

# 1.) Vill. Kapcs. k. csoportosítása, Áramköri modellezés

## Funkció szerinti csop.:

Mechanikus	Olvadó biztosítás	Felveretős	Tűlfesz. ellen. véd.	Kapcs. késs. komb.
- megszakító	- áramkorlátozó jellegrű	- felveretős kapcsoló	- szikraköz	- szakaszold k.
- szakaszold	- megszakító jellegrű	- felveretős relé	- olto/cső	- szakaszold b.
- kapcsoló			- túlfesz. váltószög levezető	- kapcsoló b.
- kontaktor			- ZnO túlfesz. levezető	- szakaszold k.b.
- kioldó				- biztosítás szakaszold
- relé				- biztosítás k.
				- bizt. szak. k.
				- biztosítás megszakító

## Feszültség szintek szerinti:

0 - 1kV	kis fesz.
1kV - 72kV	közép fesz.
72kV - 245kV	nagy
245kV - 785kV	igen nagy
785kV -	szupernagy

Teladatok: áramkörök be-/kikapcsolása.  
Pontos szerepük van a villamos energia elosztó hálózatban.

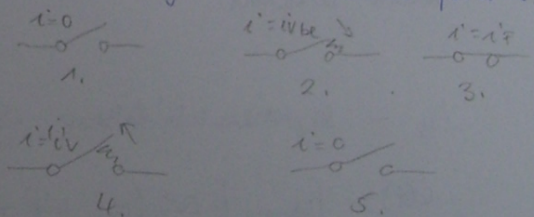
## Meghatározási módszerek:

- diff. egyenlet megoldása
- fizikai képs alapján
- 1. Áramköri modell
- 2. Tap fesz. idő fr.
- 3. Stacioner összekötő idő fr.
- 4. Be/kikapcs. időpillanata
- 5. Transziens összekötő idő fr.
- 6. Keresett idő fr. felrajzolása
- 7. Idő fr. kiplotelnek felírása
- x

## Áramok osztályozása:

- terhelési
- túlterhelési
- zárlati

## Mechanikus kapcs. késs. érintkezőjének működési felirata:



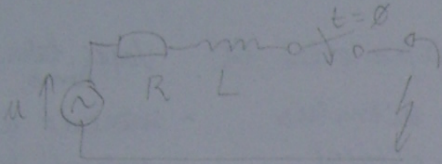
- Modellelés: - Koncentrált / elosztott paraméterű  $R, L, C, U/E$
- Szükséges elhanyagolások
  - Nemlineáris paraméterek
  - $i$  hatását figyelembe vevő modellek
  - 3F-ú modell

2.) Egyenáramú, és generátorból táplált váltakozó áramú zárlat

L generátor  $\rightarrow$  elhanyagolható

$$u = U_m \cos \omega t$$

$$\omega = 2\pi f$$



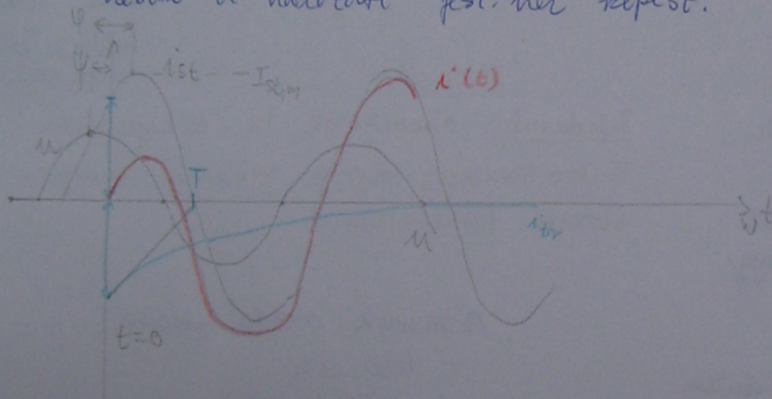
$$I_{st\ m} = \frac{U_m}{Z}$$

↑ stacioner, max (állandósult érték)

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} ; \varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}$$

A stacioner áram:  $i_{st}(t) = I_{st\ m} \cdot \cos(\omega t - \varphi)$

↑ Később a hallható fesz.-hez képest.



$\varphi$ -bekapcsolási szög

$$k_{cs} = 1$$

Mincs  $i_{tr}$ !

Ha zárlat  $i_{st}$  nulla pillanatában jön létre  $\Rightarrow i(t) = i_{st}(t) \downarrow$

Ma's esetben fellep transziens esemény:  $i_{tr}(t)$ .

Zárlati áram általában:  $i(t) = i_{st}(t) + i_{tr}(t)$

Nulla időpont:

$$i(0) = \phi = i_{st}(0) + i_{tr}(0)$$

$$i_{tr}(0) = -i_{st}(0)$$

$i_{tr}$  - exponenciális csökken:  $i_{tr}(t) = i_{tr}(0) \cdot e^{-t/T} ; T = \frac{L}{R}$

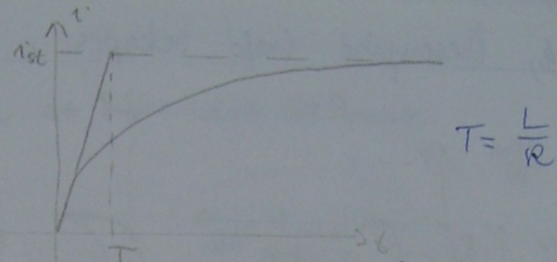
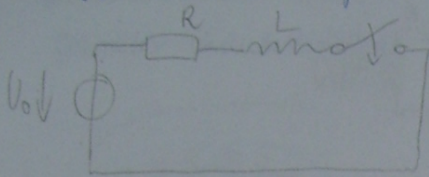
$$i(t) = I_{st\ m} [\cos(\omega t + \varphi - \varphi) - \cos(\varphi - \varphi) \cdot e^{-t/T}]$$

Zárlat  $u$  nulla pillanatában:  $I_m$  a legnagyobb:  $I_m^*$

$$\text{csúcs felgyerő: } k_{cs} = \frac{I_m^*}{I_m} = 1,8$$

Zárlat  $i_{st}$  maximumánál:  $i_{tr}$  maximális

Eggenáram bekapcsolása:

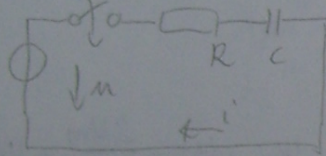


Hosszú idő múlva kialakuló stationer áram:  $i_{st} = U_0 / R$

Transziens:  $i_{tr} = - \frac{U_0}{R} \cdot e^{-t/T}$

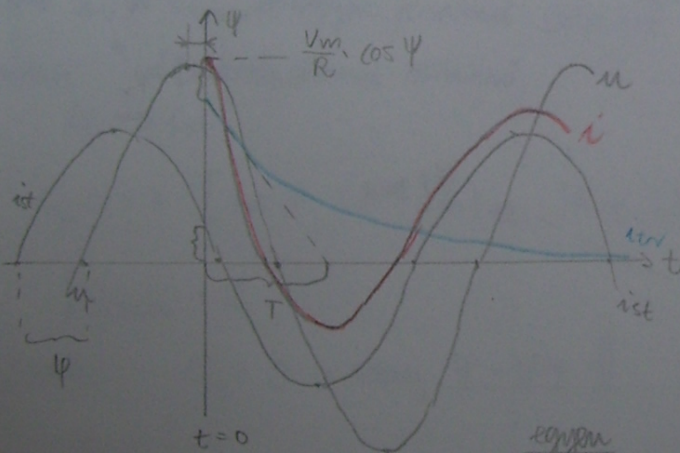
$$i = i_{st} + i_{tr} = \frac{U_0}{R} (1 - e^{-t/T})$$

3, Kapacitív terhelés bekapcsolása, váltakozó áramú rendszer.



Váltakozó

$$T = R \cdot C$$

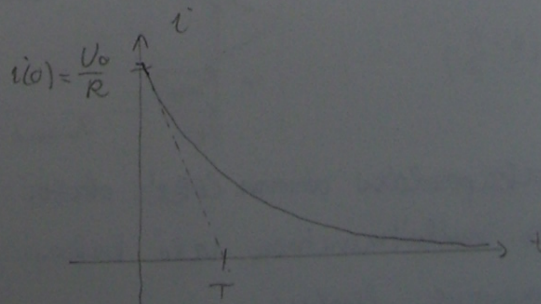
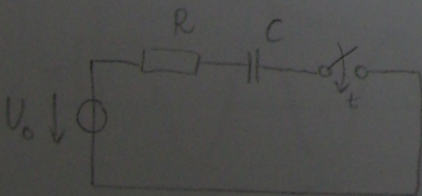


egyen

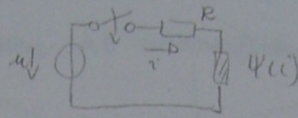
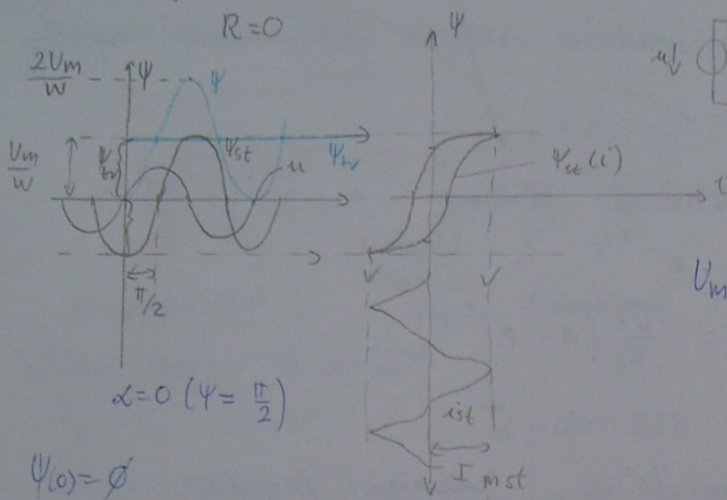
Csak transziens észlehető van.

$$T = R \cdot C$$

$$i_{tr} = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-t/T}$$



4.) Üresenység trafó bekapcs., generátorhoz közele villt. áramu  $\Leftarrow$



$$U_m \cdot \cos(\omega t + \psi) = \frac{d\psi(i)}{dt} + R \cdot i(t)$$

$\alpha = \phi$

$$\psi = \psi_{st} + \psi_{tr}$$

$$\psi(0) = \psi_r$$

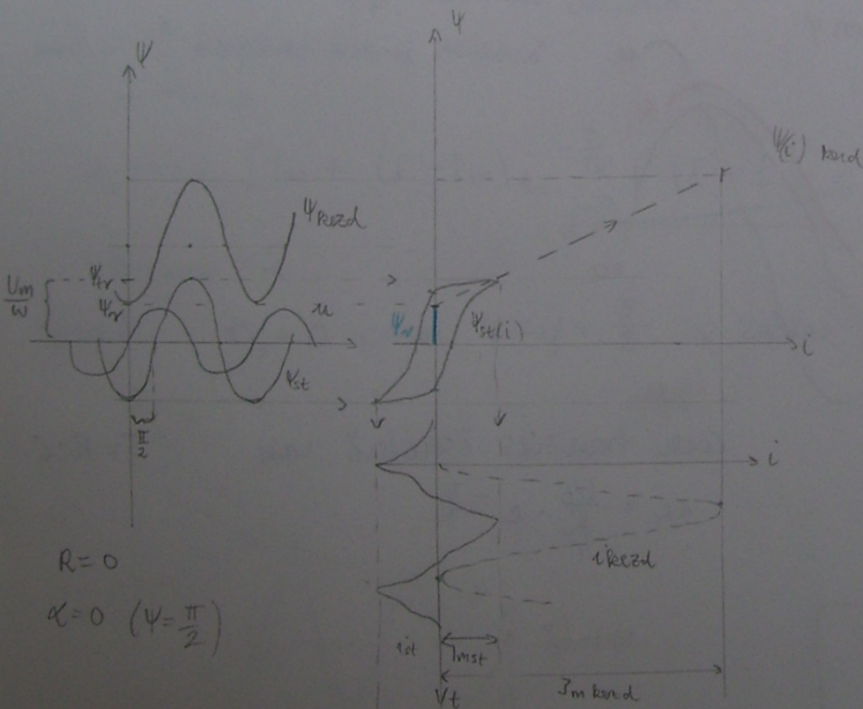
$i_{st}$  = trafó új. árama

Bekapcsolás : u nullátmenetben

Remanens fluxus :  $\psi(0) = \psi_r$

$$\psi_{kezd}(t) = \frac{2U_m}{\omega} + \psi_r$$

$$\psi_{rend} = \psi + \psi_r$$



$$R = 0$$

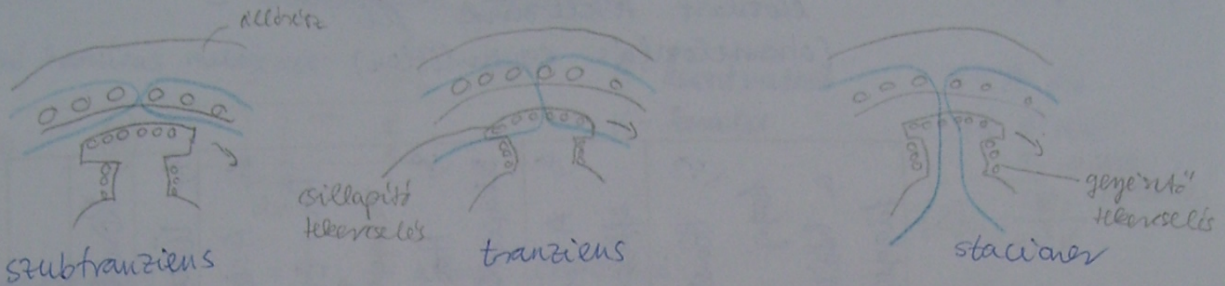
$$\alpha = 0 \left( \psi = \frac{\pi}{2} \right)$$

Nagy bekapcsolású áram löké's okordi:

- fesz. nullátmenetben való bekapcsolás
- remanens fluxus
- lapos kezdeti mágneses zész görbe

# Generátorhoz közeleli zavarlat

Generátor induktivitása lecsökkenen zavarlatok az áramnövekedés miatt.



- fluxus lecsökkenés át zavarlat

-  $T_d'' = 10 \dots 50 \text{ ms}$

$T_d' = 9,4 - 9,5 \text{ s}$

← időállandók

- Induktivitás:	$L''$	<	$L'$	<	$L$
	$X_{gen}''$	<	$X_{gen}'$	<	$X_{gen}$
	$I_2''$	>	$I_2'$	>	$I_2$

$i = i_v + i_{tr}$  ← egyen áramú összetevő

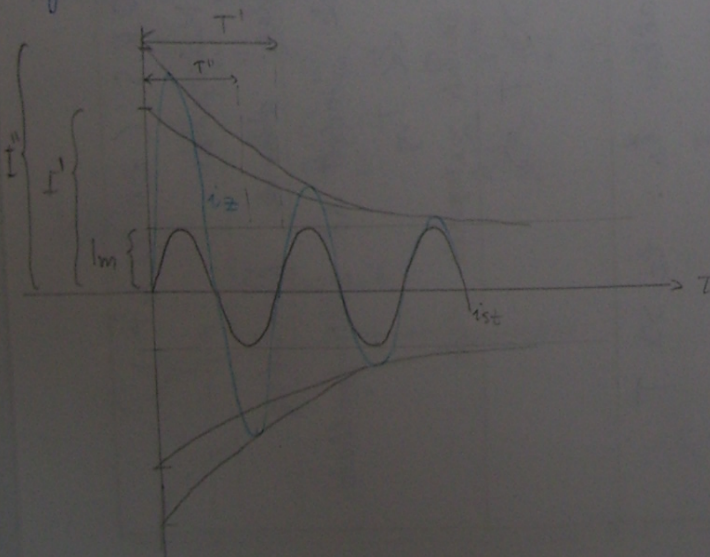
↑ zavarlati      ↑ változó áramú összetevő

$i_v \rightarrow i_{st}$

$$i_2(t) = [ I_m + (I' - I_m) e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I'' - I') \cdot e^{-\frac{t}{T_d''}} ] \cdot \sin \omega t$$

$k_{cs \max} = 2$

Görbék:  $i_{tr} = 0$ , azaz  $\psi - \psi = \frac{\pi}{2}$ , zavarlat  $i_{st}$  nulla áramú felel.



