

Z A Ł A C Z N I K N r 2

Spis rozdziałów

Podstawowe uwagi. Ruch tężeniowy Ruch dwunadcienny str 2
obrot γ_1 - lekki - silnik 6000 obr/min. - przyślad 1-2-3-4 str. 5
obrot γ_2 - lekki - silnik 6000 obr/min. - przyślad 5-6-7-8 str. 7
obrot t - lekki - silnik 6000 obr/min. - przyślad 8-9-10 str. 9
Wariant cykli nadgarstka str 13 obrot γ_1 przyślad 10-11 str 13
obrot t str. 14 obrot namięnia γ wariant lekki ^(r. cofnięte) przyślad 13-
^{standard} 14-15 str. 17 obrot α - lekki - przyślad 16 str 19 obrot α lekki
przyślad 17 str. 19 obrot γ - cykli - namięnia - przyślad 18
- przyślad 19 - cykli - standard - przyślad 20 - r. cofnięte - cykli
str. 20 obrot α - cykli - przyślad 21 str 21. obrot α
cykli przyślad 22 str. 21
Obrot przyśladu "i" str. 22 Zestawienie impulsostr 25

Zastosowanie silnika $n = 3000$ obr/min str 27
do przyślad 1 - ruch γ_1 lekki - przyślad 3-4 γ_1 lekki przyślad 7-8 lekki
przyślad 8 - t - lekki - przyślad 11-12, cykli - przyślad 12 - t cykli
do przyśladu 13-14-15-18-19-20 obrot γ
do przyśladu 16 obrot α lekki str. 30 do 17 obrot α lekki str. 31
do przyśladu 21 obrot α cykli do przyśladu 22 α cykli str. 31
Porównanie czasów obrotu str. 32

Optymalizacja przyśladu str 33 Program I str. 34
Program II str. 36 przyślady γ_1 - γ_2 - γ_3 - γ_4 - γ_5 - γ_6 - γ_7
str 37 Porównanie wyników str. 40 Obrotadmiagne
obliczenie przyśladu "i" str. 41
przyślad α - nieobciążony - lekki - cykli str. 43
obrot α - lekki - cykli - str. 44

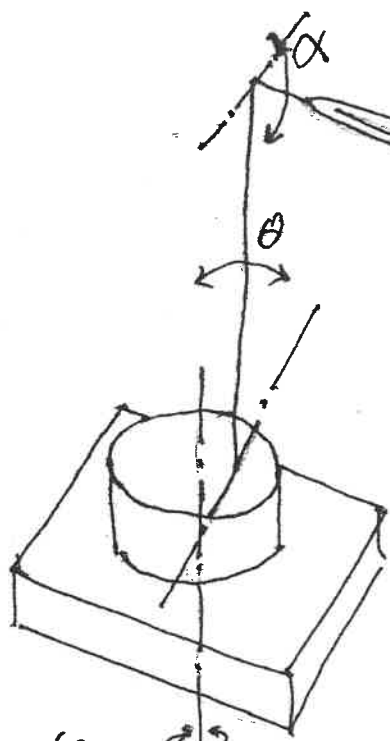
Praca przy zmniejszeniu o 30% momentu napędowego str 46
obliczenie przyśladu γ_4 str. 46 obliczenie przyśladu α
ze str. 43 - str. 48 Porównanie wyników str. 49

Rozdział I
Podstawowe wzory i przykłady
obliczeń

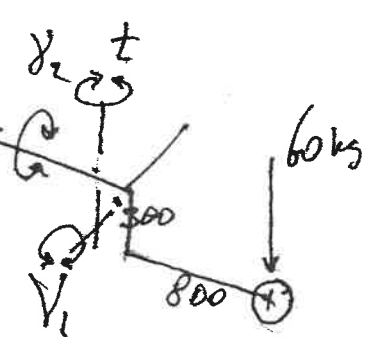
Obliczenie dynamiki robota

RP-120

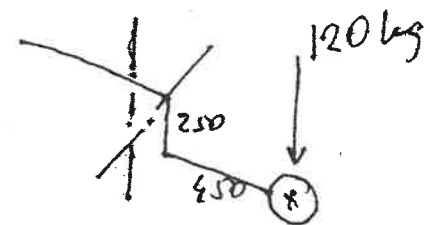
z silnikami Bosch
 Wariant Lekki - 60 kg masy ramię długość 850 mm
 odchylone ku dołowi o 20°
Ciężki - 120 kg masy ramię długość 500 mm
 odchylone ku dołowi o 30°



Ramiona



Lekki



Ciężki

Nadgarstek


 3-1994

Podstawowe wzory dla ruchu jednost. przysp.

① $\varepsilon = \frac{M}{\gamma}$

② $\omega = \varepsilon t$

③ $\alpha = \frac{\varepsilon t^2}{2}$

lub ④ $\alpha = \frac{\omega^2}{2\varepsilon}$

⑤ $t = \sqrt{\frac{2\alpha}{\varepsilon}}$

⑥ $\omega = \sqrt{2\alpha\varepsilon}$

⑦ $\omega = f(n) = \frac{2\pi \cdot n}{60 \cdot i}$

jeśli M zmienne – ε zmienne – ruch nie jest jednostajnie przyspieszony – dręliśmy drogę α na odcinku w którym przyjmujemy ε za stałe (przykład 3 i 11)

Mogą być dwa typy przekreśln ruchu ramion:

Ruch dwuodcinkowy: rozprędkanie do prędkości ruchu jednostajnego – ruch jednostajny, ograniczony prędkością obrot. silnikowania (Przykłady 3-4-5-6-7-8-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21)

Ruch dwuodcinkowy w którym rozprędkanie bezpośrednio przechodzi w hamowanie (Przykłady 1-2-9-10-11)

W przypadku ruchu dwuodcinkowego mamy zadany cały kąt obrotu α , prędkości największą obrotową ograniczoną przez silnik ω wg ⑦ oraz obliczone z ① ε rozprędkania oraz ε hamowania

W takim razie z ④

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r}$$

$$\alpha_h = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_h}$$

stąd droga ruchu jednostajnego

$$\alpha_j = \alpha - \alpha_r - \alpha_h$$

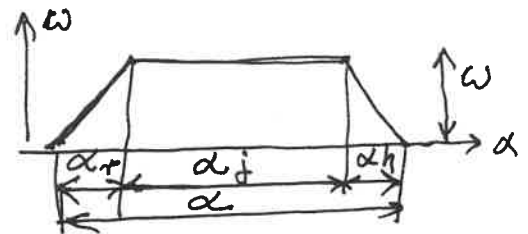
a czas z ② dla ruchu przysp. i dla jednostajnego $t_j = \frac{\alpha_j}{\omega}$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r}$$

$$t_j = \frac{\alpha_j}{\omega}$$

$$t_h = \frac{\omega}{\varepsilon_h}$$

czas całkowity $t = t_r + t_j + t_h$



Dla kontroli: jeśli $\alpha_j \geq 0$ znaczy że rozprędkanie osiągnęło ω i kinem było prawidłowe, jeśli $\alpha_j < 0$ znaczy że przyspieszenie przecięgło się tak długo, że zabrakło odcinka dla ruchu jednostajnego i należy kupić większy ω ruchu dwuodcinkowego.

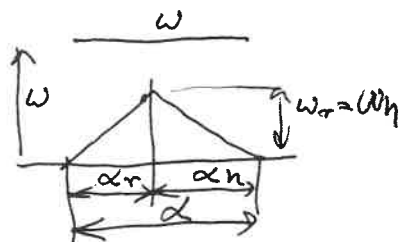
w przypadku ruchu dwuosobowego gdy nie ③
osiągamy prędkości obrotowej max ograniczonej
dopuszczalną prędkości obrotową silnika, awo-
żemy wyliczyć ε_r i ε_h z wzoru ①, oraz ma-
my całą drogę obrotu α musimy wykorzystać
to, że:

ω_{max} ruchu wyprzedzania = ω_{max} ruchu hamowania

z wzoru ⑥ $\left\{ \begin{aligned} \omega_r &= \omega_h = \sqrt{2\alpha_r \varepsilon_r} = \sqrt{2\alpha_h \varepsilon_h} \end{aligned} \right.$

oraz $\left\{ \begin{aligned} \alpha &= \alpha_r + \alpha_h \end{aligned} \right.$

Po przekształceniu $\left\{ \begin{aligned} \alpha_r &= \alpha \frac{1}{\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_h} + 1} \quad ⑧ \\ \alpha_h &= \alpha - \alpha_r \quad ⑨ \end{aligned} \right.$



stąd ⑤ $t_r = \sqrt{\frac{2\alpha_r}{\varepsilon_r}}$

$t_h = \sqrt{\frac{2\alpha_h}{\varepsilon_h}}$

czas całkowity $t = t_r + t_h$

Sprawdzeniem jest czy osiągnięte wg ②

$\omega_r = \varepsilon_r t_r \leq \omega = \frac{2\pi n}{60 \cdot i}$ wg ⑦

Należy zwrócić uwagę na obliczenie momentu
obrotowego

Moment obrotowy silnika wykorzystujemy do wyprzedza-
nia lub do hamowania ramienia.

Jako napedzający, wyprzedzający, daje on na osi
obrotu ramienia moment $M_r = M_{sil.} \cdot i \cdot \eta$ Nm

do tego momentu należy doliczyć moment od siły
ciężenia masy Q : $M = Q \cdot g \cdot t \cdot \cos \alpha$ Nm:

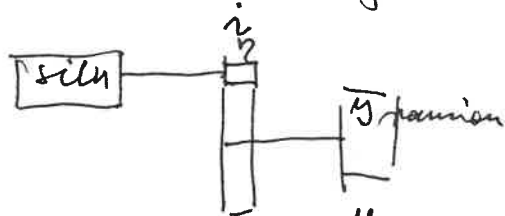
odjąć, jeśli siła ciężenia działa przeciw ruchowi,
albo dodać, jeśli działa zgodnie z ruchem.

Jako hamujący, na osi obrotu ramienia
moment silnika daje moment: $M_h = M_{sil.} \cdot i \cdot \frac{1}{\eta}$

Do tego momentu należy doliczyć moment od
siły ciężenia masy Q - (jak wyżej) $M = Q \cdot g \cdot t \cdot \cos \alpha$ Nm
odjąć jeśli siła ciężenia działa zgodnie z ruchem,
albo dodać jeśli działa przeciw ruchowi.

Niejasnym może być to, że przy η mnożymy przy obliczaniu napędu, a dzielimy przy obliczaniu hamowania. Najłatwiej wyjaśnić to sobie w świetle bilansu energetycznego. Przy napędzaniu straty η na przekładni odejmujemy się od energii napędowej, a przy hamowaniu pojemność energii odbieranej.

Mozna wyjaśnić inaczej. Przy rozprężaniu mamy napęd od silnika. Przy hamowaniu - od rozprężacza maszyn i maszyn.



$M_{rozp.}$

$M_{ham.}$

Przy napędzaniu przekładni
 $M_{rozp} = M_{sil} \cdot \eta$

Przy hamowaniu przekładni
 $M_{sil} = M_{ham} \cdot \frac{1}{\eta}$

po przekładni $M_{ham} = M_{sil} \cdot \frac{1}{\eta}$

W tym opracowaniu wszystkie momenty są związane do osi obrotu maszyn

Należy zwrócić uwagę na to, że w tej pracy każdy obrot jest rozpatrywany osobno. Jesli by rozpatrywać obroty złożone należałoby rozpatrywać nadzwyczaj wielką ilość kombinacji co byłoby absolutnie nie racjonalne.

W konkretnych przypadkach należy wrócić pod uwagę wpływ różnych napędów występujących jednocześnie.

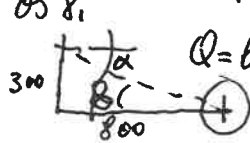
Np. na R D może jednocześnie działać napęd momentami M_0 i M_1 , lub napęd M_0 i siła odśrodkowa od obrotu φ .

obrot γ_1 (osi ławek $\perp$ RG) Lekki (5)

silnik Bosch SE-LB3-033-060; $n=6000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$ $M_s=3,3 \text{ Nm}$, trwałe $J=0,8 \cdot 10^{-3}$
 Przekładnia, Harmoniczna $i=\frac{200}{1}$ $\eta=0,7$ abc. trwałe 447 $\frac{\text{Nm}}{\text{min}}$
mnoż. trwałe 894 $\frac{\text{Nm}}{\text{min}}$

Uwaga! I prototyp ma $i=\frac{200}{1}$ ale może być zakodowana dowolna
 przestępną przed zalecanymi mniejszą - powyższy przykład 10
 Moment silnika na osi γ_1 rozp. Przeciążenie 1,5

os γ_1 $M_r = 3,3 \cdot 1,5 \cdot 200 \cdot 0,7 = 693 \text{ Nm}$



$Q=60 \text{ kg}$ $P_Q=60 \cdot 9,81 \text{ N}$

$R = \sqrt{300^2 + 800^2} = 0,8544 \text{ m}$

$\beta = \arctg \frac{300}{800} = 20^\circ$

$M_a = R \cdot Q \cos \alpha = 502,9 \cos \alpha \text{ Nm}$

Mom. bezwładności sprowadzony do osi ławek - γ_1

$J_{sil} = 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 200 = 32 \text{ kgm}^2$

Masy Q $60 \cdot 0,8544^2 = 43,8$

$J_{Q60} = \frac{75,8}{75,8} \text{ kgm}^2$

Moment silnika harmoniczny

$M_h = 3,3 \cdot 1,5 \cdot 200 \cdot \frac{1}{0,7} = 1414 \text{ Nm}$

Przykład 1 obrot γ_1 z góry ku dołowi od $+22,5^\circ$ do $-22,5^\circ \rightarrow 45^\circ = \frac{\pi}{4}$

$M_{rozp.} = M_r + M_a \cos 22,5 = 693 + 502,9 \cdot 0,92 = 1155,6 \text{ Nm}$

$M_{ham} = -1414 + 502,9 \cdot 0,92 = -957 \text{ Nm}$

$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{1155,6}{32} = 36,11 \frac{1}{s^2}$

$\varepsilon_h = \frac{957}{75,8} = 12,5 \frac{1}{s^2}$

$\alpha_r = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{\frac{15,2}{12,5} + 1} = 0,35 \text{ rad. wzr} \textcircled{8}$

$\alpha_h = \frac{\pi}{4} - 0,35 = 0,43 \text{ rad.} \textcircled{9}$

$t_r = \sqrt{\frac{2 \alpha_r}{\varepsilon_r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,35}{36,11}} = 0,2 \text{ s. wzr} \textcircled{5}$

$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,43}{12,5}} = 0,26$

$t = 0,2 + 0,26 = 0,46 \text{ s}$

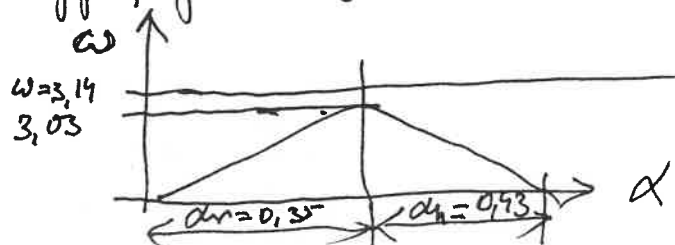
Sprawdzenie jak na str. (3)

$\omega_r = \varepsilon_r t_r = 36,11 \cdot 0,2 = 7,22$

$\omega = \frac{2\pi n}{60 i} = \frac{2\pi \cdot 6000}{60 \cdot 200} = 3,14$

$7,22 < 3,14$

orientacyjny przebieg ruchu



Przykład 2 Jak 1 tyłko obrot V_1 z dołu ku górze

⑥

od $-22,5^\circ$ do $+22,5^\circ$ cały mch $\frac{\pi}{4}$

$$M_r = M - M_g \cos = 693 - 462,6 = 230,3 \text{ Nm}$$

$$M_h = 1414 + 462,6 = 1876,6 \text{ Nm}$$

$$\varepsilon_r = \frac{230,3}{75,8} = 3 \frac{1}{s^2}$$

$$\varepsilon_h = \frac{1876,6}{75,8} = 24,7 \frac{1}{s^2}$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{4} \frac{1}{\frac{3}{24,7} + 1} = 0,7$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{4} - 0,7 = 0,085$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,7}{3}} = 0,68 \text{ s}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,085}{24,7}} = 0,08 \text{ s}$$

$$t = 0,68 + 0,08 = 0,76 \text{ s}$$

Przy tym kierunku obrotu znacznie wydłużył się czas rozprędniania, bo znacznie zmniejszył się moment rozprędniający - zaś znacznie skrócił czas hamowania. Wynik jest jasny.

