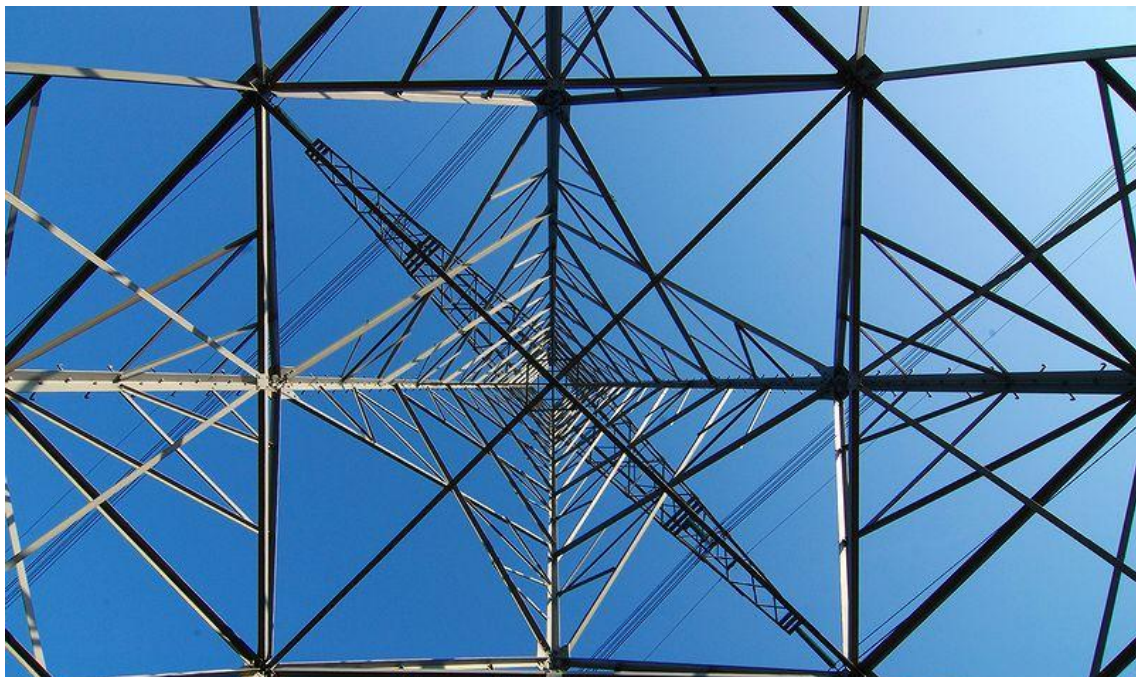




Bedienen – Beveiligen – Bewaken

Verzwaring van de 150kV installatie in onderstation Haarlemmermeer



OPERATIONELE ELEKTROTECHNIEK INSTALLATIETECHNIEK DUAAL

Haarlem 8 december 2009

Opgesteld door: R. Koenderman

Student nr.: 1518218

Bedrijfsbegeleider: ing. J.J.C. Nienhuys

Bedrijf: Liandon bv te Alkmaar

Docent begeleider 1: Drs. A. Blaschette

Docent begeleider 2: Drs. P. Bardoel

Revisie versie: 4.7 Definitief

Samenvatting

Voor mijn afstudeeropdracht aan de Hogeschool Utrecht heb ik gekozen voor de uitbreiding van de 150kV-installatie in Haarlemmermeer. Deze scriptie omschrijft het onderzoek en de oplossingen die noodzakelijk waren om de uitbreiding mogelijk te maken. Deze scriptie is geschreven naar aanleiding van mijn studie HBO Elektrotechniek Operationele Installatietechniek Duaal aan de Hogeschool Utrecht.

Na aanleiding van de uitbreiding in het onderstation Haarlemmermeer werden de volgende vragen gesteld voor het onderzoek.

- Wat zijn de eisen die TenneT stelt ten aanzien van 150kV verbindingen?
- Wat zijn de problemen omtrent de huidige stationsautomatisering?
- Kan de synchronisatie met het nieuwe 150kV veld uitgebreid worden?
- Kan de aansturing van de SF6 alarm installatie met het nieuwe veld uitgebreid worden?
- Is het mogelijk om de railbeveiliging uit te breiden met een extra veld?

Naast de resultaten van het onderzoek is ook een hoofdstuk toegevoegd waarin in het kort wordt uitgelegd wat wordt verstaan onder bijvoorbeeld een primaire installatie of een secundaire installatie, wat een hoogspanningsveld is (denk hierbij aan een lijnveld, koppelveld of transformator veld). Dit hoofdstuk is bedoeld voor die lezers die weinig affiniteit hebben met de hoogspanning maar er wel wat van moeten weten om de rest van de scriptie te kunnen begrijpen.

Hieronder zal per hoofdstuk een samenvatting worden gegeven van de onderzoeksmethode en de daaruit voortkomende conclusies. Er zal in deze samenvatting niet al te diep op de onderzoeksresultaten in worden gegaan. Hiervoor dient het betreffende hoofdstuk te worden gelezen.

Hoofdstuk 1 Inleiding

In hoofdstuk 1 wordt omschreven wat de aanleiding is voor de uitbreiding van het extra 150kV-veld in onderstation Haarlemmermeer, en wat de opdracht omschrijving precies is. Namelijk in de toekomst wordt onderstation Vijfhuizen omgebouwd van een 150/50 en 10kV station naar een 380/150/50/10kV station. Hierdoor zullen de verbindingen van onderstation Vijfhuizen richting onderstation Haarlemmermeer minder beschikbaar zijn. Om een goede bedrijfszekerheid in onderstation Haarlemmermeer te krijgen, wordt dit onderstation uitgebreid met een verbinding vanuit onderstation Sassenheim. De 150kV-installatie in onderstation Haarlemmermeer kan nog maximaal met 1 veld worden uitgebreid, maar naast de primaire installatie dienen ook de verschillende secundaire installaties te worden uitgebreid. In de probleemomschrijving staan dan ook de problemen die hiermee gemoeid zijn omschreven.

Hoofdstuk 2 Elektriciteitsvoorziening in Nederland

Dit hoofdstuk omschrijft in het kort het wel en wee in de hoogspanningswereld. Dit hoofdstuk is bedoeld voor diegenen die nog weinig affiniteit hebben met hoogspanning, maar die deze wel nodig hebben om een idee te krijgen van de gebruikte termen in deze scriptie.

Hoofdstuk 3 De eisen van TenneT betreffende de 150kV schakelinstallatie

Dit hoofdstuk omschrijft de eisen van TenneT betreffende de 150kV-velden. Hierbij zijn de verschillende concepten van TenneT bestudeerd en vergeleken met de concepten van Liander. De concepten van TenneT worden ook wel TAMS genoemd. Hierin staan de uitgangspunten en eisen die TenneT stelt aan 150kV verbindingsvelden. De items die aan bod zijn gekomen zijn: de bedrijfsvoering, het beveiligen tegen kortsluiting, de storingsanalyse en de hulpspanningvoorziening.

De bedrijfsvoering van de 150kV-installatie is al belegd bij TenneT. Dit is de uitkomst van de splitsingswet waarbij de energiebedrijven en netbeheerders gesplitst moesten worden en de transportnetten van 110kV en hoger af moesten staan aan TenneT. Het nieuwe 150kV-veld valt dus ook onder TenneT. Hierbij is de opbouw rondom de besturing en signalering van dit veld anders dan voorheen. Aan de eis van TenneT voor een redundant besturings-systeem kan alleen worden voldaan indien de communicatie naar het bedrijfsvoeringcentrum redundant wordt opgebouwd. Dit is mogelijk als de FOX netwerkkast wordt uitgebreid met extra componenten. De beveiliging van de huidige 150kV-velden is opgebouwd volgens de concepten van de vorige netbeheerder Liander. Deze verschillen met die van TenneT op het punt van het toepassen van één of twee beveiligingsrelais in een 150kV veld. De huidige velden zijn opgebouwd met één beveiligingsrelais. Er is aanbevolen om het nieuwe veld volgens dit principe op te bouwen. Dus volgens het beveiligingsconcept van Liander. Hiervoor dient men in gesprek te gaan met TenneT en dit te onderbouwen met de onderzoeksrapporten die eerder hierover zijn geschreven. De storingsanalyse in het onderstation wordt nu enkel gedaan door de digitale beveiligingsrelais uit te lezen. De opgeslagen meetwaarden kunnen dan vergeleken worden met alle relais die de storing hebben geconstateerd. Hierdoor kan een goed beeld ontstaan omtrent de storing. TenneT eist naast de digitale relais ook een power quality analyser. De power quality analyser is nu niet aanwezig en zal dus geplaatst moeten worden. De hulpspanningsvoorziening voorziet het onderstation van spanning zodat de volledige functionaliteit kan blijven bestaan indien er een black-out optreedt. Er is voor het onderzoek een berekening uitgevoerd om aan te tonen dat de installatie aan de eisen kan voldoen van TenneT.

Hoofdstuk 4 De stationsautomatisering

In dit hoofdstuk is ingezoomd op de stationsautomatisering in het onderstation. Uit het onderzoek is gebleken dat de automatisering zeer verouderd is. Er bestaat tevens geen mogelijkheid om dit systeem uit te breiden. Dit laatste heeft te maken met de beschikbaarheid van de benodigde componenten en de aanwezige kennis van de software bij zowel de leverancier en eigenorganisatie. Na het onderzoek is ook de aanbeveling gedaan om het nieuwe 150kV-veld uit te voeren met een veldbesturingskast. Tevens is de aanbeveling gegeven om de volledige automatisering te vervangen. Voor het vervangen van de totale automatisering dient een nieuw project te worden opgestart.

Hoofdstuk 5 De synchrocheck

Hoofdstuk 5 beschrijft het onderzoek naar de uitbreiding van de synchrocheck voor de 150kV-velden. Van elk 150kV veld dient de spanning gecontroleerd te worden op de frequentie, amplitude en fasehoek van de spanning ten opzichte van de spanning in het onderstation. Indien er een te groot verschil tussen de waarden is, mag het 150kV-veld ingeschakeld worden. Dit gebeurt geheel automatisch met behulp van de synchrocheck. Uit het onderzoek is gebleken dat de huidige synchrocheck niet zonder problemen uitgebreid kan worden. Een tweede constatering is dat de huidige synchrocheck deels is ondergebracht in de netwerkkasten van de stationautomatisering. Omdat er rekening gehouden wordt met de vervanging van de stationsautomatisering en het niet meer kunnen bestellen van onderdelen voor de synchrocheck is er gekozen voor een totale vervanging van de gehele synchrocheck. Dit is ook als aanbeveling gegeven.

Hoofdstuk 6 De aansturing van de SF6 alarm installatie

De primaire 150kV-installatie bestaat uit een SF6 gevulde installatie. Alhoewel SF6 niet giftig is, dient de ruimte bij lekkage geventileerd te worden en dient er een alarmsignaal zowel akoestisch als optisch afgegeven te worden zodat men niet zomaar de ruimte kan betreden. Dit omdat het SF6 gas na verbranding ontleed wordt in wel giftige producten. Tijdens het schakelen ontstaan altijd vlambogen. Deze vlambogen worden geblust door het SF6 gas, hierdoor zal altijd een klein deel van het gas verbranden en daarna regenereren. Uit het onderzoek is gebleken dat deze installatie zonder veel problemen uitgebreid kan worden. De aansturing geschiedt nu door middel van een

contact uit de huidige automatisering. Een contact vanuit de nieuwe automatisering kan parallel worden gemon-
teerd aan het bestaande contact.

Hoofdstuk 7 De uitbreiding van de railbeveiliging

De 150kV-installatie is opgebouwd uit lijnvelden, transformatorvelden en een koppelveld. Al deze velden kunnen gekoppeld worden aan een railsysteem door middel van railscheiders. Hierdoor is het mogelijk om het vermogen te kunnen transporteren of te transformeren. Op het moment dat er een sluiting in het railsysteem ontstaat, dient deze direct uitgeschakeld te worden om schade aan het railsysteem te voorkomen. Hiervoor is de railbeveiliging aanwezig. Het gebruikte type in het onderstation Haarlemmermeer is van het type RADSS. Uit het onderzoek is gebleken dat deze installatie zonder problemen uitgebreid kan worden. In dit hoofdstuk staat ook beschreven welke onderdelen hiervoor besteld dienen te worden.

Aan het einde van deze scriptie volgt nog een totaalconclusie en een lijst van alle aanbevelingen onder elkaar.

Voorwoord

Voor u ligt een scriptie die het resultaat is van een onderzoek voor een uitbreiding van een 150kV-verbinding in OS Haarlemmermeer. Deze scriptie is geschreven ter afsluiting van mijn opleiding HBO Elektrotechniek Operationele Installatietechniek Duaal aan de Hoge School Utrecht. Zelf ben ik werkzaam bij Liandon. Liandon is onderdeel van het netwerkbedrijf Alliander. Alliander bestaat uit drie business units. Dit zijn:

- Liander, de netbeheerder van de transportnetten 50kV en lager voor de provincies Noord-Holland, Gelderland en grote delen van de provincies Zuid-Holland, Flevoland en Friesland.
- Liandon, Liandon ontwerpt, bouwt, beheert en onderhoudt complexe energienetten en grote (industriële) installaties. Liandon vormt de innovatiemotor en het kenniscentrum binnen de energiemarkt.
- Liandyn, Liandyn is partner en adviseur van de inrichters van de openbare ruimte, waar het gaat om het creëren en verbeteren van de sociale – en verkeersveiligheid, leefbaarheid en mobiliteit. De dienstverlening richt zich op de diverse thema's in de openbare ruimte, denk onder andere aan veiligheid, leefbaarheid, energiebesparing en optimalisatie van mobiliteit.

Ik heb dit onderwerp gekozen omdat de installaties die in deze scriptie voorkomen al in mijn dagelijks werkpakket zitten. Het was voor mij dan ook de kans om wat dieper in bepaalde materie te duiken en te kijken naar een geschikte oplossing voor het nieuwe 150kV-veld dat in onderstation Haarlemmermeer gebouwd wordt.

Ik wil hierbij dan ook iedereen bedanken die in meerdere of mindere mate heeft bijgedragen aan de totstandkoming van deze scriptie. In het bijzonder wil ik bedanken Jan-Jaap Nienhuys, de bedrijfsbegeleider bij Liandon en André Blaschette die mij begeleid heeft tijdens mijn afstuderen.

Als laatste wil ik mijn vrouw Miranda bedanken voor de steun die ik tijdens mijn hele studie heb gekregen, en die me altijd weer wist te motiveren om door te gaan. Ook voor haar was het zwaar omdat de opvoeding van onze kindjes soms wat meer bij haar lag.

Robbert Koenderman

Afkortingen en begrippen

A

ADLP80

Een half duplex communicatie verbinding volgens master/slave principe, 36

Alliander

Netwerkbetrijf waaronder Liander, Liandon en Liandyn vallen., 10, 26, 28, 39, 40

APA

Automatisch parallelschakel apparaat, 21, 45, 46, 59

C

cuprum

De naam van het communicatie netwerk van Alliander, dit bevat de verbindingen tussen bedrijfsvoeringcentrum en de onderstation en de tussen de onderstations voor beveiligingsdoeleinden (langsdifferentiaal), 28

D

Dte

Dienst uitvoering en toezicht Energie, 15

F

FOX

Communicatie apparatuur en netwerk voor verbinding met bedrijfsvoeringcentrum., 28, 35, 59

K

kV

kilo volts, 10, 27, 30, 31, 32

kWh

kilo Watt hour (uur), 15, 19

L

LBC

Landelijk bedrijfsvoeringcentrum, 27

Liander

Netbeheerder voor de netten 50kV en lager in zijn eigen gebied., 10, 13, 26, 35, 59

M

MST

Maximumstroomtijd, 22, 23

MTBF

Mean Time Between Failure, De gemiddelde tijd tussen falen, 37, 38

MTTD

Mean Time To Diagnose, De gemiddelde tijd voor diagnose, 37

MTTF

Mean Time Till Failure, De gemiddelde tijd tot het Falen., 37

MTTR

Mean Time To Repaire, De gemiddelde tijd voor reparatie, 37

MW

Mega Watt, 13

N

node

Een node is een connectie punt. In een netwerk een node is een elektrisch apparaat verbonden met het netwerk wat in staat is informatie te versturen, te verzenden of door te sturen., 36

O

OS

onderstation, 61, 68

P

PEN

Provinciaal Elektriciteitsbedrijf van Noord Holland, 26

PQA

Power Quality Analyser, 35

R

RTU

Remote Terminal Unit, 40

S

SF6

Zwavelhexafluoride, 11, 47, 48, 49, 59, 61, 82

SRB

Schakelaar reserve beveiliging, 31

SRBV

Schakelaar reserve beveiliging, 31

T

TAMS

TenneT Asset Management Standaard, 26, 32, 61, 67

TenneT

De landelijke netbeheerder, 10, 13, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 40, 41, 46, 59

W

WKK

Warmte kracht koppeling, 13

WON

Wet Onafhankelijk Netbeheer, 13

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	1
VOORWOORD.....	4
AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN	5
INHOUDSOPGAVE	7
OVERZICHT TABELLEN EN FIGUREN	9
1. INLEIDING	10
1.1. AANLEIDING VOOR HET ONDERZOEK	10
1.2. PROBLEEMOMSCHRIJVING.....	11
2. ELEKTRICITEITSVOORZIENING IN NEDERLAND	12
2.1. INLEIDING.....	12
2.2. DE OPWEKKING VAN ELEKTRICITEIT.....	12
2.3. DE ELEKTRICITEITSNETTEN	13
2.3.1. SPANNINGSNIVEAU VAN NETTEN	14
2.3.2. OPBOUW VAN NETTEN	14
2.4. ONDERSTATIONS	15
2.4.1. ALGEMEEN.....	15
2.4.2. PRIMAIRE INSTALLATIE	16
2.4.3. SECUNDAIRE INSTALLATIE	19
2.5. STANDAARD TAALGEBRUIK	25
3. DE EISEN VAN TENNET BETREFFENDE DE 150kV SCHAKELINSTALLATIES	26
3.1. INLEIDING.....	26
3.2. ONDERZOEK NAAR VERSCHILLEN TENNET EN LIANDER	26
3.2.1. DE BEDRIJFSVOERING	26
3.2.2. HET BEVEILIGEN TEGEN EEN KORTSLUITING	29
3.2.2.1. VELDBEVEILIGING	29
3.2.2.2. SCHAKELAAR RESERVEBEVEILIGING	31
3.2.3. DE STORINGSANALYSE	31
3.2.4. DE HULPSPANNINGVOORZIENING	32
3.2.4.1. ALGEMENE OPBOUW EN EIS.....	32
3.2.4.2. BEREKENING TIJD EIGENBEDRIJF.....	32
3.3. CONCLUSIE	35
4. DE STATIONSAUTOMATISERING	36
4.1. INLEIDING.....	36
4.2. OMSCHRIJVING HUIDIGE AUTOMATISERING	36
4.3. ONDERZOEK NAAR DE HUIDIGE PROBLEMATIEK	37
4.3.1. ONDERZOEK NAAR HET STOORGEDRAG	37
4.3.2. VOORRAAD.....	39
4.3.3. KENNIS	39
4.4. MOGELIJKE OPLOSSINGEN TEN BEHOEVE VAN DE UITBREIDING	39
4.4.1. INLEIDING.....	39
4.4.2. OPTIE 1, UITBREIDEN BESTAANDE INSTALLATIE	39
4.4.3. OPTIE 2, VELDBESTURING VOLGENS TENNET	40
4.4.4. OPTIE 3, VELDBESTURING OP ALLE 150kV VELDEN	40
4.4.5. OPTIE 4, VERVANGEN VOLLEDIGE STATIONSAUTOMATISERING	40
4.5. CONCLUSIE	41

5.	DE SYNCHROCHECK IN DE 150kV	42
5.1.	INLEIDING.....	42
5.2.	WERKING HUIDIGE SYNCHROCHECK	42
5.3.	ONDERZOEK NAAR MOGELIJKE UITBREIDING	43
5.3.1.	ALGEMEEN.....	43
5.3.2.	RESULTATEN ONDERZOEK	44
5.4.	CONCLUSIE.....	46
6.	DE AANSTURING VAN DE SF6 GASINSTALLATIE	47
6.1.	INLEIDING.....	47
6.2.	SF6 GASBEWAKINGSSYSTEEM.....	47
6.3.	ONDERZOEK NAAR MOGELIJKE UITBREIDING	48
6.3.1.	ALGEMEEN.....	48
6.3.2.	RESULTATEN ONDERZOEK	48
6.4.	CONCLUSIE.....	49
7.	UITBREIDING VAN DE RAILBEVEILIGING 150kV	50
7.1.	INLEIDING.....	50
7.2.	DE RAILBEVEILIGING RADSS ⁽¹⁾	51
7.3.	ONDERZOEK NAAR MOGELIJKE UITBREIDING	54
7.3.1.	ALGEMEEN.....	54
7.3.2.	RESULTATEN ONDERZOEK	54
7.4.	CONCLUSIE.....	56
8.	CONCLUSIE.....	57
9.	AANBEVELING.....	59
10.	DE BRONVERMELDING	60
11.	BIJLAGEN	61
	BIJLAGE A – 1, OVERZICHT 380kV VERBINDING RANDSTAD	62
	BIJLAGE C – 1, TIJDLIJN FUSIES ENERGIEBEDRIJVEN.....	63
	BIJLAGE C – 2, CUPRUM RING 5 REGIO NOORD HOLLAND	64
	BIJLAGE C – 3, VOORWAARDEN OVERZICHT BEVEILIGINGEN 150kV-VELDEN	65
	BIJLAGE C – 4, ENERGIEVOORZIENING T.B.V. EIGENBEDRIJF OP HOOGSPANNINGSSTATIONS TAMS	66
	BIJLAGE D – 1, OVERZICHT STATIONSAUTOMATISERING OS HAARLEMMERMEER	67
	BIJLAGE D – 2, OBSOLETE VERKLARING LEVERANCIER ABB	68
	BIJLAGE E – 1, TEKENINGEN SYNCHROCHECK	72
	BIJLAGE F – 1, TEKENINGEN SF6 ALARMINSTALLATIE.....	81
	BIJLAGE G – 1, TEKENINGEN RADSS RAILBEVEILIGING	84
	BIJLAGE G – 2, MEETGEGEVENS EN INSTELLINGEN RADSS RAILBEVEILIGING	95

Overzicht tabellen en figuren.

FIGUUR 1 OVERZICHT VERBINDINGEN OS HAARLEMMERMEER	10
FIGUUR 2 ELEKTRICITEITSCENTRALE	12
FIGUUR 3 VERDELING HOOGSPANNINGSNET	13
FIGUUR 4 VERZORGINGSGEBIED LIANDER	13
FIGUUR 5 ALGEMEEN OVERZICHT VAN EEN NET	14
FIGUUR 6 RINGNET	14
FIGUUR 7 STERNET	14
FIGUUR 8 VERMAASDNET	14
FIGUUR 9 ENKEL RAILSISTEEM MET SECTIONERING	16
FIGUUR 10 DUBBEL RAILSISTEEM	17
FIGUUR 11 RING RAILSISTEEM	17
FIGUUR 12 OVERZICHT ENERGIETRANSFORMATOR	19
FIGUUR 13 VOORBEELD SCHAKELVOORWAARDE SCHEIDER	20
FIGUUR 14 SPANNINGSAFHANKELIJK	21
FIGUUR 15 SPANNINGSONAFHANKELIJK	21
FIGUUR 16 MEETPRINCIPE PARALLEL SCHAKELAPPARAAT	22
FIGUUR 17 UITSCHAKELKARAKTERISTIEK VAN EEN ONAFHANKELIJK MST RELAIS	23
FIGUUR 18 UITSCHAKELKARAKTERISTIEK VAN EEN AFHANKELIJK MST RELAIS	23
FIGUUR 19 PRINCIPE VAN DE DIFFERENTIAALBEVEILIGING	23
FIGUUR 20 MEETPUNTEN VAN DISTANTIEBEVEILIGINGEN IN ONDERSTATIONS	24
FIGUUR 21 UITSCHAKEL KARAKTERISTIEK VAN DISTANTIERELAIS BIJ EEN SLUITING IN KABEL B - C	24
FIGUUR 22 OVERZICHT BEDIENING HUIDIGE SITUATIE 150kV	27
FIGUUR 23 OVERZICHT BEDIENING GEWENSTE SITUATIE 150kV	27
FIGUUR 24 SCHEMATISCH OVERZICHT COMMUNICATIE NAAR LBC	28
FIGUUR 25 STORINGSGEDRAG HUIDIGE AUTOMATISERING	38
FIGUUR 26 FASE VERSCHIL SPANNINGEN	42
FIGUUR 27 COMPARTIMENTEN TRISEP INSTALLATIE	48
FIGUUR 28 CONTACT VOOR AANSTURING SF6	49
FIGUUR 29 VOORBEELD DUBBELRAILSISTEEM	50
FIGUUR 30 VERLOOP STROMEN GEZONDE SITUATIE RAILBEVEILIGING	50
FIGUUR 31 NORMALE BEDRIJFSITUATIE MET BELASTINGSTROMEN	51
FIGUUR 32 SITUATIE BIJ INTERNE FOUT	51
FIGUUR 33 MEETCIJCUIT RADSS RAILBEVEILIGING	52
FIGUUR 34 GRAFISCHE VOORSTELLING AANSPEEKGEBIED	53
TABEL 1 STANDAARD BENAMINGEN HANDELINGEN	25
TABEL 2 STANDAARD BENAMINGEN ACTIES	25
TABEL 3 STANDAARD BENAMINGEN VEILIGHEID	25
TABEL 4 HUIDIGE BELASTING GELIJKRICHTERS	32
TABEL 5 MTBF STATIONS AUTOMATISERING	38
TABEL 6 VERSCHILLEN RXOTD4 EN RXEDK 2H	45

1. Inleiding

1.1. Aanleiding voor het onderzoek

Om de beschikbaarheid van energie te garanderen, zijn nieuwe hoogspanningsverbindingen nodig. Hierdoor is door TenneT, de landelijke netbeheerder het project “Randstad 380kV” opgestart. Dit project bestaat globaal uit het bouwen van een nieuwe 380kV-ring in de Randstad. Een gedeelte van deze ring zal via het onderstation Vijfhuizen lopen. Het onderstation vijfhuizen is nu een 150kV/50kV/10kV-hoogspanningstation maar zal in de nabije toekomst uitgebreid worden met een 380kV-installatie. Zie bijlage A – 1 voor een overzicht van deze verbinding.

Definitie onderstation: Een onderstation is een elektrische installatie in het hoogspanningsnet. Het maakt een verbinding tussen twee of meerdere hoogspanningsnetten of vormt een aansluitingspunt op het hoogspanningsnet.

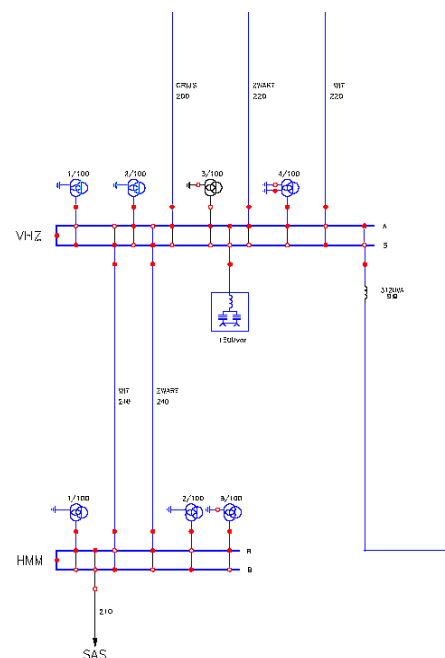
Definitie verbinding: Een koppeling tussen twee onderstations door middel van een kabel (ondergronds) of lijn (bovengronds) bestaande uit drie aparte geleiders voor de drie fase wisselspanning.

Voordat deze werkzaamheden kunnen plaatsvinden in het onderstation Vijfhuizen, dient de 150kV-installatie in het onderstation aangepast te worden. De 150kV-verbindingen in het onderstation zullen daardoor één voor één tijdelijk niet beschikbaar zijn in verband met de verbouwing. Dit vormt de reden waardoor het onderstation Haarlemmermeer welke gevoed wordt door 2 verbindingen vanuit het onderstation Vijfhuizen een extra verbinding krijgt van het onderstation Sassenheim. Tussen onderstation Haarlemmermeer en onderstation Sassenheim loopt op dit moment één verbinding.

Voorheen lag het beheer over de 150kV-hoogspanningsnetten bij de netbeheerder Liander. Liander is onderdeel van het netwerkbedrijf Alliander. Omdat de “Wet Onafhankelijk Netbeheer” is aangenomen, zijn de 150kV-netten sinds 2009 overgedragen aan de landelijke Netbeheerder TenneT. Alle werkzaamheden aan de 150kV-netten dienen nu te voldoen aan de eisen van TenneT. Het onderstation Haarlemmermeer is in 1993 gebouwd volgens de eisen die toen gelden. Het uitbreiden van de 150kV-installatie brengt dus wat uitdagingen met zich mee. Enerzijds omdat de huidige installaties in het onderstation die nodig zijn voor een goed beheer enigszins zijn verouderd, en anderzijds omdat TenneT andere eisen naleeft ten behoeve van de werking en opbouw.

In deze scriptie zijn de problemen onderzocht en geconcludeerd. Ook zullen er aanbevelingen gegeven worden ten behoeve van de uitbreiding.

In het eerste hoofdstuk zullen de terminologieën die in de hoogspanningswereld veelal gebruikt worden uitgelegd of toegelicht worden.



FIGUUR 1 OVERZICHT VERBINDINGEN OS HAARLEMMERMEER

1.2. Probleemomschrijving

- **Wat zijn de eisen van Tennet betreffende 150kV-schakelinstallaties?**

Tennet heeft net zoals Liandon dat heeft, een eigen filosofie voor wat betreft de opbouw van een hoogspanningsveld. Hierbij moet gedacht worden aan de bediening (lokaal / afstand), beveiliging (kortsluitstromen), bewaking (SF6 isolatie gas, stuurspanningen enz.). Het onderstation is nu opgebouwd volgens de filosofie van Liandon. Uit het onderzoek moet blijken hoe groot de verschillen zijn tussen beide partijen, en wat het effect is op de aanbouw van een extra veld en of er eventueel risico's zijn.

- **Wat zijn de problemen met de huidige automatisering installatie?**

De huidige hoogspanningsinstallatie wordt op dit moment gestuurd, bediend, bewaakt en gemeten door een enigszins verouderd automatiseringssysteem. De installatie is zelfs zo verouderd dat de fabrikant er geen of nauwelijks onderdelen meer voor heeft. Uit onderzoek moet blijken wat de problemen precies zijn. Denk hierbij aan het aantal storingen in het systeem, reserveonderdelen, kennis enz. Er zal aan de hand van dit onderzoek een aanbeveling gegeven worden of de installatie al dan niet uitgebreid of deels vervangen dient te worden.

- **De synchronisatie controle van het nieuwe veld.**

Op de bestaande velden zit een synchronisatiecontrole voor het koppelen van 150kV-verbindingen. Uit onderzoek moet blijken of de synchronisatie voor het nieuwe hoogspanningsveld in de bestaande installatie ondergebracht kan worden of dat er gekozen wordt voor een nieuwe oplossing. Ook zal duidelijk gemaakt worden wat de risico's zijn.

- **De aansturing van de SF6 gas installatie voor het nieuwe veld.**

De 150kV-installatie heeft als isolatie medium SF6 gas (Sulfur Hexafluoride). De aansturing hiervan zit op dit moment in de bestaande automatisering er zal een koppeling moeten komen tussen de bestaande automatisering en de eventuele nieuwe automatisering. Tevens zal bij deze opdracht de werking van het gas toegelicht worden.

- **De uitbreiding van de railbeveiliging 150kV.**

De 150kV installatie bestaat uit een dubbelrail systeem. Een rail bestaat uit drie fasen (L1, L2 en L3). Elke fase bestaat uit een geleider, dus in totaal zijn er dus 6 geleiders. Er bestaat een mogelijkheid dat er een sluiting kan ontstaan tussen de verschillende geleiders. Hiervoor is een railbeveiliging ontworpen. De railbeveiliging schakelt bij een sluiting alles van de rail af. Bij het plaatsen van een extra veld dient ook de railbeveiliging uitgebreid te worden. Uit onderzoek moet blijken of de bestaande railbeveiliging uitgebreid kan worden en of dit risico's met zich meebrengt.

2. Elektriciteitsvoorziening in Nederland

2.1. Inleiding

De nadruk in dit hoofdstuk ligt op het transport en de distributie van elektrische energie en de installaties die hiermee gemoeid zijn. Op summiere wijze zal het een en ander omschreven worden. Verder in deze scriptie zal dieper op bepaalde installaties worden ingegaan. Sommige termen of begrippen die dan gebruikt gaan worden zullen niet bij iedereen bekend zijn. Om toch te kunnen begrijpen waar het precies overgaat en een duidelijk beeld te krijgen van het geheel, is het noodzakelijk om dit hoofdstuk te lezen. Voor diegenen die al wel hiermee bekend zijn, kunnen dit hoofdstuk overslaan. De informatie in dit hoofdstuk is enigszins afgeleid uit het lesboek Hoogspanning Installatie voor Nuon Tecno.

