

→ Střídavý proud v energetice - distribuční síť v Evropě je unifikovaná
 $f = 50 \text{ Hz}$ → Umění fázový vodič

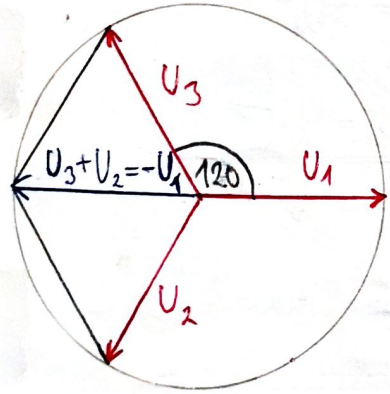
→ generátor střídavého proudu * → U_{max} je max U ve vedení 400 kV
 $\rightarrow \uparrow U \Rightarrow \downarrow I \text{ proud} \Rightarrow \downarrow \text{tepelné ztráty}$

→ zdroj střídavého proudu v elektrárnách = alternátor
 → trojfázový alternátor - výkonný gen. proud v elektrárnách

- stator - statická část - 3 cíve - osy cívek svírají $\neq 120^\circ$
- rotor - pohyblivá část - magnet / elektromagnet
 ↳ otáčí se s úhlovou frekvencí ω → v elektrárnách
 Evropa: $f = 50 \text{ Hz}$
 $f = 3000 \text{ min}$
- elektromagnet = cívka s feromag. jádrem + stejnosměr. proud
- princip - elektromag. indukce

- magnet se otáčí \Rightarrow mění se mag. i. kol plochou ráviti cívek \Rightarrow na cívkách se indukují napětí u_1, u_2, u_3
 s fázovým posunem $\frac{1}{3}T = \frac{2}{3}\pi$

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= U_m \sin(\omega \cdot t) \\ u_2 &= U_m \cdot \sin(\omega \cdot t - \frac{2}{3}\pi) \\ u_3 &= U_m \sin(\omega \cdot t - \frac{4}{3}\pi) \end{aligned} \right\} \underline{u_1 = u_2 = u_3 = \frac{U_m}{\sqrt{2}}}$$



$\Rightarrow \underline{u_1 + u_2 + u_3 = 0}$

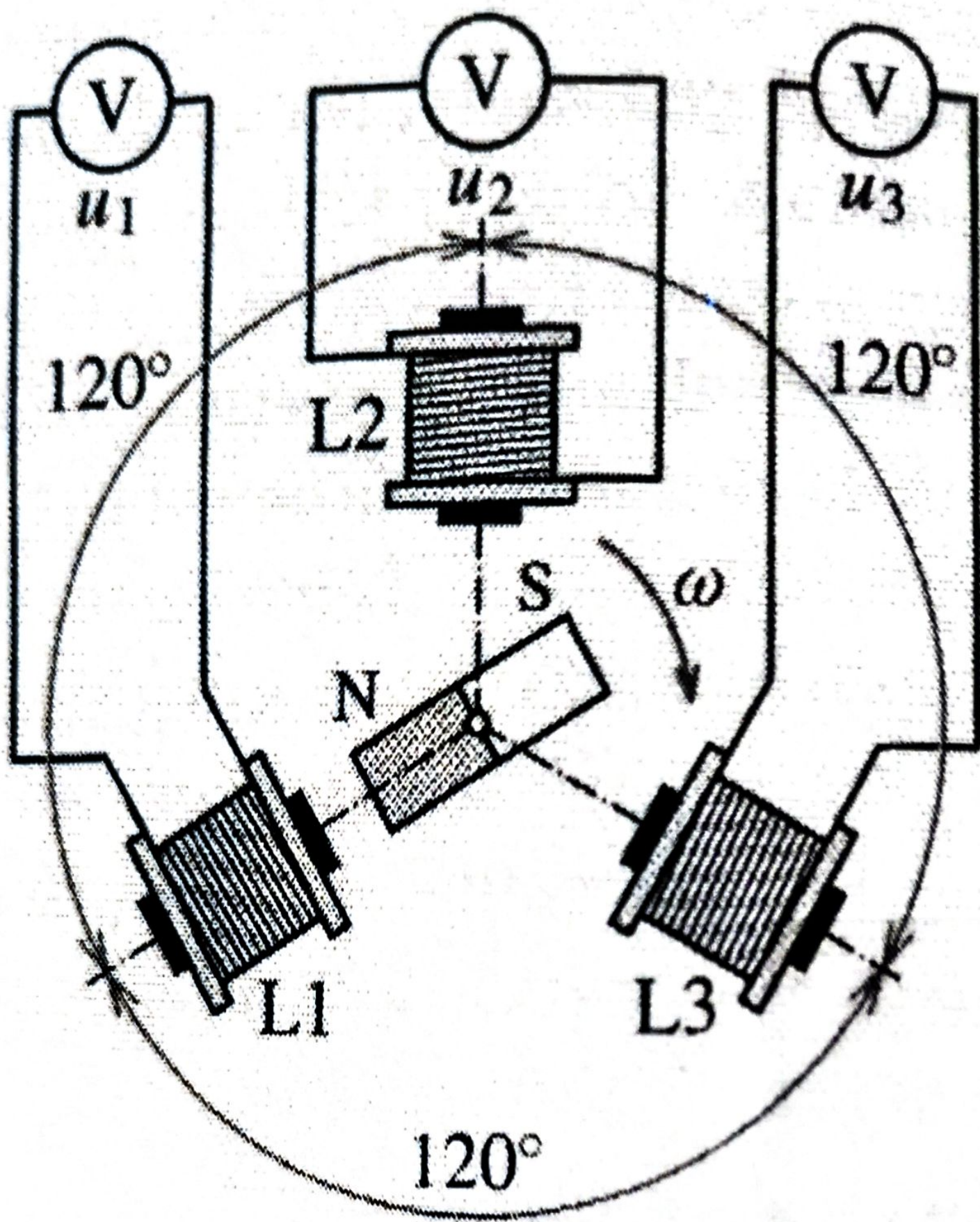
↳ součet okamžitých hodnot napětí = 0

→ trojfázová soustava střídavého napětí

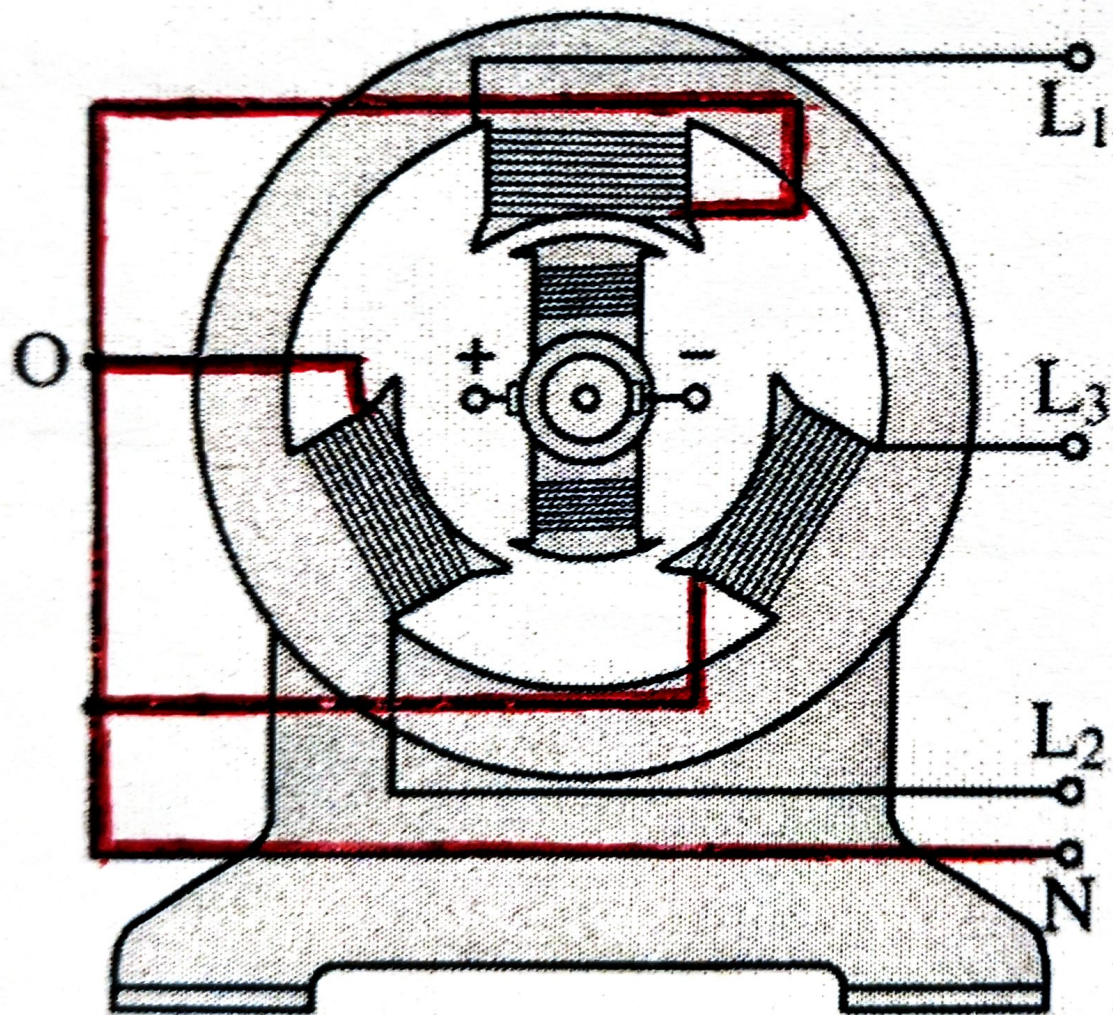
- od každé cívky je 1 vodič zapojen do uzlu = spol. bod = 0
- do uzlu se zapojují nulovací vodič = N
- zbývající 3 vodiče (od každé cívky 1) = fázové vodiče = L_1, L_2, L_3
 \Rightarrow 4 vodiče - 1 nulovací a 3 fázové

