

Impedantieaanpassing toegepast op antennekoppelaars Adaptation des impédances Application aux coupleurs d'antennes

Door/par ON5WF (MNS) - Vertaling: ON5UK

Deel 8 / 8^{ème} partie

13. Berekening van een L-aanpassing

Om de elementen te berekenen van een L-netwerk veronderstellen we dat de impedantie \bar{Z}_S van de generator een zuivere weerstand R_S is (bijvoorbeeld 50 Ω ; zie **figuur 64**). De reactanties X_1 en X_2 zijn eveneens ideaal. Er zijn twee gevallen: de rechte L en de omgekeerde L.

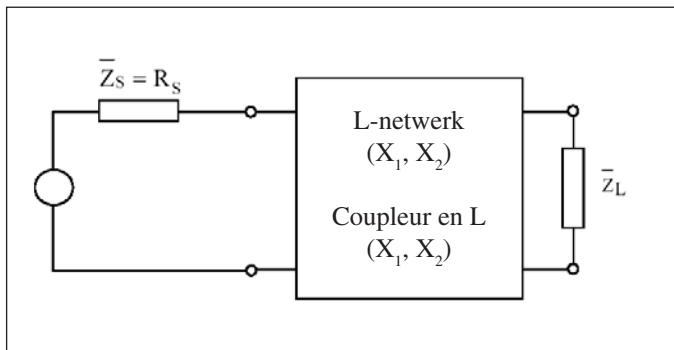


Fig. 64. We wensen de waarden van X_1 en X_2 te berekenen als functie van de impedanties \bar{Z}_S en \bar{Z}_L .

Fig. 64. On désire calculer les éléments X_1 et X_2 du coupleur, en fonction des impédances \bar{Z}_S et \bar{Z}_L à adapter.

13.1. De rechte L

Figuur 65 toont het schema. Om te starten veronderstellen we dat de belasting \bar{Z}_L een zuivere weerstand met waarde R_L is. Later zullen we het algemene geval bekijken waarbij de belasting om het even welke waarde kan aannemen.

13.1.1. De belasting \bar{Z}_L is een zuivere weerstand

Om X_1 en X_2 te berekenen maken we van de schakeling uit **figuur 65** een RLC serieschakeling. Daartoe berekenen we de equivalente Thévenin-dipool van de schakeling binnen de stippellijnen. Zo verkrijgen we de schakeling van **figuur 66**.

In **figuur 65** merken we dat de emk \bar{U}_S aan de klemmen van de generator, de spanning is die men meet aan de klemmen van X_1 als X_2 niet verbonden is; de impedantie \bar{Z}_S van de generator is gelijk aan de weerstand R_S parallel aan X_1 . Nu vervangen we de parallelschakeling van R_S met X_1 door R'_S in serie met X'_1 . Dat leidt tot de schakeling van **figuur 67**.

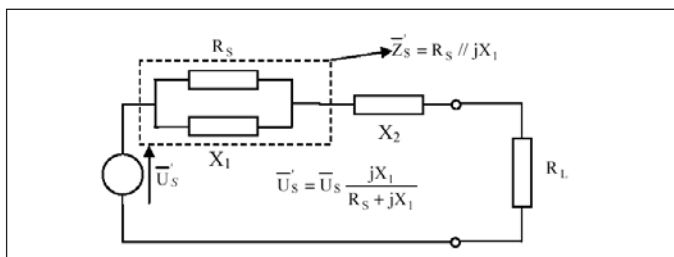


Fig. 66. De schakeling binnen de stippellijnen in **figuur 65** werd vervangen door zijn equivalente Thévenin-dipool.

Fig. 66. La partie du circuit de la figure 65 encadrée d'un trait interrompu, a été remplacée par son dipôle équivalent de Thévenin.

13. Calcul des coupleurs en L

Nous désirons ici calculer les éléments d'un coupleur en L, en fonction des impédances à adapter (**figure 64**).

On supposera que l'impédance \bar{Z}_S du générateur est purement résistive et égale à R_S (50 Ω par exemple). Les réactances X_1 et X_2 seront considérées comme étant parfaites. Nous avons deux cas à traiter: le coupleur en L direct et le coupleur en L inversé.

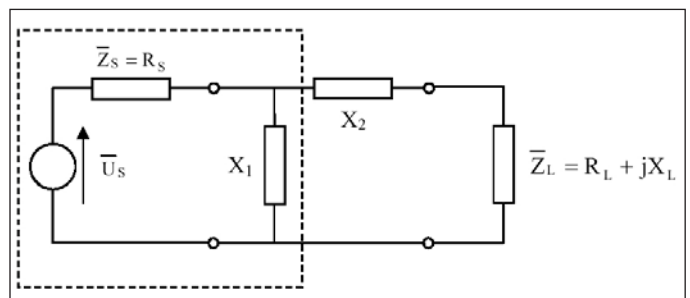


Fig. 65. Koppelnetswerk als rechte L tussen de zender met uitgangsimpedantie $\bar{Z}_S = R_S$ en een belasting met impedantie $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$.

Fig. 65. Coupleur en L direct inséré entre un émetteur d'impédance de sortie $\bar{Z}_S = R_S$ et une impédance de charge $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$.

