

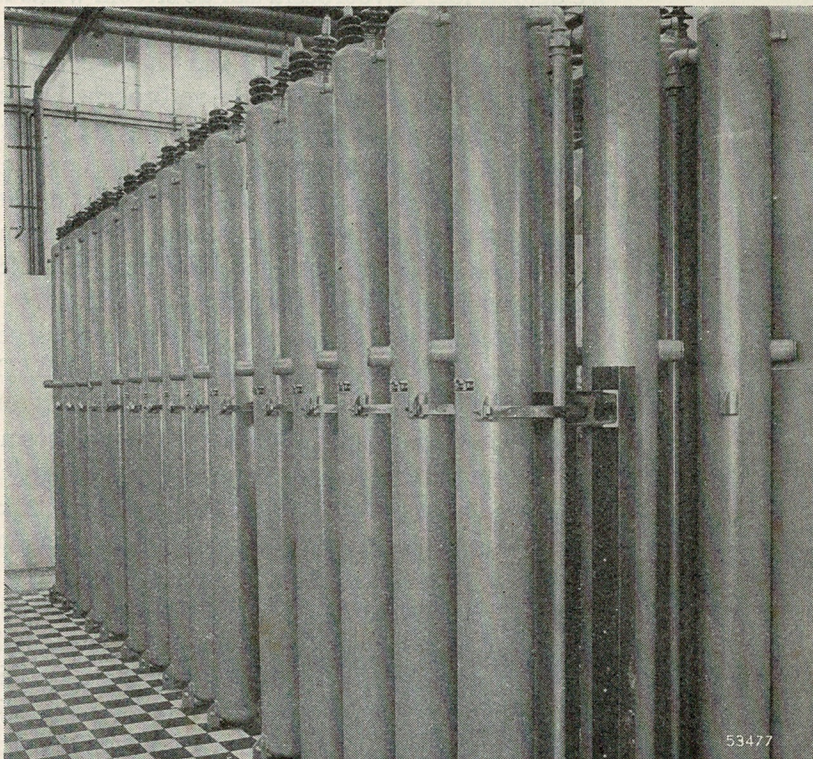
ELECTRONISCH METEN

DE TOEPASSING DER MODERNE
ELECTRONISCHE MEETAPPARATEN
IN LABORATORIA EN BEDRIJVEN



JAARGANG 2

NUMMER 3



Een serie industriecondensatoren waaraan met succes metingen werden verricht met behulp van het electronisch tijdbasisrelais.

Dit nummer handelt over het opnemen van oscillogrammen van eenmaal optredende verschijnselen met behulp van de Philips kathodestraaloscillograaf. Daar de eenmalige tijdbasis van de standaard-oscillografen niet onder alle omstandigheden voldoet, is door Philips, voornamelijk voor zeer snelle, slechts eenmaal optredende verschijnselen, die zelf de eenmalige tijdbasis in gang brengen, een speciaal hulpparaat ontworpen. Dit is een electronisch relais, dat we electronisch tijdbasisrelais noemen. Men zal met belangstelling kennis nemen van het bestaan van dit apparaat en de mogelijkheden die het biedt.

OVER HET OSCILLOGRAFEREN VAN EENMALIGE VERSCIJNSELEN

INLEIDING

Het komt in de praktijk veelvuldig voor, dat men te maken heeft met verschijnselen die slechts een bepaalde, soms uiterst korte tijd, duren. We denken hier bijvoorbeeld aan de stroom welke loopt door een flitslamp voor fotografie. Korte tijd na het sluiten van de stroomketen wordt, ten gevolge van de verbranding van het magnesium (waar de stroom doorheen loopt), de stroom weer verbroken. De stroom door de lamp is een verschijnsel dat men *eenmalig* noemt, dit in tegenstelling met blijvend optredende verschijnselen of verschijnselen welke zeer lange tijd duren, als bijv. een stroom door een in bedrijf zijnde transformator, motor enz. In het laatste geval heeft men meestal te maken met *periodieke verschijnselen*, die zich na een bepaalde tijd of periode telkens herhalen op precies dezelfde wijze als in de voorafgaande periode.

Om een verschijnsel te kunnen onderzoeken, dienen we veelal een grootheid ervan als functie van de tijd te observeren. Dit kan geschieden met behulp van de kathodestraaloscillograaf. Met dit toestel kan men een elektrische spanning als functie van de tijd op het scherm van de oscillograafbuis zichtbaar maken, zodat, als men andere grootheden wil observeren, men deze eerst in elektrische spanning moet omzetten. Heeft men een variabele elektrische stroom te onderzoeken, dan maakt men gebruik van de spanningval in een weerstand, om een spanning als functie van de tijd te verkrijgen. In het geval van mechanische verschijnselen maakt men gebruik van mechano-electrische omvormers, welke dus een mechanische grootheid in een daarmee evenredige elektrische spanning converteren. Voorbeelden van dergelijke omvormers zijn de Philips trilling-opnemers (GM 5520, GM 5526, GM 5527) en rekstrookjes. Heeft men een variabele spanning, hetzij als eenmalig verschijnsel, hetzij als permanent verschijnsel, dan wordt zij, meestal versterkt (door middel van de versterker van de oscillograaf), gelegd aan de platen voor verticale afbuiging (Y-platen). Aan de platen voor horizontale afbuiging heeft men dan een spanning nodig welke een tijdfunctie vertegenwoordigt, de zogenaamde tijdbasis, om de spanning aan de Y-platen als functie van de tijd door het beeldpunt te doen schrijven.

Deze tijdbasis wordt doorgaans verkregen door aan de platen voor horizontale afbuiging (X-platen) een spanning te leggen, welke van een bepaalde waarde af lineair toeneemt tot een maximale waarde is bereikt, en dan zeer snel tot de oorspronkelijke waarde terugkeert. Deze spanning

als functie van de tijd heeft dus de vorm van een zaagtand (fig. 1a). De aan de X-platen lineair toenemende spanning veroorzaakt een zodanige verplaatsing van het beeldpunt in horizontale richting, dat de verplaatsing recht evenredig is met de tijd, en dus een tijdmaat is.

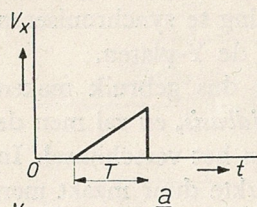


Fig. 1a. Diagram van de spanning aan de X-platen van een kathodestraalbuis als functie van de tijd, in het geval van een eenmalige tijdbasis.

