

Mogelijkheden met beveiligingen

o6-o11 pmo

20 januari 2006

© Phase to Phase BV, Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens Phase to Phase BV is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

Phase to Phase BV is niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

INHOUD

1	Inleiding	4
2	Loadflow	6
3	Toevoegen schakelaars	9
4	Testen selectiviteit	13
5	Analyse met behulp van simulatie	14
6	Samenvatting	18

1 INLEIDING

De beveiligingsmodule in Vision biedt de mogelijkheid de goede werking van de beveiligingen te analyseren. Met name in vermaasde netten of in netten met veel motoren en generatoren kunnen de gebeurtenissen vrij complex zijn. Vooral door parallelle paden en terugvoeding van machines kunnen onverwachte stromen vloeien.

De beveiligingsmodule bevat enkele specifieke functies, zoals de berekening van de selectiviteit aan de hand van kortsluitingen op geselecteerde punten.

Deze presentatie gaat in op de grafische presentatiemogelijkheden die Vision biedt als ondersteuning bij het beveiligen van een netwerk. Aan de hand van een eenvoudig model van een industrienet worden de mogelijkheden toegelicht.

Inhoud

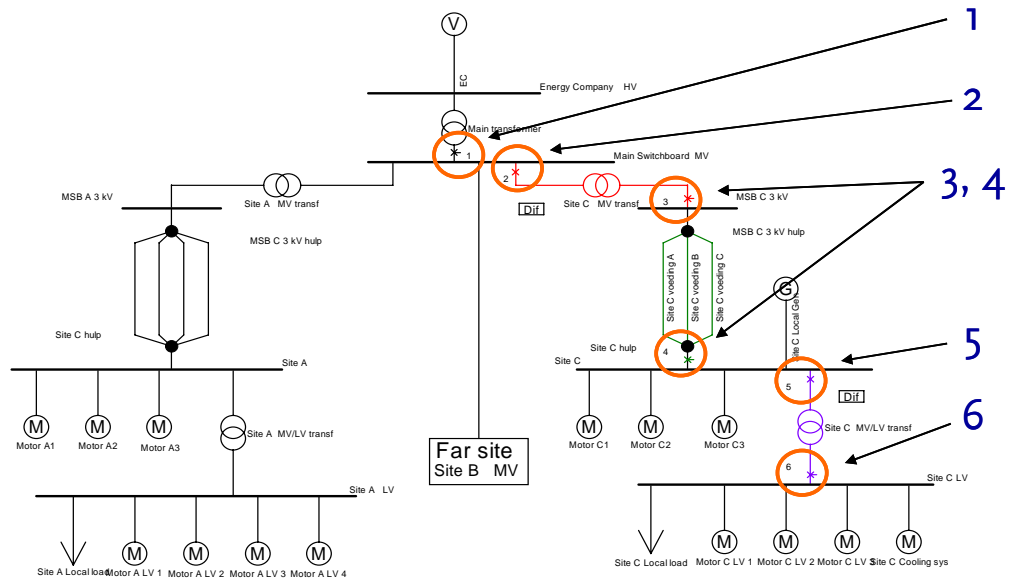
- Een bestaand netwerk geschikt maken
 - Toevoegen schakelaars
 - Toevoegen beveiligingsgegevens
- Testen selectiviteit
- Analyse met behulp van simulatie

Dit rapport gaat uit van een bestaand model van een industrienet, waarin nog geen schakelaars en beveiligingen zijn aangebracht. Deze worden toegevoegd, waarna de selectiviteit wordt beoordeeld. Tenslotte wordt met behulp van de simulatie in detail gekeken naar het gedrag tijdens de sequenties van het afschakelproces.

Het demonetwerk is een klein industrienet. Het industrienet bestaat uit een 150 kV koppelpunt, een eigen transformator, een 10 kV verdeelstation (Main Switchboard, MSB) en drie lokale 3 kV netten (de "fabrieken"):

- 150 kV Inkoop punt
- 10 kV Main Switchboard
- 3 maal 3 kV Switchboards
- meervoudige kabelverbindingen naar de fabrieken, de "Sites"
- op elke site: motorbelasting en eventueel opwekking
- ook aanwezig: lokale laagspanningsbelastingen (motoren en belastingen)

Toevoegen schakelaars



Het toevoegen van schakelaars wordt geïllustreerd voor het inkooppunt en het deelnet "C". De schakelaars zijn genummerd 1 t/m 6. De plaats voor het toevoegen van een schakelaar wordt aangegeven door in Vision eerst de betreffende verbinding en knooppunt te selecteren.

Toevoegen beveiligingsgegevens

- Een loadflow geeft inzicht in de bedrijfsstromen
- Motorstartberekeningen
 - inzicht in de te verwachten piekstromen
 - Uitgangspunt voor dit net: maximaal één motor tegelijk opstarten
- Kortsluitstroomberekeningen
 - Driefasenkortsluitstroom volgens IEC 909
- Toegevoegde beveiligingen
 - maximaal stroom/tijdbeveiligingen en
 - differentiaalbeveiligingen

Alvorens de beveiligingsgegevens toe te voegen moet er eerst inzicht zijn in de te verwachten stromen in het net. De loadflow met en zonder motorstart geeft inzicht in de situaties dat de beveiligingen niet horen aan te spreken. Met name in industrienetten kunnen de aanloopstromen aanzienlijk zijn. Bij het instellen van de beveiligingen in dit theoretische model gaan we ervan uit dat maximaal één motor tegelijk wordt opgestart.

De kortsluitstroomberekeningen worden volgens IEC 909 uitgevoerd. Er wordt in dit voorbeeld alleen naar de symmetrische driefasenkortsluitstroom gekeken.

