

Zygmunt KUBIAK

INSTYTUT INFORMATYKI
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

NOWE ROZWIĄZANIA WODOMIERZY W INTELIGENTNYCH POMIARACH

NEW SOLUTIONS OF WATER METERS IN THE SMART METERINGS

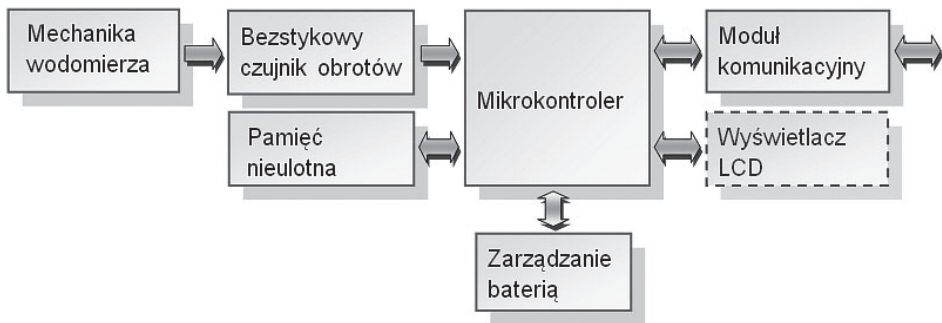
The paper presents briefly currently dominating solutions of water meters. They are based on mechanical meters, complemented by electronic part with the possibility of transmission of measurement data. Smart water means, among other things, the introduction of smart metering which requires the use of a new generation of meters. The paper presents the requirements to be met by smart meters and describes the solution concepts of modern water meters not containing moving parts. That kind of design ensures longer and reliable operation of the devices. The innovative solution in case of water meters of low efficiency is the method of ultrasonic measurement of water flow. It seems that this technology has a great future. Interesting solution to the measurement problem of water flow is shown in European Patent No. EP0868652B1. It describes the water meter designed for domestic water supply, in which the oscillation of water stream is proportional to the speed of its flow. A stream of water which oscillates in the magnetic field generates an electromotive force.

1. Wprowadzenie

Postęp technologiczny wymusza zmiany w metodach odczytu liczników mediów. Metoda inkasenta jest kosztowna ale również kłopotliwa dla odbiorców mediów. Ponadto wyniki pomiarów odczytywane są sporadycznie. W przypadku wody są to okresy kilku-miesięczne a odczyty stanowią wyłącznie podstawę do rozliczeń kosztów, natomiast nie dostarczają informacji o bieżącym rozkładzie poboru wody. Aktualnie w ramach Unii Europejskiej realizowana jest koncepcja pomiarów inteligentnych (ang. Smart Metering) [2]. Dotyczy ona wszystkich mediów dostarczanych do gospodarstw domowych, jak energia elektryczna, gaz, woda, ciepło.

Aktualnie dominują konstrukcje mechaniczne wodomierzy. Dla potrzeb zdalnego, cyfrowego odczytu są one wyposażane w specjalne przystawki, które zamieniają ruch jednej z osi związanej z liczydłem mechanicznym na ciąg impulsów elektrycznych. Impulsy te są zliczane w licznikach elektronicznych, stanowiąc odwzorowanie wskazań liczników mechanicznych. Ponieważ wodomierze nie posiadają zasilania elektrycznego stąd rozwiązania elektroniczne dla potrzeb zdalnych odczytów muszą spełniać warunki energooszczędności – zakłada się, układ elektroniczny zapewniający również komunikację radiową powinien poprawnie pracować, bez wymiany baterii przez okres 5 lat aż do wymiany całego urządzenia. Większość wodomierzy montowanych u odbiorców końcowych wody spełnia właściwie warunki zdalnego odczytu ale nie spełnia warunków wynikających z koncepcji pomiarów inteligentnych. W referacie omówiono różne metody pomiarowe i rozwiązania przeznaczone dla współczesnych przepływomierzy.

Systemy zdalnych odczytów wymagają sygnału elektrycznego na wyjściu urządzeń pomiarowych. Aktualnie zdecydowana większość wodomierzy z funkcją zdalnego wykonywania tradycyjną mechanikę urządzenia pomiarowego, która jest uzupełniana modułem elektronicznym, rejestrującym obroty jednego z elementów liczydła. Elektronika wykonuje niezbędne przetwarzanie danych pomiarowych i obsługuje moduł komunikacyjny (rys. 1).



