

UNIWERSALNY UKŁAD SCALONY DO PRZEMYSŁOWYCH PRZETWORNIKÓW POMIAROWYCH

Streszczenie: W opracowaniu omówiono możliwości zastosowania układu scalonego typu UTI, umożliwiającego budowę przemysłowych przetworników pomiarowych z cyfrową transmisją i przetwarzaniem sygnałów. Przedstawiono zastosowanie układu UTI w przetworniku pomiarowym siły elektronicznego ogranicznika obciążenia.

1. WSTĘP

W technice pomiarowej coraz częściej stosowane są przetworniki pomiarowe wielkości nieelektrycznych (siła, ciśnienie, przepływ itp.) wyposażone w interfejs, w którym informacja o mierzonej wielkości przesyłana jest w postaci cyfrowej do mikroprocesorowego urządzenia, zbierającego i przetwarzającego otrzymane wyniki pomiarowe.

Powszechnie znane interfejsy (RS-232C, IEEE 488, I²C i inne) posiadają znormalizowany sposób przesyłania informacji.

Zastosowanie przetwornika pomiarowego w zmiennych warunkach otoczenia z reguły wymaga kompensacji wpływu temperatury dla ograniczenia dodatkowych błędów mierzonych wielkości. Taki przetwornik jest bardziej skomplikowany i drogi.

W przypadku przesyłania po interfejsie dodatkowych informacji, niezbędnych do programowej korekty błędów spowodowanych wpływem warunków otoczenia, z reguły konieczna jest rozbudowa części cyfrowej przetwornika pomiarowego.

W opracowaniu przedstawiono możliwość zastosowania specjalizowanego układu scalonego UTI (Universal Transducer Interface) firmy SMARTEC BV [1], pozwalającego na budowę taniego przetwornika pomiarowego wielkości nieelektrycznych. Sposób tworzenia i generowania sygnałów cyfrowych w tym układzie umożliwia proste programowo kompensowanie wpływu zmian warunków otoczenia. Realizuje to sterownik mikroprocesorowy, zbierający i przetwarzający dane pomiarowe.

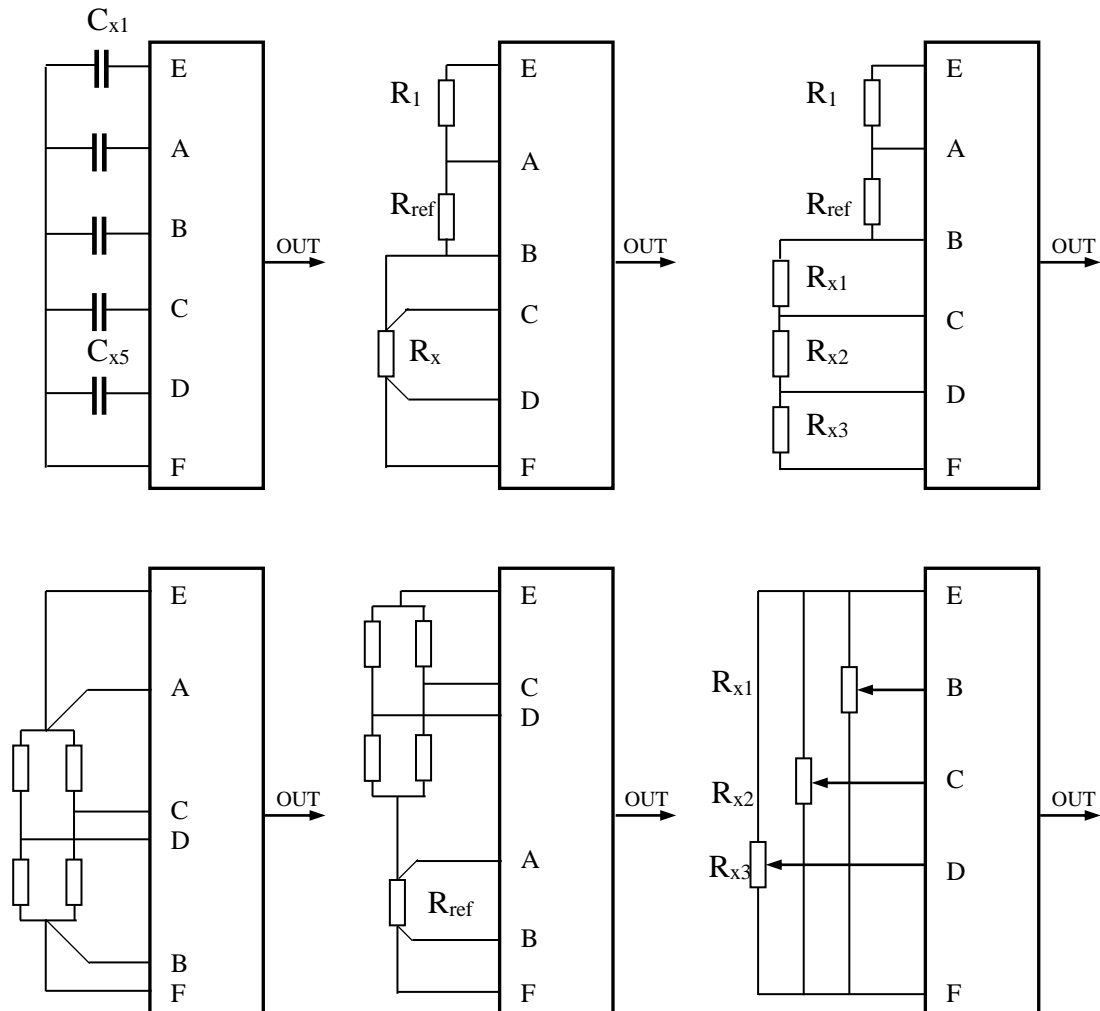
W omawianym układzie zasada przesyłania informacji cyfrowej po linii interfejsu jest inna niż w powszechnie stosowanych interfejsach.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA UKŁADU UTI

