

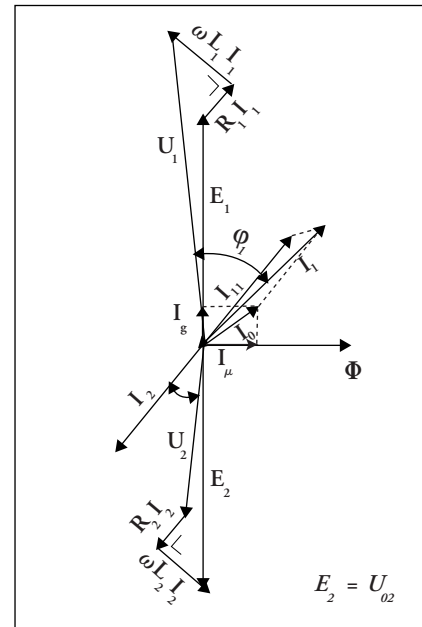
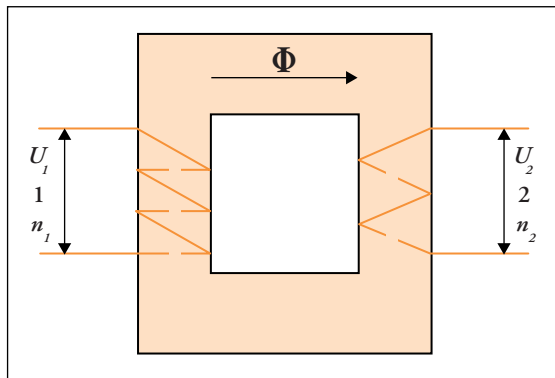
### 1. OPFRISSEN VAN DE THEORIE

De transformator bestaat uit een kern in blikplaten en twee spoelen. De primaire spoel telt  $n_1$  windingen, de secundaire  $n_2$ .

Indien men aan de primaire spoel een sinusoidale wisselspanning  $U_1$  leght, zal in de magnetische kring een sinusoidale flux ontstaan met dezelfde frequentie als  $U_1$ . Deze flux induceert op haar beurt in secundaire een sinusoidale wisselspanning met dezelfde frequentie. De amplitude van deze spanningen  $U_2$  zal afhangen van het aantal windingen van de spoelen.

Een transformator karakteriseert zich door de transformatieverhouding bij nullast :

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (U_{02} : \text{secundaire spanning bij nullast})$$



De inductie in de magnetische kring is de flux per oppervlakte, en wordt algemeen uitgedrukt in Tesla.

#### Nullast

Indien de secundaire niet belast wordt (open), vloeit door de primaire een stroom die uit twee componenten bestaat :

- een zogenaamde magnetiseringsstroom die de flux opbouwt (in fase met deze laatste)  $I_{\mu}$
- een stroom te wijten aan verliezen in de magnetische kring of in het ijzer (hysterisis en wervelstroom)  $I_g$

De stroom bij nullast,  $I_o$  is de vectoriële som van deze twee stromen (hij is in het algemeen zwak in verhouding tot de nominale primaire en secundaire stromen).

#### Belaste transformator

Sluit men op de secundaire een impedantie aan, dan vloeit door deze spoel een stroom,  $I_2$  die, volgens de wet van Lenz, de fluxvariaties die hem doen ontstaan, tegenwerkt. Deze stroom tracht de magnetische kring te demagnetiseren. Maar de geïnduceerde flux in de magnetische kring is onveranderlijk omdat hij afhangt van het aantal windingen  $n_1$ , en van de spanning  $U_1$ , die constant wordt verondersteld. Daarom vloeit in de primaire een stroom  $I_{11}$ , zodra in de secundaire een stroom  $I_2$ , vloeit  $I_{11}$ , compenseert de ampère-windingen van de secundaire belastingsstroom  $I_2$ .

$$n_1 \times I_{11} = n_2 \times I_2$$

Vandaar de nieuwe uitdrukking voor de transformatieverhouding

$$k = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_{11}}$$

De resulterende stroom,  $I_1$ , die de primaire uit het net onttrekt, is de vectoriële som van  $I_o$  en  $I_{11}$ ,

#### Verliezen in een transformator

Er zijn twee soorten :

De verliezen bij nullast (secundaire open) die optreden zodra de transformator gemagnetiseerd is.

