

WATT

met elektriciteit

voor de derde graad

leerboek deel 2

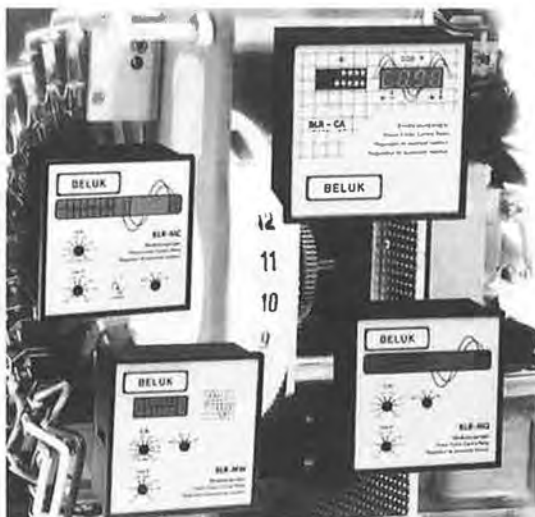
Benjamin De Donder



de boeck

13

CONDENSATOREN- BATTERIJEN EN NOODVOEDINGEN



1 INLEIDING

DOELSTELLING

- De condensatorenbatterij en noodvoeding fysisch kunnen voorstellen.
- Het nut van een condensatorenbatterij en een noodvoeding begrijpen.

Bij de verdeling van elektrische energie heeft de verdeler (bv. Electrabel) er alle belang bij dat enerzijds de ter beschikking gestelde energie zo efficiënt mogelijk wordt gebruikt en anderzijds dat de continuïteit van elektriciteitsvoorziening (= klantenbestendigheid) wordt verzekerd.

Het efficiënt gebruik van elektrische energie is klantafhankelijk en wordt bepaald door het soort belasting (van de klant) die de energie uit het net opneemt. Om de efficiëntie van energieverbruik te verhogen, wordt meestal gebruikgemaakt van een condensatorenbatterij die in het net wordt geschakeld.

De continuïteit van elektriciteitsvoorziening ligt echter zeer hoog en het kan als hoogst uitzonderlijk worden beschouwd als die om een of andere reden uitvalt. Toch bestaat die mogelijkheid en dat kan voor mens en omgeving zeer gevaarlijke situaties teweegbrengen (bv. hospitalen, bepaalde productieprocessen, computers ...). Dat probleem kan verholpen worden door noodvoedingen die later in dit hoofdstuk worden besproken.

2 CONDENSATORENBATTERIJ

DOELSTELLING

- Aan de hand van een vermogensdriehoek het belang van een condensatorenbatterij kunnen uitleggen in functie van de arbeidsfactor.
- De nadelen van een slechte arbeidsfactor kennen.
- De verschillende compensatiesoorten kunnen verklaren aan de hand van een tekening.
- De stuur- en vermogenskring met een blindstroomregelaar kunnen verklaren.
- Kennis hebben van schakel- en beveiligingsapparatuur bij een condensatorenbatterij.

2.1 DOEL

Motoren, transformatoren of andere toestellen die werken op basis van inductie gebruiken – buiten een actieve energie voor de levering van nuttige arbeid – een reactieve energie voor de opbouw van de magnetische velden. De magnetiseringsstroom (I_m) voor de opbouw van die magnetische velden pendelt als blindstroom tussen de bron en de verbruiker. Dat heeft tot gevolg dat de bron, leidingen, schakelaars enz. extra worden belast. Door het bijplaatsen van een condensator is het mogelijk het net gedeeltelijk of volledig te ontlasten van die negatieve invloeden.



Fig. 13.1 Condensatorenbatterij

2.2 VERMOGENSDRIEHOEK

Het schijnbaar vermogen (S) bepaalt de belasting van het net en het transportmedium.

