

Optymalizacja mocy umownej u odbiorcy przemysłowego

Optimisation of contracted power at industrial customer

Streszczenie: Wzrost cen energii elektrycznej powoduje poszukiwanie rozwiązań obniżających nakłady na energię. Odbiorcy przemysłowi rozliczający się w oparciu o grupy taryfowe A, B i C ponoszą opłatę stałą związaną z zadeklarowaną mocą umowną. Jest ona w wielu przypadkach zawyżana, aby uniknąć kar umownych związanych z jej przekroczeniem. W artykule omówiono metodę optymalizacji mocy umownej z wykorzystaniem autorskiego algorytmu w oparciu o rzeczywiste dane pomiarowe. Wskazano korzyści wynikające z zadeklarowania mocy umownej na optymalnym poziomie.

Abstract: The increase in electricity prices causes a search for solutions to reduce energy expenditure. Industrial customers settling on the basis of A, B and C tariff groups pay a fixed fee related to the declared contracted capacity. In many cases it is overestimated in order to avoid contractual penalties related to its exceeding. The article discusses a method for optimising the contracted power using an original algorithm based on actual measurement data. The benefits resulting from declaring the contracted power at an optimal level have been indicated.

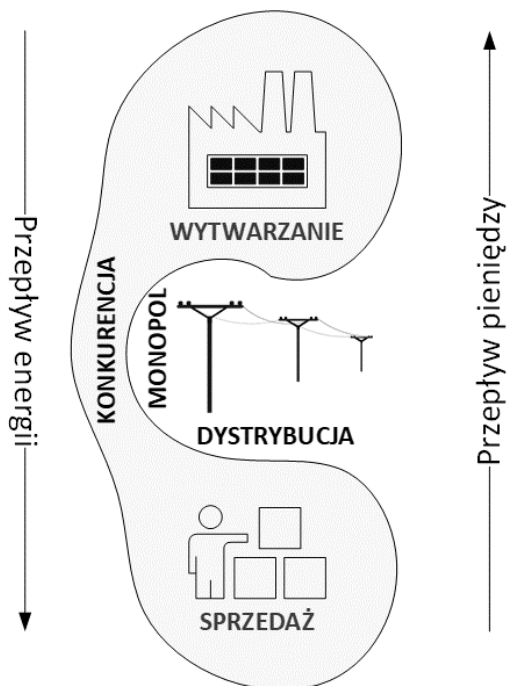
Słowa kluczowe: moc umowna, optymalizacja, energia elektryczna, taryfy, grupa taryfowa.

Keywords: contracted capacity, optimization, electricity, tariffs, tariff group.

Wstęp

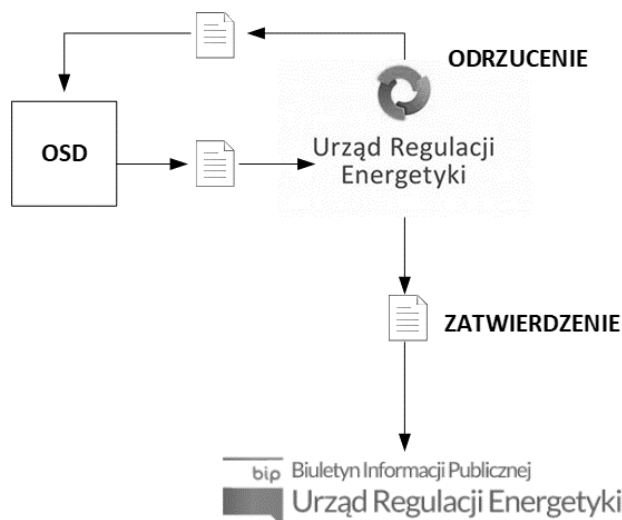
Odbiorca przemysłowy jest pełnoprawnym uczestnikiem wolnego rynku energii. Zgodnie z przyjętym w Polsce modelem rynku, każdy odbiorca jest rozliczany za dwie, niezależne od siebie usługi: **dystrybucji** energii oraz **sprzedaży** energii elektrycznej (rys. 1).

Część rynku związana z dystrybucją energii elektrycznej funkcjonuje w warunkach monopolu naturalnego i podlega kontroli Prezesa URE (Urzędu Regulacji Energetyki). Kontrola polega na konieczności przedkładania przez OSD (Operatora Systemu Dystrybucyjnego) planów taryf, które muszą przejść procedurę zatwierdzenia (rys. 2).



