Automatische tuner voor magnetische raamantenne

Richard Oostmeijer PEORIG
rig@online.nl

Bij het gebruik van een raamantenne moet je bij elke frequentieverandering de afstemming van het raam weer bijdraaien. Maar het kan ook met een eenvoudige automatische tuner die dat voor je doet.

Inleiding

Ik ben al een tijdje aan het experimenteren met raamantennes, en het een en ander is te bekijken op de website http://www.v2g.nl . Te zien is daar dat ik voor een ander soort inkoppeling heb gekozen dan de wat meer gebruikelijke koppellus. Hierdoor kan heel gemakkelijk het raam worden vervangen, zodat voor iedere band een optimale antenne kan worden ingezet.
Alleen doordat de Q-factor van een raamantenne nogal hoog is, moet je bij ook maar de kleinste frequentieverandering voortdurend blijven meestemmen. Om dat ongemak op te heffen heb ik gezocht naar een eenvoudige schakeling die dat voor mij kan oplossen. Het werkt allemaal prima, maar het ontwerp is mogelijk nog niet optimaal. Dus ik moedig iedereen aan het idee op te pakken en het dan voor de eigen situatie te optimaliseren. Ik ben van plan op de komende Dag voor de RadioAmateur mijn versie te demonstreren.

De raamantenne

Hoewel dit artikel niet is bedoeld om een raamantenne te beschrijven, volgt nu toch eerst even een korte uitleg voor zover het nodig is om de tuner te begrijpen.
Voor het raam gebruik ik een stuk H100-coax waarvan de binnenader en de mantel parallel zijn geschakeld. Met twee connectoren wordt het raam aan de tuner verbonden. Op deze wijze kan gemakkelijk voor iedere band het meest geschikte raam worden aangesloten. Het raam wordt gevoed met behulp van een 4C65-ringkern die stroom in het raam induceert. Hiervoor gaat het raam door de ringkern heen. Ik gebruik een raam met een diameter van 1,20 meter, dat geschikt is voor 80m en 40m. Aanvankelijk heb ik experimenteel vastgesteld dat met drie windingen door de ringkern de impedantie bij resonantie 50 Ω bedraagt. Dat zijn veel minder windingen dan je zou verwachten. Ter controle heb ik daarom eens continue 100 W naar het raam gevoerd. Al snel liep de SWR op en werd de kern heet, tot die ten slotte barstte. Deze kern had ik op een markt gekocht en de tekst 4C65 was er met de hand op geschreven. Daarna heb ik een echte 4C65 geprobeerd.
Nu bleek dat bij tien windingen optimale aanpassing optrad. Dat betekent dat de trafo dan transformeert naar 0,5 Ω. Dat is een impedantie die je wel kan verwachten in een raamantenne (inclusief verliezen).
Doordat het raam maar één keer door de ringkern gaat, is de koppeling niet zo vast. Dit veroorzaakt weliswaar wat extra zelfinductie, maar dat is helemaal niet erg, want die wordt met de rest van de zelfinductie van het raam uitgestemd. Zie figuur 1.
Bij resonantie zijn de stroom en de spanning met elkaar in fase. Wanneer het raam uit resonantie raakt, ontstaat er een faseverschil; ook in de koppelwikkeling om de ringkern. Hierop reageert de automatische tuner door de afstemcondensator iets te verstellen.

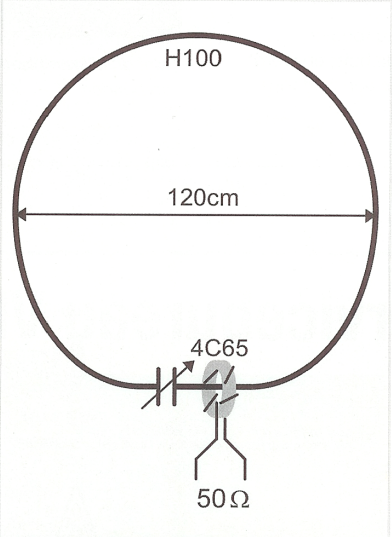

Fig. 1 Het principe van de raamantenne waarop deze tuner gebaseerd is. Het raam is gemaakt van H100-coax en gaat door de ringkern heen; zowel de afstemcondensator als het raam zijn galvanisch vrij. Bij een raam van 1,20 meter diameter geven tien windingen om de kern een aanpassing aan 50 Ω bij resonantie. Het raam is bruikbaar voor 80m en 40m.