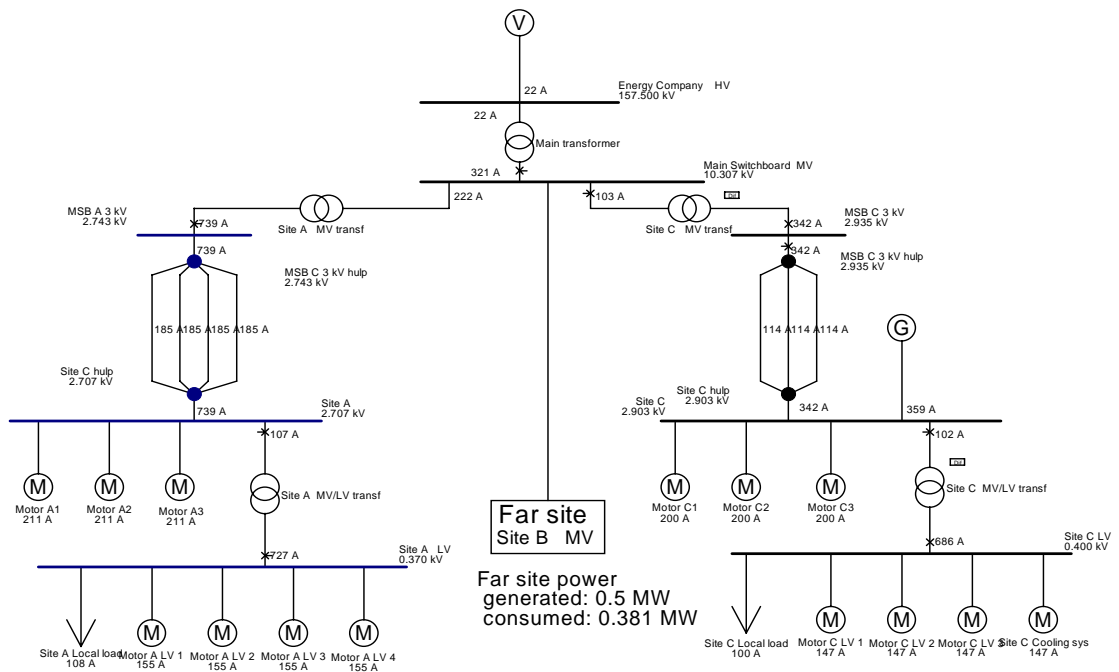
Voor de beveiligingen is keuze uit:

- Maximaal stroom/tijd
- Aardfout
- Onder-/overspanning
- Distantie
- Differentiaal

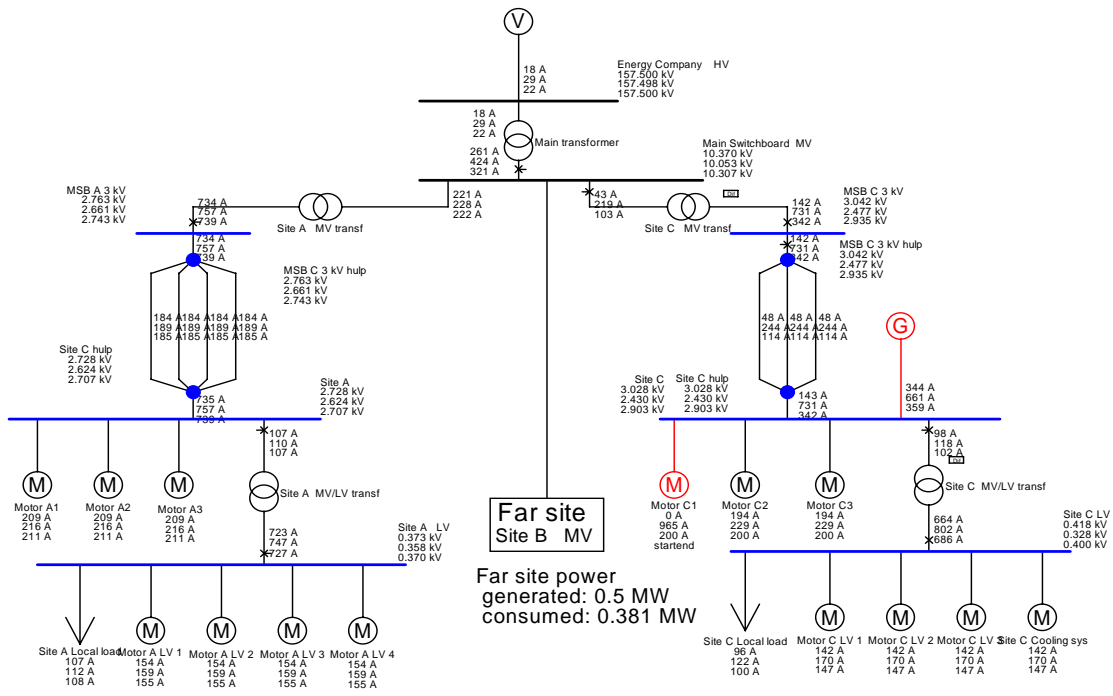
In dit voorbeeld worden alleen maximaal stroom/tijdbeveiligingen en differentiaalbeveiligingen gedemonstreerd.

2 LOADFLOW

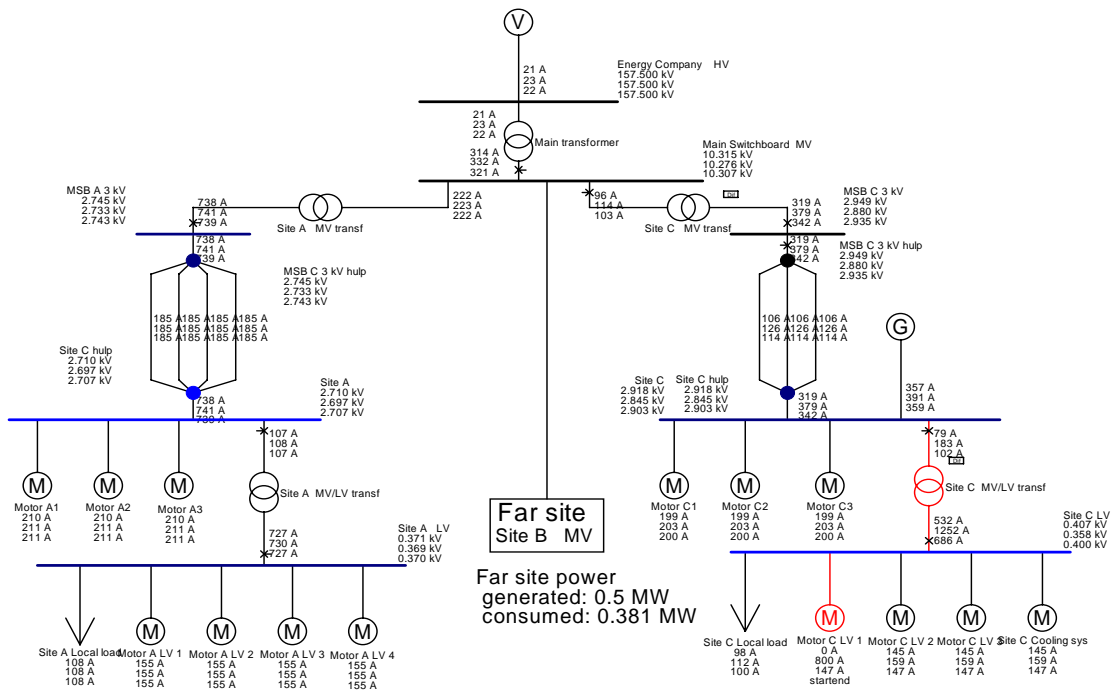
Uitgangspunt voor elke studie is de loadflow:



De situaties bij een motorstart op 3 kV niveau:



De situaties bij een motorstart op LS-niveau:

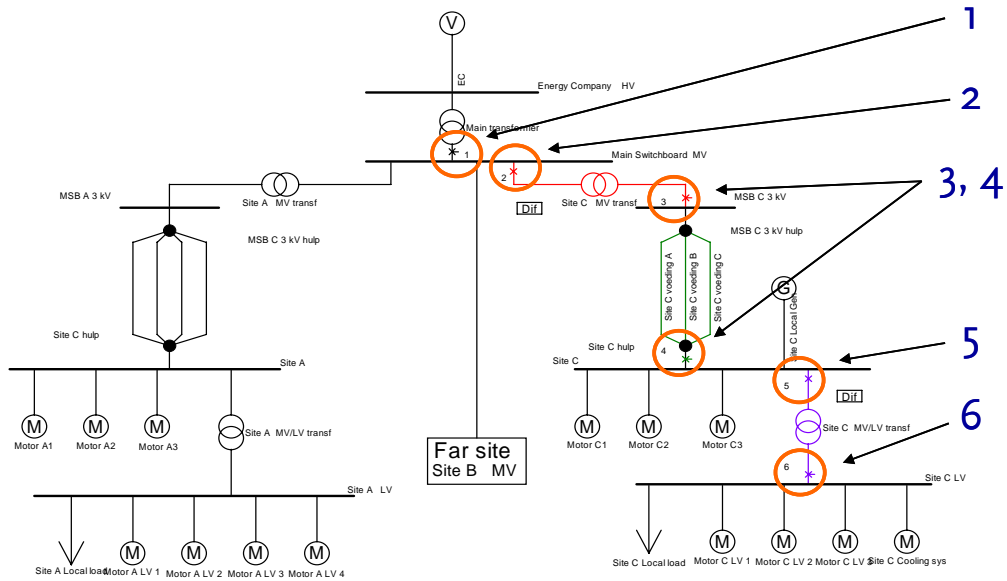


Stromen door de vermogenschakelaars

VS nr.	Loadflow (A)	Motorstart 3 kV (A)	Motorstart LS (A)	Kortsluitstroom (A)
1	321	424	332	6348
2	103	219	114	1079
3	342	731	379	3597
4	342	731	379	3449
5	102	118	183	1019
6	686	802	1252	7641

Het resultaat van de loadflow-, motorstart- en kortsluitstroomberekeningen is weergegeven in bovenstaande tabel. Daarin is voor elke schakelaar afgebeeld welke stroom in de diverse aangegeven gebeurtenissen passeert.

TOEVOEGEN SCHAKELAARS



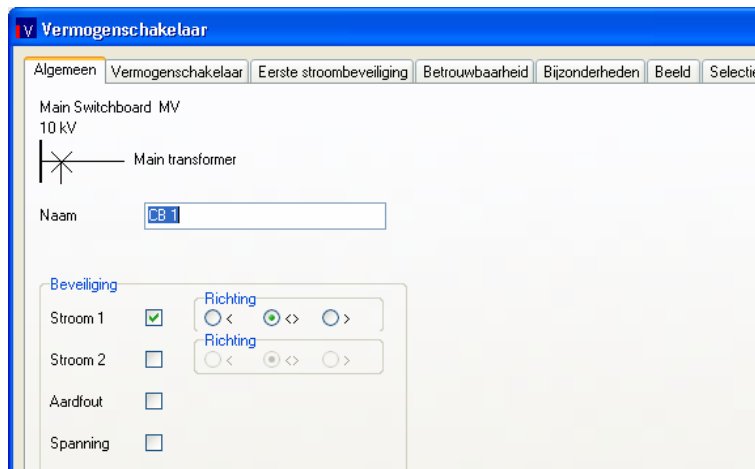
Aan de hand van de te verwachten stromen zijn de instellingen voor de beveiligingen gekozen. De maximaal stroom/tijdbeveiligingen krijgen alle de “normal inverse” karakteristiek. De I> stromen zijn zodanig gekozen dat de beveiligingen bij het aanlopen van één motor niet aanspreken. Twee transformatoren worden beveiligd met een differentiaalbeveiliging.

