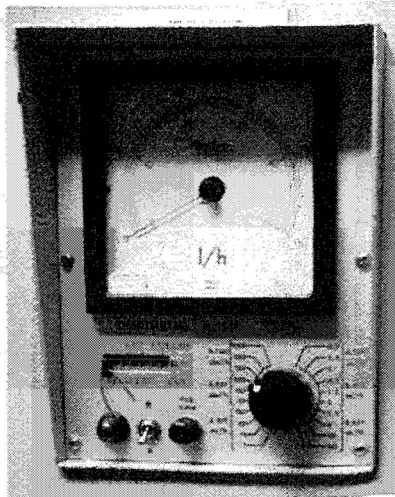
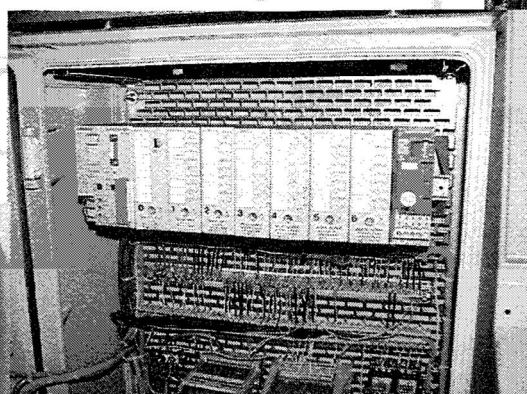
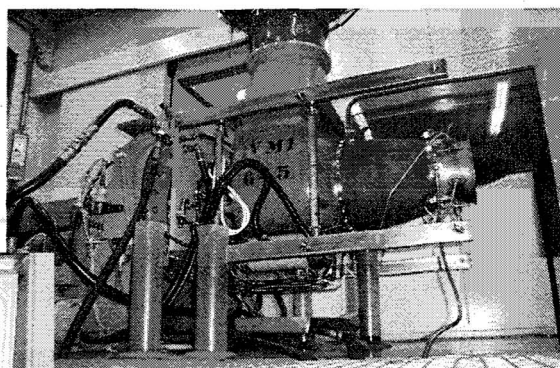


RONDON DE ASTAZOU

Diverse werkzaamheden omtrent de proefbank van de Turbomeca Astazou IV M1



Naam:
Begeleider HU:
Opleiding:
Bedrijf:
Bedrijfsbegeleider:
Vestiging:
Datum:

Laurens van Werkhoven
Hugo van Tienhoven
Algemene Operationele Techniek
Stork Turbo Services B.V.
Clement de Bruine
Almere-Buiten
30-05-2006

Samenvatting

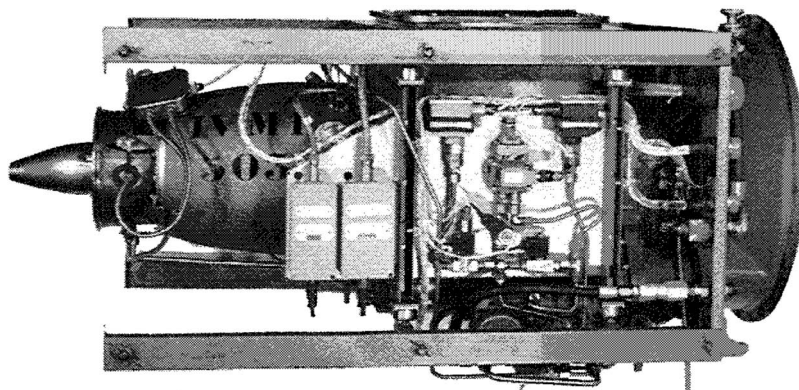
Voor Stork Turbo Services B.V. zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd in de **afstudeerperiode** van de opleiding Algemene Operationele Techniek aan de Hogeschool Utrecht. Aan de volgende opdrachten is gewerkt:

Een **onderzoek** naar een nieuwe flowmeter voor de gasturbine proefbank **en** de kalibratiemogelijkheden voor het systeem. Er is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de beschikbare opties en de verschillende kalibratie methoden. Hieruit is gebleken dat de Fluidwell F012P het beste **alternatief** is voor het oude **aanwijsinstrument**. Om het meetsysteem te kalibreren **is** een driepuntsmeting in een kalibratiestraat de beste optie. Er zijn diverse **bedrijven** die deze kalibratie methode kunnen uitvoeren.

Daarnaast moet een methode ontworpen worden om alle beveiligingen van de **regelkast** van de proefbank te testen. Het is gebleken dat alle beveiligingen gecontroleerd kunnen worden wanneer de simulatieapparatuur op de commande- en controlestekkers wordt aangesloten. Het is aan te raden om een speciale stekker aansluiting **te** maken zodat de apparatuur eenvoudiger **e n** sneller aangesloten kan worden tijdens de controle van de beveiligingen.

Voor het trillingmeetsysteem **moet** de procedure voor de kalibratie gewijzigd worden omdat de opstelling veranderd is. De belangrijkste aanpassing is dat de totale fout kleiner is **t.o.v.** van het oude systeem. Alle **veranderingen** in het meetsysteem zijn doorgevoerd in de kalibratieprocedure. Als de afwijking van het complete systeem te groot **is** dan moeten alle onderdelen apart gekalibreerd worden. Voor de trillingsopnemer is het niet van belang dat deze gekalibreerd moet worden, dit is al gebeurd in de fabriek en tijdens bedrijf verloopt dit niet. De conditioner en de monitor kunnen het beste extern **gekalibreerd** worden.

Van de onderdelen van de Turbomeca Astazou moeten alle gegevens bijgehouden worden. Hiervoor dient een nieuwe database ontworpen te worden. Het ontwerp van de database is gereed en het wordt ingediend bij een extern bedrijf die de database **kan** programmeren.



De Turbomeca Astazou IV M1

Voorwoord

Om mijn **studie** Algemene Operationele Techniek (A.O.T.) aan de Hogeschool Utrecht af te **ronden** heb ik meerdere onderzoeken uitgevoerd bij Stork Turbo **Services** B.V. in Almere-Buiten. Tijdens deze onderzoeken heb ik **veel** hulp en **informatie** gekregen van diverse personen. Hierbij wil ik de volgende personen **noemen**:

Mijn dank **gaat** uit naar Clement de Bruine omdat mede door zijn kennis en **goede begeleiding** deze resultaten zijn behaald.

Daarnaast wil ik **Hugo** van Tienhoven bedanken voor zijn begeleiding tijdens mijn **afstudeerperiode** waardoor een juiste rapportage van de **werkzaamheden** is ontstaan.

Als laatste wil ik alle medewerkers van Stork Turbo Services B.V. bedanken **voor de** hulp en antwoorden die ik van hen gekregen heb op mijn vragen tijdens mijn onderzoeken.

Laurens van **Werkhoven**
mei 2006

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Voorwoord	3
Inleiding	6
■ Uitwerking probleem	7
1.1 Geschiedenis proefbank.....	7
1.2 De Astazou gasturbine	8
1.2.1 Historie	8
1.2.2 Astazou IVM1	8
1.2.3 Gebruik	9
1.3 Turbomeca	9
2 Beschrijving / aanpak van de scriptie	10
2.1 Beschrijving scriptie.....	10
2.2 De aanpak.....	11
2.2.1 Probleem flowmeter.....	11
2.2.2 Aanpak flowmeter.....	12
2.3.1 Probleem beveiligingen	13
2.3.2 Aanpak beveiligingen.....	13
2.4.1 Probleem procedure trillingsmeetsysteem.....	14
2.4.2 Aanpak procedure trillingsmeetsysteem.....	14
3.1 Deelonderzoek ■ Flowmeter	15
3.2 Eisen en Wensen voor het meetsysteem	15
3.3 Vooronderzoekendeel ■ Flowmeter.....	16
3.3.1 Meting inputsignaal brandstofmeter.....	16
3.3.2 Resultaten van de meting.....	18
3.4 Specificaties van het huidige meetsysteem.....	19
3.5 Het onderzoek	20
3.5.1 Specificaties turbineflowmeter.....	21
3.5.2 Kalibratie van de turbineflowmeter	21
3.5.3 Methoden om te kalibreren.....	21
3.5.4 Kalibratie van het nieuwe aanwijsinstrument.....	24
3.5.5 Installatie aanwijsinstrument.....	24
3.6 Ontwerp inbouw flowmeter	25
3.7 Conclusie flowmeter	26

4.1 Deelonderzoek 2 Simulatie	27
4.1.1 Eisen en wensen simulatie.....	27
4.2 Vooronderzoeken deel 2 Simulatie.....	28
4.2.1 Onderzoek beveiligingen.....	28
4.3 Specificaties van het huidige systeem.....	30
4.4 Het onderzoek	31
4.4.1 Start-up en on load cyclus.....	31
4.4.2 Methode	32
4.4.3 Benodigde instrumenten.....	34
4.4.4 Schema van de simulatie	35
4.4.5 De simulatie.....	36
4.5.1 Resultaten van de simulatie	38
4.5.2 Tweede controle.....	40
4.5.3 Resultaat simulatie.....	40
4.6.1 Ontwerp aansluiting.....	41
4.6.2 Realisatie simulatiebox.....	43
4.7 Conclusie simulatie.....	44
5 Deelonderzoek 3 Kalibratie procedure trillingmeetsysteem	45
5.1 Eisen en wensen van de procedure	45
5.1.2 Specificaties van het huidige probleem	45
5.2 Het onderzoek	46
5.2.1 Bepaling totale fout.....	46
5.3 Controle van de verschillende onderdelen	47
5.4 Oplossing	48
5.5 Conclusie Trillingsmeting.....	48
6 Aanbevelingen	49
6.1 Deelonderzoek 1 flowmeter.....	49
6.2 Deelonderzoek 2 simulatie.....	49
6.3 Deelonderzoek 3 kalibratie procedure trillingmeetsysteem	49
Evaluatie	50
Bronvermelding	51
Verklarende woordenlijst	52
Bijlagen	53
Bijlage I. Overzicht gevonden meters.....	54
Bijlage II. Ontwerptekening paneel F012P	56
Bijlage III. Adviezen simulatie.....	57
Bijlage IV. Overzicht simulaties	59
Bijlage V. Simulatie schema.....	60
Bijlage VI. Ontwerptekening van de simulatiebox.....	67
Bijlage VII. Procedure kalibratie trillingmeetsysteem.....	68

Inleiding

Het bedrijf **Stork N.V.** behoort tot de marktleiders op het gebied van **hoogwaardige** technische producten en dienstverlening. Stork N.V. is verdeeld in verschillende onderdelen en werkmaatschappijen. Stork Turbo Services B.V. is een werkmaatschappij binnen de strategische unit **Industry Services**.

De belangrijkste werkzaamheden van Stork Turbo Services zijn onderhoud en **reparatiewerkzaamheden** aan turbines. Deze kunnen bij de klant uitgevoerd worden maar ook in de vestiging in Almere. Daarnaast produceert **Stork Turbo Services** ook reserveonderdelen zoals blade holders, labyrinten en lagers voor **turbines**.

Stork Turbo Services B.V. pleegt ook onderhoud aan de Turbomeca Astazou IV M1 **gasturbine** van de Koninklijke Marine. Om na reparatie of onderhoud te controleren **of** de turbine volgens de norm functioneert, wordt de turbine getest op de proefbank op Marine Vliegkamp De Kooy in Den Helder. Alle onderzoeken die uitgevoerd zijn bij Stork Turbo Services B.V. hebben betrekking op de Turbomeca Astazou of op de proefbank van de turbine.

Omtrent de proefbank zijn een aantal problemen die opgelost moeten worden:

Op de proefbank is een brandstofmeetsysteem geïnstalleerd dat aan vervanging toe is, omdat er geen onderdelen meer verkrijgbaar voor zijn. Er moet een nieuwe meter komen en de kalibratiemogelijkheden moeten onderzocht worden.

De fabrikant van de turbine, Turbomeca eist dat jaarlijks alle beveiligingen van de proefbank gecontroleerd worden. Er moet een procedure komen die **het** mogelijk maakt om de beveiligingen te controleren.

Op de proefbank is een **trillingmeetsysteem** aanwezig, voor deze opstelling is een procedure opgesteld. Echter is de opstelling gewijzigd en klopt de procedure niet meer. De procedure moet herschreven worden en de nauwkeurigheden moeten aangepast worden.

Voor de Astazou wordt een database bijgehouden met alle staten van de gebruikte onderdelen. Deze database werkt in een verouderd programma en functioneert niet meer naar wens. Er moet een nieuwe database komen die aan alle **wensen** voldoet.

Er moet een passende oplossing worden gevonden voor deze problemen zodat de proefbank aan alle normen voldoet.

Het ontwerp van de database is al niet uitgewerkt worden in het verslag omdat het weinig te maken heeft met mijn opleiding en de opdracht te specifiek is om in het verslag te vermelden.

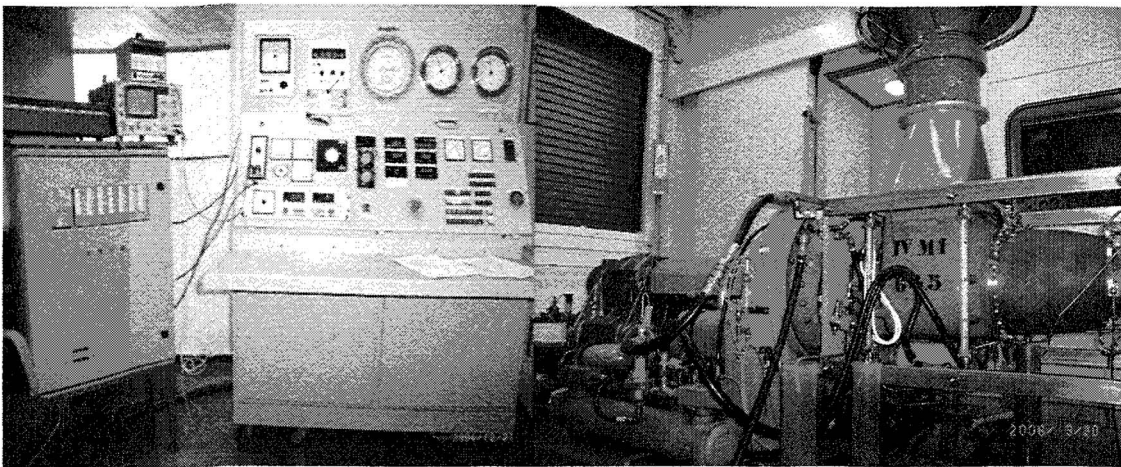
Het verslag is verdeeld in vier delen: uitwerking **probleem**, deelonderzoek "flowmeter" en deelonderzoek "simulatie" en deelonderzoek "kalibratie procedure trillingmeetsysteem". Alle opdrachten worden volledig gescheiden besproken omdat er weinig raakvlakken zijn.

1 Uitwerking probleem

Om een beeld te krijgen van de opdrachten wordt in dit hoofdstuk de proefbank, de turbine en de fabrikant van de Astazou toegelicht.

1.1 Geschiedenis proefbank

Als een turbine 3500-4000 uur draaiuren heeft, of als een defect optreedt, dan wordt deze nagekeken en het nodige onderhoud wordt gepleegd. Wanneer de werkzaamheden klaar zijn, moet de turbine getest worden op onder andere het olie-, brandstofverbruik en trillingen.



De controleruimte van de proefbank (links) en de testcel van de proefbank (rechts)

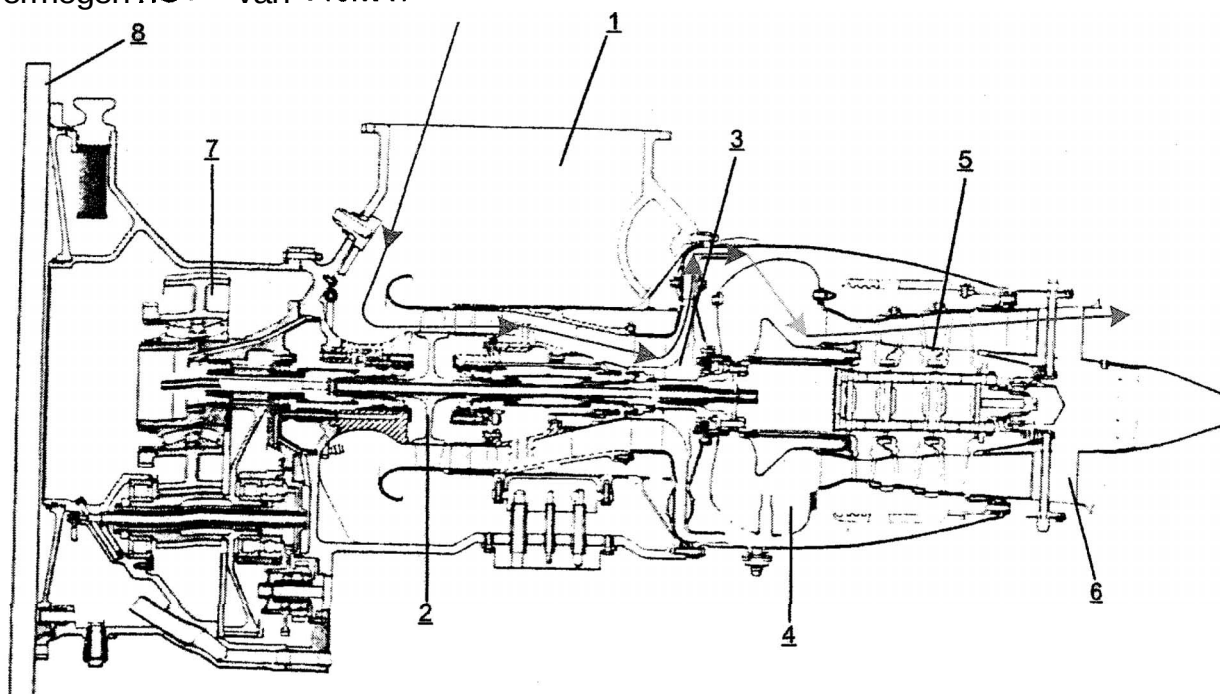
Voorheen werden alle turbines getest bij Turbomeca in Tarnos, Frankrijk. Vanaf september 1992 kunnen de turbines getest worden op Marine Vliegkamp "De Kooy" in Den Helder. De proefbank bestaat uit een controleruimte en een testcel. De proefbank is uitgerust met een waterrem van de fabrikant Froude Consine om de turbine variabel te kunnen belasten tijdens de test.

1.2 De Astazou gasturbine

1.2.1 Historie

De Turbomeca Astazou gasturbine werd in 1961 voor het eerst gebruikt in de Westland **Gazelle** en de Aerospatiale Alouette II helikopters. Voor deze toepassing werd de Astazou II gebruikt.

Op dit moment is er een serie Astazou modellen waaronder de Astazou XIV en de **Astazou IV M1**. Het verschil zit in het vermogen van de turbines, de Astazou II heeft een vermogen van 353 kW terwijl de Astazou XIV een vermogen heeft van 440kW.



Schematische doorsnede van de Astazou IV M1, De lijnen geven de luchtstroom aan.

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. Luchtinlaat | 5. 3 trapsturbine gedeelte |
| 2. Axiaal compressor | 6. Uitlaat |
| 3. Radiaal compressor | 7. Tandwielkast |
| 4. verbrandingskamer | 8. Generator montageflens |

1.2.2 Astazou IV M1

De Turbine die Stork Turbo Services B.V. onderhoudt, is de Turbomeca Astazou IV M1. De Astazou IV M1 is ontwikkeld om energie op te wekken. Het is een **één-assige** turbine met een nominaal vermogen van 320kW bij 43.310 R.P.M..

