

Doplňky Knihy o vakuu

Václav Dostál

1. Free energy / Energie zdarma / Osvobozená energie

V kapitole „Využití energie vakua k pohonu technických zařízení“ se zmiňuji o „Bezpo-hybovém generátoru MEG.“ Zde chci tuto svou zmínku upřesnit.

Termín „free energy“ lze přeložit „volná energie“, ale myslím, že mnohem lepší je „energie zdarma“ nebo „osvobozená energie.“ Použiji „Praktického průvodce“ Patricka Kellyho (<http://www.free-energy-info.co.uk/PJKbook.pdf>) a na jeho základu se pokusím o výklad tohoto jevu, tak, jak mu rozumím.

Pan Kelly kritizuje často „podávané informace o systémech a technikách této energie: Mnoho z těchto informací se skládá z **povíдавých**, povrchních článků, popisujících lidi, události a vynálezy **vágními**, široce záběrovými pojmy, téměř zcela nemající dostatek **podrobností**.“ Při popisu zařízení, využívajících (podle něj) energii zdarma / osvobozenou energii, však sám dělá tytéž chyby! Do svého Průvodce zařadil celou spoustu takových zařízení a tak spíše kvalitu nahrazuje kvantitou. Podstatu jednotlivých zařízení popisuje vágně, i když kritizuje nepřijatelnost domnělé funkčnosti poukazem na dost odlehlá fakta, např. na kdysi odmítanou možnost létání strojů těžších než vzduch.

„Zařízení na **volnou** energii“ neboli „zařízení na energii **nulového** bodu“ jsou názvy, používané pro systémy, které se jeví vytvářet vyšší výstupní výkon než jejich vstupní výkon.“ Vstupním výkonem ovšem myslí výkon dodaný uživatelem nebo operátorem, nikoliv celkový vstupní výkon!

„Existuje kvalita zvaná „Coefficient Of Performance“, stručně „COP“ [součinitel výkonu]. Je definován jako výkon vystupující ze systému dělený výkonem, který operátor vložil do systému. Zatímco účinnost je nižší než 100% COP může být větší než 1. Účinnost a COP jsou **odlišné** věci. Účinnost nemůže nikdy přesáhnout 100% a téměř nikdy nedosahuje blízko 100% – následkem ztrát, které v systému existují.“

Uvádí příklad slunečního panelu. „Je-li vystaven dennímu světlu, dodává elektrický proud do zátěže (rádia, baterie, větráku, čerpadla nebo čemukoliv), aniž by uživatel dodával jakýkoliv vstupní výkon.“ ALE: „Energie, která pohání sluneční panel, pochází ze Slunce.“

„Lidé někdy mluví o „nad-jednotkovosti“ (over-unity), když myslí účinnost systému. Neexistuje nic takového jako „**nad**-jednotkovost“, která by znamenala **vyšší** výstupní výkon než vstupní. Ve všech praktických systémech vždy existují nějaké **ztráty**, takže účinnost je vždy menší než 100% ... je vždy **pod** jednotkou.“

„Je ovšem zcela **možné** mít systém, který má větší výstupní výkon než vstupní, který **my** musíme vložit, aby systém fungoval. Pro výše uvedený sluneční panel je účinnost 17% ale COP je nekonečně velký.“

Kdyby toto vysvětlení uplatňoval na zařízení pracující na „osvobozenou energii“, vycházelo by, že **všechna** (nebo aspoň valná většina z nich) mají COP nekonečně velký! „Vynálezci“ jednotlivých zařízení však uvádějí COP > 1, ale **ne** nekonečně velký. Je to přinejmenším podivné, poněvadž to odporuje „definici“ daného součinitele: „COP je definován jako výkon vystupující ze systému dělený výkonem, který operátor vložil do systému.“

V jednom odstavci píše: „V současnosti sedíme v obrovském poli energie, kterou nemůžeme vidět. Problém je, zda můžeme využít energii, která je nám **volně dostupná** a je kolem nás a zda ji můžeme získat jako užitečnou, pracující pro nás. To udělat určitě můžeme, ale **není to snadné**.“

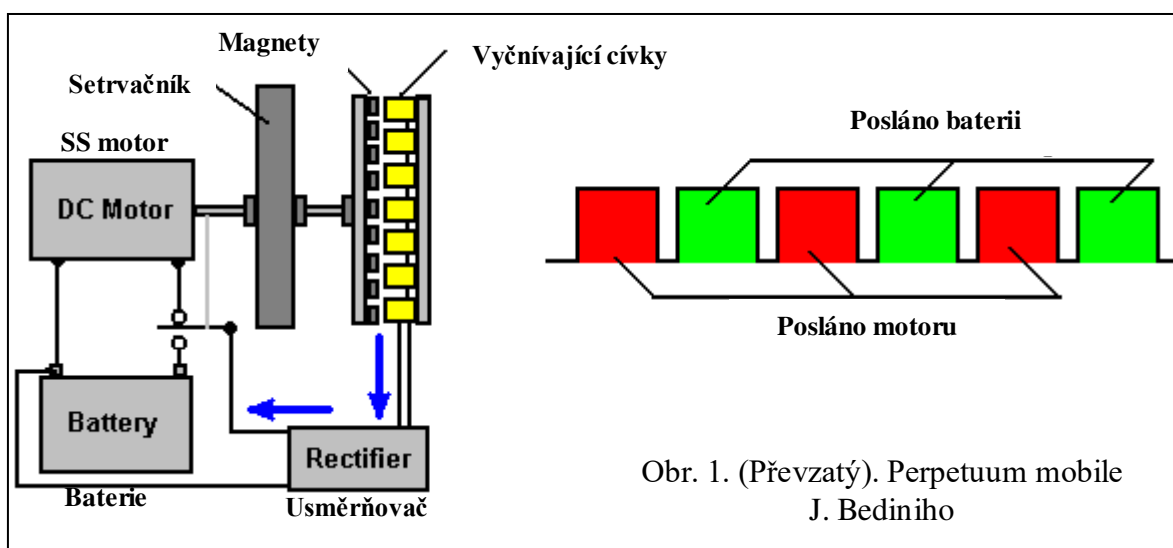
O něco níže však: „*Takže, jak změňíme přirozený stav energie v našem okolí/prostředí? Vlastně zcela snadno.*“ Odporuje tedy sám sobě.

Navíc zdrojem energie zdarma neboli osvobozené energie myslí energii nejbližšího okolí, např. vzduch kolem zařízení. V příkladu slunečního panelu však za tuto energii okolí považuje sluneční energii! Zdůvodnění funkčnosti zařízení na osvobozenou energii funkčností slunečních baterií nebo funkčností letadel je zcela nepatřičné. Je to jako „nebe a dudy“.

Je matoucí, že téměř na začátku Úvodu píše: „*Pravděpodobně stojí za námahu vysvětlit základy energie nulového bodu. Každý krychlový centimetr našeho prostředí [zde: vakua] překypuje energií, která by mohla být přeměněna pomocí... proslulé Einsteinovy rovnice $E = mc^2$ na hmotu/látku, viditelnou nejvýkonnějšími dalekohledy.*“ Ve druhé větě splétá energii „našeho prostředí“ = většinou vzduchu – s „energií kvantového vakua“ neboli „energií nulového bodu.“

Autor v „Základech energie zdarma“ uvádí popis několika zařízení. Vybírám jen jedno:

„*Nyní ... uvažujeme zařízení, postavené Johnem Bedinim, ... talentovaným mužem v Americe. Postavil motor poháněný baterií se setrvačником na hřídeli motoru. To samozřejmě nezní nijak překvapivě, ale vtip je v tom, že motor běžel v jeho dílně po více než tři roky s plně nabitou baterií, což je teď překvapivé. Uspořádání je toto:*“



Obr. 1. (Převzatý). Perpetuum mobile J. Bediniho

„*Motor není přímo spojen s baterií, ale místo toho je poháněn prudkými sériemi ss pulsů. To má dva účinky: Zaprvé, metoda řízení motoru je velmi elektricky účinná a zadruhé, když je setrvačnik řízen sériemi pulsů, získává dodatečnou energii z místního okolí.*“

„*Jiným neobvyklým rysem je způsob, jímž hřídel motoru otáčí diskem s permanentními magnety, na něm připevněnými. Ty působí na odpovídající sadu cívek, připojenou na nehybný panel, tvořící běžný elektrický generátor a výsledný elektrický výkon, který je generován, je přeměněn na ss proud a veden zpět k řídicí baterii, kterou nabíjí a udržuje její napětí.*“

„*Standardní teorie říká, že tento systém má účinnost menší než 100%, protože ss motor má účinnost menší než 100% (pravda) a baterie má účinnost jen asi 50% (pravda). Tudiž, závěr zní, že systém neumožňuje práci (lež). Konvenční vědou je nepochopitelné, že pulsní/impulsový setrvačnik vábí dodatečnou energii z místního okolí, což ukazuje konvenční vědeckou teorii jako neschopnou, zastaralou a potřebující aktualizaci, a vůbec, toto není "uzavřený systém".*“

Co se míní tvrzením: „setrvačnik ... získává dodatečnou energii z místního okolí.“? Nebo: „setrvačnik vábí dodatečnou energii z místního okolí“? Kolem setrvačniku je vzduch. Jakým způsobem se odebírá energie z okolního vzduchu?? Mnohem jednodušší by byl samotný setrvačnik, který bychom roztočili. Levá polovina setrvačniku pohání jeho pravou polovinu a ta pravá polovina pohání jeho levou polovinu: Setrvačnik se bude točit věčně

a navíc může něco pohánět! On by se točil – kdyby neexistovalo tření v ložiskách a odpor vzduchu. Místo dodávky energie ze vzduchu je setrvačnickým tím vzduchem brzděn! Rozhodně by nic nemohl pohánět! Tím by byl zařazen další „odpor“! Setrvačnický se „zátěží“ by běžel po kratší dobu, než kdyby nic nepoháněl!]

Dále jsou uvedeny jiné případy **perpetua mobile**. Jsou uvedeny i fotky, jak to krásně fungovalo. Jenže už tam není uveden figl = podvod! Nějaký šikovně ukrytý pohon, v uvedeném příkladu by to mohl být přírodní elektrický kabel, napojený na veřejnou síť.

