



# Proces decyzyjny przy doborze taryfy energii elektrycznej dla dużego odbiorcy

*Decision-making process in selecting an electricity tariff for a large consumer*

**Streszczenie:** Wzrastające ceny energii elektrycznej powodują, że wciąż poszukiwane są rozwiązania pozwalające na oszczędności związane z energią elektryczną. Jedną z możliwości jest wdrożenie właściwego systemu zarządzania energią i przeprowadzenie optymalnego procesu decyzyjnego. W referacie przedstawiono autorski algorytm i sposób przeprowadzania procesu decyzyjnego dla dużego odbiorcy energii elektrycznej.

**Abstract:** Increasing electricity prices lead to a continuous search for solutions that enable savings related to electricity consumption. One of the possibilities is the implementation of an appropriate energy management system and conducting an optimal decision-making process. The paper presents an original algorithm and the approach to conducting the decision-making process for a large electricity consumer.

**Słowa kluczowe:** optymalizacja, taryfy energii elektrycznej, odbiorca energii, algorytm

**Keywords:** optimization, electricity tariffs, electricity consumer, optimization algorithm

## Wstęp

Wzrastające ceny energii elektrycznej stanowią aktualne i pilne wyzwanie dla przedsiębiorstw o dużym zapotrzebowaniu na energię. Obserwowana na przestrzeni kilku lat tendencja wynika z różnych czynników, wśród których można wymienić m. in.: fluktuacje na rynkach surowców energetycznych, kryzys wojenny, kłopoty infrastrukturalne i problemy z zaspokojeniem popytu na energię elektryczną.

Dynamiczny wzrost cen energii elektrycznej stawia przed dużymi odbiorcami wyzwanie efektywnego zarządzania kosztami i minimalizacji wpływu kosztów na rentowność i konkurencyjność przedsiębiorstwa. Właściwy dobór taryfy energii elektrycznej staje się niezbędny, aby zminimalizować nakłady finansowe i jednocześnie zaspokoić rosnące potrzeby przedsiębiorstwa.

Wieloletnie doświadczenia badawcze doprowadziły do stwierdzenia kilku istotnych wniosków dotyczących problemu optymalizacji kosztów energii elektrycznej dla dużych odbiorców, w wyniku których ustalono, że [1][2]:

- odbiorcy często posiadają niewielką wiedzę o rynku energii, co utrudnia im podejmowanie właściwych decyzji, brak działań informacyjnych i edukacyjnych ze strony instytucji regulujących pogłębia tę sytuację,
- odbiorcy nie posiadają niezależnych narzędzi optymalizacyjnych, co utrudnia podejmowanie efektywnych działań,
- na rynku energii panuje duża dynamika zmian oraz występują trudności z dostępem do informacji o danych pomiarowych i prognozowanymi cenami,
- wiele przedsiębiorstw nadal nie zdaje sobie sprawy z korzyści wynikających z racjonalnej gospodarki energetycznej.

Wzrost cen energii elektrycznej jest nieunikniony, a niestabilna sytuacja na rynku prowadzi do ich gwałtownych zmian[3][4]. Istnieje zatem potrzeba opracowania narzędzi umożliwiających optymalizację kosztów energii elektrycznej.

W tym celu zaprojektowano algorytm i narzędzie umożliwiające optymalizację mocy umownej i grup taryfowych dla dużego odbiorcy na podstawie danych pomiarowych zużycia energii elektrycznej.

## Wpływ wzrostu cen na stan gospodarki

Wzrost cen energii elektrycznej może mieć szerokie konsekwencje dla różnych dziedzin życia i wywoływać lawinowy efekt, pogarszając sytuację w całej gospodarce.

Jednym z najbardziej niebezpiecznych skutków gwałtownego wzrostu cen energii elektrycznej jest brak możliwości skompensowania go naturalnym wzrostem średnich pensji w gospodarce. Energia elektryczna stanowi fundament współczesnej cywilizacji, a brak alternatywnych źródeł energii uniemożliwia zastąpienie jej w efektywny sposób. To z kolei oznacza, że wzrost kosztów energii elektrycznej przenosi się na klientów i odbiorców końcowych.

