

De FIM: een Feederstroom meter

door Wim Kruif PAoWV

Symmetrische antennes met een open voedingslijn zijn mooi, baluns en mantelstroomfilters in de buitenlucht overbodig en de lijn is vrijwel verliesvrij, echter je hebt het idee dat de feederstromen gelijk moeten zijn, dan immers, denk je, straalt de feeder niet.



Dat is echter alleen het geval als de antenne symmetrisch is, op het voedingspunt in de shack is dan de impedantie naar aarde van elk van beide feederdraden gelijk.

Voed je hem bijvoorbeeld uit het midden oftewel asymmetrisch, dan is hij dat niet. Symmetrie wordt ook door de directe omgeving van de antenne verstoord. De feederstroom bestaat dan uit twee componenten, ten eerste het gelijk en tegengestelde gedeelte en ten tweede een gedeelte dat over beide feeders niet tegengesteld loopt en gelijk is. Dat maakt de feeders dus aan het stralen, of je wilt of niet. Nu denken veel amateurs dat als ze de stromen meten en die in amplitude gelijk maken door met de tunersymmetrie te rommelen, dat ze goed zitten.

Dat is niet waar, want de stromen kunnen wel gelijk zijn maar geen 180 graden in fase verschillen, en bovendien kan je dat gelijktrekken wellicht lukken maar dan is je symmetrische aardpunt niet koud.

Goed, allemaal leuk, maar we willen

toch de feederstroom meten al was het maar. omdat je bij maximum stroom altijd maximaal vermogen de antenne inpompt en dan de verliezen van de tuner dus minimaal zijn. Per slot van rekening kan menig tuner een SWR van 1:1 aan de zender tonen, terwijl er niks uitkomt. Alles wordt dan in de verliezen van de tuner gedissipeerd, die dan wellicht wat begint te kraken.

Dat hangt van je vermogen af.

Niks bijzonders want als je rendement van je tuner 90% is en je stelt hem zo in, zonder antenne eraan, dat de zender weer SWR van 1:1 ziet, dan is de spanning op de spoel 3,2 maal toegenomen en die op de condensator ook, dan is er bij een beetje condensator nog geen overslag, en is het rendement gedaald tot 0%. Prettig voor de burens, en het houdt je van de straat en uit de kroeg, met CQ roepen in een ruisbak, terwijl Electron en CQ-PA melden dat de condities uitstekend zijn. QRO jongens zijn zelfs langer van de straat, omdat in

hun tuner de spoel zichzelf al spoedig heeft losgesoldeerd.

Vroeger gebeurde dat stroommeten met een lampje in de feeders, haha, of mooier met een of twee thermokoppelmeters, maar die meters mag je niet overbelasten, want dat brandt de thermokoppel er subiet uit en houd je een draaispoelmeter over met een sterk niet lineaire uitslag, en veel te weinig demping, de wijzer blijft dan dus schommelen.

Die kun je dus nergens anders meer voor gebruiken. Langzamerhand zijn die meters bijna allemaal naar de knoppen gegaan door overbelasting, en tegenwoordig doet men dat antennestroom meten met ringkernen. Dat ga ik hier dus ook doen. En die thermokoppel die ik nog heb is dan mooi om de zaak een beetje te ijken.

Ringkernen

Nou weet je ongetwijfeld dat je ringkernen kunt gebruiken om netto hoogfrequentestroom, mantelstroom op coax en dergelijke, tegen te houden, het is dus mooi ontstoringsmateriaal. Ga je dus een feederdraad door een ringkern steken, dan zit je dus eigenlijk je hoogfrequent naar je antenne tegen te houden.

Dat vraagt om nader onderzoek.

En als ik een 1 cm lang stukje van een duims ijzeren gaspijp afzaag, dan heb ik toch ook een ringkern. Ik graaf in het verre verleden en herinner me een dergelijk experiment, omdat ik als 11-jarige zelf een transformator wilde maken; maar voor ik dat nu ga doen voor hoogfrequent is het verstandig eerst naar de theorie te kijken. Geleerden vallen namelijk minder vaak van hun stoel dan charlatans willen doen geloven, of het moet natuurlijk van het lachen zijn in plaats van van verbazing.

Theorie

Er zijn een paar basisformules, als je een draad neemt met stroom I erin, dan staat het magnetisch veld er cirkelvormig omheen, en als de omtrek van de cirkel l is, dan geldt voor de magnetische veldsterkte H langs die cirkel:

$$H \cdot l = I$$

Verder geldt dat als je een veranderende H hebt dat er in een omsluitende geleider een spanning E wordt opgewekt. In dit geval is de draad dus cirkelvormig als een spoelwinding, en het H veld gaat er loodrecht doorheen.

