

Marcin FICE  
Politechnika Śląska, Gliwice

## ANALIZA I OPIS PARAMETRYCZNY PROFILI MOCY CZYNNEJ ODBIORNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ

**Streszczenie.** Artykuł dotyczy analizy profili mocy czynnej odbiorników energii elektrycznej w gospodarstwach domowych, które mogą być włączone do usługi zarządzania elektrownią wirtualną lub usługi DSR (ang. demand side response – odpowiedź strony popytowej). Zarządzanie energią u odbiorców końcowych z segmentu mieszkaniowego wymaga bazy danych cech energetycznych urządzeń, które mogą zostać włączone w tego typu usługę. Duża liczba różnych typów odbiorników oraz ich parametrów energetycznych powoduje, że nie jest praktycznie możliwe zarejestrowanie wszystkich profili mocy czynnej podczas pracy tych odbiorników. Opis parametryczny profili ogranicza rozmiar bazy danych ale jednocześnie powoduje utratę dokładności odwzorowania rzeczywistego poboru mocy czynnej odbiornika. Biorąc pod uwagę niewielki potencjał regulacyjny pojedynczego odbiorcy w stosunku do zapotrzebowania sumarycznego w wirtualnej elektrowni osiągana dokładność odwzorowania jest wystarczająca.

**Słowa kluczowe:** profil mocy czynnej, parametryzacja, sterowanie odbiornikami energii elektrycznej, zarządzanie zapotrzebowaniem na energię elektryczną, odnawialne źródła energii, DSR

## ANALYSIS AND PARAMETRIC DISCRIPTION OF ELECTRIC LOADS ACTIVE POWER PROFILES

**Summary:** The article concerns the parametric description of active power profiles of households which can be included to the virtual power plant or DSR services (demand side response). Electric energy management at the consumers from the housing segment requires a database of load devices energetic characteristics. The large number of electric household equipment and their energy parameters makes it practically impossible to log and use all active power profiles for energy management in virtual power plant. The parametric description of profiles limits the size of a database but at the same time causes the mapping accuracy is reduced. Considering the low power and energy control potential in a single household in relation to the total demand in a virtual power plant, the accuracy achieved is sufficient.

**Keywords:** an active power profile, parameterization, control of electric energy loads, electric energy management, renewable energy sources, DSR (demand side response)

## 1. PODSTAWY OPISU PARAMETRYCZNEGO PROFILI MOCY CZYNNEJ

Profil mocy czynnej rozumiany jest jako zarejestrowany przebieg mocy czynnej pobieranej przez odbiornik w realizowanym cyklu pracy lub przebieg mocy czynnej pobieranej przez odbiorcę końcowego lub grupę odbiorców w określonym interwale czasowym z określonym, stałym okresem próbkowania. Przebieg ten w sposób uproszczony określa zapotrzebowanie na energię elektryczną odbiornika (odbiorcy, grupy odbiorców) obrazując jednocześnie zmiany wartości mocy czynnej w cyklu pracy.

Zarządzanie profilem zapotrzebowania na moc czynną (energię elektryczną) u odbiorcy końcowego jest pożądane w kilku przypadkach. Mianowicie, kiedy stosowane są taryfy ze strefami cenowymi (np. G12) lub kiedy odbiorca wyposażony jest we własne źródło energii elektrycznej charakteryzujące się generacją wymuszoną warunkami środowiskowymi (np. źródło fotowoltaiczne). Obie sytuacje skutkują zmienną ceną energii elektrycznej u odbiorcy. W pierwszym przypadku jest to zmiana ceny w taryfie sprzedawcy energii, w drugim cena końcowa, która wynika z ceny i podaży energii elektrycznej generowanej przez lokalne źródło OZE (odnawialne źródło energii). Sterowanie profilem mocy czynnej pobieranej staje się również mechanizmem systemowym (usługą systemową) wpływającym na zapotrzebowanie na energię elektryczną, w określonych interwałach czasowych, na żądanie operatora dużych grup indywidualnych odbiorców końcowych. Są to zagregowane przez operatora jednostki grafikowe odbiorcze aktywne (JGoa) [1]. Choć trudno obecnie wyobrazić sobie aktywną (zautomatyzowaną) reakcję urządzeń w segmencie mieszkalnictwa na polecenie operatora to wzrost cen energii zwiększa zainteresowanie lokalnymi źródłami OZE z generacją wymuszoną. Skutkiem tego staje się automatyzowanie pracy odbiorników energii elektrycznej sterowane profilem lokalnej ceny energii. Generowanie lokalnej ceny energii do sterowania pracą odbiorników wymaga opisu parametrów urządzenia, którym można sterować [2] [3]. W tab. 1 zestawiono autorską klasyfikację metod opisu (modelowania) profili mocy czynnej odbiorników w kontekście wykorzystania tego parametru do sterowania odbiornikami.

