

Q VAN KRING IN ZAND door PAØSU

Inleiding

In mijn verhaal 'Microfonie in Ruisarme Oscillatoren' (QRP Nieuwsbrief 116) stel ik voor om de VCO van een PLL-schakeling in een transceiver onder te dompelen in zand om microfonie te bezweren. Ik had dat in mijn huidige VCO geprobeerd met lijnzaad, maar zag dat de verstemming van de kringen op de hogere banden daardoor zonder correctie te groot was. Ik zou de zaak opnieuw moeten instellen. Daar had ik geen zin in. Bovendien wist ik niet in hoeverre de Q van de kringen beïnvloed zou worden. Ik houd er niet van om over één nacht ijs te gaan.

Ik kon het natuurlijk toch niet laten om enkele metingen te doen en dook in de junk box.

De Kring

In de junk box ligt een aantal nette spoelen. Ik koos een spoel met 18 windingen op een keramische pijp van 27 mm doorsnede. De spoel is 16 mm lang. Er zat ook nog een keramische Philips-knoop-C uit de 60-er jaren aan van 68 pF. Met de grid dipper vond ik een resonantiefrequentie van zo'n 6,5 MHz.

Van Klaas PAØKLS heb ik eens de vuistregel geleerd dat 'het aantal pF-en' over een kring ongeveer gelijk moet zijn aan de golflengte waarop hij werkt. 6,5 MHz is iets minder dan 50 m, dus is een C van 68 pF prima.

Die kring heb ik aangesloten op dezelfde oscillator die ik gebruikte voor het bepalen van de Xtal-frequentie bij een eerder beschreven Xtal-experiment. Dat ding lag er nog. De schakeling werd zoals in figuur 1: een Clapp-oscillator.

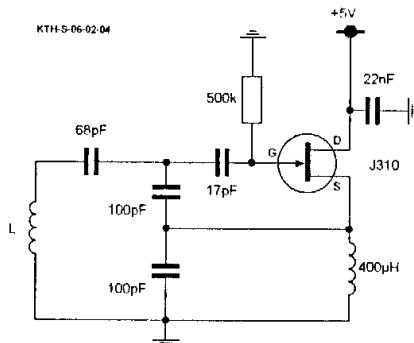


Fig.1

De Oscillator

De J310 in de oscillator trekt 22 mA bij 5 V voedingsspanning als hij niet oscilleert. De stroom daalde tot zo'n 1,5 mA als ik de kring aansloot. Over die stroom kom ik zo te spreken. Het spul oscilleerde op ruim 9 MHz. Dat is te verwachten: de twee C's van 100 pF staan in serie met de 68 pF van de seriekring.

Wat gebeurt er nu precies als ik de hele oscillator onder het zand stop?

Het Zand?

Nog geen honderd meter van mijn huis staat een klimrek

middenin het Henri Dunantpark. Daaronder ligt echter geen dikke laag zand maar grind om te voorkomen dat de kindertjes zich ernstig bezeren als ze uit het klimtoestel mochten vallen. Degenen die dat bedacht hebben, wisten wat ze deden. Heel fijn grind breekt de val beter dan zand! Raceauto's staan in een grindbak ook eerder stil dan in een zandbak. Als je op het Circuit van Zandvoort indertijd de Tarzanbocht uit ging, duurde het altijd te lang voordat je stil stond in het fijne duinzand. In de bergen in Frankrijk zijn er ook trajecten op de Auto Route waar grindbakken aangebracht zijn. Als je het helling-af niet mocht redden door een defect aan koppeling en/of remmen, duik je zo'n grindbak in. Kortom, onder dat klimrek ligt heel fijn grind. Dat was precies wat ik zocht! De grindkorrels zijn gemiddeld zo'n 3 mm groot, ongeveer even groot als lijnzaadjes. Ik ben zo vrij geweest om daar een bakje van mee te nemen. Als ik uitgegrommeld ben, zal ik het niet in de vuilnisbak gooien...

