

Villamos hajtások

I.	Villamos hajtások kinetikája	3
1.	Redukálás közös tengelyre	3
2.	Pozitív irányok, mozgásegyenlet, működési negyedek	3
3.	A hajtás stabilitásának feltétele	4
4.	$w(t)$ időfüggvények meghatározása, időállandók	4
II.	Egyenáramú áramirányítós hajtások	5
1.	A tirisztor, mint teljesítmény-félvezető tulajdonságai. Áramirányító kapcsolások jellemzői és típusai 5	
2.	A csillagpontos kapcsolás áramköri rajza a motorral együtt. Vezérlési elv, az egyenfeszültség középértékének kifejezése, a gyújtásszög és az egyenfeszültség középértékének változási tartománya	6
3.	A kommutáció folyamata fedés nélkül csillagpontos kapcsolásnál. Feszültség és áram időfüggvények	7
4.	A kommutáció a fedés figyelembevételével. Feszültség és áram időfüggvények. A gyújtásszög (α) változási tartománya. Az egyenfeszültség középértékének kifejezése	8
5.	A hídkapcsolású áramirányító származtatása. Kapcsolása, feszültség és áram időfüggvényei, az egyenfeszültség középértékének kifejezése	9
6.	A féligvezérelt híd kapcsolása, egyenfeszültségének középértéke, tulajdonságai	11
7.	Áramirányítós hajtások teljesítmény-viszonyai. Miért nagy a meddőigény? Állandó terhelés és változó a esetén a hálózati áramvektor végpontjának pályája, a hatásos és meddőteljesítmény maximális értékének viszonya, a meddőteljesítmény-igény csökkentésének lehetőségei	11
8.	A szaggatott vezetés jelensége, a kritikus áram definíciója. Hatása az egyenfeszültség középértékére. Hatása a fordulatszám-nyomaték jelleggörbére	13
9.	Áramirányítós hajtások alkalmazása, villamos mozdonyok (vizsgán ábrát kapnak). Diódás mozdony, vezérlése, tulajdonságai. Tirisztoros mozdony, a kapcsolás magyarázata, a vezérléssel elérendő célok	15
10.	Áramirányítós hajtások négynegyedes üzeme. Mi kell a negatív nyomatékhoz? Két készlet áramirányító ellenpárhuzamos kapcsolással. Vezérlési elv. A köráram keletkezésének oka és korlátozása	17
III.	Egyenáramú szaggatós hajtások	19
1.	Hol használják? Vezérlési elv. A kapcsolási frekvencia és az áram hullámosság viszonya	19
2.	A feszültség csökkentő kapcsolás. Áramköri rajz. Feszültség és áram időfüggvények. Az egyenfeszültség középértékének kifejezése	19
3.	A feszültség növelő kapcsolás. Áramköri rajz. Feszültség és áram időfüggvények. Az egyenfeszültség középértékének kifejezése	22
4.	A 4/4-es egyenáramú szaggató. Áramköri rajz. Vezérlési elvek (hogyan kapcsolgatunk, az egyenfeszültség időfüggvénye, összehasonlításuk az áram hullámosság szempontjából)	23
5.	Közúti villamos járműhajtás (vizsgán ábrát kapnak). A kapcsolás magyarázata, üzemi állapotai	24
6.	A szaggatott vezetés jelensége, a kritikus áram definíciója és képlete. A szaggatott vezetés hatása az egyenfeszültség középértékére és a $w(M)$ jelleggörbére	26
7.	Az áramirányítós és a szaggatós hajtások összehasonlítása	26
IV.	Frekvenciaváltós aszinkronmotoros hajtások	27
1.	Aszinkron motorok fordulatszám változtatási lehetőségei. A lehetőségek tulajdonságai	27

2. Aszinkron motor fordulatszámának változtatása a frekvencia változtatásával. Az $U_1(f_1)$ függvény és magyarázata. A terhelhetőség és a jelleggörbék alakulása	29
3. A frekvenciaváltók fajtái, felosztásuk, tulajdonságaik, az alkalmazott félvezetők	29
4. Hálózati kommutációs közvetlen frekvenciaváltó. Áramköri rajz. Vezérlési elv. Tulajdonságai	30
5. ISZM közvetlen frekvenciaváltó. Elvi rajz (mátrix). Vezérlési elv. Mire kell vigyázni?	32
6. A közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltók felosztása, tulajdonságai. Az egyszerű és ISZM feszültség inverter közti különbség	33
7. Feszültség inverteres hajtások működési negyedei	34
8. A egyszerű feszültség inverter működtetése. Kapcsolása. Vezetési állapotok. Feszültségek az egyenkori nullához képest. A motor fázisfeszültségei. A motor feszültség és fluxus háromfázisú vektora 36	
9. Az egyszerű feszültség inverter felharmonikusai, járulékos veszteségei, nyomatékklüktetése, kivezérelhetősége	37
10. Az ISZM feszültség inverter. Vezérlési módja, az ISZM lehetséges megvalósítása. A motor feszültség időfüggvénye és háromfázisú vektora. A felharmonikusok rendszámai, nyomatékklüktetés, kivezérelhetőség	38
11. Feszültség inverteres aszinkronmotoros trolibusz hajtás (vizsgán ábrát kapnak). A kapcsolás magyarázata	40
12. Frekvenciaváltós szélgenerátorok. A kétoldalról táplált aszinkron szélgenerátor, tulajdonságai, előnyei. Teljesítmény irányok	41
13. Áraminverteres aszinkronmotoros hajtások. Hagyományos áraminverter. Működési negyedek, tulajdonságai	42
14. ISZM áraminverteres aszinkronmotoros hajtások. Kapcsolása GTO-kal. Feszültség és áram időfüggvények	44

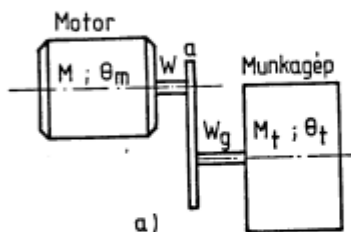
I. Villamos hajtások kinetikája

1. Redukálás közös tengelyre

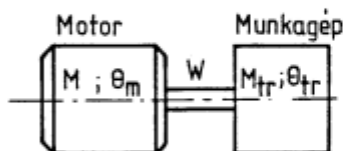
1. Villamos hajtások kinetikája (VH 11-13, 15-16, 19-21, 25-26, 29-30)

1.1. Redukálás közös tengelyre (VH 11-13):

Kinetikai vázlat



Egytengelyű helyettesítés (redukálás)



Elv:

- A teljesítmény felvétel ill. leadás azonos: $M_{tr}w = M_t w_g \frac{1}{\eta_a}$
- Mozgási energia azonos: $\frac{1}{2} \Theta_{tr} w^2 = \frac{1}{2} \Theta_t w_g^2$

2. Pozitív irányok, mozgásegyenlet, működési negyedek

1.2. Mozgásegyenlet (VH 15-16):

Newton féle mozgásegyenlet forgómozgásra:

$$M - M_t = \Theta \frac{dw}{dt}$$

Pozitív irányok:



Működési negyedek:

	II.	w ↑	I.	
Fék	$\begin{cases} M < 0 \\ w > 0 \\ P < 0 \end{cases}$		$\begin{cases} M > 0 \\ w > 0 \\ P > 0 \end{cases}$	Hajtás
Hajtás	$\begin{cases} M < 0 \\ w < 0 \\ P > 0 \end{cases}$		$\begin{cases} M > 0 \\ w < 0 \\ P < 0 \end{cases}$	Fék
	III.		IV.	

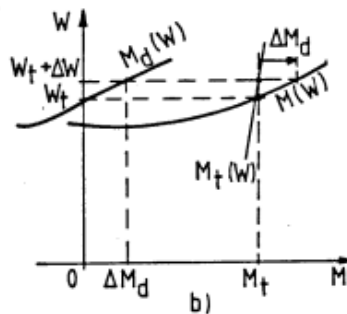
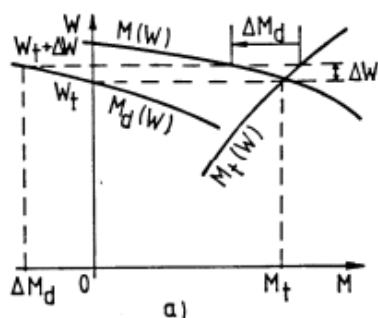
3. A hajtás stabilitásának feltétele

1.3. Stabilitás (VH 19-21):

Állandósult munkapont: $M_d = M - M_t$, a jelleggörbék metszéspontja (egyensúly).

A munkapont stabilitása: Ha valami kitéríti, vissza tér-e?

A motor és a terhelés együtt határozza meg:



Stabil

$$\frac{\Delta M_d}{\Delta w} < 0, \quad \frac{dM_d}{dw} = \frac{dM}{dw} - \frac{dM_t}{dw} < 0$$

Labilis

3

4. $w(t)$ időfüggvények meghatározása, időállandók

1.4. $w(t)$ és $m(t)$ időfüggvények meghatározása, időállandók (VH 25-26, 29-30):

A mozgásegyenletet kell megoldani (differenciál egyenlet):

$$w = \frac{1}{\Theta} \int_0^t (M - M_t) dt + w_k$$

Egyszerű esetek:

$M_d = M - M_t = \text{áll.}$

Lineáris időfüggvények

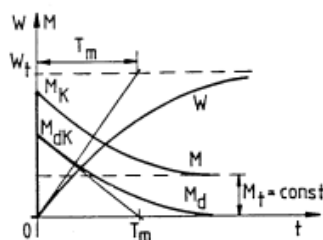
Fontos időállandó, a névleges indítási idő:

$$T_{in} = \frac{\Theta w_n}{M_n}$$

$w(M_d)$ lineáris:

Exponenciális időfüggvények.

Időállandójuk az elektromechanikai időállandó: $T_m = \Theta \left(- \frac{dw}{dM_d} \right)$



4

II. Egyenáramú áramirányítós hajtások

1. A tirisztor, mint teljesítmény-félvezető tulajdonságai. Áramirányító kapcsolások jellemzői és típusai

2. EGYENÁRAMÚ ÁRAMIRÁNYÍTÓS HAJTÁSOK (VH 132-152, 157-163)

A kapcsoló a **tirisztor**:



- Nagy feszültségű, nagy áramú, nagy teljesítménytartományban használják.
- Kis vezetőirányú feszültség esés (2V).
- Lassú működésű.
- Megfelelő nagyságú és hosszúságú áram impulzussal kapcsolható be (gyújtás).
- Nem kikapcsolható, áramát meg kell szüntetni.
 - Ha ezt a hálózati feszültségek által indított áram végzi: hálózati kommutáció.
 - Ha segéd (oltó) áramkörök végzik: kényszer kommutáció (bonyolult).
- Kis vezérlő teljesítmény.
- Védelmek kellenek (túláram, túlfeszültség, di/dt korlátozás, du/dt korlátozás)

2.1. Áramirányító kapcsolások

- Fázisszám: $f=1,3$
- Útszám $u=1,2$ (hány félvezetőn folyik át az áram)
- Ütemszám: $p=2,3,6$ (hány vezetési állapot ismétlődik egy hálózati periódus alatt).
- A félvezető típusa: dióda, tirisztor, mindkettő

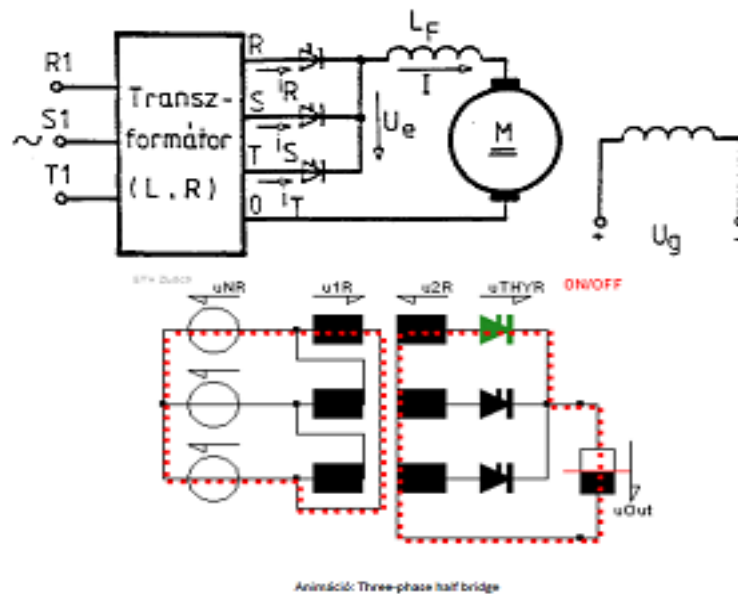
A fontos típusok:

- 1f2u2ü (1 fázisú híd, Greatz híd)
- 3f1u3ü (3 fázisú csillagpontos)
- 3f2u6ü teljesen vezérelt (3 fázisú híd)
- 3f2u6ü félig vezérelt

2. A csillagpontos kapcsolás áramköri rajza a motorral együtt. Vezérlési elv, az egyenfeszültség középértékének kifejezése, a gyújtásszög és az egyenfeszültség középértékének változási tartománya

2.2. A kommutáció (váltás) folyamata

Egyszerűbb a csillagpontos kapcsolást vizsgálni és az eredmények könnyen átvihetők a szélesebb körben használt hídkapcsolásra. Ez csak transzformátorral használható:



- L_F simító fojtó, végtelennek tételezzük fel, I tökéletesen sima.
- Első körben az áram átváltását pillanatszerűnek vesszük.
- A váltást megfelelő polaritású vonali feszültségek által a kikapcsolandó és a bekapcsolt tirisztor körében indított áram végzi. Polaritás váltás a feszültségek metszéspontjában van, ott indulhat legkorábban, az felel meg a nulla fokos gyújtáskésleltetésnek. Ez a természetes kommutációs pont, mert diódák esetén itt van a váltás.
- Késleltetni lehet, hálózati alapharmonikus szögben mérjük, tartománya:
 $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$
- Az egyenfeszültség középértéke (kiintegrálható) $U_e = U_{em} \cos \alpha$ $-U_{em} \leq U_e \leq U_{em}$
 $U_{em} = U_{hm} \sin(\pi/p)/(\pi/p)$
 U_{hm} fázis csúcsérték; $p=3$