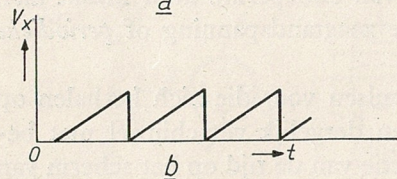


Fig. 1b. Diagram van de spanning aan de X-platen als functie van de tijd, in het geval van een periodieke tijdbasis.

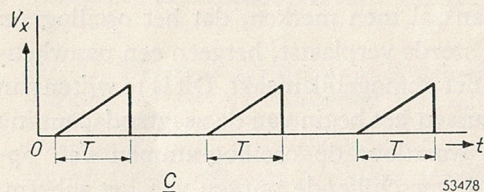


Fig. 1c. Diagram van een repeterende eenmalige tijdbasisspanning aan de X-platen van de kathodestraalbuis.

Meestal geschiedt deze verplaatsing op het scherm, van voren gezien, van links naar rechts. De variabele of wisselspanning aan de Y-platen wordt, ten gevolge van de zaagtandspanning aan de X-platen, als functie van de tijd geschreven op het scherm, zolang de tijdbasis werkt, dus

gedurende de tijd dat de spanning aan de X-platen toeneemt. Is de variabele spanning aan de Y-platen van langere duur dan de zaagtandspanning aan de X-platen, dan zal het verschijnsel (variabele spanning aan de Y-platen) slechts tijdens de duur van de zaagtandspanning als functie van de tijd zichtbaar zijn, en zich daarna als een verticale streep door het beginpunt van de tijdbasis op het scherm vertonen (fig. 2). Deze streep is slechts zolang aanwezig als het verschijnsel duurt. Is het verschijnsel van kortere duur dan dat van de tijdbasis, dan verschijnt het in zijn geheel als oscillogram op het scherm, en dan is de lengte van het oscillogram o.a. afhankelijk van de verhouding tussen de duur van het verschijnsel en die van de tijdbasis. Het is duidelijk dat men, om van een eenmaal optredend verschijnsel een goed oscillogram te krijgen, het tijdstip van het begin van de zaagtandspanning zo nauwkeurig mogelijk moet laten samen vallen met het begin van het verschijnsel zelf. Heeft men te maken met een periodiek verschijnsel van lange duur, of met een permanent verschijnsel dat men gedurende enige tijd wil observeren, dan zal men

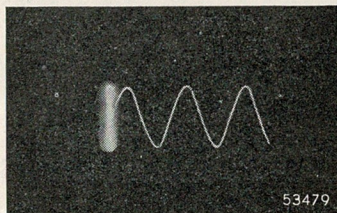


Fig. 2. Oscillogram van een gedeelte van een periodiek verschijnsel van enige duur. Daar van een eenmalige tijdbasis gebruik werd gemaakt, is de spanning aan de Y-platen als functie van de tijd slechts zichtbaar geweest tijdens de duur van de tijdbasisspanning, terwijl gedurende de rest van de tijd, deze spanning de verticale streep links op het oscillogram beschreef.

gebruik maken van een periodieke zaagtandspanning (fig. 1b). Het oscillogram van de periodieke spanning aan de Y-platen verschijnt als een stilstaand beeld op het scherm, als men er voor zorgt dat de verhouding tussen de frequenties van de periodieke spanningen aan de Y-en de X-platen een geheel getal is. Zoals bekend, bereikt men dit in de praktijk door de frequentie van de periodieke zaagtandspanning te synchroniseren met de frequentie van de periodieke spanning aan de Y-platen.

In het geval van een eenmalig verschijnsel zal men dus gebruik maken van een eenmalige zaagtandspanning of *eenmalige tijdbasis*, en zal men de duur van deze spanning aanpassen aan de duur van het verschijnsel. In het geval van periodieke verschijnselen van onbeperkte duur maakt men daarentegen gebruik van een periodieke zaagtandspanning of *periodieke tijdbasis*.

In de techniek komen ook spanningimpulsen voor die zich herhalen op willekeurige tijdstippen. Tracht men een dergelijk verschijnsel met behulp van een periodieke tijdbasis als functie van de tijd op het scherm van de oscillograafbuis te brengen, dan zal men merken, dat het oscillogram van opeenvolgende impulsen zich steeds verplaatst, hetgeen een nauwkeurig onderzoek zeer belemmert, zo niet onmogelijk maakt. Dit is te wijten aan het ontbreken van synchronisme tussen het begin van de zaagtandspanning en het begin van de impulsen, waardoor de oscillogrammen van opeenvolgende impulsen beginnen op verschillende punten van het scherm. Maakt men in dat geval gebruik van een eenmalige tijdbasis die men zich laat herhalen telkens als er weer een impuls optreedt, en zorgt men er voor dat iedere zaagtand op hetzelfde ogenblik begint als de impuls, dan heeft men van de zich repeterende impuls een op het scherm stilstaand oscillogram verkregen (mits natuurlijk iedere impuls precies dezelfde krommevorm vertoont). Een dergelijke tijdbasis, die zich, afhankelijk van de herhaling van het verschijnsel, herhaalt, noemen we *repererende eenmalige tijdbasis* (fig. 1c). In het algemeen zal bij zulk een tijdbasis de tijd tussen opeenvolgende zaagtanden aanmerkelijk langer zijn dan de duur van iedere zaagtand.

DE NORMALE EENMALIGE TIJDBASIS IN DE PHILIPS OSCILLOGRAFEN

Zoals reeds gezegd, is het noodzakelijk dat er een synchronisme bestaat tussen het begin van een eenmalig optredend verschijnsel en het begin van de zaagtandspanning van de eenmalige tijdbasis. De Philips oscillografen, o.a. de GM 3156, zijn zodanig ingericht, dat de ingebouwde tijdbasis ook een eenmalige zaagtandspanning kan leveren.

