

MONITERING EN BEHEER VAN EETBARE-OLIE- STROPINGSPROSES

C. P. HUMAN

MONITERING EN BEHEER VAN EETBARE-OLIE-STROPINGSPROSES

CHRISTOFFEL PETRUS HUMAN

Verhandeling voorgelê ter voldoening aan die vereistes vir die graad

**MAGISTER TECHNOLOGIAE:
INGENIEURSWESE: ELEKTRIES**

in die

Departement Elektriese Ingenieurswese

Fakulteit Ingenieurswese

aan die

Technikon Vrystaat

Studieleier: Prof. G.J. Prinsloo, Ph.D. (Ing.)

Medestudieleier: Mnr. P.S. Veldtsman, MTech: Ing. (Elektries)

BLOEMFONTEIN

Junie 2000

VERKLARING TEN OPSIGTE VAN SELFSTANDIGE WERK

Ek, Christoffel Petrus Human, verklaar hiermee dat die navorsingsprojek wat vir die verwerwing van die graad MAGISTER TECHNOLOGIAE: INGENIEURSWESE : ELEKTRIES aan die Technikon Vrystaat deur my voorgelê word, my selfstandige werk is en nie voorheen deur my of enige ander persoon ter verwerwing van enige kwalifikasie voorgelê is nie.

Christoffel Petrus Human

.....

HANDTEKENING VAN STUDENT

17 November 2000

.....

DATUM

BEDANKINGS

Ek wil graag die volgende persone en instansies bedank vir hul hulp en ondersteuning ter voltooiing van die projek:

Mnr. C. Nel, die ontwerper van die stropingstoring vir sy hulp met die verduideliking van die werking van die proses.

Die Technikon Vrystaat vir die geleentheid om die kwalifikasie aan die instansie te kan verwerf.

Transtel vir die gebruik van die protokolanaliseerder en ander toerusting.

NRF (SNO) vir die finansiële ondersteuning waarsonder die studie nie vir my moontlik sou gewees het nie.

Die Technikon Bronnesentrum vir die daarstelling van geriewe en inligting.

My studieleier, prof. G.J. Prinsloo en medestudieleier, mnr. P.S. Veldtsman vir hul hulp en bystand tydens die studie en voltooiing van die projek.

My ouers vir al die geleenthede en ondersteuning wat hulle my gebied het om die kwalifikasie te kan verwerf.

My vriendin, Ina-Lize, wat my deur alles bygestaan en ondersteun het.

Dr. H.L. Esterhuizen wat my gehelp het met die taalkundige versorging van die verhandeling.

Alle persone en instansies wat dalk nie hier genoem is nie, maar bereid was om inligting te voorsien en my te ondersteun .

Laaste maar nie die minste nie wil ek God bedank vir die talente, liefde en ondersteuning wat Hy my gegee het, waarsonder dit alles nie moontlik sou gewees het nie.

UITTREKSEL

Die effektiewe aanwending van 'n plaaslik ontwikkelde olie-stropingsproses het gelei tot die behoefte aan die outomatisasie van die proses. Outomatiese beheer moet op die stelsel toegepas word om dit stabiel te kry, sonder om die kostes van die projek in die vorm van toerusting, opleiding en onderhoud drasties te verhoog.

'n Adam-5000 beheerder kan in samewerking met 'n PIC-mikrobeheerder gebruik word om die monitor en beheerfunksies op die stelsel uit te voer. Die Adam-5000 gaan die direkte monitor- en beheerfunksie op die stelsel uitvoer, terwyl die PIC vir die verwerking van die data en die beheerinstruksies aan die Adam-5000 verantwoordelik sal wees. Deur kommunikasie d.m.v 'n RS232-koppelvlak tussen die twee te bewerkstellig, kan outomatiese beheer op die stelsel uitgevoer word, sonder om die kostes drasties te verhoog.

Alle veranderlikes word op aanvraag vanaf die PIC deur die analoog-insetmodules van die Adam-5000 ingelees, waarna dit oor die RS232-koppelvlak na die PIC gestuur word. Die PIC gaan die data na aanleiding van die beheerstruktuur verwerk, waarna dit weer beheerinstruksies oor die RS232-koppelvlak aan die Adam-5000 stuur, wat dan weer die direkte beheer d.m.v 'n relêmodule op die stelsel gaan uitvoer. Indirekte beheer gaan ook uitgevoer word

deur van 'n alarm en LED-indikasies gebruik te maak, om die operateur van probleme in die stelsel bewus te maak.

Die protokol wat gebruik word om tussen die PIC-mikrobeheerder en die Adam-5000 te kommunikeer, gaan as deel van die fisiese- en dataverbindingsvlak van die OSI-model bespreek word. Die studie wys dat die protokol aan die meeste van die vereistes van die twee vlakke voldoen, deurdat dit 'n fisiese vlak van internasionale standarde gebruik om die data met vloeibeheer en 'n foutkontroleringstruktuur te vervoer. Die studie wys ook verder dat die beheerstruktuur van goedkoop tegnieke (sien paragraaf 4.1) gebruik maak om al die kritiese elemente van die proses so goedkoop moontlik te beheer, om 'n stabiele beheersistiem te bewerkstellig.

ABSTRACT

The need to design an automatic process for the automation of a locally designed oil stripping process, has developed because of the effective use of it in the farming industry. Automatic control must be applied to the system to make it stable, without increasing the costs of the project in the form of equipment, training and maintenance.

The Adam-5000 controller can be used in conjunction with a PIC microcontroller to carry out the monitor and control function on the system. The Adam-5000 is going to do all the direct monitor and control functions on the system, while the PIC is responsible for all control instructions to the Adam-5000 and the processing of the data. By using a PIC in conjunction with an Adam-5000 and a RS232 communication medium between the two, automatic control can be carried out on the system, without drastically increasing the costs.

The Adam-5000's analog input modules are responsible for the logging of all data variables, after which the data is sent to the PIC microcontroller via the RS232 communication medium. The PIC processes the data accordingly to the control structure, from where it sends control instructions via the RS232 communication medium to the Adam-5000. By making use of its Relay module, the Adam-5000 will now carry out all direct control instructions on the system. To

ensure that the operator is conscious of problems in the system, indirect control is also carried out through an alarm and LED indications.

The communication protocol of the PIC and Adam-5000 are going to be discussed as part of the physical- and datalink layer of the OSI module. The study shows that the protocol meets most of the requirements of these two layers by sending data with flow control and an error correction structure over an international standard physical layer. The study shows further that by making use of inexpensive methods [See paragraph 4.1], the control system controls all critical elements of the process to accomplish a stable controlled system.

INHOUD

Bladsy

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1	Oorsig	1
1.2	Probleemstelling en -oplossing	2
1.3	Doel van studie	3
1.4	Hipotese	4
1.5	Belangrikheid van die projek	4
1.6	Metodes van navorsing	5
1.6.1	Literatuurstudie en besoeke aan omgewing	5
1.6.2	Die ontwerp van die PIC-mikrobeheerder en RS232- koppelvlak	6
1.6.3	Ontwikkeling van kommunikasiesagteware	7
1.6.4	Ontwikkeling van beheersagteware	8
1.6.5	Evaluering	8
1.7	Uniekheid van die projek	9
1.8	Opsomming	9

HOOFSTUK 2

OLIE-STROPINGSPROSES

2.1	Beginnel van werking	11
2.2	Vloei van olie in die stropingsproses	12
2.3	Stropingstoring	15
2.4	Verhittingstelsel	16
2.5	Afkoelingstelsel	20
2.6	Vakuum in stelsel	21
2.7	Beheer in stelsel	24

HOOFSTUK 3

HARDEWARE-ONTWERP

3.1	Monitor- en beheersisteesem	27
3.1.1	Kernsisteesem	30
3.1.2	I/U-Modules	31
3.2	Sentrale verwerkingseenheid	35
3.3	RS232-verbinding	39

HOOFSTUK 4

BEHEERPROSES

4.1	Beheertegnieke	44
4.1.1	Vloei- en kwaliteitbeheer	44

4.1.2	Temperatuurbeheer	52
4.2	Beheerstruktuur	54
4.3	Sagteware-ontwikkeling vir protokol	56
4.3.1	Protokolontwikkeling	57
4.3.2	Sagteware-ontwikkeling vir transmissie	64
4.3.3	Sagteware-ontwikkeling vir ontvanger	70
4.4	Sagteware-ontwikkeling vir beheerproses	75
4.4.1	Wasige-Logikabeginsel	75
4.4.2	Kronologiese volgorde van beheerproses	78
4.4.3	Opstelling van die PIC	80
4.4.4	Sagteware-ontwikkeling vir die monitering en beheer van vloei en temperatuur (TI3)	81
4.4.5	Sagteware-ontwikkeling vir die monitering en beheer van temperatuur TI1 en TI2	93
4.4.6	Sagteware-ontwikkeling vir beheer en toets van krane	97
4.4.7	Sagteware-ontwikkeling en beheer van IRQ's	103

HOOFSTUK 5

EVALUERING VAN BEHEERSTELSEL

5.1	Eksperiment 1: Evaluering van mikrobeheerdernode	107
5.1.1	Doel	107
5.1.2	Metode	108
5.1.3	Resultate	110

5.2	Eksperiment 2: Evaluering van datakommunikasiesetel	114
5.2.1	Doel	114
5.2.2	Metode	114
5.2.3	Resultate	115
5.3	Eksperiment 3: Evaluering van die mate van beheer wat uitgevoer word en die effek van vloeding op die beheerproses	116
5.3.1	Doel	116
5.3.2	Metode	117
5.3.3	Resultate	117
5.4	Gevolgtrekking	120
HOOFSUK 6		
SAMEVATTING		123
BYLAAG A - EKSP1A		125
BYLAAG B - EKSP1B		126
BYLAAG C - EKSP2		127
BYLAAG D - STROPINGSPROSES		128
LITERATUURLYS		129

Lys van tabelle en figure

- Figuur 2.1 Grafiese model van die vloeï van olie deur die stropingsproses
- Figuur 2.2 Rotameter wat die vloeï van olie monitor
- Figuur 2.3 Stropingstoring waar vlugtige gasse van die olie afgestroop word
- Figuur 2.4 Dop-en-Buis-Hitte-uitruiler wat hitteoordrag bewerkstellig
- Figuur 2.5 Grafiese voorstelling van die temperatuurverandering in 'n hitte-uitruiler
- Figuur 2.6 Afkoelingstelsel wat gebruik word om die verhitte olie weer af te koel
- Figuur 2.7 Vakuumtoring waar die vakuum in die stelsel opgewek word
- Figuur 3.1 Adam-5000-beheerder wat die direkte beheerfunksie uitvoer
- Figuur 3.2 Termokoppel soos dit deur die Adam-5018-module gebruik word
- Figuur 3.3 Relêkontakte soos dit deur die Adam-5060-module gebruik word
- Figuur 3.4 PIC 16C74A Kristaluitleg
- Figuur 3.5 PIC 16C74A Herstelkring
- Figuur 3.6 Sewe-Vlak-OSI-Model
- Figuur 3.7 Elektriese karakteristieke van RS232 met 'n TTL na RS232-omskakelingskring
- Figuur 3.8 Elektriese karakteristieke van 'n TTL-geïntegreerde kringbaan met 'n RS232 na TTL-omskakelingskring
- Figuur 3.9 DB25- en DB9-Verbinders van die RS232-koppelvlak
- Figuur 3.10 MUX-232-Drywer wat TTL- en RS232-omskakelings doen

- Figuur 3.11 RS232-koppeling op PIC 16C74A
- Figuur 4.1 Blokdiagram van vloeï- en kwaliteitbeheer in stelsel
- Figuur 4.2 Werking van die vlakmeters
- Figuur 4.3 Uitleg van die verstelbare kraan
- Figuur 4.4 Vloedingbeheer in stropingstoring
- Figuur 4.5 Vakuumbesheer in vakuumbtoring
- Figuur 4.6 Blokdiagram van temperatuurbeheer
- Figuur 4.7 Besheerstruktuur soos besheer deur die PIC-mikrobesheerder en die Adam-5000 in die stelsel uitgevoer word
- Figuur 4.8 Data-analiseringstruktuur soos dit deur die protokolanaliseerder vertoon word
- Figuur 4.9 Vloeiagram van transmissiesagteware
- Figuur 4.10 USART-blokdiagram van transmissie
- Figuur 4.11 Vloeiagram van die werking van die ontvangsagteware
- Figuur 4.12 USART-blokdiagram van ontvanger
- Figuur 4.13 Vloeiagram van die kontrolesomfunksie
- Figuur 4.14 Kronologiese volgorde van besheerproses
- Figuur 4.15 Vloeiagram van die PIC-mikrobesheerder se opstelling
- Figuur 4.16 Terugvoerbesheersisteem
- Figuur 4.17 Opstellings voor besheer van vloeï en temperatuur TI3
- Figuur 4.18 Vloeiagram van vloeïbesheer in die stelsel
- Figuur 4.19 Lidmaatskapfunksie van vloeïbesheer

- Figuur 4.20 Vloediagram van temperatuurbeheer aan die onderkant van die stropingstoring (T13)
- Figuur 4.21 Lidmaatskapfunksie van olietemperatuur aan die onderkant van die stropingstoring (T13)
- Figuur 4.22 Lidmaatskapfunksie van die olietemperatuur na afkoeling (T11)
- Figuur 4.23 Lidmaatskapfunksie van olietemperatuur voor stropingstoring (T12)
- Figuur 4.24 Vloediagram van temperatuurbeheer by T11 en T12
- Figuur 4.25 Vloediagram van probleemidentifisering
- Figuur 4.26 Vloediagram van die kraanroteringsprosedure
- Figuur 4.27 Vloediagram van kraantoetsprosedure
- Figuur 4.28 Vloediagram van IRQ's-onderzoek
- Figuur 4.29 Vloediagram van beheerprosesselektering
- Figuur 5.1 Voorstelling van die mate van vloeibeheer wat uitgevoer word
- Figuur 5.2 Voorstelling van die mate van temperatuurbeheer wat uitgevoer word

Lys van Akronieme en Afkortings

TTL	Transistor-Transistor-Logika
OSI	“Open Systems Interconnection”
PLB	Progammeerbare Logiese Beheerder
I/U	Inset/Uitset
LED	“Light Emitting Diode”
USART	“Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter”
RTC	“Request To Send”
CTS	“Clear To Send”
FBT	Foutiewe Baud Tempo
NBT	Nuwe Baud Tempo
VBT	Verlangde Baud Tempo
TSR	“Transmit Shift Register”
RSR	“Receive Shift Register”
LVS	“Linguistic Variable Set”
LV	“Linguistic Variable”
LC	“Linguistic Consept”
FVW	Fisiese Veranderlike Waarde
LT	“Linguistic Term”
IRQ	“Interrupt Request”

Hoofstuk 1

Inleiding

1.1 Oorsig

'n Meer effektiewe beheerstruktuur kan op 'n olie-suiweringstelsel geïmplementeer word, deur van programmeerbare beheerders gebruik te maak vir die outomatisasie van die hele stelsel. Die hoë kostes verbonde aan bestaande olie-stropingsprosesse het gelei tot die ontwikkeling van 'n plaaslike, meer koste-effektiewe stelsel. Die rede vir die laer kostes in die plaaslik ontwikkelde stelsel is omdat die meerderheid van die toerusting wat in die proses gebruik word, self ontwerp en gebou word. Die enigste nadeel van die stelsel is dat alle monitor- en beheerfunksies fisies deur 'n operateur gedoen moet word, wat aanleiding gegee het tot die ondersoek na die outomatisasie van die hele stelsel. Alhoewel die stelsel dit reeds in die nywerheid as 'n baie stabiele stelsel bewys het, nadat dit gekalibreer is met installasie, kan foute en onderbrekings van kritiese elemente groot nadele vir die stelsel inhou, indien dit nie vinnig genoeg identifiseer word nie.

Om hierdie stelsel dus effektief te bemark, is dit belangrik om outomatiese beheer te implementeer om die stelsel so stabiel as moontlik te kry, sonder om die kostes in die vorm van opleiding of onderhoud te verhoog. Kostes speel 'n groot rol met die ontwikkeling van die outomatiese beheersisteem, aangesien dit

die hoofrede vir die ontstaan van die projek is. Soos voorheen uitgewys, is die kostes van die projek baie laag en moet die beheersisteem ook by hierdie kriterium hou.

1.2 Probleemstelling en -oplossing

Die verhoogde aanvraag na 'n plaaslik ontwikkelde olie-stropingsproses het gelei tot die behoefte aan die outomatisasie van die hele stelsel. Die stelsel moet outomaties beheer word, sonder dat die operateur enige rekenaaropleiding hoef te ontvang, of dat die onderhoud of kostes aan die projek drasties verhoog word.

Vir hierdie doel is besluit om van die Adam-5000-beheerder gebruik te maak om die direkte beheer op die stelsel uit te voer. Die Adam-reeks kan egter nie dataverwerking doen nie en daarom is besluit om van die PIC-mikrobeheerder gebruik te maak om alle sentrale verwerkingsfunksies uit te voer. Terwyl die Adam-5000 direk verantwoordelik gaan wees vir die meting en die beheer van alle veranderlikes in die stelsel, gaan alle verwerkings en instruksies vanaf die PIC verkry word. Bylaag D toon 'n beheerdiagram van hoe beheer deur die Adam-5000 op die stelsel uitgevoer word. Beheer kan nie altyd direk op die stelsel uitgevoer word nie en daarom word van die PIC gebruik gemaak om 'n diagnoseeringsfunksie in die stelsel te implementeer. Om kommunikasie tussen die Adam-5000 en die PIC te bewerkstellig, word van 'n RS232-koppeling tussen

die twee beheerders gebruik gemaak om dit so na as moontlik aan internasionale standarde te hou¹.

Deur van die bogenoemde struktuur gebruik te maak, is dit moontlik om outomatiese beheer op die olie-suiweringsproses uit te voer en sodoende foutiewe produklewering tot die minimum te beperk, sonder dat die operateurs enige rekenaaropleiding hoef te ontvang, of om die onderhoud en kostes op die stelsel drasties te verhoog.

1.3 Doel van die studie

Die doel van hierdie projek is om 'n beheerstruktuur te ontwikkel vir die beheer van 'n olie-suiweringsproses, asook om die sagteware in saamsteltaal daarvoor te ontwikkel. Die beheerproses gaan verantwoordelik wees vir die outomatiese beheer van die stelsel, om te verseker dat foutiewe produklewering tot die minimum beperk word. Die beheerproses moet egter van so aard wees dat die operateur dit kan gebruik, sonder om enige rekenaaropleiding te ontvang, of om die onderhoud en kostes op die stelsel drasties te verhoog.

¹ Die rede vir die gebruik van 'n RS232-koppeling en nie 'n RS485-koppeling nie, word in paragraaf 1.6.2 uiteengesit

1.4 Hipotese

'n Effektiewe beheerstruktuur kan vir 'n olie-suiweringsproses ontwikkel word deur van 'n PIC-mikrobeheerder, 'n Adam-5000-beheerder en 'n RS232-koppelvlak tussen die twee beheerders gebruik te maak.

1.5 Belangrikheid van die projek

Die ontwikkeling van 'n plaaslike olie-stropingsproses hou groot moontlikhede vir die land en die industrie in, deurdat dit die invoer van olie-stropingsprosesse vanaf die buiteland kan verminder en terselfdertyd ook die afstand wat die boer van die fabriek af is, kan verklein. Alhoewel die stelsel bewys het dat dit baie stabiel na installasie en kalibrering is, kan foute op die stelsel groot nadele inhou vir die produk wat gelewer word. Aangesien die produk in die voorbereiding van voedsel gebruik word, is dit baie belangrik dat 'n produk van hoë gehalte gelewer moet word. Vir dié doel is dit belangrik om outomatiese beheer op die stelsel toe te pas, om foute tot die minimum te beperk en sodoende die bes moontlike produk te lewer.

1.6 Metode van navorsing

Die projek is in 5 fases uitgevoer, naamlik:

- Literatuurstudie en besoeke aan omgewing
- Ontwerp van 'n PIC- en RS232-koppelvlakstroombaan
- Ontwikkeling van kommunikasie-sagteware
- Ontwikkeling van beheersagteware
- Evaluering

1.6.1 Literatuurstudie en besoeke aan omgewing

Die literatuurstudie is gedoen met die oog op die ontwikkeling van 'n outomatiese beheerstruktuur vir 'n olie-suiweringsproses. Die werking van die stropingsproses is eers in samewerking met die ontwerper van die proses ondersoek, om 'n goeie aanduiding te kry van die beheerfunksie wat uitgevoer moet word. Daarna is vorige studies en beheerprosesse ook ondersoek om die bes moontlike manier te kry om die proses te beheer. Besoeke aan die omgewing is ook gedoen om inligting te bekom oor die fasiliteite, veranderlikes, asook die mate van beheer wat uitgevoer moet word. Na aanleiding van die inligting wat versamel is (sien Hoofstuk 2), is besluit om van die PIC-

mikrobebeerder in kombinasie met die Adam-5000 gebruik te maak om die monitor- en beheerfunksie op die stelsel uit te oefen².

1.6.2 Die ontwerp van die PIC-mikrobebeerder en RS232-koppelvlak

Die stroombaan is ontwerp om kommunikasie tussen die PIC en die Adam-5000 te bewerkstellig, sodat die sagteware daarvoor ontwikkel kan word. Dit is bewerkstellig deur van 'n RS232-koppelvlak tussen die twee gebruik te maak, om die stelsel sodoende ook op 'n internasionale standaard te bring. Alhoewel dië RS485 [1, p. 158] baie meer stabiel teen elektriese geraas is en dit die aangewese gebalanseerde transmissielyn is wat in die meerderheid in die industrie gebruik word, word hier 'n RS232-koppeling gebruik vir die volgende twee redes.

- Eerstens omdat hier van 'n protokolanaliseerder gebruik gemaak word om in die ontwikkelingsfase van die protokol te help met die daarstelling van 'n kommunikasiemedium, asook om foutopsporing op die sisteem te doen nadat dit geïmplementeer is. Die meeste protokolanaliseerders standaardiseer egter op RS232-, V35- en X21-kommunikasiepoorte en ondersteun nie RS485-standaarde nie, wat tot 'n omslagtige en 'n meer komplekse kringbaan kan lei, om die analiseerder in die ontwikkelingsfase en ook in foutopsporing na die installering van die proses te gebruik.

² Redes vir die keuse word in paragraaf 3.1 en 3.2 verskaf

- Die tweede rede is dat die PIC naby aan die Adam-5000 geïmplementeer word en die aanbring van RS485-standaarde nie 'n vereiste gaan wees in die gebruik van die projek nie.

Indien die RS485 egter 'n vereiste word, hetsy in verdere navorsing of die verandering in die struktuur van die proses a.g.v die omgewing van implementering, kan dit bewerkstellig word deur die aanbring van minimale verandering aan die RS232-kringbaan, soos dit in paragraaf 3.3 beskryf word. Omskakelaars kan ook gebruik word om die fisiese verbinding van RS232 na RS485 en omgekeerd om te skakel.

1.6.3 Ontwikkeling van die kommunikasiesagteware

Alle sagteware is in saamsteltaal op die PIC-mikrobeheerder ontwikkel, aangesien die Adam-5000 nie die nodige intelligensie bevat om verwerking van data te doen nie. Die sagteware wat ontwikkel is, het dit ten doel om kommunikasie tussen die PIC en die Adam-5000 te bewerkstellig, deur van 'n RS232-koppelvlak tussen die twee gebruik te maak. Die protokol wat ontwikkel is om kommunikasie moontlik te maak, is op die Sewe Laag OSI-Model gebaseer om die protokol so na as moontlik aan internasionale standaard te hou [15, p. 38]. Aangesien geen netwerkfunksies gebruik word nie, gaan die protokol nie die volledige vorm van die OSI-Model aanneem nie, alhoewel dit na aanleiding van die OSI-Model in paragraaf 3.3 bespreek gaan word.

1.6.4 Ontwikkeling van beheersagteware

Soos reeds vermeld, beskik die Adam-5000 nie oor die vermoë om ingewikkelde dataverwerking te doen nie, en daarom word alle sentrale verwerking deur die PIC-mikrobeheerder gedoen. Alle data wat deur die Adam-5000 ingesamel is, word as asinkrone data oor die RS232-koppelvlak gestuur om deur die PIC geprosesseer te word. Nadat die data verwerk is, word alle beheerinstruksies weer oor die RS232-koppelvlak na die Adam-5000 gestuur, wat op sy beurt weer die beheer op die stelsel self gaan uitvoer. Die metode van beheer wat deur die PIC uitgevoer gaan word, werk op die beginsel van wasige-logika, terwyl direkte beheer in 'n terugvoerluskonfigurasie uitgevoer gaan word. Die diagnoseringsfunksie wat gebruik word om alle kondisies in die beheerproses aan te dui, is ook in die sagteware ingewerk en word deur die PIC hanteer.

1.6.5 Evaluering

Aangesien die stelsel reeds in produksie is, kan toetse in die ontwikkelingsfase van die projek nie direk op die stelsel gedoen word nie, wat aanleiding gegee het tot die gebruik van gesimuleerde waardes en veranderlikes om die verskillende kondisies in die stelsel te simuleer. Alle gesimuleerde veranderlikes word gevarieer om die stabiliteit en betroubaarheid van die beheerproses onder alle omstandighede te evalueer deur 'n verskeidenheid van toetse daarop uit te voer. 'n Meer volledige uiteensetting van die evaluering word in Hoofstuk 5 gegee.

1.7 Uniekheid van die projek

Soortgelyke stelsels wat vandag in die industrie gebruik word, maak meestal van progammeerbare logiese beheerders (PLB) en rekenaars gebruik om outomatiese beheer te bewerkstellig. Hierdie stelsels is egter baie ingewikkeld, aangesien beide die PLB en die rekenaar 'n hoë vlak van tegniese- en sagtewarekennis vereis om dit effektief te kan gebruik, terwyl die onderhoud en kostes van die projek ook drasties verhoog word. Die gebruik van die PIC in kombinasie met die Adam-5000-beheerder hou groot moontlikhede in, aangesien die stelsel baie eenvoudig, maar tog effektief werk. Die hele beheerproses is outomaties, terwyl daar deurgaans van 'n eenvoudige uitleeseenheid gebruik gemaak word om die kondisie van die proses aan te dui. Diensonderbreking en kostes word ook tot 'n minimum beperk a.g.v die goedkoop, vinnige en maklike herstelstruktuur. Om 'n vergelyking te tref kan die hele sentrale verwerkingseenheid in een minuut vervang word teen ongeveer dieselfde prys as die sleutelbord van 'n rekenaar.

1.8 Opsomming

'n Gedetailleerde beskrywing van die werking van die olie-suiweringstelsel kan in Hoofstuk 2 verkry word, terwyl Hoofstuk 3 oor die ontwikkeling van die hardeware handel. Hoofstuk 4 handel oor die sagteware van die protokol en die

beheerproses wat ontwikkel is, terwyl Hoofstuk 5 die evaluering van die stelsel behandel.

Hoofstuk 2

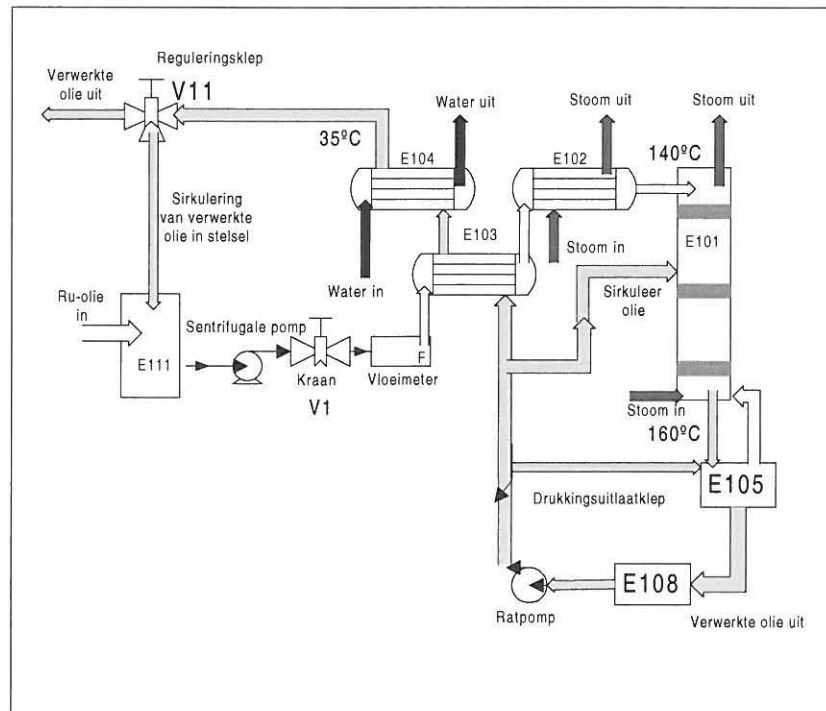
Olie-Stropingsproses

In hierdie hoofstuk word die werking van die olie-stropingsproses beskryf. Paragraaf 2.1 bespreek die beginsel waarop die hele proses werk, terwyl paragraaf 2.2 die vloeï van olie en die stropingsproses beskryf. Paragraaf 2.3 gaan die stropingstoring beskryf, terwyl paragraaf 2.4 die verhitingsstelsel gaan behandel. Paragraaf 2.5 gaan die afkoelingsstelsel beskryf, terwyl paragraaf 2.6 die vakuum wat in die stelsel teenwoordig is, gaan verduidelik. Die beheer wat op die olie-stropingsproses uitgeoefen word, gaan in paragraaf 2.7 beskryf word.

2.1 Beginsel van werking

Die doel van die olie-stropingsproses is om alle vlugtige gasse wat in onbewerkte olie teenwoordig is, te verwyder. Hierdie gasse is verantwoordelik vir die reuk en smaak wat in onbewerkte olie teenwoordig is en moet verwyder word, voordat die olie aangewend kan word. Dit word bewerkstellig deur die olie te verhit, en dan alle vlugtige gasse met stoom in 'n vakuum af te stroop.

