



Redactie	Johan Smet	ON5EX	on5ex@uba.be
	Rik Strobbe	ON7YD	on7yd@uba.be
	Jos Warnier	ON6WJ	on6wj@skynet.be

Modification d'un transfo de four à micro-ondes Ombouw van een microgolfoventransformator

par/door Jean-Louis, ON4JLN

Vertaling: ON5UK

Je démarre un projet d'amplificateur linéaire pour le deux mètres et, comme tout le monde, j'ai des difficultés pour l'approvisionnement d'un transformateur capable de fournir la haute tension. C'est alors que je me rappelle l'article de ON4ADN paru dans le premier QSO/CQ de 2005. L'ami Geert y décrit, avec brio, la transformation d'un transformateur de four à micro-ondes.

Ik begin aan een bouwproject van een lineaire versterker voor de 2m-band, maar ondervind, zoals iedereen, moeilijkheden om een transformator te vinden die de hoge spanningen kan leveren.

Ik herinner me het artikel van ON4ADN in CQ-QSO 1-2/2005, waarin Geert met brio de ombouw van een transformator uit een microgolfoven beschrijft.

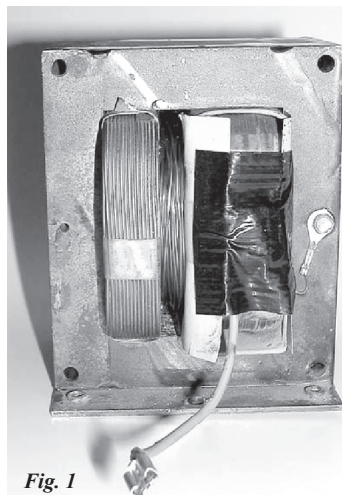


Fig. 1

Avant tout une mise en garde: les tensions et intensités mises en jeux dans ce projet sont mortelles. Le montage qui suit peut générer une tension jusque 2400V sous une intensité de plusieurs ampères !

Eerst en vooral een waarschuwing: het hierna beschreven project kan levensgevaarlijke spanningen tot 2.400 V bij een stroomsterkte van meerdere ampère opwekken. Wees op uw hoede.

Donc après avoir fait jouer quelques relations, merci aux OM's de la section de ON4CPN et en particulier à ON4LGL, maître en extraction de shunts magnétiques, me voici en possession d'un transformateur sans son shunt magnétique qui fournit une tension de 2000 V quand il est alimenté en 230 V. Je déchanté très vite car après une demi-heure de marche à vide la température du noyau du transformateur atteint allègrement les 65 degrés! Et elle continue de monter...

Na wat relaties te hebben aangesproken (dank aan alle OM van de sectie ON4CPN en aan ON4LGL, specialist in het ontmantelen van magnetische shunts, in het bijzonder) kom ik in het bezit van een transfo zonder magnetische shunt die 2200 V levert bij 230 V voeding. Helaas bereikt de temperatuur van de kern na een half uur werking zonder belasting 65 graden en de temperatuur stijgt vrolijk verder... Wat een pech! Ik beschik over een transformator met nagenoeg ideale spanning, maar onbruikbaar om een versterker gedurende enkele uren te voeden zonder abnormale stijging van de temperatuur.

Ce n'est vraiment pas de chance. Je possédais un transformateur qui me donnait une tension presque correcte mais inutilisable pour alimenter un amplificateur qui doit rester sous tension quelques heures sans élévation anormale de la température. D'où vient ce problème? Simplement du fait que le circuit magnétique est saturé (il y a trop peu de spires par volt) car cela améliore la régulation du courant du magnétron et diminue le poids du transformateur (moins de fer). Comme un four à micro-ondes ne reste pas sous tension plus de trente minutes, cette solution ne pose pas de problèmes. Un thermo-contact a quand même été prévu dans le circuit primaire pour protéger le transformateur en cas d'usage abusif.

