

Mikromotor rotor légkavarási vesztesége

Halmai, A. and Meszlényi, Gy.: Micromotor having Low Power Consumption. GÉPÉSZET 2002

Névleges tápfeszültség: 1,2 V

Forgórész ellenállása: 22 Ohm

Max. terhelés fordulatszám: $n=314 \text{ min}^{-1}$

Motorállandó: 8 mVs

Maximális teljesítmény: 16 mW (leadott tejl.: 5.2mW ezen a fordulatszámon)

Üresjárási áram: 1,4 mA

Üresjárási veszteségi nyomaték: 16,5 μNmm

Indítónyomaték: kimaradt a fileből 432 mNmm

Maximális hatások: 70 %

Definíciók mértékegységekre

$$\text{mW} \equiv 10^{-3} \cdot \text{W}$$

$$\text{Nm} \equiv \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Nmm} \equiv \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{mNmm} \equiv 10^{-3} \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$\mu\text{Nmm} \equiv 10^{-6} \cdot \text{Nmm}$$

Adatok a számításhoz

Forgórész (mikromotor tárcsa) átmérő

$$D_t := 25\text{mm}$$

$$D_{tb} := 0.6\text{mm}$$

Forgórész tárcsa sugár

$$R_t := \frac{D_t}{2} \quad R_t = 12.5 \text{ mm}$$

$$R_{tb} := \frac{D_{tb}}{2} \quad R_{tb} = 0.3 \text{ mm}$$

Csúsztatófeszültség diagramhoz:

$$dr := 0.001\text{mm}$$

$$r := R_{tb}, R_{tb} + dr \dots R_t$$

Forgórész tárcsa vastagság

$$H_t := 1.8\text{mm}$$

Oldalfali légrés mérete (mindkét oldalon)

$$l_o := 0.2\text{mm}$$

Légrés mérete a palástonál

$$l_p := 1\text{mm}$$

Motor fordulatszám

$$n := 314 \cdot \frac{1}{\text{min}} \qquad n = 5.233 \frac{1}{\text{s}}$$

Motor szögsebesség:

$$\omega := 2\pi \cdot n \qquad \omega = 32.882 \frac{1}{\text{s}}$$

Levegő adatok a légrésben

Légekori nyomás

$$p_0 := 101325\text{Pa}$$

Levegő hőmérséklet

$$T_0 := 298\text{K}$$

Levegő gázállandó

$$R_{\text{lev}} := 287 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Levegő sűrűség

$$\rho_{\text{lev}} := \frac{p_0}{R_{\text{lev}} \cdot T_0} \qquad \rho_{\text{lev}} = 1.185 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Dinamikai viszkozitás ilyen p_0 és T_0 esetén:

$$\mu_{\text{lev}} := 18.2175 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \qquad \mu_{\text{lev}} = 1.822 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{s}$$

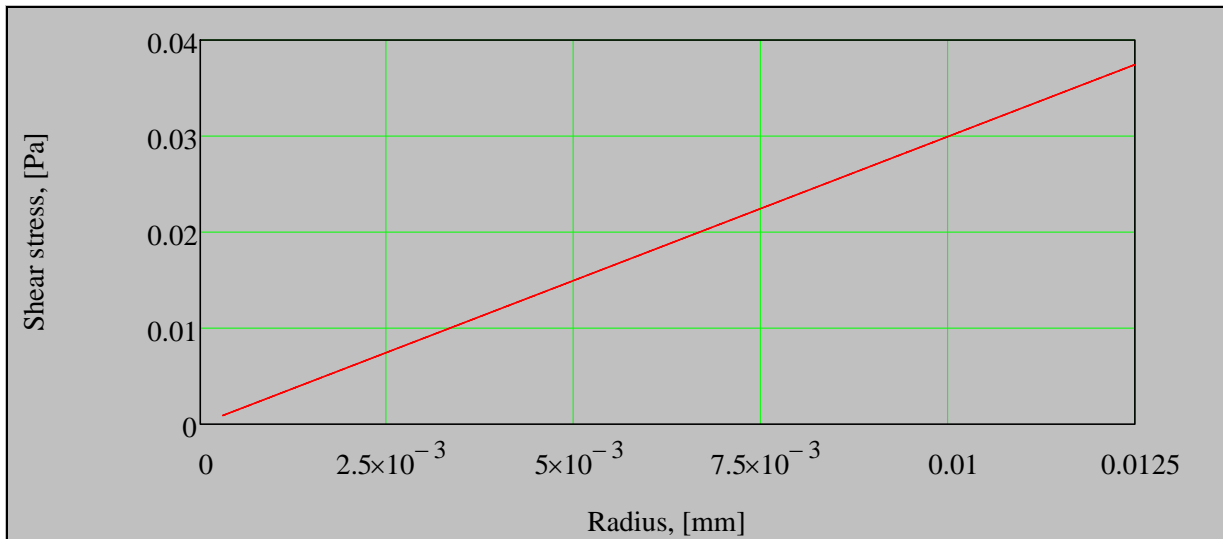
Tárcsa kerületi sebessége, például a külső R_m sugáron

