

FOGASKERÉK-BOLYGÓMŰ KIVÁLASZTÁSA KATALÓGUS ALAPJÁN

Mátyás Tamás Donát

hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: matyastamasdonat@gmail.com

Péter József

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: machpj@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A fogaskerék-bolygómű a mechanikus hajtóművek egyik fajtája, melyet különböző helyeken alkalmaznak az iparban. Jelen cikk célja egy választott fogaskerék-bolygómű gyártó katalógusának és a gyártó által meghatározott módon való kiválasztás módszerének bemutatása.

Kulcsszavak: fogaskerék-bolygómű, tervezés, kiválasztás, precíziós bolygómű

Abstract

Planetary gear is a type of mechanical gears used in various places in the industry. The purpose of this article is to present a catalog of a selected planetary gear manufacturer and a method of selection as specified by the manufacturer.

Keywords: planetary gear, design, selection, precision planetary gear

1. Fogaskerék bolygóművek ismertetése

A hajtások az erőgéptől energiát továbbítanak a munkagépekhez, miközben annak jellemzőit átalakítja a munkagép igényei szerint. A hajtások feladata az energia továbbítása, illetve az üzemi jellemzők összehangolása az erőgép és munkagép között. A leggyakrabban a mechanikus hajtásokat használják, amelyeket a legkülönbözőbb motorokhoz csatlakoztatják a nyomaték és a fordulatszám átalakításához [1]. A mechanikus hajtások kiválasztása előtt, vagy azzal együtt kell dönteni a motor választásáról, de ehhez ismerni kell a munkagépet, annak jellemzőit:

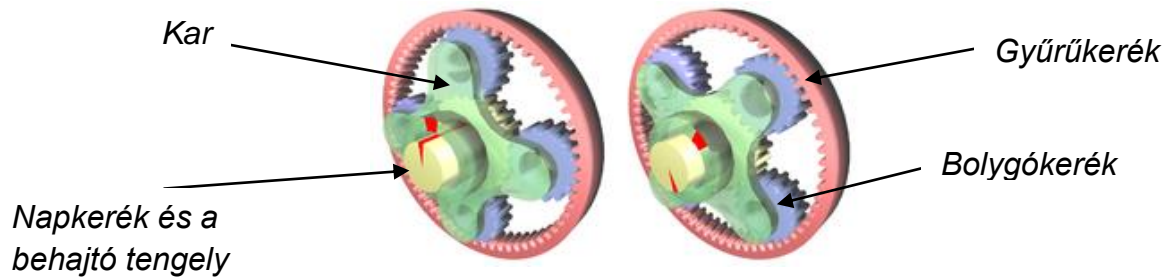
- teljesítményét,
- fordulatszámát és sebességét,
- nyomatékot és az erőket,
- és a mozgásviszonyokat.

1.1. Fogaskerék-bolygómű

A fogaskerék-bolygómű a mechanikus hajtóművek egyik fajtája, melyet különböző helyeken alkalmaznak az iparban. A hajtóművek közül a leggyakoribb típus, amelyek valamilyen forgómozgást továbbítanak, ezeknek a legfontosabb tulajdonságuk a kinematikai áttétel, melyeket fogaskerék párokkal valósítanak meg [3].

A bolygómű abban különbözik az általános fogaskerekes hajtóművektől, hogy van a rendszerben egy olyan kerék (bolygókerék) amely különleges mozgást végez, egyaránt forog saját tengelye körül és egy

másik tengely (napkerék) körül is, bolygómozgást végezve, így az általános fogaskerekes hajtóművektől eltérő kinematikai áttételt létrehozva.

