

# EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNO-ENERGETYCZNA PROCESÓW PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Marta GOLLINGER-TARAJKO, Konrad ZARĘBA

**Streszczenie:** Problem zwiększenia efektywności energetycznej przedstawiono w aspekcie ekonomicznym i ekologicznym, jako zadanie priorytetowe UE i Polski. Decyzja o restrukturyzacji, modernizacji, uruchomieniu nowych jednostek wytwarzania energii elektrycznej wymaga analizy optymalizacyjnej; w przypadku wyboru nowej technologii również analizy termodynamicznej i ekonomicznej. Poprawę sprawności i efektywności można osiągnąć poprzez stosowanie systemów skojarzonych wytwarzania energii, wyboru odpowiednich paliw, pokonanie barier termodynamicznych, obniżenie strat transformacji. Ekonomiczny rozdział obciążeń można również wykorzystać do zwiększenia efektywności energetycznej procesów wytwarzania energii elektrycznej.

**Słowa kluczowe:** efektywność ekonomiczna, efektywność energetyczna, procesy produkcji energii elektrycznej.

## 1. Wprowadzenie

Energia elektryczna jest kluczowym elementem ekonomicznego rozwoju i decydującym czynnikiem wpływającym na jakość i komfort życia. Ma wiele zalet, m.in.: łatwość przesyłania i dostarczania, gotowość do natychmiastowego jej wykorzystania i zastosowania przez urządzenia elektryczne.

Stabilny, niezawodny i ciągły dostęp do niej jest kluczowym elementem rozwoju gospodarczego państw.

Zużycie energii elektrycznej stale wzrasta, jej produkcja jest ściśle uzależniona od zapotrzebowania zgłaszanego przez wszystkich odbiorców podłączonych do układu elektroenergetycznego. Jeżeli zapotrzebowanie wzrasta lub maleje, to równocześnie musi wzrosnąć lub zmaleć jej produkcja w elektrowniach zasilających odbiorców. Przy wzroście zapotrzebowania na energię elektryczną elektrownie muszą uruchamiać dodatkowe kotły lub turbozespoły, a przy zmniejszeniu zapotrzebowania odstawić je lub zmniejszyć obciążenie. Zmiany w dobowym poborze mocy mają istotny wpływ na efektywność ekonomiczną i energetyczną.

Do największych zmian dochodzi w nocy (tzw. dolina), zwiększenie w ciągu dnia, gwałtowny wzrost od zmierzchu do godziny 22 (tzw. szczyt wieczorny) oraz godzinach porannych od 6 do 8 (szczyt poranny). Nierównomierne zużycie energii elektrycznej szczególnie przez przemysł powoduje, że w godzinach największego zapotrzebowania na energię elektryczną trzeba uruchamiać dodatkowe, zwykle mniej ekonomiczne, turbozespoły lub elektrownie, charakteryzujące się większym zużyciem ciepła na produkcję energii elektrycznej niż nowoczesne elektrownie o dużej sprawności.

Budowa nowych elektrowni ciepłych w celu zaspokojenia jedynie zapotrzebowania szczytowego byłaby działaniem nieekonomicznym, gdyż pracowałyby one przez niedługi czas w ciągu roku.

Uwzględniając m.in. powyższe powody, poza koniecznością budowy nowoczesnych elektrowni o wystarczającej mocy, niezbędne są działania (w celu zachęcenia zarówno odbiorców przemysłowych jak i indywidualnych) w kierunku zmniejszenia obciążenia szczytowego i przeniesienia go na inne pory.

Odbiorcy energii elektrycznej powinni tak sterować swoim poborem mocy, aby przebieg obciążenia w układzie elektroenergetycznym był jak najbardziej wyrównany w ciągu doby.

Równie ważnym i istotnym problemem w sektorze elektroenergetycznym jest racjonalne i oszczędne użytkowanie energii elektrycznej. Energia elektryczna w Polsce w głównej mierze wytwarzana jest w elektrowniach ciepłych (parowych), przez to jej nadprodukcja i/lub niewłaściwe zużycie powoduje jednocześnie nadmierne i niepotrzebne zużycie węgla.

Efektywność to czynnik wzrostu gospodarczego i rozwoju społeczeństw. Prowadzi do wzbogacania rynku o wyroby i usługi wysokiej jakości i konkurencyjności. Jest nastawiona na postęp, usprawnianie działalności i innowacyjność.