Metingen met de Oscillator

Met de oscillator in hooiberg-configuratie werd gemeten 'in lucht', in het bovengenoemde fijne grind en in lijnzaad. Hoe pakte dat uit?

oscillator	frequentie	I _{osc}
in lucht	9,4 MHz	1,27 mA
in grind	9,1 MHz	1,6 mA
in lijnzaad	9,1 MHz	1,55 mA

Dat de frequentie daalt bij 'onderdamping' is natuurlijk niet vreemd. De dieëlectrische constanten (ϵ_r) van grind en lijnzaad zijn groter dan die van lucht. Blijkbaar is lijnzaad en grind op dit punt gelijk. Ik schat zo in dat het fijne grind een lagere ϵ_r heeft dan zand. Er 'zit meer lucht in'. Dat is alleen maar gunstig.

De stroom neemt toe bij onderdampen. De oscillator geeft bij een voedingsspanning van 5 V gegarandeerd dezelfde hoogfrequente spanning af. Dat komt door de amplitudestabilisatie van de oscillator. Daar ga ik nu niet verder op in. De toegevoerde energie is bij onderdampen groter dan in lucht. Dat kan alleen maar komen doordat de Q van de kring kleiner wordt. Hoeveel? Dat weten we niet. Dit is een relatieve Q-meting.

De frequenties zijn met een Philips grid dipper gemeten. Je staat er versteld van hoe nauwkeurig dat ding na al die jaren nog is, ook in absolute waarde! Binnen een paar procent meneer. Ik ben er stikgelukkig mee.

Ik heb nog een paar dingen gemeten. De knoop-C heb ik vervangen door een mica-C. In lucht loopt er dan 1,24 mA i.p.v. 1,27 mA. Die knoop-C's zijn dus zo slecht nog niet, maar dat wist ik al. De 100 pF-C's in de oscillatorschakeling zijn ook van dat type. Die laten we dus lekker zitten. Bij 10 V voedingsspanning liep er 'in lucht' 2 mA en 'in grind' 2,5 mA. Geen verrassingen dus. De HF-spanning over de spoel is daarbij meer dan 30 V.

Q-metingen

Als je nu toch aan de gang bent, wil je natuurlijk ook weten hoeveel de Q van de kring verslechtert door het grind.

In figuur 2 staat het schema. De spoel aan de generator

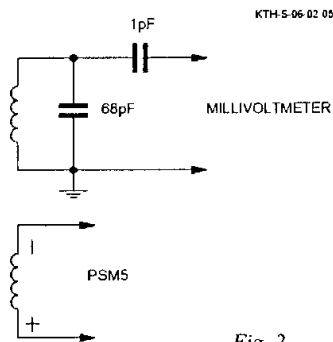


Fig. 2

(PSM-5) is los gekoppeld met de kring. Het condensatorpje van 1 pF zorgt er voor dat de millivolt-meter, die ik eens overgenomen heb van Ad PA3BFJ, de Q niet te veel beïnvloedt. Hoe heb ik gemeten?

Eerst werd zo nauwkeurig mogelijk afgestemd. De koppeling van de generatorspoel werd zo ver mogelijk weggelegd zodat de millivoltmeter (met een dB-schaal) bijna voluit slaat 'op een hele dB'. Vervolgens wordt de generator naar beneden verstemd tot de meter 3 dB minder aanwijst. De frequentie waarbij dat het geval is, noem ik f_1 . Daarna draaien we naar boven 'over de top' tot de meter weer 3 dB onder het maximum uitkomt. Die frequentie noem ik f_2 . De resonantiefrequentie f_0 wordt het gemiddelde van f_1 en f_2 . Dat is nauwkeuriger dan de top vinden.

De bandbreedte van de kring is dus:

$$B = f_2 - f_1, \text{ en } Q = f_0 / B$$

Nu bleek:

in lucht:

$$f_0 = 6407 \text{ kHz}$$

$$f_1 = 6382,5 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 6431 \text{ kHz}$$

$$B = f_2 - f_1 = 48,5 \text{ kHz}$$

$$Q = f_0 / B = 6407 / 48,5 = 132$$

in grind:

$$f_0 = 6327 \text{ kHz}$$

$$f_1 = 6298 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 6356 \text{ kHz}$$

$$B = f_2 - f_1 = 58 \text{ kHz}$$

$$Q = f_0 / B = 6327 / 58 = 109$$

De Q van de kring is dus niet zó geweldig. Je zou het proefje nog eens met een betere kring over willen doen. Wacht, we kunnen hier ook aan rekenen. Wie lui is moet slim zijn.

