

## **ALGORYTMY ZMIANY ODCZYTÓW CZASOWYCH LICZNIKÓW ENERGII NA WIRTUALNE ODCZYTY ZDARZENIOWE**

**Zbigniew MIKOŚ, Marcin JACHIMSKI, Grzegorz WRÓBEL, Grzegorz HAYDUK, Paweł KWASNOWSKI**

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej  
tel.: 12 617 28 83, e-mail: [mikos, jachim, wrobel, hayduk, kwasn]@agh.edu.pl

**Streszczenie:** Dla celów porównywania różnych metod odczytu liczników EE, w których zdarzeniem generującym odczyt może być upływ określonego czasu lub określona zmiana wartości mierzonej, konieczne są koherentne zbiory danych (odczytów) uzyskane w tym samym okresie dla tych samych zmian obciążeń w czasie. Na ogół dla danych uzyskanych na rzeczywistych obiektach dostępne są jedynie zbiory danych otrzymane metodą okresowych odczytów z ustalonym okresem. Dlatego też dla celów porównywania metod odczytu liczników energii elektrycznej powstaje konieczność wytworzenia zbiorów „wirtualnych” danych, które powstałyby przy zastosowaniu alternatywnych metod odczytu dla tych samych rzeczywistych obciążeń.

W artykule przedstawiono algorytmy generowania zbiorów danych „wirtualnych” dla zdarzeniowych metod odczytu - co określoną zmianę wartości mierzonej (ang. send-on-delta) oraz odczytu z predykcją liniową - co określoną różnicę wartości mierzonej w stosunku do przewidywanej. (ang. send-on-delta with-linear-prediction), będące bazą opracowanych programów komputerowych. Bazując na rzeczywistych, pobudzanych czasowo danych pomiarowych zostały wytworzone zbiory „wirtualnych” odczytów zdarzeniowych. Porównanie zbiorów okresowych odczytów rzeczywistych ze zbiorami „wirtualnych” odczytów zdarzeniowych pozwala stwierdzić wielokrotne zmniejszenie liczby odczytów w przypadku metod zdarzeniowych, zależne od charakteru obciążenia (przebiegu zużycia energii w czasie).

**Słowa kluczowe:** okresowy odczyt liczników, zdarzeniowy odczyt liczników, predykcja liniowa, zużycie energii, automatyka budynku, IoT.

### **1. WSTĘP**

Dla celów porównywania różnych metod odczytu liczników EE, w których zdarzeniem generującym odczyt może być upływ określonego czasu lub określona zmiana wartości mierzonej [1, 2, 3], konieczne są koherentne zbiory danych (odczytów) uzyskane w tym samym okresie dla tych samych zmian obciążeń w czasie. Na ogół dla dostępnych danych uzyskanych na rzeczywistych obiektach taka sytuacja nie występuje i dostępne są jedynie zbiory danych otrzymane metodą okresowych odczytów z ustalonym okresem. Dlatego też dla celów porównywania metod odczytu liczników EE powstaje konieczność wytworzenia „wirtualnych” zbiorów danych, które powstałyby przy zastosowaniu alternatywnych algorytmów odczytu dla tych samych rzeczywistych obciążeń.

W artykule przedstawiono koncepcję i algorytmy dla komputerowej realizacji konwersji zbioru czasowo pobudzanych okresowych odczytów liczników na zbiory

„wirtualnych” odczytów, które powstałyby przy stosowaniu metod odczytu liczników z pobudzeniem zdarzeniowym. Przedstawiono algorytmy dla uzyskania zbiorów danych „wirtualnych” dla zdarzeniowej metody odczytu – co określoną zmianę wartości mierzonej (ang. send-on-delta) [4] oraz zdarzeniowych metod odczytu z predykcją liniową [2] – co określoną różnicę wartości mierzonej w stosunku do przewidywanej (ang. send-on-delta with-linear-prediction). Odczyty metodami zdarzeniowymi pozwalają przeważnie na znaczące zmniejszenie liczby odczytów licznika (i co za tym idzie mniejszą zajętość kanału transmitującego dane z licznika do systemu nadrzędnego) przy zachowaniu zadanej różnicy między poprzednimi i aktualnym odczytem wartości mierzonej.