De formule is, als E de opgewekte spanning is en de verandering per tijdsleufje dt van de veldsterkte H dan dH/dt wordt genoemd,

$$E_{ind} = \mu_0 \cdot O \cdot dH / dt$$

met O het oppervlak van het door de draad omsloten vlak waar de magneet-

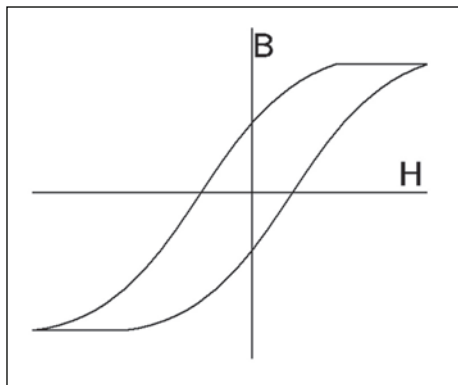
veldlijnen loodrecht opstaan. μ_0 is een natuurconstante met grootte $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$.

Nu heb je ook de zogenaamde magnetische inductie B. In lucht is er niks aan de hand, dan is B altijd $\mu_0 \cdot H$ zodat je bovenstaande formule ook kunt schrijven als $E_{ind} = -O \cdot dB/dt$; in ijzer echter is de B = $\mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$; μ_r is de relatieve permeabiliteit. De H is ongewijzigd want die wordt door de I bepaald, niet door de μ_r .

Nemen we een ijzerkern met doorsnede O, waar de winding opligt, dan is

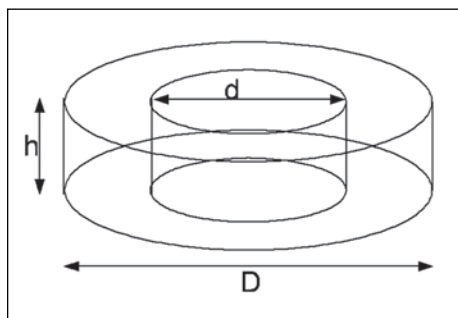
$$E_{ind} = -d(BO) / dt \text{ met } B = \mu_0 \mu_r$$

μ_r (de relatieve permeabiliteit van de kern) is echter afhankelijk van H.



Figuur 1

Als H toeneemt neemt hij af, en op een gegeven moment als de H sterk genoeg is is hij 1 geworden, dat wil zeggen dat bij die H het ijzer helemaal geen bijdrage geeft. De grafiek van H langs de x-as en B langs de y-as wordt de BH kromme genoemd, of de hysteresiskromme (figuur 1), begrip- pen als remanent magnetisme en coercitiefkracht horen of hoorden in lang vervlogen tijden bij de basiskennis voor het zendexamen. Komt toch van pas, dat zie je maar weer.



Figuur 2

Als je een ringkern als kern neemt met de afmetingen zoals figuur 2 aangeeft, buitendiameter D, binnendiameter d, hoogte h, dan is de lengte van de gemiddelde cirkelvormige magnetische veldlijn $\pi(D+d)/2$, en de oppervlak O van de dwarsdoorsnede van de kern $h \cdot (D-d)/2$. Die twee formules niet geloven, maar proberen te begrijpen.

Leggen we nu 1 winding op de kern (dat wil zeggen we steken er een feederdraad doorheen) en die feederdraad voert stroom I, die natuurlijk sinusvormig is $\sin \omega t$, anders krijg je heibel met Agentschap Telecom, dan is de magnetische inductie in de kern

$$B = \mu_0 \mu_r \cdot H$$

met

$$H = I / (\text{lengte veldlijn}) = I / (\pi(D+d)/2)$$

Wat interessant is, dat is de B in de kern; die is dan

$$B = \mu_0 \mu_r \cdot I / (\pi(D+d)/2)$$

want daaruit kun je de geïnduceerde spanning in een winding berekenen, als die erop zou worden gelegd, of in de primaire wikkeling (die feeder) zelf.

Ook kun je kijken of de kern niet is overbelast door te grote B. De fabrikant geeft die op.

Die geïnduceerde spanning van een winding is

$$E_{ind} = -O \cdot dB / dt = -\mu_0 \mu_r \cdot h \cdot ((D-d)/2) \cdot w \cdot I / [\pi(D+d)/2]$$

$w = 2 \pi f$, dus dit is ook

$$E_{ind} = -\mu_0 \mu_r \cdot h \cdot (D-d) \cdot f \cdot I / ((D+d)/2)$$

Toch een wonder dat je zoiets op het randje van een krant kan uitrekenen. Je hoeft niks te meten, geen bout warm te maken, alleen maar met je potlood op het randje van de krant te kriebelen voor de open haard gezeten met knisperend knapper- vuur erin, en een glas cognac onder hand- bereik, steunend op de schouders van de klassieken.

