

3. CORRENT ALTERN TRIFÀSIC

1. Introducció

En l'actualitat, el sistema trifàsic és el més utilitzat per a la **producció**, el **transport** i la **distribució** de l'energia elèctrica. Els motius són:

- Millor funcionament dels receptors trifàsics.
- Disponibilitat de diferents tensions.
- Menor secció de conductor per igual potència.

2. Característiques d'un sistema trifàsic

Un sistema trifàsic està format per tres generadors monofàsics d'igual **tensions** (U_s) però desfasades entre elles 120° (Fig 1.1).

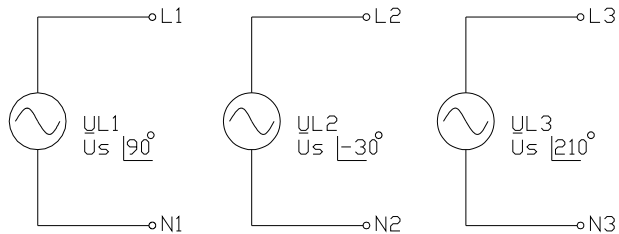


Fig. 1.1

Si ara interconnectem aquests tres generadors segons la Fig 1.2, de manera que tots els terminals N1, N2 i N3 estiguin connectats a un punt comú que anomenarem N i que al mateix temps connectarem a terra.

Als terminals L1 L2 i L3 s'anomenen **fases** o **conductors de fase** i el terminal N s'anomena **neutre** o **conductor de neutre**.

El nou sistema obtingut és un **sistema trifàsic equilibrat en tensions**, \underline{U}_{L1} , \underline{U}_{L2} i \underline{U}_{L3} , que tenen el mateix mòdul (valor eficaç) i desfasades entre elles 120° .

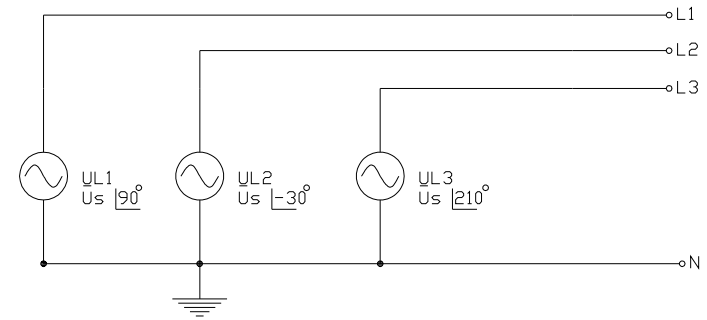


Fig 1.2

La representació temporal d'aquestes tensions es pot veure a la Fig. 1.3.

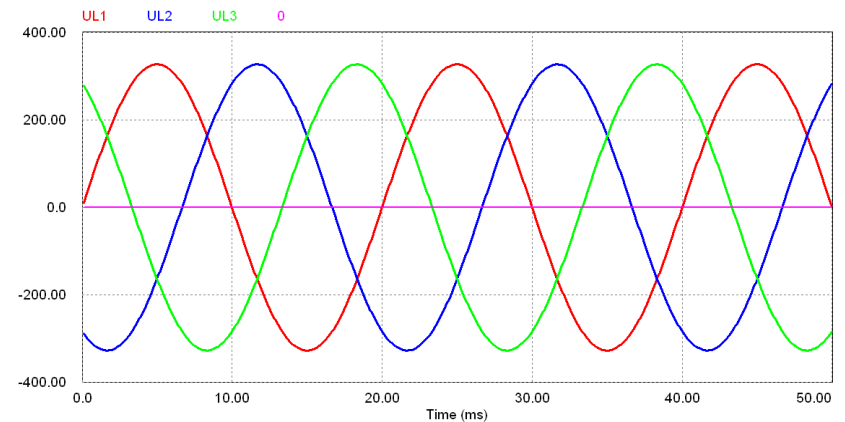


Fig. 1.3

La representació gràfica dels fasors es pot veure a la Fig. 1.4.

$$\begin{aligned} \underline{U}_{L1} &= U_S |90^\circ \text{ V} \\ \underline{U}_{L2} &= U_S |-30^\circ \text{ V} \\ \underline{U}_{L3} &= U_S |210^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