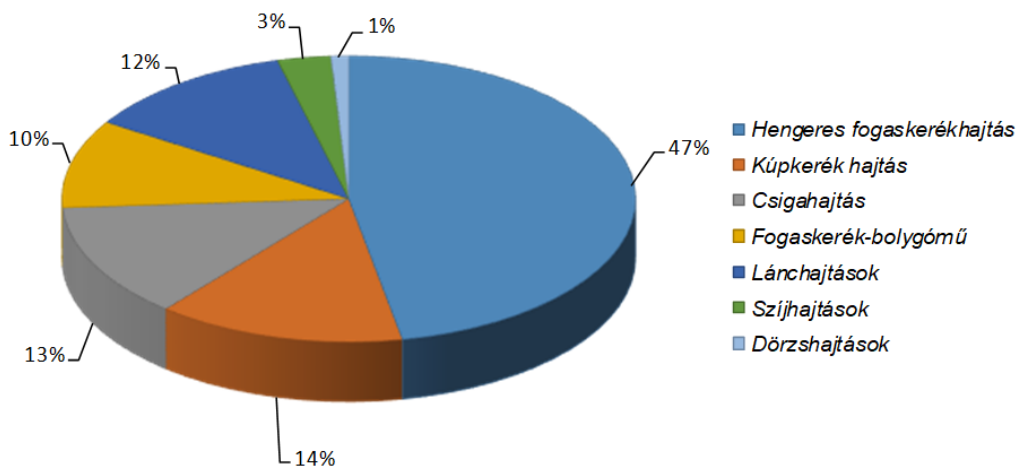


1. ábra. Kb típusú fogaskerék-bolygómű háromdimenziós rajza [2].

Ezek lehetnek állandó áttételű, fokozatos és fokozat nélküli sebességváltók, teljesítmény vagy mozgás továbbítók, finommechanikai műszerek mozgatója (például: ipari robotok). Legelterjedtebb ezek közül az egy szabadságfokú bolygómű, de ritkábban előfordulnak két szabadságfokúak is.

Előnyük, hogy viszonylag kevés elemből felépíthetők és nagy áttételeket képesek megvalósítani minimális tömeggel, és jó hatásfokot érnek el. A teljesítményt több fogaskerékpár között oszlik meg és egy keréknek több fogát használjuk ki terhelés átadásra.

Hátrányuk többnyire megegyezik az általános fogaskerekes hajtóművékével, bonyolultabb a kialakítása és pontosabb gyártást igényel. A gyakorlatban legelterjedtebb hajtásokat egy német felmérés alapján százalékos arányban a 2. ábra mutatja [1].

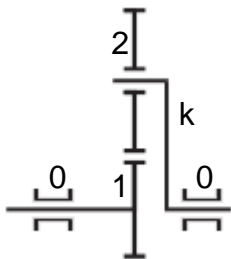


2. ábra. Bolygóművek ismert változatainak elnevezés szerinti osztályozása.

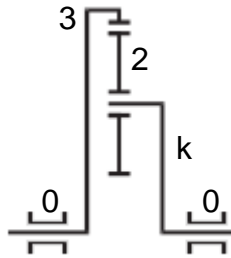
„Az elemi fogaskerék-bolygóművek (3.1. és 3.2. ábra) a legkevesebb tagból állnak, amelyen belül egyszerűbb a k külső fogazatú, és kissé bonyolultabb a b belső fogazatú kapcsolódású. Az egyszerű fogaskerék-bolygóművekben, – mint látjuk – egyszerű külső fogazatú bolygókerék közvetíti a mozgást egy időben (kb) a külső és belső fogazatú kapcsolódással.

A kettős bolygókerékes fogaskerék-bolygóművekben (3.4. – 3.7. ábra) a kettős bolygókerék nap- és gyűrűkerékkel való kapcsolata a három változatot. A 3.7. ábra egyszerű fogaskerék-bolygóműnek egy

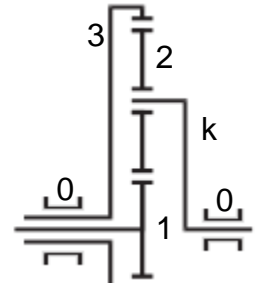
b jelű elemmel való kiegészítése révén alakult ki, a német szakirodalomban Wolfrom-bolygóműnek nevezik (kb+b).” [3]