Tabela 1.

Metody opisu (modelowania) profili

Opis tablicą mocy czynnej ze stałym okresem próbkowania	Rozwiązanie to wymaga dużej ilości danych w celu zachowania opisu dynamiki przebiegu. Prowadzone badania wykazały, że okres próbkowania 1 s jest wystarczający do zastosowania w regulacji mocy czynnej odbiorników. Zmniejszanie rozdzielczości przebiegu skutkuje obniżeniem jakości i utratą informacji o, np. rzeczywistej mocy szczytowej i amplitudzie zmian mocy.
Opis szeregiem liczbowym (np. szeregiem Walsha) [4]	W przypadku profili mocy czynnej cyklu pracy urządzenia przebiegi nie są okresowe. Opis profilu szeregiem liczbowym zmniejsza ilość niezbędnych danych zachowując, przy odpowiedniej liczbie funkcji i parametrów opisujących szereg, dynamikę przebiegu.
Opis parametryczny	Opis taki wyrażony jest parametrami obrazującymi w sposób uproszczony kształt oraz wartości charakterystyczne dla profilu odbiornika.

Znajomość rzeczywistych profili mocy czynnej odbiorników zapisanych w formie tablicy z okresem próbkowania 1 s pozwala bardzo dokładnie sterować sumarycznym profilem zapotrzebowania odbiorcy. Jednak opis parametryczny, w porównaniu do innych, pozwala na ograniczenie ilości danych, jednocześnie zachowując wystarczającą dokładność odwzorowania profilu pracy odbiornika włączonego do grupy urządzeń sterowalnych oraz dużej grupie odbiorców włączonych do usługi sterowania profilem mocy czynnej. Dla odbiorców z segmentu ludnościowego jest to o tyle istotne, ponieważ ilość profili zapotrzebowania na moc odbiorników jest bardzo duża. Z tego powodu jest praktycznie niemożliwe zaproponowanie rozwiązania uniwersalnego dla segmentu mieszkaniowego bazującego na rzeczywistych przebiegach mocy czynnej [5].

Proponowany opis parametryczny powinien odzwierciedlać nie tylko zapotrzebowanie na energię elektryczną w określonym czasie, ale również amplitudę zmian mocy i dynamikę profilu. Do opisu profili mocy czynnej proponuje się następujące parametry:

- energia cyklu  $W_c$ ; w przypadku urządzeń pracujących bez wyraźnie wyodrębnionego cyklu (np. lodówka, wentylator kotła c.o., grzałka) lub pracujących w sposób ciągły ze stałą mocą (pompa c.o., oświetlenie) stosuje się określanie zużycia energii w interwale czasowym dostosowanym do charakteru pracy urządzenia, może to być np. zużycie energii w ciągu jednej godziny pracy urządzenia;

- wartość średnia mocy czynnej w cyklu pracy odbiornika;

$$P_{av} = \frac{W_c}{T_c} \quad (1)$$

- wartość szczytowa mocy czynnej w cyklu pracy odbiornika  $P_{max}$ ;

- czas trwania cyklu pracy urządzenia  $T_c$ ;

