

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OSRODEK POMIARU RUCHU I CZASU

442

BE10

Główny wykonawca mgr inż. Piotr Karkoszka

Wykonawcy mgr inż. Ignacy Bojanek
inż. Stanisław Pietrzykowski

Konsultant

Nr zlecenia 1933

"Czujnik położenia i prędkości wału
korbowego dla układu zapłonowego
z pamięcią wykonywanego przez OBRMIR".
Etap 3,
"Badanie laboratoryjne modeli"

Zleceniodawca Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Samochodów Osobowych
w Warszawie

Pracę rozpoczęto dnia 85.09

zakończono dnia 85.11

Kierownik Pracowni

Kierownik Ośrodka

inż. St. Pietrzykowski

dyrektor
prof. dr inż. St. Dwojak

dr inż. J. Dzięcki

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 12

Egz. 1 BOINTE

rysunków 15

Egz. 2 OBR-SO

fotografii

Egz. 3 ORC-21

tabel

Egz. 4 OBRMIR-TELPOD

tablic 3

Egz. 5

załączników 1

Egz. 6

Nr rejestr. 5513

Analiza deskryptorowa PRZETWORNIKI POMIAROWE : BADANIA LABORATORYJNE,
WYKONANIE MODELU + STAN TECHNIKI + ROZCIEZNIANIE
PATENTOWE

Analiza dokumentacyjna Sprawozdanie zawiera program, przebieg i wyniki
badań laboratoryjnych modelu oraz wnioski.

Tytuły poprzednich sprawozdań

1. "Koncepcja elektronizacji samochodu w zakresie doboru czujników
i przetworników" MERA-PIAP nr rej. 5304
2. "Cujnik -położenia i prędkości wału korbowego"
Etap 1 "Rozcznianie stanu techniki i opracowanie założeń konstrukcyj-
nych uzgodnionych z OBRMIIR" MERA-PIAP nr rej. 5438

621,314.38.084.2.001.5

Cujniki pomiarowe - badania

SPIS TREŚCI

1. Przedmiot badań.	3
2. Cel badań.	3
3. Przebieg i wyniki badań.	4
3.1. Przebieg badań.	4
3.2. Warunki badań.	6
3.3. Wyniki badań.	6
3.3.1. Wybór obwodu magnetycznego.	6
3.3.2. Optymalizacja kształtu i wymiarów rdzenia z nabiegunkiem.	7
3.3.3. Dobór materiału płytki koncentrującej strumień magnetyczny.	8
3.3.4. Optymalizacja cewki.	9
3.3.5. Ponowna optymalizacja rdzenia.	9
3.3.6. Badania laboratoryjne modelu.	10
4. Wnioski.	10
5. Załączniki.	

1. Przedmiot badań.

Przedmiotem badań był model magnetoelektrycznego reluktancyjnego przetwornika prędkości obrotowej zwanego czujnikiem prędkości i położenia wału, wykonany w Instytucie na podstawie wyników rozeznania stanu techniki i założeń techniczno-konstrukcyjnych uzgodnionych ze Zleceniodawcą - OBRSO w Warszawie / Sprawozdanie nr. rejestr. 5438 - Etap 1 umowy Nr 58/83 z dn. 25.08.83 r./.

2. Cel badań.

Celem badań było sprawdzenie koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego przetwornika pod kątem spełnienia przezeń wymagań określonych w założeniach techniczno-konstrukcyjnych.

Model wykorzystano również do przeprowadzenia prób i doświadczeń mających na celu uzyskanie optymalnych wartości wybranych parametrów, przede wszystkim:

- jak największej amplitudy impulsu napięciowego przy prędkości obrotowej koła zamachowego z wieńcem zębatym o 118 zębach $n = 50$ obr/min, której odpowiada częstotliwość generowanych impulsów $f = 99$ Hz, oraz przy szczelinie powietrznej o szerokości $l_p = 1,0$ mm,
- jak najmniejszej wartości błędu opóźnienia fazowego określonego jako kąt między rzeczywistym położeniem wału korbowego / koła zamachowego / a impulsem odpowiadającym temu położeniu, wytworzonym przez przetwornik.

Z uwagi na ograniczone możliwości techniczne badań ustalono następujące kryteria optymalizacji modelu przetwornika:

1. Jak największa, możliwa do osiągnięcia amplituda impulsu napięciowego przy prędkości obrotowej $n = 50$ obr/min.
 2. Uzyskanie charakterystyki zależności amplitudy impulsów napięciowych od prędkości obrotowej jak najbardziej zbliżonej do charakterystyki liniowej.
- H

Spełnienie drugiego kryterium dowodzi pośrednio zredukowania do minimum wpływu prądów wirowych na amplitudę impulsów napięciowych dzięki ich zmniejszeniu, a tym samym - zminimalizowania błędu opóźnienia fazowego.

Zakres badań obejmował:

- optymalizację kształtu i wymiarów rdzenia z nabiegunkiem, z uwzględnieniem dodatkowego warunku, jakim była założona maksymalna rezystancja cewki równa 600Ω ,
- dobór materiału na płytkę koncentrującą strumień magnetyczny i na rdzeń oraz ustalenie grubości płytki,
- dobór liczby zwojów w cewce, przy czym za najwłaściwszą liczbę zwojów uznano tę, przy której spełnione jest wymaganie, że przy $n = 50$ obr/min amplituda impulsu napięciowego osiąga wartość $1 V$, a rezystancja cewki jest najmniejsza.

Rzecz jasna dobór liczby zwojów jest ściśle uwarunkowany kształtami i wymiarami wstępnie zoptymalizowanego rdzenia i wielkością magnesu trwałego.

Podczas badań używano magnesu trwałego o ściśle określonym kształcie i wymiarach z uwagi na to, że nie dysponowano innymi magnesami z ferrytu strontowego. Magnesy wykonywane z innych ferrytów nie były wykorzystywane, ponieważ odznaczały się gorszymi właściwościami magnetycznymi, zwłaszcza niższą gęstością energii magnetycznej, niższym natężeniem koercji, mniejszą odpornością na zmiany temperatury w zakresie $-40 + +125$ °C.

Na podstawie powyższych badań zaprojektowano i wykonano dziesięć kompletów modeli, które poddano próbom zgodnym z Warunkami Technicznymi dostarczonymi przez Zleceniodawcę.