Nou is er een definitie van zelfinductie L, dat is dat de zelfinductie 1 Henry is als een stroomverandering van 1A per seconde, soort zaagtand dus, een opgewekte tegen- spanning geeft van 1 volt.

In formule:

$$E_{ind} = -L \cdot dI / dt$$

Het $-$ teken geeft aan dat de spanning de andere kant opwerkt dan de spanning die de toenemende stroom veroorzaakt.

Dus voor sinusvormige stromen is $L = -E_{ind} / (wI)$

We kunnen dus zowaar de zelfinductie berekenen die de feeder ondervindt van de hem bindende niet aflegbare ringkern, tot de dood hen scheidt.

We vinden:

$$L = \mu_0 \mu_r \cdot h \cdot (D-d) / [\pi(D+d)] \quad (1)$$

Dat is dus de zelfinductie van 1 winding op de ringkern, tussen neus en lippen

door zie je hier dat als je twee ringkern- stapelt, en dus de h verdubbelt, dat dan de zelfinductie verdubbelt. Neem je n windingen dan wordt die zelfinductie n^2 maal zo groot, want H wordt dan n keer zo groot en de geïnduceerde spanning ook nog eens een keer want die was per win- ding.

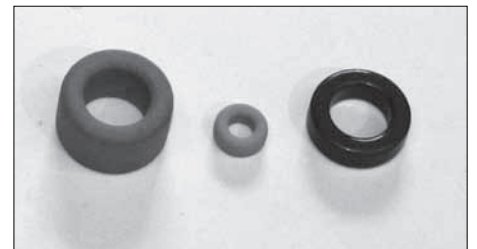
Die zelfinductie van 1 winding staat be- kend als αL als hij uitgedrukt wordt in nano- henry nH.

Als je die formule even aankijkt dan zie je in de teller een factor die evenredig is met het oppervlak van de dwarsdoorsnede van de ringkern. Hoe groter die is hoe meer zelfinductie dus.

Maar in de noemer zie je een factor die toeneemt als de kerndiameter groter wordt. De veldlijnen worden dan immers langer dus de H kleiner. Je zult dus, als je een kern met twee maal grotere diameter neemt, vinden dat de doorsnede van de ring ook moet verdubbelen om aan de- zelfde zelfinductie te komen. Dat is nogal wat. Klein kerntje nemen denk je dan, weinig ruimte lekker goedkoop. Jawel, maar kleinkerntje heeft door de kleine cirkel grote H dus grote B en vliegt dus zo de verzadiging in.

Zo zie je maar weer bevestigd: "Elk nadeel heb ze voordeel."

Een poederijzerkernfabrikant Amidon gooit weer roet in het eten want die noemt de zelfinductie van 100 windingen in mi- crohenry de αL . Die is dus als je even re- kent 10 keer groter dan de oude definitie met die nanohenry voor een winding.



Ringkernen meten

Nou toch maar even naar de shack en een paar ringkernen gaan meten met de YALC, een zelfbouw L en C metertje dat zichzelf automatisch calibreert, en waar- van je de beschrijving voor zelfbouw kunt vinden op <http://pa0wv.home.xs4all.nl/zelfbouw.html>. Kijken bij YALC en dat aanklikken.

Het meet op ongeveer 1 MHz, en de μ_r is wel afhankelijk van de frequentie, maar toch maar doen.

Daar gaan we:

Twee grijze ringkernen van onbekende kunne, gekocht bij Baco dump in IJmuiden, en een Amidon poederijzerkern T-80-2, rood dus, want de code betekent buitendiameter 80/100 inch materiaal 2. Dat is volgens de fabrikant bruikbaar tus-

sen 2 en 30 MHz. Te koop op vlooiemarkten, in dit geval gekocht op DNAT. Daar staan altijd twee Duitsers: een dure en een goedkopere en de dure staat het dichtst bij de ingang, waar je nog bedwelmd bent van de duffe lucht bij binnenkomst aldaar, en er zo snel mogelijk weer weg wilt; Duitse strategie dus.

De gemeten L van 1 winding in nH (dus de alfaL) bij ongeveer 1 MHz erachter gezet in de vierde kolom.

Alle maten in mm

Meetresultaten bij 1 MHz:

	D	D	H	αL	ur
grijsgroot	22,7	13,3	12,9	5550	4119
grijsklein	10,8	05-04-11	4,5	1871	3118
Amidon T80-2	20,3	12,4	6,6	5,5	8,6

Zetten we dus de dikke grijze op de feeder dan introduceren we een serie zelfinductie op 80 meter van 122 Ω. En op 10 meter ruim 8 maal meer! Die houdt inderdaad effectief het HF tegen, bovendien zou je je antennetuner moeten bijstellen om weer 1 op 1 te krijgen, als je die kern op de feeder schuift, voorwaar een veeg teken aan de wand.

