

De fatale laagfrequent transformator

door A. C. DE GROOT

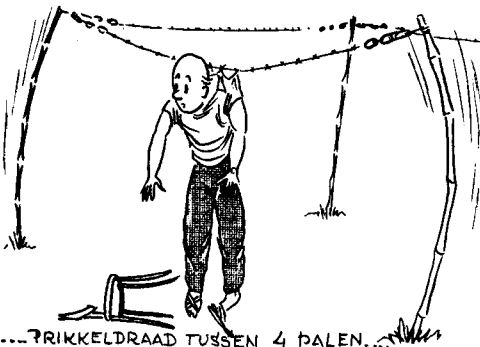
LEZERS, sta mij toe u terug te mogen leiden naar de jaren 1926-'27. Enthousiaste radio-amateurs hadden de koppen bij elkaar gestoken, geld ingezameld en verschillende plaatselijke radioverenigingen opgericht.

In de aanvang werden, soms met heel primitieve middelen, muziek-zender-tjes op een plankje gemonteerd en... het ging! Naast deze eenvoudige mid-delen werden door dezelfde blijmoedige leden dezer verenigingen, ontvangers in elkaar geknutseld, eenvoudige nul-vee-tweetjes, en zo begon in het voormalige Nederlandsch-Indië „de omroep”.

Dat er wel veel aan mankeerde, behoeft natuurlijk geen betoog... maar wie maalde daarom, een kniesoor die daar wat op te zeggen had. Ongegrond zou het toch niet geweest zijn, want vaak moest er veel goede wil en fantasie aan te pas komen om de melodie te herkennen (kinderziekten!).

„Als maar geluid geeft” was in die tijd het wachtwoord, welnu geluid hadden wij genoeg, ja dat deed het, in die luchtstorningsrijke contreiën. Maar ach wat gaf het, men was in die dagen rijk met zijn „Amplion” of „Le Las” luid-spreker.

Niet onvermeld mag blijven dat een enthousiasteling uit die dagen zelfs een anti-luchtstorningsantenne had uitgevonden, een even omvangrijk als ingewikkeld geval van prikkeldraad, hoog hangend tussen vier bamboepalen, in de verwachting dat de storingen daardoor wel afgeschrikt zouden worden, zo dacht n.l. deze pionier! (sic)

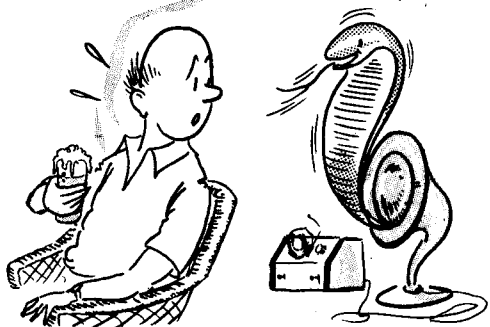


Waren de amateurs druk bezig, de industrie zat ook niet stil en begon dat rijke gebied te exploiteren. Ontvangers van allerlei fabrikaten stroomden Indië binnen, ontvangers toen nog voor-

zien van gelijkstroombuizen met twee trappen laagfrequent-versterking, en laagfrequent-transformatoren als kop-peleenheid met batterijen en accu's voor de voeding zowel voor de gloei-energie als voor de diverse anode-kringen (o.a. ook Hellesens' blokken 60 à 90 volt).

Had men aanvankelijk van al deze ontvangers wel plezier, na enkele maanden had je het lieve leven gaande. 's-Avonds tussen de vele luchtstoringen merkte men in het begin er niet veel van, maar 's-morgens als het rustig was, of met losgemaakte antenne, trad er af en toe een geheimzinnig kraken op. Slechte anodebatterijen? Never mind, dan maar een nieuwe gekocht (f 30,- per stuk). Het hielp niet!

....DAARNA ONTSTOND ER GESIS....



Het kraken werd in enkele weken tijds hoe langer hoe erger, daarna ontstond er een gesis, langzamerhand aanzwellend en dan nog vrij plotseling, dood... uit! Geen ontvangst meer! Alles doorgemeten... en dan bleek weer, voor de zoveelste maal, een laagfrequent-transformator de geest te hebben gegeven. En toch hadden wij in die tijd, die l.f. transformatoren brood-en-broodnodig. Dus dan maar weer een nieuwe aangeschaft!

Het was omstreeks die tijd dat een grote firma zich tot schrijver dezes wendde met verzoek te onderzoeken wat gedaan zou kunnen worden om een einde te maken aan het gratis verstrekken van de enorme hoeveelheden van deze vrijwel steeds door garantie gedekte transformatoren.

