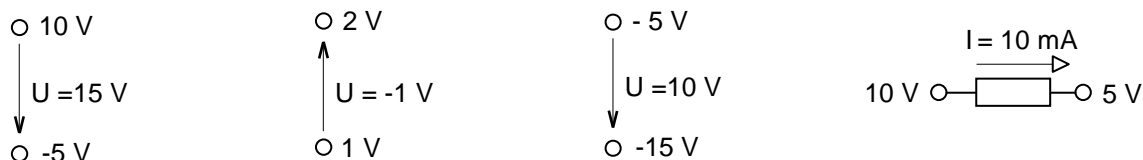


1 Elektronické obvody

Veškerá elektronická zařízení se skládají z jednodušších **elektronických obvodů**. Ty se potom skládají z navzájem propojených **elektronických součástek**. Napětí, zapojená v obvodu a proudy, procházející obvodem jsou **obvodové veličiny**.

1.1.1 Orientace a velikost obvodových veličin

K určení obvodových veličin proudu a napětí musíme znát nejen jejich velikost, ale u stejnosměrného napětí jeho polaritu a u stejnosměrného proudu jeho směr. Znaménko u napětí U je kladné, když šipka (otevřená) směřuje od bodu s vyšším potenciálem k bodu s potenciálem nižším. Znaménko hodnoty

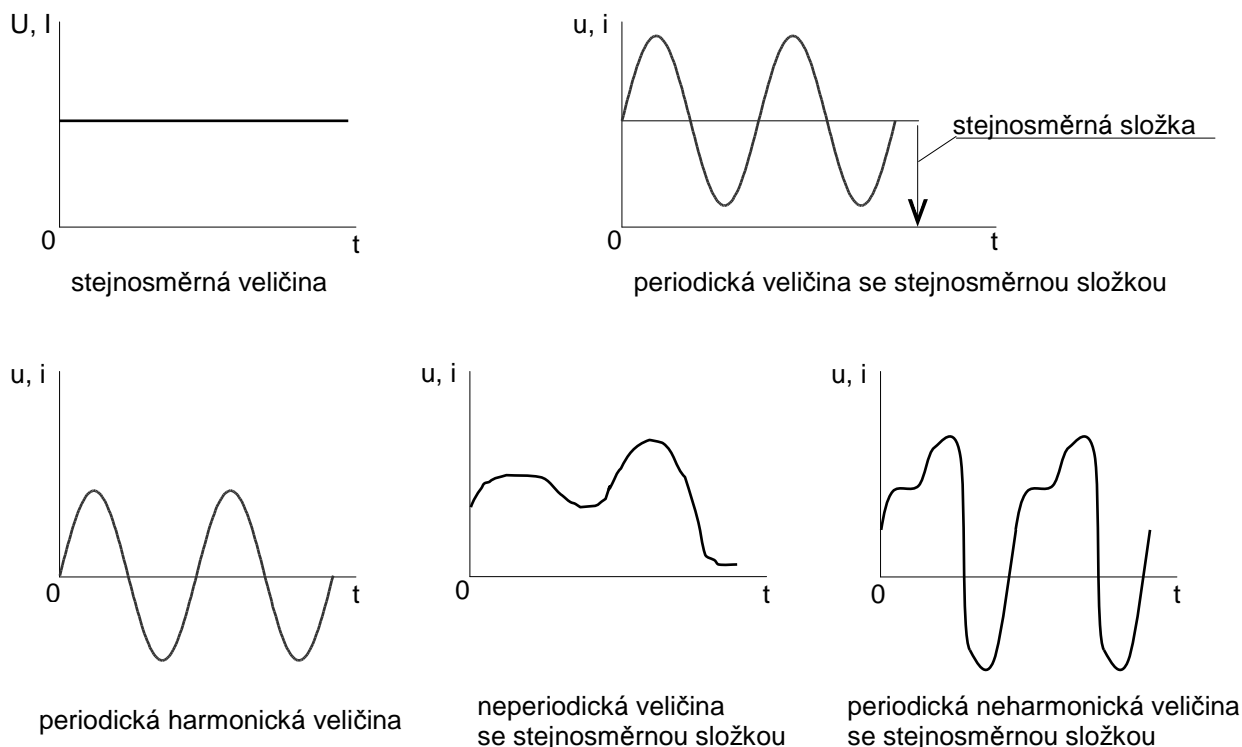


Obr. 1.1 Orientace obvodových veličin

proudu je kladné, jestliže směr šipky (uzavřené) souhlasí se směrem proudu. V opačných případech budou znaménka záporná. Příklady jsou na obr. 1.1.

1.1.2 Časový průběh obvodových veličin

Napětí a proud v obvodu mohou být neproměnné – stejnosměrné (budeme je značit velkými písmeny), nebo mohou svoji velikost, smysl nebo obojí měnit – veličiny časově proměnné (budeme je značit stejnosměrnou. U sinusového průběhu určujeme hodnotu špička – špička, maximální, efektivní (má stejné tepelné účinky jako stejná hodnota stejnosměrná) a střední (má stejné chemické účinky jako hodnota stejnosměrná).



Obr. 1.2 Průběhy obvodových veličin

1.2 Obvodové součástky

Jsou dále nedělitelné části elektronického obvodu. Jednotlivým součástkám – odporům, kondenzátorům, diodám, tranzistorům atd. se říká součástky diskrétní.