We kunnen de mur van het materiaal op 1 MHz nu berekenen met de gevonden formule (1) en de gemeten waarden. Het resultaat is in de vijfde kolom genoteerd.

Een ringkern met een stroom door de primaire en een kortgesloten secundaire levert een stroomtransformator. Je kunt de kortgesloten secundaire meer windingen geven, dan is de stroom daar evenredig lager.

We berekenen van de rode ringkern die de stroom in de feeder zelfs onbelast niet verstoort, de secundaire spanning als we er een wikkeling opleggen van n windingen.

De onbelaste secundaire spanning is:

$$E_{sec} = -n \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot h \cdot (D-d) \cdot 2 \cdot f \cdot I / [D+d]$$

Die is niet alleen evenredig met de feederstroom I maar ook evenredig met f en dat willen we niet, want dan wordt de meter van die spanning steeds gevoeliger naarmate je een hogere band kiest. Dat is logisch, want de spanning over de primaire van de trafo neemt evenredig met de frequentie toe, omdat het een spoel is met een constante stroom erin.

Dat lossen we op door de winding af te sluiten met een tamelijk lage weerstand en daarover de spanning te meten.

De trafo met n windingen secundair afgesloten met 50 Ω gedraagt zich idealiter dan in de feeder als 50/(n²) Ω waarin n de wikkelverhouding is. Willen we dat beperken tot 0,5 watt, op zijn hoogst, laten we

zeggen 5A in de feeder, dan wil je primair een weerstand zien die 0,5 watt dissipeert bij 5A. Dat is 1/50 Ω, en we moeten dus 1/50 Ω omtransformeren naar 50 Ω, dat is 1 op 50 wikkelverhouding.

50 windingen secundair dus en je krijgt op je 50 Ω een HF spanning van maximaal 5 Veff. als je feederstroom 5A is, dat is nogal wat, maar de QRO jongens lachen daarom, en hun burens huilen erom ter compensatie. Plastisch voorbeeld van de Wet van Behoud van Ellende.

Wil je bijvoorbeeld bij 2A feederstroom 0,5 watt dissiperen in secundair 50 Ω, dan moet je feeder 1/8 Ω zien, die transformeren naar 50 Ω geeft een wikkelverhouding van 20, twintig windingen op de kern dan dus.

Ik heb er 60 windingen op gelegd van 0,4 mm wikkeldraad, omdat het inzicht door deze berekeningen verkregen, nog niet voldoende aanwezig was tijdens die keuze.

De spanning over de belastingsweerstand gaan we meten met een hoogΩige meter na gelijkrichting. Dus geen diodebruggen of nog erger een enkele diode in de stroomkring, want dat geeft impedantieschokken, als de sinus door 0 gaat en dus harmonischen in je uitgestraalde signaal veroorzaakt door je stroommeting. We gebruiken geen Graetzbrug want dan staan er steeds 2 dioden in serie, maar een Ge diode.

Gevoeligheid berekenen

Je kunt de gevoeligheid eenvoudig berekenen.

Als het aantal windingen op de kern n is, en de afsluitweerstand van de wikkeling is R, dan is de geïnduceerde impedantie in de feeder R/(n²), als er primair in de feeder I ampere loopt dissipeert dat P = (I²).R/(n²) dat wordt secundair gedissipeerd in de afsluitweerstand R zodat daar de spanning E over te berekenen is als zijnde:

$$E = \sqrt{P \cdot R} = (I \cdot R) / n$$

effectief, dus E = 1,4 * I * R / n topwaarde. Je kunt de gevoeligheid dus verdubbelen door een van de twee parallelgeschakelde 100 Ω weerstanden, die samen een R van 50 Ω vormen, weg te knippen. En ook, wellicht in eerste instantie contra intuïtief, door het aantal windingen te halveren.

We meten de piekwaarde van E met een diode in een hoogohmig circuit, en uit de formule zien we dus dat de schaal, behoudens diodegedrag, een lineaire stroom-schaal wordt.

Je meetbereik is ongeveer 1 op 10 en dat is dus in vermogen 1 op 100 bij een gekozen waarde.

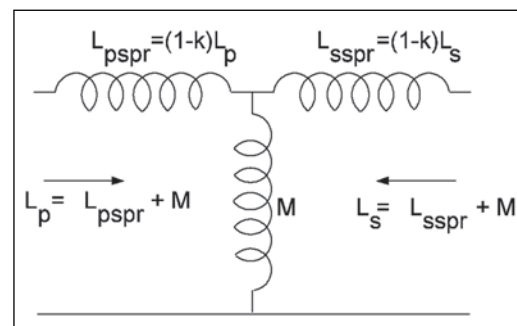
We zitten nu nog met twee vragen, te weten: wat is de invloed van een afsluitweerstand op de frequentieafhankelijkheid van de meting, en ten tweede hoe groot is de B in de kern, die mag de waarde door de fabrikant aangegeven niet overschrijden.