Przetwornik UTI jest produkowany przez holenderską firmę SMARTEC BV w postaci układu scalonego CMOS z wyjściem trójstanowym. Montowany jest w 16-wyprowadzeniowej obudowie plastikowej DIL. Może być zasilany z pojedynczego źródła o napięciu od 3,3V do 5V i pobiera prąd do 2,5mA. Zakres temperatury pracy układu wynosi od -30°C do +70°C. Przetwornik UTI może, więc być stosowany w przemysłowych układach pomiarowych.

Przetwornik sprzęga wyjście czujnika pomiarowego z wejściem mikrokomputera lub sterownika mikroprocesorowego.

Czujniki pomiarowe (rezystancyjne, pojemnościowe, mostek tensometryczny) są dołączane bezpośrednio do układu UTI (rys. 1), na wyjściu którego otrzymuje się sygnał w postaci fali prostokątnej o modulowanym okresie. W celu wytlumienia wpływu niskoczęstotliwościowych zakłóceń (przenikających po liniach zasilania), sygnały wyjściowe z czujników są przetwarzane (czoperowane) z częstotliwością odpowiadającą $\frac{1}{4}$ częstotliwości wewnętrznego generatora taktującego układu UTI.



Rys. 1. Sposoby podłączenia różnych czujników pomiarowych do układu UTI.

Przetwornik UTI może pracować w 16 trybach pracy [1]. Wybór trybu pracy układu dokonuje się przez binarne ustawienie czterech wejść wybierających SEL1 ÷ SEL4 (nóżki 4 do 7 układu).

Sześć trybów pracy (9 do 14) przewidzianych jest do współpracy przetwornika UTI z sygnałami z mostkowych czujników rezystancyjnych.

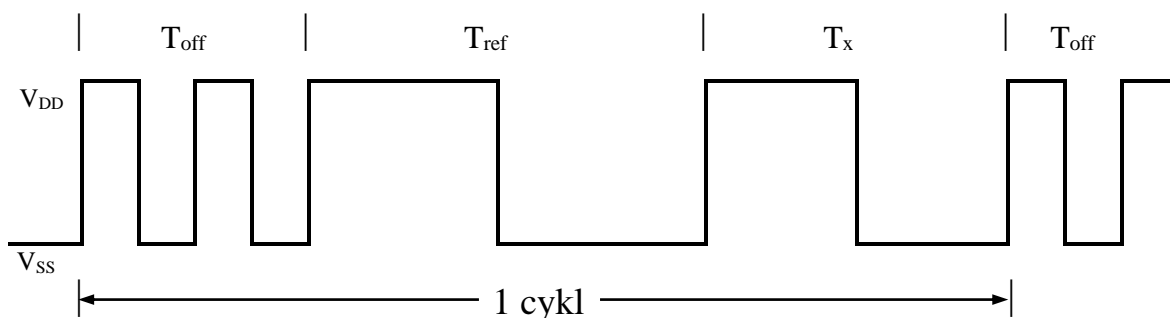
Przykładowe wybrane tryby pracy przetwornika UTI przedstawiono w tabl. 1.

W przetworniku UTI zachodzi w sposób ciągły autokalibracja czynników stałych i wzmocnienia, poprzez pomiar wielkości odniesienia w dwóch dodatkowych fazach pomiarowych.