Działania na rzecz poprawy efektywności wymagają ulepszenia stanu obecnego i ukształtowania cech mentalności pracowników (wola stałych zmian, wiara w sukces).

W rozwiniętych krajach działalność na rzecz poprawy efektywności w sektorze energetycznym prowadzi się z dużą intensywnością, nie rzadko przybierając formę powszechnego ruchu wspierane go przez centralne ośrodki zarządzania (Japonia, USA, Niemcy, Wielka Brytania).

Niepożądane i możliwe do uniknięcia straty energii, określa się potocznie efektywnością wykorzystania energii, która ma miejsce na etapie wytwarzania, przesyłu i końcowego jej wykorzystania. Konkurencja w sektorze energetycznym wymusza bardziej efektywne wytwarzanie, dostarczanie i wykorzystywanie energii.

Potencjał wzrostu efektywności wyznacza różnica pomiędzy wielkością strat „faktycznych” na analizowanym etapie wykorzystania energii elektrycznej, będących pochodną poziomu wiedzy zarządczej i technicznej, stanu i warunków pracy urządzeń oraz stanu finansów danego użytkownika, a wielkością „nieuchronnych” strat energii określonych dla urządzeń i procesów funkcjonujących w oparciu o najnowszy stan techniki [3].

Zgodnie z ustawową definicją [12], efektywność energetyczna to stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach eksploatacji, oraz ilości zużytej energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne, instalacje, niezbędne do uzyskania tego efektu.

## **2. Poprawa efektywności energetycznej jako priorytet w wyborze systemu wytwarzania i zużycia energii**

Poprawa efektywności systemów wytwarzania energii elektrycznej jest jednym z głównych działań w celu osiągnięcia klimatyczno-energetycznych wytycznych Unii Europejskiej, w tym również Polski. Zintegrowana polityka energetyczna wskazuje na potrzebę nowej rewolucji przemysłowej prowadzącej do zmiany sposobu i metod produkcji energii elektrycznej.

Unia Europejska dąży do zdobycia czołowej pozycji w świecie w zakresie efektywnego wytwarzania i zużycia energii. Wytyczne zawarte są w dyrektywie 2012/27/EU [2].

W strategii dotyczącej energii skoncentrowano się na następujących priorytetach:

- osiągnięcie efektywności energetycznej w Europie,

- utworzenie zintegrowanego ogólnoeuropejskiego rynku energii,
- nadanie szerszych uprawnień konsumentom i uzyskaniu najwyższego poziomu bezpieczeństwa i pewności,
- wzmocnienie przywództwa Europy w zakresie technologii energetycznych oraz innowacji,
- wzmocnienie zewnętrznego wymiaru rynku energii UE.

W literaturze fachowej [1, 4, 5], podkreśla się, że efektywność w tym sektorze powinna być traktowana priorytetowo. Uzasadniając, że:

- energia zaoszczędzona jest najczystszy rodzajem energii (stosuje się dla niej określenie „negawaty” – zaoszczędzone megawaty),
- inwestycje w celu poprawy efektywności energetycznej są najtańszym sposobem osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju energetycznego,
- wszelkie działania na rzecz poprawy efektywności energetycznej przyczyniają się do wzrostu konkurencyjności gospodarki,
- podjęte działania poprawiające efektywność energetyczną stymulują innowacyjność i postęp technologiczny.

Obliczając średnioroczny koszt ponoszonych na realizację programu podniesienia efektywności energetycznej firmy można zastosować równanie [13]:

$$E = N \cdot q (s + a) + E_p \quad (1)$$

gdzie:

$E$  – średnioroczny koszt ponoszony na program poprawy efektywności energetycznej firmy zł/rok

$N$  – bezpośredni nakład inwestycyjny na realizację programu

$q$  – współczynnik kosztu zamrożenia kapitału w okresie realizacji programu (współczynnik ten pokazuje ile krotnie powiększa się nakład kapitału z powodu doliczenia do niego kosztu zużycia kapitału do czasu zakończenia inwestycji związanych z realizacją programu)

$s$  – stopa dyskontowa związana z finansowaniem programu poprawy efektywności energetycznej

$a$  – stopa amortyzacji środków trwałych obiektów powstałych w wyniku realizacji projektu

$E_p$  - roczne koszty bieżące programu poprawy efektywności ekonomicznej zł/rok

Procesowi wytwarzania energii elektrycznej towarzyszą straty na każdym jego etapie i pod różnymi postaciami i z różnych przyczyn. Umiejętność: lokalizacji, wyceny oraz minimalizacji tych strat są kluczem do poprawy efektywności systemów wytwarzania energii elektrycznej.

