

## MASTER

### Advies voor vernieuwing van het data-acquisitiesysteem in een kortsluitlaboratorium

Schoonenberg, G.C.

*Award date:*  
1984

[Link to publication](#)

#### **Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

9036

AFDELING DER ELEKTROTECHNIEK

Vakgroep Technieken van de Energievoorziening

Advies voor vernieuwing van het  
data-acquisitiesysteem in een  
kortsluitlaboratorium.

G.C. Schoonenberg  
EH.84.A.81

De Afdeling der Elektrotechniek van de  
Technische Hogeschool Eindhoven aanvaardt  
geen verantwoordelijkheid voor de inhoud  
van stage- en afstudeerverslagen.

Afstudeerwerk verricht o.l.v.:

Prof.dr.ir. W.M.C. van den Heuvel

augustus 1984

T E C H N I S C H E H O G E S C H O O L E I N D H O V E N

## INHOUDSOPGAVE:

	blz.
SAMENVATTING	
I INLEIDING	
II ALGEMENE INFORMATIE BETREFFENDE HET KORTSLUITLABORATORIUM	1
A. Organisatiestructuur en taken	1
B. Opbouw van het Kortsluitlaboratorium (KRL)	2
C. Mogelijkheden van het KRL	5
III HET HUIDIG TOEGEPASTE DATA-ACQUISITIESYSTEEM	7
A. Inleiding	7
B. Programmeerapparatuur	7
C. Meetapparatuur	9
1. stroommeting	9
2. spanningsmeting	12
3. $I^2t$ en $UIt$ meting	14
4. drukmeting	15
5. verplaatsingsmeting	16
D. Signaaloverdracht	18
E. Registratieapparatuur	20
1. de kathodestraaloscillograaf	20
2. de UV-recorder	22
3. de digitale oscilloscoop	22
F. Dataverwerking en opslag	23
IV OPSTELLEN VAN HET EISENPAKKET VOOR HET TOEKOMSTIGE DATA- ACQUISITIESYSTEEM	24
A. Doelstellingen van het KRL in de toekomst	24
B. Bepaling van de technische eisen	25
1. programmeerapparatuur	25
2. meetapparatuur, primaire zijde	25
3. meetapparatuur, secundaire zijde	31
4. signaaloverdracht	31
5. registratieapparatuur	32
6. dataverwerking en opslag	37
C. Overzicht van de noodzakelijke vernieuwingen	37

	blz.
V MOGELIJKE OPLOSSINGEN T.A.V. HET GESTELDE EISENPAKKET	39
A. MEETAPPARATUUR	39
1. meetapparatuur voor stroommeting	39
2. meetapparatuur voor spanningsmeting	44
B. Signaaloverdracht	46
1. rechtstreekse overdracht d.m.v. afgeschermdde meetleidingen	46
2. de glasvezeloverdracht	48
3. conclusies t.a.v. signaaloverdracht	52
C. Registratieapparatuur	53
1. camac systeem	53
2. BE-256 systeem	54
3. "stand alone" transientrecorders	55
4. conclusies t.a.v. de registratieapparatuur	57
D. Dataverwerking en opslag	58
1. het produceren van een oscillogram	58
2. opslag	63
VI ADVIES VOOR DE VERNIEUWINGEN VAN HET DATA-ACQUISITIESYSTEEM IN HET KRL	65
LITERATUUR	68
BIJLAGE 1: Instellings en beproevingsrapport	
BIJLAGE 2: Overzicht zwaarste IEC-eisen	
BIJLAGE 3: Formules voor het dimensioneren van een shunt	
BIJLAGE 4: Constructie van de shunt	
BIJLAGE 5: Voorstel voor de plaatsing van de nieuwe meetleidingen	
BIJLAGE 6: Glasvezeloverdrachtsysteem DMC-5700	
BIJLAGE 7: Specificaties van het DMC-5700 systeem	
BIJLAGE 8: Schakelingen, behorende bij de glasvezeloverdracht	
BIJLAGE 9: Specificaties Transientrecorders	
BIJLAGE 10: Specificaties Transientrecorders	
BIJLAGE 11: Specificaties Transientrecorders	
BIJLAGE 12: Afdruk Toyo TP-95 videocopier	

### Samenvatting:

Het in het kortsluitlaboratorium van Holec-Hazemeijer in gebruik zijn data-acquisitiesysteem moet op diverse punten worden vernieuwd en aangevuld. De redenen hiervoor zijn:

- de steeds zwaardere eisen in de nationale en internationale voorschriften;
- eisen ten aanzien van fundamenteel onderzoek aan eigen ontwikkelingen;
- gewenste efficiency-verbetering in de verwerking van beproevingsresultaten;
- veroudering van de huidige apparatuur.

Dit rapport omvat allereerst een studie van de aanwezige programmeer- en meetapparatuur, signaaloverdracht, registratieapparatuur en dataverwerking en -opslag.

Daarna wordt op basis van de toekomstige doelstellingen van het laboratorium een eisenpakket opgesteld. Een vergelijking hiervan met de huidige voorzieningen leidt vervolgens tot een programma van noodzakelijk vernieuwingen. De meest ingrijpende vernieuwingen zijn noodzakelijk omdat het thans te behalen frequentiebereik van 20 kHz moet worden verhoogd tot minimaal 100 kHz voor standaardbeproevingen, terwijl voor het fundamentele onderzoek tenminste een bereik tot 500 kHz gewenst is. Hiertoe dient de huidige analoge registratie met kathodestraalbuizen te worden vervangen door een digitale registratie met snelle uitlezing en kopieermogelijkheid en automatisering van dataverwerking.

Na een breed opgezette analyse van technische mogelijkheden en kosten van de verkrijgbare apparatuur wordt een volledig advies opgesteld voor nieuwe aanschaffingen en wijzigingen in de bestaande voorzieningen, verdeeld over drie tijdsfasen en inclusief de kostenbegrotingen.

## I. Inleiding.

In het kortsluitlaboratorium van Holec-Hazemeijer is de behoefte ontstaan (o.a. als gevolg van zwaardere eisen in de voorschriften t.a.v. te registreren frequenties en veroudering van de huidige registratieapparatuur) aan een aanpassing van het toegepaste data-acquisitiesysteem aan de tegenwoordige eisen en verwachtingen ten aanzien van een kortsluitlaboratorium.

Voor een grondige studie, resulterend in een volledig advies voor de noodzakelijke vernieuwingen, is een beroep gedaan op de Technische Hogeschool Eindhoven, waaruit dit afstudeerwerk nu voortkomt.

Dit verslag geeft eerst algemene informatie betreffende het kortsluitlaboratorium en een beschrijving van het thans aanwezige data-acquisitiesysteem.

Vervolgens wordt het eisenpakket voor de noodzakelijke vernieuwingen opgesteld, waarna de onderzochte mogelijkheden worden geanalyseerd in hun technische- en kostenaspecten.

Tenslotte wordt een advies uitgebracht voor een gefaseerde aanschaf van de noodzakelijke vernieuwingen van het data-acquisitiesysteem in het kortsluitlaboratorium.

## II ALGEMENE INFORMATIE BETREFFENDE HET KORTSLUITLABORATORIUM

### II.A. Organisatiestructuur en taken

Onder "Gemeenschappelijke Technische Ondersteuning" (GTO) ressorteert de afdeling "Product Beproeving en Ondersteuning" (PBO) bij Holec-Hazemeyer te Hengelo.

De hoofdtaken van PBO zijn de volgende:

- Beproeven van nieuw ontwikkelde en gewijzigde producten in opdracht van een ontwerp- of engineeringafdeling.
- Type-certificering van nieuw ontwikkelde en gewijzigde producten.
- Productie- en marktcontrole.
- Verrichten van onderzoek naar aanleiding van klachten van klanten.
- Het uitvoeren van speciale/aanvullende beproevingen en metingen aan installaties op verzoek van klanten in opdracht van de industriegroepen.
- Het geven van technische ondersteuning aan de industriegroepen en de Holec-innovatiegroepen.
- Uitvoeren van beproevingen voor andere Holec bedrijven.

De afdeling PBO bevat het Algemeen Laboratorium (ALB) en het Kortsluit Laboratorium (KRL).

Het ALB en het KRL hebben elk hun specifieke taken en zijn in een verschillend gebouw ondergebracht.

Het ALB draagt zorg voor:

- Diëlectrische beproevingen
- Mechanische duurschakelproeven
- Electriche duurschakelproeven
- Belastingproeven
- Klimaatproeven
- Röntgenonderzoek

Het KRL is ingericht voor het uitvoeren van:

- Dynamische en thermische kortsluitstroom beproevingen
- Schakelproeven aan de hand van de diverse van toepassing zijnde nationale en internationale normen (zoals IEC 56, 265, 157, 408 etc.)

De beproevingsfaciliteit is afgestemd op het ontwikkelings- en fabricageprogramma van laag- en middenspannings schakel- en verdeelinrichtingen van Hazemeyer B.V., maar biedt tevens beproevingsmogelijkheden voor de producten van andere Holec bedrijven.

Geïnstalleerd is een kortsluitvermogen van 50 MVA (0,318 - 30 kV) voor directe beproeving en een synthetisch schakelvermogen van 1000 MVA (25 kV).

Hierbij is qua investering rekening gehouden met de aanmerkelijk ruimere beproevingscapaciteit van de kortsluitlaboratoria van de KEMA te Arnhem, gelegen op relatief korte afstand van Hazemeyer B.V. en de andere Holec bedrijven in Nederland.

## II.B. Opbouw van het Kortsluit-laboratorium (KRL)

Het kortsluitlaboratorium (KRL) van Holec-Hazemeyer te Hengelo is in het jaar 1957 opgericht. Het is in 1974 uitgebreid om de beproevingsfaciliteiten te vergroten en een economischer gebruik van de bestaande kortsluitgenerator te maken.

De plattegrond van het KRL is in fig. 1 weergegeven. Het donker omliggende gedeelte beslaat de uitbreiding van 1974.

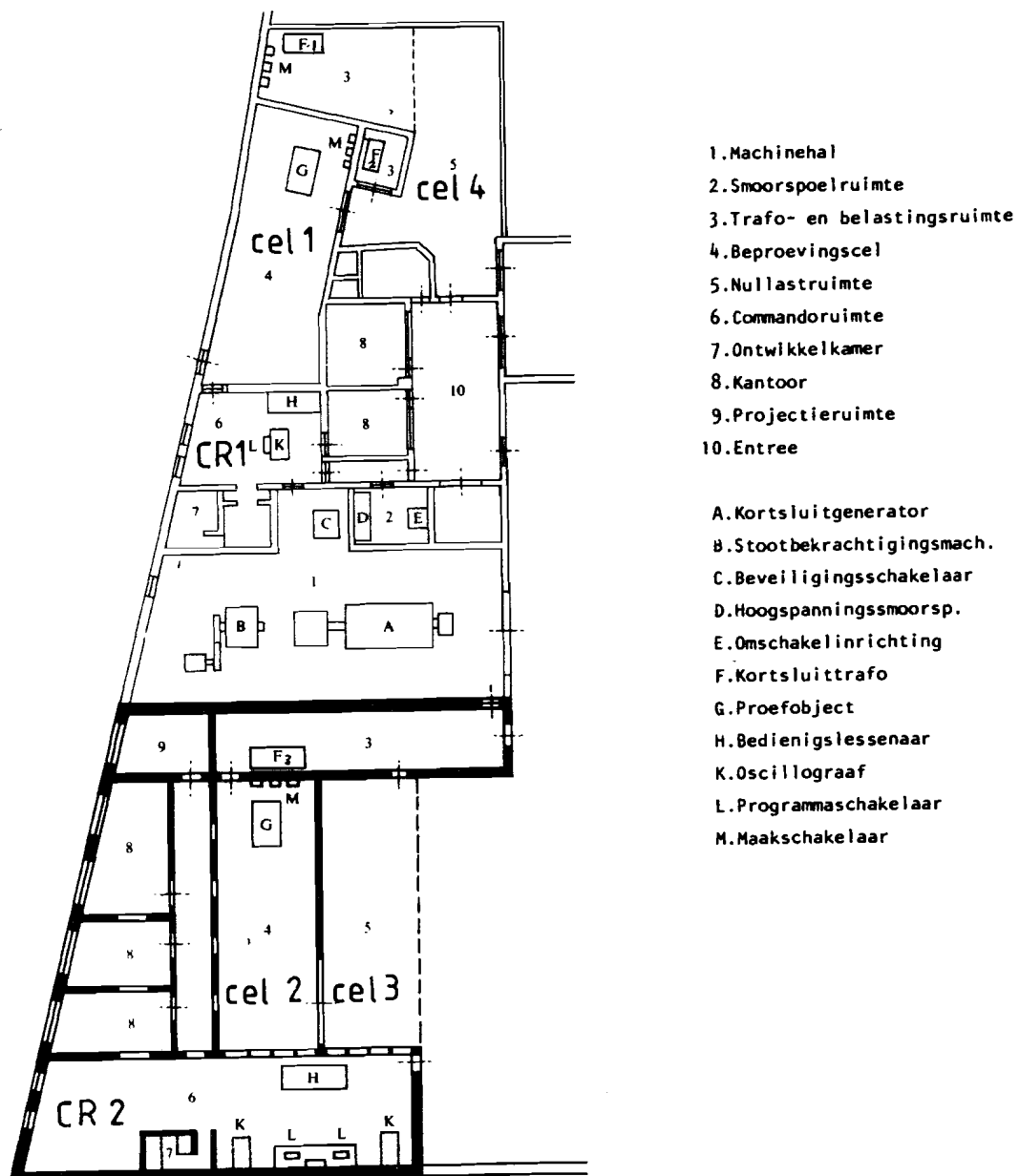


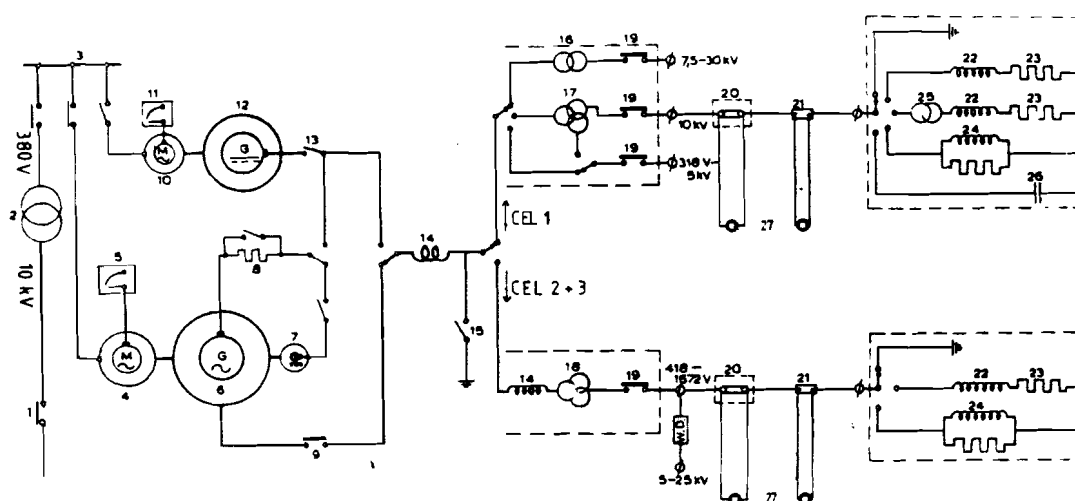
Fig. 1: Plattegrond van het KRL



De meest relevante delen van de installatie zijn:

- De machinehal (1) met de generatoren.
- De transformator- en belastingruimten (3).
- De beproevingscellen, te weten cel 1 en 2 voor directe beproevingen tot 50 MVA, 0,318 - 30 kV, cel 3 voor synthetische onderbrekingsproeven tot 1000 MVA, 25 kV en cel 4 voor het uitvoeren van nullast-schakelproeven.
- De commandoruimten (6) van waaruit de kortsluitinstallatie wordt bediend, de programmeer- en registratieapparatuur opgesteld staat en van waaruit de proefobjecten worden geobserveerd.

Het principe schema van de installatie is weergegeven in fig. 2.



- |   |   |
|---|---|
| 1. Middenspannings-voedingsschakelaar                           | 15. Aardschakelaar  |
| 2. Voedingstransformator  | 16. Kortsluittransformator 5 kV / 7,5 - 30 kV<br>(F1, fig. 1)         |
| 3. Laagspanningsverdeelpunt                                     | 17. Kortsluittransformator 4,75 kV / 0,318 - 10,55 kV<br>(F2, fig. 1) |
| 4. Aandrijfmotor voor kortsluitgenerator                        | 18. Kortsluittransformator 5 kV / 0,418 - 1,672 kV<br>(F3, fig. 1)    |
| 5. Automatisch aanloopapparaat                                  | 19. Synchron inschakelapparaat  |
| 6. Kortsluitgenerator   | 20. Proefobject   |
| 7. Opwekker   | 21. Shunts of stroomtransformatoren                                   |
| 8. Regelbare weerstand in stootbekrachtigingscircuit            | 22. Instelbare smoorspoelen   |
| 9. Hoofdschakelaar van beproevingscircuit                       | 23. Instelbare weerstanden  |
| 10. Aandrijfmotor voor gelijkstroommachine                      | 24. Instelbare RL-parallel belasting                                  |
| 11. Aanloopweerstand  | 25. Belastingstransformatoren   |
| 12. Gelijkstroommachine   | 26. Condensatorbatterijen   |
| 13. Hoofdschakelaar van het gelijkstroom-<br>beproevingscircuit | 27. Kathodestraal-oscillograaf  |
| 14. Instelbare smoorspoelen voor stroombegrenzing               |   |

Fig. 2: Principeschema van de installatie

In de machinehal staat de driefasen kortsluitgenerator (6),  $U_{nom}$  5 kV opgesteld. Deze wordt aangedreven door een asynchrone motor (4), 500 PK, 380 V, 3000 omw/min.

De kortsluitgenerator (6) heeft een drie-fasig klemmenkortsluitvermogen van 70 MVA en kan in de beproevingscellen gedurende drie seconden een (drie-fasig) kortsluitvermogen afgeven van 50 MVA bij een stroom van 66 kA.

De rotor van de k.s. generator (6) wordt door de aangebouwde opwekker (7), 110 V bekrachtigd. Indien de bekrachtigingsspanning van 110 V niet meer toereikend is (gevraagd vermogen  $> 10$  MVA) wordt de bekrachtigingsstroom geleverd door de gelijkstroommachine (12), 600 V,  $I_{max}$  5000 A. Deze generator wordt aangedreven door de asynchrone motor (10), 75 PK, 380 V, 500 omw/min.

II.C. Mogelijkheden van het KRL

Afhankelijk van de schakeling van de kortsluit (k.s.)-transformatoren zijn de in fig. 3 aangegeven k.s. stromen te bereiken, uitgezet als functie van de spanning.

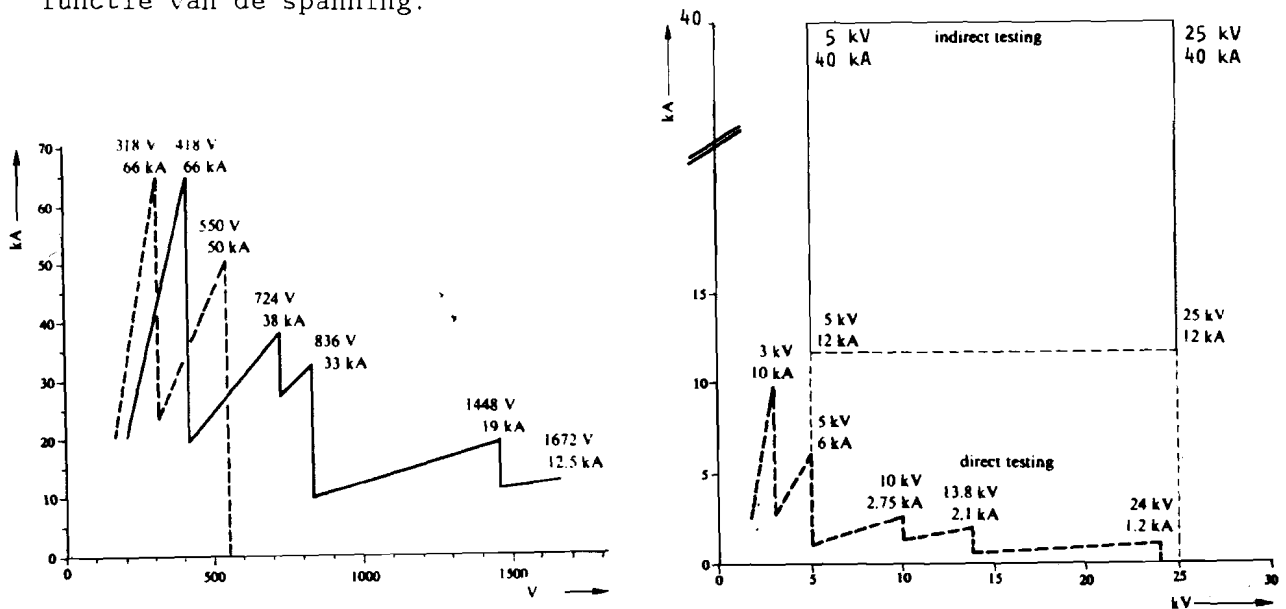


Fig. 3: Diagram van spanning - stroomverhoudingen.

De maximale stroom van 66 kA in fig. 3 kan gedurende 3 s geleverd worden. De maximale piekstroom bedraagt 185 kA.

Om de mogelijkheden van het relatief lage k.s. vermogen (50 MVA) te vergroten wordt gebruik gemaakt van de synthetische beproevingsmethode volgens het parallel-stroominjectie principe van Weil-Dobke (zie fig. 4).

De synthetische beproevingsinstallatie is ontworpen voor het uitvoeren van onderbrekingsproeven tot 40 kA, 25 kV.

In fig. 3 is het verschil in (equivalent) vermogen tussen direct en indirect (synthetisch) beproeven weergegeven.

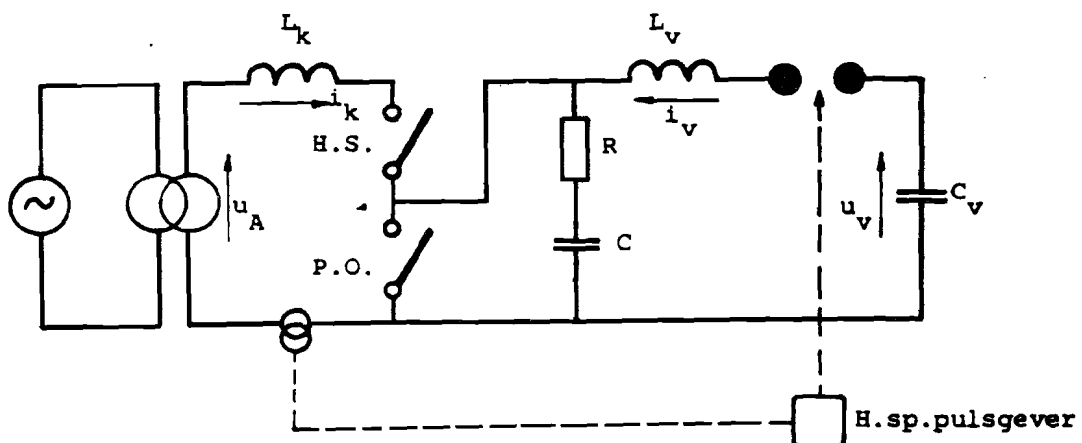


Fig. 4: Weil-Dobke schakeling (parallel-stroominjectie)

Voor het uitvoeren van schakelproeven met gelijkspanning kan gebruik gemaakt worden van de gelijkstroommachine (12), fig. 2. Hiermee zijn beproevingen mogelijk tot 600 V, 5000 A.

De waarde van het KRL wordt niet alleen bepaald door de te behalen (equivalente) vermogens, maar ook door de mogelijkheid om verschillende belastingen te simuleren, waarmee het te beproeven object in de praktijk te maken kan krijgen.

Het KRL beschikt hiertoe, naast de gangbare inductieve belastingen (luchtsmoerspoulen) en weerstandbelastingen, over faciliteiten voor het regelen van de eigenfrequenties en amplitudefactoren van de circuits. Bovendien zijn de onderstaande belastingen te realiseren in het KRL:

- Capacitieve belasting

Voor het schakelen van capacitieve stromen (condensatorbatterijen, kabellaadstromen) is een condensatorbelasting aanwezig waarmee capacitieve beproevingsstromen tot 100 A, 12 kV en 50 A, 24 kV kunnen worden verwezenlijkt.

- Inductieve belasting voor kleine inductieve stromen

Om kleine inductieve stromen in het bereik 0,3 tot 1,5 A te simuleren, wordt gebruik gemaakt van een parallel RLC circuit, waarin de L gevormd wordt door luchtkernspoelen met een waarde tot 150 H. Deze opstelling kan gebruikt worden tot 30 kV.

- Parallelbelasting circuits

Dit zijn belastingcircuits met een parallel LR,  $\cos \phi$  van 0,65 tot 0,75, met 12 - 18 % van de totale impedantie als serieinductiviteit aan de voedingszijde, als voorgeschreven in de IEC publ. 265.  
Te bereiken is: 12 kV - 1200 A  
24 kV - 700 A

- Belastingsfaciliteit voor beproeven van smeltpatronen met overbelastingsstromen

De te beproeven smeltveiligheid wordt voorverwarmd met een constante overbelastingsstroom in een circuit met gereduceerde spanning en wordt kort voor de boogvorming, binnen 0,2 s overgeschakeld op de kortsluit installatie, met de nominale beproevingsspanning. Deze overschakeling geschiedt automatisch. Als detectie wordt de spanningsval over de te beproeven patroon gebruikt.

Het transiënte karakter van de verschijnselen welke optreden bij het uitvoeren van kortsluit- en schakelproeven vergt in een kortsluitlaboratorium speciale voorzieningen t.a.v. de programmeer-, meet- en registratieapparatuur, alsmede de dataverwerking. Op de in het KRL hiervoor aanwezige apparatuur zal in het volgend hoofdstuk worden ingegaan.

### III HET HUIDIG TOEGEPASTE DATA-ACQUISITIESYSTEEM

#### III.A. Inleiding

Het in het KRL toegepaste data-acquisitiesysteem kan, ingedeeld naar functie, worden onderverdeeld in:

- Programmeerapparatuur, voor het geven van stuurpulsen, triggersignalen en schakelcommando's.
- Meetapparatuur, voor het meten van stroom, spanning, boogenergie,  $I^2t$  belasting, druk en verplaatsing.
- Signaaloverdracht, voor het transporteren van stuur- en meetsignalen.
- Registratieapparatuur, om de meetgegevens vast te leggen.
- Dataverwerking en opslag, om eventueel berekeningen uit te voeren aan de geregistreeerde gegevens, het rangschikken van de gegevens en om de beproeving reproduceerbaar te maken.

De uitvoering van de voorzieningen voor bovengenoemde functies zal in het nu volgende nader worden beschouwd, waarbij na iedere paragraaf de technische specificaties worden gegeven.

#### III.B. Programmeerapparatuur

- 1) Contactwals: Deze bestaat uit een trommel ( $l=40$  cm,  $d=25$  cm) waarop in tangentiële richting een aantal spandraden liggen waaraan nokken zijn bevestigd. Deze nokken zijn over de trommelomtrek instelbaar en schakelen elk een microschakelaar bij het ronddraaien van de trommel. De specificaties van de contactwalsen staan vermeld in tabel 1.

Fabr.	Plaats in KRL (Fig. 1)	Aantal	Aantal kanalen per wals	Bereik	instel-nauwkeurigheid	microswitches, schakel-capaciteit
HH	comm.r. 1	1	16	0- 3 s 0-30 s	10 ms 100 ms	500 V , 6 A
HH	comm.r. 2	2	20	0- 3 s 0-30 s	10 ms 100 ms	500 V , 6 A

Tabel 1

2) Electronische timer:

De specificaties van de in het KRL aanwezige electronische timer staan vermeld in tabel 2.