Przykład 3 Obrot V_1 z góry ku dołowi o $180^\circ = \pi$

Gdy ramię chwytała jest u góry albo u dołu, $\cos = 0$ wobec czego wpływ momentu masowego jest 0

$$M_r = 693 \text{ Nm}$$

$$M_h = 1414 \text{ Nm}$$

$$\varepsilon_r = \frac{693}{75,8} = 9,2 \frac{1}{s^2}$$

$$\varepsilon_h = \frac{1414}{75,8} = 18,6 \frac{1}{s^2}$$

Przyspieszenia są większe, a kąt obrotu α też większy, wobec czego spodziewany śpiżunek będzie trzy odcińkoży i będzie inny go liczyć wg wzoru jak na str. 2

$$\omega \text{ ze str 3 } \omega = 3,14$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{3,14^2}{2 \cdot 9,2} = 0,53$$

$$\alpha_h = \frac{3,14^2}{2 \cdot 18,6} = 0,26$$

$$\alpha_j = \pi - 0,53 - 0,26 = 2,35$$

$$t_j = \frac{\alpha_j}{\omega} = \frac{2,35}{3,14} = 0,75 \text{ s}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{\pi}{9,2} = 0,34 \text{ s}$$

$$t_h = \frac{\omega}{18,6} = 0,17 \text{ s}$$

$$t = t_r + t_j + t_h = 0,34 + 0,75 + 0,17 = 1,26 \text{ s}$$

Przykład 4 Obrot V_1 z dołu ku górze o 180°

Przyspieszenia & będą takie jak w przyk. 3 wobec czego i t. takie same

$$t = 1,26 \text{ s}$$

Różnica będzie tylko to, że na dystansie α_j w przykładzie 3 silnik będzie musiał hamować a w przykładzie 4 napędzać dla podtrzymania jednostajnej prędkości

$$\omega = \frac{\pi}{s}$$

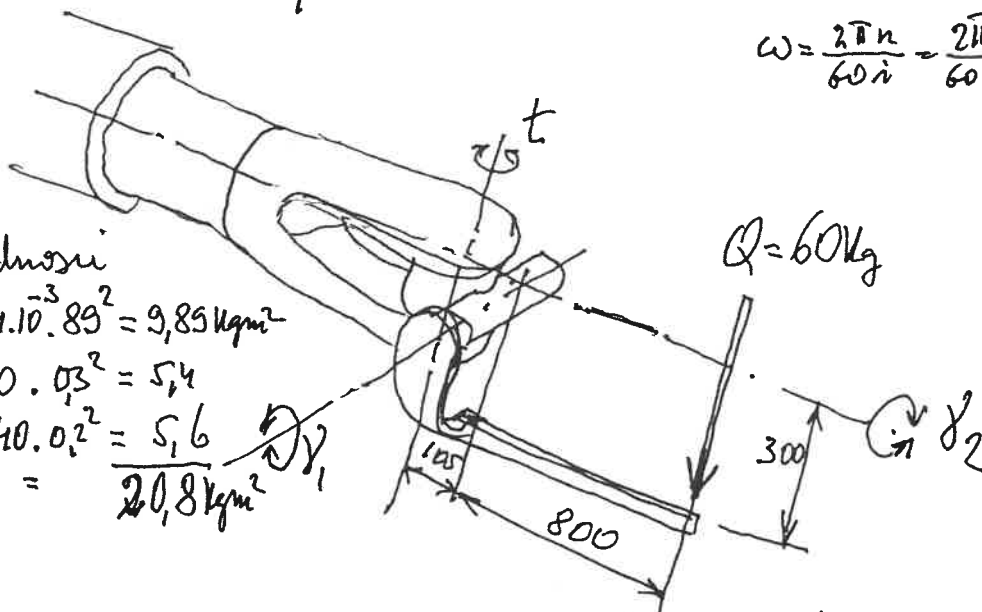
Obrot γ_2 (dokona osi ^{podr. uż.} RG) Lekki

(+)

silnik BOSCH SE-LB3-055-060; $n = 6000 \frac{ob}{min}$ $M_s = 5,5 Nm$ $\eta = 1,24 \cdot 10^{-3}$
 przekazanie 1,5
 Przekładnia Robus $i = 89$ $\eta = 0,75$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 i} = \frac{2\pi \cdot 6000}{60 \cdot 89} = 7,06 \frac{rad}{s}$$

Moment bezwładności
 silnika $J_s = 1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 89^2 = 9,89 kgm^2$
 masa Q $60 \cdot 0,3^2 = 5,4$
 RG - prom masy $140 \cdot 0,2^2 = 5,6$
 $J = \frac{5,4 + 5,6}{20,8 kgm^2}$



Moment rozprężający się.

$$M_r = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 89 \cdot 0,75 = 550 Nm$$

Moment siły ciężkości

Moment hamujący się

$$M_h = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 89 \cdot \frac{1}{0,75} = 979 Nm$$

$$M_Q = 60 \cdot 9,81 \cdot 0,3 \cos \alpha = 176,6 \cos \alpha Nm$$

Przykład 15 obrot γ_2 o 180° od góry ku dołowi (od pionu do pionu) Lekki

M_Q nie działa na przyspieszenie bo $\cos \alpha = 0$

Przewidywany ruch dynamiczny, wg str. 2

$$\varepsilon_r = \frac{M_r}{J} = \frac{550}{20,8} = 26,4 \frac{1}{s^2}$$

$$\varepsilon_h = \frac{979}{20,8} = 47 \frac{1}{s^2}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{7,06}{26,4} = 0,27 s$$

$$t_h = \frac{\omega}{\varepsilon_h} = \frac{7,06}{47} = 0,15 s$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon} = \frac{7,06^2}{2 \cdot 26,4} = 0,944 rad$$

$$\alpha_h = \frac{7,06^2}{2 \cdot 47} = 0,53 rad$$

$$\alpha_{jed} = \pi - 0,944 - 0,53 = 1,667 rad$$

$$t_{jed} = \frac{\alpha_j}{\omega} = \frac{1,667}{7,06} = 0,236 s$$

$$t = 0,27 + 0,236 + 0,15 = 0,656 s$$

Przykład 6 obrot γ_2 o 180° od poziomu do poziomu Lekki (8)

$$M_r = 550 + 1766 = 726,6 \text{ Nm}$$

$$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{726,6}{20,8} = 35 \frac{1}{s^2}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{7,06}{35} = 0,2 \text{ s}$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon} = \frac{7,06^2}{2 \cdot 35} = 0,712 \text{ rad}$$

$$M_h = 979 + 1766 = 1155,6 \text{ Nm}$$

$$\varepsilon_h = \frac{1155,6}{20,8} = 55,5 \frac{1}{s^2}$$

$$t_h = \frac{7,06}{55,5} = 0,127 \text{ s}$$

$$\alpha_h = \frac{7,06^2}{2 \cdot 55,5} = 0,449$$

$$\alpha_j = \pi - 0,712 - 0,449 = 1,58$$

$$t_j = \frac{\alpha_j}{\omega} = \frac{1,58}{7,06} = 0,28 \text{ s}$$

$$\underline{t = 0,2 + 0,28 + 0,127 = 0,6 \text{ s}}$$

Przykład 7 obrot γ_2 o 180° od poz. do poz. górą Lekki

$$M_r = 550 - 1766 = -373,4$$

$$\varepsilon_r = \frac{373,4}{20,8} = 17,95$$

$$t_r = \frac{7,06}{17,95} = 0,39 \text{ s}$$

$$\alpha_r = \frac{7,06^2}{2 \cdot 17,95} = 1,38 \text{ rad}$$

$$M_h = 979 - 1766 = -802,4$$

$$\varepsilon_h = \frac{802,4}{20,8} = 38,57 \frac{1}{s^2}$$

$$t_h = \frac{7,06}{38,57} = 0,183 \text{ s}$$

$$\alpha_h = \frac{7,06^2}{2 \cdot 38,57} = 0,646 \text{ rad}$$

$$\alpha_{jed} = \pi - 1,38 - 0,646 = 1,1 \text{ rad}$$

$$t_{jed} = \frac{1,1}{7,06} = 0,158 \text{ s}$$

$$\underline{t = 0,39 + 0,158 + 0,183 = 0,73 \text{ s}}$$

Obrot t dolosa osi prostop. do osi PO Lekki⁽³⁾

Standardowo oś t jest pionowa, ale inne ruchy namion mogą ją odchylać od pionu. Jeśli jest pionowa, to siła ciężkości nie wywiera na ruch t .

Treba uważać uwagi na to, że oś t jest oddalona od osi γ_1 o 105 mm ;

Silnik taki jak w osi γ_2

Bosch SE-LB3-055-060; $n = 6000 \text{ obr/min}$ $M_s = 5,5 \text{ Nm}$ $J = 1,24 \cdot 10^{-3}$
 precyzja motowale 1,5

Pneumatyczny Rolens $i = 119$ $\eta = 0,75$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 i} = \frac{2\pi \cdot 6000}{60 \cdot 119} = 5,28 \text{ rad/s}$$

Mom. bezład. silnika $J_s = 1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 119^2 = 17,56$

masa

$$60 \cdot 0,905^2 = 49,14$$

$$J = \frac{49,14}{66,7}$$

Moment wyprzedzający

Moment hamujący

$$M_n = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 119 \cdot 0,75 = 736,3 \text{ Nm}$$

$$M_h = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 119 \cdot \frac{1}{0,75} = 1309 \text{ Nm}$$

Moment siły ciężkości - jeśli $\gamma_2 \neq 0$

$$M_g = 60 \cdot 9,81 \cdot 0,905 \sin \alpha = 537,7 \text{ Nm}$$

Ponyktad 8 obrot t o 180° osi obrotu pionowej Lekki.

$$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{736,3}{66,7} = 11 \text{ rad/s}^2 \quad M_a = 0$$

$$\varepsilon_h = \frac{1309}{66,7} = 19,6 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2 \varepsilon_r} = \frac{5,28^2}{2 \cdot 11} = 1,27 \text{ rad}$$

$$\alpha_h = \frac{5,28^2}{2 \cdot 19,6} = 0,7 \text{ rad}$$

$$\alpha_{jed} = \pi - 1,27 - 0,7 = 1,16 \text{ rad}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{5,28}{11} = 0,48$$

$$t_{jed} = \frac{\alpha_j}{\omega} = \frac{1,16}{5,28} = 0,22 \text{ s}$$

$$t_h = \frac{5,28}{19,6} = 0,27$$

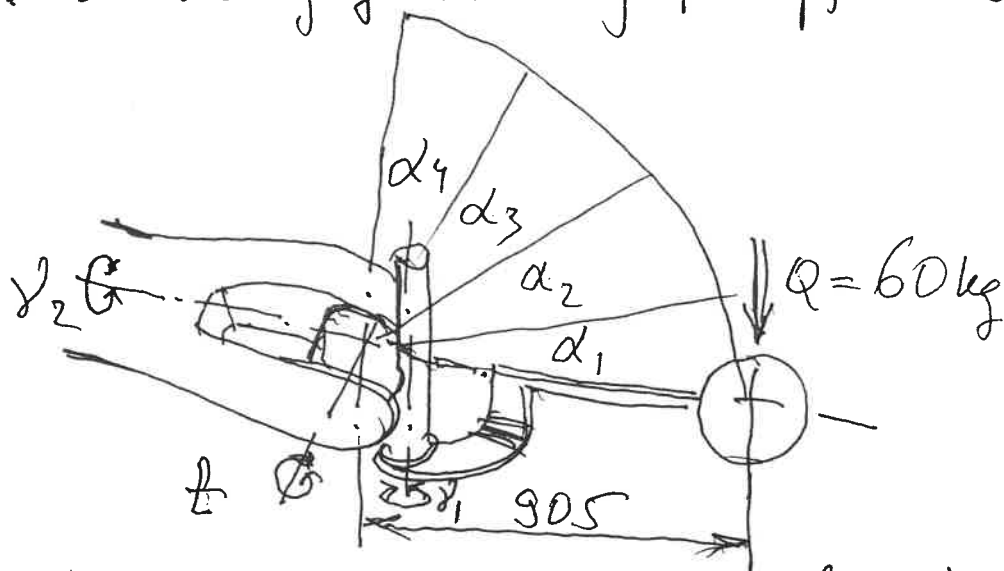
$$\underline{\underline{t = 0,48 + 0,22 + 0,27 = 0,97 \text{ s}}}$$

Przykład 9 obrot t o $\frac{\pi}{2}$ od poziomu do pionu lekki (10)

z tym że oś t została obrócona do poziomu obrotem γ_2 .
Zachodzi tu przypadek prawie najmniejszego przyspieszenia
przy rozruchu, gdyż od słabego momentu siłowe odej-
maje się największy moment siły ciężkości masy,
który następnie maleje sinusoidalnie. Moment siły
ciężkości jest jeszcze większy w wersji „ciężkiej”. Mom.
ten następnie maleje sinusoidalnie.

Cały kąt obrotu podzielimy na kilka odcinków
i obliczymy w tych odcinkach przyjmując M_{ij} jako stałe
średnie.