2.2. De opwekking van elektriciteit

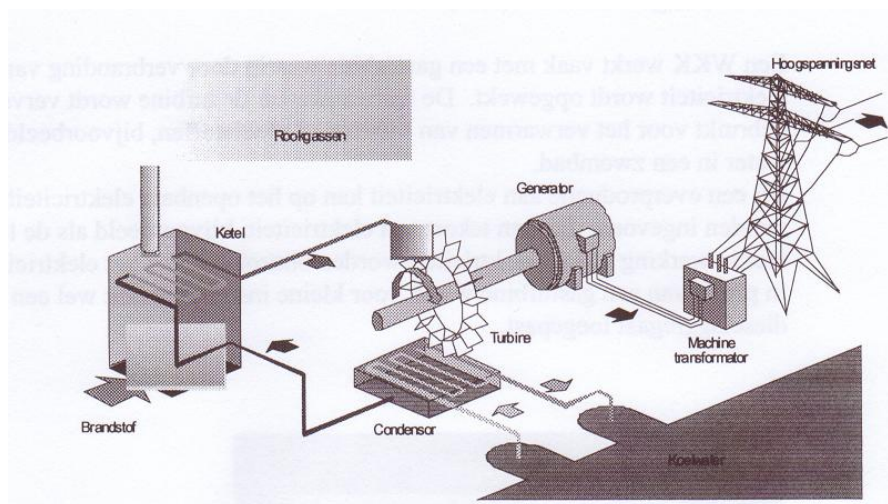
De productie van elektriciteit gebeurt over het algemeen in elektriciteitscentrales. Hierbij wordt water verwarmd door fossiele brandstoffen te verbranden. De vrijgekomen stoom zal onder hoge druk een turbine aansturen die zal gaan draaien. De turbine is mechanisch gekoppeld aan een generator die op zijn beurt de daadwerkelijke energie opwekt. De reststoom wordt omgezet in water en zal de ketel ingepompt worden, waarna het weer verwarmd wordt tot stoom. Er is dus sprake van een gesloten proces. De opgewekte spanning in een elektriciteitscentrale kan variëren van 14kV (14000V) tot 21kV. Het rendement van een conventionele thermische centrale ligt rond de 40%. De opgewekte spanning wordt door middel van machinetransformatoren naar een niveau van 50kV t/m 380kV getransformeerd. Met deze spanning kan de centrale de opgewekte energie leveren aan het hoogspanningsnet.

De opwekking kan verdeeld worden in twee categorieën.

- Centrale opwekking
- Decentrale opwekking

Centrale opwekking

Met centrale opwekking worden de elektriciteitscentrales bedoeld. Deze centrales worden door middel van hoogspanningsverbindingen gekoppeld aan elkaar. De waarde van het opgewekte vermogen ligt tussen 25MW tot 700MW (Megawatt).



FIGUUR 2 ELEKTRICITEITSCENTRALE

Decentrale opwekking

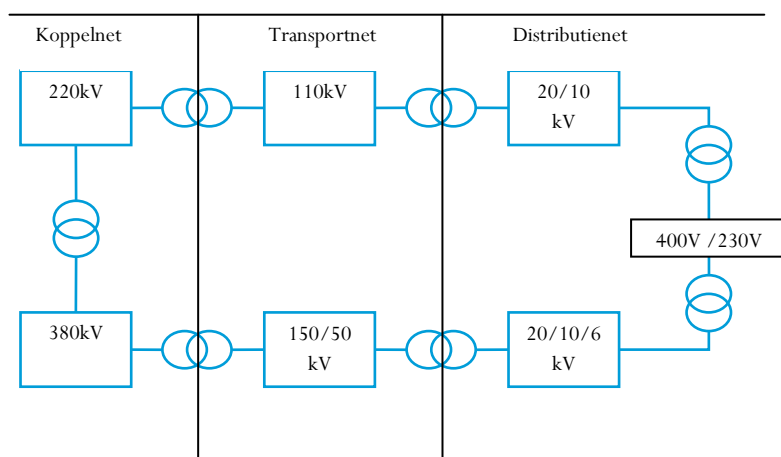
Er zijn ook elektrische opwekkers waarbij het vermogen meestal < 25 MW is. De machines zijn niet via een hoogspanningsverbinding verbonden met het hoogspanningsnet, maar leveren hun energie gedeeltelijk of geheel aan het middenspanningsnet. Voorbeelden van deze installaties zijn:

- Installaties met een warmtekrachtkoppeling (WKK)
- Biogasinstallaties
- Windmolens
- Statische opwekkers (zonnecellen)

2.3. De elektriciteitsnetten

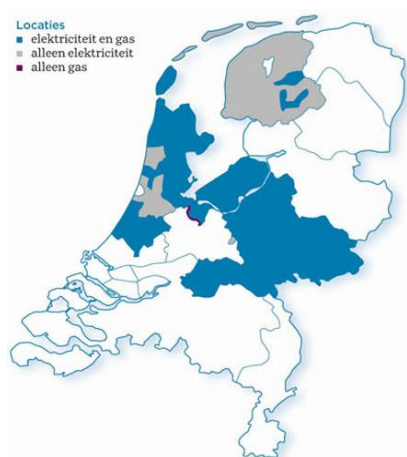
In Nederland wordt voor de verspreiding van elektrische energie hoogspanningsnetten gebruikt. Deze netten kunnen onderverdeeld worden in drie categorieën.

- Het koppelnet; hieronder vallen de spanningsniveaus 220kV en 380kV. Het landelijk koppelnet is een hoogspanningsnet dat centrales en energiebedrijven onderling verbindt. Dat is het net waarmee Nederland met de buurlanden is verbonden.
- Het transportnet; hieronder vallen de spanningsniveaus 110kV, 150kV en 50kV. Via het transportnet wordt de elektrische energie van het koppelnet doorgegeven aan het distributienet.
- En het distributienet; hieronder valt het spanningsniveau 20kV en lager. Het distributienet is de laagste hoogspanningsschakel in de leveringsketen van de elektriciteitscentrale naar gebruiker.



FIGUUR 3 VERDELING HOOGSPANNINGSNET

De verantwoordelijkheid voor deze netten ligt bij netbeheerders. Hierin is het een en ander veranderd sinds de Wet Onafhankelijk Netbeheer (WON) uit 2007 is goedgekeurd. Voor de WON lag het beheer van het koppelnet bij TenneT, en lag het beheer van de overige netten bij de provinciale netbeheerders. Op dit moment ligt het beheer van de spanningsniveaus 110kV en hoger in heel Nederland bij de landelijke netbeheerder TenneT. Voor de 50kV en lager is Liander de netbeheerder voor zijn eigen gebied. In figuur 4 is een overzicht van het verzorgingsgebied van Liander.



FIGUUR 4 VERZORGINGSGBIED LIANDER

2.3.1. Spanningsniveau van netten

Zoals in figuur 3 is te zien hebben de verschillende netten verschillende spanningen. De reden voor deze spanningen heeft te maken met de transportverliezen. De twee belangrijkste factoren voor energie zijn de spanning en de stroom. Dit omdat zij tezamen het vermogen bepalen dat getransporteerd wordt.

Algemeen geldt voor het vermogen: $P = U \times I$

Voor het verlies in een leiding geldt: $P_{verlies} = I^2 \times R$

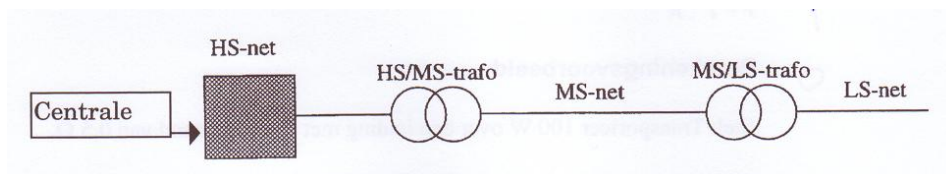
Hieruit kan men concluderen dat als de spanning een factor 10 stijgt de stroom een factor 10 daalt om hetzelfde vermogen te verkrijgen. Voor het transport heeft men dus twee keuzes.

- De keuze voor een lage spanning en een hoge stroom. De consequentie hiervan is dat de geleiders een grote doorsnede moeten hebben om het verlies laag te houden.
- Of de keuze voor een hoge spanning en een lage stroom. De geleiders kunnen nu een kleine doorsnede hebben. De isolatie van de geleiders moet echter hoogwaardig zijn anders treedt zogeheten doorslag op.

Aangezien de stroom grotendeels het verlies bepaalt wordt er gekozen voor de laatste optie. Immers als de spanning een factor 10 stijgt daalt de stroom een met factor 10. Hierdoor daalt het verlies met factor 100. Het verlies neemt dus kwadratisch af met verlagen van de stroom. Een andere reden voor de hoge spanning zijn de economische kosten die verbonden zijn aan grote doorsneden van geleiders.

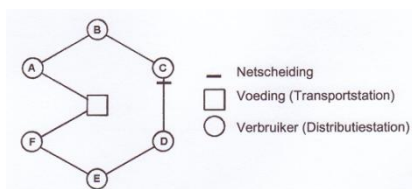
2.3.2. Opbouw van netten

Het geheel van geleiders, stations en bedrijfsmiddelen heet een net. De kabels en lijnen zijn verdeeld over verschillende netten met elk zijn specifieke eigenschappen.

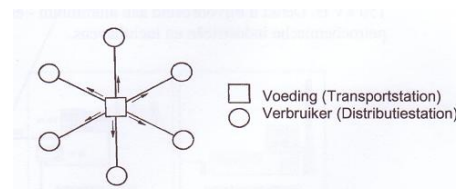


FIGUUR 5 ALGEMEEN OVERZICHT VAN EEN NET

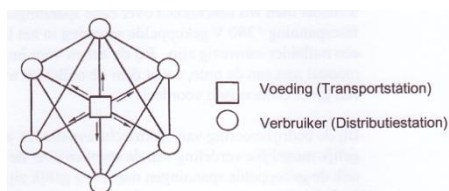
Het koppelnet en transportnet zijn over algemeen opgebouwd in een ring. De geleiders kunnen bestaan uit lijnen, dit zijn de geleiders boven de grond en kabels dit zijn de geleiders onder de grond. De punten waar de verschillende netten worden gekoppeld worden onderstations genoemd. Een andere benaming is ook wel transportstation. Het distributienet kan opgebouwd zijn uit drie verschillende netstructuren.



FIGUUR 6 RINGNET



FIGUUR 7 STERNET



FIGUUR 8 VERMAASNET

2.4. Onderstations

2.4.1. Algemeen

Een onderstation is een schakel in het hoogspanningsnet. De functies van deze onderstations zijn de binnenkomende spanningsniveaus te koppelen om de energie te verdelen of het transformeren van de spanning van het hoogspanningsnet (150kV, 110kV of 50kV) naar een spanning van 6kV, 10kV of 20kV. In onderstations met transformatoren zijn twee typen te onderscheiden voor het hoogste spanningsniveau.

- Onderstations met een complete 150kV, 110kV en/of 50kV-schakelinstallatie
- Onderstations waarbij de transformatoren via een verbinding direct uit een ander onderstation worden gevoed. Dit wordt ook wel een kopstation genoemd.

Voor wat betreft de schakelinstallatie in een onderstation voor de niveaus 50kV t/m 150kV bestaan 2 typen installaties

De open aanleg

Open aanleg schakelinstallatie is een opzet waarbij de spanningsvoerende delen opgesteld worden boven een geaard vlak en waarbij de omringende lucht dient als isolatiemateriaal. Hierbij worden de spanningsvoerende delen van elkaar op afstand gehouden door geglazuurde isolatoren. Het voordeel van de open aanleg is de goedkopere installatie aanleg en dat bij calamiteiten het onderstation weer snel in bedrijf is te krijgen. Het nadeel van de openaanleg is dat de kwaliteit van de omringende isolatie sterk afhankelijk is van de kwaliteit van de lucht. Hierbij kunnen vervuiling en vochtigheid een nadelige invloed hebben op de isolatiekwaliteit. Een ander nadeel is het aanrakingsgevaar van de geleiders door het ontbreken van isolatie.

De gesloten aanleg

Een gesloten aanleg schakelinstallatie is een systeem waarbij de gehele schakelinstallatie in een omhulsel is ondergebracht. De geleidende delen van deze omhulsel zijn geaard. De gehele installatie is dan gevuld met een isolatiemedium. Voorbeelden van isolatiemediums zijn: Sf6, perslucht, hardgas, vacuüm of olie. Een voordeel van een gesloten installatie is de aanrakingsveiligheid. In gesloten installaties is het niet mogelijk de geleiders aan te raken. Een tweede voordeel is dat de installaties compacter gebouwd kunnen worden. Het nadeel van deze installatie is dat de componenten niet snel uit te wisselen zijn.

Zoals eerder al is vermeld is een onderstation een belangrijke schakel in het hoogspanningsnet. Binnen een onderstation bevinden zich verschillende installaties die allemaal bijdragen aan het transport van energie.

De verschillende installaties zijn:

- De primaire installatie; de onderdelen bestaan uit kabels, lijnen, schakel- en verdeelinrichtingen en één of meer transformatoren.
- De secundaire installatie; de onderdelen hiervan zorgen voor bedrijfszekerheid en voorkomen schade aan de primaire installatie tijdens kortsluitingen.
- Bedrijfsmeting; in grote stations wordt de uitgeleverde energie gemeten door middel van kWh meters.
- Comptabele meting; op de velden waar energie ingekocht of verkocht wordt aan derden wordt deze energie gemeten door middel van kWh-meters. Deze metingen dienen te voldoen aan de meetcode welke is uitgegeven door de Dte. Dit is de “Dienst uitvoering en toezicht Energie” en is onderdeel van het Ministerie van Economische Zaken.
- Toonfrequent installatie; deze installatie wordt gebruikt om besturingscommando's op afstand uit te voeren. Dit wordt gebruikt om bijvoorbeeld de openbare verlichting aan te sturen of om tarieven bij klanten te wijzigen.

2.4.2. Primaire installatie

De primaire installatie in een onderstation bestaat uit een aantal componenten. Dit zijn met name de:

- Railsystemen
- Schakelmateriaal
- Transformatoren

In deze hoofdstuk zal uitgelegd worden wat de verschillende functies van de componenten precies zijn en welke varianten er eventueel zijn. Uiteraard zal dit een globaal verhaal zijn. De beschrijving van deze componenten volledig is een boek op zich. Het gaat hier enkel om het begrip vorming.

2.4.2.1. Railsystemen

Eerder is al verteld dat het koppelen van de verschillende hoogspanningsnetten door middel van verbindingen en de transformatie naar een ander spanningsniveau gebeurt in onderstations of transportstations. Één van de belangrijkste kenmerken van een onderstation is het aanwezige hoge kortsluitvermogen.

Definitie kortsluitvermogen: het kortsluitvermogen wordt bepaald door het totale vermogen welke alle transformatoren kunnen leveren tijdens een kortsluiting, plus de eventuele voedingen vanuit een lager gelegen net.

Door een opbouw van een railsysteem met de daarbij horende schakelementen kan de energieverdeling en het kortsluitvermogen beheerst worden. Een rail is niet meer dan een dikke geleider in de vorm van een buis of lijn. Op deze rail kunnen dan meerdere kabels of lijnverbindingen op aangesloten worden door middel van een combinatie van vermogenschakelaars en scheiders. Er kunnen diverse railsystemen gebruikt worden, dit zijn de:

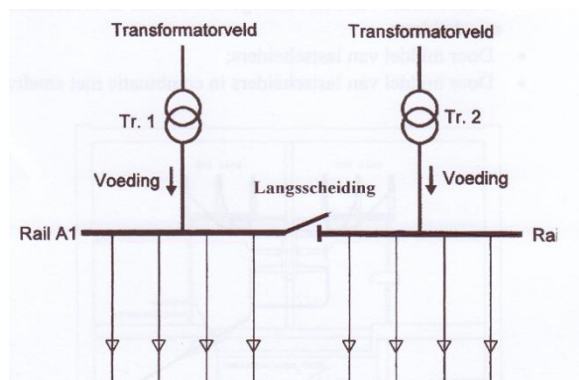
- Enkel railsysteem
- Enkel railsysteem met sectionering
- Dubbel railsysteem
- Ringrail systeem

Enkel railsysteem

Het enkel railsysteem is het meest eenvoudige railsysteem, en vindt vooral zijn toepassing op midden- en laagspanningsniveaus. Het nadeel van dit systeem is dat men bij een storing of onderhoud niet over een reservesysteem kan beschikken. Het kortsluitvermogen kan niet verdeeld worden omdat het één rail is.

Enkel railsysteem met sectionering

Het is mogelijk om door middel van een scheider een enkelrailsysteem te verdelen in twee railsystemen. Dit railsysteem wordt dan opgedeeld in meerdere secties. Zie figuur 9 voor een voorbeeld.



Bij een storing in één van de secties kan er de andere sectie gewoon weer in bedrijf. Indien de railverdeeld is in twee secties heeft dit als voordeel dat het kortsluitvermogen beperkt wordt.

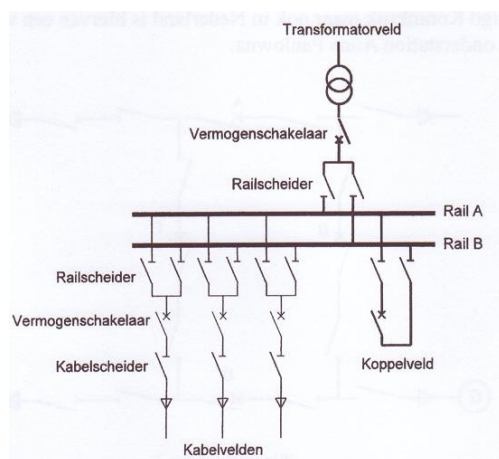
FIGUUR 9 ENKEL RAILSISTEEM MET SECTIONERING

Dubbel railsysteem

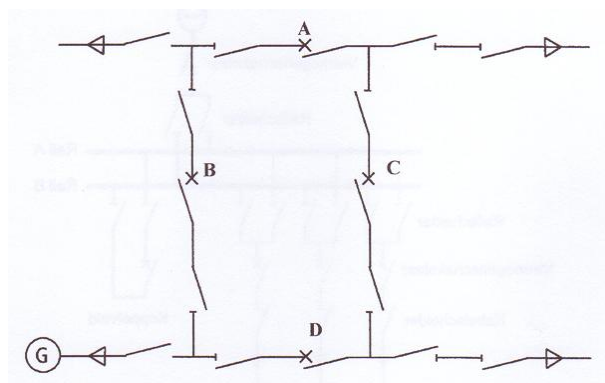
Voor belangrijke hoogspanningsstations geeft een dubbel railsysteem een grotere bedrijfszekerheid. Ook ontstaat door het gebruik van een dubbel railsysteem meer flexibiliteit in de bedrijfsvoering en de mogelijkheden tot onderhoud. Ook hier blijft het kortsluitvermogen beperkt als men gescheiden bedrijf voert. De verbinding met één of beide railsystemen komt tot stand door middel van een railscheider. De koppeling tussen beide rails wordt tot stand gebracht via het koppelveld waarin zich ook een vermogenschakelaar bevindt. In figuur 10 is een afbeelding weergegeven van een dubbelrailsysteem.

Ring railsysteem

In figuur 11 is een ring railsysteem afgebeeld. Bij normaal bedrijf is de ring gesloten. Indien er een fout optreedt worden twee vermogenschakelaars uitgeschakeld. Het voordeel van dit systeem is dat elke vermogenschakelaar A, B, C of D vrij geschakeld kan worden zonder onderbreking van de energievoorziening.



FIGUUR 10 DUBBEL RAILSISTEEM



FIGUUR 11 RING RAILSISTEEM

2.4.2.2. Schakelmateriaal

Schakelen in netten kan nodig zijn voor de bedrijfsvoering, voor het plegen van onderhoud, het verrichten van metingen of voor het beproeven van installatie onderdelen. Schakelmateriaal kan dus om verschillende redenen zijn aangebracht. Zo kunnen bijvoorbeeld scheiders zijn toegepast voor het aanbrengen van een scheiding, worden vermogenschakelaars aangebracht voor het afschakelen van kortsluitstromen. En gebruikt men aarders om delen van een hoogspanningsinstallatie zichtbaar aan aarde te leggen ten behoeve van werkzaamheden.

Scheiders

Het doel van een scheider is het aanbrengen van een veilige scheiding tussen delen van een stroomketen. In sommige gevallen kan een scheider een verbinding zijn die los genomen kan worden. Een scheider moet in gesloten toestand continu de nominale stroom kunnen geleiden en gedurende een gedefinieerde tijd een kortsluitstroom. Omdat scheiders niet zijn uitgerust met een schakelmoment en een voorziening voor het doven van een lichtboog, mag er uitsluitend belastingloos mee worden geschakeld. Belastingloos wil zeggen dat er geen stroom meer loopt.

Definitie schakelmoment: dit is het moment dat de contacten van een schakelaar worden geopend en er een vlamboog ontstaat tussen de contacten. Deze vlamboog dient dan geblust te worden.

Vermogenschakelaars

De vermogenschakelaar wordt toegepast voor het schakelen van nominale stromen. Tevens moet de vermogenschakelaar bestand zijn tegen het in- en uitschakelen van kortsluitstromen. Hiervoor is een vermogenschakelaar uitgerust met een bluskamer. Deze kamer kan gevuld zijn met lucht, hardgas, SF6 gas of olie. Naast de functie als isolatiemedium hebben zij ook de functie om lichtbogen die optreden tijdens normale schakelhandelingen of tijdens een afschakeling van een kortsluiting.

Aarders

Een aarder maakt het mogelijk om een spanningsloze stroomketen, bijvoorbeeld een kabel, te verbinden met aarde. Hierdoor ontstaat er een veilige situatie waarin men werkzaamheden kan verrichten aan de betreffende kabel. Dit kan geschieden met een losse aardingskabel, of door gebruik van een aardingsschakelaar.

2.4.2.3. Transformatoren

Zoals al eerder was verteld, worden transformatoren toegepast om de spanning te verhogen of te verlagen. Een transformator is als volgt te definiëren.

Een transformator is een toestel dat door elektromagnetische inductie één of meer veranderlijke stromen of spanningen, bij gelijk blijvende frequentie, omzet in één of meer veranderlijke stromen of spanningen.⁽¹⁾

In de hoogspanning kunnen doorgaans de transformatoren in twee groepen verdeeld worden: energietransformatoren en meettransformatoren.

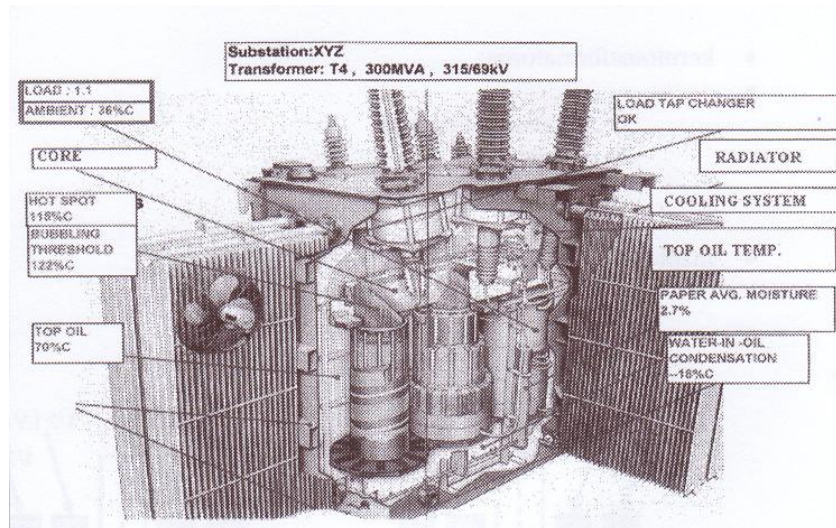
Energietransformatoren

Energietransformatoren zijn transformatoren die de spanning omzetten naar een gewenste hoger of lager niveau. Hiermee kan tevens een groot vermogen worden doorgelaten. De transformatoren kunnen bestaan uit twee wikkelingen voor het transformeren van bijvoorbeeld 150kV naar 50kV, of kunnen ook bestaan uit drie wikkelingen voor de overzetting van 150kV naar 50kV en 10kV. De energietransformatoren zijn gevuld met olie die dient als isolatiemedium en koeling van de transformator. De koeling kan op drie manieren plaatsvinden.

- ONAN (=Oil Natural, Air Natural)
De olie met een hogere temperatuur stijgt op als gevolg van een lagere soortelijke massa. De buitenlucht staat in contact met de koelribben van de transformator waarbij de warmte wordt overgedragen naar de omgevingslucht.
- ONAF (=Oil Natural, Air Forced)
Zelfde als hierboven, dus natuurlijke olie circulatie. Alleen nu met geforceerde luchtkoeling.
- OFAF (=Oil Forced, Air Forced)
Zowel de olie al de koeling vindt plaats door middel van geforceerde circulatie.

In figuur 12 is een overzicht van een transformator te zien.

⁽¹⁾ (Nuon Tecno technische opleidingen, 2006)



FIGUUR 12 OVERZICHT ENERGIETRANSFORMATOR

Meettransformatoren

Meettransformatoren kunnen zowel stroom- of spanningstransformatoren zijn. Het doel van deze transformatoren is om de primaire spanning in het net van bijvoorbeeld 50kV om te zetten naar een werkbare waarde voor de secundaire installaties. Zo kan bijvoorbeeld een spanningstransformator een overzet verhouding hebben van $\frac{150000V}{\sqrt{3}} / \frac{100V}{\sqrt{3}}$. Dit betekent grofweg dat de spanning van 150kV wordt omgezet naar 100V. De $\sqrt{3}$ heeft te maken met het verschil tussen Fase – Fase spanning of Fase – Nul spanning.

De meettransformator heeft een hoge nauwkeurigheid, wat aangeduid wordt met een klasse. Er zijn meettransformatoren voor specifiek beveiligingsdoeleinden. Deze moeten geschikt zijn om de hoge kortsluitstromen juist weer te geven. Er zijn ook specifieke kernen voor meetdoeleinden (kWh meters). Deze meettransformatoren hebben een hogere nauwkeurigheid en gaan in verzadiging bij te hoge stromen om de meetapparatuur te beschermen tegen kortsluitpieken.

2.4.3. Secundaire installatie

De secundaire installatie heeft als doel procesbeheersing. Om dit te verduidelijken wordt de secundaire installatie verdeeld in een aantal hoofdfuncties:

- Het presenteren van de actuele situatie
- Het bedienen, vergrendelen en regelen van de primaire componenten
- Het beveiligen van de primaire componenten
- Procesbewaking door te regelen indien een grenswaarde wordt overschreden
- Het vastleggen van gegevens van het proces zoals alarmen en meldingen
- Communicatie met het bedrijfsvoeringcentrum
- Hulpinstallaties en voedingen ten behoeve van de te gebruiken installaties

Een aantal van deze hoofdfuncties zal vervolgens nader toegelicht worden. De werking van de secundaire installatie wordt bij het bedrijf ook uitgelegd in het 3B bestek: bedienen, bewaken en beveiligen.

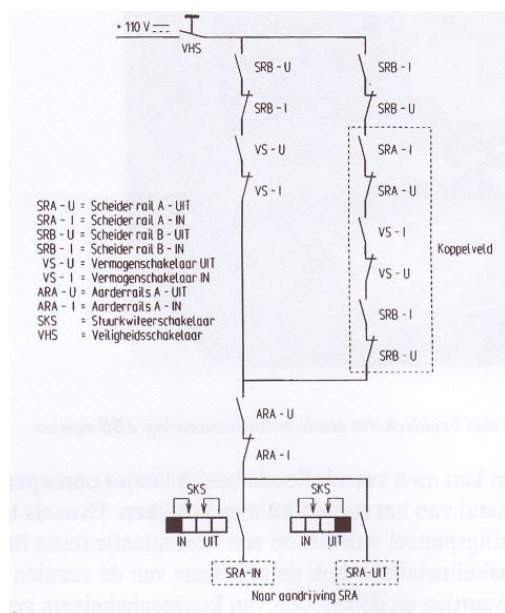
2.4.3.1. Bedienen van primaire componenten

Voor een goede bedrijfsvoering is het noodzakelijk om een goed overzicht te krijgen van de primaire componenten. Men kan pas op afstand bedienen als men weet wat de juiste stand van een vermogensschakelaar is, en die van de aansluitende velden. Daarom worden op de te bedienen schakelaars hulpcontacten gemonteerd. Deze hulpcontacten zijn een afspiegeling van de hoofdkontakten van de primaire componenten. Met deze contacten is het mogelijk om te standen weer te geven op bijvoorbeeld een overzichtspaneel, beeldscherm in het onderstation. Ze kunnen ook verstuurd worden naar het bedrijfsvoeringcentrum.

Een elektrisch commando kan niet zo maar doorgegeven worden aan het desbetreffende component. Er zijn voorwaarden in de stuurcircuits naar de schakelaars en scheiders ingebouwd om de installatie te beschermen om:

- Schade te voorkomen door onterecht in- en uitschakelen van schakelaars
- De bedienaar te dwingen de juiste schakelvolgorde aan te houden
- De veiligheid voor bedienend en onderhoudspersoneel zoveel mogelijk te waarborgen

Bovenstaande punten worden ook wel de schakelvoorwaarden genoemd. Ze zijn opgebouwd met meerdere hulpcontacten. Als voorbeeld zal de scheider genomen worden. Al eerder was verteld dat een scheider nooit een belastingsstroom mag onderbreken. Dit betekent dat de vermogensschakelaar altijd uit moet zijn als men een scheider bedient. Wel moet het mogelijk zijn als de installatie een dubbel railsysteem heeft om van rail te veranderen in bedrijfssituatie. Maar dit mag dan alleen als het koppelveld is ingeschakeld, omdat de beide scheiders van een veld geen railkoppeling mogen maken. Onderstaand figuur geeft de schakelvoorwaarden weer van een railscheider. De schakelvoorwaarden kunnen opgebouwd zijn door middel van relais of ze kunnen bestaan uit logische digitale schakelingen in een automatiseringssysteem.



FIGUUR 13 VOORBEELD SCHAKELVOORWAARDE SCHEIDER

Als laatste geldt dat er een controle moet zijn of de hoofdkontakten van de scheiders en aarders in de juiste eindstand komen. Een IN – stand van een scheider of aarder is pas juist als het hulpcontact IN – stand actief en het hulpcontact UIT – stand passief is. Voor een UIT – stand geldt het omgekeerde.

In een onderstation kunnen de volgende algemeen geldende regels met betrekking tot vergrendeling tegen foutschakelen van toepassing zijn:

- Een scheider mag alleen gesloten of geopend worden als dit belastingloos plaatsvindt
- De beide railscheiders van kabel- en transformatorvelden mogen nooit een koppeling tussen beide rails tot stand brengen of verbreken tenzij de koppelschakelaar de rails aan elkaar heeft gekoppeld
- Als een railaarder gesloten is mag geen enkele schakeling van railscheiders van het betreffende rail- of installatiegedeelte mogelijk zijn
- Een veldaarder moet vergrendeld zijn op de scheiders van het eigen veld.
- Een railaarder dient te worden vergrendeld op alle op deze rail aangesloten railscheiders.

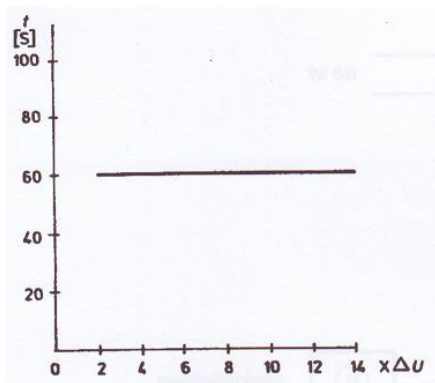
2.4.3.2. Bewaken van het proces

Onderstations zijn in principe, met uitzondering tijdens werkzaamheden, onbemand. Hiervoor is het noodzakelijk om een communicatieverbinding te hebben met het bedrijfsvoeringcentrum. Het bedrijfsvoeringcentrum is 24 uur per dag bemand. Via overdrachtsapparatuur worden de meetwaarden, standen en storingsmeldingen overgebracht en is het mogelijk om vanuit het bedrijfsvoeringcentrum in te grijpen indien nodig.

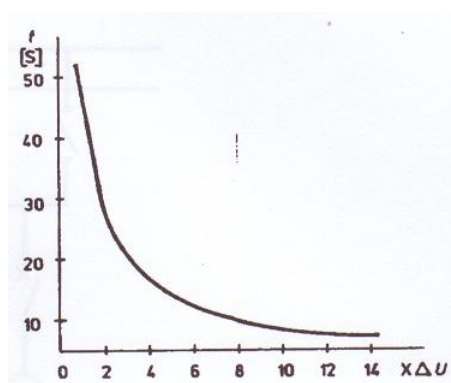
In het onderstation zijn ook processen die automatisch worden bewaakt. Dit zijn de spanningsregeling van de transformatoren en het automatisch parallel schakelen / synchroniseren.

Spanningsregeling

Zoals gezegd zijn er in het onderstation energietransformatoren voor het omzetten van een spanningsniveau. Nu is het mogelijk dat de uitgegeven spanning door het wijzigen van de netbelasting kan variëren. Om de spanning binnen bepaalde grenzen bij de eindverbruiker constant te houden, wordt de spanning in onderstation automatisch geregeld. Voor het bijregelen van de netspanning wordt gebruik gemaakt van regelbare transformatoren, die voor het regelen gebruik maken van het principe om meer of minder windingen van de transformator wikkeling in of uit te schakelen. Dit wordt gedaan door een regelschakelaar. In de secundaire installatie wordt de besturing opgenomen om de regelschakelaar aan te sturen. Er zijn ook diverse beveiligingen aangebracht om te voorkomen dat de regelschakelaar onbedoeld schakelt of doorloopt als de eindstand is bereikt. Een regelactie wordt gestart als de gemeten spanning afwijkt van de ingestelde spanning gedurende een vooraf ingestelde tijd. Deze wachttijd is ingebouwd om kortstondige belastingswijzigingen in het net te voorkomen. (zie figuur 15 voor deze karakteristiek). Bij blijvende grote spanningsvariëaties is een snellere regelactie noodzakelijk. In deze gevallen wordt een spanningsafhankelijke regeling toegepast. Deze karakteristiek is afgebeeld in figuur 14.