De verliezen te wijten aan de belasting (een impedantie aangelegd aan de secundaire) : de primaire en secundaire spoel bestaan uit geleiders met een ohmse weerstand. Hierin treden dus verliezen op, te wijten aan het Joule-effect, evenredig met het kwadraat van de intensiteit.

Deze verliezen treden op bij belastingen en zijn in het algemeen bij nullast te verwaarlozen.

## Spanningsval

In werkelijkheid is in een belaste transformator  $U_2$ , kleiner dan  $\frac{U_1}{k}$ . Van deze waarde leidt men vectorieel de ohmse en de inductieve spanningsval van de transformator af. Deze spanningsvallen worden uitgedrukt in % van de secundaire spanning bij nullast voor de nominale secundaire stroom.

## Kortsluiting

Men moet de transformator voeden met de spanning uitgedrukt in % van de normale spanning opdat hij, bij kortsluiting van de secundaire, de normale stroom zou leveren.

$$e_{cc} = 100 \times \frac{U_{lcc}}{U_1} (\%)$$

Waarbij  $U_{lcc}$  overeenkomt met  $I_{1nom}$  wanneer  $U_2 = 0$

Zij maakt het mogelijk de kortsluitstroom te kennen wanneer men over de primaire een normale spanning aanlegt. men kan aantonen dat

$$I_{2cc} = I_2 \times \frac{100}{e_{cc}}$$

## 2. VERMOGEN

Het nominale vermogen aangeduid op de afmetingsschetsen wordt weergegeven in VA (Voly-Ampère) of in kVA, nooit in Watt. Het is dus een schijnbaar vermogen.

Dit geldt voor :

- Een transformator met twee gescheiden wikkelingen van hetzelfde vermogen (scheidingstransformator).
- Een enkele primaire spanning en een enkele secundaire spanning zonder bijregelingskontakt.
- Permanent gebruik in gematigd klimaat en met natuurlijke luchtkoeling (zie ook § 11).

## 3. SPANNING

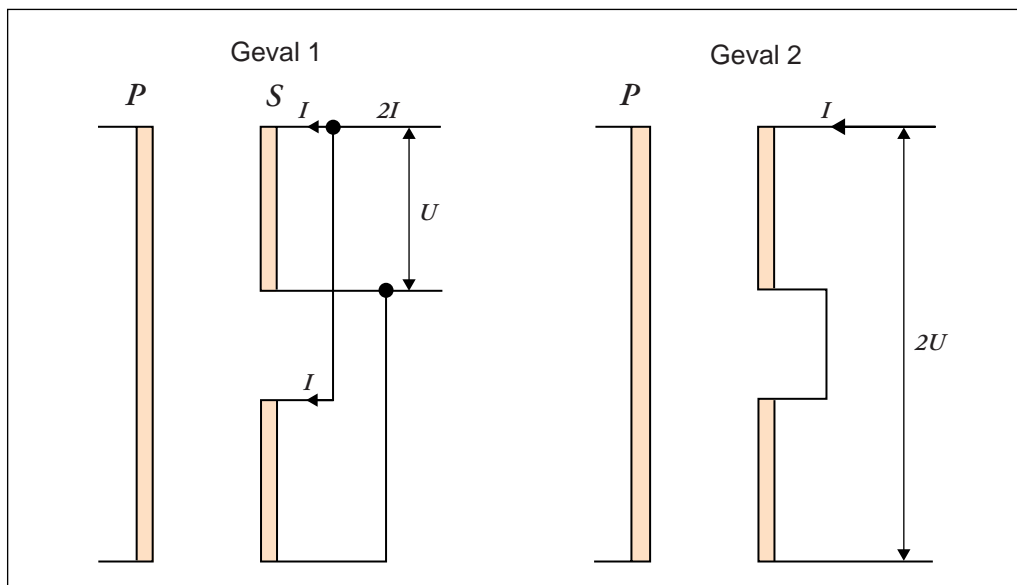
3.1. **Secundaire spanning** : De vereiste secundaire spanning wordt beschouwd als de spanning bij nominale belasting van het toestel en bij  $\cos \phi = 1$ , tenzij anders vermeld.

De secundaire spanning bij nullast zal door de constructeur worden gekozen om de nominale secundaire spanning bij nominale belasting te bekomen. De inwendige spanningsval van de transformator hangt af van verschillende parameters (vermogen, isolatie, constructietype,...)