Pomiar nie wzięty gdzie kończy się napędzanie, a raczej



hamowanie, przyspieszanie będzie myliczyć od początku
a hamowanie od końca, i graficznie znajdemy
gdzie $\omega_{roz} = \omega_{ham}$.

obliczenia rozłożamy w tabelce str. (11) wykres str. (12)

Rozpydanie →

① α°	0	22,5	45	67,5	90
② $M_Q = 532,7 \cos \alpha$	532,7	492	376,7	203,8	0
③ $M_s = 736,3$	736,3				
④ $M = M_s - M_Q \text{ przy rozp.}$	203,6	244,3	359,6	532,5	736,3
⑤ $\varepsilon_r = \frac{M}{S} = \frac{M}{66,7}$	3,05	3,66	5,4	8	11
⑥ $\varepsilon_{\text{red}} \text{ w odcinkach}$	3,4	4,53	6,7	9,5	
⑦ $\Delta \omega = \sqrt{2 \varepsilon} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \varepsilon$ w kolumnie odcinkach	0	1,6	1,9	2,3	—
⑧ $\omega = \sum \Delta \omega$	0	1,6	3,5	6,4	
⑨ $\omega_{\text{sr}} \rightarrow \text{w odcinkach}$	0,8	2,55	4,55		
⑩ $\Delta t \text{ walc } \Delta t = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\pi}{2\omega}$	0	0,5	0,15	0,08	
⑪ $t = \sum \Delta t \text{ sek}$	0	0,5	0,65	0,73	

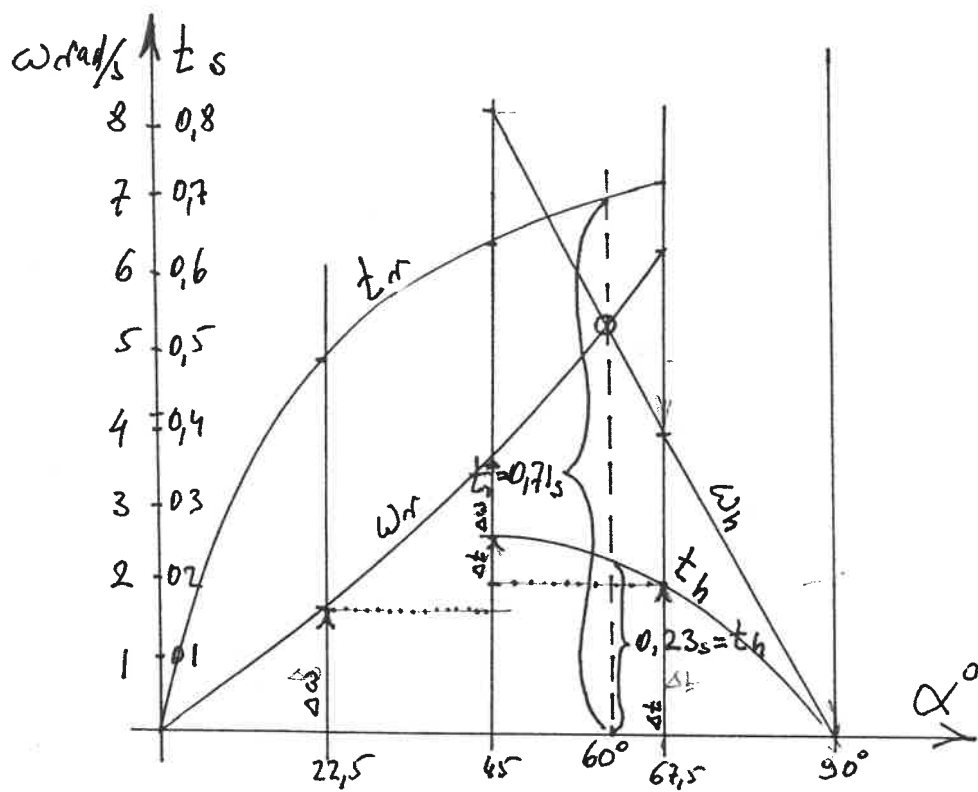
Hamowanie ←

⑫ $M_Q = 532,7 \cdot \cos \alpha$			376,7	203,8	0
⑬ $M_h =$	1309				
⑭ $M_s + M_Q$			1685,7	1512	1309
⑮ $\varepsilon_h = \frac{M}{S}$			25	22,7	19,6
⑯ $\varepsilon_h \text{ sred.}$			24	21	
⑰ $\Delta \omega = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \varepsilon$			4,3	4	0
⑱ $\omega = \sum \Delta \omega$			8,3	4	0
⑲ $\omega \text{ srednie}$			6,1	2	
⑳ $\Delta t = \frac{\pi}{2\omega}$			0,06	0,2	0
㉑ $t = \sum \Delta t$			0,26	0,23	0

ω i t z rubryki 8 i 11 oraz 18 i 21 nanosimy na wykres znajdujemy kąt przejścia od rozpydanie do hamowanie i na tym kącie odczytujemy czas rozpydanie i hamowania t_r i t_h

Wykres str. 12

$t = t_r + t_h = 0,71 + 0,23 = 0,94 \text{ s}$



Dla ruchu 3 odcińkowego

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{\pi^2}{2 \cdot 19,6} \approx 0,25 \text{ rad.}$$

$$\alpha_h = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_h} = \frac{\pi^2}{2 \cdot 13,4} \approx 0,37 \text{ rad}$$

$$\alpha_{jed} = \frac{\pi}{4} - 0,25 - 0,37 = 0,165 \text{ rad.}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{\pi}{19,6} = 0,16 \text{ s} \quad t_j = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{0,165}{\pi} = 0,05 \text{ s} \quad t_h = \frac{\omega}{\varepsilon_h} = \frac{\pi}{13,4} = 0,23 \text{ s}$$

$$\underline{t = 0,16 + 0,05 + 0,23 = 0,44 \text{ s}}$$

Widzimy, że równica czasu wyliczone dla ruchu 3 odcinkowego niemal nie różni się od wyników dla ruchu 2 odcinkowego. Przekroczenie prędkości obrotowej było bardzo małe

Przykład 11 (analog do 2) obrót γ_1 (jak 10 i 1) od dołu ku górze o $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$$M_r = M_r - M_{g00225} = 693 - 606,092 = 135,5 \text{ Nm} \quad M_h = +1414 + 606,092 = 1971,5 \text{ Nm}$$

$$\varepsilon_r = \frac{135,5}{63,8} = 2$$

$$\varepsilon_h = \frac{1971,5}{63,8} = 30,9$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{4} \frac{1}{\frac{2}{30,9} + 1} = 0,73$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{4} - 0,73 = 0,0477$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,73}{2}} = 0,85$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0477}{30,9}} = 0,05 \text{ s}$$

$$\underline{t = 0,85 + 0,05 = 0,9 \text{ s}}$$

sygnalizację

$\omega_r = 2 \cdot 0,85 = 1,7 < \pi = 3,14$ dobrze! (Ruch ku dołowi 0,44 s
ku górze 0,9 s!)

Przykład 12 Obrót „t” o $\frac{\pi}{2}$ od poziomu do poziomu po obro-
ceniu ośi „t” do poziomu ruchem γ_2 Wariant ciężki

Rysunek str. 10 długość $R = 105 + 450 = 555$ $Q = 120$

$$\omega = 5,28 \text{ rad/s}$$

$$M_0 = 17,56 \text{ kgm}^2$$

$$M_Q = 120 \cdot (0,45 + 0,105)^2 \cdot 0,25^2 = 44,5$$

$$M = 62 \text{ kgm}^2$$

$$M_r = 736,3 \text{ Nm}$$

$$M_h = 1309 \text{ Nm}$$

$$\text{Mom. siły ciężkości} \quad M_Q = 120 \cdot 9,81 \cdot 0,603 \sin \gamma_2 \cos \alpha = 716,6 \text{ Nm} \cdot \sin \cos.$$

Uwaga! $M_r = 736,3 - 716,6 = 19,7 \text{ Nm}$ wydaje się tak mały,
że drążenie rolata w takim ruchu jest nieopracowane.
obliczenie w tabelce (analog jak str. 11) i wykres str. 16

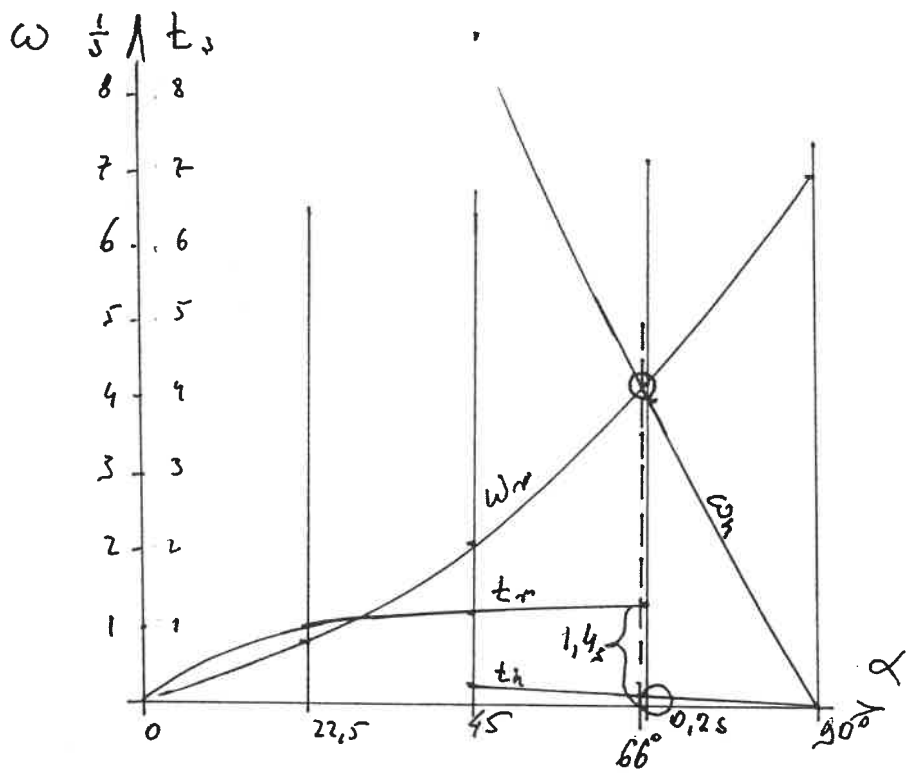
Rozpydzenie →

① α°	0	22,5	45	67,5	90
② $M_Q = 716,6 \cos \alpha$ (str. M)	716,6	662	506,7	274	0
③ $M_{siln.}$ (rest M ②)	736,3				
④ $M = M_s - M_Q$	19,7	74,3	229,6	462	736,3
⑤ $\Sigma_r = \frac{M}{J} = \frac{M}{62}$	0,3	1,2	3,7	7,4	11,9
⑥ $\Sigma_{red} w_{ad c}$	$\overset{\sim}{0,75} \quad \overset{\sim}{2,45} \quad \overset{\sim}{5,15} \quad \overset{\sim}{9,65}$				
⑦ $\Delta \omega_r = \sqrt{2\alpha \Sigma} = \sqrt{\frac{\pi}{4} \Sigma}$	0	0,77	1,39	2,09	2,75
⑧ $\omega_r = \Sigma \Delta \omega$	0	0,77	2,16	4,25	7
⑨ $\omega_r w_{ad c'}$	$\overset{\sim}{0,385} \quad \overset{\sim}{1,465} \quad \overset{\sim}{3,2} \quad \overset{\sim}{5,625}$				
⑩ $\Delta t \text{ wale } \Delta t = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\pi}{8\omega}$	0	1	0,268	0,12	0,06
⑪ $t_r = \Sigma \Delta t$	0	1	1,268	1,388	1,448

Hamowanie ←

⑫ $M_Q = 716,6 \cos \alpha$			506,7	274	0
⑬ M_h (rest. ⑫)	1309				
⑭ $M_h = M_s + M_Q$			1815,7	1583	1309
⑮ $\Sigma_n = \frac{M - M_{w_{ad c'}}}{J - 62 \text{ na osi}}$			29	25,5	21
⑯ $\Sigma_n \text{ sred}$	$\overset{\sim}{27} \quad \overset{\sim}{23}$				
⑰ $\Delta \omega = \sqrt{\frac{\pi}{4} \Sigma}$			4,6	4,25	0
⑱ $\omega = \Sigma \Delta \omega$			8,85	4	0
⑲ $\omega \text{ sred.}$	$\overset{\sim}{6,4} \quad \overset{\sim}{2}$				
⑳ $\Delta t = \frac{\pi}{8 \omega}$			0,06	0,19	
㉑ $t_h = \Sigma \Delta t$			0,25	0,19	0

Witamy 2. subrybi 8 i 11 oraz 18 i 21 hamowania na wykres i znajdujemy kąt przejścia od rozpydzenia do hamowania i na tym kacie odczytujemy czas rozpydzenia i hamowania
 $t = t_r + t_h = 1,4 + 0,2 = 1,6 \text{ sek}$ (wartość teoretyczna 0,99s)



Obrot ramienia φ wariant Lekki

obrot φ z natury nie podlega wypadkowi siły ciężkości
 wobec czego na nich obrotowy wypływa tylko moment obrotowy
 silnika.

Silnik SE-LB3-075-060 Mom. obrotowy trwały 8,2 Nm
 obroty $n = 6000 \text{ obr/min.}$ przekładnia 1,5
 Rolens $i = 89$ $\eta = 0,8$ Mom bezwładności $J_s = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2$
 $\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60 \cdot i} = \frac{2\pi \cdot 6000}{60 \cdot 89} = 7,06 \text{ rad/sec}$

Przekład 13 obrot φ o $180^\circ = \pi$ ramie cofnięte o 1m Lekki

$$M_r = 8,2 \cdot 1,5 \cdot 89 \cdot 0,8 = 875,76 \text{ Nm} \quad M_n = 8,2 \cdot 1,5 \cdot 89 \cdot \frac{1}{0,8} = 1368,375 \text{ Nm}$$

Moment bezwładności

J silnika	$1,66 \cdot 10^{-3} \cdot 89^2 =$	$13,15 \text{ kg m}^2$
Masa boks	$60 \cdot 1,6^2 =$	$153,6$
Głowica	$85 \cdot 0,5^2 =$	$21,25$
RG	$110 \cdot 0,7^2 =$	$53,9$
Tyś RG	$43 \cdot 0,75^2 =$	24
RD	$68 \cdot 0,2^2 =$	$2,7$
Cyl. wyp.	$62 \cdot 0,3^2 =$	$5,6$
Silnik B	$43 \cdot 0,5^2 =$	$34,8$
Bęben	$30 \cdot 0,2^2 =$	$1,2$
Cięgno	$30 \cdot 1^2 =$	30

$$Razem J = 328,2 \text{ kg m}^2$$

$$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{875,76}{328,2} = 2,668 \frac{1}{s^2}$$

$$\varepsilon_n = \frac{1368,375}{328,2} = 4,165 \frac{1}{s^2}$$

Przewidywany ruch dwuodcinkowy, liczymy wg schematu str. ③

$$\alpha_r = \frac{\frac{2,668}{4,165} + 1}{\pi} = 1,9 \text{ rad.}$$

$$\alpha_n = \pi - 1,9 = 1,225 \text{ rad.}$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2\alpha}{\varepsilon_r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,9}{2,668}} = 1,15 \text{ s.}$$

$$t_n = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,225}{4,165}} = 0,766 \text{ s}$$

$$t = t_r + t_n = 1,15 + 0,766 = 1,916 \text{ s.}$$

Sprawdzenie

$$\omega_{r \max} = \varepsilon_r t_r = 2,668 \cdot 1,15 = 3,17 < 7,06 \text{ rad/s}$$

Uwaga! Zwrócić uwagę: obrot φ - ramie cofnięte $t = 2 \text{ sek}$
 " normalne $t = 2,8 \text{ sek}$
 " wysunięte $t = 4,4 \text{ sek}$

Do obrotu opłaca się cofnąć ramię!