Wzrost kosztów energii elektrycznej ma bezpośrednie konsekwencje dla procesów produkcji towarów i usług, co doprowadza do wzrostu ich cen końcowych. Taka sytuacja negatywnie wpływa na konkurencyjność gospodarki zarówno na rynku krajowym, jak i w przypadku eksportu. Konkurencja ma na celu minimalizowanie cen, a wzrost kosztów energii utrudnia oferowanie towarów i usług po konkurencyjnych - czyli niskich cenach.

Ograniczenie wpływu wzrostu cen energii elektrycznej można podzielić na dwie kategorie: działania systemowe i działania indywidualne.

**Działania systemowe** obejmują ruchy podejmowane przez operatorów lub organ rządowy, które mają na celu obniżenie stawek opłat za energię elektryczną. Mogą one obejmować zamrażanie cen energii na określonym poziomie lub redukcję podatków, takich jak VAT i podatek akcyzowy. Takie działania mają zwykle tylko tymczasowy efekt i ingerują w integralność rynku energii.

**Działania indywidualne** polegają na podejmowaniu działań przez odbiorców energii elektrycznej w celu zmniejszenia kosztów, poprzez m. in. poszukiwanie tańszych dostawców energii, którzy oferują korzystniejszą stawkę,

a także poprzez optymalizację grup taryfowych, unikanie opłat za przekroczenia mocy umownej i mocy biernej lub ograniczaniem zużycia energii.

## Algorytm optymalizacyjny

Po przeprowadzeniu analizy rynku i przeglądzie dostępnych rozwiązań, zidentyfikowano problem badawczy związany z optymalizacją grup taryfowych i mocy umownej dla dużego odbiorcy biznesowego. Zauważono brak narzędzi optymalizacyjnych na rynku, które mogłyby wspierać proces podejmowania decyzji przez odbiorcę energii elektrycznej.

W związku z tym opracowano algorytm umożliwiający przeprowadzenie procesu optymalizacji, w wyniku którego otrzymuje się optymalny dobór grupy taryfowej dla dystrybucji energii elektrycznej, grupy taryfowej dla energii elektrycznej oraz optymalny poziom mocy umownej (rys. 1).

Dzięki algorytmowi odbiorca energii elektrycznej będzie miał możliwość przeprowadzenia obliczeń i kalkulacji, które pozwolą zoptymalizować koszty związane z energią elektryczną i usługą dystrybucji. Jest to istotne, zwłaszcza w kontekście rosnących cen energii elektrycznej. Stworzone rozwiązanie jest niezależne od dostawców energii elektrycznej i spółek zajmujących się jej dystrybucją. Jest także uniwersalne, można je zastosować w dowolnym zakładzie przemysłowym, niezależnie od profilu działalności.

Proces optymalizacyjny opiera się na analizie danych pomiarowych, takich jak przebieg mocy czynnej i biernej w czasie, z odpowiednim interwałem pomiarowym. Dzięki temu wykonywana optymalizacja uwzględnia rzeczywiste zużycie energii w poszczególnych strefach czasowych.

Jakość optymalizacji zależy od długości okresu pomiarowego. Posiadając dane pomiarowe z całego roku, można monitorować trendy i analizować zmiany w zużyciu energii elektrycznej i mocy umownej w poszczególnych miesiącach. Następnie można próbować skorelować te dane z innymi czynnikami i uwzględnić je w procesie optymalizacyjnym. Dzięki temu możliwe staje się dokładne prognozowanie zapotrzebowania na energię w przyszłości, co jest niezwykle istotne dla jakości działań optymalizacyjnych.

Zaproponowany proces optymalizacyjny [5] polega na minimalizacji nakładów finansowych związanych z energią elektryczną i jej dystrybucją poprzez, m. in.:

- **minimalizację składnika stałego stawki sieciowej przy jednoczesnej minimalizacji opłaty przejściowej, a więc optymalizację mocy umownej,** która polega na ustaleniu najmniejszego możliwego poziomu mocy  $P_i$ ,

$$S_{SVn} \cdot P_i \rightarrow \min \quad (1)$$

gdzie:  $S_{SVn}$  – składnik stały stawki sieciowej [w zł/kW],  
 $P_i$  – moc umowna [w kW],

- **redukcję opłat dodatkowych (kar) za przekroczenia mocy umownej,**

$$S_{SVn} \cdot \sum_{przek=1}^{10} P_{przek} \rightarrow 0 \quad (2)$$

lub

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

gdzie:  $S_{SVn}$  – składnik stały stawki sieciowej [w zł/kW],  
 $P_{przek}$  – przekroczenie mocy umownej [w kW]

