ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: TRANSPORT z.22 Nr kol. 1210

Henryk GĘBCZYŃSKI,
Wiesław PAMUŁA

AUTOMATYCZNE ROZLICZANIE STACJI PALIW

Streszczenie. W artykule przedstawiono, opartą na obowiązujących normach i przepisach, analizę pracy stacji paliw. Analiza umożliwiła sklasyfikowanie czynności wykonywanych na stacji. Zaproponowano rozwiązanie automatyzacji czynności na stacji, które przedstawiono w postaci algorytmów oraz projektów rozwiązań sprzętowych. W artykule wykorzystano materiały z badań własnych autorów mających na celu zmianę sposobu rozliczania stacji z "objętościowego" na "masowy".

AUTOMATIC ACCOUNTING OF A FUEL STATION

Summary. The article presents an analysis of functioning of a fuel station based on current regulations and norms. The analysis forms a platform for developing algorithms and proposing hardware for an automatic system of fuel disposition. A disposition system based on fuel's mass is presented.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ БЕНЗОЗАПРАВОЧКОЙ СТАНЦИИ

Резюме. В стати представлено, опираясь на актуальные нормы и инструкции, анализ работы бензозаправочной станции. Этот анализ учитывающий допустимые ошибки измерении и отцчета основных параметров принимаемого и выдаваемого топлива дал возможность проведения группировки действии производумых на станции в три основых процедуры.
Эта группировка облегчила разработку - структуры дающей возможность автоматизирования работы так отдельных процедур как и станции в целом.
Решения вопросов представлено в форме алгоритмов а также технических концепции основых контролно-измерительных блоков вместе о обоснованием выбора решения.
В стати использовано материалы собственных исследовании авторов имеющих своей целью изменение способа расчета между станцией и покупателем с "объемного "на "массовый".

Wszystkie podziemne zbiorniki stacji paliw są zbiornikami pomiarowymi, tzn. zbiornikami ustawionymi na fundamentach ustalających ich położenie i zaopatrzonymi w urządzenia umożliwiające określenie stopnia ich zapełnienia przechowywanym paliwem.

Do określenia stopnia napełnienia zbiorników paliwem za pomocą tzw. przymiarów sztywnych służą króćce pomiarowe trwale połączone ze zbiornikiem w sposób uniemożliwiający zmianę ich wzajemnego położenia. W stosunku do zbiorników cylindrycznych leżących obowiązuje zasada umieszczania króćca w połowie długości zbiornika, przy czym oś króćca powinna przecinać najwyższą tworzącą zbiornika i być prostopadła do poziomej osi symetrii zbiornika. Górna krawędź króćca pomiarowego, której chropowatość, zgodnie z normą PN-73/M-04251 [1], nie może przekraczać 0.63 um, powinna leżeć w płaszczyźnie poziomej. Stopień napełnienia zbiorników paliwem ocenia się za pomocą przymiarów sztywnych, płynowskazów oraz poziomomierzy. W stosunku do poziomomierzy, których zastosowanie wymaga uprzedniego uzgodnienia z PKNMiJ, ustalono wartość błędu pomiarowego na poziomie obliczonym wg zależności:

$$\Delta = \pm (0.5 + 0.12*L) \text{ [mm]}$$

gdzie:

L - wysokość zbiornika wyrażona w [m].

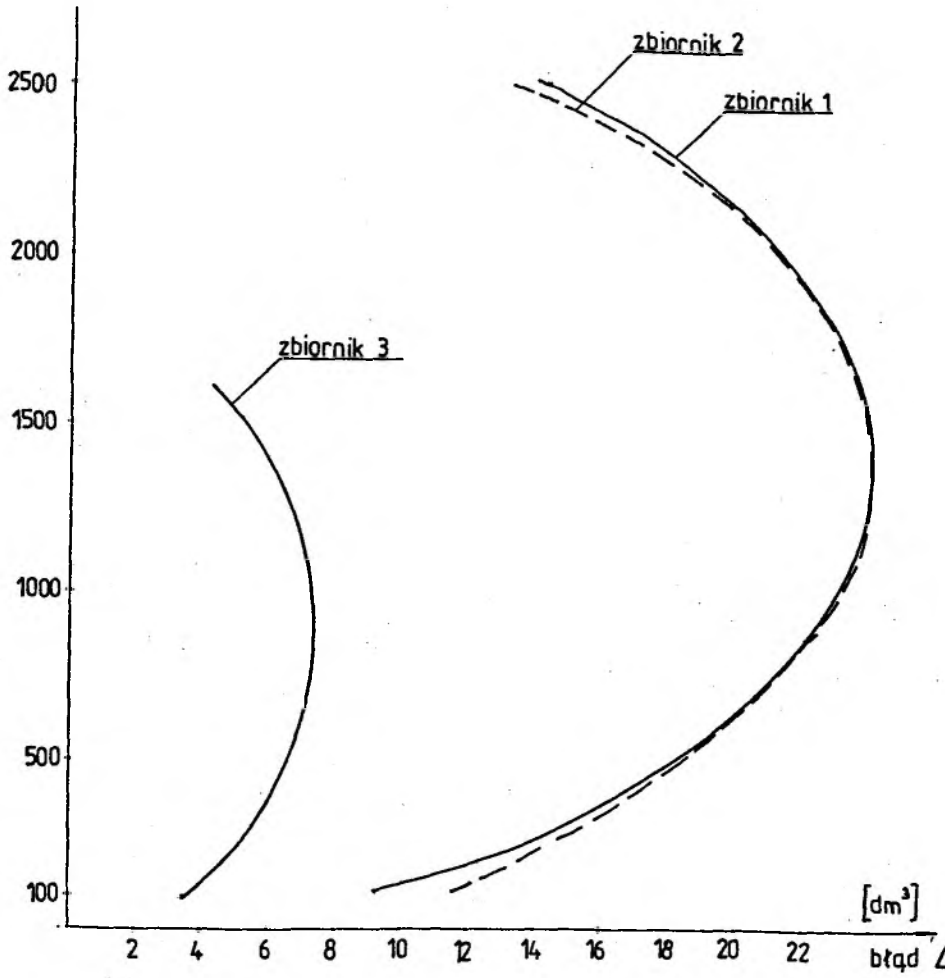
Z zależności tej wynika, że dla zbiorników o średnicy D≤4 [m] jest to błąd mniejszy od przyjętego dla przymiarów sztywnych. Stosowane powszechnie przymiary sztywne wykonane są przeważnie z aluminium o współczynniku rozszerzalności liniowej w zakresie temperatur (0÷100) [^{o}C] równym 23.8 10-6 [1/^{o}K]. Wymaganą sztywność przymiarów uzyskuje się w rezultacie zastosowania kształtu przekroju poprzecznego w formie preferowanej przez przepisy litery T.

Dopuszczalną wartość chropowatości oraz odkształceń przymiarów określa PN-73/M-04251. Błąd dokładności podziałki przymiaru sztywnego dla dowolnego odcinka zakresu pomiarowego zależy od klasy dokładności i w temperaturze 20°C nie powinien przekraczać:

$$\Delta L = \pm (0.1+0.1*L) \text{ [mm]}$$ - dla przymiarów I klasy dokładności,

$$\Delta L = \pm (0.3+0.2*L) \text{ [mm]}$$ - dla przymiarów II klasy dokładności,

gdzie: L - długość sprawdzanego odcinka w [m].