Wygenerowanie zbiorów dla „wirtualnych” odczytów metodami zdarzeniowymi umożliwia wyznaczenie podstawowych parametrów dotyczących odczytów uzyskanych z pomocą tych metod m. in. liczby odczytów, minimalnego i maksymalnego czasu pomiędzy odczytami itp. Bazując na rzeczywistych, pobudzanych czasowo danych pomiarowych zostały wytworzone zbiory „wirtualnych” odczytów zdarzeniowych dla metod zdarzeniowych: send-on-delta i z predykcją liniową. Metody zdarzeniowe pozwalają na wielokrotne zmniejszenie liczby odczytów, a także poprawę innych parametrów, przy czym zmiany te są zależne od charakteru obciążenia (przebiegu zużycia energii w czasie).

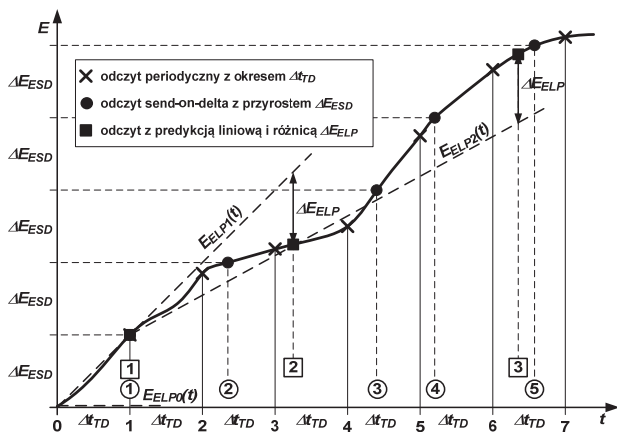
### **2. METODY ODCZYTU LICZNIKÓW**

Najczęściej stosowaną metodą zdalnego odczytu liczników jest odczyt wyzwalany czasem. Stan licznika jest odczytywany okresowo ze stałym, zadaniem okresem czasu – najczęściej od kilku do kilkudziesięciu minut zależnie od wymaganej rozdzielczości czasowej pomiaru i możliwości kanałów transmisji danych. W przypadku odczytu okresowego po stronie odbioru danych utrudnione jest oszacowanie aktualnego zużycia energii na podstawie historii odczytów. W przypadku odbiorników niespokojnych o dużej zmienności zużycia energii, różnica pomiędzy ostatnim odczytem a aktualnym, rzeczywistym zużyciem może być bardzo duża.

Na rysunku 1 przedstawiono hipotetyczny przebieg zużycia energii i zaznaczono krzyżykami odczyty licznika według metody czasowej z okresem  $\Delta t_{TD}$ .

Drugą grupę metod zdalnego odczytu stanowią metody zdarzeniowe [3, 4]. Najprostszą metodą zdarzeniową jest odczyt i przesłanie danych, gdy przyrost mierzonej wielkości (energii elektrycznej, objętości gazu itp.) osiągnie określoną wartość  $\Delta E_{ESD}$  w stosunku do poprzedniego odczytu. Taka metoda odczytu zwana jest send-on-delta. Metoda send-on-delta gwarantuje, że po stronie odbioru danych w dowolnym czasie różnica pomiędzy faktycznym zużyciem energii a ostatnim odczytem nie jest większa niż przyrost  $\Delta E_{ESD}$ .

Wśród metod zdarzeniowych należy wymienić metody predycyjne [2]. Zasada ich działania polega na przewidywaniu zużycia energii za pomocą matematycznej funkcji predykcji. Najczęściej przyjmuje się funkcję predykcji w postaci wielomianu n-tego stopnia. Współczynniki tego wielomianu są obliczane na podstawie kilku poprzednich odczytów licznika (tj. danych historycznych zużycia) zależnie od stopnia wielomianu przyjętego do predykcji. Kolejny odczyt licznika jest przesyłany do systemu zbierania danych w momencie, gdy przewidywane zużycie energii różni się od rzeczywistego o zadaną wartość  $\pm \Delta E_{ELP}$ . Wtedy też obliczane są nowe współczynniki wielomianu. Możliwość obliczenia po stronie systemu zbierania danych, na podstawie przesłanych odczytów, współczynników wielomianu predycyjnego stosowanego w liczniku energii pozwala przewidywać bieżące zużycie energii z modulem odchyłki mniejszym niż  $\Delta E_{ELP}$ .



Rys. 1. Metody odczytu liczników dla takich samych wartości przerozstu  $\Delta E_{ESD}$  i różnicy  $\Delta E_{ELP}$

W szczególnych przypadkach, jeżeli wielomian służący do predykcji jest:

- zerowego stopnia (funkcja stała), to metoda predycyjna jest równoważna metodzie odczytu send-on-delta,
- pierwszego stopnia, to otrzymuje się metodę odczytu z predykcją liniową (ang. linear prediction reading).

