

Přednáška 1 - Elektrostatika

1. Klasifikace prostředí

Homogeni x nehomogeni

Lineární x nelineární (n krát příčina = n krát následek)

Isotropní x anizotropní (směrové vlastnosti)

Stacionární x nestacionární (proměnnost v čase)

2. Definice intenzity elektrického pole

$$E = \frac{F}{Q} \text{ (síla působící na náboj v poli)}$$

$$E = \frac{Q}{4 * \pi * \epsilon * r^2}$$

3. Coulombův zákon

$$F = Q_1 * \frac{Q_2}{4 * \pi * \epsilon * r^2} \epsilon - \text{permitivita ,}$$

$$\epsilon_0 = 8.855 * 10^{-12}$$

4. Gaussova věta pro elektrostatiku

$$\oint_S \vec{D} d\vec{s} = Q$$

5. Podmínky na rozhraní dvou dielektrik

$$E_{t_1} = E_{t_2} \text{ -tečné složky}$$

$$D_{n_1} = D_{n_2} + \sigma \text{ -normalové složky s hustotou naboje}$$

$$\frac{D_{t_1}}{\epsilon_1} = \frac{D_{t_2}}{\epsilon_2}$$

6. Vztah potenciálu elektrostatického pole a intenzity elektrického pole

$$\int \vec{E} * \vec{dl} = \varphi$$

7. Vztah mezi elektrickou indukcí a intenzitou elektrického pole

$$D = \epsilon E$$

8. Podmínky platnosti principu superpozice

Linearita

9. Elektrostatické pole nabitého bodu (náboje s kulovou symetrií)

$$E(S) = \frac{Q}{S\varepsilon}$$
$$E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$$

10. Elektrostatické pole nabité přímky (náboje s válcovou symetrií)

$$\tau = \frac{Q}{l} \text{ lineový nabož}$$

$$S = 2\pi lr$$

$$E(r) = \frac{Q}{\varepsilon S} = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon r}$$

11. Elektrostatické pole nabité roviny (náboje s válcovou symetrií)

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$2ES = \frac{Q}{\varepsilon}$$

$$E(r) = \frac{\sigma}{2\varepsilon}$$

12. Elektrostatické pole na povrchu vodiče

Na povrchu nemá intenzita tecnou složku, ma jen normalovou a $D = \sigma$ (plosna hustota naboje) z toho $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

13. Laplaceova a Poissonova rovnice pro elektrický potenciál

$\Delta\varphi = 0$ Laplaceova rovnice

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = 0$$

$\Delta\varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon}$ Poissonova rovnice

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = -\frac{\rho_0}{\varepsilon}$$

$$\rho_0 = \frac{Q}{V}$$

14. **Statická definice kapacity**

$$Q = CU$$

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

15. **Energie nabitého kapacitou**

$$W = \frac{1}{2}CU^2$$

16. **Hustota energie elektrostatičkého pole**

$$w = \frac{1}{2}ED = \frac{\varepsilon}{2}E^2$$

17. **Intenzita a potenciál elektrického pole buzeného známým rozložením náboje**

$$\vec{E} = \int \frac{\rho_0(\mathbf{r})\vec{r}}{4\pi\varepsilon|\vec{r}|^3} dV$$