De turbine heeft twee compressie trappen: de axiale en de radiale compressor. Het turbinegedeelte bevat drie turbinewielen. De afmetingen van de gehele turbine zijn H*B*L: 1.440mm*810mm* 3.316mm. De turbine weegt ongeveer 450 kg.

De turbine is voorzien van alle voorzieningen die nodig zijn voor het inschakelen en voor het draaien op nominale snelheid. De turbine is met een flens aan de **generator** gemonteerd, nummer 8 links op het figuur op bladzijde 8. Hierdoor is er geen fundatie voor de turbine nodig omdat deze vrijdragend is.

De turbine **drijft** een AVAB 315 **L26** generator aan die een vermogen levert van **250kW**, een frequentie afgeeft van 60Hz en een $\cos \phi$ van 0,8 heeft.



De Alkmaar klasse

1.2.3 Gebruik

De Astazou **IVM1** wordt onder andere gebruikt door de Koninklijke Marine op de **mijnenjagers** in de Alkmaar klasse. Dit is een middelgroot schip met een waterverplaatsing van **543** ton, een lengte van 51.5 meter, een bemanning van **44** man en een snelheid van 15 knopen.

Naast het onderhoud voor de Koninklijke Marine doet Stork Turbo Services B.V. ook het **onderhoud** voor de Indonesische Marine.

1.3 Turbomeca



Logo Turbomeca

Het Franse Turbomeca is opgericht in 1938 in **Mézières** door Joseph **Szydlowski**. In het begin produceerde Turbomeca alleen de turbo's voor de vliegtuigmotoren **van** Hispano. De productie van gasturbines startte in 1948 met de **TT782** turbine. Sindsdien produceert Turbomeca turbines voor diverse helikopters en gevechtsvliegtuigen zoals de Longbow Apache, de Eurocopter Tigre, de NH-industries **NH-90**, Boeing **T-45** Goshawk en de BAE Systems Jaguar en **Hawk**.

Sinds 2001 behoort Turbomeca bij de Snecma groep. Dit is een organisatie waarin de gehele Franse luchtvaartindustrie is opgenomen.

2 Beschrijving / aanpak van de scriptie

Voor de opdrachten zijn diverse onderzoeken gedaan om meer informatie te krijgen omtrent de opdrachten. In dit hoofdstuk is beschreven wat de aanpak is van het betreffende probleem.

2.1 Beschrijving scriptie

In de scriptie zijn drie onderzoeken beschreven die zijn uitgevoerd bij Stork Turbo Services B.V.. De onderzoeken hebben betrekking op: onderzoek nieuwe flowmeter, controle beveiligingen, wijzigingen in de procedure om trillingsmeetsysteem te controleren. Voor de opdrachten zijn diverse vooronderzoeken uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van de problemen. De vooronderzoeken, het onderzoek zelf en de conclusies zijn per opdracht beschreven. De aanbevelingen, evaluatie en de bijlagen omvatten de drie opdrachten.

Tijdens de onderzoeken is gebruikt gemaakt van informatie van leveranciers en van de documenten die bij die proefbank horen. Daarnaast is er veel gebruik gemaakt van de bekende zoeksites op internet, zoals Google en De Instrumentengids.

2.2 De aanpak

Wat het **probleem** is van iedere opdracht en wat de aanpak van dit probleem is staat **vermeld** in het volgende hoofdstuk.

2.2.1 Probleem flowmeter

Stork Turbo Services heeft behoefte aan een onderzoek met betrekking tot de **gasturbineproefbank** van de Astazou IV M I in Den Helder.

In het **brandstofvoersysteem** is een meetapparaat opgenomen (Rochar Debitmetre) dat vervangen moet worden door een nieuw type. Hiervoor dient een advies **te** worden gemaakt waarin kalibratiemogelijkheden **zijn** opgenomen.



Het huidige aanwijsinstrument

2.2.2 Aanpak flowmeter

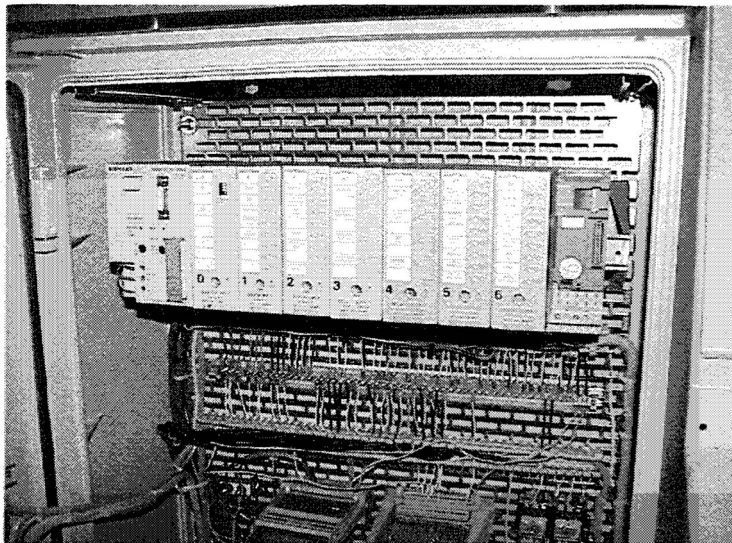
Als eerste is het van belang om de specificaties van de huidige debietmeter te onderzoeken en te **bepalen** welke van toepassing zijn voor de nieuwe debietmeter. Daarnaast **moet** vastgesteld worden welke eisen aan het kalibreren gesteld worden. Wanneer alle specificaties bekend zijn dan kan gezocht worden naar een nieuw type. Het is van belang om te onderzoeken welke **leveranciers** er zijn. Hierdoor ontstaat een compleet beeld van de huidige markt.

De volgende taak is om de fabrikanten te selecteren die het beste aan de wensen/ specificaties kunnen voldoen. Als een geschikt aanwijsinstrument gevonden is dan kan gekeken worden naar de kalibratie van het meetsysteem. Tijdens het zoeken naar leveranciers van debietmeters kan er tegelijkertijd **gekeken** worden naar de kalibratiemogelijkheden van het systeem. Uit deze selectie kan dan ook een bedrijf geselecteerd worden die het meest geschikt is om de **kalibratie** uit te voeren.



2.3.i Probleem beveiligingen

In een verslag uit augustus 2004 stelt Turbomeca dat alle beveiligingssystemen van de proefbank jaarlijks gecontroleerd moeten worden. Op **dit** moment is het nog niet **mogelijk** om de beveiligingssystemen te testen. Er **moet** een procedure komen om de beveiligingen jaarlijks te kunnen **testen** zodat bewezen kan worden dat alle functies van de Siemens **S-5** PLC werken.



De regelkast van de proefbank

2.3.2 Aanpak beveiligingen

Om deze systemen te kunnen testen is het van belang om te weten welke beveiligingen er zijn en wanneer ze inkomen en hoe ze werken.

Om het eerste punt op te kunnen lossen is het van belang om de cyclus te weten van **een** normale run en wanneer de turbine belast is. Er moet precies uitgezocht worden wat er stap voor stap gebeurt tijdens het starten en het belast draaien. Vervolgens moet de werking van alle beveiligingsystemen uitgezocht worden.

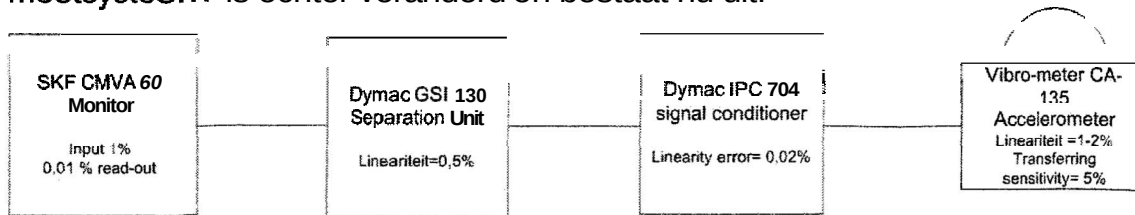
Als het duidelijk is hoe het systeem werkt en wat alle voorwaarden zijn kan gekeken worden naar de **simulatie** van de gewone cyclus.

Als het duidelijk is hoe de normale cyclus gesimuleerd kan worden, kan bepaald worden hoe alle failures gesimuleerd kunnen worden. Wanneer **alles** rondom de beveiligingssystemen duidelijk is, dan kan ook bepaald worden wat de volgorde wordt waarin de systemen gesimuleerd worden.

Binnen Stork **is** er ook een afdeling die gespecialiseerd is in Industriële Automatisering, Stork **Industry** Services B.V.. Het is verstandig om aan hen te vragen hoe zij dit probleem zouden aanpakken.

2.4.1 Probleem procedure trillingsmeetsysteem

Op de **proefbank** van de Turbomeca Astazou IV M I is een trillingmeetsysteem aanwezig dat de trillingen van de turbine meet gedurende de **testrun**. Voorheen werd een eenvoudige opstelling gebruikt bestaande uit een **trillingsopnemer** met het massa/veer/demperprincipe en een scoop. Het **meetsysteem** is echter veranderd en bestaat nu uit:



Schematisch overzicht van het trillingmeetsysteem

Een gevolg van de wijziging is dat de procedure om de opstelling te kalibreren ook moet veranderen. Omdat nu een andere trillingsopnemer wordt gebruikt, een **piëzo-elektrische** i.p.v. een massa/veer/demperprincipe, zijn de toleranties ook gewijzigd. De toleranties voor de trillingen waren 60mm/s tijdens de start en 30mm/s gedurende bedrijf. De huidige eisen zijn 30mm/s tijdens de start en 15mm/s gedurende bedrijf.

Door de **wijziging** in de meetopstelling zijn ook de toleranties in het systeem veranderd. Deze moet opnieuw berekend worden.

Tevens **moeten** ook de alle methodes om de onderdelen individueel te controleren uitgewerkt worden.

2.4.2 Aanpak procedure trillingsmeetsysteem

Om de veranderingen in beeld te krijgen is gekeken naar de veranderingen in het systeem. Alle specificaties, in en output en de specifieke afwijkingen, zijn vastgelegd. Deze wijzigingen zijn vervolgens doorgevoerd in de procedure voor het meten van de trillingen. Daarbij moet rekening gehouden worden met de ISO-9001 norm voor het kalibreren van het meetsysteem. Wanneer het nieuwe meetsysteem compleet is uitgezocht kan de procedure aangepast worden, de methode om de opstelling aan te sluiten is kan gewijzigd worden. Daarna kunnen de invulbladen aangepast worden en er moeten nieuwe methoden gevonden worden om de onderdelen apart te controleren.

3.1 Deelonderzoek 1 Flowmeter

Voor het **onderzoek** naar een nieuwe flowmeter zijn diverse werkzaamheden uitgevoerd. Er is onderzoek gedaan naar de specificaties van het **aanwijsinstrument** en naar de opties voor een nieuw aanwijsinstrument.

3.2 Eisen en Wensen voor het meetsysteem

Om een aanwijsinstrument te vinden dat overeenkomt met het huidige moet deze de **volgende** specificaties hebben:

- **nauwkeurigheid** minimaal 1% Full Scale
- debiet is al bekend: 160 dm³/uur belast, 80 dm³/h onbelast, dus een **aanwijsinstrument** van maximaal 200 dm³/h is voldoende
- **input: pulssignaal**, inductie spanning ofwel een magnetic pick-off
- moet de **flow** weergeven en het cumulatieve verbruik
- moet een **frequentie** aankunnen van 150Hz
- **moet** een **puls** per liter van 2560 (PPL, K of N factor) kunnen verwerken
- moet de waarde van de totaalteller vasthouden als de spanning wegvalt
- **wenselijk is** een **aflezing** met een naald.

Het is niet noodzakelijk dat het aanwijsinstrument een explosieveilige keuring heeft **omdat deze** in **de** controleruimte van de proefbank **staat**. Daarnaast moet de **meter** aan de gebruikelijke normen voldoen zoals de "CE" en de ISO-9001 **normering**.

3.3 Vooronderzoeken deel i Flowmeter

Om een duidelijk beeld te krijgen van het brandstofmeetsysteem zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd. In het volgende hoofdstuk worden deze onderzoeken uitgewerkt.

3.3.1 Meting inputsignaal brandstofmeter

Voor het nieuwe aanwijsinstrument is het van belang om te weten welk type signaal door de flowmeter gegenereerd wordt. Zolang dit niet duidelijk is, kan er niet concreet gezocht worden naar een nieuw aanwijsinstrument. Het aanwijsinstrument kan in het meest extreme geval het signaal niet herkennen of door het signaal beschadigd raken. Op de huidige meter staat niet vermeld wat voor een signaal eruit komt. Aangezien de fabrikant ook niet meer bestaat, waar eventueel informatie gewonnen kon worden, zal het signaal gemeten moeten worden tijdens het testen van een turbine.

Om de meting goed uit te kunnen voeren is het belangrijk om van tevoren een aantal zaken vast te stellen en een helder beeld te vormen van wat gemeten moet worden en wat het resultaat zou kunnen zijn. Daarvoor moet een aantal vragen beantwoord worden.

- **Wat** is het probleem?

Om een juist aanwijsinstrument aan te kunnen schaffen moet het signaal bekend zijn dat van de flowmeter afkomt, de input van het aanwijsinstrument. Per aanwijsinstrument is het verschillend welke signalen het kan ontvangen.

- Hoe **moet** er gemeten worden?

Met behulp van een oscilloscoop. Hierdoor kan het signaal afgelezen worden en bepaald worden wat voor een pulsspanning er uit de flowmeter komt. Het gaat vooral om de verschillende spanningen (U_{max} en U_{pp}) en om het type puls: blok, zaagtand, sinus, etc.

- **Waar** moet de meter aangesloten worden?

De scoop wordt parallel aangesloten op de ingang van de Rochar Meter. Nu kan de spanning afgelezen worden op de scoop.

De meter kan ook direct worden aangesloten op de aansluitingen van de flowmeter, er is dan geen uitlezing mogelijk op de Rochar A1331.

- **Wat** moet er afgelezen worden?

De lengte **van** de puls, het type puls en de spanningen (**peak** to peak en de maximale **spanning**) van de puls

- **Wat is** er nodig?

Een **Oscilloscoop** en toebehoren, deze zijn beschikbaar bij Stork Turbo Services B.V.

- **Wanneer?**

De eerst **volgende** test is op maandag 27 februari 2006.

- **Wat voor** een resultaat is **te** verwachten?

Het **merendeel** van de turbineflowmeters hebben een "coil sinus" pulssignaal. Dit is **een** sinusvorige inductiespanning van enkele millivolt's.

3.3.2 Resultaten van de meting

Op 27 februari 2006 zijn twee metingen uitgevoerd op de proefbank van de Astazou IVM1 om het signaal van de flowmeter te analyseren. Het signaal is gemeten met een oscilloscoop die direct op de connector van de flowmeter is aangesloten.

De eerste meting is uitgevoerd bij nullast en de tweede meting is uitgevoerd bij vollast, de turbine genereert dan een vermogen van 340kW en heeft een hoger brandstofverbruik. Er zijn twee metingen uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in het gedrag van het pulssignaal. Het is belangrijk om te weten of de spanningen gelijk blijven als de frequentie verandert.

Een overzicht van de metingen:

	Meting 1	Meting 2
Maximale spanning (U _{max})	15mV	15mV
Top - Top spanning (U _{pp})	30mV	30mV
Duur van een puls (f)	≈0.022s (46Hz)	≈0.008s (124Hz)
Type puls	Sinus	Sinus

Overzicht resultaten meting

Het signaal vervormt minimaal als het debiet toeneemt, de spanning en de vorm van het signaal blijven hetzelfde, bij beide metingen is de top-top spanning (**U_{pp}**) 30mV en heeft het signaal de vorm van een sinus. Het enige dat verandert wanneer het brandstofdebiet toeneemt, is de frequentie van het signaal.

Belangrijk voor het nieuwe aanwijsinstrument is de top-top spanning van het signaal (**U_{pp}**). De top-top spanning, *engels* Peak to Peak, is het verschil tussen de maximale waarde en de minimale waarde van een puls. Als een sinusvormige puls een U_{max} heeft van 15mV en een U_{min} van -15mV dan is de **U_{pp}** 30mV.

Aan de hand van de top-top spanning bepaalt het aanwijsinstrument wanneer een puls begint en wanneer deze eindigt. Dit is dus de belangrijkste waarde van een pulsteller of een frequentiemeter.

Bij beide metingen is de U_{pp} 30mV, het nieuwe instrument moet minimaal dit signaal kunnen onderscheiden. Daarnaast moet het een maximale frequentie kunnen ontvangen van minimaal 150 Hz.

3.4 Specificaties van het huidige meetsysteem

De fabrikant van het huidige aanwijsinstrument geeft de volgende omschrijving:

Flow meter teller en aanwijzer. Merk: Rochar Électronique, Type: A1331, meter voor he2 meten van een vloeistofstroom.

Het **aanwijsinstrument** heeft de volgende eigenschappen:

Meter (dm ³ /h)	Range	Eenheid
A937	50, 150, 500	10 ⁻³ dm ³
A1340	150,500,1500	10 ⁻¹ dm ³
A1341	500,1500,5000	10 ⁻¹ dm ³
A923	500,1500,5000	1dm ³
A924	1500,5000,15000,50000	1dm ³
A925	5000,15000,50000, 150000	10 dm ³
Nauwkeurigheid	± 1% full scale	
Power supply	115, 127, 220 V, 50/60/400HZ, 12VA	
Afmetingen	268mm x 186mm x 355mm 9kg	
Pulsen:	Digitaal: 0.6V (negatieve blok pulsen interne weerstand 150Ω) of 10V (negatieve blok puls interne weerstand 22kΩ) Analooq: directe stoom 0-10mA voor de gehele schaal (externe weerstand 2.5kΩ) nauwkeurigheid 0.5%	
Input	Onbekend	
Zekering	0.25A	

Tijdens het **onderzoek** naar een nieuw aanwijsinstrument zal rekening gehouden worden met de bovenstaande eigenschappen. Hierdoor zal een instrument gevonden worden dat het oude zo goed mogelijk vervangt.

3.5 Hef onderzoek

Om **fabrikanten** te vinden van dit type meetsystemen is vooral gebruik gemaakt van het internet. Door verschillende zoekmachines te gebruiken, zoals **Google**, Altavista en MSN, is **het** grootste gedeelte gevonden van de fabrikanten. Daarnaast is er nog gekeken op www.instrumentengids.nl. Dit is een **site waarop** kan worden gezocht naar fabrikanten met een technische achtergrond. Een klein percentage van de bedrijven zijn getipt. Uit dit onderzoek kwam een lijst van 22 fabrikanten naar voren. Door **deze** fabrikanten **te** benaderen en de specificaties kenbaar te maken bleven er uiteindelijk **tien** fabrikanten over met een alternatief voor het **aanwijsinstrument** van Rochar **Électronique**. Het resultaat van het onderzoek staat in de bijlage I.