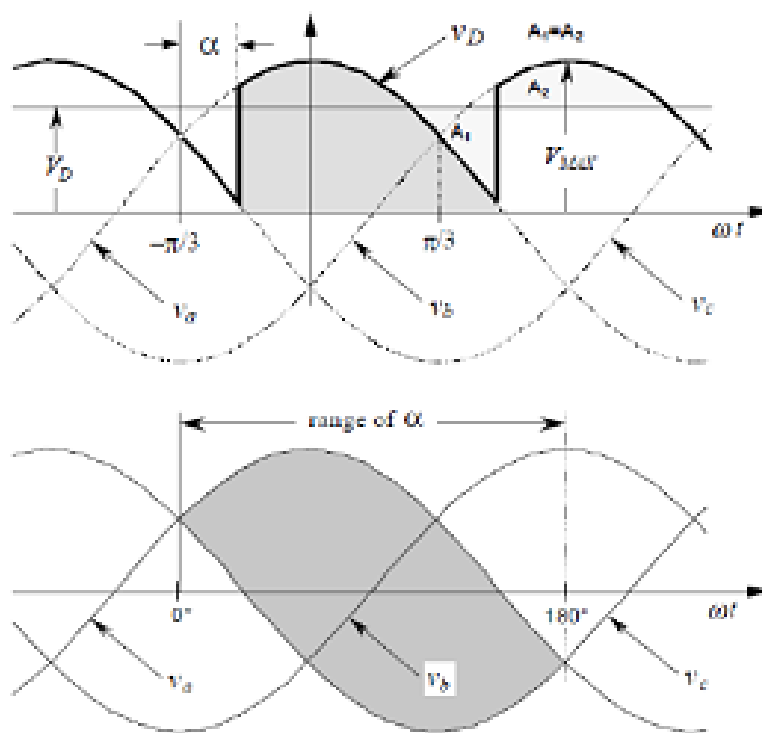
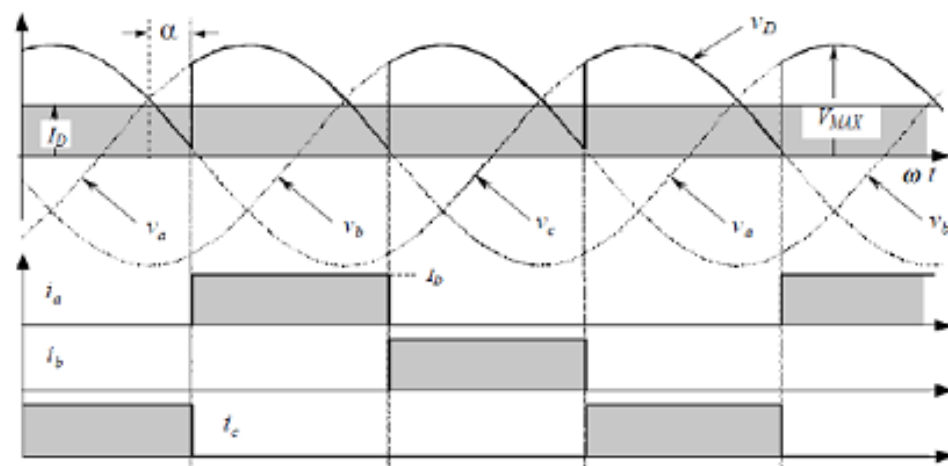


Fig. 12.3 Possible range for gating delay in angle α



3. A kommutáció folyamata fedés nélkül csillagpontos kapcsolásnál. Feszültség és áram időfüggvények

2.3. Ténylegesen a váltás nem pillanatszerű, mert a körben van induktivitás (transzformátor szórási ind)

- Fedés lép fel (együtt vezet két fázis, szöge δ (fedési szög))
- Szigorú követelmény: $\alpha + \delta < 180^\circ$, eddig be kell fejeződnie, mert utána nem fog, mert a kommutációt végző feszültségben polaritás váltás van. Ha $\alpha + \delta > 180^\circ$, inverter üzemi billenés, zárlat.
- δ munkapont függő (nemlineáris áramfüggőség). Ezért α -t korlátozzák 150° .. 160° -ra.

4. A kommutáció a fedés figyelembevételével. Feszültség és áram időfüggvények. A gyújtásszög (α) változási tartománya. Az egyenfeszültség középértékének kifejezése

Az egyenfeszültség középértéke a fedés figyelembevételével:

$$U_e = \frac{1}{\frac{2\pi}{p}} \left[\int_0^{\delta} \frac{u_R + u_T}{2} dx + \int_{\delta}^{\frac{2\pi}{p}} u_R dx \right] = U_{em} \frac{\cos \alpha + \cos(\alpha + \delta)}{2}$$

Összefüggés az áram, δ és α között:

$$I = \frac{\sqrt{3}U_{hm}}{w_1 L} \frac{\cos \alpha - \cos(\alpha + \delta)}{2} = \sqrt{3}I_z \frac{\cos \alpha - \cos(\alpha + \delta)}{2}$$

I_z : ideális rövidzárási áram.

A fedés hatása a feszültségre:

$w_1 t > \alpha$ időre:

$$u_R = R i_R + L \frac{di_R}{dt} + u_e,$$

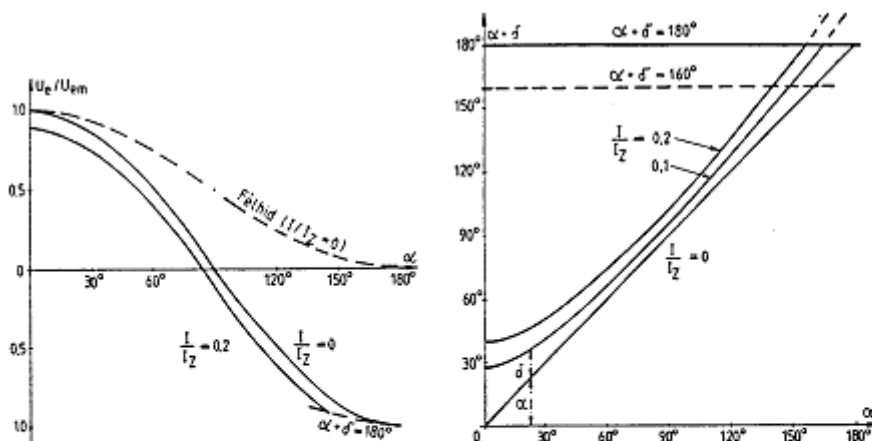
$$u_T = R i_T + L \frac{di_T}{dt} + u_e,$$

Összeadva, figyelembe véve, hogy $I = i_R + i_T$, u_e kifejezve:

$$u_e = \frac{u_R + u_T}{2} - \frac{R}{2} I - \frac{L}{2} \frac{dI}{dt}$$

$dI/dt=0$, $R \approx 0$:

$$u_e = \frac{u_R + u_T}{2}$$

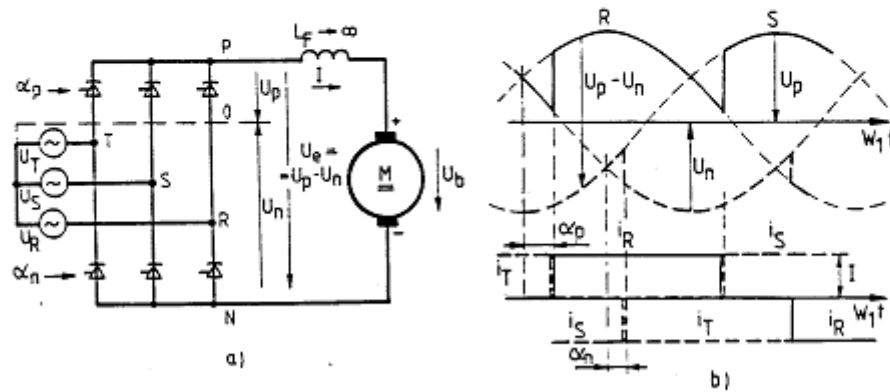


5. A hídkapcsolású áramirányító származtatása. Kapcsolása, feszültség és áram időfüggvényei, az egyenfeszültség középértékének kifejezése

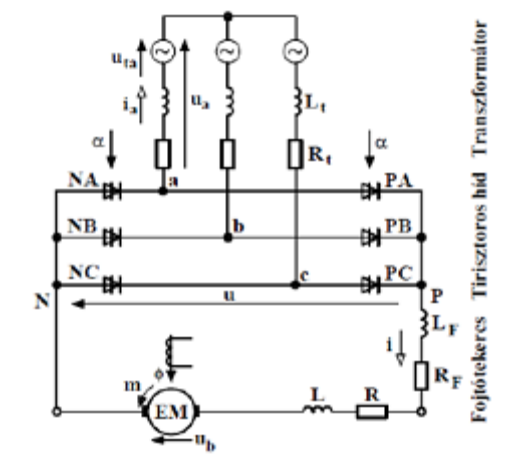
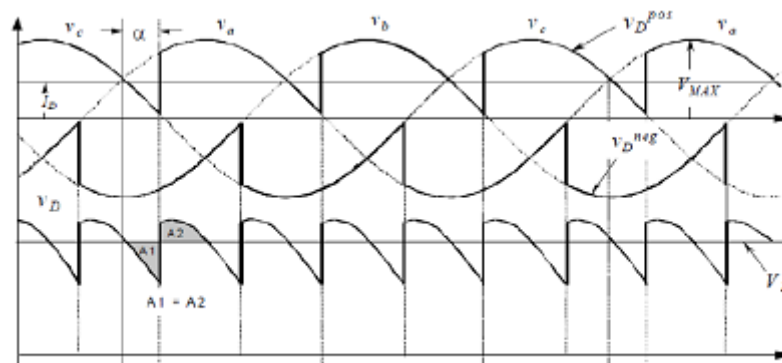
2.4. Hídkapcsolású áramirányító:

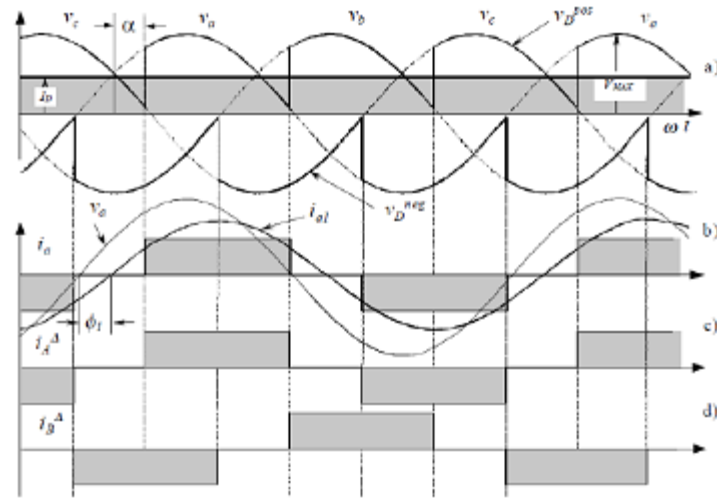
- Az egyenirányított feszültség nem sima, felharmonikusokat is tartalmaz. Ezek csökkenthetők az ütemszám növelésével.
- Hídkapcsoláshoz nem kell transzformátor.
- Nagyobb feszültség adható ki.

Két sorbakapcsolt csillagpontos kapcsolásból származtatható:



13





p=3 helyettesítéssel:

$$U_p = \frac{3}{\pi} \frac{\sqrt{3}}{2} U_{hm} \cos \alpha_p ,$$

$$U_n = - \frac{3}{\pi} \frac{\sqrt{3}}{2} U_{hm} \cos \alpha_n ,$$

$$U_e = U_p - U_n = \frac{3}{\pi} \sqrt{3} U_{hm} \frac{\cos \alpha_p + \cos \alpha_n}{2}$$

Ha $\alpha_p = \alpha_n = \alpha$ (szimmetrikus vezérlés):

$$U_e = \frac{3}{\pi} U_{vm} \cos \alpha = U_{em} \cos \alpha , \quad U_{vm} \text{ a vonali csúcsérték}$$

Az áramképletek ugyanazok a soros kapcsolás miatt.

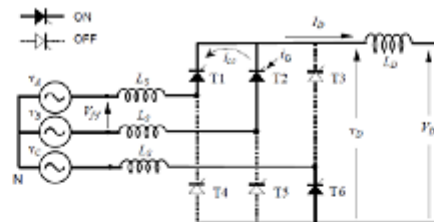


Fig. 12.16 Commutation process

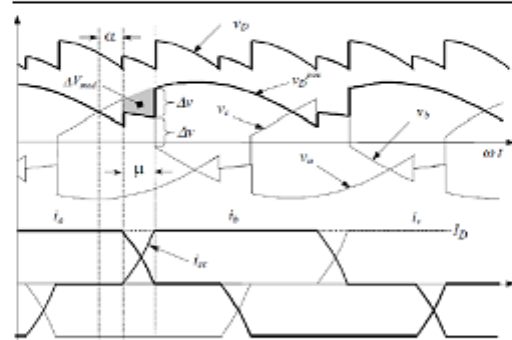
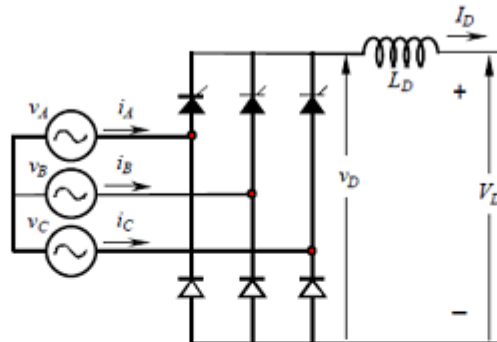


Fig. 12.17 Effect of the overlap angle on the voltages and currents

6. A féligvezérelt híd kapcsolása, egyenfeszültségének középértéke, tulajdonságai

Féligvezérelt híd:



Ha egyik oldalon (pl. pozitív) diódák vannak $\alpha_p=0$

$$U_e = U_{em} \frac{1+\cos\alpha}{2}$$

- Nem tud negatív U_e -t kiadni, nincs inverter üzem.
- Sőt még $U_e=0$ sem lehet.
- Nagyobb hullámosság, nagyobb felharmonikus tartalom.