- **minimalizację składnika zmiennego stawki sieciowej** poprzez optymalny dobór grupy taryfowej za dystrybucję energii i sprzedaż energii elektrycznej.

$$\sum_{m=1}^R S_{ZVn} \cdot E_{oim} \rightarrow \min \quad (3)$$

gdzie:  $S_{SVn}$  – składnik stały stawki sieciowej [w zł/kW],  
 $E_{oim}$  – ilość energii pobranej przez odbiorcę w danej strefie czasowej [w MW].

Połączenie ze sobą tych działań pozwoli zmniejszyć koszty związane z zakupem energii elektrycznej i usługą dystrybucji tej energii.

W pierwszej kolejności powinno się zdefiniować parametry wejściowe, będące punktem odniesienia do dalszej optymalizacji, takie jak: aktualnie zakontraktowany poziom mocy umownej, grupa taryfowa związana z dystrybucją energii i grupa taryfowa związana z zakupem energii. Celem optymalizacji będzie zaproponowanie działań i zmian powodujących obniżenie nakładów finansowych w porównaniu do stanu początkowego.

Następnie w zależności od stosowanego środowiska optymalizacyjnego, należy przygotować plik z danymi pomiarowymi dla okresu objętego optymalizacją. Wystarczające do tego celu są pomiary mocy trójfazowej czynnej i biernej z krokiem uśredniania wynoszącym 15 minut.

Optymalizacja w tym przypadku odbywa się w oparciu o zestaw stawek opłat przygotowanych przez użytkownika zainteresowanego procesem optymalizacyjnym. Na polskim rynku niestety nie funkcjonuje obecnie żadna platforma agregująca takie dane z rynku, z możliwością ich wykorzystania w procesie wspomagającym decyzję.

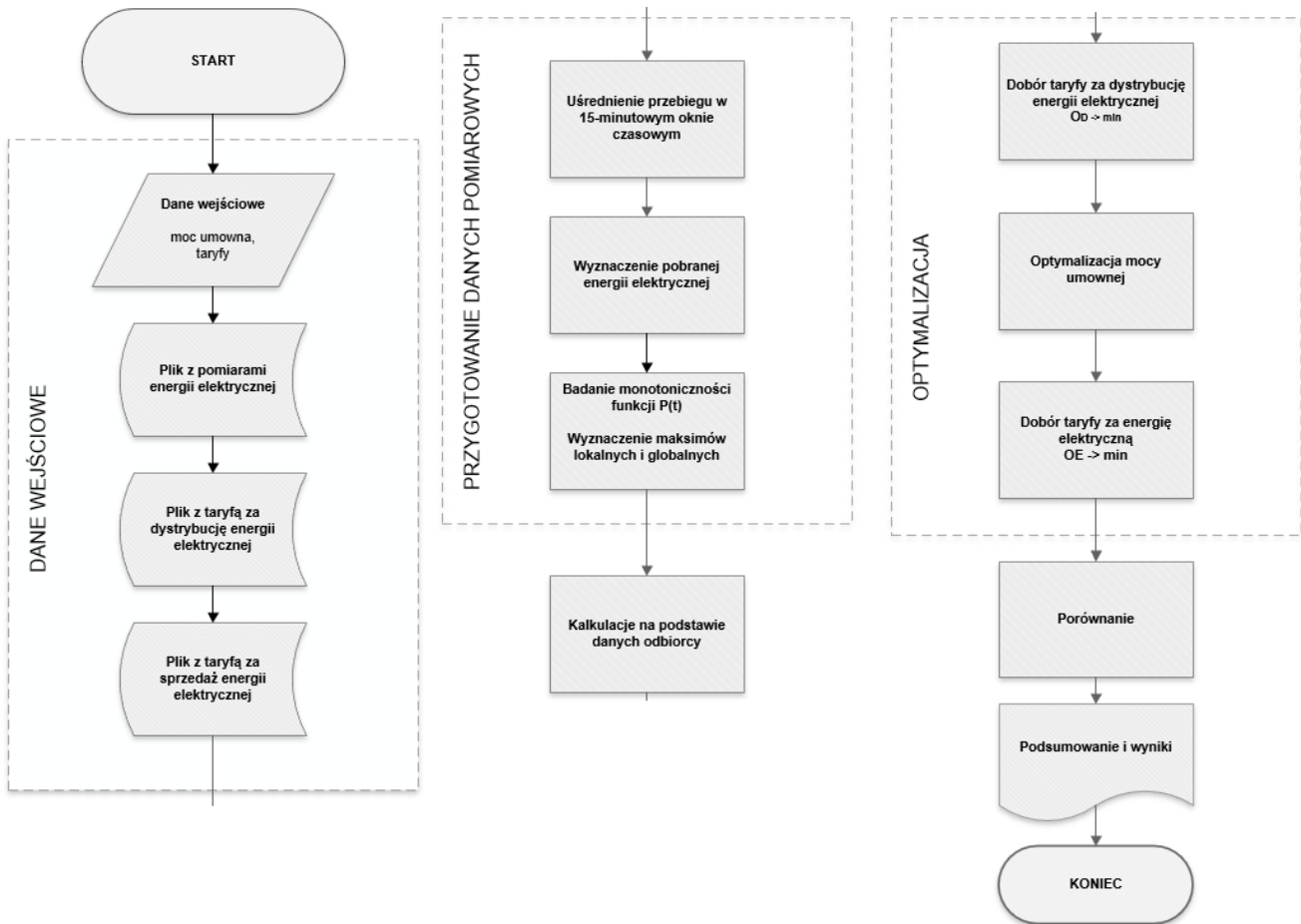
Jeśli częstotliwość próbkowania używanych danych pomiarowych jest mniejsza od 15 min, następuje ich standaryzacja i uśrednienie właśnie w takim oknie pomiarowym.