Bij de GM 3156 kan het in gang brengen van deze eenmalige tijdbasisspanning in principe geschieden door het sluiten van een contact, dat parallel aan de synchronisatieklemmen K_3 en K_4 van deze oscillograaf is aangesloten. In fig. 3 is het schema van de tijdbasis van de GM 3156 weergegeven

voor het geval van de eenmalige tijdbasis. Door middel van een regelbare voorspanning V_R aan de plaat X_1 van de kathodestraalbuis, welke men positief of negatief kan maken t.o.v. aarde (plaat X_2), wordt het beeldpunt naar links van het scherm verplaatst. Door de klemmen K_3 en K_4 met behulp van de schakelaar D kort te sluiten, wordt het rooster van de gastriode $EC50$

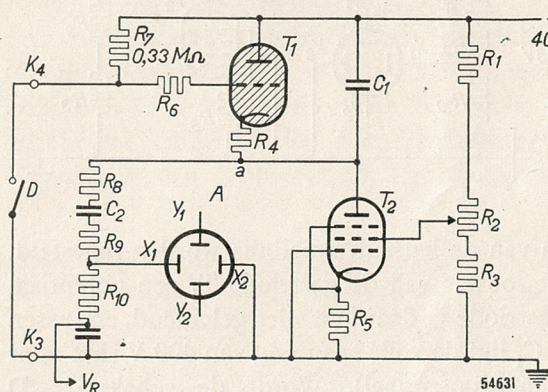


Fig. 3. Vereenvoudigd schema van de zaagtandspanningsgenerator van de oscillograaf GM 3156 in de schakelstand voor eenmalige tijdbasis. Parallel aan de klemmen K_3 en K_4 is een schakelaar D aangesloten. Bij het sluiten van deze schakelaar begint de eenmalige tijdbasis spanning, en het openen ervan bepaalt het einde van de tijdbasis. A is de kathodestraalbuis, T_1 de gastriode en T_2 de penthode voor het opladen van C_1 met constante stroom.

plaat X_1 van de ingestelde waarde V_R evenredig met de tijd en beweegt het beeldpunt zich met eenparige snelheid van links naar rechts op het scherm.) De condensator C_1 ontladst zich dan zeer snel over de gastriode, en de potentiaal van punt a stijgt tot het ogenblik waarop de rooster spanning t.o.v. de kathode weer zoveel negatief is geworden, dat de ontlading ophoudt. Dan begint de condensator zich weer op te laden. Indien men dus de schakelaar D gesloten houdt, heeft men een periodieke tijdbasis spanning ingeleid. Het openen van D beëindigt deze periodieke tijdbasis. Om dus een eenmalige tijdbasis spanning te krijgen, moet men, nadat men de schakelaar D gesloten heeft, deze openen op of vlak voor het ogenblik waarop de spanning van de kathode van de gastriode voldoende is gedaald om deze opnieuw te doen doorslaan. Dit zal in het algemeen in de praktijk moeilijk te bereiken zijn, en daarom is een betere methode voor het verkrijgen van de eenmalige tijdbasis aangegeven in fig. 4. Men schakelt tussen de klemmen K_3 en K_4 een batterij van 45 volt in serie met een weerstand van 10 000 ohm, en wel zodanig, dat de positieve pool ervan is verbonden met aarde (zie fig. 4). Parallel aan de klemmen K_3 en K_4 wordt een condensator C_3 van geschikte waarde geschakeld in serie met een drukknopomschakelaar D . In de ruststand is de condensator C_3 kortgesloten. In dit geval moet, door middel van V_R , het beeldpunt

(T_1) op aardpotentialaal gebracht en houdt de ontlading door deze buis, en dus de kortsluiting van de condensator C_1 , op. Dientengevolge heeft de condensator C_1 gelegenheid zich op te laden (met constante stroom) via de penthode T_2 , en daalt de spanning aan het punt a van circa $+400V$ recht evenredig met de tijd, tot het ogenblik waarop de kathodepotentiaal zover is gedaald dat de buis weer doorslaat. (Door het dalen van de spanning aan punt a , vermindert ook de potentiaal aan de

1. het beproeven van smeltveiligheden, schakelaars, relais, enz.;
2. het keuren van isolatiematerialen met een stootspanning;
3. het meten van inschakelverschijnselen van motoren, gloeilampen, transformatoren, enz.;
4. het meten van overspanningen die het gevolg zijn van het uitschakelen van elektrische stroomkringen;
5. onderzoeken aan elektrische lasinstallaties.

Voorbeelden van enige mechanische eenmalige verschijnselen welke met behulp van geschikte mechano-electrische omvormerelementen als elektrische verschijnselen op het scherm van de kathodestraal-oscillograaf kunnen worden geobserveerd, zijn die welke optreden bij:

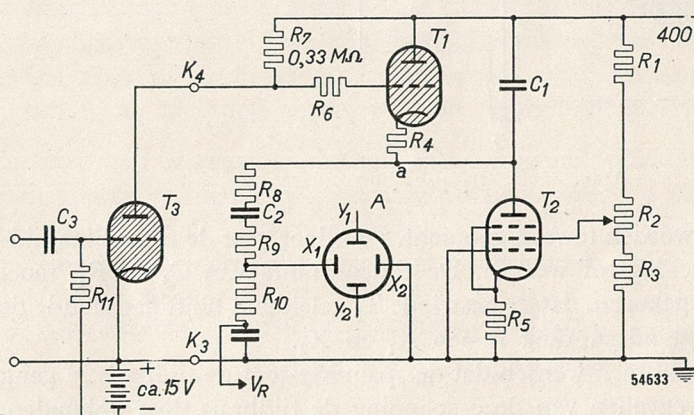


Fig. 5. Vereenvoudigd schema van de zaagtandspanninggenerator van de GM 3156. De tijdbasis wordt in gang gebracht door middel van een gastriode T_3 (Philips EC 50). Een positieve spanningimpuls tussen het rooster van deze buis en aarde veroorzaakt de doorslag ervan, waarop de tijdbasis gaat werken. De doorslag van T_3 moet door middel van de tijdconstante van C_3 en R_{11} even lang gehandhaafd blijven als de duur van de tijdbasis.

6. slagvastheidsbeproevingen van materialen (bijv. met behulp van rek-meters);
7. het onderzoek van breuk in materialen;
8. valproeven;
9. het onderzoek van schietwapens en van explosies.

Ook kan men een contactinrichting met relais zo ontwerpen, dat repeterende eenmalige verschijnselen zichtbaar worden gemaakt. Telkens wanneer zich het contact van de schakelaar D van fig. 4 sluit, worden het verschijnsel zelf en de tijdbasis in gang gebracht en als functie van de tijd op het scherm van de oscillograaf vertoond.

