbiamo introdurre un voltmetro ed un amperometro





il voltmetro e l'amperometro non sono ideali e quindi hanno un consumo. (Voltmetro non ha resistenza interna infinita, l'amperometro non l'ha nulla).

Se l'incertezza intrinseca e la ~~compon~~ componente dovuta al consumo sono dello stesso ordine di grandezza ci può convenire compensare il modello considerando le resistenze in ingresso del voltmetro e dell'amperometro.



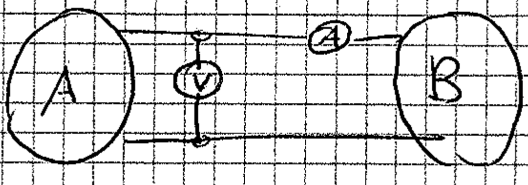
Voltmetro a valle

Compensazione del consumo $\quad I = I_B + \dfrac{V}{R_V}$

R_V: resistenza interna del voltmetro

$$\varepsilon_I = \frac{I - I_B}{I_B} = \frac{1}{R_V}\frac{V}{I} = \frac{R}{R_V}$$

Se voltmetro a monte



$V = V_B - R_A I$

$$\varepsilon_V = \frac{V - V_B}{V_B} = R_A \frac{I}{V_B} = \frac{R_A}{R}$$

R_A res. interna amper.

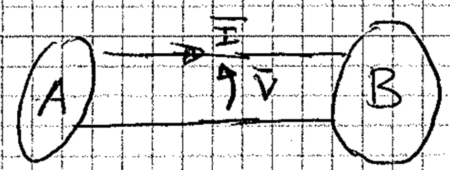
Se $R = \sqrt{R_A \cdot R_V}$ i due modelli danno stessa incertezza.

$\varepsilon_p = \varepsilon_V + \varepsilon_A$ mod. determ.

$\varepsilon_p = \sqrt{\varepsilon_V^2 + \varepsilon_I^2}$ mod. probab.

N.B. ε_V mod prob $\neq$ ε_V mod det. !! Idem per ε_I

Sistema monofase in regime sinusoidale



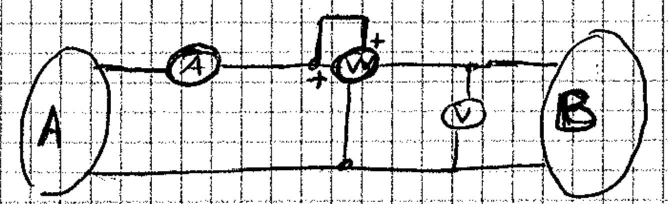
Le distorsioni sono da considerarsi forme d'incertezza. (Normalmente le distorsioni più significative sono di 2ª e 3ª armonica).

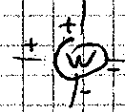
Le forme d'onde distorte sono critiche anche perché non si sa bene come trattarle.

A noi interessa $|\overline{V}|$, $|\overline{I}|$ e lo sfasamento tra V ed I.

$$\left.\begin{aligned} P &= V \cdot I \cdot \cos\varphi \\ Q &= V \cdot I \cdot \sin\varphi \end{aligned}\right\} \quad A = V \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{A}$$





Wattmetro misura P

Potenza positiva se va da **A** a **B**

$$Q = \pm\sqrt{(VI)^2 - P^2} \qquad \cos\varphi = \frac{P}{V \cdot I} \qquad A = V \cdot I$$

Quale segno dobbiamo attribuire a Q?

Se Q è positivo l'impedenza del carico è di tipo induttivo. Altrimenti il carico è di tipo capacitivo.

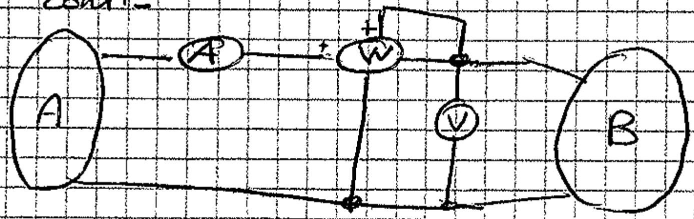
D. visto la natura di B è nota. Se no introduciamo un carico aggiuntivo noto (tipicamente un condensatore) a valle della sezione di misura.

Se Q aumenta carico capacitivo.

