

# PHASE TO PHASE

## **Driewikkeltransformator Toepassing**

01-125 pmo

24-4-2001

Phase to Phase BV  
Utrechtseweg 310  
Postbus 100  
6800 AC Arnhem  
T: 026 356 38 00  
F: 026 356 36 36  
[www.phasetophase.nl](http://www.phasetophase.nl)

## 1 INLEIDING

Bij de driewikkelingstransformator was het tot versie 4.3 alleen nog mogelijk aan alle combinaties van ster- en driehoekwikkelingen te rekenen. Aangezien er ook belangstelling was voor de transformator met zigzag wikkelingen, zijn die vanaf versie 4.3.1 in het model ingebouwd. Zo is het vanaf versie 4.3 mogelijk om te rekenen aan alle mogelijke combinaties met Y(D), D en Z(N) wikkelingen. Een korte inleiding tot de toepassing van deze transformator typen in Vision treft u hier aan.

## 2 AANSLUITING

De wikkelingen van de driewikkelingstransformator worden door Vision automatisch aan de knooppunten in het net toegewezen. De primaire wikkeling wordt altijd aan het knooppunt met de hoogste nominale spanning toegewezen. De tertiaire wikkeling wordt altijd aan het knooppunt met de laagste nominale spanning toegewezen. In het geval dat knooppunten gelijke nominale spanningen hebben, worden de wikkelingen toegewezen in volgorde van invoer van de knooppunten door de gebruiker. Dus als ingevoerd wordt: 380 / 50 / 380 kV en de knooppunten deze volgorde hebben, zijn de primaire en secundaire wikkelingen 380 kV en is de tertiaire wikkeling 50 kV.

Wikkeling	Knooppunt	Bij gelijke nominale spanning
Primair	Hoogste nominale spanning	Eerste ingevoerde knooppunt
Secundair	Middelste nominale spanning	Tweede ingevoerde knooppunt
Tertiair	Laagste nominale spanning	Derde ingevoerde knooppunt

## 3 CONSTRUCTIE VAN DE WIKKELINGEN

Elke zijde van de transformator kan elke mogelijke schakeling van de wikkelingen toegewezen krijgen. Vision ondersteunt de ster- driehoek- en zigzag wikkeling, al dan niet met uitgevoerd sterpunt:

- D: driehoekwikkeling
- Y: sterwikkeling zonder uitgevoerd sterpunt
- YN: sterwikkeling met uitgevoerd sterpunt; aarding optioneel
- Z: zigzag wikkeling zonder uitgevoerd sterpunt
- ZN: zigzag wikkeling met uitgevoerd sterpunt; aarding optioneel

Op deze manier zijn 125 mogelijke combinaties van schakelingen denkbaar. Veel van de mogelijke combinaties komen in de praktijk echter niet voor, maar worden door Vision toch ondersteund. De klokgetallen kunnen vrij door de gebruiker worden ingevoerd. Er is alleen een controle of het klokgetal even of oneven moet zijn. Ook is het vrij om elk uitgevoerd sterpunt al dan niet te aarden, eventueel met een aardingsimpedantie.

Een van de wikkelingen kan worden uitgerust met een regelbare trappenschakelaar onder **Driewikkelingstransformator | Trap**. Vervolgens kan bij **Aansluiting** worden opgegeven of er een spanningsregelaar aanwezig is. Pas dan verschijnt er een extra tab-blad, waaronder de gegevens van de spanningsregelaar kunnen worden opgegeven onder **U-regeling**.

Een van de wikkelingen kan worden uitgerust met een instelbare trappenschakelaar onder **Driewikkelingstransformator | Trap**. Alle gegevens bevinden zich onder dit tab-blad.