Przykład 14 obrot φ o 180° Ramię wyważ. standard Lelki ⁽¹⁸⁾

Moment bezwładności

Silnik		13,15 kgm ²
Masa 60kg.	2,6 ²	405,6
Głowica 85.	1,5 ²	191,25
RG	110. 0,3 ²	9,9
Tył RG	43. 0,25 ²	2,7
RD	68. 0,2 ²	2,7
Cyl. wys.	62. 0,3 ²	5,6
silnik Θ	43. 0,9 ²	34,8
Bęben	30. 0,2 ²	1,2
Cygno	30. 0,5 ²	7,5

$$J = \frac{7,5}{674,4} \text{ kgm}^2$$

$$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{875,76}{674,4} = 1,296 \frac{1}{s^2}$$

$$\varepsilon_h = \frac{1368,375}{674,4} = 2,03 \frac{1}{s^2}$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{\frac{1,296}{2,03} + 1} = 1,9 \text{ rad}$$

$$\alpha_h = \pi - 1,9 = 1,224$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2\alpha}{\varepsilon}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,9}{1,296}} = 1,7$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,224}{2,03}} = 1,098$$

$$t = 1,7 + 1,098 = 2,798 s$$

Przykład 15 obrot φ o 180° Ramię wysunięte o 1m Lelki

Mom. bezwładności

silnik		13,15 kgm ²
masa 60.	3,6 ²	777,6
Głowica 85.	2,5 ²	531,25
RG	110. 1,3 ²	185,9
Tył RG	43. 1,25 ²	67,18
RD	68. 0,7 ²	33,3
Cyl. wys.	62. 0,3 ²	5,6
silnik Θ	43. 0,9 ²	34,8
Bęben	30. 0,2 ²	1,2
cygno	30. 0	0

$$J = \frac{0}{1654} \text{ kgm}^2$$

$$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{875,76}{1654} = 0,529$$

$$\varepsilon_h = \frac{1368}{1654} = 0,82$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{\frac{0,529}{0,82} + 1} = 1,9$$

$$\alpha_h = \pi - 1,9 = 1,224$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,9}{0,529}} = 2,68 s$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,224}{0,82}} = 1,7 s$$

$$t = 2,68 + 1,7 = 4,4 s$$

Przykład 16 Obrót Θ okół $od - \frac{\pi}{4}$ do $+\frac{\pi}{4}$ (max. wolne) (19)
Konfiguracja lekkie Siła ciężkości wywarona przez pneumat.
 Siłki takie jak w przykładzie 9. Przekładnie śruby
 Kulowate - zmniejszenie zależne od wychylenia $i = \frac{261}{185} = \frac{223}{164}$

$\eta = 0,95$ Moment napędowy

$$M_n = 8,5 \cdot 1,5 \cdot 223 \cdot 0,95 = 2605,7$$

$$M_h = 8,5 \cdot 1,5 \cdot 223 \cdot \frac{1}{0,95} = 2993$$

Mom. bezwładności Sił. $G_j = 1,66 \cdot 10^{-3} \cdot 223^2 = 82,55$

Masy 60 kg.

Grawia 85

RG 110

TyTRG 43

RD 88

Ciężko 30

$$\left. \begin{array}{l} 60 \text{ kg.} \\ 85 \\ 110 \\ 43 \\ 88 \\ 30 \end{array} \right\} \times 1,41^2$$

$$\left. \begin{array}{l} 60 \text{ kg.} \\ 85 \\ 110 \\ 43 \\ 88 \\ 30 \end{array} \right\} \times 0,7^2$$

$$552,45$$

$$48$$

$$J = 723$$

$$\varepsilon_n = \frac{M}{J} = \frac{2605,7}{723} = 3,6$$

$$\varepsilon_h = \frac{2993}{723} = 4$$

Pneumatyczny ruch dwuczęściowy wobec czego

$$\alpha_r = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\frac{3,6}{4} + 1} = 0,8267 \text{ rad.}$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{2} - 0,8267 = 0,744 \text{ rad}$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \alpha_r}{\varepsilon_r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8267}{3,6}} = 0,6777 \text{ s}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,744}{4}} = 0,61 \text{ s}$$

$$\omega_r = \varepsilon_r \cdot t_r = 3,6 \cdot 0,67 = 2,45$$

$$\omega_{rs} = \omega_r \cdot i = 2,45 \cdot 261 = 639$$

$$t = t_r + t_h = 0,67 + 0,61 = 1,28 \text{ s}$$

Przykład 17. Obrót okół $\frac{\pi}{2}$ Konf. lekka (wyp. pneumat.)

Siłki takie jak na osi t , a przekładnie jak Θ

$$M_n = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 223 \cdot 0,95 = 1748 \text{ Nm}$$

$$M_h = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 223 \cdot \frac{1}{0,95} = 1937 \text{ Nm}$$

Pneumatyczny ruch dwuczęściowy

$$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{1748}{641,8} = 2,7$$

$$\varepsilon_h = \frac{1937}{641,8} = 3$$

$$G_j = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 223^2 = 59,2$$

$$G_{le} = 60 \cdot 2,6^2 = 405,6$$

$$G_{glw} = 85 \cdot 1,4^2 = 166,6$$

$$RG = 110 \cdot 0,3^2 = 9,9$$

$$641,8 \text{ kgm}^2$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\frac{2,72}{3} + 1} = 0,82 \text{ rad}$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{2} - 0,82 = 0,75 \text{ rad}$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,82}{2,72}} = 0,776 \text{ s}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75}{3}} = 0,707 \text{ s}$$

$$t = 0,776 + 0,707 = 1,48 \text{ s}$$

$$\omega_{rs} = \varepsilon_r \cdot t_r \cdot i = 2,7 \cdot 0,8 \cdot 261 = 564$$

Przykład 18 Obrót φ o 180° ramycofingto o 1m kont. cykle (20)

Przykład ten różni się od przyk. 13 tylko masą 120kg zamiast 60kg i ramieniem chwytaka $l_2 = 0,35m$.
Zatem od momentu bezwadności J_0 należy dodać

$$J = 328,2 - 60 \cdot 1,6^2 + 120 \cdot 1,25^2 = 362,1$$

Momenty napędzające i hamujące bez zmian

$$M_r = 875,76 \text{ Nm}$$

$$M_h = 1368,375 \text{ Nm}$$

$$\varepsilon_r = \frac{M_r}{J} = \frac{875,76}{362,1} = 2,4$$

$$\varepsilon_h = \frac{1368,375}{362,1} = 3,78$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{\frac{2,4}{3,78} + 1} = 1,9$$

$$\alpha_h = \pi - 1,9 = 1,225$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2\alpha}{\varepsilon}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,9}{2,4}} = 1,26$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,225}{3,78}} = 0,8$$

$$\underline{t = 1,26 + 0,8 = 2,065 \text{ s}}$$

Przykład 19 Obrót φ o 180° ramy standard (jak 14) kont. cykl

$$J = 674,4 - 60 \cdot 2,6^2 + 120 \cdot 2,25^2 = 876,3$$

$$M_r = 875,76$$

$$M_h = 1368,375 \text{ (bez zmian)}$$

$$\varepsilon_r = \frac{875,76}{876,3} = 1$$

$$\varepsilon_h = \frac{1368,375}{876,3} = 1,56$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{\frac{1}{1,56} + 1} = 1,91$$

$$\alpha_h = \pi - 1,9 = 1,227$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2\alpha}{\varepsilon}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,91}{1}} = 1,95$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,227}{1,56}} = 1,25$$

$$\underline{t = 1,95 + 1,25 = 3,2 \text{ s}}$$

Przykład 20 Obrót φ o 180° ramy wysunięte (jak 15) kont. cykl

$$J = 1654 - 60 \cdot 3,6^2 + 120 \cdot 3,25^2 = 2143,9$$

$$M_r = 875,76$$

$$M_h = 1368,375$$

bez zmian

$$\varepsilon_r = \frac{875,76}{2143,9} = 0,408$$

$$\varepsilon_h = \frac{1368,375}{2143,9} = 0,638$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{\frac{0,408}{0,638} + 1} = 1,916$$

$$\alpha_h = \pi - 1,916 = 1,2254$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,916}{0,408}} = 3,06$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,2254}{0,638}} = 1,96$$

$$\underline{t = 3,06 + 1,96 = 5 \text{ s}}$$

Przykład 21 obrót Θ od $+\frac{\pi}{4}$ do $-\frac{\pi}{4}$ razem $\frac{\pi}{2}$ (anal. do 16) ciężka (21)

Zmieniła się masa: 120 kg zamiast 60 kg. Poratym bez zmian

mom. bezwład $J = 723 - 60 \cdot 1,41^2 + 120 \cdot 1,41^2 = 842,3 \text{ kgm}^2$

$M_r = 2605,7 \text{ Nm}$

$M_h = 2993 \text{ Nm}$

$\varepsilon_r = \frac{2605,7}{842,3} = 3,09$

$\varepsilon_h = \frac{2993}{842,3} = 3,55$

$\alpha_r = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\frac{3,09}{3,55} + 1} = 0,84 \text{ rad}$

$\alpha_h = \frac{\pi}{2} - 0,84 = 0,73 \text{ rad}$

$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,84}{3,09}} = 0,74$

$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,73}{3,55}} = 0,64 \text{ s}$

$t = 0,74 + 0,64 = 1,38 \text{ s}$

Przykład 22 obrót χ o $\frac{\pi}{2}$ (analog. do 17) konf. cyklu

Zmieniła się masa: 120 kg zamiast 60 kg. Ramię dwupłatowe
średnica rą $0,35 \text{ m}$.

mom bezwład. $J = 641 - 60 \cdot 2,6^2 + 120 \cdot 2,25^2 = 842,9 \text{ kgm}^2$

mom. rozpydyjaj i hamujących bez zmian jak 17

$M_r = 1748 \text{ Nm}$

$M_h = 1937 \text{ Nm}$

$\varepsilon_r = \frac{1748}{842,9} = 2,07$

$\varepsilon_h = \frac{1937}{842,9} = 2,3$

$\alpha_r = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\frac{2,07}{2,3} + 1} = 0,83 \text{ rad}$

$\alpha_h = \frac{\pi}{2} - 0,83 = 0,74 \text{ rad}$

$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,83}{2,07}} = 0,895 \text{ sek.}$

$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,74}{2,3}} = 0,8 \text{ sek.}$

$t = 0,89 + 0,8 = 1,69 \text{ s}$

Dobór przekładni i.

Zwraca uwagę, że obrot φ zajmuje 2 do 5 sek. w porównaniu z innymi które obrot wykonują w około 1 sekundy.

Tłumaczy się to bardzo dużym momentem kierunku drogi na osi φ - pośrednie wpłynęło niż na innych osiach, ale też może być medolwe dobrane przekładni, które będą dobrane do innych zastosowań.

Wyjdziemy z przekładni 18-19-20 - Konf. cyzke
Zbadamy jak wpłynie zmiana przekładni na czas obrotu.

Zadany przekładni $i = \frac{89}{200}$ takie jakie jest zaleudow.

$\frac{150}{250}$
 $\frac{250}{300}$

(zmieniające się parametry będącego przez w "supla" w jednym wrone)

Zmieni się w max prędkości zależne od silnika
Y moment bezwładności silnika zależne od i
II moment przyspieszający i hamujący

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 i} = \frac{2\pi \cdot 6000}{60 i} = \frac{628,3}{i} = \frac{7,06}{4,12} = \frac{3,14}{2,5} \text{ rad/sec.}$$

tak jest

Moment bezwładności rozpatrujemy w dwóch przypadkach ramienia wał głównego i ramienia wysuniętego.

$J_{sil} = 1,66 \cdot 10^{-3} i^2 = 1,66 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{89^2}{200^2} = 13,15 \text{ kgm}^2$ tak jest

Ramię wał główne

$J = 362 - 13,15 = 348,85 \text{ kgm}^2$ tak jest

$\frac{89^2}{200^2} = \frac{13,15}{362}$
 $\frac{250^2}{300^2} = \frac{149,4}{458,25}$

Moment przyspieszający

$M_r = 8,2 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 9,84 \text{ Nm}$

$\varepsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{9,84}{348,85} = 0,0282 \text{ rad/s}^2$

Moment hamujący

$M_h = 8,2 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{0,8} = 15,375 \text{ Nm}$

$\varepsilon_h = \frac{M_h}{J} = \frac{15,375}{348,85} = 0,0441 \text{ rad/s}^2$

sprowadzamy sp. miedzy dwuncypnowego, ale gdy ε bedzie domni (25)
 dany nie bedzie trójcysony, sprowadzamy ry z od przekladni 200
 sprowadzamy to. Zamiany od miedzy dwuncypnowego (str. 3)

$$\alpha_r = \frac{\pi}{\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_h} + 1} = \frac{\pi}{\frac{2,4}{3,8} + 1} = \frac{\pi}{1,635} = 1,92 \text{ rad}, \alpha_h = \pi - 1,92 = 1,22 \text{ rad}.$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2 \alpha_r}{\varepsilon_r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,92}{3,8}} = 1,265$$

sprowadzamy dalej w max onigine chot w czasie t_r
 $\omega_r = \varepsilon_r t_r = 3,8 \cdot 1,265 = 4,81$
 $\omega_h = \varepsilon_h t_r = 3,8 \cdot 1,265 = 4,81$
 od tego przypadku niech przekladni
 wg schematu trójcysonowego (str. 2)

$$\alpha_r = \frac{\omega_r^2}{2 \varepsilon_r} = \frac{4,81^2}{2 \cdot 3,8} = 3,05 \text{ rad}$$

$$\alpha_h = \frac{\omega_h^2}{2 \varepsilon_h} = \frac{4,81^2}{2 \cdot 3,8} = 3,05 \text{ rad}$$

$$\alpha_{jed} = \pi - \alpha_r - \alpha_h = \pi - 3,05 - 3,05 = 1,14 \text{ rad}$$

$$t_r = \frac{\omega_r}{\varepsilon_r} = \frac{4,81}{3,8} = 1,265 \text{ sek}$$

$$t = 1,54 \text{ sek}$$

Rareu
 casest

$$t = 2,06$$

widzimy, ze dla tej konfiguracji najlepsza jest prze-
 kladnia $n = 200$ (ale dla innych moze byc inna)

Ramie wysunięte

Zadany jest układ $i = \frac{83}{200} = \frac{300}{300}$ (dla najmniejszej il. ramien)

W ber zmian $\omega = \frac{7,06}{3,14} = 2,1$

Mie - ber zmian $M_{el} = \frac{13,15}{66,4} = 199,4$

$M_{całk} = 2144 - 13,15 + 66,4 = 2197,4$
 $199,4 \quad 2280,4$

Moment przyspieszenia ber zmian Moment ham ber zmian

$M_r = \frac{876}{1968} = 2,952$

$M_h = \frac{1368}{3075} = 4,612$

$\epsilon_r = \frac{M}{J} = \frac{2,952}{2144} = 0,137$ rad/s²

$\epsilon_h = \frac{1368}{3075} = 0,64$ rad/s²

$\alpha_r = \frac{\pi}{\epsilon_r + 1} = \frac{\pi}{0,137 + 1} = 1,93$

$\alpha_h = \pi - \frac{1,93}{1,5} = 1,21$

$t_r = \sqrt{\frac{2 \Delta \theta}{\epsilon_r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,93}{0,137}} = 3,1$

