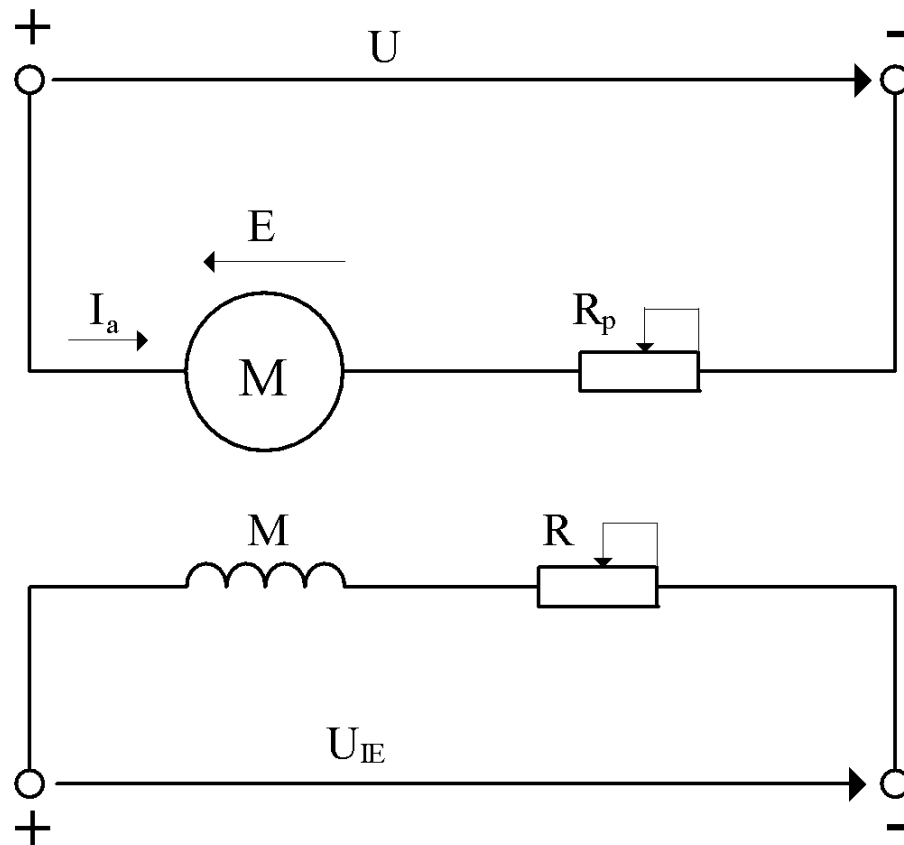


**LĪDZSTRĀVAS NEATKARĪGĀS IEROSMES  
DZINĒJU MEHĀNISKĀS RAKSTURLĪKNES,  
PARAMETRU IZMAIŅAS IETEKME UN  
APRĒĶINS**

**GRIEŠANĀS FREKVENCES REGULĒŠANA**



**Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja slēguma shēma**

**Dzinēja enkura ķēdes spriegumu līdzsvara vienādojums:**

$$U = I_a R + E,$$

**kur**  $U$  - spriegums uz dzinēja spailēm, V;

$E$  - enkurā inducētais EDS, V;

$I_a$  - enkura ķēdes atrāva, A;

$R = R_a + R_p$  - enkura ķēdes kopējā pretestība,  $\Omega$ .

**Līdzstrāvas mašīnā inducētais EDS ir tieši  
proporcionāls griešanās frekvencei:**

$$E = C_E \cdot n$$

kur  $n$  - dzinēja griešanās frekvence, apgr/min;

$\Phi$  - viena pola galvenā plūsma, Vb;

$C_E = \frac{pN}{60a}$  - dzinēja EDS konstante, ko nosaka dzinēja  
nemainīgie parametri:

$p$  - polu pāru skaits,  $N$  - enkura vadu skaits,  $a$

- paralēlo zaru pāru skaits.

**Līdzstrāvas dzinēja elektromehānisko raksturlīkne:**

$$n = \frac{U}{\Phi_E} - \frac{I_a R}{\Phi_E}.$$

**Līdzstrāvas mašīnas elektromagnētiskais moments**

$$M = c_M I_a,$$

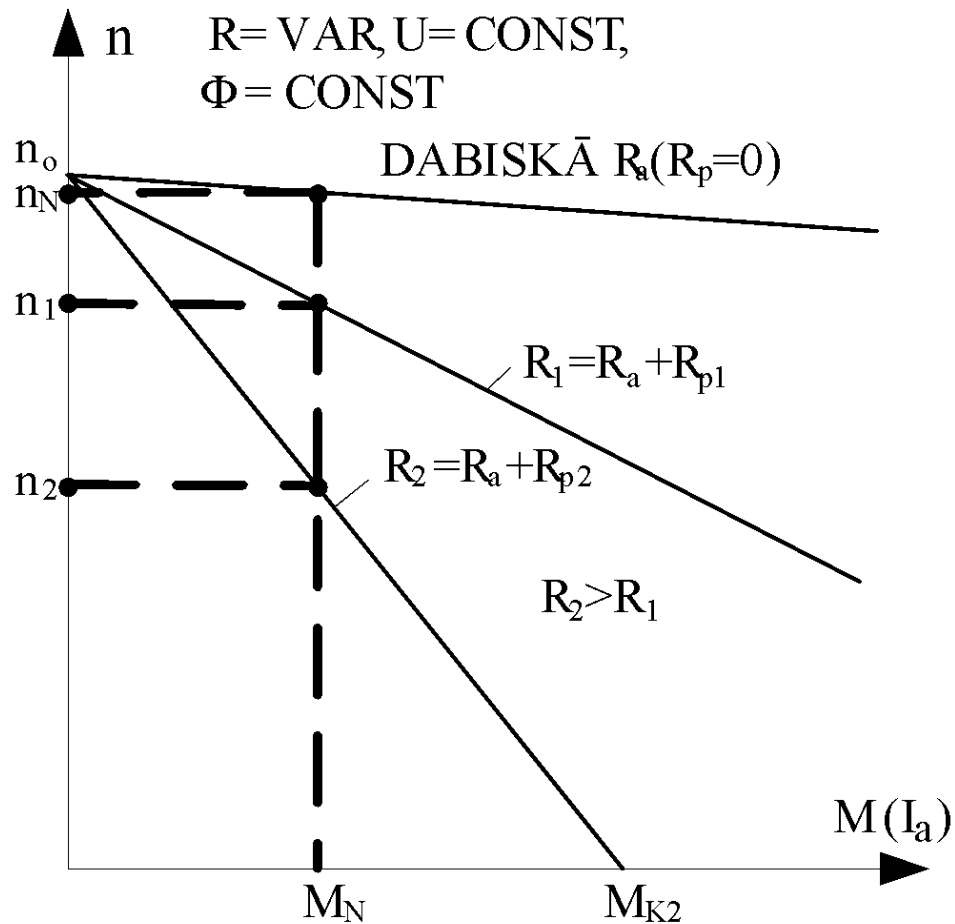
kur  $c_M = pN/2\pi a$  - dzinēja momenta konstante.

**Līdzstrāvas mašīnu konstruktīvo parametru  
konstantes apvieno šāda sakarība:**

$$c_M = 9,55c_E$$

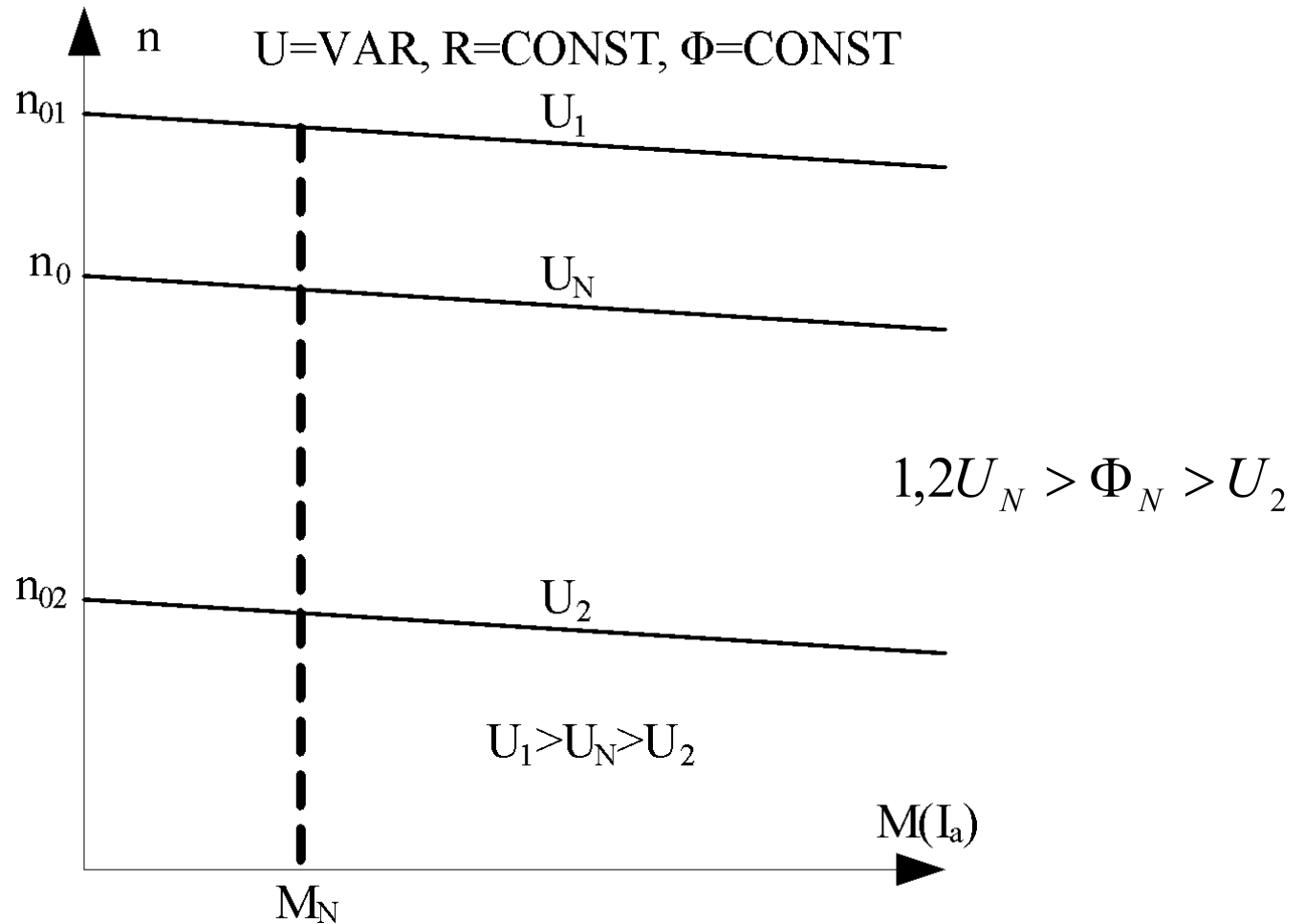
**Līdzstrāvas mašīnas mehāniskā raksturlīkne:**