1.2.1 Rozdělení elektronických součástek

Podle funkce v elektronickém obvodu je dělíme na pasivní, aktivní a konstrukční. Podle chování v obvodu s časově proměnnými veličinami (napětím a proudem) na součástky lineární a nelineární a na kmitočtově nezávislé (odporové) a kmitočtově závislé (reaktanční).

1.2.1.1 Pasivní součástky

Mají stálé elektrické vlastnosti a za žádných okolností se nechovají jako zdroje. Jsou to např. rezistory, kondenzátory, pojistky, potenciometry atd.

Součástky se vyrábějí v řadách hodnot. Pro elektroniku se používají řady s označením E a to E6, E12, E24, E48, E96 a E192. Řada E6 má šest hodnot na dekádu, E12 dvanáct hodnot na dekádu atd. Těmto řadám se také říká procentní řady podle dovolené tolerance (odchyly) v %. Hodnota na součástce je vyznačena číslicemi a písmeny nebo čárovým kódem.

1.2.1.2 Aktivní součástky.

Jsou to součástky, jejichž elektrické vlastnosti jsou proměnné a říditelné (změnou napětí nebo proudu přivedeného na jejich vývody) a v obvodu se chovají (nebo se za určitých podmínek mohou chovat) jako zdroje elektrické energie. Jsou to např. elektronky, tranzistory, integrované obvody (IO), fotodiody, spínací prvky atd.

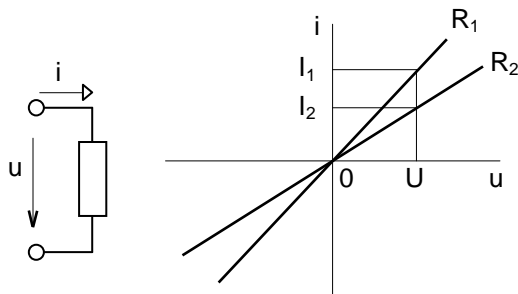
1.2.1.3 Konstrukční součástky

Uplatňují se v konstrukčním řešení elektronických přístrojů. Mohou mít funkce mechanické – skříně, kostry, panely, převody, ovládací knoflíky atd. nebo elektromechanické – spínače, přepínače, desky plošných spojů, konektory atd. a nebo elektromechanických nebo elektroakustických měničů – relé, motory, reproduktory, mikrofony atd.

1.2.1.4 Lineární součástky

Průběh voltampérové charakteristiky mají lineární, to znamená, že grafem závislosti proudu na napětí je přímka. Jsou to odpory, kondenzátory a cívky. Jejich základní parametry, tj. odpor, kapacita a indukčnost nezávisí na připojeném napětí a procházejícím proudu a jsou konstantní. Platí pro ně Ohmův zákon.

a) Lineární součástky, kmitočtově nezávislé



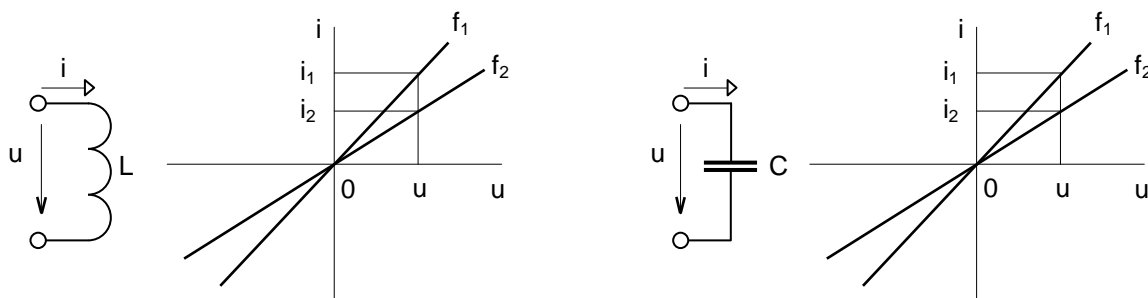
Obr. 1.3 VA charakteristiky odporu

Hodnota jejich odporu se nemění, je stejná pro proud stejnosměrný i střídavý. Lineární součástky, kmitočtově nezávislé jsou rezistory – odpory. Na obr. 1.3 jsou nakresleny VA charakteristiky dvou odporů různých hodnot. Určete, který má větší hodnotu!

Frekvenční nezávislost odporů platí pouze „do jisté míry“. Pro vysoké kmitočty se nedají použít odpory drátové ani odpory s vybroušenou drážkou.

b) Lineární součástky, kmitočtově závislé

Lineární součástky, kmitočtově závislé jsou kondenzátory a cívky. Velikost jejich odporu – reaktance X , je závislá na kmitočtu a při stálém kmitočtu je konstantní. Jejich VA charakteristiky při dvou různých kmitočtech jsou nakresleny na obr. 1.4. Určete, který kmitočet je větší.



Obr. 1.4 VA charakteristiky cívky a kondenzátoru při dvou různých kmitočtech

1.2.1.5 Nelineární součástky

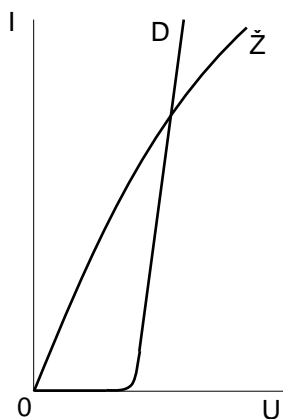
Jejich voltampérová charakteristika je zakřivená, jejich odpor se mění vlivem změny připojeného napětí a procházejícího proudu. Jsou to např. žárovky, diody, tranzistory atd. VA charakteristiky žárovky a polovodičové usměrňovací diody jsou na obr. 1. 5.