Následuje 22 kapitol s mnoha příklady různých zařízení na „volnou energii“. 1. Pohon magnety, 2. Pohyblivé pulsní systémy, 3. Bezpohybové pulsní systémy, 4. Pohon gravitací, 5. Pulsní pohony odbočující energií, 6. Pulsní systémy nabíjející baterii, 7. Vzduchové systémy, 8. Bezpalivové motory, 9. Pasivní systémy, 10. Vozidlové systémy, 11. Jiná zařízení a teorie, 12. Výuka elektroniky, 13. Pochybná zařízení, 14. Zařízení na obnovitelnou energii; 15. Jednoduchý generátor, 16. [Zařízení] vyhýbající se Lenzovu zákonu, 17. Stavba jednoduchého generátoru, 18. Stavba pokročilého setrvačnickového generátoru, 19. Stavba malého generátoru, poháněného sebou, 20. Zdraví, 21. Reverzní genetická modifikace, 22. Sabourinův generátor; Dodatky. **CELKEM asi 1000 stran!**

To není všechno! Mohli bychom ještě projít materiály: <http://www.free-energy-info.com/>; <https://www.cheniere.org/books/FEG/toc.htm>; <https://www.cheniere.org/misc/oulist.htm>; ... Jenže mně se jaksí nechce. Myslím, že to, co jsem měl tu čest zvládnout, bohatě stačí!

Závěrem dodám, že ZPE (energie nulového bodu) neboli energie vakua je jistě mimořádně velká a že její případné využití je hodně laciné, ale zato hodně nesnadné. Na metodu, jak to udělat, teprve musíme přijít. Při svých pokusech o nějaké využití této energie musíme být nanejvýš opatrní! Zatím se podařilo (panu Willsonovi a kol) „vyloudit“ z vakua „světlo“ – mikrovlnné záření, a to v periodických záblescích. Extrakce „tvrďšího“ záření, popř. „hmoty“ z vakua bude asi mnohem obtížnější a přitom mnohem nebezpečnější! Rozhodně to nebude „osvobozená energie“ nebo „energie zdarma“ z „našeho okolí“!

2. Gravitoelektromagnetismus

Podle článku R. Arianhoda „Úžasný gravitoelektromagnetismus“:

<https://cosmosmagazine.com/mathematics/the-amazing-concept-of-gravito-electromagnetism/>

Porovnání gravitace a elektromagnetismu začalo formální shodou Newtonova gravitačního zákona a Coulombova elektrostatického zákona:

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad F_e = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

kde F_g – gravitační síla mezi dvěma hmotnými tělesy; G – Newtonova gravitační konstanta; m_1 – hmotnost jednoho tělesa; m_2 – hmotnost druhého tělesa; r – vzdálenost mezi hmotnými tělesy;

F_e – elektrostatická síla mezi dvěma elektricky nabitými tělesy; k – Coulombova elektrostatická konstanta; q_1 – elektrický náboj jednoho tělesa; q_2 – elektrický náboj druhého tělesa; r – vzdálenost mezi nabitými tělesy.

V obou případech tedy jde o „zákon převráceného čtverce“, lidově o „slábnutí“ síly s druhou mocninou vzdálenosti.

Poznamenávám, že kvůli přesnému stanovení vzdálenosti je nutné zavést „hmotné body“ a „bodové náboje“, tj. zanedbat velikost těles. To lze udělat tehdy, je-li vzdálenost mezi tělesy mnohonásobně větší než jejich velikost. Takovými zjednodušeními se ovšem ze skutečného světa „dostáváme“ do světa matematizovaného, fiktivního.

Gravitoelektromagnetismus (stručně: GEM) dnes používá porovnání rovnic GEMu s Maxwellovými rovnicemi. Tyto rovnice se formálně neliší, rozdíl je v „součinitelích,“ podobně jako u výše uvedených rovnic.

Podobné jsou i úvahy o vzniku gravitačního i elektrického pole: V obou případech se tvrdí, že pole je „buzeno“ – buď hmotností těles, nebo jejich elektrickým nábojem. Prvotní jsou tedy tělesa a pole je druhotné. Tomuto přístupu říkám „korporocentrismus“ – soustředěnost na tělesa jako základní příčiny. Místo toho navrhuji „vakuocentrismus“, názor, že prvotní je základní pole či základní energie – tradičně zvané „(kvantové) vakuum“ nebo „energie nulového bodu (ZPE) a ještě mnoha dalšími jmény.

Nesprávnost korporocentrického pohledu kritizují v různých svých pracích, jednu kritiku uvádím v následující kapitole.

Je důležité, že analogie rovnic GEMu a Maxwellových rovnic je ve standardním přístupu pouze formální a že jejich intenzita i podstata se chápe jako odlišná, i když je společné ono „buzení“ polí tělesy.

Arianhododův článek však končí nadějně: „Navíc, formální analogie jsou užitečné pro pomoc matematikům v nalezení intuitivně důvěrných způsobů myšlení o hrozivých rovnicích obecné relativity. A vždy existuje mučivá možnost, že tento přístup se prokáže fyzikálně silným jako **předpověď** gravitomagnetismu.“

Poněkud odlišné porovnání mezi gravitací a elektromagnetismem najdeme např. v <https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitoelectromagnetism>. Z tohoto zdroje zde uvedu pro odborníky porovnání rovnic GRMu s Maxwellovými rovnicemi:

GEM rovnice	Maxwellovy rovnice
$\nabla \cdot \vec{E}_g = -4\pi G \rho_g$	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
$\nabla \cdot \vec{B}_g = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$
$\nabla \times \vec{E}_g = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
$\nabla \times \vec{B}_g = \frac{4\pi G}{c^2} \vec{J}_g + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}_g}{\partial t}$	$\nabla \times \vec{B} = \frac{1}{\epsilon_0 c^2} \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

kde:

\vec{E}_g je intenzita gravitoelektrického pole (konvenčního gravitačního pole) [ms^{-2}]

\vec{E} je intenzita elektrického pole

\vec{B}_g je gravitomagnetická indukce [s^{-1}]

\vec{B} je magnetická indukce

ρ_g je hustota [kgm^{-3}]

ρ je hustota náboje

\vec{J}_g je hustota proudu hmotnosti nebo tok hmotnosti ($\vec{J}_g = \rho_g \vec{v}_g$, kde \vec{v}_g je rychlost toku hmoty, generující gravomagnetické pole) [$kgm^{-2}s^{-1}$]

\vec{J} je hustota elektrického proudu

G je gravitační konstanta

ϵ_0 je permitivita vakua

c je rychlost šíření gravitace (která je rovna rychlosti světla podle obecné relativity)

3. Může gravitace být z elektromagnetismu?

Komentář ke stejnojmennému článku Anatolije K. Prykarpatskiho:

https://www.researchgate.net/post/May_there_be_gravity_from_the_electromagnetism

„V některých starých a moderních člancích a knihách se rozebírá myšlenka, že gravitační zákon může být výsledkem faktu, že přitažlivá síla mezi náboji opačného znaménka je mírně větší než odpuzivá síla mezi náboji téhož znaménka – z čehož nicméně vzniká hluboce fyzikální otázka – proč? Literatuře můžeme najít následující kontroverzní odpověď – protože ve skutečnosti existují jenom ... přitažlivé síly, a odpuzivé síly jsou výsledkem opačně směřovaných přitažlivých sil, způsobených jinými vzdálenými obklopujícími náboji, jejichž existence je způsobena předpokládané neutrality hmoty/látky.“

Přitahování / odpuzování „vidíme“ v klasickém pokusu Elektrostatiky. Třením tyče ji „nabijeme“. Souhlasnost / nesouhlasnost nábojů těchto těles rozhodneme právě podle zákona elektrostatiky: podle toho, zda se tělesa (tyče) odpuzují nebo zda se přitahují. Poněvadž jiné síly nepozorujeme, naši předkové usoudili, že jsou pouze dva druhy elektrických nábojů. Analogií s teplotou (nikoli však v kelvinech!) jim připsali matematická znaménka + a –. Poněvadž tito předkové neměli ani tušení o podstatě elektriny, udělali dohodu: „Tělesa nabitá jako skleněná tyč třená hedvábím jsou kladně nabitá a tělesa nabitá stejně jako pryžová tyč třená kožešinou jsou záporně nabitá.“ Když se hádá, tak se často odhadne špatně. A právě toto se stalo s elektrickými náboji – elektronů a protonů. Z toho vyplývá dvojí směr elektrického proudu: domluvený, ale neskutečný: od + k –, a skutečný ale nedomluvený: tok elektronů, který je přesně opačný! To má vliv i na magnetické jevy. Tyto základní potíže teď nechejme stranou a všimněme si jiného faktu.

Poněvadž – a to i „dnes“ – se nic neví o podstatě „gravitace“, udělá se analogie mezi elektrickým polem jakoby vytvářeným či „buzeným“ el. nábojem a „gravitačním“ polem, jakoby „buzeným“ „hmotou“ čili tělesem. Jenže současně se musí tvrdit, že jde pouze o přitahování – poněvadž úvaha o **záporné** hmotnosti je nesmyslná. Tady ovšem tu analogii překroutíme: dvě tělesa s **kladnou** hmotností se neodpuzují, ale **naopak** se přitahují. Analogie „nesedí.“ Navíc: označení el. nábojů matematickými znaménky bylo uděláno **dohodou!** Vůbec **nejde** o nějakou fyzikální podstatu. Jinak řečeno, o **podstatě** elektriny (el. nábojů) nemáme ani tušení! Co to je (jaká je fyzikální **podstata**) el. náboje??

Podobně bychom mohli uvažovat o dvou druzích magnetismu čili o dvou druzích magnetických pólů, o jejich přitahování / odpuzování, o „vytváření“ magnetického pole magnetem a vlivu této myšlenky na výklad „gravitace.“

Takže **přisoudíme** „hmotě“ (tělesům) schopnost přitahovat nebo být přitahována. Jenže tělesa žádnou takovou schopnost **nemají**. Obyčejná hmota **nemůže** být přitažlivá podobně jako atraktivní (přitažlivá) žena pro muže a přitažlivý muž pro ženy.

Vracím se na začátek, že přitahování odpuzování **vidíme** v klasickém pokusu. Avšak také jasně vidíme vycházet a zapadat Slunce – a přesto jsme myšlenku obíhání Slunce kolem Země opustili, protože ve skutečnosti tomu tak není! Z toho plyne, že musíme dávat pozor na to, jak popíšeme a jak pochopíme to, co pozorujeme!

Navíc: Spekulace o vzniku odpuzivých sil jako o opačně orientovaných přitažlivých silách je už nejen absurdní, ale navíc přímo směšná.