Rys. 1. Struktura rynku energii w Polsce, *opracowanie własne*

Druga część rynku jest związana ze sprzedażą energii elektrycznej i funkcjonuje w oparciu o mechanizm konkurencji. Stawki opłat za energię elektryczną nie podlegają niczyjej kontroli i mogą być wynikiem zawierania transakcji na TGE (Towarowej Giełdzie Energii) lub wynikiem bilateralnej umowy pomiędzy odbiorcą a sprzedawcą.



Rys. 2. Proces zatwierdzenia taryf przez Prezesa URE, *opracowanie własne na podstawie [1]*

Wzrastające w ostatnim czasie ceny energii elektrycznej stymulują poszukiwanie rozwiązań, które mogłyby przyczynić się do zmniejszenia nakładów finansowych związanych z pobraną energią elektryczną, najlepiej w sposób, który nie generowałby dodatkowych kosztów.

Wśród obszarów, w których można poszukiwać tego typu rozwiązań, można wyróżnić:

- zmniejszenie produkcji,
- zmianę sprzedawcy energii,
- zmianę grupy taryfowej,
- optymalizację mocy umownej.

Całkowite koszty związane z energią elektryczną, które ponosi odbiorca energii, stanowią sumę kosztów za dystrybucję energii elektrycznej oraz za sprzedaż energii.

$$C = O_D + O_E \quad (1)$$

gdzie: C – całkowite koszty stanowiące sumę opłaty za dystrybucję i sprzedaż energii, O_D – opłata dystrybucyjna, O_E – opłata za sprzedaż energii.

Koszty te nie są zależne tylko i wyłącznie od ilości pobranej w danym okresie rozliczeniowym energii elektrycznej, ale również od: właściwej gospodarki mocą bierną oraz poziomu zadeklarowanej mocy umownej.

Opłata za dystrybucję energii

Dystrybutor energii elektrycznej jest niezbywalnym monopolistą na wyznaczonym terenie kraju, który jest odpowiedzialny za utrzymanie infrastruktury dystrybucyjnej i niezakłócone dostawy energii elektrycznej o wymaganych parametrach jakościowych.

Obecnie w Polsce funkcjonuje pięciu największych dystrybutorów energii [2]: Tauron, Enea, Energa, PGE, E.On.

Opłata za dystrybucję energii elektrycznej stanowi sumę następujących składników:

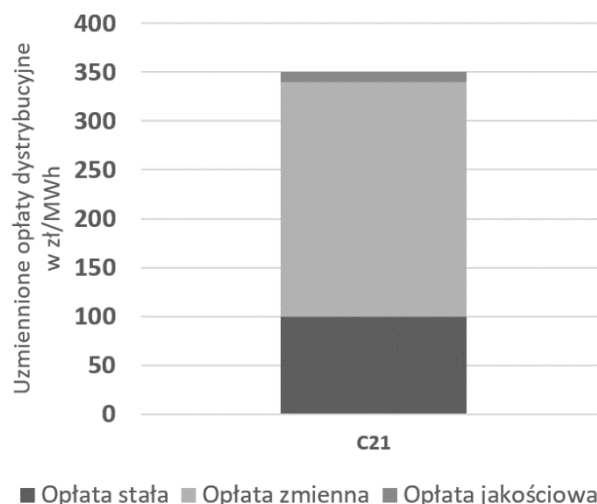
- **zależnych od zadeklarowanej mocy umownej** – składnika stałego, opłaty przejściowej i kar za przekroczenie mocy umownej,
- **zależnych od pobranej energii elektrycznej** – składnika zmiennego, opłaty jakościowej, opłaty OZE, opłaty kogeneracyjnej, opłaty mocowej,
- kar umownych za pobór lub przekompensowanie mocy biernej,
- opłaty abonamentowej (inkasenckiej),

zgodnie ze wzorem (2).

$$O_D = S_{SVn} \cdot P_i + \sum_{m=1}^R S_{ZVn} \cdot E_{oim} + S_{oSJ} \cdot E_{ok} + S_{op} \cdot P_i + S_{OZE} \cdot E_{ok} + S_{kog} \cdot E_{ok} + S_{om} \cdot E_{om} + O_{ab} \quad (2)$$

gdzie: S_{SVn} – składnik stały stawki sieciowej, P_i – moc umowna, R – liczba stref czasowych, S_{ZVn} – składnik zmienny stawki sieciowej dla danej strefy czasowej, E_{oim} – ilość energii pobranej przez odbiorcę w danej strefie czasowej, S_{oSJ} – stawka jakościowa, E_{ok} – całkowita ilość zużytej energii elektrycznej, S_{op} – stawka opłaty przejściowej, S_{OZE} – stawka opłaty OZE, S_{kog} – stawka opłaty kogeneracyjnej, O_{ab} – opłata abonamentowa / inkasencka, S_{om} – stawka opłaty mocowej, E_{om} – ilość energii pobranej w godzinach obowiązywania opłaty mocowej.