3.2. **Meervoudige spanningen** op de primaire of de secundaire. Meerdere aftakkelmen op een van de wikkelingen verhoogt het aanpassingsvermogen van het toestel behalve in de twee volgende gevallen.

### Serie of parallelwikkelingen

Indien men over het nominale vermogen van het toestel wil beschikken, ofwel onder spanning  $U_1$  ofwel onder een dubbele spanning ( $2U$ ), kan men twee wikkelingen met spanning  $U$ , (vermogen = 50% van het normale vermogen) voorzien die de gebruiker in serie of parallel kan schakelen. In het ene geval beschikken we dan over  $2I$ , onder een spanning  $U$  - in het andere geval over  $I$  onder spanning  $2U$  (waarbij  $I$  de stroom is die in elk van de wikkelingen vloeit). Het schijnbare vermogen, gelijk aan het product van beide waarden, blijft natuurlijk onveranderd.



### Meerdere aftakklemmen op een secundaire wikkeling

Men kan meerdere aftakklemmen van een wikkeling gebruiken indien men niet boven zijn nominale stroom gaat. Indien bijgevolg het vermogen  $P$  van deze wikkeling werd berekend voor de maximale spanning  $U_{max}$ , kan men over een gereduceerde spanning  $U$ , beschikken, met een vermogen :

$$P' = P \times \frac{U}{U_{max}}$$

3.3. **Beperkingen op de spanning.** Voor bijna alle toestellen met een vermogen kleiner dan 2kVA kunnen de wikkelingen worden gewikkeld onder een spanning tussen 6 en 550 Volt, zelfs buiten deze grenzen (indien men het standaardmodel uit onze documentatie gebruikt).

In elk geval is het raadzaam ons te raadplegen bij extreme gevallen, want het kan gebeuren dat wij verplicht zijn een magnetische kring te kiezen die niet meer met het voorziene vermogen overeenkomt.

## 4. FREQUENTIE

Tenzij anders vermeld zijn de toestellen voorzien voor een frequentie van 50 Hz. Gelieve ons te raadplegen voor andere waarden van de frequentie.



## 5. SPAARTRANSFORMATOREN

5.1. Definitie : Een spaartransformator is een transformator waarvan de laagste spanning deze is van het gemeenschappelijke deel van de windingen (of ze nu overeenkomt met de primaire of met de secundaire spanning). De secundaire, die een gemeenschappelijk punt heeft met de primaire, is niet van het net geïsoleerd. Het gemeenschappelijk deel van de wikkelingen voert een stroom gelijk aan het verschil tussen de primaire en de secundaire stroom. De besparing die met de keuze van een spaartransformator in plaats van een isolatietransformator gerealiseerd wordt, is belangrijker naarmate het verschil tussen de primaire en de secundaire spanning kleiner wordt (in relatieve waarde).

De spaartransformator kan niet gebruikt worden voor veiligheidstoestellen op laagspanning. In de andere gevallen is de gebruiker genoodzaakt de veiligheidsvoorschriften en zijn energieleverancier te raadplegen.

5.2. Equivalent vermogen : Door zijn bouwwijze zal de spaartransformator kleinere afmetingen hebben dan een isolatietransformator van hetzelfde nominale vermogen. Vandaar het begrip equivalent vermogen dat overeenstemt met het nominale vermogen van een toestel met twee gescheiden merken dat, in het geval van de transformator, de afmetingen niet afhangen van de heersende spanningen maar dat de wikkelingen gedi-mensioneerde zijn op het vermogen van het toestel.

Het vermogen van de spaartransformator bedraagt :