13.1. Coupleurs en L direct

Le schéma du coupleur en L direct est rappelé à la **figure 65**. Dans un premier temps, nous supposons que l'impédance de charge \bar{Z}_L est purement résistive et égale à R_L ; ensuite, nous traiterons le cas général avec une impédance de charge quelconque.

13.1.1. L'impédance de charge \bar{Z}_L est purement résistive

Une façon de calculer les réactances X_1 et X_2 consiste à transformer le circuit de la **figure 65** en un circuit RLC série. Pour ce faire, on calcule d'abord le dipôle équivalent de Thévenin de la partie du circuit de la **figure 65** entourée d'un trait interrompu. On obtient alors le circuit de la **figure 66** dans lequel la fem \bar{U}'_S aux bornes du générateur est celle que l'on peut mesurer aux bornes de X_1 , lorsque X_2 est déconnecté; l'impédance \bar{Z}'_S du générateur est égale à la résistance R_S en parallèle avec la réactance X_1 .

Ensuite, on remplace R_S en parallèle avec X_1 par R'_S en série X'_1 , ce qui nous amène au circuit de la **figure 67**.

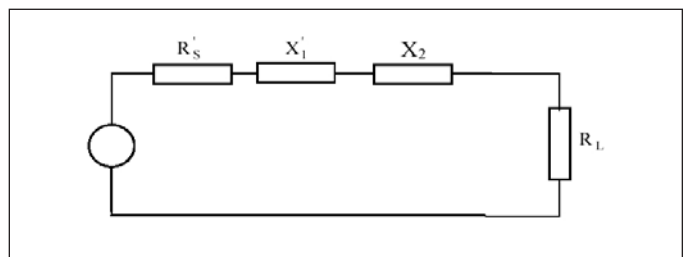


Fig. 67. Het geheel $R_S // X_1$ (**figuur 66**) is vervangen door een weerstand R'_S in serie met de reactantie X'_1 .

Fig. 67. L'ensemble $R_S // X_1$ (figure 66) a été remplacé par une résistance R'_S en série avec une réactance X'_1 .

De formules voor de omzetting van parallel naar serie (zie deel 1 van dit artikel) geven:

$$R'_S = \frac{R_S X_1^2}{R_S^2 + X_1^2} \quad (1)$$

en

$$X'_1 = \frac{R_S^2 X_1}{R_S^2 + X_1^2} \quad (2)$$

De toegevoegde impedantie zal gerealiseerd zijn als $R_L = R'_S$ en $X_2 = -X'_1$. Deze voorwaarden leiden tot de volgende vergelijkingen:

$$R_L = R'_S = \frac{R_S X_1^2}{R_S^2 + X_1^2} \quad (3)$$

$$X_2 = -X'_1 = -\frac{R_S^2 X_1}{R_S^2 + X_1^2} \quad (4)$$

Vergelijking (3) delen door vergelijking (4) leidt tot:

$$\frac{R_L}{X_2} = -\frac{X_1}{R_S} \quad (5)$$

Of nog:

$$X_1 X_2 = -R_S R_L \quad (6)$$

Uitdrukking (6) toont dat het product $X_1 X_2$ negatief is, wat wil zeggen dat X_1 en X_2 een verschillend teken hebben. Als X_1 een capaciteit is zal X_2 een spoel zijn, en omgekeerd. Vergelijking (3) bevat enkel X_1 als onbekende. Door ze op te lossen bekomt men:

$$X_1 = \pm R_S \sqrt{\frac{R_L}{R_S - R_L}} \quad (7)$$

In (6) X_1 vervangen door (7) geeft voor X_2 :

$$X_2 = \mp R_L \sqrt{\frac{R_S - R_L}{R_L}} \quad (8)$$

De uitdrukkingen (7) en (8) tonen dat X_1 en X_2 reëel (en dus fysisch realiseerbaar) zijn indien $R_S > R_L$. Een aanpassing in de vorm van een rechte L voldoet dus niet als $R_S < R_L$.

VOORBEELD 1

Bereken de reactanties X_1 en X_2 en alle elementen van een laagdoorlaat L aanpassing en een hoogdoorlaat L aanpassing voor $R_S = 50 \Omega$ en $R_L = 20 \Omega$. De werkfrequentie is 7,05 MHz.

OPLOSSING

De vergelijkingen (7) en (8) geven:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{20}{50 - 20}} = \pm 40,83 \Omega$$

$$X_2 = \mp 20 \sqrt{\frac{50 - 20}{20}} = \mp 24,50 \Omega$$

Voor de laagdoorlaatconfiguratie ($X_1 < 0$) geldt:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi f C} = -40,83 \Omega \quad \text{en} \quad X_2 = 2\pi f L = +24,50 \Omega$$

Uit de twee vergelijkingen berekenen we dat: $C = 552,9 \text{ pF}$ en $L = 0,5531 \mu\text{H}$. Zie **figuur 68** voor het schema.

