

Hoofdstuk 8

Resonantiegedrag

Doelstellingen

1. Weten wat resonantie is
2. Kunnen resonantie berekenen en vermijden

8.1 Resonantie

Vermits een spoel en een condensator frequentieafhankelijk gedrag vertonen zal het gedrag van een circuit waarin deze elementen geschakeld staan ook frequentieafhankelijk zijn. Echter een systeem dat frequentieafhankelijk is kan wat men noemt in resonantie treden. Dit wil zeggen dat het systeem wordt aangesproken op zijn eigenfrequentie. Een eigenfrequentie is eigen aan het systeem dus in het geval van een elektrisch circuit van de elementen in het circuit en de manier waarop ze geschakeld staan.

8.1.1 De LC keten

In vorige hoofdstukken hebben we over de RC en de RL keten gesproken en we hebben willekeurige circuits leren oplossen. Doch over de LC keten op zich hebben nog niets verteld.

De serie LC keten

We plaatsen een spoel en een condensator in serie Dus krijgen we volgende vervangingsimpedantie

$$\begin{aligned} X_t &= X_C + X_L \\ X_t &= \frac{1}{j\omega C} + j\omega L \\ X_t &= \frac{1 - \omega^2 LC}{j\omega C} \end{aligned}$$

Als we de vervangingsweerstand goed bekijken hebben we in de teller een verschil staan namelijk: $1 - \omega^2 LC$.

Dit verschil kan nul worden op een frequentie $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Het is deze frequentie die men resonantiefrequentie noemt. Met andere woorden als men deze keten gaat voeden met een bronspanning met frequentie $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ dan treedt resonantie op. Dit wil zeggen dat de vervangingsimpedantie nul wordt en de stroom wordt dus oneindig groot. Nog anders gezegd het circuit staat in kortsluiting.

De parallel LC keten

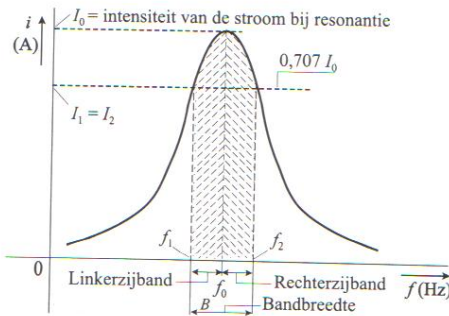
Een condensator en een spoel staan in parallel. De vervangingsimpedantie is in dit geval

$$X_t = \frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

Weerom vinden we een resonantiefrequentie $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Doch nu zal de stroom nul worden bij deze frequentie want het verschil staat in de noemer waardoor deze nul wordt en de impedantie oneindig. Nu zal de kring dus sperren of met andere woorden de kring staat open.

8.2 De RLC keten

Nu zal er ook resonantie optreden doch de weerstand zal het effect dempen zoals op onderstaande figuur, de resonantiekromme, duidelijk wordt.



8.2.1 De serie RLC keten

De drie componenten staan in serie dus hebben we een vervangingsimpedantie van

$$M_v = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

en een faseverschuiving van

$$\varphi = \arctan \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Deze keten zal dus een ander gedrag vertonen al naargelang de faseverschuiving

1. Indien $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ dan is $\varphi > 0$: Capacitief gedrag
2. Indien $\omega L < \frac{1}{\omega C}$ dan is $\varphi < 0$: Inductief gedrag
3. Indien $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ dan is $\varphi = 0$: Resistief gedrag

Indien dus $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ dan is de keten resistief ondanks de aanwezigheid van de reaktieve componenten. De keten is in resonantie. Dit komt omdat de reaktieve componenten hun vermogens uitwisselen en op dat moment perfect op mekaar staan ingesteld zodat de ene het vermogen van de andere perfect opneemt. Het opgedrukte vermogen van de bron zal dan volledig door de weerstand opgenomen worden wat tot problemen kan leiden daar de weerstand teveel vermogen opneemt en zou kunnen doorbranden.

Een tweede gevolg is dat de stroom in het circuit hoge waarden kan aannemen in resonantie waardoor de spanningen over de componenten de bronspanning aanzienlijk kunnen overtreffen. Daarom wordt kwaliteitsfactor Q gedefinieerd

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

Hoe groter Q , hoe gepiekerd de resonantiekromme.

8.2.2 De parallel RLC keten

In dit geval volgen we dezelfde redenering als bovenstaande geval. De spoel staat in serie met de weerstand en hierover staat de condensator parallel. de vervangingsimpedantie wordt

$$M_v = \sqrt{\left(\frac{R}{R^2 + (\omega L)^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega C(R^2 + (L\omega)^2) - L}{R^2 + (\omega^2 L^2)}\right)^2}$$

De faseverschuiving wordt

$$\varphi = \arctan \frac{\omega C - \frac{1}{\omega L}}{\frac{R}{(\omega L)^2}}$$

Ook hier vinden we een gedrag afhankelijk van de faseverschuiving

1. Als $\omega C < \frac{1}{\omega L}$: inductief
2. Als $\omega C > \frac{1}{\omega L}$: capacitief

3. Als $\omega C = \frac{1}{\omega L}$: resistief of de keten is in resonantie.

In het geval van de parallelketen hebben we eenzelfde verschijnsel doch het gedrag keert om. Ook hier hebben we bij $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ resistief gedrag doch nu is de stroom beperkt daar de keten gaat reageren als een open keten dus de weerstand trekt weinig stroom en er is weinig gevaar voor overbelasting. Maar de spanning van de bron gaat behouden blijven en moet dus ergens naartoe. Het opgedrukte vermogen zal dus opgenomen worden door de condensator. Daarom zal de capacatieve component nu risico lopen overbelast te geraken. Ook hier wordt de kwaliteitsfactor gebruikt, maar in dit geval zal deze een idee geven van hoeveel maal de stroom door de condensator groter zal zijn dan de bronstroom.