Fabr.	Plaats in KRL (Fig. 1)	Aantal	Aantal kanalen	Bereik	instel-nauwkeurigheid	kwikrelais, schakel-capaciteit
HH (1966)	cel 4	1	12	10 ms-100,000s (10 stappen van 10s 10 stappen van 1s 10 stappen van 100 ms 10 stappen van 10 ms cont. regeling 0-10 ms)	0,5 ms	250 VA, 4 A continu 5 A max. "in"

Tabel 2

- 3) Synchroon-startunit: om synchroon met een voedende spanning te kunnen schakelen is de synchroon-startunit ontwikkeld. Met dit apparaat kunnen reproduceerbare, gesynchroniseerde in- en uitschakelcommando's worden gegeven. Om een continue faseregeling van 0° tot 360° te verkrijgen is een magslip toegepast. Zie fig. 5 voor de werking.

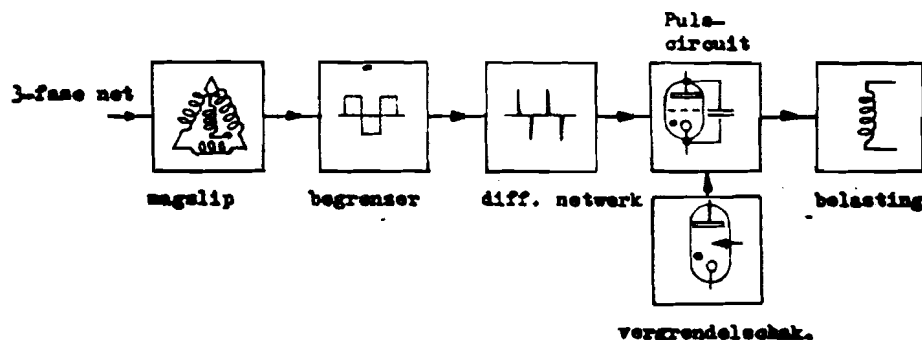


Fig. 5: Blokschema van de synchroon-startunit

Het startsignaal voor dit apparaat kan bijv. met de reeds behandelde contactwals gegeven worden.

Om geheel synchroon met de fasespanning van de kortsluitgenerator te kunnen schakelen is er nog een extra synchrone generator bevestigd op de rotoras van de kortsluitgenerator (niet getekend in fig. 2).

Deze extra generator geeft een constante synchronisatie-spanning (3-fasen) van 100 V bij belasting met de synchroon-startunit.

De specificaties van de synchroon-startunit zijn in tabel 3 gegeven.

Fabr.	plaats in KRL (fig. 1)	aantal	aantal kanalen	instel-bereik	instel-gevoeligheid	puls uitgang	bereik synchr. spanning (3 fasen)
HH	C.r. 1	1	3 (A.B.C)	A: 0-360°+ + 5 x 360° t.o.v. B	1°	2,5 J, 500V DC of meer door externe cap.	42,74, 127, 220 380, 660 V
	C.r. 2	2		B: 0-360°+ + 5 x 360° t.o.v. A			
				C: 90° na B			

Tabel 3

### III.C. Meetapparatuur

Bij de in deze paragraaf behandelde huidig aanwezige meetapparatuur worden frequentiebereik en meetnauwkeurigheid meestal niet genoemd omdat hierover geen gegevens beschikbaar zijn.

#### III.C.1 Stroommeting

De wisselstromen, die in het KRL gemeten moeten kunnen worden, onderscheidt men naar enkele karakteristieke verschillen in:

- kortsluitstromen : relatief hoge stromen met lage (net-) frequenties en beperkte tijdsduur.
- begrensde kortsluitstromen : kortstondig optredende stromen die laag kunnen zijn t.o.v. de bij de proef ingestelde kortsluitstroom.
- belastingsstromen : relatief lage stromen die langdurig kunnen optreden.
- afbreekstromen : momentane waarde van relatief kleine stromen die plotseling nul worden.
- vervormde stromen : niet-sinusvormige stromen met constante of variabele vervorming.
- herontsteekstromen : hoogfrequente stromen die zowel hoog als laag kunnen zijn t.o.v. de "ingestelde" stroom.
- instabiliteiten : hoogfrequente storingen in één van de bovengenoemde stromen.

Voor gelijkstromen geldt eenzelfde soort indeling.

De in het KRL aanwezige apparatuur voor meting van de verscheidene stromen is te onderscheiden in shunts, stroomtransformatoren en Ampèremeters.

a) shunts

Shunts worden in het KRL gebruikt voor het meten van alle bovenstaande typen stromen.

De volgende shunts zijn aanwezig (tabel 4).

Fabr.	R (m $\Omega$ )	Nom. bereik	Meetbereik; max. tijdsduur	Piek- waarde	Hoogte meetsignaal U <sub>eff</sub> (V)   U <sub>piek</sub> (V)	
<u>Voor hoofdstroomcircuits</u>						
Nieaf	0,02	5 kA	5 - 50 kA ; 1 s	200 kA	0,1 - 1	4
"	0,1	1 kA	1 - 10 kA ; 1 s	25 kA	0,1 - 1	2,5
"	0,5	200 A	0,2 - 2 kA ; 1 s	5 kA	0,1 - 1	2,5
"	2,5	40 A	40 - 400 A ; 1 s	1 kA	0,1 - 1	2,5
"	12,5	8 A	8 - 80 A ; 1 s	0,2 kA	0,1 - 1	2,5
HH	0,1	1 kA	1 - 40 kA ; 0,1 s	100 kA	0,1 - 4	10
<u>Voor secundaire circuits</u>						
HH	1,0	100 A	10 - 200 A ; 1,5 s	500 A	0,1 - 2	5
HH	3,3	30 A	3 - 60 A ; 1 s	150 A	0,1 - 2	5
HH	10,0	10 A	1 - 20 A ; 1 s	50 A	0,1 - 2	5
HH	33,3	3 A	0,3 - 6 A ; 1 s	15 A	0,1 - 2	5
HH	100	1 A	0,1 - 2 A ; 1 s	5 A	0,1 - 2	5
HH	333	0,3 A	0,03 - 0,6 A ; 1 s	1,5 A	0,1 - 2	5
HH	1000	0,1 A	0,01 - 0,2 A ; 1 s	0,5 A	0,1 - 2	5

Tabel 4

b) Stroomtransformatoren

Stroomtrafo's worden in het KRL gebruikt voor alle in het begin van deze paragraaf vermelde soorten stromen, met uitzondering van (hoogfrequente) herontsteekstromen en instabiliteiten.

Om ook stromen met relatief grote gelijkstroomcomponenten correct te kunnen weergeven zijn de in cel 1 en 2 aanwezige stroomtrafo's als volgt opgebouwd:

Voor elke stroomtrafo worden twee kernen toegepast die elk omwikkeld zijn met eenzelfde magnetisatiewikkeling. Deze twee wikkelingen worden tegengesteld geschakeld (fig. 6a)

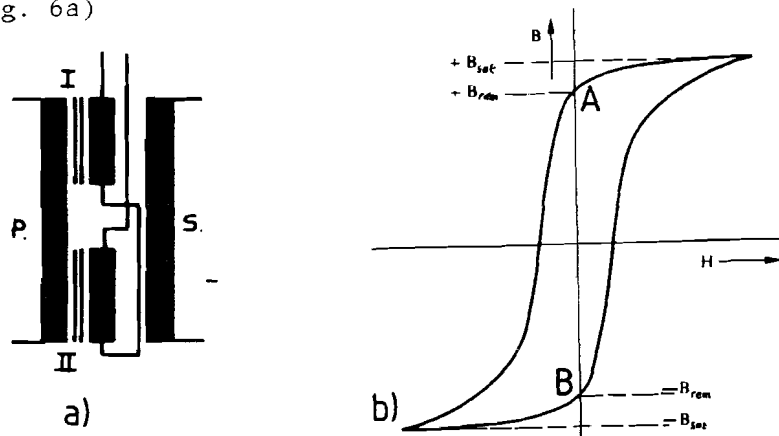


Fig. 6: Principe stroomtransformator



Door nu steeds kort voor het meten de kernen te magnetiseren in hun remanentiepunten (A of B in fig. 6B) is voor elke meetgrootheid, zowel positief als negatief, één van de kernen snel in verzadiging terwijl de andere in zijn lineaire gebied is.

Op deze manier is men ervan verzekerd dat het werkgebied van de trafo steeds het gebied is waar de relatieve permeabiliteit ( $\mu_r$ ) maximaal is en zo constant mogelijk.

Omdat de hulpwikkelingen tegengesteld geschakeld zijn, is de totale invloed op de primaire en secundaire wikkelingen gelijk aan nul.

De in het KRL aanwezige stroomtransformatoren staan met hun specificaties vermeld in tabel 5.

Fabr., type	Plaats in KRL (fig.1)	Nom. bereik A/A - V	Meetbereik; max. tijdsduur	Piekw waarde	Hoogte meetsignaal	
					U <sub>eff</sub> (V)	U <sub>piek</sub> (V)
HH, RLT 157/1	vast in cel 1 R,S,T 24 kV aansl.	500/1 A - 1 V	75 - 1000 A; 95s	2500 A	0,15 - 2	5
		100/1 A - 1 V	15 - 200 A; 230s	500 A	0,15 - 2	5
		20/1 A - 1 V	3 - 40 A; 325s	100 A	0,15 - 2	5
		5/1 A - 1 V	0,75 - 10 A; 300s	25 A	0,15 - 2	5
		1/1 A - 1 V	0,15 - 2 A; 275s	5 A	0,15 - 2	5
HH, RLT 295	vast in cel 1 R,S,T LSP aansl.	10 k/5 A - 1 V	1 - 60 kA; 5s	150 kA	0,1 - 6	15
		5 k/5 A - 1 V	0,5 - 25 kA; 7,5s	62,5 kA	0,1 - 5	12,5
		2 k/5 A - 1 V	0,2 - 10 kA; 7,5s	25 kA	0,1 - 5	12,5
		1 k/5 A - 1 V	0,1 - 5 kA; 7,5s	12,5 kA	0,1 - 5	12,5
		500/5 A - 1 V	50 - 2500 A; 7,5s	6,25 kA	0,1 - 5	12,5
		200/5 A - 1 V	20 - 1000 A; 7,5s	2,5 kA	0,1 - 5	12,5
		100/5 A - 1 V	10 - 500 A; 7,5s	1,25 kA	0,1 - 5	12,5
HH, RLT 310	vast in cel 2 R,S,T	20 k/5 A - 1 V	2k - 100 kA; 7,5s	200 kA	0,1 - 5	10
		10 k/5 A - 1 V	1k - 50 kA; 7,5s	125 kA	0,1 - 5	12,5
		5 k/5 A - 1 V	0,5k - 25 kA; 7,5s	62,5 kA	0,1 - 5	12,5
		2 k/5 A - 1 V	0,2k - 10 kA; 7,5s	25 kA	0,1 - 5	12,5
		1 k/5 A - 1 V	0,1k - 5 kA; 7,5s	12,5 kA	0,1 - 5	12,5
		500/5 A - 1 V	50 - 2,5 kA; 7,5s	6,25 kA	0,1 - 5	12,5
		200/5 A - 1 V	20 - 1 kA; 7,5s	2,5 kA	0,1 - 5	12,5
100/5 A - 1 V	10 - 0,5 kA; 7,5s	1,25 kA	0,1 - 5	12,5		
HH, RLT 314 III	vast in W.D. cel 3	1000/1 A - 1 V	1 - 40 kA -	-	1 -40	60
HH, RLT 314 II	vast in W.D. cel 3	1000/1 A - 1 V	100 A - 3 kA -	-	0,1 - 3	-

Tabel 5

### c) Ampèremeters

Voor sommige proeven is het noodzakelijk gedurende langere tijd de stroom te observeren (bijv. bij overbelasting van smeltveiligheden).

Dit gebeurt met Ampèremeters, rechtstreeks of via een stroomtransformator met het hoofdstroomcircuit verbonden.

Ook wordt wel de effectieve waarde van continue stromen met constante vervorming gemeten met Ampèremeters.

Er zijn in het KRL enige meters aanwezig waar verder niet op ingegaan wordt.

### III.C.2 Spanningsmeting

De in het KRL te meten spanningen zijn, naar enkele karakteristieke verschillen, te onderscheiden in onder meer:

- nominale beproevingsspanning: laagfrequent, doorgaans 50 Hz.
- TRV (Transient Recovery Voltage) : slingert met een hogere frequentie uit om de nominale spanning.
- boogspanning : veelal lage spanning t.o.v. de nominale beproevingsspanning en de TRV.

Voor de spanningsmetingen in het KRL wordt gebruik gemaakt van:

#### a) Spanningsdelers

Deze worden voor alle bovenstaande soorten spanningen gebruikt. In het KRL worden drie typen spanningsdelers toegepast, te weten:

##### - Weerstandsdeler ("R"):

De impedanties van de deler zijn weerstanden, aan de hoogspanningszijde meestal meerdere in serie. Goed te gebruiken voor gelijkspanningen en laagfrequente wisselspanningen. Bij hogere frequenties spelen de inductiviteit en vooral de parasitaire capaciteiten een te grote rol voor een betrouwbare spanningsomzetting.

##### - Capacitieve deler ("C"):

Deze heeft praktisch geen verliezen en werkt al goed vanaf 50 Hz. Hij moet echter precies afgeregeld worden in het meetcircuit omdat iedere meetkabel zijn capaciteit heeft en daardoor de overzetverhouding kan verstoren. Bovendien vormt dit type deler een ongedempte trillingkring tesamen met zijn aansluitleidingen.

##### - Gemengde deler ("RC"):

Deze wordt het meest toegepast. Aan elke afzonderlijke meetweerstand wordt een capaciteit parallel gezet. Als de tijdconstante van elk RC-parallel netwerkje gelijk is wordt de deler over een groot bereik frequentie-onafhankelijk. De deler is dan ook geschikt om gelijkstroomverschijnselen en stootspanningen te verzwakken.

Met behulp van twee indentieke delers is ook mogelijk om differentiaal te meten.

De in het KRL aanwezige delers staan met hun specificaties vermeld in tabel 6.

Fabr.	Type	Plaats in kkl (Fig. 1)	Overzet-verhouding	Impedantie HSP/LSP zijde	Meet-bereik cont.eff.	Piek-waarde	Hoogte meet-sig-naal		Opmerkingen
							U eFF(V)	U piek(V)	
HH	Weerstands	Los, cel 1	50.000/1	1200 M $\Omega$ /24 k $\Omega$	5-100 kV	100 kV	0,1 - 2	2	Alleen DC, afgeregeld op K01 *
HH	Weerstands	Cel 2; R, S, I	100/1	236 k $\Omega$ /2,36 k $\Omega$	10-1800 V	5 kV	0,1 - 18	50	diff., afgeregeld op K02 (K03) (3x)
HH	Cap	Los	5000/1	500 pF/2,5 $\mu$ F	0,5-100 kV	100 kV	0,1 - 20	20	Afgeregeld op Nicolet oscilloscoop met 20 m coax kabel.
HH	Cap	Vast in W.D.	1000/1	1nF/1 $\mu$ F	5-50 kV	50 kV	5 - 50	50	Gebruiken op K02 of K03 met verhoogde ingangswaarde
HH	Gemengde	Los, cel 1	200/1 500/1	4M $\Omega$ /20k $\Omega$ - 100 pF/20nF 4M $\Omega$ /8k $\Omega$ - 100 pF/50nF	10 V - 24 kV 25 V - 24 kV	100 kV 100 kV	0,05-120 0,05-48	500 200	Afgeregeld op K01, geschikt voor hoogspanningsmeting alsmede voor hoge freq.
HH	Gemengde	Los, cel 3	200/1 500/1	Als boven	Als boven	Als boven	Als boven	Als boven	Als boven, echter afgeregeld op K02 en K03
HH	Gemengde	Los	200/1	110k $\Omega$ /550 $\Omega$ - 1nF/0,2 $\mu$ F	20 - 350 V	5 kV	0,1-1,75	25	Voor boogspanning en hoge freq.
HH	Gemengde	Vast, bel.r. I, R, S, I	1000/1	20M $\Omega$ /20k $\Omega$ - 10pF/10nF	1 - 24 kV	100 kV	1-24	100	Diff. afgeregeld op K01 (3x)
HH	Gemengde	Vast, bel.r. I, R, S, I	200/1	4M $\Omega$ /20k $\Omega$ - 100pF/20nF	1 - 12 kV	60 kV	1-60	300	Als boven

label 6

\* K0 betekent kathodestraal oscillograaf; zie paragraaf III.E.1

b) Spanningstransformatoren

Deze worden praktisch niet toegepast in het KRL.  
 Reden hiervoor is de slechte frequentie karakteristiek van de trafo in vergelijking met de aanwezige spanningsdelers.  
 Van 10 tot 2000 Hz is deze karakteristiek nog recht, maar daarboven valt de overdracht snel af.  
 Hoogfrequente signalen zijn dus (evenals gelijkspanningen) niet te meten met de spanningstransformatoren.  
 Ze kunnen wel gebruikt worden voor het meten van de nominale beproevings-(wissel-)spanning en voor de TRV tot 2 kHz.  
 Overzicht aanwezige spanningstransformatoren:

Fabr.	Type	Plaats in KRL	Overzetting (kV/V)	Bereik	Hoogte meetsignaal
Smit	VEZK10D	Los	$\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}}$	50 V - 50 kV	0,5 - 500 V
Balteau	VEZK10D	Los	$\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}}$	50 V - 50 kV	0,5 - 500 V
Holec	VEZK12D	Los	$\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}}$	50 V - 50 kV	0,5 - 500 V
AEG	EZY10	Los	$\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}}$	50 V - 50 kV	0,5 - 500 V

Tabel 7

- c) Voltmeters worden alleen gebruikt voor het meten van de nominale beproevingsspanning bij wissel- en gelijkspanningen.  
 Als Voltmeters zijn, behalve de meters in de bedieningslessenaars voor de verscheidene machinespanningen, enkele universeelmeters aanwezig.  
 Hierop zal verder niet ingegaan worden.

III.C.3 I<sup>2</sup>t en UIt meting

Bepaling van de UIt (eigenlijk  $\int_{t_1}^{t_2} U I dt$ ), waarbij U de boogspanning en

I de boogstroom voorstelt in bijv. een schakelaar of smeltveiligheid, geeft de grootte van de boogenergie weer.

De I<sup>2</sup>t ( $\int_{t_1}^{t_2} I^2 dt$ )-meting wordt hoofdzakelijk verricht ter indicatie

van de thermische belasting tijdens smelt- en boogperiode van patronen en aanspreek- en boogperiode van schakelaars.

Men kiest tegenwoordig tussen twee methoden in het KRL:

a) Meting met behulp van de vermenigvuldiger + integrator eenheid

Door bij de te verwachten stroom en spanning de juiste combinatie van overzettingsfactor (van shunt, deler etc.) met integratietijd te kiezen, zodat de uitgangsspanning van de eenheid binnen zijn bereik blijft, kan elke I<sup>2</sup>t en UIt meting verricht worden. De specificaties van de eenheid staan in tabel 8.

Fabr.	Aantal	Plaats in in KRL	Aantal ingangen	Ingangs-bereik	Vermenigvuldigings-mogelijkheden	bereik inte-gratie-tijd	uitgangs-bereik
HH	1	Los	3 (x,y,z)	0 - 12 V	$\frac{x \cdot y}{10}$ ; $\frac{x^2}{10}$ ; $\frac{10 \cdot z}{-x}$	1 ms-10s	0,1-14 V

Tabel 8

b) Berekening uit de gemeten U en I op een computersysteem.

Deze methode wordt sinds begin '83 ook toegepast in het KRL. Met een, van een andere afdeling geleende, tweekanaals digitale oscilloscoop, de Nicolet 2090, worden spanning en stroom tegelijkertijd opgenomen met elk 2 k (2048) samples en op een diskette (floppy disk) gezet. Zo'n diskette kan 16 maal 2k woorden bevatten dus 8 schoten, waarbij spanning én stroom opgenomen zijn. Voor verdere verwerking is hercodering en overbrenging op een andere diskette noodzakelijk. Vervolgens worden de I<sup>2</sup>t en UIt waarden berekend op een commodore CBM 8032 microcomputer systeem.

De Nicolet 2090 heeft ingangsbereiken van  $\pm 100 \text{ mV}_p$  tot  $\pm 40 \text{ V}_p$

De samplefrequentie is maximaal 1MHz.

Opm: In § IV.B.4 worden begrippen als "sample" en "woorden" behandeld.

III.C.4 Drukmeting

Soms, zoals bij ontwikkelingsproeven, is het noodzakelijk om het verloop van de druk te meten tijdens kortsluit- of schakelproeven, bijv. in de bluskamer van een schakelaar of in een paneel bij een kortsluitfout.

Het principe van de drukmeting is als volgt:

Een drukopnemer (piezo-kwarts kristal) wordt in de te onderzoeken ruimte geplaatst. Bij een bepaalde drukverandering wordt een bepaalde hoeveelheid lading vrijgemaakt, die door een ladingsversterker omgezet wordt in een spanningsverandering.

De gevoeligheid van de versterker wordt ingesteld met de mate van capacatieve tegenkoppeling.

Overzicht van de aanwezige drukmeetapparatuur (tabel 9 en 10).

DRUKOPNEMERS

Fabr.	Type	Aantal	Gevoeligheid (pC/bar)	Meetbereik (bar)	Opmerkingen
Kistler	701A	2	ca - 80	0 - 250	-
Kistler	7031	5	ca - 56	0 - 250 (tot 50 kHz)	snellheidsgecompenseerd tot 5000 g (m <sup>2</sup> /s) mechanische versnelling
Kistler	617A	1	ca - 5,5	0 - 2000	-

Tabel 9

LADINGVERSTERKERS

Fabr.	Type	Aantal	Bereik		Max. uitgangsstroom (mA)	Opmerkingen
			ingang (pC)	uitgang (V)		
Kistler	5045A1	2	+ 10 <sup>2</sup> -10 <sup>5</sup> -	- 1-10 +	10	+ en - ingang omdat er drukopnemers met pos. en neg. dQ/dp bestaan
HH	IR56	6	+ 10 <sup>2</sup> -10 <sup>5</sup> -	- 0,1-1 +	15	Als boven
HH	IR56	2	10 <sup>2</sup> -10 <sup>5</sup>	1	10	Calibratie unit voor HH ladingsversterkers

Tabel 10

III.C.5 Verplaatsingsmeting

Voor het meten van verplaatsingen bij schakelproeven wordt in het algemeen gebruik gemaakt van weerstand-omvormers (pot. meters) die in een brugschakeling gebruikt worden.

Inductieve en capacitieve omvormers komen minder in aanmerking, omdat deze in het algemeen te gevoelig zijn voor magnetische en elektrische velden.

Als VERPLAATSINGSOPNEMERS (Pot. meters) zijn aanwezig:

Fabr.	Type	Aantal	Weerstand (k $\Omega$ )	Slag	Opmerkingen
<u>Rechtlijnig:</u>					
Sternice	114L1A502	2	5	25 mm	Kunstof weerstand, praktisch zelf-inductie vrij
Novotechniek	IR105	1	2	50 mm	fijn draadgewonden
"	IR105	3	2	100 mm	
HH	R105	6	1	70 mm	één middelgrof, rest grof draadgewonden
<u>Roterend:</u>					
Gen. Radio	975L	2	2	300°	
Amphenol	P32521 BK	9	2	300°	

Tabel 11

en als VERSTERKERS (voeding, brugschakeling en versterker):

Fabr.	Type	Aantal	Bereik (V)	Uitvoering	Opmerkingen
HH	IR105	5	-10 tot +10	enkelvoudig	Belastbaar tot max. 20 mA
HH	IR105	1	-10 tot +10	drievoudig	Belastbaar tot max. 20 mA per kanaal

Tabel 12

### III.D. Signaaloverdracht

De signaaloverdracht is te onderscheiden in:

- overdracht van de meetsignalen
- overdracht van de stuursignalen

De overdracht van de meetsignalen geschiedt door middel van tweeadelige, afgeschermd meetkabels volgens de hieronder aangegeven meetcircuits. (Fig. 7).

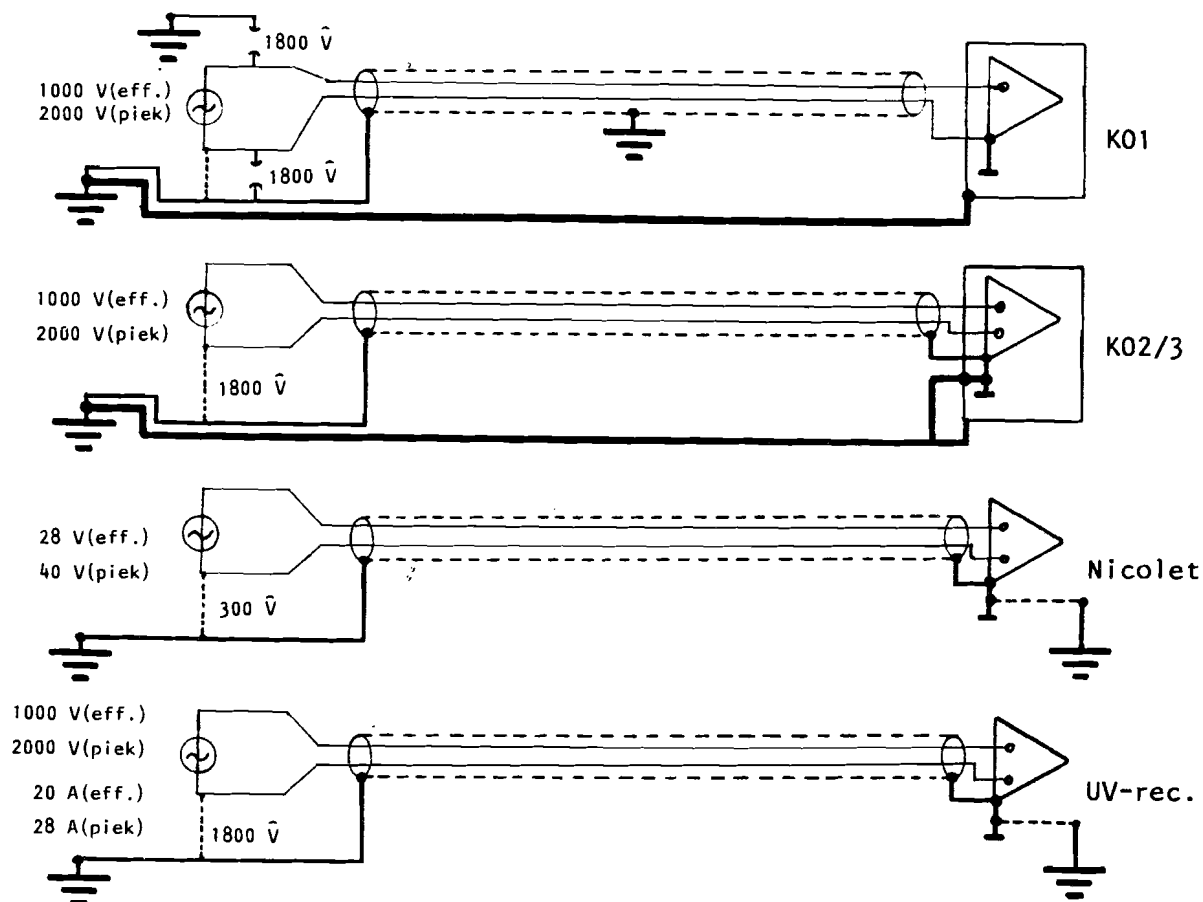


Fig. 7: Meetcircuits voor de diverse registreerapparatuur.

De KO's (zie par. III.E.1), die vast staan opgesteld, zijn via een aparte aardkabel voorzien van een "extra betrouwbare" aarde.