* $UI = P$ → konstantní výkon $\Rightarrow \uparrow U \Rightarrow \downarrow I \Rightarrow \downarrow Q$ = ztráty
 $\rightarrow \uparrow U$ je ale víc nebezpečný (nebezpečnější...) \Rightarrow jen málo kde

50 Hz + 22 kV - je normální ve městech a tak \rightarrow max 400 kV



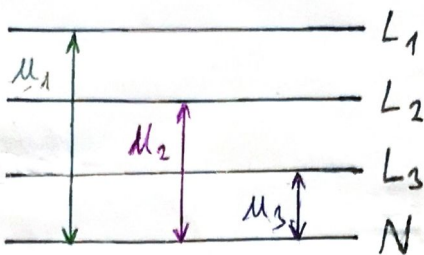
10-1 Trojfázový alternátor



10-4 Spojení cívek statoru alternátoru

→ fázové napětí

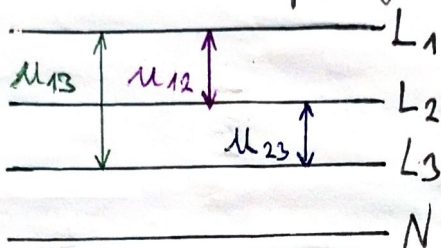
→ mezi nulováním a fázovým vodičem ⇒ uzavření obvodu



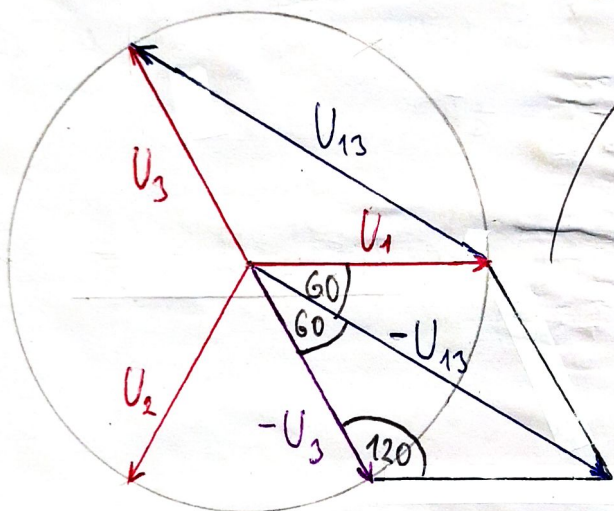
$U_1 = U_2 = U_3 = 230V$

→ sdržené napětí

→ mezi dvěma fázovými vodiči je sdržené napětí



$U_{12} = U_{13} = U_{23} = U_1 \sqrt{3} = 400V$



$\vec{-U}_{13} = \vec{U}_1 - \vec{U}_3$

⇒ kos. v: $U_{13}^2 = U_1^2 + U_3^2 - 2U_1U_3 \cos(120)$

$U_1 = U_3: U_{13}^2 = U_1^2 + U_1^2 + U_1^2$

$U_{13}^2 = 3U_1^2$

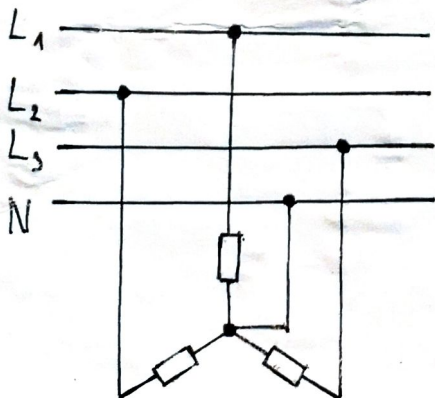
⇒ $U_{13} = U_1 \sqrt{3}$

→ Zapojení do trojúhelníku a do hvězdy

- výkonný spotřebič, upravený konstrukčně na 3 stejné části lze zapojit do trojfázové soustavy

⇒ lze je do ní zapojit do trojúhelníku nebo do hvězdy

• do hvězdy



→ společný konec k N

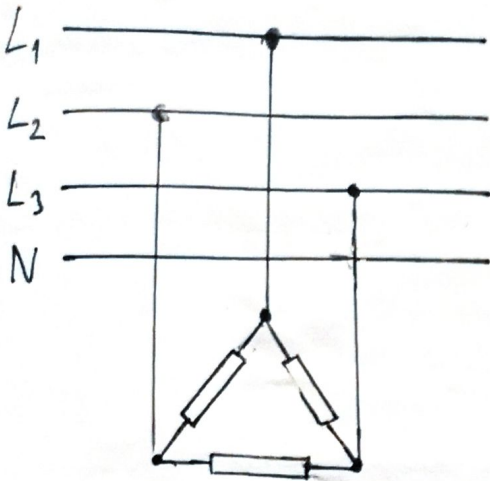
→ vždy 3 konce k f. vodičům

⇒ vždy 1 konec k N a druhý k f. vodiči

⇒ všechny 3 části zapojené do f. napětí

⇒ 230V všechny části

• do trojúhelníku



- vždy dva konce zapojení & f. vodičem
- ⇒ všechny 3 části připojené & sdružené na U
- ⇒ 400 V všechny části

→ Elektromotor na trojfázový proud

- využívá elektrickou E a přeměňuje ji na mechanickou E
- 3 cívky připojené k trojfázové soustavě - do hvězdy - obr 10-6
 - proud cívkami je časově proměnný
 - magnetická pole cívek se skládají

princip {

- ⇒ mezi cívkami vzniká rotující magnetické pole
- ⇒ vektor mag. indukce otáčivého pole \vec{B} se točí frekvencí f_p

→ stator = 3 cívky

→ rotor = kotva - např. klecové vinutí - ~~rotor~~

→ kotva se umístí mezi cívky a roztočí se frekvencí f_r

→ kotva = vodič ⇒ chová se podle Lenzova zákona

⇒ chvilí ráfosí proti tomu poli

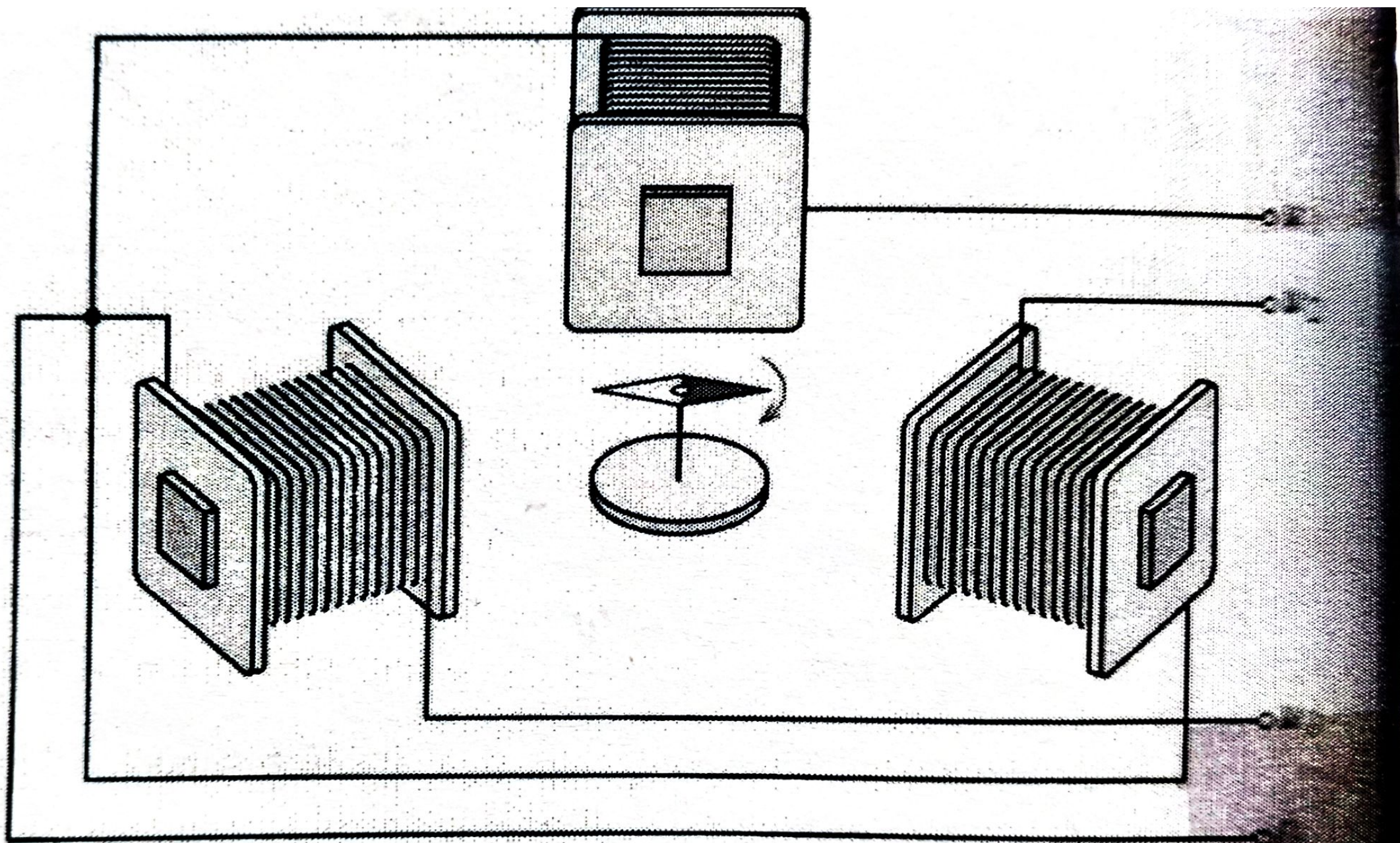
→ služ = spotřeba kotvy roste se zatížením motoru

• f_p = frekvence mag. pole
 • f_r = frekvence rotoru
 } služ - $s = \frac{f_p - f_r}{f_p} \cdot 100\%$