Rys. 1. Wykresy zmian wartości błędu pomiaru przymiarem sztywnym

Fig. 1. Diagram of volume errors for a height gauge

wysokość słupa cieczy - hight of the column of liquid

błąd - error

Normy nie precyzują ewentualnych poprawek wynikających z faktu wykorzystania przymiarów w różnych warunkach temperaturowych, aczkolwiek zmiana długości przymiaru wynikająca z różnicy temperatur, np. $\Delta t = 50^{o}C$ dla przymiaru o długości $L_o = 5$ [m], wynosi:

$$\Delta L = \alpha * L_o * \Delta t = 23.8 * 5.0 * 50 * 10^{-6} = 5.95 \text{ [mm]}$$

Przymiary sztywne przechowywane są w specjalnych futerałach, które powodują, że mają one zawsze temperaturę otoczenia mierzoną "w cieniu".

Z górnej powierzchni płaszcza każdego zbiornika stacji paliw wyprowadzony jest przewód odpowietrzający wyposażony w zawory oddechowe utrzymujące stałą wartość ciśnienia w zbiorniku i minimalizujące wartość tzw. ubytków naturalnych przechowywania.

Zbiorniki oraz przymiary sztywne poddawane są legalizacji w cyklu 11-letnim, przy czym graniczny błąd wzorcowania leżących zbiorników cylindrycznych metodą objętościową wynosi ±0.75%. Dla typowego zbiornika o pojemności 50.000 litrów błąd legalizacji będzie wynosił ±375 litrów.

Pomiary dokonywane przymiarem sztywnym realizowane są z dokładności do 1 [mm]. Wielkość popełnianego przy tym błędu zależy od wielkości oraz stopnia zapełnienia zbiornika, co ilustruje rys. 1.

2. ROZLICZANIE STACJI PALIW

2.1. Stan aktualny

Analiza dostępnych materiałów źródłowych wykazuje dużą dowolność w interpretowaniu obowiązujących norm i przepisów zawartych tak w PN, jak i w BN [2,3].

Prowadzi to w rezultacie do powstawania rozbieżności między zawartością zbiornika a stanem kartoteki magazynowej prowadzonej na podstawie kwitów dostawy, rozchodów mierzonych dystrybutorem oraz pomiarów kontrolnych przeprowadzanych za pomocą przymiarów sztywnych.

Jednocześnie obserwuje się zjawisko różnych zachowań obsługi stacji paliw po przyjęciu paliwa polegających na tym, że paliwo musi się uspokoić lub sprzedawane jest natychmniast po zakończeniu procedury przyjęcia. Uzasadnieniem takiego postępowania jest zależność masy właściwej paliwa od temperatury, która sprawia, że np. dla paliwa x przy różnicy temperatur $30^{o}C$ masa 10 t paliwa wykazuje różnicę objętości równą 345 litrów.

Opracowanie automatycznego układu ilościowego rozliczeania zawartości zbiorników garażowej stacji paliw, posiadającego ogólnie znane zalety układów tego typu, pozwoli na wyeliminowanie nagminnie powtarzanego błędu polegającego na wykonywaniu operacji porównywania parametrów paliwa wyznaczonych w różnych temperaturach.

2.2. Wymagania techniczne automatycznego układu pomiarowo-rozliczeniowego stacji paliw

Urządzenie do pomiaru parametrów i dokumentacji rozchodów paliwa na stacji paliw powinno zapewnić możliwość:

- automatycznego pomiaru parametrów paliwa w zbiornikach stacji,
- weryfikacji deklarowanych parametrów paliwa dostarczonego na stację z uwzględnieniem obowiązujących norm ubytków,
- dokumentacji rozchodu paliwa wydawanego za pomocą dystrybutorów,
- współpracy z systemem pomiaru stopnia zapełnienia zbiornikow za pomocą poziomomierzy,
- wymiany danych z ośrodkami dyspozytorskimi.

Automatyczne wyznaczanie parametrów paliwa zapobieganie tak przypadkowym, jak i celowym błędom pomiarowym. Wymusza jednocześnie ujednolicenie postaci wyników do formy nadającej się do dalszego przetwarzania bez pracochłonnych przeliczeń.

Podstawową i trudną czynnością wykonywaną na stacji paliw jest przyjmowanie dostaw paliwa. Prawidłowe przyjęcie stanowi o sensowności prowadzenia statystyki rozchodów. Rozbieżności między deklarowanymi a rzeczywistymi parametrami dostaw należy ustalać w jak najkrótszym czasie, by uniknąć przestojów w pracy stacji wynikających z realizacji procedury reklamacyjnej. Możliwość wymiany danych z systemem pomiaru rozchodu paliwa za pomocą dystrybutorów, poziomomierzy oraz z ośrodkami dyspozytorskimi jest pożądaną cechą urządzenia umożliwiającą kontrolę pracy bez ingerencji z zewnątrz.

Oczywistym wymaganiem technicznym dla tego rodzaju urządzenia jest łatwość obsługi określana pojęciem przyjazności użytkownikowi.

Wszystkie układy urządzenia pracujące w strefie zagrożenia wybuchowego zrealizowane muszą być jako iskrobezpieczne.

3. AUTOMATYCZNY POMIAR I DOKUMENTACJA ROZCHODÓW PALIWA

W funkcjonowaniu stacji paliw można wyodrębnić następujące trzy podstawowe czynności:

- przyjmowanie dostaw paliwa,
- dysponowanie paliwem magazynowanym w zbiornikach,
- sprawdzanie stanu zapasów paliwa.

Z punktu widzenia gospodarki magazynowej odpowiadają one:

- przyjęciu towaru na stan magazynu,
- wydawaniu z magazynu,
- inwentaryzacji.

Automatyzacja funkcjonowania stacji paliw musi być poprzedzona precyzyjnym określeniem sposobów wykonywana jej podstawowych czynności.

3.1. Przyjęcie paliwa

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, przed zlaniem do podziemnych zbiorników dostarczonego w cysternie paliwa niezbędne jest sprawdzenie jego parametrów. Odbywa się to w sposób następujący:

1. Sprawdzenie wartości deklarowanych w dowodzie dostawy:

- objętości V_d,
- masy właściwej ρ_d,
- temperatury pomiaru t_d,
- masy paliwa dostarczonego m_d.

2. Pomiar aktualnych parametrów próbki paliwa pobranego z cysterny:

- masy właściwej ρ_c,
- temperatury pomiaru t_c.

3. Sprawdzanie warunków przyjęcia dostawy:

Dowód dostawy jest prawidłowo wystawiony i paliwo można zlewać do zbiornika, jeśli różnica wartości masy właściwej ρ_c, ρ_d wyznaczonych dla tej samej temperatury spełnia warunek:

$$|\rho_c - \rho_d| < 1 \qquad [kg/m^3]$$

Jeżeli warunek nie jest spełniony, należy dostawę reklamować i po sprowadzeniu przedstawiciela dostawcy ustalić przyczynę rozbieżności.

Korektę temperaturową wartości masy właściwej przeprowadza się zgodnie z tablicami zależności $\rho = f(t)$ [4]. Jeżeli $|t_d - t_c| < 1$, korekty masy właściwej nie wykonuje się. Procedura oceny zgodności parametrów na podstawie deklarowanej i rzeczywistej wartości masy właściwej paliwa umożliwia wyeliminowanie częstych dotychczas sporów powstałych np. w rezultacie tego, że w rejonowych rozlewniach paliwa, zmierzone jednorazowo na początku zmiany wartości wpisywane są do dowodów dostawy kolejnych odbiorców.

Z przedstawionych etapów postępowania wynika, że niezbędnym elementem wyposażenia stacji paliw powinno być urządzenie do wyznaczania masy właściwej umożliwiające dokonanie korekty temperaturowej.

