

NESTACIONÁRNÍ MG · POLE

je to mg · pole, jehož vlastnosti se mění
v case

$$\vec{B} \neq \text{konst}$$

advoj: pohybující se magnet v \vec{v} a \vec{B}
vodič, který se v \vec{v} a \vec{B} pohybuje a
kterým teče stejnosměrný el. proud
vodič, kterým teče časově proměnný proud

Elmag. indukcija

je jav, pri ktere'm se v NESTACIONARNIH
MG. POLI indukuje ne vodiči električne

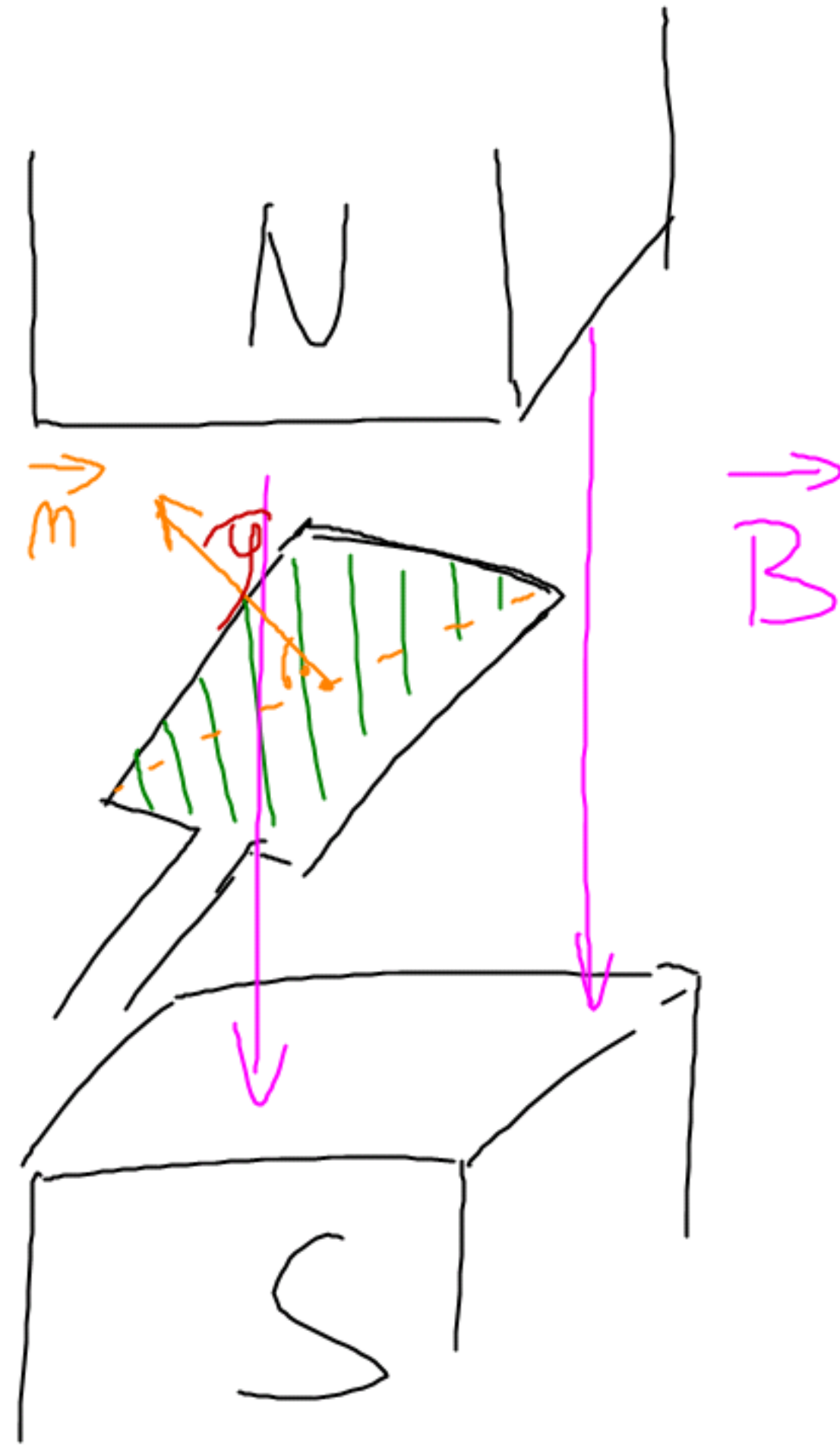
napet!

matematičji popis - pomoči mag. indukionlno toku Φ

$$\Phi = \underline{B} \cdot \underline{S} \cdot \cos \varphi$$

φ - úhel, ktorý sŕňa
 \vec{B} s normálnou
plochou (t.j. s vektorom

\vec{n})
 $[\Phi] = \text{Wb}$ (weber)



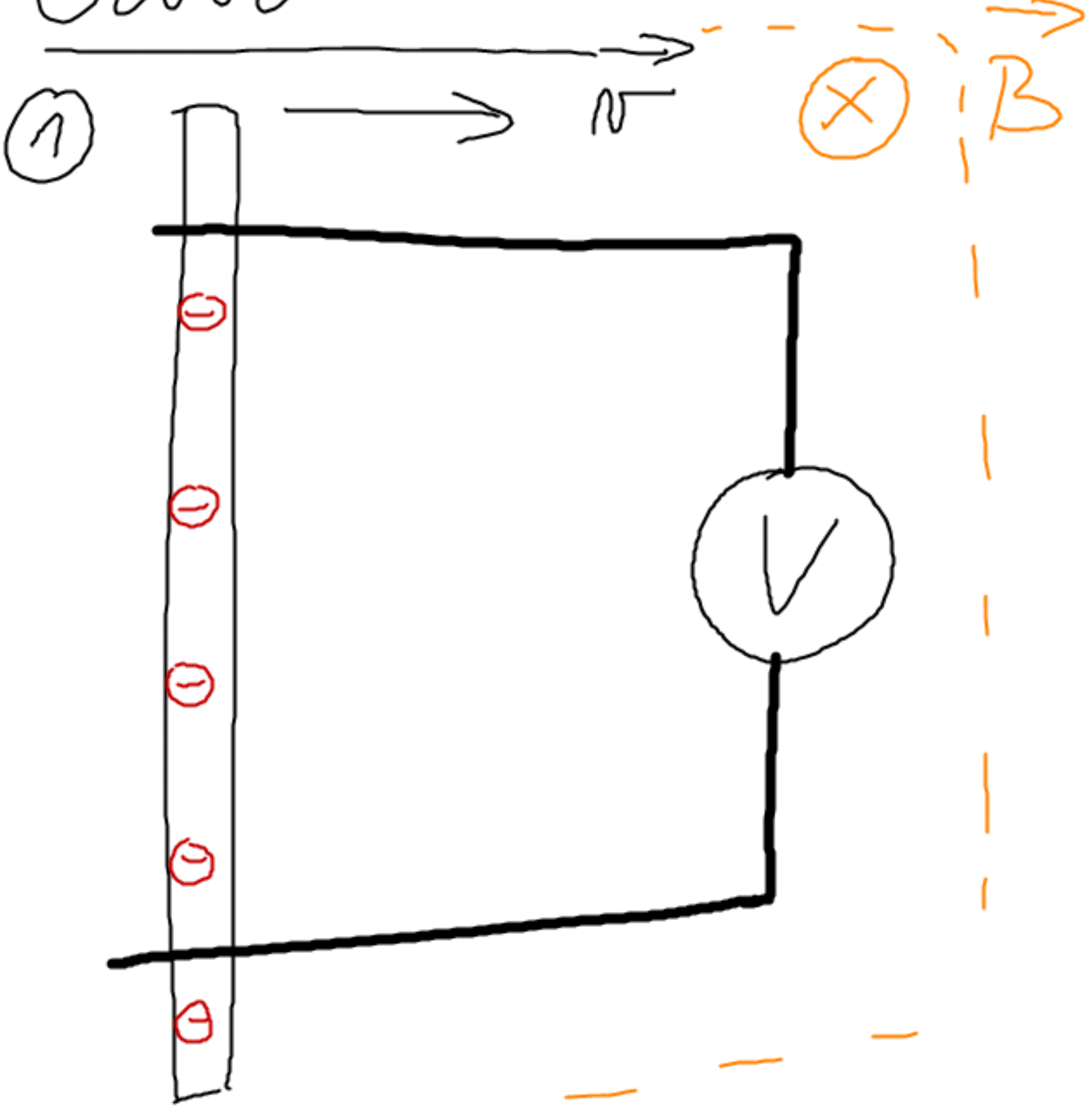
do praxe je chýlostita časová zmena
mg. indukčného toku, tj. $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Faradayov zákon elmg. indukcie:

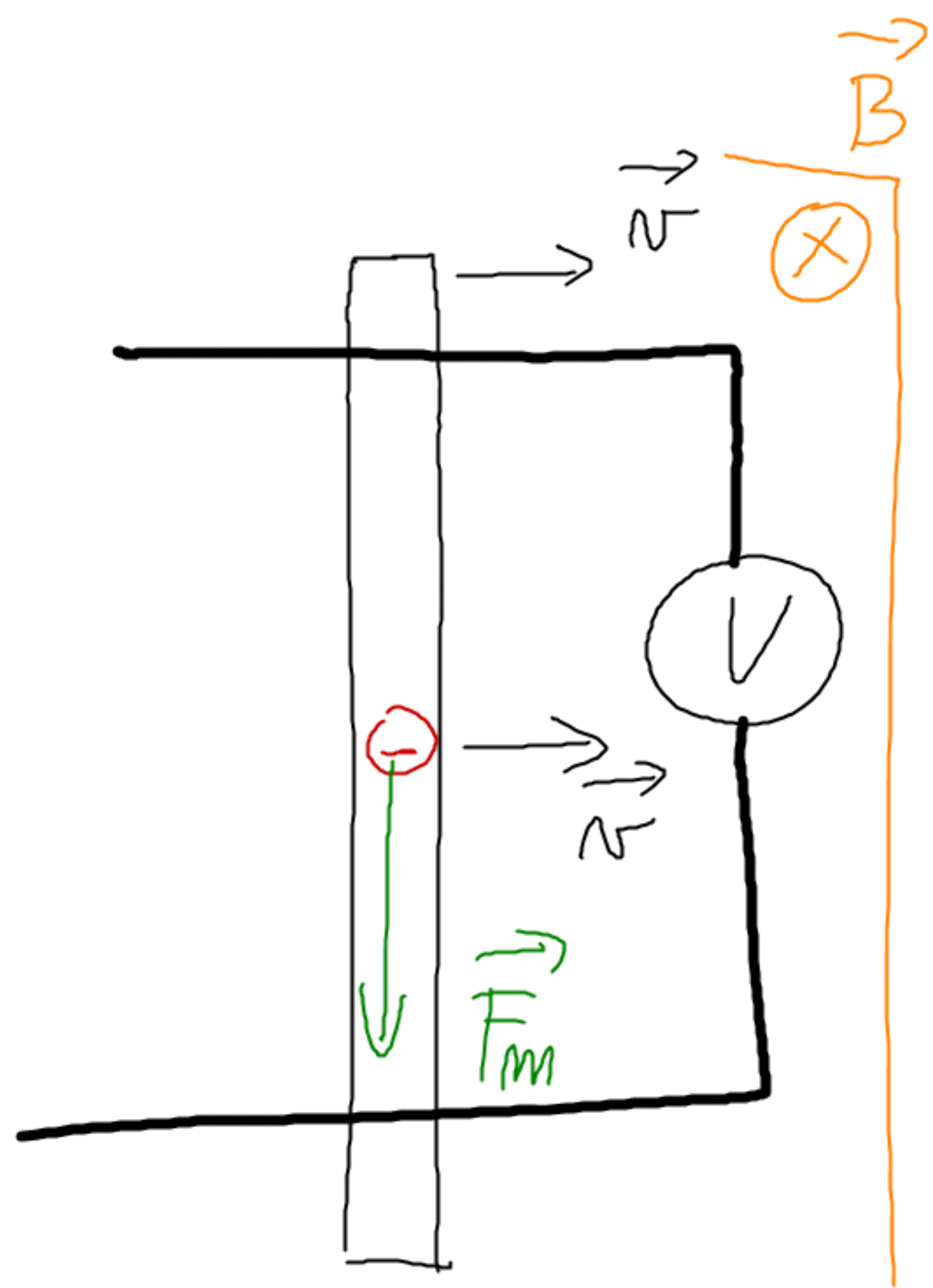
$$U_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

↳ Lenzov zákon

Odrozenu!



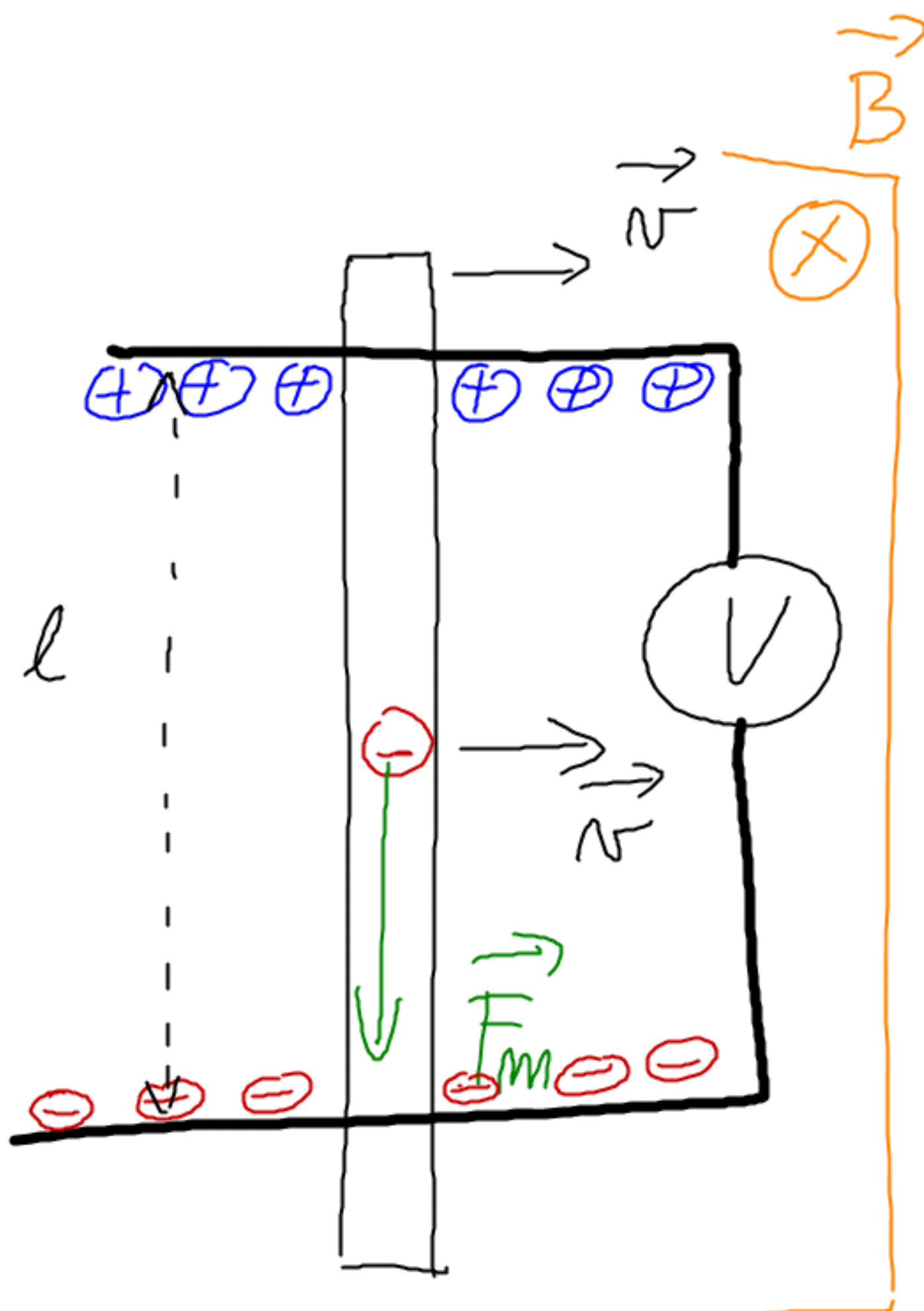
2



— } odizolovane!
rodica

F_m - dle Lorentzovy

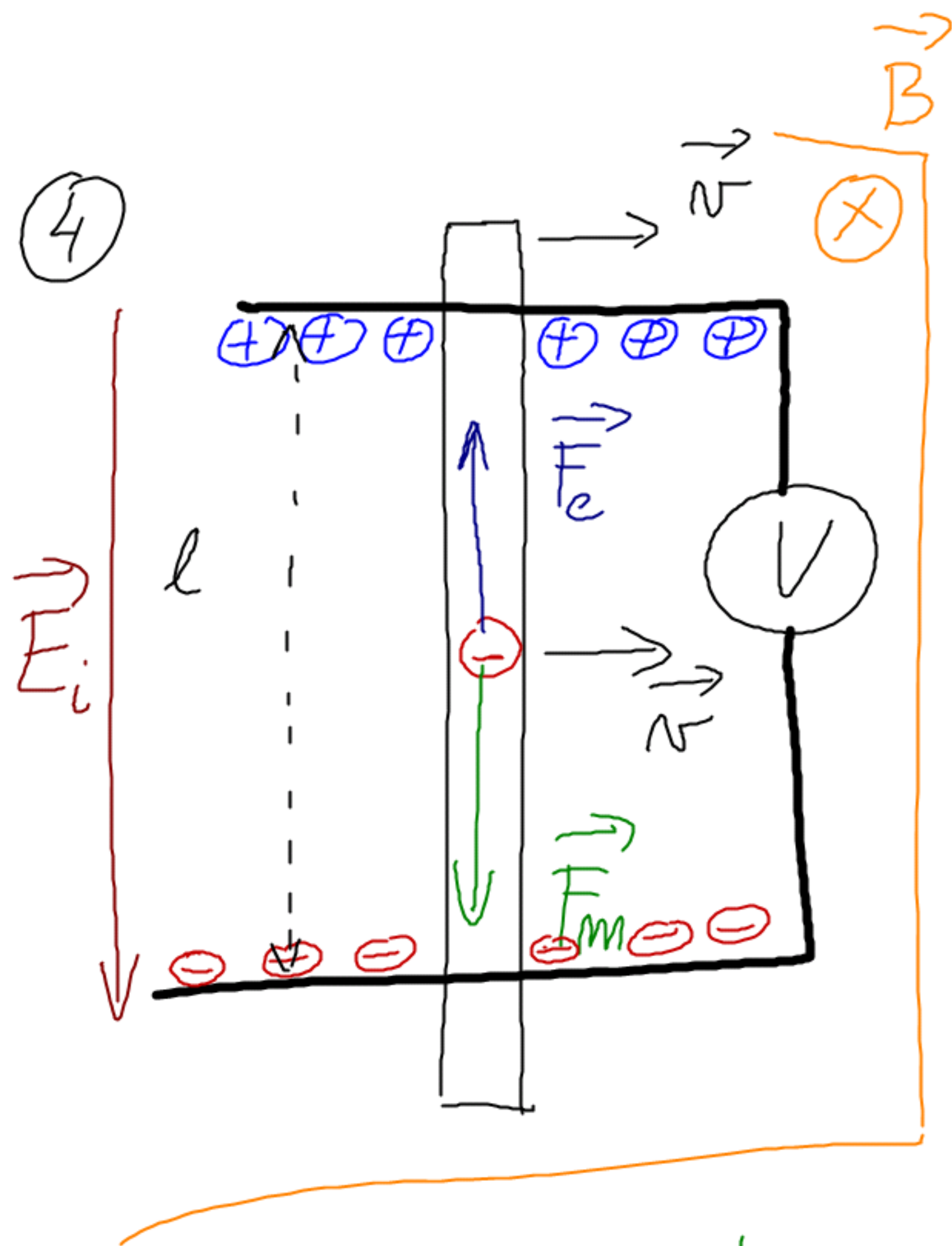
3



meseri hermi a dolni
ca'shi na'mectun expe
rozdi'e potencialu \Rightarrow
 \Rightarrow V marmen' U_i

$$U_i = E_i \cdot l \quad (1)$$

F_m - dle leve' ruky



F_m - dle levé ruky

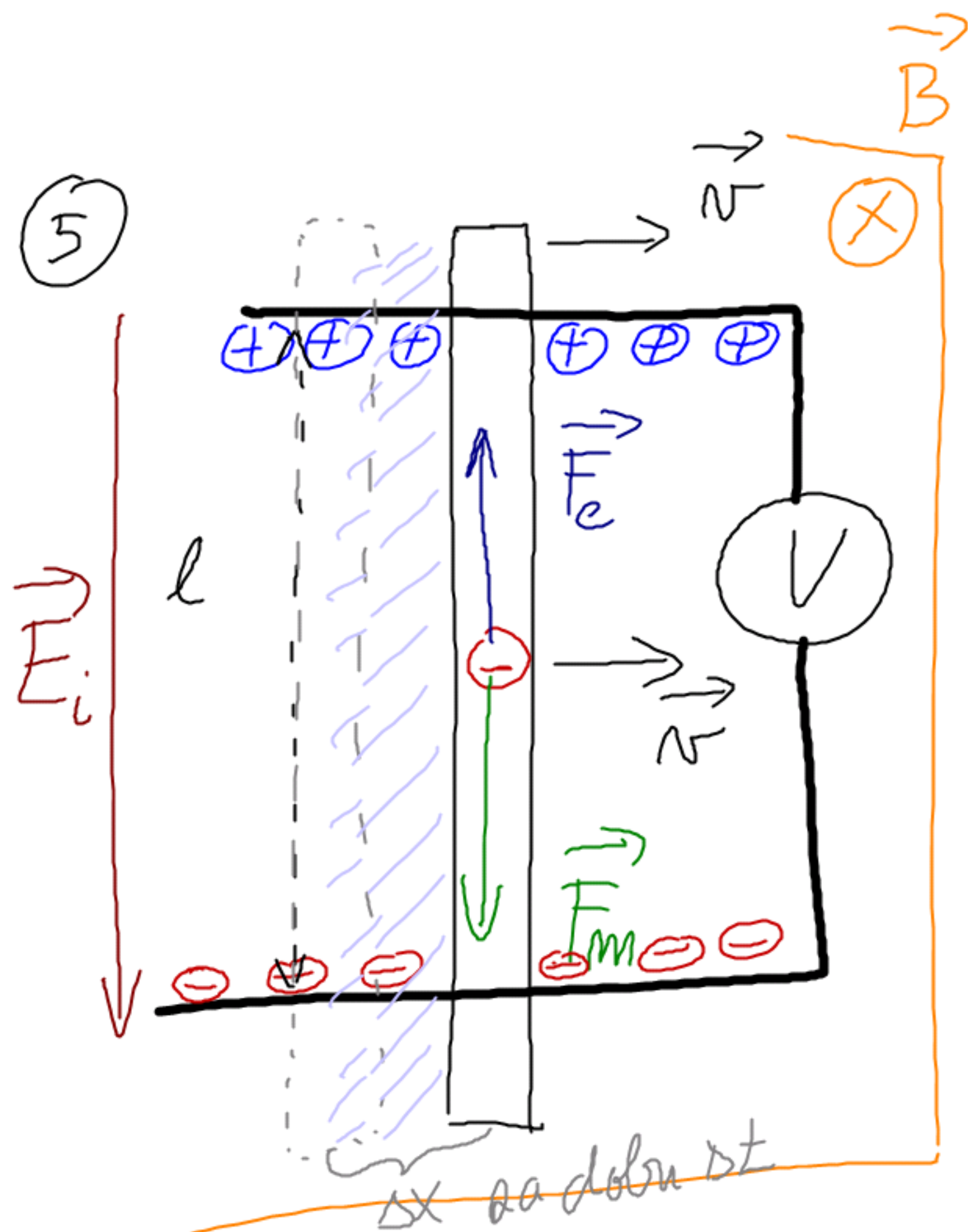
$$E_i = \frac{F_e}{e} \quad (2)$$

(3) $F_e = F_m$ rovnovážný stav

(1) \wedge (2) \wedge (3) \Rightarrow

$$U_i = \frac{F_m}{e} \cdot l =$$

$$= \frac{B v l}{e}$$



F_m - dle leve' ruky

plach': $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

$U_i = B v l =$

$= B \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot l =$

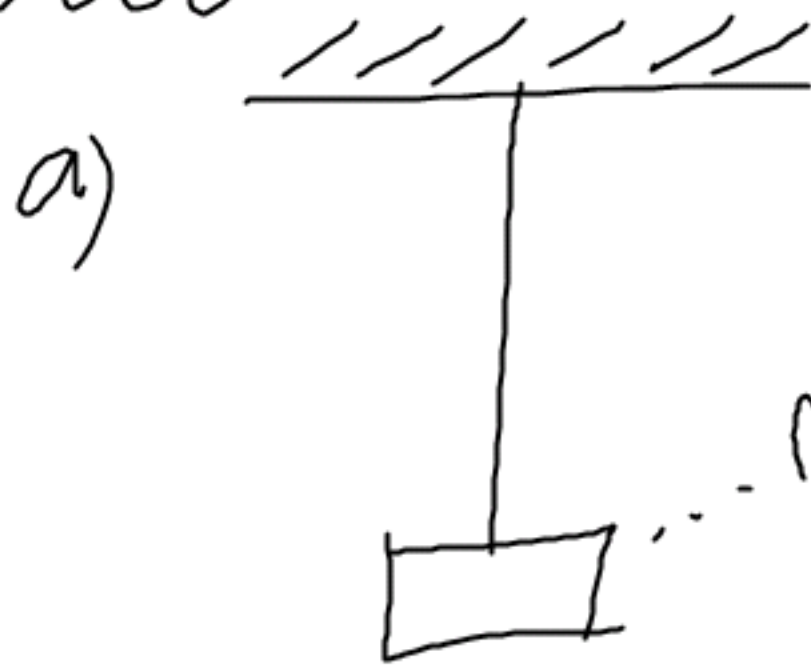
$= \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

pro prípad: plocha $\perp B$

Indukovaný el. proud

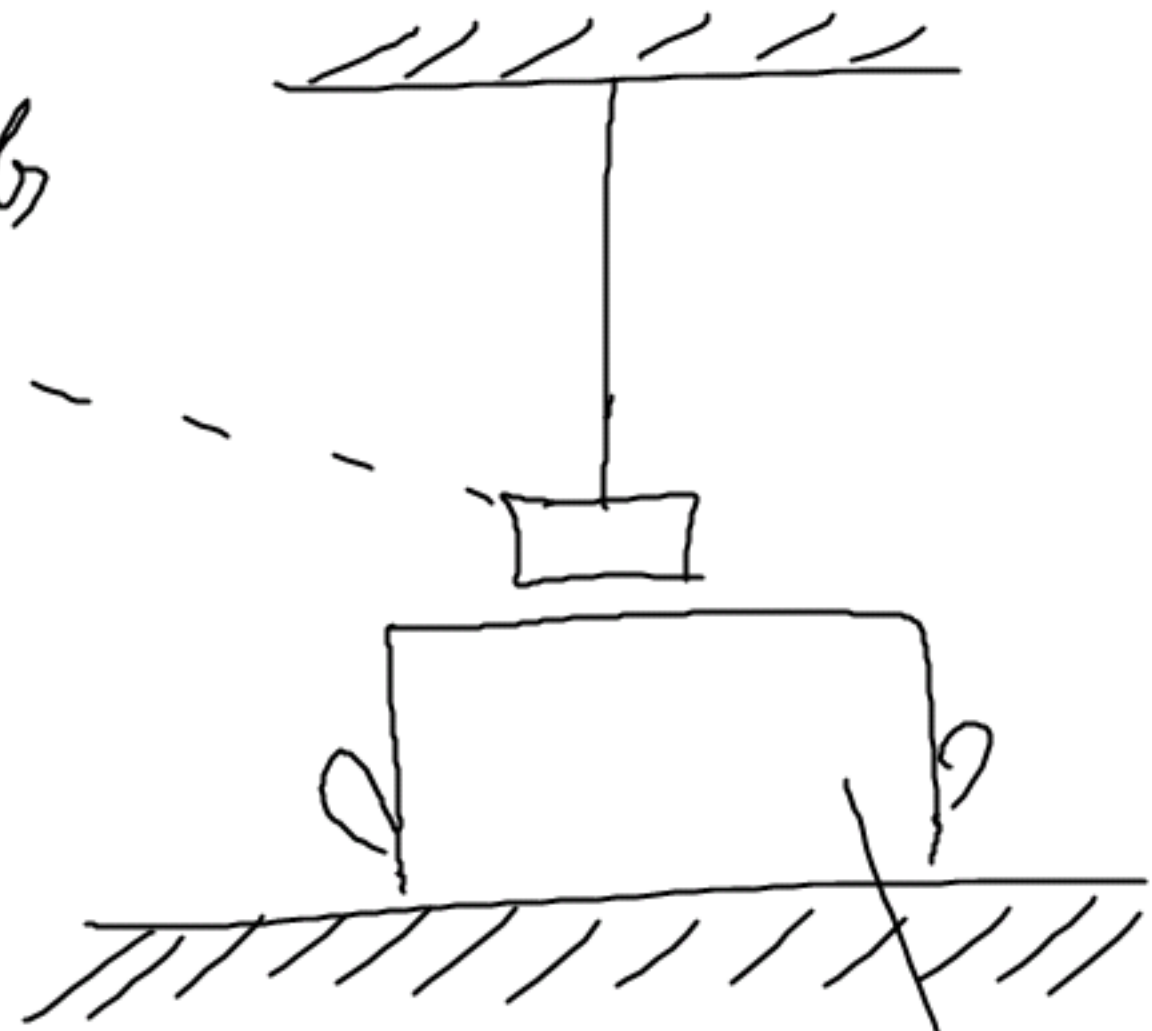
experiment:

1) tyčička



magnet

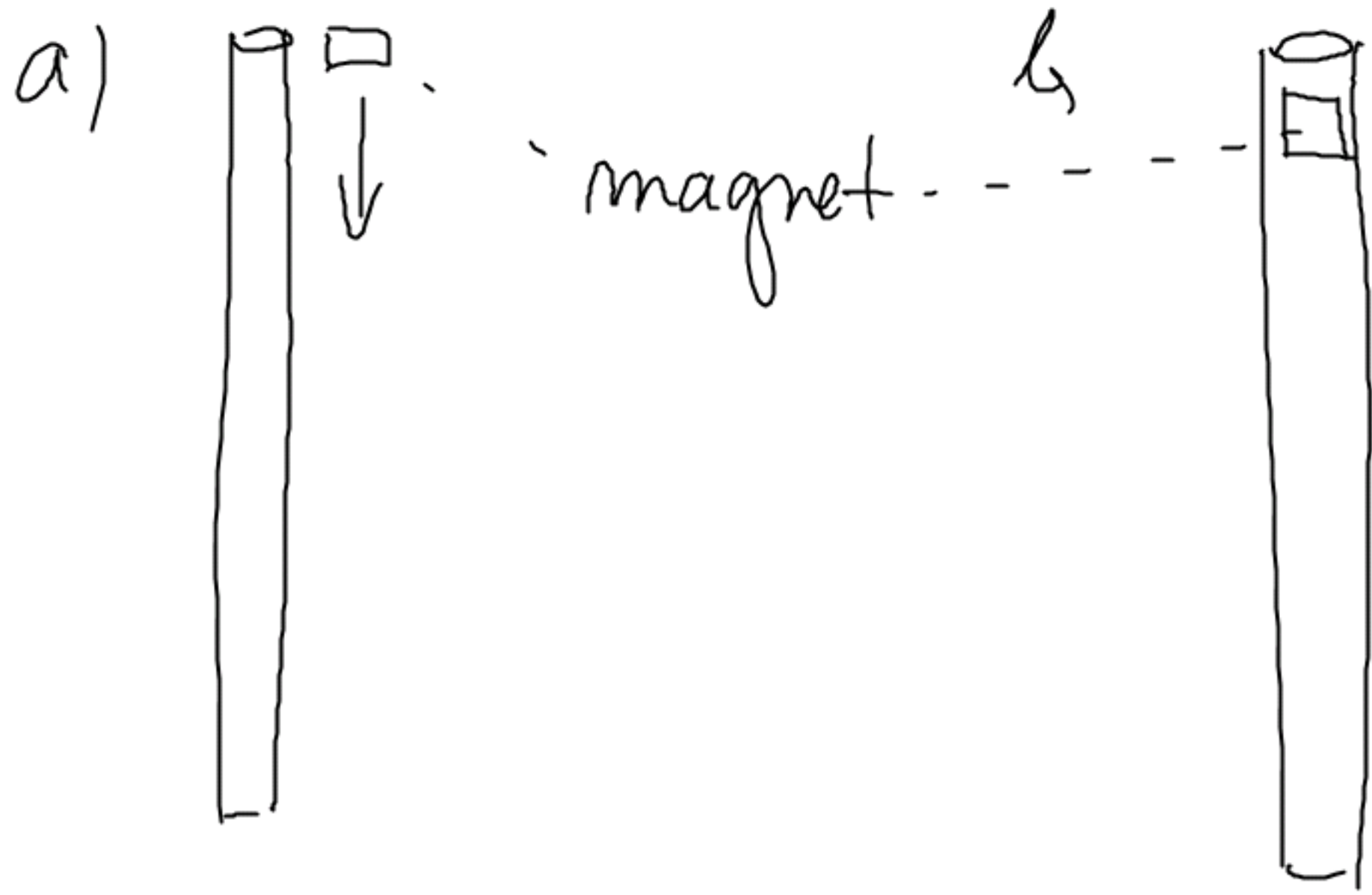
b)



diamagnety-
když klesne

a) dělá se bez proudů
b) silné proudy

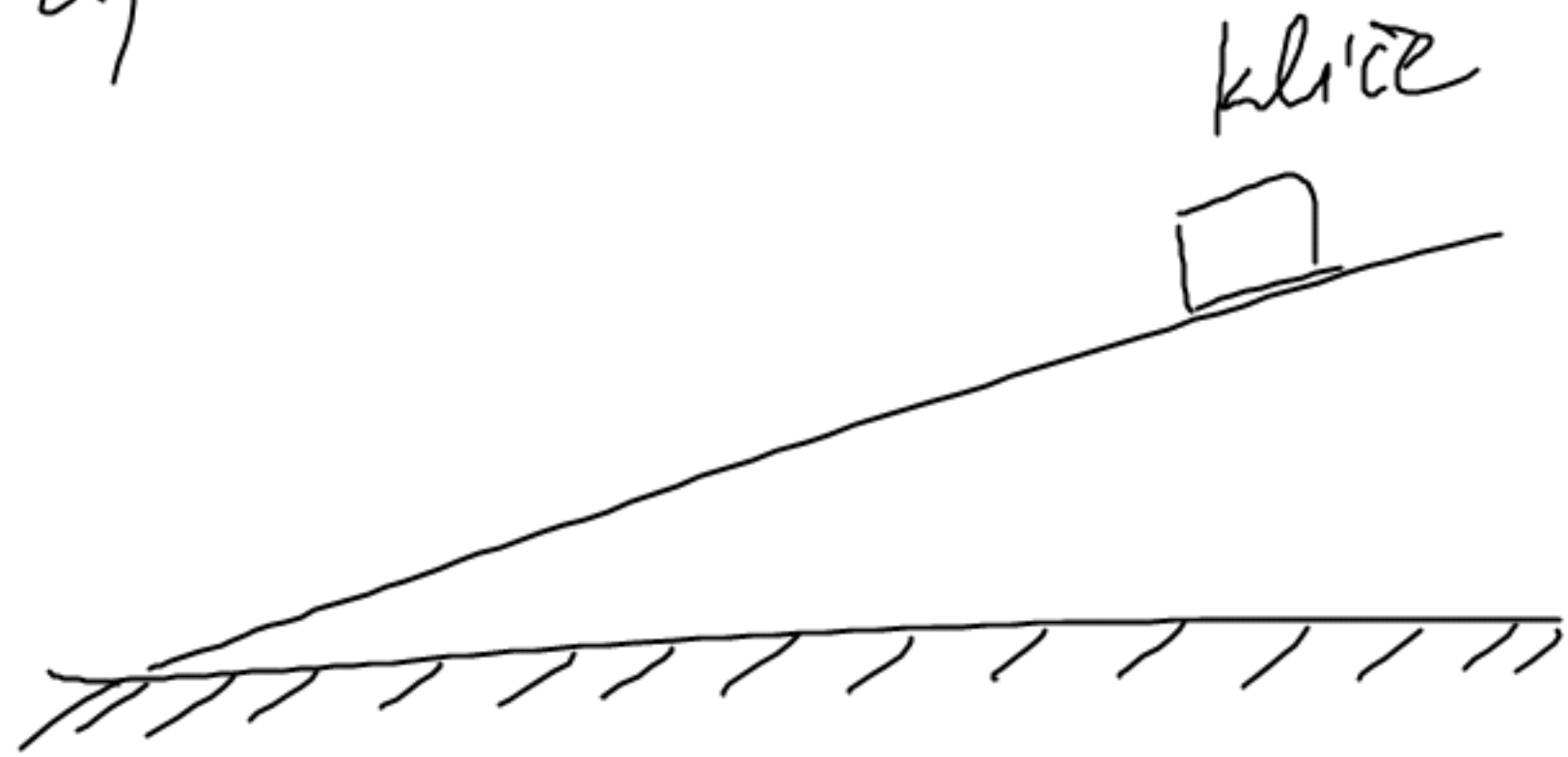
2, pa'd magnetu Cu irub'kon



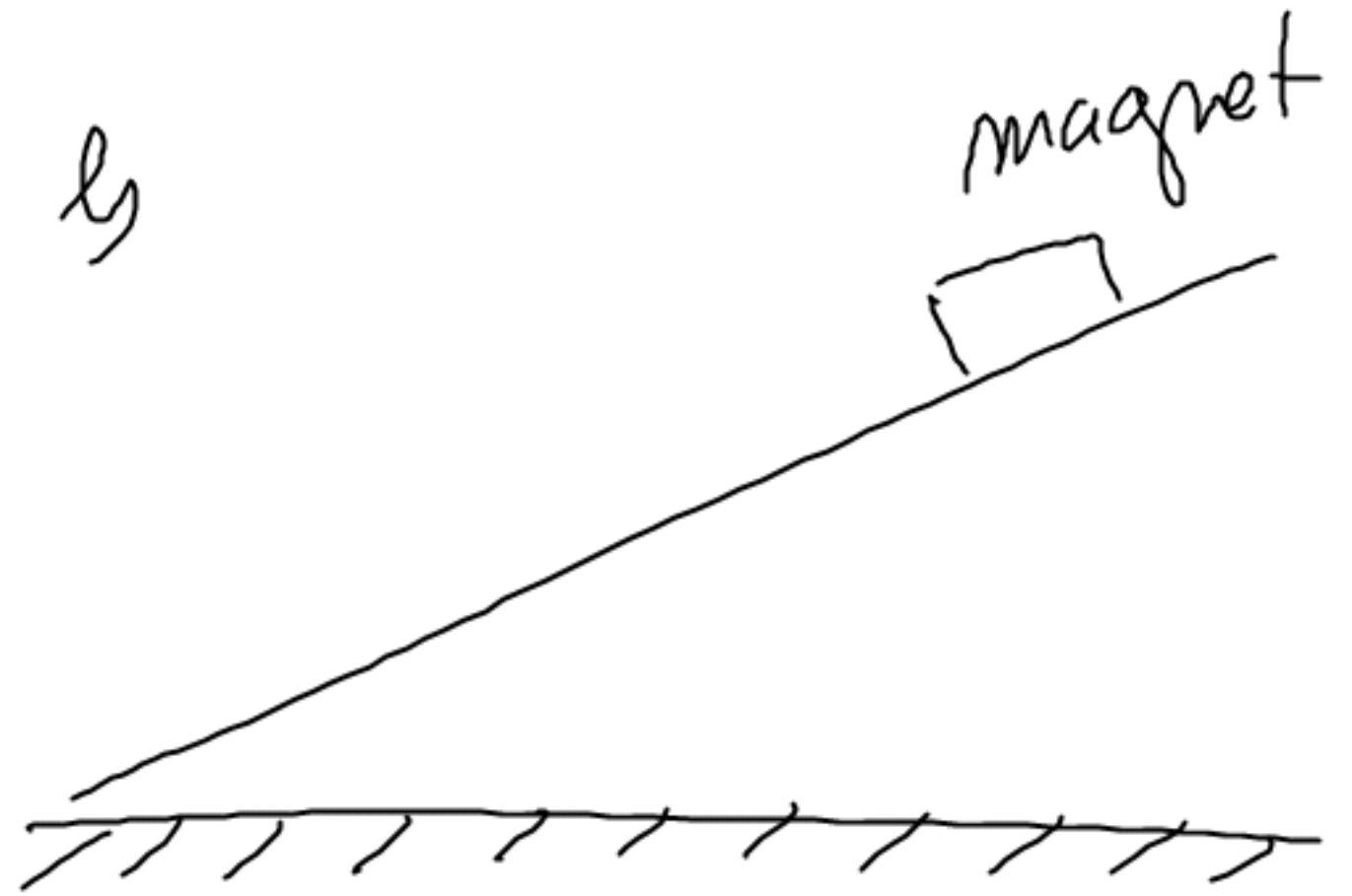
a) lēnēt roly' pa'd
b) silnē brāzēny' pa'g

3, nakloněná Al rovina

a)



b)



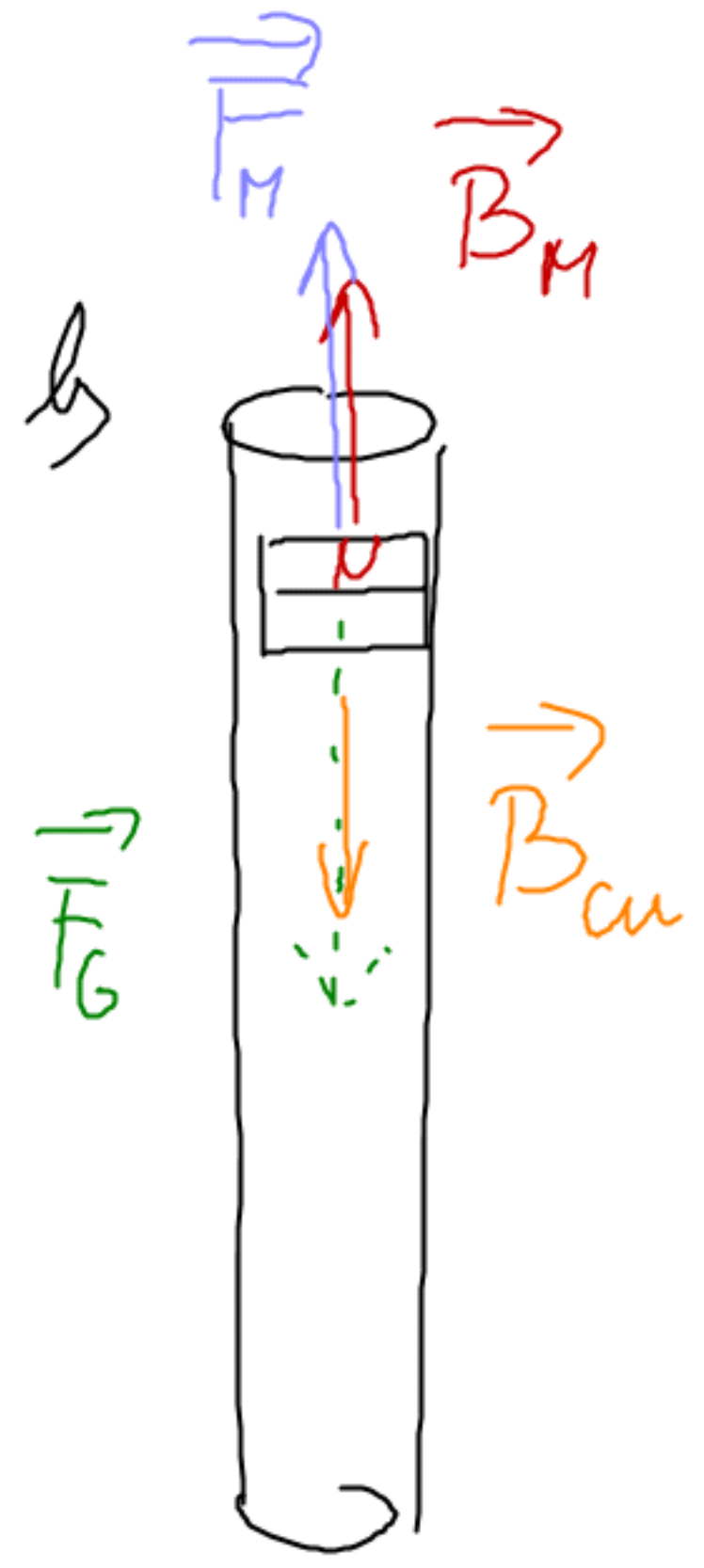
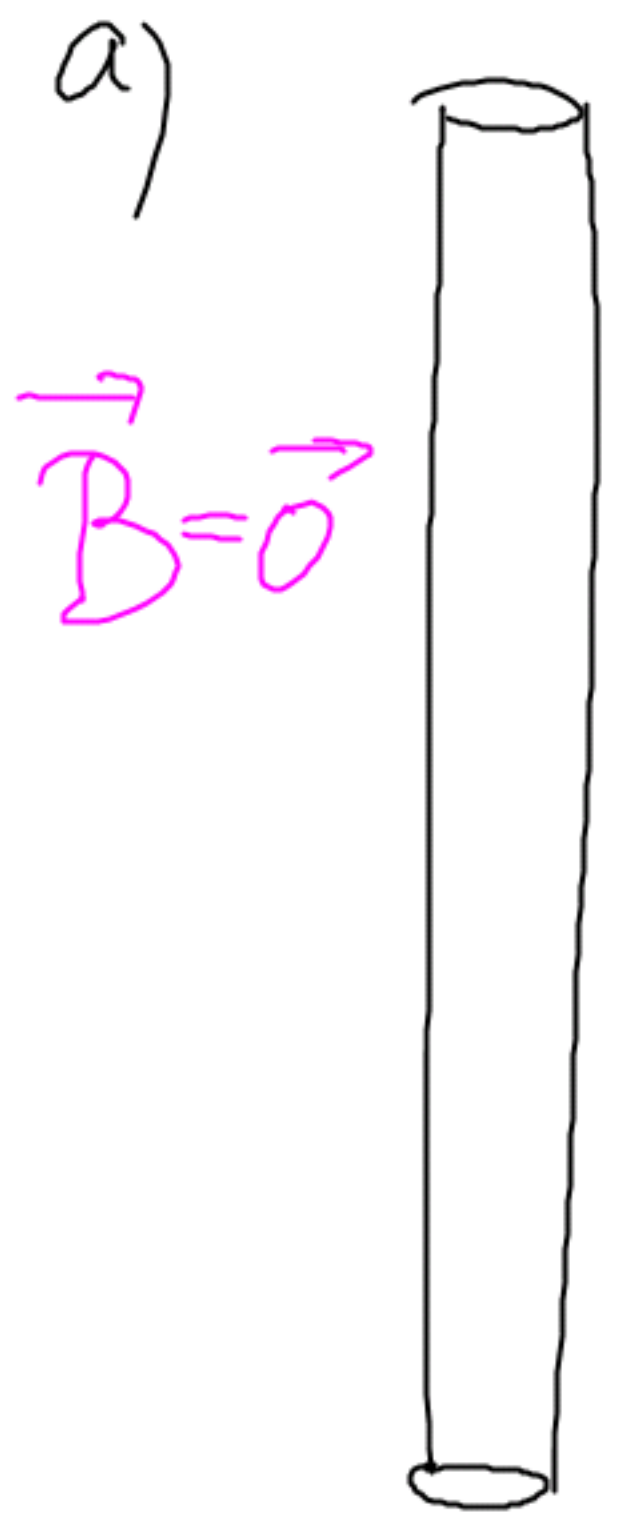
a) velký pohyb

b) pomalý pohyb

1, 2, 3, 6, \Rightarrow diamagnetychny material
naprednon acil'na prytahovat magnet

PROC?

experiment 2,



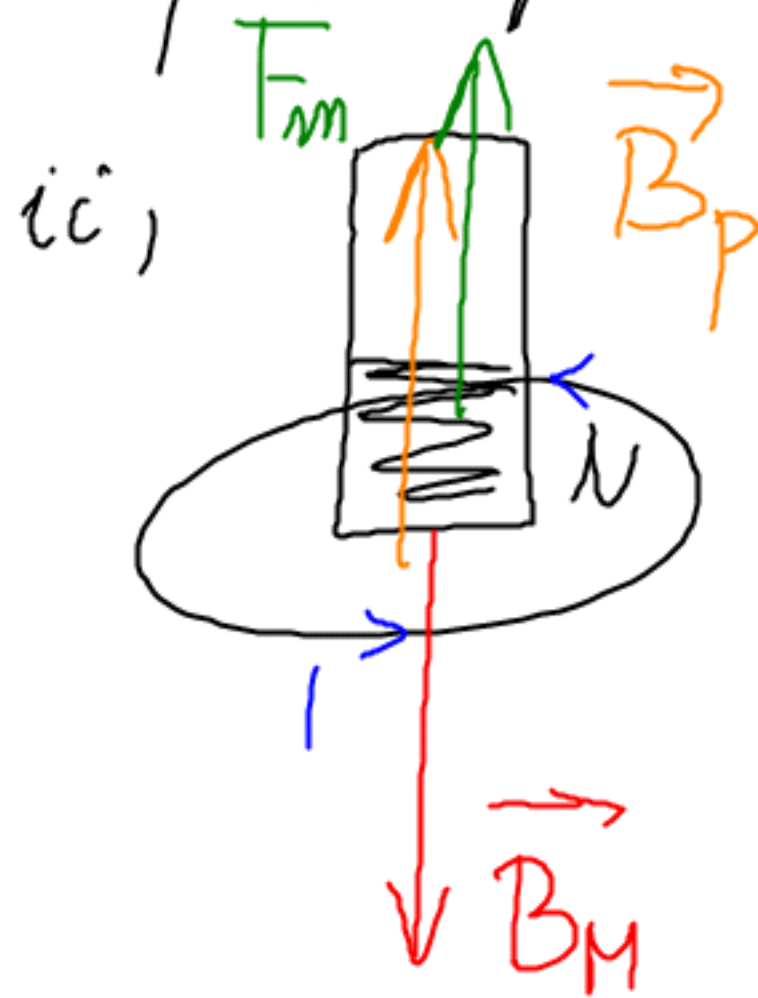
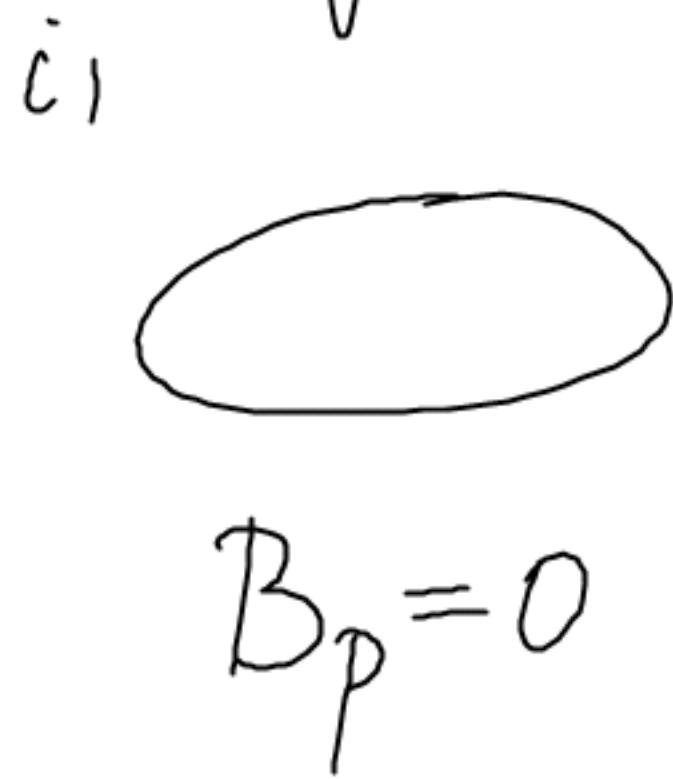
tubka pritahuje magnet

\vec{B}_{Cu} je da'no indukovany'w proudu, kter'w vznikl pri pohybu MAGNETU v tubce

$\Rightarrow \vec{F}_M$

trubha = sponsta prstenci

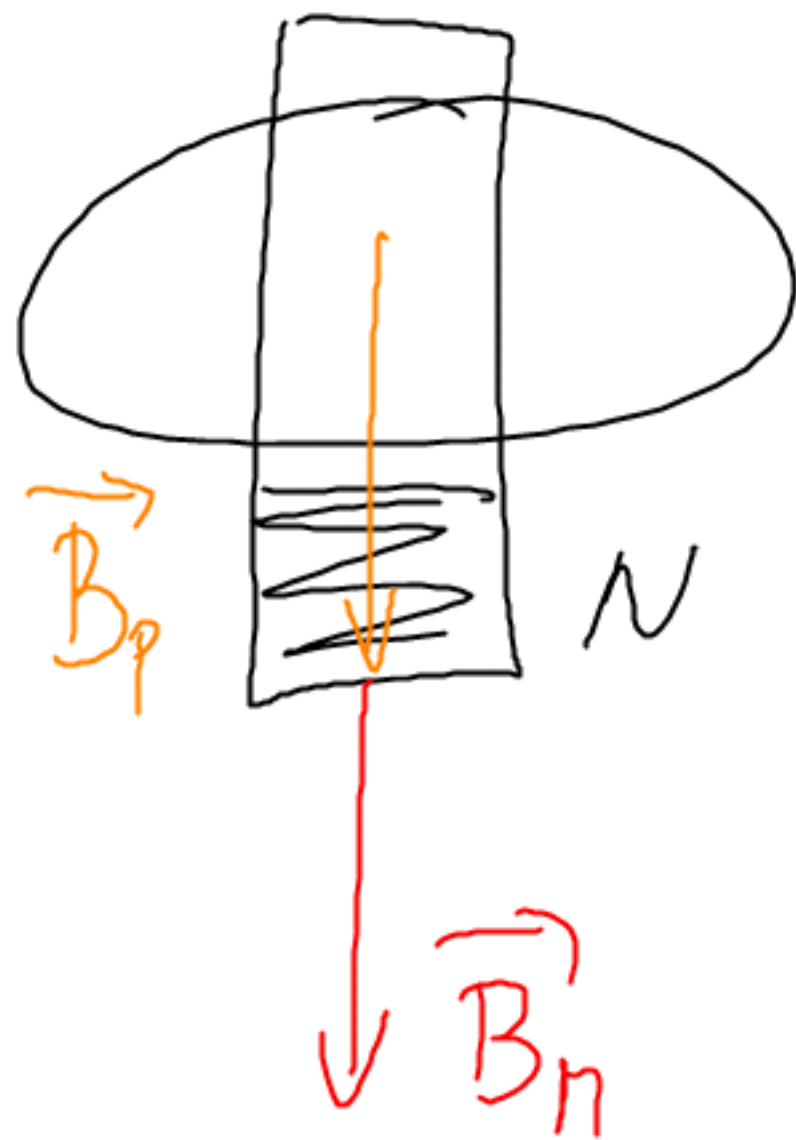
a) magnet nastupuje do prstence



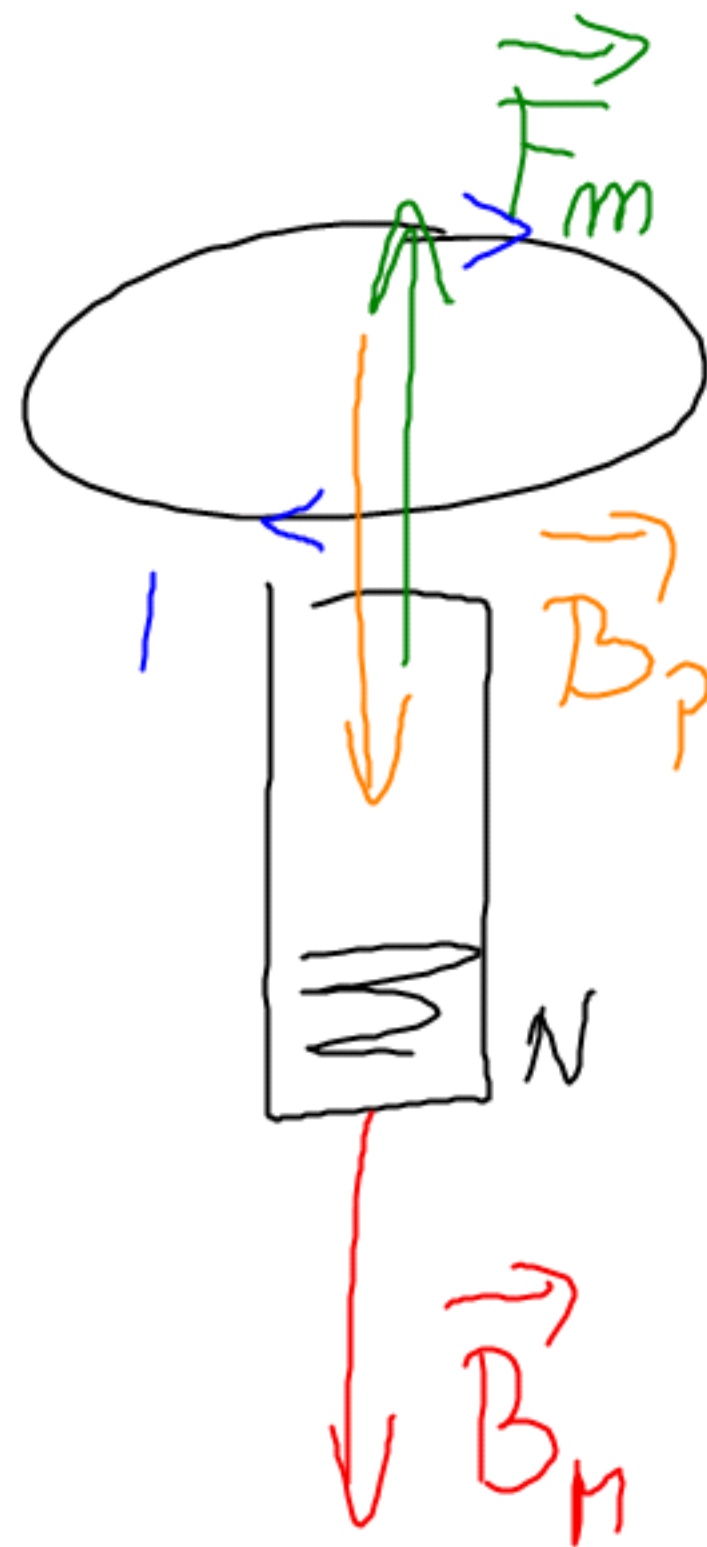
odpovraim' n trubha dvojn
 n mca \Rightarrow apornalem' magnetu

b) magnet opouští prsteneč

i)



ii)



prítahová síla ~ hustota dráždění \propto síle \Rightarrow zpomalení magnetu

⇒ mg. pole indukciometris prond
pūsobi' PROT mg. poli' magnetu

Lensin' sa'kom:

Indukciy' el. prond v mašinelem
obrodu ma' talon' smēz, zē su' m magneti' d' m
polem pūsobi' PROT 2 MEVĒ mg. indukciometris
talon, udera' lento prond yoolala.