„Model LeSageho, předpokládá vliv pronikavého elektromagnetického záření na těleso ze všech stran a částečně absorpce jím, kdy toto působení není vyrovnáno tlakem tělesa na ono záření, které je částečně vysíláno jednou stranou tělesa na druhé těleso.“

O LeSageově hypotéze píšu v knize „Téma gravitace přitahuje“. Např.: „Jestliže ... místo „částiček éteru“ budeme uvažovat „základní fotony“, budeme patrně blíže tehdejší představě, než kdybychom uvažovali částice podobné protonům nebo neutronům. Co je však důležitější, budeme velmi pravděpodobně blíže skutečnosti.“ Pokud bychom uvažovali „mechanické“

částice, pak by jimi byla Země bržděna. Nejde však o částice nějakého prostředí, ale jde o základní energii, tvořenou základními fotony. Jak Země, tak její „gravitační“ pole je modifikací této základní energie. Můžeme dokonce uvažovat, že Země se v určitém místě do tohoto „vakua“ „zanoří“, ale vzápětí se z něj „vynoří“, což se nám jeví jako pohyb Země. Rozhodně to platí pro atomy, z nichž se Země skládá.

Interakcí základního pole a tělesa vznikne průvodní pole. To je v oblasti mezi tělesy „slabší“ než vně nich, takže vzniká „přetlak“ zvnějšku dovnitř.

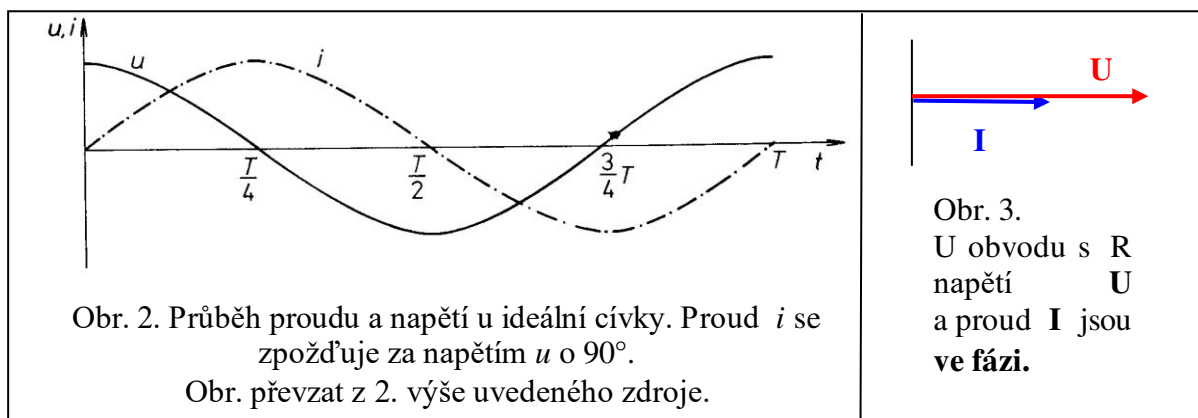
4. Sériové obvody střídavého proudu

Ovlivnění gravitačního pole „klidným“ elektromagnetickým polem je nepatrné, i když použijeme vysokého napětí. Pokusíme se tedy o ovlivňování „gravitace“ **oscilujícím** EM polem. Nejprve však vyjdeme ze základních pojmu.

Sériové střídavé obvody

Podle knihy „Programovaný kurs: Základy elektrotechniky, Praha 1968.“

V obvodu střídavého proudu (stručně: ve střídavém obvodu) s ohmickým odporem (s rezistancí) R je proud a napětí ve fázi. Uvažujeme-li však v takovém obvodu ideální cívku s indukčností L („indukčnost“), vznikne fázový posun φ : proud se zpožďuje za napětím o 90° (o $\pi/2$, tj. o čtvrtinu periody: $T/4$. Viz obr. 2., převzatý z http://ebooks.skola-agc.cz/DUM/06-Elektromagneticke_kmitania_vlneni.pdf). U skutečné cívky je fázový posun φ mezi 0° a 90° . Skutečnou cívku nahradíme (činným) odporem R a (ideální) indukčností L . Tím vznikne **sériový obvod RL**.



Obr. 2. Průběh proudu a napětí u ideální cívky. Proud i se zpožďuje za napětím u o 90° .

Obr. převzat z 2. výše uvedeného zdroje.

Obr. 3.

U obvodu s R napětí U a proud I jsou ve fázi.

Pro střídavé obvody použijeme vektorový („fázorový“) diagram, kde systémem úseček se šipkami (**fázových vektorů**) vyjadřujeme velikost proudu a napětí. Z úhlu, který vektory spolu svírají, zjišťujeme předbíhání nebo zpoždování. Vektorový diagram čistě odporového obvodu ukazuje, že proud I a napětí U jsou **ve fázi**. Viz obr. 3, převzatý z „Programovaného kursu.“

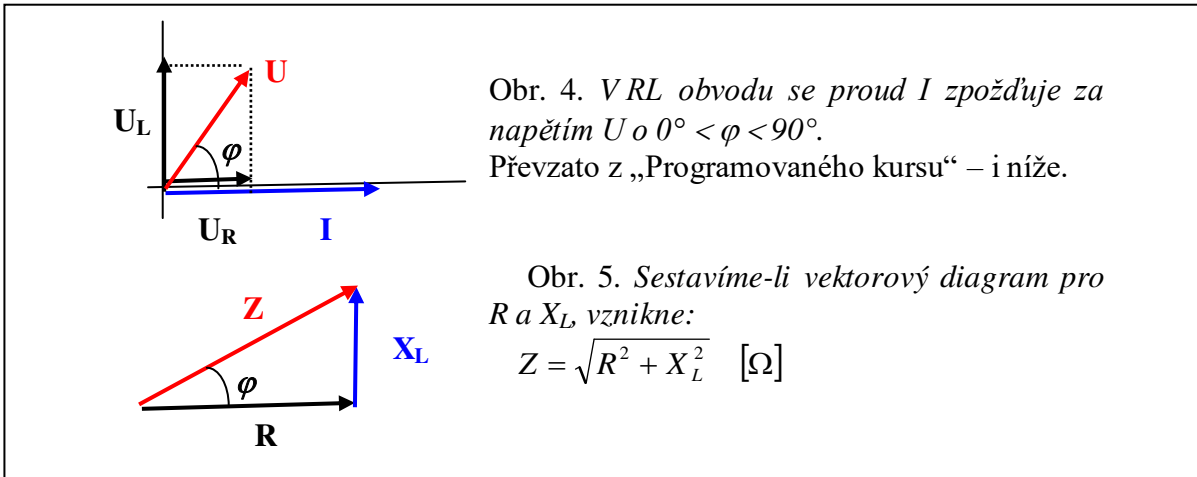
Proud v RL obvodu (ve skutečné cívce) je **zpožděn za napětím** o $0^\circ < \varphi < 90^\circ$. Viz obr. 4.
Řešení: $c^2 = a^2 + b^2$; trojúhelník 3, 4, 5; 5, 12, 13.

Sestavíme-li vektorový diagram pro R a X_L , vznikne.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad [\Omega]$$

Veličina Z se nazývá **impedance** a je to celkový odpor v Ω .

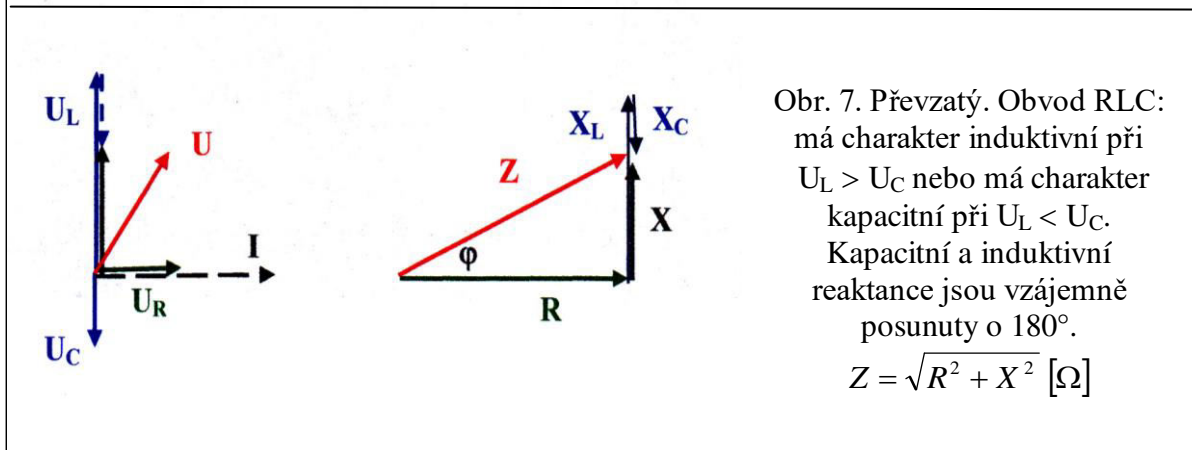
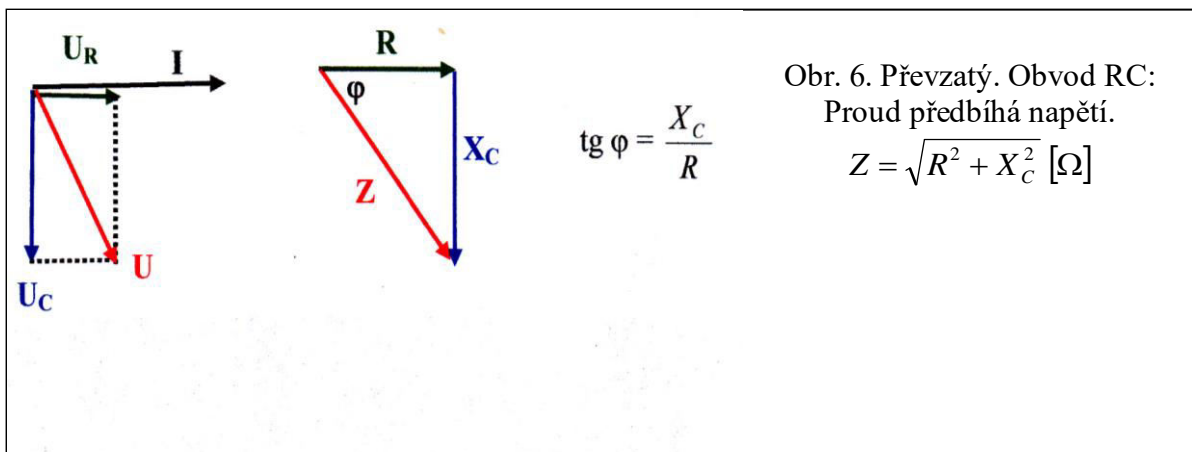
Pro RL platí Ohmův zákon: $I = \frac{U}{Z}$



Fázový úhel je úhel, jehož tg je X_L/R zapíšeme: $\varphi = \text{actg} \frac{X_L}{R}$

Výpočty u sériového **RC obvodu** se dějí tímto způsobem jako u obvodů RL. Rozdíl je však ve fázovém úhlu: V obvodu RC proud předbíhá napětí (o $0^\circ < \varphi < 90^\circ$). Viz obr. 6.