Het in werking stellen van de tijdbasis met behulp van een contactinrichting is echter niet altijd mogelijk. Er kunnen zich omstandigheden voordoen waarbij zulks door een elektrische spanningimpuls moet geschieden. Hiertoe kan men gebruik maken van de omstandigheid dat aan klem K_4 van de oscillograaf (fig. 3 en 4) een positieve spanning ligt. De spanning aan deze klem kan aan de anode van een gastriode Philips EC 50 worden gelegd (fig. 5). Voor de schakeling van fig. 5 heeft men verder nodig een voedingsbron voor de gloeidraad van deze buis en een batterij voor de negatieve roosterspanning (ca. 12 tot 15 V). Deze laatste wordt zodanig ingesteld, dat de ontlading door de buis juist is geblokkeerd. Door een positieve spanningstoot van enige volt (bijv. 10 V) kan de ontlading van de gastriode T_3 , welke het blokkeren van de ontlading van de gastriode

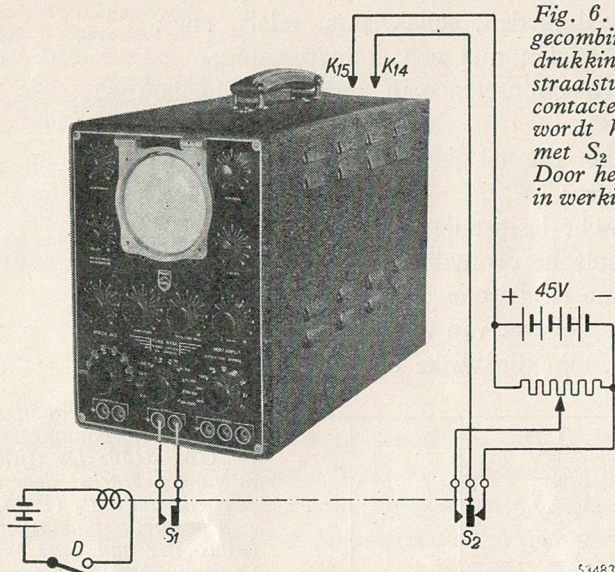


Fig. 6. Een eenmalige tijdbasis, welke is gecombineerd met opheffing van de onderdrukking van de electronenstraal (z.g. straalsturing) door middel van relaiscontacten. Bij het indrukken van D wordt het contact S_1 gesloten en wordt met S_2 een omschakeling teweeg gebracht. Door het sluiten van S_1 wordt de tijdbasis in werking gesteld, en door het omschakelen van S_2 wordt de onderdrukking van de electronenstraal opgeheven. De contacten en de verbindingen van S_2 bevinden zich op een potentiaal van ongeveer 1000 volt t.o.v. aarde.

53483

T_1 veroorzaakt, worden teweeg gebracht. Hierdoor gaat de eenmalige tijdbasis van de oscillograaf werken. De tijdconstante van C_3 en R_{11} moet zodanig worden gekozen, dat de gastriode T_3 geleidend blijft gedurende de tijd van de zaagtandspanning tussen X_1 en X_2 .

In vele gevallen zal men wensen dat de spanningstoot de tijdbasis in gang brengt en het wegvallen van deze spanning de tijdbasis doet ophouden. In dat geval moet men de condensator C_3 weglaten.

HET REGISTREREN VAN ZEER SNELLE EENMAAL OPTREDENDE VERSCHIJNSELEN

Vele eenmaal optredende verschijnselen zijn veel te snel om met het oog te kunnen worden waargenomen. Bovendien kunnen zij dikwijls niet in voldoende snel tempo worden herhaald, om een stilstaand beeld op het scherm van de kathodestraalbuis te verkrijgen. Men moet in dergelijke gevallen het beeld fotografisch vastleggen.

Het maken van fotografische opnamen met behulp van de eenmalige tijdbasis van de oscillograaf levert echter de volgende moeilijkheid op.

Bij de boven beschreven schakelingen is namelijk de straalstroom in de rusttoestand niet onderdrukt; deze stroom geeft dus, zolang de tijdbasis niet werkt, een stilstaand, lichtend beeldpunt op het scherm. Dit zal sluiering van het negatiefmateriaal ten gevolge hebben als de camera-sluitser opengaat vóór het optreden van het verschijnsel, hetgeen doorgaans het geval zal zijn. Door middel van een apart relaiscontact en een batterij die is opgenomen in de keten van de Wehnelt cylinder, is een zogenaamde „straalsturing” te verkrijgen, waarbij in de rusttoestand het lichtpunt geheel is onderdrukt en pas bij het inschakelen van de tijdbasis zichtbaar wordt (zie fig. 6; hierin is niet aangegeven het contact waarmee het verschijnsel wordt ingeleid).

Men moet echter rekening houden met hetgeen volgt:

1. De Wehnelt cylinder heeft een spanning van ruim 1000 V t.o.v. aarde (het chassis), zodat het relais en de opstelling der batterij aan bijzondere isolatie-eisen moeten voldoen.
2. De contacten moeten tegelijk met het begin van het verschijnsel worden gesloten en bij beëindiging ervan weer worden geopend. In de praktijk vereist een dergelijke synchronisatie zeer veel zorg bij het instellen van het of de relais.
3. Ten gevolge van de vertragingstijd van het relais gaat een deel van het oscillogram verloren; bovendien is deze vertragingstijd aan variaties onderhevig. Bij de reeds genoemde metingen, waarbij men het opwekken van het verschijnsel in de hand heeft, kan dit bezwaar worden ondervangen door bijvoorbeeld op mechanische wijze het sluiten van contact S_2 in fig. 6 iets eerder te doen plaats hebben.

Er zijn echter een aantal verschijnselen die geheel willekeurig kunnen optreden; het oscillograferen van zulke verschijnselen nu houdt in, dat het verschijnsel zelf de oscillograaf in werking moet stellen, d.w.z. de tijdbasis op gang brengen en de electronenstraal vrijgeven.

Als voorbeelden van zulke verschijnselen kunnen worden genoemd:

1. overspanning ten gevolge van blikseminslag of andere atmosferische ontladingen;
2. doorslag in kabels, condensatoren of isolatiematerialen;
3. stootbelastingen van motoren, dynamo's;
4. spontaan optredende storingen in elektrische installaties.