Se Q diminuisce carico induttivo.

<u>Incertezze</u>: Amperometro a monte, voltmetro a valle

la voltmetrica è in parallelo al voltmetro per semplificare i conti.



Cadute di tensione dovuta ad amperometro e a wattmetro. Il modello di impedenza usato è di tipo resistivo (un po' rozzo specialmente se wattmetro è elettromeccanico).

$$P = P_B + \frac{V^2}{R_e} \qquad \left.\begin{array}{l} Q^2 = (VI)^2 - P^2 \\ Q_B^2 = (VI_B)^2 - P_B^2 \end{array}\right\} Q = Q_B$$

$$VI^2 - P^2 = (VI_B)^2 - P_B^2$$

$$\Downarrow$$

$$I_B = I^2 - \frac{P^2 - P_B^2}{V^2} = I^2 - \frac{P + P_B}{R_e} \qquad I^2 - I_B^2 = \frac{P + P_B}{R_e}$$

$$\varepsilon_I = \frac{I - I_B}{I} = 1 - \sqrt{\frac{I_B^2}{I^2}} = 1 - \sqrt{1 - \frac{P + P_B}{R_e I^2}} \qquad P \simeq P_B$$

→ Ipotesi personale (che si può fare solo durante il calcolo dell'incertezza di consumo).

$$\varepsilon_I \simeq 1 - \sqrt{1 - \frac{2P}{R_e I^2}} \quad , \quad P = VI\cos\varphi$$

$$\varepsilon_I \simeq 1 - \sqrt{1 - \frac{2V\cos\varphi}{R_e I}}$$

Poniamo $I_V = \frac{V}{R_e}$ corrente che passa nel Voltmetro e nel Wattmetro

$$\varepsilon_I \simeq 1 - \sqrt{1 - 2\frac{I_V}{I}\cos\varphi} \cong \frac{I_V}{I}\cos\varphi$$

2 ipotesi fatte: - modello di consumo di tipo resistivo
- $P = P_B$ per semplificare le formule dell'incertezza.

Le ipotesi sono fondamentali, se quando si applica la formula le ipotesi non sono valide neanche lei è valida.

<u>Incertezze strumentali</u>: - incertezza di consumo
- incertezza voltmetro
- incertezza amperometro
- incertezza wattmetro

L'incertezza del wattmetro è dichiarata con 2 tipi:

- indice di classe (misura di potenza)
- incertezza aggiuntiva di fase (incentiradianti). Viene espressa dal costruttore oppure uguale alla classe dello misura di potenza.

Non sempre l'incertezza di fase è trascurabile.

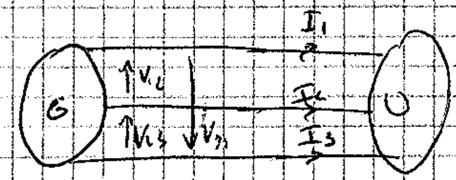
$$\varepsilon_\varphi = \frac{P - P_B}{P_B} = \frac{VI\cos(\varphi - \varepsilon_0) - VI\cos(\varphi)}{VI\cos(\varphi)} \simeq \varepsilon_0 \tan(\varphi)$$

Se la fase tra V ed I è di 90° si ha incertezza infinita.

$$\varepsilon_Q = \frac{1}{\sin^2(\varphi)}(\varepsilon_V + \varepsilon_A + \varepsilon_W)$$

$$\varepsilon_{\cos\varphi} = \varepsilon_V + \varepsilon_A + \varepsilon_W$$

MISURE TRIFASE A TRE CONDUTTORI



Basta sapere terna fasori delle tensioni e delle 3 correnti.

$$P = E_1 I_1 \cos\varphi_1 + E_2 I_2 \cos\varphi_2 + E_3 I_3 \cos\varphi_3$$

Abbiamo 9 grandezze, ma non sono tutte e 9 indipendenti.
Infatti $\overline{V_{12}} + \overline{V_{23}} + \overline{V_{31}} = 0$ e $\overline{I_1} + \overline{I_2} + \overline{I_3} = 0$. Quindi abbiamo 7 grandezze indipendenti.

Esempio: 3 tensioni, 3 correnti, 1 fase.

