

Loftnet

Námskeið ÍRA til amatörprófs vor 2017

Vilhjálmur Þór Kjartansson, TF3DX

Loftnet í hnotskurn

Rafsegulbylgja er samtvinnað segulsvið og rafsvið sprottið af riðstraumi. Breytilegt segulsvið spanar breytilegt rafsvið, sem aftur spanar breytilegt segulsvið og svo koll af kolli. Úr verður bylgja sem breiðist út og dofnar minna með fjarlægð en einungis rafsvið eða segulsvið gera hvort um sig.

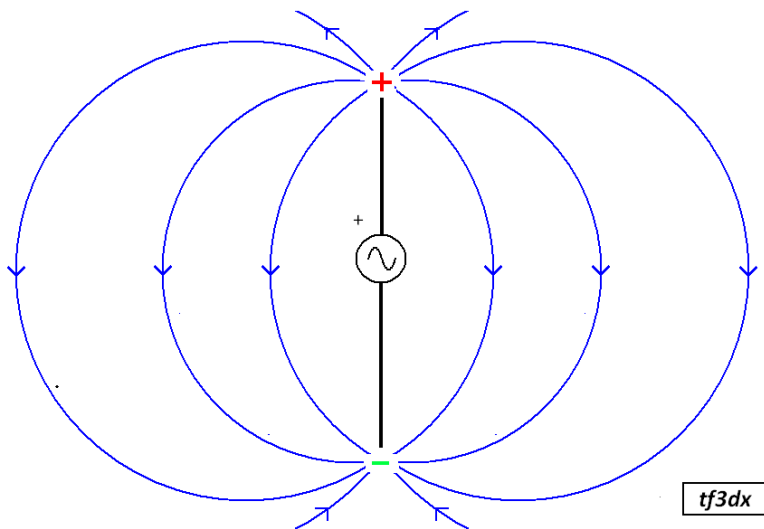
Straumurinn einn og sér dugir ekki til að framkalla útgeislun, lengd leiðarans sem hann gengur í skiptir jafnmiklu máli. Margfeldi straumgildis og lengdar gefur sviðsstyrk, svo loftnet af engri lengd geislar ekkert þótt það fengi allan tiltækan straum.

Algeng loftnet nota einn eða tvo leiðara sem eru einangraðir í fjarri endann. Við fyrstu sýn er ekki að sjá að í þeim geti gengið straumur! En í hverri sveiflu af riðstraumi ganga hleðslur fyrst aðra leiðina og snúa svo til baka hina leiðina. Þetta er hliðstætt þétti, hann "leiðir" riðstraum þótt plötturnar séu einangraðar hver frá annarri.

Loftnet er rafrás, sem af ásetningi er glennt upp til að opna leið fyrir rafsegulsvið út í alheiminn þegar sent er. Öll loftnet vinna jafn vel hvora leiðina sem er, svo allt fyrirkomulag til bóta styrkir móttækið merki ekki síður en sent merki. Hlustun þarf þó ekki að batna að sama skapi ef móttæknar truflandir takmarka læsileikann fremur en eiginsuð viðtækis. Þess vegna duga oft lítil eða illa aðlöguð loftnet til móttöku.

Rafsvið

Á sama hátt og við notum hugtakið þyngdarsvið til að lýsa togkrafti **án snertingar** á milli massa, er hugtakið **rafsvið** notað til að lýsa kraftverkun á milli **hleðslna**. Hleðsla dregst að hleðslu með gagnstæðu formerki en milli samkynja hleðslna verkar fráhrindikraftur. Til að myndgera sviðið eru teiknaðar **kraftlínur**. Stefna línu á hverjum stað er stefna krafts sem myndi verka á litla jákvæða prufuhleðslu. Sviðið er í öllu rúminu, ekki bara á línunum, en þéttleiki þeirra er mælikvarði á styrk sviðsins.



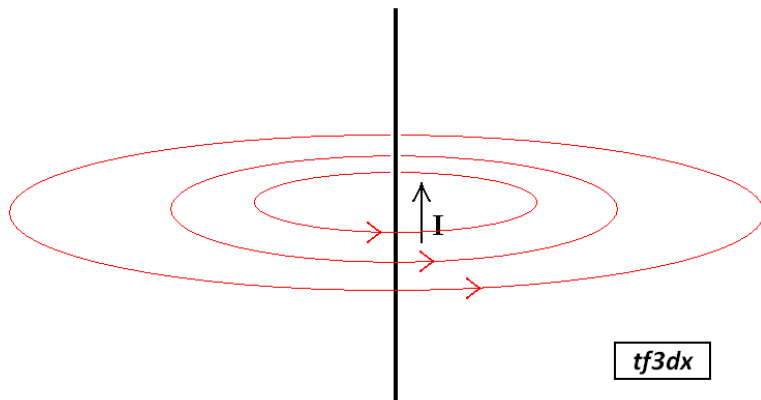
1. mynd Rafsvið frá hleðslu á endum loftnets.