Rys. 1. Schemat blokowy wodomierza przystosowanego do zdalnych pomiarów

Fig. 1. Block diagram of the water meter, adapted for remote measurements

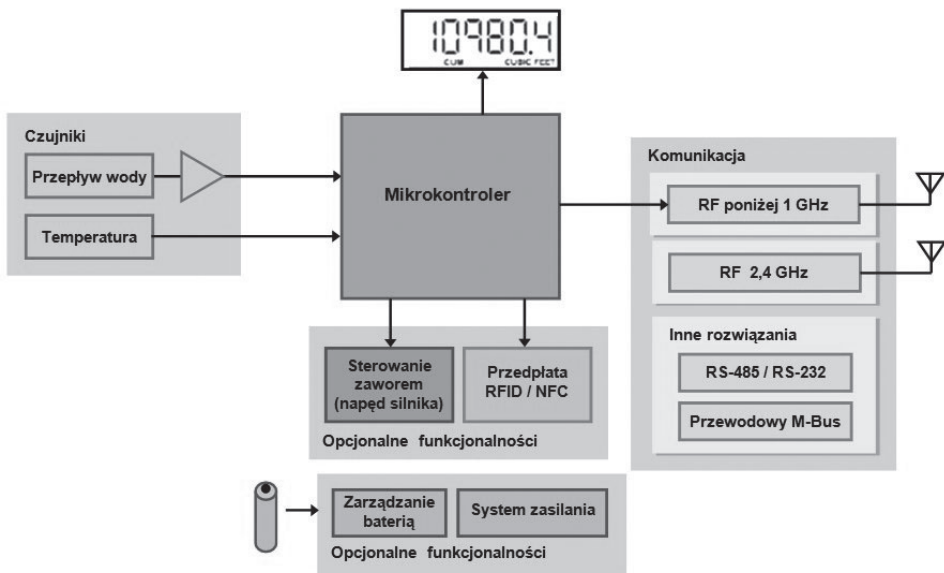
Pierwsze rozwiązania polegały na uzupełnieniu wodomierza mechanicznego w zewnętrzną przystawkę elektroniczną. W nowszych wykonaniach przystawka stanowi moduł konstrukcyjny wodomierza. Ruch obrotowy wybranych elementów licznika, proporcjonalny do przepływu, zamieniany jest na ciąg impulsów za pomocą układów magnetycznych (kontaktrony - w starszych wersjach), indukcyjnych albo optoelektrycznych. Wadą impulsatorów kontaktronowych jest zawodność i łatwość zakłócenia ich działania przy pomocy zewnętrznych magnesów. Aby ustrzec się przed nieprawidłowościami pomiarów producenci stosują różnego rodzaju zabezpieczenia wykrywające działanie silnych pól magnetycznych na wodomierz.

W nowych rozwiązaniach rozpoznawany jest ponadto kierunek przepływu wody co umożliwia kompensowanie przepływu wstecznego i w rezultacie zapewniona jest zgodność pomiaru elektronicznego z licznikiem mechanicznym. Moduły elektroniczne wyposażone są zazwyczaj w jeden z pięciu typów wyjść (lub kilka z nich): impulsowe, RS232/RS485, M-BUS i radiowe. Najprostszym i jednocześnie najbardziej uniwersalnym rozwiązaniem jest wyjście impulsowe – łatwo można dostosować do każdego systemu pomiarowego. Wymaga zewnętrznego układu przetwarzania, pamiętania i konwersji wyników pomiarów do postaci wymaganej przez system zbierania pomiarów. Rozwiązania z interfejsem szeregowym RS232 lub RS485 są to z reguły nietypowe (niestandardowe) rozwiązania producentów liczników. IrDA (ang. Infrared Data Association) wykorzystuje transmisję danych w podczerwieni a protokół z reguły zgodny z zastosowanym dla RS232. Dla wodomierzy popularnym interfejsem jest magistrala asynchroniczna M-BUS (ang. Meter Bus), pozwalająca na wymianę danych zorganizowanych w pakiety. Moduły wstępnie przetwarzają i z reguły archiwizują wyniki pomiarów. Moduł zarządzający transmisją (Master) ma dostęp do danych pomiarowych bieżących jak i archiwizowanych zaopatrzonych w „pieczęć” czasową oraz danych serwisowych jak numer urządzenia pomiarowego, alarmy, stan baterii.