Aan de hand van de gestelde eisen, zie **paragraaf** Eisen en Wensen, voor het **meetsysteem** zijn de beste alternatieven bepaald. Ten eerste is gekeken naar de minimale **input** van het instrument, daarnaast is gekeken naar de back-up functie en **vervolgens** naar het **aantal** functies van de meter, meer dan het momentele **verbruik** en een totaalteller wordt niet gebruikt. De beste opties uit de bijlage I:

- **Contrec** 202D10L
- **Fluidwell** F012-P-HC-Px-OT-Xx-Zx

Deze twee aanwijsinstrumenten, voldoen het beste aan de eisen, ze zijn nauwkeuriger dan de huidige meter en kunnen het juiste signaal ontvangen. Alle aanwijsinstrumenten hebben ook een Back-up functie die de instellingen en de **totaalwaarde** van de totaalteller vasthoudt. Dit is van belang als de spanning eraf gaat tijdens de periodes dat er niet getest wordt.

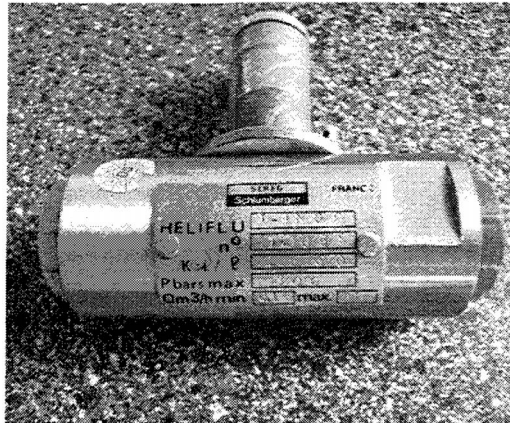
3.5.1 Specificaties turbineflowmeter

Het bedrijf **dat** de kalibratie doet van de **flowmeter** moet minimaal de specificaties **kunnen kalibreren** die de **flowmeter** heeft. De turbineflowmeter heeft een **debiet** van $Q = 0.1 - 1 \text{ m}^3/\text{h}$, een **leidingdiameter** van DN 12. Het debiet wordt op de **liter** nauwkeurig afgelezen, hierdoor is er een **nauwkeurigheid** van 0.1% full scale vereist.

3.5.2 Kalibratie van de turbineflowmeter

Op de **proefbank** is een turbineflowmeter aangesloten van Faure Herman/Schlumberger, Type Heliflu 1INGT. Deze heeft een range van $0.1 - 1 \text{ m}^3/\text{h}$, geeft 2560 pufsen per liter.

Tijdens het **onderzoek** naar een aanwijsinstrument is ook naar bedrijven gezocht die **flowmeters** kunnen kalibreren.



De turbineflowmeter

3.5.3 Methoden om te kalibreren

Om turbineflowmeters te kalibreren worden voornamelijk drie methoden gebruikt: elektrisch, on site en in een teststraat.

- Elektrisch

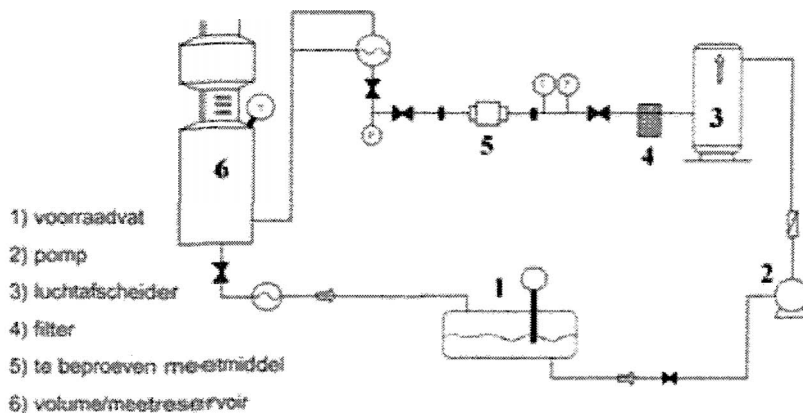
Het signaal van de turbineflowmeter wordt gemeten. Aan de hand van de **K-factor** wordt bepaald wat de **flow** is. Van tevoren is bekend **wat** voor een debiet er stroomt. Deze waarde wordt vergeleken met de **aflezing** van het **aanwijsinstrument**. Het **verschil** tussen de beide waarden is de onnauwkeurigheid. Deze methode is onnauwkeurig omdat niet gemeten wordt **welk** debiet er **werkelijk** door de leiding stroomt. De **gemiddelde** nauwkeurigheid zit op ongeveer 5%.

- On site

Op de **installatie** waar de **flowmeter** in gemonteerd zit wordt een mobiele **gekalibreerde** meter **aangesloten**. Dit kan met een ultrasone flowmeter, die meet welke **flow** er werkelijk stroomt. Het verschil tussen de beide uitlezingen is de **afwijking**. De nauwkeurigheid ligt rond de 0.5%.

Wanneer het **mogelijk** is wordt de vloeistofstroom opgevangen en gewogen. Aan de hand van de dichtheid kan dan het werkelijke debiet bepaald worden.

- Teststraat



Een voorbeeld van een Teststraat

Wanneer de **turbineflowmeter** in een speciale teststraat wordt gekalibreerd dan wordt deze gedemonteerd en opgestuurd naar het bedrijf dat de meter kalibreert. De flowmeter komt dan in de teststraat waarin een bepaald debiet wordt **rondgepompt**. Het debiet wordt gemeten en de vloeistof wordt opgevangen **en** gewogen. Hierdoor krijgt men een zeer nauwkeurige kalibratie. De nauwkeurigheden liggen rond de 0,01% bij deze manier van kalibreren. Het nadeel van deze meting is dat de meter een tot **twee** weken niet beschikbaar is.

Voor de nauwkeurigheid is het ook van belang op hoeveel punten de kalibratie wordt uitgevoerd. De meeste kalibraties bestaan uit een drie of vierpuntsmeting. Indien een meter zeer nauwkeurig gekalibreerd moet worden dan wordt er een negenpuntskalibratie uitgevoerd.

Een **driepuntsmeting** houdt in dat op 33-66-99% van het maximale debiet een meting wordt verricht en de afwijking wordt vastgesteld. Bij een **vierpuntsmeting** wordt het debiet gecontroleerd op 25-50-75-99% van het maximale debiet.

De volgende **bedrijven** zijn benaderd omtrent de kalibratiemogelijkheden:

- Het eerste bedrijf dat benaderd is, is het Duinwaterbedrijf Zuid Holland. Zij kalibreren alle mogelijke typen **flowmeters**. Het kalibreren gebeurt op de volgende manier: er wordt water door **de** flowmeter gepompt en de uitlezing **van de flowmeter** wordt vergeleken met het afgegeven debiet van de pomp. Duinwaterbedrijf Zuid Holland kan kalibreren vanaf diameter DN 2.5, bij deze diameter **geldt** een maximaal debiet van 0.18 m³/h. De kalibratie heeft een **nauwkeurigheid** van 0,3%. De prijzen beginnen bij €179, -
- GTI, **heeft** drie methodes om de meter te kalibreren. De elektrische uitlezing wordt gecontroleerd. Een hoeveelheid brandstof wordt door de flowmeter gepompt en gewogen. **Aan** de hand van de dichtheid kan het werkelijke debiet worden bepaald. De gewogen hoeveelheid brandstof wordt met de uitlezing van de meter **vergeleken**. Daarnaast kan on site een kalibratie uitgevoerd worden met behulp van een tweede flowmeter van GTI die op de leiding wordt geplaatst. Als laatste methode kan de flowmeter worden uitgebouwd en op een teststraat worden aangesloten. De nauwkeurigheden beginnen bij **5%** afwijking en lopen tot 0,5%.
- NMI, kan op verschillende methoden kalibreren. Voor onze toepassing is een drie **puntsmeting** voldoende, deze **heeft** een nauwkeurigheid van 0.1%. De kosten zijn € 760, - inclusief een certificaat, exclusief transportkosten. De diameter van de buis en het debiet zijn geen **probleem**.
- ODS, heeft een aparte opstelling waarmee gekalibreerd wordt. Een hoeveelheid olie wordt door de flowmeter gepompt en opgevangen in een **meetvat**, hierop kan de hoeveelheid olie afgelezen worden **de** doorgepompt is. Deze waarde wordt vergeleken met de uitlezing van de meter. Er kan met nauwkeurigheid van maximaal **0.05%** gekalibreerd worden. De kalibratie op **de** kalibratiestraat kost voor de turbineflowmeter van Stork Turbo Services B.V. rond de €225, -.

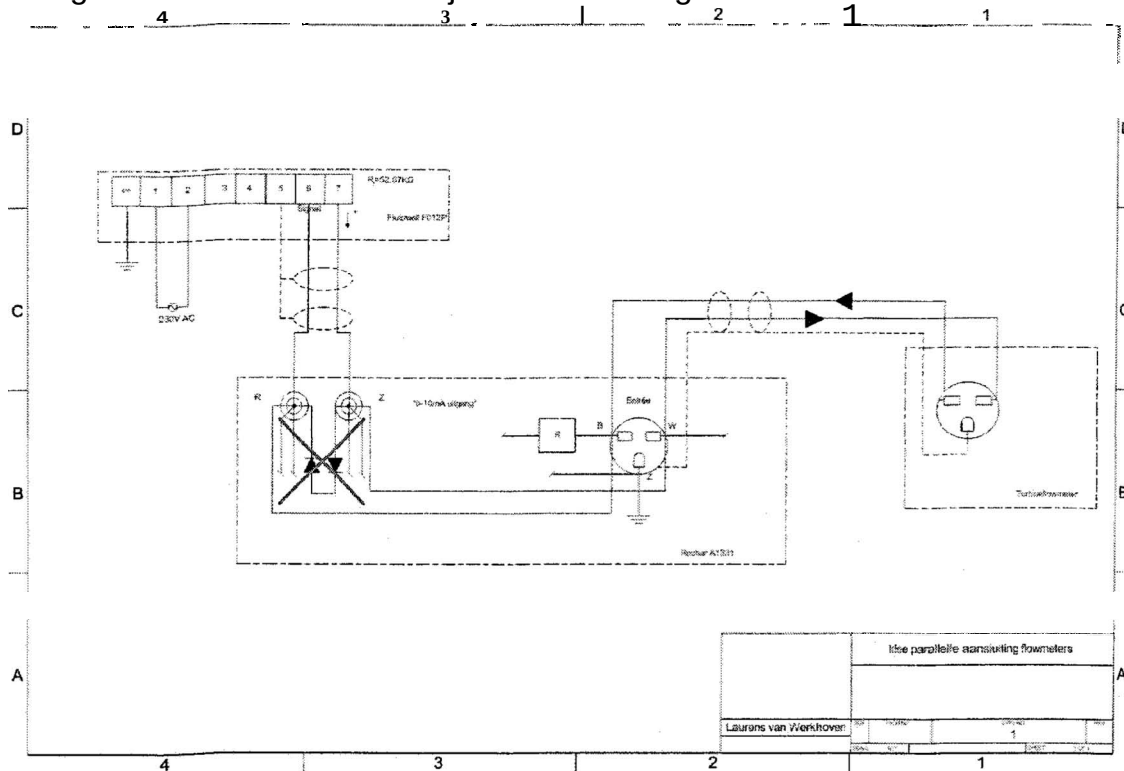
3.5.4 Kalibratie van het nieuwe aanwijsinstrument

Bij de distributeur van het Fluidwell F012 aanwijsinstrument is nagegaan hoe het nieuwe instrument gekalibreerd moet worden. Volgens de fabrikant is het aanwijsinstrument puur voor de uitlezing van de waarden die de flowmeter weergeeft. Daardoor is niet nodig om het aanwijsinstrument te kalibreren. De afwijking zou eventueel ingesteld kunnen worden in de K-factor van het instrument.

3.5.5 Installatie aanwijsinstrument

Het is gewenst dat het oude en nieuwe aanwijsinstrument parallel geïnstalleerd worden. Beide instrumenten kunnen in het begin parallel aangesloten worden om de aflezingen te vergelijken. Een nadeel is dat de turbineflowmeter en het oude aanwijsinstrument direct aangesloten zijn. Er is geen klemmenstrook waar het signaal afgetakt kan worden. Het signaal moet ergens anders afgetakt worden. Deze aftakking zou in het oude instrument gemaakt kunnen worden.

Om er zeker van te zijn dat de oude en het nieuwe aanwijsinstrument parallel aangesloten kunnen worden is het verstandig om een proef te doen. Er kan dan gekeken worden naar de juiste aansluiting.



Het idee voor een parallelle aansluiting

Op 27 april 2006 is een proef uitgevoerd om de aanwijsinstrumenten parallel aan te sluiten. Op de stekker die op de turbineflowmeter zit wordt een frequentiegenerator aangesloten die het signaal simuleert van de turbineflowmeter. Door het signaal op de aansluiting van het oude aanwijsinstrument af te takken zouden beide aanwijsinstrumenten dezelfde waarde moeten weergeven.

Echter tijdens de proef bleek dat deze manier niet werkte. Wanneer een signaal gesimuleerd werd van ongeveer 140 l/h (100Hz, 0.667V) gaf de oude meter 140 liter weer terwijl de nieuwe geen waarde aangaf. Als de spanning opgevoerd werd tot 1.2 volt gaf de oude meter 280 l/h aan en de nieuwe meter gaf 140 l/h uur aan. Als een van beide meters aangesloten werd dan gaven ze beide wel een correcte waarde aan.

De oorzaak kan het verschil in de interne weerstand van de meters zijn. De nieuwe meter heeft een interne weerstand van 56.67 KR en de oude meter heeft een interne weerstand van 6.25Ω. Door dit verschil gaat het signaal makkelijker door de oude meter dan door de nieuwe, waardoor het verschil in uitslag kan worden verklaard.

3.6 Ontwerp inbouw flowmeter

Doordat de interne weerstanden van de meters te veel afwijken is besloten om de meters niet parallel aan te sluiten. De oude meter wordt als reserve gebruikt en de nieuwe meter wordt in het meetpaneel gebouwd. Voor het inbouwen van de nieuwe meter moet er een paneel ontworpen worden waarin de nieuwe meter geplaatst wordt. Het paneel wordt dan op de plek van de oude meter geplaatst. De oude meter is met een connector van Jaeger aan de kabel van de flowmeter aangesloten. De nieuwe meter moet ook een connector van Jaeger hebben om aangesloten te kunnen worden.

De tekening van het ontwerp staat in bijlage II.

Het ontwerp bestaat uit de volgende onderdelen:

Bestelnummer		Omschrijving	Aantal	Prijs p.s.	Prijs
523 103 006		Jaeger cable connector rapid series	1	20.85	
Aanwezig bij	STS	signaalkabel 0.5 meter	2		
Aanwezig bij	STS	plaat 290*200*2mm	1		
Aanwezig bij	STS	Steun 125*150*20mm	2		
		Steun 10*173*20mm			

Benodigheden ontwerp panel

3.7 Conclusie flowmeter

In overleg met Clement de Bruine is besloten dat de Fluidwell F012P het beste aan de eisen **voldoet** omdat deze het signaal van de turbineflowmeter kan **verwerken**. Daarnaast **heeft** het aanwijsinstrument **twee** functies: flowrate en totalizer. Meer functies worden niet gebruikt.

Er is **gekozen** voor de variant met een voeding van **230Vdc** i.p.v. de **10-30 Vac** voeding die **in** bijlage I staat omdat het makkelijker aansluiten is op de **proefbank**. Het **aanwijsinstrument** is op 20 maart '06 besteld bij de importeur Duranmatic B.V. in Dordrecht. De Fluidwell F012P is op 6 april '06 geleverd,

Voor de installatie van de meters is gekozen om alleen de nieuwe meter te installeren omdat tijdens een proef bleek dat de meters niet parallel aangesloten kunnen worden .

Voor de **kalibratie** van het meetsysteem is een driepuntsmeting voldoende. Er **zijn** diverse bedrijven die de **turbineflowmeter** kunnen kalibreren volgens deze methode. Voor het aanwijsinstrument is geen kalibratie vereist omdat het alleen om een uitlezing gaat en niet om een meetinstrument. Volgens de fabrikant heeft de meter een afwijking van 0.05% **full scale** en zal hier niet van kunnen afwijken.

4.1 Deelonderzoek 2 Simulatie

Voor het **onderzoek** naar het functioneren van de beveiligingssystemen zijn diverse werkzaamheden verricht. In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de **werkzaamheden** en de resultaten van het onderzoek.

4.1.i Eisen en wensen simulatie

In het **Turbomeca** verslag van de correlatie test van Jean Marc Gourgues dd. 01/09/2004 **wordt** gesteld dat Stork Turbo Services B.V. jaarlijks bij de kalibratie van de proefbank ook de beveiligingssystemen van het regelpaneel moet **controleren**.

Gecontroleerd moet worden het functioneren van de shutdown systemen van:

- surgedetector
- olie **temperatuur** hoger dan 75 °C
- gas generator overspeed groter dan 110%
- gas generator underspeed lager dan 97%
- uitlaat temperatuur T4 hoger dan 650 °C
- olie **druk** lager dan 0,7 Bar.

Om bepaalde beveiligingen te controleren moet de turbine in bedrijf zijn. Om **deze** functies te **kunnen** controleren moet een simulatie ontworpen worden van de **gehele** cyclus van de Turbomeca Astazou.

4.2 Vooronderzoeken deel 2 Simulatie

Voordat het probleem aangepakt kan worden moeten nog een aantal zaken uitgezocht worden. De onderzoeken staan hieronder vermeld.

4.2.1 Onderzoek beveiligingen

Om te weten welke beveiligingen er getest moeten worden is het nodig om een overzicht te **maken** van deze beveiligingen in de regelkast.

Voordat de **turbine** gestart kan worden moeten aan een drietal voorwaarden worden voldaan **alvorens** het signaal "Ready for Start" gegeven wordt. Er moet aan de volgende **voorwaarden** worden voldaan:

- **High** resid uitlaattemperatuur **T4**

Voor de start **mag** de uitlaattemperatuur niet hoger zijn dan 100°C. Dit is om te voorkomen **dat** de rotor nog doorgebogen is. Wanneer er dan gestart wordt dan kan er ernstige **schade** optreden aan de gehele turbine.

- **Low oil pressure**

Op de turbine is een schakelaar aanwezig die aangeeft wanneer er voldoende oliedruk aanwezig is. Voordat de turbine start, moet de schakelaar gesloten zijn. **Als** dit niet het geval is, dan is de schakelaar stuk. Een turbine kan geen oliedruk hebben als **deze** niet gestart is.

- **Power pressure** switch closed

De power **pressure** switch is een sensor die aangeeft wanneer de turbine gereed is voor belasting. Deze indicator mag geen signaal geven voordat de machine **start**; een turbine **kan** niet klaar zijn voor belasting als deze geen vermogen levert.

De volgende **beveiligingen** gelden tijdens de start up en het on load draaien:

- Ignition high time

Als binnen **12** seconden na het starten de uitlaattemperatuur, T4, niet hoger is **dan 250°C** dan volgt de melding "Ignition high time". De turbine komt dan niet door de eerste fase v a n de start en de cyclus wordt afgebroken waardoor de motor stopt.

- Starting high time

De turbine **moet** binnen 45 seconde op 55% van het bedrijfstoerental draaien anders volgt d e melding "Starting high time". Wanneer dit niet gebeurt dan stopt de motor.

