# Sériový rezonanční obvod

## Úkol měření

1. V rámci domácí přípravy si zopakujte problematiku chování pasivních lineárních prvků v obvodech buzených harmonickými signály. Kmitočtové závislosti impedance a fázových posuvů zpracujte do poznámek v závěru protokolu.
2. V rámci domácí přípravy si zopakujte problematiku frekvenčních charakteristik. (Věnujte pozornost jednotlivým typům charakteristik, jejich konstrukci z vypočtených nebo změřených dat). Přehled zpracujte do poznámek v závěru protokolu. Pro měření na filtrech určete měřené kmitočty.
3. Ověřte chování sériového RLC obvodu ve stavu rezonance.
4. Určete kmitočet, při němž budou níže uvedené obvody rezonovat (v rámci domácí přípravy).
5. Ve stavu rezonance zaznamenejte grafické výstupy:

* elipsy pro stanovení fázového posuvu
* časové průběhy
* fázorové diagramy

1. Použijte rezonanční obvod jako pásmový filtr (pásmová propust a zádrž). Odvoďte závislost vstupní impedance na kmitočtu, dále závislosti výstupního napětí, zisku (útlumu) v deciBelech a fáze na kmitočtu.
2. Změřte a zaznamenejte frekvenční charakteristiky.
3. Srovnejte naměřené a vypočtené hodnoty.
4. Proveďte zhodnocení a závěr měření.

## Obecná část

Pro níže uvedený obvod (za předpokladu, že jde o ideální prvky), platí pro absolutní hodnotu impedance a fázový posuv následující vztahy:

Rovnice 1

Rovnice 2

Vzhledem k tomu, že všemi prvky prochází tentýž proud, platí analogické vztahy pro napětí:

Rovnice 3

Rovnice 4

Při rezonanční frekvenci je proud *I* ve fázi s napětím *U*. Napětí na rezistoru *R* je ve fázi s proudem, velikosti napětí na cívce a kondenzátoru jsou stejné, mají však opačnou fázi (jsou vzájemně fázově posunuta o 180°), každé z nich je posunuto o 90° proti *U*R.

Rovnice 5

Rovnice 6

SROsamotný.bmp

Obrázek 1: Sériový rezonanční obvod

Pro rezonanční kmitočet potom platí:

Rovnice 7

Při tomto kmitočtu má impedance nejnižší hodnotu (tato je pak rovna odporu R).

Cívku můžeme považovat za ideální, pokud platí:

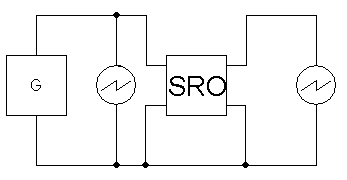
Rovnice 8

,

kde *rL* je odpor vinutí, *XL* je reaktance cívky.

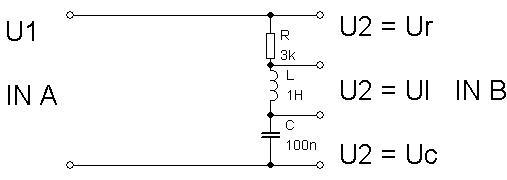
Pro frekvenční charakteristiky volíme kmitočty měřených bodů tak, abychom pokryli alespoň 2 dekády od mezního kmitočtu oběma směry.

## Schéma zapojení

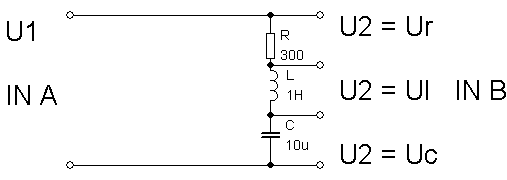


Obrázek 2: Obecné zapojení úlohy

### Zapojení článku pro ověření chování sériového rezonančního obvodu

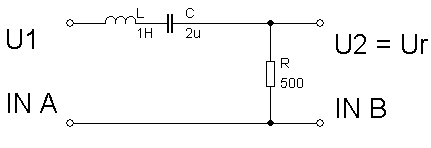


Obrázek 3: RLC obvod - případ, kdy lze cívku i kondenzátor považovat za ideální

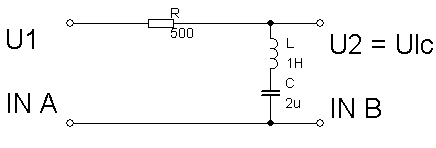


Obrázek 4: RLC obvod - případ, kdy nelze cívku považovat za ideální, kondenzátor lze považovat za ideální

