
Protéger votre amplificateur de puissance et circuits QSK

Uw vermogenversterker beveiligen en QSK schakelen

Par/door ON4ADN

Traduction: ON4KCY

En partie à la demande des amateurs qui construisent eux-mêmes leur amplificateur, j'ai cherché un schéma pour protéger les onéreux tubes de puissance. Ces derniers temps, les prix montent et un circuit de protection est un extra peu onéreux et qui garantira une longue vie à vos tubes de l'étage final. Une protection est-elle nécessaire? Bien sûr, toujours, pour autant que vous souhaitez utiliser vos tubes de puissance aussi longtemps que possible.

Les objectifs:

- Un schéma simple, sans pièce onéreuse ni difficile à trouver
- Fiable et sûr
- Reset automatique pour lequel le délai peut-être sélectionné

Le schéma est aussi utilisable sans timer, donc simplement avec la détection de courant et un relais de protection qui est actionné par le PTT; il supprime le courant de grille et éventuellement la haute tension. Pour cela, un circuit doit être utilisé pour reseter le système.

Il me semble utile de rappeler les différents éléments d'un tube, en attirant l'attention sur les points auxquels il faut faire attention lors d'une construction personnelle.

La cathode

Pour beaucoup, il s'agit d'une partie négligeable qui ne demande pas d'explication. Je pense tout le contraire.

Certains types de lampes nécessitent une limitation de courant lors de la mise sous tension de l'amplificateur pour éviter que la cathode, par la forte augmentation de courant, soit surchargée et atteigne la grille, causant sa destruction et rendant le tube définitivement QRT. Il faut rechercher les caractéristiques de votre tube d'ampli, par exemple sur internet. Si vous ne trouvez pas de documentation, il vaut mieux placer, pour limiter le courant, une résistance de forte puissance dans le circuit primaire du transformateur de cathode (si possible bien sûr, car s'il est bobiné sur le même noyau que la haute tension, ce n'est pas réalisable).

Certaines cathodes ont besoin d'un délai de préchauffage (pour les amateurs: j'ai, ici, un schéma disponible avec délai réglable).

Un autre phénomène des amplificateurs à tubes commerciaux, est le fait qu'il y ait différentes dérivations au primaire. En Belgique, le réseau électrique a une valeur de 240V, de sorte que je choisirais cette valeur. Sur certains sites, on préconise d'utiliser l'entrée 220V et gagner quelques

Een beetje op vraag van amateurs die zelf hun versterker maken, ben ik op zoek gegaan naar een schakeling om die kostbare vermogenbuizen te beveiligen. De laatste tijd swingen de prijzen de pan uit en een beveiligingsschakeling is een extra die weinig kost en een jarenlange levensduur van uw eindbuis garandeert. Is een beveiliging wel nodig? Jawel, altijd, wanneer je tenminste die kostbare vermogenbuis zo lang mogelijk wilt gebruiken.

De doelstellingen:

- een eenvoudige schakeling, zonder moeilijk verkrijgbare en dure onderdelen
- betrouwbaar en bedrijfszeker
- een automatische reset waarvan de tijd kan worden ingesteld

Het schema is ook bruikbaar zonder timer, dus eenvoudigweg met de stroomdetectie en een beveiligingsrelais dat de roosterspanning met de PTT wegneemt en eventueel de hoogspanning. Bij deze moet dan een schakelaar geplaatst worden om de zaak te resetten.

Het lijkt me nuttig om nog eens alle buisonderdelen door te nemen, met aandacht voor zaken waarop je moet letten als je aan zelfbouw doet.

De kathode

Voor velen lijkt dit een verwaarloosbaar onderdeel dat geen verdere toelichting behoeft. Ik denk daar precies andersom over.

Bepaalde buizentypes vereisen een stroombeperking bij het inschakelen van de versterker om te vermijden dat de kathode door te sterke stroomopname uit het center wordt geslagen en het rooster raakt, met versmelting en onherroepelijk QRT van de buis. Je slaat er best de gegevens van uw specifieke versterkerbuis op na, bijvoorbeeld via internet. Vind je geen documentatie terzake, dan zou ik sowieso een stroombeperkende hoogvermogenweerstand plaatsen in de primaire van de kathodetrafo (als dat kan natuurlijk, want als die op dezelfde kern gewikkeld is als de hoogspanning, kan dit niet).

Sommige kathodes hebben een opwarmtijd nodig (voor de liefhebbers: een schema voor een schakeling met instelbare tijd heb ik hier liggen).

Een ander fenomeen bij commerciële buizenversterkers is het feit dat verschillende primaire aftakkingen bestaan voor het net. Hier in België heeft de netspanning doorgaans een waarde van 240 V, zodat ik die aftakking zou kiezen. Op bepaalde websites wordt echter aanbevolen om

centaines de watts grâce à une tension plus élevée. C'est correct mais cette augmentation de tension au niveau de la cathode engendre une réduction de moitié de la durée de vie de la lampe. Si on mesure 12,6V via le primaire 240V et on passe ensuite sur le primaire 220V, la tension de cathode peut augmenter d'1V et approcher fortement le maximum de la tension admissible. Et nous ne parlons pas encore du réglage d'usine, correct ou non, de la tension de cathode. Si, par exemple, la tension est de 13V, on atteindra rapidement la tension maximale de cathode et nous ne devons, alors, plus parler de durée de vie de cette lampe. Une fois de plus, mesurer, c'est savoir.

Changez seulement la dérivation si vous êtes certain que la tension de cathode reste dans des valeurs acceptables.

La grille de commande

Beaucoup de tubes ayant un facteur d'amplification élevé sont commandés par la grille (classe AB1), mais des tubes ayant une telle raideur ne peuvent supporter qu'un faible courant de commande sur la grille (1 à env. 5 mA). En principe, en classe AB1, il n'y a pas de courant de grille sinon, les voisins pourraient bien écouter les QSO. La grille reste toujours négative par rapport à la cathode. Beaucoup de tétrodes qui sont actuellement utilisées, comme les 4CX1000A, 4CX1500B, GU43B, GU84B, GU74A, appartiennent à ce type de lampes. Elles ne seront pas détruites si on se trompe une fois, mais une protection est préférable pour ne pas les alimenter avec 100W (et donc rendre la grille positive par rapport à la cathode, avec comme conséquence, du TVI et BCI). Selon certains websites, il n'y a aucun problème et on peut expérimenter à tout va. Les tubes ne succomberont, en effet, pas mais "s'empoisonneront" petit à petit et une longue vie sera illusoire. La fine couche (d'or par exemple) sur le fil de la grille va commencer à fondre et arriver sur la cathode avec pour conséquence, un "empoisonnement" du tube. **Cette situation est irréversible.** La plupart de ces lampes n'utilisent pas de courant de grille et fournissent une pleine puissance pour une entrée minimale.

La **figure 1** représente une protection réglable pour un courant maximum autorisé à la grille. Dépendant de la position du potentiomètre, le transistor conduira jusqu'au courant de grille souhaité (pour le réglage correct, on placera un ampèremètre dans le circuit). En regardant les graphiques de l'optocoupleur CNY74, on s'aperçoit que le rapport est de 100%: un courant de 1mA au travers de la diode, signifie aussi un courant de 1mA au transistor. Le transistor après l'optocoupleur a une hfe importante et donc un faible courant suffit pour le rendre conducteur. En testant avec un 2N2222A, le relais s'enclenche à 1,2mA, avec un BC547B à 0,25mA. Si on veut activer le relais plus tôt, il faudra donc utiliser un optocoupleur encore meilleur, dont la diode s'ouvre pour un très faible courant. Peut-être

faut-il alors appliquer une tension supplémentaire à l'optocoupleur. Pour mon projet suivant, avec un tube GU43B, je maintiendrais la sécurité à maximum 1,5mA, donc avec un transistor 2N2222A après l'optocoupleur et sans R1.