- Starting maxi T4

Als er tussen een toerental van 55-97% een uitlaattemperatuur wordt gemeten v a n **630°C** dan **moet** de machine stoppen op de melding "**starting maxi T4**".

- Low oil Pressure

Voordat de **turbine** een toerental van 97% heeft moet een smeeroliedruk bereikt zijn van **0.7bar**. Als dit niet het geval is moet de turbine stoppen.

- Power pressure switch

Op 97% **van** het maximale R.P.M. moet de "power pressure switch" geschakeld worden. Dit betekent dat de turbine klaar is voor **belasting** en dus de **opstartcyclus** heeft **beëindigd**.

- Underspeed

Tevens wordt tijdens het **belast, "on load"**, draaien op underspeed gecontroleerd, de toeren van de turbine **zakken** dan onder 95% R.P.M..

- T4-line defect

Als er een R.P.M. van 97% is bereikt en de indicator van de uitlaattemperatuur geeft minder dan **150°C** aan dan moet de turbine stoppen op "T4 line defect".

- Maxi T4

Als tijdens het **on load** draaien een T4 wordt gemeten van 630°C dan moet de turbine gestopt worden, omdat dan de uitlaattemperatuur **te hoog** is.

- Oil Temperature

De olietemperatuur mag niet boven de 90°C komen wanneer de turbine in bedrijf is.

- Surge

Als een drukval van 13 millibar wordt gemeten in de inlaat-cone dan moet de turbine stoppen aan de hand van de surgedetector.

- Overspeed

Tevens wordt bij het on load draaien op overspeed gecontroleerd, de toeren van de turbine bereiken dan 47.641 R.P.M. oftewel 110%.

In het schema op bladzijde 31 staan de voorwaarden tot het belast draaien vermeld, hierin zijn ze gekoppeld aan het toerental van de motor en de tijd.

4.3 Specificaties van het huidige systeem

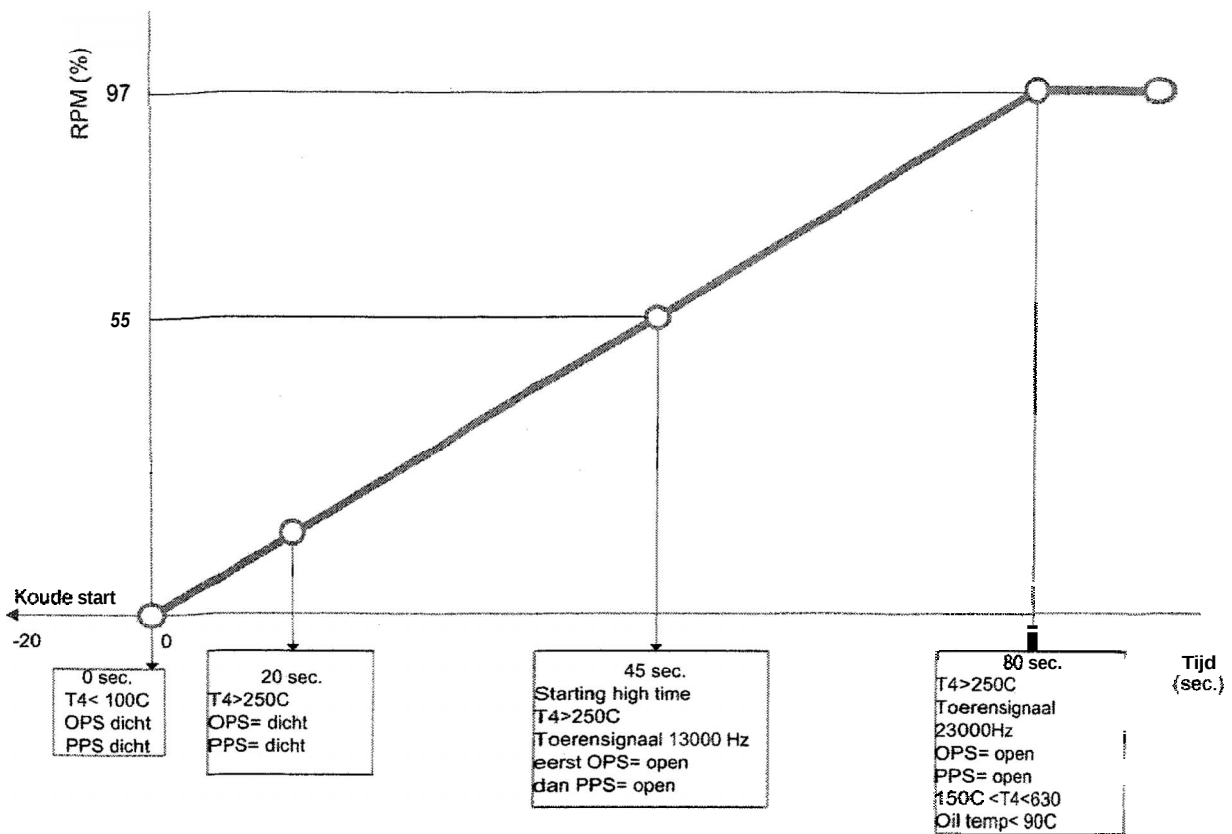
Een Siemens S-5 PLC regelt en controleert de Turbomeca Astazou als deze getest wordt op de proefbank. De PLC ontvangt diverse signalen van de gasturbine en controleert de waarden met de protocollen die gelden voor de Turbomeca Astazou. Dit houdt onder andere in dat de PLC de turbine stopt als niet aan deze voorwaarden wordt voldaan.

4.4 Het onderzoek

Tijdens het **uitvoeren** van de opdracht zijn de volgende zaken onderzocht en de daarbij **behaalde** resultaten staan er ook vermeld.

4.4.1 Start u p en on load cyclus

Om te weten wanneer elke beveiliging in werking treedt, is het van belang om de complete cyclus in kaart te brengen van de Start cyclus van de turbine. In het **figuur** hieronder **staat** de cyclus in grafiekvorm. Op de y-as staat het toerental in % R.P.M. en op de X-as staat de tijd in seconde, met de acties die van belang zijn voor de Siemens S5 PLC.



Grafiek normale start up van de Turbomeca Astazou

In de grafiek zijn de **voorwaarden** weergegeven die de regelkast waarneemt en controleert. De voorwaarden moeten voor het genoemde tijdsinterval gelden anders stopt de turbine op een van de eerder genoemde beveiligingen.

4.4.2 Methode

De methode om de beveiligingen te controleren moet zo veilig mogelijk zijn. De PLC die op de proefbank gebruikt wordt, is een Siemens S-5. Aangezien deze PLC niet meer geproduceerd wordt en de onderdelen kostbaar zijn, is het niet verstandig om aan de klemmenstroken van de regelkast veranderingen aan te brengen, omdat er dan kortsluiting kan ontstaan.

Het idee is dat de uitgangen van de sensoren gesimuleerd worden. Op de proefbank zijn de meeste sensoren aangesloten op twee stekkeraansluitingen; de commande- en de controlestekkers. Dit zijn twee connectoren met 37 en met 19 contactpunten. De PLC stuurt de turbine op de proefbank met behulp van deze connectoren aan. Op het frame van de turbine zijn de male-connectors bevestigd en aan de kabel van de regelkast zijn de female-connectors bevestigd. De contactpunten zijn genummerd. Waaraan de instrumentatie correct kan worden aangesloten. De contacten 8 en 12 op de controle stekker zijn bijvoorbeeld voor de thermoswitch van de olie.

Op de controle stekker zitten voornamelijk de sensoren zoals de brandmelders, de thermosonde van de olie, het thermocontact, de koude las compensatie, de toerenpick-up en de uitlaatemperatuur.

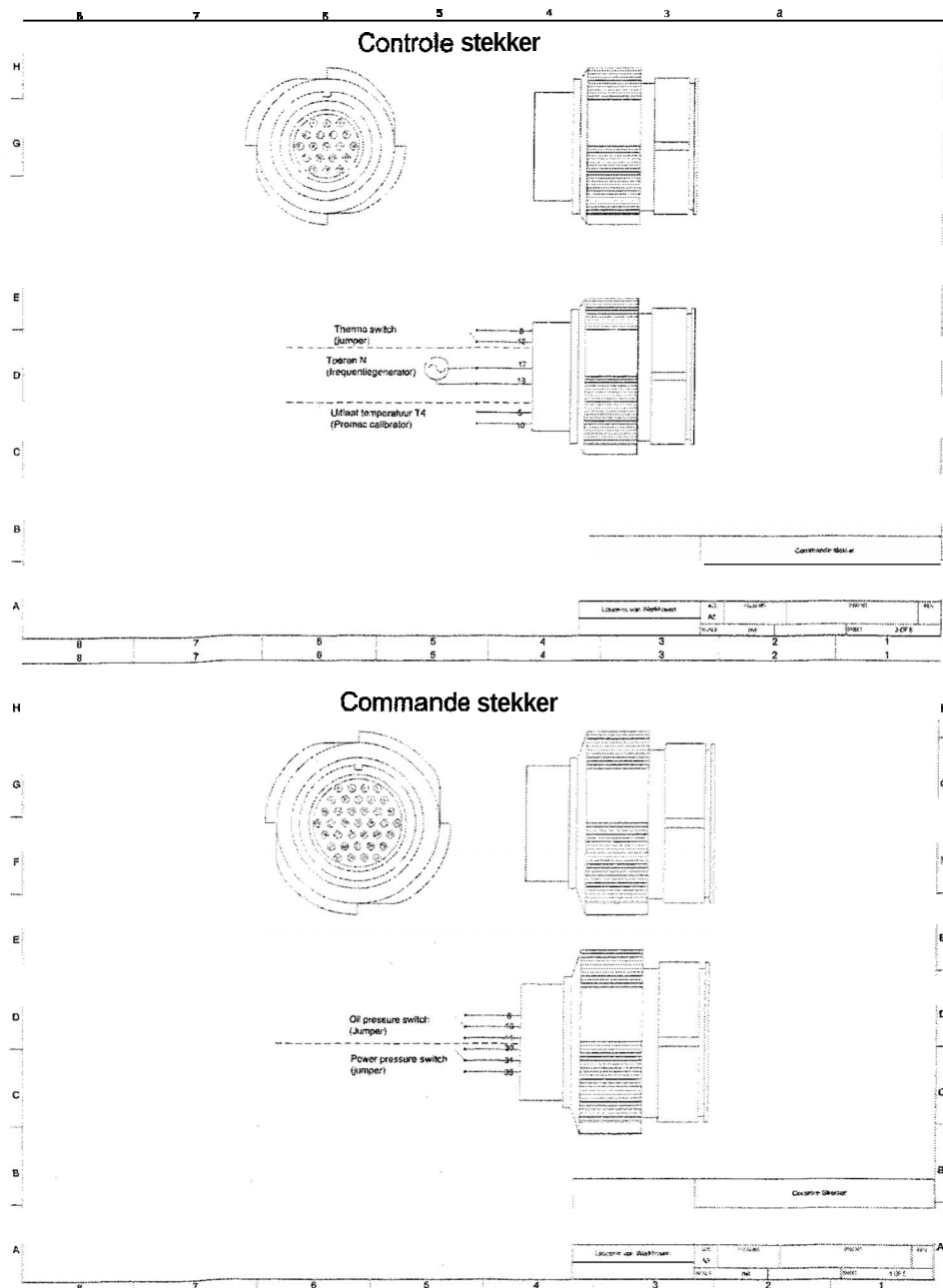
Op de commande stekker zijn de elektromagnetische kleppen, de reguleur, Oil pressure switch, power pressure switch, en het bloc de demarrage aangesloten. Deze onderdelen regelen het brandstof- en oliecircuït.

Wanneer een signaal gezet wordt op de juiste contactpunten dan, "denkt" de regelkast dat er een turbine is aangesloten op de proefbank. Bijvoorbeeld: wanneer er binnen 12-13 seconde na de start geen uitlaatemperatuur is van 250°C dan volgt de shutdown mode "Ignition high time". Om dit te kunnen simuleren moet op de contacten van de uitlaatemperatuur T4 op de controlestekker, een signaal gesimuleerd worden dat overeenkomt met minder dan 250°C. De verwachting is dat de regelkast de melding dan niet geeft en het signaal "emergency stop" geeft. Op bladzijde 33 staat weergegeven hoe de meters aangesloten zouden kunnen worden.

Het is voor deze methode vereist dat alle sensoren bekend zijn die de regelkast gebruikt. Daarnaast moet het duidelijk zijn wat de schaal is van iedere sensor en wanneer ze welke waarde moeten hebben.

Om de sensoren te kunnen simuleren zijn in ieder geval de volgende instrumenten nodig: Promac Kalibrator voor de thermokoppels, een frequentiegenerator voor de toeren pick-up en jumpers voor diverse schakelaars zoals de power pressure schakelaar.

Er moet een duidelijk schema komen waarin staat op welk tijdstip bepaalde handelingen verricht moeten worden en wat het gevolg hiervan is. Voor een compleet beeld van de mogelijkheden voor het simuleren van een regelkast is er ook contact opgenomen met gespecialiseerde bedrijven het resultaat hiervan staat vermeld in bijlage III.



De female connectoren met de aansluitingen voor de instrumentatie

4.4.3 Benodigde instrumenten

Om alle signalen te kunnen simuleren die van belang zijn tijdens de controle, is de volgende instrumentatie nodig:

Wat	Waarvoor
Jumper	Low oil pressure switch
Jumper	Power pressure switch
Jumper	Surgedetector
Jumper	Oil temperature
Promac kalibrator	T4 Thermokoppel
Frequentie-generator	Toeren N
Digitale Multimeter/kalibrator	Frequentie van de frequentiegenerator weergeven
Chronometer	Tijd

Benodigdheden simulatie

4.4.4 Schema van de simulatie

De volgorde van de simulatie is bepaald aan de hand van de normale cyclus van de turbine. In bijlage IV staat de complete simulatie in grafiekvorm, de grafiek werkt op dezelfde manier als de grafiek van de normale cyclus. De gedetailleerde beschrijving van de simulatie staat in bijlage V.

Hoe de **start-sequence** verloopt staat beschreven in het hoofdstuk: "Start-up en on load cyclus". Aan de hand van deze volgorde moet de machine ook "gestart" worden en **gesimuleerd** worden als er on load gedraaid wordt.

De startvoorwaarde

Voordat er **gesimuleerd** wordt, moet het 24V gelijkstroom circuit uitgeschakeld worden **anders** treedt de startmotor van de turbine in werking die eventueel op de **proefbank is** gemonteerd. Het is niet de bedoeling dat de turbine echt start!

Voordat de **turbine** gestart kan worden, moet aan een drietal voorwaarden worden voldaan alvorens het signaal "Ready for Start" gegeven wordt. Het is van belang om als eerste **te** controleren of de regelkast de turbine op een juiste manier vrijgeeft. De **voorwaarden** kunnen op de volgende manier getest worden:

- High resid **T4**

Als eerste **kan** de functie "high resid **T4**" gesimuleerd worden. Er moet een signaal op de **aansluitingen** worden gezet van de controlestekker, dit signaal moet overeenkomen met meer dan 100°C. Dit kan gesimuleerd worden met een Pronac Kalibrator. Op de regelkast moet het LED lampje gaan branden (high resid **T4**) **als** het signaal gesimuleerd wordt.

- Oil **pressure** switch defect

Om de functie "Oil **pressure** switch defect" te testen kan een "jumper" geplaatst worden op de aansluitingen op de commande stekkeraansluiting, de LED "Oil **pressure** switch defect" gaat nu branden. **Om** het signaal Ready to start te krijgen moet de switch dicht staan. Als de switch gesloten is, moet het LED lampje gaan branden, "low oil pressure".

- Power **pressure** switch

De "Power **pressure** switch" kan ook op de hierboven genoemde manier gesimuleerd worden. Er kan een "jumper" worden geplaatst op de aansluitingen van de commande stekker. Het LED lampje van de "power **pressure** switch" is dan **uit**. Om de gehele start-sequence te kunnen doorlopen moet de schakelaar dicht **zijn**, het LED lampje moet niet branden.

4.4.5 De simulatie

Voordat er **gestart** wordt, moet aan alle eerder genoemde startvoorwaarden worden voldaan.

Vervolgens moet er binnen de gestelde **tijd/ R.P.M.** de volgende simulaties gedaan worden.

- Ignition **high** time

Als binnen **12** seconden de uitlaattemperatuur T4 niet hoger is dan 250°C dan volgt de melding "**Ignition high time**". Het signaal kan met de Promac Kalibrator gesimuleerd worden, deze is aangesloten op de contacten van de controle stekker. Het LED lampje moet gaan branden, dit is het lampje van "Ignition high time".

- Starting high time

De turbine **moet** binnen 45 seconden, een R.P.M. hebben van 55% anders **volgt** de melding "**Starting high time**". De frequentiegenerator moet dan een frequentie afgeven die **niet** hoger is dan 13000Hz. De frequentiegenerator moet op de controlestekker worden aangesloten. Er komt dan een melding op de LED "**Starting high time**".

- Starting maxi T4

Als tussen de R.P.M. van 55-97% een T4 wordt gemeten van 630°C dan moet **de** machine stoppen op de melding "starting maxi T4". LED lampje moet dan gaan branden. Het signaal wordt gesimuleerd door de Promac Kalibrator, deze moet aangesloten zijn op de controlestekker.

- Low oil **Pressure**

Bij 97% R.P.M. moet er een smeerolie druk zijn van minimaal 0.7 bar. Als op de schakelaar zelf met behulp van een "jumper" een verbinding wordt geforceerd, zal de regelkast het signaal krijgen dat de oliedruk goed is.

Als dit niet gebeurt dan zal de turbine stoppen op "**Low Oil pressure**".

- Power **pressure** switch

Op 97% van het maximale R.P.M. moet de "power **pressure** switch" geschakeld worden, de **frequentiegenerator** zal een frequentie afgeven van 23000Hz. De jumper moet heel even worden geschakeld tussen de contacten op de **commande** stekker. Op de regelkast zal het LED lampje gaan branden, "**Power Pressure switch**".

Als de Power **Pressure** Switch schakelt **dan** moeten de LED lampen van Bleed **e.v** en Load e.v. gaan branden. Dit betekent dat de turbine belast kan worden en dus door de opstartcyclus is.

- Underspeed

Tevens kan **bij** een R.P.M. van 97% underspeed gesimuleerd worden door de frequentiegenerator van 23000 naar **21400Hz** in te stellen, dit komt overeen met **95%** van de maximale R.P.M.. De turbine moet eerst een R.P.M. van 97% gehaald hebben **voordat** deze beveiliging getest kan worden. De frequentiegenerator is **aangesloten op** de controlestekker.

- T4-line defect

Wanneer de turbine een R.P.M. van 97% bereikt en de uitlaattemperatuur lager is dan **150°C dan** moet de machine stoppen op "T4 line defect". Dit kan met de **Promac Kalibrator**. Op de controlestekker moeten de Kalibrator worden aangesloten.

- Maxi T4

Als tijdens 97% R.P.M. de **T4** wordt **op** 630°C ingesteld wordt dan moet het LED lampje van "**Maxi T4**" gaan branden. De maximale uitlaattemperatuur is dan **overschreden**.

- Oil Temperature

Tijdens on **load** draaien van de turbine **mag** de smeeroliettemperatuur niet boven de 90°C komen. Op de controlestekker moeten de contacten doorverbonden worden om de **beveiliging** te activeren. De LED lampjes van **Oil temp** zullen oplichten. Deze **controle** kan onafhankelijk van andere **signalen/** controles uitgevoerd worden.

