3 Emploi d'un oscilloscope virtuel Les Phaseurs

1. But de la manipulation

- Se familiariser avec les différentes fonctions d'un oscilloscope virtuel.
- Utiliser les phaseurs pour l'étude de quelques circuits simples en régime sinusoïdal.
- Déterminer expérimentalement la matrice impédance et le gain en tension d'un biporte.

2. Pré-requis

- Résolution des circuits en régime sinusoïdal, les phaseurs.
- Théorème de Thévenin, biportes.

3. Introduction théorique et principe de mesure

3.1. L'oscilloscope virtuel

L'oscilloscope virtuel utilise l'écran d'un PC pour visualiser les signaux en fonction du temps. Ces signaux sont au préalable atténués (ou amplifiés) comme dans un oscilloscope analogique, puis échantillonnés au moyen d'un convertisseur analogique-numérique. Les échantillons sont placés dans une mémoire tampon où un logiciel approprié peut aller les lire pour ensuite les afficher. Une horloge détermine l'instant de mesure de chaque échantillon et fixe ainsi la base de temps de l'oscilloscope.
La visualisation se présente comme sur l'écran d'un oscilloscope avec quelques possibilités supplémentaires (ainsi peut–on voir des échantillons antérieurs au déclenchement, des figures correspondants à des enregistrements différents peuvent être superposées,..)
Les échantillons peuvent également être traités pour fournir des données concernant un enregistrement (la fréquence, sa valeur moyenne , son amplitude, son spectre,..) .

3.2. Les phaseurs

Une tension ou un courant variant de façon sinusoïdale dans le temps est complètement déterminé par son amplitude et son déphasage par rapport à un signal de référence .
Soit

$$e(t) = E_m \cos \omega t$$

le signal de référence. Il s'agit ici d'une tension, mais un courant conviendrait également. E_m est l'amplitude de cette tension et ω sa pulsation ($\omega = 2\pi f$, où f est la fréquence du signal).
Un courant

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \beta)$$

est un signal d'amplitude I_m présentant un déphasage β par rapport au signal de référence *e*(*t*). Si β est négatif on dira que i(t) est en retard sur e(t).
Dans un circuit linéaire alimenté par une source sinusoïdale pure et qui a atteint l'état de régime, toutes les tensions et tous les courants sont des signaux sinusoïdaux de même pulsation. Dans ce cas il est facile de représenter ces signaux par des nombres complexes appelés phaseurs dont le module est l'amplitude du signal et l'argument le déphasage de ce signal par rapport à un signal de référence (en

particulier, le phaseur associé à ce signal de référence a donc une phase nulle : il s'agit d'un nombre réel). Le phaseur associé au signal de référence *e*(*t*) ci-dessus vaut par exemple :

$$\underline{E} = E$$

et celui associé au courant *i*(*t*)

$$\underline{I} = I\,e^{j\beta}$$

Il est important de remarquer que toute dépendance temporelle a disparu dans l'écriture sous forme de phaseurs. Grâce aux phaseurs les équations différentielles représentant les équations de maille d'un circuit se ramènent à des équations algébriques.