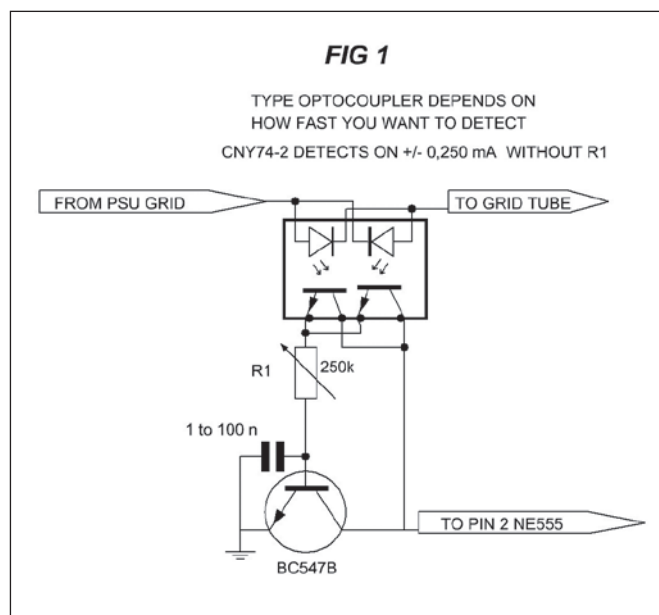
Remarques complémentaires:

- L'optocoupleur est placé en anti-parallèle pour éviter qu'une tension inverse – qui surviendrait de manière inattendue – le détruise.
- Sur mon amplificateur actuel, il n'y a jamais de courant de grille. La protection est prévue pour qu'on soit averti si quelque chose ne va pas et il faut donc réduire la puissance d'entrée.
- Si la grille de contrôle devient positive à cause d'une puissance d'entrée trop élevée et que l'amplificateur est correctement accordé sur la bande choisie, le courant d'anode augmentera proportionnellement jusqu'à

de l'attakking voor 220 V te nemen en zo enkele honderden watt meer vermogen te bekomen door de hogere hoogspanning. Juist, ware het niet dat de spanning op de kathode evenredig verhoogt en dat de buis hierdoor maar de helft van zijn voorziene levensduur dreigt te halen. Als je 12,6 V via de primaire 240 V meet en de aftakking naar 220 V verplaatst, kan de kathodespanning met 1 V toenemen en dicht in de buurt komen van de maximum toegelaten spanning. En dan hebben we het nog niet over de al dan niet juiste fabrieksinstelling van de kathodespanning. Als de spanning bijvoorbeeld 13 V bedraagt, dan ga je snel over de maximum kathodespanning en hoeven we het niet eens meer over de levensduur van de buis te hebben. Eens temeer: meten is weten. Verleg pas de aftakking als je zeker bent dat de kathodespanning binnen het toelaatbare blijft.

Het stuurrooster

Veel buizen met een hoge versterkingsfactor worden in het stuurrooster gestuurd (klasse AB1), maar buizen met zo'n steilheid kunnen maar weinig stuurroosterstroom verdragen (1 mA tot ca. 5 mA). Normaal is er in klasse AB1 geen roosterstroom, zoniet zouden de geburen wel eens kunnen meeluisteren naar uw QSO's. Het stuurrooster blijft altijd negatief ten opzichte van de kathode. Vele tetrodes die nu gebruikt worden, zoals de 4CX1000A, 4CX1500B, GU43B, GU84B, GU74A, behoren tot deze types buizen. Zij zullen niet defect gaan als je eens een vergissing begaat, maar beveiligen is de beste oplossing om ze geen 100 W te sturen (en dus het stuurrooster positief te maken t.o.v. de kathode, met TVI en BCI voor gevolg). Volgens sommige websites is er geen vuiltje aan de lucht en kan er naar hartelust worden geëxperimenteerd. De buizen bezwijken er inderdaad niet aan, maar zij raken beetje bij beetje 'vergiftigd' en een lang leven is hen niet beschoren. Het dunne laagje (goud bijvoorbeeld) op het draadje van het stuurrooster zal beginnen smelten en op de kathode terecht komen, met vergiftiging van de buis tot gevolg. **Dit is een onomkeerbare situatie.** De meeste van deze buizen trekken zelfs nooit stuurroosterstroom en geven volle output bij een minimale ingang.



In **figuur 1** zie je een instelbare beveiliging volgens de maximum toegestane roosterstroom. Afhankelijk van de stand van de potentiometer zal de transistor geleiden voor de gewenste maximum roosterstroom (voor de juiste afregeling plaats je een stroommeter in de schakeling). Als je de grafieken van de optocoupler CNY74 bekijkt, kan je zien dat de ratio 100% is: een stroom van 1 mA door de diode betekent ook 1 mA op de transistor. De transistor na de optocoupler heeft een hoge hfe, waardoor een kleine stroom volstaat om hem te doen geleiden. Bij testen met een 2N2222A trok het veiligheidsrelais aan op 1,2 mA, met een BC547B op 0,25 mA. Wil je het relais nog sneller bekrachtigen, dan zal je een nog betere optocoupler moeten gebruiken, waarvan de diode oplicht bij een

heel kleine stroom. Misschien moet je dan aan de optocoupler een extra spanning aanleggen. Bij mijn volgend project met een GU43B hou ik de beveiliging rond maximum 1,5 mA, dus met een 2N2222A transistor na de optocoupler, zonder R1.

Aanvullende opmerkingen:

- de optocoupler is antiparallel geschakeld om te vermijden dat omgekeerde spanningen – die onverwacht kunnen optreden – hem doen sneuvelen.
- bij mijn huidige versterker vloeit er nooit roosterstroom. De beveiliging zorgt ervoor dat je kan zien dat je niet goed bezig bent en je dus best het stuurvermogen naar beneden haalt.
- indien het stuurrooster per vergissing positief wordt door teveel input, en de versterker goed is afgestemd op de band in kwestie, zal

des valeurs bien au-delà du tolérable. On peut voir cela sur le graphique d'un tel amplificateur à tube. Autrement, si l'amplificateur n'est pas bien accordé, l'anode ne peut pas passer en protection et la grille de commande recevra la charge complète avec comme conséquence, une lampe détruite.

La grille d'écran

La grille d'écran est aussi une pièce fragile, mais une fois correctement réglée, il ne peut plus rien arriver. La protection (voir **figure 2**) fonctionne selon le même principe que pour l'anode: une résistance en parallèle sur le bobinage d'un relais reed (type MEDER DIP 12 V 1000 Ω) détecte le courant. Si le courant dépasse la limite, le relais s'enclenche et donne contact à la pin 2 du NE555 sur lequel le temps de remise à zéro peut être réglée par seconde. Lorsque cette erreur se passe, elle est visualisée par une diode LED sur le panneau avant. Le NE555 enclenche le relais de sécurité de la grille d'écran et place l'amplificateur en stand-by.

Pour le réglage de la protection, il ne faut pas oublier de tenir compte du courant de la résistance de la grille d'écran.

Parfois, on observe un "flashover": un éphémère retour de la HT vers la grille. A ce moment, on retrouve de la HT sur la grille, ce qui est peu favorable pour le tube. En général, le tube survit mais quand même... Il est préférable de placer un MOV (Metal Oxide Varistor) ou un GDT (Gas Discharging Tube) entre la grille et la masse. Dès qu'une tension excède une certaine valeur, la grille est mise à la masse. Le problème est alors résolu et le tube et ses accessoires (condensateur, alimentation,...) sont protégés. Un OM m'a raconté qu'un GTD est presque aussi vite détruit qu'un MOV. Après avoir longuement cherché l'information, je dois lui donner raison. Et comme un MOV est facile à trouver et moins cher, le choix est vite fait.

Comment faire pour activer le reed au bon moment? Il suffit de mesurer, à l'aide d'une alimentation réglable, le courant et la tension qui active le relais et le reste se déduit par la loi d'Ohm. Que le relais soit 5/6/12/24 V n'a pas d'importance, il suffit de déterminer le courant pour lequel le relais s'enclenche. Un exemple avec le relais Merder 12V / 1000 Ω: une résistance de 6,2 Ω pour une limitation à 970 mA à l'anode et une résistance de 60 Ω pour une limitation à 87mA sur la grille (75mA grille + 12mA résistance). PS: Des relais reed 8-pin pour des sockets de 14-pin se trouvent facilement et pour pas cher sur les sites internet de vente aux enchères.

L'anode

Pour l'anode, on utilise la même protection que pour la grille d'écran, mais avec une autre valeur de résistance. Souvent, un mélange de résistances est une bonne solution et il y a place pour l'expérimentation. N'oublions pas de calculer la puissance de la résistance. Normalement, quasi tout le courant d'anode traverse la résistance. Doublez la valeur calculée de la résistance!

**POUR DES CONSIDÉRATIONS DE SÉCURITÉ,
ON PLACERA LA SÉCURITÉ DU CÔTÉ NÉGATIF.**

Une autre protection est une résistance d'anode dans l'alimentation positive. Dans beaucoup d'anciens amplificateurs, je placerais une telle résistance, en gardant une distance suffisante par rapport au châssis. Comme décrit ci avant, il pourrait y avoir un "flashover", avec un courant d'anode important en quelques microsecondes. La résistance dans l'alimentation

de anodestroom evenredig stijgen tot ver boven de grens van het toelaatbare. Dit kan je goed zien op de grafieken van dergelijke versterkerbuizen. Andersom: indien slecht afgesteld, kan de anode niet in beveiliging gaan en het stuurrooster zal de volle lading krijgen, met een defecte buis voor gevolg.