Wat is hier het probleem? Eenvoudigweg de verzadiging van de ijzerkern. Er zijn onvoldoende windingen per volt. Een klein aantal windingen is gunstig voor de stroomregeling van de microgolfoven en vermindert het gewicht van de transformator (minder ijzer). En omdat een microgolfoven niet langer dan 30 minuten onder spanning blijft, stelt dit ook geen problemen.

Tegen verkeerd gebruik is er trouwens een thermisch breekcontact voorzien in de primaire schakeling.

Voilà, je tenais ma solution, il suffit d'ajouter des spires au primaire pour diminuer le champ magnétique dans le noyau et comme un espace a été libéré entre les bobinages primaire et secondaire lors de la dépose des shunts magnétiques et du bobinage filament la place était toute trouvée. Je décide donc de bobiner trente cinq tours de fil de cuivre émaillé entre les deux bobinages; je raccorde les deux parties du primaire en série et je démarre les essais... Il me reste alors 1860 V au secondaire et les tensions sur les deux primaires se répartissent, pour 230 V d'alimentation, comme suit: 198 V aux bornes de l'ancien primaire et 32 V aux bornes du nouveau. Après quatre heures de marche à vide la température du noyau est stabilisée à 55 degrés ce qui est raisonnable.

De oplossing lag dus voor de hand: windingen toevoegen op de primaire om het magneetveld in de kern te verminderen. Bovendien bestond hiervoor voldoende ruimte tussen de primaire en secundaire windingen door het eerder verwijderen van de magnetische shunts en de wikkeling voor de gloeidraad. Ik wikkel dus 35 windingen email koperdraad op de primaire, sluit ze in serie aan op de primaire en start met testen... Er blijft 1860 V over op de secundaire en de spanningen over de twee primaire windingen verdelen zich als volgt (bij 230 V voeding): 198 V over de originele wikkeling en 32 V over de klemmen van de nieuwe primaire wikkeling. Na 4 uur werking zonder belasting stabiliseert de temperatuur van de kern op 55 graden, wat redelijk kan worden genoemd.

Il est donc possible de recycler des transformateurs de four à micro-ondes en transformateurs haute tension pour des projets d'amplificateurs linéaires.

Het is dus – mits enkele wijzigingen - mogelijk om microgolfoven-transformatoren te recyclen tot hoogspanningstransformatoren voor

res en leur faisant subir quelques modifications. Le nombre de spires à ajouter au primaire doit être d'au moins 35 tours. Attention, l'espace n'est pas infini et la tension secondaire chute proportionnellement.

Pour ceux qui sont allergiques au bobinage il existe une autre solution: utiliser un petit transformateur dont l'enroulement basse tension sera mis en **série** et en **opposition de phase** avec le primaire du transformateur micro-ondes modifié. Le secondaire du transfo basse tension doit avoir une tension d'au moins 20 V. Pour sa puissance elle se calcule à partir de la puissance demandée au transfo micro-ondes. Dans mon cas je demande 600 VA au transfo micro-ondes ce qui entraîne un courant au primaire de $600/210=2,8\text{ A}$ ($600=600\text{ VA}$, $210=230\text{ V}-20\text{ V}$). Il faut donc un transformateur de $20 \cdot 2,8 = 56\text{ VA}$. Un 50 VA suffit largement car le facteur de marche d'un transformateur pour amplificateur linéaire n'est jamais de 100 %.

