Slovenská technická univerzita v Bratislave

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra telekomunikácii

**Výpočet a meranie na vyvažovačoch**

TLKV Lukáš Hajdu, TLK 7

AR 2009/2010 Meracia skupina 12

Zimný semester

**Zadanie úloh**

**1.** Vypočítajte, zrealizujte a premerajte vyvažovač pre homogénne vedenie, ktorého

impedancia má priebeh daný tabuľkou.

Kábel: konštrukcia XV, priemer žíl ∅ = 1,2 mm, izolácia styroflex,

R = 31,9 Ω/km, C = 23,5 nF/km

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f [kHz] | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 60 |
| Re{ZL} [Ω] | 616 | 485 | 394 | 359 | 276 | 243 | 218 | 199 | 194 | 191 | 188 | 185 |
| Im{ZL} [Ω] | 584 | 444 | 342 | 318 | 196 | 147 | 100 | 56 | 40 | 31 | 23 | 15 |

**2.** Vypočítajte, zrealizujte a premerajte vyvažovač pre pupinované vedenie, ktorého impedancia má priebeh daný tabuľkou. Návrh vyvažovača zrealizujte v tvare podľa Hoyta.

Kábel: konštrukcia DM, priemer žíl ∅ = 1,2 mm, izolácia kordel - papier,

R = 31,9 Ω/km, C = 26 nF/km, pupinácia 100/70 mH – združené vedenie,

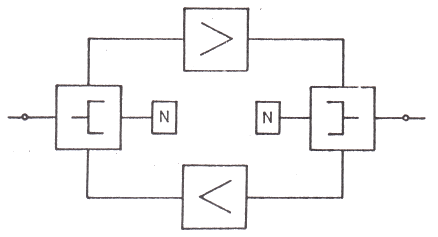
pupinizačný krok s = 1,7 km

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f [kHz] | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,8 | 2,4 | 3 | 3,4 |
| Re{ZL} [Ω] | 1470 | 1483 | 1490 | 1515 | 1590 | 1716 | 1927 | 2175 |
| Im{ZL} [Ω] | 265 | 144 | 92 | 66 | 50 | 48 | 53 | 66 |

**3.** Pre obidva typy vyvažovačov určte tlmenie nevyváženia anv [Np].

**Teoretický úvod**

Dôležitým elementom v zariadeniach pre dvojdrôtové a štvordrôtové vedenia sú vyvažovače. Ich účelom je napodobniť impedanciu vedenia vo vyžadovanom frekvenčnom pásme.



*Obr.1 - Bloková schéma použitia diferencialného*

*transformátora v dvojdrôtových vedeniach*

1. Výpočet vyvažovača pre homogénne vedenie

Uvažujme, že impedancia vedenia sa rovná impedancií vyvažovača:

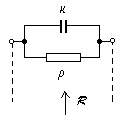
Aby sme mohli vypočítať a navrhnúť zapojenie impedancie ZN vyvažovača, musíme vyšetriť priebeh impedancie ZL = f(ω). Pre homogénne vedenia je impedancia rovná:

kde R, L, C, G sú kilometrové konštanty. Pre akustické pásmo platí G<<ωC, preto

Odvodením dostaneme následne vzťahy:

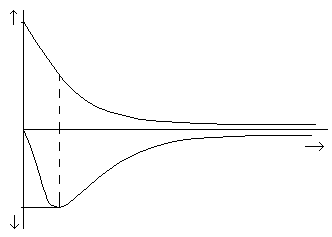


*Obr.2 - Priebeh impedancie homogénneho vedenia v závislosti od ω*

Našou úlohou je nájsť teraz vhodné zoskupenie prvkov R, L, C tak, aby ich impedancia mala približne rovnaký priebeh ako ZL. Teraz si vyšetríme priebeh impedancie dvojpólu:

*Obr.3 – Dvojpól*

Odvodením dostaneme následne vzťahy:



A

B

ω

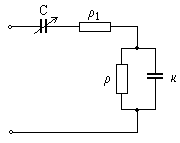
ω0

-1/2.ρ

ρ

Obr.4 - *Priebeh impedancie dvojpólu v závislosti od ω*

Impedancia R má podobný priebeh ako impedancia ZL pre ω>ω0, okrem toho reálna zložka impedancie ZL sa pre ω→∞ a reálna zložka impedancie R sa pre ω→∞ A→0. To znamená, že reálnu zložku impedancie R treba zväčšiť o konštantnú hodnotu . To jednoducho dosiahneme zapojením odporu do série s impedanciou R.