5. Lassú és gyors (zárlati) transziens melegezési jellemzők

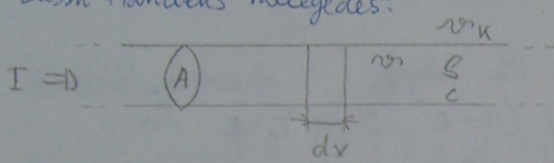
Elhanyagolások: - vértől keresztmetszetében egyenletes hőmérséklet eloszlást feltételezünk fel (árameloszolás egyenlőtlen)

LASSÚ Melegezés		GYORS (ZÁRLATI) Melegezés	
Rövid idejű	Stacionárius		Melegezés
1, Uőzemi és hulltérhőmérséklet áramok katasztrófa		Zárlati áramok katasztrófa	
2, A kezeltetthez ártalmatlan és hő.		Kezeltetthez ártalmatlan és hő elhanyagolható	
Ha $t_m < T_m \Rightarrow$ nagy szabványosított melegezési ideje melegezési időáll. javulás		$t_z \ll T_m$ Zárlati melegezési ideje	
3, Ha $t_m \gg T_m \Rightarrow$ Bekapcsolási vill. transziensok elhanyagolható.		Ha $t_z \gg T \Rightarrow$	
4, A melegezés a villatárolás áramon egyfelvételre értékelve stativizáció.		$\rightarrow$ Szabályok, ha: $t_z \gg T$	
5, Hőmérséklet növekedés csak akkor, ha nagy a fajlő (c), fajl. ell. (s), és a hőátadási tény. (a) hőmérséklet függése elhanyagolható		Hőmérséklet növekedés jelentős. c, s, a $\rightarrow$ hőmérséklet függő	

6, Lassú melegedés, rövid idejű és szakaszos melegedés

Elhanyagolás: - C, S, α hőm. függése (W = P · dt)  
 - áramelosulás egyenletes

Lassú tranzienst melegedés:



A - keresztmetszet  
 κ - hővezet

$$V = A \cdot dx$$

$$S = \kappa \cdot dx$$

$$[C] = \frac{W \cdot s}{m^3 \cdot K} \quad \text{felosztás}$$

Áramsűrűség:  $J = \frac{I}{A}$  ← azonos eloszlású

Keletkező hő:  $dQ_1 = I^2 \cdot R \cdot dt = I^2 \cdot S \cdot \frac{dx}{A} \cdot dt = P \cdot dt$

Vezető hővezetelmét növeli:

$$dQ_2 = c \cdot V \cdot d\tau$$

Környezetnek adódik át:

$$dQ_3 = \alpha \cdot S \cdot \tau \cdot dt$$

$$dQ_1 = dQ_2 + dQ_3$$

$$P dt = c V d\tau + \alpha S \cdot \tau dt \quad /: (c \cdot V \cdot dt)$$

$$\frac{P}{c \cdot V} = \frac{d\tau}{dt} + \frac{\alpha \cdot S}{c \cdot V} \cdot \tau \quad \leftarrow \text{diff. egyenlet}$$

stacioner

melegedés:  $\tau_{st} = \frac{P}{\alpha \cdot S} = \frac{I^2 \cdot R}{\alpha \cdot S} = \frac{J^2 \cdot A^2 \cdot R}{\alpha \cdot \kappa \cdot dx} = \frac{J^2 \cdot A^2 \cdot S \cdot \frac{dx}{A}}{\alpha \cdot \kappa \cdot dx} = \frac{J^2 A S}{\alpha \cdot \kappa}$

Ha van  $\tau_0$  kezdeti melegedés: ( $\tau_0 = \tau_{k\ddot{o}ny} + \tau_0$ )

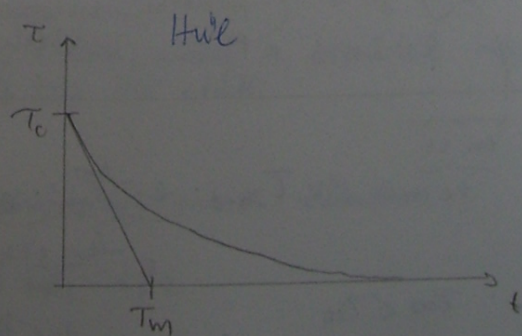
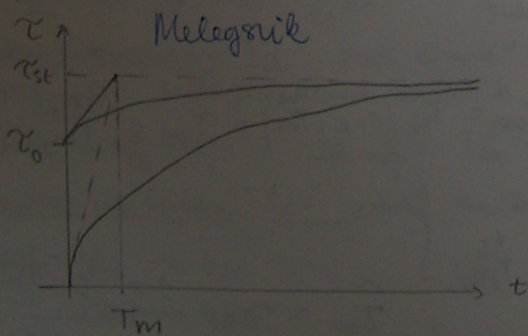
Melegedés időfüv:

$\tau$  kezdeti hőmérséklet

$$\tau(t) = \tau_{st} (1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) + \tau_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_m}} \rightarrow \text{árammentes vezető hűlése}$$

$$T_m = \frac{c \cdot V}{\alpha \cdot S} = \frac{c \cdot A}{\alpha \cdot \kappa} \quad \leftarrow \text{melegedés időállandója}$$

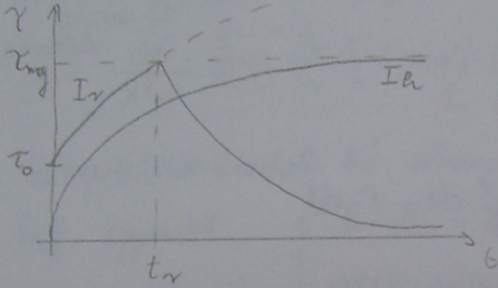
Időfüv:



Rövid idejű melegedés

$t_{tr} < (2 \dots 2,5) T_m$   
 2 rövid idejű melegedés  
 $t_{tr} > (3 \dots 4) T_m$   
 ↑ hullés

$\tau_{meg} < \tau_{stac}$



$\tau_{meg} = \tau_{st} (1 - e^{-\frac{t_{tr}}{T_m}}) + \tau_0 \cdot e^{-\frac{t_{tr}}{T_m}}$

$\tau_{stac} \sim I^2$

$\tau_{meg} \sim I_a^2 \leftarrow \text{határháram}$

$I_a^2 = I_r^2 (1 - e^{-\frac{t_{tr}}{T_m}}) + I_0^2 e^{-\frac{t_{tr}}{T_m}}$

$I_a^2 = I_r^2 + (I_0^2 - I_r^2) e^{-\frac{t_{tr}}{T_m}}$

$I_a^2 - I_r^2 = (I_0^2 - I_r^2) e^{-\frac{t_{tr}}{T_m}}$

$\ln \frac{I_a^2 - I_r^2}{I_0^2 - I_r^2} = -\frac{t_{tr}}{T_m}$

Rövid idejű melegedés ideje:  $t_{tr} = T_m \cdot \ln \frac{I_0^2 - I_r^2}{I_a^2 - I_r^2} = T_m \ln \frac{I_r^2 - I_0^2}{I_r^2 - I_a^2}$

pl.: olvadási hőmérséklet kiolvadási ideje

Szakaszos melegedés

ciklus idő:  $t_c = t_m + t_n$

$t_m < (2 \dots 2,5) T_m$

$t_n < (2 \dots 2,5) T_m$

bekapcsolási időarány:

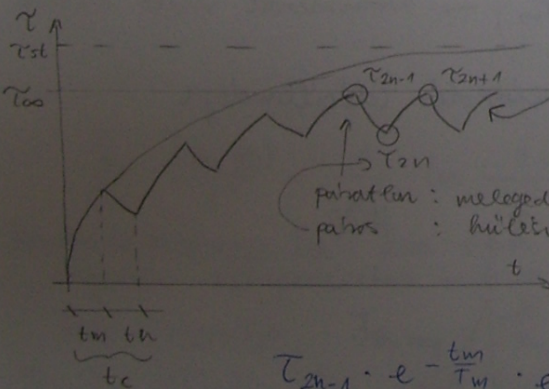
$b_i = \frac{t_m}{t_c} \cdot 100\%$  (MSB: 0,15 ; 0,25 ; 0,4 ; 0,65)

2 melegedési ciklus végén azonos

hőmérsékletek:  $\tau_{2n-1} = \tau_{2n+1} = \tau_0$

$\tau_{2n+1} = \tau_{st} (1 - e^{-\frac{t_m}{T_m}}) + \tau_{2n} e^{-\frac{t_m}{T_m}}$  és

$\tau_{2n} = \tau_{2n-1} e^{-\frac{t_n}{T_m}}$



$\tau_{2n-1} \cdot e^{-\frac{t_m}{T_m}} \cdot e^{-\frac{t_n}{T_m}} = \tau_{2n-1} \cdot e^{-\frac{t_m+t_n}{T_m}} = \tau_{2n-1} \cdot e^{-\frac{t_c}{T_m}}$

$\tau_{00} = \tau_{st} (1 - e^{-\frac{t_m}{T_m}}) + \tau_{00} e^{-\frac{t_c}{T_m}}$

$\tau_{00} = \tau_{st} \frac{1 - e^{-\frac{t_m}{T_m}}}{1 - e^{-\frac{t_c}{T_m}}}$

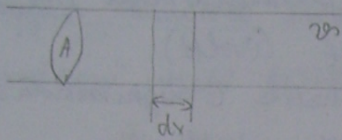
Spec:  $\tau_{00} < \tau_{st}$

Ha:  $t_c \ll T_m \Rightarrow \lim_{\frac{t_c}{T_m} \rightarrow 0} \frac{1 - e^{-\frac{t_m}{T_m}}}{1 - e^{-\frac{t_c}{T_m}}} = \frac{b_i}{100}$

Spec:  $\tau_{00} < \tau_{st}$



F., Zárkelti melegedés, Joule-integrál, termikus határáram, időhatár



$$t=0 : T_0$$

$$t=t_z : T_z$$

Közelítő formula: fajhő és fajlagos ellenállás hőmérséklet függése

$$\frac{S}{C} = \frac{S_0}{C_0} [1 + \alpha'_0 (T - T_0)]$$

$\alpha'_0$  hőmérsékleti tényező

$\alpha'_0$  300°C-ig elhanyag.

Környezetrek átadott hő elhanyagolható:  $t_z \ll T_m$

Diff. egyenlet:  $i^2 \cdot R \cdot dt = c \cdot V \cdot dT$

$$T_0 < T$$

$\hookrightarrow$  zárkelti áram pillanat értéke

$$T = T - T_0 \leftarrow \text{melegedés } T_0\text{-hoz képest}$$

$$dT = \frac{i^2 R dt}{cV} = \frac{j^2 A^2 \cdot S \frac{dx}{A}}{c \cdot A \cdot dx} dt = j^2 \frac{S}{c} dt$$

$$\frac{S_0}{C_0} [1 + \alpha'_0 (T - T_0)]$$

$$dT = j^2 \frac{S_0}{C_0} [1 + \alpha'_0 (T - T_0)] dt$$

$$\frac{dT}{1 + \alpha'_0 T} = j^2 \frac{S_0}{C_0} dt \xrightarrow{\text{integrálás}} \int_{T_0}^{T_z} \frac{1}{1 + \alpha'_0 T} dT = \frac{S_0}{C_0} \int_0^{t_z} j^2 dt$$

Joule integrál:  $F_{th}(t_z) = \int_0^{t_z} i^2 dt = A^2 \int_0^{t_z} j^2 dt$

$$\frac{F_{th}(t_z)}{A^2} = \int_0^{t_z} j^2 dt$$

$$\frac{S_0}{C_0} \frac{F_{th}(t_z)}{A^2} = \frac{1}{\alpha'_0} \cdot \ln \frac{1 + \alpha'_0 (T_z - T_0)}{1 + \alpha'_0 (T_0 - T_0)}$$

$\rightarrow T_z$  meghatározható

Termikus határáram:  $I_{th}$ : az az áram effektív értéke, amely a készülék megengedett melegedéséhez tartozó adott  $t_z$  idő alatt.

Joule integrálja:  $F_{th\ mag} = I_{th}^2 \cdot t_z$

Termikus időhatár:  $t_z$ : adott termikus határáramhoz tartozó időtartam.

pl.:  $I_{th1} \rightarrow t_{z1}$   
 $I_{th2} \rightarrow t_{z2}$   $\Rightarrow I_{th1}^2 \cdot t_{z1} = I_{th2}^2 \cdot t_{z2}$

## 8. Elektrodinamikuss erőhatások

- Áramkör bekapcsolásakor fellépő áramok pillanatértékei óriások
  - Az erőhatások:
    - tudatosan felhasználhatók (váltak)
    - figyelmen kívül hagyhatók (meghúzóerők)
- ↳ temikus igénybevitellel együtt jelentkezik

Megengedhető elektrodinamikuss erőhatások:

Idő - dinamikuss határártalom: átfolyó áram pillanatértéke, melyet a készülék káros következmény nélkül még elvisel.

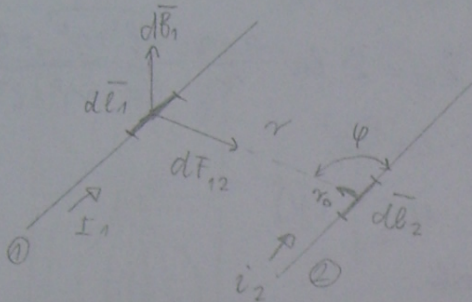
Elhanyagolás: - váltakozó áram keresztmetszeti eloszlása egyenlőként  
 ↳ vonalszerű vezető feltételezése  
 (keresztmetszet = 0)  
 ↳ teljes keresztmetszet, de egyenletes áram sűrűség

Analitikuss számítású módszerek csoportjai:

	Számítású módszer	Feltétel	Lehetőség
1,	Biot - Savart törvény alapján	- nincs a közelben ferromágneses anyag - váltakozó áram esetén nincs a közelben villamosan vezető anyag	- vonalszerű vezetőkkel helyettesíthető elrendezések esetén
2,	Mágneses energia megraktározásából	-	- ismertek az elrendezés kölcsönös esőműködési viszonyainak analitikuss összefüggései, és egyszerűen kiszámíthatók - elektromágneseknél
3,	Maxwell - formula alapján	-	- elektromágneseknél kis legrés esetén

9, A Biot-Savart-törvény és a mágneses energia mágneses térben alapján számított erőhatásokról gyakorlati alkalmazásai

Két vanalszerű vezető között ható erő:



$$d\vec{B}_1 = \mu_0 \cdot \frac{i_2}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l}_2 \times \vec{r}_0}{r^2}$$

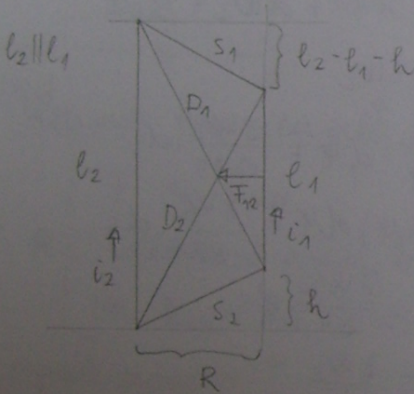
$$(\vec{F} = \vec{B} \cdot i \cdot \vec{l})$$

$$d\vec{F}_{12} = i_1 \cdot (d\vec{l}_1 \times d\vec{B}_1)$$

Ez az erőhatás az 1-es vezetőre, a 2-esben folyó áram hatására.

Gyakorlati esetek:

Párhuzamos vezetők



$$F_{12} = i_1 \cdot i_2 \cdot k_{12} \cdot 10^{-7} (N)$$

↑  
"Kontáktényező"

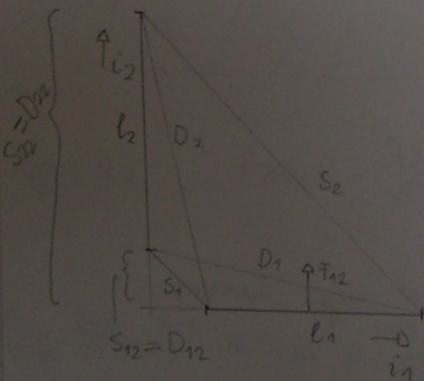
$k_{12}$  vezeték elrendelésétől függ:

$$k_{12} = \frac{D_1 + D_2 - (S_1 + S_2)}{R} = \frac{\sum D - \sum S}{R}$$

$$F_{12} = F_{21}$$

$$k_{12} = k_{21}$$

Egy síkban lévő, merőleges vezetők



Kontáktényező:

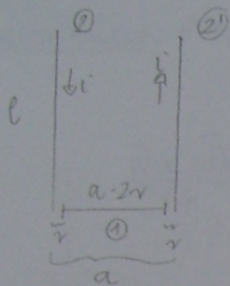
$$k_{12} = \ln \frac{\overbrace{(D_1 + D_{12})}^{\text{Átlók}} \cdot \overbrace{(D_2 + D_{22})}^{\text{D}_2\text{-et vetülék}}}{\underbrace{(S_1 + S_{12}) \cdot (S_2 + S_{22})}_{\text{Képletek}}}$$

$D_{12}, D_{22}, S_{12}, S_{22} \rightarrow$  A 2. vezetőre, tehát a "genyítő" vezetőre vetett vetületek

$$k_{12} \neq k_{21}$$

$$F_{12} \neq F_{21} \text{ (kivéve egyenlő oldalú trapéz)}$$

Párhuzamos vezetőkét mérőlegesen áthúzólagos tagra ható erő



$$S_1 = r$$

$$D_{12} = S_{12} = 0$$

$$S_2 = \sqrt{(a-r)^2 + l^2}$$

$$S_{22} = D_{22} = l$$

$$D_{11} = a-r$$

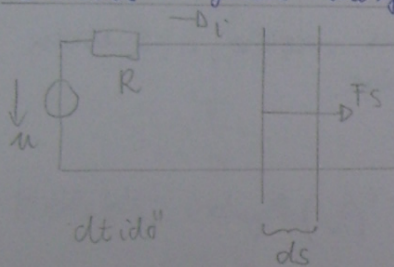
$$D_{22} = \sqrt{l^2 + r^2}$$

$$K_{12} = 2 \cdot \ln \frac{a-r}{r} \frac{\sqrt{l^2 + r^2} + l}{\sqrt{(a-r)^2 + l^2} + l}$$

Ha  $l \gg a$  ;  $K_{12} = 2 \cdot \ln \frac{a-r}{r}$

$$F_{12} = i^2 \cdot 2 \cdot \ln \frac{a-r}{r} \cdot 10^{-7} \text{ (N)}$$

Számítás mágneses energia megváltozásából



$$dW_H = dW_R + dW_L + dW_{mech}$$

$$U \cdot i \cdot dt = i^2 \cdot R \cdot dt + dW_L + F_s \cdot ds$$

$$\dot{U} = i \cdot R + \frac{d\psi}{dt}$$

$$i^2 R \cdot dt + i d\psi = i^2 R \cdot dt + dW_L + F_s ds$$

$$F_s ds = i d\psi - dW_L$$

$$dW_L = \frac{\partial W_L}{\partial \psi} \cdot d\psi + \frac{\partial W_L}{\partial s} \cdot ds$$

$$dW_L = i(s, \psi) d\psi + \frac{\partial W_L}{\partial s} \cdot ds$$

$$F_s ds = i d\psi - i d\psi - \frac{\partial W_L}{\partial s} \cdot ds$$

$$F_s = - \frac{\partial W_L}{\partial s} \leftarrow \text{mágneses energia}$$

$$W_L = \int_0^\psi i(s, \psi) d\psi$$

Nem kell!