Na rysunku 1 zaznaczono kółkami odczyty licznika metodą send-on-delta z przyrostem  $\Delta E_{ESD}$ , natomiast kwadratami – odczyty z predykcją liniową i maksymalną różnicą między zużyciem rzeczywistym i przewidywanym równą  $\Delta E_{ELP}$ . Liniami przerywanymi  $E_{ELP}(t)$  są zaznaczone proste predykcji wyznaczone na podstawie kolejnych odczytów.

### 3. PRZEKSZTAŁCENIA DANYCH Z ODCZYTÓW CZASOWYCH

Przed wytworzeniem zbiorów „wirtualnych” odczytów zdarzeniowych dane wejściowe zostały poddane

odpowiednim przekształceniom mającym na celu uzupełnienie brakujących danych oraz pozwalającym na grupowanie danych z wybranych liczników w celu wyznaczenia zużycia energii przez dany rodzaj odbiorów (np. oświetlenie).

#### 3.1. Format wejściowego zbioru danych pomiarowych

Wejściowe dane pomiarowe są dostępne w formie pliku tekstowego. Każda linia opisuje pojedynczy odczyt licznika i zawiera ciąg pól oddzielonych przecinkami. Format jednej linii (jednego odczytu) jest następujący:

$$ID, YYYY-MM-DD hh:mm:ss, E[, Opt]$$

gdzie:  $ID$  – identyfikator licznika (liczba od 1 do 99),  $YYYY-MM-DD$  – data odczytu,  $hh:mm:ss$  – godzina odczytu,  $E$  – odczyt energii czynnej,  $Opt$  – pola opcjonalne (np. energia bierna, prądy fazowe) zależne od modelu licznika.

Do generowania zbiorów z wirtualnymi odczytami zdarzeniowymi pola opcjonalne nie były wykorzystywane.

#### 3.2. Wstępne przetwarzanie danych wejściowych

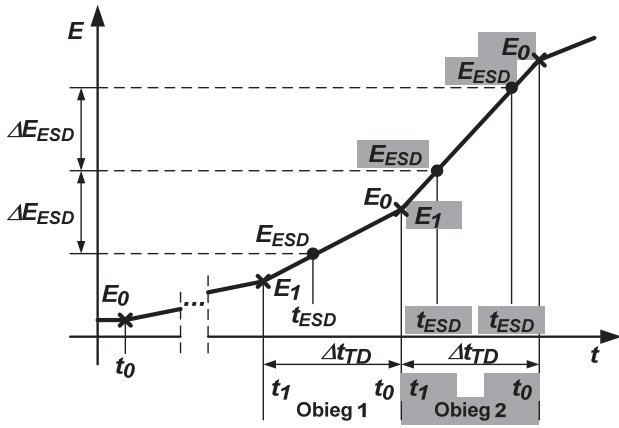
Przed wygenerowaniem zbiorów wirtualnych odczytów zdarzeniowych dane wejściowe zostały przetworzone za pomocą specjalnie opracowanych programów:

- GetMeter, który pozwala wyekstrahować ze zbioru wejściowego dane dotyczące licznika o zadanym identyfikatorze.
- Interpolate, który umożliwia uzupełnienie brakujących odczytów z liczników powielając ostatni dostępny odczyt albo wykorzystując interpolację liniową.
- MergeMeters, który umożliwia scalanie (łączenie) danych z kilku liczników w grupy. Operacja ta pozwala na wyznaczanie zużycia energii przez grupę odbiorów danego typu (np. komputerów, oświetlenia) zasilanych z różnych, oddzielnie opomiarowanych gałęzi sieci.
- GetFromTo, który pozwala wyodrębnić dane pomiarowe z zadanego przedziału czasu.
- Time2Event, który wytwarza zbiory wirtualnych danych odczytów zdarzeniowych metodami send-on-delta i z predykcją liniową.