Impedance $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad [\Omega]$



U sériového obvodu RLC kapacitní a induktivní reaktance jsou vzájemně posunuty o 180° , mohou tedy být sečteny algebraicky. Reaktance $(X_L - X_C)$ se potom sčítá s činným odporem v impedančním trojúhelníku.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad X = X_L - X_C; \quad \text{tg} \varphi = \frac{R}{X}$$

Nyní podle <http://moryst.sweb.cz/elt2/stranky1/elt016.htm>

Jednoduché rezonanční obvody

Jednoduché rezonanční obvody vznikají spojením rezistoru, cívky a kondenzátoru. Při jedné, tzv. rezonanční frekvenci se v obvodu navzájem vyrovná působení indukční a kapacitní reaktance ($X_L = X_C$). Při rezonanční frekvenci f_0 nastane **rezonance**.

Na jednotlivých částech obvodu úbytky napětí U_R , U_L , U_C , které můžeme vyjádřit vztahy

$$U_R = R_S I \quad U_L = \omega L I \quad U_C = \frac{1}{\omega C} I \quad (\omega = 2\pi f; \text{úhlová frekvence}).$$

Je-li $f < f_0$ čili $|U_L| < |U_C|$, má obvod či impedance **kapacitní charakter**. Při $f > f_0$ je $|U_L| > |U_C|$, má impedance **indukční charakter**. Je-li $f = f_0$, je obvod v **rezonanci**: $|U_L| = |U_C|$ a $\varphi = 0$: proud a napětí jsou ve fázi. $Z = R$.

Rezonanční frekvence

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = 0$$

Odtud dostáváme Thomsonův vztah pro výpočet rezonanční frekvence

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{nebo} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

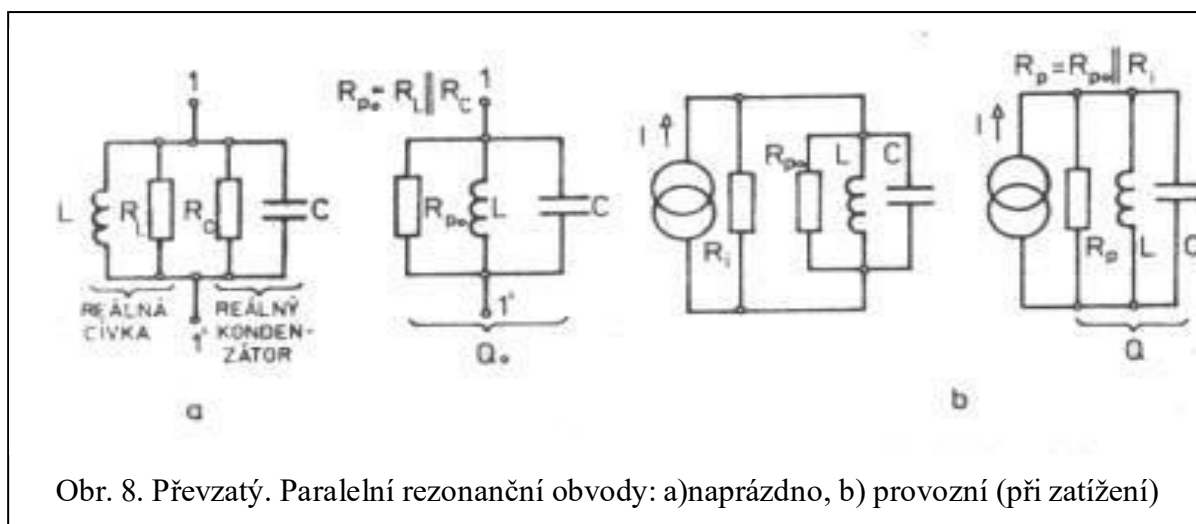
Činitel jakosti

Do celkové rezistance zahrneme i ztrátové odpory R_L a R_C a vnitřní odpor zdroje R_i : $R_S = R_L + R_C + R_i$. Činitel jakosti je definován jako poměr indukční reaktance (induktance) a celkové rezistance:

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R_S}$$

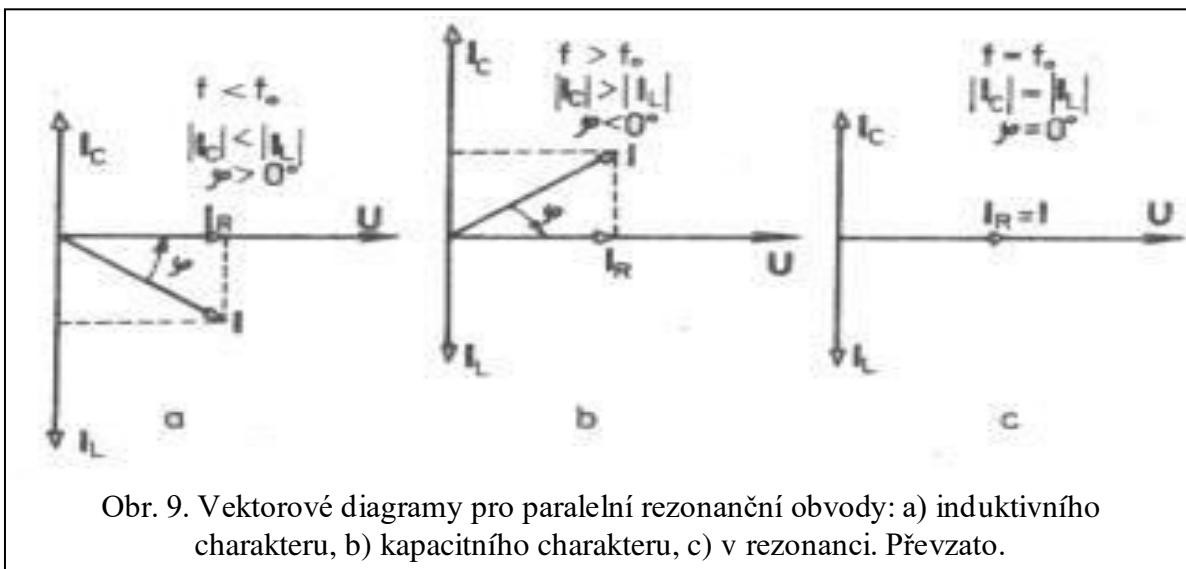
5. Paralelní rezonanční obvody

Podle <http://moryst.sweb.cz/elt2/stranky1/elt016.htm>



Obr. 8. Převzatý. Paralelní rezonanční obvody: a) naprázdno, b) provozní (při zatížení)

Celkové napětí U je rovno napětí v jednotlivých větvích. Vytváří proud I , který se rozvětví: $I = I_R + I_L + I_C$. Mohou nastat tři případy: 1. $f < f_0$: obvod má **indukční** charakter; 2. $f > f_0$: obvod má **kapacitní** charakter; 3. $f = f_0$, obvod je v rezonanci. Pro paralelní RLC obvod platí níže uvedené fázorové diagramy.



Obr. 9. Vektorové diagramy pro paralelní rezonanční obvody: a) induktivního charakteru, b) kapacitního charakteru, c) v rezonanci. Převzato.

Místo impedance počítáme výslednou vodivost neboli **admitanci**:

$$Y = \frac{I}{U} = \frac{1}{R_p} = \omega C - \frac{1}{\omega L} \quad (Y = 1/Z; \text{admitance})$$

V případě rezonance $Y = 0$ a $\omega = \omega_0$ ($f = f_0$) platí stejný vztah jako pro obvod sériový

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{nebo} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Činitel jakosti paralelního rezonančního obvodu

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = R\omega_0 C$$

V praxi je obvod připojen ke zdroji s vnitřním odporem R_i a k zátěži R_z . Tyto odpory tvoří vnější tlumící odpor R_{TL} , který zmenšuje činitel jakosti.

Rezonanční křivka

Z poměru admitancí:

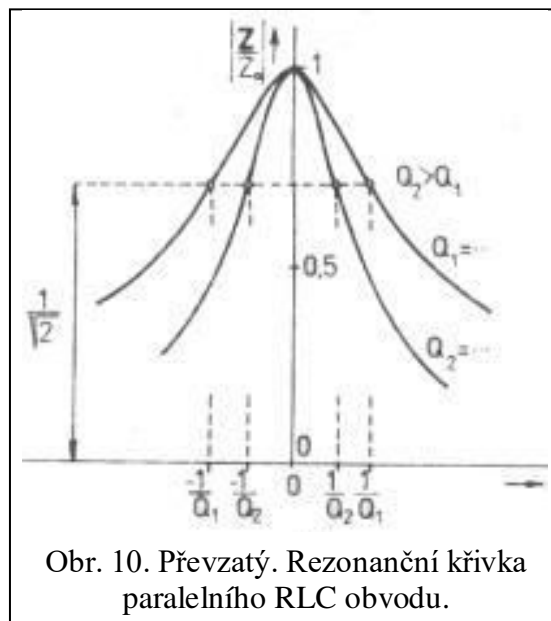
$$\frac{Y}{Y_0} = 1 + R \left[\omega C - \frac{1}{\omega L} \right]$$

dostaneme:

$$\left| \frac{Z}{Z_0} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 F^2}} \quad \text{a} \quad \varphi = -\arctg QF$$

Při dobrém činiteli jakosti Q (malém R) je rezonanční křivka úzká, při špatném činiteli jakosti je křivka široká.

Pro přenos připustíme výkon minimálně poloviční maximálního. Proud pak bude minimálně $I = I_{\max} / \sqrt{2}$. Tato podmínka vymezí na rezonanční křivce šířku pásma.



Obr. 10. Převzatý. Rezonanční křivka paralelního RLC obvodu.