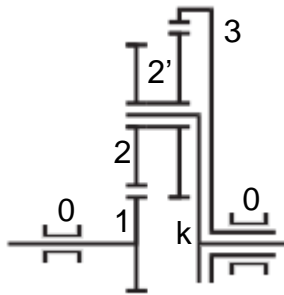
3.1.ábra
Elemi k bolygómű



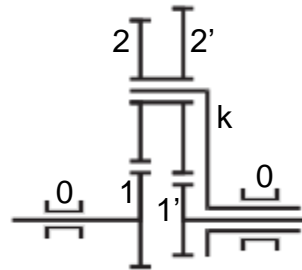
3.2.ábra
Elemi b bolygómű



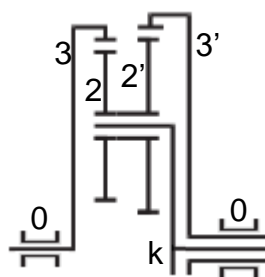
3.3.ábra
Egyszerű kb bolygómű



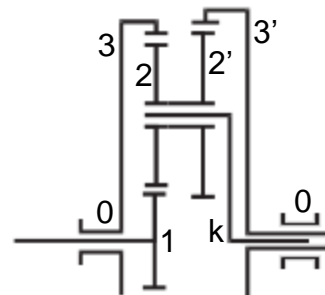
3.4.ábra
k+b bolygómű



3.5.ábra
k+k bolygómű



3.6.ábra
b+b bolygómű



3.7.ábra
kb+b bolygómű

2. Fogaskerék-bolygóművek piaci helyzete hazánkban

2.1. Fogaskerékgyár Kft.

A vállalkozás 1992-ben alakult, jelenleg három magyar személy tulajdonában van. Fő profiljuk hajtóművek tervezése, gyártása, javítása, hajtástechnikai elemek, fogazott alkatrészek, forgácsolt és házjellegű alkatrészek, szivattyúk gyártása. Tatai gyártó üzemmel és budapesti mérnökirodával rendelkezik. Beszállítanak szinte a teljes magyar iparnak. Exportra szállítanak többek között Ausztriába

és Németországba. Évtizedes beszállítói kapcsolatban volt a Holcim Hungária ZRt.-vel. Gyártottak számukra nyílkeres bolygómű alkatrészeket, komplett cementmalom hajtást, kemence hajtóművet, cementmalom forgatókoszorút és előtétkeréket [4].

2.2. Kiskun Metal Kft.

Hagyományos esztergályos és marós munkák mellett az egyedi fogaskerékgyártásban érték el országos ismertséget. Profiljuk a fogaskerék, lánckerék, csigakerék, bordás tengely, fogasléc, fogasív, kúpfogaskerék, bolygómű gyártás. Az általuk gyártott fogaskerekek, egyéb alkatrészek az ország számos nagyvállalatához, például: MOL olajfinomító, Mars Magyarország Kft., Hankook Magyarország Kft. eljutnak [5].

2.3. Agisys Ipari Keverés és Hajtástechnikai Kft.

2.3.1. Precíziós bolygómű (μ) család

Az automatikus és robothajtásokhoz használatos precíziós hajtóművek iránti igények kihívására tökéletes választ adnak a Bonfiglioli nagy gyártási tapasztalatán alapuló precíziós bolygómű sorozatai, amelyek különféle holtjátéktűrésekkel és kivitelben állnak rendelkezésre. A μ családba tartozó bolygóművek áttétel tartománya 3 – 1000-ig választható, melyeknek a névleges nyomaték tartománya 10 – 1000 Nm-ig terjed ki. Rendelhetőek egytengelyű- és kúpkerék kihajtással, illetve különböző motor adapterekkel. A μ családba tartozó precíziós hajtóműveket a 4.1-4.7 ábrák szemléltetik.



4.1. ábra
KR széria [6]



4.2. ábra
LC széria [6]



4.3. ábra
LCK széria [6]



4.4. ábra
SL széria [6]



4.5. ábra
TQ széria [6]



4.6. ábra
TQK széria [6]



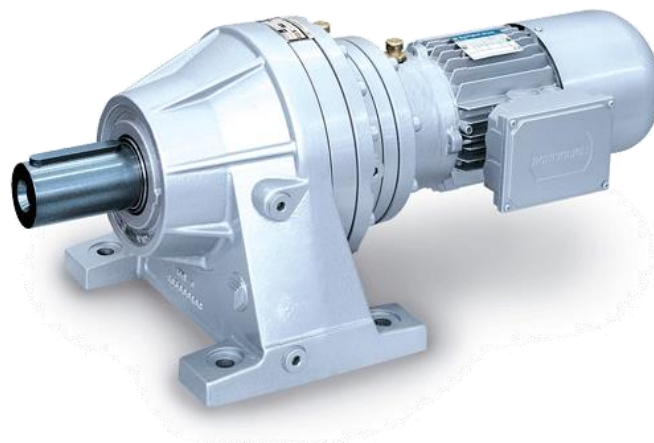
4.7. ábra
MP/TR széria [6]

2.3.2. Bolygókerekes hajtómű 300-as sorozat

Az 1000Nm felett csökkentett holtjátékú "300"-as sorozatú bolygóművek ajánlatosak. A 300-as családba tartozó bolygóművek áttétel tartománya 3,4 – 5000-ig választható, melyeknek a névleges nyomaték tartománya 1000 – 500 000 Nm-ig terjed ki és 450 kW-ig terhelhetők.