Les formules de transformation parallèle-série (voir 1^{ère} partie de cet article) donnent:

$$R'_S = \frac{R_S X_1^2}{R_S^2 + X_1^2} \quad (1)$$

et

$$X'_1 = \frac{R_S^2 X_1}{R_S^2 + X_1^2} \quad (2)$$

L'adaptation conjuguée sera réalisée lorsque l'on aura $R_L = R'_S$ et $X_2 = -X'_1$. Cette condition donne les deux équations suivantes:

$$R_L = R'_S = \frac{R_S X_1^2}{R_S^2 + X_1^2} \quad (3)$$

$$X_2 = -X'_1 = -\frac{R_S^2 X_1}{R_S^2 + X_1^2} \quad (4)$$

En divisant membre à membre les équations (3) et (4), on obtient:

$$\frac{R_L}{X_2} = -\frac{X_1}{R_S} \quad (5)$$

Ou encore:

$$X_1 X_2 = -R_S R_L \quad (6)$$

La relation (6) montre que le produit $X_1 X_2$ est négatif, ce qui veut dire que X_1 et X_2 sont de signes contraires. Donc, si X_1 est une capacité, X_2 est une inductance et vice versa. L'équation (3) ne contient que X_1 comme inconnue. En la résolvant, on obtient:

$$X_1 = \pm R_S \sqrt{\frac{R_L}{R_S - R_L}} \quad (7)$$

En remplaçant dans l'équation (6) X_1 par son expression (7), on obtient X_2 :

$$X_2 = \mp R_L \sqrt{\frac{R_S - R_L}{R_L}} \quad (8)$$

Les relations (7) et (8) montrent que X_1 et X_2 ne sont réels (donc physiquement réalisables) que si $R_S > R_L$. Le coupleur en L direct ne convient donc pas pour les cas où $R_S < R_L$.

EXEMPLE 1

Pour $R_S = 50 \Omega$ et $R_L = 20 \Omega$, calculer les réactances X_1 et X_2 ainsi que les éléments des coupleurs en L passe-bas et passe-haut correspondants. La fréquence de travail est de 7,05 MHz.

SOLUTION

Les relations (7) et (8) donnent:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{20}{50 - 20}} = \pm 40,83 \Omega$$

$$X_2 = \mp 20 \sqrt{\frac{50 - 20}{20}} = \mp 24,50 \Omega$$

Pour la configuration passe-bas ($X_1 < 0$), nous avons:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi f C} = -40,83 \Omega \quad \text{et} \quad X_2 = 2\pi f L = +24,50 \Omega$$

De ces deux équations, nous déduisons: $C = 552,9 \text{ pF}$ et $L = 0,5531 \mu\text{H}$. Le schéma correspondant est donné à la **figure 68**.

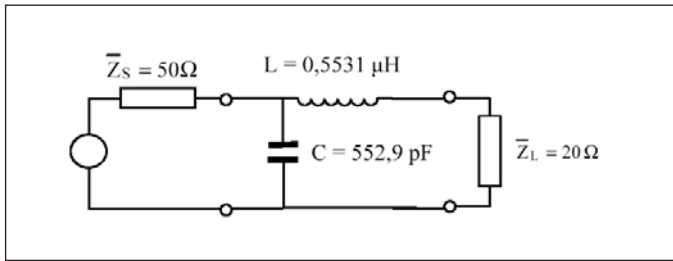


Fig. 68. Waarden van L en C in het geval van een koppelnetwerk van het type "laagdoorlaat rechte L ".

Fig. 68. Valeurs de L et C dans le cas d'un coupleur en L direct passe-bas.

Voor de hoogdoorlaatconfiguratie ($X_1 > 0$) geldt:

$$X_1 = 2\pi fL = +40,83 \Omega \quad \text{en} \quad X_2 = -\frac{1}{2\pi fC} = -24,50 \Omega$$

Waaruit volgt: $L = 0,9217 \mu\text{H}$ en $C = 921,4 \text{ pF}$. Het schema van de hoogdoorlaat- L is afgebeeld in **figuur 69**.

13.1.2. De belastingsimpedantie \bar{Z}_L heeft een willekeurige waarde
Bekijken we nu even het geval waarbij de belastingsimpedantie \bar{Z}_L een willekeurige waarde kan aannemen. Uit **figuur 70** blijkt dat we dit kunnen herleiden tot het vorige geval (waarbij de impedantie zuiver resistief was) als we van de reactanties X_2 en X_L één enkele reactantie maken met de waarde:

$$X'_2 = X_2 + X_L \quad (9)$$

Zoals voorheen kunnen we de twee reactanties berekenen, daarbij rekening houdend met de vergelijking (9):

$$X_1 = \pm R_S \sqrt{\frac{R_L}{R_S - R_L}} \quad (10)$$

$$X_2 = X'_2 - X_L = \mp R_L \sqrt{\frac{R_S - R_L}{R_L}} - X_L \quad (11)$$

VOORBEELD 2

Bereken de reactanties X_1 en X_2 en de L en de C van een aanpassing in de vorm van een rechte L met $R_S = 50 \Omega$ en $\bar{Z}_L = (20 - j100)\Omega$ op een frequentie van 7,05 MHz.