Poměry, za kterých je součástka provozována v elektrickém obvodu, označujeme jako pracovní bod. Je určen velikostí napětí a proudu na VA charakteristice. Jejich poměr udává **statický odpor**

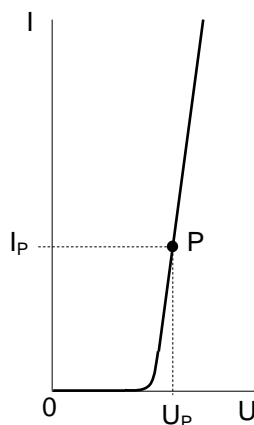
součástky v pracovním bodě P. (Obr.1.6)
$$R_s = \frac{U_P}{I_P}$$

Dynamický odpor je poměr změny napětí ΔU ku změně proudu ΔI , který změna napětí vyvolá.

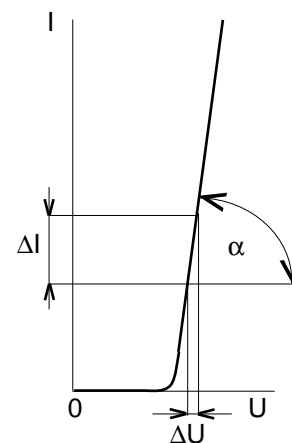
Vypovídá o strmosti VA charakteristiky. (Obr. 1.7)
$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \cotg \alpha$$



Obr. 1.5 Nelineární VA charakteristiky



Obr. 1.6 Statický odpor



Obr. 1.7 Dynamický odpor

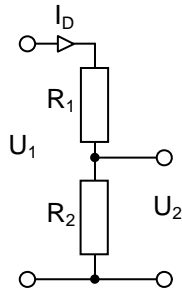
1.3 Jednoduché elektrické obvody

Jsou to především děliče napětí, kterými se upravuje velikost napětí na požadovanou hodnotu. Velmi důležitými obvody jsou rezonanční obvody.

1.3.1 Lineární, kmitočtově nezávislé děliče napětí

Slouží ke zmenšení napětí. Jejich dělicí poměr je konstantní. Např. při zvětšení vstupního napětí na dvojnásobek se i výstupní napětí dvakrát zvětší.

1.3.1.1 Nezatížený odporový dělič



Obr. 1.8 Nezatížený odporový dělič

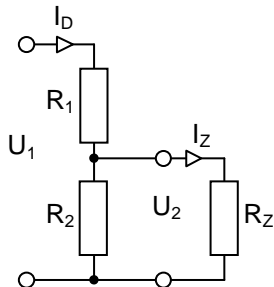
Jeho zapojení je na obr. 1.8. Vstupní napětí je U_1 , výstupní napětí je U_2 . Děličem protéká proud I_D . Dělicí poměr děliče, nazývaný také přenos, je poměr výstupního napětí ku

$$\text{vstupnímu } \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_D \cdot R_2}{I_D \cdot (R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Výstupní napětí } U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Nezatížený odporový dělič je kmitočtově nezávislý, dělicí poměr je stejný při napětí stejnosměrném i střídavém.

1.3.1.2 Zatížený odporový dělič



Obr. 1.9 Zatížený odporový dělič

Jeho zapojení je na obr. 1.9.

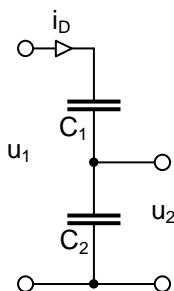
a) Při známých hodnotách R_1 , R_2 i R_Z nejdříve vypočítáme hodnotu odporu R_P jako paralelní kombinaci odporů R_2 a R_Z . Další řešení je stejné jako u nezatíženého děliče.

$$\text{Výstupní napětí } U_2 = U_1 \cdot \frac{R_P}{R_1 + R_P}$$

b) Při požadované velikosti výstupního napětí U_2 a proudu do zátěže I_Z použijeme k výpočtu hodnot odporů děliče Théveninovu větu.

Zatížený odporový dělič je kmitočtově nezávislý, dělicí poměr je stejný při napětí stejnosměrném i střídavém.

1.3.1.3 Kapacitní dělič



Obr. 1.10 Kapacitní dělič

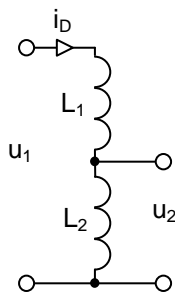
Jeho zapojení je na obr. 1.10.

$$\text{Dělicí poměr } \frac{u_2}{u_1} = \frac{i_D \cdot X_{C_2}}{i_D \cdot (X_{C_1} + X_{C_2})} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$\text{Výstupní napětí } u_2 = u_1 \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

Kapacitní dělič je dělič lineární, **kmitočtově nezávislý**.

1.3.1.4 Induktivní dělič



Obr.1.11 Induktivní dělič

Jeho zapojení je na obr. 1.11.

$$\text{Dělicí poměr } \frac{u_2}{u_1} = \frac{i_D \cdot X_{L_2}}{i_D \cdot (X_{L_1} + X_{L_2})} = \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

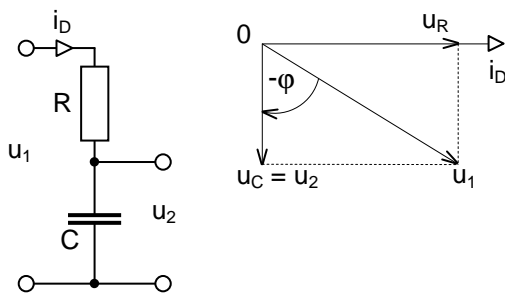
$$\text{Výstupní napětí } u_2 = u_1 \cdot \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

Induktivní dělič je dělič lineární, **kmitočtově nezávislý**.