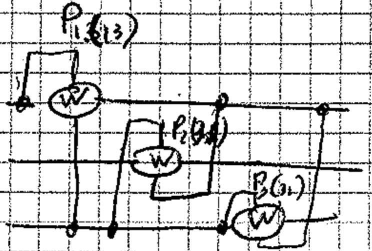
- Problema è la misura di fase. Esistono i fasometri, ma non sono troppo accurati.

  Conviene quindi una misura di potenza anziché una fase.

$$\cos\varphi = \frac{P}{E \cdot I}$$

Rimane il dubbio sul tipo di terna (destrorsa o sinistrorsa).
Per determinarlo o si conosce il senso ciclico o si conosce la natura del carico.

Possiamo anche utilizzare delle misure wattmetriche.
In teoria possiamo fare nove inserzioni diverse, ma non sono tutte indipendenti.



Convenzione:

$P_x(yz)$

x: linea di corrente

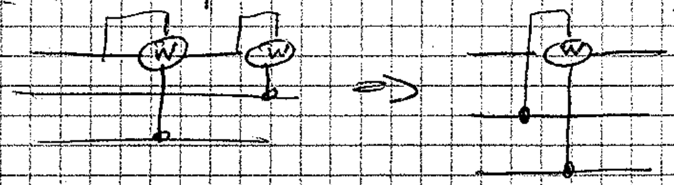
y: linea in cui collegato il morsetto voltmetrico ~~superiore~~ "+"

z: linea su cui è collegato il morsetto voltmetrico ~~inferiore~~ "−"

Se $x = y$ allora si scrive P_{xz}

Teoremi sulle inserzioni wattmetriche (Sist. squilibrati e dissimmetrici)

1) $P_{nm} - P_{np} = P_{n(pm)}$



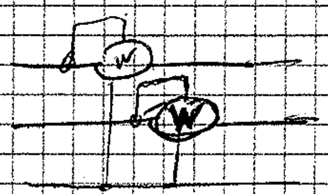
$P_{13} - P_{12} = P_{1(23)}$

Quindi questo implica che 3 inserzioni wattmetriche sono inutili (Ne restano 6)

Corollario teorema n° 1 (Per sistemi squilibrati, ma simmetrici).

$$P_{n(pm)} = P_{nm} - P_{np} = \sqrt{3}\, Q_n$$

2) $P_{nm} + P_{pm} = P$ con $P = P_1 + P_2 + P_3$



$P_{13} + P_{23} = P = P_1 + P_2 + P_3$

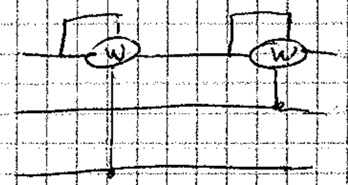
Questa è detta inserzione Aron.

Se devo misurare la potenza totale del sistema basta inserire 2 wattmetri.

N.B. dai sistemi a 4 fili si possono dedurre analoghi teoremi.

A causa del 2° teorema si ha che le inserzioni ~~no~~ indipendenti rimangono 4

3) $P_{nm} + P_{np} = 3P_n$



$P_{13} + P_{12} = 3P_1$

$P_1 = E_1 \times I_1$

prodotto scalare

Questo teorema non provoca riduzione del n. di inserzioni indipendenti.

Come scegliamo le 4 potenze indipendenti.

Cond. necessaria e sufficiente è che 2 potenze abbiano in comune il 1° indice, il quale deve essere diverso per ~~mentre le altre devono avere~~ le altre 2.

Esempio: P_{13} P_{23} P_{12} P_{21}

Normalmente ~~non~~ si inseriscono le amperometriche solo su 2 conduttori

Per le potenze reattive valgono 3 teoremi analoghi

I) $Q_{nm} - Q_{np} = Q_{n(pm)}$

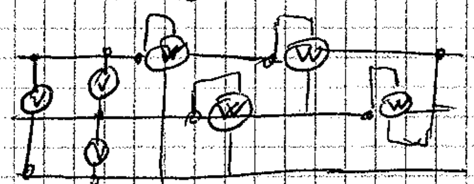
II) $Q_{nm} + Q_{pm} = Q$

III) $Q_{nm} + Q_{np} = 3Q_n$

Torniamo alla misura delle grandezze in sist. 3 fase e 3 fili

Normalmente gli amperometri non sono graditi, sono molto più gradite quelle voltmetriche e wattmetriche.