Het principe

De schakeling vergelijkt de fase van de stroom en de spanning die naar de antenne gaat. Wanneer de fase niet meer gelijk is ontstaat er een onbalans die een motor aanstuurt, zodat de variabele condensator verdraait totdat de fase weer correct is.
De fase wordt vergeleken met een MC1496. Dat is een balansmodulator/demodulator. Dit circuit is in balans wanneer op de ingangen twee signalen worden aangeboden die onderling 90° in fase verschoven zijn. Een sample van de stroom naar de antenne wordt naar de ene ingang geleid, en van de spanning naar de andere ingang. Daarbij moet ervoor worden gezorgd dat de fase 90° wordt gedraaid, zodat de regeling het faseverschil tussen de antennestroom en -spanning naar nul wil regelen.
Het uitgangssignaal van de MC1496 wordt versterkt door de opamp MC1558 en vervolgens sturen twee push-pull emittervolgers een motor aan. Via een forse vertraging verstelt deze motor de afstemcondensator totdat de fase weer gelijk is.

De schakeling

De spanning van het signaal naar de antenne wordt afgetapt via een weerstand van 10 kΩ, die samen met de weerstand van 100 Ω voor de MC1496 door 100 deelt. Hieraan staat ook nog een trimmer parallel, waarmee de fase iets na-ijlend kan worden ingesteld. De stroom naar de antenne wordt uitgekoppeld met een ringkerntransformator. Deze transformator heeft twee taken: het uitkoppelen van de stroom en de fase daarvan 90° draaien. Deze 90° wordt bijna bereikt en samen met de faseverschuiving door de trimmer in het spanningscircuit, is er zo in totaal 90° faseverschil gecreëerd; nodig om de MC1496 in balans te brengen. De faseverschuiving door de ringkern ontstaat doordat de transformator niet laagohmig wordt afgesloten zoals bij een stroomtrafo normaal vereist is. Hierdoor gedraagt de ringkern zich als een zelfinductie, en zal de afgegeven spanning bijna 90° voorijlen. De spanning uit de transformator wordt bepaald door de zelfinductie van de enkele 'winding' door de ringkern. Om te voorkomen dat de ringkern in verzadiging komt, wordt de meeste stroom door twee paralleldraden langs de ringkern geleid. De draad door de ringkern heeft een diameter van 2 mm en de beide