1.3.2 Lineární, kmitočtově závislé děliče napětí

Dají se sestavit ze členů RC a LR a přitom jejich vlastnosti mohou být stejné, ale zapojení jsou potom rozdílná (tzv. duální obvody). Každý zkušenější konstruktér se vinutým součástkám (cívkám, transformátorům) pokud možno vyhýbá, protože nejsou běžně vyráběny v řadách hodnot jako kondenzátory a navíc jsou dražší. Proto se převážně používají zapojení se členy RC.

1.3.2.1 Integrační článek



Obr. 1.12 Integrační článek

Zapojení integračního článku a jeho fázorový diagram jsou na obr. 1.12.

$$\text{Dělicí poměr } \frac{u_2}{u_1} = \frac{i_D \cdot X_C}{i_D \cdot Z} = \frac{X_C}{Z} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

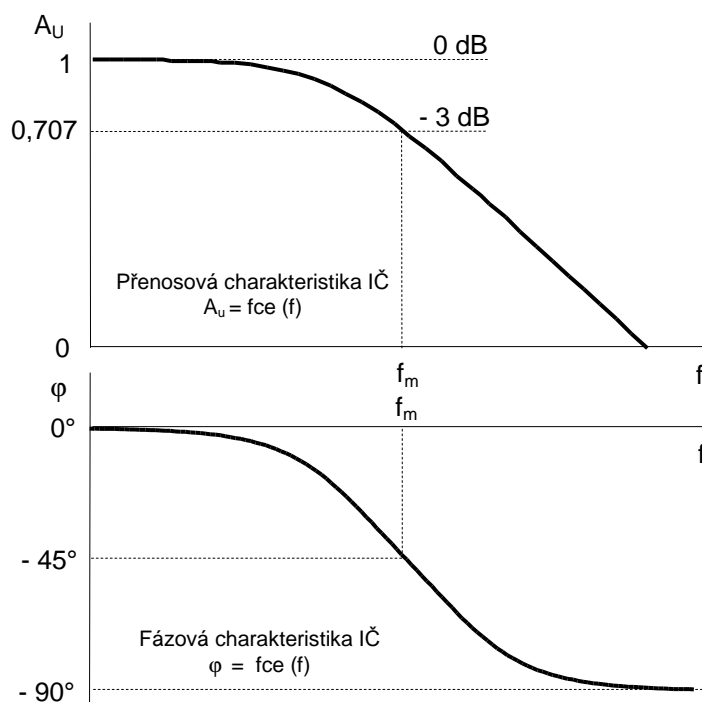
$$\text{Výstupní napětí } u_2 = u_1 \cdot \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

Integrační článek (dále IČ) je dělič lineární, **kmitočtově závislý**. Při zvětšujícím se kmitočtu reaktance kondenzátoru klesá rychleji než impedance Z a tím se výstupní napětí u_2 zmenšuje. IČ pracuje jako dolnofrekvenční propust. Na mezním kmitočtu f_m se hodnota odporu R rovná reaktanci

kondenzátoru X_C (odtud $f_m = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$) a výstupní napětí

$$u_2 = u_1 \cdot \frac{X_C}{\sqrt{X_C^2 + X_C^2}} = u_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707u_1 \text{ což je pokles přenosu } \frac{u_2}{u_1} \text{ o } -3 \text{ dB.}$$

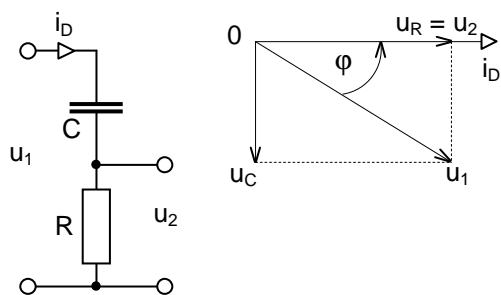
Přenosová charakteristika IČ na obr. 1.13 nahoře má sklon -6 dB/okt. (oktáva je změna kmitočtu dvakrát) nebo -20 dB/dek. (dekáda je změna kmitočtu desetkrát).



Obr. 1.13 Kmitočtové charakteristiky IČ

S přenosovou charakteristikou souvisí fázová charakteristika na obr. 1.13 dole. Na mezním kmitočtu je fázový posuv mezi vstupním a výstupním napětím -45° , jak také vyplývá z fázorového diagramu. Stejně vlastnosti jako IČ tvořený obvodem RC vykazuje zapojení, ve kterém místo odporu R je zapojena cívka a místo kondenzátoru C je zapojen odpor.

1.3.2.2 Derivační článek



Obr. 1.14 Derivační článek

Zapojení (obr. 1.14) derivačního článku (dále DČ) a jeho vlastnosti jsou opačné než u IČ.

