

## Proces podejmowania decyzji o stanie elektroenergetycznych sieci zakładów górniczych w aspekcie jakości energii elektrycznej

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje sformalizowaną strukturę procesu decyzyjnego we wnioskowaniu o stanie elektroenergetycznych sieci zakładów górniczych na podstawie parametrów energii elektrycznej. Zaprezentowano schemat procesu oraz opisano poszczególne jego elementy z ukięnkowaniem na zakłady górnicze kopalni rud miedzi w Zagłębiu Miedziowym. Wskazano również potencjalne korzyści wynikające ze stosowania takiego procesu, ze szczególnym uwzględnieniem wspierania przyłączania nowych instalacji źródeł odnawialnych do sieci górniczych oraz poprawy bezpieczeństwa pracy górników.

**Słowa kluczowe:** jakość energii elektrycznej (JEE), proces decyzyjny, zasilanie zakładów górniczych, generacja rozproszona, odnawialne źródła energii.

### **The process of decision making as to the condition of the mining electric power networks in the scope of the quality of the electric power**

**Summary:** The article presents a decision-making process structure of electric power network conditions supported by power quality data. The process towards to mining plant of cooper ore in Zagłębie Miedziowe. The article points pross of such process to development of renewable sources of energy locations to mining plant network and improvement of safety of miners work.

**Keywords:** power quality, decision-making process, mining plant supply, distributed generation, renewable sources of energy.

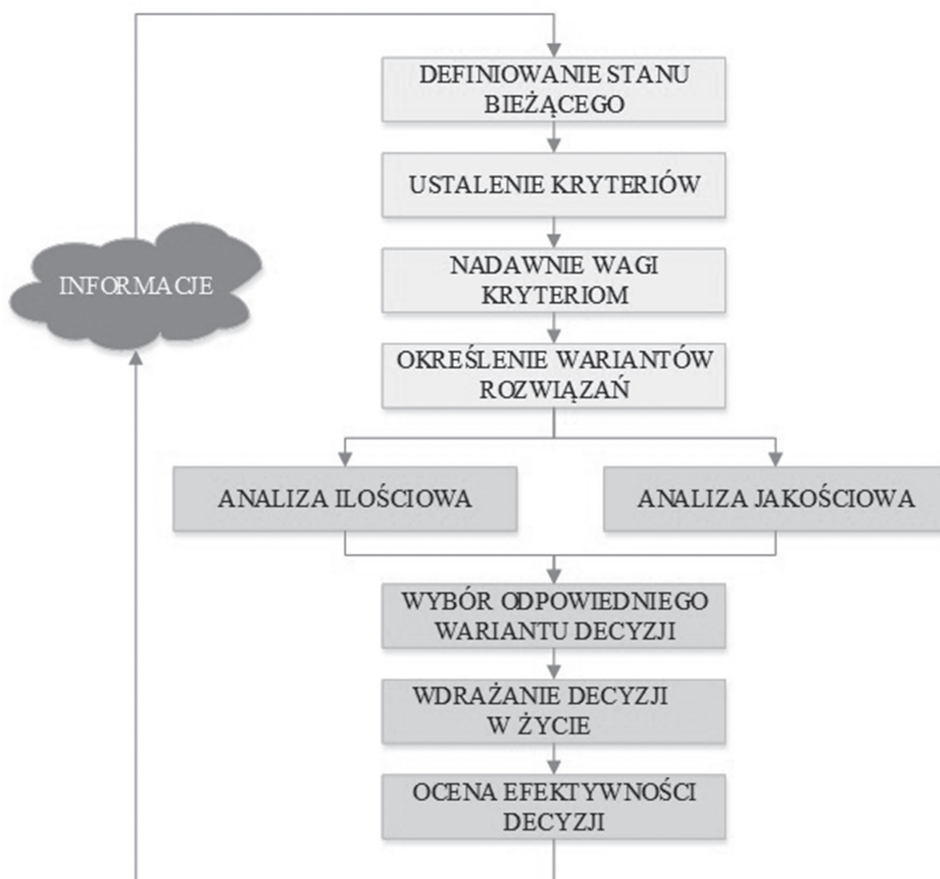
## 1. Wprowadzenie

Zagadnienie podejmowania decyzji jest bardzo dobrze znane. Trudno jest wyobrazić sobie życie bez konieczności podejmowania decyzji, stąd też literatura [1, 6, 10, 13, 14] dość obszernie opisuje sposoby dokonywania tego. Obecnie występuje tendencja do formalizacji podejmowania decyzji poprzez tworzenie procesów decyzyjnych. Istnieje wiele gotowych rozwiązań w różnych branżach, autor jednak nie odnalazł stworzonych

