

8.4 FIRELEDERNETT - NULLEDER

Det blir mer og mer vanlig å øke den normerte spenningen fra 230 V til 400 V. Ved å øke spenningen minker vi strømmen for å opprettholde samme effekt. Ved bruk av 400 V's anlegg kan vi i mange tilfeller bruke mindre tverrsnitt pga mindre strømgjennomgang i lederne.

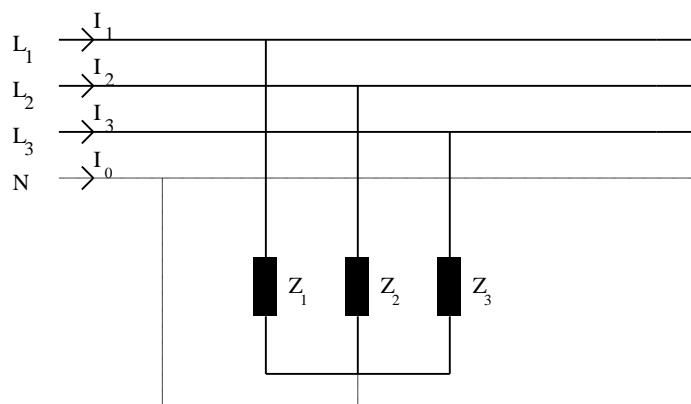
Elektriske motorer kan koples i stjerne eller i trekant. Kopler vi en motor i trekant til et 230 V's nett utvikler den lik effekt som om vi koplet samme motor i stjerne til et 400 V's nett.

Noe elektrisk utstyr er bare beregnet for 230 V. Hvis vi kopler dette elektriske utstyret til den ene fasen og en nulleder som er tilkopleet transformatorens stjernepunkt får vi fasespenningen. Denne fasespenningen blir 230 V (se eksempel under).

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{400V}{\sqrt{3}} = \underline{230,9V}$$