### Zapojení článku pro měření na filtrech



Obrázek 5: Pásmová propust



Obrázek 6: Pásmová zádrž

## Postup měření

### Ověření chování sériového rezonančního obvodu

#### RLC: cívku i kapacitu lze považovat za „ideální“

1. Sestavíme rezonanční obvod pomocí modulů stavebnice Dominoputer.
2. Z generátoru na vstup zavedeme harmonický signál s amplitudou 0,8 V o kmitočtu 400 Hz. Tento signál současně zavedeme do kanálu A rozhraní digitálního osciloskopu. Do kanálu B digitálního osciloskopu zavedeme napětí na rezistoru R.
3. Vhodně nastavíme parametry podprogramu OSCILLOSCOPE, monitorujme postupně všechna dílčí napětí na jednotlivých prvcích, použijeme současné zobrazení všech výstupních signálů prostřednictvím funkce „Sequence“.
4. Pomocí funkce „Phasor“ přečteme velikosti a fáze jednotlivých fázorů (je nutno zvolit referenční průběh – nulovou fázi a zapnout kurzory).
5. Po vypnutí kurzorů exportujeme požadované průběhy.
6. Na generátoru nastavíme kmitočet, jenž byl určen jako rezonanční, zaznamenáme požadované průběhy, pak provedeme zhodnocení, zda obvod je nebo není v rezonanci (případně změnou kmitočtu přivedeme obvod do rezonance a příslušný kmitočet zapíšeme).
7. Třetí kmitočet nastavíme takový, abychom měli v tabulce zaznamenány stavy obvodu při kmitočtu pod rezonancí, při rezonanci a nad rezonancí.

#### RLC: cívku nelze považovat za „ideální“, kapacitu lze považovat za „ideální“

1. Sestavíme rezonanční obvod pomocí modulů stavebnice Dominoputer.
2. Z generátoru na vstup zavedeme harmonický signál s amplitudou 0,8 V o kmitočtu 40 Hz. Tento signál současně zavedeme do kanálu A rozhraní digitálního osciloskopu. Do kanálu B digitálního osciloskopu zavedeme napětí na rezistoru R.
3. Vhodně nastavíme parametry podprogramu OSCILLOSCOPE, monitorujme postupně všechna dílčí napětí na jednotlivých prvcích, použijeme současné zobrazení všech výstupních signálů prostřednictvím funkce „Sequence“.
4. Pomocí funkce „Phasor“ přečteme velikosti a fáze jednotlivých fázorů (je nutno zvolit referenční průběh – nulovou fázi a zapnout kurzory).
5. Po vypnutí kurzorů exportujeme požadované průběhy.
6. Na generátoru nastavíme kmitočet, jenž byl určen jako rezonanční, zaznamenáme požadované průběhy, pak provedeme zhodnocení, zda obvod je nebo není v rezonanci (případně změnou kmitočtu přivedeme obvod do rezonance a příslušný kmitočet zapíšeme).
7. Třetí kmitočet nastavíme takový, abychom měli v tabulce zaznamenány stavy obvodu při kmitočtu pod rezonancí, při rezonanci a nad rezonancí.

### Měření na pásmové propusti

Zobrazení frekvenční charakteristiky provedeme pomocí podprogramu FREQUENCY CHARACTERISTICS, jeho parametry nastavíme:

* začátek analýzy:10 Hz
* analyzovaný frekvenční rozsah: 2 dekády
* měřítko dB – osy: 10 dB/div
* měřítko fázové osy: 30°/div
* zvolíme vyšší rozlišení měřených bodů
* zobrazujeme všechny charakteristiky

### Měření na pásmové zádrži

Zobrazení frekvenční charakteristiky provedeme stejným způsobem, jako bylo popsáno výše.

## Otázky

1. Proč zavádíme při analýze střídavých obvodů symbolicko-komplexní metodu (fázorovou analýzu)?
2. Srovnejte chování paralelního a sériového rezonančního obvodu.
3. Jmenujte aplikace, v nichž užíváme rezonanční obvody.
4. Čím je způsobeno, že se při rezonanci reálného obvodu obecně nerovnají velikosti napětí na cívce a kondenzátoru?
5. Jakými způsoby lze měřit kmitočet? Uveďte příklady.
6. Jakými znaky se ve frekvenčních charakteristikách jednotlivých typů projevuje pasivní obvod?
7. Napište vztah pro mezní kmitočet RC článku typu horní propust. Odvození proveďte v poznámkách v závěru protokolu. Připište význam všech použitých symbolů.

