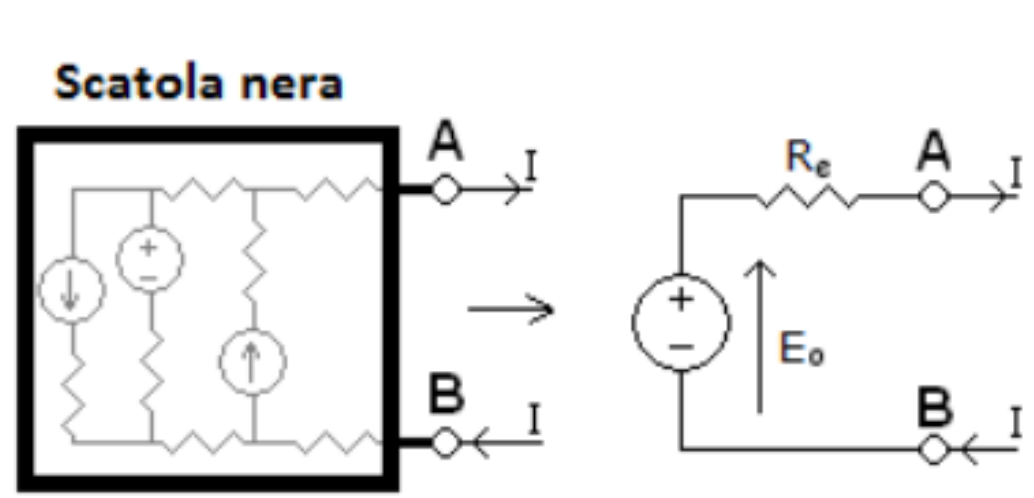


1) Dimostrare il teorema di Thevenin

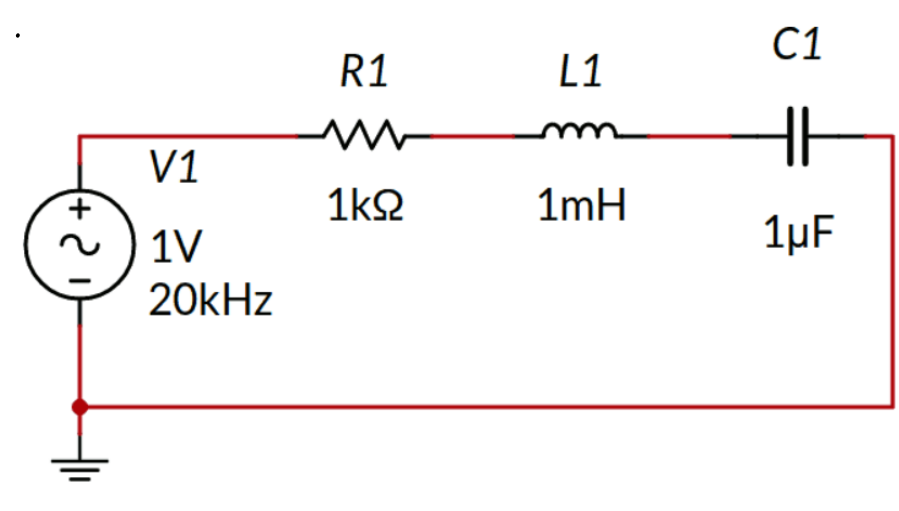
- Il teorema di Thevenin si può applicare a qualsiasi circuito lineare, esso può essere reso equivalente tra i suoi punti ad un lato Thevenin dove il generatore di tensione è uguale alla tensione a vuoto tra i due punti e la resistenza è uguale alla Req del circuito passivizzato (ovvero dove tutti i suoi generatori indipendenti sono stati spenti)

Per riuscire ad avere l'equivalente Thevenin anzitutto a sfruttare il principio di sovrapposizione degli effetti dove in presenza di un generatore di tensione anzitutto a sostituirlo con un corto circuito, ed al posto dei generatori di corrente anzitutto a sostituirlo con circuiti aperti.



2) Introdurre il metodo dei fasori evidenziandone l'utilità nello studio delle reti elettriche. Descrivere inoltre la potenza complessa.

