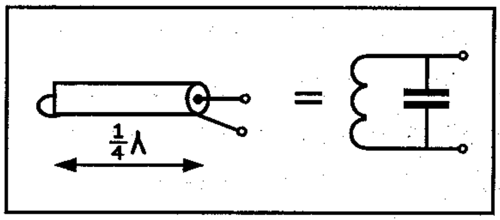
"Stubs"

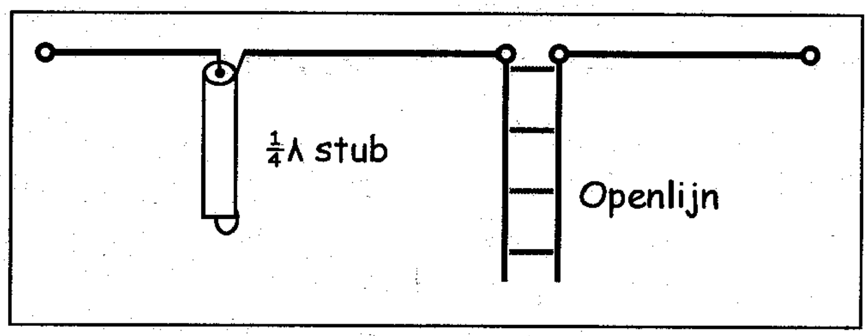
Jurjen
PE1ODW

In het algemeen is de belangstelling voor antennes (HF), voedingslijnen en tuners (aanpassing e.d.) nogal groot. Ik geef hier wat informatie over z.g.n. stubs. In het ARRL antenneboek is hierover veel te vinden.



Vaak worden $\frac{1}{4}\lambda$ stubs gebruikt om iets aan te passen. Volgens de theorie werkt een $\frac{1}{4}\lambda$ stub als een parallelkring en de impedantie Z is met verliesvrije kabel (lijn) oneindig hoog. (in de praktijk zeer hoogohmig)

Bij een bepaalde frequentie is dit dus als het ware een onderbreking in b.v. een antenne.



Nemen we als frequentie 3,5 MHz dan is de golf-lengte λ (meter) =
300 : 3,5MHz = 85,71m.
$\frac{1}{4}\lambda$ is dan 85,71 : = 21,42m
(afgeronde getallen)

Maken we deze stub van coaxkabel (50Ω) dan moet deze stub korter wor-den omdat deze meestal een diëlectricum van polyetheen heeft en daardoor een verkortingsfactor oplevert van 0,66.
De werkelijke lengte wordt dan 21,42 x 0,66 =1 4,14 meter.
Op lucht dus 21,42 meter, op polyetheen 14,14 meter.
De verkortingsfactor wordt bepaald door het diëlectricum.
Volgens de theorie is de verkortingsfactor Vk = 1 $\sqrt{\varepsilon}$.
Waarin ε (epsilon) de diëlectrische constante is: voor lucht is ε = 1.
Voor polyetheen is ε = 2,25. Vh dus 1 : $\sqrt{2{,}25}$ = 1 : 1,5 = 0,66 (2/3)

Voor lintlijn (b.v. 300Ω) is dit circa 0,8 omdat als diëlectricum zowel lucht als polyetheen aanwezig is. Gaan we de antenne zoals getekend "aanstoten" met een frequentie van 1,75 MHz dan is deze stub niet meer $\frac{1}{4}\lambda$ lang maar "slechts" $\frac{1}{8}\lambda$ lang: immers de frequentie is gehalveerd dus de golflengte verdubbeld. De elektrische lengte is dus een $\frac{1}{8}\lambda$ op 1,75MHz en werkt nu als spoel ! Oftewel als een zelfinductie met een bepaalde Xℓ !