Transformatoren, generatoren, schakelapparatuur, zekeringen en leidingen moeten voor het optredende schijnbaar vermogen gedimensioneerd worden. Het schijnbaar vermogen = product van de effectieve spanning en stroom zonder rekening te houden met de faseverschuiving, dus:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \quad \text{in (VA) (waarom } \sqrt{3} \text{?)}$$

Het schijnbaar vermogen vind je volgens de vermogensdriehoek ook uit de vectoriële som van het actief en reactief vermogen:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{in (VA)}$$

Het actief vermogen (P) = het werkelijk omgezette vermogen of nuttig vermogen. Het actief vermogen vind je in dit geval uit:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{in W}$$

Het reactief of blindvermogen (Q) = het pendelend vermogen tussen generator en gebruiker voor de op- en afbouw van magnetische velden. Dat vermogen vind je uit:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \text{in var}$$

We onderscheiden inductief en capacitief reactief vermogen, afhankelijk van het feit of er blindvermogen wordt opgenomen of afgegeven.

- **Reactief-inductief vermogen:**
 - de stroom ijlt na op de spanning
 - er wordt blindvermogen opgenomen
 - van toepassing bij asynchrone motoren, transformatoren en bovengrondse leidingen
- **Reactief-capacitief vermogen:**
 - de stroom ijlt voor op de spanning
 - er wordt blindvermogen afgegeven
 - van toepassing bij condensatoren, kabels en onbelaste hoogspanningsluchtleidingen

2.3 ARBEIDSFACITOR

2.3.1 Arbeidsfactor $\cos \varphi$

De hoekverschuiving tussen het actief (P) en het schijnbaar vermogen (S) wordt voorgesteld door de letter φ (phi). De verhouding van het actief vermogen tot het schijnbaar vermogen is dus de **cos** van de **hoek** φ . Die $\cos \varphi$ noemen we de **arbeidsfactor**.

$$\text{arbeidsfactor} = \cos \varphi = P / S$$

Hoe meer reactief vermogen of blindvermogen (Q) een installatie verbruikt, hoe groter de fasehoek φ en hoe lager de $\cos$ van die fasehoek φ . We zeggen dan dat de $\cos \varphi$ slecht is. Een goede $\cos \varphi$ ligt tussen 0,9 en 1.

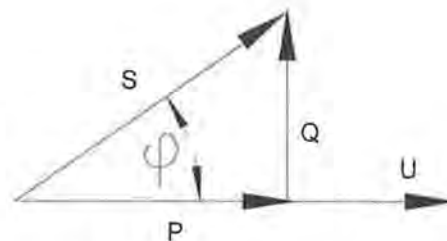


Fig. 13.2 Vermogensdriehoek

2.3.2 Nadelen slechte arbeidsfactor

Een slechte arbeidsfactor heeft een aantal nadelen voor verbruiker en energieleverancier.