1. táblázat. 300-as sorozat [6].

<i>Típus</i>	<i>Nyomaték [Nm]</i>
300	1.250
301	2.460
303	2.970
304	3.960
305	5.800
306	10.840
307	15.680
309	23.240
310	34.120
311	48.330
313	57.970
314	84.000
315	105.000
316	138.820
317	208.110
318	280.580
319	476.410
321	655.740
323	890.310
325	1.286.700



5. ábra. Motorral szerelt bolygómű a 300-as sorozatból [6].

2.4. Bánki-Sós Hajtástechnikai Kft.

A precíziós bolygókerekes hajtóműveik nyomaték tartománya 26 – 570 Nm, áttétel tartományuk $i = 3 - 343$ -ig terjed ki. A precíziós bolygókerekes hajtóművek kihajtó tengelye három típusból, míg a hátoldali perem kétféle típusban rendelhető [7]. A hagyományos bolygóművek nyomaték tartománya 300 – 370 000 Nm, melyek áttétel tartománya $i = 3,15 - 3282$ -ig választható.



6. ábra

REP széria (precíziós bolygóművek) [7]



7. ábra

EP széria (hagyományos bolygóművek) [7]

3. A katalógus bemutatása [7]

A választásom a Bánki-Sós Hajtástechnikai Kft. által forgalmazott Tramec S.R.L. cég katalógusára esett. A katalógusban szereplő hajtóműveket a legkülönbözőbb helyeket alkalmazzák, mint például szerszám-, fagegmunkáló-, szállító-, automata csomagológépeknél, nyomtatóknál és robotkaroknál egyaránt.

A REP széria négy méretben hozzáférhető (075, 100, 125, 150), melyek egy-, kettő-, illetve három lépcsős kivitelűek lehetnek, mindemellett kettő vagy három kimenő tengelyes kivitelben és két fajta peremmel készülnek. A hajtóműház speciális nitridált acélból készül, amely amellet, hogy erős, nagyon megbízható és hosszú élettartamú. A ki- és bemenő oldali peremek általában alumíniumból készülnek, de ezek igény szerint más anyag is lehetséges. A hajtómű tengelyei edzett és normalizált acélokból készülhetnek. A fogaskerekek általában normalizált illetve betétben edzett acélokból készítik. A hajtóműbe kiváló minőségű, hosszú élettartamú és mindemellett nagyon halk működésű csapágyak kerülnek beépítésre.

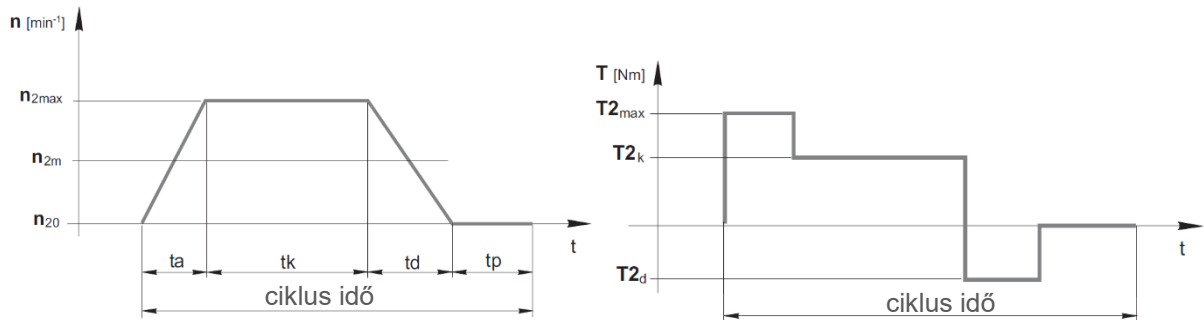
2. táblázat. A bolygómű típusának meghatározása.

Bolygómű széria	Méret	Lépcsők száma	Közös tengelyű	Áttétel	Kimenő tengely típusa	Kimenő oldali perem típusa	Bemenő tengely típusa	Bemenő oldali perem típusa	Precíziós osztály
REP	075	2	C	100	AU16	FLT	AE12	P03	P
REP EP	075 100 125 150	1 2 3	C	3-343	táblázat alapján	FLT FLQ	táblázat alapján	táblázat alapján	P -

3.1. Kiválasztás, ellenőrzés

3.1.1. Mechanikai ellenőrzés

A REP bolygóhajtóművek kiválasztásánál meg kell vizsgálnunk, hogy az üzem szakaszos vagy folyamatos.