Ferromágneses anyag jelenlétekor:

$$F_s = - \int_0^\psi \frac{\partial i(s, \psi)}{\partial s} \cdot d\psi$$

Nincs ferrom. anyag:

$$F_s = - \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(s)}{ds}$$

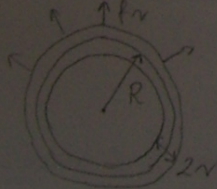
$$\psi = L(s) \cdot i \leftarrow \text{lineáris}$$

$$W_L = \frac{1}{2} i^2 L(s)$$

$\leftarrow$  geometriai paraméterektől függ.

Gyakorlat:

Kör keresztmetszetű vezeték



$$L = \mu_0 R \left( \ln \frac{8R}{r} - 1,75 \right) \quad (R \gg r)$$

$\leftarrow$  önind.

Sugár irányú erő teljes hosszára:

$$F_R = - \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(R)}{dR} = 2\pi i^2 \cdot 10^{-7} \left( \ln \frac{8R}{r} - 0,75 \right) \quad [\text{N}]$$

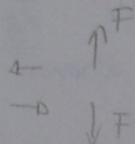
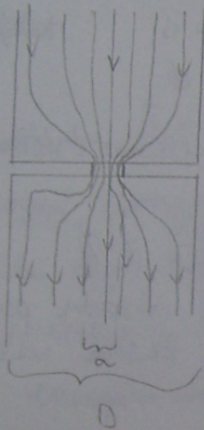
Hosszegy ségre ható erő:

$$f_r = \frac{F_R}{2\pi R} = \frac{i^2 \cdot 10^{-7}}{R} \left( \ln \frac{8R}{r} - 0,75 \right) \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

10. Elektrodin. erőhatás áramcsúkkületben, erőhatás irányja, vill. tranziensek

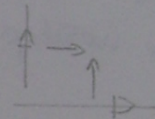
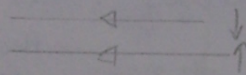
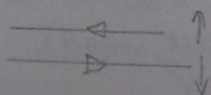
Áramcsúkküvet:

- minden áramcsúkkületben jelennek meg
- érintkezők között veszélyes
  - ↳ az erő távolítja egymástól el az érintkezőket
  - ↳ ellenállás megnövekedés → melegedés → összehévedés



$$F = k \cdot i^2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{D}{a}$$

Erőhatás irányja:



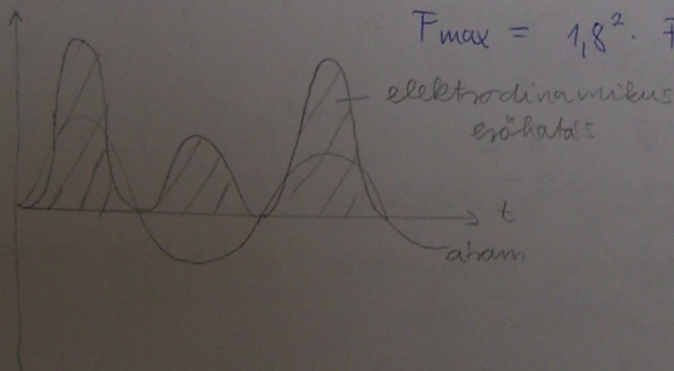
Villamos tranziensek hatása:

$$F \sim i^2$$

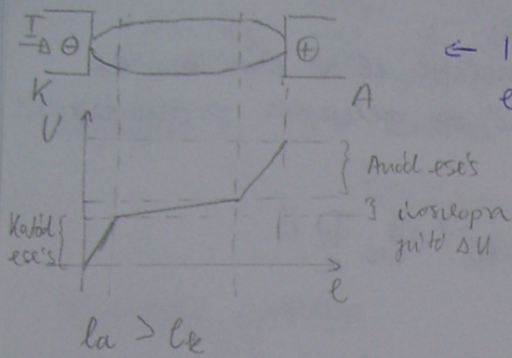
R.: váltakozó áram bekapcsolása:

$$\text{Ha } k_{cs} = 1,8 \Rightarrow I_{max} = 1,8 \cdot I_{stat max}$$

$$F_{max} = 1,8^2 \cdot F_{st max}$$



11.) A stationer homogén és inhomogén térerővel rendelkező katód és anód közötti közeli folyamatok



←  $\phi$  potenciál eloszlása

Stationer  $iV$ :  $\frac{di}{dt} = \phi$

Azaz az áram pillanatértékbe nem változik.

Dinamikus  $iV$ :  $\frac{di}{dt} \neq \phi$

Kvazistacioner  $iV$ : áram periódikusan változik

Homogén térerő:

↳ kis térfogat vizsgálata

-Cél: térerő fajlagos vezetőképessége?

Az térerő semleges:  $n^+ = n^-$

de szám  $\rightarrow n_i = n_e$   
ion elektron

drift sebesség

$v_e \gg v_i$   
(mehet miatt)

↓

Áramot az  $e^-$ -ok viszik

Áramsűrűség:  $j = \delta \cdot E$

$$= n_e \cdot e_t \cdot v_e$$

↑ elektron töltése:  $1,6 \cdot 10^{-19}$  As vagy Coulomb  
 $\left[ \left( \frac{1}{m^3} \cdot As \cdot \frac{m}{s} \right) = \frac{A}{m^2} \right]$

$v_e = b_e \cdot E \leftarrow$  téherősség  $\left( \frac{V}{m} \right)$   
 ↑ mozgékonyág  $\left( \frac{m^2}{Vs} \right)$

$$j = \underbrace{n_e \cdot e_t \cdot b_e}_{\delta} \cdot E = \delta \cdot E$$

$\delta \leftarrow$  fajlagos vezetőképesség  $\left( \frac{1}{\Omega m} \right)$

$n_e = X \cdot n_a \leftarrow$  egységnyi térfogatban lévő atomok száma  
 ↑ termikus ionizáció fok

Maxwell függés:  $pV = n \cdot k \cdot T$

$$n_a = a \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{p}{T} \leftarrow$$

maxwell  $\left( \frac{N}{m^3} \right)$

$\leftarrow$  hőm. (K)

↑  
egységnyi térfogatban lévő összes atom

↑  
diszociációs állandó

Boltzmann állandó  
 $1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

A töltések termikus ionizációval keletkeznek az űrűrlapban.  
 X - termikus ionizáció fokoka =  $\frac{n_e}{n_a} \rightarrow$  meghatározható: Саха - egyenlethez

$$X = K_3 \cdot \frac{T^{5/4}}{\rho^{1/2}} \cdot e^{-\frac{e \cdot U_i}{2kT}}$$

Végképlet:  $\delta = konstans \cdot \frac{T^{3/4}}{\rho^{1/2}} \cdot e^{-\frac{e \cdot U_i}{2kT}}$

$\delta$  nő, ha:  $T \uparrow$  vagy  $\rho \downarrow$

Inhomogén űrűrlap:

2 féle egyensúlyi állapot

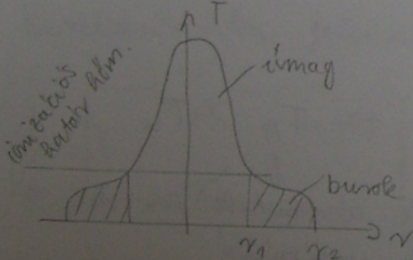
- tömörleg (ion keletkezés - megsejtes egyensúly)
- energia mérleg (melegedés - hűtés egyensúly)

$$\left. \frac{dn}{dt} \right|_{\text{termikus}} + \left. \frac{dn}{dt} \right|_{\text{rekési}} = \left. \frac{dn}{dt} \right|_{\text{rek}} + \left. \frac{dn}{dt} \right|_{\text{diff.}}$$

$n = n_i = n_e$

$P_{\text{junt}} = P_{\text{hív}} + P_{\text{szug}} + P_{\text{zav}}$  ← szabadon előírt  
 elhanyagolható

Az ábrán döntő szerepe egy belső, magas átm -ű magon folyik át:



- iv felépítése: diszkrét és  
 ionizált részekből áll

- hőfluxus potenciál:

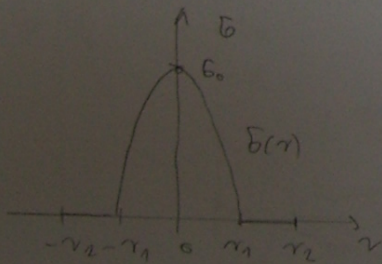
$$S = \int_0^T \Lambda(T) dT \quad [W/m]$$

- Ellenbaas - Heller d.e.

$$\delta \cdot E^2 = -\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \cdot \frac{dS}{dr} \right) \quad \text{m.s.}$$

- Bessel - fv.

$$\leftarrow G_1 = r_1^2 \pi \delta_0 \left( 1 - E^2 \frac{B r_1^2}{8} \right)$$



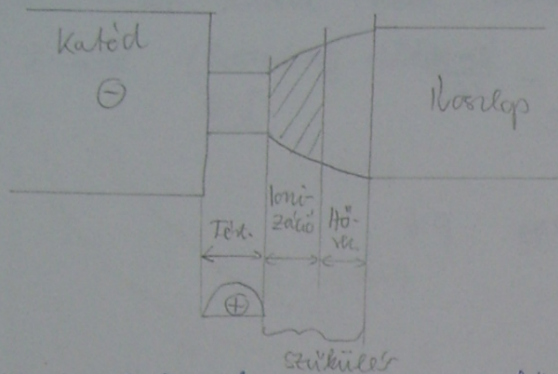
↑  
 Hengeres űrűrlap egy sélygi közpénak  
 vezetékessége.

$\delta_0$  - fajlagos vezetékesség

$G_1$  nő, ha:  $E \downarrow$  vagy  $\delta_0 \uparrow$

Katód és anód közelében végbemenő folyamatok:

Katód: - 1V szűkülés miatt nagy katódáramsűrűség és katódeseles



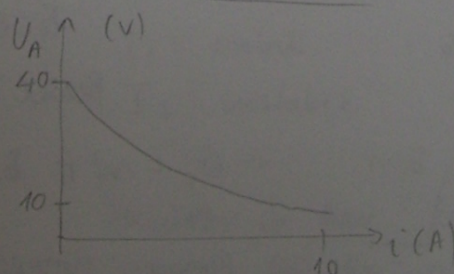
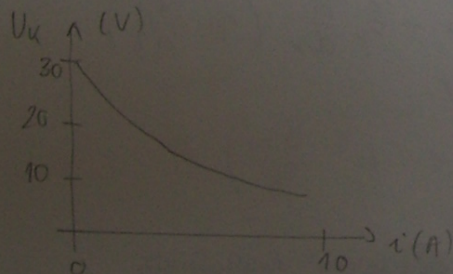
Katódnál 3 övezet:

1. Hővesztési övezet:  $T \downarrow$ ;  $E \uparrow$  ← hővesztéssel csökken
2. Ionizációs övezet:  $F, E \uparrow$ ;  $T \uparrow$ ;  $v_e \uparrow \rightarrow$  ütközési ionizáció  
Ionizáción a domináns, itt keletkeznek a töltéshordozók
3. Töltési övezet: működnek elektronok  
pozitív töltés van  
 $E, T$  nagy  $\rightarrow e^-$ -ok lépnek ki a katódból

Anód: - 1V közelben szűkülés

- nincs ion emisszió, az anód felületén az áramot  $e^-$ -ok vezetik
- van töltési zóna
- $\Delta U_A > \Delta U_K$
- Anódban  $e^-$ -ok csapódnak  $\rightarrow T_{nó} \rightarrow T_A > T_K$

Katód és anód eset az áram fr.-ében: Felngőz áramlik az 1V-be  $\rightarrow$  Nagyobb ionizáció



Ha  $i \uparrow$  akkor  $U_K$  és  $U_A \downarrow$

Negatív karakterisztika, az 1V nem lineáris elem.



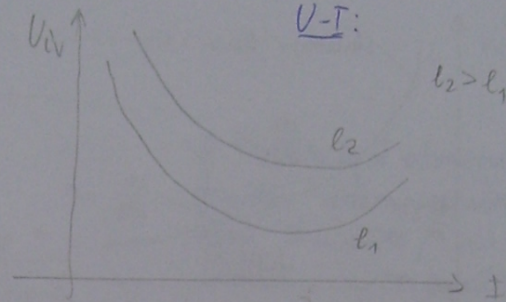
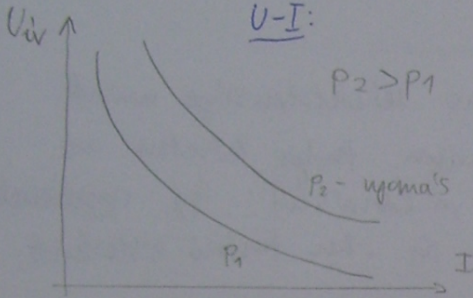
12.) A stationer iv karakterisztikái

A stationer iv nem lineáris áramköri elem.

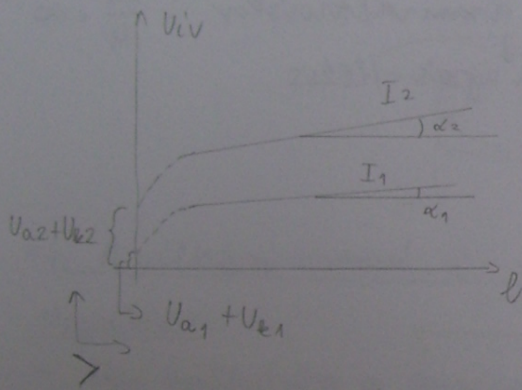
↳ az áram nem változik:  $\frac{di}{dt} = 0$

-  $l = \text{állandó}$  (hosszúság állandó)

-  $p$  (nyomás) = állandó.



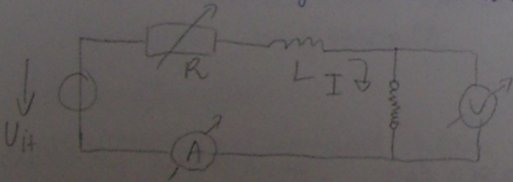
-  $U_{iv} - l$ : ( $p = \text{állandó}$ )



$l=0$ -ra: extra-polarizálás (itt nincs iv)

$$I_2 < I_1$$

Karakterisztika felvétele mérésel:



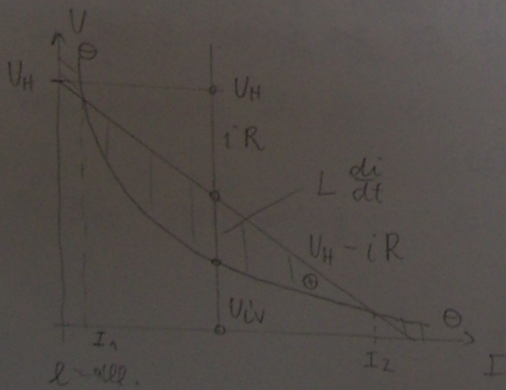
$$U_H = U_{iv} + iR + L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{di}{dt} = 0$$

$$U_H - iR = U_{iv}$$

$I_2$ : stabil

$I_1$ : instabil



Stationer iv kar. közelítése:

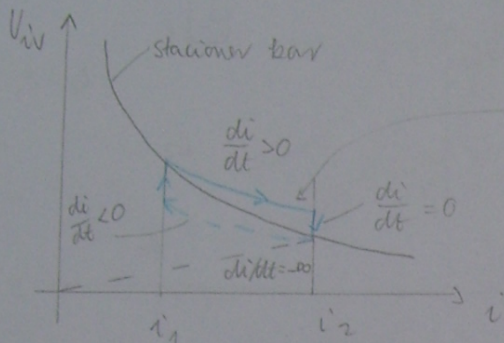
Ayrton formula:

$$U_{iv} = a + bl + \frac{c + dl}{I}$$

13. A dinamikus iv, és a kvázistacioner iv karakterisztikái

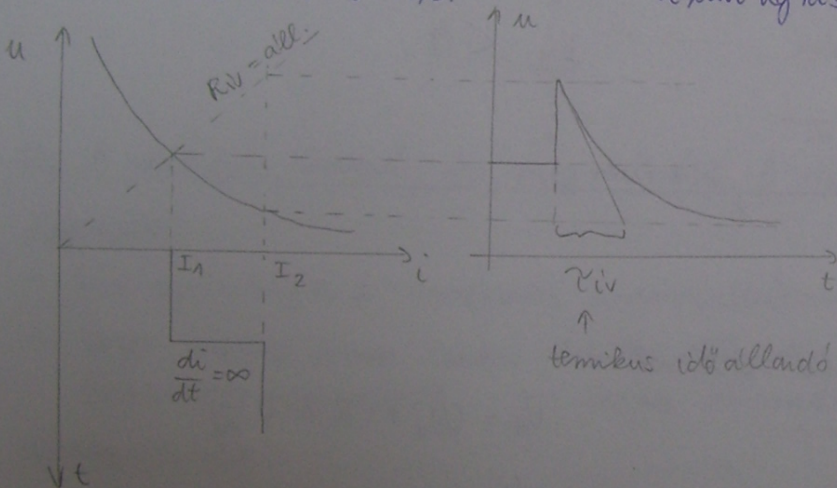
Az iv-en átfolyó áram változik:  $\frac{di}{dt} \neq 0$  ( - U paramétereké vált. - változó tápl.)

Dinamikus iv karakterisztikái



$i_1 \rightarrow i_2$   
 Itt termikus tehetetlensége miatt. T és B nem tudja követni az áram változását. Így igényessé válik megőrizni  $i_1$ -ben tartás értékeit.