- Surge

Als er een **drukval** wordt gemeten in de inlaat-cone dan moet de turbine **stoppen** op surge, De **contactpunten** op de stekkeraansluiting van de surgedetector zelf worden tijdens de **controle** doorverbonden. Deze controle kan onafhankelijk van andere **signalen/** controles uitgevoerd worden.

- Overspeed

Wanneer de Overspeed gesimuleerd wordt dan moet de frequentiegenerator op **25160Hz** ingesteld worden, dit komt overeen met **110 %** van het maximale R.P.M.. Dit kan pas ingesteld worden na dat **de** turbine de **97%** R.P.M. heeft bereikt. Op het **paneel van** de regelkast moeten dan **de** LED lampjes van "Overspeed" gaan branden. De frequentiegenerator moet aangesloten worden op de **controlestekker**.

4.5.1 Resultaten van de simulatie

De controle is op 17 maart 2006 uitgevoerd op de proefbank van de Astazou in Den Helder op Marine Vliegveld "De Kooy". De controle is uitgevoerd door: J.P. Hiemstra, MVKK meetkamer, Clement de Bruine, Stork Turbo Services B.V. en Laurens van Werkhoven, afstudeerder Hogeschool Utrecht.

Het is de bedoeling dat alle beveiligingen getest kunnen worden zonder dat er een turbine is gemonteerd op de proefbank. Dit houdt in dat alle sensoren die op het Siemens **S-5** regelpaneel aangesloten zijn, gesimuleerd worden.

In de twee weken voor de controle is het programma voor de simulatie gemaakt en is de volgorde bepaald waarin controles uitgevoerd worden en hoe ze uitgevoerd moeten worden. De volgorde van het testen is gebaseerd aan de hand van voorkomen in de **sequential** van de Turbomeca Astazou. De apparatuur die de signalen simuleren is aan gesloten op de commande en controle stekker van de proefbank.

Tijdens de controle is er eerst geprobeerd om de Start te simuleren en daarna **On Load** te draaien om vervolgens alle beveiligingssysteementen te testen. Tijdens het simuleren van de start bleek dat een aantal simulatiemethodes gewijzigd **moesten** worden, omdat het anders bleek te functioneren dan van tevoren verwacht. Met name de Power **Pressure** Switch en de Oil **Pressure** Switch hadden nog enig aanpassingen nodig. De andere veranderingen zijn in dit document aangegeven.

Tijdens de controle zijn de volgende beveiligingen gesimuleerd:

- Ready for start

De Oil **Pressure** Switch en de Power **Pressure** Switch moeten gejumperd worden op de contacten 10-11 en 30-31 van de controle stekker i.p.v. alleen de Oil **Pressure** Switch jumperen op 10-11.

De uitlaatemperatuur T4 mag maximaal 90°C zijn. Daarnaast mag de frequentiegenerator geen frequentie afgeven voordat er gestart wordt.

Tijdens de controle moesten alle bovengenoemde condities aanwezig zijn anders werd het signaal "Ready for start" niet gegeven, waaruit opgemaakt kan worden dat de functie werkt.

- Ignition high time

Deze functie werkte tijdens de controle goed. Als een van de jumpers niet schakelde binnen de gestelde tijd of **T4** te laat werd verhoogd, gingen de LED lampen "Stop" en de "Ignition high time" branden op de regelkast. Het signaal werd na 20 seconden afgegeven i.p.v. de vooraf gestelde 12 seconden. Deze functie is in orde.

- Starting **high time**

Tijdens de **controle** is gebleken dat het **jumperen** als volgt moet gebeuren. De **Oil Pressure Switch** moet van 10-11 naar 10-8 omgestoken worden en de **Power Pressure Switch** moet van 31-30 naar 31-35 en na een seconde weer terug naar **30-31** geschakeld worden. Daarnaast moet de frequentie van de toeren pick-up ingesteld **worden op** minimaal **13000Hz**. Gebeurt dit niet dan worden de meldingen " Stop" en "**Starting high time**" gegeven. Deze functie werkt correct.

- Starting **maxi T4**

Als er tijdens de start een uitlaattemperatuur werd gemeten van 630°C dan werd er een melding gegeven van "Stop" en "Starting maxi **T4**". Deze temperatuur ligt lager dan die 650 °C, zoals in de beschrijving staat. De afwijking komt doordat de maximale uitlaattemperatuur in het verleden is aangepast, deze functie werkt correct.

- **Oil pressure** switch defect

Als tijdens het starten de **Oil pressure** Switch of de **Power Pressure** Switch niet **op het juiste moment** geschakeld worden, dan wordt het signaal "**Oil pressure** switch defect" en "Stop" gegeven. Dit gebeurde tijdens de controle, dus werkt de functie.

- **T4-line** defect

Wanneer tijdens de test het signaal van de **T4** onderbroken werd, dat werd onmiddellijk het signaal "**T4-line** defect" en "Stop" gegeven. Deze signalen werden ook gegeven als de temperatuur te **laag** bleef, hieruit blijkt dat de functie werkt.

De volgende functies kunnen pas worden getest als de **LED** lampjes van "Load **e.v.**" en "Bleed e.v." branden. De turbine draait dan "On Load".

- **T4** maxi

De functie werkte naar behoren, het beveiligingssysteem schakelde bij de gecorrigeerde waarde van 630°C in plaats van 650°C.

- Underspeed

Deze functie werkt naar behoren echter schakelde bij **21400Hz** i.p.v. **21680Hz**. Deze **afwijking** kan komen door de onnauwkeurigheid van de **aflezing** op de gebruikte **frequentiegenerator**.

- Overspeed

Deze functie werkt naar behoren echter schakelde bij **25160Hz** i.p.v. **24626Hz**. Deze afwijking kan komen door de onnauwkeurigheid van de **aflezing** op de gebruikte frequentiegenerator.

- Surge

Deze functie is niet gecontroleerd omdat het nog niet duidelijk is hoe dit moet gebeuren. Er moet nog enige studie verricht worden naar de beste methode om deze functie te testen.

- Olietemperatuur voor de koeler.

De olietemperatuur is wel getest maar deze werkte niet. Als de Fluke Kalibrator werd aangesloten op de stekkeraansluiting van het thermokoppelement dan reageerde de functie niet op een overschrijding van de maximale temperatuur. Dit is getest tot 130°C terwijl 90°C de limiet is.

Wanneer de Fluke aangesloten werd op de aansluitingen 8 en 12 van controle stekker en een temperatuur gesimuleerd wordt, dan komt er direct een melding "oil temp", ook als de temperatuur op 30°C wordt ingesteld. De Fluke gaf aan dat er een storing in de schakeling van de olietemperatuurmeter zit. Deze moet daarom gecontroleerd worden. Daarnaast moet er gekeken worden waar de kalibrator het best kan worden aangesloten.

4.5.2 Tweede controle

Op 30 maart 2006 is een tweede onderzoek geweest omtrent de twee overgebleven beveiligingen, de surgedetector en de olie temperatuur. Beide metingen kunnen los van andere systemen uitgevoerd worden.

Voor de surgedetector was nog geen controle gevonden. De surgedetector kan gecontroleerd door de stekker los te draaien en de aansluitingen B en C door te verbinden met een jumper.

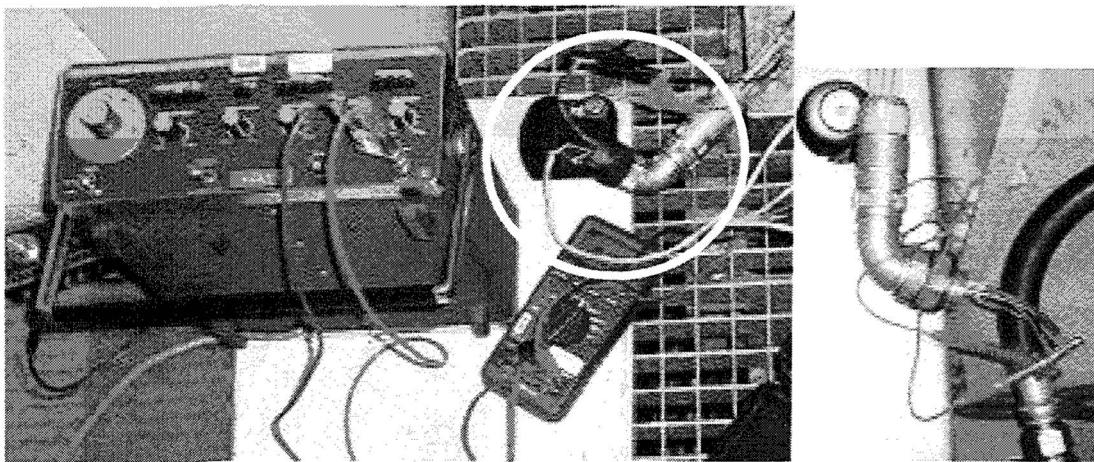
Tijdens de eerste controle was er ook een probleem met de olietemperatuur. Door de schakeling te controleren aan de hand van de tekeningen, bleek het om een schakelaar te gaan. Door een jumper te plaatsen op de contacten 8-12 van de controlestekker is het mogelijk om deze beveiliging te controleren.

4.5.3 Resultaat simulatie

Aangezien de controle nog niet eerder was uitgevoerd, kan de test als succesvol worden beschouwd omdat het gelukt is om de Start en de On load sequentie te simuleren van de Turbomeca Astazou. Tevens is het merendeel van de beveiligingssystemen gecontroleerd en deze bleken te werken. De anti surge beveiliging en de olietemperatuur hadden nog extra onderzoek nodig. Na extra onderzoek is duidelijk geworden dat de overgebleven twee beveiligingen toch werken. De volgende stap is om een betere aansluiting te ontwerpen voor de controle van de beveiligingssystemen.

4.6.1 Ontwerp aansluiting

Tijdens de controles van 17 maart en 30 maart 2006 werd alle instrumentatie **direct** aangesloten op de commande- en controlestekkers. Om de instrumentatie aan **te** sluiten zijn **losse** pennen met ongeveer **10** cm draad gebruikt. Deze pennen zijn normaal gesproken in de "receptacles" gemonteerd. Dit zijn de connectoren op het frame van de turbine. De weergave van de aansluitingen staat in het figuur hieronder.



De aansluiting op de controle stekker (links, omcirkeld) en de aansluiting op de commande stekker (rechts)

Op de commande- en controlestekkers zijn **de** contactpunten met nummers aangegeven, echter door het gebruik en het slechte licht zijn de nummers niet **goed** leesbaar. Wanneer in de toekomst de controle opnieuw wordt uitgevoerd, zou het verstandig zijn om een box te maken waarin **alle** aansluitingen zitten die nodig **zijn** voor de **controle**.

In de box worden de jumpers vervangen door **2-** en **3-wegschakelaars** en om de Promac kalibrator en de functiegenerator aan te sluiten kunnen 4mm sockets gebruikt worden. Door de **schakelaars** en de sockets te verbinden aan de receptacles is het mogelijk om de meetapparatuur **aan** te sluiten op de commande en controlestekkers. Hierdoor kan alle instrumentatie eenvoudiger aangesloten **worden**. De **ontwerptekening** staat in bijlage VI.

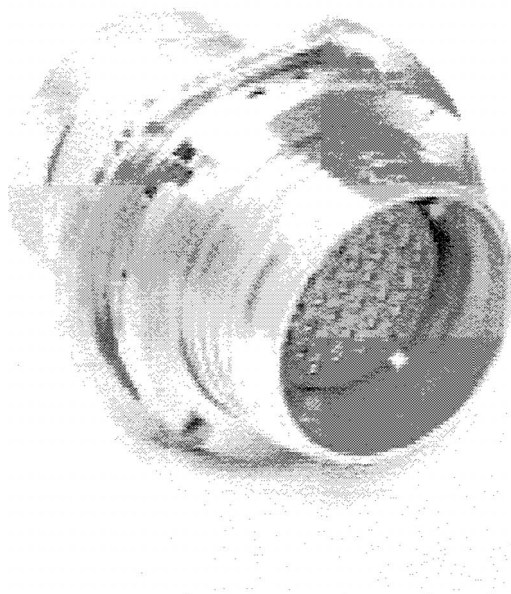
Voor dit **ontwerp** zijn de volgende onderdelen nodig:

Bestelnummer	Afmetingen (mm)	Omschrijving	Aantal	Prijs p.s.	Prijs
864-1668 (Farnell)	80*80*40	Box	1	1.45	1.45
335-8550 (Farnell)	27.5*21	Schakelaar SPDT	3	1.63	4.89
4435-229 (Farnell)	12	4 mm Socket rood	2	10.95	21.90
4435-230 (Farnell)	12	4 mm Socket zwart	2	10.95	21.90
901-92-R-37-0-PN		Deutsch Receptacle 37 pin male	1	--	--
901-92-R-19-0-PN		Deutsch Receptacle 19 pin male	1	--	--
				Totaal	50.14

Benodigheden ontwerp simulatiebox

De bedrading en toebehoren zijn aanwezig bij Stork Turbo Services B.V..

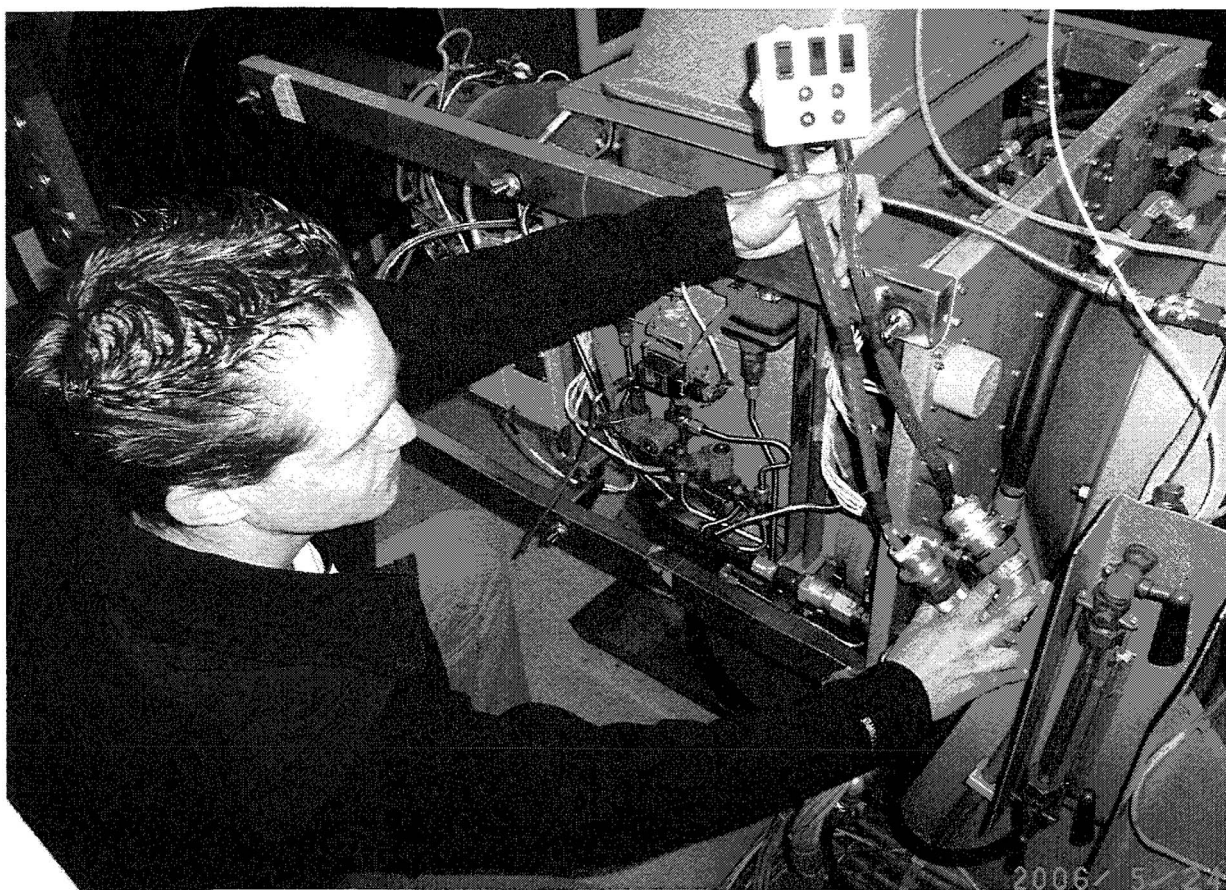
De Deutsch connectoren zijn afkomstig van afgekeurde kabelbomen, en het is niet nodig om te bestellen.



De receptacle van Deutsch

4.6.2 Realisatie simulatiebox

In de week van maandag 15 mei 2006 zijn de onderdelen besteld en geleverd voor het ontwerp van de simulatiebox. Op 23 mei 2006 is de simulatiebox in elkaar gezet door een monteur van Stork Turbo Services b.v.. De simulatiebox is op de proefbank op 24 mei 2006 voorzover mogelijk getest. De schakelaars van de Power Pressure Switch, Oil Pressure switch en de olie temperatuur zijn getest en goedgekeurd. Het was niet mogelijk om de aansluitingen van het toerental en het thermokoppel te testen omdat de nodige apparatuur niet beschikbaar was.



De simulatiebox

Op het bovenstaande figuur is de simulatiebox te zien, dat is aangesloten op de connectoren van de regelkast van de proefbank. Normaal zijn de connectoren aangesloten op de Turbomeca Astazou (op de achtergrond).

4.7 Conclusie simulatie

Door de **beide** controles is het duidelijk geworden, hoe alle beveiligingssystemen werken en w a t alle voorwaarden zijn. Het is nu duidelijk hoe alle beveiligingen werken en **het** belangrijkste is, dat in verband met de verplichte jaarlijkse correlatietest met de **Turbomeca Astazou** moedertestcel, aan Turbomeca gerapporteerd kan worden dat alle beveiligingssystemen van de gasturbine proefbank correct werken.



5 Deelonderzoek 3 Kalibratie procedure trillingmeetsysteem

5.1.1 Eisen en wensen van de procedure

De oude **procedure** moet aangepast worden aan de nieuwe situatie, er moet rekening gehouden met de ISO-9001 norm.

5.1.2 Specificaties van het huidige probleem

Het oude **trillingmeetsysteem** bestond uit een trillingsopnemer van Transamerica Delaval CEC4-126 en een Hewlett-Packard 3580A analyzer. Dit systeem is veranderd **en** bestaat nu uit de volgende onderdelen:

- een Vibro-meter CA-135, piëzo-elektrische trillingsopnemer,
- een Dymac IPC 704, **signal** conditioner,
- een Dymac GSI 130, separation unit,
- een SKF Microlog CMVA 60, monitor

Het **meetsysteem** wordt een keer per jaar gekalibreerd volgens een procedure. **In** deze procedure staan alle methoden en toleranties vermeld van de kalibratie. De trillingsopnemer wordt op een **triltafel** aangesloten en **er** worden twee monitors aangesloten, een gekalibreerde monitor van de Koninklijke Marine en de monitor van Stork Turbo Services B.V.. Tijdens de kalibratie worden de uitlezingen **van de** monitors vergeleken en bepaalt of dit binnen de norm valt. Mocht hier een afwijking in zitten dan **moeten** alle onderdelen apart gecontroleerd worden. Hieruit moet blijken in welk onderdeel de afwijking **zit**. Vervolgens kan dit onderdeel apart gekalibreerd worden, zodat het meetsysteem de correcte waarden weergeeft.