Weliswaar kan met behulp van een schakeling als is weergegeven in fig. 5, de tijdbasis door een positieve spanningstoot op gang worden gebracht. Een daarmee gepaard gaande synchrone inschakeling van de straalstroom is echter niet mogelijk.

HET ELECTRONISCH TIJDBASISRELAIS ALS HULPMIDDEL VOOR HET REGISTREREN VAN EENMAAL OPTREDENDE VERSCHIJNSELEN MET EEN OSCILLOGRAAF

Er bestaat dus behoefte aan een inrichting waarmee de bovengenoemde verschijnselen, zonder gebruikmaking van relais of andere contacten, kunnen worden zichtbaar gemaakt en gefotografeerd.

Een dergelijke inrichting moet aan de volgende voorwaarden voldoen:

1. Het verschijnsel zelf moet de oscillograaf met zo gering mogelijke vertraging in werking kunnen stellen.
2. De installatie moet zowel op positieve als negatieve spanningimpulsen reageren.

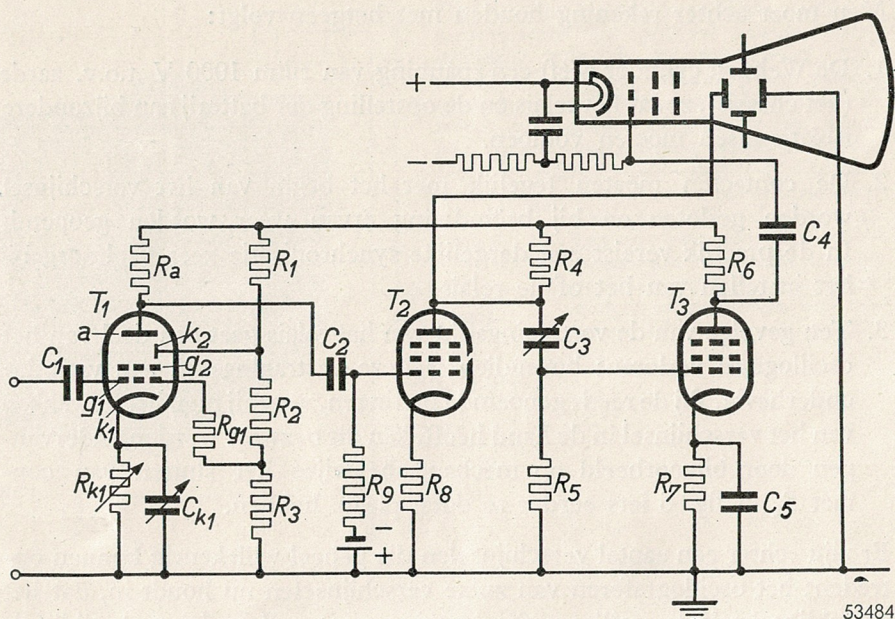


Fig. 7. Het vereenvoudigde schema van het elektronisch tijdbasisrelais GM 8003.

T_1 = secundaire-emissiebuis, welke dient als elektronisch relais. Als het stuurrooster g_1 een negatieve spanningstoot krijgt, daalt de stroom van de secundaire-emissiekathode k_2 naar de primaire kathode k_1 . Ten gevolge van de secundaire emissie van k_2 , veroorzaakt dit een versterkte vermindering van de stroom door de spanningdeler $R_1 R_2 R_3$, en een versterkte negatieve spanningstoot aan het rooster g_1 . Door cumulatieve werking wordt in uiterst korte tijd de stroom van de secundaire-emissiekathode naar de primaire kathode, en diengevolge de anodestroom, geblokkeerd. Deze toestand blijft gehandhaafd tot de condensator C_{k1} is ontladen. Dan gebeurt door cumulatieve werking het omgekeerde als tevoren en wordt de buis weer stroomvoerend.

T_2 = penthode voor de ontlading bij constante stroom van de tijdbasiscondensator C_3 . Normaal is de negatieve roosterspanning van deze buis zo groot, dat er geen anodestroom vloeit. Ten gevolge van het blokkeren van de stroom door de buis T_1 ontstaat een positieve spanningimpuls aan het rooster van T_2 , stroomdoorgang door deze buis en ontlading van C_3 .

T_3 = fazeomkeer- en versterkbuis. De spanning aan R_5 , die constant is gedurende de ontlading van C_3 , wordt toegevoerd aan het rooster van deze buis, welke ze versterkt en in de juiste fase aan de Wehnelt cylinder van de kathodestraalbuis doorgeeft.

3. De electronenstraal moet geheel gelijktijdig met het begin van de tijdbasisspanning worden vrijgegeven, en in de rusttoestand moeten de „terugloop” en het beeldpunt onderdrukt zijn.

Aan al deze eisen voldoet het tijdbasisapparaat, type GM 8003, dat speciaal voor dit doel door Philips is ontwikkeld, en dat is te beschouwen als een hulpparaat voor gebruik in combinatie met de Philips oscillografen GM 3156, GM 3152 en GM 5652. De GM 8003 heeft bovendien een aantal andere voordelen; deze zullen hieronder worden genoemd.

Dit apparaat bevat een elektronisch relais dat practisch zonder vertraging reageert op positieve en negatieve spanningimpulsen. Nadat de GM 8003 door een impuls is ingeschakeld, blokkeert dit relais zichzelf en wordt