FIGUUR 15 SPANNINGSONAFHANKELIJK



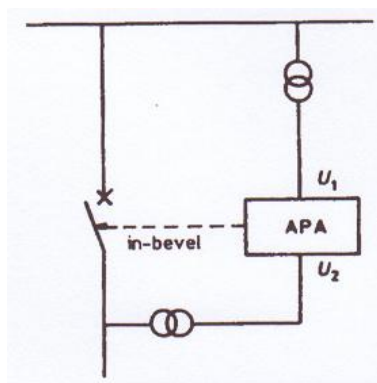
FIGUUR 14 SPANNINGSAFHANKELIJK

Parallel schakelen / synchroniseren

Bij een goede bedrijfsvoering is het vaak nodig om schakelhandelingen uit voeren. Op deze manier worden de verschillende verbindingen met elkaar gekoppeld. Het kan ook voorkomen dat verschillende netten die elk door een andere elektriciteitscentrale worden gevoed met elkaar gekoppeld worden. Voordat deze koppelingen gemaakt mogen worden, dienen de netten gesynchroniseerd te worden. Dit wordt gedaan door een parallel schakelapparaat ook wel APA genoemd. Dit apparaat meet van de twee parallel te schakelen netdelen:

- De verschilspanning
- De verschilfrequentie
- De fasehoek tussen de spanningen van de twee netten

Indien aan deze voorwaarden is voldaan, zal het apparaat automatisch een IN – commando geven aan het desbetreffende veld. In figuur 15 is het meetprincipe te zien van een parallel schakelapparaat.



FIGUUR 16 MEETPRINCIPE PARALLEL SCHAKELAPPARAAT

2.4.3.3. Beveiligen van de bedrijfsmiddelen

Elektrische installaties moeten bedrijfszeker zijn en vooral veilig functioneren. Daarom worden in die installaties beveiligingssystemen toegepast. Deze systemen moeten in staat zijn de storingen en fouten die zich in een elektrische installatie kunnen voordoen te detecteren. Na detectie dient het systeem te zorgen voor een juiste afschakeling van het gestoorde deel. Zonder al te diep op de theorie van beveiligen in te gaan zal dit hoofdstuk een klein overzicht geven van de meest toegepaste beveiligingen in hoogspanningsnet.

Een beveiligingsrelais is in het algemeen opgebouwd in drie basiselementen, te weten:

- Een element om te meten
- Een element om te vergelijken
- Een element om een uitschakelcommando te verzorgen

Ook geldt dat de keuze voor een beveiligingsrelais bepaald wordt door de grootte die bewaakt moet worden. Dit zelfde geldt voor de circuits waarin dit relais wordt opgenomen. Hieronder wordt voor de meest toegepaste relais de werking uitgelegd.

De maximumstroomtijd beveiliging

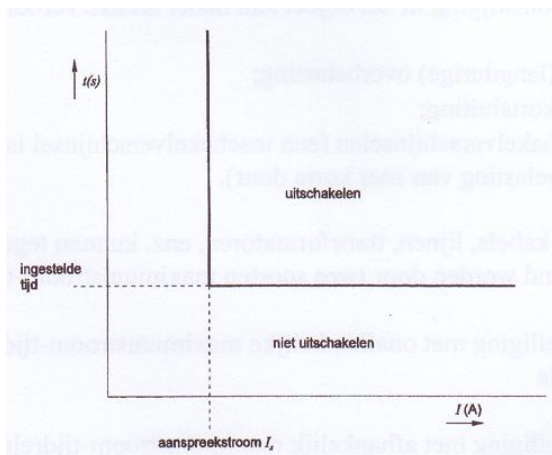
Met de maximumstroomtijd beveiliging, ook wel MST-relais genoemd, wordt de maximaal toelaatbare stroom bewaakt. Een stroomstijging kan onder andere veroorzaakt worden door:

- Een langdurige overbelasting
- Een kortsluiting
- Een inschakelverschijnsel

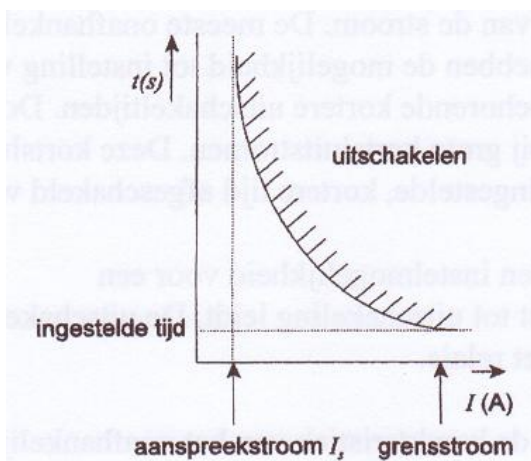
Het net, kabels, lijnen en transformatoren kunnen tegen deze verschijnselen beschermd worden door twee soorten MST-relais. Dit is een beveiliging met onafhankelijke MST-relais of met een afhankelijk MST-relais

Een onafhankelijk MST-relais geeft een uitschakeling als de ingestelde stroomwaarde en de daarbij horende tijdsgrens wordt overschreden. Daalt de stroom binnen de tijdsgrens dan zal er geen uitschakeling plaatsvinden.

Bij het afhankelijk MST-relais is de afschakeltijd afhankelijk van de hoogte van de stroom. Hoe hoger de stroom is hoe sneller het relais een afschakeling geeft. Het voordeel van dit relais is dat er een snelle afschakeling plaatsvindt bij grote kortsluitstromen. Het nadeel is dat de belastingsstroom bij lage kortsluitstromen de werking kan beïnvloeden. De afhankelijke MST-relais kan vergeleken worden met een zekering.



FIGUUR 17 UITSCHAKELKARAKTERISTIEK VAN EEN ONAFHANKELIJK MST RELAIS

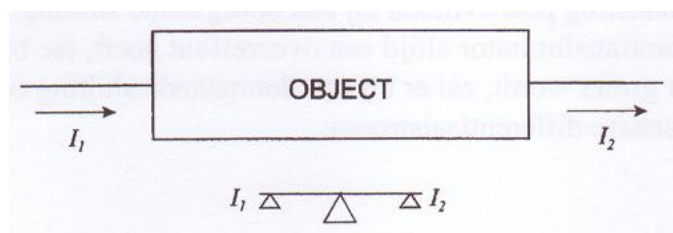


FIGUUR 18 UITSCHAKELKARAKTERISTIEK VAN EEN AFHANKELIJK MST RELAIS

De differentiaalbeveiliging

De werking van de differentiaalbeveiliging berust zich op het meten van verschillen. Het relais meet de grootte van de stroom en de richting, en vergelijkt deze waarden. Volgens de 1^e wet van Kirchhoff is de som van de stromen die naar een toestel toelopen gelijk aan de som van de stromen die wegvloeien. De differentiaalbeveiliging maakt hiervan gebruik.

Dit relais wordt ook wel een sectie- of zonebeveiliging genoemd omdat alleen het gebied tussen de twee meetpunten wordt beveiligd.

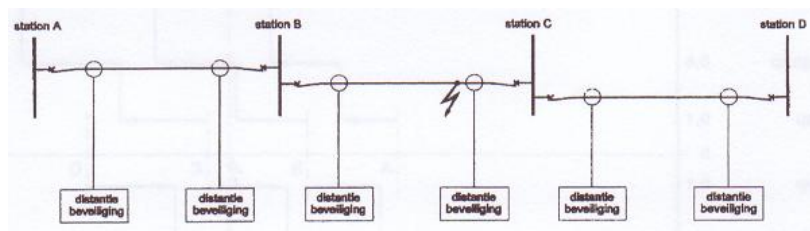


FIGUUR 19 PRINCIPE VAN DE DIFFERENTIAALBEVEILIGING

De distantiebeveiliging

Bij de werking van een distantiebeveiliging is de uitschakeltijd afhankelijk van de afstand tussen foutplaats en voedingspunten. Iedere hoogspanningskabel of lijn heeft een bepaalde impedantie Z . In ongestoorde bedrijfstoestand is deze impedantie: $Z = \frac{U_f}{I}$. De impedantie wordt onder meer bepaald door de lengte van de verbinding. Deze is recht evenredig met de afstand. Doet zich een fout voor dan treedt de lengte op als variabele en zal de impedantie van de kabel of lijn dalen. Op grond van dit gegeven wordt een impedantiemeting gestart. De plaats van de sluiting bepaalt de afschakeltijd.

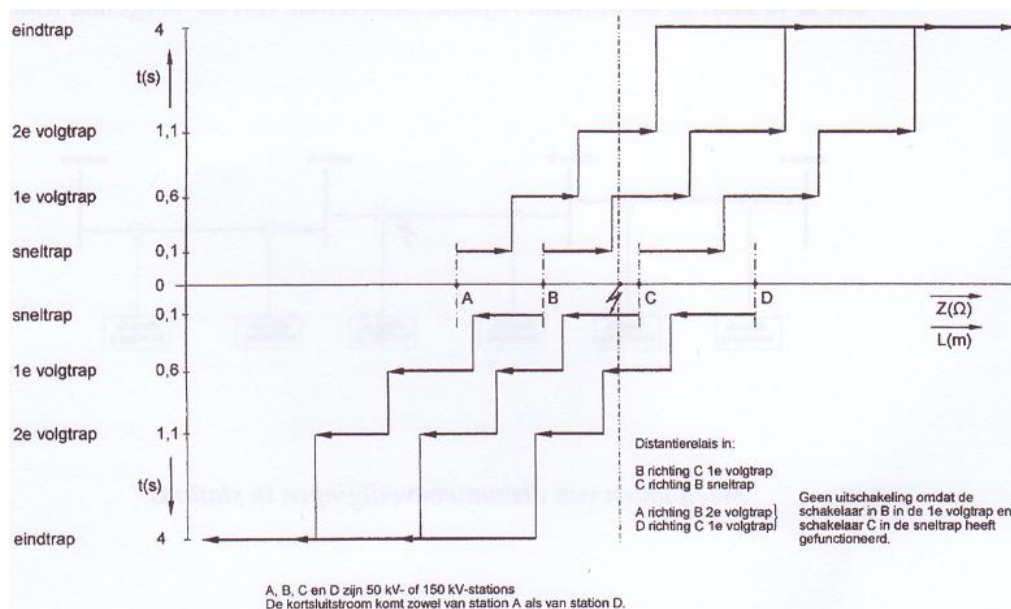
In de meeste gevallen wordt het meetbereik van de beveiliging ingesteld op 85% van de kabel. Dit wordt gedaan omdat er maximaal een meetfout kan ontstaan van 15%. Is er een fout binnen het meetbereik van 85%, dan zal er binnen 0,1 sec een uitschakeling volgen. Omdat bij de verbindingen aan beide zijden een distantierelais zit, is zo 100% van de kabel beveiligd.



FIGUUR 20 MEETPUNTEN VAN DISTANTIEBEVEILIGINGEN IN ONDERSTATIONS

De waarde van het eerste meetbereik 85% noemen we de "sneltrap". Er kunnen meerdere zones ingesteld worden, zodat het relais ook verder kan meten dan alleen zijn eigen kabel. Deze extra zones kunnen dan als back-up werken in een net. Deze zones heten dan 1^e of 2^e volgtrap en als laatste de eindtrap.

Zie figuur 21 voor het uitschakelkarakteristiek.



FIGUUR 21 UITSCHAKEL KARAKTERISTIEK VAN DISTANTIERELAIS BIJ EEN SLUITING IN KABEL B - C

2.5. Standaard taalgebruik

In de hoogspanning is het wenselijk om gebruik te maken van standaard taalgebruik ten aanzien van de schakelhandelingen. De tabel hieronder geeft de meest voorkomende standaardbenamingen weer.

	Handeling	Omschrijving
1	Inschakelen	Het maken van een verbinding door middel van een vermogen- of lastschakelaar, scheider of aarder.
2	Uitschakelen	Het onderbreken van een verbinding door middel van een vermogen- of lastschakelaar, scheider of aarder. Ook wel het vrij maken van een netdeel.

TABEL 1 STANDAARD BENAMINGEN HANDELINGEN

	Gevolg	Omschrijving
1	Scheiden	Het uitschakelen van scheiders zover de installatie dat toelaat.
2	Scheiding opheffen	Het opheffen van scheidingen van een netdeel.
3	Afschakelen	Het zorgen voor een spanningsloze toestand in een netdeel.
4	Onder spanning brengen	Het opheffen voor een spanningsloze toestand in een netdeel.
5	Ring sluiten	Het maken van een verbinding tussen twee delen van een hoogspanningsnet achter één voeding (transformator).
6	Ring openen	Het onderbreken van een verbinding tussen twee delen van een hoogspanningsnet achter één voeding (transformator).
7	Koppelen	Het maken van een verbinding tussen twee delen van een hoogspanningsnet achter twee voeding (transformator).
8	Ontkoppelen	Het onderbreken van een verbinding tussen twee delen van een hoogspanningsnet achter twee voeding (transformator).
9	Doorschakelen	Parallel schakelen van transformatoren aan laagspanningszijde.
10	Verbreken	Het opheffen van de parallelschakeling van transformatoren aan laagspanningszijde.

TABEL 2 STANDAARD BENAMINGEN ACTIES

	Veiligheid	Omschrijving
1	Spanning testen	Het controleren of een netdeel onder spanning staat, zonder dat daarbij de werkelijke hoogte van de spanning kan worden afgelezen.
2	Spanning meten	Het controleren of een netdeel onder spanning staat, waarbij de werkelijke hoogte van de spanning kan worden afgelezen.
3	Spanningsloosheid aantonen	Het enkelpolig controleren of een netdeel in spanningsloze toestand verkeert.
4	Vergelijken	Het controleren van de fasevolgorde na montage van een netdeel door middel van fase vergelijkingapparatuur.
5	Aarden en kortsluiten	Het tot stand brengen van een kortsluitvast verbinding tussen aarde en het vrijgeschakelde deel.
6	Werkaarding	Het tot stand brengen van een verbinding naar aarde op het gescheiden netdeel zichtbaar vanaf de werkplek.
7	Beproeven	Het met verhoogde spanning controleren van de isolatie van netdelen ten opzichte van elkaar en aarde.
8	Selecteren	Het met de juiste apparatuur identificeren van een kabel op de plaats van montage.

TABEL 3 STANDAARD BENAMINGEN VEILIGHEID

3. De eisen van TenneT betreffende de 150kV schakelinstallaties

3.1. Inleiding

Het ontstaan van Alliander als bedrijf is tot stand gekomen na diverse fusies, overnames en splitsingen van verschillende energiebedrijven c.q. netbeheerders. In bijlage C – 1 is de tijdlijn te zien hoe het bedrijf Alliander is ontstaan. Alliander is een bedrijf waar op dit moment drie business units onder vallen. Deze zijn:

- Liander, de netbeheerder voor de hoogspanningsnetten 50kV en lager
- Liandon, de service provider voor Liander
- Liandyn, specialist in openbare en verkeersverlichting. (Tijdens het schrijven van deze scriptie is Liandyn alweer gefuseerd.)

De verschillende netten die Liander als netbeheerder in zijn beheer heeft, zijn in het verleden ontworpen door verschillende de energie bedrijven. Elk bedrijf had toen zijn eigen filosofieën omtrent opbouw van hoogspanningsvelden voor wat betreft beveiliging, bediening en besturing. De filosofieën zijn toen vastgelegd in bestekken, en concepten. Onderstation Haarlemmermeer is gebouwd in 1993 door het toenmalige PEN (Provinciaal Elektriciteitsbedrijf van Noord Holland). De opbouw van het onderstation is dan ook volgens de toen geldende filosofie van het PEN gedaan.

Nu is het zo dat de netten van 110kV en hoger over zijn gegaan naar TenneT. Dit betekent in het kort dat de verantwoording voor de daarbij behorende installaties onder TenneT vallen. Het nieuwe veld dat in de 150kV-installaties gebouwd dient dan ook volgens de eisen van TenneT gebouwd te worden. Ook TenneT heeft zijn eisen omtrent de installaties vastgelegd in de zogenaamde TAMS. TAMS staat voor TenneT Asset Management Standaard.

3.2. Onderzoek naar verschillen TenneT en Liander

Om een duidelijk beeld te krijgen in de verschillen tussen TenneT en Liander zijn voor dit onderzoek de technische specificaties, concepten en eisen van beide partijen bestudeerd. Hierbij zijn de volgende onderdelen onderzocht.

- Paragraaf 3.2.1, De bedrijfsvoering
- Paragraaf 3.2.2, Het beveiligen tegen een kortsluiting
- Paragraaf 3.2.3, De storingsanalyse
- Paragraaf 3.2.4, De hulpspanning voorziening

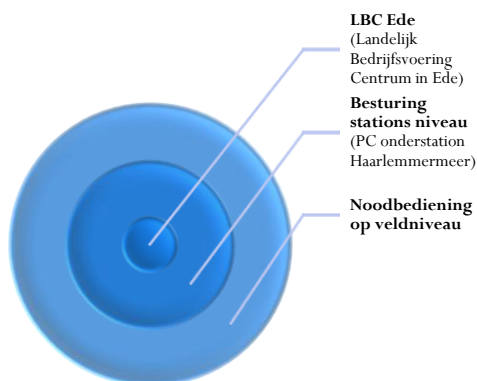
3.2.1. De bedrijfsvoering

Voordat het beheer van de netten 110kV en hoger onder TenneT vielen, werd onderstation Haarlemmermeer op afstand bewaakt door één bedrijfsvoeringscentrum, namelijk het bedrijfsvoeringscentrum van Liander. Nu de netten gesplitst zijn en het beheer van de 150kV in Haarlemmermeer onder TenneT valt, worden ook alle signalen van de 150kV en van de secundaire installaties die daarbij horen opgestuurd naar het landelijk bedrijfsvoeringscentrum van TenneT.

De opbouw van de huidige bedrijfsvoering volgens de filosofie van Liander is op drie niveaus. Deze zijn besturing op veldniveau, besturing op stationsniveau en besturing op afstand (bedrijfsvoeringscentrum).

De normale situatie is dat de besturing altijd ligt bij het bedrijfsvoeringscentrum. Indien dit voor werkzaamheden nodig is, kan de besturing naar het station toegehaald worden zodat tijdens de werkzaamheden het niet mogelijk is om vanuit het bedrijfsvoeringscentrum te schakelen. Het station gaat dan over naar stationsbediening. Dit is een allereerst een veiligheidsmaatregel, maar het ontlast ook het bedrijfsvoeringscentrum als er meerdere malen met

een spanningsloze vermogenschakelaar geschakeld moet worden voor testdoeleinden. Indien het door een storing niet mogelijk is om vanuit het bedrijfsvoeringscentrum of stationsbediening te schakelen, is er voor nood nog de veldbediening.

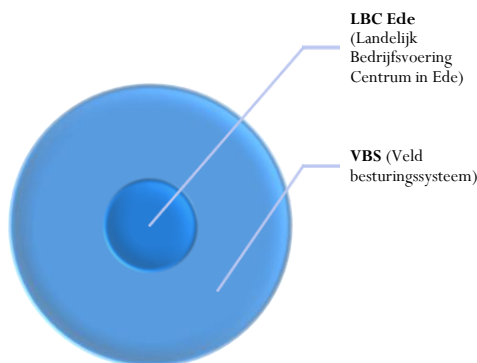


FIGUUR 22 OVERZICHT BEDIENING HUIDIGE SITUATIE 150kV

De eerste verschillen komen aan het licht bij de besturing van de onderstations. TenneT maakt onderscheid tussen een besturing op drie of op 2 niveaus, waarbij de voorkeur uitgaat naar 2 niveaus. Het onderstation Haarlemmermeer is qua besturing driedelig opgebouwd. De besturing op stationsniveau is gerealiseerd door een automatiseringssysteem. Hierbij kan automatiseringssysteem tijdens communicatie storingen als back-up voor het landelijk bedrijfsvoering centrum dienen.

Omdat tijdens de normale bedrijfsvoering vanuit het LBC de bediening op stationsniveau is uitgeschakeld, zorgt het automatiseringssysteem in de ogen van TenneT voor een extra investering. Bijkomend feit is dat als TenneT de verantwoordelijkheid voor alle stations vanaf 110 kV op zich moet nemen, het bemannen van al deze stations bij een calamiteit op centraal niveau als onhaalbaar gezien wordt.

Het realiseren van dit besturingsniveau heeft niet alleen financiële consequenties bij nieuwbouw maar heeft ook consequentie bij de renovatie van secundaire installaties. Een onderzoek door TenneT heeft uitgewezen dat een eenmalige investering in een centrale uitwijklocatie van het LBC en het laten vervallen van het stationsniveau operationeel geen negatieve consequenties heeft. Deze tweeledige manier van besturen leidt zelfs tot een financiële besparing. Daarom worden nieuwe stations volgens de TenneT standaard op besturingsgebied tweeledig opgebouwd. Dit betekent voor het onderstation Haarlemmermeer dat de besturing op stationsniveau voor het nieuwe 150 kV niet van toepassing is. Dit is tevens ook iets om rekening mee te houden met het in de toekomst te vervangen stations automatiseringssysteem. Voorwaarden aan de tweeledige opbouw met veldbesturingssystemen (VBS) is wel dat het telecommunicatiesysteem tussen het LBC en de velden redundant zijn uitgevoerd. (zie figuur 24 voor het blokschema)

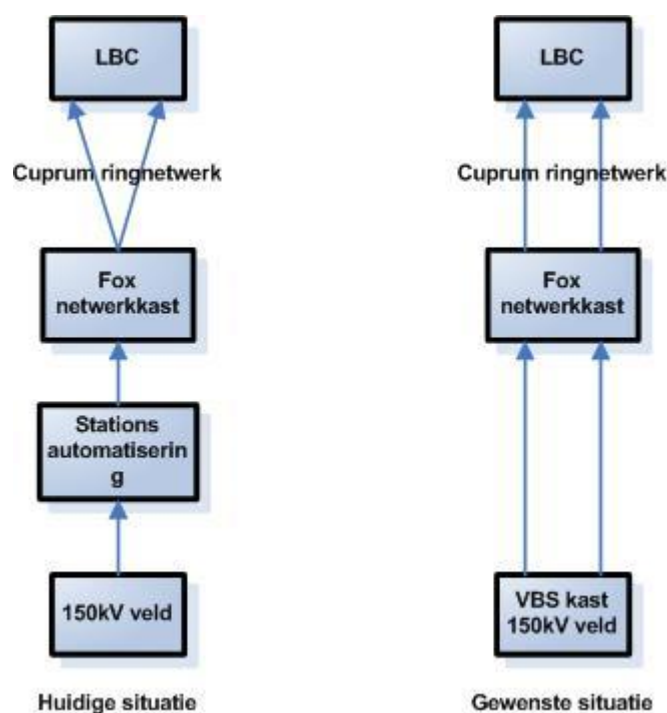


FIGUUR 23 OVERZICHT BEDIENING GEWENSTE SITUATIE 150kV

De communicatie tussen het onderstation en bedrijfsvoeringscentrum loopt op dit moment via het cuprum netwerk van Alliander. Dit is een glasvezelverbinding die redundant is opgebouwd door middel van een ringconstructie. Elk 150kV onderstation is voorzien van een FOX kast. Deze FOX kast is aangesloten op een ringlijn. Mocht een verbinding om wat voor redenen uitvallen dan zal de communicatie direct omgeleid worden. In bijlage C – 2 is een overzicht van ring 5 in Noord-Holland. In deze ring is ook OS Haarlemmermeer opgenomen. De aanwezige FOX netwerkkast is niet redundant opgebouwd. Om een redundante netwerkkast te krijgen dienen de volgende componenten geplaatst te worden:

- Een extra processor kaart
- Een extra voeding, de voeding dient ook op een andere 110VDC gelijkrichter te worden aangesloten zodat twee redundante voedingen ontstaan

De eisen voor de besturing van onderstations TenneT staan omschreven in het besturingsconcept.⁽¹⁾



FIGUUR 24 SCHEMATISCH OVERZICHT COMMUNICATIE NAAR LBC

⁽¹⁾ (Tennet, besturingsconcept, november 2007)

3.2.2. Het beveiligen tegen een kortsluiting

3.2.2.1. Veldbeveiliging

De beveiliging is een autonoom apparaat aan beide zijden van een 150kV hoogspanningsverbinding en heeft als taak een kortsluiting te detecteren. De actie die het apparaat heeft, is een uitschakeling van de vermogensschakelaar om zo de schade aan het defecte deel te minimaliseren en de continuïteit van elektriciteit te waarborgen.

Naast een beveiligingsapparaat zijn de meeste 150kV verbindingen redundant uitgevoerd. Dit wil zeggen dat op het moment dat een verbinding wordt uitgeschakeld een tweede of meerdere verbinding aanwezig is om de continuïteit van elektriciteit te waarborgen. De opbouw van de beveiliging rondom de 150kV-velden is vastgelegd in het beveiligingsconcept van Liandon. Op deze manier zijn de huidige 150kV-velden in onderstation Haarlemmermeer ook opgebouwd. In het kort kan het beveiligingsmodel als volgt worden samengevat.⁽¹⁾

Het beveiligingsmodel bestaat uit:

- Een primair object (bijvoorbeeld een 150kV-verbinding)
- Een hoofd beveiliging
- Een back-up beveiliging
- Een vermogensschakelaar
- Aanvullende maatregelen voor het geval de vermogensschakelaar weigert

De kans dat de hoofd- en back-up beveiliging gelijktijdig weigeren is zeer klein. Weigert de hoofd beveiliging, dan wordt er dus vanuit gegaan dat de back-up beveiliging functioneert. Als de beschikbaarheid van de hoofd beveiliging hoog is, zal de back-up beveiliging niet vaak nodig zijn. Daarom wordt de back-up beveiliging vaak goedkoop gehouden. Verder wordt als beveiligingsrelais een digitaal relais toegepast. Deze relais zijn voorzien van een zelftest met de daarbij horende alarmmeldingen. De zelftest wordt zeer frequent uitgevoerd dus worden eventuele fouten direct gedetecteerd en gemeld, en kunnen er maatregelen worden genomen. Hierdoor bestaat er een geringe kans dat een defect beveiligingsrelais in een bedrijfstaande 150kV-veld onopgemerkt blijft. Om deze reden is er bij Liandon gekozen voor één beveiligingsrelais waarin de hoofd en back-up beveiliging is in ondergebracht. Indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan kan er gekozen worden voor één beveiligingsrelais:

- Een zelftest effectiviteit van 0,9 of hoger.⁽¹⁾
- De beveiligingen van de omliggende onderstations kunnen als back up beveiliging dienen indien deze beveiligingsrelais een distantie functie hebben.

De gebruikte beveiligingsrelais in onderstation Haarlemmermeer zijn van het type Siemens 7SD52. Dit is een combibeveiliging relais met een langsdifferentiaal en een distantie functie. Deze beveiligingsrelais hebben een zelftest effectiviteit van 0,99. Indien in het nieuwe veld een zelfde type beveiligingsrelais wordt toegepast wordt voldaan aan de eerste voorwaarde. De onderstations Vijfhuizen en Sassenheim zijn ook voorzien van het Siemens relais 7SD52. De aanwezige distantie functie dient als back up beveiliging voor onderstation Haarlemmermeer indien door een storing het relais in onderstation Haarlemmermeer niet functioneert.

In het beveiligingsconcept van Liandon⁽²⁾ wordt een onderzoek omschreven voor het toepassen van één beveiligingsrelais. De voorwaarden voor de toegepaste beveiliging staan vermeld op bijlage C – 3.

Indien in onderstation Haarlemmermeer een Siemens combirelais 7SD52 wordt toegepast, dient er aan de andere zijde van de lijn hetzelfde relais geplaatst te worden. Anders kan de langdifferentiaal functie niet werken. De overdracht tussen de twee relais geschiedt middels het de FOX netwerkkast en het cuprum netwerk.

⁽¹⁾ (Nuon Tecno, beveiligingsconcept transportnetten, augustus 2006)

Het toegepaste relais in de 150kV is een zogeheten 'Combirelais'. Als hoofdbeveiliging is een langsdifferentiaal-functie toegepast en als back-up beveiliging een distantie functie. De afschakeltijden voor deze functies zijn:

- Langsdifferentiaal: Deze schakelt direct uit bij een gedetecteerde kortsluiting. In de praktijk zal dit minimaal de tijd nodig zijn die de vermogenschakelaar nodig heeft om uit te schakelen $\pm 40\text{msec}$.
- Distantie functie: Deze schakelt uit na meting van diverse zones.
 - Zone 1 meet 85% van de verbinding, 40msec
 - Zone 2 meet 85% van de eigen verbinding + 85% van de kortste volgende verbinding, 300msec
 - Zone 3 meet 115% van de eigen verbinding + 100% van de langste volgende verbinding, 450msec

Er zit geen groot verschil tussen de eisen van Liandon en TenneT op het beveiligen van de 150kV-verbindingen. TenneT stelt kort samengevat de volgende uitgangspunten en eisen.⁽¹⁾

Het beveiligingssysteem dient zodanig te zijn opgezet dat voldaan is aan een aantal door TenneT opgestelde uitgangspunten die gesteld worden om de continuïteit van de energievoorziening te kunnen waarborgen:

- Iedere netschakel waarop een kortsluiting is opgetreden dient automatisch door het beveiligingssysteem te worden uitgeschakeld.
- Een lijnverbinding 110 kV en 150 kV waarop een kortsluiting optreedt en waarbij slechts één fase getroffen is, wordt definitief driepolig uitgeschakeld.
- Een lijnverbinding 110 kV en 150 kV waarop een kortsluiting optreedt en waarbij twee of drie fasen getroffen zijn wordt definitief driepolig uitgeschakeld.
- Bij een defect in een onderdeel van het beveiligingssysteem dient, na een kortsluiting, de uitschakeling toch zoveel mogelijk te worden beperkt tot het gestoorde component. Enige verlenging van de uitschakeltijd is hierbij acceptabel.

Aan het beveiligingssysteem worden de volgende eisen gesteld.

- Een volledig operationeel beveiligingssysteem dient alleen de verbinding waarop een kortsluiting opgetreden is, binnen 100 ms af te schakelen.
- Bij een enkelvoudige storing in het beveiligingssysteem dient de door een kortsluiting getroffen verbinding zo snel mogelijk doch altijd binnen 300 ms te worden afgeschakeld.
- Om een voldoende hoge betrouwbaarheid te krijgen dient het beveiligingssysteem voor lijnen, kabelverbindingen, transformatoren en generatoraansluitingen te worden voorzien van twee beveiligingen parallel. De beveiligingen dienen te zijn gebaseerd op verschillende meetprincipes of te zijn betrokken van verschillende leveranciers.

Het duidelijke verschil tussen beide concepten is het toepassen van één of twee beveiligingsrelais. TenneT heeft als eis dat beide beveiligingsfuncties in twee aparte apparaten moeten zitten.

Omdat in het onderstation Haarlemmermeer op de 150kV installatie maar één beveiligingsrelais wordt toegepast voldoet dit niet aan de eis van TenneT. Maar aangezien het nieuwe 150kV-veld aan de eisen kan voldoen die omschreven staan in het beveiligingsconcept van Liandon. Is het niet nodig om aan deze eis te voldoen. Dit dient bespreekbaar gemaakt te worden met TenneT

⁽¹⁾ (TenneT, Beveiligingsconcept, november, 2006)

3.2.2.2. Schakelaar reservebeveiliging

Het kan voorkomen dat tijdens een kortsluiting waarbij een vermogenschakelaar uitgeschakeld wordt er een storing of defect in de installatie zit. Dit kan ervoor zorgen dat de vermogenschakelaar van het gestoorde veld niet uitschakelt. Om de schade aan de primaire installatie toch te beperken zit er in elke station een SRB (schakelaar reserve beveiliging). Deze zorgt er voor dat tijdens een kortsluiting waarbij er een weigering in de vermogenschakelaar optreedt de voedende velden in het onderstation worden uitgeschakeld. In Haarlemmermeer kunnen dan drie situaties ontstaan:

- Voor de 10kV geldt dan dat de 50kV transformatoren die de 10kV rail voeden uitgeschakeld worden. Hierbij blijft de rest van het station in bedrijf.
- Voor de 50kV geldt dan dat de 150kV transformatoren uitgeschakeld worden. Hierbij wordt dan ook de 10kV installatie spanningsloos.
- Voor de 150kV installatie geldt dan dat de voedende velden uitgeschakeld worden. Hierbij wordt het gehele onderstation spanningsloos.

De SRVB(Schakelaar Reserve Veld Beveiliging) zoals TenneT het ook wel noemt, treedt in werking wanneer aan twee onafhankelijke criteria, het aanspreek- en het uitschakelcriterium, wordt voldaan. De wachttijd wordt gerealiseerd door een tijdvertraging in het uitschakelcriterium. Deze tijdvertraging dient te worden opgenomen in het veld met de weigerende vermogensschakelaar. Moderne schakelaars met name voor 110 kV en 150 kV toepassing zijn tegenwoordig erg betrouwbaar zeker als de schakelaar niet wordt blootgesteld aan vervuiling van de isolatoren. De kans op primair falen is dan ook gering. Kenmerkend voor het eerste defect is wel dat de hulpcontacten van de schakelaar de uitstand signaleren maar dat de primaire onderbreking niet heeft plaatsgevonden. De kans op het tweede defect kan worden verkleind door het gebruik van hulpvoorzieningen, zoals uitschakelcircuit bewaking en meldrelais.

Het bovenstaande betekent dat de kans op een weigerende schakelaar klein is. Met name in 110 en 150 kV netten moet daarom kritisch worden bezien of een SRBV noodzakelijk is of niet. Het toepassen van SRBV wordt daarom niet verplicht gesteld.

