

Een ampèretang voor het meetstopcontact

Walter Geeraert PE1ABR
wgeeraert@zeelandnet.nl



Testpeertjes voor diverse stroomvormen

Een extra hulpstukje bij 'Het meetstopcontact' van PA0JBB uit *Electron* van maart 2017, en nog een paar experimenten om de netstroom te meten.

Wat ik mis in het overigens prima stukje 'Het meetstopcontact' is een $10\times$ 'ampère-vermenigvuldiger', zoals ik die zelf toepas om kleine apparaten of ledlampen betrouwbaar te kunnen meten met een ampèretangmodule. Met de serieweerstand en duoprobes gaat de stroommeting ook, en tot een veel hogere frequentie, maar met de ampèretang is het net even veiliger. Het verbruik van een ledlamp is echter meestal veel kleiner dan $0,1\text{ A}$, zodat we de ' $10\times$ truc' toepassen om het wat beter te meten.

Hierbij enkele tips om zo'n 1 op 10 hulpstukje te maken, voorzien van stekker en contrastekker, om te gebruiken samen met het meetstopcontact-kastje. Het is bedoeld om in serie te schakelen en lage stromen met een factor tien te versterken voor de ampèretangmodule. Er worden vanzelfsprekend geen stromen extern versterkt; het is gewoon een bosje van tien windingen netsnoer die samen door de bek van de ampèretang gaan. De bek van de ampèretang moet dus wel groot genoeg zijn, of gebruik anders iets dunner lakdraad.

Er is ook een enkele winding gemaakt, zodat we bij de meting kunnen kiezen tussen ' $\times 1$ ' en ' $\times 10$ '. Op de foto's is direct te zien wat ik bedoel.

Het door de windingen gevormde rechtehoekige gat moet niet te klein zijn, anders krijg je een grotere tang er niet goed door-

heen. Ik kwam houten blokjes tegen van $25 \times 35\text{ mm}$, dat is wel het praktisch minimum voor een wikkelvorm. Je gebruikt twee van zulke blokjes, afgerond, als wikkellichaam. Het blokje voor de tien windingen (in twee lagen) heeft een paar spijkertjes erin als afstandhouder.



Tienmaal-lusje voor de ampèretang



Verschillende ampèretangen

Gebruik veel strandballenlijm zoals Bison 'zacht plastic lijm', ook wel 'Bisonyl lijm' genoemd, voor een eerste hechting, ook tussen de twee lagen (maar niet aan het blokje!). Later nog wat extra lijm en tape eromheen. Als het wikkelen van het 10x-deel klaar en de lijm droog is, dan pas het blokje met 1 winding ernaast. Het zit anders in de weg. Je begint met een stuk drieadrig 0,75 of 0,5 mm² 230V-snoer te ontdoen van de isolatie. Probeer twee stukken isolatie van ongeveer 30 cm onbeschadigd te houden. Maak de draden wat langer dan nodig. Soldeer deze later alle drie tijdelijk aan elkaar en voorziet ze van een (vierde) trekdraad. Trek daarmee de drie draden door een stuk van de bewaarde oorspronkelijke isolatie. Eventueel nog wat extra tape en alweer een laagje plasticlijm. Doe hetzelfde aan de andere kant, en maak het af met een stekker met randaarde en dito contrastekker. De houten blokjes worden natuurlijk verwijderd.

Let op: Sommige stroomtangmodules zijn *niet* bedoeld voor aansluiting op een spanningsingang van een (universeel)meter, maar op een stroomingang. Mijn oude Fluke Y8101 bijvoorbeeld; wordt deze tóch met een spanningsmeter of oscilloscoop gebruikt, dan heeft hij een parallelweerstand nodig van maximaal tien ohm. Zonder deze parallelweerstand kan de open spanning enorm oplopen.