8. ábra. A kimenő oldali fordulatszám és nyomaték az idő függvényében.

3. táblázat. Jelölések.

Jelölés	Mértékegység	Megnevezés
n_{2max}	$[\text{min}^{-1}]$	maximális kimenő fordulatszám
n_{2m}	$[\text{min}^{-1}]$	átlagos kimenő fordulatszám
n_{20}	$[\text{min}^{-1}]$	nulla fordulatszám
t_a	[s]	gyorsulás közben eltelt idő
t_k	[s]	folyamatos üzemi idő
t_d	[s]	lassulás közben eltelt idő
t_p	[s]	szünet
T_{2max}	[Nm]	maximális kimenő nyomaték
T_{2k}	[Nm]	üzemi kimenő nyomaték
T_{2d}	[Nm]	lassító nyomaték a kimenő oldalon

KU, KM üzemi tényezők meghatározása

Meg kell határozni, hogy a ciklus hány százalékát teszi ki a tényleges üzem,

$$KU = \frac{t_a [s] + t_k [s] + t_d [s]}{t_a [s] + t_k [s] + t_d [s] + t_p [s]} * 100 [\%] \quad (1)$$

A következő lépésben meg kell állapítanunk azt, hogy mennyi ideig üzemel a bolygómű,

$$KM = \frac{t_a [s] + t_k [s] + t_d [s]}{60 \left[\frac{s}{\text{min}} \right]} [\text{min}] \quad (2)$$

Ha, $KU < 60\%$ és $KM < 20 \text{ min}$, akkor időszakos működésről beszélünk, ha $KU \geq 60\%$ vagy $KM \geq 20 \text{ min}$, akkor a működést folyamatosnak tekintjük.

Időszakos működés

Időszakos működés esetén az alábbi ellenőrzéseket kell elvégeznünk,

$$T_{2A} [\text{Nm}] \geq T_{1AMOT} [\text{Nm}] * i * f_c * R_d \quad (3)$$

Az időszakos esetben a maximális bemenő fordulatszámot (n_{1max}) össze kell hasonlítani az üzem közbeni tényleges fordulatszámmal (n'_{1max}) és a következő egyenlőtlenségnek kell teljesülnie.

4. táblázat. Jelölések.

Jelölés	Mértékegység	Megnevezés
T_{2A}	[Nm]	kimenő oldalon mért maximális gyorsító nyomaték
T_{1AMOT}	[Nm]	motor maximális nyomatéka
i	–	névleges áttétel
f_c	–	ciklustényező (3. táblázat alapján)
R_d	–	dinamikus hatások tényezője

$$n_{1max}[\text{min}^{-1}] > n'_{1max}[\text{min}^{-1}] \quad (4)$$

Folyamatos működés

$$T_{2A}[\text{Nm}] \geq T_{1AMOT}[\text{Nm}] * i * f_c * R_d \quad (5)$$

$$T_{2N}[\text{Nm}] \geq T_{2E}[\text{Nm}] \quad (6)$$

$$n_{2N}[\text{min}^{-1}] \geq n_{2E}[\text{min}^{-1}] \quad (7)$$

Folyamatos működés esetén az előző egyenlőtlenségeknek kell megfelelnünk, amelyeket az alábbi módon számíthatunk.

$$T_{2E} = \sqrt[3]{\frac{(T_{2max}[\text{Nm}])^3 * n_{2m}[\text{min}^{-1}] * t_a[\text{s}] + \dots + (T_{2n}[\text{Nm}])^3 * n_{2n}[\text{min}^{-1}] * t_n[\text{s}]}{t_a[\text{s}] * n_{2m}[\text{min}^{-1}] + \dots + t_n[\text{s}] * n_{2n}[\text{min}^{-1}]}} \quad (8)$$

ahol, n_{2n} , T_{2n} , t_n az említett értékek n.-ik értéke; $n = 1, 2, 3, \dots$

$$T_{2N} \geq \frac{T_{1N}[\text{Nm}] * i * R_d}{0,65} \quad [\text{Nm}] \quad (9)$$

$$n_{2E} = \frac{n_{2m}[\text{min}^{-1}] * t_a[\text{s}] + \dots + n_{2n}[\text{min}^{-1}] * t_n[\text{s}]}{t_a[\text{s}] + \dots + t_n[\text{s}]} \quad \left[\frac{1}{\text{min}} \right] \quad (10)$$

$$n_{2N} = \frac{n_{1nom}[\text{min}^{-1}]}{i} \quad \left[\frac{1}{\text{min}} \right] \quad (11)$$