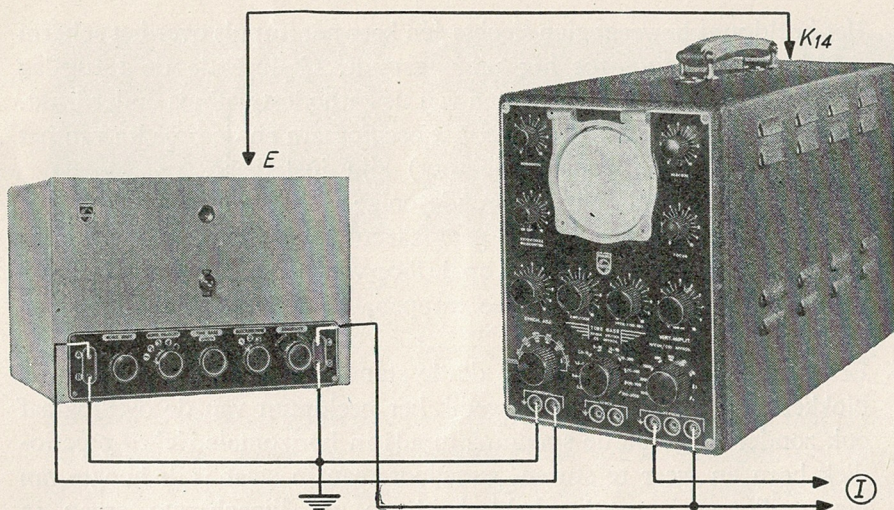


Fig. 8. *Electrische verbinding tussen het Philips elektronisch tijdbasisrelais GM 8003 en de kathodestraaloscillograaf GM 3156.*

gedurende een in twee trappen instelbare tijd ongevoelig voor later optredende (storende) impulsen die de oscillograaf opnieuw in werking zouden kunnen stellen voordat de camerasluis dicht gaat.

Ten einde een absoluut synchrone koppeling tussen tijdbasis en elektronenstraal te verkrijgen, is in de GM 8003 een complete tijdbasisgenerator ingebouwd; die van de oscillograaf kan dus worden uitgeschakeld.

Voorts bevat de GM 8003 de nodige regelorganen voor het instellen van de snelheid van de eenmalige tijdbasis, de beeldbreedte, de plaats van het beginpunt en de gevoeligheid van het relais.

Fig. 7 geeft van het apparaat GM 8003 een vereenvoudigd schema, waaruit zijn werking wel duidelijk blijkt. Met behulp van een of meer elektronische schakelaars GM 4580 kan men ook twee of meer gelijktijdig optredende eenmalige verschijnselen op het scherm van de kathodestraaloscillograaf vertonen. Foto fig. 21 geeft een voorbeeld van een dergelijke meetopstelling.

Het apparaat GM 8003 heeft de volgende karakteristieke eigenschappen:

1. Het elektronisch relais wordt geactiveerd door het verschijnsel zelf en schakelt de tijdbasis en de elektronenstraal in, nagenoeg zonder vertraging. De maximale vertraging van het relais is 10^{-6} sec.
2. Het activeren van het elektronisch relais kan geschieden met positieve en met negatieve spanningimpulsen¹⁾. De gevoeligheid voor spanningimpulsen is instelbaar; in de gevoeligste stand van de regelaar reageert de GM 8003 op een topwaarde van ongeveer 2 V, en de impuls mag geen grotere waarde hebben dan 150 V.
3. De snelheid van het beeldpunt in horizontale richting ten gevolge van de tijdbasis kan in 6 trappen worden ingesteld tussen 1/10 en 1/1000 sec.

¹⁾ Bij een positieve spanningimpuls aan de ingangsklemmen zal, ten gevolge van het differentieerelement C_1R_{g1} , kort na het begin van het verschijnsel een negatieve spanningimpuls tussen rooster en kathode optreden.

- Het beeldpunt beweegt zich slechts één keer per impuls over het scherm en keert dan terug tot het uitgangspunt. Gedurende de terugslag van de tijdbasis is de straalstroom van de kathodestraalbuis onderdrukt.
4. De plaats van het beginpunt van het oscillogram en de breedte van het oscillogram (in horizontale richting) zijn instelbaar.
 5. Het elektronisch relais is gedurende enige tijd na het activeren, door het te observeren verschijnsel geblokkeerd, zodat eventuele storende impulsen geen invloed hebben op de loop van het beeldpunt. De blokkeringstijd is instelbaar in twee trappen, nl. een tijd van 1/1000 en een van $\frac{1}{2}$ sec.
 6. Een speciale schakeling (in de derde stand van de schakelaar van de blokkeringstijd) maakt het mogelijk het beeldpunt van de oscillograaf ook zonder toegevoerde spanningimpuls in horizontale richting periodiek heen en weer te sturen, waardoor men in staat is de hoogte van het oscillogram en de helderheid en de lijnscherpte ervan in te stellen met behulp van de regelorganen op de oscillograaf; de beeldbreedte is regelbaar met de knop waarmee de tijdbasislengte van het apparaat voor eenmalige tijdbasis wordt ingesteld.
 7. De GM 8003 heeft een zeer hoge ingangsimpedantie, zodat nagenoeg geen vermogen nodig is voor het activeren van het relais. De ingangsweerstand bedraagt 100 000 ohm en de ingangscapaciteit 80 pF.
 8. De verbindingen met de te gebruiken oscillograaf worden op eenvoudige wijze tot stand gebracht (fig. 8).

ENIGE EENVOUDIGE VOORBEELDEN VAN METINGEN MET BEHULP VAN HET EENMALIGE TIJDBASISAPPARAAT GM 8003

Een eenvoudig voorbeeld van een eenmalig verschijnsel is de stroom welke optreedt na het inschakelen van een gloeilamp in koude toestand. De weerstand van de metaaldraad is aanvankelijk zeer laag, waardoor de stroom op het ogenblik van inschakelen hoog is. Deze stroom kan met behulp van het elektronisch tijdbasisrelais op het scherm van een oscillograaf zichtbaar worden gemaakt als functie van de tijd.

Fig. 9 geeft het schema van de meetopstelling. Voor het inschakelen van

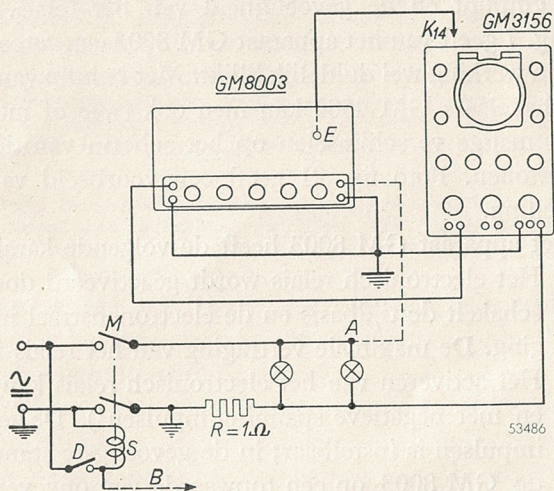


Fig. 9. Schema van de opstelling voor het registreren van de stroom als functie van de tijd, welke optreedt bij het inschakelen van gloeilampen op een gelijk- of wisselspanningnet met behulp van het elektronisch tijdbasisrelais GM 8003 en de oscillograaf GM 3156. M is een magnetische schakelaar, die wordt bediend door de drukschakelaar D.