Tablica 1. Wybrane tryby pracy układu UTI

Wejście wybierające				Rodzaj czujników	Oznaczenie trybu pracy	Numer trybu pracy
SEL 1	SEL 2	SEL 3	SEL 4			
0	0	0	0	Pięć pojemnościowych $0 \div 2\text{pF}$	C25	0
0	1	0	0	Trzy pojemnościowe, zakres do 300pF	C300	4
0	1	0	1	Rezystory platynowe Pt100 \div Pt1000, 4-przewodowo	Pt	5
0	1	1	0	Termistory $1\text{k}\Omega \div 25\text{k}\Omega$, 4-przewodowo	Ther	6
0	1	1	1	Dwa lub trzy rezystory platynowe Pt100 \div Pt1000	Pt2	7
1	0	0	1	Mostek rezystancyjny, odniesienie – U_{AB} , niezrównoważenie $\pm 200\text{mV}$	Ub2	9
1	0	1	0	Mostek rezystancyjny, odniesienie – U_{AB} , niezrównoważenie $\pm 12,5\text{mV}$	Ub1	10
1	0	1	1	Mostek rezystancyjny, odniesienie – I_{mostka} , niezrównoważenie $\pm 12,5\text{mV}$	Ib2	11
1	1	0	0	Mostek rezystancyjny, odniesienie – I_{mostka} , niezrównoważenie $\pm 12,5\text{mV}$	Ib1	12
1	1	1	1	Trzy potencjometry $1\text{k}\Omega \div 50\text{k}\Omega$	Potm	15

Przebieg sygnału wyjściowego przetwornika UTI ma kształt fali prostokątnej o amplitudzie w przybliżeniu równej napięciu zasilania i składa się z trzech faz (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg sygnału wyjściowego z układu UTI.

Czas pierwszej fazy – T_{off} , umożliwia pomiar tzw. offsetu toru pomiarowego (wielkość zależna między innymi od temperatury otoczenia).

Podczas drugiej fazy mierzy się okres – T_{ref} , który odwzorowuje wartość sygnału wymuszonego przez element odniesienia. Stanowi on wartość odniesienia (wzorcową).

W trzeciej fazie, następuje pomiar okresu właściwego sygnału – T_x , zależnego od wartości wielkości mierzonej przez czujnik pomiarowy.

Niektóre tryby pracy układu UTI nie opisane w artykule mają pięć faz.

Dla przykładu, w mostkowym czujniku tensometrycznym współpracującym z przetwornikiem UTI (tryb pracy 10), o zakresie pomiarowym dającym maksymalne

niezrównoważenie na przekątnej mostka $\pm 0,25\%$ (co odpowiada napięciu przekątnej mostka $\pm 12,5\text{mV}$ przy napięciu zasilania $+5\text{V}$), czasy trwania poszczególnych faz opisane są następującymi zależnościami:

$$T_{off} = NKU_0 \quad (1)$$

$$T_{ref} = NK(U_{AB}/32 + U_0) \quad (2)$$

$$T_x = NK(15U_{CD} + U_0), \quad (3)$$

gdzie:

N – liczba okresów wewnętrznych generatora, przypadająca na jedną fazę cyklu pomiarowego,

K – stała układu (ok. $56\mu\text{s/V}$ [1]),

U_0 – wewnętrzne napięcie odniesienia (ok. $0,54\text{V}$),

U_{AB} – napięcie pomiarowe zasilania mostka (zaciski AB układu UTI),

U_{CD} – napięcie na przekątnej pomiarowej mostka (zaciski CD układu UTI).

Wartość liczbowa N w trybie pracy szybkiej wynosi 128, a w trybie pracy wolnej 1024.

Sygnal wyjściowy z układu UTI w czasie trwania każdej z faz cyklu jest przekazywany do mikrokomputera (sterownika mikroprocesorowego), który zlicza liczbę impulsów wewnętrznego zegara. W wyniku uzyskuje się odpowiednio wartości N_{off} , N_{ref} i N_x .

Na podstawie tych danych, z mikrokomputera otrzymujemy chwilowe wartości wielkości mierzonej [2] czujnikiem pomiarowym, korzystając z zależności:

$$M = \frac{N_x - N_{off}}{N_{ref} - N_{off}} = \frac{k[NK(15U_{CD} + U_0) - NKU_0]}{k[NK(U_{AB}/32 + U_0) - NKU_0]} = \frac{15U_{CD}}{U_{AB}/32}, \quad (4)$$

gdzie:

k – stała licznika mikrokomputera.