Następnie należy wyznaczyć energię elektryczną czynną i bierną pobieraną w poszczególnych strefach czasowych zdefiniowanych w umowie o świadczeniu usług dystrybucji. Jest to potrzebne do późniejszego wyboru optymalnej grupy taryfowej.

Na podstawie uśrednionych danych pomiarowych należy zbadać monotoniczność przebiegu funkcji mocy czynnej w czasie. Otrzymane w wyniku badania maksima globalne oraz lokalne posłużą do wyznaczenia optymalnego poziomu mocy umownej, czyli takiego, który nie wiąże się z żadnymi dodatkowymi opłatami za przekroczenie mocy umownej.

Przed właściwą optymalizacją należy dokonać kalkulacji kosztów za energię elektryczną i dystrybucję w oparciu o zdefiniowane warunki początkowe.

W ramach procesu optymalizacyjnego w pierwszej kolejności dokonuje się doboru taryfy za dystrybucję energii elektrycznej. W tym celu wyznacza się sumę składników zmiennych wynikających z poszczególnych grup taryfowych. Zatem grupa taryfowa, dla której suma składników zmiennych jest najmniejsza, jest optymalną grupą taryfową za dystrybucję energii dla tego przypadku.



Rys. 1. Algorytm optymalizacyjny, *opracowanie własne*

Do optymalizacji grupy taryfowej za dystrybucję celowo nie zostały uwzględnione składniki stałe zależne od mocy umownej, bowiem ich kalkulacja zależy od rodzaju wybranej grupy taryfowej.

Optymalny poziom mocy umownej jest określany dopiero w kolejnym kroku i został szerzej opisany w referacie autorów „M. Czosnyka, B. Wnukowska Optymalizacja mocy umownej u odbiorcy przemysłowego”.

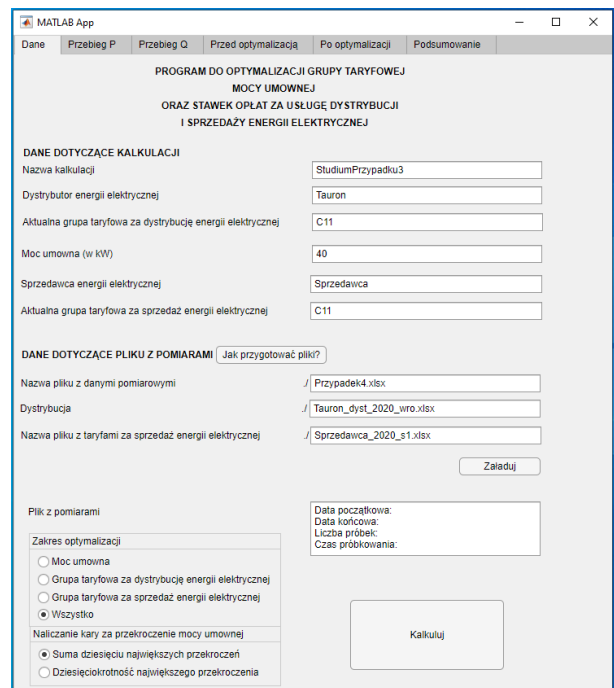
Określenie optymalnego poziomu mocy umownej kończy proces optymalizacji taryfy za dystrybucję energii elektrycznej.