5.2 Het onderzoek

Om wijzingen door te voeren in de procedure om het trillingsmeetsysteem te controleren **zijn** de volgende onderzoeken uitgevoerd.

5.2.1 Bepaling totale fout

De bepaling van de totale toevallige fout van de complete opstelling is berekend aan de hand van de foutenvoortplantingswet van Gauss:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_a)^2 + (\sigma_b)^2 + (\sigma_c)^2}$$

In de trillingsmeetopstelling zijn de volgende toevallige fouten aanwezig:

Fout in de gevoeligheid opnemer	5%	σ_{accg}
Lineariteit in de accelerometer	2%	σ_{acc}
Fout in overdracht CA135 naar IPC 704 :	5%	σ_{acct}
Lineariteit van de conditioner	0.2%	σ_{con}
Lineariteit van de Separator	0.5%	σ_{sep}
Fout in input SKF CMVA 60	1%	σ_{skfi}
Fout in read out SKF CMVA 60	0.01%	σ_{skfr}

De fouten in de bovenstaande lijst komen uit de documentatie die bij de componenten uit het meetsysteem hoort.

De formule voor de foutenvoortplantingswet wordt nu als volgt:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_{accg})^2 + (\sigma_{acc})^2 + (\sigma_{acct})^2 + (\sigma_{con})^2 + (\sigma_{sep})^2 + (\sigma_{skfi})^2 + (\sigma_{skfr})^2}$$

$$\sigma_t = \sqrt{(5\%)^2 + (2\%)^2 + (5\%)^2 + (0.2\%)^2 + (0.5\%)^2 + (1\%)^2 + (0.01\%)^2}$$

$$\sigma_t = 7.4\%$$

De maximale totale afwijking van de trillingsmeetopstelling is 7.4% van de afgelezen waarde.

Voor de fout in de SKF Microlog CMVA 60 geldt de volgende berekening:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_{skfi})^2 + (\sigma_{skfr})^2}$$

$$\sigma_t = \sqrt{(1\%)^2 + (0.01\%)^2}$$

$$\alpha = 10\%$$

De mogelijke totale afwijking in de SKF Microlog CMVA 60 is dus 1%.

Voor alle andere onderdelen geldt maar één fout. Hiervoor is de wet van Gauss **niet** van belang. **Deze** geldt alleen als er meerdere fouten in een systeem aanwezig zijn.

5.3 Controle van de verschillende onderdelen

Alle onderdelen moeten apart gecontroleerd worden als er een afwijking wordt gemeten die **groter** is dan 7.4% van de ingestelde waarde. Voor **elk** onderdeel moet de controle als volgt gebeuren:

- Trillingsopnemer:** Alleen mogelijk met een speciaal kalibratie apparaat, dat beschikbaar is bij de Koninklijke Marine
- Signal conditioner:** Afwijking kan niet veranderen, deze wordt bepaald bij de kalibratie in de fabriek
- Separation unit:** Afwijking kan niet veranderen, deze wordt bepaald bij de kalibratie in de fabriek
- Monitor:** Op de opstelling zijn twee monitoren aangesloten, als de monitoren verwisseld worden, kunnen de uitgelezen waarden vergeleken worden en bepaald worden of **deze** waarde klopt.

Het **belangrijkste** zijn de controles van de monitor en de **trillingsopnemer**. De **andere componenten** versterken alleen signaal en meter niets. In de praktijk blijkt ook dat meestal de fout in de trillingsopnemer of in de monitor zit.

5.4 Oplossing

In de **procedure** zijn vooral de opbouw van de opstelling, de meetfout en de invulbladen **gewijzigd**. De waarden waarop de test wordt uitgevoerd zijn ook aangepast. **De** maximale trillingswaarde is gewijzigd van 60 naar 30 mm/s. **Deze** is ook **meegenomen** in de procedure. De test wordt nu op maximaal 30mm/s uitgevoerd in plaats van 45mm/s. De grootste wijzigingen zijn doorgevoerd in de controle van de onderdelen. De conditioner en de separator van het meetsysteem kunnen geen afwijking hebben, deze hebben geen uitlezing en meten ook niks. Het signaal wordt alleen getransformeerd naar een geschikt signaal voor de **analyzer**. Echter hebben ze wel een **lineariteitsfout**, die in de bepaling voor de totale afwijking is **meegenomen**.

De opnemer **en** de analyzer moeten gecontroleerd worden op de in hst. 5.3 beschreven **manier**.

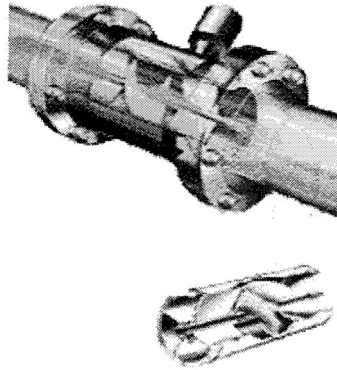
De **procedure** is gewijzigd en staat vermeld in bijlage VII.

5.5 Conclusie **Trillingsmeting**

Doordat er een nieuw trillingmeetsysteem wordt gebruikt kan er nauwkeuriger worden **gemeten**. De afwijking is minder geworden, van 9.8 tot 17.8% naar maximaal 7.4%. Dit komt vooral doordat de trillingsopnemer nauwkeuriger is en doordat er een andere analyzer gebruikt wordt. Hierdoor zijn er **alleen** toevallige fouten en de systematische fouten zijn te verwaarlozen, zoals een afwijking in de **schaalverdeling**. Doordat alle wijzigingen zijn doorgevoerd klopt de procedure weer.



6 Aanbevelingen



Figuur Tekening van de turbineflowmeter

6.1 Deelonderzoek 1 flowmeter

Voor het flowmeetsysteem is het voldoende dat alleen de turbineflowmeter gekalibreerd wordt. De beste methode om de meter te kalibreren is in een teststraat. Het is voldoende als de meter op drie punten wordt gekalibreerd (33-66-99% van het maximale debiet).

6.2 Deelonderzoek 2 simulatie

Het is wenselijk als er een permanente aansluiting op de commande- en controlestekker komt. Het is dan mogelijk om de meetapparatuur sneller en eenvoudiger aan te sluiten.

6.3 Deelonderzoek 3 kalibratie procedure trillingmeetsysteem

Het is verstandig om de SKF Microlog CMVA 60 monitor de Dymac IPC 704 signal conditioner extern te laten kalibreren als er een grotere afwijking wordt gemeten door het gehele systeem. De afwijking mag niet groter zijn dan 7.4% van de ingestelde waarde.

Evaluatie

De eerste weken van mijn stage heb ik vooral gebruikt om kennis te maken met Stork Turbo Services B.V. en de Turbomeca Astazou. Tijdens mijn werkzaamheden heb ik veel **kennis** opgedaan over gasturbines en met name de Turbomeca Astazou. Ik **heb** mijn werkzaamheden vooral uitgevoerd op de vestiging in Almere en **regelmatig** ben ik op de proefbank in Den Helder geweest, om verschillende testen **mee te** maken en onderzoek te doen. Doordat ik bijna alle aspecten van het onderhoud **van** de Turbomeca Astazou heb gezien, heb ik veel informatie gekregen over de **turbine** en de proefbank die ik later weer kon gebruiken voor mijn onderzoeken.

Voor alle **opdrachten** zijn oplossingen gevonden, het is jammer dat niet alles tot het einde **uitgevoerd** kon worden tijdens mijn stageperiode, echter zijn de **ontwerpen** klaar **om de** onderzoeken definitief af te kunnen ronden als dit niet in mijn stage periode lukt. Mijn opdracht omtrent de controle van de beveiligingen is volledig afgerond in de laatste week van mijn afstudeerperiode is de **simulatiebox** gebouwd en gecontroleerd en goedgekeurd. Het is aangenaam om een opdracht van **plan** tot product af te ronden zodat je dan zeker weet dat het probleem opgelost is.

Tijdens mijn werkzaamheden zijn veel dingen veranderd, ik begon met twee opdrachten en heb er uiteindelijk vier uitgevoerd. De belangrijkste opdracht **was** de opdracht van de controle van de beveiligingssystemen. Deze is met succes afgerond **de** beveiligingen konden gecontroleerd worden op de manier zoals we van te voren bedacht hadden. Daarnaast zijn er ook oplossingen gevonden voor de andere **opdrachten**. Hiermee is mijn doel bereikt.

Bronvermelding

Literatuur

- Gas turbine Theory

H.I.H. Saravanamuttoo, H. Cohen & G.F.C. Rogers

Fifth edition, 2001

- Meettechniek en meetsystemen

P.F.H.M. van den Eijnde

Derde druk, 2003

- Handleiding Astazou IV MI

Koninklijke marine

1984

- Statistisch onderzoek naar de testresultaten Astazou IV MI

Richard van Essen

Maart 1995

- Astazou IVM1 controlbox affaire RMO / Hollande

JCB/JMP

Februari 1989

- Handleiding A1331

G. Demerliac, Rochar Électronique

Editie 12-1964

- Het trilingsmeetsysteem

D. Beerse

mei 1996

Websites

www.instrumentatiegids.nl

www.kreisler.nl

www.directindustry.com

www.google.nl

www.altavista.nl

<http://search.msn.nl/>

www.wikipedia.org

www.fluidwell.com/

<http://www.duranmatic.nl>

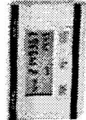
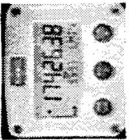
www.turbomeca.com

Verklarende woordenlijst

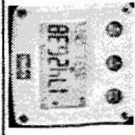
Conditioner	Onderdeel van het trillingsmeetsysteem die het signaal omzet van pico Coulomb naar microampère.
I/O bloc	In/output blok, module waaraan de ingangen van de PLC geforceerd kunnen worden
Jumper	Doorverbinding tussen twee contacten
K-factor	Rekenfactor van een flowmeter, in puls per liter. Hiermee wordt aan de hand van het frequentie signaal het debiet bepaald.
M W K	Marine Vliegkamp De Kooy
On load	De turbine is gestart en draait belast
Oil Pressure Switch	Schakelaar op de Turbomeca Astazou die aangeeft wanneer er voldoende oliedruk is.
P.L.C.	Programmable Logic Controller
Power Pressure Switch	Schakelaar op de Turbomeca Astazou die weergeeft wanneer de turbine belast kan worden
R.P.M.	Rounds Per Minute (toeren per minuut)
Receptacle	Male connector die op het frame van de gasturbine is bevestigd
Separator	Onderdeel van het trillingsmeetsysteem dat de stroomkringen van de Analyzer en de opnemer scheidt, om geen storingen te krijgen.
SIS	Stork Industry Services
Start-sequence	Start volgorde van de turbine
STS	Stork Turbo Services B.V.
T4	Benaming voor de sensor van de uitlaattemperatuur van de Turbomeca Astazou
Turbineflowmeter	Debietmeter die met behulp van een turbine in de meetleiding het debiet meet

Bijlagen

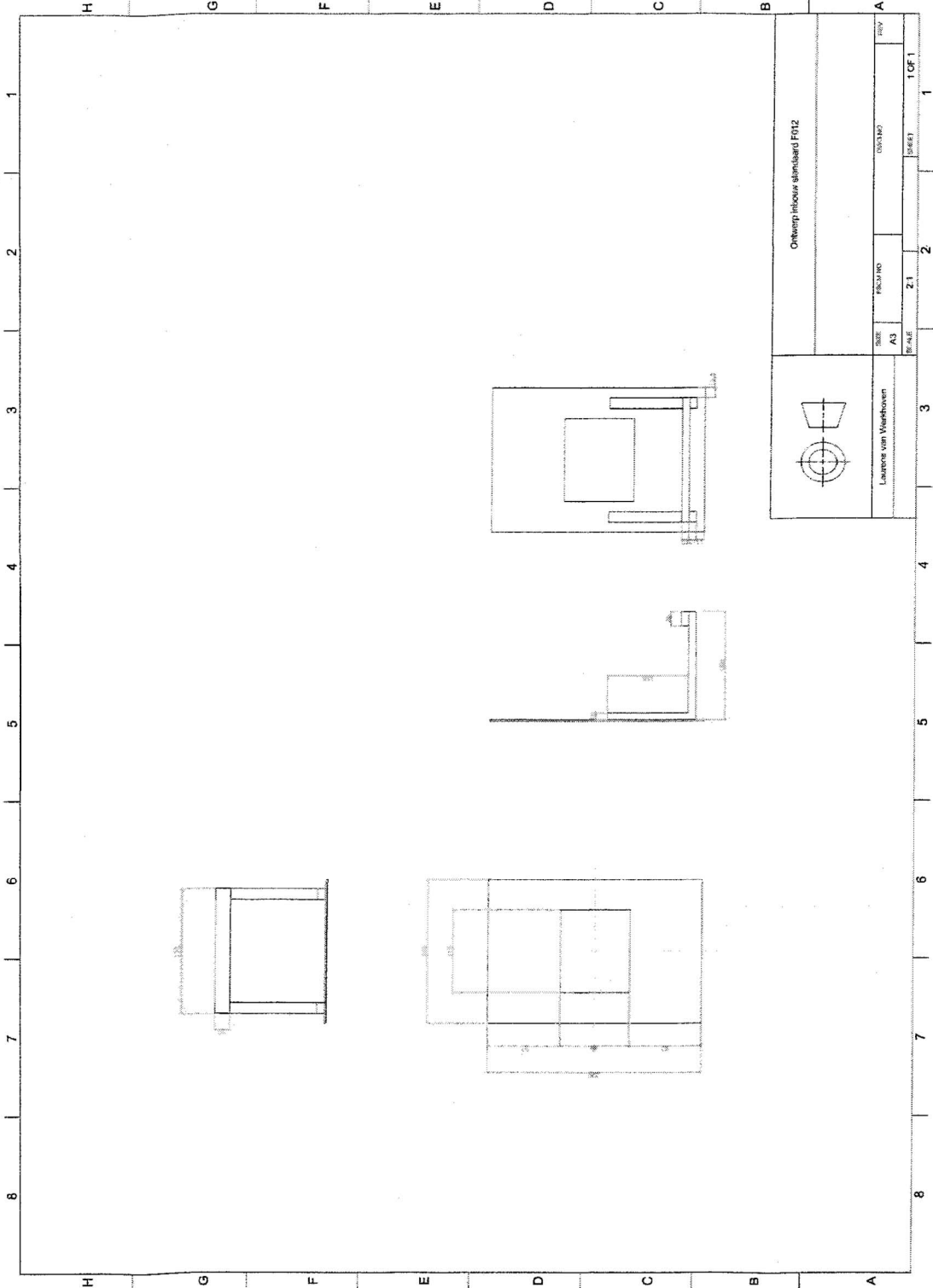
Bijlage I. Overzicht gevonden meters

Type aanduiding	Contrec 202D 10L	Fluidwell F012-P-HC-Px OT-Xx-Zx	BEKA BA544D	Contrec 202D.24L	DMY-2030-TOT-light
					
Signalen	Sinus puls, reed, opencollector	Pulse, Namur	Magnetic pick-off, Voltage puls, Open collector, frequentie	Sinus puls, reed, opencollector	Universele input
Spanningen	15mV/P-P minimaal	20mVpp minimaal	40mVpp minimaal	15mV/P-P minimaal	0-55mVpp
Bereik	0,01Hz-10kHz	0-7kHz	max. count 16	0,01Hz-10kHz	programmeerbaar
Back-up	Lithium batterij	EEPROM	Batterij	lithium batterij	batterij
Behoud van data	Lithium batterij	ja, per minuut wordt het totaal ook opgeslagen	ja, totaal en parameters worden opgeslagen in een intern geheugen	Lithium batterij	?
K-factor Voeding	0,000001-999999 AC/batterij/loop	0,0000010-9.999.999 AC/loop/ batterij	0,001-99999999	0,000001-999999 AC/batterij/loop	0-99999999 VAC, VDC
Nauwkeurigheid	0,05% of span	0,05 % of span	minder dan 1% of span bij 10mV	0,05% of span	0,1 % van de volledige schaal
functies	Rate, total rate, accumulated total	flowrate, totalizer	Flow rate, totaliser	Rate, total rate, accumulated total	Flowindicator & totaliser
Prijs	€ 595,-	€ 323,00	€ 628,00	€ 715,00	€ 609,00

Bijlage I (vervolg)

	Kobold instrumentatie b.v.	ODS	Sala - Burgess	Yokogawa	Yokogawa
Type aanduiding	DAG-AXI-0000 	Fluidwell FO12P-HB-PD 	CXG 210 & CXG 251 	RFC-414D10E0 	RFC-405D10E0 
Signalen	NPN, PNP sensors, CHOS, TTL, floating contacts, permanent magnetic sensors	Pulse, coil, Namur	Contacts, voltage pulses electronic transmitters NPN, PNP	Analog, Puls/frequentie, Temperatuur, RTD	Analog, Puls/frequentie, Temperatuur, RTD
Spanningen		20mVpp minimaal	0,2 + U _i	0-10kHz	0-10kHz
Bereik	Programmeerbaar	0-7kHz	30Hz of 10kHz	wordt uitgezocht 3-3	bericht volgt nog
Back-up	Memory	EEPROM	EEPROM	Memory	Memory
Behoud van data	Instelbaar	Ja, per minuut wordt het totaal ook opgeslagen	Ja, gedurende 10 jaar of 1 mln. cycles	Alle gegevens (parameters en totalen) worden opgeslagen voor 10 jaar in een geheugen opgeslagen	Alle gegevens (parameters en totalen) worden opgeslagen voor 10 jaar in een geheugen opgeslagen
K-factor	Programmeerbaar	0,00000010-9,999,999	Programmeerbaar	programmeerbaar	programmeerbaar
Voeding	VAC, VDC	AC/loop/ batterij	10-30VDC	VAC/VDC	VAC/VDC
Nauwkeurigheid	0,01% period measurement	0,05 % of span	0,1% Full Scale	0,075% van de span	0,075% van de span
Functiones	difference/sum/remote meter en tachometer	flow rate, totalizer	210 puls teller (totaliser) 251 frequentie meter	Batch total, preset quantity, flow rate and accumulated total	Mass flow or corrected flow, display total, temperature compensation,
Prijs	€ 437,00	€ 458,00	CXG 210 €164,50 & CXG €251 210,15	€ 811,00	€ 670,00

Bijlage II. Ontwerptekening paneel F012P



Bijlage III. Adviezen simulatie

Om een duidelijk beeld te krijgen van de mogelijkheden rondom het simuleren van de beveiligingen zijn ook gespecialiseerde bedrijven gebeld, een afdeling binnen Stork N.V. en een gespecialiseerd bedrijf ATS.

Advies Stork Industry Services B.V.

Stork Industry Services B.V. (S.I.S.) Business Unit Industriële Automatisering is gespecialiseerd op het gebied van PLC's. Het probleem is uitgelegd aan S.I.S. en de foto's van de regelkast zijn verstuurd, ze zouden kijken of ze iets konden verzinnen voor de simulatie.

De ervaringen van S.I.S. is dat PLC's alleen stuk gaan door blikseminslagen, de meest voorkomende, door kortsluiting. Doordat weinig veranderingen in het systeem zijn aangebracht zal de kans op kortsluiting nihil zijn.