□ - minus ve Faradajovē sa'kom

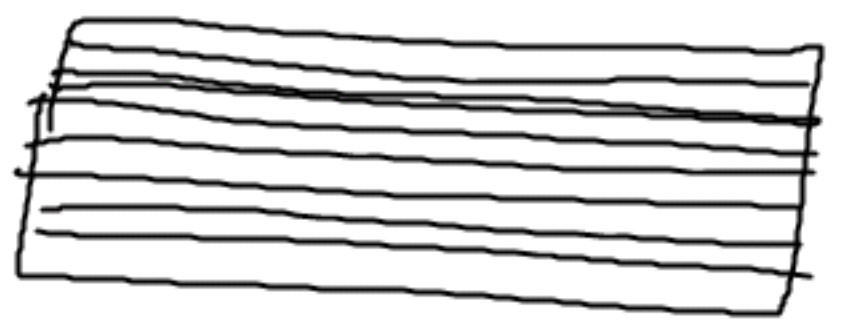
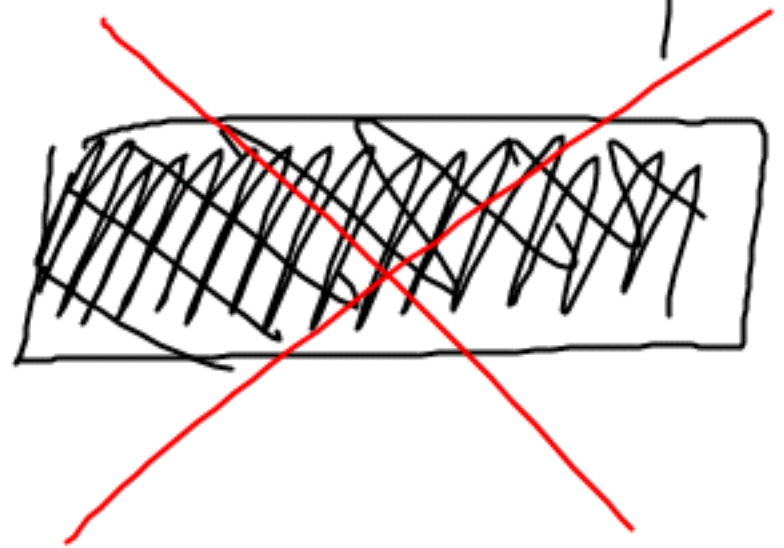
Praxe:

• experiment s bruncem ~ indukčním brzdou

• minire (FOUCAULTOVY) prouhy

- stare' elektromer - brzdi' pafb
kotorichu pri vypranich s potriebichu

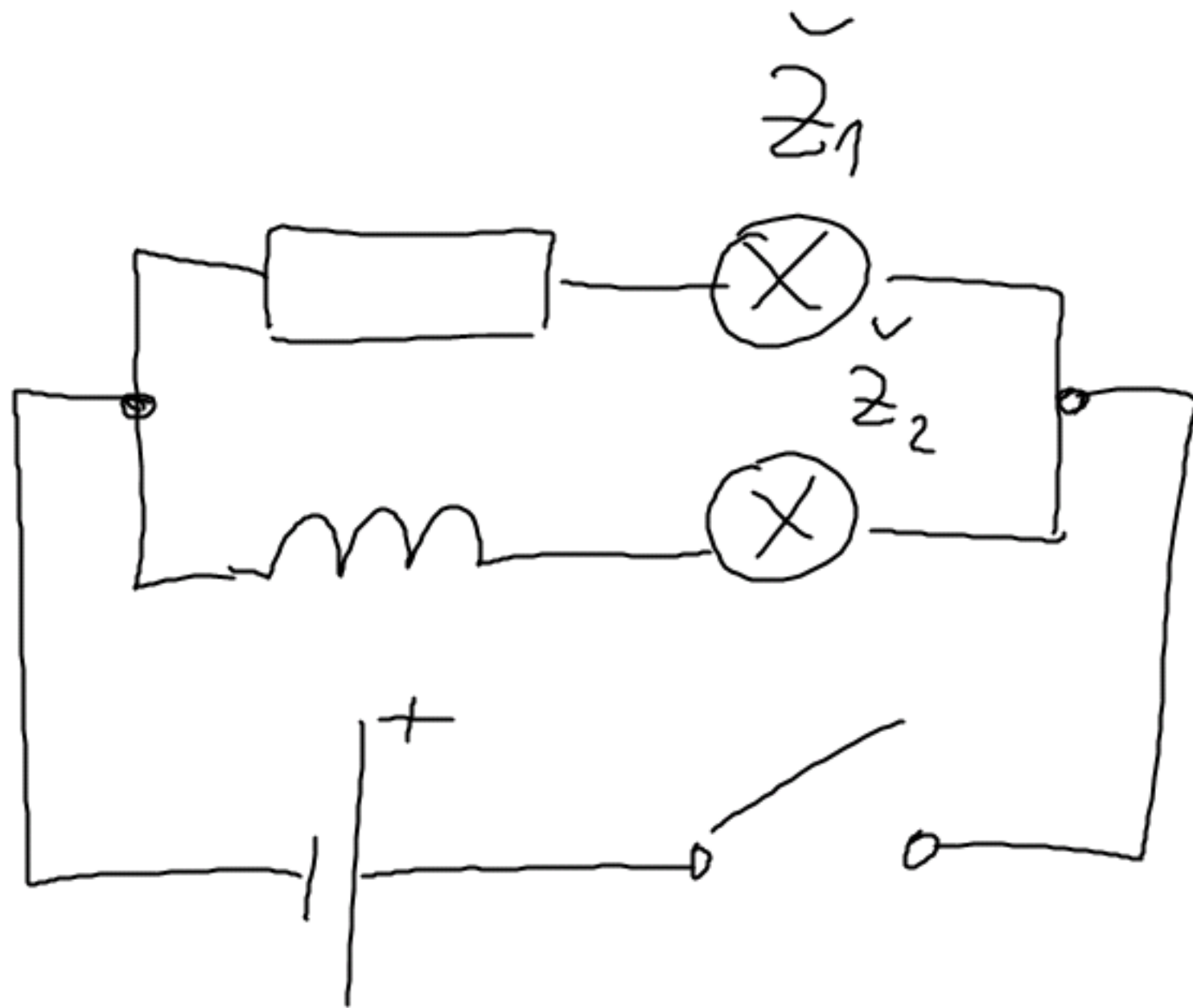
- listova' jadna ulvek \Rightarrow snizeni' atrit
Jonleovym
deplot



- indukčni vavici

Vlastní indukce

schéma



$$R_{1\text{redre}} = R_{2\text{redre}} \Rightarrow I_1 = I_2$$

Co se stane po vypnutí napájení?

veter-salvator: althor raet'nal' prohalzet
el-prond \Rightarrow n' urce n'arribel' NESTACIO-
NARMI' MG. POLE \Rightarrow n' urce se indurunge
mapon' \Rightarrow raot'ma' l'et' el. prond, ale

dily Lenzom ra'horu oppingim smerem, mes'
se p'irodm' smer' el. prond \Rightarrow \tilde{Z}_2 se
n'arribel' pozdeji' mes' \tilde{Z}_1

induktsiooni nähtus:
$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

L - konstanta pöpsuujõu mg. elastuskiirgus (geomeetria + ja'dro)

L - induktsioonikiirgus; $[L] = \text{H}$ (henry)

mm n spetsiaalsete kiirguste

Průchodový děj / Преходový děj

vzniká při rychlé (náhlé) změně

el. proudu \Rightarrow indukce ВЕЛКЕГО НАПЕТИ

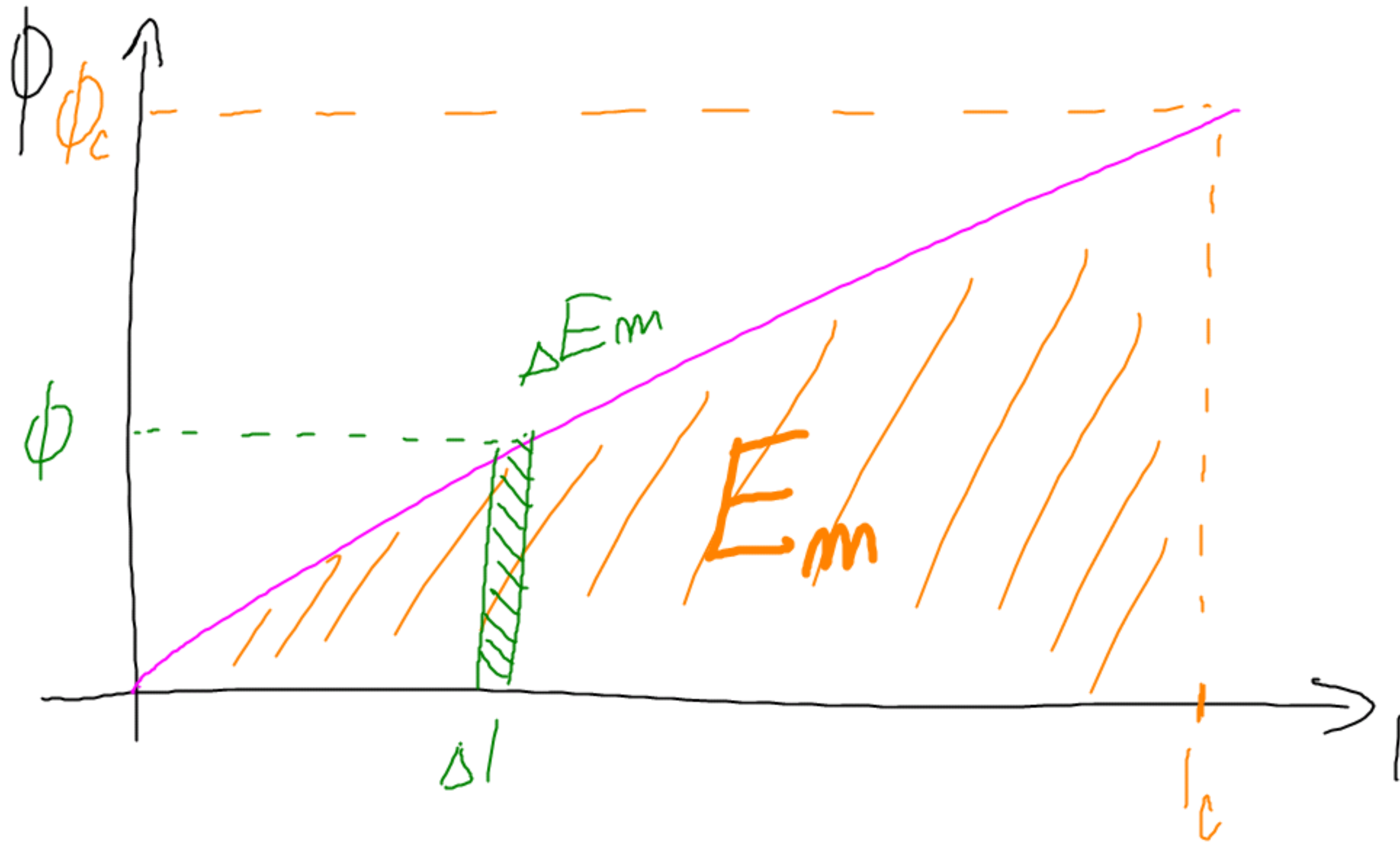
$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Praxe: "vytáčení jiskry ze zásvíky" při
vytáčení přívodů sítě ke společníci
(žehlička, tonstomč, ...)

Energetic mag. pale a l'indice E_{cm}

minimo: $U_i = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$\Rightarrow \phi = L \cdot I$



$$\begin{aligned}\underline{\Delta E_m} &= W_{\text{el.silla}} = Q \cdot U_i = l \cdot \cancel{\Delta t} \cdot L \cdot \frac{\Delta l}{\cancel{\Delta t}} = \\ &= \underline{\phi \cdot \Delta l}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \boxed{E_m = l_c \cdot \phi_c \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} L \cdot l_c^2}$$

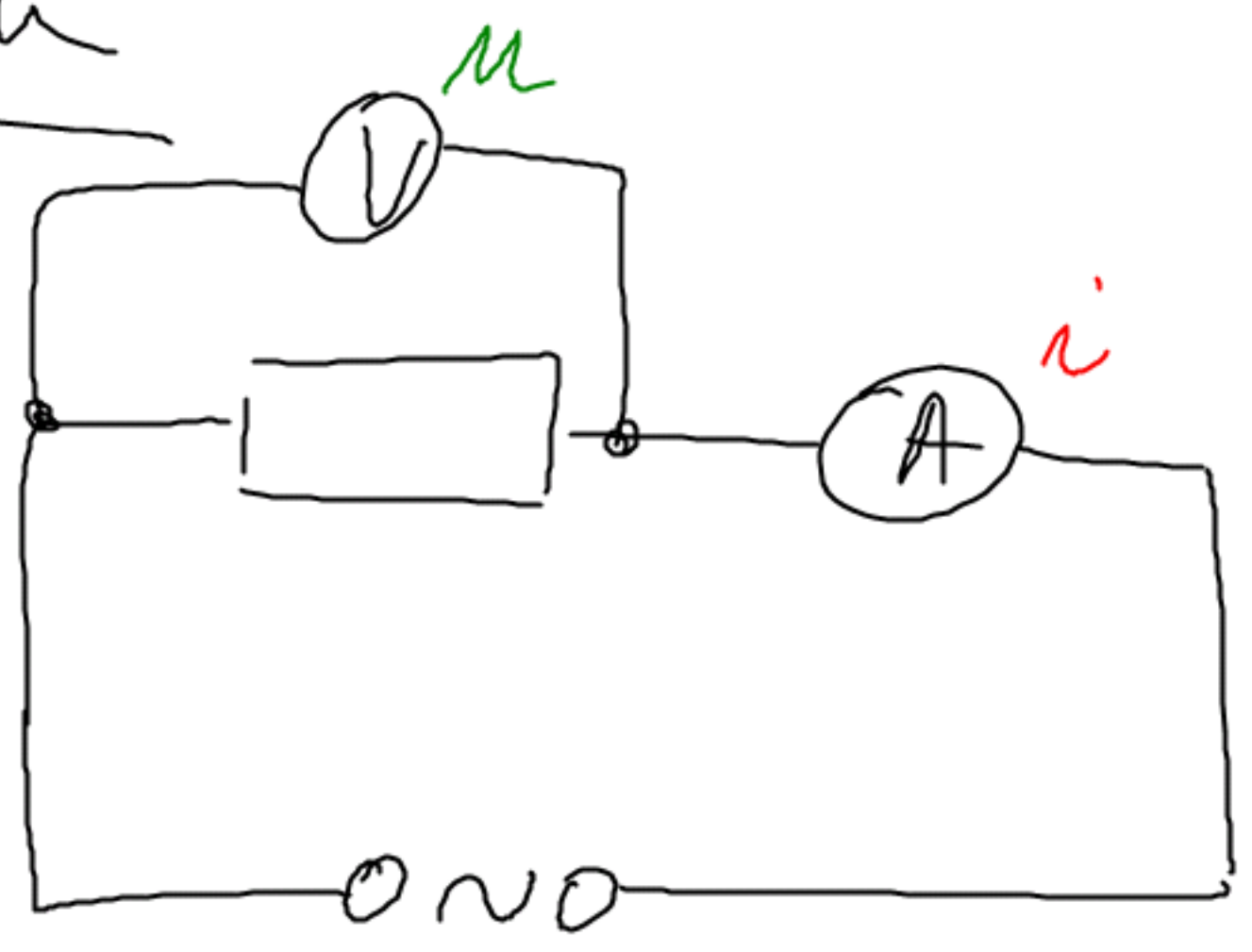
STRŮJ' DAŮM' PROUD

Obvody s křídlaného proudu

dílenn': jednoduché' - R ... REZISTOR
L ... CÍVKA
C ... KONDENZÁTOR

složenné' - RLC - seřnóenné'
paralelné'

1) Obvod s rezistorom

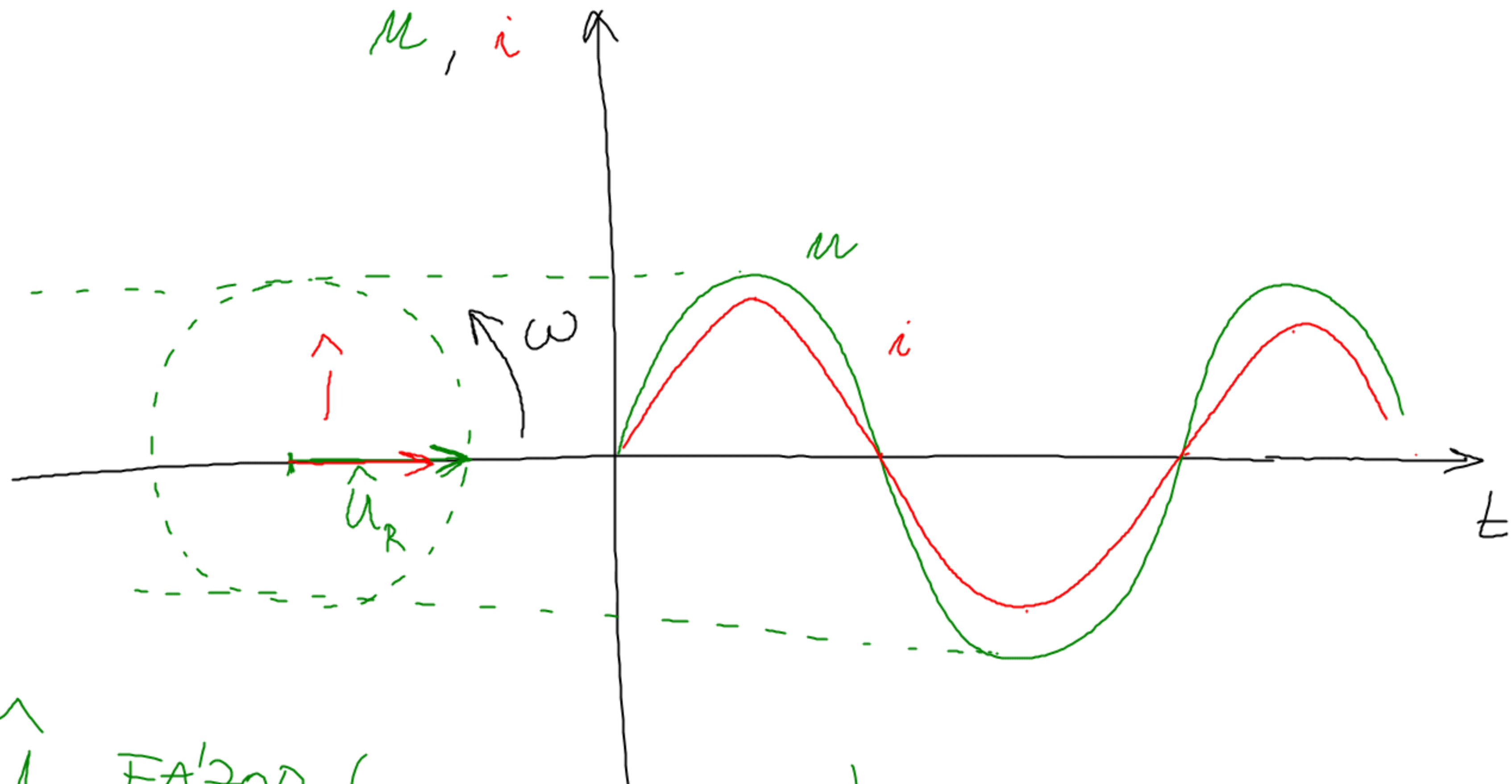


$$R = \frac{U_m}{I_m} = \frac{u}{i} = \frac{U}{I}$$

$$u = U_m \sin \omega t$$

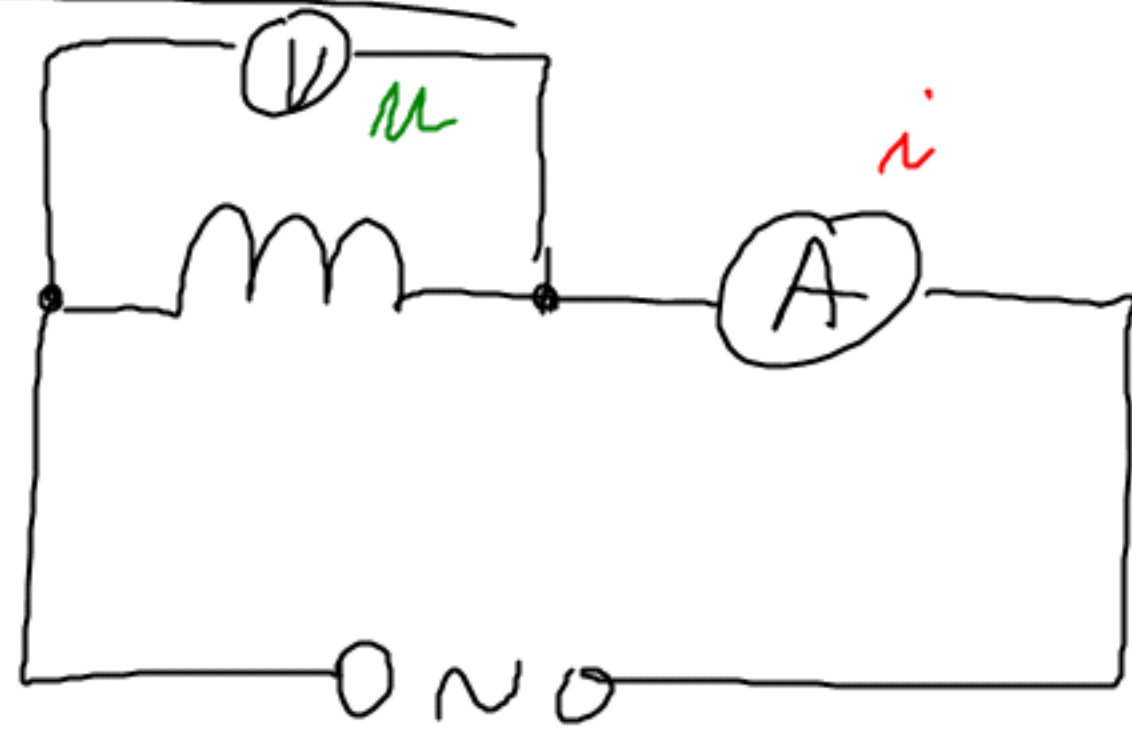
pronal je na FAZI s napedim

rezistor & česta STERBE jako v obvodu se s jednosmernym
mym zdrojem



\hat{u} - FAZOR ("neto jako vektor")

2) Obvod s cirkonom

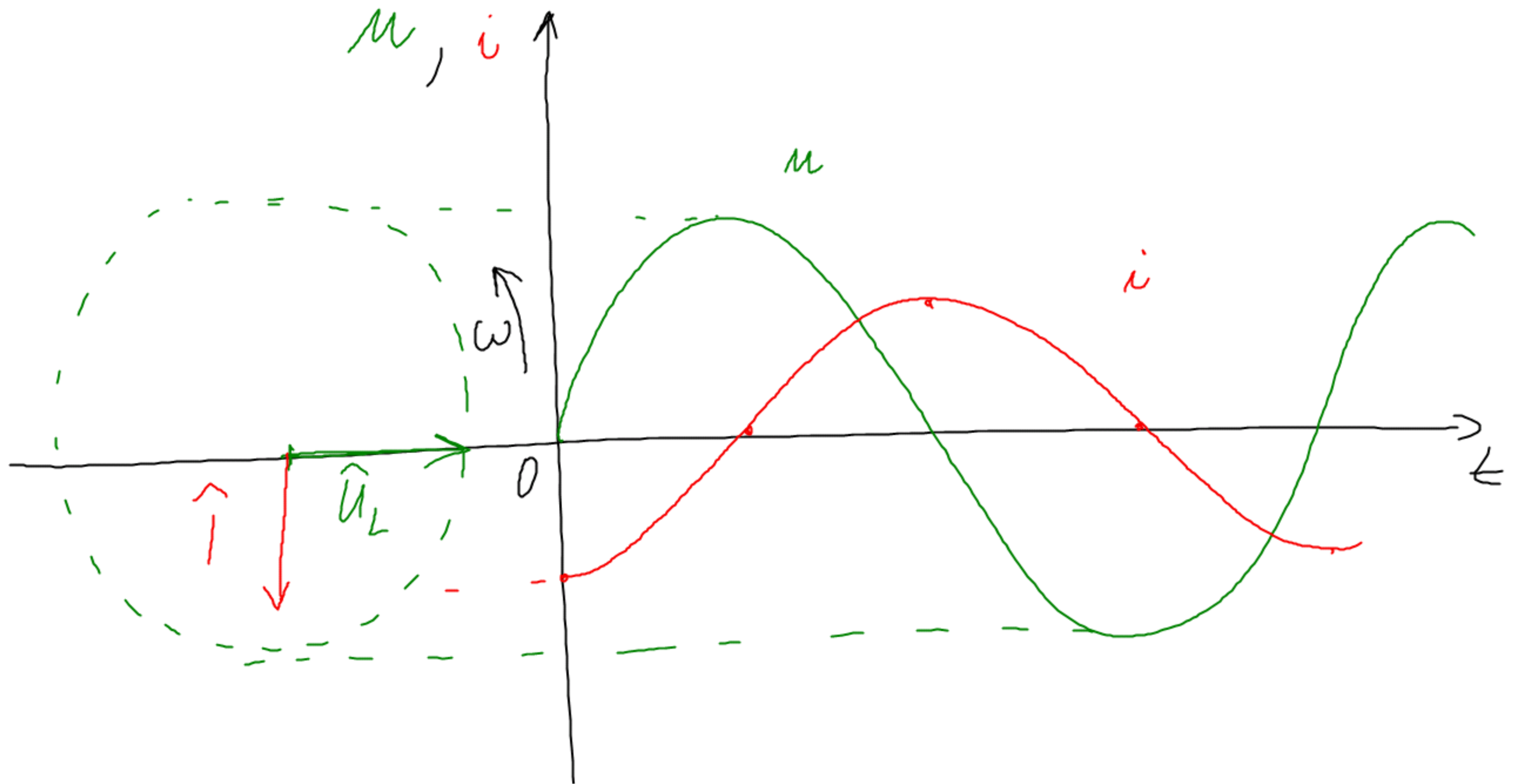


cirkonom teče striedavý prúd \Rightarrow nestacionárny mag. pole

\Rightarrow indukcia napätia \Rightarrow teče el. prúd OPAČNÝM

smérom, než pôvodný \Rightarrow \exists PO \exists DEŤM' EL. PROUDU

ZA NAPĚTÍM $0 \frac{T}{4}$



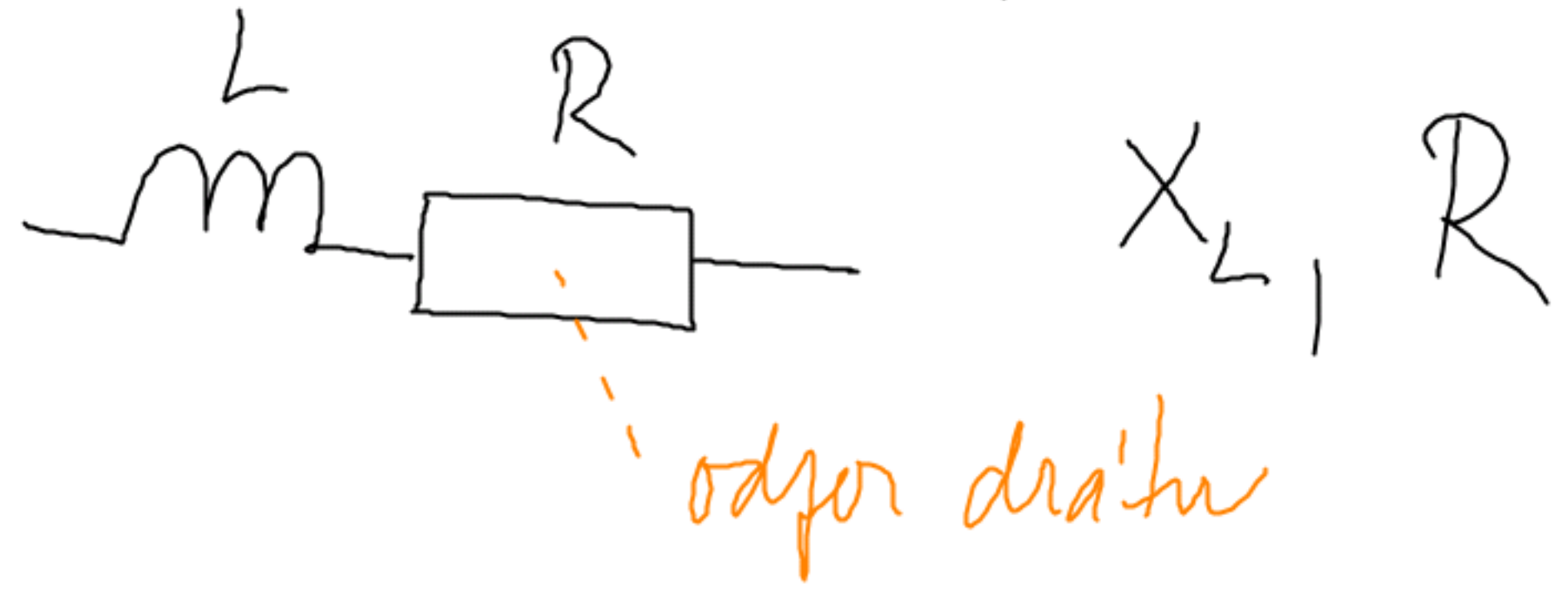
$$X_L = \frac{U_{pm}}{I_m} = \frac{U_L}{I} = \omega L$$