FIRELEDERNETT MED SYMMETRISK BELASTNING

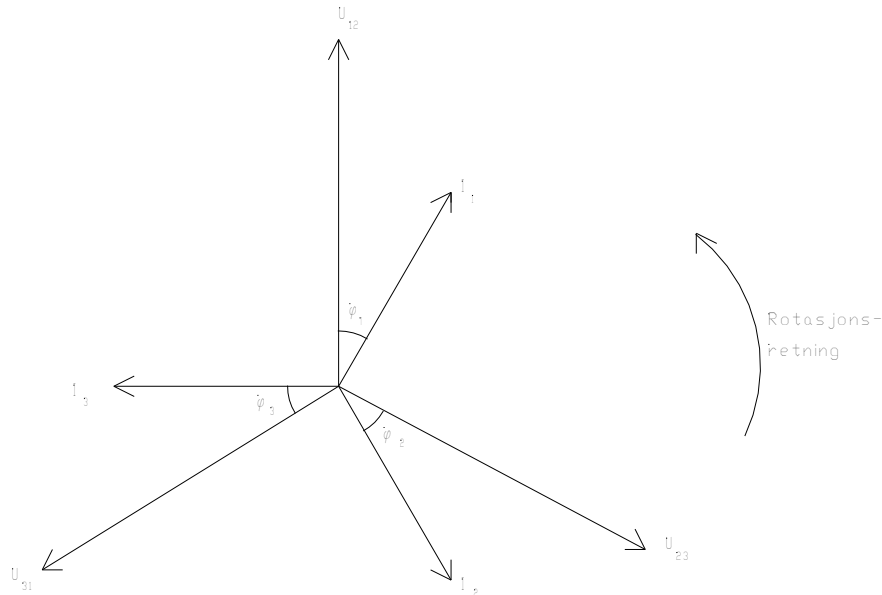
Figur 8.4.1



$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$

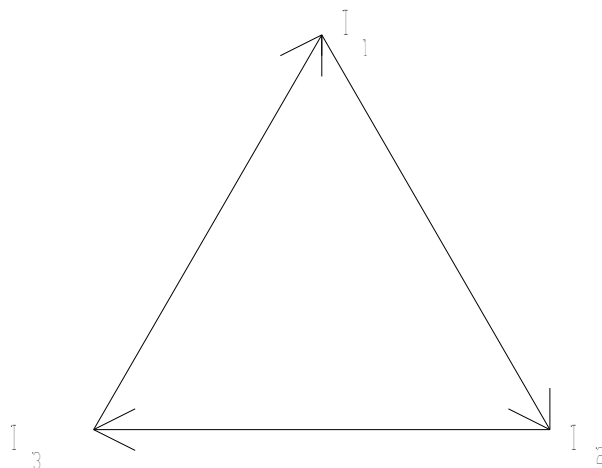
Vektordiagram som viser fasestrømmene med lik faseforskyvning mellom strøm og spenning. Det går ingen strøm i nullederen (N) når belastningen er symmetrisk:

Figur 8.4.2



Vektordiagram som viser fasestrømmene. Fasestrømmene er forskjøvet i forhold til foregående diagram.

Figur 8.4.3



Fasestrømmene I_{f23} og I_{f31} er flyttet, men vinklene mellom fasestrømmene er like som i foregående figur. I_{f12} er ikke flyttet. I_{f23} er plassert etter I_{f12} og I_{f31} er plassert etter I_{f23} . Når begynnelsespunktet og sluttspunktet blir samme punkt er det symmetri i kretsen.

Ved symmetri kan det benyttes $\sqrt{3}$ i formlene:

$$I = I_f \quad 8.4.1$$

$$U = U_f \cdot \sqrt{3} \quad 8.4.2$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad 8.4.3$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad 8.4.4$$

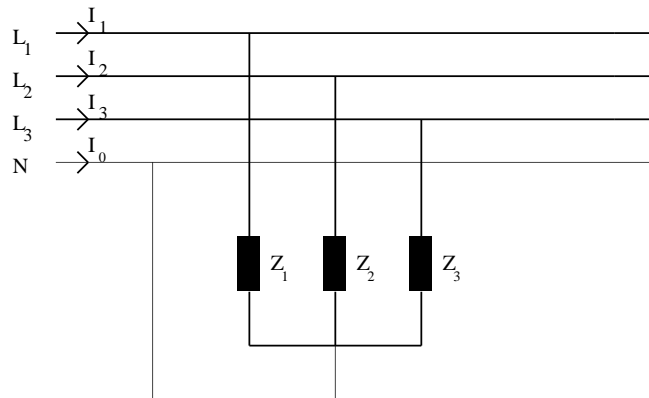
$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad 8.4.5$$

- S tilsynelatende effekt totalt (VA)
Q reaktiv effekt totalt (VAr)
P aktiv effekt totalt (W)
 U_f fasespenningen (V)
 I_f fasestrømmen (A)
 $\cos \varphi$ effektfaktoren

FIRELEDERNETT MED ASYMMETRISK BELASTNING

Vi forutsetter at påtrykt spenning (hovedspenningen) er konstant fra et «stivt nett». Metoden som vises i dette kapitlet kan benyttes når en vet fasespenningenes størrelse og vinklene mellom fasespenningene. Når fasespenningene ikke er kjent benyttes metoden vist i kapittel 8.5 for å finne strømmene som går i lederne og i nullederen.