A ciklustényező (f_c) értéke az óránkénti ciklus számtól (Z_h) függ, melynek számítása

$$Z_h = \frac{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]}{t_a[\text{s}] + t_k[\text{s}] + t_d[\text{s}] + t_p[\text{s}]} \quad \left[\frac{1}{\text{h}} \right] \quad (12)$$

a kiszámított érték alapján, a ciklustényező értékét a táblázat alapján kiválaszthatjuk.

5. táblázat. A ciklustényező értéke az óránkénti ciklusszám függvényében.

	$Z_h \leq 1000$	$1000 < Z_h \leq 2000$	$2000 < Z_h \leq 3000$
f_c	1	1,2 – 1,5	1,5 – 2

6. táblázat. Jelölések.

Jelölés	Mértékegység	Megnevezés
T_{2A}	[Nm]	kimenő oldalon mért maximális gyorsító nyomaték
T_{1AMOT}	[Nm]	motor maximális nyomatéka
i	–	névleges áttétel
f_c	–	ciklustényező (3.1.1.1.2.2. táblázat alapján)
R_d	–	dinamikus hatások tényezője
T_{2E}	[Nm]	átlagos kimenő nyomaték
T_{2N}	[Nm]	névleges kimenő nyomaték (itt: megengedett értéke)
T_{1N}	[Nm]	névleges motor nyomaték
n_{2E}	[min ⁻¹]	átlagos kimenő fordulatszám
n_{2N}	[min ⁻¹]	névleges kimenő fordulatszám
n_{1nom}	[min ⁻¹]	névleges bemenő fordulatszám

3.1.2. Megengedett hőmérsékletre való ellenőrzés

Fontos ellenőrizni a maximális nyomaték és a maximális teljesítmény megfelelését a bemenő oldalon. A bolygómű hőmérséklete üzem közben nem haladhatja meg a $T_{max} = 95 \text{ °C}$. A bemenő oldali maximális nyomatékot és a maximális teljesítményt a következő táblázatok tartalmazzák, figyelembe véve a lépcsők számát, a fordulatszámot és a környezeti hőmérsékletet, amely alatt $T_0 = 20 \text{ °C}$ -t értünk.

7.táblázat. Bemenő oldal maximális teljesítménye [kW].

	Lépcsők	n_1 [min ⁻¹]			
		900	1400	2800	3600
REP 75	1	4,5	4,4	4,0	3,5
	2	2,5	2,3	2,0	1,8
	3	1,9	1,8	1,5	1,4
REP 100	1	6,0	6,0	4,6	3,8
	2	3,5	3,3	2,5	2,0
	3	2,7	2,5	2,0	1,6
REP 125	1	9,0	8,5	6,2	4,7
	2	5,5	4,8	3,4	2,5
	3	4,0	3,7	2,8	2,0
REP 150	1	11,0	10,0	5,6	2,8
	2	6,1	5,5	2,6	1,0
	3	4,7	4,3	2,3	0,9

8.táblázat. Bemenő oldal maximális nyomatéka [Nm].

	Lépcsők	n_1 [min ⁻¹]			
		900	1400	2800	3600
REP 75	1	48	30	14	9
	2	27	16	7	5
	3	20	12	5	4
REP 100	1	64	41	16	10
	2	37	23	9	5
	3	29	17	7	4
	1	96	58	21	12

REP 125	2	58	33	12	7
	3	42	25	10	5
REP 150	1	117	68	19	7
	2	65	38	9	3
	3	50	29	8	2

Ha az alkalmazáskor nagyobb a behajtó nyomaték vagy teljesítményt kell alkalmazni, mint az időszakos működéskor vett érték, akkor meg kell határozni a művelet maximális hosszát (t_{\max}). Amelyet a következőképpen számíthatjuk,

$$t_{\max} = -\tau c[s] * \ln \frac{T_s[^\circ\text{C}] - T_{\text{MAX}}[^\circ\text{C}]}{T_s[^\circ\text{C}] - T_0[^\circ\text{C}]} [s] \quad (13)$$

9. táblázat. Jelölések.