Ze wzoru wynika, że wartość współczynnika M nie zależy od czynników stałych układu UTI, jak również jest niezależna od parametrów określających wzmacnienie układu. W ten sposób zmiany parametrów układu UTI spowodowane np. zmianą temperatury otoczenia, zostają praktycznie całkowicie skompensowane.

Ewentualne zakłócenia od zmiany napięcia zasilającego rezystancyjny mostek pomiarowy (napięcie U_{AB}), spowodują proporcjonalne zmiany napięcia U_{CD} na przekątnej pomiarowej mostka. W rezultacie nie będzie to miało żadnego wpływu na wartość obliczonego współczynnika M.

Napięcie na przekątnej pomiarowej rezystancyjnego czujnika mostkowego, a więc i obliczony współczynnik M będą zależały jedynie od wartości mierzonej wielkości nieelektrycznej, np. siły.

Częstotliwość napięcia U_{EF} zasilającego czujnik mostkowy przyjmuje dwie różne wartości, zależnie od trwania poszczególnych faz cyklu sygnału wyjściowego układu UTI. Przykładowo (w trybie pracy szybkiej), podczas trwania fazy T_{ref} , częstotliwość napięcia zasilającego wynosi: $f_{EF(ref)} = 8/T_{ref}$, a podczas trwania faz T_{off} i T_x , częstotliwość zmienia się na wartość: $f_{EF(off,x)} \approx 4,8 f_{EF(ref)}$.

Wg danych literaturowych [1],[3], zastosowanie układu UTI pozwala osiągnąć dokładność przetwarzania na poziomie 10 do 15 bitów. Rozdzielczość przetwornika zależy od rodzaju przyłączanych czujników pomiarowych oraz od wyboru rodzaju pracy (przetwarzanie wolne lub szybkie).

Przy współpracy przetwornika UTI ze wspomnianym wcześniej czujnikiem mostkowym o maksymalnym rozstrojeniu $\pm 12,5\text{mV}$, można uzyskać następujące parametry przetwarzania:

- dokładność przetwarzania – 10 bitów,
- rozdzielczość (praca wolna) – $0,7\mu\text{V}$,
- rozdzielczość (praca szybka) – $2\mu\text{V}$.

3. UKŁAD POMIAROWY SIŁY OGRANICZNIKA OBCIĄŻENIA [6]

Dźwignice, od których wymaga się spełnienia warunku stateczności, jak np. żurawie, powinny być wyposażone w ograniczniki obciążenia, wyłączające po przekroczeniu dopuszczalnego obciążenia wszelkie ruchy robocze, oprócz opuszczania ładunku i ruchów zmniejszających moment powodujący utratę stateczności. Ogranicznik obciążenia powinien zadziałać po przekroczeniu obciążenia nominalnego nie więcej niż o 15%; ...[4].

Żurawie wojskowych pojazdów inżynierskich zaplecza technicznego również muszą być wyposażone w ograniczniki obciążenia. Przepisy UDT [5] wymagają, aby współczynnik bezpieczeństwa dla lin kotwowych żurawia pracujących jako element nośny, które w czasie pracy żurawia nie są przewijane przez krążki, był nie mniejszy niż 3,5.

W dalszej części artykułu zostanie omówiony tylko fragment opracowanego ogranicznika obciążenia, którym jest tor pomiarowy siły łącznie z przetwarzaniem wyników.