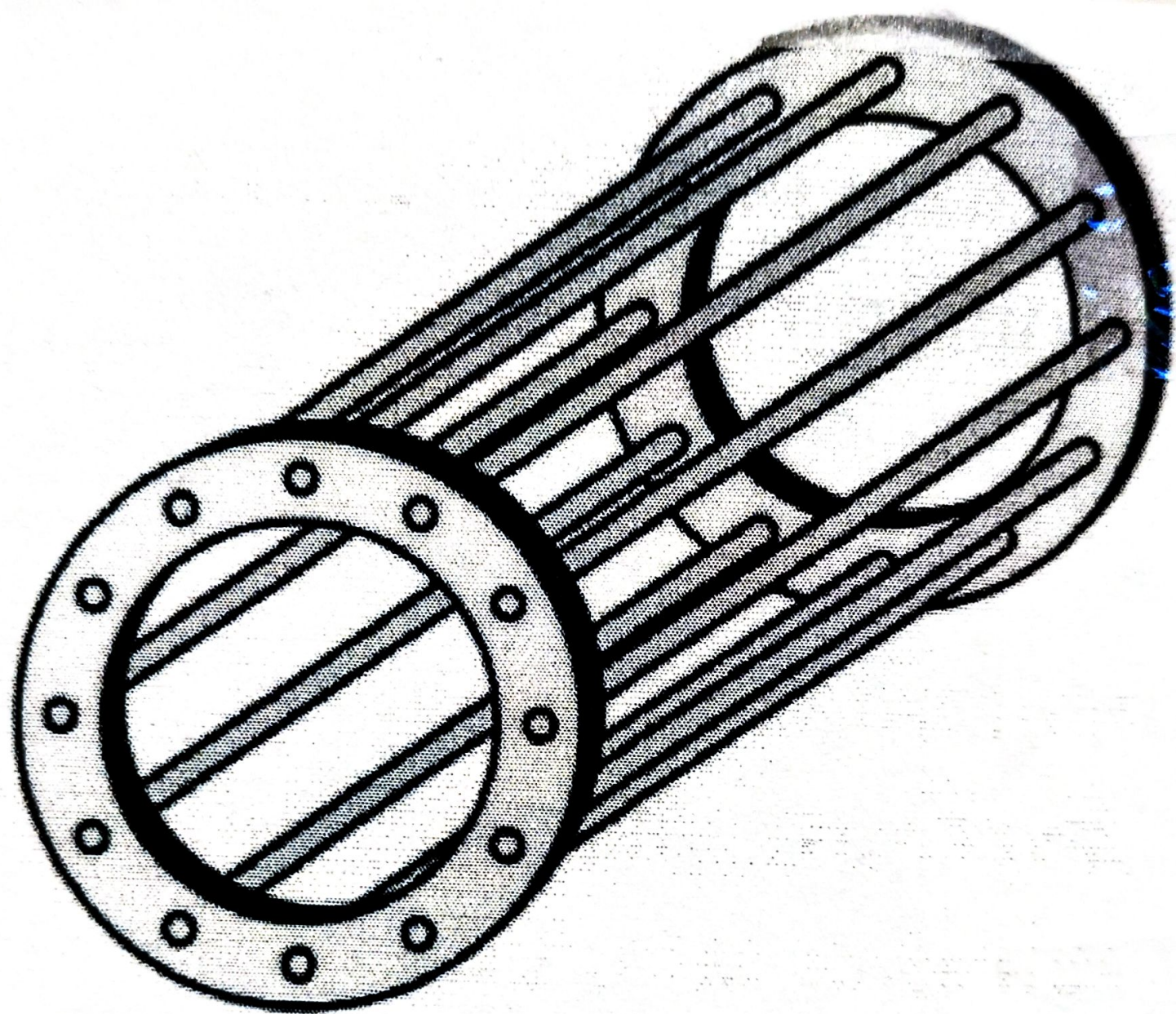
→ f_r se snižuje když zatěžujeme motor

• $f_p = f_r$ - nulová zátěž (nereálné) ⇒ synchronní motor

• $f_p > f_r$ - při zátěži ⇒ asynchronní motor



10-6 Demontrace točivého pole



10-8 Klecové vinutí rotoru trojfázového elektromotoru

→ Transformátor

→ umožňuje měnit napětí v rozvodné síti - zvyšování/snižování

→ princip - elektromagnetická indukce

→ jednofázový transformátor

↳ funguje jen pro střídavý proud

- 2 cívky $\left\{ \begin{array}{l} \text{primární } C_1 \\ \text{sekundární } C_2 \end{array} \right.$

→ mají společné jádro z magneticky měkké oceli
→ to jádro je uzavřené

→ cívka C_1 je připojena ke zdroji střídavého napětí

⇒ na každém závitu této cívky se indukuje elektromagnetické napětí $u_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

⇒ C_1 má N_1 závitů, což je celkové indukované napětí

$$\Rightarrow \underline{u_1 = - N_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}$$

→ C_1 je propojena s C_2 jádrem

⇒ napětí u_i se indukuje na každém závitu i v C_2

$$\Rightarrow \underline{u_2 = - N_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}$$

→ transformační poměr - k $\left\{ \begin{array}{l} k > 1 - \text{transformace NĀHORU} \\ k < 1 - \text{transformace DOLŮ} \end{array} \right.$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_2 \cdot \sin(\omega \cdot t)}{\sqrt{2} \cdot U_1 \cdot \sin(\omega \cdot t)} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{-N_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{-N_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\underline{\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k}$$

⇒ toto platí přesně, pouze když je C_2 zapojena na prázdko (nemí k ní připojen spotřebič) a nevznikají žádné ztráty energie

→ sekundární cívka je zcela zatížena a uzavřeme na ní i na C_1 pouze indukčancí

⇒ fázový rozdíl na cívkách je zanedbatelný až nulový

⇒ $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = 1$

$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$ } $P = U \cdot I$ \wedge $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ (výkon
příkon)

$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$

→ pokud zanedbáme ztráty

⇒ $\eta = 100\% \Rightarrow P_1 = P_2$ } $\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = k$
 $U_1 I_1 = U_2 I_2$

→ příklady

• $P = 100 \text{ W}$
 $U_1 = 230 \text{ V}$
 $U_2 = 24 \text{ V}$
 $I_1, I_2 = ?$

} $P = I_1 \cdot U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{100}{230} = \underline{\underline{0,43 \text{ A}}}$
 $\Rightarrow I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{100}{24} = \underline{\underline{4,2 \text{ A}}}$

• $U_1 = 230 \text{ V}$
 $I_1 = 0,5 \text{ A}$
 $U_2 = 9,5 \text{ V}$
 $I_2 = 11 \text{ A}$
 $\eta = ?$

} $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} = \frac{9,5 \cdot 11}{230 \cdot 0,5} = \underline{\underline{91\%}}$

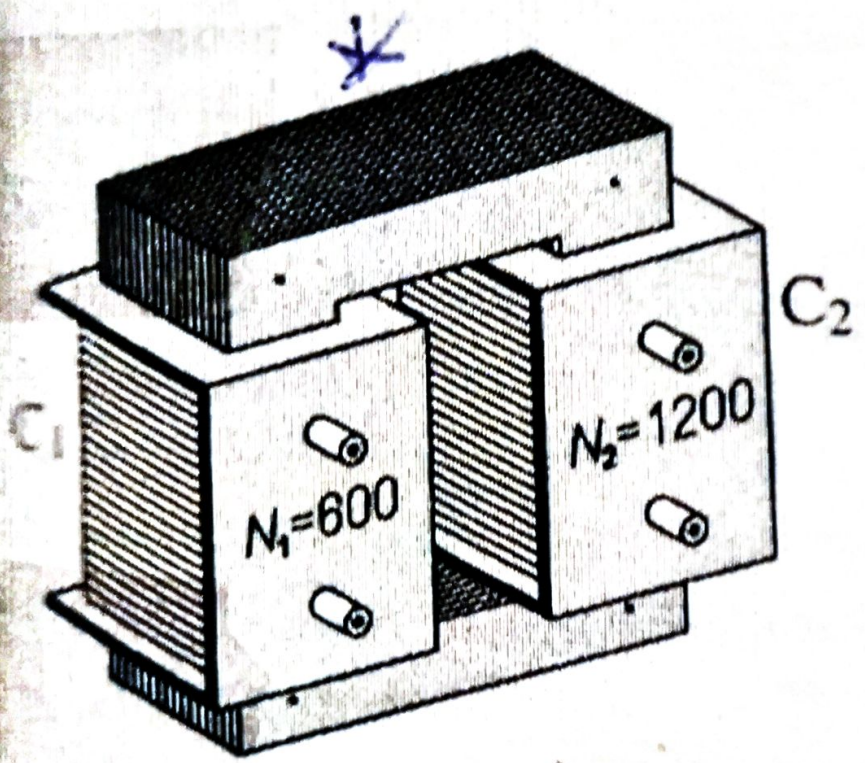
• $k = 0,2$
 $U_1 = 230 \text{ V}$
 $I_2 = 3 \text{ A}$
 $R_2 = 2 \Omega$
 $U_2 = ?$

} $k = \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow U_2' = 0,2 \cdot 230 = 46 \text{ V}$
 → Aby bylo pokud by C_2 nebyla zatížena
 $\Rightarrow U_2 = U_2' - \Delta U \rightarrow$ úbytek napětí
 → to co real spotřebič

