

Andrzej USZARUK, Teodor WERBOWSKI

Instytut Maszyn i Urządzeń
Energetycznych

NOWA KONCEPCJA ŁĄCZA TELEMETRYCZNEGO
DO POMIARU PRZETWORNIKAMI TENSOMETRYCZNYMI
NA WIRUJĄCYCH OBIEKTACH

Streszczenie. W skrócie przedstawiono aktualny stan prac i osiągnięć w konstrukcji łączy do przekazywania sygnałów elektrycznych z wirujących obiektów na nieruchome przyrządy pomiarowe, prowadzonych przez krajowe ośrodki naukowe, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb tensometrii oporowej. Opisano koncepcję 8 kanałowego łączy telemetrycznego z automatycznym wyborem kanału pomiarowego i z cyfrowym odczytem oraz wydrukiem wskazań. Całość realizowana jest na układach scalonych o dużej skali integracji w większości w technice MOS.

1. Wstęp

W wielu zagadnieniach praktycznych zachodzi potrzeba pomiaru wielkości fizycznych na obiektach znajdujących się w ruchu, w szczególności w przypadku maszyn przepływowych w ruchu obrotowym. Ponieważ większość rozwiniętych technik pomiarowych oparta jest o pomiar wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi, zachodzi więc przede wszystkim potrzeba przekazywania elektrycznych sygnałów pomiarowych z czujników na obiekcie ruchomym na nieruchome przyrządy pomiarowe. Zalety pomiaru wielkości fizycznych na drodze elektrycznej są oczywiste i można tu jedynie wspomnieć, że wśród wielkości mierzonych w ten sposób, a interesujących badacza i eksploatatora maszyn przepływowych, są parametry przepływu względnego w kanałach międzyłopatkowych wirnika, moc efektywna na sprzęgle, odkształcenia (naprężenia) statyczne i dynamiczne wirników wraz z łopatkami, drgania łopatek wirnikowych i wiele innych.

Stosowane dotychczas przekaźniki elektrycznych sygnałów pomiarowych z elementów wirujących można podzielić na dwie grupy:

- telemetryczne (radiowe) [1,2,7],
- przewodowe [3,6,7].

Każda z wymienionych wyżej metod ma swoje zalety i wady. I tak, zastosowanie telemetrycznych łączy w turbinach olejnych, sprężarkach i w pompach gorących olejoży jest mocno ograniczone przez wysokie temperatury i

w tym przypadku zagadnienie ochrony przez skuteczną izolację cieplną odgrywa zasadniczą rolę. Podobnie wygląda sprawa ochrony przed wilgotnością agresywnością chemiczną czynnika itp. Istotną jest również sprawa miniaturyzacji nadajnika radiowego, ze względu na potrzebę dodatkowego wyważenia, dostępności miejsca i wprowadzanych zaburzeń w mierzone wielkości. Prace nad tego typu łączami były dotychczas prowadzone w kraju przez Instytut Lotnictwa [2,7], Politechnikę Warszawską [5] oraz Instytut Techniki Ciepłej [1] w Łodzi. STYBURSKI [7] podaje, że w przypadku Instytutu Lotnictwa i Politechniki Warszawskiej osiągnięte dotychczas rezultaty nie są zadowalające ze względu na znaczny ciężar nadajnika i duży koszt. W przypadku obydwóch ośrodków warszawskich łącze było przystosowane do przekazywania sygnałów z przetworników tensometrycznych. Telemetryczny układ pomiarowy TMR-2 opracowany w Łodzi [1], ze względu na stosunkowo niskie pasmo częstotliwości nośnej 50 - 150 kHz, charakteryzuje znaczny poziom szumów i podatność na zakłócenia. Stosunkowo wysoka oszczędność odbiornika, przy tych długościach fali nośnej, wymaga dodatkowej jego rozbudowy. Wadą, uniemożliwiającą miniaturyzację nadajnika jest stosowanie wzmacniaczy operacyjnych pierwszej generacji, wymagających kompensacji częstotliwości wejścia i wyjścia. Zastosowane wzmacniacze operacyjne cechuje duże napięcie niezrównoważenia wejścia. Pewne dane o przekaźniku telemetrycznym firmy Vibrometer można znaleźć w [4].