$$\eta = \frac{U}{\Phi_E} - \frac{MR}{c c_E \Phi_M^2}$$

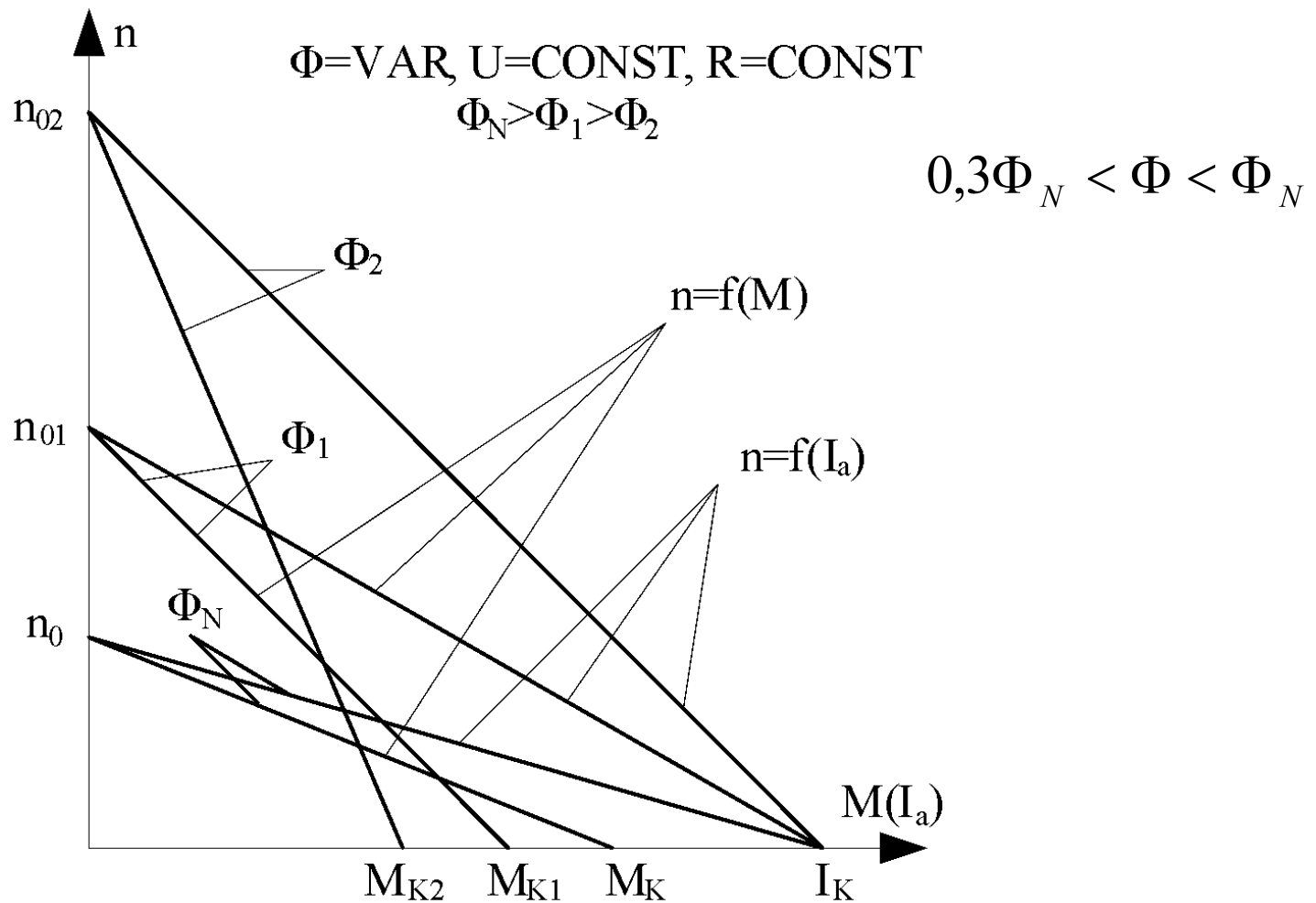


**Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja mehāniskās raksturlīknes  
 pie dažādām enkura ķēdes pretestībām**



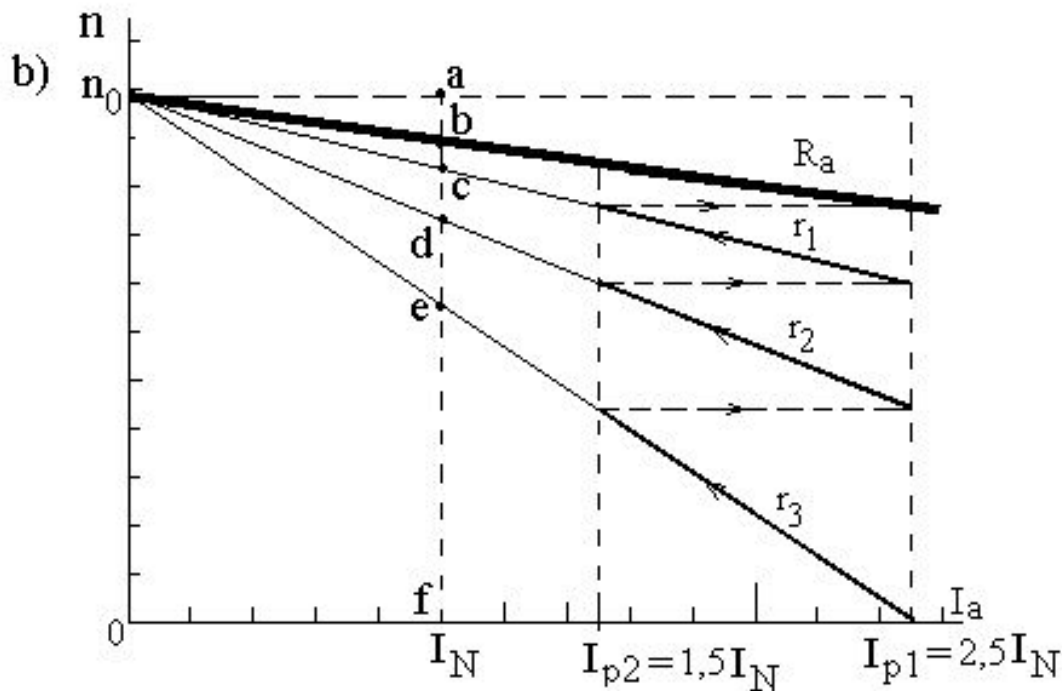
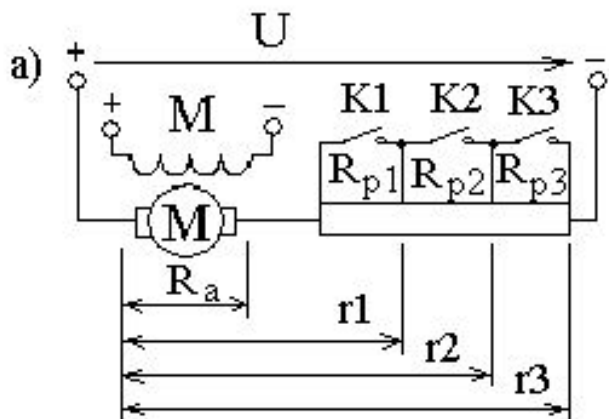


**Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju mehāniskās raksturlīknes dažādiem enkura spriegumiem**



**Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju raksturlīknes dažādām magnētiskām plūsmām**

# Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja palaišana



$$M_{pal1} \leq 2,5M_N$$

$$M_{pal2} \geq (1,2 \div 1,5)M_N$$

$$R_m = \frac{U}{I_{pal1}} \quad \lambda = \frac{I_{pal1}}{I_{pal2}}$$

$$m = \frac{\lg \frac{R_m}{R_a}}{\lg \lambda}$$

$$r_1 = (\lambda - 1)R_a$$

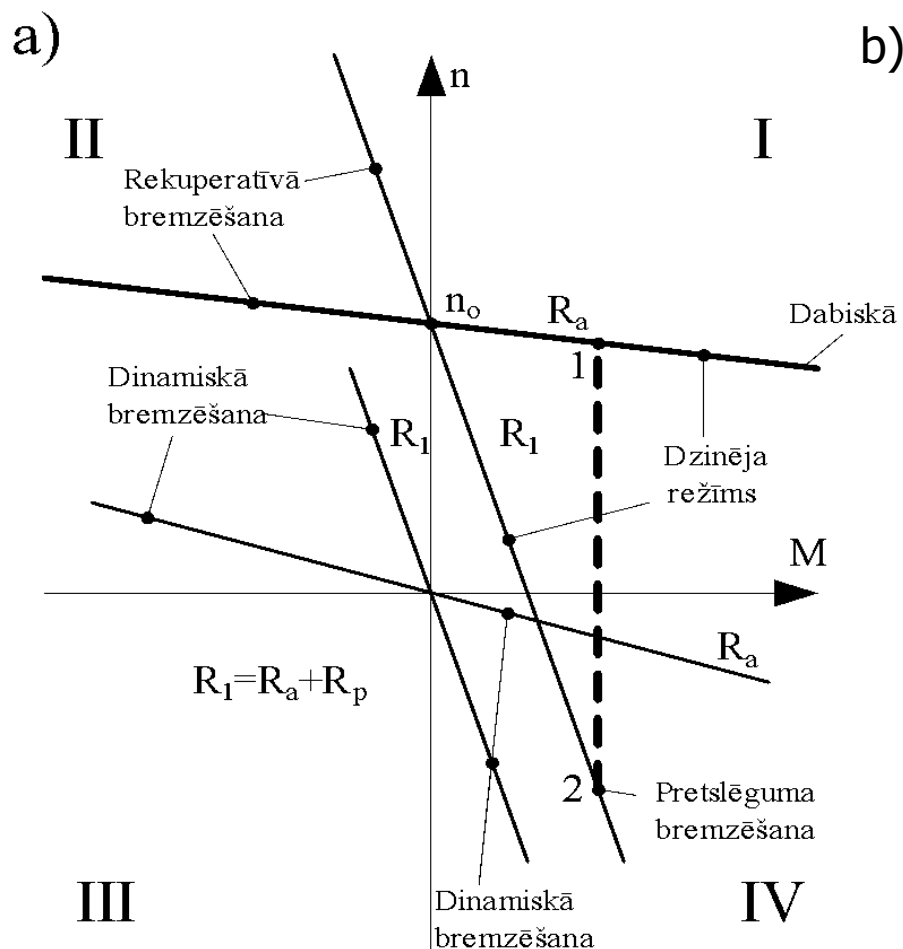
$$r_2 = \lambda(\lambda - 1)R_a$$

$$r_3 = \lambda^2(\lambda - 1)R_a$$

# **Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju bremzēšanas režīmi**

**Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinējiem ir trīs  
galvenie bremzēšanas paņēmieni:**

- 1) rekuperatīvā bremzēšana;**
- 2) dinamiskā bremzēšana;**
- 3) pretslēguma (pretstrāvas) bremzēšana.**



b)