Šířka pásma

Šířka pásma je rozdíl frekvencí, odpovídající domluvené změně impedance obvodu proti impedanci rezonanční. Většinou se užívá změna:

$$\left| \frac{Z}{Z_0} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (\text{Jako přípustnou volíme } f = f_0/1,41)$$

$$B = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$$

Schopnost rezonančního obvodu vybrat z mnoha frekvencí tu, na kterou je obvod naladěný, se nazývá **selektivnost** obvodu.

Je-li rezonanční křivka úzká, je selektivnost velká a naopak když je rezonanční křivka široká, mohou se různé kmitočty míchat dohromady a selektivnost/selektivita je špatná.

Odkazy

- Programovaný kurs: Základy elektrotechniky, Praha 1968
- <http://moryst.sweb.cz/elt2/stranky1/elt016.htm>
- http://ebooks.skola-agc.cz/DUM/06-Elektromagneticke_kmitania_vlneni.pdf
- <http://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/2006/cd/prispevky/sbpdf/reson.pdf>
- https://files.klaska.net/sites/files.klaska.net/files/manual_files/cvut/fyz/Mereni_LS/RLC/RLC.pdf

6. Elektromagnetické kmitání a vlnění

Ing. Stanislav Jakoubek

http://ebooks.skola-agc.cz/DUM/06-Elektromagneticke_kmitania_vlneni.pdf

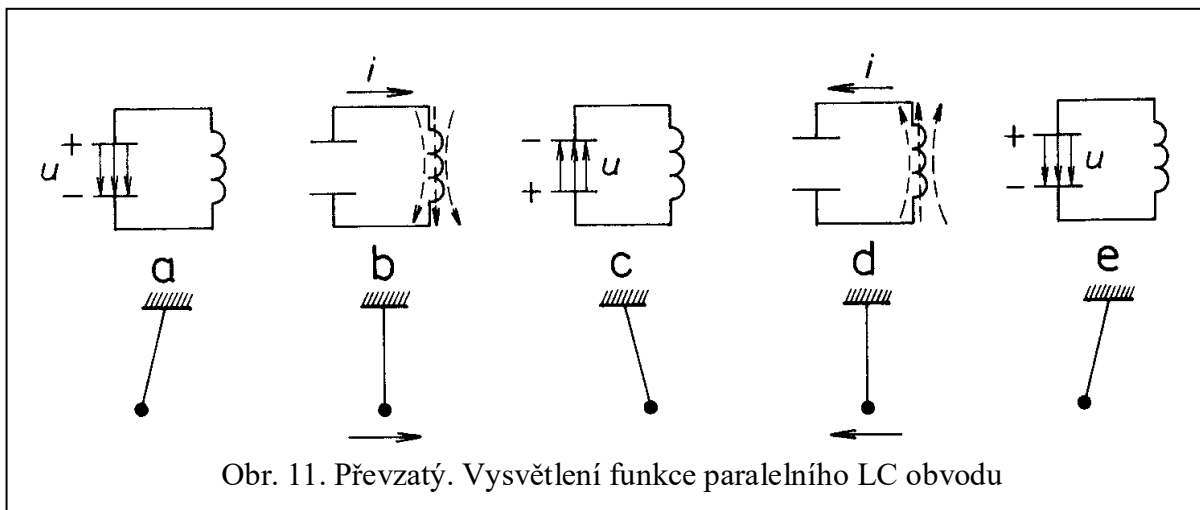
Oscilační obvod

Zdrojem elektromagnetického vlnění může být nějaký elektromagnetický oscilátor = oscilační obvod.

Oscilační obvod je tvořen cívkou o indukčnosti L a kondenzátorem o kapacitě C , které jsou paralelně spojeny.

Pokud by měl kondenzátor měnitelnou kapacitu, je obvod laditelný – např. na rezonanční frekvenci.

Vysvětlení funkce LC obvodu



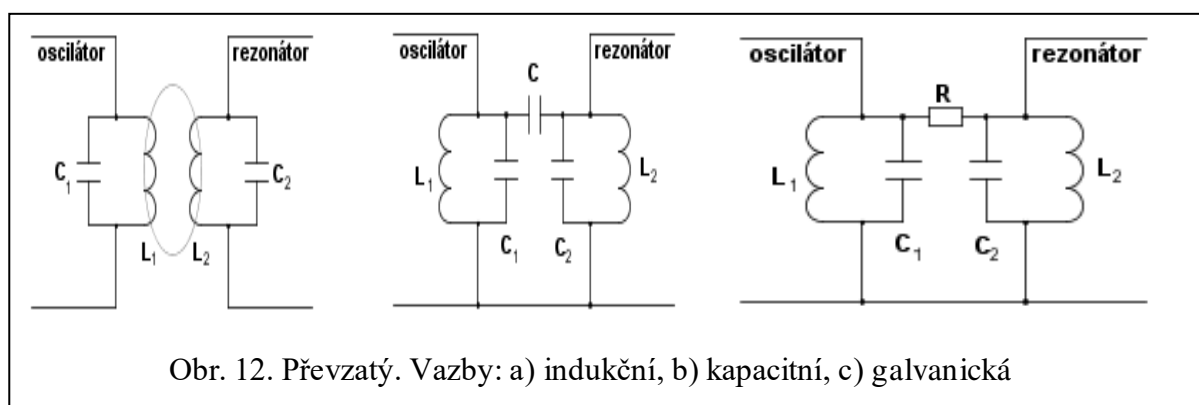
Viz obr. 11.:

- a) Nabití kondenzátoru - mezi deskami je el. pole a má elektrickou energii
 b) Kondenzátor se vybíjí; díky průchodu proudem se kolem cívky tvoří magnetické pole. Elektrická energie se mění na energii magnetického pole.
 c) Díky indukčnosti se proud zpožďuje za napětím a dosahuje největší hodnoty v okamžiku, kdy je U na kondenzátoru nulové. Pak se proud začíná zmenšovat (tedy měnit) a na cívkách se indukuje napětí opačné polarity, než na počátku děje. Kondenzátor se opět nabije. Energie mg. pole se opět mění na elektrickou energii.
 d) Ve druhé polovině děj probíhá znovu, avšak opačným směrem

Platí
$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad ; f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Vázané oscilační obvody

- Když potřebujeme přenést oscilace z jednoho LC obvodu na druhý LC obvod
- Lze provést pomocí elektromagnetické vazby
- Tři typy vazeb: indukční, kapacitní, galvanická
- Obvod, ve kterém jsou udržovány netlumené oscilace: oscilátor
- Obvod, v němž jsou oscilace vynuceny pomocí vazby: rezonátor



Přenos energie z oscilátoru do rezonátoru je největší, když se rovnají jejich vlastní frekvence

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_0C_0}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_R C_R}} \Rightarrow L_0 C_0 = L_R C_R$$

Pozn. Přenos je přípustný v rezonančním pásmu $Z = Z_0 \sqrt{2}$

7. Měření rezonanční křivky paralelního a vázaného rezonančního obvodu

[https://files.klaska.net/sites/files.klaska.net/files/manual_files/cvut/fyz/Mereni LS/RLC/RLC.pdf](https://files.klaska.net/sites/files.klaska.net/files/manual_files/cvut/fyz/Mereni_LS/RLC/RLC.pdf); Výňatky

Vázané obvody

Dva paralelní rezonanční obvody naladěné na stejnou frekvenci mohou být spolu vázány. To znamená, že energie, přiváděná ze zdroje do prvního obvodu, se z něho přenáší vazbou do druhého obvodu. Velmi často se používá induktivní napěťová vazba.

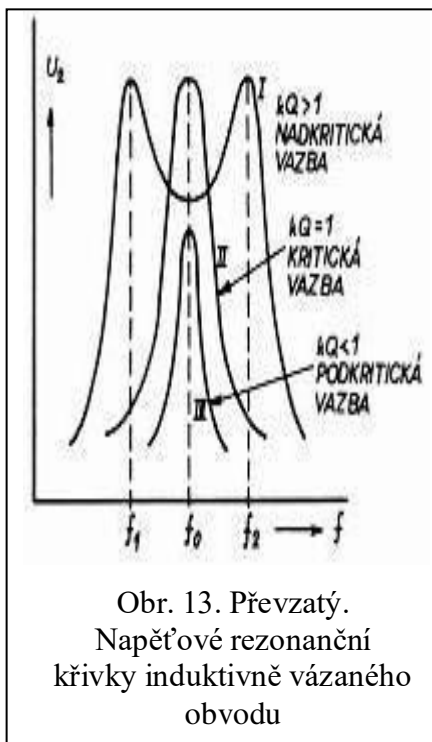
Při této vazbě se indukuje do druhého obvodu napětí [v orig.: elektromotorická síla] vlivem vzájemné indukčnosti M . Velikost vazby se určuje tzv. činitelem vazby

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}},$$

kde L_1 a L_2 jsou indukčnosti cívek, M je vzájemná indukčnost.

Oba obvody jsou naladěny na stejnou rezonanční frekvenci f_0 , tzn., že platí

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_1}}$$



Obr. 13. Převzatý.
Napěťové rezonanční
křivky inductivně vázaného
obvodu

Napěťová rezonanční křivka $U_2 = U_2(f)$ vázaného obvodu má průběh, který je znázorněn na obr. 13. Za předpokladu, že oba rezonanční obvody jsou stejné ($L_1 = L_2$; $C_1 = C_2$; $Q_1 = Q_2 = Q$) nabývá napětí U_2 na druhém rezonančním obvodu maximálních hodnot pro frekvence f_1, f_2 , pro které platí vztah

$$f_{1,2} = \frac{f_0}{\sqrt{1 \pm \sqrt{k^2 - 1/Q^2}}}$$

Z tohoto vztahu je zřejmé, že rezonanční křivka má **dva** vrcholy při frekvencích f_1 a f_2 . Vzdálenost vrcholů závisí na činiteli vazby k Vzorec má smysl jen tehdy, jsou-li splněny podmínky:

$$(1 \pm \sqrt{k^2 - 1/Q^2}) > 0 \quad \text{a} \quad (k^2 - 1/Q^2) \geq 0$$

První podmínku lze snadno upravit na tvar $k^2 < (1 + 1/Q^2)$. Vzhledem k tomu, že činitel vazby nabývá hodnot $k \in (0; 1)$, je tato podmínka splněna vždy, bez ohledu na hodnoty činitele jakosti Q .

Z druhé podmínky ($k^2 - 1/Q^2 \geq 0$) plyne vztah $kQ \geq 1$.