Gekozen instellingen

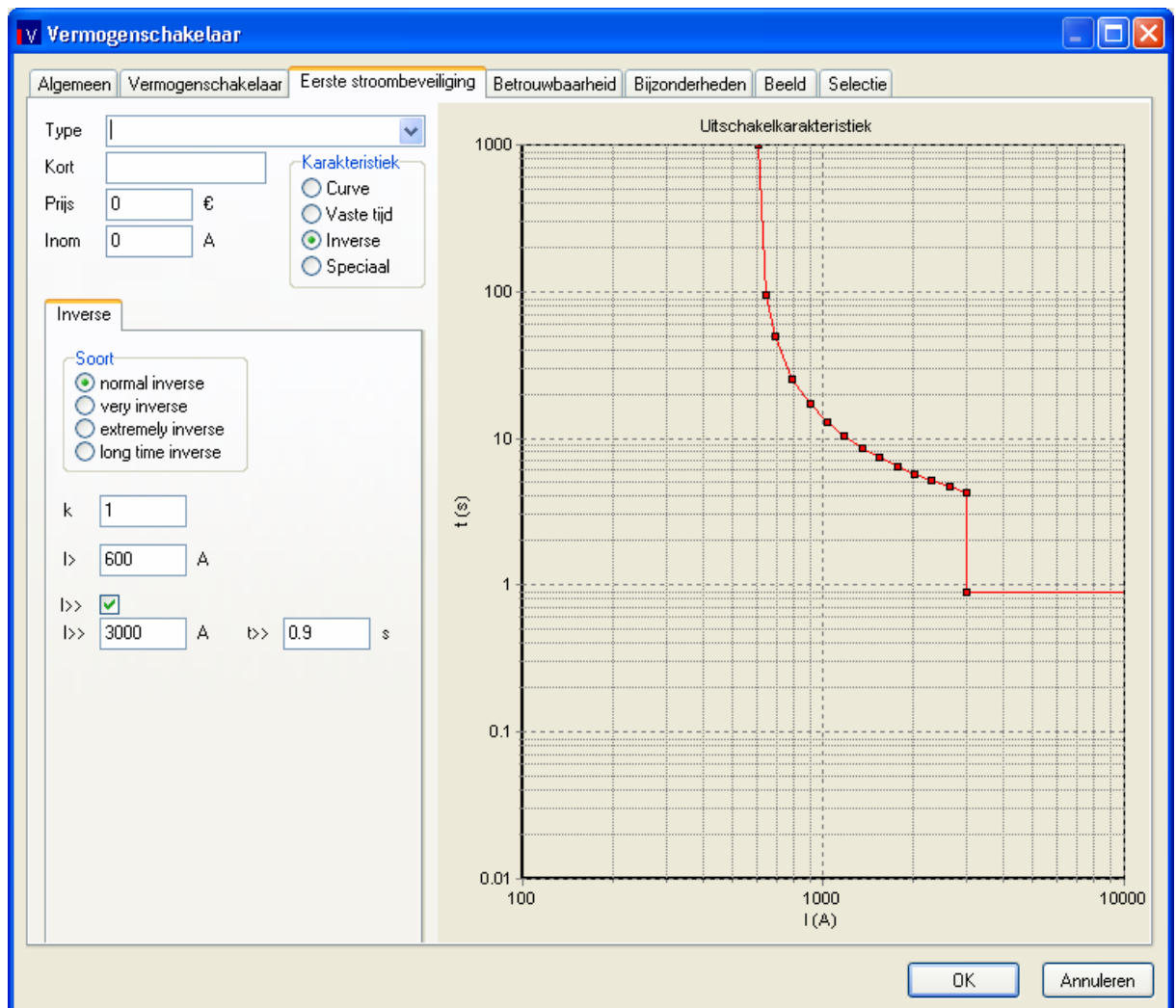
VS nr.	Soort	I> (A)	I>> (A)	T>> (s)
1	Normal inverse	500	3000	0.9
2	Diff	100		
3	Normal inverse	1200	2000	0.3
4	Normal inverse	900	1500	0.2
5	Diff	100		
6	Normal inverse	2000	5000	0.1

De volgende twee bladzijden geven een indruk van de invoer in Vision voor een maximaal stroom/tijdbeveiliging (op schakelaar 1) en een differentiaalbeveiliging (op schakelaars 2 en 3).

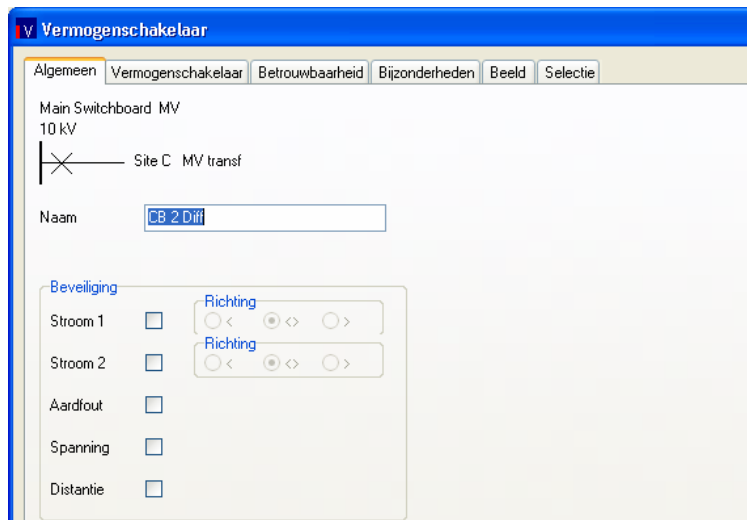
Schakelaar 1: (secundaire zijde HS/MV trafo):



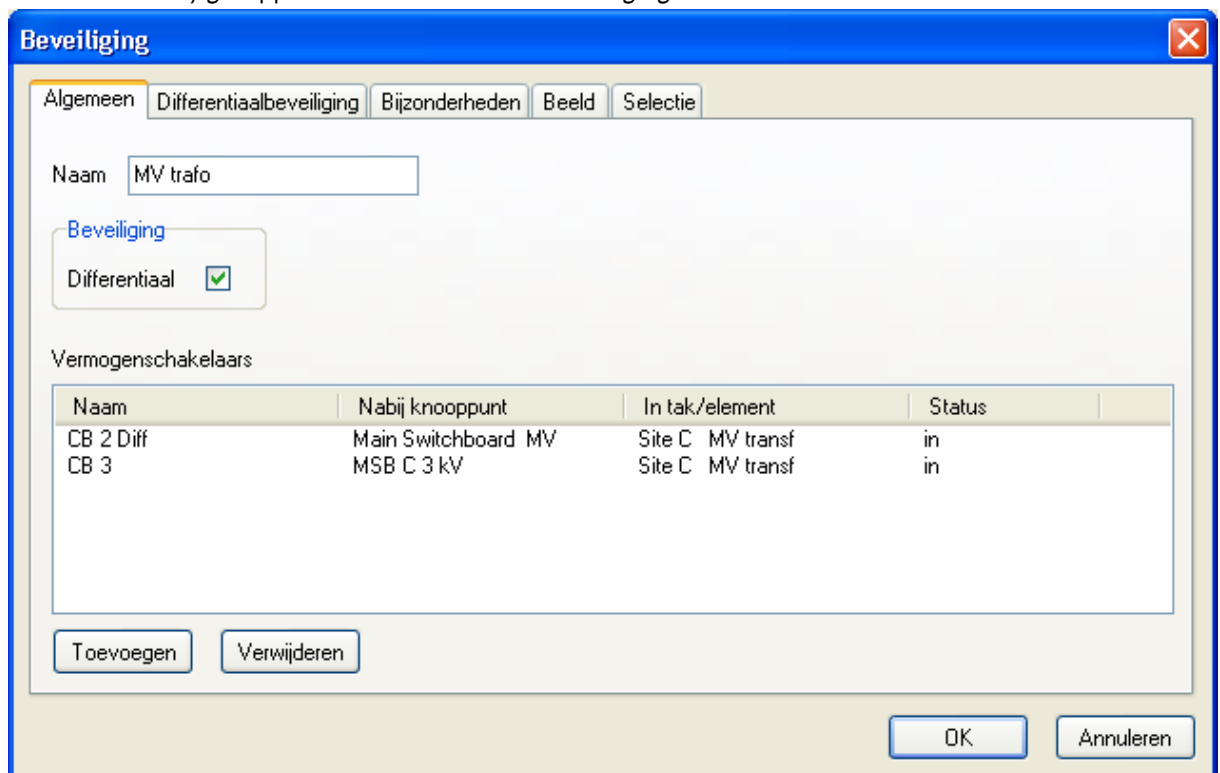
De stroombeveiliging moet niet aanspreken bij een motorstart. De grootste stroom is 424 A.
 We kiezen een normale inverse beveiligingskarakteristiek.
 De instelling $I >$ kiezen we op 500 A.
 De instelling $I >>$ kiezen we op 3000 A met $t >>$ op 0.9 s.