3. Przebieg i wyniki badań.

3.1. Przebieg badań.

Badania przeprowadzono na modelach przetwornika z otwartym i z

zamkniętym obwodem magnetycznym według następującej kolejności:

- a/ Dysponując gotowym magnesem trwałym, płytkami koncentrującymi strumień magnetyczny, cewkami i rdzeniami z armco, zbadano wpływ kształtu obwodów magnetycznych i poszczególnych elementów na amplitudę impulsu napięciowego przy prędkości obrotowej $n = 50$ obr/min i przy szczelinie powietrznej o szerokości $l_p = 1,0$ mm w celu wybrania obwodu o najlepszych właściwościach,
- b/ Mając dany magnes trwały, płytkę koncentrującą strumień magnetyczny, cewkę, optymalizowano kształt i wymiary rdzenia z nabiegunnikiem, z uwzględnieniem pierwszego kryterium optymalizacji,
- c/ Rozporządzając magnesem trwałym, cewką, zoptymalizowanym wstępnie rdzeniem, dobrano na podstawie badań z uwzględnieniem drugiego kryterium materiał płytki koncentrującej. Drugie kryterium wykorzystano pośrednio, stosując porównanie wartości ilorazów amplitud impulsów napięciowych mierzonych przy $n = 1250$ obr/min i przy $n = 50$ obr/min, oraz przy nie zmieniającej się szczelinie powietrznej $l_p = 1,0$ mm:

$$k_u = \frac{U_m (n = 1250)}{U_m (n = 50)} \leq k_n = \frac{n = 1250}{n = 50} = 25 \quad / 1 /$$

Większa wartość ilorazu k_u świadczyła o większej redukcji wpływu prądów wirowych na amplitudę impulsów napięciowych, a tym samym dowodziła zmniejszania się bezwzględnej wartości błędu opóźnienia fazowego,

- d/ Mając dany magnes, płytkę koncentrującą, wybrane na podstawie badań w p. c/ rdzenie, zoptymalizowano kształt i wymiary cewki. Podczas optymalizacji uwzględniono warunek ograniczonej rezystancji cewki. Ponieważ nie dysponowano automatyczną nawijarką, która umożliwiłaby jak najściślejsze upakowanie

zwojów uzwojenia, założone graniczną maksymalną wartość rezystancji równą 850Ω . Przy ścisłym nawinięciu tej samej liczby zwojów rezystancja cewki zmaleje poniżej 700Ω , a prawdopodobnie zmaleje do wymaganych 600Ω .

e/ Po przeprowadzeniu badań w p. d/ dokonano ponownej optymalizacji ostatecznie wybranego rdzenia z nabiegunkiem w celu uzyskania jak największej amplitudy impulsu napięciowego przy $n = 50$ obr/min,

f/ Skonstruowane modele przetworników poddano badaniom laboratoryjnym, podczas których sprawdzono:

- odporność na działanie ciepłego, wilgotnego powietrza,
- odporność na działanie cyklicznych szybkich zmian temperatury suchego powietrza,
- odporność na drgania mechaniczne,
- odporność izolacji,
- charakterystyki:

$$U_m = f / \dot{M} / ; l_p = 1,0 \text{ mm} \quad / 2 /$$

$$U_m = f / l_p / ; n = 50 \text{ obr/min} \quad / 3 /$$

$$n = f / l_p / ; U_m = 1 \text{ V} \quad / 4 /$$

3.2. Warunki badań.

Badania wykonano na stanowisku laboratoryjnym z użyciem koła zamachowego od silnika samochodu " Polonez " o $z = 118$ zębach na wieńcu zębatym. Koło zamachowe osadzone na wałku napędowym, napędzane za pomocą silnika prądu stałego o regulowanej za pomocą układu tyrystorowego prędkości obrotowej, mogło obracać się z prędkością obrotową zmieniającą się płynnie w zakresie od 0 do 1600 obr/min.

Modele czujnika składane w uchwycie były przysuwane do wieńca zębatego na kole zamachowym w taki sposób, aby płaszczyzny na-

biegunników i czół zębów były do siebie równoległe i odległe od siebie o 1,0 mm. Szerokość szczeliny powietrznej mierzono szczelinomierzem.

Impulsy napięciowe w cewkach modeli podawano na wejście pomiarowe oscyloskopu OS 102 o impedancji większej niż 200 k Ω . Częstotliwość i amplitudę impulsów odczytywano na obrazie oscyloskopu. Zarówno podstawę czasu jak i odchylenie pionowe oscyloskopu poddawano przed pomiarami kalibracji.

Rezystancję cewek mierzono miernikiem uniwersalnym UM 3 na zakresie k Ω . Pomiar ten wykonywano jedynie w celach orientacyjnych ponieważ sama rezystancja ma drugorzędne znaczenie z punktu widzenia najważniejszych właściwości przetwornika. Ponadto nawet w produkcji seryjnej rozrzut rezystancji znanych przetworników wokół wartości nominalnej dochodzi do $\pm 20\%$.

3.3. Wyniki badań.

3.3.1. Wybór obwodu magnetycznego.

W celu dokonania wstępnego wyboru obwodu magnetycznego przebadano różne obwody złożone z następujących elementów:

- magnesu trwałego z ferrytu strontowego w kształcie pierścienia o średnicy zewnętrznej $\varphi_z = 30$ mm, wewnętrznej $\varphi_w = 17,3$ mm,
- rdzeni kubkowych M 30/19 F3001 całych i zeszlifowanych do pożądanego kształtu oraz płytek ze stali krzemowej i ferrytowych,
- rdzeni z armco,
- cewek o z = 3000 i 4000 zwojów, których rezystancja nie przekraczała w temperaturze pokojowej wartości 1 k Ω .

Do składania modeli używano jedynie płytki o średnicy równej zewnętrznej średnicy magnesu. Większe lub mniejsze średnice płytek koncentrujących przyczyniały się do znacznego zmniejszenia amplitudy impulsów napięciowych.

Z uwagi na to, że do składania obwodów magnetycznych używano różnych rdzeni i cewek, za podstawową wielkość pomiarową podczas badań uznano iloraz amplitudy impulsów napięciowych i liczby zwojów w cewce. Badania ograniczone do pomiaru amplitudy impulsu napięciowego przy prędkości obrotowej $n = 50$ obr/min. Wyniki badań podano pod rysunkami kolejnych obwodów magnetycznych. / rys. 1 - 11 /.