19

7. Áramirányítós hajtások teljesítmény-viszonyai. Miért nagy a meddőigény? Állandó terhelés és változó α esetén a hálózati áramvektor végpontjának pályája, a hatásos és meddőteljesítmény maximális értékének viszonya, a meddőteljesítmény-igény csökkentésének lehetőségei

2.4. Áramirányítós hajtás teljesítményviszonyai (VH 142-144):

A gyújtáskésleltetés késlelteti az áramot a feszültséghez képest. Az alapharmonikus fáziskésés jó közelítéssel: $\varphi \approx \alpha$

Az alapharmonikus amplitúdó négyszög áramra:

$$I_1 = \frac{2}{\pi} I \sin \frac{\pi}{p}$$

Hídkapcsolásnál a két oldal áramának összege az eredő alapharmonikus hálózati áram:

$$\bar{I}_1 = \frac{2}{\pi} I \sin \frac{\pi}{3} \left[e^{-j\alpha_p} + e^{-j\alpha_n} \right] = I_1 \left[e^{-j\alpha_p} + e^{-j\alpha_n} \right]$$

$$I_1 = \frac{\sqrt{3}}{\pi} I$$

Szimmetrikus vezérlésnél:

$$\bar{I}_1 = \frac{4}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} I e^{-j\alpha} = 2I_1 e^{-j\alpha}$$

20

A hatásos teljesítmény: $P_h = 3/2 U_{hm} I_{1m} \cos \varphi$
 A meddő teljesítmény: $Q_h = 3/2 U_{hm} I_{1m} \sin \varphi$

Szimmetrikus vezérlésnél:

$$P_h + jQ_h = 2CI_1 e^{-j\alpha}$$

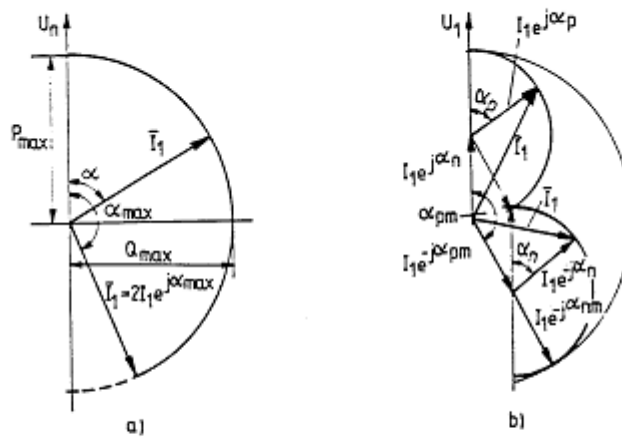
Aszimmetrikus vezérlésnél:

$$P_h + jQ_h = CI_1 \left(e^{-j\alpha_p} + e^{-j\alpha_n} \right)$$

Ha a terhelés állandó, I_1 is állandó.
 A sebességet α változtatásával állítjuk.

21

α változásakor az alapharmonikus áram pályája:



a) Szimmetrikus vezérlés $P_{max} = Q_{max}$; b) Speciális aszimmetrikus vezérlés, a meddő igény csökkenthető

Féligvezérelt híd esetén $Q_{max} = 0,5P_{max}$

22

8. A szaggatott vezetés jelensége, a kritikus áram definíciója. Hatása az egyenfeszültség középértékére. Hatása a fordulatszám-nyomaték jelleggörbére

2.5. $L_f \neq \infty$, lüktető egyenáram, szaggatott vezetés (VH 145-152)

A gyakorlatban ez van, az áram nem sima:

$$u_e = iR + L \frac{di}{dt} + U_b, \quad (L \text{ a teljes, motor+külső inuktivitás})$$

A lüktető áram hatásai:

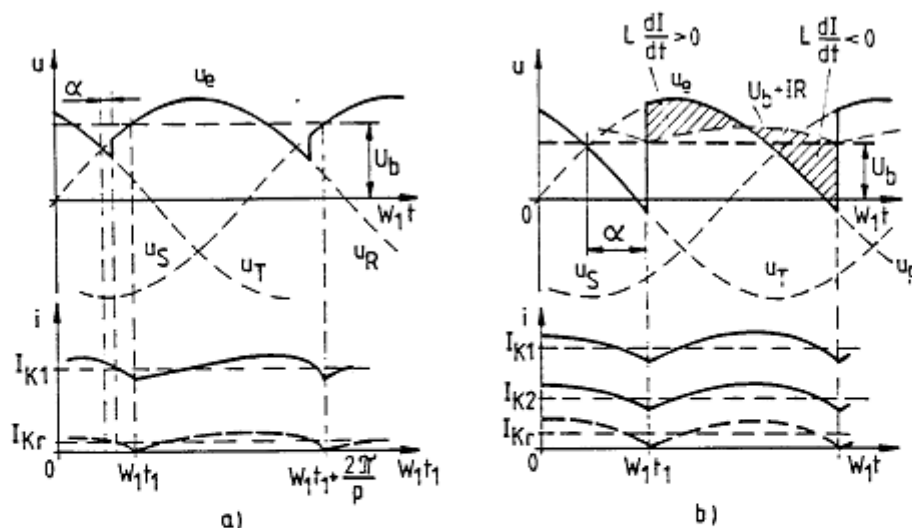
- A felharmonikus áramok járulékos veszteséget okoznak.
- A lüktető áram lüktető nyomatékot hoz létre (szerencsére viszonylag nagy frekvenciájú)
- Kis terhelésen az áram minimuma elérheti a nulla értéket (kritikus áram). Ha tovább csökken a terhelés, megszakad az áram.

$I_k > I_{kr}$ folyamatos vezetés

$I_k < I_{kr}$ szaggatott vezetés

Gyújtáskor az áram nulláról indul, nincs kommutáció, nincs fedés: $\delta=0^\circ$.

23



A szaggatott vezetés esetére nem igazak az egyenfeszültségre levezetett képletek.

24

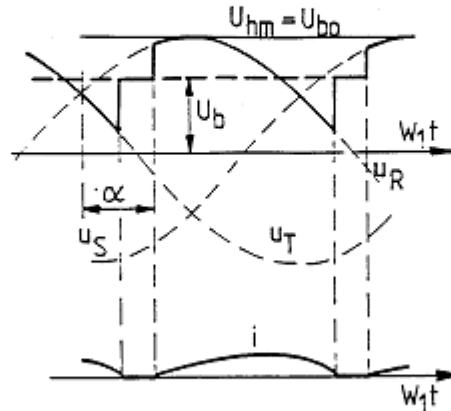
A nulla áramú szakasz alatt az aktuális fázisfeszültség (az ábrán u_T) helyett a belső feszültség (U_b) az egyenfeszültség pillanatértéke (nagyobb)

→ nő az egyenfeszültség pillanatértéke,

→ nő a fordulatszám,

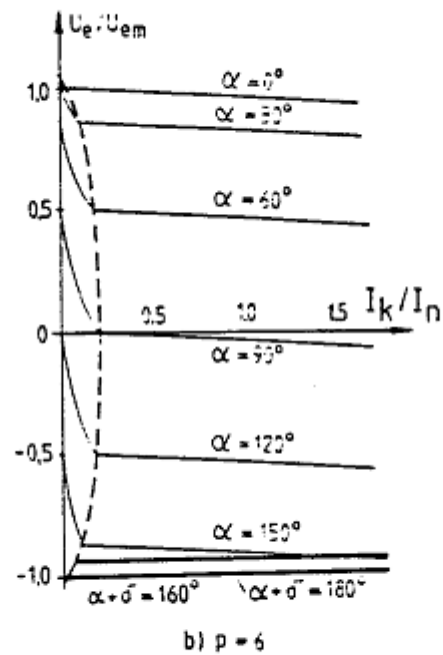
→ U_b nő, ideális üresjárásban a fázisfeszültség csúcserőkéig.

→ A jelleggörbe változási jellege megváltozik (lineáris helyett kis terheléssel felhajlik).



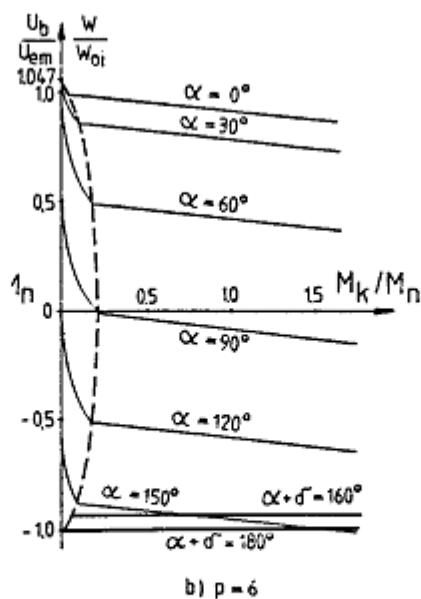
25

Az U_e - I_k jelleggörbe:



26

A $w(M)$ jelleggörbe:



A jellegváltozás adaptív fordulatszám szabályozót igényel.

27

9. Áramirányítós hajtások alkalmazása, villamos mozdonyok (vizsgán ábrát kapnak). Diódás mozdony, vezérlése, tulajdonságai. Tirisztoros mozdony, a kapcsolás magyarázata, a vezérléssel elérendő célok

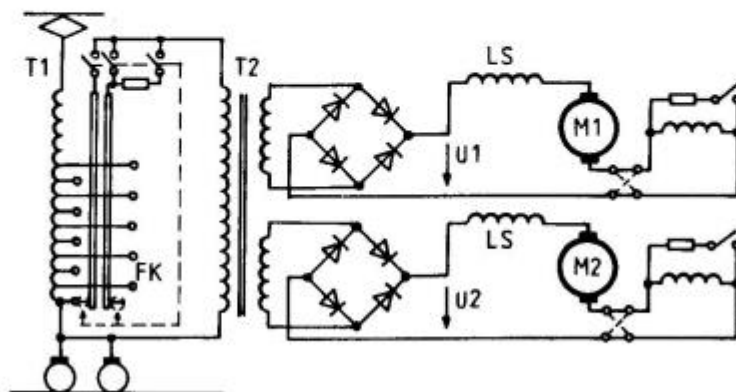
2.6. Áramirányítós hajtások alkalmazása: mozdonyok

Eddigiekhez képest más:

- Egyfázisú táplálás.
- Soros motor.

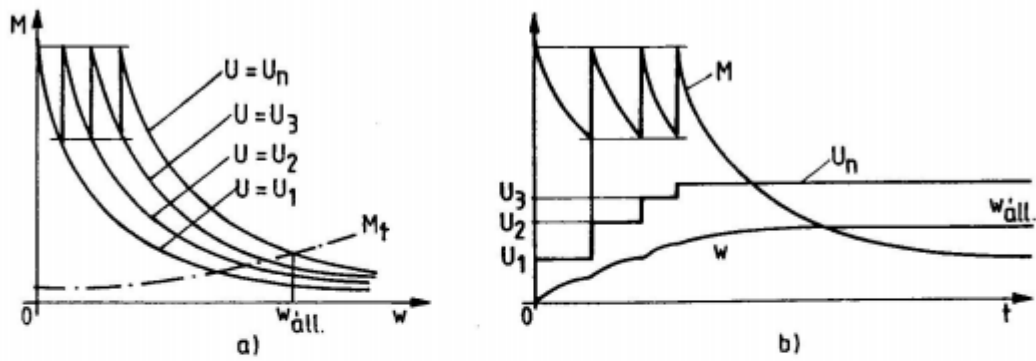
2.6.1. Diódás mozdony

Fokozat transzformátoros diódás egyenirányítós jármű (V43):



28

Egy indítási folyamat:



Visszatápláló fékezés nem lehet a diódás egyenirányítás miatt: ellenállásos fékezés gerjesztőköri irányváltással.

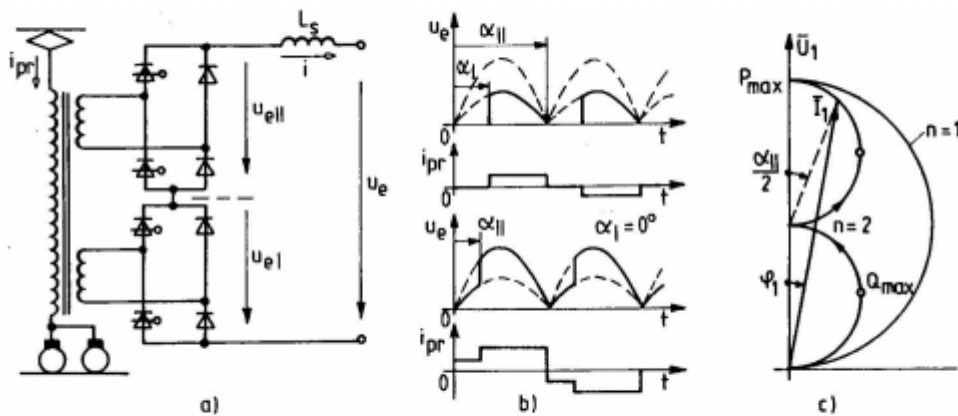
Előre-hátra menet szintén gerjesztőköri irányváltással.

29

2.6.2. Tirisztoros áramirányítós mozdony (V63):

Vezérléssel elérendő:

- Lehető legkisebb áram hullámosság.
- Meddő igény csökkentés.



Sorbakapcsolt féligvezérelt hídkapcsolások követő (aszimmetrikus) vezérléssel. Visszatáplálás itt sem lehetséges.

30

10. Áramirányítós hajtások négynegyedes üzeme. Mi kell a negatív nyomatékhoz? Két készlet áramirányító ellenpárhuzamos kapcsolással. Vezérlési elv. A köráram keletkezésének oka és korlátozása

2.7. Áramirányítós hajtások négynegyedes üzeme (VH 157-163)

Az eddigi hajtások 2/4-es hajtások:

- A feszültség lehet pozitív és negatív is (vele a fordulatszám is).
- Az áram a félvezetők szelephatása miatt csak pozitív lehet (vele a nyomaték is).

Csak az I és IV. negyedben működhetnek.

Ha negatív nyomatékot akarunk, vagy az áramot, vagy a fluxust kell megfordítani. A fluxus nagy időállandóval reverzálható. Jó dinamika az áramirány megfordításával lehetséges.

Ne feledjük:
$$I = \frac{U_e - U_b}{R}$$

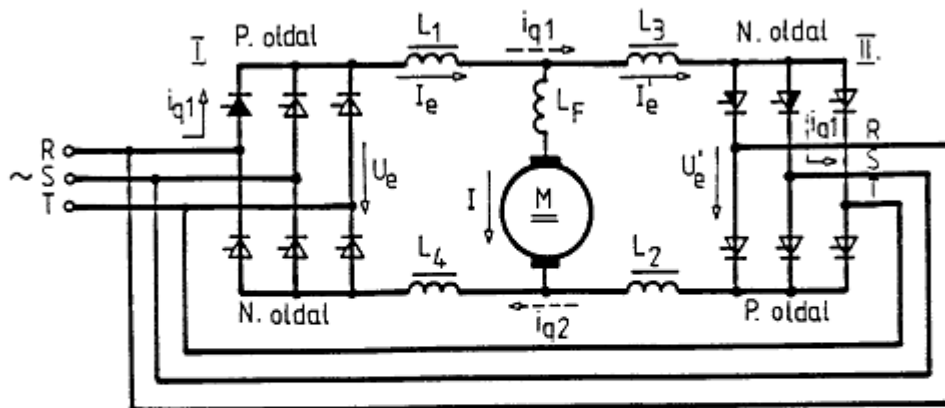
R=5%. Már kis feszültség különbség nagy áramot indít!

A műszakilag legjobb, de a legdrágább megoldás külön áramirányítók alkalmazása az egyes áramirányokra.

31

4/4-es hajtás két készlet áramirányítóval az armatúrakörben:

Az egyik megoldást, az ellenpárhuzamos kapcsolást tárgyaljuk:



- I>0 I. áramirányító vezet.
I<0 II. áramirányító vezet.

Az áramirány üzemállapottól függ, nemcsak a mi kezünkben van a vezérlés által, hanem az U_b belső feszültségtől is függ. Ezért mindkét áramirányítónak üzemkész állapotban kell lennie minden pillanatban, mindkettőt vezérelni kell.

32

De hogy?