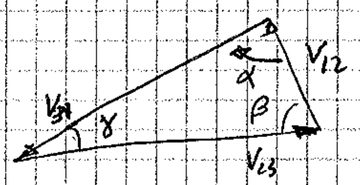
Posso usare 3 voltmetri e 4 wattmetri.



V_{12} V_{13} V_{23}

P_{13} P_{23} P_{12} P_{21}

Questa è detta inserzione (Barbagelata)



Costruiamo il triangolo delle tensioni

Ricavo

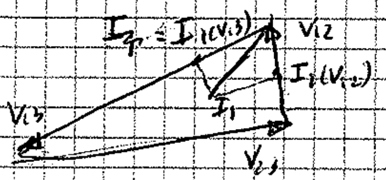
$\cos(\alpha)$, $\cos\beta$ e $\cos(\gamma)$

$P_{13} = \bar{V}_{13} \times \bar{I}_1 \Rightarrow I_{1(V_{13})} = \dfrac{P_{13}}{V_{13}}$

proiet. I_1 su V_{13}

$P_{12} = \bar{V}_{12} \times \bar{I}_1 \Rightarrow I_{1(V_{12})} = \dfrac{P_{12}}{V_{12}}$

proiet. I_1 su V_{12}



Stesso metodo per I_2 e I_3

I_3 si ricava note I_1 e I_2

$P = P_{13} + P_{23}$ $\quad P_{31} = P - P_{21}$ $\quad P_{32} = P - P_{12}$

Costruiamo il triangolo delle correnti e si possono ricavare gli sfasamenti tra le correnti.

$P_1 = \dfrac{1}{3}(P_{13} + P_{12})$ $\quad P_2 = \dfrac{1}{3}(P_{23} + P_{21})$

$P_3 = P - P_1 - P_2$

$\cos(\varphi_{1(13)}) = \dfrac{P_{13}}{V_{13} I_1}$ $\quad Q_{13} = V_{13} I_1 \sin(\varphi_{1(13)})$

idem per Q_{23}

$Q = Q_{13} + Q_{23}$

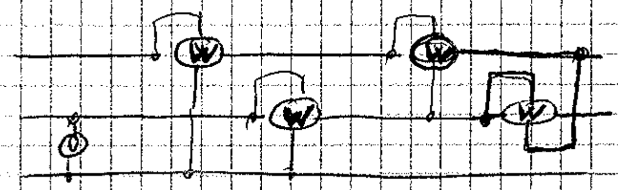
$Q_1 = \dfrac{1}{3}(Q_{13} + Q_{12})$ $\quad Q_2 = \dfrac{1}{3}(Q_{23} + Q_{21})$

$Q_3 = Q - Q_2 - Q_1$

Se il sistema è simmetrico nelle tensioni

$|V_{31}| \neq |V_{12}| = |V_{23}|$ lo sfasamento è $120°$

Si usa il seguente schema



Se il sistema è simmetrico ed equilibrato

$P_{13} = P_{21}$, $P_{23} = P_{12}$

$|I_1| = |I_2| \neq |I_3|$

IL SISTEMA INTERNAZIONALE delle unità di misura

Perchè un sistema di unità? Se si fa riferimento ad un sistema di unità con questo è certamente possibile ottenere misure compatibile e mutuamente compatibili ovunque nel mondo. Ovviamente lo strumento di misura deve essere tarato. I dispositivi devono essere riferiti a campioni primari nel contesto più ampio possibile

Campione primario: è il campione che rappresenta l'unità.

Il sistema garantisce la mutua compatibilità.

Per appartenere ad un sistema bisogna:
- avere accordo tra stati
- possibilità di avere apparecchi che si possono confrontare tra loro.

Caratteristiche del S.I.
- 1 sola unità per grandezza
- sistema assoluto (non legato ne al tempo ne al luogo), completo (def. unità base ogni altra è deducibile da queste), coerente (i coeff per le nuove unità sono uguali a 1), razionalizzato (in certe espressioni non figura un 4π che non è considerato nel SI), decimale.
- selezione univoca dei multipli e sottomultipli delle UM
- le unità anche primarie sono costruibili da chiunque.

La Convenzione del Metro è un accordo politico gestito dalla "conferenza generale dei pesi e delle misure".