Het schermrooster

Het schermrooster is nog zo'n kwetsbaar onderdeel, maar eenmaal goed ingesteld kan er geen enkel probleem meer optreden. De beveiliging (zie **figuur 2**) werkt volgens hetzelfde principe als deze voor de anode: een weerstand parallel over de bekrachtigingsspoel van een reed-relais (type MEDER DIP 12 V 1000 Ω) detecteert de stroom. Indien de stroom

over de limiet gaat, trekt het relais aan en geeft een contact op pin 2 van de NE555 timer, waarvan de resettijd instelbaar is in seconden. Een LED op het voorpaneel geeft aan wanneer de versterker in de fout gaat. De NE555 start het veiligheidsrelais voor schermroosterspanning en de PTT en de versterker gaat binnen de kortste keren in stand-by.

Voor de instelling van de beveiliging mag je niet vergeten om de stroom door de bleederweerstand van het schermrooster in rekening te brengen. Soms treedt er van de anode een 'flashover' op: een heel kortstondige overslag van de hoogspanning naar het rooster. Op dat moment komt de hoogspanning op het rooster te staan hetgeen weinig bevorderlijk is voor de buis. Meestal overleeft de buis het, maar toch... Het is beter om een MOV (Metal Oxide Varistor) of een GDT (Gas Discharging Tube) tussen rooster en massa te plaatsen. Zodra de spanning een bepaalde waarde overschrijdt, wordt het rooster kortgesloten naar massa. Probleem opgelost en de buis en onderdelen op het rooster zijn beveiligd (roostercondensatoren, voeding, enz.). Een OM vertelde me dat een GDT bijna even snel als een MOV stuk gaat. Na lang zoeken naar meer informatie, moet ik die OM gelijk geven. En vermits een MOV héél makkelijk en goedkoop te vinden is, is de keuze snel gemaakt.

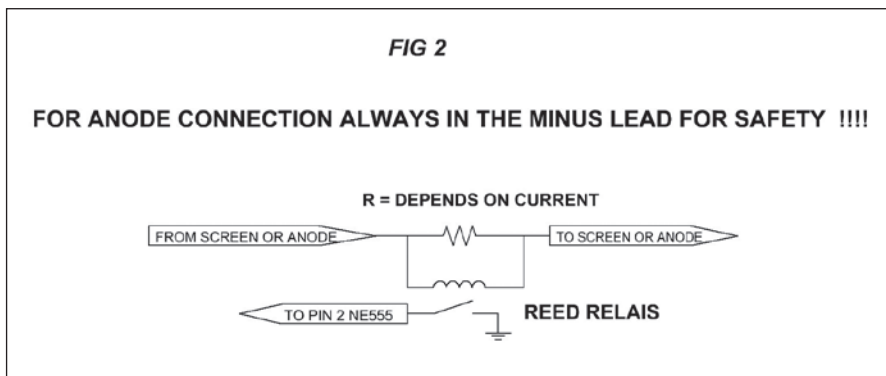
Hoe gaan we tewerk om het reed-relais juist te doen schakelen? Meet via een regelbare voeding spanning en stroom waarbij het relais aantrekt en het overige is de wet van Ohm. Het doet er niet toe of het reed-relais een type is voor 5/6/12/24 V, je moet enkel achterhalen vanaf hoeveel stroom het relais omschakelt. Een voorbeeld met het hier toegepaste 12 V / 1000 Ω Meder reed-relais: een weerstand van 6,2 Ω voor een stroombeperking van 970 mA op de anode; een weerstand van 60 Ω voor een stroombeperking van 87 mA op het rooster (75 mA rooster + 12 mA bleederweerstand). P.S. 8-pin DIP reed-relais voor 14-pin sockets zijn makkelijk en goedkoop te vinden op internet-veiligheidsites.

De anode

Voor de anode geldt dezelfde beveiliging als voor het schermrooster, maar met een andere weerstandswaarde. Meestal is een mix van weerstanden een goed idee en is er ruimte om te experimenteren. Vergeet niet om het vermogen van de weerstand te berekenen. Normaliter gaat nagenoeg de volledige anodestroom doorheen de weerstand. Verdubbel het berekende vermogen!

**OM VEILIGHEIDSOVERWEGINGEN WORDT DE
BEVEILIGING STEEDS IN DE MINLEIDING GEPLAATST!**

Een andere beveiliging is de anodeweerstand in de plusleiding. Bij wat oudere versterkers zou ik in ieder geval een dergelijke weerstand inbouwen, met inachtnaam van voldoende afstand van het chassis. Zoals hiervoor beschreven, kan er een kortstondige flashover optreden, met een grote anodestroom in microseconden. De weerstand in de plusleiding zal



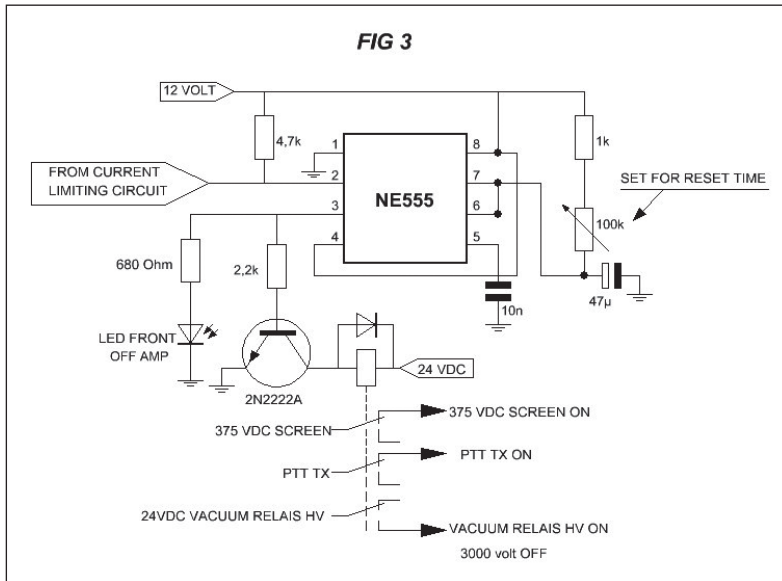
réduira ce courant. La résistance pourrait être détruite mais la lampe serait épargnée. Une résistance en fil bobiné de forte puissance de 10 à 50 Ω est idéale. Dans un prochain développement, je voudrais monter un relais sous vide dans l'alimentation positive pour supprimer immédiatement la haute tension en cas de chute importante de courant.

Timercircuit

Voir **figure 3**. On utilise ici un NE555. Le délai est réglable par le potentiomètre de 100k de 1 à x secondes.

La durée dépend du condensateur électrolytique. 47 à 220 μF sont des valeurs utilisables. La formule est: t (en secondes) = $1,1 \times R$ (en Ω) x C (en Farad).

Par exemple: pour un délai de 3 s et avec un C de 100 μF, la résistance sera d'environ $3 / (1,1 \times 0,0001)$ ou 30 kΩ dépendant de la valeur réelle de C . Il est préférable de monter initialement le potentiomètre de manière externe pour ensuite placer une résistance de valeur fixe.



Circuit QSK

Voir **figure 4**. En tant que fan de CW, je considère utile de prévoir en plus un circuit QSK.

Je disposais déjà de quelques schémas mais malheureusement sans résultat de mesures. J'ai donc réalisé moi-même des mesures avec un oscilloscope digital. A mon étonnement, le relais se ferme en très peu de temps. Le schéma lui-même (de K1KP?) est simple et peut être intégré dans n'importe quel amplificateur (même les plus anciens), avec le transistor isolé du châssis et les autres composants raccordés directement sur ce transistor.

Lors des tests QSK, j'ai remarqué sur le scope que le relais ne retombait pas assez vite. Le développement original utilise un condensateur électrolytique de 47 μF. Après plusieurs mesures, le circuit a été adapté comme suit: un condensateur électrolytique de 2,2 μF et une diode en parallèle sur la bobine du relais.