OPLOSSING

De vergelijkingen (10) en (11) geven:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{20}{50 - 20}} = \pm 40,83 \Omega$$

$$X_2 = \left(\mp 20 \sqrt{\frac{50 - 20}{20}} - (-100) \right) = (\mp 24,50 + 100) \Omega$$

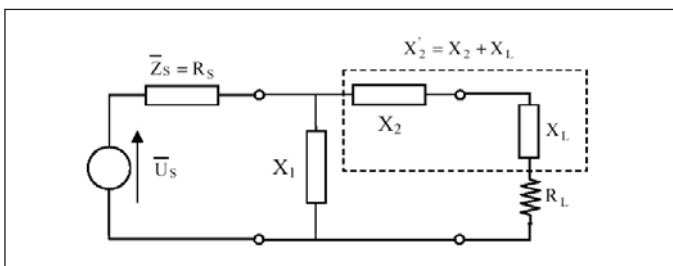


Fig. 70. Koppelnetwerk in de vorm van een rechte L in het geval van een belasting $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$ met een willekeurige waarde.

Fig. 70. Coupleur en L direct avec une impédance de charge quelconque $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$.

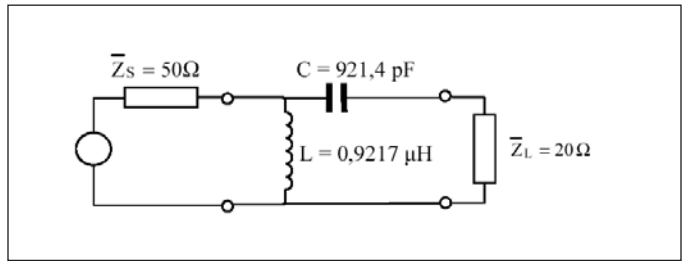


Fig. 69. Waarden van L en C in het geval van een koppelnetwerk van het type 'hoogdoorlaat rechte L '.

Fig. 69. Valeurs de L et C dans le cas d'un coupleur en L direct passe-haut.

Pour la configuration passe-haut ($X_1 > 0$), nous avons:

$$X_1 = 2\pi fL = +40,83 \Omega \quad \text{et} \quad X_2 = -\frac{1}{2\pi fC} = -24,50 \Omega$$

D'où: $L = 0,9217 \mu\text{H}$ et $C = 921,4 \text{ pF}$. Le schéma de ce L passe-haut est donné à la **figure 69**.

13.1.2. L'impédance de charge \bar{Z}_L est quelconque

Nous envisageons maintenant le cas où l'impédance de charge \bar{Z}_L est quelconque. En se référant à la **figure 70**, on voit que l'on peut se ramener au cas précédent (impédance de charge purement résistive) en regroupant les réactances X_2 et X_L en une seule réactance X'_2 donnée par:

$$X'_2 = X_2 + X_L \quad (9)$$

On peut alors calculer comme précédemment et en tenant compte de l'équation (9), les deux réactances du coupleur:

$$X_1 = \pm R_S \sqrt{\frac{R_L}{R_S - R_L}} \quad (10)$$

$$X_2 = X'_2 - X_L = \mp R_L \sqrt{\frac{R_S - R_L}{R_L}} - X_L \quad (11)$$

EXEMPLE 2

Pour $R_S = 50 \Omega$ et $\bar{Z}_L = (20 - j100)\Omega$, calculer les réactances X_1 et X_2 ainsi que les éléments L et C des coupleurs en L direct réalisant l'adaptation à la fréquence de 7,05 MHz.

SOLUTION

Les relations (10) et (11) donnent:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{20}{50 - 20}} = \pm 40,83 \Omega$$

$$X_2 = \left(\mp 20 \sqrt{\frac{50 - 20}{20}} - (-100) \right) = (\mp 24,50 + 100) \Omega$$

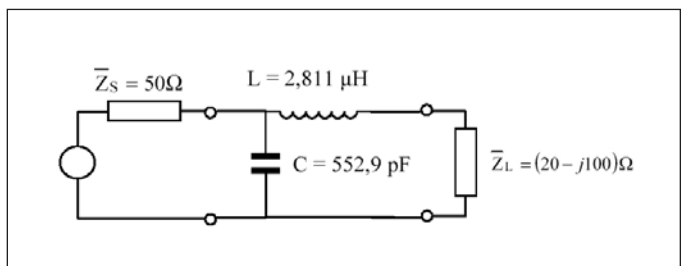


Fig. 71. Oplossing voor een laagdoorlaatconfiguratie.

Fig. 71. Solution dans la configuration passe-bas.

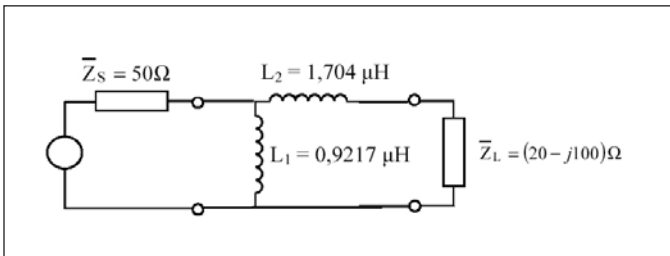


Fig. 72. Oplossing met twee spoelen.

Fig. 72. Solution avec deux inductances.

Voor een laagdoorlaatconfiguratie ($X_1 < 0$) geldt:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi fC} = -40,83 \Omega$$

$$\text{en } X_2 = 2\pi fL = +24,50 + 100 = +124,5 \Omega$$

Uit de twee vergelijkingen volgt: **C = 552,9 pF** en **L = 2,811 uH**. Zie **figuur 71** voor het overeenkomstige schema.