Dělicí poměr

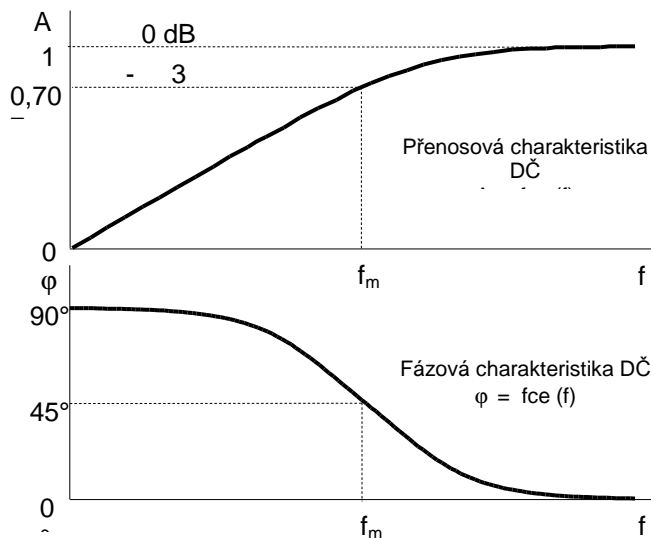
$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{i_D \cdot R}{i_D \cdot \sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$$\text{Výstupní napětí } u_2 = u_1 \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

Na mezním kmitočtu, na kterém se $R = X_C$ nastane pokles přenosu o -3 dB, obdobně jako u IČ. Také DČ je dělič lineární, **kmitočtově závislý**.

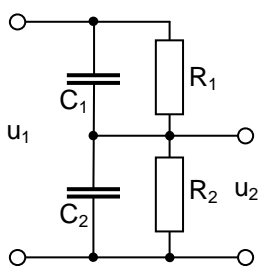
DČ je hornofrekvenční propustí a jeho přenosová charakteristika je nakreslena na obr. 1.15 nahoře. Vrstává se sklonem 6 dB/okt. (tj. 20 dB/dek.).

S přenosovou charakteristikou souvisí fázová charakteristika na obr. 1.15 dole. Na mezním kmitočtu je fázový posuv mezi vstupním a výstupním napětím 45° , jak vyplývá z fázorového diagramu.



Obr. 1.15 Kmitočtové charakteristiky

1.3.2.3 Lineární, kmitočtově kompenzovaný dělič napětí



Obr. 1.16 Kompenzovaný dělič

kompenzace

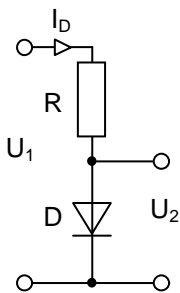
Zesilovač má vstupní odpor (R_2) a vstupní kapacitu (C_2). Chceme-li na vstupu zesilovače vytvořit dělič, např. ve voltmetrech nebo osciloskopech, který má být kmitočtově nezávislý, musí se vstupní kapacita vykompenzovat další kapacitou (C_1) a vytvořit tak dva děliče a to odporový a kapacitní, které jsou kmitočtově nezávislé. Podmínkou kmitočtové nezávislosti kompenzovaného děliče jsou stejné dělicí poměry obou děličů. Oba byly odvozeny, takže musí platit, že:

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

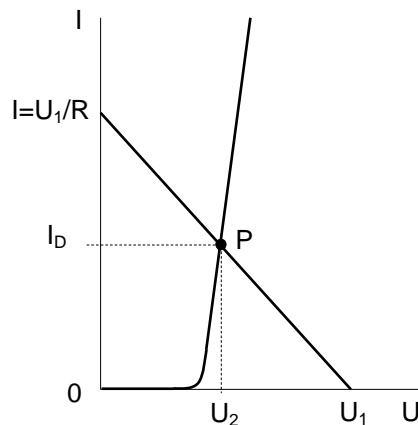
a úpravou dostaneme podmínku

$$R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2$$

1.3.3 Nelineární dělič napětí



Obr. 1.17 Nelineární dělič



Obr. 1.18 Grafické řešení

Jestliže vstupní napětí lineárního děliče např. zvětšíme dvakrát, také výstupní napětí se zvětší na dvojnásobek, protože jeho dělicí poměr je konstantní. To neplatí u nelineárních děličů. Ty jsou tvořeny jednou součástí lineární a jednou nelineární, např. žárovkou, diodou, tranzistorem atd., nebo jsou obě součástky nelineární. Na obr. 1.17 je nelineární dělič napětí, tvořený odporem R a usměrňovací diodou D , zapojenou v propustném směru. Matematické řešení

nelineárního děliče je obtížné a proto se používá řešení grafické, znázorněné na obr. 1.18. Postupujeme při něm tak, že zakreslíme zatěžovací přímkou odporu R. Jeden její bod je určen velikostí vstupního napětí U_1 a druhým bodem je velikost proudu $I = U_1/R$. Průsečík zatěžovací přímky s VA charakteristikou diody je pracovním bodem děliče P, který určuje velikost I_D a hlavně velikost výstupního napětí U_2 . Jak se změní velikost výstupního napětí U_2 při změně vstupního napětí U_1 ukazují obr. 2.13 a 2.14. Nelineárními děliči jsou např. parametrické stabilizátory a zesilovače.

1.4 Jednobrany a jejich spojování

Obvodové součástky R, L, C, diody mají dva póly a proto se nazývají dvojpóly. Dva póly tvoří jednu bránu a proto se tyto součástky také nazývají jednobrany.

Při jejich sériovém zapojení je společný proud a výsledné napětí je dáno součtem dílčích napětí na jednotlivých jednobranech.

Při paralelním zapojení je na všech jednobranech stejné napětí, celkový proud tekoucí obvodem je dán součtem dílčích proudů, tekoucích jednotlivými jednobranech.

U lineárních jednobranů se výsledná hodnota proudu nebo napětí dá jednoduše vypočítat.

