UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA
Dipartimento di Ingegneria
Contrada Di Dio I, 98166 – Villaggio S. Agata Messina

Appunti Corso di Elettrotecnica

Teorema di Boucherot

Anno Accademico 2025-2026

prof. ing. Bruno Azzerboni

Fonti:
Lezioni di Elettrotecnica Generale *- Giulio Battistini*
Colombo Cursi Pisa
www.electroyou.it

Teorema di Boucherot
Ricordiamo innanzitutto che (Fig. 1):

- ciascuna impedenza $\bar{Z} = R + jX$ è rappresentabile con il proprio triangolo detto *triangolo delle impedenze*;

- moltiplicando tutti i lati del triangolo delle impedenze per il valore efficace I otteniamo il *triangolo delle tensioni*;

- moltiplicando tutti i lati del triangolo delle tensioni per il valore efficace I otteniamo il *triangolo delle potenze*.

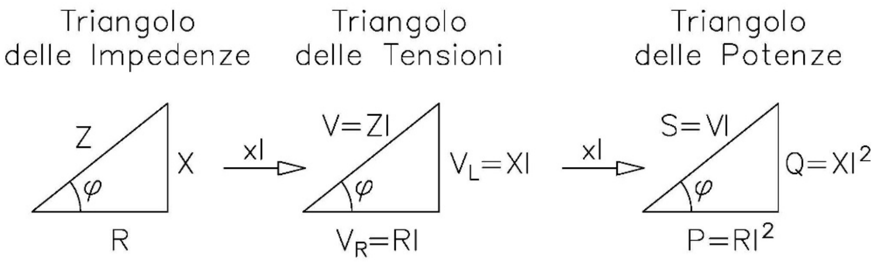

Fig. 1

Supponiamo ora di avere tre impedenze $\bar{Z}_1, \bar{Z}_2, \bar{Z}_3$, da alimentare con un generatore e ci chiediamo quali potenze, attiva, reattiva, apparente ed eventualmente potenza complessa dovrà erogare il generatore.
Per rispondere a questo quesito ci viene in aiuto il *Teorema di Boucherot* che dice che:

- la potenza attiva totale P_{tot} che il generatore dovrà erogare è pari alla somma aritmetica delle singole potenze attive necessarie ad ogni singolo carico;

- la potenza reattiva totale Q_{tot} che il generatore dovrà erogare è pari alla somma algebrica delle singole potenze reattive necessarie ad ogni singolo carico;

- note P_{tot} e Q_{tot} possiamo ricavare la potenza apparente totale $S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2}$.

In definitiva Boucherot afferma che:

$$P_{tot} = \sum_{1}^{n} P_k$$

$$Q_{tot} = \sum_{1}^{n} \pm Q_k$$

$$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2}$$

Caso 1) Carichi R-L
Supponiamo di avere tre impedenze ohmico induttive con i triangoli del tipo riportato in Fig. 2,

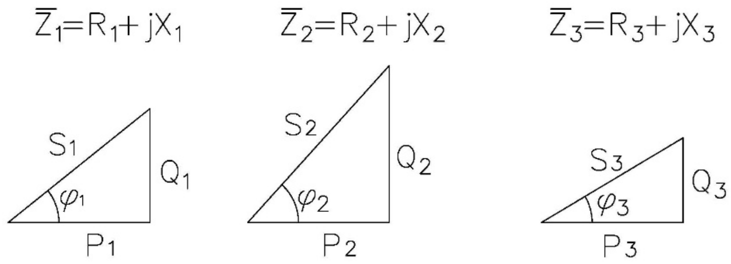

Fig. 2

applicando Boucherot:

$$P_{tot} = \sum_{1}^{n} P_k$$
$$Q_{tot} = \sum_{1}^{n} Q_k$$
$$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2}$$

otteniamo quanto riportato in Fig. 3

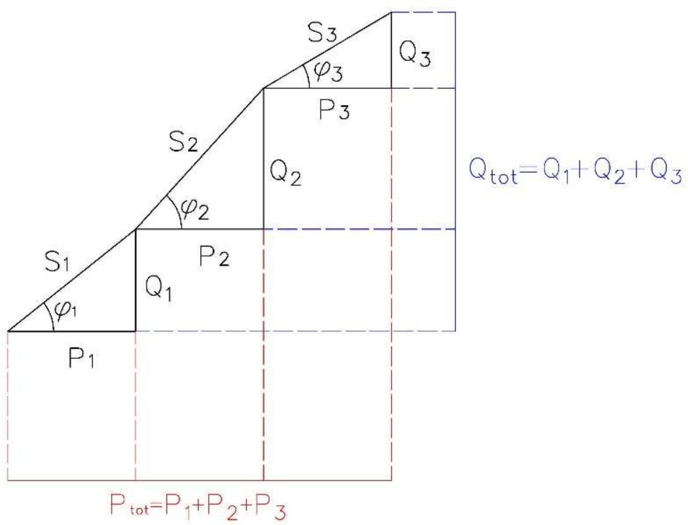

Fig. 3

Caso 2) Carichi R-L e R-C
Supponiamo di avere due impedenze ohmico induttive ed una ohmico capacitiva con i triangoli del tipo riportato in Fig. 4,

