

PHASE TO PHASE

**Invloed trapinstelling transformator op secundaire
(kortsluit-)stroom**

01-122 pmo

24-4-2001

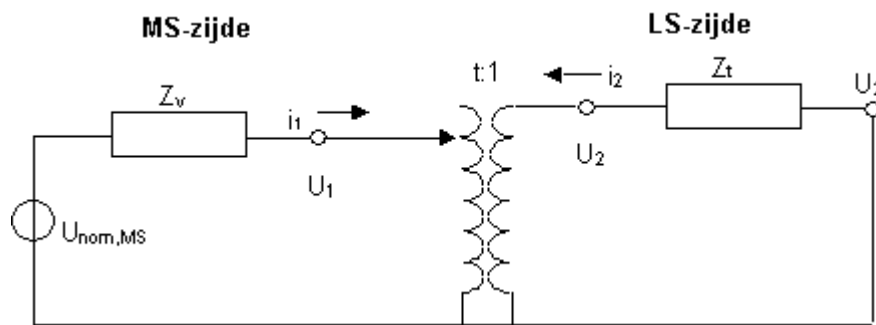
Phase to Phase BV
Utrechtseweg 310
Postbus 100
6800 AC Arnhem
T: 026 356 38 00
F: 026 356 36 36
www.phasetophase.nl

1 INLEIDING

De berekening van een kortsluitstroom kan in Vision op twee manieren plaatsvinden: met de methode volgens Storing Sequentieel en met de methode volgens IEC 909. Indien de trapinstelling van de transformator wijzigt, reageert bij beide berekeningsmethoden de secundaire kortsluitstroom op een andere manier: door toename van de overzetverhouding neemt de secundaire kortsluitstroom af bij berekening volgens Storing Sequentieel, maar neemt toe volgens IEC 909. Hoe komt dit? In het onderstaande lichten we dit fenomeen toe.

2 BEREKENING VOLGENS STORING SEQUENTIEEL

Onderstaande schema geeft het vervangingsschema weer van een netvoeding met impedantie Z_v en een transformator met impedantie Z_t . Er zijn overigens geen kabels of andere verbindingen gemodelleerd.



Model:

- U_{nomMS} : constante spanning voeding, nominale netspanning MS-zijde
- Z_v : impedantie voeding en net
- Z_t : impedantie transformator
- U_1 : primaire spanning transformator op de MS-zijde
- U_2 : secundaire spanning transformator (gelijk aan nul bij kortsluiting) op de LS-zijde

Voor dit model is de secundaire stroom bij kortsluiting:

$$i_2 = - (U_n / t) / (Z_t + Z_v / t^2)$$

In een normaal net is de transformatorimpedantie groter dan de getransformeerde impedantie van het voedende net: $Z_t \gg Z_v / t^2$. Dan geldt bij benadering:

$$i_2 = - U_n / t Z_t$$

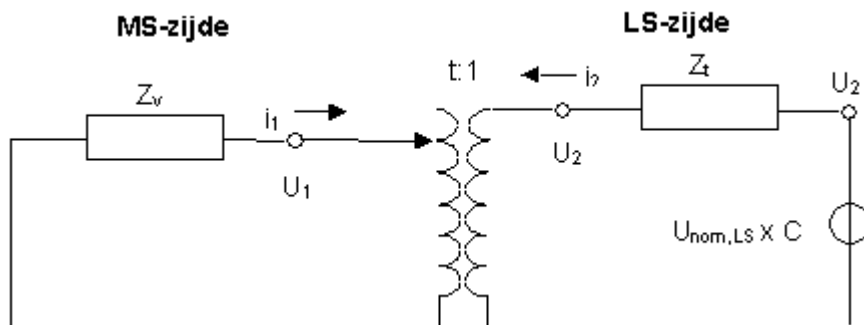
Hierom neemt door toegenomen overzetverhouding bij Storing Sequentieel de secundaire kortsluitstroom af. Dit geldt dus alleen bij voldoende sterke netten. Indien het net relatief zwak is, ten opzichte van de transformator, geldt niet meer dat Z_t (veel) groter is dan Z_v / t^2 . We zien dan dat het omgekeerde gaat optreden. Een experiment met een zwakke (in verhouding tot de transformator) voeding wijst inderdaad uit dat, indien Z_v groter is dan Z_t / t^2 , het tegengestelde optreedt en de secundaire kortsluitstroom juist toeneemt met toenemende overzetverhouding. De resultaten staan in onderstaande tabel.