2. Wodomierze dla pomiarów inteligentnych

Urządzenia realizujące tzw. inteligentne pomiary (ang. *smart water*) muszą spełniać szereg wymagań. Przede wszystkim musi zapewnić przekazywanie znacznie większej ilości danych pomiarowych niż dotychczasowe rozwiązania liczników, w tym liczników pierwszej generacji przeznaczonych do zdalnego odczytu AMR (ang. *Automatic Meter Reading*). Wymagana jest dwukierunkowa transmisja danych, co umożliwia natychmiastowe powiadomienie odbiorcy o ewentualnych awariach, przekazanie informacji odbiorcom danego medium o obowiązujących taryfach. Zużycie medium może być prezentowane nie tylko w jednostkach fizycznych (dla wody w m³) ale również w postaci bieżących kosztów. Dostawca medium może zdalnie aktualizować oprogramowanie licznika. Urządzenia muszą być wyposażone w zegar czasu rzeczywistego. Archiwizowane dane pomiarowe muszą być oznaczone pieczęcią czasową. Jedną z istotnych cech inteligentnego licznika funkcja odcięcia medium (w przypadku wody jest to wyjście sterujące zaworem wody). Opcjonalnie liczniki mogą być wyposażone w system przedpłatowy. We współczesnych mieszkaniach, domach liczniki instalowane są bardzo często w pomieszczeniach zewnętrznych, niedostępnych bądź trudno dostępnych dla konsumenta medium. Producenci inteligentnych liczników powinni uwzględnić możliwość łatwej retransmisji danych, istotnych dla odbiorcy, np. do jego prywatnej sieci domowej. Na rys. 2 przedstawiono koncepcję wodomierza opracowanego inteligentnych pomiarów przez Texas Instruments [11].

Schemat blokowy wodomierza zawiera część sensorową, która dostarcza informacji o przepływie wody. W zależności od aplikacji blok ten może również wykonywać pomiary temperatury lub/i poziomu wody. Wyniki pomiarów mikrokontroler przetwarza na wartości w wymaganych jednostkach. Są one bezpośrednio wyświetlane wyświetlacz wbudowanym w wodomierz. Wyniki dostępne są również za pośrednictwem systemu komunikacyjnego. Texas Instruments w tym celu przewiduje rozwiązania radiowe i przewodowe. Transmisja radiowa realizowana jest w pasmach ISM (ang. *Industrial, Scientific, Medical*) 433 MHz, 868 MHz, (902 MHz w USA) oraz 2,4 GHz. Możliwe są też rozwiązania przewodowe oparte na interfejsach przewodowych RS232 i RS485. W systemach wodno-kanalizacyjnych popularny jest protokół M-BUS. Do transmisji na większe odległości przewidywany jest Internet co na rysunku symbolizuje chmura IoT (ang. *Internet of Things*). IoT co w polskim tłumaczeniu oznacza Internet przedmiotów, jest to koncepcja według której wybrane przedmioty mogą pośrednio lub bezpośrednio mogą gromadzić, przetwarzać i wymieniać dane za pośrednictwem istniejącej infrastruktury internetowej. Do takich przedmiotów należą też urządzenia domowe, oświetleniowe, grzewcze, gazowe, wodociągowe. Licznik wody opcjonalnie może być wyposażony w system przedpłatowy wykorzystujący transmisję zbliżeniową RFID / NFC (opłata za pomocą kart płatniczych, kredytowych, smartfonów). Inteligentny licznik może też pośredniczyć w sterowaniu zaworem odcinającym wodę.

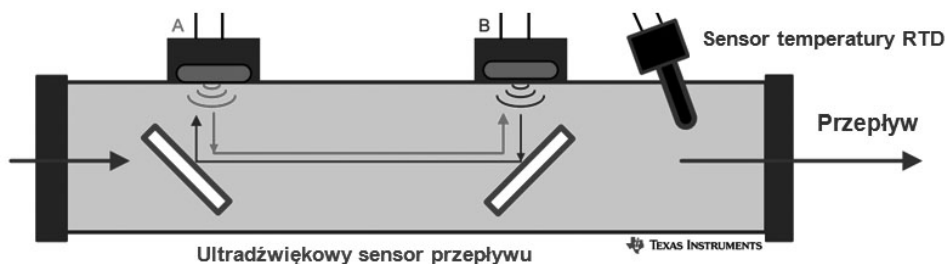


Rys. 2. Schemat blokowy wodomierza dla inteligentnych pomiarów [11]

Fig. 2. Ultradźwiękowa metoda pomiaru przepływu [5]

3. Konstrukcje wodomierzy bez elementów ruchomych

O ile w przypadku pomiaru dużych przepływów standardem są urządzenia bez elementów ruchomych to współcześnie stosowane wodomierze u odbiorców końcowych wody w mieszkaniach i domach z reguły bazują na mechanizmach wirnikowych. Obecność części obrotowych pogarsza niezawodność i ogranicza czas pracy urządzenia i stąd poszukiwania dla małych przepływów innych rozwiązań pomiarowych. Jedną z bardziej obiecujących metod wykorzystuje ultradźwiękowy pomiar prędkości cieczy. Na rys. 3 przedstawiono zasadę działania ultradźwiękowego sensora przepływu.