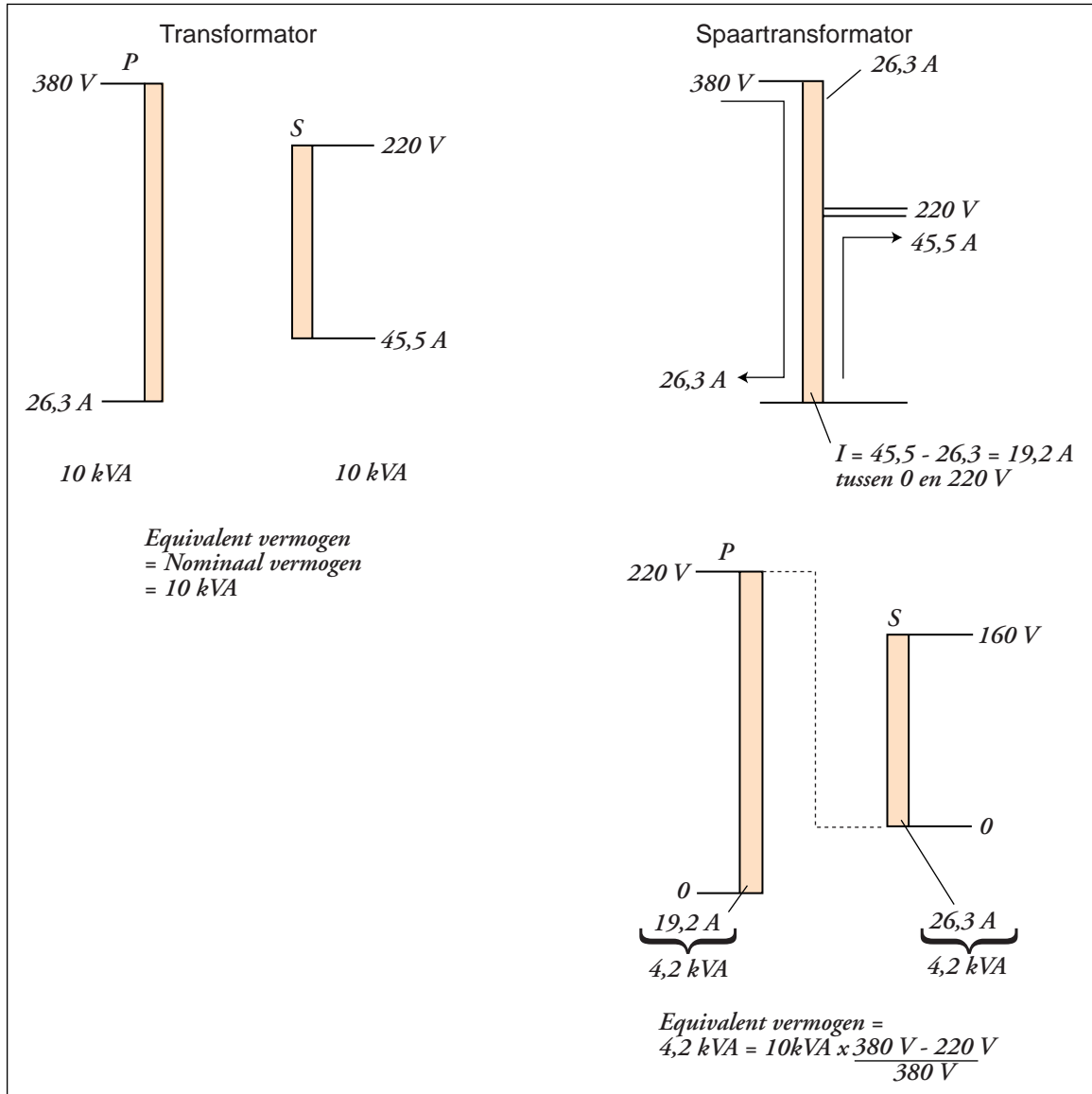
$$P' = P \left( \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max}} \right)$$

- $P'$  is het equivalent vermogen in VA of kVA.
- $P$ , is het uitgangsvermogen van dezelfde eenheid.
- $U_{max}$ , de hoogste van de aan de primaire of de secundaire heersende spanning.
- $U_{min}$ , de laagste spanning

Voorbeeld : Het equivalent vermogen van de spaartransformator (een- of driefasig) van 10 kVA, 220/380 V

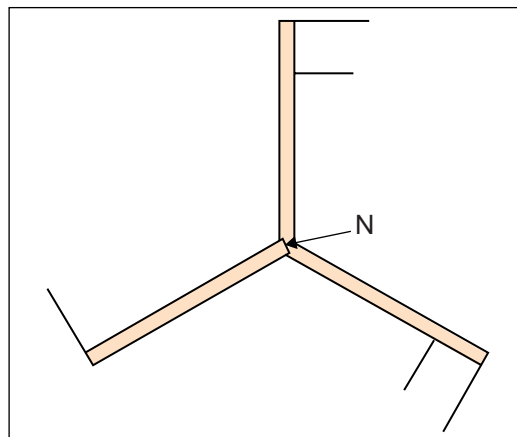
$$\text{bedraagt : } \left( \frac{380-220}{380} \right) \times 10 = 4,2 \text{ kVA}$$

Vergelijking van een eenfasige transformator en een spaartransformator  
380 V/220 V - 10 kVA



Het gamma van JEMA-ELEC wat de vermogens van de een- en driefasige spaartransformatoren betreft, strekt zich uit tot 1000 kVA.