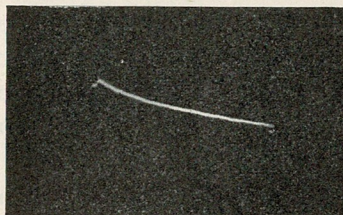


Fig. 10. Oscillogram van de stroomstoot door een gloeilamp, welke optreedt na het inschakelen van de gelijkstroom.



Fig. 11. Een enigszins andere vorm van de stroomstoot door een gloeilamp, welke optreedt na het inschakelen van de gelijkstroom.

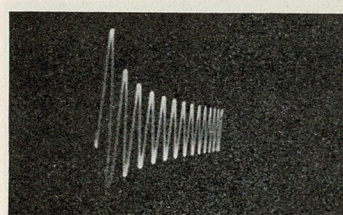


Fig. 12. Oscillogram van de wisselstroom door een gloeilamp, welke optreedt na het inschakelen van deze stroom.

de stroom door de lampen wordt gebruik gemaakt van een magnetische schakelaar M, welke met de drukknop D wordt bediend. De impuls-spanning voor het apparaat GM 8003 kan rechtstreeks van de gloeilamp(en) worden afgenomen (in het schema de spanning tussen punt A en aarde).

Gelijktijdig met het inschakelen van de stroom, treedt de eenmalige tijdbasis in werking, waarbij oscillogrammen worden verkregen als in fig. 10 en 11 zijn afgebeeld.

De opnamen werden gemaakt bij verschillende tijdbasis-snelheden; de gloeilamp werd aangesloten op een gelijkspanning. Fig. 12 toont het oscillogram dat bij het inschakelen ontstaat indien de lamp op een wisselspanning-net wordt aangesloten.

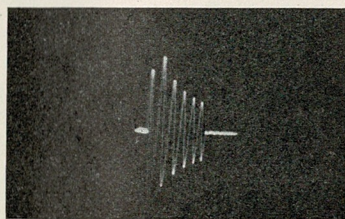


Fig. 14. Een ander oscillogram dan dat van fig. 13, verkregen bij het bepalen van de inschakeltijd van de magnetische schakelaar M van fig. 9.

De weerstand van de gloeidraad wordt snel groter door de verwarming en bereikt na korte tijd een eindwaarde waarbij de lamp de normale stroom opneemt. Volgens het oscillogram blijkt hier ongeveer 1/5 seconde voor nodig te zijn (10 perioden

van de netfrequentie). Het front van de inschakelstroomstoot heeft een grote snelheid, welke afhankelijk is van de in de keten aanwezige zelfinductie en capaciteit. Dit front was op de oscillogrammen van de fig. 10 en 11 op het negatief nog juist zichtbaar, doch gaat in het cliché verloren. Men kan tevens de inschakeltijd van de magnetische schakelaar, die in deze opstelling is gebruikt, meten. Hiertoe behoeft slechts de aansluiting van de ingang van de GM 8003 voor de impuls spanning te worden verlegd naar punt B. De tijdbasis treedt dan in werking op het ogenblik dat de magneetspoel S wordt bekrachtigd, en

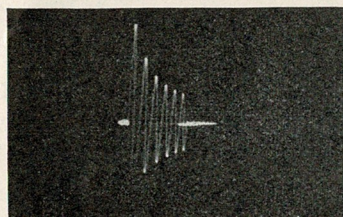


Fig. 13. Oscillogram dat dient ter bepaling van de inschakeltijd van de magnetische schakelaar M van fig. 9.

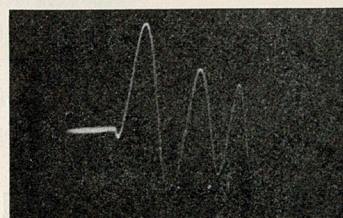


Fig. 15. Een oscillogram opgenomen ter bepaling van de inschakeltijd van de magnetische schakelaar M van fig. 9, waarbij een snellere tijdbasis is gekozen. De horizontale streep links, waarmee het oscillogram begint, stelt de tijd voor die verloopt tussen het ogenblik waarop de magneetspoel S wordt bekrachtigd en het ogenblik waarop de contacten worden gesloten.

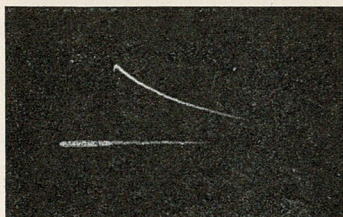


Fig. 16. Een oscillogram opgenomen ter bepaling van de inschakeltijd van de magnetische schakelaar M van fig. 9, welke men verkrijgt als deze schakelaar een gelijkstroom inschakelt. Op dit oscillogram is eerst een nullijn gefotografeerd.

schrijft een horizontale lijn tot het ogenblik waarop de contacten van de schakelaar zijn gesloten en de gloeilamp stroom neemt. De fig. 13 t/m 15 geven de oscillogrammen weer van de inschakeling op wisselspanning (50 Hz), en fig. 16 die van de inschakeling op gelijkspanning.

De schakeltijd, die nauwkeurig op het oscillogram kan worden uitgemeten (eventueel met behulp van een vergrotingstoestel), bedraagt circa $1/75$ seconde. Men meet hiervoor bijv. op het oscillogram van fig. 15 de lengte van het horizontale lijntje van de tijdbasis en vergelijkt deze lengte met de horizontale afstand van twee opeenvolgende sinustoppen, die overeenkomt met $1/50$ seconde (netfrequentie 50 p/s). Op het oscillogram van fig. 16 is vóór

de meting eerst een nullijn gefotografeerd, zodat hierin de verticale amplitude beter tot uiting komt dan in de opname van de fig. 10 en 11.

De figuren 17 t/m 19 geven voorts nog de oscillogrammen weer van de stroomstoot door een automatische veiligheid, welke optreedt bij kortsluiting tot het ogenblik waarop de stroom wordt uitgeschakeld. De gloeilamp van fig. 9 werd eenvoudig vervangen door de te onderzoeken veiligheid. De max. stroom bedroeg hierbij circa 200 A. De uitschakeling geschiedde in de meeste gevallen na een halve periode ($1/100$ sec), in enkele gevallen na een volle periode (zie fig. 19).