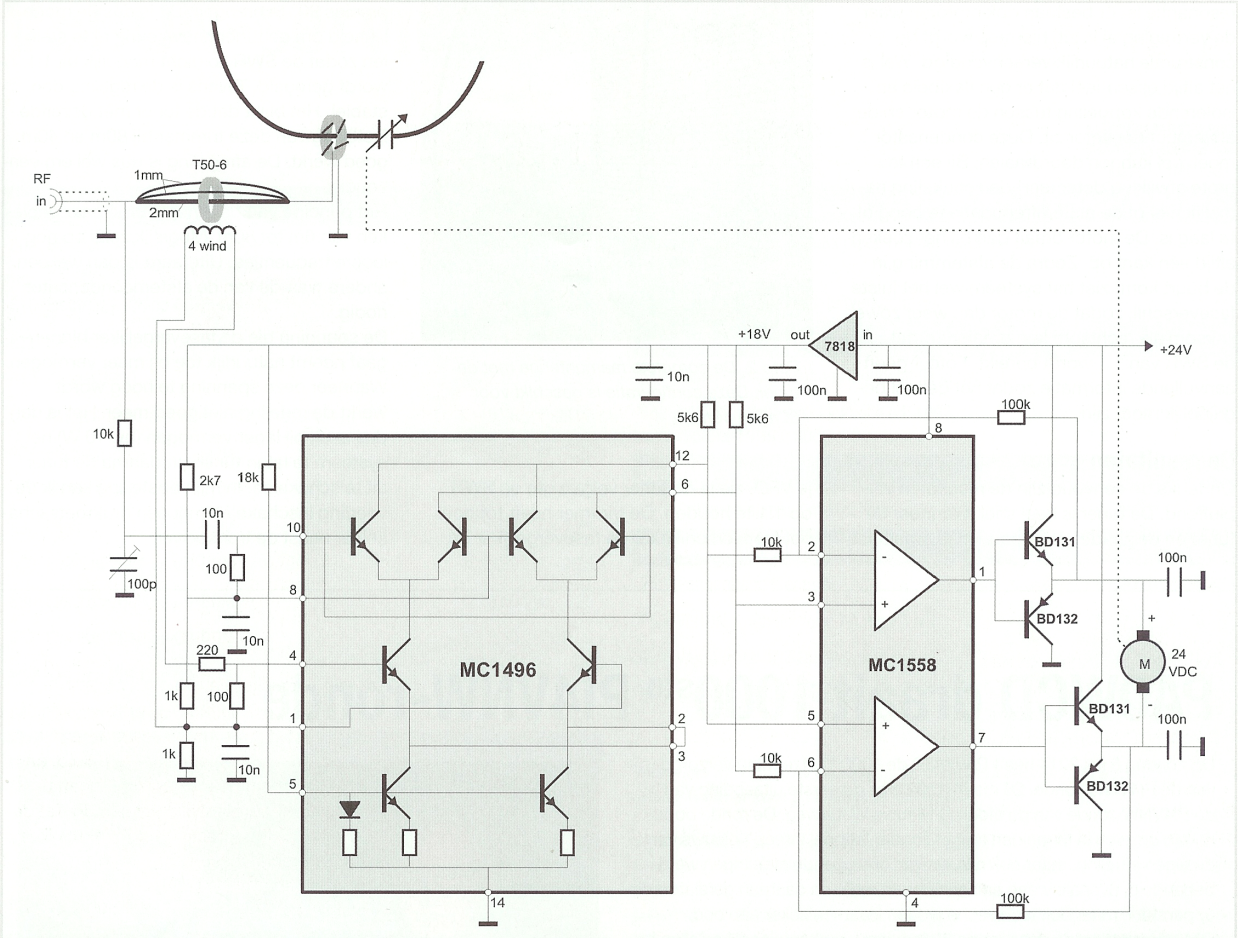

Fig. 2 Schema van de tuner. Het is eenvoudig na te bouwen. De MC1496 vergelijkt de fase en wanneer deze niet klopt wordt de motor aangestuurd en verstelt deze de afstemcondensator tot het raam weer in resonantie is. De push-pull driver voor de motor werkt met BD131/132. Andere transistoren zijn ook geschikt mits de specificaties niet te veel afwijken.

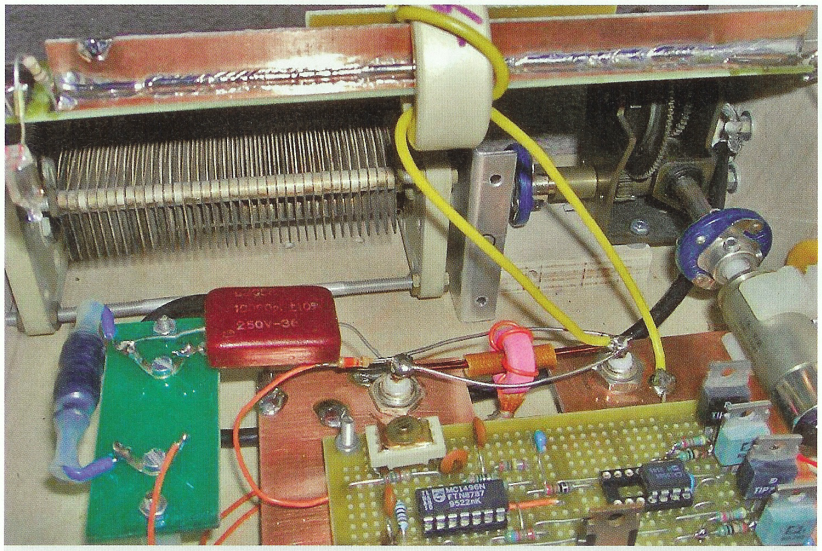

Foto 1 Een detail van de tuner. Het raam gaat via de printstroken door de kern waarmee het raam wordt gevoed. Op de foto is nog de verkeerde ringkern te zien met drie windingen. Het HF-signaal hiervoor gaat van links naar rechts door de meetbrug. Wanneer de stroom en spanning niet in fase zijn gaat de motor (rechts) draaien. Via de vertraging (rechts boven) brengt de draaicondensator de boel weer in resonantie.