#### 3.3. Algorytm generowania danych odczytywanych zdarzeniowo metodą send-on-delta

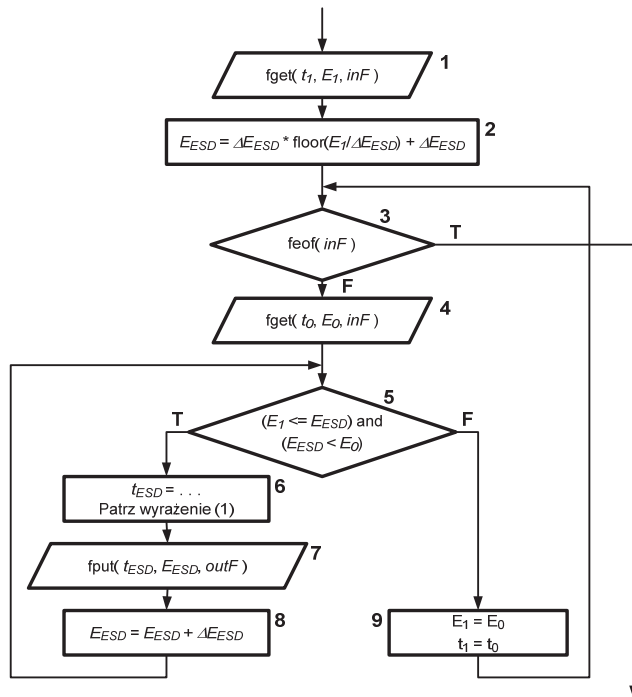
Zasada konwersji danych uzyskanych metodą czasową na dane zdarzeniowe polega na znalezieniu czasów, w których następuje zrównanie energii, przy której jest generowane zdarzenie odczytu z rzeczywistym zużyciem energii otrzymanym z danych czasowych. Założono, że zmiana energii pomiędzy kolejnymi odczytami czasowymi jest liniowa. Przyjętą zasadę przekształcenia danych czasowych na odczyty send-on-delta pokazano na rysunku 2.

Na rysunku 2 jest przedstawiony przebieg zużycia energii uzyskany na podstawie odczytów czasowych (oznaczonych krzyżykami) z zadanym okresem  $\Delta t_{TD}$  dla dwóch kolejnych obiegów pętli algorytmu generowania odczytów zdarzeniowych send-on-delta. Odczyty zdarzeniowe zaznaczone kółkami otrzymuje się w miejscach przecięcia krzywej zużycia i kolejnych poziomów energii  $E_{ESD}$ , przy których jest odczytywany licznik. Określenie czasu odczytu zdarzeniowego  $t_{ESD}$  bazuje na interpolacji liniowej pomiędzy dwoma czasowymi odczytami energii  $E_1$  i  $E_0$  w czasie  $t_1$  i  $t_0$ .



Rys. 2. Zasada generowania odczytów wirtualnych metodą send-on-delta

Na rysunku 3 jest przedstawiony algorytm przetwarzania danych czasowych zużycia energii zapisanych w pliku *inF* na dane zdarzeniowe zapisywane do pliku tekstowego *outF*. Parametrem wejściowym algorytmu jest zadany przyrost energii  $\Delta E_{ESD}$  powodujący wygenerowanie zdarzenia odczytu.



Rys. 3. Algorytm generowania odczytów wirtualnych metodą send-on-delta

Na początku (blok 1) z pliku *inF* są odczytywane dane pierwszego pomiaru: czas  $t_1$  i stan licznika  $E_1$ . Na podstawie stanu licznika w bloku 2 jest obliczany początkowy poziom energii  $E_{ESD}$  powodujący odczyt zdarzeniowy. Jest to najmniejsza wartość większa od  $E_1$  podzielna przez  $\Delta E$ .

Główną pętlę stanowią bloki 3, 4, 5 i 9, w których następuje:

- odczyt danych z kolejnego pomiaru czasowego  $t_0$  i  $E_0$ ,
- sprawdzenie, czy bieżący poziom energii dla odczytu zdarzeniowego  $E_{ESD}$  mieści się pomiędzy kolejnymi odczytami czasowymi  $E_0$  i  $E_1$  (blok 5).

Jeśli warunek w bloku 5 jest spełniony, to wyliczony jest czas odczytu zdarzeniowego  $t_{ESD}$  według zależności (1) wykorzystującej interpolację liniową (blok 6).

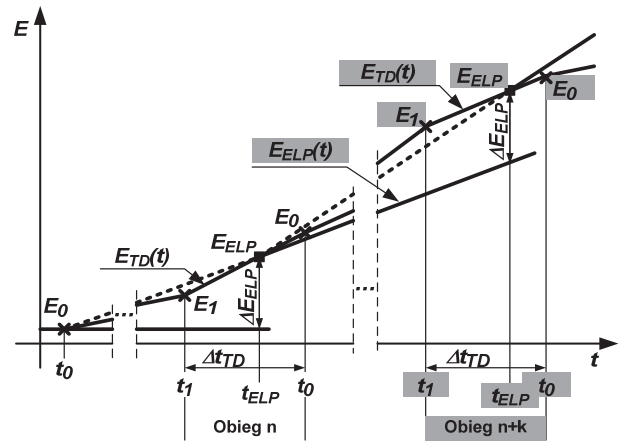
$$t_{ESD} = t_1 + \frac{(E_{ESD} - E_1) \cdot (t_0 - t_1)}{E_0 - E_1} \quad (1)$$

Wyniki obliczeń: czas  $t_{ESD}$  i stan licznika  $E_{ESD}$  jest zapisywany do pliku wyjściowego *outF* (blok 7) i obliczany jest kolejny poziom energii odczytu zdarzeniowego (blok 8).