Triviális, hogy $U_e = U_e'$ kell. $\rightarrow U_{em} \cos \alpha = -U_{em} \cos \alpha' \rightarrow \alpha' = 180^\circ - \alpha$

Azt, hogy melyik vezet, U_b határozza meg, pl.:

$\alpha = 60^\circ$; $\alpha' = 120^\circ$; $U_e = -U_e' = 50\%$

ha $U_b = 45\%$ $I > 0$, I-es áramirányító vezet, egyenirányítóként üzemel, a felvett teljesítményt a motor fogyasztja el, hajt.

ha $U_b = 55\%$ $I < 0$, II-es áramirányító vezet, inverterként üzemel, az egyenáramú gép generátorként üzemel, a tengelyén felvett teljesítményt visszatáplálja a hálózatba, fékezés.

Hasonló viszonyok, ha U -t változtatjuk a vezérléssel.

$\rightarrow$ Négynegyedes üzem.

Elhallgatott probléma: $U_e = U_e'$ csak a középvértékekre igaz, a pillanatértékekre nem.

$\rightarrow$ feszültség különbség az egyenkörben

$\rightarrow$ a motort megkerülő, haszontalan köráram indul, korlátozni kell: $L_1 \dots L_4$

33

a) $\alpha = 45^\circ$; b) $\alpha = 60^\circ$

Két független köráram: i_{q1} and i_{q2} .

i_{q1} -t vizsgáljuk, amely az I-es áramirányító P oldalán és a II-es áramirányító N oldalán folyik (a hálózaton, transzformátoron keresztül záródik).

Az u_1 és u_2 feszültségek különbsége generálja i_{q1} -t: (ellenállások elhanyagolva)

$$i_q = \frac{1}{L_q} \int (u_1 - u_2) dt \quad (t=0; i_q=0)$$

A vizsgált időintervallum:

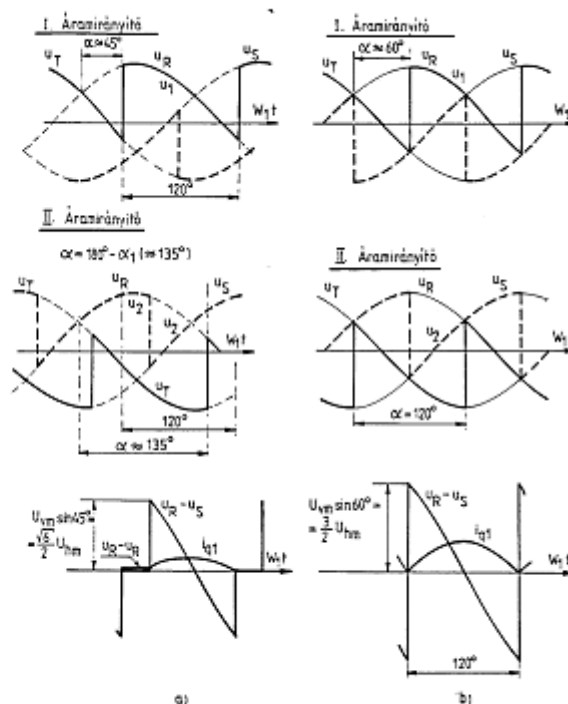
I. P oldal: R tirisztor gyújtása

II. N oldal: R vagy S tirisztorok vezetnek

$$u_1 - u_2 = 0$$

vagy $u_1 - u_2 = u_{RS}$

- A köráram vezérléssel eliminálható.
- Köráram esetén nincs szaggatott vezetés!



34

III. Egyenáramú szaggatós hajtások

1. Hol használják? Vezérlési elv. A kapcsolási frekvencia és az áram hullámosság viszonya

3. EGYENÁRAMÚ SZAGGATÓS HAJTÁSOK (VH 164-171)

A hagyományos tirisztoros (nagy felharmonikusok, bonyolult vezérlés).

A modern szaggatók tranzisztorosak (bipoláris, MOS-FET, IGBT), kisebb harmonikusok, jobb hatásfok.

Hol használják? Ahol állandó DC feszültség van:

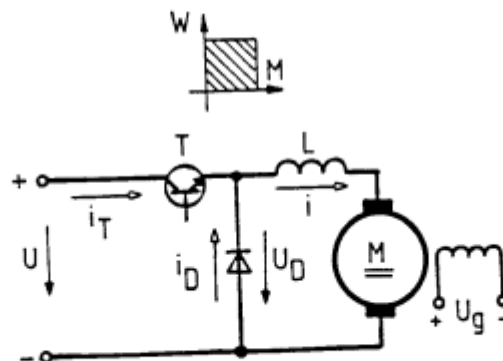
- DC forrás (pl. akkumulátoros járművek)
- DC hálózat (ritka, pl. városi vontatás)
- DC szervo hajtások (nagyfrekvenciás vezérlés → jó dinamika)

2. A feszültség csökkentő kapcsolás. Áramköri rajz. Feszültség és áram időfüggvények. Az egyenfeszültség középértékének kifejezése

3.1. A szaggatók felépítése és vezérlése

3.1.1. Egynegyedes kapcsolások

Feszültség csökkentő kapcsolás:



Pozitív áram (nyomaték) és pozitív feszültség (fordulatszám) → I. negyedben.

Vezérlési elv: **Impulzus Szélesség Moduláció (ISZM)**

Két állapot:

1. T bekapcsolva, az áram T-n folyik: $U_D = U$
2. T kikapcsolva, az áram áterelődik D-re (nem szakadhat meg!!): $U_D = 0$

Az állapotokat ciklikusan váltogatva (kapcsolgatás, szaggatás) a motorra jutó feszültség középértéke folyamatosan változtatható azzal, hogy mennyi ideig tartanak az egyes állapotok a kapcsolási perióduson belül (milyen szélesek az impulzusok):

A feszültség középértéke:

$$U_k = \frac{U \cdot t_{be} + 0 \cdot t_{ki}}{t_{be} + t_{ki}} = U_b$$

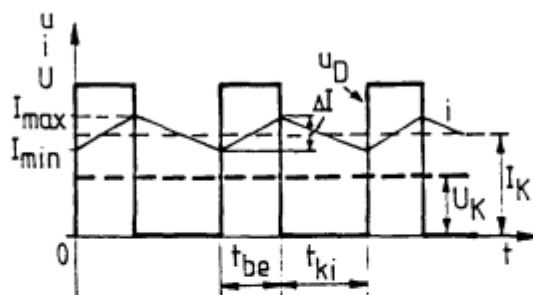
t_{be} : bekapcsolási idő

t_{ki} : kikapcsolási idő

$$b = \frac{t_{be}}{t_{be} + t_{ki}}, \text{ relatív bekapcsolási viszony}$$

Csak feszültség csökkentés lehetséges.

Időfüggvények:



Állandósult állapotban, középértékekkel:

$$U_k = I_k R + U_b, \text{ ahol } U_b \text{ indukált feszültség jó közelítéssel állandó}$$

Pillanat értékekkel:

$$u_e = iR + L \frac{di}{dt} + U_b, \text{ ahol } R \text{ ellenállás elhanyagolható, ekkor az áramváltozás lineáris.}$$

$$t_{be} \text{ időre: } i = \frac{U - U_b}{L} \Delta t + I_{min} \quad (1)$$

$$t_{ki} \text{ időre: } i = \frac{-U_b}{L} \Delta t + I_{max} \quad (2)$$

Δt az aktuális kapcsolástól eltelt idő mindkét esetben.

Az áram középértéke:

$$I_k = \frac{I_{max} + I_{min}}{2}$$

Behelyettesítve $\Delta t = t_{be}$ (1) be és $\Delta t = t_{ki}$ (2)-be):

$$I_{max} - I_{min} = \Delta I = \frac{U - U_b}{L} t_{be}$$

$$I_{max} - I_{min} = \Delta I = \frac{U_b}{L} t_{ki} \quad U_b \approx bU$$

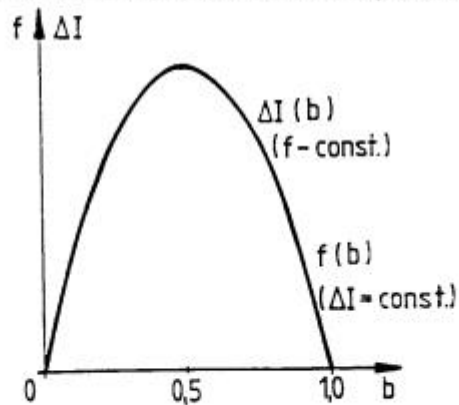
5

Kifejezve t_{be} és t_{ki} -t, majd kifejezve a frekvenciát:

$$f = \frac{1}{t_{be} + t_{ki}} = \frac{U}{L \Delta I} (1 - b)b$$

Ha $f = \text{const.}$, akkor ΔI változik, ha $\Delta I = \text{const.}$ akkor f változik (parabolikus függvény):

Maximuma $b = 0.5$ -nél. Ez a kétféle vezérlés létezik, mi az $f = \text{áll.}$ -val foglalkozunk.



6

3. A feszültség növelő kapcsolás. Áramköri rajz. Feszültség és áram időfüggvények. Az egyenfeszültség középértékének kifejezése

Feszültség növelő kapcsolás:

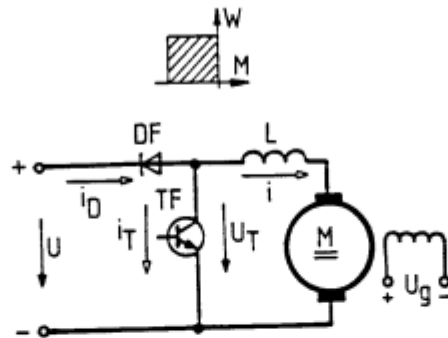


Fig.4.40.b

Negatív áram (nyomaték) és pozitív feszültség (fordulatszám) → II. negyedben.

Két állapot:

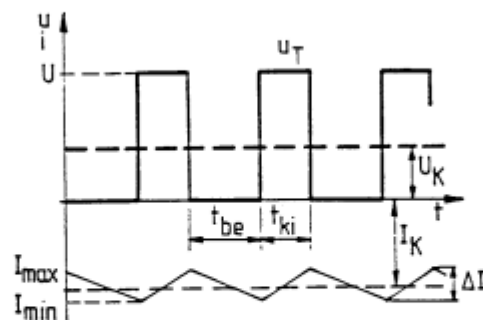
1. TF bekapcsolva, az áram TF-n folyik: $U_T=0$
2. TF kikapcsolva, az áram áttér a DF-re (nem szakadhat meg!!), abszolút értékben csökken, az L induktivitás bekényszeríti az áramot az $U > U_b$ feszültségű táplálásba (feszültség növelő): $U_T=U$

7

A feszültség középértéke:

$$U_k = \frac{U \cdot t_{ki} + 0 \cdot t_{be}}{t_{be} + t_{ki}} = U(1 - b)$$

Időfüggvények:

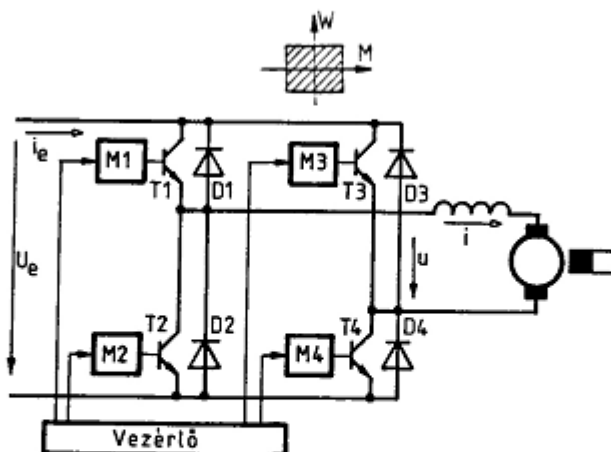


Az eddigiek 1/4-es kapcsolások voltak. Össze lehet rakni belőlük 4/4-es kapcsolást:

8

4. A 4/4-es egyenáramú szaggató. Áramköri rajz. Vezérlési elvek (hogyan kapcsolgatunk, az egyenfeszültség időfüggvénye, összehasonlításuk az áram hullámosság szempontjából)

3.1.2. 4/4-es egyenáramú szaggató



Mindkét polaritású áram és feszültség lehetséges, az áram előjelet válthat bármelyik pillanatban.

Kétféle vezérlési mód terjedt el:

9

1. Ellenütemű vezérlés (bipoláris):

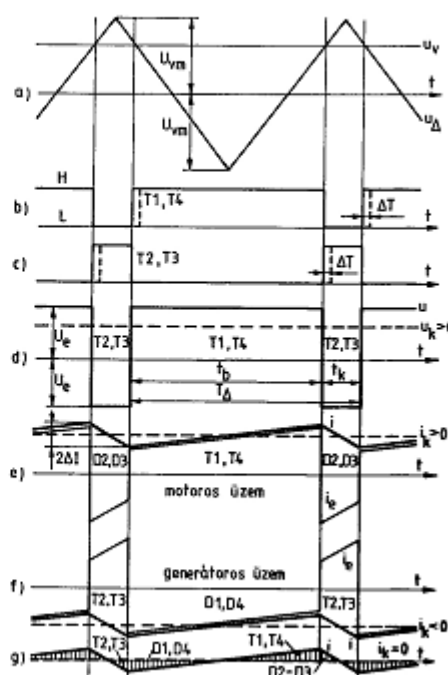
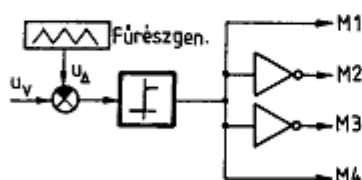
Ez a legegyszerűbb: T1T4 be és T2T3 be állapotok váltakoznak.