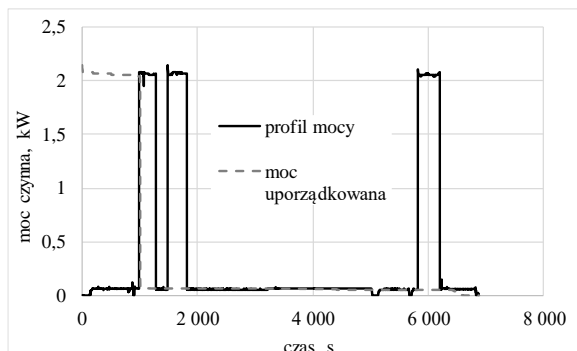
- czas wykorzystania mocy szczytowej;

$$T_{P_{max}} = \frac{W_c}{P_{max}} \quad (2)$$

- modyfikowany współczynnik szczytu mocy czynnej;

$$k_d = \frac{P_{av}}{P_{max}} = \left( \frac{W_c}{P_{max}} \right) \frac{1}{T_c} = \frac{W_c}{W_{cp_{max}}} \quad (3)$$

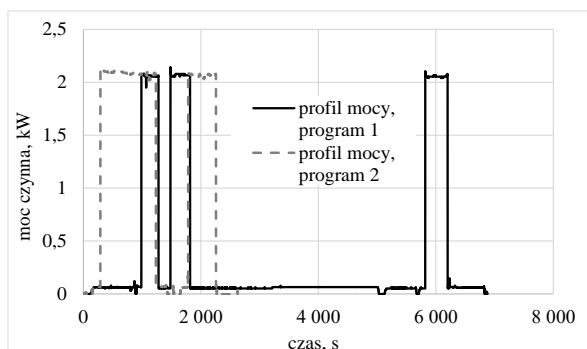
Wprowadzony modyfikowany współczynnik szczytu mocy czynnej ma na celu zobrazowanie wypełnienia okna czasowego pracy urządzenia ograniczonego wartością mocy szczytowej. Jest to bezwymiarowy ekwiwalent wskaźnika czasu wykorzystania mocy szczytowej. Na rysunku 1 pokazano przykładowy profil odbiornika zarejestrowanego z okresem próbkowania 1 s, profil mocy uporządkowany oraz parametry wraz z wartościami opisującymi ten profil.



Rys.1. Przykładowy profil mocy czynnej odbiornika (zmywarka) zarejestrowany z okresem próbkowania 1 s

Fig.1. An example of the washing machine active power profile, measured with 1s sampling time

Na rys. 2 porównano dwa różne profile mocy, realizującego dwa różne programy pracy, tego samego urządzenia wynikające z nastawionego programu.



Rys.2. Porównanie profili mocy czynnej dla dwóch programów pracy odbiornika (zmywarki) zarejestrowanych z okresem próbkowania 1 s

Fig.2. Comparison of two active power profiles for two working programs (washing machine), measured with 1s sampling time

parametry energetyczne profilu dla programu

1:

$$W_c = 0,67 \text{ kW}\cdot\text{h}; P_{av} = 0,35 \text{ kW};$$

$$P_{max} = 2,15 \text{ kW}; T_c = 6878 \text{ s}$$

Na rys. 2 zestawiono pozostałe parametry.

Parametry energetyczne profilu dla programu

1:

$$T_{P_{max}} = 1120 \text{ s}; k_d = 0,16;$$

Parametry energetyczne profilu dla programu

2:

$$W_c = 0,83 \text{ kW}\cdot\text{h}; P_{av} = 1,13 \text{ kW};$$

$$P_{max} = 2,12 \text{ kW}; T_c = 2627 \text{ s};$$

$$T_{P_{max}} = 1406 \text{ s}; k_d = 0,53$$

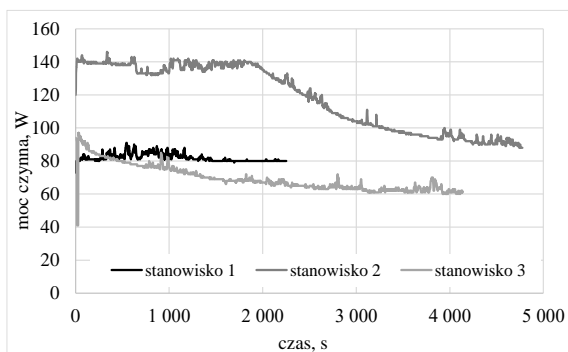
## 2. REJESTRACJA PROFILI MOCY CZYNNEJ URZĄDZEŃ GOSPODARSTW DOMOWYCH, OPIS PARAMETRYCZNY I STANDARYZACJA PROFILI

Wyraźnie widoczna różnica w obu profilach (rys. 2) dotycząca nie tylko kształtu wykresów, ale również parametrów energetycznych sprawia, że opis parametryczny wymaga opracowania katalogu parametrów dla każdego urządzenia. Jednak analizując profile typowych odbiorników oraz ich potencjalny wpływ na profil sumaryczny bardzo dużej grupy odbiorców (agregowanych przez operatora usługi) można przyjąć, że wystarczające jest opracowanie katalogu profili referencyjnych dla typowych odbiorników.

