Netstudie

10,5 kV net VU/VUmc

Loadflow, stabiliteit en beveiliging

Revisie gegevens

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
4.1	15-7-2016	D. Vree	Definitief rapport
4.0	24-6-2016	D. Vree	Definitief rapport
3.0	29-4-2016	D. Vree	Dynamische studie ter revisie CCE
2.2	27-4-2016	D. Vree	Dynamische studie interne revisie
2.1	29-9-2015	A. Winters	Revisie CCE verwerkt
2.0	13-8-2015	A. Winters	Beveiligingsstudie ter revisie CCE
1.1	7-8-2015	A. Winters	Beveiligingsstudie interne revisie
1.0	8-5-2015	A. Winters	Loadflow studie ter revisie CCE
0.1	6-5-2015	A. Winters	Concept

Document nummer: ENSOL-RPT-2015.044
Auteur: A. Winters / D. Vree
Revisie: 4.1
Datum: 15-7-2015
Gecontroleerd: D. Vree / J. Popma

Inhoud

1 INLEIDING 4

2 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN 6

2.1 REFERENTIE DOCUMENTEN 6
2.2 ELEKTRISCHE INFRASTRUCTUUR 6
2.3 BELASTINGEN 7
2.4 REGELSTRATEGIE GENERATOREN 7

3 LOADFLOW 9

3.1 UITGANGSPUNTEN 9
3.2 NORMAAL BEDRIJF 9
3.2.1 Invoeding 9
3.2.2 Belastingen kabels 10
3.3 EILAND BEDRIJF 12
3.4 CONCLUSIE 12

4 KORTSLUIT ANALYSE 13

4.1 3 FASE KORTSLUITVASTHEID 13
4.2 1 FASE KORTSLUITVASTHEID 13

5 BEVEILIGING 14

5.1 ALGEMEEN 14
5.2 EILANDBEDRIJF 14
5.3 DISTANTIEBEVEILIGING 15
5.4 DIFFERENTIAALBEVEILIGING 15
5.5 OVERSTROOMBEVEILIGING 16
5.5.1 Beveiliging generator 17
5.5.2 Beveiliging kabels 19
5.5.3 Beveiliging distributietransformatoren 21
5.6 CONCLUSIE 27

6 DYNAMISCHE STUDIE 28

6.1 UITGANSPUNTEN 28
6.2 MODELLEN EN MODEL VALIDATIE 28
6.2.1 STEG 28
6.2.2 Turbomach Mercury 50 gasturbines met Leroy Somer A56 BRL 70 generator 28
6.3 KRITISCHE KORTSLUITTIJD 30
6.3.1 Configuraties en fout scenario's 31
6.3.2 Configuraties bij Netbedrijf 31
6.3.3 Configuraties in Eilandbedrijf 33
6.4 ONTKOPPELING VAN HET PREFERENTE NET BIJ EEN KORTSLUITING IN HET NIET-PREFERENTE NET 35
6.5 CONCLUSIE 36

7 REFERENTIES 38

8 BIJLAGEN 39

BIJLAGE A: SINGLE LINE DIAGRAM ..... A—1

BIJLAGE B: COMPONENT PARAMETERS ..... B—2

BIJLAGE C: RESULTATEN LOADFLOW ..... C—3

BIJLAGE D: RESULTATEN KORTSLUITING ..... D—4

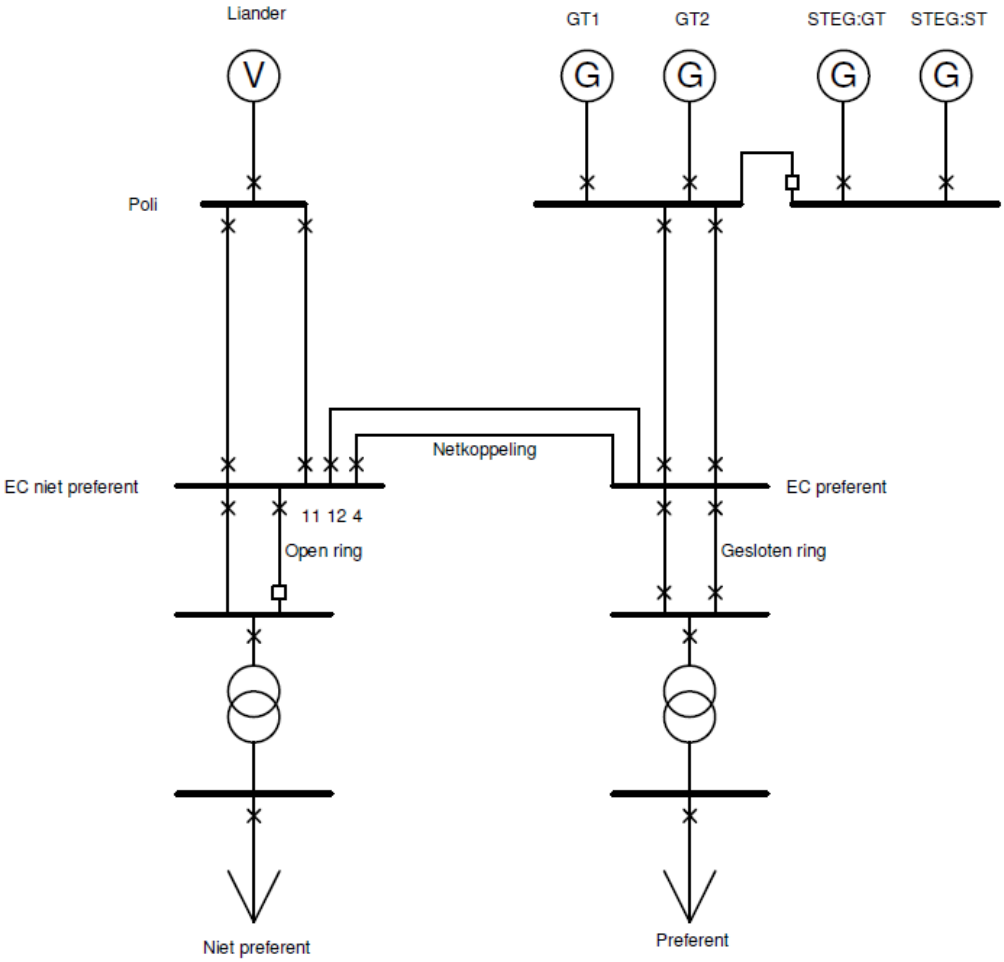
BIJLAGE E: RESULTATEN DYNAMISCHE STUDIE ..... E—5

1 Inleiding

In opdracht van het Coördinatie Centrum Energie(CCE) van de VU/VUmc, voert Energy Solutions een netstudie uit aan het 10,5 kV distributienet. In dit net zijn twee nieuwe gasturbines (GT) geplaatst elk met een vermogen van 4,45MVA, waardoor het van belang is om de stabiliteit en beveiliging van het net opnieuw te beschouwen. De bestaande STEG eenheid met een gasturbine van 5,68MVA (STEG:GT) in combinatie met een stoomturbine van 1,75MVA (STEG:ST) zal tot 2017 in bedrijf blijven. In normaal bedrijf zullen de 2 nieuwe GT's of 1 GT en de bestaande STEG draaien.

In de netstudie wordt de invloed van toekomstige uitbreidingen op de capaciteit van het net meegenomen. Hiervoor wordt naast de huidige situatie (2015) ook de verwachte toekomstige situatie van 2025 beschouwd.

Het is van groot belang dat de preferente gebruikers ten aller tijde voorzien zijn van elektriciteit. Dit is een belangrijk criterium dat door de studie heen steeds zal worden belicht.
In onderstaande figuur is de netstructuur schematisch weergegeven.



Figuur 1: Schematisch overzicht net VU/VUmc

De gedetailleerde single line van het onderzochte net is in bijlage A weergeven.

Dit rapport bevat de resultaten van een drietal studies namelijk:

- Loadflow- en kortsluitanalyse
  In deze studie wordt de belasting van de verbindingen en componenten in het net onderzocht bij het huidige verbruik (2015) en het verwachte verbruik in de toekomst (2025) tijdens normaal bedrijf, tijdens een enkelvoudige storing en tijdens eiland bedrijf. Daarnaast wordt onderzocht of het net bestand is tegen kortsluiting.
- Dynamische studie
  Aan de hand van dynamische modellen van de generatoren wordt de kritische kortsluittijd bepaald en de afschakeltijden in het net gecontroleerd.
- Selectiviteitsstudie
  De selectiviteit van de beveiligingen van de aansluiting met netbeheerder Liander tot en met de eerste beveiligingen in het laagspanningsnet direct na de distributie transformatoren wordt gecontroleerd aan de hand van de resultaten van bovengenoemde studies en de inventarisatie van de huidige beveiligingsinstellingen. Voor een aantal type beveiligingen zal een standaard methode worden voorgesteld ter bepaling van de juiste beveiligingsinstellingen voor toekomstige uitbreidingen.

2 Algemene Uitgangspunten

In samenwerking met het ECC is het document IN2015-023 - Uitgangspunten netstudie VU-VUmc v1.0 opgesteld waarin alle uitgangspunten voor deze studie zijn vastgelegd.

2.1 Referentie documenten

De netstudie zal worden uitgevoerd op basis van de volgende door het Coördinatie Centrum Energie) (CCE) VU/VUmc verstrekte documenten:

- WKK VU info stabiliteitsberekening 22-10-2013;
- Quick Scan aankoppeling WKK aan 10 kV installatie VU/VUmc 28-02-2014;
- 20140623 0062 Notitie Inkoppeling 10 kV optie 3;
- Tekening kabels: 5100001e-HS-MS rev. F;
- database componenten.mdb;
- Belastingen netstudie VU/VUmc 2010 260810 vs1;
- Scan overzicht P en NP trafo's campusterrein.
- 10kV Netconfiguratie toekomst 2014 versie J, 1-9-2014(single line)
- 20121221 Generator Datasheet 10.5 kV TYPICAL
- TBM_M50 Technical Description_Rev0_140911
- Daadwerkelijk gemeten stromen per ring op 22 en 23 maart 2015
- Stabiliteitsstudie voor het energiecentrum van de VU Amsterdam, HOLEC PROCJETS BV, 1993
- AC8B Exciter Model for Solar Turbines Generators
- Combination Generator Control Module Manual
- InertiaM50TT4
- Leroy Somer IEEE schemes : Digital AVR - T430S045
- Solar Turbines Mercury 50 Gas Turbine Generator Set Governor Model (March 25, 2009)
- MO-T265 - A56 BRL 70 - 10.5 kV - 5450 kVA
- Resistive_Load_Acceptance_M50

Naast bovengenoemde documenten is informatie verstrekt gedurende twee bezoeken aan het CCE VU/VUmc:

- 02-03-2015: bezoek aan verschillende stations
- 08-04-2015: bespreking concept versie van uitgangspunten

2.2 Elektrische infrastructuur

Op basis van de diverse referentiedocumenten en de database met informatie van de bestaande componenten, zijn de parameters van individuele componenten vastgelegd:

- Netinvoeding (Liander)
- Generatoren
- Railsystemen
- Transformatoren
- Kabels (informatie niet beschikbaar, datasheets van NKF toegepast)
- Beveiligingsrelais en instellingen

De nieuwe extra (HS)onderstations worden meegenomen zoals door CCE VU/VUmc opgegeven (per station het aantal transformatoren en het verwachte verbruik).De aangehouden parameters zijn in bijlage B weergegeven.

2.3 Belastingen

Voor de belastingen is als vertrekpunt het maximale verbruik per veld van de diverse onderstations aangehouden zoals aangegeven in tabel 10 van de DNV-KEMA rapportage[2]. Aangezien de in deze rapportage aangehouden arbeidsfactor van 0,75 niet realistisch lijkt in relatie tot de aanwezige verbruikers, is in overleg met de CCE de arbeidsfactor aangepast naar 0,85[1]. Deze waarde wordt opgegeven voor de laagspanningszijde van de transformator(0,4kV) daarom zal de arbeidsfactor aan de 10,5kV zijde nog lager uitvallen vanwege de blindstroomabsorptie van de distributie transformatoren.

Op basis van de door het CCE verstrekte meetgegevens van de afgaande velden van de hoofdverdelers[2], is een vergelijking gemaakt tussen de belastingswaarden uit [2]. Hieruit blijkt dat de aangenomen belastingswaarden de piekwaarden zijn. Om een realistisch model te maken voor de loadflow studie, is er een gelijktijdigheidsfactor bepaald. Om een conservatieve inschatting te maken is deze factor zo gekozen dat het totale vermogen onder de piekwaarden uit het rapport maar boven de maximale meetwaarden ligt. Dit resulteert in een gelijktijdigheidsfactor van 0,7. In onderstaande tabel is het totale vermogen weergegeven volgens de KEMA rapportage, de maximale en de gemiddelde meetwaarden van 22 en 23 maart 2015, en de waarden uit de loadflowberekeningen met een gelijktijdigheidsfactor van 0,7.

Tabel 1: Vergelijking meetwaarden

	Rapport	Meting maximaal	Meting gemiddeld	*Loadflow studie*
S [MVA]	30,13	17,15	9,36	*21,55*
P [MW]	26,00	14,58	7,96	*18,33*
Q [MVAR]	16,10	9,04	4,93	*11.29*

Voor de situatie 2025 zullen de belastingen van 2015 met 2% per jaar worden verhoogd en zullen daarnaast nieuwe extra (HS)onderstations worden meegenomen zoals door CCE VU/VUmc opgegeven (per station het aantal transformatoren en het verwachte verbruik).

2.4 Regelstrategie generatoren

De regelsystemen van de generatoren (frequentie en spanningsregelingen) zullen in het simulatie model als volgt worden ingesteld:

- Gekoppeld netbedrijf
  - Vast setpoint tussen 50%-100% van het nominale vermogen. Voor de studie wordt bij de STEG uitgegaan van 100%. Bij de GT's wordt uitgegaan van twee setpoints:
    - een ingesteld setpoint dat iets hoger ligt dan de belasting van het preferente net. Dit resulteert in een setpoint van 64% (nabootsing normale bedrijfssituatie);
    - een worst case ingesteld setpoint van 100%;
  - Spanningsregeling op basis van arbeidsfactor, gemeten op de netaansluiting waarbij wordt geregeld op een waarde van 0,85 (lagging / inductief) aan de kant van de netaansluiting (blindvermogen wordt dus geleverd door de netbeheerder).
- Eiland bedrijf

[1] Deze waarde is nog steeds een conservatieve inschatting. Met conservatief wordt in deze studie steeds bedoeld dat met een ongunstigere situatie wordt gerekend dan in werkelijkheid het geval zal zijn.
[2] RMS stroommeting met 1 minuut interval gedurende 48 uur. De metingen vonden plaats op 22 en 23 maart 2015.

- Frequentieregeling op basis van een droop regeling met een droop instelling van 3,5% (conform het Turbomach model);
- Spanningsregeling op basis van 10,5kV met een droop regeling van 2%

3 Loadflow

Om de belastbaarheid van het net in kaart te brengen voor 2015 en toekomstige uitbreidingen van het net is er een loadflow studie uitgevoerd. Hierbij is een model van alle componenten in het net opgesteld in Digsilent PowerFactory versie 15.2.2.

3.1 Uitgangspunten

Naast de algemene uitgangspunten zoals beschreven in hoofdstuk 2, zijn voor de loadflow analyses de volgende additionele uitgangspunten gehanteerd:

Voor beide belastingsituaties zullen onderstaande bedrijfsvoering scenario's worden meegenomen. Aangezien de loadflow studie van belang is voor de toekomstige situatie, zal de STEG eenheid niet worden meegenomen.

a) Netbedrijf met invoeding van eigen productie middelen (twee nieuwe GT's in bedrijf)
b) Eilandbedrijf (met twee nieuwe GT's in bedrijf)

- De arbeidsfactor van de belastingen is in overleg met het Energiecentrum bepaald op 0,85;
- De twee gasturbines staan parallel aan het net met als werkpunt een arbeidsfactor van 0,85 op het koppelpunt met Liander, geleverd door Liander;
- Gelijktijdigheidsfactor verbruikers is 0,7
- Voor de toekomstige situatie(in 2025) zal de belasting met 2% per jaar toenemen. De totale belastingroei over de periode 2015-2025 komt daarmee uit op 22%.

3.2 Normaal bedrijf

3.2.1 Invoeding

In normaal bedrijf wordt het net gevoed vanuit het net van Liander en de twee gasturbines op nominaal vermogen parallel. In onderstaande tabel staan de resultaten voor de loadflow van de gasturbines en het net voor 2015 en de toekomstige uitbreiding in 2025. De netspanning blijft binnen 0,55% van de nominale waarde van 10,5kV

Tabel 2: Vermogensverdeling netvoeding en gasturbines

	2015		2025	
	Liander	GT1, GT2	Liander	GT1, GT2
S [MVA]	12,66	4,44	17,02	4,44
P [MW]	10,77	3,78	14,47	3,75
Q [MVAR]	6,67	2,31	8,79	2,38
belasting	63%	100%	85%	100%

Om op het netaansluitpunt van Liander de conform de Netcode Elektriciteit (artikel 2.1.5.6) voorgeschreven arbeidsfactor van 0,85 niet te onderschrijden, dienen de twee gasturbines blindvermogen te injecteren. Dit heeft als consequentie dat de generatoren op een werkpunt ingesteld worden onder het maximale actieve vermogen. In de praktijk zal de arbeidsfactor hoger zijn vanwege de conservatieve inschatting. Omdat de arbeidsfactor van Liander 0,85 blijft, zal de arbeidsfactor van de GT's een stuk hoger zijn waardoor deze meer actief vermogen zullen leveren.

De capaciteit van het net van Liander is 20MVA. In tabel 3 is de vermogensverdeling weergegeven indien er een GT uitvalt. Hierdoor wordt het net van Liander in 2025 ca. 8%overbelast. Aangezien dit een tijdelijke situatie betreft, en de overbelasting beperkt blijft, zal dit geen gevolgen hebben voor de transformatoren en kabelverbindingen.

Tabel 3: Vermogensverdeling bij uitval GT

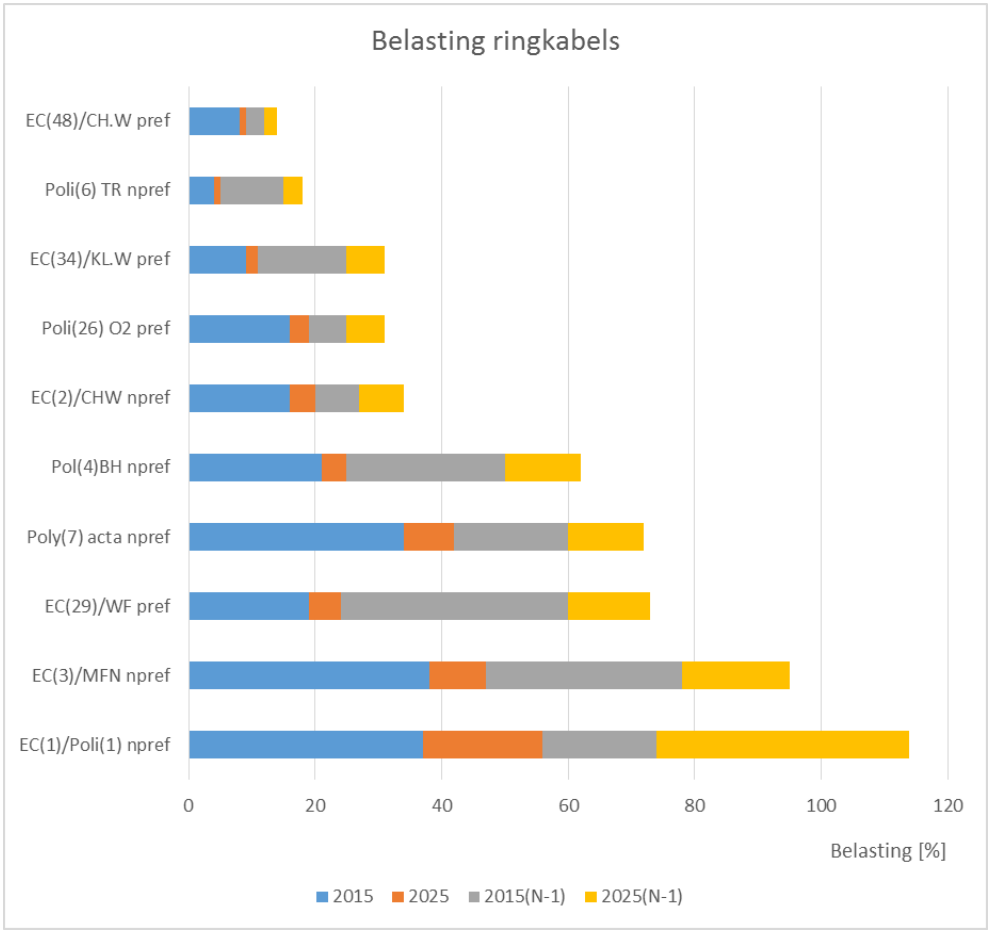
	2015		2025	
	Liander	GT1	Liander	GT1
S [MVA]	17,12	4,44	21,47	4,44
P [MW]	14,56	3,78	18,25	3,73
Q [MVAR]	9,02	2,31	11,31	2,42
belasting	73%	100%	108%	100%

3.2.2 Belastingen kabels

Aan de hand van de uitgangspunten van hoofdstuk 2 en paragraaf 3.1 zijn de loadflow berekeningen zowel voor de normale bedrijfssituatie als voor de N-1 situatie uitgevoerd. Bij een enkelvoudige storing (N-1) is steeds 1 component, zijnde 1 verbinding, of 1 generator uit bedrijf genomen. Voor de transformatoren is dit niet geanalyseerd, aangezien het niet bekend is, hoe deze laagspanningszijde zijn gekoppeld. De volgende situaties zijn beschouwd:

- 2015 Normaal bedrijf
- 2025 Normaal bedrijf
- 2015 N-1 situatie voor de kabels
- 2025 N-1 situatie voor de kabels

De belastbaarheid van de ringkabels is bepalend voor de belastbaarheid van de componenten in het net. Aangezien het uitvallen van een kabel grotere gevolgen heeft dan het uitvallen van een generator, wordt deze situatie gehanteerd in de N-1 situatie. In onderstaande figuur is voor de ringkabels de belastbaarheid van één kabel van de ring weergegeven van de ringen aangesloten op de hoofdverdelers EC en POLI. Een compleet overzicht van de belasting voor alle verbindingen en transformatoren is in bijlage B toegevoegd.



Figuur 2: belasting van de ringkabels

Uit bovenstaande figuur valt af te leiden dat met de verwachte autonome belastinggroei van 2% per jaar, er in 2025 in de normale bedrijfsvoering geen overbelastingen van een verbinding optreedt. Echter indien er een storing of onderhoud plaats vindt aan de verbindingen van veld EC1 of EC11, kan de parallelle verbinding overbelast raken.

In de periode 2015 - 2025 zullen naar alle waarschijnlijkheid de koppelingen tussen *EC niet preferent* en *POLI niet preferent* verzwaard moeten worden om ook in de N-1 situatie geen overbelasting te veroorzaken. Indien er nieuwe onderstations geplaatst worden, wordt aanbevolen om deze uitbreiding aan een van de velden van *POLI niet preferent* te realiseren. In deze studie is een conservatieve waarde gekozen voor de arbeidsfactor en de belasting per onderstation. Het uitvoeren van een meetcampagne kan een realistischer beeld geven van de situatie waardoor de noodzaak van het verzwaren van de verbinding beter kan worden ingeschat.

3.3 Eiland bedrijf

Startpunt voor het eiland bedrijf is de stabiele netsituatie die ontstaan is na ontkoppeling van het preferente net. De gasturbines zullen overgaan op een isochrone frequentieregeling om het preferente net te blijven voeden. Het niet preferente net zal spanningsloos zijn.

In eilandbedrijf wordt er gekeken naar de netspanning en de invoeding van de generatoren. Aangezien de belasting hetzelfde blijft voor het preferente net, zullen de verbindingen evenveel belast worden als in normaal bedrijf zoals beschreven in de vorige paragraaf. In onderstaande tabel staat de belasting van de generatoren voor de 2015 en 2025.
De netspanning blijft binnen 0,2% van de nominale waarde van 10,5kV

Tabel 4: Loadflow netvoeding en gasturbines

	2015		2025	
	Liander	GT1, GT2	Liander	GT1, GT2
S [MVA]	0	3,26	0	3,98
P [MW]	0	2,75	0	3,36
Q [MVAR]	0	1,74	0	2,14
belasting	0	73%	0	89%

Uit de tabel valt af te leiden dat beide gasturbines voldoende actief en reactief vermogen kunnen leveren voor zowel 2015 als voor 2025. In de dynamische studie zal de stabiliteit worden onderzocht bij het omschakelen tussen normaal en eilandbedrijf.

3.4 Conclusie

Uit de loadflow studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- In normaal bedrijf zullen in zowel in 2015 als in 2025 geen overbelaste verbindingen ontstaan;
- Bij een enkelvoudige storing in 2025 zal bij een storing in de ene ringkabel, de andere ringkabel tussen EC en POLI overbelast raken;
- De gasturbines zijn in staat om in eiland bedrijf voldoende actief en reactief vermogen te leveren om het preferente net te voeden;
- Een toekomstige uitbreiding in het niet-preferente net kan het beste worden gerealiseerd in één van de ringnetten aangesloten op de hoofdverdeler POLI niet-preferent;
- Het net van Liander wordt tijdelijk overbelast als er in 2025 een GT uitvalt;
- Aangezien de waarden voor de arbeidsfactor en gelijktijdigheid conservatief gekozen zijn, zal een meetcampagne op termijn nuttig zijn om toekomstige strategische keuzes te maken. Hierdoor kan de investering in het net tijdig worden ingepland;

4 Kortsluit analyse

Om vast te stellen of het net thermisch en dynamisch kortsluitvast is, wordt voor de volgende situaties een kortsluitanalyse uitgevoerd:

- STEG en één gasturbine;
- Twee gasturbines.

De resultaten worden vergeleken met de specificaties van de kabels en railsystemen.

4.1 3 fase kortsluitvastheid

In onderstaande tabel is de kortsluitbijdrage van het net (opgegeven door netbeheerder Liander) en van de generatoren (berekend aan de hand van de ontvangen gegevens) weergegeven.

Tabel 5: Kortsluitbijdrage netvoeding en gasturbines

	Liander	GT1, GT2	STEG:GT	STEG:ST
Ip [kA]	20,52	3,36	4,55	0,56
Ik-th [kA]	8,3	1,4	1,9	0,6
Ik-min [kA]	7,22	1,24	1,66	0,5

Met deze gegevens wordt getoetst of er geen componenten overbelast worden zowel mechanisch door de maximale dynamische kortsluitstroom(Ip) als thermisch door de thermische kortsluitstroom(Ith). De resultaten van de kortsluitberekeningen zijn weergegeven in bijlage C. Voor beide situaties zal er geen dynamische of thermische overbelasting plaats vinden in geval van een 3-fase kortsluiting, aangenomen dat fouten binnen maximaal 1 seconde zullen worden afgeschakeld.

4.2 1 fase kortsluitvastheid

De 1 fase kortsluitbijdrage vanuit het net van Liander is beperkt tot 2kA. Omdat het sterpunt van de generatoren niet geaard is zal de 1-fase kortsluitbijdrage beperkt blijven tot maximaal de nominale stroom van de generator.

Tabel 6: Kortsluitbijdrage netvoeding en gasturbines

	Liander	GT1, GT2	STEG:GT	STEG:ST
IE [A]	2000	271	211	65

5 Beveiliging

5.1 Algemeen

Het beveiligen van elektriciteitsnetten dient de volgende doelstellingen:

- Persoonlijke veiligheid
- Beperken van materiële schade
- Beperken van hinder en overlast

Om deze doelstellingen te behalen zal een compromis gesloten moeten worden tussen snelle afschakeling van kortsluitstromen en voldoende selectiviteit, zodat ten eerste geen componenten beschadigen of onveilige situaties ontstaan en tevens een zo klein mogelijk gedeelte van het net afgeschakeld wordt. Daarnaast heeft het Energiecentrum als aanvullende doelstelling:

- De energielevering van het preferente net heeft de hoogste prioriteit en mag niet onderbroken worden
- Het preferente net moet worden ontkoppeld van het niet preferente net indien in het niet preferente net een kortsluiting optreed die niet tijdig wordt afgeschakeld

In het distributienet van de VU bevinden zich verschillende beveiligingsrelais met verschillende functies. In deze studie wordt gecontroleerd of de huidige beveiliging voldoet aan bovengenoemde doelstellingen. Indien er knelpunten optreden wordt aan de hand van de mogelijkheden/beperkingen van de instellingen van de relais een voorstel gedaan voor de beveiliging van het net.

Tabel 7: Toepassing van beveiliging

Beveiliging	type	toepassing
Distantie beveiliging	Elektronisch	Voedingskabels openbare net
Differentiaalbeveiliging	Digitaal	Kabels preferente net en ringkabels POLI
Overstroombeveiliging	Mechanisch, Elektronisch, Digitaal	Transformatoren en (back-up) voedingskabels, ontkoppeling niet preferente net
Smeltveiligheid	Smeltveiligheid	Station “Initium”
Energierichtingbeveiliging		Detectie locatie kortsluiting (preferent of niet preferent)
Frequentiebeveiliging	Digitaal	Generatoren, ontkoppeling niet preferente net
Onderspanningsbeveiliging	Digitaal	Generatoren, ontkoppeling niet preferente net

5.2 Eilandbedrijf

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven in welke situaties er in de huidige beveiligingsopzet overgeschakeld wordt naar eilandbedrijf. Dit gebeurt door middel van het ontkoppelen van het niet preferente net door de vermogensschakelaars van veld 4 en veld 12 op EC te openen.
De overstroombeveiligingen op veld 4 en 12 detecteren een kortsluiting in het net. Deze beveiligingen worden geactiveerd zodra de som van de stromen in de velden 4 en 12 hoger is dan 800 A. De locatie van de kortsluiting wordt bepaald met behulp van de energierichtingsrelais. Indien de kortsluiting zich bevindt in het preferente net, wordt 0,7 s gewacht tot ontkoppeling van het preferente net. De ontkoppeling vindt na 0,16s plaats als de kortsluiting in het niet preferente net optreedt. Daarnaast zal er ontkoppeling plaats vinden als de onderspanningsbeveiliging op

veld 11 aanspreekt om bij een verstoring of uitval van het openbare net het preferente net veilig te stellen. Deze wordt geblokkeerd indien de som van de stromen van veld 4 en 11 hoger is dan 800A.

In de huidige situatie wordt naast de ontkoppeling van het preferente net ook de stoomturbine van de STEG afgeschakeld, zodat het preferente net alleen wordt gevoed door de gasturbine. In de toekomstige situatie zal het preferente net gevoed worden door de twee nieuwe gasturbines. In onderstaande tabel zijn de voorwaarden voor ontkoppeling samengevat.

Tabel 8: Overzicht ontkoppeling van het preferente net

Oorzaak	Detectie	Locatie	Waarde	Tijd
Kortsluiting in preferent netgedeelte, falen van differentiaal- en overstroombeveiliging	Overstroombeveiliging Energierichtingsbeveiliging	EC veld 4 en 12	I_{som} > 800A	0,7s
Kortsluiting in niet-preferent netgedeelte, falen van differentiaalbeveiliging	Overstroombeveiliging Energierichtingsbeveiliging	EC veld 4 en 12	I_{som} > 800A	0,16s
Kortsluiting in het openbare net achter distantiebeveiliging of bij falen van distantiebeveiliging	Overstroombeveiliging Energierichtingsbeveiliging	EC veld 4 en 12	I_{som} > 800A	0,16s
Spanning 0,4Un<0,8Un	Onderspanningsbeveiliging	EC Veld 11	0,4Un<0,8Un en I_{som} < 800A	0,31s
Spanning <0,4Un	Onderspanningsbeveiliging	EC Veld 11	< 0,4Un en I_{som} < 800A	0s

5.3 Distantiebeveiliging

De voedingskabels van Liander zijn op station Poli(veld 8,10 en 12) beveiligd met een distantie beveiliging. Hiermee kan een kortsluiting in één van deze kabels snel en selectief worden afgeschakeld. Een kortsluiting verder in het openbare net zal door Liander worden afgeschakeld.

Distantie beveiliging	Instelling	Toepassing
Areva: P430C	t=0 s	Poli(veld 8,10 en 12)

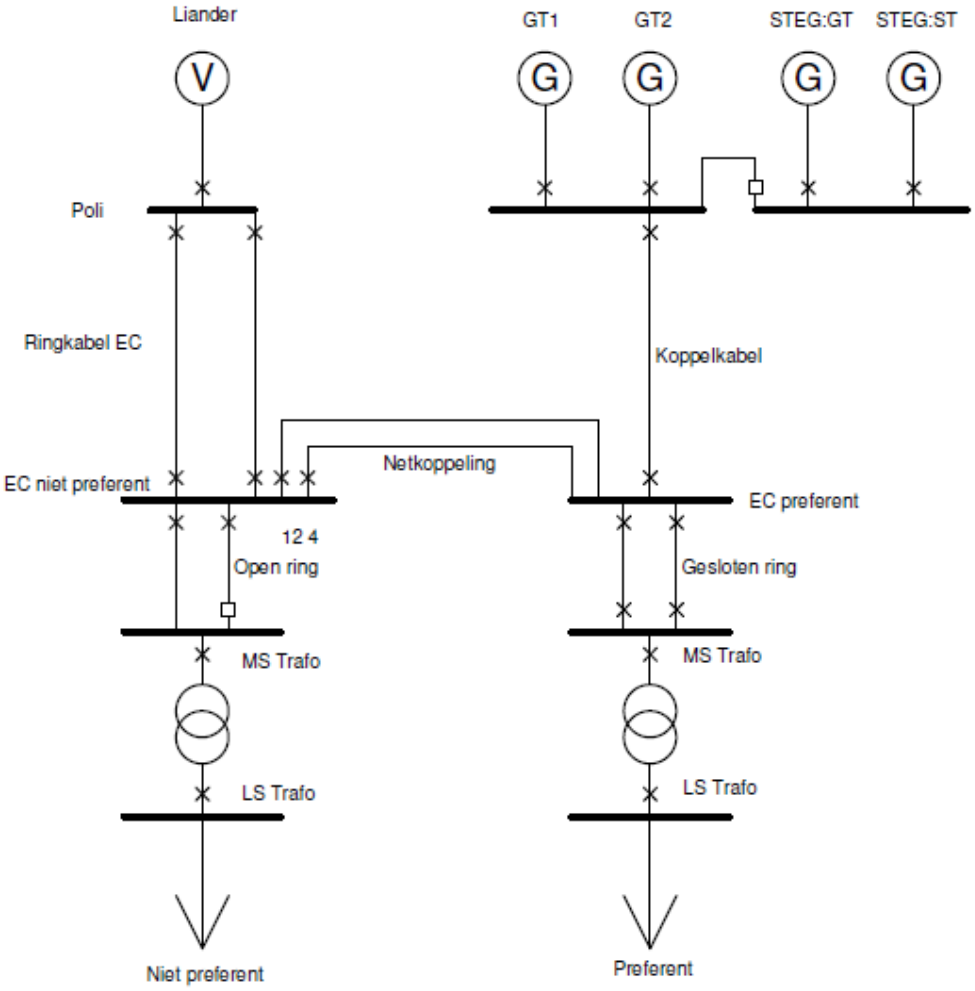
5.4 Differentiaalbeveiliging

De kabels in het preferente net zijn beveiligd met een differentiaalbeveiliging. Hierdoor kan een kabel waarin de fout optreedt, snel aan twee zijden worden afgeschakeld waardoor de levering van elektriciteit niet wordt onderbroken. Naast alle kabels in het preferente net, worden ook de ringkabels tussen station EC en station Poli hiermee beveiligd

Differentiaal beveiliging	Instelling	Toepassing
Siemens: 7SD802 **ABB: SPAD346C**	Idiff=120A T =0s	EC veld 40,41,45,46,47,48,51,52 Poliveld 1,13,21,23,25 CHW veld11,13 OZW veld 11,13 HG veld 31,33 MFN veld 12,14 BH veld7,12 KLW veld 9,13 O2 veld13,14 ACTA veld 11,13 WF veld 11,12

5.5 Overstroombeveiliging

In onderstaande figuur zijn alle overstroombeveiligingen weergegeven van het distributienet (kruisjes in het schema). In onderstaande paragrafen worden voor drie situaties de beveiligingsinstellingen uitgewerkt, namelijk de beveiliging van de generatoren(GT1, GT2), de beveiliging van de kabelverbindingen en de beveiliging van de distributietransformatoren.
Voor elke situatie worden de huidige beveiligingsinstellingen gecontroleerd, mogelijke knelpunten aangegeven en een voorstel gedaan voor een oplossing van deze knelpunten. Er wordt rekening gehouden met de thermische grenswaarden van de componenten, inschakelstromen, selectiviteit onderling en met de ontkoppel procedure van het preferente net. In de dynamische studie is de kritische kortsluittijd van de GT bepaald, deze is maximaal 0,31[3] seconde. Een kortsluiting in het net dient dus sneller afgeschakeld te worden dan de KKT.