$$v(r) := r \cdot \omega \qquad v(R_{\text{tb}}) = 9.865 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad v(R_t) = 0.411 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A csúsztatófeszültség (így a légekavarási nyomaték, teljesítmény "veszteség") két térrészből ered, a tárcsa alsó/felső oldallapjainál levő " l_o " méretű légrésekből (1) illetve a tárcsa palástjánál levő " l_p " méretű légrésből (2).

1) OLDALLAP: Csúsztatófeszültség a tárcsa egyik oldallapján az " l_o " méretű kis légrésnél (Newton viszkozitási törvénye szerint, közelítések: lamináris áramlás, lineáris sebességprofil a légrésben, így a csúsztatófeszültség:

$$\tau_o(r) := \mu_{\text{lev}} \cdot \frac{v(r)}{l_o}$$



1) Légekvarási nyomaték a tárcsa egy oldallapján

$$M_{I_0} := \int_{R_{tb}}^{R_t} r \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot \tau_0(r) \, dr$$

vagyis az állandókat kiemelve az integráljel elé:

$$M_{I_0} := \frac{\mu_{lev} \cdot 2 \cdot \pi \omega}{l_0} \cdot \int_{R_{tb}}^{R_t} r^3 \, dr \qquad M_{I_0} = 1.149 \times 10^{-7} \text{ Nm}$$

Mindkét oldallapon összesen:

$$2 \cdot M_{I_0} = 2.297 \times 10^{-4} \text{ Nmm}$$

1) Légekvarási teljesítmény a tárcsa egy teljes oldallapjára:

$$P_{I_0} := M_{I_0} \cdot \omega \qquad P_{I_0} = 3.777 \times 10^{-3} \text{ mW}$$

Mindkét oldallapon összesen:

$$2 \cdot P_{I_0} = 7.554 \times 10^{-3} \text{ mW}$$

2) PALÁST: Csúsztatófeszültség a tárcsa palástján a " l_p " méretű kis légrésnél (Newton viszkozitási törvénye szerint, közelítések: lamináris áramlás, lineáris sebességprofil a légrésben, így a csúsztatófeszültség:

$$\tau_p := \mu_{lev} \cdot \frac{v(R_t)}{l_p} \qquad \tau_p = 7.488 \times 10^{-3} \text{ Pa}$$

2) A tárcsa " H_t " vastagságú palástjának felülete

$$A_p := 2 \cdot R_t \cdot \pi \cdot H_t \qquad A_p = 1.414 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

2) A tárcsa palástján a csúsztatófeszültségből keletkező erő

$$F_{I_p} := \tau_p \cdot A_p \qquad F_{I_p} = 1.059 \times 10^{-6} \text{ N}$$

2) Légekavarási nyomaték a tárcsa palástján

$$M_{lp} := F_{lp} \cdot R_t$$

$$M_{lp} = 1.323 \times 10^{-8} \text{ Nm}$$

$$M_{lp} = 1.323 \times 10^{-5} \text{ Nmm}$$

2) Légekavarási teljesítmény a tárcsa palástján

$$P_{lp} := M_{lp} \cdot \omega$$

$$P_{lp} = 4.351 \times 10^{-4} \text{ mW}$$

Összefoglalva az eredményeket:

OLDALLAPOK

PALÁST

M nyomaték: $2 \cdot M_{lo} = 2.297 \times 10^{-4} \text{ Nmm}$

$$M_{lp} = 1.323 \times 10^{-5} \text{ Nmm}$$

P teljesítmény: $P_{lo} = 3.777 \times 10^{-3} \text{ mW}$

$$P_{lp} = 4.351 \times 10^{-4} \text{ mW}$$

Összes légekavarási veszteségnyomaték (tárcsa két oldala + palást)

$$M_1 := 2 \cdot M_{lo} + M_{lp}$$

$$M_1 = 242.956 \mu\text{Nmm}$$

$$M_1 = 0.243 \text{ mNmm}$$

$$M_1 = 2.43 \times 10^{-4} \text{ Nmm}$$

Összes légekavarási veszteségteljesítmény (tárcsa két oldala + palást)

$$P_1 := 2 \cdot P_{lo} + P_{lp}$$

$$P_1 = 7.989 \times 10^{-3} \text{ mW}$$

$$SZ := \frac{P_1}{5.2 \text{ mW}}$$

$$SZ = 1.536 \times 10^{-3}$$