Stawki poszczególnych opłat są zawarte w taryfie za usługi dystrybucji, publikowanej po zatwierdzeniu przez Prezesa URE w biuletynie informacji publicznej oraz na stronach internetowych dystrybutorów energii [3].



Rys. 3. Udział poszczególnych opłat w rachunku za dystrybucję energii, *opracowanie własne* na podstawie [4]

Z analizy poszczególnych składników opłat wynika, że składnik stały wraz z opłatą przejściową stanowią istotny element całkowitego rachunku za dystrybucję energii elektrycznej, stanowiący niemal 40% kosztów.

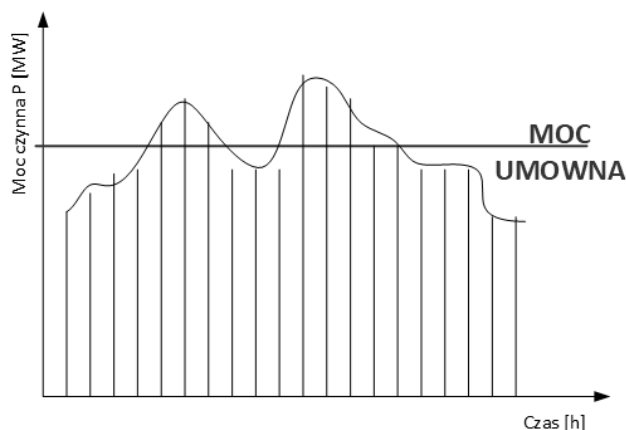
Niewielka świadomość dotycząca rynku energii i przysługującym odbiorcom energii praw powoduje, że w wielu przedsiębiorstwach moc umowna jest ustalana na jednym, stałym poziomie i nie podlega żadnym zmianom.

Odbiorcy energii przysługuje natomiast prawo do zmiany poziomu mocy umownej na początku roku kalendarzowego i do deklaracji różnych poziomów mocy umownej dla każdego miesiąca w roku.

Opłaty zależne od mocy umownej

Moc umowna zadeklarowana w umowie o świadczenie usług dystrybucji w sposób bezpośredni wpływa na wysokość składnika stałego oraz opłaty przejściowej, które są iloczynem mocy umownej P_i oraz odpowiednich stawek opłat zapisanych w taryfie.

Jeśli moc umowna zadeklarowana jest na zbyt niskim poziomie i występują przekroczenia mocy umownej, naliczana jest wtedy dodatkowa opłata.



Rys. 4. Ilustracja przekroczenia mocy umownej, *opracowanie własne*

Kary umowne są naliczane różnorodnie, w zależności od przyjętego sposobu rozliczeń i zainstalowanego urządzenia pomiarowo-rozliczeniowego.

Pierwszym sposobem jest rozliczanie kary jako iloczyn stawki stałej opłaty sieciowej i sumy dziesięciu największych przekroczeń w ciągu danego okresu rozliczeniowego (jeśli przekroczeń jest mniej niż 10, brana jest pod uwagę suma występujących przekroczeń):

$$O_{przek} = S_{SVn} \cdot \sum_{przek=1}^{10} P_{przek} \quad (3)$$

gdzie: S_{SVn} – składnik stały stawki sieciowej, P_{przek} – nadwyżka przekroczenia ponad moc umowną;

lub jako iloczyn stawki stałej opłaty sieciowej i dziesięciokrotności największej zarejestrowanej w danym okresie rozliczeniowym nadwyżki (dotyczy urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych, które zapamiętują jedynie największe przekroczenie w ciągu danego okresu rozliczeniowego):

$$O_{przek} = S_{SVn} \cdot 10 \cdot P_{przek_max} \quad (4)$$

gdzie: S_{SVn} – składnik stały stawki sieciowej, P_{przek_max} – największa nadwyżka przekroczenia ponad moc umowną;

Kary związanej z przekroczeniem mocy umownej można uniknąć stosując urządzenie nazywane **strażnikiem mocy**, które w sposób ciągły kontroluje pobieraną moc i w przypadku jej przekroczenia, informuje o tym fakcie obsługę lub podejmuje pewne działania ograniczające pobór mocy przez zakład przemysłowy.