Wstępne czynności przyjęcia paliwa umożliwiają weryfikację tylko dwóch parametrów paliwa. Wartości pozostałych parametrów można wyznaczyć za pomocą pomiarów lub obliczeń po zlaniu paliwa do zbiornika. Wtedy też można skutecznie reklamować deklarowane wartości określające masę i objętość dostawy.

Kontynuacja procedury przyjęcia paliwa ma następujący przebieg:

4. Określenie parametrów początkowych pozostałości paliwa w zbiorniku:
- masy właściwej ρ_p,
- temperatury pomiaru t_p,
- objętości pozostałości V_p.
- masy pozostałości m_p.

5. Zlanie dostarczonego paliwa do zbiornika i określenie parametrów otrzymanej mieszaniny:
- masy właściwej ρ_k,
- temperatury pomiaru t_k,
- objętości paliwa V_k,
- masy łącznej paliwa m_k.

6. Określenie wielkości dostawy i porównanie otrzymanych wartości z wartościami deklarowanymi. Objętość i masę dostawy określamy na podstawie pomiarów z zależności:

$$m'_c = m_k - m_p \qquad V'_c = m'_c/\rho_c$$

Dopuszczalna wartość różnicy między zmierzoną V'_c a deklarowaną V_d wartością objętości dostawy musi się mieścić w granicach sumy dopuszczalnego błędu przepływomierzy dystrybutorów rozlewni rejonowych oraz ubytku transportowego.

Normy ubytku transportowego zależą do pory roku, rodzaju paliwa oraz odległości przewozu [5]. Jeżeli różnica ta jest większa od sumy błędu i ubytków, dostawę należy reklamować. Dotychczas tego rodzaju reklamacje nie były uwzględniane ze względu na wpływ czynnika subiektywnego podczas dokonywania pomiarów i obliczeń.

3.2. Wydawanie paliwa

Przewiduje się, że ewidencja rozchodów magazynowych prowadzona będzie w jednostkach masy przy zachowaniu dotychczasowego objętościowego sposobu wydawania. Uniezależni to zapisy dokumentacyjne od wahań wartości masy właściwej.

Największe zaburzenia wartości masy właściwej występują podczas przyjęcia dostawy paliwa. Są one rezultatem różnic temperatur paliwa w zbiorniku podziemnym oraz cysternie dostawczej, a także wahań składu frakcyjnego poszczególnych dostaw. Zlane paliwo po kilkunastu godzinach wchodzi w dobowy rytm zmiany masy właściwej stymulowany zmianami wilgotności oraz temperatury powietrza, które warunkują intensywność wymiany ciepła w układzie paliwo - otoczenie.

Wydawane jednorazowo ilości paliwa są niewielkie i mieszczą się w granicach dopuszczalnego błędu litrażowania zbiornika, co uzasadnia przyjęcie tezy, iż ewidencję rozchodu należy oprzeć na wskazaniach odmierzaczy dystrybutorów i wynikach pomiaru masy właściwej.

Przewiduje się następujący przebieg czynności związanych z wydawaniem paliwa:

1) pomiar masy właściwej paliwa w zbiorniku ρ_w.

2) wydawanie żądanej objętości paliwa zmierzonej odmierzaczem dystrybutora V_w,

3) zapis rozchodu w książce ewidencji $m_w = V_w * \rho_w$.

Operacje te poddają się automatyzacji, a ewentualne utrudnienia mogą wystąpić podczas realizacji przekazywania wskazań dystrybutorów do systemu pomiarowego. W proponowanym układzie można również wprowadzić uiszczanie opłaty za otrzymaną ilość paliwa w jednostkach masy, a nie objętości.

3.3. Sprawdzanie stanu zapasów paliwa

Przepisy gospodarki magazynowej przewidują konieczność okresowej kontroli stanu zapasów. Polega ona na sprawdzaniu bilansu przychodów, rozchodów, ubytków i zapasów. W przypadku stacji paliw ilości wydanego paliwa z uwzględnieniem ubytków oraz błędu pomiaru nie powinna przekraczać różnicy stanów zbiornika na początku i końcu okresu sprawdzanego.

Sprawdzanie stanu zapasów paliwa w danym zbiorniku będzie przebiegało następująco:

1. Obliczenie ilości wydanego ze zbiornika paliwa.

Wartość ta równa sumie mas wydanego paliwa obliczana będzie z zależności

$$m_s = \text{SUM } mi \quad \text{dla } i=1 \text{ do } n$$

gdzie:

m_i - masa paliwa wydanego i-temu klientowi,

n - liczba klientów.

2. Pomiar parametrów paliwa w zbiorniku

- masa właściwa ρ_z,
- objętość paliwa V_z,
- temperatura pomiaru t_z,
- masa paliwa $m_2 = V_z * \rho_z$.

3. Sprawdzenie warunku prawidłowego ewidencjonowania

$$|m_k - (m_z + m_s)| < m_s * (0.005 + z)$$

gdzie: 0.005 dopuszczalny błąd odmierzacza,

z - współczynnik określający dopuszczalną wartość ubytków magazynowania,

m_k - masa paliwa w zbiorniku po dostawie.

Jeśli warunek nie jest spełniony, świadczy to o niewłaściwej pracy któregoś z elementów układu pomiarowego.

Tablica 1

Wartości współczynnika z

Lp.	Produkt	Lato	Zima
1	Benzyny	0.0008	0.0005
2	Oleje napędowe	0.00015	0.00015

3.4. Automatyzacja funkcjonowania stacji paliw

Prawidłowe ewidencjonowanie przychodów i rozchodów paliw na stacji uzależnione jest przede wszystkim od precyzji pomiaru masy właściwej. Odchyłka od deklarowanej wartości masy właściwej stanowi podstawę do reklamowania dostawy. Do określenia masowego rozchodu konieczna jest bieżąca wartość masy paliwa w zbiorniku. Do wyznaczania zapasów magazynowych wymagany jest pomiar objętości paliwa w zbiornikach. Wartości pomiarów należy gromadzić w kartotece i udostępniać na żądanie obsłudze stacji lub archiwizować w celu umożliwienia prześledzenia pracy stacji.

Przedstawione czynności stacji nie w pełni dają się automatyzować. Przyjęcie paliwa wymaga ręcznego pobrania próbki z cysterny i decyzji operatora odnośnie do reklamacji dostawy. Argumenty niezbędne do podjęcia decyzji można określić automatycznie.

Ewidencję wydawania paliwa można zrealizować w pełni automatycznie pod warunkiem włączenia systemu odmierzaczy dystrybutorów do urządzenia pomiaru parametrów i ewidencji rozchodów paliwa. Rozwiązanie pośrednie z wykorzystaniem ręcznego wprowadzania stanów dystrybutorów może nie znaleźć uznania obsługi. Automatyzacja wydawania paliwa, czynność wielokrotnie częściej wykonywana od innych, stanowić będzie o opinii użytkowników urządzenia. Ręczne wprowadzanie danych może dyskwalifikować, a na pewno zrodzi przeświadczenie o błędnym działaniu, które będzie wynikało ze złego wprowadzania danych, a nie przetwarzania.

Czynność kontroli zapasów w oczywisty sposób poddaje się automatyzacji.

4. POTRZEBY POMIAROWE SYSTEMU

W celu prawidłowego funkcjonowania systemu niezbędne są pomiary:
- masy właściwej paliwa ρ,
- objętości paliwa w zbiorniku V,
- temperatury paliwa.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, masę właściwą paliwa należy określać z błędem mniejszym od 0.1% [1,2,3], a objętość zbiorników z błędem nie większym od 0.5%. Takim samym błędem charakteryzują się odmierzacze dystrybutorów. Temperaturę zaleca się mierzyć z błędem mniejszym od $1^{o}C$. Z takim krokiem podawane są odchyłki korekcyjne gęstości paliw.