Nog een experiment

Gewoon uit experimenteerdrijf heb ik toch nog een bosje van 50x50 mm gemaakt met honderd windingen, bedoeld om in de 230V-keten op te nemen om ledlampen en adapters met een verbruik van 30...100 mA te testen. Een 30 mA ledlamp wordt dan voor de meting equivalent aan 3 A. Ik wilde meer meetspanning met minder ruis en storing, voor mooie plaatjes op de scoop. De eerste versie is gemaakt met 0,68 mm dik lakdraad en voorzien van een laag tape.

Magnetische fluxdichtheid in een ringkern

De fluxdichtheid B in de ringkern hangt af van de stroomsterkte, de afmetingen van de ringkern en de permeabiliteit van het kernmateriaal. Voor een TN36-kern geldt: effectieve lengte $l_e = 89,6$ mm, effectieve oppervlakte $A_e = 95,9$ mm², relatieve permeabiliteit $\mu_r = 5500$. Ook is bekend dat $A_L = 7390$. Dit is de waarde van de zelfinductie bij 1 winding op deze ringkern. Er geldt: $L(nH) = A_L \cdot n^2$.

Verder is de permeabiliteit van vacuüm $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$. Wat wordt nu B in deze ringkern als die om een geleider zit waar een stroom van 1 A_{eff} doorheen loopt? We rekenen dit in twee stappen uit.

Veldsterkte

De magnetische veldsterkte H langs een cirkelvormige veldlijn is gelijk aan de omsloten stroomsterkte gedeeld door de lengte van die veldlijn. In de ringkern varieert de veldlijnlengte van binnen naar buiten, maar we kunnen met de effectieve lengte l_e rekenen. Omdat we de piekwaarden willen bepalen, vullen we de piekstroom in, dus 1,414 A. Het aantal windingen n is hier 1. De magnetische veldsterkte in ampère per meter wordt dan:

$$H = \frac{I \cdot n}{l_e} = \frac{1,414 \cdot 1}{0,0896} = 15,8 \text{ A/m}$$

Fluxdichtheid

De fluxdichtheid is de veldsterkte maal de permeabiliteit van de kern, zodat:

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r \frac{I \cdot n}{l_e} = 4\pi 10^{-7} \cdot 5500 \cdot 15,8 = 0,109 \text{ T}$$

Bij een door de ringkern lopende stroom van 1 A_{eff} is de maximaal optredende fluxdichtheid in de kern dus 109 mT.

Met A_L

Is de A_L van de ringkern bekend, dan kunnen we een nog eenvoudiger formule gebruiken. In standaardeenheden (en n is hier weer 1):

$$B = \frac{A_L \cdot I \cdot n}{A_e}$$

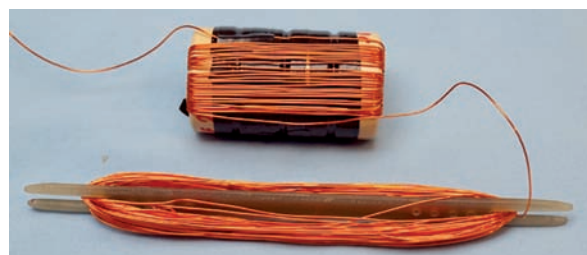
Normaal wordt echter de A_L niet in henry maar in *nano*henry per 'windingkwadraat' opgegeven (de enkele draad door de ringkern geldt als één winding). We kunnen het ons nu gemakkelijk maken door de effectieve oppervlakte in mm² in te vullen; we krijgen dan de fluxdichtheid in mT:

$$B(\text{mT}) = \frac{A_L \cdot I(\text{A}) \cdot n}{A_e(\text{mm}^2)} = \frac{7390 \cdot 1,414 \cdot 1}{95,9} = 109 \text{ mT}$$

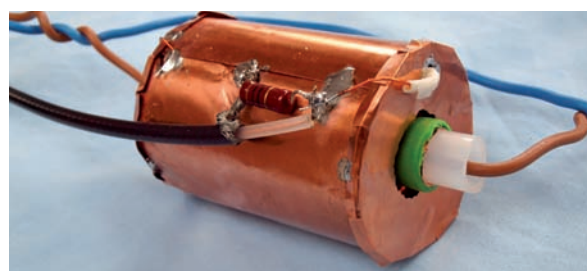
Dit is de fluxdichtheid veroorzaakt door alleen de primaire, te meten stroom. Bij de correct afgesloten stroomtrafo wordt deze fluxdichtheid echter goeddeels opgeheven door de flux, veroorzaakt door de secundaire stroom. Vandaar dat in feite hogere stromen gemeten kunnen worden.