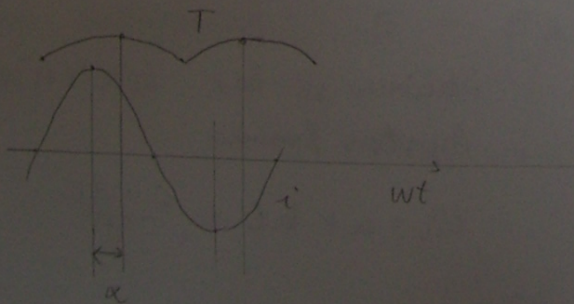
Az iv hirtelen visszalökése, igen gyors áramváltozásakor:  $\frac{di}{dt} = \infty$   
 Az iv lineárisan változik. áramugrás / lökések



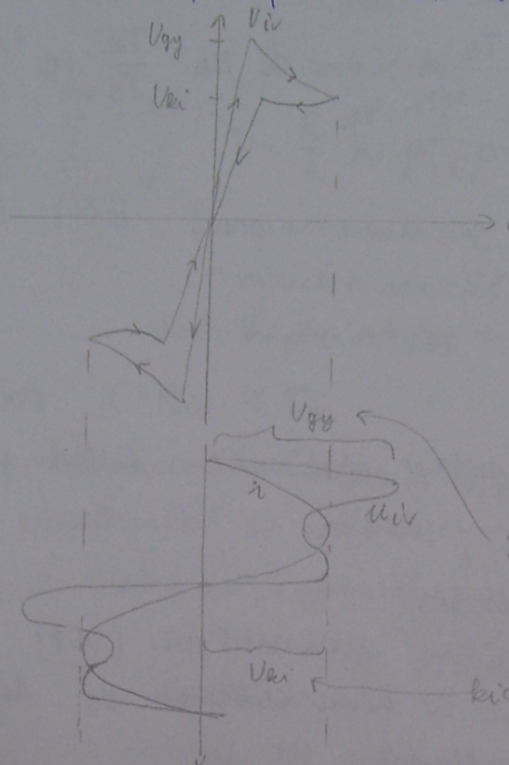
Kvázistacioner  $\rightarrow$  változó fesz-ű táplálás, periodikus változás  
 Fáziseltolódás van az iv hőmérséklete és az áram között

KöF / NaF :  $U_{iv} \ll U_H$

KiF :  $U_{iv} \approx U_H$



Az összetartozó áram és fesz. pillanatértékei hirtelenzsis görbét  
 látható le.



A váltakozó áramú iv minden áramnullátmenet előtt kialakul, és utána újra gyullad.

gyújtási fesz. csúcs

kialakulási fesz. csúcs

14. A váltakozó áramú iv megszűnése. A vákuumban elgő iv jellemzői

Mezűnése:

- Nem gyullad újra a természetes áramnullátmenet után
- Véges értékű áram esetén labilis állapotba kerül és az áram hirtelen megszűnik → Ez az áramlevágás

Újragyulladása:

- áramnullátmenet után az iv helyén ionozott csatoma (utóiv) van  
 ↳ ha nem jár áram / télerő → iv kialakul
- újragy. → Ha az ion - mérleg az ionozási folyamatok járva felkond

Vezetékpesség idő fv. -e:

vehető képlet t=0-ban

$$G(t) = G_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{iv}}}$$

Átütési szélárság:

$$E = E_k \cdot \frac{T_k}{T} \leftarrow \text{környezeti hőm}$$

↑  
E érték T<sub>k</sub>-n

$$(T \cdot E = E_k \cdot T_k)$$

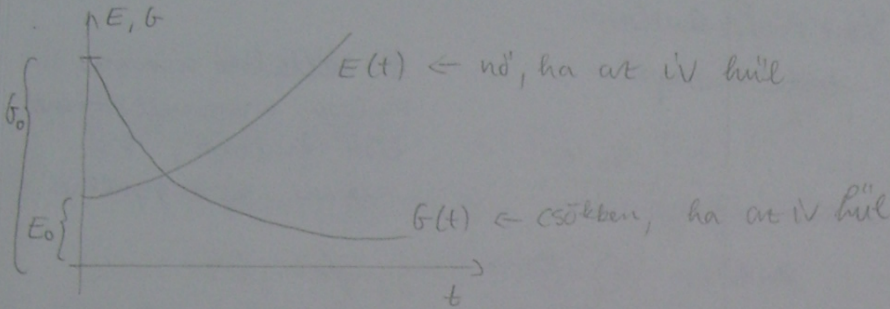
Hűlési időf. behelyettesítése:

$$E(t) = E_R \cdot \frac{T_R}{(T_0 - T_R) e^{-t/\tau_{UV} + T_R}} \propto E_R \cdot \frac{T_R}{T_0} \cdot e^{+t/\tau_{UV}}$$

elhanyagolva

$$E_R = E_0 \cdot \frac{T_0}{T_R}$$

$$E(t) = E_0 \cdot e^{t/\tau_{UV}}$$



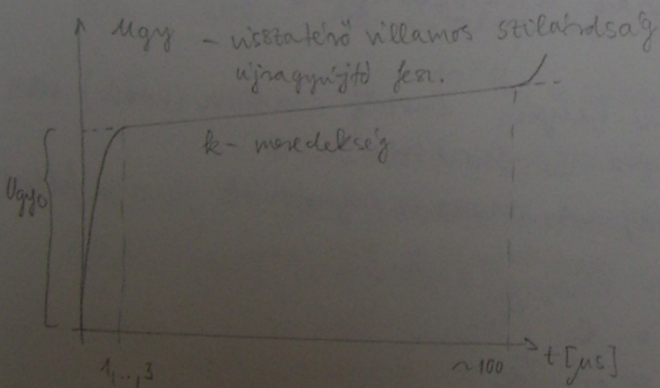
- Termikus újragyulladás: NaF

Ha az utóleben megjelenni látszik az újragyulladás (VSF) hatására a folyó utóleben növeli az UV hőmérsékletét és hőterhelését ( $\frac{dQ}{dt} > 0$ )

- Dielektromos újragyulladás: KIF, NaF

A termikus folyamatok elhanyagolhatók (nagy  $U_e$ 's kis  $t$  vagy hűtés miatt). Ekkor a tüzés jön létre a lökéscionizáció miatt. Gyors fest. és teherösség növekedés az érintkezők között.

Újragyulladás megakadályozása



$$I < 100 A$$

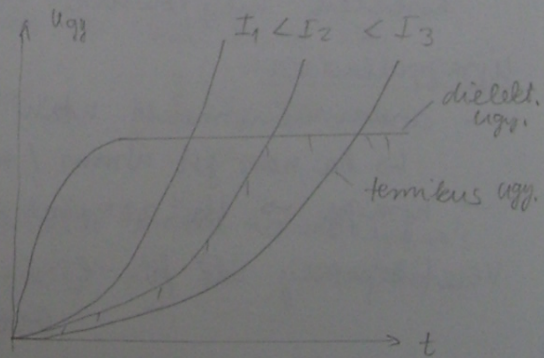
$$U_{gy0} = 160 \dots 200 V$$

$$I > 1 \mu A$$

$$U_{gy0} = 10 V$$

$$U_{gy} = U_{gy0} + k \cdot t$$

**KIF** ↑



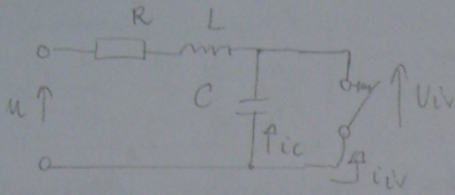
A kisebb feszültségek érintkezések

Holtas:

- $p \uparrow$
- hűtés
- oltóközeg

**NaF** ↑

Ív stabilitás vizsgálata:



ne jöjjön létre áramlevágás

Ív stabilitás feltétele:

$$\frac{R}{L} + \frac{1}{C \cdot R_{iv}} - \frac{1}{\tau_m} > 0$$

*ív termikus időállandója*

Energiaáramlások az ívbe:

- indukciósból,  $T_{ind} = L/R$
- kapacitívából,  $T_{kap} = C \cdot R_{iv}$

Ív stabilitás feltétele:  $C \cdot R_{iv} < \tau_m$

A katódi gyorsabban áramoltatja vissza az energiát, mint ahogy  $\tau_m$  időállandója ív változik.  $\rightarrow$  Stabil

Ha  $\tau_{iv} < C \cdot R_{iv}$ : instabil, áramlevágás

- ív hűtésnél
- kis pillanatértékű áramoknál

Vákuumban égő ív

- Anódból és katódból kiradló fémgőz plazmaból áll.
- Töltéshordozók keletkezése: termikus emisszióval
- Hőleadás: sugárzás:  $T_{iv}$  nagy  $\rightarrow U_{iv}$  kicsi (50... 200V)

Fémgőz ív alakul ki, az áram növekedésével ez változik:

- 100... 150A: 1db ívtalppont a katódon  $\rightarrow$  csak katód esés

$$P_{iv} = 10^5 \text{ Pa a plazmában}$$

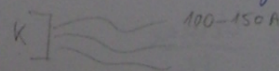
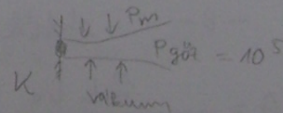
Ezzel tart egyensúlyt  $P_m$ .

$P_m$  - elektrodinamikus súkító erőből adódó nyomás

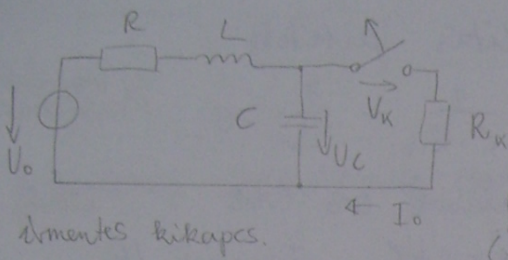
- 4kA: több áramszál, nincs anód esés

- 8-12kA: anód esés van

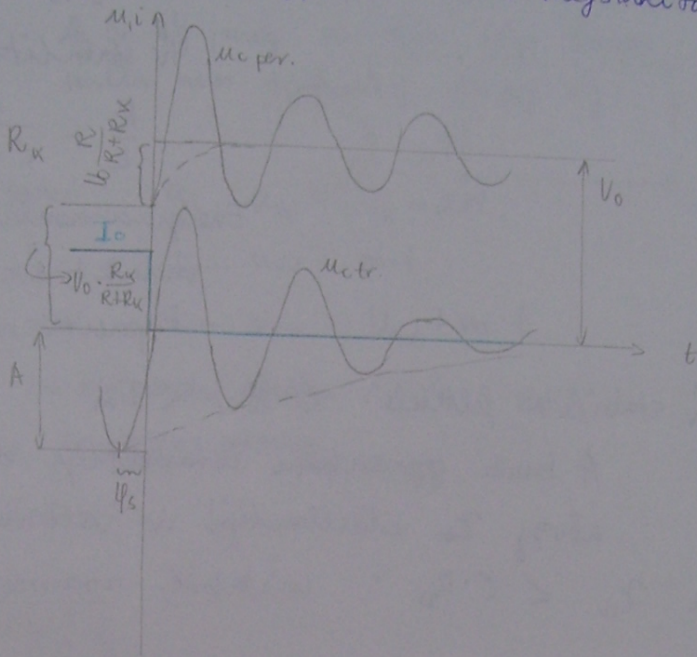
katódon koncentrált ívtalppont



15.) Egyenáramú ideális kikapcsolás. Egyenáramú iv megszakítás



árammentes kikapcs.



Képlet:  $u_k$  fesz.  
( $U_0$ -tól független VSF)

Nyitás előtt:  $I_0 = \frac{U_0}{R + R_k}$

$$U_k = U_c = U_0 \frac{R_k}{R + R_k}$$

Nyitás után sok idővel a kondi  $U_0$ -ra töltődik majd.

Periodikus eset:  $u_c = u_{stac} + u_{ctr} =$   
 $U_0 - A \cdot \cos(\omega_s t + \varphi_s) \cdot e^{-\delta t}$

$$\delta = \frac{R}{2L}; \quad \omega_s = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

Kérdési értékek feltétel:

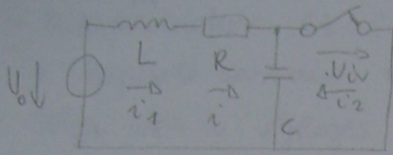
- VSF kérdési menedek ség:  $\left. \frac{du_c}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{I_0}{C} \right\}$
- " " " " " :  $u_c(0) = U_{c0}$

$$\left( A = \frac{2L U_0}{(R + R_k) \sqrt{C(4L - R^2 C)}}; \quad \cos \varphi_s = \frac{R \cdot U_0}{A(R + R_k)} \right)$$

$$k_{cs} = \frac{U_{cmax}}{U_0}$$

Ha  $R=0 \Rightarrow \underline{u_c} = U_0 + \frac{U_0}{R_k} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \sin \omega_0 t$

## Egyenáramú iv megszakítása



Az iv ég, míg a rajta folyó áram nulla nem lesz,  $t_{iv}$  ideig ég.

Itt feszültség változásának esetei: a)  $u_{iv} = U_{iv} = \text{állandó}$ .

b)  $u_{iv} = m \cdot t$

Keresett áram:  $i$

c)  $u_{iv} = U_{AK} + m \cdot t$

Nyitáskor:  $i_1 = \frac{U_0}{R} = I_0$  ← stacioner áram

Nyitáskor: Megmunkál  $i_2$  tranziciens áram

$$i = i_1 + i_2$$

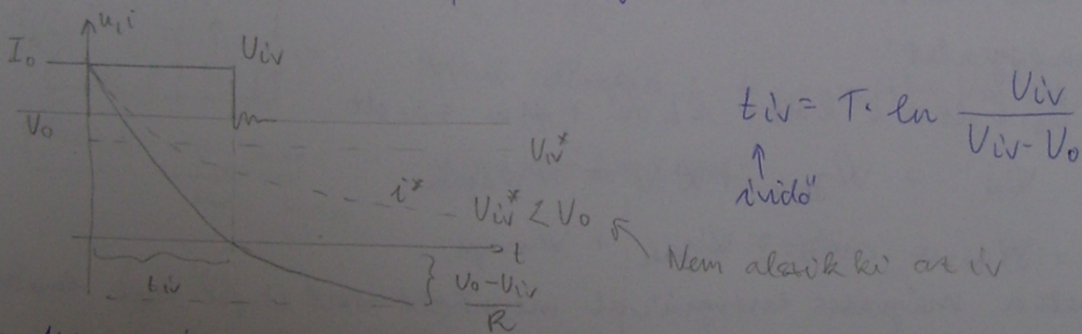
a)  $u_{iv} = U_{iv} = \text{állandó}$ .

$$i_2 = - \frac{U_{iv}}{R} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad T = \frac{L}{R}$$

$\uparrow$   
i-el ellentétes

$$i = \frac{U_0}{R} - \frac{U_{iv}}{R} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \rightarrow i \text{ csökken; kialva's, ha } i = 0$$

Kialva's csak akkor, ha  $U_{iv} > U_0$



b)  $u_{iv} = m \cdot t$

Tranziciens áram időfü. Laplace-transzformálva:

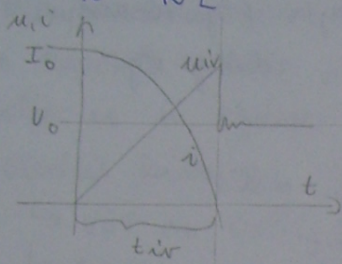
$$I_2(s) = -\frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{R+sL}$$

$$I_2(s) \cdot s = -\frac{m}{s} \cdot \frac{1}{R+sL}$$

$$i_2 = -\frac{m}{R} \int_0^t (1 - e^{-\frac{t}{T}}) dt = -\frac{m}{R} \left[ t - T (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \right]$$

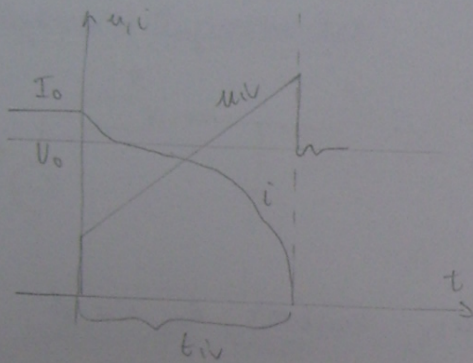
$$i = \frac{U_0}{R} - \frac{m}{R} \left[ t - T (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \right]$$

$$i = \frac{V_0}{R} - \frac{m}{R} \left[ t - T(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \right] ; \quad t_{iv} \text{ iterációval: } t_{iv} \approx \frac{V_0}{m} + T$$



$$C) \quad u_{iv} = U_{AK} + m \cdot t$$

Tranziens áram időfő-l, az előző 2 eset tranziens áram összegeként kezelhető



Holtas csak, akkor ha  $U_{iv} > V_0$ .

Energiaegyenlet:

$$V_0 \cdot i \, dt = i^2 R \, dt + i L \, di + u_{iv} \cdot i \, dt$$

$$W_H = W_{\text{Joule}} + W_{iv} - W_{\text{magnés}}$$

$$W_{iv} = W_H - W_{\text{Joule}} + W_{\text{magnés}}$$

Az  $i$ -nek a mágneses energiával megnövelt részt is fel kell emésztetni.



16.) Váltakozó áramú ideális kikapcsolású nagyfesz. - en, zárlat a megsz. kapcs.

