

INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI

Do użytku służbowego



Warszawa

Pożaryskiego 28

INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI
ZAKŁAD ENERGETYKI I STEROWANIA EL.
ul. Pożaryskiego 28, tel. 12-00-21
04-703 Warszawa

WYKONANIE PRAC

Uzupełnienie
do dokumentacji technicznej
№ 123/3/87

Opracowali:

doc. mgr inż. A. Sulco

mgr inż. D. A. Przygoda

mgr inż. J. Wróblewski

[Signature]
[Signature]

Kierownik Zakładu:

mgr inż. S. Hwiński

[Signature]
mgr inż. Stanisław Hwiński

UZUPEŁNIENIE DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ

NMS/3/87

1. Zestawienie właściwości produkowanych obecnie mierników prędkości obrotowej

Wśród przyrządów służących do pomiaru prędkości obrotowej oferowanych przez liczne firmy zachodnie można wyodrębnić dwie zasadnicze grupy:

- matogabarytowe multitachometry cyfrowe do pomiaru prędkości obrotowej (czasem także liniowej)
- uniwersalne wielofunkcyjne (zazwyczaj mikroprocesorowe) mierniki prędkości obrotowej, liniowej, poślizgu itp.

Wymienione grupy różnią się cechami użytkowymi i obszarem zastosowań. Multitachometry umożliwiają pomiar bezpośrednio na stanowisku produkcyjnym, w warsztacie itp. Mierniki uniwersalne są natomiast stosowane głównie w laboratoriach i pracowniach badawczych, ponieważ umożliwiają pomiar wielu różnych parametrów (nie tylko prędkości obrotowej), a ponadto mogą współpracować z drukarkami i komputerowymi systemami pomiarowymi.

W poniższym zestawieniu przedstawione zostały właściwości mierników pierwszej grupy tj. multitachometrów. Podstawą tego zestawienia były dane katalogowe multitachometrów oferowanych przez następujące firmy:

- SHIMPO EUROPE GmbH.
- AMETEK Power Instruments
- Waldsee Electronic (WSE)
- Graham & White Instruments Ltd.
- Dr. E.Horn GmbH.
- Electro-Sensors Inc.
- InduNORM

1.1 Ogólna charakterystyka multitachometrów

Multitachometry są urządzeniami o małych rozmiarach i masie, dostosowane kształtem do postugiwania się nimi jedną ręką.

Regułą jest zasilanie z wewnętrznych baterii lub akumulatorów. Zasilanie sieciowe z zewnętrznego zasilacza oferuje (jako opcję) tylko jedna z wymienionych firm, jest to bowiem rozwiązanie znacznie utrudniające obsługę i ograniczające zakres zastosowań.

Wynik pomiaru jest podawany najczęściej na wyświetlaczu LED, zapewniającym dobrą czytelność w różnych warunkach oświetlenia. Stosowane są wyświetlacze cztero- lub pięciocyfrowe, zwykle połączone ze wskaźnikiem stanu baterii.

Czujniki są zwykle zintegrowane z miernikiem. Dotaczanie czujników giętkim przewodem jest rzadko spotykane, ponieważ jest to rozwiązanie utrudniające postugiwanie się miernikiem. Kształt przyrządu powinien zapewniać łatwy i bezpieczny dostęp czujnika do wału badanej maszyny.

1.2 Metoda pomiaru

Wszystkie multitachometry działają na zasadzie zliczania impulsów nadawanych przez czujnik w okresie 1 sekundy. Podstawa czasu jest zwykle oparta na generatorze kwarcowym. Niektóre multitachometry umożliwiają wybór czasu zliczania - $1/2$ s, a nawet regulację tego czasu w zakresie 0.001...9.999 s.

1.3 Stosowane czujniki

W multitachometrach stosowane są czujniki stykowe i bezstykowe. Czujniki stykowe (stożkowe sprzęgła dociskowe) są stosowane rzadziej i tylko do pomiaru mniejszych prędkości obrotowych.

Zdecydowana większość multitachometrów jest wyposażona w optyczne (refleksyjne) czujniki bezstykowe. Spotykane są też czujniki magnetyczne (indukcyjne), lecz mają one znacznie mniejszy obszar zastosowań.