Testspoeltje met $n = 100$



Een schietspoel ('bobbin') vereenvoudigt het leggen van veel windingen



De afgeschermd stroomtrafo met vier ringkernen, gereed

De bek van de Hantec gaat er vrij krap omheen, en draad van 0,5 mm dikte was misschien handiger geweest. Honderd windingen als luchtspoel blijken ongeveer 725 μH op te leveren. De reactantie X_L is bij 50 Hz kleiner dan 0,25 Ω ; de gelijkstroomweerstand R is net onder de 1 Ω . Bij 100 Hz is $X_L = 0,5 \Omega$, bij 1 kHz 5 Ω , en 10 kHz geeft al 50 Ω . De meting is dus alleen betrouwbaar voor 50 Hz en de eerste twintig harmonischen daarvan; daarboven wordt het een beetje een ontstoorspoeltje, en vang je mogelijk zelfs extra storing op.

Volgens de traforegel van 3 A per mm^2 geeft $d = 0,68 \text{ mm}$ een toelaatbare stroom van 0,35 A, en $d = 0,5 \text{ mm}$ geeft 0,2 A. Dat moet kunnen dus, voor alléén deze lampen en adapters. Een bijverschijnsel: zeer slecht of helemaal niet ontstoorde schakelende voedingen (adapters) geven door de zelfinductie van de spoel nog wat extra slingers aan de snelle pulsen. Weet wel waar je deze meting toe-past, en gebruik meerdere hulpstukjes en vergelijk! Eigenlijk is dit een indicatie dat de net-filtering in het gemeten apparaat niet deugt.

Een stroomtrafo net even anders

Intussen ben ik bezig een eigen passieve 1 op 100-stroomtrafo te ontwikkelen, met veel betere eigenschappen dan een ampère-tang met stalen kern en bruikbaar tot zeker 100 kHz. Maar ook goed werkend aan de lage kant van het frequentiespectrum, tot 20 Hz. De veilige onvervormd te meten maximumstroom is ongeveer 1 A bij 50 Hz. Dit is berekend en getest. In de praktijk blijkt 5 à 8 A geen merkbare problemen op te leveren. Deze trafo bestaat uit drie (versie 1) of vier (versie 2) 3E25 ferrietkernen van 36 mm op elkaar gestapeld (TN36/23/15, A_L per kern ca. 7400; deze kernen waren vroeger oran-

jekleurig). Deze worden samen voorzien van precies 100 windingen en afgesloten met een weerstand van 1 of 10 Ω . 1 Ω geeft een betere frequentie karakteristiek in het laag, 10 Ω geeft meer output.

De trafomodule is volledig elektrisch afgeschermd om langegolf-DX en andere storing en ruis tegen te houden. Door de ringkernen loopt namelijk een stukje Bamboe-3 coax, waarvan de dikke middenader is vervangen door standaard geïsoleerd koperdraad van 2,5 mm^2 . Aan de buitenkant 3 à 4 mm schuimplastic en een vel koperfolie (of brons, of dun blik) eroverheen, dat slechts aan één kant aan de Bamboe-3 afscherming vast zit. Geen kortgesloten winding maken! Aan de zijkant komen eventueel wat 'rondjes' koperfolie voor een nette afdichting. Bij een stroom van 1 A is de B_{max} nog rond de 100 mT (zie kadertekst); hoger zou ik liever *niet* gaan, maar het gaat wel tot ca. 5 A. Magnetische verzadiging treedt op bij 250 à 300 mT.