S_k'' (MVA)	I_2 , bij overzetverhouding		$I_2 - I_1$ (A)
	maximaal (A)	minimaal (A)	
100	6532	6831	+299
10	5230	5366	+136
3	3440	3439	-1
2,2	2919	2897	-22

Hieruit volgt dat voor dit experiment het omslagpunt ongeveer bij $S_k'' = 3$ MVA ligt. Voor elk net ligt dit omslagpunt op een andere waarde.

3 BEREKENING VOLGENS IEC 909

Bij de benadering volgens IEC 909 wordt een kortsluiting berekend door in het rekenmodel een spanning (gelijk aan de nominale spanning, vermenigvuldigd met een factor C, voorgeschreven door IEC) op de kortsluitplaats aan te brengen en de voedingen in het net door kortsluitingen te vervangen.



Model:

Z_v : impedantie voeding en net

Z_t : impedantie transformator

U_1 : primaire spanning transformator MS-zijde

U_2 : secundaire spanning transformator LS-zijde, gelijk aan $U_{nom,LS} \times C$

$U_{nom,LS}$: nominale netspanning LS-zijde

Voor dit model is de secundaire stroom bij kortsluiting:

$$i_2 = U_2 / (Z_t + Z_v / t^2)$$

We zien dat in dit model in de teller van bovenstaande breuk, in tegenstelling tot de berekening volgens Storing sequentieel, nu niet door t gedeeld wordt. Alleen in de noemer wordt nu door t^2 gedeeld. Hierom neemt bij toegenomen overzetverhouding bij IEC 909 de secundaire kortsluitstroom toe. Dit is overigens het zelfde model dat in Gaia is toegepast. De resultaten staan in onderstaande tabel.

S_k'' (MVA)	I ₂ , bij overzetverhouding		I ₂ - I ₁ (A)
	maximaal (A)	minimaal (A)	
100	7002	6981	+21
10	5500	5371	+129
2,2	2969	2804	+165

Hieruit volgt tevens dat voor dit experiment het effect van de trapinstelling op de secundaire kortsluitstroom toeneemt met afnemend kortsluitvermogen (is dus toenemende Z_v) van het voedende net, in verhouding tot de transformator.

4 CONCLUSIE

De methode volgens Storing Sequentieel komt beter met de werkelijkheid overeen. Het kortsluitvermogen in het MS-net is doorgaans groter dan het vermogen van de aangesloten transformatoren. De voedende spanningen aan de primaire zijde zullen hierdoor niet zo sterk fluctueren als gevolg van de belasting aan de LS-zijde. Toename van de overzetverhouding t zal de kortsluitstroom doen afnemen.

IEC is weliswaar een internationaal geaccepteerde norm, maar berekening volgens Storing Sequentieel geeft op dit punt een natuurgetrouwer beeld.

5 GEBRUIKTE GEGEVENS VOOR HET EXPERIMENT

Knooppunten

MS: $U_{nom} = 10$ kV

LS: $U_{nom} = 0.4$ kV

Netvoeding

MS: $U_{nom} = 10$ kV

$S_k'' = 2,2 / 3 / 10 / 100$ MVA

Transformator

$S_{nom} = 200$ kVA, Dyn5

$U_1 = 10,25$ kV, $U_2 = 0,4$ kV

$U_k = 4\%$, $P_k = 2,5$ kW

$Z_o = 0.032$ W, $R_o = 0.008$ Ohm

tapmin = 5, tapmax = 1,

tapnom = 3, tapgrootte = 0,25 kV