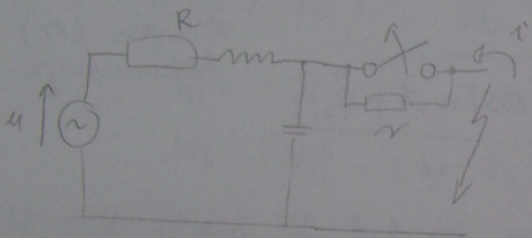
- kikapcsoláskor az áram időfüggő váltakozó áramú melleátmeneti után a kapcsoló sarkain megjelenik a VSF, aminek időfr. - e befolyásolja az új végleges kiáramlást.

- ideális kikapcs.: a kikapcsolású árammelleátmenetben következőt bír  
 ↳ VSF az idővel független lesz → független áram és VSF  
 ↳ tehát az új hatásként elektromágnes

- megszakítás: új hatásként figyelembe vesszük

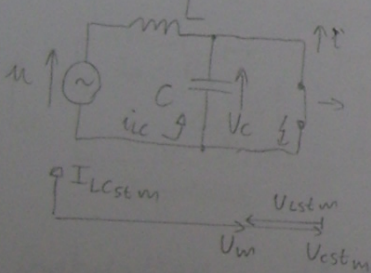
független VSF: zárlat kikapcsolású után a kapcsoló sarkain fellépő viszta szétkező fesz.

Megszakított kapocszárlat



- ideális kikapcs., árammelleátmenetben  
 - r: maradék árcsatoma ellenállása

a) csillapítás nélküli eset ( $R=0; r=\infty$ )  $\cos\varphi=0,1$



$X_C \gg X_L$

Hosszú idő után:  $u_{cst} = u(t) = U_m \cdot \cos \omega t$

↑  
 viszta tényleg feszültség

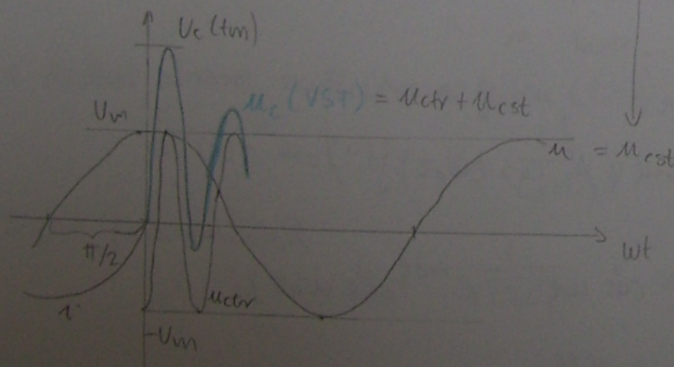
$t=0 \rightarrow u_{cst}(0) = U_m$

$u_c(t) = u_{cst}(t) + u_{ctr}(t)$

↑  
 VSF

$u_c(0) = 0$

$u_c(0) = 0 = U_m + u_{ctr}(0)$   
 -  $U_m$



egy frekvencia's VSF

$u_{ctr} \rightarrow -U_m$  -ről indul  
 → Nem csillapodik ( $R=0$ )  
 →  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

transziens =  $\rightarrow u_{ctr} = -U_m \cdot \cos \omega_0 t$   
 zárlat szétkező

$$i_L(0) = 0 \rightarrow C \cdot \left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0} = i_{Lc}(0) = 0$$

$u_{cst}$  és  $u_C \leftarrow$  zérus kezdeti meredekségű

$$u_C(t) = u_{cst}(t) + u_{ctr}(t)$$

↑  
független VSF :  $u_C(t) = U_m (\cos \omega t - \cos \omega_0 t)$  ;  $k_{cs} = \frac{u_C(t_m)}{U_m}$

b) Soros csillapítással ( $R \neq 0, r = \infty$ )

- tranzienst össztevő csillapodási fegy

- zárlati áram késése kisebb, mint  $\frac{\pi}{2} \rightarrow u_{cst}(0) < U_m$  és  $k_{cs} < 2$

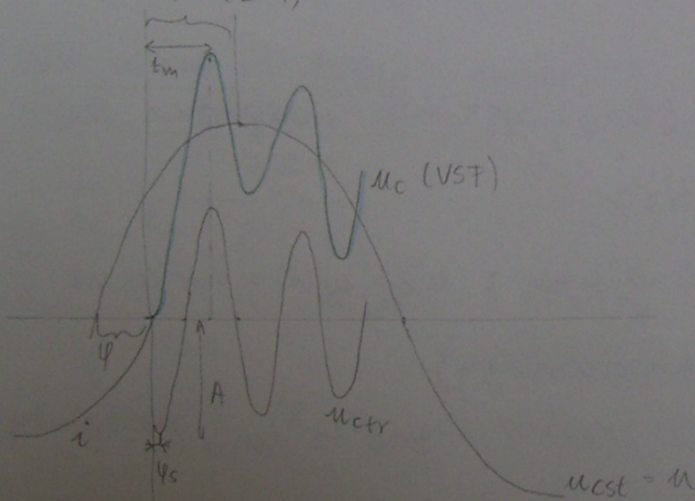
$$u_C(0) = 0 ; \left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0} = 0 ; \delta = \frac{R}{2L} ; \omega_s = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

független VSF idő fr. - e:

$$u_C = U_m \left[ \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{2} + \varphi \right) - e^{-\delta t} A \cos(\omega_s t - \psi_s) \right]$$

$\psi = -(\frac{\pi}{2} - \varphi)$

↑  
"átmeneti" (tr.)  
frekvenciájára



(Gyakorlatban:  $\omega L \gg R \Rightarrow \psi_s \approx 0 ; \omega_0 \approx \omega_s$ )

$$u_C = U_m [\sin(\omega t + \varphi) - e^{-\delta t} \sin \varphi A \cos(\omega_0 t)]$$

$$\cos \varphi = 0,1 ; \varphi \approx \frac{\pi}{2}$$

Egyes speciális esetek:  $u_C = U_m (\cos \omega t - e^{-\delta t} \cos \omega_0 t)$

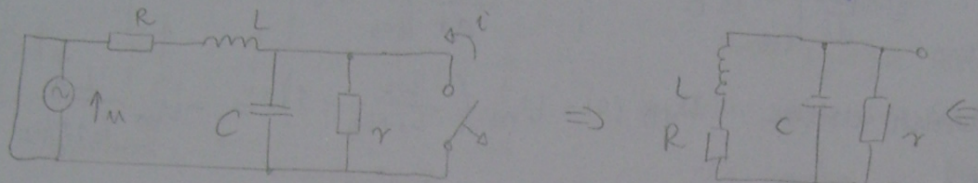
Ha  $u_{cst} = U_m = \text{all.}$

$$u_C = U_m (1 - e^{-\delta t} \cos \omega_0 t)$$

g) Soros és párhuzamos csillapítás ( $R \neq 0, r \neq \infty$ )

- $r \rightarrow$  tranzienst összekötő befolyásolja
- most váltóáram
- csak tranzienst összekötő kell vizsgálani  $\rightarrow$  ábraművelet

$$W_s = \frac{W_0^2}{s^2 + 2\zeta W_0 s + W_0^2} \quad W_0 = \frac{1}{T}$$



$$Z_e(s) = \frac{s + \frac{R}{L}}{s^2 + 2\zeta s + W_0^2 \left(1 + \frac{R}{r}\right)}$$

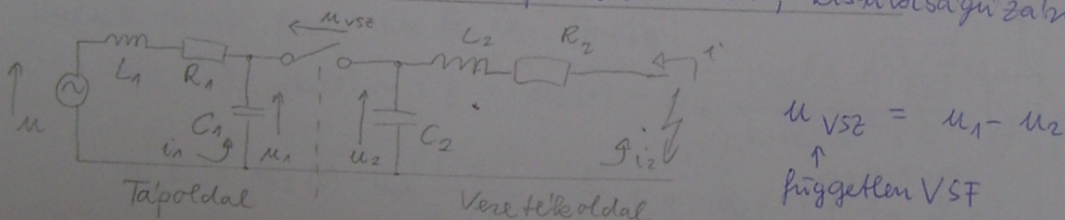
Csillapítási tényező:

$$\zeta = \frac{1}{2} \left( \frac{R}{L} + \frac{1}{rC} \right) = \frac{R}{2L} + \frac{1}{2rC} = \zeta_s + \zeta_p$$

$$s_{1,2} = -\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - W_0^2 \left(1 + \frac{R}{r}\right)}$$

$$W_s = \sqrt{W_0^2 - (\zeta_p - \zeta_s)^2}$$

17. Vált. áram id. kikapcs. nagyfesz.-en, zárlat a megszakító kapcsán után a hálózatban ( két frekvenciás VSF, kistárolóval zárlat)



$$u_{VSF} = u_1 - u_2$$

↑  
független VSF

Gyakorlatban:  $(R_1 + R_2) \ll \omega(L_1 + L_2) \ll \frac{1}{\omega(C_1 + C_2)}$

i zárlati áram nullatimepontján ( $t=0$ ):

$$u_1(0) = u_2(0) = U_m \frac{L_2}{L_1 + L_2}; \quad u_{VSF}(0) = 0$$

Saját frekvenciák:

$$\omega_{01} = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}; \quad \omega_{02} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}; \quad C_1 \gg C_2 \Rightarrow \omega_{s2} > \omega_{s1}$$

Talpoldal:  $u_1 = u + u_{1tr}$

$$C \frac{du_1}{dt} \Big|_{t=0} = i_{L1}(0) = 0$$

$$\frac{du_{1st}}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{du}{dt} \Big|_{t=0} = 0 \quad ; \quad \frac{du_{1tr}}{dt} \Big|_{t=0} = 0$$

$u_1$  tranzisztors kezdeti értéke:  $u_{1tr}(0) = U_m \left( \frac{L_2}{L_1+L_2} - 1 \right) = -U_m \frac{L_1}{L_1+L_2}$

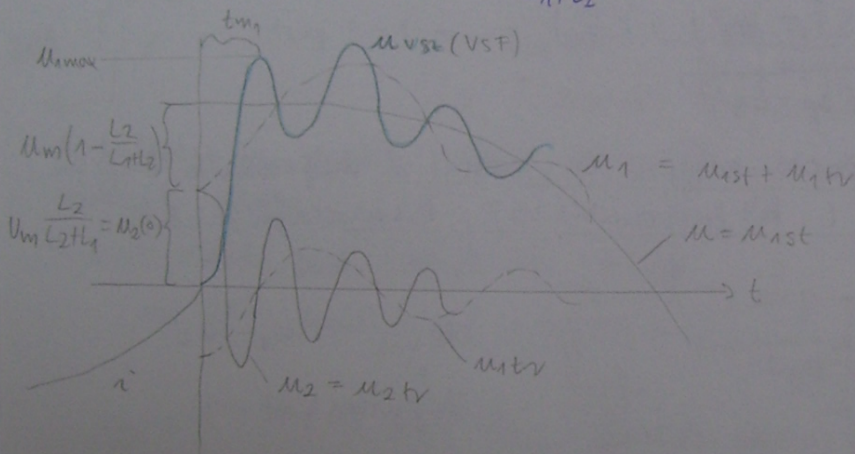
Ventékeoldal:

$$u_{2st} = 0$$

$$u_2 = u_{2tr}$$

ket-frekvencia's VSF idő fr-e:

$$u_{VSE} = U_m \left( \cos \omega_1 t - e^{-\delta_1 t} \frac{L_1}{L_1+L_2} (\cos \omega_1 t - e^{-\delta_2 t} \frac{L_2}{L_1+L_2} \cos \omega_2 t) \right)$$



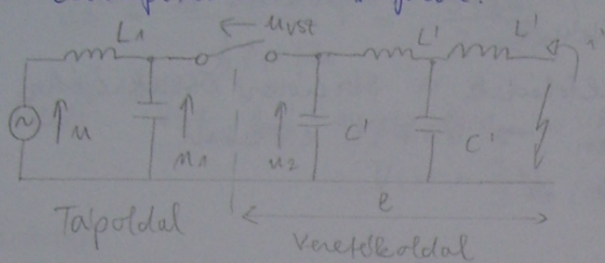
Egysenmésített képlet:  $u_{VSE} = U_m \left( 1 - \frac{L_1}{L_1+L_2} \cos \omega_1 t - \frac{L_2}{L_1+L_2} \cos \omega_2 t \right)$

Az első csúcsok tartozó idő:  $t_{m1} = \frac{\pi}{\omega_2}$

Az első csúcs:  $U_{1max} = 2U_m \frac{L_2}{L_1+L_2}$

Kistávolságú zárlat  $l = 1 \dots 10 \text{ km}$  (veszélyes zóna)

Hasznó, mint előző eset, de a vezeték oldal elcsúszott paramétereknél. Csillapítások elhanyagolva.



Hullámellenállás:  $Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

Hosszegységre eső  $\rightarrow$

Hullám terjedési sebessége:

$$v = \frac{1}{\sqrt{L' C'}}$$

Levegő:  $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

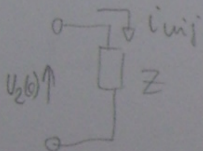
Kábel:  $1,5 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$u_{VST} = u_1 - u_2$$

$$L_2 = L' \cdot l$$

$$u_1(0) = u_2(0) = U_m \frac{L' l}{L_1 + L' l} L_2$$

Vezeték oldali fesz. áramingyektalálással:



$$i_{inj} = -i = -I_m \sin \omega t = -\frac{U_m \sin \omega t}{\omega(L_1 + L' l)} = -\frac{U_m}{L_1 + L' l} t$$

$\rightarrow$  áramerősség zárlati áram csúszéskor

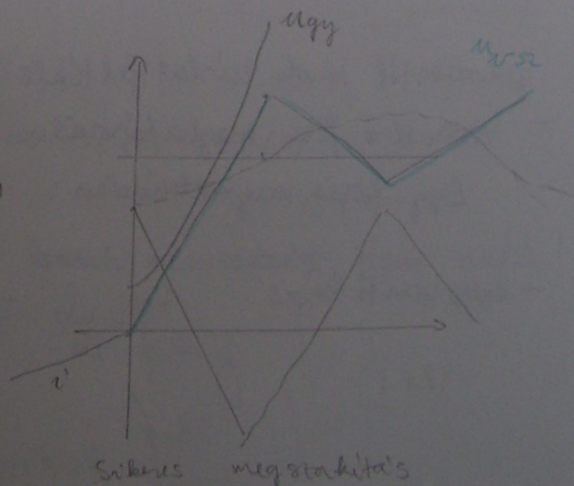
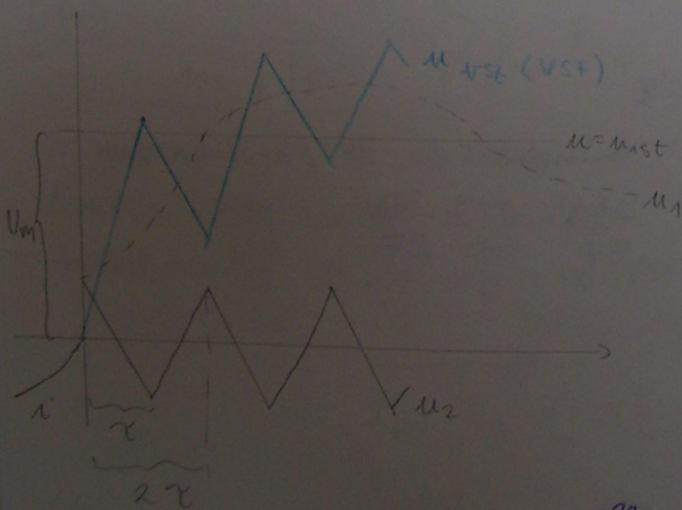
A hullám a vezeték végén,  $\tau = \frac{2l}{v}$  idő alatt érődik vissza, és ehhez képest visszafelé.

Vezeték oldali fesz. időfüggése  $\tau$ -ig:

$$u_2(t) = u_2(0) - i Z = u_2(0) - U_m \frac{1}{L_1 + L' l} t \sqrt{\frac{L'}{C'}} \leftarrow \sqrt{C'} = \frac{1}{v L_1}$$

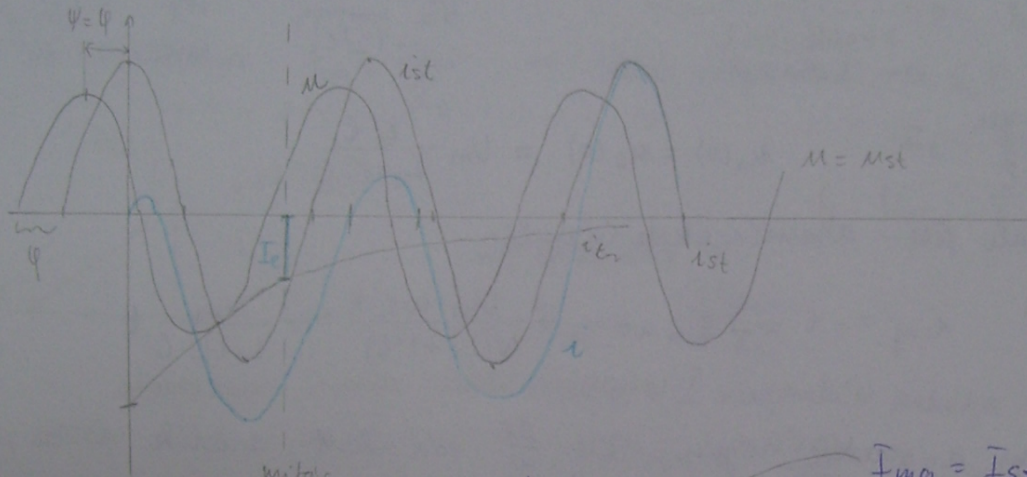
$$u_2(t) = u_2(0) - U_m \frac{L' l}{L_1 + L' l} \cdot \frac{v}{l} \cdot t = u_2(0) \left( 1 - \frac{v}{l} t \right)$$

$$u_{VST} = U_m \left[ 1 - \frac{L_1}{L_1 + L' l} \cdot \cos \omega_0 t - \frac{L' l}{L_1 + L' l} \left( 1 - \frac{v}{l} t \right) \right] = u_1 - u_2$$



18. Vált. áram kikapcs. nagy. fesz.-en, egyenáramú összekötő hálós a VSF-re és kikapcsolás háromfázisú áramkörben

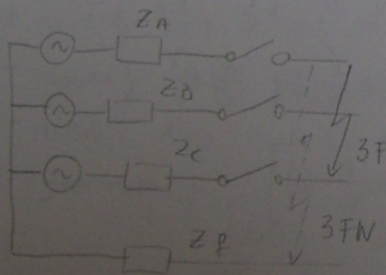
- Gyors megszakítóknál előfordulhat, hogy a kikapcsolás a tranzienus összekötő lecsillapodása előtt történik.
- Zárkelti áram nullátmenete eltolódik a stacioner összekötőjéhez képest  $\rightarrow$  visszatérő fesz. csökken  $\rightarrow$  VSF is csökken  $\rightarrow$  Megszakító áramigényberétele nő



Aszimmetria % -ban:  $\beta = \frac{|I_e| \cdot 100}{|I_{msl}| \sqrt{2}} \% = \frac{|I_e|}{|I_{st\text{eff}}| \sqrt{2}} \cdot 100 [\%]$

$I_{msl} = I_{st, \text{eff}}$

ld. kikapcs. 3F-en

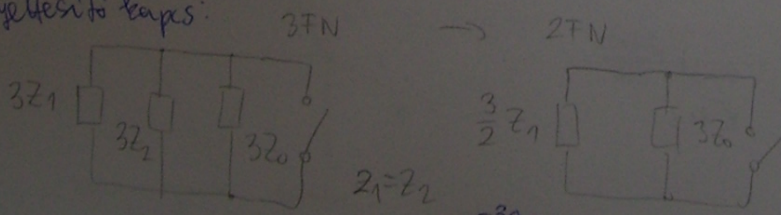


- 3F esetén a megszakítás nem egyenre van  $\rightarrow$  aszimmetria miatt
- pólusjelnyerő =  $\frac{U_{v\text{tm}}}{U_{\text{fm}}}$  — visszatérő fesz. — fázis fesz.