2.2 Vloei van olie in die Stropingsproses

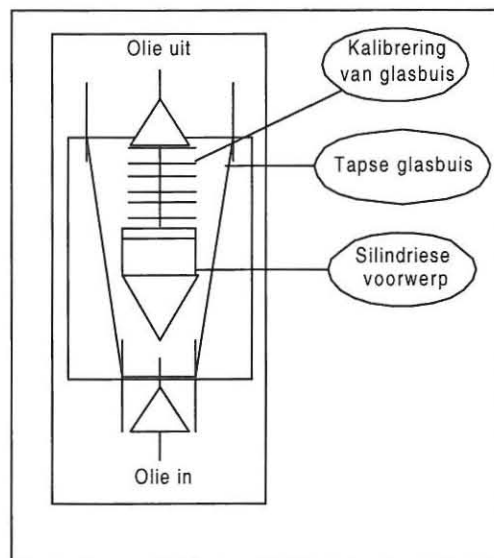


Figuur 2.1

Grafiese model van die vloei van olie deur die stropingsproses

Onbewerkte olie word in 'n opgaartenk (E111) gestoor, vanwaar dit met 'n sentrifugale pomp in die stelsel ingepomp word (sien Figuur 2.1). Die rede vir die gebruik van 'n sentrifugale pomp is om te verseker dat gevaarlike drukings nie in die toevoerpype opgebou word nie. Aangesien die verstelbare kraan (V1) baie varieer om die vloeitempo konstant te hou, is dit van uiterste belang dat 'n sentrifugale pomp gebruik word, as in ag geneem word dat die pomp nie een keer tydens hierdie aktiwiteit gestop word nie. Die werking van 'n sentrifugale

pomp [11, p. 66] is van so aard dat, indien die drukking rondom die pomp sou toeneem, dit slegs in die olie gaan gly, eerder as om die drukking in die pype te verhoog, soos in die geval van positiewe verplasingpompe, bv. ratpompe [11, p. 150]. Olie beweeg nou deur 'n verstelbare kraan (V1) en 'n rotameter (Figuur 2.2) om die vloeitempo van olie in die stelsel te beheer.



Figuur 2.2

Rotameter wat die vloei van olie monitor

Die rotameter [10, p. 8.16] is 'n meganiese vloeimeter wat uit 'n vertikale, effens tapse glasbuis bestaan, waarin 'n silindriese voorwerp opwaarts geforseer word deur die vloei van olie daardeur. Deur die glasbuis te kalibreer, kan die vloei deur die rotameter bepaal word, deur die hoogte te bepaal wat die silindriese voorwerp in die glasbuis opgeforseer word. Soos in paragraaf 4.1

beskryf word, word die beginsel van die rotameter gebruik om 'n spanning op te wek, sodat dit deur die outomatiese beheerproses beheer kan word.

Die olie word nou deur twee hitte-uitruilers (E103 en E102) verhit tot temperature van ongeveer 140 °C (sien paragraaf 2.4), vanwaar dit in die stropingstoring (E101) gestort word om alle vlugtige gasse wat deur die olie afgeskei word, in 'n stoomstropingsproses af te stroop (sien paragraaf 2.3).

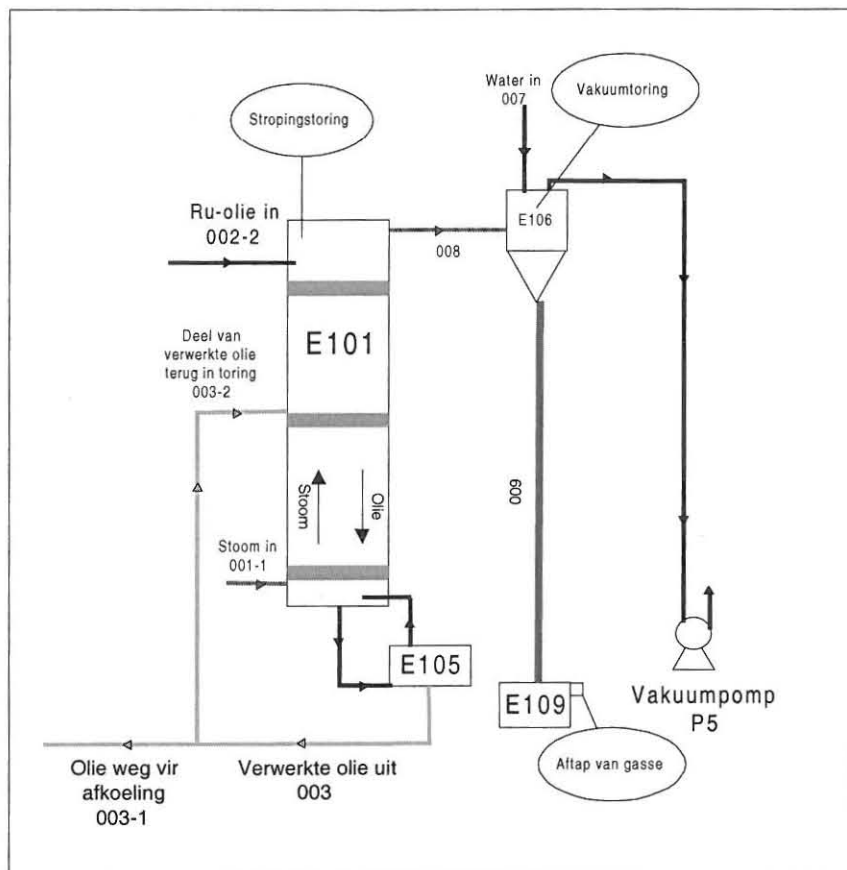
Die verwerkte olie word nou in 'n opgaartenk (E105) gestort, vanwaar dit deur 'n filter (E108) gaan om alle onsuierhede wat nog in die olie teenwoordig is, uit te filtreer. Deur die buffertenk d.m.v 'n addisionele lugkanaal na die stropingstoring terug te verbind, word die vloei van olie na die tenk verbeter, deurdat dit die drukking in die tenk verlaag. Filtrering (E108) is egter van uiterste belang, aangesien die ratpomp maklik kan breek, indien enige harde voorwerpe tussen die ratte sou inkom. Die rede vir die gebruik van 'n ratpomp is omdat dit 'n positiewe verplasingpomp is en dus in 'n vakuum kan werk. Voorsorgmaatreëls moet egter getref word by die gebruik van 'n ratpomp, aangesien dit die pype kan laat bars, indien daar 'n blokkasie na die pomp ontstaan. Vir diè doel word daar van 'n drukkingssuitlaatklep ("pressure release valve") na die ratpomp gebruik gemaak, om die drukking in die pype te reguleer. 'n Drukkingssuitlaatklep is 'n klep wat normaalweg toe is en dan oopmaak, indien die drukking in die pype 'n sekere gekalibreerde waarde oorskry. 'n Gedeelte van die verwerkte olie word deur twee hitte-uitruilers (E103 en E104) afgekoel

tot 'n temperatuur van ongeveer 35°C, terwyl die res van die olie weer na die stropingstoring gesirkuleer word om die kwaliteit van die produk te verbeter.

Die afgekoelde olie gaan nou na 'n tweepoortklep (V11), vanwaar dit, afhange van die lesings wat in die proses geneem word, of terug in die sisteem gesirkuleer word, of uitgevoer word na 'n buffertenk om vir produksie aangewend te word.

2.3 Stropingstoring

Die verhitte olie word aan die bokant van die stropingstoring by lyn 002-2 (sien Figuur 2.3) ingestort, terwyl stoom in die teenoorgestelde rigting verby die olie geforseer word, om sodoende alle vlugtige gasse wat deur die olie afgeskei word, af te stroop. Om die proses te verbeter, word die hele toring gevul met klein halfmaanvormige plate om die vloei in die toring te verbeter, asook om die oppervlakte in die toring te vergroot. Die vakuumentoring (E106), wat in paragraaf 2.6 beskryf word, word gebruik om die stropingstoring onder vakuum te plaas en sodoende die stropingsproses te verbeter, deurdat dit die wegvoer van vlugtige gasse deur lyn 008 in die toring verbeter. Alle vlugtige gasse wat in die stroomstroping afgestroop word, word by 'n opgaartenk (E109) weer van die oppervlak van die water afgetap.



Figuur 2.3

Stropingstoring waar vlugtige gasse van die olie afgestroop word

2.4 Verhittingstelsel

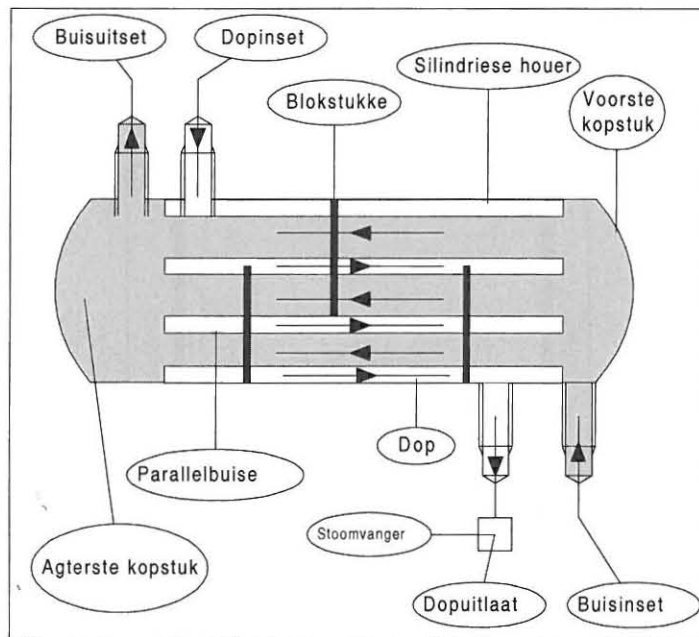
Stoom en klaar verhitte olie word in 'n hitte-uitruilingproses gebruik om die onbewerkte olie tot die verlangde temperatuur te verhit, deur van die dop-en-buis-hitte-uitruiler (Figuur 2.4) gebruik te maak. Hitte-uitruilers word in 'n hitte-uitruilingsproses gebruik om die hitte wat in een stof/gas teenwoordig is, oor te

dra na 'n ander stof/gas, deur van die vloei van stowwe/gasse in teenoorgestelde rigtings gebruik te maak [4, p. 371]. Soos reeds vermeld, gaan stoom en verhitte olie as verhittingselemente gebruik word om die onbewerkte olie tot die verlangde temperature te verhit.

Die warm verwerkte olie word eers in hitte-uitruiler E103 gebruik om die onbewerkte olie tot ongeveer 88°C te verhit, waarna die stoom dit dan in hitte-uitruiler E102 tot ongeveer 140°C gaan verhit. Die dop-en-buis-hitte-uitruiler wat in hierdie projek gebruik word om die olie te verhit en af te koel, maak van die vloei van vloeistowwe/gasse in teenoorgestelde rigtings gebruik om hitte oor te dra. Figuur 2.4 illustreer die hoofkenmerke van die dop-en-buis-hitte-uitruiler, waarvan die vloeistof wat verhit moet word normaalweg in die buise vloei en die verhittingselemente in die dop self gaan vloei.

Die hoofkomponente van die hitte-uitruiler [4, p. 370] is die parallel buise, die hol silindriese houers, die voorste en agterste kopstukke en die blokstukke wat help dat die verhittingselemente wat in die dop vloei heen en weer oor die buise geroteer word, om so veel as moontlik hitteoordrag te verkry. In die geval waar stoom gebruik word om die olie te verhit, moet egter van 'n stoomvanger ("Steam Trap") gebruik gemaak word om te help met die verwydering van kondensasie in die stelsel. Alle kondensaat in die hitte-uitruiler word deur die stoomvanger opgegaan en dan teruggevoer na die stoomketel, waar dit heraangewend word om stoom te genereer. Soos wat die kondensaat deur die stoomvanger

opgevang word, koel dit die stoomvanger af, wat veroorsaak dat 'n klep oopmaak om sodoende die kondensaat weer na die stoomketel terug te sirkuleer. Die stoom verhit dan weer die stoomvanger wat die klep toemaak, sodat stoom weer deur die hitte-uitruiler gesirkuleer kan word. Die stoomketel moet so skoon as moontlik gehou word en daarom word die kondensaat na die stoomketel teruggevoer, a.g.v die hoë kwaliteit van die water wat die moontlike aanpak van onsuiverhede in die ketel verminder.



Figuur 2.4

Dop-en-Buis-Hitte-uitruiler wat hitteoordrag bewerkstellig

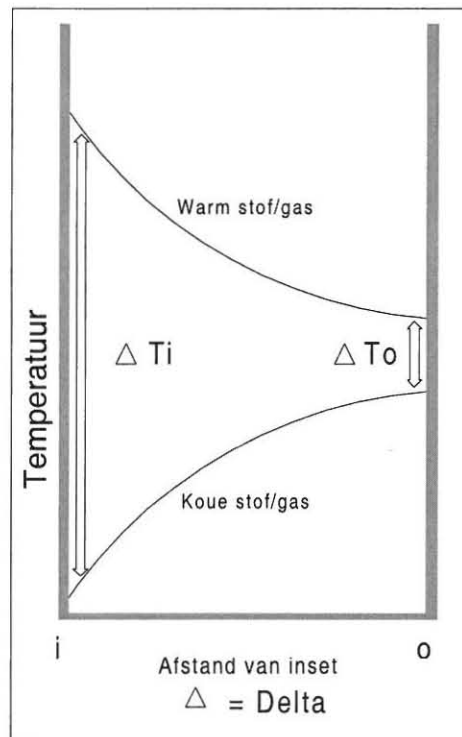
Figuur 2.5 gee 'n grafiese voorstelling van hoe die temperature van die onderskeie vloeistowwe/gasse gaan reageer tydens hitte-uitruiling in 'n parallel-hitte-uitruiler.

$$\text{Temperatuur van een stof/gas} - \text{Temperatuur van ander stof/gas} = \Delta T \quad (2.1)$$

ΔT_i = Temperatuurverskil tussen stowwe/gasse by inset

ΔT_o = Temperatuurverskil tussen stowwe/gasse by uitset

Die grafiese voorstelling wys hoe die temperatuurverskil by die uitset heelwat minder is as die temperatuurverskil by die inset en dat die temperatuur van die stowwe/gasse dus neig om na dieselfde punt toe te beweeg [4, p. 374].



Figuur 2.5

Grafiese voorstelling van die temperatuurveranderinge in 'n hitte-uitruiler

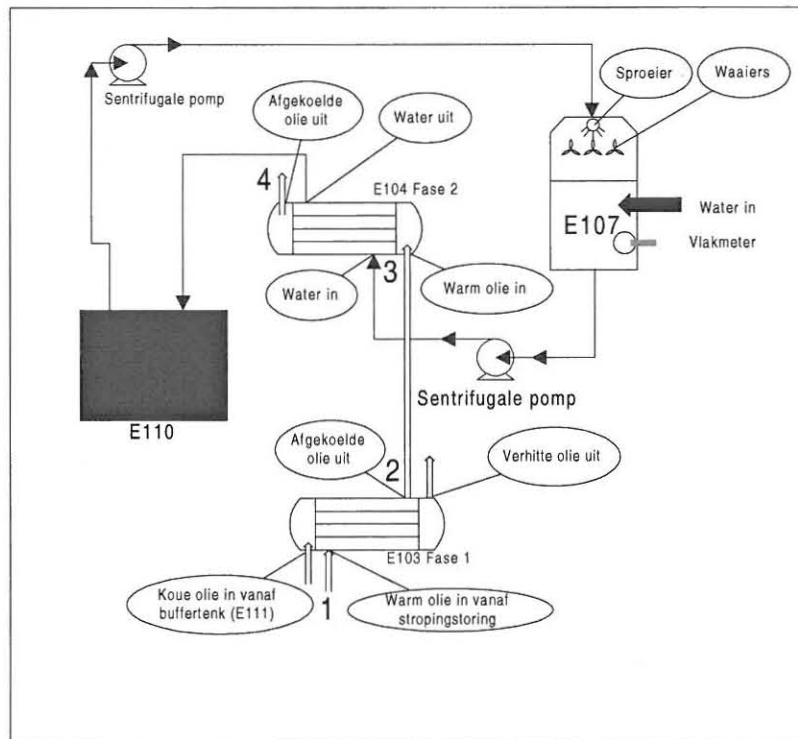
2.5 Afkoelingstelsel

Die hele afkoelingsproses bestaan uit twee fases waarin die olie afgekoel word tot die verlangde temperatuur van ongeveer 35°C. Net soos by die verhittingsstelsel word van hitteuitruilers gebruik gemaak om die hitte wat in die een stof/gas teenwoordig is, oor te dra na die ander stof/gas.

In die eerste fase word koue, onbewerkte olie gebruik om die olie, wat van die stroomstroper af kom, af te koel, terwyl die tweede fase van water gebruik gemaak word om die olie verder af te koel. In Figuur 2.6 kan die vloei van olie deur die afkoelingsproses duidelik gesien word waar die warm, verwerkte olie eers by nr. 1 ingaan om deur koue, onbewerkte olie in die eerste fase afgekoel te word, waarna dit by nr 3 ingaan om verder deur water in die tweede fase afgekoel te word tot ongeveer 35°C. Die afgekoelde olie wat by nr. 4 uitkom kan nou vir gebruik aangewend word, of in die stelsel gesirkuleer word totdat die beheersistiem gestabiliseer het (sien Figuur 2.1).

Die water wat in fase twee gebruik word om die olie af te koel, word vanaf 'n eksterne bron in tenk E107 ingepomp, waar die watervlak d.m.v 'n vlakmeter beheer word. Van hier word die water d.m.v 'n sentrifugale pomp na hitte-uitruiler E104 gepomp, waar dit dan in fase twee gebruik word om die olie af te koel. Die water word dan in tenk E110 gestort, vanwaar dit weer d.m.v 'n sentrifugale pomp teruggepomp word na tenk E107, om dit sodoende in die stelsel te

sirkuleer. Die water word d.m.v sproeiers in tenk E107 gepomp, en dan deur waaiers afgekoel, nadat dit in fase 2 van die afkoelingsproses deur die olie verhit is.



Figuur 2.6

Afkoelingstelsel wat gebruik word om verhitte olie weer af te koel

2.6 Vakuum in stelsel

'n Vakuum ontstaan wanneer die digtheid van 'n gas in 'n gegewe volume minder is as die digtheid van atmosferiese gas op die oppervlakte van die aarde, m.a.w

as die digtheid van die molekules minder is as 2.5×10^{19} molekules/cm³. Die eenhede waarin drukking gemeet word, is: [5, p. 365]

$$1 \text{ atm} = 101325.0 \text{ Pa} = 1.013250 \text{ bar} = 760 \text{ Torr} \quad (2.2)$$

atm = Atmosferiese drukking = 760 Torr by seevlak

Pa = Pascal (N·m⁻²)

Bar = Bar

Torr = mmHg

Vakuum kan in die volgende kategorieë opgedeel word: [5, p. 12]

- Lae Vakuum..... 760 Torr – 25 Torr
- Gemiddelde Vakuum..... 25 Torr – 10⁻³ Torr
- Hoë Vakuum..... 10⁻³ Torr – 10⁻⁶ Torr
- Baie Hoë Vakuum..... 10⁻⁶ Torr – 10⁻⁹ Torr
- Ultra Hoë Vakuum..... 10⁻⁹ Torr – en onder

'n Vakuum het baie voordele en kan in 'n wye reeks toepassings in die industrie aangewend word. Een van die voordele van 'n vakuum is dat dit die digtheid van molekules drasties verlaag en 'n lang gemene vry pad ("Long mean free path") bewerkstellig [5, p. 11]. Die vermindering van die digtheid van die molekules verminder die botsing van gasse en verbeter dus die vloei van gasse wat die effektiwiteit van die stropingsproses verhoog.

$$\lambda_{\text{cm}} = 5.0 \times 10^{-3} / P_{\text{Torr}} \quad (2.3)$$

waar

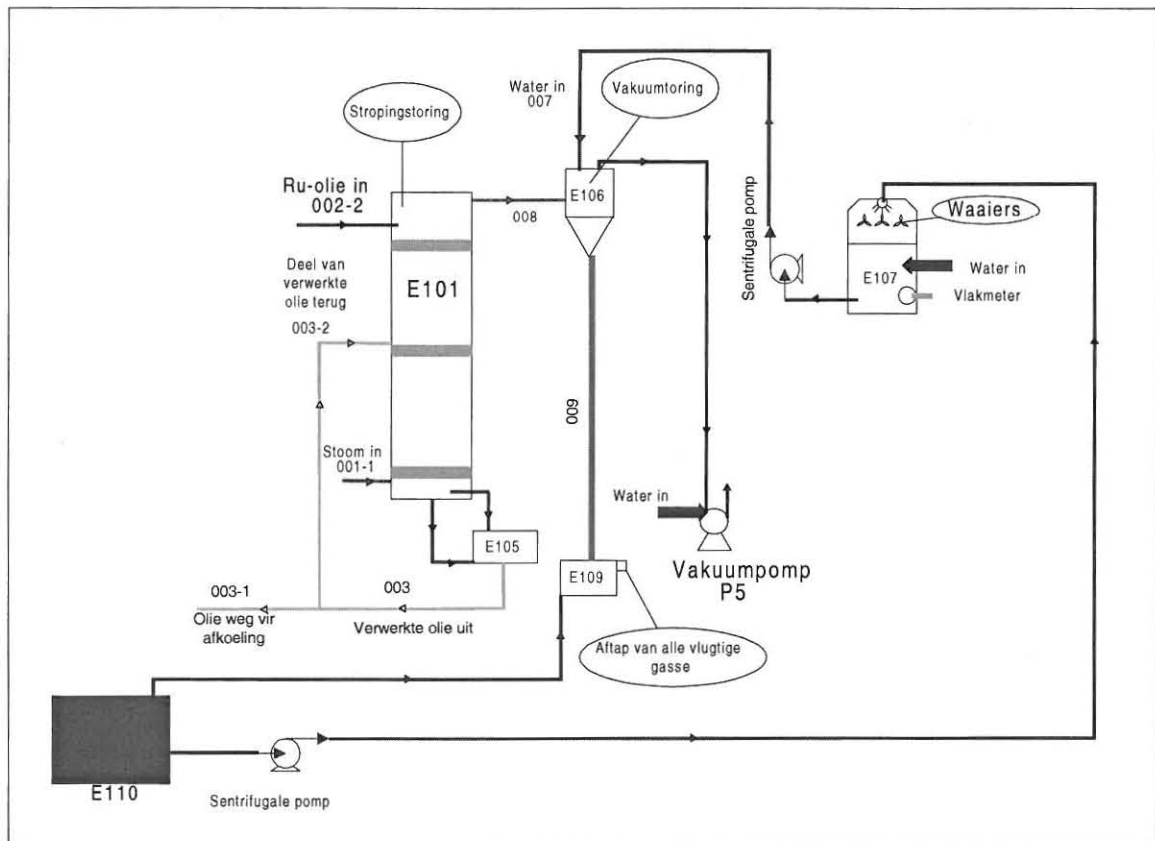
λ_{cm} = gemene vry pad

P_{Torr} = Drukking

Die λ_{cm} van atmosfeer is dus $5.0 \times 10^{-3} / 760_{Torr} = 6.6 \times 10^{-6}$ cm

Die drukking van die atmosfeer gaan verander van plek tot plek, maar kan ongeveer op 1 Pa bereken word by seevlak, terwyl die vakuum wat in die toring opgewek word, ongeveer 15Kpa of 10Torr is, wat dit in die gemiddelde vakuumvlak plaas. Aangesien temperatuur direk eweredig is aan drukking, kan die vinnige afkoel van gasse dus 'n vakuum laat ontstaan wat die stropingsproses van vlugtige gasse uit olie kan bevorder.

In Figuur 2.7 kan gesien word hoe hierdie vakuum opgewek word deur die stoom en vlugtige gasse wat die stropingstoring deur lyn 008 verlaat, vinnig af te koel in die vakuumentoring (E106), deur water vanaf lyn 007 by dit te voeg. Aangesien die vinnige afkoeling van stoom kondensasie veroorsaak, word van 'n vakuumpomp (P5) gebruik gemaak om die vakuum te begin, omdat die kondensasie dit moeilik maak vir die vakuum om van die begin af te ontstaan. Die vakuumpomp trek die lug uit die vakuumentoring uit en gebruik dan water as 'n isolator om te verseker dat die lug nie weer kan terugkeer nie.



Figuur 2.7

Vakuumentoring waar die vakuüm in die stelsel opgewek word

2.7 Beheer in stelsel

Soos in Bylaag D gesien kan word, word hier van meganiese instrumentasie gebruik gemaak om die stelsel te monitor en te beheer. Aangesien daar geen outomatiese beheer in plek is nie, word monitor- en beheerfunksies deur die operateur gedoen, wat die moontlikheid van foute verhoog.

Eerstens word die vloeitempo van olie in die stelsel beheer, deur van 'n rotameter (F1) en 'n meganies verstelbare kraan (V1) gebruik te maak. Die vloeitempo moet deurgaans konstant gehou word, aangesien die vloeitempo in verhouding tot die vakuüm staan en die vakuüm nie gevarieer kan word nie. Die gemiddelde vloeitempo wat gebruik word, is ongeveer 300 liter per uur, maar kan van stelsel tot stelsel verskil, afhangende van die omgewingstemperatuur en die grootte van die vakuüm wat opgewek word.

Die temperatuur van die olie in die stelsel word ook deur die operateur beheer, om die effektiwiteit van die stropingstoring konstant te hou. Temperatuur is direk eweredig aan drukking en daarom word 'n outomatiese verstelbare kraan (V6) in lyn met die stoom geplaas, om die drukking en dus ook temperatuur van olie in die stelsel konstant te hou. Hierdie kraan kan vir 'n spesifieke drukking gestel word en varieer dan die vloei van stoom na die hitte-uitruiler, afhangende van die drukking wat in die pype gemeet word. Die laaste hitte-uitruiler word ook voorsien van 'n drukuitlaatklep (PR1) wat drukking in die pype sal verminder deur oop te maak, indien die drukking in die pype 'n sekere voorafopgestelde drukwaarde oorskry.

Nadat die olie gestroop is, word dit in 'n opgaartenk gestort, waar die olievlak deur die operateur gemonitor word, deur van 'n vlakmeter gebruik te maak. 'n Filter word dan gebruik om alle onsuiverhede uit die olie te filtreer, voordat dit d.m.v 'n ratpomp verder gepomp word om afgekoel te word. Die aanbring van 'n

drukkuitlaatklep (PR2) net na die ratpomp, verseker dat die pype en ook die sisteem beskerm word teen hoë drukkings wat, a.g.v die gebruik van 'n ratpomp, kan ontstaan. Sodra die drukking in die pype te hoog word, maak die klep oop om die olie na die buffertenk (E105) te sirkuleer. Die water wat gebruik word om die vakuum op te wek en ook om olie weer af te koel, se vlak word in tenk E107 deur 'n vlakmeter beheer. Vakuumfoute wat ontstaan, is net soos in die geval van die stoom of water daarvan afhanklik om deur die operateur waargeneem te word, voordat beheer daarop uitgevoer kan word.

As daar na Bylaag D gekyk word, kan gesien word dat die meeste van die pype voorsien is van 'n verstelbare kraan en 'n vloeimeter, alhoewel die meeste daarvan net gebruik word om die stelsel te kalibreer met 'n nuwe installasie. In Hoofstuk 4 word die hele beheerproses deeglik ontleed om 'n wasige-logika-beheerstruktuur vir die outomatiese beheer daarvan te ontwikkel.

Hoofstuk 3

Hardware-ontwerp

Hierdie hoofstuk beskryf die hardware-ontwerp van die outomatiese beheerproses. Paragraaf 3.1 beskryf die keuse en werking van die monitor- en beheertoerusting wat gebruik word, terwyl paragraaf 3.2 die sentrale verwerkingseenheid gaan verduidelik. Paragraaf 3.3 gaan die kommunikasie tussen die monitorsisteam en die sentrale verwerkingseenheid beskryf.

3.1 Monitor- en beheersisteam

Aangesien die stelsel in die industrie gebruik word en nie in ideale omstandighede nie, is die betroubaarheid van die produk van uiterste belang en dus deeglik ondersoek. Een van die belangrikste karakteristieke van die produk wat ondersoek is, is die vermoë om dit teen hoë spannings en elektriese geraas te beskerm. Hoë spannings kan 'n ontwerp op drie plekke binnedring [2, p. 10-4]:

- Kragtoevoer
- Kommunikasiepoort
- I/U-modules of poorte

In die eerste ontwerp is 'n mikrobeheerder gebruik om alle monitor- en beheerfunksies direk op die stelsel uit te voer. Alhoewel die PIC ontwerp is om dit teen statiese elektrisiteit te beskerm, is dit meer van toepassing op lae spannings en nie hoë spannings, wat deur weerlig opgewek word nie [12, p. 2-

399]. Die volgende tekortkominge van die PIC-mikrobeheerder het aanleiding gegee tot die ondersoek na ander toerusting om die direkte beheer op die sisteem uit te voer.