3.1. Czujnik siły

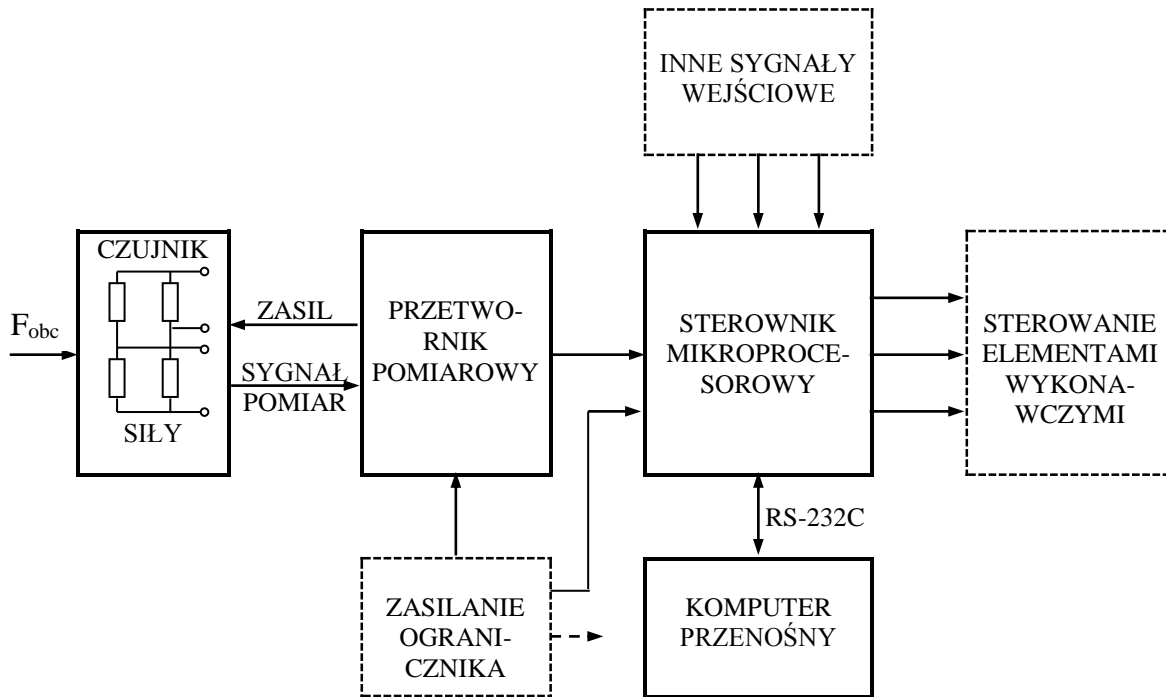
Projekt koncepcyjny pracy badawczej przewidywał zaprojektowanie elektronicznego ogranicznika obciążenia dla żurawia o obciążalności $F_{nz} = 200\text{kN}$.

Zastosowanie czujnika pomiarowego siły zabudowanego w końcówce liny 6-pasmowego zawiesia, wymaga pomiaru obciążenia znamionowego w linie o wartości $F_n = F_{nz}/6 \approx 33,3\text{kN}$, przy konieczności przeniesienia 3,5-krotnego przeciążenia sprawdzającego ($\geq 116,7\text{kN}$), bez pogorszenia dokładności pomiaru po zaniku przeciążenia.

Spełnienie powyższych wymagań jest trudne, ponieważ dostępne w handlu przemysłowe czujniki siły mają ograniczony zakres przeciążalności. Przy doborze takich czujników, z reguły nie da się wykorzystać ich znamionowego zakresu pomiarowego w normalnych warunkach pracy ogranicznika obciążenia.

W zaprojektowanym torze pomiarowym siły ogranicznika obciążenia (rys. 3) został zastosowany tensometryczny czujnik siły typu U9B f-my HBM (Niemcy) o następujących danych:

- | | |
|--|--|
| - obciążenie znamionowe | $Q_n = 50\text{kN}$, |
| - czułość nominalna | $C_n = 1\text{mV/V}$, |
| - klasa dokładności | 1, |
| - liniowość przetwarzania | $\leq \pm 0,5\%$, |
| - wpływ temperatury na przesunięcie zera | $\leq \pm 0,5\%/10\text{K}$, |
| - zakres temperatury pracy | $-30^\circ\text{C} \div +70^\circ\text{C}$, |
| - przeciążalność zrywająca | $> 200\%$. |



Rys. 3. Schemat blokowy toru przetwornika siły elektronicznego ogranicznika obciążenia.

3.2. Cyfrowy przetwornik pomiarowy

Przetwornik pomiarowy został zbudowany w oparciu o układ scalony UTI, pracujący w trybie pracy 10 (Tabl. 1). Aby umożliwić współpracę przetwornika również z innymi czujnikami, np. indukcyjnymi, napięcie zasilające czujnik zostało wzmocnione w prądowym wzmacniaczu mocy (rys. 4). Również wyjście cyfrowe układu UTI zostało odseparowane od linii przesyłowej sygnał pomiarowy wzmacniaczem wyjściowym, umożliwiającym dopasowanie się do warunków pracy linii.

Celem zabezpieczenia żurawia przed dynamicznym przeciążeniem na skutek zbyt dużej bezwładności ogranicznika, wybrano tryb pracy przetwornika – „szybki” (SF = +5V). Pozwala to sterownikowi mikroprocesorowemu na bieżąco przetwarzać otrzymane wyniki pomiarowe (nie tylko siły) i sygnałów sterujących, generując okresowo co ok. 0,1s odpowiednie sygnały sterujące rozdzielaczami hydraulicznymi ogranicznika.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że przy zasilaniu czujnika siły napięciem o amplitudzie ok. 5V (napięcie U_{EF} o przebiegu prostokątnym z układu UTI), przy obciążeniu znamionowym ogranicznika, na przekątnej pomiarowej mostka tensometrycznego pojawi się napięcie o wartości:

$$U_{CD}(33,3kN) = C_n U_{EF} \frac{F_n}{Q_n} \approx 3,3mV \quad (5)$$

Podczas pracy ogranicznika w warunkach znamionowych ($U_{CD} \approx 3,3mV$), przetwornik UTI będzie pracował w ograniczonym przedziale zakresu pomiarowego wynoszącego $\pm 12,5mV$, co nie jest korzystne, ze względu na dokładność przetwarzania toru pomiarowego.