paralleldraden zijn 1 mm. Toch gaat hier de meeste stroom door, doordat de zelfinductie van de draad door de ringkern hoger is. Ik heb gemeten dat de spanning uit de trafo over een groot frequentiebereik niet veel in niveau varieert. Overigens heb ik wel vastgesteld dat als de kern toch in verzadiging komt, de fase niet noemenswaardig verandert. Door deze dubbele taak is de ringkern wel kritisch. Ik heb een T50-6 ringkern gebruikt met daarop vier windingen. Zo'n kern heeft een buitendiameter van 10 mm en een binnendiameter van 6 mm. De fasevergelijker MC1496 geeft een symmetrisch uitgangssignaal af. Dit wordt door een symmetrische versterker met de dubbele opamp MC1558 en een dubbele push-pull emittervolger in spanning en stroom versterkt. Het signaal is dan sterk genoeg om een DC-motor aan te drijven. Afhankelijk van naar welke kant de MC1496 uit balans is, draait de motor de ene of de andere kant uit. Via een vertraging van minstens 1:1500 wordt de afstemcondensator versteld, en dat gaat door totdat de fasevergelijker weer in balans is en dus het faseverschil tussen de stroom en de spanning naar de antenne 0° bedraagt. De regeling draait dus aan de variabele condensator totdat de antenne in

resonantie is. Er bestaan ook motoren waar de vertraging al in zit; hiermee wordt de constructie natuurlijk vereenvoudigd. Wel is het altijd essentieel dat er een flexibele en isolerende koppeling tussen de motor en de afstemcondensator zit. Deze condensator moet wel kunnen doordraaien. Bij een te grote afwijking detecteert de schakeling namelijk niet of de afstemfrequentie te hoog of te laag is. De motor draait dan bij het zoeken altijd één kant op. Zodra de afstemming in de buurt komt ziet het systeem wel het juiste faseverschil, zodat de motor dan weer zowel linksom als rechtsom kan draaien totdat de SWR van 1:1 wordt bereikt. Foto 1 geeft aanvullende informatie zodat het geheel begrijpelijk moet zijn.

De resultaten

Ondanks de eenvoud zijn de resultaten verbluffend. De tuner is heel snel. Wanneer de tuner en de zender aanstaan, en je draait aan je VFO, zie je de tuner volgen om de SWR op 1:1 te houden. De trimmer heeft tot doel het faseverschil naar de fasevergelijker op precies 90° te brengen. Dit is dus de mogelijkheid om de tuner nauwkeurig af te stellen zodat de SWR zo dicht mogelijk bij 1:1 wordt geregeld. Tevens is de regeling dan stabiel. Het blijkt dat de tuner met dezelfde instelling van deze trimmer bij 80m en 40m goed werkt. De afregeling is dus wel erg eenvoudig.

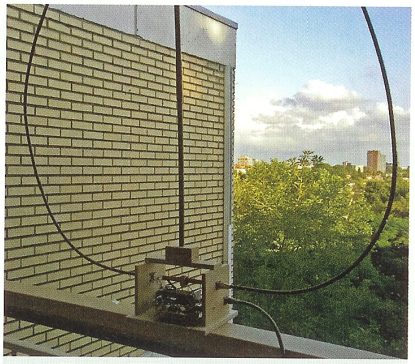

Foto 2 De complete raamantenne met de tuner. Deze configuratie is geschikt voor 80m en 40m.

Het principe van de tuner is bruikbaar gebleken van 6m tot 80m. Mogelijk zelfs op nog lagere frequenties. Uiteraard is dan wel een andere waarde van de afstemcondensator nodig.

De spanning die de fasevergelijker binnengaat neemt natuurlijk toe bij meer vermogen. Wanneer deze spanning te hoog wordt werkt de regeling niet goed meer. Het is dan dus zaak bij lager vermogen (bv. 10 W) het systeem te laten tunen en daarna de tuner uit te schakelen. In mijn opstelling kan ik de voeding inschakelen met een druktoetsschakelaar naast de transceiver.