Frequentieafhankelijkheid van de meting

Als de afsluitweerstand oneindig groot is (afwezig dus) hebben we al gezien dat de secundaire spanning per ampere feederstroom evenredig is met de frequentie. Is de secundaire kortgesloten dan is de secundaire stroom steeds 1/n van de primaire bij een ideale trafo, en dus frequentie onafhankelijk.

Denk er wel om dat er geen ideale trafo's bestaan. Het ideaal is immers het onmogelijke dat het leven mogelijk maakt. De vraagstelling geldt dus ook, dat bij kortgesloten secundaire de frequentieafhankelijkheid bepaald dient te worden.

Wat doet hij bij 50 Ω of algemener R als belastingsweerstand, dat gaan we nu uitzoeken.



Figuur 3

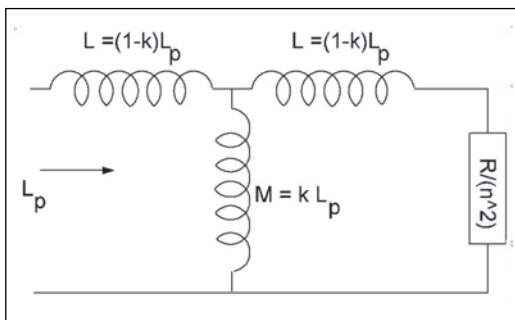
We gaan uit van een niet geheel ideale transformator, dat wil zeggen dat we uitgaan van het feit dat de primaire niet met een koppelfactor 1 gekoppeld is aan de secundaire. Je kunt dan voor de trafo een vervangingsschema opstellen met onderdelen die rekentechnisch naar de primaire zijn getransformeerd.

Dat is een T circuit bestaande uit de wederzijdse inductie M, die de volmaakte koppeling aanduidt en twee spreidingszelfinducties van de primaire en secundaire wikkeling. Figuur 3 toont dat schema. De spreidingszelfinducties zijn bij een ringkern gering t.o.v. de wederzijdse inductie, denk je, want anders heeft het geen zin een alfaL op te geven, en te beweren dat de zelfinductie evenredig is met het kwadraat van het aantal windingen.

Stel nu dat we de secundaire kortsluiten, dan zie je toch een frequentieafhankelijkheid ontstaan, doordat de spreidings-

inducties, die nu dus niet 0 zijn, er voor zorgen dat de secundaire stroom vermindert met het toenemen van de frequentie. Bovendien kun je bij kortgesloten secundaire vaststellen dat er spanning staat over de wederzijdse inductie, en er dus een B in die spoel ontstaat, die bij de ideale trafo ten gevolge van gelijke maar tegengestelde primaire en secundaire stroom 0 is. We kunnen die spreiding meten door de ringkern te meten met een kortgesloten winding erop.

Nu de volgende stap dat we secundair een weerstand R plaats en die we teruggetransformeerd naar de primaire als $R/(n^2)$ in het vervangingsschema zien (figuur 4).



Figuur 4

Loopt er nu een stroom I primair dan zal die een spanning op de wederzijdse inductie veroorzaken die groter is dan bij de kortgesloten secundaire. Die spanning geeft een B die te berekenen is uit formule

$$E_{ind} = -d(BO) dt$$

Metten spreiding spoel

Nu willen we de spreiding meten met een proefspoel.

Metingen met kortgesloten secundaire:

Amidon kern T80-2 met 37 windingen 0,4 mm Cu 9,046 μ H kortgesloten winding erop 8,477 μ H. Haha, die kern is nauwelijks een kern te noemen, die Amidon die kan er wat van, ze verkopen zelfs kernen met $\mu_r = 1$. Daar zit dus helemaal geen ijzer in.

Goed maar de meting wijst dus uit dat het grootste deel van het veld buiten de kern omgaat. Harry PAoLQ schreef me dat als je een spoeltje verplaatst op de ringkern het ook in zelfinductie blijkt te veranderen, dus het materiaal is ook nog een keer niet homogeen.

Kijk maar naar het vervangingsschema in figuur 3. Twee spreidingszelfinductie van de primaire en secundaire horizontaal getekend en de wederzijdse inductie verticaal. Sluit je nu de secundaire kort en er zou geen spreiding zijn, dan is de primaire ook kortgesloten, zo hoort het eigenlijk, maar nu hebben we bij secundaire kortsluiting twee spreidingszelfinducties in serie, waarbij de secundaire spreiding parallel aan de wederzijdse inductie staat.

