

NAVRHOVANIE TLMIACICH ČLÁNKOV A KASKÁD

MILLY Miron, SR

Resumé

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

Kľúčové slová: delič napätia, deliaci článok (člen), tlmiaca kaskáda.

DESIGNING OF ATTENUATION ELEMENTS AND CASCADES

Abstract

The paper deals with a simple way of the L -network capacity-compensated resistance voltage dividers designing in the dividing cascades. The principle are based on impedance loading of the output gate of corresponding L -network divider by image impedance of the input gate of following L -network and by image impedance of load on the cascade end.

Key words: voltage divider, dividing network (element, cell), attenuation cascade.

1 Úvod

Na hodinách elektroniky, pri preberaní kapitoly o základných elektronických obvodoch, sa v učebniciach a v príslušných zbierkach príkladov často stretávame s úlohami typu: návrh jednoduchého rezistorového deliča elektrického napätia bez elektrickej záťaže, alebo so zaťažovacím elektrickým rezistorom. 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 desiatiny pF (pikofaradov) má vzhľadom k veľkým hodnotám rezistorov (rádovo stovky kiloohmov až jednotky megaohmov) už porovnateľnú reaktanciu, ktorá hlavne pri vysokých frekvenciách (rádovo jednotky až stovky MHz) veľmi nepriaznivo ovplyvňuje presnosť nastavených deliacich pomerov jednotlivých deliacich (tlmiacich) článkov zoradených do kaskády, a tým aj celej deliacej (tlmiacej) kaskády.

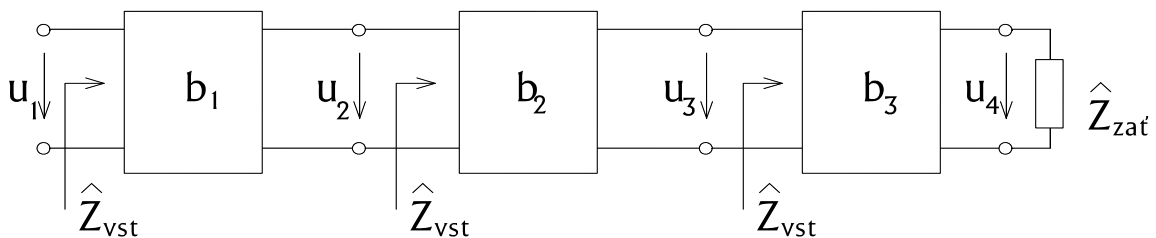
2 Tlmiace kaskády

Tlmiace kaskády sú elektrické pasívne prenosové sústavy, ktoré sa vyznačujú pevne nastaveným tlmením b , ktorého hodnota je v širokom rozsahu frekvencií konštantná, takže takmer 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 0 do 10^{12}), často je výhodnejšie vyjadrovať ho logaritmickou mierou, napríklad v decibeloch (dB).

Základnými členmi tlmiacich kaskád sú tlmiace články. 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. Veľmi dobre osvedčili kapacitne kompenzované rezistorové 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 meracej technike, napr. v osciloskopoch. 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.

Základnou podmienkou správnej funkcie každého deliaceho článku je, aby po pripojení jeho výstupnej dvojice prívodov (brány) na zaťažovaciu impedanciu $\hat{Z}_{zat} = \hat{Z}$ pre hodnotu vstupnej impedancie platilo: $\hat{Z}_{vst} = \hat{Z}$. Tejto impedancii $\hat{Z}$ hovoríme vstupná obrazová impedancia. Príklad zapojenia tlmiacej kaskády pozostávajúcej z troch deliacich článkov je znázornený na obr. 1.



Obr. 1: Tlmiaca kaskáda deliacich článkov s pevnými deliacimi pomermi b_1, b_2, b_3 .