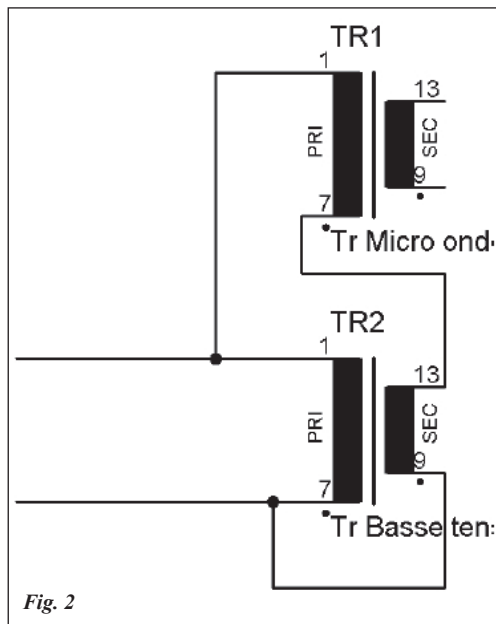


Fig. 2

aanwending in lineaire versterkers. Het aantal extra primaire windingen moet minstens 35 zijn. Merk op dat de ruimte hiervoor beperkt is en dat de secundaire spanning proportioneel daalt.

Voor diegenen met een afkeer van het wikelen bestaat er een andere oplossing: gebruik een kleine transfo waarvan de laagspanningswikkeling in **serie** en in **tegenfase** op de primaire van de oventransformator wordt aangesloten. De secundaire spanning van de laagspanningstransfo moet minstens 20 V bedragen. Het vermogen ervan laat zich berekenen op basis van het door de oventransfo te leveren vermogen. In mijn geval: 600 VA. Hetgeen leidt tot een primaire stroom van $600/210 = 2,8\text{ A}$ ($600 = 600\text{ VA}$, $210 = 230\text{ V} - 20\text{ V}$). We hebben dus een $20 \cdot 2,8 = 56\text{ VA}$ transfo nodig. Daar de belasting bij gebruik in een lineaire versterker zelden 100% is, volstaat een 50 VA transfo ruimschoots.

Pour bien fixer les choses, analysons une alimentation haute tension pour un tube 4CX350A avec la méthode des deux transformateurs. Le transformateur TR1 est l'ancien transformateur de micro-ondes sans son shunt magnétique et sans son enroulement filament. Le transfo ainsi préparé possède une tension secondaire de 2000V lorsqu'il est alimenté en 230V (il vous faudra mesurer la tension secondaire de votre transformateur car tous les transformateurs pour four à micro-ondes ne possèdent pas la même tension secondaire). Une fois cette tension connue, il faut calculer l'intensité maximale supportable par le secondaire. Le transfo en question provient d'un four de 900 W donc l'intensité maximale pouvant circuler dans le secondaire est de $900/2000 = 0,45\text{ A}$ ou 450 mA. Attention, c'est une intensité très optimiste, rappelez-vous, le four à micro-ondes ne fonctionne qu'un temps très court, il ne faut garder que les trois quarts de cette intensité soit dans ce cas 300 mA. Comme le 4CX350A alimenté sous 2.200 V absorbe 290 mA, ce transformateur peut-être utilisé. Il faut donc réduire la tension secondaire, car 2.000 V CA donne 2.828 V CC ce qui est beaucoup trop pour le tube 4CX350A qui ne peut accepter plus de 2.500V.

Calculons de quelle valeur faut-il réduire la tension primaire pour obtenir une tension secondaire de 1.600 V ($2200/\sqrt{2}$). Calculons maintenant la tension nécessaire au primaire du transformateur micro-ondes:

$$\frac{1600 \cdot 230}{2000} \cong 180\text{ V}$$

La tension à fournir par TR2 est donc de $230 - 180 = 50\text{ V}$ et la puissance nécessaire est de

$$\frac{638}{180} \cong 3,5\text{ A} \quad (638\text{ W est la puissance d'entrée du tube), \text{ soit } 50 \times 3,5 = 175\text{ W.}$$