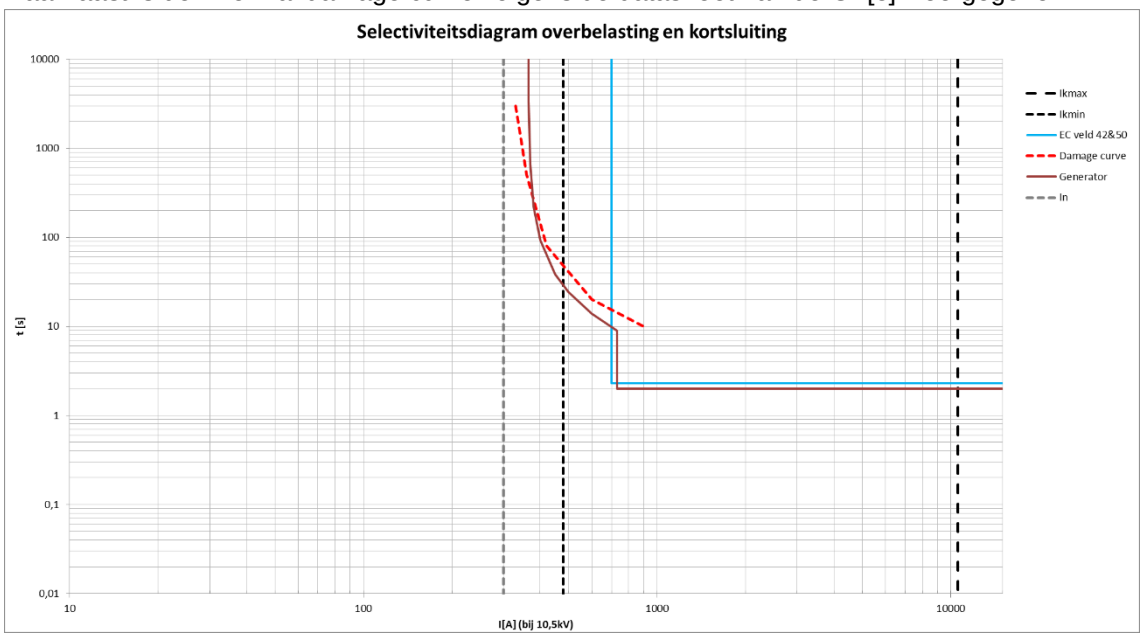
Figuur 3: Overzicht overstroom beveiligingen

[3] Kan nog wijzigen n.a.v. definitieve resultaten van de dynamische studie

5.5.1 Beveiliging generator

5.5.1.1 Huidige situatie

Op de GT's is naast een differentiaal-, onderspannings- Inverse stroom- en frequentiebeveiliging ook een overstroombeveiliging voorzien. In onderstaand selectiviteitsdiagram is de generatorbeveiliging weergegeven van GT1 en GT2 samen met de beveiliging van veld 43 en 50. Daarnaast is de Thermal damage curve volgens de datasheet van de GT[5] weergegeven.



Figuur 4: Overstroombeveiliging generator(GT)

Overstroombeveiliging	Curve[4]	I>	t>	I>>	t>>
Generator	Very Inverse	365A	TIp =1.0	730A	2s
EC veld 43 en 50	DT	700A	2,3s	-	-

5.5.1.2 Knelpunten

Uit het selectiviteitsdiagram zijn de volgende knelpunten afgeleid:

- De instelling van I> van de generator snijdt de thermal damage curve waardoor er mogelijk schade kan ontstaan aan de generator bij een overbelasting.
- De instelling van I> van veld EC 43 en 50 heeft een waarde die hoger is dan de minimale kortsluitstroom bijdrage van de generator. Hierdoor wordt de kortsluiting in het net niet gedetecteerd.

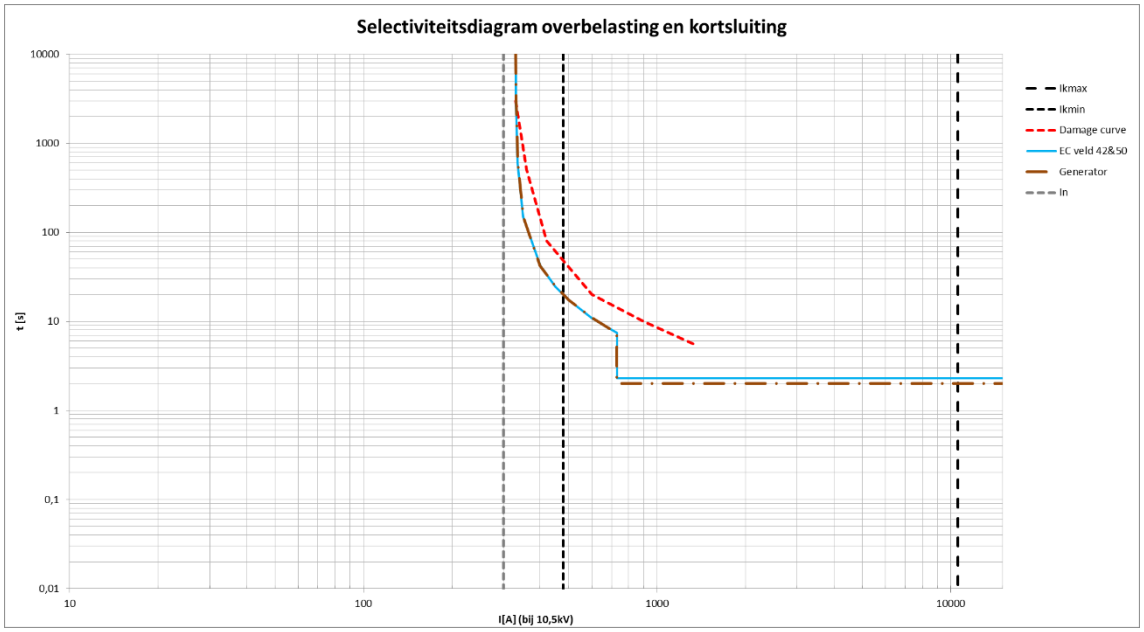
[4] Curves volgens IEC60255-3

5.5.1.3 Oplossing

De volgende aanpassingen bieden een mogelijke oplossing voor de bovengenoemde knelpunten:

- De curve aanpassen voor de beveiliging van de generator om onder de thermal damage curve te blijven.
- De instelling van I> van de GT onder de minimale kortsluitstroom en een curve toepassen voor deze beveiliging.

In onderstaand selectiviteitsdiagram zijn de aanpassingen verwerkt.



Figuur 5: Beveiliging generator

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>	t>>
Generator	Very Inverse	330A	TIp =1.0	730A	2s
EC veld 43 en 50	Very Inverse	330A	TIp =1.0	730A	2,3s

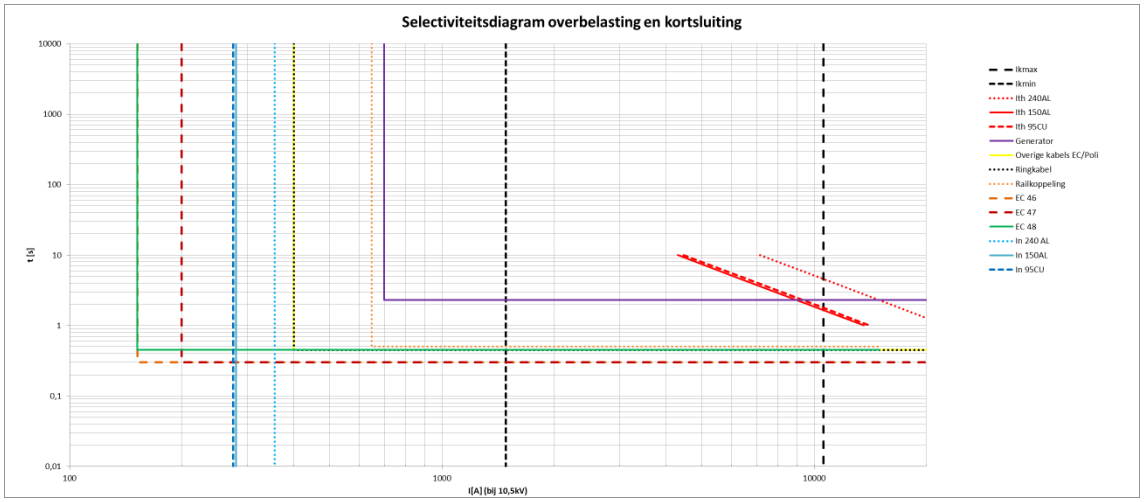
Met de voorgestelde instellingen zal de generator, in geval van kortsluiting in het net, zo lang mogelijk aan het net blijven zodat de voeding van het preferente net niet wordt onderbroken. Indien de overige beveiligingen van de generator falen of niet getriggerd worden, zal deze instelling een kortsluiting detecteren en afschakelen voordat de generator thermisch overbelast wordt. De instelling voor veld 43 en 50 is gelijk aan die van de generator in geval van overbelasting. Bij een kortsluiting is er 0,3s staffeltijd.

- Uitgangspunt voor deze instellingen is dat de differentiaalbeveiliging van de generator, ook de voedingskabels beveiligt.

5.5.2 Beveiliging kabels

5.5.2.1 Huidige situatie

De voedingskabels en ringkabels zijn voorzien van een overstroombeveiliging, deze dient als back-up voor de differentiaalbeveiliging in het preferente net en als primaire beveiliging in het niet preferente net (m.u.v. de ringkabels EC-Poli die ook voorzien zijn van een differentiaalbeveiliging). In onderstaand selectiviteitsdiagram zijn de afschakeltijden van de kabels van EC en Poli weergegeven. Per kabeltype is de nominale stroom(In) en de maximale kortsluitstroom (Ith)weergegeven.



Figuur 6: Selectiviteitsdiagram kabels

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>	t>>
Generator		*330A*	*Tlp =1*	*730A*	*2s*
Netkoppeling preferent			0,7s		
Railkoppeling EC 4,39,41,44,45,51	DT	648A	0,5s	-	-
Ringkabel Poli-EC	DT	400A	0,45s	-	-
Kabel EC 46	DT	152A	0,3s	-	-
Kabel EC 48	DT	152A	0,45s	-	-
Kabel EC 47	DT	200A	0,3s	-	-
Kabels niet preferent	DT	400A	0,45s	-	-
Kabels preferent	DT	400A	0,3s	-	-
Netkoppeling niet preferent			*0,16s*	-	-

5.5.2.2 Knelpunten

Uit het selectiviteitsdiagram zijn de volgende knelpunten afgeleid:

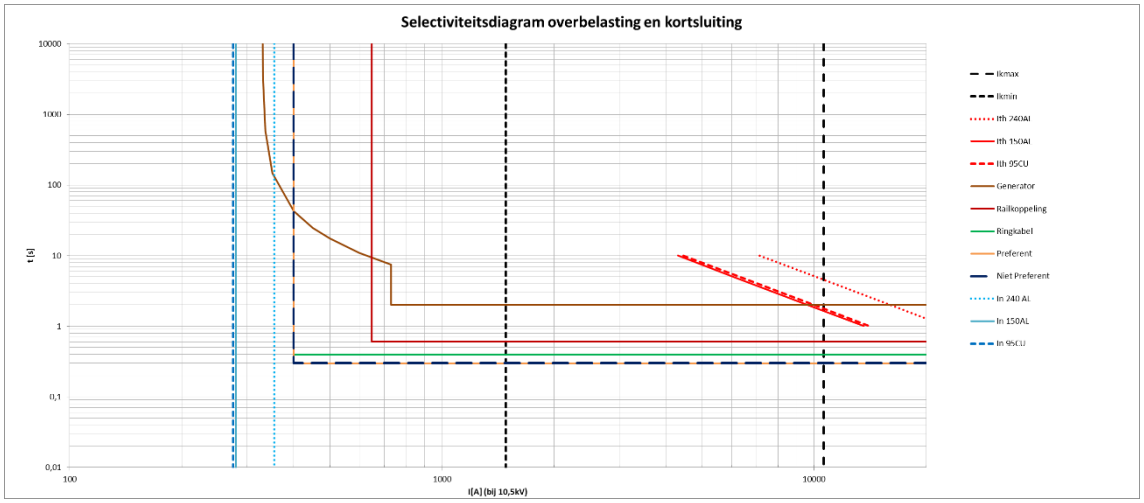
- De kabels van veld EC46,47 en 48 worden beveiligd met een waarde van I> lager dan de nominale belastbaarheid van de kabel. Uit de loadflowstudie blijkt dat deze kabels boven de beveiligingsinstelling belast kunnen worden in een storingssituatie of in de toekomstige situatie. Dit zou dan resulteren in een onterechte afschakeling.
- De afschakeltijd van de koppelvelden ligt dicht bij de afschakeltijd van de voedingskabels, dit kan tot onterecht afschakelen van de koppeling leiden indien een differentiaalbeveiliging van de voedingskabels weigert.
- Bij een kortsluiting in het preferente net wordt de ontkoppeling na 0,7s uitgevoerd en bij een kortsluiting in het niet preferente net na 0,16s. Bij een kortsluiting in één van de kabels in het niet preferente zal ontkoppeling plaats vinden.

5.5.2.3 Oplossing

De volgende aanpassingen bieden een mogelijke oplossing voor de bovengenoemde knelpunten:

- De instelling van t> van de railkoppeling verhogen naar 0,6s voor een betere selectiviteit
- De instelling van I> van veld EC46,47 en 48 verhogen boven de nominale stroom van deze kabels (I> = 400A)
- Een instelling van t> van 0,3s voor alle kabels in het net.

In onderstaand selectiviteitsdiagram zijn de aanpassingen verwerkt. De instelling van de generator is volgens het hiervoor genoemde voostel.



Figuur 7: Beveiliging kabels

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>	t>>
Generator	*VI*	*330A*	*TIp =1*	*730A*	*2s*
Netkoppeling preferent			0,7s		
Railkoppeling EC 4,39,41,44,45,51	DT	648A	0,6s	-	-
Ringkabel Poli-EC	DT	400A	0,45s	-	-
Kabels preferent	DT	400A*	0,3s		
Kabels niet preferent	DT	400A*	0,3s	-	-
Netkoppeling niet preferent			*0,16s*	-	-

De kabels in het preferente net zullen binnen 0,3s afschakelen en selectief zijn met de bovenliggende beveiliging, en de ontkoppeling van het preferente net.
De kabels in het niet preferente net zullen binnen 0,3 sec afschakelen en selectief zijn met de bovenliggende beveiliging. In geval van kortsluiting in één van de kabels van het niet preferente net, zal het preferente net wel ontkoppeld worden, maar dit is acceptabel. De beveiliging van alle kabels laat voldoende ruimte over voor selectiviteit met de onderliggende beveiliging van de distributietransformatoren.
***Indien de onderliggende transformatoren allemaal zijn uitgerust met elektronische relais en deze worden ingesteld volgens onderstaand advies, kan de waarde van I> worden verlaagd tot 330A(20% overbelasting).**

5.5.3 Beveiliging distributietransformatoren

5.5.3.1 Huidige situatie

Alle distributietransformatoren zijn aan de MS zijde beveiligd met een overstroombeveiliging. In de huidige situatie is uitgegaan van één instelling voor de stroom($1,7 * I_{nom}$) en verschillende afschakeltijden afhankelijk van de locatie. (variërend tussen 0,2s en 1s).
Voor de instellingen van de transformator overstroombeveiligingen is het van belang dat:

- een kortsluiting zo snel mogelijk en zo dicht mogelijk bij de bron wordt afgeschakeld uit oogpunt van veiligheid en om beschadiging aan de transformator te voorkomen;
- er rekening wordt gehouden met de ontkoppeling van het preferente net;
- de beveiliging van de transformatoren selectief is met de overstoombeveiliging van de generatoren en bovenliggende back-up beveiliging;
- de beveiliging niet aanspreekt bij een inrushstroom van de transformator.

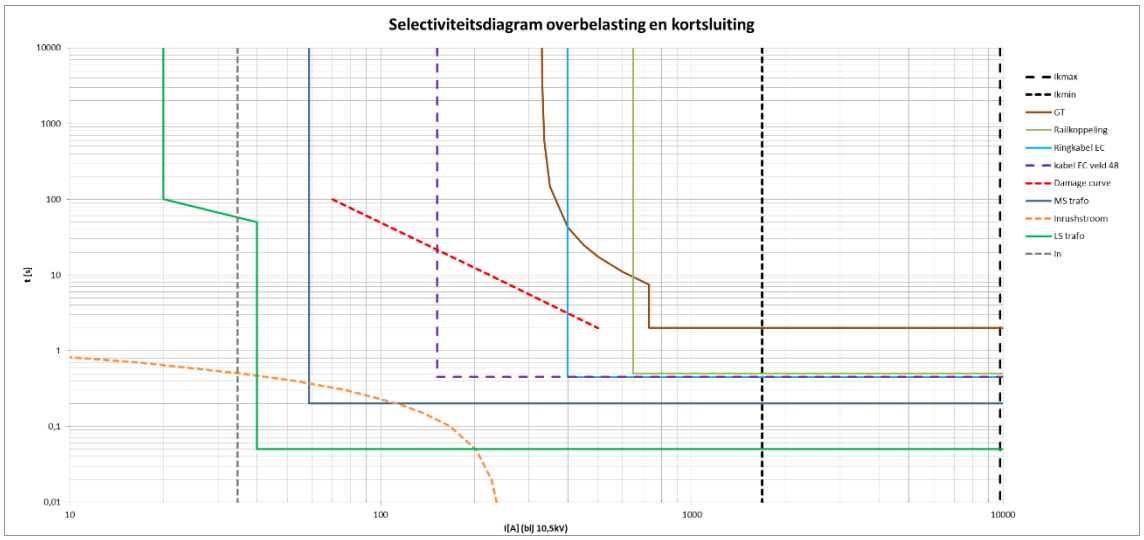
Ter illustratie wordt een voorbeeld uitgewerkt van een preferent station (OZW trafo 1) en een niet preferent station (Fysica trafo 2). In eerste instantie worden de huidige instellingen uit onderstaande tabel gecontroleerd.

Tabel 9: Overzicht beveiligingen OZW (preferent)

Locatie	Beveiliging	I>	t>
Liander	Distantiebeveiliging, directe afschakeling	-	0s
Ringkabel EC	Differentiaalbeveiliging, directe afschakeling. Back-up overstroombeveiliging	400A	0,45s
Netkoppeling	Overstroombeveiliging inclusief energie richting	Som I>800A	0,7s
GT	Overstroombeveiliging	730A	2s
Kabel EC 35/48	Differentiaalbeveiliging, directe afschakeling. Back-up overstroombeveiliging	152A	0,5s
MS trafo	Overstroombeveiliging,	60A	0,2s
LS trafo	Overstroombeveiliging,	500A 1000A	100s 0.05s

In het onderstaande selectiviteitsdiagram zijn de instellingen van elke beveiliging geplot. Daarnaast zijn, op basis van de simulatie, de kortsluitstromen ingetekend. Ook de thermische grenswaarden van de transformator(volgens ANSI C57.12.59) en de inrush-stroom(theoretische benadering [10]) zijn in het diagram opgenomen.

***Omdat de MS beveiliging in veel gevallen niet is voorzien van een aardfoutbeveiliging zal, in geval van kortsluiting naar aarde, de overstroom beveiliging moeten aanspreken. Om deze reden is voor de minimale kortsluitstroom in de diagrammen de minimale waarde van een aardfout weergegeven.**



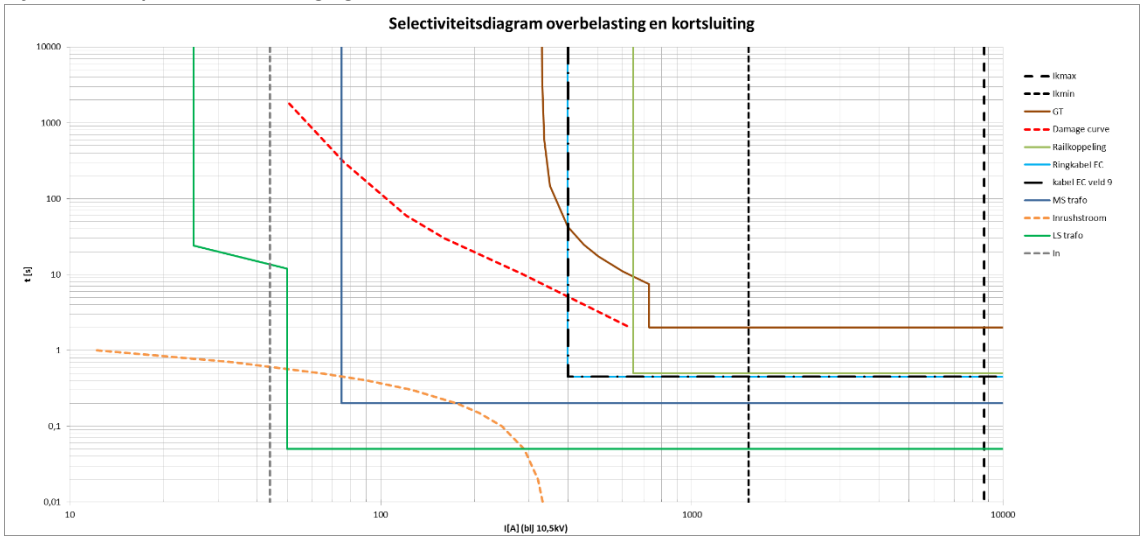
Figuur 8: Selectiviteitsdiagram OZW transformator 1(preferent)

In onderstaande tabel zijn de huidige instellingen voor Fysica niet preferent, transformator 2 weergegeven.

Tabel 10: Overzicht beveiligingen Fysica (niet preferent)

Locatie	Beveiliging	I>	t>
Liander	Distantiebeveiliging, directe afschakeling	-	0s
Ringkabel EC	Differentiaalbeveiliging, directe afschakeling. Back-up overstroombeveiliging	400A	0,45s
Netkoppeling	Overstroombeveiliging inclusief energie richting	Som I>800A	0,16s
GT	Overstroombeveiliging	730A	2s
Kabel EC 3	Overstroombeveiliging	400A	0,45s
MS trafo	Overstroombeveiliging,	75A	0,2s
LS trafo	Overstroombeveiliging,	625A 1250A	12s 0.05s

In het onderstaande selectiviteitsdiagram zijn de instellingen van elke beveiliging van station Fysica niet preferent weergegeven.



Figuur 9: Selectiviteitsdiagram Fysica transformator 2 (niet preferent)

5.5.3.2 Knelpunten preferente net

Uit het selectiviteitsdiagram zijn de volgende knelpunten afgeleid:

- De laagspanningsbeveiliging staat ingesteld op een waarde van I> onder de nominale waarde van de transformator. Uit de loadflowstudie blijkt dat de belasting van de transformator erg laag is (ook in de toekomstige situatie). Indien er extra belasting aan de laagspanningszijde wordt geïnstalleerd, moet de beveiliging worden herzien. Daarom wordt geadviseerd deze instelling aan te passen.
- De MS beveiliging van de transformator snijdt de curve van de inrushstroom. Dit kan mogelijk leiden tot een onterechte afschakeling bij het inschakelen van de transformator.
- De MS beveiliging van de transformator is selectief met de back-up beveiliging van de kabels en generator. Daarnaast zal de transformator afschakelen voordat ontkoppeling plaats vindt(0,7s)

5.5.3.3 Knelpunten niet preferente net

Uit het selectiviteitsdiagram valt af te lezen dat de volgende mogelijke knelpunten kunnen ontstaan:

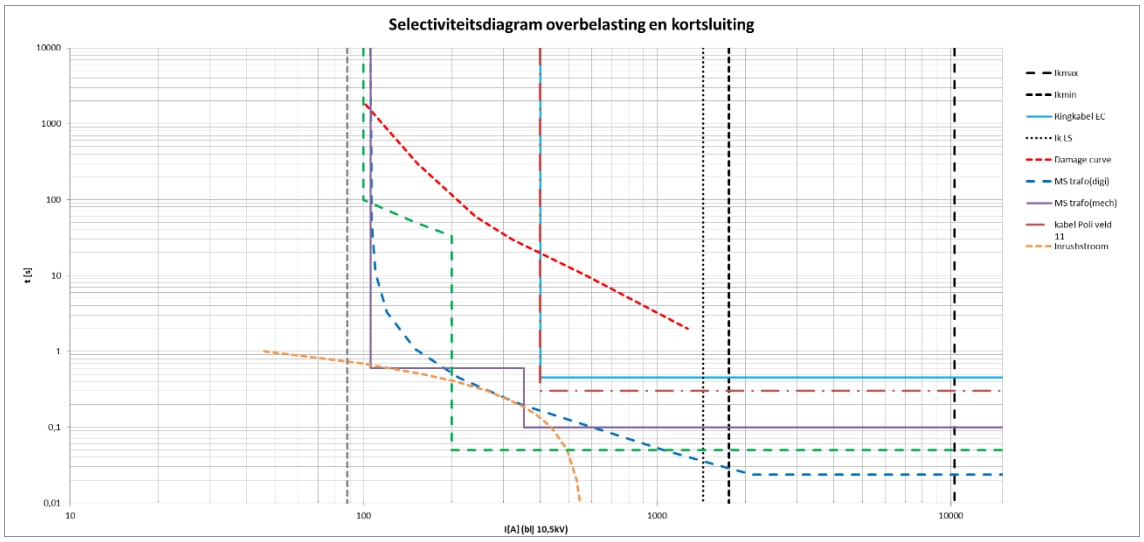
- De laagspanningsbeveiliging staat ingesteld op een waarde van I> onder de nominale waarde van de transformator. Uit de loadflowstudie blijkt dat de belasting van de transformator in de toekomstige situatie dichtbij deze waarde zal komen. Hierdoor bestaat er een kans dat de beveiliging zal aanspreken in een normale bedrijfssituatie.
- De MS beveiliging van de transformator snijdt de curve van de inrushstroom. Dit kan mogelijk leiden tot een onterechte afschakeling bij het inschakelen van de transformator.
- De MS beveiliging van de transformator is selectief met de back-up beveiliging van de kabels en generator.
- De MS beveiliging van de transformator is niet selectief met de ontkoppeling van het preferente net. Deze staat (in deze situatie bezien) ingesteld op een waarde van 0,16s met als gevolg dat het preferente net ontkoppeld word bij een railfout of een transformatorfout.

5.5.3.4 Oplossing

Om de bovengenoemde knelpunten op te lossen wordt een aanpassing van de beveiligingsinstellingen voorgesteld.

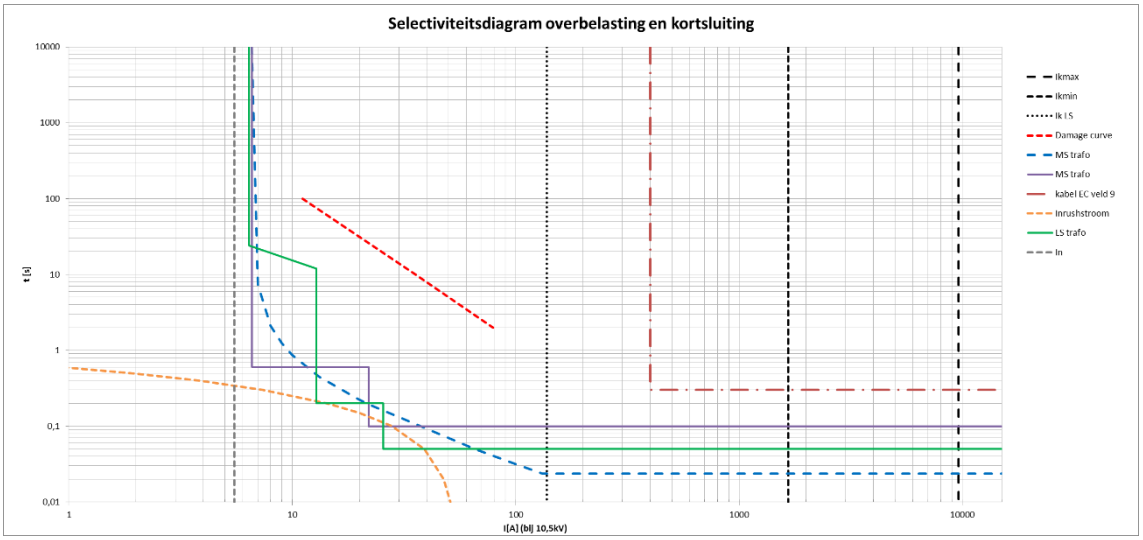
- Mechanische MS relais:
  - De instelling van t> van alle distributietransformatoren verlagen naar 0,2s;
  - Een instelling voor directe uitschakeling bij I>> toevoegen voor de transformatoren in het niet preferente net zodat deze afgeschakeld worden voordat het preferente net ontkoppeld;
- Elektronische/digitale MS relais:
  - een Very Inverse curve selecteren voor de beveiliging van de MS transformatoren zodat er geen afschakeling ontstaat door een inrushstroom en een snelle afschakeling bij kortsluiting;
- De beveiliging aan de laagspanningszijde instellen boven de nominale stroom van de transformator.

Voor de instelling van de MS beveiliging van de transformatoren zijn twee opties gegeven. In de huidige situatie wordt er uitgegaan van mechanische relais met een instelling voor I>, t> en directe uitschakeling bij I>> (vanwege de trage uitschakeling van dit type relais wordt in de diagrammen 0,1s aangehouden). Er is ook een optie weergegeven voor een elektronisch/digitaal relais waarbij een Very Inverse curve wordt toegepast.
Met de instellingen voor de beveiliging van de distributietransformatoren is getracht om een uniforme beveiliging te gebruiken die selectief en snel afschakelt in de complete range van aanwezige transformatoren. Bij de mechanische relais is het niet altijd mogelijk om vrij te blijven van de inrushcurve. Bij de digitale relais is dit wel mogelijk. Daarnaast wordt bij de digitale relais geadviseerd om de inrush blokkering in te stellen.
De bovengenoemde adviezen zijn uitgewerkt voor de grootste en de kleinste transformator uit het distributienet. Deze uitwerking is weergegeven in onderstaande tabellen en figuren. De instellingen van de kabels is daarbij gelijk aan de in paragraaf 5.5.3.2 beschreven voorstel.



Figuur 10: Beveiliging transformator 1 O2 5 niet preferent 1600kVA

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>		t>>
Generator	*VI*	*330A*	*TIp =1*	*730A*		*2s*
Netkoppeling preferent			0,7s	-		-
Railkoppeling	DT	648A	0,6s	-		-
Ringkabel Poli-EC	DT	400A	0,45s	-		-
Netkoppeling niet preferent			0,16s			
Kabels	DT	400A	0,3s	-		-
MS transformator	DT	1,2In	0,6s	4In		0.1s
MS transformator	VI	1,2In	TIp =0,05			
LS transformator		1,1In	12s	2In		0.05s



Figuur 11: Beveiliging transformator 1 CHO 1 niet preferent 100kVA

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>	t>>
Generator	*VI*	*330A*	*TIp =1*	*730A*	*2s*
Railkoppeling	DT	648A	0,6s	-	-
Ringkabel Poli-EC	DT	400A	0,45s	-	-
Netkoppeling niet preferent			0,16s		
Kabels niet preferent	DT	400A	0,3s	-	-
MS transformator	DT	1,2In	0,6s	6In	inst
MS transformator	VI	1,2In	TIp =0,05	-	-
LS transformator		1,1In	12s	4In	0.05s

*De waarde voor de instelling van de LS beveiliging van de transformatoren is opgegeven door het energiecentrum. Deze bieden weinig ruimte voor staffeltijden bij onderliggende afgaande velden op LS niveau. Indien de stroomwaarden van de afgaande velden laag is, of indien deze beveiligd worden met smeltveiligheden, zal dit acceptabel zijn. Als dit niet het geval is kan worden overwogen worden om de staffeltijd van de LS beveiliging van de transformator, in geval van kortsluiting, te verhogen naar 0,1s.

5.5.3.5 Kortsluiting naar aarde

In paragraaf 5.5.3.1 is al aangegeven dat een 1-fase kortsluiting naar aarde in of nabij een transformator afgeschakeld moet worden door de MS overstroombeveiliging van die transformator. Met betrekking tot de beveiliging tegen een 1-fase kortsluiting naar aarde in kabels geldt het volgende:
De velden EC 42,43,44,45,49 en 50 zijn voorzien van een aardfoutbeveiliging met de instellingen aardfout volgens onderstaande tabel.

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>	t>>
EC 42,43,44,45,49 en 50	DT	80A	0,5s	200A	0.1s

De instelling van I> en t> is in principe overbodig aangezien er, bij een aardfout in gekoppeld bedrijf de foutstroom altijd hoger dan 200A zal zijn (1,5kA-1,8kA). Bij een aardfout in eilandbedrijf zal er alleen een capacitieve stroom van enkele ampères vloeien omdat de generatoren niet geaard zijn en er een zwevend net ontstaat. Bij een aardfout in één van de kabels in het preferente net of de ringkabel EC-Poli zal de differentiaalbeveiliging aanspreken. Bij een aardfout in een niet-preferente kabel, zal het preferente net ontkoppeld worden d.m.v. het onderspanningsrelais aangezien uit de kortsluitstroom simulaties blijkt dat de foutstromen vanuit de GT's naar het niet-preferente net onder de 800 A zullen blijven. De aardfout zal daarna worden afgeschakeld door de overstroombeveiliging van de getroffen ringkabel.

5.6 Conclusie

Uit de beveiligingsstudie zijn een aantal knelpunten naar voren gekomen met betrekking tot de beveiliging van de componenten en de onderlinge selectiviteit tussen de verschillende overstroombeveiligingen. De belangrijkste knelpunten samengevat zijn:

- Generator beveiliging snijdt thermal damage curve, mogelijk schade bij overbelasting;
- Een aantal kabels is beveiligd onder de nominale stroomwaarde, mogelijk onterecht afschakelen;
- Weinig staffeltijd tussen opeenvolgende beveiligingen, mogelijk onterecht afschakelen;
- Lange afschakeltijden MS beveiliging transformatoren, mogelijk onterechte ontkoppeling;
- Instellingen LS beveiliging onder nominaal stroom van de transformator, mogelijk onterechte afschakeling.

Om de knelpunten op te lossen dienen de instellingen van een aantal beveiligingen aangepast te worden. Hierdoor ontstaat er een betere selectiviteit en worden de componenten snel en adequaat afgeschakeld in geval van kortsluiting. Er is gezocht naar een uniforme instelling voor de diverse componenten. In onderstaande tabel staan de beveiligingsinstellingen zoals voorgesteld in deze studie, de gewijzigde instellingen zijn in het rood weergegeven.

Overstroombeveiliging	Curve	I>	t>	I>>	t>>
Generator	VI	330A	TIp=1.0	730A	2s
EC veld 43 en 50	VI	330A	TIp =1.0	730A	2,3s
Railkoppeling EC 4,39,41,44,45,51	DT	648A	0,6s	-	-
Ringkabel Poli-EC	Diff	120A	inst	-	-
	DT	400A	0,45s	-	-
Kabels preferent	Diff	120A	inst	-	-
	DT	400A	0,3s	-	-
Kabels niet preferent	DT	400A	0,3s	-	-
MS transformator(mech)	DT	1,2In	0,6s	4-6In	inst
MS transformator(digi)	VI	1,2In	TIp =0,05	-	-
LS transformator		1,1In	12-100s	2-4In	0.05s

Er wordt aangeraden om in het algemeen de mechanische relais te vervangen door digitale relais. Deze kunnen sneller en nauwkeuriger afschakelen en voor wat betreft de transformator beveiliging zijn deze instelbaar buiten het risicogebied van de inrushstroom.

6 Dynamische studie

6.1 Uitganspunten

Voor de dynamische studie zijn aan het netwerk model de volgende uitbreidingen toegevoegd:

- Dynamisch model van de nieuwe gasturbine aangedreven generatoren (GT's) bestaande uit:
  - Het standaard generator model geconfigureerd met parameters van de Leroy Somer A56 BRL 70 generator;
  - Nieuwe modellen van de spanningsregeling en vermogensregeling zoals hieronder verder beschreven.
- Dynamisch model van de door de STEG aangedreven generatoren (welke in 2017 uit bedrijf gaan) bestaande uit:
  - Het standaard generator model geconfigureerd met de parameters uit de stabiliteitsstudie door HOLEC PROJECTS BV uit 1993;
  - De in deze stabiliteitsstudie opgenomen modellen van de spanningsregeling en vermogensregeling.