Działanie systemu energetycznego jest złożone, ze względu na to, iż w każdym momencie musi on być zbilansowany i obejmować swoim zasięgiem znaczne obszary.

Celem funkcjonowania systemu elektroenergetycznego jest zapewnienie dostawy energii elektrycznej do finalnych odbiorców, przy możliwie najniższych kosztach i akceptowalnej niezawodności dostawy. Za realizację tego celu odpowiedzialnych jest wiele podmiotów uczestniczących w prawidłowym funkcjonowaniu systemu elektroenergetycznego.

## 2.1. Ocena efektywności energetycznej w podsektorze wytwarzania

Przy ocenie efektywności energetycznej w podsektorze wytwarzania energii elektrycznej przydatnym narzędziem staje się analiza wskaźnikowa. Każdemu z obszarów funkcjonowania powinny zostać przypisane kluczowe wskaźniki. Analiza ta jest elementem biznes planu. Połączone elementy klasycznego biznes planu z elementami karty wyników (ang. balanced score card) może ułatwić osiągnięcie zaplanowanego celu, czyli efektywnie funkcjonującej instalacji.

Przeprowadzając działania mające na celu poprawę efektywności energetycznej należy najpierw odpowiedzieć na następujące pytania :

- Czy procesy energetyczne są realizowane optymalnie ?
- Czy dostępne na rynku technologie pozwolą na uzyskanie akceptowalnych wskaźników ekonomicznych dla kluczowych procesów ?
- W jakim momencie podjąć decyzję o modernizacji procesu energetycznego ?
- W jakim kierunku powinna przebiegać droga optymalnego prowadzenia procesu energetycznego i co jest jej funkcją celu ?

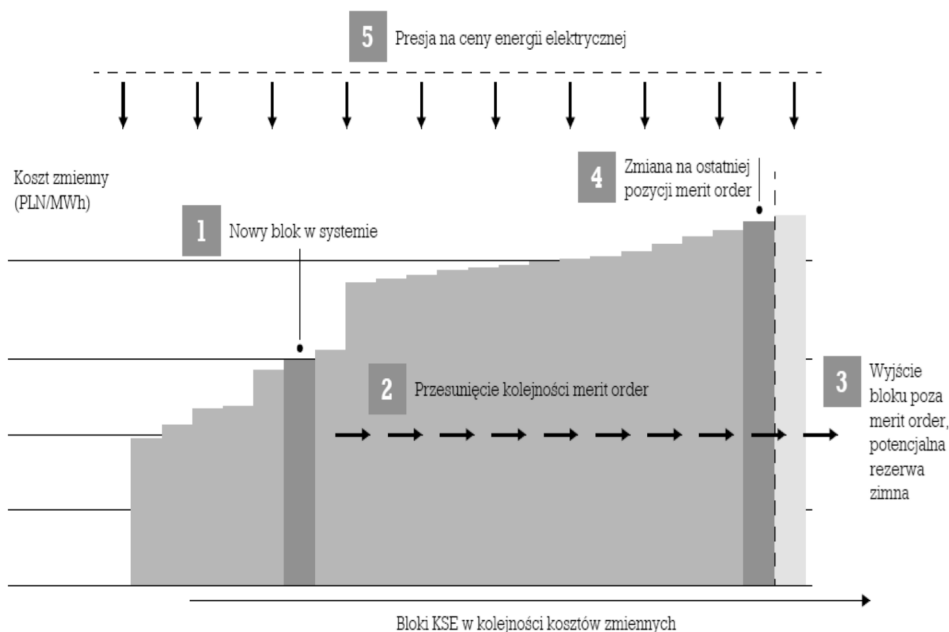
Należy też przeprowadzić [1]:

- analizy termodynamiczne i ekonomiczne odnowienia istniejących elektrowni i elektrociepłowni opalanych węglem kamiennym,
- analizy termodynamiczne i ekonomiczne konwersji istniejących elektrowni i elektrociepłowni do postaci układów dwupaliwowych z wykorzystaniem gazu ziemnego,
- termodynamiczne i ekonomiczne analizy opłacalności budowy nowych źródeł energii elektrycznej i ciepła,
- termodynamiczne i ekonomiczne analizy możliwości zwiększenia skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej.