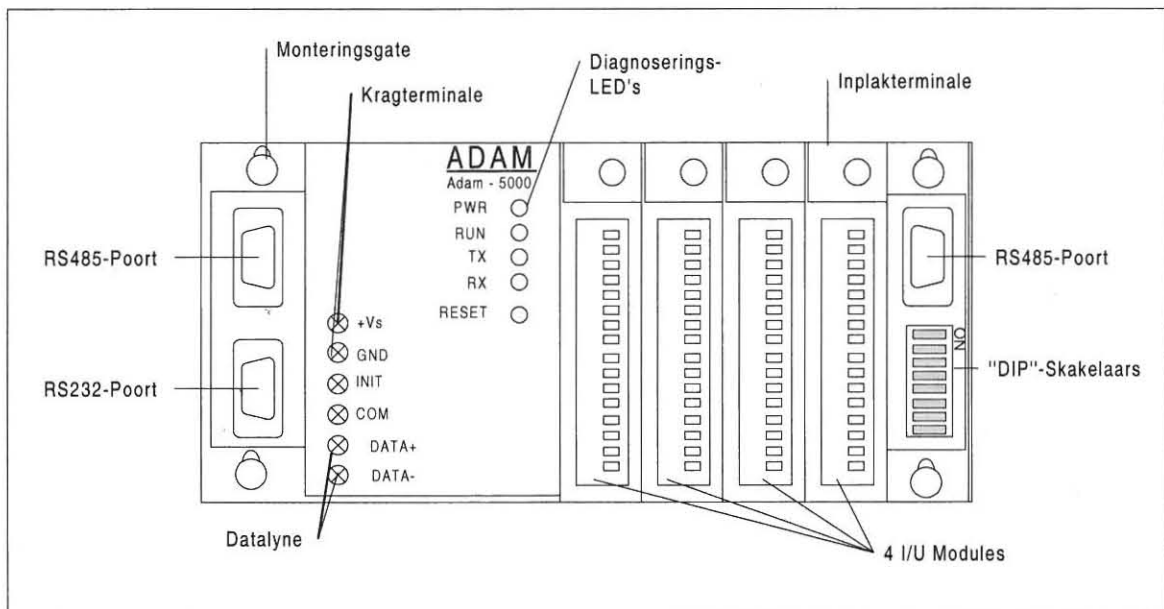
- Geen isolasie teen hoë spannings
- Geen kommunikasie-isolasie
- Geen I/U-isolasie
- Dit bied geen ondersteuning vir die wye reeks van meetinstrumente wat in die industrie gebruik word nie.

In die tweede en finale ontwerp, word van die Adam-5000 (Figuur 3.1) gebruik gemaak om alle direkte monitor- en beheerfunksies op die stelsel uit te voer, terwyl die PIC vir die prosessering van data en die monitor- en beheerinstruksies op die stelsel verantwoordelik gaan wees. Die Adam-5000 het dit reeds in die industrie as 'n betroubare beheerder bewys, omdat dit oor die volgende belangrike eienskappe beskik: [2, p.10-8]

- Hoë spanningisolasie van tot $3000V_{DC}$
- Hoë I/U-modulê-isolasie van tot $3000V_{DC}$
- Hoë kommunikasie-isolasie van tot $2500V_{DC}$
- Bied ondersteuning vir die meeste van die meetinstrumente wat in die industrie gebruik word.
- RS232- en RS485-koppeling vir kommunikasie
- Kommunikasie-afstand van tot 1.2Km indien 'n RS485-koppelvlak gebruik word

- Adressering van netwerknodus
- Maklike opgradering en vervanging van foutiewe komponente
- Maklik om te installeer

Die Adam-5000 is ontwerp om data te versamel en beheer uit te voer deur van meerkanaal I/U-modules gebruik te maak. Elke sisteem kan 'n kombinasie van 4 I/U-modules (64 I/U-punte) hanteer, terwyl dit d.m.v 'n RS232- of 'n meer-aftap-RS485-verbinding met die sentrale verwerkingseenheid kan kommunikeer [2, p.10-12]. Elke beheerder bestaan uit twee komponente, nl. die kernsisteem en die I/U-modules.



Figuur 3.1

Adam-5000-beheerder wat die direkte beheerfunksie uitvoer

3.1.1 Kernsisteem

Die Adam-5000 is vir die industrie ontwerp en beskik dus oor baie goeie beskerming teen hoë spanning en elektriese geraas. Soos reeds vermeld, kan elektriese geraas die kernsisteem by die kragbron en die kommunikasiepoorte binnedring en daarom maak die Adam-5000 voorsiening vir isolasie van tot $3000V_{DC}$ op die kragtoevoer, terwyl dit ook beskerming van tot $2500V_{DC}$ op die kommunikasiepoorte gee. Hierdie isolasie-ontwerp voorkom grondlusse ("Ground Loops") en verminder die effek wat elektriese geraas op die stelsel het.

Nog 'n groot voordeel van die Adam-5000-reeks is dat dit maklik opgradeer kan word, indien nuwer en vinniger toerusting die mark betree. Die moederbord kan vervang word sonder om die bestaande modules te vervang, terwyl elke module ook afsonderlik vervang kan word. Die sisteem beskik ook oor 'n "Watchdog timer"-funksie, wat die beheerder outomaties kan herstel om die onderhoud op die stelsel te verminder [2, p. 10-4]. 'n Maksimum van 4 modules kan per sisteem gebruik word, maar omdat die Adam-5000 geadresseer kan word, kan 'n totaal van 256 nodusse aan mekaar gekoppel word om aan bepaalde behoeftes te voldoen. Die kernsisteem maak van 4 LED's gebruik om die operateur oor die toestand van die Adam-5000 in te lig, terwyl hier van 3 modules gebruik gemaak word om die monitor- en beheerfunksie uit te voer. Hiedie 3 is soos volg:

- Die 8- Kanaal-analooginset (Adam-5017)
- Die 7-Kanaal-termokoppelinset (Adam-5018)

- Die 6-Kanaal-relêskakelaar uitset (“Relay output module”) (Adam-5060)

‘n Volledige beskrywing van die modules word in paragraaf 3.1.2 gegee.

Die RS232- en RS485-poort van die Adam-5000 kan gebruik word om kommunikasie na die sentrale verwerkingseenheid te bewerkstellig.

3.1.2 I/U-modules

Die drie modules wat gebruik word is: [2, p. 10-20]

- **Adam-5017 (8 Kanaal analoog-insetmodule)**

Hierdie module kan 8 verskillende analooginsette omskakel na digitale data, wat deur die sentrale verwerkingseenheid verwerk kan word. Die konfigurasie van die module kan vir ‘n verskeidenheid van analooginsette gestel word, om die uitset van die meetinstrument wat gebruik word, te ondersteun. Die insette varieer van $\pm 150\text{mV}$, $\pm 500\text{mV}$, $\pm 1\text{V}$, $\pm 5\text{V}$, $\pm 10\text{V}$ en $\pm 20\text{mA}$ waar elke inset ‘n spesifieke waarde van dit wat gemeet word, voorstel [1, p. 153]. Elke inset is toegerus met ‘n isolasiespanning van 3000V_{DC} en hoëspanningbeskerming van $\pm 35\text{V}$ om dit teen omgewingsfaktore te beskerm. Hierdie module word gebruik om die vloei van olie in die stelsel te monitor en om kostes te bespaar, word dit ook as ‘n analoogskakelaar gebruik om vakuum, vloeding en vlaklesings te monitor (sien paragraaf 4.1). Dit sou egter makliker gewees het om van industriële meetinstrumente soos vloeimeters en vakuummeters met elektriese uitsette

gebruik te maak om die veranderlikes te meet, maar om kostes te bespaar, word van alternatiewe metodes (sien paragraaf 4.1) gebruik gemaak om beheer uit te voer.

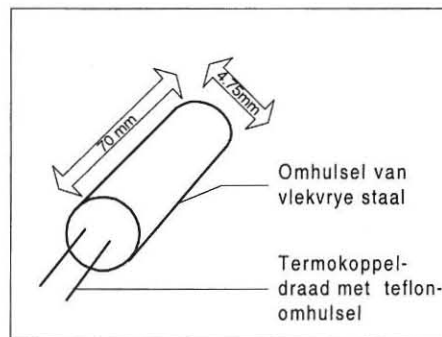
- **Adam-5018 (7 Kanaal termokoppel-insetmodule) [2, p. 10-21]**

Hierdie module word gebruik om 'n wye reeks temperature, wat deur die termokoppels in die stelsel gelees word, te monitor. Die termokoppels wat deur die module ondersteun word, is [1, p. 154]:

- J Tipe - (0°C ~ 760°C)
- K Tipe - (0°C ~ 1000°C)
- T Tipe - (-100°C ~ 400°C)
- R Tipe - (500°C ~ 1750°C)
- S Tipe - (500°C ~ 1750°C)
- B Tipe - (500°C ~ 1800°C)

Deur die module vir 'n spesifieke termokoppel te konfigureer, word die analoog-seine na digitale-seine omgeskakel en is die data wat deur die sentrale verwerkingseenheid ingelees word, klaar in grade Celsius. Die T-Tipe termokoppel (Figuur 3.2) is die mees geskikte koppeling vir hierdie projek, omdat dit die volle temperatuurstrek wat in die stelsel opgewek word, ondersteun. Om te verseker dat die verbindingsdraad nie 'n effek het op die lesings wat geneem word nie, word hier 'n teflonomhulsel gebruik om die geleidingsdrade van omgewingsfaktre soos temperatuur ens. te beskerm. Om geleiding te verbeter,

word 'n positiewe terminaal van nickel chromium en 'n negatiewe terminaal van nickel aluminium gebruik.



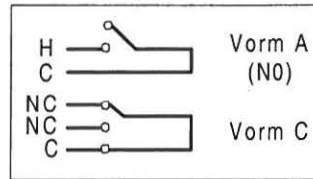
Figuur 3.2

Termokoppel soos dit deur die Adam-5018-module gebruik word

Soos by die Adam-5017, bied dit ook 'n $3000V_{DC}$ isolasiespanning met hoëspanningbeskerming van $\pm 35V$.

- **Adam-5060 (6 Kanaal relêkontak-uitsetmodule) [2, p. 10-23]**

Hierdie module bestaan uit 6 relêkontakte waarvan 2 in Vorm A en 4 in Vorm C soos in Figuur 3.3 voorgestel, aangewend kan word [1, p. 40].



Figuur 3.3

Relêkontakte soos dit deur die Adam-5060-module gebruik word

Die module word gebruik om die kraan wat vir die variasie in vloeitempo van die stoom en olie verantwoordelik gaan wees, te beheer. Dit sou weereens eenvoudiger gewees het om van industriële kraan, wat op die verandering in stroom reageer, gebruik te maak, aangesien die analoog-uitsetmodule (Adam-5024) wel die nodige ondersteuning bied om so kraan te beheer. Die gebruik van so kraan sal egter weer die kostes van die projek met ongeveer R5000 per kraan verhoog, wat aanleiding gegee het tot die ondersoek na 'n alternatiewe metode om die vloeitempo te beheer (sien paragraaf 4.1.1).

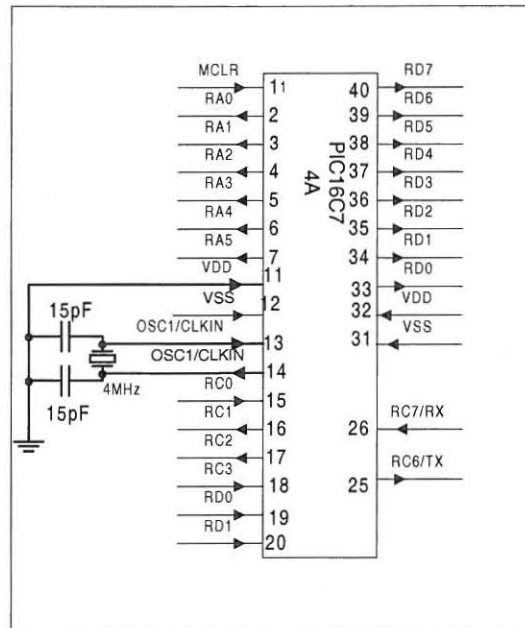
Die Adam-5000 kan egter nie dataverwerking doen nie, en daarom kry dit sy instruksies vanaf 'n eksterne verwerkingseenheid. Die voordeel hieraan verbonde is dat die sentrale verwerkingseenheid nie op die terrein hoef te staan nie, en 'n afstand van tot 1.2Km vanaf die Adam-5000 gemonteer kan word, indien van 'n RS485-verbinding gebruik gemaak word [1, p. 158].

3.2 Sentrale verwerkingseenheid

Die PIC-mikrobeheerder word as sentrale verwerkingseenheid gebruik om alle instruksies aangaande die monitor en beheer wat deur die Adam-5000 op die stelsel uitgevoer word, te gee. Die diagnoseringsfunksies en die prosessering van data op die stelsel word ook deur die PIC-mikrobeheerder hanteer. Die PIC 16C74A word om die volgende redes gebruik: [12, p. 2-399]

- Universele sinkrone, asinkrone ontvanger/aanstuurder of beter bekend as “USART” vir kommunikasie
- 33 I/U-bene vir diagnosering
- 4K x 14 Programmeerbare geheue om program op te stoor
- Lae kostes
- Minimum onderhoud
- Addisionele opleiding vir die operateurs word tot 'n minimum beperk

Aangesien tydsberekening 'n belangrike rol speel by beheerfunksies, word hier van 'n kristal-ossillator gebruik gemaak om die klok aan die PIC te voorsien (Figuur 3.4).



Figuur 3.4

PIC 16C74A Kristaluitleg

$$RTC = OSC/4 \tag{3.1}$$

RTC (“Real Time Clock”) = Die werklike spoed waarteen instruksies uitgevoer word.

OSC = Die spoed waarteen die kristal die PIC klok in mega hertz per sekonde(MHz/s).

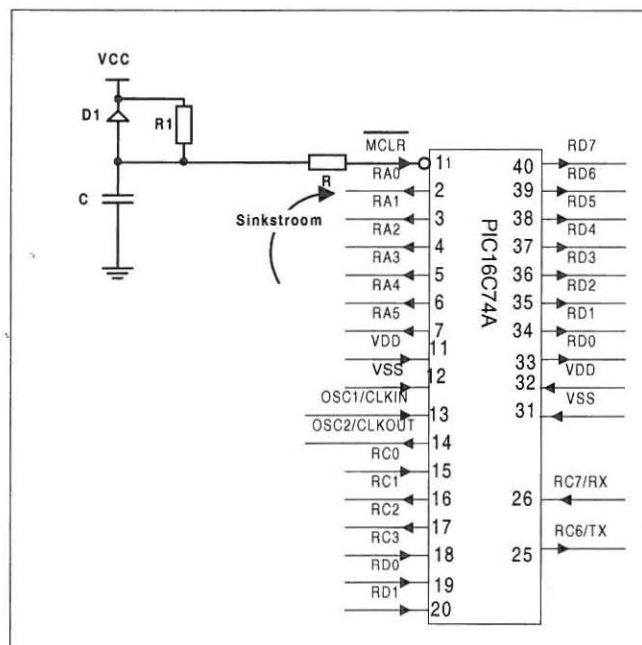
$$T = 1/F \tag{3.2}$$

T = Tyd

F = Frekwensie

Aangesien spoed nie so groot rol speel in die beheer van hierdie projek nie, word van ‘n 4MHz-kristal gebruik gemaak om die PIC te klok. Dit beteken dat die

instruksies teen $4\text{Mhz}/4 = 1\text{Mhz}$ uitgevoer gaan word en dat dit presies $1/1\text{Mhz} = 1\mu\text{s}$ gaan neem om een programmeringssiklus uit te voer. Hoe groter die kapasitansie van die kapasitors wat die bene van die kristal met die grond verbind om ossillasie te bewerkstellig, hoe meer stabiel is die frekwensie wat opgewek word. Indien die kapasitansie egter te hoog word, gaan dit die tyd wat dit vir die ossillator neem om te ossilleer, te lank maak en daarom word hier van $15 \sim 47\text{pF}$ kapasitors gebruik gemaak omdat dit genoegsame stabiliteit gee, maar ook die ossillasie-proses versnel. 'n Eksterne herstelkring, word slegs benodig in gevalle waar VDD lank neem om van 0V tot VDD te styg, en daarom word dit hier gebruik om te verseker dat die mikrobeheerder nie in werking kom voordat die kragtoevoer nie stabiel is nie.



Figuur 3.5

PIC 16C74A Herstelkring

Been 1 op PIC is die herstelinsent en word gebruik om die PIC te herstel, indien nodig. Om die beheerproses te aktiveer sonder om die PIC te herstel, moet been 1 se insent gedurig op 'n logika 1 gehou word om te voorkom dat die PIC herstel. Dit word bewerkstellig deur van die herstelkring soos in Figuur 3.5 gebruik te maak. Kapasitor C word deur die stroomvloei deur R1 gelaai om sodoende 'n konstante logika 1 op die been te hou, terwyl diode D weer gebruik word om die kapasitor te ontlai, wanneer die krag afgesit word. Die waarde van R moet egter kleiner as $40\text{ K}\Omega$ wees, sodat die spanningsval oor R nie so groot word dat dit die elektriese karakteristieke van die herstelkring gaan beïnvloed nie. R1 word primêr gebruik om te verseker dat die stroom wat deur been 1 gesink word, nie meer is as wat die poort kan hanteer nie. Aangesien die spanning op die been ongeveer 5V is en die maksimum stroom wat deur die been gesink kan word 25mA is, kan Formule 3.3 gebruik word om die weerstand uit te werk.

$$V = IR \quad (3.3)$$

waar

V = Spanning in Volts

I = Stroom in Ampère

R = Weerstand in Ohms

$$R = V/I$$

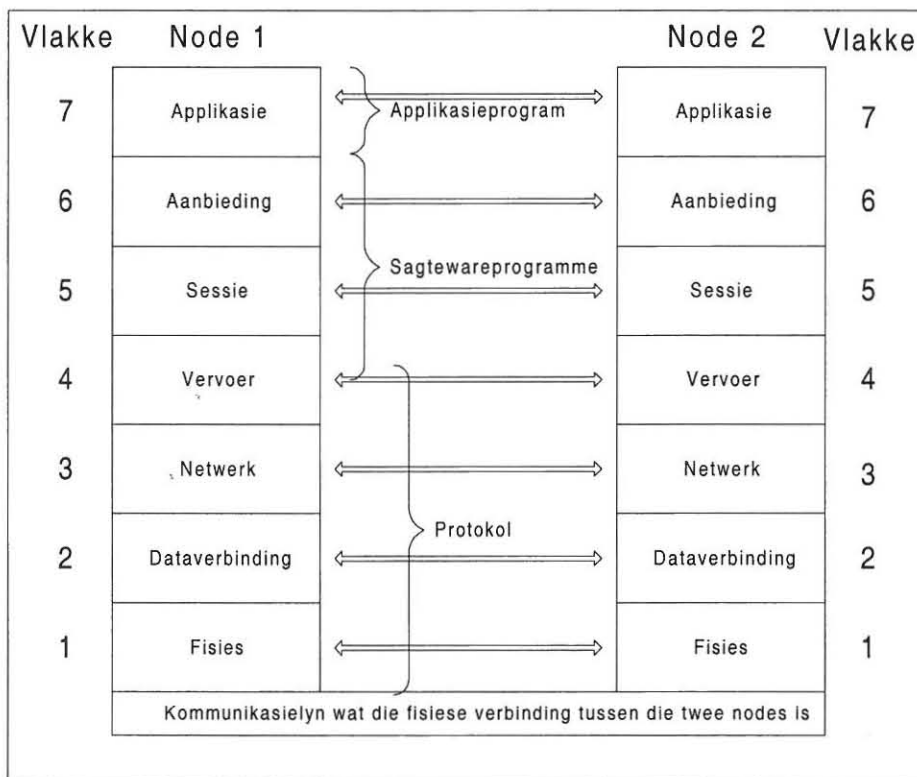
$$R = 5/25\text{mA}$$

$$= 200\text{ ohm}$$

Die kapasitor C wat gelaai moet word om been 1 hoog te hou, word as 'n standaard op 100nF gehou.

3.3 RS232-verbinding

Die ontwikkeling van hierdie koppelvlak is na aanleiding van die OSI-verwysingsmodel in Figuur 3.6 gedoen. Alhoewel dit nie aan al die vereistes van die OSI-model voldoen nie, is die protokol so na as moontlik aan die struktuur en vereistes van die onderste twee vlakke van die model ontwikkel.



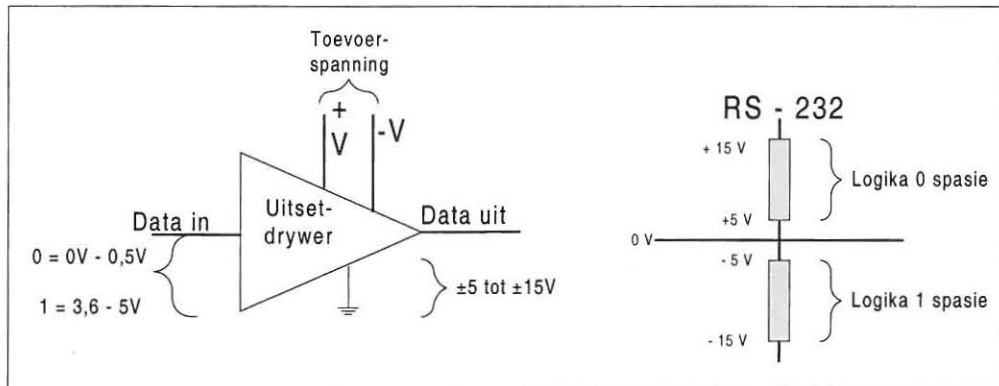
Figuur 3.6

Sewe-Vlak-OSI-Model

Aangesien daar geen netwerkverbinding is nie, gaan daar net van die onderste twee vlakke van die OSI-model gebruik gemaak word om die protokol te ontwikkel. Die fisiese verbinding gaan volgens die standaarde van die OSI-model ontwikkel word, terwyl die res van die OSI-model se vlakke basies in die dataverbindingsvlak geplaas word [15, p. 38]. Die eerste vlak is die fisiese vlak en is verantwoordelik vir die versending van databisse (0s of 1s) oor 'n kommunikasielkring, terwyl dit ook die fisiese verbinding tussen die PIC en die Adam-5000 bewerkstellig. Dit is ook daar om te verseker dat data by node 1 op dieselfde manier gelees word as wat dit deur node 2 gestuur word. Dit word bewerkstellig deur meganiese en elektriese standaarde te spesifiseer om sodoende die fisiese verbinding daar te stel en te onderhou. Die standaard wat gebruik word om die fisiese verbinding tussen die twee eenhede te bewerkstellig, staan as die RS232-C-standaard bekend. Die RS staan vir "Recommended Standard" terwyl die C beteken dat dit die derde uitgawe is [17, p. 3-81].

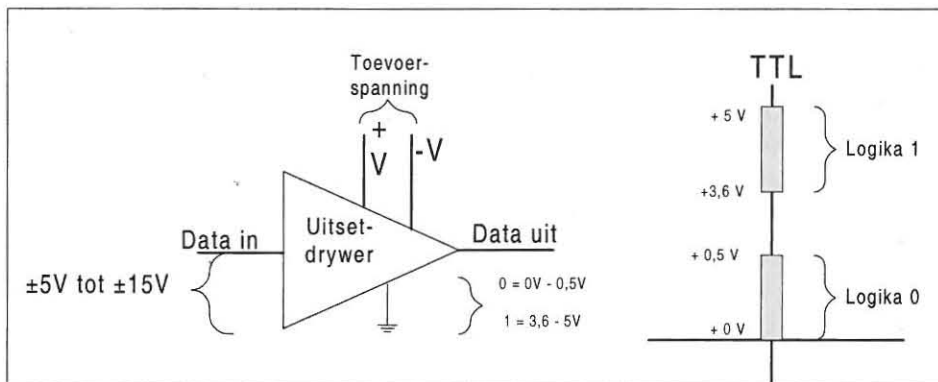
Alle data word as 'n 1 of as 'n 0 oor die fisiese medium gestuur en daarom word daar elektriese karakteristieke aan hierdie data gekoppel, om te verseker dat altwee nodusse dit as dieselfde data kan herken en verwerk. Aangesien die 16C74A PIC 'n TTL-geïntegreerde kringbaan is en sy elektriese karakteristieke verskil van dié van RS232-standaard wat deur die Adam-5000 gebruik word, moet die spanningsvlakke omgeskakel word na die RS232-standaard om kommunikasie met die Adam-5000 te bewerkstellig. Die elektriese karakteristieke

van die TTL-geïntegreerde kringbaan en die RS232-standaard word onderskeidelik in Figuur 3.7 en Figuur 3.8 uiteengesit [17, p. 3-83].



Figuur 3.7

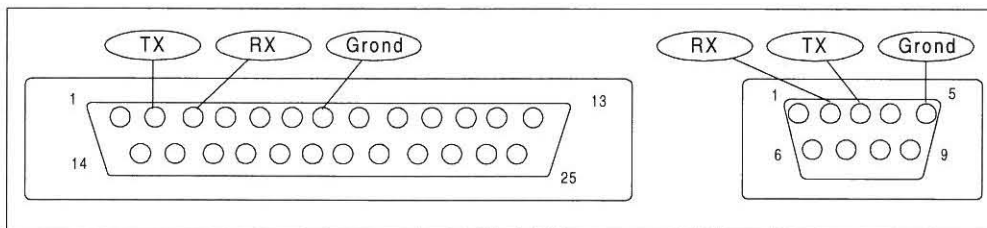
Elektriese karakteristieke van RS232 met 'n TTL na RS232-omskakelingskring



Figuur 3.8

Elektriese karakteristieke van 'n TTL-geïntegreerde kringbaan met 'n RS232 na TTL-omskakelingskring

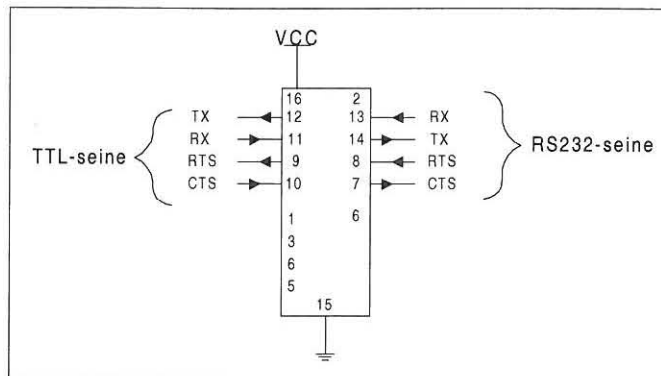
Die RS232-standaard bepaal dat alle kables maklik met mekaar verbind kan word en dat identiese beenbedrading gebruik moet word. Die standaard bepaal dat 25- of 9-beenverbinders gebruik moet word en daarom is daar op die DB-25- en die DB-9-beenverbinders soos in Figuur 3.9 gestandaardiseer [17, p.3-83].



Figuur 3.9

DB25- en DB9-Verbinders van die RS232-koppelvlak

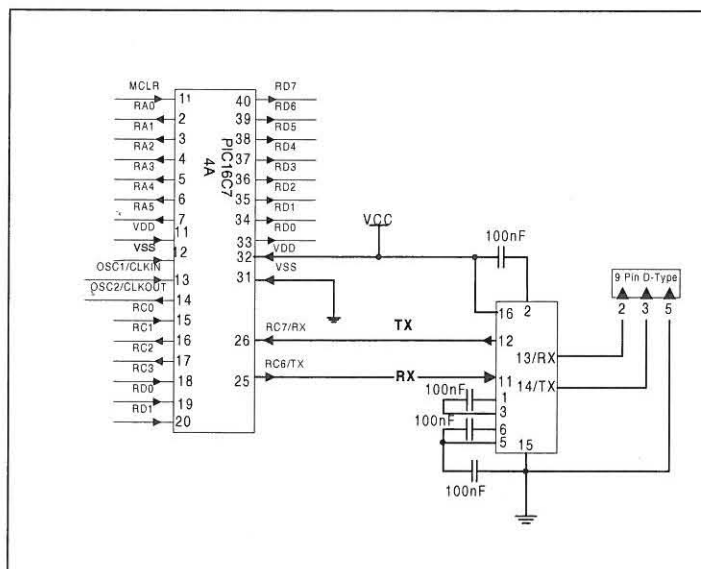
Die omskakeling van seine word moontlik gemaak deur van die MUX-232A-drywer (Figuur 3.10) gebruik te maak om die spanningsomskakelings te doen. Geen vloeibeheer is nodig nie, omdat alle sentrale verwerking in die PIC gedoen word en die Adam-5000 slegs op instruksies vanaf die PIC reageer. Seine soos RTS ("Request to send") en CTS ("Clear to send") word dus vir die bepaalde ontwerp geïgnoreer, aangesien alle vloeibeheerfunksies deur die sagteware van die PIC oorgeneem word.



Figuur 3.10

MUX-232-Drywer wat TTL- en RS232-omskakelings doen

Die koppeling van die MUX-232-drywer aan die PIC word in Figuur 3.11 geïllustreer.



Figuur 3.11

RS232-koppeling op PIC 16C74A

Hoofstuk 4

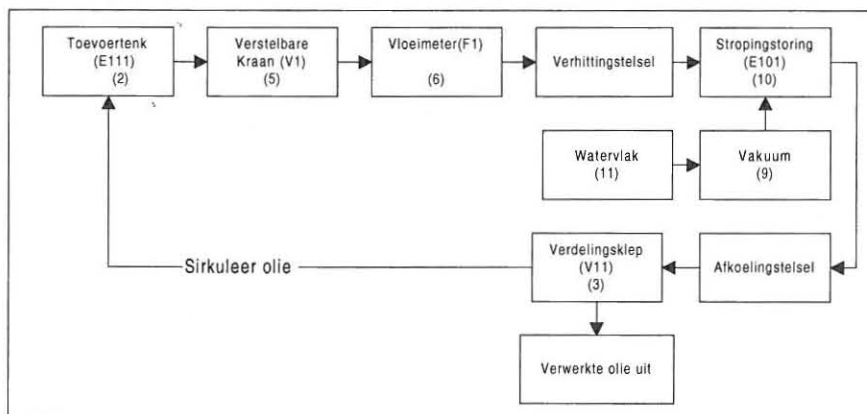
Beheerproses

Hierdie hoofstuk beskryf die beheerproses wat deur die PIC-mikrobeheerder en die Adam-5000 uitgevoer word. Paragraaf 4.1 beskryf die beheertegniese wat gebruik word, terwyl paragraaf 4.2 die beheerstruktuur behandel. Paragraaf 4.3 beskryf die sagteware-ontwikkeling vir die protokol, terwyl paragraaf 4.4 die sagteware-ontwikkeling vir die beheerproses verduidelik.

4.1 Beheertegniese

Die hele beheerproses word in 2 afdelings ingedeel, nl. vloei- en kwaliteitbeheer en temperatuurbeheer.