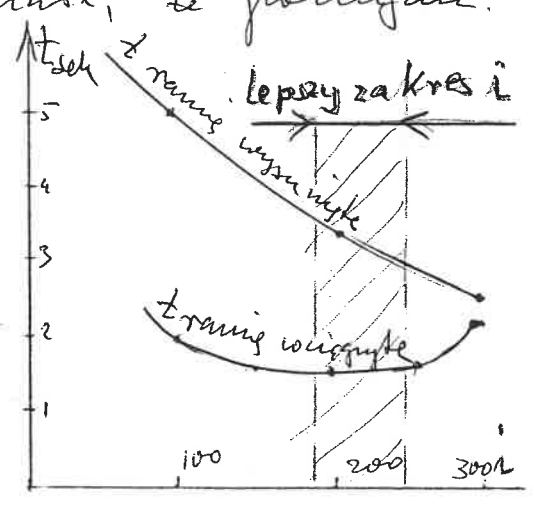
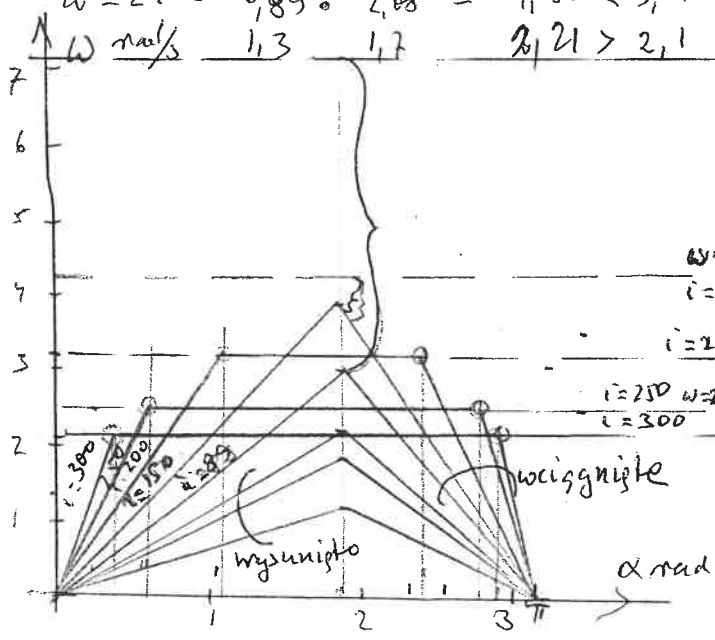
$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,21}{0,64}} = 1,94$

syndromienie

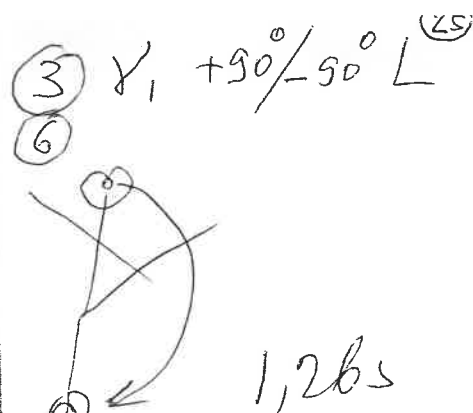
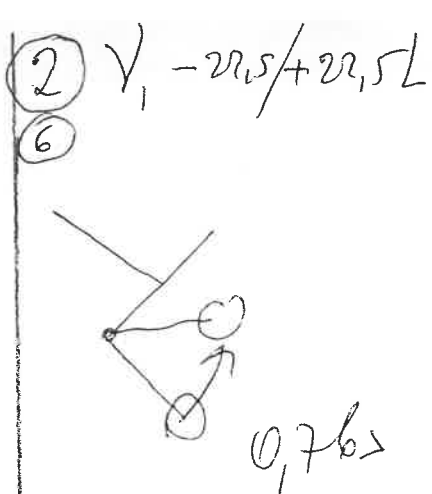
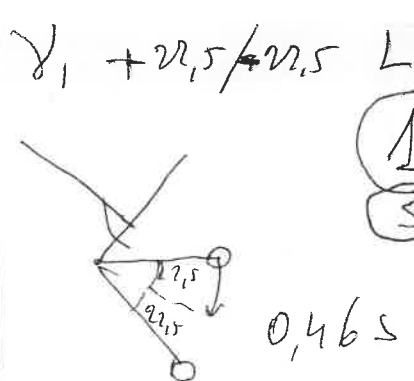
$\omega = \epsilon t = 0,137 \cdot 3,1 = 0,425$
 $\omega = 0,89 \cdot 2,08 = 1,85$
 $1,3 \quad 1,7 \quad 2,21 > 2,1$

$t = t_r + t_h = 5,04$

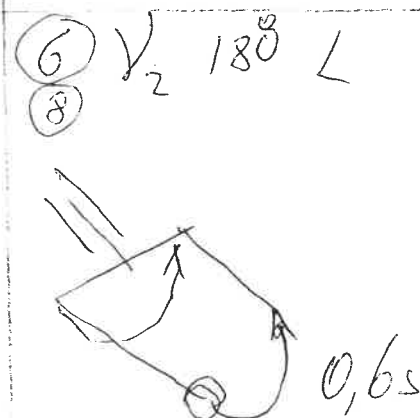
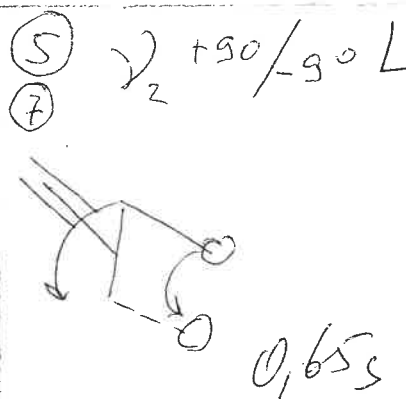
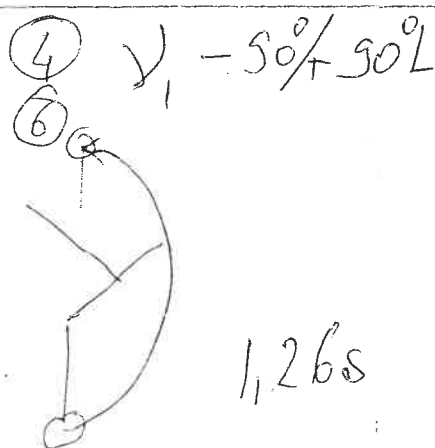
Wskazywanie polaczeni met
 dyktajow, ale ramie, jest tak
 mała, że pomijam.



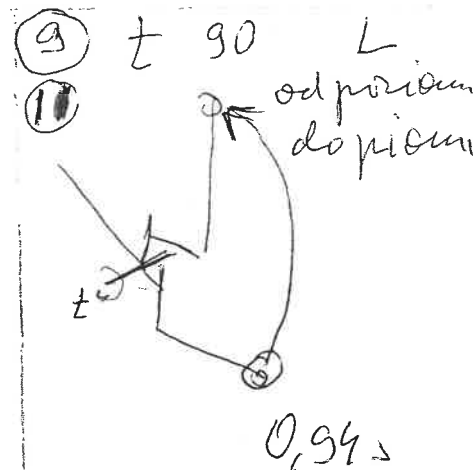
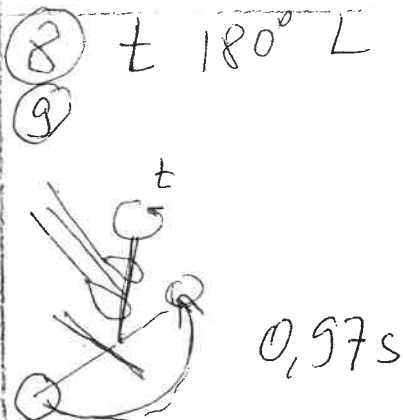
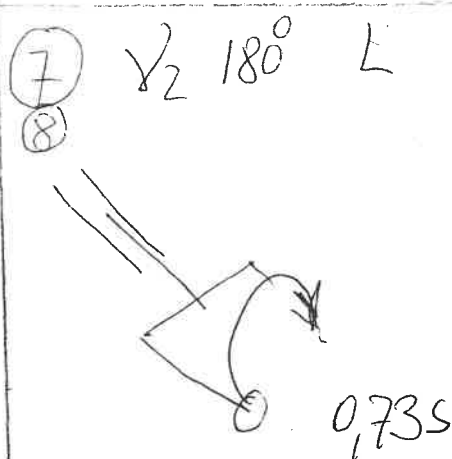
Przykład
strona



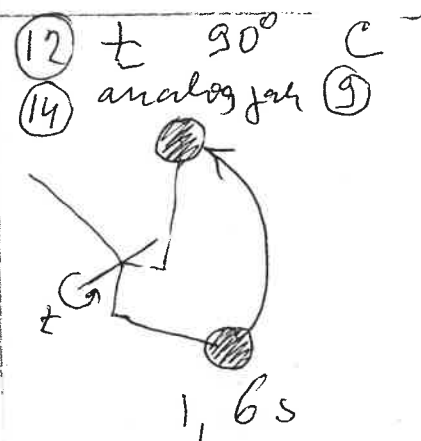
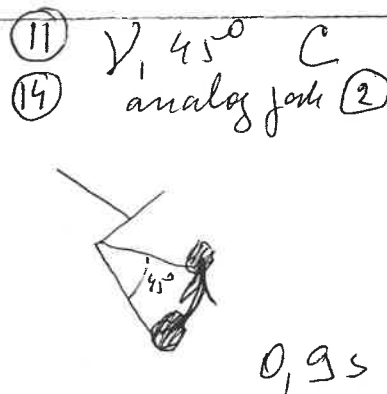
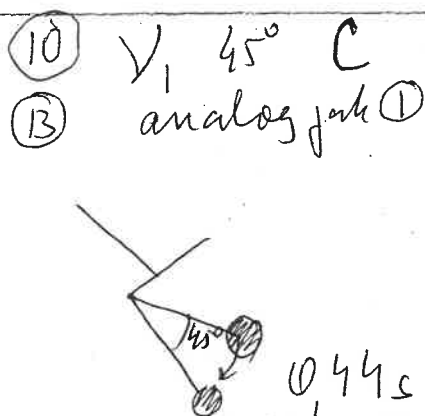
Przykład
strona



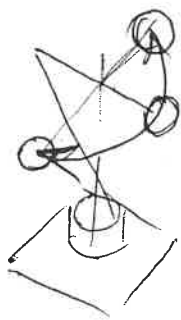
Przykład
strona



Przykład
strona

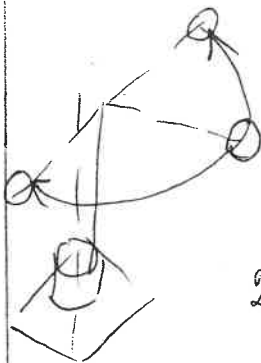


(13) $\varphi 180^\circ$ L
(17) Ramię cofnięte



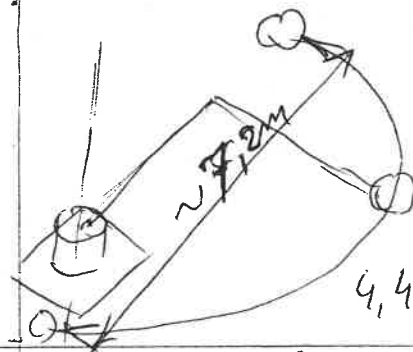
1,96s

(14) $\varphi 180^\circ$ L
(18) Ramię standard.



2,8s

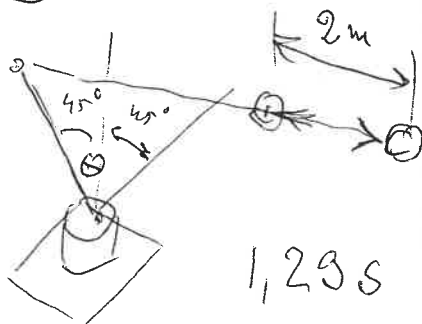
(15) $\varphi 180^\circ$ L (26)
(18) Ramię wysunię



4,4s

(16) $\Theta \pm 45^\circ$ L

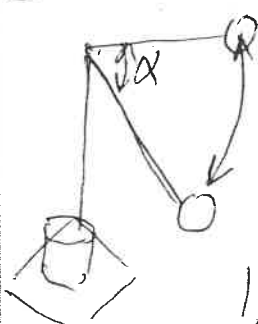
(19)



1,29s

(17) $90^\circ = +30^\circ -60^\circ$ L

(19)

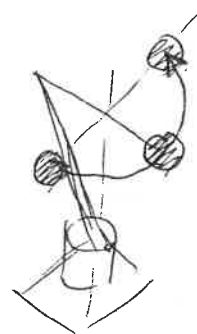


1,48s

(18) $\varphi 180^\circ$ C.

(20)

ramię cofnięte



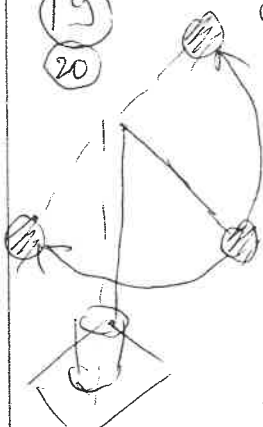
2,06s

(19)

(20)

$\varphi 180^\circ$ C

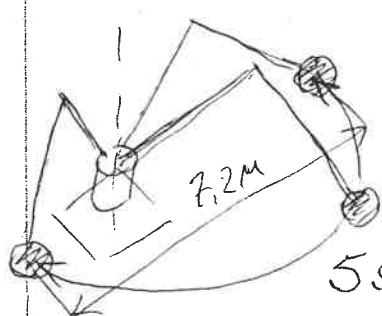
Ramię standard



3,2s

(20) $\varphi 180^\circ$ C

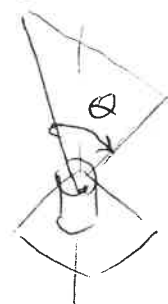
(20) Ramię wysunię



5s

(21) $\Theta 90^\circ$ C

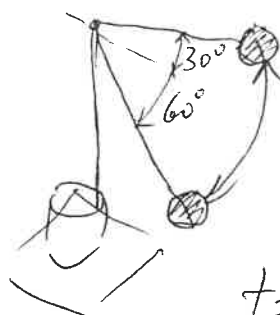
(21)



1,38s

(22) $\alpha 90^\circ = +30^\circ -60^\circ$ C

(21)



t = 1,69s

Rozdział II
Obliczenia dla przedsiębiorstw obrotowych
z mniejszymi do 3000 obrotów

Dynamika RP-120 lekkiej / ciężkiej

①

Zastosowanie silników $n = 3000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$ zamiast $n = 6000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$

Wzbudza wątpliwość czy zastosowanie do RP120 silników napędowych $n = 6000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$ jest właściwe, ze względu na przekładnie które mogą nie mieć tak wysokiego obrotu w tej pracy będzie wymagany napęd silnikami $n = 3000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$.

W związku z tym zostanie też wymagany lepsze dobranie przekładni, do zabranego obrotu.