Układ przetwarzający wyniki

Funkcję zbierania i przetwarzania wyników pomiarowych pełni sterownik mikroprocesorowy, oparty na mikrokontrolerze SAB 80C535 firmy Siemens.

Otoczenie sterownika stanowią układy peryferyjne, między innymi pamięć EPROM (o pojemności 32kB), w której jest przechowywany program obsługi ogranicznika.

Dodatkowa pamięć EEPROM (reprogramowalna elektrycznie) o pojemności 8kB służy do zapisywania takich nastaw ogranicznika, jak: obciążenie znamionowe, nastawy przeciążenia itp. Zapisywane są również stany awaryjne pracy ogranicznika do momentu zapelnienia się pamięci. Dalsze zapisywanie stanów awaryjnych powoduje kasowanie najstarszych zapisów.

Zmianę nastaw ogranicznika obciążenia można dokonywać za pośrednictwem komputera przenośnego, dołączanego do sterownika poprzez interfejs RS-232C. Komputer może również służyć do kontroli poprawności działania ogranicznika w czasie jego pracy i odczytywania stanów awaryjnych z pamięci EEPROM.

Sterownik zbiera i przetwarza również inne parametry pracy żurawia (np. mierzony jest równocześnie moment obciążenia, kąt pochylenia ramienia żurawia, itp.), które są wykorzystywane do generowania sygnałów sterujących ruchami i blokowania pracy żurawia po przekroczeniu zadanych nastaw.

Na rys. 3 elementy schematu blokowego nie będące tematem tego opracowania zostały narysowane liniami przerywanymi.

4. WYNIKI BADAŃ

Dla oceny działania układu scalonego UTI w układzie przetwornika pomiarowego, przeprowadzono badanie wpływu temperatury otoczenia na wyniki pomiarów siły ogranicznika obciążenia. Badania zostały przeprowadzone w zakresie temperatur -30°C do $+55^{\circ}\text{C}$.

Ogranicznik obciążenia był zasilany napięciem odpowiadającym warunkom dla temperatur: -30°C - +22V, $+20^{\circ}\text{C}$ - +27V i $+50^{\circ}\text{C}$ - +29V.

Badania zostały podzielone na dwa etapy.

W pierwszym etapie zbadano wpływ temperatury na czułość przetwornika pomiarowego, przy obciążeniach czujnika siły symulowanych kalibratorem napięcia.

W drugim etapie zbadano wpływ temperatury na dryft zera przetwornika pomiarowego, przy nieobciążonym czujniku siły ($F_{\text{obc}} = 0$).

Uproszczony schemat ideowy przetwornika pomiarowego siły wraz ze współpracującymi blokami przedstawiono na rys. 4.