4.1.1 Vloei- en kwaliteitbeheer



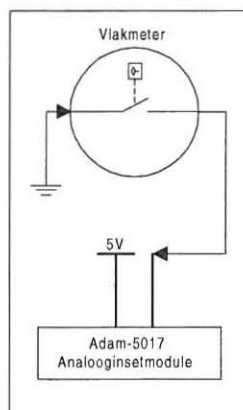
Figuur 4.1

Blokdiagram van vloei- en kwaliteitbeheer in die stelsel

In Bylaag D word al die monitor- en beheerpunte deur nommers op die stelsel voorgestel. Hierdie nommers is dieselfde nommers wat tussen hakies in Figuur 4.1 en Figuur 4.6 gebruik word, om die proses met Bylaag D te vergelyk.

Toevoertenk (2)

'n Vlakmeter word gebruik om te verseker dat die operateur bewus gemaak word van 'n lae olievlak in die toevoertenk. Die hoogte van die olievlak gaan varieer, afhange van die grootte van die tenk wat gebruik gaan word. Soos in Figuur 4.2 gesien kan word, word die vlakmeter as 'n analooginset na die Adam-5017-module gebruik, om sodoende as 'n sagteware IRQ ("Interrupt Request") op die PIC te dien.



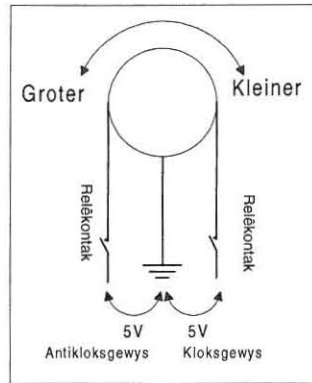
Figuur 4.2

Werkings van vlakmeters

Wanneer die olievlak onder die vasgestelde vlak daal, maak die skakelaar toe, om die spanningskring na die analoog-inset van die Adam-5017-module te voltooi. Hierdie hardware-IRQ's veroorsaak dat verskillende sagteware-vlaggies op die PIC gestel word om te verseker dat die PIC die nodige stappe gaan neem, om beheer na gelang van die vlaggies wat gestel is, uit te voer. In hierdie geval word 'n hoorbare alarm en 'n diagnoserings-LED gebruik die operateur van probleme bewus te maak, aangesien daar geen direkte beheer op die toevoertenk gedoen word nie.

- **Verstelbare kraan (5)**

Die verstelbare kraan wat hier gebruik word, is 'n gewone meganiese kraan waarop 'n tweerigting- elektriese motor gemonteer is. Soos in Figuur 4.3 gesien kan word, kan die kraan groter of kleiner gedraai word deur die Adam-5060-relêmodule te gebruik om die motor kloksgewys of antikloksgewys te roteer.



Figuur 4.3

Uitleg van die verstelbare kraan

Hierdie kraan word in lyn met die vloeï van olie gemonteer en word dan d.m.v die relêkontakte van die Adam-5060 gevarieer om die vloeitempo van die olie te beheer, afhangend van die lesings wat in die stelsel geneem word.

Die motor wat gebruik word om die krane te verstel, word aan die volgende karakteristieke gemeet om die aanwending van die Adam-5060 te bepaal.

Kontakspesifikasies van die relêkontakte:

AC: 125V teen 0.6A; 250V teen 0.3A

DC: 30V teen 2A; 110V teen 0.6A

Indien die gelykstroommotor aan enige van bogenoemde spesifikasies voldoen, kan die relêkontakte van die Adam-5060 gebruik word om skakeling op die motor te doen, terwyl indirekte skakeling gebruik gaan word, indien die motor nie aan die spesifikasies voldoen nie.

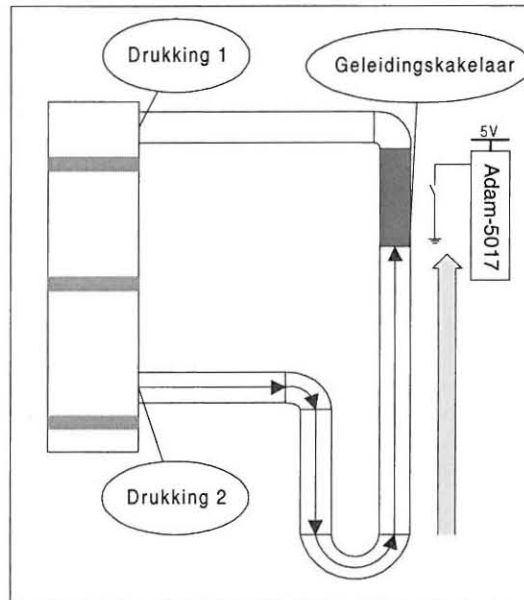
- **Vloeimeter (6)**

Die vloeimeter wat gebruik word, werk op die basiese beginsel van die rotameter, behalwe dat dit 'n elektriese uitset opwek. Die uitset wat gelewer word, varieer van 0-10V, afhangende van die vloeitempo van die olie wat gemeet is. Die analooginsette van die Adam-5017-module word gebruik om die spanning wat opgewek word, te meet, terwyl die PIC hierdie spanning gebruik om die vloeitempo te beheer, deur die verstelbare kraan (V1) d.m.v die relêmodule te varieer. 'n Diagnoserings-LED word ook hier gebruik om die operateur van die kondisie bewus te maak.

- **Stropingstoring (10)**

“Vloeding” is 'n term wat gebruik word wanneer die olie in die sisteem te veel word, of wanneer daar 'n negatiewe drukking in die toring ontstaan a.g.v 'n blokkasie in die vloeipad van die olie. Gravitاسie en die vloeirigting van die olie veroorsaak dat die drukking by Drukking 2 hoër is as diè by Drukking 1 in Figuur 4.4. In Figuur 4.4 kan gesien word, dat die aanbring van 'n U-Buis die verskil in drukking oor die toring aandui, deurdat die drukking aan die onderkant van die toring die vloeistof in die U-Buis in die rigting van die pyle gaan forseer. Indien die olie nie vinnig genoeg weggevoer word nie, veroorsaak dit 'n negatiewe drukking aan die onderkant van die toring, wat tot die styging in die vlak van die vloeistof aan die regterkant van die U-Buis lei. Die geleidingskakelaar word op 'n

gepaste hoogte vir die spesifieke projek aangebring om, net soos in die geval van die vlakmeter, 'n elektriese kring te voltooi, indien die drukverskil oor die toring 'n vasgestelde waarde sou oorskry.



Figuur 4.4

Vloedingbeheer in stropingstoring

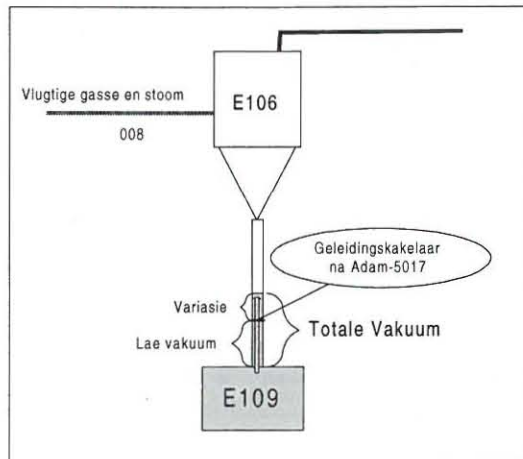
Indien vloeding in die toring sou ontstaan, word dit beheer deur die vloeitempo van olie d.m.v die Adam-5060-module te varieer, of deur die vloei van olie vir 'n kort tydperk te stop, terwyl 'n hoorbare alarm en 'n diagnoseerings-LED die operateur van die toestand in kennis stel.

- **Watervlak (11)**

Net soos in die geval van die toevoertenk word hier van 'n vlakmeter gebruik gemaak om 'n elektriese kring na die Adam-5017-analoog inset te voltooi, indien die watervlak onder 'n sekere vasgestelde vlak sou daal. Alhoewel geen direkte beheer op die watervlak gedoen word nie, maak die PIC van 'n alarm in kombinasie met 'n diagnoserings-LED gebruik om die probleem aan die operateur uit te wys.

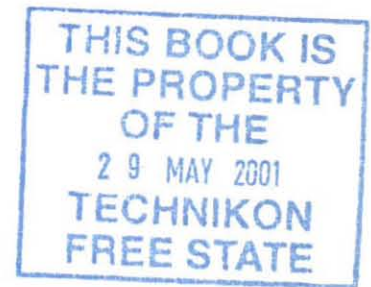
- **Vakuum (9)**

Soos in die geval van vloedingbeheer word hier ook van 'n geleidingskakelaar gebruik gemaak om 'n elektriese kring na een van die kanale van die Adam-5017-insetmodule te voltooi. In Figuur 4.5 kan gesien word dat die vakuum wat in die vakuumsoring (E106) opgewek word, die water wat in die buffertenk (E109) is, na 'n vasgestelde hoogte in die pyp tussen die toring en die buffertenk opsuig. Deur die hoogte van die water in die pyp te bepaal, kan die vakuum in die toring gemonitor word om sodoende beheer daarop uit te oefen. Die kontinuïteit van die vakuum word steeds deur 'n meganiese meter gemonitor, terwyl sagteware-IRQ's gestel word, indien die vakuum meer as 'n vasgestelde waarde sou daal.



Figuur 4.5

Vakuümbeheer in vakuümtoering



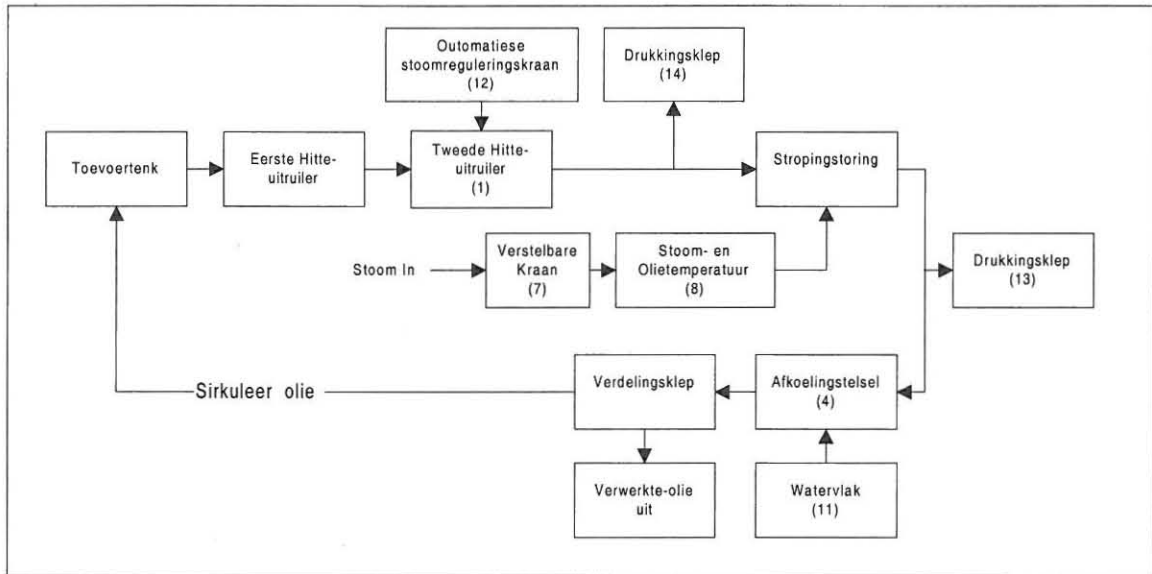
Aangesien die vakuüm natuurlik opgewek word en dit nie effektief gevarieer kan word nie, word hier ook van 'n hoorbare alarm en 'n diagnoseerings-LED gebruik gemaak om die operateur te waarsku as die vakuüm te laag gedaal het.

- **Verdelingsklep (3)**

Hierdie klep word gebruik om die olie in twee verskillende rigtings in die stelsel te verdeel. In Bylaag D kan gesien word dat olie eers deur hierdie klep (V11) in die sisteem gesirkuleer word, totdat daar aan al die vereistes van die stelsel voldoen word, alvorens die olie uit die sisteem kan vloei om vir gebruik aangewend te word. Die kraan het egter net twee posisies en daarom word dit deur slegs een relêkontak van die Adam-5060-module gereguleer.

642000

4.1.2 Temperatuurbeheer



Figuur 4.6

Blokdiagram van temperatuurbeheer

- **Olietemperatuur voor toring (1)**

Nadat die olie deur die twee hitte-uitruilers verhit is, word die olietemperatuur gemonitor deur van 'n termokoppel (Figuur 3.2) gebruik te maak, om as inset na die Adam-5018-module (termokoppelmodule) te dien. Die PIC verwerk hierdie data en gebruik dan 'n alarm saam met 'n diagnoseerings-LED om die operateur te waarsku van enige probleme wat mag ontstaan. Direkte beheer word nie hier uitgevoer nie, aangesien die outomatiese reguleringskraan (V6) die direkte

beheerfunksie op die temperatuur uitvoer. Die temperatuur by 8 voer ook 'n indirekte beheerfunksie hier uit, soos dit in paragraaf 2.4 uiteengesit word.

- **Outomatiese reguleringskraan (12)**

Die outomatiese reguleringskraan hou die drukking en dus ook die temperatuur van die olie na die laaste hitte-uitruiler konstant, deur die vloei van warm stoom na die hitte-uitruiler te varieer. Hierdie kraan word meganies gestel om die drukking in die pype, wat direk eweredig aan die temperatuur is, konstant te hou, deur op die verandering in drukking in die pype te reageer om sodoende minder of meer stoom na die hitte-uitruiler deur te laat.

Olietemperatuur na stroping (8)

Die temperatuur van die olie aan die onderkant van die stropingstoring word ook d.m.v 'n termokoppel en die Adam-5017-module gemeet, waarna beheer deur die PIC en die Adam-5060-relêmodule uitgevoer word, deur die vloei van stoom na die toring d.m.v 'n verstelbare kraan (V7) te varieer. Deur die temperatuur hier te beheer, word die temperatuur van die olie waar dit by die toring ingaan, ook gereguleer, aangesien die olie wat hier uitkom, deel vorm van die eerste fase van die hitte-uitruilingproses, soos in paragraaf 2,4 verduidelik word.

- **Verstelbare kraan (7)**

Net soos in die geval waar vloeibeheer gedoen word, word die Adam-5060-relêmodule gebruik om die verstelbare kraan (V7) groter of kleiner te draai, om sodoende die vloeï van stoom na die stropingstoring te varieer.

- **Drukkingskleppe (13,14)**

In Bylaag D kan gesien word dat drukkingskleppe op kritiese punte in die stelsel aangebring word, om te verseker dat die drukking in die stelsel nie so hoog word dat dit nie deur die struktuur verwerk kan word nie. Indien die drukking in die pype te hoog word, maak die kleppe oop om die drukking in die stelsel te verlaag of te versprei, soos dit in paragraaf 2.2 beskryf word.

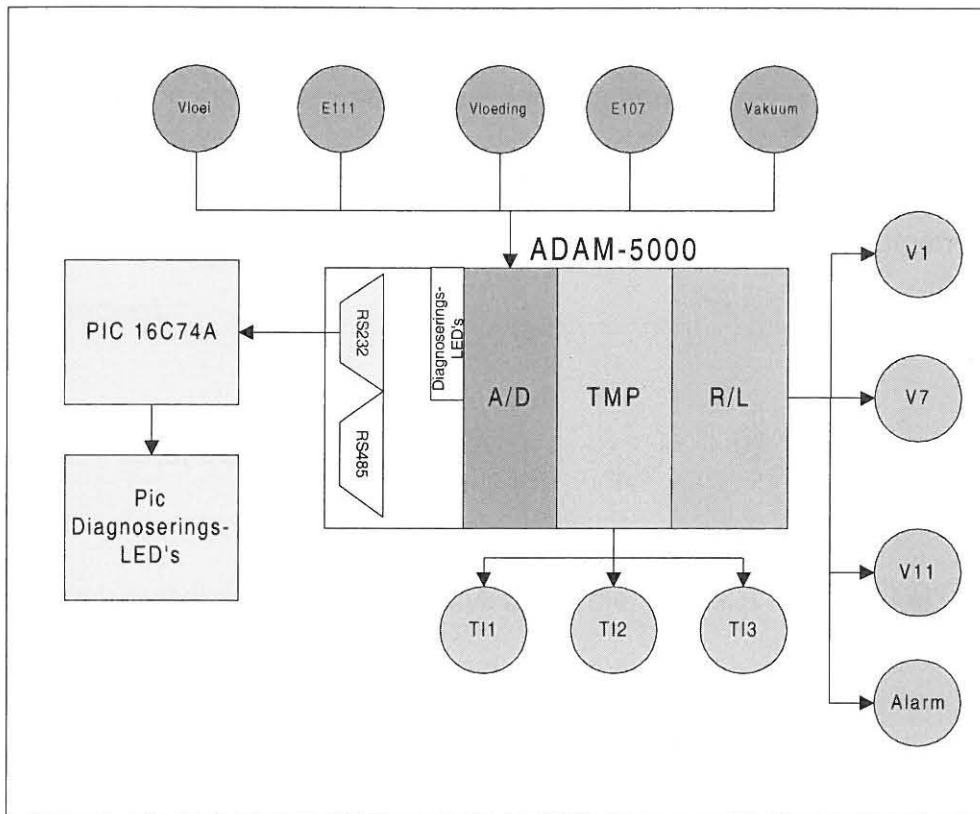
4.2 Beheerstruktuur

In Figuur 4.7 kan gesien word dat die beheerstruktuur uit die volgende elemente bestaan:

- PIC wat d.m.v die RS232-poort met die Adam-5000 kommunikeer.
- Die diagnoserings-LED's van die PIC en die Adam-5000
- Die analoogmodule wat die volgende veranderlikes monitor:
 1. Vloeïmeting

2. Buffertenk aan toevoerkant (E111)
 3. Vloeding in toring
 4. Watervlak in stelsel (E107)
 5. Vakuum
- Die temperatuurmodule wat die volgende veranderlikes monitor:
 1. Temperatuur van olie voor die stropingstoring (TI2)
 2. Temperatuur van olie na die stropingstoring (TI3)
 3. Temperatuur van olie nadat dit afgekoel is (TI1)

 - Die relêmodule wat die volgende beheer uitvoer
 1. Vloeibeheer van olie by V1
 2. Vloeibeheer van stoom by V7
 3. Oliereguleringsbeheer by V11
 4. Alarm vir veranderlikes wat nie direk beheer kan word nie en kritiese kondisies.



Figuur 4.7

Beheerstruktuur soos beheer deur die PIC-mikrobeheerder en die Adam-5000 in die stelsel uitgevoer word

4.3 Sagteware-ontwikkeling vir die protokol

Die protokol wat ontwikkel is, word as deel van die fisiese- en dataverbindingsvlak van die OSI-model beskryf. Die hoofdoel van die dataverbindingsvlak is om 'n betroubare metode daar te stel om data oor die fisiese medium te versend. Aangesien die fisiese vlak net databasisse sonder enige betekenis of struktuur dra, is dit die dataverbindingsvlak se funksie om 'n

herkenbare raamwerk daar te stel [15, p. 38]. Die PIC wat hier gebruik word, beskik oor 'n ingeboude seriale asinkrone kommunikasiepoort, wat gekonfigureer moet word vir die bepaalde applikasie waarvoor dit aangewend word. Die basiese ontwikkeling en werking van die protokol word in die volgende paragraaf uiteengesit.

4.3.1 Protokolontwikkeling

Die belangrike punte waarna gekyk is om die protokol te ontwikkel is: [15, p. 37]

- Die standaard wat gebruik gaan word

Alhoewel die Adam-5000 oor RS485- en RS232-poorte beskik om te kommunikeer, is hier besluit om van die RS232-standaard gebruik te maak, soos dit in paragraaf 1.6.2 uiteengesit word. Die PIC en die Adam-5000 ondersteun nie vol-dupleks werking nie en daarom word hier van half-dupleks-basisband-kommunikasie gebruik gemaak om kommunikasie te bewerkstellig [7, p. 3-17]. Dit beteken dat die data net in een rigting op 'n slag gestuur kan word en dat dit slegs in een band gestuur word en dus nie gemoduleer word nie.

- Spoed van dataversending

Die konstante spoed waarteen die data tussen die twee beheerders versend word, speel 'n belangrike rol in die ontwikkeling van 'n gesinkroniseerde kommunikasiekanaal. Die spoed hoef nie hoog te wees nie, maar so konstant as moontlik en daarom word 'n spoed van 9600b/s (bisse per sekonde) gebruik om kommunikasie te bewerkstellig.

- Sinkronisering en buffering

Die protokol is van so aard ontwikkel dat die PIC nie twee instruksies na mekaar kan stuur nie, aangesien dit eers vir 'n antwoord vanaf die Adam-5000 moet wag, voordat dit die volgende instruksie kan stuur. Dit verhoed dat data nie aan die Adam-5000 se kant kan opbou nie. Elke instruksie bestaan uit 'n verskeidenheid van woorde³ wat na mekaar gestuur moet word en deur 'n invoersleutel⁴ ("enter") opgevolg moet word om aan te dui dat 'n volledige instruksie gestuur is en dat die Adam-5000 daarop kan reageer. Buffering aan die PIC se kant word bewerkstellig deurdat die volgende woord slegs na die transmissiebuffer gestuur word, indien die buffer leeg is.

³ 1 heksadesimale ASCII-getal wat uit 8 bisse bestaan

⁴ 1 woord wat aandui dat al die data ontvang is en dat die beheerder daarop kan reageer

Alhoewel die PIC se ontvanger 'n twee-woord-diep-buffer het, is dit belangrik om seker te maak dat die buffer nie te vol word en sodoende data begin verloor nie.

Die antwoord wat vanaf die Adam-5000 ontvang word, bestaan uit 'n paar woorde wat afsonderlik ontvang moet word, totdat die invoerinstuksie ontvang word. Aangesien die PIC elke instruksie teen $1\mu\text{s}$ klok en geen addisionele funksies verrig wanneer data ontvang word nie, verwerk die PIC die woorde wat teen 9600 b/s ontvang word, en kyk dit na die volgende woord wat ontvang word, voordat die Adam-5000 die volgende woord klaar gestuur het. Om 'n verhouding te trek tussen die spoed waarteen die PIC werk en die spoed waarteen data ontvang word, kan die volgende berekeninge gedoen word.

$$T = 1/F \quad (4.1)$$

waar

T = Tyd in sekondes (s)

F = Frekwensie In Hertz (Hz)

$$T = 1/1000000$$

$$= 1\mu\text{s}$$

Transmissie = 9600 bisse per sekonde

= 1 bis elke $104\mu\text{s}$ (afgerond)

'n Asinkrone kommunikasiewoord bestaan uit die volgende 10 bisse:

$$\text{Beginbis} = 104\mu\text{s}$$

8 Databisse = $832\mu s$

1 Stopbis = $104\mu s$

Totaal = $1040\mu s$

Uit die bogenoemde afleidings kan gesien word dat dit vir die Adam-5000 ongeveer $1040\mu s$ neem om een woord van 10 bisse aan die PIC te stuur, terwyl die PIC $1\mu s$ neem om een progameringsiklus uit te voer en dit dus moontlik is om die eerste woord te verwerk, voordat die volgende woord ontvang word.

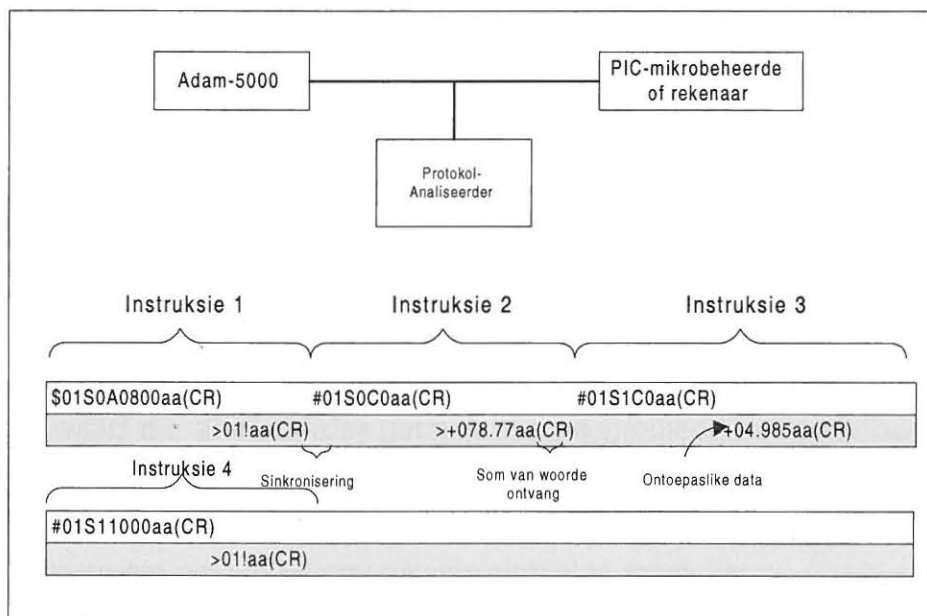
- Foutregstellingstruktuur

Die PIC maak primêr van die pariteitstoetse [7, p. 54] gebruik om datakontrolering te doen, maar aangesien die Adam-5000 dit nie ondersteun nie, word die kontrolesomfunksie ("Checksum") van die Adam-5000 in die sagteware van die PIC gesimuleer om 'n foutregstellingstruktuur daar te stel. Die som van woorde struktuur word deeglik in die transmissieprotokol bespreek (sien paragraaf 4.3.2).

- Ontwikkelingsfase

'n Protokolanaliseerder is gebruik om te help met die standaardisering van die protokol volgens bogenoemde standaarde. Die protokolanaliseerder analiseer die kommunikasie tussen die Adam-5000 en die PIC en maak dit dan sigbaar vir probleemoplossing. In Figuur 4.8 kan gesien word hoe die analiseerder parallel

tussen die Adam-5000 en die PIC opgekoppel word, om sodoende die data wat oor die RS232-koppelvlak vloei te monitor, sonder om die koppelvlak deur die toetsapparaat te onderbreek. Eerstens word hierdie analiseerder vir dieselfde kommunikasiestandaarde as diè van die Adam-5000-beheerder opgestel, nl. RS232-koppelvlak met asinkrone kommunikasie van 9600 b/s. Die analiseerder word opgestel om die data in heksadesimale of ASCII formaat te vertoon, aangesien die Adam-5000 die ASCII-formaat gebruik om met die beheerder te kommunikeer. Figuur 4.8 toon hoe die data wat oor die RS232-koppelvlak vloei, deur die analiseerder vertoon word.



Figuur 4.8

Data-analisingstruktuur soos dit deur die protokolanaliseerder vertoon word

Instruksie 1, 2, 3 en 4 is tipiese woorde wat deur die PIC of rekenaar aan die Adam-5000 gestuur word, met die reaksies wat vanaf die Adam-5000 ontvang word. Die data in die wit blok is data wat deur die PIC aan die Adam-5000 gestuur word, terwyl die data in die grys blok die reaksie is, wat vanaf die Adam-5000 ontvang word. Die vier instruksies soos hierbo uiteengesit, is basiese instruksies wat deur die PIC gebruik word om die monitor- en beheerfunksies op die Adam-5000 uit te voer.

Instruksie 1 is 'n tipiese konfigurasie-instruksie aan die Adam-5000, terwyl Instruksie 2 'n voorbeeld is van 'n instruksie om data vanaf die analoogmodule te verkry. Instruksie 3 is 'n voorbeeld van hoe data vanaf die termokoppelmodule verkry word, terwyl Instruksie 4 gebruik word om beheer instruksies aan die relêmodule te gee. Die ontoepaslike data soos die >-teken wat voor elke woord gestuur word, word ook hier geïdentifiseer en geëlimineer, soos later in paragraaf 4.3.3 verduidelik word. Om foutopsporing tydens wedersydse transmissie maklik te maak, word die analiseerder gebruik om die probleem te identifiseer en ook om die oorsaak daarvan te bepaal. Die twee aspekte van die protokol waarna gekyk moes word om die kommunikasie stabiel te maak, is:

- Foutkontroleringstruktuur (Heksadesimale som van woorde wat gestuur is)
- Vloeibeheer (Sinkronisering tussen data wat ontvang en gestuur word in die vorm van tydkonstantes)

Deur na die data op die analiseerder te kyk, kan die foute bepaal word om sodoende regstellende aksies daarop uit te voer.