De overdracht van de stuursignalen geschiedt door middel van vijfaderige VMVK kabels ( $5 \times 2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ). Alle stuurleidingen van de commandoruimten naar de beproevingscellen zijn in de cellen voorzien van overspanningsafleiders, ingesteld op 1800 V! tegen aarde, ter beveiliging van de besturingsapparatuur tegen eventuele spannings-overslagen of doorslagen tijdens de kortsluit- en schakelproeven.



De meetleidingen van cel 1 naar K01 zijn eveneens voorzien van deze overspanningsbeveiliging. De reden hiervoor is dat in deze cel herhaaldelijk proeven worden uitgevoerd waarbij rechtstreeks in het 550 V beproevingscircuit wordt gemeten, d.w.z. zonder spanningsdelers, terwijl het meetsignaal ook niet eenzijdig geaard is. De overige meetleidingen zijn niet voorzien van deze overspanningsbeveiliging maar, afhankelijk van de aard van de proeven en de registratieapparaten, worden zonedig voorzieningen aangebracht.

De meet- en stuurleidingen liggen bij elkaar in een verbindingsgoot van beproevingscel naar commandoruimte.

Deze situatie kan bij de overdracht van stuurpulsen met hoogfrequent transiënten (denk bijv. aan de ontlading van een condensator voor een puls) aanleiding geven tot stoorsignalen op de meetleidingen. Om deze reden wordt tegenwoordig ook wel gewerkt met los uitgelegde meetleidingen.

Aarding:

Voor een ongestoorde, betrouwbare signaaloverdracht is ook een goed gedefinieerde aarde noodzakelijk. De ligging van de in het KRL aanwezige aardleidingen is weergegeven in fig. 8.

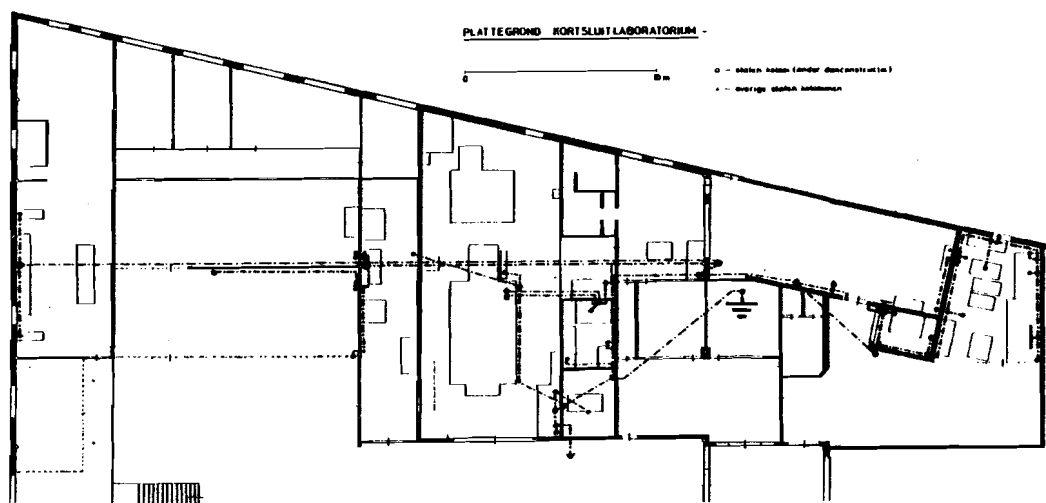


Fig. 8: Aardleidingen in het KRL.

Zoals uit de figuur blijkt is er als gevolg van de lange bochtige leidingen met vele zijvertakkingen geen sprake van een betrouwbare aarde in de beproevingscellen. Bovendien doet deze aarde dienst zowel als meet-, als veiligheids- en als circuitaaarde. Dit veroorzaakt in sommige gevallen stoorsignalen op het meetsignaal (bijv. bij herontstekingen in schakelaars).

### III.E. Registratieapparatuur

#### III.E.1 De kathodestraaloscillograaf (KO)

Bij de opzet van de registreermethode voor het KRL in 1955 is, rekening houdend met prijzen en mogelijkheden van toen op de markt beschikbare apparatuur, besloten om deze apparatuur zelf te maken.

Dit resulteerde in een 8 kanaals kathodestraaloscillograaf, KO1. Deze KO1 heeft verouderde electronica maar wordt nog steeds gebruikt, zij het met enige modificaties.

In fig. 9 is het principeschema van de KO gegeven.

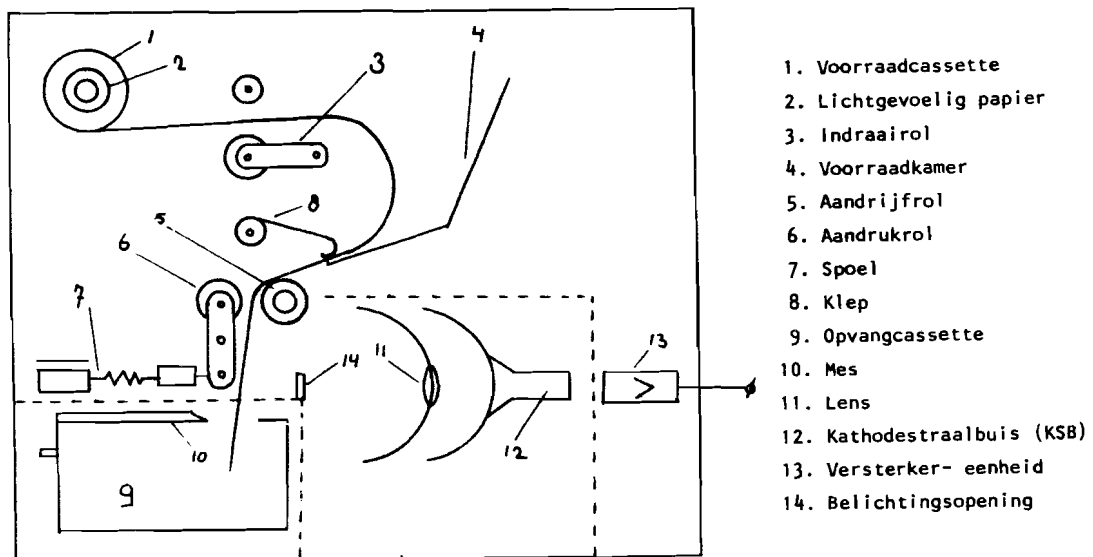


Fig. 9: Principeschema van de KO.

Na een registratie wordt de lichtdichte opvangcassette (9) uitgenomen en naar de Doka (7 in fig. 1) gebracht voor het ontwikkelen van het papier.

Rond 1971 zijn de oscillografen KO2 en KO3 analoog aan KO1 geconstrueerd, echter met transistortechnieken en symmetrische ingangen voor differentiaal meting.

Nadelen van de KO's zijn:

- Door de beperkte papiersnelheid van max. 10 m/s kunnen verschijnselen tot slechts 20 kHz geanalyseerd worden (uitgaande van een afleesnauwkeurigheid van 0,5 mm).
- De ontwikkelprocedure voor het lichtgevoelige papier vergt betrekkelijk veel tijd.
- Voor het toegepaste lichtgevoelig papier is men afhankelijk van toelevering van derden. Op dit moment is deze toelevering nog geen probleem, maar het kan er een worden in de toekomst.

De specificaties van de KO's staan vermeld in tabel 13.

	K01	K02	K03
Fabr.	HH	HH	HH
Plaats in KRL (fig. 1)	c.r. 1	c.r. 2	c.r. 2
Techniek	buizen	transistor	transistor
Versterking	500x	500x	500x
Aantal kanalen	8	8	8
Ingang versterkers	asymmetrisch	symmetrisch	symmetrisch
Ingangs_impedantie	200 k $\Omega$ / 15 pF / 800 pF	200 k $\Omega$ / 3000 pF	200 k $\Omega$ / 3000 pF
Ingangsbereiken U <sub>eff</sub> (V) (met verzwakkers)	0,6 - 1200	0,17 - 1200	0,17 - 1200
Max. niveau t.o.v. aarde ( V )	1800	1800	1800
Overbelastbaarheid	10 X	5 X	5 X
Frequentie bereik (kHz)	20	20	20
Papiersnelheid (m/s)	0,1 - 10	0,1 - 10	0,1 - 10
Breedte lichtgevoelig papier (mm)	152	152	152

Tabel 13.

Wanneer bij een meetopstelling de ingangsbereiken van de verschillende KO - kanalen gekozen en ingesteld zijn, wordt altijd eerst een ijk-oscillogram van de te gebruiken kanalen gemaakt. Voor dit doel zijn twee ijkspanningsbronnen ontwikkeld, die een 50 Hz spanning afgeven. Zie tabel 14 voor de specificaties van de ijkspanningsbronnen.

Fabr.	type	aantal kanalen	bereiken	regelbaar tussen
HH	IR 18	2	0-0,25-0,5-1,0-2,5	95-110° ; 1%
HH	IR 18	2	5-10-25-50-100-250	75-115° ; 1%

Tabel 14

De tijdschaal wordt altijd afgeleid uit een op één van de kanalen geregistreeerde netspanning (50 Hz) tijdens de registratie van de meetsignalen. Deze methode wordt voldoende nauwkeurig geacht voor de huidige KO's.

### III.E.2 De UV-recorder

In cel 4 (zie fig. 1) waar nullastproeven worden gedaan staat een 12-kanaals UV-recorder met een aparte verzwakkerkast opgesteld voor aanpassing van de amplitude van het ingangssignaal (spanning of stroom).

De specificaties van de UV-recorder staan in tabel 15a en die van de verzwakkerkast in tabel 15b.

Fabr.	Type	Aantal kanalen	Gevoeligheid	Breedte papier
SI. Labs.	2006	12	25 mV/cm	15 cm

Tabel 15a.

Fabr.	Type	Spanningsbereiken	$R_{in}$	Stroombereiken	$R_{in}$
III	IR91	0,2 - 1000 V/cm (in 12 stappen)	0,4k $\Omega$ - 2 M $\Omega$ (2 k $\Omega$ /V)	2 mA - 10 A/cm (in 12 stappen)	50 $\Omega$ - 10m $\Omega$ (100 mV)

Tabel 15b

### III.E.3 De digitale oscilloscoop

Sinds eind 1982 beschikt men in het KRL over een 2-kanaals digitale oscilloscoop, fabr. Nicolet, type 3091.

Voor (tijdelijke) opslag van geregistreeerde signalen is de scoop uitgerust met een verwisselbaar "bubble memory".

Momenteel zijn er zes "bubbles" aanwezig, elk met een geheugengrootte van 5 x 4k woorden. Ze kunnen echter nog niet verwerkt worden op een computersysteem bijvoorbeeld voor I<sup>2</sup>t berekeningen. Voor dit soort berekeningen moet nog steeds de Nicolet 2090 geleend worden. (zie paragraaf III.C.3.b.)

De specificaties van de Nicolet 3091 staan vermeld in tabel 16.

Max. sample frequentie	Min. sample tijd	Aantal kanalen	Z in	Aantal samples per kanaal	verticale resolutie	ingangsbereiken (differentiaal)	overbelastbaarheid
1 MHz	1µs	2	1MΩ 47 PF	4000 of 2 x 2000	12 bit	0,2 - 80 V	300 V

Tabel 16

III.F. Dataverwerking en opslag

Dataverwerking en opslag vindt plaats voor zowel de instelgegevens als de meetgegevens.

De instelgegevens worden, i.v.m. de reproduceerbaarheid van de proeven, vastgelegd in een zogenaamd instelrapport (zie bijlage 1). Dit rapport omvat de instelgegevens van:

- de beproevingscircuits
- de meetapparatuur
- de registratieapparatuur
- de programmeerapparatuur

Tevens wordt in dit rapport het proef- en oscillogramnummer, alsmede de datum en het tijdstip van de beproeving vermeld.

Proef- en oscillogram nummer zijn hetzelfde en dit nummer wordt tijdens de registratie automatisch, in de KO, op het oscillogram gefotografeerd.

De data verwerking van de meetresultaten omvat in eerste instantie het calibreren van de oscillogrammen aan de hand van de ijkgetallen.

Dit geschiedt door de op het oscillogram geregistreeerde meetsignalen m.b.v. een lineaal uit te meten. De op deze manier bepaalde meetwaarden worden ingeschreven in een tabel voor beproevingsresultaten. Hiervoor is, afhankelijk van de aard van de proeven, een speciale tabel voorhanden in het KRL.

Vervolgens kunnen de meetgegevens nog in grafiekvorm worden verwerkt en kunnen er berekeningen aan worden uitgevoerd.

In het te schrijven rapport van de beproeving worden achtereenvolgens behandeld:

- onderwerp
- doel van de beproeving
- uitvoering van het proefobject
- uitgevoerde proeven
- resultaten en conclusie
- afspraken met opdrachtgever voor eventuele nieuwe beproevingen
- bijlagen: schema beproevingscircuit, tabellen met resultaten, grafieken, oscillogrammen, foto's en tekeningen proefobject.

De rapporten worden gecopieerd en verzonden naar de aanvrager. De originelen worden in het KRL bewaard in ordners.

IV OPSTELLEN VAN HET EISENPAKKET VOOR HET TOEKOMSTIGE  
DATA-ACQUISITIE-SYSTEEM

IV.A. Doelstellingen van het KRL in de toekomst

Ten aanzien van de doelstellingen c.q. het takenpakket van het KRL, zoals omschreven in § II.A., zijn in de nabije toekomst geen wijzigingen te verwachten. Ook ligt het niet in de bedoeling het vermogen van de kortsluitbeproeving op te voeren. Wel nodig is een verruiming van de meetfaciliteiten met het oog op:

1) Hogere eisen t.a.v. de meettechniek:

Naast research-programma's en praktijksituaties zijn de internationale IEC- en de hierop gebaseerde Nederlandse NEN voorschriften de belangrijkste leidraad voor het uitvoeren van de beproevingen in het KRL.

Wijzigingen van of toevoegingen aan de IEC voorschriften, voornamelijk op advies van Cigré en IEC werkgroepen, kunnen resulteren in zwaardere eisen t.a.v. de meettechnieken; zo worden er bijvoorbeeld reeds eisen gesteld t.a.v. het registreren van de initiële transiënte wederkerende spanningen, die zeer hoge frequenties hebben (zie § IV.B.2)

Het spreekt vanzelf dat het KRL aan deze eisen moet kunnen (blijven) voldoen.

2) Veroudering van de huidige apparatuur:

Hierbij moet vooral gedacht worden aan de programmeerapparatuur t.w. de synchroon-startunit (§ III.B.3) en aan de registreerapparatuur t.w. de acht kanaals kathodestraal Oscillografen (K.O.'s; § III D1), waarvoor vervanging noodzakelijk zal zijn in de nabije toekomst.

3) Efficiency verhoging:

De snelheid van de dataverwerking is voor verbetering vatbaar.

In het nu volgende worden eerst de technische eisen beschreven waaraan moet worden voldaan, wil het KRL zijn taken en doelstellingen naar behoren kunnen blijven vervullen in de toekomst (§ IV.B.).

Vervolgens komen in § IV.C. de hiervoor noodzakelijke wijzigingen en vernieuwingen aan de orde.

IV.B. Bepaling van de technische eisen

De technische eisen voor het data-acquisitiesysteem komen in belangrijke mate voort uit de bij beproevingen te meten spanningen en stromen.

Evaluatie is daarom noodzakelijk van:

- hoogte van het te meten signaal )
- tijdsduur van het te meten signaal ) § IV.B.2
- frequentie van het te meten signaal )
  
- hoogte van het te registreren (spannings-) signaal (secundaire zijde meetapparatuur) )
- potentiaal t.o.v. aarde van het te registreren signaal ) § IV.B.3
- te meten en registreren signaal verhoudingen )
- mogelijke signaloversturing )
  
- aantal signalen ) § IV.B.4

Dezelfde indeling als in het hfst. III zal nu aangehouden worden bij de bepaling van de technische eisen voor de verschillende delen van het data-acquisitiesysteem.

IV.B.1 Programmeerapparatuur

De technische eisen voor de programmeerapparatuur zijn voorheen al bepaald en de nieuwe apparatuur is inmiddels in aanbouw.

- De synchroonstart unit (§III.B.3) wordt vervangen door een timer; ontwerp HH  
aantal kanalen: 5, uitbreidingsmogelijkheid tot 10  
instelbereiken: 100  $\mu$ s - 100 s in stappen van 100  $\mu$ s
- Het stuurspanningssignaal voor de synchroon-startunit (§ III.B.3) wordt vervangen door een stuurspanningspuls van 15 V, 5  $\mu$ s. Deze puls is afkomstig van een optische registratie van elke omwenteling van de rotoras van de kortsluitgenerator.
- De contactwals (§ III.B.1) zal, wegens zijn bedrijfszekerheid en storingsongevoeligheid in gebruik blijven voor grofinstelling van de schakelcommando's.

Op de programmeerapparatuur wordt verder niet meer ingegaan.

IV.B.2 Meetapparatuur, primaire zijde

Ter bepaling van de eisen, welke aan de meetapparatuur gesteld moeten worden, is een evaluatie van de te meten stroom- en spanningssignalen noodzakelijk.

Rekening houdend met de in het KRL bereikbare beproevingsfaciliteiten m.b.t. te genereren spanningen en stromen worden achtereenvolgens in beschouwing genomen:

- IEC voorschriften, welke betrekking hebben op:

Laagspannings vermogensschakelaars en installaties; Publ. 157 en 439  
Hoogspannings vermogensschakelaars en installaties; Publ. 56 en 427

- Laagspannings Lastschakelaars ; Publ. 408  
 Hoogspannings Lastschakelaars ; Publ. 265 en 420
- Laagspannings Smeltveiligheden ; Publ. 269  
 Hoogspannings Smeltveiligheden ; Publ. 282
- Cigré rapport 13-78 (W.G. 13.02) 21, betreffende "Interruption of small inductive currents" (lit. 1).
  - Te verwachten herontsteekstromen, berekend uit toe te passen beproevingscircuits bij (hoogspannings-) schakelproeven in cel 1 en cel 3.
  - Te onderzoeken stromen met specifieke kenmerken

a) IEC voorschriften

De te meten en registreren signalen, uitgaande van voornoemde IEC voorschriften zijn gespecificeerd weergegeven in bijlage II. Aan de hand hiervan zijn de zwaarste eisen volgens de IEC voorschriften in tabel 17 samengevat:

Te meten spanningen: tot 200 kV Te meten stromen : tot 200 kA	Volgens IEC
Te registreren TRV : 2,5 kV gedurende 5 ms, 100 kHz 75 kV gedurende 20ms, 50 kHz 133 kV gedurende 20ms, 20 kHz	408 282 56
Cyclus: opnametijd-freq. 0: 60 min. , 50 Hz 0: 60 s , 50 Hz 0: 10 s , 50 Hz 0: 0,5 s , 3 kHz CO: 25 x 0,5 s , 50 Hz met tijdsinterval 15s	282 282/269 282/269 282/269 157

Tabel 17

Opm.: De belastbaarheid van de meetapparatuur moet uiteraard groter zijn dan de opgegeven tijdsduur voor de registratie.

b) Cigré rapport 13-78 (W.G. 13.02) 21

IEC publikatie 56 (Hoogspanningsvermogensschakelaars) geeft voor de beproevingseisen t.a.v. kleine inductieve stromen nog geen uitsluitel. Dit onderwerp is evenwel bij de Cigré in studie.

In hfst. 2 van het Cigré rapport 13-78 (W.G. 13.02) 21 (lit. 1) wordt uitvoerig ingegaan op de transiënte verschijnselen die ontstaan bij het onderbreken van kleine inductieve stromen t.g.v. stroombreking en herontstekingen. De tijdens herontsteking optredende "second parallel oscillation", welke een frequentie tussen 100 en 500 kHz heeft, kan aanleiding zijn tot spanningsopslingeren.

Bij de ontwikkeling van schakelaars is inzicht in deze optredende hoogfrequente stroom- en spanningsoscillaties nodig om de schakelcapaciteit alsmede spanningsescallaties beter te kunnen beheersen.



Samenvattend volgt uit dit Cigré rapport een verzwaring van de onder a) gestelde eisen met:

Te registreren TRV : 100 kV gedurende 10 ms, 500 kHz  
 Te registreren herontsteek stromen : 1500 A gedurende 10 ms, 500 kHz bij netfrequente stromen tot zo'n 1000 Aeff. (Het gaat in dit Cigré rapport om kleine inductieve stromen).

Opm: Beproevingen met betrekking tot het onderbreken van kleine inductieve stromen worden in cel 1 verricht, aan de hoogspannings- (24 kV) aansluiting.

c) Te verwachten herontsteekstromen in het KRL

Herontsteekstromen kunnen niet alleen optreden bij het schakelen van kleine stromen (zie b.), maar ook bij het schakelen van kortsluitstromen.

Schakelaars met een snel herstellend diëlectricum, bijv. vacuüm-schakelaars, kunnen deze herontsteekstromen, ook als ze relatief hoogfrequent zijn, onderbreken. Dit kan weer aanleiding geven tot spanningsescallaties.

Zoals ook onder b) reeds vermeld, is het meten en registreren van deze herontsteekstromen van belang bij de ontwikkeling van schakelaars. Ter bepaling van de hiervoor benodigde meetapparatuur is berekend in welke orde van grootte (hoogte, frequentie en demping) de in het KRL optredende herontsteekstromen liggen.

Ga hiertoe uit van het volgende schema (Fig. 10).

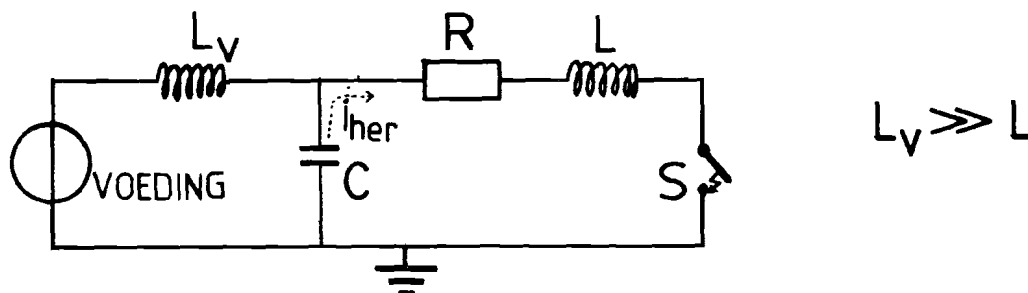


Fig. 10: Schema ter berekening van herontsteekstromen.

R en L zijn de geconcentreerd gedachte weerstand en inductiviteit van de leidingen, of zijn apart aangebracht.  
 C is aangebracht naar IEC voorschrift ter regeling van de eigenfrequentie van het hoofdcircuit.  
 Er geldt steeds:  $R^2 < 4L/C$  (oscilleervoorwaarde)

Bij herontsteking in de schakelaar S veroorzaakt de ontlading van de capaciteit C een hoogfrequente herontsteekstroom, die gesuperponeerd gedacht moet worden op de dan ook weer optredende netfrequente stroom. Ga ervan uit dat de boog in de schakelaar herontsteekt op het moment dat de spanning over C E Volt bedraagt ( $t=0$ ).

Voor de herontsteekstroom  $i_{\text{her}}(t)$  geldt dan:

$$i_{\text{her}}(t) = \frac{E}{\omega L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

$$\text{met } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R}{4L^2}} \quad \text{en } \alpha = \frac{R}{2L}$$

In fig. 11 is  $i_{\text{her}}$  uitgezet tegen de tijd.

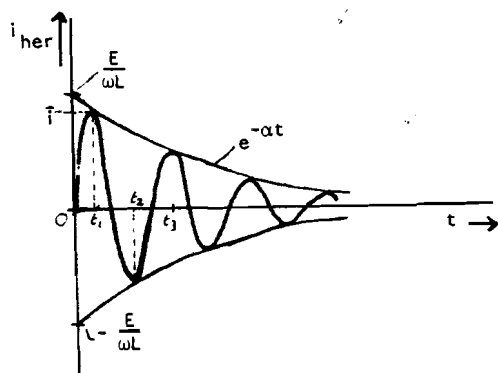


Fig. 11: Optredende herontsteekstroom als functie van de tijd.

$$i_{\text{her}}(t) = \hat{i} = i_{\text{max}1} \quad \text{voor } t = t_1 = \frac{1}{\omega} \arctan \frac{\omega}{\alpha} \quad (2)$$

$$i_{\text{her}}(t) = i_{\text{max}3} \quad \text{voor } t = t_3 = t_1 + \frac{2\pi}{\omega}$$

etc.

Uit (1) is makkelijk te zien dat  $\hat{i}_{\text{her}}$  recht evenredig is met de spanning E. De herontsteekstromen zijn dan ook het grootst voor de beproevingen bij hoge spanningen, dus in cel 1 en in cel 3 op de W.D. installatie.

- Cel 1:

De condensatorbatterij met capaciteit C staat op 15m afstand opgesteld van de te beproeven schakelaar. Het circuit, op één punt geaard, heeft dus een lengte van 30 m. L en R (fig. 10) worden nu gevormd door 30 m geleider van 16 mm<sup>2</sup> doorsnede.

Hiervoor geldt:

$$R' = \frac{\rho}{q} \geq R' = \frac{1/57}{16} = 1,1 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\text{en } 0,2 \text{ m}\Omega/\text{m} \leq X'_{50\text{Hz}} \leq 0,4 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$0,64 \text{ }\mu\text{H}/\text{m} \leq L' \leq 1,27 \text{ }\mu\text{H}/\text{m}$$

$$\text{dus } R \geq 33 \text{ m}\Omega \text{ en } 19 \text{ }\mu\text{H} \leq L \leq 38 \text{ }\mu\text{H}$$

Voor C zijn achtereenvolgens de praktijkwaarden 6nF, 12nF en 600 nF genomen.

Ervan uitgaande dat de herontsteking plaatsvindt op het maximum  $\hat{u}$  van de TRV is E 22 resp. 44 kV voor 12 resp. 24 kV beproevingen (vgl. IEC 56). Als er spanningsescallatie optreedt zal E aanzienlijk hoger kunnen worden. Maar dit is niet te verwachten bij de hoge (effectieve) C-waarde.

Met behulp van (1) en (2) wordt voor de verwachte herontsteekstromen in cel 1 het volgende gevonden (tabel 18):

$$R = 33 \text{ m}\Omega$$

C (nF)	L ( $\mu$ H)	f (kHz)	$\hat{i}$ (A)		$t_1$ ( $\mu$ s)	t(ms) waarvoor $i_{\max}(t)=50\%$ van $\hat{i}$	t(ms) waarvoor $i_{\max}(t)=10\%$ van $\hat{i}$
			E=22 kV	E=44 kV			
6	19	470	390	780	0,55	0,8	2,7
	38	330	275	550	0,75	1,6	5,3
12	19	330	550	1100	0,75	0,8	2,7
	38	235	390	780	1,05	1,6	5,3
600	19	47	3900	7800	5,5	0,8	2,7
	38	33	2750	5500	7,5	1,6	5,3

Tabel 18

Samenvattend kan gesteld worden dan in beproevingscel 1 herontsteekstromen tot 10 kA, 50 kHz gedurende 10 ms en

1,5 kA, 500 kHz gedurende 10 ms,

geregistreerd moeten kunnen worden.

De ingestelde netfrequente stroom bedraagt hierbij maximaal 3 kAeff. (zie fig. 3, hfst II voor 7,5 kV en hoger).

- Cel 3, de Weil-Dobke installatie:

Bij de W.D.-installatie is de situatie als weergegeven in fig. 12.