procesów dotyczących aspektów związanych z jakością energii elektrycznej (JEE), pomimo dużej popularności tej tematyki. Same wymagania dotyczące parametrów JEE są dość precyzyjnie określone w właściwym rozporządzeniu [11] i normach [8, 9]. Jednak brak jest jednoznacznych i określonych reguł postępowania przy wnioskowaniu o stanie sieci elektroenergetycznych zakładów przemysłowych na podstawie danych o jakości energii elektrycznej. Próbę określenia tego procesu autor podjął w pozycji [5], adaptując proces zaproponowany przez R. Sułka w [13]. Artykuł ten jednak ukierunkowany jest nie na zakłady przemysłowe ogólnie, ale na zakłady górnicze w Zagłębiu Miedziowym.

## 2. Struktura procesu decyzyjnego

Struktura procesu decyzyjnego przyjętego do aspektów związanych z analizą jakości energii elektrycznej została zaprezentowana na rysunku 1.



Rys. 1.

Źródło: oprac. własne.

Struktura ta jest zgodna z klasyczną koncepcją cyklu działań zorganizowanych zaproponowaną przez H. L. Le Châteliera, obejmującą następujące etapy [13]:

- wyznaczenie celu do osiągnięcia,
- analiza metod, środków i warunków określających cel,
- wybór i systematyzacja metod, środków oraz warunków, realizacja przyjętego planu działania,
- weryfikacja i kontrola osiągniętych wyników.

Zaproponowany schemat składa się z dwóch części, a mianowicie są to:

- charakterystyka stanu bieżącego,
- analiza stanu bieżącego.

Istotnym elementem procesu jest również jego iteracja, zapewniająca ciągłe badanie stanu bieżącego, który w przypadku danych JEE jest bardzo zmienny w czasie. Zaproponowaną modyfikacją wobec procesu z pracy [5] jest przejście od podejścia „problem” (rozumianego jako różnica między stanem bieżącym a oczekiwanym) do „stan bieżący”. Zmiana ta powodowana jest faktem, że dla danych jakościowych analizuje się parametry w danej chwili, a nie rozbieżność między wartością oczekiwaną a rzeczywistą. Określenie tych parametrów pozwala na ocenę cząstkową szerszego zagadnienia, jakim jest ocena stanu sieci elektroenergetycznych. Kolejną modyfikacją jest zmiana „informacji o realizacji” na rzecz „informacji”, bo to one są podstawą wniosku o stanie jakości energii elektrycznej. Poszczególne etapy i uwarunkowania, jakie należałoby brać pod uwagę, zostały opisane w [5] i przytoczone poniżej.

#### **Definiowanie stanu bieżącego:**

- określenie charakteru obiektu: sposobu i układu zasilania, najważniejszych odbiorników, przyłączonej generacji rozproszonej,
- usystematyzowanie posiadanych informacji o stanie bieżącym, w tym określenie algorytmów uśredniania i czasu agregacji posiadanych danych.

#### **Ustalenie kryteriów:**

- wybór wiodącego dokumentu stawiającego wymagania poszczególnym parametrom np.: rozporządzenie Dz. U. z 2007 r. nr 93, poz. 623; norma PN-EN 50160: parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych; umowa pomiędzy dostawcą a odbiorcą energii,
- określenie okresu wykonywanych analiz,
- określenie wartości progowych do wyboru okresów analizy korelacji pomiędzy poszczególnymi parametrami,

- określenie, jakie zdarzenia i w których analizach będą zawierane lub pomijane (flagowanie) dla poszczególnych analiz,
- dobór odpowiedniego analizatora energii dołączonego przez producenta oprogramowania, z uwzględnieniem np.: klasy pomiarowej, algorytmów uśredniania, okresów agregacji, możliwości dołączenia dodatkowych peryferii (modułów GPS).

#### **Ustalenie wagi kryteriów:**

- określenie, jakie parametry będą wiodące oraz czy uwzględniane będą ich maksymalne, minimalne czy średnie wartości,
- określenie, dla których parametrów dopuszczalne będą przekroczenia dozwolonych wartości, a dla których będzie to bezwzględnie niedozwolone w danych okresach pracy.