Jeśli warunek w bloku 5 nie jest spełniony, to czas  $t_0$  i stan licznika  $E_0$  z ostatniego odczytu jest zapamiętywany w zmiennych  $t_1$  i  $E_1$  (blok 9), aby w każdym obiegu pętli dostępne były dane z dwóch kolejnych odczytów czasowych.

### 3.4. Algorytm generowania danych odczytywanych zdarzeniowo metodą z predykcją liniową

Zasada konwersji zbioru danych otrzymanych z odczytu czasowego licznika na dane odpowiadające odczytowi z predykcją liniową polega na znalezieniu czasów, w których rzeczywiste zużycie energii różni się od przewidywanego o zadaną wartość  $\pm \Delta E_{ELP}$ . Zakłada się, że pomiędzy kolejnymi odczytami czasowymi zużycie energii zmienia się liniowo. Zasada konwersji jest przedstawiona na rysunku 4.



Rys. 4. Zasada generowania odczytów wirtualnych metodą z predykcją liniową

Obliczenie czasu  $t_{ELP}$  polega na znalezieniu czasu, w którym moduł z różnicy pomiędzy przewidywanym ( $E_{ELP}(t)$ ) i rzeczywistym ( $E_{TD}(t)$ ) zużyciem energii jest równy zadanej różnicy  $\Delta E_{ELP}$ . Polega to na rozwiązaniu równania (2):

$$|E_{ELP}(t) - E_{TD}(t)| = \Delta E_{ELP} \quad (2)$$

gdzie:  $E_{ELP}(t)$  – funkcja liniowa przewidywanego zużycia energii, wyznaczona na podstawie dwóch ostatnich odczytów zdarzeniowych licznika,  $E_{TD}(t)$  – funkcja liniowa, która interpoluje rzeczywiste zużycie energii,  $\Delta E_{ELP}$  – różnica między przewidywanym i rzeczywistym zużyciem energii.

Algorytm wyznaczania odczytów licznika z predykcją liniową jest przedstawiony na rysunku 5. Bazuje on na dwóch funkcjach liniowych, które określają przewidywane zużycie energii w czasie (3) oraz interpolowane zużycie energii pomiędzy dwoma rzeczywistymi odczytami (4).

$$E_{ELP}(t) = k_{ELP}(t - t_{0ELP}) + c_{ELP} \quad (3)$$

$$E_{TD}(t) = k_{TD}(t - t_{0TD}) + c_{TD} \quad (4)$$

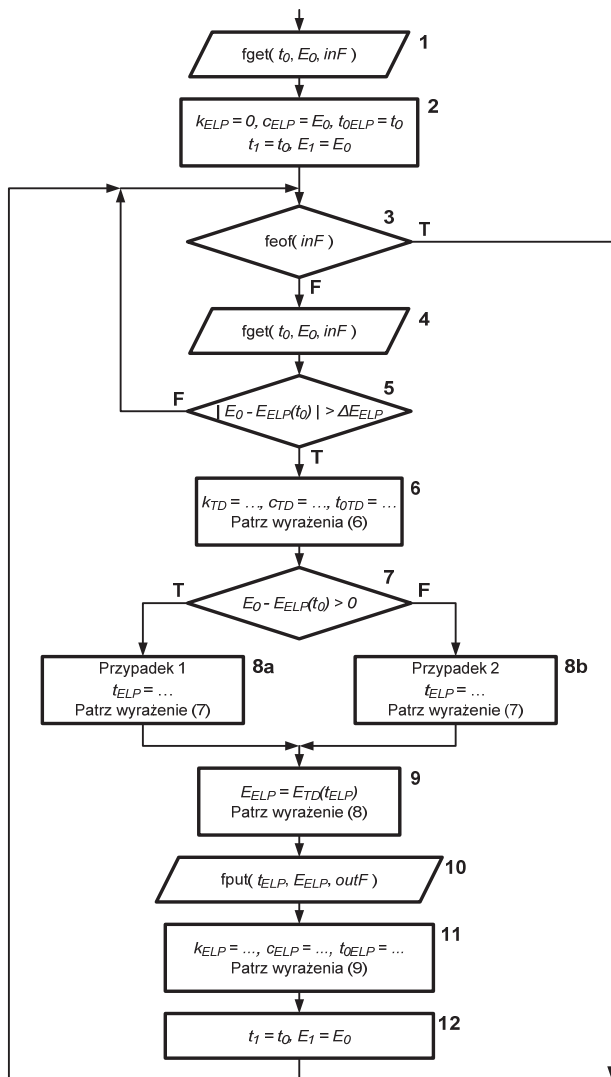
gdzie:  $k_{ELP}$ ,  $k_{TD}$  – współczynniki kierunkowe,  $t_{0ELP}$ ,  $t_{0TD}$  – ofsety czasowe,  $c_{ELP}$ ,  $c_{TD}$  – stałe funkcji liniowych.