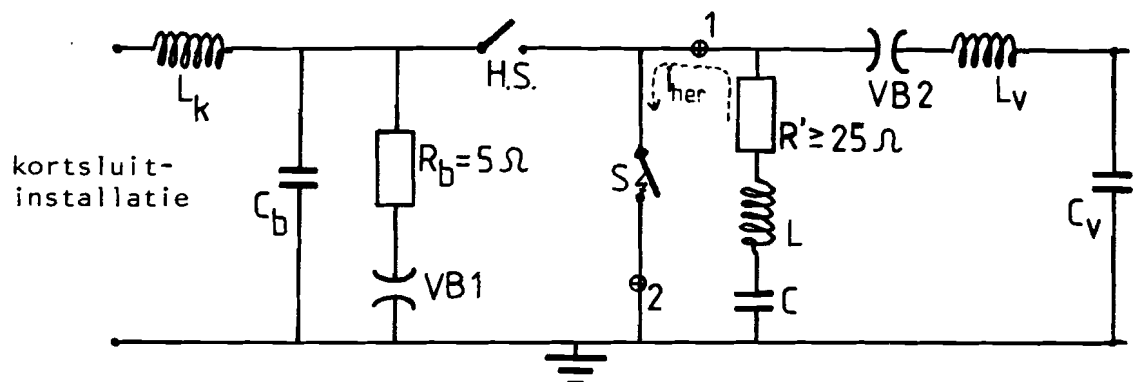


Fig. 12: De W.D. installatie in het KRL.

R wordt nu gevormd door de aangebrachte weerstand  $R'$  van minimaal  $25 \Omega$ . Deze dient samen met  $C_b$ ,  $R_b$  en de vonkbrug VB1 ter beveiliging van de kortsluitinstallatie tegen eventuele overspanningen, afkomstig van C. L (in fig. 10) wordt nu gevormd door de aan R inherente zelfinductie en heeft een (gemeten) waarde van 0,15 mH.

C, samen met  $L_v$  de frequentie van de TRV bepalend, heeft de waarde 350 nF.

In vergelijking met de situatie in cel 1 is de demping  $\alpha$  nu zeer groot en zal de herontsteekstroom in een paar perioden uitdempen. Om deze reden wordt  $i_{her}$  op de tijdstippen  $t_1$ ,  $t_2$  en  $t_3$  (zie fig. 11)

bepaald in tabel 19, waar weer is uitgegaan van 12 resp. 24 kV beproevingen.

M.b.v. (1) en (2) waarin  $R = 25 \Omega$  ;  $L = 150 \mu H$ ;  $C = 350 \text{ nF}$ :

E (kV)	f (kHz)	i (A)	t1 ( $\mu s$ )	$i_{max2}$ (t2) (A)	t2 ( $\mu s$ )	$i_{max3}$ (t3) (A)	t3 ( $\mu s$ )
22	17,5	530	8,4	- 49	37	4,5	66
44		1060		- 98		9,1	

Tabel 19

Samenvattend: Op de WD installatie (cel 3) te registreren herontsteekstromen:

1500  $\hat{A}$ , 50 kHz gedurende 10 ms bij een netfrequente stroom van maximaal  $40 \text{ kA}_{eff}$ .

Opm:

Voorgesteld wordt om de HF herontsteekstroom gescheiden te meten van de netfrequente stroom, wegens het grote verschil in amplitude van beide stromen. In Fig. 12 kan daartoe de netfrequente stroom gemeten blijven worden op punt 2, dus op aardpotentiaal en worden de herontsteekstromen gemeten op punt 1, op beproevingsspanningsniveau, waarbij dan rekening moet worden gehouden met een 500 Hz stroom van  $4000 \text{ A}_{eff}$ .

d) Te onderzoeken stromen met specifieke kenmerken

Het onderzoek richt zich hier vooral op de bepaling van de  $I^2t$  waarden van:

- Vervormde stromen, zoals kunnen optreden bij het beproeven van secundair kortgesloten stroomtransformatoren.
- Inschakelstromen van distributietransformatoren (z.g. "inrush"-stromen).
- Aanloopstromen van motoren

Dit zijn vervormde netfrequente (50 Hz) stromen. Een opnametijd van 3s blijkt over het algemeen voldoende te zijn bij de beproeving van schakelapparatuur. Door de vervorming kunnen grote steilheden in de stromen optreden, waardoor opnamecapaciteit van minimaal 2 kHz noodzakelijk is.

Aan overige metingen als druk en verplaatsing worden geen nieuwe of extra eisen gesteld. Verwezen wordt naar de desbetreffende paragrafen in Hfst. III.

#### IV.B.3 Meetapparatuur, secundaire zijde

Voor het te vormen spanningssignaal  $U_2$  aan de secundaire zijde van de meetapparatuur gelden uiteraard weer dezelfde eisen met betrekking tot frequentie en opnametijd als de in § IV.B.2 gevonden waarden voor de primaire zijde.

De eisen voor het bereik van  $U_2$  worden bepaald door de reeds in het KRL aanwezige meetapparatuur (zie hfst III).

Met behulp van bijlage 2 wordt nu als eisenpakket voor  $U_2$  gevonden (tabel 20):

	t.b.v. Stroommeting	t.b.v. Spanningsmeting	Overige metingen (tabel 8, 10, 12)
Bereik:	shunt 0,1 - 10 V str.trafo 0,1 - 60 V	0,1 - 100 V	0,1 - 20 V
Potentiaal t.o.v. aarde:	shunt tot 24 kV eff $\sqrt{3}$ trafo aardniveau	aardniveau	aardniveau
Mogelijk optredende signaalverhouding:	100/1	100/1	100/1
Signaaloversturing:	10 keer	10 keer	10 keer

Tabel 20.

#### IV.B.4 Signaaloverdracht

Voor de overdracht van de meetsignalen vanaf de meetapparatuur in de cel naar de registratie apparatuur in de commandoruimte moet gedacht worden aan glasvezeloverdracht. De grote voordelen hiervan zijn:

- Beveiliging van de registratieapparatuur door galvanische scheiding met de meetopstelling
- Meten op beproevingsspanningsniveau is mogelijk door de galvanische scheiding.
- De storingsgevoeligheid is verminderd omdat de glasvezeloverdracht ongevoelig is voor elektrische en magnetische velden.

De aan het glasvezeloverdrachtsysteem te stellen eisen zijn:

- 1) aangeboden spanningssignaal U<sub>2</sub>: 0,1 - 100 V
- 2) potentiaal van U<sub>2</sub> t.o.v. aarde tot: 24/V<sub>3</sub> kV(eff) continue;  
100 kV piekwaarde.
- 3) frequentie van U<sub>2</sub>: DC tot 500 kHz
- 4) Door te geven dynamiek\* in U<sub>2</sub>: 100/1
- 5) te overbruggen afstand: 30 m
- 6) Met het oog op maximale beveiliging van registratieapparatuur,  
alle ingangskanalen via glasvezelkabels voeden vanuit de cellen:  
dit resulteert in: c.r. 1: 16 kabels  
c.r. 2: 10 kabels (zie § IV.B.5, punt d)

De bestaande overdracht van meetsignalen door middel van 2-aderig afgeschermd kabels moet als reserve gehandhaafd blijven, evenals de overdracht van stuursignalen van de commandoruimten naar de cellen.

Deze meetleidingen moeten ruimtelijk gescheiden worden van de stuurleidingen en bij voorkeur ondergebracht worden in massieve koperen buizen (waterleidingsbuis).

Bovendien moet er een aparte meetaarde geslagen worden, zo dicht mogelijk bij de beproevingscellen.

De reden voor de hierboven aangegeven maatregelen is het reduceren van stoorsignalen in de meetleidingen.

#### IV.B.5 Registratieapparatuur

##### a) Inleiding

Wegens de hoge frequenties (tot 500 kHz) van de toekomstige registreren signalen en wegens de gewenste efficiency verhoging, o.a. voor wat betreft de data<sub>verwerking</sub>, moet gedacht worden aan digitale registratie van het meetsignaal (bijv. met transiëntrecorders).

Het principe van deze registratie is als volgt:

Een te registreren spanningssignaal wordt met een bepaalde frequentie bemonsterd ("gesampled").

Afhankelijk van zijn grootte wordt aan de samplewaarde een getal toegekend.

Dit getal wordt als een reeks nullen en enen (tweetalig of binair stelsel) opgeslagen in een buffergeheugen.

De lengte van deze reeks nullen en enen (een woord), uitgedrukt in aantal bits (binary digits) bepaalt het aantal stapjes waarin het meetbereik is onderverdeeld (verticale resolutie).

De grootte van het buffergeheugen wordt meestal uitgedrukt in aantal te plaatsen woorden per kanaal.

##### b) Bepaling van de vereiste buffergeheugengrootte en samplefrequentie per kanaal

Bij de bepaling van de vereiste buffergeheugengrootte en samplefrequentie per kanaal is ervan uitgegaan dat een sinusvormig signaal door 10 samples per periode bepaald is (zie fig. 13).

\* **Onder dynamiek** wordt de verhouding van de maximaal en minimaal door te geven waarde van de signaalgrootte verstaan.

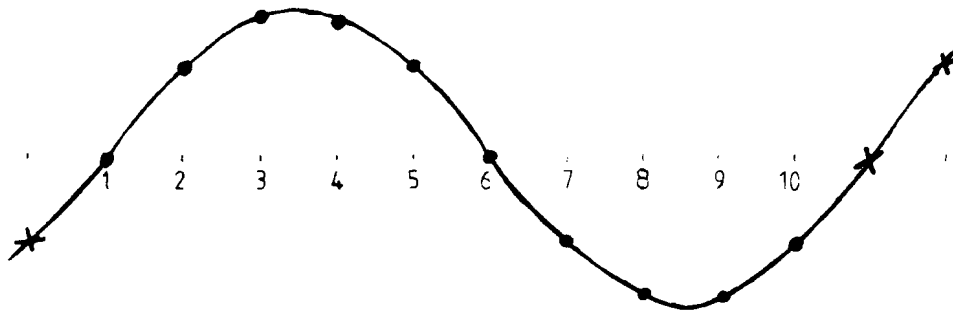


Fig. 13: Periode van sinus voorgesteld door 10 samples.

Bij sinusvormige signalen moet de samplefrequentie dus minimaal 10 keer de maximaal te onderscheiden frequentie zijn.

Niet sinusvormige signalen, zoals ontstaan bij het meten van vervormde stromen (§ IV.B.2 punt d) eisen een hogere samplefrequentie. Voor deze in het KRL te registreren signalen wordt een aantal van 400 samples per periode van 50 Hz voldoende geacht, dus een samplefrequentie van 20 kHz.

Het aantal te schrijven woorden  $W$  in het buffergeheugen per kanaal wordt nu bepaald door de sample frequentie  $f_s$  en de op te nemen tijdsduur  $t$  van het te registreren signaal.

$$W = f_s \cdot t \quad (3)$$

Uit § IV.B.2 volgens de eisen voor  $f_s$  en  $W$ . Deze staan gegeven in tabel 21.

Max. te registreren frequentie	Opnametijd $t$	Aantal samples per periode	$f_s$	$W$	Opmerkingen
100 kHz	5 ms	10	1 MHz	5k (=5000)	) volgens § IV.B.2 punt a) tabel 17
50 kHz	20 ms	10	500 kHz	10k	
3 kHz	0,5 s	10	30 kHz	15k	
50 Hz	25 x 0,5 s	10	500 Hz	6,25k	
50 Hz	10 s	10	500 Hz	5k	
50 Hz	60 s	10	500 Hz	30k	)
50 Hz	1 uur	(10)	(500 Hz)	(1800 k)	) andere oplossing voor zoeken
500 kHz	10 ms*	10	5 MHz	50k	) alleen in cel 1 volgens § IV.B.2 punt b) en c)
50 Hz	3 s	400	20 kHz	60k	) volgens § IV.B.2 punt d).

Tabel 21

\* 10 ms opnametijd voor het 500 kHz verschijnsel is voldoende volgens tabel 18 en 19 voor het vastleggen van een enkele herontsteking.

Conclusies:

- Een buffergeheugen voor 60k woorden per kanaal is voldoende voor de te registreren verschijnselen.
- De maximaal benodigde samplefrequentie bedraagt 5MHz voor registratie van signalen in cel 1.
- Voor cel 2 en cel 3 kan worden volstaan met een maximale samplefrequentie van 1 MHz.
- Voor het opnemen van een 1-uursstroom moet gedacht worden aan bijv. een UV recorder, omdat digitaal opnemen een abnormaal groot geheugen zou vergen. Ook kan gedacht worden aan een gestuurde registratie, bijv. 50 min. lang opnemen met 1 sample/s. Daarna 8 min. met 20 samples/s en vervolgens 2 minuten met 400 samples/s. Totaal zijn er dan 60 k woorden nodig per kanaal.

Voor registratie van in/uit commando's, verplaatsingskrommes etc. kan in principe worden volstaan met geheugen groottes van 4k woorden per kanaal.

c) Bepaling van de verticale resolutie (v.r.)

In § IV.B.3 en 4 is een signaalverhouding van 100/1 geëist. Dit betekent dat het gebied rond 1% van de maximaal te verwachten signaalgrootte nog vrij nauwkeurig geregistreerd moet kunnen worden (maximale digitaliseringsfout bijv. 10% stellen voor 1% van de volle bereik waarde). Meestal is de situatie als volgt bij een vertical resolutie (v.r.) van  $n$  bits (fig. 14).

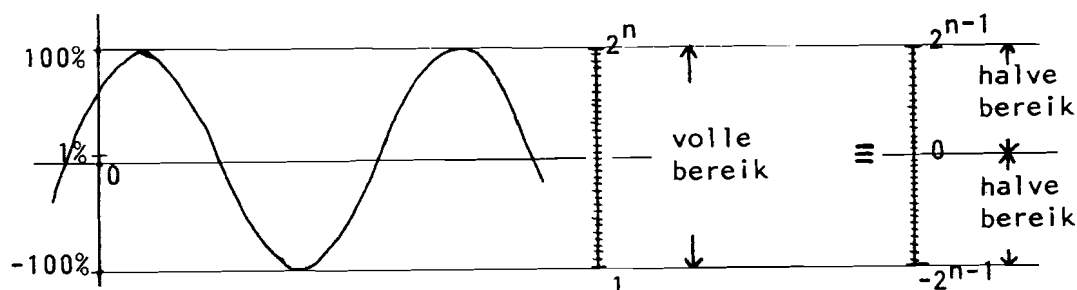


Fig. 14: Indeling van het bereik bij een v.r. van  $n$  bits.

Het gebied tussen 0 en 1% van de maximale waarde is onderverdeeld in  $\frac{1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2^n$  stapjes, dus in 1% van het halve bereik.

10% nauwkeurigheid van het 1% signaal betekent een aantal stapjes van 0 tot 100% dat groter is dan 500.

$$\frac{1}{2} \cdot 2^n > 500 \rightarrow n \geq 10.$$

De verticale resolutie moet dus minimaal 10 bit om tot een nog enigszins betrouwbare registratie te komen van het gebied rond 1% van de maximaal verwachte waarde.



d) Bepaling van het aantal kanalen

- Volgens IEC voorschriften

In bijlage II is ook het minimum aantal te registreren signalen bij beproevingen in elke cel vermeld, welke volgens de IEC voorschriften geëist worden. Waar nodig is dit aantal aangevuld met in praktijk benodigde signalen, welke eveneens geregistreerd moeten kunnen worden.

Dit resulteert in:

cel 1: 14 registratie kanalen; max. frequentie 100 kHz

cel 2: 10 registratie kanalen; max. frequentie 100 kHz

cel 3: 8 registratie kanalen; max. frequentie 50 kHz

- Volgens Cigré rapport 13-78 (W.G. 13.02) 21

In hoofdstuk 3 van dit reeds eerder aangehaalde Cigré rapport (§ IV.B.2) wordt nader ingegaan op het onderbreken van motor-aanloopstromen en de bij de beproeving uit te voeren metingen. Onder measurements (27.4) wordt in dit rapport gesteld (lit. 1)

"By oscillograph or other suitable recording techniques at least the following quantities should be recorded:

slow resolution	fast resolution	
3		Power frequency voltage
3		Power frequency current
3	3	phase-to-earth voltage, at the motor terminals, in all three phases, with slow and fast resolution
3		phase-to-earth voltage, at the source side terminal of the tested current-breaker.

It is recommended that the voltage across the circuitbreaker and also the current through the circuitbreaker is measured precisely by using high-speed recording technique. This recommendation particularly applies in general testing. (2 x 3= 6, fast resolution)."

Als minimum aantal kanalen volgens dit Cigré rapport, alleen van belang voor cel 1 (hoge spanning, 24 kV en lage stromen) kan nu gesteld worden:

cel 1: 16 kanalen, waarvan 6 "snel" (500 kHz) en 10 "langzaam" (100 kHz)

Uit bovenstaande volgt dat het zinvol is om onderscheid te maken tussen de beide commandoruimten (c.r. 'n). Vanuit c.r.2 worden cel 2 en 3 bestuurd (fig. 1). Cel 2 is alleen voor laagspanningsbeproevingen ingericht, terwijl in cel 3 slechts 1 fase beproevingen worden gedaan (**Weil Dobke**), waarbij herontsteekstromen tot 50 kHz kunnen optreden (§ IV.B.2). Er kan dus gesteld worden m.b.v. punt b) en c) dat de opname capaciteit voor c.r. 2 minimaal 10 kanalen, tot 100 kHz ("MF") dient te zijn, waarvan 6 kanalen met 50 k woorden van 10 bit 4 kanalen met 4 k woorden van 10 bit.

Voor c.r.1, van waaruit cel 1 wordt bestuurd, gelden dezelfde eisen en moet er bovendien opnamecapaciteit zijn voor "HF" signalen tot 500 kHz op minimaal 6 kanalen.

Voor deze 6 kanalen geldt weer: buffergeheugen per kanaal 50k woorden van 10 bit.

e) Samenvatting gestelde eisen plus aanvullende eisen aan registratie-apparatuur

De meetsignalen worden in principe in digitale vorm geregistreerd.

Het eisenpakket aan de registratieapparatuur staat samengevat in tabel 22.

Commando-ruimte	aantal kanalen	geheugen-grootte	sample_frequentie fs tot:	verticale resolutie	
				bits	in %
2	6 (MF)	60k	1 MHz	10	0,1
	4 (MF)	4k			
1	6 (MF)	60k	1 MHz	10	0,1
	4 (MF)	4k			
	6 (HF)	50k	5 MHz	10	0,1

Tabel 22

Voor registratie van één uursstromen (§ IV.B.2, tabel 17) moet gedacht worden aan een analoge opnamecapaciteit als een UV recorder.

Aanvullende eisen voor de kanalen:

- symmetrische ingang voor differentiaal meting
- onderling gescheiden, isolatieniveau 2 kV t.o.v. aarde
- ingangsbereiken: analoog 0,1 - 100 V
- overbelastbaarheid 10 keer
- parallelle uitlezing van zowel de 10 "MF" als van de 6 "HF" kanalen.
- mogelijkheid tot omschakeling op andere tijdbasis tijdens een schot.

Zie verder § IV.B.6: Data verwerking en opslag.

IV.B.6 Dataverwerking en opslag:

Bij de dataverwerking moet gestreefd worden naar de volgende voorzieningen door middel van een computersysteem.

- Vooraf in te stellen kanalen moeten onmiddellijk na beëindiging van de registratie simultaan uitgelezen kunnen worden op een videoscherm.

Vervolgens moeten, eenvoudig te kiezen, kanalen van het scherm verwijderd en/of op het scherm toegevoegd kunnen worden bij de simultane uitlezing.

Dit geldt zowel voor de 10 MF kanalen (c.r. 1 en 2) als voor de 6 HF kanalen (c.r. 1).

- expansiemogelijkheid in horizontale en verticale richting van delen van het videobeeld ("uitrekken").
- uitvoeren van berekeningen aan de meetgegevens
- uitlezing van berekende curves op het videobeeld
- numerieke uitlezing (tijd, amplitude) m.b.v. "cursors" op het videobeeld in oorspronkelijke eenheden.
- produceren van een hard copy (oscillogram) binnen korte tijd (ca. 3 min.)
- onbeperkte reproduceerbaarheid van de oscillogrammen (meerdere uitdraaien mogelijk)
- (tijdelijke) opslag van de geregistreeerde meetgegevens op een groot achtergrondgeheugen (bijv. floppy disc) i.v.m. studie en eventuele herberekening.

De definitieve opslag blijft in de vorm van oscillogrammen en rapporten in ordners.

IV.C. Overzicht van de noodzakelijke vernieuwingen1) Meetapparatuur (§ IV.B. 2 en 3)Stroommeting

Pos.	Bepr. cel	Aantal fasen	Pot. t.o.v. aarde	Max. freq.	$I_{eff}$	$I_{piek}$	Belastbaarheid	Gevoeligheid (V/kA)
1	1	3	$\frac{24}{\sqrt{3}}$ kV - 100 kV	500 kHz 5 MHz*	1000 A	1500 A	1000 A, 1 s (= $1 \cdot 10^6$ A <sup>2</sup> s)	1 tot 10
2	1	3	$\frac{24}{\sqrt{3}}$ kV - 100 kV	50 kHz 5 MHz*	10 kA	30 kA	10 kA, 0,2 s (= $2 \cdot 10^7$ A <sup>2</sup> s)	0,5
3	3(WD)	1	30 kV - 100 kV	50 kHz 5 MHz*	1000 A	1500 A	4 kA, 0,2 s (= $3,2 \cdot 10^6$ A <sup>2</sup> s)	1 tot 10

Tabel 23

spanningsmeting:

Bep. cel	aantal delers	frequentie-bereik	continu Veff	Vpiek	soort deler	deling
1	6	DC-500 kHz 5 MHz*)	30 kV	100 kV	gemengd (RC)	minimaal 1000/1

tabel 24

\*) Het vergt nauwelijks extra moeite en kosten om voor de nieuwe meetapparatuur een frequentiebereik te realiseren tot 5MHz.

## 2) Signaaloverdracht (§ IV.B.4)

- 1 of 2 nieuwe aardes slaan
- bestaande meetleidingen optimaal afschermen m.b.v. koperen buizen
- glasvezeloverdracht toepassen.

## 3) Registratie, verwerking en opslag

2 systemen (c.r. 1 en 2) bestaande uit:

- transient\_recorder (§ IV.B.5)
- micro\_computer (§ IV.B.6)
- videobeeld (§ IV.B.6)
- hard-copy apparaat (§ IV.B.6)  
(schrijver, plotter of printer)
- floppy disc geheugen (§ IV.B.6)

Voor de geëiste specificaties van de diverse componenten wordt verwezen naar de desbetreffende paragrafen.

## V. MOGELIJKE OPLOSSINGEN T.A.V. HET GESTELDE EISENPAKKET

Voor de noodzakelijke vernieuwingen van de verschillende componenten van het data-acquisitiesysteem (zie §IV.C) zijn diverse mogelijkheden onderzocht.

In dit hoofdstuk zal nader worden ingegaan op de uitvoering en de kosten van eventuele vernieuwingen, waarbij dezelfde indeling wordt aangehouden als in de voorgaande hoofdstukken.

### V.A. Meetapparatuur

#### V.A.1 Meetapparatuur voor stroommeting (eisenpakket in tabel 23, § IV.C.1)

Voor de nieuw aan te schaffen apparatuur voor stroommeting moet gedacht worden, gezien de gestelde eis van meten op beproevingsspanningsniveau, aan:

- Stroomtransformatoren. Deze hebben een potentiaalscheiding tussen hoofdstroom- en meetstroomcircuit.
- Shunts, in combinatie met glasvezeloverdracht (§ V.B.2) voor de noodzakelijke potentiaalscheiding.

De volgende mogelijkheden zijn het nader bestuderen waard:

- a) Stroommeettransformatoren: fabr. Pearson, Amerika  
vert. Ohmtronics, Tilburg

In het leveringsprogramma van Pearson kunnen de volgende stroomtransformatoren aan één of meerdere posities uit het eisenpakket voldoen ( $\hat{I}/f$  waarde  $\geq 3$ )

### **Pearson Electronics...**

	310	1010	1025	3025	301X	1049	1080	1114	1330	1423	2093
Gevoeligheid (V/kA)	100	100	25	25	10	4	5	10	5	1	1
Max. piek stroom (kA)	5	5	20	20	50	250	200	50	100	500	500
Max. cont. stroom (A)	140	120	100	325	400	700	750	800	1400	2500	2500
Droop %/μs	0,02 %/μs	0,25 %/μs	0,1 %/μs	0,004 %/μs	0,003 %/μs	2,0 %/ms	2,0 %/ms	2,0 %/ms	0,6 %/ms	0,7 %/ms	0,09 %/ms
Stijgtijd (μs)	0,04	0,05	0,1	0,1	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	2,0
IT max. (A.s)	0,58	0,7	0,5	3,2	22	25	24	21	66	77	1200
Benedenfreg. -3dB (Hz)	40	400	160	7	5	3,2	3,2	3,2	0,9	1,0	0,15
$\hat{I}/f$ (A/Hz)	3,6	4,4	3,1	20	138	155	150	129	415	482	7540
Model (fig.15)	C	A	D	C	C	C	C	C	C	C	B
Prijs (f)	4350	5250	2425	4390	4180	6050	5400	5300	6050	7300	15.700

Tabel 25

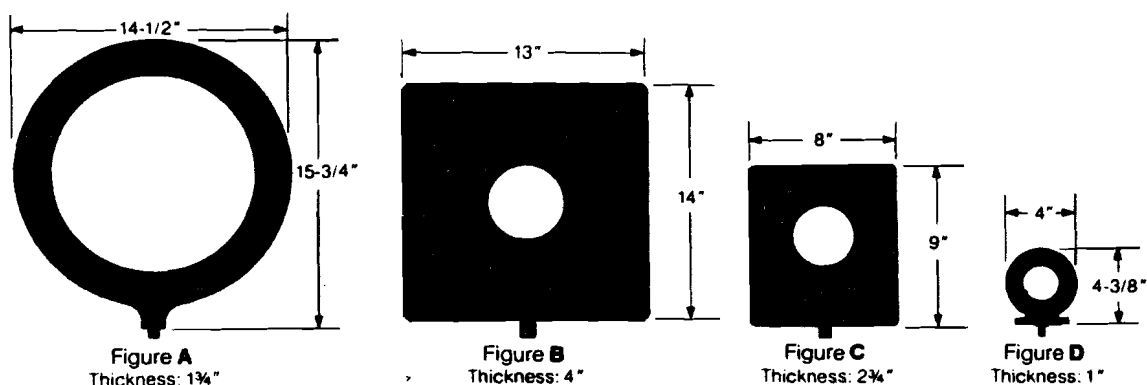


fig. 15: Uitvoering van de Pearson stroomtransformatoren

De belangrijkste parameters uit het eisenpakket, vertaald naar de bovenstaande tabel luiden (tabel 26) :

Positie	Gevoeligheid V/kA	Stijgtijd $t'$ ( $\mu$ s) (**)	$\dot{I}/f$ min (A/Hz)	Geschikte Pearson stroomtransformator
1	1 tot 10	0,7 0,07 (***)	30 (bij 50 Hz)	301X
2	0,5	7,0 0,07 (***)	300 (bij 50 Hz)	1330
3	1 tot 10	7,0 0,07 (***)	3 (bij 500 Hz)	3025

tabel 26

\* De stijgtijd  $t'$  is uit de geëiste bandbreedte (B) bepaald door de formule (lit. 2) :

$$t' = \frac{0,35}{B} \quad (4)$$

\*\* Volgens de in tweede instantie geëiste 5MHz bandbreedte, die hier dus voor geen enkele positie uit het eisenpakket gehaald wordt.

In tabel 26 is meteen een geschikt model uit tabel 25 ingevuld voor de verschillende posities in het eisenpakket.

De kosten van het aanschaffen van deze stroomtransformatoren bedragen :

3 x fl 4180 = fl 12.540	positie 1, type 301X
3 x fl 6050 = fl 18.150	positie 2, type 1330
1 x fl 4390 = fl 4.390	positie 3, type 3025

Totaal fl 35.080

- b) Shunts : fabr. Hilo-Test, Karlsruhe (W-D1)  
vert. Zirrgiebel, Darmstadt (W-D1)

Voor shunts is de toelaatbare belastbaarheid ( $I^2t$ -waarde) erg belangrijk in verband met de optredende warmteontwikkeling bij het voeren van de stroom.

Uit het gestelde eisenpakket volgt een minimale waarde van  $1 \cdot 10^6 \text{ A}^2\text{s}$  (voor positie 1).