Styrkurinn gefur kraftinn sem verkar á hleðslu, en jafngild eining sem hentar hér er volt á metra, **V/m**. Einnig má nota mV/m eða $\mu\text{V/m}$ fyrir veikt svið. Mestur spennunur er **langs** eftir kraftlínu en enginn þvert á hana, núninglaus færsla þvert á kraft krefst enngar orku.

1. mynd sýnir rafsvið frá hleðslu á endum loftnets. Það **dofnar** með vaxandi fjarlægð.

Segulsvið

Frá **hleðslu stafar** alltaf **rafsviði**, en ef hún er **á hreyfingu** bætist **segulsvið** við. Kraftlínur vegna **rafstraums** mynda **hringi** í kringum leiðarann. Með því að telja kraftlínur sem flæða í gegn um einingarflatarmál þvert á stefnu línanna, fæst styrkur sviðsins. Mælieiningin er Weber á fermetra, Wb/m^2 . Hægt er sýna að þessi eining jafngildir amperi á metra, A/m . Sviðið **dofnar** með vaxandi fjarlægð.



2. mynd Segulsvið frá straumi í miðju loftnets.

Rafsegulbylgja

Ef rafhleðsla er ekki einungis á jafnri hreyfingu, heldur **eykur hraðann** eða **minnkar**, myndast **rafsegulbylgja** sem breiðist út með hraða ljóssins. Þessi bylgja er **víxlverkun** sveiflandi segulsviðs og sveiflandi rafsviðs, sem **hvort spanar hitt** og viðheldur þannig bylgjunni. Hún **dofnar minna** með fjarlægð en það staka rafsvið og segulsvið sem áður er lýst.

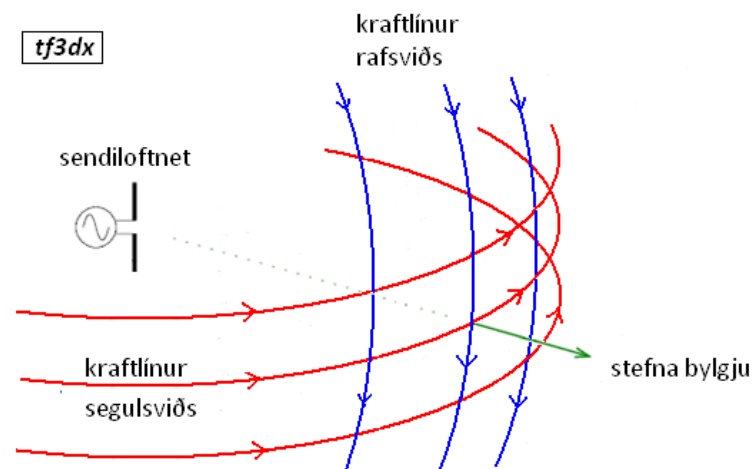
Skautun rafsegulbylgju

3. mynd sýnir afstöðu rafsviðs og segulsviðs í bylgju frá lóðréttu loftneti. Þau eru **hornrétt hvort á annað**, en jafnframt **hornrétt á stefnu bylgjunnar**. Það er algild regla.

Því er nóg að tilgreina stefnu annars hvors sviðsins til að þekkja heildarmynd bylgju sem kemur úr þekktri stefnu. Rafsviðið hefur orðið fyrir valinu í þessu skyni, stefna þess skilgreinir **skautun** bylgjunnar.

Frá móttakanda séð fellur rafsviðið **samsíða** ofan í mynd loftnetsleiðarans eins og hún horfir við honum. Athugandi staddur við upphaf grænu píllunnar á 3. mynd fær til sín lóðrétt skautaða bylgju, með lárétt liggjandi segulsviði. Þegar sendiloftnetið liggur lárétt, snýst þetta við.

Ef athugandinn væri staddur miklu ofar en loftnetið á 3. mynd, er ljóst að rafsviðið hallar í átt að loftnetinu. Engu að síður er tilhneiging til halda áfram að kalla þá skautun “lóðrétt”, sérstaklega þegar algeng hermunarforrit birta reiknað stefnumynstur.



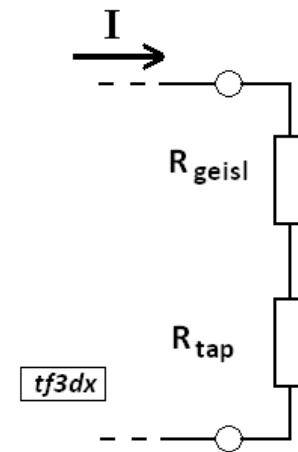
3. mynd Rafsvið og segulsvið lóðrétt skautaðrar útgeilsunar.

Geislunarviðnám loftnets

Aflið sem geislar út **hverfur úr rafrás** loftnetsins rétt eins og afl sem beytist í varma í viðnámi. Mælt í fæðistað loftnets, **birtist** því **raunviðnám** sem tekur jafnmikið afl og geislar út. Þetta væri eina viðnámið sem nýtti afl frá sendinum ef leiðari loftnetsins væri úr viðnámslausu efni og einangrarar fullkomnir. Þess utan þyrfti loftnetið að vera í tómarúmi. Í raun spanast straumur í nálægu efni eins og jörð, sem og hvers konar mannvirkjum. Hann **veldur varma** sem er tapað afl. Sé sá straumur nógu nálægt loftnetinu, spanar hann mótspennu í því sem er eins og spennufall í raunviðnámi. Svo bætist viðnám í leiðurum loftnets og lekaleiðni í einangrun við, en því tapi má halda í skefjum með réttu vali á efni. Allt birtist þetta sem **eitt tapsviðnám** í röð við geislunarviðnámið í fæðipunkti, auk viðnáms í beinni jarðtengingu ef hún er annar tengipóll loftnetskerfisins.