Při spojování lineárních a nelineárních jednobranů nebo jenom nelineárních jednobranů je matematické řešení obtížné a jednodušší je řešení grafické. Při sériovém zapojení se sečtou graficky napětí, při paralelním spojení proudy.

1.5 Rezonanční obvody

Jsou tvořeny sériovým nebo paralelním zapojením cívky a kondenzátoru a ztrátovým odporem obvodu.

1.5.1 Sériový rezonanční obvod

Zapojení sériového rezonančního obvodu a jeho fázorové diagramy jsou na obr. 1.19. Je to sériové zapojení kondenzátoru C, cívky L spolu s jejím ztrátovým odporem R_s . Při rezonanci je reaktance cívky rovna reaktanci kondenzátoru, napětí na kondenzátoru je rovné napětí na cívce (má ale opačnou fázi) a tato napětí jsou Q krát větší než vstupní napětí u (Q je jakost rezonančního obvodu).

Platí, že $u_L = Q \cdot u = u_C$

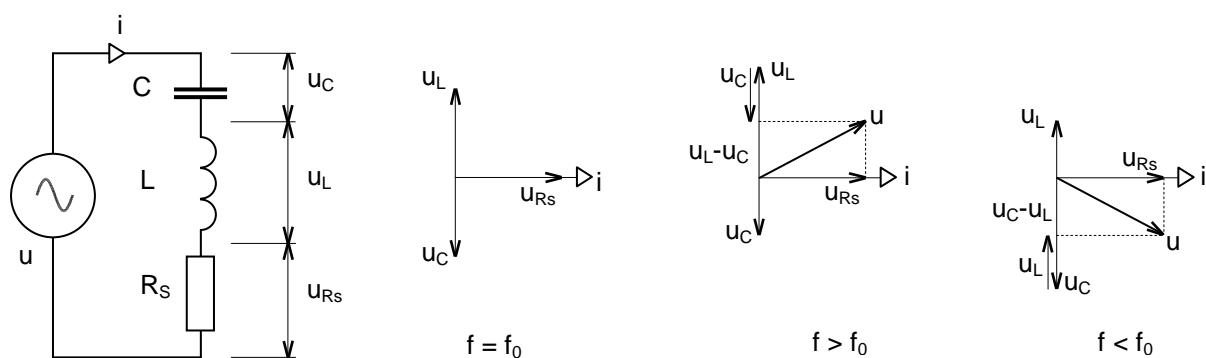
$$Q = \frac{u_C}{u} = \frac{i \cdot X_C}{i \cdot Z_0} = \frac{\omega_0 \cdot C}{R_s} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C \cdot R_s}$$

$$Q = \frac{u_L}{u} = \frac{i \cdot X_L}{i \cdot Z_0} = \frac{\omega_0 \cdot L}{R_s} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L}{R_s}$$

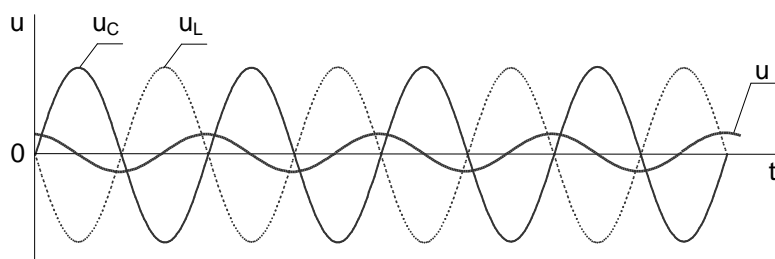
Vynásobením obou rovnic dostaneme

$$Q^2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C \cdot R_s} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L}{R_s} = \frac{L}{C \cdot R_s^2}$$

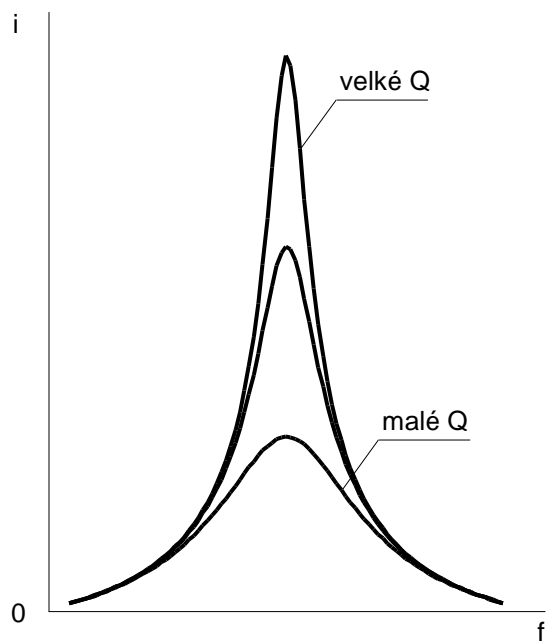
a z toho odmocněním dostaneme důležitý vztah pro určení Q: $Q = \frac{1}{R_s} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$



Obr. 1.19 Sériový rezonanční obvod



Obr. 1.21. Průběhy napětí na SRO



Obr. 1.22 Křivky SRO s různým Q

Rezonanční kmitočet sériového (dále SRO) i paralelního (dále PRO) rezonančního obvodu f_0 se odvodí z rovnosti reaktancí cívky a kondenzátoru při rezonanci $X_C = X_L$. Dosazením do rovnice a výpočtem dostaneme tzv. Thomsonův vztah pro určení f_0

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C} = 2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

SRO se při rezonanci chová jako čistě ohmický odpor o velikosti rovné velikosti odporu R_s . Jeho impedance $Z_0 = R_s$. Při frekvenci $f > f_0$ převládá induktivní charakter, při $f < f_0$ převládá kapacitní charakter.