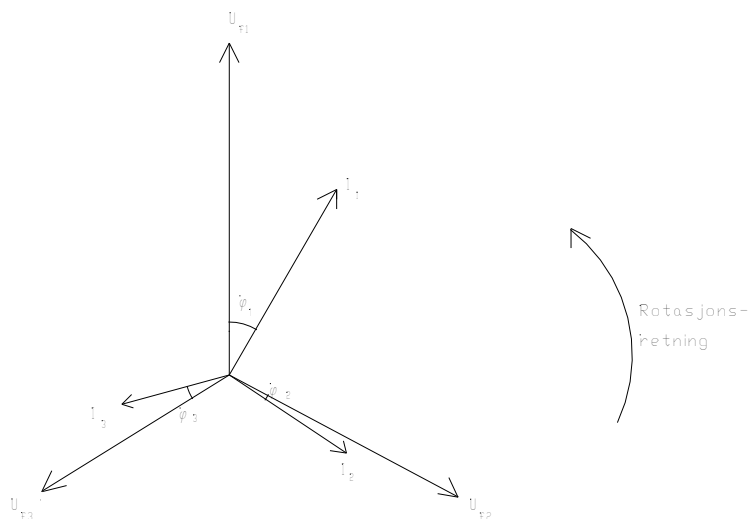
Figur 8.4.4



$$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$$

Vektordiagram som viser fasestrømmene med forskjellig faseforskyvning mellom strøm og spenning og forskjellige strømmer. Det vil da gå en strøm i nullederen når belastningen er asymmetrisk:

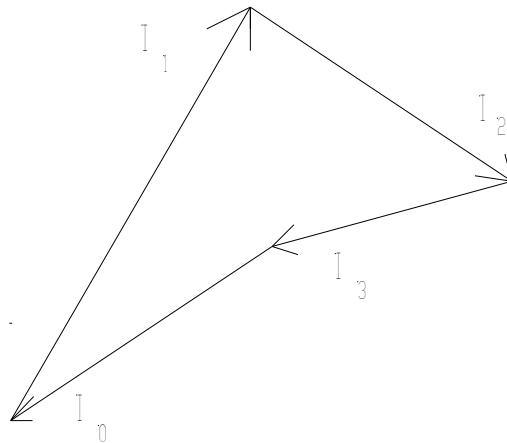
Figur 8.4.5



Ved store skjevbelastninger vil fasespenningene avvike fra hverandre i voltverdi og vinkelen mellom fasespenningene kan være forskjellig fra 120° . I kapittel 8.5 skal vi se nøyere på dette.

Vektordiagram som viser fasestrømmene. Fasestrømmene er forskjøvet i forhold til foregående diagram.

Figur 8.4.6



Fasestrømmene I_{f23} og I_{f31} er flyttet, men vinklene mellom fasestrømmene er like som i foregående figur. I_{f12} er ikke flyttet. I_{f23} er plassert etter I_{f12} og I_{f31} er plassert etter I_{f23} . Når begynnelsespunktet og sluttunktet ikke blir samme punkt er det asymmetri i kretsen. Vektoren fra sluttunktet og begynnelsespunktet er strømmen som går i nullederen. Strømmen I_0 kan enten avleses fra diagrammet eller beregnes via cosinussetningen.

Ved asymmetri kan det ikke benyttes $\sqrt{3}$ i formlene:

Framgangsmåten for å finne hovedstrømmene er lik som i kapittel 8.2 og 8.3.

Aktiv effekt pr fase:

$$P_{f1} = U_{f1} \cdot I_{f1} \cos \varphi_1$$

$$P_{f2} = U_{f2} \cdot I_{f2} \cos \varphi_2$$

$$P_{f3} = U_{f3} \cdot I_{f3} \cos \varphi_3$$

8.4.6

Total aktiveffekt:

$$P = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3}$$

8.4.7

Reaktiv effekt pr fase:

$$Q_{f1} = U_{f1} \cdot I_{f1} \cdot \sin \varphi_1$$

$$Q_{f2} = U_{f2} \cdot I_{f2} \cdot \sin \varphi_2$$

$$Q_{f3} = U_{f3} \cdot I_{f3} \cdot \sin \varphi_3$$

8.4.8

Total reaktiv effekt:

$$Q = Q_{f1} + Q_{f2} + Q_{f3}$$

8.4.9

Tilsynelatende effekt pr fase:

$$S_{f1} = U_{f1} \cdot I_{f1}$$

$$S_{f2} = U_{f2} \cdot I_{f2}$$

$$S_{f3} = U_{f3} \cdot I_{f3}$$

8.4.10

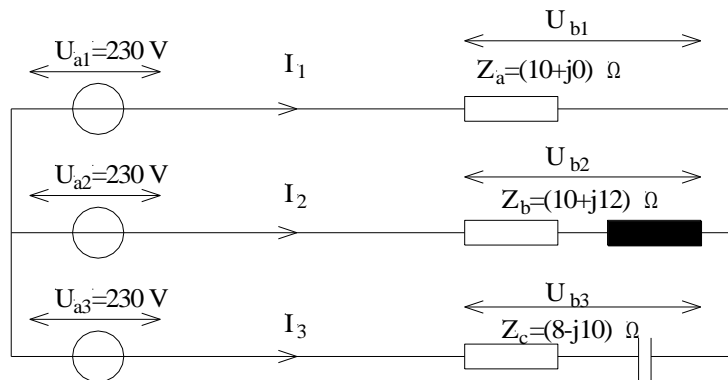
Total tilsynelatende effekt:

$$S = S_{f1} + S_{f2} + S_{f3}$$

8.4.11

S	tilsynelatende effekt totalt (VA)
Q	reaktiv effekt totalt (VAr)
P	aktiv effekt totalt (W)
S _{f1}	tilsynelatende effekt i fas 1 (VA)
Q _{f1}	reaktiv effekt i fase 1 (VAr)
P _{f1}	aktiv effekt i fase 1 (W)
U _{f1}	spenningen i fase 1 (V)
I _{f1}	strømmen i fase 1 (A)
cosφ ₁	effekt faktoren i fase 1

Eksempel 8.4.1



Stjernekoplingen blir tilført en fasespenning på 230 V i hver fase med 120° mellom fasespenningene fra en trefaset stjernekoplet spenningskilde. Fasespenningen U_{bf2} over belastningen Z_2 er 213,8 V og $11,9^\circ$ foran påtrykt fasespenning U_{af2} fra spenningskilden.

Finn strømmen I_2 og faseeffekten P_{f2} og konstruer vektordiagram med oppgitte og beregnede verdier.

Løsning:

Fasestrømmen I_2

$$I_2 = \frac{U_{bf2}}{Z_2} = \frac{213,8V}{15,6\Omega} = \underline{\underline{13,69A}}$$

Vinkelen mellom U_{bf2} og I_2

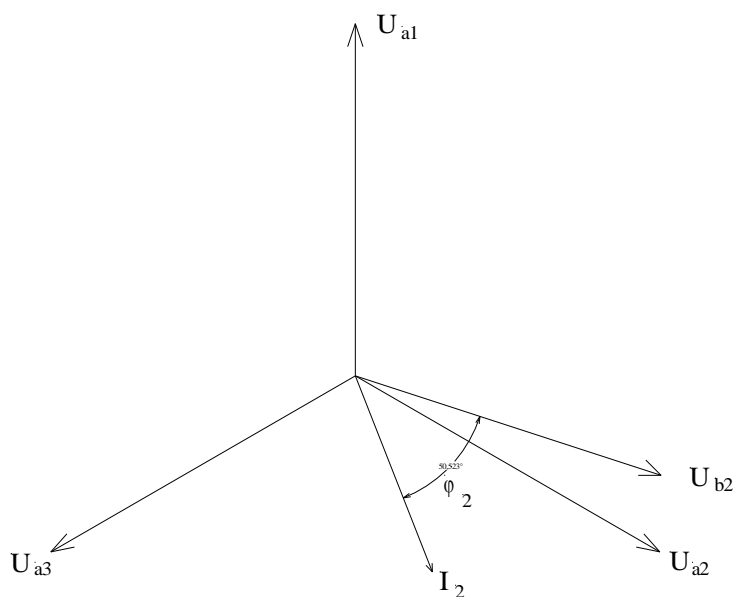
$$Z_2 = 10\Omega + j12\Omega = \underline{\underline{15,62\Omega \angle 50,2^\circ}}$$