W celu oceny możliwości sterowalności urządzeń i wpływu sterowania na kształt profilu zapotrzebowania na energię elektryczną gospodarstwa domowego, a dalej profilu grupy takich odbiorców, przeprowadzono rejestracje profili mocy czynnej w kilku obiektach oraz

profilu mocy czynnej wybranych odbiorników. Odbiorniki energii elektrycznej gospodarstw domowych można pogrupować wg sposobu sterowalności w kontekście ich funkcjonalności:

**1. Odbiorniki quasi-sterowalne** – urządzenia, których praca jest powiązana np. z porą dnia, jak oświetlenie, następnie są to urządzenia używane doraźnie, np. sprzęt RTV, małe AGD, odkurzacze, żelazka, itp. Wpływ na profil zapotrzebowania obiektu tej grupy urządzeń jest możliwy do zrealizowania poprzez zastosowanie dedykowanych zasobników akumulatorowych. W tym przypadku można mówić o „oderwaniu” profilu zapotrzebowania na energię obiektu od profilu zapotrzebowania samego urządzenia. Oznacza to, że profil mocy czynnej odbiornika jest niezależny od profilu sumarycznego obiektu. Na rys. 3 i 4 przedstawiono profile mocy czynnej wybranych urządzeń (zarejestrowanych z okresem próbkowania 1 s) oraz ich opis parametryczny.



stanowisko 1:

$$W_{ct} = 82 \text{ W}\cdot\text{h/h}; P_{av} = 82 \text{ W};$$

$$P_{max} \square = 91 \text{ W}; k_d = 0,9$$

stanowisko 2:

$$W_{ct} = 156 \text{ W}\cdot\text{h/h}; P_{av} = 118 \text{ W};$$

$$P_{max} \square = 146 \text{ W}; k_d = 0,81$$

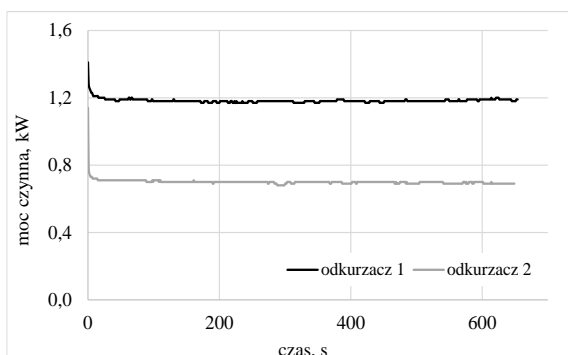
stanowisko 3:

$$W_{ct} = 80 \text{ W}\cdot\text{h/h}; P_{av} = 69 \text{ W};$$

$$P_{max} \square = 97 \text{ W}; k_d = 0,72$$

Rys.3. Porównanie profili mocy czynnej elektrycznej trzech stanowisk komputerowych, przy czym stanowisko 1 to laptop z naładowanym akumulatorem, a stanowiska 2 i 3 to ładowanie akumulatorów laptopów w trakcie normalnej eksploatacji

Fig.3. Comparison of active power profiles for three different computers: computer 1 has fully charged battery, computers 2 and 3 during charging batteries



odkurzacz 1:

$$W_{ct} = 1,2 \text{ kW}\cdot\text{h/h}; P_{av} = 1,2 \text{ kW};$$

$$P_{max} \square = 1,4 \text{ kW}; k_d = 0,84 \text{ (0,96 bez początkowego stanu nieustalonego);}$$

odkurzacz 2:

$$W_{ct} = 0,7 \text{ kW}\cdot\text{h/h}; P_{av} = 0,7 \text{ kW};$$

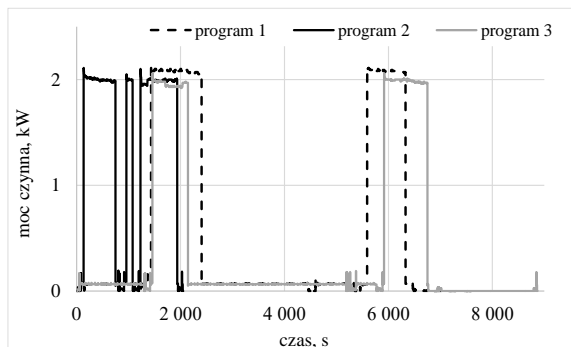
$$P_{max} \square = 1,1 \text{ kW}; k_d = 0,61 \text{ (0,96 bez początkowego stanu nieustalonego);}$$

Rys.4. Porównanie profili mocy czynnej elektrycznej dwóch odkurzaczy

Fig.4. Comparison of active power profiles of two different vacuum cleaners

**2. Odbiorniki realizujące zadany cykl pracy** – urządzenia, których harmonogram załączeń można modyfikować wpływając na sumaryczny profil mocy czynnej zapotrzebowania obiektu. Cykl pracy nie jest przerywany, po załączeniu muszą zakończyć realizowany cykl

pracy. Do tej grupy można zaliczyć np. pralkę i zmywarkę. W wyniku przesuwania obciążeń można uzyskać zmiany w wartości szczytowej mocy czynnej profilu sumarycznego. Na rys. 5 i 6 przedstawiono profile mocy czynnej wybranych odbiorników pracujących wg harmonogramu załączeń (zarejestrowanych z okresem próbkowania 1 s) oraz ich opis parametryczny.



program 1:

$W_e = 1,1 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ;  $P_{av} = 0,5 \text{ kW}$ ;  $P_{max} = 2,14 \text{ kW}$ ;  $T_c = 7728 \text{ s}$ ;  $T_{P_{max}} = 1800 \text{ s}$ ;  $k_d = 0,23$

program 2:

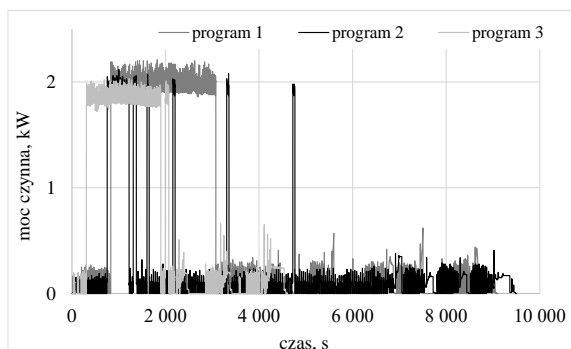
$W_e = 0,8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ;  $P_{av} = 1,4 \text{ kW}$ ;  $P_{max} = 2,1 \text{ kW}$ ;  $T_c = 2051 \text{ s}$ ;  $T_{P_{max}} = 1370 \text{ s}$ ;  $k_d = 0,7$

program 3:

$W_e = 0,92 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ;  $P_{av} = 0,37 \text{ kW}$ ;  $P_{max} = 2,1 \text{ kW}$ ;  $T_c = 8868 \text{ s}$ ;  $T_{P_{max}} = 1600 \text{ s}$ ;  $k_d = 0,18$

Rys.5. Porównanie profili mocy czynnej różnych zmywarek realizujących różne programy

Fig.5. Comparison of active power profiles of various dishwashers operating with different programs



program 1:

$W_e = 1,4 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ;  $P_{av} = 0,55 \text{ kW}$ ;  $P_{max} = 2,2 \text{ kW}$ ;  $T_c = 9108 \text{ s}$ ;  $T_{P_{max}} = 2270 \text{ s}$ ;  $k_d = 0,25$

program 2:

$W_e = 0,55 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ;  $P_{av} = 0,21 \text{ kW}$ ;  $P_{max} = 2,1 \text{ kW}$ ;  $T_c = 9500 \text{ s}$ ;  $T_{P_{max}} = 950 \text{ s}$ ;  $k_d = 0,1$

