

Parlem de la impedància sense matemàtiques.

Però això és possible? A qualsevol llibre, a continuació de la paraula “impedància” apareixen un seguit de fórmules matemàtiques bastant abstruses. Aquí intentarem explicar els conceptes sense números, a l'abast de qualsevol.

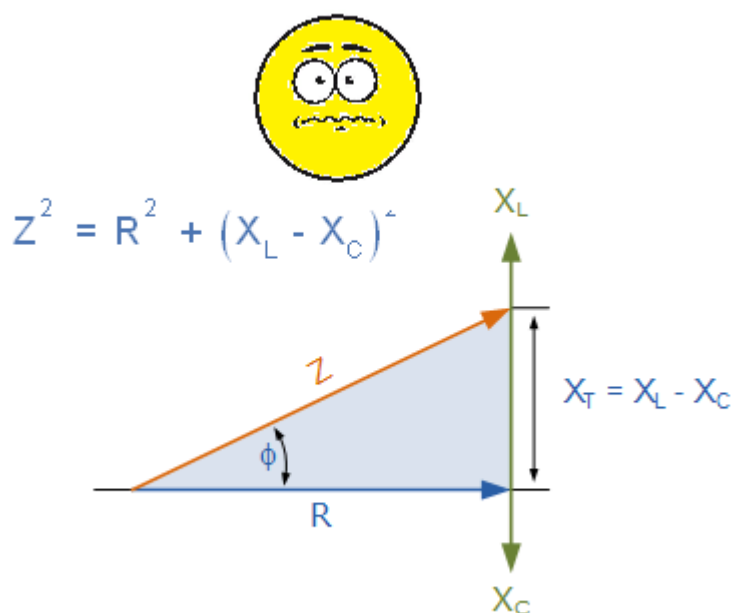
La descripció que farem no és rigorosa, però serveix per entendre de manera conceptual el comportament de la RF i dels components passius associats.

La impedància i les seves relacions familiars.

Comencem per explicar que la impedància és a la radiofreqüència el que la resistència és al corrent continu: el factor que determina la relació existent entre la tensió (volts) i la intensitat (ampers) que circula per un conductor. [Explicació d'estar per casa: si les bombetes i les piles no tinguessin cap resistència interna, en connectar una bombeta a una pila circularia un corrent infinit i la tensió a les bornes de la pila seria zero. El que determina el corrent que passa per la bombeta i la tensió a les bornes de la pila és justament la resistència conjunta de la bombeta, els cables i la pròpia pila.]

No hi ha cap radioaficionat al món que no hagi sentit parlar de la impedància d'una manera o altra: d'una antena, del cable coaxial, del micròfon... Però que significa que un micròfon sigui d'alta o de baixa impedància? Un micròfon de baixa impedància (dinàmic 600Ohm per a un equip transistoritzat modern, per exemple) per 1uW de potència acústica ens proporcionarà 0,25V i 0,4mA d'electricitat mentre que un micro d'alta impedància (de cristall, 10KOhm per a un equip a làmpades) per a la mateixa potència acústica que abans ens donarà 1V i 0,01mA. Això exemplifica que la impedància determina la tensió i intensitat de que disposem.

Així doncs, si totes dues magnituds són anàlogues, quina és la diferència entre resistència i impedància? La resistència és constant per a qualsevol freqüència, mentre que la impedància pot variar amb la freqüència. [La majoria de lectors haureu pogut comprovar com al canviar de freqüència varien les “estacionàries” en una antena. Això és l'efecte mesurable del canvi d'impedància en variar la freqüència.]



La part fosca de la impedància: la reactància.