Je-li $kQ \geq 1$, mluvíme o nadkritické vazbě, při $kQ = 1$ se

hodnota jmenovatele rovná jedné a obě frekvence f_1 a f_2 se ztotožní a rezonanční křivka má jen jeden vrchol. Při vazbě podkritické $kQ < 1$ je výraz pod odmocninou záporný a frekvence je dána komplexním číslem, což má praktický význam. Vzorec v tomto případě neplatí a křivka má jeden rezonanční vrchol při frekvenci f_0 .

8. Vysokofrekvenční vedení

http://dlabos.wz.cz/en/Vysokofrekvencni_vedeni.html; Výňatky

VF vedení – úvod

Vedení je soustava umožňující přenos energie mezi dvěma místy. **Vysokofrekvenční vedení** je pak vedení, které se od ostatních vedení (ss a st) liší zvýšeným projevem vlastní indukčnosti a kapacity, skinefektu, apod.

Připojíme-li na začátek vedení zdroj napětí, vznikne pohyb elektrických nábojů ve vodiči a v okolním prostředí elektromagnetické pole. To vzniká na začátku vedení (v místě připojení zdroje) a šíří se podél vedení. Energie se tedy nešíří od zdroje k zátěži vodičem, nýbrž elektromagnetickým polem v **prostředí** (v dielektriku) obklopující vodič. Vodič dává této energii jen směr ke spotřebiči. Elektromagnetické pole, šířící se podél vodičů, působí zpětně na elektrické náboje ve vodiči a vyvolává jejich uspořádaný pohyb – elektrický proud.

Výměna energie mezi polem a vodičem neprobíhá beze ztrát (konečná vodivost materiálu způsobuje přeměnu části energie v energii tepelnou; dielektrické ztráty v prostředí; popř. ztráty způsobené vyzařováním).

VF vedení – druhy vedení



Obr. 14. Převzatý. Druhy VF vedení

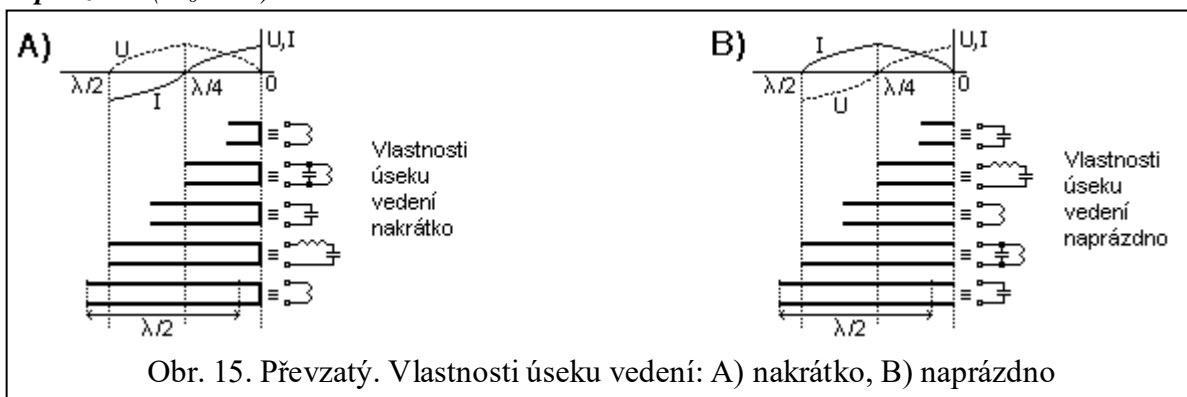
Vysokofrekvenční vedení se používají jednak pro nižší vf kmitočty - vedení dvojité **souměrné** (obr. A, B, C, D) a **nesouměrné** (obr. E, F, G) a vedení **souosé** (koaxiální) (obr. H), a jednak vedení pro velmi vysoké kmitočty – **vlnovod** (obr. I).

VF vedení – přizpůsobení, vedení nakrátko, vedení naprázdno

Postupná vlna je trvale možná jedině na vedení nekonečně dlouhém, popř. na vedení zakončeném charakteristickou impedancí Z_0 , v tomto případě se veškerá energie postupující vedením beze zbytku pohltí v zakončovacím odporu $R = Z_0$, pak mluvíme o zátěži přizpůsobené vedení.

Není-li vedení zakončenou charakteristickou impedancí Z_0 , pohltí se v zakončovacím odporu jen **část** přicházející energie a zbytek se **odrazí** zpět směrem ke zdroji. Po délce vedení se tak setkávají dvě postupné vlny - přímá (přicházející od zdroje) a odražená (vracející se od nepřizpůsobené zátěže). Obě se šíří stejnou rychlostí proti sobě a vytvářejí tak vlnu **stojatou**, jejíž kmity a uzly se opakují vždy ve vzdálenosti, rovné polovině délky vlny na vedení.

Kromě nejčastějšího případu, při němž je zátěž přizpůsobena vedení ($Z = Z_0$), pracuje vedení obvykle s krajními hodnotami zátěže – vedení **nakrátko** ($Z_0 = 0$) nebo vedení **naprázdno** ($Z_0 = \infty$).



Obr. 15. Převzatý. Vlastnosti úseku vedení: A) nakrátko, B) naprázdno

Vedení nakrátko (vedení zakončené zkratem, tj. $Z_0 = 0$) má na konci nulové napětí (je tam tedy uzel napětí) a naopak maximální proud (je tam tedy kmitna (maximum proudu)). Ve vzdálenosti rovné $\lambda/4$ od konce vedení je tomu naopak – uzel proudu, kmitna napětí, po další vzdálenosti $\lambda/4$ jsou poměry stejné jako na konci vedení, atd. (obr. 15. A).

Rozložení napětí a proudu podél vedení nakrátko a impedanci, kterou bychom naměřili na vstupu úseku vedení vzhledem k délce vedení a délce vlny λ , je na obr. A. Chování impedance je následující:

- vedení kratší než $\lambda/4$... cívka;
- vedení rovno $\lambda/4$... ideální paralelní rezonanční obvod;
- vedení delší než $\lambda/4$ a kratší než $\lambda/2$... kondenzátor;

- vedení rovna $\lambda/2$... ideální sériový rezonanční obvod;
- vedení delší než $\lambda/2$... vedení pomyslně zkrátíme o celistvé násobky $\lambda/2$ tak, aby zbytek byl $\leq \lambda/2$ a najdeme vstupní impedanci zbývajícího úseku vedení, což je vstupní impedance zkoumaného (nezkráceného) úseku vedení.

Vedení naprázdno (vedení na konci rozpojené, tj. $Z_0 = \infty$) má na konci maximální napětí (je tam tedy kmitna (maximum) napětí) a naopak nulový proud (je tam tedy uzel proudu). Ve vzdálenosti rovné $\lambda/4$ od konce vedení je tomu naopak – uzel napětí, kmitna proudu, po další vzdálenosti $\lambda/4$ jsou poměry stejné jako na konci vedení, atd. (obr. 15. B).

Rozložení napětí a proudu podél vedení naprázdno a impedanci, kterou bychom naměřili na vstupu úseku vedení vzhledem k délce vedení a délce vlny λ , je na obr. B. Chování impedance je následující:

- vedení kratší než $\lambda/4$... kondenzátor;
- vedení rovno $\lambda/4$... ideální sériový rezonanční obvod;
- vedení delší než $\lambda/4$ a kratší než $\lambda/2$... cívka;
- vedení rovno $\lambda/2$... ideální paralelní rezonanční obvod;
- vedení delší než $\lambda/2$... vedení pomyslně zkrátíme o celistvé násobky $\lambda/2$ tak, aby zbytek byl $\leq \lambda/2$ a najdeme vstupní impedanci zbývajícího úseku vedení, což je vstupní impedance zkoumaného (nezkráceného) úseku vedení.

Toho, že vedení se chová ze určitých předpokladů jako sériový nebo paralelní rezonanční obvod, se využívá v tzv. rezonátorech, např. u vysílacích elektronek.

VF vedení – vlnovody

Vlnovody jsou vysokofrekvenční vedení ve tvaru trubky, nejčastěji obdélníkového průřezu, které se používají pro frekvence 1 GHz – 100 GHz. Elektromagnetické pole se šíří uvnitř vlnovodu a postupuje v podélném směru mnohonásobnými odrazy na stěnách (obr. 14.I).

Výhody: malý útlum, velká šířka přenášeného kmitočtového pásma.

Nevýhody: vysoké nároky na přesnost výroby, obtížné řešení ohybu v trase, větší hmotnost, cena.

Dalším vf vedením je např. **světlovod**, který využívá k přenosu signálu elektricky neutrální fotony.