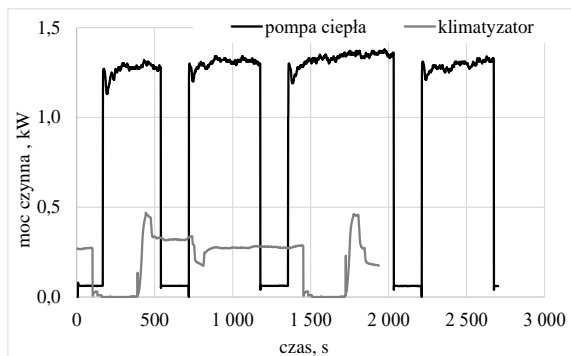
program 3:

$W_e = 0,94 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ;  $P_{av} = 0,73 \text{ kW}$ ;  $P_{max} = 2 \text{ kW}$ ;  $T_c = 4610 \text{ s}$ ;  $T_{P_{max}} = 1670 \text{ s}$ ;  $k_d = 0,36$

Rys.6. Porównanie profili mocy czynnej różnych pralek realizujących różne programy

Fig.6. Comparison of active power profiles of different washing machines working with different programs

**3. Odbiorniki sterowalne** – grupa urządzeń, których czas pracy można dowolnie modyfikować (uwzględniając ich ograniczenia indywidualne), można również wpływać na moc pobieraną. Do tej grupy należą np. urządzenia grzewcze (chłodnicze), bojler, wentylatory, itp. Na rys. 7 przedstawiono profile mocy czynnej pompy ciepła (o mocy cieplnej 3,5 kW) oraz klimatyzatora (o mocy cieplnej 3 kW) oraz ich opis parametryczny.



pompa ciepła:

$$W_c = 0,96 \text{ kW}\cdot\text{h}; P_{av} = 0,96 \text{ kW};$$

$$P_{max} = 1,4 \text{ kW}; k_d = 0,7$$

klimatyzator:

$$W_c = 0,2 \text{ kW}\cdot\text{h}; P_{av} = 0,2 \text{ kW};$$

$$P_{max} = 0,47 \text{ kW}; k_d = 0,43$$

Rys.7. Profile mocy czynnej pompy ciepła i klimatyzatora

Fig.7. Heat pump and air conditioner active power profiles

Charakterystyczną cechą większości domowych odbiorników sterowalnych i quasi-sterowalnych jest opis parametru zapotrzebowania na energię. Mianowicie, opis ten sprowadza się do wartości jednostkowego zużycia energii w zdefiniowanym okresie, np. jednej godzinie, ponieważ większość z tej grupy odbiorników nie realizuje narzuconego programowo cyklu pracy. Co więcej, urządzenia grzewcze (w tym pompy ciepła) mają możliwość wyposażenia w zasobniki ciepła, które skutkować będzie sterowalnością profilu mocy czynnej nie tylko w dziedzinie czasu, ale również w dziedzinie mocy.

Standaryzacja profili zapotrzebowania na moc w przypadku odbiorników gospodarstw domowych nie może polegać na uśrednieniu w dziedzinie czasu i wartości mocy ze względu na nieporównywalność profili tych samych typów urządzeń, a nawet programów pracy jednego urządzenia. Dlatego proponuje się, ze względu na potencjał regulacyjny pojedynczego gospodarstwa domowego, w stosunku do profilu sumarycznego bardzo dużej liczby odbiorców, opis parametryczny w postaci: okna (interwału) czasowego pracy urządzenia, zapotrzebowania na energię elektryczną i wartość szczytowej mocy czynnej. W tab. 2 zestawiono propozycję parametrów opisujących poszczególne grupy odbiorników.

Tabela 2.

Zestawienie parametrów opisujących odbiorniki poszczególnych grup

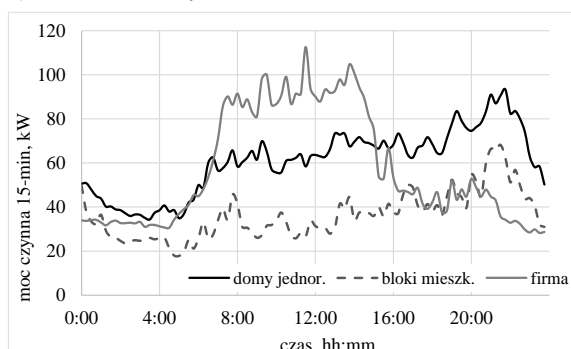
odbiorniki quasi-sterowalne	pojemność zasobnika energii, czas pracy z wykorzystaniem zasobnika energii, szczytowa wartość mocy czynnej ładowania zasobnika, jednostkowe zużycie energii elektrycznej;
odbiorniki realizujące zadany cykl pracy	zużycie energii w cyklu, wartości średnia i szczytowa mocy czynnej, czas wykorzystania mocy szczytowej, modyfikowany współczynnik szczytu mocy, czas trwania cyklu pracy;
odbiorniki sterowalne	jednostkowe zużycie energii elektrycznej, wartości średnia i szczytowa mocy czynnej, modyfikowany współczynnik szczytu mocy (dla profili cyklicznych)