- Il metodo dei fasori è una tecnica che permette di applicare gli stessi strumenti nati per la soluzione dei circuiti in corrente continua anche a quelli in corrente alternata/ regime sinusoidale. Il metodo è applicabile se vengono verificate 3 diverse condizioni, ciò è se tutti i generatori presenti sono sinusoidal, isotropici, ed i componenti passivi presenti sono lineari (resistenze, condensatori ed induttori ideali). Le grandezze elettriche vengono (con la stessa pulsazione) trasformate nel rispettivo fasore, sostituendo ogni elemento circuitale con l'impedenza corrispondente.

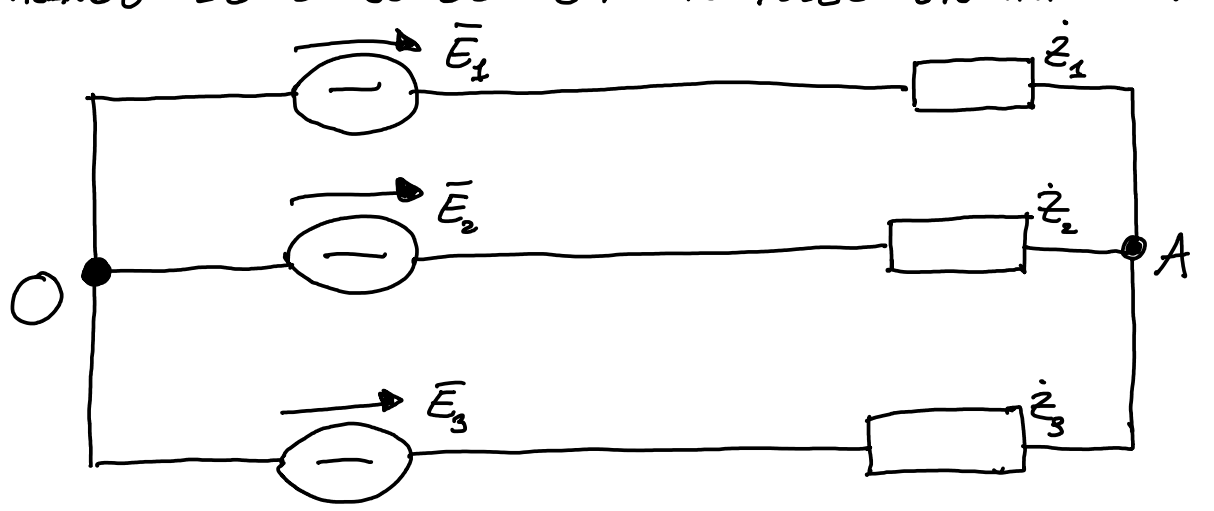


- La potenza complessa è la potenza assorbita da un bipolo con formula: $\bar{P} = \frac{1}{2} V_R I_R \cos(\phi) + j \frac{1}{2} V_R I_R \sin(\phi) = P + jQ$ con $P = \frac{1}{2} V_R I_R \cos(\phi) = R_e[\bar{P}]$ e $Q = \frac{1}{2} V_R I_R \sin(\phi) = I_m[\bar{P}]$ dove P è la potenza attiva e Q è la potenza reattiva.

La parte attiva della potenza (PA) è la potenza media erogata da un generatore verso un carico. È l'unica potenza realmente usata ossia dissipata dai carichi. La potenza reattiva Q è una misura dell'energia scambiata tra il generatore e la parte reattiva del carico.

3) Dimostrare il teorema di unicità del centro stella e giustificare l'utilizzo.

Un generatore trifase può essere studiato come se fosse costituito da 3 generatori monofasi collegati a stella oppure a triangolo. Se il sistema trifase è simmetrico ed equilibrato separando le linee del circuito posso studiare una singola.



Poiché la differenza di potenziale fra i due centri stella è uguale a zero allora posso ogni linea cortocircuitata. Usando il metodo dei nodi x calcolare VA0 in cui 0 è il nodo di suolo terrestre:

$$[\dot{y}_1 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3][\bar{V}_A] = [\dot{y}_1 \bar{E}_1 + \dot{y}_2 \bar{E}_2 + \dot{y}_3 \bar{E}_3]$$
$$\bar{V}_A = \frac{[\dot{y}_1 \bar{E}_1 + \dot{y}_2 \bar{E}_2 + \dot{y}_3 \bar{E}_3]}{[\dot{y}_1 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3]}$$