Wielkością, którą operuje się w rozliczeniach, jest masa paliwa. Na podstawie przytoczonych wielkości dopuszczalnych błędów pomiarowych dopuszczalny błąd określenia masy paliwa nie będzie mniejszy od sumy błędów pomiaru masy właściwej i objętości:

$$\Delta m > \Delta\rho + \Delta V = 0.1 + 0.6 = 0.6 \ [\%]$$

Tak więc, zgodnie z przepisami, sumaryczny dopuszczalny błąd systemu rozliczeń paliwa musi być mniejszy od 0.6%.

4.1. Pomiar masy właściwej paliwa

Pomiar masy właściwej z błędem mniejszym od 0.1% stawia bardzo duże wymagania przed układem pomiarowym. Dodatkowo chęć automatyzacji ogranicza wybór metod wyznaczania [6].

Pośrednie określenie masy właściwej przez pomiar siły wyporności działającej na znaną objętość wydaje się najprostszym i łatwym do zautomatyzowania sposobem. Wystarczające oprzyrządowanie stanowi czujnik do pomiaru siły i odpowiedni układ przeliczający zrealizowany najprościej na scalonym mikrokomputerze jednoukładowym.

W celu uzyskania możliwości korekcji temperaturowej wyniku układ powinien zostać uzupełniony o czujnik temperatury.

Biorąc pod uwagę ekstremalne wartości gęstości, otrzymujemy wymagany przedział pomiarowy 600-900 $[kg/m^3]$ z rozdzielczością 1 $[kg/m^3]$.

W proponowanej metodzie pomiaru masy właściwej otrzymamy dla np.: 100 cm^3 wypieranej objętości zakres mierzonych sił wyporu (0.6 - 0.9) [N].

Wymagany zakres zmienności mierzonych temperatur uwzględniany przy korekcji wynosi (-30 - 50) [^oC].

4.2. Pomiar objętości paliwa

Paliwo przechowywane jest w tzw. zbiornikach pomiarowych. Są to specjalnie posadowione zbiorniki zachowujące swoje wymiary geometryczne w długich okresach. Ich wykonanie zgodnie z normami uwzględnia wymagania stawiane przez ujętą w przepisach pośrednią metodę pomiaru objętości. Polega ona na zmierzeniu poziomu paliwa w zbiorniku i odczycie z tablic litrażowania zbiornika wartości objętości.

Błąd tego pomiaru jest sumą błędu tablic litrażowania i błędu pomiaru poziomu paliwa w zbiorniku.

Powszechne używanie tablic litrażowania i przymiarów skłania do przyjęcia tego sposobu określania objętości. Automatyzacja wyklucza jednak stosowanie przymiarów. Wykorzystanie poziomowskazów idealnych z punktu widzenia automatyka wymaga zmian w konstrukji króćców pomiarowych zbiorników.

Pomiar poziomu można zastąpić przez pomiar grubości warstwy paliwa w zbiorniku. Bardzo dokładne pomiary uzyskuje się przez wyznaczenie czasu przejścia fal ultradźwiękowych generowanych na dnie zbiornika i odbitych od powierzchni paliwa.

$$h = f(\rho, t, \theta)$$

Czas przejścia fali θ zależy od temperatury i masy właściwej paliwa. Posiłkując się dodatkowo pomiarem p ciśnienia statycznego na dnie zbiornika.

$$h = p/\rho$$

uzyskujemy wartość h niezależnie od ρ, a jednocześnie dokonujemy obliczenia wartości ρ, która wykorzystywana będzie podczas ewidencji rozchodów paliwa.

Spotykane w praktyce zbiorniki paliwowe stacji paliw mają pojemność 5, 10, 15, 20, 30, 50 i 100 m^3; wymagają do pomiaru poziomu przymiarów o długościach (2.5 - 5.0) [m]. Jest to równoważne grubości warstwy paliwa.

Zbiorniki opróżniane są całkowicie zwykle tylko do remontu lub wzorcowania. Minimalny poziom paliwa to kilka procent pojemności zbiornika. Odpowiada grubości warstwy od kilku do kilkunastu centymetrów. Można przyjąć za zakres pomiarowy grubości warstwy paliwa przedział (0.1 - 0.5) [m], co odpowiada zakresowi ciśnień statycznych słupa paliwa (700 - 45000) [Pa].

Użycie ultradźwięków do pomiaru grubości warstwy paliwa wymaga zmierzenia czasu przebiegu wiązki fal. Dla średniej prędkości rozchodzenia się fal około 1500 [m/s] przedział mierzonych czasów będzie równy (0.12 - 0.6) [ms].

5. ZAKRES PRZETWARZANIA INFORMACJI NA STACJI PALIW

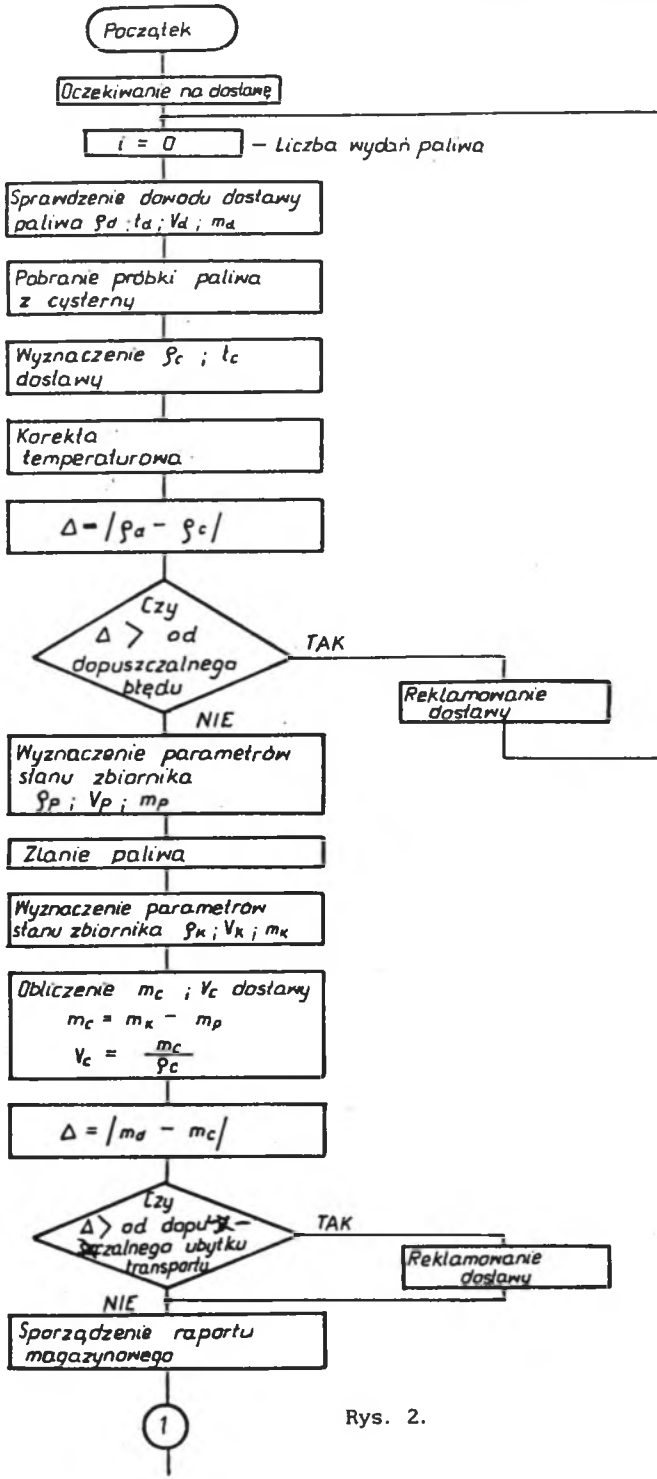
Działanie stacji można ująć w schemat blokowy (rys. 2). Określenie stanu zbiornika można szczegółowo przedstawić za pomocą algorytmu z rys. 3. Pomiar gęstości paliwa, tak jak przedstawiono w rozdziale 4.1, można ująć jak na rys. 4.