Największe wartości ilorazu U_m/z otrzymano w modelach, których obwody magnetyczne przedstawiono na rys. 8 / otwarty obwód magnetyczny / i 11 / zamknięty obwód magnetyczny /.

Dalsze badania przeprowadzono z użyciem elementów wchodzących w skład obwodów magnetycznych z rys. 8 i 11.

3.3.2. Optymalizacja kształtu i wymiarów rdzenia z nabiegunnikiem.

Optymalizację kształtu i wymiarów rdzenia przeprowadzono z uwzględnieniem pierwszego kryterium i warunku ograniczonej rezystancji cewki / nie większej niż 850Ω /.

Przebadano:

- wpływ długości rdzenia na amplitudę impulsu napięciowego przy $n : 50$ Obr/min, ustalonej średnicy nabiegunnika i rdzenia, ustalonej długości nabiegunnika,
- wpływ średnicy rdzenia / na odcinku obejmowanym przez cewkę / na amplitudę impulsu napięciowego przy $n : 50$ obr/min, ustalonej długości rdzenia, ustalonych wymiarów nabiegunnika.

Minimalną długość rdzenia i maksymalną średnicę rdzenia ograniczono do takich wartości, przy których rezystancja cewki nie przekraczała założonej wartości maksymalnej 850Ω . Liczba zwojów cewek wynosiła podczas prób 4000. Skracanie rdzenia powodowało konieczność zwiększania średnicy cewek. Towarzyszył temu wzrost rezystancji proporcjonalny do wzrostu średnicy. ~~Wzrost~~ ~~rezystancji~~ Ostateczną optymalizację cewki przeprowadzono dopie-

ro w p. d/.

Wyniki badań przedstawiono w tabl. 1 i 2. Kształt i wymiary rdzenia przedstawiono na rys. 12.

Podczas prób utrzymywano stałą szerokość szczeliny powietrznej $l_p = 1 \text{ mm}$.

Na podstawie otrzymanych wyników do dalszych prób wybrano rdzenie o długości $l_r = 10$ i 13 mm oraz o średnicy $\varphi_r = 6 \text{ mm}$.

3.3.3. Dobór materiału płytki koncentrującej strumień magnetyczny.

Wybór materiału, z którego powinna być wykonana płytka, został dokonany na podstawie badań polegających na pomiarze amplitudy impulsów napięciowych U_m przy dwóch wartościach prędkości obrotowej koła zamachowego: $n = 50 \text{ obr/min}$, $n = 1250 \text{ obr/min}$, obliczeniu ilorazu k_u / wzór 1 / i porównaniu z ilorazem k_n dla każdej płytki koncentrującej. Pomiarów wykonywano przy stałej szerokości szczeliny powietrznej $l_p = 1,0 \text{ mm}$.

Do badań wykorzystano:

- cewkę o $z = 4000$ i rezystancji 750Ω ,
- rdzeń o $l_r = 13 \text{ mm}$ i średnicach: $\varphi_n = 2,2 \text{ mm}$, $\varphi_r = 6 \text{ mm}$,
 $\varphi_p = 5,5 \text{ mm}$ / rys. 12 /.

Celem niniejszych badań było znalezienie materiału o największej wartości ilorazu k_u .

Wyniki pomiarów zestawiono w tabl. 3.

Największą wartość k_u osiągnięto w przypadku zastosowania płytki ferrytowej, nieco mniejszą w przypadku płytki składanej z krzemowych blaszek transformatorowych.

Zwraca uwagę spadek wartości k_u po zmianie otwartego obwodu magnetycznego na zamknięty.

Do modelu wykorzystano płytki z blaszek ze stali krzemowej, ponieważ płytki ferrytowe bardzo łatwo pękały wskutek przypadkowych uderzeń w rdzeń lub w nabiegunnik.

W rezultacie badań wpływu materiału płytek koncentrujących na

amplitudę U_m impulsu napięciowego, podczas których stwierdzono również wpływ konfiguracji obwodu magnetycznego na wartość k_u wybrane model z otwartym obwodem magnetycznym.

3.3.4. Optymalizacja cewki.

Ź uwagi na to, że cewka o $z = 4000$ zwojów wykorzystywana w poprzednich badaniach wytwarzała impulsy o amplitudzie bliskiej wymaganej wartości przy $n = 50$ obr/min, jej optymalizację ograniczono jedynie do takiego ukształtowania korpusu, aby rezystancja uzwojenia nie przekroczyła założonej wartości 850Ω , przy średnicy otworu w korpusie, do którego wprowadzany jest rdzeń, $\varphi_w = 6$ mm.

Dzięki temu można było wykorzystać rdzenie o średnicy $\varphi_r = 6$ mm.

W wyniku prób otrzymano cewkę o długości 7,8 mm, średnicy zewnętrznej $\varphi_z = 17^{+0,3}_{-0,2}$ mm i rezystancji $R = 750^{+50}_{-100} \Omega$.

Jeśli cewki będą nawijane na automatycznych nawijarkach zapewniających nawinięcie zwojów warstwa po warstwie, wartość rezystancji powinna zmaleć do wymaganych 600Ω .

3.3.5. Pełnowna optymalizacja rdzenia.

Optymalizację przeprowadzono, wykorzystując wyniki poprzednich badań. Optymalizowano wymiary średnie φ_n , φ_r , φ_p oraz łagodno przejscia między odcinkami rdzenia o różnych średnicach w celu zminimalizowania rozproszenia strumienia magnetycznego.

W wyniku dodatkowych prób ustalono, że:

- średnica φ_n powinna być równa szerokości czola zęba wieńca zębatego na kole zamachowym: $\varphi_n = 2,2$ mm,
- średnica φ_r powinna być równa 6 mm,
- między średnicą φ_n a φ_r wprowadzono łagodne przejście fazą pod kątem 45° na odcinku 1 mm,
- średnica φ_p powinna być równa średnicy otworu w płytce ferrytowej wykonanej z kubka M 30/19: $\varphi_p = 5,5$ mm,

11

- przejścia między odcinkami o średnicach φ_r a φ_p nie łagodząco, ponieważ w ten sposób uzyskano powierzchnię oporową zapobiegającą przesunięciu rdzenia poza płytkę koncentrującą,
- zmniejszono długość rdzenia l_c z 13 na $12,8^{-0,2}$ mm.