Avendo però il sistema è simmetrico ed equilibrato avrò:

$$\bar{V}_A = \frac{[\dot{y}_1 \bar{E}_1 + \dot{y}_2 \bar{E}_2 + \dot{y}_3 \bar{E}_3]}{[\dot{y}_1 + \dot{y}_2 + \dot{y}_3]} \rightarrow \bar{V}_A = \frac{\dot{y} [\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3]}{3\dot{y}} \rightarrow \bar{V}_A = \frac{[\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3]}{3} = \phi$$

4) Potenza istantanea e complessa nei trifase

La potenza istantanea P(t) assorbita da un elemento è il prodotto della tensione istantanea v(t) per la corrente istantanea i(t) cioè: P(t) = v(t) · i(t). Questo tipo di potenza tiene traccia di quanta potenza assorbe un elemento in un preciso istante di tempo (può essere calcolata a ogni istante di tempo). Considerando un circuito alimentato da un generatore sinusoidale calcolarlo la sua potenza istantanea usando grandezze di tensione e di corrente sinusoidali:

$$v(t) = V_R \cos(\omega t + \varphi_v)$$
$$i(t) = I_R \cos(\omega t + \varphi_i)$$

VR e IR sono i rispettivi valori di picco, l'ampiezza e φv, φi sono gli angoli di sfasamento di corrente e tensione (φv - φi → sfasamento)

Ora riscriviamo la formula come:

$$P(t) = v(t) \cdot i(t) = V_R I_R \cos(\omega t + \varphi_v) \cos(\omega t + \varphi_i)$$

La quale con le formule di Eulero si trasforma:

$$P(t) = \frac{V_R I_R}{2} [\cos(\varphi_v - \varphi_i) + \cos(2\omega t + \varphi_v + \varphi_i)]$$

• Da questa formula emerge che la potenza istantanea è data dalla potenza

di due potenze:

- LA POTENZA ATTIVA $V_R I_R (\varphi_R - \varphi_i)$ CHE RISULTA ESSERE COSTANTE IN OGNI ISTANTE DEL TEMPO E DIPENDE SOLAMENTE DALLO SFASAMENTO TRA CORRENTE E TENSIONE
- LA POTENZA FLUTTUALE $V_R I_R (2\omega t + \varphi_R + \varphi_i)$ E' UNA GRANDEZZA SINUSOIDALE LA CUI FREQUENZA E' 2\omega Ossia IL DOPIO DELLA FREQUENZA DELLA TENSIONE E DELLA CORRENTE

LA POTENZA COMPLESSA E' LA POTENZA ASSORBITA DA UN BIPOLO

CON FORMULA: $\bar{P} = \frac{1}{2} V_R I_R \cos(\phi) + j \frac{1}{2} V_R I_R \sin(\phi) = P + jQ$ CON

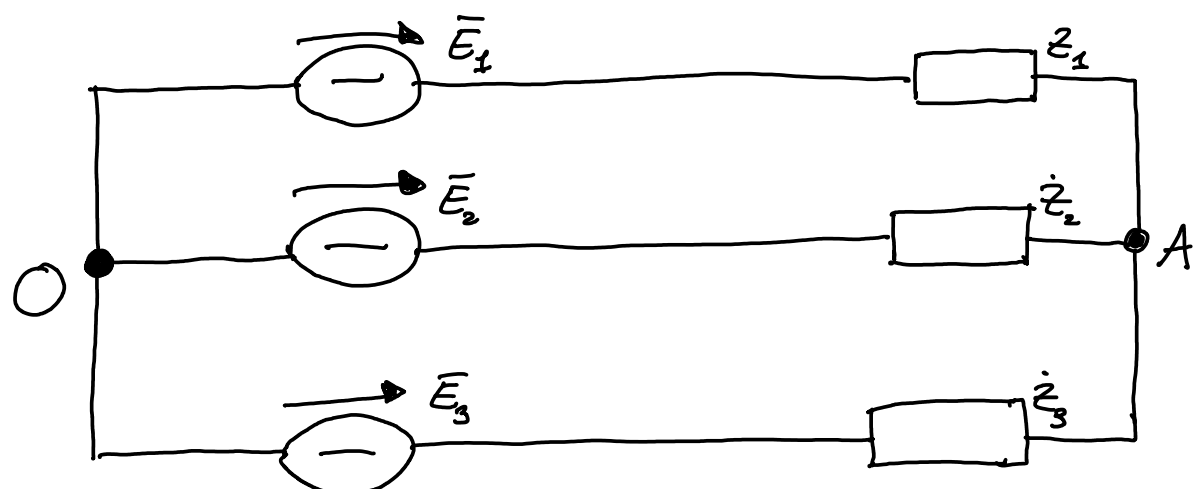
$P = \frac{1}{2} V_R I_R \cos(\phi) = \text{Re}[\bar{P}]$ E $Q = \frac{1}{2} V_R I_R \sin(\phi) = \text{Im}[\bar{P}]$
 POTENZA ATTIVA POTENZA REATTIVA

LA PARTE ATTIVA DELLA POTENZA (P_A) E' LA POTENZA MEDIA EROGATA DA UN GENERATORE VERSO UN CARICO. E' L'UNICA POTENZA REALMENTE USATA Ossia DISSIPATA DAI CARICHI.