Przedstawiony na schematach blokowych zakres przetwarzania pozwala określić założenia techniczne dla układu przetwarzania. Przetwarzanie danych na stacji paliw obejmuje pomiary, operacje arytmetyczne na zebranych wynikach, wypracowanie argumentów do podejmowania decyzji sterujących przebiegiem pracy stacji przez operatora. W celu osiągnięcia błędów przetwarzania mniejszych od 1 promila należy dokonywać operacji arytmetycznych z użyciem liczb o co najmniej 4 cyfrach znaczących. Prędkość obliczeń nie ma w tym przypadku większego znaczenia. Czasy trwania poszczególnych czynności na stacji paliw liczone są w minutach, są więc kilka rzędów razy dłuższe od czasów przetwarzania najwolniejszych urządzeń przeliczających.

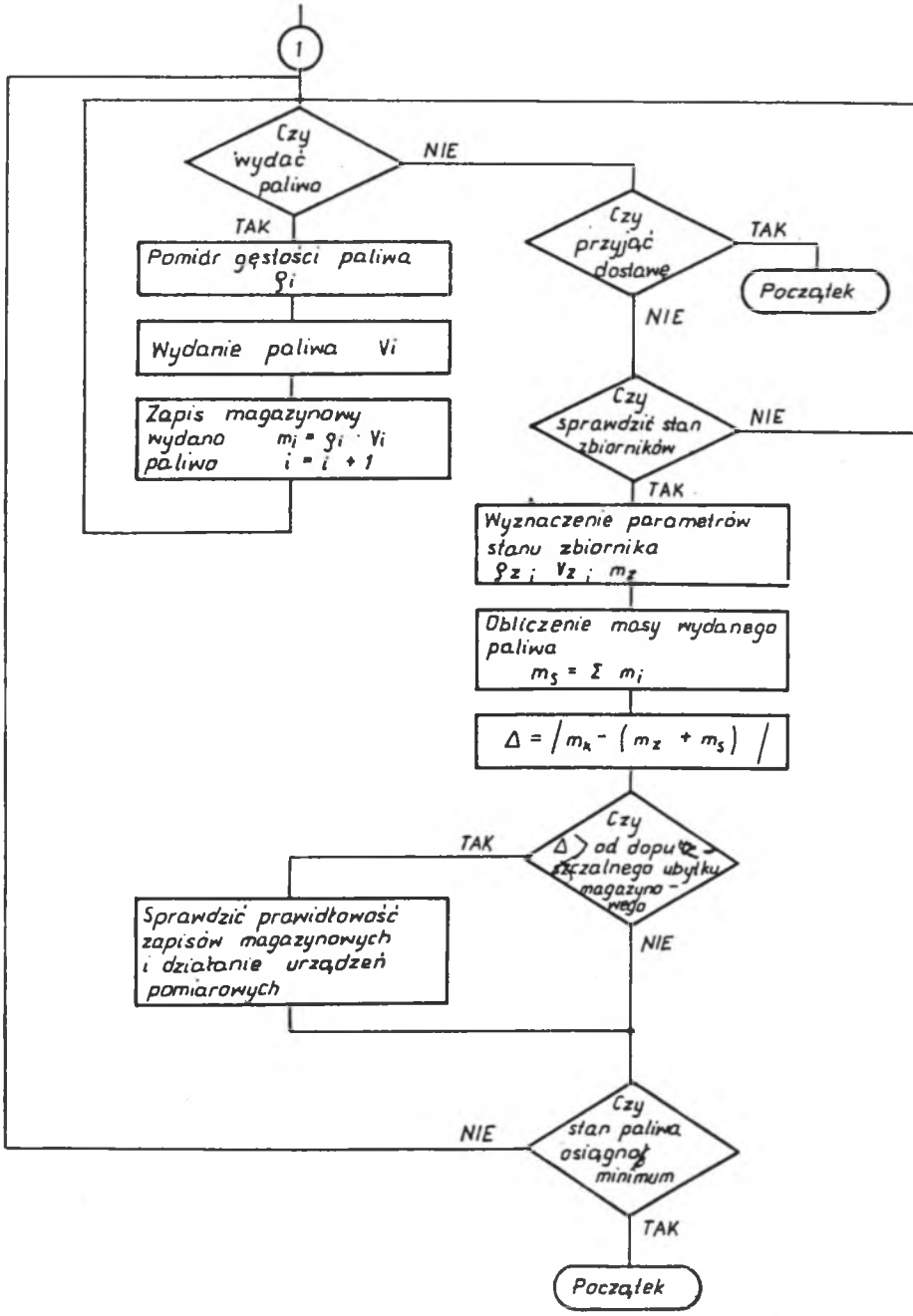
W tej sytuacji zasadne jest wykorzystanie do realizacji przedstawionego zakresu przetwarzania niewielkiego specjalizowanego systemu mikroprocesorowego [7].

W pracy stacji należy wyróżnić czynność przyjęcia dostawy paliwa. Masę właściwą paliwa w dostawie weryfikuje się zgodnie z ręcznym pomiarem, ewentualnie wspomaganym automatyczną korektą temperaturową.

Można zaproponować wykorzystanie autonomicznego gęstościomierza z korekcją temperaturową i kanałem wymiany danych.

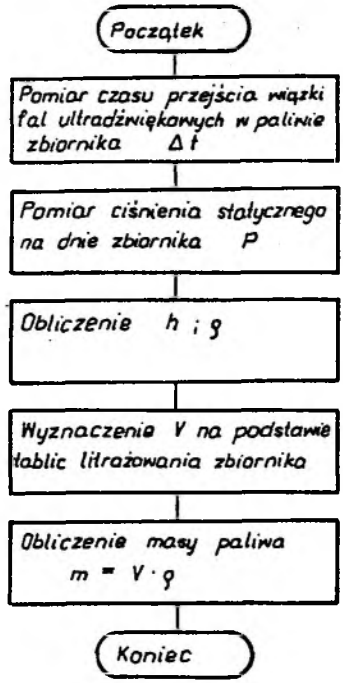

Początek
Oczekiwanie na dostawę
i = 0
– Liczba wydań paliwa
Sprawdzenie dowodu dostawy paliwa ρd ; td ; Vd ; md
Pobranie próbki paliwa z cysterny
Wyznaczenie ρc ; tc dostawy
Korekta temperaturowa
Δ = |ρd – ρc|
Czy Δ > od dopuszczalnego błędu
TAK
Reklamowanie dostawy
NIE
Wyznaczenie parametrów stanu zbiornika ρp ; Vp ; mp
Zlanie paliwa
Wyznaczenie parametrów stanu zbiornika ρk ; Vk ; mk
Obliczenie mc ; Vc dostawy
mc = mk – mp
Vc = mc / ρc
Δ = |md – mc|
Czy Δ > od dopuszczalnego ubytku transportu
TAK
Reklamowanie dostawy
NIE
Sporządzenie raportu magazynowego
1

Rys. 2.