$$\varphi = \int \frac{\rho_0(\mathbf{r})}{4\pi\varepsilon r} dV$$

Přednáška 2 - Proudové pole

Q	I
D	J
U	U
φ	φ
C	G (1/R)
ε	σ
E	E

1. **Definice elektrického proudu**

$$I = \frac{Q}{t} \text{ nebo } I = \int \vec{j} dS$$

2. Hraniční podmínky na rozhraní dvou vodivých prostředí

$$\vec{J}_1 = \vec{J}_2$$

3. Ohmův zákon v diferenciálním tvaru

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

Přednáška 3 - Magnetické pole

1. Ampérův zákon

$\oint \vec{H} d\vec{l} = I$ proud procházející vodičem

2. Podmínky pro B a H na rozhraní dvou magnetik.

$H_{t_1} = H_{t_2} + K$ - intenzita magnetického pole s plošnou hustotou proudu

$B_{n_1} = B_{n_2}$ - magnetické indukce

Z toho $\mu_1 H_{n_1} = \mu_2 H_{n_2}$

3. Hopkinsonův zákon a magnetická reluktance

magnetický indukční tok = $\iint \vec{B} d\vec{s}$

$$R_m = \frac{U_m}{\text{mag. in. tok}}$$

$$R_m = \int \frac{1}{\mu} \frac{dl}{s}$$

4. Statické definice vlastní a vzájemné indukčnosti

Vlastní indukčnost = mag.in.tok/prudem

$$L = \frac{N^2}{R_m} \text{ například pro cívku}$$

vzájemná indukčnost $M = \text{tok mezi nimi}/I_1$

5. Energetická definice indukčnosti

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

6. Hustota energie magnetického pole

$$w_m = \frac{1}{2} BH$$

7. Biotův-Savartův zákon

$$N_{avíc} = \text{mag. in. tok} = \frac{NI}{R_m}$$

Přednáška 4 - Jednoduché obvody

1. Rovnice kontinuity pro proudovou hustotu ve stacionárním poli

$$\oiint \vec{j} \cdot d\vec{s} = -\frac{dQ}{dt} \text{-obecně}$$

$$\oiint \vec{j} \cdot d\vec{s} = 0 \text{-jen ve stacionárním poli}$$

2. Ohmův zákon v integrálním tvaru

$$U = RI$$

3. Výsledný odpor rezistorů paralelně a seriově řazených

$$\text{Paralelně } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Serie } R = R_1 + R_2$$

4. Kirchhoffovy zákony

$$\text{První- } \sum I_i = 0$$

Druhy – součet všech napětí ve smyčce se rovná součtu elektromotorických napětí ve smyčce.

5. Výkon přeměňovaný v teplo na odporech paralelně a seriově řazených

Celkový výkon se rozloží v seriovém zapojení v poměru hodnot odporu

Celkový výkon se rozloží v paralelním zapojení v poměru převrácených hodnot odporu

6. Orientace proudu a napětí na zdroji a spotřebiči

7. Elektromotorické a svorkové napětí

Elektromotorické- napětí co dává zdroj, způsobené neelektrickými silami

Svorkové – napětí mezi dvěma svorkami

8. Theveninův a Nortonův teorém

Thevenin- převedení obvodu na jeden zdroj a R_i
Norton – na zdroj proudu

9. Řešení odporových obvodů metodou úměrných veličin

Jeden prvek obvodu zvolím dopocítám obvod a pak vynásobím konstantou která je rovna co jsme chteli/co vyslo

10. **Zápis vztahu mezi napětím a proudy pomocí admitanční matice - uveďte rovnici a obrázek se zakreslením napětí a proudů**

Matice proudu = admitanční matice * matice napeti

11. **Sestavení admitanční matice obvodu (jak se stanoví diagonální prvky matice, jak prvky mimo diagonálu)**

Na hlavní diagonálu admitanční matice napíšeme součty admitancí, které se váží k jednotlivým uzlům.

Mimo hlavní diagonálu píšeme záporně vzaté součty admitancí spojujících dané uzly.

Přednáška 5 - RLC obvody a jejich řešení

1. **Kapacitor: závislost napětí a proudu v časové oblasti**

$$u = \frac{1}{C} \int i dt$$

2. **Induktor: závislost napětí a proudu v časové oblasti**

$$u = L \frac{di}{dt}$$

3. Harmonický průběh obvodových veličin a jeho zápis fázory

$$U = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\hat{U} = U_m e^{j(\omega t + \varphi)}$$

4. Reaktance kapacitoru a induktoru v závislosti na frekvenci

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = -\frac{1}{\omega C}$$

5. Susceptance kapacitoru a induktoru v závislosti na frekvenci

$$Y_L = -\frac{1}{\omega L}$$

$$Y_C = \omega C$$

6. **Podmínka rezonance seriového a paralelního rezonančního obvodu**

$$X_C = X_L$$

7. **Thomsonův vztah pro rezonanční frekvenci bezztrátového obvodu**

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Přednáška 6 a 7 - Indukované napětí, silové působení elmg. pole, numerické řešení polí