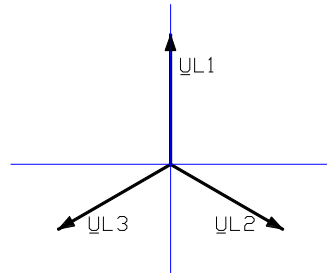


Fig. 1.4

3. Tensions d'un sistema trifàsic

En el sistema trifàsic de la Fig. 1.2, al valor eficaç U_S que es pot observar entre els conductors L1, L2 i L3 respecte del N, se l'anomena **tensió fase-neutre**, **tensió simple** o **tensió de fase**. El valor més habitual és 230 V.

Al valor eficaç de la tensió que apareix entre els conductors L1, L2 i L3, sense que el N hi participi, se l'anomena **tensió fase-fase**, **tensió composta** o **tensió de línia**, i es representa per U_C . El valor més habitual és 400 V.

Per obtenir las tensions compostes a partir de les simples s'ha d'operar de la següent manera:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{L2-L3} &= \underline{U}_{L2} - \underline{U}_{L3} = U_S |-30^\circ - U_S |210^\circ = U_C |0^\circ \text{ V} \\ \underline{U}_{L1-L2} &= \underline{U}_{L1} - \underline{U}_{L2} = U_S |90^\circ - U_S |-30^\circ = U_C |120^\circ \text{ V} \\ \underline{U}_{L3-L1} &= \underline{U}_{L3} - \underline{U}_{L1} = U_S |210^\circ - U_S |90^\circ = U_C |-120^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Tot això ho podem veure gràficament a la Fig. 1.5.

4. Relació entre les tensions d'un sistema trifàsic

La relació entre la tensió simple i la composta és:

$$U_C = \sqrt{3} \cdot U_S$$

5. Identificació d'una xarxa trifàstica

Una xarxa trifàstica s'identifica pel valor eficaç de la seva tensió composta U_C .

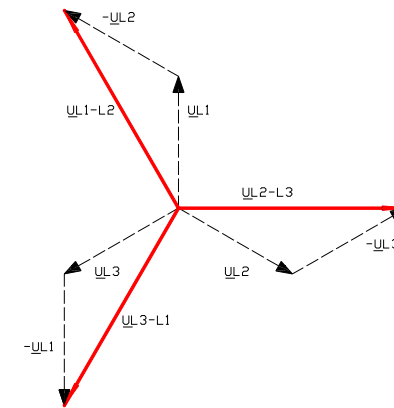


Fig. 1.5

6. Connexió de càrregues monofàsiques a una xarxa trifàstica

La connexió de càrregues monofàsiques a un sistema trifàsic es pot portar a terme depenent de la tensió que requereixin les càrregues i la tensió de la xarxa elèctrica. La càrrega es podrà connectar *entre dues fases* o *entre fase i neutre*.

En tot cas sempre es procurarà un repartiment de càrregues tan equilibrat com sigui possible.

7. Tipus de càrregues trifàsiques

Les càrregues trifàsiques poden ser:

Equilibrades: càrrega en que cadascuna de les tres impedàncies que constitueixen la càrrega son iguals.

Desequilibrades: càrrega en que les tres impedàncies que constitueixen la càrrega no son iguals.

8. Intensitats de corrent en les càrregues trifàsiques

En una càrrega trifàsica s'anomena intensitat de línia I_L a la intensitat que circula per cadascun dels conductors de fase que l'alimenta.

La intensitat de fase I_F és la intensitat que circula per cadascuna de les càrregues que constitueixen la càrrega trifàsica.