Jednym ze sposobów rankingu jednostek wytwórczych, pracujących na potrzeby systemu elektroenergetycznego według kosztu zmiennego wytwarzania, jest narzędzie „Merit order” (ang. stos). Wykorzystywane jest ono do modelowania rynku energii elektrycznej, oceny zachowania „graczy rynkowych” oraz prognozowania cen energii elektrycznej. Kształt „stosu” determinuje kształt rynku wytwarzania. Jednostki wytwórcze pracujące na potrzeby systemu elektroenergetycznego kierowane są do pracy w kolejności kosztów zmiennych, jakie generują. Im wyższe zapotrzebowanie na moc, tym droższa jednostka zostaje przyłączona do systemu w celu jego pokrycia. W związku z tym cena energii elektrycznej na rynku wyznaczana jest na podstawie kosztów zmiennych jednostek domykających „stos” (kosztów krańcowych).

Praca jednostek w warunkach rynkowych powoduje, że jednostki znajdujące się na końcu „stosu” nie uzyskują przychodów wystarczających do pokrycia kosztów swojego funkcjonowania.

Na schemacie (Rys. 1) przedstawiono poszczególne etapy schematu przyczynowo-skutkowego pojawienia się nowej jednostki wytwórczej w systemie energetycznym.



Rys. 1. Schemat przyczynowo-skutkowy wprowadzenia nowych mocy do systemu elektroenergetycznego

Źródło: [14]

## 2.2. Podniesienie efektywności poprzez zmniejszenie strat transformacji

Podstawowym wskaźnikiem określającym efektywność produkcji energii elektrycznej i ciepła jest sprawność przetwarzania energii paliwa. Z energetycznego, ekologicznego a szczególnie z ekonomicznego punktu widzenia sprawność ta powinna być jak najwyższa. Im wyższa jest sprawność procesu, tym mniejsze jest zużycie paliwa a tym samym mniejsze zapotrzebowanie na nie. Bezpośrednio przekłada się to na mniejsze koszty eksploatacyjne i mniejszą emisję całkowitą do środowiska. Podwyższenie sprawności z reguły ma wpływ na podniesienie nakładów inwestycyjnych w celu uruchomienia wysokosprawnego nowoczesnego urządzenia.

Efektywność wykorzystania energii paliwa (sprawność energetyczna) ma istotne znaczenie w przypadku wytwarzania energii elektrycznej, ponieważ wytwarzanie ciepła z wysoką sprawnością (przekraczającą 90%) nie jest obecnie problemem z technicznego punktu widzenia. W przypadku elektrowni ciepłych (parowych, turbin gazowych, silników spalinowych) sprawność wytwarzania energii elektrycznej jest dużo niższa niż sprawność wytwarzania ciepła.

Niewysoka sprawność nie wynika z niedoskonałości technicznej silników i siłowni, lecz z ograniczeń termodynamicznych. Ograniczenie sprawności wytwarzania energii jest powodem, dla którego jednym z najbardziej efektywnych termodynamicznie (i ekonomicznie) sposobów wykorzystania energii chemicznej paliw jest skojarzona produkcja ciepła i energii elektrycznej w elektrociepłowniach [10].

Celem rozwoju nowoczesnych technologii spalania jest poprawa sprawności i efektywności najczęściej wykorzystywanych instalacji konwencjonalnego spalania pyłu

węglowego, spalania w złożu fluidalnym jak również spalania węgla uprzednio zgazowanego. Wyższa sprawność instalacji wiąże się z mniejszym zapotrzebowaniem na paliwo w celu wyprodukowania jednej jednostki wytworzonej energii, z równoczesną mniejszą emisją zanieczyszczeń do środowiska.

Sprawności instalacji pracujących przy podkrytycznych parametrach pary wynoszą 38 – 40%. Natomiast w elektrowniach starego typu sprawność osiąga często zaledwie 25%. Przy zwykłej zamianie starszej technologii na nową należy wziąć pod uwagę ekonomiczny wiek instalacji. Konwencjonalne elektrownie wykorzystujące technologie nadkrytyczne osiągają sprawność w przedziale 42 – 44%, natomiast ultra-nadkrytyczne (bardzo wysokie ciśnienia i temperatury pary) osiągają sprawność w przedziale 44 – 46%.