#### **Określenie wariantów rozwiązań:**

- na podstawie posiadanej już wiedzy określenie rozwiązań proponowanych, znanych już z innych przykładów lub opisanych teoretycznie w literaturze,
- poszukiwanie nowych innowacyjnych rozwiązań, które w miarę potrzeby i możliwości wprowadzane będą na próbę lub na stałe, w zależności od charakteru obiektu i potrzeby.

#### **Analiza ilościowa:**

- wykonanie analizy zgodności z właściwym dokumentem, w którym określone są wymagania dla parametrów,
- wykonanie analizy zgodności z właściwym dokumentem dla poszczególnych określonych okresów pracy zgodnie z wykonaną analizą klastrową.

#### **Analiza jakościowa:**

- określenie wartości minimalnych, średnich, maksymalnych, wariancji, odchylenia standardowego i innych w celach statystycznych, porównawczych lub innych wg potrzeb zarówno dla całego okresu analizy, jak i dla wyszczególnionych klastrow,
- określenie korelacji między parametrami.

#### **Wybór odpowiedniego wariantu decyzji:**

- podjęcie lub niepodjęcie działań wynikających z określonych wcześniej wariantów rozwiązań,
- zalecane jest niepodjęcie decyzji o przerwaniu analizy stanu jakości energii, gdyż jednokrotne osiągnięcie pozytywnej oceny nie gwarantuje utrzymania pozytywnego stanu w późniejszych okresach pracy danych obiektów.

#### Wdrożenie decyzji w życie:

- wykonanie wybranego wariantu rozwiązań.

#### Ocena efektywności decyzji:

- określenie, czy wdrożenie przyniosło zamierzone efekty,
- określenie poniesionego nakładu do osiągniętego zysku (nie tylko finansowego, ale i ekologicznego czy społecznego),
- pojęcie decyzji o zapętleniu procesu decyzyjnego i podjęcie kolejnej bieżącej analizy stanu JEE.

### 3. Proces decyzyjny w elektroenergetycznej sieci zakładów górniczych

Przenosząc ten proces na grunt zakładów górniczych, należałoby wziąć pod uwagę wiele czynników charakterystycznych dla przemysłu wydobywczego. Należą do nich np.:

- Przy analizie głównych odbiorów następujące odbiory: maszyny wyciągowe i skipowe, przenośniki taśmowe, klimatyzatory i wentylatory, pompy odwadniania kopalń, a w szczególności ich wpływ na sieć, np. na obecność wyższych harmonicznych pochodzących z układów przekształtnikowych maszyn wyciągowych i skipowych czy dużą zmienność obciążenia w czasie.
- Przy analizie generacji rozproszonej (GR) określenie typu generacji (elektrociepłownie, bloki parowo-gazowe, fotowoltaika itp.) oraz dodatkowo posiadanie wiedzy, czy w okresie analizy parametrów JEE jest możliwość, by objął on zarówno czas pracy generacji, jak i przestoju, by wskazać jej wpływ na lokalne punkty sieci elektroenergetycznej zakładów górniczych. Informacja ta przydatna będzie przy analizie potencjalnych inwestycji związanych ze wzrostem niezależności energetycznej zakładu.
- Kwestia doboru kryterium, a w szczególności wyboru wiodącego dokumentu stawiającego wymagania, co w przypadku zakładów górniczych przeważnie skutkuje analizą umowy na dostarczenie energii między dostawcą energii a zakładem górniczym. Wynika to z faktu, że zakład górniczy jest bardzo dużym odbiorcą energii o dość charakterystycznym profilu odbiorcy (duże zapotrzebowanie na moc bierną i zmienność obciążenia), co skutkuje szczegółowymi ugodami w aspekcie parametrów jakości energii elektrycznej. Zdarza się jednak, że dla celów wewnętrznych audytów potrzebna jest analiza zgodności z najnowszymi wytycznymi, tzn. zgodności z normą, a w szczególności z [8].