Quelques mesures provisoires:

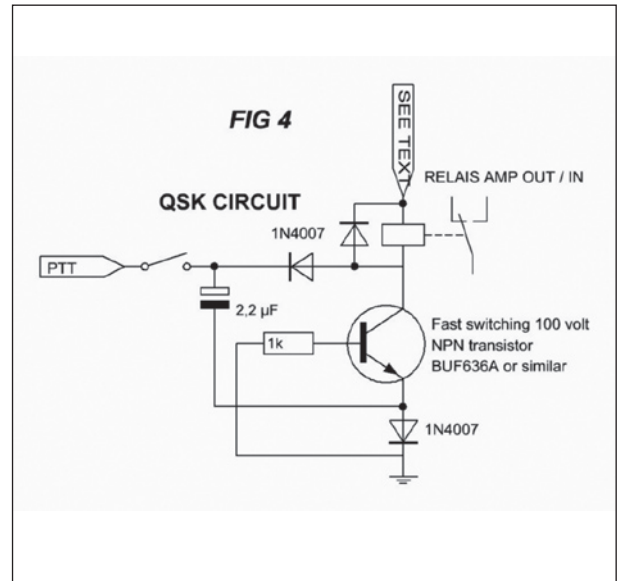
- Un Kilovac HC-2/S3 a été testé sans circuit QSK et s'enclenche dans les 6 ms ce qui suffit normalement en QSK. Avec le circuit QSK, de délai tombe à moins de 3,5 ms!
- Les pointes de tension mesurées, 24 V de tension de commande plus la tension de l'elco monte parfois à 65 V (double tension + tension d'induction du relais). Un transistor acceptant 100V est donc nécessaire (mon BC547 a été rapidement détruit).
- Le bruit du relais (juste pas activé ou juste pas désactivé par des incapacités mécaniques) diminue en choisissant le bon condensateur.
- Une diode sur le relais est nécessaire (voir les graphiques de A à G). Le condensateur utilisera la tension d'induction pour se charger mais, sans la diode, augmente de délai du relais.
- Il faut utiliser un elco aussi petit que possible (dans l'exemple: 2,2 μF)

deze stroom afremmen. De weerstand kan stukspringen, maar de buis blijft tenminste gespaard. Een draadgewonden hoogvermogenweerstand van 10 à 50 Ω is ideaal. Bij een volgend ontwerp wil ik een vacuümrelais in de plusleiding monteren om bij hoge stroomafname de hoogspanning meteen van de buis weg te nemen.

Timercircuit

Zie **figuur 3**. Hier werd gebruik gemaakt van de NE555. De tijd is instelbaar via de 100 k potentiometer van 1 tot x seconden. De afvaltijd is afhankelijk van de elco die erover staat. 47 à 220 μF zijn bruikbare waarden. De formule is: t (in seconden) = $1,1 \times R$ (in Ω) x C (in Farad) Bijvoorbeeld: voor een afvaltijd van 3 s en met een C van 100 μF wordt de weerstand circa $3 / (1,1 \times 0,0001)$ of 30 kΩ, afhankelijk van de echte waarde van de C .

Je plaatst de potentiometer voorlopig best extern via twee draadjes. Later kan je een vaste waarde solderen.



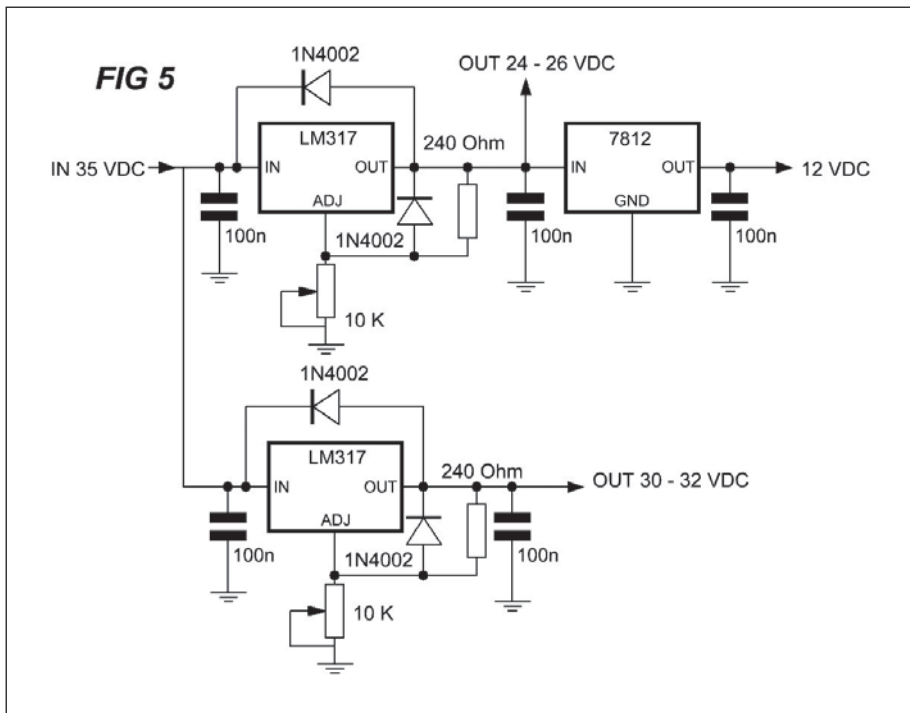
QSK-schakeling

Zie **figuur 4**. Als CW-fan vond ik het nuttig om, als extraatje, een QSK-schakeling te voorzien. Ik had reeds enkele interessante schema's gevonden, helaas zonder vermelding van meetresultaten. Dus maar zelf gemeten met de digitale scoop. Tot mijn verbazing wordt het relais in een bijzonder kort tijdsinterval aangetrokken. De schakeling zelf (ontwerper K1KP?) is dermate eenvoudig dat zij in nagenoeg elke (ook oudere) versterker kan worden ingebouwd, met de transistor geïsoleerd op het chassis gemonteerd en de overige onderdelen aan de transistorpennen gesoldeerd.

Bij een QSK-test zag ik op de scoop dat het relais niet snel genoeg afviel, wat tot nadenken stemde. Het origineel ontwerp bevatte een elco van 47 μF. Na verdere metingen werden de schakeling als volgt aangepast: een elco van 2,2 μF en een diode over de spoel van het vacuümrelais van de versterker.

Enkele voorlopige meetresultaten:

- Een Kilovac HC-2/S3 werd getest en trok, zonder de QSK-schakeling, aan binnen de 6 ms, wat normaal volstaat voor QSK. Met de eenvoudige QSK-schakeling trok die aan op minder dan 3,5 ms!
- De gemeten piekspanning, 24 V stuurspanning plus elcospanning, liep soms op tot 65 VDC (dubbele spanning + inductiespanning van het relais). Een 100 V transistor is dus een must (mijn BC547 gaf al vlug de geest).
- De relaisdender (net-niet-aan of net-niet-uit door mechanische onvolmaaktheden) neemt af bij toepassing van de juiste elco.
- Een diode over de relaiscontacten is een must (cfr. de grafieken A tot en met G). De elco zal de inductiespanning gebruiken om op te laden maar daardoor vergroot, zonder diode over de relaisspoel, de afvaltijd van het relais.



- Ga voor een zo klein mogelijke elco (in het voorbeeld: 2,2 μ F) om de uitschakeltijd te beperken. Zie de grafiek spanning versus tijd en merk op dat er met 47 μ F geen schijn van kans is om in milliseconden STBY te gaan. Anderzijds gaf 1 μ F een piekspanning van maximum 32 V. Kies dus een iets hogere waarde.
- De grafieken hierna weerspiegelen de minst goede resultaten (worst case). De maak/breektijd van het vacuümrelais viel nagenoeg steeds binnen de 3 ms met een gemiddelde waarde rond 2,9 ms.
- De ene transistor is de andere niet en bij testen is gebleken dat sommige transistoren bijna continu 1,5 ms trager schakelen dan bijvoorbeeld een BUF636A. Dus is het best een snel schakelende transistor te kiezen die voor zulke toepassingen gemaakt is.
- De nominale spanning van een vacuümrelais is normaal 26,5 V. De beste resultaten werden bekomen met een spanning van 30 à 35 V. Hogere spanningen hadden, door de mechanische beperkingen van een relais, geen effect meer. De maak- en breektijd bedroeg dan 2,5 ms voor de Kilovac HC2/S3, dit gemeten op het moment