Van het standaard-leveringsprogramma van Hilo-Test is dan van belang (tabel 27) :

Typ	ISM-	250	500	400	20P/2	150P	600	800P <sup>(*)</sup>	Typ
Impulsbe- lastbaarheid $\hat{i}$		60	140	400	25	150	50	800	kA
Dauerbelastbaarheid $I_{\max}$		250	500	400	-	-	600	-	A <sub>eff</sub>
Grenzlastintegral $\int_{\vartheta=100^\circ\text{C}} i^2 dt$		1,3 · 10 <sup>7</sup>	2,2 · 10 <sup>6</sup>	9 · 10 <sup>6</sup>	20 · 10 <sup>6</sup>	6,7 · 10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	3,2 · 10 <sup>10</sup>	A <sup>2</sup> s
Verlustleistung $P_V$		62,5	62,5	40	-	-	36	-	W
Nenn-Wirkwiderstand <sub>20°</sub>		1	0,25	0,25	2	1	0,1	0,001	mΩ
Temperaturkoeffizient $\alpha$		----- 5 · 10 <sup>-5</sup> -----							°C
Bandbreite (3 db) typ.		1,7	50	12	12	0,16	10 kHz	5 kHz	MHz
Anstiegszeit $T_a$		200	7	28	28	2200	35 μs	70 μs	ns
Länge		407	150	216	850	2100	180	550	mm
Ab - messungen	Durchmesser Rohr	120	200	200	270	200	120	340	mm
	" Flansch	120	245	260	346	310	140	340	mm
Gewicht		6	10,6	18	35	60	8		kg
Meßabgriff		BNC	UHF	UHF	UHF	UHF	BNC	UHF	
Serientype		X	X						
Sondertype				X	X	X	X	X	
Richtpreis / Stück		2422	2533	5918	7756	---	2450	18827	DM

(\*) watergekoeld

tabel 27

Ook kunnen er shunts speciaal naar de geëiste specificaties gemaakt worden bij Hilo-Test. Het resultaat van de aanvraag staat vermeld in tabel 28

Position	1	2	3	
Typenbezeichnung ISM	1,5 P / 1	30 P/0,5	6 P/1	
Impulsbelastbaarheid	1,5	30	6	kA
Nennwiderstand	1	0,5	1	mOhm
Grenzlastintegral (3 min Abkühlzeit)	$10^6$	$2 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^6$	$A^2 s$
Temperaturkoeffizient	- - - - - $\pm 20 \cdot 10^{-6}$ - - - - -			/°C
Empfindlichkeit	1	0,5	1	V/kA
Anstiegszeit	70	70	70	ns
Bandbreite	5	5	5	MHz
Stromklemmen Abmessungen siehe Maßblatt Bauform B		D	D	
Länge	220	284	346	mm
Rohr - Ø				mm
Gewicht	2,3	12	16	kg
Lieferzeit	2,5..3	2,5..3	2,5..3	Monate
Preis	2.485,-	4.768,-	6.125,-	DM
in fl (1,15 x)	2.860	5.485	7.045	

Tabel 28

Vergelijking van tabel 27 met tabel 28 leert dat voor de posities 1 en 2 uit het eisenpakket de shunts het beste speciaal gemaakt kunnen worden, maar dat voor positie 3 de standaard shunt ISM-250 ook voldoet. De bandbreedte van deze shunt is 1,7 MHz, maar de prijs ligt 3500 DM lager.

De kosten van het aanschaffen van deze shunts bedragen:

3 x fl 2860 = fl 8.580	positie 1, type ISM 1,5 P/1
3 x fl 5485 = fl 16.455	positie 2, type ISM 30 P/0,5
1 x fl 2785 = fl 2.785	positie 3, type ISM 250

Totaal fl 27.820

Bovenstaand bedrag geldt alleen voor de shunts. Verder moet er dan nog voor al deze shunts een glasvezeloverdrachtssysteem à fl 5.000 beschikbaar zijn (zie § V.B.2).

c) Shunts, eigen fabriek (lit 3, 4)

Met behulp van de in bijlage 3 vermelde formules (1) t/m (10) is het mogelijk om coaxiaal uitgevoerde shunts zelf te dimensioneren aan de hand van de geëiste specificaties. Fig. 16 geeft de principe-opbouw van de shunt weer.



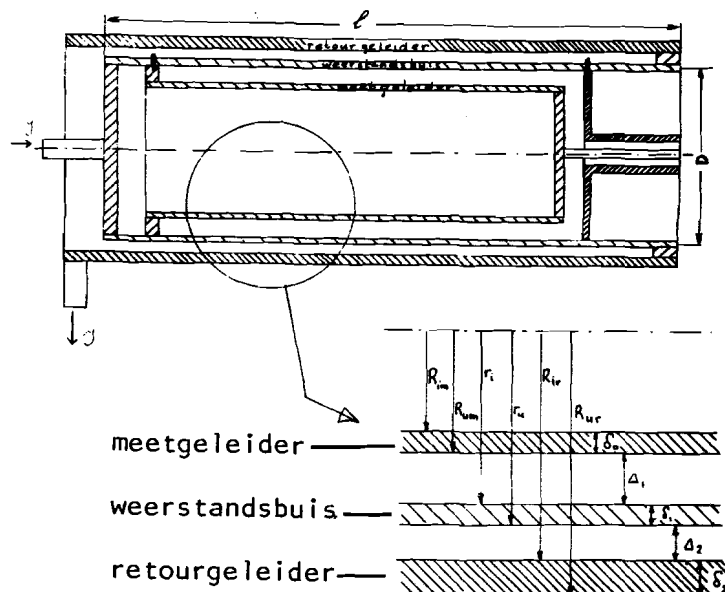


fig. 16 : Principe-opbouw van een coaxiaal shunt

De methode is als volgt: kies een weerstandsmateriaal. In dit verslag is, net als in lit. 3, uitgegaan van een 0,6 mm dikke plaat Inconel 600. De materiaaleigenschappen van dit Inconel 600 staan eveneens vermeld in bijlage 3.

Ga uit van de gewenste weerstandswaarde. Stel vervolgens de maximaal toelaatbare temperatuursverhoging  $\Delta T$ .

Dit i.v.m. de gewenste nauwkeurigheid  $n$  (uit (5)) en de toegestane afkoelperiode na een schot (3 min. gesteld, als in tabel 28, Hilo-Test). Uit (1) en (3) volgen nu, m.b.v. (5), de verhouding van  $D$  en  $l$  en hun minimale afmetingen.

Uitgaande van een dikte  $\delta_0 = 0,5$  mm voor de meetgeleider en een dikte  $\delta_2 = 1,5$  à 3 mm voor de retourgeleider volgen nu de maximale waarden voor  $D_1$  en  $D_2$  uit de formules (9) en (10) uit bijlage 3.

Voor de meet- en retourgeleiders worden roestvrijstalen buizen gebruikt van standaard op de markt verkrijgbare afmetingen.

Voor elke positie uit het eisenpakket voor stroommeting zijn nu voor enkele gestelde weerstandswaarden de afmetingen van de shunt berekend. Hierbij is steeds voor ogen gehouden dat de shunts praktisch realiseerbare afmetingen moeten hebben.

Tabel 29 is een samenvatting van de resultaten van de berekeningen.

Positie-nr.	R (mΩ)	ΔT	n	R <sub>im</sub> min. (mm)	δ <sub>0</sub> (mm)	Δ <sub>1</sub> max. (mm)	r <sub>i</sub> (mm)	δ <sub>1</sub> (mm)	Δ <sub>2</sub> max. (mm)	R <sub>ir</sub> max. (mm)	δ <sub>2</sub> (mm)	lengte (mm)
I -a	2	20°	0,25%	25,4	0,5	4,0	29,9	0,6	32,3	62,8	2,0	230
-b	1			22,8		6,6			65,4	95,9		115
II -a	1	50°	0,65%	75,2	0,5	8,8	84,5	0,6	64,6	150	2,0	325
-b	1	100°	1,25%	51,2		8,3	60,0		65,0	126		230
-c	0,5	50°	0,65%	68,8		15,4	84,0		130	215		163
-d	0,5	100°	1,25%	46,1		13,4	60,0		131	192		115
III -a	2	20°	0,25%	48,6	0,5	4,4	53,5	0,6	32,0	86,1	2,0	411
-b	1			45,1		7,9			64,8	119		206

tabel 29

Opm. uit (7) en (8) volgt dat de stijgtijd  $T_s$  en de bandbreedte B van de shunt alleen afhangen van de soortelijke weerstand  $\rho$  en de dikte  $\delta$  van het weerstandsmateriaal ( $\mu_r = 1$ )  
 $B = 3,2 \text{ MHz}$  voor 0,6 mm dik Inconel 600.

De voorgestelde constructie van de shunt staat in bijlage 4 vermeld.

Geschatte kosten per zelfgemaakte shunt:

materiaal	f1	500
geschat aantal arbeidsuren: 100 à f1 60 =	f1	6.000
		-----
	Totaal	f1 6.500

d) Conclusies t.a.v. apparatuur voor stroommeting:

- Shunts zelf maken is niet goedkoper dan ze kopen en om deze reden niet aantrekkelijk
- Pearson stroomtransformatoren zijn duurder dan de shunts van Hilo-Test en wel
  - voor positie 1 uit het eisenpakket : 46%
  - voor positie 2 uit het eisenpakket : 10%
  - voor positie 3 uit het eisenpakket : 57%

Hierbij mag niet vergeten worden dat bij het gebruik van shunts de geëiste (noodzakelijke) potentiaalscheiding nog moet worden aangebracht, hetgeen sterk kostenverhogend werkt (zie § V.B.2, glasvezeloverdracht).

V.A.2 Meetapparatuur voor spanningsmeting (eisenpakket in tabel 24, § IV.C.1)

Voor de aan te schaffen (RC-) delers geldt als extra eis dat de waarde van de ingangscapaciteit  $C_{in}$  minimaal 40 pF moet bedragen. Een te grote gevoeligheid voor relatieve capaciteitsverandering vanwege nabijheidseffecten moet bij een kleinere waarde van  $C_{in}$  worden gevreesd.

Opm. Omdat de delers ook nog zo compact mogelijk moeten zijn, vallen delers met speciale voorzieningen als een afschermdende capaciteit rond de ingangscapaciteit (ter reducering van rel.cap. veranderingen van de ingangscapaciteit) af,

Spanningsdelers die aan de gestelde eisen voldoen zijn:

a) Spanningsdelers, fabr. en vert.: Hilo-Test, Karlsruhe (W-D1)

Pos Item	Stuck Quant	Warenbeschreibung / Description	Preis Price
1	6	<p><b>PRÄZISIONS-HOCHSPANNUNGSTEILER Typ : HVT 100</b></p> <p><u>Technische Daten :</u></p> <p>Max. Eingangsspannung(DC-oder Scheitelwert) 100 kV =</p> <p>Hochspannungsimpedanz ca. 75 MOhm/150 pF</p> <p>Niederspannungsimpedanz ca. 75 kOhm/150 nF</p> <p>Übersetzungsverhältnis 1000 : 1</p> <p>Genauigkeit ± 1%</p> <p>Bandbreite 0 - 1 MHz</p> <p>Anstiegszeit = 0.3 μs</p> <p>Überschwingen = 5%</p> <p>Abmessungen Sockel : ca. 260 mm Ø</p> <p>Höhe : ca. 900 mm</p> <p>Preis ab Werk / Stck.</p> <p>Lieferzeit ca. 4 Monate</p>	7.200,-- DM
2	6	<p><b>PRÄZISIONS-BREITBANDHOCHSPANNUNGSTEILER Typ : HVT 100 RC</b></p> <p><u>Technische Daten :</u></p> <p>wie Pos. 1 jedoch</p> <p>Bandbreite 0 - 10 MHz</p> <p>Anstiegszeit = 30 ns</p> <p>Preis ab Werk / Stck.</p> <p>Lieferzeit ca. 4 Monate</p>	9.600,-- DM

tabel 30

b) Spanningsdelers, fabr. Ross, Amerika  
vert. Ohmtronics, Tilburg

Model	Max. Cont. DC or AC Peak	Accuracy (see note)			Normal Frequency Range	Max CW RF Current	Max impulse 1 x 50 us test	Standard Nominal Input Impedance		Standard Ratio
		DC%	AC%	Stability %				MΩ	pF	
→ VD-75-5-B	75kV	0.5	3	0.1	DC **	1A	150kV	150	5	1000:1
→ VD-100-75-C	120kV	0.5	1	0.1	DC-1 MHz	4A	240kV	200	75	1000:1
→ VD-100-3.1-B	120kV	0.5	5	0.1	DC **	1A	240kV	200	3.1	1000:1
→ VD-120-75-C	120kV	0.5	1	0.1	DC 1 MHz	4A	240kV	240	75	1000:1
→ VD-120-3.1-B	120kV	0.5	5	0.1	DC **	1A	240kV	240	3.1	1000:1
→ VD-120-3.1-C	120kV	1.0	4	0.1	DC **	1A	240kV	240	3.1	1000:1
→ VD-150-2.5-B	150kV	1.0	6	0.1	DC **	1A	280kV	300	2.5	10000:1
→ VD-150-60-C	150kV	1.0	2	0.1	DC-1 MHz	4A	280kV	300	60	10000:1
→ VD-200-1.5-G	240kV	2.0	6	0.1	DC	1A	450kV	400	1.5	10000:1

\* Pulse rating 50kV

\*\* Frequency range to 1 MHz when used with large clearances to surrounding objects/surfaces

tabel 31

Uit het interessante deel van het standaard leveringsprogramma van Ross (tabel 31) zijn enkele geschikte delers aangestreept. De bandbreedte blijft bij deze delers beperkt tot 1MHz wat voldoende zou zijn voor toepassing in het KRL.

Prijzen:

VD-100-75-C : fl 17.350  
VD-120-75-C : fl 16.700  
VD-150-60-C : fl 20.250

c) Conclusie t.a.v. voorziening voor spanningsmeting:

Vanwege het prijsverschil valt de keuze op Hilo-Test. Voor fl 2700 extra behaalt men een tien keer hogere bandbreedte nl. 10MHz wat vooral voor fundamenteel onderzoek bij vacuümschakelaars van belang is.

Opm. De thans toegepaste spanningsdelers zijn door afregeling geschikt te maken voor frequenties tot 100 kHz.

V.B Signaaloverdracht (zie § IV.B.4)

V.B.1 Rechtstreekse overdracht d.m.v. afgeschermd meetleidingen  
Aarding en afscherming

Voor een betrouwbare rechtstreekse signaaloverdracht is de in fig. 17 aangegeven manier van afschermen voor de in het KRL gebruikelijke tweeadrig afgeschermd meetkabels (t.b.v. differentiaalmeting) aan te bevelen (lit. 5, 6)

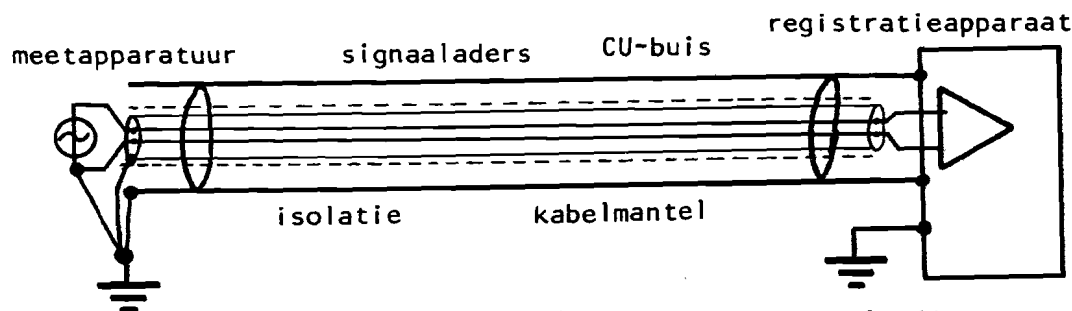


fig. 17: afschermen van een meetleiding

Elke meetleiding wordt apart in een koperen buis gelegd die in ieder geval tweezijdig is geaard (aan de uiteinden) en eventueel ook nog op meerdere plaatsen daartussen. De mantel van de meetleiding wordt éézijdig, aan de kant van het meetobject geaard.

Opm. In principe zou een stalen (niet roestvrijstalen) buis een nog betere afscherming bieden omdat de (laagfrequente) magnetische stoorveldcomponent, die sterk aanwezig is bij grote doorgaande stromen, veel minder gedempt wordt dan de elektrische. Geleidend materiaal met een hoge rel. permeabiliteit  $\mu_r$  is dus het beste. De zwakke plekken in het afschermcircuit (overgangsweerstand bij lasnaden en verbindingen naar aarde etc.) zijn echter in die mate van invloed dat relatief goedkope waterleidingsbuis als geheel evengoed voldoet als stalen buis (lit. 5 t/m 10).

Voor de vast opgestelde meetapparatuur als de stroomtrafo's en sommige spanningsdelers kan deze afscherming optimaal worden doorgevoerd.

Voor de in een kortsluitlaboratorium benodigde flexibiliteit m.b.t. het aansluiten van vast en los opgestelde meetapparatuur moet gedacht worden aan toepassing van een klemmenbord in een zgn. selectorkast. Hier worden dan ook los uitgelegde meetleidingen op aangesloten, zonder extra afscherming.

In deze gevallen, waar geen extra afschermbuis wordt gebruikt, moeten de mantels van de meetkabels tweezijdig geaard worden om hoge "common mode" stoorspanningen op de signaaladers tegen te gaan.

De configuratie is nu als weergegeven in fig. 18.

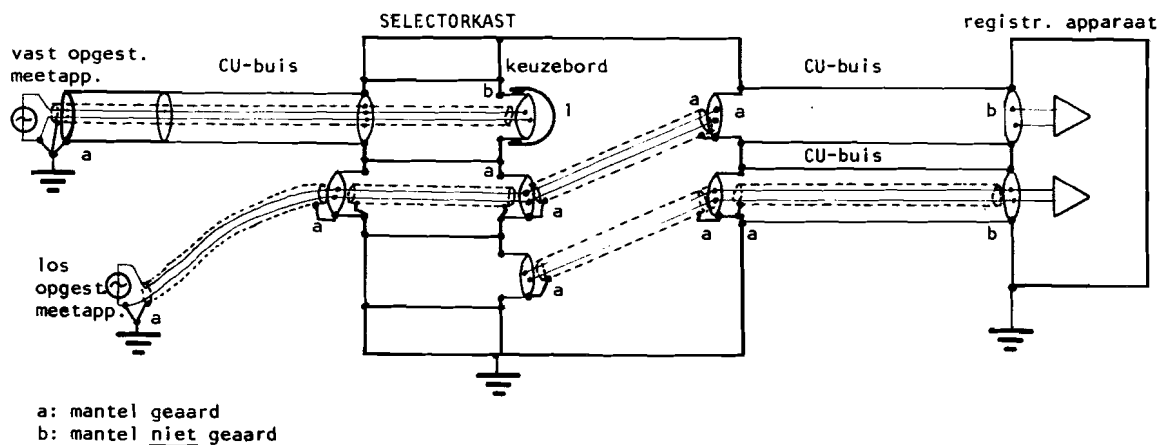


fig. 18: Principe van de aansluit- en keuzemogelijkheden bij een rechtstreekse signaaloverdracht

Alle de selectorkast binnenvoerende leidingen, rechtstreeks of via de plug op de kast, worden door afgeschermd compartimenten naar het keuzebord in de kast gevoerd.

Op dit bord kunnen de gewenste verbindingen naar de registratie-apparatuur gelegd worden via tweeadrige afgeschermd leidingen, waarvan de mantels tweezijdig geaard worden.

Op de pluggen in en op de selectorkast die niet gebruikt worden, worden goed geleidende "afscherm dopjes" gezet (plug 1 in fig. 18). De afgaande meetleidingen naar de registratie-apparatuur worden ook in koperen buizen gelegd, waardoor de mantels van de meetkabels het best éézijdig geaard kunnen worden. In die gevallen dat de niet extra afgeschermd meetleidingen (vanaf de meetapparatuur) stoor signalen opnemen, moet ter plaatse voor extra afscherming gezorgd worden door de meetleidingen in daarvoor los uitgelegde buizen te leggen.

Deze losse stukken buis moeten d.m.v. balgen op meerdere plaatsen flexibel zijn, terwijl de afscherming rondom gehandhaafd blijft. De aarding van buis en kabelmantel is dan weer als in fig. 17.

Een voorstel voor het aanleggen van de meetleidingen naar commandoruimte 1 en 2 is gegeven in Bijlage 5. In deze bijlage zijn ook de plaatsen voor de "selectorkasten" en voor de te vernieuwen meetarmdes aangegeven.

Tenslotte worden in deze bijlage ook nog de plaatsen van de registratie-apparatuur aangegeven.

De getekende dikke strip is van massief koper en wordt gevoerd als solide meetaarde waar losse meetapparatuur op geaard kan worden. De thans aanwezige aardleidingen (fig. 8, § III.D) blijven gehandhaafd als machine- en veiligheidsaarde.

Kosten voor vernieuwing van de meetleidingen naar de commandoruimten 1 en 2:

800 meter Cu buis 15 mm Ø	= f1	2.880,-
1000 meter 2-aderig afgeschermd meetkabel	= f1	775,-
Bevestigingsmateriaal	= f1	600,-
Montagekosten	= f1	9.000,-
2 Verzwakkerkasten (16-kanaals)	= f1	14.000,-
2 Selectorkasten	= f1	20.000,-
<hr/>		
	totaal f1	47.255,-

V.B.2 De glasvezeloverdracht

Geëxperimenteerd is met een glasvezeloverdrachtsysteem, fabr. DMC, type 5700 (DC - 1MHz, frequentiegemoduleerd. Specificaties in bijlage 6 en 7).

Hiervoor is als zender 1 x model 5711 ( $V_{in} = \pm 1 V$ ) en  
1 x model 5717 ( $V_{in} = \pm 10 V$ ) en als  
ontvanger 2 x model 5718 ( $V_{uit} = \pm 10 V$ ) aangeschaft.

kosten per set : f 2500,-.

Voor de glasvezelverbinding tussen zender en ontvanger zijn 4 kabels van 30 m en 2 van 2 m aangeschaft.

kosten : f 3,25/m en f 22,-/connector

Practische uitvoering

-----

De zenders worden voorafgegaan door een 1 op 1 ingangsversterker, waardoor de tamelijk lage ingangsimpedantie van de zender ( $7 k\Omega$ ) verhoogd wordt tot  $1 M\Omega$ . Ook dient de schakeling als beveiliging tegen overspanningen (de schema's van de zenderschakelingen staan in bijlage 8).

De "1V" zender wordt gevoed vanuit een dubbele accubatterij (2 x 12 V, 5 Ah) waarbij een DC-DC omvormer de 24 V omzet in  $\pm 15 V$  gestabiliseerd.

Het geheel is ingebouwd in een stalen kast van 1 mm dikte.

De 10 V zender is op een later tijdstip ingebouwd in een stalen pijp van 1,5 mm dikte met een toen weer verkrijgbare DC-DC omvormer 12 V -  $\pm 15 V$  gestabiliseerd.

Hier wordt 1 accubatterij van 5 Ah gebruikt.

De ontvangers worden gevolgd door een schakeling om hun hoge uitgangsimpedantie naar  $50\Omega$  te brengen.

Tevens wordt de amplitude van het uitgangssignaal op 1 V gebracht (schema in bijlage 8).

De voeding van de ontvangers vindt plaats via een omzetter van  $220 V_{AC}$  naar  $\pm 15 V_{DC}$  gestabiliseerd.

## Ervaringen

-----

- De voedingsspanningen van zender en ontvanger moeten gelijk aan elkaar zijn omdat anders een offsetspanning in het uitgangssignaal geïntroduceerd wordt.  
Een DC-DC omzetter bij de batterijgevoede zender is dus noodzakelijk.

Kosten : f 350,- per omzetter.

- Het zender"blokje" moet afgeschermd worden tegen de in de omzetter opgewekte stoerpulsen.
- De accubatterij voor de voeding van de "1 V"-zender levert 210 mA bij 24 V.

Die voor de "10 V" zender levert 435 mA bij 12 V. Wanneer de 1 V-zender een hele werkdag (9 uur) in bedrijf is, wordt dus 2 Ah verbruikt (4 Ah voor 10 V zender).

De levensduur (aantal ontlad- laad cycli) van de accubatterij hangt samen met de mate van ontlading :

100% ontlading	180 cycli
50% "	300 cycli
30% "	1200 cycli

Wanneer de accu's na elke werkdag bijgeladen worden is een energieinhoud van 5 Ah wel voldoende.

## Metingen

-----

Het systeem met de 10 V zender was ten tijde van het schrijven van dit verslag nog niet operationeel zodat hier geen precieze metingen aan verricht zijn. Het staat echter al vast dat de bij de zender gebruikte op-amp (CA 3100T) een te lage slew-rate heeft (25 V/ $\mu$ s) om sinusvormige signalen met een amplitude van 10 V, boven 40 KHz correct te kunnen doorgeven.

Een snellere op-amp zal dus in de 10 V zenderschakeling (bijlage 8) moeten worden ingebouwd.

De volgende metingen zijn verricht aan het glasvezeloverdrachtssysteem met de 1 V-zender :

- Stapresponsie:

De stapresponsie van het overdrachtssysteem heeft een vertraging van ongeveer 2  $\mu$ s, afhankelijk van de lengte van de glasvezelkabel (zie foto 1 en 2)

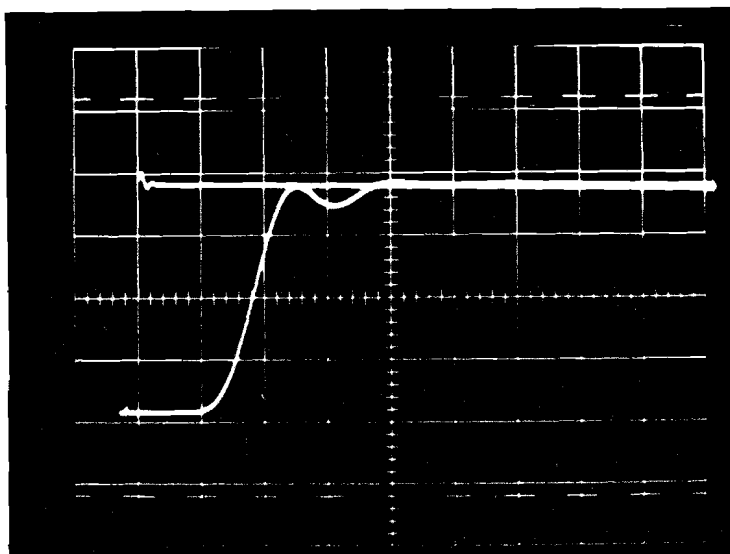


foto 1: stapresponsie  
lengte glasvezelkabel:  
2 m

x : 0,5  $\mu$ s/schaaldeel  
y : 0,5 V/schaaldeel

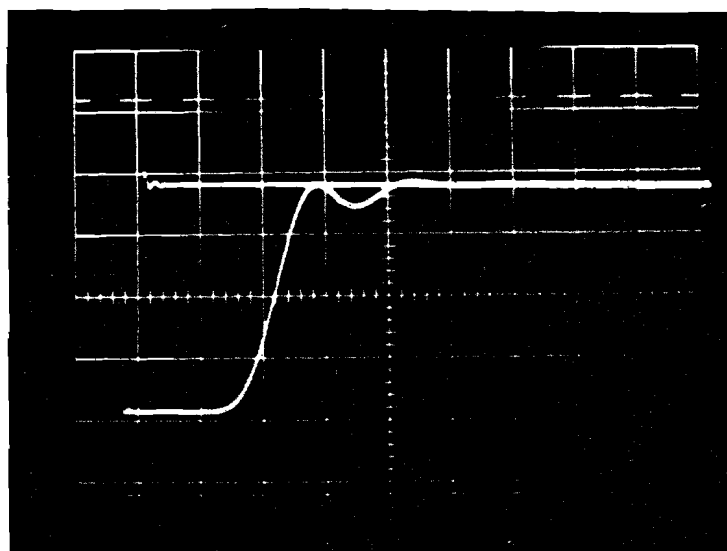


foto 2: stapresponsie

lengte glasvezelkabel:  
30 m

x : 0,5  $\mu$ s/schaaldeel  
y : 0,5 V/schaaldeel

De vertraging van de stapresponsie wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de toegepaste FM-modulatie in het systeem.