Rys. 3. Ultradźwiękowa metoda pomiaru przepływu [5]

Fig. 3. Ultrasonic flow measurement method

Ultradźwiękowy sensor przepływu zawiera dwa nadajniki (połączone z odbiornikami) fali ultradźwiękowej (A i B) umieszczone na rurze sensora i dwa reflektory oraz dodatkowo rezystancyjny sensor temperatury. W przepływomierzach wody wykorzystywana jest częstotliwość 1-3 MHz. W momencie uruchomienia pomiaru nadajniki A i B generują krótkie paczki impulsów, które w postaci fal ultradźwiękowych wędrują w cieczy w przeciwnych kierunkach, odbijając się po drodze od reflektorów. Przy zerowym przepływie fale docierają do odbiorników w tym samym czasie, tzn. $t_{AB} = t_{BA}$, gdzie t_{AB} jest czasem przejścia fali od A do B a t_{BA} odwrotnie. W obecności przepływu skierowanego jak na rys. 3, $t_{BA} > t_{AB}$. Różnica czasu jest proporcjonalna do prędkości cieczy w rurze sensora a na jej podstawie można wyznaczyć przepływ. Sensor RTD (ang. Resistance Temperature Detector) stosowany jest w ciepłomierzach. Przedstawiona metoda wydaje się prosta, jednak wymaga zastosowania wysokiej dokładności układów czasowych (ang. *timers*) i o rozdzielczości poniżej nanosekundy.

Czas odpowiedzi sensora ultradźwiękowego można zdefiniować następująco:

$$t_{BA} = \frac{l}{(c - v)} \quad (1)$$

$$t_{AB} = \frac{l}{(c + v)} \quad (2)$$

gdzie l jest odległością między nadajnikiem i odbiornikiem ultradźwiękowym w metrach (m), c jest prędkością dźwięku w wodzie w metrach na sekundę (m/s), v jest prędkością wody w rurze w metrach na sekundę (m/s).

We wzorach (1) i (2) nie uwzględniono pionowych odcinków drogi sygnały ultradźwiękowe ale nie ma to wpływu na różnicę czasów ΔT . Aby określić prędkość wody potrzebna jest znajomość różnicy zmierzonych czasów $\Delta T = t_{BA} - t_{AB}$.

$$\Delta T = \frac{2 \cdot l \cdot v}{c^2 - v^2} \quad (3)$$

Stąd po uwzględnieniu, że $c \gg v$ otrzymamy wyrażenie na prędkość wody

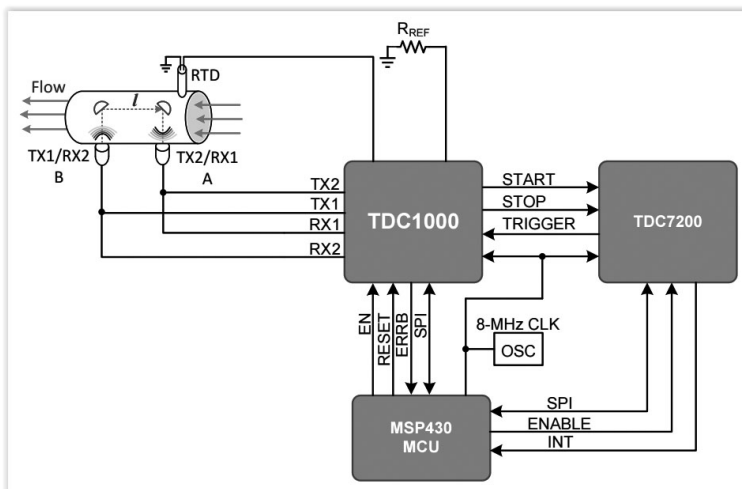
$$v = \frac{\Delta T \cdot c^2}{2 \cdot l} \quad (4)$$

W rezultacie wartość przepływu Q można wyznaczyć następująco

$$Q = k \cdot v \cdot S = k \cdot \frac{\Delta T \cdot c^2 \cdot S}{2 \cdot l} \quad (5)$$

gdzie k jest stałą wodomierza, S jest powierzchnią przekroju rury w metrach kwadratowych (m^2).