#### Driefasige autotransformator



## 6. INSCHAKELDUUR (ID) OF RELATIEVE DUUR VAN HET GEBRUIK

Indien het apparaat niet voorzien werd om permanent op nominaal vermogen te werken, definieert men zijn "inschakelduur" als de verhouding van de duur van de belasting tot de duur van de hele cyclus (belastingstijd + nullasttijd). Deze verhouding tussen 0 en 1 wordt veelal in % uitgedrukt. Het equivalent (of permanent) vermogen van de transformator bij een beperkte inschakelduur wordt als volgt berekend :

$$P^{12} = P^2 \times u \quad \text{waarbij :}$$

- $P'$  het vermogen is dat het toestel permanent kan leveren en
- $P$ , het vermogen is dat het een beperkte tijd kan leveren
- $u$ , (tussen 0 en 1) de verhouding is van de belastingstijd tot de tijd van de hele cyclus (belasting + nullast)
- $P'$  et  $P$  dan nog vervangen kunnen worden door  $I'$  en  $I$  die overeenstemmen met de beschikbare amplitude respectievelijk bij permanent gebruik of beperkt gebruik voor eenzelfde wikkeling.

Voorbeeld : Een transformator die een vermogen van 1000 VA moet leveren gedurende 20 sec per minuut zal als volgt voor een permanent vermogen  $P'$  berekend worden.

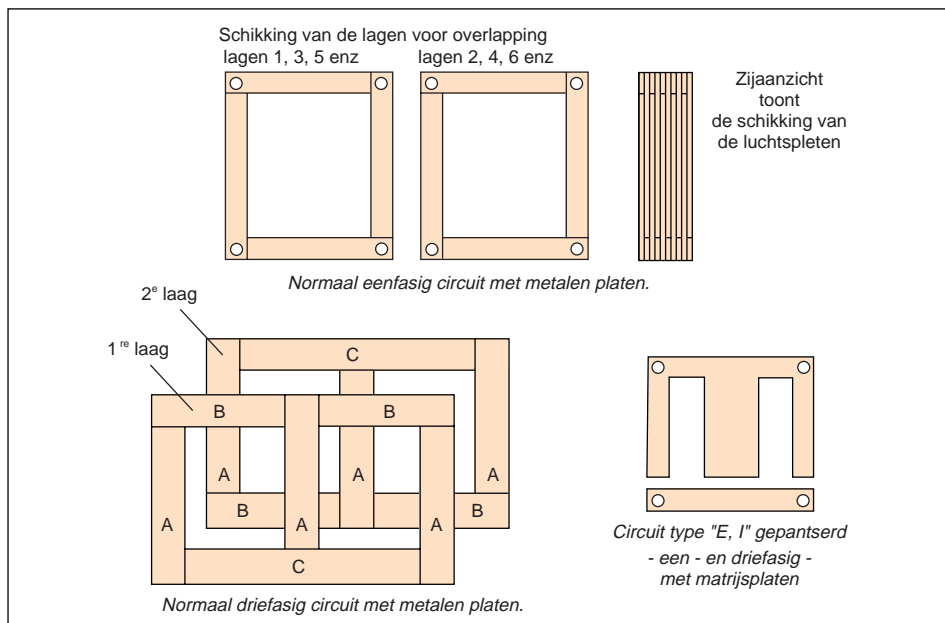
$$P'^2 = (1000)^2 \times \frac{20}{60} \quad \text{ou} \quad P' = 1000 \times \sqrt{0,33} = 577 \text{ VA}$$

Opmerking : indien het toestel met zeer lage gebruiksfactor dient te werken, zal de constructeur een robuuste bouw voorzien om aan de dynamische belastingen en de thermische schokken te weerstaan (spaartransformatoren voor startmotoren, transformatoren voor lasposten, enz.)

## 7. UITVOERING

### 7.1 Onze transformatoren zijn van droge type met luchtkoeling.

Hoewel een transformator algemeen een zeer hoog rendement heeft, treden er toch verliezen in op die een opwarming tot gevolg hebben (zie ook § 1). Deze onvermijdelijke verliezen kunnen gereduceerd worden door voor de magnetische kring gebruik te maken van een kern opgebouwd uit dunne lagen, in opeenvolgende lagen afwisselend opeengelegd en door de lagen ter hoogte van de verbinding afwisselend te laten overlappen. Vanaf 5 kVA (behalve voor speciale toepassingen) maakt JEMA-ELEC gebruik van Hipersil platen met korreloriëntering, met hoge magnetische permeabiliteit en heel kleine verliezen. Die platen worden ook vaak gebruikt met lagere vermogens.