## 4 METINGEN

### 4.1 Normaal en invers stelsel

De impedanties in het normale en inverse stelsel worden berekend uit de kortsluitspanningen en de kortsluitvermogens. De kortsluitspanning wordt gemeten aan twee van de drie wikkelingen, waarbij de wikkeling met het laagste vermogen wordt kortgesloten. Op de wikkeling met het hoogste vermogen wordt dan een zodanige spanning aangesloten, dat in de wikkeling met het laagste vermogen de nominale stroom vloeit. Andersom is niet wenselijk in verband met mogelijke beschadiging door de meting. Bij de driewikkelingstransformator hoeven immers niet alle wikkelingen het zelfde nominale vermogen te hebben. Het maakt voor  $u_k$  en  $P_k$  overigens niet uit in welke richting (van-naar of naar-van) gemeten is.

Kortsluitspanning en kortsluitvermogen zijn steeds gedefinieerd in een vaste richting: 1-2, 1-3 en 2-3. In Vision hebben  $u_{k,ij}$  en  $P_{k,ij}$  altijd betrekking op het (kleinere)doorgaande vermogen van  $i$  naar  $j$ . Het komt wel eens voor dat in beproevingsrapporten  $u_k$  en  $P_k$  niet op het (kleinere) doorgaande vermogen zijn betrokken, maar op het vermogen van de wikkeling met het grootste vermogen, bijvoorbeeld  $u_{k,groot}$  en  $P_{k,groot}$ . In dat geval moeten  $u_{k,groot}$  en  $P_{k,groot}$  worden omgerekend naar het betreffende (kleinere) doorgaande vermogen volgens onderstaande formules. De spanning komt in deze omzetting niet voor.

$$u_{k,ij} = u_{k,groot} \times S_{nom,ij} / S_{nom,groot}$$

$$P_{k,ij} = P_{k,groot} \times S_{nom,ij}^2 / S_{nom,groot}^2$$

### 4.2 Homopolaire stelsel

De homopolaire impedanties worden niet afgeleid uit kortsluitspanningen of kortsluitvermogens, maar uit metingen. De gegevens worden dan ook ingevoerd in Ohm. Vision gaat ervan uit, dat de impedantie is betrokken op de "van" wikkeling. De "van" wikkeling is steeds de eerstgenoemde wikkeling in de definitie. Zie tabel hieronder.

Afhankelijk van het type transformator en de toegepaste schakeling in de wikkelingen zijn 3, 2, 1 of geen metingen nodig. In het geval dat geen sterpunt is uitgevoerd, is geen homopolaire meting nodig. Vision maakt geen onderscheid of een bepaalde transformator in werkelijkheid bestaat. Een homopolaire meting kan alleen plaatsvinden vanaf een YN- of een ZN-wikkeling. In het geval van een transformator met twee YN-wikkelingen, moet ook een meting worden uitgevoerd, waarbij een van de YN-wikkelingen is kortgesloten (uitroepteken). Een driehoekwikkeling is altijd kortgesloten. Zo zijn bijvoorbeeld bij een YN yn d transformator drie (van de vier mogelijke) metingen nodig. Vision gaat in dat geval uit van onderstaande metingen:

w1->w2! // w3	meting aan primair (YN), waarbij secundair (yn) is kortgesloten
w1->w3	meting aan primair (YN), waarbij secundair (yn) open
w2->w3	meting aan secundair (YN), waarbij primair (yn) open

Bij een meting aan een YN-wikkeling kan sprake zijn van een koppeling met een andere wikkeling. Zo is er altijd een koppeling naar een driehoekwikkeling. Een zigzagwikkeling is echter homopolaire niet gekoppeld. Een ZN-wikkeling kan altijd gemeten worden.

Voor een aantal veel voorkomende schakelingen zijn de mogelijkheden hieronder weergegeven.