Een 60-tal defecte l.f. transformatoren, zelfs van uitstekend bekend staande fabrieken, werd ter beschikking gesteld voor onderzoek. Naar de oorzaak van het defect tastte men toen nog in het duister.

Alvorens het inwendige gedeelte van deze transformatoren aan een inspectie te onderwerpen, werden eerst de volgende metingen verricht:

Primaire wikkeling: anode- + hoogspanning: alle defect, praktisch hoogohmig.

Secundaire wikkeling: roosterkring negatieve roosterspanning, op één na alle wikkelingen in tact. Bij deze éne bleek een slechte solderplaats de oorzaak van het defect.

Primair t.o.v. secundair: overgangswaarde (gemeten met 50 volt) variërende van ca. 1 MΩ tot 100 kΩ. Het maakte verschil als plus en min werden omgewisseld. Bij verschillende transformatoren was het geen weerstand van constante waarde.

Deze meetuitkomsten hadden feitelijk een vingerwijzing moeten zijn in welke richting het onderzoek verder moest worden verricht... maar dat werd toen niet terstond begrepen.

Van al deze transformatoren waren de secundaire wikkelingen bewikkeld met geëmailleerd koperdraad van 0,1 mm, de primaire eveneens doch voor een klein aantal met draad van 0,12 mm. Daar waren transformatoren bij met metalen mantel, maar eveneens zonder: gedeeltelijk wel- en andere weer niet geïmpregneerd, soms uitsluitend met paraffine, andere met één of andere shatterton compound of met een mengsel daarvan.

Om het inwendige te kunnen onderzoeken, werden aanvankelijk de secundaire wikkelingen afgewikkeld, hetgeen zeer voorzichtig diende te geschieden, want knapte de draad af, dan was vaak het andere, op het wikkellichaam overgebleven gedeelte niet meer terug te vinden; later — om minder tijd aan dit werk te besteden — werden de wikkelingen zonder meer doorgesneden!

Bij de secundaire bleek het einde van de wikkeling dat gekeerd was naar de primaire, een emaille-oppervlak te hebben, dat dof van aanzien was geworden. Was de gehele secundaire afgewikkeld, dan kwam men terecht op de isolerende laag, aangebracht tussen de primaire en secundaire wikkeling, meestal uit enkele lagen geparaffineerd papier, soms ook vervaardigd van dun edelkarton. Ook het wikkellichaam bestond meestal uit dit materiaal.

En hier deed zich bij alle onderzochte transformatoren het eerste, werkelijk opmerkelijke verschijnsel voor. De isolerende laag bleek geheel en al te zijn

doortrokken door een groene substantie, als ware het daarmede geïmpregneerd (ionen verplaatsing!).

Ook was dit materiaal min of meer vergaan, want het liet zich niet bij alle transformatoren gaaf afwikkelen. En dat behoeft, ook bij veroudering bij normaal geparaffineerd papier, na enkele jaren toch niet te gebeuren!

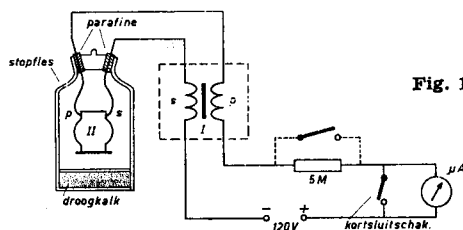


Fig. 1

Was dit laagje verwijderd, dan kwam men terecht op wat eens de primaire wikkeling „was geweest“!; want hier bleek maar al te duidelijk de oorzaak van het defect. Van de oorspronkelijke emailledraad waren hier en daar nog stukjes over, maar voor de rest was het één en al een grauwo-groene masse geworden. Naar schatting zijn zeker een tien lagen draad wederom vrij normaal.

De vraag was dan ook: „Waarom was deze ruïne toe te schrijven?“ Het werd dan ook bijzonder verleidelijk om nu te gaan denken aan elektrolyse, maar was dat wel zo? Maar daarover later.

Uitgaande van deze veronderstelling werden de volgende proeven verricht: 1e Een serie gloednieuwe l.f. transformatoren werd aan een isolatiemeting onderworpen (500 volt - beter dan 0,1 µA). De primair/secundaire isolatieweerstanden waren alle hoger dan 5000 MΩ. Bij sterkstroom zou men kunnen spreken van isolatie maar scheikundig bekeken niet.

Met verwijzing naar fig. 1 werden twee nieuwe l.f. transformatoren onder voortdurende spanning gebracht van 120 volt, een getrouwe nabootsing van de toestand waaronder de l.f. transformatoren in de ontvangers verkeerden. Bij uitschakeling, dus na het luisteren, werden vroeger alleen de gloei-spanningen afgeschakeld. De transformatoren bleven derhalve onder plus anodespanning en min negatieve roosterspanning staan. De ene transformator stond in open lucht, de tweede in verwarmde toestand (ca. 45° C) geplaatst in een voorverwarmde stopfles gevuld met verwarmde ongebluste kalk. De verbinding met deze transformator vond plaats met koperdraadjes

van 0,1 mm, de stopfles afgedicht met paraffine en soldeerbout. Na afkoeling zou hierdoor onderdruk ontstaan.