In het onderstation Haarlemmermeer zit op de 150kV een schakelaar reservebeveiliging. Hiermee wordt dus aan de eis van TenneT voldaan.

3.2.3. De storingsanalyse

Om storingsanalyse mogelijk te maken moeten de gegevens over stromen, spanningen, frequenties en (trip)signalen ten opzichte van de tijd worden vastgelegd. Om die analyse mogelijk te maken heeft TenneT de volgende registratiemiddelen in het 150 kV net verplicht gesteld:

- power quality analyser
- storingsschrijver is niet voorgeschreven
- uitleesbare beveiliging: in circuits met digitale beveiliging

In het onderstation Haarlemmermeer is in elk veld een digitaal beveiligingsrelais opgenomen welke na een storing uitgelezen kan worden. Deze gegevens kunnen dan gebruikt worden voor analyse. Tevens is er in het onderstation een storingsschrijver aanwezig. Alleen is deze verouderd en kan niet meer gebruikt worden ten behoeve van analyse na een storing. Een power quality analyser is niet aanwezig in het onderstation.

Gezien de huidige middelen voldoet het onderstation niet aan de eisen van TenneT voor wat betreft de storingsanalyse.

3.2.4. De hulpspanningsvoorziening

3.2.4.1. Algemene opbouw en eis

In ieder onderstation is een veilige en redundante gelijkspanningsvoeding aanwezig ten behoeve van het besturen, meten, signaleren en beveiligen van de primaire installatie. Het onderstation Haarlemmermeer heeft een hulpspanningsinstallatie welke is uitgevoerd met drie gelijkrichters. Deze gelijkrichters zijn van het type D400G108 elk uitgerust met veertig SBL 131-2 nikkel cadmium batterijen. De batterijen zorgen ervoor dat tijdens een black-out de secundaire installatie onder spanning blijft voor een bepaalde tijd. Hierdoor is het mogelijk om nog steeds op afstand of lokaal bedieningshandelingen uit te voeren en zal de beveiliging van de primaire verbindingen nog steeds werken.

De verdeling van de hulpspanning voorziening is als volgt uitgevoerd:

- Gelijkrichter 1 spanningsvoorziening 110 VDC secundaire installatie 150 kV
- Gelijkrichter 2 spanningsvoorziening 110 VDC secundaire installatie 50 kV
- Gelijkrichter 3 spanningsvoorziening 110 VDC secundaire installatie algemeen

De eisen van TenneT zijn beschreven in de TAMS “Energievoorziening ten behoeve van eigenbedrijf op hoogspanningsstations”. OS Haarlemmermeer kan een cruciale rol spelen bij een black-out. Dit omdat er een koppeling gemaakt kan worden tussen twee verschillende 150kV-netten en provincies. Hierdoor valt OS Haarlemmermeer in groep 1⁽¹⁾. Zie bijlage C – 4.

Voor de stations van groep 1 geldt de volgende eis:

- Bij een volledige 'black out' dient het station op basis van noodstroomvoorzieningen volledig functioneel te blijven, zonder beperkingen in het aantal uit te voeren schakelhandelingen of in het te transporteren vermogen gedurende minimaal 24 uur.

3.2.4.2. Berekening tijd eigenbedrijf

Hieronder volgt de berekening van de totale tijd die beschikbaar is mocht het onderstation na een ‘Black-out’ overgaan op zijn eigen energievoorziening.

In onderstaande tabel staat de huidige belasting van de gelijkrichters.

	Spanning (VDC)	Belastingsstroom (A)	Theoretische autonomie-tijd (uur)
Gelijkrichter 1	115	17	7,7
Gelijkrichter 2	115	4	32,8
Gelijkrichter 3	117	8	16,4

TABEL 4 HUIDIGE BELASTING GELIJKRICHTERS

De in de tabel weergegeven theoretische autonometijd geldt bij de weergegeven belastingsstroom en weggevalen netvoeding. Dit is dus de tijd waarbij de accu's de gevraagde belastingstroom kunnen leveren.

Om de autonomie tijd van de statische no break te verhogen, is een vast opgestelde nood stroomaggregaat aanwezig met een vermogen van 60 kVA.

⁽¹⁾ (TenneT, Energievoorziening t.b.v. eigenbedrijf op hoogspanningsstations, april, 2006)

Wanneer het rendement van de gelijkrichter op 70% wordt gesteld. Betekend dit het volgende:

Primaire belastingstroom gelijkrichter 1 is bij 70% 17 A (zie tabel), bij 100% wordt dit:

$$I_{AC,glr1} = \frac{(100 \cdot 17 A)}{70} = 24,29 A \quad \#1$$

Theoretisch kan over de gelijkrichter gezegd worden dat:

$$P_{pr} = P_{sec} \Rightarrow U_{pr} \cdot I_{pr} = U_{sec} \cdot I_{sec} \Rightarrow I_{pr} = \frac{U_{sec} \cdot I_{sec}}{U_{pr}} \quad (\text{theoretische benadering}) \quad \#2$$

Dit betekend voor de primaire stroom:

$$I_{AC,prim1} = \frac{(U_s \cdot I_s)}{U_p} = \frac{(110 VDC \cdot 24,29 A)}{230 VAC\sqrt{3}} = 6,68 A \quad \#3$$

Primaire belastingstroom gelijkrichter 2 is bij 70% 4 A (zie tabel), bij 100% wordt dit:

$$I_{AC,glr2} = \frac{(100 \cdot 4 A)}{70} = 5,71 A \quad \#4$$

Ook hier geldt vergelijking #2 en wordt de primaire stroom voor de gelijkrichter:

$$I_{AC,prim2} = \frac{(U_s \cdot I_s)}{U_p} = \frac{(110 VAC \cdot 5,71 A)}{230 VAC\sqrt{3}} = 1,57 A \quad \#5$$

Primaire belastingstroom gelijkrichter 3 is bij 70% 8 A (zie tabel), bij 100% wordt dit:

$$I_{AC,glr3} = \frac{(100 \cdot 8 A)}{70} = 11,43 A \quad \#6$$

Ook hier geldt vergelijking #2 en wordt de primaire stroom voor de gelijkrichter:

$$I_{AC,prim3} = \frac{(U_s \cdot I_s)}{U_p} = \frac{(110 VAC \cdot 11,43 A)}{230 VAC\sqrt{3}} = 3,14 A \quad \#7$$

De totale belastingstroom is de som van #3, #5 en #7 komt dan uit op:

$$I_{tot} = I_{AC,prim1} + I_{AC,prim2} + I_{AC,prim3} = 3,86 A + 0,91 A + 1,81 A = 11,39 A \quad \#8$$

Het vermogen van het dieselaggregaat is een gegeven en is 60 kVA. Er wordt van uitgegaan dat de arbeidsfactor 0,8 is. Het werkelijk vermogen wordt dan:

$$P_w = \cos \varphi \cdot P_s = 0,8 \cdot 60 kVA = 48 kW \quad \#9$$

Dit betekent dat de maximale stroom wat de generator kan leveren wordt:

$$P_s = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \Rightarrow I_{gen} = \frac{P_s}{(U \cdot \sqrt{3})} = \frac{48000 W}{(400 \cdot \sqrt{3})} = 69,3 A \quad \#10$$

Wanneer de gelijkrichters worden gevoegd door het nood stroomaggregaat nemen deze 9,49 % van het aggregaatvermogen voor hun rekening.

$$\text{Percentage } I_{tot} \text{ van } I_{gen} \frac{11,39}{69,3} \cdot 100\% = 16,44 \% \quad \#11$$

Op het moment dat het noodstroomaggregaat in werking treedt, maakt men onderscheid in preferente en niet preferente groepen. Mocht het aggregaat in dat geval voor 100% volledig belast zijn met de preferente groepen dan is de tijd die de aggregaat de gelijkrichters kan voeden te berekenen aan de hand van het brandstofverbruik.

Brandstofverbruik Ford 2725E is:

$$255 \text{ gr/kW/uur} = 255 \frac{\text{gr}}{\frac{\text{kW}}{\text{uur}}}$$

Brandstofvoorraad

$$0,38 \text{ m}^3 = 380 \text{ liter}$$

Soortelijke massa

$$\rho_{\text{diesel}} = 845 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,845 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

Hiermee kan de massastroom ϕ_m uitgerekend worden:

$$\phi_{m,br} = 255 \frac{\text{gr}}{\frac{\text{kW}}{\text{uur}}} \cdot 48 \text{ kW} = 12240 \frac{\text{gr}}{\text{uur}} \quad \#12$$

En de volumestroom ϕ_v uitgerekend worden:

$$\phi_{v,br} = \frac{12,24 \frac{\text{kg}}{\text{uur}}}{0,845 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 14,485 \frac{\text{dm}^3}{\text{uur}} \quad \#13$$

Nu kan uitgerekend worden hoe lang de generator kan draaien op 380 liter diesel.

$$T_{gen} = \frac{\text{brandstofvoorraad}}{\phi_{v,br}} = \frac{380 \text{ dm}^3}{14,485 \frac{\text{dm}^3}{\text{uur}}} = 26,2 \text{ uur} \quad \#14$$

De totale tijd waarbij OS Haarlemmermeer op eigen bedrijf kan draaien is dan:

$$T_{accu} + T_{gen} = 7,7 \text{ uur} + 20,99 \text{ uur} = \mathbf{34 \text{ uur}} \quad \#15$$

Bij deze berekening is alleen rekening gehouden met de nominale stroom die loopt op het moment dat het onderstation in rust is. Wanneer er wordt uitgegaan van een 'worst case scenario' waarbij alle vermogensschakelaar tegelijk uitgeschakeld moeten worden van bijvoorbeeld de 150kV-verbindingen, dan dienen de stromen van alle uitschakelspoelen hierbij nog opgeteld te worden.

Met deze tijd wordt voldaan aan de eis van TenneT van 24 uur beschikbaarheid.

3.3. Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat, indien er een veldbesturingskast ten behoeve van de bediening en signalering van het nieuwe 150kV wordt gebruikt, er pas aan de eis van TenneT kan worden voldaan als de communicatie richting het bedrijfsvoeringcentrum volledig redundant wordt gemaakt. Op dit moment is alleen de communicatieverbinding redundant. De communicatieapparatuur is niet redundant. Deze zal uitgebreid moeten worden met een extra processorkaart en een voeding. Er wordt dan ook aanbevolen om de communicatieapparatuur voor de verbinding naar het bedrijfsvoeringcentrum, het FOX-systeem uit te breiden met de benodigde componenten.

Voor de beveiliging geldt dat het toegepaste beveiligingsconcept van Liander niet aansluit op het beveiligingsconcept van TenneT aangaande het toepassen van beveiligingsrelais. In het gebied van Liander waar voorheen ook de 150kV onder viel, wordt al langere tijd het concept van twee redundante beveiligingsrelais niet meer toegepast. Na een eerdere studie is gebleken dat de huidige techniek van dermate kwaliteit is dat er voldoende bedrijfszekerheid geboden kan worden door het toepassen van één beveiligingsrelais per veld. Dit heeft zeker de voorkeur omdat dit goedkoper is dan het toepassen van twee relais. De aanbeveling is dan ook één beveiligingsrelais van het type Siemens Combi relais 7SD52 toe te passen. En de eis van TenneT voor het toepassen van twee relais met behulp van het beveiligingsconcept te weerleggen.

De aanwezigheid van een SRB, ook wel schakelaar reservebeveiliging genoemd, is voldoende om aan de eis van TenneT te voldoen. Hieruit volgen dan ook geen aanbevelingen.

Voor de storingsanalyse in een onderstation stelt TenneT de eis dat naast een digitaal uitleesbaar beveiligingsrelais een power quality analyser (PQA) geplaatst dient te worden. Op dit moment is er geen PQA aanwezig. Er zit wel een storingsschrijver in onderstation Haarlemmermeer, maar deze wordt niet meer gebruikt in verband met de ouderdom. Deze storingsschrijver was ook overbodig omdat de beveiligingsrelais over een interne storingsschrijver beschikken. Bij een sluiting waarbij het relais gewerkt heeft worden de gemeten waarden opgeslagen in het relais. De gegevens zijn geschikt voor een storingsanalyse. Het nadeel is dat de beveiligingsrelais alleen gaan meten als er een fout geconstateerd is. Een PQA kan ook gebruikt worden om tijdens normaal bedrijf de kwaliteit van de spanning in de gaten te houden. Ook bij storingen ergens anders in het 150kV net kan met de meetgegevens van de PQA een beter beeld gegeven worden van het storingseffect. Om deze redenen wordt het aanbevolen om een PQA te plaatsen in het onderstation en zo ook aan de eis van TenneT te voldoen.

Na de berekeningen aan de hulpspanningvoorziening is gebleken dat deze genoeg capaciteit heeft om aan de eis van TenneT te voldoen. De eis was dat deze installatie minimaal 24 uur het gevraagde vermogen moest leveren tijdens een black out, zodat het onderstation zijn functie kan behouden. Hieruit volgen dan ook geen aanbevelingen.

4. De stationsautomatisering

4.1. Inleiding

Om een goede bedrijfsvoering mogelijk te maken, is het nodig om zoveel mogelijk gegevens beschikbaar te hebben van het primaire proces. Dit proces is het transport van energie. Onder de gegevens wordt verstaan de standen van alle te schakelen objecten, de actuele stromen en spanningen, de status van alle gebruikte apparatuur en installatie die het primaire proces ondersteunen of bewaken. Dit wordt ook wel het bedienen, besturen en bewaken van het primaire proces genoemd.

Onder bedienen wordt verstaan het bedienen van alle vermogensschakelaar, scheidingsschakelaars, aardingsschakelaar en regelschakelaars. De regelschakelaars worden gebruikt om de secundaire spanning van de energietransformatoren te regelen. Dit kan zowel automatisch al handmatig gebeuren.

Er zal onderzoek gedaan worden naar de status van de huidige automatisering en de mogelijkheid van uitbreiding voor het nieuwe 150kV veld. Indien uitbreiding niet mogelijk is zal er een onderzocht worden of er een alternatief mogelijk is. Hierbij wordt ook naar de risico's gekeken indien er een alternatief toegepast zou gaan worden.

4.2. Omschrijving huidige automatisering

Het automatiseringssysteem in OS Haarlemmermeer is opgebouwd uit de volgende componenten:

- 7 x een Masterpiece 240/1, dit worden ook wel nodes genoemd. Vanuit de nodes worden de verschillende hoogspanningsinstallaties aangestuurd. Elke node heeft een eigen programmering voor de aangesloten velden. De nodes zijn verbonden met elkaar middels een Masterbus systeem.
- 1 x een Master view 830/1, op deze node is het beeldscherm en toetsenbord aangesloten welke het mogelijk maakt om lokaal te bedienen.

De leverancier van het systeem is ABB Nederland. Het systeem is in 1993 in bedrijf genomen. De levensduur van het systeem is gesteld op 15 jaar. Zie bijlage D – 1 voor een overzicht van de installatie.

Het ABB Master systeem heeft in het kort de volgende functionaliteiten:

- Besturing
- Vergrendeling
- Tijd - volgorde registratie
- Alarmering
- Spanningsregeling
- Externe kloksync d.m.v. GPS (Global Positioning System)
- Trending
- Seriële SPA – bus communicatie
- Seriële verre bediening via het ADLP80 protocol

4.3. Onderzoek naar de huidige problematiek

De volgende hoofdstukken beschrijven de huidige problematiek rondom het automatiseringssysteem en de gevolgen van de uitbreiding die nodig is in het onderstation.

4.3.1. Onderzoek naar het stoorgedrag

Recente storingslijsten wijzen uit dat de stationsautomatisering van het OS Haarlemmermeer zeer gevoelig is voor storingen. Vanaf de periode 2003 tot maart 2009 zijn alleen al 47 storingen geweest betreffende het automatiseringssysteem. Een kleine sommatie van de signalen volgt hieronder:

- Gestoord geen andere waarneming.
Hierbij stonden verschillende nodes in storing, wat resulteerde in het niet weergeven van standen lokaal en afstand en het spontaan melden van signalen. Dit heeft een negatief effect op de bedrijfszekerheid omdat overbelastingen en spanningsproblemen niet of te laat gemeld worden.
- Communicatie- of overdrachtproblemen.
Bij deze storingen was geen zicht of bediening mogelijk vanuit het bedrijfsvoeringcentrum of was te regeling van de transformatoren buiten bedrijf. Dit heeft een negatief effect op de bedrijfszekerheid omdat overbelastingen en spanningsproblemen niet of te laat gemeld worden.
- Problemen met signalering.
Het spontaan komen van signalen. Deze signalen verdwenen pas weer als het signaal daadwerkelijk werd gegeven. Hoe dit mogelijk was is nog niet duidelijk. Dit heeft een negatief effect op de bedrijfszekerheid omdat de echte signalen niet meer door kunnen komen of men gaat twijfelen aan de echtheid van signalen.
- Standfout of verkeerde positie.
Naast het wegvallen van de schakelaarstanden is het ook voorgekomen dat de standen niet juist werden weergegeven. Het gevolg hiervan was blokkering van regelingen of het niet kunnen bedienen van schakelaars en of scheidrs. Dit heeft een negatief effect op de bedrijfszekerheid omdat overbelastingen en spanningsproblemen niet of te laat gemeld worden.

Het stoorgedrag van een installatie kan vergeleken worden met de badkuip karakteristiek. De zogenaamde badkuipcurve laat de levensduur van een installatie zien in een grafiek. Op het moment dat een installatie in bedrijf wordt genomen, zullen er altijd kinderziektes in zitten, en aan het einde van de levensduur treden er juist meer storingen op in verband met slijtage aan de apparatuur. Tussen deze periodes zullen geen of nauwelijks storingen zijn.

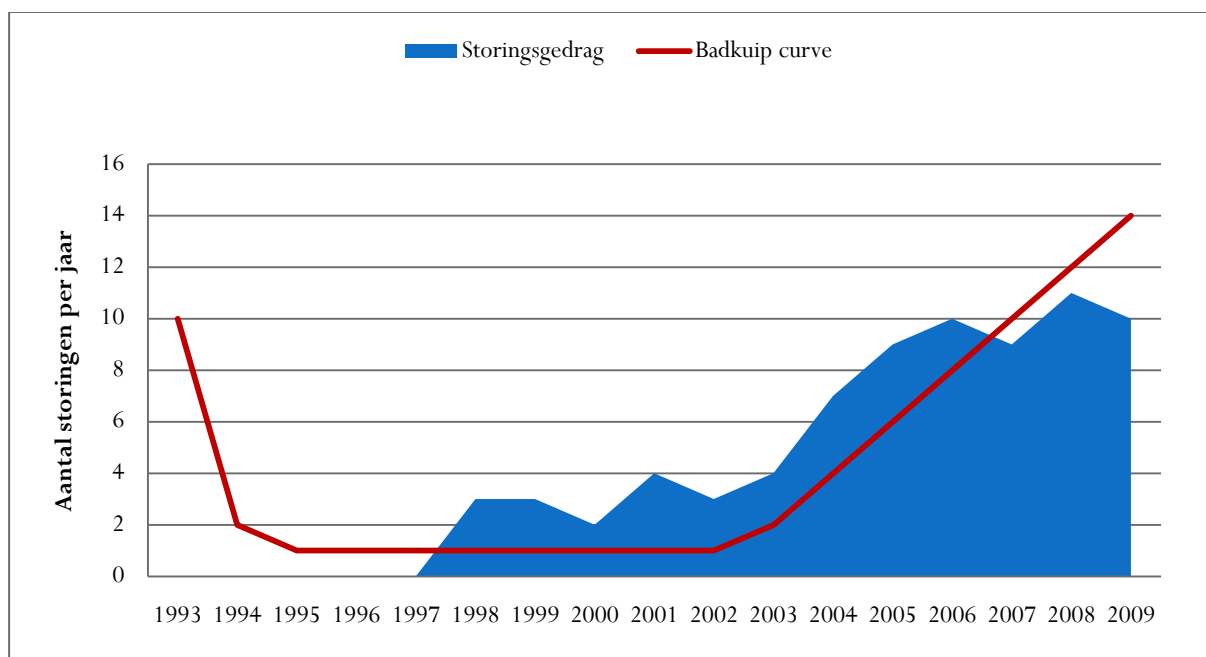
De volgende grafiek laat het storingsgedrag van de automatisering in OS Haarlemmermeer zien vergeleken met de badkuip karakteristiek. Van de storingen vanaf 1993 t/m 1997 zijn geen gegevens meer beschikbaar dus deze zijn niet opgenomen in de grafiek. Uit de storingsgegevens kon alleen de MTBF weergegeven worden. MTBF staat voor Mean Time Between Failure of ook wel de gemiddelde tijd tussen falen. De MTTF (Mean Time Till Fail), MTTD (Mean Time Till Diagnose) en MTTR (Mean Time Till Repaire) konden niet achterhaald worden of deze waren niet betrouwbaar voor een verdere berekening. Wel is er bekend dat de langste storing 3 weken duurde waarbij het onderstation continu bemand moest zijn.

In tabel 5 staat de MTBF per jaar van de stationsautomatisering in onderstation Haarlemmermeer. Hierbij moet gezegd worden dat de MTBF een gemiddelde zijn. En hierbij is de lengte van de storing niet in meegenomen. De MTBF wordt weergegeven in dagen en er is uit gegaan van 365 dagen in een jaar. De up- time van de stationautomatisering is 99,99% (de eis van Liander aan leverancier).

JAAR	Aantal storingen	MTBF = aantal dagen inbedrijf / aantal storingen
1998	3	$365/3 = 121,67$ dagen
1999	3	$365/3 = 121,67$ dagen
2000	2	$365/2 = 182,5$ dagen
2001	4	$365/4 = 91,25$ dagen
2002	3	$365/3 = 121,67$ dagen
2003	4	$365/4 = 91,25$ dagen
2004	7	$365/7 = 52,14$ dagen
2005	9	$365/9 = 40,55$ dagen
2006	10	$365/10 = 36,5$ dagen
2007	9	$365/9 = 40,55$ dagen
2008	11	$365/11 = 33,18$ dagen
2009	10	$365/10 = 36,5$ dagen

TABEL 5 MTBF STATIONS-AUTOMATISERING

Gemiddelde MTBF over de periode 1998 t/m 2009 is 58,4 dagen.



FIGUUR 25 STORINGSGEDRAG HUIDIGE AUTOMATISERING

Wat opvalt uit de grafiek is dat het storingspatroon van de stationautomatisering in Haarlemmermeer in lijn is met het verwachtingspatroon van de badkuip curve. Hieruit kan men concluderen dat de stationautomatisering aan het einde van zijn levensduur is.

4.3.2. Voorraad

Indien de uitbreiding van het nieuwe veld in de bestaande automatisering zal plaatsvinden zal er extra hardware besteld en geplaatst moeten worden. Uit nader onderzoek is gebleken dat er geen hardware meer besteld kan worden bij de fabrikant.

Op 16 juli 2009 meldde de leverancier dat de producten die in OS Haarlemmermeer zijn toegepast de status 'Obsolete' hebben gekregen. De is de laatste status die de fabrikant aan een product kan geven. Zie bijlage D – 2.

Obsolete betekent:

- Geen ondersteuning meer van het product, omdat:
 - De fabrikant niet meer instaat is om dit product technisch te ondersteunen.
 - Het commercieel niet meer uitvoerbaar is.
 - Veel producten meer dan 20 jaar al ondersteund zijn door de fabrikant.

Binnen de eigen organisatie is nog wel enig voorraad aanwezig. Maar omdat het ABB systeem in meerdere onderstations is gebouwd, is de voorraad nodig als storingsvoorraad. Hieruit mag dus niet de uitbreiding mee worden bevoorraadt.

4.3.3. Kennis

Een ander punt omtrent de problematiek is kennis. Bij de leverancier is bijna geen kennis meer aanwezig over de gebruikte systemen. Dit omdat de personen die deze kennis machtig waren met pensioen zijn. Op dit moment zijn er nog 2 personen aanwezig bij de leverancier die enige kennis hebben van het programmeren.

Binnen de eigen organisatie beperkt de kennis van de programmatuur zich enkel tot het maken van back-ups of het maken van kleine aanpassingen. Dit is onvoldoende om een uitbreiding te realiseren.

4.4. Mogelijke oplossingen ten behoeve van de uitbreiding

4.4.1. Inleiding

Uit het vorig onderzoek is gebleken dat het geen goede keus is om de bestaande automatisering te gaan uitbreiden. In dit hoofdstuk worden verschillende opties beschreven voor de uitbreiding. Hierbij zal ook worden aangegeven wat de voor en nadelen zijn en de eventuele risico's.

4.4.2. Optie 1, uitbreiden bestaande installatie

De bestaande installatie wordt uitgebreid met dezelfde hardware zoals in de bestaande velden. Het voordeel hiervan is dat de engineering van de hardware een geringe investering zal zijn. Dit omdat het nieuwe veld dan op exacte zelfde manier opgebouwd wordt als de bestaande. Ook het huidige beveiligingsconcept van Alliander kan dan ongewijzigd blijven.

Het grote nadeel hierbij is dat de hardware slecht tweedehands beschikbaar is. Bijkomend probleem hierbij is dat de prijs voor deze onderdelen erg hoog zullen zijn en er geen garantie op de onderdelen gegeven kan worden. Naast de uitbreiding van de hardware zal ook de software aangepast worden. Zoals eerder vermeld is de kennis van de software beperkt aanwezig. Er wordt door ABB geen vaste prijs afgegeven voor het programmeren en men kan geen garantie afgeven op de werking.

Het risico bestaat dat de bestaande installatie die nu operationeel is tijdens of door de uitbreiding defect raakt. Het gevolg hiervan is de bedrijfsvoerder in het bedrijfsvoering centrum geen zicht meer heeft op het onderstation en dus geen bedieningshandelingen meer kan verrichten. Ook bestaat er de mogelijkheid dat spanningsregeling in het station niet meer mogelijk is. Dit is een ongewenste situatie en heeft een negatief effect op de kwaliteit van energielevering.

4.4.3. Optie 2, veldbesturing volgens TenneT

Als tweede optie kan gekozen worden voor een veldbesturingskast volgens de voorschriften van TenneT. Voor het nieuwe 150kV wordt dan een veldbesturingskast geplaatst die de besturing regelt buiten de huidige automatisering om. De signalen en standen afkomstig van het nieuwe veld worden dan middels een tweede verbinding richting het Landelijk bedrijfsvoering centrum van TenneT doorgegeven.

De veldoverschrijdende schakelvoorwaarden wat betreft het bestaande koppelveld dienen dan wel geprogrammeerd te worden in het bestaande systeem. Bovenop de investering ten behoeve van de uitbreiding zal er een investering in hard- en software engineering gedaan moeten worden om de nieuwe installatie te integreren in de bestaande.

Het risico hierbij zit hem nu niet in het toepassen van oude hardware, maar meer in het programmeren van de extra ingangen die nodig zijn voor schakelvoorwaarden. De risico's zijn dan hetzelfde als bij optie 1. Er wordt niets verbeterd aan de onbetrouwbaarheid. Tevens wordt er een situatie gecreëerd waarbij de besturing en opbouw van 1 veld sterk afwijkt van de andere velden. Hierdoor wordt het beheer van de installatie niet eenvoudiger.

4.4.4. Optie 3, veldbesturing op alle 150kV velden

De derde mogelijke optie is het vervangen van de besturing voor alle 150kV velden in OS Haarlemmermeer. De investering nodig in soft – en hardware kan nu verdeeld worden over 8 velden. Voor wat betreft de 150kV-velden is dit een verantwoorde oplossing die volgens TenneT – standaarden kan worden opgebouwd. Er zal echter nog wel een investering gedaan moeten worden om de bestaande 150kV uit de oude besturing te halen. En dan voornamelijk uit de bestaande HMI. Het tweede probleem dat ontstaat is de koppeling voor de transformatorvelden. Bij een 150kV/50kV/10kV transformator dient er informatie uitgewisseld te worden met betrekking tot de standen van de schakelaars rondom de transformator.

De risico's bij deze optie zijn nog steeds dat er geprogrammeerd zal moeten worden in de bestaande automatisering. Mocht er voor deze optie gekozen worden, dan zal men een overnameplan moeten schrijven om één voor één de velden om te bouwen. Het risico hier zit in de schakelvoorwaarden, op het moment dat er één veld is omgebouwd kan er niet meer aan de voorwaarden voldaan worden om te schakelen. Een oplossing hiervoor is om de schakelvoorwaarden tijdelijk buiten gebruik te stellen. Maar hierdoor zal wel de veiligheid in het onderstation in gebreke komen.

4.4.5. Optie 4, vervangen volledige stationsautomatisering

Zoals eerder genoemd is TenneT in de toekomst verantwoordelijk voor alle 150kV velden en verbindingen. De standaard die TenneT stelt aan de installatie wijkt af van de bestaande situatie.

Ook zijn door Alliander al diverse mogelijkheden onderzocht om de oude RTU's in de 50kV/10kV stations te vervangen.

Door het compleet vervangen van de stationsautomatisering kan er een verantwoorde scheiding gemaakt worden tussen de 150kV en de 50kV/10kV-installatie. De informatie tussen beide systemen kan eenvoudig uitgewisseld worden ten behoeve van de transformatorvelden. De investering kan nu verdeeld worden over het gehele station. Bovendien biedt dit een mogelijkheid om extra functionaliteit zoals foutplaats locatie en kwaliteitsmetingen toe te passen.

De risico's, zoals besproken in de eerdere opties omtrent de oude installatie, zijn hier niet meer van toepassing. Er wordt een goed beheersbare installatie opgeleverd. Voor het bepalen van de risico, dient een onderzoek gestart te worden voor de totale vervanging van de automatisering, met daarbij een stappenplan voor het één voor één ombouwen van de 150kV/50kV en 10kV-velden.

4.5. Conclusie

In dit hoofdstuk zijn alle problemen besproken die zich op dit moment voordoen in de bestaande automatisering. Hieronder volgt een opsomming:

- Uitbreidbaarheid: de huidige automatisering kan niet meer of nauwelijks uitgebreid worden met onderdelen omdat deze niet meer gemaakt worden.
- Stoorgedrag: het aantal storingen in de installatie neemt toe. Dit zijn soms ook onverklaarbare storingen. Hierdoor wordt het steeds moeilijker om het systeem goed te beheren.
- Voorraad: er is nauwelijks tot geen voorraad meer aanwezig voor de gebruikte onderdelen. Dit geldt voor zowel de fabrikant als binnen de eigen organisatie.
- Kennis: er is nauwelijks tot geen kennis meer aanwezig van de toegepaste programmering. Dit geldt voor zowel de fabrikant als voor de eigen organisatie.

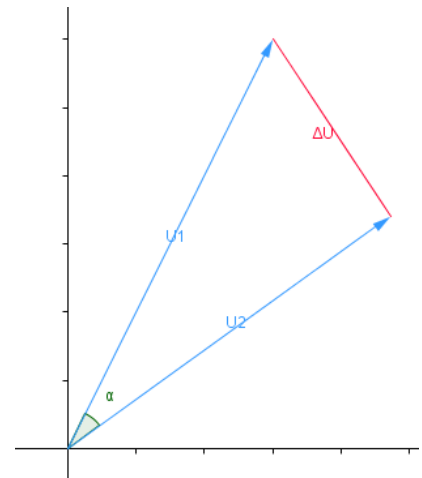
Als aanbeveling wordt gegeven om de bestaande stationsautomatisering niet meer uit te breiden, en hiervoor in de plaats het nieuwe veld te voorzien van een veldbesturingskast volgens de specificaties van TenneT. De benodigde informatie voor de schakelvoorwaarde voor het 150kV-koppelveld dient wel geprogrammeerd te worden in de bestaande automatisering. De benodigde informatie die hiervoor nodig is zijn de standen van de railscheidings-schakelaars. Ook moet het veld op de bestaande HMI (human machine interface) getekend worden. Dit is nodig om een compleet overzicht te krijgen van de 150kV-installatie. Zonder dit veld kunnen onveilige situaties ontstaan omdat de kans bestaat dat dit veld wordt vergeten indien een rail vrijgemaakt dient te worden in verband met werkzaamheden. Bij deze aanbeveling behoort dan optie 2.

Optie 3 en 4 vallen buiten deze uitbreiding omdat het project dan zeer waarschijnlijk de kosten overschrijdt. Na de uitbreiding kan dan begonnen worden met de vervanging van de totale stationsautomatisering. Een tweede aanbeveling is dat er een onderzoek gestart moet worden voor deze vervanging.

5. De synchrocheck in de 150kV

5.1. Inleiding

Voor het koppelen van onder spanning staande 150kV-netdelen wordt gecontroleerd of de spanning van de beide netdelen overeenkomen in amplitude, hoek en frequentie, voordat daadwerkelijk tot koppeling wordt overgegaan. Indien dit niet gebeurt bestaat de kans dat door een hoek- of faseverschil er een te grote vereffeningstroom gaat lopen die erin kan resulteren dat de beveiliging van het te koppelen veld deze stroom als kortsluiting ziet en meteen weer uitschakelt. De stroom De stroom wordt bepaald door het spanningsverschil ΔU (zie Figuur 26 Fase verschil spanningen) en de impedantie van het hoogspanningsnet. Deze controle van spanning- hoek- en frequentieverschil wordt ook wel de synchrocheck genoemd. De synchrocheck wordt uitgevoerd in het 150kV-station bij het inschakelen van de vermogensschakelaar. Bij het aanbouwen van een extra veld in het onderstation Haarlemmermeer dient dit veld ook opgenomen te worden in de aanwezige synchrocheck. Dit hoofdstuk omschrijft de



FIGUUR 26 FASE VERSCHIL SPANNINGEN

huidige synchrocheck in OS Haarlemmermeer, de mogelijkheid voor uitbreiding en een alternatief voor de bestaande synchrocheck.