Istniejące obecnie przekładnie były dobrane do przekładni na prasach blade o masie

Obliczone będą przekłady z poprzedniej pracy do przekładu 1-ruki $V_1 0450$ z góry ułożeni lekkiej. Auch ten był typem „dwuadcentowego”, teraz w związku z obniżeniem do połowy granicy prędkości będzie „dwuadcentowy”.

berumiany $E_r = 15,2$

Rozprężanie do $\omega = \frac{2\pi n}{60i} = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 200} = 1,57 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2E_r} = \frac{1,57^2}{2 \cdot 15,2} = 0,081 \text{ rad}$$

berumiany $E_h = 12,5$

$$\alpha_h = \frac{1,57^2}{2 \cdot 12,5} = 0,098 \text{ rad}$$

$$\alpha_{jed} = \frac{\pi}{4} - 0,081 - 0,098 = 0,606 \text{ rad}$$

$$t_r = \frac{\omega}{E_r} = \frac{1,57}{15,2} = 0,1 \text{ sek}$$

$$t_h = \frac{1,57}{12,5} = 0,1256$$

$$t_{jed} = \frac{0,606}{1,57} = 0,386$$

$$t = t_r + t_j + t_h = 0,1 + 0,386 + 0,1256 = 0,6116$$

z silnikiem $n = 6000$ było $t = 0,465$ - stracono 0,145
to jest 30%

Do projektu 3 i 4 Obrót V_1 o 180° z góry ku dołowi i odwrotnie Lekki

ber zmiany $E_r = 9,2$

$$\omega = 1,57$$

berzm. $E_n = 18,6$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2E_r} = \frac{1,57^2}{2 \cdot 9,2} = 0,13$$

$$\alpha_n = \frac{1,57^2}{2 \cdot 18,6} = 0,066$$

$$\alpha_{jed} = \pi - 0,13 - 0,066 = 2,9$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{1,57}{9,2} = 0,17$$

$$t_d = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{2,9}{1,57} = 1,9$$

$$t_n = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{1,57}{18,6} = 0,08$$

$$t = t_r + t_d + t_n = 0,17 + 1,9 + 0,08 = 2,15 \text{ sek.}$$

Przy silniku $n=6000$ było 1,26 sek. stracono 0,89 sek. to jest

Treba sprawdzić czy, zmniejszenie prędkości nie spowodowałyby skrócenia czasu, ale wtedy może się okazać że w wersji cyflicznej nie będzie możliwości ruchu ku górze - głównie tyle ciężej.

Do projektu 7 Obrót V_2 o 180° od poziomu do por.
góra Lekki

ber zmiany $E_r = 26,4$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 85} = 3,53$$

berzm. $E_n = 47$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2E_r} = \frac{3,53^2}{2 \cdot 26,4} = 0,236 \text{ rad}$$

$$\alpha_n = \frac{3,53^2}{2 \cdot 47} = 0,13 \text{ rad}$$

$$\alpha_{jed} = \pi - 0,236 - 0,13 = 2,775$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{3,53}{26,4} = 0,13 \text{ sek}$$

$$t_d = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{2,775}{3,53} = 0,786 \text{ sek}$$

$$t_n = \frac{3,53}{47} = 0,075$$

$$t = t_r + t_d + t_n = 0,13 + 0,786 + 0,075 = 0,99 \text{ sek}$$

było 0,73s przybyło 0,26 sek. to jest 36%.

W projektach 1, 3, 7 widać duże cięcie obrotu ruchem jednostajnym. Gdyby zmniejszyć prędkość, wprowadziłybyśmy przyspieszenie, ale wzrost prędkości ruchu jednostajnego, czas ogólny zmniejszyłby się.

Ważne jest, aby projekt musi być spójnym studium, z uwzględnieniem wielu czynników. Musi być rozsądnym kompromisem.

Do przykładu 8 Obrót t'' o 180° osi t' pionowo leżący (3)

Berumiany $\varepsilon_r = 11$ $\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 119} = 2,64$ berumiany $\varepsilon_h = 19,6$
 $\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{2,64^2}{2 \cdot 11} = 0,32 \text{ radj.}$ $\alpha_h = \frac{2,64^2}{2 \cdot 19,6} = 0,18 \text{ radj.}$
 $\alpha_{jed} = \pi - 0,32 - 0,18 = 2,78$

$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{2,64}{11} = 0,24$ $t_{jed} = \frac{\alpha_{jed}}{\omega} = \frac{2,78}{2,64} = 1,05 \text{ sek}$ $t_h = \frac{2,64}{19,6} = 0,13 \text{ sek}$
 $\underline{t = t_r + t_{jed} + t_h = 0,24 + 1,05 + 0,13 = 1,4 \text{ sek.}}$

Pomysłunek $n = 6000$ było $0,97 \text{ sek}$ stracono $0,43 \text{ sek}$ to jest 44%

Do przykładu 11 Obrót γ o $\frac{\pi}{4}$ od dośku ku górze $n = 3000$ cykli

Podobnie jak 1, 2, 10, 11. Odcinamy ze bębnie to obrót „mijałanki”

berumiany $\varepsilon = 2$ $\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 200} = 1,57$ berumiany $\varepsilon_h = 30,9$
 $\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{1,57^2}{2 \cdot 2} = 0,6 \text{ rad.}$ $\alpha_h = \frac{1,57^2}{2 \cdot 30,9} = 0,04 \text{ rad.}$
 $\alpha_{jed} = \frac{\pi}{4} - 0,6 - 0,04 = 0,145 \text{ rad.}$

$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{1,57}{2} = 0,785 \text{ s}$ $t_{jed} = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{0,145}{1,57} = 0,09 \text{ s}$ $t_h = \frac{1,57}{30,9} = 0,05 \text{ s}$
 $\underline{t = 0,785 + 0,09 + 0,05 = 0,925 \text{ s}}$

Pomysł $n = 6000$ było $0,9 \text{ s}$ przyszło $0,025 \text{ s}$ to jest 3%

Do przykładu 12 Obrót t'' o $\frac{\pi}{2}$ od pionu do pionu po obro-
ceniu osi t' do pionu obratem V_2 Cykli

Zmieni się tylko ograniczenie prędkości obrotu, od obr.
siłnika o podany: $\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 119} = 2,64$ (było $\text{pry } 6000 - 5,28$)

Zadanie rozwiązyaliśmy metodą półwykreślną. Postr-
zamy się tym samym wynikiem ze str. 16, bo przypie nemi,
a więc i prędkości i ciary w odcinkach nie ulegną zmia-
nie, a tylko największe prędkości zostaną obrotu ^{do $\omega = 2,64$} a więc
i czas odcinka środkowego się powiększy. Z wykresu odczytamy
 $\alpha_r = 51^\circ$ $\alpha_h = 15^\circ$ i obliczamy $\alpha_{jed} = 90^\circ - 51^\circ - 15^\circ = 24^\circ = 0,4 \text{ radjane}$

$t_r = 1,25 \text{ s}$ $t_h = 0,15 \text{ s}$ i obliczamy $t_{jed} = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{0,4}{2,64} = 0,16 \text{ s}$

Razem $t = 1,25 + 0,15 + 0,16 = 1,56 \text{ s}$

Dla siłn. $n = 6000$ było $1,6 \text{ sek}$ stracony $1,56 -$ reszta w
granicy błędów rysunków.

Do przykłada 13-14-15 oraz 18-19-20

Obrot φ Tak przy napędzie silnikami $n=6000$
 $n=3000$ ω_{max} mieszczą się poniżej w dopuszczal-
 nej ze względu na silniki, wobec czego
 użyć takiego czy takiego silnika nie musi
 mieć czasu ruchu.

Dla $n=6000$ $\omega = \frac{2\pi \cdot 6000}{60 \cdot 89} = 7,06 \text{ rad/s}$

Dla $n=3000$ $\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 89} = 3,53 \text{ rad/s}$

a jest: przykład 13 oraz cofnięcie lekki $\omega_{max} = 3,17$
 14 - " - stand. - " - 2,2 } < 3
 15 - " - wysunięta - 1,4 }
 18 - " - cofnięte cybli 3 }
 19 - " - stand. - " - 1,95 } < 3
 20 - " - wysunięta - " - 1,2 }

Powyższe zestawienie nasuwa myśl, że celowe
 byłoby zastosowanie innej przekładni, co
 rozpatruję na str. 22-23-24
 Lepszy dobór przekładni pozwoli zmniejszyć czas
 od 0 do 20%

Do przykłada 16 obrot ϕ o $\frac{\pi}{2}$ lekki

W przykładzie 16 cały ruch musi się odbyć poniżej
 ograniczone obroty silnika i dla tego był
 dwunastkowy. Tutaj, na skutek obniżenia tego
 ograniczenia do połowy, ruch będzie dwucyfrowy.

$\varepsilon_r = 3,6$

$\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 223} = 1,4$

$\varepsilon_h = 4$

$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 3,6} = 0,276$

$\alpha_h = \frac{1,4^2}{2,4} = 0,245$

$\alpha_{jed} = \frac{\pi}{2} \cdot 0,276 + 0,245 = 1,05$

$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{1,4}{3,6} = 0,39$

$t_{jed} = \frac{1,05}{1,4} = 0,75$

$t_h = \frac{1,4}{4} = 0,35$

$t = 0,39 + 0,75 + 0,35 = 1,49 \text{ sek.}$

było 1,288 teraz będzie dłuższy o 0,2 sek to jest 16%

Do przykładu 17 obrot α ok $\frac{\pi}{2}$ Lekki obrot $n=3000$ (5)

Pneumatyczny ruch „długociowy”, bo w przykład 17 przemieszczenie ma miejsce z małym rozpięciem. Teraz gdy zmniejszamy opór obrotu górne przemieszczenie.

$$\varepsilon_r = 2,7 \frac{1}{s^2} \text{ bez zm.} \quad \omega = \frac{2,8}{2} = 1,4 \frac{1}{s}$$

$$\varepsilon_h = 3 \frac{1}{s^2} \text{ bez zm.}$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 2,7} = 0,36 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_h = \frac{1,4^2}{2 \cdot 3} = 0,33 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_{\text{jedn.}} = \frac{\pi}{2} - 0,36 - 0,33 = 0,88 \text{ rad/s}^2$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{1,4}{2,7} = 0,5 \text{ s}$$

$$t_j = \frac{\alpha_j}{\omega} = \frac{0,88}{1,4} = 0,63 \text{ s}$$

$$t_h = \frac{1,4}{3} = 0,47 \text{ s}$$

$$\underline{t = 0,5 + 0,63 + 0,47 = 1,6 \text{ s}}$$

Przy $n=6000$ było $t=1,48$ - przybyło $0,12 \text{ s}$ to jest 8% .

Przykład 18-19-20 - obrot φ o 180° był omawiany na str. (4) czas obrotu prostąj bez zmiany.

Do przykładu 21 obrot θ o $\frac{\pi}{2}$ ciężki silnik $n=3000$

Ruch „długociowy”

$$\varepsilon_r = 3,03 \text{ bez zm.}$$

$$\omega = \frac{2,8 \cdot 3000}{60 \cdot 223} = 1,4$$

$$\varepsilon_h = 3,55 \text{ bez zmiany}$$

$$\alpha_r = \frac{1,4^2}{2 \cdot 3,03} = 0,3$$

$$\alpha_h = \frac{1,4^2}{2 \cdot 3,55} = 2,76$$

$$\alpha_{\text{jedn.}} = \frac{\pi}{2} - 0,3 - 2,76 = 0,995$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \frac{1,4}{3,03} = 0,45$$

$$t_j = \frac{0,995}{1,4} = 0,7$$

$$t_h = \frac{1,4}{3,55} = 0,39$$

$$\underline{t = 0,45 + 0,7 + 0,39 = 1,54 \text{ sek.}}$$

Przy $n=6000$ było $t=1,38 \text{ s}$ przybyło $0,12 \text{ s}$ to jest $8,6\%$

Do przykładu 22 obrot α ok $\frac{\pi}{2}$ ciężki silnik $n=3000$

Ruch „długociowy”

$$\varepsilon_r = 2,07 \text{ bez zmiany} \quad \omega = \frac{2,8}{2} = 1,4$$

$$\varepsilon_h = 2,3 \text{ bez zmiany}$$

$$\alpha_r = \frac{1,4^2}{2 \cdot 2,07} = 0,47 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_h = \frac{1,4^2}{2 \cdot 2,3} = 0,42 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_{\text{jedn.}} = \frac{\pi}{2} - 0,47 - 0,42 = 0,68 \text{ rad/s}^2$$

$$t_r = \frac{1,4}{2,07} = 0,68 \text{ s}$$

$$t_j = \frac{0,68}{1,4} = 0,48$$

$$t_h = \frac{1,4}{2,3} = 0,6$$

$$\underline{t = 0,68 + 0,48 + 0,6 = 1,76}$$

Przy silniku $n=6000$ było $t=1,63 \text{ s}$ przybyło $0,13 \text{ s}$ to jest 17%

Porównanie czasu obrotu
zależnie od dodatkowych obr. silni,

Pręg krad	Str.	L	Sil n=6000	Sil n=3000	Różnica sek. %		Obrot
1	5	L	t = 0,46 s	t = 0,6 s	0,14	30	v_1
2	6	L	0,76				v_1
3	6	L	1,26	2,15	0,89	70	v_1
4	6	L	1,26				v_1
5	7	L	0,656	0,99	0,26	36	v_2
6	8	L	0,6				v_2
7	8	L	0,73				v_2
8	9	L	0,97	1,4	0,43	44	t
9	10	L	0,94				t
10	13	C	0,44				v_1
11	14	C	0,9	0,925	0,025	3	v_1
12	14	C	1,6	1,56	~0	~0	t
13	17	L	1,96	bez zmian	0	0	φ
14	18	L	2,798	- " - " -	0	0	φ
15	18	L	4,4	- " - " -	0	0	φ
16	19	L	1,288	1,49	0,2	16	θ
17	19	L	1,48	1,6	0,12	8	α
18	20	C	2,065	bez zmian	0	0	φ
19	20	C	3,2	- " - " -	0	0	φ
20	20	C	5	- " - " -	0	0	φ
21	21	C	1,38	- 1,5 -	0,12	8,6	θ
22	21	C	1,69	1,98	0,29	17	α

Rorohiā III

Optymalizacija doboru
pnehtasolni

Optimalizacja przekładni

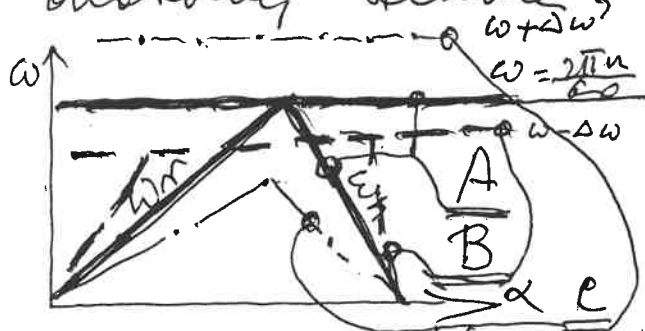
33/ ①

Przekładnia z⁴ zmieniająca obroty z osi silnika na osi chodu ramion, może być łatwo wymieniana i zabudowywana możliwie najlepiej w każdym przypadku, albo kompromisowo dla kilku interesujących przypadków.

Na str. 22-23-24 w sposób elementarny obliczono przekładnię dla określonych przypadków obrotów dla wersji lekkiej i ciężkiej dla silników $n = 6000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$. W tym rodzaju zajmujemy się obnieniem do boku, przekładni dla większej ilości przypadków w szczególności dla silników $n = 3000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$.

Wykorzystamy w tym celu str. 2-3-4.

Zauważamy, że przy zadanych parametrach mechanicznych, która, w przybliżeniu najlepiej pracy obrotów uzyskamy: gdy największe prędkość obrotowa ramion $\omega_{\text{wymagane}} = \omega_{\text{hamowanie}} =$ będzie największej prędkości obrotowej ramienia ω wynikającej z największego dopuszczalnej prędkości obrotowej silnika jak na skłonu: A



Jeśli bierzemy pod uwagę przekładnię z⁴ to wyprawdne uzyskalibyśmy większe przyspieszenie, ale malałaby też

najmniejsza prędkość ω - jak na skłonie B. Gdy bierzemy odwrotnie, zmniejszamy siłę przekładni z⁴ to prędkość ω się powiększa, ale maleje przyspieszenie - jak na skłonie C.

W pierwszym przybliżeniu warunek $\omega = \omega_{\text{max}} = \omega_{\text{wymagane}}$ wydaje się właściwym materiałem optymalizacji z⁴.