Voorts werd er gebruik gemaakt van 120 volt spanning, de negatieve pool verbonden aan de twee in serie geschakelde secundaire wikkelingen. De plusspanning ging via een Hartman en Braun microampèremeter van 30-0-30 μA en een beveiligingsweerstand van 5 M Ω (meter kan niet over de kop slaan) naar de beide in serie geschakelde primaire wikkelingen. Bovendien was de meter door een drukschakelaar overbrugd. Resultaten: in het begin: geen afleesbare stroom indicatie.

Na 2 maanden: transf. I: ca. 0,25 μA — transf. II nihil.

Na 4 maanden: transf. I: ca. 1 μA — transf. II nihil.

Na 6 maanden: transf. I: ca. 2 μA — transf. II meternaald beweegt even.

Hiermede was dus bewezen, dat op den duur de lucht (lees: de vochtigheidsgraad, in Indië vaak meer dan 85 % relatief) van grote invloed was op de weerstand tussen de primaire en secundaire wikkelingen. En het kan niet anders of ten gevolge van deze stroomovergang moet ook wel elektrolyse plaats vinden. En aangezien elke transformator nu eenmaal onderhevig is aan het adem-effect, is dat vocht bijna niet te weren!

2e Tijdens deze proef werd een Federal transformator (defect; Amerik. fabrikaat) afgewikkeld. Schrijver slaagde er (na verschillende mislukkingen) in om van het, van karton vervaardigde wikkellichaam, een getrouwe copie te vervaardigen van zuiver mica (geen micaniet). De ronde zijkanten geplakt (uitwendig) met een oplossing van celluloid in aceton. Primair 5000 windingen, Cu emaille 0,1 mm; secundair, 12500 windingen, eveneens emaille-draad van 0,1 mm (had feitelijk 15000 moeten zijn, maar dat kwam er niet meer op!). Primair/secundair eveneens door mica geïsoleerd. Overgangswaerstand gemeten met 500 volt, onmeetbaar hoog. Deze transformator maakte deel uit van een 2-traps NSF, V2 versterker en werd na bovengenoemde reparatie, daarin teruggeplaatst onder de oorspronkelijke omstandigheden, derhalve plus op primaire en min op secundaire wikkelingen, was na acht jaar gebruik nog niet defect!

Het is dus niet alleen het vocht van de lucht dat schadelijk is, maar ook of de isolerende laag tussen primaire en

secundaire wikkelingen in staat is, bijvoorbeeld door hygroscopische neiging daartoe, dat vocht op te nemen en vast te houden, waardoor er een betere geleiding tussen primaire en secundaire ontstaat. Het begon nu hoe langer hoe helderder te worden. Het mica had die eigenschap niet, het geparaffineerde papier wel. Maar zoals zo vaak wordt geconstateerd, ontstaat een verschijnsel meestal niet door één, maar door een complex van factoren. En zo stelt schrijver zich voor dat de verwoesting van de primaire wikkeling, juist op de plaats waar primaire en secundaire elkaar het meest naderen, een gevolg is van verschillende factoren die tezamen de aanleiding vormen tot het ontstaan van bovenvermelde ruïne.

Op deze plaats, tussen primaire en secundaire, heerst er natuurlijk een vrij sterk elektrisch veld en al zal het slechts in geringe mate zijn, vrijwel zeker vergezeld van enige ionisatie en bovendien daardoor ook het ontstaan van ozon, van welke twee factoren het bekend is dat zij het zuur- worden van paraffine sterk bevorderen. Voeg daarbij het vocht van de buitenlucht en zie daar hoe het geleidend medium is geschapen, als gevolg waarvan „elektrolyse”. Dit hadden we bij de door mica geïsoleerde transformatorwikkelingen niet, vandaar de lange levensduur!

Ten overvloede werd nog een chemisch onderzoek ingesteld van de groene massa. Korthedshalve dient te worden vermeld dat deze bestond uit, ten dele een vetzure koperverbinding ten dele uit kopercarbonaat. Aangenomen mag worden, dat de affiniteit van het koper (oorspronkelijk koperoxyde door ozon) tot het koolzuur groter is dan die tot de vetzure substantie.

Na het bovenstaande mocht gevoeglijk worden aangenomen dat de oorzaken van het defect-raken bekend waren, zodat de oplossing van dit probleem vrij eenvoudig was geworden. Wilde



BIJ HET ADEMEFFECT IS DAT VOCHT
BUNA NIET TE WEREN.....