Als tweede voorbeeld uit een grote reeks van toepassingen vermelden wij nog het meten van de zelfinductie van condensatoren. Hierbij wordt in de eerste plaats gedacht aan grote condensatoren in de sterkstroomtechniek, die worden gebruikt voor verbetering van de arbeidsfactor ($\cos \varphi$, zie voorpagina). Indien deze condensatoren te veel zelfinductie bezitten, kan bij een eventueel optredende kortsluiting in het net, een oscillatorische ontlading ontstaan, waarbij de spanning tot zeer hoge waarden kan opslingeren en tot beschadiging van kabels, meetapparatuur en van de condensatoren zelf kan leiden.

De condensator wordt gemeten volgens de schakeling van fig. 20. Via een hoge weerstand R_1 wordt de condensator C opgeladen en over

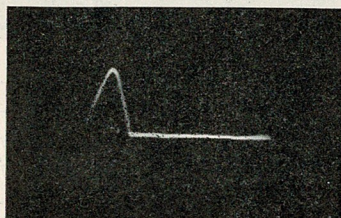


Fig. 17. Oscillogramopname van de stroomstoot door een automatische veiligheid tot het ogenblik van uitschakelen, als er een kortsluiting optreedt. De uitschakeling had plaats na een halve periode.

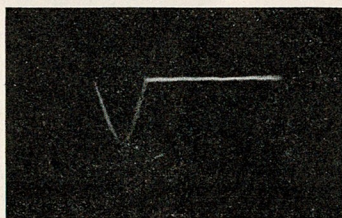


Fig. 18. Een herhaalde oscillogramopname van de stroomstoot door een automatische veiligheid tot het ogenblik van uitschakelen, welke stroomstoot optreedt bij een kortsluiting.

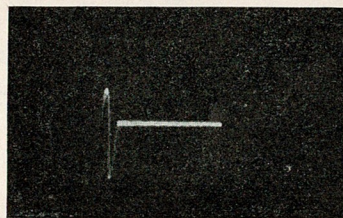


Fig. 19. Een nogmaals herhaalde oscillogramopname van de stroomstoot door een automatische veiligheid, optredend bij kortsluiting. In dit geval had de uitschakeling plaats na een volle periode van de wisselspanning.

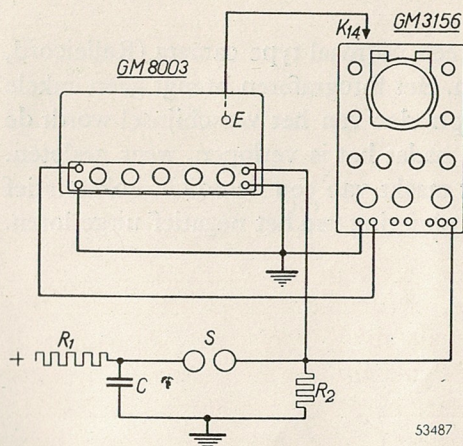


Fig. 20. Schakeling voor het meten van de zelfinductie van condensatoren met behulp van het elektronisch tijdbasisrelais GM 8003 en de oscillograaf GM 3156. C is de condensator waarvan de zelfinductie bepaald dient te worden, S is de vonkbaan waarover zich de condensator via de weerstand R_2 ontladst.

een kleine zelfinductievrije weerstand R_2 en de vonkbaan S ontladen. Een dergelijke elektrische keten, die bestaat uit capaciteit, zelfinductie en weerstand, zal zich oscillatorisch ontladen indien aan de voorwaarde

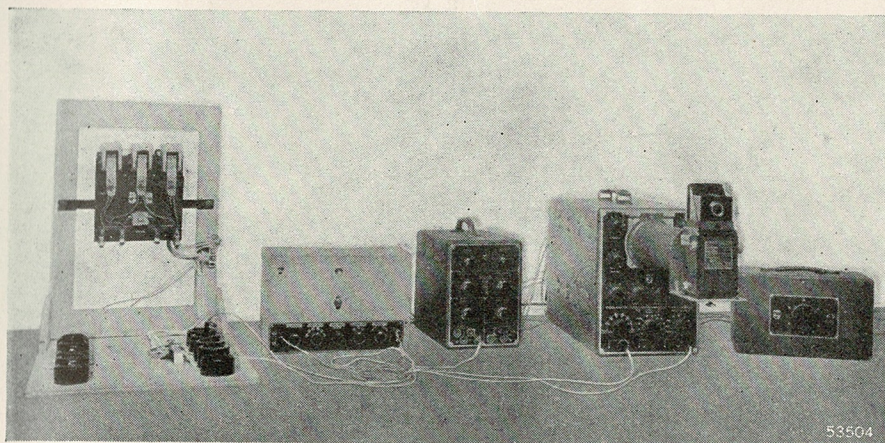


Fig. 21. Opstelling voor het registreren van het verloop van stroom en spanning in een fase bij het in- en uitschakelen van een driedraadschakelaar.

$R_2 < 2 \sqrt{\frac{L}{C}}$ is voldaan. In deze formule is L de zelfinductie van de condensator (die van de verbindingsdraden kan worden verwaarloosd). Ten gevolge van de ontladstroom, treedt aan R_2 een wisselspanning op met afnemende amplitude, welke met de oscillograaf en de GM 8003 fotografisch wordt vastgelegd.

De verhouding van twee opeenvolgende amplituden met hetzelfde teken laat zich gemakkelijk meten. De natuurlijke logarithme van deze verhouding, het logarithmisch decrement δ van de trilling, is gelijk aan $\frac{R_2}{2L}$, waaruit de zelfinductie L eenvoudig kan worden berekend.

HET FOTOGRAFEREN

Alle opnamen werden gemaakt met een normaal type camera (Rolleicord, f: 4,5) op Panatomic XX Kodak film. Het fotograferen brengt geen enkele moeilijkheid met zich; vóór het optreden van het verschijnsel wordt de sluiters van het toestel geopend en, nadat het is verlopen, weer gesloten. Daar men hiervoor meestal gebruik maakt van een lichtdicht kokerstatief (GM 4193), is de mogelijkheid van sluiering van het negatief uitgesloten.

INHOUD

Over het oscillograferen van eenmalige verschijnselen