$$k_{TD} = \frac{E_0 - E_1}{t_0 - t_1}, t_{0TD} = t_1, c_{TD} = E_1 \quad (6)$$

W bloku 1 (rys. 5) odczytywane są dane pierwszego pomiaru ze zbioru *InF*: czas  $t_0$  i wartość odczytu  $E_0$ . Następnie (blok 2) inicjowane są parametry funkcji predykcji  $k_{ELP}$ ,  $t_{0ELP}$  i  $c_{ELP}$ . Na początku funkcja predykcji jest funkcją stałą  $E_{ELP}(t) = E_0$ . Inicjowane są także zmienne  $t_1$  i  $E_1$ , które służą do przechowywania czasu i wartości odczytu licznika z poprzedniego obiegu pętli algorytmu.

Główna pętla algorytmu składa się z bloków 3 – 12. Na początku pętli głównej, po teście końca zbioru danych (blok 3) odczytywane są kolejne wartości  $t_0$  i  $E_0$  (blok 4). Warunek w bloku 5 sprawdza, czy w przedziale czasu ( $t_1$ ,  $t_0$ ) pomiędzy poprzednim i aktualnym odczytem moduł różnicy między przewidywanym i rzeczywistym zużyciem energii jest równy  $\Delta E_{ELP}$ . Ponieważ funkcja predykcji i funkcja rzeczywistego zużycia energii w przedziale ( $t_1$ ,  $t_0$ ) są liniowe i niemalejące, to wystarczy sprawdzić, czy jest spełniona nierówność (5).

$$|E_{ELP}(t_0) - E_{TD}(t_0)| > \Delta E_{ELP} \quad (5)$$



Rys. 5. Algorytm generowania odczytów wirtualnych metodą z predykcją liniową

Jeżeli warunek (5) jest spełniony to w bloku 6 są obliczane parametry funkcji interpolującej zużycie energii (4) w przedziale czasu ( $t_1$ ,  $t_0$ ) zgodnie z wyrażeniami (6).

Bloki 7, 8a i 8b realizują algorytm rozwiązania równania (2). Wymaga to rozpatrzenia jednego w dwóch przypadków w zależności od znaku wyrażenia, z którego obliczania jest wartość bezwzględna. Czas odczytu zdarzeniowego  $t_{ELP}$  jest obliczany według (7). W zależności od wyniku warunku w bloku 7 w wyrażeniu (7) są przyjmowane odpowiednie znaki '+' albo '-'.

$$t_{ELP} = \frac{\Delta E_{ELP} \pm (k_{TD}t_{0TD} - k_{ELP}t_{0ELP} + c_{ELP} - c_{TD})}{\pm (k_{TD} - k_{ELP})} \quad (7)$$

Następnie w bloku 9 jest obliczana wartość odczytu  $E_{ELP}$  zgodnie z wyrażeniem (8)

$$E_{ELP} = E_{TD}(t_{ELP}) = k_{TD}(t_{ELP} - t_{0TD}) + c_{TD} \quad (8)$$

Obliczony czas  $t_{ELP}$  i wartość odczytu  $E_{ELP}$  są zapisywane do zbioru wyjściowego (blok 10).