## Tabulky naměřených hodnot

Tabulka 1: RLC obvod - případ, kdy lze cívku i kondenzátor považovat za ideální

| ***f* (Hz)** | **400** | **503,34** | **666,68** |
| --- | --- | --- | --- |
| **|*U*R| (V)** | **0,71** | **0,79** | **0,68** |
| **|*U*L| (V)** | **0,59** | **0,83** | **0,95** |
| **|*U*C| (V)** | **0,94** | **0,83** | **0,54** |
| ****uR (°)** | **26,6** | **1,4** | **329,8** |
| ****uL (°)** | **115,9** | **90,5** | **59,8** |
| ****uC (°)** | **295,9** | **270,5** | **239,2** |

Tabulka 2: RLC obvod - případ, kdy nelze cívku považovat za ideální, kondenzátor lze považovat za ideální

| ***f* (Hz)** | **40** | **50,3** | **66,7** |
| --- | --- | --- | --- |
| **|*U*R| (V)** | **0,44** | **0,48** | **0,42** |
| **|*U*L| (V)** | **0,56** | **0,76** | **0,89** |
| **|*U*C| (V)** | **0,87** | **0,76** | **0,5** |
| ****uR (°)** | **24,5** | **1,5** | **334,7** |
| ****uL (°)** | **106,6** | **84,9** | **59** |
| ****uC (°)** | **263,8** | **270,6** | **242,4** |

Tabulka 3: Přenos napětí pásmové propusti / zádrže

| ***f* (Hz)** | **10** | **20,03** | **50,39** | **100** | **200,3** | **503,9** | **1000** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***P*PP (dB** | **-27** | **-17,8** | **-8,7** | **-1** | **-6,2** | **-15,7** | **-21,9** |
| ***P*PZ (dB** | **0** | **-0,1** | **-0,7** | **-10,5** | **-1,4** | **-0,1** | **0** |

Tabulka 4: Fázový posuv signálů pásmové propusti / zádrže

| ***f* (Hz)** | **10** | **20,03** | **50,39** | **100** | **200,3** | **503,9** | **1000** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ****PP (°)** | **86,1** | **82** | **66,9** | **16,7** | **-58,2** | **-79,9** | **-85,1** |
| ****PZ (°)** | **-3,6** | **-7,4** | **-21,6** | **-60,8** | **29,4** | **9,5** | **4,6** |

## Výpočty a odvození

Zde proveďte kontrolní dosazení pro jeden z obvodů, zvolte některý z nich, zaškrtněte:

(SRO: ideální L i C…☑…; reálná L+ideální C…□…; Pásmová propust nebo zádrž…□…).

Odvození vzorce pro výstupní napětí: (Pásmová propust…☑… nebo zádrž…□…).

Kontrolní dosazení do odvozeného vzorce pro zvolený kmitočet: 10 (Hz); *U*1 = 1 V.

Proveďte pro tentýž kmitočet kontrolní výpočet napěťového přenosu v deciBelech:

Proveďte kontrolní dosazení do vztahu pro výpočet hodnot fázové charakteristiky:

Pro výše zvolený kmitočet vypočtěte hodnotu fázového posuvu:

Odvození vstupní impedance pásmové propusti / zádrže proveďte za předpokladu, že článek není na výstupu zatížen:

Kontrolní dosazení pro zvolený kmitočet: 30 (Hz)

## Tabulky vypočtených hodnot

Tabulka 5: Rezonanční kmitočty jednotlivých obvodů

|  |  |
| --- | --- |
| **RLC obvod pro měření** | ***f*rez (Hz)** |
| **Ideální prvky L, C** | **503,34** |
| **Reálná L, ideální C** | **50,33** |
| **Pásmová propust / zádrž** | **112,54** |

Tabulka 6: Vstupní impedance pásmových filtrů

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***f* (Hz)** | **10** | **20** | **50** | **100** | **200** | **500** | **1000** |
| **|*Z*vst| ()** | **8020,58** | **4104,54** | **1905,71** | **1424,09** | **1654,52** | **3300,75** | **6362,76** |