Wśród łączy przewodowych należy wyróżnić:

- bezstykowe,
- stykowe.

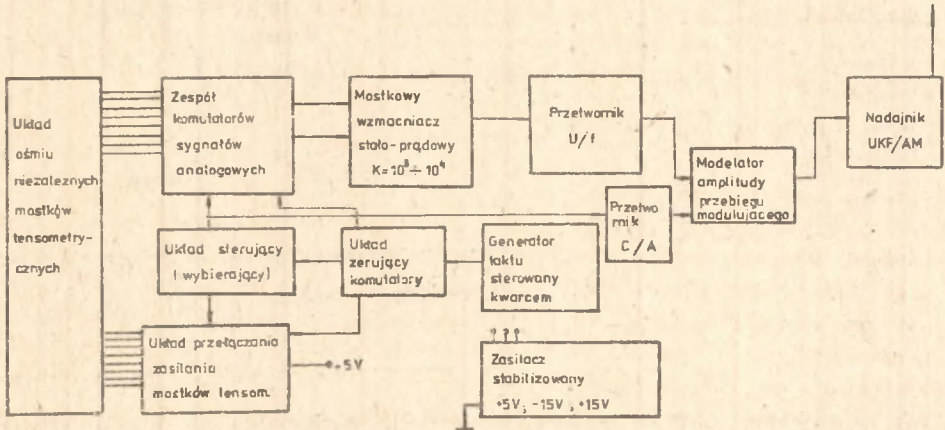
Łącza bezstykowe realizowane są za pośrednictwem obracającego się transformatora [7] lub cewek indukcyjnych [3] i w wymienionych wyżej rozwiązaniach znalazły zastosowanie w przetwornikach do pomiaru momentu obrotowego na wale. Zasadniczą ich zaletą w stosunku do łączy stykowych, przy zastosowaniu przetworników tensometrycznych, jest niezmienność oporu kanału pomiarowego, która w przypadku łączy stykowych jest nieunikniona. Łącza stykowe wykonywane są jako pierścieniowo-szczotkowe i rtęciowe [6,7]. Szczególnie te pierwsze są mało przydatne w przypadku przetworników tensometrycznych, gdyż zmiany oporu na styku są porównywalne ze zmianami w tensometrach. Zależy to od wielu trudnych do kontroli czynników, a w konsekwencji wyniki pomiarów są niepewne. Styki rtęciowe zapewniają znacznie niższy poziom zakłóceń i wyższą dokładność pomiaru, ale i one posiadają wady. Główną wadą ich jest to, że rtęć po pewnym czasie pokrywa się warstwą źle przewodzących tlenków oraz tworzy amalgamaty, co znacznie pogarsza stabilność styków, a nawet może doprowadzić do zaniku kontaktu elektrycznego. Przy dużych prędkościach obrotowych następuje silne grzanie się styków, mogące prowadzić do całkowitego ich zniszczenia. Fakt ten musi być uwzględniany przy kompensacji mostków. Może być ona przeprowadzona dopiero po uzyskaniu stabilizacji cieplnej. Styki te są jednym słowem trudniejsze w użyt-

kowaniu niż łącza stykowe ślizgowe. W kraju łącza tego typu były wykonywane przez wymienione już ośrodki [7].

Ostatnio w Zespole Ciepłych Maszyn Wirnikowych Instytutu podjęto i kontynuuje się prace nad telemetrycznym przekazywaniem sygnału, w szczególności w zastosowaniu do pomiaru odkształceń metodami tensometrii oporowej i bezpośredniego pomiaru mocy efektywnej na sprzęgle wentylatora czy też dmuchawy. Prace te prowadzone są na zapotrzebowanie OBR Barowent przy zjednoczeniu KLIMAWENT w Katowicach.