9. Hřebenový generátor- Výňatek

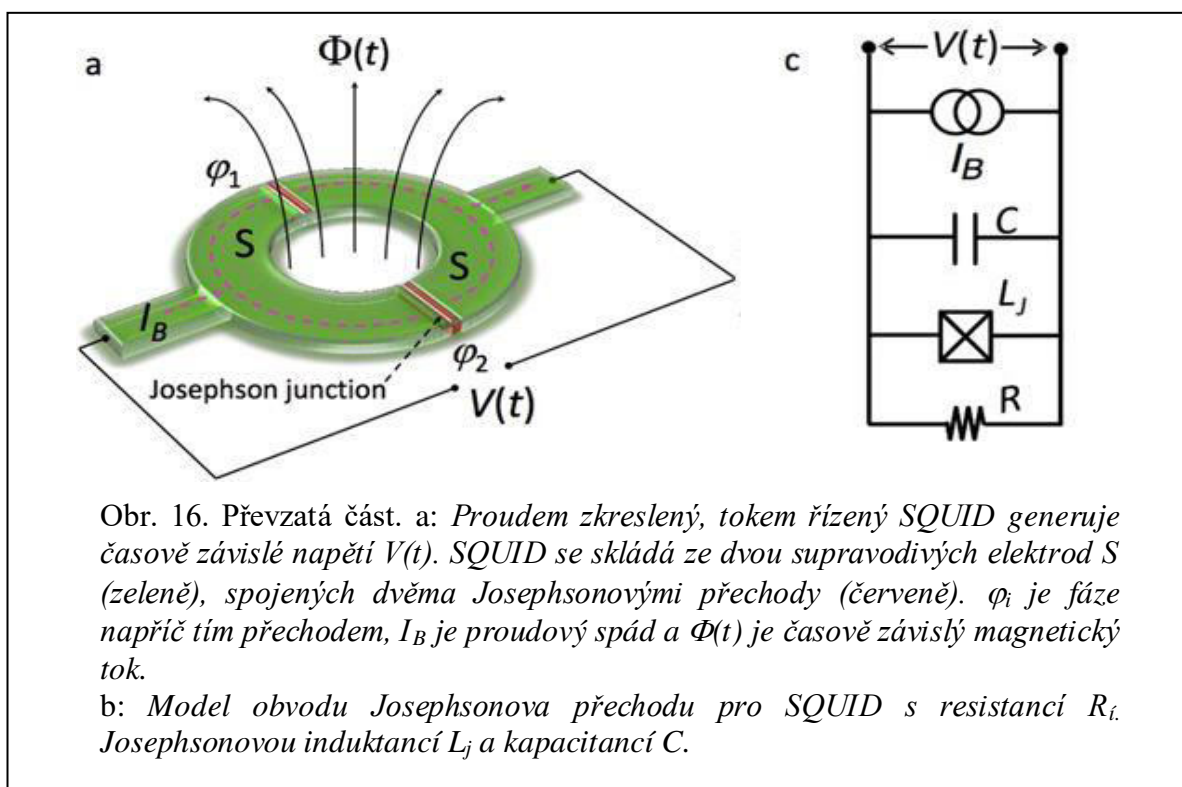
Josephson radiation comb generator

<https://www.nature.com/articles/srep12260>

V počátečních kapitolách „Knihy o vakuu“ se píše o experimentu, v němž badatelé pomocí obvodů SQUID generovali periodické záblesky mikrovlnného „světla“ a simulovali tak vznik tohoto „světla“ z kvantového vakua – bez nutnosti existence „zářivého tělesa“ nebo „světelného zdroje.“ Badatelé tedy ukázali, že EM záření může – za určitých podmínek – vznikat přímo z vakua.

Obr. 16., převzatý z daného článku ukazuje, že Josephsonův přechod, tvořící hlavní část SQUIDu, lze modelovat jako paralelní LC obvod. Ve schématu jsou použity odlišné schematické značky cívky L a odporu R .

Vynořuje se otázka, zda by bylo možno dosáhnout podobného efektu použitím **skutečného** rezonančního obvodu – místo použitého SQUIDU.

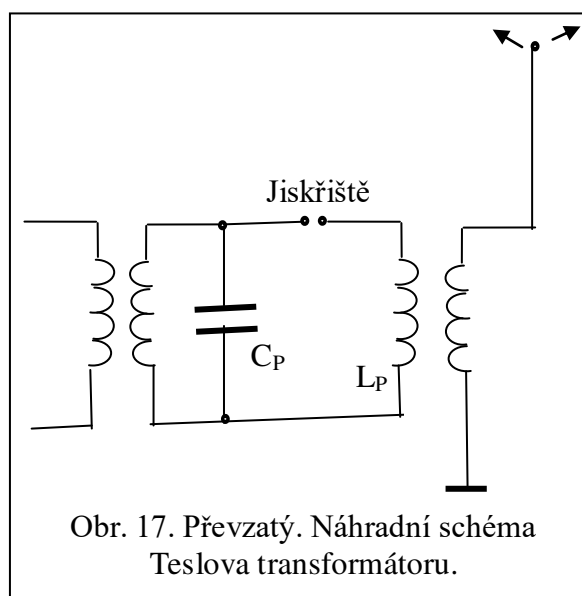


10. Teslův transformátor

Martin Řehák

<http://rayar.g6.cz/teslatr/teslatr.htm>

Je to vzduchový transformátor pracující na svém vlastním **rezonančním** kmitočtu, sloužící obvykle k výrobě velmi vysokého střídavého napětí. Primární vinutí tvoří pár závitů tlustého drátu, sekundární vinutí pak několik stovek až tisíc závitů tenkého drátu v jediné vrstvě na duté válcové kostře. Jedná se vlastně o dva **induktivně vázané rezonanční obvody**. Sekundární cívka se svou vlastní indukčností a mezizávitovou kapacitou (+ případně kapacitou vybíjecí elektrody na vrcholu sekundáru) určuje pracovní rezonanční kmitočet $f_0 = 1/[2 \cdot \pi \cdot \text{Sqrt}(L \cdot C)]$. Aby docházelo k maximálnímu přenosu energie z primárního obvodu do sekundárního, je třeba primární obvod naladit na **tenýž** kmitočet. Protože však mezizávitová kapacita primárního vinutí je zanedbatelná, je nutno připojit k primáru vnější kondenzátor. ... Zbývá otázka, kde vzít dostatečně výkonný zdroj vf energie pro krmění TC. Na obr. 17. je principiální schéma:



Z vysokonapěťového transformátoru napájeného ze sítě se začne nabíjet kondenzátor (musí se stihnout nabít během jedné půlvlny síťového kmitočtu) a když napětí překročí elektrickou

pevnost vzduchu, v jiskřišti přeskochí jiskra, která na okamžik připojí kondenzátor k primární cívce (odpor ionizovaného vzduchu je malý) a energie elektrického pole se přemění na magnetické pole kolem primáru. Při zániku magnetického pole se část energie "přelije" do sekundárního rezonančního obvodu a část se vrátí zpět do kondenzátoru. Na sekundární straně vznikají tlumené kmity. Pokud je indukované napětí dostatečné, dochází k sršení do vzduchu. Takto vzniklé vf napětí (a vf pole kolem cívky) má jiné vlastnosti než z klasických vn zdrojů, lze s ním rozsvěcet na dálku různé plynem plněné trubice a spoustu dalších efektů. Dokonce ani "nekope" (proud teče po povrchu těla – skinefekt), zato vás však může nepříjemně popálit. Ale i přes to je třeba být maximálně opatrný, protože na primárním okruhu, v kondenzátorech, a dalších obvodech je obvykle smrtelně nebezpečné napětí.

Teslův transformátor ... je u nás zařízení poměrně neznámé a na českém Internetu o něm není téměř ani slovo a tak doufám, že to tato stránka alespoň částečně napraví. Naopak v Německu, Anglii nebo USA se jedná o populární "hračku", kterou si staví mnoho amatérů.

Funkci jiskřiště může převzít polovodičový spínač nebo elektronka. **Budiče** lze rozdělit do několika základních kategorií:

- *GTC* - klasické buzení s jiskřištěm jak bylo popsáno výše.
- *SSTC* - buzení pomocí polovodičových součástek (BJT, MOSFET, IGBT), kde spínací součástka mění svůj stav během každé půlperrody vf kmitu. K napájení obvykle slouží přímo usměrněná síť (odpadá VN trafo) nebo baterie či libovolný SS zdroj. Existují různé topologie zapojení: flyback, polomost, H-můstek, oscilátor ve třídě E, atd. v široké škále výkonů od pár wattů po několik kW. Dále se občas používá obvod s laděným primárem jako sériový rezonanční obvod - DRSSSTC. Pro zvýšení efektivity se také používá pulsní modulace vf kmitů pomocí elektronického přerušovače - ISSSTC. Tím je možno značně zvýšit impulsní výkon (a délku výbojů) při zachování nízkého středního výkonu (méně zahřívání a stresování součástek). Obvykle se tak spojují oba principy do DRISSTC. U elektronických budičů je možno snadno docílit nejen impulsní, ale i spojité modulace, a připojit např. audiosignál k vytvoření zajímavého efektu hrajících výbojů (toho se skutečně seriózně využívá u plazmových výškových reproduktorů).
- *OLTC* - využívá taktéž polovodičový spínač (většinou výkonový IGBT modul) nebo tyratron, ale narozdíl od SSTC je sepnut po celou dobu tlumeného kmitání TC jako přesná analogie jiskřiště. K napájení používá usměrněnou (případně zdvojenou) síť.
- *VTTC* - oscilátor s výkonovou elektronkou (trioda, tetroda, pentoda) v jejímž anodovém obvodu je zapojen laděný primární obvod transformátoru (zde paralelní rezonanční obvod). K napájení se u větších lamp obvykle používá transformátor z mikrovlnky. VTTC lze také s výhodou doplnit o přerušovací obvod - IVTTC. Audiomodulace je zde také možná, ale vyžaduje větší výkon zdroje modulačního signálu.

11. Big TC [Velký Teslův transformátor]]

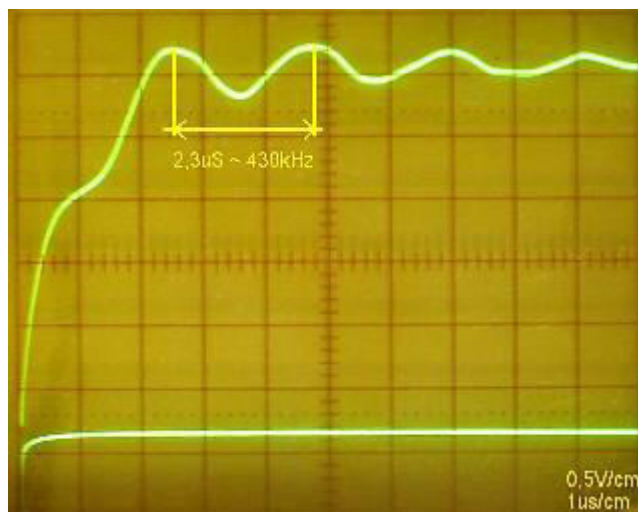
Martin Řehák

Výňatky z <http://rayer.g6.cz/teslatr/bigtc.htm>

Teslův transformátor je poněkud složitější zařízení než jsem si původně myslel. Při měření rezonanční frekvence sekundáru f_0 je třeba zavést budicí signál (druhý pól generátoru uzemněn) přes odpor (několik desítek kiloohmů) na spodek sekundáru a vršek nechat volně ve vzduchu. Nikoliv tedy přímým připojením k oběma koncům cívky. Sekundár není izolovaný systém, ale je kapacitně svázán s okolím. Pro měření se hodí sinusový generátor, ale lze použít i obdélníkový TTL se střídou 50%. U obdélníků je zrada v tom, že spektrum jeho signálu

obsahuje řadu lichých harmonických. Pak se může třeba stát, že naše TC s $f_0 = 300 \text{ kHz}$ se vybudí nejen při nastavení generátoru na 300 kHz , ale i na 100 kHz , díky třetí harmonické.