Tabulka 7: Přenos napětí pásmové propusti / zádrže

| ***f* (Hz)** | **10** | **20** | **50** | **100** | **200** | **500** | **1000** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***P*PP (dB** |  |  |  |  |  |  |  |
| ***P*PZ (dB** |  |  |  |  |  |  |  |

Tabulka 8: Fázový posuv signálů pásmové propusti / zádrže

| ***f* (Hz)** | **10** | **20** | **50** | **100** | **200** | **500** | **1000** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ****PP (°)** |  |  |  |  |  |  |  |
| ****PZ (°)** |  |  |  |  |  |  |  |

## Grafické závislosti

Do jednotlivých rastrů zaznamenejte změřené průběhy (prázdné rastry nahraďte těmi se změřenými daty), jednotlivým časovým průběhům, elipsám nebo fázorům přiřaďte význam. Dodejte data a legendu pro jednotlivé obrázky – legendu lze i jen textově, případně výřezem z dat exportovaných v grafické podobně, jako v případě dat.

Tabulka 9: Legenda k fázorovým diagramům, elipsám a časovým závislostem

|  |  |
| --- | --- |
| **Barva** | **Význam (Y-t, elipsy, fázory)** |
| **Žlutá** | **Rezistor R** |
| **Modrá** | **Cívka L** |
| **Zelená** | **Kondenzátor C** |

Tabulka 10: Legenda k frekvenčním charakteristikám

|  |  |
| --- | --- |
| **Barva** | **Význam (frekvenční charakteristiky)** |
| **Žlutá** | **Zeslabení |P|** |
| **Modrá** | **Odchýlení φ** |

### Fázové posuvy, časové průběhy a fázorové diagramy

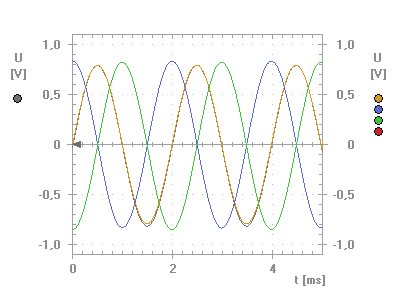
Poměry v prvním obvodu přibližně odpovídají ideálnímu RLC obvodu, neboť reaktance zařazené cívky je podstatně větší, než její ohmický odpor. Ten se díky tomu v podstatě neprojevuje.

Ve druhém obvodě má cívka menší reaktanci, takže se její ohmický odpor začíná významněji projevovat.

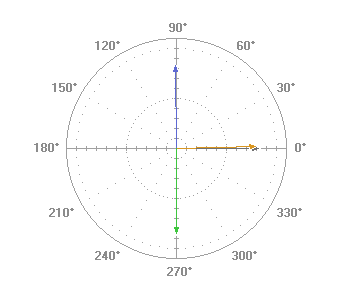
### RLC: cívku lze považovat za „ideální“, při rezonančním kmitočtu



Obrázek 7: Elipsa pro určování fázového posuvu



Obrázek 8: Časové průběhy

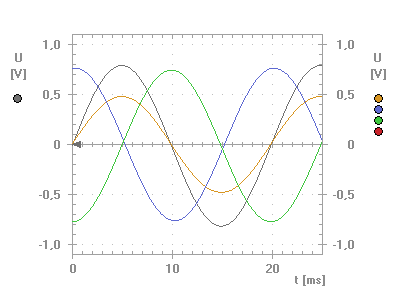


Obrázek 9: Fázorový diagram

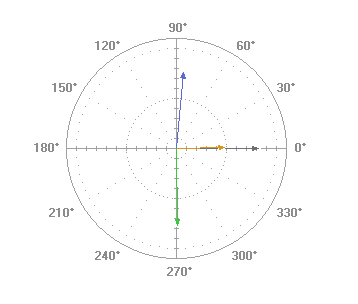
### RLC: cívku nelze považovat za ideální, při rezonančním kmitočtu