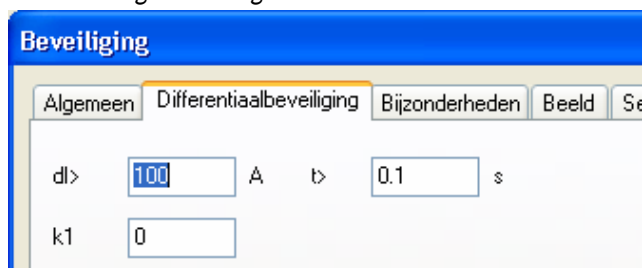
Schakelaar 2: primaire zijde 10/3 kV trafo:



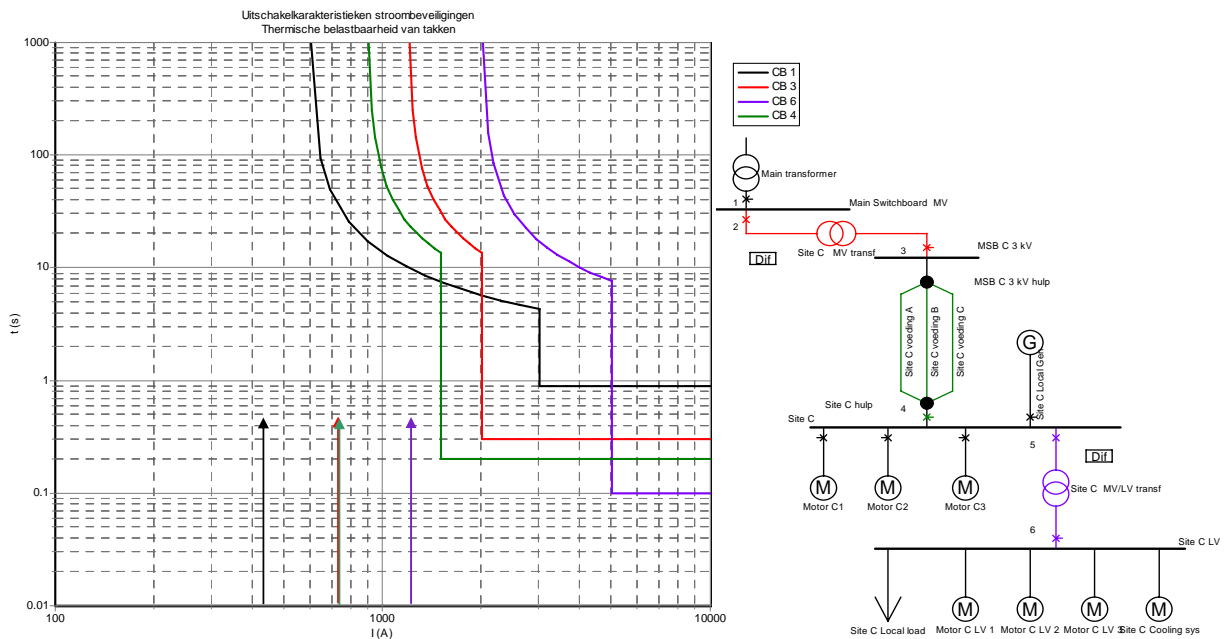
Deze krijgt geen stroombeveiliging, maar wordt met de schakelaar aan de primaire zijde (schakelaar 2: CB MSB C 10 kV) gekoppeld aan een differentiaalbeveiliging.