Door een rationele en steeds verder gespecialiseerde bouw kan JEMA-ELEC een hoog rendement en een bijna onbeperkte levensduur van haar transformatoren verzekeren.

- keuze van isolatiemateriaal,
- vergoten van de nuttige oppervlakte voor dissipatie door meervoudige ventilliekanalen te voorzien tussen de magnetische kring en de wikkelingen en in de wikkelingen zelf,
- gebruik van blikplaten met hoog rendement,
- het vermijden van slechte lasverbinding in de wikkelingen die gevaarlijk kunnen opwarmen,
- een doordrenking onder vacuüm en druk met een hars met een hoog agglomeratievermogen en een hoge doorslagsterkte,
- een polymerisatie in de oven (normaal verzekerd door een magnetisch veld).

**JEMA -ELEC bouwt vooral op maat en heeft bewezen heel flexibel te zijn.** Binnen zeer ruime grenzen kunnen wij onze constructies aanpassen aan bijzondere, door de gebruiker vereiste, afmetingen of eigenschappen. Onze productieafdeling kan binnen een heel korte termijn (2 tot 4 werkdagen) een bestelling leveren.

**7.2. Isolatie.** Op de transformatoren voorzien voor spanningen lager dan 1000 V, voeren wij isolatieproeven uit op de individuele wikkelingen en op de wikkelingen samen met de kern, ofwel onder een minimale effectieve spanning van 3000V, 50 Hz, ofwel onder een continue spanning van 5000 V. (de weerstand van de isolatie onder deze spanning ligt in het algemeen boven de 10000 mega-ohm).

**7.3. Normen :** Tenzij anders aangeduid, voldoen onze transformatoren aan de normen CEB, VDE en CEI. Op aanvraag kunnen wij ze laten voldoen aan andere normen. (Lloyd Register of Shipping, bureau Veritas, enz).

#### 7.4. Afscherming

7.4.1. Niet afgeschermd modellen Uitvoering IP00 : zie 9.2.

7.4.2. Afgeschermd modellen IP10 tot IP22 volgens de NBN C20-001 normen. De meest voorkomende afgeschermd uitvoering, zijnde IP22 tot ongeveer 80 kVA driefasig of IP10 daarboven.

7.4.3. Op aanvraag : andere afschermingstermieken, met inbegrip van waterdichte uitvoering.

## 8. BEVESTIGING EN AANSLUITING

Gelieve voor de aansluiting en de bevestiging de aanwijzingen van onze afmetingsschetsen te volgen. Gelieve ons te raadplegen indien de standaardvoorzieningen van onze toestellen ondanks onze bekommernis van rationalisatie, slecht gekozen waren voor de opstelling die u voorzien had. Meerdere manieren van bevestigingen zoals deze aangeduid op de afmetingsschetsen worden geregeld gebruikt voor de specifieke vereisten van onze klanten.



## 9. AANSLUITKLEMMEN

**9.1. Types :** Wij kunnen de uitgangen van onze transformatoren in principe met elke gewenste klem verbinden.

**9.2. Isolatie van de klemmen - het aanspannen :** Tenzij anders vermeld of bij uitzondering zijn de klemmen voorzien van schroefkoppen met verzonken kop. Op die manier is geen enkel stuk dat onder spanning staat bereikbaar zonder een smal voorwerp. De beschermingsmethode voorzien bij IP00 wordt verondersteld overeen te stemmen met IP20.

Normaal gezien worden de afsluitklemmen uitgerust met klemmen met dubbele vijs om het loskomen van de uitgangen van de transformatoruitgangen tijdens gebruik te voorkomen.

9.3. **Positiebepaling** : De klemmen kunnen op eenduidige wijze herkend worden onder spanning.

9.4. **Dimensionering van de klemmen** : De gebruikte klemmen zijn steeds overgedimensioneerd ten opzichte van de amplitude die ze toelaten. De stroomdichtheid aan de uitgang van de wikkelingen wordt laag gehouden om thermische en mechanische redenen. Er is dus reden toe om, voor de berekening van de plaats die ingenomen wordt, een kaliber van klemmen te voorzien dat veel hoger ligt dan dat men normaal zou kiezen voor de bedrading van een toestellenkast. Indien u enige twijfel heeft, gelieve ons dan te raadplegen.