5.2. Werking huidige synchrocheck

Voordat er met een hoogspanningsverbinding geschakeld kan worden, dient een richting te voldoen aan bepaalde schakelvoorwaarden. Deze schakelvoorwaarden dienen er voor om de hoogspanningsinstallatie en uiteraard de veiligheid van mensen in een hoogspanningsstation te beschermen tegen een verkeerde menselijke schakelhandeling. De synchrocheck valt ook onder deze schakelvoorwaarden.

De controle van de synchronisatie wordt uitgevoerd tussen de spanning van de spanningskernen op het kabel/lijnveld welke dient te worden ingeschakeld in vergelijking met een spanning van op de rail. Op het moment van inschakelen wordt de spanning van de lijn of kabel vergeleken met de aanwezige spanning op de rail. Omdat er geen spanningstransformatoren op de rail aanwezig zijn in het onderstation, dient een imitatie railspanning te worden gecreëerd. De schakeling is zo ontworpen dat het niet mogelijk is om de spanning van 2 of meer spanningstransformatoren te koppelen. Mocht er een koppeling ontstaan tussen verschillende spanningstransformatoren dan ontstaan er door een verschil in de afgegeven spanning zwervstromen in het circuit. Dit kan er tot leiden dat de zekeringen gaan werken.

Werking huidige synchrocheck

Bij deze beschrijving van de werking hoort bijlage C – 1, tekeningen synchrocheck OS Haarlemmermeer. De synchrocheck in OS Haarlemmermeer kan worden opgedeeld in 2 delen:

- De spanningscontrole en selecteren van de imitatie railspanning.
- En de daadwerkelijke synchrocheck met de als doel het inschakelen van de vermogensschakelaar.

Van elke 150kV veld worden de drie fase spanningen L1, L2, L3 en de Nul aangeboden aan een minimum spanning relais ($3U <$). Zie sheet 09.11 t/m 09.14. De spanning afkomstig van een veld dient hoger dan 75% van de nominale spanning te zijn. De overzetverhouding van de spanningstransformatoren zijn $\frac{150000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}}$. Dit betekent dat de spanning gemeten aan de secundaire zijde van de spanningstransformatoren hoger dan $0.75 \cdot 100V = 75V$ moet zijn. Hiermee wordt gecontroleerd dat de 150kV verbinding vanaf de andere zijde onder spanning

staat.

Op sheet 09.16 staat de selectie getekend voor de imitatie railspanning afgebeeld. Als bijvoorbeeld: veld 1555 reeds ingeschakeld is op rail A dan zullen de contacten VS en RSA gesloten zijn. Contact U23.113 is het contact van het minimum spanningsrelais. Als de spanning boven de 75V ligt zal ook dit contact gesloten zijn en wordt relais U15.113 bekrachtigd. Dit relais zorgt er dan voor dat de overige velden worden onderbroken.

Hierdoor wordt het onmogelijk gemaakt om meerdere spanningstransformatoren secundaire te koppelen. Relais U15.113 zorgt er tevens voor dat de aangeboden spanning wordt doorgezet op de imitatie railspanningring (zie sheet 09.12). Deze spanning zal dan gebruikt worden voor elk veld dat ingeschakeld zal worden op de A rail. Uiteraard geldt dit ook voor de B rail. De daadwerkelijke synchrocheck staat afgebeeld op sheet 90.15. Wanneer nu veld 1553 ingeschakeld wordt op rail A door een in – commando zal de spanning van de spanningstransformator van veld 1553 aangeboden worden op het synchrocheck relais. In dit geval de SPAU 140C van ABB. Indien de amplitude en hoek van de aangeboden spanning binnen de marges ligt ten opzichte van de imitatie railspanning zal de SPAU 140C het commando doorzetten naar de vermogenschakelaar en wordt er daadwerkelijk ingeschakeld. Elke 150kV veld kan twee verschillende commando's geven. Één is een combinatie van een in – stand van railschakelaar A met een stuurcommando voor de VS. En de ander een combinatie van een in – stand van railschakelaar B met een stuurcommando voor de VS.

De benodigde informatie nodig voor de synchrocheck is:

- Standmelding van de RSA, RSB van alle 150kV velden.
- Standmelding van de VS van alle velden.
- De secundaire 3-fasen spanning van de spanningstransformator ten behoeve van de imitatie railspanning.
- De secundaire 3- fasen spanning van het te inschakelen 150kV-veld.
- Een commando afkomstig van de automatisering of bedrijfsvoeringcentrum in combinatie met de keuze voor rail A of rail B.

5.3. Onderzoek naar mogelijke uitbreiding

5.3.1. Algemeen

Tijdens het onderzoek naar de mogelijk van de uitbreiding van de synchrocheck zijn de volgende onderdelen onderzocht.

- Is het technisch mogelijk om de bestaande installatie uit te breiden, en zo ja is er ruimte in de bestaande kasten voor een uitbreiding?
- Wat is het eventuele effect als de bestaande installatie uitgebreid wordt?
- Is er een alternatief beschikbaar indien de vorige punten niet mogelijk zijn?

De onderzoeksmethode die gebruikt is, bestaat uit het verzamelen van de tekeningen, het op locatie bekijken van de mogelijke uitbreiding in de installatie, en de navraag bij de leverancier voor de eventueel benodigde onderdelen. Daarnaast is er gekeken of er een goed alternatief is.

5.3.2. Resultaten onderzoek

Na het bestuderen van de tekeningen van de synchrocheck installatie is duidelijk geworden dat het technisch mogelijk is om de bestaande installatie voor de synchrocheck uit te breiden met een extra 150kV-veld. Dit is al vanaf de bouw voorbereid. De stroomkring schema van de synchrocheck is terug te vinden op de volgende tekeningen.

- Tekening nummer 9AJE005627
 - Sheet 09.11 t/m 09.19 betreft stroomkring schema synchrocheck

Tekening 9AJE005627 sheet 09.14

In de huidige situatie zijn nu drie velden aangesloten op de synchrocheck, dit zijn veld A, B en C. Dit zijn de twee verbindingen richting onderstation Vijfhuizen en één verbinding richting onderstation Sassenheim. Het vierde veld D is bedoeld voor een toekomstig veld. Op deze tekening is te zien dat de aangeboden lijnspanning van het toekomstige veld aangeboden wordt voor de imitatie railspanning via de relais +U15.137 en +U15.337. Deze relais zijn reeds aanwezig in de installatie. Als extra controle op de aangeboden spanning is het minimumspanning relais 3U< benodigd. Dit relais is niet aanwezig in de installatie en zal dus besteld moeten worden.

Tekening 9AJE005627 sheet 09.15

Op sheet 09.15 is te zien dat voor de imitatie railspanning ruimte is gepland voor het toekomstige veld D. De benodigde relais voor het aanbieden van deze spanning op de synchrocheck relais de SPAU 140C zijn reeds aanwezig. Dit zijn de relais +U19.313 en +U19.325.

Tekening 9AJE005627 sheet 09.16

Op deze tekening staat het stroomkringschema voor de nabootsing van de railspanning. Ook hier is rekening gehouden met het toekomstige veld D. De relais +U15.137 en +U15.337 zijn zoals al duidelijk was op sheet 09.14 reeds aanwezig. Echter het maakcontact van het minimumspanning relais niet.

Tekening 9AJE005627 sheet 09.18

Op deze tekening staat het stroomkringschema afgebeeld van het stuurcommando van de huidige automatiserings-systeem. Hier staan ook de reeds aanwezige relais +U19.313 en +U19.325 afgebeeld. In plaats van de sturing uit de bestaande automatiseringssysteem kan ook gekozen worden voor een sturing vanuit een ander besturingssysteem. De contacten +U03.355A en +U03.355B kunnen dan vervangen worden door de contacten vanuit de nieuwe automatisering.

Naast de minimumspanning relais zijn ook nog de volgende relais benodigd. Deze zijn nodig om het uiteindelijke commando richting de vermogenschakelaar te geven. En de relais benodigd voor het weergeven van de standen van de Railscheidingsschakelaars A en B, de vermogenschakelaar, de kabelscheidingsschakelaar en de kabelaringsschakelaar. In het kort weergegeven dienen de volgende relais te worden besteld.

- 1 maal het minimumspanning relais 3U< RXOTD4
 - Ordernummer: RK433 001 AA (NIET MEER LEVERBAAR)
 - Leverancier: ABB Nederland
- 2 maal de 'Auxiliary, signaling and tripping relays RXMH 2'
 - Ordernummer: RK223 068 AD
 - Leverancier: ABB Nederland

- 5 maal de ‘Auxiliary, signaling and tripping relays RXMA1’
 - Ordernummer: RK211 074 AD
 - Leverancier: ABB Nederland

Omdat de catalogus van de leverancier niet meer up to date is, is voor de beschikbaarheid van de relais de webpagina van de leverancier geraadpleegd. Een overzicht van alle beschikbare relais is te vinden op: www.abb.nl

De relais RXMA1 en RXMH2 kunnen nog besteld worden, de ordernummers bij deze relais beschrijven tevens het aantal contacten en benodigde spanning. Dit is terug te vinden in de documentatie van de leverancier⁽¹⁾.

Het probleem ligt bij het minimumspanningrelais. Deze is niet meer leverbaar, dit is ook bevestigd door de leverancier nadat ik de vraag bij hen had neergelegd. Wel is er een vervanger aangeboden de RXEDK 2H maar na het bekijken van de specificaties is gebleken dat dit relais niet voldoet. Onderstaande tabel geeft de belangrijkste verschillen aan per relais.

	RXOTD4	RXEDK 2H
Aantal meetcircuits	3 (3 fasen)	1 (1 fase), dus drie benodigd
Benodigde voedingsspanning	110VDC (standaard aanwezig)	24VDC (niet standaard aanwezig)
Ruimte benodigd in het relais rek	4S 12C (ruimte is gereserveerd, 4S betekend vier plaatsen.)	2S per module (totale benodigde ruimte is dan 2 x 3 is 6 plaatsen, ruimte niet aanwezig.
Aantal contacten	2 x een maak / verbreek contact	3 x een maak / verbreek contact
Instelmogelijkheid	De minimum spanning in procenten.	Minimum en maximum spanning + de benodigde trip of signaal tijden.

TABEL 6 VERSCHILLEN RXOTD4 EN RXEDK 2H

Gekeken naar de belangrijkste verschillen is al te zien dat de vervanging voor RXOTD4 niet geschikt is. Dit vormt dan ook een probleem voor de uitbreiding omdat dit relais een belangrijk onderdeel is van de installatie. Het meet namelijk of de aangeboden spanning wel een echte lijnspanning is dus van een veld wat daadwerkelijk ingeschakeld is.

Omdat er niet een uitbreiding plaats kan vinden in de bestaande installatie is gezocht naar een alternatief. Het beste alternatief is de standaardkast die TenneT gebruikt voor de synchrocheck. Dit wordt de zogenaamde APA kast genoemd. APA staat voor ‘Automatisch Parallelschakel Apparaat’. Dit is een standaardkast waar een synchrocheckfunctie in gebouwd zit. In deze kast kunnen de 150kV velden allemaal aangesloten worden.

De werking van deze synchrocheck berust zich op dezelfde principe als de huidige synchrocheck. De benodigde informatie voor deze APA kast zijn van elk 150kV veld:

- Een standmelding van de railschakelaar A en B
- De lijnspanning per veld, welke gebruikt kan worden voor de imitatierailspanning of bij het inschakelen voor de referentiespanning ten opzichte van de railspanning
- Stand van de vermogenschakelaar, ten behoeve van de imitatierailspanning

⁽¹⁾ (ABB, Auxiliary, signalling and tripping relays, Juli, 2007)

De benodigde informatie voor de APA-kast kan direct uit de bestaande veldkasten behorende bij de 150kV-velden gehaald worden. In de veldkast zit per veld een hulprelais per schakelobject welke de standen nabootst van de primaire installatie. Onder de schakelobjecten wordt verstaan, de railscheidingsschakelaars A en B, de vermogensschakelaar, de lijnscheidingsschakelaar en lijnaardingsschakelaars. Tevens is hier de lijnspanning afkomstig van de spanningstrafo aanwezig. Bij het toepassen van de APA-kast kan de bestaande synchrocheck volledig verwijderd worden.

5.4. Conclusie

Na het onderzoek is gebleken dat de bestaande synchrocheck wel de mogelijkheid biedt om uitgebreid te worden en er ook ruimte aanwezig is om de benodigde relais te plaatsen. Maar het probleem ligt bij de levering van de benodigde relais. Verder kan als extra nadeel toegevoegd worden dat de huidige synchrocheck is onder gebracht in de node kasten van de bestaande automatisering. Indien de bestaande automatisering vervangen wordt, kunnen de bestaande kasten hiervan niet verwijderd worden omdat dan de synchrocheck niet meer kan werken.

Er wordt dan ook aanbevolen dat de bestaande synchrocheck vervangen dient te worden door het alternatief, de standaard APA kast van TenneT.

6. De aansturing van de SF6 gasinstallatie

6.1. Inleiding

De 150kV-schakelinstallatie in onderstation Haarlemmermeer is een gas gevulde installatie. Dit wordt ook wel een GIS-installatie genoemd. GIS staat voor “gas insulated switchgear”. Het gebruikte gas is SF6 gas. SF6 staat voor zwavelhexafluoride.

Kenmerken SF6 gas.⁽¹⁾

- Kleur- en geurloos gas
- Een chemisch stabiel (inert) gas
- Een gas met een bijzonder hoge diëlektrische doorslagvastheid
- Een gas met uitstekende isolerende en koelende eigenschappen
- Niet giftig en bevat geen schadelijke componenten
- Behoort niet tot de categorie gevaarlijke chemische stoffen
- Niet direct schadelijk voor het milieu en doet geen afbreuk aan de ozonlaag
- SF6 gas is wel een gas dat het broeikaseffect versterkt

Onder druk wordt SF6 gas gebruikt als isolatiemedium in hoogspanning schakelinstallaties. Hierdoor kunnen de installaties compacter en veiliger gebouwd worden. Zoals bij de kenmerken van SF6 gas staat vermeld, is SF6 gas niet giftig, dit is alleen zo als het gas is zijn neutrale status verkeert. Echter als SF6 gas verbrand wordt, wordt het gas ontleed waarbij giftige verbrandingsproducten vrij komen. Op het moment dat er geschakeld wordt met een vermogenschakelaar in een GIS – installatie zal er een vlamboog optreden die geblust wordt door het SF6 gas. Hierdoor blijven de verbrandingsproducten achter in de installatie.

Ook is SF6 gas zwaarder dan zuurstof en heeft het gas een verdringende werking op de aanwezige lucht. De ruimten waar schakelinstallaties staan, dienen dan ook regelmatig geventileerd te worden. Hiervoor is een installatie aanwezig die de ruimte cyclisch ventileert.

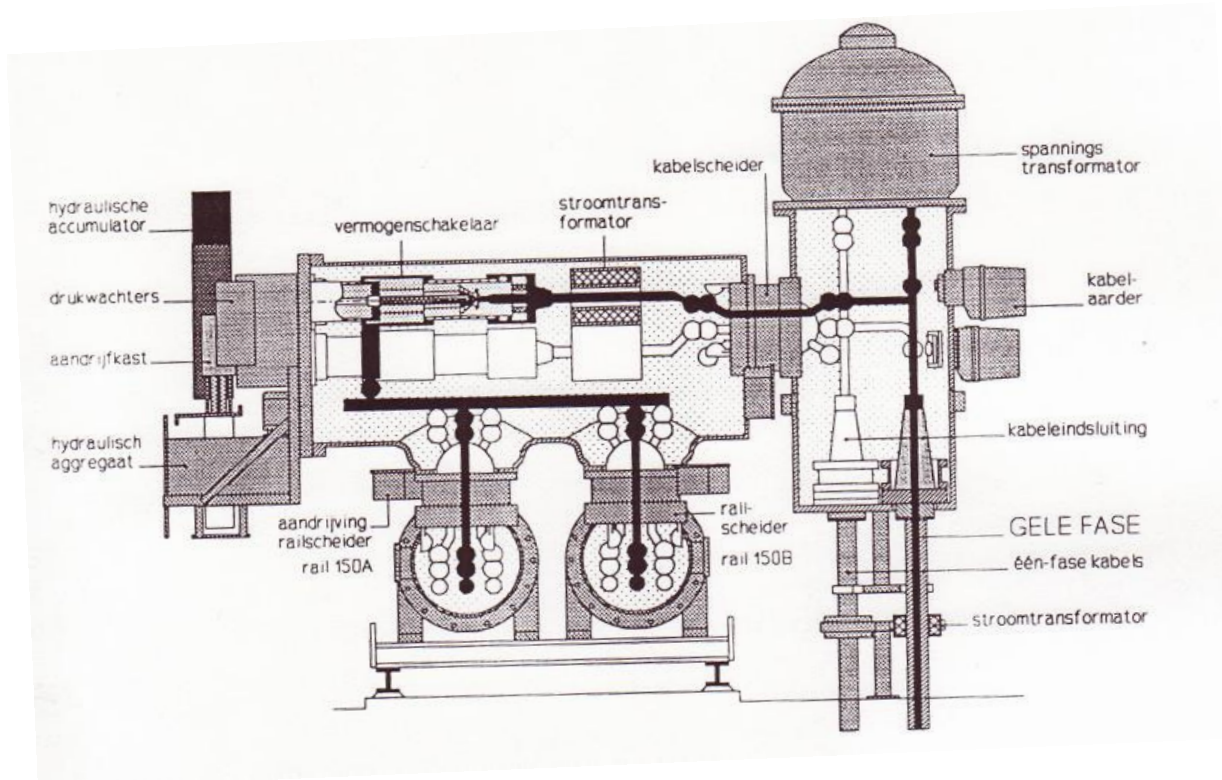
6.2. SF6 gasbewakingssysteem

Het isolatieniveau van gasgeïsoleerde schakelinstallaties wordt voor het grootste deel bepaald door de dichtheid van het SF6 gas. De 150kV-installatie is opgebouwd uit verschillende compartimenten. (zie Figuur 27 Compartimenten TRISEP installatie) Voor de bewaking van het SF6 dichtheidsniveau is elk compartiment voorzien van een gasdichtheidsmeter. Deze meter zal ingeval van een afwijking ten opzichte van het nominale niveau op verschillende dichtheidsniveaus een signaal afgeven. Deze signalen zijn:

- Alarmeringen bij niveau-afwijkingen. (vermogenschakelaar compartiment)
 - 90% vooralarm, installatie dient gevuld te worden. Druk beneden de $7,80 \pm 0,05 \text{ bar}^{(2)}$
 - 80% alarm, mogelijkheid op lek tevens blokkering van bediening. Druk beneden de $7,30 \pm 0,05 \text{ bar}^{(2)}$

De drukwaarden gelden bij een temperatuur van 20°C en een dichtheid van 58kg/m³. De signalen worden ingelezen in de bestaande stationsautomatisering voor het lokaal weergegeven op het beeldscherm en ze worden opgestuurd naar het bedrijfsvoeringcentrum. Tevens zal het signaal 80% een sturing geven richting de SF6 installatie. Hiermee wordt de ventilatie gestart en zal er een alarm, zowel optisch als akoestisch, in het onderstation afgaan. Deze sturing gebeurt vanuit de stationsautomatisering door middel van een digitale uitgang.

⁽¹⁾ (Wikipedia, 2009), ⁽²⁾ (HOLEC, 150kV TRISEP installatie, 1993)



FIGUUR 27 COMPARTIMENTEN TRISEP INSTALLATIE

6.3. Onderzoek naar mogelijke uitbreiding

6.3.1. Algemeen

De onderzoeksmethode die gebruikt is, bestaat uit het verzamelen van de tekeningen en het op locatie bekijken van de mogelijke uitbreiding in de installatie.

Het nieuwe 150kV wordt aangebouwd aan de bestaande installatie. Ook hiervan dienen de SF6 gasdruk signalen bewaakt te worden. Hierbij signalen en sturingen gerealiseerd te worden.

- Signalering lokaal en richting bedrijfsvoeringcentrum
- Aansturing van de bestaande SF6 installatie

6.3.2. Resultaten onderzoek

De huidige signalen en sturingen die afkomstig zijn van de bestaande velden worden gepresenteerd op het beeldscherm. De sturing richting de alarm installatie SF6 wordt in de bestaande automatisering verzameld tot één commando. Het nieuwe 150kV-veld zal niet in de bestaande automatisering worden opgenomen maar dient wel te signaleren en te sturen.

Het nieuw aan te bouwen 150kV-veld zal een eigen automatisering krijgen (zie Hst 4) de zogenaamde veldbesturingskast. Deze veldbesturingskast zal via een tweede nieuwe verbinding gaan communiceren richting het bedrijfsvoeringcentrum.

De signalen van de gasdrukmeters op de installatie van het nieuwe 150kV-veld worden ingelezen op de veldbesturingskast en kunnen verstuurd worden richting het bedrijfsvoeringcentrum. Het aanwezige display op de veldbesturingskast kan dan ook lokaal deze signalen presenteren.

6	8
ALARMINSTALL. SF6	
BTJ GASÖICHTH. 80%	

The diagram illustrates the wiring for a gas alarm system. It features a gas detector (BTJ GASÖICHTH. 80%) and a control unit (SPOC 1). The detector is connected to the control unit via a cable with terminals X1-1, X1-2, X1-30, X2-34, X2-48, X2-49, and X3-66. The control unit is also connected to a gas alarm unit (RhASF6) via a cable with terminals 12 and 13. The alarm unit is labeled with a voltage of 1.6V.

De SF6 alarminstallatie werkt op 110V DC. En het vervolg relais heet RhASF6 en is van het type ABB RXMA1. Het relais heeft een vermogensconsumptie van 0,1 W⁽¹⁾. Hieruit volgt dat de stroom die het contact moet aankunnen moet zijn:

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{0,1}{110} = 0,9mA$$

FIGUUR 28 CONTACT
VOOR AANSTURING SF6

Uit het onderzoek is gebleken dat er een relatief simpele oplossing beschikbaar is om de bewaking van de SF6 signalen voor het nieuwe 150kV-veld te realiseren. Het enige nadeel is dat op het moment er een SF6 signaal aanwezig is dit voor het nieuwe veld niet zichtbaar is op de aanwezige stationscomputer. Maar dit probleem wordt opgelost als in de toekomst alle 150kV worden omgebouwd.

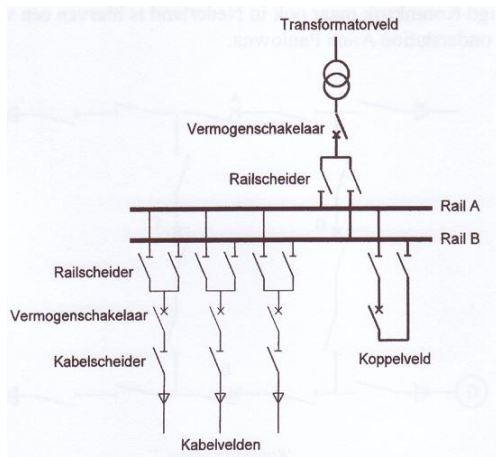
Er volgt dan ook de aanbeveling om een nieuwe contact voor de aansturing van de alarminstallatie parallel te zetten aan het bestaande contact.

(1) (ABB, Auxiliary, signalling and tripping relays, Juli, 2007)

7. Uitbreiding van de railbeveiliging 150kV

7.1. Inleiding

Al eerder is uitgelegd dat in onderstations per hoogspanningsinstallatie railsystemen aanwezig zijn om zo de verschillende verbindingen te kunnen koppelen. In onderstation Haarlemmermeer is in de 150kV installatie een dubbelrailsysteem aanwezig. De afgaande velden zoals de kabelvelden, transformator velden en het koppelveld zijn individueel beveiligd tegen kortsluiting.



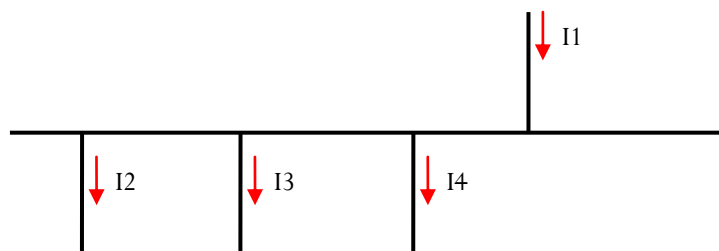
Deze beveiligingen kunnen niet een kortsluiting detecteren in het aanwezige railsysteem. Hiervoor is een zogenaamde railbeveiliging voor nodig.

De werking van de railbeveiliging berust op de 1^e wet van Kirchhoff. Waarbij de som van de stromen naar en van een knooppunt nul is.

$$I_{\text{railbeveiliging}} = I_{\text{veld } 1} + I_{\text{veld } 2} \dots I_{\text{veld } (n+1)} = 0 \text{ A}$$

FIGUUR 29 VOORBEELD DUBBELRAILSYSTEEM

Als men kijkt naar figuur 29, dan kan de werking verder uitgelegd worden als aangenomen wordt dat het transformator veld de rail voedt. Hierbij zal de stroom dus richting de rail gaan. En de kabelvelden het onderliggende net voeden, hier zal de stroom dus van de rail gaan. Dit is visueel gemaakt door middel van onderstaand schema. In het schema zal maar 1 fase getekend worden.



FIGUUR 30 VERLOOP STROMEN GEZONDE SITUATIE RAILBEVEILIGING

In de gezonde situatie zal de totale stroom richting de rail even groot zijn als de totale stroom vanaf de rail. Dus in formule vorm.

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

De railbeveiliging stroom wordt dan:

$$I_{\text{railbeveiliging}} = +I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0 \text{ A}$$

Indien er een sluiting in het railsysteem ontstaat dan geldt bovenstaande vergelijking niet meer. Theoretisch kan dan gezegd worden dat alle stromen de sluiting zullen gaan voeden. Er geldt dan:

$$I_{\text{railbeveiliging}} = \sum I$$

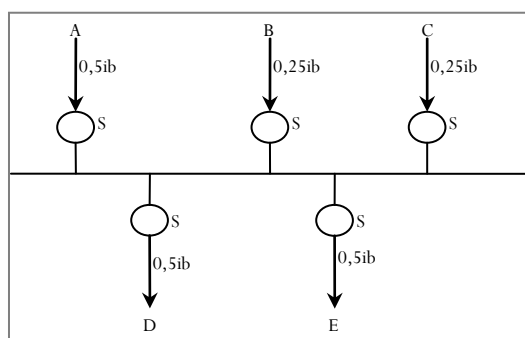
Mocht er een sluiting ontstaan in het railsysteem dan dient de uitschakeltijd van alle vermogenschakelaars binnen de 80 msec te zijn⁽¹⁾. Dit is incl. de schakeltijd van de vermogenschakelaar van 50 msec.

⁽¹⁾ (Liandon (voorheen Nuon Tecno), augustus 2006)

7.2. De railbeveiliging RADSS⁽¹⁾

In dit hoofdstuk zal kort de werking van de RADSS railbeveiliging uitgelegd worden. Het principe van de ASEA railbeveiliging berust zich op zoals eerder al is aangegeven de 1^e wet van Kirchhoff. Het hart van de ASEA railbeveiliging bestaat uit enkele weerstanden en dioden, 2 reedrelais en een transformator waarmee een gestabiliseerd somstroom meetsysteem wordt samengesteld.

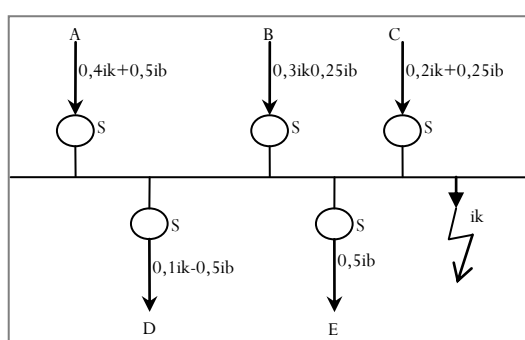
In figuur 31 is een vijftal velden getekend die zijn aangesloten op een railsysteem. Vanuit de 1^e wet van Kirchhoff kan een railsysteem gezien worden als het knooppunt. De meting van de stroom geschiedt door middel van stroomtransformatoren [S]. Het resultaat van deze meting wordt aangeduid met $\sum i_m$.



$$\sum i_m = 0,5i_b + 0,25i_b + 0,25i_b - 0,5i_b - 0,5i_b = 0$$

De meting van $\sum i_m$ vindt plaats via de stroomtransformatoren S.

FIGUUR 31 NORMALE BEDRIJFSSITUATIE MET BELASTINGSSTROMEN



De velden A,B,C en D voeden op de kortsluiting. Aangenomen wordt dat de belastingsstromen onveranderd blijven.

Veld E is een veld wat niet de sluiting voedt. Nu geldt:

$$\sum i_m = 0,4i_k + 0,5i_b + 0,3i_k + 0,25i_b + 0,2i_k + 0,25i_b + 0,1i_k - 0,5i_b - 0,5i_b = i_k$$

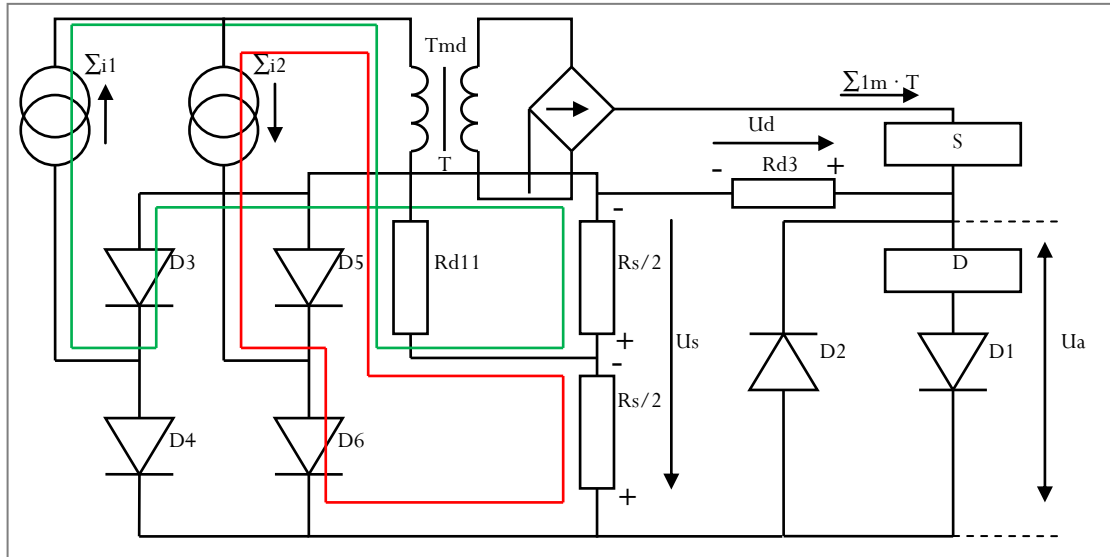
De belastingsstromen komen niet voor in $\sum i_m$ omdat zij niet over de sluitingsplaats lopen.

FIGUUR 32 SITUATIE BIJ INTERNE FOUT

Bij externe fouten, dus een kortsluiting buiten het railsysteem geldt theoretisch dat $\sum i_m = 0$. Omdat $\sum i_m$ alleen groter dan nul wordt. Bij een interne fout kan een railbeveiliging theoretisch opgebouwd worden met een maximaalstroomtijd relais. (zie Hst 2) In de praktijk blijkt dat $\sum i_m$ bij externe fouten wel degelijk een aanzienlijke waarden kan aannemen. Dit wordt veroorzaakt door de ongelijkheid in de overzetverhouding van de aangesloten stroomtransformatoren. Deze onstabiliteit is te elimineren door het meetsysteem afhankelijk te maken van de belastingsstroom. Hoe hoger de belastingsstroom, ook bij externe fouten, des te ongevoeliger het meetsysteem wordt.

In figuur 33 wordt het meetsysteem van de ASEA railbeveiliging weergegeven. Hierbij moet gezegd worden dat alle stromen richting de rail zijn gesommeerd en vervangen door de stroombron $\sum i_1$. En alle stromen die de rail verlaten zijn gesommeerd en vervangen zijn door de stroombron $\sum i_2$. Dit om een eenvoudige voorstelling te krijgen van het meetsysteem.

⁽¹⁾ (Hoogeland, December 1991)



FIGUUR 33 MEETCIJUIT RADSS RAILBEVEILIGING

Aangenomen wordt dat Σi_1 is ongelijk aan Σi_2 en $\Sigma i_1 - \Sigma i_2 = \Sigma i_m \neq 0$

In het meetcircuit wordt de stroom Σi_1 door middel van de groene lijn weergegeven, en Σi_2 door de rode lijn. Via de diodeschakeling worden de stromen gesommeerd. Σi_m vloeit vanaf het knooppunt van beide weerstanden $R_s/2$ via R_{d11} en T_{md} terug naar het sterpunt van de stroomtransformatoren. Beide stromen lopen ieder door een weerstand $R_s/2$ waardoor de spanning U_s ontstaat.

De stroom Σi_m wordt door T_{md} overzet met een factor T en daarna gelijk gericht door een diodebrug. De gelijkgerichte stroom loopt vervolgens door het start relais S en weerstand R_{d3} . Dit zorgt voor een spanning U_d . Het aanspreken van het reedrelais D zal plaatsvinden als $U_d - U_s > U_a$. U_a is de spanning over het reedrelais D en diode $D1$.