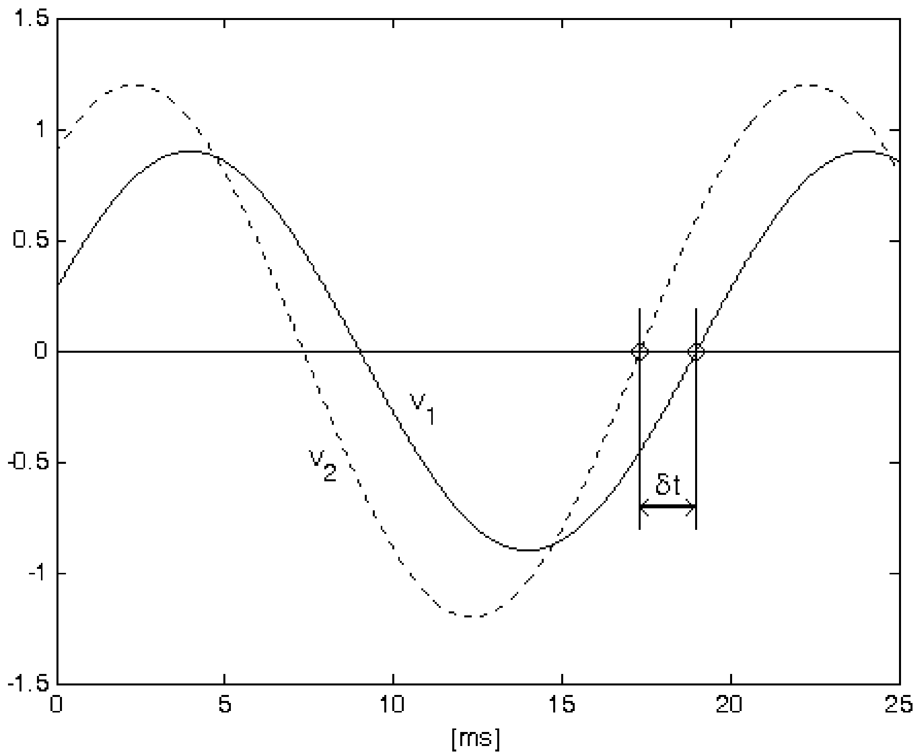


Figure 1

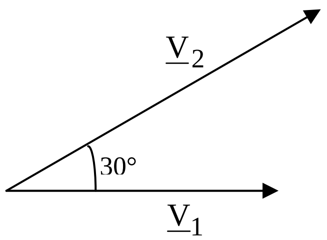
Par exemple dans le cas de la figure 1, la tension $v_2(t)$ est en avance de $\pi/6$ ($= \omega\,\delta t$, avec $\delta t = 1.667$ ms et $\omega = 2\pi\, 50\, s^{-1}$) sur la tension $v_1(t)$:

$$v_1(t) = 0.9\cos(\omega t + \alpha)$$

$$v_2(t) = 1.2\cos(\omega t + \alpha + 30°)$$

$$\underline{V}_2 = \frac{1.2}{0.9}\,\underline{V}_1\, e^{j\,30°}$$

et en choisissant $\underline{V}_1$ comme référence de phase, on peut représenter dans le plan complexe :



3.3. Impédance

Le rapport entre le phaseur tension d'une branche d'un circuit et le phaseur courant de branche est un nombre complexe appelé impédance *Z* de la branche :

$$Z = \frac{\underline{V}}{\underline{I}}$$

Il s'agit d'un quotient de deux nombres complexes qui doit être calculé en faisant le quotient des amplitudes et la différence des phases. L'argument du nombre complexe *Z* est donc égal au déphasage entre tension et courant. Comme tout nombre complexe, *Z* peut s'écrire sous la forme

$$Z = R + j\,X = |Z|\,e^{j\varphi_Z}$$

La partie réelle *R* de *Z* correspond à la résistance de la branche et est donc toujours positive. Par contre la partie imaginaire *X* peut être positive ou négative. Une partie imaginaire positive correspond à une impédance inductive ($X=\omega L$) et l'argument de *Z* est dans ce cas positif. Une partie imaginaire négative correspond à une impédance capacitive ($X= -1/\omega C$) et l'argument de *Z* est négatif.

3.4. Matrice impédance d'un biporte.

Si un circuit compliqué présente deux bornes d'entrée et deux bornes de sortie et si on ne désire pas connaître les valeurs des courants et tensions internes, ce circuit peut être entièrement caractérisé par une matrice symétrique (dans le cas d'un circuit réciproque) d'ordre deux et dont les éléments ont les dimensions d'une impédance (figure 2) :