Prędkość dźwięku w wodzie wynosi $c = 1480$ m/s w temperaturze $25^\circ C$. Jeżeli uwzględnić, przykładową odległość między sensorami $l = 60$ mm i średnicę rury $d = 15$ mm, to w przypadku minimalnego przepływu dla wodomierza klasy C (wg PN-ISO 4064) wynoszącego $Q_{min} = 0,015$ m³/h, prędkość wody wynosi 23,6 mm/s a różnica czasów $\Delta T = 1,293$ ns. Dla wodomierza dopuszcza się 5% błąd pomiarowy dla przepływu minimalnego co odpowiada czasowi 64,65 ps. Omówiony przykład pokazuje z jaką precyzją muszą być wykonywane pomiary czasu.

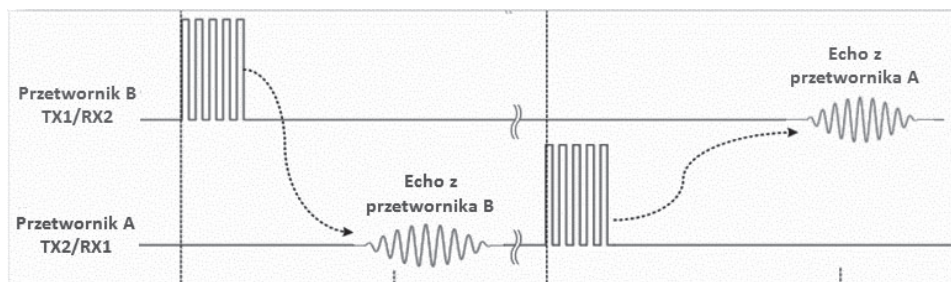


Rys. 4. Uproszczony schemat blokowy wodomierza [7]

Fig. 4. Water flow-meter application simplified diagram

Firma Texas Instruments opracowała specjalne układy TDC1000 i TDC7200 do obsługi przetworników ultradźwiękowych. Dodatkowo wykorzystywany jest jeszcze układ TSA44159 (nie zaznaczony na rysunku) – szybki, czterokanałowy multiplekser analogowy, kluczujący sensory ultradźwiękowe oraz układ TPS63001 - układ zarządzania zasilaniem. TDC1000 [7] jest przeznaczony do współpracy z różnymi sensorami ultradźwiękowymi. Dostarcza dwóch impulsów START i STOP, które analogowo, z dokładnością do pikosekund określają czas przejścia fali ultradźwiękowej od nadajnika do odbiornika. Z sygnałem START jest zsynchronizowana krótka paczka impulsów, których częstotliwość może być programowana z przedziału od 31,25 kHz do 4 MHz (rys. 5). W pomiarach przepływu wody stosuje się najwyższe częstotliwości. Sygnał STOP jest generowany na podstawie echa wykrywanego przez odbiornik (rys. 5). TDC7200 [8] jest precyzyjnym cyfrowym układem czasowym, który przetwarza analogowy odcinek czasu, wyznaczony impulsami START i STOP (dla wodomierzy zakres pomiarowy 12 ns do 500 ns) na wartość cyfrową z rozdzielczością 55 ps. Oprócz pojedynczego cyklu pomiarowego TDC7200 umożliwia automatyczne, cyfrowe uśrednianie wyników z 2 do 128 cykli pomiarowych. Układy są sprzężone z mikrokontrolerem za pomocą magistrali SPI. Błąd pomiaru jest minimalizowany dzięki wykorzystaniu dla wspomnianych układów wspólnego generatora zegarowego (rys. 4).