## 10. ONDERHOUD

In normale gebruiksomstandigheden is geen enkel speciaal onderhoud noodzakelijk. Men zal echter een opeenstapeling van voorwerpen of lagen materiaal die de temperatuursgradiënt van het toestel verhogen en die de levensduur van het toestel verkorten, vermijden. Men zal ook het binnendringen van vloeistoffen evenals van geleidende materialen te vermijden, indien de nodige afscherming niet voorzien is.

## 11. KOELING

Tenzij anders vermeld, voldoet natuurlijke luchtkoeling voor onze transformatoren. Indien zij echter in een niet-geventileerde kast of in een grote kast maar met een binnentemperatuur die gemiddeld hoger is dan  $35^{\circ}\text{C}$  (vanwege de algemene verliezen van het toestel die in deze kast gemonteerd is) gemonteerd moeten worden, is het noodzakelijk de transformator te overdimensioneren. gelieve ons hiervan op de hoogte te stellen.

## 12. GARANTIE

Al onze toestellen genieten 1 jaar garantie - wisselstukken en werkuren voor het vervangen - tegen fabricatiefouten en gebreken in het materiaal - voor zover ze naar onze werkplaatsen worden teruggestuurd en ze net opengemaakt of gewijzigd zijn buiten onze fabrieken en ze de aangepaste thermische voorzieningen hebben gekregen.

## 13. SPECIALE UITVOERINGEN

### zijn dagelijkse kost voor JEMA-ELEC.

Sinds 50 jaar is de Firma JEMA-ELEC zich gaan specialiseren in de studie van en het bouwen van statische wikkelingen voor speciale toepassingen. Onze technische dienst staat te uwer beschikking voor raad bij uw specifieke problemen.

### STATISCHE WIKKELINGEN VOOR ALLE VEREISTEN

de	0,1 V tot	7.500 V
	0,1 A tot	150.000 A
	50 VA tot	500 kVA
en tot		20 kHz

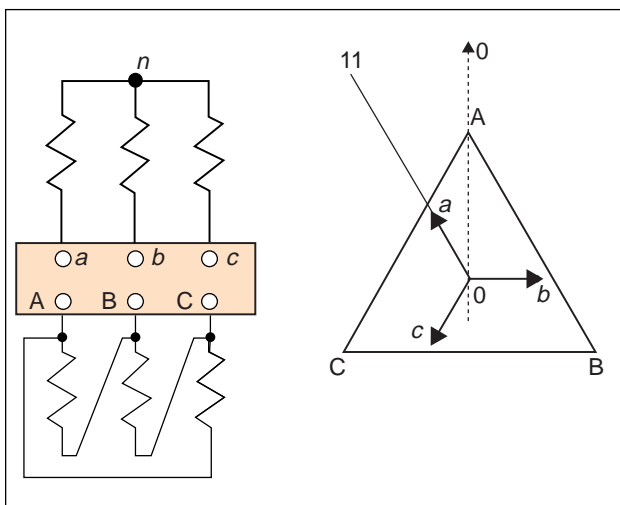
Uitvoeringen overeenstemmend met alle normen en specificaties.

Klasse van isolatie A - E - B - F - H - C voor gebruikstemperatuur van  $105^{\circ}\text{C}$  tot  $250^{\circ}\text{C}$ .

Alle koppelingen (meerfasige netten)

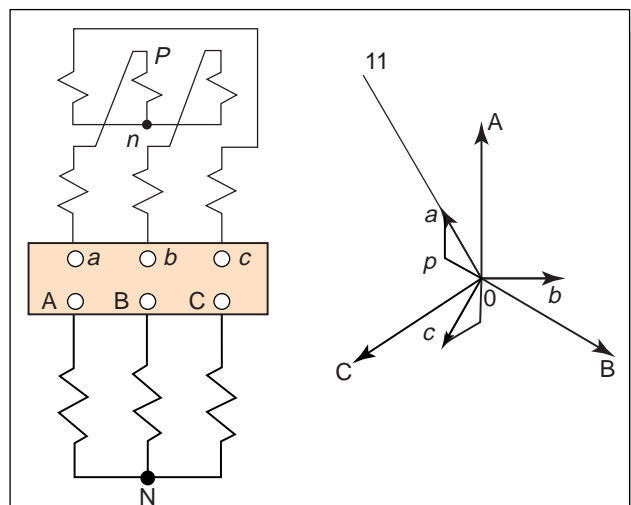
- genormaliseerd D of Y (met of zonder toegankelijk nulpunt) met opgelegd klokgetal  
Voorbeeld

koppeling : Dy 11



-Zig-Zag schakeling voor secundaire wikkelingen vatbaar voor uitgesproken onevenwichten  
Voorbeeld