INDUKTANZ
 (induktive Reaktanz)
 $[X_L] = \Omega$

idea'lno' aloha:



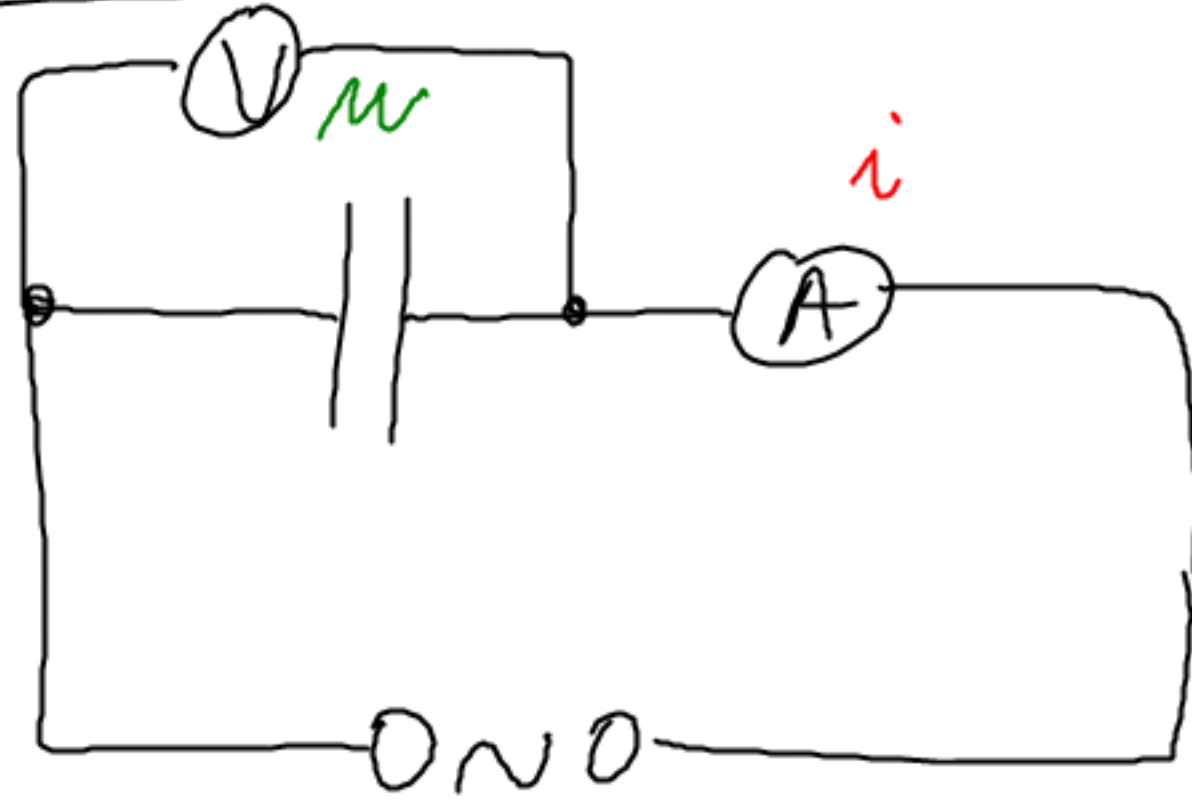
realna' aloha:



realna' $\xrightarrow{X_L \gg R}$ idea'lno'

$$R = \text{konst} \wedge X_L \sim \omega (\sim f)$$

3, Obvod s kondenzátorem



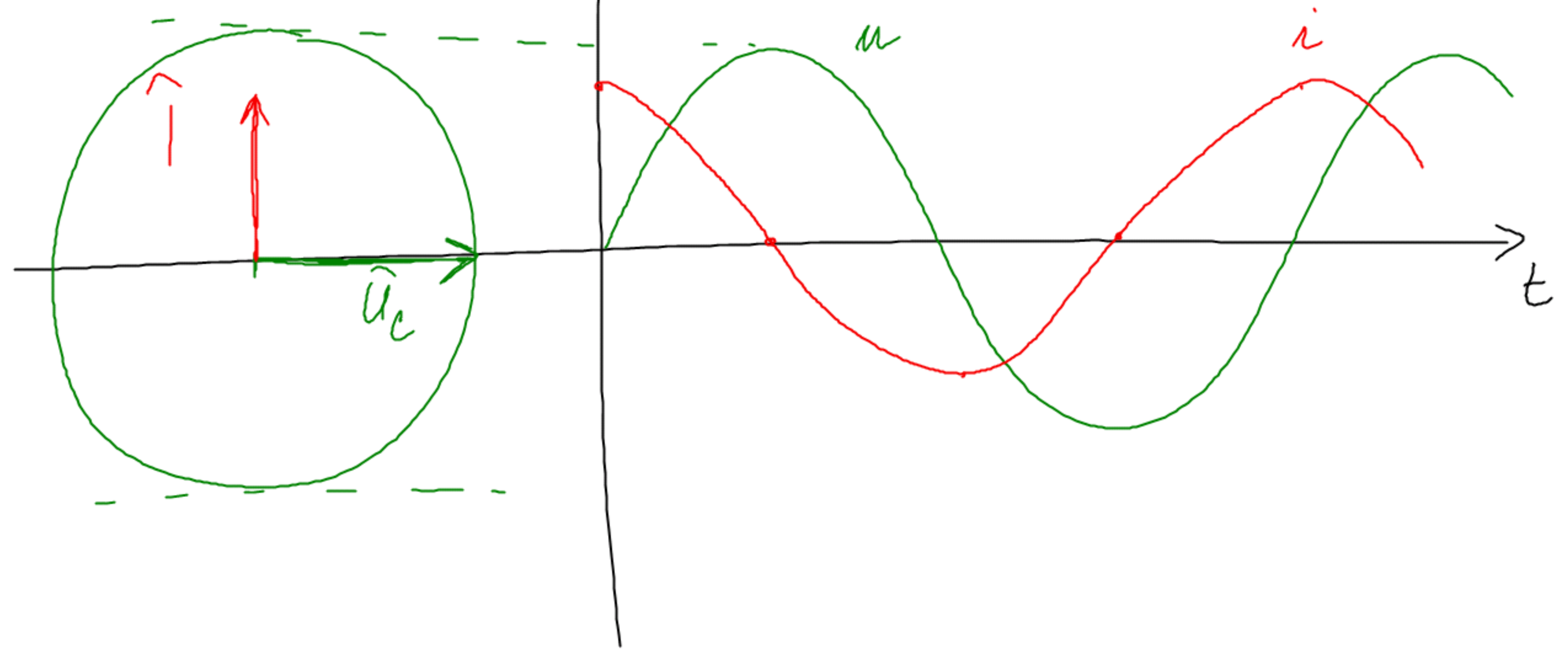
kondenzátor se násobí na dané napětí proudem
el. proud \Rightarrow napětí se OPOZÍŤUJE na el. proudem

$$0 \quad \frac{T}{4}$$

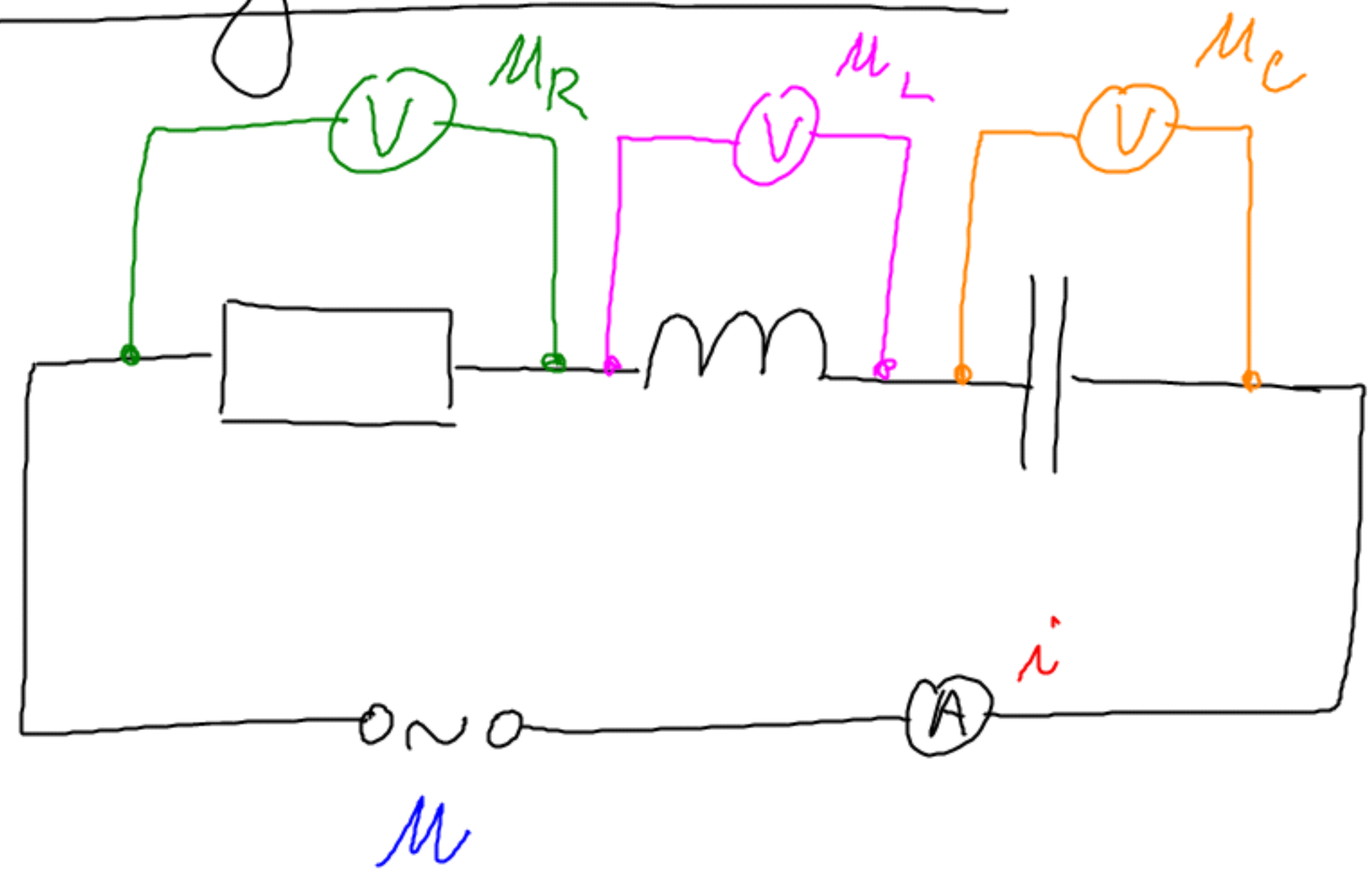
$$X_C = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U_c}{I} = \frac{1}{\omega C}$$

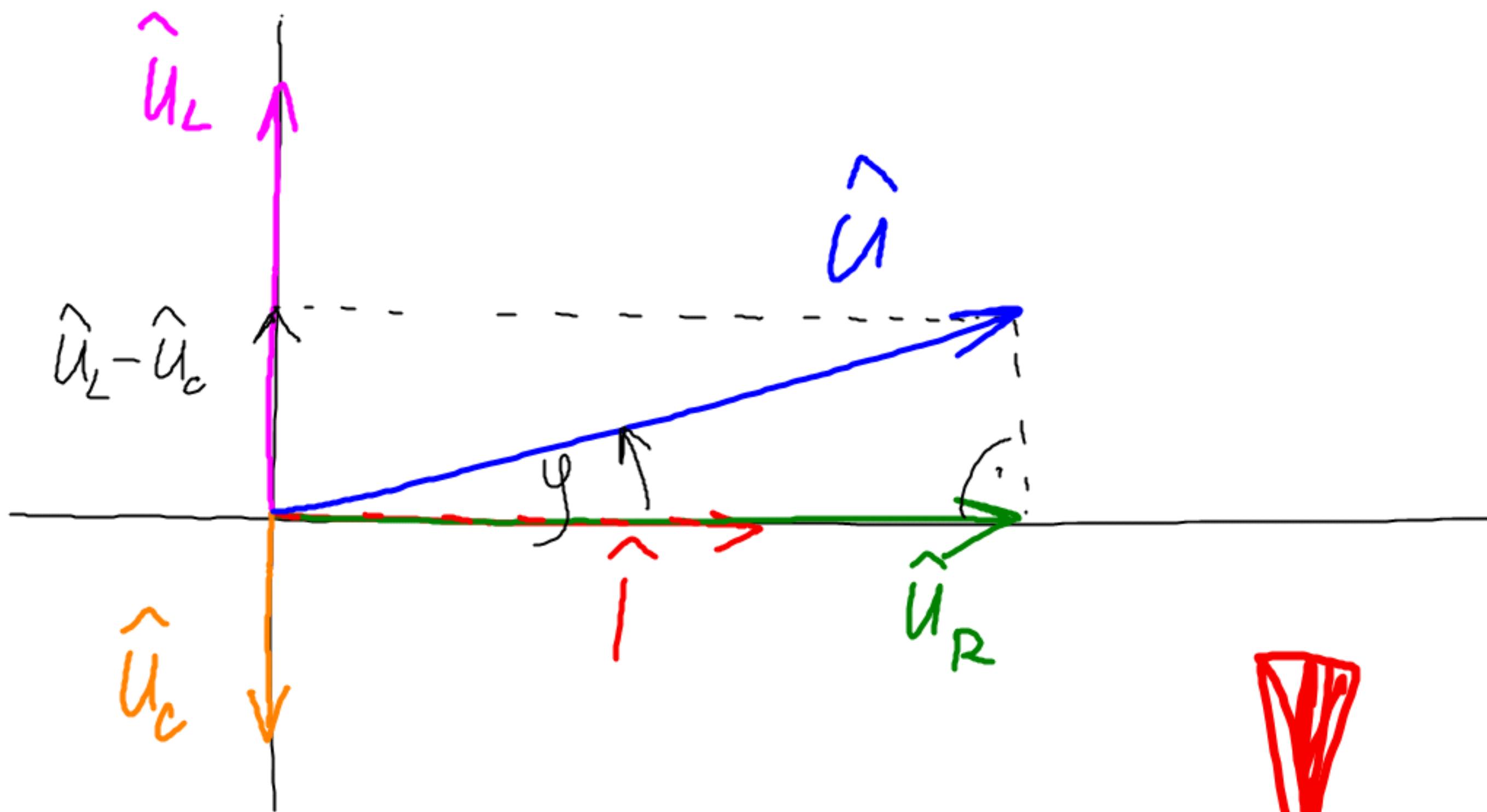
$[X_C] = \Omega$
KAPACITANCE (kapacitní reactance)

u, i



4) Serious RLC circuit





NELEZE: $U = U_R + U_L + U_C$!

⇐ fazony' posum na L a C

Mundnosťat faktorové ("vektorové")

$$\hat{U} = \hat{U}_R + \hat{U}_L + \hat{U}_C \quad \text{a dále Pythagorova}$$

nebo

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$U^2 = (RI)^2 + (X_L I - X_C I)^2 \quad /: I^2$$

$$\frac{U^2}{I^2} = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

$$\frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = Z \quad ; \quad [Z] = \Omega$$

Z - IMPEDANCE ("zdánlivý odpor")

praxe: vstupy m PC, iV'c', ... x sluchotka,
mikrofony, ...

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R I}{Z I} = \frac{R}{Z} \dots \text{m'clm'ik obvodu } (\rightarrow \text{ry'kov})$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$U_L > U_C \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi > 0 \Rightarrow \varphi > 0$$

$$U_L < U_C \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi < 0 \Rightarrow \varphi < 0 \quad (\Rightarrow \hat{u} \text{ je ve IV. kvadrantu})$$

resonance: $U = \text{konst} \Rightarrow | \text{maxim'alen' } \Rightarrow Z \text{ je minim'alen' } \Rightarrow$
 $\Rightarrow X_L = X_C \Rightarrow 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}}$

5) Seřiový RLC pomocí komplexních čísel

komplexní čísla ve F popisují "problém"

značení: $j^2 = -1$ (j - imaginární jednotka)

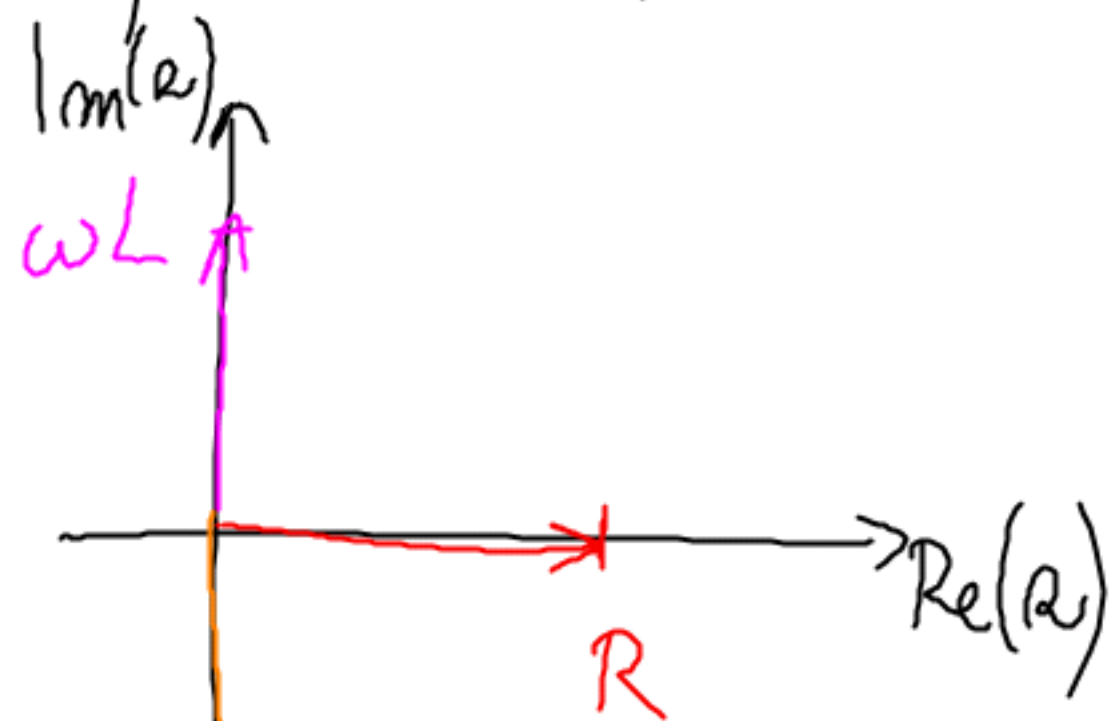
R

$$X_L = \omega L j$$

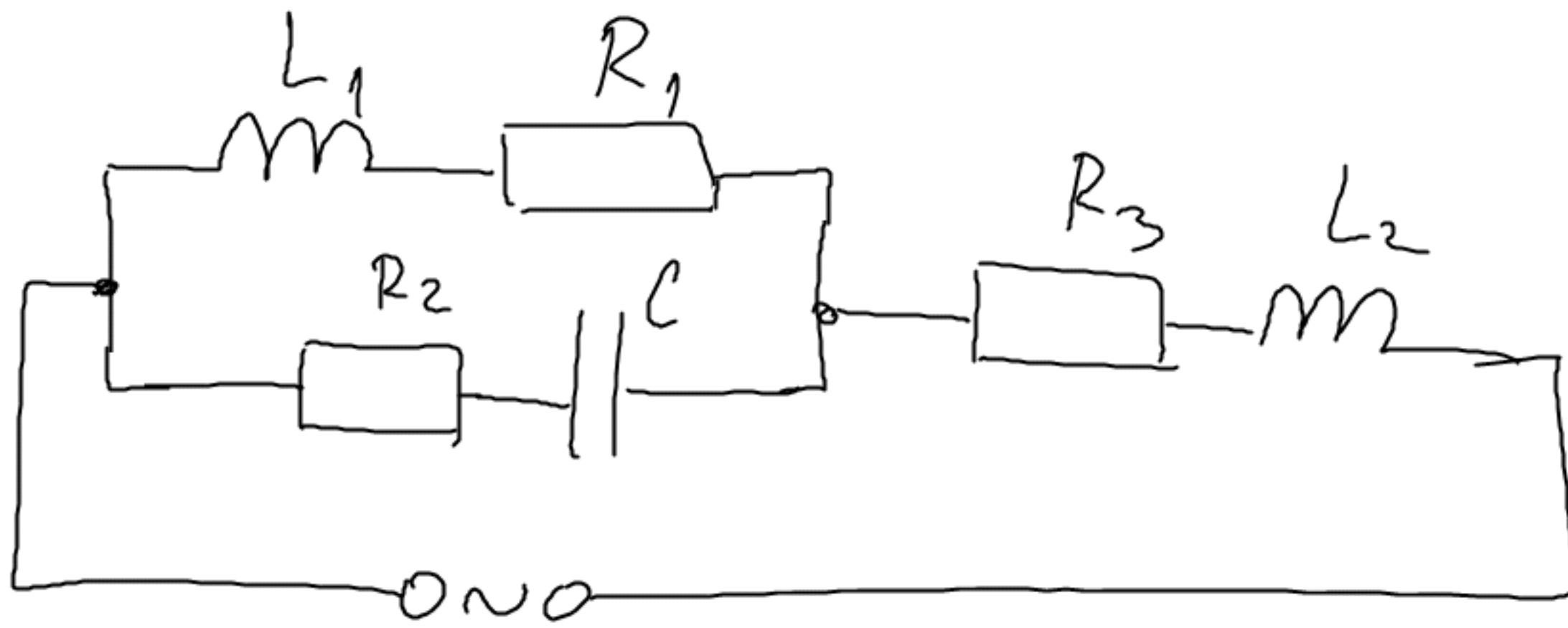
$$X_C = \frac{1}{\omega C j} \cdot \frac{j}{j} = \frac{j}{\omega C j^2} = -\frac{1}{\omega C} j$$

$$Z = R + \omega L j + \left(-\frac{1}{\omega C} j\right) = R + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) j$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad - \text{abs. hodnota komplex. čísla}$$



D
ru.



$$Z_1 = R_1 + \omega L_1 j$$

$$Z_2 = R_2 - \frac{1}{\omega C} j$$

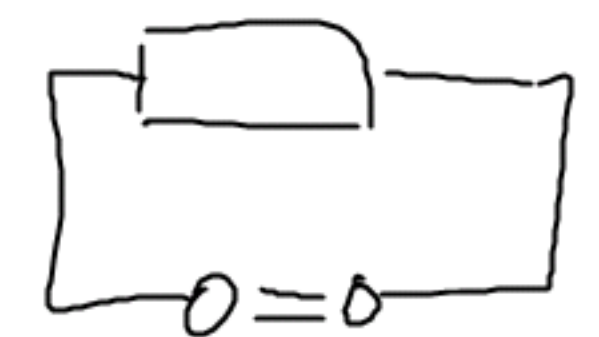
$$Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(R_1 + \omega L_1 j)(R_2 - \frac{1}{\omega C} j)}{R_1 + R_2 + (\omega L_1 - \frac{1}{\omega C}) j}$$

$$Z = Z_{12} + R_3 + \omega L_2 j = \dots$$

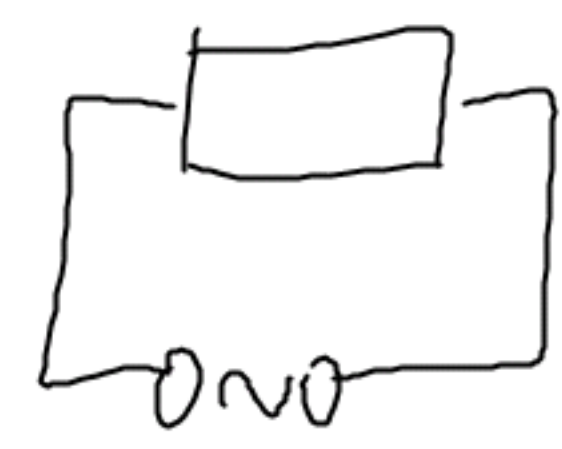
Výkon sbit'davého proudu

1) Obvod s rezistorom

stejnomyšný' el. obvod: $P = UI = RI^2$ (1)

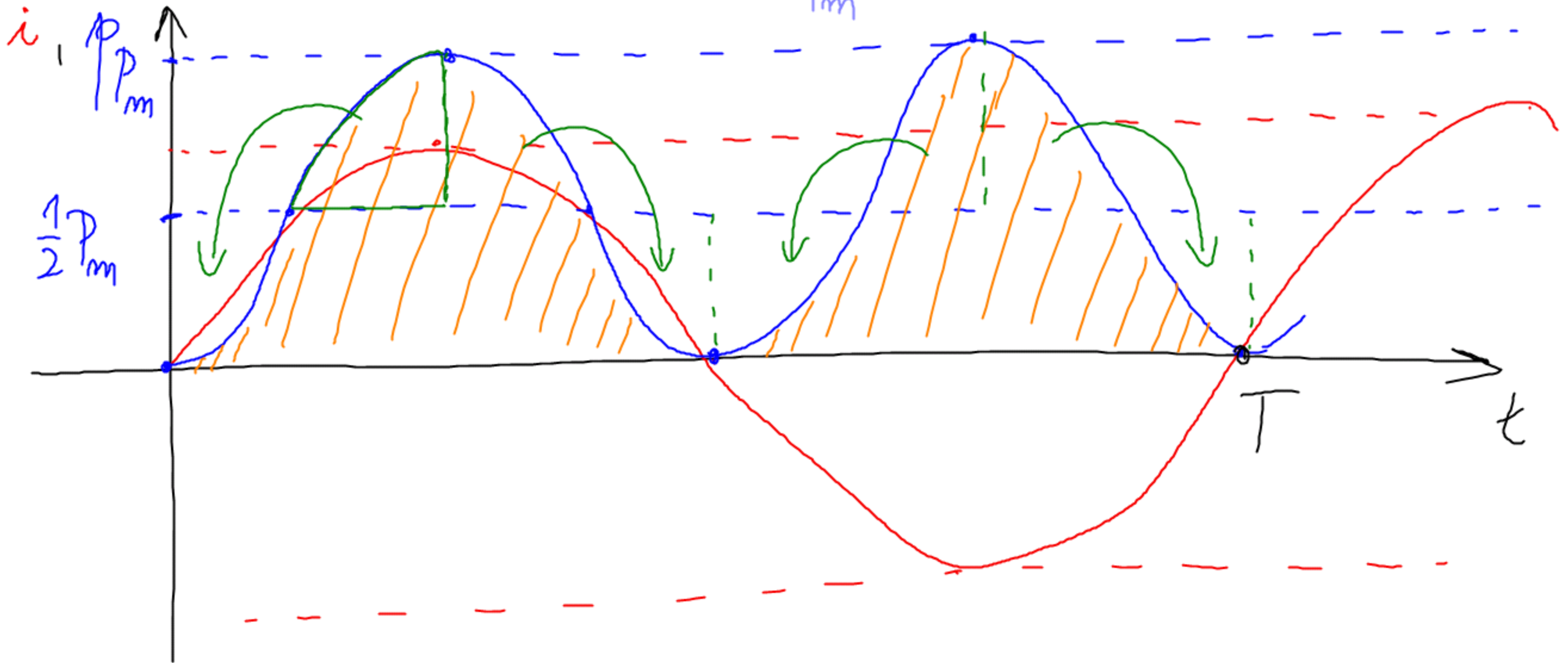


sbit'davý' el. obvod: $p = u \cdot i = Ri^2 = \underbrace{R I_m^2}_{P_m} \sin^2 \omega t =$



$$\text{matematika: } \left| \sin \frac{\theta}{2} \right| = \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{2}}$$

$$= R I_m^2 \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} = \underbrace{R I_m^2}_{P_m} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2\omega t) \right)$$



práce vykonaná el. proudem za 1 periodu
(el. proud)

je rovná obsahu plochy pod grafem y' konu

díky symetrii a úpravám lze psát:

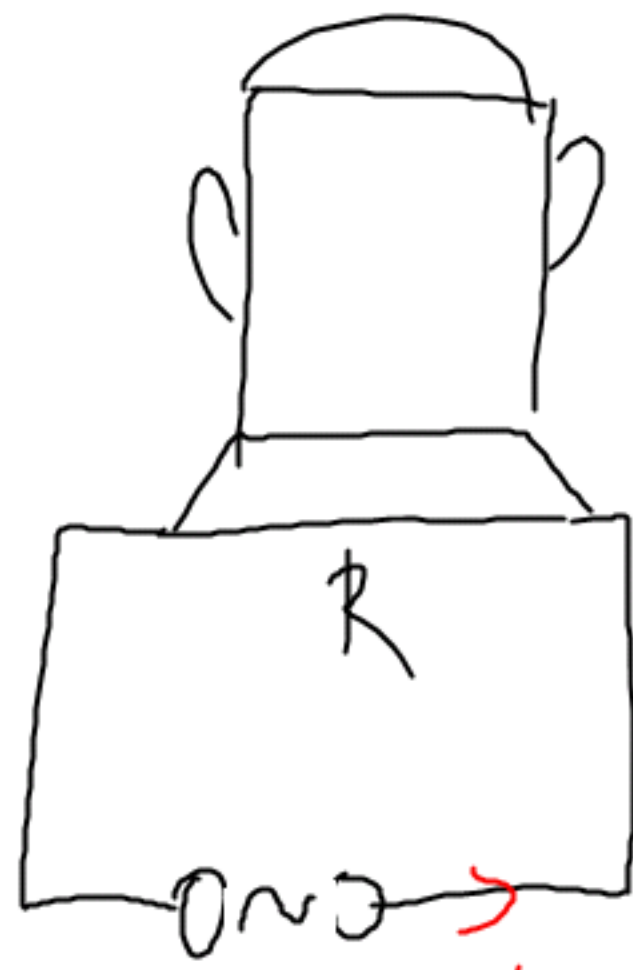
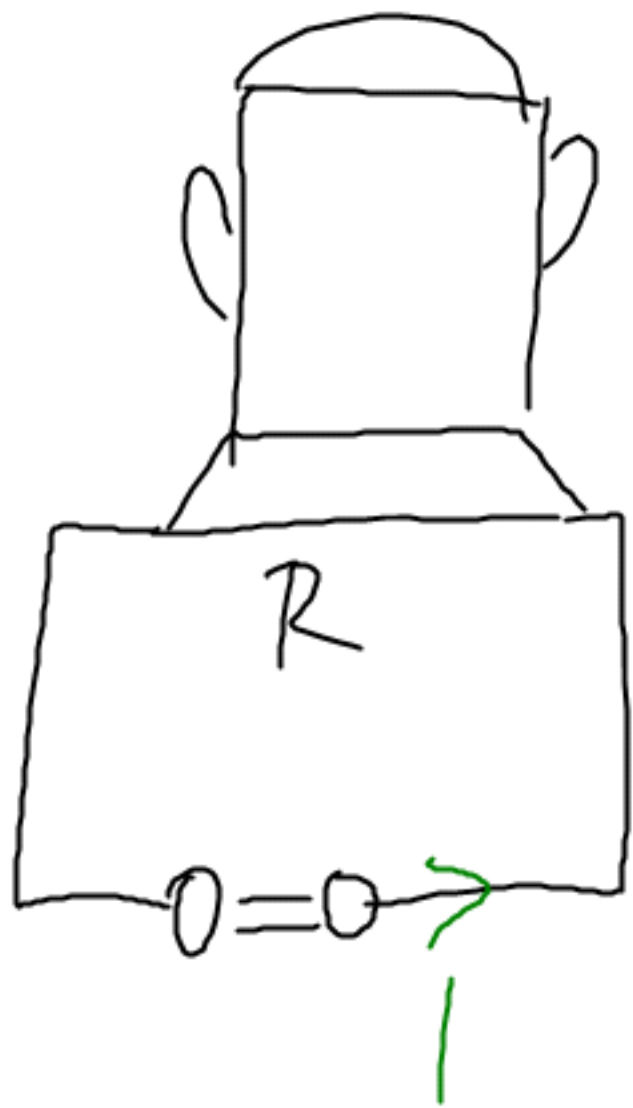
$$W = \frac{P_{\text{m}}}{2} \cdot T \quad (\text{plocha obdélníka})$$

průměrný výkon: $P_p = \frac{W}{T} = \frac{1}{2} P_{\text{m}} = \frac{1}{2} R I_{\text{m}}^2$

pro součinnosti s (1) \Rightarrow $\cancel{R} I^2 = \frac{1}{2} \cancel{R} I_{\text{m}}^2$
 $I = \sqrt{\frac{I_{\text{m}}^2}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{m}}$

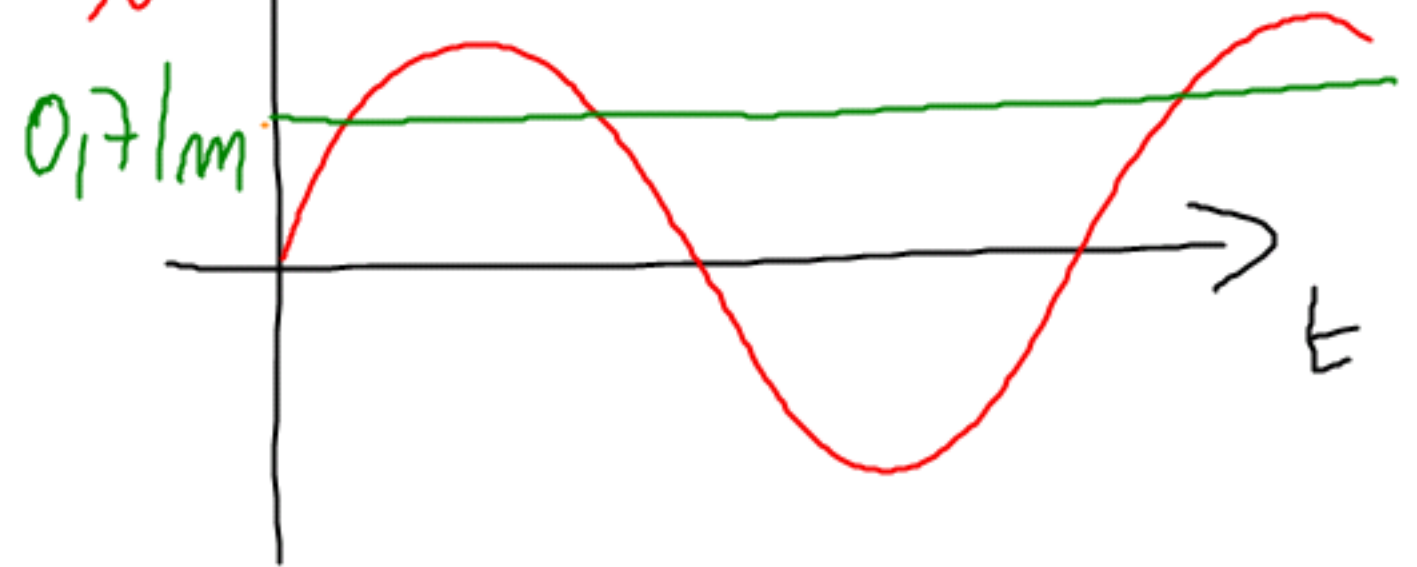
- Stejnošmerny' el. proud, kotory' ma' stejny' njlon, jako st'oj'acy' proud s amplitudon I_m

1 - efektivni' hodnota el. proudu



$$i = I_m \sin \omega t$$

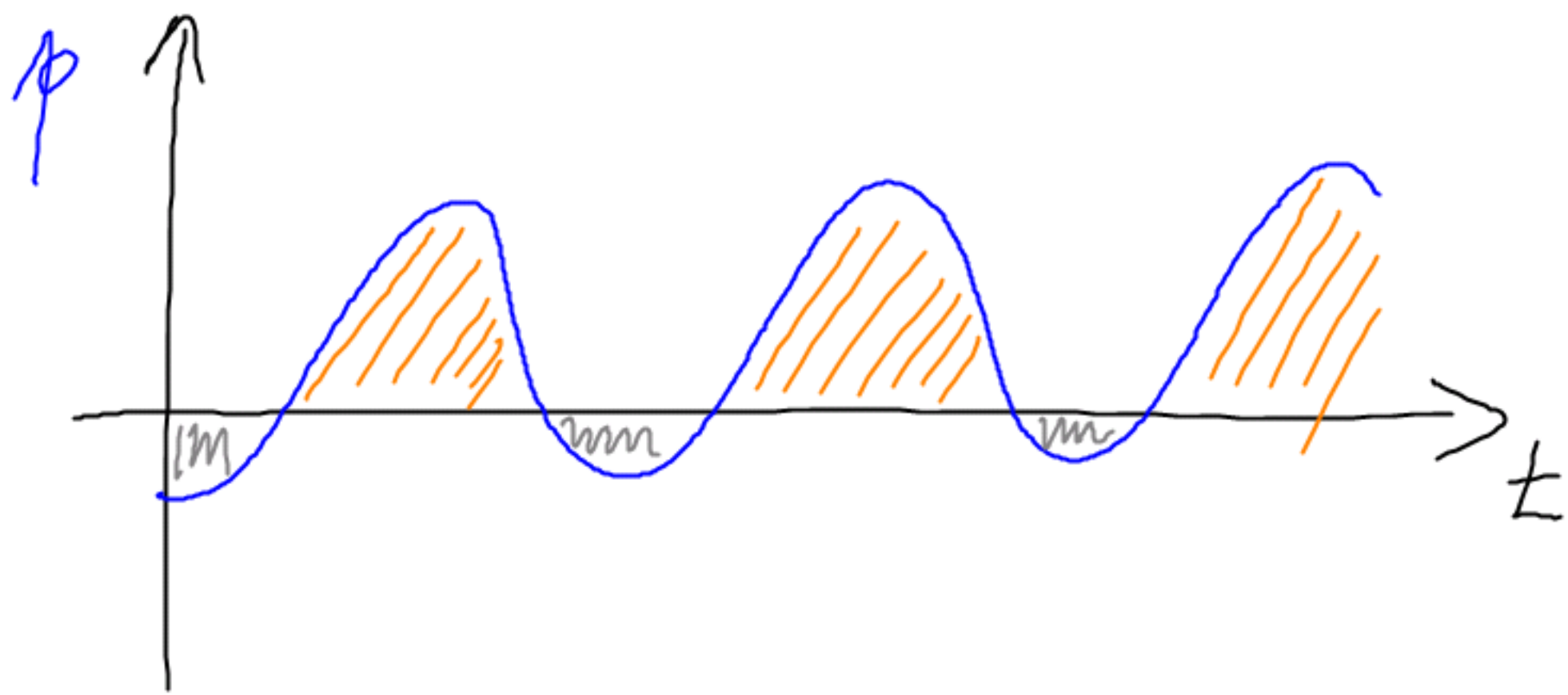
stejny' njlon $\Leftrightarrow I = \frac{\sqrt{2}}{2} I_m$



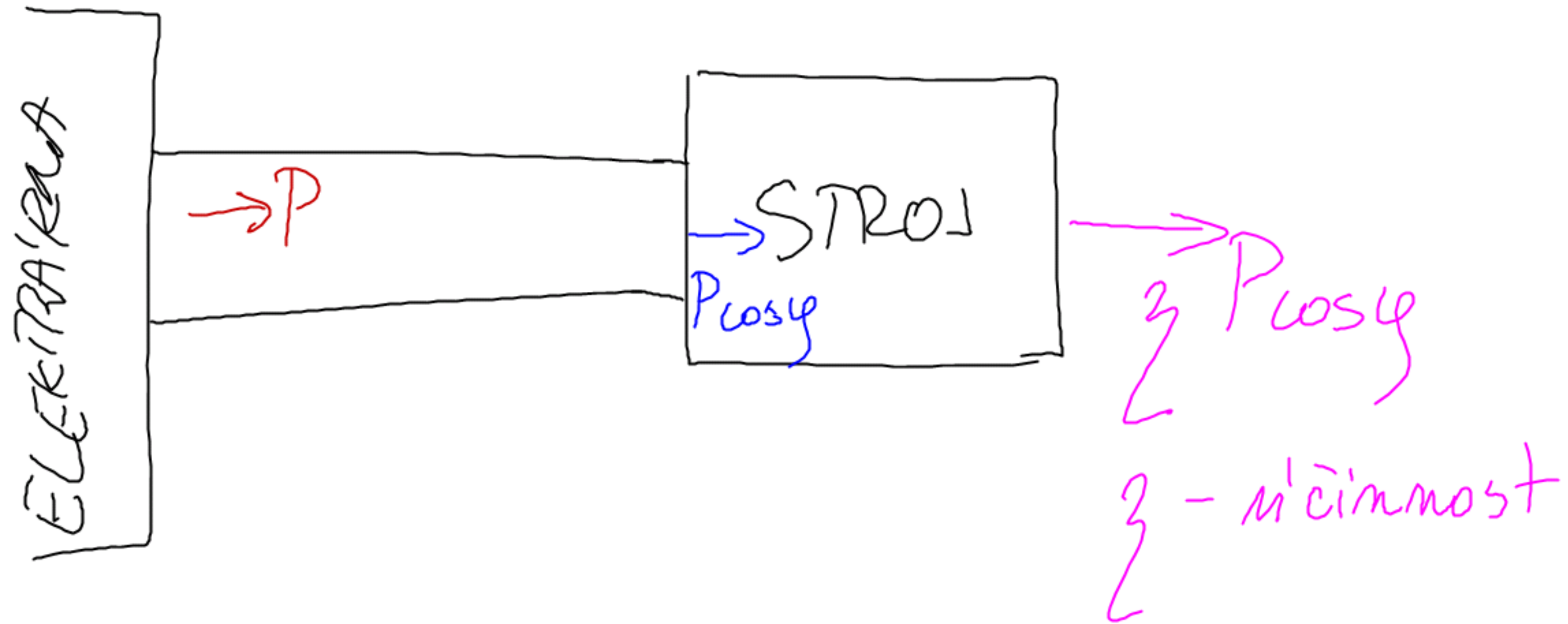
2, Výkon v obvodu s impedancí

Činný výkon: $P = UI \cos \varphi$; $\cos \varphi$ - účinník

výkon, který lze z obvodu odebrat (= přeměnit na mechanickou práci, teplo) ... a REZISTORU



/// práce, kterou lze využít na E_k, Q, \dots
m nemá praktické využití



$P_{\cos\varphi}$ - pri'kon stroje
 $P_{\cos\varphi}$ - vy'kon stroje

STŘÍDAVÝ PŮD V ENERGETICE

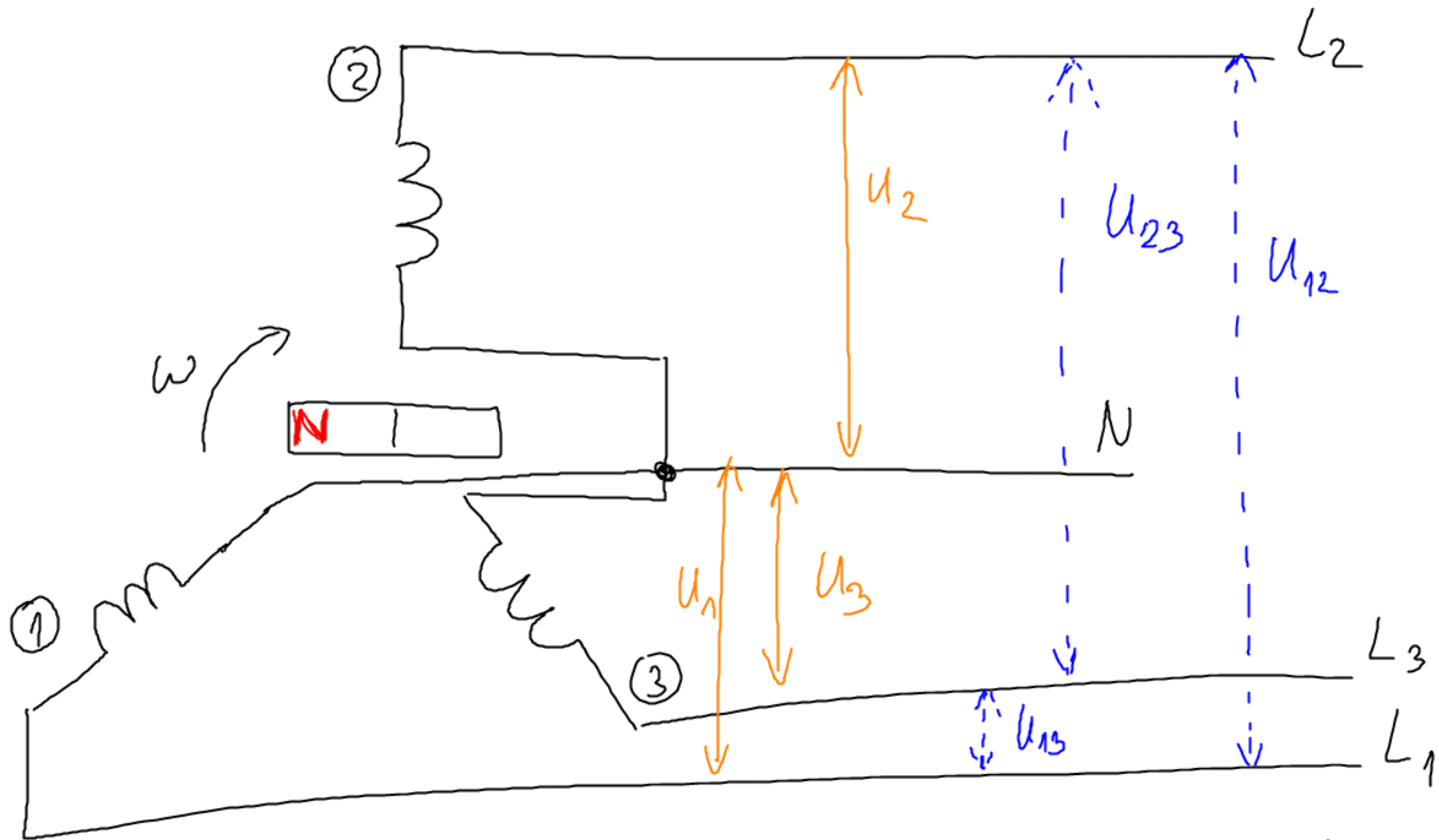
Generator střídavého proudu

snímá se v něm elektrický proud pomocí solenoidů; rotor
rotuje v magnetickém poli nebo vodní parou

2 části:

• STATOR - 3 cívky, jejichž osy směřují vzájemně
120°

• ROTOR - magnet



princip: el mag. induce \Rightarrow r altorilor se induce el. magneti;
 3 magneti pe un fel de pozitie 0 sau $\frac{2}{3}\pi$

$$\forall t: u_1 + u_2 + u_3 = 0 \quad \dots \text{symmetrie /}$$

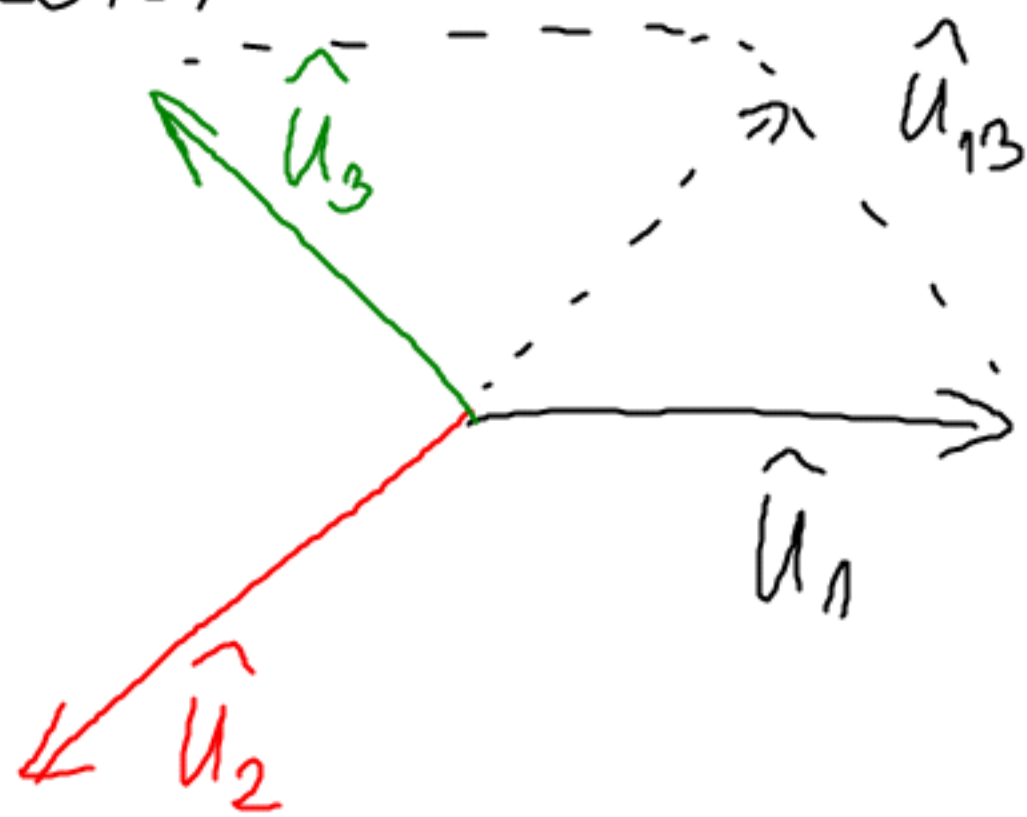
$$u_1 = U_m \sin \omega t$$

$$u_2 = U_m \sin \left(\omega t - \frac{2}{3}\pi \right)$$

$$u_3 = U_m \sin \left(\omega t - \frac{4}{3}\pi \right)$$

... symmetrie /
... aha! 2. em' si' de

Dle: 1, FAZORY



2, SOU OTOVE' VZORCE

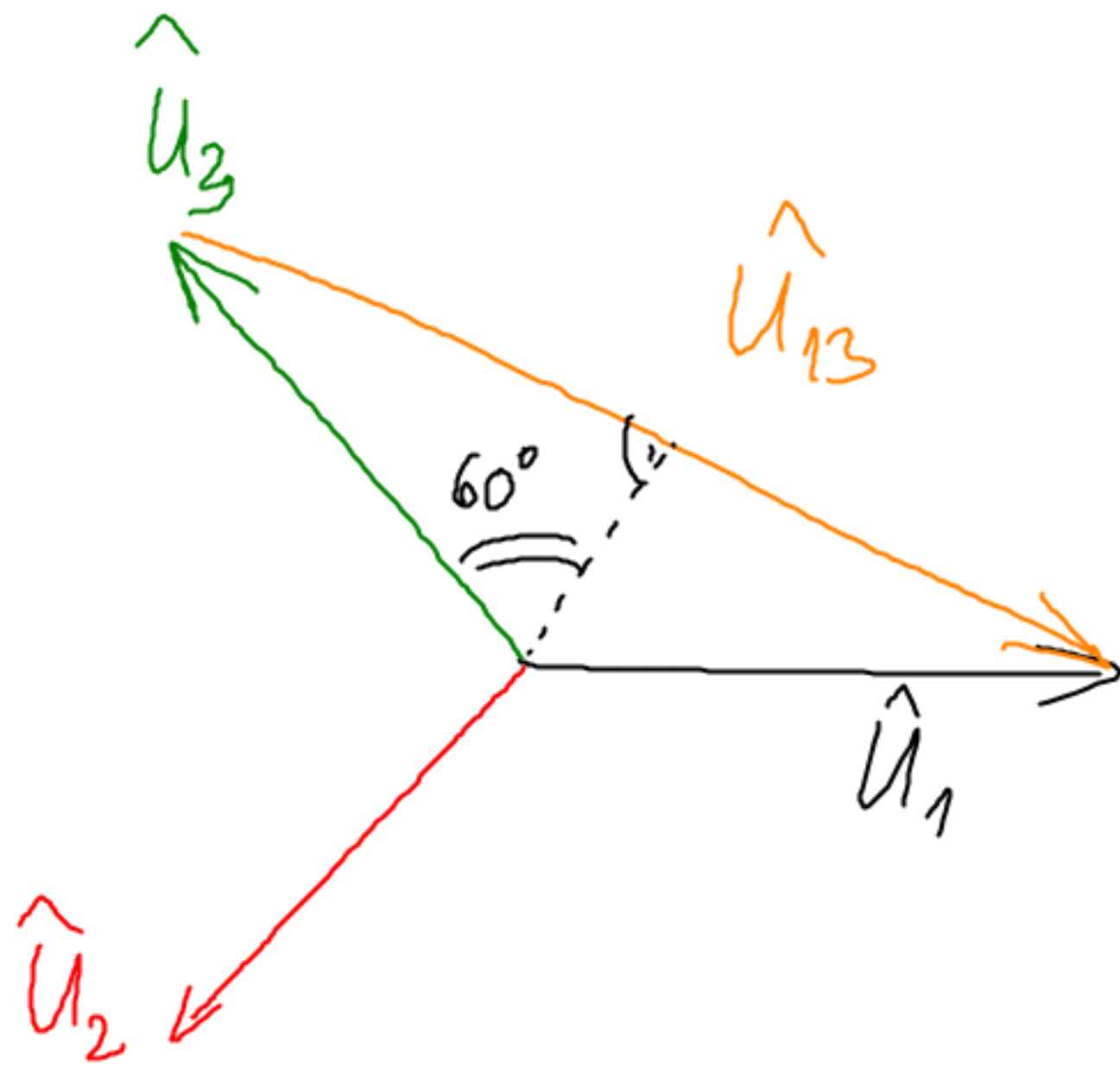
N - nulová vodič (nula'k)
 $i_N = 0$ ($\Leftrightarrow u_1 + u_2 + u_3 = 0$)

L_1, L_2, L_3 - false

2 elektrany lze ve'st POUZE FA'ZE a NULA'K
UZENIT

u_1, u_2, u_3 - FA'ZOVÁ NAPĚŤ

u_{12}, u_{13}, u_{23} - SDRUŽENÁ NAPĚŤ



$$\sin 60^\circ = \frac{\frac{U_{13}}{2}}{U_3}$$

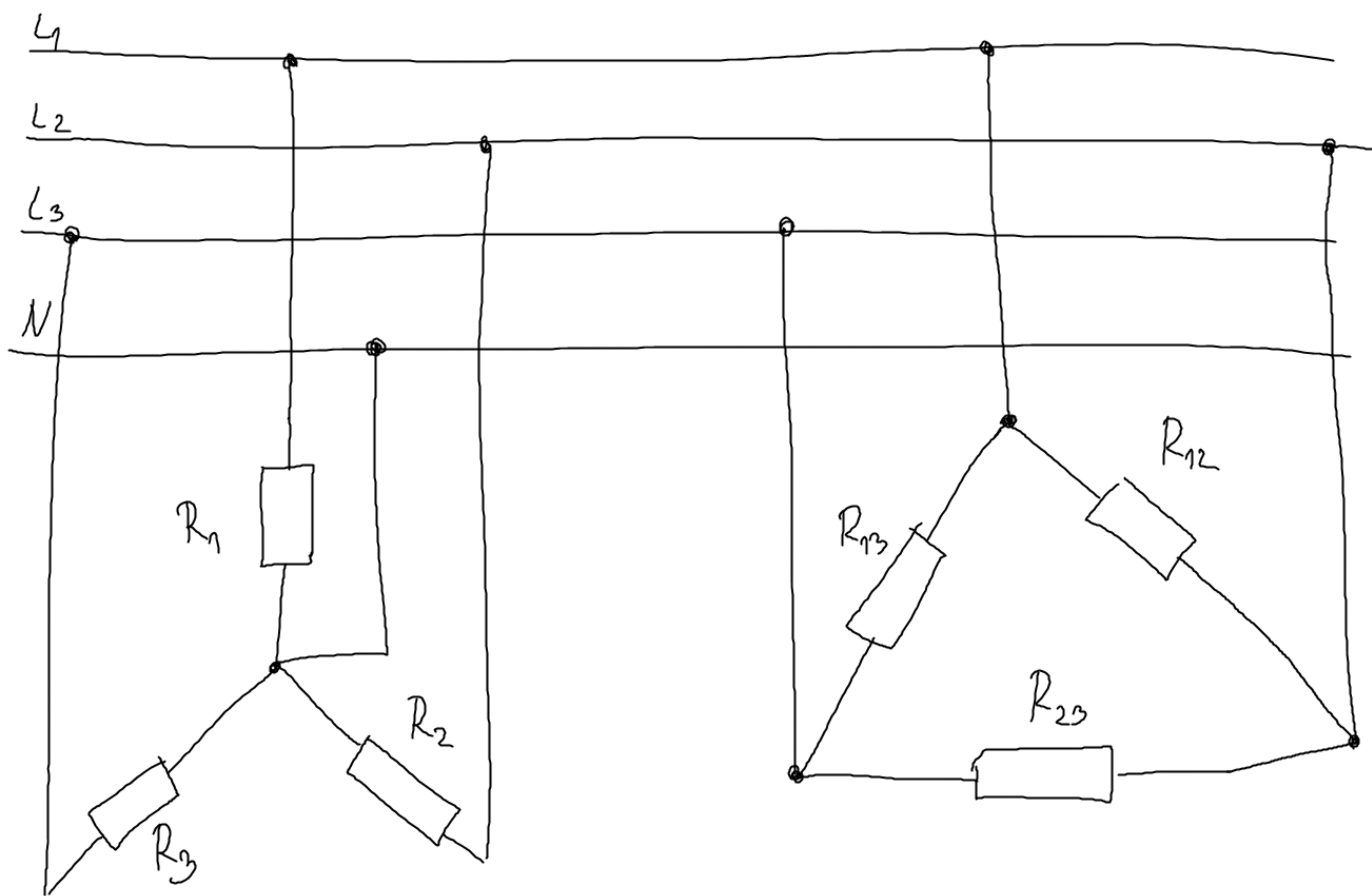
$$U_{13} = 2 U_3 \sin 60^\circ$$

$$U_{13} = 2 U_3 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\underline{U_{13} = U_3 \sqrt{3}}$$

$$\hat{U}_{13} = \hat{U}_1 - U_3$$

$$U_1 = U_2 = U_3 = 230V \Rightarrow U_{13} = U_{12} = U_{23} = 400V$$



① ZAPOSEM' DO HVEZDY

② ZAPOSEM' DO TROSÚHELNÍKA

① $U_{R_1} = U_{R_2} = U_{R_3} = 230V$; menš' y'kon ; bezpečnejš'

② $U_{R_{12}} = U_{R_{23}} = U_{R_{13}} = 400V$; větš' y'kon ; ochrana
jimak (plast, ...)