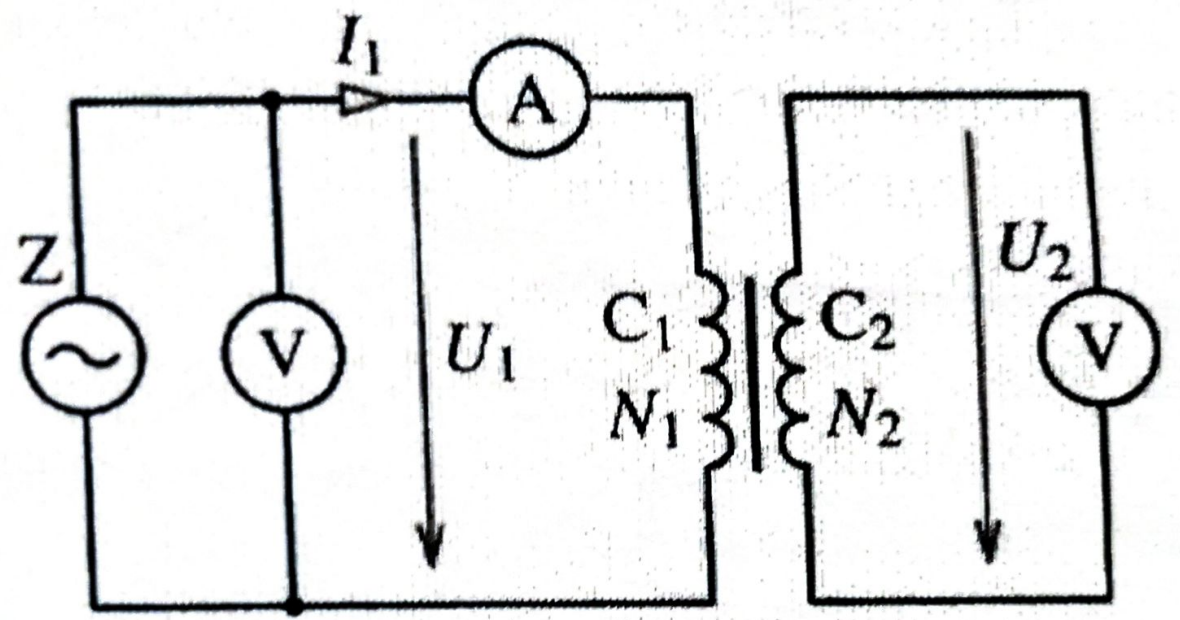
$\Delta U = R_2 \cdot I_2 = 6 \text{ V}$

⇒ $U_2 = 46 - 6 = 40 \text{ V}$

* pokud transformátor rozdělím na kende
 vrstvy $\Rightarrow \phi$ různé proudy



a)



b)

10-10 Transformátor

ELEKTROMAGNĚTICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

→ elektromag. oscilátor ⇒ elektromag. kmitky

⇒ oscilační obvod - LC obvod

- cívka - indukčnost L
- kondenzátor - kapacita C

1) Kondenzátor připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí
⇒ nabíje se

2) Kondenzátor připojíme k cívce ⇒ vznik LC obvodu

a) Kondenzátor se vybití ⇒ obvodem prochází proud

⇒ E el. pole kondenzátorem se mění v E mag. pole cívky

⇒ $\frac{1}{4}T$ kondenzátor vybitý ⇒ proud obvodem je největší

b) po vybití kondenzátorem proud klesá, na cívce se indukuje napětí a cívkou prochází indukovaný proud

⇒ $\frac{1}{2}T$ kondenzátor se opět nabíje, ale U na něm má opačnou

⇒ E mag. pole cívky se přemění na E el. pole kondenzátorem

c) $\frac{3}{2}T$ - stejný princip

d) T - stejný stav jako na začátku

$$i = I_m \sin(\omega_0 t) \quad u = U_m \cos(\omega_0 t)$$

→ perioda vlastních kmitů - ω_0, T_0, f_0

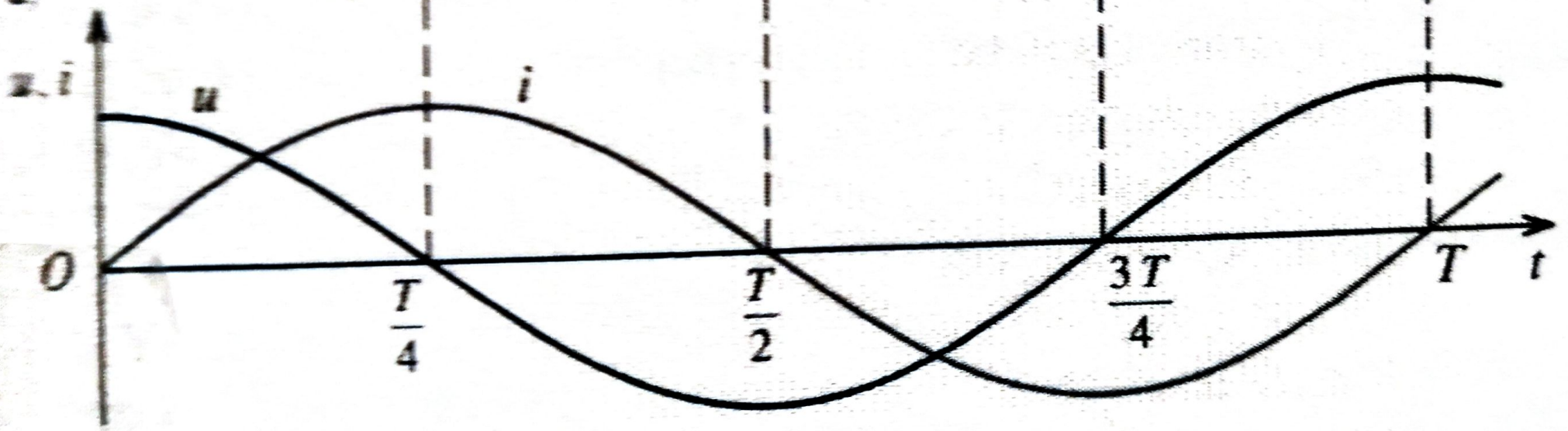
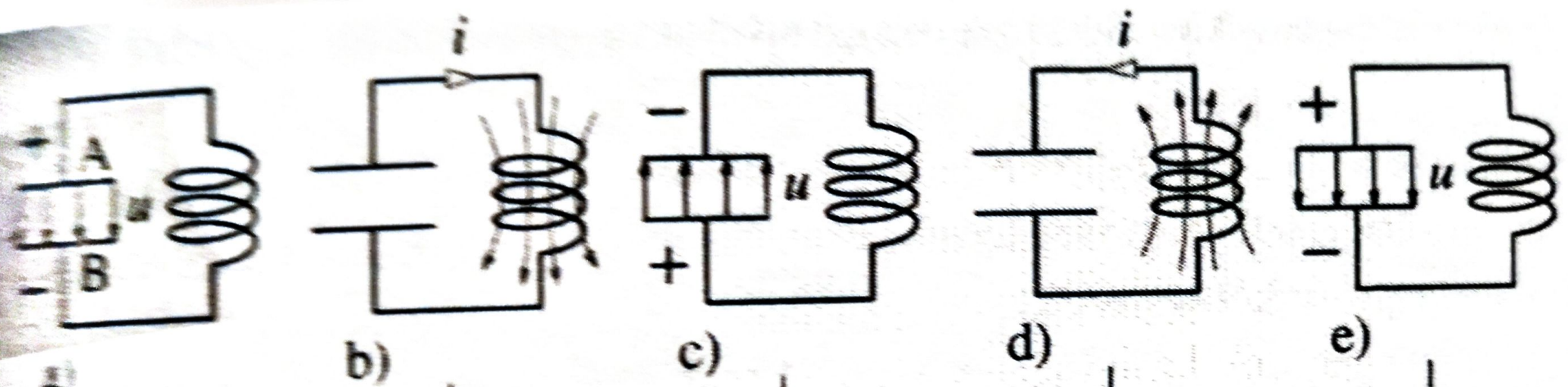
→ T_0 ovlivěna pouze L, C ⇒ zanedbáváme R

efektivní proud I
efektivní napětí U
→ cívka a kondenzátorem prochází střídavý proud I
→ napětí na cívce a kondenzátoru je stejné

$$U_L = U_C \Rightarrow I \cdot X_L = I \cdot X_C \Rightarrow L \cdot \omega_0 = \frac{1}{C \cdot \omega_0} \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{L \cdot C}$$

⇒ Thomsonův vztah pro ω_0 : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{L \cdot C} \quad \wedge \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$



II-4 K výkladu dějů v oscilačním obvodu

→ Nucené kmity

- pokud nebudeme zanedbávat odpor, tak energie v obvodu nakonec odejde - kmity by byly tlumivé
- ⇒ pokud obvod připojíme ke zdroji střídavého napětí, který bude průběžně dodávat energii, tak kmity sice nebudou tlumivé, ale budou nucené
- ⇒ budou kmitat s frekvencí zdroje, které s úhl. f. ω
- parametry závisí na zdroji, ne na obvodu
- ⇒ nucené kmity = ω, f, T
- je-li $\omega \approx \omega_0$, pak nastane rezonance
- ⇒ obvod kmitá s největší amplitudou

→ Elektromagnetické vlnění

→ elektromag. oscilátor = zdroj elmg. vlnění

→ vznik elmg. vlnění

→ zdroj kmitá s vysokou frekvencí

⇒ změny napětí ze zdroje se šíří ke spotřebiči se zpožděním

→ Dvojvodňové vedení viz. obrázek = řada LC obvodů

→ zdroj = zdroj harmonického napětí $\Rightarrow u = U_m \sin(\omega \cdot t)$

⇒ u spotřebiče ve vzdálenosti x od zdroje má zpoždění τ

$$\hookrightarrow u = U_m \sin[\omega(t - \tau)]$$

→ napětí se šíří vedením rychlostí světla = c. elmg. vlnění

$$\Rightarrow c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \rightarrow \text{ve vakuu}$$