$n < n_0$	Dzinēja režīms $U > E$ $IR$	$I = \frac{U-E}{R}$
$n = 0$	Nekustīgs dzinējs $U$ $E=0$ $I_k R$	$I_k = \frac{U-E}{R}$
$n < 0$ ( $n > 0$ )	Pretslēguma bremzēšana $U$ $E$ $IR$	$I = \frac{U+E}{R}$
$n > 0$ ( $n < 0$ )	Dinamiskā bremzēšana $U=0$ $E$ $IR$	$I = -\frac{E}{R}$
$n > n_0$	Rekuperatīvā bremzēšana $U < E$ $IR$	$I = -\frac{U-E}{R}$

**Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju darba režīmi:**

a – mehāniskās raksturlīknes; b – režīmu tabula

# REKUPERATĪVĀ BREMZĒŠANA

Enkurā inducētais EDS kļūst lielāks par pieslēgsriegmu  $U$

$$I_a = -\frac{E - U}{R}.$$

Līdzstrāvas mašīnas elektromagnētiskais moments ir ar  
bremzējošu raksturu:

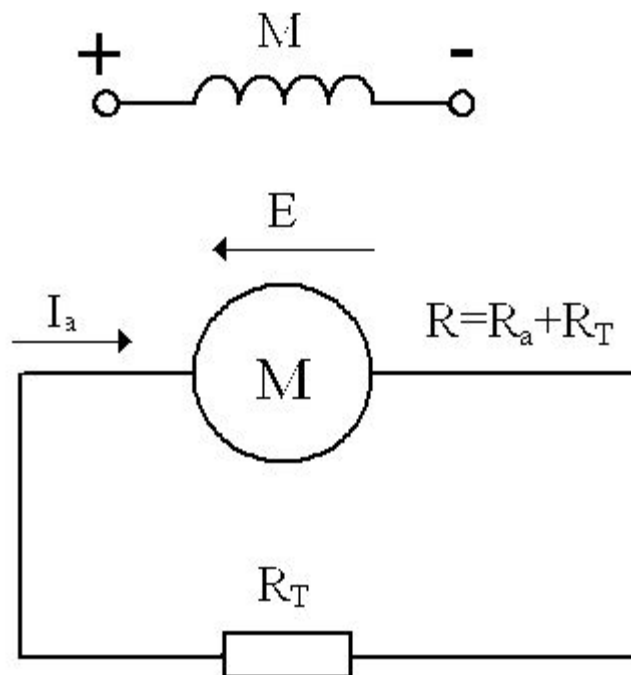
$$M = -C_M I_a.$$

Tātad dzinēja statisko raksturlīkņu izteiksmēm rekuperatīvās  
bremzēšanas režīmā mainās otrā locekļa zīme:

$$n = \frac{U}{\Phi_E} + \frac{I_a R}{c \Phi_E},$$
$$n = \frac{U}{\Phi_E} + \frac{MR}{c c_E \Phi_M^2}.$$

Rekuperatīvās bremzēšanas režīma raksturlīknes pozitīvai griešanās  
frekvencei attēlo II kvadrantā, bet negatīvai - IV kvadrantā.

# DINAMISKĀ BREMZĒŠANA



Līdzstrāvas dzinēja dinamiskās bremzēšanas režīma slēguma shēma

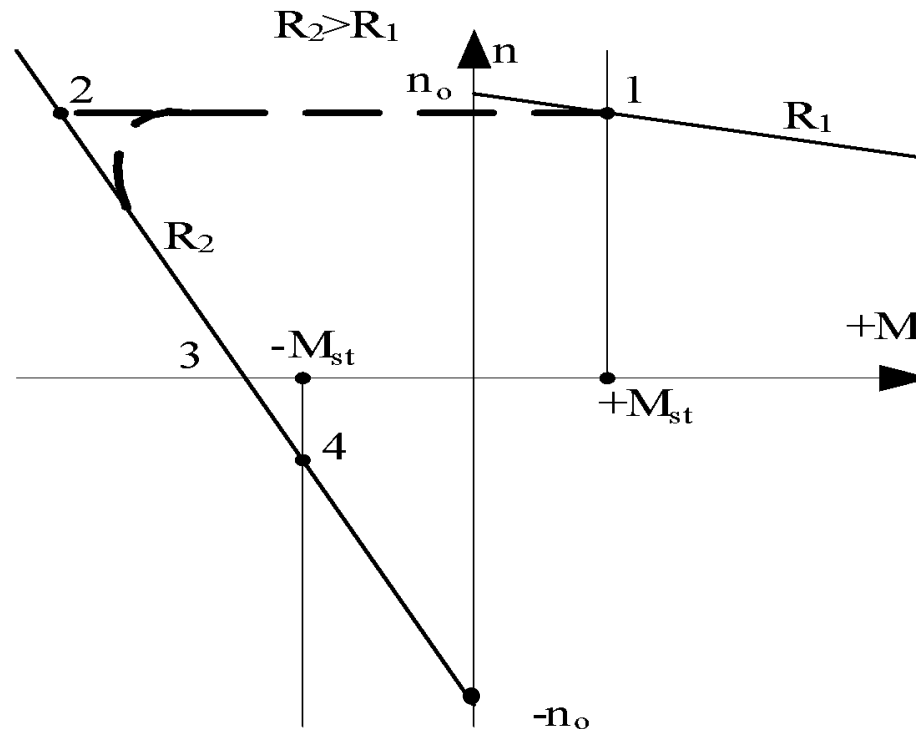
$$U = 0$$

$$n = -\frac{I_a R}{\Phi_E},$$

$$n = -\frac{MR}{c c_E \Phi_M^2}.$$

## Pretslēguma bremzēšanā iespējami divi veidi:

- 1) ar potenciālu statisko momentu;
- 2) ar reaktīvu statisko momentu.

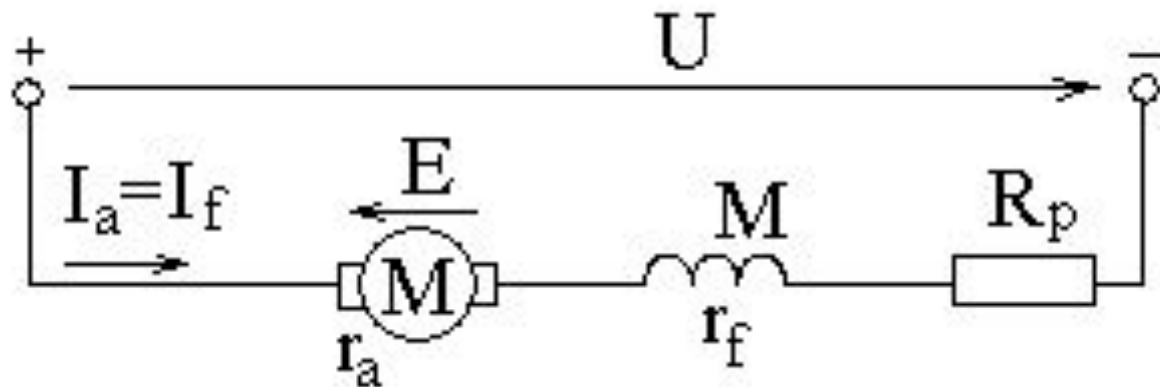


Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja pretslēguma bremzēšanas mehāniskā raksturlīkne reaktīvam statiskajam momentam

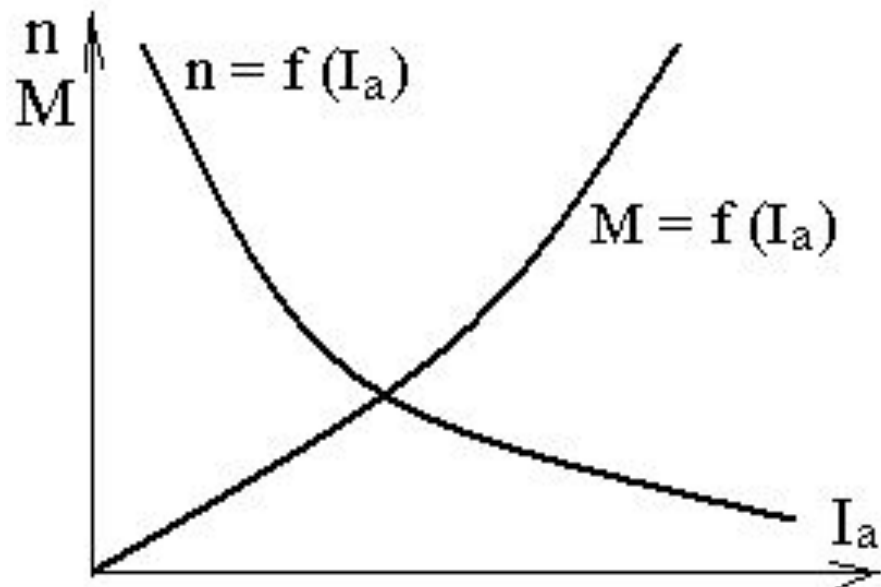
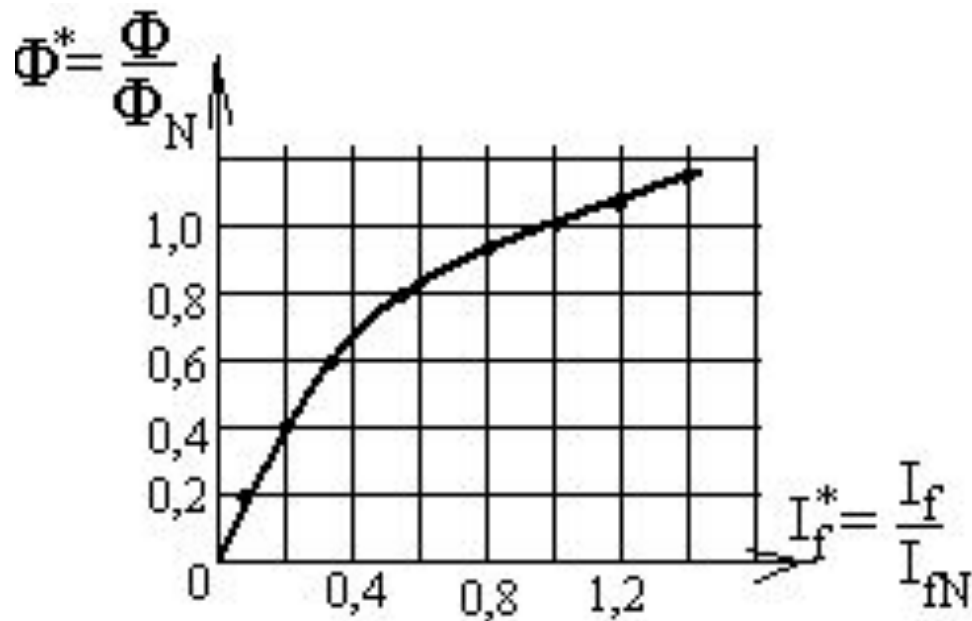


**Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēju  
mehāniskās raksturlīknes, parametru  
izmaiņas ietekme un aprēķins**

# Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēju statistie režīmi



$$R_{dz} = r_a + r_f$$



$$n = \frac{U}{\Phi_E} - \frac{I_a R}{\Phi_E}$$

**Ja pieņem, ka dzinējs darbojas nepiesātinājuma zonā un  $I_a \equiv \Phi$  tad**

$$\Phi = \alpha I_a$$

**Virtnes ierosmes dzinēja elektromehāniskā raksturlīkne:**

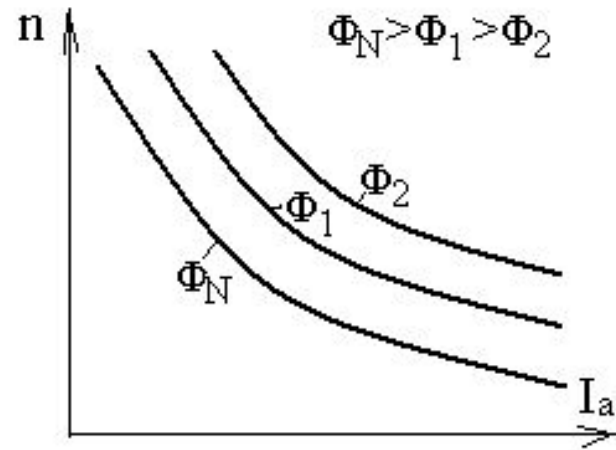
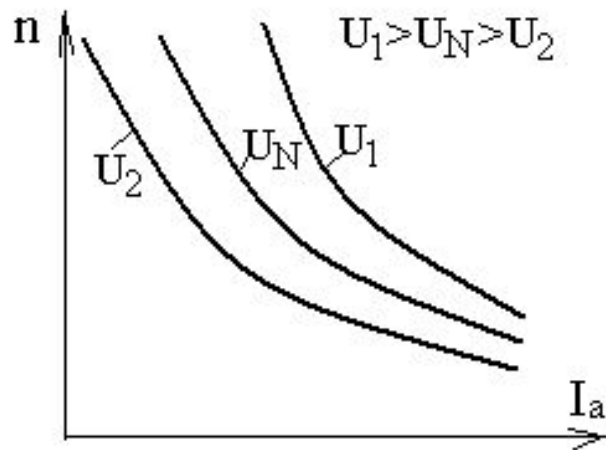
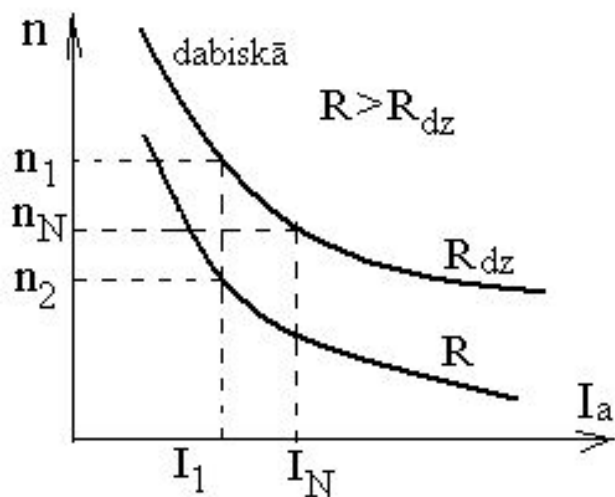
$$n = \frac{U}{c_E \alpha I_a} - \frac{R}{c_E \alpha}$$

**Virtnes ierosmes dzinēja mehāniskā raksturlīkne:**

$$n = \frac{U}{\alpha c_E \sqrt{\frac{M}{\alpha c_M}}} - \frac{R}{\alpha c_E}$$

# Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēju statistiskie režīmi

$$\frac{n_{maksl}}{n_{dab}} = \frac{U - I_a (R_{dz} + R_p)}{U_N - I_a R_{dz}} = \frac{E_{maksl}}{E_{dab}}$$



# Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēja palaišana

$$M_{p1} = 2,5M_N = 2,5 \cdot 32,6 = 81,5 Nm$$

$$M_{p2} = 1,5M_N = 1,5 \cdot 32,6 = 48,8 Nm$$

$$I_{p1} = 36,5 A; I_{p2} = 25,5 A$$

$$n = 0!$$

$$R_{p1} = \frac{U}{I_{p1}} = \frac{220}{36,5} = 6,02 \Omega$$

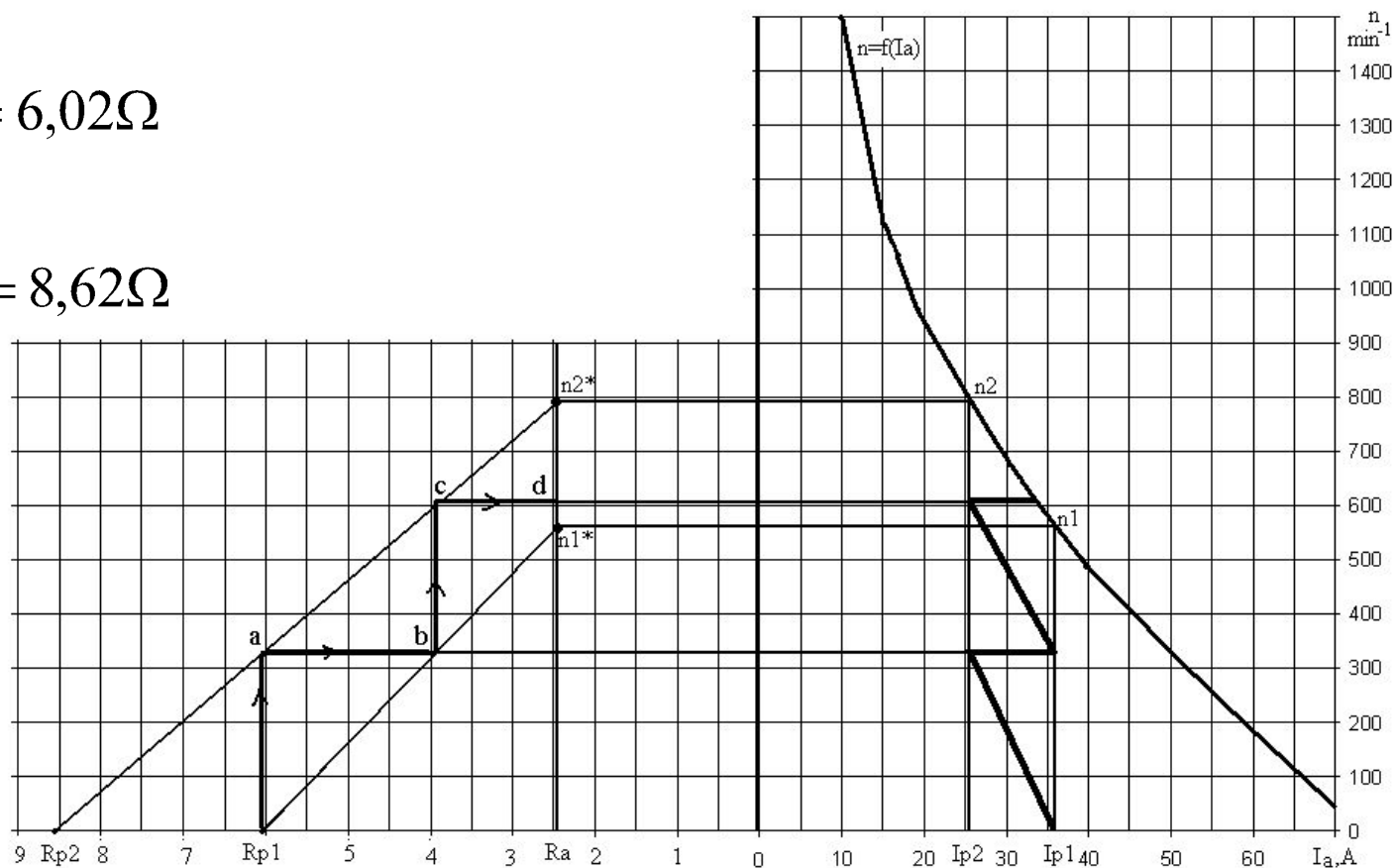
$$R_{p2} = \frac{U}{I_{p2}} = \frac{220}{25,5} = 8,62 \Omega$$