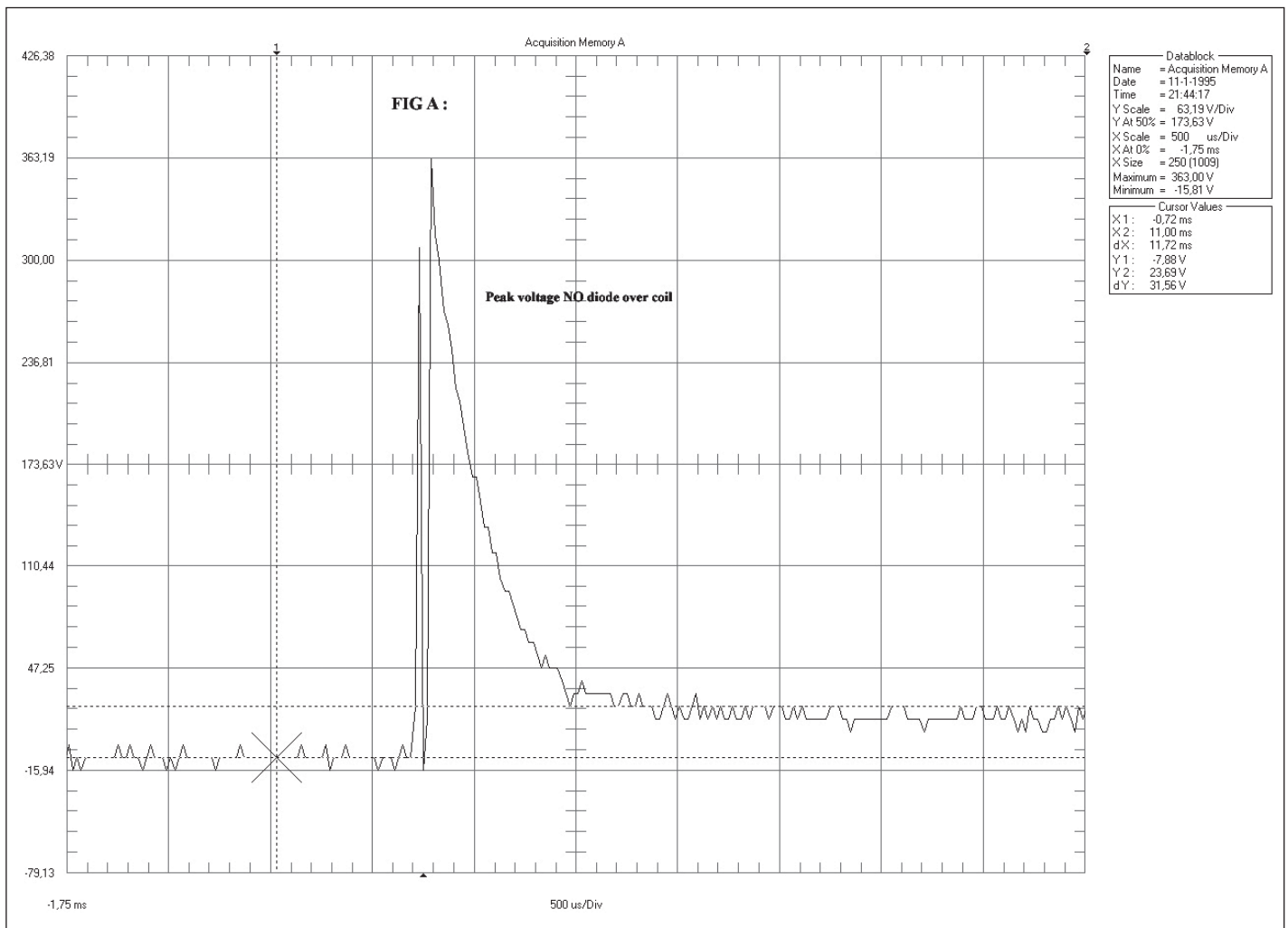
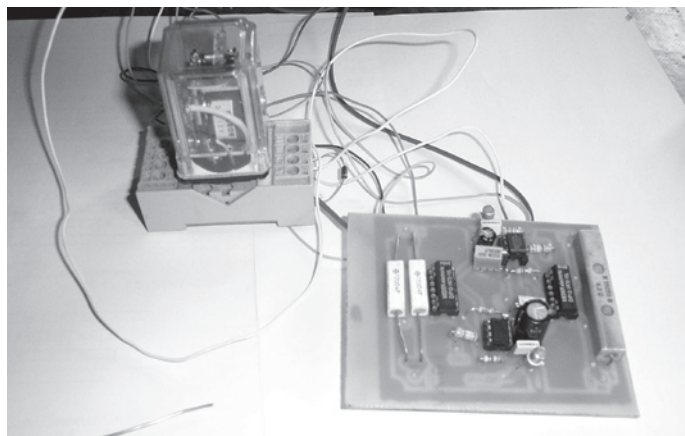


Fig. A. On peut voir ici la valeur de la pointe de tension SANS diode sur la bobine de relais. Cette pointe fera souffrir inutilement le relais si on n'applique pas de mesure pour la réduire. La pointe la plus élevée a été observée à 392 V!

Fig. A. Hier zie je hoeveel de inductiepiekspanning kan bedragen ZONDER diode over de relaispoel. Dit is een piek van formaat en het is evident dat de spoel onder stress komt te staan indien men geen maatregelen treft. De hoogste piek die ik heb kunnen waarnemen bedroeg 392 V!

pour réduire le délai de désactivation. En analysant les graphiques, on peut voir qu'il n'y a aucune chance de passer en stand-by en quelques millisecondes avec un condensateur de 47 μ F. D'un autre côté, une valeur de 1 μ F engendre une pointe de tension de maximum 32 V, on choisira donc de préférence une valeur un peu plus élevée.

- Les graphiques ci-dessous représentent les plus mauvais résultats (worst case). Le délai enclenchement/déclenchement du relais est encore le plus souvent sous les 3 ms avec une valeur moyenne de 2,9 ms.
- Un transistor n'est pas l'autre et lors des tests, on remarque que certains transistors sont presque toujours plus lents de 1,5 ms que par exemple un BUF636A. Idéalement, il faut choisir un transistor qui offre une commutation rapide qui est conçu pour de telles applications.
- La valeur nominale d'un relais à vide est généralement de 26,5 V. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des valeurs de 30 à 35 V. Des valeurs plus élevées n'ont plus d'effet du aux limitations mécaniques d'un relais. Le délai de commutation pour un Kilovac HC2/S3 est de 2,5 ms, valeur mesurée entre l'activation de la bobine et l'ouverture du contact du relais.
- Pour un circuit QSK, il est préférable d'utiliser deux relais identiques, en alimentant le relais en entrée avec 26,5 V et le relais en sortie avec 30 à 32 V. Le relais de sortie sera alors un peu plus rapidement enclenché et ne s'enclenchera pas à chaud ("hot switching"). La tension de la grille de commande sera se fera de préférence réalisée, avec de préférence un relais reed. La tension de la grille de commande passera alors en un rien de temps à -150 V, de sorte que le tube ne sera plus activé. Le relais de sortie a alors quelques ms pour évacuer le reste de la puissance vers l'antenne. Le reste de la puissance se perdra dans la résistance de la grille de commande. Commuter à chaud doit toujours être évité, sinon l'onéreux relais sera détruit. Un relais qui commute à chaud en permanence reçoit un arc entre les contacts. Le matériau utilisé pour éviter de brûler les contacts va doucement brûler et se pulvériser jusqu'à ce que le relais se colle ou fasse des mauvais contacts. Je peux vous montrer des relais professionnels chers dont les contacts sont totalement brûlés à cause de commutations à chaud.



van het bekrachtigen van de spoel tot het relais op het normaal open contact komt.

- In een QSK-schakeling gebruik je best twee identieke relais: het ingangsrelais gevoed met 26,5 V en het uitgangsrelais met 30 à 32 V. Het uitgangsrelais zal dan iets vlugger aantrekken en niet warm schakelen ("hot switching"). Voor het afvallen kan je best de stuurroosterspanning schakelen, bijvoorbeeld via een reed relais. De stuurroosterspanning zal dan in geen tijd op -150 V komen te staan, waardoor de buis niet meer wordt uitgestuurd. Het uitgangsrelais heeft een paar ms de tijd om de rest van het vermogen naar de antenne te voeren. De rest van het vermogen van de zender gaat in de weerstand die op het stuurrooster staat. Warm schakelen moet ten allen tijde worden vermeden, zoniet gaan de dure relais eraan. Een relais dat constant warm schakelt, maakt een vlamboog over de contacten. De materie die op de contacten is aangebracht tegen het inbranden (zilvertin oxide AgSnO, bijvoorbeeld) zal stilaan verbranden en verpulveren, het relais blijft 'plakken' en maakt slecht contact. Ik kan je dure professionele relais tonen waarvan de contacten gewoon weggebrand zijn door warm schakelen.