Faseeffekten P_{f2}

$$P_{f2} = U_{bf2} \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 213,8V \cdot 13,69A \cdot \cos 50,2^\circ = \underline{\underline{1873,8W}}$$

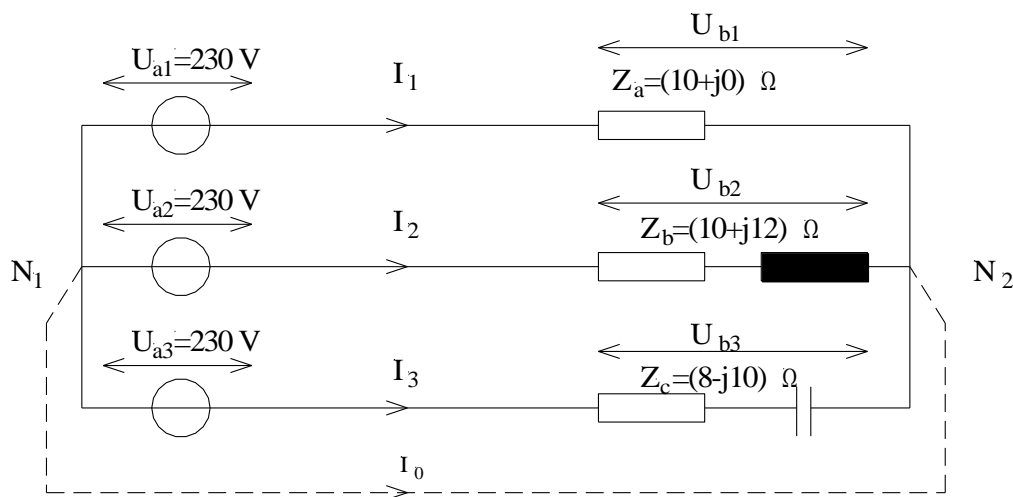
For å finne total effekt må alle faseeffektene summeres.

Vektordiagram



NULLEDER:

Hvis vi plasserer en leder mellom stjernepunktene vil det gå en strøm i nullederen hvis det er skjevbelastning.



Strømmen som går i nullederen kan finnes når alle strømmene er tegnet inn i vektordiagrammet. Flytt vektor I_2 etter I_1 og I_3 etter I_2 . Vektoren I_0 begynner i slutt punktet til I_3 og ender i begynnelsespunktet til vektor I_1 . Se figur 8.4.5 og 8.4.6 for konstruksjon av I_0 .

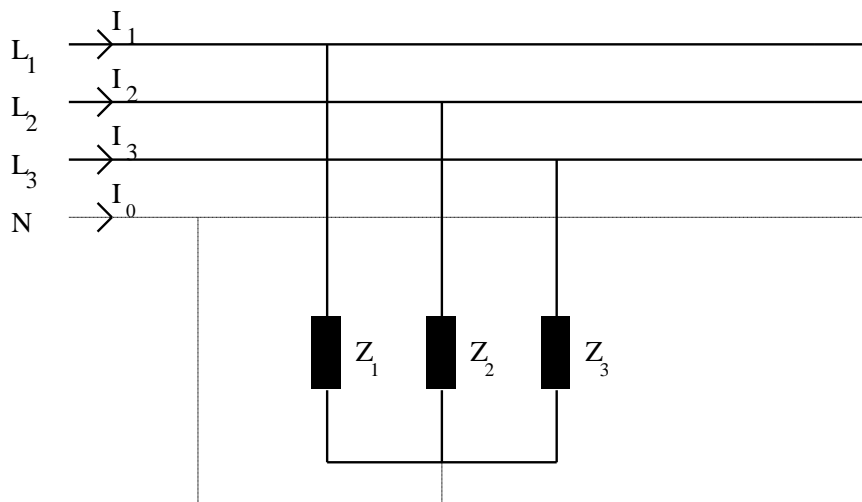
OPPGAVER

8.4.1

I en trefaset krets med varmeelementer (rent resistive) er hvert element på 15Ω . Ellementene som er stjernekoplet er tilkopleet en hovedspenning på 380 V, 50 Hz.