De regelsystemen van de generatoren (frequentie en spanningsregelingen) zullen in het simulatie model als volgt worden ingesteld:

- Gekoppeld netbedrijf
  - Vast setpoint tussen 50%-100% van het nominale vermogen. Voor de studie wordt bij de STEG uitgegaan van 100%. Bij de GT's wordt uitgegaan van twee setpoints:
    - een ingesteld setpoint dat iets hoger ligt dan de belasting van het preferente net. Dit resulteert in een setpoint van 64% (nabootsing normale bedrijfssituatie);
    - een worst case ingesteld setpoint van 100%
  - Spanningsregeling op basis van arbeidsfactor (cosinus phi), gemeten op de netaansluiting waarbij wordt geregeld op een waarde van 0,85 (lagging / inductief) aan de kant van de netaansluiting (blindvermogen wordt dus geleverd door de netbeheerder).
- Eiland bedrijf
  - Frequentieregeling op basis van een droop regeling met een droop instelling van 3,5% (conform het Turbomach model);
  - Spanningsregeling op basis van 10,5kV op de hoofdverdeelinrichting (energiecentrum EC, preferent) met een droop regeling van 2%.

6.2 Modellen en model validatie

6.2.1 STEG

De modellen van de spannings- en vermogensregeling van de STEG (zowel gasturbine als stoomturbine) zijn direct overgenomen uit de Stabiliteitsstudie door HOLEC PROJECTS BV uit 1993. Op basis van de beschikbare informatie, was verdere validatie van deze modellen niet mogelijk.

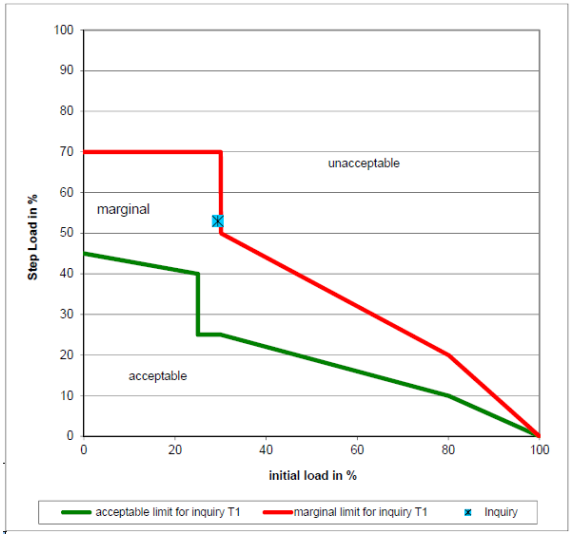
6.2.2 Turbomach Mercury 50 gasturbines met Leroy Somer A56 BRL 70 generator

Voor de nieuwe Turbomach Mercury 50 gasturbines met Leroy Somer A56 BRL 70 generator zijn voor deze studie nieuwe software modellen ontwikkeld voor het gebruik in de Powerfactory simulatie software. De parameters en model diagrammen zijn opgenomen in bijlage B.

De spanningsregeling gecombineerd met de bekrachtiging van de generator is gebaseerd op een standaard IEEE model (AC8B) waarbij de parameters zijn berekend op basis van het advies van Turbomach, die hiervoor weer een aantal documenten van de generator fabrikant Leroy Somer hebben toegestuurd. De werking van het model is getoetst door het uitvoeren van een stap

responsie test. Bij een spanningsvariatie van 2% is het gedrag van de regelaar conform een patroon wat men van een typische spanningsregeling kan verwachten. De figuren zijn opgenomen in bijlage E.

De vermogensregeling gecombineerd met het turbine model is gebaseerd op een blokschema tekening en beschrijving van Turbomach [11]. Vanwege de complexiteit van dit model is deze geïmplementeerd in de Powerfactory simulatie software door de fabrikant van deze software. De werking van het model is getoetst door het uitvoeren van een stap responsie test waarbij deze kon worden gevalideerd met een door Turbomach toegeleverd schema zoals weergegeven in Figuur 12. Met deze figuur kan voor een bepaalde initiële belasting de maximale belastingssprong worden bepaald die door de gasturbine nog kan worden gevolgd. Deze dient tussen de rode (absoluut maximum bij verregaande optimalisatie van regelparameters door expert van Turbomach) en groene lijn (geen optimalisatie van de regelparameters) te liggen.



Figuur 12: Typische acceptatie van een belastingssprong (Step Load) van M50 gasturbines

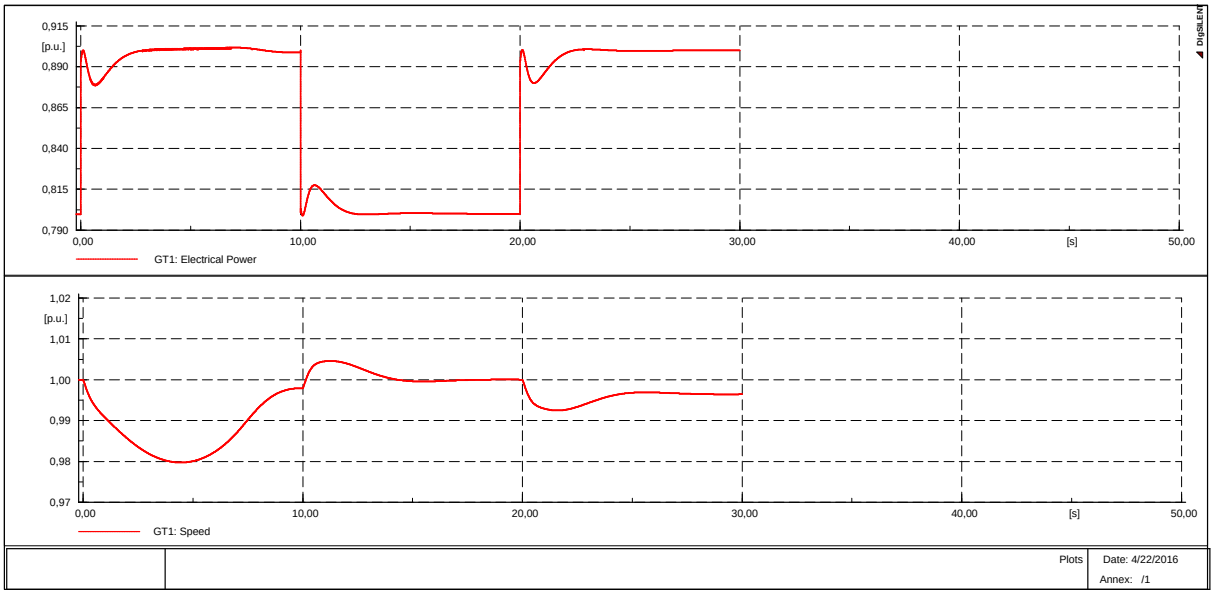
De stap responsie test is uitgevoerd bij een initiële belasting van 30%, 60% en 80%. De responsie ligt inderdaad tussen de twee weergegeven lijnen, maar bij 60% en 80% wel dicht tegen de groene lijn. Dit betekent dat het model waarschijnlijk conservatief is ingesteld ten opzichte van de daadwerkelijke prestaties. Dit betekent weer dat in werkelijkheid de prestaties beter zullen zijn dan de resultaten in deze studie (hogere KKT, snellere stabilisatie).

De limitatie in het hogere belastingsbereik (v.a. 60% initiële belasting) wordt veroorzaakt door de zogenaamde Solonox modus (eco-mode). Deze operationele modus van de gasturbine met lage NOx uitstoot legt een beperking op de werking van de vermogensregeling bij een toename van het gevraagde vermogen.

In Figuur 13 is de stapresponsie weergegeven van een initiële belasting van 80% en een belastingsstap van 10% (toe- of afname van gevraagd vermogen met 10%). Op t=0 is een stap weergegeven (toename) met de ecomode aan. Op t=20 is dezelfde stap weergegeven met de ecomode uit. Zowel de frequentie afwijking als de stabilisatie tijd zijn in de laatste situatie meer dan de helft kleiner.

Aangezien de generatoren tijdens Eiland bedrijf op 60% (2015) tot 74% (2025) van hun vermogen zullen draaien en de verwachte belasting variaties onder de 10% zullen liggen, heeft de Solonox modus slechts beperkte invloed op de stabiliteit van het preferente net van het VU/VUmc.

Overige resultaten van de stap respontie test zijn opgenomen in bijlage E.



Figuur 13: Stap response M50 GT model bij een initiële belasting van 80% en een belastingsstap van 10%

6.3 Kritische kortsluittijd

De kritische kortsluittijd (KKT) is gedefinieerd als de maximale tijd waarbij een kortsluiting afgeschakeld moet zijn zonder dat de generator (onder vollast) synchronisatie verliest of een andere beveiligingsparameter wordt overschreden waardoor de generator afschakelt. Om de KKT te vinden, wordt er op verschillende plaatsen in het net een kortsluiting gesimuleerd en de afschakeltijd in stappen verhoogd totdat de generator synchronisatie verliest of op een andere wijze wordt afgeschakeld (bijvoorbeeld door de onder of over frequentie beveiliging). De hoogste waarde waarbij afschakeling net niet plaats vindt, is de KKT. Het is dus van belang dat de beveiliging van het netdeel waarin de kortsluiting zich bevindt sneller afschakelt dan de KKT behorende bij dat netdeel zodat de generator aan het net kan blijven en niet hoeft af te schakelen.

Bij de bepaling van de kritische kortsluittijd zullen de volgende kenmerken worden bepaald / beschouwd:

a) Kritische kortsluittijd (KKT) van de drie generatoren in de verschillende scenario's
b) Analyse van de huidig gebruikte afschakeltijden

Met betrekking tot de KKT staat er in het uitgangspuntendocument (zie hoofdstuk 2) dat de in deze studie gevonden KKT-en gevalideerd zouden worden met opgaves van de fabrikanten. Aangezien deze in de verkregen documentatie niet zijn gevonden, is de validatie ook niet uitgevoerd.

6.3.1 Configuraties en fout scenario's

Voor de volgende configuraties is de KKT bepaald:

- STEG:GT en STEG:ST bij netbedrijf
- 2xM50[5]:GT bij netbedrijf
- STEG:GT en STEG:ST en 1xM50:GT bij netbedrijf
- 2xM50[5]:GT in eiland bedrijf
- STEG:GT en STEG:ST en 1xM50:GT in eiland bedrijf

De volgende fout scenario's zijn daarbij gemodelleerd waarbij steeds een 3-fase kortsluiting is beschouwd.

1. Netbedrijf conform a) uit paragraaf 3.1
   a. een kortsluiting aan of nabij de klemmen van de GT's (op Energiecentrum 1e verdieping preferent)
   b. een kortsluiting verder weg gelegen in het preferente 10kV net (eerste 10kV verdeelinrichting met de sterkste koppeling naar EC: Medische Faculteit Noord)
   c. een kortsluiting aan de laagspanningszijde van een transformator in het preferente 10kV net (willekeurige LS hoofdverdeler direct achter de transformator)
   d. een kortsluiting in het niet-preferente 10kV net (verschillende locaties)
   e. een kortsluiting aan de laagspanningszijde van een transformator in het niet-preferente 10kV net (LS hoofdverdeler direct achter de transformator)
2. Eilandbedrijf conform b) uit paragraaf 3.1
   a. een kortsluiting nabij de GT's (op de hoofdverdeelinrichting)
   b. een kortsluiting aan de laagspanningszijde van een transformator in het preferente 10kV net

Voor situaties d) en e) van 1. wordt tijdige afschakeling via velden 4 en 12 van de hoofdverdeelinrichting (na 160ms) in paragraaf 6.4 nader beschouwd.

6.3.2 Configuraties bij Netbedrijf

In Tabel 11 zijn de kritische kortsluittijden (KKT) weergegeven voor de scenario's zoals genoemd onder punt 1 van paragraaf 6.3.1 voor de configuratie waarbij alleen de STEG in bedrijf is (gasturbine en stoomturbine). Voor ieder foutscenario is ook de afschakeltijd van de corresponderende beveiliging weergegeven. Indien de afschakeltijd lager is dan de KKT zullen de eenheden in bedrijf blijven en zal er een stabiele situatie gehandhaafd blijven.

Tabel 11: Kritische kortsluit tijden bij netbedrijf met STEG

Plaats kortsluiting	KKT	Afschakeltijd
Op klemmen/ Nabij STEG	0,29s	0,1s (diff kabels / generatoren)
10kV preferent	0,36s	0,3s / 0,45s
10kV niet-preferent	>0,29s	0,16s (ontkoppeling, §5.2)
LS zijde 10kV preferent	>10s	Zie paragraaf 5.5.3
LS zijde 10kV niet-preferent	>10s	Zie paragraaf 5.5.3

In het 10kV preferente net zijn de afschakeltijden van de beveiligingen voldoende laag ten opzichte van de KKT met uitzondering van één situatie: de ring EC/48 is beveiligd met een tijdsinstelling van 0,45s (zie paragraaf 5.5.2). Hoewel de kabels primair door de differentiaal beveiliging na 0,1s al zullen worden afgeschakeld, zal bij een kortsluiting op een 10kV verdeler of aan de 10kV zijde van de transformator de eenheden afschakelen alvorens de fout wordt

[5] De KKT voor de situatie dat slechts één M50 GT in bedrijf is, is in deze studie niet onderzocht.

geïsoleerd. Indien de aanbeveling van de derde bullet van paragraaf 5.5.2.3 is opgevolgd (instelling van 0,45s verlagen naar 0,3s) is dit knelpunt niet meer van toepassing.

Bij het 10kV niet-preferent net is de KKT minimaal 0,29s bij de koppeling tussen preferent / niet preferent (EC, veld 4 en 12) en neemt dan toe naarmate het punt van kortsluiting verder van de koppeling is verwijderd. Echter, bij de verst verwijderde plaats in het niet-preferente net (FYSICA(F)), is de stroom vanaf de generatoren naar het niet-preferente net nog steeds hoger dan 800 A (>1500A) waardoor ontkoppeling zal volgen. De stabiliteit van het preferente net na ontkoppeling zal in paragraaf 6.4 worden beschouwd.

Bij een kortsluiting aan de LS zijde zakt de spanning op 10kV niveau slechts 10%. Bij deze verlaagde spanning houden de generatoren voor langere tijd hun synchronisatie, dus is KKT voldoende groot t.o.v. de afschakeltijden in het laagspanningsnet. Dit geldt voor alle 3 scenario's

In Tabel 12 en Tabel 13 zijn de KKT's weergegeven van de andere twee configuraties die mogelijk zijn bij netbedrijf. Voor de configuratie met twee M50 GT's is daarbij de KKT bepaald voor twee setpoints. Bij het lagere setpoint (64%) dat overeenkomt met een beperkt vermogenstransport naar het niet-preferente net, is door de lagere belasting de KKT enkele tientallen milliseconden hoger. De KKT in het 10kV preferente net ligt daardoor net iets hoger (20ms) dan de afschakeltijd van ring EC/48.

Met betrekking tot de ingestelde tijd van EC/48 zal de oplossing zoals voorgesteld in het derde bullet van paragraaf 5.5.2.3 ook afdoende zijn om een afschakeling eerder dan de KKT te waarborgen in elke van de hier beschouwde configuratie.

Tabel 12: Kritische kortsluit tijden bij netbedrijf met twee nieuw M50 gasturbines

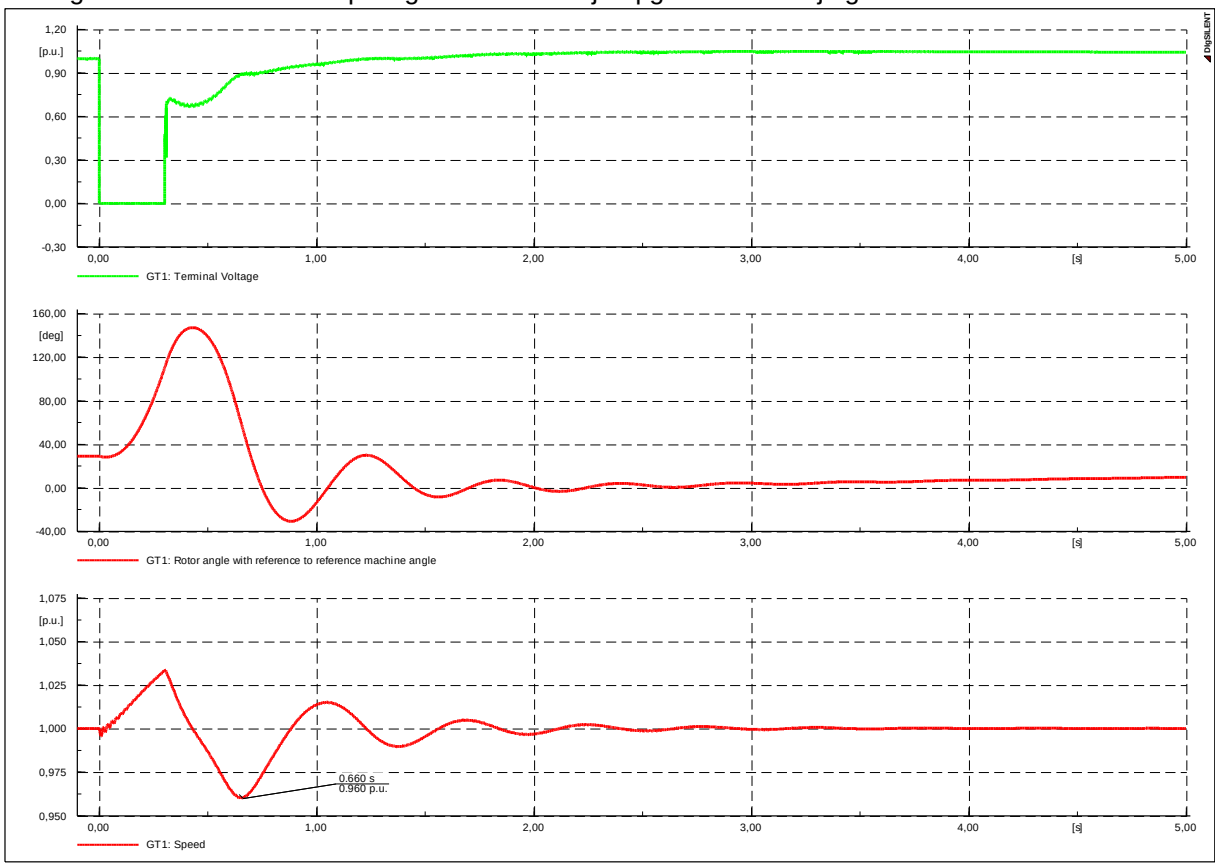
Plaats kortsluiting	KKT bij 64% setpoint	KKT bij 100% setpoint	Afschakeltijd
Op klemmen/ Nabij GT's	0,37s	0,30s	0,1s (diff kabels / generatoren)
10kV preferent	0,47s	0,35s	0,3s / 0,45s
10kV niet-preferent	>0,37s	>0,30	0,16s (ontkoppeling, §5.2)
LS zijde 10kV preferent	>10s		Zie paragraaf 5.5.3
LS zijde 10kV niet-preferent	>10s		Zie paragraaf 5.5.3

Tabel 13: Kritische kortsluit tijden bij netbedrijf met STEG in combinatie met één M50 GT

Plaats kortsluiting	KKT	Afschakeltijd
Op klemmen/ Nabij STEG/GT	0,29s	0,1s (diff kabels / generatoren)
10kV preferent	0,35s	0,3s / 0,45s
10kV niet-preferent	>0,29s	0,16s (ontkoppeling, §5.2)
LS zijde 10kV preferent	>10s	Zie paragraaf 5.5.3
LS zijde 10kV niet-preferent	>10s	Zie paragraaf 5.5.3

In Figuur 14 is tenslotte het verloop van de spanning, rotatie snelheid en rotor hoek (ten opzichte van het net) weergegeven in de configuratie met twee M50 gasturbines op een 100% setpoint waarbij een kortsluiting is gesimuleerd nabij de klemmen van de generatoren met een afschakeltijd van 0,3s. In deze situatie behouden de generatoren hun synchronisatie met het net zonder af te schakelen. Kritisch hierbij is naast de synchronisatie ook de onderfrequentie beveiliging die zonder vertragingstijd op 48Hz (=0,96 p.u. in de grafiek) staat ingesteld.

Overige resultaten van de bepaling van de KKT zijn opgenomen in bijlage E.



Figuur 14: Verloop van spanning en generator synchronisatie bij kortsluiting van 0,3s

6.3.3 Configuraties in Eilandbedrijf

In Tabel 14 zijn de kritische kortsluittijden (KKT) weergegeven zoals gedefinieerd in punt 2 van paragraaf 6.3.1 voor de configuratie waarbij de 2 M50 GT's in bedrijf zijn. Daarbij is de belasting van 2025 gebruikt resulterend in een setpoint van de generatoren van 74%, zodat de KKT bij de hoogst mogelijke belasting in eiland bedrijf is bepaald. Voor ieder foutscenario is ook de afschakeltijd van de corresponderende beveiliging weergegeven. Indien de afschakeltijd lager is dan de KKT zullen de eenheden in bedrijf blijven en zal er een stabiele situatie gehandhaafd blijven.

Tabel 14: Kritische kortsluit tijden bij eilandbedrijf met twee M50 GT's

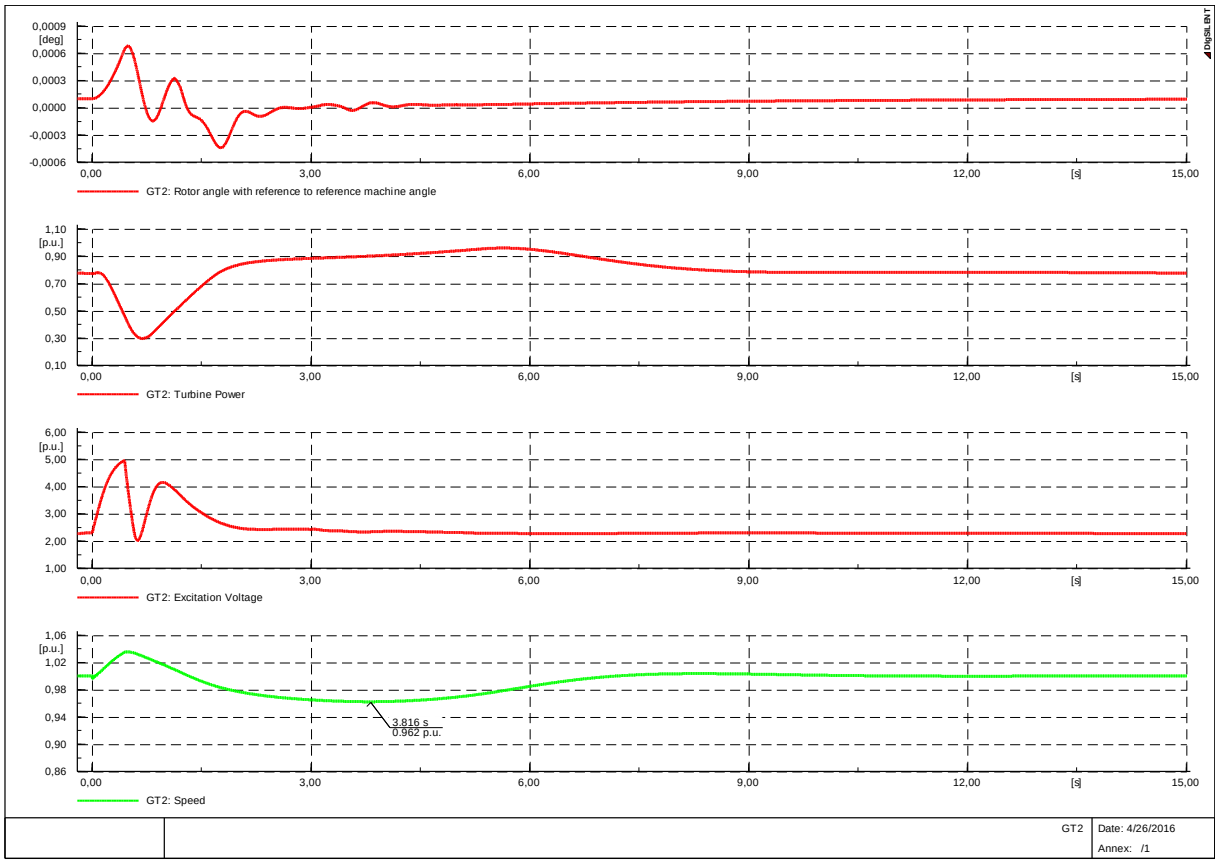
Plaats kortsluiting	KKT	Afschakeltijd
Op klemmen/ Nabij STEG	0,43s	0,1s (differentiaal kabels)
10kV preferent		0,3s / 0,45s
LS zijde 10kV preferent	>1s	Zie paragraaf 5.5.3

In eiland bedrijf zal een kortsluiting op de verdeelinrichting of klemmen van de generatoren altijd leiden tot een uitval van het gehele net aangezien daarbij altijd minimaal één generator uitvalt en de overige generator over te weinig vermogen beschikt om stand-alone het gehele preferente net te voeden. Verder heeft de locatie van de kortsluiting in het 10kV een verwaarloosbaar effect op de KKT aangezien door het zwakke net een verder weg gelegen kortsluiting nog steeds een spanning van nagenoeg 0V op de klemmen van de generatoren oplevert.

De KKT zelf ligt hoger dan bij netbedrijf. De reden hiervan is dat de generatoren niet uit de pas gaan lopen met het net of met elkaar waardoor bij afschakeling van de kortsluiting de generatoren direct weer gesynchroniseerd zijn. Van belang daarbij is dat bij beide generatoren exact dezelfde regelparameters zijn ingesteld. In Figuur 15 in de bovenste grafiek is het fase hoek verschil weergegeven tussen de beide M50 gasturbine generatoren. Afgelezen kan worden dat deze inderdaad nagenoeg 0 graden is.

In dezelfde figuur is te zien dat de gasturbine tijdens de kortsluiting het vermogen sterk terugregelt (om de versnelling te beperken) en na de kortsluiting weer opregelt. Zou deze op- en afregel curve bij de generatoren verschillen, dan zal de fase hoek tussen de generatoren tijdens de kortsluiting oplopen waardoor de KKT wordt verkleind.

Tenslotte is ook uit de figuur de beperkende werking af te leiden van de in paragraaf 6.2.2 genoemde Solonox eco-mode. Vanaf t=~2 s tot t=6 s kan de gasturbine nog maar beperkt zijn vermogen op regelen (tweede grafiek van boven). Hierdoor blijft de frequentie dalen tot ongeveer 4 s na begin van de kortsluiting (onderste grafiek). Zonder Solonox-mode zal de KKT daardoor hoger liggen dan de nu bepaalde 0,43 s (waarbij de frequentie nog net boven de 48 Hz blijft, 0,96 p.u. in de onderste grafiek). De KKT zonder Solonox-mode is niet bepaald aangezien deze gunstiger is en de KTT van 0,43 s ruim boven de afschakeltijd van 0,3 s ligt (waarbij ervan is uitgegaan dat de afschakeltijd van 0,45 s voor EC/48 zal worden verlaagd naar 0,3 s).



Figuur 15: Dynamisch gedrag van GT2 bij een kortsluiting in het preferente 10kV net tijdens eiland bedrijf

Overige resultaten van de bepaling van de KKT in Eiland bedrijf zijn opgenomen in bijlage E.

6.4 Ontkoppeling van het preferente net bij een kortsluiting in het niet-preferente net

Een belangrijke functie in het net van het VU/VUmc is de ontkoppeling van het preferente net bij een verstoring in het niet-preferente net. De voorwaarden van ontkoppeling zijn weergegeven in Tabel 8 van paragraaf 5.2.

Om te bepalen of bij een dergelijke ontkoppeling het overgebleven preferente net in eiland bedrijf stabiel blijft is de volgende situatie gesimuleerd:

- t=0 s Kortsluiting in het *niet*-preferente net zo dicht mogelijk bij de generatoren dus op de hoofdverdeler in het Energie Centrum, begane grond (worst case)
- t=0,16 s Ontkoppeling van het preferente net

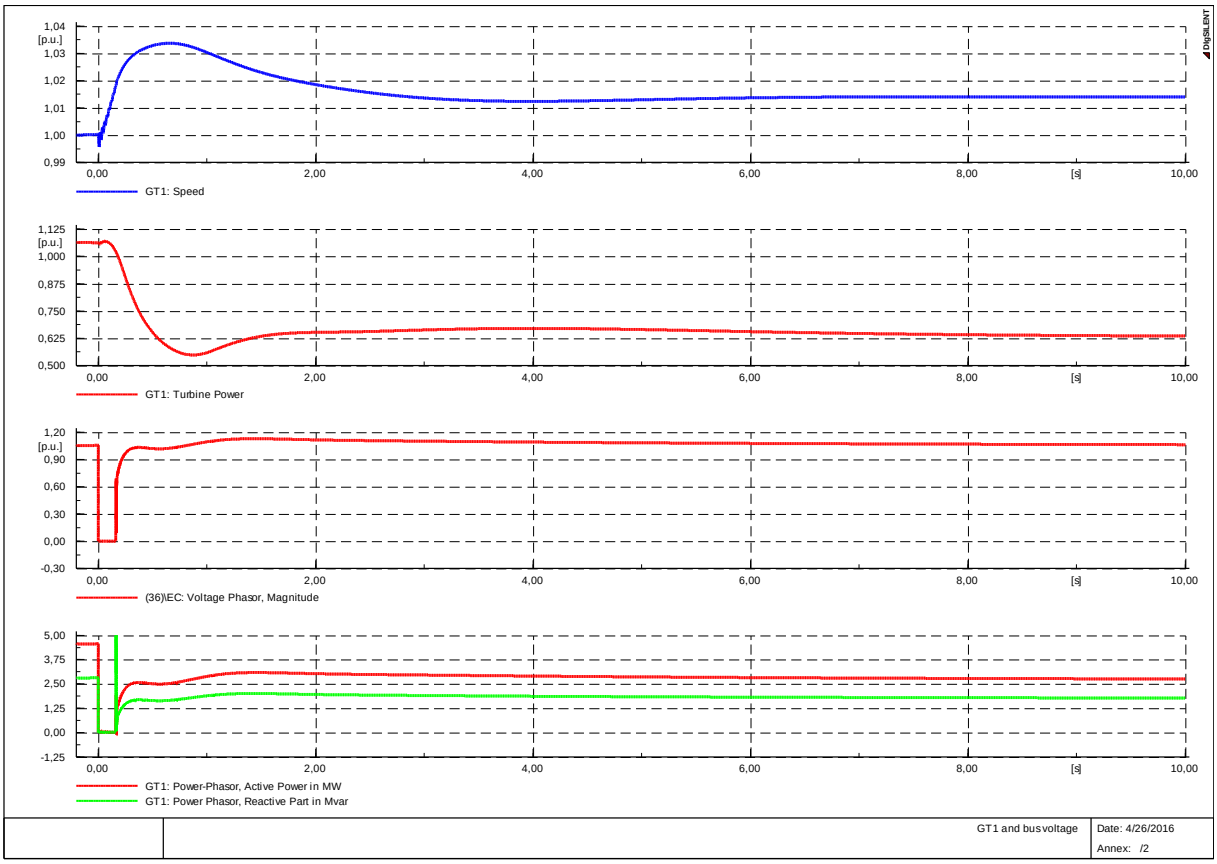
Hierbij zijn de volgende belastingconfiguraties beschouwd:

- 33% S_n, P_e = 1,5 MW, Q = 1,0 Mvar (niet-preferente net voedt in op preferente net);
- 47% S_n, P_e = 2,17 MW, Q = 1,4 Mvar (niet-preferente net voedt in op preferente net);
- 64% S_n, P_e = 3,0 MW, Q = 1,8 Mvar (preferente net voedt beperkt in op niet-preferente net);
- 94% S_n, P_e = 4,36 MW, Q = 2,67 Mvar (nominaal vermogen van 4,36MWe per GT; preferente net voedt in op niet-preferente net);
- 96% S_n, P_e = 4,6 MW - Q = 2,81 Mvar (maximaal turbine vermogen van 4,8MWm resulterend in 4,6MWe output; preferente net voedt in op niet-preferente net).

In de laatste situatie (96%) waarbij de generatoren maximaal vermogen in het niet-preferente net injecteren (3,69MW en 2,15Mvar), verloopt de ontkoppeling stabiel zoals blijkt uit Figuur 16. De spanning in de derde grafiek is gemeten op de rail van de hoofdverdeler EC.

Bij een lagere productie van de eenheden (het niet-preferente net voedt in op het preferente net, situaties 33% en 47%), wordt de stabilisatietijd van de ontkoppeling ook vergroot t.o.v. de situatie met beperkte uitwisseling (64%). Omdat na vorming van het eiland de eenheden zowel a) het effect van de kortsluiting moeten stabiliseren als b) het wegvallen van het vermogen uit het niet-preferente net moeten compenseren, mag in normaal bedrijf het vermogen uit het niet-preferente net niet te groot zijn. Bij de situatie van 33% is de frequentie daling groter dan 48 Hz wat voor uitval van het preferente net zal zorgen. Vanuit oogpunt van de stabiliteit wordt daarom aanbevolen de invoeding vanuit het niet-preferente net naar het preferente net te beperken tot maximaal 1 MW actief vermogen (conform situatie 47%).

De ontkoppeling met één M50 gasturbine in bedrijf is in deze studie niet meegenomen. Het minder draaiend vermogen zou daarbij een negatief effect kunnen hebben op de stabilisatie na ontkoppeling. Cruciaal is te bepalen wat het maximale vermogen van het preferente net is dat de gasturbine nog kan volgen tijdens een ontkoppeling na kortsluiting in combinatie met de hoeveelheid vermogen die voor ontkoppeling met het niet-preferente net wordt uitgewisseld. Hoe lager het vermogen is dat wordt uitgewisseld, hoe groter de kans dat deze ontkoppeling stabiel verloopt.



Figuur 16: Ontkoppeling van het preferente net na kortsluiting in het niet preferente net bij maximale output GT's

Overige resultaten van de simulatie van de ontkoppeling zijn opgenomen in bijlage E.

6.5 Conclusies en aanbevelingen

Bij het uitvoeren van de dynamische simulatie van het net van het VU/VUmc zijn geen knelpunten gevonden.

Bij de validatie van de regelmodellen van de nieuwe Mecury 50 gasturbine generatoren is wel geconstateerd dat de Solonox mode (eco-mode met lage NOx uitstoot) een beperking legt op de werking van de vermogensregeling bij een toename van het gevraagde vermogen.
Aangezien de generatoren tijdens Eiland bedrijf op 60% (2015) tot 74% (2025) van hun vermogen zullen draaien en de verwachte belasting variaties onder de 10% zullen liggen, heeft de Solonox modus slechts beperkte invloed op de stabiliteit van het preferente net van het VU/VUmc.

De berekende KKT ligt voor nagenoeg alle beschouwde situaties, boven de afschakeltijden van de corresponderende beveiligingen. Uitzondering hierop is de ring 48/EC met een beveiligingsinstelling van 0,45 s. In paragraaf 5.5.2.3 is echter al geadviseerd om deze instelling te verlagen naar 0,3 s.

De ontkoppeling van het preferente net verloopt stabiel, ook wanneer de generatoren maximaal vermogen in het niet-preferente net injecteren (3,69 MW en 2,15 Mvar uitwisseling). Wel is bij een grotere vermogensuitwisseling de stabilisatietijd groter.

Bij een lagere productie van de eenheden (het niet-preferente net voedt dan in op het preferente net), wordt de stabilisatietijd van de ontkoppeling ook vergroot t.o.v. de situatie zonder uitwisseling. Wanneer in deze situatie het uit het niet-preferente net geïnjecteerde vermogen te groot is, kan de ontkoppeling leiden tot instabiliteit van de generatoren en daarmee uitval van het preferente net. Vanuit oogpunt van de stabiliteit wordt daarom aanbevolen de eenheden zo in te stellen dat het invoeden vanuit het niet-preferente net naar het preferente net beperkt blijft tot maximaal 1 MW.

De KKT en ontkoppeling met één M50 gasturbine in bedrijf is in deze studie niet meegenomen. Indien de bedrijfsvoering met één M50 gasturbine wordt overwogen, wordt aanbevolen deze nieuwe bedrijfssituatie voor wat betreft de KKT en ontkoppeling nader te bestuderen.