→ $\Delta = n \cdot \lambda \Rightarrow x = c \cdot \tau$ - vzdálenost od zdroje

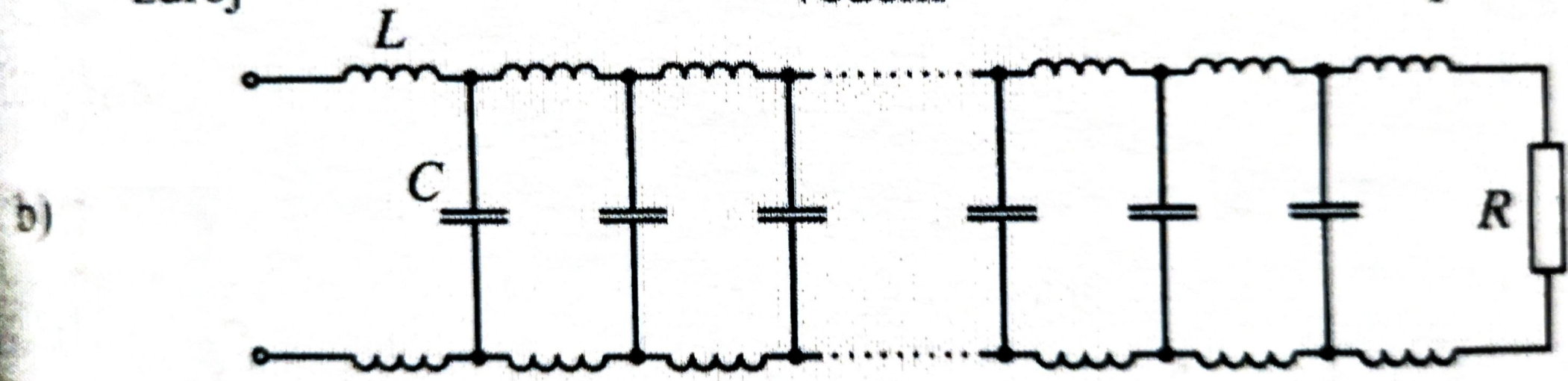
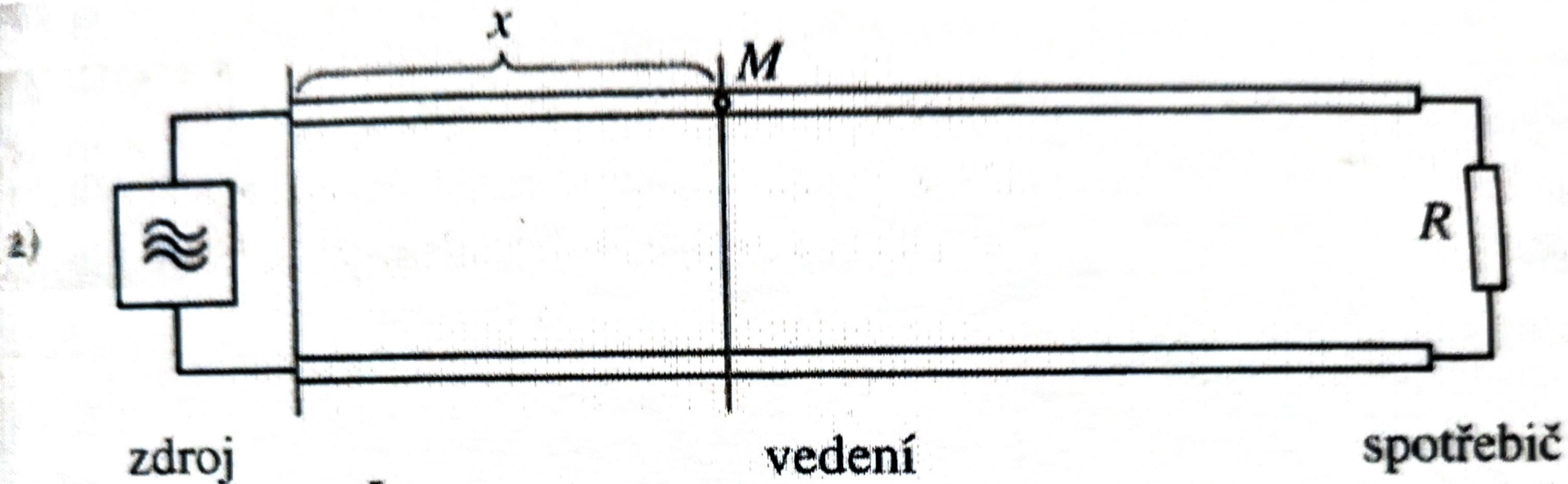
→ $\lambda = n \cdot T \Rightarrow \lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$ - vlnová délka $\rightarrow \Delta = n \cdot \lambda$

$$\Rightarrow u = U_m \sin\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{c}\right)\right]$$

$$u = U_m \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{cT}\right)\right]$$

$$u = U_m \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right] \rightarrow \text{funkce } t \text{ a } x$$

↳ rovnice postupného elmg. vlnění



11-7 Dvou vodičové vedení

→ pokud je frekvence nízká, tak dlouh. vlnění nezemikaná

$$- f \text{ malá} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \text{ velká} \Rightarrow \frac{x}{\lambda} \text{ malá} \Rightarrow \frac{1}{T} - \frac{x}{\lambda} \doteq \frac{1}{T}$$

$$\Rightarrow \text{edyž } \frac{1}{T} \gg \frac{x}{\lambda} \Rightarrow \underline{u = U_m \sin(\omega t)}$$

⇒ při malých frekvencích je u ve všech vzdálenostech stejná

→ ladění

→ LC obvod vykonává narušené svitky s frekvencí f

⇒ obvod přimáče je naladěn na vysílání ⇒ REZONANCE: $f = f_0$

→ Elektromagnetické pole

→ dvouodvůlcové vedení je připojeno ke zdroji stř. napětí vysoké f

→ k vedení je připojen spotřebič (odpor R), ve kterém se většina přenesené energie spotřebuje

→ ve vedení nejsou volné elektrony rozmístěny rovnoměrně

⇒ mezi vodiči vzniká el. pole s intenzitou \vec{E} , jejíž velikost se mění podle sinu

⇒ sinusoida leží v rovině vedení = v náčrtě

→ energie se spotřebuje ⇒ proud a napětí jsou ve fázi

⇒ v okolí vodičů vzniká mag. pole - zkoumáme ho mezi vodiči

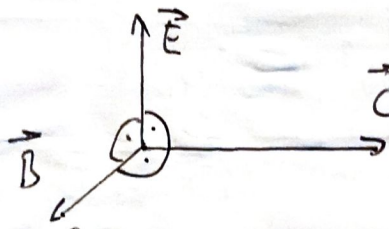
⇒ mag. pole

→ m. i. čáry - kružnice okolo vodičů

→ vektor \vec{B} - tečna v daném bodě na kružnici

→ podíl vedení se mění velikost B podle sinusu

⇒ sinusoida leží v rovině kolmé k náčrtě



$\vec{I} \rightarrow \vec{E}, \vec{I}, \vec{B}$ na sebe navzájem kolmé

→ pokud jsou ve fázi, tak amplitudy E a B rostou na stejném ^{časovém} okamžiku

→ závěr: v prostoru mezi vodiči dvouodvůlcového vedení vzniká časově proměnné silové pole, které nazýváme elmg. pole

→ má 2 složky: složka elektrickou \vec{E} a magnetickou \vec{B}

→ energie elmg. vlnění není přenesena vodiči, ale elmg. polem mezi nimi

→ Stojaté elmg. vlnění

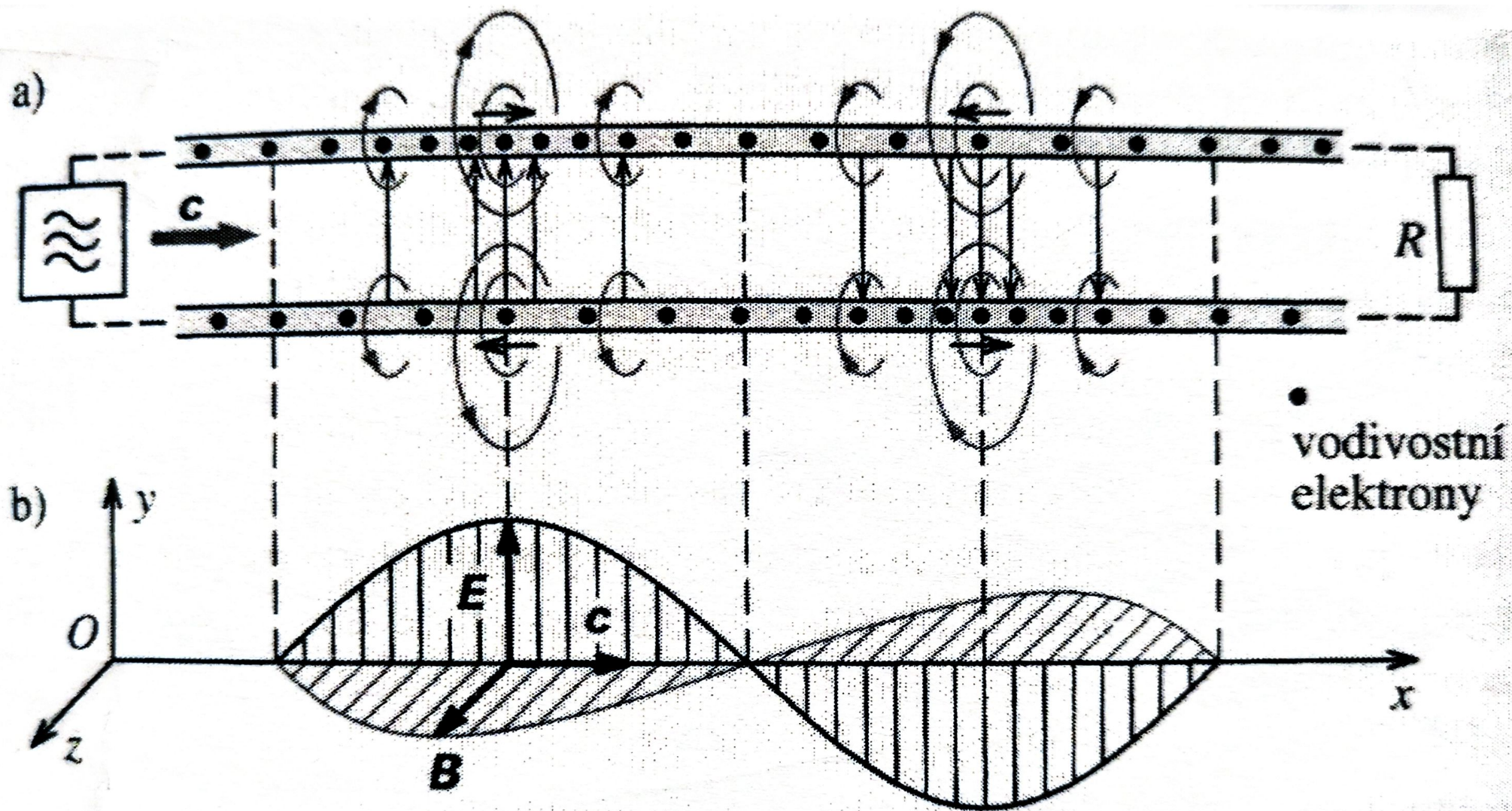
→ rozpojení na prázdnou

- pokud k vedení není připojen spotřebič ⇒ na konci se rozpojuje

- U a I nejsou ve fázi protože tam není ten spotřebič

⇒ fázový posun $\frac{\pi}{2}$ mezi napětím a proudem

↳ \vec{E}, \vec{B} mají fázový posun $\frac{\pi}{2}$



11-8 Elektromagnetické pole vedení

→ na konci vodiča vedení dochází k odrazu vlnění, odražené vlnění a postupující vlnění se vzájemně sčítají a vzniká stojaté elmg. vlnění