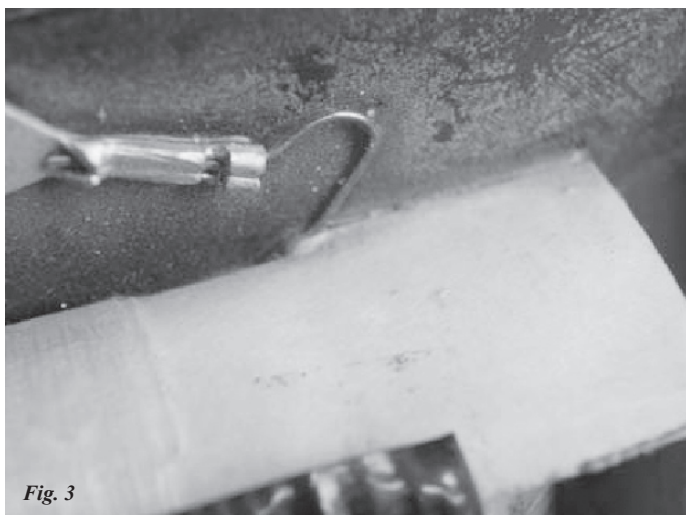


Fig. 3

Om de zaken duidelijk te stellen bekijken we een hoogspanningsvoeding met twee transformatoren voor een 4CX350. TR1 is de transformator zonder magnetische shunt en gloeidraadwikkeling uit de microgolfoven. Gevoed met 230 V bedraagt de secundaire spanning 2000 V. Meet de secundaire spanning na, want die is bij deze transformatoren niet altijd gelijk.

Daarna berekenen we de maximale stroom die de secundaire kan verdragen. De gebruikte transfo komt uit een oven van 900 W en verdraagt dus een stroom van $900/2000=0,45\text{ A}$ of 450 mA. Let wel, dit is een optimistische waarde! Een microgolfoven werkt slechts gedurende korte periodes. Daarom nemen we drie vierden van de berekende waarde aan: 300 mA. Daar een 4CX350A 290 mA verbruikt bij 2200 V, is de transformator bruikbaar.

2000 VAC komt overeen met een topwaarde van 2828 V, wat teveel is voor de 4CX350A die slecht 2500 V aankan. De secundaire spanning moet dus naar beneden.

Met welke spanning moeten we de primaire voeden om een secundaire spanning van 1.600 V ($2200/\sqrt{2}$) te bekomen?

$$\frac{1600 \cdot 230}{2000} \cong 180\text{ V}$$

De spanning geleverd door TR2 moet dus $230 - 180 = 50\text{ V}$ zijn. De benodigde stroom bedraagt

$$\frac{638}{180} \cong 3,5\text{ A} \quad (638\text{ W is het ingangsvermogen van de buis) \text{ wat een vermogen geeft van } 50 \times 3,5 = 175\text{ W.}$$

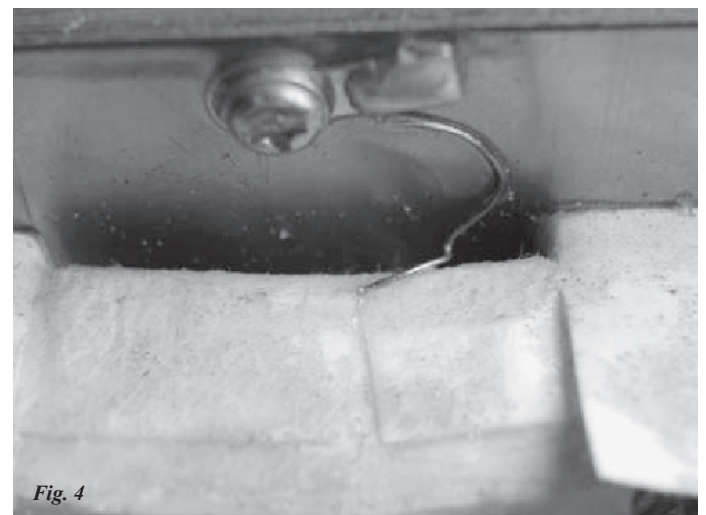


Fig. 4

Nous choisissons donc pour TR2 un transformateur de 48 V / 150 VA qui est un transformateur courant pour lampe baladeuse (2 fois 24 V). La puissance peut-être réduite sans problèmes car je suppose que vous n'allez pas rester 'key down' plusieurs heures de suite...