Elektromotor na trojfazovy' proud

2 casti: STATOR - 3 cirkly namotani
otočene' o 120°

ROTOR

- magnet ... synchronni' motor
- kotva ... asynchronni' motor
(„klec od peška a kleci“)

Stator - napajen 3 fazovym napajenim, lina
jsou posunuta o $\frac{2\pi}{3}$ (resp. $\frac{1}{3}$) \Rightarrow
 \Rightarrow vytvaji TOCIVE' MG. POLE

rotor - magnet : synchronni puf s todivym
mg. polem
 n praxi : nejsou prilis caste'

- kobra (Al, Cu, ...) - paľo dily slmg.
indukci: do 0,1 re' mg. pole \Rightarrow pro koton
je nestacionarita' \Rightarrow indukcia el. mapeť
 \Rightarrow keie el. prond \Rightarrow n okoli' kotny varniba'
mg. pole \Rightarrow interakcia do 0,1 ym mg. polem
kobra je apomalena \Rightarrow " av'š' nestacionarita
pole" \Rightarrow indukcia v'šet'ho mapeť \Rightarrow | \uparrow \Rightarrow mg. pole \uparrow

P. cirkulárna: vložen' polemo \Rightarrow p'í brádeťm' kotone
 \Rightarrow v'šet' sílu pro n'asat'm'

na sklavu

$$S = \frac{f_{\text{pole}} - f_{\text{notny}}}{f_{\text{pole}}} ; [S] = 1$$

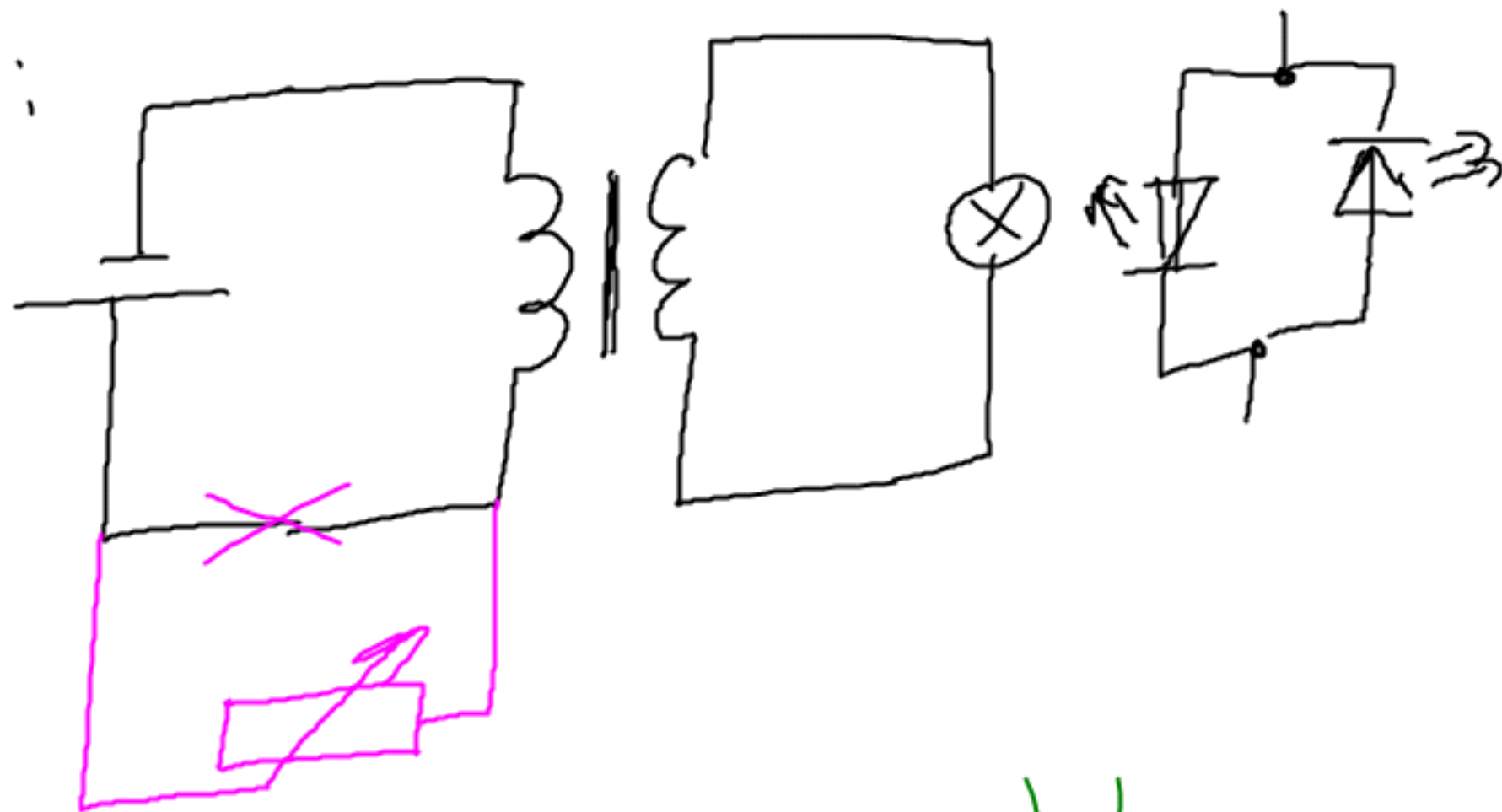
resp. v %

Transformatory

- jednofazowe'
- trójfazowe'

Jednofazowe'

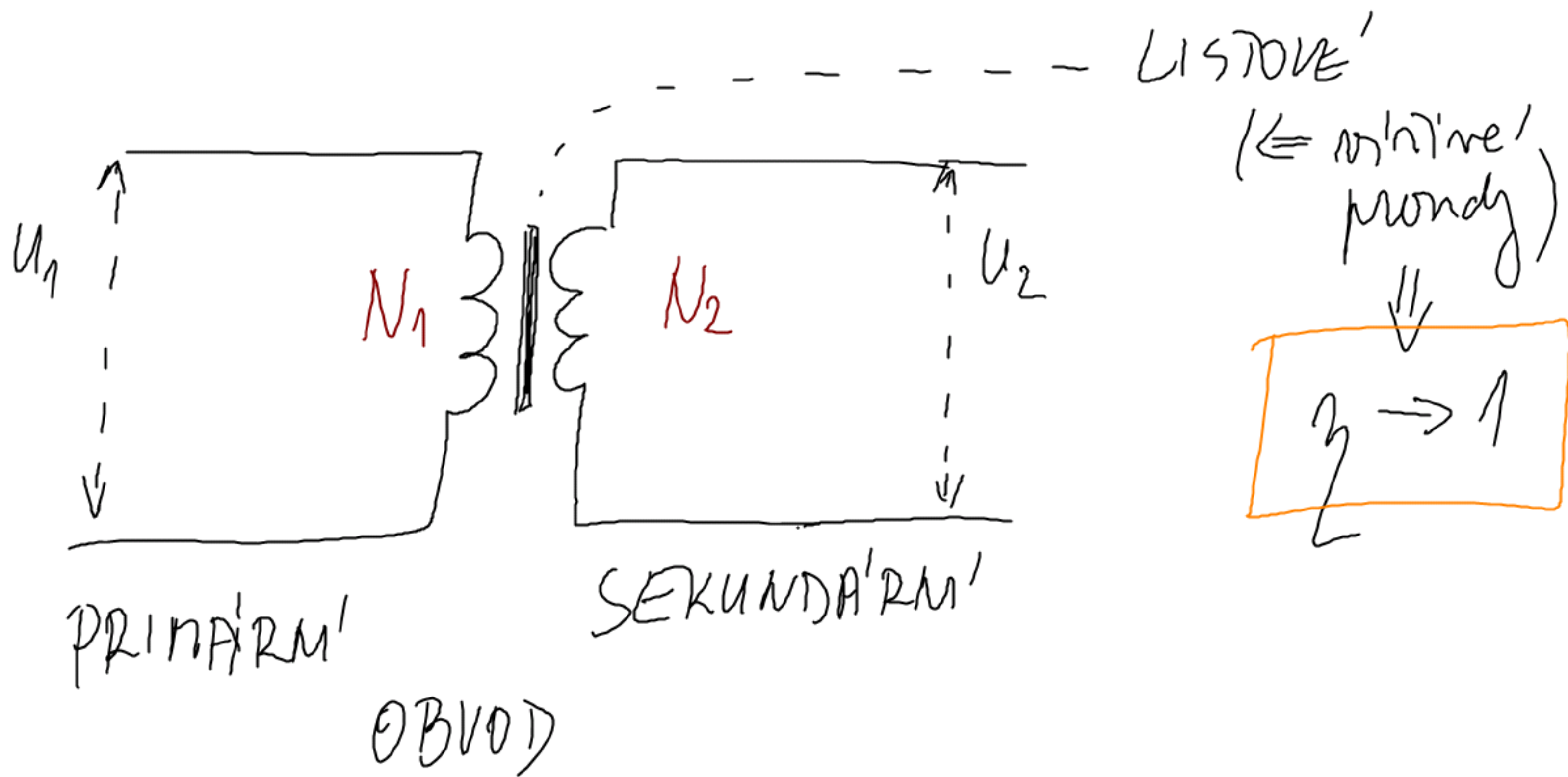
motywale:



←→ jezdec neostatku

⇒ transformace ČASOVĚ PROMĚNNÉHO
NAPĚTÍ

•  bližně pokazuje jiřna' LED



$$U_1 = -N_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \dots \text{primāraim' olvod}$$

$$U_2 = -N_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \dots \text{sekundāraim' olvod}$$

primāraim' olvoda: namika' pārvērtēme' mg. pole (dane' U_1 ,
1₁) a to se "piemese" pies jādabro ma sekundāraim'
olvodam

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

k - transformāciim' pommēr
transformāciim'

$k > 1 \Rightarrow U_2 > U_1$ transformace nahoru
(vyšší stupeň elektrárny)

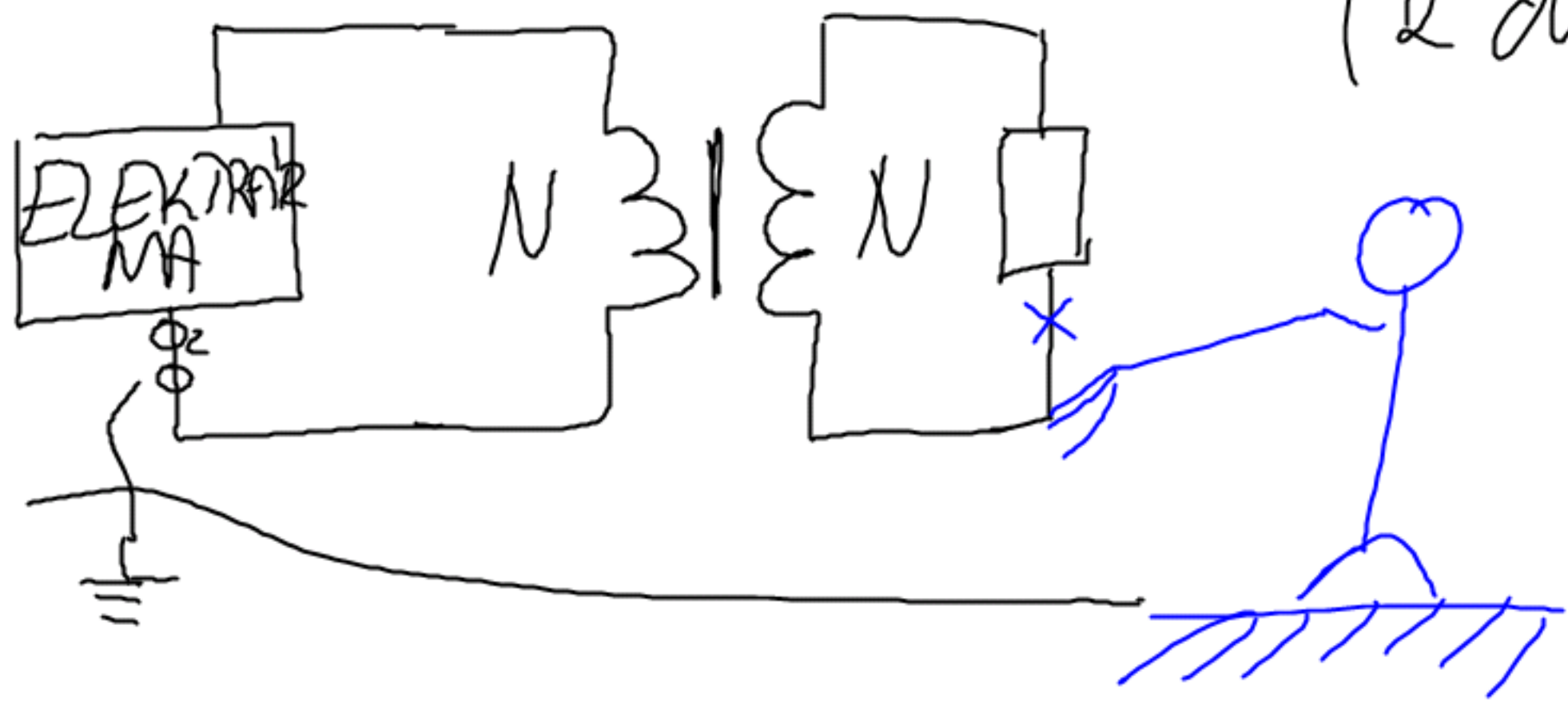
$k < 1 \Rightarrow U_2 < U_1$ transformace dolů
(nižší stupeň elektrárny, město, malá přehrada)

$\text{ZZE: } E_1 = E_2 \quad /: L$
 $P_1 = P_2$
 $U_1 I_1 \cos \varphi_1 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$

φ_1, φ_2 - malá $\Rightarrow \cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = 1$

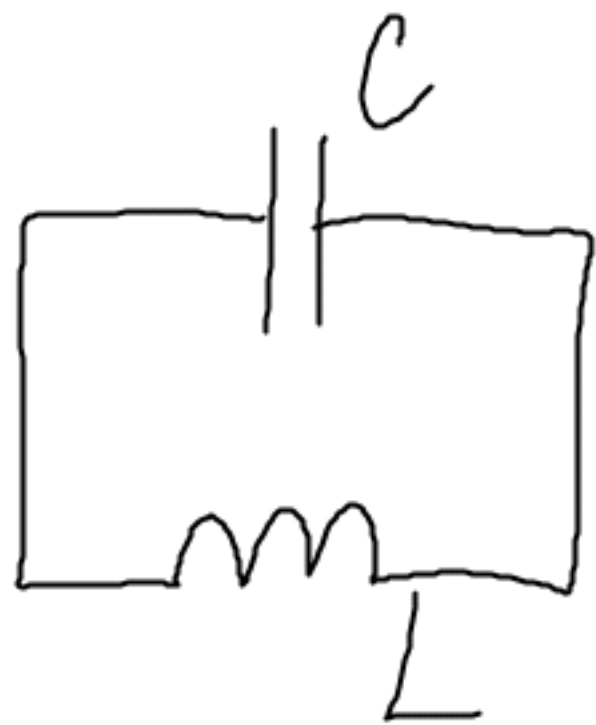
$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$

$k=1$... oddělovací transformátor
(2 dívkou bezpečnosti)



ELEKTROMAGNETICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

Elmag. oscilační

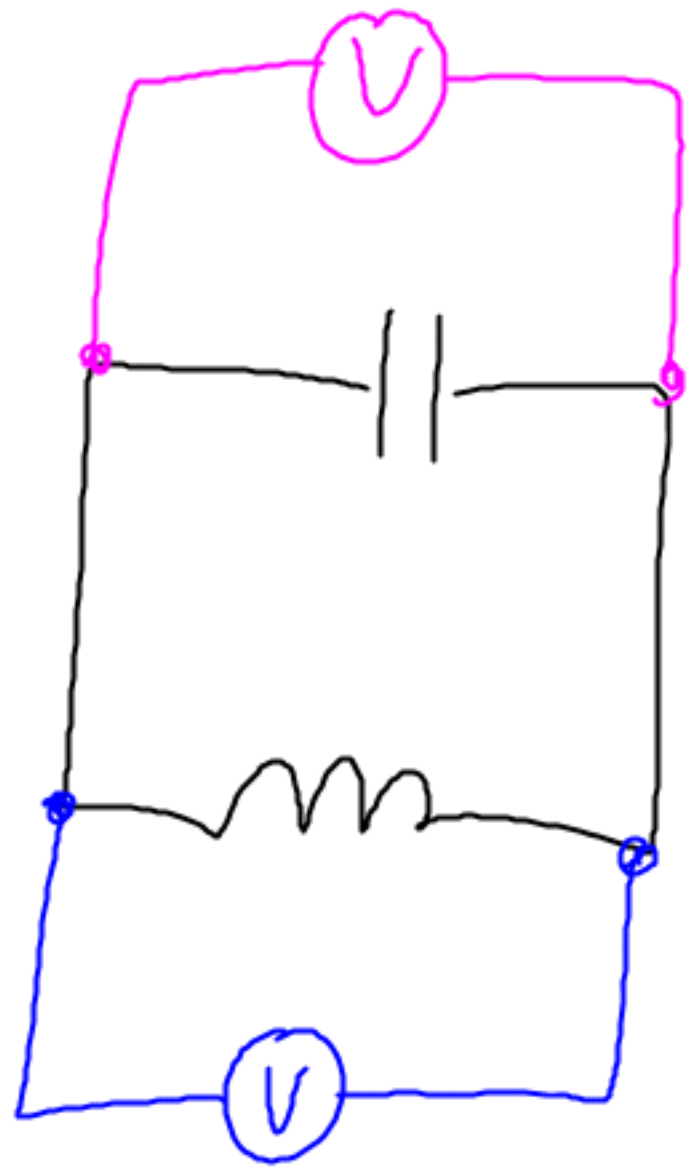


osilační LC obvod

a kondenzátor se
vybíjí

- ⇒ malý kondenzátor ^(*) ⇒ obvodem začíná tečť proud ⇒
- ⇒ a více variabilní nestacionární mag. pole ⇒ indukce napětí ⇒
- ⇒ začíná tečť el. proud OPACNĚ než proud el. proud ⇒

⇒ kondensator se mabry's', ale na opri non polaritu nez na saca'thin ⇒ mabry's' kondensator ⇒ (*)



$$U_C = U_L \wedge I_C = I_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_C = X_L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\frac{1}{LC} = (2\pi f)^2$$

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

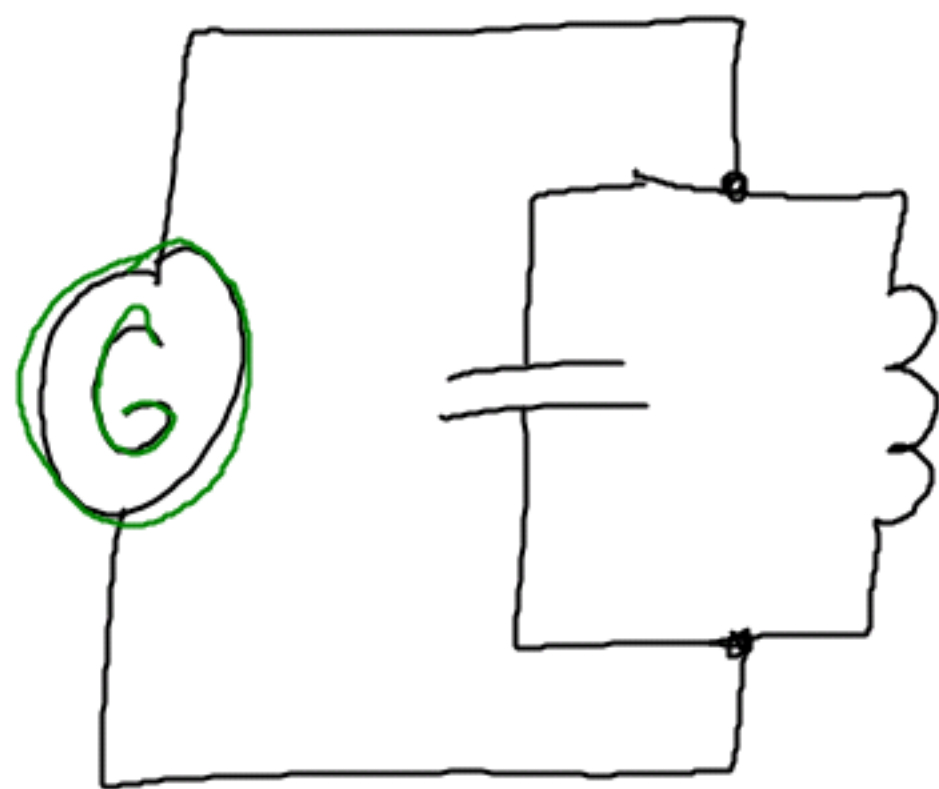
free limita'men!
LC obvod

in reality: $R_{\text{source}} \neq 0 \wedge R_{\text{load}} \neq 0$

\Rightarrow rapidly JOULE HEAT DEPLETION

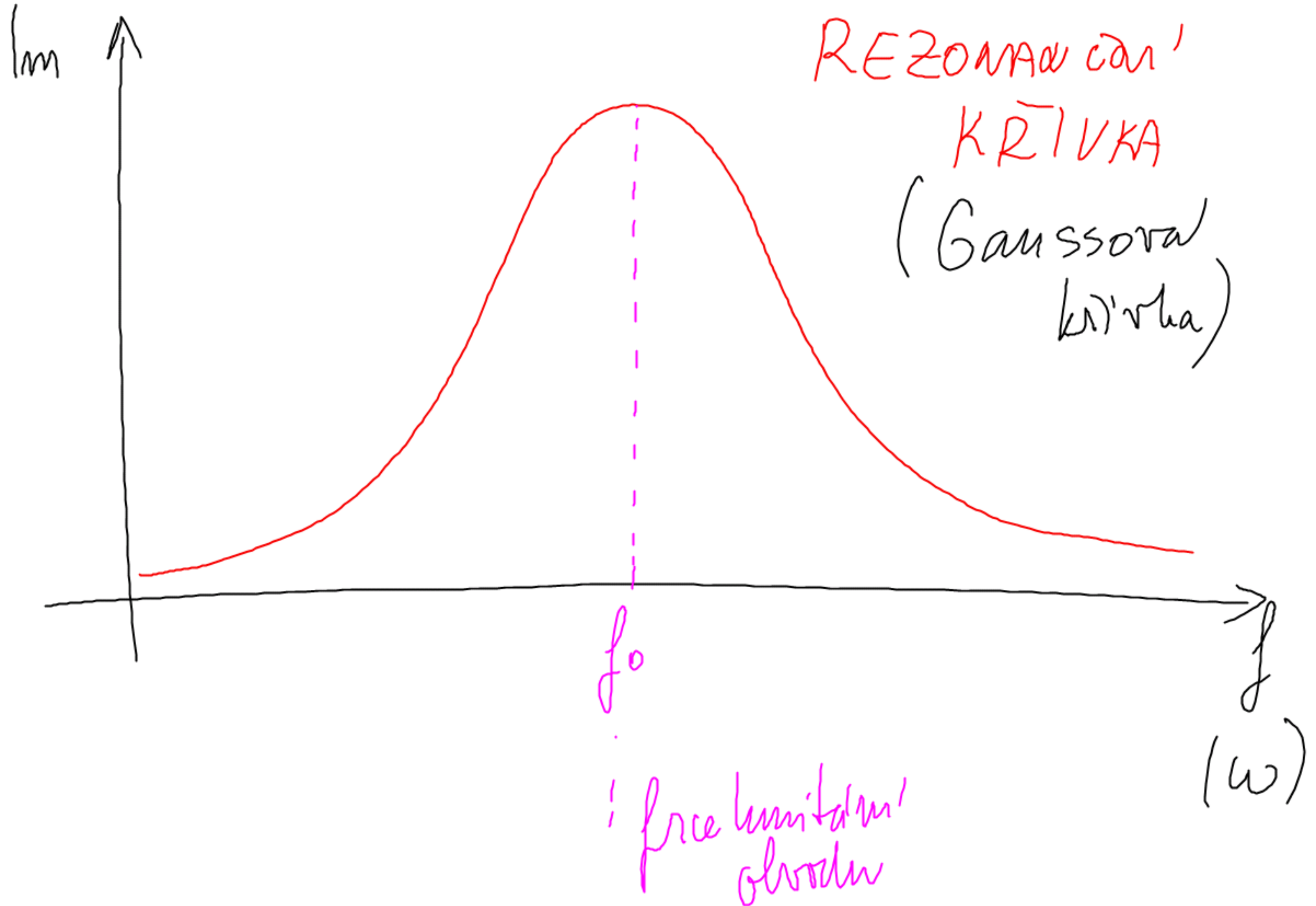
\Rightarrow TRANSMISSION LIMIT

rapidly depletion \Rightarrow BUZZING



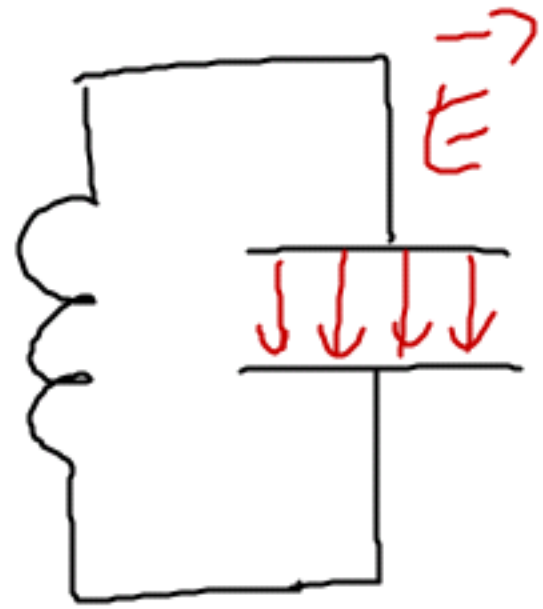
NET TRANSMISSION
LIMIT

Amplifikace frekvenc generátoru \Rightarrow měří se I_m

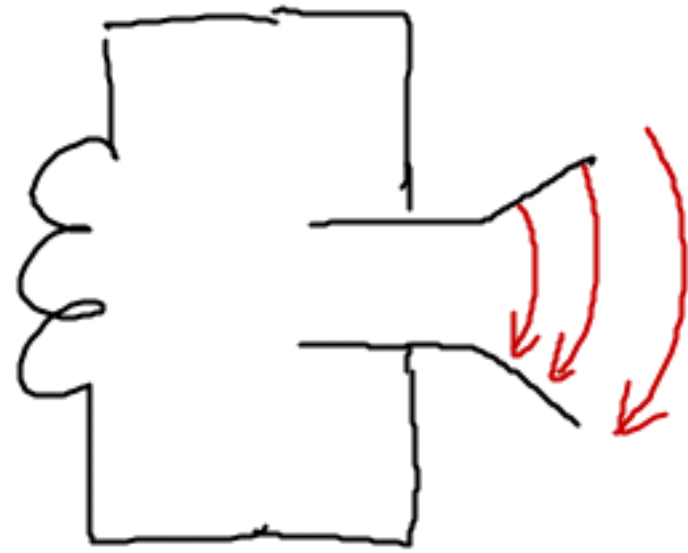


Vennik eling. vluu

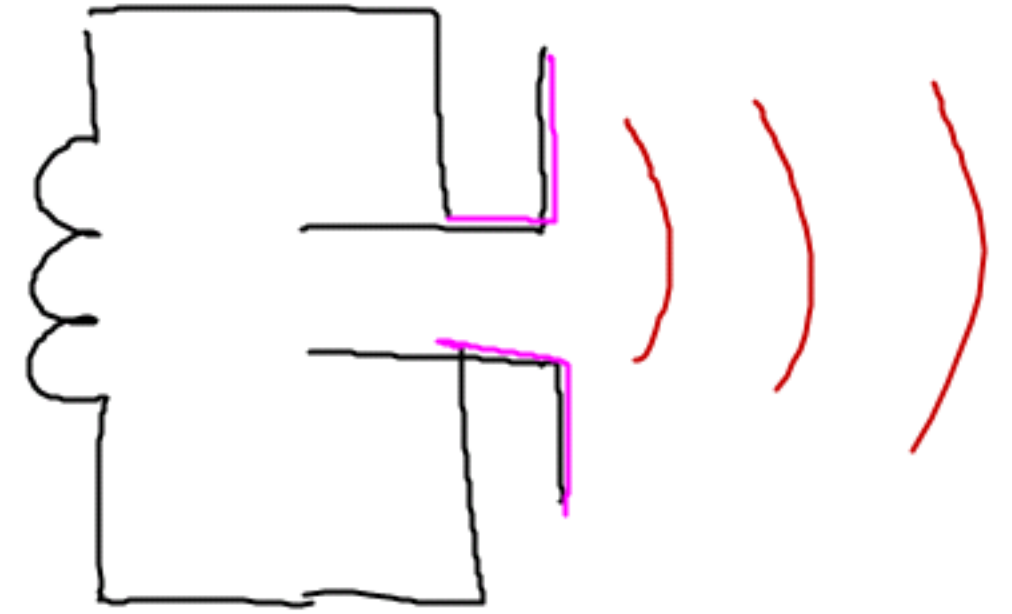
①



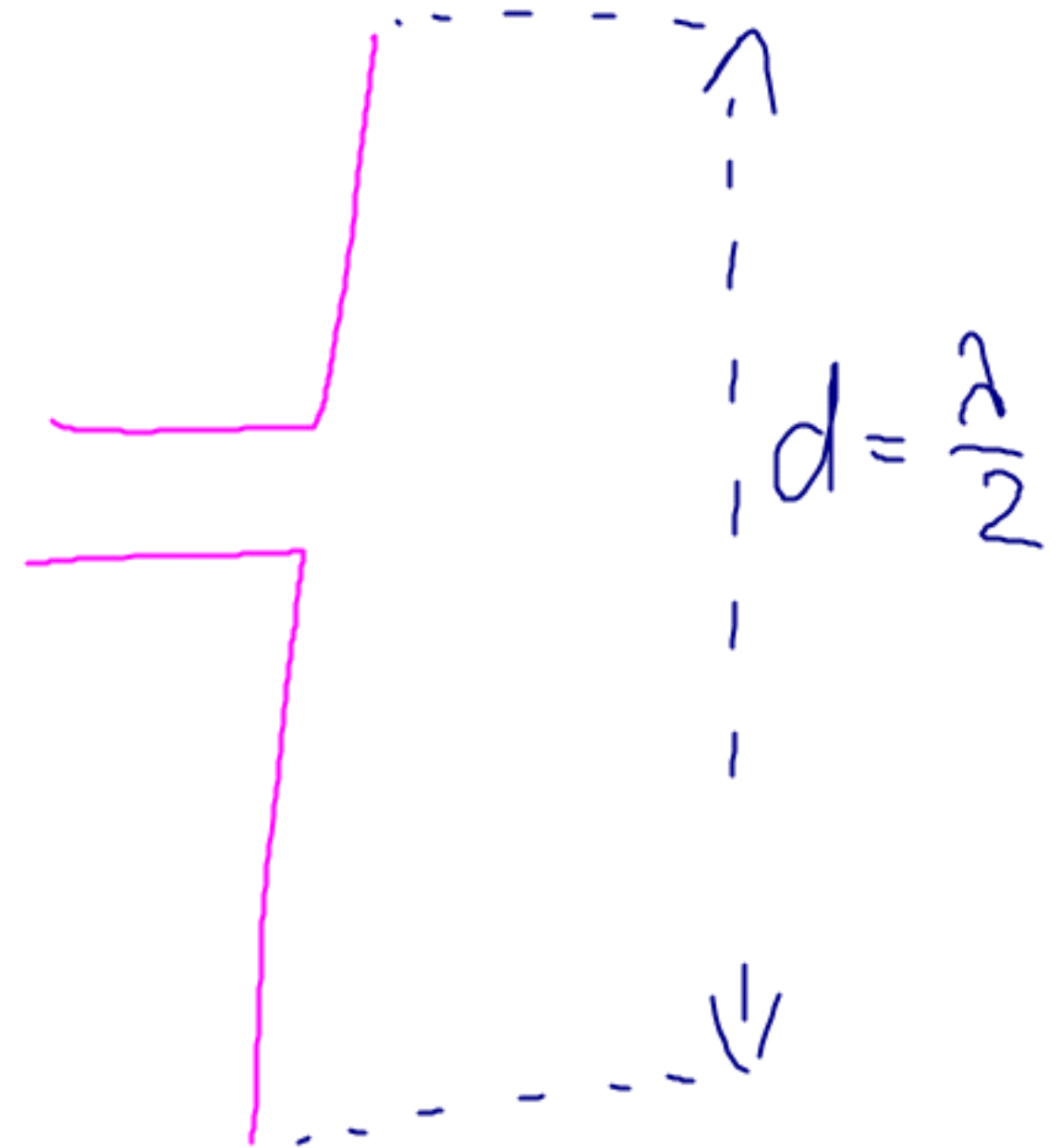
②



③



nejjednostuší anketna: púlvlnny'
dipól



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

⋮
vakuum (reduch)

Jaha' je vlnova' dĺžka elmg. vlnením' v a O' obližbene' vzhľadom' stamice?