W ostatnim kroku optymalizacji wykonuje się optymalizację grupy taryfowej za energię elektryczną. W tym celu wyznacza się opłaty wynikające z poszczególnych grup taryfowych. W analogiczny sposób najniższa oferta jest optymalną grupą taryfową za energię elektryczną dla danego przypadku.

Mając do dyspozycji zestaw danych dotyczących stanu początkowego i stanu wynikającego z optymalizacji, można dokonać porównania i określić oszczędności jakie przyniesie wdrożenie uzyskanych w wyniku działań optymalizacyjnych zmian.

### Prezentacja narzędzia stworzonego w środowisku MATLAB na podstawie zaproponowanego algorytmu

Na podstawie przedstawionego algorytmu w środowisku MATLAB stworzono narzędzie wyposażone w GUI (*ang. Graphical User Interface*) pozwalające na wykonanie kompleksowego procesu optymalizacyjnego.

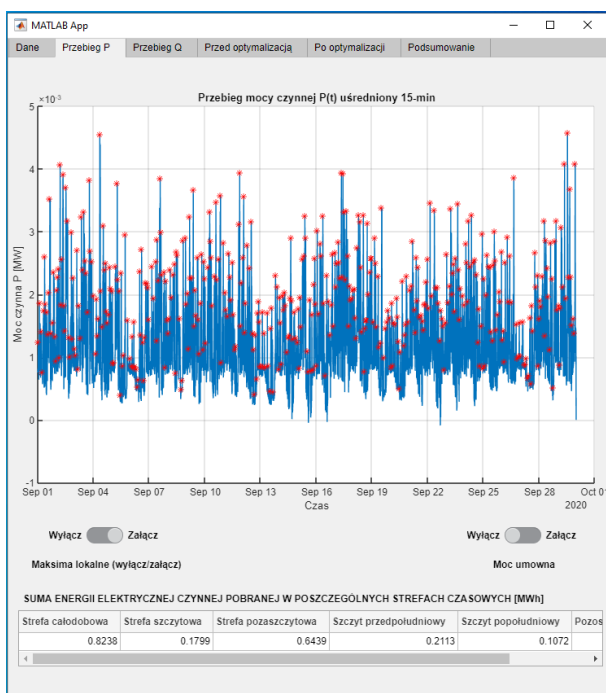


Rys. 2. Okno główne stworzonego programu, *opracowanie własne*

Po uzupełnieniu danych początkowych i wprowadzeniu ścieżek dostępu do wcześniej przygotowanych plików z taryfami i pomiarami, następuje określenie zakresu optymalizacji i rozpoczęcie obliczeń.

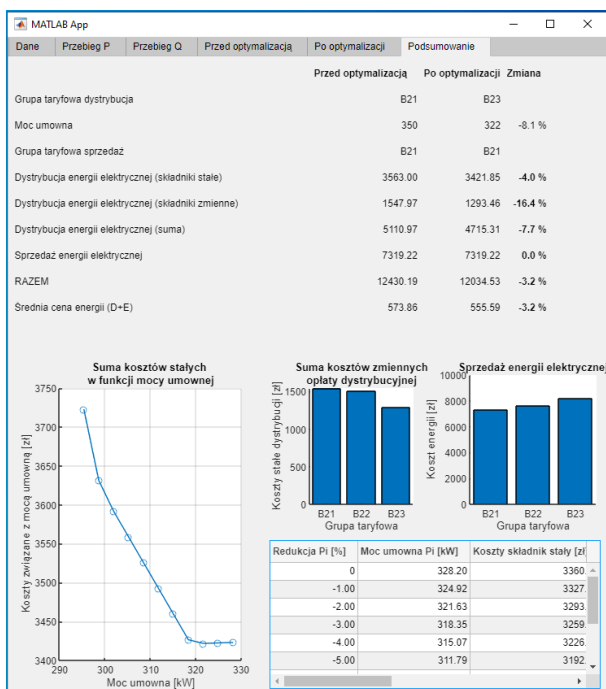
W kolejnej zakładce użytkownik ma możliwość prześledzenia profilu pobieranej mocy czynnej wraz z oznaczonymi maksimumami lokalnymi, niezbędnymi do przeprowadzenia optymalizacji mocy umownej.