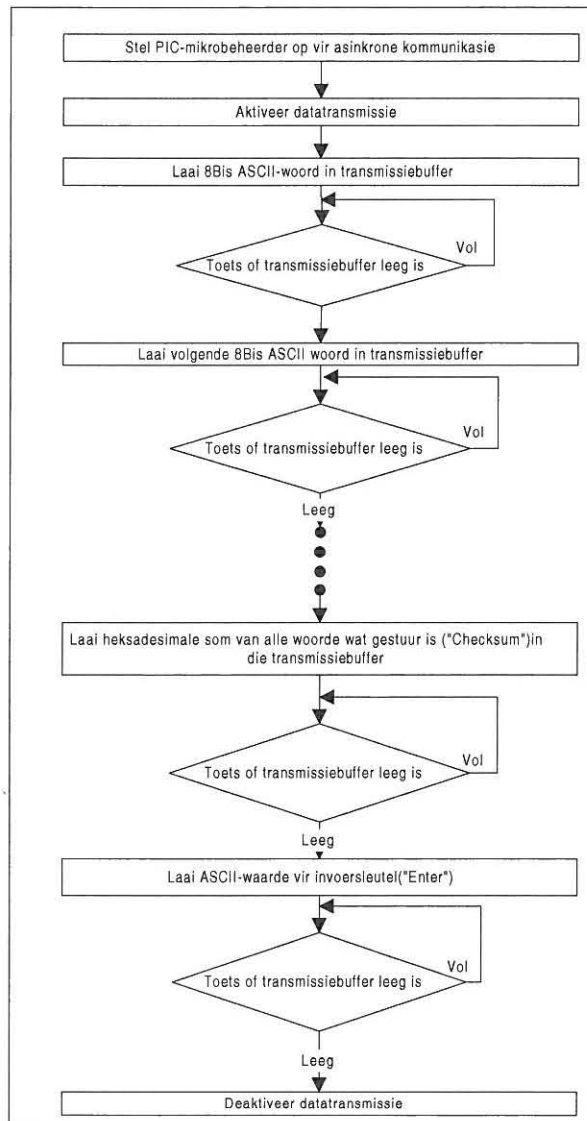
Vir die eerste fase van die ontwikkeling van die PIC se sagteware is die kommunikasie na die Adam-5000 eers met 'n "Basic"-program vanaf die rekenaar se seriale poort getoets. Die "Basic"-program wat geskryf is, is om seker te maak dat kommunikasie wel bewerkstellig kan word en lyk soos volg:

```
10  OPEN "COM1 : 9600, N, 8, 1, RS, CD, DS" AS # 1
20  CMD$ = "$01S1A0000"
30  PRINT #1, CMD$ 'ADAM-5018 WORD OPGESTEL VIR T-TIPE TC-
    INSET, 60Hz'
40  CMD$ = "#01S1C0"
50  PRINT #1, CMD$ 'LEES ANALOOGINSET'
60  RESULT$ = INPUT$ (5, #1)
70  PRINT "TEMPERATUUR="; RESULT$
80  CLOSED: END
```

Die program gaan eers 'n asinkrone kommunikasiekanaal van 9600b/s tussen die seriale poorte van die rekenaar en die Adam-5000 oopmaak (reël 10), waarna die Adam-5017 vir 'n T-Tipe-termokoppel opgestel word (reël 20-30). Die temperatuur van die eerste kanaal op die module word dan ingelees en op die

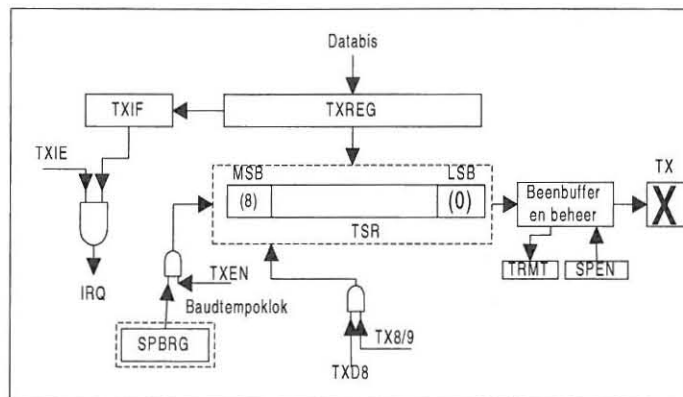
rekenaar in °C vertoon (reël 40-70). Nadat hierdie program getoets is, is die sagteware vir die transmissie- en ontvangprotokol van die PIC ontwikkel.

4.3.2 Sagteware-ontwikkeling vir transmissie



Figuur 4.9

Vloediagram van transmissiesagteware



Figuur 4.10

USART-blokdiagram van transmissie

Die PIC word eerstens opgestel om in asinkrone seriale kommunikasimodes te werk, sodat dit met die Adam-5000 kan kommunikeer (sien Figuur 4.9). Die baudtempo word bereken deur die hoë-baudtempo-opsie vir die PIC te kies, deur die BRGH-bis van die TXSTA-register hoog te maak, en dan die ossillasiefrekwensie en die verlangde baudtempo in Vergelyking 4.1 in te stel. Die waarde van die konstante x wat hier bepaal word, word weer gebruik om die baudtempo van die PIC te bepaal, deur die waarde in register SPBRG in te skryf [12, p. 10-96].

$$BT = F_{osc} / 16 (x+1) \tag{4.1}$$

waar

BT = Baudtempo

F_{osc} = Ossillasiefrekwensie

X = Konstante wat in SPBRG-register ingestel word

$$\therefore BT = F_{osc}/16 (x+1)$$

$$9600 = 4000000/16 (x+1)$$

$$x = 25.041$$

$$x = 25 \text{ Afgerond}$$

Omdat die waarde afgerond word, word die baudtempofout soos volg bereken:

$$\text{Nuwe Baudtempo} = 4000000/16 (25+1)$$

$$= 9615$$

$$FBT = (NBT-VBT)/VBT \quad (4.2)$$

FBT = Foutiewe Baudtempo

NBT = Nuwe Baudtempo

VBT = Verlangde Baudtempo

$$\therefore \text{Fout} = (9615-9600)/9600$$

$$= 0.16\%$$

Hierdie fout is egter weglaatbaar klein en kan vir die doel van die projek geïgnoreer word. Die seriale datakommunikasie van die PIC word volgende geaktiveer, deur die SPEN-bis van die RCSTA-register hoog te maak, wat dan veroorsaak dat Been 25 en 26 van die PIC as 'n transmissiekanaal gaan funksioneer. Asinkrone kommunikasie word ook geselekteer deur die SYNC-bis in die TXSTA-register laag te maak [12, p. 2-464].

Die IRQ's word nou opgestel deur die TXIF- en die RXIF-bisse wat in die PIR-register aangetref word, te aktiveer deur die TXIE- en die RXIE-bisse in die PIE-

register hoog te maak (sien Figuur 4.10). Soos in die vloeddiagram gesien kan word, word die TXIF-bis tydens transmissie gemonitor om uit te vind of die transmissiebuffer leeg is, voordat die volgende woord gestuur word, om te voorkom dat data verlore gaan. Die gebruik van die 9de databis wat as die pariteitsbis gebruik word, word vir die doel van die projek gedeaktiveer deur 8bis-transmissie in die TXSTA-register te selekteer, omdat die Adam-5000 geen ondersteuning aan die pariteitstoets bied nie.

Datatransmissie word nou geaktiveer deur die TXEN-bis in die TXSTA-register te ontsper ("Enable"). Die 8 bis ASCII-woord word eers in die TXREG-register gelaai, vanwaar dit na die TSR (Transmit Shift Register) geskuif word, as die stop-bis uit die register geskuif is. Die data word nou oor Been 25 van die PIC as asinkrone seriale data teen 'n baudtempo van 9600 b/s uit die TSR-register geskuif om weer deur die Adam-5000 beheerder ontvang te word. Sodra die TXREG-register leeg is, word 'n IRQ (TXIF) hoog gemaak, om aan te dui dat die register reg is om die volgende woord te ontvang. Hierdie bis word deur die PIC gemonitor om te verseker dat data nie verlore gaan tydens transmissie nie. Geen data word egter deur die Adam-5000-beheerder geprosesseer, voordat die invoersleutel ("enter") nie gestuur is nie.

Nadat alle data gestuur is, word die heksadesimale som van alle ASCII-woorde wat gestuur is ("Checksum") as twee ASCII-woorde gestuur, voordat die

invoersleutel gestuur word. Indien 'n woord soos "TAAK" gestuur sou word, word die som van die heksadesimale waarde soos volg bereken:

TAAK

T = 54 in heksadesimaal

A = 41 in heksadesimaal

A = 41 in heksadesimaal

K = 4B in heksadesimaal

Som = 121 in heksadesimaal

Aangesien die som van die heksadesimale ASCII-woorde in 'n 8bis-register gestoor word, kan die som nie die waarde FF in heksadesimaal oorskry nie, aangesien dit die maksimum waarde is wat in 'n 8bis-register gestoor kan word. Die heksadesimale som word elke keer na 00 in heksadesimaal herstel, as dit die waarde van FF in heksadesimaal oorskry, en daarom is die laaste twee waardes van die som altyd geldig [1, p. 168]. As hier na die bogenoemde vergelyking gekyk word, word die heksadesimale waarde van 21 as die som beskou en moet dit in ASCII-formaat na die Adam-5000 gestuur word, as die som van die data wat gestuur is.

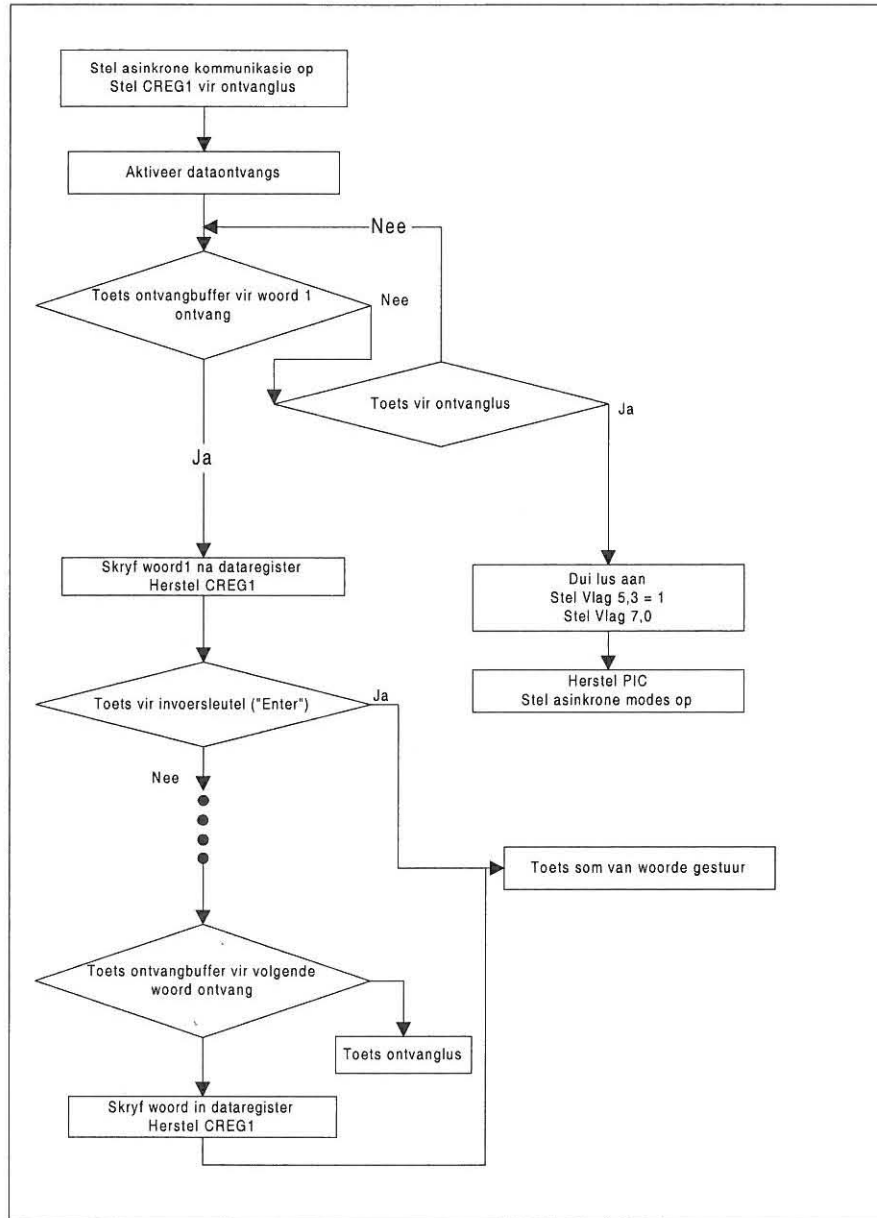
2h = 32h in ASCII-formaat

1h = 31h in ASCII-formaat

Die twee ASCII-woorde wat gestuur word om die som van die woorde wat gestuur is te verteenwoordig, sal dus 32h en 31h onderskeidelik wees. Dit word op dieselfde manier deur die Adam-5000 geïnterpreteer. Die Adam-5000 kyk na die twee woorde om te bepaal of die instruksie wat gestuur is, reg ontvang is, en

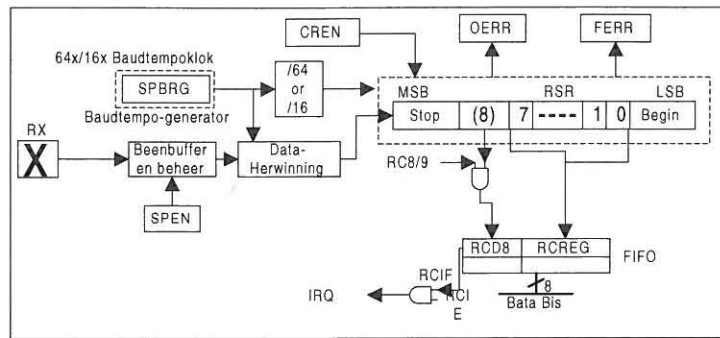
reageer dan daarop. Geen aksies kan egter deur die PIC uitgevoer word, voordat daar nie 'n antwoord vanaf die Adam-5000 ontvang is nie. Nadat die som van woorde gestuur is, word die invoersleutel gestuur om die Adam-5000 daarvan bewus te maak dat transmissie klaar is en dit op die instruksies kan reageer. Datatransmissie word nou gedeaktiveer deur die TXEN-bis in die TXSTA-register te versper ("Disable"), totdat die volgende woord weer gestuur moet word.

4.3.3 Sagteware-ontwikkeling vir ontvanger



Figuur 4.11

Vloediagram van die werking van die ontvangsagteware



Figuur 4.12

USART-blokdiagram van ontvanger

Aangesien data eers gestuur moet word, voordat enige data vanaf die Adam-5000 ontvang kan word, word die opstelling van die PIC vir asinkrone modes as deel van die transmissieprotokol gedoen (sien paragraaf 4.3.2 en Figuur 4.11). Die CREG1- register word na FF in heksadesimaal gestel, terwyl die CREG2- register addisioneel na 05 in heksadesimaal gestel word, aangesien hierdie registers in die ontvangprotokol gebruik word om vir 'n ontvanglus en die herstel van die PIC, soos later verduidelik word, te toets. Die CREG2-register word net een keer aan die begin van die beheerproses vir 05 in heksadesimaal gestel om op hoogte te bly van die hoeveelheid keer wat die PIC herstel het, terwyl die CREG1-register 'n paar keer gedurende die ontvangproses herstel word, om vir elke woord wat ontvang word, aangepas te word.

Die CREN-bis van die RCSTA-register word hoog gemaak om die PIC in aanhoudende ontvangmodes te plaas, sodat asinkrone data deur Been 26 ontvang kan word (sien Figuur 4.12) [12, p. 2-464]. Alle data word deur Been 26

van die PIC in die RSR-register (Receive Shift Register) ingeskuif, wat op sy beurt weer alle data na die RCREG skuif, indien dit die stop-bis vanaf die Adam-5000 ontvang het. Sodra die data na die RCREG geskuif het, word die RCIF-Vlag in die PIR1-register gestel om aan die beheerder die indikasie te gee dat 'n woord vanaf die Adam-5000 ontvang is. Sodra die eerste woord ontvang is, word die woord vanaf die RCREG na 'n toets- of dataregister geskuif, waarna 'n toets gedoen word om te bepaal of die woord wat ontvang is, die invoersleutel is. Indien dit nie die invoersleutel is wat ontvang is nie, word die woorde in 'n register gestoor, terwyl die RCREG1-register na elke woord wat ontvang is, herstel moet word, sodat dit in die volgende woord weer gebruik kan word. Die struktuur waarin die woorde gestuur word, word soos volg uiteengesit:

Woord 1 = Herwinningsbalie, aangesien die woord geen waarde dra nie.

Woord 2 = PolarRegister om te kyk of waarde wat ontvang is, positief of negatief is.

Woord 3 = Data 1-Register

Woord 4 = Data 2-Register

Woord 5 = Data 3-Register

Woord 6 = Data 4-Register

Woord 7 = Data 5-Register

Woord 8 = Data 6-Register

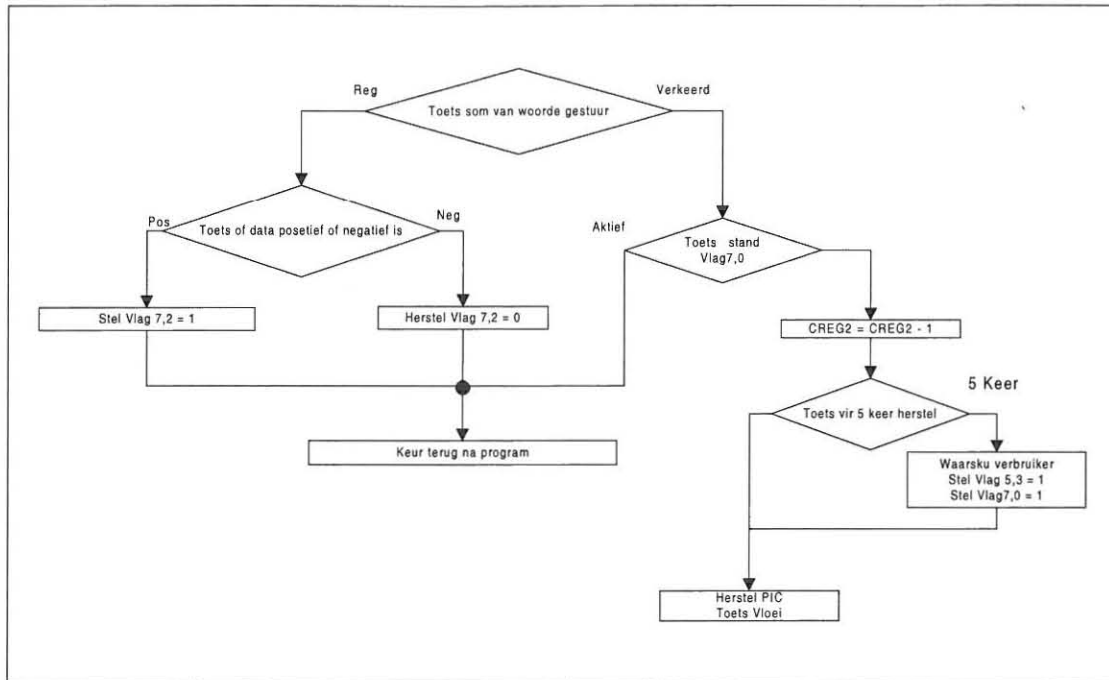
Woord 9 = Data7-Register

Woord 10 = Data8-Register

Woord 11 = Herwinningsbalie, aangesien dit net die invoersleutel kan wees.

Een van die probleme wat in die ontvang van data kan ontstaan, is dat daar geen woord vanaf die Adam-5000 terugkom nie, a.g.v 'n kragonderbreking of 'n foutiewe som van woorde wat gestuur is. Dit veroorsaak dat die PIC in 'n ontvanglus ingaan, aangesien dit die heelyd vir 'n woord wat ontvang moet word toets en nie met die normale funksies van die program kan voortgaan nie. Om die probleem te elimineer, sal die PIC net 'n sekere aantal keer vir die woord wat ontvang moet word toets, waarna dit die program gaan herstel om weer met die Adam-5000 te sinkroniseer. Nadat die PIC herstel het, word die operateur d.m.v 'n LED daarvan bewus gemaak, aangesien die konstruksie van die projek van so aard is dat foute tot die minimum beperk is en dat die herstel van die PIC kan beteken dat probleme besig is om te ontwikkel. Hierdie foutkondisie kan egter slegs deur die operateur herstel word, deur die krag van die PIC te herstel ("Power reset").

Kontrolesom ("Checksum") is 'n baie effektiewe manier van foutkontrolering [1, p. 168] en daarom word dit hier, net soos in die transmissieprotokol, gebruik om die data wat ontvang word, te kontroleer.



Figuur 4.13

Vloeiagram van die kontrolesomfunksie

Kontrolesom werk hier op presies dieselfde beginsel soos dit in die transmissie-protokol beskryf word; maar die data word nou net deur die PIC ontvang, waarna die heksadesimale som van die woorde wat ontvang is, vergelyk word met die laaste twee woorde wat deur die Adam-5000 gestuur is (Sien Figuur 4.13). Indien die data reg gestuur is, word die tweede woord wat ontvang is, getoets om te bepaal of die data wat gestuur is, positief of negatief is, waarna Vlag 7,2 gestel word om die polariteit van die data aan die beheerder uit te wys. Indien die data wat ontvang is, nie die kontrolesom toets slaag nie, word Vlag 7,0 getoets om te bepaal of die foutkondisie nie reeds geaktiveer is nie. Indien die foutkondisie aktief is, beteken dit dat die operateur reeds bewus gemaak is van so probleem

en word die volgende veranderlike gemonitor. In die geval waar die foutkondisie nog nie geaktiveer is nie, word die herstelregister (CREG2) met 1 verminder, waarna getoets word om te bepaal of die PIC nog nie vir 5 keer (Waarde van CREG2) herstel het nie. Indien die beheerder nog nie vir 5 keer herstel het nie, word die normale beheerproses voortgesit, terwyl die operateur en die beheerder daarvan in kennis gestel gaan word, indien die beheerder vir meer as 5 keer herstel het. Net soos in die geval van die ontvanglus kan hierdie foutkondisie net herstel word deur die krag van die PIC te herstel, om te verseker dat die operateur daarvan bewus gemaak word.

4.4 Sagteware-ontwikkeling vir beheerproses

4.4.1 Wasige-logika- beginsel

Wasige logika [3, p. 28] is 'n nuwe tegnologie wat jou in staat stel om die verlangde gedrag van 'n sisteem te verduidelik, deur van 'n alledaagse taal en terme gebruik te maak. Dit maak van 'n lidmaatskapfunksie gebruik om die graad waartoe 'n fisiese veranderlike waarde ("Crisp Physical Values") tot die terme van 'n LVS ("Linguistic Variable Set") behoort, te bepaal. Vir 'n LV ("Linguistic Variable") soos temperatuur sal *warm*, *reg*, *koel* en *koud* tipiese terme van die LVS wees.

- Fisiese veranderlike waarde (“Crisp Physical Value”)

Die fisiese veranderlike waarde is ‘n spesifieke fisiese inset- of uitset-waarde, wat deur meetinstrumente gemeet kan word. Die insetwaardes is insette wat vanaf sensors soos die termokoppel en vloeimeter kom, terwyl uitsetwaardes “defuzzified” waardes is wat vir die beheer in die sisteem verantwoordelik is.

- Graad van lidmaatskap

Dit is die graad waartoe ‘n fisiese veranderlike waarde tot ‘n LVS behoort, of die graad waartoe ‘n LV waar is. Dit word deur die griekse letter μ voorgestel met ‘n waarde van 0 tot 1.

0 = Die veranderlike behoort nie aan die stel nie – Totaal onwaar

1 = Die veranderlike behoort aan die stel – Totaal waar

Gedeeltelike lidmaatskap in ‘n LVS laat toe vir berekeninge waar die veranderlike net gedeeltelik waar of onwaar is.

- “Fuzzification”

Dit is wanneer ‘n graad van lidmaatskap aan ‘n fisiese veranderlike waarde toegeken word.

- “Defuzzification”

Dit is wanneer die PIC se sagteware die resultate van ‘n wasige gevolgtrekking vanaf ‘n LC “Linguistic Concept” na ‘n fisiese veranderlike waarde omskakel.

- LT (“Linguistic Term”)

‘n LT is ‘n lid van ‘n LVS, wat gewoonlik uit meer as een LT bestaan. Vir ‘n LV soos temperatuur sal tipiese LT’s *koud, koel, warm* en *reg* wees.

- LV (“Linguistic Variable”)

‘n LV is ‘n datatipe wat ‘n meetbare eenheid soos temperatuur voorstel, terwyl ‘n LV weer op sy beurt uit geassosieerde LT’s soos *warm, koel, koud* en *reg* bestaan.

- Lidmaatskapfunksie

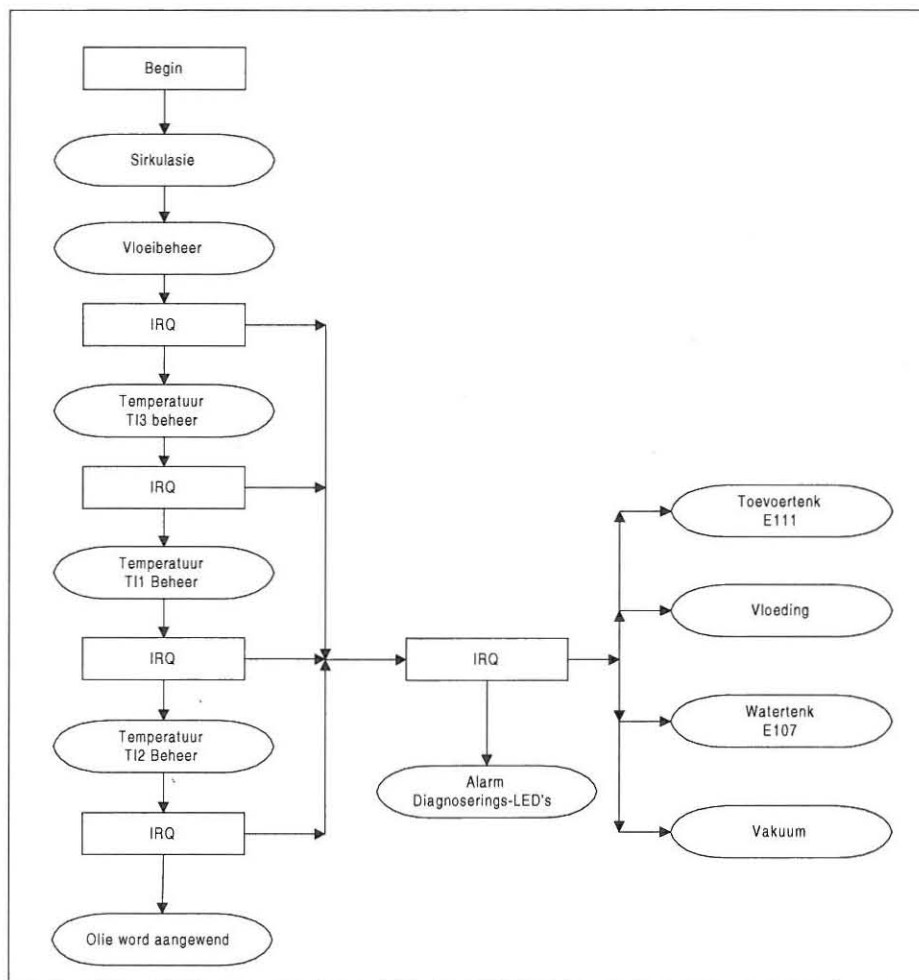
Die lidmaatskapfunksie is ‘n grafiese voorstelling van die graad waartoe ‘n veranderlike waarde tot ‘n gegewe wasige stel behoort. Dit is ook ‘n skets van alle LT’s wat aan ‘n gegewe LV behoort.

4.4.2 Kronologiese volgorde van beheerproses

Figuur 4.14 gee 'n kort uiteensetting van die hele beheerproses, soos dit deur die PIC uitgevoer word, indien geen probleme in die stelsel ondervind word nie. Die olie word eers in die sisteem gesirkuleer, totdat daar aan al die vereistes van die beheerproses voldoen word, voordat die olie uit die sisteem kan vloei om vir gebruik aangewend te word. Na elke beheerfunksie wat uitgevoer is, word die sagteware-IRQ's ondersoek om seker te maak of een van die 4 IRQ's nie geaktiveer is nie. Soos voorheen verduidelik, word die IRQ's eers as hardware-IRQ's deur die Adam-5000 waargeneem, waarna sagteware-IRQ's op die PIC gestel word deur die hardware-IRQ's oor die RS232-poort te monitor. Die IRQ's kan egter nie die proses enige tyd onderbreek nie, omdat dit tot die stolling van die PIC kan lei a.g.v 'n onvoltooide kommunikasiekring. Vir diè doel word die sagteware-IRQ's elke keer na die beheer van 'n veranderlike ondersoek, om sodoende te verhoed dat die kommunikasiekring nie onderbreek word nie. Aangesien die variasie van olievloei in die sisteem 'n effek het op die veranderlikes wat verder gemeet gaan word, word die vloei van olie in die stelsel eers konstant gekry, terwyl vloeding in die toring ook 'n effek het op die beheer wat hier uitgevoer word.

Die volgende veranderlike wat gemeet word is temperatuur TI3, aangesien dit weer 'n effek het op temperatuur TI2 wat later gemeet gaan word (sien Hoofstuk 2). Temperatuur TI1 en TI2 word dan onderskeidelik gemeet, waarna die klep

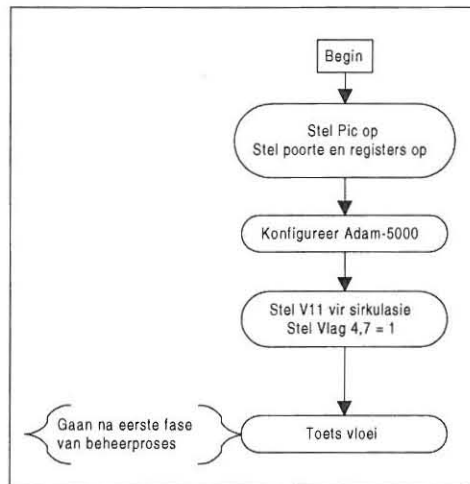
V11 oopgemaak word, indien daar aan al die vereistes van die beheerproses voldoen word. Terwyl vloei, vloeding en temperatuur T13 direk beheer word, deur van verstelbare krane gebruik te maak, gaan die res van die veranderlikes slegs aan die operateur uitgewys word deur van LED-indikasies en 'n hoorbare alarm gebruik te maak, aangesien direkte beheer nie effektief uitgevoer kan word nie.



Figuur 4.14

Kronologiese volgorde van beheerproses

4.4.3 Opstelling van die PIC



Figuur 4.15

Vloeiagram van die PIC-mikrobeheerder se opstelling

Vir die doel van die volgende afdelings moet in gedagte gehou word dat 'n totaal van 8 vlaggies in een 8-bis register gestel kan word om sekere kondisies aan die beheerder aan te dui, of om met die poorte van die beheerder te kommunikeer. Dit word ook as tussenverbinding tussen die beheerder en die operateur gebruik.