Als we de meting vertrouwen, een gewaagde veronderstelling, maar ja je moet wat, is bij open circuit de primaire inductie $L_{pspr}+M$ en bij kortgesloten secundaire $L_{pspr}+(M//L_{sspr})$ waarbij dat // staat voor 'parallel aan'.

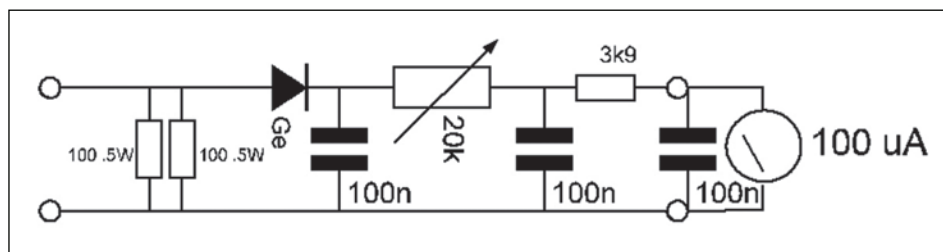
Stel ik nu de op de primaire teruggetransformeerde secundaire spreiding gelijk aan de primaire spreiding, wat een aannemelijke veronderstelling is, dan heb je twee vergelijkingen met 2 onbekenden en dat is oplosbaar, dat weet ik nog van die oneindig saai wiskundelessen op het VMBO, waarvan ik me ook herinner dat ik wenste dat de leraar oploste in plaats van de vergelijking.

Maar nu komt dat toch maar mooi van pas wat ik toen leerde, en de oplossing is dat als de primaire zelfinductie L_0 is en vervolgens na kortsluiten van de secundaire de primaire zelfinductie L_k wordt de wederzijdse inductie $M = \sqrt{(L_0(L_0 - L_k))}$ is en de spreidingszelfinductie van de primaire $L_0 - M$ is. De koppelfactor k die aangeeft welk deel van de primaire magnetische veldlijnen door de secundaire gaan is dan M/L_0 , dus $k = \sqrt{(1 - L_k/L_0)}$.

Gevoeligheid van de gemaakte keuzes

Er liggen 60 windingen op de kern en die is afgesloten met 50 Ω , terwijl het metercircuit een serieweerstand heeft van van 4 k tot 24 k regelbaar en de meter 100 μ A is.

Over $R = 50 \Omega$ ontstaat $E = 1,41 I.R/n$. Per ampere is dat 1,18 volt. Dat levert bij afregelen een stroom tussen 295 μ A en 49 μ A.



De bouw

Twee metertjes van 100 μ A worden gaten voor gezaagd in het kastje, de gaten liggen zo, dat de afstand tussen de gemonteerde meters iets meer dan 2,5 cm is. Een stukje gaatjes printplaat is afgezaagd 10 lang 2,5 cm breed en daar zijn de onderdelen en de bedrading op gemonteerd. Een tekening geeft aan hoe.

De korte zijwanden van het kastje zijn voorzien van apparaatklemmen, daar kunnen draden ondergeklemd en banaanstekers worden ingestoken. De feeders losmaken als er onweer dreigt.

De T-80-2 Amidon ringkernen worden van 60 windingen 0,4 mm wikkeldraad voorzien (minder is aan te bevelen), dat doe je het beste door 1,6 meter draad af te knippen, dat tot halverwege door de kern

te steken, waarna eerst de ene en dan de andere draadhelft erop gewikkeld wordt, elk 30 windingen.

Niet vergeten te tellen.

Elke keer dat de draad door de kern gestoken wordt is een winding. Met dit klusje krijg je enig begrip voor moeder de vrouw die elke avond sokken zat te stoppen om haar elf apostelen knap op de been te houden.

Die kernen moeten om de door het kastje lopende transmissielijn en daarom heb ik twee stukjes coaxkabel van binnenader en buitenmantel ontdaan en die als over de draad schuifbare steun gebruikt.

De gewikkelde ringkern wordt daarop bevestigd, dat heb ik gedaan met bijenwas.

Dat heeft goede HF eigenschappen, als je het in de magnetronoven tracht te verhitten blijft het gewoon koud.

Als het smelt weet je achteraf dat de kernen te heet geworden zijn. Er zullen wel betere ideeën zijn, bepaald door de inhoud van de junkbox zit, daar zat bij mij kunststraal in, zodoende.