~~Wyniki powyższych~~

~~.....~~. Amplituda impulsu napięciowego zbliżyła się do wartości 1 V przy $n = 50$ obr/min i $l_p = 1,0$ mm.

Konstrukcję modelu otrzymanego w rezultacie powyższych badań przedstawiono na rys. 15.

Na rys. 13 i 14 przedstawiono wykresy charakterystyk danych wzorami 3 - 4. Charakterystyki te podano w postaci obszaru ograniczonego krzywymi granicznymi uwzględniającymi rozrzut punktów pomiarowych i szacunkowe błędy pomiarowe metody pomiaru.

3.3.6. Badania laboratoryjne modelu.

Wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono w załączonym do sprawozdania protokole z badań czujnika położenia i prędkości / magnetoelektrycznego reluktancyjnego przetwornika prędkości obrotowej /, wykonanych przez OBNIJ w Mera PIAP, Załącz. nr 1 /.

4. Wnioski.

1. Przeprowadzone badania optymalizacyjne modelu umożliwiły zaprojektowanie przetwornika zadowalająco spełniającego ustalone podczas I etapu pracy wymagania. Znalazło to potwierdzenie również w badaniach gotowych modeli, przeprowadzonych w Ośrodku Badań Niezawodności i Jakości w MERA-PIAP, których rezultaty przedstawiono w p. 3.3.6. Zatem model stanowi dobrą podstawę do zaprojektowania i wykonania prototypu magnetoelektrycznego, reluktancyjnego przetwornika prędkości obrotowej.

2. Rezultaty badań optymalizacyjnych przedstawione w p. 3.3.1-3 nie przesądzają w sposób ostateczny czy przetwornik powinien mieć otwarty czy zamknięty obwód magnetyczny. Wersja przetwor-

nika z zamkniętym obwodem magnetycznym powinna być poddana dodatkowym badaniom, których celem byłoby zmniejszenie wpływu prądów wirowych na amplitudę impulsów napięciowych, zwłaszcza w zakresie średnich i wysokich wartości prędkości obrotowej wału korbowego silnika ZI.

Za podjęciem dodatkowych badań przetwornika z zamkniętym obwodem magnetycznym przemawiają zarówno rezultaty poprzednich badań przedstawione w p. 3.3.1. jak i rozważania teoretyczne, z których wynika, że:

- impulsy napięciowe mają większą amplitudę niż w przypadku przetwornika z otwartym obwodem magnetycznym, jeśli prędkość obrotowa jest mała / zamknięty i otwarty obwód magnetyczny złożony z jednakowych elementów /,
- przetwornik z zamkniętym obwodem magnetycznym powinien być odporniejszy na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne.

3. Badania wykazały ponadto, że nie istnieją realne, możliwe do przyjęcia, sposoby zmniejszenia gabarytów przetwornika. Zastąpienie magnezu z ferrytu strontowego magnezem z ferrytu samarowo-kobaltowego spowodowałoby wielokrotny wzrost kosztu przetwornika, natomiast zmniejszenie wymiarów magnezu z ferrytu strontowego spowodowałoby spadek wartości ilorazu U_m/z , który trzeba by było skompensować wzrostem liczby zwojów cewki. Wzrost liczby zwojów będzie przy tym większy, niżby to wynikało z narzucającej się zależności:

$$U_m/z = \text{const.} \cdot z^{-1} \quad / 5 /$$

ponieważ jednocześnie wzrośnie wartość tej części strumienia magnetycznego przepływającego przez rdzeń, która nie zamyka się na zewnątrz cewki, lecz w obszarze obejmowanym przez uzwojenia. Wzrost liczby zwojów przyczyni się do wzrostu rezystancji cewki znacznie powyżej założonej wartości 600 Ω .

Wyniki badań przedstawione w p. 3.3.6. dostarczają dodatkowego argumentu przeciwko powiększaniu liczby zwojów cewki przetwornika oraz przeciwko zmniejszaniu średnicy drutu nawojowego.

4. W trakcie badań nie było możliwości porównania modeli z ich zagranicznymi wzorcami, do dostarczenia których zobowiązał się Zleceniodawca. Porównanie takie byłoby pożądanym uzupełnieniem dotychczasowych badań.

5. Zrezygnowano w trakcie badań z przeprowadzenia prób odporności na działanie mgły solnej i olejowo-benzynowej, wychodząc z założenia, że badania te będą użyteczniejsze w etapie prototypów. Należy podkreślić, że użyte przewody sygnałowe i materiały na obudowę przetwornika oraz sposób uszczelnienia konstrukcji w zasadzie gwarantują pozytywne rezultaty tych prób.

Ponadto nie zbadano charakterystyki $\dot{u}_x / 2$ / w całym założonym zakresie ~~prę~~ zmian prędkości obrotowej, to jest w zakresie 50 + 8000 obr/min, któremu odpowiada w przypadku zastosowanego koła zamachowego zakres zmian częstotliwości wytwarzanych impulsów napięciowych 99 + 15900 Hz. Stanowisko laboratoryjne w Instytucie umożliwiało pomiary przy prędkości obrotowej zmieniającej się płynnie w zakresie 0 + 1600 obr/min / zakres zmian częstotliwości wytwarzanych impulsów: 0 + 3150 Hz /.

Zbadanie tej charakterystyki będzie możliwe po zbudowaniu stanowiska wraz z udostępnionym przez Zleceniodawcę silnikiem.

Badanie to pozwoli stwierdzić rzeczywisty częstotliwościowy zakres pracy przetwornika prędkości obrotowej.

14

Tabl. 1. Wpływ długości l_r rdzenia na amplitudę U_m impulsów napięciowych wytwarzanych przez model przetwornika przy prędkości obrotowej $n = 50$ obr/min.

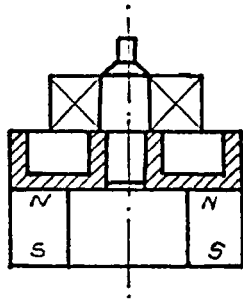
Rodzaj obwodu magnetycznego	U_m	l_r	l_c	R	z	φ_r
	V	mm	mm	Ω	-	mm
Otwarty	0,4	20	15	500	4000	4
	0,55	16	11	560	4000	4
	0,65	13	8	650	4000	4
	0,7	10	5	750	4000	4
Zamknięty	0,3	20	15	500	4000	4
	0,55	16	11	560	4000	4
	0,65	13	8	650	4000	4
	0,65	10	5	750	4000	4

Tabl. 2. Wpływ średnicy φ_r rdzenia na amplitudę U_m impulsu napięciowego przy prędkości obrotowej $n = 50$ obr/min.