Generátorról tárolt zárlat feltételezése

- Visszatérő fesz. meghatározása: kiindulás: 3F / 3FN zárlat
- Egy fázis megszakadása:  $3FN \rightarrow 2FN$   
 $3F \rightarrow 2F$

- helyettesítő kápos:



A megszakítandó áram, a pozitív szimmetriás 3-szoros, ezért vannak 3-szoros értékkel az impedanciák.

$$Z_e = \frac{\frac{3}{2} Z_1 \cdot 3Z_0}{\frac{3}{2} Z_1 + 3Z_0} = \frac{3Z_1 Z_0}{Z_1 + 2Z_0}$$

szigetelt csillagpont esetén:  $Z_0 = \infty$

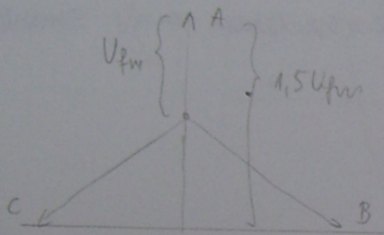
$$Z_e = \frac{3}{2} Z_1$$

Tehát: VSF 1,5-szerese lesz a fázisfeszültségnek.

$$V(s) = \frac{3}{2} I_A(s) \cdot Z_1(s)$$

Fázisok:

3F zárlatkör:  $I_m = \frac{U_{fm}}{Z_1} \rightarrow 1 \text{ fázis megszakad} \rightarrow 2F$



$$Z_e = \frac{Z_1}{2} + Z_1 = \frac{3}{2} Z_1$$

$$1.) \underline{U_{VTM}} = I_{m1} Z_e = 1,5 U_{fm}$$

2F zárlatkör:

$$I_m = \frac{\sqrt{3} U_{fm}}{2 Z_1}$$

2F zárlatot, 2 megszakított szaktíja meg:

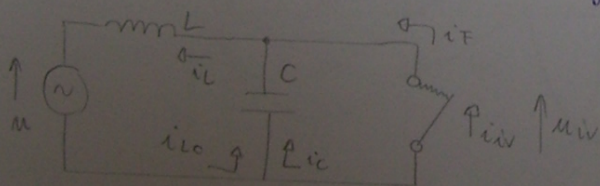
$$2 U_{VTM} = \frac{\sqrt{3} U_{fm}}{2 Z_1} \cdot 2 Z_1 = \sqrt{3} U_{fm}$$

Egy megszakított visszatérő fázis - e:  $\underline{U_{VTM}} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{fm}$

$$3.) U_{VTM} = 1 U_{fm}$$

19.) Váltakozó áramú iv megszakítása nagyfesz - en, megszakítás esetei

- eddig VSF ze'ns kezdeti értékeől indult, ze'ns meredekséggel
- eddig ivől független zárlati áram (i<sub>F</sub>) ki kapcsolása volt
- most: i<sub>iv</sub> - iv áram megszakítása



$$i_{iv} = i_L - i_C$$

1/r megszakad ( $t=0$ ), ha  $i_{iv} = 0 \Rightarrow i_L(0) = i_C(0)$ .

Ezután csak i<sub>C</sub> folyik tovább.

Zárlat alatt:  $u_{iv} = u_C \Rightarrow$  VSF kezdeti meredeksége nem nulla!

$$\frac{du_{iv}}{dt} \Big|_{t=0}$$

Megszakítás esetei:

- áram közel sinusos
- áram 3 jellegzetes nullátmenete: <sup>a,</sup> természetes, <sup>b,</sup> szettelt, <sup>c,</sup> késleltetett

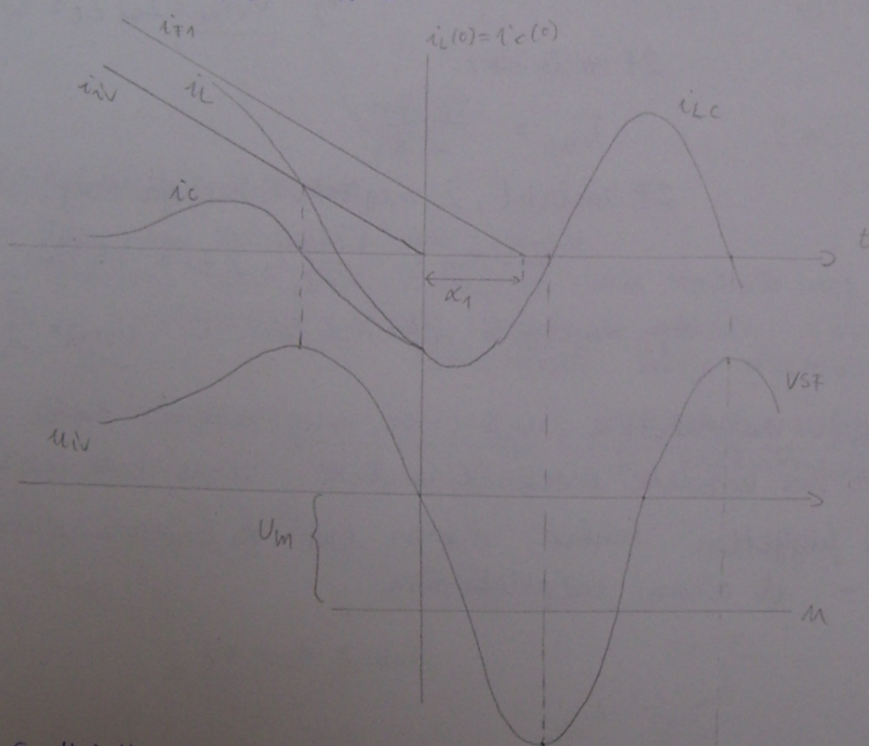
Egyenletek: (1)  $i_L(0) = i_C(0) = C \frac{du_v}{dt} \Big|_{t=0}$

(2)  $i_L = \frac{1}{L} \int (u - u_v) dt = i_F - \frac{1}{L} \int u_v dt$

(3)  $i_C = C \frac{du_v}{dt}$  ↑  
független áram

a, Természetes áramnullátmenet

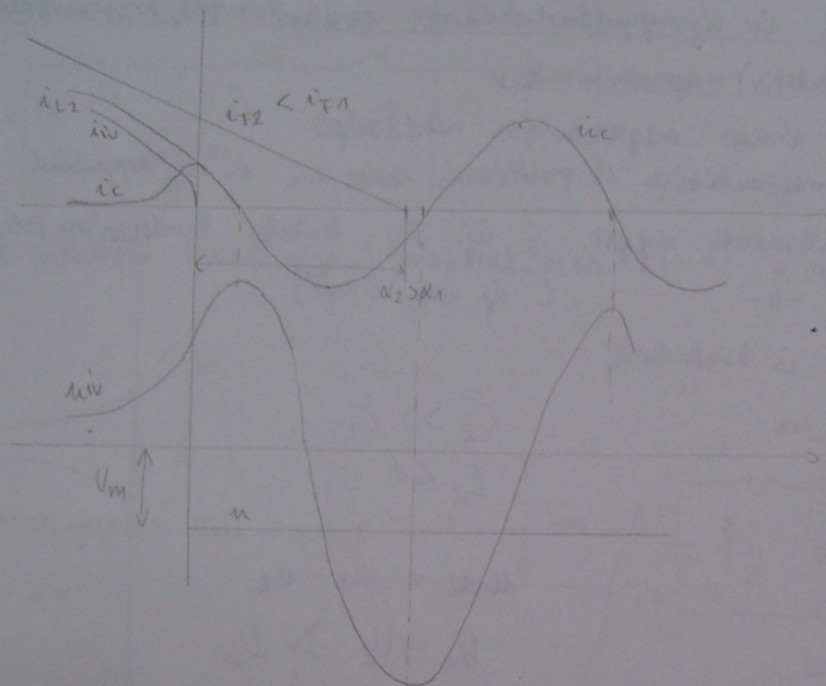
- közepe nagyságú áramoknál  $u_v$  nem növekszik mélyedéken  $\rightarrow$   $i_v$  stabil
- $\tau_{i_v} > R_{i_v} \cdot C$



b, Szettelt áramnullátmenet

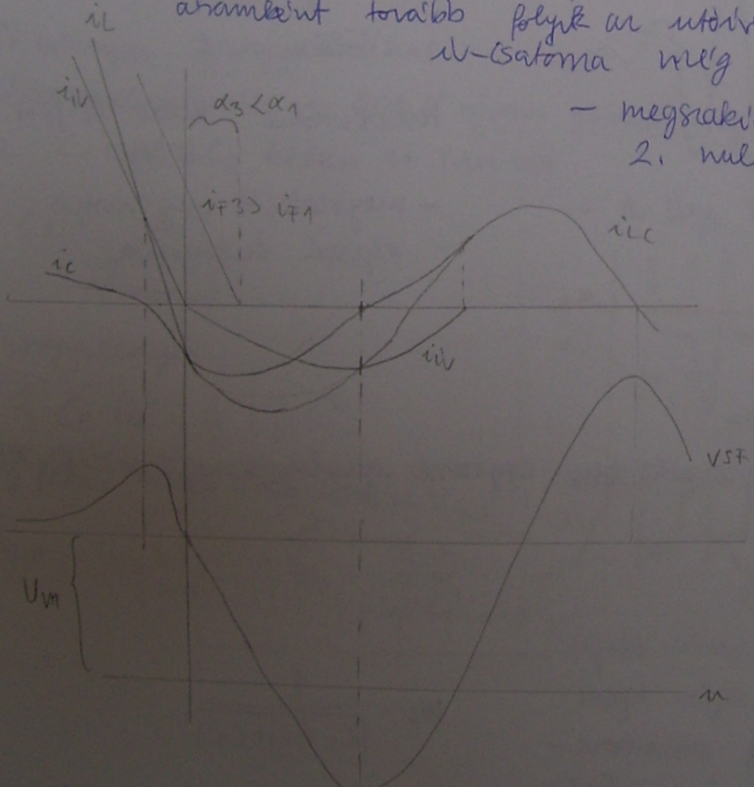
- kis áramok megstabilitása
- $i_v$  fest gyorsan nő  $\rightarrow$   $i_v$  instabil lesz  $\tau_{i_v} < R_{i_v} \cdot C$
- áramlerágás
- áramtól független előhataású megszakító és megszakító eseten is
- nagy csúcs-temperú





C, Késleltetett nullátmenet

- igen nagy zárlati áram esetén
- utáram első nullátmenetnél nem szűnik meg, hanem utó-áramként tovább folyik az utóáram, mert a másodlagos áramkör még vezetőképes



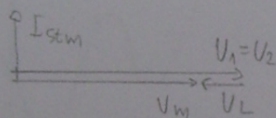
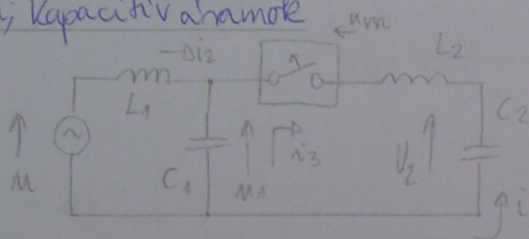
- megszakítás nagyfrekvenciás áram 2. nullátmenetében

- utáram okozhat nemkívánatos újragyulladásokat → szabványos!

22, Váltakozó áramú tv újragyulladások veszélyei terhelőáramok (kapacitív és induktív) megszakításakor

- nem csak a zárlati áram megszakítása veszélyes
- kisebb terhelő áram megszakítása is problémás lehet, ha tv újragyullad
- a) Kapacitív terhelő áramok megs. (új. TV, kábel; kondenzátor telep)
- b) Kis induktív -||- (új. nagy trafo')
- áramlevegős nélkül is kialakul

a) Kapacitív áramok



$$C_2 \gg C_1$$

$$L_2 \ll L_1$$

← kikapcs előtt elkapcsolva

$$U_{vst} = U_1 - U_2$$

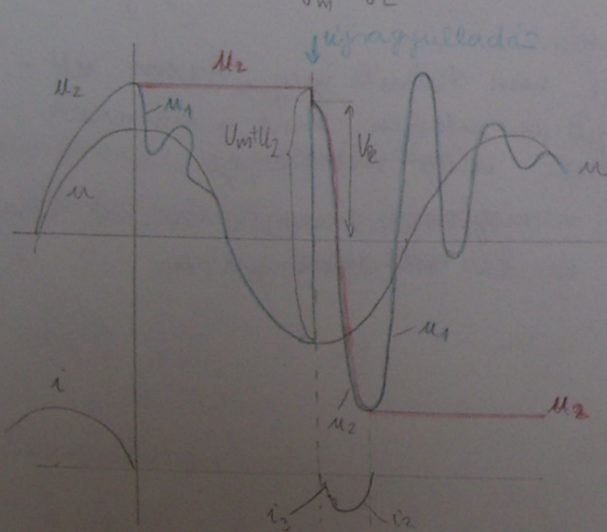
$$U_1 = U_2 > U_m$$

Tápoldalon:  $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$  ← kondi frekv. frekvenciája

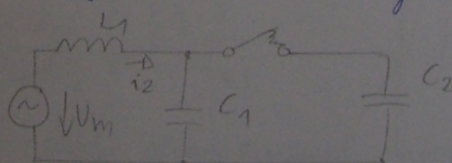
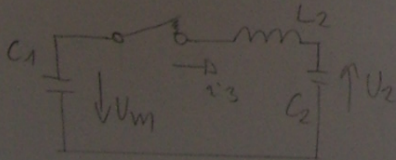
↓  
Elemi u-t

Terhelőoldalon: Kondi U2 frekv. - x töltés

- megszakító még nincs teljesen szétgyírtva



tv felgyulladások 2 sorokörben egymáshoz viszonyítva megtransziens részek



$i_3$  folyik, a 2 kondi

$U_2$  közel egyenlítődik

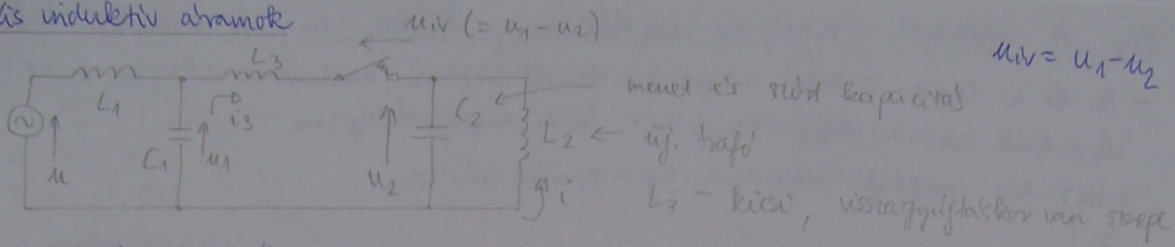
$i_3$  - nagy frekvenciájú:  $C_e = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C_e}}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_1 (C_1 + C_2)}}$$

$$\omega_3 > \omega_1 > \omega_2$$

b) kis induktív áramok



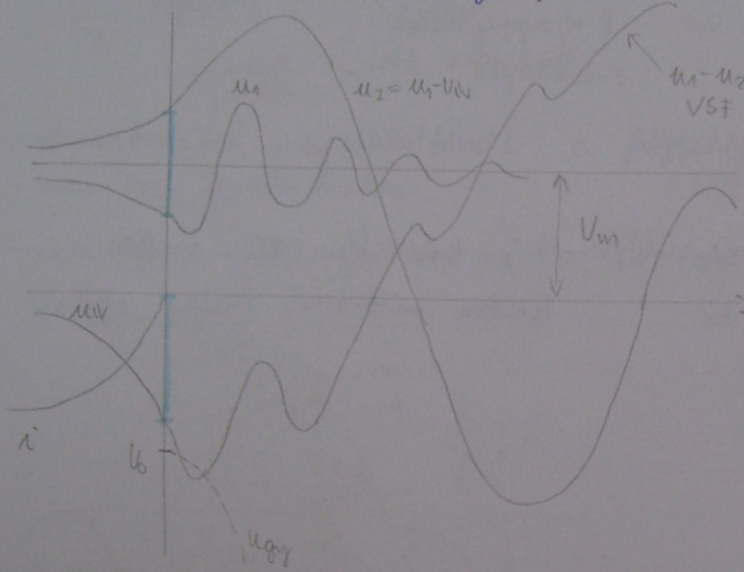
$$u_{iv} = u_1 - u_2$$

menet és rövid kapacitás

új. tápl.