Innym sposobem ograniczenia kar jest **optymalizacja mocy umownej**, polegająca na ustaleniu dla każdego miesiąca w roku takiego poziomu mocy umownej, dla którego przekroczenia nie występują lub nie trwają dłużej niż 15 minut.

Optymalizacja mocy umownej

Optymalizacja mocy umownej powinna być przeprowadzona przy pomocy rzeczywistych danych pomiarowych profilu obciążenia mocą czynną badanego obiektu.

Najlepsze rezultaty otrzymuje się stosując do tego celu dane pomiarowe dla okresu nie krótszego niż miesiąc, wykonane z krokiem pomiarowym nie krótszym niż 15 minut. Dane pomiarowe mogą pochodzić z zainstalowanego w rozdzielni głównej do tego celu analizatora bądź rejestratora energii elektrycznej.

Z powodzeniem można posilkować się również analizatorami panelowymi i innymi urządzeniami zainstalowanymi na stałe w punkcie poboru energii elektrycznej, które mają możliwość rejestracji przebiegu mocy czynnej w czasie z zadaniem krokiem pomiarowym.

Zadanie optymalizacyjne w tym przypadku polega na minimalizacji składnika stałego stawki sieciowej, a więc na ustaleniu najmniejszego możliwego poziomu mocy P_i , dla którego:

$$S_{SVn} \cdot P_i \rightarrow \min \quad (5)$$

Przy czym należy mieć na uwadze również redukcję opłat dodatkowych (kar) za przekroczenia mocy umownej, zgodnie z zależnością:

$$S_{SVn} \cdot \sum_{przek=1}^{10} P_{przek} \rightarrow 0 \quad (6)$$

$$S_{SVn} \cdot 10 \cdot P_{przek_max} \rightarrow 0$$

Praca na dużej ilości danych pomiarowych wymaga wsparcia programowego i pewnego rodzaju automatyzacji w procesie związanym z analizą danych. W tym celu zaprojektowano

i stworzono własne, autorskie narzędzie, służące między innymi do optymalizacji mocy umownej, ale i również do optymalizacji grupy taryfowej (rys. 5).

Program został napisany w środowisku MATLAB i jego zaletą jest możliwość podejmowania działań optymalizacyjnych w oparciu o rzeczywiste dane pomiarowe i dowolne taryfy, których stawki opłat użytkownik wpisuje do bazy danych.

Algorytm w pierwszej kolejności dokonuje standaryzacji danych pomiarowych wykonując operację całkowania metodą trapezów dla 15-minutowego okna czasowego. Działanie to znacznie zmniejsza ilość danych pomiarowych i nie powoduje zmniejszenia dokładności optymalizacji. Kary za przekroczenie mocy umownej są bowiem pobierane dla czasu poboru trwającego dłużej niż 15 minut.

Następnie poszukiwane jest maksimum globalne. Poziom mocy umownej ustalany jest w punkcie maksimum globalnego. Jest to najmniejsza możliwa wartość mocy umownej dla której nie występują żadne przekroczenia.

Rys. 5. Ekran główny stworzonego narzędzia optymalizacyjnego, opracowanie własne

W kolejnym kroku moc umowna jest obniżana o 1 pp. do -10% początkowo ustalonej mocy umownej i za każdym razem przeliczane są: składnik stały stawki sieciowej oraz kary umowne za ewentualne przekroczenia mocy umownej.

Optymalną wartością mocy umownej jest ta, dla której suma składnika stałego stawki sieciowej i kary jest najmniejsza.

Studium przypadku

W rozpatrywanym przypadku analizie poddano zakład przemysłowy zajmujący się przetwórstwem kruszywa w województwie dolnośląskim, gdzie OSD jest Tauron Dystrybucja.

Do przeprowadzenia procesu optymalizacji wykorzystano dane pomiarowe z okresu od 1. do 30. sierpnia, które skorelowano z taryfami związanymi z dystrybucją energii elektrycznej za rok 2021 i pozyskanymi następującymi danymi początkowymi:

- zadeklarowana moc umowna: 400 kW,
- taryfa za dystrybucję energii: B21.