1. **Síla působící na náboj pohybující se v elektromagnetickém poli**

$$F = Q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

2. Princip virtuální práce

Představa ze se těleso pohnulo o diferenciální kousek, tak malý, že se pole vlastně nezmění

3. Řešení Laplaceovy rovnice metodou sítí (konečných diferencí)

Prostor se nareže a potenciál v jednom bodě se vypočítá jako průměr potenciálu okolních bodů

4. **Poyntingův vektor - definice a fyzikální význam**

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

Velikost vektoru je kolik práce prochází elektromagnetickým polem

A směr ukazuje směr kudy prochází

Téma je slušně zpracováno na české verzi [Wikipedie](#).

Přednáška 8 - Elektrodynamika I

1. Maxwellovy rovnice

$$\oiint \vec{D} \cdot d\vec{s} = \iiint \rho \, dV$$

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho_0$$

$$\oiint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint \vec{j} \cdot d\vec{S} + \frac{\partial}{\partial t} \iint \vec{D} \cdot d\vec{S}$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$$

2. Vlnová rovnice mimo oblast zdrojů, obecný časový průběh veličin

$$\Delta \vec{E} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \mu\sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 0$$

Δ Vlnová rovnice mimo oblast zdrojů, harmonický průběh veličin

$$\hat{\Delta} \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0$$

$$k^2 = -j\omega\mu(j\omega\epsilon + \sigma)$$

3. Rovinná elektromagnetická vlna - závislost E na poloze a času

$\hat{E}(z) = \hat{E}_0 e^{-jkz}$ pokud zakážeme vlnu v protisměru, a vyjadřuje to též časovou závislost, protože to je fázor

4. **Konstanta šíření, určení z vlastností prostředí, fyzikální význam její reálné a imaginární části**

$$k = (\beta - j\alpha)$$

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\mu\varepsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right)^2} - 1 \right)} - \text{ rychlost utlumu}$$

$$\beta = \omega \sqrt{\frac{\mu\varepsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right)^2} + 1 \right)} - \text{ rychlost změny fáze ve směru šíření}$$

Přednáška 9 - Elektrodynamika II

1. **Hloubka vniku vlny do částečně vodivého prostředí - fyzikální význam a výpočet**

$$\delta = \frac{1}{\alpha}$$

2. Výpočet vlnové délky vlny v obecném prostředí

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$$

3. Fázová a skupinová rychlost elektromagnetické vlny

$$v_f = \lambda f - \text{ fázová rychlost}$$

$$v_g = \frac{d\beta}{d\omega} - \text{ skupinová rychlost, rychlost šíření energie}$$

4. **Vlnová impedance prostředí – definice**

$$Z_v = \frac{\hat{E}_x}{\hat{H}_y}$$

5. Vlnová impedance vakua

$$Z_{vakua} = 120\pi \Omega$$

6. Vlnová impedance obecného prostředí

$$Z_v = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{j\omega\varepsilon + \sigma}}$$

7. Bilance výkonu elmg. vlny mimo oblast zdrojů (Poyntingův teorém)

$$-\oint (\vec{E} \times \vec{H}) \cdot d\vec{S} = \frac{dW}{dt} + \iiint \vec{j} \cdot \vec{E} dV$$

Přednáška 10 - Vedená vlna

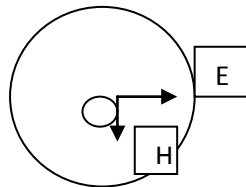
1. Charakteristická impedance vedení, definice

$$Z_{CH} = \frac{U}{I}$$

2. Charakteristická impedance koaxiálního vedení

$$Z_{CH} = \frac{60 \ln\left(\frac{b}{a}\right)}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

