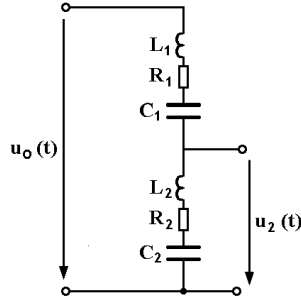


Utilisation

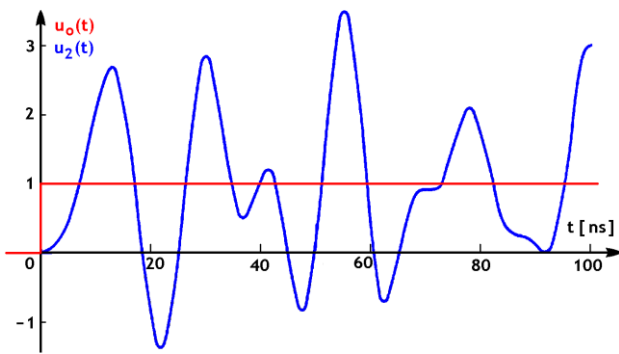
Le diviseur capacitif – résistif est utilisé pour la mesure des tensions de choc ; il peut aussi fonctionner en alternatif.

Résistances et inductances parasites

Le diviseur capacitif pur convient mal à la mesure de très hautes fréquences. En effet, un condensateur n'est jamais parfait ; en outre, les connexions présentent toujours une certaine inductance qui devient problématique lorsque la fréquence augmente. Le schéma équivalent du diviseur, pour des fréquences élevées aurait donc l'allure de la figure ci-contre.



Soumis à un échelon unité de tension, la réponse du diviseur présente de fortes oscillations durant les premières centaines de nanosecondes. La figure ci-dessous est une simulation (qui tient compte aussi des capacités parasites).



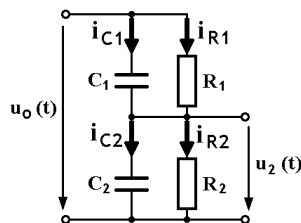
Réponse d'un diviseur capacitif réel (en bleu) à un échelon de tension unité (en rouge)

$C_1 = 150 \text{ pF}$; $C_{1p} = 1 \text{ pF}$; $C_{2p} = 40 \text{ pF}$; $R_1 = 20 \text{ } \Omega$; $L_1 = 2,5 \text{ } \mu\text{H}$
 E. Kuffel, W. S. Zaengl, J. Kuffel, *High Voltage Engineering* (2000) p. 161.

Le diviseur capacitif – résistif parallèle.

L'idée d'introduire des résistances en parallèle aux branches capacitives a été proposée en 1939 (R. Elsner. *Arch. Elektrot.* **33**, 1939, 23–40). Les équations du circuit s'écrivent :

$$\begin{cases} i_{C1} = C_1 \cdot \frac{d}{dt}(u_o - u_2) \\ i_{R1} = \frac{1}{R_1} \cdot (u_o - u_2) \\ i_{C2} = C_2 \cdot \frac{du_2}{dt} \\ i_{R2} = \frac{1}{R_2} \cdot u_2 \\ i_{C1} + i_{R1} = i_{C2} + i_{R2} \end{cases}$$



En éliminant les courants et en définissant un rapport de division **indépendant du temps** $k \equiv u_2(t)/u_o(t)$, il reste une équation différentielle pour $u_o(t)$:

$$C_1 - k \cdot (C_1 + C_2) \frac{du_o}{dt} + \left[\frac{1}{R_1} - k \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right] u_o(T) = 0$$

La solution $u_o(t)$ de cette équation est donc la seule fonction pour laquelle les équations du circuit sont satisfaites. Concrètement cela signifie que pour toute fonction $u_o(t)$ qui ne satisfait pas l'équation différentielle ci-dessus, la tension de sortie du diviseur n'est pas proportionnelle à la tension d'entrée... sauf si l'équation en question est identiquement nulle, ce qui implique d'égaliser à zéro les deux coefficients de l'équation :

$$\begin{cases} C_1 - k \cdot (C_1 + C_2) = 0 \\ \frac{1}{R_1} - k \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = 0 \end{cases}$$