In figuur 31 geldt dat:

$$U_d = \Sigma i_m \cdot T \cdot R_{d3} \quad \#1$$

Hierbij is T de transformator verhouding van T_{md} . Voor de stabilisatiespanning U_s geldt:

$$U_s = \frac{\Sigma i_1 \cdot R_s}{2} + \frac{\Sigma i_2 \cdot R_s}{2} \text{ of } U_s = \frac{R_s(\Sigma i_1 + \Sigma i_2)}{2} \quad \#2$$

Gegeven was de vergelijking $\Sigma i_1 - \Sigma i_2 = \Sigma i_m$ hiermee kan Σi_2 uit vergelijking #2 geëlimineerd door voor Σi_2 de waarde van $\Sigma i_1 - \Sigma i_m$ in te vullen. Hier uit volgt:

$$U_s = \frac{R_s(2\Sigma i_1 + \Sigma i_m)}{2} = R_s \cdot \Sigma i_1 + \frac{R_s \cdot \Sigma i_m}{2} \quad \#3$$

Voor de spanning die over het reedrelais D en diode $D1$ staat is af te leiden:

$$U_d - U_s = \Sigma i_m \cdot T \cdot R_{d3} - R_s \cdot \Sigma i_1 + \frac{R_s \cdot \Sigma i_m}{2} \quad \#4$$

Eerder was al gezegd dat de aanspreekvoorwaarde voor het reedrelais D zal plaatsvinden bij als $U_d - U_s > U_a$.

$$\Sigma i_m \cdot T \cdot R_{d3} - R_s \cdot \Sigma i_1 + \frac{R_s \cdot \Sigma i_m}{2} \geq U_a \quad \#5$$

Rekenen we formule #5 om naar Σ_{im} dan geeft de volgende formule.

$$\Sigma_{im} \geq \frac{2 \cdot U_a}{2 \cdot T \cdot R_{d3} + R_s} + \frac{2 \cdot R_s}{2 \cdot T \cdot R_{d3} + R_s} \quad \#6$$

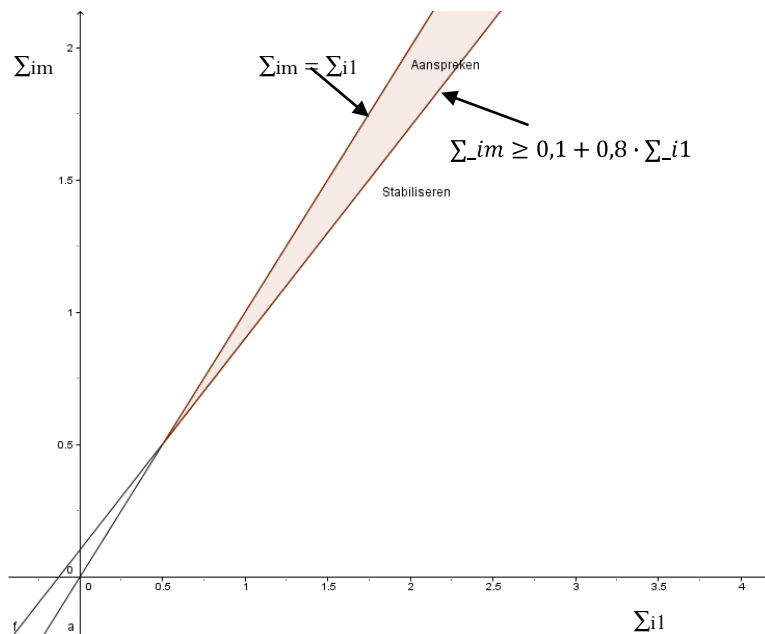
Als gesteld wordt dat:

$$K = \frac{2 \cdot U_a}{2 \cdot T \cdot R_{d3} + R_s} \text{ en } S = \frac{2 \cdot R_s}{2 \cdot T \cdot R_{d3} + R_s} \text{ hierbij zijn alle factoren constanten} \quad \#7$$

Dan geldt voor de aanspreekvoorwaarde dat:

$$\Sigma_{im} \geq K + S \cdot \Sigma_{i1} \quad \#8$$

De factor S wordt ook wel de 'Slope' genoemd, omdat deze factor de helling of richtingscoëfficiënt voorstelt in de grafische voorstelling van de aanspreekfunctie. De factor K ligt meestal tussen de 0,1 en 0,2 A. De slope S ligt tussen de 0,5 en 0,85. In figuur 32 is de grafische voorstelling weergegeven van $\Sigma_{im} \geq 0,1 + 0,8 \cdot \Sigma_{i1}$.



FIGUUR 34 GRAFISCHE VOORSTELLING AANSPEEKGEBIED

7.3. Onderzoek naar mogelijke uitbreiding

7.3.1. Algemeen

Tijdens het onderzoek naar de mogelijkheid van de uitbreiding van de RADSS railbeveiliging zijn de volgende onderdelen onderzocht.

- Is het technisch mogelijk om de bestaande installatie uit te breiden, en zo ja, is er ruimte in de bestaande kasten voor een uitbreiding?
- Wat is het eventuele effect als de bestaande installatie uitgebreid wordt? Hierbij moet met name gekeken worden naar de instellingen in de RADSS.

De onderzoeksmethode die gebruikt is, bestaat uit het verzamelen van de tekeningen, het op locatie bekijken van de mogelijke uitbreiding in de installatie en een berekening van de veranderde kortsluitvermogen in het railsysteem. Het effect van de veranderde kortsluitstroom kan zijn dat de stabiliteit van het systeem verandert naar een onstabiele situatie waarbij onterechte uitschakelingen uit kunnen vloeien bij een kortsluiting buiten het railsysteem, dus een externe fout.

7.3.2. Resultaten onderzoek

De RADSS railbeveiliging in OS Haarlemmermeer is al vanaf de bouw voorbereid op een extra 150kV-veld. Dit is terug te zien in het tekeningpakket van ABB op de volgende bladen:

- Tekening nummer XR 320 991-AAA, Assembly diagram
 - Sheet 1 t/m 3
- Tekening nummer XR 320 991-SAA, Single line diagram
 - Sheet 1
- Tekening nummer XR 320 991-CAA, Circuit diagram
 - Sheet 5 t/m 6 Trip units
 - Sheet 10 t/m 11 Busbar protections
 - Sheet 15 Bus interconnection unit
 - Sheet 16 CT – disconnection / buscoupling
 - Sheet 21 t/m 27 Reconnection and aux CT's for line 1 – 7
 - AC/DC supply

Deze tekeningen zijn te vinden in bijlage G – 1. Het toekomstige veld is omschreven als 'Line 7'

In de tekeningen is te zien dat er al rekening is gehouden met een uitbreiding met een extra 150kV-veld. De kast is al voorbereid met bedrading alleen de componenten zijn niet aanwezig.

De benodigde componenten zijn:

- Een 'Auxiliary current transformers SLCE 16', voor gemonteerd op een plaat ⁽¹⁾
 - Order nummer: 5296 052-AE
 - Leverancier: ABB Nederland
 - Inclusief 3 maal: SLCE 16 (de stroom transformatoren)
- 2 maal een 'Bistable relays RXMVB 2' ⁽²⁾
 - Order nummer: RK 251 206 – AN (bestemd voor 110VDC)
 - Leverancier: ABB Nederland

Ook in de kast is voldoende ruimte aanwezig voor de te plaatsen onderdelen.

⁽¹⁾ (ABB, Auxiliary current transformers, december, 1998), ⁽²⁾ (ABB, Bistable relays, juli, 2007)

De instellingen in de RADSS railbeveiliging worden gemaakt door een combinatie van de weerstanden R_s , R_{d3} en R_{d11} . Deze weerstanden worden in principe maar één keer ingesteld. Dit is op het moment van de eerste inbedrijfname. Voor de uitbreiding van het extra veld is het niet nodig om de waarden van de weerstanden te wijzigen. Wel is het belangrijk dat het nieuwe veld een stroomtrafo krijgt van dezelfde klasse is als die is gebruikt in de bestaande velden.

- Overzetverhouding : 1500 / 1
- Vermogen : 30VA
- Klasse: 5p30

Aan de hand van de gevonden instellingen van de RADSS is de stabiliteit berekend. Maar er is gebleken dat de gegevens van de documentatie niet juist waren. Onderstaande berekening bevestigt dit.

Gevonden instellingen zijn:

$$R_s = 29,4\Omega \cdot R_{d3} = 1,15\Omega \cdot R_{d11} = 0\Omega \cdot R_{dt} = 200\Omega \cdot T_{md} = 10 \cdot S = 0,8 \cdot K = 0,088A$$

$$I_{d,min} = \frac{K}{1-S} = 0,44A \cdot I_{start} = 0,4A$$

Hierin is:

T_{md} de factor T van de trafo in het schema, (zie Figuur 33 Meetcircuit RADSS railbeveiliging)

$I_{d,min}$ de minimale aanspreekwaarde van de beveiliging in Ampère.

I_{start} de startwaarde waarbij de railbeveiliging gaat werken in Ampère.

De S waarde kan berekend worden door de volgende formule:

$$S = \frac{R_s}{T_{md} \cdot R_{d3} + \frac{R_s}{2}} = \frac{29,4}{10 \cdot 1,15 + \frac{29,4}{2}} = 1,12 \quad \#9$$

Hieruit kan met de gegeven K – factor de minimale stroomwaarde worden berekend.

$$I_{d,min} = \frac{K}{1-S} = \frac{0,088}{1-1,12} = -0,73A \quad \#10$$

Ten eerste blijkt uit de berekening met de gevonden waarden dat de slope niet overeenkomt. Deze moet 0,8 zijn. Het is tevens de eis dat de slope S tussen de 0,5 en 0,85 moet liggen om een stabiel systeem te krijgen. Dit wordt ook duidelijk indien we de minimale aanspreekwaarde uitrekenen. De berekende waarde van -0,73A betekent dat de railbeveiliging nooit zal werken. Ook deze waarde komt niet overeen met de gevonden waarden van 0,44A.

Aan de hand van deze berekening is een meting uitgevoerd aan de weerstand R_s in de RADSS railbeveiliging in onderstation Haarlemmermeer. De waarde die gemeten voor R_s is $15,4\Omega$ gemiddeld, de gemiddelde waarde is berekend aan de hand van een meting aan de 6 meetcircuits. Namelijk 2 secties bestaande uit drie fasen elk.

Indien de slope S berekend wordt aan de hand van de gemeten waarden geeft dit een beter beeld.

$$S = \frac{R_s}{T_{md} \cdot R_{d3} + \frac{R_s}{2}} = \frac{15,4}{10 \cdot 1,15 + \frac{15,4}{2}} = 0,8 \quad \#11$$

Hieruit kan met de gegeven K – factor de minimale stroomwaarde worden berekend.

$$I_{d,min} = \frac{K}{1-S} = \frac{0,088}{1-0,8} = -0,44A \quad \#12$$

De berekende waarden komen nu overeen met de gegeven instellingen met dit verschil dat de waarde van R_s gewijzigd dient te worden op het instellingen blad.

Het overzicht van de laatste meting plus de daarbij vermelde instellingen staan in bijlage G – 2.

7.4. Conclusie

Aan de hand van het onderzoek voor de uitbreiding van de RADSS railbeveiliging kan geconcludeerd worden dat de railbeveiliging zonder veel problemen uitgebreid kan worden. Hierbij dient wel een aantal componenten besteld te worden, en verdient het de aanbeveling om een zelfde stroomtransformator toe te passen als bij de overige velden. De gegevens van de benodigde componenten staan in Hoofdstuk 7.3.2 en in de aanbevelingen.

8. Conclusie

In deze scriptie staan de onderzoekresultaten beschreven naar aanleiding van de verschillende vragen omtrent de uitbreiding van de 150kV-installatie in onderstation Haarlemmermeer. Elk hoofdstuk behandelt een vraag die gesteld is. Aan het einde van elke hoofdstuk is een conclusie geschreven. Hieronder staan de belangrijkste conclusie punten nogmaals beschreven.

De eisen van TenneT betreffende 150kV installaties

Uit het onderzoek is gebleken dat TenneT voor de opbouw van een veldbesturingskast eist dat de communicatie richting de bedrijfsvoeringcentrum redundant is opgebouwd. Uit het onderzoek is gebleken dat de verbinding naar het bedrijfsvoeringcentrum wel redundant is opgebouwd maar de benodigde hardware niet. Om dus aan de eis te kunnen voldoen, dient er extra hardware in de FOX netwerkkast ingebouwd te worden.

Voor de veldbeveiliging, dus de beveiliging tegen kortsluiting, liggen de eisen van TenneT hoger dan die van Liander, de Netbeheerder die voorheen het beheer had over de 150kV installatie. In het gebied van Liander waar voorheen ook de 150kV onder viel, wordt al langere tijd het concept van twee redundante beveiligingsrelais niet meer toegepast. Na een eerdere studie is gebleken dat de huidige techniek van dermate kwaliteit is dat er voldoende bedrijfszekerheid geboden kan worden door het toepassen van één beveiligingsrelais per veld. Dit heeft zeker de voorkeur omdat dit goedkoper is dan het toepassen van twee relais. De aanbeveling is dan ook één beveiligingsrelais van het type Siemens Combi relais 7SD52 toe te passen. En de eis van TenneT voor het toepassen van twee relais met behulp van het beveiligingsconcept te weerleggen.

Om aan de eisen van de storingsanalyse te voldoen, dient er een PQA (Power Quality Analyser) geplaatst te worden in het onderstation. Het verschil hierbij met Liander is dat Liander akkoord gaat met alleen de digitale beveiligingsrelais. Deze bieden de mogelijkheid om na een storing de meetwaarden uit te lezen om zo een goede analyse te maken van de storing. Een PQA kan ook gebruikt worden om de kwaliteit van het getransporteerde vermogen te bewaken zonder dat er een storing optreedt. De digitale relais kunnen dat niet.

De in het onderstation aanwezige hulpspanningsinstallatie voldoet zonder verdere aanpassingen aan de eisen van TenneT.

De stationsautomatisering

Uit het onderzoek is gebleken dat de status van de stationsautomatisering erg verouderd is. Er treden veel storingen op waarbij soms moeilijk de oorzaak is te achterhalen. Dit komt over het algemeen omdat de kennis van de installatie niet meer aanwezig is. De installatie is door de fabrikant obsoleet verklaard wat wil zeggen dat de fabrikant geen service meer kan verlenen op de hardware, en er ook geen onderdelen meer te verkrijgen zijn. Wel is er nog enige kennis van de software aanwezig bij de fabrikant, maar de risico's op een eventuele uitbreiding in de bestaande automatisering zijn dermate hoog dat er is aanbevolen om het nieuwe 150kV-veld een eigen automatisering te geven, een veldbesturingskast. Als extra aanbeveling is gegeven om de volledige automatisering te vervangen, maar deze werkzaamheden zullen niet tijdens de uitbreiding meegenomen worden.

De synchrocheck

Het huidige systeem in onderstation Haarlemmermeer biedt wel de mogelijkheid om uitgebreid te worden maar niet alle componenten kunnen besteld worden. De aanpassing die dan noodzakelijk zijn in de installatie en het feit dat dit systeem in twee kasten zit geïntegreerd samen met de 150kV-automatiseringshardware is aanbevolen om dit systeem bij de uitbreiding te vervangen door één standaard-kast waar het systeem volledig in is opgebouwd. Van elk 150kV-veld dienen dan de standen van de railscheiders en vermogenschakelaar alsmede de lijnspanning aangeboden te worden. Deze zijn eenvoudig vanuit de bestaande 150kV-veldkasten te halen.

De SF6 gasalarm installatie

De signalen SF6 gas 80% en 90% worden opgestuurd naar het bedrijfsvoeringcentrum zodat verdere actie opgestart kan worden. Uit het onderzoek is gebleken dat de bestaande installatie geen problemen geeft indien er een nieuw 150kV-veld bijgebouwd wordt. Wordt het nieuwe veld voorzien van een veldbesturingskast dan kan de aansturing voor de alarminstallatie parallel aan de bestaande aansturing gebouwd worden.

De RADSS railbeveiliging

Uit het onderzoek is gebleken dat de huidige installatie hiervoor, de RADSS railbeveiliging geschikt is om nog één veld op aan te sluiten. De hardware die besteld moet worden is aangegeven in de aanbeveling. Ook is er gekeken of de instellingen in de installatie gewijzigd moeten worden om een stabiel systeem te houden. De instellingen in de RADSS komen tot stand door middel van een combinatie van weerstanden. De belangrijkste weerstanden in deze installatie is de Rs-weerstand. Dit is een draadgebonden weerstand die instelbaar is. Uit het onderzoek is gebleken dat de instellingen niet gewijzigd dienen te worden. De waarden van de weerstanden die bekend waren zorgden wel voor twijfel omtrent de stabiliteit van het systeem. Naar aanleiding van deze twijfel zijn de weerstandwaarden gemeten en is gebleken dat deze waarden niet overeenkwamen. Er is met de nieuwe waarden opnieuw een berekening gemaakt. Hierbij is gebleken dat de weerstandwaarden goed zijn en het systeem stabiel is.

9. Aanbeveling

Hieronder volgt een korte samenvatting van alle aanbevelingen die gegeven zijn ten aanzien van het onderzoek.

Aanbevolen wordt dat:

- Het FOX communicatiesysteem uitgebreid wordt met de benodigde componenten zodat een redundant systeem ontstaat. Hiermee wordt dan aan de eis van TenneT voldaan. De benodigde componenten zijn:
 - Een extra processor kaart
 - Een extra voeding, welke door een aparte 110VDC voeding gevoed wordt.
- Het nieuwe veld wordt beveiligd volgens het beveiligingsconcept van Liander. Dit betekent dat er één beveiligingsrelais wordt geplaatst met twee beveiligingsfuncties. Het volgende relais dient dan geplaatst te worden.
 - Siemens combi relais 7SD52
- Een power quality analyser geplaatst wordt in het onderstation, hiermee kan een duidelijk beeld verkregen worden indien er een storing is opgetreden en kan de analyse van het storingsgedrag beter worden onderbouwt. Tevens kan dan de kwaliteit van het net beter bewaakt worden.
- Voor de bediening en signalering van het nieuwe 150kV-veld een veldbesturingskast wordt toegepast, en niet de bestaande automatisering uit te breiden. Dit omdat de bestaande automatisering aan het einde van zijn levensduur loopt en de risico's te groot zijn indien er wel wordt uitgebreid in de bestaande installatie.
- De huidige synchrocheck niet wordt uitgebreid. Dit is niet mogelijk omdat de gebruikte componenten niet meer beschikbaar zijn en de geboden alternatieven niet voldoen. Hiervoor in de plaats kan een standaard kast gebruikt worden waar de synchrocheck volledig in is opgebouwd. Hiervoor kan de APA kast van TenneT gebruikt worden.
- Voor de alarmering van de SF6 signalen de veld eigen signalen, het voorsignaal 90% en alarm signaal 80% vanuit de veldbesturingskast opgestuurd worden naar het bedrijfsvoeringcentrum. En dat de sturing naar de alarminstallatie SF6 gerealiseerd kan worden door een extra contact parallel aan het bestaande contact plaatsen.
- De huidige railbeveiliging de RADSS uitgebreid dient te worden met het nieuwe 150kV-veld. Hiervoor zijn wel extra componenten nodig. De volgende componenten dienen bij ABB Nederland besteld te worden.
 - Een 'Auxiliary current transformers SLCE 16', voor gemonteerd op een plaat
 - Order nummer: 5296 052-AE
 - Leverancier: ABB Nederland
 - Inclusief 3 maal: SLCE 16 (de stroom transformatoren)
 - 2 maal een 'Bistable relays RXMVB 2'
 - Order nummer: RK 251 206 – AN (bestemd voor 110VDC)
 - Leverancier: ABB Nederland

De stroomtransformator in het nieuwe 150kV veld dient dezelfde klasse en overzetverhouding te hebben als in de huidige 150kV velden:

- Overzetverhouding : 1500 / 1
- Vermogen : 30VA
- Klasse: 5p30

10. De bronvermelding

ABB, Auxiliary current transformers. (december, 1998). *Auxiliary current transformers SLCE 12, SLCE 16 and SLXE 4 for differential relay RADSS 1-phase and 3-phase.*

ABB, Auxiliary, signalling and tripping relays. (Juli, 2007). *Auxiliary, signalling and tripping relays RXMA1, RXMA2, RXMM1, RXMS1, RXSF1, RXME1, RXME18, RXMH2 & RXMT1.*

ABB, Bistable relays. (juli, 2007). *Bistable relays RXMVB 2, RXMVB 4.*

HOLEC, 150kV TRISEP installatie. (1993). *150kV TRISEP installatie.*

Hoogeland, G. A. (December 1991). *ASEA railbeveiligingen type RADSS* (Vol. Deel 1 en 2). Alkmaar.

Liondon (voorheen Nuon Tecno). (augustus 2006). *Beveiligingsconcept transportnetten* (versie 2 ed.).

Nuon Tecno technische opleidingen. (2006). *Hoogspanning installaties voor Nuon Tecno.* Alkmaar: Nuon Tecno.

Nuon Tecno, beveiligingsconcept transportnetten. (augustus 2006).

Tennet, besturingsconcept. (november 2007). *Besturingsconcept.*

TenneT, Beveiligingsconcept. (november, 2006). *Beveiligingsconcept.*

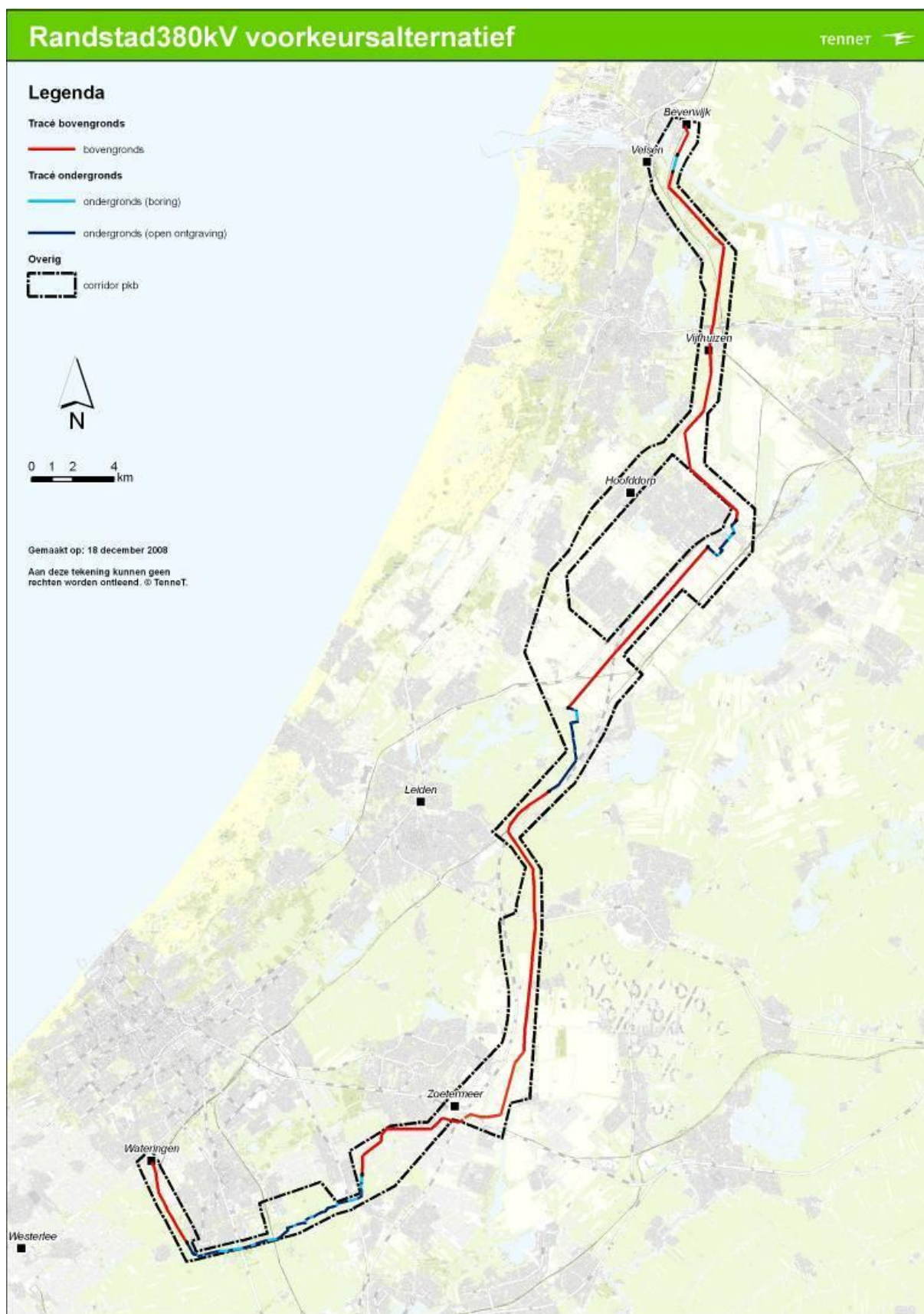
TenneT, Energievoorziening t.b.v. eigenbedrijf op hoogspanningsstations. (april, 2006). *Energievoorziening t.b.v. eigenbedrijf op hoogspanningsstations.*

Wikipedia. (2009, Oktober 11). *Hoogspanningsinstallaties met SF6 gas.* Retrieved Oktober 13, 2009, from Wikipedia: www.wikipedia.nl

11. Bijlagen

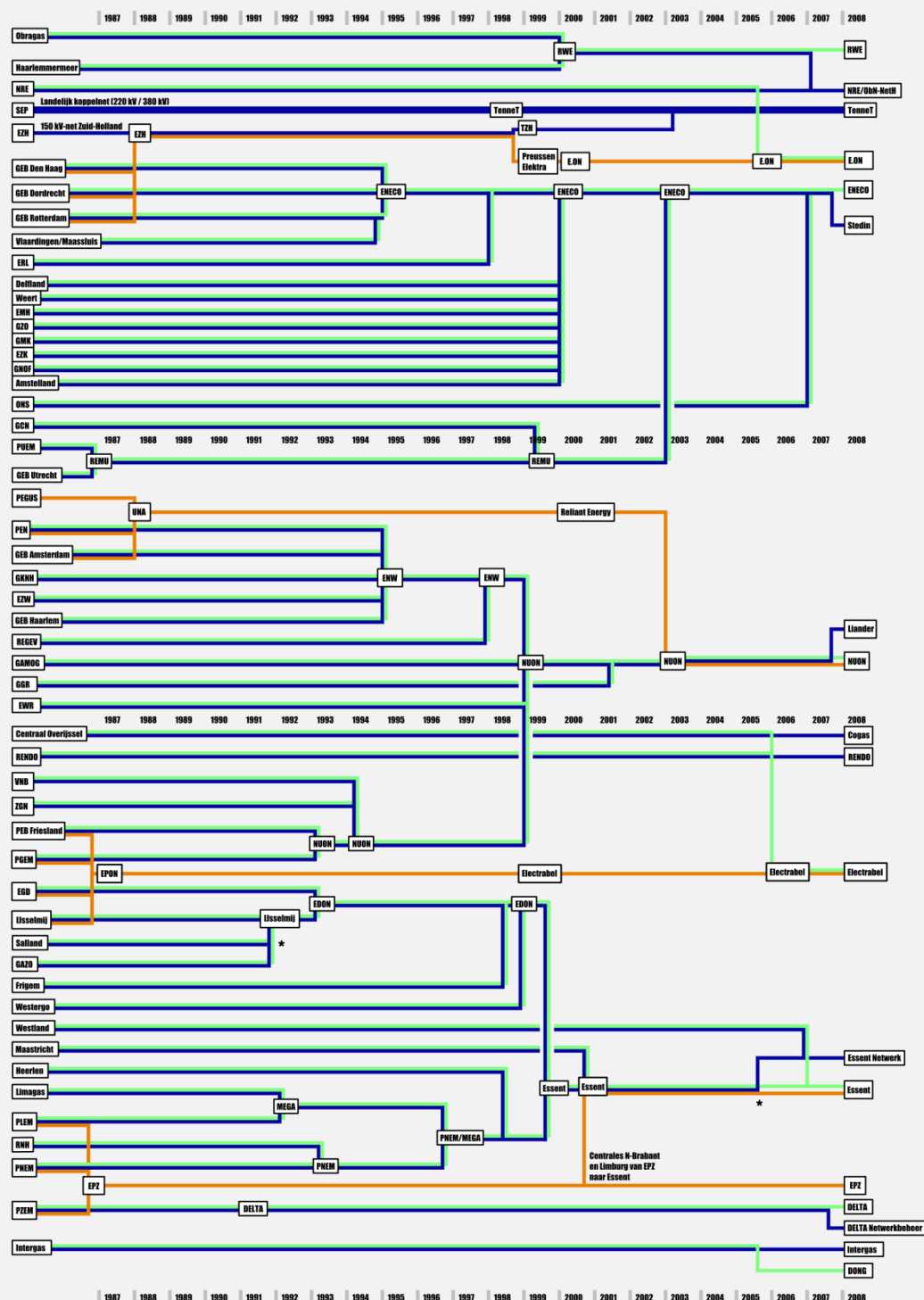
- Bijlage A – 1, Overzicht 380kV verbinding Randstad
- Bijlage C – 1, Tijdlijn fusies energiebedrijven
- Bijlage C – 2, Cuprum ring 5 regio Noord Holland
- Bijlage C – 3, Energievoorziening t.b.v. eigenbedrijf op hoogspanningsstations TAMS, paragraaf 4.2
- Bijlage D – 1, overzicht stationsautomatisering OS Haarlemmermeer
- Bijlage D – 2, Obsolete verklaring leverancier ABB
- Bijlage E – 1, Tekeningen Synchrocheck
- Bijlage F – 1, Tekeningen SF6 Alarminstallatie
- Bijlage G – 1, Tekeningen RADSS railbeveiliging
- Bijlage G – 2, Meetgegevens en instellingen RADSS railbeveiliging

Bijlage A – 1, Overzicht 380kV verbinding Randstad



Bijlage C – 1, Tijdlijn fusies energiebedrijven

Tijdlijn van de fusies, overnames en splitsingen van de energiebedrijven in Nederland, 1987 - 2008



Afkortingen bedrijven in 1986:

NRE: Nutsbedrijf Regio Eindhoven
SEP: Samenwerkende Elektriciteits-Productiebedrijven
EZN: Elektriciteitsbedrijf Zuid-Holland
EHL: Energiebedrijf Rijnwijk-Leldestad
EWA: Energiebedrijf Midden-Nederland
GZD: Gasbedrijf Zuidoost-Nederland
GMD: Gasbedrijf Midden-Kennemerland
EZN: Gasbedrijf Zuid-Kennemerland
GMD: Gasbedrijf Noord-Oost-Friesland
GMD: Openbaar Nutsbedrijf Schiedam
GMD: Gasbedrijf Centraal Nederland
PEM: Provinciale Utrechtse Elektriciteits Maatschappij
PEM: Provinciaal en Gemeenschappelijk Utrechts Stroomleveringsbedrijf
PEN: Provinciaal Elektriciteitsbedrijf van Noord-Holland
GMD: Gasbedrijf Kop van Noord-Holland
EZN: Energiebedrijf Zaanstreek-Waterland

REGV: Regionaal Energiebedrijf Geel en Vechtstreek
GMD: Gasmaatschappij Oost-Gelderland
GMD: Gasvoorziening Gelders Rivierengebied
EWA: Energie- en Watervoorziening Rijnland
NED: Regionaal Nutsbedrijf voor Zuid Drenthe en Noord Overijssel
VNB: Veluwe Nutsbedrijven
ZCN: Zuidelijke Nutsbedrijven
PEM: Provinciale Gelderse Elektriciteits Maatschappij
EOD: Elektriciteitsbedrijf voor Groningen en Drenthe
GAZ: Gasbedrijf Zwolle en Omstreken
LIM: Limburgse maatschappij voor gasdistributie
PEM: Provinciale Limburgse Elektriciteits Maatschappij
RWE: Regionaal Nutsbedrijf 's Hertogenbosch
PEM: Provinciale Noordbrabantse Energie-Maatschappij
PEM: Provinciale Zeewuise Energie-Maatschappij

Afkortingen fusiebedrijven:

REM: Regionale Energie maatschappij Utrecht
UNA: Utrecht, Noord-Holland, Amsterdam
EPN: Elektriciteits-Productie maatschappij Oost- en Noord-Nederland
EPZ: Elektriciteits-Productie maatschappij Zuid-Nederland
EWA: Energie Distributie maatschappij voor Oost- en Noord-Nederland
EWN: Energie Noord-West
TZN: Transport Zuid-Nederland

Herkomst buitenlandse partijen:

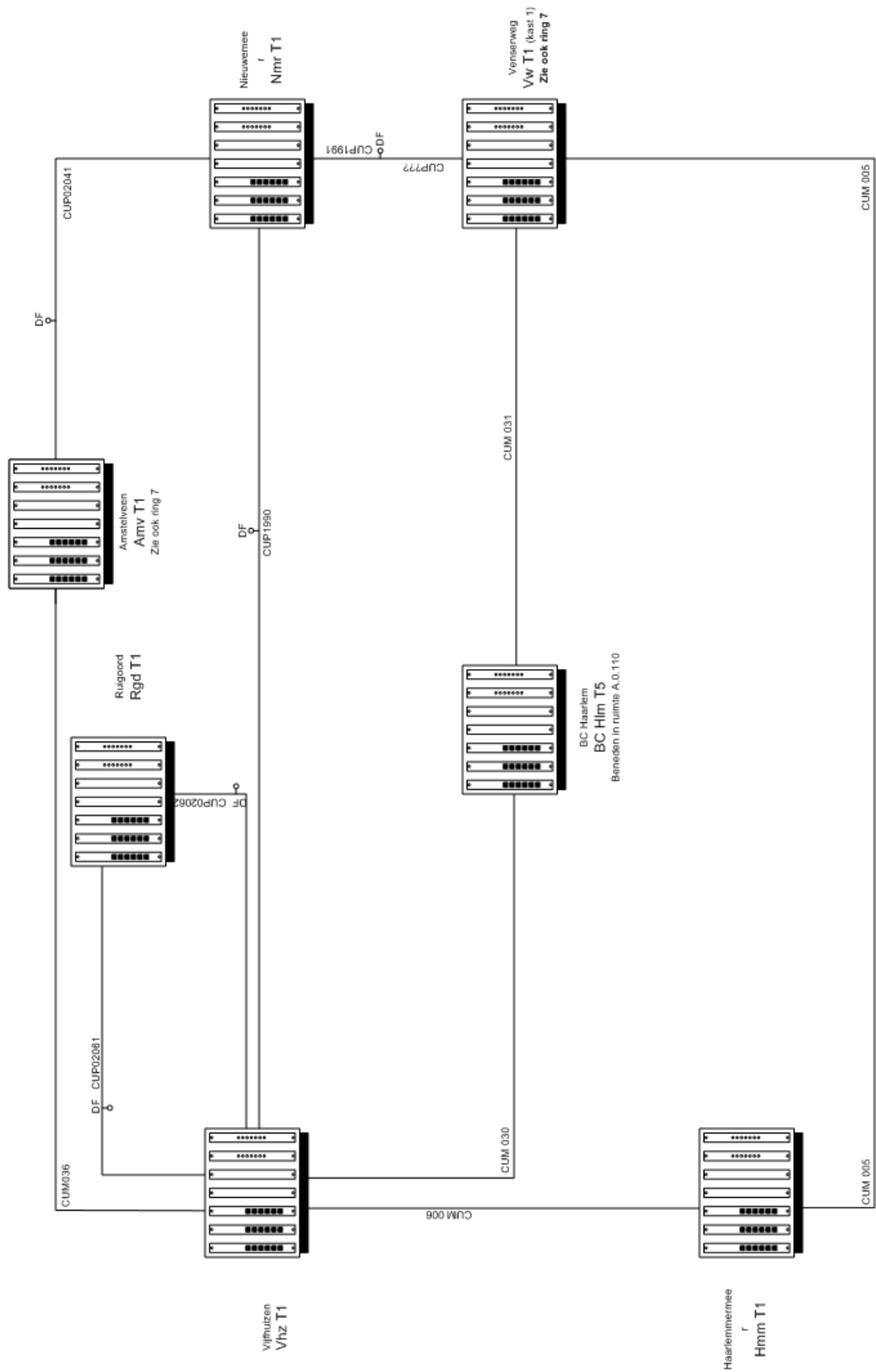
RWE: Duitsland
E.ON: Duitsland (later E.ON)
E.ON: Duitsland
Reliant Energy: Verenigde Staten (Texas)
Electrabel: België (overgenomen door het Franse SUEZ)
DONG: Denemarken

LEGENDA

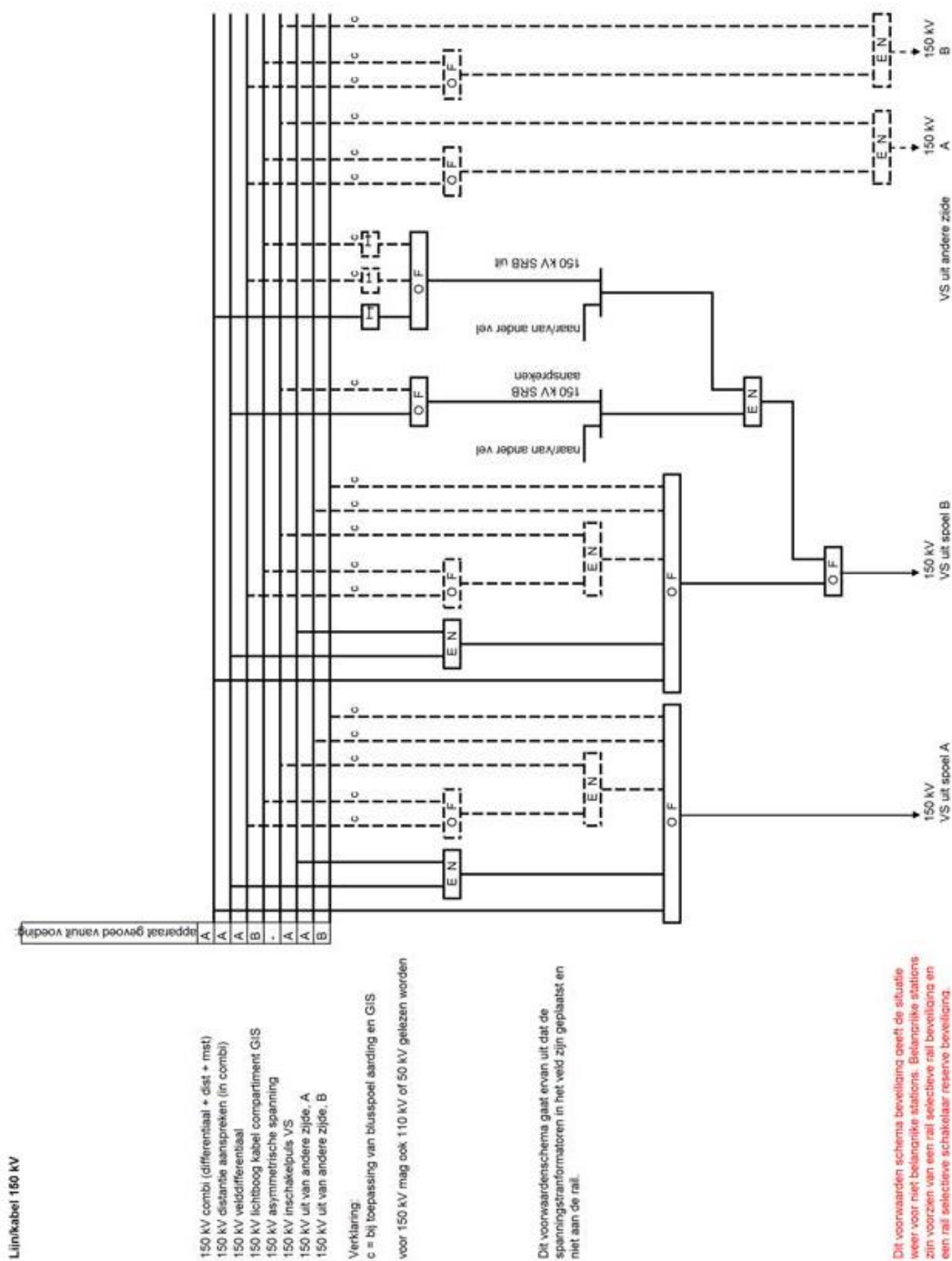
Oranje: Grootschalige productie van elektriciteit in Nederland
Blauw: Beheer van gas- en/of elektriciteitsnetten
Groen: Levering (verkoop) gas en/of elektriciteit aan particulieren
* Datum fusie/splitsing bij benadering
Andere producten en diensten, zoals kabeltelevisie, drinkwater en stadsverwarming zijn buiten beschouwing gelaten
Alleen die bedrijven zijn opgenomen die op enig moment eigen gas- en/of elektriciteitsnetten in beheer hebben gehad
Opmerkingen en correcties: p.wiki@gmail.com

Bijlage C – 2, Cuprum ring 5 regio Noord Holland

Ring 5 Regio Noord Holland



Bijlage C – 3, Voorwaarden overzicht beveiligingen 150kV-velden



Bijlage C – 4, Energievoorziening t.b.v. eigenbedrijf op hoogspanningsstations TAMS

- 6 -

TAMS 03.07.17.01 v 1.0
26 juli 2006

In beide gevallen is de noodstroomvoorziening nodig om in het eigen bedrijfsvermogen van het betreffende station t.b.v. beveiliging, meting, bewaking, meldingen, besturing, communicatie, etc, te voorzien.

4.2 Gestelde eisen aan de energievoorziening voor eigen bedrijf

De eisen, die worden gesteld aan de energievoorziening voor het eigen bedrijf op hoogspanningsstations zijn afhankelijk van het spanningsniveau en de functie van het station in het gehele net. Een tweetal groepen kan worden onderscheiden:

1. groep 1, stations met hoge eisen voor de eigen energievoorziening
 - a. 380/220 kV stations (op enkele uitzonderingen na, zie groep2)
 - b. bepaalde 150/110 kV stations, die een speciale rol hebben voor de stabiliteit in het net, of die een speciale rol hebben bij een 'black start' (zoals de verbindende stations tussen koppelpunt 380/220 kV met een of meerdere herstelvoorzieningen en/of productiemiddelen >60 MW)
2. groep 2, stations met lagere eisen voor de eigen energievoorziening
 - a. 380/220 kV stations met uitsluitend een aftakfunctie (Geldt niet voor meerdere aftakstations die eenzelfde regionaal net voeden, of aftakstations met meerdere transformatoren.)
 - b. 150/110 kV stations, die een speciale rol hebben voor de stabiliteit in het net, of die in een zodanige belasting (aard en grootte) voorzien, dat een langere onderbreking van de voorziening relatief grote maatschappelijke schade zal veroorzaken en daarom met prioriteit dienen te worden hersteld. Zie prioriteitlijst min. EZ.
 - c. overige 150/110 kV stations

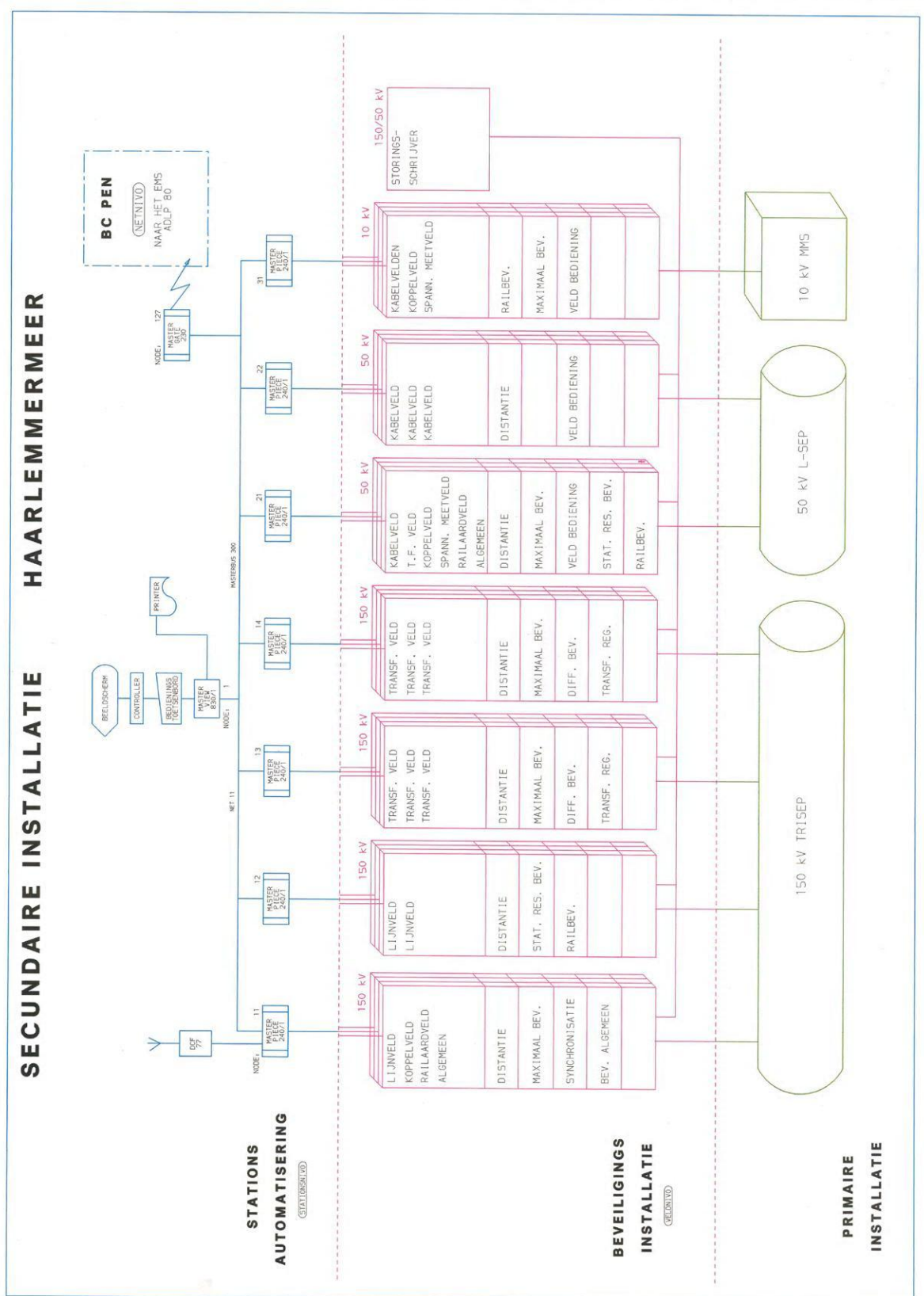
Voor de stations van groep 1 geldt de volgende eis:

- Bij een volledige 'black out' dient het station op basis van noodstroomvoorzieningen volledig functioneel te blijven, zonder beperkingen in het aantal uit te voeren schakelhandelingen of in het te transporteren vermogen gedurende minimaal 24 uur.

Voor stations van groep 2 gelden de volgende eisen:

- Bij een storing in de netvoeding dienen de telecommunicatievoorzieningen, de beveiligingen en de veldbesturing in het station op basis van accuvoeding zonder beperkingen volledig functioneel te blijven gedurende minimaal 4 uur. Het aantal uit te voeren schakelhandelingen met de primaire apparatuur is gelimiteerd, maar moet voldoen aan een voorgeschreven procedure.
- Uitschakeling na 4 uur dient geen effect te hebben op de primaire telecommunicatiesystemen.
- Indien het station uit slechts één veld bestaat en de netvoeding niet binnen 4 uur kan worden hersteld dient voor het verstrijken van die 4 uur het station te worden uitgeschakeld.

SECUNDAIRE INSTALLATIE



Bijlage D – 2, Obsolete verklaring leverancier ABB



Liander N.V.
t.a.v. Directeur Asset Management
Dhr. J. Buesink
Utrechtseweg 68
6812 AH Arnhem

DOCNR
21 JUL 2009 <i>U10</i>
PAC <i>2PB 3100</i>

2009072101-000300024

Your contact person
Bob van Evelingen

Our reference
3VAB069361-L

Direct line
010 - 4078830

Date
16 juli 2009

Your message dated
-

Your reference
-

Mobile
06 - 51616160

Fax
010 - 4078458

E-mail address
bob.evelingen@nl.abb.com

Subject
Kennisgeving van de status van uw ABB product

Geachte heer Buesink,

Middels dit schrijven willen wij u op de hoogte brengen van de status van de volgende producten:

ABB Product Informatie

Product:	Omschrijving:	Status
MP100	Masterproduct (ASEA)	Obsolete
MP240	Masterproduct (ASEA)	Obsolete
MP240/1	Masterproduct (ASEA)	Obsolete
MP240/1hs	Masterproduct (ASEA)	Obsolete
MV810/1	Masterproduct (ASEA)	Obsolete
MV820	Masterproduct (ASEA)	Obsolete
MV830/1	Masterproduct (ASEA)	Obsolete

ABB b.v.

Power Products Power Systems Division
Our web address: www.abb.com

P.O. box 301
NL-3000 AH Rotterdam

George Hinzeweg 81
NL-3068 AX Rotterdam

Telephone:
+31-(0)-10 407 89 11
Telefax:
+31-(0)-10 407 84 52

Commercial register:
Rotterdam No. 24000504

Op alle aanbestedingen en opdrachten van of aan en op alle overeenkomsten met onze vennootschap zijn ABB algemene voorwaarden van toepassing. Een afschrift van de voor u relevante voorwaarden wordt u op verzoek onmiddellijk toegezonden. ABB General Conditions apply to all offers and orders from or to our company and all agreements made with our company. At your request a copy of the conditions relevant to you, will be sent to you immediately.



Liander N.V.
Kennisgeving van de status van uw ABB product
3VAB069361-L

Date : 16 juli 2009.
Page : 2 / 4

Hieronder is aangegeven welke producten volgens onze administratie op welke locatie aanwezig zijn:

Locatie	Aantal	Type
Bijlmer-Zuid	1	MP 240/1
	1	MV 830/1
Den Helder	1	MP 240/1
	1	MV 830/1
Drachten Haven	6	MP 100
	1	MP 240/1
	1	MV 820
Haarlemmermeer	7	MP 240/1
	1	MV 830/1
Haarlem-Noord	1	MP 240/1hs
	1	MV 830/1
Heerenveen	5	MP 240
	1	MV 810/1
Leeuwarden	10	MP 240
	1	MV 820
Oosterwolde	5	MP 240/1
	1	MV 810/1
Texel	1	MP 240/1
	1	MV 830/1
Westzaanstraat	2	MP 240/1
	1	MV 830/1

ABB b.v.

Power Products Power Systems Division
Our web address: www.abb.com

P.O. box 301
NL-3000 AH Rotterdam

George Hintzenweg 81
NL-3068 AX Rotterdam

Telephone:
+31-(0)-10 407 89 11
Telefax:
+31-(0)-10 407 84 52

Commercial register:
Rotterdam No. 24000504

Op alle aanbiedingen en opdrachten van of aan en op alle overeenkomsten met onze vennootschap zijn ABB algemene voorwaarden van toepassing. Een afschrift van de voor u relevante voorwaarden wordt u op verzoek onmiddellijk toegezonden. ABB General Conditions apply to all offers and orders from or to our company and all agreements made with our company. At your request a copy of the conditions relevant to you, will be sent to you immediately.

2009072401-000300025



Liander N.V.
Kennissegeving van de status van uw ABB product
3VAB069361-L

Date : 16 juli 2009.
Page : 3 / 4

2009072101-000300026

Product Levens Cyclus

De producten van ABB zijn ontworpen voor een constante verdere ontwikkeling, dit om de investering (applicatie software) van u te beschermen (hardware en software).

Daarom heeft ieder product een Levens Cyclus.

ABB zal geen product of productfamilie verwijderen uit de actieve verkoop (*Active*) voordat er een gelijkwaardige vervanger van dit product beschikbaar is.

ABB onderscheidt 4 fasen in de Levens Cyclus van een Product, deze zijn:

Active:

- Start met het vrijgeven van het product voor de verkoop.
- Het product is opgenomen in de systeem-prijslijst.
- Periodiek worden er nieuwe versies met extra functionaliteit uitgebracht.
- Het product wordt constant onderhouden (herstellen van fouten).
- ASAP/SoftCare Software Management programma beschikbaar.
- StepUp migratie mogelijk van oude producten naar dit product.

Uitzonderingen zijn die situaties waarbij de componenten of technieken niet langer ter beschikking staan aan ABB.

ABB zal zijn uiterste best doen om een vervangende functionaliteit aan te bieden.

Classic:

- Het product wordt uit de systeem-prijslijst verwijderd.
- Het product is uitsluitend nog als reserve-deel beschikbaar voor verkoop.
- Geen verdere ontwikkelingen, software fouten worden wel verholpen.
- Prijzen kunnen omhoog gaan, dit door verschillende oorzaken intern of extern ABB.
- StepUp migratie mogelijk van dit product naar het nieuwe Active product.
- Last buy waarschuwing zal in het laatste jaar van de Classic fase worden afgegeven.

Limited:

- De productie van de hardware wordt niet meer ondersteund door R&D.
- Beschikbaarheid van nieuwe reserve-delen is niet meer gegarandeerd.
- Geen nieuwe ontwikkelingen om componenten die niet meer leverbaar zijn te vervangen.
- Meer hergebruik van gebruikte reserve-delen.
- Geen ontwikkeling meer, ook niet van software fouten.
- Service ondersteuning gaat door, maar kan gaan afnemen.
- StepUp migratie mogelijk van dit product naar het nieuwe Active product.

ABB b.v.

Power Products Power Systems Division
Our web address: www.abb.com

P.O. box 301
NL-3000 AH Rotterdam

George Hitzweg 81
NL-3066 AX Rotterdam

Telephone:
+31-(0)-10 407 89 11
Telefax:
+31-(0)-10 407 84 52

Commercial register:
Rotterdam No. 24000504

Op alle aanbiedingen en opdrachten van of aan en op alle overeenkomsten met onze vennootschap zijn ABB algemene voorwaarden van toepassing. Een afschrift van de voor u relevante voorwaarden wordt u op verzoek onmiddellijk toegezonden. ABB General Conditions apply to all offers and orders from or to our company and all agreements made with our company. At your request a copy of the conditions relevant to you, will be sent to you immediately.



Liander N.V.
Kennisgeving van de status van uw ABB product
3VAB069361-L

Date : 16 juli 2009.
Page : 4 / 4

- De vooraankondiging van het veranderen naar de Obsolete status, wordt afgegeven in het laatste halfjaar.

Obsolete:

- Geen ondersteuning meer van dit product, omdat:
- ABB niet meer instaat is om dit product technisch te ondersteunen.
- Het commercieel niet meer uitvoerbaar is.
- Veel ABB producten zijn meer dan 20 jaar ondersteund door ABB.

Consequenties en mogelijkheden

Middels dit schrijven wijzen wij u op het feit dat ABB bij dienstweigering van de genoemde producten in 'Obsolete' fase geen ondersteuning (technisch danwel in spare parts) meer kan leveren.

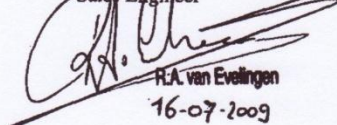
We raden u aan te overwegen om de Mastersystemen te upgraden naar producten die standaard leverbaar zijn. Hiervoor zijn meerdere alternatieven mogelijk, die vaak relatief eenvoudig ingepast kunnen worden in de reeds bestaande installatie.

Graag zouden wij met u een afspraak maken om mogelijke alternatieven met u te bespreken.

In het vertrouwen u voldoende geïnformeerd te hebben, verblijven wij,

Hoogachtend,
ABB b.v.

Bob van Evelingen
Sales Engineer


R.A. van Evelingen
16-07-2009

Godfried Kockelkorn
BU Manager Substation Automation Systems

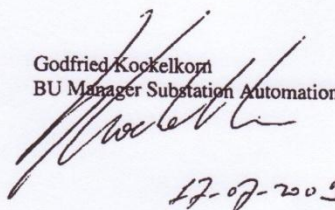

17-07-2009

ABB b.v.

Power Products Power Systems Division
Our web address: www.abb.com

P.O. box 301
NL-3000 AH Rotterdam

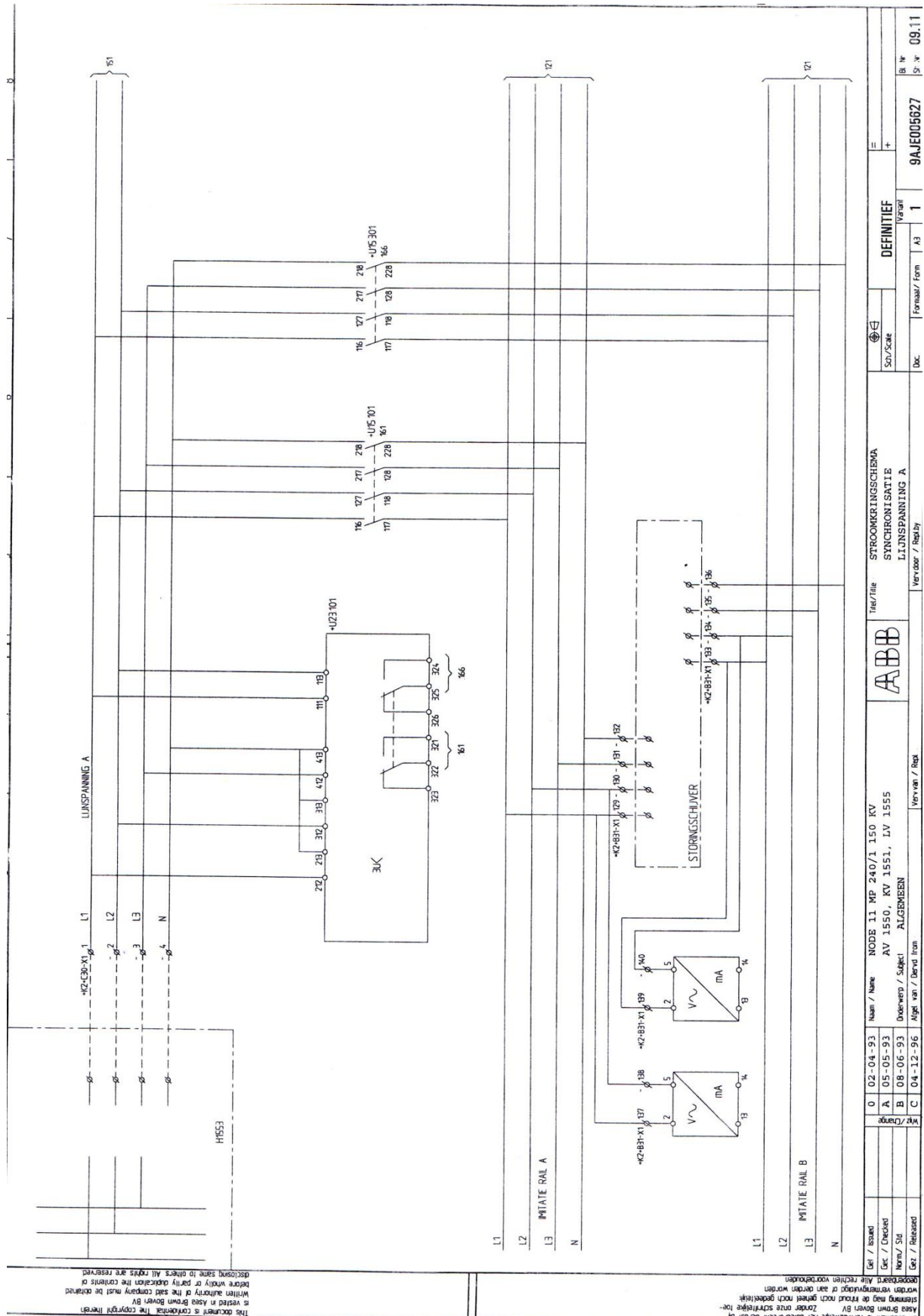
George Hintzenweg 81
NL-3068 AX Rotterdam

Telephone:
+31-(0)-10 407 89 11
Telefax:
+31-(0)-10 407 84 52

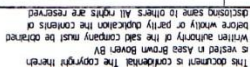
Commercial register:
Rotterdam No. 24000504

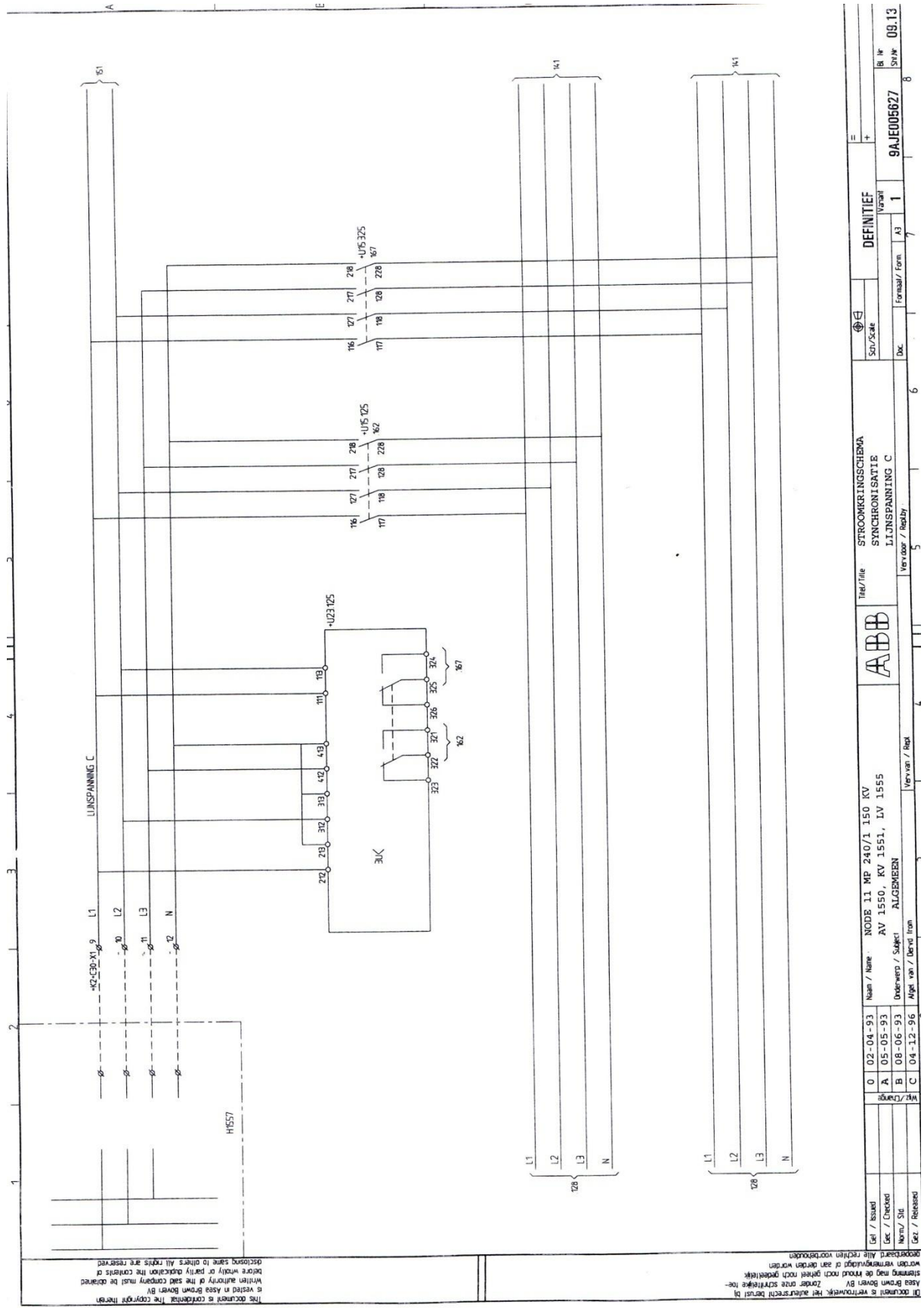
Op alle aanbiedingen en opdrachten van of aan en op alle overeenkomsten met onze vennootschap zijn ABB algemene voorwaarden van toepassing. Een afschrift van de voor u relevante voorwaarden wordt u op verzoek onmiddellijk toegezonden. ABB General Conditions apply to all offers and orders from or to our company and all agreements made with our company. At your request a copy of the conditions relevant to you, will be sent to you immediately.