≈ 100 fm (moderátor)

$$\Rightarrow f = 100 \text{ MHz} = 10^8 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{10^8} \text{ m}$$

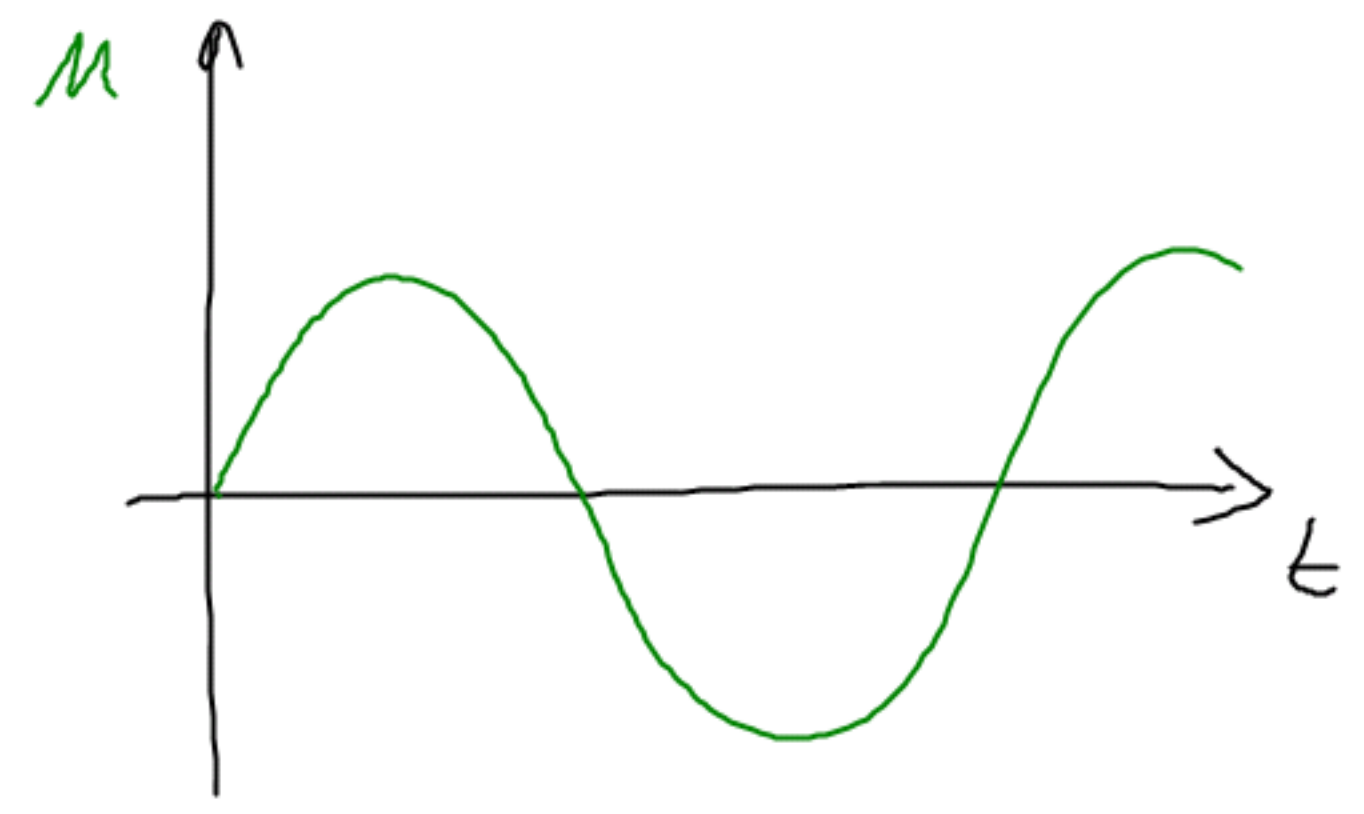
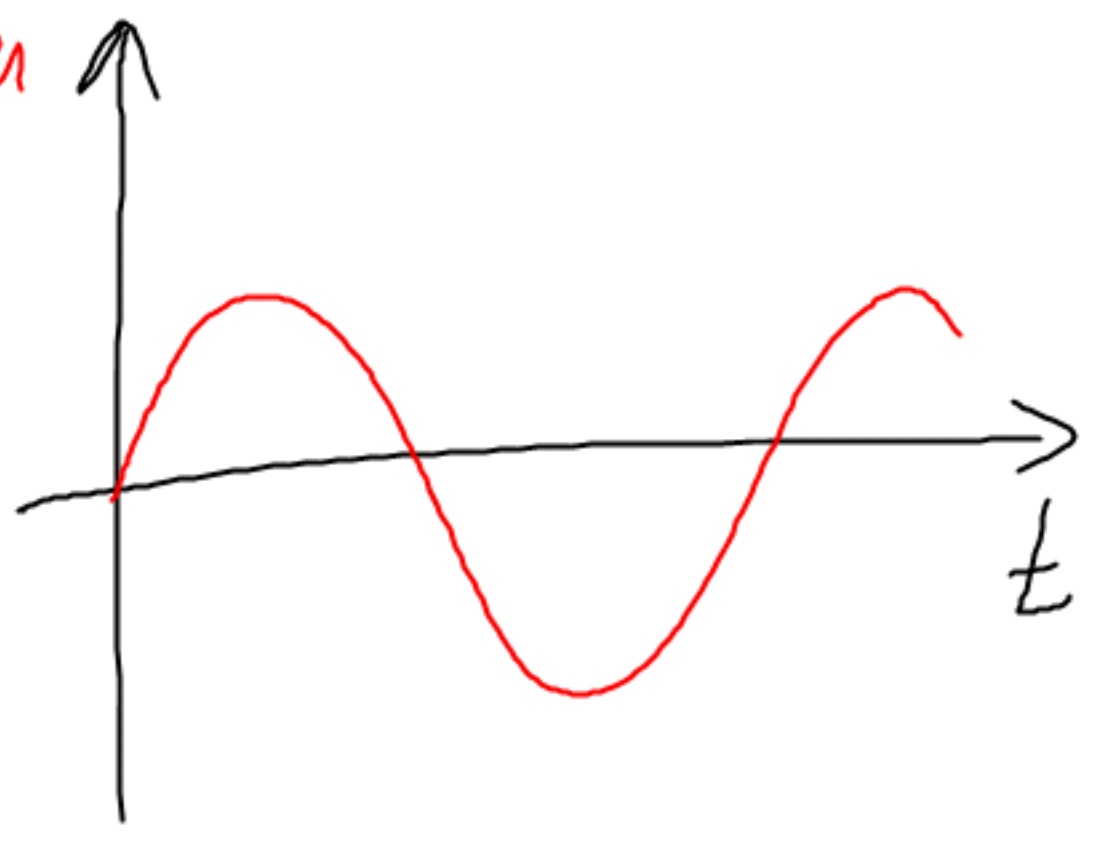
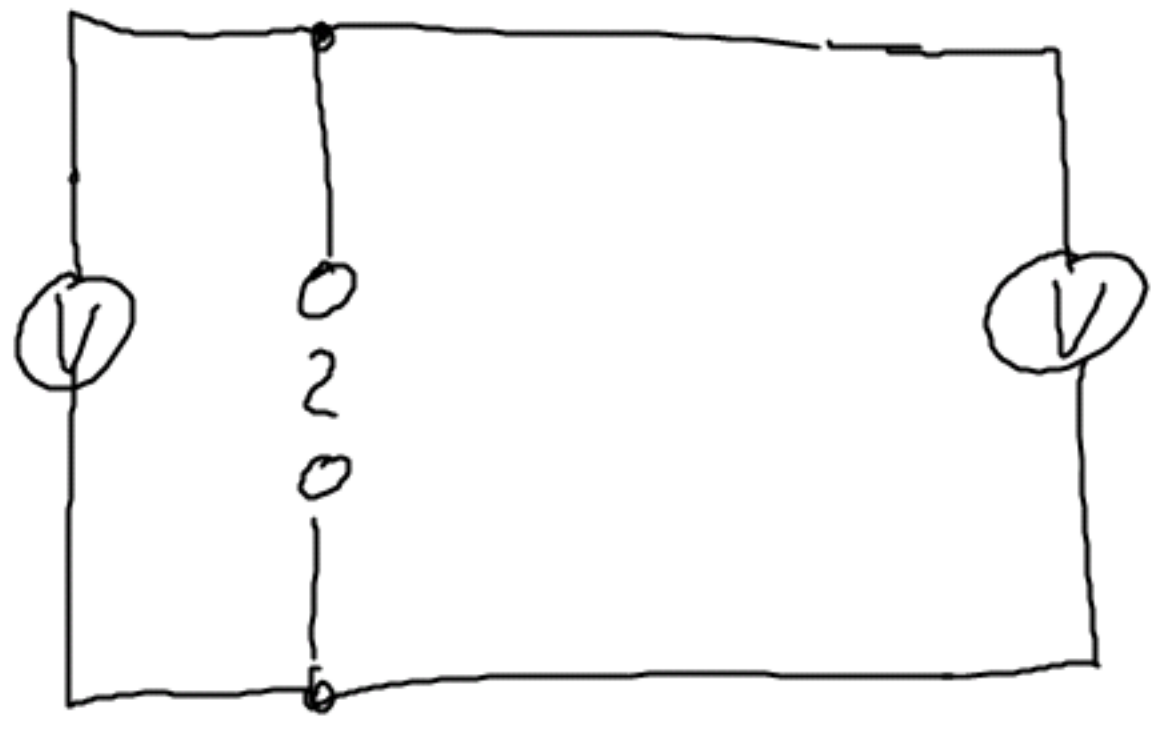
$$\lambda = 3 \text{ m}$$

ЗАКЛАДЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

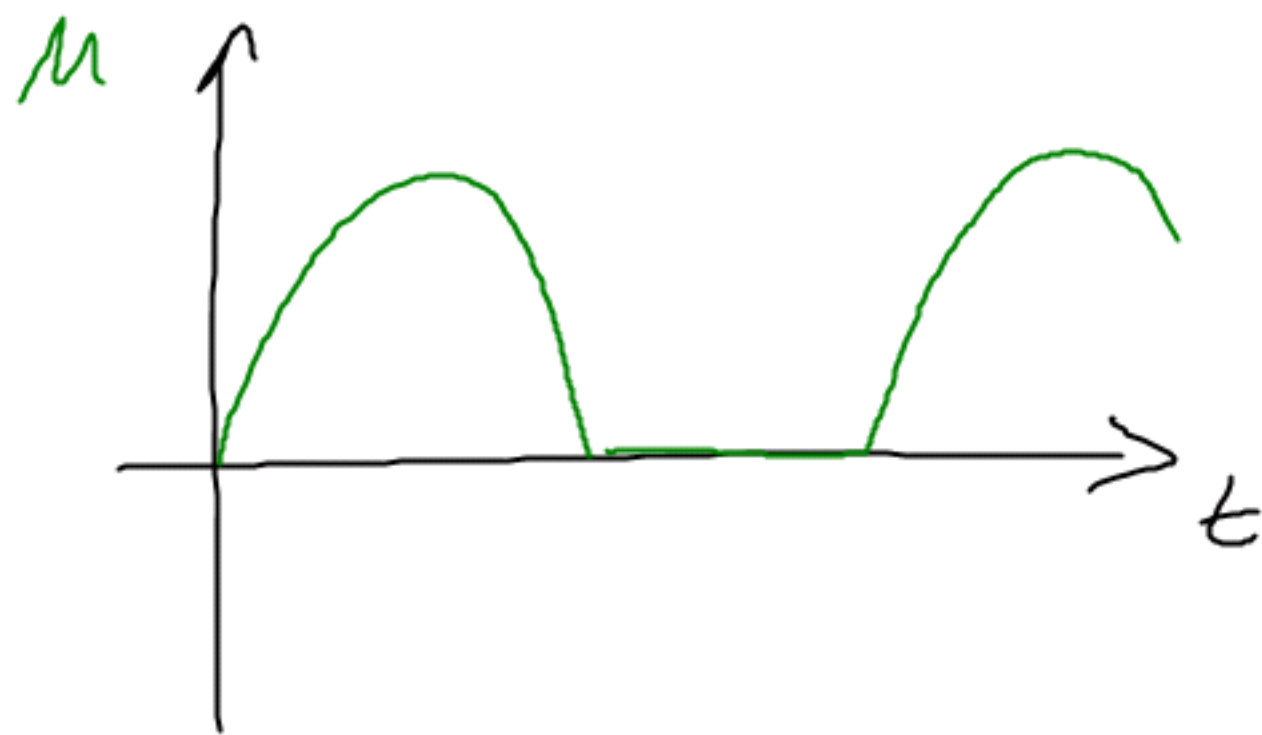
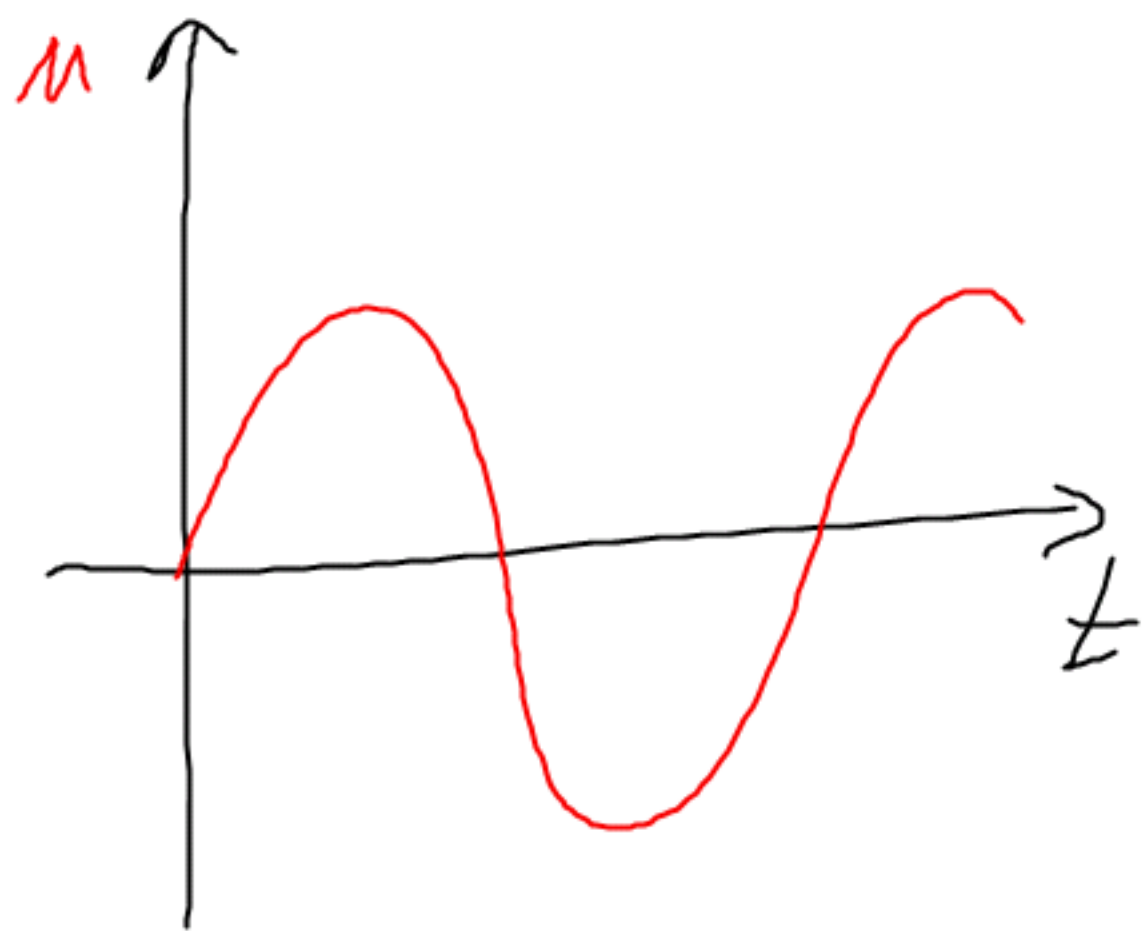
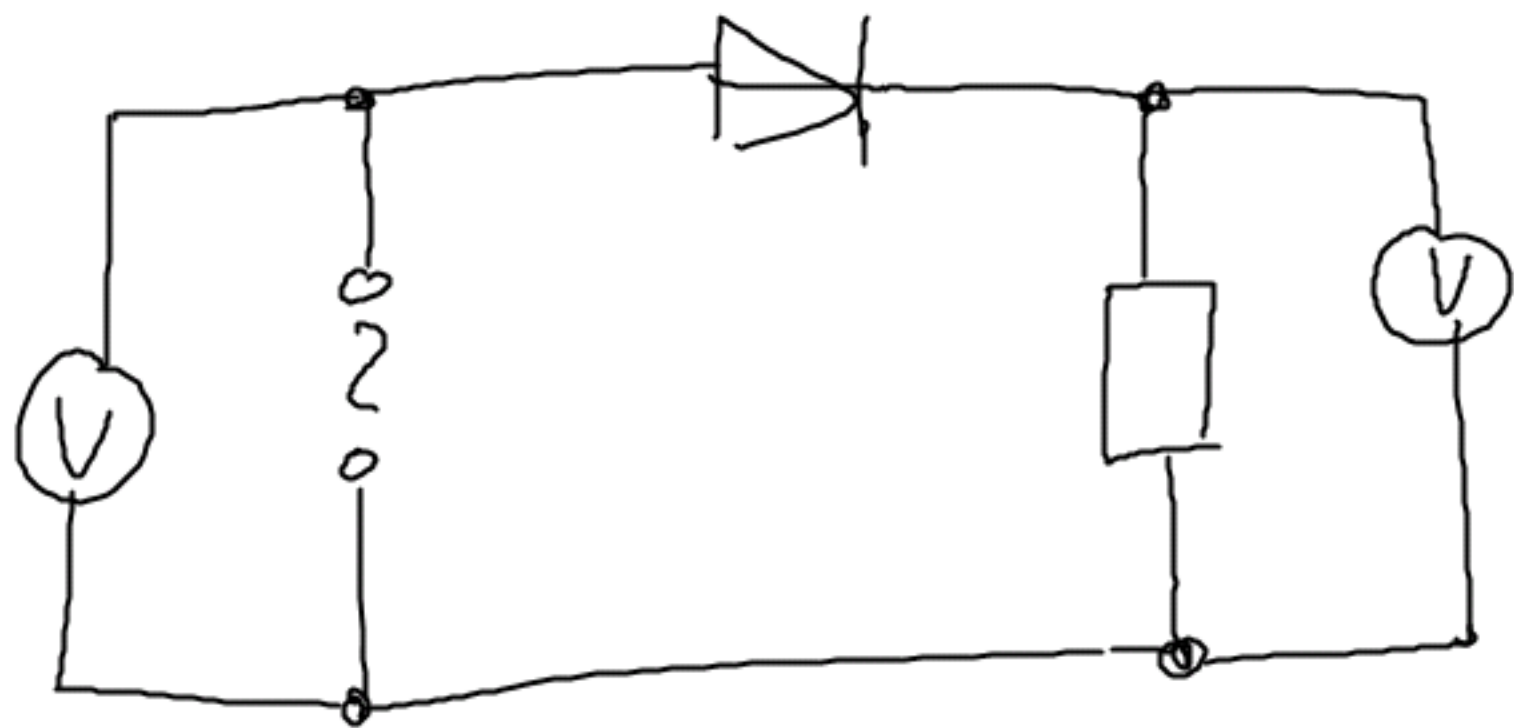
Условья

дирод проц етје: полвеба мѣнитъ сбит'данг'
пронд, литег' се мале нграт'и, пиена'и'а
трансформире, на стег'носометг' пронд (малит'е чг,
...)

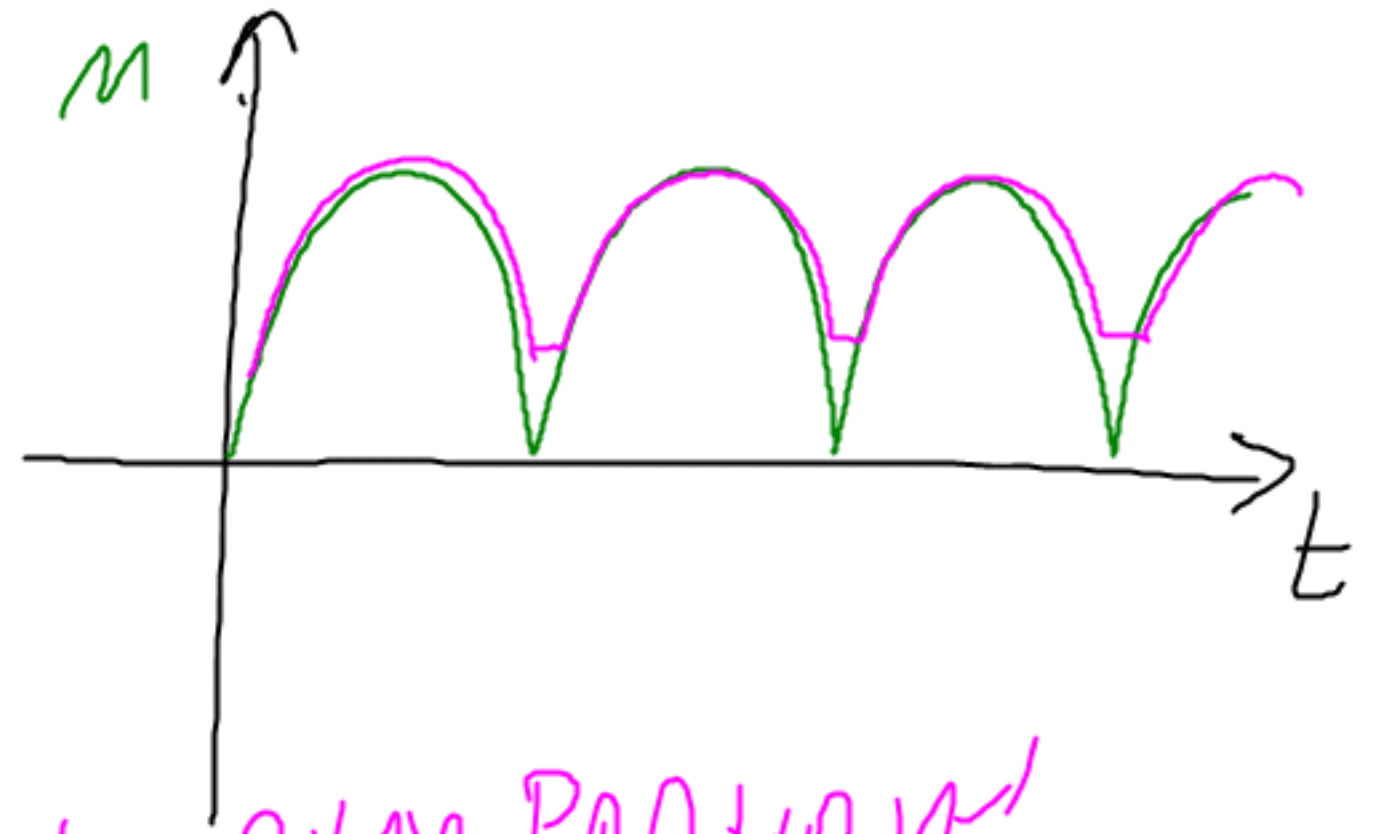
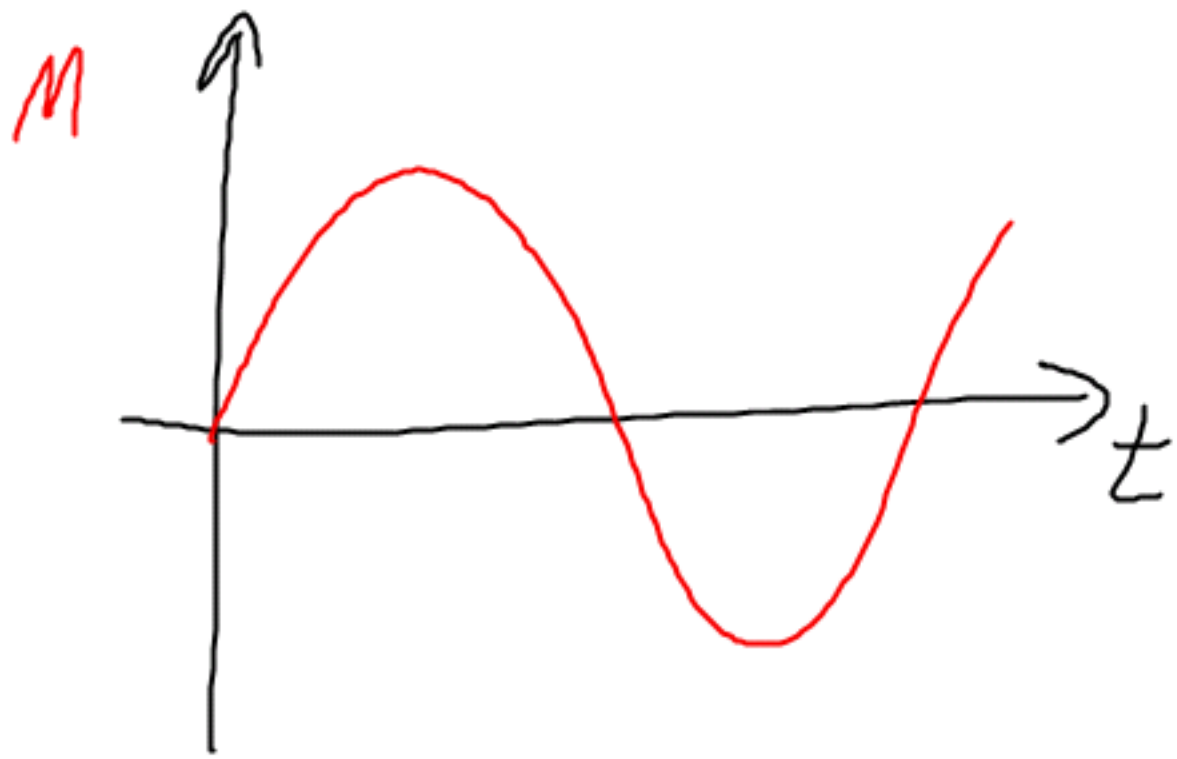
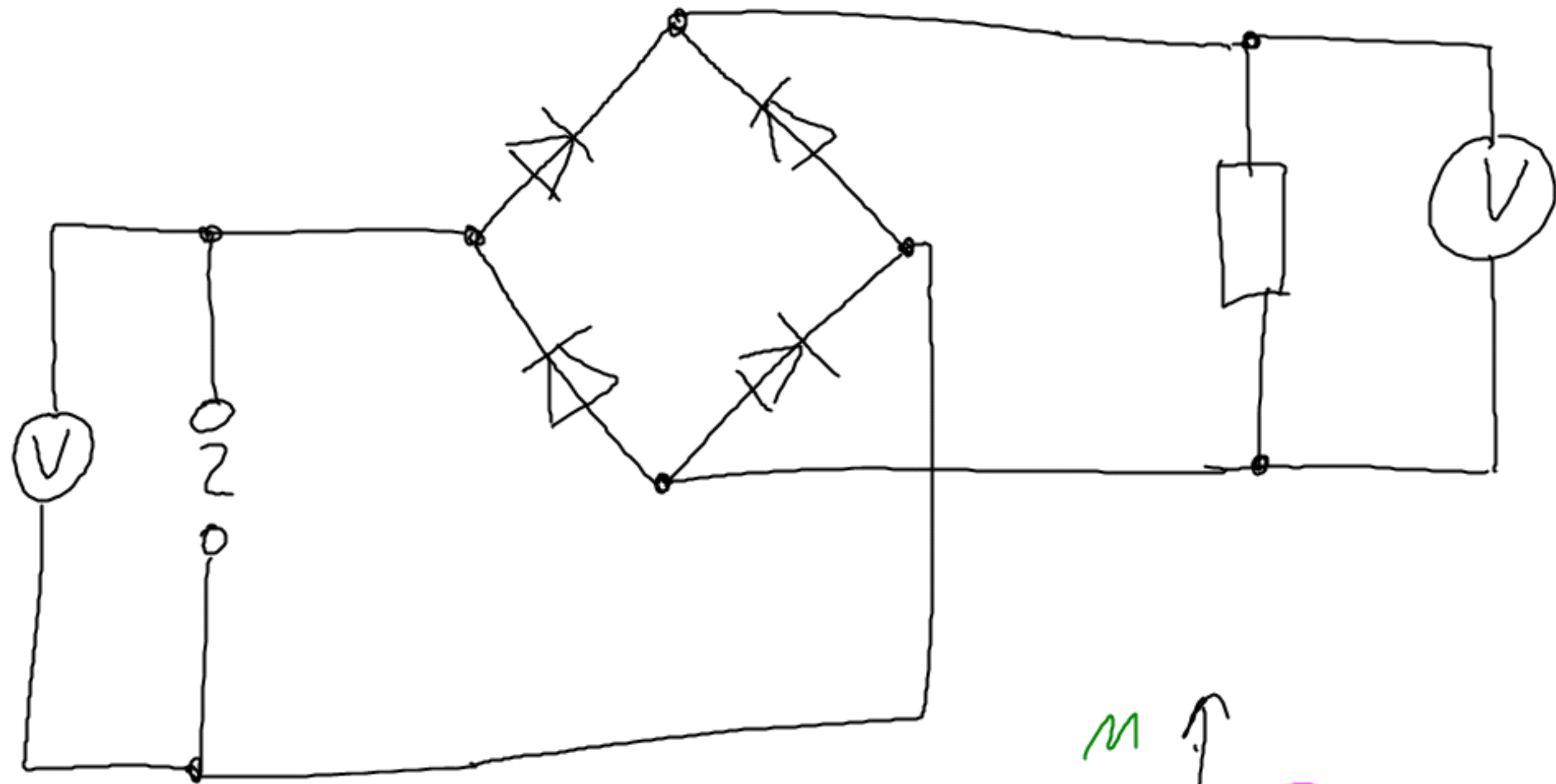
a) Без измерения u'