Die PIC se poorte en registers word eerstens opgestel vir die verlangde funksie wat dit in die beheerposes gaan vervul (sien Figuur 4.15). Die poorte word in twee modes opgestel, nl. insette, wat as tussenverbinding vanaf die operateur na die PIC dien en as uitsette waar dit vir diagnoseeringsdoeleindes gebruik word om

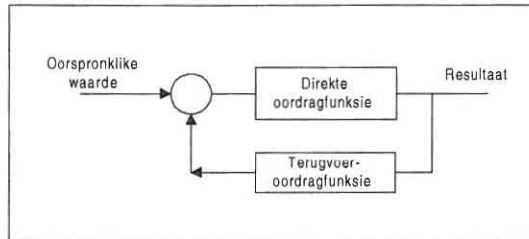
die kondisies van die beheerproses aan die operateur uit te wys. Die Adam-5000-modules word soos volg gekonfigureer:

- Stel die Adam-5017 vir 'n inset van $\pm 10V$ / Werk onder 60 Hz krag
- Aktiveer alle analooginsette op die Adam-5017
- Stel die Adam-5018 vir T-Tipe termokoppel / Werk onder 60 Hz krag
- Aktiveer alle analooginsette op die Adam-5018

Soos voorheen, na aanleiding van Bylaag D, verduidelik is, word klep V11 eers gestel om die olie in die stelsel te sirkuleer, totdat daar aan die nodige vereistes van die stelsel voldoen is. Deur Vlag 4,7 hoog te maak word die operateur ook daarvan in kennis gestel dat die olie tans in die stelsel gesirkuleer word, waarna die eerste fase van die beheerproses uitgevoer gaan word.

4.4.4 Sagteware-ontwikkeling vir monitering en beheer van vloei en temperatuur (TI3)

Die rede waarom die twee veranderlikes saam in die sagteware bespreek word, is omdat altwee direk beheer word en dus min of meer dieselfde sagteware-roetines volg. Die beheerfunksie wat hier uitgevoer word, werk op beginsel van die terugvoerbeheerstruktuur [6, p. 41], wat beteken dat die resultate wat verkry word nadat beheer uitgevoer word, weer met die oorspronklike lesing vergelyk word, om die volgende beheerfunksie te bepaal (sien Figuur 4.16).



Figuur 4.16

Terugvoerbeheersisteen

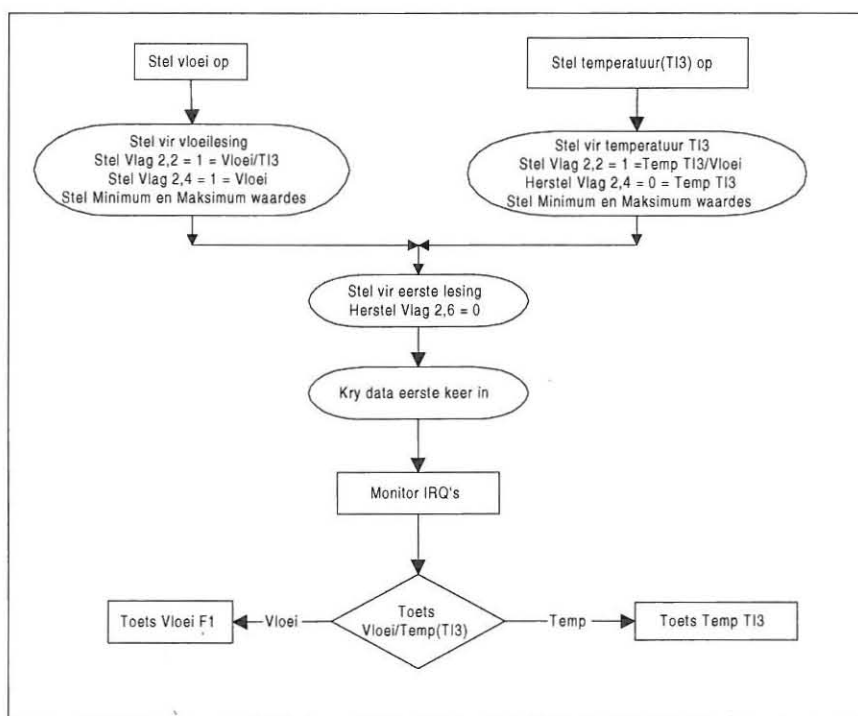
Die hele proses word in drie afdelings ingedeel:

- Opstelling
- Vloeibeheer
- Temperatuur (Temp) TI3-beheer

- **Opstelling**

Voordat die twee veranderlikes verwerk word, word die PIC eers opgestel vir die bepaalde funksie wat dit moet verrig, aangesien dit later in die beheerproses gebruik gaan word om sekere besluite te neem (sien Figuur 4.17). Die minimum en maksimum waardes soos dit deur die lidmaatskapfunksies in Figuur 4.18 en 4.20 bepaal word, word ook hier opgestel. Soos in paragraaf 4.4.2 gesien kan word, gaan die PIC eers opgestel word om vloei te meet, waarna dit vir temperatuur TI3 opgestel gaan word, indien die vloeibeheer funksie voltooi is.

Aangesien die proses wat gebruik word om te bepaal of die beheerfunksie wel uitgevoer is, twee data-insette benodig, moet die PIC bewus gemaak word dat die eerste lesing hier geneem word, waarna die IRQ's gemonitor moet word om te bepaal of enige van die IRQ's geaktiveer is. Deur die voorafopgestelde vlaggies te monitor, word die volgende veranderlike wat gemeet moet word, geïdentifiseer.

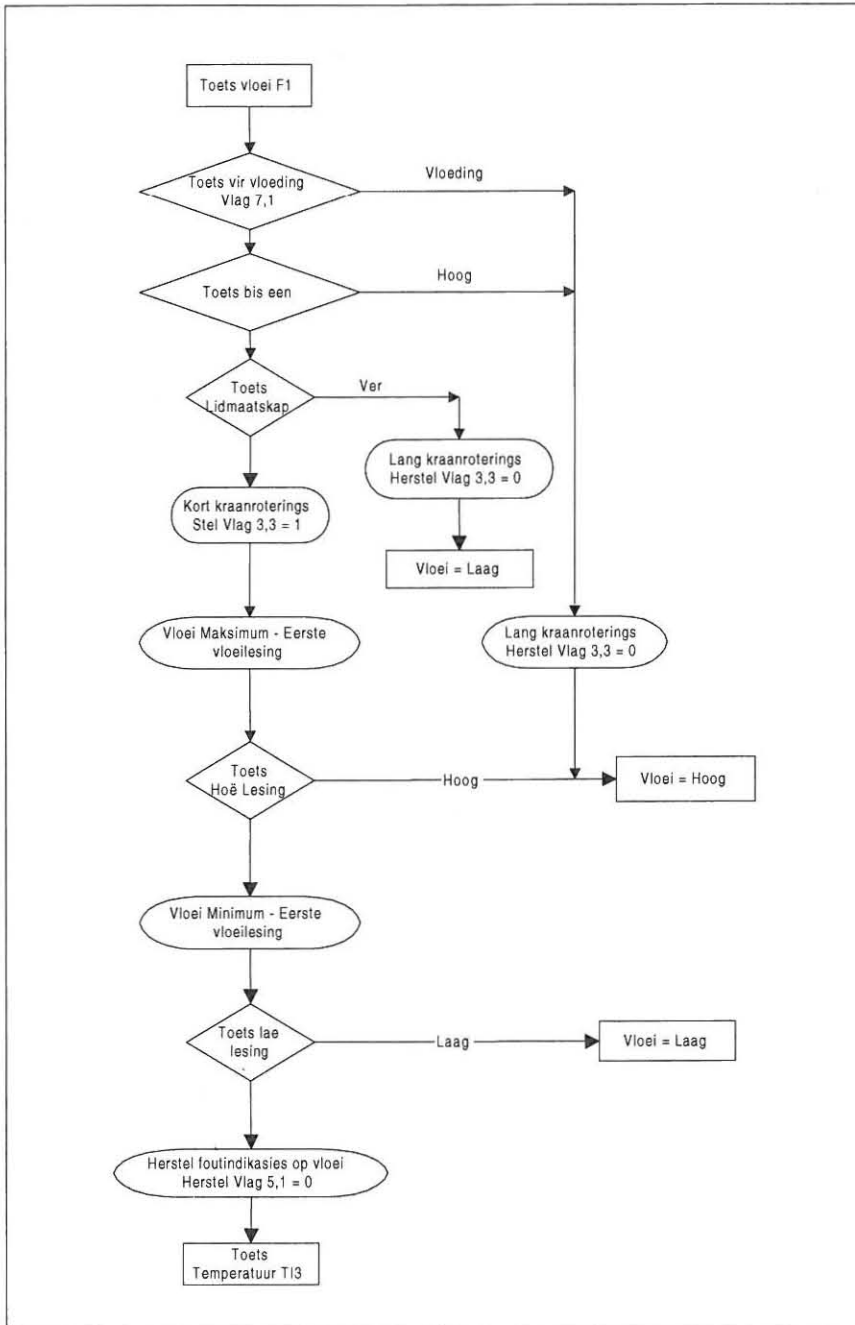


Figuur 4.17

Opstelling voor beheer van vloei en temperatuur T13

- **Vloeibeheer**

Die eerste veranderlike waaraan die beheerproses aandag gaan gee, is die verandering in die vloeitempo van olie (sien Figuur 4.18). Soos voorheen vermeld, moet hierdie veranderlike eers konstant gekry word, voordat die ander veranderlikes beheer word, aangesien dit 'n direkte effek op van die ander veranderlikes het. Die vakuum wat as 'n IRQ in die proses beheer word, word in verhouding tot die vasgestelde vloeitempo vir die projek uitgewerk, aangesien die regte verhouding tussen die twee veranderlikes noodsaaklik is vir die bes moontlike resultate. Vloeding is ook 'n veranderlike waarna gekyk moet word in die beheer van vloeitempo, aangesien die vloeitempo gevarieer moet word, indien vloeding in die toring ontstaan het. Vir die eerste deel van die proses word eers gekyk of daar nie vloeding, wat tydens 'n IRQ-ondersoek geaktiveer word, in die toring teenwoordig is nie. Indien vloeding in die toring teenwoordig is, word lang kraanrotasie geselekteer totdat vloeding in die toring gestabiliseer het. Dit beteken dat die krane wat gedraai gaan word om die proses te beheer, vir lang intervalle gedraai word om te verseker dat die verandering wat, a.g.v die beheer ontstaan, groot is. Die rede waarom hier 'n lang kraanrotasies gebruik gemaak word, is omdat vloeding baie gevaarlike negatiewe effekte soos temperatuur- en drukkingsverhogings in die stelsel kan veroorsaak. Die fisiese veranderlike waarde wat gemeet is, word nou normaalweg as 'n hoë lesing in die beheerproses hanteer, terwyl die krane wat gedraai word om beheer uit te oefen vir lang intervalle gedraai word.



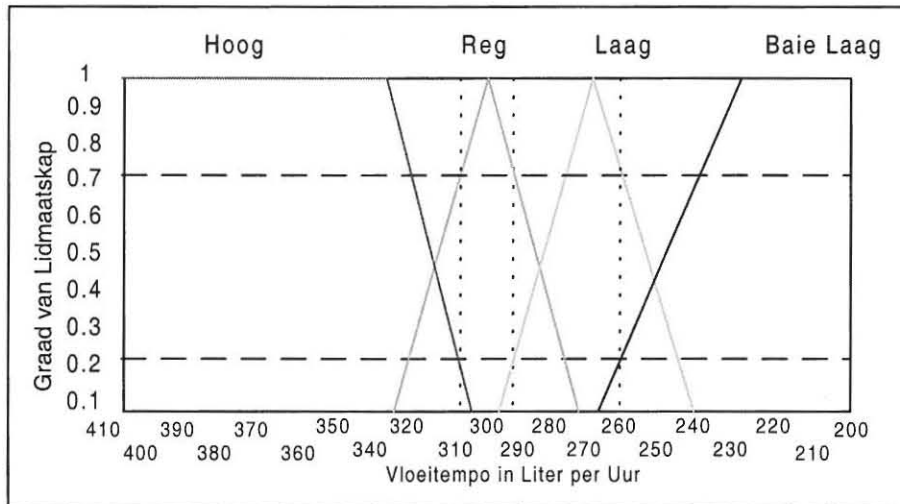
Figuur 4.18

Vloeiagram van vloei-beheer in die stelsel

Die eerste bis van die vloeilesing wat ingelees is, word volgende gemonitor om te bepaal of 'n spanning van 10V gegenereer is, om as veiligheidsmaatreël te dien, indien die vloeding te hoog word a.g.v 'n fout in die beheerproses. Indien die spanning 10V is, gaan lang kraanrotasie geselekteer word, waarna die vloei as 'n te hoë vloeitempo in die sisteem beheer gaan word.

Indien 10V nie teenwoordig is nie, gaan die graad van lidmaatskap van die lesing t.o.v die vasgestelde waardes bepaal word. Dit word bereken om vas te stel of die beheer wat uitgevoer moet word vir kort- of lang kraanroterings gestel moet word. Kort kraanrotering is wanneer die kraan wat die vloeitempo van die veranderlike beheer, vir kort intervalle gedraai word, terwyl die kraan vir langer intervalle gedraai word, in die geval waar lang kraanroterings geselekteer is.

Die lidmaatskapfunksie word soos volg uiteengesit:



Figuur 4.19

Lidmaatskapfunksie van vloei beheer

Vir die doel van hierdie projek gaan die vloei tempo op 300l/h beheer word, alhoewel hierdie vloei tempo van stelsel tot stelsel gaan verskil, a.g.v die natuurlike vakuum wat opgewek word en die vloei tempo daarvolgens uitgewerk word, om die bes moontlike resultate te kry. Hierdie vloei tempo kan ook deur die verbruikersaanvraag en die tempo van produksie bepaal word. Die lidmaatskapfunksie wat in Figuur 4.19 gesien word, is 'n grafiese voorstelling van hoe die vloei tempo in die beheerproses beheer word deur van wasige logika gebruik te maak. Vir die LV-vloei tempo, gaan die verskillende LT *reg*, *laag*, *baie laag* en *hoog* wees. Die rede waarom *baie hoog* nie as 'n LT beskou word nie, is omdat vloei vanaf 0l/h begin en dan meer word totdat dit by 300l/h uitkom. Dit

beteken dat dit vanaf 0l/h tot ongeveer 260l/h baie ver vanaf die beheerpunt is en die beheerproses dus vir lang kraanroterings gestel word. Beheer gaan onmiddellik uitgevoer word, indien die vloeitempo meer as ongeveer 'n 310l/h gaan word. Die vloeitempo gaan dus nie die kans kry om baie hoog te word, voordat beheer uitgevoer word nie en daarom word kort kraanroterings geselekteer.

Die verskillende LT's word soos volg uiteengesit:

Reg: Enige fisiese veranderlike waarde (FVW) wat meer as 0.75 grade tot die *reg* LT behoort. (290l/h tot 310l/h)

Hoog: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *hoog* LT behoort (Enige iets hoër as 310l/h).

Laag: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *laag* LT behoort (260l/h tot 290l/h).

Baie Laag: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *laag* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *baie laag* LT behoort (Enige iets laer as 260l/h).

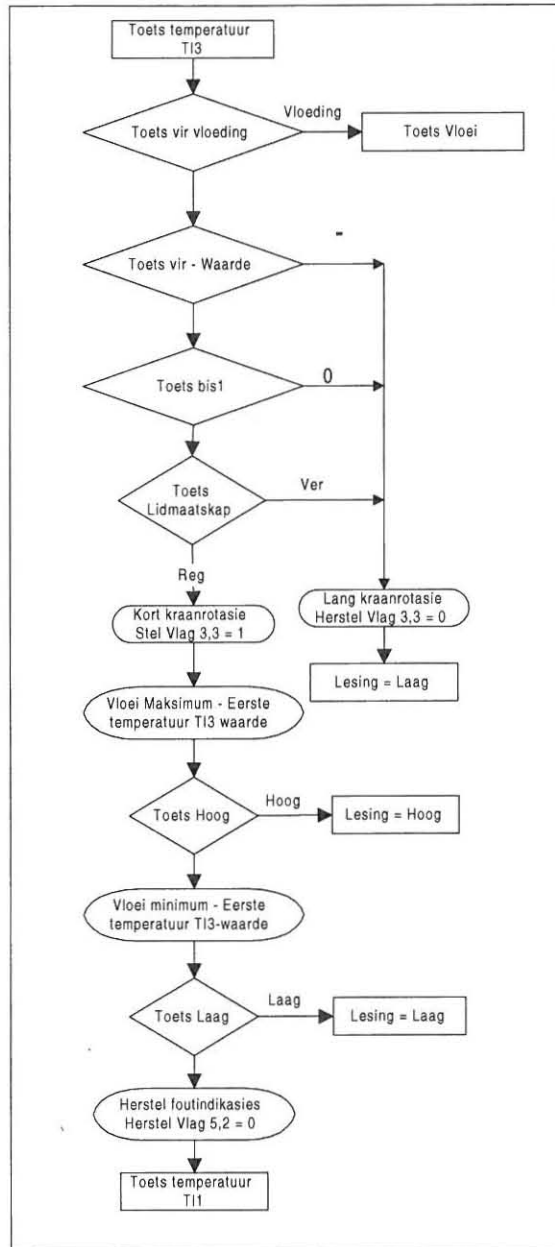
Indien die FVW as deel van die *reg* LT beskou word, word geen beheer uitgevoer nie en word enige foutindikasies herstel, sodat temperatuur TI3 volgende getoets kan word. Indien die FVW deel van die *hoog* of *laag* LT is, word kort kraanroterings uitgevoer, terwyl lang kraanroterings uitgevoer word, indien die FVW deel van die *baie laag* LT is. Wanneer 'n lang kraanroterings in die beheerproses geïdentifiseer word, kan dit egter net a.g.v 'n baie lae vloeitempo ontstaan en gaan die FVW as 'n te lae vloeitempo in die sisteem beheer word. Indien die FVW deel van die *laag* LT is word dit as 'n te lae vloeitempo in die

stelsel beheer, terwyl 'n lid van die *hoog* LT as 'n te hoë vloeitempo in die stelsel beheer word.

- **Temperatuur TI3-beheer**

Die tweede veranderlike wat beheer word, is temperatuur TI3, aangesien dit weer 'n effek het op temperatuur TI2 wat deur die temperatuur wat by TI3 opgewek word, verhit word (sien paragraaf 2.4).

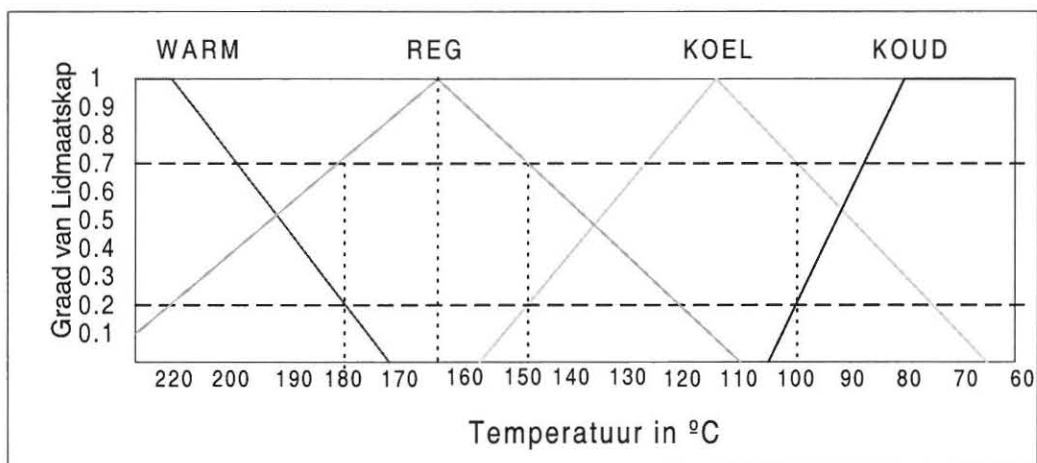
Vloeding word eerste getoets om die beheerproses te stop, totdat vloeding in die stelsel gestabiliseer het (sien Figuur 4.20). Vloeding het 'n direkte effek op die temperatuur in die stelsel en daarom kan die temperatuur nie beheer word, terwyl vloeding in die stelsel teenwoordig is nie. In die eerste fase van die beheerproses word die FVW vir 'n positiewe of 'n negatiewe waarde getoets om die polariteit te bepaal. Indien die waarde wat ontvang is, negatief is, is dit deel van die *koud* LT soos dit in die lidmaatskapfunksie in Figuur 4.21 uiteengesit is en word dit daarvolgens beheer. Die feit dat dit deel is van die *koud* LT, beteken dat die krane vir lang intervalle gedraai moet word om die temperatuur deel van die *reg* LT te maak en daarom word lang kraanrotasie geselekteer, waarna dit as 'n lae lesing verder hanteer word.



Figuur 4.20

Vloiediagram van temperatuurbeheer aan die onderkant van die stropingstoring (TI3)

Indien die lesing positief is, moet die graad van lidmaatskap van die FVW bepaal word volgens die vasgestelde waardes, soos dit in Figuur 4.21 uiteengesit is. Net soos in die geval van vloeibeheer moet die sterkte van die beheer bereken word om die veranderlike weer meer as 0.75 grade deel van die *reg* LT te maak. Dit word gedoen deur na die lidmaatskapfunksie te kyk, wat soos volg uiteengesit word:



Figuur 4.21

Lidmaatskapfunksie van olietemperatuur aan die onderkant van die stropingstoring (TI3)

In die geval gee die lidmaatskapfunksie 'n grafiese voorstelling van hoe temperatuur TI3 in die beheerproses beheer gaan word, deur van wasige-logika gebruik te maak. Vir die LV temperatuur (TI3), gaan die verskillende LT *reg*, *warm*, *koel* en *koud* wees. *Baie warm* gaan weereens nie deel van die LT wees

nie, aangesien temperatuur van 0°C af meer word en dus nie die kans gaan kry om baie warm te word, voordat beheer uitgevoer gaan word nie.

Die verskillende LT's word soos volg uiteengesit:

Reg: Enige FVW wat meer as 0.75 grade tot die LT *reg* behoort (150°C tot 180°C).

Warm: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *warm* LT behoort (Enige waarde meer as 180°C).

Koel: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *koud* LT behoort (Enige waarde tussen 150°C en 100°C).

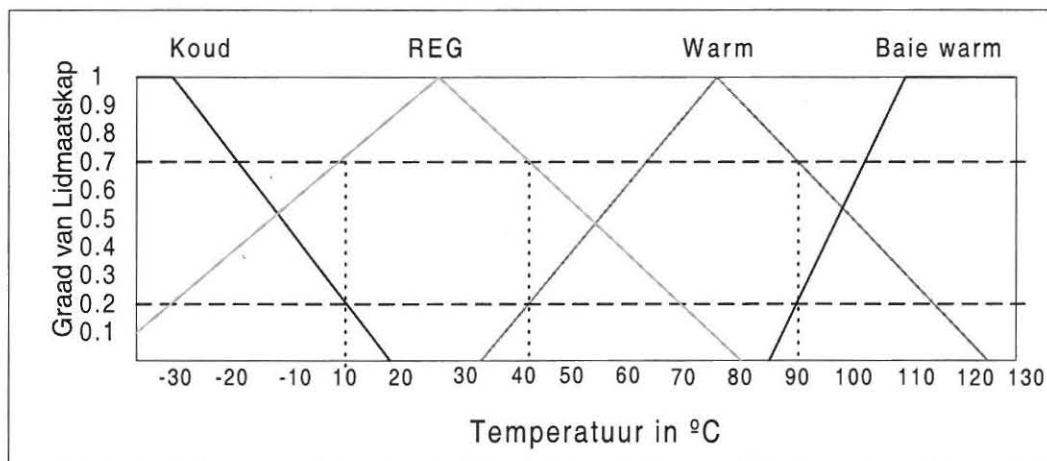
Koud: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *koel* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *koud* LT behoort (Enige waarde minder as 100°C).

Net soos by vloei-beheer gaan geen beheer uitgevoer word wanneer die FVW deel van die *reg* LT is nie. Al wat gaan gebeur, is dat die foutindikasies herstel word sodat temperatuur TI1 volgende getoets kan word. Indien die FVW egter deel vorm van die *koud* LT, word lang kraanrotasie geselekteer, aangesien die temperatuur ver van die ideale temperatuur af is. Die FVW word nou verder as 'n lae lesing deur die beheerproses beheer. Vir 'n FVW wat deel vorm van die *koel* LT gaan kort kraanrotasie geselekteer word, waarna die lesing as 'n lae lesing deur die proses beheer gaan word, terwyl 'n lesing wat deel van die *warm* LT vorm vir kort kraanrotasie opgestel gaan word, waarna die lesing as 'n te hoë lesing deur die beheerproses beheer gaan word.

4.4.5 Sagteware-ontwikkeling vir die monitering en beheer van temperatuur TI1 en TI2.

Temperatuur TI1 en TI2 word presies soos temperatuur TI3 gemonitor, behalwe dat die lidmaatskapfunksie gaan verskil en hier nie vir vloedingsgetoets word nie, aangesien geen direkte beheer uitgevoer word, wat deur die vloeding in die stelsel geaffekteer kan word nie. Die beheerstruktuur is ook van so aard dat van diagnoseerings-LED's en 'n alarm gebruik gemaak word om die probleem aan die operateur uit te wys.

Die lidmaatskapfunksies by die punte gaan egter verskil en word in Figuur 4.22 en Figuur 4.23 onderskeidelik uiteengesit.



Figuur 4.22

Lidmaatskapfunksie van olietemperatuur na afkoeling (TI1)

Die lidmaatskapfunksie wat in Figuur 4.22 gesien word, is 'n grafiese voorstelling van hoe temperatuur TI1 beheer word, deur van wasige logika gebruik te maak. Vir die LV-temperatuur gaan die verskillende LT *reg*, *koel*, *warm* en *baie warm* wees. Die rede waarom *koud* in die geval nie deel van die LT's is nie, is omdat die temperatuur van ongeveer 160°C na min of meer 25°C moet afkoel en beheer dus dadelik uitgevoer gaan word, indien die temperatuur te laag word en dit dus nie die kans gaan kry om koud te word nie.

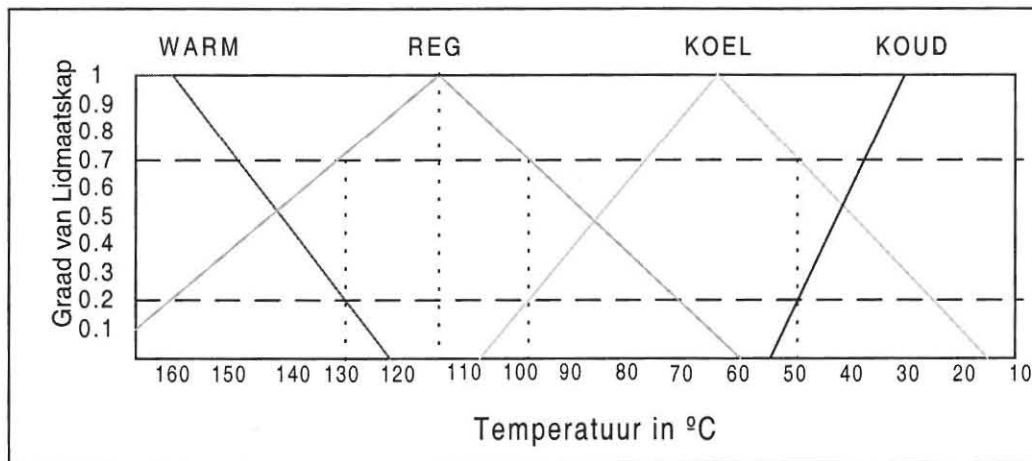
Die verskillende LT's word soos volg uiteengesit:

Reg : Enige FVW wat meer as 0.75 grade tot die *reg* LT behoort (10°C tot 40°C).

Koel: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *koel* LT behoort (Enige iets minder as 10°C).

Warm: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *warm* LT behoort (40°C tot 90°C).

Baie Warm: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *warm* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *baie warm* LT behoort (Enige iets meer as 90°C).



Figuur 4.23

Lidmaatskapfunksie van olietemperatuur voor stropingstoring (TI2)

Die lidmaatskapfunksie wat in Figuur 4.23 gesien word, is 'n grafiese voorstelling van hoe temperatuur TI2 deur wasige logika beheer word. Vir die LV temperatuur gaan die LT *reg*, *warm*, *koel* en *koud* wees.

Die verskillende LT's word soos volg uiteengesit:

Reg: Enige FVW wat meer as 0.75 grade tot die LT *reg* behoort. (100°C tot 130°C)

Warm: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *warm* LT behoort (130°C en meer).

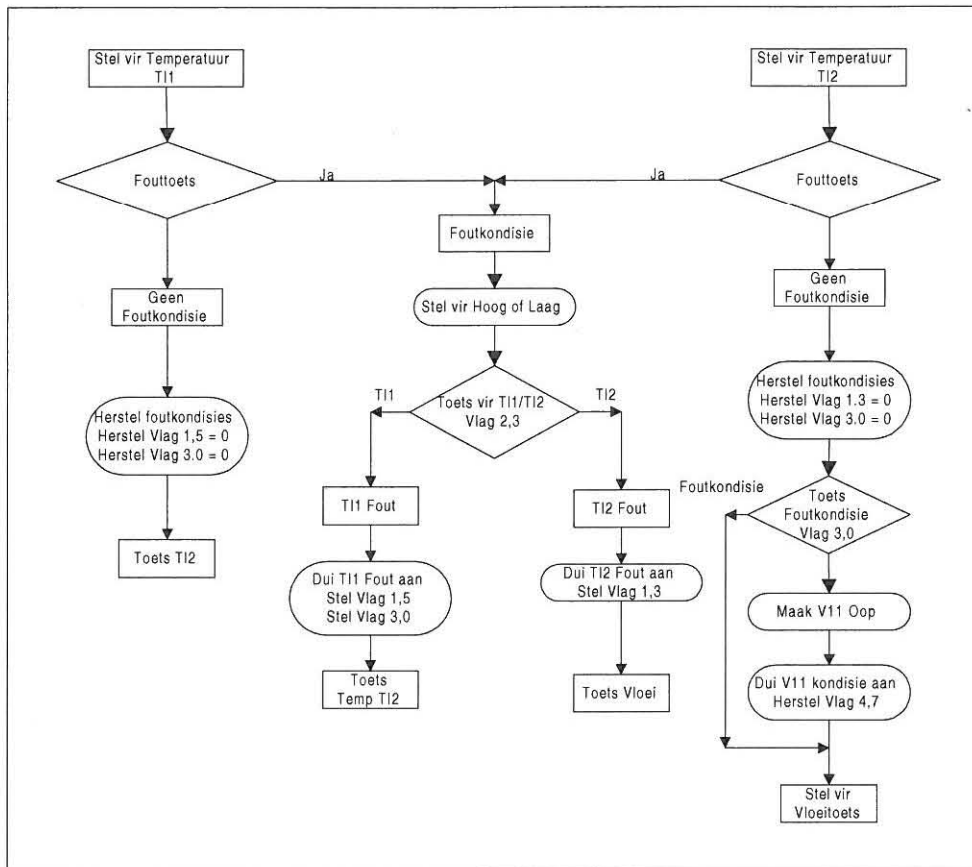
Koel: Enige FVW wat minder as 0.75 grade tot die *reg* LT, maar meer as 0.2 grade tot die *koel* LT behoort (100°C tot 50°C).