Vergelijking van foto 1 met foto 2 leert dat toepassing van de 30 meter lange kabel een extra vertraging veroorzaakt van 0,15  $\mu$ s t.o.v. de 2 meter lange kabel (28 m bij  $V = 300$  m/ $\mu$ s zou 0,1  $\mu$ s geven).

- De fase - en amplitudekarakteristiek van het systeem met 2 meter kabel staat weergegeven in fig. 19 ( $V_{in} = 0,7$  V (eff))



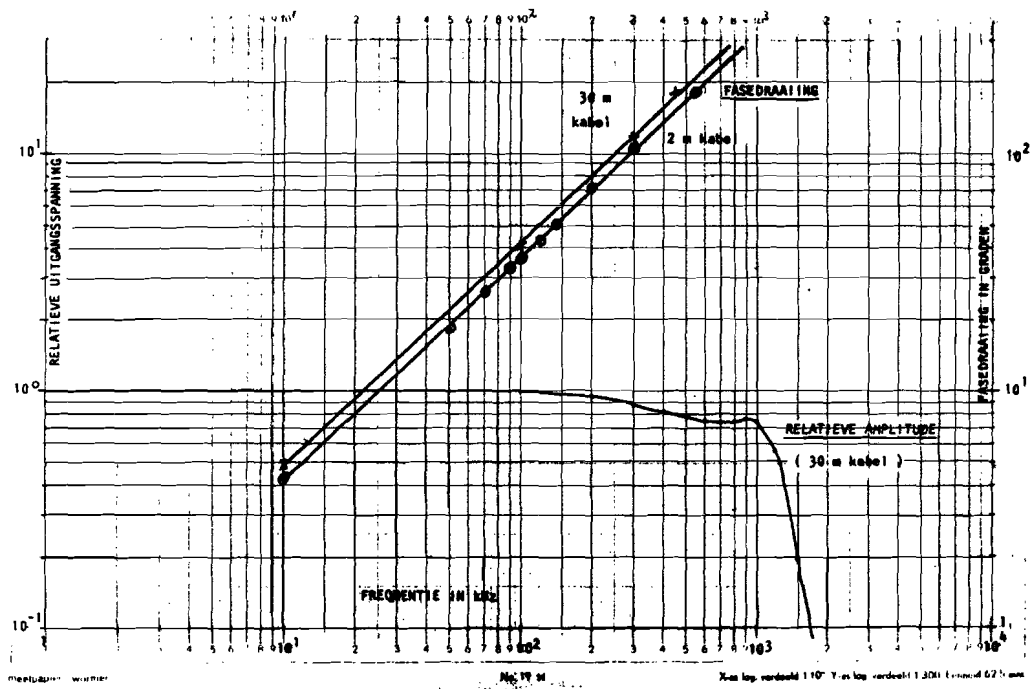


fig. 19: fase-en ampl. karakteristiek van het DMC 5700 systeem

Uit fig. 19 blijkt dat het 3dB punt van het glasvezelsysteem bij 1,05 MHz ligt.

De fasedraaiing komt voort uit een voor alle frequenties constante vertraging van 1,1  $\mu$ s (zie ook foto 3).

Door middel van aanpassen van het elektronische circuit kan de amplitudekarakteristiek (eventueel) nog wat rechter gemaakt worden tot 1 MHz.

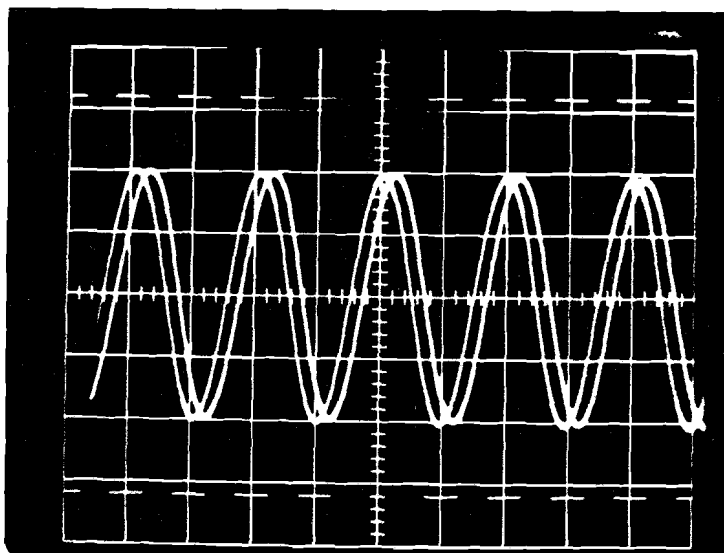


foto 3: responsie op een 100 kHz ingangssignaal

lengte glasvezelkabel: 30 m

x : 5  $\mu$ s/schaaldeel  
y : 0,5 V/schaaldeel

- Het ingangssignaal wordt begrensd bij een topwaarde van  $\pm 1,2$  V
- Het gemeten ruisniveau heeft een amplitude van 10 mV

Kosten:

De kosten van het onderzochte frequentie-gemoduleerde DMC-systeem bedragen f. 5.000,- (Hierbij zijn de materiaalkosten en arbeidsuren voor het opbouwen van de print, het maken van de afschermdende kast etc. inbegrepen).

V.B.3 Conclusies t.a.v. signaaloverdracht:

- Vernieuwen van de signaaloverdracht d.m.v. afgeschermd meet-leidingen komt wat de kosten betreft op ca. fl 1.700,- per kanaal.
- Bij deze rechtstreekse signaaloverdracht moeten, ter beveiliging van de registratieapparatuur, extra voorzieningen worden getroffen (overspanningsbeveiliging). Dit kan gecombineerd worden met de ook noodzakelijke extra ingangsverzwakkers voor de registratie-apparatuur (V in bijlage 5)
- De kosten van glasvezeloverdracht voor de galvanische scheiding bedragen:  
  
fl 5.000,- per kanaal (tot 1 MHz)
- Consequent doorvoeren van glasvezeloverdracht voor alle kanalen, ter beveiliging van de registratieapparatuur, is erg duur (16 kanalen naar c.r.1 en 10 kanalen naar c.r.2).
- Voor metingen op beproevingsspanningsniveau die met rechtstreekse signaaloverdracht niet mogelijk of veilig zijn, kan worden volstaan met 3 stroom- en 3 spanningsmetingen met galvanische scheiding. Hierdoor kan het aantal glasvezeloverdrachtssystemen beperkt blijven tot 6.
- Bij evt. nieuw aan te schaffen zenders/ontvangers van DMC kan het beste voor het 1 V type voor zender en ontvanger gekozen worden. Hogere signaalspanningen kunnen eenvoudig verzwakt worden in de ingangsschakeling voor de zender, terwijl de in de schakelingen gebruikte operationele versterkers relatief goedkoop kunnen blijven vanwege een benodigde slew-rate van maximaal 25 V/ $\mu$ s (op-amp CA 3100T; 25 V/ $\mu$ s : fl 7,60/stuk).

V.C Registratieapparatuur

Bij het zoeken naar registratieapparatuur die aan het gestelde eisenpakket (zie § IV.B.5e) kan voldoen is reeds in enige mate rekening gehouden met de gestelde eisen ten aanzien van dataverwerking en opslag (zie § IV.B.6).

De volgende apparatuur kan voldoen aan de gestelde eisen met betrekking tot het aantal kanalen en de samplefrequentie.

Vertegenwoordiging:

- |                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1) Camac systeem                      | Datalog, Waalre             |
| 2) Bakker Electronics BE256 systeem   | Intechmij, Den Haag         |
| 3) "Stand alone" transient recorders: |                             |
| - Transiscope, TS 9000 serie          | Difa, Breda                 |
| - Holda, SE 2500 serie                | Intechmij, Den Haag         |
| - Vuko, VK-MC serie                   | Air-Parts, Alphen a.d. Rijn |
| - W en W, SMR 100 serie               | Rood, Rijswijk              |
| - Datalab, DL 2000 serie              | CEC instr., Rotterdam       |
| - Krenz, TRC 4000 serie               | Positronica, Eindhoven      |

V.C.1 Camac systeem:

Het Camac systeem is geheel modulair van opzet waardoor zeer veel toepassingen mogelijk zijn. Het kan door Datalog geleverd worden als een compleet registratiesysteem met:

- ingebouwde computer
- langzame ( $f_s = 1$  MHz) kanalen en snelle ( $f_s \geq 5$  MHz) kanalen
- monitor
- apparaat voor het produceren van een oscillogram
- disc-drives voor (tijdelijke) opslag op diskette

De voordelen van Camac zijn:

- Camac is een internationale standaard waar vele fabricanten aan voldoen. Men is dus niet fabricantgebonden.
- Zowel "snelle" als "langzame" kanalen kunnen naast elkaar in één rek (crate) gebruikt worden, waardoor een vrij compact geheel ontstaat.
- Door de standaardisatie van het systeem is het mogelijk om in de toekomst nieuw ontwikkelde modules, bijv. met nog hogere samplefrequenties, toe te passen.
- Het systeem is praktisch onbeperkt uit te breiden.

De nadelen van Camac zijn:

- Alle programmatuur moet nog geschreven worden voor o.a. weergave van de te kiezen kanalen op het beeldscherm, cursorbesturing op het beeldscherm, berekeningen.
- Het bedieningsgemak is niet echt groot; veel commando's gaan via het toetsenbord, een speciaal programma moet elke keer ingelezen worden bij het opstarten etc.



- \* andere computers, met dezelfde specificaties, liggen in dezelfde prijsklasse.

### V.C.3 "Stand alone" transientrecorders:

Bij het onderling vergelijken van de "losse" transientrecorders (die allen modulair van opzet zijn) blijkt dat de prijs per opnamekanaal voor de verschillende fabrikaten niet wezenlijk verschilt. De belangrijkste specificaties van de onderzochte recorders staan vermeld in de bijlagen 9, 10 en 11. Uitgaande van de gestelde eisen, lijken twee recorders zeer geschikt voor de 10 "langzame" kanalen. Dit zijn:

- A) de Transiscope TS9016
- B) de W en W SMR110

Beiden hebben standaard een videuitgang waardoor rechtstreeks een grote monitor (prijs fl 12.000) aangesloten kan worden en/of een zogenaamde video-copier (zie § V.D.1a).

Beide recorders hebben hun voor- en nadelen.

#### A) Transiscope TS9016

- Voordelen:
- Weergave tot 8 kanalen gelijktijdig op de monitor
  - Het geheugendeel dat overeenstemt met hetgeen op het beeldscherm staat kan analoog, parallel uitgeschreven worden via een 8 kanaals DAC module, die de plaats van een kanaal inneemt.  
Prijs fl 10.000.
  - 8 kanaals digitale ingangsmodule (64k) om event-bits te registreren. Prijs f. 5.000.
  - Zeer veel rekenmogelijkheden intern aanwezig (opt.) bijv.  $I^2t$ ,  $Ult$ , differentiëren, integreren, stijgtijdbepaling, maxima tussen cursors etc.  
Prijs fl 4.500.  
Fast Fourier transformatie op 1000 punten.  
Prijs fl 5.000
  - Mogelijkheid tot uitbreiding tot 16 analoge ingangskanalen in de toekomst (Bij toepassing van de digitale ingangsmodule en de analoge uitgangsmodule: tot 14 kanalen).
  - Numerieke weergave op beeldscherm van de bij de plaats van de cursoren behorende ingangsspanningen.
  - Op scherm aangegeven aanduiding voor eventueel opgetreden oversturing bij registratie.
  - Om in oorspronkelijke eenheden te kunnen uitlezen kan met de overzetconstante van de meetapparatuur en extra verzwakkers vermenigvuldigd worden.

Het komend half jaar hoopt men nog op de markt te brengen:

- Disc-drives in apart rek boven op apparaat (2 x 500k Byte)

- Volgens mededeling van Difa zal, naast de thans toegepaste processor, een krachtige co-processor worden ingebouwd om de snelheid van berekeningen te vertienvoudigen (nu: orde 1 minuut voor 64 kW). Ook kan er dan eventueel een keyboard op aangesloten worden om vrij te kunnen programmeren in een bepaald deel van het geheugen (bijv. voor weergave op een vectordisplay of voor het aansturen van een snelle schrijver).

- Nadelen:
- Voor de zes "snelle" kanalen zijn geen modules voor een Transiscope verkrijgbaar, zodat hiervoor een andere fabrikaat transientrecorder aangeschaft moet worden.
  - Bij meerdere kanalen op het scherm zijn de signalen niet in verticale richting te expanderen.

#### B) W en W SMR110

- Voordelen:
- Naast de 1 MHz, 10 bit modules zijn ook 10 MHz, 8 bit modules verkrijgbaar (niet in één frame), zodat de bediening van de transientrecorders hetzelfde is voor zowel de "snelle" als de "langzame" kanalen (bedieningsgemak).
  - Ingebouwde disc-drives (2 x 650 kByte), waardoor het zeer eenvoudig is om een deel van het geheugen van de gewenste kanalen weg te schrijven (bijv. tussen cursoren op scherm)
  - Numerieke weergave op het beeldscherm van de bij de cursoren behorende ingangsspanningen. Voor uitlezing in oorspronkelijke eenheden kan met de overzetconstante van de meetapparatuur en de verzwakkers vermenigvuldigd worden.

Het komend half jaar hoopt men nog op de markt te brengen:

- differentiaal ingangen mogelijk
- programmeerbare analoge uitgangen voor 12 kanalen parallel

- Nadelen:
- Minder uitgebreide rekenmogelijkheden dan de Transiscope, echter nog wel voldoende voor het KRL (bijv. wel diff., int., middelen, verm., optellen; niet overshoot, stijgtijdbepaling etc.)
  - Wanneer de rekenmogelijkheden gebruikt worden (curve-analyseprogramma. Prijs fl 4.000), is slechts een kwart van de geheugenlengte te gebruiken voor registratie, dus maximaal 16 kW/kan.
  - Er zijn slechts 4 kanalen gelijktijdig op het beeldscherm te roepen, zodat het maken van een oscillogram door een videocopier niet aantrekkelijk is.
  - Het opnemen van een eventbit is niet mogelijk bij geheugendieptes van 64kW.
  - Eventuele oversturing van een kanaal tijdens de registratie wordt niet weergegeven op het beeldscherm (wel op de module zelf d.m.v. een led)
  - Geen numerieke weergave bij presentatie van 4 kanalen op het beeldscherm

- Opm. 1) Bij de nieuwe versie van de SMR serie wordt de eventuele oversturing wel op het beeldscherm aangegeven en niet meer op de module zelf
- 2) In de toekomst zijn 8 kanalen gelijktijdig op het scherm te roepen (volgens mededeling van Rood)

Prijzen voor de "langzame" kanalen ( $f_s = 1$  MHz)

	Transiscope TS 9016	W en W SMR 110
10 kan., 1 MHz, 64 kW, -10 bit -12 bit	-- f 115.000	f 113.000 --
differentiaalingangen	+ f 6.000	n.n.b. *
disc-drive (enkel)	n.n.b. *	f 7.000
analoog, parallel uit - 8 kan. - 12 kan.	f 10.000 --	n.n.b. n.n.b.
8 TTL ingangen (voor event.bits)	f 5.000	--
rekenmogelijkheden	f 4.500	4.000

\* n.n.b. betekent: "nog niet bekend"

Voor de 6 snelle kanalen ( $f_s \geq 5$  MHz) komen van de losse transient-recorders uit de bijlagen 9, 10 en 11 in aanmerking:

A) W en W, SMR 108 : 10 MHz, 64 kW/kan.

B) Krenz, TRC 4000 met ADC 20008 modules : 20 MHz, tot 256 kW/kan.

Van deze twee mogelijkheden biedt de W en W SMR 108 de meeste mogelijkheden en is bovendien het goedkoopst. De voor- en nadelen van de SMR 108 zijn dezelfde als bij de SMR 110 (voor de langzame kanalen) al vermeld.

Prijs voor de W en W, SMR 108 (voor de 6 snelle kanalen):

6 kan., 10 MHz, 8 bit, 64 kW	: f 96.000
differentiaal ingangen	: f n.n.b. *
disc-drive (enkel)	: f 7.000
analoog, parallel uit 8 kan.	: n.n.b.
rekenmogelijkheden	: f 4.000

\* n.n.b. betekent : "nog niet bekend"

#### V.C.4

##### Conclusies t.a.v. de registratieapparatuur

- Wegens de vele rekenmogelijkheden en de directe inzetbaarheid (geen jaar lang programmeren) wordt de "stand alone" transient-recorder Transiscope, TS 9016 van Difa aangeraden voor de 10 langzame kanalen.
- Om dezelfde redenen als hierboven genoemd wordt voor de 6 snelle kanalen gedacht aan de "stand alone" transientrecorder SMR 108 van W en W. Deze heeft een maximale samplefrequentie van 10 MHz.

- Van het gestelde eisenpakket (§ IV.B.5e) kan niet worden voldaan aan de hieronder vermelde eisen:

Bij de Transiscope TS 9016 :  
(voor de 10 langzame kanalen)

- gescheiden kanalen
- isolatieniveau  $2 \text{ kV}$  t.o.v. aarde
- 10 kanalen parallel op het beeldscherm (dit wordt 8 kan.)

Bij de W en W SMR 108  
(voor de 6 snelle kanalen)

- gescheiden kanalen
- isolatieniveau van  $2 \text{ kV}$  t.o.v. aarde
- verticale resolutie van 10 bits (dit wordt 8 bits)
- 6 kanalen parallel op het beeldscherm (dit wordt 4 kan.)

- Opm.
- 1) Aan deze eisen kan geen van de onderzochte apparaten voldoen (alleen Vuko tot  $300 \text{ V}$  gescheiden kanalen).
  - 2) Maatregelen ter ondervanging van deze eisen zijn mogelijk in het KRL.

- Zowel de TS 9016 als de SMR 108 zijn geschikt voor aansluiting op een extern computersysteem. Deze aansluiting kan in de toekomst altijd nog overwogen worden, wanneer er behoefte ontstaat aan een weergave op een beeldscherm\* van meer dan 8 kanalen parallel met een hogere verticale resolutie dan de bij de recorders ingebouwde beeldschermen bieden. Ook kan dan een snelle printer, met hoge resolutie, voor het produceren van een oscillogram aangesloten worden.

\* Dit beeldscherm zal dan een vectordisplay kunnen zijn als het onder punt 1 genoemde HP 1351 S display.

#### V.D. Dataverwerking en opslag (eisenpakket in § IV.B.6)

De gestelde eisen met betrekking tot

- het weergeven van de geregistreeerde signalen op een beeldscherm
- het uitvoeren van berekeningen aan de meetgegevens
- numerieke uitlezing op het videobeeld in oorspronkelijke eenheden

zijn reeds behandeld bij § V.C, registratieapparatuur, zodat hier verder niet meer op ingegaan wordt in deze paragraaf. Uit het gestelde eisenpakket (§ IV.B.6) blijven dan het snel produceren van één of meerdere oscillogrammen en het opslaan van de geregistreeerde meetgegevens op een groot achtergrondgeheugen over voor nader onderzoek.

#### V.D.1 Het produceren van een oscillogram

Voor het snel produceren van een oscillogram (hard copy) zijn de volgende mogelijkheden onderzocht:

##### a) videocopiërs

Op de videouitgang van de Transiscope en W en W transient-recorder staat een composite videosignaal (sync-puls en signaal op dezelfde bus) met dezelfde informatie als op het beeldscherm



staat. Op deze videouitgang kan een zogenaamde videocopier worden aangesloten die een hardcopy van de informatie op het beeldscherm kan maken.

Een op deze manier verkregen hardcopy bevat dan, behalve de verschillende kanalen, ook de verdere informatie van het beeldscherm als de plaats van de cursoren met de bijbehorende numerieke gegevens, triggerpunt, eventuele oversturingen bij opname etc. De volgende videocopiers zijn geschikt voor een composite video-sig-naal:

	principe	formaat kopie	orientatie X-as op papier	afdruk tijd	richtprijs	prijs/kopie
Toyo TP 95	thermisch	A4	lengte	20 s	f 9500	f 0,15
Toyo TP 75	electrosensitief (dry silver papier)	A4	lengte	24 s	f	f 0,25
Toyo TP 55	Als bij TP 75	256 x 96 mm	lengte	24 s	f 4700	f 0,20
Ramtek 4111 (Shinko)	thermisch	A4	breedte	20 s	f 15000	f 0,75
Honeywell VGR 4000	electrostatistisch (dry silver papier)	A4	lengte	16 s	f 25000	f
Siemens CHC 33	thermisch	A4	breedte	15 s	f 20000	f 0,50
Tektronix 4612	xerox grafisch	A4	breedte	25 s	f 18000	f 0,15
Tektronix 4632	fotografisch (dry silver papier)	A4	lengte	18 s	f 23000	f 0,45

tabel 32

Uit tabel 32 is de Toyo TP 95 (vert. Rood, Rijswijk) qua aanschafprijs en kosten per kopie het meest aantrekkelijk. De kopieën lijken van "gewoon" dun papier waar zeer goed op te schrijven is met pen en potlood.

Een nadeel van het toepassen van een videocopier is dat de verticale resolutie van het oscillogram bepaald wordt door het aantal geschreven lijnen op het beeldscherm van de transientrecorder. Dit aantal lijnen bedraagt slechts 300 bij de TS 9016 en 200 bij de SMR 108 zodat voor 8 onder elkaar geschreven kanalen maar 35 lijnen per kanaal beschikbaar zijn wat overeen komt met een verticale resolutie van ongeveer 3% van  $V_{tt}$ .

Voor de horizontale resolutie is het aantal horizontaal geschreven punten op het beeldscherm (500 bij de Transiscope en W en W) bepalend.

Het grote voordeel van toepassing van een videocopier is dat er zeer snel en zeer eenvoudig een afdruk op A4 formaat van de op het beeldscherm gekozen en ingestelde interessante deel van de opname gemaakt kan worden, tesamen met enkele numerieke gegevens. Wegens het A4 formaat is het oscillogram direct geschikt voor opname in het beproevingsrapport (zie bijlage 12 voor een kopie van de Toyo TP95).

b) Electrostatistische printer, de Gould ES 1000 (vert. Gould, Kortenhoeft)

Een hogere horizontale en verticale resolutie dan bij een videocopier kan voor het oscillogram verkregen worden met de Gould ES 1000 electrostatistische printer.

Verticaal : 1024 punten op 250 mm papierbreedte (4 pnt./mm)  
geeft een vert. res. van 0,8% van  $V_{tt}$  bij 8 onder  
elkaar geschreven kanalen.

Horizontaal: instelbaar d.m.v. papiersnelheid tussen 4 en  
1000 pnt./mm

De printer is modulair van opzet voor wat betreft zijn ingangskanalen en biedt vele mogelijkheden als:

- analoge ingangen
- digitale ingangen
- tekst drukken
- event markers
- trace identification
- raster

Het principe van registratie is als volgt: Het 250 mm brede papier beweegt met een bepaalde snelheid (instelbaar tussen de 1 en 250 mm/s) langs een schrijfkop, die uit een kolom van 1024 elektroden bestaat en om de 1 ms aangestuurd wordt. Gelijktijdige registratie van alfanumerieke tekens en signaaltvormen is op deze manier mogelijk.

Over het toepassen van analoge of digitale ingangsmodule voor de printer kan het volgende worden opgemerkt:

Analoge ingangsmodule:

Bij het gebruik van de analoge ingangsmodule (gevoeligheid 0,1 tot 2 V/cm) moet de in de transientrecorder in digitale vorm opgeslagen data via een aparte DAC voor elk kanaal analoog worden uitgeschreven. Vervolgens vindt in de ingangsmodule van de ES1000 weer de AD conversie plaats met een verticale resolutie van 10 bits ( $2^{10} = 1024$ ).

Behalve het feit dat deze methode erg omslachtig aandoet, kan de nauwkeurigheid van de oscillogrammen er alleen maar op achteruit gaan door de extra DA-AD omzettingen.

Opm. Rechtstreekse aansluiting van de meetleidingen op de analoge ingangsmodule van de Gould heeft voor de meeste toepassingen in het KRL geen zin. Immers, er wordt om de 1 ms een kolom punten gezet. Met minimaal 10 benodigde punten per periode geeft dit een maximaal te **analyseren** frequentie van 100 Hz.

Digitale ingangsmodule:

Bij toepassing van de digitale ingangsmodule moet, via de IEEE-488 bus, van alle (parallel) te schrijven kanalen het volgende woord uit de betreffende kanaalgeheugen van de transientrecorder aan de ES1000 aangeboden worden binnen 1 ms.

Dit woord wordt op een speciale manier gecodeerd (incl. adres binnen de ES1000 voor "trace identification") en in twee bytes overgezonden. Voor het coderen is een externe computer nodig met een groot, zeer snel toegankelijk geheugen om de serieel uitgelezen transientrecorderkanalen te kunnen bufferen en binnen 1 ms, waarin de ES1000 een kolom punten zet, van alle parallel te schrijven kanalen het volgende, opnieuw gecodeerde woord uit te zenden.

De kosten van een dergelijk computersysteem bedragen ongeveer fl 50.000 waar alle programmeerkosten dan nog bij komen (zie § V.C.2).

Omdat de data in digitale vorm wordt overgezonden, worden met deze methode tijdens de opname geen fouten meer geïntroduceerd na de AD-conversie in de transientrecorder.

Het externe computersysteem kan ook nog gebruikt worden om

- tekst te drukken op het oscillogram (via de M200 character-board module)
- parameters te printen
- eventuele extra berekeningen uit te voeren
- numerieke uitlezing te berekenen en bij te printen
- het triggertijdstip aan te geven van de snel ( $f_s > 5$  MHz) en langzaam ( $f_s = 1$  MHz) opgenomen kanalen
- het tijdstip en de tijdsduur van de snelle kanalen t.o.v. de langzame aan te geven

Prijzen van de Gould ES1000:

Basisconfiguratie	fl 35.000
Analoge ingangsmodule (4 kanaals) SP 400	fl 7.300
Digitale ingangsmodule (4 kanaals) IT 164	fl 5.600
M 200 characterboard	fl 6.700
IEEE-488 bus IT 488	fl 2.500
Prijs per kopie van 50 cm lengte	fl 0,50

c) UV-recorder

Evenals bij de onder punt 1.b behandelde electrostatische printer kan ook met een UV-recorder een betere resolutie verkregen worden dan bij een videocopier.

De verticale resolutie is afhankelijk van de gekozen papierbreedte per kanaal en wordt bepaald door de afleesnauwkeurigheid van de nu in analoge vorm aangeboden en geschreven data; stel bijvoorbeeld de afleesnauwkeurigheid op 0,5 mm en de beschikbare papierbreedte op 5 cm per kanaal. De verticale resolutie is dan 1% van  $V_{tt}$ .

De horizontale resolutie is afhankelijk van de papiersnelheid die tot enkele meters per seconde kan zijn.