2. Ogólna koncepcja łącza telemetrycznego

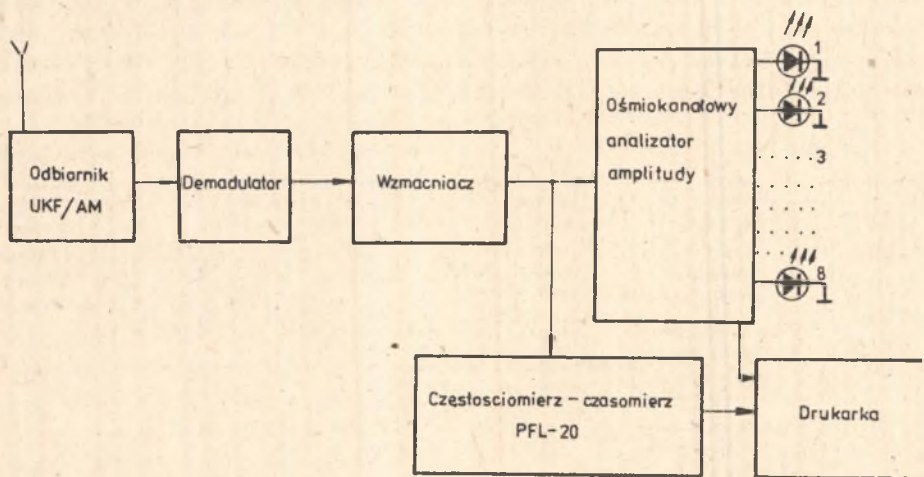
Łącze telemetryczne przedstawione na rys. 1 zaprojektowano z myślą o automatycznym wybieraniu kanału pomiarowego wraz z zakodowaniem w przesyłanym sygnale informacji o tym, który aktualnie punkt pomiarowy jest podłączony do toru. Przy projektowaniu układu nadajnika problem wielkości gabarytów oraz pobieranej mocy rozwiązano stosując najnowsze, o dużej skali integracji, układy scalone, wykonane w większości w technice MOS. Zespołem komutatorów sygnałów analogowych oraz układem przełączania zasilania



Rys. 1. Schemat blokowy nadajnika zespołu telemetrycznego z automatycznym wyborem jednego z 8 niezależnych punktów pomiarowych

punktów pomiarowych steruje takt generatora kwarcowego. Zapewnia to jednolitość pomiarów, gdyż każdy z punktów pomiarowych jest w jednakowo długim czasie podłączony do toru pomiarowego. W skład toru pomiarowego wchodzi mostkowy wzmacniacz stałoprądowy o płynnie regulowanym wzmocnieniu w zakresie $k = 10^3 - 10^4$, co umożliwił szeroki zakres pomiarowy odkształceń. Wzmocniony sygnał pomiarowy jest przekształcony w przetworniku U/f na proporcjonalną do jego napięcia częstotliwość. Amplituda sygnału o częstotliwości modulującej została uzależniona od numeru punktu pomiarowego, co zrealizowano za pomocą drabinkowego przetwornika cyfrowo-analogowego oraz

modulatora amplitudy. Tak przetworzony sygnał informacyjny moduluje impulsowo nadajnik fali nośnej w zakresie pasma UKF. Należy dodać, że układ zezurający i sterujący komutatorami sygnałów analogowych oraz układ przełączania zasilania, zostały zaprojektowane w ten sposób, że pomiędzy każdym następnym pomiarem istnieje przedział czasu, w trakcie którego wszystkie wejścia są na potencjale masy. Taki układ sterowania gwarantuje przypisanie danej informacji odpowiedniemu punktowi pomiarowemu oraz eliminuje stosowanie synchronizatora nadajnika z odbiornikiem. W części odbiorczej zespołu telemetrycznego zastosowano do odczytu informacji częstotliciomierz-czasomierz PFL-20. Umożliwia to nie tylko cyfrowy odczyt lecz również, przy odpowiednim podłączeniu drukarki, wydruk informacji. Informacja o tym jaki aktualnie punkt pomiarowy pracuje, jest wyświetlana za pomocą diod luminescencyjnych, a może być też wydrukowywana przy wartości wyniku pomiaru. Zespołem LED-ów oraz drukarką drukującą numer punktu pomiarowego steruje ośmiokanałowy analizator amplitudy.