Rodzaj obwodu magnetycznego	l_r	l_c	R_o	z	φ_r	U_m
	mm	mm		-	mm	V
Otwarty	13	8	750	4000	4,0	0,55
	13	8	750	4000	5,5	0,85
	13	8	750	4000	6,0	0,95
	10	5	950	4000	4,0	0,6
	10	5	950	4000	5,5	0,95
	10	5	950	4000	6,0	1,05
Zamknięty	13	8	750	4000	4,0	0,7
	13	8	750	4000	5,5	0,95
	13	8	750	4000	6,0	1,05
	10	5	750	4000	4,0	0,7
	10	5	750	4000	5,5	0,85
	10	5	750	4000	6,0	0,95

Tabl. 3. Wpływ materiału płytek koncentrujących strumień magnetyczny na wartość ilorazu k_u .

Otwarty obwód magnetyczny			
Materiał płytki koncentrującej strumień magnetyczny	U_m		k_u
	V	V	
	n = 50	n = 1250	
Pojedyncza blaszka ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm	0,6	11,0	18,3
Dwie blaszki ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm	0,8	14,5	18
Trzy blaszki ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm	0,9	16,0	17,8
Płytką ferrytowa z rdzenia kubkowego M30/19 F3001 o grubości około 3 mm	0,95	18,5	19,5
Rdzeń kubkowy M30/19 F3001 zeszlifowany do wysokości 6 mm: - dno kubka przylega do magnesu trwałego,	0,7	13,5	19,5
- kubek odwrócony.	0,6	11,5	19
Blacha stalowa o grubości 3mm	0,8	10,0	12,7
Płytką z armco o grubości 4 mm	0,8	10,5	13,3
Zamknięty obwód magnetyczny			
Pojedyncza blaszka ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm	0,8	12,8	16
Dwie blaszki ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm	0,9	14,5	16
Trzy blaszki ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm	0,95	14,7	15,5
Płytką ferrytowa z rdzenia kubkowego M30/19 F3001 o grubości 3 mm	1,05	18	17
Płytką z armco o grubości 4 mm	1,0	11,5	11,5

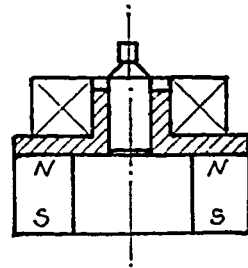


Rys. 1. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1, \text{ mm}$;

$$z = 4000; R_w = 650 \Omega;$$

$$U_m = 0,4 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

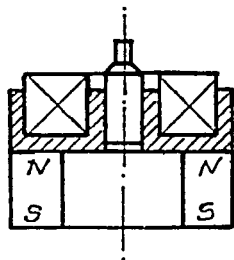


Rys. 4. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1, \text{ mm}$;

$$z = 4000; R_w = 950 \Omega;$$

$$U_m = 0,7 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,175 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

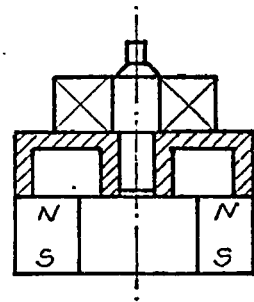


Rys. 2. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$;

$$z = 4000; R_w = 950 \Omega;$$

$$U_m = 0,4 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

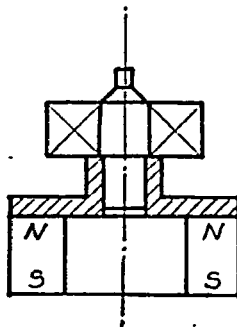


Rys. 5. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1, \text{ mm}$;

$$z = 4000; R_w = 650 \Omega;$$

$$U_m = 0,6 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

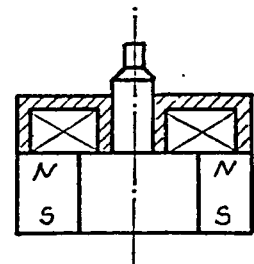


Rys. 3. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$

$$z = 4000; R_w = 650 \Omega;$$

$$U_m = 0,45 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,1125 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

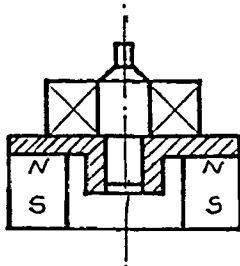


Rys. 6. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1, \text{ mm}$

$$z = 3000; R_w = 600 \Omega;$$

$$U_m = 0,2 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,067 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

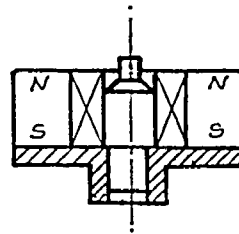


Rys. 7. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$; ...

$$z = 4000; R_w = 650 \Omega;$$

$$U_m = 0,25 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,0625 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

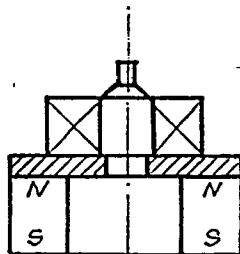


Rys. 10. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$;

$$z = 2400; R_w = 570 \Omega;$$

$$U_m = 0,5 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,208 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

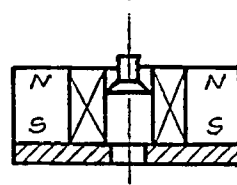


Rys. 8. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$; Rys. 11. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$;

$$z = 4000; R_w = 650;$$

$$U_m = 0,8 \text{ V}$$

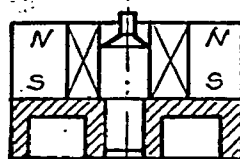
$$U_m/z = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$