De andere oplossing geldt voor $X_1 > 0$ en geeft als resultaat:

$$X_1 = 2\pi fL = +40,83 \Omega$$

$$\text{en } X_2 = 2\pi fL = -24,50 + 100 = +75,50 \Omega$$

In dit geval is X_2 eveneens positief. Het netwerk bestaat dus uit twee spoelen.

Waaruit volgt: **L = 0,9217 uH** en **L = 1,704 uH**. Zie **figuur 72** voor het schema.

13.2. DE OMGEKEERDE L

13.2.1. De belasting \bar{Z}_L is een zuivere weerstand

Zoals voor de rechte L transformeren we de volledige schakeling (de omgekeerde L met generator en belasting) van **figuur 73** in een RLC serieschakeling (**figuur 74**). De formules toepassen voor de omzetting van parallel naar serie geeft:

$$R'_L = \frac{R_L X_2^2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (12)$$

en

$$X'_2 = \frac{R_L^2 X_2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (13)$$

De toegevoegde impedantie is gerealiseerd als de weerstanden R_s en R'_L gelijk zijn en als de reactanties X_1 en X'_2 elkaar opheffen. Onder die voorwaarden bekomt men:

$$R_s = R'_L = \frac{R_L X_2^2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (14)$$

$$X_1 = -X'_2 = -\frac{R_L^2 X_2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (15)$$

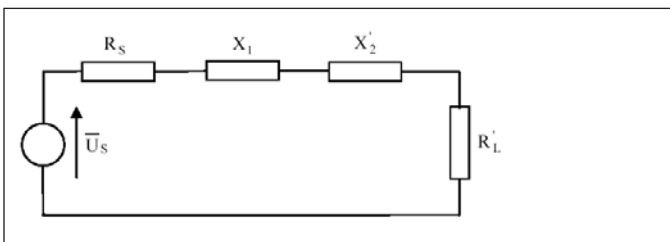


Fig. 74. Equivalente RLC serieschakeling van figuur 73.

Fig. 74. Circuit RLC série équivalent au circuit de la figure 73.

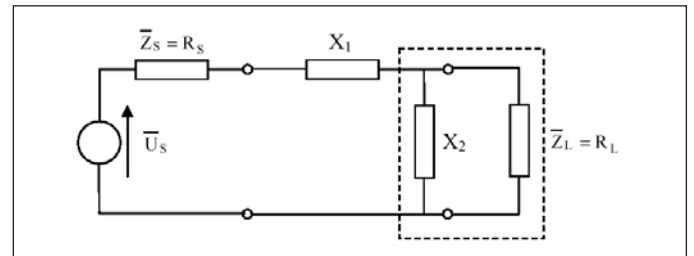


Fig. 73. We maken van de parallelschakeling van X_2 met R_L een serieschakeling van X'_2 met R'_L .

Fig. 73. On se ramène à un circuit RLC série en transformant la réactance X_2 en parallèle avec la résistance R_L en une réactance X'_2 en série avec une résistance R'_L .

Pour la configuration passe-bas ($X_1 < 0$), nous avons:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi fC} = -40,83 \Omega$$

$$\text{et } X_2 = 2\pi fL = +24,50 + 100 = +124,5 \Omega$$

De ces deux équations, nous déduisons: **C = 552,9 pF** et **L = 2,811 uH**. Le schéma correspondant est donné à la **figure 71**.

L'autre solution correspond à $X_1 > 0$, nous avons donc:

$$X_1 = 2\pi fL = +40,83 \Omega$$

$$\text{et } X_2 = 2\pi fL = -24,50 + 100 = +75,50 \Omega$$

Dans ce cas-ci, X_2 est aussi positif et le coupleur est constitué de deux inductances.

D'où: **L = 0,9217 uH** et **L = 1,704 uH**. Le schéma est donné à la **figure 72**.

13.2. COUPLEURS EN L INVERSE

13.2.1. L'impédance de charge \bar{Z}_L est purement résistive

Comme pour le coupleur en L direct, nous transformons le circuit complet (coupleur en L inversé avec le générateur et la charge) de la **figure 73** en un circuit RLC (**figure 74**). En appliquant de nouveau les relations de transformation parallèle-série, nous obtenons:

$$R'_L = \frac{R_L X_2^2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (12)$$

et

$$X'_2 = \frac{R_L^2 X_2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (13)$$

Pour que l'adaptation conjuguée soit réalisée, il faut que les deux résistances R_s et R'_L soient égales et que les deux réactances X_1 et X'_2 s'annulent. X_1 et X'_2 doivent donc satisfaire aux deux conditions suivantes:

$$R_s = R'_L = \frac{R_L X_2^2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (14)$$

$$X_1 = -X'_2 = -\frac{R_L^2 X_2}{R_L^2 + X_2^2} \quad (15)$$

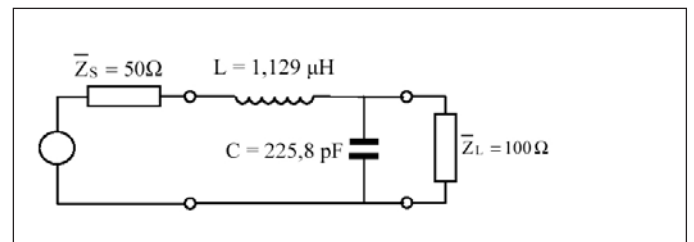


Fig. 75. Oplossing voor laagdoorlaatconfiguratie.