Zwróćmy uwagę na to, że w przypadku B - wyprawdne prędkości najmniejsza - malały, ale pomniejszamy prędkość ω w hamowaniu i przyspieszaniu. W dalszym tekście ~~zwiększamy~~ ~~zwiększamy~~

z pomniejszając przekładnię o około 20% od tego z⁴ pierwszego przybliżenia, zmniejszamy czas chodu o około 5%.

(Jestli zaslika rozpydani, a hamowanie regu-
luje tak, zeby bylo symetryczne do rozpydani,
rachunek sie uprości, bo $E_r = E_h$, ale ciary
bude miedzi dluzsze, co negasujemy w dalonym
koordnatach.)

Po rozwiniem:

$$\underbrace{(1800 M \alpha \eta)}_A i^3 = \underbrace{(\pi^2 n^2 M_s)(1+\eta^2)}_B i^2 + \underbrace{(\pi^2 n^2 M)(1+\eta^2)}_C$$

$$A i^3 = B i^2 + C$$

$$\begin{aligned} A &= 1800 M \alpha \eta \\ B &= \pi^2 n^2 M_s (1+\eta^2) \\ C &= \pi^2 n^2 M (1+\eta^2) \end{aligned}$$

Stąd obliczamy i^3
Nie znamy ogólnej metody rozwiązanis tego
typu równania. Trzeba dobrać rozwiązanie met.
prób i błędów.

Wracając do tego ze moment napędzajacy
i hamujący - silnika M przyjęto jako stały, wrony
bede się nadawaly do obrotów φ i tjesli ten ostatni
jest doloza osi pionowej, oraz obrotów Θ
i α gdy zmieniaj moment od sil. y ciężar
jest skompensowany przeciwnym.
W prostszych przypadkach trzeba mieć danieli
na osiach w których momenty bdujemy mogli
traktować w przybliżeniu za niezależne
jak wprost - 12 lub str. 22-23-24.

Dalej obliczamy czas obrotu

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi n}{60} \\ E_r &= \frac{M i \eta}{\eta + M_s i^2} \end{aligned}$$

$$E_h = \frac{M i}{(M_s + M i^2) \eta}$$

$$t_r = \frac{\omega}{E_r}$$

$$t_h = \frac{\omega}{E_h}$$

$$t = t_r + t_h$$

Albo po przekształceniu $t = \frac{\pi n (M_s + M i^2)}{30 M \eta i^2} (1 + \eta^2)$

Program i drugi symetryczny 99%
 jeśli automatycznie robiła me optymalizację
 wyprzedania i hamowania, ten zlicza wypr-
 danie, a hamowanie uznajemy symetrycz-
 nie do wyprzedania, każdy obrot okret α dzieli na:
 symetryczne $\frac{\alpha}{2}$ wyprzedanie i $\frac{\alpha}{2}$ hamowanie
 wtedy $E_r = E_h = E$

$$\begin{cases} \omega = \frac{2\pi n}{60} \\ \omega = \sqrt{2 \frac{\alpha}{2} E} \end{cases}$$

$$\text{przy czym } E = \frac{M i \eta}{J + J_s i^2}$$

$$\text{wtedy } \frac{2\pi n}{60} = \sqrt{2 \frac{\alpha}{2} E}$$

$$\frac{4\pi^2 n^2}{60^2 i^2} = \alpha \frac{M i \eta}{J + J_s i^2}$$

$$\text{Po rozwinięciu}$$

$$\underbrace{\alpha M \eta 30^2 i^3}_{\Theta} = \underbrace{\pi^2 n^2 J_s i^2}_{F} + \underbrace{\pi^2 n^2 J}_{G}$$

$$\Theta i^3 = F i^2 + G$$

$$\Theta = 900 M \alpha \eta$$

$$F = \pi^2 n^2 J_s$$

$$G = \pi^2 n^2 J$$

Stąd obliczamy i
 a czas obrotu

$$t = 2 \frac{\omega}{E} = \frac{\pi n (J + J_s i^2)}{15 M \eta i^2}$$

Uwaga!! Przy I i II programie liczenia przekładni, silniki
 każdy czas pracy potrzebny: tutaj godzinę na matematykę
 Liczbowe przekłady optymalizacji
 przekładni obrotu $\varphi 180^\circ$ $n = 3000 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$

Rozpatrzmy przypadki:

Nieobciążony — ranne cofnięcie P_1
 — wyadunone φ_2

lekki — R cofnięcie φ_3
 — R wyadunone φ_4

ciężki — R cofnięcie φ_5
 — R wyadunone φ_6

ciężki obr. 90° — R wyadunone φ_7

Dla porównania obliczamy wg programu I i II

Y1 - miobuizony - rami cofnij - program I

$$n = 3000 \text{ obr/min}$$

$$M = 12,3 \text{ N.m}$$

$$\eta = 0,8$$

$$\alpha = \pi$$

$$G_s = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$$

$$G = 174 \text{ kgm}^2$$

$$A = 55'644$$

$$B = 241'821$$

$$C = 2,534757 \cdot 10^{10}$$

$$A i^3 = B i^2 + C$$

$$0,55644 i^3 = 2,41821 i^2 + 253'475$$

(obrotowy podnieśnik jmer 10⁵)

$$\underline{\underline{i = 78}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,6 \text{ sek.}}}$$

jak wyżej wg programu II

$$D = 27'822$$

$$F = 147'452$$

$$G = 1,54558 \cdot 10^{10}$$

$$0,27822 i^3 = 1,47452 i^2 + 154'558$$

$$\underline{\underline{i = 84}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,68 \text{ sek.}}}$$

Y2 - miobuizony - rami wydużone - program I

η

M

η

α

G_s

G

$$M = 876$$

$$\underline{\underline{i = 133}}$$

$$\underline{\underline{t = 2,69 \text{ sek.}}}$$

jak wyżej

$$A = 55'644$$

$$B = 241'821$$

$$C = 1,276116 \cdot 10^{10}$$

$$0,55644 i^3 = 2,41821 i^2 + 1'276'116$$

$$\underline{\underline{t = 2,69 \text{ sek.}}}$$

jak wyżej wg programu II

$$D = 27'822$$

$$F = 147'452$$

$$G = 7,781196 \cdot 10^{10}$$

$$\underline{\underline{i = 143}}$$

$$\underline{\underline{t = 2,8 \text{ sek.}}}$$

φ3 - Lekki - ramy cofnięte - program I

29/6

$$n = 3000$$

$$M = 12,3$$

$$\eta = 0,8$$

$$\alpha = \pi$$

$$M_s = 1,66 \cdot 10^{-3}$$

$$M = 315 \text{ kgm}^2$$

$$A = 55'644$$

$$B = 241'821$$

$$C = 4,58877 \cdot 10^{10}$$

$$0,55644 \dot{n}^3 = 2,4182 \dot{n}^2 + 458'877$$

$$\underline{\underline{\dot{n} = 94}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,93 \text{ s}}}$$

Jak wyżej - wg programu II

$$D = 27'882$$

$$F = 147'452$$

$$G = 2,79803 \cdot 10^{10}$$

$$0,27822 \dot{n}^3 = 1,47452 \dot{n}^2 + 27'9803$$

$$\underline{\underline{\dot{n} = 102}}$$

$$\underline{\underline{t = 2,04 \text{ sek}}}$$

φ4 - Lekki - ramy wyafusowane wg programu I

$$n = 3000$$

$$M = 12,3$$

$$\eta = 0,8$$

$$\alpha = \pi$$

$$M_s = 1,66 \cdot 10^{-3}$$

$$M = 1641$$

$$A = 55'644$$

$$B = 241'821$$

$$C = 2,39 \cdot 10^{10}$$

$$0,55644 \dot{n}^3 = 2,4181 \dot{n}^2 + 2'390'533$$

$$\underline{\underline{\dot{n} = 164}}$$

$$\underline{\underline{t = 3,27 \text{ sek}}}$$

Jak wyżej - wg programu II

$$D = 27'882$$

$$F = 147'452$$

$$G = 1'457'642 \cdot 10^{10}$$

$$0,27822 \dot{n}^3 = 1,47452 \dot{n}^2 + 1'457'642$$

$$\underline{\underline{\dot{n} = 175}}$$

$$\underline{\underline{t = 3,57 \text{ sek}}}$$

45 - ciężki - ramy słabe - wg programu I

$n = 3000$

$M = 12,3$

$\eta = 0,8$

$\alpha = \pi$

$G_s = 1,66 \cdot 10^{-3}$

$\gamma = 349$

$A = 55'644$

$B = 241'821$

$C = 5,084 \cdot 10^{10}$

$0,55644 \dot{\lambda}^3 = 2,41821 \dot{\lambda}^2 + 508'400$

$\dot{\lambda} = 99$

$t = 2 \text{ sek}$

Jak wyżej - wg programu II

$D = 27'822$

$F = 147'452$

$G = 3,60042 \cdot 10^{10}$

$0,27822 \dot{\lambda}^3 = 1,47452 \dot{\lambda}^2 + 360042$

$\dot{\lambda} = 111$

$t = 1,9 \text{ sek.}$

46 - ciężki - ramy wydłużone - wg programu I n M η α G_s

$\gamma = 2144$

} jak było

$A = 55'644$

$B = 241'821$

$C = 3,123273 \cdot 10^{11}$

$0,55644 \dot{\lambda}^3 = 2,41821 \dot{\lambda}^2 + 3'123280$

$\dot{\lambda} = 179$

$t = 3,578$

Jak wyżej - wg programu II

$D = 27'882$

$F = 147'452$

$G = 1,90444 \cdot 10^{11}$

$0,27822 \dot{\lambda}^3 = 1,47452 \dot{\lambda}^2 + 1'904440$

$\dot{\lambda} = 191$

$t = 3,86 \text{ s}$

φ7 - ciężki - namiy wydłużone - $\alpha = \frac{\pi}{2}$ - wg progr I ^{40/8}

$$n = 3000$$

$$A = 27'822$$

$$M = 12,3$$

$$B = 241'821$$

$$\eta = \frac{0,8}{2}$$

$$C = 3'123'279 \cdot 10''$$

$$D = 1,66 \cdot 10^3$$

$$0,27822 \dot{\alpha}^3 = 2,41822 \dot{\alpha}^2 + 3'123'279$$

$$G = 2144$$

$$\dot{\alpha} = 227$$

$$t = 2,26 \text{ sek}$$

Jak wyżej - wg programu II

$$D = 13'911$$

$$F = 147'452$$

$$G = 1,904438 \cdot 10''$$

$$0,13911 \dot{\alpha}^3 = 1,47452 \dot{\alpha}^2 + 1904'438$$

$$\dot{\alpha} = 242$$

$$t = 3,44 \text{ sek}$$

Porównanie wyników obliczeń przekładni φ (Progr. I)					
"Szybki" $n = 3000$ lub $n = 6000$			Po dobraniu przekł. i indywidual. do każdego przyp.		
Ratnik	Lekki	ciężki	Nieobciąż.	Lekki	Ciężki
Węzłowa					
y	328 wznosił	362 wznosił	174	315	349
z	89	89	78	95	96
t	1,96	2,06	1,6	1,93	2,05
Wydłużenie					
y	1654	2144	876	1641	2144
z	89	89	133	164	179
t	4,4	5	2,69	3,27	3,6
Wydłużenie przy $\alpha = 90^\circ$					2144
					227
					2,26

Dokładniejsza obliczenia meliadu i

7/10

Na str. --- znowaliliśmy uwagi i ze zmianach $\omega = \omega_{rmax} = \omega_{hmax}$ z którego wyliczamy optymalny meliadu i, może dać nam to trochę wartości. Gdybyśmy mieli pomysł i sprawdźmy małe ω , ale rato pośrednie przedstawi przy rozprzdraniu i hamowaniu wzrostu. Długo to wyjdzie i nie mniej więcej każdego czasu obrotu.

Żeby to sprawdzić meliadu przy $\omega = 173$ przy rozprzdraniu i hamowaniu wzrostu $i = 173$ przy rozprzdraniu i hamowaniu wzrostu $i = 173$

- $i = 173$
- $+ 10\% = 192$
- $+ 20\% = 215$
- $+ 40\% = 250$
- $+ 80\% = 320$

$$\omega = \frac{100\pi}{t} = \frac{100\pi}{173} = \begin{matrix} 1,75 \\ 1,5947 \\ 1,46 \\ 1,257 \\ 1,038 \end{matrix}$$

$$\varepsilon_r = 12,3 \cdot \left\{ \begin{matrix} 173 \\ 192 \\ 215 \\ 250 \\ 320 \end{matrix} \right\} \cdot 0,8 = \frac{12,3 \cdot \left\{ \begin{matrix} 173^2 \\ 192^2 \\ 215^2 \\ 250^2 \\ 320^2 \end{matrix} \right\} \cdot 0,8}{(2144 + 1,66 \cdot 10^{-3} \cdot \left\{ \begin{matrix} 173^2 \\ 192^2 \\ 215^2 \\ 250^2 \\ 320^2 \end{matrix} \right\})} = \begin{matrix} 0,8016 \\ 0,8726 \\ 0,9526 \\ 1,0344 \\ 1,36077 \end{matrix}$$

$$\varepsilon_h = \varepsilon_r \cdot \frac{1}{0,82} = \begin{matrix} 1,25 \\ 1,37 \\ 1,488 \\ 1,71 \\ 2,1 \end{matrix}$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{\varepsilon_r} = \frac{\begin{matrix} 1,75^2 \\ 1,5947^2 \\ 1,46^2 \\ 1,257^2 \\ 1,038^2 \end{matrix}}{\begin{matrix} 0,8016 \\ 0,8726 \\ 0,9526 \\ 1,0344 \\ 1,36077 \end{matrix}} = \begin{matrix} 1,92 \\ 1,42 \\ 1,13 \\ 0,725 \\ 0,36 \end{matrix}$$

$$\alpha_h = \frac{\omega^2}{\varepsilon_h} = \begin{matrix} 1,23 \\ 0,928 \\ 0,716 \\ 0,464 \\ 0,23 \end{matrix}$$

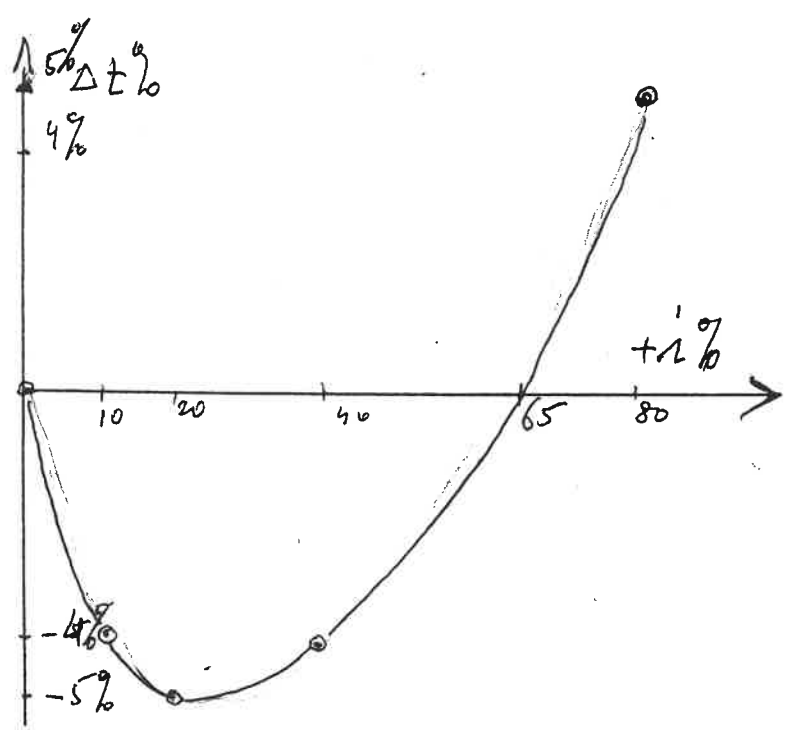
$$\alpha_{jed} = \pi - \alpha_r - \alpha_h = \begin{matrix} 0,008 \\ 0,176 \\ 0,113 \\ 0,195 \\ 0,255 \end{matrix}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r} = \begin{matrix} 2,19 \\ 1,8 \\ 1,53 \\ 1,15 \\ 0,77 \end{matrix}$$

$$t_{jed} = \frac{\alpha}{\omega} = \begin{matrix} 0 \\ 0,48 \\ 0,83 \\ 1,155 \\ 2,16 \end{matrix}$$

$$t_h = \frac{\omega}{\varepsilon_h} = \begin{matrix} 1,44 \\ 1,164 \\ 0,98 \\ 0,735 \\ 0,46 \end{matrix}$$

$t = t_r + t_{jed} + t_h =$	3,89	10%
	3,44	4%
	3,4	5%
	3,43	4%
	3,78	15%



Widniemy, że przyzmienie i o 20% zmniejszyło czas obrotu o 5%. Przyzmienie do 65% utrzymuje czas obrotu w tej samej wartości.