Koszty związane z opłatą stałą, jakie odbiorca ponosił z tytułu zadeklarowanej mocy umownej wynosiły 4076,10 zł.

Do kalkulacji przyjęto składnik stały stawki sieciowej z taryfy B21 za dystrybucję energii wynoszący 9,99 zł/kW oraz opłatę przejściową wynoszącą 0,19 zł/kW [5].

Na początku wyznaczono koszty związane z mocą umowną na poziomie 400 kW. Wynik kalkulacji przedstawiono w tabeli 1.

W analizowanym zakładzie przemysłowym, ponadumowny pobór mocy czynnej jest rozliczany jako iloczyn sumy dziesięciu największych przekroczeń i obowiązującej stawki sieciowej.

Następnie przy pomocy opracowanego narzędzia, dokonano optymalnego ustalenia poziomu mocy umownej.

W pierwszym kroku określono moc umowną na poziomie 450 kW. Wartość tą ustalono na podstawie poszukiwania maksimum globalnego z załadowanego przebiegu mocy czynnej $P(t)$.

Tabela 1. Koszt związany ze składnikiem stałym przy mocy umownej wynoszącej 450 kW

Moc umowna	Składnik stały	Opłata przejściowa	Kary	Suma
kW	zł	zł	zł	zł
400	4001,00	76,10	3600,39	7677,49

Ze względu na istnienie dwóch systemów rozliczeń kar za przekroczenie mocy umownej, w tabeli 2 zaprezentowano koszty związane z naliczaniem kary zgodnie ze wzorem 3, natomiast w tabeli 3, kary są naliczane zgodnie ze wzorem 4.

Dla mocy umownej 450 kW nie występują żadne przekroczenia mocy umownej, a więc odbiorca nie ponosi żadnych kar z tego tytułu.

Tabela 2. Kalkulacja opłat związanych z mocą umowną przy systemie rozliczeń polegającym na sumowaniu 10 największych przekroczeń (wzór 3), *opracowanie własne*

Odbiernik mocy umownej	Moc umowna	Składnik stały	Opłata przejściowa	Kary	Suma
pp.	kW	zł	zł	zł	zł
-0	450,0	4495,50	85,50	0,00	4581,00
-1	445,5	4450,55	84,65	84,92	4620,11
-2	441,0	4405,59	83,79	219,78	4709,16
-3	436,5	4360,64	82,94	366,63	4810,20
-4	432,0	4315,68	82,08	583,42	4981,18
-5	427,5	4270,73	81,23	890,11	5242,06
-6	423,0	4225,77	80,37	1352,65	5658,79
-7	418,5	4180,82	79,52	1802,20	6062,53
-8	414,0	4135,86	78,66	2251,75	6466,27
-9	409,5	4090,91	77,81	2701,30	6870,01
-10	405,0	4045,95	76,95	3150,85	7273,75

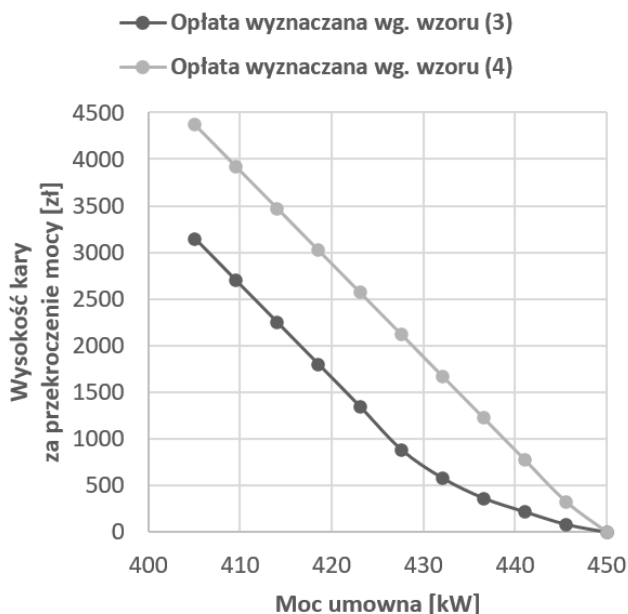
Tabela 3. Kalkulacja opłat związanych z mocą umowną przy systemie rozliczeń polegającym na dziesięciokrotności największego przekroczenia (wzór 4), *opracowanie własne*