Fig. 75. Solution dans la configuration passe-bas.

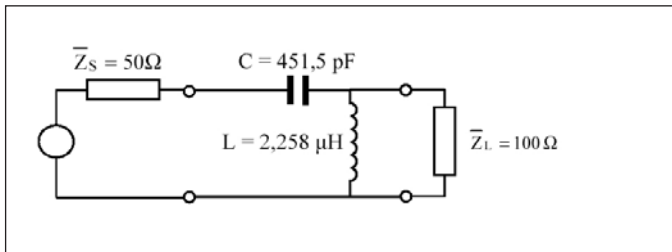


Fig. 76. Oplossing voor de hoogdoorlaatconfiguratie.

Fig. 76. Solution dans la configuration passe-haut.

Zoals voor de rechte L kunnen we met deze vergelijkingen de twee reactanties van het netwerk berekenen:

$$X_1 = \pm R_S \sqrt{\frac{R_L - R_S}{R_S}} \quad (16)$$

$$X_2 = \mp R_L \sqrt{\frac{R_S}{R_L - R_S}} \quad (17)$$

De uitdrukkingen (16) en (17) tonen aan dat de omgekeerde L alleen geschikt is als $R_L > R_S$ (hiervoor werd reeds aangetoond dat de rechte L enkel geschikt was als $R_L < R_S$).

VOORBEELD 3

Bereken X_1 en X_2 , alsook de andere elementen van een laagdoorlaat en een hoogdoorlaat omgekeerde L voor aanpassing op een frequentie van 7,05 MHz met $R_S = 50 \Omega$ en $R_L = 100 \Omega$.

OPLOSSING

Vergelijkingen (16) en (17) geven:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{100 - 50}{50}} = \pm 50 \Omega$$

$$X_2 = \mp 100 \sqrt{\frac{50}{100 - 50}} = \mp 100 \Omega$$

Voor de laagdoorlaatconfiguratie ($X_1 > 0$) geldt:

$$X_1 = 2\pi fL = +50 \Omega \quad \text{en} \quad X_2 = -\frac{1}{2\pi fC} = -100 \Omega$$

Daaruit volgt: **$L = 1,129 \mu\text{H}$ en $C = 225,8 \text{ pF}$** . Zie **figuur 75** voor het overeenkomstige schema.

Voor de hoogdoorlaatconfiguratie ($X_1 < 0$) geldt:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi fC} = -50 \Omega \quad \text{en} \quad X_2 = 2\pi fL = +100 \Omega$$

Waaruit: **$L = 2,258 \mu\text{H}$ en $C = 451,5 \text{ pF}$** . **Figuur 76** toont het schema.

13.2.2. De belasting \bar{Z}_L heeft een willekeurige waarde

Uit **figuur 77** kunnen we afleiden dat we dit geval kunnen herleiden tot het vorige indien we van \bar{Z}_L een parallelschakeling maken. We vervangen dus de serieschakeling van R_L en X_L door R'_L parallel met X'_L (**figuur 78**).

De omzettingformules van serie naar parallel geven:

$$R'_L = \frac{R_L^2 + X_L^2}{R_L} \quad (18)$$

en

$$X'_L = \frac{R_L^2 + X_L^2}{X_L} \quad (19)$$

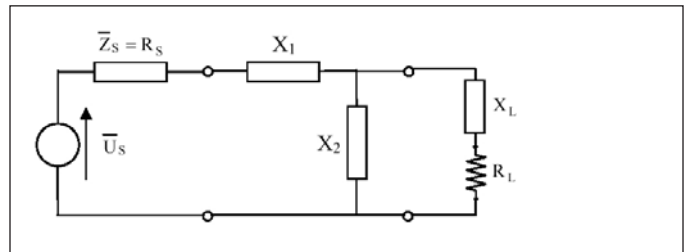


Fig. 77. Aanpassing met een omgekeerde L aan een willekeurige belasting $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$.

Fig. 77. Coupleur en L inversé avec une impédance de charge quelconque $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$.

Comme pour le L direct, ces deux équations nous permettent de calculer les deux réactances du coupleur:

$$X_1 = \pm R_S \sqrt{\frac{R_L - R_S}{R_S}} \quad (16)$$

$$X_2 = \mp R_L \sqrt{\frac{R_S}{R_L - R_S}} \quad (17)$$

Les relations (16) et (17) montrent que le coupleur en L inversé ne convient que pour les cas où $R_L > R_S$ (nous avons vu plus haut que le coupleur en L direct ne convenait que pour les cas où $R_L < R_S$).

EXEMPLE 3

Pour $R_S = 50 \Omega$ et $R_L = 100 \Omega$, calculer les réactances X_1 et X_2 ainsi que les éléments L et C des coupleurs en L inversé passe-bas et passe-haut réalisant l'adaptation à la fréquence de 7,05 MHz.

SOLUTION

Les relations (16) et (17) donnent:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{100 - 50}{50}} = \pm 50 \Omega$$

$$X_2 = \mp 100 \sqrt{\frac{50}{100 - 50}} = \mp 100 \Omega$$

Pour la configuration passe-bas ($X_1 > 0$), nous avons:

$$X_1 = 2\pi fL = +50 \Omega \quad \text{et} \quad X_2 = -\frac{1}{2\pi fC} = -100 \Omega$$

De ces deux équations, nous déduisons: **$L = 1,129 \mu\text{H}$ et $C = 225,8 \text{ pF}$** . Le schéma correspondant est donné à la **figuur 75**.