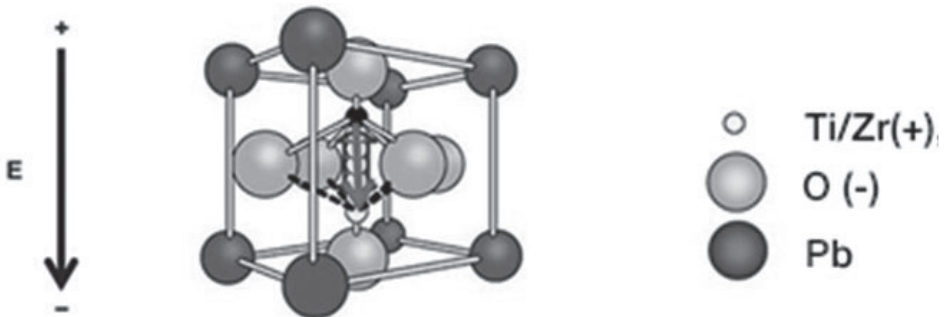
Inteligentne wodomierze muszą być urządzeniami energooszczędnymi ponieważ nie mają stałego zasilania. Zasilane są bateryjnie i powinny pracować bez wymiany baterii przez cały okres ważności legalizacji urządzenia (aktualnie 5 lat - Dz.U. Nr 5). Wymaganie to częściowo jest realizowane poprzez konstrukcję wodomierza z elementów (mikrokontroler i pozostałe układy) o niskim zapotrzebowaniu na energię oraz właściwy projekt. Wyżej wymienione zabiegi na poziomie sprzętowym, związane z budową i organizacją urządzenia są jednak niewystarczające dla osiągnięcia długiego okresu pracy na jednym komplecie baterii. Dalszą oszczędność energii uzyskuje się dobierając odpowiednio cykl pracy urządzenia, tzn. krótki czas aktywności (wykonywanie pomiarów i transmisja) w stosunku o czasu uśpienia.



Rys. 5. Zależności między impulsami nadawanymi i odbieranymi [7]

Fig. 5. Relation between transmit and receive pulses

W konstrukcji wodomierza z rys. 4, opracowane przez firmę Texas Instruments układy elektroniczne spełniają warunki energooszczędności. Mikrokontrolery 16-bitowe serii MSP430 są układami specjalnie zaprojektowanymi do pracy w urządzeniach z zasilaniem bateryjnym. W szczególności wyróżnia się tutaj MSP430FR6989 [MSP], który jest dedykowany do zastosowań w inteligentnych licznikach. Mikrokontroler ten jest między innymi przystosowany do bezpośredniego sterowania wyświetlaczem LCD, zawiera zegar czasu rzeczywistego z kalendarzem i funkcjami alarmowymi, sterownik podczerwieni IrDA, 16-kanałowy 12 bitowy przetwornik analogowo cyfrowy, 3-kanałowy DMA, 32-bitowy sprzętowy układ mnożenia, sprzętowy układ szyfrowania AES256 (istotny dla transmisji bezprzewodowej), układ kontroli integralności transmisji CRC16 i CRC32, specjalny interfejs ESI (ang. *Extended Scan Interface*), który skanuje sensory (m.in. wody, ciepła, gazu) przy nieznacznym poborze prądu (pomiar w tle). W stanie aktywnym mikrokontroler pobiera prąd około 100 $\mu\text{A}/\text{MHz}$. Jedną z największych zalet mikrokontrolera jest zastosowanie w nim szybkiej, nieulotnej, ferroelektrycznej pamięci RAM (FeRAM, FRAM lub F-RAM) o pojemności 128 KB, co pozwala również na archiwizowanie danych [FRAM]. Pamięć wykorzystuje efekt ferroelektryczny występujący w niektórych materiałach krystalicznych i polega na zachowaniu polaryzacji elektrycznej również po usunięciu pola elektrycznego, które tę polaryzację wywołało. Komórka pamięci FRAM budową przypomina komórkę pamięci dynamicznej DRAM. Głównym elementem komórki pamięci FRAM jest rodzaj kondensatora, w którym zamiast dielektryka znajduje się warstwa ferroelektrycznego materiału krystalicznego PZT ($\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$). „Ruchomy” wewnątrz struktury krystalicznej atom może znajdować się w jednym z dwóch stanów stabilnych, których utrzymanie nie wymaga dodatkowej energii (rys. 6). Zmiana stanu wymaga zewnętrznego pola elektrycznego E.



Rys. 6. Struktura komórki PZT [9,10]