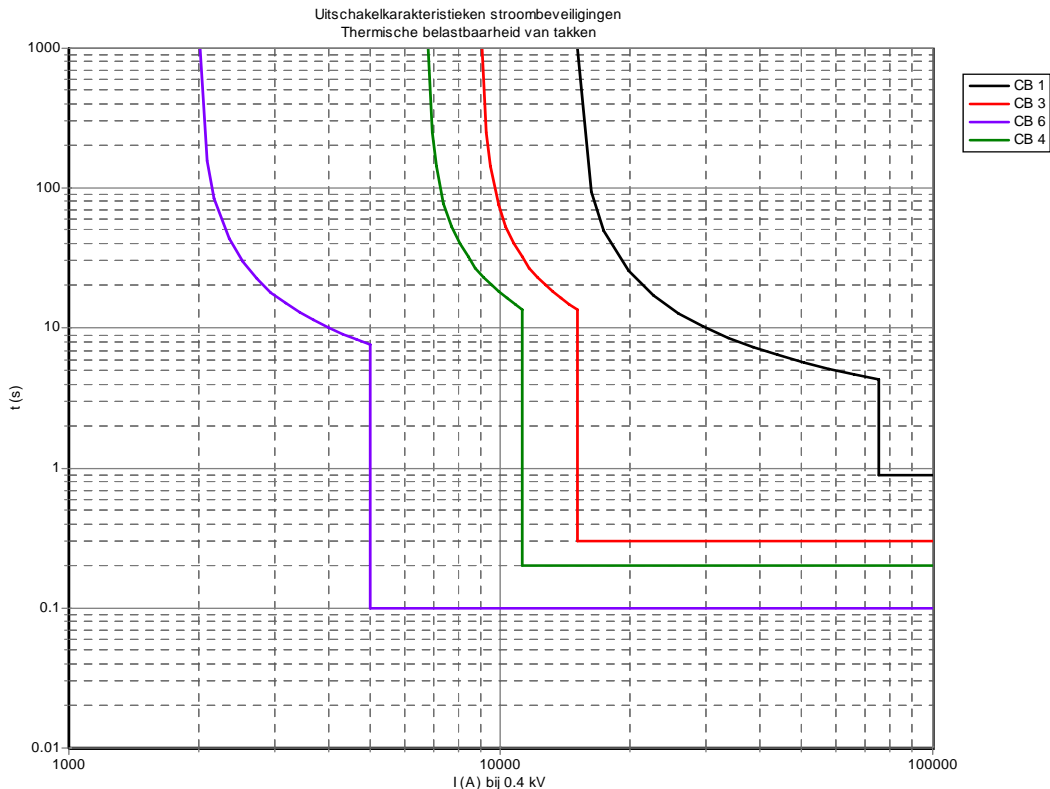
De instelling is als volgt:



Uitschakelkarakteristieken beveiligingen



De uitschakelkarakteristieken van geselecteerde beveiligingen kunnen gezamenlijk in één diagram afgebeeld worden. Dit is mogelijk via het hoofdmenu: **Extra | Beveiligingen**. In het diagram zijn ook de aanloopstromen van de grote motoren weergegeven, zodat beoordeeld kan worden bij welke aanlooptijden de aanloopstroom mogelijk kritisch wordt. De grootste aanloopstromen die de beveiligingen “zien” zijn handmatig ingevuld (de gekleurde pijlen in het diagram). Als de uitschakelkarakteristieken getransformeerd worden op één (het laagste) spanningsniveau, is de onderlinge relatie goed zichtbaar.



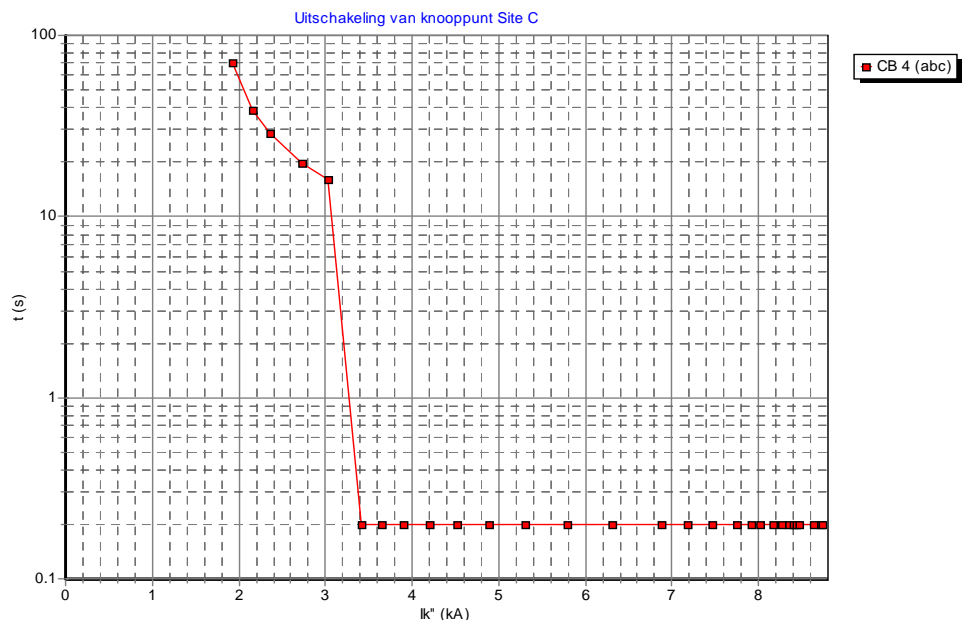
4 TESTEN SELECTIVITEIT

- Berekening van eerste uitschakeltijden
- Herberekening na elke uitschakelactie (simulatie-methode)
- Er mogen alleen schakelaars rond de foutplaats c.q. groep uitschakelen

Bij het berekenen van de selectiviteit worden de theoretisch mogelijke eerste uitschakeltijden van alle relais in het netwerk bepaald voor kortsluitingen op geselecteerde knooppunten. Dit criterium is voldoende voor radiaal bedreven netten. Echter, één van de beveiligingen zal het eerst afschakelen (trippen). Na elke uitschakeling wordt bekeken of de kortsluiting daadwerkelijk is afgeschakeld. Zo niet, wordt de berekening hervat met de nieuw berekende kortsluitstromen. Dit is met name voor vermaasde netten belangrijk.

Het net is selectief beveiligd als alleen schakelaars rond de gestoorde groep uitschakelen en als dus de kortsluiting zonder overbodige schakelacties en zonder verdere beschadiging van andere componenten wordt afgeschakeld.