- **Belasting van het net**

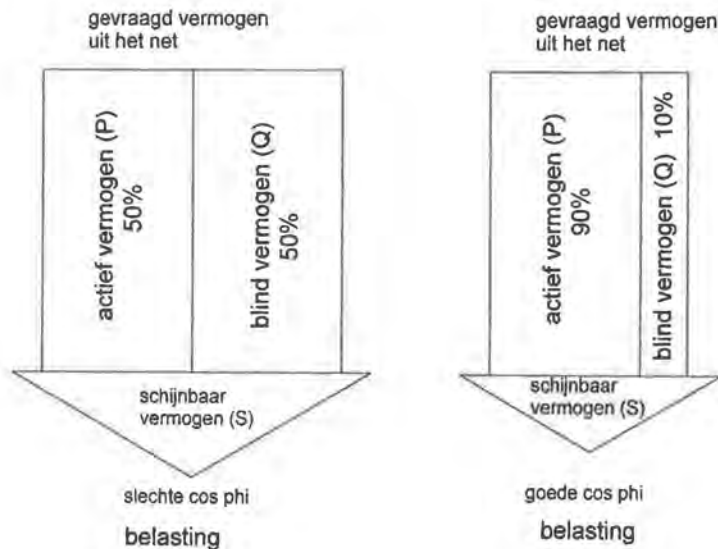


Fig. 13.3 Vermogensbalans

Voor eenzelfde opgenomen actief vermogen zal bij slechtere $\cos \varphi$ het schijnbaar vermogen groter zijn. Bij een $\cos \varphi$ van 0,5 ($\varphi = 60^\circ$) is de gevraagde stroom het dubbele van de actieve stroom ($S = P \cdot 2$). Dat veroorzaakt overbelastingen in transformatoren, generatoren, kabels en schakelinrichtingen en verhoogt in functie van $\cos \varphi$ ook aanzienlijk de verliezen in die elementen ($P = I^2 \cdot R$).

- **Kostprijs actieve energie**

Volgens de elektriciteitsleverancier moet de gemiddelde maandelijkse arbeidsfactor minimaal 0,9 of 0,95 bedragen, als je toeslag wil vermijden voor reactief verbruik (Q). Praktisch betekent dat een maximaal verbruik van reactieve energie dat ca. 50 % bedraagt van het verbruik van actieve energie (P), wat overeenstemt met een $\cos \varphi = 0,8944$ (zie fig. 13.4). Het meerverbruik wordt aangerekend aan 20 % van de gemiddelde kostprijs per kWh actief.

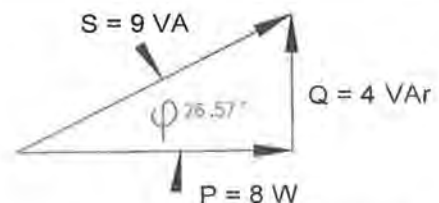


Fig. 13.4 Vermogensverhouding $\cos \varphi = 0,9$

2.3.3 Verbetering van de arbeidsfactor

Door het bijplaatsen van condensatoren met een vermogen Q_c (die tegengesteld is aan Q_1) zal het uit het net opgenomen reactief vermogen nog maar Q_2 bedragen. Het schijnbaar vermogen wordt S_2 met $S_2 < S_1$. Het actief opgenomen vermogen (P) blijft onveranderd (zie fig. 13.5).

Het reactief vermogen dat door de condensator moet worden geleverd, is dus

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad \text{in var}$$

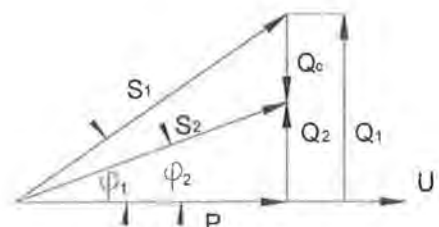


Fig. 13.5 Vermogensdriehoek met compensatie

Voorbeeld: In een bedrijf wordt aan de klemmen van een transformator een stroom van 1 200 A gemeten bij een spanning van 394 V. Er zijn geen condensatoren aanwezig voor de compensatie en de $\cos \varphi$ bedraagt 0,78 (slecht!). Wat worden de vermogens (P , Q_1 , S_1) en wat wordt de stroom door de transfo als de $\cos \varphi$ naar 0,92 (goed!) gebracht wordt door plaatsing van een condensatorenbatterij?

- Actief vermogen: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = 1,73 \cdot 394 \cdot 1\,200 \cdot 0,78 = 638 \text{ kW}$
- Reactief vermogen: $Q_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = 1,73 \cdot 394 \cdot 1\,200 \cdot 0,625 = 511 \text{ kvar}$
- Schijnbaar vermogen: $S_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 1,73 \cdot 394 \cdot 1\,200 = 818 \text{ kVA}$

Het nodige condensatorvermogen om de $\cos \varphi$ van 0,78 naar 0,92 te brengen bij een actieve belasting van 638 kW: $Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 638 \cdot (0,802 - 0,426) = 240 \text{ kvar}$

Het actief vermogen is eigen aan de installatie en blijft ook na compensatie 638 kW. De stroom om dat vermogen te leveren zal bij een betere $\cos \varphi$ kleiner zijn.