Það er sami straumur í báðum þessum viðnámi, en spennan er í réttu hlutfalli við viðnámsgildið. Því reiknast nýtnin sem:

$$\frac{P_{geisl}}{P_{inn}} = \frac{I^2 R_{geisl}}{I^2 (R_{geisl} + R_{tap})}$$
$$\eta = \frac{R_{geisl}}{(R_{geisl} + R_{tap})}$$



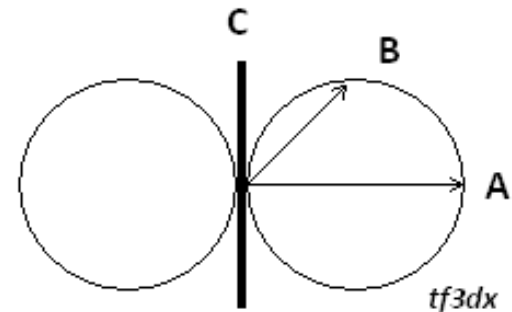
4. mynd Ígildisrás í fæðipunkti.

Venjulega þarf ekki að hafa sérstakar áhyggjur af nýtni loftnets ef það er a.m.k. verulegur hluti úr bylgjulengd að stærð. Því minna sem hvers konar loftnet er í **samanburði við bylgjulengd**, þeim mun lægra verður geislunarviðnámið. Þá gera allir tapsvaldar sig meira gildandi. Góð stangarloftnet á bíl þurfa að setta sig við nýtni á 80 m sem er aðeins **örfá prósent** og enn lakari á 160 m. Þessu veldur geislunarviðnám af stærðargráðu 1 ohm og tífalt stærra tapsviðnám. Þar munar mestu um viðnámið í mjög stórri spólu, sem er auðsynleg til að fá loftnetið í resónans. Ástandið er miklu betra á 40 m og prýðilegt á 20 m.

Stefnuvirkni

Ekkert raunverulegt loftnet dreifir útgeisluðu afli jafnt í allar stefnur rúmsins, eins og jafnlýsandi kúla myndi gera. Slíkt ímyndað loftnet er þó oft notað sem viðmiðun og kallast **alstefnugeislari**. Afl sem raunverulegt loftnet sparar við sig í einhverja stefnu skilar sér í aðrar stefnur. Það leggur grunninn að **ávinningi** loftneta.

Stuttur bútur af beinum leiðara dreifir útgeislun í fleti sínum eins og 5. mynd sýnir. Sviðsstyrkurur í sérhverja stefnu er í samræmi við **lengd pílunnar** í þá stefnu.

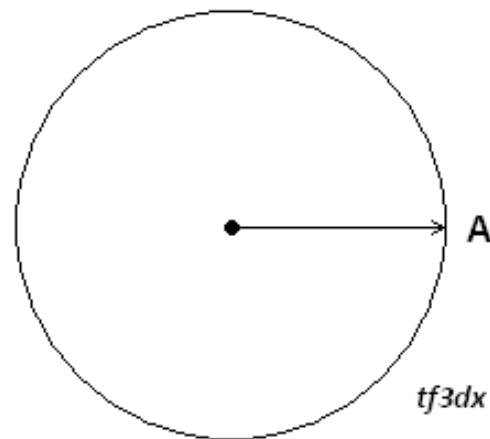


5. mynd Stefnuvirkni stutts búts, í fleti leiðarans.

Skýringin á stefnuvirkni beina leiðarans á myndinni liggur í því sem áður var sagt, að vegalengd straums skiptir ekki minna máli en gildi hans. Athugandi sem horfir í **enda** leiðarans **sér enga straumlengd**, hjá honum er sviðsstyrkur núll. Eftir því sem hann færir sig til annarrar hvorrar handar, verður **ofanvarp lengdarinnar** til hans stærra og stærra, uns lengdin blasir öll við séð þvert á leiðarann. Því er útgeislun mest í stefnu A, minni í stefnu B og engin í stefnu C. Þessu mynstri er lýst svo, að það hafi 2 **lauf**.

Þó gengið sé umhverfis leiðarann í fleti sem liggur þvert á hann miðjan, verður engin breyting á straumlengdinni sem blasir við. Búturinn er því **alátta** í þeim fleti með hámarksútgeislun, eins og 6. mynd sýnir.

Þessi flötur er stundum kallaður H – flötur eftir segulsviðinu, því í honum liggja segulkraftlínur. Flöturinn á 5. mynd kallast með sama hætti E – flötur eftir rafsviðinu. Í honum er stefnuvirknin **tvíátta**.