De volgende UV-recorders zijn nader bestudeerd (tabel 33):

Fabrikaat	Thorn EMI	Honeywell		
type	SE 6300	1858 Visicorder		
registratieprincipe	galvanometers	fiberoptiek		
papiersnelheden	0,5 tot 5000 mm/s in 13 stappen	2,5 tot 3000 mm/s in 42 stappen		
papierbreedte	200 of 300 mm	200 mm		
bandbreedte	afh. van toegepaste galvanom. 1 tot 8 kHz	5 kHz		
ingangsmodule	galvanometers	1882	1883	1884
gevoeligheid	afh. van ,,	0,04 tot 40 V/cm	0,02 tot 0,4 V/cm	0,4 V/cm
max. aantal kanalen in mainframe	24	9	18	18
prijs / kanaal	f 635	f 3950	f 1590	f 1340
prijs mainframe	f 28000	f 38730		
Totaal voor 16 kan.	f 38200	--	f 64170	f 60170
prijs / kopie (50 cm)	f 1,35	f 1,35		
prijs voorschakelapparaat	f 25000	--		
Vertegenwoordiging	Intechmij, Den Haag	Honeywell, Amsterdam		

tabel 33

De Honeywell 1858 visicorder heeft t.o.v. de EMI SE 6300 als grote voordeel dat geen (gevoelige) galvanometers toegepast worden. Hierdoor wordt de robuustheid van het apparaat sterk vergroot. Bij de SE 6300 is echter een papierbreedte van maximaal 300 mm te gebruiken waardoor de verticale resolutie beter is dan bij de visicorder die slechts 200 mm breed papier kan verwerken. Vooral om deze laatste reden gaat de voorkeur uit naar de SE 6300. (Bovendien is bij de SE 6300 de projectie van de lichtstralen van buiten het apparaat zichtbaar, wat handig is bij het instellen van de te schrijven kanalen).

d) Voordelen van de ES 1000 electrostatische printer t.o.v. de UV-recorder

- prijs per kopie is 63% lager (verschil is fl 0,85 per kopie)
- meer mogelijkheden m.b.t. het printen van parameters, tijd, datum, event. markers etc.
- weergave van alleen de gemeten punten, dus eerlijker

e) Nadelen van de ES 1000 t.o.v. UV-recorder

- Wegens zijn zeer beperkte "bandbreedte" tot 100 Hz is de ES 1000 ongeschikt voor rechtstreekse toepassing in de meetopstelling, hetgeen soms noodzakelijk is (bijv. metingen bij klanten).

Een UV-recorder (bandbreedte groter dan 1 kHz) kan voor dit soort toepassingen wel worden gebruikt.

- Een vergelijkbare configuratie (16-kanaalsuitvoering) van de ES 1000 en de SE 6300 UV-recorder geeft voor de ES 1000 een prijs van fl 65.000 tegen fl 38.000 voor de SE 6300 (Beiden zonder voorschakelapparaat).

f) Conclusies t.a.v. het produceren van een oscillogram

- I.v.m. efficiency kan voor standaard oscillogrammen het beste gekozen worden voor de videocopier Toyo TP 95 (Snelle representatie, handzaam A4 formaat van de kopie, zeer lage prijs per kopie, lage aanschafprijs, numerieke weergave van de bij de 2 cursoren behorende waarden).

- Oscillogrammen voor meer fundamenteel onderzoek vergen een hogere resolutie dan d.m.v. een videocopier mogelijk is. Hier moet gedacht worden aan de Gould ES 1000 electrostatische printer of aan de UV-recorder SE 6300 van EMI.

I.v.m. de tevens benodigde rechtstreekse toepassingsmogelijkheid in de meetopstelling, zowel in het KRL als daarbuiten, en het verschil in aanschafprijs (85%), geniet de UV-recorder de voorkeur.

- Totaal moet dus voor het produceren van een oscillogram aan een investering van fl 72.500 gedacht worden (fl 9.500 voor de videocopier en f 63000 voor de UV-recorder met voorschakelapparaat).

V.D.2 Opslag

a) Definitieve opslag

Zoals in § IV.B.6 al is opgemerkt blijft de definitieve opslag van de meetgegevens in de vorm van oscillogrammen (en rapporten) in ordners.

b) Tijdelijke opslag

Tijdelijke opslag van het interessante deel van de geregistreeerde signalen, tesamen met de instelgegevens van de transient recorders, kan het makkelijkste via de bij de transient recorders optionele disc-drives op diskette.

Zowel de Transiscope als de W en W transient recorder kunnen per diskette ongeveer 500 k Byte opslaan.

De snelheid van wegschrijven op diskette is voor de W en W SMR recorders:

12 kanalen van 64 kW : 12 minuten (2 drives nodig)

12 kanalen van 32 kW : 4 tot 7 minuten (1 drive voldoende)

Bij gebruik van de volle 64 kW per kanaal bij een registratie zal het interessante deel van de signalen meestal toch niet meer dan 16 à 32 kW bedragen, zodat een enkele drive wel voldoende is.

Voor de Transiscope TS 9016 zijn nog geen tijden bekend, maar deze zullen waarschijnlijk in dezelfde orde van grootte liggen als bij de W en W.

Wanneer echter de coprocessor (68000) wordt ingebouwd in de Transiscope kunnen de wegschrijftijden naar diskette nog tot 10 keer worden bekort (volgens mededeling van Difa).

Prijs van een dubbele drive	: fl 9.000	bij W en W (bij Transiscope
enkele drive	: fl 7.000	nog niet bekend)
Prijs per diskette	: f. 15	

c) Conclusie t.a.v. (tijdelijke) opslag:

Tijdelijke opslag op diskette, nodig voor studie en eventuele herberekeningen vergt per transientrecorder een bedrag van f. 7.000 voor een enkele disc-drive.

VI ADVIES VOOR DE VERNIEUWINGEN VAN HET DATA-ACQUISITIESYSTEEM IN HET KRL

Het advies omvat de vernieuwing van de meet- en registratieapparatuur, van de signaaloverdracht en van de dataverwerking en opslag.

De hiervoor benodigde investeringsbedragen zijn gespreid over drie fasen van aanschaf.

Het advies is gebaseerd op drie fundamentele eisen, te weten:

- 1) Meten en registreren van transiente schakelverschijnselen tot 100 kHz (huidige IEC eis)
- 2) Meten en registreren van transiente schakelverschijnselen tot minimaal 1 MHz (fundamenteel onderzoek)
- 3) Automatisering van dataverwerking (efficiency verhoging)

Aan de hand van de in hfdst. V gestelde conclusies is het onderstaand investeringsprogramma opgesteld, waarbij de noodzakelijkheid van aanschaf de volgorde van het programma bepaalt. Echter, voor de posities 1, 3, 4 en 5 geldt dat deze niet los van elkaar gezien kunnen worden.

Pos		Te investeren bedrag maal fl 1000			
		Plaats in KRL	fase 1	fase 2	fase 3
1	<u>Registratieapparatuur</u> <u>Transientrecorder</u> type: Transiscope TS 9016 met - 10 kan., fs=1 MHz, diff.in - 8 kan. (TTL) module - analoge uitgangsmodule (8 kan.) - rekenmogelijkheden - disc-drive fabr. en lev.: Difa, Breda - Scheidingstransformator	Comm r.1 Comm r.2	147,5	147,5	
2	<u>Transientrecorder</u> type: W en W SMR 108 met - 6 kan., fs=10 MHz - rekenmogelijkheden - disc-drive fabr: W en W, lev: Rood, Rijswijk	Comm r.1			106
3	<u>Hard copy apparatuur</u> <u>Videocopier</u> fabr. en type: Toyo TP 95 lev.: Rood, Rijswijk	Comm r.1 Comm r.2	9,5	9,5	
4	<u>UV-recorder</u> fabr. en type: EMI - SE 6300 met - 16 kan. 2 kHz galvanometers - 16 kan. voorschakelapparaat (signalconditioner) lev. Intechmij, Den Haag	mobiel	63		
5	<u>Signaaloverdracht</u> Rechtstreekse overdracht d.m.v. afgeschermdede meetleidingen incl. - selectorkast - verzwakker - installatiekosten fabr./install.: Hazemeyer	Bepr. cel 1, 2 en 3	47		
6	2 aardes slaan	Bepr. cel 1 en 2/3	5		



Pos		Plaats in KRL	Te investeren bedrag maal fl 1000		
			fase 1	fase 2	fase 3
7	<u>Vervolg Signaaloverdracht</u> Glasvezeloverdrachtsysteem fabr. en type: DMC-5700 incl.: - 4 zenders/ontvangers - 4 glasvezelkabels van 30 m - inbouwkosten lev. Intechmij, Den Haag	Mobiel		20	
8	<u>Meetapparatuur</u> 6 spanningsdelers 1800 V, 100 kHz fabr. HH, LI 287	Bepr. cel 1	3		
9	3 stroomtransformatoren voor stroommeting tot 1000 A, 500 kHz fabr. en type: Pearson 301X lev. Ohmtronics, Tilburg	Mobiel	12,5		
10	3 stroomtransformatoren voor stroommeting tot 10 kA, 50 kHz fabr. en type: Pearson 1330 lev. Ohmtronics, Tilburg	Mobiel		18,5	
11	1 stroomtransformator voor stroommeting tot 1000 A, 50 kHz fabr. en type: Pearson 3025 lev. Ohmtronics, Tilburg	Bepr. cel 3 (W.D.)		4,5	
12	6 spanningsdelers voor meting tot 100 kV, 500 kHz (10 MHz) fabr. en type: Hilo-Test lev. : Hilo-Test				66
<u>Totaal te investeren per fase van aanschaf:</u>			289,5	202	172

LITERATUUR

- 1) Heuvel, W.M.C. van den et al.  
INTERRUPTION OF SMALL INDUCTIVE CURRENTS  
Elektra nr.72 (1980), p.73 - 103 en  
nr.75 (1981), p. 5 - 30
- 2) Schwab, A.J.  
HOCHSPANNUNGSMESSTECHNIK  
Berlin: Springer (1969)
- 3) Krop, F.M.J.  
HET ONTWERP VAN EEN SERIE SHUNTS VOOR HET METEN VAN GROTE STROMEN  
TIJDENS DE NULDOORGANG  
vakgroep EH0, afdeling der Elektrotechniek, Technische Hogeschool  
Eindhoven (1970)  
Stageverslag EH - 70 - S39
- 4) Heuvel, W.M.C. van den  
CURRENT ZERO MEASUREMENT IN CIRCUITBREAKER INVESTIGATION  
Proc. IEEE, High Power Testing, 71 C 57-PWR (1971)
- 5) Wilhelm, J. et al.  
ELEKTROMAGNETISCHE VERTRÄGLICHKEIT (EMV)  
Württ.: Expert (1981) , Band 41
- 6) Anders, R. en I. Trulsson  
ELECTRICAL INSTALLATION DESIGN PROCEDURES FOR MINIMAL INTERFERENCE  
IN ASSOCIATED ELECTRONIC EQUIPMENT  
ASEA AB (1981)
- 7) Warlich, B.S. et al.  
STOORSPANNINGEN IN ONDERSTATIONS EN MAATREGELEN TER BESTRIJDING  
Deel I: theorie  
Deel II: praktijk  
Rapport, Werkgroep Stoorspanningen in onderstations van de commissies voor  
Beveiligingsvraagstukken en Telecommunicatievraagstukken  
VDEN (1982)

- 8) Sevat, P.H.A.  
DE BESTRIJDING VAN STORINGEN  
PT Elektrotechniek / Elektronica 39 (1984) nr.3, p.33 - 39
- 9) Goedbloed, J.J.  
ANALYSE VAN STOORPROBLEMEN  
PT Elektrotechniek / Elektronica 39 (1984) nr.3, p.26 - 29
- 10) Laan, P.C.T. van der  
AFSCHEMINGSASPECTEN VAN DE KEMA-HOOGSPANNINGSKOOI  
Advies uitgebracht in het kader van het THE-KEMA contract van 18-11-1982
- 11) Heuvel, W.M.C. van den en W.F.J. Kersten  
VOLTAGE MEASUREMENT IN CURRENT ZERO INVESTIGATIONS  
vakgroep EHO, afdeling der Elektrotechniek, Technische Hogeschool  
Eindhoven (1969)  
TH-Report 69 - E - 07
- 12) Damstra, G.C.  
SYNTHETIC TESTING TECHNIQUES FOR THREE- PHASE MAKING TESTS  
Holectechneik '73-3 (1973), p.140 - 144
- 13) Damstra, G.C. en B. Griesen  
EXTENSION OF THE HAZEMEYER SHORT-CIRCUIT LABORATY  
Holectechneik '74-2 (1974), p.51 - 57

BijLAGE 1: Instellings en beproevingsrapport

<b>HAZEMEYER B.V.</b> Kortsluitlaboratorium		<b>INSTELLINGS- en BEPROEVINGSRAPPORT Nr.</b>				Laboratoriumrapport Nr.	
Schakelcyclus							
Aansluiting proefobject	voeding						
	schema	Nr.					
Gewenste instelling	E <sub>eff</sub> gek.		V				
	I <sub>eff</sub>		A				
	cos φ	L/R					
Belasting	voor	smoorspoel					
	achter	smoorspoel weerstand					
Stroomsterkte meting	shunts						
	stroomtrafo's						
Spannings meting	spanningsdeler						
	spanningstrafo						
Proef en Oscillogram		Nr.					
Instelling van de oscillograaf	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Stootweerstand							
Datum							
Tijd							
Beproevingresultaat							
Instelling van de contactwals	C	Functie					
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
20							

**BIJLAGE 2: Overzicht zwaarste IEC-eisen**

	VERMOGENSSCHAKELAARS			LASTSCHAKELAARS		SMELTVEILIGHEDEN	
	Laagspanning	Hoogspanning		Laagspanning	Hoogspanning	Laagspanning	Hoogspanning
Te <u>METEN</u> SPANNING	$\leq 1000$ V; 5 kV	a: cel 1 en 3 b: cel 3 a) 3,6 - 24 kV; 100 kV b) 36 - 72,5 kV; 200 kV		$\leq 1000$ V; 2,5 kV	3,6 - 24 kV; 100 kV	$\leq 1000$ V; 5 kV	3,6 - 24 kV; 100 kV
Te <u>METEN</u> STROOM	$\leq 100$ kA; 200 kA	$\leq 40$ kA; 100 kA		$\leq 100$ kA; 200 kA	$\leq 25$ kA; 62,5 kA	$\leq 100$ kA	$\leq 10$ kA
Cyclus - tijd - frequentie	D- 1 s - 50 Hz C- 0,4s- 50 Hz O- 0,3s- 50 Hz CO- 0,5s- 50 Hz CO, t, CO (25x) t= 15s	D- 3s- 50 Hz idem idem idem O, t, CO-0,8s -50 Hz;t=0,3s		D- 1s- 50 Hz idem idem idem CO, t, CO (10x) t= 30s	idem idem idem idem CO, t, CO (20x) t= 1 min.	0: 2I <sub>n</sub> $\leq$ 30 min.- 50 Hz 3I <sub>n</sub> $\leq$ 60s-50 Hz 5I <sub>n</sub> $\leq$ 10s-50 Hz omsch.tijd 5s- 50 Hz boogtijd 0,5s- 3 kHz kapstroom 20 ms- 50 kHz	2I <sub>n</sub> $\leq$ 60 min.- 50 Hz idem idem idem idem
TRV: $\bar{U}$ - tijd- freq.	5 kV- 20 ms- 50 kHz	44 kV- 20 ms- 50 kHz 133 kV- 20 ms- 20 kHz		2,5 kV- 5 ms- 100 kHz	44 kV- 20 ms- 50 kHz	5 kV- 20 ms- 50 kHz	75 kV- 20 ms- 50 kHz
Te <u>REGISTREREN</u> spanningssignaal t.b.v.:							
Spanningsmeting met delers	0,1- 20 V; 50 V	a) 1- 50 V; 100 V b) nog niet in voorzien		0,1- 10 V; 25 V	1- 50 V; 100 V	0,1- 10 V; 50 V	1- 50 V; 100 V
Stroommeting met shunts	0,1 - 2 V; 10 V	0,1 - 4 V; 10 V		0,1- 2 V; 10 V	0,1- 0,5 V; 1,4 V	0,1- 2 V; 10 V	0,1- 1 V; 10 V
met trafo's	0,1 - 6 V; 15 V	0,1- 40 V; 60 V		0,1- 6 V; 15 V	0,1- 5 V; 12,5 V	0,1- 6 V; 15 V	0,1- 6 V; 15 V
<u>POTENTIAAL</u> t.o.v. aarde van het te registreren signaal bij:							
Spanningsmeting	aardniveau	aardniveau		aardniveau	aardniveau	aardniveau	aardniveau
Stroommeting met shunts met trafo's	1000/ $\sqrt{3}$ V aardniveau	24/ $\sqrt{3}$ kV aardniveau		aardniveau aardniveau	24/ $\sqrt{3}$ kV aardniveau	1000/ $\sqrt{3}$ V aardniveau	aardniveau aardniveau
SIGNAALVERHOUDING	100/1	100/1		100/1	100/1	100/1	100/1
SIGNAALOVERSTURING	5- 10 x	5- 10 x		5- 10 x	5- 10 x	5- 10 x	5- 10 x
<u>AANTAL</u> signalen te registreren:							
vanuit	cel 1 en 2	cel 1	cel 3 (W.D.)	cel 1 en 2	cel 1	cel 1 en 2	cel 1
stroom	3	3	1	3	3	2 (I+I <sub>boog</sub> )	2
spanning: over/achter/voor	3/ -/ -	-/ 3/3	1/ -/ -	3/ -/ -	-/ 3/ 3	1/ -/ -	1/ -/ -
boogspanning	-	-	1	-	-	1	1
beproevingsspanning	1	1	1	1	1	1	1
verplaatsingskromme	1	1	1	1	1	-	-
kommando in/uit	1 / 1	1 / 1	- / -	- / -	- / 1	- / -	- / -
ref. sign. of tijd-basis	1	1	1	1	1	1	1
I <sup>2</sup> t / EIt	-	-	-	-	-	1 / 1	1 / 1
TOTAAL	10 / 11	14	8	9	13	8	8
Volgens IEC	157, 439	56	427	408	265, 420	269	282

### BIJLAGE 3: Formules voor het dimensioneren van een shunt (lit.3)

De gebruikte symbolen m.b.t. het dimensioneren van de shunts staan hieronder gegeven:

$\alpha$	-	temperatuurcoëfficiënt van het weerstandsmateriaal	$L_2$ (H)	zelfinductie van de shunt over de meet-aansluiting
$\gamma$	-	thermische uitzettingscoëfficiënt van het weerstandsmateriaal	$M_{sh}$ (kg)	massa van de weerstandscilinder
$\delta_0$ (m)		dikte meetgeleider	$n$	relatieve onnauwkeurigheid van de shunt
$\delta_1$ (m)	,,	weerstandscilinder	$r_i$ (m)	inwendige straal van de weerstandscilinder
$\delta_2$ (m)	,,	retourgeleider	$r_u$ (m)	uitwendige ,, ,, ,, ,,
$\Delta_1$ (m)	,,	keramische isolatiecilinder	$R_{im}$ (m)	inwendige straal van de meetgeleider
$\Delta_2$ (m)		breedte van de spleet tussen weerstandscilinder en retourgeleider	$R_{um}$ (m)	uitwendige ,, ,, ,, ,,
$\rho$ ( $\Omega m$ )		soortelijke weerstand van het weerstandsmateriaal	$R_{ir}$ (m)	inwendige straal van de retourgeleider
$c_p$ (J/kgK)	,,	warmte ,, ,, ,,	$R_{ur}$ (m)	uitwendige ,, ,, ,, ,,
$D$ (m)		diameter van de weerstandscilinder	$R_{sh}$ ( $\Omega$ )	weerstand van de shunt
$\Delta D$ (m)		verandering van de diameter bij verwarming	$\Delta R_{sh}$ ( $\Omega$ )	verandering van de weerstand bij verwarming
$I_{eff}$ (A)		effectieve waarde van de stroom door de shunt	$s$ ( $kg/m^3$ )	soortelijke massa
$l$ (m)		lengte van de weerstandscilinder	$T_s$ (s)	stijgtijd van de shunt
$\Delta l$ (m)		verandering van de lengte bij verwarming	$\Delta T$ (K)	temperatuursverhoging van de weerstandscilinder bij adiabatische verwarming
$L_1$ (H)		zelfinductie van de shunt over de stroomklemmen	$W_{sh}$ (J)	aan de shunt toegevoerde energie gedurende de tijd $t'$

De uitgangspunten voor het dimensioneren van een shunt zijn:

- Welke weerstandswaarde  $R$  ?
- Welke stroom moet de shunt gedurende welke tijd kunnen voeren ?
- Wat is de hierbij toegestane temperatuursverhoging van de shunt ?
- Hoe groot moet de (relatieve) nauwkeurigheid zijn ?
- Welke maximale waarde mogen de zelfinductie over de stroomklemmen ( $L_1$ ) en die over de meetaansluiting ( $L_2$ ) van de shunt zijn ?

Voor de in fig. 16 (par. V.A.1c) gegeven configuratie kunnen onderstaande formules worden gebruikt voor het berekenen van de afmetingen van de weerstandsbuis:

WEERSTAND: 
$$R_{sh} = \frac{\rho l}{\pi D \delta_1} = K_1 \cdot \frac{l}{D} \quad \text{met } K_1 = \frac{\rho}{\pi \delta_1} \quad (1)$$

MASSA: 
$$M_{sh} = s \pi D \delta_1 l = K_2 \cdot D \cdot l \quad \text{met } K_2 = s \pi \delta_1 \quad (2)$$

$$\Delta T = \frac{W_{sh}}{M_{sh} \cdot c_p} = \frac{W_{sh}}{D \cdot l} \cdot K_3 \quad \text{met } K_3 = \frac{1}{s \pi \delta_1 c_p} \quad (3)$$

$$W_{sh} = (I_{eff})^2 \cdot R_{sh} \cdot t' \quad (4)$$

$$n = \Delta R_{sh} / R_{sh} = \alpha \Delta T \quad (5)$$

$$\Delta l / l = \Delta D / D = \gamma \Delta T \quad (6)$$

$$T_s = 0,237 \cdot \frac{\mu_o \mu_r \delta^2}{\rho} \quad (7)$$

$$\text{Bandbreedte } B = \frac{0,35}{T_s} \quad (8)$$

De overige afmetingen van de shunt worden bepaald uit de eisen aan de zelfinductie tussen de

- stroomklemmen:  $L_1 = \frac{\mu l}{2\pi} \cdot \left[ \frac{\delta_1}{3 r_i} + \frac{\Delta_2}{r_u} + \frac{\delta_2}{3 R_{i_r}} \right] \leq 0,05 \mu H$  (9)  
eis (lit.3)

- meetaansluiting:  $L_2 = \frac{\mu l}{2\pi} \cdot \left[ \frac{\delta_o}{3 R_{i_m}} + \frac{\Delta_1}{R_{u_m}} + \frac{\delta_1}{3 r_i} \right] \leq 0,008 \mu H$  (10)  
eis (lit.3)

In dit verslag is uitgegaan van het weerstandsmateriaal Inconel 600.

samenstelling : 15% Cr, 8% Fe, rest Ni			
soort.massa	S	8,51 x 10 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
soort.warmte	c <sub>p</sub>	0,109	kcal/kg°C 1 cal.= 4,187
soort.weerstand	ρ	0,98 x 10 <sup>-6</sup>	Ω m
temp.koëff.weerst.	α	0,125 x 10 <sup>-3</sup>	
therm.uitz.koëff.	γ		
	20- 100 °C	12,3 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 200 °C	12,9 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 300 °C	13,5 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 400 °C	13,9 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 500 °C	14,3 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 600 °C	14,85 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 700 °C	15,6 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 800 °C	16,3 x 10 <sup>-6</sup>	
	20- 900 °C	17,0 x 10 <sup>-6</sup>	
	20-1000 °C	17,6 x 10 <sup>-6</sup>	
max.bedrijfstemp.		1095	°C

BIJLAGE 4: Constructie van de shunt (lit.3)

Voor de constructie van de shunt levert het weerstandslichaam de grootste problemen op. Het moet namelijk uit een betrekkelijk dunne plaat gerold worden (0,6 mm), en mag toch maar een geringe onrondheid en kromming vertonen i.v.m. de nauwe passing in de retourgeleider. Daarnaast mag de naad niet over de hele lengte dichtgelast worden, omdat die lasnaad een andere soortelijke weerstand zal hebben dan Inconel. De stroom zou zich in dat geval niet meer homogeen over de cilinderomtrek verdelen. Bovendien vergroot zo'n lasnaad de kans op kromtrekken. Daarom wordt de volgende constructie voorgesteld:

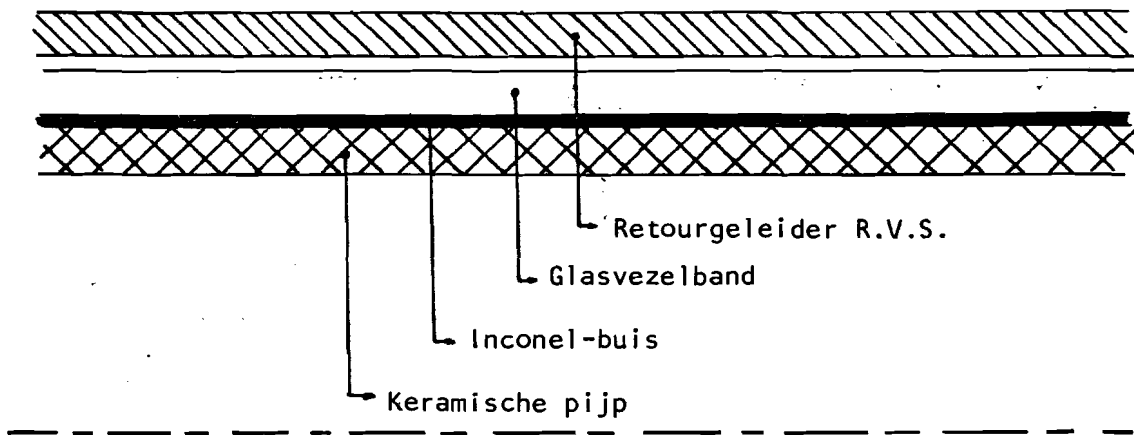


Fig. 4-1: Constructie deel van de shunt

De weerstandsbuis wordt om een keramische pijp geklemd door hem met een glasvezelband of koord strak te omwikkelen. De keramische pijp en het glasvezel vormen een goede, hittebestendige isolatie tussen de drie cilinders: meetgeleider, weerstandsbuis en retourgeleider. Over de omwikkelde buis kan een passende buis geschoven worden (de retourgeleider).

De constructie van de gehele shunt wordt nu als weergegeven in fig. 4-2:



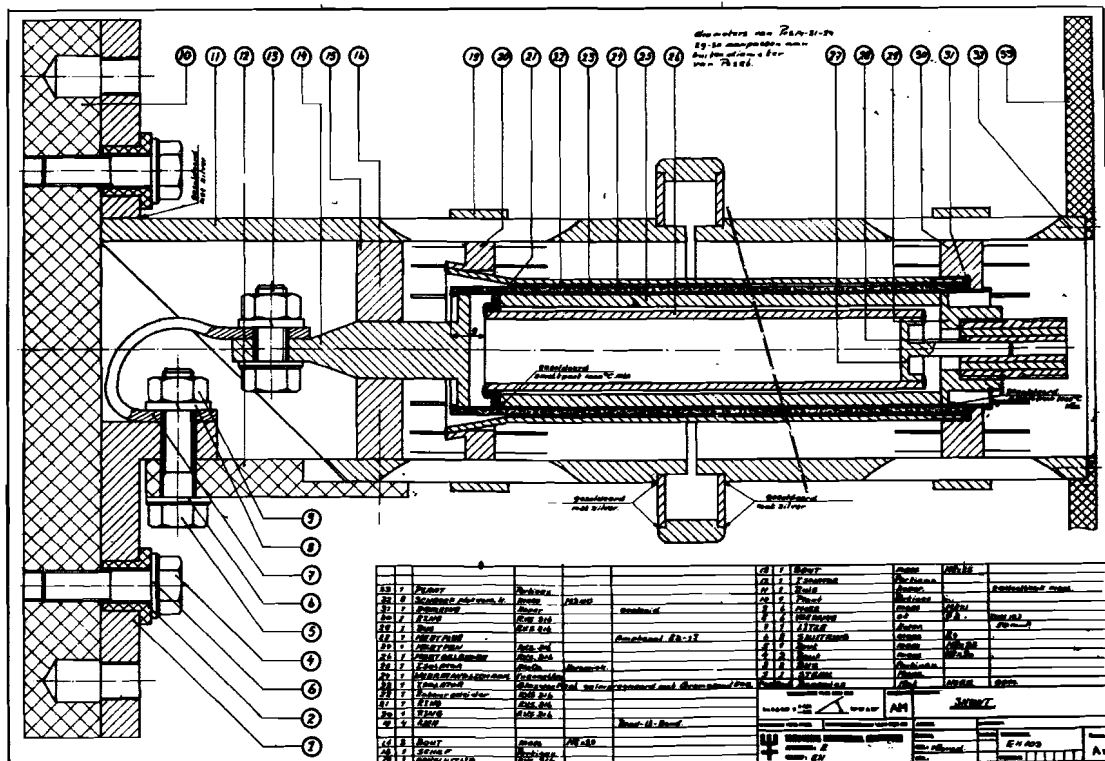


Fig. 4-2: Constructietekening van de shunt

**MATERIAALKEUZE:** De meeste onderdelen zijn vervaardigd uit roestvrij staal (R.V.S) omdat dit materiaal veel overeenkomsten vertoont met Inconel 600. Dit is nodig om een goede lasverbinding te kunnen maken. Daarnaast zullen de optredende thermospanningen dan gering zijn.