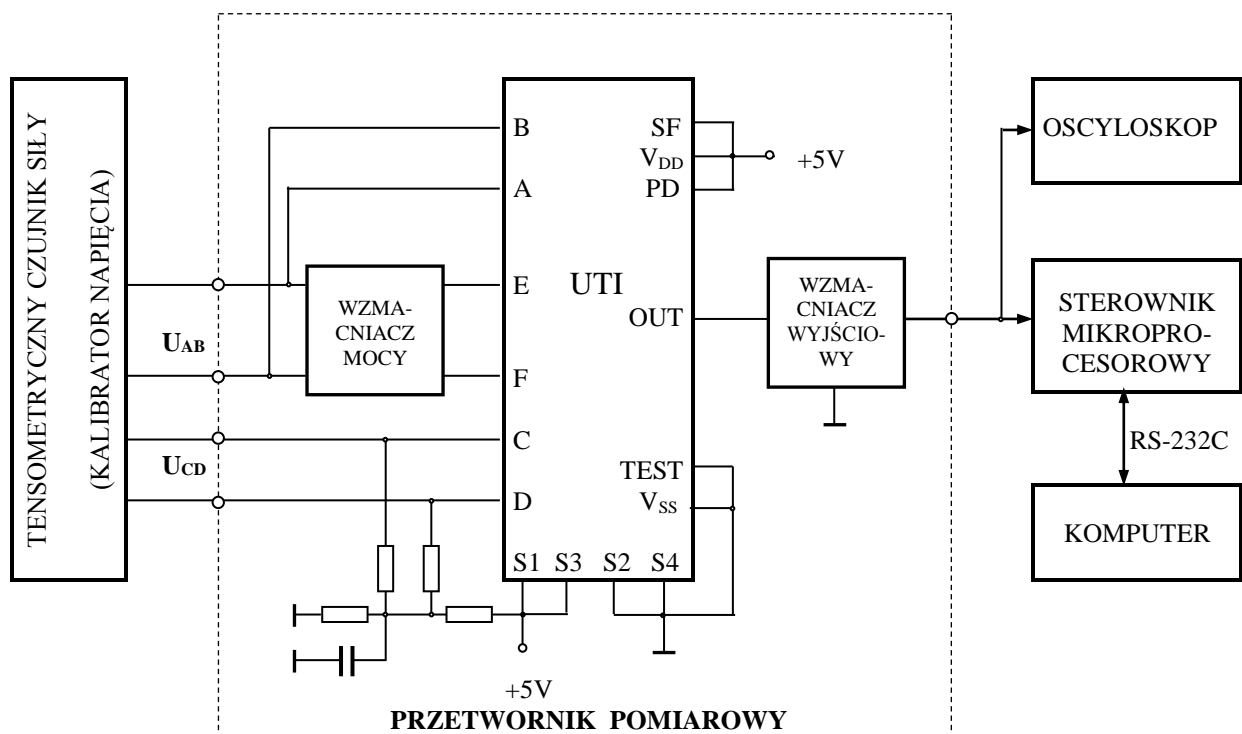
Czujnik siły, jako gotowy element firmowy o znanych parametrach katalogowych, nie był przedmiotem badań.

Częstotliwość napięcia zasilającego czujnik siły zmierzona w temperaturze $+20^{\circ}\text{C}$ wynosiła: $f_{\text{EF(ref)}} \approx 1,96\text{kHz}$; $f_{\text{EF(off,x)}} \approx 9,38\text{kHz}$.

4.1. Badanie wpływu temperatury na czułość przetwornika pomiarowego

Czujnik siły został zastąpiony mostkowym kalibratorem napięcia typu K3607 firmy HBM, umożliwiającym zadawanie dowolnego sygnału wejściowego, odwzorowującego obciążanie czujnika siły.

Przetwornik pomiarowy siły ogranicznika obciążenia został umieszczony w komorze temperaturowej i poddany działaniu temperatur: -30°C , $+20^{\circ}\text{C}$ i $+55^{\circ}\text{C}$.



Rys. 4. Układ pomiarowy toru przetwornika siły elektronicznego ogranicznika obciążenia.

W trakcie badań kalibratorem zadawano wartości napięcia, odpowiadające obciążeniu z zakresu $(0 \div 100)\% F_n$. Na ekranie komputera były wyświetlane zmierzone wartości obciążenia względnego α_m . Równocześnie za pomocą oscyloskopu mierzono wartości czasów T_{off} , T_{ref} i T_x przebiegu prostokątnego na wyjściu przetwornika.

Uzyskane wyniki badań dla wybranych wartości obciążenia zostały przedstawione w tablicy 2.

Z analizy otrzymanych wyników pomiarowych widać znaczący wpływ temperatury otoczenia na czasy T_{off} , T_{ref} i T_x przetwornika UTI co sugeruje, że ulegają zmianie parametry tzw. offsetu układu UTI (stałe K i U_0).

Jednakże przyjęty sposób obliczania wielkości mierzonej (por. wzór (4)), pozwolił wyeliminować wpływ temperatury na błędy przetwarzania przetwornika. W konsekwencji obliczony współczynnik α_m obciążenia względnego czujnika siły jest pozbawiony tych błędów.

Widoczne w wynikach niewielkie rozmycie wartości współczynnika względnego obciążenia α_m jest spowodowane wpływem zakłóceń zewnętrznych, przenikających przez kable łączące przetwornik ze sterownikiem mikroprocesorowym.

4.2. Badanie wpływu temperatury na dryft zera przetwornika pomiarowego

W miejsce kalibratora napięcia (rys. 4) podłączono tensometryczny czujnik siły w stanie nieobciążonym ($F_{obc} = 0$). Przetwornik pomiarowy siły został umieszczony w komorze temperaturowej.

Badania zostały przeprowadzone w temperaturach: -30°C , $+20^\circ\text{C}$ i $+55^\circ\text{C}$. Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione w tablicy 3.