6. mynd Stefnuvirkni stutts búts, í fleti þvert á leiðarann.

Nánar um lítinn bút

Einhver kann að spyrja hvers vegna verið sé að fjalla um lítinn bút, þegar lítil loftnet eru ekki ýkja gagnleg í reynd. Í fyrsta lagi skýrir það almennt hvernig útgeislun tengist stefnu og vegalengd straumsins sem veldur henni. Það eykur skilning á því hvernig fyrirkomulag leiðara ræður útgeislun loftnets.

Í öðru lagi er stuttur bútur **Legókubburinn** í nútíma **hermiforritum** fyrir loftnet. Forritin reikna straummynstur á leiðurum loftnets á svipuðum nótum og við eigum eftir að skoða, en miklu nákvæmar þó. Síðan er leiðurunum skipt upp í litla búta (segments) og hverjum bút gefið fast straumgildi, sem næst raunverulegu meðalgildi yfir bútin. Þá snýst hermunin einfaldlega um það að reikna útgeislun frá fjölda lítilla búta og leggja allar niðurstöðurnar saman. Útgeislun hvers búts fylgir þekktum reglum, eins og sjá má af 5. og 6. mynd að ofan, en reiknivinnan er of mikil til að aðferðin væri fýslileg fyrr en tölvur komu til sögunnar. Venjulega leggur forritið það í hendur notandans að velja fjölda búta, sem er málamiðlun milli reiknitíma og nákvæmni. Of fín uppdeiling getur þó verið til boga vegna takmarkana á þeim líkönum sem forritið leggur til grundvallar útreikningi á straumdreifingu, svo lesa þarf leiðbeiningar í þá veru.

Í öllu falli er þekking á eiginleikum stutts búts bitastætt veganesti.

Ávinningur loftneta

Uppgefinn ávinningur loftnets er jafnan miðaður við **bestu stefnu** þess. Eins og sést á 5. mynd eyðir stutti búturinn engu afli í stefnu leiðarans og litlu afli þar í kring. Sá sparnaður gerir hann, í sína bestu stefnu, jafn góðan alstefnugeislara sem notar 1,5 sinnum meira afl. Hlutfallslegur ávinningur stutts búts er því 1,5 m.v. alstefnugeislara, eða einfaldlega **1,5** á kvarða þar sem ávinningur alstefnugeislarans er skilgreindur sem 1. Þetta er **fræðilegur ávinningur** stutts búts, sem helgast af þrívíðu útgeislunarmynstri hans. Sama á við um öll loftnet, mynstrið fer aðeins eftir stærð þeirra og lögun.

Til að finna **raunverulegan** ávinning, þarf að **margfalda** fræðilegan ávinning **með nýtninni**. Því er þó oftast sleppt fyrir loftnet í fullri stærð, en gæti verið nauðsynlegt ef loftnetið er mjög nærri jörð eða öðrum tapsvaldi.

Algengast er að gefa ávinning loftneta upp í **desibelum** fremur en hlutfallstölu aflls. Desibel er **lógaritminn af hlutfallinu**, margfaldaður með 10 vegna forskeytisins desi. Aflhlutfallið 1,5 jafngildir þá $10 \log(1,5) = 1,76$ dB. Alsiða er að gefa til kynna hver viðmiðunin er með því að rita 1,76 dBi, þar sem **lita i stendur fyrir "isotropic"** og vísar til alstefnugeislara (isotropic radiator).

Notkun dB hefur þann kost að **margföldun** hlutallstalna **breytist í samlagningu** á dB gildum og deiling í frádrátt. Þegar stefnumynstur er kvarðað í desibelum, fremur en sviðsstyrk, breytist lögun laufanna nokkuð en heildarmyndin er sú sama.

Hálfbylgjutvípóll er algengt loftnet sem er einfalt er að búa til. Því er eðlilegt að bera kosti flóknari loftneta saman við það. Tvípóllinn hefur samskonar stefnumynstur og stutti búturinn á 5. mynd, nema hvað lafin eru ívið þrengri og geilarnar víðari. Helmingarnir vinna ekki eins vel saman í skástefnur vegna vaxandi munar á fasviki með lengra loftneti, en þvert á leiðarann er sá munur enginn. Því fæst sterkari útgeislun í bestu stefnu en frá stuttum bút, svo ávinningurinn er **1,64 eða 2,15 dBi**.

Til að finna hlutfallslegan ávinning einhvers loftnets miðað við tvípól, þarf að deila í ávinning þess miðað við alstefnugeislara með tölunni 1,64. Í ljósi þess sem fyrr segir um eðli desibela verður:

$$G \text{ (dBd)} = G \text{ (dbi)} - 2,15$$

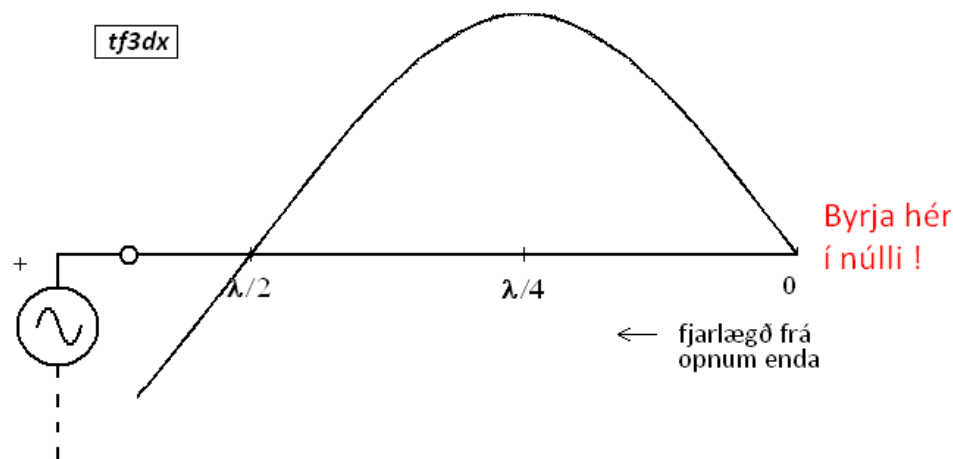
þar sem **litla d stendur fyrir “dipole”** og vísar til hálfbylgjutvípóls. Tilsvarandi þarf að leggja 2,15 dB við til að breyta úr G(dBd) í G(dBi).

Straummynstur á leiðara

Riðstraumur sem er sendur út á leiðara ferðast eftir honum eins og bylgja. Þegar straumbylgjan kemur að **opnum enda**, á hún engra kosta völ annarra en að **snúa við**, sem jafngildir 180° fasavendingu. Í bláendann ganga því tveir jafnsterkir straumar hvor í sína áttina svo útkoman er núll. Þetta er lykilinn að því að rekja straummynstur á leiðara, það á alltaf að byrja **í núlli frá opnum enda**!

Eftir því sem fjarlægð frá enda vex, færast bylgjurnar í vaxandi mæli út úr mótfasa og summa þeirra stígur.

Kvartbylgju frá endanum er útbylgjan 90° fyrr á ferðinni en í endanum, en endurkastaða bylgjan hefur tafist um 90° . Hér eru þær orðnar samfasa og **summan nær hámarki**.



7. mynd Straummynstur rakið frá opnum enda.

Með sama hætti er aftur kominn mótfasi hálfbylgju frá enda, **og svo koll af kolli**.

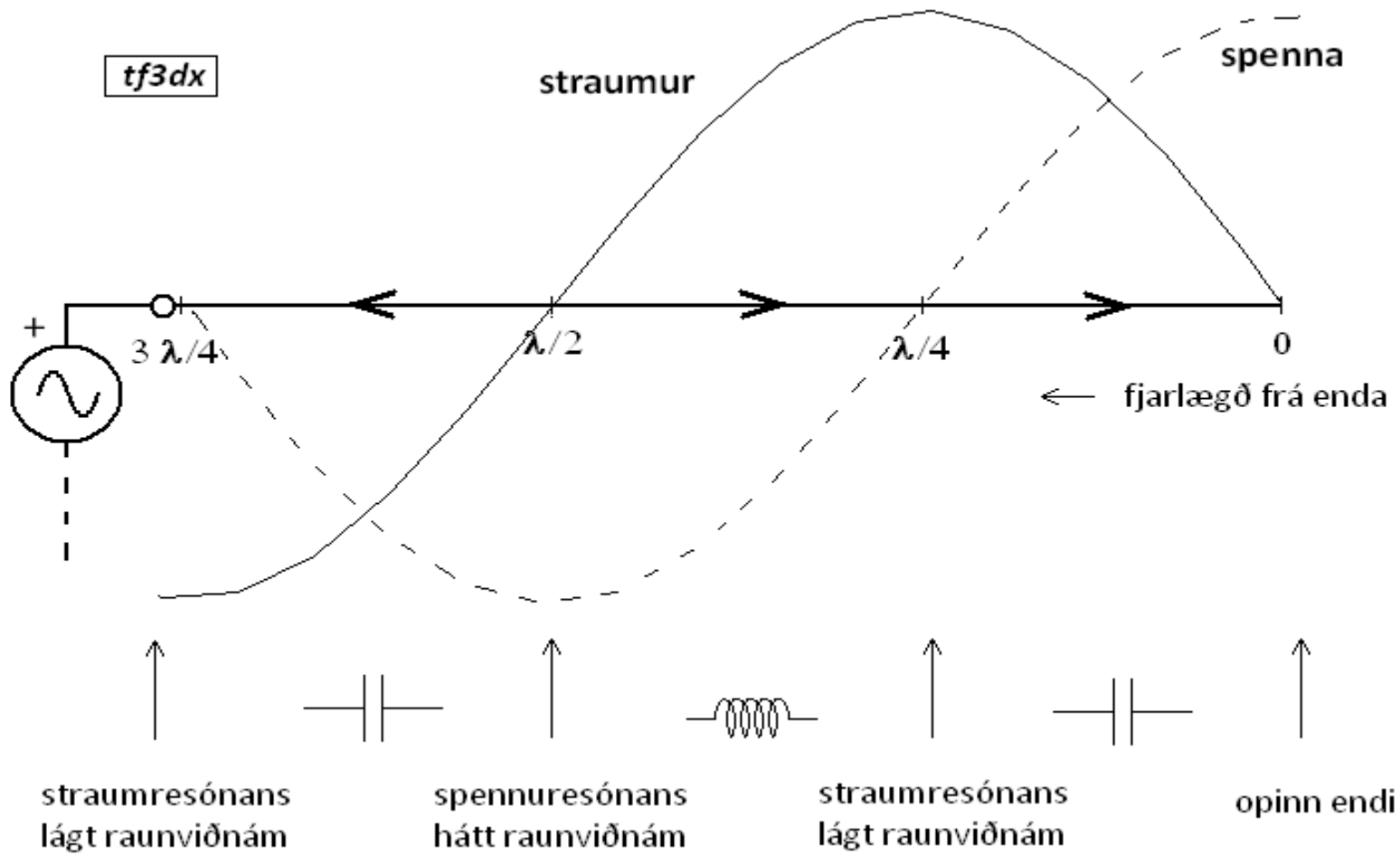
Mynstrið hefur **sínuslögun**, fullkomna ef bylgjan deyfðist ekkert á leið sinni fram og til baka. Það er góð nálgun.