Označme: $b_1 = U_1 / U_2, \quad b_2 = U_2 / U_3, \quad b_3 = U_3 / U_4$ (1)

Potom pre výsledné tlmenie b tlmiacej kaskády platí:

$$b = b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 = \frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{U_2}{U_3} \cdot \frac{U_3}{U_4} = \frac{U_1}{U_4} \quad (2)$$

3 Kapacitne kompenzovaný rezistorový deliaci článok

Najjednoduchším deličom elektrického napätia, frekvenčne nezávislým v širokom rozsahu frekvencií, je kapacitne kompenzovaný rezistorový deliaci článok, ktorého schematické znázornenie je podobné tvaru písmena L , skrátene L -článok (obr. 2). Pritom požadujeme, aby pri stanovenom deliacom pomere $b = nU / U = n$ sa jeho vstupná obrazová admitancia sa rovnala hodnote zaťažovacej admitancie, teda:

$$\hat{Y}_{vst} = \hat{Y} = \hat{Y}_{zat}, \quad \text{pričom} \quad \hat{Y} = G + j\omega C, \quad \text{kde} \quad G = 1/R \quad (3)$$

Uplatnenie spomínanej požiadavky (3) pre L -článkový delič napätia vedie k rovniciam:

$$(n-1) \hat{Y}_1 = n \hat{Y}, \quad \hat{Y}_2 = (n-1) \hat{Y}, \quad (4)$$

Pre admitancie $\hat{Y}_1$ a $\hat{Y}_2$ príslušných vetiev deliaceho L -článku potom platia rovnice:

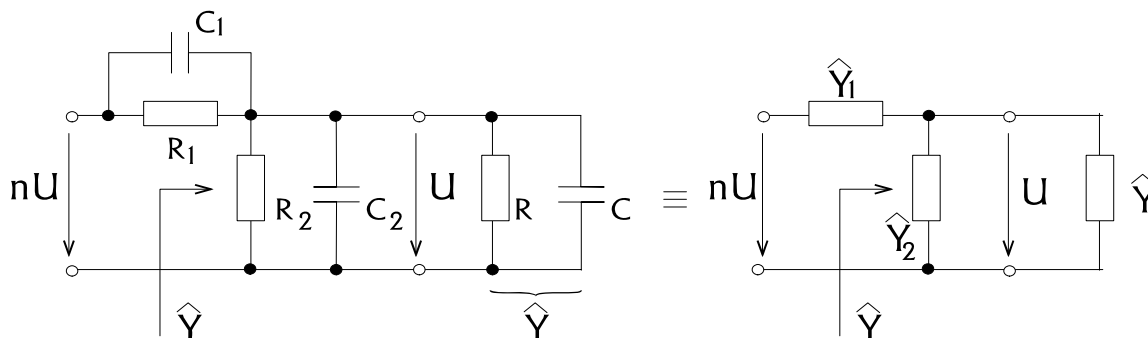
$$\hat{Y}_1 = G_1 + j\omega C_1, \quad \hat{Y}_2 = G_2 + j\omega C_2 \quad (5)$$

Dosadením takto vyjadrených admitancií $\hat{Y}_1$, $\hat{Y}_2$ a $\hat{Y}$ do pôvodných rovníc dostaneme:

$$R_1 = \frac{n-1}{n} \cdot R, \quad R_2 = \frac{1}{n-1} \cdot R \quad (6)$$

$$C_1 = \frac{n}{n-1} \cdot C, \quad C_2 = (n-1) \cdot C \quad (7)$$

Pritom platí: $R_1 C_1 = R_2 C_2 = RC = \tau$, kde τ je časová konštanta kapacitne kompenzovaného deliaceho článku a zátáže.



Obr. 2: Zapojenie kapacitne kompenzovaného rezistorového deliaceho L-článku.

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, a to v širokom rozsahu frekvencií. 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.

Lektoroval: Ing. Milan Bernát, PhD.

Kontaktná adresa autora:

Miron Milly, Ing., CSc., Katedra fyziky FHPV PU,
080 01 Prešov, ul. 17. novembra č. 1,
e-mail: millymir@unipo.sk