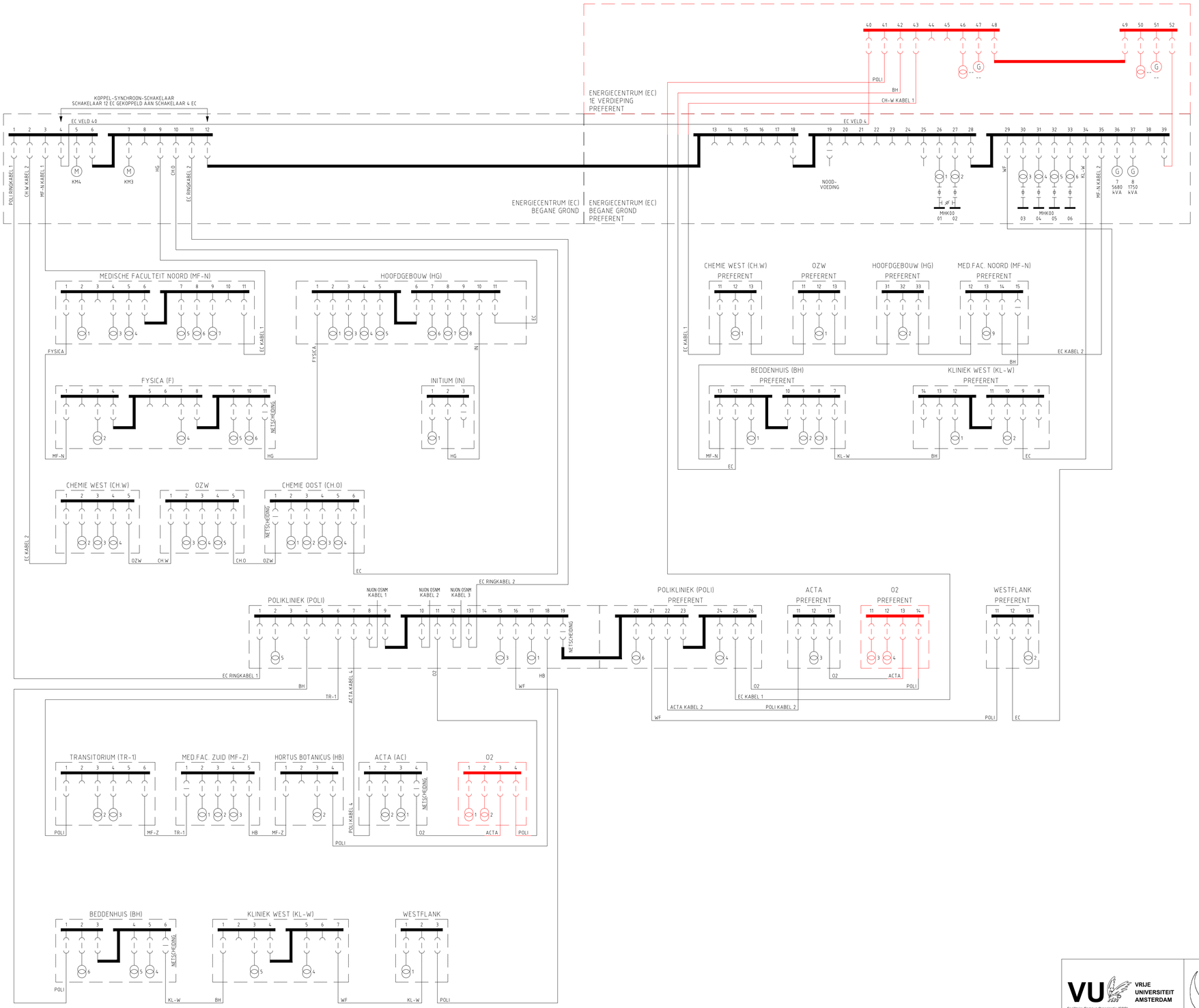
7 Referenties

[1] Quick Scan aankoppeling WKK aan 10 kV installatie VUVUmc, *KEMA*, 28-02-2014
[2] Tabel 10: Gemodelleerde belastingen van het VU/VUmc net in 2015, *KEMA*, 28-02-2014
[3] WKK VU-VUmc Stabiliteitsberekeningen d.d. 22-10-2013
[4] TBM_M50 Technical Description_Rev0_140911, *Turbomach*, 14-09-2011
[5] Leroy Somer, 20121221 Generator Datasheet 10.5 kV, LSA 56 BRL70M / 4p
[6] MO-T-067 - GT1 Values of setting for generator protections - Schlumberger SIGMA-N
[7] Ee050002_2014-10kV-netconfiguratie
[8] ABB, Multifunction Relay Types MCX 912 and MCX 913
[9] Mitsubishi Low Voltage Air Circuit Breaker AE-SS AE-SH
[10] ABB, Technical Application Papers, MV/LV transformer substations: theory and examples of short-circuit calculation
[11] Caterpillar, Solar Turbines Mercury 50 Gas Turbine Generator Set Governor Model, 25-03-2009

8 Bijlagen

Bijlage A – Single Line Diagram
Bijlage B – Component Parameters (updated)
Bijlage C – Resultaten Loadflow
Bijlage D – Resultaten Kortsluiting
Bijlage E – Resultaten Dynamische Studie

Bijlage A: Single Line Diagram



VU VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM
Faciliteire Campus Organisatie (FCO)
De Boelelaan 1105, 1081 HV Amsterdam

Energiecentrum
Van der Boechorststraat 5
1081 BT Amsterdam
telefoon. 020 – 59 85810
Fax. 020 – 59 85817

VU medisch centrum

Gebouw : Energiecentrum

Lokatie : -

Inhoud : 10kV Netconfiguratie toekomst 2014

Rev.	Datum	Bedrijf	Omschrijving
0	13-04-1999	VU A'dam	-
G	16-01-2012	VU A'dam	Aanpassing WF
H	05-04-2013	VU A'dam	WF op veld 16 Poli ipv 14
I	12-12-2013	VU A'dam	Wijz. O2
J	01-09-2014	VU A'dam	Wijz. HG / EC (veld 4-40)

Schaal: 1:1 | Formaat: A1

Tek.nr. : 1425-E-05-062_2014

Bestand : Ee050002_2014

gebouw	verdieping	bouwdeel	soort
EC	EC	-	ES

Bijlage B: Component Parameters


ABB Industrie
A.C. Machines 77430 Champagne Seine
MOT. ASYN. N°
1994
TYP
kW 630
S 1
r/mn 2976
CL F DG 80 K TP
V 10000
50 HZ 3 ~ IP 23
A 36.6
Cos Ø 0.91
Jrot 18.5 kgm² 4140 kg
MADE IN FRANCE
LUBRIFICATION DES COUSSINETS
SLEEVE BEARING LUBRICATION
VISCOSITE DE L'HUILE
OIL VISCOSITY
QUANTITE D'HUILE PAR PALIER / AMOUNT OF OIL PER BEARING
COTE ACCOUPLEMENT
DRIVE END
LITRES
LITERS
COTE OPPOSE A L'ACCOUPLEMENT
NO DRIVE END
ROTOR EQUILIBRE AVEC 1/2 CLAVETTE
BALANCED ROTOR WITH 1/2 KEY

Datum : 26.ian.11

Referenz LS : M50_10500V_F_LSA56BRL70M-4p

Kunde : Turbomach

Moteurs Leroy Somer
Usine d'Orléans
1 Rue de la Burelle
45800 St Jean de Braye - France

Tel. : +33 (0)2 38 60 42 26
Fax: +33 (0)2 38 60 42 85
cedrik.anchier@leroysomer.com
CA

Chargé d'Affaire : CA

M50_10500V_F_LSA56BRL70M-4p

Anlage:

V3.22s - 12/2010

Standort :
Anwendung : Produktion (Base Rating)

Antrieb : Gasturbine
Hersteller : Solar
Typ : Mercury 50

Haupteigenschaften:

Menge

Generatortyp: **LSA 56 BRL70M / 4p** **1**

Leistung:	5,450 kVA		4,360 kWe		4,490 kWm
Spannung:	10500V Sternschaltung		± 5%	Nennstrom:	300 A
Cosinus phi:	0,8				
Frequenz:	50 Hz			Drehzahl:	1500 rpm
Wickelschritt :	p5/6			Umgebung:	40 °C
Isolation / Erwärmung :	H / F			Aufstellhöhe:	1000 m

Elektrische Daten:

M

Wirkungsgrad:	110%	100%	75%	50%	25%
Cos phi 0,8:	97,1 %	97,1 %	97,1 %	96,6 %	94,7 %
Cos phi 1,0:	97,9 %	97,8 %	97,6 %	97,1 %	94,9 %

Reaktanzen		Ungesättigt im Bezug auf Sn (%)								Zeitkonstanten:			
Ik3:		Xd	Xq	X'd	X'q	X"d	X"q	X2	Xo	T'do	T'd	T"d	Ta
0,48		218	131	35,4	131	23,3	29,1	26,2	7,7	3,790	0,615	0,027	0,115
		Gesättigt im Bezug auf Sn (%)								Sekunden			
Ra (%)		Xds	Xqs	X'ds	X'qs	X"ds	X"qs	X2s	Xo	T"do	T'q	T"q	T"qo
0,7		210	126	30,1	126	19,8	24,7	22,3	7,7	0,041	NA	0,024	0,109

Bauform :

IM1101

Bauform : Zweilager
Achshöhe : horizontal
Drehrichtung : Uhrzeigersinn mit Blick auf Wellenende
Lagertyp: Gleitlager - Ölumlauf mit externer Ölversorgung
Lagerisolierung : 1 isoliertes Lager
Ausführung Wellenende : zylindrisch m. Paßfeder
Auswuchtung : Ganze Paßfeder / Auswuchtung nach Klasse : G1
Flanschglocke : Ohne
Achshöhe : 710 mm / Spurbreite : 1500 mm
Axialspiel : Standard

Kommentare:

Kühlung :

IC01

Schutzart : IP23
Kühler : Kühlmittel : Luft / Temperatur : 40 °C
Luftqualität : Reine Luft
interne Belüftung: Eigenbelüftet
Filter : Ohne Filter
Anschluß (E/A) : Nein

Kommentare:

Anschluß und Regelung:

Funkstörgrad: Klasse N

Parallelbetrieb : Mit dem Netz (3F)
Erregungsart : AREP + PMI
Dauerkurzschlußstrom 3-phasig : > 3 x In während 10 s
Reglertyp: D610 (In der Schaltanlage)
U - Istwerterfassung:Spannungswandler im Klemmenkasten eingebaut /

Kommentare:

Zubehör Schutz und Messung

Mit Sonde(n) Führungslager : = 1 x PT 100 pro Lager
Mit Wicklungsschutz : = 6 x PT 100
Mit Stillstandsheizung:Spannung : 230 V / 1-phasig / Leistung : 500 W
Mit Rotorerdungsbürste

Kommentare:

Lieferumfang LS

Stromwandler (Messung & Schutz):		I primär (A)	I sekundär (A)	Leistung (VA)	Klasse
	S1				
Vorläufig	S2				
Seite Sternpunkt	S3				
	S1				
Vorläufig	S2				
Seite Phase	S3				

Kommentare: X/5/5/5 - 1 x 20VA, 0,5FS5 - 2 x 20VA, 5P10 ou/or
X/1/1/1 - 1 x 10VA, 0,5FS5 - 2 x 10VA, 5P10

Lieferumfang LS

Spannungswandler:		U primär (V)	U sekundär (V)	Leistung (VA)	Klasse
	S1	6351	36,7	30	3P
Vorläufig	S2	6351	63,5	30	1
Seite Phase	S3				

Kommentare:

Klemmenkasten :

Leistungsabgang : 4 Anschlüsse
Kabelabgangseite : nach hinten
Anschlusskasten Leistungsseite : gerade / Länge = 230 mm
Durchführungsplatte : Antimagnetisch

Kommentare:

Verschiedenes :

Überdrehzahl : 1800 rpm / Dauer (Min.) : 2
Vorgabe Geräuschpegel : 105 (dBA 1m)
Vibrationsniveau : 1,8 (mm/s RMS)

Kommentare:

Lackierung : C3M-P - Polyurethane - RAL 7032
Dokumentation : PDF Handbuch Sprache :

Kommentare:

Prüfungen :

Vorschriften : CEI

QUAL/INES/006 001	Messung der Wicklungswiderstände
QUAL/INES/006 021	Prüfung der Thermofühler (wenn vorhanden)
QUAL/INES/006 002	Spannungssymmetrie, Phasenfolge
QUAL/INES/006 003	Leerlaufdaten, Ermittlung der konstanten Verluste
QUAL/INES/006 004	Kurzschlußtest 3-phasig
QUAL/INES/006 005	Lastlauf (subject to test bench capacity)
QUAL/INES/006 007	Überdrehzahltest
QUAL/INES/006 008	Wirkungsgradermittlung
QUAL/INES/006 009	Dielektest der Wicklungen
QUAL/INES/006 010	Isolationsmessung
QUAL/INES/006 019	Vibrationsmessung

Gleitlagerung:

Lagerkühlung : Fremdgeschmiert, extern versorgt
externe Ölversorgung : Ölversorgung , Kundenbeistellung
Öltyp (Viskosität) : Synthetisches Öl / / Kundenvorgabe

Kommentare:

Rohranschluss Öleintritt : Links (auf WE gesehen)
Rohranschluss Ölaustritt : rechts (auf WE gesehen)
Sonde(n) Führungslager : 1 x PT 100 pro Lager

Kommentare:

Leistungsmerkmale :

Spannungsgenauigkeit : 0,25%
Maximale Aufschaltung bei Spannungseinbruch < 15% : 3019 kVA
beim Anlauf eines AC-Motor mit einem Anlauf cos-phi zwischen 0 und 0.4

Moteurs Leroy Somer
Usine d'Orléans
1 Rue de la Burelle
45800 St Jean de Braye - France

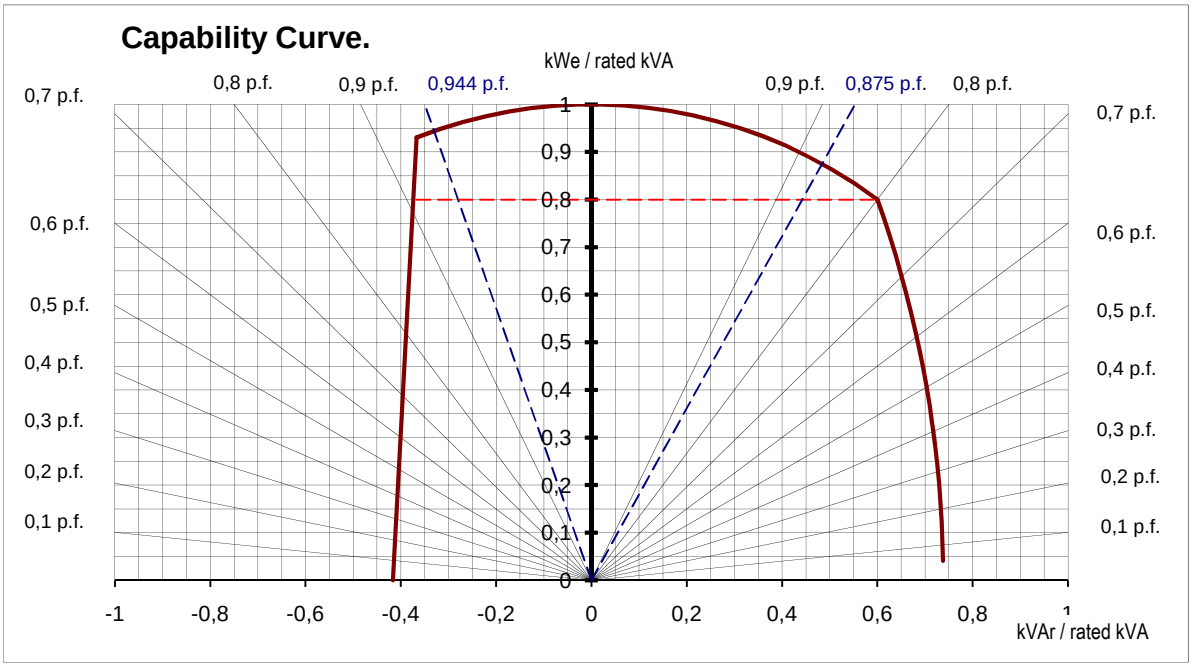
V3.22s - 12/2010

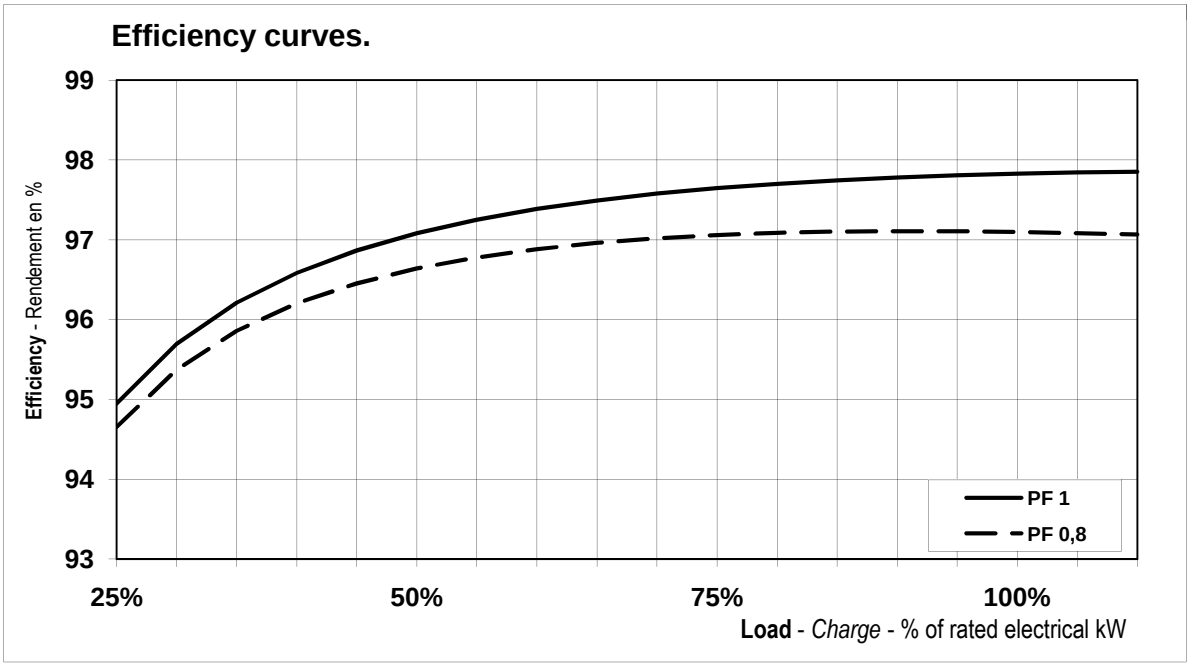
Chargé d'Affaire : CA

M50_10500V_F_LSA56BRL70M-4p

Haupt Kurven

LSA 56 BRL70M / 4p - 5450kVA - 10500V - 1500 rpm





Moteurs Leroy Somer
Usine d'Orléans
1 Rue de la Burelle
45800 St Jean de Braye - France

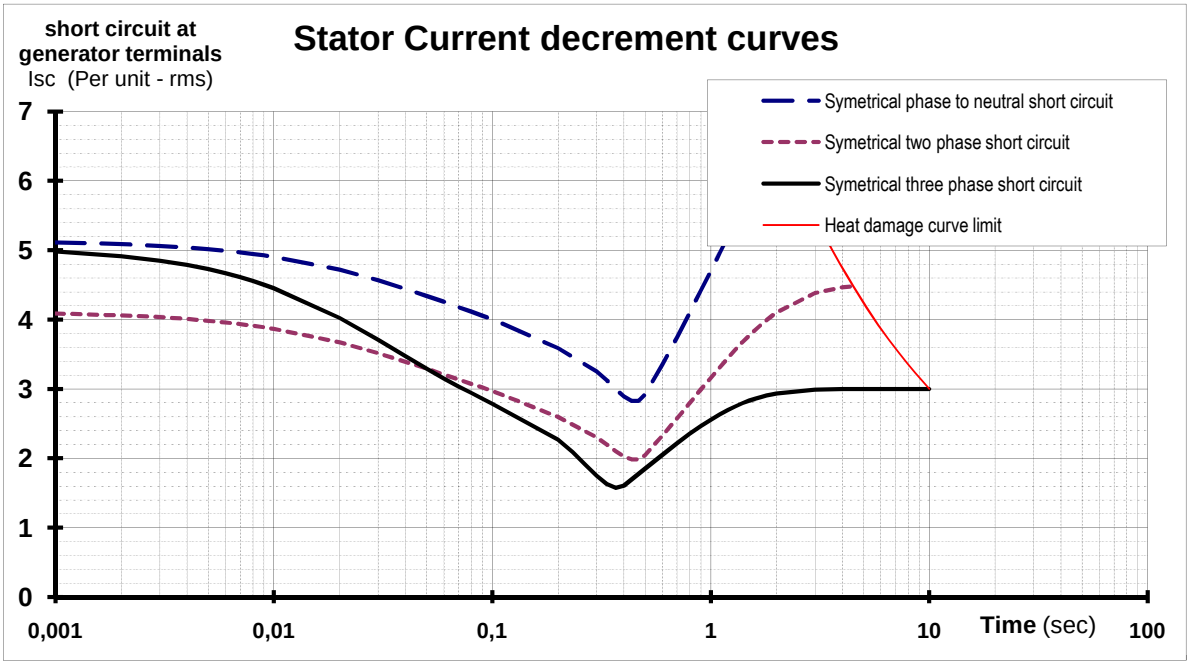
V3.22s - 12/2010

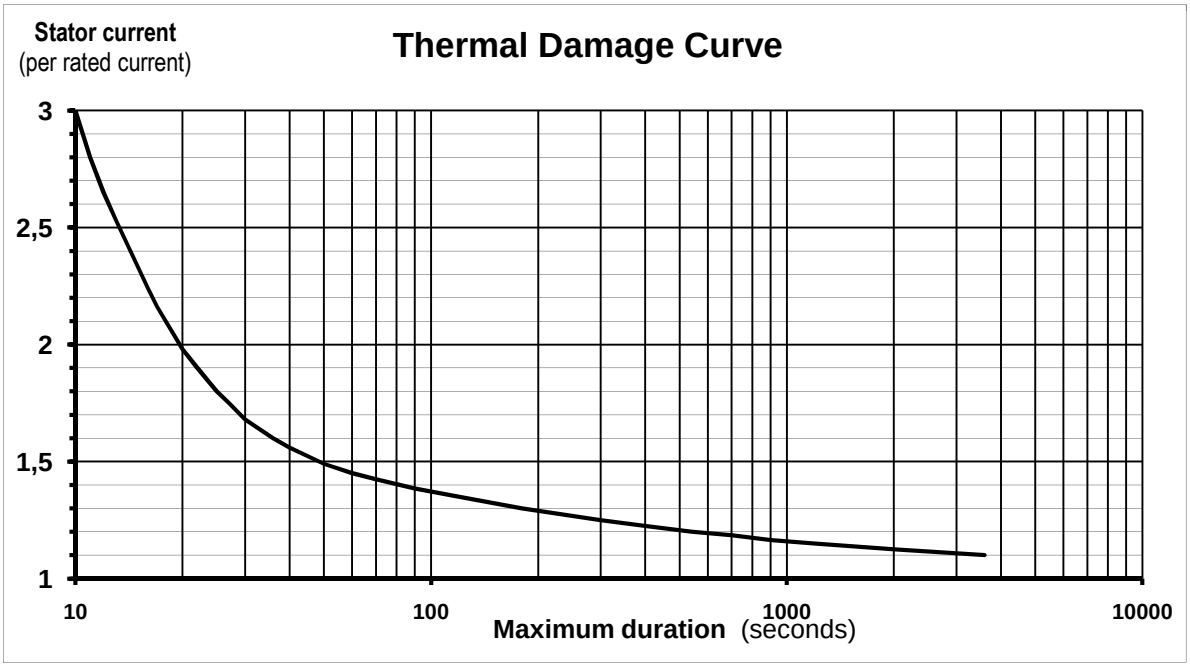
Chargé d'Affaire : CA

M50_10500V_F_LSA56BRL70M-4p

Haupt Kurven

LSA 56 BRL70M / 4p - 5450kVA - 10500V - 1500 rpm





Moteurs Leroy Somer
Usine d'Orléans
1 Rue de la Burelle
45800 St Jean de Braye - France

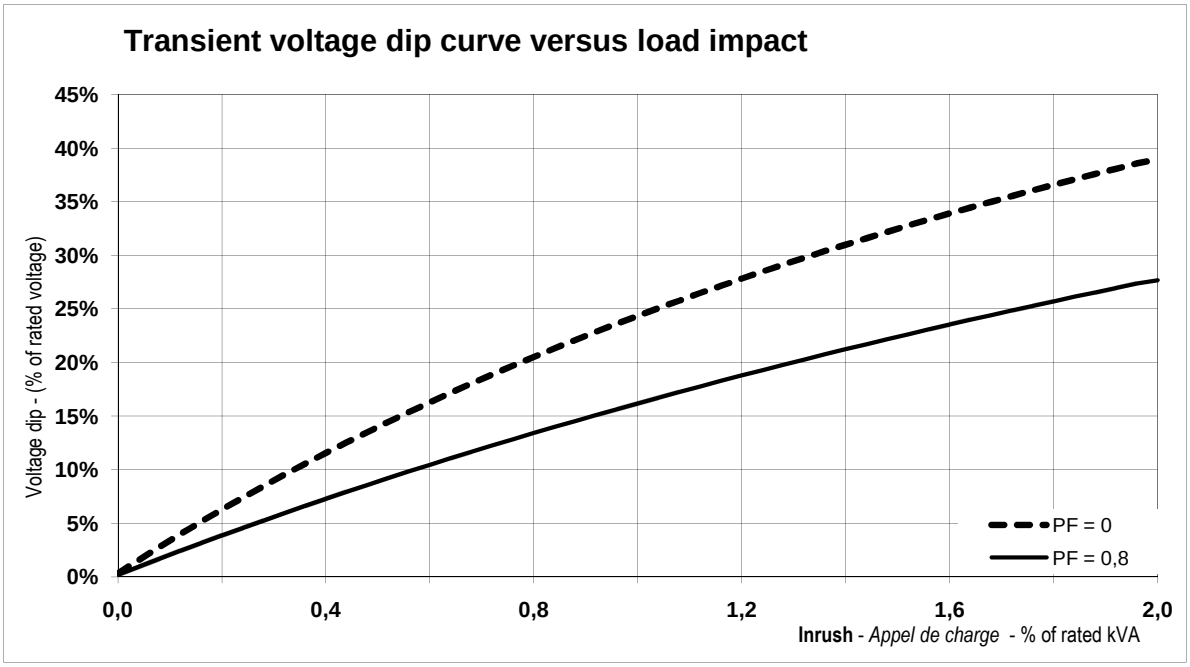
V3.22s - 12/2010

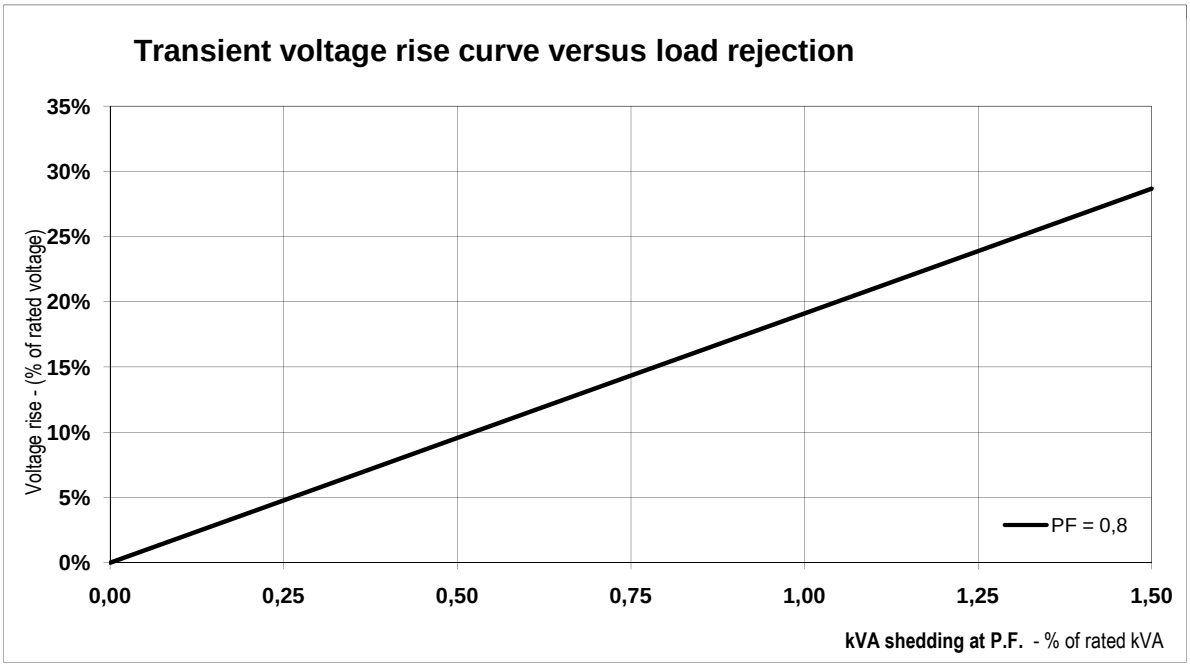
Chargé d'Affaire : CA

M50_10500V_F_LSA56BRL70M-4p

Haupt Kurven

LSA 56 BRL70M / 4p - 5450kVA - 10500V - 1500 rpm





Moteurs Leroy Somer
Usine d'Orléans
1 Rue de la Burelle
45800 St Jean de Braye - France

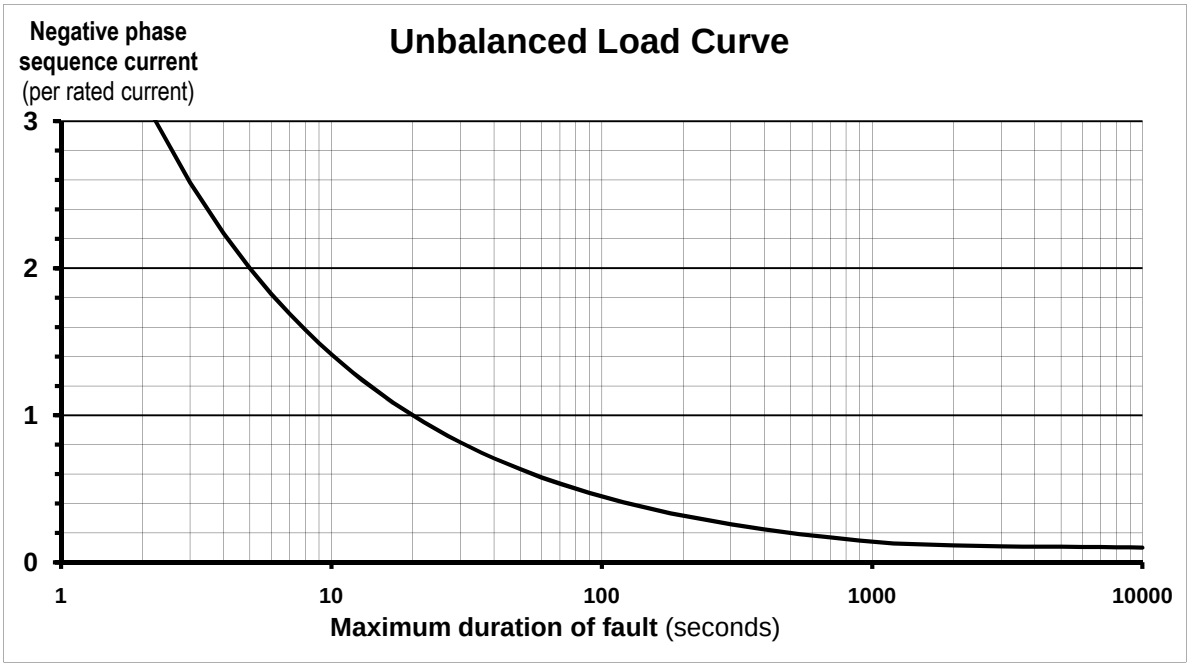
V3.22s - 12/2010

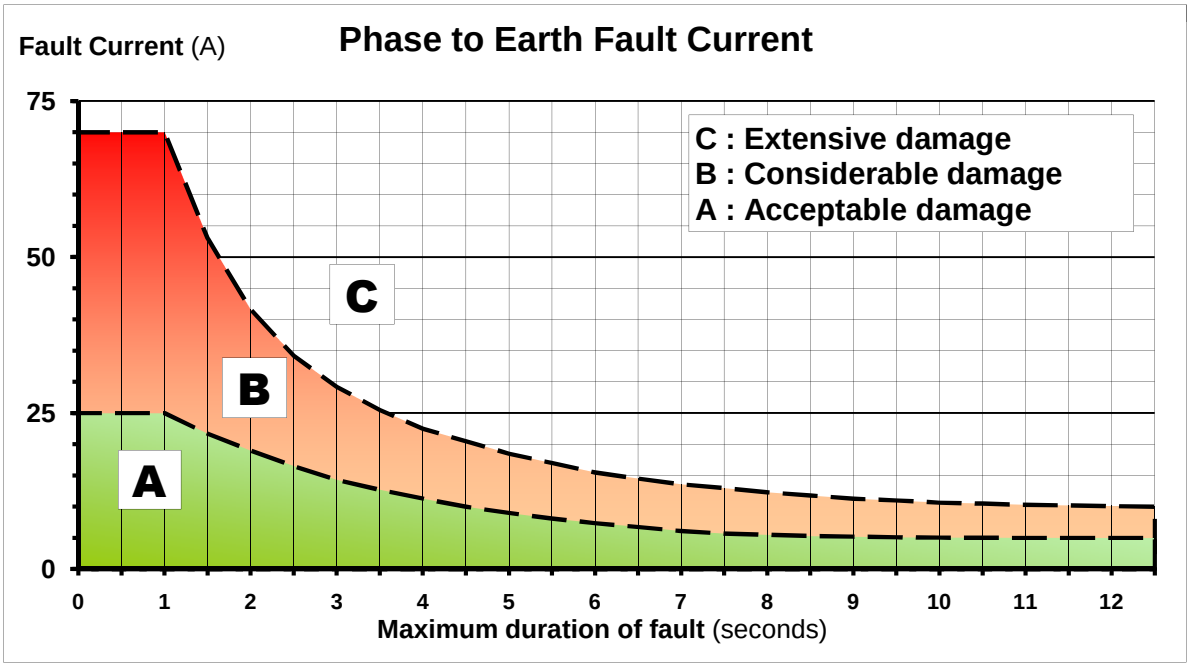
Chargé d'Affaire : CA

M50_10500V_F_LSA56BRL70M-4p

Haupt Kurven

LSA 56 BRL70M / 4p - 5450kVA - 10500V - 1500 rpm





Verbruikers

naam	S	P	cos phi	gelijktijdigheids-factor
Acta1(1)	1208	151,13	0,85	0,7
Acta2(1)	1208	151,13	0,85	0,7
Acta3	345	100,555	0,85	0,7
BH1	310	164,22	0,85	0,7
BH2(1)	310	277,865	0,85	0,7
BH3(1)	310	313,565	0,85	0,7
BH4(1)	494	168,385	0,85	0,7
BH5(1)	494	341,53	0,85	0,7
BH6(1)	494	239,785	0,85	0,7
CHO1(1)	40	149,94	0,85	0,7
CHO2(1)	237	89,845	0,85	0,7
CHO3(1)	256	120,19	0,85	0,7
CHO4(1)	256	98,77	0,85	0,7
CHW1(1)	393	329,035	0,85	0,7
CHW2	254	151,725	0,85	0,7
CHW3	254	166,005	0,85	0,7
CHW4	254	166,005	0,85	0,7
EC1(1)	169	166,005	0,85	0,7
EC2(1)	276	166,005	0,85	0,7
EC3(1)	467	166,005	0,85	0,7
EC4(1)	527	166,005	0,85	0,7
EC5(1)	283	320,705	0,85	0,7
EC6(1)	574	253,47	0,85	0,7
F2(1)	403	253,47	0,85	0,7
F4	252	245,14	0,85	0,7
F5(1)	151	245,14	0,85	0,7
F6(1)	202	70,805	0,85	0,7
HB2(1)	166	194,565	0,85	0,7
HG1(1)	553	123,76	0,85	0,7
HG2	255	194,565	0,85	0,7
HG3(1)	279	92,82	0,85	0,7
HG4(1)	279	246,925	0,85	0,7
HG5(1)	279	151,13	0,85	0,7
HG6(1)	279	82,11	0,85	0,7
HG7(1)	279	219,555	0,85	0,7
HG8(1)	279	82,11	0,85	0,7
IN1(1)	539	499,8	0,85	0,7
KLW1(1)	426	595	0,85	0,7
KLW2(1)	426	370,09	0,85	0,7
KLW4(1)	412	481,95	0,85	0,7
KL_W5(1)	412	42,245	0,85	0,7
MFN	119	75,565	0,85	0,7
MFN1(1)	327	75,565	0,85	0,7
MFN3(1)	208	75,565	0,85	0,7
MFN4(1)	327	423,64	0,85	0,7
MFN5(2)	156	423,64	0,85	0,7
MFN6(1)	415	492,66	0,85	0,7
MFN7(1)	254	423,64	0,85	0,7
MFZ1(1)	138	492,66	0,85	0,7
MFZ2(1)	369	77,945	0,85	0,7
MFZ3(1)	138	77,945	0,85	0,7
O2_1	840	761,6	0,85	0,7
O2_2	1000	476	0,85	0,7
O2_3(1)	622	528,7	0,85	0,7
O2_4(1)	810	688,5	0,85	0,7
OZW1	71	60,35	0,85	0,7
OZW3(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW4(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW5	127	107,95	0,85	0,7
Poli1(1)	712	605,2	0,85	0,7
Poli3(1)	712	605,2	0,85	0,7

naam	S	P	cos phi	gelijktijdigheids-factor
MFN4(1)	327	423,64	0,85	0,7
MFN5(2)	156	423,64	0,85	0,7
MFN6(1)	415	492,66	0,85	0,7
MFN7(1)	254	423,64	0,85	0,7
MFZ1(1)	138	492,66	0,85	0,7
MFZ2(1)	369	77,945	0,85	0,7
MFZ3(1)	138	77,945	0,85	0,7
O2_1	840	761,6	0,85	0,7
O2_2	1000	476	0,85	0,7
O2_3(1)	622	528,7	0,85	0,7
O2_4(1)	810	688,5	0,85	0,7
OZW1	71	60,35	0,85	0,7
OZW3(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW4(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW5	127	107,95	0,85	0,7
Poli1(1)	712	605,2	0,85	0,7
Poli3(1)	712	605,2	0,85	0,7
Poli4(1)	828	703,8	0,85	0,7
Poli5	712	605,2	0,85	0,7
Poli6(1)	828	703,8	0,85	0,7
TR2(1)	131	111,35	0,85	0,7
TR3(1)	131	111,35	0,85	0,7
WF1(1)	1280	1088	0,85	0,7
WF2(1)	800	680	0,85	0,7