T1T4 be (t_{be}): $u=U_e$

T2T3 be (t_{ki}): $u=-U_e$

$$U_k = \frac{t_{be}U_e + t_{ki}(-U_e)}{t_{be} + t_{ki}} = (2b-1)U_e$$

$$0 \leq b \leq 1 \quad -U_e \leq U_k \leq U_e$$



10

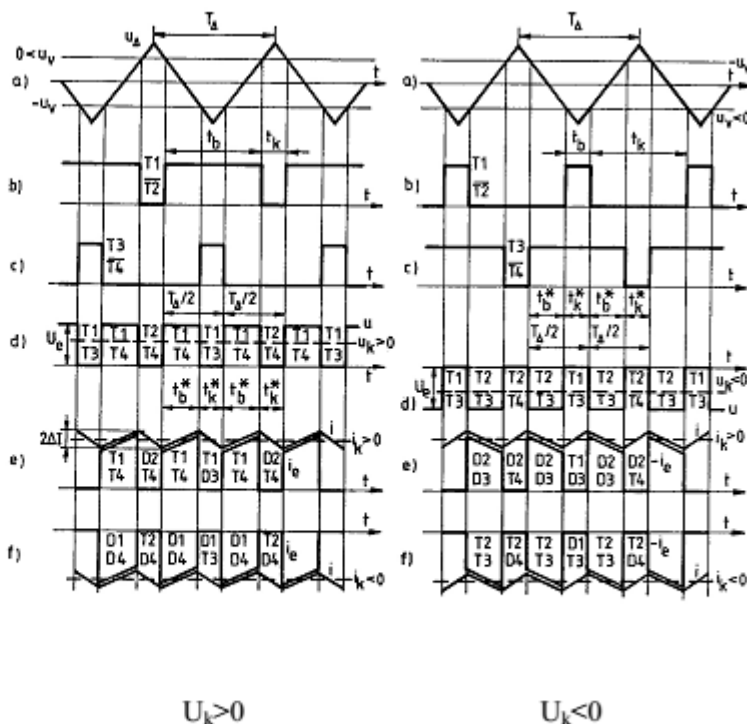
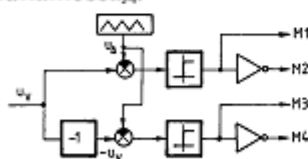
2. Alternatív vezérlés (unipoláris)

Ha pozitív U_k -t akarunk:
 U_e és 0 között

kapcsolgatunk: T1T4 és
(T1T3 vagy T2T4)

Ha negatív U_k -t akarunk: $-U_e$
és 0 között: T2T3 és (T2T4
vagy T1T3)

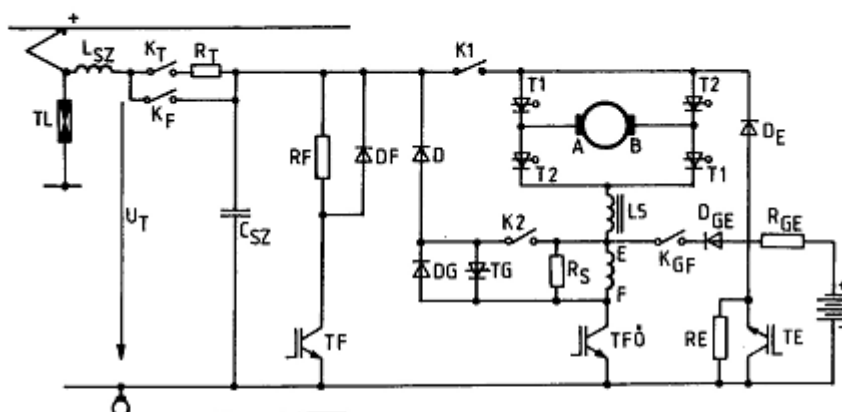
Az áram lüktetés
frekvenciája kétszerese a
tranzisztorok kapcsolási
frekvenciájának, kisebb
hullámosság.



11

5. Közúti villamos járműhajtás (vizsgán ábrát kapnak). A kapcsolás magyarázata, üzemállapotai

3.2. Közúti villamos járműhajtás IGBT-s szaggatóval



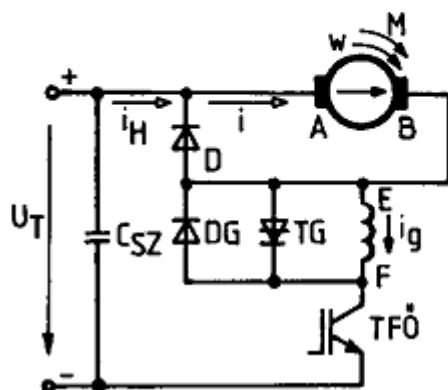
4/4-es üzem átkapcsolással:

- Fő szaggató elem: TF0
- TE: az előtét-ellenállásos visszatápláló üzemnél.
- TF az ellenállásos fékezésnél.
- TG mezőgyengítéshez (fordulatszám tartomány kiterjesztése nagyobb fordulatszámokra).
- Armatúraköri irányváltás T1-T2 tirisztor párokkal

12

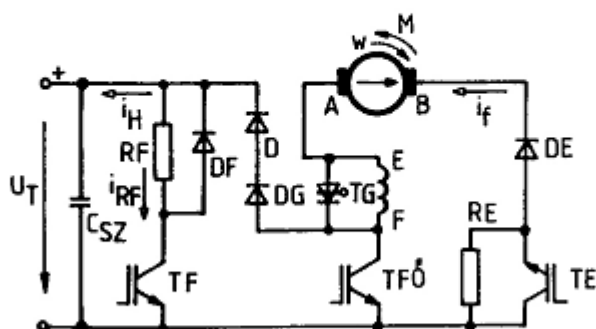
Motoros előremenet üzem:

K1 zárt
T1-k be



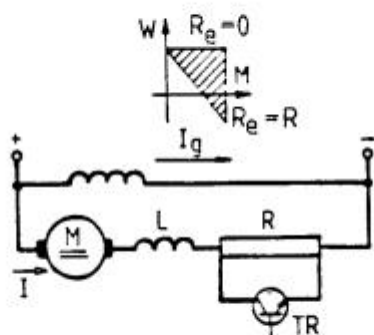
Féküzem előremenetben:

K1 nyitott.
T2-k be.



TE-vel előtétellenállás szabályozható
TF-RF ellenállásos féküzemhez (ha C_{sz} feszültsége túl nagyra nő, kisüti)

Ellenállás változtató kapcsolás:



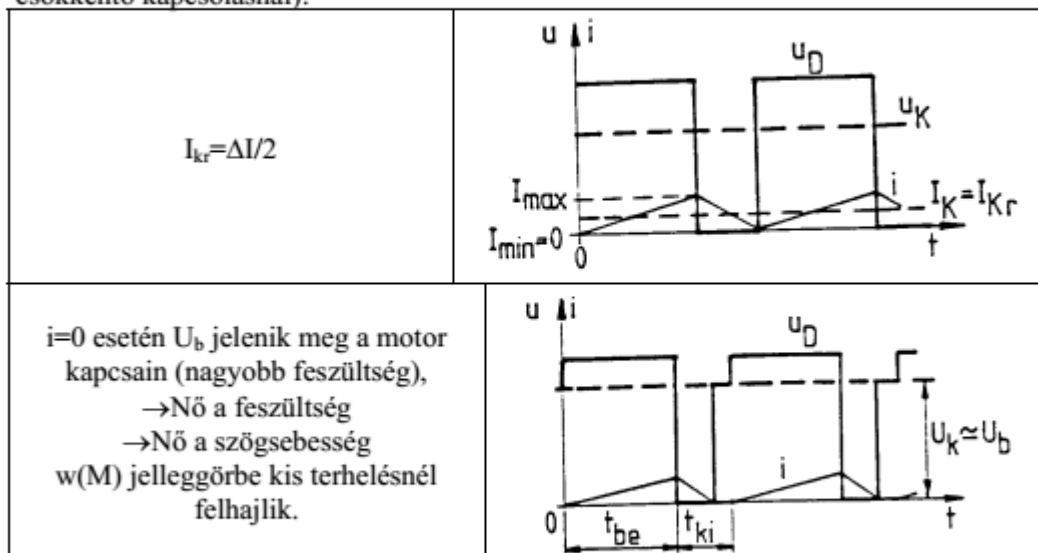
$$R_e = R \frac{t_{ki}}{t_{be} + t_{ki}} = (1-b)R$$

$$b=0..1 \quad R_e=R..0$$

6. A szaggatott vezetés jelensége, a kritikus áram definíciója és képlete. A szaggatott vezetés hatása az egyenfeszültség középértékére és a $w(M)$ jelleggörbére

3.3. Szaggatott vezetés hatása

Hasonló viszonyok kis terhelésnél, mint áramirányítós hajtásoknál (Pl. feszültség csökkentő kapcsolásnál):



Viszont: négynegyedes hajtásnál nincs szaggatott vezetés, mert az áram bármikor előjelet válthat

16

7. Az áramirányítós és a szaggatós hajtások összehasonlítása

Az áramirányítós és szaggatós hajtások összehasonlítása:

	Áramirányítós	Szaggatós
Félvezető (kapcsoló)	Tiriszor	Főként tranzisztor
Vezérlési elv	Gyújtás-szög vezérlés (késleltetés)	Impulzus szélesség moduláció (ISZM)
Dinamika (holtidő)	Nagy holtidő (20ms/p; p az ütemszám) Kis dinamika.	Kis holtidő ($1/f_k$ f_k a kapcsolási frekvencia) Nagy dinamika.
Meddőigény	Jelentős meddőigény	Ha egyenirányító állítja elő az egyenfeszültséget, az diódás, közel nulla meddőigénnyel.
Felharmonikusok	Jelentős nagyságú, kis rendszámú (kisfrekvenciás) felharmonikusok. A legkisebb frekvencia: $50\text{Hz} \cdot p$ (p az ütemszám)	Kis amplitúdójú, nagyfrekvenciás felharmonikusok A legkisebb frekvencia: f_k (több kHz)
Áram hullámosság	Nagy, nagy simító fojtó kell	Kicsi, kis simító fojtó kell
Teljesítmény tartomány	Nagy teljesítményeken	Kisebb teljesítményeken

17

IV. Frekvenciaváltós aszinkronmotoros hajtások

1. Aszinkron motorok fordulatszám változtatási lehetőségei. A lehetőségek tulajdonságai

4. FREKVENCIAVÁLTÓS ASZINKRONMOTOROS HAJTÁSOK (VH 260-283)

Aszinkron gép fordulatszám változtatási lehetőségei az azt meghatározó mennyiségekből látszanak:

$$n = \frac{f_1}{p} (1 - s) = n_1 (1 - s)$$

Szlip változtatás:

- Csúszógyűrűs gépeknél a forgórész körüli ellenállás változtatásával (veszteséges).
- Feszültség változtatás. $M \sim U^2$, a terhelhetőség jelentősen csökken, a fordulatszám pedig alig változik.
- Kétoldalú táplálás (csúszógyűrűs gépeknél, később lesz róla szó).

p póluspár szám változtatás:

Különleges kialakítású gépek esetén 1:2 arányban meg lehet változtatni, diszkrét.

Frekvencia változtatás:

Kalickás forgórészű aszinkron gépek esetén az egyetlen veszteségmentes, széles fordulatszám tartományban használható folyamatos fordulatszám változtatási lehetőség a frekvencia változtatása.

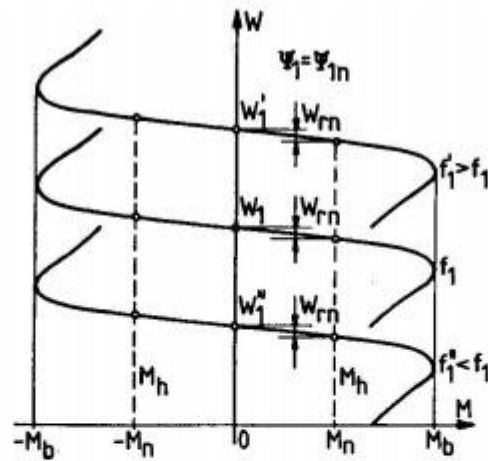
4.1. Szinuszos üzem

Ha a frekvenciával arányosan változtatjuk az indukált feszültség amplitúdóját, akkor a Ψ_1 állórész fluxus állandó marad:

$$|\underline{U}_1| = |\underline{U}_1 - R \underline{I}_1| = \omega_1 \Psi_1 = 2\pi f_1 \Psi_1 \approx |\underline{U}_1|$$

Így:

- Állandó (tipikusan névleges) a fluxus,
 - kihasználjuk a vasat
 - nem indulnak nagy időállandójú fluxus változási tranziensek
- A tartós terhelhetőségi határ változatlan marad: $M_h = M_n$ (külső szellőzés kell)
- A billenő nyomaték nem változik, a billenő szögsebesség eltérés nem változik, a jelleggörbék párhuzamosan tolódnak el.



Adott frekvencia fölött nem növelhető tovább a feszültség:

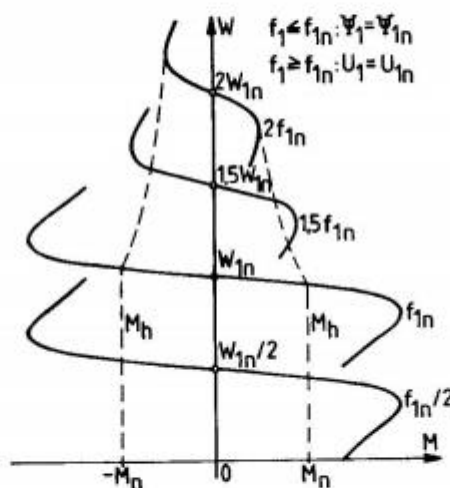
- Vasveszteségek nőnek.
- A feszültség forrás eléri a maximális feszültséget.

Ez tipikusan a névleges frekvenciájú, névleges feszültségű pont szokott lenni. Ha tovább akarjuk növelni a frekvenciát (fordulatszámot), a feszültség állandó, a fluxus csökken: mezőgyengítéses üzem.

3

$$\Psi_1 \approx \frac{U_{1n}}{\omega_1} \approx \frac{\omega_{1n}}{\omega_1} \Psi_{1n}$$

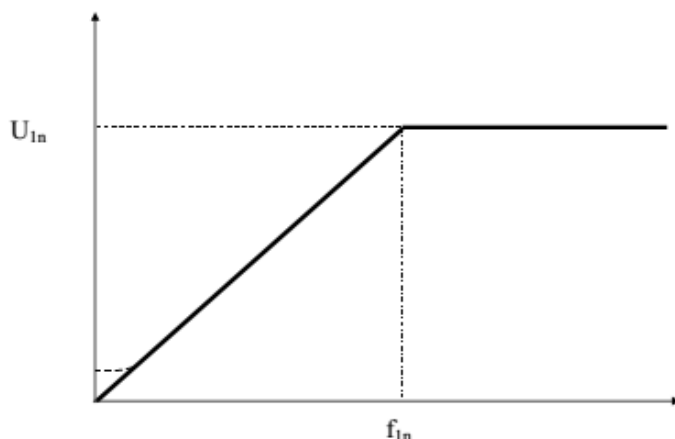
A fluxussal arányosan csökken a tartós terhelhetőségi határ.