$$z = 2400; R_w = 570;$$

$$U_m = 0,65 \text{ V}$$

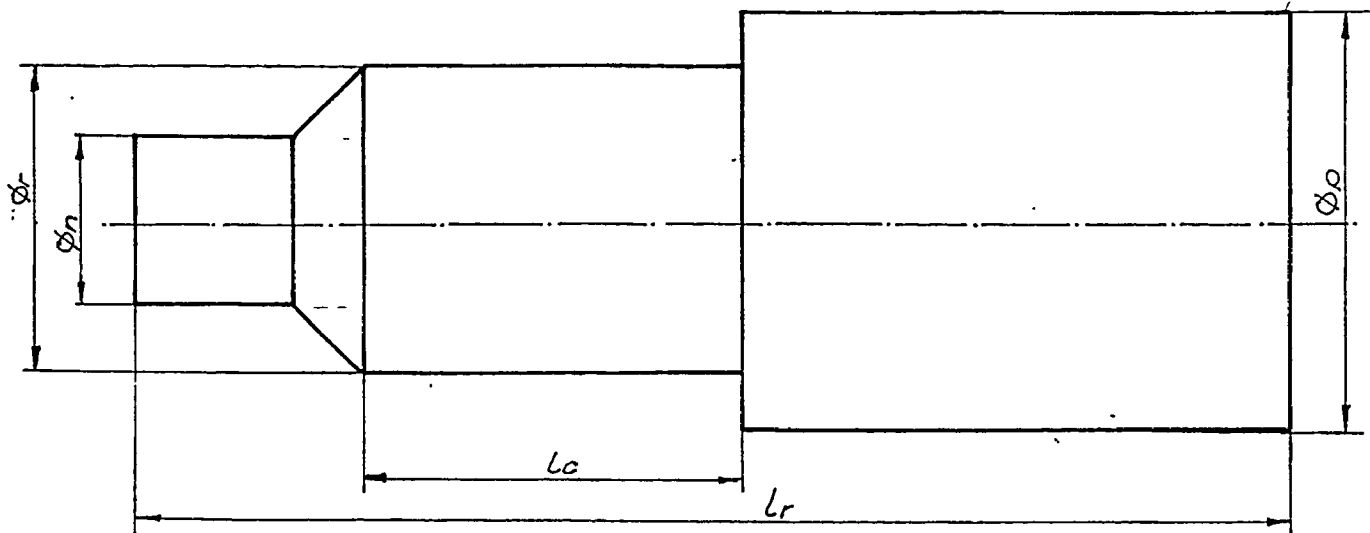
$$U_m/z = 0,27 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$



Rys. 9. $n = 50 \text{ obr/min}$; $l_p = 1 \text{ mm}$; $z = 2400$; $R_w = 570$;