9. Connexió de càrregues trifàsiques equilibrades en estrella (Y)

La connexió d'un receptor trifàsic en estrella (Y) es realitza segons la Fig. 1.6. En aquest cas es compleix que:

a) El valor eficaç de la intensitat composta és igual a la de la simple.

$$I_C = I_S = I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}$$

b) El valor eficaç de la tensió de composta es $\sqrt{3}$ vegades la de la simple.

$$U_C = \sqrt{3} \cdot U_S ; U_C = U_{L1-L2} = U_{L2-L3} = U_{L3-L1} ; U_S = U_{L1} = U_{L2} = U_{L3}$$

Exemples: 1 ; Problemes: 1

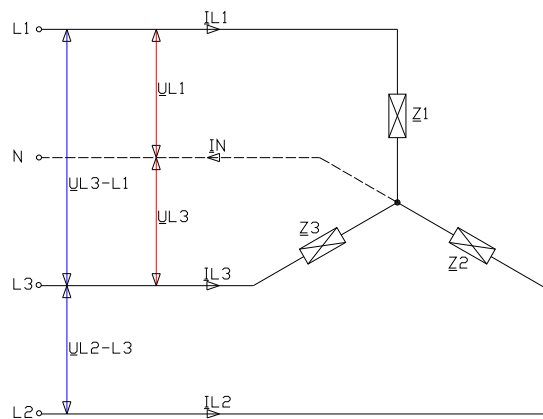


Fig 1.6

10. Connexió de càrregues trifàsiques equilibrades en triangle (Δ)

La connexió d'un receptor trifàsic en triangle (Δ) es realitza segons podem veure a la Fig. 1.7. En aquest cas es compleix que:

a) El valor eficaç de la tensió composta és igual a la de la simple.

$$U_C = U_S = U_{L1-L2} = U_{L2-L3} = U_{L3-L1}$$

b) El valor eficaç de la intensitat composta es $\sqrt{3}$ vegades la de la simple.

$$I_C = \sqrt{3} \cdot I_S ; I_S = I_{L1-L2} = I_{L2-L3} = I_{L3-L1} ; I_C = I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}$$

Exemples: 2 ; Problemes: 2

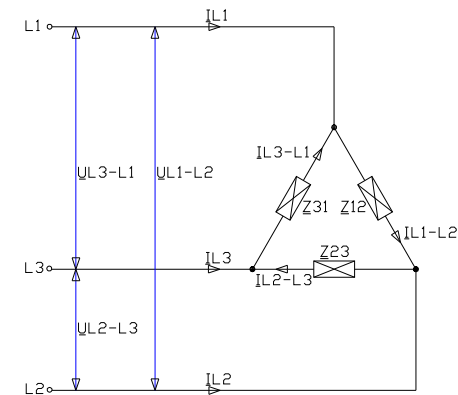


Fig.1.7

11. Potència en corrent altern trifàsic equilibrat

La potència d'un sistema trifàsic és la suma de les potències de cada fase. Si el sistema és equilibrat aleshores:

$$P = 3 \cdot U_S \cdot I_S \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi$$

$$Q = 3 \cdot U_S \cdot I_S \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_C \cdot I_C \cdot \sin \varphi$$

$$S = 3 \cdot U_S \cdot I_S = \sqrt{3} \cdot U_C \cdot I_C$$

Exemples: (3), 4, [6], (7, 8) ; Problemes: (3, 4), 5, [6, 7, 8, 9, 10], (11)

12. Sistemes . Estrella i Triangle equivalents.

Un receptor trifàsic equilibrat connectat en triangle es pot convertir en una estrella equivalent calculant la nova impedància amb l'expressió:

$$Z_Y = \frac{Z_{\Delta}}{3}$$

La conversió de triangle a estrella serà:

$$Z_{\Delta} = 3 \cdot Z_Y$$

Exemples: 9 ; Problemes: 12, 13, 14

En el cas de sistemes desequilibrats per realitzar les conversions es realitzen segons les relacions:

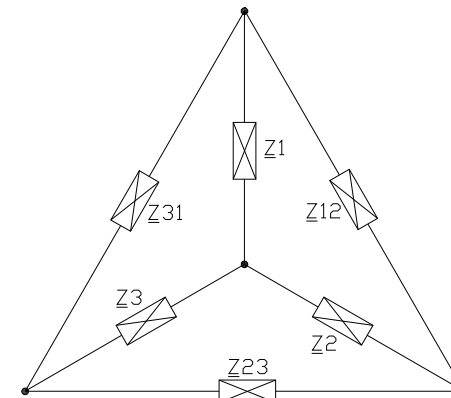


Fig. 1.8

$\Delta \rightarrow Y$

$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

$Y \rightarrow \Delta$

$$Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

Exemples: 10, 11

13. Mesura de potència activa

Per mesurar la potència activa en sistemes trifàsics s'utilitza el wattímetre. A continuació veurem com connectar-lo segons el tipus de sistema.