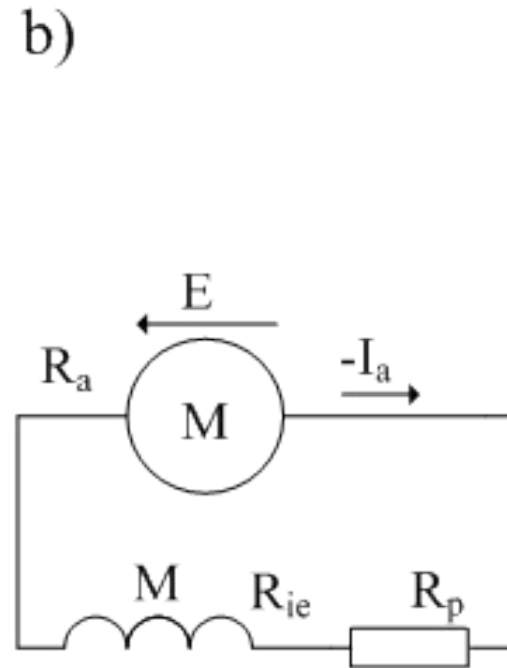
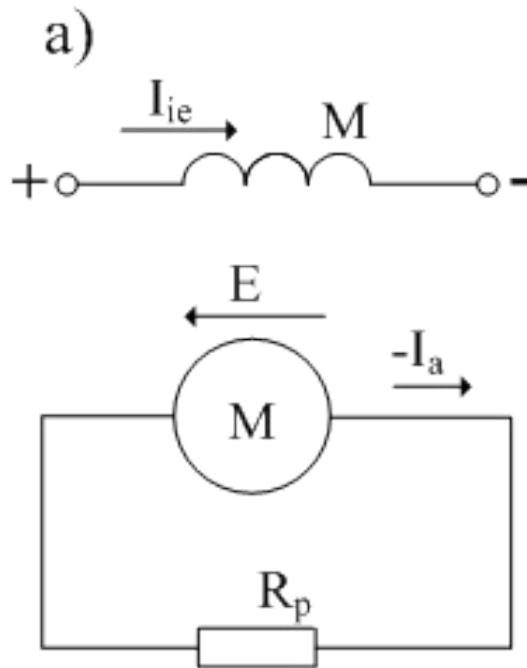
$$R_a = 2,47 \Omega$$

$$1mm = 0,1 \Omega$$

$$r_{p1} = \mu_{\Omega} \cdot \overline{ab} = 0,1 \cdot 20,02 = 2 \Omega$$

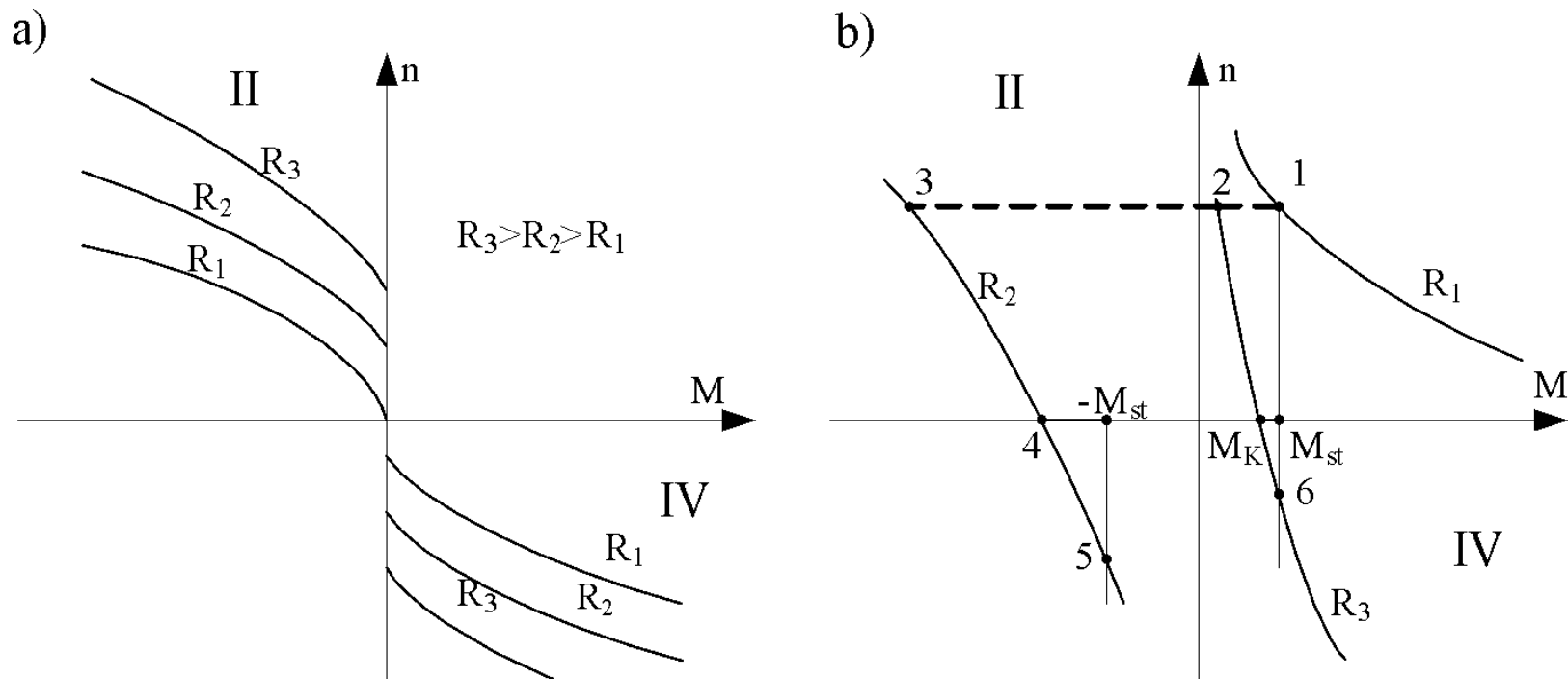
$$r_{p2} = \mu_{\Omega} \cdot \overline{cd} = 0,1 \cdot 15,05 = 1,5 \Omega$$



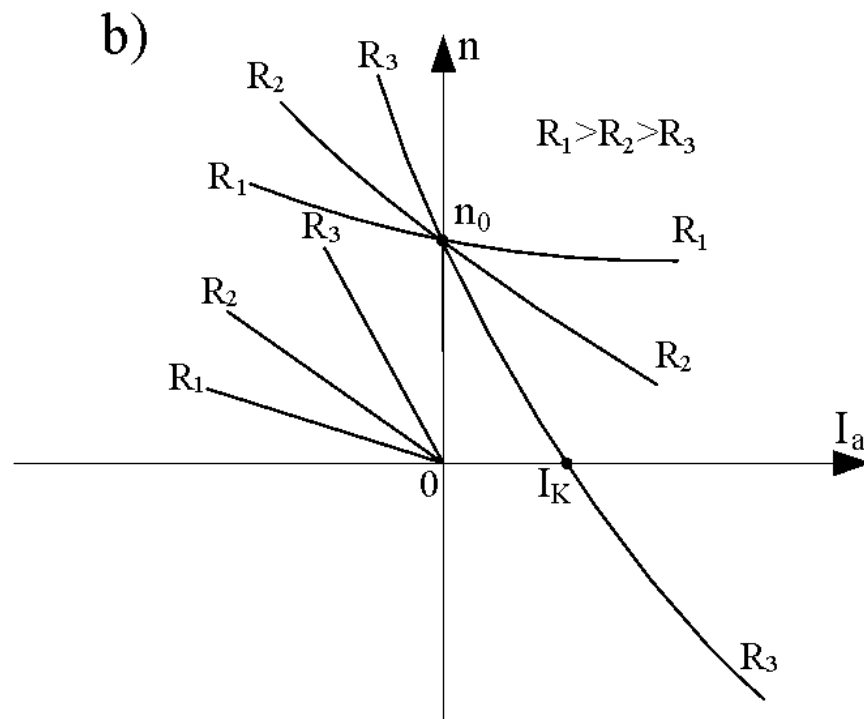
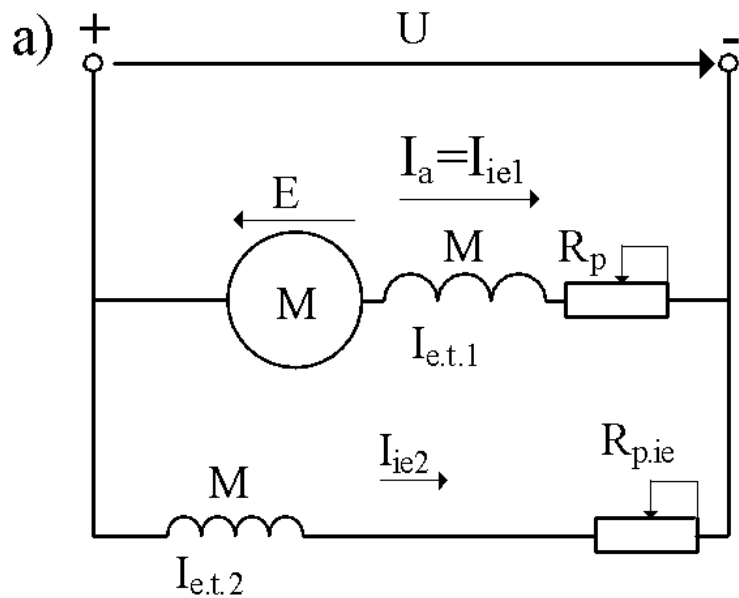


**Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēja dinamiskās bremzēšanas slēguma shēmas:**

a – ar neatkarīgu ierosmi; b – ar pašierosmi



**Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēja mehāniskās raksturlīknes:**  
 a – dinamiskā bremzēšana ar pašierosmi; b – pretslēguma bremzēšana  
 (4. kvadrants)

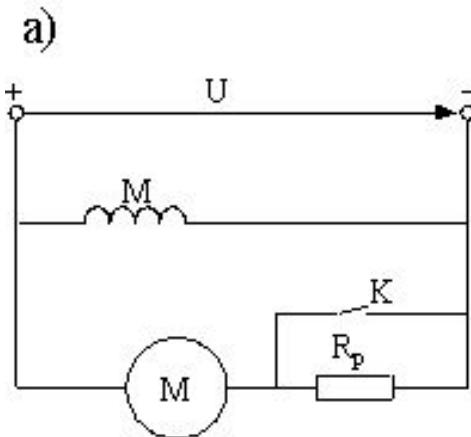


### Līdzstrāvas jauktas ierosmes dzinējs:

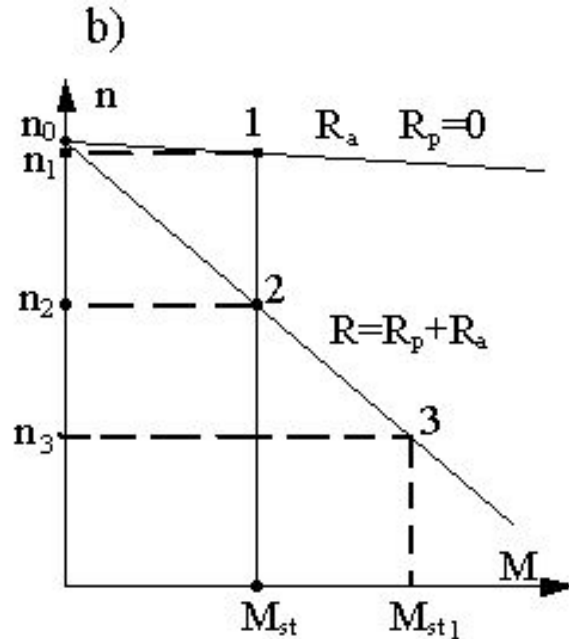
a – slēguma shēma; b – elektromehāniskās raksturlīknes



# LDn griešanās frekvences regulēšana ar papildpretestību enkura ķēdē



$U = \text{CONST}$   
 $\Phi = \text{CONST}$   
 $R = \text{VAR}$



Priekšrocības:

1. Vienkārša slēguma shēma
2. iespējams ierobežot palaišanas strāvu
3. iespējama regulēšana pie konstanta pretestības momenta