V zapojení vyvažovača pre homogénne vedenia sa často zapája ešte do série premenlivá kapacita, ktorá je rádovo niekoľko μF. Tá nám zlepšuje napodobnenie imaginárnej zložky pri nízkych kmitočtoch (f < 400Hz). Potom zapojenie vyvažovača je:

*Obr.5 – Zapojenie vyvažovača*

Pre homogénne vedenie ďalej platia vzťahy:

2. Výpočet vyvažovača pre pupinované vedenia podľa Hoyta

Najprv si musíme vykonať rozbor impedancie pupinovaného vedenia. Impedancia pupinovaného vedenia závisí od nábehovej sekcie, t.j. od kapacity nábehového úseku.

Reálna zložka je daná vzťahom

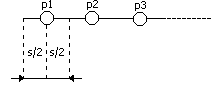
a imaginárna zložka

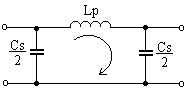
kde s - pupinizačný krok,

ω0 - vlastný rezonančný kmitočet pupinovaného vedenia,

x - dĺžka nábehovej sekcie v intervale (0 - 0,5)s

*Obr.6 - Bloková schéma pupinovaného vedenia*



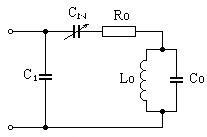
Úsek pupinovaného vedenia môžeme nahradiť náhradnou schémou v tvare π - článku

*Obr.7 – Zjednodušená náhradná schéma úseku pupinovaného vedenia*

Z náhradnej schémy určíme vlastný rezonančný kmitočet ω0 tak, že vstupné a výstupné svorky necháme naprázdno a určíme podmienku rezonancie:

Odvodením sme zistili náhradu pupinovaného vedenia pre x = 0,17, ale nábehová sekcia na pupinovaných vedeniach je 0,5 s, preto musíme ešte na vstupné svorky zapojiť náhradu vedenia dĺžky 0,33 s. Pri zjednodušujúcich predpokladoch môžeme túto časť vedenia nahradiť kapacitou C1. Ešte do série s odporom R0 býva zapojená kapacita CN (niekoľko μF), ktorá nám upravuje impedančnú charakteristiku oblasti pod 400 Hz.

Úplná schéma vyvažovača bude:

*Obr.8 – Hoytov vyvažovač*

Rovnice pre výpočet Hoytovho vyvažovača:

C1 = 0,33.Cs

C0 = 0,428.Cs

L0 = 0,33.Lp

3. Tlmenie nevyváženia

Hodnotu tlmenia nevyváženia vypočítame podľa vzťahu

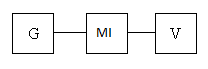
Hodnota anv má byť väčšia ako 7Np. Uvedené merania vykonávame jednak na vyvažovačoch pre homogénne vedenia, jednak na vyvažovačoch pre pupinované vedenia.

**Vypracovanie**

Pri výpočtoch sú všetky hodnoty dosadzované v základných jednotkách, preto sú udané len výsledné jednotky.

1. Úloha

Bloková schéma zapojenia



G – generátor

MI – merač impedancií

V - vyvažovač

Súpis prístrojov: - Tesla RC oscilátor BM 344

- Tesla tranzistorový merač impedancií 12XL020

- 2x odporová dekáda XL6

- Decade Condenser TR-9301/A

Zadané hodnoty: fd = 0,8 kHz Xωd = 394 Ω

ρ1 = 182 Ω Yωd = 342 Ω

Z týchto hodnôt sme vypočítali hodnoty ρ a κ potrebné pre konštrukciu vyvažovača:

ωd = 2π fd = 2π.0,8x103 = 5026,54 s-1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Vypočítané hodnoty | Nastavené hodnoty |
| [] | 763,7118 | 763,7 |
| [nF] | 420,23 | 420,23 |

Napokon sme zrealizovali samotný vyvažovač a postupne pri rôznych frekvenciách vstupného signálu sme merali tranzistorovým meračom impedancií hodnotu ZN a fázu vyvažovača φN. Namerané a vypočítané hodnoty sú zapísané v tabuľke.

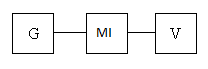
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f [kHz] | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 60 |
| Re{ZL} [Ω] | 616 | 485 | 394 | 359 | 276 | 243 | 218 | 199 | 194 | 191 | 188 | 185 |
| Im{ZL} [Ω] | 584 | 444 | 342 | 318 | 196 | 147 | 100 | 56 | 40 | 31 | 23 | 15 |
| ZL [Ω] | 848,83 | 657,54 | 521,73 | 479,59 | 338,51 | 284 | 239,84 | 206,73 | 198,08 | 193,5 | 189,4 | 185,61 |
| φL [°] | 43,47 | 42,47 | 40,96 | 41,53 | 35,38 | 31,71 | 24,64 | 15,72 | 11,65 | 9,22 | 6,98 | 4,64 |
| ZN [Ω] | 1420 | 1100 | 590 | 585 | 365 | 270 | 184 | 168 | 166 | 165 | 164 | 163 |
| φN [°] | 34 | 46 | 62 | 57 | 52 | 44 | 22 | 10 | 6 | 3 | 0 | 0 |
| anv [Np] | 1,379 | 1,379 | 2,79 | 2,312 | 3,279 | 3,678 | 2,027 | 2,27 | 2,429 | 2,532 | 2,633 | 2,736 |

*Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt pre homogénne vedenie*

Vzorový výpočet pre frekvenciu 0,3 kHz

2. Úloha

Bloková schéma zapojenia



G – generátor

MI – merač impedancií

V - vyvažovač

Súpis prístrojov: - Tesla RC oscilátor BM 344

- Tesla tranzistorový merač impedancií 12XL020

- Variable artificial LINE 1721/S

- Zdroj

Zadané hodnoty: C = 26,5 nF/km Lp = 100 mH s = 1,7 km

Z týchto hodnôt sme vypočítali hodnoty potrebné pre konštrukciu vyvažovača:

. =

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Vypočítané hodnoty | Nastavené hodnoty |
| [nF] | 14,86 | 15 |
| [nF] | 19,28 | 19 |
| [mH] | 33 | 33 |
| [] | 1489,88 | 1490 |

Napokon sme zrealizovali samotný vyvažovač a postupne pri rôznych frekvenciách vstupného signálu sme merali tranzistorovým meračom impedancií hodnotu ZN a fázu vyvažovača φN. Namerané a vypočítané hodnoty sú zapísané v tabuľke.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f [kHz] | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,8 | 2,4 | 3 | 3,4 |
| Re{ZL} [Ω] | 1470 | 1483 | 1490 | 1515 | 1590 | 1716 | 1927 | 2175 |
| Im{ZL} [Ω] | 265 | 144 | 92 | 66 | 50 | 48 | 53 | 66 |
| ZL [Ω] | 1493,7 | 1489,98 | 1492,84 | 1516,44 | 1590,786 | 1716,67 | 1927,73 | 2176 |
| φL [°] | 10,22 | 5,55 | 3,53 | 2,49 | 1,80 | 1,60 | 1,58 | 1,74 |
| ZN [Ω] | 1500 | 1520 | 1540 | 1610 | 1620 | 1740 | 1920 | 2150 |
| φN [°] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| anv [Np] | 6,164 | 4,608 | 4,164 | 3,509 | 4,7 | 4,998 | 6,21 | 5,114 |

*Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt pre pupinované vedenie*

Vzorový výpočet pre frekvenciu 0,3 kHz

3. Úloha

Vzorový výpočet pre homogénne vedenie, pre hodnotu 0,3 kHz

Vzorový výpočet pre pupinované vedenie, pre hodnotu 0,3 kHz

Ostatné hodnoty tlmenia nevyváženia sú počítané podľa vzorového výpočtu a sú zapísané v tabuľkách k jednotlivým úlohám.

**Záver**

Našou úlohou v tomto zadaní bolo vypočítať, zrealizovať a premerať vyvažovač.

V prvej úlohe sme pomocou zadaných hodnôt fd, ρ1, Xωd, Yωd vypočítali hodnoty ρ a κ potrebné pre konštrukciu vyvažovača. Podľa schémy na obrázku 5 sme zapojili vyvažovač, na ktorom sme postupne pomocou generátora menili frekvencie a na merači impedancií sme odčítali hodnoty ZN a φN. Namerané hodnoty ZN nám vyšli v rozmedzí 163 až 1420 Ω pri φN 0 až 34 stupňov.

V druhej úlohe sme pomocou zadaných hodnôt kapacity, pupinácie a pupinačného kroku pupinovaného vedenia vypočítali hodnoty , potrebné pre konštrukciu vyvažovača. Konštrukciu Hoytovho vyvažovača sme realizovali podľa obrázku 8 a ďalej sme postupovali ako v predchádzajúcej úlohe. Namerané hodnoty ZN nám vyšli v rozmedzí 1500 až 2150 Ω pri φN 0 stupňov.

V tretej úlohe sme vypočítali tlmenie nevyváženia na základe hodnôt odmeraných v prvej a druhej úlohe. Hodnoty tlmenia v prvej úlohe sa nám pohybovali v rozmedzí 1,379 až 3,279 Np a v druhej úlohe v rozmedzí 4,164 až 6,21 Np. Podľa teoretického úvodu hodnota tlmenia nevyváženia musí byť väčšia ako 7 Np a preto navrhované vyvažovače pre dané frekvenčné pásmo vedenia nevyhovujú.