Poli4(1)	828	703,8	0,85	0,7
Poli5	712	605,2	0,85	0,7
Poli6(1)	828	703,8	0,85	0,7
TR2(1)	131	111,35	0,85	0,7
TR3(1)	131	111,35	0,85	0,7
WF1(1)	1280	1088	0,85	0,7
WF2(1)	800	680	0,85	0,7

Transformatoren

naam	Type
Acta1	1250kVA DYN5
Acta2	1250kVA DYN5
Acta3(1)	800kVA DYN5
BH1(1)	800kVA DYN5
BH2	800kVA DYN5
BH3	800kVA DYN5
BH4	1250kVA DYN5
BH5	1250kVA DYN5
BH6	1250kVA DYN5
CHO1	100kVA
CHO2	630kVA DY5
CHO3	800kVA DY5
CHO4	800kVA DYN5
CHW1	630kVA DYN5
CHW2(1)	630kVA DY5
CHW3(1)	800kVA DYN5
CHW4(1)	1000kVA
EC1	800kVA DY5
EC2	800kVA DY5
EC3	800kVA DY5
EC4	800kVA DY5
EC5	800kVA DY5
EC6	800kVA DY5
F2	800kVA DY11
F4(1)	500kVA DY11
F5	300kVA DY11
F6	400kVA DY11
HB2	400kVA DY11
HG1	630kVA DY5
HG2(1)	630kVA DY5
HG3	630kVA DYN5
HG4	630kVA DYN5
HG5	630kVA DYN5
HG6	630kVA DYN5
HG7	630kVA DYN5
HG8	630kVA DYN5
IN1	800kVA DY11
KLW1	1250kVA DYN5
KLW2	1250kVA DYN5
KLW4	1250kVA DYN5
KLW5	1250kVA DY5
MFN1	630kVA DY11
MFN3	400kVA DY11
MFN4	630kVA DY11
MFN5	300kVA DY11
MFN6	800kVA DY11

naam	Type
MFN7	500kVA DY11
MFN9	500kVA DY11
MFZ1	300kVA DY11
MFZ2	800kVA DY11
MFZ3	300kVA DY11
O2_3	1250kVA DYN5
O2_3(2)	1600kVA DYN5
O2_4	1250kVA DYN5
O2_4(2)	1600kVA DYN5
OZW1(1)	630kVA DYN5
OZW3	630kVA DYN5
OZW4	630kVA DYN5
OZW5(1)	630kVA DYN5
Poli1	1250kVA DYN5
Poli3	1250kVA DYN5
Poli4	1250kVA DYN5
Poli5(1)	1250kVA DYN5
Poli6	1250kVA DYN5
TR2	630kVA DYN5
TR3	630kVA DYN5
WF1	1250kVA DYN5
WF2	1250kVA DYN5

Verbruikers

naam	S	P	cos phi	gelijktijdigheids-factor
Acta1(1)	1208	151,13	0,85	0,7
Acta2(1)	1208	151,13	0,85	0,7
Acta3	345	100,555	0,85	0,7
BH1	310	164,22	0,85	0,7
BH2(1)	310	277,865	0,85	0,7
BH3(1)	310	313,565	0,85	0,7
BH4(1)	494	168,385	0,85	0,7
BH5(1)	494	341,53	0,85	0,7
BH6(1)	494	239,785	0,85	0,7
CHO1(1)	40	149,94	0,85	0,7
CHO2(1)	237	89,845	0,85	0,7
CHO3(1)	256	120,19	0,85	0,7
CHO4(1)	256	98,77	0,85	0,7
CHW1(1)	393	329,035	0,85	0,7
CHW2	254	151,725	0,85	0,7
CHW3	254	166,005	0,85	0,7
CHW4	254	166,005	0,85	0,7
EC1(1)	169	166,005	0,85	0,7
EC2(1)	276	166,005	0,85	0,7
EC3(1)	467	166,005	0,85	0,7
EC4(1)	527	166,005	0,85	0,7
EC5(1)	283	320,705	0,85	0,7
EC6(1)	574	253,47	0,85	0,7
F2(1)	403	253,47	0,85	0,7
F4	252	245,14	0,85	0,7
F5(1)	151	245,14	0,85	0,7
F6(1)	202	70,805	0,85	0,7
HB2(1)	166	194,565	0,85	0,7
HG1(1)	553	123,76	0,85	0,7
HG2	255	194,565	0,85	0,7
HG3(1)	279	92,82	0,85	0,7
HG4(1)	279	246,925	0,85	0,7
HG5(1)	279	151,13	0,85	0,7
HG6(1)	279	82,11	0,85	0,7
HG7(1)	279	219,555	0,85	0,7
HG8(1)	279	82,11	0,85	0,7
IN1(1)	539	499,8	0,85	0,7
KLW1(1)	426	595	0,85	0,7
KLW2(1)	426	370,09	0,85	0,7
KLW4(1)	412	481,95	0,85	0,7
KL_W5(1)	412	42,245	0,85	0,7
MFN	119	75,565	0,85	0,7
MFN1(1)	327	75,565	0,85	0,7
MFN3(1)	208	75,565	0,85	0,7
MFN4(1)	327	423,64	0,85	0,7
MFN5(2)	156	423,64	0,85	0,7
MFN6(1)	415	492,66	0,85	0,7
MFN7(1)	254	423,64	0,85	0,7
MFZ1(1)	138	492,66	0,85	0,7
MFZ2(1)	369	77,945	0,85	0,7
MFZ3(1)	138	77,945	0,85	0,7
O2_1	840	761,6	0,85	0,7
O2_2	1000	476	0,85	0,7
O2_3(1)	622	528,7	0,85	0,7
O2_4(1)	810	688,5	0,85	0,7
OZW1	71	60,35	0,85	0,7
OZW3(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW4(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW5	127	107,95	0,85	0,7
Poli1(1)	712	605,2	0,85	0,7
Poli3(1)	712	605,2	0,85	0,7

naam	S	P	cos phi	gelijktijdigheids-factor
MFN4(1)	327	423,64	0,85	0,7
MFN5(2)	156	423,64	0,85	0,7
MFN6(1)	415	492,66	0,85	0,7
MFN7(1)	254	423,64	0,85	0,7
MFZ1(1)	138	492,66	0,85	0,7
MFZ2(1)	369	77,945	0,85	0,7
MFZ3(1)	138	77,945	0,85	0,7
O2_1	840	761,6	0,85	0,7
O2_2	1000	476	0,85	0,7
O2_3(1)	622	528,7	0,85	0,7
O2_4(1)	810	688,5	0,85	0,7
OZW1	71	60,35	0,85	0,7
OZW3(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW4(1)	127	107,95	0,85	0,7
OZW5	127	107,95	0,85	0,7
Poli1(1)	712	605,2	0,85	0,7
Poli3(1)	712	605,2	0,85	0,7
Poli4(1)	828	703,8	0,85	0,7
Poli5	712	605,2	0,85	0,7
Poli6(1)	828	703,8	0,85	0,7
TR2(1)	131	111,35	0,85	0,7
TR3(1)	131	111,35	0,85	0,7
WF1(1)	1280	1088	0,85	0,7
WF2(1)	800	680	0,85	0,7

Poli4(1)	828	703,8	0,85	0,7
Poli5	712	605,2	0,85	0,7
Poli6(1)	828	703,8	0,85	0,7
TR2(1)	131	111,35	0,85	0,7
TR3(1)	131	111,35	0,85	0,7
WF1(1)	1280	1088	0,85	0,7
WF2(1)	800	680	0,85	0,7

Kabels

Naam	typoe	lengte(km)
ACTA/O2 npref	TKF 95CU	0,239
ACTA/O2 pref	TKF 95CU	0,239
BH/KLW pref	TKF 150AL	0,18
BH/KLW(1) npref	TKF 150AL	0,189
CH.W/OZW pref	TKF 150AL	0,158
CHW/OZW npref	TKF 150AL	0,158
EC(1)/Poli(1) npref	TKF 240AL	0,305
EC(11)/Poli npref	TKF 240AL	0,308
EC(2)/CHW npref	TKF 150AL	0,302
EC(29)/WF pref	TKF 95CU	0,3
EC(3)/MFN npref	TKF 150AL	0,386
EC(34)/KL.W pref	TKF 150AL	0,318
EC(35)/MFN pref	TKF 95CU	0,067
EC(41)/POLI(25) pref	TKF 95CU	0,205
EC(42) BH pref	TKF 95CU	0,192
EC(43)/CH.W pref	TKF 150AL	0,263
EC(9)/HG npref	TKF 150AL	0,368
EC/(10)CHO npref	TKF 150AL	0,373
EC/EC pref	TKF 240AL	0,05
EC/HG(1) x	TKF 95CU	0,18
EC/mfn pref	TKF 95CU	0,101
ECkoppeling	TKF 240AL	0,05
F/MFN npref	TKF 95CU	0,348
HG/F npref	TKF 95CU	0,249
HG/IN npref	TKF 95CU	0,237
KLW/WF npref	TKF 150AL	0,05
MF.N/HG pref	TKF 95CU	0,177
MFN/HG pref	TKF 150AL	0,379
MFZ/HB npref	TKF 95CU	0,246
OZW/CHO npref	TKF 150AL	0,186
OZW/HG pref	TKF 95CU	0,18
OZW/HG(1)pref	TKF 150AL	0,189
POLI (21) WF pref	TKF 95CU	0,194
Pol(4)BH npref	TKF 95CU	0,42
Poli(22)/acta pref	TKF 95CU	0,178
Poli(26) O2 pref	TKF 95CU	0,178
Poli(6) TR npref	TKF 95CU	0,302
Poly(11) O2 npref	TKF 95CU	0,189
Poly(16)/WF npref	TKF 95CU	0,194
Poly(18) HB npref	TKF 150AL	0,318
Poly(18) HB(1) npref	TKF 95CU	0,272
Poly(7) acta npref	TKF 95CU	0,178
Railkoppeling	TKF 240AL	0,0005
TR/MFZ npref	TKF 95CU	0,456

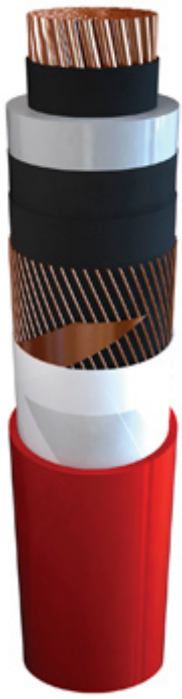
Kabels voor energieoverdracht

52065

YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV

TWENPOWER - middenspanningskabel - 8,7/15 kV - type YMeKrvaslqwd - in langs- en quasi dwarswaterdichte uitvoering.

Handelsinformatie	Specificaties	Eenheid
Productgroep	Middenspanningskabel 1 - 30 kV	
Serie	Twenpower MS kabel	
Type	YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV	
Omschrijving	1 X 95 rs + as25	
Netto Gewicht	1631	kg/km
Mantelstempeling	{Length} TKF - YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV - 1X95rs+ as25 NEN 3620 - {Year} {Batch}	



Artikelnummer per handelslengte	EAN nummer	Specificaties	Eenheid
52065	8713182090777	Haspel à 1	m

Constructie	Specificaties	Eenheid
Normering	NEN 3620	
Geleider langswaterdicht	Neen	
Afscherming langswaterdicht	Ja	
Dwarswaterdicht	Neen	
Aantal aders	1	
Nominale geleiderdoorsnede	95	mm²
Geleidermateriaal	Cu	
Geleidervorm	Rond	
Samenstelling geleider	Klasse 2c	
Geleiderscherm	Zwakgeleidend XLPE	
Aderisolatie	XLPE	
Isolatiescherm	Zwakgeleidend XLPE in combinatie met zwakgeleidend zwelband	
Bewapening	Neen	
Nominale aardscherm doorsnede	25	mm²
Aardscherm constructie	Ronddraad koper + koperband in tegenspiraal	
Materiaal buitenmantel	MDPE	
Mantelkleur	Rood	

Copyright (c) TKF, 24-01-2012

BV Twentsche Kabelfabriek
Spinnerstraat 15 - Postbus 6 - 7480 AA Haaksbergen - Nederland
Tel: +31 (0)53 573 22 55 - Fax: +31 (0)53 573 21 85 - info@TKF.nl - www.tkf.nl

BV TWENTSCHE KABELFABRIEK
Kies bewust voor beter!

Kabels voor energieoverdracht

52065

YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV

Gebruikseigenschappen	Specificaties	Eenheid
Geleider diameter	11.5	mm
Isolatiedikte	4.5	mm
Diameter over isolatie (bij sector: sector hoogte)	21.7	mm
Diameter over scherm	25	mm
Dikte schermdraden	1.15	mm
Dikte buitenmantel	2.5	mm
Buitendiameter circa	30.9	mm
Buigstraal tijdens verlegging	0.51	m
Buigstraal geïnstalleerd	0.42	m
Trekkracht	4750	N

Technische eigenschappen	Specificaties	Eenheid
Nominale spanning U0	8.7	kV
Nominale spanning U	15	kV
Nominale spanning Umax	17.5	kV
Frequentie	50	Hz
Bedrijfscapaciteit (nom.)	0.26	µF/Km
Bedrijfsreactantie driehoek liggend	0.121	Ohm/km
Bedrijfsreactantie platvlak	0.202	Ohm/km
Geleider DC weerstand @ 20 ºC	0.193	Ohm/km
Geleider AC weerstand @ max. cont. geleidertemp.	0.246	Ohm/km
Scherm DC weerstand	0.6781	Ohm/km
E-Max veldsterkte	2.52	kV/mm
E-Min veldsterkte	1.45	kV/mm
Laadstroom per ader	0.711	A/km
Max. toelaatbare geleidertemperatuur	90	°C
Toelaatbarestroom in grond driehoek ligging	280	A
Toelaatbarestroom in grond platvlak	290	A
Toelaatbarestroom in lucht driehoek ligging	355	A
Toelaatbarestroom in lucht platvlak	425	A
Homopolaire weerstand Ro (driehoek) *)	2.281	Ohm/km
Homopolaire weerstand Ro (plat vlak) *)	2.281	Ohm/km
Homopolaire reactantie Xo (driehoek) *)	0.397	Ohm/km
Homopolaire reactantie Xo (plat vlak) *)	0.703	Ohm/km
Homopolaire impedantie Zo (driehoek) *)	2.315	Ohm/km
Homopolaire impedantie Zo (plat vlak) *)	2.387	Ohm/km
Therm. toel. kortsluitstroom geleider 0,5 sec	19.2	kA
Therm. toel. kortsluitstroom geleider 1 sec	13.6	kA
Kortsluittemperatuur geleider	90	°C
Therm. toel. kortsluitstroom scherm 0,5 sec	5.3	kA
Therm. toel. kortsluitstroom scherm 1 sec	3.7	kA
Kortsluittemperatuur scherm	250	°C
Minimale installatietemperatuur	0	°C
Maximale bedrijfstemperatuur	70	°C

Copyright (c) TKF, 24-01-2012

BV Twentsche Kabelfabriek
Spinnerstraat 15 - Postbus 6 - 7480 AA Haaksbergen - Nederland
Tel: +31 (0)53 573 22 55 - Fax: +31 (0)53 573 21 85 - info@TKF.nl - www.tkf.nl
BV TWENTSCHE KABELFABRIEK
Kies bewust voor beter!

Kabels voor energieoverdracht

YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV

52105

TWENPOWER - middenspanningskabel - 8,7/15 kV - type YMeKrvaslqwd - in langs- en quasi dwarswaterdichte uitvoering.

Handelsinformatie	Specificaties	Eenheid
Productgroep	Middenspanningskabel 1 - 30 kV	
Serie	Twenpower MS kabel	
Type	YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV	
Omschrijving	1 X 150 Alrm + as25	
Netto Gewicht	1193	kg/km
Mantelstempeling	{Length} TKF - YMeKrvaslqwd 8,7/15kV - 1X150Alrm+ as25 NEN 3620 - {Year} {Batch}	

Artikelnummer per handelslengte	EAN nummer	Specificaties	Eenheid
52105	8713182090876	Haspel à 1	m



Constructie	Specificaties	Eenheid
Normering	NEN 3620	
Geleider langswaterdicht	Ja	
Afscherming langswaterdicht	Ja	
Dwarswaterdicht	Neen	
Aantal aders	1	
Nominale geleiderdoorsnede	150	mm²
Geleidermateriaal	Al	
Geleidervorm	Rond	
Samenstelling geleider	Klasse 1 = massief	
Geleiderscherm	Zwakgeleidend XLPE	
Aderisolatie	XLPE	
Isolatiescherm	Zwakgeleidend XLPE in combinatie met zwakgeleidend zwelband	
Bewapening	Neen	
Nominale aardscherm doorsnede	25	mm²
Aardscherm constructie	Ronddraad koper + koperband in tegenspiraal	
Materiaal buitenmantel	MDPE	
Mantelkleur	Rood	

Copyright (c) TKF, 24-01-2012

BV Twentsche Kabelfabriek
Spinnerstraat 15 - Postbus 6 - 7480 AA Haaksbergen - Nederland
Tel: +31 (0)53 573 22 55 - Fax: +31 (0)53 573 21 85 - info@TKF.nl - www.tkf.nl

Kabels voor energieoverdracht

52105

YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV

Gebruikseigenschappen	Specificaties	Eenheid
Geleider diameter	13.3	mm
Isolatiedikte	4.5	mm
Diameter over isolatie (bij sector: sector hoogte)	23.3	mm
Diameter over scherm	26.6	mm
Dikte schermdraden	1.15	mm
Dikte buitenmantel	2.5	mm
Buitendiameter circa	32.5	mm
Buigstraal tijdens verlegging	0.55	m
Buigstraal geïnstalleerd	0.46	m
Trekkracht	3000	N

Technische eigenschappen	Specificaties	Eenheid
Nominale spanning U0	8.7	kV
Nominale spanning U	15	kV
Nominale spanning Umax	17.5	kV
Frequentie	50	Hz
Bedrijfscapaciteit (nom.)	0.28	µF/Km
Bedrijfsreactantie driehoek liggend	0.124	Ohm/km
Bedrijfsreactantie platvlak	0.204	Ohm/km
Geleider DC weerstand @ 20 ºC	0.206	Ohm/km
Geleider AC weerstand @ max. cont. geleidertemp.	0.264	Ohm/km
Scherm DC weerstand	0.7325	Ohm/km
E-Max veldsterkte	2.49	kV/mm
E-Min veldsterkte	1.53	kV/mm
Laadstroom per ader	0.765	A/km
Max. toelaatbare geleidertemperatuur	90	°C
Toelaatbarestroom in grond driehoek ligging	275	A
Toelaatbarestroom in grond platvlak	285	A
Toelaatbarestroom in lucht driehoek ligging	365	A
Toelaatbarestroom in lucht platvlak	430	A
Homopolaire weerstand Ro (driehoek) *)	2.462	Ohm/km
Homopolaire weerstand Ro (plat vlak) *)	2.462	Ohm/km
Homopolaire reactantie Xo (driehoek) *)	0.382	Ohm/km
Homopolaire reactantie Xo (plat vlak) *)	0.681	Ohm/km
Homopolaire impedantie Zo (driehoek) *)	2.491	Ohm/km
Homopolaire impedantie Zo (plat vlak) *)	2.554	Ohm/km
Therm. toel. kortsluitstroom geleider 0,5 sec	19.9	kA
Therm. toel. kortsluitstroom geleider 1 sec	14.1	kA
Kortsluittemperatuur geleider	90	°C
Therm. toel. kortsluitstroom scherm 0,5 sec	5.3	kA
Therm. toel. kortsluitstroom scherm 1 sec	3.7	kA
Kortsluittemperatuur scherm	250	°C
Minimale installatietemperatuur	0	°C
Maximale bedrijfstemperatuur	70	°C

Copyright (c) TKF, 24-01-2012

BV Twentsche Kabelfabriek
Spinnerstraat 15 - Postbus 6 - 7480 AA Haaksbergen - Nederland
Tel: +31 (0)53 573 22 55 - Fax: +31 (0)53 573 21 85 - info@TKF.nl - www.tkf.nl
BV TWENTSCHE KABELFABRIEK
Kies bewust voor beter!

Kabels voor energieoverdracht

52156

YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV

TWENPOWER - middenspanningskabel - 8,7/15 kV - type YMeKrvaslqwd - in langs- en quasi dwarswaterdichte uitvoering.

Handelsinformatie	Specificaties	Eenheid
Productgroep	Middenspanningskabel 1 - 30 kV	
Serie	Twenpower MS kabel	
Type	YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV	
Omschrijving	1 X 240 Alrm + as25	
Netto Gewicht	1536	kg/km
Mantelstempeling	{Length} TKF - YMeKrvaslqwd 8,7/15kV - 1X240Alrm+ as25 NEN 3620 - {Year} {Batch}	

Artikelnummer per handelslengte	EAN nummer	Specificaties	Eenheid
52156	8713182091026	Haspel à 1	m



Constructie	Specificaties	Eenheid
Normering	NEN 3620	
Geleider langswaterdicht	Ja	
Afscherming langswaterdicht	Ja	
Dwarswaterdicht	Neen	
Aantal aders	1	
Nominale geleiderdoorsnede	240	mm²
Geleidermateriaal	Al	
Geleidervorm	Rond	
Samenstelling geleider	Klasse 1 = massief	
Geleiderscherm	Zwakgeleidend XLPE	
Aderisolatie	XLPE	
Isolatiescherm	Zwakgeleidend XLPE in combinatie met zwakgeleidend zwelband	
Bewapening	Neen	
Nominale aardscherm doorsnede	25	mm²
Aardscherm constructie	Ronddraad koper + koperband in tegenspiraal	
Materiaal buitenmantel	MDPE	
Mantelkleur	Rood	

Copyright (c) TKF, 24-01-2012

BV Twentsche Kabelfabriek
Spinnerstraat 15 - Postbus 6 - 7480 AA Haaksbergen - Nederland
Tel: +31 (0)53 573 22 55 - Fax: +31 (0)53 573 21 85 - info@TKF.nl - www.tkf.nl

Kabels voor energieoverdracht

52156

YMeKrvaslqwd 8,7/15 kV

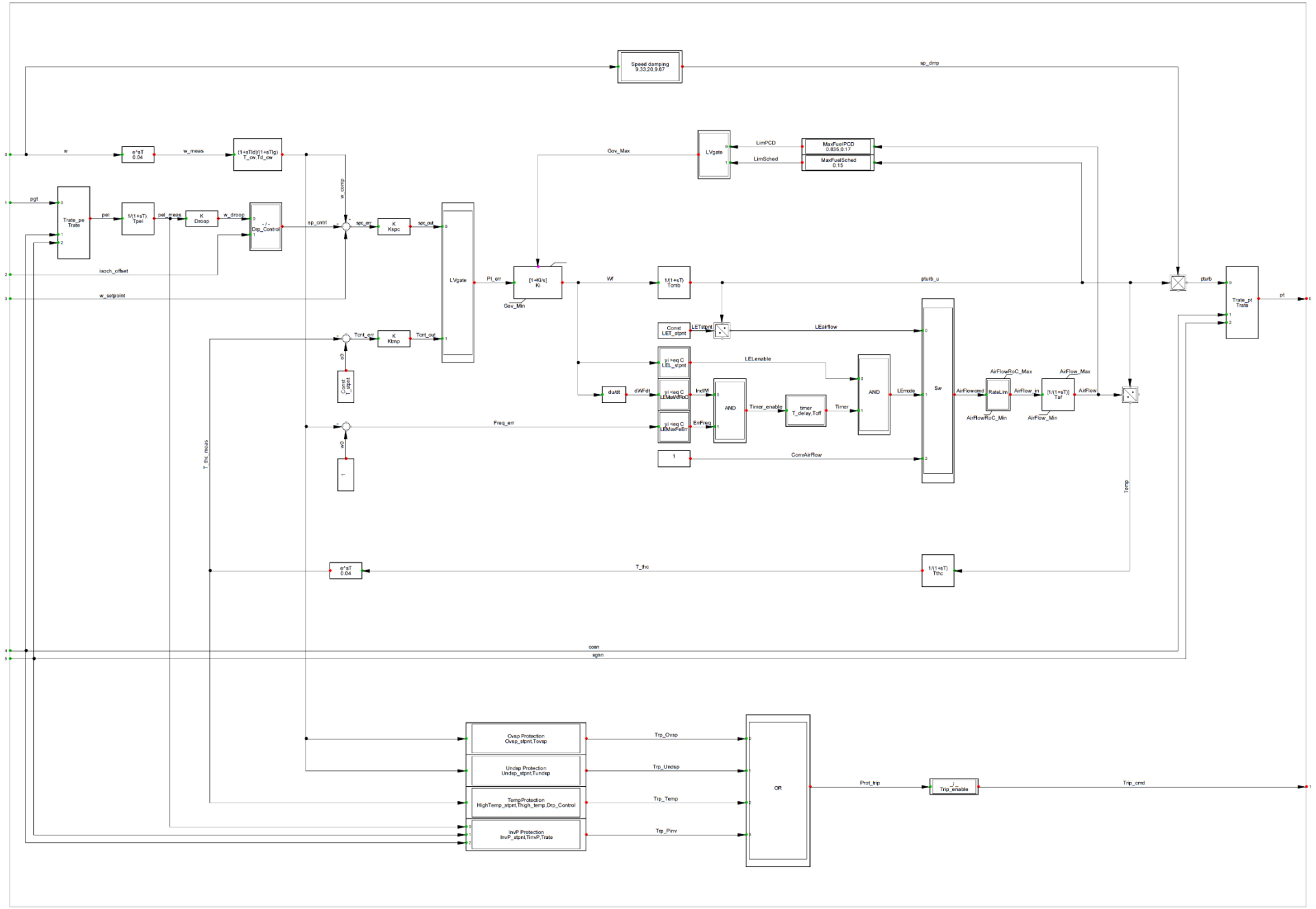
Gebruikseigenschappen	Specificaties	Eenheid
Geleider diameter	17.1	mm
Isolatiedikte	4.5	mm
Diameter over isolatie (bij sector: sector hoogte)	27.1	mm
Diameter over scherm	30.4	mm
Dikte schermdraden	1.15	mm
Dikte buitenmantel	2.5	mm
Buitendiameter circa	36.3	mm
Buigstraal tijdens verlegging	0.64	m
Buigstraal geïnstalleerd	0.53	m
Trekkracht	4800	N

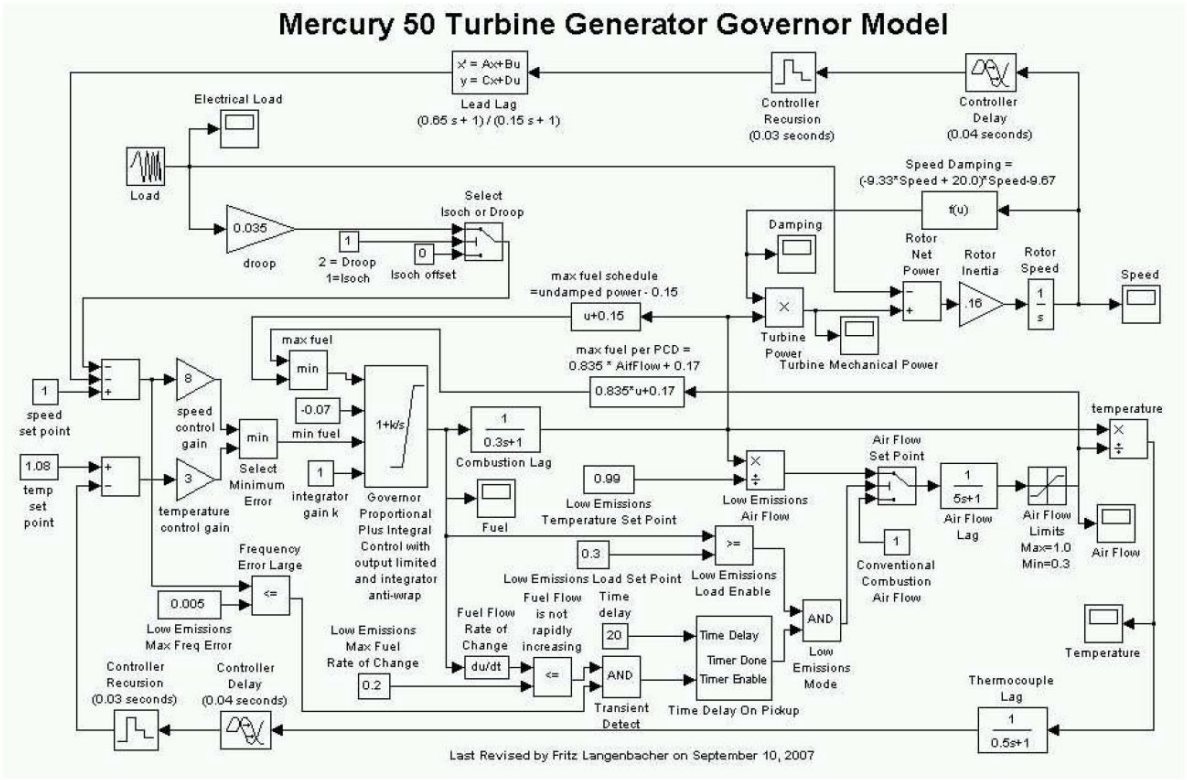
Technische eigenschappen	Specificaties	Eenheid
Nominale spanning U0	8.7	kV
Nominale spanning U	15	kV
Nominale spanning Umax	17.5	kV
Frequentie	50	Hz
Bedrijfscapaciteit (nom.)	0.34	µF/Km
Bedrijfsreactantie driehoek liggend	0.115	Ohm/km
Bedrijfsreactantie platvlak	0.192	Ohm/km
Geleider DC weerstand @ 20 ºC	0.125	Ohm/km
Geleider AC weerstand @ max. cont. geleidertemp.	0.16	Ohm/km
Scherm DC weerstand	0.6781	Ohm/km
E-Max veldsterkte	2.38	kV/mm
E-Min veldsterkte	1.59	kV/mm
Laadstroom per ader	0.929	A/km
Max. toelaatbare geleidertemperatuur	90	°C
Toelaatbarestroom in grond driehoek ligging	355	A
Toelaatbarestroom in grond platvlak	365	A
Toelaatbarestroom in lucht driehoek ligging	495	A
Toelaatbarestroom in lucht platvlak	580	A
Homopolaire weerstand Ro (driehoek) *)	2.195	Ohm/km
Homopolaire weerstand Ro (plat vlak) *)	2.195	Ohm/km
Homopolaire reactantie Xo (driehoek) *)	0.349	Ohm/km
Homopolaire reactantie Xo (plat vlak) *)	0.627	Ohm/km
Homopolaire impedantie Zo (driehoek) *)	2.223	Ohm/km
Homopolaire impedantie Zo (plat vlak) *)	2.283	Ohm/km
Therm. toel. kortsluitstroom geleider 0,5 sec	31.9	kA
Therm. toel. kortsluitstroom geleider 1 sec	22.6	kA
Kortsluittemperatuur geleider	90	°C
Therm. toel. kortsluitstroom scherm 0,5 sec	5.3	kA
Therm. toel. kortsluitstroom scherm 1 sec	3.7	kA
Kortsluittemperatuur scherm	250	°C
Minimale installatietemperatuur	0	°C
Maximale bedrijfstemperatuur	70	°C

BV Twentsche Kabelfabriek
Spinnerstraat 15 - Postbus 6 - 7480 AA Haaksbergen - Nederland
Tel: +31 (0)53 573 22 55 - Fax: +31 (0)53 573 21 85 - info@TKF.nl - www.tkf.nl

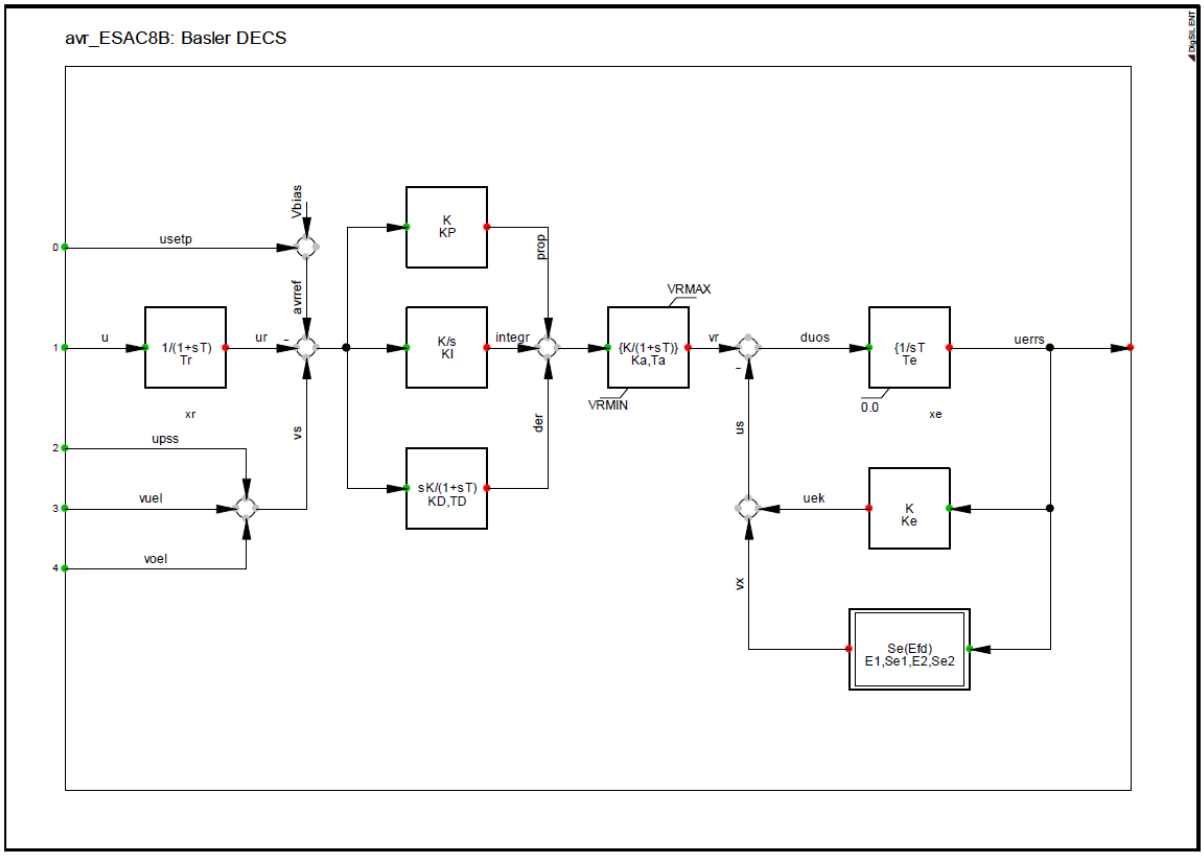
BV TWENTSCHE KABELFABRIEK
Kies bewust voor beter!