Þrátt fyrir þessa fallegu sínuslögun er áriðandi að gera sér grein fyrir því að 7. mynd sýnir **ekki bylgju** á ferð eftir leiðaranum, heldur samanlagðan straum tveggja bylgna sem renna með ljóshraða hvor á móti annarri. Þetta mynstur kallast **standbylgja**, kannski varasamt heiti, en fyrri hluti orðsins minnir á að mynstrið stendur kyrrt. **Raunveruleg bylgja** ferðast hins vegar og **flytur orku**.

Spennumynstur

Með einföldum dæmum úr rásafræði er hægt að ganga úr skugga um að stefna orkuflutnings (afls) **snýst við ef annað hvort** straumnum **eða** spennunni er **umpólað**, ekki hvoru tveggja. Þar sem straumurinn umpólast við opinn enda er spenna í endurkastaðri bylgju með sama formerki og sú sem kom. Mynstur samanlagðrar **spennu** er því alltaf í **hámarki** þar sem **straumur** er í **lágmarki** og öfugt.

Þetta er sýnt á 8. mynd ásamt ábendingum um reglubundna hegðu tvinnviðámsins í fæðipunkti loftnetsins.



8. mynd Mynstur straums og spennu á loftneti, ásamt reglubundinni hegðun tvinnviðnáms, Z. *Skoðið þessa mynd gaumgæfilega* eftir því sem lestri vindur fram.

Nánari skoðun

Skýringarnar á ýmsu því sem fram kemur í næstu 2 köflum eru ekki ýkja flóknar, en þeim væri ofaukið í þessu samhengi. Þær byggja á vektorsamlagningu sínussveiflna.

Fasi í straummynstri

Þó hvor bylgjan um sig, út eða endurköstuð, tefjist jafnt og þétt í fasa með vegalengd, hefur summa þeirra **alls staðar sama fasa innan hálfbylgjubugs**. Fasinn breytist um 180° þegar farið er yfir núll (lágmark) í samfelldum leiðara. Með öðrum orðum, stefna straumsins snýst við og er öfug uns kæmi að nýju núlli í nógu löngum leiðara. Vendingin er sýnd með formerkisbreytingu ferils þar sem hann fer yfir leiðarann. Algjör **hliðstæða gildir um spennumynstrið**.

Tvinnviðnám loftnets, Z

Hvar sem skorið væri á leiðarann í **fyrstu fjórðungsbylgju** frá opnum enda til að fæða hann, er tvinnviðnámið Z **rýmdarkennt**. Spennan væri 90° á eftir straumnum. Eftir umpólun í núlli er spennan orðin 90° á undan og Z er spankennt uns straumurinn hefur líka umpólast og náð fyrri afstöðu til spennunnar. Af þessu er ljóst að **á kvartbylgjufresti víxl**ast Z milli þess að vera rýmdarkennt og spankennt. Þetta sést vel á 8. mynd.

Resónans

Á kvartbylgjufresti er Z hvorki spankennt eða rýmdarkennt, það er **einkenni á resónans**. Tala má um straumresónans eða spennuresónans eftir því hvort er í hámarki.

Hátt viðnám eða lágt

Sé loftnetið fætt í straumhámarki, eins og við eina eða þrjár kvartbylgjur frá enda á 8.mynd, mætti ætla að viðnámið væri núll eins og spennan. En eins og áður var sagt er nokkur nálgun gerð við gröf eins og þetta. Þó ekki væri nema vegna þess að loftnetið **geislar frá sér** þarf það afl inn á sig. Spenna getur því **ekki verið núll** á þessum stöðum, **en hún er lág**. Ef lóðrétt kvartbylgja er fædd á móti fullkominni jörð er viðnámið **36 Ω** . Lítilsháttar reikningur sýnir að slíkt viðnám tekur 100 W við **60 V**. Sú spenna er lág miðað við stærðargráðuna **kílóvolt** í toppi.