→ na rozpojeném konci: kmitná napětí a nulový proud

→ ve vzdálenosti $\frac{\lambda}{4}$ od konce: nulový proud a kmitná napětí

→ vzdálenost mezi kmitnými / vlny: $\frac{\lambda}{2}$

→ vzdálenost mezi kmitky a vlny: $\frac{\lambda}{4}$

→ Elektromagnetický dipól

→ rozpojené dvou vodičové vedení → slouží jako anténa

→ rozvíje se v $\frac{\lambda}{4}$ od konce v nulové napětí - viz obrázek 1

→ po rozvíjení do úhlu 90° vznikne elmg. = půlvlnný dipól = $\left\{ \frac{\lambda}{2} \right.$

→ elmg. dipól umožňuje přenos elmg. vlnění do prostoru

→ elmg. dipól je součástí vysílače i přijmače

→ my to vlnění můžeme zesílit pomocí rodaru = odbojčice

→ z postupného stojatého ⇒ 2. větší amplituda

⇒ dipól přijmače dáme do kmitky napětí - viz obrázek 2
proudu

→ Vlastnosti elmg. vlnění

1) je to vlnění příčné → $\vec{E} \perp \vec{C} \wedge \vec{B} \perp \vec{C} \wedge \vec{C} =$ směr šíření

2) je lineárně polarizované → $\vec{E}, \vec{B}, \vec{C}$ - nemění se jejich vzájemná poloha

3) ohyb a odraz

- pokud se vlnění odrazí tak zase vzniká stojaté vlnění

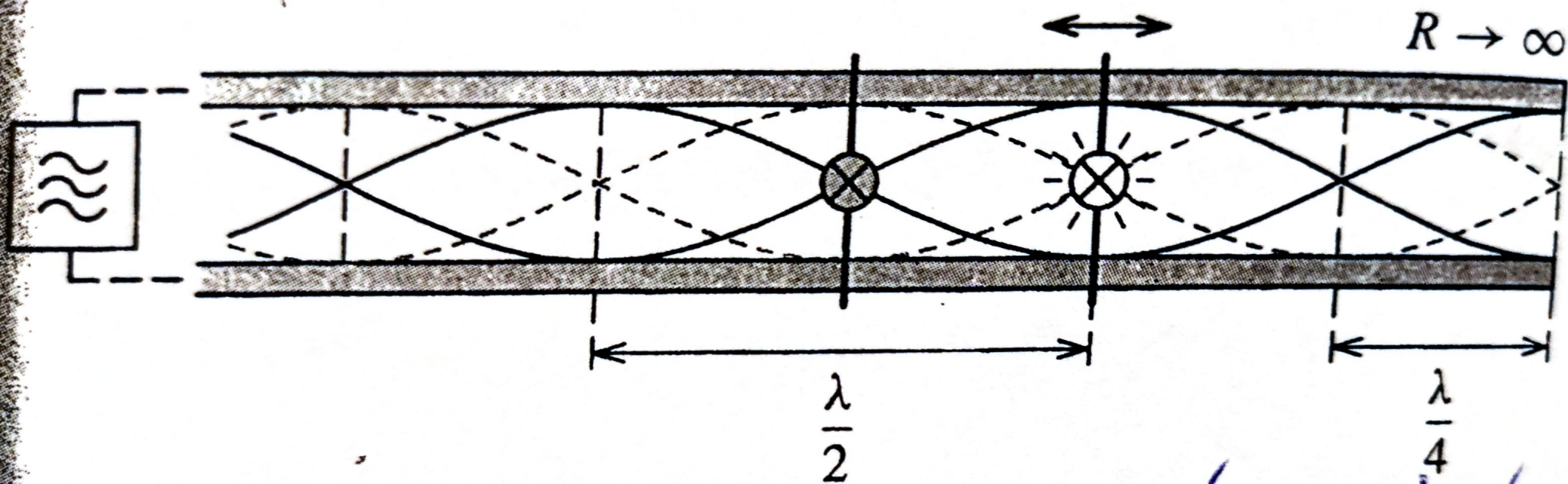
- ohyb - pokud $\lambda >$ rozměry překážky → překážka obteče ale zesílí se

- pokud $\lambda <$ rozměry překážky → překážka vlnění odskáče

4) λ se mění podle vlastností prostředí

$$\lambda = c \cdot T - \text{vzorek}$$

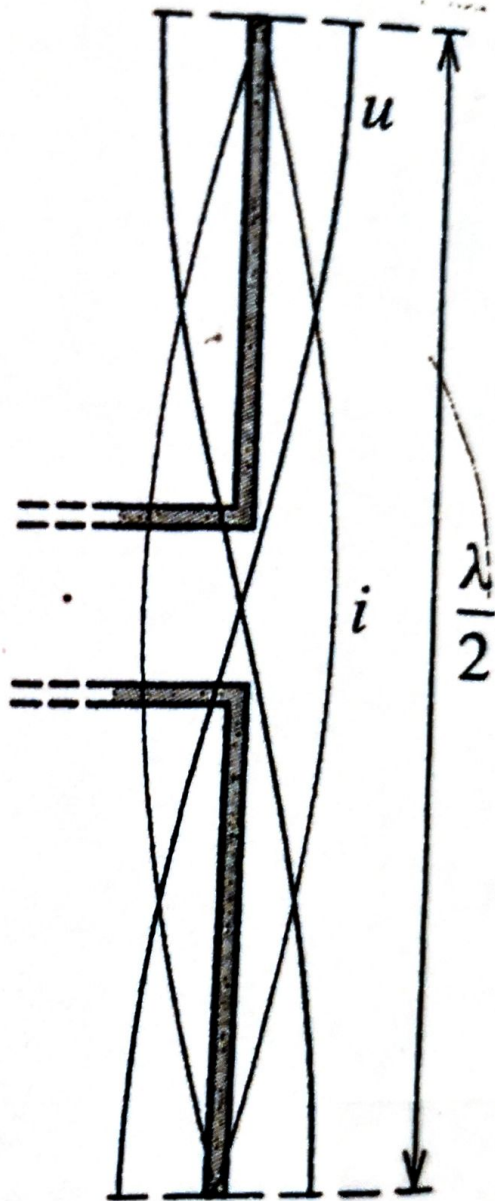
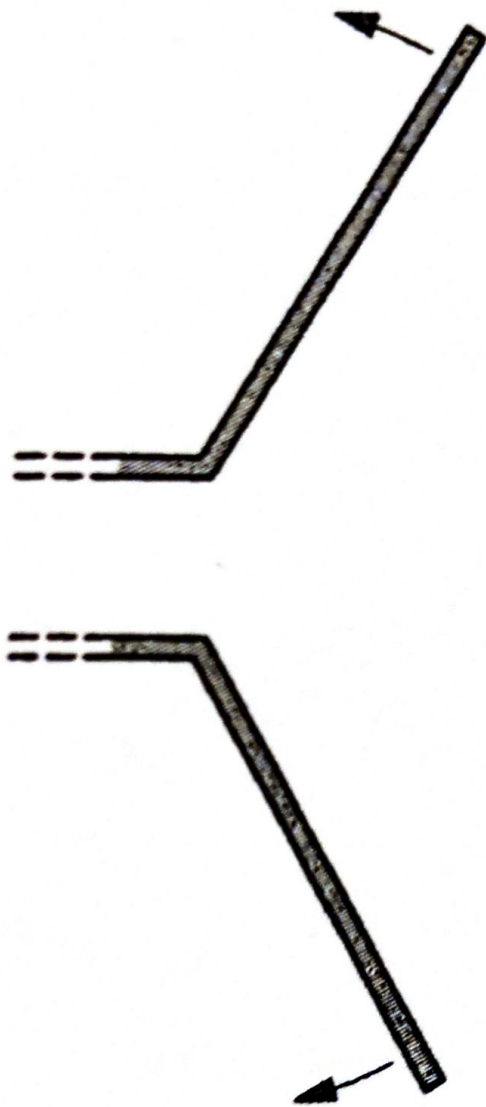
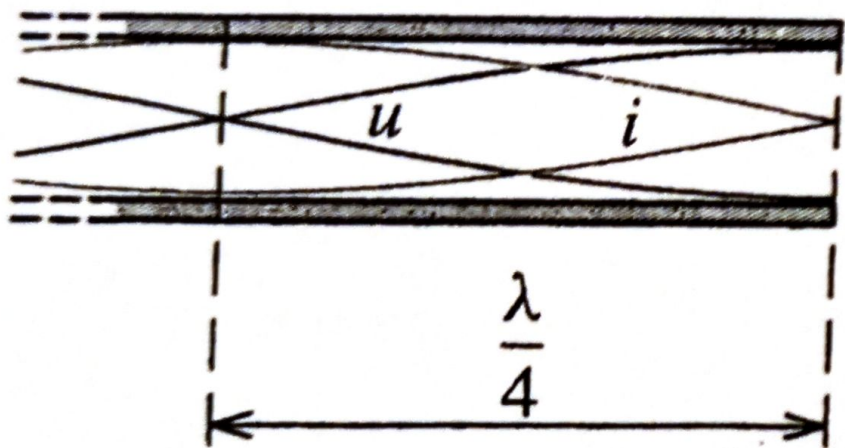
$$\Rightarrow \text{jinak: } \lambda = v \cdot T \wedge v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