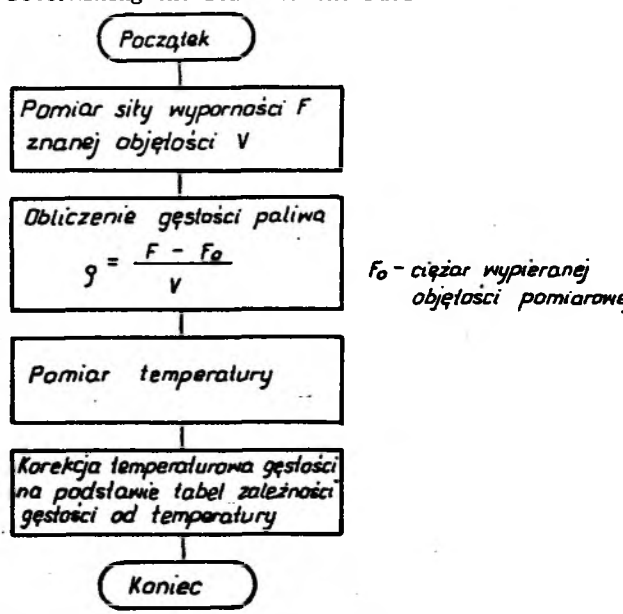
Rys. 2. Algorytm przetwarzania informacji

Fig. 2. Information processing algorithm



Rys. 3. Określenie stanu zbiornika

Fig. 3. Determining the state of the fuel tank

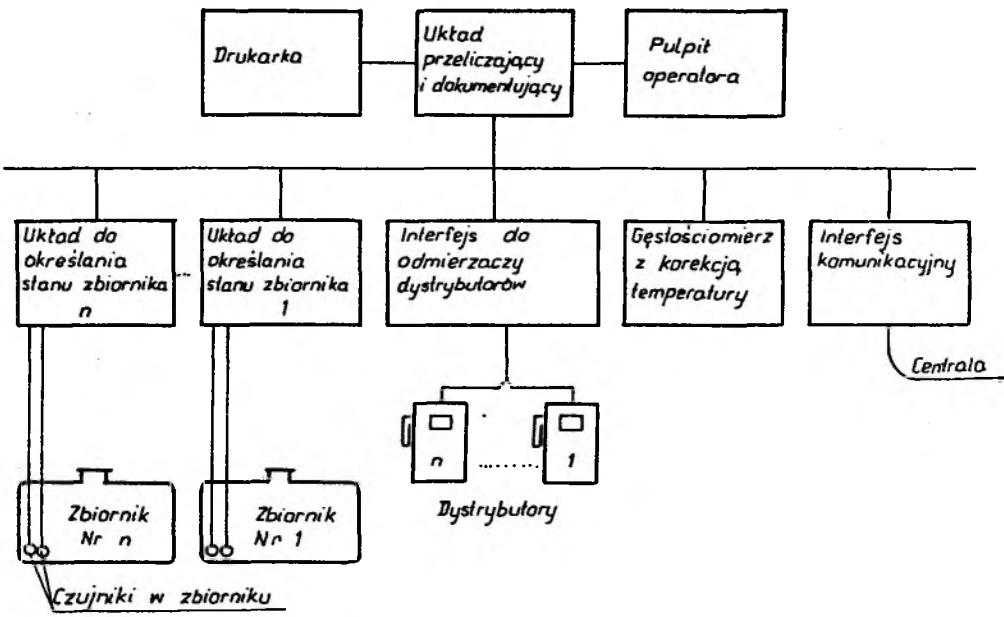


Rys. 4. Pomiar masy właściwej paliwa

Fig. 4. Fuel mass density measurement

6. URZĄDZENIA DO POMIARU PARAMETRÓW I DOKUMENTACJI ROZCHODÓW PALIWA NA STACJI

Na podstawie przedstawionych wymagań technicznych i zakresu przetwarzania można zaproponować następującą strukturę blokową urządzenia (rys. 5). Wyraźnie wydzielony może być układ przeliczająco-dokumentujacy z drukarką i pulpitem operatora. Stanowiłby on jądro urządzenia, do którego dołączone byłyby za pomocą standardowej magistrali (np. I^2C) układy pomiarowe lub interfejsy [8].



Rys. 5. Struktura blokowa urządzenia

Fig. 5. Blok structure of the system

Urządzenie mogłoby być rozbudowywane w marę rozbudowy stacji lub udoskonalania sposobu obsługi klientów.

W przypadku awarii któregokolwiek układu będzie on odłączony od magistrali i tym samym nie będzie miał wpływu na pracę całego urządzenia. Przewiduje się, że pulpit operatora będzie umożliwiał przełączenie rodzaju pracy stacji, tzn. wybór automatycznego, półautomatycznego lub ręcznego sterowania.

W celu zwiększenia niezawodności działadnia urządzenia proponuje się jego realizację w postaci autonomicznych układów powiązanych magistralą wymiany danych i jednolitym protokołem komunikacyjnym. Wyróżniony będzie układ przeliczająco-dokumentujący nadzorujący pracę pozostałych. Każdy z układów realizujący wybrane zadanie urządzenia będzie przekazywał wyniki w znormalizowanej postaci do nadzorcy.

Mając na uwadze minimalizację kosztów urządzenia i eksploatacji proponuje się wykorzystanie elementów elektronicznych wykonanych w technologii CMOS lub BiCMOS. Układy wykonane w tej technologii pobierają kilka rzędów razy mniej energii niż tradycyjne. Należy w maksymalnym stopniu scalić obwody układów. Nadają się do tego celu scalone mikrokomputery jednoukładowe umożliwiające kosztem rozbudowy oprogramowania redukcję liczby układów wspomagających [9].

Za ich wyborem przemawia również i to, że scalone mikrokomputery jednoukładowe dysponują znaczną mocą przetwarzania.

Mogą one integrować w sobie takie elementy, jak:

- liczniki zdarzeń,
- generatory impulsów,
- wielowejściowy przetwornik analogowo-cyfrowy,
- kanał transmisji szeregowej,
- kilkanaście dwustanowych we/wy,
- własny zegar,
- układ nadzoru pracy (watchdog),
- koprocesor arytmetyczny.

Zaproponowany na schemacie blokowym podział urządzenia na bloki:

1) układ przeliczająco-dokumentujący,
2) układ do określania stanu zbiornika,
3) interfejs odmierzaczy dystrybutorów,
4) interfejs komunikacyjny,
5) miernik masy właściwej z korekcją temperaturową,

może być podstawą do opracowania autonomicznych układów urzadzenia realizujących wyróżnione funkcje.

Każdy układ zawierałby scalony cmosowski mikrokomputer jednoukładowy. Układy wymieniałyby dane łączem szeregowym. Dzięki niskiemu poborowi mocy mogłyby być jednocześnie zasilane magistralą komunikacyjną.

7. ROZWIĄZANIA UKŁADÓW URZĄDZENIA

Ważnym zagadnieniem w przedstawionej koncepcji rozwiązania urządzenia jest wymiana danych między układami. Stacja paliw ma zwykle kilka zbiorników paliwowych rozmieszczonych w odległościach od kilku do kilkunastu metrów. Dla dużej stacji mogą to być odległości rzędu kilkudziesięciu metrów. Wymiana danych na takie odległości rodzi problem ochrony przed zakłóceniami i wiarygodności przesyłania. Wykorzystanie przewodów ekranowych lub skrętki drutów powinno ochronić przed wpływem zakłócających pól elektromagnetycznych. Dodatkowo należy rozbudować protokół komunikacyjny o kontrolę poprawności przesyłanych wiadomości.

Proponouje się wykorzystanie najprostszego protokołu typu ALOHA [8]. Wiadomość przesyłana będzie w kodzie ASCII ramkami o pojemności 16 bajtów z 1-bajtowym słowem kontroli poprawności typu LRC. Niewielka liczba stacji dołączona do kanału oraz mała ilość wymienianej informacji nie powinny doprowadzać do zatkania kanału.