Jelölés	Mértékegység	Megnevezés
$T_{\text{MAX}} =$	[°C]	maximum hőmérséklet
T_0	[°C]	környezeti hőmérséklet
τc	[s]	időállandó (3.1.2.6. táblázat)
T_s	[°C]	maximum hőmérséklet, P_1 teljesítményű behajtás esetén, folyamatos üzemben

$$T_s = T_0[^\circ\text{C}] + \frac{P_0[\text{W}] + P_\eta[\text{W}]}{c[\text{W } ^\circ\text{C}^{-1}] - f_v[\text{W } ^\circ\text{C}^{-1}]} [^\circ\text{C}] \quad (14)$$

10. táblázat. Jelölések.

Jelölés	Mértékegység	Megnevezés
P_0	[W]	teljesítmény terheletlen állapotban (3.1.2.7. táblázat)
C	[W °C ⁻¹]	hővesztési együttható (3.1.2.8. táblázat)
f_v	[W °C ⁻¹]	szellőzési tényező
P_η	[W]	üzemi teljesítmény

$$P_1 = \frac{T_1[\text{Nm}] * 2 * \pi * n_1[\text{min}^{-1}]}{60 \left[\frac{\text{s}}{\text{min}} \right]} * 10^3 [\text{W}] \quad (15)$$

11. táblázat. Jelölések.

Jelölés	Mértékegység	Megnevezés
T_1	[Nm]	alkalmazott behajtó nyomaték
n_1	[min ⁻¹]	bemenő fordulatszám

Ha a működési ciklus időben változó, akkor a számítás az átlagos behajtó nyomaték és az átlagos bemenő fordulatszám, azaz T_{1E} és n_{1E} alapján történik.

$$T_{1E} = \sqrt[3]{\frac{(T_{1\max}[\text{Nm}])^3 * n_{1m}[\text{min}^{-1}] * t_a[\text{s}] + \dots + (T_{1n}[\text{Nm}])^3 * n_{1n}[\text{min}^{-1}] * t_n[\text{s}]}{t_a[\text{s}] * n_{1m}[\text{min}^{-1}] + \dots + t_n[\text{s}] * n_{1n}[\text{min}^{-1}]}} \quad (16)$$

ahol n_{1n} , T_{1n} , t_n az említett értékek n.-ik értéke; $n = 1, 2, 3, \dots$

$$n_{1E} = \frac{n_{1m}[\text{min}^{-1}] * t_a[\text{s}] + \dots + n_{1n}[\text{min}^{-1}] * t_n[\text{s}]}{t_a[\text{s}] + \dots + t_n[\text{s}]} \left[\frac{1}{\text{min}} \right] \quad (17)$$

12. táblázat. Időállandók értékei, lépcsőnként.

Lépcsők	REP 75			REP 100			REP 125			REP150		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
τ_c [s]	551	655	748	747	939	1111	1255	1590	1891	1858	2369	2824

13. táblázat. Teljesítmény terheletlen állapotban [W], lépcsőnként és méretenként.

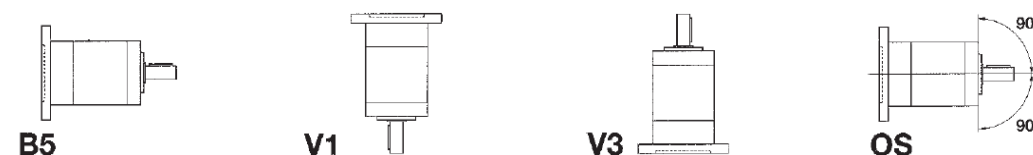
Lépcsők	$n_1 = 900$ [min ⁻¹]			$n_1 = 1400$ [min ⁻¹]			$n_1 = 2800$ [min ⁻¹]			$n_1 = 3600$ [min ⁻¹]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
REP 75	3	4	5	6	8	8	14	18	19	20	26	27
REP 100	7	9	9	12	15	16	30	38	39	42	53	55
REP 125	12	15	16	22	27	28	56	71	73	81	101	104
REP 150	22	27	28	39	50	51	106	132	136	151	191	196

14. táblázat. Hő veszteségi tényező értékei, lépcsőnként és méretenként.