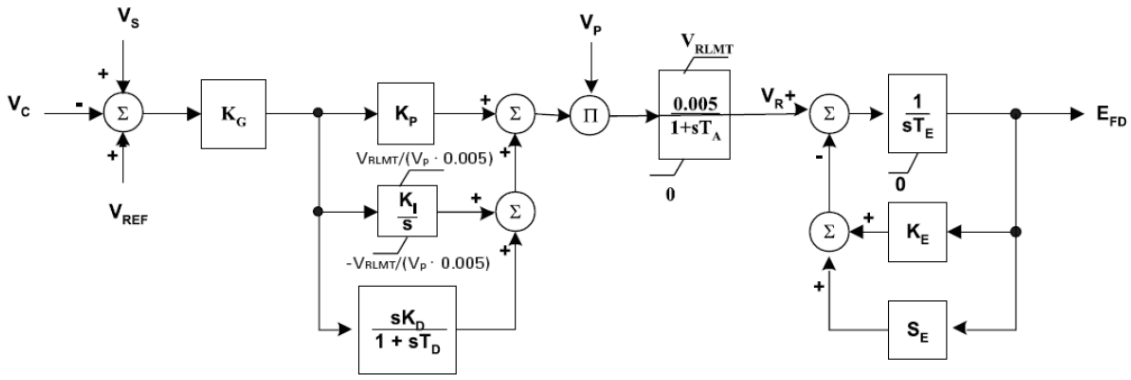
gov_MERCURY 50 Governor/Turbine System:





Boven: M50 turbine model zoals door Turbomach aangeleverd en zoals in Powerfactory geïmplementeerd. Onder: AVR model zoals door Turbomach aangeleverd en zoals in Powerfactory geïmplementeerd.





Caterpillar: Confidential Green Fritz Langenbacher May 13, 2009

Hieronder zijn de parameters opgenomen voor het AVR model

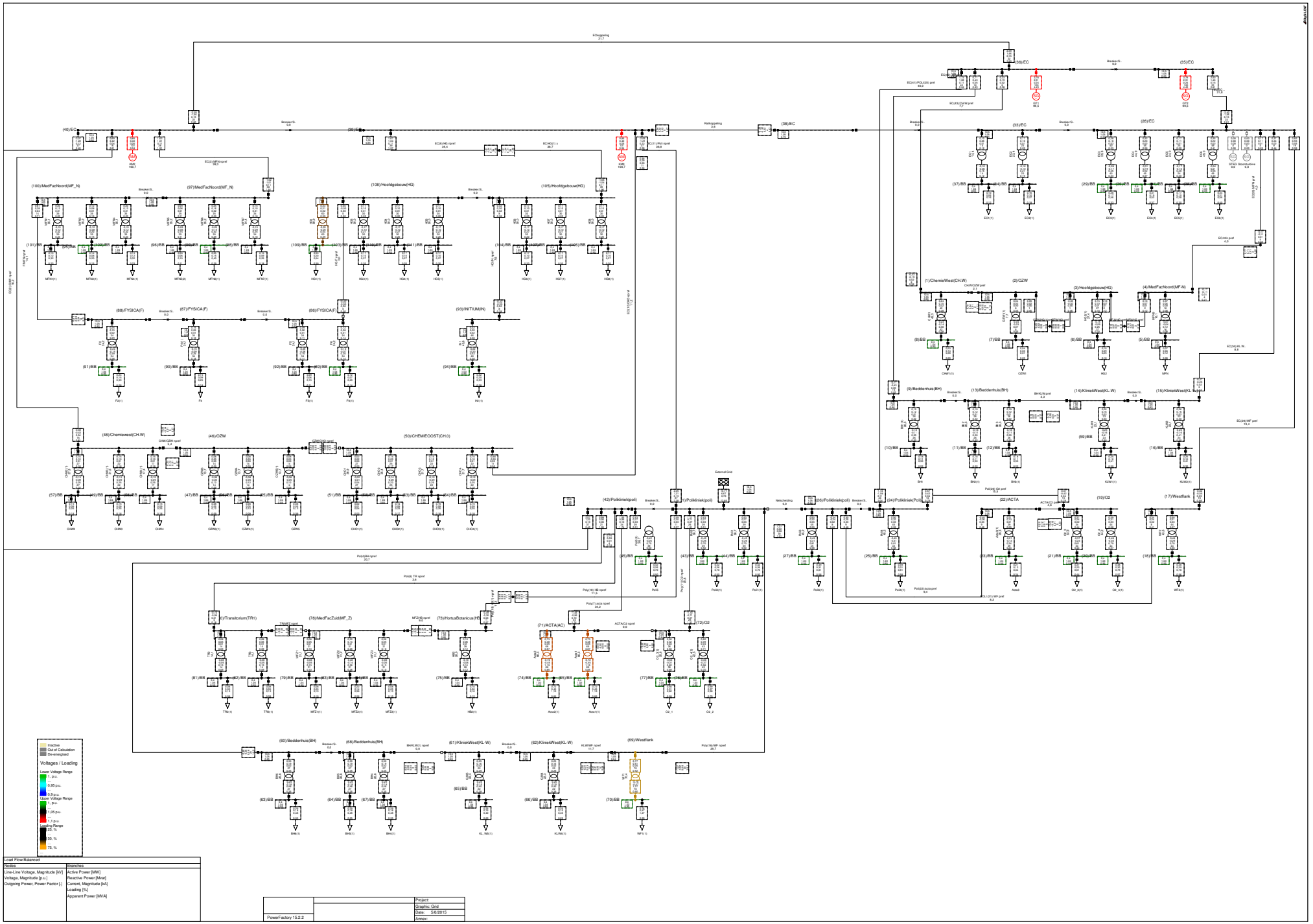
Name	Value	Unit	Value (FOR VU)	Type	Description
Tr	0,02000000	[s]	0,01	d	Measurement Time const
KP	0,2000000	[pu]	22,71	d	Proportional Gain
Ka	100,0000	[pu]	0,4876	d	Controller Gain
Ta	0,02000000	[s]	0,01	d	Controller Time Constant
Ke	0,5000000	[pu]	0,5	d	Exciter Constant
KI	0,05000000	[pu]	25,77	d	Integral Gain
Te	0,3500000	[s]	0,11	d	Exciter Time Constant
E1	3,900000	[pu]	5,3	d	Saturation Factor 1
Se1	0,1000000	[pu]	0,62	d	Saturation Factor 2
E2	5,200000	[pu]	7,1	d	Saturation Factor 3
Se2	0,5000000	[pu]	0,67	d	Saturation Factor 4
KD	0,05000000	[pu]	2,71	d	Derivative Gain
TD	0,03000000	[s]	0,01	d	Time Const. Derivative Action
VRMIN	-5,000000	[pu]	0,0000	d	Controller Minimum Output
VRMAX	5,000000	[pu]	9,655	d	Controller Maximum Output

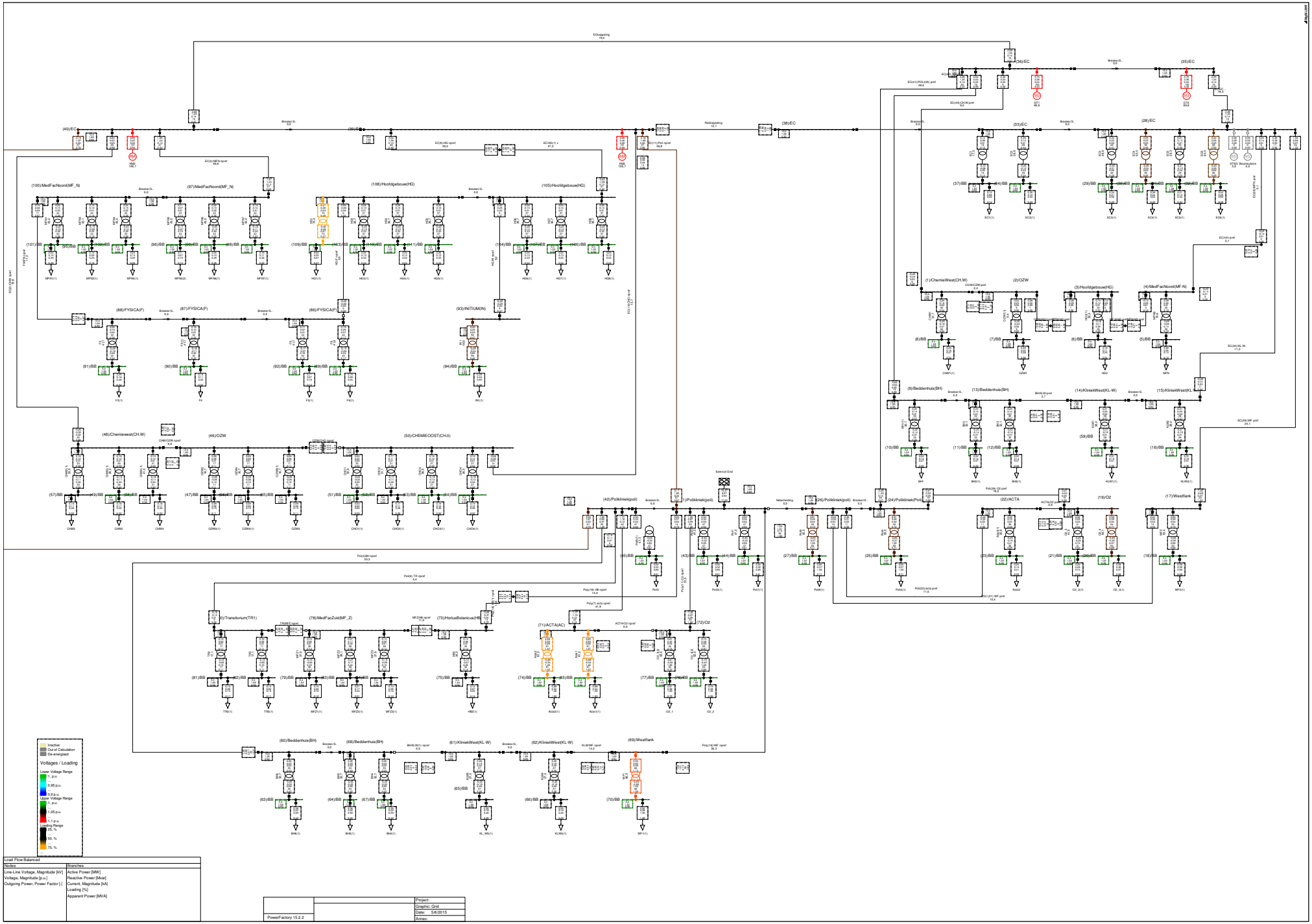
Hieronder zijn de parameters opgenomen voor het M50 turbine model

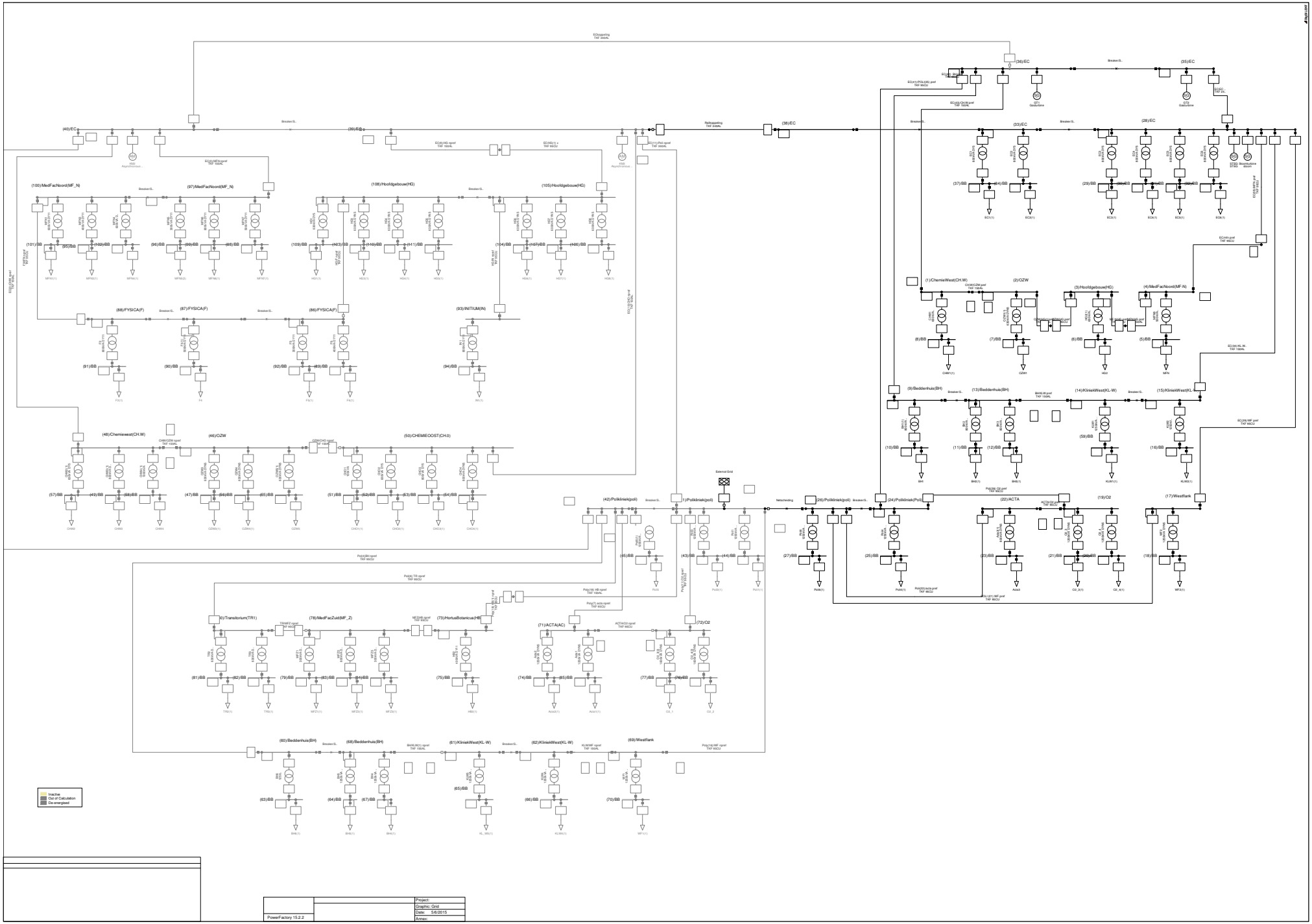
Parameter	Description	Value	Units
Trate	Turbine rated power (*)	0.0	MW
Drp_Control	Control mode selection (**)	2	-
Droop	Static droop	0.035	p.u./p.u.
Tpel	Power measurement time constant (*)	0.5	s
T_cw	Speed meas. Compensator lag time constant	0.15	s
Td_cw	Speed meas. Compensator lead time constant	0.65	s
Kspc	Speed controller gain	8.0	-
T_stpnt	Temperature setpoint	1.08	p.u.
Ktmp	Temperature controller gain	3.0	-
Ki	Governor PI controller integral gain	1.0	-
Tcmb	Combustor lag	0.3	s
Taf	Air Flow lag	5.0	s
Tthc	Thermocouple lag	0.5	s
LET_stpnt	Low Emission Temperature setpoint	0.99	p.u.
LEL_stpnt	Low Emission Load setpoint	0.3	p.u.
LEMaxWfRoC	Low Emission max. fuel gradient	0.2	p.u./s
LEMaxFeErr	Low Emission max. frequency error	0.005	p.u.
T_delay	Low Emission control time setting	20.0	p.u.
Toff	Low Emission control reset time (*)	0.02	s
Trip_enable	Protection enable flag	1	-
Ovsp_stpnt	Overspeed protection setpoint	1.04	p.u.
Tovsp	Overspeed protection timer setting	10.0	s
Undsp_stpnt	Underspeed protection setpoint	0.96	p.u.
Tundsp	Underspeed protection timer setting	10.0	s
InvP_stpnt	Inverse power protection setpoint	500.0	kW
TinvP	Inverse power protection timer setting	0.3	s
HighTemp_stpnt	High temperature protection setpoint	1.0	p.u.
Thigh_temp	High temperature protection timer setting	20.0	s
Gov_Min	Minimum governor PI output	-0.07	p.u.
AirFlowRoc_Min	Minimum air flow rate of change	-100.0	p.u./s
AirFlowRoc_Max	Maximum air flow rate of change	100.0	p.u./s
AirFlow_Min	Minimum air flow limit	0.3	p.u.
AirFlow_Max	Maximum air flow limit	1.0	p.u.

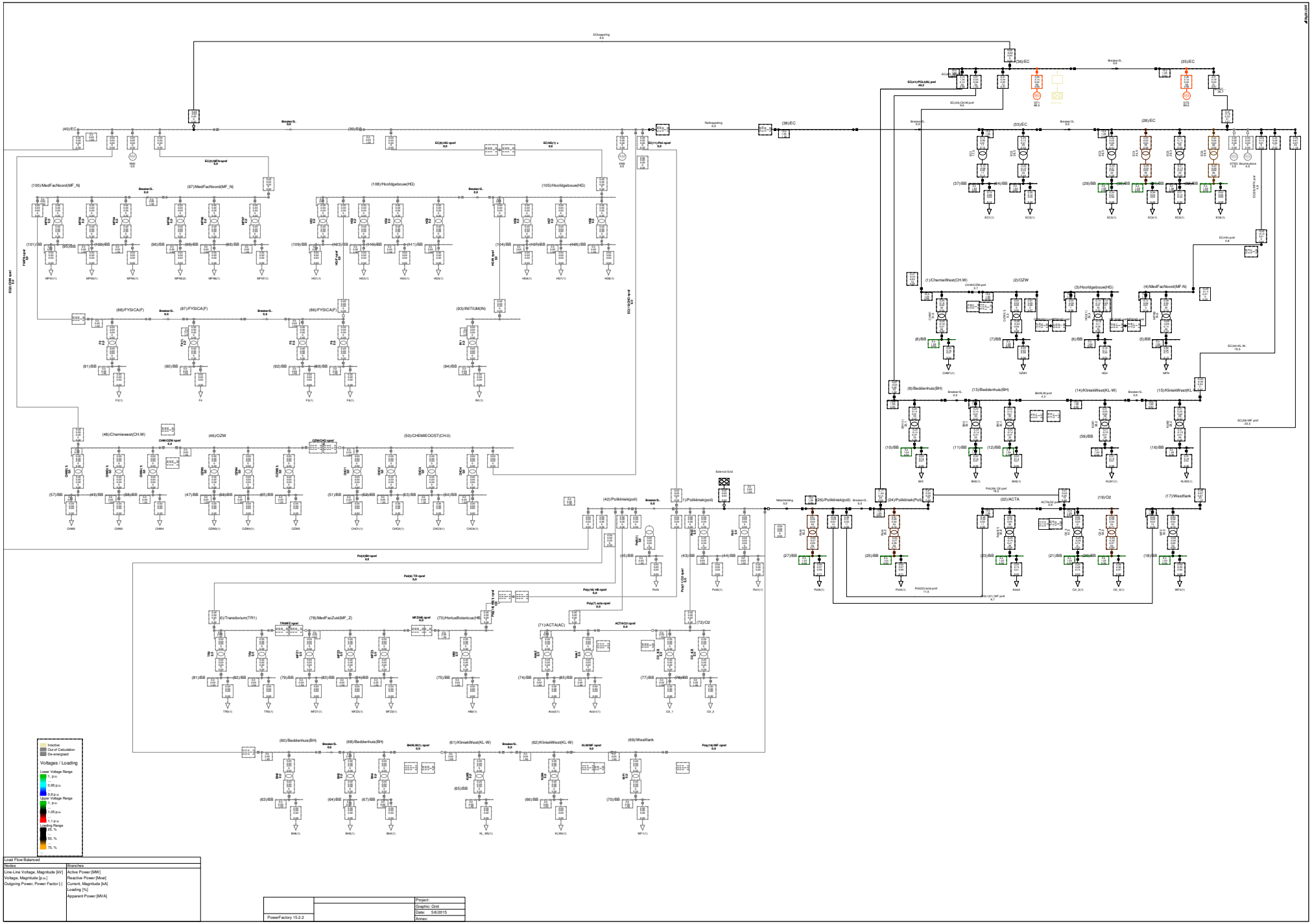
(*): assumed values
(**): default setting

Bijlage C: Resultaten Loadflow

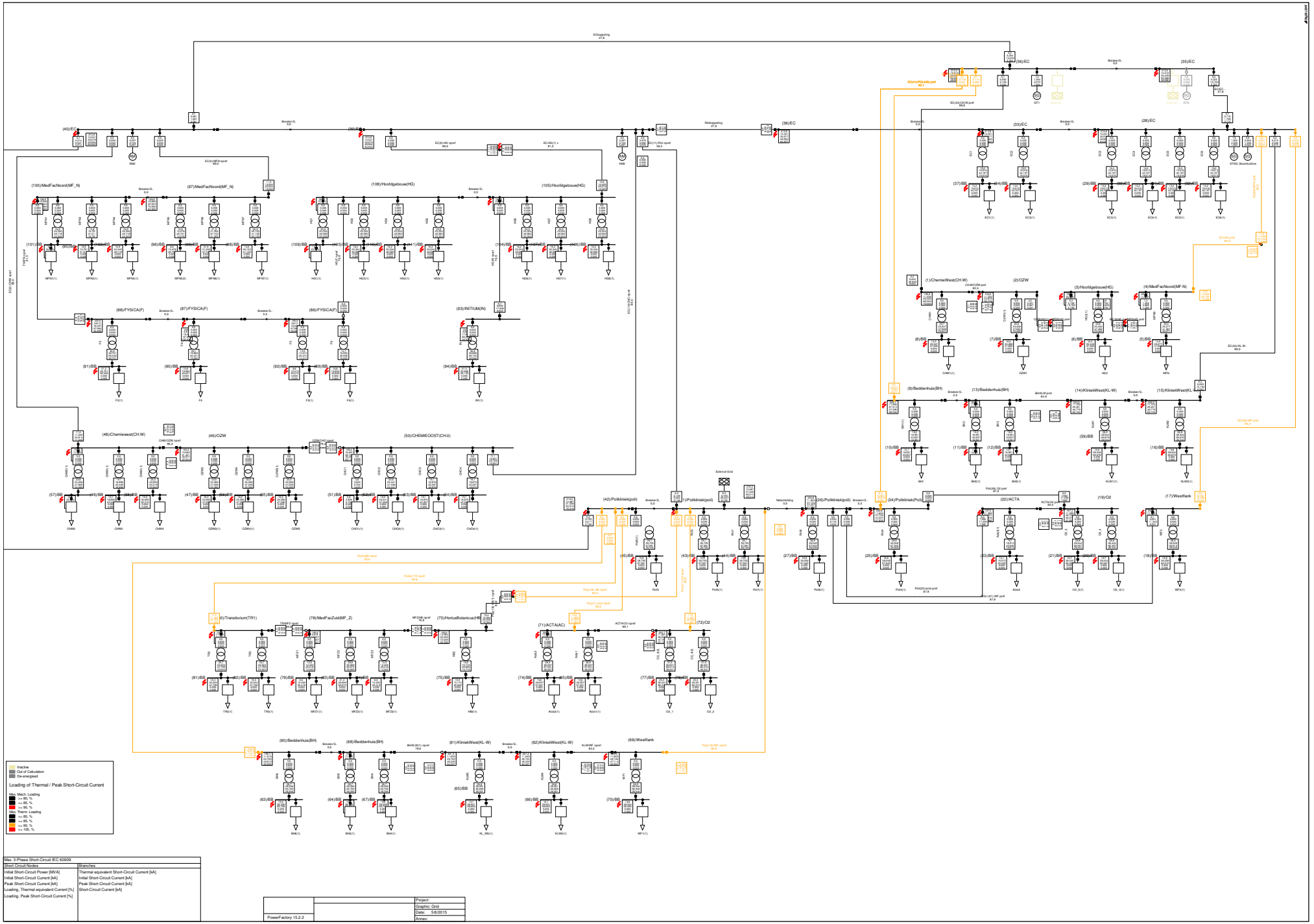

Inactive
Out of Calculation
De-energised
Voltages / Loading
Lower Voltage Range
1, p.u.
0,95 p.u.
0,9 p.u.
Upper Voltage Range
1, p.u.
1,05 p.u.
1,1 p.u.
Loading Range
25, %
50, %
75, %
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Outgoing Power, Power Factor [-]
Branches
Active Power [MW]
Reactive Power [Mvar]
Current, Magnitude [kA]
Loading [%]
Apparent Power [MVA]
PowerFactory 15.2.2
Project:
Graphic: Grid
Date: 5/6/2015
Annex:

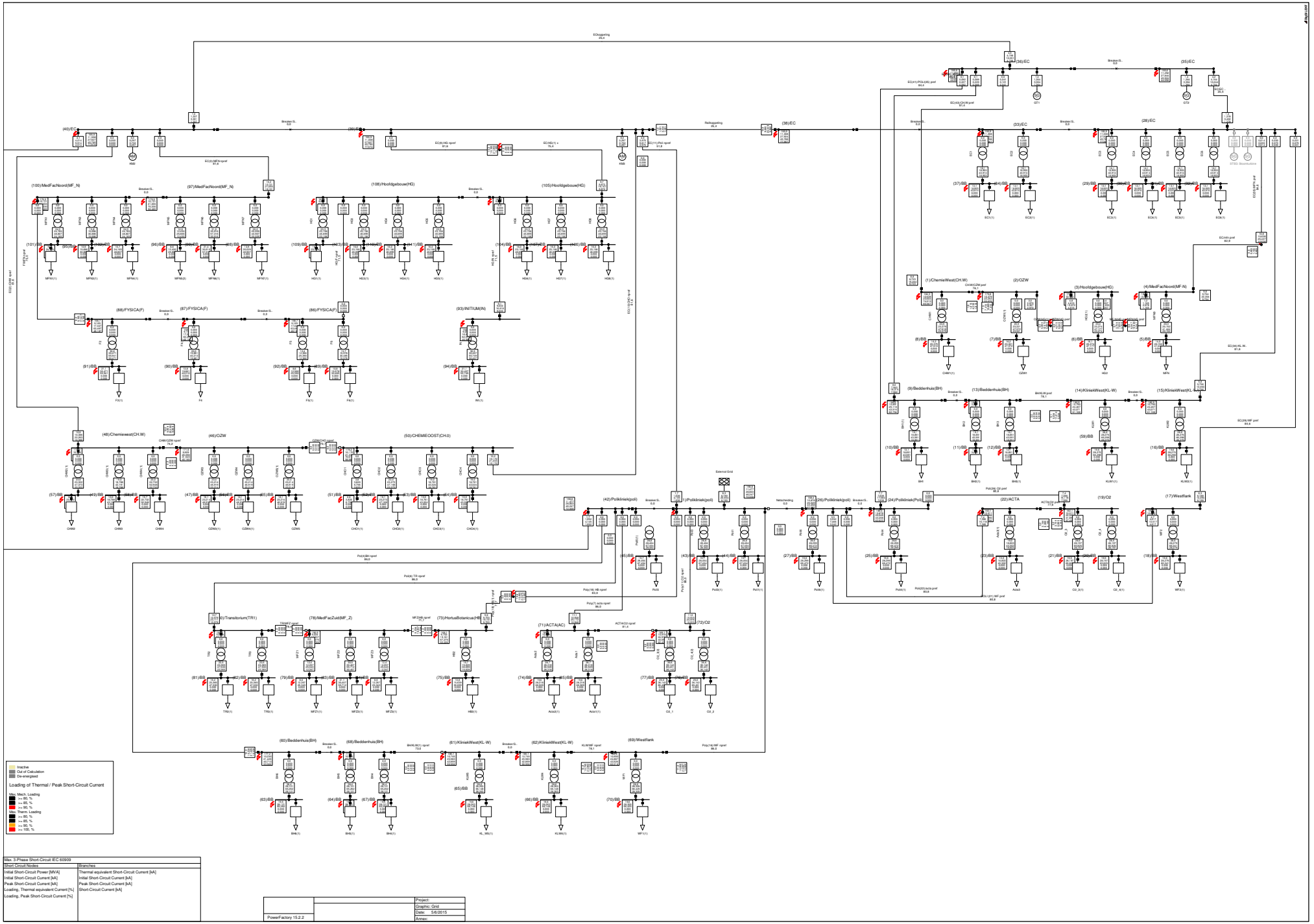

Inactive
Out of Calculation
De-energised
Voltages / Loading
Lower Voltage Range
1, p.u.
0,95 p.u.
0,9 p.u.
Upper Voltage Range
1, p.u.
1,05 p.u.
1,1 p.u.
Loading Range
25, %
50, %
75, %
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Outgoing Power, Power Factor [-]
Branches
Active Power [MW]
Reactive Power [Mvar]
Current, Magnitude [kA]
Loading [%]
Apparent Power [MVA]
PowerFactory 15.2.2
Project:
Graphic: Grid
Date: 5/6/2015
Annex:


(40)/EC
(39)/EC
(38)/EC
(36)/EC
(35)/EC
(33)/EC
(28)/EC
(100)/MedFacNoord(MF_N)
(97)/MedFacNoord(MF_N)
(108)/Hoofdgebouw(HG)
(105)/Hoofdgebouw(HG)
(88)/FYSICA(F)
(87)/FYSICA(F)
(86)/FYSICA(P)
(93)/INITIUM(IN)
(48)/Chemiewest(CH.W)
(46)/OZW
(50)/CHEMIEOOST(CH.0)
(42)/Polikliniek(poli)
(1)/Polikliniek(poli)
(26)/Polikliniek(poli)
(24)/Polikliniek(Pol)
(22)/ACTA
(19)/O2
(17)/Westflank
(0)/Transitorium(TR1)
(78)/MedFacZuid(MF_Z)
(73)/HortusBotanicus(HB)
(71)/ACTA(AC)
(72)/O2
(60)/Beddenhuis(BH)
(68)/Beddenhuis(BH)
(61)/KliniekWest(KL-W)
(62)/KlinekWest(KL-W)
(69)/Westflank
(1)/ChemieWest(CH.W)
(2)/OZW
(3)/Hoofdgebouw(HG)
(4)/MedFacNoord(MF-N)
(9)/Beddenhuis(BH)
(13)/Beddenhuis(BH)
(14)/KlinekWest(KL-W)
(15)/KlinekWest(KL-)
External Grid
Inactive
Out of Calculation
De-energised
PowerFactory 15.2.2
Project:
Graphic: Grid
Date: 5/6/2015
Annex:


Inactive
Out of Calculation
De-energised
Voltages / Loading
Lower Voltage Range
1, p.u.
0,95 p.u.
0,9 p.u.
Upper Voltage Range
1, p.u.
1,05 p.u.
1,1 p.u.
Loading Range
25, %
50, %
75, %
Load Flow Balanced
Nodes
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]
Voltage, Magnitude [p.u.]
Outgoing Power, Power Factor [-]
Branches
Active Power [MW]
Reactive Power [Mvar]
Current, Magnitude [kA]
Loading [%]
Apparent Power [MVA]
PowerFactory 15.2.2
Project:
Graphic: Grid
Date: 5/6/2015
Annex:

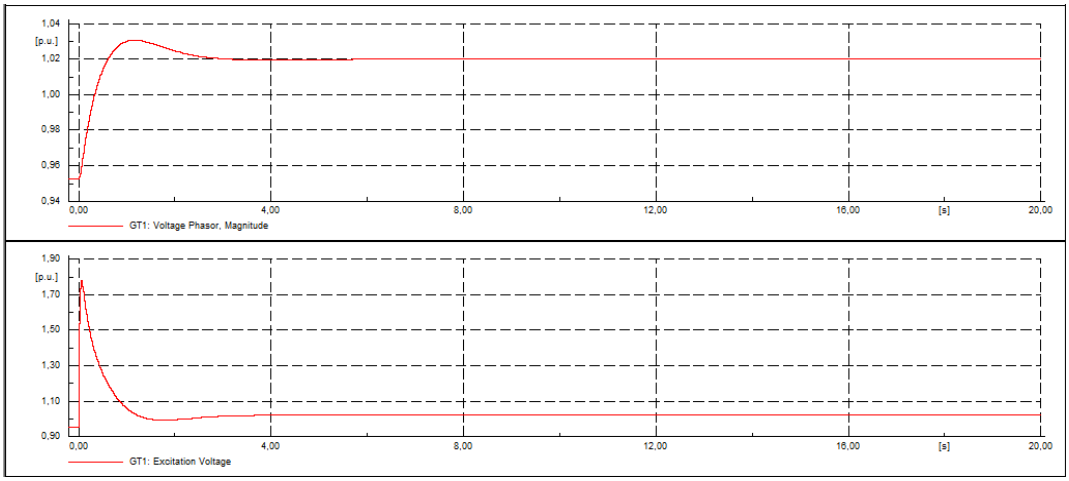
Bijlage D: Resultaten Kortsluiting


Inactive
Out of Calculation
De-energized
Loading of Thermal / Peak Short-Circuit Current
Max. Mech. Loading
>= 80, %
>= 85, %
>= 90, %
Max. Therm. Loading
>= 80, %
>= 85, %
>= 90, %
>= 100, %
Max. 3-Phase Short-Circuit IEC 60909
Short Circuit Nodes
Initial Short-Circuit Power [MVA]
Initial Short-Circuit Current [kA]
Peak Short-Circuit Current [kA]
Loading, Thermal equivalent Current [%]
Loading, Peak Short-Circuit Current [%]
Branches
Thermal equivalent Short-Circuit Current [kA]
Initial Short-Circuit Current [kA]
Peak Short-Circuit Current [kA]
Short-Circuit Current [kA]
PowerFactory 15.2.2
Project:
Graphic: Grid
Date: 5/6/2015
Annex:


Inactive
Out of Calculation
De-energized
Loading of Thermal / Peak Short-Circuit Current
Max. Mech. Loading
>= 80, %
>= 85, %
>= 90, %
Max. Therm. Loading
>= 80, %
>= 85, %
>= 90, %
>= 100, %
Max. 3-Phase Short-Circuit IEC 60909
Short Circuit Nodes
Initial Short-Circuit Power [MVA]
Initial Short-Circuit Current [kA]
Peak Short-Circuit Current [kA]
Loading, Thermal equivalent Current [%]
Loading, Peak Short-Circuit Current [%]
Branches
Thermal equivalent Short-Circuit Current [kA]
Initial Short-Circuit Current [kA]
Peak Short-Circuit Current [kA]
Short-Circuit Current [kA]
PowerFactory 15.2.2
Project:
Graphic: Grid
Date: 5/6/2015
Annex:

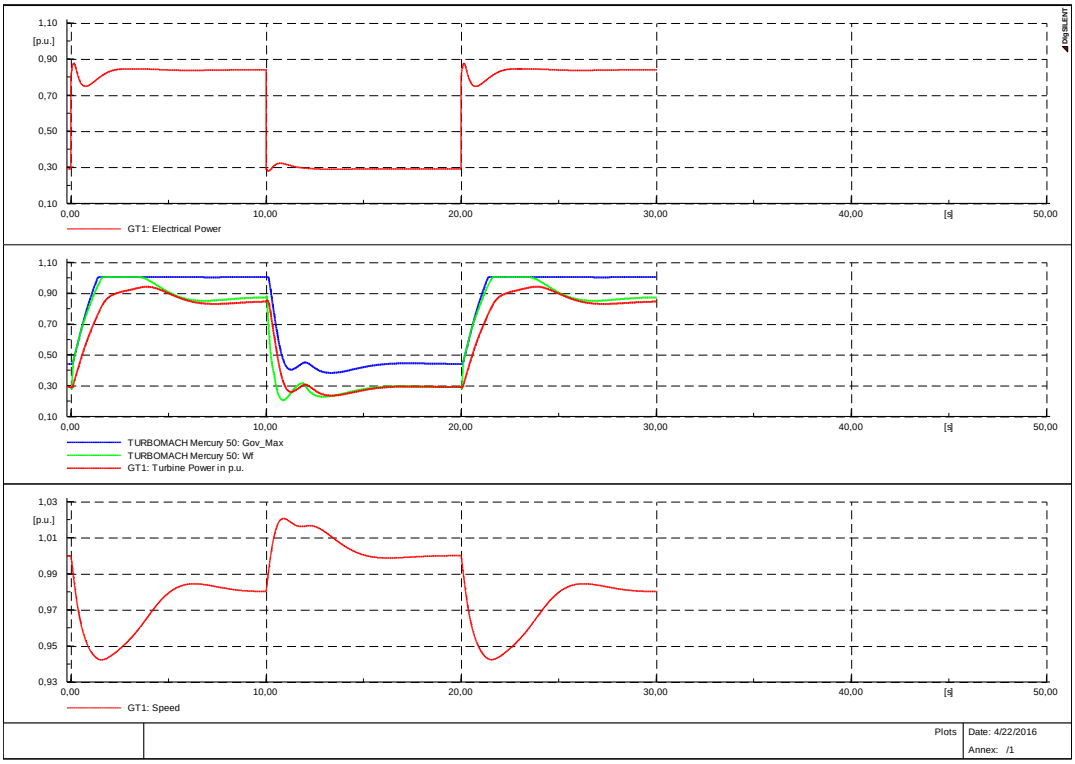
Bijlage E: Resultaten Dynamische Studie

Staprespontie AVR

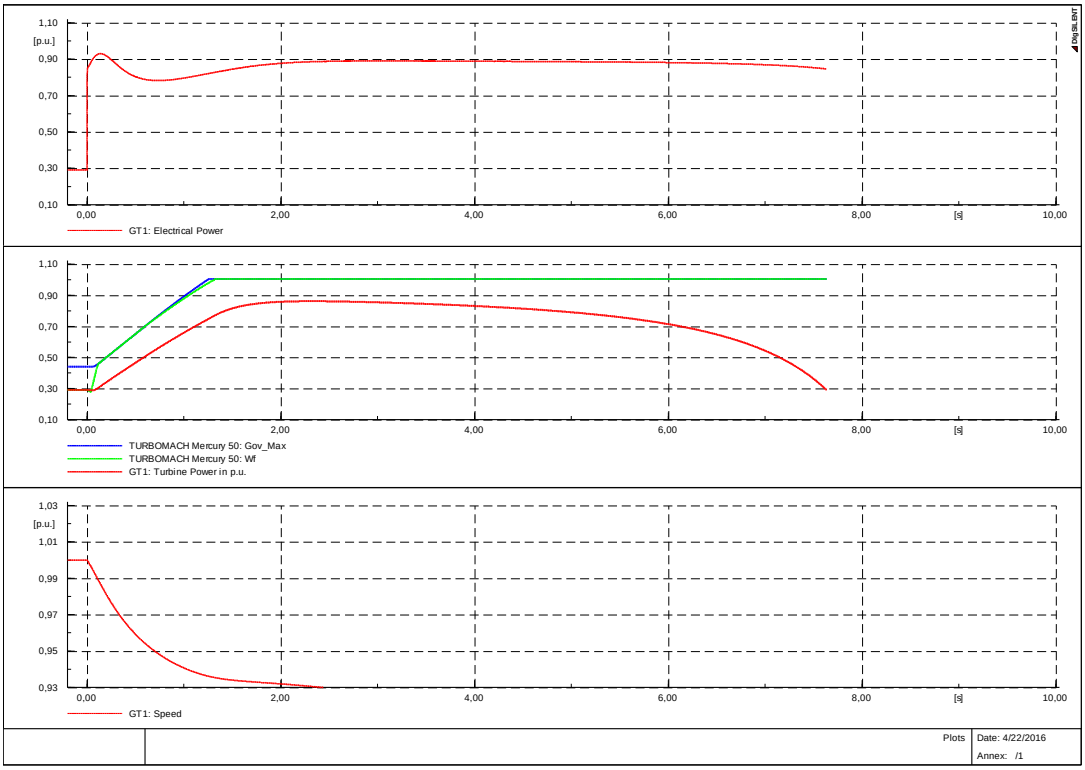


Staprespontie M50 governor

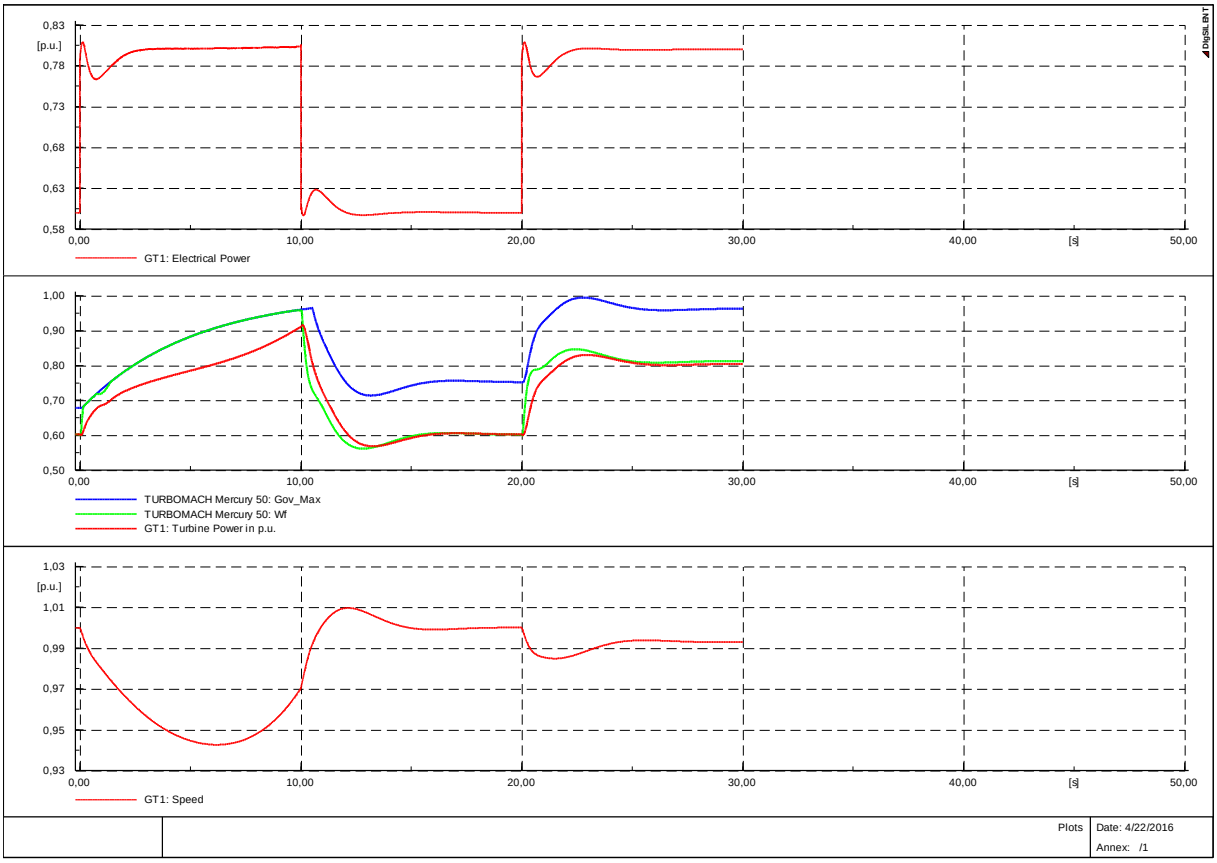
Van 29% belasting met sprong van 55% (stabiel)



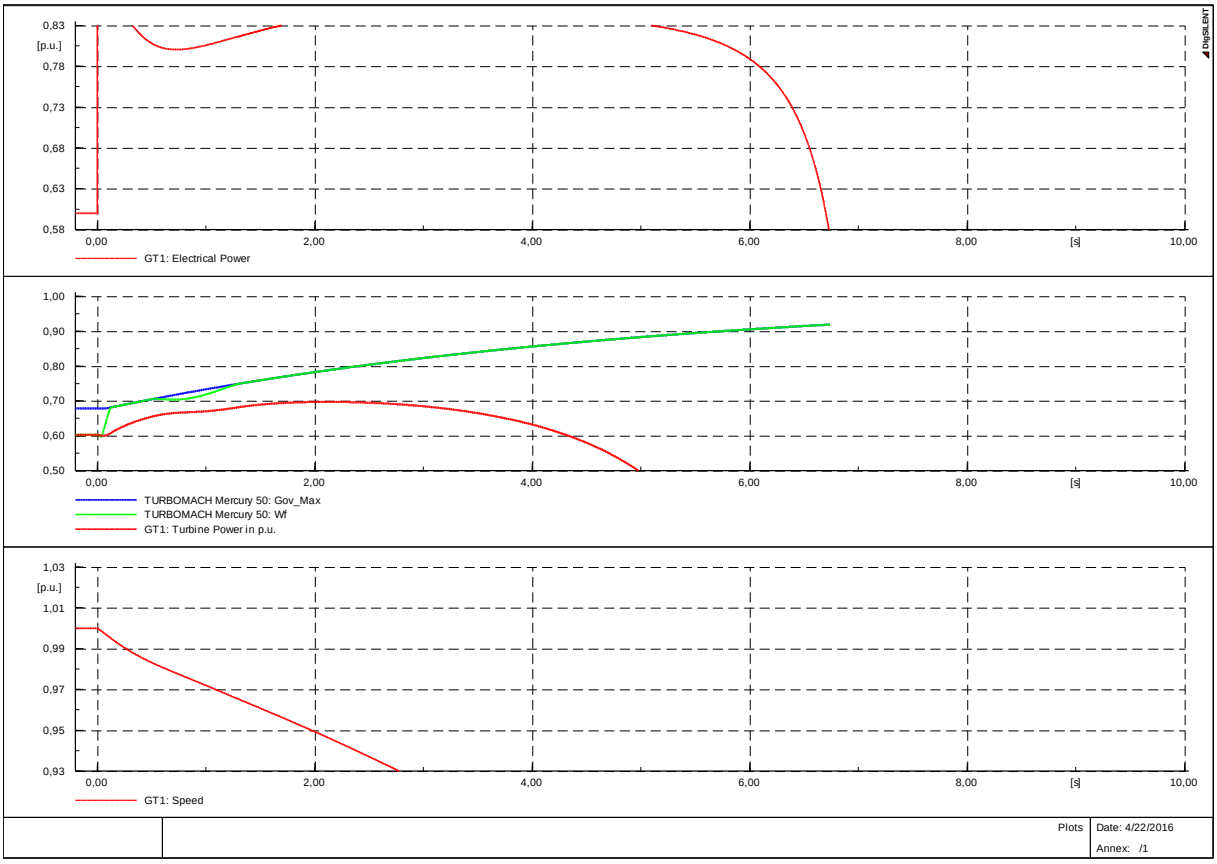
Van 29% belasting met sprong van 60% (onstabiel)



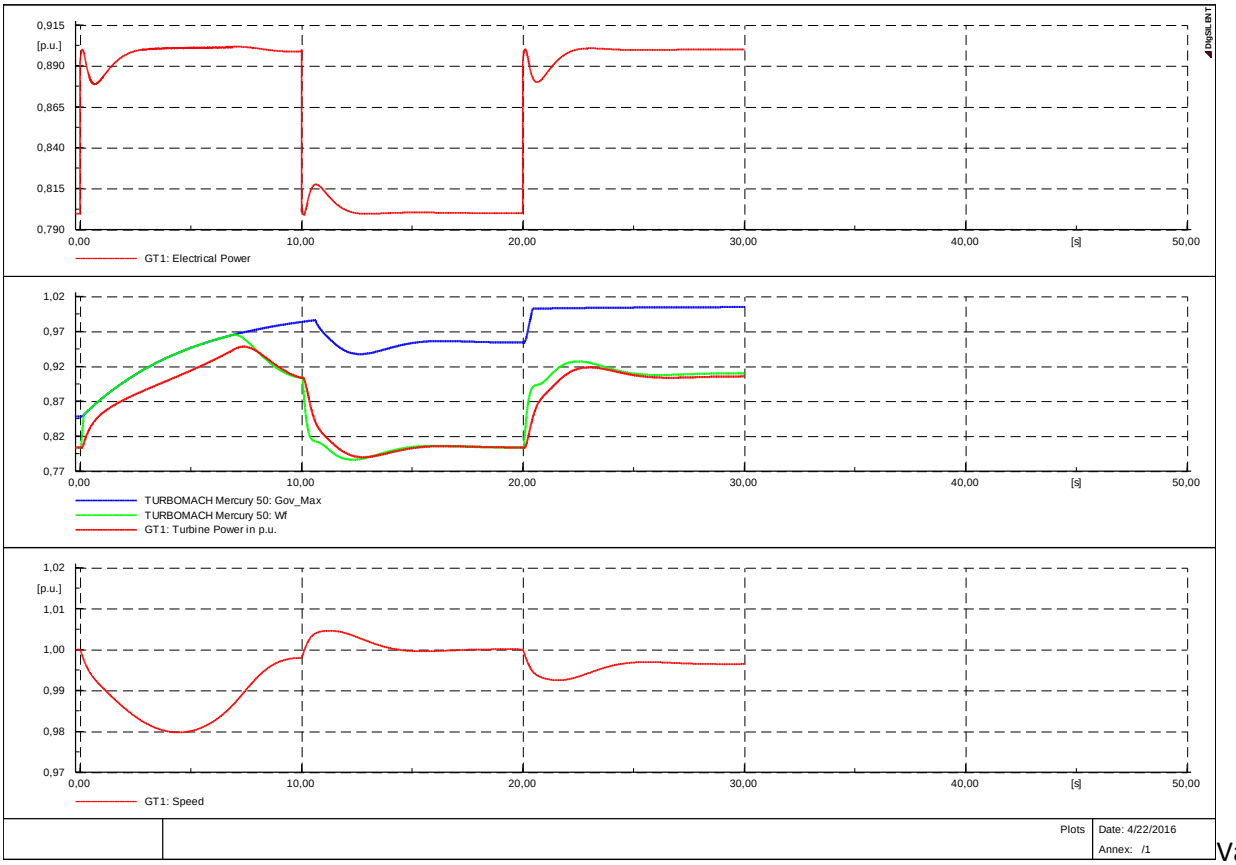
Van 60% belasting met sprong van 20% (stabiel)



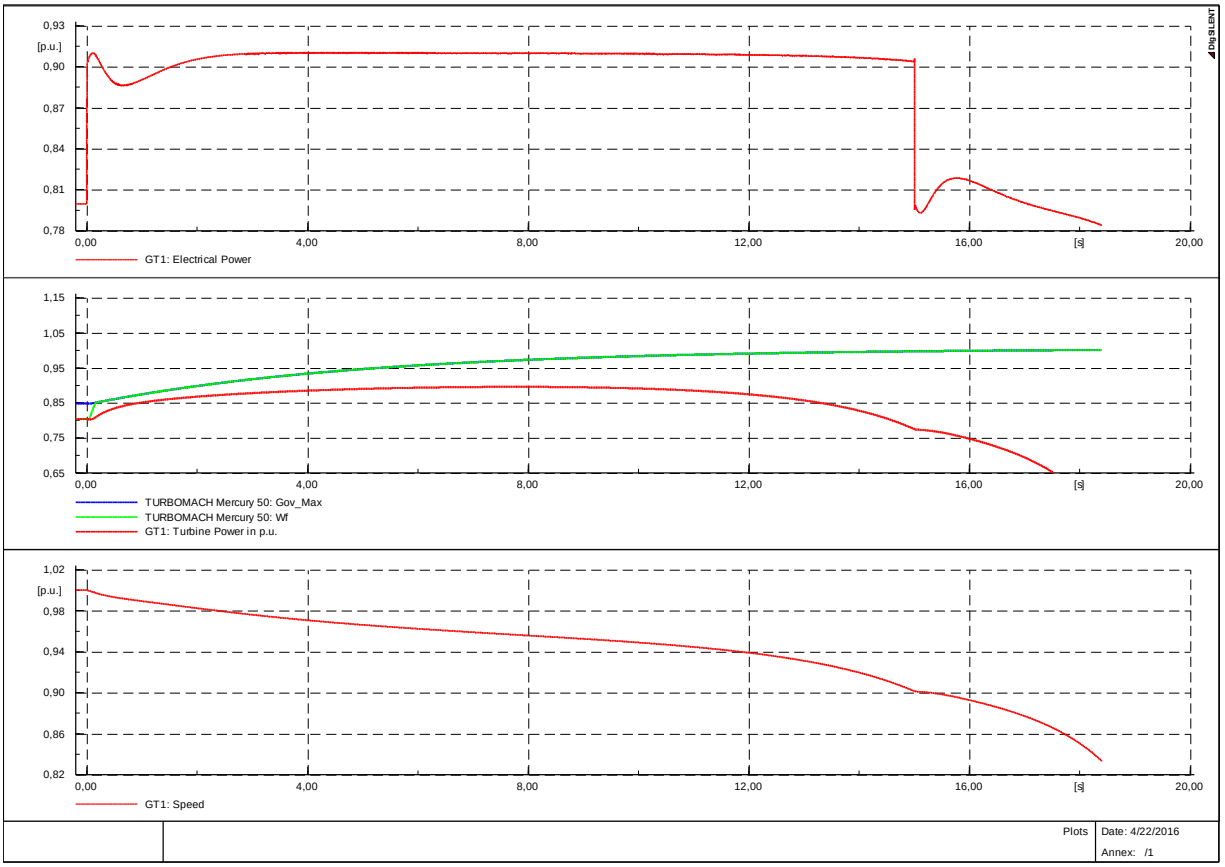
Van 60% belasting met sprong van 25% (onstabiel)



Van 80% belasting met sprong van 10% (stabiel)



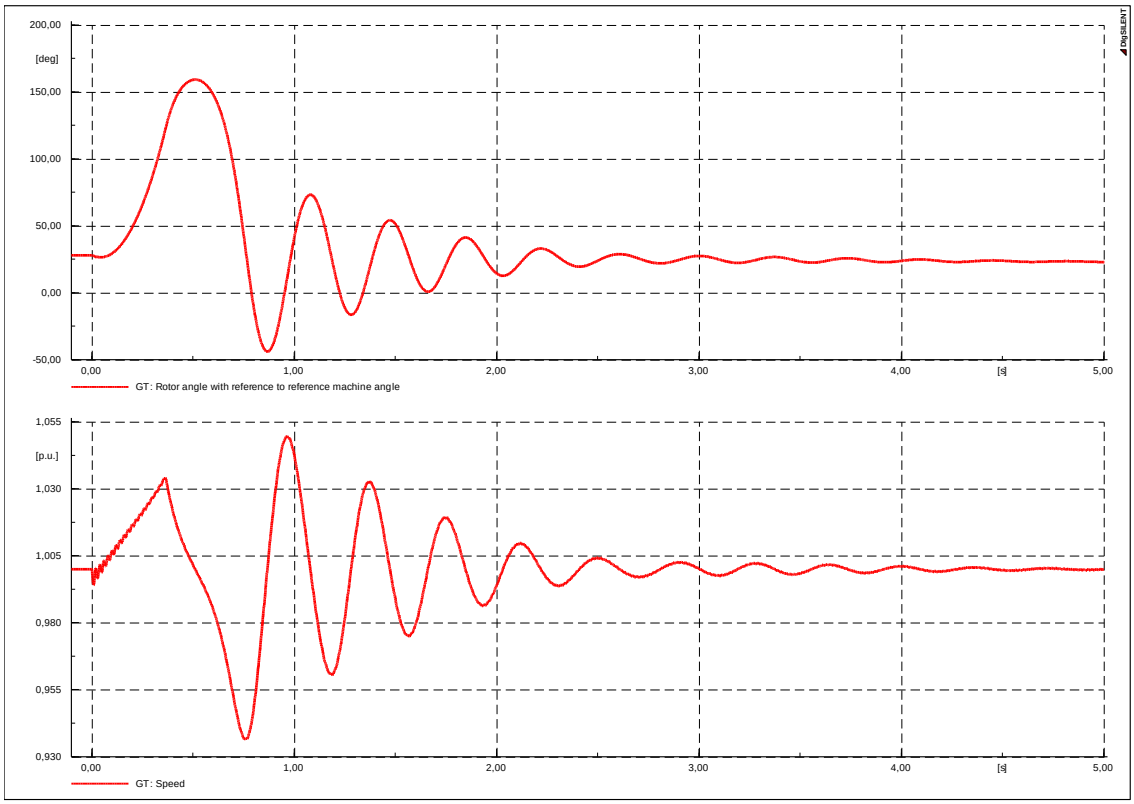
Van 80% belasting met sprong van 11% (onstabiel)



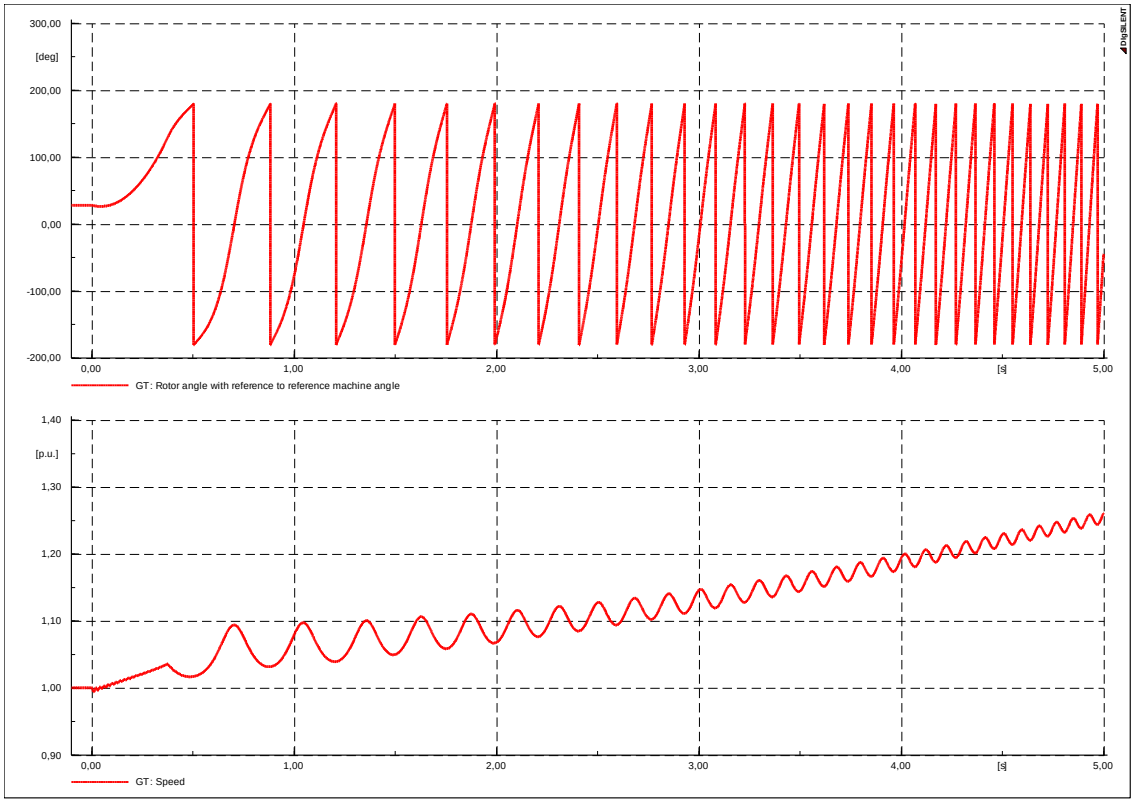
Bepaling KKT

STEG:GT en STEG:ST bij netbedrijf

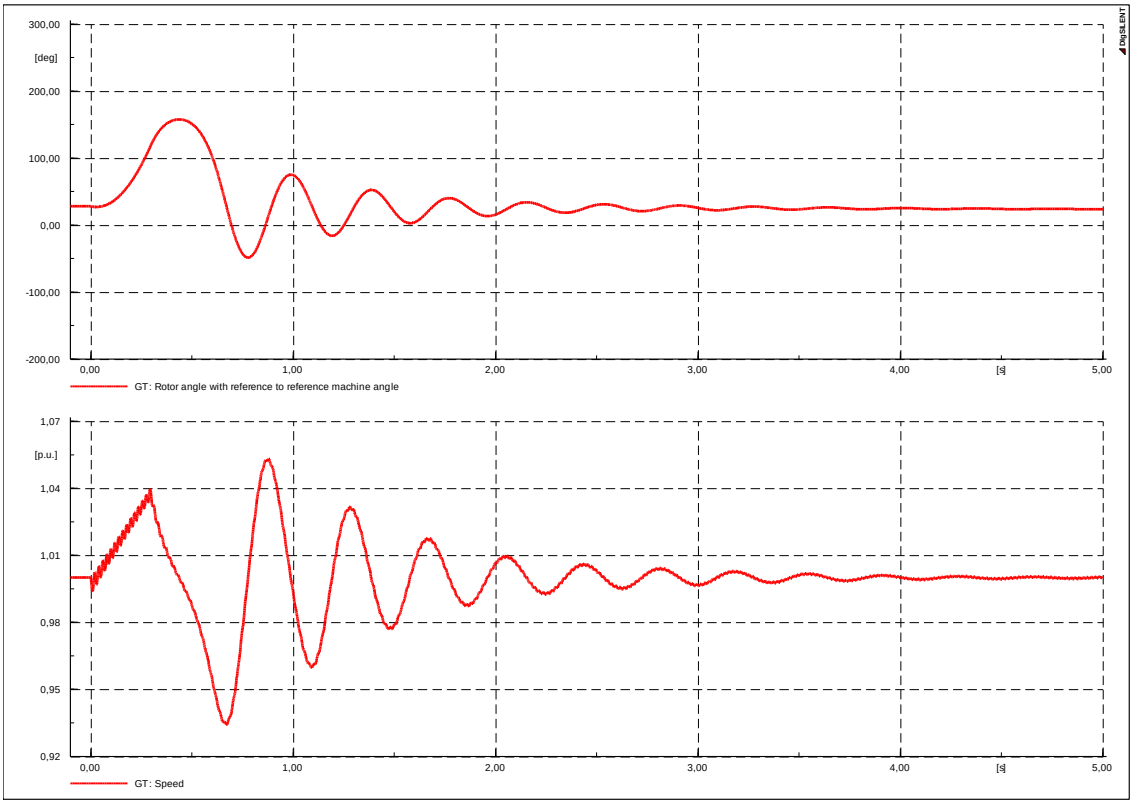
Kortsluiting op 10kV preferent: 0,36s stabiel



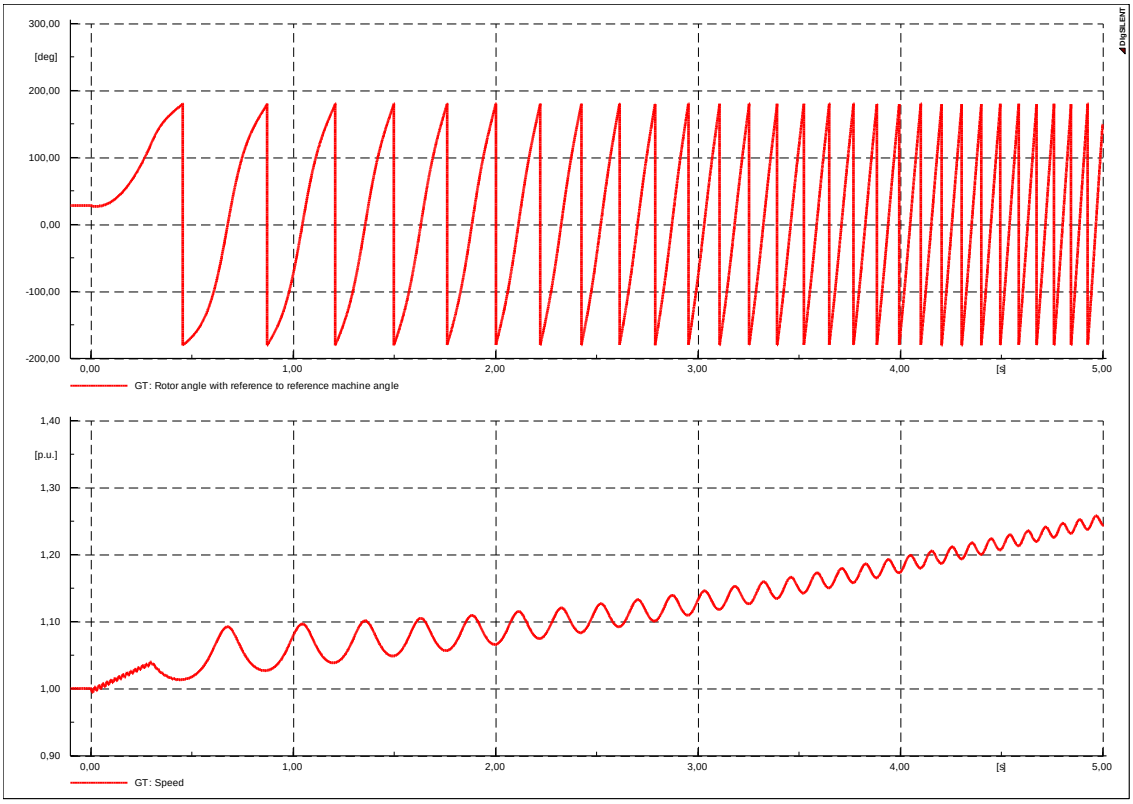
Kortsluiting op 10kV preferent: 0,37s instabiel



Kortsluiting aan klemmen van de STEG: 0,29s stabiel

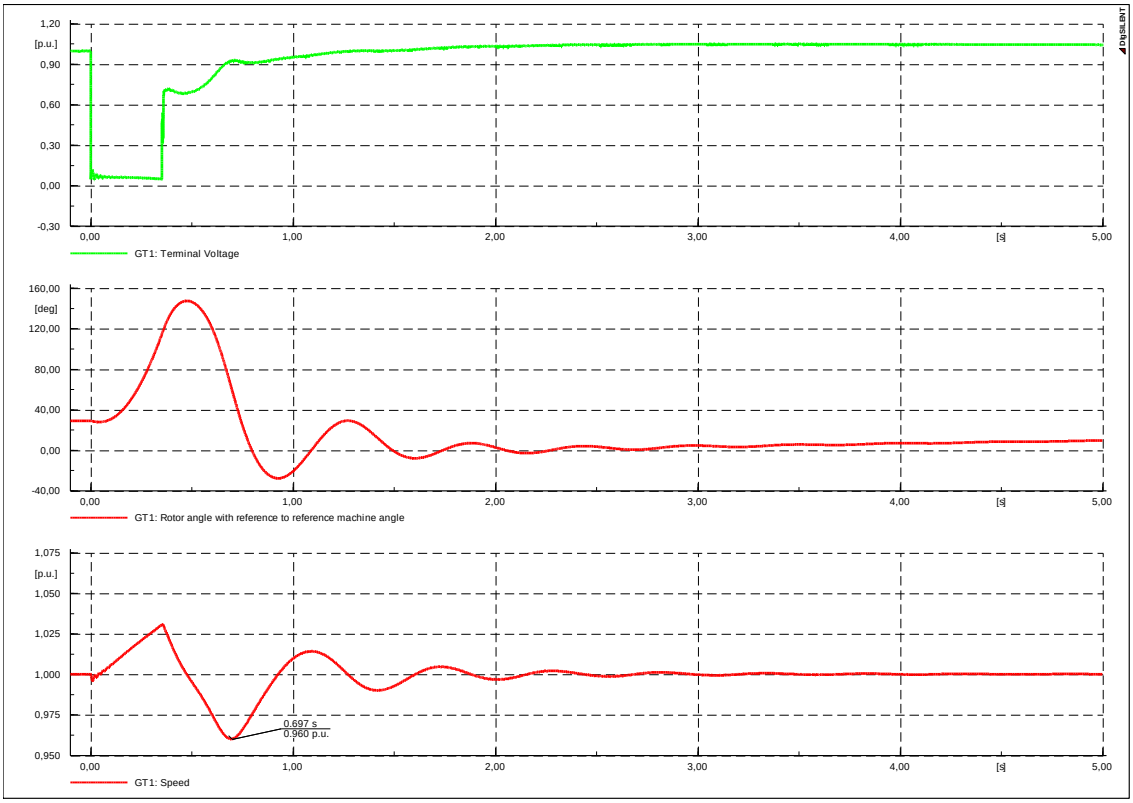


Kortsluiting aan klemmen van de STEG: 0,3s instabiel

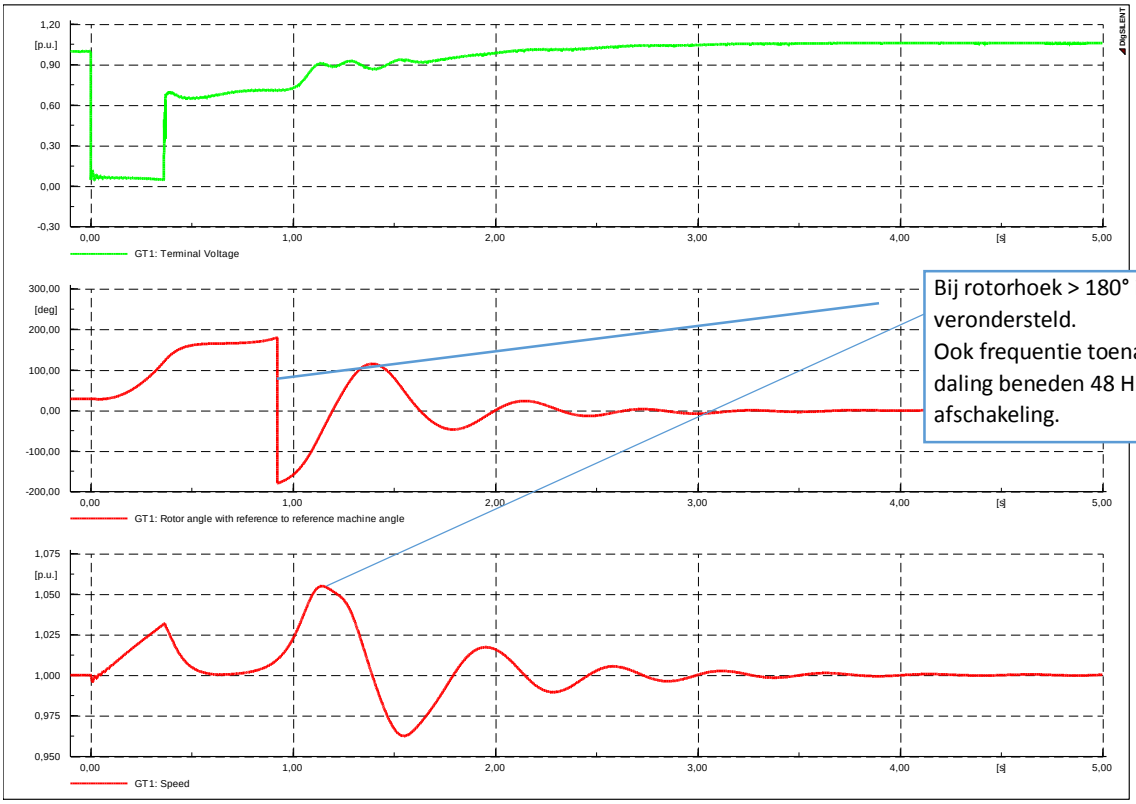


2xM50:GT bij netbedrijf (bij 100% setpoint)

Kortsluiting op 10kV preferent: 0,35s stabiel

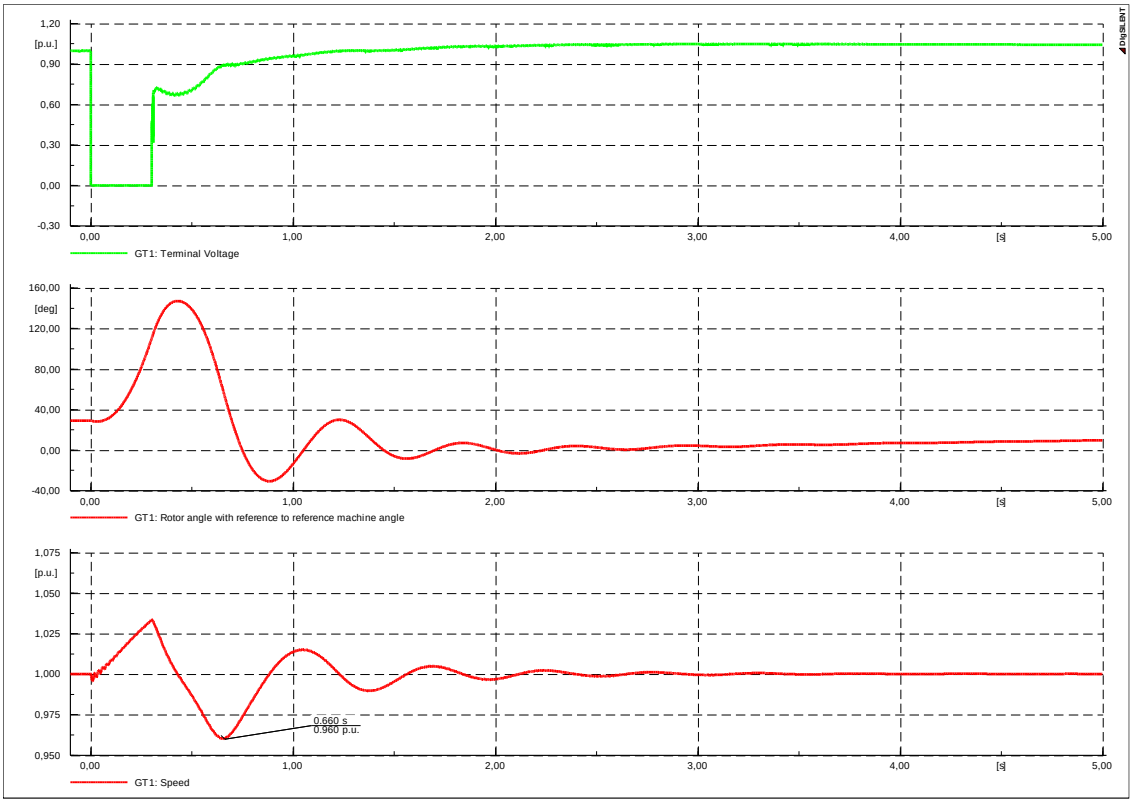


Kortsluiting op 10kV preferent: 0,36s instabiel

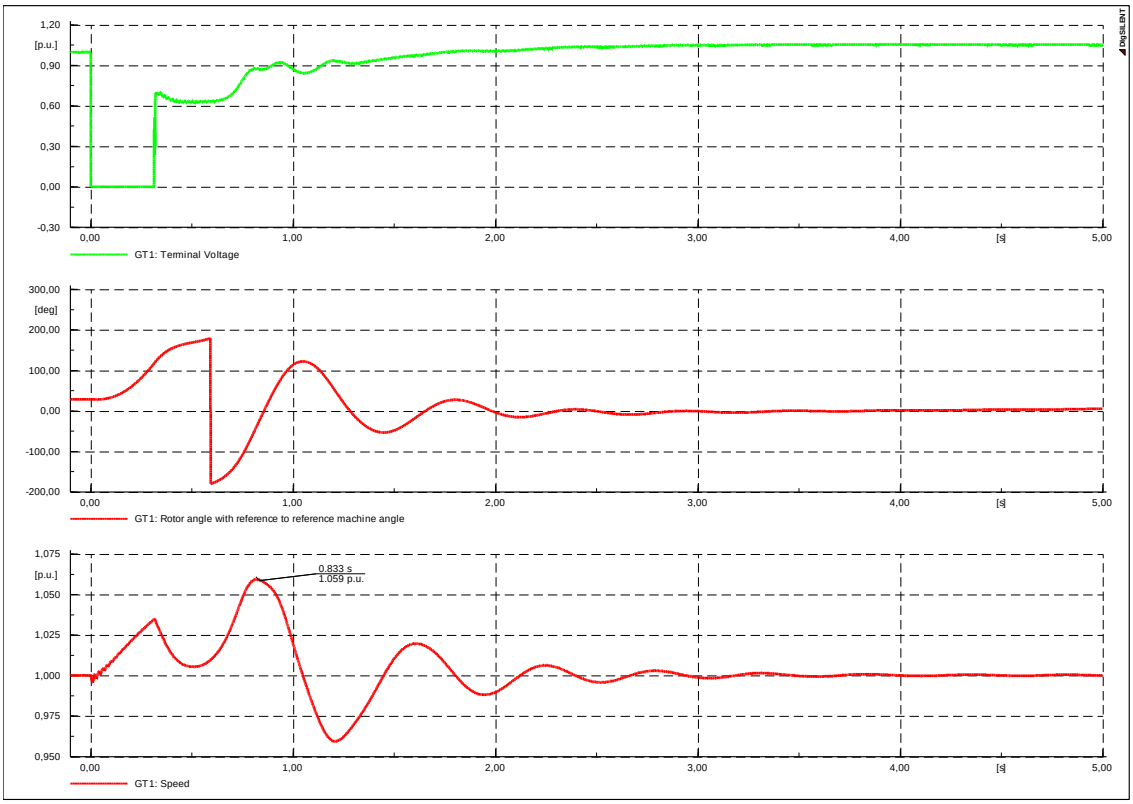


Bij rotorhoek > 180° is verlies synchronisatie verondersteld.
Ook frequentie toename boven 52Hz (1,04 p.u.) of daling beneden 48 Hz (0,96 p.u.) zal leiden tot afschakeling.