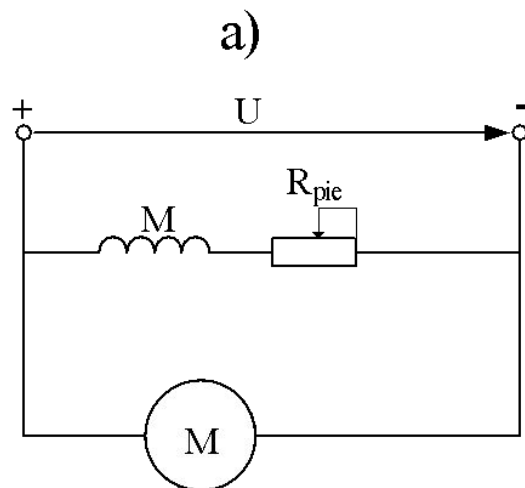
Trūkumi:

1. Lieli jaudas zudumi
2. Griešanas frekvenci var tikai samazināt zem nominālās
3. Pasliktinās piedziņas darbības stabilitāte, jo raksturliķņu cietība samazinās
4. iespējama pakāpveida regulēšana
5. Regulēšanas diapazons atkarīgs no slodzes

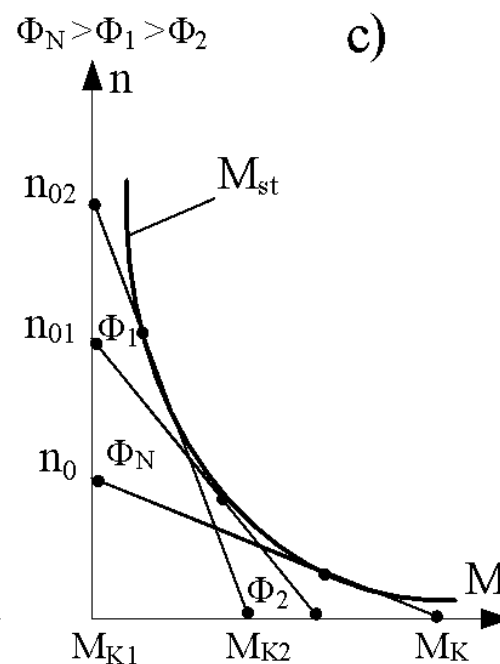
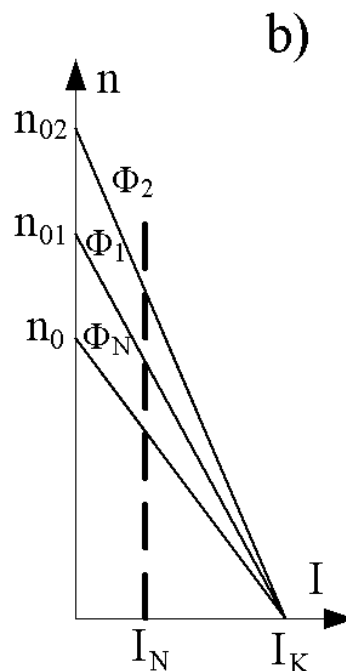
$$P_1 = UI_a = EI_a + I_a^2 R = EI_a + \Delta P$$

$$\Delta P = P_1 \frac{n_0 - n}{n_0} = P_1 \delta$$

# LDn griešanās frekvences regulēšana ar plūsmas maiņu



$U = \text{CONST}$   
 $\Phi = \text{VAR}$   
 $R = \text{CONST}$



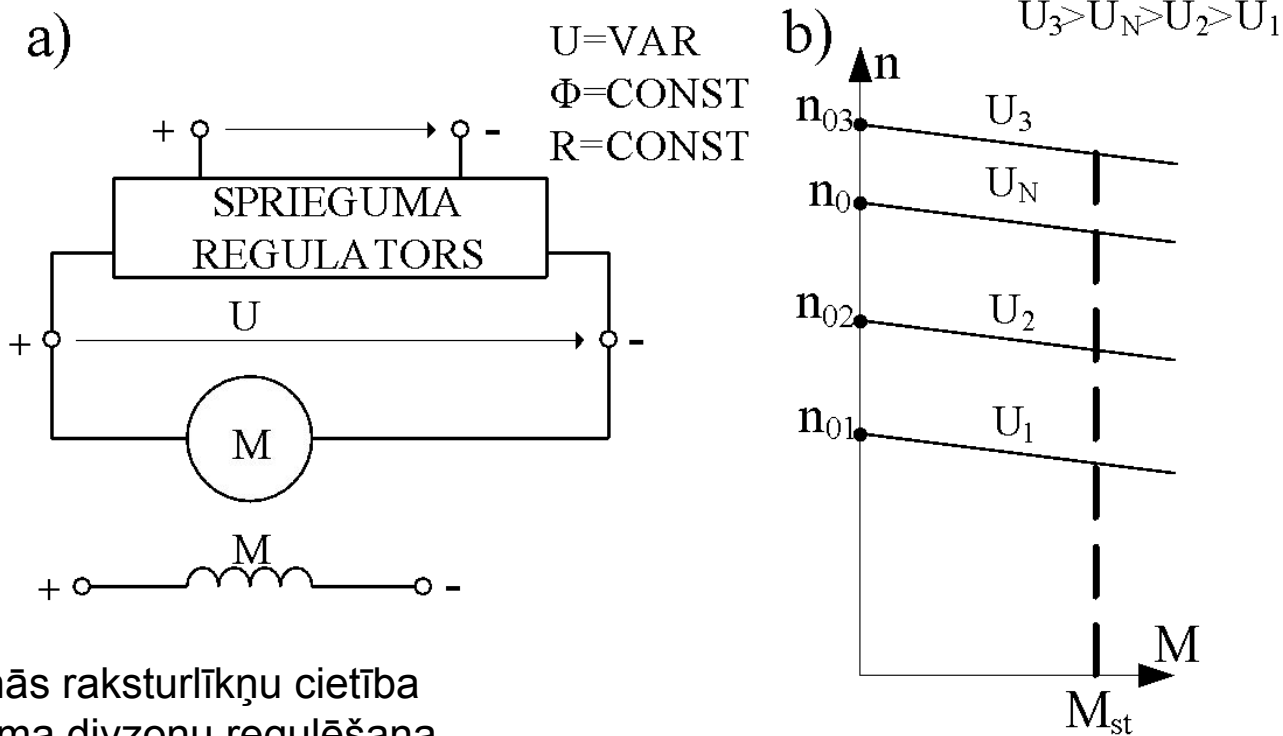
Priekšrocības:

1. Vienkārša slēguma shēma
2. Mazi jaudas zudumi
3. Ērta vadība

Trūkumi:

1. Neliels regulēšanas diapazons
2. Griešanas frekvenci var tikai palielināt virs nominālās
3. Pie augstākām griešanās frekvencēm samazinās dzinēja attīstītais moments
4. Samazinās mehānisko raksturlīkņu cietība

# LDn griešanās frekvences regulēšana ar sprieguma maiņu



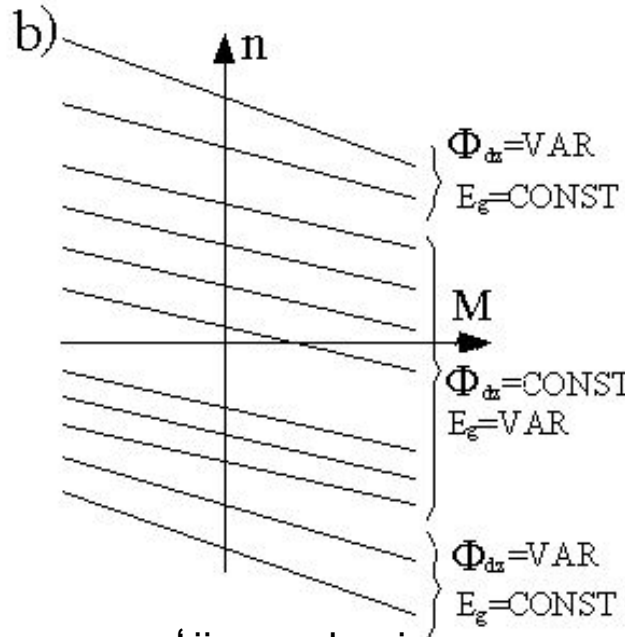
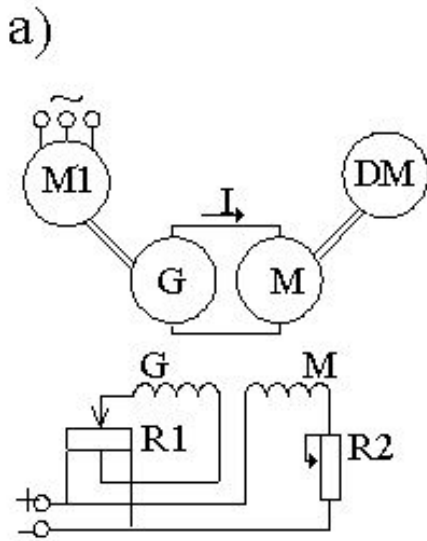
Priekšrocības:

1. Nemainās raksturlīkņu cietība
2. Iespējama divzonu regulēšana
3. Iespējama regulēšana pie konstanta pretestības momenta
4. Plūstoša regulēšana
5. Mazi jaudas zudumi dzinējā
6. Liels regulēšanas diapazons

Trūkumi:

7. Sarežģītas spriegumu regulatoru shēmas
8. Spriegumu regulatoru izmaksas pārsniedz dzinēja vērtību
9. Griešanas frekvences palielināšana iespējama tikai par 20%

# LDn griešanās frekvences regulēšana sistēmā "ģenerators-dzinējs"



$$n = \frac{E_g}{c_E \Phi_{dz}} - \frac{I_a (R_{ag} + R_{adz})}{c_E \Phi_{dz}}$$

$$n = \frac{E_g}{c_E \Phi_{dz}} - \frac{M (R_{ag} + R_{adz})}{c_E c_M \Phi_{dz}^2}$$