Fig. 6. PZT cell structure

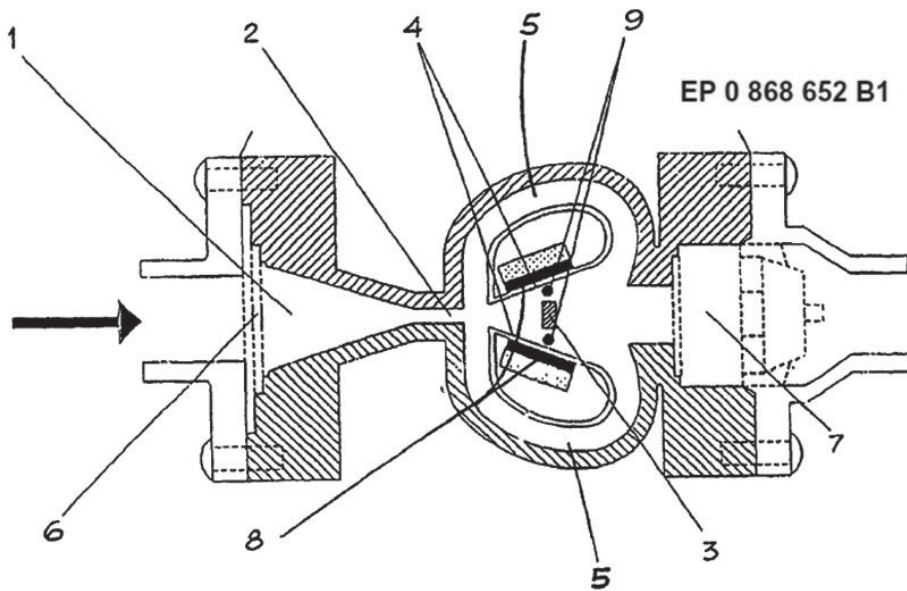
W porównaniu z innymi rodzajami pamięci FRAM mają bardzo wiele zalet. Szacowana liczba operacji zapisu i odczytu wynosi co najmniej 1015. Czas przechowywania danych wynosi co najmniej 100 lat w temperaturze 25°C i co najmniej 40 lat w temperaturze 70°C. Czas zapisu do pamięci jest krótszy niż odczyt. Czas odczytu uwarunkowany jest częstotliwością zegara systemowego. Najkrótszy czas dostępu, wynikający z właściwości fizycznych pamięci, mierzony jest w nanosekundach. Pamięć nie wymaga odświeżania ani wstępnego zerowania zapisywanego obszaru pamięci. FRAM jest odporna na radiację oraz działanie zewnętrznego pola magnetycznego co jest szczególnie istotne w przypadku inteligentnych liczników. W tabeli 1 przedstawiono porównanie różnych typów pamięci wbudowywanych do mikrokontrolerów [10].

Tabela. 1. Porównanie pamięci
Table. 1. Comparison of memory

Cechy \ Typ pamięci	FRAM	SRAM	EEPROM	FLASH
Nieulotność	Tak	Nie	Tak	Tak
Szybkość zapisu (13 KB)	< 10ms	< 10ms	2s	1s
Średnia moc [$\mu\text{A}/\text{MHz}$] (16-bit. dostęp przez CPU)	100	< 60	50000+	230
Liczba cykli zapisu (max)	> 10^{15}	Brak ograniczeń	100000	10000
Dostęp bitowy	Tak	Tak	Nie	Nie

Interesujące rozwiązanie problemu pomiaru przepływu wody zaproponowano w patencie europejskim Nr EP0868652B1 [1]. Opis przedstawia wodomierz o małej wydajności, przeznaczony dla sieci domowej, w którym występują oscylacje strumienia wody proporcjonalne do jej przepływu. Oscylujący strumień wody znajduje się w polu magnetycznym co powoduje wytworzenie siły elektromotorycznej. Przekrój wodomierza pokazano na rys. 7.

Przepływomierz jest płynowym oscylatorem, który składa się ze zbieżnego kanału 1, zakończonego dyszą szczelinową 2, rozdzielacza 3, kanału dyfuzora z dwiema rozbieżnymi ścianami 4 i dwoma kanałami powrotnymi 5. Na wlocie miernika umieszczona jest wkładka 6, formująca wstępnie strumień wody.



Rys. 7. Przepływomierz płynowy [1]: 1 - kanał wlotowy, 2 - dysza szczelinowa formująca strumień, 3 - rozdzielacz, 4 - ściany dyfuzora, 5 - kanał powrotny, 6 - wkładka, 7 - kanał wylotowy, 8 - magnesy trwałe, 9 - elektrody

Fig. 7. Fluidic flowmeter: 1 - the converging entry passage, 2 - the jet-forming orifice, 3 - the splitter post, 4 - walls of diffuser, 5 - feedback channels, 6 - the conditioning disc, 7 - the meter outlet, 8 - permanent magnets, 9 - electrodes