Pour la configuration passe-haut ($X_1 < 0$), nous avons:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi fC} = -50 \Omega \quad \text{et} \quad X_2 = 2\pi fL = +100 \Omega$$

D'où: **$L = 2,258 \mu\text{H}$ et $C = 451,5 \text{ pF}$** . Le schéma de ce L passe-haut est donné à la **figuur 76**.

13.2.2. L'impédance de charge \bar{Z}_L est quelconque

En se référant à la **figuur 77**, on voit que l'on peut se ramener au cas précédent en exprimant l'impédance \bar{Z}_L sous la forme parallèle. On remplace donc la résistance R_L en série avec la réactance X_L par une résistance R'_L en parallèle avec une réactance X'_L (**figuur 78**).

Les relations de transformation série-parallèle donnent:

$$R'_L = \frac{R_L^2 + X_L^2}{R_L} \quad (18)$$

et

$$X'_L = \frac{R_L^2 + X_L^2}{X_L} \quad (19)$$

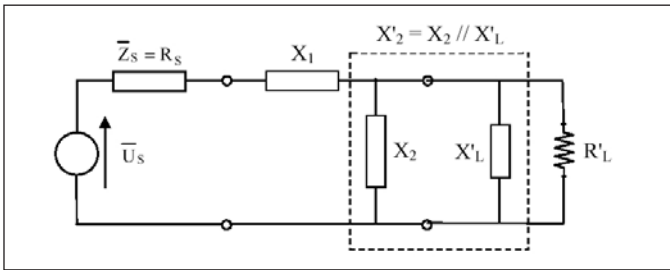


Fig. 78. \bar{Z}_L heeft nu de vorm van een parallelschakeling; men kan nu de parallelschakeling X_2 en X'_L vervangen door de equivalente reactantie X'_2 .

Fig. 78. L'impédance de charge \bar{Z}_L a été mise sous la forme parallèle; on peut alors remplacer X_2 en parallèle avec X'_L par la réactance équivalente X'_2 .

We vervangen de reactanties X_2 en X'_L in parallel door de equivalente reactantie X'_2 :

$$\frac{1}{X'_2} = \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X'_L} \quad (20)$$

Dit leidt tot het schema van **figuur 79**.

Zoals in het geval van een resistieve belasting kunnen we de reactanties X_1 en X'_2 berekenen:

$$X_1 = \pm R_s \sqrt{\frac{R'_L - R_s}{R_s}} \quad (21)$$

$$X'_2 = \mp R'_L \sqrt{\frac{R_s}{R'_L - R_s}} \quad (22)$$

We kennen nu X'_2 en berekenen X_2 met behulp van vergelijking (20):

$$\frac{1}{X_2} = \frac{1}{X'_2} - \frac{1}{X'_L} \quad (23)$$

VOORBEELD 4

Bereken voor $R_s = 50 \Omega$ en $\bar{Z}_L = (100 + j75)\Omega$, X_1 en X_2 alsook de andere L en C componenten van een omgekeerde L voor aanpassing op 7,05 MHz.

OPLOSSING

Eerst berekenen we de equivalente parallelschakeling van de belasting $\bar{Z}_L = (100 + j75)\Omega$. Vergelijkingen (18) en (19) geven:

$$R'_L = \frac{100^2 + 75^2}{100} = 156,3 \Omega$$

en

$$X'_L = \frac{100^2 + 75^2}{75} = 208,3 \Omega$$

De uitdrukkingen (21) en (22) geven:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{156,3 - 50}{50}} = \pm 72,90 \Omega$$

$$X'_2 = \mp 156,3 \sqrt{\frac{50}{156,3 - 50}} = \mp 107,2 \Omega$$

Voor een laagdoorlaatconfiguratie ($X_1 > 0$) geldt:

$$X_1 = 2\pi fL = +72,90 \Omega \quad \text{en} \quad X'_2 = -107,2 \Omega$$

Met vergelijking (23) volgt de waarde van X_2 uit die van X'_2 :

$$X_2 = -\frac{1}{2\pi fC} = \left(\frac{1}{-107,2} - \frac{1}{208,3} \right)^{-1} = -70,78 \Omega$$

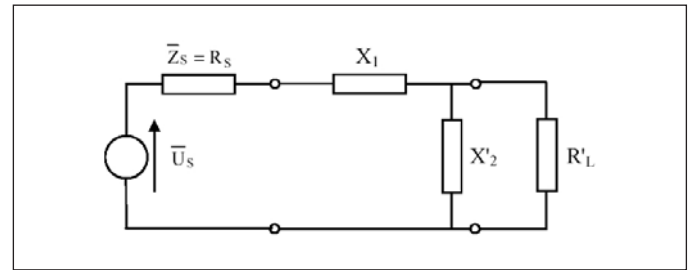


Fig. 79. Equivalente schakeling van figuur 78.

Fig. 79. Circuit équivalent au circuit de la figure 78.