L3 - kicsi, visszagyújtáskor van szerepe

- i induktív terhelő áram megőrzésénél (t=0), áramlevegés



$$u_2 = u_1 - u_{iv}$$

$$u_1 = U_m - L_1 \frac{di}{dt}$$

$$u_{vsf} = u_1 - u_2$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} \leftarrow u_1 \text{ leng}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} \leftarrow u_2 \text{ leng}$$

u1 és u2 is tart konstans.

kor. u1 → Um

u2 → 0

$$\omega_2 < \omega_1$$

- VSF könnyen újragyulladhat

- újragyulladásnál iz kisítő áram indult meg

a C1-L2-C3 körben az ilyen át

$$C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} < C_1$$

(sorban)

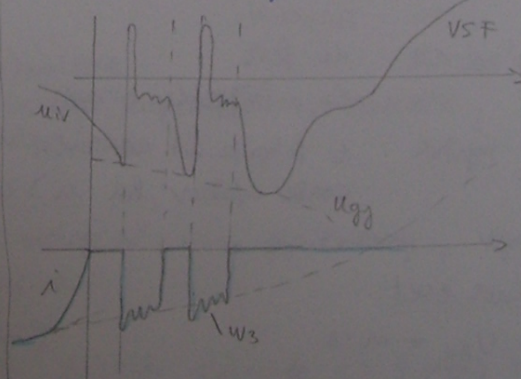
Energialengés:

$$\frac{1}{2} C_e \cdot U_0^2 = \frac{1}{2} L_3 \cdot I_{3m}^2$$

Nagy frekv. kisítő áram csúcsa:

$$I_{3m} = U_0 \sqrt{\frac{C_e}{L_e}} \quad ; \quad \omega_3 = \frac{1}{\sqrt{L_3 \cdot C_e}}$$

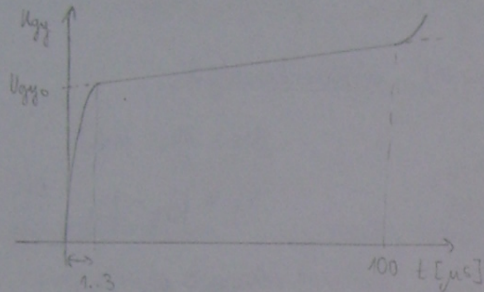
- Az ilyen meg 50 Hz-es áram is átfolyik



- újabb áramlevegés, visszagyújtás, majd végleges kialvás

- sorozatos visszagyújtások átütésűk, zárlathoz vezetnek

- 21, A váltakozó áramú  $UV$  megakapcsolás kisfesz. -en,  $UV$  áramkör. hatása
- Az  $UV$  a rajta átfolyó megakapcsolás áram nullátmenetében keletkezik, így csak az újragyulladások kell megakadályozni.
  - kiF-en csak dielektromos újragyulladás van.

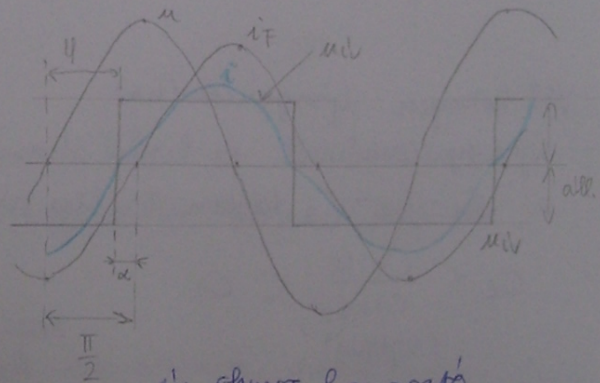
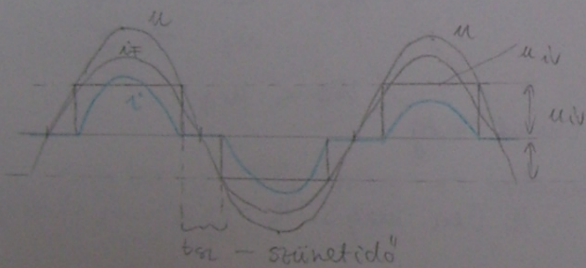
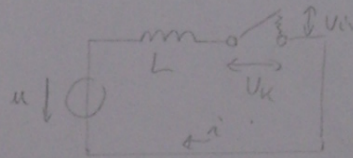
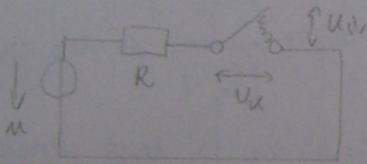


$u_{gy} = u_{gy0} + k \cdot t$  ← elektrolitok  
 ↑ újragyulladások  
 szűkeges fesz.

Külső áramkör  $UV$ , periodikus időfü. -ek,  $u_{UV} = U_{UV} = \text{all. } UV$  fesz.

Tiszta ohmos körben elő  $UV$

Tiszta induktív körben elő  $UV$

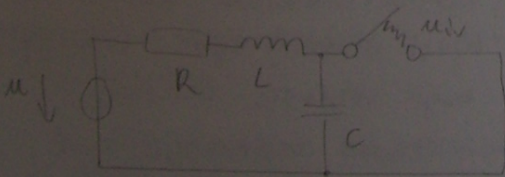


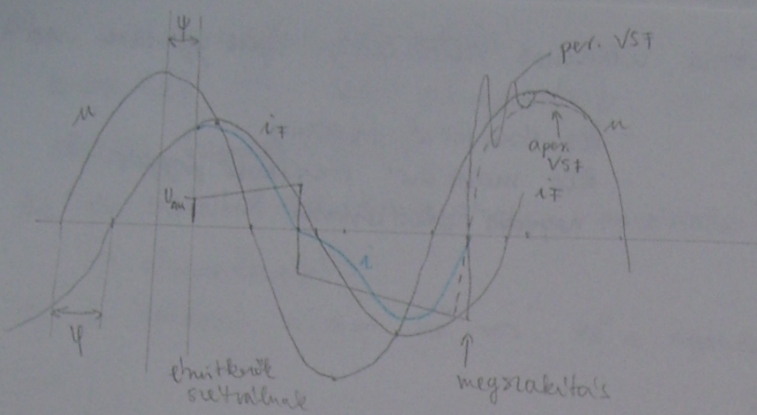
Kapcsolózártva:  $u$  fesz.  
 $i_F$  - független áram  
 nyitva:  $i$  folyik át az  $UV$ -en  
 csak akkor, ha  $u > u_{UV}$

$UV$  ohmos fogyasztó  
 $i$  periodikus, nem zúzó  
 késik  $u$ -hoz képest  $\varphi$ -vel  
 $u = U_m \sin(\omega t + \varphi) = U_{UV} + L \frac{di}{dt}$

Általános eset:

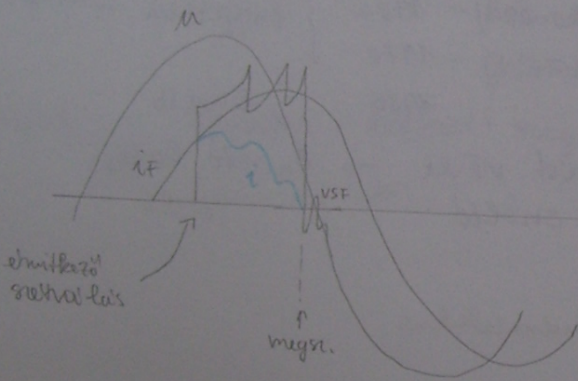
$u_{UV} = U_{AK} + m \cdot t$





- nyitás után ivfesi nő
- $i_T$  csökken és torzul

- áramkörletold meg szakítással: a független áram ( $i_T$ ) csúcsértéke nem tud kialakulni
- valószínűleg:  $u_{iv}$  gyorsan nő  $\rightarrow$   $u$  labilis lesz



## 22) Nagyfesz-ű SF<sub>6</sub> gázos és vákuum megszakító szerkezeti felépítése és működése

Megszakító: - mechanikus kapcsolókezelővel  
 - üzemi. és zárlati áramok kapcsolásához, vészéhez, megszakításához alkalmas  
 $u_{iv} \ll U_{tár}$

SFG: - szűrtelen, szagtalan, nem mérgező, nem gyúlékony, viszonylag stabil  
 - jó hővezetőképesség 2000K-en  
 - nagy átütési szilárdság  
 - kisebb hővezetőképesség, kisebb áramok és üzemanyag miatt N<sub>2</sub> esetében  
 $\tau_{iv} \propto \tau_{iv}^2 \Rightarrow \tau_{iv}$  kicsi (iv termikus időállandó)  
 - áramterhelés miatt, mert 3000-7000K-en az üzemanyag rossz hővezetőképesség miatt az megszakító vészterhelésére  
 - elektronegatív

SF6-ban a manolek icsaboma villamos szilárdságra igen gyorsan nő

Fontos előnyök:

- kisebb átmérőjű iv
- nagyobb átviteli szilárdság
- kisebb átmérőjű fűzőka
- kisebb nyomás
- kis élmittkerü tárolás
- kis mértékű élmittkerü fogadás
- nagyobb élettartam

De: - drága  
- jó tömítések kellene

Konstrukciók:

- Fűzővel oldék (Laval - fűzőka)
- tegegyirányú gázáramlással hűtés
- lehet egy- vagy kétnyomókörös

1. generációs ( kétnyomókörös )	1950	} független ivoltású
2. gen. ( egy -" - )	1970	
3. gen. ( -" - )	1980	

oldé gáz sebessége független az áramtól



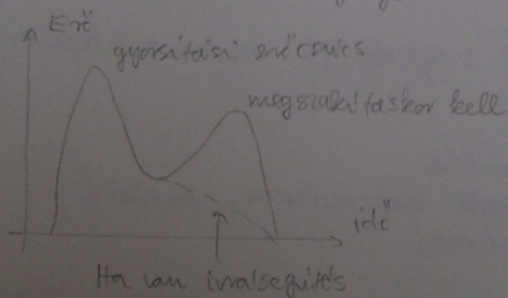
- ivoltásnyomása nyomást nőrel → önoldé katasztrófa

- Fűzővel: - teljes mértékben önoldé

Élmittkerü: ivoltás és áramvétel

Hajtás: rugóerőátvitel és hidraulikus

2. gen. oldékamra erőigény



Vákuummegstapási tok

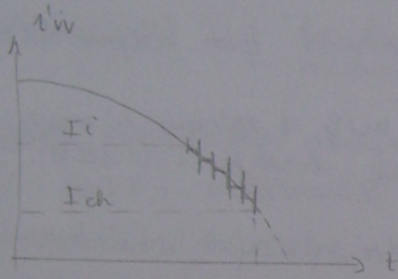
- nagy vákuumnak jó a villamos szigetelés ( $10^{-5}$  Pa)
- átvitel az anód felületére ütköző elektronok miatt  
↳  $e^-$ -ok energiát leadják → fűzőz keletkezik
- iv a kivált fűzőz plazmából áll
- töltéshordozó keletkezés termikus emisszióval
- nagy ivhőmérséklet
- nyitási kör a katódból ivoltás az áramvétel

Aram mellaámenethez közeledve'n:

külső hűt  $\rightarrow$  belső gőznyomás  $\downarrow$   $\rightarrow$  az új a magnészes nyomás elcsúpi (punch - hatás)

Az új instabil lesz és az aram a természetes mellaámenet előtt megszakad  
 $\hookrightarrow$  aramlevegős

Ha a zárlati aram  $h_0^i \Rightarrow h_0^i$  a nyomás  $\Rightarrow$  csökken az aramlevegős esélye



Erősítő: fémgőzökkel az új plazma

- nagy parciális gőznyomás  $\rightarrow$  kis aramlev. hajlam
- kis újfest.
- kis anyagfogyás
- kis hegedési hajlam
- gázmentesség

Fajtái: - egytagú / kéttagú szigetelővel felszerelt kanna

Megszakió összehasonlítás:

	SF6	Vakuum
VSF frekvenciájára érzékenység	-	-
Aramlevegős hajlam	-	+
Újragyújtási hajlam	-	-

23. Közep és kisfesz.-ű óráddó biztosíték szerkezeti felépítése és működése

- A hálózati gyengített része  $\rightarrow$  kioldás + i-volta's

Feladat: - Zavaróidelem

- nehézes áramot káratlan ideig véresse
- túlterhelés ellen nem jól megbízhatóan
- Zavaró kioldás:  $t_m < \frac{1}{2}$  periódusidő
- túlterhelési -||- :  $t_m \sim$  több óra is lehet

Típus: - megszakító jellegű: a zavaró áram több félperióduson át folyik

- áramkötő jellegű: óráddóval meg a zavaró áram csúcsértékének kialakulása előtt kiold.

- kis és közepfesz.-en alkalmazható

Fajták: - utregcsőves  $I_n = 5mA - 15A, I_z = 100A$

- Dízszed  $I_n = 2 \dots 63A, I_z = 50kA$

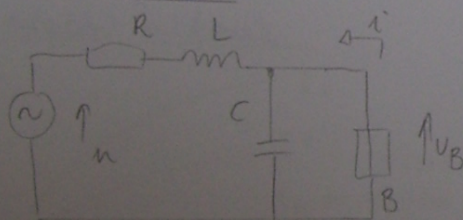
- Keszes  $I_n = 2 \dots 1250A, I_z = 100kA$

Felépítés: - alázat / foglalat, betét

- óráddó szál: réz, ezüst  $\leftarrow$  könnyűen károsított kárcsok

- kioldásjelző  $\leftarrow$  segéd-óráddószál

Zavaró működés



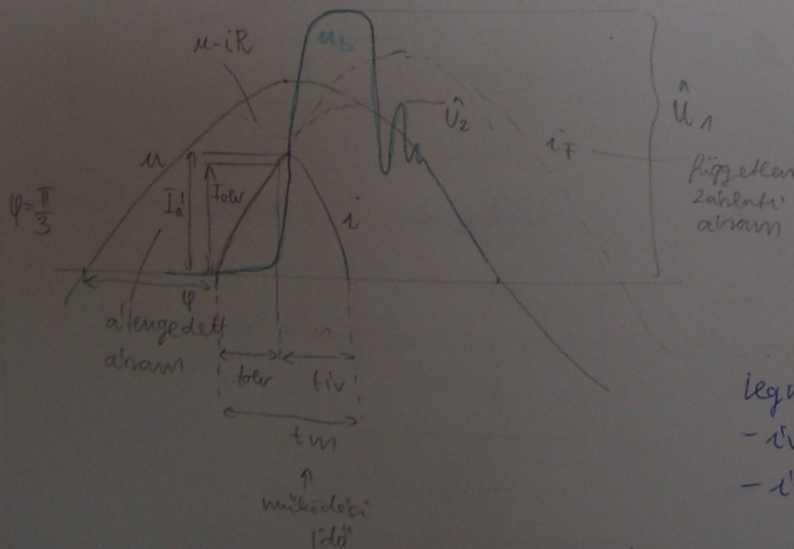
$$u = L \cdot \frac{di}{dt} + i \cdot R + u_b$$

Kioldás után:

$$u_{iv} = u_b = u - iR - L \frac{di}{dt}$$

$\frac{di}{dt} < 0 \rightarrow$  áram csökken

$u_b$  nő, mert nő a szál hőm. és ellenállása



legnagyobb fesz:

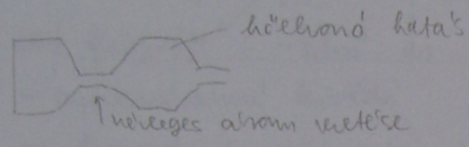
- i-ellenőskor:  $u_1$

- i-ellenőskor után:  $u_2$



- szál elmozdításakor, az elégközből, a józ a homokszemcsékkel csapódik és kétegyen a szünteresaboma, ami az iv oldalszor határosom hozzá járul

- fűzés bizt: nagyobb zárlati áramok, váltakozó keresztmetszetű olvadó szál



Igénybevételek: - kémikus (energiát) ← nagy, ha a zárlat fűs, hullám felmenő ága'ban jön le'ke  
 - mechanikus (nyomás) ← max. l'energia esetén: kritikus zárlati áram

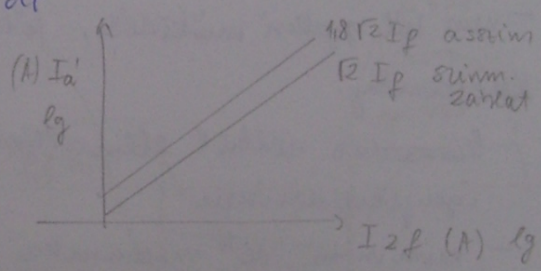
- nérelges megőrákítási áram esetén ( $I_2 = 100kA$ ) maximális a nyomás

- áramkötőre' képessége kinezünk,  $I_{ow}$  -ot kell figyelembe venni.