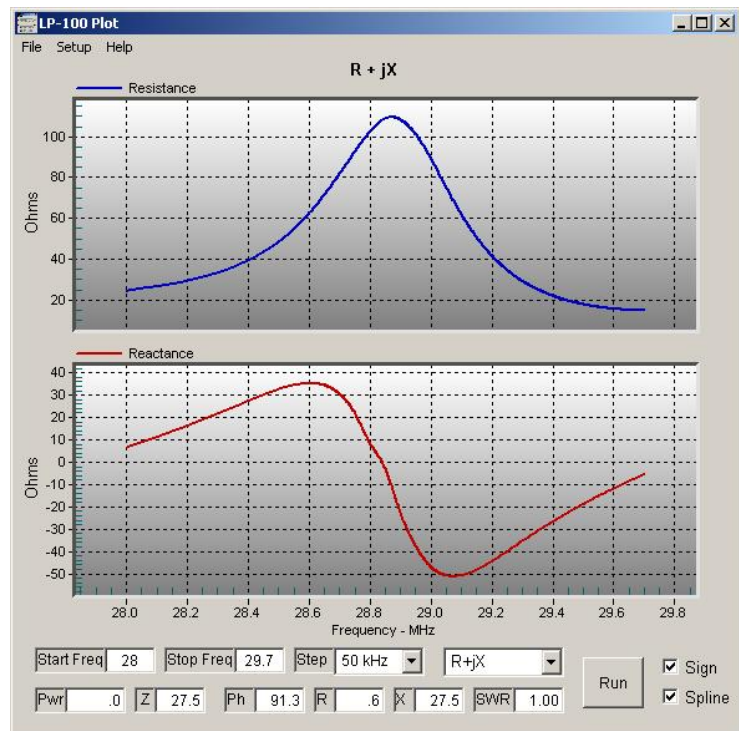
Hem dit abans que la impedància és semblant a una resistència que varia amb la freqüència. Però si ens fixem en aquesta variació, veurem que hi ha un valor mínim per sota del qual no disminueix mai, sigui quina sigui la freqüència. I això no és el que havíem dit que fa una resistència: no variar amb la freqüència? Així doncs, podem pensar en la impedància com una resistència amb “alguna altra cosa” afegida que varia amb la freqüència. Aquesta “cosa” és el costat fosc de la impedància: la reactància (una altra paraulota!)

La reactància representa la diferència instantània entre el corrent i la tensió que circulen per un conductor.

Quan parlem de corrent continu, aquestes dues magnituds sempre varien conjuntament: no hi ha cap diferència de temps entre el corrent que travessa un component i la tensió en els seus terminals. O passa tot o no passa res. Però quan parlem de RF les coses canvien. Determinats components electrònics fan que el corrent s'avanci o es retardi respecte de la tensió. Aquesta diferència fa que la potència que porta el conductor canviï amb la reactància. Els casos extrems són amb la reactància zero, on la potència és màxima ja que coincideix la màxima tensió i el màxim corrent a l'hora i amb la reactància infinita, on quan el corrent és màxim, la tensió és zero i quan la tensió és màxima el corrent és zero, per tant no es transfereix cap potència.

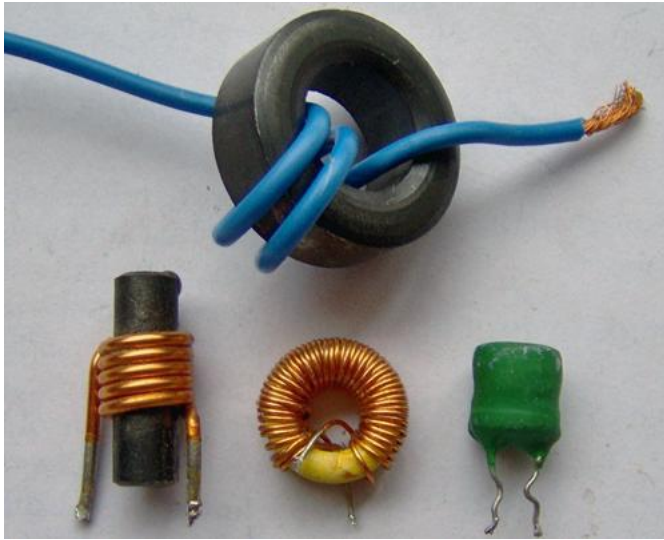
És per això que les impedàncies s'expressen de la forma $Z = x + jy$. La x és la part resistiva i y la part reactiva de la impedància. El signe + o - indica si la reactància fa avançar o retardar el corrent respecte de la tensió. [Exemple: el cable coaxial és de $50 + 0j$ Ohm. Té una impedància de 50 Ohms sense cap part reactiva.]