Stosowane czujniki optyczne umożliwiają pomiar z odległości do kilkudziesięciu centymetrów od wału. Zwykle w wyposażeniu multitachometru producent dostarcza specjalną odblaskową taśmę przeznaczoną do naklejenia na wał badanej maszyny. Preferowane są czujniki z oświetleniem światłem widzialnym, ponieważ umożliwiają dokładne ustawienie czujnika na obiekt.

1.4 Zakres i dokładność pomiaru

Górna granica zakresu pomiarowego waha się od 10000 do 1000000 obr/min. Mierniki wyposażone w czujniki stykowe mają zwykle zakres do 10000 lub 20000 obr/min, natomiast pozostałe - z czujnikami optycznymi - powyżej 30000 obr/min. Multitachometry o zakresie powyżej 100000 obr/min są jednak rzadko spotykane, ponieważ tylko w nielicznych zastosowaniach trzeba mierzyć tak duże prędkości obrotowe. Można zatem przyjąć, że modelowy multitachometr powinien mieć zakres do 100000 lub 200000 obr/min.

Multitachometry są produkowane w typoszeregach lub mają kilka podzakresów pomiarowych. Dokładność pomiaru zależy od wybranego podzakresu - zwykle wynosi 1 obr/min w podzakresie do 10000 obr/min i 10 obr/min dla wyższych podzakresów. Całkowity błąd pomiaru jest więc rzędu 0.01%.

Dolna granica pomiaru zależy od stosowanego czujnika (przetwornika obrotowo - impulsowego). Niektóre firmy reklamują się dolną granicą równą 0.1 obr/min, lecz typowo wynosi ona 1..10 obr/min. Należy zauważyć, że pełną dokładność pomiaru uzyskujemy dopiero przy 10..100 obr/min (w zależności od podzakresu).

2. Ocena multitachometru PR9132

2.1 Właściwości metrologiczne

Zakresy pomiarowe multitachometru (9999 obr/min z czujnikiem stykowym i 599940 obr/min z czujnikami bezstykowymi) są zgodne z zakresami analogicznych mierników produkcji zachodniej i pozwalają na pomiar prędkości obrotowej w większości zastosowań.

Poważną wadą miernika jest konieczność przeliczania jego wskazań przy pomiarach czujnikami bezstykowymi (jest to wada dyskwalifikująca multitachometr jako miernik techniczny, nie występująca w żadnym mierniku zachodnim). Wynik podawany na wyświetlaczu jest liczbą impulsów zliczonych w czasie jednej sekundy, a więc wynik pomiaru jest iloczynem wskazania i współczynnika zależnego od liczby impulsów przypadających na jeden obrót wału. Rozwiązanie takie umożliwia wprawdzie elastyczne dostosowywanie się do liczby impulsów na obrót (co jest ważne np. przy pomiarach prędkości obrotowej kół zębatych czujnikiem magnetycznym), lecz znacznie utrudnia pomiar w większości innych przypadków. Najczęściej używa się bowiem czujnika optycznego z jednym paskiem odblaskowym na wale badanej maszyny, w którym to przypadku przyrząd wskazuje częstotliwość obrotów w hercach. Wada takiego rozwiązania jest też mała rozdzielczość pomiaru przy małej liczbie impulsów na obrót: przy 1 impulsie na obrót rozdzielczość wynosi $1 \text{ Hz} = 60 \text{ obr/min}$.

Miernik nie posiada sygnalizacji impulsów z czujnika. Może to być przyczyną błędów, ponieważ stwierdzono dużą wrażliwość czujnika optycznego na kontrast między odblaskowym paskiem a resztą powierzchni wiatu. Zaobserwowano, że przy niedostatecznym kontraście multitachometr wyświetla przypadkowe wartości, które mogą być omyłkowo uznane za wynik pomiaru. W wyposażeniu multitachometru nie ma taśmy odblaskowej, więc rodzaj powierzchni odblaskowej i odległość czujnika trzeba dobierać eksperymentalnie.

Maksymalna odległość, przy której przyrząd pracował poprawnie była rzędu 5 cm. Może to ograniczać zastosowania przyrządu w sytuacjach, gdy bliskie podejście do wiatu jest utrudnione.

