

Vytváranie tlmiacich článkov a kaskád z L-článkových napäťových RC-deličov.

Milly Miron · Elektrotechnika

26.12.2012



Príspevok je zameraný na spôsob jednoduchého návrhu L-článkových kapacitne kompenzovaných odporových deličov elektrického napätia a z nich zostavených deliacich kaskád, a to na princípe zaťaženia výstupnej brány príslušného deliaceho článku, zapojeného v kaskáde, obrazovou impedanciou pripojenej vstupnej brány nasledujúceho článku kaskády a tiež rovnakou obrazovou impedanciou záťaže.

1. Úvod

Na cvičeniach z fyziky, pri preberaní kapitoly o jednoduchých a zložitejších elektrických okruhoch a o základných elektronických obvodoch, sa v učebniciach a v príslušných zbierkach príkladov často stretávame s úlohami typu: návrh jednoduchého odporového deliča elektrického napätia bez elektrickej záťaže, alebo so zaťažovacím elektrickým odporom. V týchto úlohách sa pre jednoduchosť počíta buď so stacionárnymi (jednosmernými) alebo s nestacionárnymi (striedanými) elektrickými napätiami a prúdmi o pomerne nízkej frekvencii (rádovo Hz až kHz), pri ktorých sa ešte neprejaví vplyv parazitných indukčností a parazitných kapacít jednotlivých rezistorov. Pri vyšších frekvenciách sa spomínané parazitné vplyvy už výrazne prejavajú, a preto je potrebné už vopred s nimi počítať.

Vyrobiť rezistor so zanedbateľnou parazitnou indukčnosťou nie je veľkým technickým problémom. Avšak aj veľmi malá parazitná kapacita (rádovo jednotky až desatiny pikofaradov má vzhľadom k veľkým hodnotám odporov (rádovo stovky kiloohmov až jednotky megaohmov) už porovnateľnú reaktanciu, ktorá hlavne pri vysokých frekvenciách (rádovo jednotky až stovky megahertzov) veľmi nepriaznivo ovplyvňuje presnosť nastavených deliacich pomerov jednotlivých deliacich (tlmiacich) článkov zoradených do kaskády, a tým aj celej deliacej (tlmiacej) kaskády.

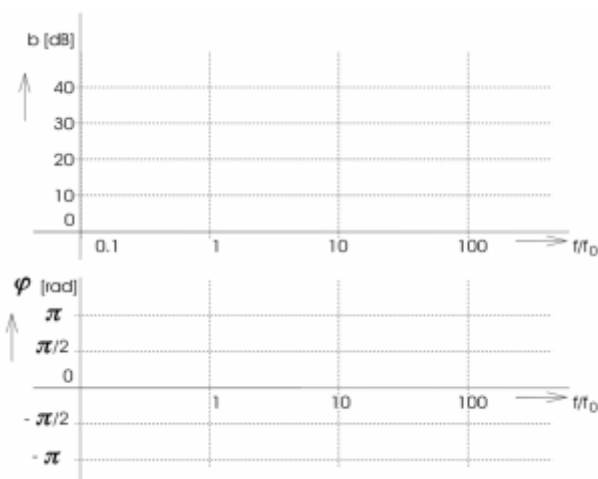
2. Tlmiace kaskády

Tlmiace kaskády sú elektrické pasívne prenosové systavy, ktoré sa vyznačujú pevne nastaviteľným tlmením b , ktorého hodnota je v širokom rozsahu frekvencií konštantná, takže nezávisí od frekvencie privádzaného napätia. Tlmenie je teda bezrozmerná veličina, vyjadrená deliacim pomerom príslušného tlmiaceho článku alebo niekoľkých tlmiacich článkov zapojených do kaskády (tlmiacej kaskády). Vzhľadom na to, že tlmenie možno merať vo veľkom rozsahu (od 1 do 10_{-12}), často je výhodnejšie

vyjadrovať ho logaritmickou mierou, napríklad v decibeloch (dB), pričom jednotka [dB] je definovaná matematickým vzťahom:

$$|b| = 20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2} \quad (1)$$

pričom $|b|$ je už vyjadrené v [dB]. Pri grafickom zobrazení frekvenčného priebehu tlmenia je potom výhodné používať logaritmický alebo semi-logaritmický súradnicový systém (obr. 1).



Obr. 1. Semi-logaritmický súradnicový systém pre tlmenie $|b|$ v [dB] a fázy φ v [rad]

Základnými členmi tlmiacich kaskád sú tlmiace články [1]. Rozdeľujeme ich na deliče napätia a deliče prúdu. V praxi sa tlmiace články používajú najčastejšie v úlohe deličov elektrického napätia s pevne nastaveným deliacim pomerom (obr. 2). Veľmi dobre osvedčili kapacitne kompenzované odporové deliace články typu L a T s pevne nastavenými deliacimi pomermi 2:1, 5:1, 10:1 a 100:1, ktoré sa používajú najmä v osciloskopoch (obr. 3).