En éliminant k :

$$\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

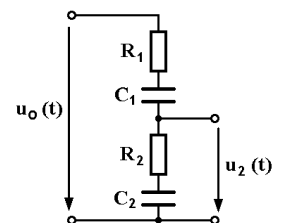
On reconnaît ici les relations qui donnent le rapport de division du diviseur capacitif, respectivement résistif. Ainsi, le diviseur capacitif – résistif parallèle doit être conçu comme deux diviseurs indépendants, mis en parallèle et présentant le même rapport de division, ce qui garantit que la tension de sortie est proportionnelle à la tension d'entrée, quelle que soit la forme de cette dernière.

Des analyses détaillées de la bande passante d'un tel système – tenant compte de l'échauffement des résistances et des capacités parasites – ont montré qu'elle ne dépasse guère les 100 kHz. Cette limite est insuffisante pour utiliser un tel diviseur en onde de choc de foudre, par exemple.

Le diviseur capacitif – résistif série.

L'étude poussée de ce type de diviseur a été faite en 1965, en particulier du point de vue de la réponse en fréquence. W. Zaengl a montré, en tenant compte de tous les éléments (capacitifs, résistifs et inductifs), qu'il est possible de choisir des valeurs de résistances optimales. Des résistances trop grandes réduiraient excessivement la limite supérieure de la bande passante. Inversement, des résistances trop faibles ne permettraient pas d'amortir suffisamment les oscillations dues à l'interaction entre les capacités et les inductances parasites.

Ce système est aujourd'hui le plus utilisé dans les laboratoires de haute tension, tel celui de l'EPFL qui dispose d'un tel diviseur utilisé aussi bien en $AC_{50 \text{ Hz}}$ que pour les chocs de foudre ou de manœuvre.

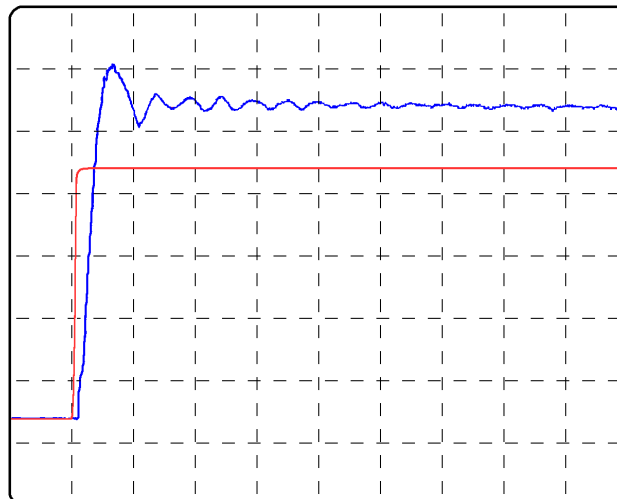




Diviseur capacitif – résistif série du LRE

500 kV AC_{50Hz} / 1,1 MV choc (foudre + manœuvre)
 $C_1 = 1,01 \text{ nF}$; $R_1 = 100 \text{ } \Omega$; $C_2 = 784 \text{ nF}$; $g = 803.3$
 Distance aux parois : 4,5 m.

La figure ci-dessous montre la réponse mesurée du diviseur (en bleu) à un signal produit par un générateur d'impulsions carrées (en rouge).



Réponse du diviseur

Échelles

Horizontale : $1 \text{ } \mu\text{s} / \text{div}$

Verticale : $20 \text{ V} / \text{div}$ pour la tension d'entrée

$20 \text{ mV} / \text{div}$ pour la tension de sortie

Tension d'entrée

Amplitude : 80 V

Temps de montée : 2,6 ns

Tension de sortie

Suroscillation : 13 %

Temps de montée : $\sim 240 \text{ ns}$