Koud: Enige LT wat minder as 0.75 grade tot die *koel* LT behoort, maar meer as 0.2 grade tot die LT *koud* behoort. (50°C en minder)

Indien die FVW deel van die *reg* LT uitmaak, word geen beheer uitgevoer nie, terwyl enige ander lidmaatskap 'n foutkondisie gaan impliseer. Alle foutkondisies word dieselfde hanteer, aangesien geen direkte beheer uitgevoer word nie.

Indien 'n foutindikase ondervind word, word eers vasgestel of dit temperatuur T11 of T12 is wat foutief is, waarna die fout aan die operateur uitgewys word (sien Figuur 4.24). Indien T11 foutief is, word Vlag 1.5 gestel om die probleem aan die operateur uit te wys, terwyl Vlag 3.0 ook gestel word om aan die beheerder aan te dui dat temperatuur T11 foutief is, en dat V11 nog nie oopgemaak kan word sodat die olie vir produksie aangewend kan word nie. Die beheerproses word nou oorgegee om T12 te beheer. Indien T12 foutief is, word dit aangedui deur Vlag 1.3 te stel, waarna die beheerproses weer voor begin om vloei te beheer. Indien geen probleme met T11 ondervind word nie, word Vlag 3.0 herstel, waarna die beheerproses na T12 verskuif.

Indien daar geen fout by T12 ondervind word nie, word Vlag 3.0 getoets om seker te maak of daar aan die vereistes van die beheerproses by temperatuur T11 voldoen word, voordat V11 oopgemaak word, sodat die olie vir produksie aangewend kan word. Die laasgenoemde toets gaan slegs by die begin van die beheerproses geldig wees, waarna outomatiese beheer die funksie gaan oorneem.



Figuur 4.24

Vloiediagram van temperatuurbeheer by T11 en T12

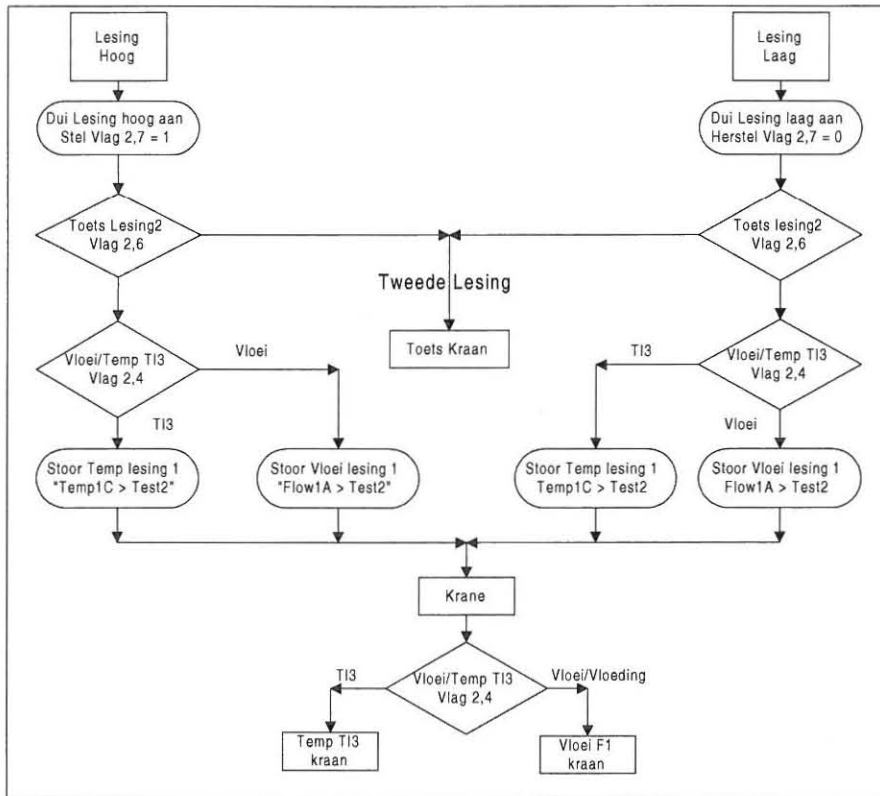
4.4.6 Sagteware-ontwikkeling vir beheer en toets van krane

Enige foutkondisie wat in die beheer van vloei, temperatuur (T13) of vloeding ondervind word, gaan direk beheer word deur die betrokke krane wat in lyn met die veranderlike in die stelsel gemonteer is, te varieer. Deur na Bylaag D te kyk, kan gesien word dat vloeding en vloei d.m.v kraan V1 beheer word, terwyl

temperatuur T13 d.m.v kraan V7 beheer word. Die hele beheerproses van die krane kan in die volgende kategorieë opgedeel word.

- Probleemidentifisering

Vlag 2.7 word eerstens gestel of herstel om aan te dui dat die lesing wat geneem is hoog of laag is, waarna 'n toets uitgevoer word om seker te maak of die veranderlikes wat ingelees word vir die eerste of die tweede keer ingelees is (sien Figuur 4.25). Indien die data vir die tweede keer ingelees is, gaan die eerste en tweede lesing met mekaar vergelyk word, om te bepaal of beheer uitgevoer is. Indien dit die eerste lesing is wat geneem is, word die temperatuur en vloeilesing in 'n tydelike register gestoor, sodat dit later met die tweede lesings vergelyk kan word. In die volgende stap word bepaal watter kraan gedraai moet word om beheer uit te voer. In die geval van vloei en vloeding gaan V1 gedraai word, terwyl V7 gedraai word as temperatuur (T13) beheer word.



Figuur 4.25

Vloedidiagram van probleemidentifisering

- Draai van die kraan

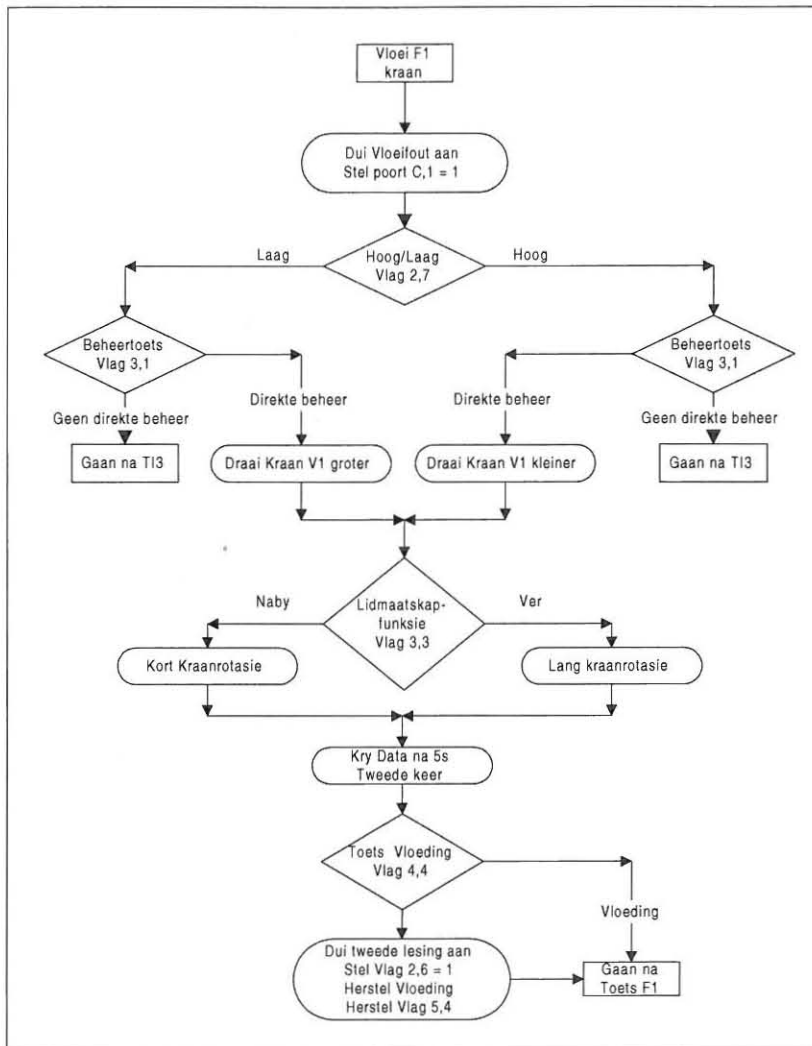
Indien 'n vloei of vloedingfout ondervind word, word die diagnoserings-LED's gestel om aan te dui dat 'n probleem met die vloei in die stelsel ondervind word, waarna kraan V1 gedraai word om die nodige beheer uit te voer (sien Figuur 4.26). Die volgende stap is om te bepaal of die kraan groter of kleiner gedraai moet word na aanleiding van die foutkondisie wat ondervind word. 'n Beheertoets word dan gedoen om te bepaal of die operateur direkte beheer afgeskakel het,

om te bepaal of direkte beheer uitgevoer moet word (sien paragraaf 4.4.7). Indien beheer nie direk uitgevoer word nie, word vloei en vloeding slegs gemonitor, terwyl kraan V1 groter of kleiner gedraai word, indien direkte beheer wel uitgevoer word. Die mate van beheer word n.a.v die lidmaatskapfunksie bepaal om die kraan vir kort of lang intervalle te draai.

Vyf sekondes nadat beheer d.m.v die kraan uitgevoer is, word die data vir 'n tweede keer ingelees om dit met die eerste lesing in die kraantoetsprosedure (sien volgende punt) te vergelyk, waarna vir vloeding in die sisteem getoets word. Die 5s is slegs 'n vertraging om die veranderlike die kans te gee om op die beheer wat uitgevoer is te reageer. Indien vloeding teenwoordig is, word die foutindikasie op vloeding nie herstel nie, terwyl die vloedingindikasie herstel word indien vloeding nie teenwoordig is nie. In beide gevalle word 'n vlag gestel om aan die beheerder aan te dui dat die tweede lesing geneem is, aangesien die data gebruik word om die kraantoetsprosedure te aktiveer.

Kraan V7 gaan presies dieselfde vir temperatuur (TI3) beheer word, behalwe dat hier nie vir vloeding getoets gaan word nie, aangesien vloeding nie as deel van die beheerproses beheer word nie.





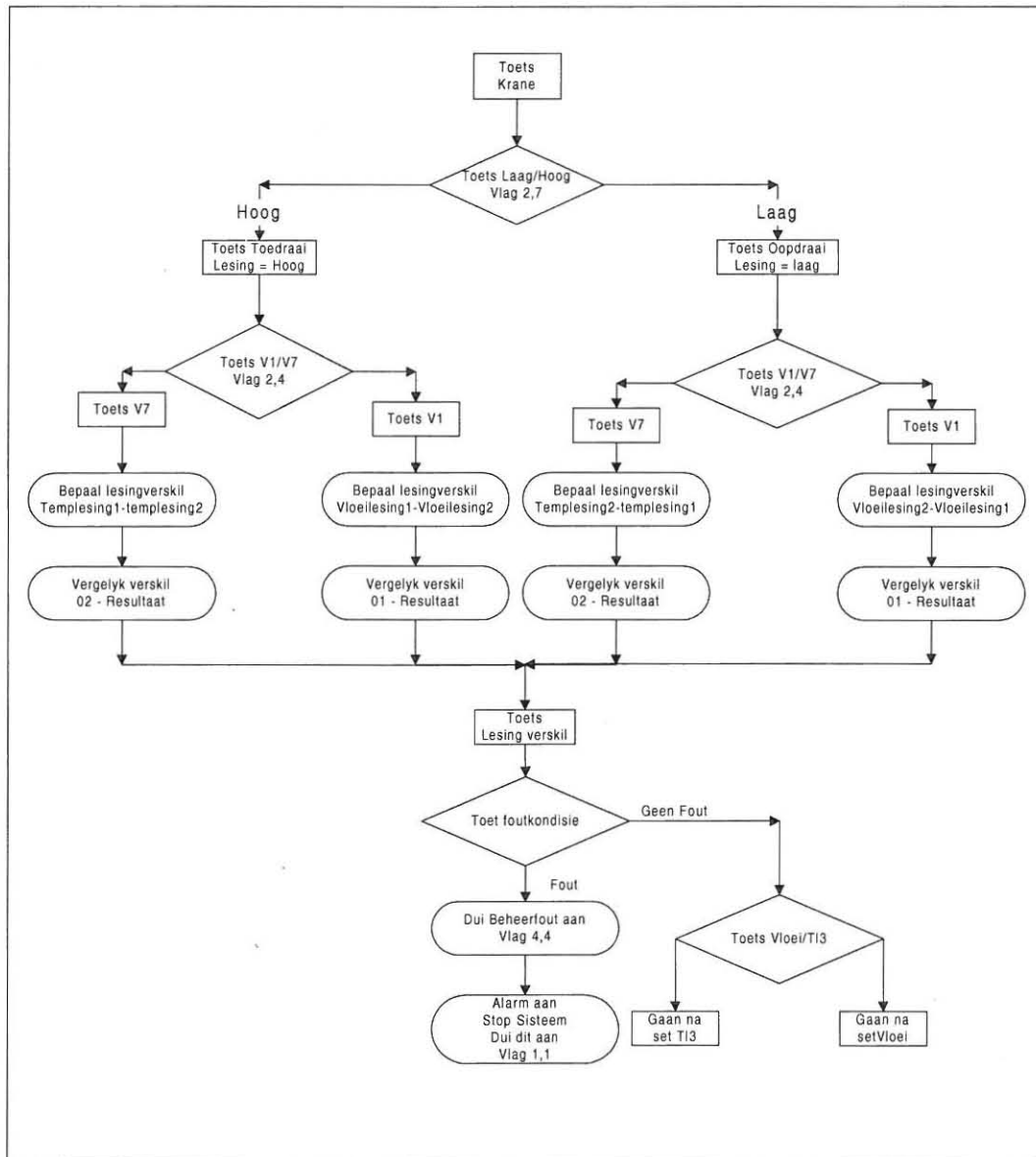
Figuur 4.26

Vloiediagram van kraanroteringsprosedure

- Toets kraandraai

Indien vloei of temperatuur (T13)-data vir die tweede keer ingelees word, gaan die tweede lesing met die eerste lesing vergelyk word om vas te stel of die kraan

wel gedraai het. Dit word bewerkstellig in 'n kraantoetsprosedure soos in Figuur 4.27 uiteengesit.



Figuur 4.27

Vloiediagram van kraantoetsprosedure

Eerstens word bepaal of die beheer op 'n hoë of 'n lae lesing gedoen is, waarna die kraan waarop die beheer gedoen is, identifiseer word, deur na Vlag 2.7 en Vlag 2.4 onderskeidelik te kyk. In die geval van 'n lae lesing word die tweede lesing van die eerste lesing afgetrek, terwyl die eerste lesing van die tweede lesing afgetrek word in die geval van 'n hoë lesing. Die verskil van die twee lesings word dan na 5 sekondes met 'n standaard vergelyk om te bepaal of die kraan gewerk het. In die geval van vloei is 'n minimum verandering van 2°C vasgestel terwyl 1V 'n minimum vereiste in die geval van vloei is.

As die temperatuur of vloei aan die vereistes voldoen, word bepaal watter een van die twee beheer is, waarna daardie veranderlike weer getoets word. Indien die vereistes nie nagekom is nie, gaan die diagnoserings-LED gebruik word om aan te dui dat beheer nie uitgevoer is nie, waarna die sisteem met 'n alarmkondisie gestop word.

4.4.7 Sagteware-ontwikkeling en beheer van IRQ's

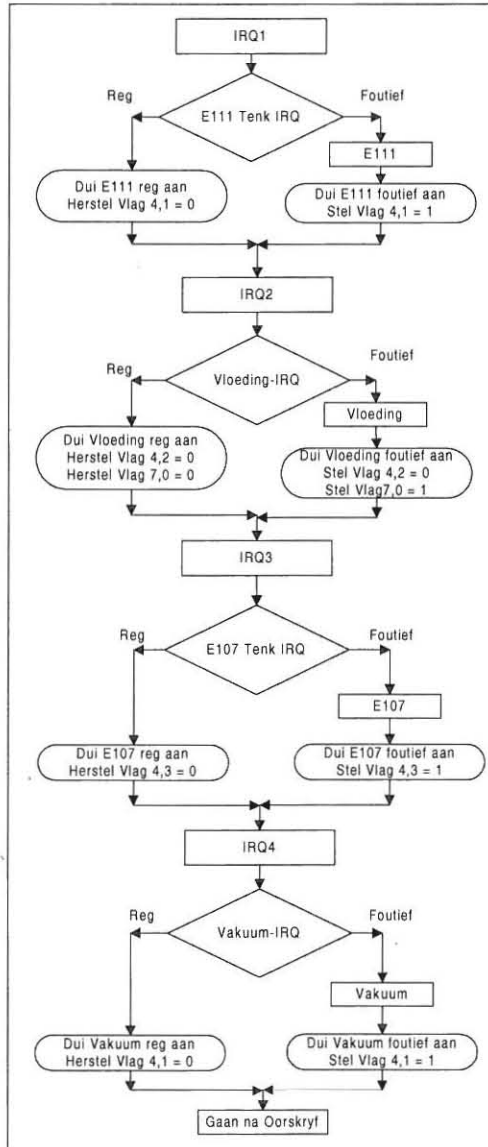
Elke keer wanneer nuwe data vanaf die Adam-5000-beheerder verkry word, word al die IRQ's eers ondersoek (sien Figuur 4.13). Hierdie proses word weer in twee fases opgedeel.

Die twee fases is:

- IRQ-ondersoek
- Beheerfase

- IRQ-ondersoek

Soos in Figuur 4.28 gesien kan word, gaan al die IRQ's gemonitor word, waarna sekere vlaggies gestel word om die kondisie van die IRQ's aan te dui.



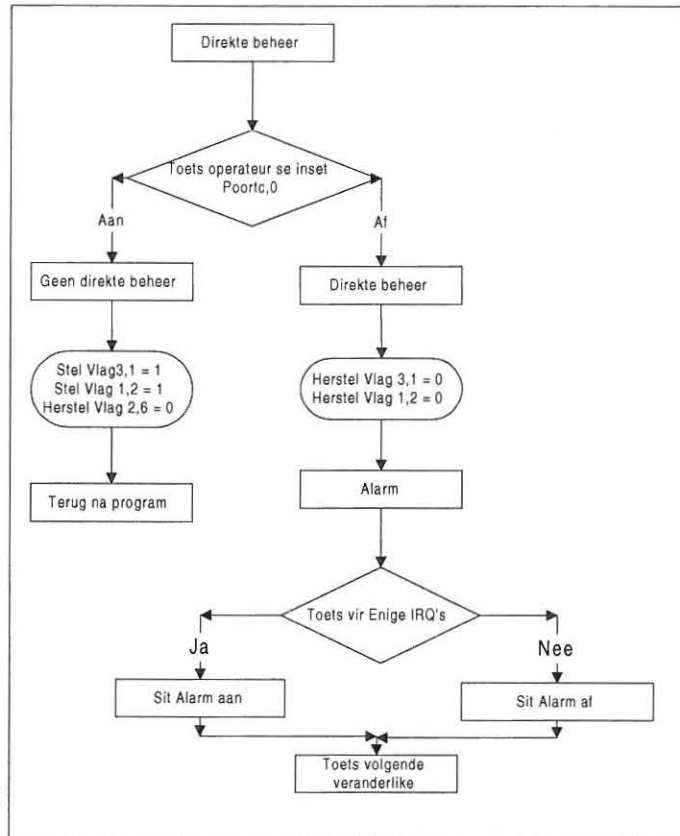
Figuur 4.28

Vloeiagram van IRQ's-ondersoek

Die eerste IRQ wat ondersoek word, is wat deur die toevoertenk E111 opgewek word, waarna Vlag 4.1 gestel of herstel word om die kondisie van die IRQ aan te dui. Dieselfde gaan vir vloeding by Vlag 4.2, watertenk (E107) by Vlag 4.3 en vakuum by Vlag 4.1 geld.

- **Beheerfase (Figuur 4.29)**

In diè fase word die operateur se inset eers getoets om te bepaal of beheer direk uitgevoer gaan word of nie. Indien die operateur geen direkte beheer geselekteer het, gaan Vlag 2.1 gestel word om dit aan die operateur uit te wys. Vlag 2.6 word ook nou herstel, aangesien die verskil tussen die eerste en tweede lesing geen verskil gaan maak as beheer nie direk uitgevoer word nie. Vlag 3.1 word ook gestel om aan die beheerproses aan te dui dat geen direkte beheer deur die operateur geselekteer is, waarna die volgende veranderlike getoets word. Indien direkte beheer deur die operateur geselekteer is, gaan alle indikasies herstel word, waarna al die IRQ's getoets word om te bepaal of die alarm aangesit moet word. Enige IRQ wat geaktiveer is, sal beteken dat die alarm aangesit word om die operateur van die probleem bewus te maak, terwyl die alarm herstel gaan word in die afwesigheid van enige IRQ-seine.



Figuur 4.29

Vloeiagram van beheerprosesselektering

HOOFSTUK 5

EVALUERING VAN BEHEERSTELSEL

In hierdie hoofstuk word die verskillende eksperimente wat gedoen is om die beheerproses te evalueer, bespreek. Die eksperimente is gedoen om die effektiwiteit en die fisiese werking daarvan te evalueer. Toetse is gedoen om te bepaal of die mikrobeheerdernode wel beheer uitvoer en die toestand van die proses aan die operateur uitwys. Die protokol is ook evalueer om die stabiliteit en werking daarvan te bepaal met die toediening van verskillende foutkondisies, terwyl die betroubare oordrag van data ook hier getoets is.

Die evaluering van die beheerstelsel het die volgende behels:

- Evaluering van mikrobeheerdernode,
- Evaluering van datakommunikasieselsel,
- Evaluering van beheer en die effek van vloeding in die sisteem

5.1 Eksperiment1: Evaluering van mikrobeheerdernode

5.1.1 Doel

Soos voorheen vermeld, kan die evaluering van die stelsel nie direk op die sisteem gedoen word nie en daarom word hier van gesimuleerde waardes gebruik gemaak om die werking van die mikrobeheerdernode te evalueer. Die

doel van die eksperiment is om te bepaal of alle indikasies en beheer, soos dit in Hoofstuk 4 beskryf word, wel uitgevoer word.

5.1.2 Metode

Om die werking van die beheerder te monitor, word van visuele aanduidings gebruik gemaak word om die kondisies en beheer in die stelsel uit te wys. Dit impliseer dat alle uitsetpoorte van die PIC en die uitsetkanale van die Adam-5000 d.m.v visuele uitleeseenhede aangedui word. 'n Skematiese voorstel van hierdie kring kan in Bylaag A en Bylaag B gesien word.

Uit Bylaag A en B kan gesien word dat die kring uit die volgende dele bestaan:

- 2 PIC 8 bis I/U-poorte (poortb en poortc)
- 1 PIC 6 bis I/U-poort (poort A)
- 8 Kanaal spanningsanalooginset op Adam-5000
- 7 Kanaal termokoppelinset op Adam-5000
- 6 Kanaal relêuitset op Adam-5000

Soos gesien kan word, gaan D2 tot D17 gebruik word om 'n visuele indikasie van die beheerproses daar te stel, terwyl S1 en S2 gebruik word om as 'n operateursinset te dien. Die relêkontakte wat gebruik word om die verstelbare krane te draai, maak ook van visuele indikasies gebruik om die beheer wat uitgevoer word, aan te dui. Die IRQ-analooginsette op die ADAM-5000 is d.m.v 5V insette

gesimuleer, terwyl die vloei-inset by kanaal 1 d.m.v 'n spanningvariasie van 0V tot 10V gesimuleer is en die temperatuurinsette deur termokoppels opgewek is.

Vir evalueringdoeleindes word die veranderlikes soos volg beheer:

- Vloei

Baie Laag	-	< 1V
Laag	-	< 3V en >1V
Reg	-	> 3V en < 6V
Hoog	-	> 6V en < as 9V
Baie hoog	-	=> 10V

Verandering van ten minste 1V oor 5s, anders is beheer nie uitgevoer nie.

- TI1, TI2, TI3

Baie laag	-	< 0°C
Laag	-	<10°C en > 0°C
Reg	-	> 10°C en < 60°C
Hoog	-	> 60°C

Verandering in temperatuur van ten minste 2°C op TI3 oor 5s, anders is beheer nie uitgevoer nie.

5.1.3 Resultate

Die volgende resultate is na afloop van die bogenoemde toets verkry: (sien Bylaag D)

- V11 funksioneer reg

Met die aansit van die PIC is die konfigurasie-instruksies na die Adam-5000 gestuur. V11 is hierna vir sirkulasie gestel deur kanaal 0 van die Adam-5000 relêkontak toe te maak om die olie sodoende in die stelsel te sirkuleer. Hierdie kondisie is deur die PIC se poort b bis 7 aangedui, waarna die veranderlikes, wat vir die begin aan al die vereistes van die beheerproses voldoen, in die sisteem gemonitor is. Nadat al die veranderlikes van die beheerproses gemonitor en in orde gevind is, is klep V11 uit sirkulasie gehaal deur kanaal 0 van die relêkontak weer oop te maak om die olie sodoende uit die stelsel uit te laat vloei. Die feit dat die olie uit die stelsel uitvloei, is ook deur die PIC aangedui deur die LED op poort b bis 7 te herstel. Indien enige foutkondisie in die begin van die beheerproses teenwoordig is, is V11 nie uit sirkulasie gehaal voordat hier nie aan al die vereistes van die beheerproses voldoen is nie. Indien die klep eers uit sirkulasie uitgehaal is, is beheer normaalweg voortgesit sonder om die klep weer vir sirkulasie te stel.

- Die monitor van die IRQ's funksioneer reg.

'n Insetspanning van 5V op die IRQ-insette van die Adam-5000-analoog insette, het die alarm by kanaal 5 van die Adam-5000 relêkontak geaktiveer en ook die ooreenkomstige indikasie by die PIC se poort b bis 0-3 aangebring om die probleem uit te wys.

Die toets toon ook dat die IRQ-indikasies en die alarm herstel, indien die foutkondisie verwyder word. Die IRQ's het egter nie die beheerproses onderbreek nie, maar is direk na elke monitorinstruksie ondersoek.

- Vloei- en temperatuurbeheer funksioneer reg.

Die spannings- en temperatuurinsette na die onderskeidelike analooginsette is gevarieer om te bepaal of beheer wel uitgevoer word. In die geval waar spanning gevarieer is, is kanaal 1 en 2 van die relêkontakte onderskeidelik vir 'n bepaalde periode toegemaak, afhangende van die lesing wat geneem is. Vir enige lesing minder as 3V is kanaal 1 vir 'n bepaalde tyd toegemaak, terwyl kanaal 2 vir 'n bepaalde tyd toegemaak is, indien 'n spanning van meer as 6V gemeet is. Hierdie foutkondisie is aan die operateur uitgewys deur die LED op poort c bis 1 vir die tydsduur van die foutkondisie aan te sit. Indien die insetspanning nie met meer as 1V na 5s verander het, nadat beheer d.m.v

die relêkontakte uitgevoer is nie, is die alarm aangesit. Daarna is die operateur daarvan in kennis gestel dat die beheer nie gewerk het nie, deur die LED op poort b bis 4 aan te sit en daarna ook die LED op poort a bis 1 aan te sit, om aan te dui dat die sisteem gestop het en geen beheer verder uitgevoer word nie. Die reguleringsklep V11 is op produksie gelos om te verhoed dat hoë drukings in die stelsel opbou.

In die geval waar TI3 gevarieer word, is kanaal 3 en 4 onderskeidelik vir bepaalde tydsperiodes toegemaak, afhangende van die lesing wat geneem is. Vir enige temperatuur minder as 10°C is kanaal 3 toegemaak, terwyl kanaal 4 toegemaak is, indien 'n lesing van meer as 60°C gemeet is. Hierdie foutkondisie is ook aan die operateur uitgewys, deur die LED op poort c bis 2 vir die tydsduur van die foutkondisie aan te sit. Indien die insettemperatuur nie met meer as 2°C na 5s verander het, nadat beheer d.m.v die relêkontakte uitgevoer is nie, is die kondisie dieselfde as 'n lae verandering in spanning soos hierbo beskryf hanteer.

Alhoewel TI1 en TI2 nie direk op die sisteem beheer word nie is die foutkondisies onderskeidelik deur die LED's op poort a bis 5 en bis 3 soos dit in Bylaag A uiteengesit is, aangedui.

- Selektoring van beheer funksioneer reg.