Na końcu pętli głównej obliczane są nowe parametry wielomianu predykcji zgodnie z zależnościami (9) (blok 11).

$$k_{ELP} = \frac{E_{ELP} - c_{ELP}}{t_{ELP} - t_{0ELP}}, t_{0ELP} = t_{ELP}, c_{ELP} = E_{ELP} \quad (9)$$

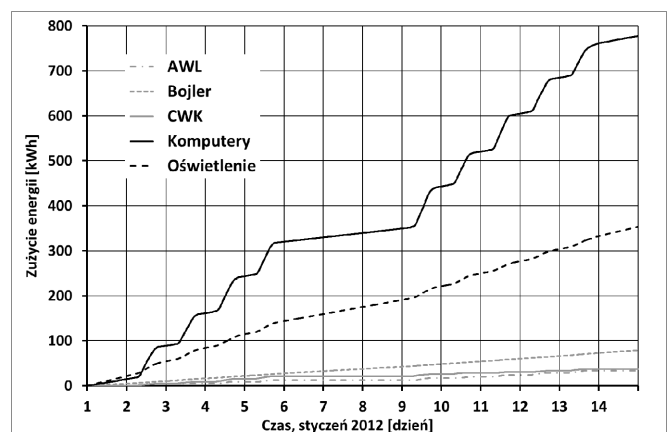
Następnie do zmiennych  $t_1$  i  $E_1$  są podstawiane aktualne odczyty czasu  $t_0$  i energii  $E_0$  (blok 12), tak aby w każdym obiegu pętli były dostępne dwa kolejne odczyty.

#### 4. WYNIKI BADAŃ ALGORYTMÓW

Opisane w 3. rozdziale algorytmy wykorzystano do przetwarzania odczytów czasowych liczników energii elektrycznej zainstalowanych w budynku biurowym. Dane zostały zebrane w 2012 roku. Celem przetwarzania było określenie liczby odczytów liczników gdyby wysyłały one dane pomiarowe zgodnie z metodą odczytu send-on-delta lub predykcji liniowej.

##### 4.1. Wejściowe dane pomiarowe

Danymi wejściowymi były odczyty czasowe z 87 liczników energii elektrycznej zainstalowanych w budynku biurowym. Okres odczytu wynosił 300 s. Z powodu niemożliwości odczytu liczników w niektórych okresach czasu zbiór danych obejmują około 9,75 mln odczytów [4, 5, 6].



Rys. 6. Przebiegi zużycia energii przez wybrane odbiory

Na rysunku 6 przedstawiono przykładowo przebiegi zużycia energii przez wybrane odbiory energii w okresie od 1 do 14 stycznia 2012 roku.

Do wyznaczenia wirtualnych odczytów zdarzeniowych zostały wybrane dane zużycia energii przez odbiory o różnym charakterze: centralę wentylacji i klimatyzacji (CWK), agregat wody lodowej (AWL), podgrzewacz wody użytkowej (bojler), komputery i oświetlenie zebrane w okresie od 1 do 31 stycznia 2012 roku.

#### 4.2. Wyniki

Wynikami przetwarzania odczytów czasowych są zbiory z „wirtualnymi” odczytami zdarzeniowymi oraz wyliczone dane statystyczne pozwalające porównać różne strategie odczytu liczników. Danymi statystycznymi są: liczba odczytów, minimalny, maksymalny oraz średni przyrost zużycia energii pomiędzy odczytami, minimalny, maksymalny oraz średni czas pomiędzy odczytami.

Tablica 1. Odczyt czasowy dla  $\Delta t_{TD} = 300$  s (liczba próbek 8928)

Parametr	AWL	Bojler	Oświetlenie	Komputery
Średni przyrost energii [Wh]	8	25	120	186
Liczba zerowych przyrostów energii	8186	0	0	0
Minimalny przyrost energii <sup>1)</sup> [Wh]	50	1	5	3
Maks. przyrost energii [Wh]	100	105	400	1161

<sup>1)</sup> Większy od 0.

Tablica 2. Odczyt zdarzeniowy metodą send-on-delta dla przyrostu energii  $\Delta E_{ESD} = 500$  Wh

Parametr	AWL	Bojler	Oświetlenie	Komputery
Liczba próbek	148	447	2151	3323
Średni okres odczytu [s]	18218	6005	1246	806
Minimalny okres odczytu [s]	2700	3510	444	129
Maks. okres odczytu [s]	325500	19595	15615	11812

Tablica 3. Odczyt zdarzeniowy metodą interpolacji liniowej dla różnicy  $\Delta E_{ELP} = 500$  Wh

Parametr	AWL	Bojler	Oświetlenie	Komputery
Liczba próbek	84	23	197	414
Średni okres odczytu [s]	29560	119552	13576	6475
Minimalny okres odczytu [s]	2400	4635	1036	533
Maksymalny okres odczytu [s]	317152	349749	222457	219214
Średni przyrost energii [Wh]	887	9912	5463	4021
Minimalny przyrost energii [Wh]	0	19	19	88
Maks. przyrost energii [Wh]	4972	36004	71199	34333