Multitachometr umożliwia zmianę czasu pomiaru: 1 lub 2 sekundy. Niestety przy czasie 2 s wynik jest również liczbą zliczonych impulsów, a więc wymaga podzielenia przez 2 (niezależnie od przeliczenia przez współczynnik związany z liczbą impulsów na obrót).

Dodatkową funkcją multitachometru jest liczenie impulsów z czujnika. Funkcja ta może być użyteczna, lecz niestety zliczanie odbywa się wyłączenie do przodu, bez względu na kierunek obrotów.

W wyposażeniu multitachometru znajduje się zestaw końcówek stykowych do pomiaru prędkości obrotowej i liniowej. Pomiar przy pomocy tych końcówek jest - poza ograniczeniem zakresu do 9999 obr/min - obciążony błędami wynikającymi z poślizgu końcówki. Stwierdzono zależność wyniku pomiaru od siły, z jaką sprzęgło dociskane jest do wiatu, szczególnie przy obrotach wiatu większych od 5000 obr/min. Ogólnie pomiar metodą stykową należy uznać za niepewny co do osiągniętej dokładności. Jego zaletą jest natomiast otrzymywanie wyniku w obrotach na minutę bez konieczności jakichkolwiek przeliczeń.

2.2 Właściwości ergonomiczne

Multitachometr PR9132 jest przyrządem o rozmiarach i masie zgodnych z porównywalnymi rozwiązaniami zagranicznymi. Jego kształt nie jest natomiast dostosowany do trzymania w dłoni - jest zbyt szeroki i brak mu ergonomicznego wyprofilowania krawędzi. Obudowa nie sprawia wrażenia dostatecznie odpornej na uderzenia (upadki).

W multimetrze zastosowano przelączniki hebelkowe, co wprawdzie zabezpiecza przed przypadkowym przelącznieniem, lecz znacznie utrudnia przelączanie jedną ręką, co jest szczególnie istotne w przypadku funkcji pamiętania ostatniego wyniku. Bardziej sensowne byłoby zastosowanie przelączników typu przyciskowego. Rozmieszczenie przelączników jest poza tym niezbyt wygodne, zwłaszcza przelącznika MEMORY.

Zaletą multitachometru jest możliwość stosowania różnych czujników pomiarowych. Niestety najbardziej użyteczne czujniki bezstykowe nie są wbudowane, lecz dołączone przewodem. Rozwiązanie takie utrudnia posługiwanie się przyrządem, wykluczając obsługę jedną ręką i zmuszając do dzielenia uwagi między utrzymywanie czujnika w odpowiedniej pozycji względem obiektu pomiaru a obsługę i odczytywanie wskazań. Można wprawdzie zamocować czujniki (co umożliwia ich konstrukcja), lecz konstrukcja obudowy nie przewiduje stacjonarnego zastosowania przyrządu - brak możliwości mocowania na stanowisku pomiarowym. Multitachometr jest przy tym tak lekki, że nie można potożyć go podczas pomiaru, ponieważ manipulacje czujnikiem mogą spowodować upadek i uszkodzenie przyrządu.

Stosowanie czujników stykowych - poza opisanymi wcześniej błędami pomiaru - może być niebezpieczne dla mierzącego. Gniazdo końcówek stykowych umieszczono bowiem z boku obudowy, co zmusza do zbliżania ręki do badanego obiektu na odległość rzędu zaledwie 2 - 3 centymetrów. Jest to znaczny błąd konstrukcji, ponadto pozycja wyświetlacza w takim przypadku utrudnia odczyt wyniku. W rozwiązaniach zachodnich czujnik stykowy jest umieszczany w wypuszczeniu obudowy od strony czołowej, co zapewnia bezpieczne operowanie przyrządem i wygodny odczyt.

Drobną niedogodnością jest sposób tarczenia końcówek stykowych z miernikiem - siła nacisku na wał może powodować rozluźnienie połączenia końcówek walcowych i trudności w rozrządzeniu końcówek stożkowych.

Stosowanie zasilacza sieciowego jest zdecydowanie niewskazane - zestaw czujnik - multitachometr - zasilacz stwarza wielkie trudności manipulacyjne i grozi wplątaniem przewodów w wirujące części badanego obiektu. Zestaw taki można praktycznie stosować tylko w warunkach stacjonarnych (patrz wcześniejsze uwagi).