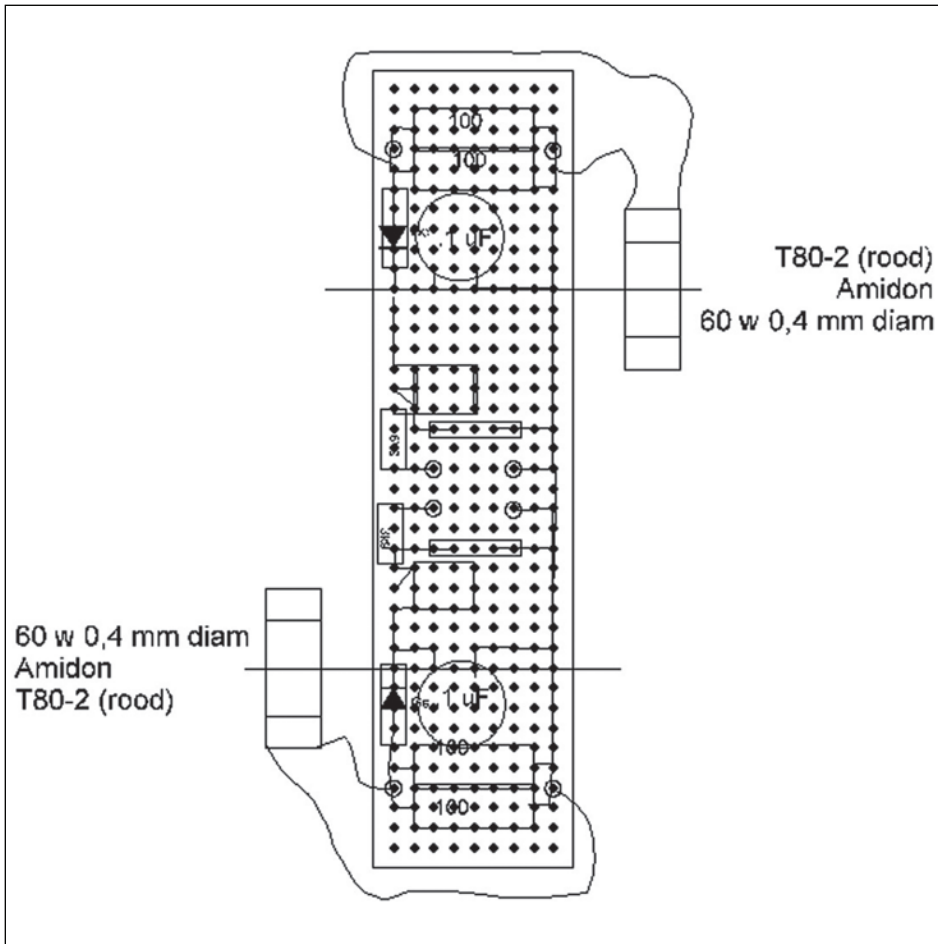
De meters worden voorzien van 0,1 μ F ontkoppeling op de klemmen en de aansluitdraadjes worden getwist naar de print geleid en daar vastgesoldeerd. Een stuk blank montagedraad van 0,5 meter wordt wat uitgerekt door een einde in de bankschroef te klemmen en het andere einde met een platbektang stevig beet te pakken en te trekken dat het een cm of 3 langer wordt.

Dan is het mooi recht.

Voldoend lange stukken afknippen en sol-

deren aan de soldeerlippen van de apparaatklemmen van een van de zijwanden. Printje en meters in het kastje, printje in de derde kaartgleuf geteld van het meterfront.

Kernen op het montagedraad van de feeders schuiven, zijwandje vastschroeven met twee schroefjes aan de meterzijde. Andere zijwandje nu ook monteren met twee schroeven aan de meterfrontzijde en vastsoldeeren aan de vrije einden van het montagedraad. Vervolgens de draadjes van de kernen op de printstiften solderen. Achterplaat kan erop door de kaartgleuf rails een paar mm naar buiten te kantelen, dat kan omdat niet alle zijwandschroeven er al inzitten. Voor je dat doet de zaak afregelen met de potmetertjes. Na het afregelen de achterwand erin, en het restant van de schroeven plaats.