Obrázek 10: Elipsa pro určování fázového posuvu

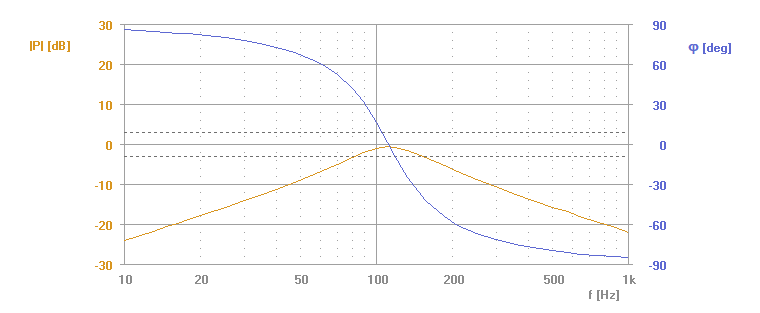


Obrázek 11: Časové průběhy

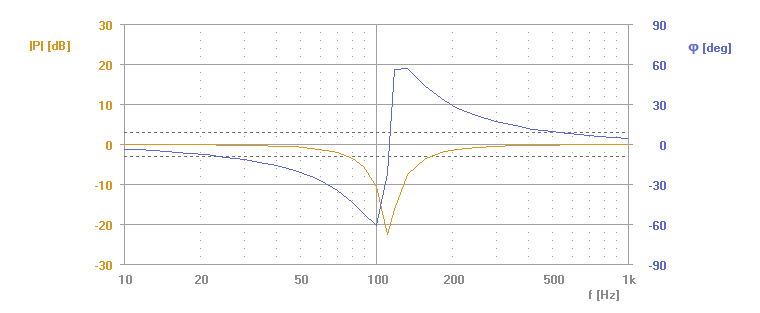


Obrázek 12: Fázorový diagram

### Frekvenční charakteristiky (amplitudová, fázová)

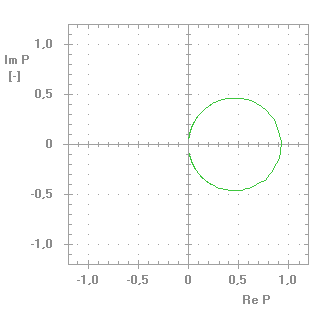


Obrázek 13: Pásmová propust

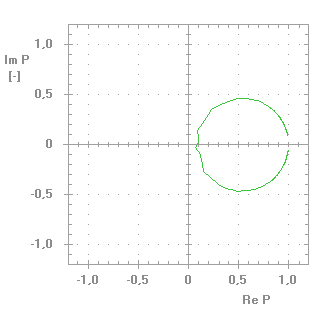


Obrázek 14: Pásmová zádrž

### Frekvenční charakteristiky (v komplexní rovině)



Obrázek 15: Pásmová propust



Obrázek 16: Pásmová zádrž

## Odpovědi na otázky

1. Pro zjednodušení počítání, neboť fázory redukují počet proměnných v rovnicích a transformují diferenciální rovnice na algebraické. Komplexní čísla usnadňují práci s fázovými posuny a amplitudami střídavých veličin.
2. Sériový rezonanční obvod má maximální proud a minimální impedanci při rezonanci, zatímco paralelní rezonanční obvod má minimální proud a maximální impedanci. U PRO napětí na kondenzátoru a cívce je při rezonanci stejné, ale má opačnou fázi a fázový posuv je 0 °. SRO má fázi posunutou o 90 °.
3. Rezonanční obvody se používají v anténách pro vysílání a příjem radiových vln; zesilovačích; měřičích impedance; magnetron v mikrovlnné troubě; pásmové propusti aj.
4. Vedení cívky a kondenzátoru nemají nulový odpor, který způsobuje ztráty energie ve formě tepla.
5. Kmitoměr používající k měření kmitočtu pohyblivou cívku v magnetickém poli. Nepřímo osciloskopem změříme průběh signálu v čase, kmitočet získáme z výsledné periody. Nepřímo frekvenčním čítačem, který počítá počet impulsů signálu za určitý časový interval; kmitočet se vypočítá podílem počtu impulsů a časového intervalu.
6. Odpor: Frekvenční charakteristika odporu je konstantní, tj. nezávisí na frekvenci. Fázový posun mezi napětím a proudem je nulový.; Kondenzátor: Frekvenční charakteristika impedance kondenzátoru je klesající funkce frekvence. Fázový posun mezi napětím a proudem se blíží 90 ° pro vysoké frekvence.; Cívka: Frekvenční charakteristika impedance cívky je rostoucí funkce frekvence. Fázový posun mezi napětím a proudem se blíží 90 ° pro nízké frekvence.; Resonanční obvod: Frekvenční charakteristika impedance rezonančního obvodu má v rezonanční frekvenci ostrý vrchol. V rezonanční frekvenci je fázový posun mezi napětím a proudem nulový.
7. kde je mezní kmitočet; je úhlová rychlost a je kapacita kondenzátoru propusti.