On remplace ensuite les deux réactances X_2 et X'_L en parallèle par une réactance X'_2 équivalente:

$$\frac{1}{X'_2} = \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X'_L} \quad (20)$$

Cela nous amène au schéma de la **figure 79**.

On peut alors calculer, comme dans le cas d'une impédance purement résistive, les deux réactances X_1 et X'_2 :

$$X_1 = \pm R_s \sqrt{\frac{R'_L - R_s}{R_s}} \quad (21)$$

$$X'_2 = \mp R'_L \sqrt{\frac{R_s}{R'_L - R_s}} \quad (22)$$

Connaissant X'_2 , on peut alors calculer X_2 au moyen de la relation (20):

$$\frac{1}{X_2} = \frac{1}{X'_2} - \frac{1}{X'_L} \quad (23)$$

EXEMPLE 4

Pour $R_s = 50 \Omega$ et $\bar{Z}_L = (100 + j75)\Omega$, calculer les réactances X_1 et X_2 ainsi que les éléments L et C des coupleurs en L inversé réalisant l'adaptation à la fréquence de 7,05 MHz.

SOLUTION

En premier lieu, il faut calculer la forme parallèle de l'impédance de charge $\bar{Z}_L = (100 + j75)\Omega$. Les relations (18) et (19) donnent:

$$R'_L = \frac{100^2 + 75^2}{100} = 156,3 \Omega$$

et

$$X'_L = \frac{100^2 + 75^2}{75} = 208,3 \Omega$$

Les relations (21) et (22) donnent:

$$X_1 = \pm 50 \sqrt{\frac{156,3 - 50}{50}} = \pm 72,90 \Omega$$

$$X'_2 = \mp 156,3 \sqrt{\frac{50}{156,3 - 50}} = \mp 107,2 \Omega$$

Pour la configuration passe-bas ($X_1 > 0$), nous avons:

$$X_1 = 2\pi fL = +72,90 \Omega \quad \text{et} \quad X'_2 = -107,2 \Omega$$

De la valeur de X'_2 , on déduit celle de X_2 au moyen de la relation (23):

$$X_2 = -\frac{1}{2\pi fC} = \left(\frac{1}{-107,2} - \frac{1}{208,3} \right)^{-1} = -70,78 \Omega$$

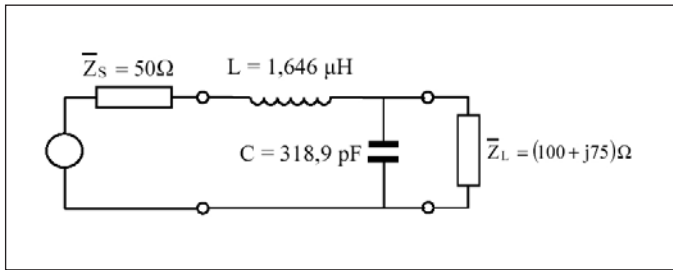


Fig. 80. Oplossing voor een laagdoorlaatconfiguratie.

Fig. 80. Solution dans la configuration passe-bas.

Uit deze twee vergelijkingen leiden we af dat: **$L = 1,646 \mu H$ en $C = 318,9 pF$** . **Figuur 80** toont het schema.

Voor de hoogdoorlaatconfiguratie ($X_1 < 0$) geldt:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi f C} = -72,90 \Omega \text{ en } X_2' = +107,2 \Omega$$

Met vergelijking (23) berekenen we X_2 :

$$X_2 = 2\pi f L = \left(\frac{1}{+107,2} - \frac{1}{208,3} \right)^{-1} = 220,9 \Omega$$

Waaruit: **$L = 4,987 \mu H$ en $C = 309,7 pF$** . Zie **figuur 81** voor het schema.

Wordt vervolgd.

ON5WF (on5wf@uba.be)

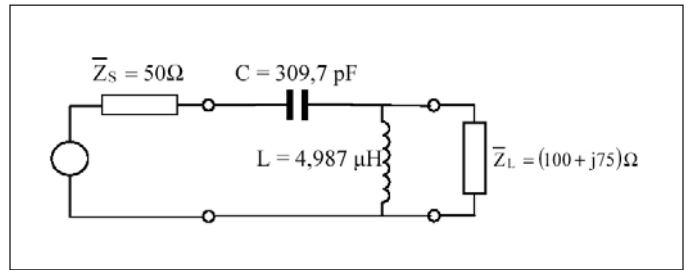


Fig. 81. Oplossing voor een hoogdoorlaatconfiguratie.

Fig. 81. Solution dans la configuration passe-haut.

De ces deux équations, nous déduisons: **$L = 1,646 \mu H$ et $C = 318,9 pF$** . Le schéma correspondant est donné à la **figure 80**.

Pour la configuration passe-haut ($X_1 < 0$), nous avons:

$$X_1 = -\frac{1}{2\pi f C} = -72,90 \Omega \text{ et } X_2' = +107,2 \Omega$$

On calcule alors X_2 (relation (23)):

$$X_2 = 2\pi f L = \left(\frac{1}{+107,2} - \frac{1}{208,3} \right)^{-1} = 220,9 \Omega$$

D'où: **$L = 4,987 \mu H$ et $C = 309,7 pF$** . Le schéma de ce L passe-haut est donné à la **figure 81**.

A suivre.

ON5WF (on5wf@uba.be)