Als de gasturbine echt moet worden gesimuleerd, m.b.v. matlab o.i.d., dan is een verbouwing van de complete kast vereist. Er zullen dan o.a. extra meetaansluitingen moeten komen en er zal een aardig prijskaartje aanhangen. Dit zal de nodige aanloopproblemen opleveren.

Door S.I.S. wordt afgeraden om aanpassingen in de bedradingen te maken (signalen manipuleren/simuleren). De kans op storingen wordt dan groter en er kunnen te grote overgangsweerstanden ontstaan, waardoor het meetsignaal te veel vervormt. De kans op kortsluiting neemt ook toe (verkeerd aansluiten). Daarnaast is het slecht voor de instrumenten op de proefbank om spanning van buitenaf op de klemmenstrook te zetten, deze spanning gaat ook naar de meters toe waardoor ze kunnen beschadigen.

Daarnaast kan er ook een testrun in de PLC gebouwd worden, alleen is het dan van belang dat het duidelijk is wie de software geschreven heeft en wie het nu in bezit heeft, anders kan het softwareprogramma niet gewijzigd worden. Een bijkomend nadeel is dat de proefbank zoveel mogelijk overeen moet komen met de proefbank in Frankrijk, die van Turbomeca. Als er teveel veranderingen worden doorgevoerd dan kan het zijn dat de banken te veel gaan afwijken.

Het is ook mogelijk om een programmeerapparaat aan de PLC te koppelen en dan de ingangen te forceren. Om te kijken of de PLC werkt kan er ook een display op gezet worden die de signalen weergeeft van de PLC, dit werkt meer als een soort controle. De beveiligingen worden dan niet getest.

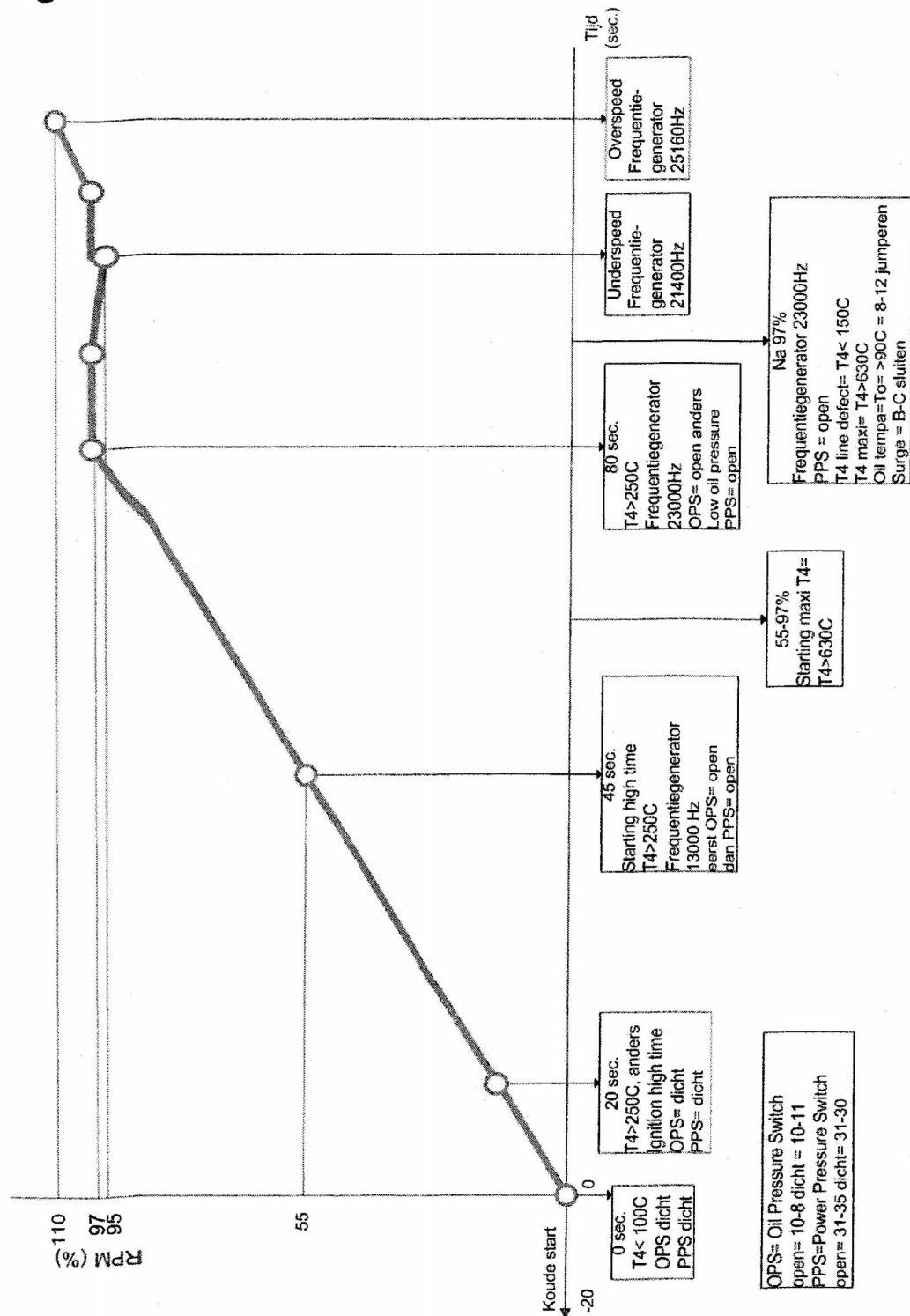
Er kan ook **een** tweede PLC ingebouwd worden, die dezelfde taken uitvoert als de huidige, **zogenoemd** redundant uitvoeren. **Alle** signalen worden dan gecontroleerd door twee **PLC's**, mocht de hoofd-PLC **uitvallen** dan kan de andere het overnemen. Het advies van SIS is om een soort beveiliging in te bouwen buiten de PLC om. Er moet **uitgezocht** worden welke metingen het belangrijkste zijn. Deze signalen kunnen **aangesloten** worden op een safety-relais of een kleine **PLC**. Het signaal uit het relais wordt **aangesloten** op de noodstopuitgang van de **SIMATIC S5**. Als de voorwaarden niet voldoen, wordt de regelkast in een noodstop gezet. Door deze **oplossing** is er een redundantie (dubbele uitvoering) op de belangrijkste voorwaarden ingebouwd, waardoor de betrouwbaarheid van de kast verhoogd wordt. Deze oplossing is een goede en goedkope oplossing, die meer zekerheid biedt. De beveiligingen worden dan niet gecontroleerd.

Advies **ATS**

Op advies van Clement de Bruine is er op 22 februari '06 contact opgenomen met Hans **Damman** van ATS in Haarlem. STS heeft in het verleden zaken gedaan met ATS. Dit is **een** bedrijf dat gespecialiseerd is op het gebied van industriële automatisering.

Het advies luidt als volgt: op de **klemmenstrook** wordt een I/O blok aangesloten. Dit I/O blok staat in verbinding met een PC. Op de PC draait een simulatieprogramma "**Pics**" dat net doet of de turbine aangesloten is. Het softwareprogramma dat in de PLC draait **wordt** eerst uitgelezen in STEP 5, het programmeerprogramma van Siemens voor de S5 PLC. Hierdoor weet het simulatie programma welke in- en uitgangen er gebruikt worden tijdens bedrijf en welke **situaties** zich kunnen voordoen.

Met deze **methode** worden de ingangen van de PLC getest inclusief de werking ervan. Deze **manier** wordt ook in Engeland toegepast in energiecentrales. Daarnaast kan de software ook gesimuleerd worden zonder dat het duidelijk is wie hem geschreven heeft. **De** I/O blokken kunnen van ieder merk zijn.

Bijlage IV. Overzicht simulaties

Bijlage V. Simulatie schema

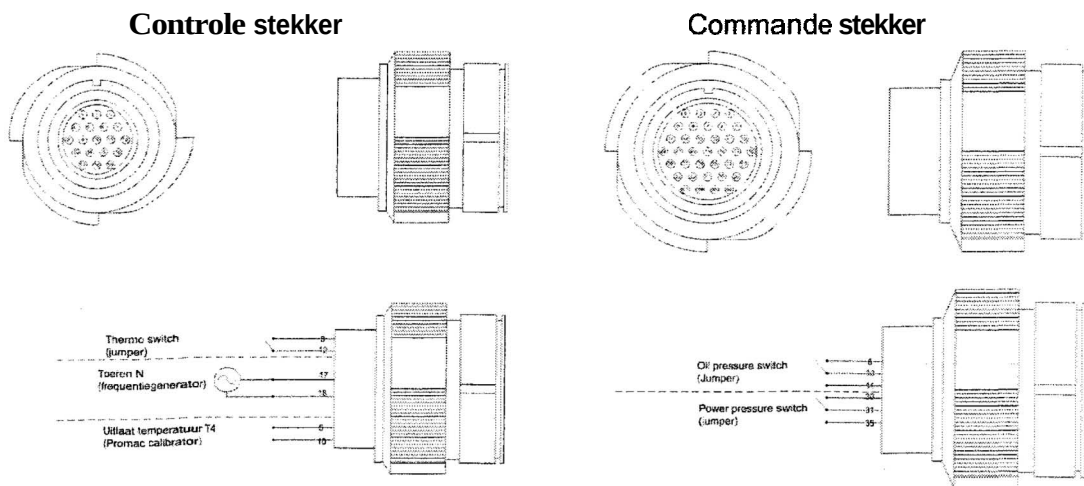
Procedure Controle beveiligingen

De volgorde van de simulatie is bepaald aan de hand van de normale cyclus van de turbine. **Alle** shutdown systemen zullen gesimuleerd worden in volgorde van voorkomen in een normale draaiperiode. Aan de hand van deze volgorde moet de machine ook "gestart" worden als er een systeem getest wordt dat **bijvoorbeeld** een R.P.M. van 97% vereist.

De controle **staat** op pagina 65 als schema vermeld, op de x-as staat de tijd in seconde vermeld en op de y-as de R.P.M. in %. Het eenvoudigste is om tijdens de controle dit **schema** te gebruiken.

I. Opstelling

De instrumentatie wordt als volgt aangesloten op de twee stekkers:



II. Benodigdheden

Om de **controles** uit te kunnen voeren zijn de volgende instrumenten nodig:

Wat	Waarvoor	Waar	Input	Output
Jumper	Low oil pressure switch	Op de contacten 8-10-11 van de commande stekker		
Jumper	Power pressure switch	Op de contacten 30-31-35 van de commande stekker		
Jumper	Surgedetector	Op de contacten B-C van de stekkeraansluiting van de meter		
Jumper	Oil temperature	Op de contacten 8-12 van de controlestekker		
Promac kalibrator	T 4 Thermokoppel	Op de penaansluitingen 1 0 (geel) en 5 (rood) van de controlestekker	0 - 760°C	0 - 45,6mV
Frequentie- generator	Toeren N	Op de controlestekker contacten 17 en 18	0 -1985 R.P.M.	0 -25160 Hz
Digitale Multimeter	Toeren Pick-up	Aangesloten tussen de frequentiegenerator en de controlestekker		
Chronometer	Tijd			

II. Simulatie van de startvoorwaarde

Voordat er gesimuleerd wordt, moet het 24 V aeljkstroom circuit uitgeschakeld worden anders treedt de startmotor van de turbine in werking als die op de proefbank is gemonteerd. Het is niet de bedoeling dat de turbine echt start!

Voordat de turbine gestart kan worden moet aan een drietal voorwaarden worden voldaan **alvorens** het signaal "Ready for Start" gegeven wordt. Het is van belang om eerst te **controleren** of de regelkast de turbine op een juiste manier vrijgeeft. De **voorwaarden** kunnen op de volgende manier getest worden:

High resid T4

Als eerste **kan** de functie "high resid T4" gesimuleerd worden. Er moet een signaal op de aansluitingen 10 en 5 worden gezet van de controlestekker, dit signaal moet **overeenkomen** meer dan 100°C. Dit kan gesimuleerd worden met een Promac Kalibrator. Op de regelkast moet het LED lampje van A5.1 gaan branden (high resid T4) als het **signaal** gesimuleerd wordt.

Oil pressure switch defect

Om de functie "Oil pressure switch defect" te testen kan er een "jumper" geplaatst worden op de contacten 8 en 10 op de commande **stekker aansluiting, LED A5.2** "Oil pressure switch defect" gaat nu branden. Om het signaal Ready to start te krijgen **moet de** switch dicht staan, **gejumperd op 10-1**. Als de switch gesloten is moet het LED lampje E2.1 moet gaan branden, "low oil pressure".

Power pressure switch

De "Power pressure switch" kan ook op de hierboven genoemde manier gesimuleerd worden. Er moet een "jumper" worden geplaatst op de contacten 31 en 35. Het LED lampje van E 2.7 brandt (power pressure switch). **Om** de gehele **startcyclus** te kunnen doorlopen moet de schakelaar dicht zijn (30-31), het LED lampje E2.7 **moet** niet branden.

III. De simulatie

Voordat er **gestart** wordt, moet er aan alle eerder genoemde startvoorwaarden worden **voldaan**. (LED lampjes E2.7 en A5.1 zijn uit en de LED lampje E2.1 brandt) Vervolgens **moet** er binnen de gestelde tijd/ r.p.m. de volgende simulaties gedaan worden.

Ignition high time

Als binnen **12** seconden de uitlaatemperatuur **T4** niet hoger is dan 250°C dan volgt de melding "**Ignition high time**". Het signaal kan met de Promac Kalibrator gesimuleerd worden deze is aangesloten op de contacten **5** en **10** van de controle stekker. Het LED lampje op A5.7 moet gaan branden, dit is het lampje van "**Ignition high time**".

Starting high time

De turbine moet binnen de **45** seconde, een R.P.M. hebben van 55% anders volgt de melding "**Starting high time**". De frequentiegenerator moet dan een frequentie afgeven dat niet hoger is dan 13000Hz. De frequentiegenerator moet op de contacten **17** en **18** aangesloten worden van de **controlestekker**. Er komt dan een melding op LED A6.0 "**Starting high time**".

Starting maxi T4

Als er tussen de R.P.M. van 55-97% een T4 wordt gemeten van 630°C dan moet de machine stoppen op de melding "**starting maxi T4**". LED lampje **A6.4** moet dan gaan branden. Het signaal wordt gesimuleerd door de Promac Kalibrator, deze moet aangesloten zijn op de contacten **10** en **5** van de controlestekker.

Low oil Pressure

Bij 97% R.P.M. moet er een smeerolie **druk** zijn van 0.7 bar. Om de start door te komen moeten de contacten **8** en **10** van de **commande** stekker worden dan doorverbonden.

Wanneer **deze** beveiliging getest wordt dan moeten de contacten **10-11** doorverbonden blijven. De LED lampjes **E2.1** en A5.6 gaan branden en de turbine zal stoppen: "**Low Oil pressure**".

Power pressure switch

Op 97% van het maximale R.P.M. moet de "power pressure switch" geschakeld worden, de **frequentiegenerator**, aangesloten op de **contacten 17 en 18** van de **controlestekker**, zal een frequentie af geven van **23000Hz**. De jumper moet worden geschakeld **van** de contacten 30-31 naar **31-35** en weer naar **30-31** op de commande stekker. Op de regelkast zal het LED lampje **A2.7** gaan branden, "Power Pressure switch".

Als de **Power Pressure Switch** schakelt dan moeten de LED lampen van **A4.1 (Bleed e.v.)** en **A4.2 (Load e.v.)** gaan branden. Dit betekent dat de turbine belast kan worden en dus door de **opstartcyclus** is.

Underspeed

Tevens kan er bij een R.P.M. van 97% underspeed gesimuleerd worden door de **frequentiegenerator** van 23000 naar **21400Hz** in te stellen, dit komt over een **met** 95% van de **maximale R.P.M.**, de turbine moet eerst een R.P.M. van 97% gehaald hebben **voordat deze** beveiliging getest kan worden. De frequentiegenerator is aangesloten op de contacten 17 en 18 van de controlestekker. Het LED lampje **A6.1** gaat dan branden.

T4-line defect

Wanneer er **op** 97% R.P.M., een lagere uitlaattemperatuur wordt gemeten dan **150°C**, dan **moet** de machine stoppen op "T4 line defect". Dit kan met de Promac Kalibrator. Op de controlestekker moeten de Kalibrator worden aangesloten op de contacten **10** en **5**. LED **A6.3** gaat branden.

Maxi T4

Als tijdens 97% R.P.M. de T4 wordt op 630°C ingesteld wordt dan moet het LED lampje van "Maxi T4" (**A6.5**) gaan branden. De maximale uitlaattemperatuur is **dan** overschreden.



Oil Temperature

Wanneer **de machine** in bedrijf is, dan **mag** de olietemperatuur niet boven de 90°C komen. **Op de** controlestekker moeten de contacten 8-12 doorverbonden **worden**. De LED **lampjes** van **E2.2** en **A5.5** (Oil temp) zullen oplichten. Deze **controle** kan onafhankelijk van andere signalen1 controles uitgevoerd worden.