Rys. 2. Schemat blokowy odbiornika zespołu telemetrycznego z cyfrowym odczytem i wydrukiem wyniku pomiaru oraz ze wskazaniem punktu pomiarowego

W chwili obecnej większość podzespołów łączy telemetrycznego została już wykonana. Należy zaznaczyć, że aby przyrząd w pełni spełniał swe zadanie, tzn. błąd pomiaru był jak najmniejszy a odporność na zakłócenia i zmiany warunków otoczenia była duża, szczególną uwagę należało skupić na rozwiązaniu ideowym mostkowego wzmacniacza stałoprądowego oraz nadajnika UKF/AM. W przypadku wzmacniacza mostkowego, z uwagi na jego bardzo duże wzmocnienie, użyto do budowy wzmacniacza operacyjnych drugiej generacji, posiadających wewnętrzną kompensację częstotliwościową oraz bardzo małe napięcie i prąd nieczłownienia wejścia. Elementy bierne (oporniki, potencjometry, kondensatory) dobierano głównie pod względem stabilności tem-

peraturowej oraz gabarytów. Przy budowie nadajnika UKF/AM szczególną uwagę skupiono na stałości częstotliwości. Problem ten rozwiązano poprzez odpowiedni dobór elementów i takie zaprojektowanie obwodu rezonansowego (LC) aby przy ruchu obrotowym nie zmieniał swoich parametrów. Prowadzone obecnie prace nad łązem telemetrycznym skupiają się głównie po stronie odbiorczej. Należy przede wszystkim przekonstruować któryś z ogólnie dostępnych radioodbiorników z modulacji UKF/FM na modulację UKF/AM. Następnie planuje się prace nad projektem technicznym i wykonaniem ośmiokanałowego analizatora amplitudy.

LITERATURA

- [1] Chrust W., Smętkiewicz A.: Telemetryczny układ pomiarowy TMR-2 do przekazywania sygnałów elektrycznych drogą bezprzewodową. Prace ITC z. 67, Łódź 1976.
- [2] Lichodziejski C.: Nowoczesne metody i urządzenia pomiarów zdalnych. Materiały I Kraj. Konf. MDKM, Warszawa 1964.
- [3] Ludwig H.: Drehmomentmesswellenhoher Genauigkeit mit berührungsloser Übertragung des Messwertsignale. Messen+Prüfen KKK heft 11, 1970.
- [4] Łązkowski R.: Drgania elementów turbin cieplnych, WNT, Warszawa 1974.
- [5] Marecki A.: Miernictwo parametrów mechanicznych maszyn metodami elektrycznymi. Wyd. Politechniki Warszawskiej, 1968.
- [6] Schleifringlose Drehmomentmesswelle, Elektrisches Messen Mechanischer Größen, HBM.
- [7] Styburski W.: Przetworniki tensometryczne - konstrukcja, projektowanie, użytkowanie. WNT, Warszawa 1971.

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ
НА ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТАХ

Резюме

В статье обсуждаются актуальные работы и достижения в конструкции связи для передачи электрических сигналов из вращающихся объектов на неподвижные измерительные приборы, которые за последние годы были проведены в Польше, с особым учётом нужд тензометрирования. Описана концепция восьмиканальной телеметрической связи с автоматическим выбором канала связи и цифровым отчётом, а также с напечатанием результатов. Всё это реализуется на интегральных схемах большого масштаба интеграции, преимущественно в технике МОС.

NEW CONCEPT OF TELEMETRIC LINK FOR MEASUREMENTS
WITH ELECTRIC RESISTANCE WIRE STRAIN GAUGES
ON THE ROTATING OBJECTS

S u m m a r y

The contemporary state of research work on constructing telemetric links for sending electric signals from objects in rotation onto stable measuring devices carried out in Polish research centres is briefly presented. The concept of 8 channel telemetric link for resistance wire strain gauge measurements with automatic choice of measuring channel, digital readings, and printed out results is described. The whole construction works on integrated systems of high scale of integration, and mostly in MOS technology.