4

2. Aszinkron motor fordulatszámának változtatása a frekvencia változtatásával. Az $U_1(f_1)$ függvény és magyarázata. A terhelhetőség és a jelleggörbék alakulása

Az $U_1(f_1)$ függvény:



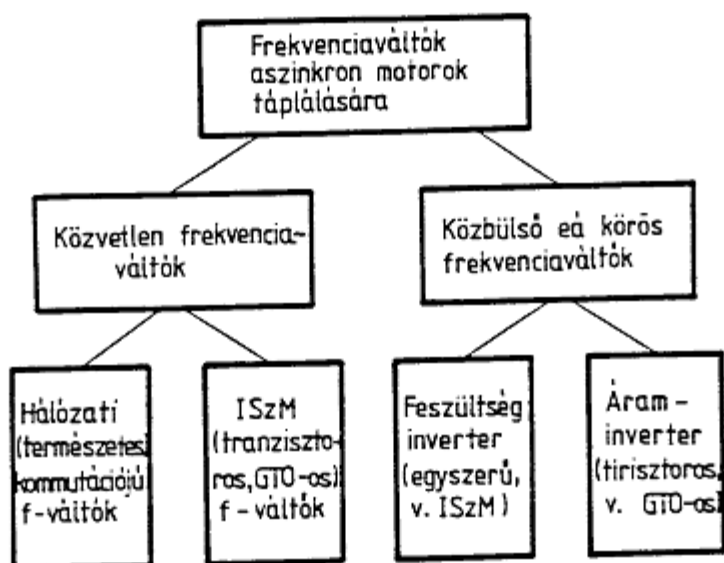
Kis frekvencián az ellenálláson eső feszültség nem hanyagolható el, relatíve megnő.

f_{1n} -nél U_{1n} , nem célszerű növelni (vasvesztés), és a teljesítmény elektronika is célszerűen itt éri el a maximális kiadható feszültséget: $U_1 = \text{áll.}$ fluxus csökken, **mezőgyengítés**.

5

3. A frekvenciaváltók fajtái, felosztásuk, tulajdonságaik, az alkalmazott félvezetők

4.2. A frekvenciaváltók fajtái, felosztásuk



Az alkalmazott félvezető:

Kis és közepes teljesítményen:
tranzisztor (BJT, MOSFET, IGBT)

Nagy teljesítményen:
(IGBT)
tirisztor (áraminverter)
GTO (Gate Turn Off tirisztor)

Ha tirisztort használunk, az eddig tárgyalt áramirányítók váltakozóáramú pontjaikkal a motor kapcsaira kötve nem használhatók.

Bár tudnak inverter üzemet, de a kommutációhoz meddő teljesítmény kell (késik az áram legalább a fedéssel), **az aszinkron gép pedig nem tud meddő teljesítményt szolgáltatni**



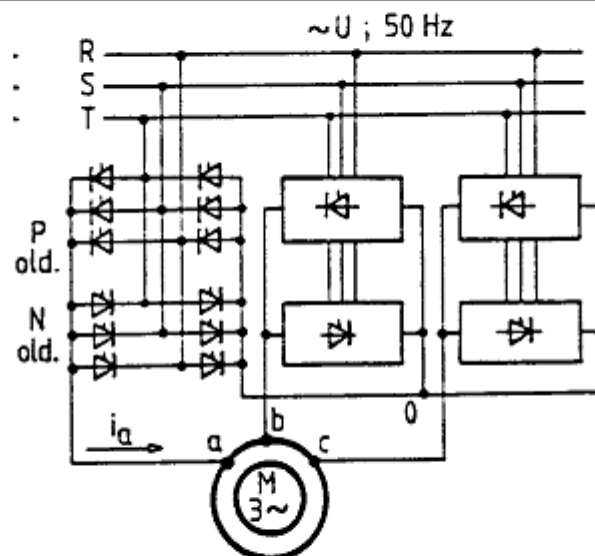
Kényszerkommutáció (vagy kikapcsolható félvezető) kell.

7

4. Hálózati kommutációs közvetlen frekvenciaváltó. Áramköri rajz. Vezérlési elv. Tulajdonságai

4.3. Közvetlen frekvenciaváltók

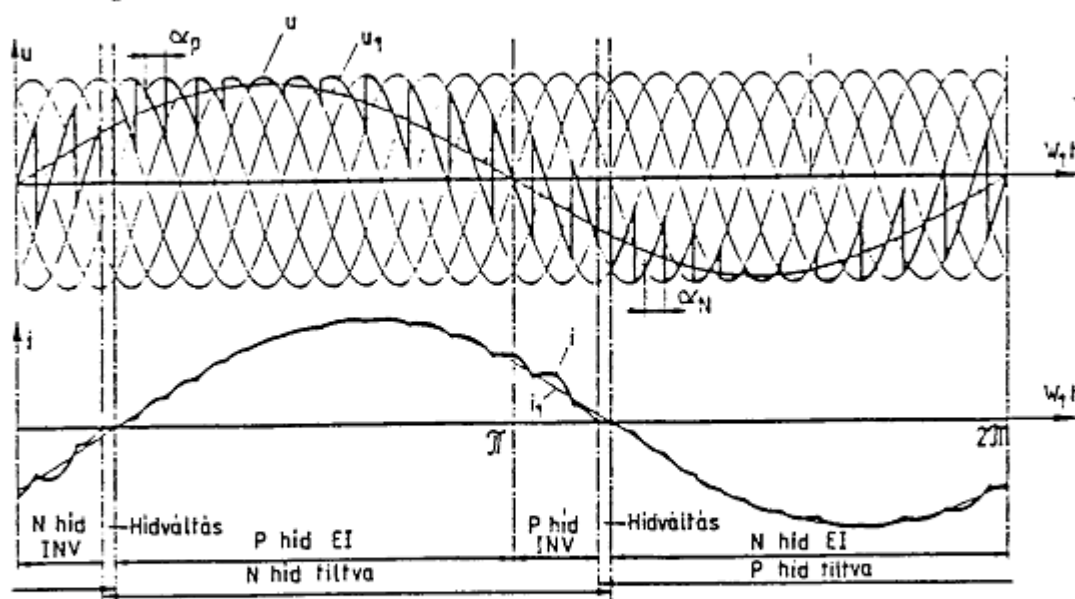
4.3.1. Hálózati kommutációs közvetlen frekvenciaváltók (ciklokonverter)



- Négynegyedes háromfázisú áramirányítók minden fázisban (kétirányú, váltakozó áram kell).
- A vezérlés gyűjtáskésleltetés.

8

- A gyűjtési szöget a kívánt alapharmonikus feszültség pillanatértékével összhangban változtatjuk.



9

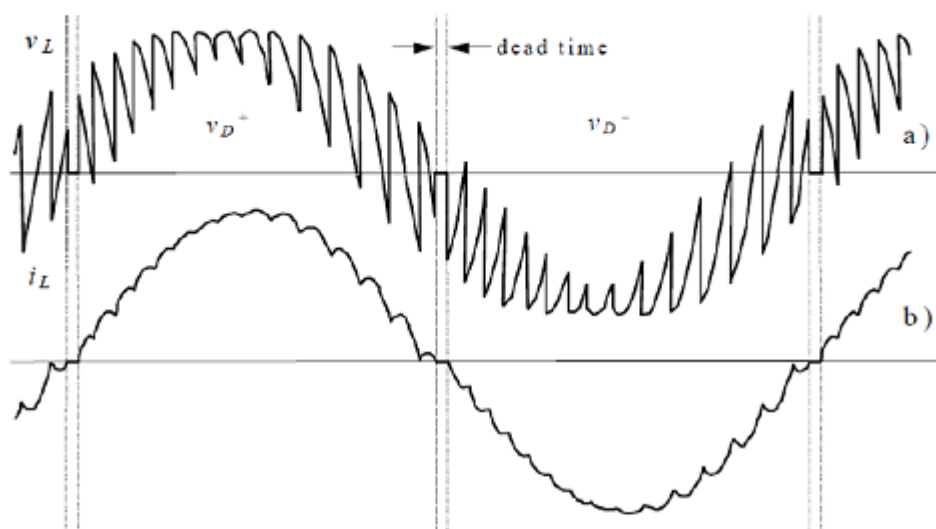


Fig. 12.33 Cycloconverter operation
a) voltage waveform; b) current waveform for inductive load

10

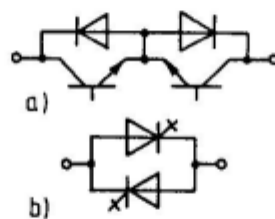
- Ez hálózati kommutációs, mert a hálózatra kapcsolódik.
- A fázisok 120° -kal eltolva.
- A hidak felváltva működnek, az egyenirányító és inverter üzem is váltakozik.
- Mind U_1 , mind f_1 változtatható.
- Ha a frekvencia nő, nőnek a felharmonikusok, $f_{1\max} \approx 0,5f_h$
- Lehet köráramos és köráram mentes vezérlés.
- Sok félvezető kell, alkalmazása csak nagy teljesítményen gazdaságos.
- Tetszőleges teljesítmény irány lehetséges.
- Forgásirányváltás lehetséges (vezérléssel fázissorrend csere).

$\Rightarrow$ Négynegyedes hajtás.

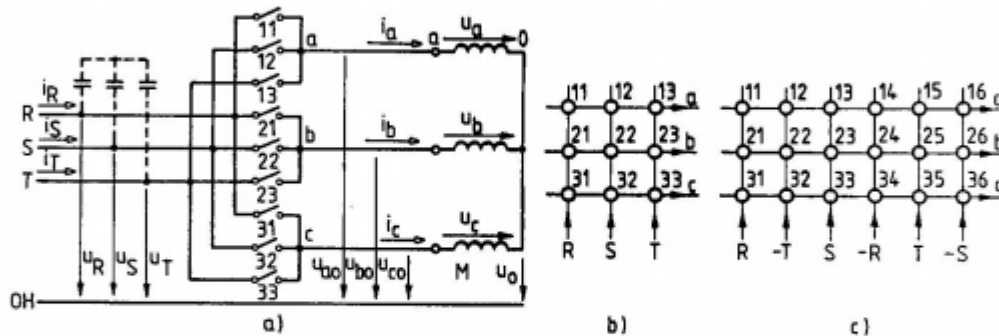
5. ISZM közvetlen frekvenciaváltó. Elvi rajz (mátrix). Vezérlési elv. Mire kell vigyázni?

4.3.2. ISZM közvetlen frekvenciaváltó (mátrix konverter)

- Kikapcsolható félvezetőkkel felépítve.
- Kétirányú kapcsolók kellenek. (kétirányú feszültséget képesek magukra venni és kétirányú áramot képesek vezetni)



- A hálózati feszültség „darabjait, szakaszait” lehet a motorra kapcsolni.
- Bármit bárhova, rövidzárat el kell kerülni.



8.43. ábra Mátrix konverter
a. elvi kapcsolás, $m_H / m_1 = 3/3$, b. hálójárv, $m_H / m_1 = 3/3$, c. hálójárv, $m_H / m_1 = 6/3$

13

6. A közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltók felosztása, tulajdonságai. Az egyszerű és ISZM feszültség inverter közti különbség

4.4. Közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltók

- AC/DC + DC/AC átalakítók:
- Egyenirányító + egyenkör + inverter

Az egyenkör fajtája szerint:

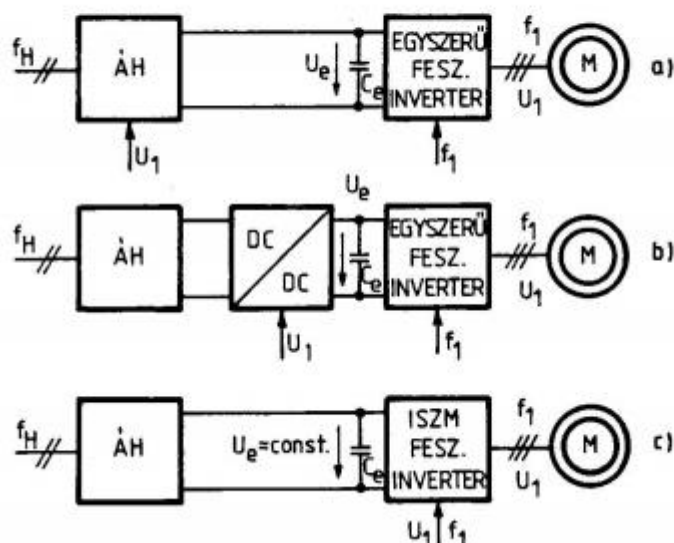
- Feszültséggenerátoros: feszültség inverter.
Nagy kondenzátor az egyenkörben.
Ez a legelterjedtebb.
- Áramgenerátoros: áraminverter.
Nagy fojtó az egyenkörben.
Főként nagyobb teljesítményeken.

7. Feszültség inverteres hajtások működési negyedei

4.4.1. Feszültség inverteres hajtások

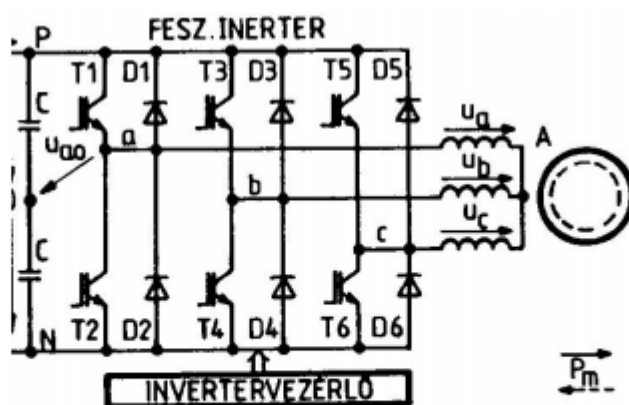
Két fajtája van:

Egyszerű inverter és ISZM inverter.

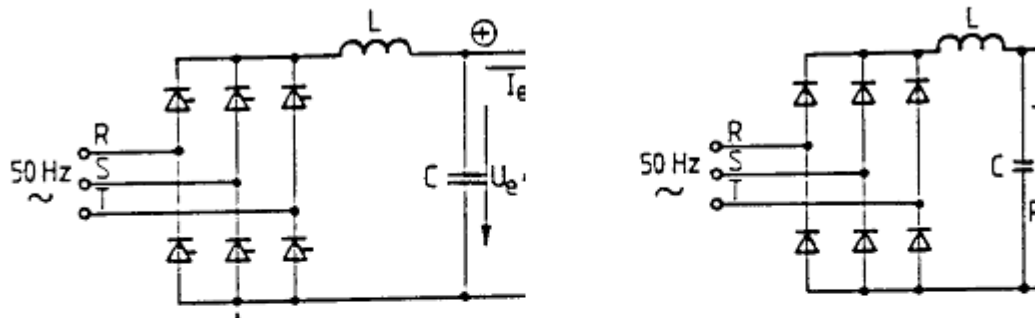


Feszültséginverteres hajtások működési negyedei:

1. A forgásirány megváltoztatása a vezérlés fázis-sorrendjének megváltoztatásával egyszerűen és mindig megvalósítható.
2. A teljesítmény irányának megváltoztatása kérdéses.
 - a. Az aszinkron gép képes generátorként és motorként is üzemelni.
 - b. Az inverter szintén tud kétirányú teljesítmény áramlást (I_e kétirányú lehet C-től jobbra). (a motoroldalon nem lehet tirisztoros híd természetes kommutációval a meddőigény miatt)



c. A hálózati áramirányító vagy diódás, vagy tirisztoros híd (L kicsi, szűrésre)



A diódás híd nem tud visszatáplálni.

A tirisztoros tudna, de $U_e > 0$, $I_e > 0$ (a kondenzátortól balra), teljesítmény nem tud visszafelé áramolni!