## Závěr

Grafy ukazují typické chování sériového rezonančního obvodu – napětí UL UC byly od UR posunuty o ±90 ° a UL UC dosahovaly stejných hodnot s fázovým posunem 180 ° od sebe. Při resonančním kmitočtu byl fázový posun u filtrů nulový.

## Informační prameny použité pro zpracování protokolu

1. https://www.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-natural-and-forced-response/a/ee-rlc-natural-response-intuition
2. https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter\_1.html
3. https://adamfaliq.com/cs/amplituda-vzorec/#Amplituda\_Vzorec
4. https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analyza-a-modelovani-dynamickych-biologickych-dat--signaly-a-linearni-systemy--matematicky-popis-systemu-pracujicich-ve-spojitem-case--4-vnejsi-vstupni-vystupni-popis-pokracovani--4-3-frekvencni-prenosova-funkce-a-frekvencni-charakteristiky
5. https://cs.lamscience.com/how-calculate-phase-shift#menu-4
6. https://www.wikiskripta.eu/w/Elektrick%C3%A1\_impedance
7. Sešit základů elektrotechniky z druhého ročníku
8. http://home.zcu.cz/~lsroubov/UE/UE\_10\_symbolicko\_komplexni\_zobrazeni\_metoda\_smyck\_proudu\_a\_uzlovych\_napeti.pdf
9. https://vyuka.hradebni.cz/file.php/282/Elektronika\_ucni/9-Rezonancni\_obvody.pdf
10. http://www.dubno.cz/images/stories/dum/2.sablona/05/pdf/VY\_32\_INOVACE\_ENI\_3.ME\_06\_Pou%C5%BEit%C3%AD%20rezonan%C4%8Dn%C3%ADch%20obvod%C5%AF.pdf
11. http://www.sotovo.cz/str/elm.php?id=40

|  |  |
| --- | --- |
| **Datum vypracování:** | **6. dubna 2024** |
| **Čestné prohlášení:** | **Prohlašuji, že jsem protokol zpracoval samostatně, veškeré použité prameny jsem uvedl ve stati „Informační prameny použité pro zpracování protokolu“.** |
| **Podpis studenta:** |

## Použité přístroje

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Přístroj*** | ***Typ*** | ***Výrobní číslo*** | ***Inventární číslo*** | ***Poznámka*** |
| Moduly | Module Board |  | DMH EL 16 |  |
|  | Function Generator |  | DMH EL 16 |  |
|  | Component Board |  | DMH EL 16 |  |
|  | C set |  | DMH EL 16 |  |
|  | L Set |  | DMH EL 12 |  |
|  | R Decade 1 |  |  | Inv.č. nebylo uvedeno |
|  | Analog&Digital Data Unit |  | DMH EL 13 |  |
| Prvky | R 0 (propojky) |  |  | Součástí stavebnice |
|  | R 1 K |  |  | Součástí stavebnice |
|  | R 2K |  |  | Součástí stavebnice |
|  | C 100 n |  |  | Součástí stavebnice |
| Kabely |  |  |  | Součástí stavebnice |
| PC |  |  |  |  |

## Hodnocení

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Etapa hodnocení úlohy*** | ***Bodovaná část*** | ***Maximální počet bodů*** | ***Získané body*** |
| Samostatná příprava | Ústní přezkoušení z měřené problematiky[[1]](#footnote-2) | 10 |  |
| Měření v laboratoři | Zapojování schémat, průběh měření | 5 |  |
| Konzultace | Nepovinná, proběhla dne:……………….[[2]](#footnote-3) | 5 |  |
| Zpracování protokolu | Úpravnost, struktura protokolu | 5 |  |
| Výpočty (dosazení, výsledky, jednotky) | 5 |  |
| Tabulky | 5 |  |
| Grafy (popis os, měřítko, vlastní graf) | 15 |  |
| Odpovědi na otázky | 10 |  |
| Závěr | 10 |  |
|  | Obhajoba[[3]](#footnote-4) | 30 |  |
| ***Celkové hodnocení*** | ***protokolu o laboratorním cvičení*** | ***100*** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| ***Přiřazení klasifikace*** | |
| ***Počet získaných bodů*** | ***Hodnocení***[[4]](#footnote-5) |
| ***řádný termín*** |  |
| 0 až 49 | 5 |
| 50 až 60 | 4 |
| 61 až 70 | 3 |
| 71 až 85 | 2 |
| 86 až 100 | 1 |
| ***Uzavření klasifikace protokolu dne: ……………………… Podpis: ………………………*** | |