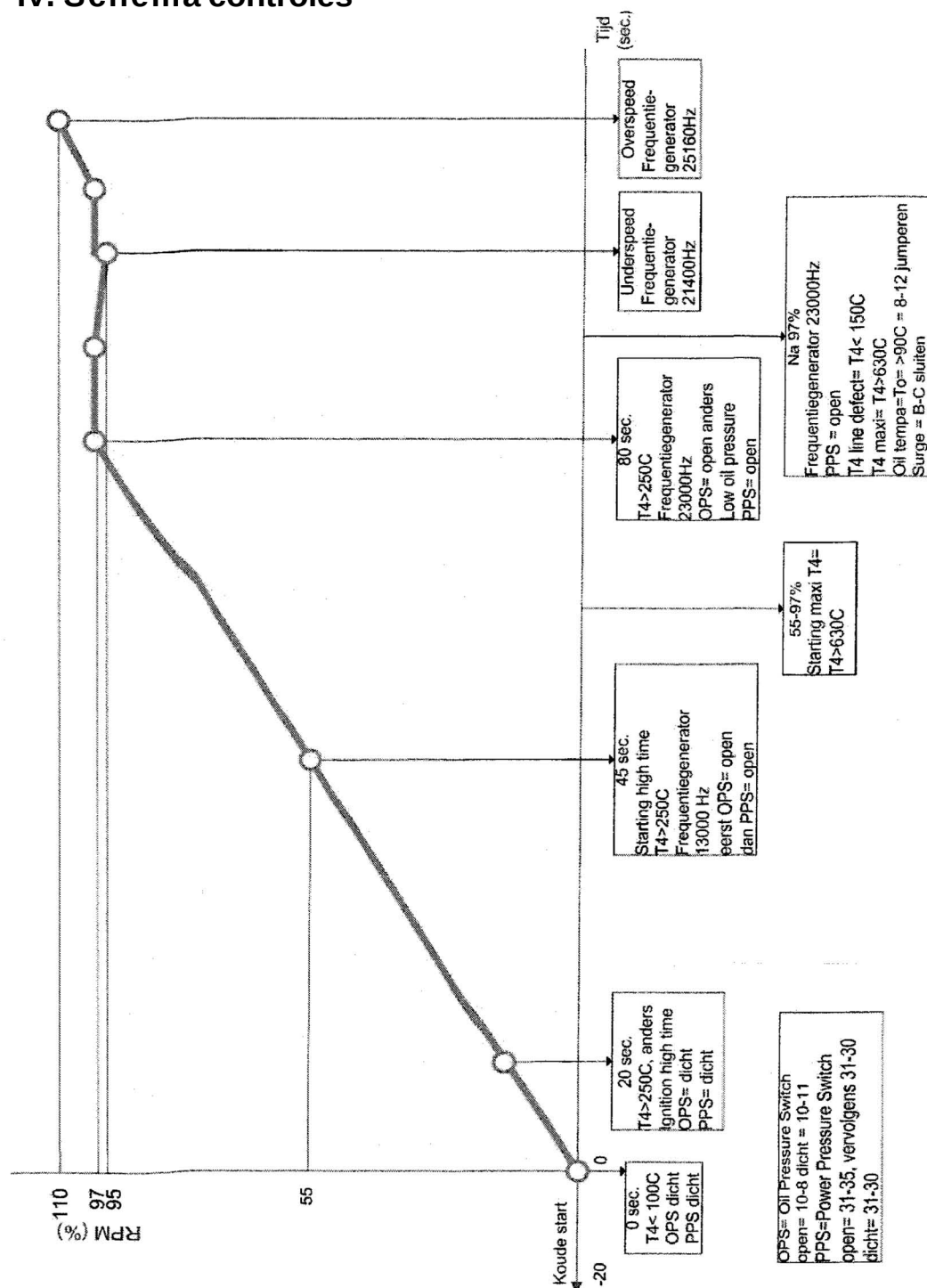
Surge

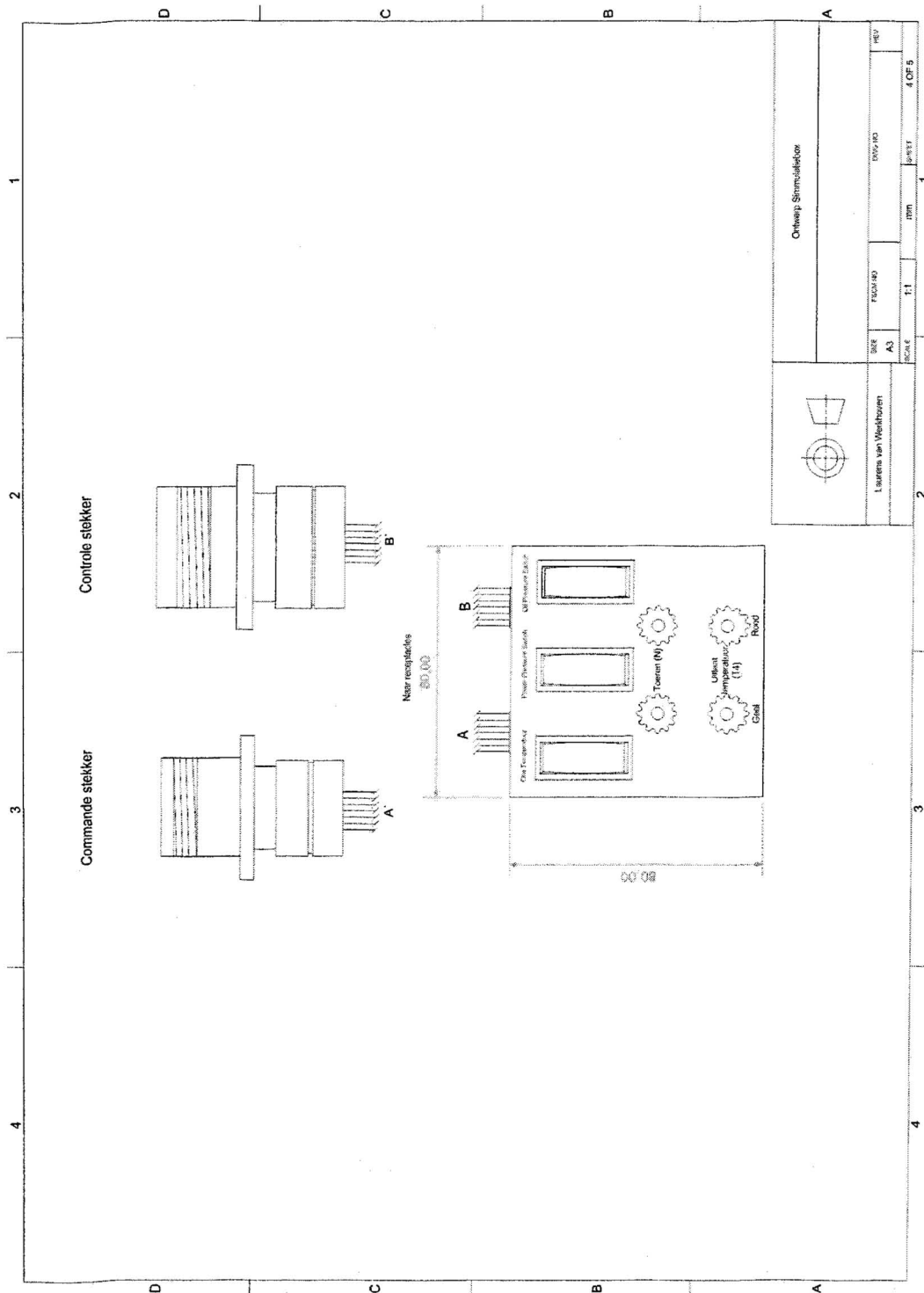
Als er een **drukval** wordt gemeten in de inlaat-cone dan moet de turbine stoppen **op surge**, LED **lampjes** **A6.6** en **E2.4** branden. Op de stekkeraansluiting van de detector zelf **moeten** de contacten B-C doorverbonden worden. Deze **controle** kan onafhankelijk van **andere** signalen1 controles uitgevoerd **worden**.

Overspeed

Wanneer **Overspeed** wordt gesimuleerd dan moet de frequentie generator op 25160Hz ingesteld worden, dit komt overeen met 110 % van het maximale r.p.m.. Dit **kan pas** ingesteld worden na dat **de** turbine de 97% R.P.M. heeft bereikt. Op het paneel **van de** regelkast moet dan **de het** LED lampjes **A2.0** en **A6.2** gaan **branden**, "Overspeed". De frequentiegenerator **moet** aangesloten worden op de contacten **17** en **18 van de** controlestekker.

IV. Schema controles

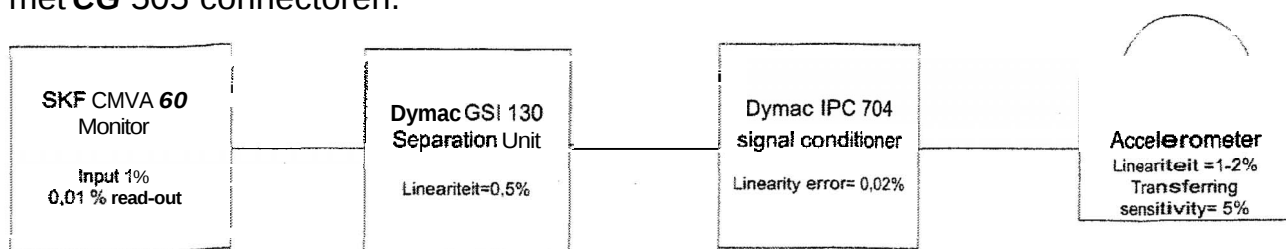


Bijlage VI. Ontwerptekening van de simulatiebox

Bijlage VII. Procedure kalibratie trillingmeetsysteem

Procedure Controle Trillingsmeetinstrument Van het Stork Turbo Services B.V. trillingsmeetinstrument

Het Stork Turbo Services trillingsmeetinstrument bestaat uit de volgende componenten: Vibrometer Accelerometer CA-135, signal conditioner IPC 704, Separation unit GSI 122, SKF CMVA 60 monitor en de bekabeling van is de EC 119 met CG 505 connectoren.



Figuur Het Stork Turbo Services trillingsmeetinstrument

Het instrument dient eens per jaar gekalibreerd worden aan de hand van het instrument van de Koninklijke Marine volgens deze procedure.

Indien de aflezing van het trillingsmeetsysteem buiten de tolerantie valt moet de opnemer en analyzer apart getest worden om vast te stellen welk deel niet goed werkt. Na correctie/vernieuwing van een component moet het trillingsmeetinstrument opnieuw worden gecontroleerd. Alle kalibratie gegevens worden op de testbank bewaard.

Werkinstructie controle Trillingsmeetinstrument Astazou proefbank

Opmerking:

Deze handleiding dient te worden gehanteerd voor de jaarlijkse controle van het trillingmeetsysteem van de Astazou proefbank. Deze controle wordt uitgevoerd door de uitlezing van de SKF Microlog CMVA 60 van Stork Turbo Services B.V. te vergelijken met de SKF Microlog CMVA 60 van de Koninklijke Marine (KM). De laatste wordt ieder jaar gekalibreerd door de KM zelf. Wanneer beide systemen niet overeenkomen dan dient de SKF CMVA 60 van Stork Turbo Services B.V. gekalibreerd te worden door de KM.

Gevoeligheid Trillingsmeetinstrument

De gecorrigeerde gevoeligheid van de trillingsopnemer is 21 pC/g, dit komt voort uit de gevoeligheid van de trillingsopnemer. Deze waarde is door de fabrikant vastgesteld voor de Virbo-meter CA 135.

Benodigde apparatuur

1. Functiegenerator: Philips PM 5131
2. Power amplifier: Bruel & Kjaer Type 2706
3. Triltafel: Bruel & Kjaer Type 4809
4. Multimeter
5. Analyzer: SKF Mircolog CMVA 60 552440
6. Opzetframe: deze is in beheer van de Marine

Opmerkingen bij bovenstaande lijst

In verband met de ISO-9001 mag alleen de SKF CMVA 60 gebruikt worden met het genoemde serienummer. Een andere analyzer mag niet worden gebruikt, zelfs het zelfde type, mag niet worden gebruikt in verband met de nauwkeurigheid.

Om de test aan de ISO-norm te laten voldoen moet bij iedere controle het serienummer van de SKF Mircolog CMVA 60 van de Koninklijke Marine genoteerd worden.

Aansluiten apparatuur

Het triltafel systeem dient als volgt aangesloten te worden.

1. Sluit de poweramplifier aan op de functiegenerator
2. Sluit de triltafel aan op de poweramplifier
3. Monteer de trillingsopnemer op de triltafel
4. Sluit de kabel op de trillingsopnemer aan
5. Steek de aansluitplug van de parallelkabel boven in de SKF Mircolog van de Koninklijke Marine
6. Verbind de kabel van de trillingsopnemer met de aansluitplug van de SKF Microlog analyzer
7. Zet de "Attenuator"-knop van de poweramplifier op nul
8. Draai de "Gain Control"-knop van de functiegenerator geheel naar links
9. Draai de "Amplitude"-knop van de functiegenerator geheel naar links
10. Sluit de poweramplifier en de functiegenerator aan op het net

Opmerking:

De triltafel dient op de fundatie van de proefbank te worden opgesteld en niet op het rooster. De overige instrumenten dienen wel op het rooster geplaatst te worden. De positie is van belang omdat de meters elkaar niet beïnvloeden.

Instellingen van de apparatuur gebruikt bij het controleren

De instrumenten en componenten dienen als volgt te worden ingesteld:

De functiegenerator Philips PM 5131:

Frequency	x 100 Hz
Sweep	Off
Wave form	Sinus (I)
Attenuation	Off
Frequency Offset	Fijn afstelling
Sweep period	NVT
Output	Z ₀ 50R

De Power amplifier (check op 220V) Brüel & Kjær Type 2706

Current limit	5.0 A RMS
Attenuator	40-20 grofafstelling in mm/s
Gain control	Full clockwise fijn afstelling in mm/s

De SKF Mircolog CMVA 60

De instellingen van de analyzer staan al in de meter en het is niet nodig om het opnieuw in te stellen.

De frequency counter 5383a

Gate time	1 sec
Input	1mΩ/*1

A Trillingsmeetinstrument

Frequenties (Hz)	Trilsnelheden (mmls)
100	30
200	25
300	25
400	15
500	15
600	11
650	10
700	9
750	9
800	8

De uitgelezen waarden van de Microlog's moeten overeenkomen met de tabel.

De trillingen mogen niet boven de **30mm/sec** gedurende de start en **15mm/sec** tijdens het **on** load draaien gemeten worden.

De tolerantie van de meting wordt bepaald door: de afwijking in de **accelerometer** (5%), **Lineariteit** van de opnemer (1-2%), de transverse afwijking (4%) de afwijking van de analyzer (0.01%) en de afwijking "full scale" **(%)** van de analyzer, de afwijking in de conditioner (0.02) en de separator (0.5%)

Al deze fouten zijn toevallige fouten hierdoor kan de totale fout in het **meetsysteem** bepaald worden door de formule van Gauss. **Als deze** wordt toegepast dan komt er een totale fout van 7.4% uit. Op pagina 9 staat de berekening uitgewerkt.

Controle individueel

Alleen indien het trillingsmeetinstrument buiten de toleranties valt moeten de opnemer, conditioner, separator en de analyzer apart getest worden.

Alle onderdelen dienen getest te worden op de volgende frequenties en trilsnelheden:

Frequenties (Hz)	Trilsnelheden (mm/s)
100	30
200	25
300	25
400	15
500	15
600	11
650	10
700	9
750	9
800	8

De Vibro-meter CA135 accelerometer kan niet gekalibreerd worden als deze eenmaal in de fabriek gekalibreerd is. Voor de opnemer is het alleen van belang dat deze gecontroleerd wordt of de opnemer werkt. Deze informatie staat in de documentatie van de accelerometer.

De conditioner kan met speciale kalibratie apparatuur gecontroleerd worden. Deze is in het bezit van de Koninklijke Marine.

Voor de separator dient er een signaal gesimuleerd worden met een kalibrator op de aansluiting van de conditioner (4 & 5). Er moet een mA signaal gegenereerd worden. Met een multimeter kan de uitgang (1 & 2) gemeten worden, deze moet een spanning aflezen evenredig met het mA signaal.

Om te controleren of de afwijking in de analyzer zit kan kunnen de beide Microlog's omgewisseld worden. De Microlog van de Koninklijke Marine kan op de aansluiting op het meetpaneel in de controle ruimte aangesloten worden en die van Stork Turbo Services B.V. op de aansluitingen waar de Microlog van de KM zat. De test kan dan nog een keer uitgevoerd worden, mocht de Microlog van Stork nog steeds een verkeerde waarde aangeven en die van de KM niet dat is het duidelijk dat de afwijking in de Microlog van Stork zit. Als de SKF Microlog CMVA 60 opnieuw gekalibreerd moet worden dan is verstandig om dit door een gespecialiseerd bedrijf te doen de KM kan dit.

Invulblad controle trillingsmeetinstrument Astazou-proefbank

Controle datum / /

Instrument-component	- Trillingsopnemer - Signaal conditioner - Separator - SKF Microlog	Typenummer	- Vibro-meter Ca - 135 - Vibro-meter IPC 704 - Vibro-meter GSI 122 - SKF Microlog CMVA 60	Serienummers	- AA80282 - AB05163 - AB01639 - 882440
Gebruikte apparatuur	- functie generator - Triltafel - Analyzer	Type nummers	- Philips PM 5121 - Brüel & Kjær Type 4809 - SKF Microlog CMVA 60	Serie nummers	- 5654 - 1416937
				Serie nummer CMVA 60 KM	-
Controle procedure	Werkinstructie controle Trillingsmeetinstrument Astazou proefbank	Aflezings	mm/s	Controle interval	72 maanden

A Compleet trillingsmeetinstrument

In te stellen	In te stellen	Ingestelde	Aflezings	Aflezings	Tolerantie
Triltafel frequentie	Trilsnelheid	Trilsnelheid	Microlog KM	Microlog STS	± 7.4 %
± 5 (Hz)	± 1 (mm/s)	1 (mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)
100	30				± 2.2
200	25				± 1.9
300	25				± 1.9
400	15				± 1.1
500	15				± 1.1
600	11				± 0.8
650	10				± 0.7
700	9				± 0.7
750	9				± 0.7
800	8				± 0.6

	Gecontroleerd door:	Geautoriseerd door
Naam: _____		
Datum: _____		
Paraaf: _____		

Invulblad testen opnemer, conditioner, separator en analyzer

A. Opnemer

B. Conditioner + opnemer

In te stellen	In te stellen	Ingestelde	Af te lezen	Afgelezen	Tolerantie	Afwijking
Triltafel	Versnelling	Versnelling	waarde	waarde		
$\pm$ (Hz) / (dB)	(g)	(g)	(μ A)	(μ A)	$\pm$ (μ A)	$\pm$ (%)
	1		20		0.04	0.2
	5		100		0.2	0.2
	10		200		0.4	0.2

C. Separator

In te stellen	Theoretisch uitkomst	Uitlezing Multimeter		Tolerantie	Afwijking
Stoomsterkte	Spanning				
(mA)	(V)	(V)		$\pm$ (V)	$\pm$ (%)
1	1			0.005	0.5
5	5			0.025	0.5
10	10			0.05	0.5
15	15			0.075	0.5
20	20			0.1	0.5

D. Analyzer

	Gecontroleerd door:	Geautoriseerd door
Naam:		
Datum:		
Paraaf:		

Bepaling totale fout

De bepaling van de totale toevallige fout van de complete opstelling is berekend aan de hand van de foutenvoortplantingswet van Gauss:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_a)^2 + (\sigma_b)^2 + (\sigma_c)^2}$$

In de trillingsmeetopstelling zijn de volgende toevallige fouten aanwezig:

Fout in de gevoeligheid opnemer	5%	σ_{accg}
Lineariteit in de accelerometer	2%	σ_{acc}
Fout in overdracht CA135 naar IPC 704 :	5%	σ_{acct}
Lineariteit van de conditioner	0.2%	σ_{con}
Lineariteit van de Separator	0.5%	σ_{sep}
Fout in input SKF CMVA 60	1%	σ_{skfi}
Fout in read out SKF CMVA 60	0.01%	σ_{skfr}

De fouten in de boven staande lijst komen uit de documentatie die bij het meetsysteem hoort.

De formule voor de foutenvoortplantingswet wordt nu als volgt:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_{accg})^2 + (\sigma_{acc})^2 + (\sigma_{acct})^2 + (\sigma_{con})^2 + (\sigma_{sep})^2 + (\sigma_{skfi})^2 + (\sigma_{skfr})^2}$$

$$\sigma_t = \sqrt{(5\%)^2 + (2\%)^2 + (5\%)^2 + (0.2\%)^2 + (0.5\%)^2 + (1\%)^2 + (0.01\%)^2}$$

$$\sigma_t = 7.4\%$$

De mogelijke totale afwijking van de trillingsmeetopstelling is 7.4% van de afgelezen waarde.

Voor de fout in de SKF Microlog CMVA 60 geldt de volgende berekening:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_{skfi})^2 + (\sigma_{SKFr})^2}$$

$$\sigma^* = \sqrt{(1\%)^2 + (0.01\%)^2}$$

$$\sigma_t = 1.0\%$$

De mogelijke totale afwijking in de SKF Microlog CMVA 60 is dus 1%.

Voor alle andere onderdelen geldt maar één fout. Hiervoor is de wet van Gauss niet van belang. Deze geldt alleen als er meerdere fouten in een systeem aanwezig zijn.