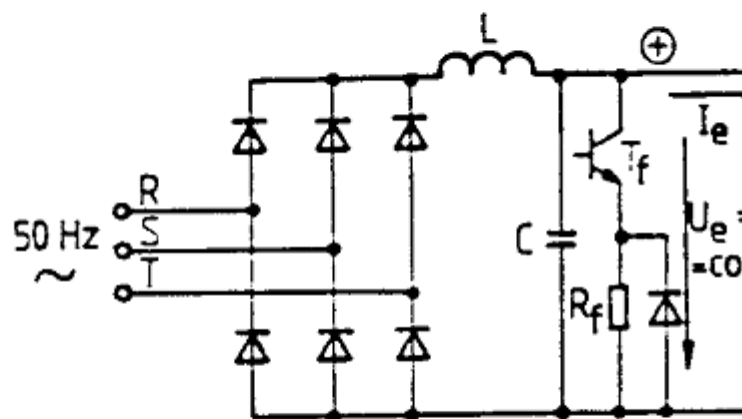
Alapvetően kétnegyedes (I. és III.)

Vagy két készlet áramirányító kell, vagy a hálózati áramirányító is tranzisztoros kellene, hogy legyen. Még ritka (pl. szélgenerátor, ld. később).

Ha egyen hálózatról üzemel, oda tud visszatáplálni.

17

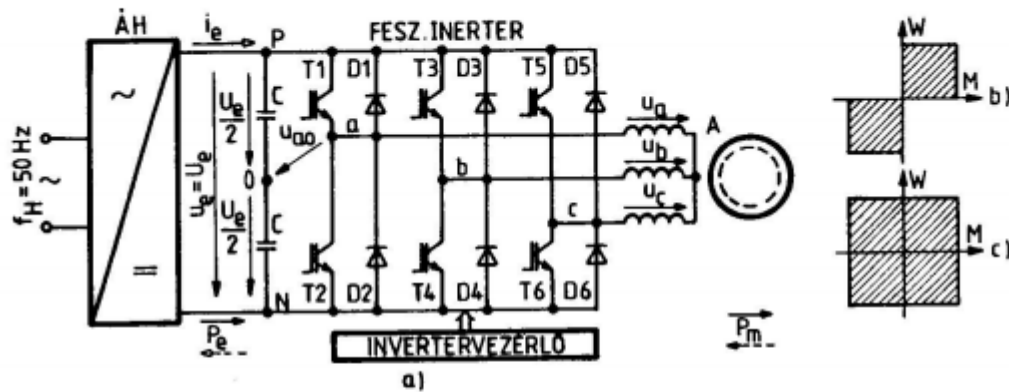
Kell megoldás a generátoros (fék) üzemre, mert a fékáram C-t tölti: kisütő ellenállás, fékellenállás az egyenkörben ISZM vezérléssel:



18

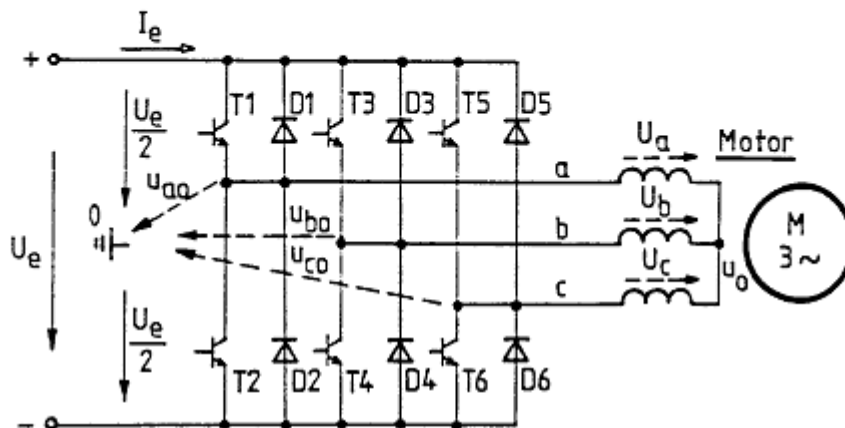
8. A egyszerű feszültség inverter működtetése. Kapcsolása. Vezetési állapotok. Feszültségek az egyenköri nullához képest. A motor fázisfeszültségei. A motor feszültség és fluxus háromfázisú vektora

Az inverter működtetése:



- Egy hídág ellenütemben (csak egyik tranzisztor lehet bekapcsolva), holtidővel a biztonság végett. Egy kapcsolás (kommutáció) két tranzisztor vezérlését jelenti.
- A motoráramot nem szabad megszakítani: visszáram diódák.
- Minden motor fázist kell valamilyen feszültségre kötni (feszültség kényszer): egyszerre mindig 3 tranzisztor van bekapcsolva.
- Ezekből 8 féle vezérlési állapot. Kettő nulla feszültségű. 6 nullától különböző.

Az egyszerű inverter vezérlése:



- Csak frekvenciát változtatunk a kapcsolások gyakoriságának változtatásával.
- Egy periódusban fele ideig a pozitív sínre, fele ideig a negatív sínre kapcsoljuk az illető fázist (négyszög vezérlés).
- A fázisok között 120° eltolás.

9. Az egyszerű feszültség inverter felharmonikusai, járulékos veszteségei, nyomatéklüktetése, kivezérelhetősége

Messze nem szinuszos, nagy felharmonikus tartalom:

A feszültség-vektorára 60° -os szimmetriája miatt a feszültség (és ezzel összhangban az áram, fluxus stb.) harmonikusainak rendszáma

$$\nu = 1 \pm 6k, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (6.4)$$

Kis rendszámú, nagy amplitúdójú harmonikusok:

- Jelentős járulékos veszteségek, le kell értékelni a motort ~10-15%-kal:
 - Állórészben kb. 9% többlet (terheléstől függetlenül)
 - Forgórészben akár 50% többlet (áramkiszorítás miatt).
- Jelentős nyomatéklüktetés $6kf_1$ frekvenciával.

míg a harmonikusok amplitúdója:

$$\begin{aligned} \bar{U}_\nu &= \frac{3}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} U e^{-j\nu W_1 t} dW_1 t = -\frac{3}{\pi j \nu} U [e^{-j\nu \frac{\pi}{6}} - e^{j\nu \frac{\pi}{6}}] = \\ &= -\frac{3}{j\pi\nu} U \left[-2j \cdot \sin\left(\nu \frac{\pi}{6}\right) \right] = \frac{3}{\pi\nu} U (-1)^k. \end{aligned} \quad (6.5)$$

Pl. az alapharmonikus amplitúdója ($k=0$):

$$\bar{U}_1 = \frac{3}{\pi} U = \frac{2}{\pi} U_e, \quad (6.6)$$

míg a felharmonikus feszültség az alapharmonikushoz viszonyítva:

$$\frac{\bar{U}_\nu}{\bar{U}_1} = \frac{1}{\nu} (-1)^k, \quad (6.7)$$

tehát $U_{-5}/U_1=20\%$, $U_7/U_1=14\%$ stb.

Kivezérelhetőség:

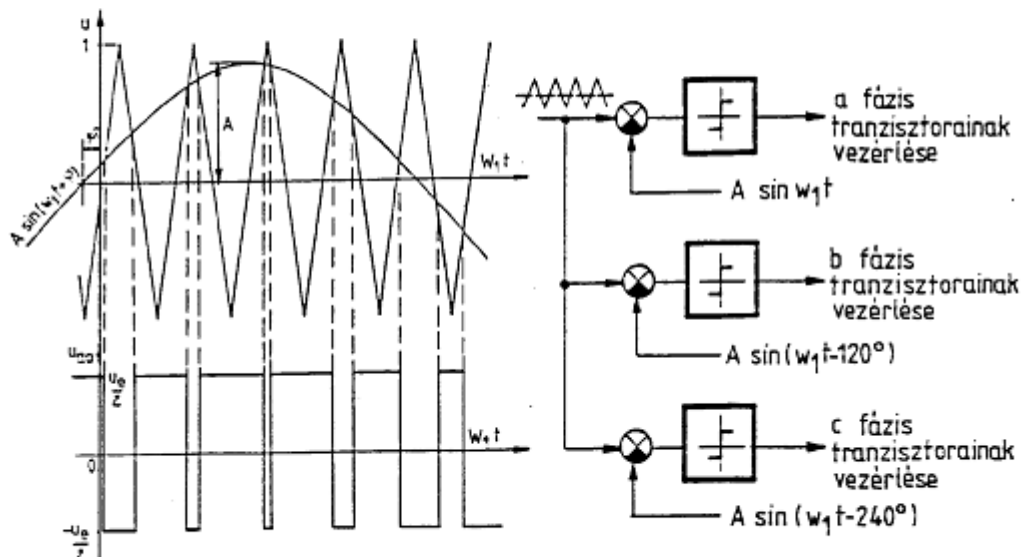
Ipari 380V-os hálózatok esetén az egyenirányító kimenetén legfeljebb $U_{\text{emax}} = \frac{3}{\pi} U_{\text{vmax}} = \frac{3}{\pi} 380\sqrt{3} = 513\text{V}$ feszültség jelenik meg. Ebből az egyszerű inverter a motorra maximálisan $U_{\text{imax}} = \frac{2}{\pi} U_{\text{emax}} = \frac{2}{\pi} 513$ amplitudójú alapharmonikus fázisfeszültséget tud előállítani, ami vonali effektív értékben $U_{\text{vmax}} = U_{\text{imax}} \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 400\text{V}$ -ot jelent. Ebből a számításból egyértelműen következik, hogy 380V-os névleges feszültségű motor esetén a névleges fluxus - a frekvenciaváltó feszültségesését is figyelembe véve - legfeljebb 48-50Hz-ig biztosítható. Ezért $f_1 > 50\text{Hz}$ esetén az inverteres táplálású normál sorozatú motorok mindig mezőgyengítéssel üzemelnek. A kisebb alapharmonikus fluxus azonban kisebb felharmonikus fluxu-

10. Az ISZM feszültség inverter. Vezérlési módja, az ISZM lehetséges megvalósítása. A motor feszültség időfüggvénye és háromfázisú vektora. A felharmonikusok rendszámai, nyomatéklüktetés, kivezérelhetőség

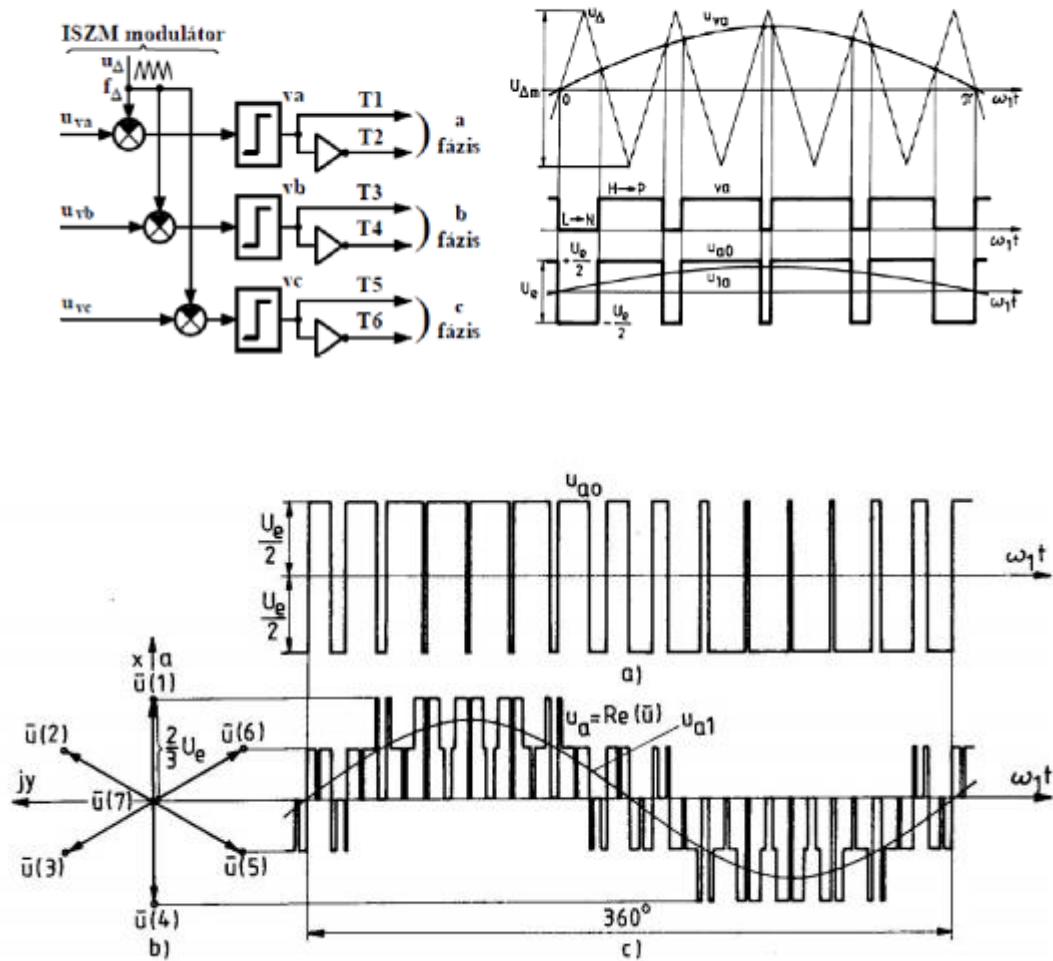
ISZM feszültség inverter:

Az inverter kapcsolása ugyan az, csak máshogy vezéreljük az U_1 feszültség változtatása céljából: ISZM.

Pl. természetes mintavételezésű ISZM esetén (szinuszos moduláló jel):



- U_1 alapharmonikus feszültség jó közelítéssel arányos A -val ($A < 1$ -re).
- f_1 alapharmonikus frekvencia megegyezik a szinuszos moduláló jel frekvenciájával.



A motorban folyó felharmonikus áramok nagyságának szempontjából meghatározó szerepe van a vevőfrekvencia és az alapharmonikus frekvencia m viszonyának:

$$m = f_v / f_1 . \quad (6.17)$$

A 6.12. ábrából látható, hogy a 60° -onkénti kommutációk száma (három fázisra nézve) éppen megegyezik az m -mel.

A motorra jutó feszültségspektrum amplitudói csak Bessel függvények kel fejezhető ki. A jelentős harmonikusok rendszáma elsősorban $m \pm 2$ és $2m \pm 1$, másodsorban $3m \pm 2$, $3m \pm 4$, $4m \pm 1$ és $4m \pm 5$. Ebből viszont az következik, hogy a felharmonikus áramok frekvenciája csak kissé függ a munkaponttól, pl. a legkisebb, $m-2$, rendszámú felharmonikus frekvenciája:

$$f_{m-2} = (m-2) f_1 = \left(\frac{f_v}{f_1} - 2 \right) f_1 = f_v - 2f_1 . \quad (6.18)$$

Pl. ha $f_v = 1000 \text{ Hz}$ és $f_1 = (0+50) \text{ Hz}$, akkor ebben a működési tartományban $f_{m-2} = (900+1000) \text{ Hz}$.