Na obudowie multitachometru brakuje opisu gniazd połączeniowych czujników i zasilacza. Umieszczenie napisu "RPM" na wyświetlaczu jest mylące - z powodu konieczności przeliczania wyniku przy stosowaniu czujników bezstykowych.

2.3 Podsumowanie oceny

Multitachometr DMT 21 jest przyrządem pomiarowym o parametrach zbliżonych do analogicznego sprzętu produkcji zachodniej. Konstrukcja zawiera jednak wiele błędów i niedopatrzeń, zwłaszcza w zakresie funkcjonalności i wygody użytkownika. Jest to zatem przyrząd zdecydowanie ustępujący zagranicznym rozwiązaniom.

3. Sugestia parametrów następcy multitachometru PR9132

W świetle przedstawionej oceny multitachometru PR9132 nasuwają się następujące wnioski na temat parametrów jego następcy:

3.1 Przyrząd powinien być lepiej dostosowany do wygodnego i bezpiecznego użytkowania (zwłaszcza jedną ręką) poprzez:

- bardziej ergonomiczne ukształtowanie obudowy
- zintegrowanie czujnika z obudową przyrządu (na wypuście od strony czołowej)
- lepsze rozmieszczenie przetaczników, zastąpienie hebelków przyciskami
- rezygnacja z zasilacza sieciowego lub umieszczenie go wewnątrz obudowy (wymennie z bateriami)

3.2 W większości zastosowań najlepszym rodzajem czujnika jest czujnik optyczny. Można zatem zrezygnować z używania wielu czujników lub skonstruować te czujniki w postaci wymiennych nasadek na część czołową przyrządu.

Czujnik optyczny powinien mieć zwiększony zasięg pomiaru - co najmniej do kilkunastu centymetrów. Jego konstrukcja powinna eliminować wpływ warunków oświetleniowych.

Wskazane jest również wyposażenie multitachometru we wskaźnik impulsów z czujnika.

3.3 Konieczne jest wprowadzenie automatycznego przeliczania wyniku - tak aby był on podawany w obrotach na minutę bez względu na rodzaj czujnika, liczbę impulsów na obrót, czas zliczania itp.

3.4 Bardzo użyteczne - a związane z przeliczaniem wyniku - byłoby rozszerzenie możliwości przyrządu o pomiar takich wielkości jak np. poślizg.

3. Sugestia parametrów następcy multitachometru PR9132

W świetle przedstawionej oceny multitachometru PR9132 nasuwają się następujące wnioski na temat parametrów jego następcy:

3.1 Przyrząd powinien być lepiej dostosowany do wygodnego i bezpiecznego użytkowania (zwłaszcza jedną ręką) poprzez:

- bardziej ergonomiczne ukształtowanie obudowy
- zintegrowanie czujnika z obudową przyrządu (na wypuszczeniu od strony czotowej)
- lepsze rozmieszczenie przetaczników, zastąpienie hebelków przyciskami
- rezygnacja z zasilacza sieciowego lub umieszczenie go wewnątrz obudowy (wymienne z bateriami)

3.2 W większości zastosowań najlepszym rodzajem czujnika jest czujnik optyczny. Można zatem zrezygnować z używania wielu czujników lub skonstruować te czujniki w postaci wymiennych nasadek na część czotową przyrządu.

Czujnik optyczny powinien mieć zwiększony zasięg pomiaru - co najmniej do kilkunastu centymetrów. Jego konstrukcja powinna eliminować wpływ warunków oświetleniowych.

Wskazane jest również wyposażenie multitachometru we wskaźnik impulsów z czujnika.

3.3 Konieczne jest wprowadzenie automatycznego przeliczania wyniku - tak aby był on podawany w obrotach na minutę bez względu na rodzaj czujnika, liczbę impulsów na obrót, czas zliczania itp.

3.4 Bardzo użyteczne - a związane z przeliczaniem wyniku - byłoby rozszerzenie możliwości przyrządu o pomiar takich wielkości jak np. poślizg.

3.5 Ze względu na podstawową rolę zasilania bateryjnego należy położyć nacisk na minimalizację energochłonności przyrządu - przez zastosowanie układów CMOS i wyświetlacza LCD.