Mimo rezonanci je impedance $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.

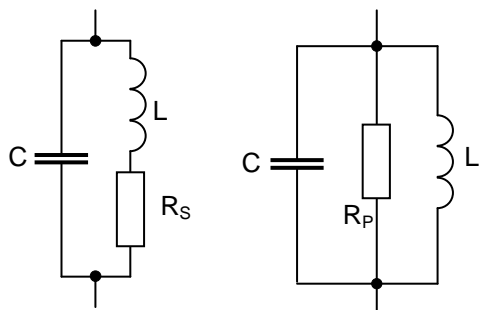
Rezonanční křivky SRO s různou jakostí Q jsou nakresleny na obr. 1.22.

Šířka pásma B, přenášená rezonančním obvodem se určí z rezonanční křivky pro pokles o – 3 dB

$$B = f_h - f_d = \frac{f_0}{Q}$$

Čím má obvod větší Q , tím přenáší užší kmitočtové pásmo a naopak.

1.5.2 Paralelní rezonanční obvod



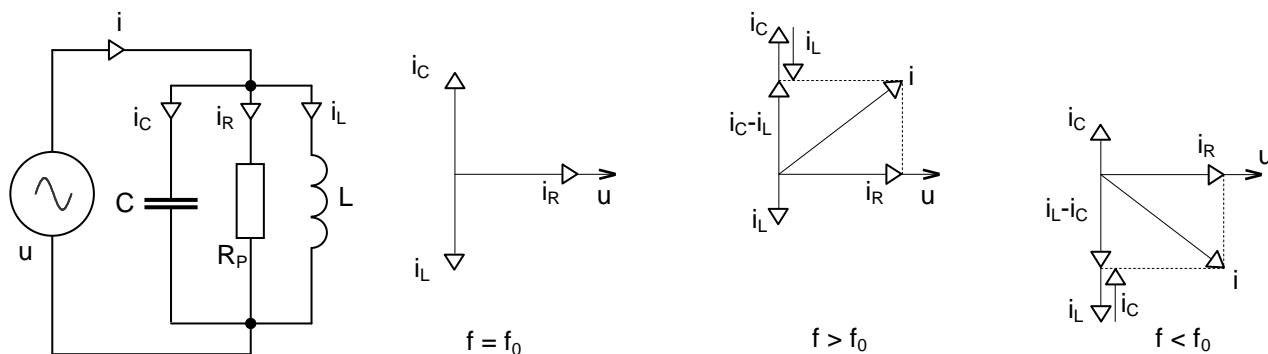
Obr. 1.23 Duální obvody

Je nakreslen na obr. 1.23. Ztrátový odpor R_S lze přepočítat na paralelní odpor R_P tak, aby oba obvody při různém zapojení vykazovaly stejné vlastnosti. Takové obvody se nazývají duální. Odpor R_P má potom **mnohem větší hodnotu** než R_S .

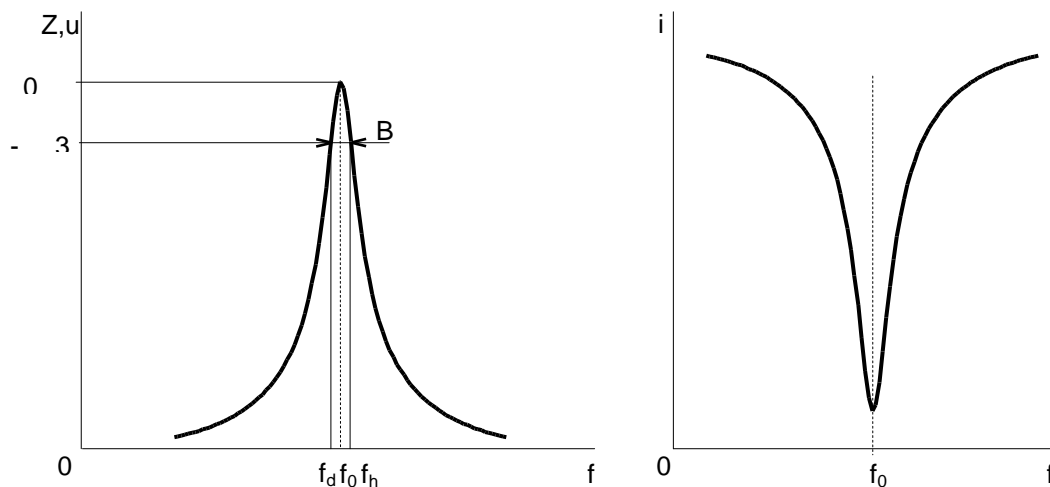
Fázorové diagramy PRO jsou na obr. 1.24, průběhy rezonančních křivek na obr. 1.24.

Pro proudy v PRO při rezonanci platí, že $i_C = i_L = Q \cdot i$. Jakost PRO se určí ze vztahu

$$Q = \frac{R_P}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L} = \frac{R_P}{X_L}$$



Obr. 1.24 Paralelní rezonanční obvod



Obr. 1.25 Rezonanční křivky

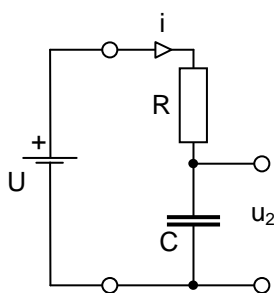
Paralelní rezonanční obvod se při rezonanci chová jako čistě ohmický odpor o veliké hodnotě odporu.