### 3. POTENCJAŁ REGULACYJNY W SEGMENTCIE ODBIORCÓW INDYWIDUALNYCH GOSPODARSTW DOMOWYCH

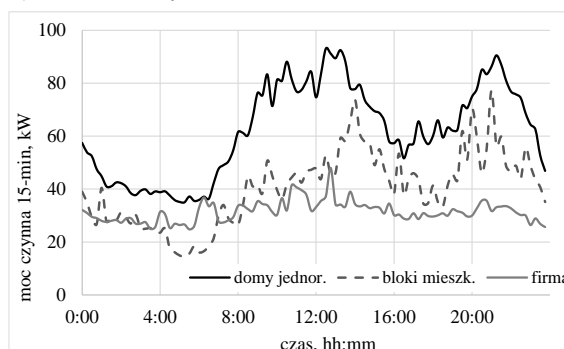
Dobowy profil zużycia energii elektrycznej pojedynczych gospodarstw domowych charakteryzuje się umiarkowaną przewidywalnością, a jednocześnie sumaryczne roczne zużycie energii elektrycznej gospodarstw domowych to ok. 20% (ok. 30 TW·h w 2017 r.) całkowitego zapotrzebowania krajowego (ok. 150 TW·h w 2017 r., bez strat sieciowych) [6]. Przy czym jednostkowo, w odniesieniu do jednego gospodarstwa domowego, potencjał regulacyjny profilu mocy czynnej jest niewielki w stosunku do sumarycznego zapotrzebowania na moc czynną i zużycia energii tego sektora.

Na rys. 8 porównano rzeczywiste profile obiektów reprezentujących trzy segmenty, mianowicie podmiejskie osiedle domów jednorodzinnych, osiedle bloków mieszkalnych, zakład przemysłowy; dla dwóch wybranych charakterystycznych dni: roboczego (środa) i wolnego (niedziela). Profile zostały zarejestrowane w stacjach transformatorowych SN/nN z 15-min okresem uśredniania mocy czynnej. Amplituda zmian mocy w ciągu doby pokazuje, że istnieje potencjał regulacyjny ograniczania szczytów zapotrzebowania w segmencie mieszkalnictwa z ewentualnym przeniesieniem zapotrzebowania na dolinę nocną.

a) dzień roboczy



b) dzień wolny



Rys.8. Porównanie profili mocy czynnej w okresie wiosennym trzech grup odbiorców dla dwóch charakterystycznych dni: a) dzień roboczy, środa, b) dzień wolny, niedziela; 15-min okresy uśredniania

Fig.8. Comparison of active power profiles in spring time for three type of end users and two characteristic days: a) working day, Wednesday, b) day off, Sunday; 15-min averaging periods

Potencjał regulacyjny obiektu autor definiuje ogólnie jako dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną urządzeń, którymi istnieje możliwość sterowania ( $W_{us}$ ), odniesiona do sumarycznego dobowego zużycia energii elektrycznej ( $W_d$ ). Procentowy wskaźnik potencjału regulacyjnego został wyznaczony za pomocą równania (4). Porównanie wartości otrzymanych w wyniku pomiarów profili mocy czynnej wybranego obiektu w tab. 3, a przykładowy profil dobowy mocy czynnej pokazano na rys. 9. Profil podstawowy dobowego