Kortsluiting aan klemmen van de GT: 0,3s stabiel

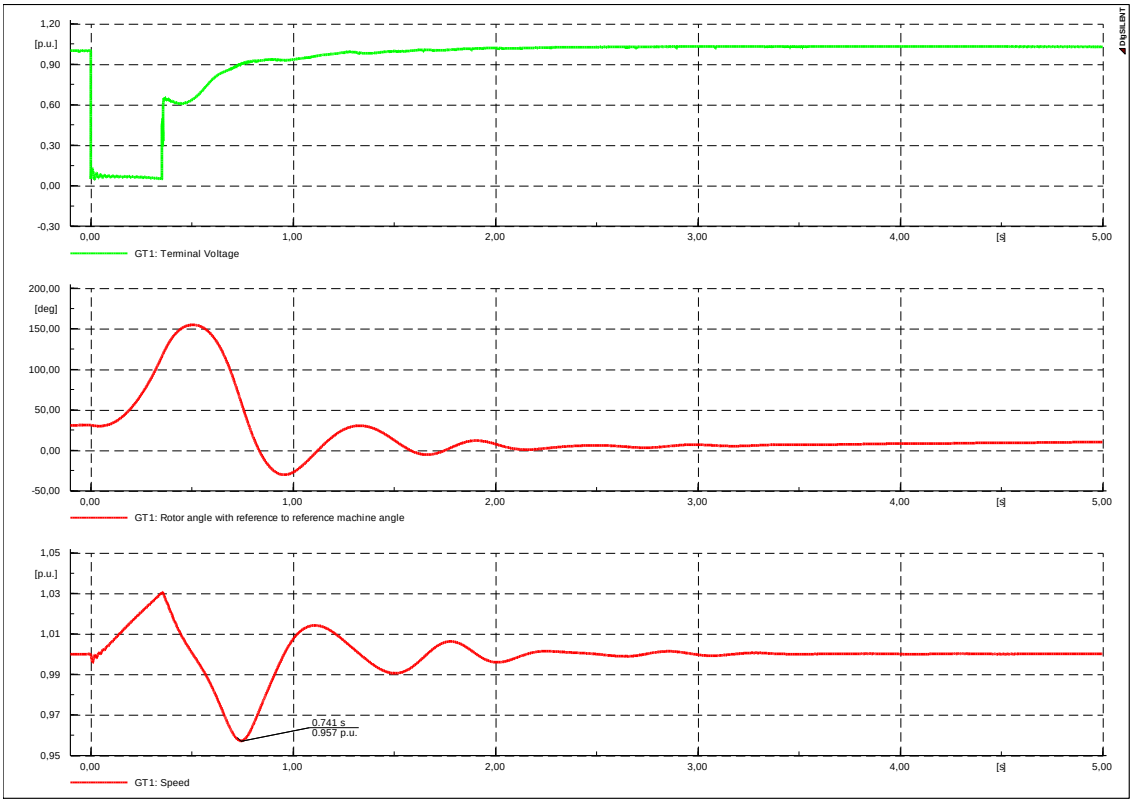


Kortsluiting aan klemmen van de GT: 0,31s instabiel

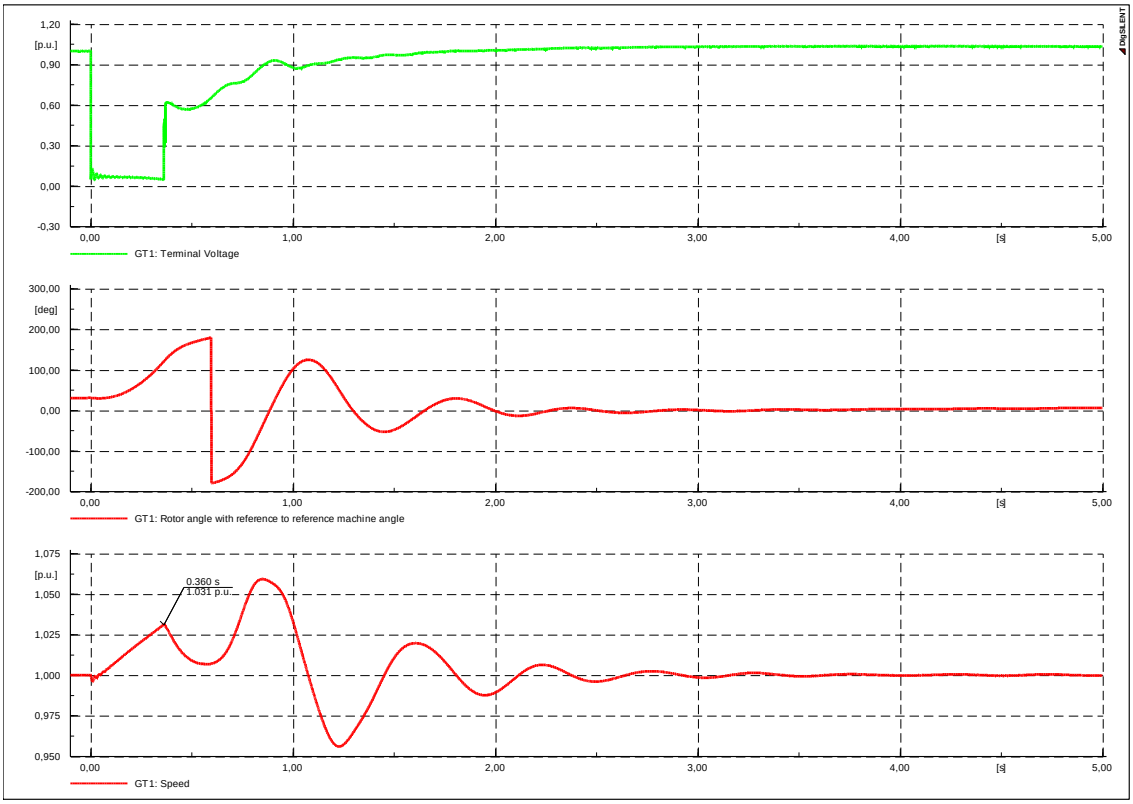


STEG:GT en STEG:ST en 1xM50:GT bij netbedrijf

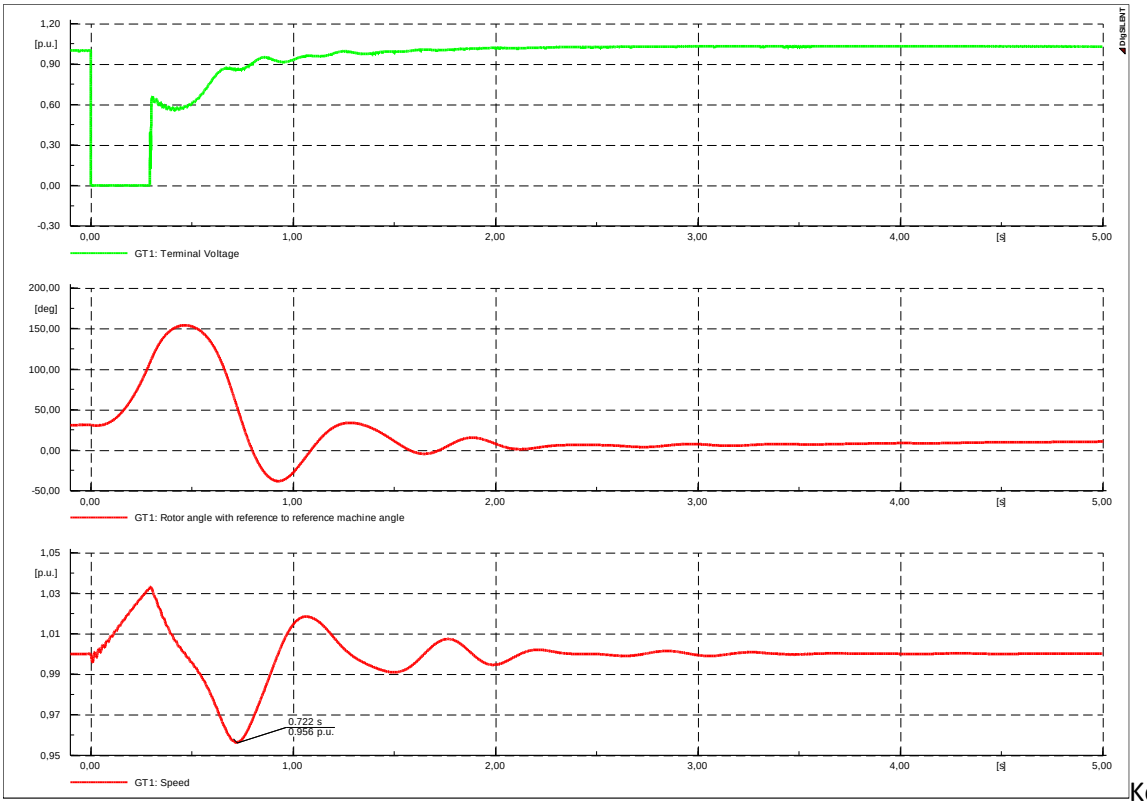
Kortsluiting op 10kV preferent: 0,35s stabiel



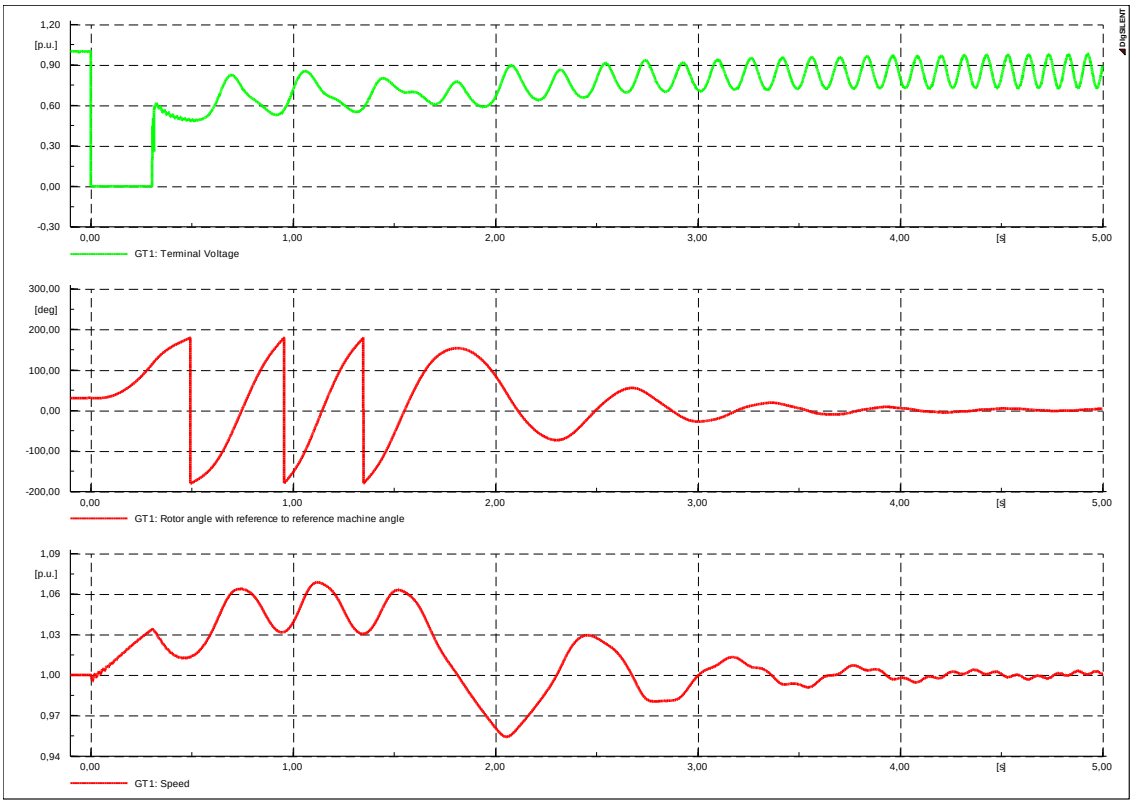
Kortsluiting op 10kV preferent: 0,36s instabiel



Kortsluiting aan klemmen van de GT: 0,29s stabiel

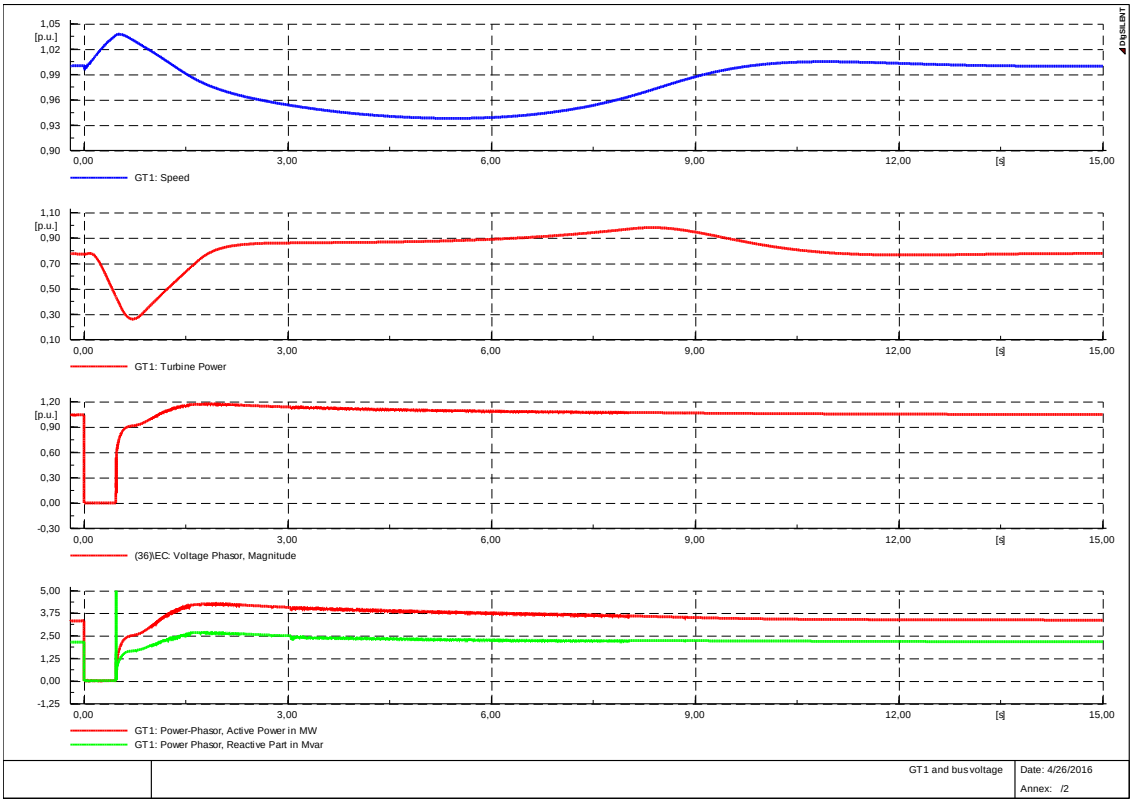


Kortsluiting aan klemmen van de GT: 0,30s instabiel

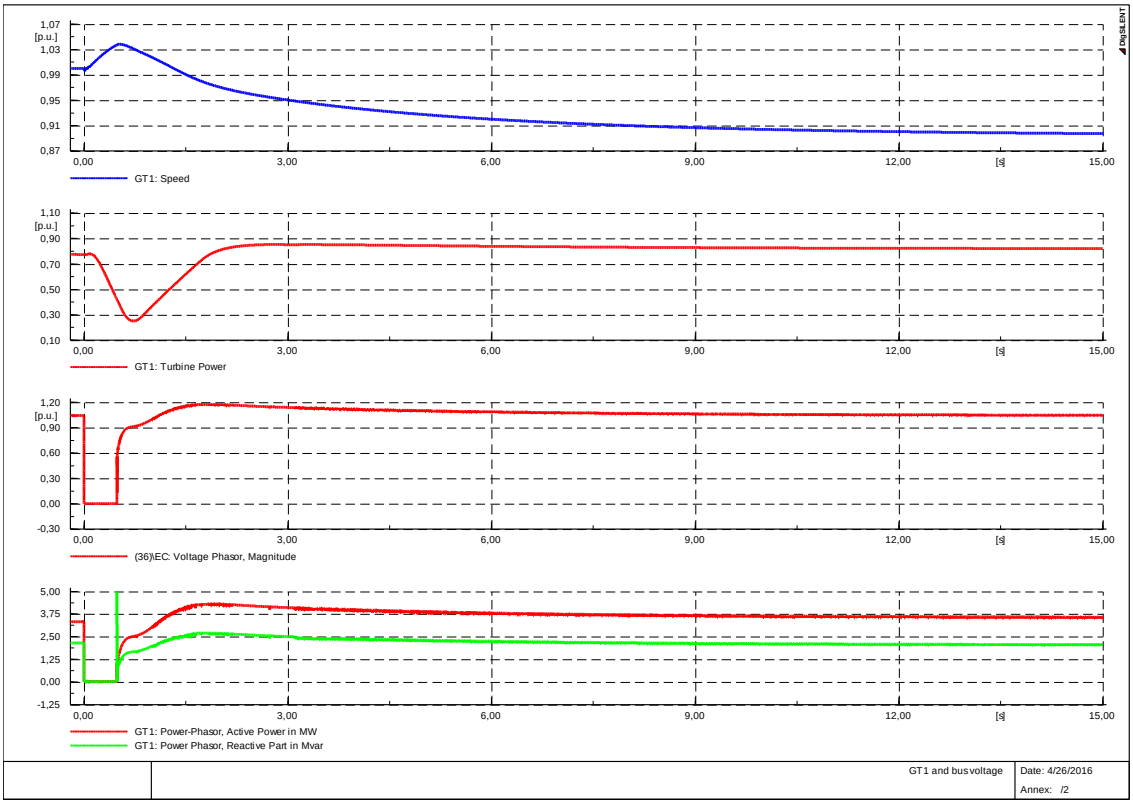


2xM50:GT in eiland bedrijf

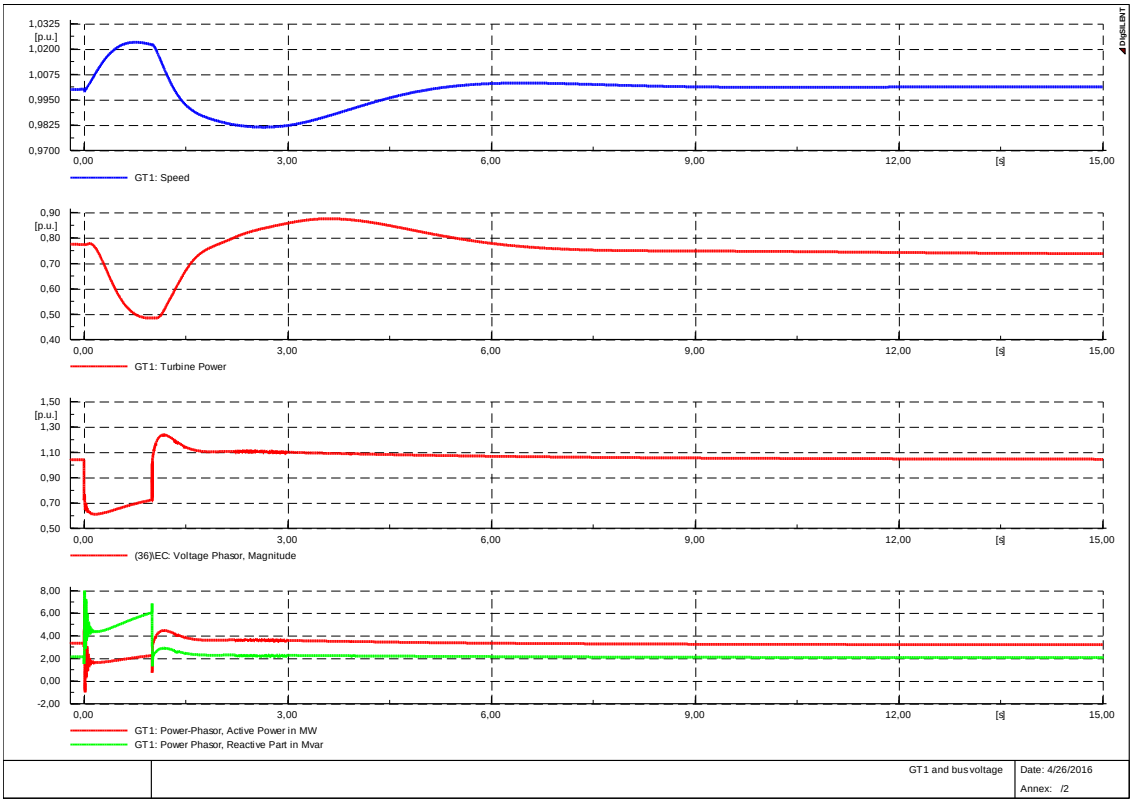
Kortsluiting op 10kV preferent: 0,47s stabiel



Kortsluiting op 10kV preferent: 0,48s instabiel

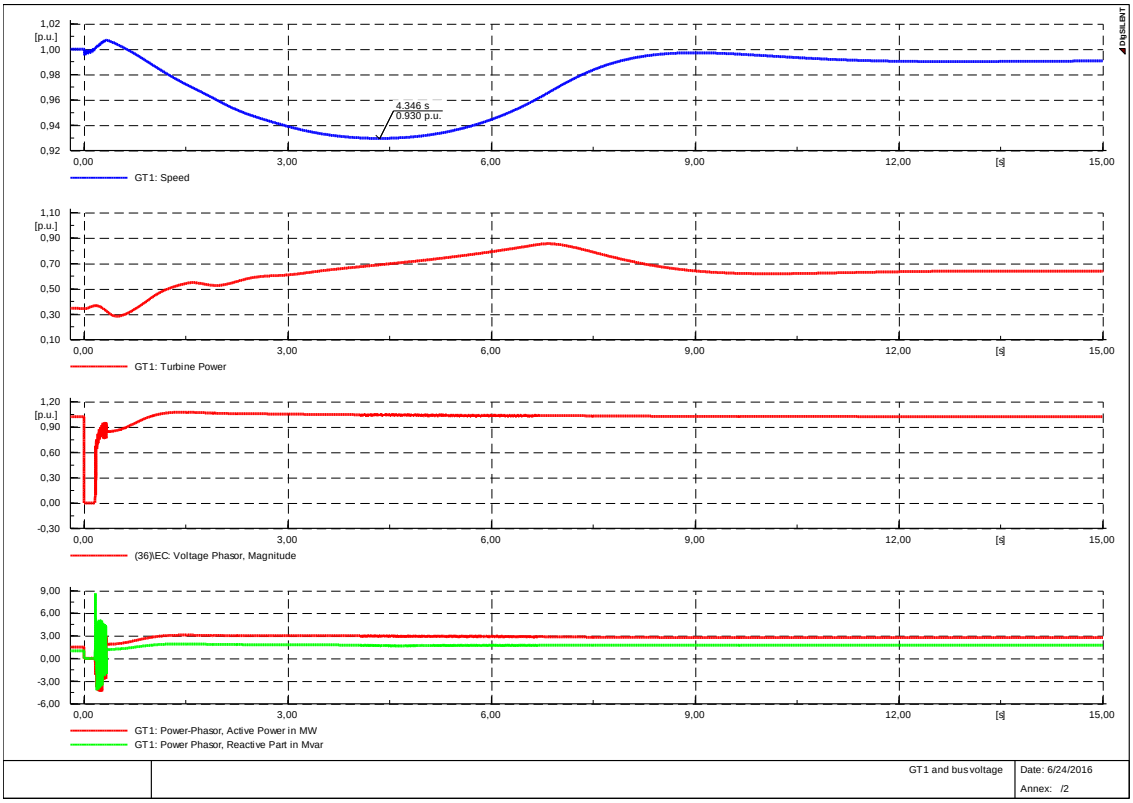


Kortsluiting op LS verdeler in preferente net: 1,0s stabiel

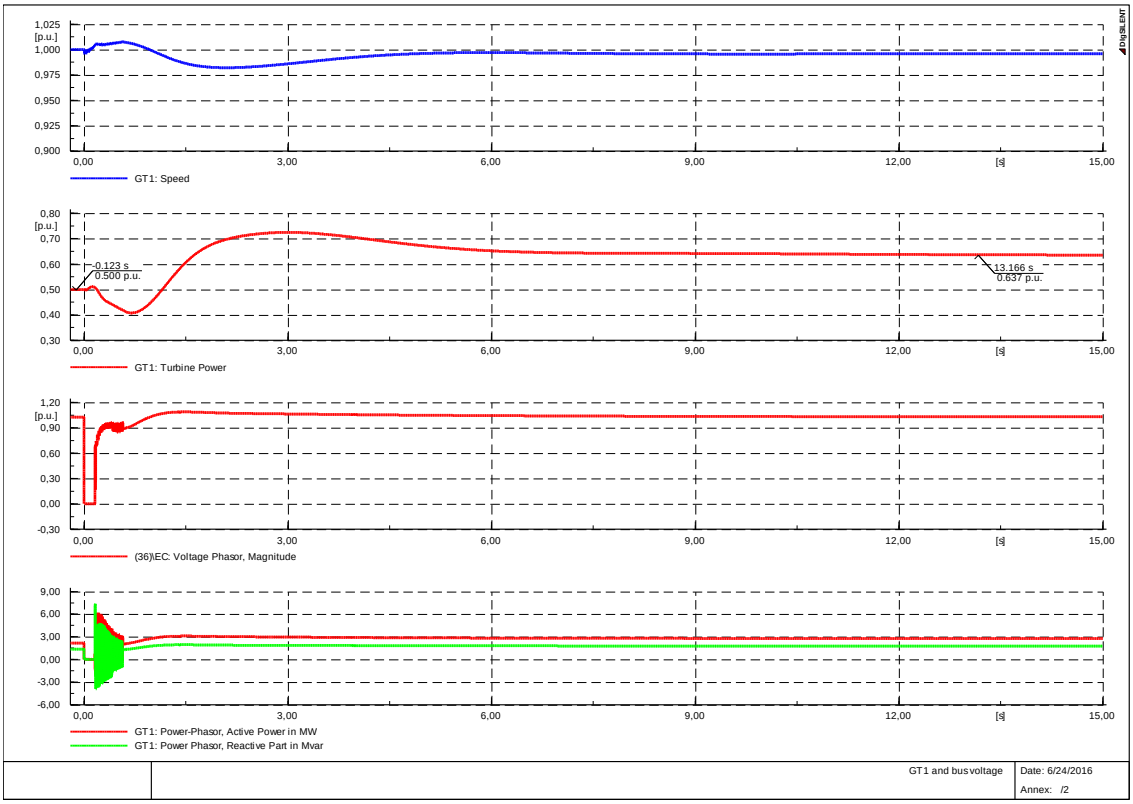


Ontkoppeling van het preferente net bij een kortsluiting in het niet-preferente net

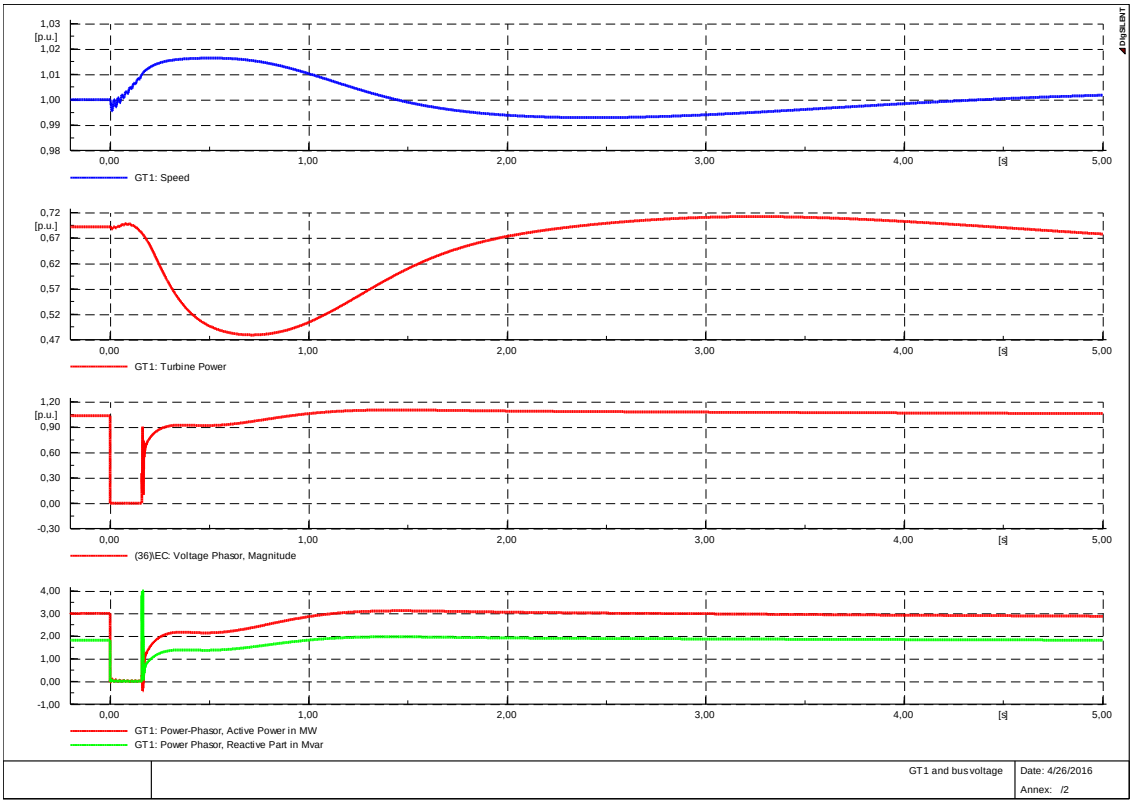
33% Sn, Pe = 1,5 MW, Q = 1,0 Mvar (niet-preferente net voedt in op preferente net) INSTABIEL;



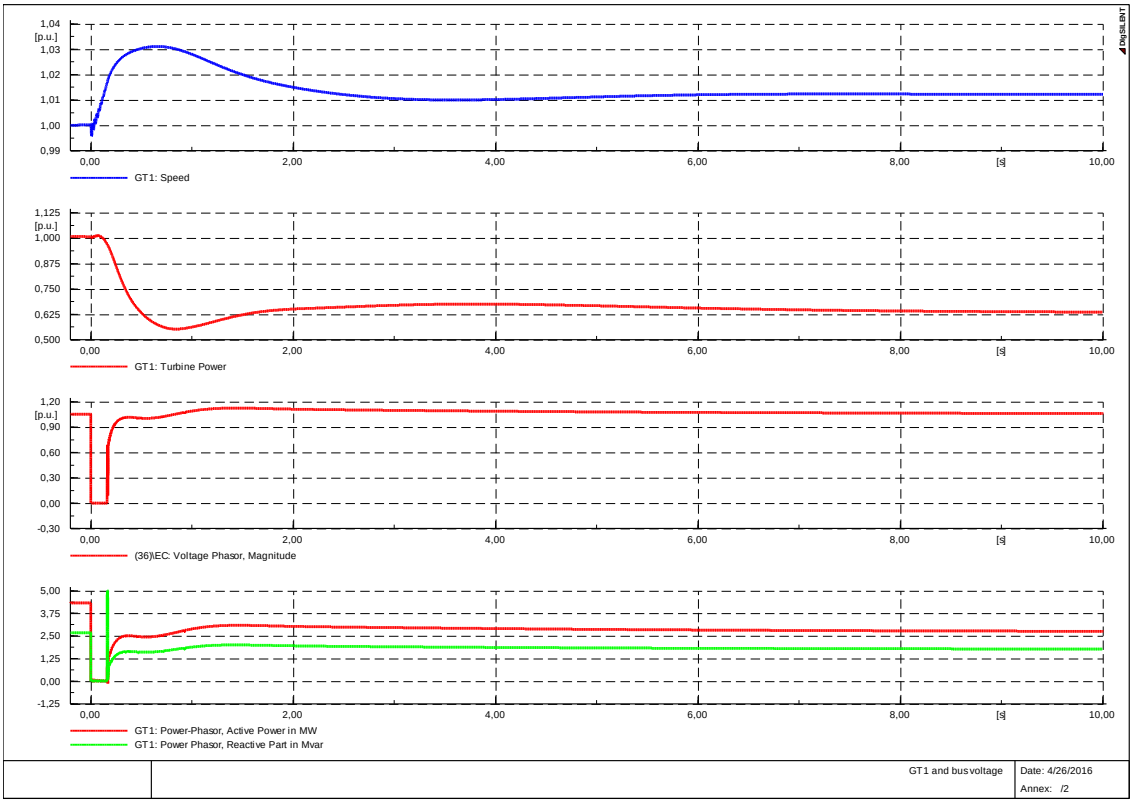
47% Sn, Pe = 2,17 MW, Q = 1,4 Mvar (niet-preferente net voedt in op preferente net); STABIEL



64% Sn, Pe = 3,0 MW, Q = 1,8 Mvar (preferente net voedt beperkt in op niet-preferente net); STABIEL



94% Sn, Pe = 4,36 MW, Q = 2,67 Mvar (nominaal vermogen van 4,36MWe per GT; preferente net voedt in op niet-preferente net); STABIEL



96% Sn, Pe = 4,6 MW - Q = 2,81 Mvar (maximaal turbine vermogen van 4,8MWm resulterend in 4,6MWe output; preferente net voedt in op niet-preferente net). STABIEL