1.6 Časová konstanta obvodu τ

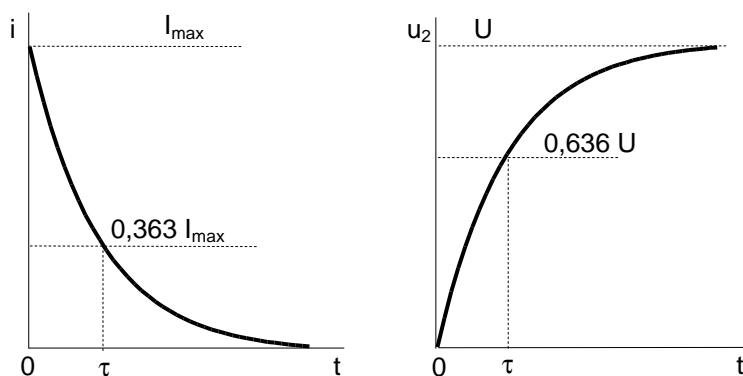
Časová konstanta RC obvodu τ [sec] se určí z rovnice $\tau = R \cdot C$ (nebo u LR obvodu $\tau = L / R$). V okamžiku připojení zdroje napětí U v čase $t = 0$ se nenabitý kondenzátor chová jako zkrat, obvodem poteče maximální proud $I_{max} = U / R$. Nabíjením kondenzátoru proud v obvodu exponenciálně klesá (obr. 1.27) a za dobu $t = \tau$ poklesne na hodnotu $I_{max} / e = 0,363 I_{max}$, kde hodnota $e = 2,7182818...$ a e je tzv. Eulerovo číslo, které je základem přirozených logaritmů. Za tuto dobu τ napětí na kondenzátoru

dosáhne hodnoty $0,636 U$. Nabíjení kondenzátoru je vyjádřeno rovnicí $u_2 = U \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$.

Kondenzátor se za dobu 2τ nabije na 86% napětí U , za 3τ se nabije na 95% napětí U , za nabitý se považuje za dobu $3 \div 5 \tau$.



Obr. 1.26 Obvod RC



Obr. 1.27 Časová konstanta τ

1.7 Přenos v decibelech

Pro vyjádření veličin, které se mění ve velkém rozsahu, je lineární osa nepraktická. Když se zvolí měřítko podle maximální hodnoty, jsou změny v blízkosti počátku tak malé, že jsou nezobrazitelné. Když se zvolí měřítko podrobnější, vychází délka stupnice nerealizovatelná. Tento problém se řeší pomocí logaritmů. Proto např. kmitočtové charakteristiky používají logaritmickou osu kmitočtu. Stejněho efektu se dosáhne zlogaritmováním veličiny a vynesením do lineární osy. Pro tento účel byla zavedena poměrová logaritmická jednotka nazvaná **decibel** [dB].

K jejímu používání potřebujeme znát pojem **logaritmus**. Logaritmická funkce je matematická funkce, inverzní k funkci exponenciální. Logaritmus je mocnitel, kterým musíme umocnit základ, abychom dostali logaritmované číslo podle rovnice $y = \log_a x$. Základem a u dekadických logaritmů (označovaných \log) je číslo 10, u přirozených logaritmů (označovaných \ln) číslo e (Eulerovo). Oborem logaritmické funkce je interval $(0, \infty)$. Logaritmus čísel menších jak 1 (ale větších jak 0) je záporný, logaritmus čísel větších jak 1 je kladný. Potom $\log 1 = 0$ (protože $1 = 10^0$ a pak $\log 10^0 = 0$), $\log 10 = 1$, $\log 0,01 = -2$ apod. Hodnoty logaritmů libovolných kladných čísel určíme pomocí kalkulačky.

V elektronice byly decibely definovány pro poměr výkonů. Protože za základní jednotku byl zvolen Bel, musí se logaritmus vynásobit deseti $A_{P[dB]} = 10 \cdot \log (P_2 / P_1)$. Za předpokladu stejné vstupní i výstupní impedance se dají pomocí decibelů vyjádřit napěťový přenos (zesílení) $A_{U[dB]} = 20 \cdot \log (u_2 / u_1)$ a proudový přenos $A_{i[dB]} = 20 \cdot \log (i_2 / i_1)$.

Musíme znát, že přenos dvou napětí $A_u = \frac{u_2}{u_1}$ rovný $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$ je -3 dB, $\frac{1}{2}$ je -6 dB, a z paměti dokázat vypočítat, že napěťový přenos rovný 1 je 0 dB, 10 je 20 dB, 100 je 40 dB, 0,01 je -40 dB apod.

V decibelech se dá vyjádřit i libovolná hodnota výkonu, napětí i proudu, pokud si zvolíte vztahnou hodnotu, např. 1 V a pak se hodnota např. 10 V vyjádří v decibelech jako 20 dB(1 V). Dekáda logaritmické stupnice začíná hodnotou 1 a končí 10 a je nelineární. Pro zobrazení celého slyšitelného kmitočtového pásma potřebujeme čtyři dekády: 10 Hz – 100 Hz, 100 Hz – 1 kHz, 1 kHz – 10 kHz, 10 kHz – 100 kHz. Pokud chceme graficky znázornit např. závislost přenosu v dB na kmitočtu, na svislou lineární osu vynášíme přenos v dB, na vodorovnou logaritmickou osu vynášíme kmitočet v Hz a papír s takovýmto rastrem se nazývá semilogaritmický.