$$\underline{V}_1 = z_{11}\,\underline{I}_1 + z_{12}\,\underline{I}_2$$

$$\underline{V}_2 = z_{21}\,\underline{I}_1 + z_{22}\,\underline{I}_2$$

avec $z_{12} = z_{21}$

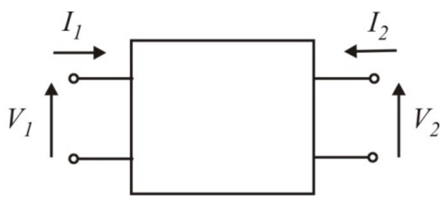


Figure 2

En mesurant $\underline{V}_1$, $\underline{V}_2$ et $\underline{I}_1$ lorsque $\underline{I}_2 = 0$ (c.-à-d. en laissant les bornes de sortie ouvertes) on en déduit facilement $z_{11} = \frac{\underline{V}_1}{\underline{I}_1}$ et $\frac{z_{21}}{z_{11}} = \frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1}$.

4. Partie pratique

4.1. Détermination d'un déphasage et des phaseurs dans un circuit RL.

a) Réalisez le circuit de la figure 3.

V_1 : générateur sinusoïdal dont la fréquence sera réglée à environ 800 Hz
T : transformateur isolateur (de rapport 1 approximativement).

R_e : résistance connue (500 Ω)

R et L : éléments du circuit à étudier ($R \cong 1000\ \Omega$, $L \cong 0{,}2$H) .

*Appliquez la tension $V_{AC} = V_A - V_C$ à l'entrée A de l'oscilloscope et la tension $V_{BC} = V_B - V_C$ à l'entrée B de l'oscilloscope (C sera connecté à la terre de l'oscilloscope) .

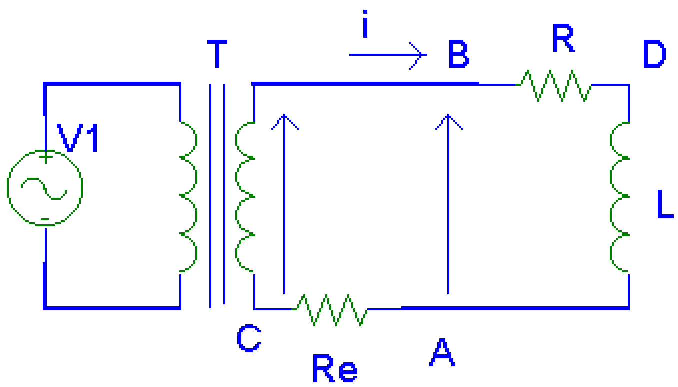


Figure 3

b) Choisissez un calibre vertical pour l'oscilloscope de +/- 5 V pour le canal A et de +/- 10V pour le canal B et 200µs/div pour la base de temps. Déclenchez sur le canal A (pente montante) et sélectionnez le mode répétitif. Réglez l'amplitude du générateur pour obtenir des figures correctes.

c) Relevez à l'aide des curseurs l'écart de temps entre le moment où le signal A passe par zéro en montant et le moment où le signal B passe par zéro en montant (notez le signe de cet écart). A l'aide du menu « Paramètres » sous-menu « Mesurer », faites afficher les amplitudes pic-à-pic des deux canaux ainsi que la fréquence.

d) *Modifiez le montage en reliant $V_{CA} = V_C - V_A$ à l'entrée A et $V_{BA} = V_B - V_A$ à l'entrée B de l'oscilloscope (A est dans ce cas à la terre de l'oscilloscope). Relevez les mêmes grandeurs mais en considérant cette fois un zéro descendant pour le canal A .

e) Dessinez graphiquement les phaseurs $\underline{V}_{BA}$, $\underline{V}_{BC}$ et $\underline{V}_{AC}$ et vérifiez l'équation de la maille CBAC (prenez $\underline{V}_{AC}$ comme référence de phase)

4.2. Etude d'un circuit R C en régime sinusoïdal

Remplacez dans le circuit de la figure 3 l'inductance par un condensateur de 0,1 µF. Refaites les opérations du paragraphe précédent. Vérifiez algébriquement l'équation de la même maille.