A feszültségspektrum amplitúdói gyakorlatilag csak az m -től és A -tól függenek, ezért minél nagyobb az m értéke, annál kisebb felharmonikus áramok alakulnak ki egy adott " A " értékre.

Meg kell jegyezni, hogy az m értéke akár tört, akár irracionális szám is lehet, ezekre elvben szubharmonikus (tehát f_1 -nél kisebb frekvenciájú) összetevők is keletkezhetnek. Kimutatható azonban, hogy ha $m > 20$, akkor a háromszög és a szinuszelet nem szükséges még szinkronizálni sem egymáshoz, mivel ebben az esetben a szubharmonikusok elhanyagolhatók, míg az alapharmonikus értéke nem függ a háromszöggel és a szinuszelet közötti φ szögtől.

A nyomatékklütketés is sokkal nagyobb frekvenciájú ($\sim f_v$) mint egyszerű inverternél és kis amplitúdójú.

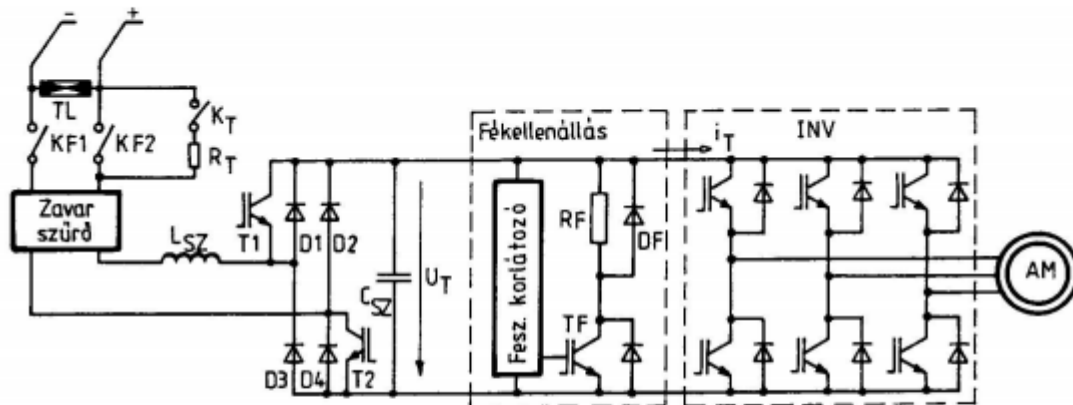
Kivezérelhetőség:

- A kiadható maximális alapharmonikus feszültség ISZM esetén kisebb, mint egyszerű inverter esetén.
- A moduláló jel amplitúdója nem növelhető 1 fölé, mert akkor közelítünk a négyszög táplálás felé, a felharmonikusok nőnek.

11. Feszültség inverteres aszinkronmotoros trolibusz hajtás (vizsgán ábrát kapnak). A kapcsolás magyarázata

4.4.2. Feszültség inverterek alkalmazásai:

Feszültség inverteres IGBT-s aszinkronmotoros trolibusz hajtás:



- Kereszteződésben rövid időre az áramszedők fordított polaritású feszültséget is kapcsolhatnak a járműre: Ezt D1..D4 híd megfordítja.
- Normál polaritásnál T1 T2-n keresztül lehet visszatáplálni.
- KT, RT elemek C_{sz} kezdeti töltőáramának korlátozására.

12. Frekvenciaváltós szélgenerátorok. A kétoldalról táplált aszinkron szélgenerátor, tulajdonságai, előnyei. Teljesítmény irányok

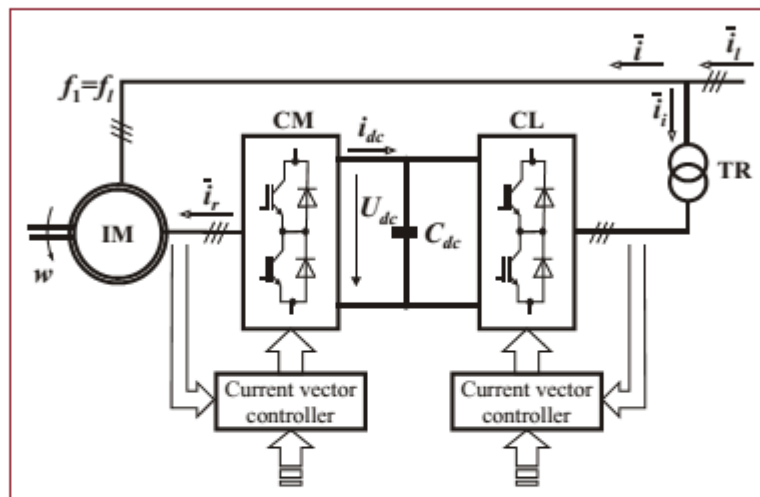
Frekvenciaváltós szélgenerátorok:

Szélgenerátor típusok

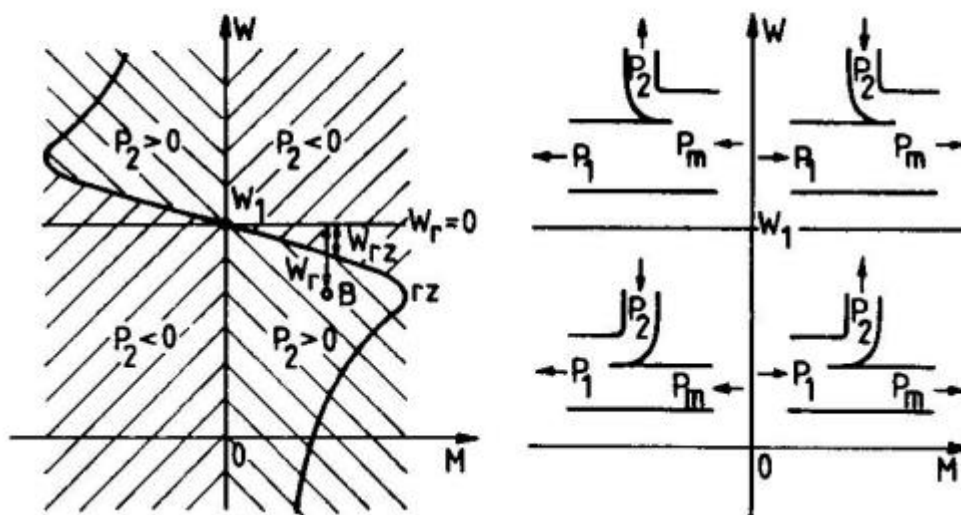
- A változó fordulatszámúak preferáltak, mert akkor lehet optimálisam kihasználni a változó sebességű szelet.
- A közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltók mindegyik áramirányítója kétszintű feszültség inverter, kétirányú teljesítmény áramlás lehetőségével, közel szinuszos és $\cos\varphi=1$ (vagy akár kapacitív) teljesítmény tényezőjű árammal.

Aszinkron generátorok	Szinkron generátorok
Rövidrezárt forgórész a) közvetlenül hálózatra kapcsolva b) közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra c) közvetlen frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra Csúszógörvűs forgórész d) közvetlenül hálózatra kapcsolva forgórész-köri ellenállás változtatással e) kétoldalról táplált ASG közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltóval f) kétoldalról táplált ASG közvetlen frekvenciaváltóval	Elektromágneses forgórész g) közvetlenül hálózatra kapcsolva h) közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra i) közvetlen frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra Allandómágneses forgórész j) közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra k) közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra l) közvetlen frekvenciaváltóval kapcsolva a hálózatra

Kétoldalról táplált aszinkron szélgenerátor frekvenciaváltóval:



Teljesítmény irányok:

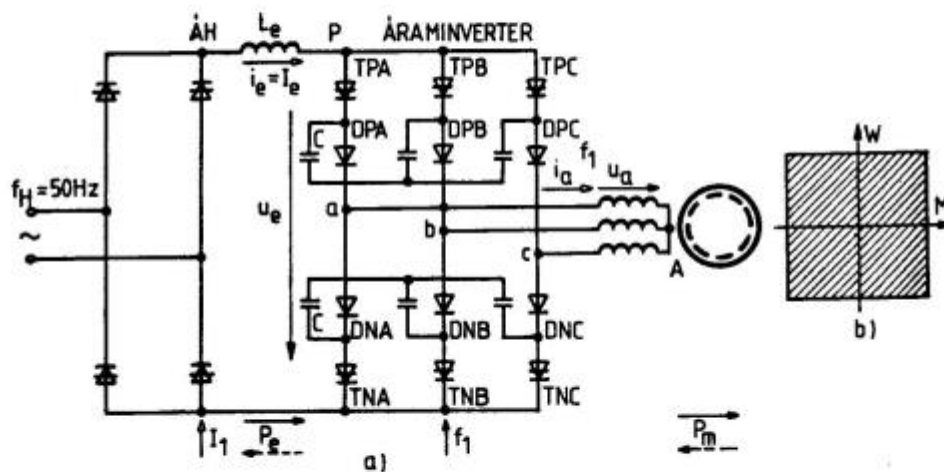


13. Áraminverteres aszinkronmotoros hajtások. Hagyományos áraminverter. Működési negyedek, tulajdonságai

4.4.2. Áraminverteres aszinkronmotoros hajtások

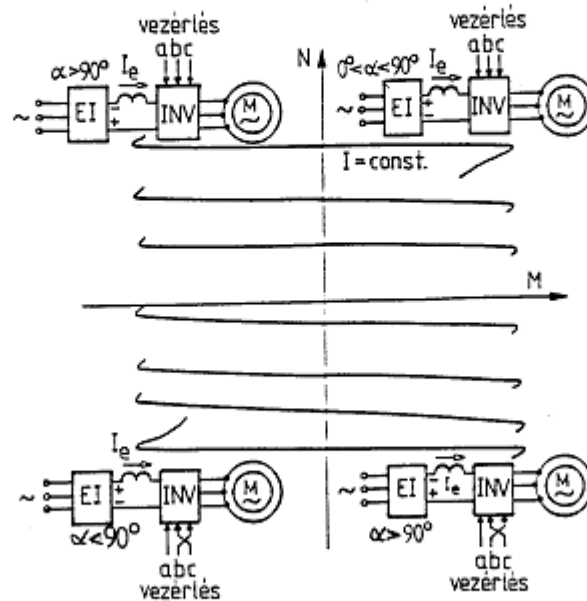
Az egyenkör áramgenerátoros a nagy fojtó miatt.

Nagy teljesítményeken használják: a hagyományos kapcsolás tirisztoros, speciális kényszerkommutációval (fázissorrend kommutáció).



- A kapcsolás önmagában 4/4-es, ez a legnagyobb előnye:

I_e itt is csak egyirányú lehet, de U_e polaritása megfordul a gép generátoros üzemében. Ha a bemeneti áramirányítót inverter üzembe vezéreljük, visszatáplál a hálózatba.



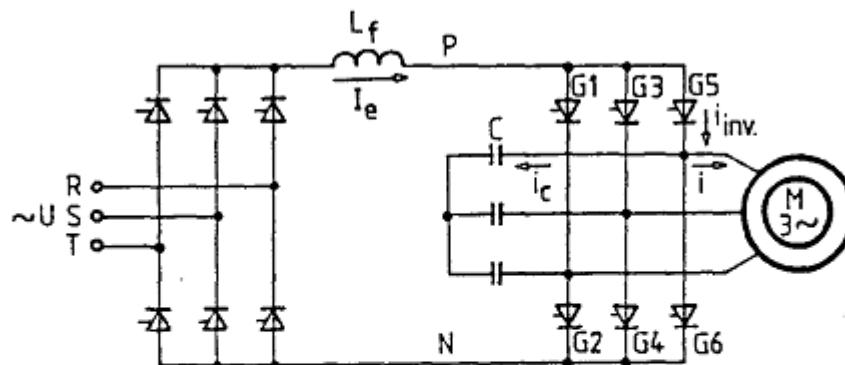
42

- Egyen táplálásról nem 4/4-es (a feszültség polaritása kötött).
- Vezérlése négyszög vezérlés, jelentős felharmonikus tartalommal és jelentős nyomatékklüktetéssel. A váltástól eltekintve 6 vezetési konfiguráció, 2 tirisztor (fázis) vezetésével.
- Robusztus, mert akár egyenköri zárlatot is elvisel a fojtó mögött.
- Jelentős kapcsolási feszültség tüskék (áram váltás induktív körben): lassított kommutáció kell, ISZM korlátozottan alkalmazható, pár plusz impulzussal.

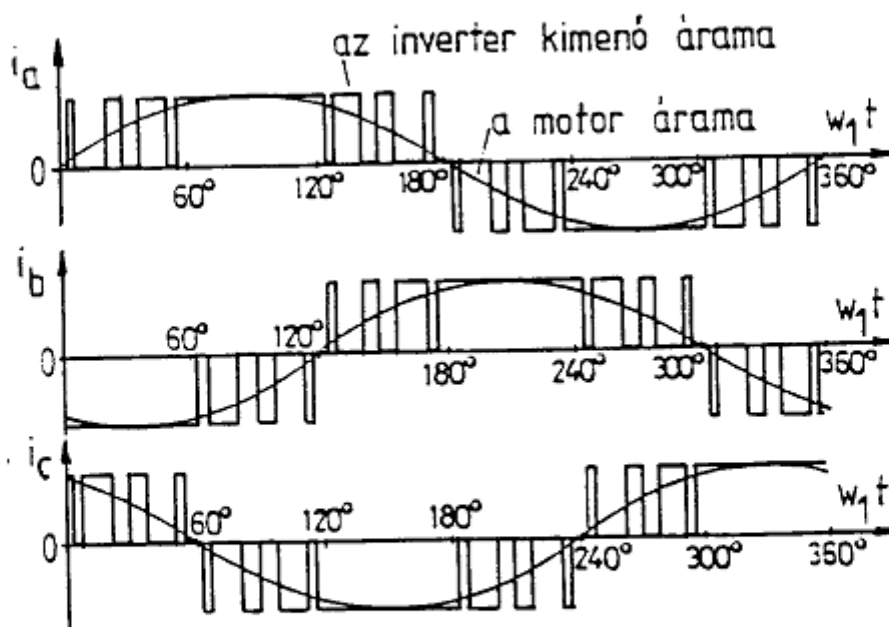
43

14. ISZM áraminverteres aszinkronmotoros hajtások. Kapcsolása GTO-kal. Feszültség és áram időfüggvények

ISZM áraminverteres aszinkronmotoros hajtás (GTO-s):



- ISZM vezérlés.
- Nulla áram egy hídág begyújtásával.
- Átkapcsolásnál a motoráram nem szakad meg, mert folyhat a kondenzátorokon keresztül.
- Közel szinuszos motoráram és feszültség, a felharmonikus áramok a velük szemben kis impedanciájú kondenzátorban folynak.



6.21. ábra A motor és az inverter árama