- **Sistema trifàsic de 4 fils equilibrat:**

S'utilitza un sol wattímetre connectat segons la figura 1.9. La mesura d'aquest instrument (P_W) serà la potència d'una fase, per tant la potència activa total és:

$$P_{TOTAL} = 3 \cdot P_W$$

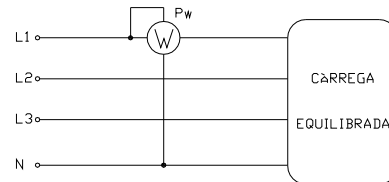


Fig. 1.9

- **Sistema trifàsic de 4 fils desequilibrat:** S'utilitzen tres wattímetres connectats segons la figura 1.10. La mesura d'aquests instruments sumades serà la potència activa total:

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + P_3$$

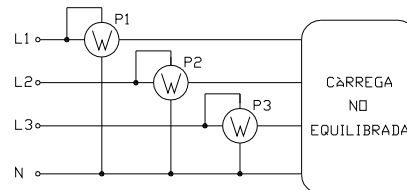


Fig. 1.10

- **Sistema trifàsic de 3 fils equilibrat:** Mètode 1: S'utilitzen un wattímetre i tres resistències connectades per crear un neutre artificial segons la figura 1.11. La mesura d'aquest instrument (P_W) serà la potència d'una fase, per tant la potència activa total és:

$$P_{TOTAL} = 3 \cdot P_W$$

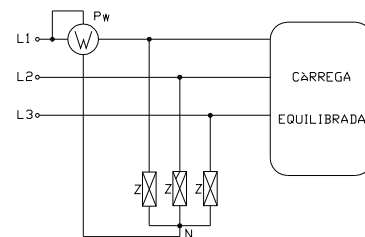


Fig. 1.11

Mètode 2, Connexió Aron: S'utilitzen dos wattímetres connectats segons la figura 1.12. La mesura d'aquests instruments sumades serà la potència activa total:

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2$$

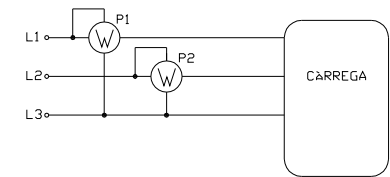


Fig. 1.12

Si el Factor de Potència és inferior a 0,5, un dels wattímetres marcarà negatiu. Per realitzar la lectura (si és un instrument d'agulla) s'inverteix la polaritat d'un dels seus bobinats i aleshores es resten les lectures.

A més a més, en sistemes equilibrats la connexió Aron ens permet calcular la potència reactiva:

$$Q_{TOTAL} = \sqrt{3} \cdot (P_1 - P_2)$$

- **Sistema trifàsic de 3 fils desequilibrat:** S'utilitza la connexió Aron com el cas de sistema equilibrat Fig 1.12. Ara bé, no podem utilitzar l'expressió per al calcul de la potència reactiva.

Exemples: 12 ; Problemes: 15,16, 17, 18

14. Compensació del Factor de Potència en sistemes trifàsics

Generalment els receptors funcionen amb un factor de potència inductiu i inferior a la unitat. En aquestes condicions el receptor consumeix més corrent del necessari i convé corregir-lo amb una bateria de condensadors de potència reactiva Q_C .

Si volem millorar un receptor de potència activa (P), des d'un $\cos \varphi_1$ a un altre $\cos \varphi_2$ necessitem una Q_C de valor:

$$Q_C = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

Si la bateria es connecta en triangle com és habitual, la capacitat C (en μF) de cadascun dels 3 condensadors serà de:

$$C = \frac{Q_C}{3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_L^2} \cdot 10^6$$

Exemples: cap ; Problemes: 19, 20