Après raccordement des transformateurs, bien contrôler au primaire de TR1 que la tension soit inférieure à 200 V. Si ce n'est pas le cas, inverser l'enroulement secondaire de TR2. Cela est bien beau, allez-vous me dire, mais le secondaire de TR1 est raccordé à la masse ce qui est très dangereux pour une tension de 1.600V! Réfléchissez. Tous les secondaires haute tension sont raccordés à la masse, soit directement, soit à travers d'un pont de diodes dans le cas d'un redressement double alternances.

Il existe au moins deux styles de construction pour ces transformateurs.

Si vous possédez un transformateur dont la connexion masse ressemble à la **figure 3** (la sortie vers la masse est apparente et suffisamment loin du noyau magnétique) réjouissez-vous, après avoir interrompu la connexion vers la masse et passé un bout de gaine silicone sur le fil vous possédez un transformateur haute tension normal que vous pouvez utiliser comme bon vous semble. Si vous possédez, par contre, un transformateur dans le style de la **figure 4** (le fil raccordé à la masse sort entre le noyau et la bobine) ne vous découragez pas. La seule contrainte est que vous êtes **obligé** de faire un redressement simple alternance ce qui va avoir pour seule conséquence le doublement de la capacité des condensateurs de filtrage afin de garder une même ondulation résiduelle (on passe de 100 Hz à 50 Hz dans la formule).

Dans le cas de l'alimentation dont le schéma est reproduit ci-dessous, l'ondulation est inférieure à 50 V pour une consommation de 290 mA. Il est possible, par contre, de récupérer la diode présente dans le four à micro-ondes.

Il faut prévoir un fusible de 6 A pour l'alimentation des transformateurs et un de 315 mA vers l'anode du tube (prévoir un fusible long 6 x 32 en espérant que le pouvoir de coupure soit suffisant).

Il est aussi possible d'installer un milliampèremètre pour contrôler le courant anodique. Il suffit d'interrompre la liaison du secondaire avec la masse, de pousser une fine feuille de téflon entre le noyau et le fil et de raccorder ce fil à la masse par l'intermédiaire du milliampèremètre ou d'un shunt. Attention, ce fil doit impérativement être raccordé à la masse.

Le 'semblant d'isolation' ne peut garantir un fonctionnement sûr pour alimenter un redresseur en pont par exemple!

En espérant vous avoir été utile.

73 de Jean-Louis, ON4JLN

Verbind de transformatoren en controleer of de primaire spanning van TR1 wel degelijk kleiner is dan 200 V. Is dat niet zo, verwissel dan de aansluitingen van de secundaire van TR2. Allemaal goed en wel, maar de secundaire van TR1 ligt aan de massa. Is dat niet gevaarlijk bij een spanning van 1600 V? Denk even na. De secundaire is bij dergelijke opstellingen altijd verbonden met de massa, hetzij rechtstreeks of via een diodebrug (dubbelzijdige gelijkrichting). Er bestaan minstens twee uitvoeringen van deze transformatoren. Beschik je over een type met een massaverbinding zoals in **figuur 3** (de verbinding naar massa is zichtbaar en voldoende ver verwijderd van de magnetische kern), dan volstaat het de verbinding te onderbreken en ze af te schermen met een eindje siliconenmantel. Je bent nu in het bezit van een gewone hoogspanningstransformator voor universeel gebruik. Als je daarentegen beschikt over een uitvoering zoals in **figuur 4** (de draad die aan massa ligt komt buiten tussen de kern en de spoel), wanhoop dan niet. Het enige nadeel is dat je **verplicht** bent eenzijdige gelijkrichting toe te passen. Om de rimpelspanning te beperken moet de waarde van de afvlakcondensatoren verdubbeld worden (in de formule komt 50 Hz te staan in plaats van 100 Hz). In de voeding van **figuur 5** is de rimpelspanning kleiner dan 50 V bij een verbruik van 290 mA. De diode uit de microgolfoven is bruikbaar.