Een 50 Hz 'sinus met plat dak' komt er prima uit! Hij geeft hetzelfde beeld op de scoop als de bovenvermelde Fluke tang. Vergeleken met de actieve Hantec CC-65 zelfs véél beter: hetzelfde beeld op de scoop, dezelfde gevoeligheid, nu echter niet meer voorzien van stevige ruis, 'clean' dus. De CC-65 is een DC/AC-tang met Hall-element. Het ringkernblok is puur AC, en het -3dB-punt ligt bij afsluiting met 10 Ω ergens tussen 10 en 15 Hz; bij afsluiting met 1 Ω is het nog 'rechter'. Het 'platte dak' zakt met 10 Ω een pietsje in, maar dat heeft de Fluke Y8101 ook! (10 Ω is een te hoge afsluitweerstand?) De eigen impedantie Z van de 100 windingen is met vier ringkernen ongeveer 100 Ω bij 50 Hz, wat overeenkomt met een zelfinductie van ca. 300 mH. Met een ballast van 1 Ω (1 %

van Z bij 50 Hz, wordt aanbevolen in theoretische documentatie) is de nauwkeurigheid het hoogst, en het platte dak ook horizontaal. De gevoeligheid is hetzelfde als die van de Hantec CC-65: met 10 Ω ballast 1 mV/10 mA; met 1 Ω , 1 mV/100 mA.

Eerder dacht ik nog aan een extra 'current feedback amplifier' van tienmaal, bijvoorbeeld met de AD8001. Maar die is het om meerdere redenen niet geworden. Uiteindelijk is er een OP27 (of nog beter een OP37) lage ruis microfoon-opamp achter gezet (dus niet meer passief) met een versterking van honderd. Met de aanbevolen ballast van 1 Ω is de output dan 1 V per 1 A. Door de maximale voedingsspanning toe te passen (+ en -15 V voor de OPx7, in plaats van slechts + en -5 V bij current feedback) is 5 A_{eff} (bijna 15 V_{tt} uit) als uitgangsspanning mogelijk. Getest met een straalkachelkje en een variac. Haarscherp en ruisvrij!

Meer tips

- Bij AliExpress nog een leuk meetkastje: de HOPI HP-9800. Verbaas je over de lage powerfactor van veel (led)lampen, en kijk op de scoop mee naar de vuile golfvormen van de stroom.
- Eventueel voor inbouw in het zelfbouwmeetkastje: eveneens bij AliExpress de low cost (vijf euro) stroomtangmodule SCT013-010 van YHDC met hoge output; neem liefst de 10A/1V-versie, dus met ingebouwde parallelweerstand.
- Ook bij AliExpress: een compleet bordje met een SMD OP37 voor minder dan tien euro. Kleine SMD-verbouwing voor de versterkings-instellingsweerstand noodzakelijk. Zoek naar 'OP37' en je ziet hem ergens.
- Kijk ook eens op YouTube bij 'bigclive-dotcom' en 'Mr Carlson's lab'.

Zelfbouw tentoonstelling DvdRA

De zelfbouw tentoonstelling op de Dag voor de RadioAmateur (DvdRA) neemt altijd een prominente plaats in op de DvdRA. Steeds weer worden hier bijzonder interessante projecten getoond door de deelnemers aan deze tentoonstelling. Wellicht heeft u ook iets wat de moeite

waard is om anderen deelgenoot te laten zijn van uw hersenspinsels. Schroom niet om u aan te melden voor deelname aan deze tentoonstelling. Een fantastische dag is uw beloning. Aanmelden kan tot 15 september 2017 bij Jos Disselhorst PA3ACJ. Dit kan per e-mail

jajm.disselhorst@hccnet.nl ; per telefoon (071) 576 48 50, of per brief: J. Disselhorst, Hugo van Woerdenplein 6, 2332 PD Leiden. Ik reken op uw deelname.

Jos Disselhorst PA3ACJ

advertentie

www.rys.nl



RYS Electronics • Postbus 150 • 1740 AD Schagen • Tel: 0251-311934 of 0639406849 • email: info@rys.nl • Afhalen na afspraak.