4.3. Détermination expérimentale des éléments équivalents d'un circuit au sens du théorème de Thévenin

a) Réaliser le montage de la figure 4. Appliquez $\underline{V}_{BA}$ à l'entrée « EXT TRIG » de l'oscilloscope et $\underline{V}_{DA}$ au canal A. Utilisez l'entrée « EXT TRIG » comme source de déclenchement pour l'oscilloscope.

b) Notez l'amplitude du signal (option mesurer) et placez un curseur temps au droit d'un zéro montant de la figure.

c) Placez une résistance R_u = 500 Ω en parallèle sur les bornes A et D et relevez à nouveau l'amplitude et le décalage temporel du nouveau signal par rapport à l'ancien (en notant le signe de cet écart.

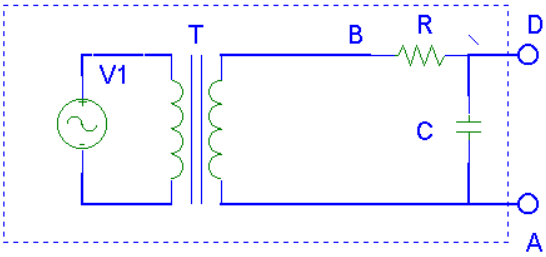


Figure 4

d) Déterminez les phaseurs $\underline{V}_{DA\infty}$ et $\underline{V}_{DAu}$ associés à la tension aux bornes AD respectivement sans et avec résistance R_u . Déduisez-en les éléments équivalents du circuit complet par rapport aux bornes D et A au sens du théorème de Thévenin .

4.4. Détermination de la matrice impédance et du gain en tension d'un biporte

Réaliser le montage de la fig 5.

a) Reprenez les mesures du point 4.2.a et déduisez la valeur expérimentale de

$$z_{11} = \left(\frac{\underline{V}_1}{\underline{I}_1}\right)_{I_2=0} = \frac{\underline{V}_{BA}}{\dfrac{1}{R_e}\underline{V}_{AC}}$$

Comparer ce résultat à sa valeur de prédiction théorique

$$z_{11} = R + \frac{1}{j\omega C}$$

b) Appliquez V_{DC} à l'entrée A et V_{BC} à l'entrée B de l'oscilloscope, et notez les amplitudes des deux signaux et leur écart temporel.
Déduisez le gain en tension complexe

$$T = \left(\frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1}\right)_{I_2=0}$$

pour f=800 Hz, 2500 Hz, 5000 Hz et 10000 Hz.
Comparer à son expression théorique

$$T = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

c) Déduire, à f=800 Hz, la valeur expérimentale du coefficient z_{21} , en fonction des mesures des points a) et b).

$$z_{21} = \left(\frac{\underline{V_2}}{\underline{I_1}} \right)_{I_2=0} = \left(\frac{\underline{V_2}}{\underline{V_1}} \right)_{I_2=0} \left(\frac{\underline{V_1}}{\underline{I_1}} \right)_{I_2=0}$$

c'est-à-dire

$$z_{21} = T \cdot z_{11}$$

Vérifier cette égalité, avec le résultat théorique qui est attendu

$$z_{21} = \frac{1}{j\omega C}$$

d) Représenter graphiquement le module du gain en tension, $|T|$, en fonction de la fréquence, et déduisez de ce diagramme de quel type de filtre il s'agit.

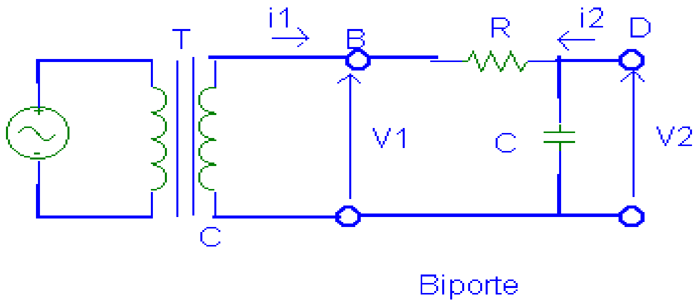


Figure 5