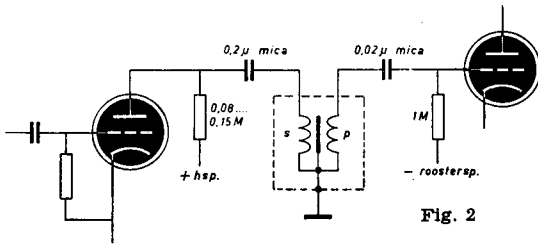


Fig. 2

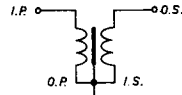


Fig. 3

men elektrolyse voorkomen, dan moesten van de transformator de metalen afscherming, kern en wikkelingen alle op gelijk potentiaal worden gebracht. Dan is het onmogelijk dat er nog elektrolyse kan optreden! Derhalve werd de firma aangeraden: Voor de detector de eerste l.f. trap te gebruiken:

1e Een transformator waarvan de afscherming, de kern en de wikkelingen waren geaard aan massa zoals in fig. 2 aangegeven en verduidelijkt in fig. 3. (IP = input primair - OP = output primair - IS = input secundair - OS = output secundair)

Output primair en input secundair liggen inwendig bij de transformator bij elkaar en gescheiden door de isolatie. De koppelcondensatoren dienen mica diëlektricum te bezitten aangezien papiercondensatoren aan hetzelfde euvel lijden als de isolatie van de l.f. transformator (vandaar lekkage en veelal wordt het op den duur een klein accutje). Op deze manier draagt de transformator geen enkel gelijkspanningspotential meer.

Deze schakeling is voor muziek en spraak kwalitatief beter dan de oude methode, aangezien nu ook gelijkstroom-magnetisatie ontbreekt (evt. kern verzadiging in de pieken). De versterking van de trap (buis + transformator) is echter kleiner.

Wil men voor radiotelegrafie toch de oude sterkte terughebben, dan kan dat ook, als men maar steeds voor ogen houdt, dat alle delen van de transformator op gelijk potentiaal moeten blijven staan. Zie hiervoor fig. 4 als voorbeeld. Men bedenke dat, waar ook de afscherming van de transformator nu op plus anodespanning staat, deze van de massa geïsoleerd moet worden door montage op eboniet of Pertinax. De aarding geschiedt dan via de mica condensator van $0,1 \mu\text{F}$. Geluidskwaliteit speelt bij telegrafie toch geen rol.

In de eindtrap, bij directe voeding, dienen luidsprekergerestel en hoogohmige spreekspoel zodanig van de massa te worden geïsoleerd, dat elek-

trolyse niet kan optreden. Bij indirecte voeding, derhalve via een uitgangstransformator, dient men daar eveneens rekening mede te houden, daar een RC koppeling hier niet op zijn plaats is wegens derving van het vermogen van die eindtrap.

In het algemeen moet men overal in allerlei schakelingen zich steeds afvragen of bovenvermelde verschijnselen zich zouden voordoen derhalve inveldspoelen van luidsprekers met elektromagneet, ook in smoorspoelen in p.s.a.'s enz.

Ook bij de transistor-ontvangers hebben we deze a.f. transformatoren, maar gelukkig zijn hier de werkspanningen veel lager, zodat isolatiemoelijkheden zich minder voordoen. Bovendien zal ten gevolge van deze veel lagere spanning de door schrijver veronderstelde ionisatie en ozon-vorming vrijwel geheel of geheel en al achterwege blijven, aangezien de ionisatiespanning hoger ligt dan de werkspanning van het transistorapparaat.

Ook bij auto-installaties is het daarom beter dat de positieve pool van de accu aan massa komt te liggen, want dan zijn alle wikkelingen van de in die installatie toegepaste onderdelen negatief t.o.v. massa. Storingen zullen dienengevolge minimaal worden. Houdt men met bovenstaande rekening, dan gaan de transformatoren, relais enz. niet meer defect. De fatale transformator is dan een ideale transformator geworden.

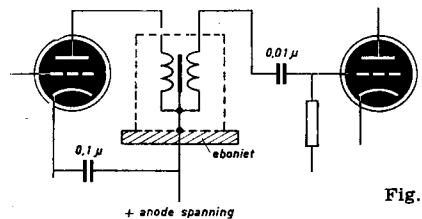


Fig. 4

Schrijver heeft niet de bedoeling dit onderwerp uit te putten, maar meent er wel goed aan te doen dit punt — zo van belang voor elektro- en radio-techniek, in zo beknopt mogelijke vorm onder de aandacht van de lezers te brengen.