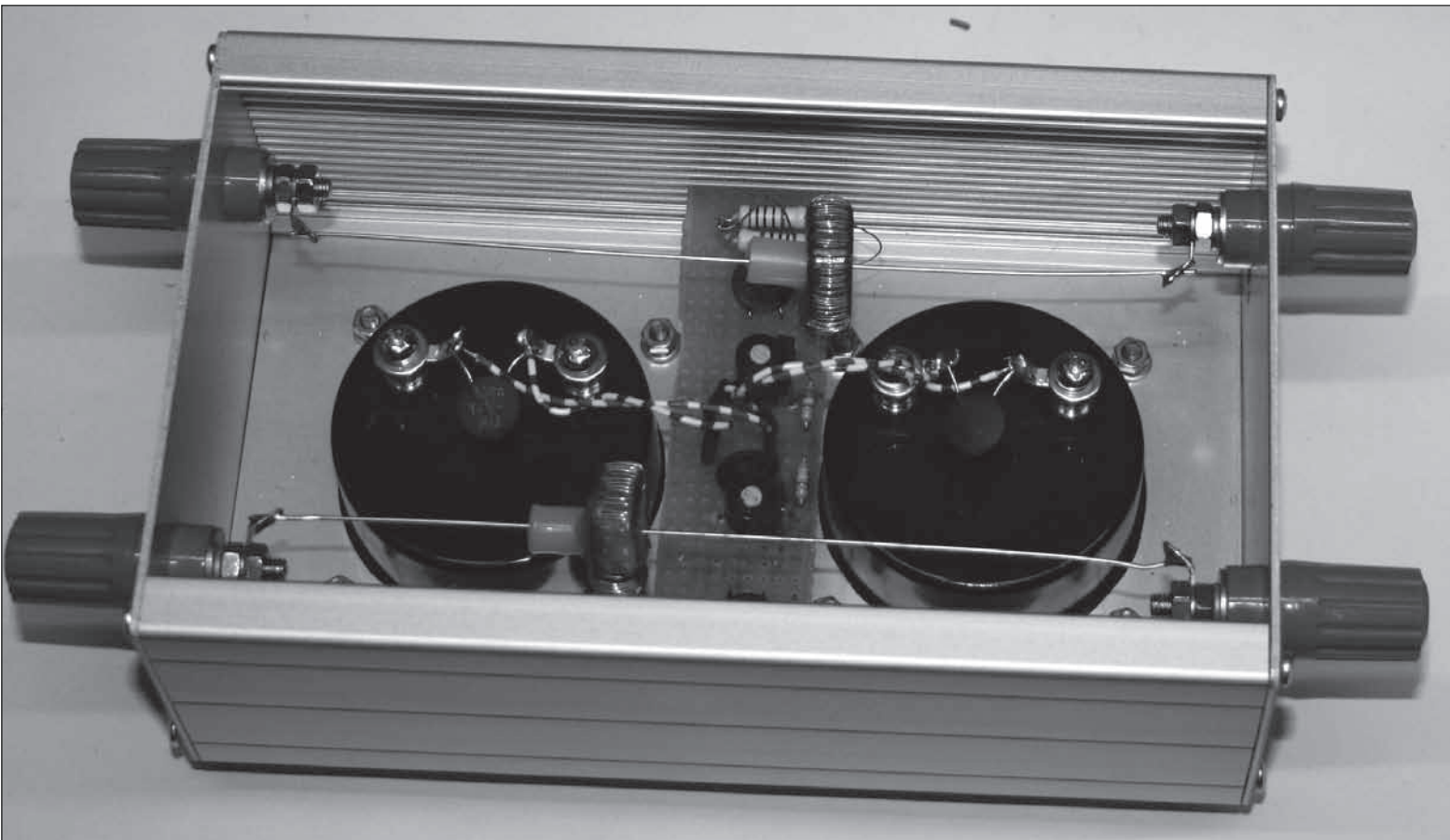
Afregelen

De manier hangt van je spullen af. Ik heb een 3A thermokoppel gebruikt. Die wordt op de uitgang van de stroommeter aangesloten. Als je dan heel voorzichtig wat hf op de ingang zet, langzaam opdraaien, ziet die een kortgesloten lus van 3 stroommeters. Met een potmetertje kun je een der meters qua gevoeligheid verdraaien van 0,9 A volle uitslag tot 3 A volle uitslag. Stel de gewenste gevoeligheid in aan de hand van de aanwijzing van de thermokoppelmeter. Vervolgens zorg je ervoor met het tweede potmetertje dat de tweede meter hetzelfde aanwijst.

Heb je geen thermokoppel, dan kun je een dummyload op de uitgang zetten, en op 80 meterband de spanning meten over de dummyload, met een scope of een hf millivoltmeter. Denk erom dat de scope de topwaarde aangeeft, en je dus 0,71 daarvan als effectief moet gebruiken.

Daaruit kun je de in de dummyload lopende stroom berekenen met de Wet van Ohm, dan heb je die ook niet voor Jan Joker geleerd bij het zendexamen, en aan de hand daarvan de meter op dezelfde wijze ijken.

De aanwijzing is, gemeten tot 30 MHz, onafhankelijk van de frequentie, en dat is wat we ook willen. Dat kun je makkelijk controleren door met de thermokoppelmeteropstelling de stroom op de 10 meterband te controleren als je hem op 80 hebt gekalibreerd.



Een kijkje in de behuizing van de FIM.