In die geval waar geen direkte beheer deur die operateurs-inset afgesit is, het die beheerproses normaalweg aangegaan en is direkte beheer op die stelsel uitgevoer, deur van die relêkontakte gebruik te maak om die vloeï van olie en die temperatuur in die sisteem konstant te hou. Nadat geen direkte beheer d.m.v 'n skakelaar op poort c bis 0 geselekteer is, het die beheerproses normaalweg aangehou, behalwe dat geen direkte beheer d.m.v die relêkontakte op die sisteem uitgevoer is nie. Deur na die visuele indikasies te kyk, kon die stand van die beheerproses steeds bepaal word, sonder dat direkte beheer uitgevoer is. Die selektering van beheer is ook aan die operateur uitgewys deur die LED op poort a bis 2 aan sit.

Met die ooplos van 7 I/U-bene op die PIC, is hier nog genoeg plek vir uitbreiding in die toekoms.

5.2 Eksperiment 2: Evaluering van datakommunikasiesistelsel

5.2.1 Doel

Die doel van die eksperiment is om te bepaal of die protokol, wat vir datakommunikasie tussen die PIC en die Adam-5000 verantwoordelik is, die data wel akkuraat oordra, en om die effektiwiteit van die foutkontroleringstruktuur te evalueer.

5.2.2 Metode

Die protokol wat gebruik is om datakommunikasie tussen die PIC en die Adam-5000 te bewerkstellig, is geëvalueer deur 'n protokolanaliseerder in parallel tussen die twee beheerders op te koppel, soos dit in Bylaag C aangedui word. Foutkondisies soos kragonderbrekings en foutiewe data is gesimuleer om te kyk wat die effek daarvan op die protokol is. Die PIC en Adam-5000 stuur die data in ASCII-formaat oor die RS232-verbinding en daarom is die protokolanaliseerder opgestel om die data wat gestuur word in ASCII-formaat te vertoon.

5.2.3 Resultate

Die volgende gevolgtrekkings is na afloop van die bogenoemde toetse gemaak:

- Nadat die PIC en die Adam-5000 aangesit is, is die konfigurasies-instruksies van die Adam-5000 suksesvol oor die RS232-verbinding gestuur. Dit is bevestig deur na die data op die protokolanaliseerder te kyk, wat die data met dieselfde struktuur as die in Bylaag C vertoon.
- Akkurate lesings is vanaf die analooginsette van die Adam-5000 ingelees, terwyl die beheerinstruksies ook suksesvol uitgevoer is.
- Die foutkontroleringstruktuur wat as deel van die dataverbindingsvlak funksioneer, werk ook reg. Deur die data wat deur die PIC gestuur word, te analiseer, kan gesien word dat alle instruksies gevolg word deur 'n heksadesimale som van die ASCII-waardes wat gestuur is, terwyl die data wat van die Adam-5000 af kom, ook deur die som van die data wat gestuur is, gevolg word soos dit in Bylaag C uitgewys word. Indien die som van die woorde wat gestuur is, verkeerd aan die Adam-5000 gestuur is, is daar geen reaksie vanaf die Adam-5000 ontvang nie. Sodra die PIC agterkom dat geen reaksie van die Adam-5000 af ontvang word nie, het dit herstel om weer met die Adam-5000 te sinkroniseer. Indien die som van die woorde wat vanaf die Adam-5000 ontvang word, foutief is, het die PIC ook herstel om weer met die Adam-5000 te sinkroniseer.

Kommunikasieprobleme het die PIC vir 'n totaal van 5 keer herstel, waarna die operateur van die kondisie in kennis gestel is, deur die LED wat op poort c bis 3, is aan te sit. Hierdie kondisie is alleenlik herstel deur die PIC se krag af en aan te sit, wat dit moeilik maak om die fout te ignoreer. Hierdie foutkontroleringstruktuur het dit ook vir die beheerproses moontlik gemaak om na enige kragonderbreking weer te sinkroniseer en met die beheerproses aan te gaan.

5.3 Evaluering van die mate van beheer wat uitgevoer word en die effek van vloeding op die beheerproses

5.3.1 Doel

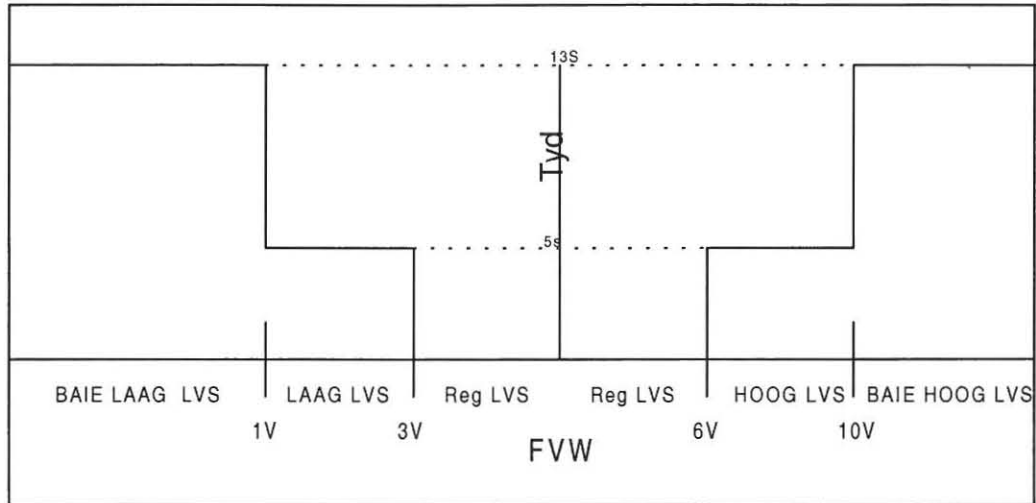
Die beheer wat op die sisteem uitgevoer word, gaan in verskillende sterktes gedoen word, afhangende van die graad waartoe die FVW tot die terme van die LVS behoort. Indien die FVW deel van die baie laag of *baie hoog* LVS is gaan beheer groter uitgevoer word as wat dit deel van die *laag* of *hoog* LVS is. Die doel van die eksperiment is om die verskillende beheersterktes en die effek wat vloeding op die stelsel het, te toets.

5.3.2 Metode:

Om dit te toets, is die FVW wat ingelees word gevarieer om die reaksie wat dit op die beheerproses het te evalueer. Vloeding is ook gedurende die beheerproses gesimuleer om die effek wat dit op die beheerproses het te toets.

5.3.3 Resultate

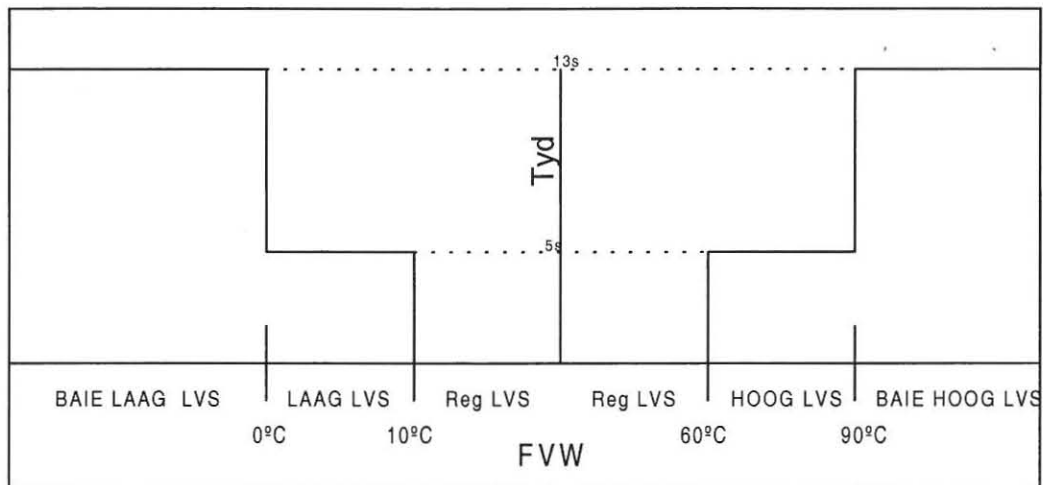
- Wanneer die spanningsinset, wat die vloei van olie in die stelsel verteenwoordig, minder as 1V of gelyk aan of groter as 10V is, word beheer sterk uitgevoer deur die verstelbare kraan vir intervalle van 13 sekondes te draai om dit so vinnig as moontlik deel van die *hoog* of *laag* LVS te kry. Vir spannings van 1V tot 9.99V is standaardbeheer geselekteer, deur die verstelbare kraan vir intervalle van 5 sekondes te draai om die veranderlike deel van die *reg* LVS te kry. Deur na Figuur 5.1 te kyk, kan gesien word dat die beheer wat op die vloei uitgevoer word, minder word soos wat dit nader aan die punt van aanvaarding kom.



Figuur 5.1

Voorstelling van die mate van vloeibeheer wat uitgevoer word

- Wanneer die temperatuur minder as 0°C of meer as 90°C is, word beheer sterk uitgevoer deur die verstelbare kraan vir intervalle van 13 sekondes te draai om dit so vinnig as moontlik deel van die *hoë* of *lae* LVS te kry. Vir temperature van groter as 0°C , maar kleiner as 10°C en kleiner as 90°C , maar groter as 60°C is standaardbeheer gebruik deur die verstelbare kraan vir intervalle van 5 sekondes te draai. In Figuur 5.2 kan weereens gesien word hoe die beheer wat op temperatuur uitgevoer word, minder word soos wat dit nader aan die aanvaardingspunt kom.



Figuur 5.2

Voorstelling van die mate van temperatuurbeheer wat uitgevoer word

- Temperatuur TI1 en TI2 is net as 'n foutkondisie aan die operateur uitgewys, aangesien geen direkte beheer op die temperature uitgevoer word nie.
- Vloeding word dwarsdeur die beheerproses as die hoogste prioriteit beheer en daarom word enige beheerproses onderbreek, wanneer vloeding in die stelsel teenwoordig is. In die geval van vloeding is beheer deurgaans sterk uitgeoefen, aangesien vloeding 'n kritiese beheerpunt in die beheerproses is.

5.4 Gevolgtrekking

Uit die bogenoemde eksperimente kan gesien word dat die fisiese beheerfunksie effektief deur die PIC-mikrobeheerder en 'n Adam-5000-beheerder uitgevoer word, terwyl die operateur deurgaans van die toestand van die proses in kennis gestel is. Deur van gesimuleerde waardes gebruik te maak, is al die veranderlikes effektief gemonitor, terwyl alle beheerfunksies en indikasies volgens die standaard, soos dit in die beheerstruktuur beskryf is, uitgevoer is. Die evaluering van die protokol toon ook dat al die data betroubaar oorgedra is met die gebruik van die kontrolesomfunksie en dat dit stabiel is met die toediening van verskillende foutkondisies. Die enigste aspek van die projek wat nie tydens die evalueringsfase geëvalueer is nie, is die effek wat die beheerproses op die werkende stelsel gaan hê. Soos vermeld, word hier van gesimuleerde waardes gebruik gemaak om die evaluering te doen en daarom is die effek wat die werkende stelsel op die beheerproses het, ook ondersoek. Die verskillende eksperimente is ondersoek om dit t.o.v die werkende stelsel te ontleed. Uit die ondersoek is die volgende gevolgtrekkings gemaak:

1. Eksperiment 1:

Aangesien dieselfde monitor- en beheertoerusting vir beide die werkende stelsel en die gesimuleerde waardes gebruik word, kan aanvaar word dat die eksperiment ook vir die werkende stelsel waar is. Die enigste verskil is

die waardes wat ingelees word, maar aangesien die monitor- en beheerfunksie vir enige waarde presies dieselfde uitgevoer word, het dit geen effek op die effektiwiteit van eksperiment wat uitgevoer is nie.

2. Eksperiment 2:

Net soos in die geval van eksperiment 1 word hier ook van dieselfde toerusting op die werkende stelsel gebruik gemaak om dataoordrag tussen die PIC-mikrobeheerder en die Adam-5000 te bewerkstellig en daarom kan aanvaar word dat die eksperiment ook vir die werkende stelsel waar is. Die enigste verskil is egter net die waarde van die data wat d.m.v die protokol oorgedra word en daarom het die werkende stelsel geen effek op die effektiwiteit van die eksperiment nie, aangesien alle data dieselfde hanteer word.

3. Eksperiment 3:

Eksperiment 3 is die enigste eksperiment waarvan die gevolgtrekking op 'n werkende stelsel gaan verskil van diè van gesimuleerder waardes. Die rede hiervoor is dat die effek wat die verandering in die vloeitempo van die olie of stoom in die stelsel nie waargeneem kan word, sonder om dit op die stelsel self te toets nie. Alhoewel die beheer presies dieselfde uitgevoer gaan word, sal die tydsduur wat die krane gedraai word om

beheer uit te oefen op die stelsel gevarieer moet word, om by die reaksietempo van die van die stelsel aan te pas.

HOOFSTUK 6

SAMEVATTING

Die hoofdoel van hierdie studie was die daarstelling van 'n betroubare outomatiese beheerproses vir 'n oliesuiweringstelsel. Hierdie beheerproses is verantwoordelik vir die monitering en beheer van alle veranderlikes in die stelsel, om sodoende die bes moontlike produk te lewer.

Hoofstuk 2 behandel die werking van die stropingsproses soos dit tans in die industrie gebruik word. Die beheerproses wat tans gebruik word, word ook hier bespreek, aangesien dele van die proses in kombinasie met die outomatiese beheerproses gebruik word.

Die hardware-ontwerp van die toerusting wat gebruik word, word in Hoofstuk 3 bespreek. Dit sluit die PIC-mikrobeheerder en die Adam-5000, tesame met die RS232-koppeling tussen die twee, in.

Die sagteware-ontwerp vir die protokol en die beheerproses gaan in Hoofstuk 4 beskryf word. Alle sagteware is in saamsteltaal geskryf, terwyl die MPLAB-program gebruik is om die programme te kompilleer.

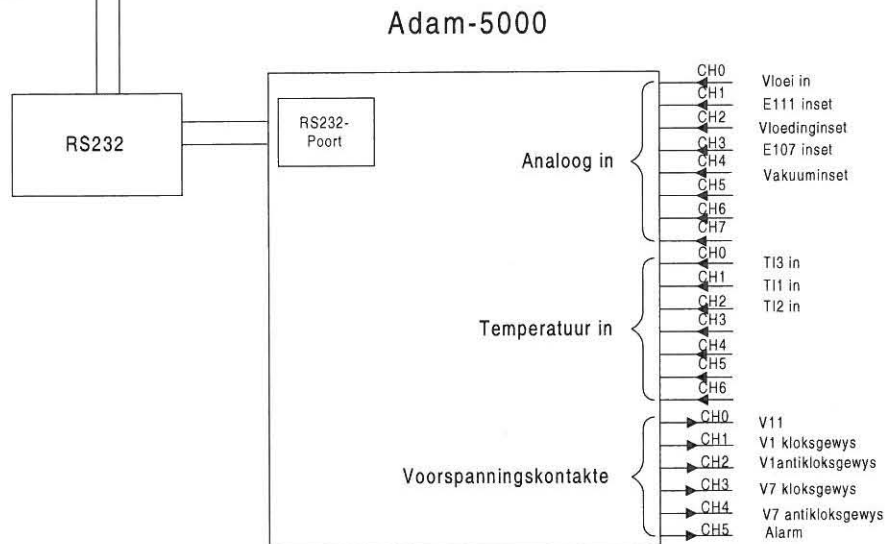
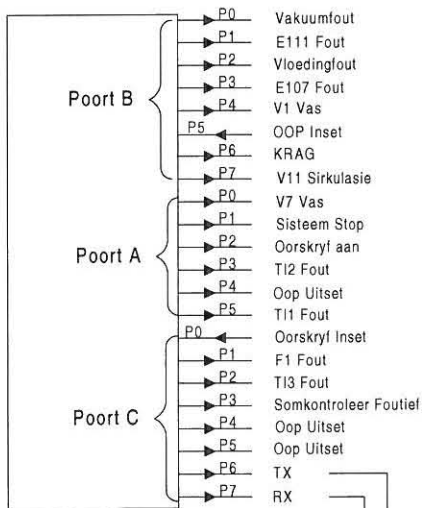
Hoofstuk 5 handel oor die evaluering van die stelsel. Alhoewel die beheerproses nie direk op die sisteem geëvalueer kon word nie, is van gesimuleerde waarde gebruik gemaak om die proses te evalueer.

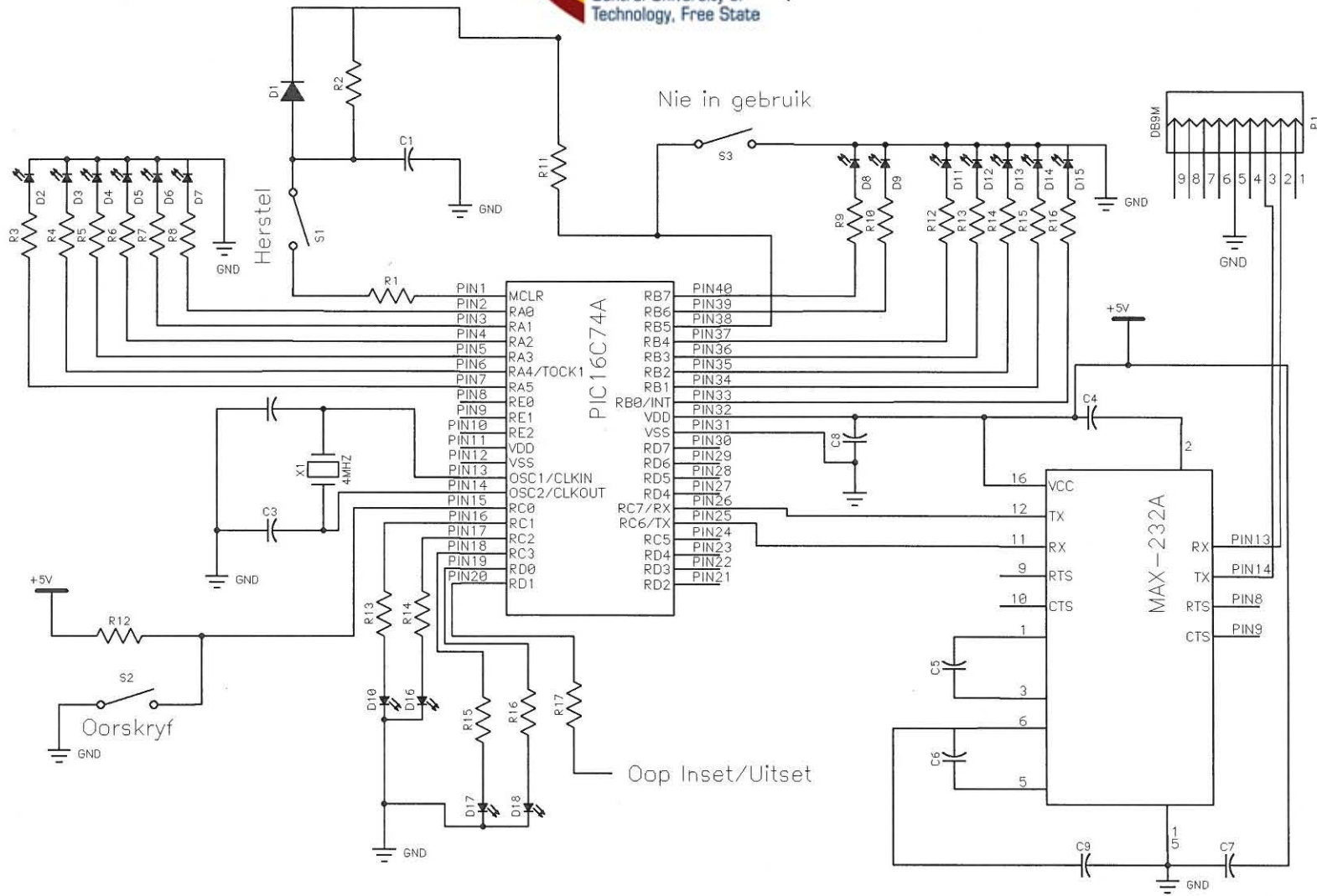
Indien die beheerproses dit in die nywerheid as 'n betroubare proses bewys het en die aanvraag na die stelsel verhoog het, kan die lae-koste-ontwerp verander word om aan die behoeftes van die operateur te voldoen. Deur van sagteware-programme soos die Genie-sagteware gebruik te maak, kan grafiese programme met dieselfde beheerstruktuur soos dié wat in die PIC gebruik word, ontwikkel word om dit vir die gevorderde operateur meer buigbaar te maak. Deur van netwerkverbinding gebruik te maak, kan sentrale monitor- en beheerpunte geïmplementeer word, om sodoende ook 'n kosteverhalingsstruktuur vir die gebruik van die beheerproses daar te stel.

BYLAAG A - EKSP1A

Poort- en kanaaluitleg van die PIC en die Adam-5000

PIC 16C74A





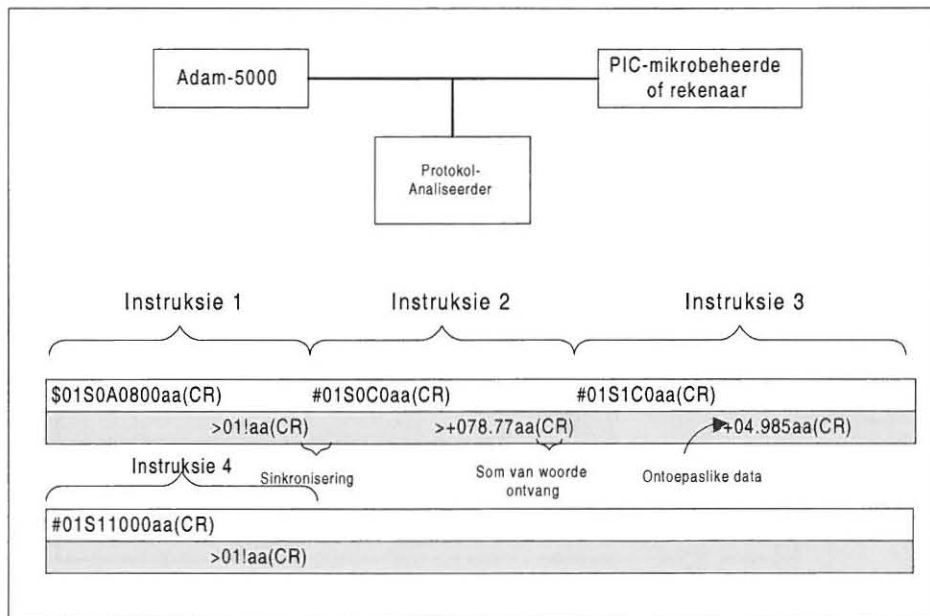
Skematiese voorstelling van die opkoppelings op die PIC mikrobeheerder

BYLAAG B - EKSP1B

BYLAAG C – EKSP2

Voorstelling van die protokol soos dit deur die protokolanaliseerder

vertoon word





Toerusting:

- E101 - Stropingstoring
- E101/1; /2; /3; /4 Seksies van toring
- E101/5 Draerskyf vir pakking
- E101/6; /7 Oliedistribusiefleuse
- E101/8 Raschiging Pakking
- E102 Stoom- olieverhitting
- E103 Olie-olie-Hitteuitrailer
- E104 Water-Olieverkoeling
- E105 Olie Buffertenk
- E106 Vakuumentoring
- E107 Koeltoring - Nie voorsien nie
- E108 Filter
- E109 Bodem Tenk- Nie Voorsien nie
- E110 Wateropvangpunt(Sump)

P1,P2,P3 is gewone monopompe

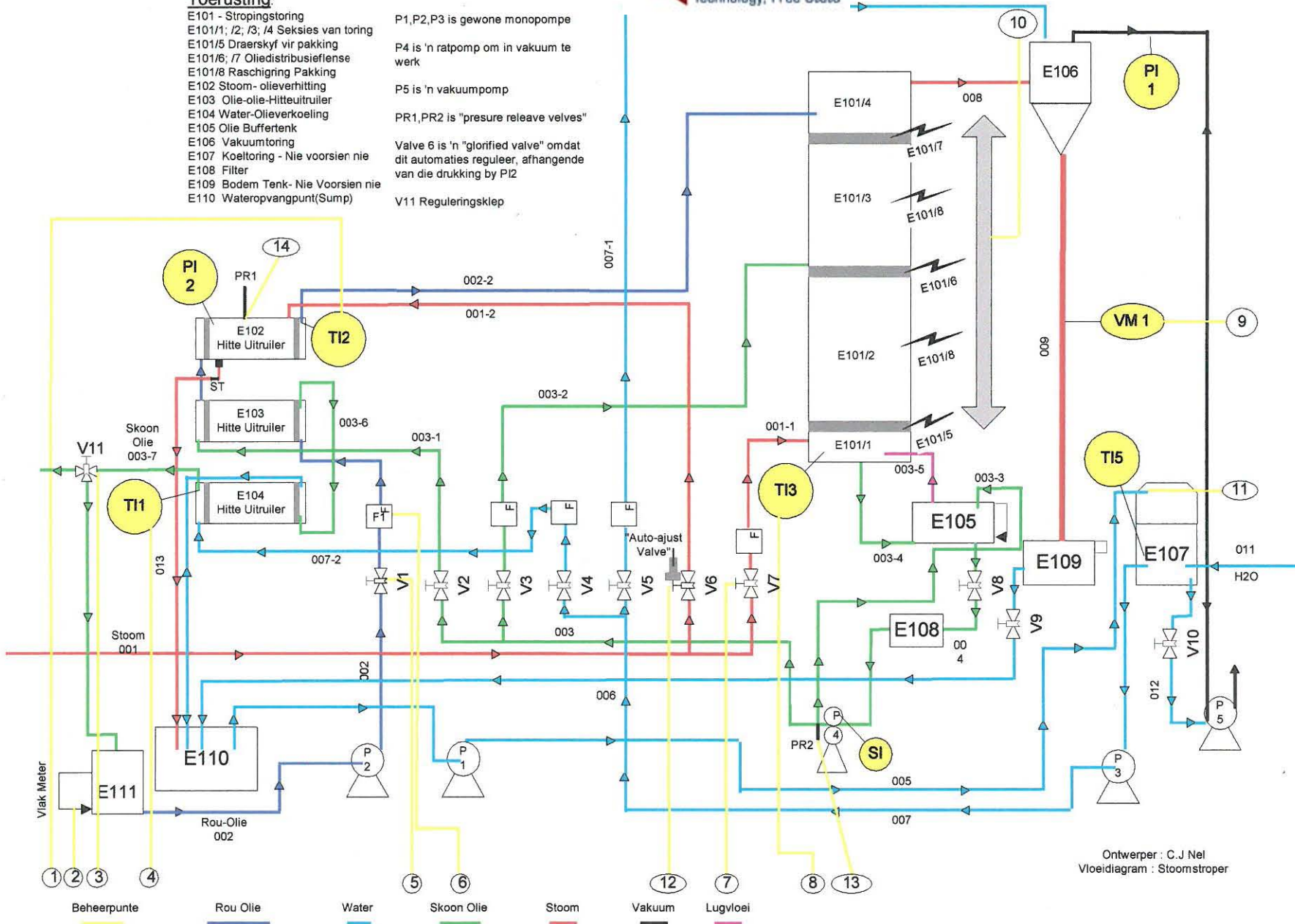
P4 is 'n ratpompe om in vakuum te werk

P5 is 'n vakuumpompe

PR1,PR2 is "pressure release velvies"

Valve 6 is 'n "glorified valve" omdat dit automaties reguleer, afhangede van die drukking by PI2

V11 Reguleringsklep



Ontwerper : C.J Nel
Vloeiagram : Stroomstrop

STROPINGSPROSES

BYLAAG D

LITERATUURLYS

1. **Advantech.** Adam-5000 Series User's Manual. 1ste Edition.
Taiwan, Advantech Co., Ltd. 1996.
2. **Advantech.** Advantech Total solutions for PC-Based Automation. Solution
Guide Vol.91.
3. **Asai, K. and Sugeno, M.** Applied Fuzzy Systems. English Edition.
USA, Academic Press, Inc. 1994.
4. **Bayazitoglu, Y.** Elements of Heat Transfer.
USA, McGraw-Hill, Inc. 1988.
5. **Beni, G.** Vakuum Mechatronics.
USA, Artech House, Inc. 1990.
6. **Bothma, P.** The Theory of Control Systems.
Johannesburg, Creda Press, Ltd. 1989.
7. **Dixey, G.** Microprocessor Interfacing.
England, Stanley Thornes Ltd. 1991.

8. **Hall, D.V.** Microprocessors and Digital Systems. Second Edition.
Singapore, McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS. 1983.
9. **Kandel, A. and Langholz, G.** Fuzzy Control Systems.
USA, CRC Press Inc. 1994.
10. **Meyer, C.F.** Beginnels van Fluïedmeganika. Tweede Uitgawe.
Pretoria, Multigraph. 1989.
11. **Meyer, C.F.** Toepassings van Fluïedmeganika. Eerste Uitgawe Tweede
Druk.
Waterkloofrif, Die Outeur. 1990.
12. **Microchip.** Microcontroller Data Book. 1994 Edition.
USA, Microchip Technology Incorporated. 1994.
13. **Microchip.** Fuzzy Logic Handbook.
USA, Microchip Technology Incorporated. 1995.
14. **Murrill, P. W.** Fudamentals of Process Control Theory. Third Printing.
USA, Instrument Society of America. 1981.

15. **Nash, J.** Network Essentials.
USA, IDG Books Worldwide, Inc. 1998.

16. **Passino, K. M. and Yurkovich, S.** Fuzzy Control.
USA, Addison Wesley Langman Inc. 1998.

17. **Rowan, W.** Introduction to Data Communications. Edition 1.
Kemptonpark, South Africa Transport Services Training College
Esselenpark. 1988.

18. **Sinnem, W and McGovern, T.** Digital, Analog and Data Communication.
Second Edition.
USA, Prentice-Hall, Ltd. 1986.

19. **Solomon, H.** Industrial Applications of Fuzzy Technology.
Hong Kong, South See International Press Ltd. 1993.

20. **Spitzer, D. W.** Industrial Flow Measurement. Second Edition.
North Carolina, Instrument Society of America. 1990.

21. **Tugal, O and Tugal, D. A.** Data Transmission. Second Edition.
USA, McGraw-Hill, Ltd. 1982.