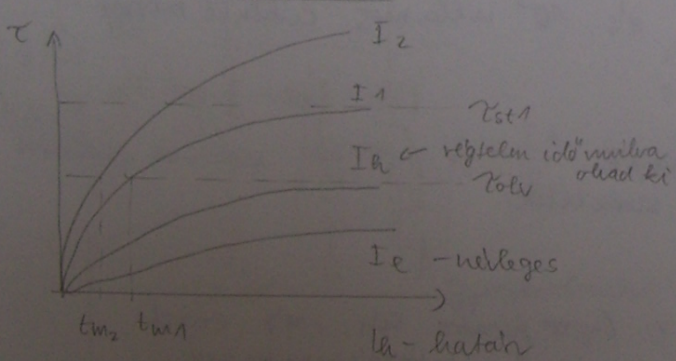
- kioldási Joule integrál :  $\int_{t_{ov}}^{t_{ov}} i^2 dt = A^2 \frac{C_0}{S_0 \cdot d_0} \ln \frac{1+d_0'(n_2 \omega - n_1)}{1+d_0'(n_2 \omega - n_0)}$

- működési :  $\int_0^{t_m} i^2 dt$

$I_a$  váltóá'sa'ra' jellemző áramkötőre'isi diagramm:



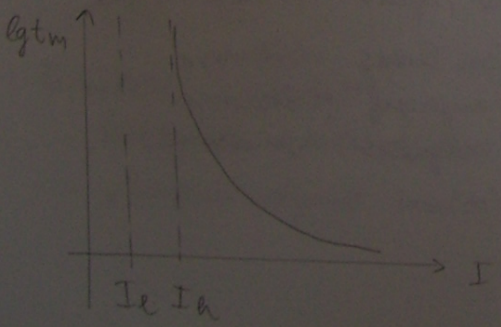
Fűlterhelési működés



$I_h = I_e$  jó lenne, de nem megvalósítható

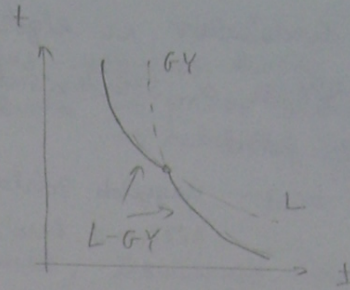
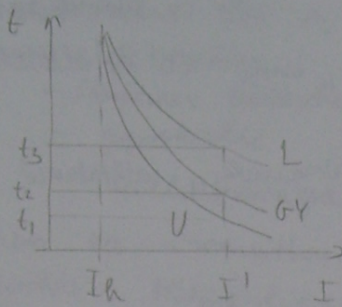
$I_h = (1,2 - 1,5) I_e$

Áram - működési idő' kar:



Jelölök:

- L - lamha
- kombinált, L-GY
- GY - gyors
- U - ultragyors



24) Kisfeszű megosztók szerkezeti felépítése és működése

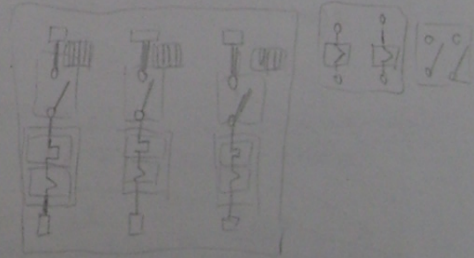
- üzemi és átél eltérő viszonyoknál alkalmaznak a bekapcsolásra, levételre és megosztásra
- $I_n = \dots 6,3 \text{ kA}$ ,  $I_z = \dots 200 \text{ kA}$
- nem túl gyakori működés, főleg zárlat és túlterhelésvédelmi üzemi követelmény:

Követelmény:

- karosszáls nélkül ellenállóan a zárlatok termikus és dinamikus igénybevételének
- minimum  $10^4$  mechanikai és  $10^3$  villamos ciklust bírjon

Szerkezeti egységek:

- áramút
- sönt kvádrók
- segéd-elmtérők
- mechanikai szerkezetek



1. áramút:

- csatlakozókapszák:
  - csavaros szorítók v. lapos furatos szil, réz, étüst
- főelmtérők:
  - nagy nyomóerő, pártogásmunkesség
  - hatékony ivterelés
  - anyaga:  $\text{Ag CdO}$ ,  $\text{Ag ZnO}$  → enüst éterelek
- ivelő szerkezet:
  - $\text{Cu}$  v.  $\text{Fe}$  deion leeres olfókamra
  - DC: szigetelő anyagnál olfókamra
  - ir terelés: magneses úphálsszal

- kvádró egység

- vevői összekötő kábel:  $\text{Cu}$

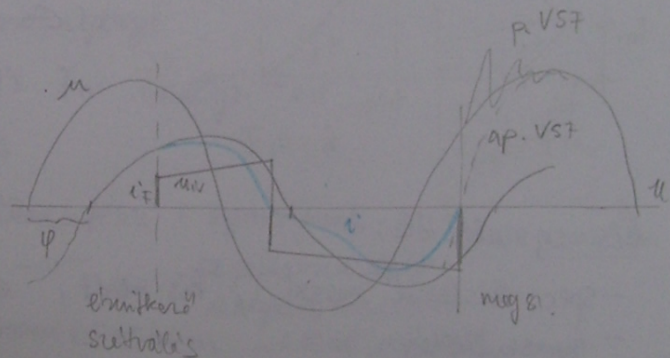
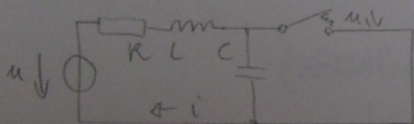
- kioldó egység:
  - elektronikus
  - nem elektronikus:
    - termikus - mágneses kioldó
    - kétfémes túlfeszülési kioldó → primer: átfolyó áramfüggő
    - gyorskioldó → szekunder: áramátadó  $f_u^4$

- 2. sőt kioldók:
  - nem az áramútból vannak, feszültségre érzékenyek
  - munkáramú kioldó: túláramvédelemmel
  - feszültségcsökkenési kioldó: fesz. eséskor kiold

- 3. mechanikus szerkezetek
  - vázterkezet: fém, műanyag
  - ↳ működtető mechanizmus

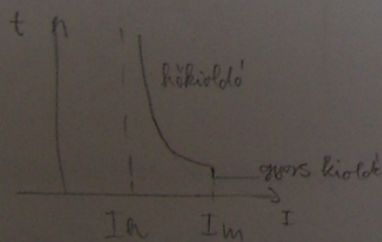
- Csoporsítási:
- általános rendelkezésű (B típus)
  - áramkorlátozó (A típus)
  - egyenáramú gyors-megszakító
  - kisvágszékű

- B típus:
- lassú működés
  - $i_T$  folyó rajta
  - $t_m = 20 - 25 \text{ ms}$



Termikus kioldási viszony:  $V_t = \frac{I_h}{I_e} \approx 1,1$

$I_h$  - termikus határáram  
 $I_e$  - névleges áram



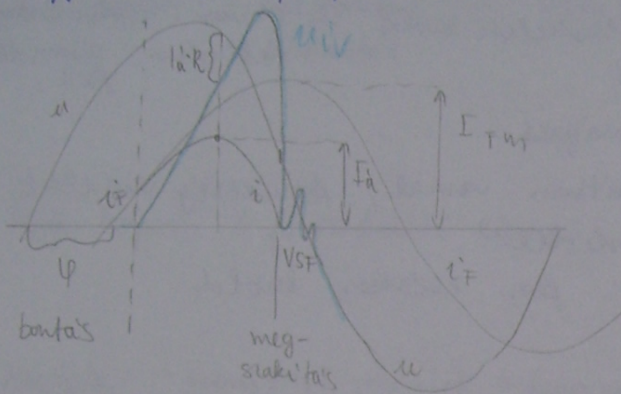
Gyorskioldási viszony:  $V_{gy} = \frac{I_m}{I_e} = 2 \dots 15$

Érintkező kialakítás:

- "közösos vonás" elven
- "kiegészítő jelű társítás" elven

Atyp:

- gyors működés,  $t_m < 5 \text{ ms}$



áramkorlátozás feltétele:

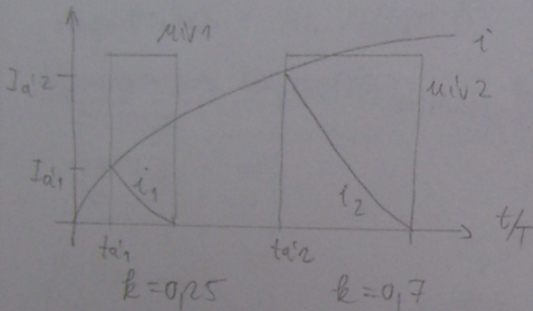
- gyors nyitás
- Vkesz. gyors növekedése, hogy  $u_{lv} > u - I_a \cdot R$
- megnövekedett érték megtartása

Értekezések: - gyors nyitást segíti

- 1x kisebb áramkörüket
- 2x " " " "
- " " " "
- " " " "

egyszerű gyorsmegszakók:

- áramot korlátozhat
- gyorsan, kis zajlató árammértékkel nyitnak



$$i = \frac{V_0}{R} \left( 1 - e^{-\frac{t+L/R}{T}} \right)$$

←  $u, i$  időfr. -ek különböző "áramkorlátozással" ( $k$ )

kismegszakók:

- spec. kisfeszültségű megs., kis méret, egyszerű beépíthetőség
- gyorsműködés
- $I_e = 4 \dots 125 \text{ A}$ ,  $I_z = 3 \dots 25 \text{ kA}$
- áramkorlátozó jellegűek
- kézzel is kinyithatók
- zajlat és túlterhelés ellen is véd
- fogyasztói leágazásoknál elterjedt
- viszonylag olcsók

Fajtái: B - védekező jellegű ábra  
C - háztartási ábra  
D - motorteljesítmény ábra

25. Kétfeszültségű kapcsolók, kontaktorok szerkezeti felépítése és működése

2 fő csoport: - mechanikus → szerkezeti felépítés szerint:

- felhúzó
- nyomócsap
- forgó kapcs.
- billenő kapcs.
- kontaktorok

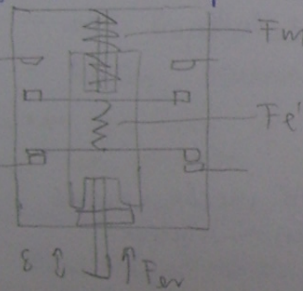
Mech. kapcs. 3 fő szerkezeti eleme: - kapcsoló szerkezet (elmitörők)

- működtető szerkezet
- állásbiztosító szerkezet

Feladata: - üzemi áramok bekapcsolása, vétele, kikapcsolása  
 - üzemtől eltérő viszony esetén az áram vétele  
 - egyes esetekben zárlat ki-/bekapcsolása pei: kontaktor

Csoportosítás: - AC / DC

Nyomógombos kapcsolók:



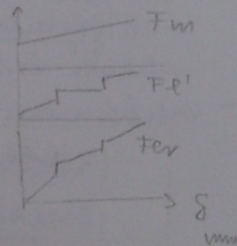
- hálózati irányú nyomóerőműködtetőket
- ismerni kell a működéshez szükséges ellenőrző igényt

-  $F_e'$  és  $F_m$  eredője  $F_{ev}$

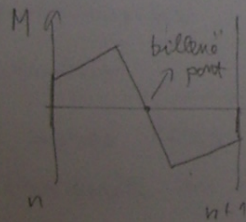
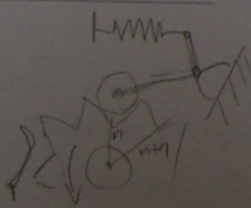
-  $I_e = 10A$

- kézi működtetésű: nyomógomb

- gépi - II - : - segédműködtető
- helyretkapcsoló
- jelző áramkörökben alkalmazható



Forgókapcsolók:



Fajtái: - forgóműködtető (hengeres)

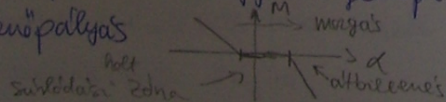
- vevő társas (büttykös, görgős)

- hengeres kapcsoló
- kapcsoló hengerek
- kamras kapcsolók

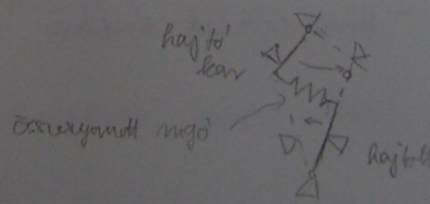
Helyretbiztosító szerkezet

Billenőkapcsolók: egyirányú felépítés, kicsi áram (10A), gyors ügítés

- billenőpályás



- billenő karos (tombler)
  - nyomógombos tombler
  - működtető

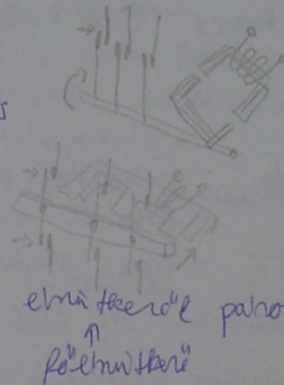


## Kontaktorok

- saját elektromágneses működésk
- hosszú élettartam, gyakran kapcsolás
- távműködtehető
- motorok kapcsolására alkalmas, védelemre
- teljes névleges áram tartomány
- kapcsolók legnagyobb családja

## Felépítés / működés:

- Elektromágneses működésk : - csapómagneses  
- húzómagneses



## Főszekréti részek:

- áramút: csatlakozó kapcsolók között, allló és nagy elműtkezők párok

### Nóltó szekrétek

- nagy sekességnű zárodás → pattozást (szekréten) kell
- öntőszülő elműtkező anyagok
- húzó elműtkező
- mechanikai szekrétek:
  - lds szekrétek
  - ↳ műgyanta v. Al
- segéd elműtkező egység:
  - Az elműtkezőtároló - lúd elmozdulásának katasára működtethető

- működtető mechanizmus
  - elektromágneses
  - kikapcsoló rugó
  - fő elműtkező rugó

## Motorvédelem...

- rőndidőjeű túlltkeleési áramok
- tartós túlltkeleési áramok

## Túlltkeleés elleni védelem:

- Áramvédelem : - hőrelével
- elektronikus motorvédelmi relé

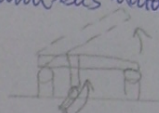
## Hőmérséklet védelem

26. NaF, KőF, KiF szakszabó, szakszabó jellegű készülék kombinációk szerkezeti felépítése, működése

Szakszabó: olyan mechanikus kapcsoló készülék, amelynek nyitott érintkezői között az előírt körülményeknek megfelelő szigetelési távolság van.

Fő feladata: - hálótart részek üzembiztos és látható szétválasztása  
 - zárt állapotban a névleges áramot korlátlan ideig visesse  
 - kapcsolás csak terhelésmentesen (kis áram / fesz. esetén)  
 - kiegészítő feladata az áram újrafelvétel előkészítése  
 - gyakran gyorsföldelővel is kiegészítik  
 - ellenáll a zárlati áram termikus és dinamikus hatásnak

KiF: - kevés helyen alkalmazható  
 - szigetelő közeg: levegő, - helyen használat



Készülék kombinációk

- más kaps. készülékekkel együtt alapkészülékkezt szerepelnek
- külön szabványok a kombinációknak, szűles elterjedés

→ nem jön létre új egység, csak biztosító beépítése

Készülék és óvadó biztosító sorba kapcsolt szerkezeti egysége	Új szerkezet (önálló készülék) 2 v. 3 alapkészülékből
- biztosító szakszabó	1 - szakszabóbiztosító
- - II - kapcsoló	2 - kapcsoló - II
- - II - szakszabókapcsoló	3 - szakszabókapcsoló
- - II - megszakító	4 - szakszabó - kapcsolóbiztosító

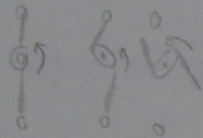
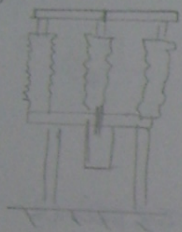
- 1 Fedélbe helyezett mozgó keszes biztosítókat lehet zární az aljátához. Az érintkezők az óvadó betétek is
- 2 Műt a szakszabó bité, de mégis hajtású; Deionlemeres oldókamra
- 3 Szakszabó + oldókamra + ilhuzó érintkező, Tokozott csoportos terhelések áramának ritka kapcsolása Puzóni tárolás hajtás
- 4 Foggyasztói ledgázcsök terheléseinek gyakran kapcsolása, zárlat elleni védelem, karbantartási szakszabócs csoportkeszes biztosító betét

## KöF, KöF

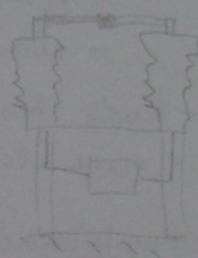
- Nyitott helyzetben a hirtelen fész-től függő próba fész-gel vizsgálható  
↳ Lökőfrekvenciás próba fész
- Szigetelés lecsöze: 3 szint: huller-leveret, szikraköz, szikraszó
- Önmagában koordinált: átütéskor - nyitott állapotban - zárlat a föld felé!
- Zárlati áram hatására ne ugadjon ki!
- Szerkezeti elemek: csatlakozók, szigetelők, érintkezők, áramváltók  
tartószerkezet, földelőkécs, hajtás

Nagyfesz, szikraszó lehet: 1, 2, 3 szigetelés

3.)



2.)



KöF: mindhárom pólus közös keretbe kerülve és közös hajtás  
pl.: csapókezes

Szikraszó jellegű készületek kombinációk

- ott terjedt el, ahol zárlat előfordulás esélye csekély
- gazdaságosabb, mint a megszakító
- szikraszó + feszültségmentesítő áramot megszakítja zárlat ellen véd
- kövű fész
- oszlopkapcsolók: - sugaras KöF hálózat felmerültek oszlopain  
- 1v gyors nyitási idővel feszültségmentesítő áramot megszakítja
- réskamrás kapcsolók: - belső felni  
- gyorsan nyitó főérintkező  
- megderős
- biztosító szikraszókapcsoló  
Zárlatkor a biztosító kiütő csapján működött a kapcsoló