3. Nakreslete rozložení E a H v koaxiálním vedení



$$E = \frac{\tau}{2\pi r \varepsilon}$$

$$H = \frac{1}{2\pi r}$$

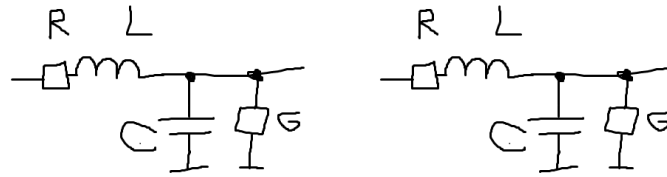
4. Koeficient odrazu na konci zatíženého vedení - definice a určení z impedancí

$$R = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

5. Poměr stojatých vln – definice

$$PSV = \frac{\text{vzdálenost}_{max}}{\text{vzdálenost}_{min}}$$

6. RLCG model vedení



7. Telegrafní rovnice

$\frac{d^2u}{dx^2} - LC \frac{d^2u}{dt^2} = 0$ obecná telegrafní rovnice pro RC model vedení.

8. Transformace impedance po vedení

Ve Smithově diagramu se transformuje po kružnicích

9. Podmínka impedančního přizpůsobení

Aby mohl být obvod impedančně přizpůsoben, musí být koeficient odrazu zátěže a zdroje komplexně združené

Přednáška 11 - Impedanční přizpůsobení

1. Definice koeficientu odrazu a jeho určení z impedancí

$$R = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

2. **Smithův diagram: kružnice konstantní reálné části impedance (nakreslete alespoň tři)**
3. **Smithův diagram: kružnice konstantní reálné části admitance (nakreslete alespoň tři)**
4. Smithův diagram: kružnice konstantní imaginární části impedance (nakreslete alespoň tři)

5. Smithův diagram: kružnice konstantní imaginární části admitance (nakreslete alespoň tři)
6. Smithův diagram: kružnice konstantní velikosti koeficientu odrazu (nakreslete alespoň tři)
7. Poměr stojatých vln - výpočet z impedance vedení a zátěže

$$PSV = \frac{1 + R}{1 - R} = \frac{Z}{Z_0}$$

8. Nakreslete dva LC obvody, kterým lze přizpůsobit zátěž o impedanci $(100 + j50)$ ohm ke zdroji s reálnou impedancí 50 ohm.
9. Nakreslete dva LC obvody, kterým lze přizpůsobit zátěž o impedanci $(300 + j25)$ ohm ke zdroji s reálnou impedancí 50 ohm.
10. Nakreslete dva LC obvody, kterým lze přizpůsobit zátěž o impedanci $(60 + j60)$ ohm ke zdroji s reálnou impedancí 50 ohm.
11. Které impedance lze přizpůsobit ke zdroji s impedancí 50 ohm seriovým připojením jediné součástky?

Takova, která je na kružnici konstantní reálné části o velikosti 1.0 tzn má tvar $50 + jx$

Přednáška 12 - Přechodné děje

1. Co je to impulsní charakteristika obvodu

Odezva obvodu když do něj přivedeme jednotkový (Diracův) impuls

2. Co je to přechodová charakteristika obvodu

Odezva obvodu na jednotkový skok

3. Časová konstanta obvodu 1. řádu (uvedte pro RC i RL obvod)

$$\tau = RC$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

4. **Časový průběh nabíjení/vybíjení kondenzátoru přes odpor - uveďte vždy matematický vztah i graf.**

$$u = U - Ue^{-\frac{t}{RC}} \text{ nabíjení}$$

$$i = \frac{U-u}{R} \text{ nabíjení}$$

$$u = Ue^{-\frac{t}{RC}} - \text{vybíjení}$$

$$i = \frac{U-u}{R} \text{ vybíjení}$$

5. Vybitý kondenzátor se v $t=0$ začal nabíjet na napětí 10 V přes odpor R. Jaké je jeho napětí v $t = RC$?

$$u = 10(1 - e^{-\frac{RC}{RC}}) = 63.3212$$

6. Vybitý kondenzátor se v $t=0$ začal nabíjet na napětí U přes odpor R. Jaké proud teče odporem R v $t = RC$?

$$i = \frac{U - U + Ue^{-1}}{R} = \frac{Ue^{-1}}{R}$$

7. Vybitý kondenzátor se v $t=0$ začal nabíjet na napětí U přes odpor R. Jaké napětí je na odporu R v $t = RC$?

$$u_R = U - u = U - U + Ue^{-1} = Ue^{-1}$$