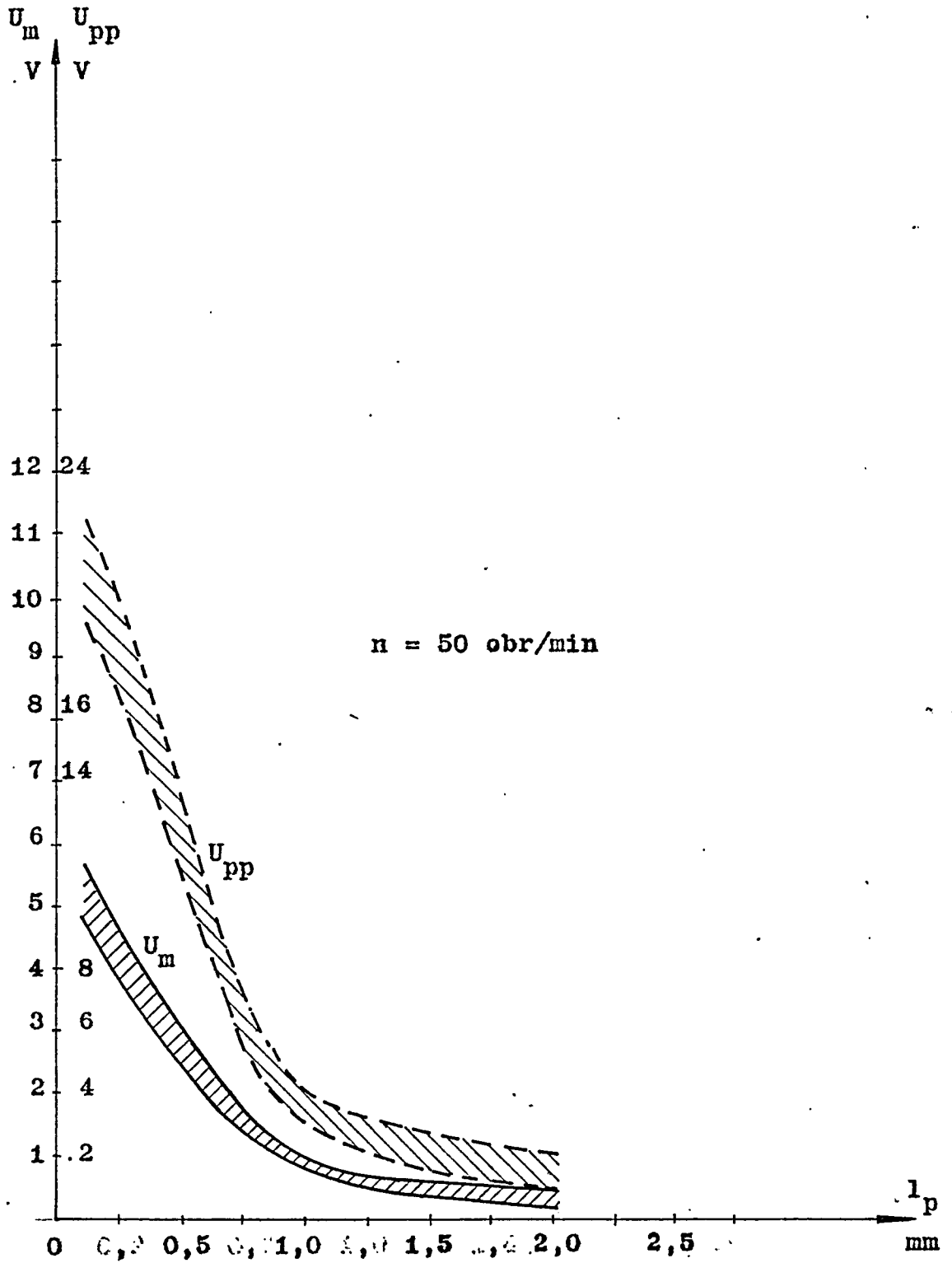
$$U_m = 0,45 \text{ V}$$

$$U_m/z = 0,188 \cdot 10^{-3} \text{ V/zwój}$$

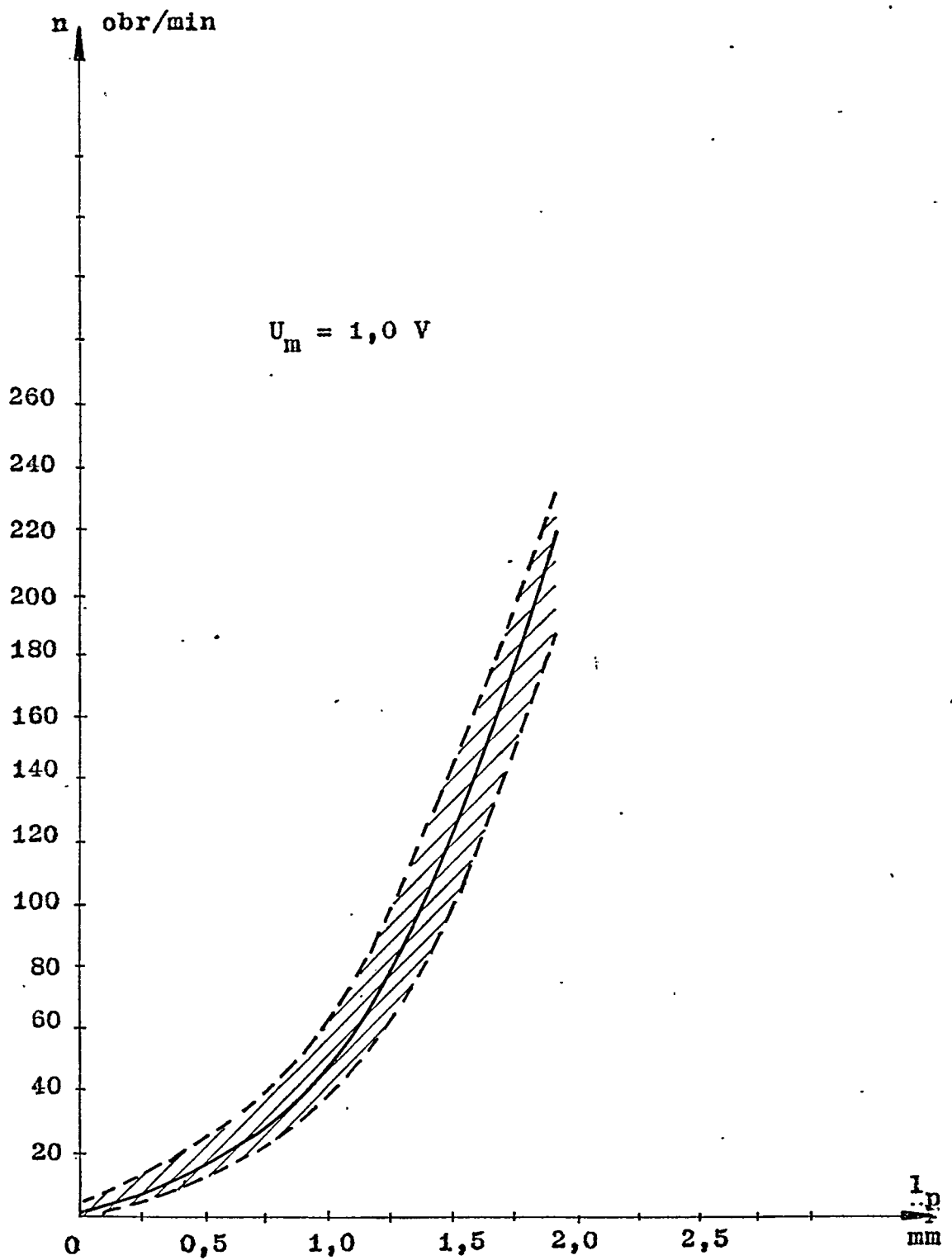


l_c	l_r	ϕ_r	ϕ_n	ϕ_p
mm	mm	mm	mm	mm
15	20	4	2,2	5,5
11	16	4	2,2	5,5
8	13	4	2,2	5,5
5	10	4	2,2	5,5

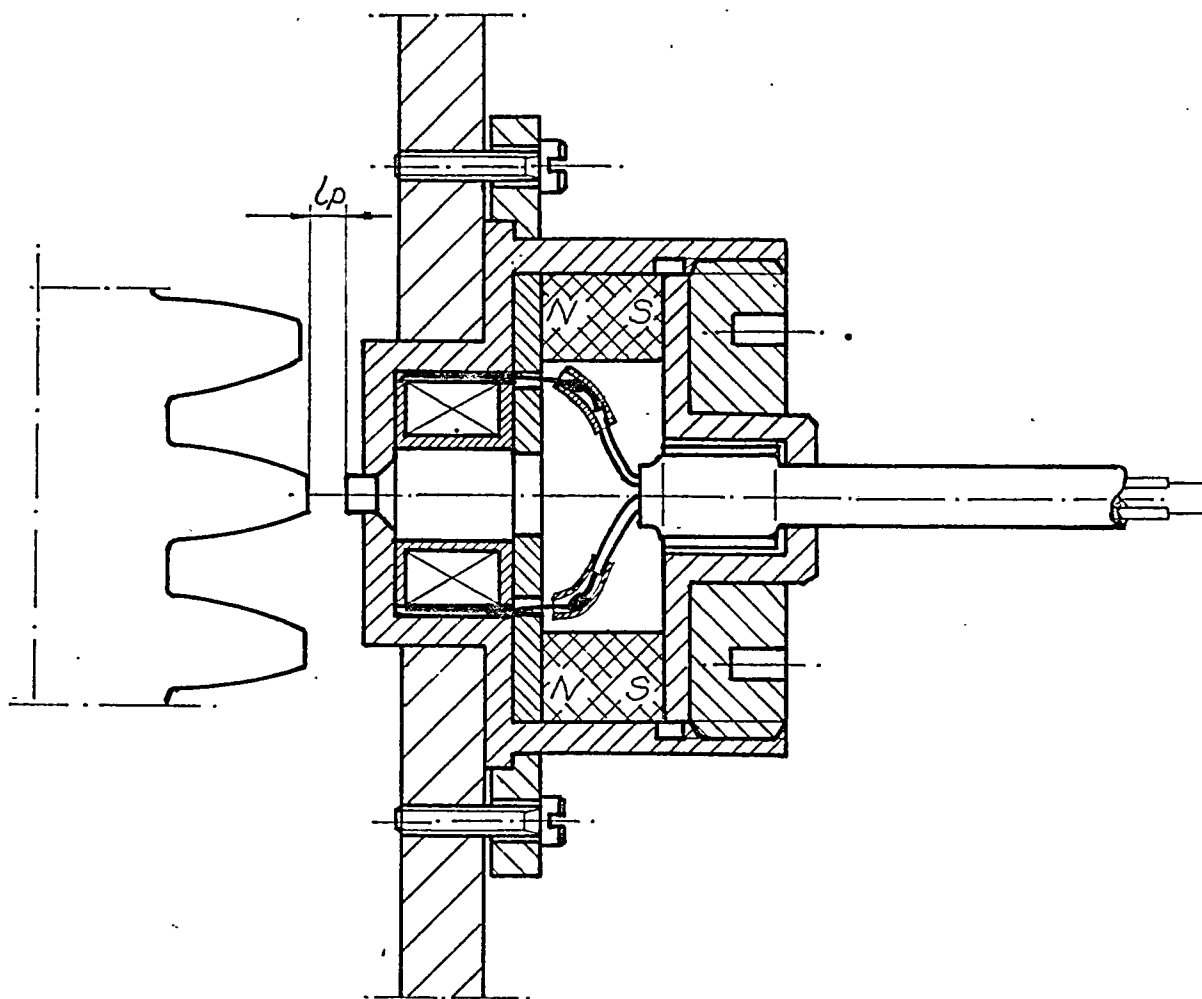
Rys. 12. Optymalizowany rdzeń przetwornika - badanie wpływu długości rdzenia na amplitudę impulsów napięciowych przy $n = 50$ obr/min.