Með sama hætti er straumur **ekki alveg núll í lágmarki**, en nógu lítil til að fæðiviðnám á slíkum stað er gjarnan í **kílóohmum!**

Val á fæðistað

Sammiðjukapal (kóax) ætti að tengja við loftnet í straumhámarki. Algengast er að nota kapal með 50Ω bylgjuviðnámi, sem fellur gjarnan að algengu viðnámi í straumhámarki og resónans. Slíkan kapal má leggja hvar sem er, en tap er nokkurt og versnar með lengd, tíðni og standbylgju á kaplinum.

Sammiðjukapall hentar því alls **ekki nærri spennuhámarki**, né loftnetum sem ekki eru í resónans. Í þeim tilvikum næst betri árangur með **samsíða fæðilínu**. Hún hefur bylgjuviðnám á bilinu $300 - 600 \Omega$ og mun minna tap, því frekar sem minna er af öðru en lofti í bilinu á milli leiðaranna .

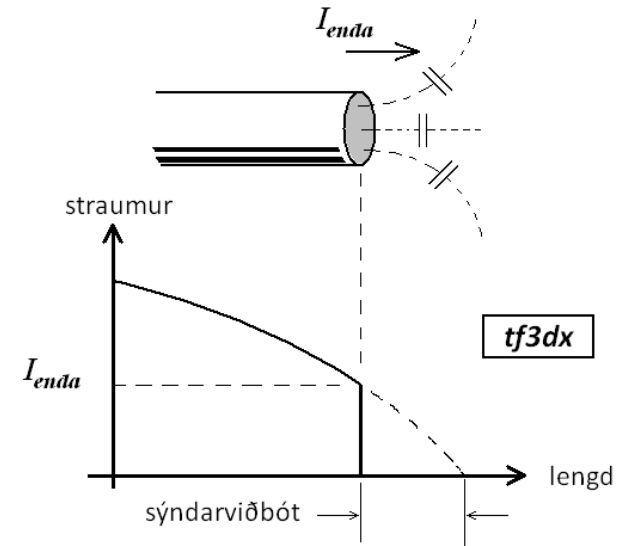
Önnur leið er að nota loftnetsaðlögun við sjálfan fæðistaðinn, sem ræður við að breyta tilfallandi háu viðnámi í þau 50Ω sem henta sendi beint eða sammiðjukapli. Hún gæti líka eytt span- eða rýmdarviðnámi þegar loftnetið er ekki í resónans.

Lenging og stytting

Eiginleikar loftnets ráðast alltaf af lengd í hlutfalli við bylgjulengd. Ef eitthvað vantar upp á til að fá **straumresónans** á tiltekinni tíðni, er loftnetið rýmdarkennt eins og 8. mynd sýnir. Þá þarf að lengja leiðarann, en það er líka hægt að tengja **spólu** í fæðistað sem upphefur rýmdaráhrifin. Með sama hætti má tengja þétti við loftnet sem er of langt. Oftast er raðtengt, hliðtenging hækkar resónansviðnámið.

Endahrif

Reyndar er það svo, að straumurinn í bláenda raunverulegs loftnets er **ekki alveg núll** ef grant er skoðað. Leiðarinn hefur óhjákvæmilega svolítið þverskurðarflatarmál. Það hefur smávegis rýmd, líkt og plata í þétti, til umhverfisins. Þó rýmdin sé lítil er spennan mjög há, og straumurinn merkjanlegur. Því þarf í reynd að **stytta leiðarann** um nokkur prósent eftir þvermáli og nálægð við jörð. Þetta er stundum fínstillt með endurtekinni prófun, eða giskað á eitthvað í námunda við **5%** af kvartbylgju.



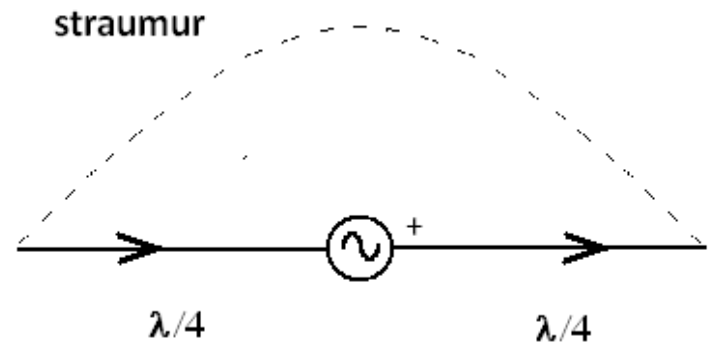
9. mynd Endahrif

Hitt skautið

Á 8. mynd er látið liggja milli hluta í hvað “hinn endi” lindarinnar er tengdur, en þar þarf að ganga **jafn mikill straumur** og fer út í loftnetið. Í grunninn er um **tvennt að ræða**, tengja við annan hluta loftnetsins eða nota eitthvað sem hefur þann megin tilgang að vera straumgleypir án útgeislunar. Það kallast **mótvægi**. Gott dæmi um slíkt er jörðin, húspak úr málmni eða yfirbygging bíls. Ef fætt er í straumlágmarki dugir eiginlega hvað sem er, en **straumhámark** gerir kröfur um **lágt viðnám**.