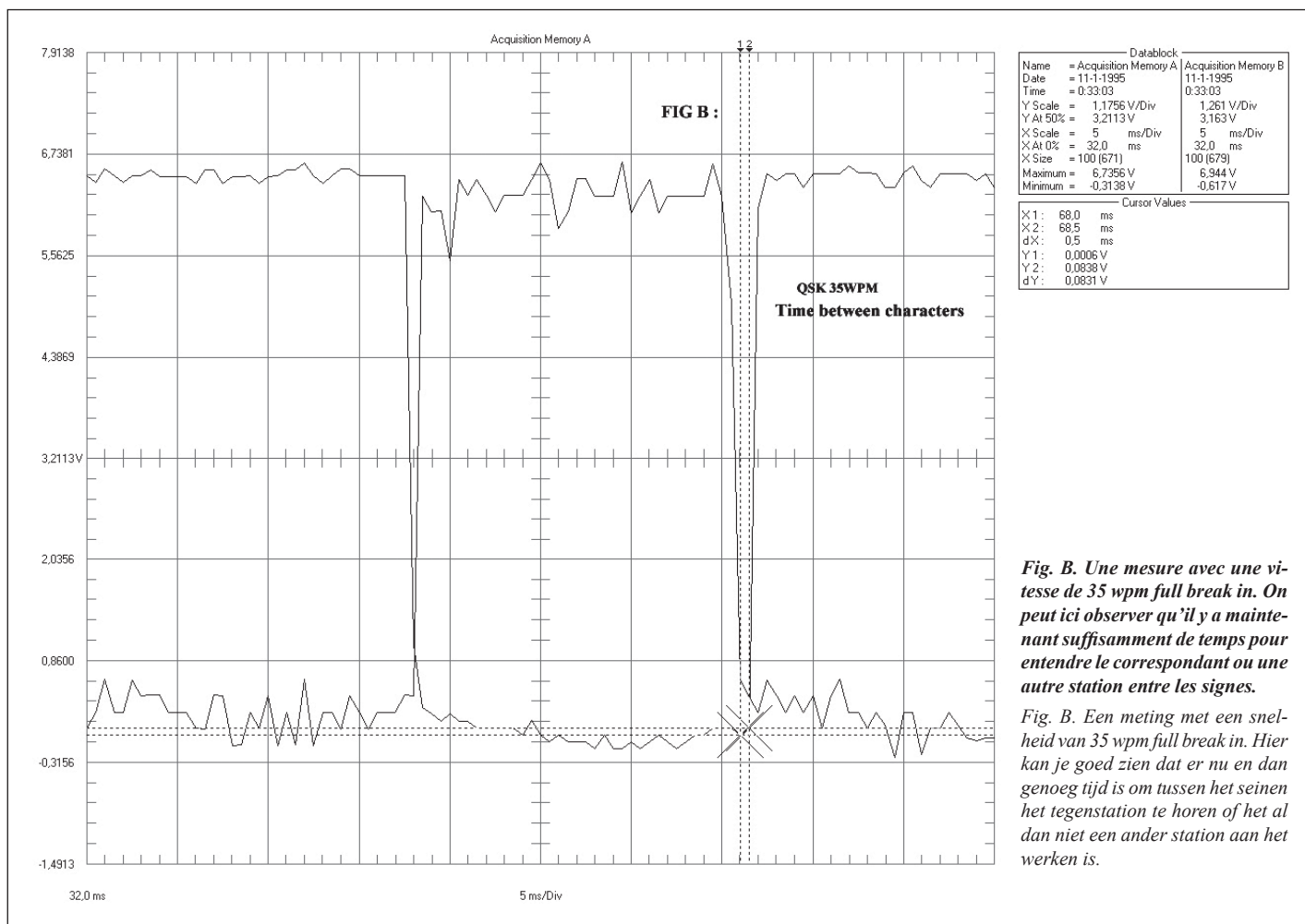


Fig. B. Une mesure avec une vitesse de 35 wpm full break in. On peut ici observer qu'il y a maintenant suffisamment de temps pour entendre le correspondant ou une autre station entre les signes.

Fig. B. Een meting met een snelheid van 35 wpm full break in. Hier kan je goed zien dat er nu en dan genoeg tijd is om tussen het seinen het tegenstation te horen of het al dan niet een ander station aan het werken is.

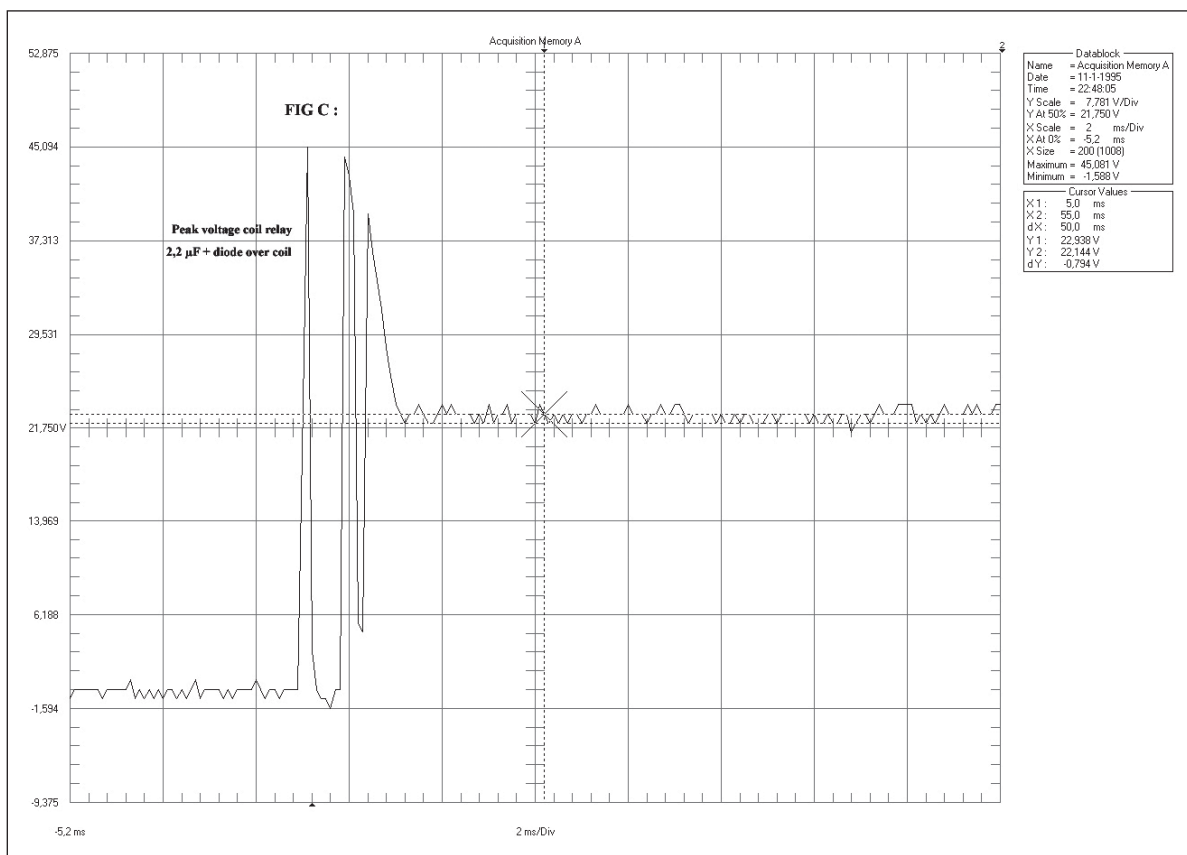


Fig. C. On remarque dans ce graphique la pointe de tension à la bobine qui s'élève à 52 V avec une tension de commande de 24, ceci avec la tension supplémentaire provenant de l'elco.

Fig. C. Hier zie je de piekspanning aan de spoel, dit tot maximum gemeten waarde van 52 V met een stuurspanning van 24 V, dit met de extra spanning afkomstig van de elco.