- Dobór odpowiedniego analizatora polega przede wszystkim na decyzji, czy oprócz stacjonarnego monitoringu jakości energii elektrycznej (który staje się coraz bardziej powszechny w sieciach górniczych) instalować należy dodatkowy przenośny analizator JEE. Ze względu na złożoność sieci i w przypadku analizy w wielu punktach należałoby rozważyć również zastosowanie dodatkowego osprzętu do analizatorów JEE, np. do synchronizacji pomiarów [12].
- Dobór wagi poszczególnych kryteriów w przypadku zakładów górniczych wyglądałby następująco: dopuszczalne są przekroczenia zawartości harmonicznych w okresach, gdy nie działają filtry zainstalowane przy maszynach wyciągowych, jednak niedopuszczalne jest przekroczenie wahań napięcia ponad dopuszczalną wartość parametru  $P_{1\%}$  ze względu na niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia górników.
- Analiza jakościowa oparta może być na analizie skupień, zwłaszcza ze względu na złożoność i rozmiar sieci. Analiza ta będzie wsparciem dla ograniczenia liczby danych na rzecz kategorii, które ułatwią analizę [4]. Dodatkowo analiza skupień ze względu na uwarunkowania (np. pracę bloku, układ połączeń itp.) ułatwia poznanie reguł panujących w typowych warunkach pracy urządzeń i maszyn zakładów górniczych.
- W przypadku obliczenia stosunku poniesionego nakładu do osiągniętego zysku dla zakładów górniczych istotny wpływ będą miały nie tylko aspekty ekonomiczne, ale przede wszystkim bezpieczeństwo górników. Podniesienie jakości energii elektrycznej przyczyni się do zapewnienia ciągłości dostaw energii, a co za tym idzie, z perspektywy zakładów górniczych jest niezbędne do jego funkcjonowania. Trudno wyobrazić sobie pracę ludzi w kopalni bez działania wentylatorów, klimatyzatorów czy pomp odwodnienia kopalni [2, 3].

## 4. Podsumowanie

Zaprezentowany proces powinien być wsparciem dla osób odpowiedzialnych za energię elektryczną w zakładach górniczych, jak również dla decydentów w sprawach inwestycji. Proponowane podejście może być wsparciem dla rozwoju sektora odnawialnych źródeł energii (OZE) jako potencjalnych źródeł rozproszonych instalowanych w elektroenergetycznych sieciach zakładów górniczych. Należy również podkreślić, że tak określony proces decyzyjny zorientowany jest nie tylko na aspekty ekonomiczne (zapewnienie ciągłości wydobycia), ale również na poprawę standardu życia ludzi (a w szczególności ich bezpieczeństwa), co jest – i nadal powinno być – priorytetem dla zakładów górniczych w Zagłębiu Miedziowym.

## Literatura

- [1] Heilpern S., *Podjęcie decyzji w warunkach ryzyka i niepewności*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław 2001.
- [2] Jasiński M., Jasiński M., Jasiński Ł., *Potrzeba analizy jakości energii elektrycznej w kopalniach rud miedzi*, [w:] M. Gwoździewicz (red.), *Generacja – Przesył – Wykorzystanie*, GPW 2015 [dokument elektroniczny], Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2015.
- [3] Jasiński M., Kaczorowska D., Jasińska L., Jasiński Ł., *Wpływ jakości energii elektrycznej na funkcjonowanie kopalni*, „Zeszyty Naukowe Uczelni Jana Wyżykowskiego. Studia z Nauk Technicznych”, 2016, z. 5.
- [4] Jasiński M., Sikorski T., Karpiński J., Zenger M., *Analizy statystyczne długoterminowych danych jakości energii elektrycznej*, [w:] M. Gwoździewicz (red.), *Generacja – Przesył – Wykorzystanie*, GPW 2016 [dokument elektroniczny], Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2016.
- [5] Jasiński M., *Proces decyzyjny we wnioskowaniu o stanie jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych zasilających zakłady przemysłowe*, zgłoszony do publikacji po konferencji „Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka – Startup – Przemysł”, Kraków 2016.
- [6] Kłosiński K. A., Biela A., *Człowiek i jego decyzje*, Wydawnictwo KUL, Lublin 2009.
- [7] Paska J., *Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepła*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [8] PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych, 2010.
- [9] PN-EN 61000 4-30: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) Część 4-30: Metody badań i pomiarów: Metody pomiaru jakości energii, 2011.
- [10] Rebizant W., *Metody podejmowania decyzji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, ze zm. 21 sierpnia 2008 r. (Dz. U. z 2008 r. nr 162, poz. 1005).
- [12] Sikorski T., *Monitoring i ocena jakości energii w sieciach elektroenergetycznych z udziałem generacji rozproszonej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- [13] Sułek R., *Algorytm postępowania decyzyjnego w działalności innowacyjnej przedsiębiorstw*, [w:] „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, Seria Organizacja i Zarządzanie, 2015.
- [14] Tyszka T., *Decyzje. Perspektywa psychologiczna i ekonomiczna*, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa 2010.