- De nieuwe stroom wordt: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$, dus $I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi$
 $I = 638.000 / 1,73 \cdot 394 \cdot 0,92 = 1\,017 \text{ A}$
- Het nieuw reactief vermogen: $Q_2 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = 1,73 \cdot 394 \cdot 1\,017 \cdot 0,391 = 271 \text{ kvar}$
 of $Q_2 = Q_1 - Q_c = 511 - 240 = 271 \text{ kvar}$
- Het nieuw schijnbaar vermogen: $S_2 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 1,73 \cdot 394 \cdot 1\,017 = 693 \text{ kVA}$

Besluit: Door de $\cos \varphi$ van 0,78 naar 0,92 te brengen wordt de transformator ontlast omdat de stroom daalt van 1 200 A naar 1 017 A. Er komt zo een vermogen vrij van 125 kVA (818 kVA – 693 kVA) waardoor eenzelfde transfo kan worden benut voor meer verbruikers.

2.4 COMPENSATIESOORTEN

2.4.1 Individuele compensatie van transformatoren

In veel gevallen wordt een vaste condensatorenbatterij voorzien aan de secundaire klemmen van een transformator. Die heeft als doel de reactieve nullastverliezen van de transfo te compenseren. Het vermogen (kvar) van die vaste condensatorenbatterij mag niet groter zijn dan het reactief nullastverlies van de transfo omdat anders het net capaciteef wordt gebracht (en dan moet je toeslag betalen!).

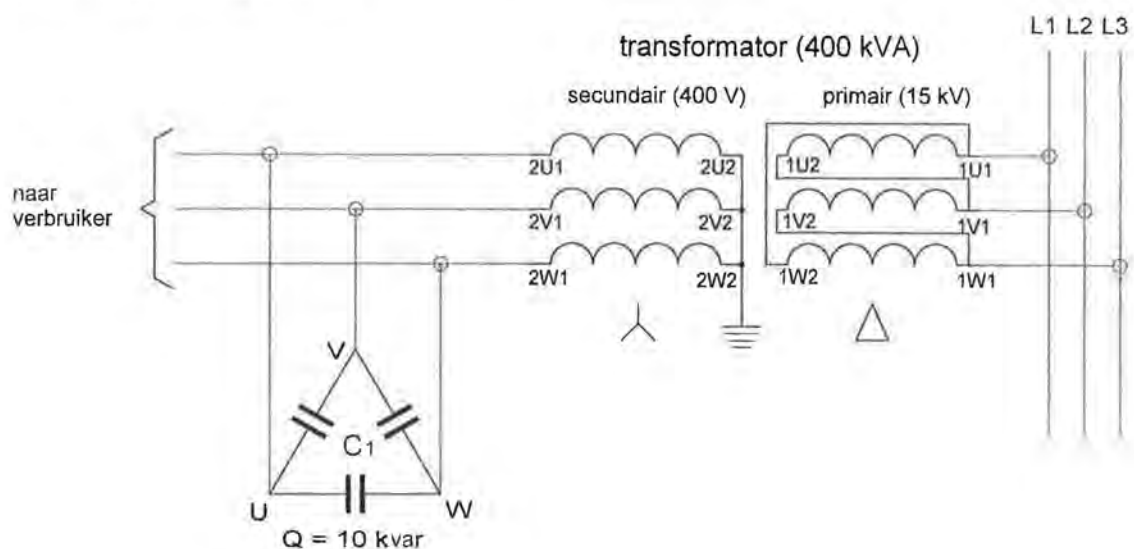


Fig. 13.6 Compensatie transformator