Koppeling : Yz 11



- drie maal eenfasig : voor een betere verdeling van een enkelfasige (secundaire) op de drie fasen van een driefasig net.
- Scott : voor een perfect evenwichtige verdeling van twee monofasige gelijkwaardige ladingen (twee secundaire wikkelingen) op de drie fasen van een driefasig net (primaire wikkeling)
- Zesfasig - twaalffasig
- Specifieke koppelingen voor gelijkrichterschakelingen (vb : dubbele ster schakeling met tussenfase ...)
- alle gewoonlijke of speciale uitvoeringen (vb. gedwongen afkoeling door lucht of door circulerend water)

## TRANSFORMATOREN

voor industriële - of laboratoriumtoepassingen :

spannings- en stroomtransformatie

voeding van gelijkrichters

thermische behandeling met Joule-effect (in de geleiders)

electro-chemische toepassingen

voor contactpunten (inschakelvermogen hoog ten opzichte van het nominaal vermogen)

- Isolatietransformatoren met electrostatisch scherm, voor computers, meetsystemen, ziekenhuizen, enz.
- op zeer lage spanning en op hoogspanning (tot 150 kVA) voor lasposten, brazeren, verwarmen, enz.
- Voor schepen volgens de norme Véritas Lloyd Register of Shipping GL.
- Voor ziekenhuizen, volgens de NEN 3134 normen
- Voor zeer kleine spanningsvallen
- Voor opgelegde korstluispanning
- of met zeer veel strooiing (voor elektrische bogen)

## SELFS (SMOORSPOELEN)

van ladingen

filtering

stroombeperkingen

bescherming van condensatoren (cos phi)

staartmotoren

## SPAARTRANSFORMATOREN

voor afstelling

voor spanningsaanpassing

of voor starten van motoren

## 14. INILICHTINGEN VEREIST BIJ AANKOOP

Een isolatietransformator van het droge type wordt door de volgende parameters gekenmerkt :

- primaire spanning en frequentie (met eventueel mogelijkheid tot afstellen)
- spanning aan de secundaire bij belasting
- nominale secundaire stroom of - spanning (permanente)
- afschermingstechniek (IP00 ...IP22 ... IP54...)

Bij deze basisparameters kan nog het volgende komen :

- driefasig : de primaire en secundaire koppelingen (met eventueel klokgetal)
- ijzer - en koper verliezen en rendement
- isolatieklasse (indien het nominale vermogen niet in doeltreffende permanente thermische waarde gedefinieerd is)
- gebruiksefficiënt (indien het nominale vermogen niet in doeltreffende permanente thermische waarde gedefinieerd is) met integratieduur (= duur van een volledige cyclus : belasting + nullast)
- omgevingstemperatuur (indien deze de veronderstelde waarde van een gematigde omgeving overschrijdt, zie de norm CEI 76)
- Opstelhoogte indien deze boven 1000 m ligt
- beperkingen op de inschakelstroomstoot (indien noodzakkelijk)
- kortsluitspanning indien dit om een of andere reden nodig is (beperkte bescherming aan de ingang voor korsluitvermogen ...)
- speciale normen die gevolgd moeten worden (andere dan CEI 76)
- vereisten bij de afmetingen
- speciale eigenschappen van het milieu (een slecht geventileerde opstelling, of een gedwongen luchtkoeling, klimatologische omstandigheden, chemische atmosfeer,...)
- exacte transformatieverhouding, juiste nominale primaire en secundaire spanningen, korsluitspanning en tijdschema in geval de transformator parallel geschakeld staat met een andere transformator. Deze parameters moeten voor beide transformatoren dezelfde zijn. De verhouding van hun vermogens mag maximaal één op drie bedragen.
- andere speciale kenmerken voor zeer uitzonderlijke toepassingen (strooitransformator, transformatoren met hoge isolatie).