Type	Meting 1	Meting 2	Meting 3
YN D Y	w1 -> w2		
YN D YN	w1 -> w2	w1 -> w3! // w2	w3 -> w2
YN D ZN	w1 -> w2		w3

## 5 BEREKENING IMPEDANTIES

De normale en inverse impedanties worden door Vision berekend uit de naamplaatgegevens van de primaire (i), secundaire (j) en tertiaire (k) wikkelingen en de relaties daartussen (van-naar). Onderstaande formule geeft de impedantie van de primaire naar de secundaire wikkeling weer. Deze impedanties worden niet aan de gebruiker getoond.

$$R_{ij} = \frac{P_{k,ij}}{S_{nom,ij}} \cdot \frac{U_{nom,i}^2}{S_{nom,ij}} \quad (\text{Ohm})$$

$$Z_{ij} = u_{k,ij} \cdot \frac{U_{nom,i}^2}{S_{nom,ij}} \quad (\text{Ohm})$$

De constructie van de transformator kern en de bak hebben geen invloed op de normale en inverse impedanties, maar wel op de homopolaire impedanties. De homopolaire impedantie van de transformator hangt niet van de strooiing van de magneetvelden af, maar van de elektrische schakeling van de wikkelingen en de magnetisch schakeling van de transformator kern.

### Driehoek-ster

De homopolaire impedantie van een driehoek-ster transformator is van de driehoekzijde uit bekeken oneindig, omdat de driehoekschakeling geen verbinding met aarde heeft. Voor de sterwikkeling heeft de homopolaire reactantie ongeveer de grootte van de kortsluitreactantie. De homopolaire stromen in de sterwikkeling worden door de ringstroom in de driehoekwikkeling in evenwicht (hoeveelheid Ampere windingen) gebracht.

### Driepoot kern en transformatorbak

De homopolaire stromen magnetiseren de drie transformator kernen in gelijke richting. In dat geval is de som van de magnetische stromen in de drie kernen niet meer gelijk aan nul. Bij zulke transformatoren sluit de som van de magnetische stromen zich over de transformatorbak. De transformatorbak werkt daardoor als het ware als een extra driehoekswikkeling, waardoor de homopolaire reactantie kleiner kan worden dan de normale reactantie. De invloed van de transformatorbak bij een transformator zonder driehoekswikkeling is verwaarloosd in Vision. Voor die typen fungeert de bak als een vierde driehoekswikkeling. Dat heeft gevolgen voor de volgende (theoretische) transformatoren en afgeleide typen:

- Y yo yno
- YN yo yno
- Y z5 yno
- YN z5 yno
- Y zn5 yno
- YN zn5 yno
- ZN yn5 yn5
- ZN zno yn5

Zigzag wikkeling

Een YN-wikkeling is gekoppeld met andere YN-wikkelingen of met driehoekwikkelingen. Een ZN-wikkeling is niet gekoppeld met overige wikkelingen. De homopolaire reactantie van een ster-zigzag transformator of een driehoek-zigzag transformator wordt alleen door de strooiing tussen de zig- en zag-wikkelingen bepaald, terwijl geen homopolaire stromen in de ster- of driehoekswikkelingen worden geïnduceerd. Aangezien de zig- en zag-wikkelingen tot dezelfde stroomkring behoren en daarom verhoudingsgewijs dicht bij elkaar zijn aangebracht, is de strooiing en daarom ook de homopolaire reactantie klein.

Ster-ster transformator

Indien een ster-star transformator aan één zijde geaard is, is geen evenwicht (in Amperewindingen) mogelijk. Bij een transformator met een driepoot kern kunnen de magnetische stromen zich alleen door de lucht en over de transformatorbak sluiten. In dat geval is de homopolaire impedantie vrij groot (groter dan de normale kortsluitreactantie). Bij een transformator met een vijfpoot kern kunnen de homopolaire magnetische stromen zich sluiten over de extra wegen, zodat de homopolaire reactantie dan zeer hoge waarden kan aannemen.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de homopolaire reactantie van enkele transformatoren, als factor van de normale reactantie (te berekenen met bovenstaande formules).

Bouwworm	Y YN	D YN	Y N D Y	Y ZN
Driepoot	3...10	0,65...0,9	1...2,4	0,10...0,15
Vijfpoot	10...100	1	1...2,4	0,10...0,15
3 x éénfase	10...100	1	1...2,4	0,10...0,15