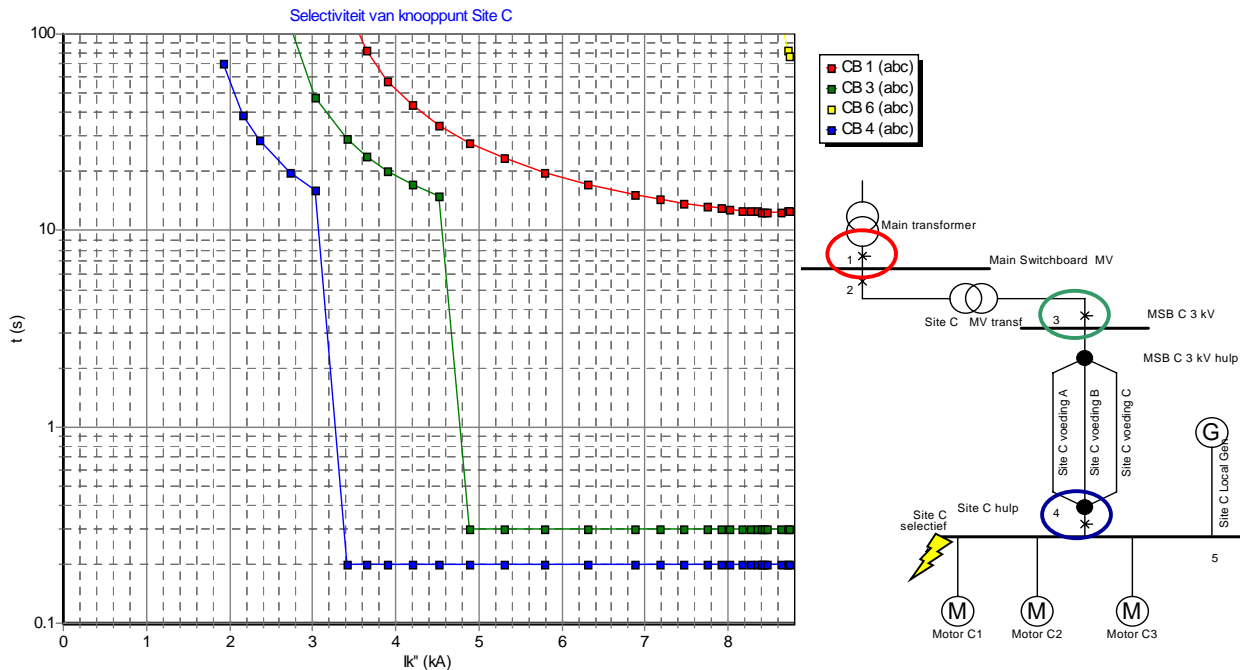
Selectiviteit: uitschakelactie “Site C”



Bovenstaand diagram geeft aan met welke tijd een kortsluitstroom, variërend van 2 tot 9 kA, wordt afgeschakeld. Het diagram toont de beveiligingen die daadwerkelijk afschakelen. Er schakelen geen andere beveiligingen af.

Dit diagram wordt getoond met [Resultaten](#) | [Grafiek](#) | [Details](#).

Selectiviteit: eerste uitschakeltijden



Bovenstaand diagram toont de eerste uitschakeltijden van alle beveiligingen, ten gevolge van een kortsluiting op knooppunt “Site C”. Eerste uitschakeltijden zijn de berekende theoretische tijden waarna elke aangesproken beveiliging zou trippen, indien voor die beveiliging de kortsluitsituatie zou blijven bestaan. Die situatie verandert echter na een willekeurige uitschakelactie van een andere beveiliging.

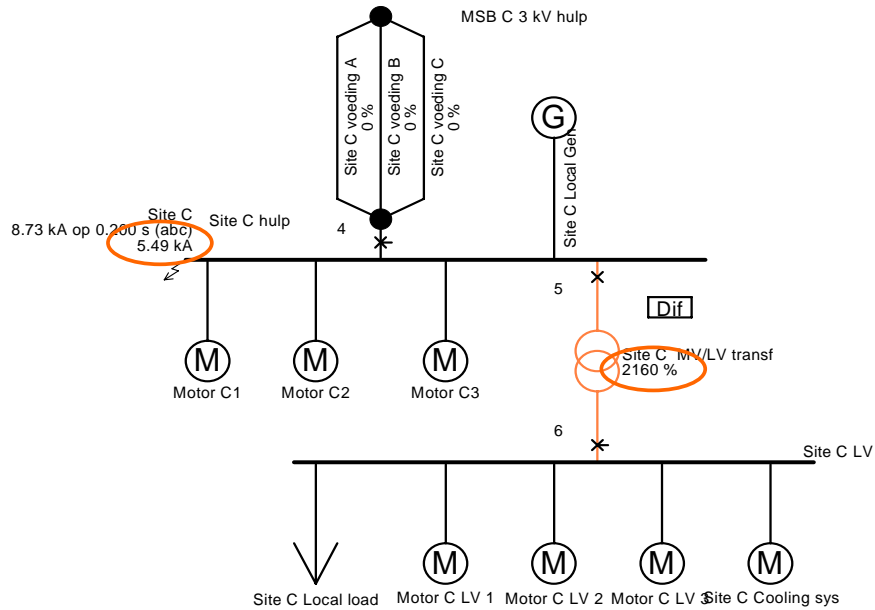
Uit het diagram blijkt dat de eerste uitschakeltijden van de beveiligingen elkaar selectief opvolgen.

5 ANALYSE MET BEHULP VAN SIMULATIE

- Sequentie van de stromen en tijden op de foutplaats
 - Worden na elke beveiligingsactie opnieuw berekend
- Berekening I^2t van takken
 - Presentatie in het schema en grafisch

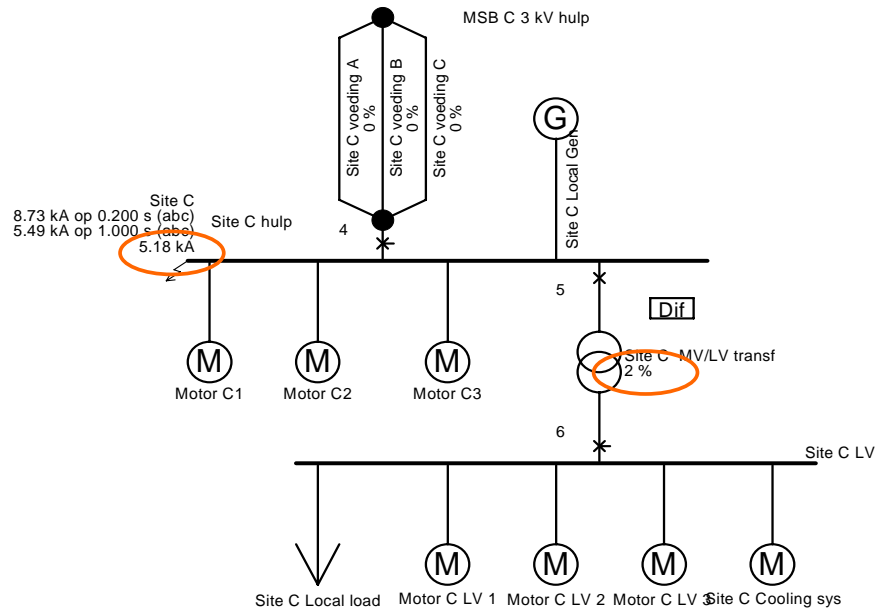
De simulatie biedt meer inzicht in het gedrag van de beveiligingen bij een specifieke fout. Het achterelkaar reageren van de beveiligingen veroorzaakt telkens een nieuwe situatie, die dan weer opnieuw wordt berekend. De simulatie verschaft meer inzicht in de I^2t van alle verbindingen. De resultaten worden in het netschema afgebeeld en kunnen ook in een grafiek worden bekeken.