Oparte na scalonych mikrokomputerach jednoukładowych stacje zawierają obwody kanału szeregowego wbudowane w mikrokomputer. Protokół i parametry kanału ustala się drogą programową.

7.1. Układ przeliczająco-dokumentujący

Układ pełni rolę nadzorcy w urządzeniu pomiaru parametrów i dokumentacji rozchodów paliwa na stacji.

Wyposażony jest w pulpit operatora, drukarkę, ewentualnie inne urządzenia do trwałej dokumentacji zapisów magazynowych.

Obsługa stacji używając klawiszy pulpitu wprowadza niezbędne parametry działania urządzenia lub inicjuje procedury pracy. Podgląd wartości wprowadzanych parametrów i sygnalizacja trybu pracy następuje na alfanumerycznym wyświetlaczu ciekłokrystalicznym.

Tryby pracy urządzenia:

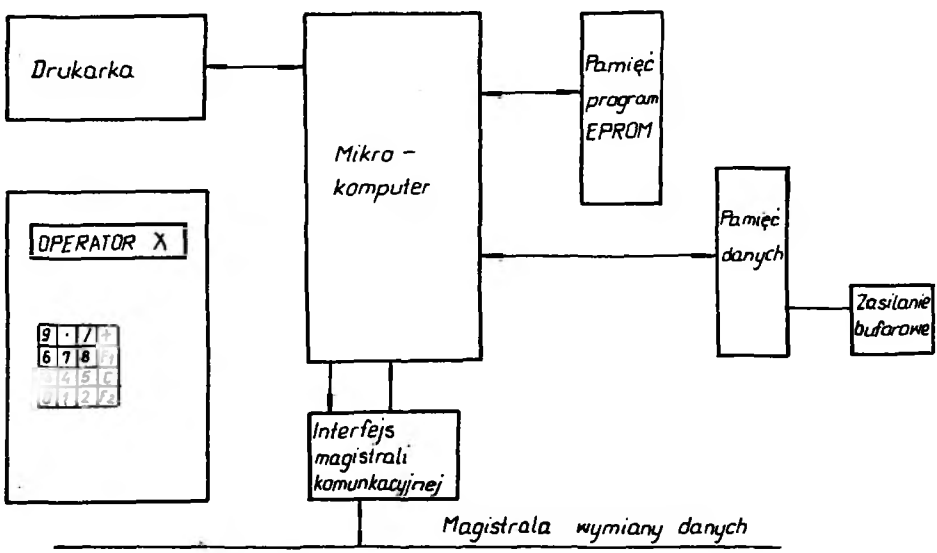
- wyznaczenie masy właściwej dostawy skorygowanej temperaturowo,
- wyznaczenie parametrów dostawy - objętości, masy,
- określenie stanu n-tego zbiornika,
- zadanie dawki paliwa dla n-tego dystrybutora z podglądem ilości wydawanego paliwa i wartości,
- pobranie stanu licznika odmierzacza n-tego dystrybutora,

- włączenie n-tego dystrybutora z podglądem ilości wydanego paliwa i wartości,
- zadawanie ceny paliwa dla n-tego zbiornika,
- sporządzanie raportu magazynowego dla n-tego zbiornika w zadanym okresie czasowym,
- sporządzanie rachunku za wydane paliwo z n-tego dystrybutora,
- sporządzanie raportu wydanych rachunków za paliwo na stacji dla zadanego okresu czasowego,
- korekcja zegara czasu astronomicznego.

Zebranie danych do raportów magazynowych następuje bez udziału operatora, aby uniemożliwić ingerencję w ich prowadzenie. Urządzenie wyposażone jest w układ podtrzymania zasilania w celu zapobieżenia zniszczeniu danych. Tylko znaczne koszty elektrycznie programowalnych i kasowalnych pamięci o dużych pojemnościach stoją na przeszkodzie w ich wykorzystaniu, a tym samym eliminacji zasilania buforowego.

Schemat rozwiązania układu przeliczająco-dokumentującego pokazano na rys. 6.

Program pracy układu zawarty będzie w pamięci EPROM. Umożliwi to łatwe wprowadzenie ewentualnych modyfikacji w działaniu układu, rozbudowywanie funkcji lub udoskonalanie np. dialogu z operatorem.



Rys. 6. Schemat układu przeliczająco-dokumentującego

Fig. 6. Schema of the calculating and documenting assembly

Układ wykorzysta system przerwań mikrokomputera do inicjacji procedur programowych i synchronizacji działania.

Używane będą przerwania:

- od licznika zdarzeń do włączania procedury sprawdzania pulpitu i uaktualniania stanu magazynowego stacji,
- od watchdog'a do sygnalizacji błędnej pracy układu,
- od kanału szeregowego do organizacji wymiany danych.

7.2. Układ do określania stanu zbiornika

Przy opracowywaniu układu należało zwrócić uwagę na iskrobezpieczność obwodów. Duża agresywność środowiska, paliwo z zawartością siarki i wody dodatkowo zaostrza wymagania co do wykonania układu. Zastosowano elementy bezstykowe o bardzo małych mocach wydzielanych podczas pracy. Obwody umieszczono w podwójnej izolacji gazoszczelnej i kwasoodpornej.

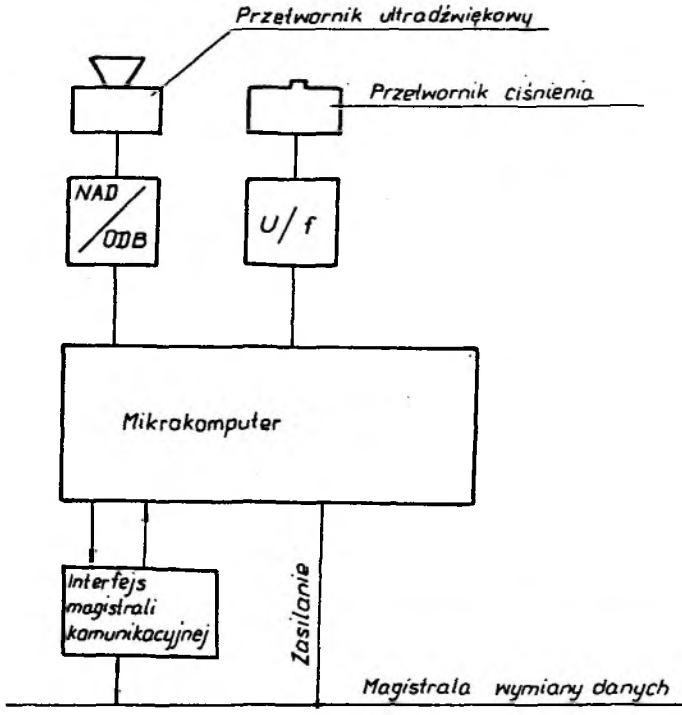
Zgodnie z założeniami, określenie stanu zbiornika opiera się na pomiarze ciśnienia statycznego na dnie zbiornika i czasu przejścia fali ultradźwiękowej przez paliwo. Wykorzystano do pomiarów:

- scalony krzemowy czujnik ciśnienia,
- piezoelektryczny przetwornik ultradźwiękowy.

Cyklem pomiarowym steruje mikrokomputer jednoukładowy. Schemat blokowy układu przedstawiono na rys. 7. Do zamiany sygnału z czujnika ciśnienia wykorzystano przetwornik napięcia na częstotliwości,ponieważ zapewnia szerszy zakres pomiarowy od wbudowanego przetwornika A/C. Mikrokomputer zapewnia bardzo dokładny pomiar częstotliwości z błędem zależnym od stabilności generatora kwarcowego służącego do taktowania pracy. Nieliniowości działania przetwornika korygowane będą programowo tak, aby uzyskać wymaganą dokładność przetwarzania.