Hálfbylgjutvípóll

Hálfbylgjutvípóll er gott dæmi um fyrri kostinn, loftnet sem þarf ekkert mótvægi. Kvartbylgja, sem er opin í hinn endann, hefur lágt viðnám við resónans og er því **í sjálfu sér ágætur straumgleypir**. Hvor helmingur þjónar sem slíkur fyrir hinn. Þó báðir geisli, er það enginn ókostur, straumstefnan er sú sama báðum megin og leggst á eitt um að senda út í átt til lesandans.



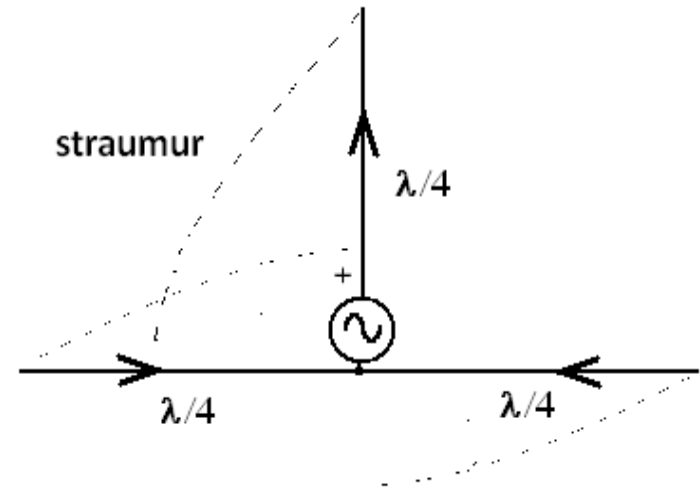
10. mynd Hálfbylgjutvípóll

Þegar leiðari loftnets er tekinn svona í sundur og lind skotið þar inn, **verður að rekja** straummynstrið aðskiljanlega **frá sitt hvorum enda**. Fæðipunkturinn situr þá uppi með hverja þá stöðu sem kann að vera á stað í straummynstri hvorum megin. Engu að síður skalast straumgildin svo að **jafnmikill straumur** sé hvorum megin við lindina. Þá fær sá hlutinn sem kynni að hafa hærra geislunarviðnám meira afl.

Ef heildarlengd milli opnu endanna stítt hvorum megin er **heilt margfeldi af hálfbylgjum**, er loftnetið í resónans óháð því hvar fæðipunkturinn er. Annars er það hvergi í resónans.

GP (ground plane) loftnet

11. mynd sýnir dæmi um loftnet sem notar mótvægi. Lóðrétti hlutinn er **geislarinn**. Straumurinn í neðri enda hans skiptist til helminga á láréttu kvartbylgjurnar, en til **sitt hvorrar handarinnar**. Því upphefst útgeislun þeirra algjörlega í stefnu til lesandans, og svo vel í aðrar stefnur, að geislunarviðnámið í mótvæginu **er ekki nema um 1Ω** .



11. mynd GP loftnet

Það er athyglisvert að mótvægið hér er í raun sama mannvirkið og **hálfbylgjutvívóllinn**, sem áður er getið, og **hefur 72Ω** geislunarviðnám fjarri jörð. Hér skiptir öllu máli hvernig straumurinn er látinn ganga! Það er gagnlegt að bera saman myndirnar af því.

Í þessu tilviki kemur tenging við láréttu kvartbylgjurnar í stað tengingar við góða jörð. Þær kallast því **jarðgeislar (radíalar)**.

Ef jarðgeislarnir eru **of nálægt jörð** spanast **tapsviðnám** í þeim. Þá er til bóta að **hliðtengja** fleiri og dreifa á stefnuhringinn. Þar er komin skýring á “plani” í nafninu.

Enskur orðalisti

<i>alátta</i>	omnidirectional
<i>alstefnugeislari</i>	isotropic radiator
<i>ávinningur</i>	gain
<i>einátta</i>	unidirectional
<i>geislari</i>	radiator
<i>geisli</i>	radial
<i>jarðgeisli</i>	ground radial
<i>lauf (loftnets)</i>	lobe
<i>lykkja</i>	loop
<i>mótvægi</i>	counterpoise
<i>nýtni</i>	efficiency
<i>skautun</i>	polarization
<i>standbylgja</i>	standing wave
<i>stefnuvirkni</i>	directivity
<i>tómarúm</i>	free space
<i>tvíátta</i>	bidirectional

Helstu dB tölur

<i>aflhlutfall</i>	<i>db</i>
2	3
4	6
10	10
$\frac{1}{2}$	- 3
$\frac{1}{4}$	- 6
1/10	- 10

Takið eftir að deiling í hlutfalli breytist í frádrátt í dB. Með sama hætti breytist margföldun í samlagningu.

Afl fylgir 2. veldi af spennu eða straumi, sem þýðir þá tvöföldun á dB tölunum. Í raun þarf aðeins að muna dB tölurnar 3 og 10 fyrir afl til að geta skrifað upp þessar töflur!

Getið þið séð af töflunni að fimmföldun í afli eru 7 dB?