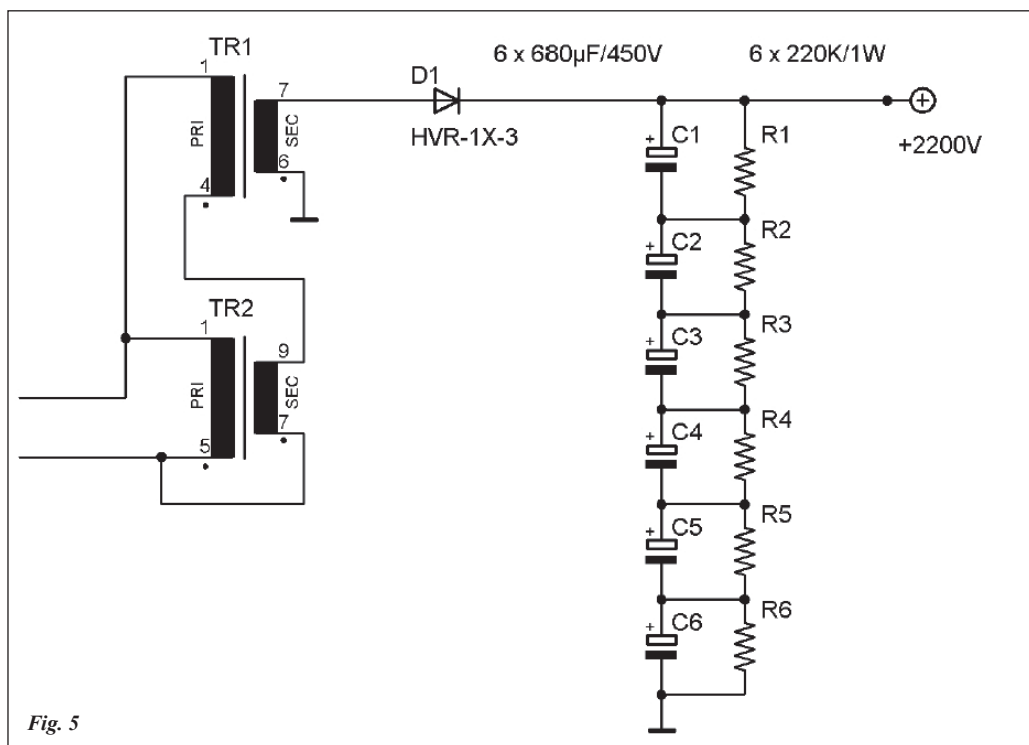


Fig. 5

Voorzie een zekering van 6 A voor de voeding van de transformatoren en een zekering van 315 mA naar de anode van de buis (gebruik een lange 6 x 32 zekering om doorslag te vermijden). Je kan ook een anodestroommeter in de schakeling aanbrengen. Onderbreek daartoe de verbinding van de secundaire met de massa en breng een dun blaadje teflon aan tussen de draad en de kern. Verbind de draad via de stroommeter of een shuntweerstand met de massa. Hou er rekening mee dat deze draad hoe dan ook met de massa moet worden verbonden. De isolatie is werkelijk onvoldoende om bv. op een veilige manier een bruggelijkrichter te voeden.

In de hoop een nuttige bijdrage te hebben geleverd,

73, Jean-Louis, ON4JLN

Faisant suite à sa conférence lors du Congrès de l'UBA au sujet de CIRCAD (logiciel de dessin pour CI), Guy, ON5FM, a bien voulu mettre à disposition ses propres bibliothèques. Vous pouvez les retrouver (en format ZIP) dans les pages 'Technique' de www.uba.be. Tnx Guy.

Guy, ON5FM heeft - in aansluiting op zijn voordracht tijdens het UBA-congres 2006 over het printontwerpprogramma CIRCAD - een aantal van de door hem ontworpen onderdelenbibliotheken vrijgegeven. Je kan ze in ZIP-formaat terugvinden in de pagina 'Techniek' van www.uba.be. Tnx Guy.