**Afschermbuis:** Deze dient op de eerste plaats om de shunt af te schermen tegen uitwendige velden. hij is dan ook tamelijk dik en van goed geleidend materiaal (koper). Tevens dient hij bij lage frequenties als retourgeleider.

Om de shunt gemakkelijk demonteerbaar te maken worden de ringen (30) en (20) ingeklemd, waartoe in de afschermbuis (11) zaagsneden zijn gemaakt. Om de ringen op de goede plaats te houden is er een boutje aangebracht tegenover de zaagsnede.

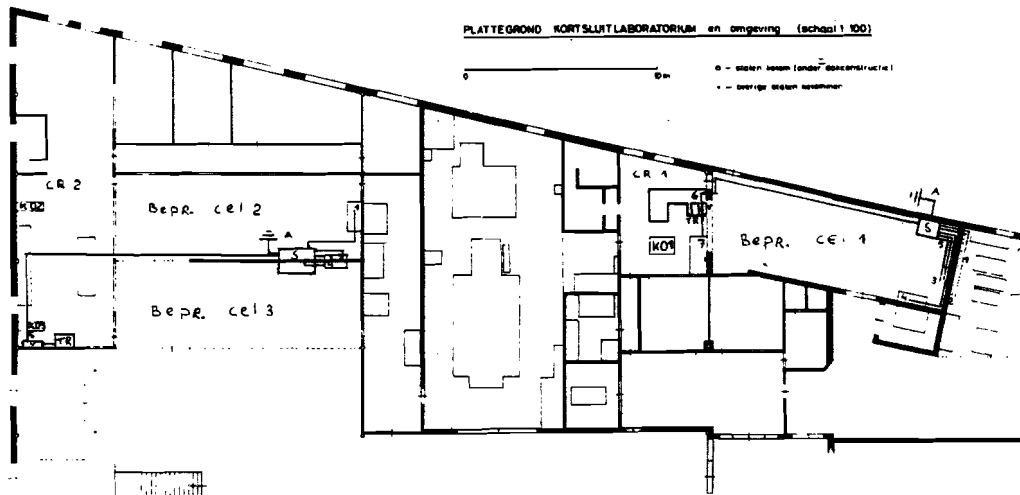
De uitzetting van de shunt ((6) uit bijlage 3) is zo groot dat er rekening mee gehouden moet worden bij de constructie.

De uitzettingskracht wordt in radiale richting opgevangen door de (sterke) retourgeleider. In de lengterichting moet er voor gezorgd worden dat de weerstandsbuis kan uitschuiven (bij shunt voor pos. 11.a:  $325 \cdot 50 \cdot 12,3 \cdot 10^{-6} = 2,0 \text{ mm}$ ). Vandaar dat de stroominvoer (14), door de soepele Litze-verbinding (7), vrij in de pertinax ring (15) kan schuiven. De uitzetting van de retourgeleider (22) wordt opgevangen door de balg (31).

De meetspanning moet inwendig van de weerstandsbuis op enige afstand van de uiteinden worden afgenomen, om randeffecten zoveel mogelijk uit te sluiten. De verbinding op die moeilijk gelegen plaatsen moet elektrisch toch zeer goed zijn. Daarom worden de bus (29) en de ring (21) hoogfrequent gesoldeerd. Daarvoor is het nodig dat op die plaatsen de Inconel-buis wordt dichtgelast. De overige te lassen verbindingen zijn zo gemaakt dat de verschillende delen wat betreft materiaaleigenschappen en afmetingen op de plaats van de las ongeveer gelijk zijn.

Voor de keramische pijp en de R.V.S.-retourgeleider is men gebonden aan standaardmaten. Bij iedere shunt moet een combinatie gezocht worden, zodanig dat de buitendiameter van de keramische pijp ongeveer 5 mm verschilt met de binnendiameter van de R.V.S.-pijp.

**BIJLAGE 5: Voorstel voor de plaatsing van de nieuwe meet-  
leidingen**



Te vernieuwen meetleidingen in KRL

1. Bepr. cel 1 - Comm. R1

No	Meetleiding naar	Aantal	Lengte/m	Aantal muurdoorvoeringen
1	spanningsmeting 24 kV	3	3x12,3=36,9	1x3
2	spanningsmeting 10 kV	3	3x12= 36	1x3
3	spanningsmeting 550 V	3	3x5 = 15	
4	stroomeeting 550V	3	3x7,5= 22,5	
5	stroomeeting 24 kV	3	3x3,1= 9,3	
6	verzwakker transientrec.	16	16x15,7=251,2	1x16
7	verzwakker lessenaar	3	3x2,5= 7,5	
			<b>totaal 378,4</b>	

2. Bepr. cel 2/3-Comm. R2

No	Meetleiding naar	Aantal	Lengte/m	Aantal muurdoorvoeringen
1	stroomeeting 418-1672V	3	3x7=21	
2	spanningsmeting 418-1672V	3	3x3=9	
3	klemmenkast	6	3x6=18	
4	Weil-Dobke Installatie	12	12x3=36	1x12
5	Verzwakker Transientrec.	12	12x25=300	1x12
			<b>totaal 384</b>	

TR	Transientrecorder
V	Verzwakker
S	selecter
A	Aarde
KO	Kathodestraal oscillograaf



SYSTEM 5700 MODELS



ITEM	ANALOG SIGNAL RANGE	MODEL
Complete two module system, without FO Cable Assembly	± 1V	5710
	± 5V	5713
	±10V	5716
Transmitter module	± 1V	5711
	± 5V	5714
	±10V	5717
Receiver module	± 1V	5712
	± 5V	5715
	±10V	5718
FO Cable Assembly		5751-XXX* *XXX—Length in meters

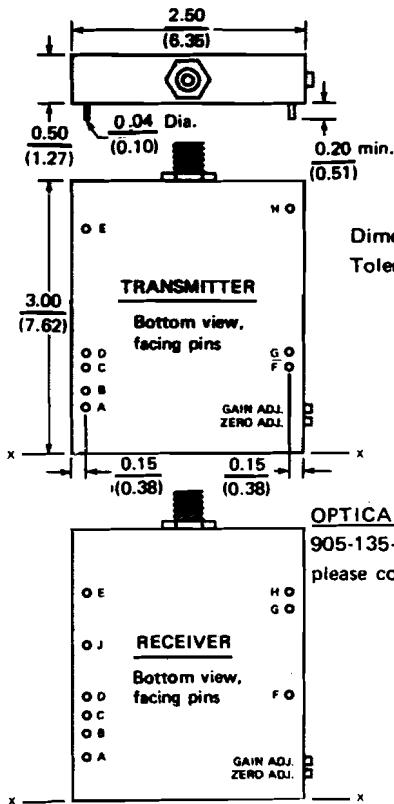
Notes: Custom versions, tailored to specific applications, are available. Please consult DMC. To obtain mis-matched I/O signal ranges, any transmitter model may be used with any receiver model.

SYSTEM 5700 PARAMETERS

Typical and Nominal at +25°C, unless otherwise specified

Analog Bandwidth (–3dB)	DC to 1MHz
Analog I/O	Bipolar ± 1V
Linearity	Within 0.1% typ, 0.2% max
Signal-to-Noise Ratio (SNR)	40dB
Transmission Capability	1KM without repeater (using DMC FO Cable Assembly). For longer distances, please consult DMC.

SYSTEM 5700 MECHANICAL DATA



OPTICAL CONNECTORS: Amphenol 905-135-5000. For alternate connectors, please consult DMC.

Notes:

Channel Select controls the source of information into the receiver. A "high" level (>2.5V) or no connection on this pin enables data from the optical port. A "low" level (<0.8V) disables the optical data and allows data to be input from the Frequency Input pin. A 9MHz ± 1MHz frequency (TTL) applied to the Frequency Input pin can be used to calibrate the receiver to an external frequency source. If connection is made to this pin, it must remain "low" while data is being transmitted optically.

PIN	FUNCTION	FROM XX
A	-15V	0.50
B	COM	0.70
C	+15V	0.90
D	+5V	1.10
E	TTL Out	2.50
F	Analog In	0.90
G	Analog Ref	1.10
H	(Open)	2.70

PIN	FUNCTION	FROM XX
A	-15V	0.50
B	COM	0.70
C	+15V	0.90
D	+5V	1.10
E	Channel Select	2.30
F	(Open)	1.10
G	Analog Gnd	2.10
H	Analog Out	2.30
J	Frequency Input	1.70

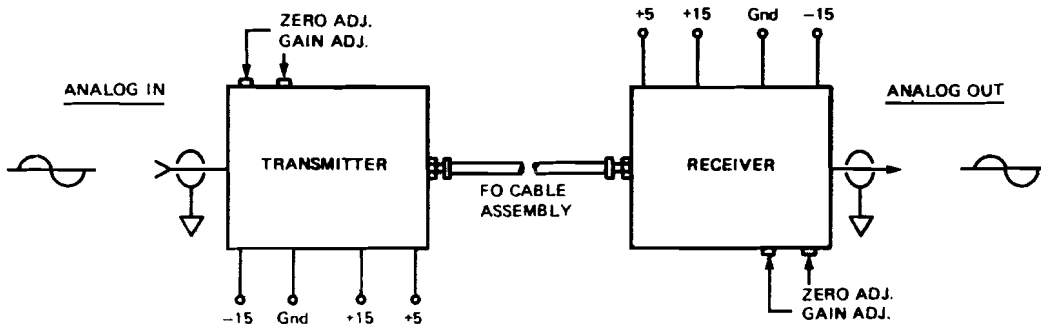
SYSTEM 5700 SPECIFICATIONS

Typical and Nominal at +25°C, unless otherwise specified

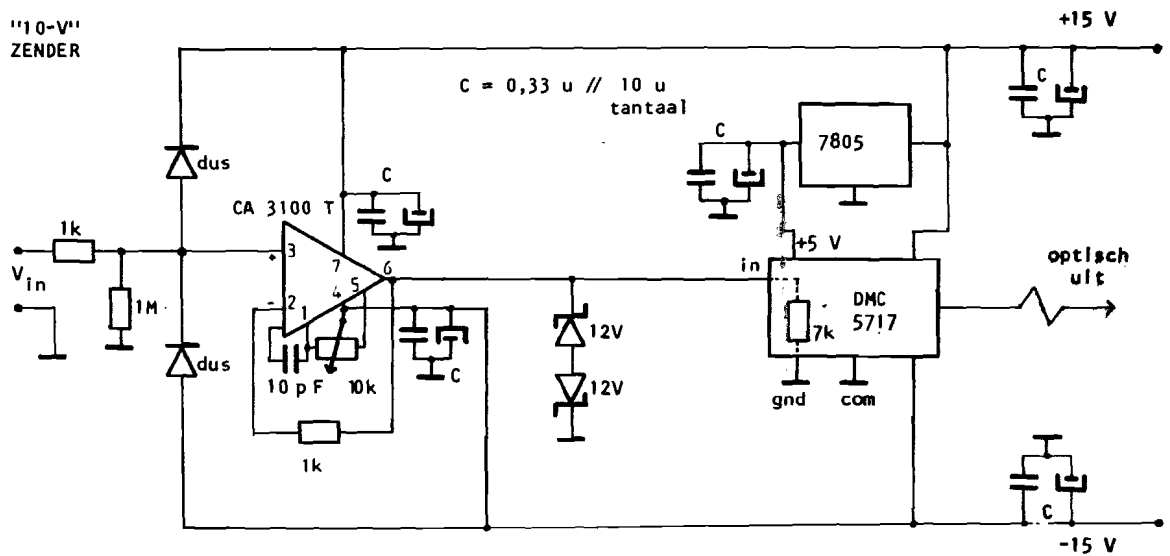
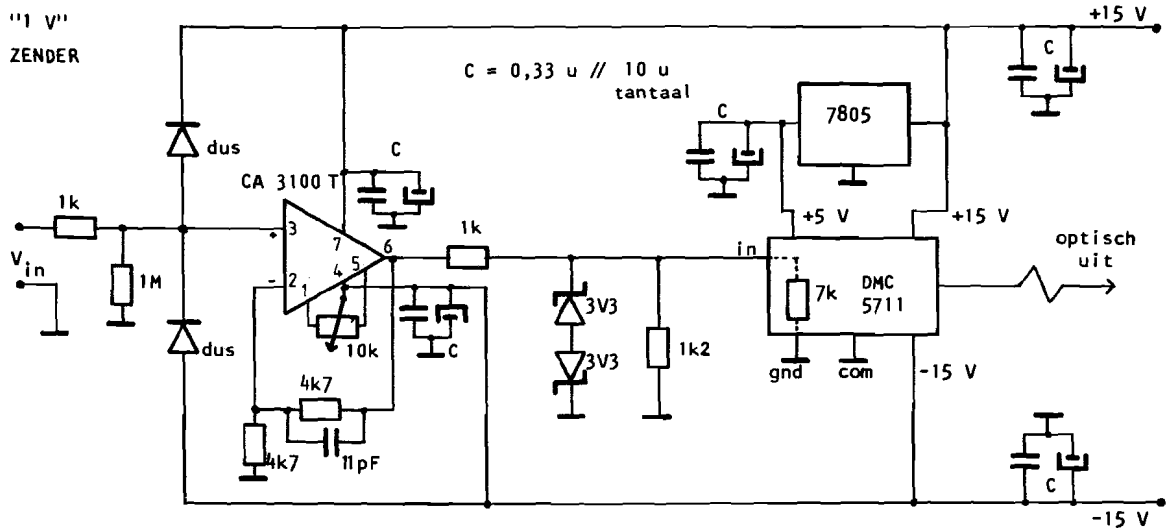
GROUP	ITEM	TRANSMITTER	RECEIVER
OPTICAL	Optical Port Core Diameter Peak Wavelength ( $\lambda$ ) Spectral Line Half-Width Numerical Aperture (NA) Output port Input port Total Power Output from Optical Port ( $P_o$ ) Max Input Power (P max) Min Input Power (P min) Optical Pulse Response ( $t_r, t_f$ )	200uM 820nM 35nM 0.50 500uW min — — 12nS	200uM 820nM — 0.70 — 120uW 5uW 10nS
INPUT	Signal Range (see "Models" table) Overrange Configuration Analog Digital Impedance (Zin) Overvoltage Protection Pulse Width (positive)	$\pm 1V, \pm 5V, \pm 10V$ 5% Single-ended(1) 7K $\pm V_s$ w/o damage	9MHz $\pm 1$ MHz 5% TTL Compatible One TTL Load +7V max 50nS $\pm 10$ nS
OUTPUT	Signal Range (see "Models" table) Transfer Characteristics (see "Models" table) Gain Adjust Range Offset Adjust Range Non-Linearity	9MHz $\pm 1$ MHz 8MHz 9MHz 10MHz 5% 5% 0.1%	$\pm 1V, \pm 5V, \pm 10V$ +1V, +5V, +10V 0V* -1V, -5V, -10V 5% 5% 0.1%
STABILITY	Temperature Coefficient (2) Power Supply Sensitivity Warmup Time	100/PPM/°C max $\pm 200$ /PPM/1% $\Delta V_s$ 2 minutes max	100/PPM/°C max $\pm 200$ /PPM/1% $\Delta V_s$ 2 minutes max
POWER SUPPLY	+V <sub>s</sub> -V <sub>s</sub> +V <sub>cc</sub>	+15V @ 50mA -15V @ 25mA +5V @ 150mA	+15V @ 50mA -15V @ 25mA +5V @ 50mA
	Absolute Max Ratings $\pm V_s$ +V <sub>cc</sub>	$\pm 15V + 3\%$ +7V	$\pm 15V + 3\%$ +7V
TEMPERATURE	Operating Storage	0°C to +70°C -30°C to +100°C	0°C to +70°C -30°C to +100°C

Notes: (1) Differential input configurations are available. Please consult DMC.  
(2) Transmitter TC is referenced to the 10MHz maximum output frequency.  
Receiver TC is referenced to the maximum peak-to-peak output voltage.

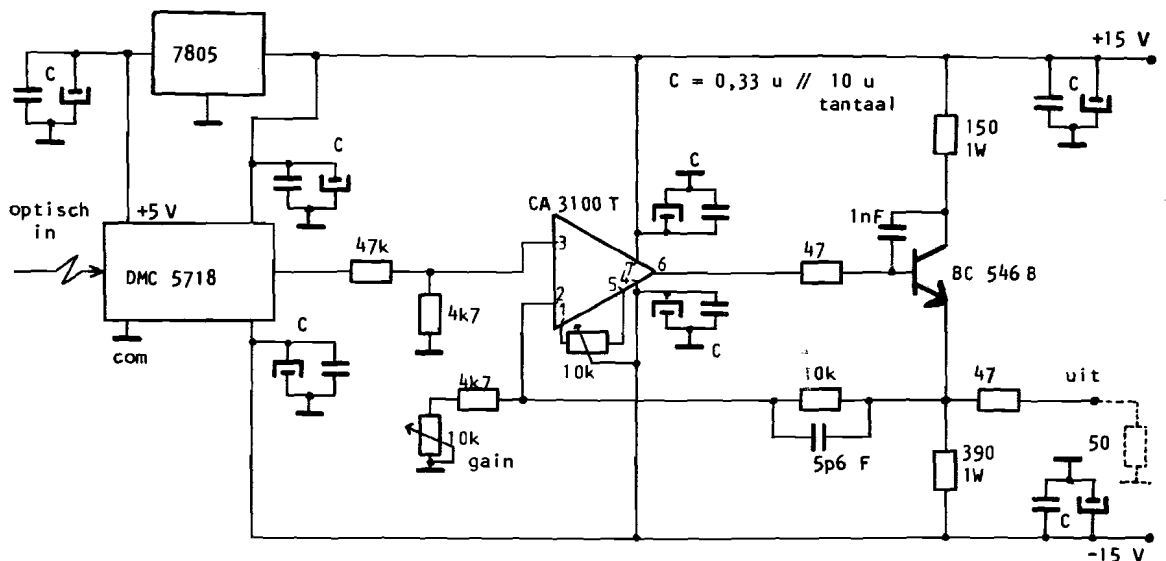
SYSTEM 5700 CONNECTIONS



BIJLAGE 8: Schakelingen, behorende bij de glasvezeloverdracht



ontvanger



BIJLAGE 9: Specificaties Transientrecorders

Fabrikaat	<u>TRANSISCOPE</u>	<u>HOLDA</u> (Thorn EMI)
Type	TS 9000 (TS 9016)	SE 2550 / SE 2560
Kanalen mainframe aantal slaves met ,, kanalen	1 t/m 16 -- --	4 / 8 -- / -- -- / --
Totaal	1 t/m 16	4 / 8
Ingangsbereiken enkel/diff. bandbreedte ingangs- versterker overbelastbaar tot $Z_{in}$ kanaalscheiding	0,01-0,1-1-10-100 $V_{pp}$ (1,2,3,..9) enkel (diff. opt.) 400 kHz (0,1-100 V) 80 kHz (10 - 90 mV) $\pm 350 V_p$ 1 M $\Omega$ ; 35 pF nee	0,1-1-10-100 $V_{pp}$ (.1,.2,.3,....,9.9) diff.  1 M $\Omega$ ; 35 pF
$f_{s,m}$ vert. res. n apertuur onz. $\Delta t$ $n_{eff.}$ bij $f = 100$ kHz $f_m$ bij $n_{eff.} = n$	1 MHz 12 bit <2 ns (vlg. doc); 10 ps (E) 9,6 bit ; 12 bit 19,4 kHz ; 3,9 MHz	1 MHz 10 bit 2 ns 9,6 bit 77,7 kHz
Totale nauwkeurigheid	; 9,5 bit (E)	
Geheugen per kanaal block opname (aantal) tijdbases	64 kW(oorden) ja, max. 64 blocks/kanaal 10	16 k of 32 kW ja, max. 64 blocks/kanaal 10
Triggering eventbit in/out level instellen speciale modes	+,-,bi,TTL ja (module met 8 TTL ing.opt.) per 1% van ingangsbereik sequential	+,-,bi,TTL ja per 1% van ingangsbereik sequential
Monitor beeldgrootte aantal punten aantal cursors num. weergave aantal weergegeven kanalen	ja 9 inch 512 x 312 2 ja 8	ja 5 Inch 256 x 192 2 ja 4
Interfaces	IEEE-488 RS-232 (max. 19200 baud) DMA (max. 500 kW/s)	IEEE-488 (RS-232 opt.) DMA 10+1 bit par. (max. 500 kW/s)
Opmerkingen	(E): vlg. Hr America van Difa Video-uitgang standaard 8 kan. DAC opt. (+f 10.000) disc-drive opt (eind '84) Zeer veel rekenmogelijkheden (opt.)	TR 1030 van Difa is = identiek aan SE 2550. KEMA (Hr Tempelaar) heeft HE 082; Deze is identiek aan SE 2560.
Leverancier	Difa , Breda.	Intechmij , Den Haag.
Richtprijzen mainframe slave-frame per kanaal	f 19000. ---  f 9600. (64 k) diff. ingang: + f 600 /kan.	f 18000. / f 22000. --- ---  f 8500. (32 k)

BIJLAGE 10: Specificaties Transientrecorders

Fabriekaat	VUKO	W en W
Type	VK-MC	SMR 110 / SMR 108
Kanalen mainframe aantal slaves met ,, kanalen Totaal	-- 1 t/m 4 1 t/m 8 1 t/m 32	2 of 4 1 1 t/m 12 2 t/m 16
Ingangsbereiken enkel/diff. bandbreedte ingangs- versterker overbelastbaar tot $Z_{in}$ kanaalscheiding	0,1 - 50 $V_{pp}$ (1,2,5) enkel (diff. opt.) 300 kHz  $\pm 150 V_p$ (150 $V_{pp}$ in mV ranges) 1 M $\Omega$ ; 47 pF ja; 300 V	0,1 - 100 $V_{pp}$ (1,2,3,...,9) enkel max. 2,5 MHz  +250 $V_p$ 1 M $\Omega$ ; 40 pF nee
$f_{s,m}$ vert. res. n apertuur onz. $\Delta t$ $n_{eff.}$ bij $f = 100$ kHz $f_m$ bij $n_{eff.} = n$	1 MHz / 2 MHz 10 bit / 8 bit	1 MHz (MC 110) / 10 MHz (MC 108) 10 bit / 8 bit
Totale nauwkeurigheid	0,2+0,2 % / 0,5+0,5 %	1+0,2 % / 1+0,2 %
Geheugen per kanaal block opname (aantal) tijdbases	4,8,16,32 of 64kw ja 3	16,32 of 64 kw ja, min. 256 W/block 2 (A-B-A)
Triggering eventbit in/out level instellen speciale modes	+,-,bi,TTL -- per 2% van ingangsbereik --	+,-,bi,TTL (op elk kanaal: opt.) marker is opt., niet bij 64 k mod per 1% van ingangsbereik and, or functies
Monitor beeldgrootte aantal punten aantal cursors num. weergave aantal weergegeven kanalen	ja 5 inch 1024 x 256 2 ja 4	ja 9 inch 500 x 192 2 ja 4
Interfaces	IEEE-488 (max. 10 kW/s, 10 bit) (max. 20 kW/s, 8 bit)	IEEE-488 opt. (max. 8,13 kW/s, inc (max. 50 kByte/s) RS-232 opt.
Opmerkingen <sup>1</sup>	max. 8 kanalen analoog, parallel uit. ( $\pm 2,5 V_p$ )	rekenmog. opt. (+ f 4000) Video output CCIR i.p.v. 4 ch.: dual floppy opt. in slave-frame; f 9000. extra.
Leverancier	Air-parts, Alphen a.d. Rijn	Rood, Rijswijk
Richtprijzen mainframe slave-frame per kanaal	f 10500. f 4000. f 4700. (4k; 10 bit) +f 370. per extra 4k f 3200. (4k; 8 bit) +f 270. per extra 4k diff. ingang: +f 300. /ch.	SMR 110 / SMR 108 f 45000. (16k; 4 ch.) f 58000. f 51000. (64k; 4 ch.) f 64000. f 8000. f 8000. f 7500. (16k) f 10500. f 9000. (64k) f 12000. IEEE : f 3500.



BIJLAGE 11: Specificaties Transientrecorders

Fabrikaat	<u>DATALAB</u>	<u>KRENZ</u>
Type	DL 2800	TRC 4000
Kanalen mainframe	8	4
aantal slaves	2	7
met ,, kanalen	11	6
Totaal	30	46
Ingangsbereiken enkel/diff.	0,1 - 5 V <sub>pp</sub> (1-2-5) enkel (diff. opt.)	0,1 - 20 V <sub>pp</sub> (1-2-5) enkel (diff. opt.)
bandbreedte ingangs- versterker	500 kHz (0,1 - 0,5 V) 350 kHz (1 - 5 V)	500 kHz (ADC 1010) 10 MHz (ADC 20008)
overbelastbaar tot Z <sub>in</sub>	± 100 V <sub>p</sub>	1 MΩ; 25 pF
kanaalscheiding	1 MΩ; 40 pF nee	nee
f <sub>s,m</sub>	2 MHz (DL 2020)	1 MHz (ADC 1010) / 20 MHz (ADC 20008)
vert. res. n	10 bit	10 bit / 8 bit
apertuur onz. Δt	0,5 ns	
n <sub>eff.</sub> bij f = 100 kHz	10 bit	
f <sub>m</sub> bij n <sub>eff.</sub> = n	311 kHz	
Totale nauwkeurigheid		
Geheugen per kanaal block opname (aantal) tijdbases	16 kW nee 2 (A-B)	4,8,16,...,256 kW nee 2 (A-B-A)
Triggering eventbit in/out level instellen speciale modes	of +, of - ,TTL -- cont. ± (0,5 - 2,5) V --	of +, of - ,TTL, op kanaal 1 -- 0 - 100 % --
Monitor beeldgrootte aantal punten aantal cursors num. weergave aantal weergegeven kanalen	nee m.b.v. n-kanaals oscilloscoop zijn n kanalen zichtbaar te maken via de (analoge) output plug op de modules en de ramp- output op de X-plug. (1 <sup>e</sup> 4kw/ch. ramp: ± 0,5 of 5 V)	nee
Interfaces	2000/GPIB voor HP (≡ IEEE-488?) opt. RS-232 C/V 24 opt.	DMA (max. 700 kW/s) IEEE-488 RS-232 C/V 24
Opmerkingen	per module analoog uit via DL 2000 DAC optie (f 550./ch.)	alle kanalen analoog, parallel uit: opt.  Verschillende typen modules naast elkaar te gebruiken in 1 rack. ??
Leverancier	CEC Instr., Rotterdam	Positronica, Eindhoven
Richtprijzen mainframe slave-frame per kanaal	f 16000. f 9500.	f 12500. f ? f 8200. / (16k) / f 10500. f 14200. / (64k) / f 14500.