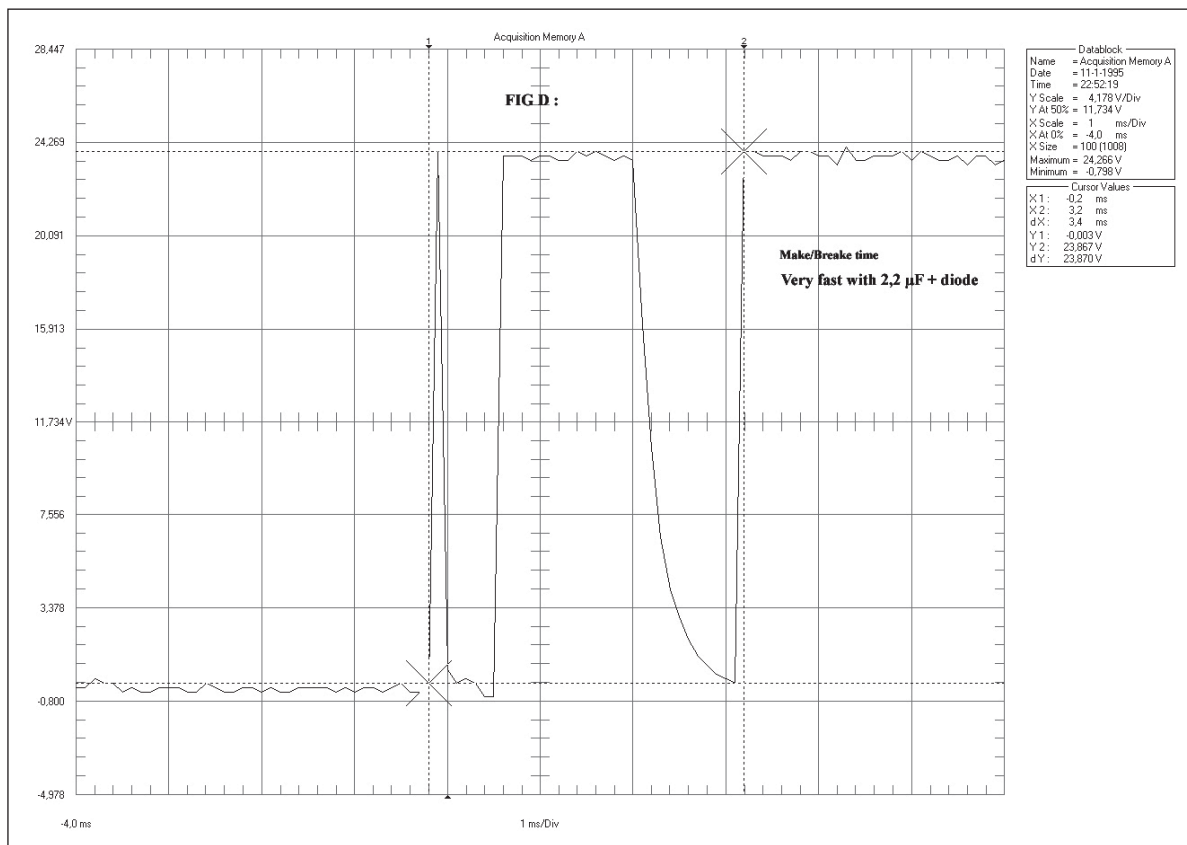


Fig. D. Délais d'activation/désactivation du relais. Suffisamment rapide et utilisable pour du QSK.

Fig. D. Maak/breek tijd van het relais, voldoende snel en bruikbaar voor QSK.

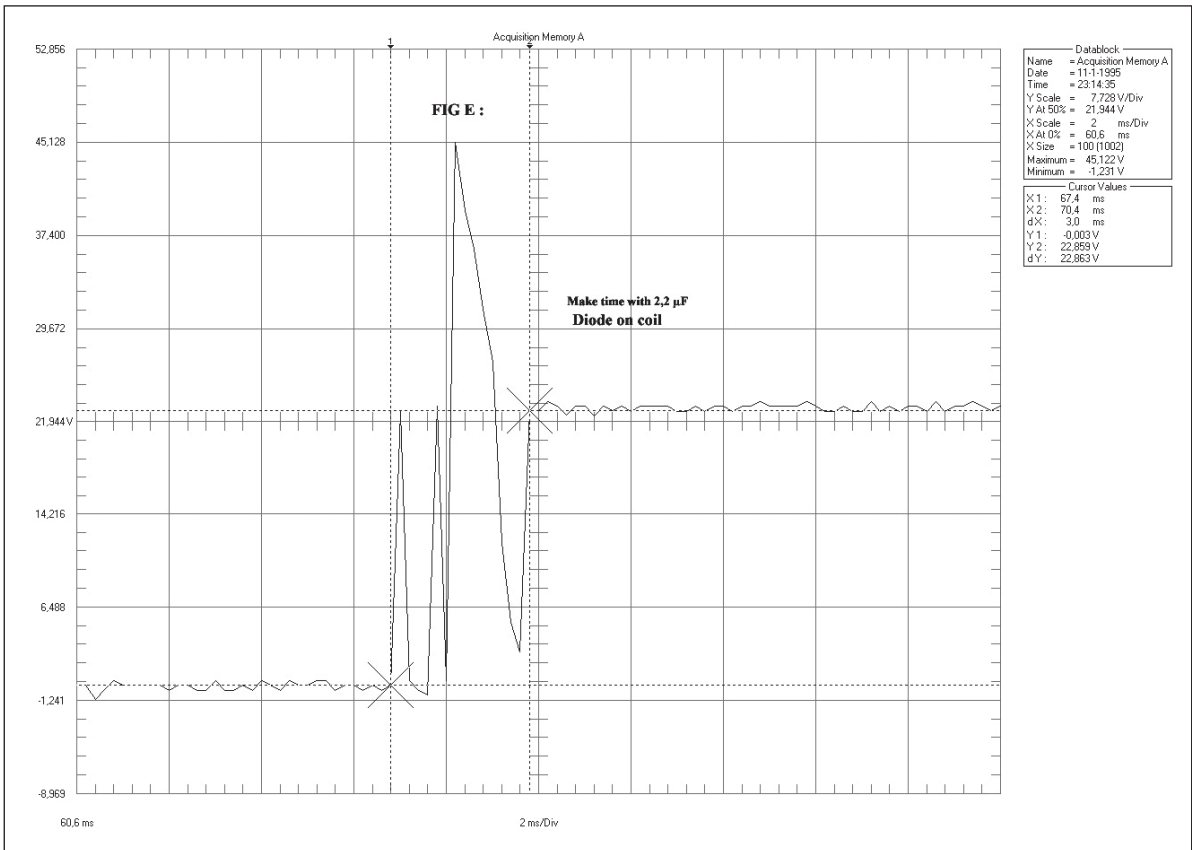


Fig. E. Délai d'activation avec 2,2 μ F

Fig. E. Maaktijd met 2,2 μ F

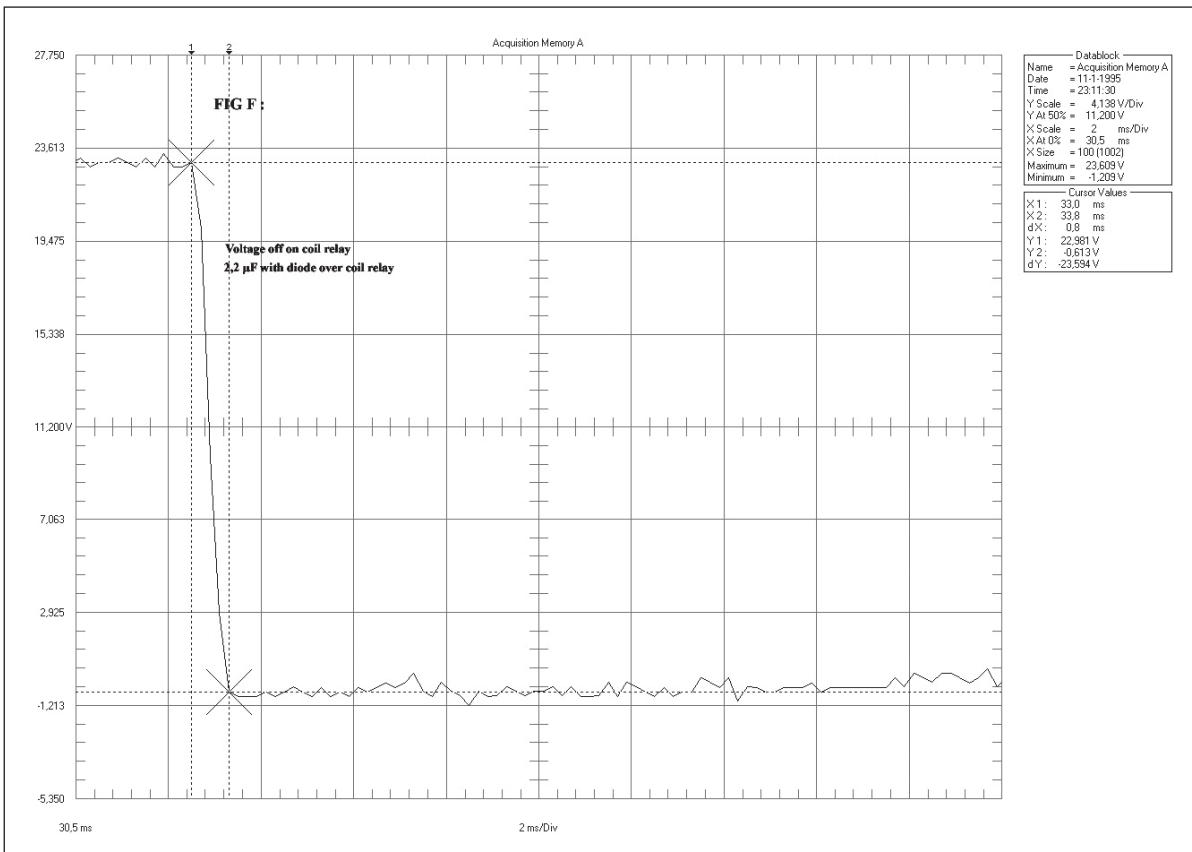


Fig. F. Chute de tension avec 2,2 μ F et diode sur la bobine relais.