Simulatie kortsluiting op "Site C"



De simulatie toont aan dat na afschakeling van de kortsluiting op "Site C" er nog een kortsluitstroom van 5,49 kA blijft lopen. Deze stroom is afkomstig van de terugvoeding door de draaiende motoren. Deze stroom resulteert in een te grote I^2t aan de 3/0,4 kV transformator. De beveiliging aan de secundaire zijde van de 3/0,4 kV transformator is niet richtingsgevoelig. Als remedie kan deze beveiliging richtingsgevoelig worden gemaakt. De beveiliging in de voedende richting (de transformator uit) krijgt de oorspronkelijke eigenschappen. De beveiliging in de terugvoedende richting (de transformator in) krijgt een vaste tijdsinstelling: $I >$ is 1000 A en $t >$ is 1 s.

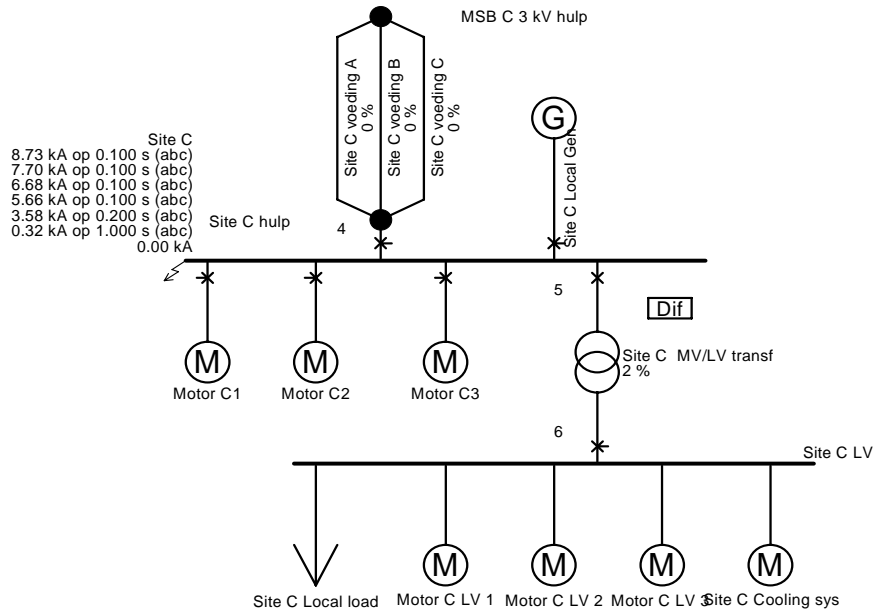
Simulatie kortsluiting op "Site C"



De simulatieberekening toont aan dat de situatie voor de transformator is verbeterd (van 2160% naar 2%). De sequenties in het bovenstaande diagram geven aan dat de kortsluiting eerst vanuit de voedende kant (CB 4) wordt afgeschakeld en vervolgens vanuit de terugleverende kant (CB 6). Er blijft echter nog wel een kortsluitstroom lopen van de terugleverende motoren en generator op het knooppunt zelf.

Dit kan worden verholpen door deze machines ook te voorzien van een beveiliging, bijvoorbeeld een maximum stroom/tijdbeveiliging met een vaste tijdkarakteristiek. Instelling: $I >$ is 1000 A en $t >$ is 0,1 s.

Simulatie kortsluiting op "Site C"



De kortsluiting wordt nu in 6 sequenties geheel afgeschakeld. De detailinformatie van het knooppunt biedt nog aanvullende informatie, zoals de namen van de uitschakelende beveiligingen en de uitschakeltijden, inclusief de reactietijd van de vermogenschakelaar. Indien de reactietijd van de vermogenschakelaar is ingevoerd, is dit zichtbaar in de verschillende tijden voor de schakelaar en voor de trigger.

Afschakelsequentie na symmetrische fout op knooppunt Site C met $Z_{ff}=0+j0$ Ohm

Foutplaats			Schakelaar			Beveiliging			
Ik*a	Ik*b	Ik*c	t	fase(n)	naam	naam	soort	trigger(s)	t
kA	kA	kA	s						s
8.73	8.73	8.73	0.100	abc	CB Motor C1	CB Motor C1	stroom	Ia=1039 A; Ib=1039 A; Ic=1039 A	0.100
7.70	7.70	7.70	0.100	abc	CB Motor C2	CB Motor C2	stroom	Ia=1039 A; Ib=1039 A; Ic=1039 A	0.100
6.68	6.68	6.68	0.100	abc	CB Motor C3	CB Motor C3	stroom	Ia=1039 A; Ib=1039 A; Ic=1039 A	0.100
5.66	5.66	5.66	0.100	abc	CB Generator	CB Generator	stroom	Ia=2084 A; Ib=2084 A; Ic=2084 A	0.100
3.58	3.58	3.58	0.200	abc	CB 4	CB 4	stroom	Ia=3263 A; Ib=3263 A; Ic=3263 A	0.200
0.32	0.32	0.32	1.000	abc	CB 6	CB 6	stroom	Ia=2191 A; Ib=2191 A; Ic=2191 A	1.000
0.00	0.00	0.00							

- Beveiligingskarakteristieken
 - In één oogopslag voor coördinatie
 - Betrokken op één spanningsniveau
- Selectiviteitsberekening
 - Berekent aan de hand van werkelijke afschakelacties
 - Houdt rekening met alle afschakelsequenties
- Simulatie
 - Analyse van afschakelsequentie
 - Analyse van mogelijk beschadigen van componenten