Wyznaczana jest też energia elektryczna pobierana w poszczególnych strefach czasowych na potrzeby optymalizacji grup taryfowych.



Rys. 3. Zawartość okna dialogowego w zakładce „Przebieg P” w stworzonym narzędziu optymalizacyjnym, *opracowanie własne*

Podobnie jest z mocą bierną w zakładce „Przebieg Q”. Program jest w stanie wyznaczać koszty związane z niedokompensowaniem lub przekompensowaniem mocy biernej.



Rys. 4. Zawartość okna dialogowego w zakładce „Podsumowanie” w stworzonym narzędziu optymalizacyjnym, *opracowanie własne*

W zakładce „Przed optymalizacją” wyznaczane są nakłady finansowe uwzględniające podane przez użytkownika warunki początkowe. Funkcja celu będzie dążyła do tego, aby średnia cena za energię uwzględniająca wszystkie komponenty i składniki była jak najniższa.

W menu „Po optymalizacji” użytkownik otrzymuje komplet danych dotyczących zoptymalizowanych grup taryfowych i optymalnego poziomu mocy umownej. Na tej podstawie, również i w tym przypadku, wyznaczana jest średnia cena energii elektrycznej.

W ostatniej części programu zawarto podsumowanie, które obejmuje również analizę porównawczą stanu początkowego ze stanem optymalnym, określonym na podstawie działań przewidzianych przez algorytm. Wyznaczane są procentowe zmiany poszczególnych składników sumujących się do ostatecznej opłaty za energię elektryczną.

Na wykresach słupkowych, użytkownik może zauważyć różnicę w nakładach w przypadku stosowania różnych grup taryfowych.

Przedstawiana jest również funkcja obrazująca strukturę kosztów związanych z mocą umowną w zależności od jej zakontraktowanej wysokości.

### Uwagi i wnioski

- Przedstawiony algorytm optymalizacyjny jest prosty i z powodzeniem może być zastosowany do optymalizacji taryf energii elektrycznej i mocy umownej, przy zastosowaniu technik programowania liniowego a nawet arkusza kalkulacyjnego Excel.
- Algorytm pozwala na przeprowadzenie procesu optymalizacyjnego w oparciu o rzeczywiste dane dotyczące zużycia energii elektrycznej w podlegającym optymalizacji okresie.
- Jest niezależny od spółek sprzedawczych i dystrybucyjnych poprzez to, że użytkownik samodzielnie przygotowuje zestawienie cen i opłat, na podstawie których dokonywana jest optymalizacja.
- Nie jest wymagana duża moc obliczeniowa.
- Narzędzie i algorytm stanowią odpowiedź na brak tego typu rozwiązań na rynku energii.

**Autorzy:** dr inż. Michał Czosnyka, Politechnika Wrocławska, Wydział Elektryczny, Katedra Energoelektryki, ul. Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: [michal.czosnyka@pwr.edu.pl](mailto: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](mailto:bogumila.wnukowska@wp.pl).

## LITERATURA

- [1] Michał Czosnyka, „Metody optymalizacji kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii”, Praca doktorska, Politechnika Wroclawska, 2022.
- [2] M. Czosnyka i B. Wnukowska, „Rynek mocy i jego wpływ na wysokość opłat za energię elektryczną”.
- [3] „TGE - Dane statystyczne”. <https://tge.pl/dane-statystyczne> (dostęp 7 luty 2022).
- [4] URE, „Charakterystyka rynku energii elektrycznej”, *Urząd Regulacji Energetyki*. <https://www.ure.gov.pl/pl/energia-elektryczna/charakterystyka-ryнку/9659,2020.html> (dostęp 9 listopad 2021).
- [5] „Taryfy za dystrybucję energii elektrycznej”. BIP URE, 2021.