Przetwornik piezoelektryczny pracuje na przemian w układzie nadajnika i mikrofonu. Odebrane echo po wzmocnieniu wysyłane jest natychmiast ponownie tak, że tworzy się generator o częstotliwości odwrotnie proporcjonalnej do grubości warstwy paliwa. Częstotliwość ta mierzona jest przez mikrokomputer.

Sygnały z przetwornika ciśnienia i z obwodu przetwornika piezoelektrycznego przeliczone zostają na wartość masy właściwej i poziom paliwa w zbiorniku. Otrzymane wyniki,na żądanie nadzorcy wysyłane są zwrotnie łączem komunikacyjnym.



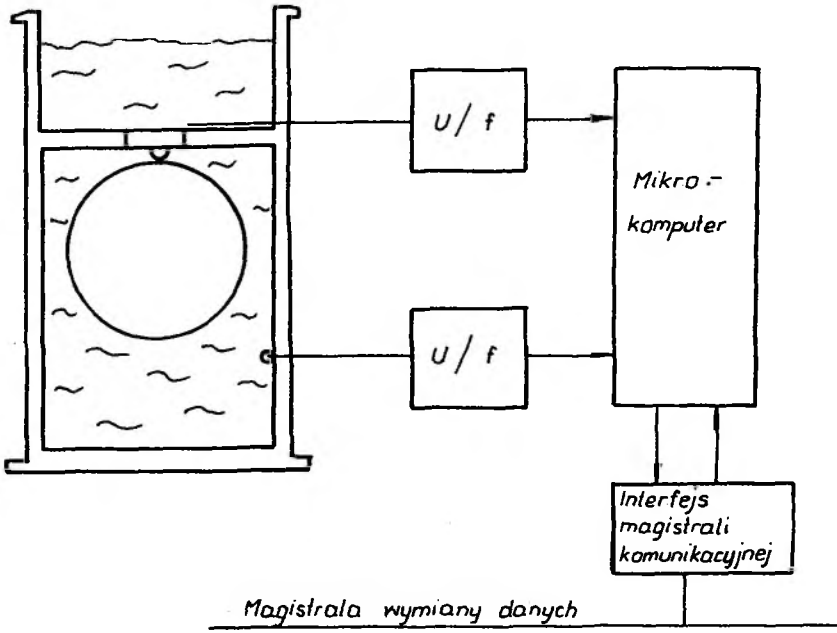
Rys. 7. Schemat blokowy układu oceny stanu zbiornika

Fig. 7. Schema of the circuit for determining the state of the fuel tank

Zwarta prosta konstrukcja układu pozwala umieścić go na dnie zbiornika paliwa w niewielkiej hermetycznej obudowie. Do połączenia z otoczeniem wykorzystany będzie kabel komunikacyjny z dodatkowym przewodem zasilającym. Ułatwi to znacznie spełnienie wymagań norm iskrobezpieczności i zwiększy niezawodność pracy.

7.3. Miernik masy właściwej z korekcją temperaturową

Przedstawione w rozdz. 4.1 wymagania pomiarowe realizuje układ przedstawiony na rys. 8. Układ może być wyposażony opcjonalnie w wyświetlacz LCD i mały pulpit operatora, w celu umożliwienia obsłudze odczytania wyniku pomiaru bez podłączenia do układu przeliczająco-dokumentującego. Podobnie jak w przypadku pomiaru ciśnienia statycznego, wykorzystany będzie scalony krzemowy czujnik ciśnienia i przetwornik napięcie-częstotliwość.



Rys. 8. Układ do pomiaru masy właściwej

Fig. 8. Schema of the circuit for measuring fuel mass density

Pomiar temperatury dokonywany będzie za pomocą termistora i podobnie jak w przypadku ciśnienia, jego sygnał zamieniony będzie na częstotliwość.

Na podstawie tablic zapisanych w pamięci przeprowadza się korekcję temperaturową wartości masy właściwej.

Na żądanie nadzorcy otrzymane wyniki pomiarów przesyłane są zwrotnie kanałem komunikacyjnym.

7.4. Interfejsy komunikacyjne

Urządzenie do pomiaru parametrów i dokumentacji rozchodów paliwa na stacji wyposażone jest w interfejs wymiany danych z układami odmierzaczy dystrybutorów i opcjonalnie w interfejs komunikacji z centralą dyspozytorską. Wyodrębnienie tych układów pozwala na opracowanie wielu typów bez ingerencji w strukturę urządzenia pomiarowego.

8. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawiona analiza pracy stacji pozwoliła sformułować założenia techniczne w celu rozwiązania układu automatyzacji funkcjonowania stacji. Naszkicowany projekt urządzenia oparto na współczesnych rozwiązaniach układów elektronicznych.

Przyjęcie rozliczania paliwa w jednostkach masy upraszcza gospodarkę magazynową na stacji paliw.

LITERATURA

[1] PN-73/M-04251. Zbiorniki pomiarowe.

[2] PN-85/C-04004. Ropa naftowa i przetwory naftowe. Oznaczanie gęstości.

[3] PN-67/C-960048. Przetwory naftowe. Oleje napędowe.

[4] PN-80/C-04024. Ropa naftowa i przetwory naftowe. Pakowanie, Znakowanie, Transport.

[5] PN-84/M-42332. Automatyka i pomiary przemysłowe. Przemysłowe ciśnieniomierze różnicowe wskazujące lub rejestrujące. Wymagania i badania lub rejestrujące. Wymagania i badanie.

[6] PN-83/M-42-325. Automatyka i pomiary przemysłowe. Przyrządy do pomiaru przetwarzania różnicy ciśnień. Nominalne zakresy różnicy ciśnień oraz ciśnienia robocze i próbne.

[7] Tabele wartości masy właściwej paliw ropopochodnych dla zakresu temperatur (-30-50)^{o}C.

[8] Plaza R., Wróbel E.: Systemy czasu rzeczywistego. WNT, Warszawa 1988.

[9] Romer E.: Miernictwo przemysłowe. PWN, Warszawa 1972.

[10] Wolisz A.: Podstawy lokalnych sieci komputerowych. WNT, Warszawa 1990.

[11] Microcomputer Handbook. Simens 1990.

Recenzent: Doc.dr hab.inż. Janusz Woch

Wpłynęło do Redakcji 15.04.1992

ABSTRACT

The paper presents an analysis of functioning of a fuel station based on current regulations and norms. The disposition of fuel is based on volumetric measurements. All accounting with fuel delivering companies on the other hand is done in mass. A set of coefficients related to temperature, time of year is used to convert fuel volume to mass and vice versa. Additionally transport and storing standards allow for fuel losses which also influence the overall accounts of the station. All calculations and conversions are currently done by hand.

The station functioning analysis forms a platform for developing algorithms and proposing hardware for an automatic system for fuel disposition. The basic station functions are: receiving fuel, disposing fuel to customers, making inventories. Each function has it's specifics. The crucial problem is the acquisition and interchange of information. Acquisition means measuring the mass of received and disposed fuel. Fuel is disposed in volume. To change the quantities to mass a precise measurement of mass density is done. All accounts on the station are done in mass.

A specialized distributed computing system is proposed to enabe the interchange of information from remote sources such as fuel distributors, tanks, account tolls and density measuring devices. The system will be based on one chip microcomputers connected to a local area network. Such a solution enhances the reliability of the system as all elements are independent and in the case of a breakdown can be disconnected from the LAN without causing a total shutdown.