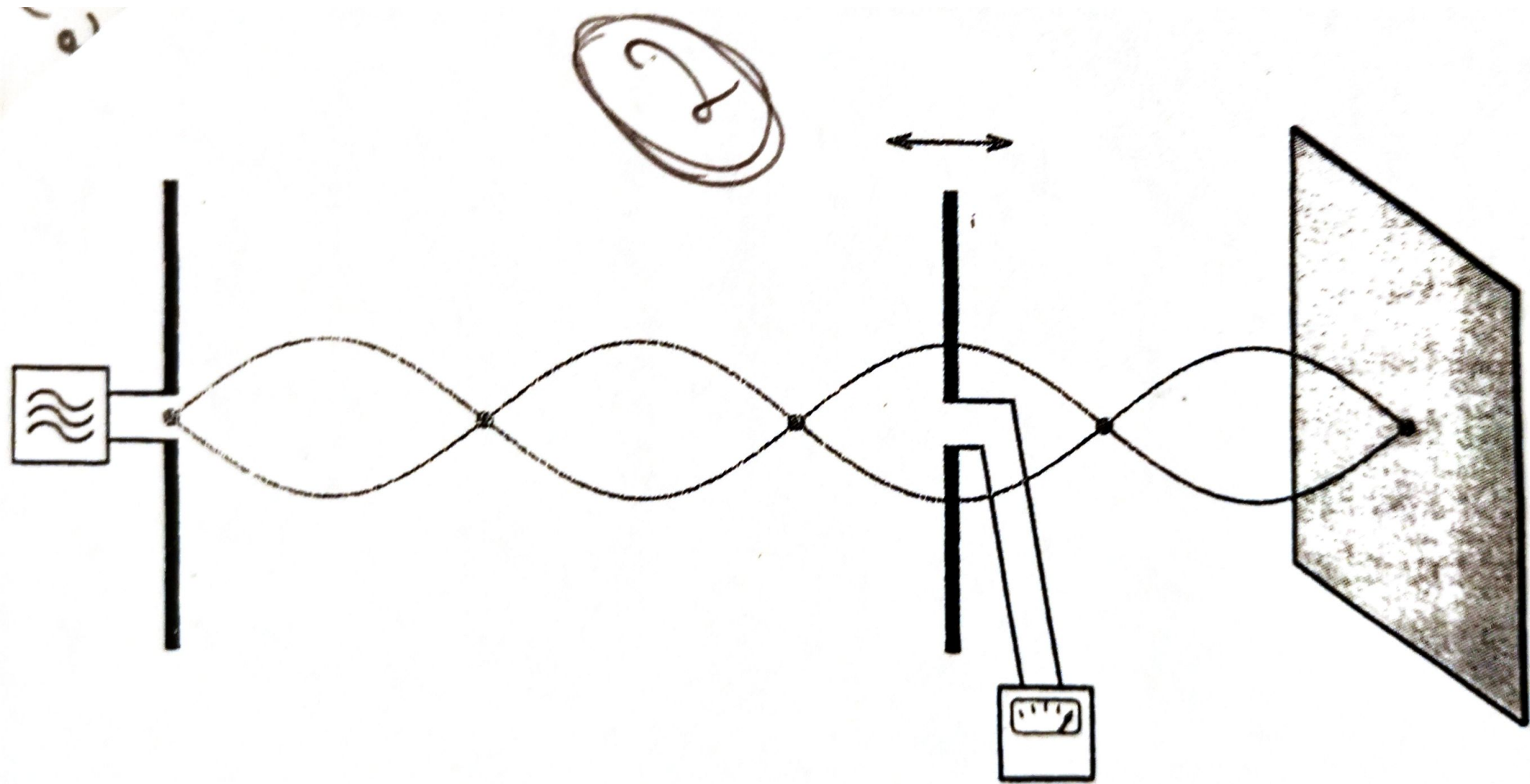


11-9 Napětí a proud ve vedení naprázdno

- STOLATB VLNENÍ

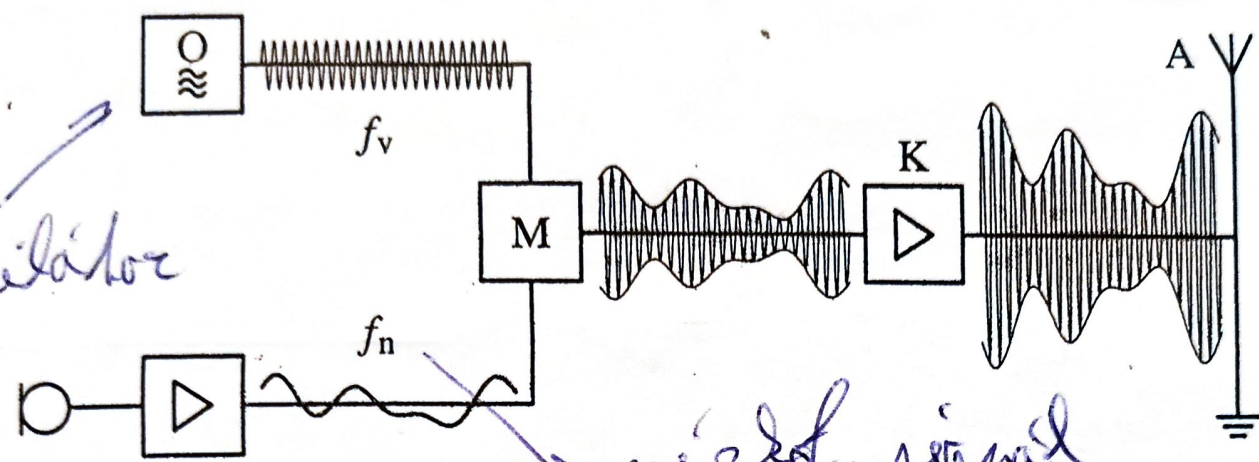
(N)





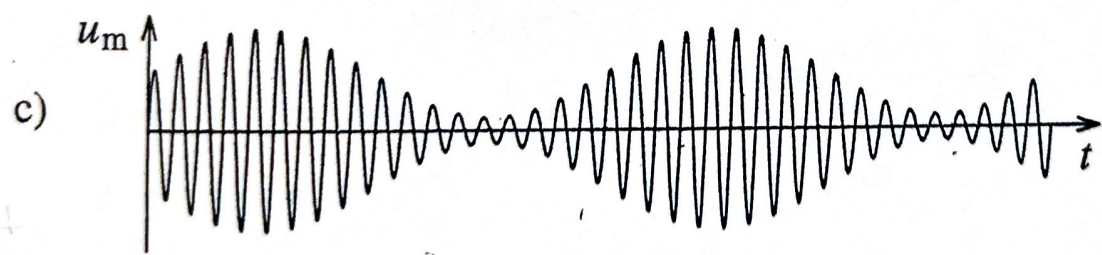
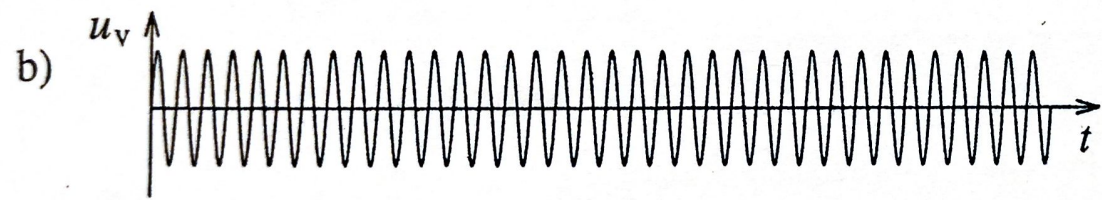
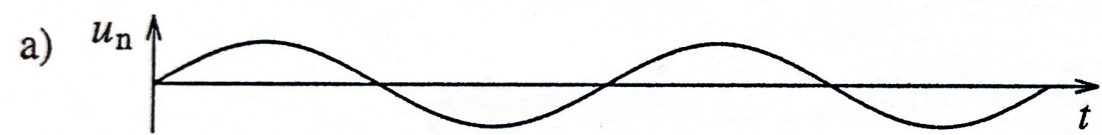
11-13 Vznik stojatého elektromagnetického vlnění