Això ens porta al “Conjugate Match theorem”, un punt al qual ens referíem en un article anterior sobre les estacionaries: “La transferència de potència entre una línia i una càrrega (coaxial i antena) és màxima quan s'acompleix que, a la freqüència de treball, les dues impedàncies tenen una part resistiva igual i una part reactiva conjugada entre si”. Això vol dir que la reactància resultant ha de ser zero, sigui perquè tant la línia com l'antena tenen una reactància zero (cas ideal) com perquè la tenen igual i contrària (la línia porta un corrent x graus avançat sobre la tensió [$50 + x$ Ohms] i l'entrada de l'antena retarda el corrent els mateixos x graus respecte a la tensió [$50 - x$ Ohms], per tant l'antena té la tensió i el corrent en màxims al mateix temps.)



Capacitats, inductàncies i resistències en RF.

Aquestes tres famílies de components electrònics tenen algunes característiques comunes entre si: totes tres s'oposen d'alguna manera al pas de la radiofreqüència al seu través, totes elles consumeixen una part de l'electricitat que els travessa en forma de calor.

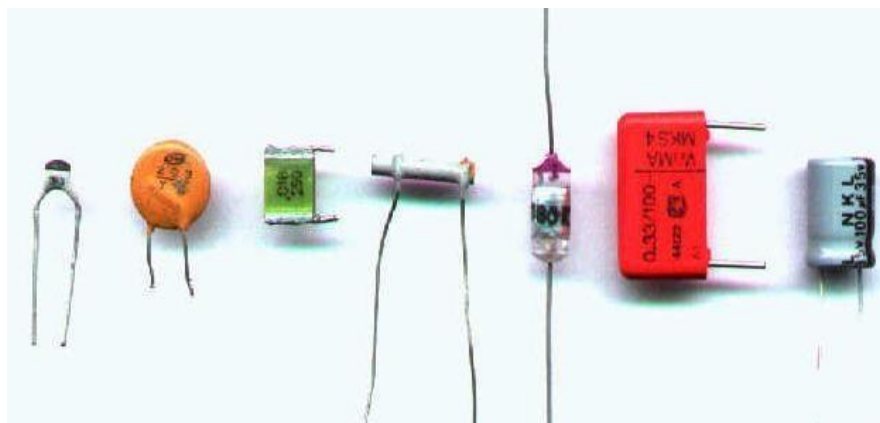


Quin és l'efecte d'aquest tres components respecte de la RF que els travessa?

Les resistències transformen una part de l'energia elèctrica en escalfor. El resultat net és que la potència disponible és menor que la inicial però constant a qualsevol freqüència.

Les inductàncies (bobines, per entendre'ns), a l'igual que les resistències transformen part de la potència de RF en calor però, a més, fan que el corrent que les travessa es retardi respecte de la tensió de forma proporcional a la freqüència. Aquest retard fa que, en augmentar la freqüència, la potència que travessa la inductància cada cop és menor, fins un punt on pràcticament ja no passa gens de potència de RF.