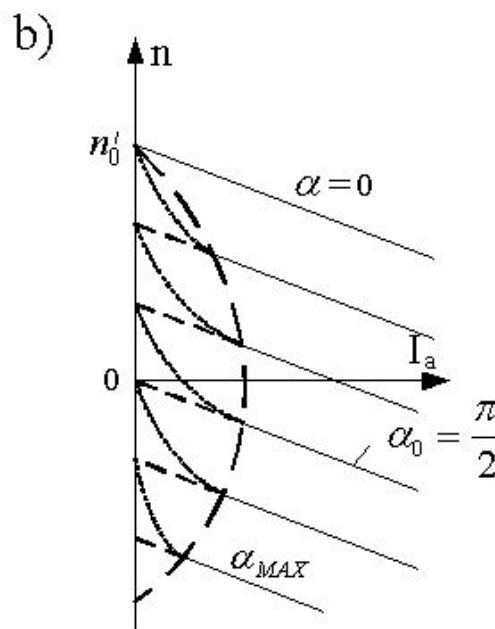
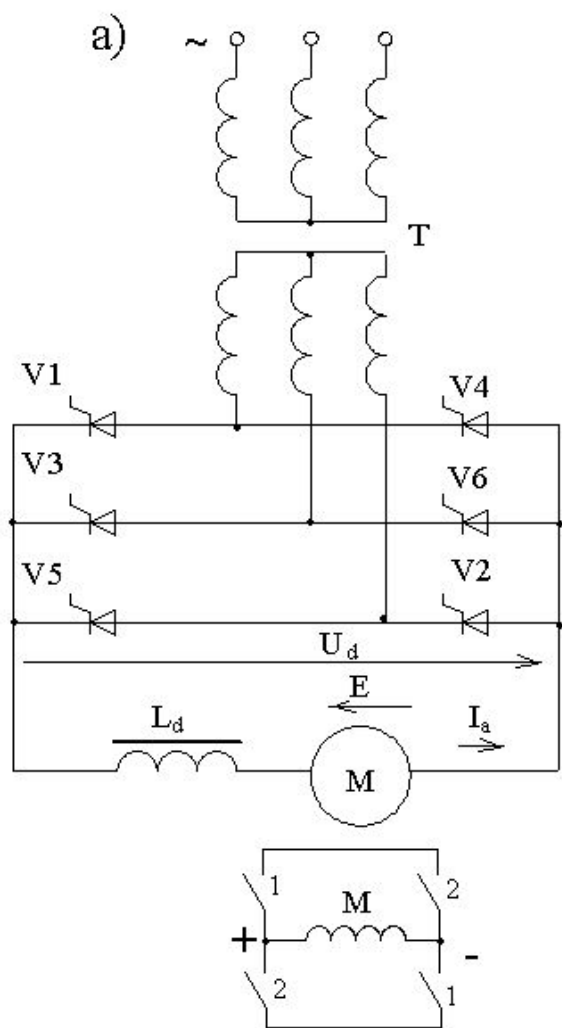
Priekšrocības:

1. Mazi pārejas procesu enerģijas zudumi
2. Ērta regulēšana
3. Vienmērīga griešanas frekvences maiņa
4. Iespējama rekuperatīvā bremzēšana

Trūkumi:

5. Lieli kapitālie un ekspluatācijas izdevumi, palīgiekārtas uzstādītā jauda
6. Mazs kopējais lietderības koeficients
7. G-D sistēmas jauda ir ierobežota
8. Divkārtēja enerģijas pārveidošana no elektriskās uz mehānisko

# LDn griešanās frekvences regulēšana ar vadāmiem taisngriežiem



$$U_d = U_{d0} \cos \alpha - I_a \left( \frac{X_T m}{2\pi} + R_T \right)$$

$$U_{d0} = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} U \sin \frac{\pi}{m}$$

$$n = \frac{U_{d0} \cos \alpha - I_a R_{EKV}}{c_E \Phi}$$

$$R_{EKV} = \frac{X_T m}{2\pi} + R_T + R_a$$

$$n = \frac{U_{d0} \cos \alpha}{c_E \Phi} - \frac{M R_{EKV}}{c_E c_M \Phi^2}$$

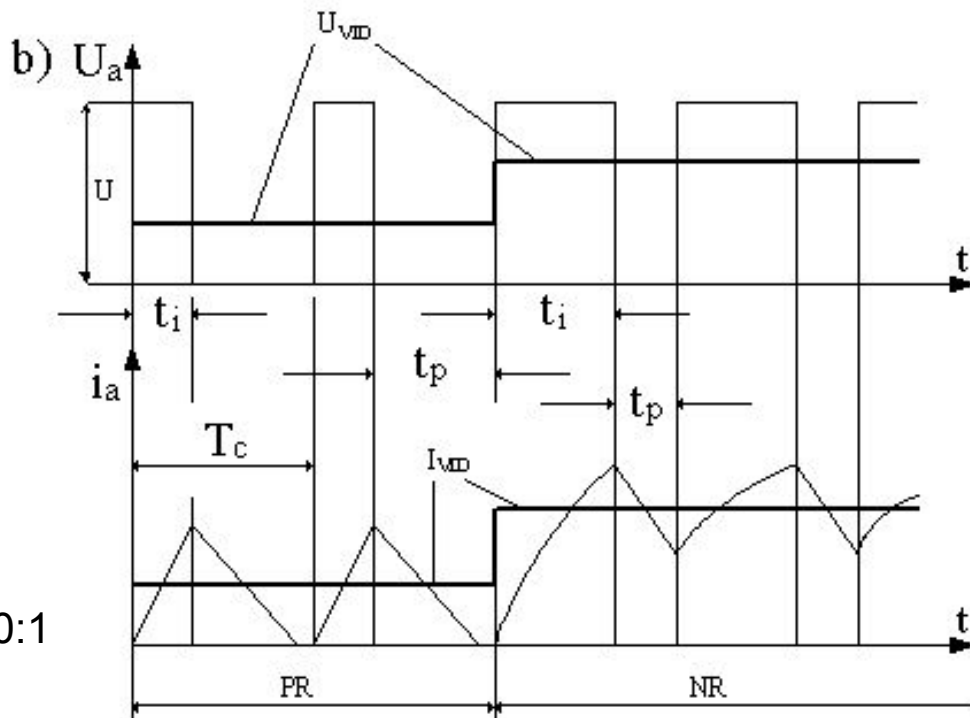
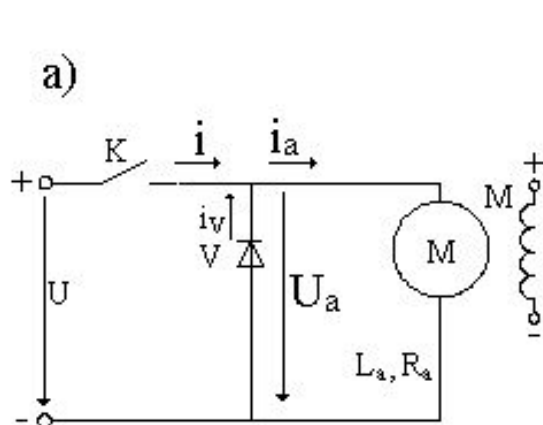
#### Priekšrocības:

1. Augsts lietderības koeficients
2. Plašs regulēšanas diapazons  $D > 100:1$
3. Ērta elektroniska mazas jaudas vadība
4. Liela vadības sistēmas ātrdarbība

#### Trūkumi:

1. Rada traucējumus elektriskā tīklā nesinusoidālas slodzes strāvas un sprieguma dēļ
2. Zems jaudas koeficients pie zemām griešanās frekvencēm un mazām slodzēm
3. Reversējamu piedziņu izveidošanai nepieciešama papildus komutācijas aparatūra

# LDn griešanās frekvences regulēšana ar pusvadītāju impulsa regulatoriem



Priekšrocības:

1. Plašs regulēšanas diapazons  $D > 1000:1$
2. Liela regulēšanas plūstamība
3. Augsta piedziņas ātrdarbība
4. Divzonu regulēšanas iespējamība

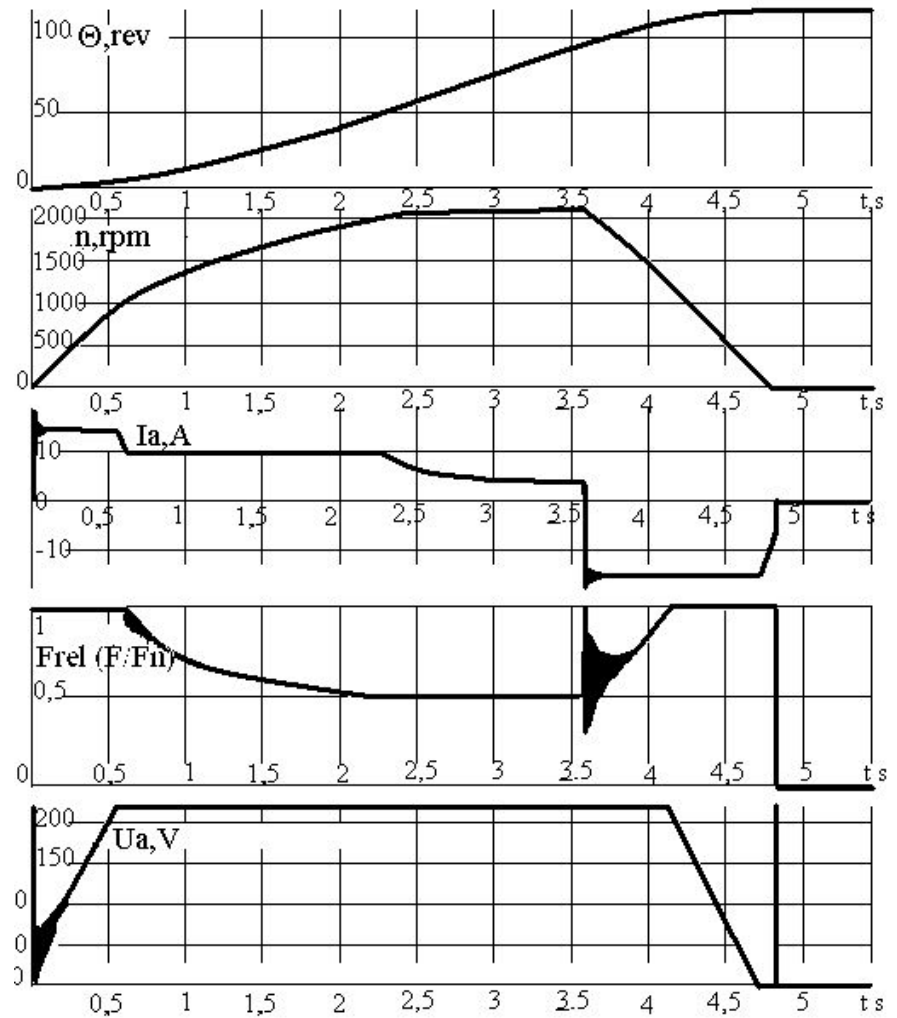
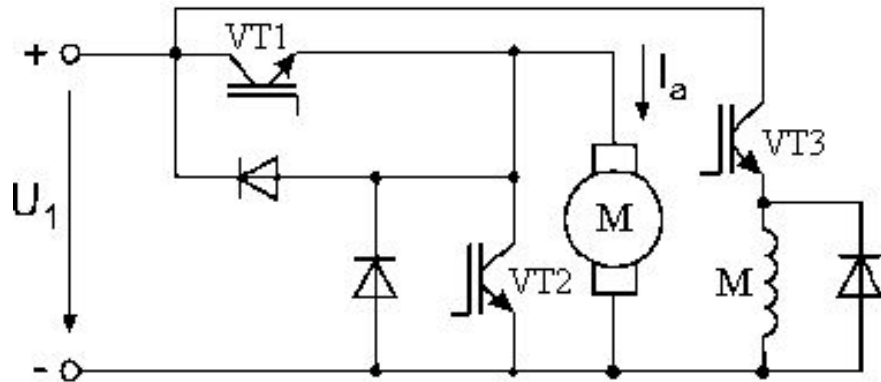
Trūkumi:

1. Darbojas tikai no līdzsprieguma avota
2. Reversēšanai nepieciešama papildus kontaktaparātūra
3. Rada traucējumu el. tīklā un atmosfērā

$$\varepsilon = \frac{t_i}{t_i + t_p} = \frac{t_i}{T} \quad U_{vid} = \varepsilon U$$

$$n_{vid} = \frac{\varepsilon U}{c_E \Phi} - \frac{M_{vid} R_a}{c_E c_M \Phi^2},$$

# LDn griešanās frekvences regulēšana ar 2kvadrantu tranzistoru impulsregulatoru

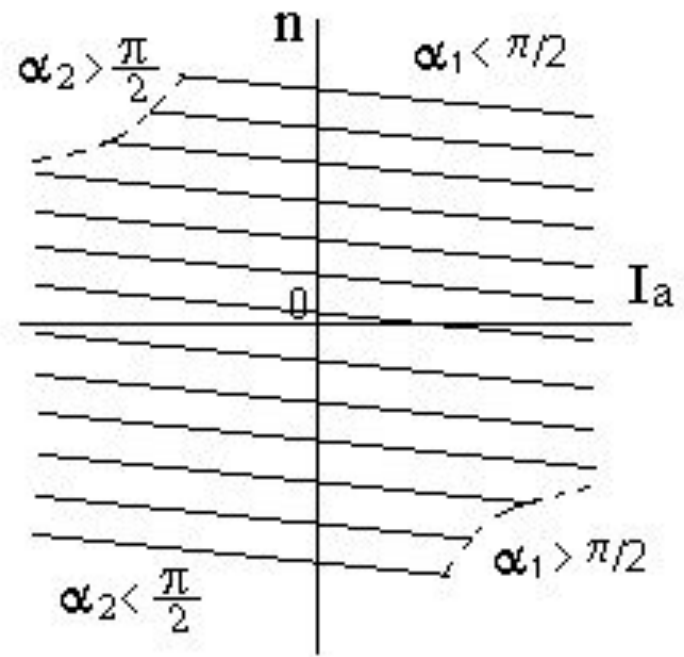
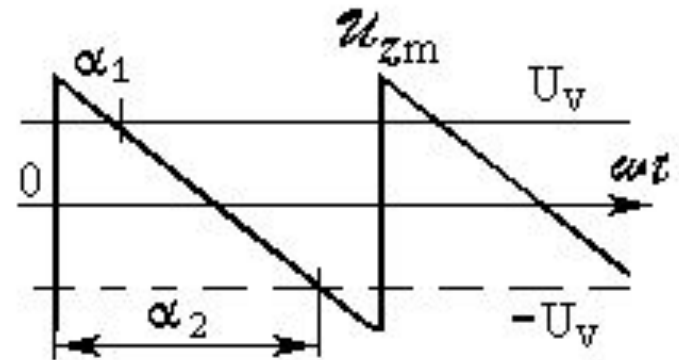
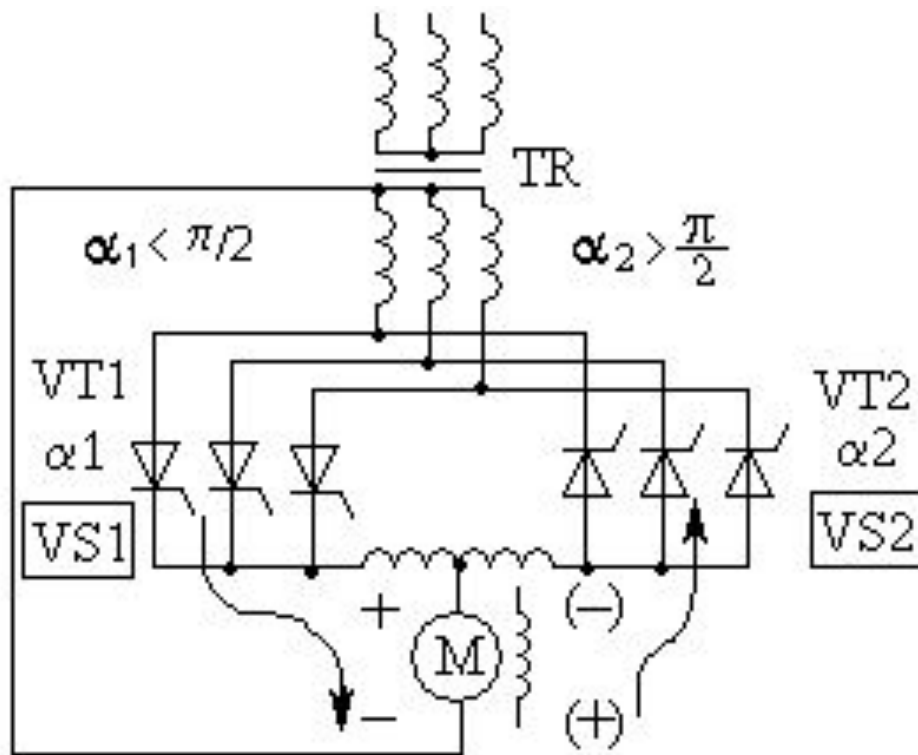




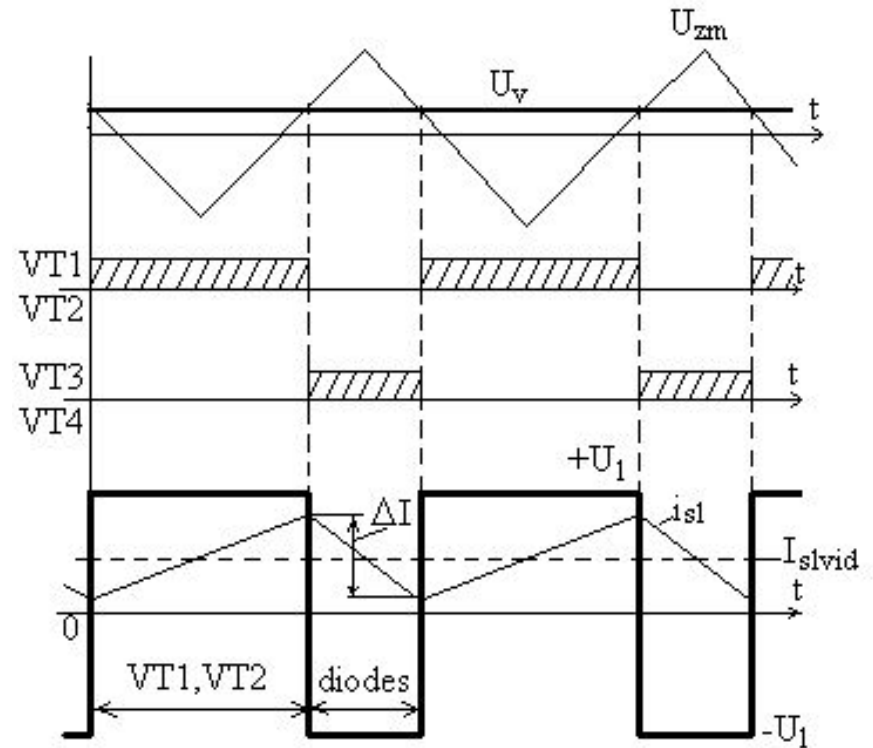
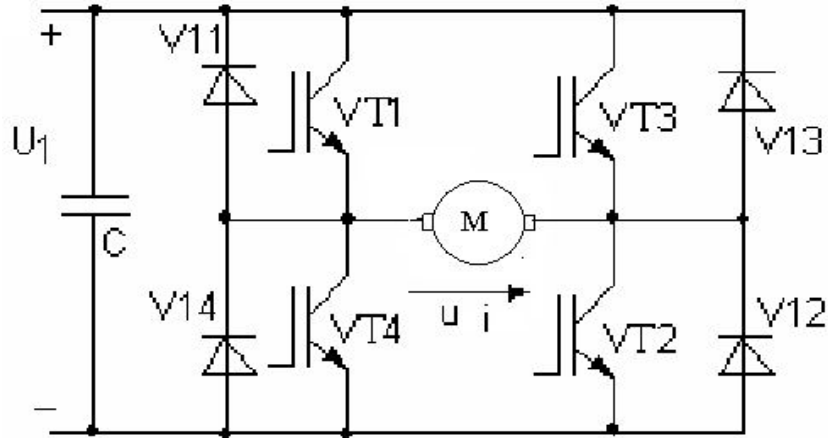
# LDn griešanās frekvences regulēšana ar 2kvadrantu tranzistoru impulsregulatoru



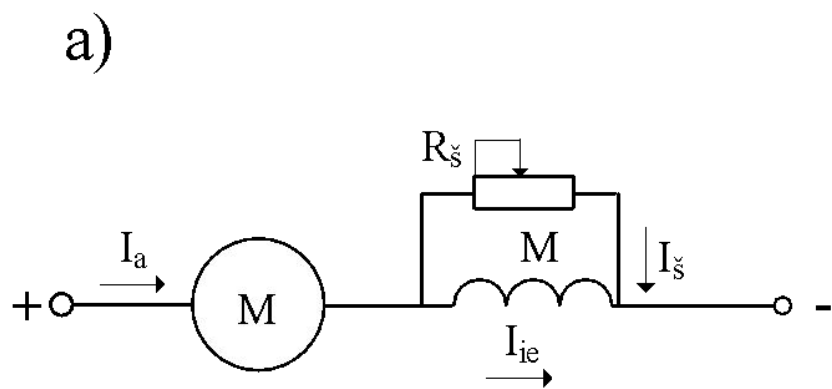
# LDn griešanās frekvences regulēšana ar reversīviem vadāmiem taisngriežiem



# LDn griešanās frekvences regulēšana ar reversīvo tranzistoru impulsregulatoru



# Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēja griešanās frekvences regulēšana ar šuntētu ierosmes tinumu



- 1 – IEROSMES TINUMA ŠUNTĒŠANA
- 2 – PAPILDPRET ENKURA ĶĒDĒ
- 3 – ENKURA ŠUNTĒŠANA