Bijlage E - 1, Tekeningen Synchrocheck

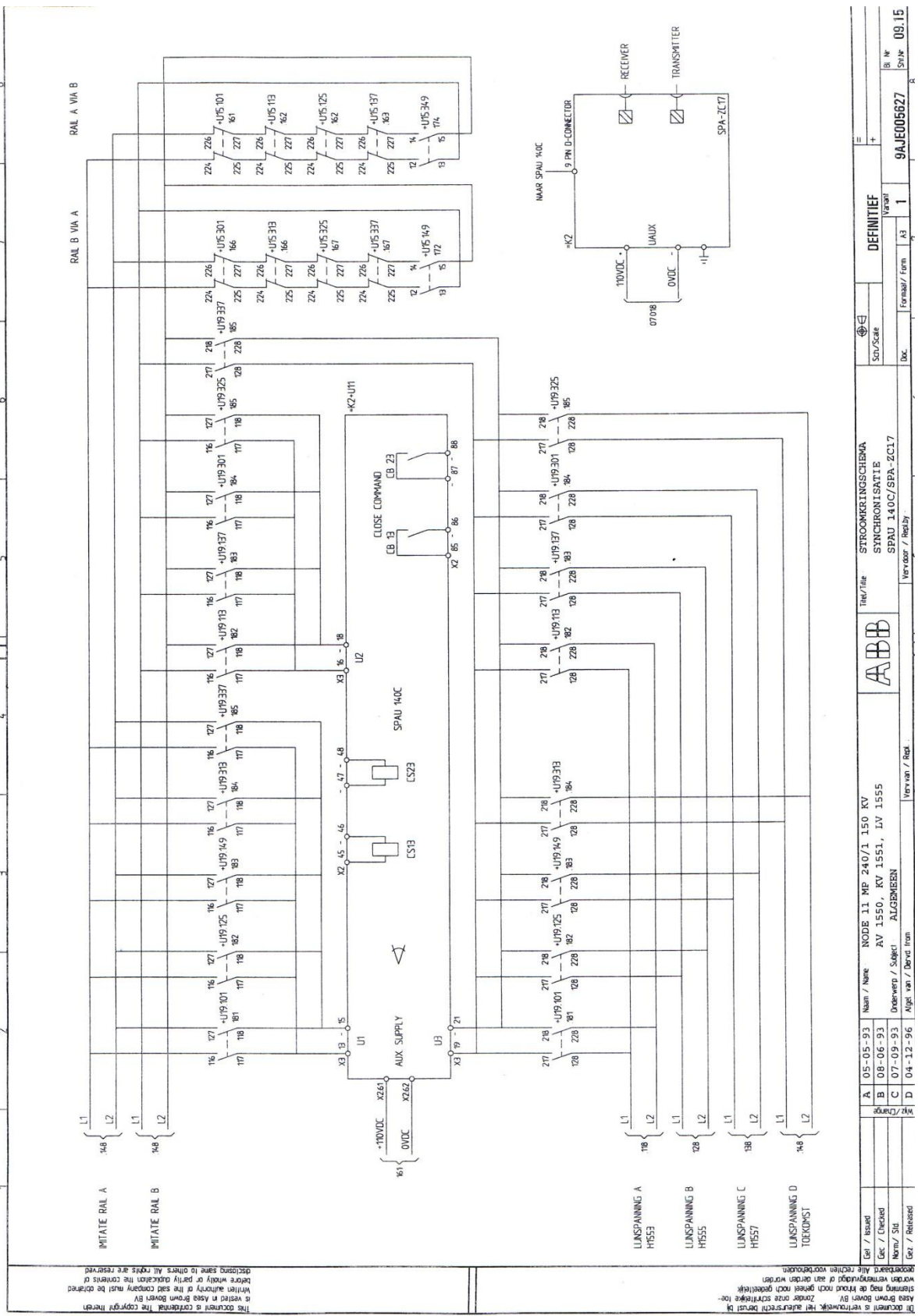


Gepl. / Issued	02-04-93	Naam / Name	NODE 11 MP 240/1 150 KV	Titel / Title	STROOMKRIJGSCHEMA	Definitief	1	9AJE005627	09.11
Gepl. / Checked	05-05-93	AV 1550, KV 1551, LV 1555			SYNCHRONISATIE				
Norm. / Std.	08-06-93	Algemeen / Subject	ALGEMEEN		L1-SPANNING A				
Gepl. / Released	04-12-96	Algemeen van / Derived from							

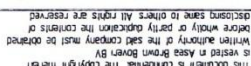


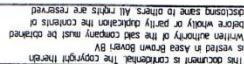


Get / Issued		02-04-93		Naam / Name		NODE 11 MP 240/1 150 KV		Title / File		STROOMKRINGSCHEMA		Sch / Scale		DEFINITIEF		8	
Get / Checked		05-05-93		AV 1550, KV 1551, LV 1555		AV 1550, KV 1551, LV 1555		ABB		SYNCHRONISATIE		1		1		8	
Norm / Std		08-06-93		Onderwerp / Subject		ALGEMEEN		Versie / Version		LINSpanning C		Formaat / Form		A3		8	
Get / Released		04-12-96		Afdel van / Dept from		Versie / Rev		1		Versie / Rev		1		1		8	

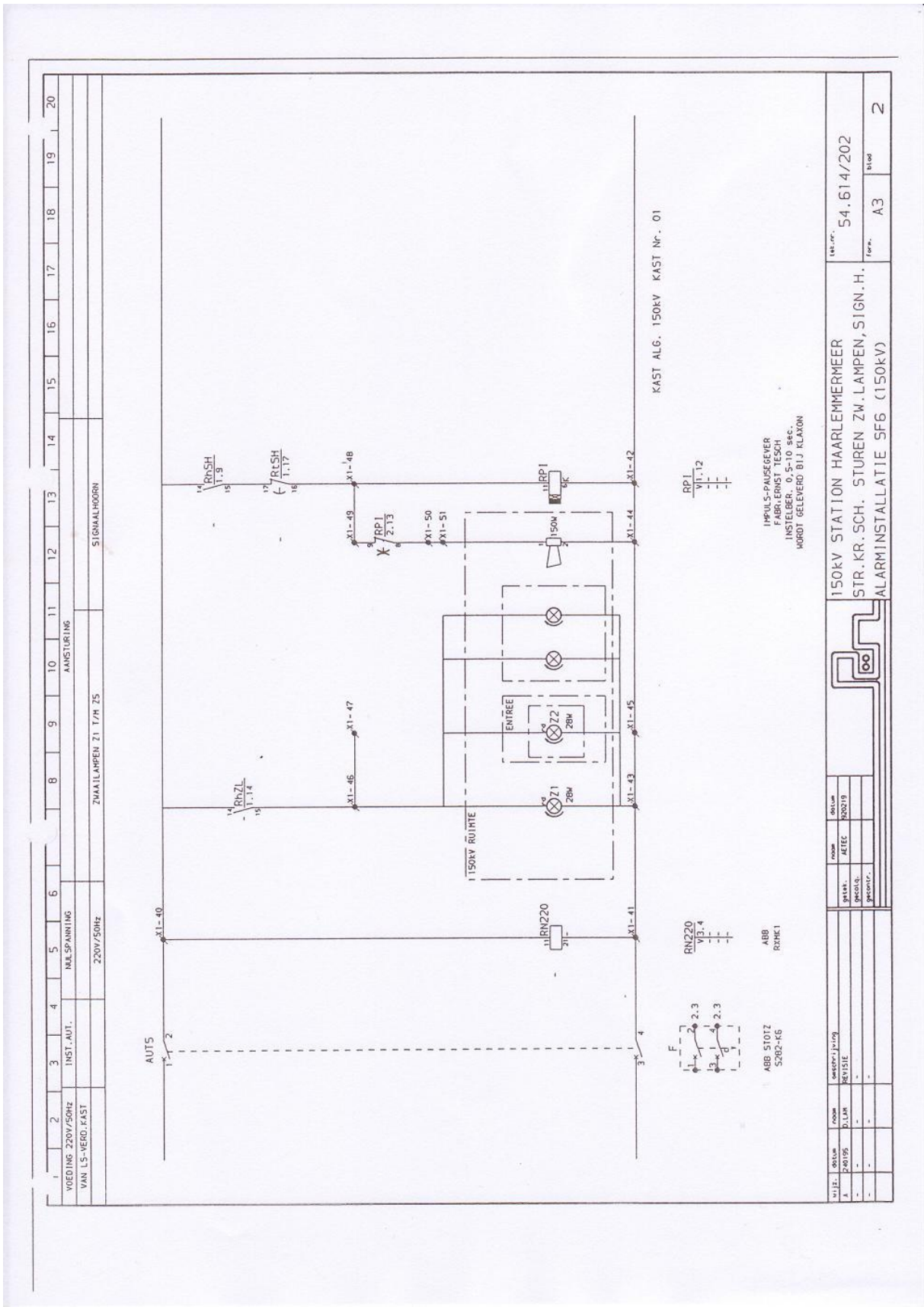


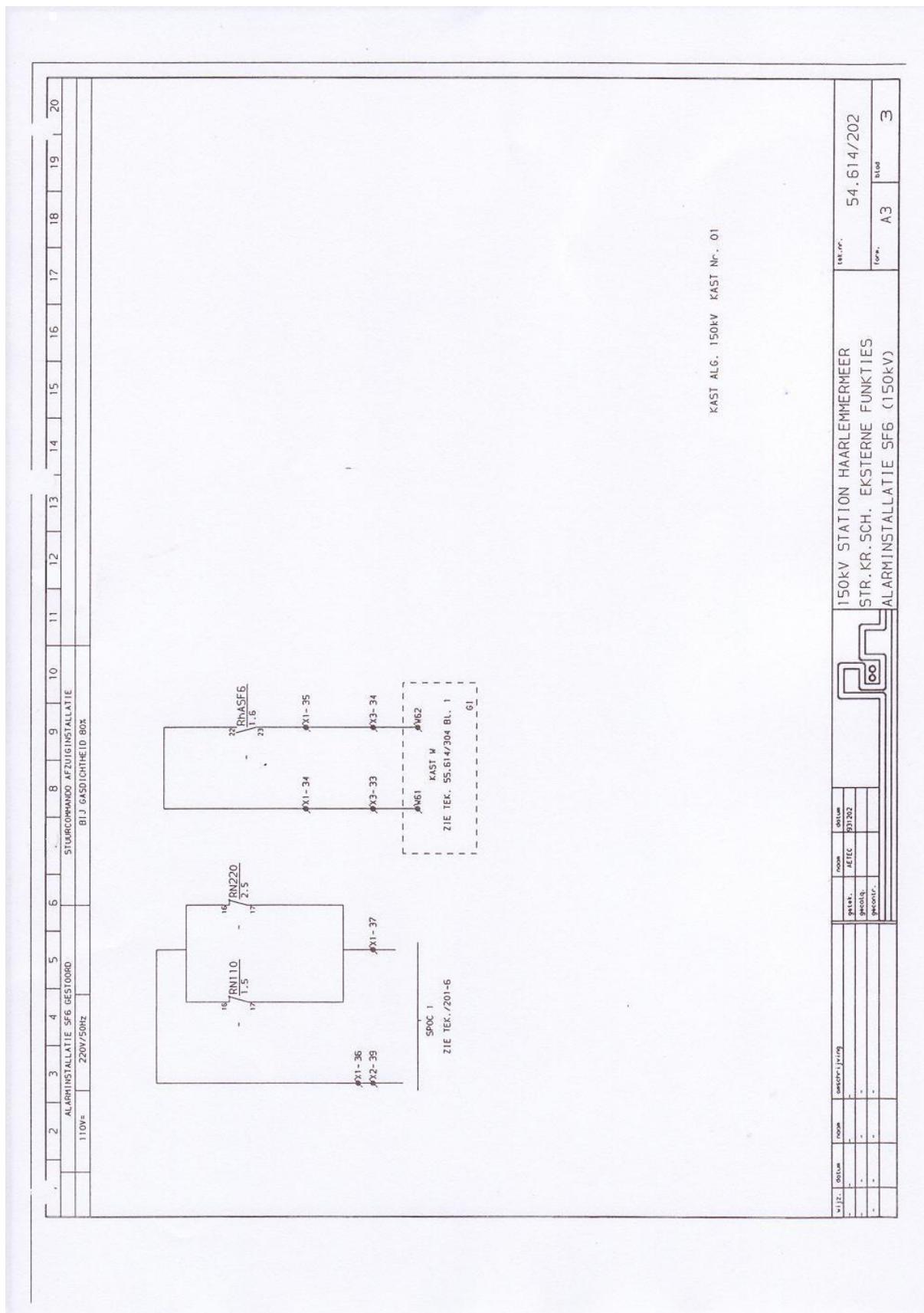
Gepl. / Issued		Naam / Name		Titel / Title		STROOKKRINGSCHMA		DEFINITIEF		Bijl. Nr.	
A		05-05-93		NODE 11 MP 240/1 150 KV		SYNCHRONISATIE		07/08		8	
B		08-06-93		AV 1550, KV 1551, LV 1555		SPA 140C/SPA-ZC17		1		9A/E005627	
C		07-09-93		Onderwerp / Subject		ALGEMEEN		Formaat / Form		08.15	
D		04-12-96		Aangep. van / Derivat. from		Vervand. / Revisie		Vers. / Ver.		08.15	



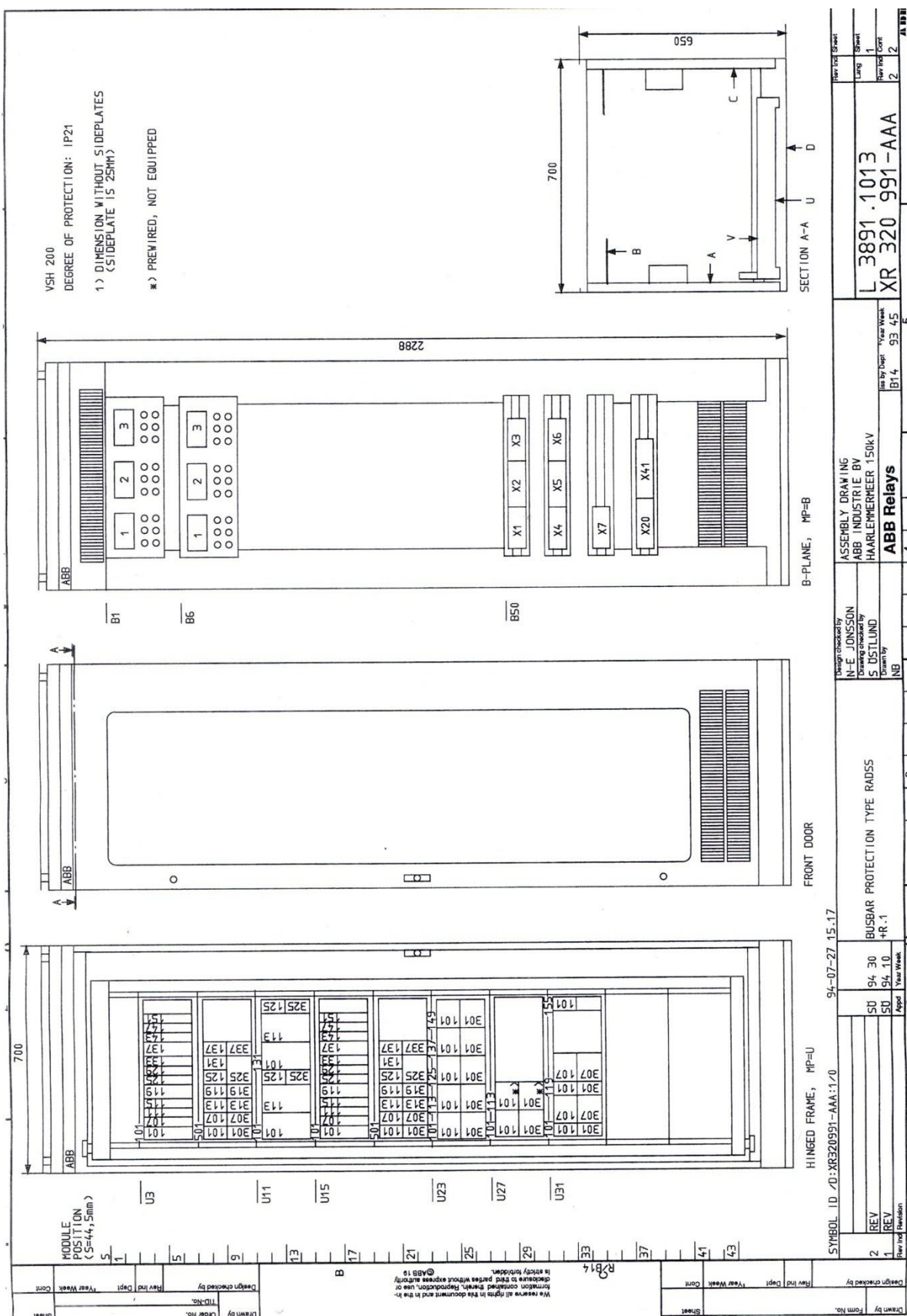


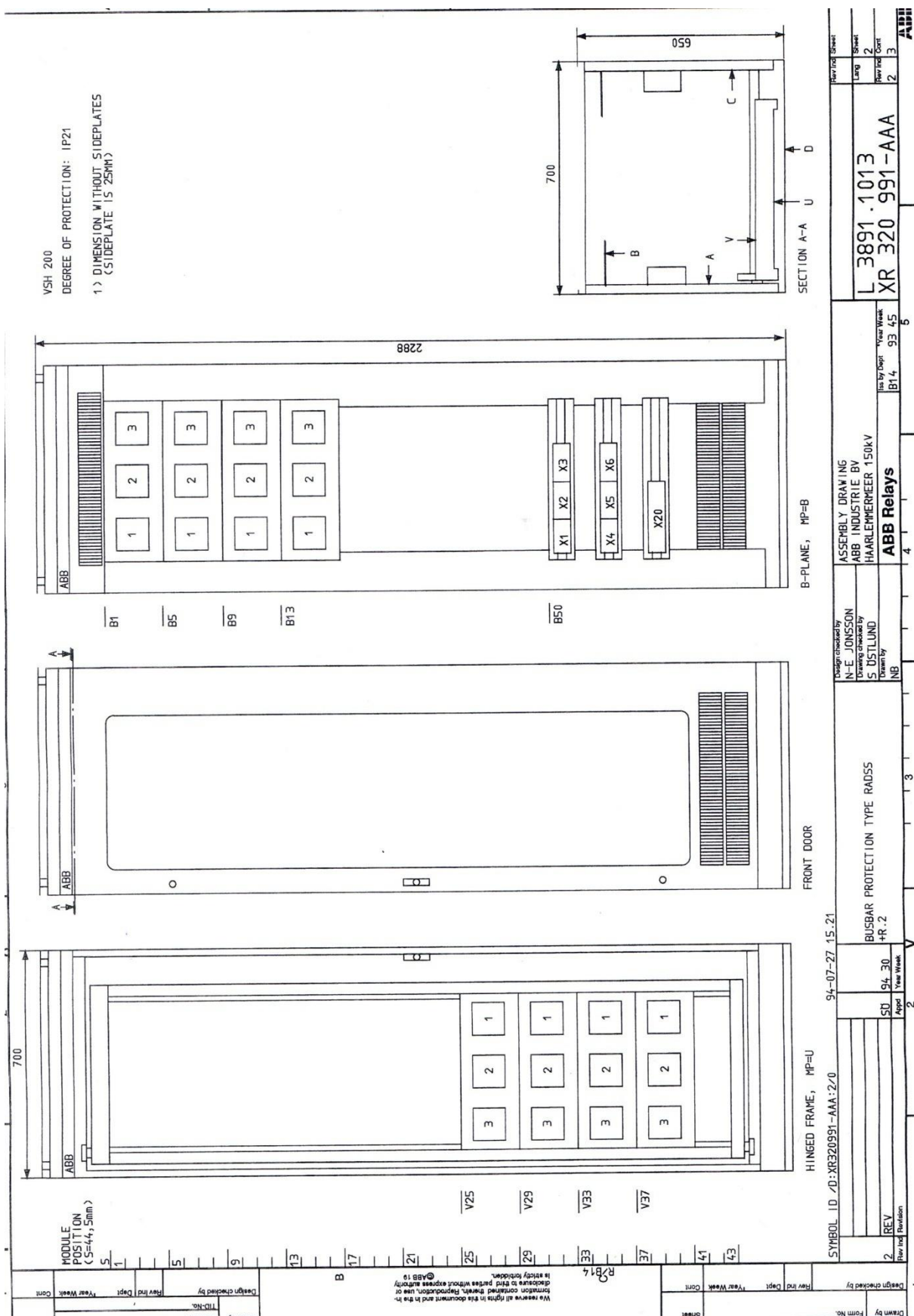
[illegible]





Bijlage G – 1, Tekeningen RADSS railbeveiliging

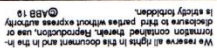


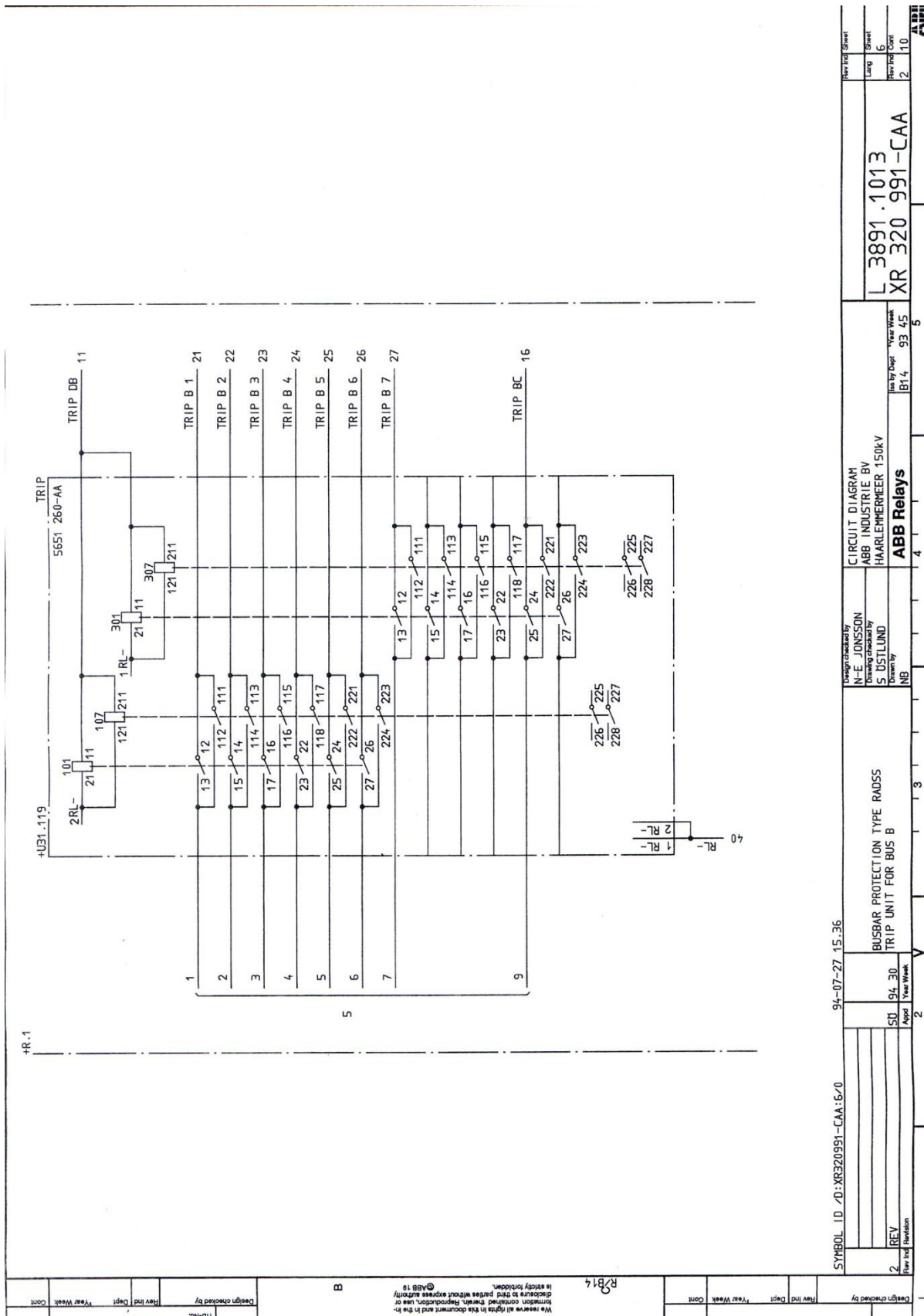


U3	DIFF RELAY RADSS ZONE A
U11..101	BUS INTERCONNECTION LOGIC (22 ≥ 12 LOGIC)
U11..131	CT CONNECTION RELAY GROUP FOR BUSCOUPLER
U15	DIFF RELAY RADSS ZONE B
U23..101	LINE UNIT
U23..113	LINE UNIT
U23..125	LINE UNIT
U23..137	LINE UNIT
U23..149	LINE UNIT
U27..101	LINE UNIT
U27..113	LINE UNIT, PREWIRED
U31..101	TRIP UNIT ZONE A
U31..119	TRIP UNIT ZONE B
U31..155	DC SUPERVISION UNIT
B1	RADSS TRANSFORMER UNIT
B6	RADSS TRANSFORMER UNIT
B50	TERMINALS

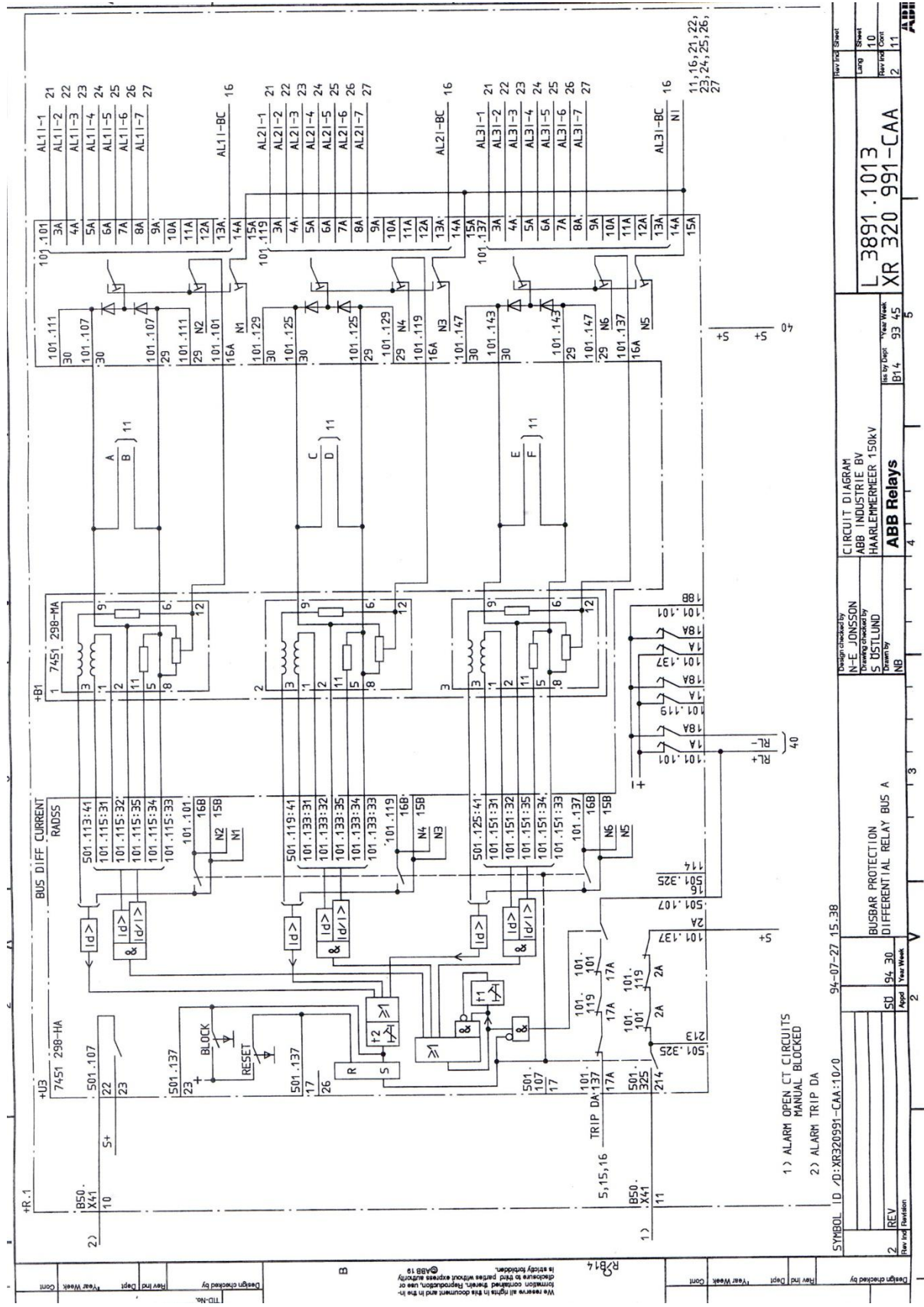
B1	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
B5	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
B9	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
B13	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
V25	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
V29	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
V33	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
V37	TRANSFORMER UNIT SLCE 16
B50	TERMINALS

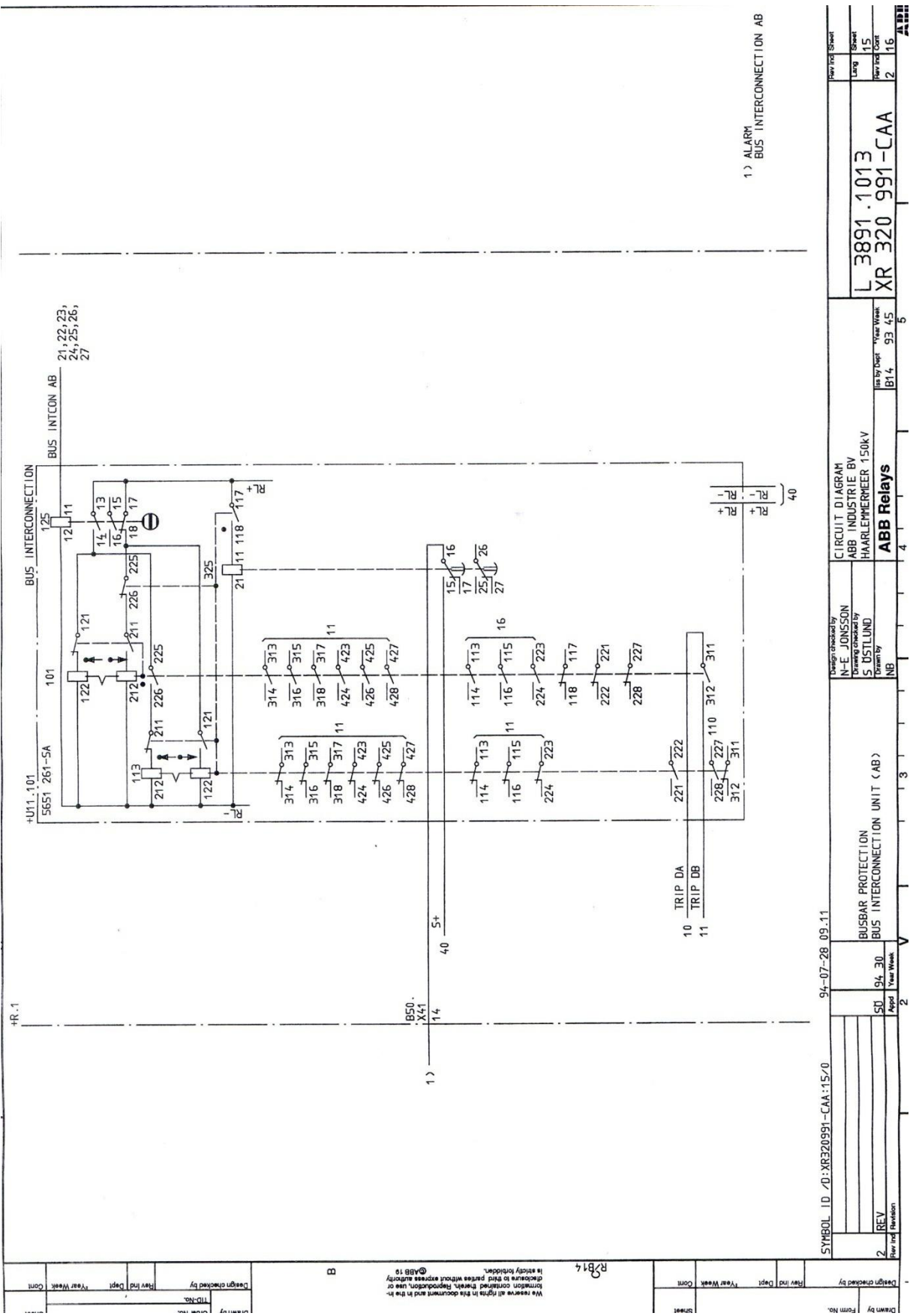
[illegible]





SYMBOL ID: XR320991-CAA:6/0		94-07-27 15.36	
Design checked by		BUSBAR PROTECTION TYPE RAUSS	
Rev Ind		TRIP UNIT FOR BUS B	
2		SD 94.30	
Rev Ind		Appd	





Bijlage G – 2, Meetgegevens en instellingen RADSS railbeveiliging

VOORIGE INSTELL.

ASEA RAILBEV. RADSS		IN BEDRIJF GESTELD dd:		KV STATION <i>HMM</i>		AANTAL ZONES: <i>2</i>		CIRCUITCONSTANTEN EN GEWENSTE INSTELLINGEN:	
TS = <i>29,4</i> †	Rd3 = <i>1,15</i> †	RdII = <i>0</i> †	Rdt = <i>200</i> †	Tmd = <i>1/10</i> A	S = <i>0,8</i>	K = <i>0,088</i> A	Id MIN = <i>K/(I-S) = 0,44</i> A		
STARTNIVEAU = <i>0,4</i> A		TOTALE STROOM OV. FACT. <i>1500</i>		MAX LUSWEERSTAND STR. TR. <i>25</i> †		SEC. VERZ. SP. HULPSTR. TR. <i>500</i> V			
MIN. BEN. IMPULSBREEDTE d-RELAIS: <i>1</i> mS + 0,2 - 0,1		ALARM OPEN STR. TR.: <i>30</i> mA		NA: <i>2</i> S		LENGTE UITSCH. COMMANDO: <i>250</i> mS			
WACHTTIJD MEENEEMSCHAKELINGEN: <i>130</i> mS									

Gemeten Waarden: (kaart uitvouwen)

	SECTIE <i>A</i> FASE 12	SECTIE <i>A</i> FASE 4	SECTIE <i>A</i> FASE 8	SECTIE FASE 12	SECTIE FASE 4	SECTIE FASE 8
S	<i>0,77</i>	<i>0,77</i>	<i>0,8</i>			
K (A)	<i>0,14</i>	<i>0,13</i>	<i>0,14</i>			
Id MIN	<i>0,45</i>	<i>0,42</i>	<i>0,44</i>			
I START	<i>0,87</i>	<i>0,87</i>	<i>0,88</i>			
(¹)	<i>1</i>	<i>0,9</i>	<i>1</i>			
(²)	<i>250</i>	<i>250</i>	<i>250</i>			
(³)	<i>33</i>	<i>32</i>	<i>29</i>			
(⁴)	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>			

	SECTIE <i>B</i> FASE 12	SECTIE <i>B</i> FASE 4	SECTIE <i>B</i> FASE 8	SECTIE FASE 12	SECTIE FASE 4	SECTIE FASE 8
S	<i>0,76</i>	<i>0,78</i>	<i>0,79</i>			
K (A)	<i>0,14</i>	<i>0,14</i>	<i>0,14</i>			
Id MIN	<i>0,40</i>	<i>0,40</i>	<i>0,42</i>			
I START	<i>0,86</i>	<i>0,88</i>	<i>0,88</i>			
(¹)	<i>0,9</i>	<i>0,9</i>	<i>1</i>			
(²)	<i>250</i>	<i>250</i>	<i>250</i>			
(³)	<i>30</i>	<i>28</i>	<i>28</i>			
(⁴)	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>			

*1) MIN.IMPULS BREEDTE d-relais (mS) *2) LENGTE UIT SCH. COMMANDO (mS) *3) ALARM NIVEAU OPEN STR. TR. (mA) *4) ALARMWACHTTIJD (S) † = OHM

DWARSKOPP. VELD IN SECTIE:	LANGSKOPP. VELD IN SECTIE:	LANGSKOPP. VELD IN SECTIE:
WACHTTIJD MEENEEM SCH.: <i>130</i>		
INSTELLING TIJDRELAIS:		

CONTROLE DATA:	CONTROLEUR(S): <i>M.B. + T.K. (HF)</i>	OPMERKINGEN:

BIJZONDERHEDEN:

3 gemeten met een weerstand van 2 kΩ in een andere stroom ingang.

K factor gemeten met een primair lasgenomen. Tmd 1000 g088A meetten 11,2 maar is 0,1 A
Om de melheid van het meet systeem A met beneden de 2,9 mS de laten 11,2 is in module 1115.501.101 een van de 2 condensatoren lasgenomen.