Pozwala to na dobranie punktu do wartości handlowych, lub wybrania właściwego kompromisu, jeśli w interesujemy nas przypadkami, dla jednego potrzebne byłoby inne, a dla drugiego inne i tej samej punktu, stąd wtedy potrzebny kompromis. Ranej większe niż mniejsze i

Obrot Θ - mierzony - 090° (od końca do końca) wg programu 14/II

$$n = 3000$$

$$M = 12,3$$

$$\eta = 0,95 \text{ (smak kulowa)}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$G_s = 1,66 \cdot 10^{-3}$$

$$M = 521$$

$$A = 33'038$$

$$B = 280'527$$

$$C = 8,8'10^{10}$$

$$0,33038 i^3 = 2,80527 i^2 + 880'000$$

$$\underline{i = 142}$$

$$\underline{t = 1,4 \text{ sek.}}$$

Jak wyżej - wg programu II

$$\Theta = 900.12,3. \frac{\pi}{2} 0,95 = 16'579$$

$$F = \pi^2.3000^2.1,66.10^{-3} = 147'452$$

$$G = \pi^2.3000^2.521 = 4,6278 \cdot 10^{10}$$

$$0,16579 i^3 = 1,47452 i^2 + 462780$$

$$\begin{array}{r} i = 142 / 472'586 \\ - 29732 \\ \hline - 462780 \\ \hline - 19526 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} i = 143 / 483'050 \\ - 30157 \\ \hline - 462780 \\ \hline - 9882 \end{array}$$

$$\boxed{i = 144}$$

$$\begin{array}{r} 493'255 \\ - 30576 \\ \hline - 462780 \\ \hline - 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} i = 145 / 503'602 \\ - 30001 \\ \hline - 462780 \\ \hline + 9821 \end{array}$$

$$t = \frac{2\omega}{\varepsilon} = \frac{\pi \cdot n (\Theta + M_s i^2)}{15 \cdot M \eta i^2} = \frac{\pi \cdot 3000 (521 + 1,66 \cdot 10^{-3} \cdot 144^2)}{15 \cdot 12,3 \cdot 0,95 \cdot 144^2} = 1,44s$$

$$\underline{i = 144}$$

$$\underline{t = 1,44s}$$

Obrot Θ - lekki - 090° - wg programu I

$$n = 3000$$

$$M = 12,3$$

$$\eta = 0,95$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$M_s = 1,66 \cdot 10^{-3}$$

$$M = 640$$

$$A = 33'038$$

$$B = 280'527$$

$$C = 1'081'557 \cdot 10^{10}$$

$$0,33038 i^3 = 2,80527 i^2 + 1'081'557$$

$$\underline{i = 150}$$

$$\underline{t = 1,5s}$$

Jak wyżej - wg programu II

$$\Theta = 16'579$$

$$F = 147'452$$

$$G = 5,684892 \cdot 10^{10}$$

$$\underline{i = 154}$$

$$\underline{t = 1,54s}$$

Przykład dolierania

Obrot Θ - ciężki - 90° - Weg programu I

59/12

$$n = 3000$$

$$M = 12,3$$

$$\eta = 0,95$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$Q_s = 1,66 \cdot 10^{-3}$$

$$G = 878$$

$$A = 33'038$$

$$B = 280'527$$

$$C = 1,4810''$$

$$0,33038 \dot{\alpha}^3 = 2,80527 \dot{\alpha}^2 + 1,48 \cdot 10^6$$

$$\underline{\underline{\dot{\alpha} = 167}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,7 \text{ sek}}}$$

Jak wyżej - Weg programu II

$$Q = 16'579$$

$$F = 147'452$$

$$G = 7,807844 \cdot 10^{10}$$

$$\underline{\underline{\dot{\alpha} = 171}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,7 \text{ sek}}}$$

Obrot α - lekki - 90° - Program I

$$n = 3000$$

$$M = 8,52$$

$$\eta = 0,95$$

$$Q_s = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$G = 582$$

$$\underline{\underline{\dot{\alpha} = 168}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,69 \text{ s}}}$$

Jak wyżej - Weg programu II

$$Q = 11'080$$

$$F = 1'065'917$$

$$G = 5,163688 \cdot 10^{10}$$

$$0,1108 \dot{\alpha}^3 = 1,0655 \dot{\alpha}^2 + 516'969$$

$$\underline{\underline{\dot{\alpha} = 171}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,65 \text{ s}}}$$

Obrot α -ciżki - 90° program I

5/5/13

$$n = 3000$$

$$M = 8,25$$

$$\eta = 0,95$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$M_j = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$M = 120 \cdot (2,6 - 0,35)^2 + 16,6 + 9,9 = 784$$

$$A = 1000 \cdot 8,25 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot 0,95 = 22160$$

$$B = \pi^2 \cdot 3000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} (1 + 0,95^2) = 202791$$

$$C = \pi^2 \cdot 3000 \cdot 784 (1 + 0,95^2) = 1324899 \cdot 10^{10}$$

$$0,2216 \dot{r}^3 = 2,02799 \dot{r}^2 + 1324899$$

$$\underline{\underline{\dot{r} = 185}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,838 \text{ sek}}}$$

Jak wyżej - program II

$$\dot{\theta} = 11'080$$

$$F = 106'552$$

$$G = 6,963993 \cdot 10^{10}$$

$$\underline{\underline{\dot{r} = 188}}$$

$$\underline{\underline{t = 1,87 \text{ sek}}}$$

Praca przy najmniejszym momencie napędowym
 dotyczy czasu wystąpienia obliczenia porównawcze
 były robione przy założeniach, że moment na-
 pędowy silnika jest 1,5 raza większy niż moment
 trwały. Silniki mogą się nie grać, o ile prędkość
 między obrotami napędzania i hamowania są dosta-
 teknie drugie, jeśli silniki pracują wg sche-
 matu "B" ze str. --- albo będzie miał
 dostatecznie prędkość w cyklu pracy. Jeśli jednak
 będzie on pracował wg schematu "A" albo
 "C", albo gdy w prędkości dostarczania energii
 będzie one dostarczane dla podtrzymywania prędkości
 (przykład 3, 4, 5 i inne) może nie być czasu na
 przedobudzenie silnika. Trzeba to sprawdzić,
 jeśli t - czas cyklu pracy, M_0 - moment trwały,
 t_n - czas napędu lub hamowania, M_n moment napędu
 lub hamowania, to licząc ze przed policzonym γ propor-
 cjonalny do M

$$t M_0^2 > \sum t_n M_n^2$$

Jeśli okaże się, że silniki będzie się grać, trzeba
 zmniejszyć moment napędowy, aż do M_0
 Chcemy sprawdzić jak wydłuży się czas obrotu,
 gdy $M_n = 1,5 M_0$ zmniejszamy do M_0 .

1) Porównamy czas obrotu φ_4 ze str. --- gdy $M_n = 1,5 M_0 =$
 $= 1,5 \cdot 8,2 = 12,3$ $n = 164$ $t = 3,28s$ zmniejszamy na $M = 8,2$

2) Obliczamy n
 $M = 8,2$

$$A = 1800 \cdot 8,2 \cdot \pi \cdot 0,08 = 37'096$$

$$B = 24'1821$$

$$C = 2'390'553 \cdot 10^4$$

$$n = 189$$

$$0,37096 n^3 = 341821 n^2 + 2390553$$

$$t = \frac{\pi \cdot n (A + B n^2)}{30 \cdot M \cdot \gamma \cdot 12} (1 + n^2) = \underline{\underline{3,74s}}$$

3) Co będzie, jeśli przekładnię $i = 189$ dobieramy do $M = 8,2$ zastosujemy do momentu wyłkowego $M = 12,3$. Wówczas przypiecinie będzie większe, i obliczenie taktów będzie zmniejsz. wg. schematu "trygodniowego" ze str. ②

$$\omega = \frac{2\pi n}{60i} = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 189} = 1,66 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\varepsilon_{\text{wyg}} = \frac{M i \eta}{8} = \frac{12,3 \cdot 189 \cdot 0,8}{(1641 + 1,66 \cdot 10^3 \cdot 189^2)} = 1,039$$

$$\varepsilon_h = \frac{\varepsilon_r}{0,8^2} = 1,7$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{1,66^2}{2 \cdot 1,039} = 1,264$$

$$\alpha_h = \frac{1,66}{2 \cdot 1,7} = 0,8$$

$$\alpha_{\text{jedn}} = \pi - 1,264 - 0,8 = 1,077$$

$$t_{\text{wyg}} = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{1,66}{1,039} = 1,57 \quad t_{\text{jedn}} = \frac{\alpha_{\text{jedn}}}{\omega} = \frac{1,077}{1,66} = 0,64 \quad t_h = \frac{1,66}{1,7} = 0,976$$

$$t = 1,57 \cdot 0,64 + 0,976 = \underline{\underline{3,116 \text{ sek.}}}$$

4) Co będzie jeśli zastosujemy mniejszy moment do przekładni dobieranej dla momentu wyłkowego $i = 164$ obrót będzie wg. schematu dwunocowego jak na str. ③

$$\varepsilon_r = \frac{M i \eta}{8} = \frac{8,2 \cdot 164 \cdot 0,8}{1641 + 1,66 \cdot 10^3 \cdot 164^2} = 0,638 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad \varepsilon_h = \frac{\varepsilon_r}{\eta^2} = 0,997 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$\alpha_r = \pi \frac{1}{\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_h} + 1} = 1,9 \text{ rad} \quad \alpha_h = \pi - 1,9 = 1,226 \text{ rad}$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2\alpha_r}{\varepsilon_r}} = 2,44 \text{ s}$$

$$t_h = 1,57 \text{ s}$$

$$t = \underline{\underline{4 \text{ s}}}$$

Zestawienie wyników

	$i = 164$	189
$M = 12,3$	$t = 3,28 \text{ sek}$	$3,116 \text{ sek}^*)$
8,2-30%	4 sek +20%	$3,74 \text{ s} +20\%$

W warunkach - przekładnia " i " "optimalna"

*) Zgodnie z obserwacją str. ... porównanie przekładni " i " o 20% obniża czas o 5% - tutaj się sprawdziło.

48
 jako drugi przykład pracy przy mniejszym momencie napędowym odpowiadającym obrotowi Θ ze str. 43

1) Lekcja - o 90° - wg programu I $M = 12,3 \text{ t} = 120 \text{ kN}$

2) Co będzie jeśli przekładnia $i = 223$ - tak jak to jest obecnie realizowane.

Ruch będzie dwucyfrowy - większe przyspieszenia i duża częst. obrotowa jednostajnego. $M = 12,3$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 i} = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 223} = 1,408 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\varepsilon_r = \frac{M i \eta}{J} = \frac{12,3 \cdot 223 \cdot 0,95}{\frac{640 + 1,66 \cdot 10^{-3} \cdot 223^2}{722}} = 3,6$$

$$\varepsilon_h = \frac{\varepsilon_r}{\eta^2} = \frac{3,6}{0,95^2} = 3,99$$

$$\alpha_r = \frac{\omega^2}{2\varepsilon_r} = \frac{1,408^2}{2 \cdot 3,6} = 0,275 \quad \alpha_h = 0,248$$

$$\alpha_{jed} = \frac{\pi}{2} - 0,248 = 0,248 = 1,05 \text{ rad}$$

$$t_r = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{1,408}{3,6} = 0,39 \text{ s} \quad t_h = \frac{1,408}{3,99} = 0,35 \text{ s} \quad t_d = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{1,05}{1,408} = 0,74 \text{ sekundy}$$

$$t = 0,39 + 0,74 + 0,35 = 1,48 \text{ s}$$

Jak już było zauważone pominięcie „i” powod. „optimum” powoduje skrócenie czasu. Tutaj „i” pominięto o 48% t skróciło się o 15%.

3) Co będzie, jeśli M mniejszy o 30% do $M = 8,2$ a przekładnia zastosujemy jak w przykładzie 1 $i = 150$

Ruch będzie „dwucyfrowy”

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{6000 \cdot 150} = 2,09 \text{ rad/s} \quad \varepsilon_r = \frac{8,2 \cdot 150 \cdot 0,95}{(640 + 1,66 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2)} = 1,725 \quad \varepsilon_h = \frac{1,725}{0,95^2} = 1,9$$

$$\alpha_r = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\frac{1,725}{1,9} + 1} = 0,82 \text{ rad} \quad \alpha_h = \frac{\pi}{2} - \alpha_r = 0,75 \text{ rad}$$

$$t_r = \sqrt{\frac{2\alpha_r}{\varepsilon_r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,82}{1,725}} = 0,975 \text{ s} \quad t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75}{1,9}} = 0,888 \text{ s}$$

$$t = 1,86 \text{ s}$$

4) Co będzie jeśli $M=8,2$ $i=223$. Ruch dwuciepny.

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 3000}{60 \cdot 223} = 1,408$$

$$\varepsilon_\pi = \frac{8,2 \cdot 223 \cdot 0,95}{722} = 2,4$$

$$\varepsilon_h = \frac{\varepsilon_\pi}{\eta^2} = \frac{2,4}{0,55^2} = 2,666$$

$$\alpha_\pi = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\frac{2,4}{2,667} + 1} \approx 0,82$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{2} - 0,82 = 0,744$$

$$t_\pi = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,82}{2,4}} = 0,83 s$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,744}{2,667}} = 0,75 s$$

$$\underline{t = 1,577 s}$$

	Porównanie wyników	
	$i = 150$	223
$M = 12,3$	$t = 1,5$	1,48
8,2	1,86	1,577

zmniejszenie momentu o 30% wydłuża czas obrotu o 20%

Porównanie przekładni „i” ponad „optimalną” o 48% zmniejsza czas o 15% do 15%

Lepszym rozwiązaniem porównanie „optimalnej” byłoby użycie ogólnego rezonansu $t = f(i)$, znalezienie pochodnej i przyporządkowanie jej dożew. Warunki tego nie zniechociono.