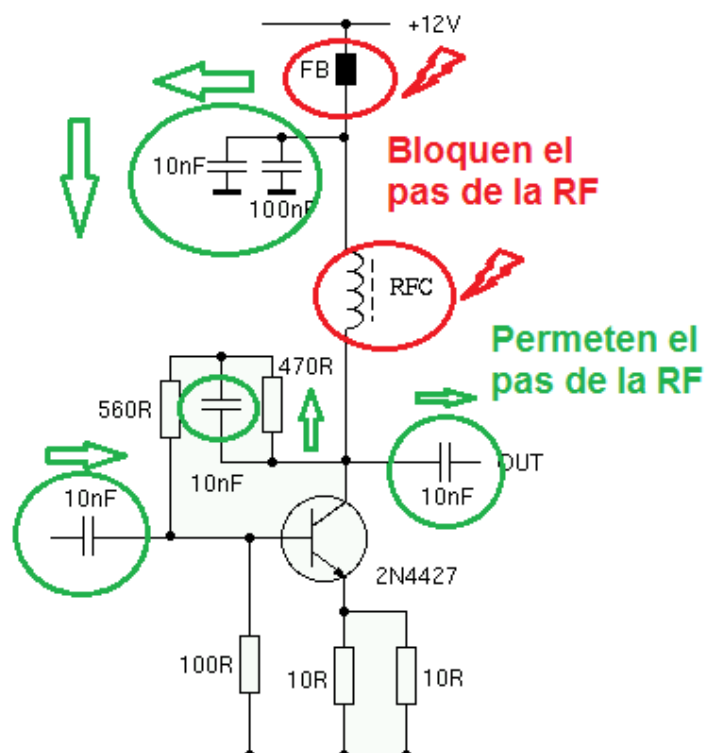
Les capacitats (condensadors), igual que els dos anteriors, transformen una part de la potència de RF en escalfor i fan que el corrent que les travessa s'avanci respecte de la tensió. Aquest avançament és inversament proporcional a la freqüència. L'avançament del corrent causa que, en incrementar la freqüència, la potència que travessa la capacitat cada cop és més gran, fins un punt on pràcticament ja passa la totalitat de la potència de RF.



Els components mutants.

El canvi de freqüència fa que, a partir d'un cert límit crític, nosaltres considerem que un component deixa de comportar-se per la RF com el que pretén ser i passi a fer-ho com una cosa diferent. (El mateix component pel corrent continu circulant pel mateix conductor seguirà comportant-se com el que és.)

Les resistències més habituals en els muntatges d'aficionat són les de pel·lícula metàl·lica o de carbó. Aquest recobriment està tallat amb làser formant una espiral que, conforme va pujant la freqüència, cada cop es comporta més com una bobina que com una resistència. Arriba una freqüència crítica a partir de la qual la reactància és superior a la resistència i, per tant, passa a comportar-se com una mini-bobina. Per sort això passa en freqüències de UHF i superiors on cal utilitzar components especials, per als muntatges més habituals als nostres quartos de ràdio les resistències segueixen sent-ho.



Els condensadors a freqüències altes presenten una baixa reactància, per tant es comporten pràcticament com una resistència d'un valor depenent de la seva capacitat. Aquesta propietat s'utilitza per a crear acoblaments entre etapes, de manera que deixin passar la RF però no passi el corrent continu d'una etapa a l'altra.

Les bobines a altes freqüències presenten una reactància molt alta, de manera que en corrent continu són com una resistència equivalent a la del fil i quan augmenta la freqüència cada cop deixen passar menys potència. Arriba un punt crític on pràcticament ja no passa gens de potència de radiofreqüència. Aquesta propietat s'utilitza en els mal anomenats xocs de RF (RF Choke, hauria de ser estrangulador de RF) per alimentar les etapes de RF sense que el senyal útil s'escapi per la font d'alimentació, ja que es comporten com una resistència de valor molt alt a la freqüència de treball.

Epíleg

No sóc físic ni enginyer i amb aquest article no pretenc donar una explicació exacta dels fenòmens descrits, només fer entenedors pel radioaficionat mitjà alguns conceptes d'ús corrent però sovint mal interpretats en els nostres cercles.

13/05/2015

73's de Toni, EA3ERT