- Finn hovedstrømmene i kretsen matematisk.
- Finn hovedstrømmene i kretsen grafisk.
- Hva blir total aktiv, reaktiv -og tilsynelatende effekt?

8.4.2



Hovedspenningen er 400 V, 50 Hz og impedansene er lik for alle fasene. Verdiene til faseimpedansen:

$$\bar{Z}_f = 10\Omega + j50\Omega$$

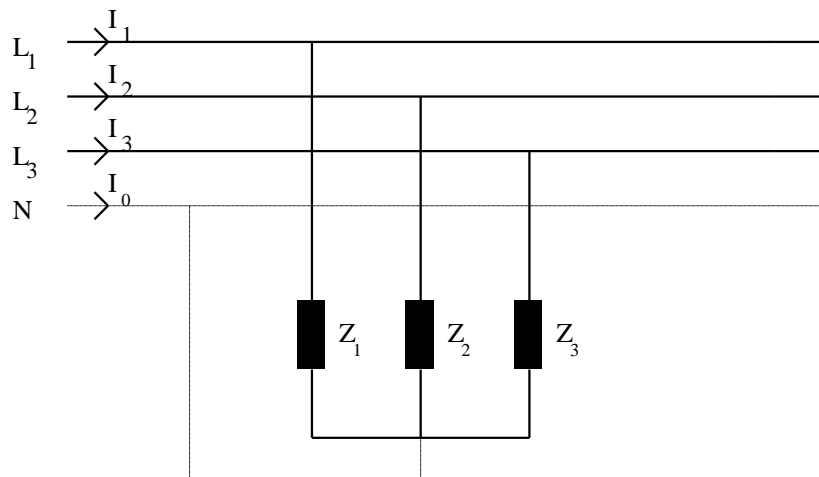
- Finn fasestrømmene.
- Hva blir hovedstrømmene ved grafiskløsning og ved beregning?
- Beregn total aktive, reaktive -og tilsynelatende effekt.

8.4.3

I en trefaset krets med varmeelementer er elementene på $R_{f12} = 8 \Omega$, $R_{f23} = 10 \Omega$ og $R_{f31} = 12 \Omega$. Elementene er stjernekoplet og tilkopleet nulleleder i stjernepunktet. Koplingen har fasespenningene $U_{f1} = 243,8 \text{ V}$, $U_{f2} = 250 \text{ V}$ og $U_{f3} = 211,7 \text{ V}$. Fasespenningene regnes 120° forskjøvet. Frekvensen er på 60 Hz.

- Finn grenstrømmene i kretsen.
- Finn hovedstrømmene grafisk og matematisk.
- Hva blir total aktiv, reaktiv -og tilsynelatende effekt?

8.4.4



Hovedspenningen er 230 V, 50 Hz.. Verdiene til faseimpedansene og fasespenningene:

$$\bar{Z}_{f1} = 48\Omega + j64\Omega \quad U_{f1} = 216\text{V}$$

$$\bar{Z}_{f23} = 30\Omega + j40\Omega \quad U_{f2} = 345\text{V}$$

$$\bar{Z}_{f31} = 60\Omega + j80\Omega \quad U_{f3} = 173\text{V}$$

Fasespenningene regnes 120° forskjøvet.

- Finn fasestrømmene.
- Hva blir hovedstrømmene ved grafiskløsning og ved beregning?
- Beregn total aktive, reaktive -og tilsynelatende effektene.