Obr. 2. Zapojenie tlmiacej kaskády deliacich článkov s pevnými deliacimi pomermi b_1 , b_2 , b_3

Vzájomnou kombináciou kaskádneho radenia týchto štyroch deliacich článkov možno tak dosiahnuť deliace pomery v rozsahu od 1:1 do 10 000:1. Ak k nim priradíme ešte aj 5. článok s pevným deliacim pomerom 1000:1, výsledný deliaci pomer tlmiacej kaskády sa zväčší až na hodnotu 10 000 000:1, čo zodpovedá 140 dB.

Základnou podmienkou správnej funkcie každého deliaceho článku je, aby po pripojení jeho výstupnej dvojice prívodov (brány) na zaťažovaciu impedanciu $\hat{Z}_{zat} = \hat{Z}_o$, pre hodnotu jeho vstupnej impedancie platilo: $\hat{Z}_{vst} = \hat{Z}_o$. Tejto impedancii \hat{Z}_o hovoríme vstupná obrazová impedancia. Príklad zapojenia tlmiacej kaskády, pozostávajúcej z troch deliacich článkov, je znázornený na obr. 3.

3. Kapacitne kompenzovaný odporový delič napätia

Najjednoduchším frekvenčne nezávislým deličom elektrického napätia je kapacitne

kompenzovaný deliaci článok, ktorého schematické znázornenie je podobné tvaru písmena L, skrátene označovaný ako L-článok (obr. 3). Označme:

$$b_1 = \frac{U_1}{U_2}, b_2 = \frac{U_2}{U_3}, b_3 = \frac{U_3}{U_4},$$

Potom pre výsledné tlmenie b tlmiacej kaskády platí:

$$b = b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 = \frac{U_1 U_2 U_3}{U_2 U_3 U_4} = \frac{U_1}{U_4}$$

Pre admitanciu \hat{Y}_1 a \hat{Y}_2 deliaceho článku platia rovnice:

$$(n-1)\hat{Y}_1 = n\hat{Y}, \hat{Y}_2 = (n-1)\hat{Y}$$

kde: \hat{Y} je obrazová admitancia záťaže, \hat{Y}_1, \hat{Y}_2 sú admitancie vetiev deliaceho článku, pričom:

$$\hat{Y}_1 = G_1 + j\omega C_1, \hat{Y}_2 = G_2 + j\omega C_2, \hat{Y} = G + j\omega C, b = n\frac{U}{U} = n$$

Dosadením admitancií \hat{Y}_1, \hat{Y}_2 a \hat{Y} do východziech rovníc dostaneme:

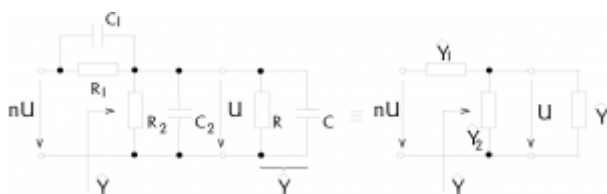
$$R_1 = \frac{n-1}{n}R, R_2 = \frac{1}{n-1}R$$

$$C_1 = \frac{n}{n-1}C, C_2 = (n-1)C$$

Pritom platí:

$$R_1 C_1 = R_2 C_2 = RC = \tau$$

kde: τ je časová konštanta kapacitne kompenzovaného deliaceho článku a záťaže.



Obr. 3. Zapojenie kapacitne kompenzovaného odporového deliaceho článku typu L

4. Záver

Najčastejšie využitie tlmiacich článkov a z nich vytvorených tlmiacich kaskád možno nájsť vo vstupných obvodoch osciloskopov, vo vysokofrekvenčných elektronických voltmetroch a v ostatných elektronických zariadeniach, kde je potrebné privádzané napätové signály tlmiť v stanovenom deliacom pomere [2]. Pre veľmi vysoké frekvencie (desiatky až stovky MHz) je nutné použiť T-článkové deliče napätia kvôli obojstrannému obrazovému prispôsobeniu vstupných aj výstupných brán jednotlivých tlmiacich článkov, aby v celej tlmiacej sústave nedochádzalo k odrazom postupujúcich vysokofrekvenčných napätových signálov od výstupu smerom k vstupu tlmiacej kaskády, a tým nielen k neželaným zmenám požadovaných deliacich pomerov tlmiacej kaskády, ale aj k neželanému skresleniu tvaru tlmeného napätového signálu na

výstupe tlmiacej kaskády.

Literatúra:

1. Trnka, Z: Teoretická elektrotechnika. SNTL-ALFA, Praha 1972.
 2. Technická dokumentácia k elektronickým meracím prístrojom od firmy Texas Instruments a Hewlet-Packard.
-