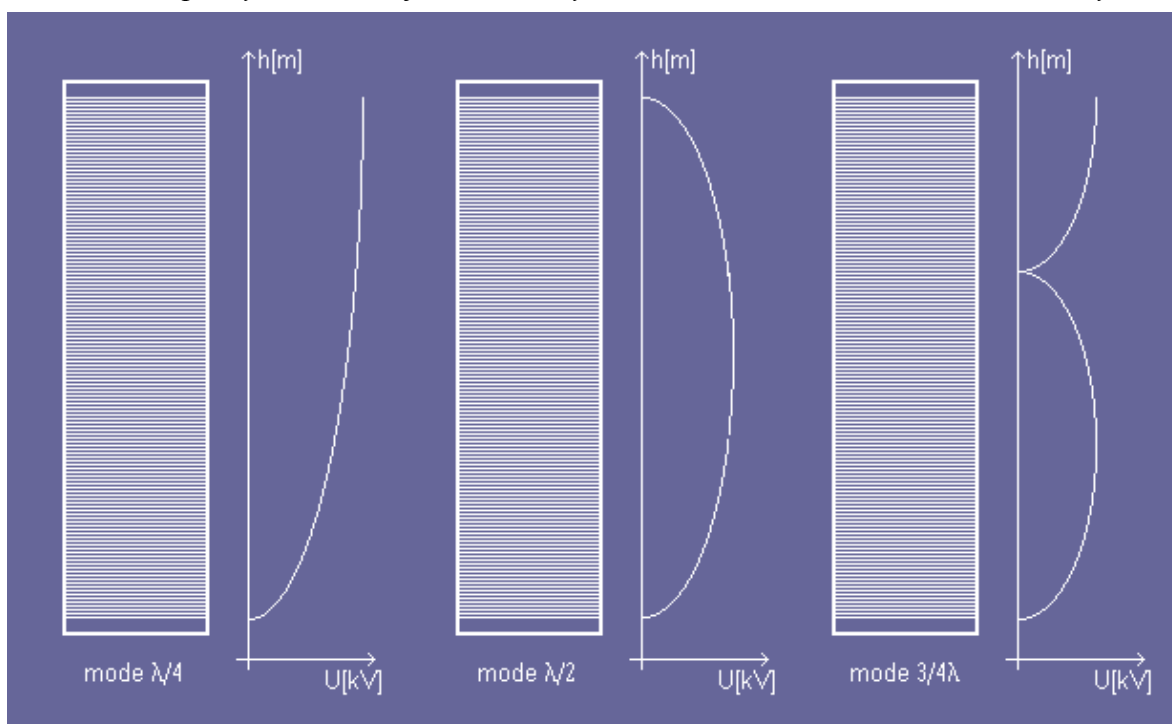
Pro hrubý odhad f_0 nám postačí i obdélníkový generátor s ostrými hranami, který nemá střihu 50%. Nastavíme jeho frekvenci na několik kHz nebo desítek kHz a na osciloskopu si prohlédneme hrany signálu. Na čelech a týlech jsou vidět zákmity, z nichž odhadneme f_0 . Po zvětšení to může vypadat třeba jako na obr. 18.



Obr. 18. Převzatý. Snímek signálu z osciloskopu

Pokud máme sinusový generátor ... stačí pomalu zvyšovat frekvenci od nějakých 100 kHz (u menších a středních TC) a sledovat na osciloskopu napětí na odporu R (já jsem použil 100 kohm). První maximum napětí odpovídá hledané f_0 . Pokud ladíme dále, čeká na nás překvapení v podobě dalších, o něco méně výraznějších maxim. Tyto další maxima jsou tzv. vyšší "módy", nikoliv harmonické. Nejsou totiž celočíselným násobkem základní (fundamentální) rezonanční frekvence f_0 . Jejich význam se pokusím vysvětlit na následujícím obrázku:

Např. kytarová struna se může rozkmitat tak, že uprostřed struny je jedno maximum, tzv. "kmitna" a na pevných koncích jsou tzv. "uzly". Ale může se rozkmitat i tak, že kmitny budou



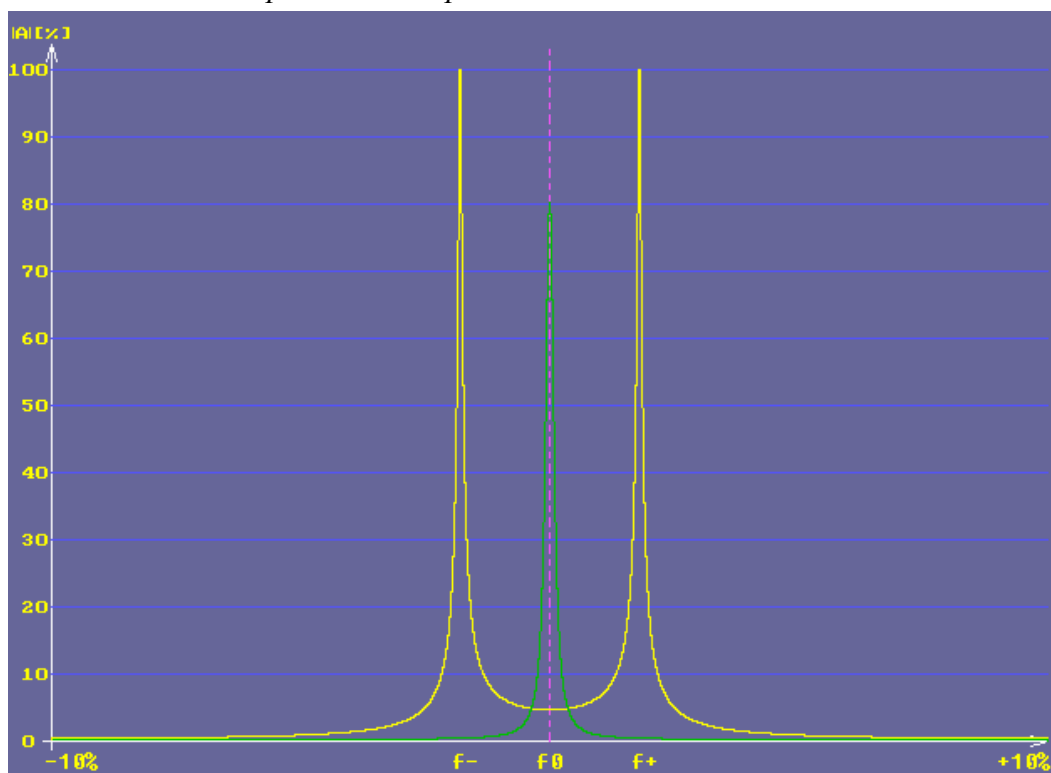
Obr. 19. Převzatý. Průběhy napětí U na TC o výšce h

dvě - v první a třetí čtvrtině a uzly tři - na koncích a uprostřed, atd. V prvním případě pak struna připomíná polovinu sinusovky - $\lambda/2$ v druhém jsou pak oba obloučky, tedy celá vlna λ . $\lambda/2$ je pro strunu fundamentální mód. Teslova cívka se spíše podobá píšťale s jedním otevřeným koncem. Na uzavřeném konci je uzel, na otevřeném kmitna.

Fundamentální mód je tedy $\lambda/4$. Nás zde zajímá rozložení napětí podél cívky. To se dá zjistit za chodu velice jednoduše. V konstantní vzdálenosti (co nejbližší, ale tak aby nemohlo dojít k přeskočení jiskry) pohybujeme podél sekundáru doutnavkou, nebo hrotem jehly a maximální svit/korona nám ukáže kmitnu napětí. Fundamentální mód znamená plynulý růst napětí s kmitnou nahore, tedy největší napětí a nejvíce jisker.

Pokud se TC vybudí na vyšší mód, můžou nastat problémy. Při vyšších výkonech může v místě napěťové kmitny dojít k průrazu mezi závitů. V místech napěťových kmiten jsou uzly proudu a v napěťových uzlech kmitny proudu. Kmitna proudu by zas mohla přetavit tenký drát sekundáru. Proto je nutné před puštěním nové TC na plný výkon zkontrolovat na jakém módu vlastně rezonuje.

Doposud jsme uvažovali samostatnou sekundární cívku. Po připojení primárního rezonančního obvodu se to ještě trochu zkomplikuje. Vzniknou totiž dva (magneticky) vázané rezonanční obvody. Pro jednoduchost uvažujme, že jsou oba nezávisle naladěny na stejnou frekvenci f_0 . Tvar kmitočtové charakteristiky jejich vzájemné impedance ($Z_t = U_2/I_1$) pak výrazně závisí na činiteli vazby k a jakosti Q , přesněji na hodnotě výrazu $k*Q$. Činitel vazby je číslo v rozsahu $<0,1>$. Zjednodušeně řečeno udává, jak moc se projeví změny vzniklé v prvním rezonančním obvodu v obvodu druhém. Čím je číslo vyšší, tím je vazba silnější. Odhad lze učinit z geometrického uspořádání cívek. Čím více jsou vinutí těsněji na sobě a čím více závitů obou vinutí se překrývá, tím je vazba silnější. Pro SSTC/VTTC je výhodná co největší vazba, ale je třeba dát pozor na přeskočení jisker mezi primárem a sekundárem. Q je činitel jakosti obou obvodů, $Q = \sqrt{Q_1*Q_2}$ - geometrický průměr dílčích jakostí. Q paralelního rezonančního obvodu je pak obecně dáno jako poměr reaktanční složky X ku odporové (ztrátové) složce R . U TC se dosahuje Q na prázdko v rozsahu zhruba 50 - 100. Pokud je hodnota $k*Q < 1$, jde o podkritickou vazbu. Frekvenční charakteristika má jedno ploché maximum. Pokud $k*Q = 1$, jde o kritickou vazbu, maximum je stále jedno, ale s nejstrmějšími hranami křivky (nejmenší šířka pásma). A pokud $k*Q > 1$ jde o nadkritickou vazbu, kdy vzniknou dvě maxima a uprostřed nich pokles:



Obr. 20. Převzatý. Rezonanční křivky u Teslova transformátoru

Ze změřeného provozního Q se dá jednoduše spočítat nebo spíše odhadnou optimální indukčnost a kapacita primáru pro přizpůsobení danému zdroji. Má-li zdroj výstupní odpor R_i , pak provozní impedance na primárních svorkách by měla být rovna tomuto odporu, $Z_{pri} = R_i$. Při vyladění do rezonance je pak $XL = XC = Z_{pri}/Q$, z toho pak určíme indukčnost primáru a kapacitu kondenzátoru. Pracujeme s odhadem, takže není na škodu udělat na primáru pár odboček a vyzkoušet to.

*