## Poznámky

### Chování lineárních prvků

* Rezistor: Jeho odpor zůstává konstantní při všech frekvencích, což znamená, že jak amplituda, tak fáze harmonického signálu, který prochází rezistorem, zůstávají neměnné.
* Kondenzátor: Jeho impedance je nepřímo úměrná frekvenci, což znamená, že s rostoucí frekvencí se amplituda harmonického signálu procházejícího kondenzátorem snižuje a fáze se posouvá o 90 °.
* Cívka: Její impedance je přímo úměrná frekvenci, což znamená, že s rostoucí frekvencí se amplituda harmonického signálu procházejícího cívkou zvyšuje a fáze se posouvá o -90 °.

### Frekvenční charakteristiky

Reakce obvodu na signály s různými frekvencemi.

* Amplitudová charakteristika
  + pomáhá při ladění obvodů na požadovanou frekvenci (filtry), kontrole stability obvodu
  + tvary se mění v závislosti na součástkách
    - plochý tvar – amplituda výstupního signálu je v určitém frekvenčním rozsahu konstantní; obvod funguje jako zesilovač s jednotkovým zesílením
    - vrcholový tvar – amplituda výstupního signálu dosáhla maximální (resonanční) frekvence; obvod funguje jako filtr signálů kolem dané frekvence
    - klesající tvar – amplituda s rostoucí frekvencí klesá; filtr dolní propust
    - rostoucí tvar – amplituda s rostoucí frekvencí roste; filtr horní proust
  + lze získat měřením pomocí osciloskopu a generátoru signálů, kdy se amplituda měří při různých frekvencích; nebo teoretickým výpočtem pokud známe úhlovou frekvenci, čas a fázový rozdíl
* Fázová charakteristika
  + O kolik stupňů je výstupní signál v obvodu fázově posunutý vzhledem ke vstupnímu signálu pro různé frekvence
  + Lineární nebo nelineární průběh v závislosti na typu obvodu a jeho součástách
    - nulový posuv - výstupní signál není fázově posunutý vůči vstupnímu signálu pro žádné frekvence; typické pro rezistory
    - rostoucí přímka – fázový posuv s rostoucí frekvencí lineárně roste a s tím i zpoždění signálu; obvod funguje jako interátor
    - klesající přímka - fázový posuv s rostoucí frekvencí lineárně klesá a s tím i zpoždění signálu; obvod funguje jako derivátor
    - nelinerární průběh – většinou obvody obsahující kondenzátor a cívku; např. fázový posuv u resonanční frekvence prudce roste či klesá
  + k ladění oscilátorů nebo návrhu filtrů s fázově lineární charakteristikou
  + lze získat měřením osciloskopem a dvoukanálovým generátorem signálů nebo výpočtem kde pr je fázový posun v radiánech, td je časový rozdíl mezi vlnami a p je perioda trvání jednoho cyklu
* Impedanční charakteristika
  + jak obvod reaguje na střídavé signály s různými frekvencemi z hlediska impedance
  + posuzuje, zda je obvod pro určitou frekvenci z hledání impedance zdrojem nebo zda je spíše útlumovým prvkem
  + tvary v závislosti na typu obvodu a jeho součástek
    - Impedance rezistoru je nezávislá na frekvenci (konstantní) a je zobrazena jako přímka rovnoběžná s osou X
    - Impedance kondenzátoru klesá s rostoucí frekvencí; charakteristika má tvar klesající přímky
    - Impedance cívky roste s rostoucí frekvencí; charakteristika má tvar rostoucí přímky
    - Rezonanční obvodu – kolem rezonanční frekvence dochází k prudké změně impedance; charakteristika má v tomto bodě tvar písmene "U"
  + charakteristika se získává analyzátorem impedance nebo LCR měřičem, popřípadě se dá vypočítat v některý případech jako Ohmův zákon.
* Admitanční charakteristika
  + je úzce spojena s impedanční charakteristikou vztahem kdy Z je v Ohmech a Y v Simensech
  + inverzní k tvaru impedanční charakteristiky; pokud impedance klesá s rostoucí frekvencí, admitance bude naopak růst
  + při práci s paralelně zapojenými prvky je lepší pracovat s admitancí