Fig. F. Spanningsval in tijd met 2,2 μ F en diode over de spoel van het relais.

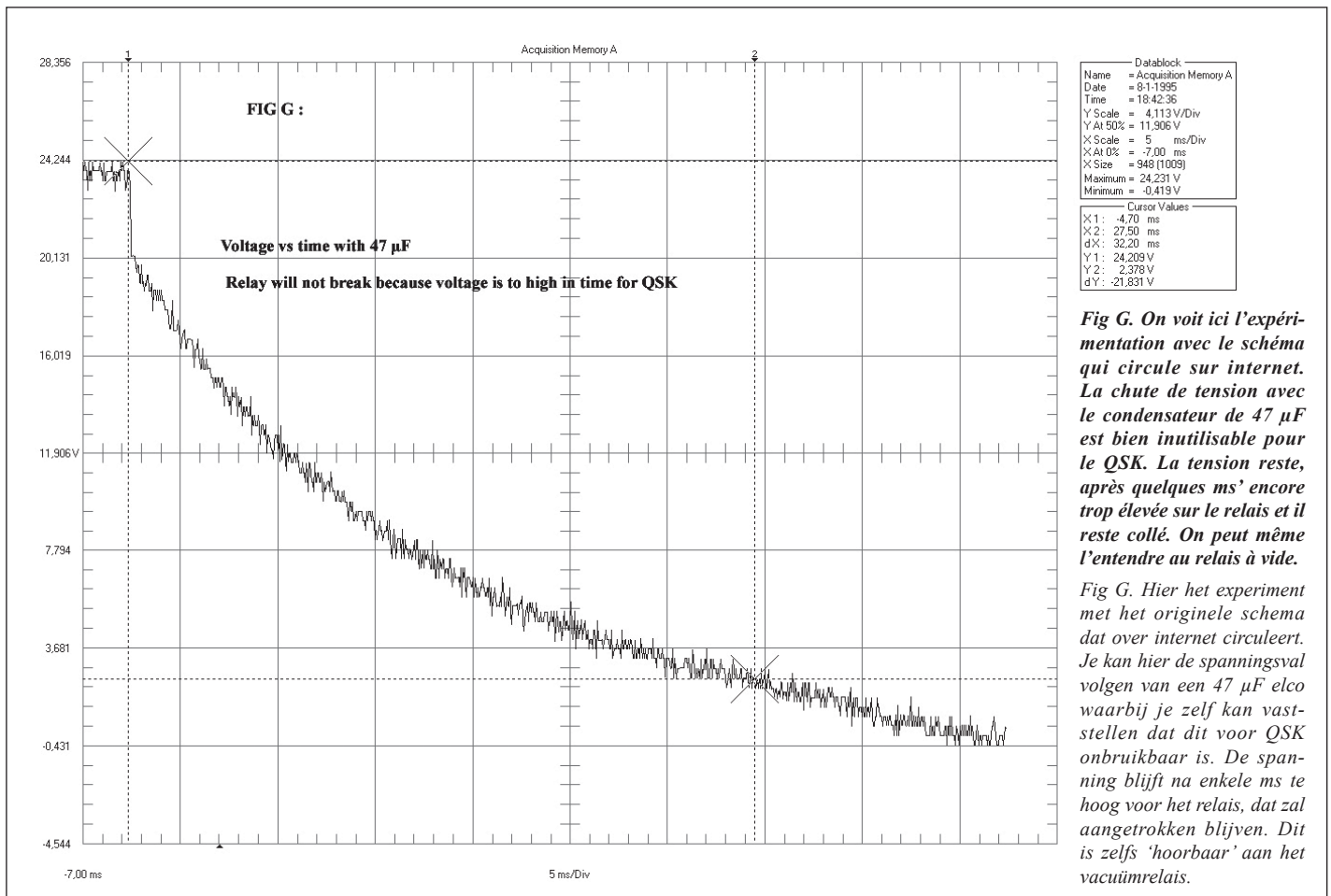


Fig G. On voit ici l'expérimentation avec le schéma qui circule sur internet. La chute de tension avec le condensateur de 47 µF est bien inutilisable pour le QSK. La tension reste, après quelques ms' encore trop élevée sur le relais et il reste collé. On peut même l'entendre au relais à vide.

Fig G. Hier het experiment met het originele schema dat over internet circuleert. Je kan hier de spanningsval volgen van een 47 µF elco waarbij je zelf kan vaststellen dat dit voor QSK onbruikbaar is. De spanning blijft na enkele ms te hoog voor het relais, dat zal aangetrokken blijven. Dit is zelfs 'hoorbaar' aan het vacuümrelais.

- Pour la partie alimentation, il y a 2 circuits pour 2 relais. La tension est ici régulée par une zener au travers du régulateur de tension. Il faut donc régler la tension de sorte que le relais d'entrée commute plus lentement (26,5 V) que le relais de sortie (32 V). Les mesures ont montré un retard de certainement une demi ms pour la commutation des relais. Voir **Fig 5**.

PCB

Deux circuits imprimés ont été développés, chacun de la taille d'une carte euro.

Une des plaques contient la protection pour la grille d'écran et l'anode, l'autre contient les régulateurs de tension pour la protection de la grille de commande et le circuit QSK. Ce dernier circuit, sous réserve, parce qu'une nouvelle version du circuit QSK est à l'étude. Les PCB sont disponibles sur le site www.uba.be, page 'Technique', et peuvent être ouvertes avec Abacom-viewer (gratuit) (www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html) et imprimés sur des transparents.

Conclusion

Il vaut la peine d'intégrer les circuits proposés dans votre amplificateur de puissance pour prolonger la durée de vie des tubes et même les sauver. Un rapide calcul montre que les modifications proposées coûtent peu: environ 10 €, plaquette comprise.

Je reste à votre disposition pour plus d'info:
Geert.Decru@telenet.be. Bonne chance!

73, Geert ON4ADN

Sources

<http://www.cpii.com/library.cfm/9>

Reid Brandon, Microwave Power Products Division, Eimac Operation
Manuels ARRL
Radio Handbook W6SAI

- Voor het voedingsgedeelte is er op het printje plaats voor 2 schakelingen voor de 2 relais. De spanning wordt hier geregeld via een zenerdiode over de spanningsregelaars. Je kan de spanningen dus zodanig instellen dat het ingangsrelais steeds trager schakelt (26,5 V) dan het uitgangrelais (32 V). De metingen gaven aan dat er zeker een halve ms tijd overblijft tussen het schakelen van de relais. Zie **Fig 5**.

PCB

Er werden twee printjes ontworpen, elk met de afmetingen van een halve eurokaart. De ene print bevat de beveiliging voor schermrooster en anode, de tweede print bevat de spanningsregelaars voor de beveiliging van het stuurrooster en de QSK-schakeling. Het laatste printje onder voorbehoud van aanpassingen, want er staat alweer een andere QSK-schakeling op stapel. De PCB-layouts kunnen worden gehaald van de UBA website (www.uba.be, pagina 'Techniek'), geopend met de (gratis) Abacom-viewer (www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html) en afgedrukt op transparant voor slides.

Besluit

Het loont echt de moeite om de hier beschreven beveiligingen te voorzien in uw vermogenversterker want ze kunnen het leven van de vermogenbuis verlengen, zelfs redden. Een vlugge berekening toont aan dat de wijzigingen bovendien weinig geld kosten: ongeveer € 10,00, de eurokaart voor de print inbegrepen. Voor meer info ben ik bereikbaar via:
Geert.Decru@telenet.be. Veel succes!

73, Geert ON4ADN

Bronvermeldingen

<http://www.cpii.com/library.cfm/9>

Reid Brandon, Microwave Power Products Division, Eimac Operation
ARRL-handboeken
Radio Handbook W6SAI