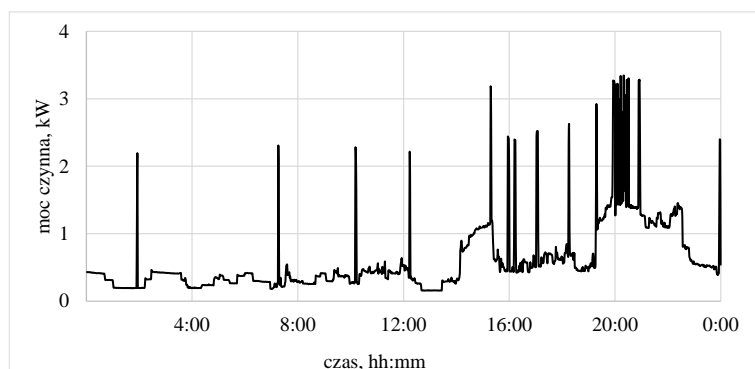
zużycia energii obiektu ( $W_p$ ) to profil, na który nie ma wpływu algorytm sterujący, czyli jest to profil odbiorników niesterowalnych.

$$k_{pr} = \left( \frac{W_d - W_p}{W_d} \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

Tabela 3.

Potencjał regulacyjny wybranego tygodnia dla badanego obiektu

	poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota	niedziela
profil podstawowy, kW·h	5,99	5,85	5,12	5,05	4,97	7,01	6,31
zużycie sumaryczne, kW·h	7,78	9,02	8,70	6,46	6,56	10,87	7,85
potencjał regulacyjny, %	23	35	41	22	24	36	20



Rys.9. Przykładowy profil dobowego zapotrzebowania na moc czynną

Fig.9. An exemplary daily active power profile

#### 4. PODSUMOWANIE

Sterowanie profilem mocy czynnej odbiorców indywidualnych – gospodarstw domowych, jest z jednej strony wyzwaniem logistycznym dla rynku energii eklektycznej, ale jednocześnie stanowi dodatkowy, stosunkowo duży potencjał regulacyjny dla niezależnych operatorów i agregatorów usług DSR oraz rynku mocy [7]. Z drugiej strony niepewna ekonomicznie sytuacja na rynku energii elektrycznej i uzasadnione obawy o wzrost cen energii dla odbiorców sektora ludnościowego motywuje do inwestowania w lokalne mikroźródła OZE. Efektywność ekonomiczna mikroźródeł OZE stała się bardzo opłacalna przez mechanizm wsparcia w postaci *net-meteringu*. Pomimo tego efektywność ekonomiczną inwestycji można poprawić stosując proste algorytmy sterujące odbiornikami, wpływającymi na poziom zużycia energii bezpośrednio w mikroinstalacji. Proponowane rozwiązanie opiera

się właśnie na takich stosunkowo prostych algorytmach decyzyjnych. W kolejnym etapie badań przeprowadzone zostaną symulacje sprzętowe weryfikujące wstępne założenia dotyczące wystarczającego opisu profili urządzeń biorących udział w kształtowaniu profilu zapotrzebowania.

## BIBLIOGRAFIA

1. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej, PSE S.A., Konstancin-Jeziorna, 2018
2. Fice M.: Techniczno-ekonomiczne ekwiwalentowanie osłon kontrolnych na mono rynku energii elektrycznej OZE i rynkach energii użytecznej – modele dla potrzeb inwestycyjnych i rozproszonego operatorstwa. Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej, Gliwice 2017, [www.bzep.pl](http://www.bzep.pl)
3. Fatih Issi, Orhan Kaplan: The Determination of load profiles and power consumptions of home appliances. *Energies*, vol. 11, iss. 3, 2018
4. Wojciechowski J.: Sygnały i systemy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008
5. Fice M.: Aktywny system zarządzania energią w prosumenckiej mikroinfrastrukturze energetycznej. Rozdział w monografii pod red.: Popczyk J. i in., pt.: Energetyka prosumencka. Konsolidacja problematyki społecznej, ekonomicznej i technicznej w aspekcie transformacji polskiego rynku energii elektrycznej. Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2017
6. Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2016 i 2017. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2018. Publikacja dostępna na stronie internetowej [stat.gov.pl](http://stat.gov.pl)
7. Ustawa z dnia 8 grudnia 2017 r. o rynku mocy

Dr inż. Marcin FICE  
Politechnika Śląska  
Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki i Informatyki  
Ul. Akademicka 10  
44-100 Gliwice  
Tel. 32 237 12 58, [marcin.fice@polsl.pl](mailto:marcin.fice@polsl.pl)