b) Jednoceskový usměrňovač

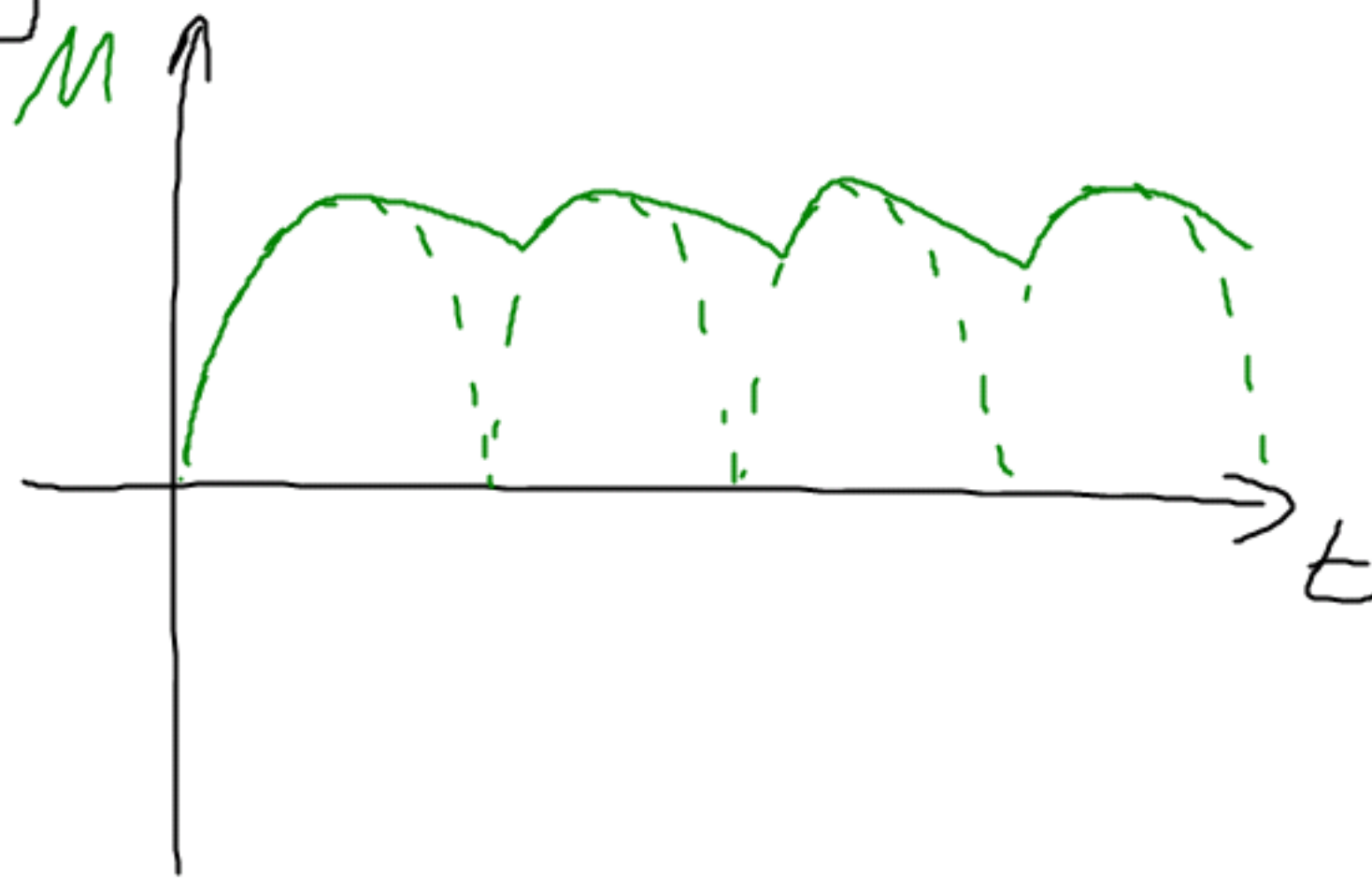
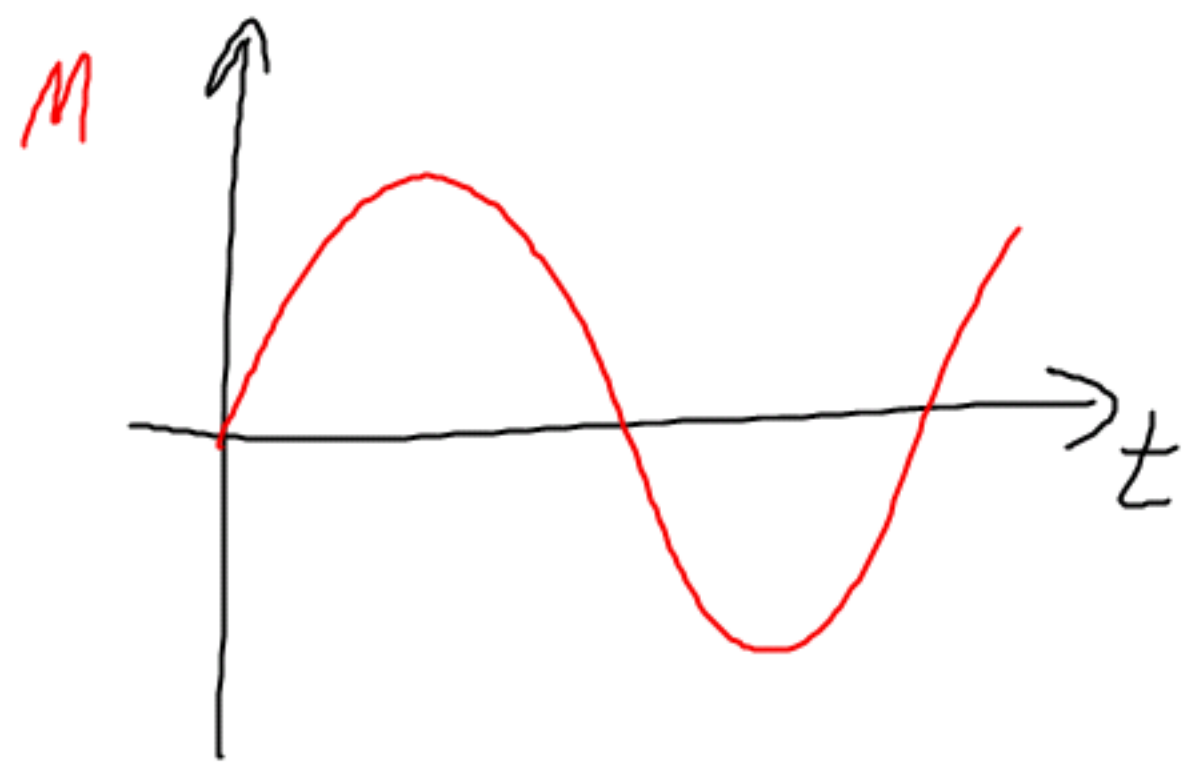
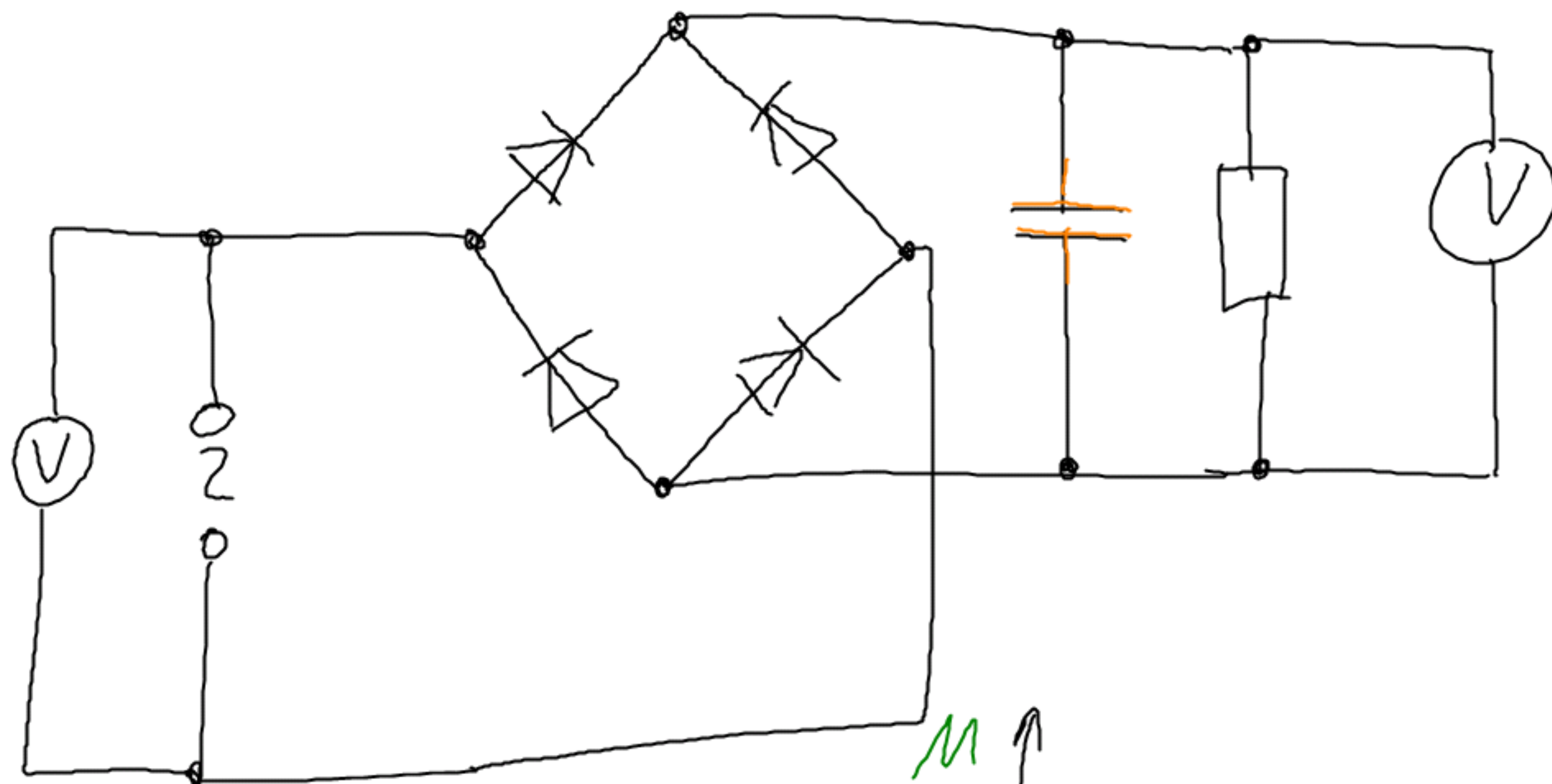


a) Diódný mostík u směrovací



skutečnost \Leftarrow velké PRAHOVÉ
MÁPĚTÍ DIODY

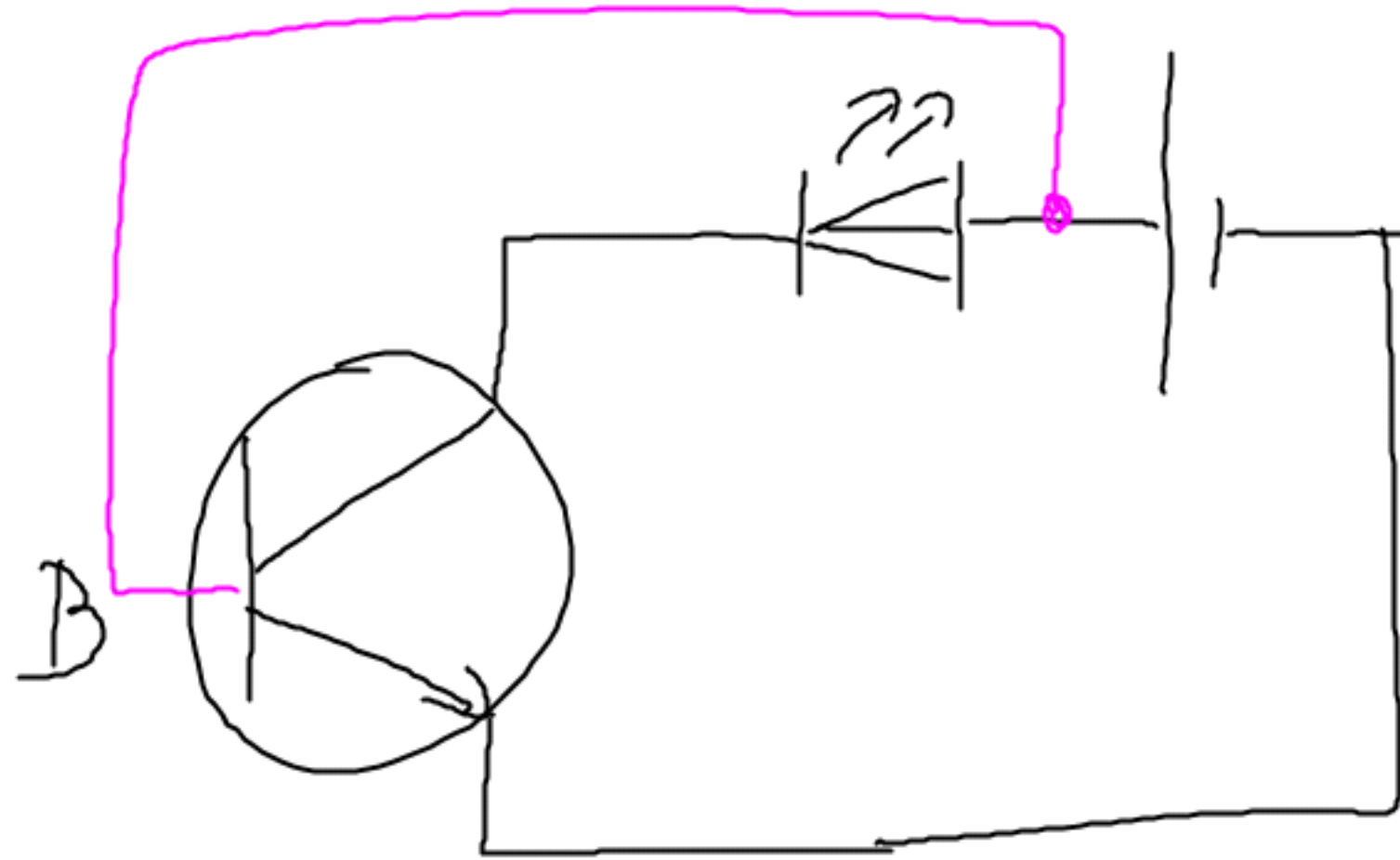
d) Dvaon cestky u sme'uvrac + vyhlaseu'



Transistor

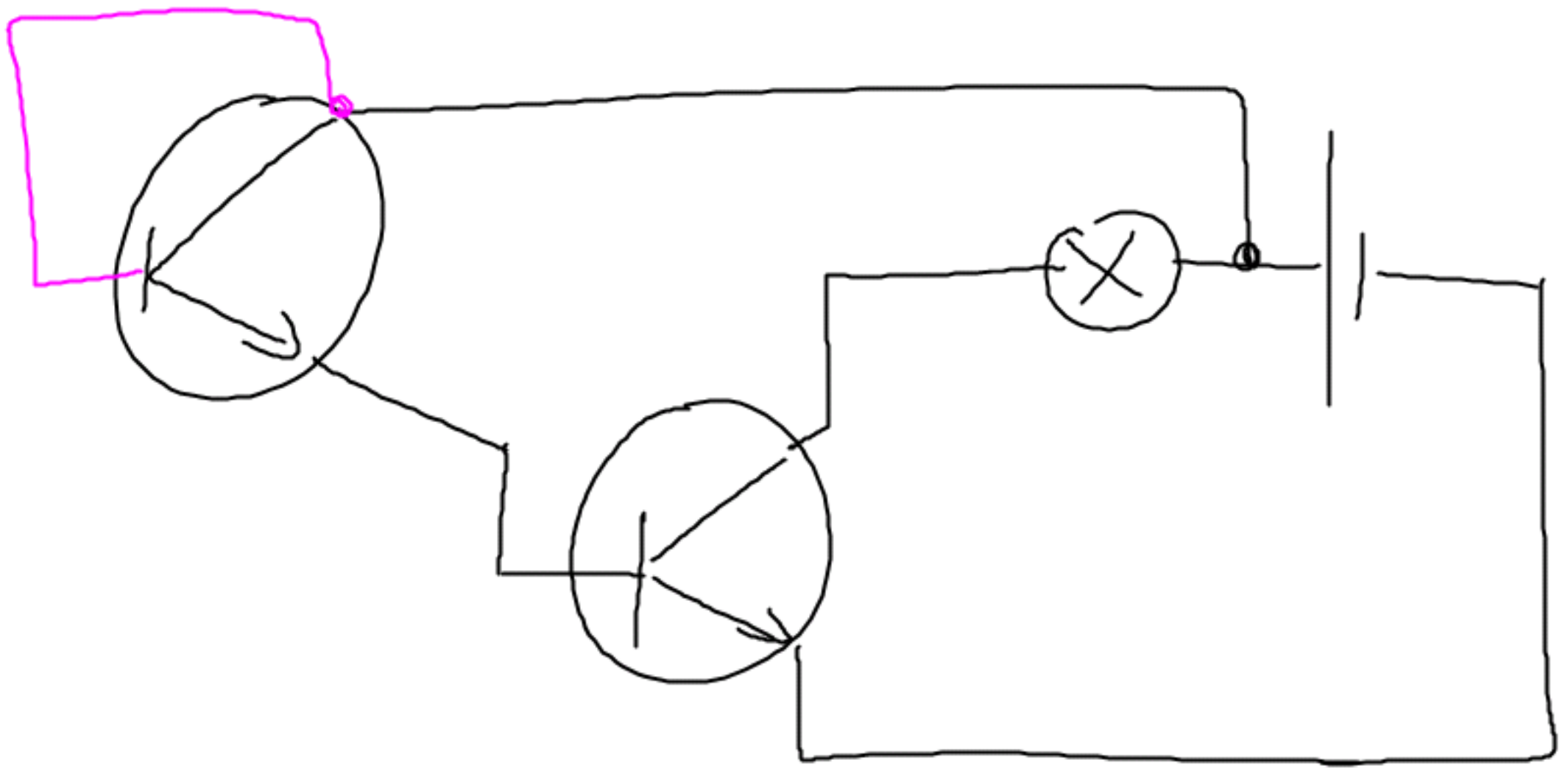
experiment:

1)



mesni'di
Smith' -
- munda
olev'i't transistor
pitredemim
mosi'ni malloze
do ba'ze

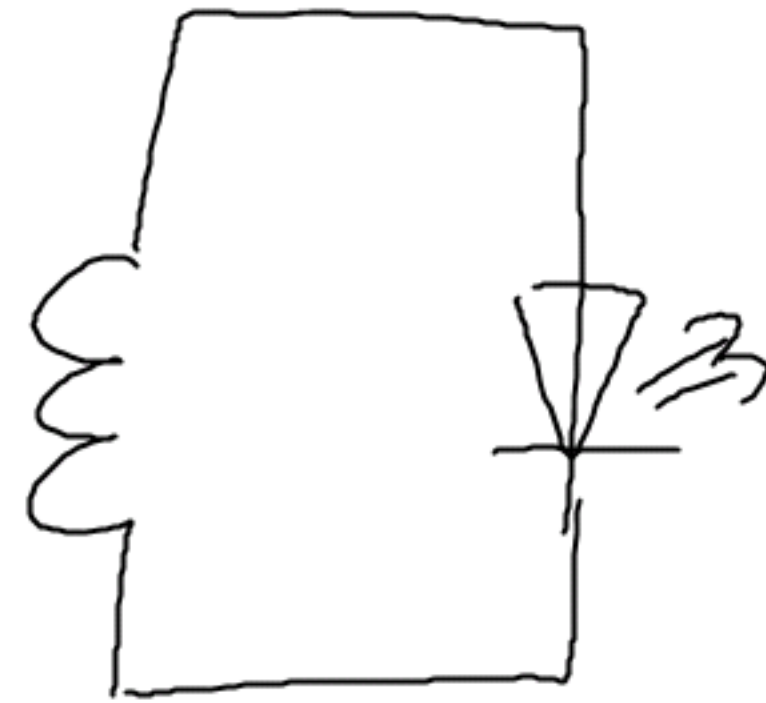
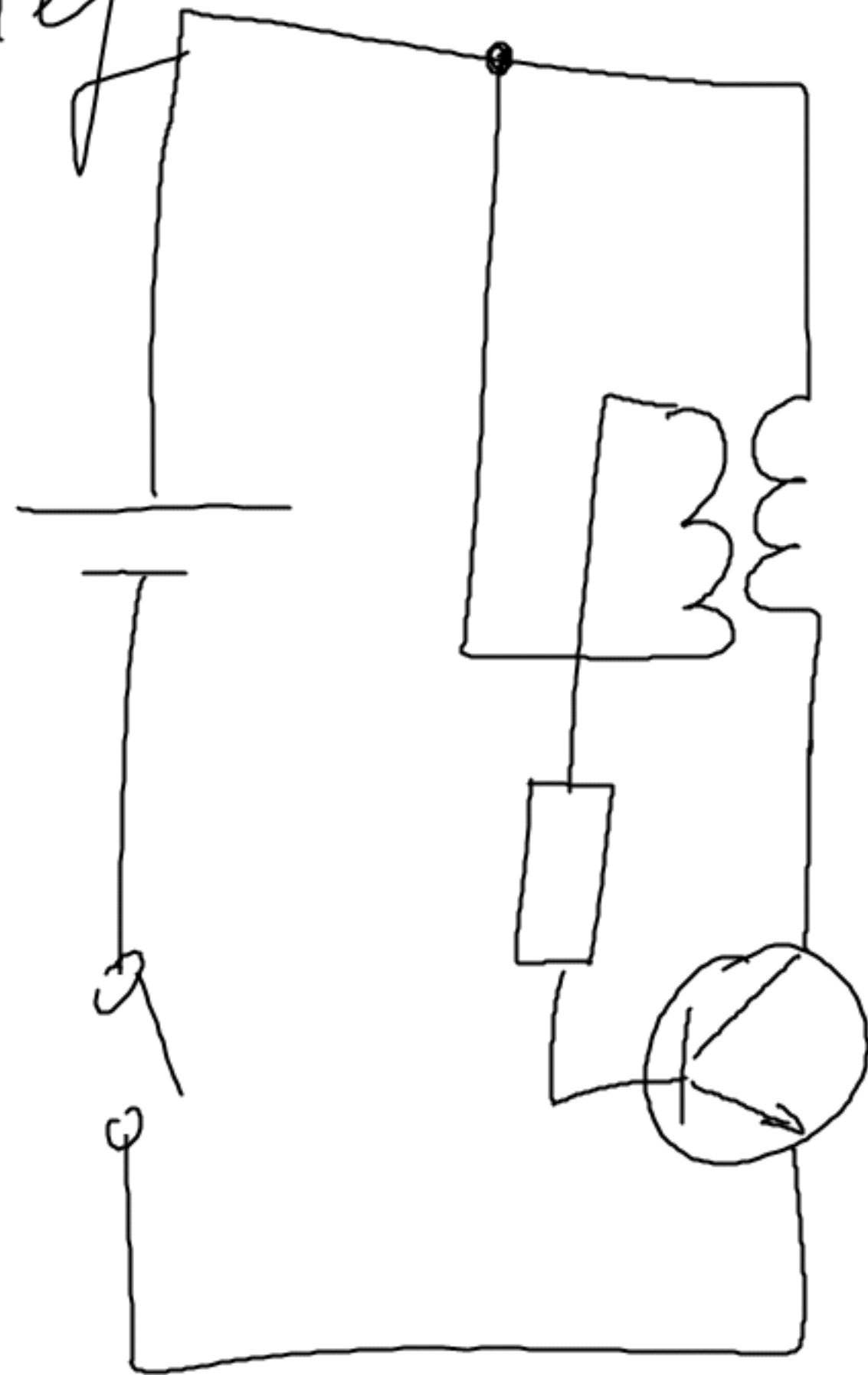
2,



mesh' d'
sm' d'

Aplibaca

1, Some thief



2) Spi'name' zdroje

podobny' obvod jako 1,

3) Indukci' nrtic

podobny' obvod jako 1,

ELEKTROAKUSTIKA

přeměna el. signálu na zvuk nebo
opačně

2 typy přístrojů: mikrofony
reproduktory

a hledí se přeměnou energie: reciproční - aména energie
jen jedním směrem (klasický mikrofon)

reciproční - aména energie je
oběma směry (elektrodynamický
mikrofon)

Mikrofon

Arten \rightarrow el. princ

1, Ultraschall

MUSIK MIT KLASSIKALISCHER MAPA'JEM'

2, Elektrodynamisch

3, Elektrostatik

4, Piezoelektrisch

Model krysztaly