f_v oscilátor

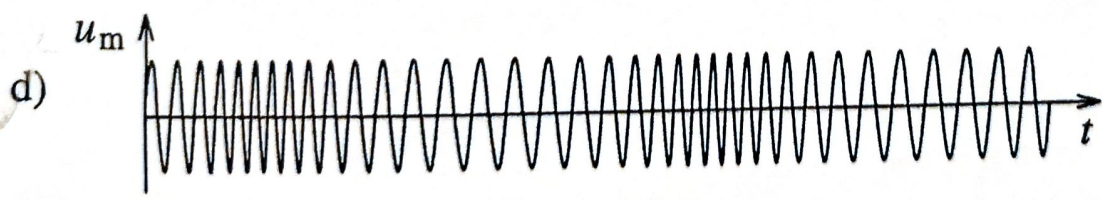


modul. signal

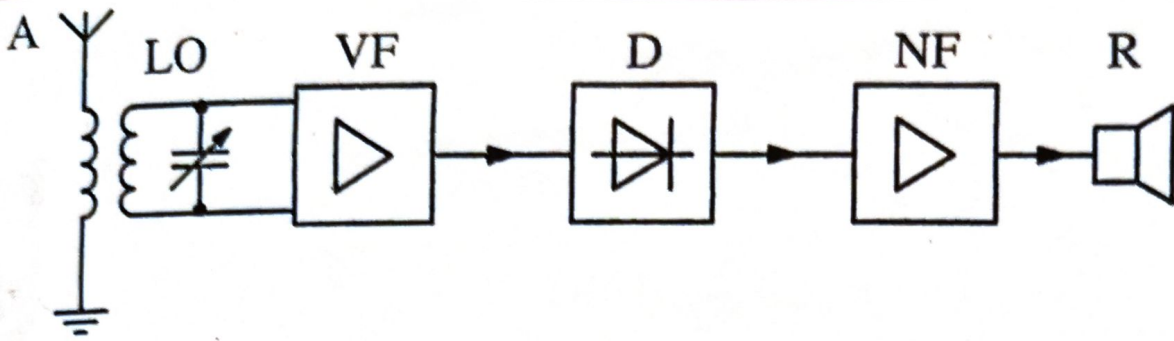
12-3 Schéma vysílače



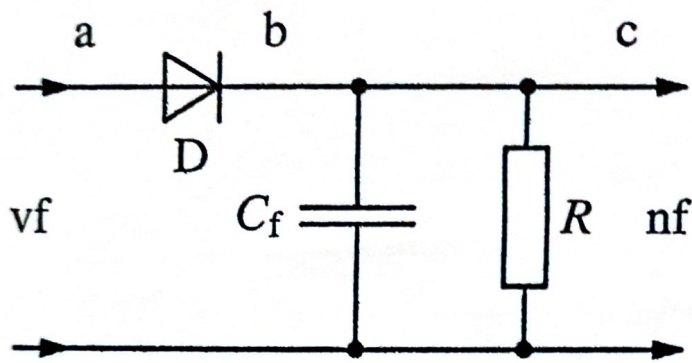
amplitudová modulace



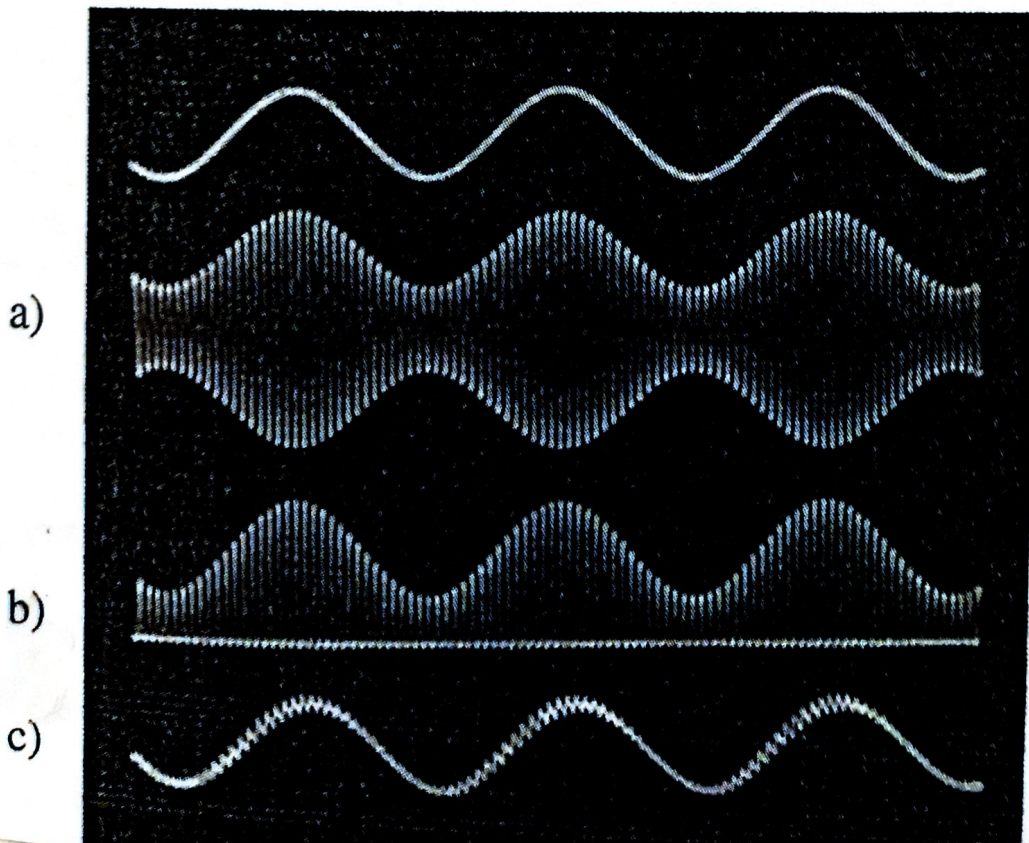
frekvencí modulace



12-5 Schéma rozhlasového přijímače

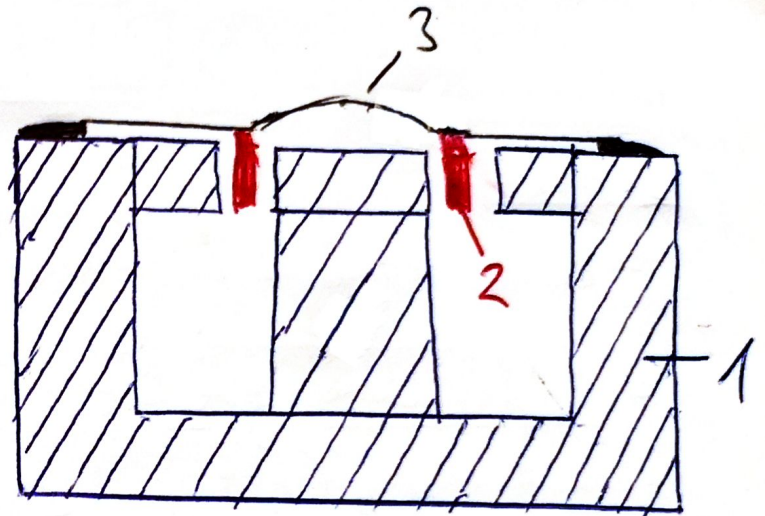


12-6 Demodulace vysokofrekvenčního signálu:
 a) modulovaný signál,
 b) usměrněný signál,
 c) nízkofrekvenční signál



→ Elektrodynamický mikrofon

- 1) dutý magnetický váleček s brnem
- 2) cívka visící na membráně
- 3) pružná membrána



→ princíp

- zvuk \Rightarrow Δp vzduchu \Rightarrow rozkmitání membrány s cívkou
- \Rightarrow rozkmitá se cívka v mag. poli \Rightarrow indukuje se napětí
- \Rightarrow akustický signál se změnil na elektrický

→ Elektrodynamický reproduktor

- stejný princip ale opačně \rightarrow větší než u mikrofonu
- do cívky (navěšené na membráně) v mag. poli přivedeme proud
- \Rightarrow cívka kmitá \Rightarrow kmitá membrána \Rightarrow zvuk

16 - Střídavý proud v energetice, sdělovací soustava

1) Sekundární cívkou ideálního transformátoru prochází proud 200 mA a je na ní napětí 11,5 V. Primární cívka je připojena ke střídavému napětí 230 V. Jaký proud prochází primární cívkou?

2) Primární cívku transformátoru tvoří 2400 závitů, sekundární cívku 120 závitů. Transformátor je připojen ke zdroji střídavého napětí 230 V a odebírá příkon 5,75 W. Sekundární cívkou prochází proud 480 mA. Jaká je účinnost transformátoru?

3) Urči kapacitu kondenzátoru oscilačního obvodu, jehož cívka má indukčnost 50 μH , jestliže obvod je naladěn na příjem elektromagnetického vlnění o vlnové délce 300 m.

4) Oscilační obvod přijímače je naladěn na příjem vysílání přenášeného elektromagnetickým vlněním o vlnové délce 5 m. Jaká je indukčnost cívky oscilačního obvodu, je-li kapacita jeho kondenzátoru 20 pF?

5) Oscilační obvod oscilátoru vysílače se skládá z cívky o indukčnosti 50 μH a z kondenzátoru, jehož kapacitu lze měnit od 60 pF do 240 pF. Urči interval vlnových délek elektromagnetického vlnění, v němž pracuje vysílač.

STRÍDAVÝ PROUD V ENERGETICE, SDRŽOVACÍ SOUSTAVA

$$\begin{aligned} 1) \quad I_2 &= 0,2 \text{ A} \\ U_2 &= 11,5 \text{ V} \\ U_1 &= 230 \text{ V} \\ \hline I_1 &= ? \end{aligned}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow I_1 = I_2 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

$$I_1 = 0,2 \cdot \frac{11,5}{230} \text{ A} = \underline{\underline{10 \text{ mA}}}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad N_1 &= 2400 \\ N_2 &= 120 \\ U_1 &= 230 \text{ V} \\ I_2 &= 0,48 \text{ A} \\ P_1 &= 5,75 \text{ W} \\ \hline \eta &= ? \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad P_2 = U_2 I_2 \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\eta = \frac{1}{P_1} I_2 \cdot U_1 \frac{N_2}{N_1} = \frac{0,48 \cdot 230}{5,75} \cdot \frac{1}{20} = \underline{\underline{96\%}}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad L &= 5 \cdot 10^{-5} \text{ H} \\ \lambda &= 300 \text{ m} \\ \hline C &= ? \end{aligned}$$

$$\lambda = c \cdot T = c \cdot 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\Rightarrow \lambda^2 = c^2 \cdot 4\pi^2 LC \Rightarrow C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}$$

$$C = \frac{9 \cdot 10^4}{4\pi^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 5 \cdot 10^{-5}} \text{ F} = \frac{1}{2\pi^2 \cdot 10^8} \text{ F} = \underline{\underline{500 \text{ nF}}}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad \lambda &= 5 \text{ m} \\ C &= 20 \text{ pF} = 2 \cdot 10^{-11} \text{ F} \\ \hline L &= ? \end{aligned}$$

$$\lambda^2 = c^2 4\pi^2 LC \Rightarrow L = \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{\lambda}{2\pi c}\right)^2$$

$$L = \frac{1}{2 \cdot 10^{-11}} \cdot \left(\frac{5}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8}\right)^2 \text{ H}$$

$$L = \frac{25}{2 \cdot 4 \cdot 9 \cdot \pi^2} \cdot \frac{10^{11}}{10^{16}} \text{ H} = \frac{25}{72\pi^2} \cdot 10^{-5} \text{ H} = \underline{\underline{0,25 \text{ }\mu\text{H}}}$$

$$\begin{aligned} 5) \quad L &= 50 \text{ }\mu\text{H} \\ C_1 &= 60 \text{ }\mu\text{F} \\ C_2 &= 240 \text{ }\mu\text{F} \\ \hline \lambda_1, \lambda_2 &= ? \end{aligned}$$

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$$