Odbiernik mocy umownej	Moc umowna	Składnik stały	Opłata przejściowa	Kary	Suma
pp.	kW	zł	zł	zł	zł
-0	450,0	4495,50	85,50	0	4581,00
-1	445,5	4450,55	84,65	329,67	4864,86
-2	441,0	4405,59	83,79	779,22	5268,60
-3	436,5	4360,64	82,94	1228,77	5672,34
-4	432,0	4315,68	82,08	1678,32	6076,08
-5	427,5	4270,73	81,23	2127,87	6479,82
-6	423,0	4225,77	80,37	2577,42	6883,56
-7	418,5	4180,82	79,52	3026,97	7287,30
-8	414,0	4135,86	78,66	3476,52	7691,04
-9	409,5	4090,91	77,81	3926,07	8094,78
-10	405,0	4045,95	76,95	4375,62	8498,52

Porównanie ze sobą dwóch systemów rozliczeń kar (rys. 6), pozwala wysnuć wniosek, że z punktu widzenia odbiorcy, bardziej korzystny jest system rozliczeń polegający na sumowaniu dziesięciu największych przekroczeń (wzór 3). Różnice pomiędzy tym systemem, a alternatywnym będącym iloczynem dziesięciokrotności największego przekroczenia i składnika stałego, dochodzą do 20%.

Bez względu na przyjęty system rozliczeń, optymalnym poziomem mocy umownej dla tego przypadku jest 450 kW.

Dla takiego poziomu mocy suma kosztów i kar związanych z mocą umowną jest najniższa i wynosi 4581 zł. Jest to o 3096 zł mniej w porównaniu do stanu sprzed optymalizacji.



Rys. 6. Zależność wysokości kar od zadeklarowanej mocy umownej, *opracowanie własne*

Podsumowanie i wnioski

Moc umowna stanowi istotny składnik rachunku za usługę dystrybucji energii elektrycznej.

Optymalizacja mocy umownej pozwala zmniejszyć nawet o 40% koszty związane ze składnikiem stałym stawki sieciowej. Takie oszczędności w aspekcie dynamicznie wzrastających cen energii są nie bez znaczenia.

Korzystniejszym dla odbiorcy końcowego jest system naliczania kar polegający na sumowaniu dziesięciu przekroczeń i mnożeniu tej sumy przez składnik stały stawki sieciowej.

W ujęciu systemowym moc umowna ustalona na odpowiednim poziomie pozwala na lepsze prognozowanie zapotrzebowania na energię, które jest istotnym elementem tworzącym bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Autorzy: mgr inż. Michał Czosnyka, Politechnika Wrocławska, Wydział Elektryczny, Katedra Energoelektryki, ul. Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: michal.czosnyka@pwr.edu.pl;
dr hab. inż. Bogumiła Wnukowska, Collegium Witelona Uczelnia Państwowa, ul. Sejmowa 5C, 59-220 Legnica, E-mail: bogumila.wnukowska@wp.pl.

LITERATURA

- [1] URE, „Jak przebiega proces zatwierdzania przez Prezesa URE taryf?”, URE. <https://www.ure.gov.pl/pl/konsumenci/faq-czesto-zadawane-py/energia-elektryczna/3920,Jak-przebiega-proces-zatwierdzania-przez-Prezesa-URE-taryf.html> (dostęp 6 czerwiec 2022).
- [2] OptimalEnergy.pl, „Dystrybutorzy energii elektrycznej w Polsce - dystrybutorzy prądu - OptimalEnergy.pl”, *Optimal Energy*. <https://optimalenergy.pl/dystrybutorzy-zmiana-sprzedawcy-energii/> (dostęp 6 czerwiec 2022).
- [3] U. R. Energetyki, „Taryfy opublikowane w 2021 r.”, *BIP - Urząd Regulacji Energetyki*. <https://bip.ure.gov.pl/bip/taryfy-i-inne-decyzje-b/energia-elektryczna/4004,Taryfy-opublikowane-w-2021-r.html> (dostęp 6 czerwiec 2022).
- [4] J. Andreas i A. Gawlikowska-Fryk, „Dynamiczne i sprawiedliwe Przyszły kształt taryf sieciowych w Polsce”, *Forum Energii*, 2021.
- [5] Tauron Dystrybucja S.A., „Taryfa dla usług dystrybucji”, 2021.