Zou de stub van 50Ω coaxkabel zijn gemaakt met dezelfde elektrische lengte dan zou de mechanische lengte zijn bij Vk= 0,66 ; 1/6λ x Vk = 14,28 x 0,66 = 9,42meter. Hierbij hoort ook weer een Xℓ en die is dus tan60° x Zo = 1,73 x 50Ω = 86,6Ω.
Deze stub geeft dus een lagere L, nl. 86,6 : 2π x 3,5 = 3,93μH.
Zoals we zien scheelt dit nogal veel t.o.v. dezelfde elektrische stublengte als 50Ω coaxkabel wordt gebruikt. We kunnen dus vaststellen dat een stub gemaakt van kabel of lintlijn met een grote golfweerstand (Zo) eerder een grotere zelfinductie L geeft. Het zal hopelijk duidelijk zijn dat door keuze van de soort leiding in combinatie met de lengte in elektrische graden een bepaalde zelfinductie L is te realiseren. Andersom kan natuurlijk ook.
Een zekere Xℓ kan vertaald worden in een stublengte van een bepaald aantal elektrische graden wat overeen komt met een bepaald deel van de golflengte (λ); eerst elektrisch, dan mechanisch.

Voorbeeld: Xℓ = 50Ω; f = 3,5MHz; stub 300 lintleiding (Vk=0,8).
Berekening: ∟°=hoek in graden, Zo = golfweerstand in ohm)
Xℓ(Ω) = tan∟°x Zo(Ω) ; oftewel: tan∟°= XL: Zo dus tan∟°= 50 : 300 = 0.166..
Volgens tangenstabel is dat ca 10° (elektrisch) dit is dus 10 : 360 x λ = 0,0277λ.
Bij 3,5MHz is λ 85,71 meter (zie begin artikel) ; 0,0277λ is dus 0,0277 x 85,71 m = 2,38meter (nog steeds elektrisch gezien).
Mechanisch dus 2,38 x Vk = 2,38 x 0,8 = 1,90 meter. Deze berekende stublengte heeft dus een XL van 50Ω bij een frequentie van 3,5MHz.
Dit geeft een L in μH van Xℓ(Ω) L:2πf(MHz) = 50 : 2π x 3,5 = 2,27μH.

Let op: Als de frequentie verandert moet alles weer opnieuw berekend worden vanwege de tangensfunctie. Ik heb dit ook gedaan met steeds de dubbele frequentie en als stublengte 2,38 meter (mechanisch 1,90 meter)

f in MHz	λ in meter	Stublengte in λ (electr.)	Stublengte in ∟°	tan	XL in Ω	L in uH
3,5	85,71	0,0277	10	0,166	50	2,27
7	42,85	0,0555	20	0,349	109	2,48
14	21,42	0,1111	40	0,839	252	2,86
28	10,71	0,2222	80	5,671	1701	9,66

Hoe groot is deze dan wel? Dat is heel gemakkelijk te bepalen.
Namelijk $X\ell$ = 50Ω, d.w.z. net zoveel ohm als de karakterestieke "weerstand" van de toegepaste kabel.
Let wel: dit is <u>alleen</u> het geval als de elektrische lengte precies $\frac{1}{8}\lambda$ is.
Dus als $X\ell$ =50Ω dan volgt: L(μH) uit L=$X\ell$: 2πf = 50 :2π x 1,75 = 4,54 μH.

Hoe zit dit nu allemaal in elkaar? Het heeft te maken met wiskunde, nl; met de tangens van hoeken. Echt moeilijk is het niet.
Op de huidige rekenmachientjes zit deze functie. Ik heb zo'n rekenmachine niet maar wel een tangenstabel die in oude elektronische jaarboekjes staan. (Muiderkring 1969, 1970 e.d.)
Veel amateurs hebben een hekel aan rekenen en denken/zeggen: "wat kan mij dit schelen", als het maar werkt. Dit is uiteraard niet verboden.
Anderzijds is enige kennis van zaken wel handig om diverse proeven succesvol te doen zijn.
Zoals bekend hoort bij een zekere frequentie een bepaalde golflengte in b.v. meters. Het is gebruikelijk om de golflengte λ (lambda) in zo genaamde elektrische graden uit te drukken: namelijk 1λ = 360°:$\frac{1}{2}\lambda$ =180°; $\frac{1}{4}\lambda$=90°; $\frac{1}{8}\lambda$=45° enz. Voor kortgesloten stubs die korter zijn dan $\frac{1}{4}\lambda$(90°) reageren deze als zelfinductie (spoel) waarvan de reactantie $X\ell$=tangenshoek in elektrische graden x de golfweerstand Zo; korter geschreven als $X\ell$ = tan∟° x Zo.
Dus coaxkabel 50Ω $\frac{1}{4}\lambda$ (=90°) heeft een $X\ell$ van:

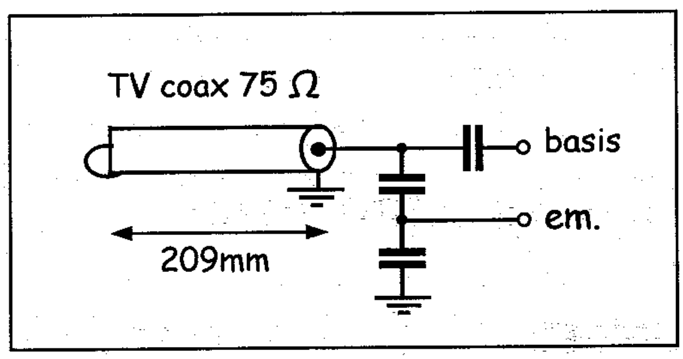
1: $X\ell$ = tan90° x 50Ω = ∞ (oneindig)
2: 50Ω kabel $\frac{1}{8}\lambda$ (=45°) geeft $X\ell$ = tan45° x 50Ω = 1 x 50 = 50Ω
3: 50Ω kabel 1/6λ (=60°) geeft $X\ell$= tan60° x 50Ω = 1,73 x 50 = 86,6Ω

Voor 75Ω kabel wordt de uitkomst dus evenredig groter. Hetzelfde geldt ook voor lintlijn (denk wel aan de verkortingsfactor Vk=0,8) en open lijn (Vk = 0,98 ongeveer) Voorbeeld lintlijn 300Ω: 1/6λ(60°) geeft $X\ell$ = tan 60° x 300Ω =1,73 x 300 =519Ω. Nemen we b.v. f =3,5MHz, dan is λ 85,71 meter; 1/6λ(60°) is dan 14,28 meter. Mechanische (werkelijke) lengte is dan Vk x <u>elektrische</u> lengte; dus 0,8 x 14,28 = 11,42meter.

<u>Met andere woorden:</u> Een kortgesloten stub gemaakt van lintlijn met een golfweerstand van 300Ω, een verkortingsfactor van 0,8 en een lengte van 11,42 meter (1/6λ(60°), geeft bij 3,5MHz een reactantie $X\ell$ van 519Ω.
Hieruit volgt een zelfinductie van L(μH)=XL(Ω):2πf(MHz) =519:2π x

Het is dus mogelijk allerlei zelfinducties te maken met behulp van kortgesloten stubs bij een bepaalde frequentie en door de keuze van lengte en soort kabel (Zo en Vk) . Al met al een hele rekenpartij.
Voor open stubs is een soortgelijke beschouwing maar "nu maar even niet" .
Toch hoop ik dat een aantal amateurs "het" in het oosten ziet dagen.

Om te controleren of zo'n kortgesloten stub ook echt werkt is als proef een kortgesloten stub in een oscillator als spoel te proberen.
In CQ-Friesland-Noord van maart staat een Colpitts oscillator door mij beschreven die op ca 150 MHz werkt met als spoel 0,12 μH.
Hiervan is de $X\ell$ te bepalen: nl. $X\ell = 2\pi fL$, $= 2\pi \times 150 \times 0{,}12 = 113\Omega$.
Neem je als stub 75Ω TV-coaxkabel (Zo 75Ω, Vk 0,66) dan is tan$\llcorner$ °= $X\ell$: Zo = 113 : 75 = 1,5079.. Volgens tangenstabel komt dat overeen met ca 57°.
Hieruit volgt een stublengte van 57° : 360°x λ(m) = 0,3166meter elektrische lengte. Mechanisch wordt dit: 0,3166 m x Vk = 0,3166 x 0,66 = 0,209meter. (N.B. als oscillator niet werkt dan C'tje naar basis iets groter nemen)



De UHF proefoscillatoren van mij werken allemaal volgens dit "stub" principe, d.w.z. striplijn werkt op dezelfde manier als een stub.

Groeten en succes met de proeven ! Jurjen PE1ODW.