W urządzeniu wykorzystywany jest efekt Coandy (odkrywcą Henri Coanda) polegający na tym, że strumień płynu (gazu lub cieczy) ma tendencję przylegania do najbliższej powierzchni. Woda przepływa do oscylatora płynowego przez dyszę, która przyspiesza jej strumień. Na skutek efektu Coandy, strumień ugina się ku jednej ze ścian dyfuzora 4 i w większości wpada do wylotu 7, który jest ujściem z komory przepływowej. Część strumienia zostanie jednak przechwycona przez kanał zwrotny 5 i z pewnym opóźnieniem wpada prostopadle na strumień główny, powodując przerzucenie strumienia do drugiej ściany dyfuzora i dalej ten proces się powtarza. Proces sprężenia zwrotnego powoduje oscylacje strumienia wody, których szybkość jest zależna od natężenia przepływu. Do wykrywania oscylacji w wodomierzu wykorzystano zjawisko indukcji elektromagnetycznej, odkryte przez Faradaya oraz przewodnictwo wody. Dwa trwałe magnesy 8 zamontowane są w ścianach 4 i tworzą pole magnetyczne, skierowane prostopadle do kierunku strumienia wody, którego oscylacje generują siłę elektromotoryczną w samej cieczy. Indukowane napięcie jest wykrywane przy pomocy elektrod ze stali nierdzewnej 9, umieszczonych przy ścianach dyfuzora. Generowane napięcie nie tylko jest źródłem informacji pomiarowej ale dostarcza również energii do zasilania elektroniki przepływomierza. Dla poprawnego działania wodomierza istotne znaczenie ma ważna w mechanice płynów liczba Reynoldsa, uwzględniająca m.in. gęstość płynu i jego lepkość. Gdy liczba Reynoldsa jest poniżej pewnej minimalnej wartości, przepływ staje się stabilny (laminarny) i oscylacje zanikają.

4. Podsumowanie

Postęp technologiczny powoduje, że możliwości dotychczasowych metod i rozwiązań pomiarowych stają niewystarczające. Tak jest też w przypadku problematyki Smart Water [3]. W Polsce aktualnie wprowadzane zmiany dotyczące pomiarów związanych z wodą zmierzają w kierunku tworzenia systemów automatycznego, zdalnego odczytu pomiarów, tzn. systemów AMR. Jest to rozwiązanie dalekie od zaawansowanej infrastruktury pomiarowej związanej z pomiarami inteligentnymi AMI (ang. *Advanced Metering Infrastructure*).

Pozytywnie należy ocenić fakt wdrażania specjalizowanych aplikacji opartych na GIS (ang. *Geographic Information System*), stwarzających warunki nowoczesnego, kompleksowego zarządzania w przedsiębiorstwach wodociągowych i kanalizacyjnych [GIS]. Do kompleksowego zarządzania procesem technologicznym, systemom GIS brakuje bieżących informacji z procesu. Wynika to z niewystarczającego opomiarowania sieci wodnokanalizacyjnych oraz procesów wytwarzania wody i oczyszczania ścieków. W przypadku końcowych odbiorców wody, wodomierze wymieniane po okresie legalizacji spełniają właściwie tylko warunki systemów AMR. Nadal jednak dominuje inkasencki sposób zbierania danych dla celów rozliczeniowych. Postęp polega na odczytach cyfrowych realizowanych przez inkasenta wyposażonego w przenośny komputer z modemem radiowym. Wodomierze nowej generacji mogą dostarczyć znacznie więcej funkcjonalności i informacji niż tylko odczyt stanu objętości pobranej wody realizowany w celach rozliczeniowych.

Bibliografia

- 1) Furnidge, N., Sanderson, M.L. Fluidic flowmeter. European Patent Specification: No. EP0868652B1, 2003
- 2) Kubiak, Z. Urbaniak, A. Inteligentny system pomiarowy - rozwój standardu, przykładowe rozwiązania. Rynek Energii, 2013, 104 (1) 43-49
- 3) Kubiak, Z. Urbaniak, A. Smart Metering a woda, Mat. VIII Ogólnopolskiej KNT Szczyrk 2015, Politechnika Śląska, Instytut Technologii Wody i Ścieków
- 4) Kwietniewski, M. GIS w wodociągach i kanalizacji, PWN, Warszawa 2008
- 5) <http://www.ti.com/lit/an/snua020/snua020.pdf>
- 6) <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430fr6989.pdf>
- 7) <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tdc1000-q1.pdf>
- 8) <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tdc7200.pdf>
- 9) <http://www.ti.com/lit/ml/szzt014a/szzt014a.pdf>
- 10) http://www.ti.com/lit/ds/ti/microcontrollers_16-bit_32-bit/overview.page
- 11) http://www.ti.com/solution/water_meter