Tablica 2. Wyniki badań wpływu temperatury na czułość przetwornika pomiarowego.

Lp	Wartości zadane		Wartości zmierzone			
	Temperatura	α	α_m	T _{off}	T _{ref}	T _x
	[°C]	[%]	[%]	[ms]	[ms]	[ms]
1	-30	0	1 ₋₂ ⁺⁰	4,20	4,96	4,20
2		25	25 ₋₁ ⁺⁰	4,20	4,96	4,29
3		50	50±1	4,20	4,96	4,39
4		75	75±1	4,20	4,96	4,48
5		100	101 ₋₂ ⁺⁰	4,20	4,96	4,59
6	+20	0	1 ₋₁ ⁺⁰	3,44	4,08	3,44
7		25	25 ₋₁ ⁺⁰	3,44	4,08	3,52
8		50	51 ₋₀ ⁺¹	3,44	4,08	3,61
9		75	76±1	3,44	4,08	3,68
10		100	101±1	3,44	4,08	3,76
11	+55	0	0 ₋₀ ⁺¹	3,32	3,96	3,32
12		25	25±1	3,32	3,96	3,40
13		50	50±1	3,32	3,96	3,48
14		75	75±1	3,32	3,96	3,56
15		100	100 ₋₀ ⁺¹	3,32	3,96	3,64

gdzie: $\alpha = \frac{F_{abc}}{F_n} \cdot 100\%$ - zadawane obciążenie względne,

α_m - zmierzone obciążenie względne.

Tablica 3. Wyniki badań wpływu temperatury na dryft zera przetwornika pomiarowego.

Lp	Wartości zadane		Wartości zmierzone			
	Temperatura	α_m	T _{off}	T _{ref}	T _x	
	[°C]	[%]	[ms]	[ms]	[ms]	
1	-30	0±1	4,20	4,96	4,20	
2	+20	0±1	3,44	4,08	3,44	
3	+55	0 ₋₀ ⁺¹	3,32	3,96	3,32	

Analiza otrzymanych wyników pomiarowych pokazuje, że temperatura nie ma wpływu na dryft zera przetwornika pomiarowego UTI.

Niewielkie rozmycie wyników pomiarowych α_m spowodowane jest wpływem zakłóceń zewnętrznych.

5. PODSUMOWANIE

Konstrukcja przetwornika pomiarowego siły zbudowanego na układzie scalonym UTI jest prosta i tania w realizacji.

Uzyskane wyniki badań przetwornika pomiarowego potwierdziły, że pomimo znaczącego wpływu zmian temperatury otoczenia na parametry układu scalonego UTI (offset), sposób obliczania wielkości mierzonej (wzór (4) określający parametr M) eliminuje wpływ temperatury na czułość i dryft zera przetwornika pomiarowego.

W tablicach wyników pomiarowych nie pokazano pojawiających się sporadycznie przypadkowych „grubych” błędów określenia względnego obciążenia α_m , spowodowanych zewnętrznymi zakłóceniami impulsowymi.

Aby ograniczyć wpływ zakłóceń zewnętrznych na wynik przetwarzania wielkości mierzonej przez przetwornik pomiarowy, należy poprawić procedurę obliczania współczynnika α_m przez sterownik mikroprocesorowy, odrzucając wartości odbiegające znacząco od obliczanej w danej chwili wartości średniej z kilku chwilowych wyników pomiarowych.

6. LITERATURA

- [1] Universal Transducer Interface Revolution in Sensor. SMARTEC BV, The Netherlands, December 1995.
- [2] XIUJUN LI: Universal Transducer Interface. Application note of UTI. SMARTEC BV, 1998.
- [3] Uniwersalny interfejs do przetworników. Radioelektronik nr 10/1998, s. 18.
- [4] PN-90/M-45013. Dźwignice. PKNMiJ, Warszawa 1990.
- [5] Warunki techniczne dozoru technicznego DT-DE-88/WP8: „Żurawie samojezdne”. Urząd Dozoru Technicznego, Warszawa 1988.
- [6] Sprawozdanie z badań nr 02/2000: Elektroniczny ogranicznik obciążenia EO.400. OBRUM-Gliwice, luty 2000 (praca nie publikowana).

A VERSATILE INTEGRATED CIRCUIT FOR INDUSTRIAL MEASURING TRANSDUCERS

Abstract: Paper discusses potential applications of an UTI type integrated circuit in the construction of industrial measuring transducers featuring digital signal transmission and processing. The application of an UTI integrated circuit in a measuring force transducer of an electronic load limiter is presented.

Recenzent: mgr inż. Marek STERCZEWSKI