W tablicach 1, 2 i 3 zestawiono dane statystyczne dla wybranych odbiorów energii elektrycznej dla różnych metod odczytu liczników w badanym okresie. Dla odczytów zdarzeniowych przyjęto takie same wartości (500 Wh) przyrostu  $\Delta E_{ESD}$  i różnicy  $\Delta E_{ELP}$

#### 5. WNIOSKI

Analizując dane zawarte w tablicach 1, 2 i 3 można stwierdzić, że zdarzeniowe metody odczytu liczników znacznie zmniejszają liczbę odczytów w porównaniu z metodą czasową. W badanym okresie liczba odczytów metodą send-on-delta zmniejsza się około 60 razy dla agregatu wody lodowej (odbior włączany na krótkie okresy czasu), około 19 razy w przypadku bojlera i około 4 razy dla oświetlenia. Bojler i oświetlenie są odbiorami stale załączonymi pobierającymi w przybliżeniu stałą mocą. Różnica w ilości odczytów wynika z różnej mocy bojlera i całości oświetlenia. Dla komputerów jako odbiorów pracujących ze zmienną mocą liczba odczytów zmniejsza się 2,7 razy. Metoda odczytu zdarzeniowego z predykcją liniową pozwala zmniejszyć liczbę odczytów następująco: agregat wody lodowej – 106 razy, bojler – 388 razy, oświetlenie – 45 razy i komputery – 22 razy.

Osiągnięte za pomocą zdarzeniowych metod odczytu zmniejszenie liczby odczytów powoduje znaczne wydłużenie okresów pomiędzy kolejnymi odczytami (nawet do 97 h tj. ponad 4 doby), co utrudnia bieżące monitorowanie poprawności pracy licznika i kanału komunikacyjnego. Rozwiązaniem tego problemu może być modyfikacja algorytmu odczytu polegająca na generowaniu dodatkowych odczytów wyzwalanych czasowo w przypadku niewystępowania warunków odczytu zdarzeniowego przez zadany okres czasu.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

1. Simonov M., Event-Driven Communication in Smart Grid, Communications Letters, IEEE Volume: 17, Issue: 6, 2013, pp. 1061-1064.
2. Staszek K., Koryciak S., Miśkiewicz M., Performance of Send-on-Delta Sampling Schemes with Prediction, 2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 27-30 June 2011, pp. 2037-2042.
3. Miśkiewicz M., Send-On-Delta Concept: An Event-Based Data Reporting Strategy, Sensors 2006, 6, 49–63.
4. Jachimski M., Mikoś Z., Wróbel G., Hayduk G., Kwasnowski P., Event-based and time-triggered energy consumption data acquisition in building automation, First international conference on Event-Based Control, Communication and Signal Processing, June 17–19, 2015, Krakow, Poland, IEEE Xplore Digital Library, cop. 2015. – e-ISBN: 978-1-4673-7888-8, 8 pages.
5. Noga M., Jachimski M., Hayduk G., Mikoś Z., Ożadowicz A., Strzałka J., Wróbel G., Grela J., Kwasnowski P., Strzałka-Goluszka K., Wpływ automatyki na efektywność energetyczną budynków: poradnik dla projektantów, ISBN 978-83-933483-4-3, Kraków 2013.
6. Noga M., Jachimski M., Hayduk G., Mikoś Z., Ożadowicz A., Wróbel G., Grela J., Kwasnowski P., Projekt badawczy, Zoptymalizowanie zużycia energii elektrycznej w budynkach, Grant NCBiR SP/B/5/68017/10, KANiUP AGH, Kraków, 2010-2013.

## ALGORITHMS FOR CONVERSION THE TIME-DRIVEN ENERGY METERS READINGS TO VIRTUAL EVENT-DRIVEN READINGS

The readings of electricity meters may be triggered by the various events. The most often events used to trigger are: the lapse of specified time or specified change of measured value. To compare a various method of the electricity meters reading, the data sets of readings obtained in the same period of time and for the same loads are necessary. Mostly meter readings from real objects or buildings are obtained by time triggered readings with fixed period. Therefore to compare various methods of meters reading it is necessary to create data sets which would be obtained using other reading methods for the same real loads. The paper presents computer algorithms to generate sets of "virtual" data for two event methods of reading: (1) when the change of measured value reaches the preset value (send-on-delta method) and (2) when the difference between actual and predicted value reaches the preset value. Based on time triggered data collected from real office building the sets of "virtual" event readings were created. The comparison of time triggered and "virtual" event readings shows the significant reduction in the number of event readings depending on the type of load.

**Keywords:** periodic meters reading, event-driven meters reading, linear prediction, energy consumption, building automation, IoT.