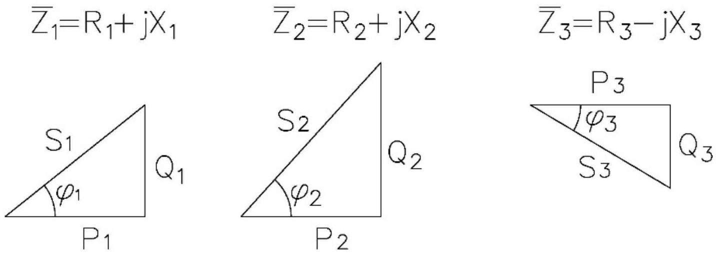

Fig. 4

applicando Boucherot:

$$P_{tot} = \sum_{1}^{n} P_k$$

$$Q_{tot} = \sum_{1}^{n} \pm Q_k$$

$$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2}$$

otteniamo quanto riportato in Fig. 5

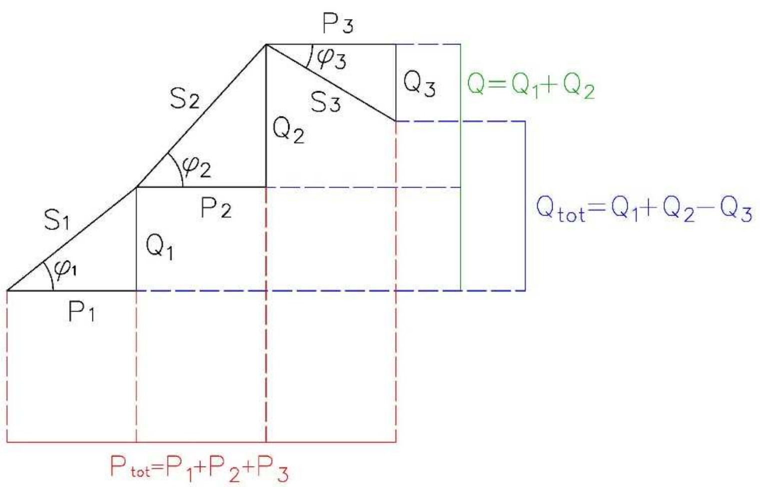

Fig. 5

Caso 3) Carichi con lo stesso angolo caratteristico
Supponiamo di avere tre impedenze caratterizzate dall'avere lo stesso angolo caratteristico φ come riportato in Fig. 6,

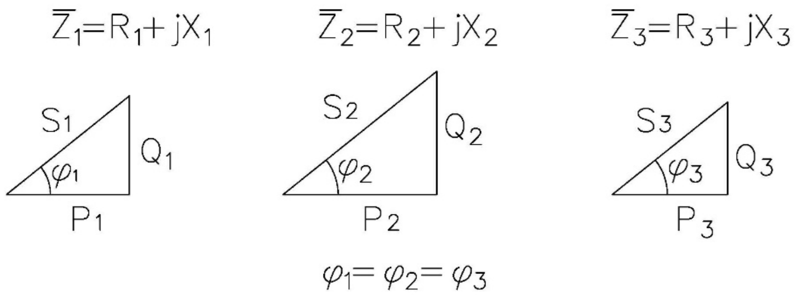

Fig. 6

applicando Boucherot:

$$P_{tot} = \sum_{1}^{n} P_k$$
$$Q_{tot} = \sum_{1}^{n} Q_k$$
$$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2}$$

otteniamo quanto riportato in Fig. 7

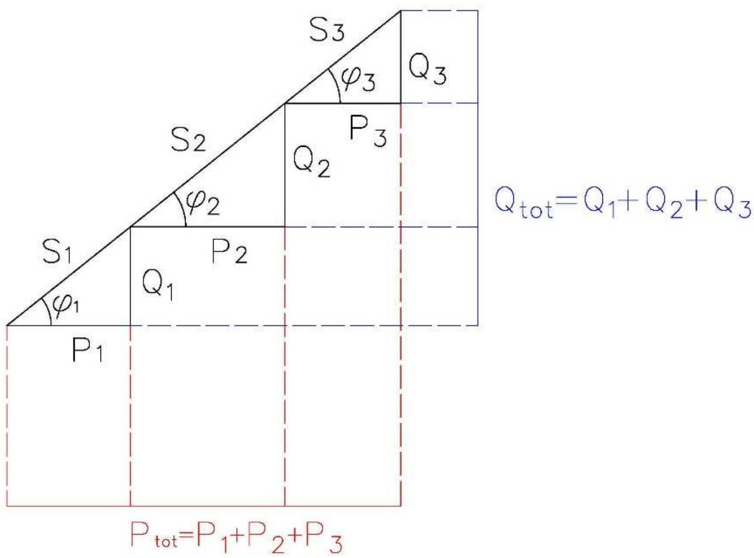

Fig. 7

In questo caso, essendo i carichi caratterizzati dallo stesso angolo caratteristico, avremo che i vettori rappresentativi delle tre potenze complesse

$$\bar{S}_1 = P_1 + jQ_1$$
$$\bar{S}_2 = P_2 + jQ_2$$
$$\bar{S}_3 = P_3 + jQ_3$$

Saranno in fase tra loro e quindi, la potenza complessa totale sarà

$$\bar{S}_{tot} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 + \bar{S}_3$$

Il cui modulo sarà la potenza apparente totale. Ma essendo questo l'unico caso in cui il modulo di un vettore somma di vari vettori è uguale alla somma dei singoli moduli dei vari vettori, possiamo scrivere:

$$P_{tot} = \sum_1^n P_k$$
$$Q_{tot} = \sum_1^n Q_k$$
$$S_{tot} = \sum_1^n S_k$$

Notare che i carichi devono avere lo stesso angolo caratteristico e non lo stesso fattore di potenza poiché sappiamo che:

$$\cos\varphi = \cos(-\varphi)$$

Per cui un carico con $\cos\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$ potrà avere un angolo caratteristico di $\varphi = \frac{\pi}{4}$ (carico RL) o $\varphi = -\frac{\pi}{4}$ (carico RC), di conseguenza i carichi non avranno lo stesso angolo caratteristico ma solo lo stesso fattore di potenza.

Sommario