'Q van Grind'

De vraag is nu: wat zou de Q van een kring-met-een-oneindig-grote-Q worden als je die onderdampelt in grind?

Als je dat weet, kun je ook uitrekenen wat er van een $Q = 250$ overblijft, als we die kunnen maken.

Ik ga niet al te gedetailleerd op mijn gedachtenspinsels in. Niet iedereen zal die kunnen volgen en degenen die dat wel kunnen, hebben aan een korte uitleg genoeg.

De Q van een kring is evenredig met de denkbeeldige paral-

lelweerstand over de kring. Daarom zal de parallelschakeling van twee kringen, die op dezelfde frequentie staan afgestemd met resp. Q_1 en Q_2 , opleveren:

$$Q_p = Q_1 \cdot Q_2 / (Q_1 + Q_2)$$

Dit is dezelfde formule die de vervangingsweerstand van twee parallelgeschakelde weerstanden geeft.

In ons geval is de parallelschakeling van de 'lucht-kring' met de denkbeeldige 'grind-kring' gelijk aan $Q_p = 109$. De lucht-kring had een $Q_1 = 132$.

De Qualiteit van de denkbeeldige grind-kring is Q_2 , zodat:

$$109 = 132 \cdot Q_2 / (132 + Q_2)$$

Als je dat netjes uitrekenet, blijkt de grind-kring $Q_2 = 626$.

Daar komen we met de beste wil van de wereld dus niet bovenuit. Verstoort dat niet te veel? Zeg het maar. Wat geeft bij oscillatoren meer zijbandruis, een wat lagere Q of microfonie? Die vraag is niet zo eenvoudig te beantwoorden. De spectrale verdeling van de beide zijbandruiscomponenten is in ieder geval totaal verschillend. De componenten die ontstaan door microfonie zijn in hoofdzaak laagfrequente componenten. Ik weet het, ik weet het: als een microfonische VCO in een PLL wordt opgenomen, wordt de ellende grotendeels 'weggeremd' door de terugkoppeling. Grotendeels ja. Bedenk echter dat de zijbandcomponenten die uit microfonie voortvloeien groot kunnen zijn. Voor mij is de beste oscillator net goed genoeg, dus...

Wat wordt de Q van een fraaie kring met een Q van 250 als we die in ons grind onderdampelen?

$$Q_v = 250 \cdot 626 / (250 + 626) = 179$$

Als je het onderste uit de kan wilt hebben, kún je de hele oscillator in een hard schuim spuiten. Dat zal minder invloed hebben dan grind. Als er dan onverhoeds is mis gaat, krijg je het lid op de neus, zoals een oud spreekwoord zegt...

Q-meting met de Oscillator

Het is al een paar keer langsgekomen: in onze test-oscillator daalt de opgenomen stroom als de Q van de kring groter is. We zagen boven dat een $Q = 109$ overeenkwam met 1,6 mA en $Q = 132$ met 1,27 mA bij dezelfde HF-uitgangsspanning. Weliswaar was dat op verschillende frequenties, maar de tendens is zeer duidelijk. De omgekeerde verhoudingen kloppen zelfs aardig. We zouden bij een bepaalde frequentie de oscillator kunnen ijken: de stroom tegen de Q. Dit gaat wat ver misschien, maar als we de Q van een kring kennen, kunnen we met de oscillator een redelijke voorspelling doen over de Q van een andere kring (op dezelfde frequentie). Voor het uitzoeken van 'de beste spoel' hoeven we in ieder geval geen omslachtige Q-metingen te doen! De spoel waarbij de stroom door de oscillator het kleinst is, is de beste. Voor alle zekerheid kunnen we kijken of in alle gevallen de HF-uitgangsspanning constant blijft.

Succes met dé hobby!
73 de Herbert PAØSU
Herbert_rutgers@hccnet.nl