Rys. 13. Charakterystyka amplitudy impulsu napięciowego w funkcji szerokości l_p szczeliny powietrznej. przy $n = 50 \text{ obr/min}$. U_m - amplituda impulsu, U_{pp} - amplituda napięcia międzyszozytowego / peak to peak /. $U_{pp} = 2 \cdot U_m$.



Rys. 14. Charakterystyka prędkości obrotowej, przy której przetwornik wytwarza impulsy o amplitudzie $U_m = 1 \text{ V}$, w funkcji szerokości l_p szczeliny powietrznej.



Rys. 15. Konstrukcja modelu przetwornika prędkości obrotowej.

PROTOKÓŁ Z BADAŃ CZUJNIKA POŁOŻENIA I PRĘDKOŚCI

1. Przedmiot badań

Badaniom poddano 3 szt czujników położenia i prędkości wału korbowego wykonanych w/g rys.nr..... zlec.1933 /do badań oznaczonych nr.nr 1,2,3./

2. Podstawa i zakres badań

Badania przeprowadzono na podstawie korespondentki ORC-21/594/85 z dn. 85.11.20.

Sprawdzenia obejmowały:

- próbę na działanie nagłych zmian temperatury
- próbę na działanie ciepłego wilgotnego powietrza
- próbę wytrzymałości na drgania

3. Przebieg i wyniki badań

3.1. Próba na działanie nagłych zmian temperatury

Badane czujniki poddano 5-ciu cyklom termicznym. Jeden cykl obejmował przetrzymanie przez 2h w komorze klimatycznej w temperaturze -40°C / szybkie przełożenie do ciepłarki i przetrzymanie w niej przez 2h w tem. $+125^{\circ}\text{C}$ /. Po każdym wyjęciu z komory i ciepłarki sprawdzano oporność cewki. Wyniki podano poniżej:

I cykl	po -40°C	670 Ω	672 Ω	696 Ω
	po $+125^{\circ}\text{C}$	1185 Ω	1190 Ω	1205 Ω
II cykl	po -40°C	682 Ω	686 Ω	699 Ω
	po $+125^{\circ}\text{C}$	1184 Ω	1189 Ω	1202 Ω
III cykl	po -40°C	680 Ω	678 Ω	696 Ω
	po $+125^{\circ}\text{C}$	1188 Ω	1190 Ω	1206 Ω
IV cykl	po -40°C	676 Ω	679 Ω	701 Ω
	po $+125^{\circ}\text{C}$	1186 Ω	1188 Ω	1204 Ω
V cykl	po -40°C	679 Ω	680 Ω	702 Ω
	po $+125^{\circ}\text{C}$	1185 Ω	1188 Ω	1205 Ω

Pomiary wykonano miernikiem uniwersalnym UM-3.

Po 5-tym cyklu sprawdzono oporność izolacji między końcówkami przewodów a metalowym kołnierzem oraz między końcówkami przewodów i ekranem. We wszystkich trzech czujnikach w obydwu przypadkach oporność izolacji wynosiła 50 Ω /pomiar megaomomierzem 500V/. W wyniku oględzin nie stwierdzono żadnych zmian w wyglądzie zewnętrznym a wykonane pomiary elektryczne nie wykazały uszkodzeń cewek.

3.2. Próba na działanie ciepłego wilgotnego powietrza

Badane czujniki umieszczono w komorze klimatycznej i poddano działaniu temperatury $+40^{\circ}\text{C}$ i wilgotności 95 % w czasie 96 h. Po każdej dobie sprawdzono oporność izolacji czujników, która w każdym przypadku wynosiła 50 M Ω .

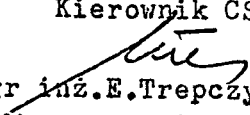
Następnie czujniki poddano suszeniu w temperaturze 55°C w czasie 6 h. Po wysuszeniu powtórzono pomiar oporności izolacji czujników, która wynosiła 50 M Ω dla wszystkich trzech czujników.

3.3. Próba wytrzymałości na drgania

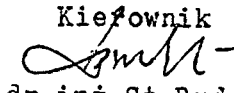
Badane czujniki zamocowano sztywno do stołu wstrząsarki typ ST 5000 i poddano wibracjom sinusoidalnym o parametrach - częstotliwość 100-500 Hz przyspieszenie 40g. Czas próby wynosił po 0,5 h dla każdego położenia czujnika /trzy położenia czujnika -góra, dół, na boku/. Po próbie pomierzono oporność izolacji, która dla wszystkich trzech czujników wynosiła 50 M Ω .

Próby przeprowadził: tech. Henryk Michniewicz.

Kierownik CSP


mgr inż. E. Trepczyński

Kierownik OBN


dr inż. St. Budzyński