	1	2	3
REP 75	1,024	1,120	1,248
REP 100	1,410	1,620	1,800
REP 125	2,175	2,450	2,725
REP 150	2,680	3,020	3,380

3.2. Kenés

A REP hajtóművek nagy élettartamú kenőanyaggal vannak ellátva és nem igényelnek különösebb karbantartást. Rendelés esetén fontos meghatározni a beépítési helyzetet a megfelelő kenőanyag miatt.

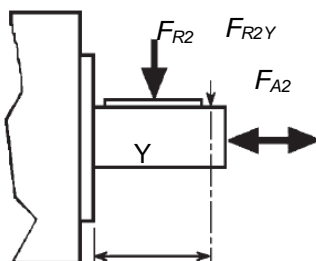


9. ábra. Beépítési helyzetek.

3.3. Radiális és axiális terhelések a kimenő tengelyen

A műszaki adatokat összefoglaló táblázatban látható, a megengedhető axiális és radiális terhelések értékei [N]-ban, különböző fordulatszámoknál, 20.000 órás csapágyélettartamra. Azt feltételezve, hogy a radiális terhelés F_{R2} , a kimenő tengelyhossz közepén hat, a terhelések a különböző Y távolságokra így alakulnak:

$$F_{R2Y} = \frac{F_{R2} \cdot a}{b+Y} \quad (18)$$



10. ábra.

A kimenő tengely radiális és axiális terhelése

15. táblázat

Együtthatók táblázata bolygómű méretenként

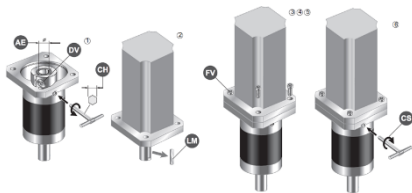
	REP 75	REP 100	REP 125	REP 150
a	46	55	85	102
b	30	37	51	61

16. táblázat. Műszaki adatokat összefoglaló táblázat.

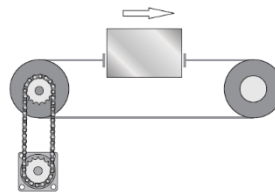
Lépcsők	1				2								3									
i	3	4	5	6	9	12	16	20	24	30	36	27	36	48	64	80	100	120	144	180	216	
$n_{1\text{ nom}}$	4000				4500								5000									
$n_{1\text{ max}}$													6000									
T_{2N}	35	45	35	30	40	50	50	50	50	40	35	40	55	55	55	55	55	55	55	40	35	
T_{2A}	55	65	55	50	60	70	70	70	70	60	55	60	80	80	80	80	80	80	80	60	55	
T_{2S}	110	130	110	100	120	140	140	140	140	120	110	120	150	150	150	150	150	150	150	120	110	
J	Táblázat alapján																					
L_{pA}	< 70																					
R_d	0.96				0.93								0.91									
L_n	20000																					
F_{RZ}	1400																					
F_{AZ}	700																					
R_t	4																					
α_{max}	4°				6°								8°									
Kg	1.3				1.6								1.9									

3.4. Motor beszerelés és alkalmazási példák

A gyártó a motor és a hajtómű összeszereléséhez útmutatást nyújt, és két példát is bemutat a hajtóművek alkalmazására, számpéldán keresztül.



11.1. ábra
Motor beszerelés



11.2. ábra
Csúszó szán



11.3. ábra
Forgó asztal

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] http://glink.hu/hallgatoi_segedletek/
- [2] https://hu.wikipedia.org/wiki/Bolygómű#/media/File:Epicyclic_gear_ratios.png
- [3] Terplán Z.; Antal M.; Apró F.; Döbröczöni Á.; Fogaskerék-bolygóművek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [4] www.fogaskerekgyar.hu
- [5] www.kiskunmetal.hu
- [6] www.agisys.hu
- [7] www.banki-sos.hu
- [8] Péter, J. Géptervezés alapjai. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc-Egyetemváros, 2008. 402 old. ISBN 978-963-661-837-7.
- [9] Döbröczöni, Á. A fokozat nélküli fogaskerék-bolygóművek szabályozhatósága és kiválasztási szempontok. (A Gépelemek Tanszékének Közleményei) 244. sz. Miskolc, 1971. 11 p.

Jelen cikk a szerzők engedélyével jelent meg másodközlésben. Az első megjelenés bibliográfiai adatai: Mátyás Tamás Donát, Péter József: *Fogaskerék-bolygómű kiválasztása katalógus alapján*. A jövő mérnökeinek prezentációi. A 2015. Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szemináriumának kiadványa. pp. 59-70.