### Odvození mezního kmitočtu RC článku (dolní /horní propust)

kde Z (Ω) je impedance a XC (Ω) je kapacitní reaktance

Vzorec kap. reaktance kde f (Hz) je frekvence a C (F) je kapacita; lze zkrátit do ω; takže

## Záznam naměřených hodnot

|  |  |
| --- | --- |
| **Úloha:** | Sériový rezonanční obvod |
| **Datum měření:** | **Příjmení a jméno studenta:** |

Tabulka 11: RLC obvod - případ, kdy lze cívku i kondenzátor považovat za ideální

| ***f* (Hz)** | **400** |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **|*U*R| (V)** |  |  |  |
| **|*U*L| (V)** |  |  |  |
| **|*U*C| (V)** |  |  |  |
| ****uR (°)** |  |  |  |
| ****uL (°)** |  |  |  |
| ****uC (°)** |  |  |  |

Tabulka 12: RLC obvod - případ, kdy nelze cívku považovat za ideální, kondenzátor lze považovat za ideální

| ***f* (Hz)** | **40** |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **|*U*R| (V)** |  |  |  |
| **|*U*L| (V)** |  |  |  |
| **|*U*C| (V)** |  |  |  |
| ****uR (°)** |  |  |  |
| ****uL (°)** |  |  |  |
| ****uC (°)** |  |  |  |

Tabulka 13: Přenos napětí pásmové propusti / zádrže

| ***f* (Hz)** |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***P*PP (dB** |  |  |  |  |  |  |  |
| ***P*PZ (dB** |  |  |  |  |  |  |  |

Tabulka 14: Fázový posuv signálů pásmové propusti / zádrže

| ***f* (Hz)** |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ****PP (°)** |  |  |  |  |  |  |  |
| ****PZ (°)** |  |  |  |  |  |  |  |

Datum měření:……………..............................Termín: řádný – náhradní (důvod:……………………………………)[[5]](#footnote-6)

### Použité pomůcky

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Přístroj*** | ***Typ*** | ***Výrobní číslo*** | ***Inventární číslo*** | ***Poznámka*** |
| Moduly | Module Board |  |  |  |
|  | Function Generator |  |  |  |
|  | Component Board |  |  |  |
|  | C set |  |  |  |
|  | L Set |  |  |  |
|  | R Decade 1 |  |  |  |
|  | Analog&Digital Data Unit |  |  |  |
| Prvky | R 0 (propojky) |  |  |  |
|  | R 1 K |  |  |  |
|  | R 2K |  |  |  |
|  | C 100 n |  |  |  |
| Kabely |  |  |  |  |
| PC |  |  |  |  |

### Poznámky

### Verifikace

Podpis vyučujícího:………………………………………………………………………………………………………………………………

1. Ústní přezkoušení prověřuje připravenost studenta. Nepřipravený student získá 0 bodů, obdrží náhradní práci, laboratorní úlohu měří po dohodě s vyučujícím v náhradním termínu. Pro náhradní termíny zůstává bodový stav 0, připravenost je již jen podmínkou k připuštění studenta k vlastnímu měření. Termín pro odevzdání protokolu se počítá od řádného termínu laboratorního cvičení. [↑](#footnote-ref-2)
2. Údaj v kolonce získané body platí pouze s vyplněním data, kdy konzultace proběhla, vyučující potvrdil konzultaci svým podpisem. [↑](#footnote-ref-3)
3. Obhajoba je ústní (s přípravou) nebo písemná, povinná. Student, který neprokáže znalost problematiky, nezískává žádné body, úloha je v takovém případě hodnocena **NEDOSTATEČNĚ!** [↑](#footnote-ref-4)
4. V případě neuzavření klasifikace protokolu v řádném termínu je postupováno dle pravidel pro odevzdávání protokolů, jejichž znalost student potvrdil svým podpisem. [↑](#footnote-ref-5)
5. Nehodící se škrtněte! [↑](#footnote-ref-6)