LA POTENZA REATTIVA Q E' UNA MISURA DELL'ENERGIA SCAMBIATA TRA IL GENERATORE E LA PARTE REATTIVA DEL CARICO.

5 SISTEMA TRIFASE SINFONICO O EQUILIBRATO: DEFINIZIONI E VANTAGGI PER LA TRASMISSIONE DELLA POTENZA ELETTRICA RISPETTO AL MONOFASE

- UN SISTEMA TRIFASE, NELL'ELETTRONICA, E' ALIMENTATO DA 3 FASI OVVERO TRE TENSIONI ALTERNATE SINUSOIDALI. LE TRE TENSIONI E_1, E_2, E_3 HANNO LA STESSA FREQUENZA (o frequenze), ma sono SFASATE TRA LORO DI 120 GRADI. L'UNICA VANTAGGIO DELLA FREQUENZA GARANTISCE LA COSTANZA NEL TEMPO DELLO SFASAMENTO.



- SI DEFINISCE SINFONICO UN SISTEMA TRIFASE IN CUI I GENERATORI DI TENSIONE SODDISFANO LA RELAZIONE: $E_1 + E_2 + E_3 = 0$
- SI DEFINISCE EQUILIBRATO UN SISTEMA TRIFASE IN CUI LE CORRENTI DI CIASCUNA FASE SODDISFANO LA RELAZIONE: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

- UN SISTEMA MONOFASE E' UN SISTEMA DI DISTRIBUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA. I CIRCUITI MONOFASE SONO COSTITUITI DA UNA SOLA FASE (220V) E PRESENTANO 2 CONDUTTORI: UNO PER IL NEUTRO O UNO PER LA FASE. I SISTEMI MONOFASE CONVENGONO IN PRESENZA DI POTENZE INFERIORI A 3 KW.

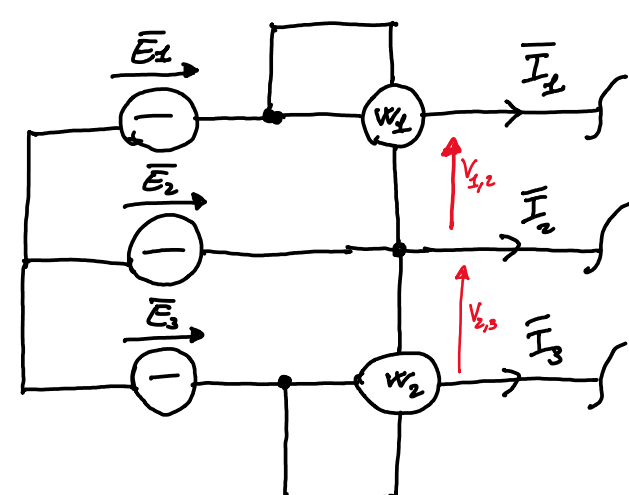
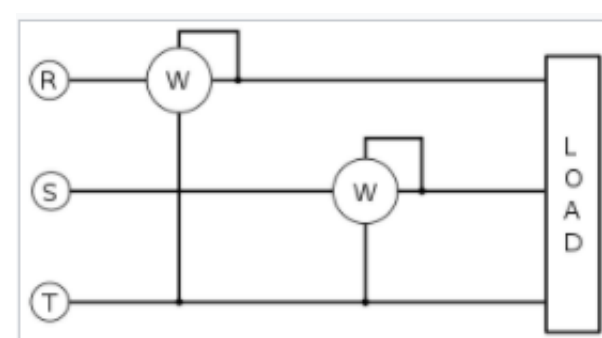
- I VANTAGGI DEL TRIFASE RISPETTO AL MONOFASE SONO:

- UN CIRCUITO TRIFASE A TRE FILI RISULTA ESSERE IN GENERALE PIU' ECONOMICO DI UN CIRCUITO MONOFASE A DUE FILI EQUIVALENTE POICHE' UTILIZZA MENO MATERIALE CONDUTTORE X TRASMETTERE UNA DETERMINATA QUANTITA' DI ENERGIA ELETTRICA
- LA DIPENDENZA FRA UN'ALIMENTAZIONE MONOFASE E TRIFASE E' CHE QUANDO LA CURVA DELLA MONOFASE PASSA ATTRAVERSO LO ZERO, LA POTENZA FORNITA E' PARI A ZERO, PERCIO' NELLA TRIFASE IL LIVELLO DI POTENZA FORNITO NEL CORSO DEL TEMPO MANTIENE COSTANTE.



6 Inserzione di Aron

- L'INSERZIONE DI ARON E' UN METODO DI MISURA DELLA POTENZA ELETTRICA DI UN TRIFASE DIRETTAMENTE SUI CAVI DELLA LINEA DI SUBSTUTITO. CON L'AUSILIO DELL'INSERZIONE DI ARON SI RIESCE A MISURARE LA POTENZA DEL SISTEMA CON SOLI 2 WATTMETRI COLLEGANDOLI SU QUALSIASI PUNTO DELLA LINEA. LA SOMMA DEI DUE WATTMETRI E' LA POTENZA ATTIVA ASSORBITA DAL SISTEMA TRIFASE.



ANALISI DEL GRAFICO:

- IL WATTMETRO W_1 MISURA LA CORRENTE DELLA LINEA 1, LA TENSIONE CALCOLATA TRA LA LINEA 1 E 2 O INPIU' CALCOLA LA POTENZA ATTIVA
- IL WATTMETRO W_2 MISURA LA CORRENTE DELLA LINEA 3, LA TENSIONE TRA LA LINEA 2, 3 O INPIU' CALCOLA LA POTENZA ATTIVA

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \bar{V} \cdot \bar{I}^* = \frac{1}{2} V_R I_R \cos \theta + j \frac{1}{2} V_R I_R \sin \theta$$

$$P_A = \text{Re} \left[\frac{1}{2} \bar{V}_2 \cdot \bar{I}_1^* \right] = \frac{1}{2} V_R I_R \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \quad \text{POTENZA CALCOLATA SUL WATTMETRO 1}$$

$$P_A = \text{Re} \left[\frac{1}{2} \bar{V}_3 \cdot \bar{I}_2^* \right] = \frac{1}{2} V_R I_R \cos \left(\theta - \frac{\pi}{6} \right) \quad \text{POTENZA CALCOLATA SUL WATTMETRO 2}$$

$$P_{A1} + P_{A2} = \frac{1}{2} V_R I_R \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) + \frac{1}{2} V_R I_R \cos \left(\theta - \frac{\pi}{6} \right) =$$

$$\cos(\theta + \beta) = \cos \theta \cdot \cos \beta - \sin \theta \cdot \sin \beta$$

$$\frac{1}{2} V_R I_R \left[\cos \theta \cdot \cos \left(\frac{\pi}{6} \right) - \sin \theta \cdot \sin \left(\frac{\pi}{6} \right) + \cos \theta \cdot \cos \left(\frac{\pi}{6} \right) - \sin \theta \cdot \sin \left(\frac{\pi}{6} \right) \right]$$

$$= \frac{1}{2} V_R I_R \cdot 2 \cos \theta \cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2} V_R I_R \cos \theta$$

$$P_{A1} + P_{A2} = \frac{\sqrt{3}}{2} V_R I_R \cos \theta \quad \text{POTENZA ATTIVA DI TUTTA LA LINEA}$$

$$P_A - P_A = \frac{1}{2} V_R I_R \cos \left(\theta - \frac{\pi}{6} \right) - \frac{1}{2} V_R I_R \cos \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$= \frac{1}{2} V_R I_R \left[\cos \theta \cos \left(\frac{\pi}{6} \right) - \sin \theta \sin \left(\frac{\pi}{6} \right) - \cos \theta \cos \left(\frac{\pi}{6} \right) + \sin \theta \sin \left(\frac{\pi}{6} \right) \right]$$

$$= \frac{1}{2} V_R I_R 2 \sin \theta \sin \left(\frac{\pi}{6} \right) = V_R I_R \sin \theta$$

$$P_A - P_A = \frac{1}{2} V_R I_R \sin \theta$$