Termin „nadkrytyczny” w termodynamice oznacza stan materii, w którym nie ma wyraźnej granicy pomiędzy fazą ciekłą i gazową – nie ma więc potrzeby oddzielenia pary od wody. W elektrowniach działających w technologiach nadkrytycznych i ultra-nadkrytycznych, spalając pył węglowy, pracują one przy wyższych temperaturach i ciśnieniu pary.

Spalanie w złożu fluidalnym poprawia efektywność procesu spalania, wymianę ciepła i odzysk produktów odpadowych. Skuteczniejsza wymiana ciepła i stopień wymieszania węgla w złożu fluidalnym przyczynia się do obniżenia temperatury procesu w stosunku do konwencjonalnego spalania pyłu, a to z kolei pozwala na obniżenie emisji tlenków azotu. Spalanie fluidalne obejmuje zarówno technologie operujące przy ciśnieniu atmosferycznym (w złożu pęcherzykowym – BFBC i cyrkulującym – CFBC), jak i pod zwiększonym ciśnieniem (PFBC oraz PCFBC).

W cyklu kombinowanym ze zgazowaniem (IGCC) węgiel nie jest spalany bezpośrednio, ale uprzednio reaguje z tlenem i parą wodną wytwarzając gaz syntezowy. Gaz ten jest oczyszczany, a następnie spalany w turbinie gazowej, wytwarzając energię elektryczną oraz parę wodną. Stosowanie technologii zintegrowanego zgazowania w cyklu kombinowanym (IGCC), czy spalanie w ciśnieniowym złożu fluidalnym (PFBC) umożliwia osiągnięcie bardzo wysokich sprawności (do 50%) oraz bardzo wyraźnie obniża emisje tlenków azotu i siarki (95 -99%) [8].

Dostępne technologie przeróbki węgla pozwalają produkować paliwo węglowe o zawartości popiołu poniżej 0,25% i bardzo niskiej zawartości siarki. Umożliwiają one spalanie pyłu węglowego z wysoką sprawnością (co najmniej 55%) w turbinach gazowych w cyklu kombinowanym, dając w efekcie ultra-niskie emisje gazów cieplarnianych (korzyści ekologiczne) oraz korzyści ekonomiczne i operacyjne.

W każdym z etapów łańcucha dostaw energii można prowadzić działania związane z poprawą efektywności.

O efektywności technologii w sektorze energetycznym decyduje:

- wysoka sprawność,
- wysoka elastyczność ruchowa,
- wysoka dyspozycyjność i niezawodność,
- nowoczesność i wysoka trwałość urządzeń,
- niskie koszty produkcji energii elektrycznej,
- niska emisja zanieczyszczeń do środowiska.

Spełnienie wyżej wymienionych czynników silnie powiązane jest z:

- rodzajem technologii produkcji energii i ciepła (układy rozdzielone, układy skojarzone) oraz
- rodzajem zastosowanego paliwa (stałe, ciekłe, gazowe).

### 2.3. Wzrost efektywności energetycznej poprzez podniesienie sprawności wytwarzania energii elektrycznej- optymalizacja systemu z wykorzystaniem ERO

Energię elektryczną i ciepło produkuje się w układach rozdzielonych (elektrownie i ciepłownie) i w układach skojarzonych (elektrociepłownie).

Efektywność energetyczną na etapie wytwarzania można podnieść na dwa sposoby:

- poprzez budowę nowych, nowoczesnych mocy wytwórczych;
- lub poprzez modernizację istniejących obiektów.

Straty na etapie wytwarzania energii elektrycznej związane są z niską sprawnością jej wytwarzania. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest fakt, iż większość eksploatowanych bloków energetycznych jest przestarzała.

Jeżeli rozpatrujemy tylko wytwarzanie energii elektrycznej przez blok, to jego sprawność energetyczną można opisać w następujący sposób [7]:

$$\eta_e = \frac{E_G - E_w}{E_c} \quad (2)$$

gdzie:

$E_G$  – energia elektryczna wytworzona przez generator,

$E_w$  – energia elektryczna zużyta na potrzeby własne bloku (część energii wytworzona przez generator),

$E_c$  – energia chemiczna zawarta w paliwie (węgiel, gaz, ropa naftowa, biopaliwo).

Zmniejszenie wartości  $E_w$  zwiększa wartość sprawności  $\eta_e$ .

Podniesienie efektywności na etapie wytwarzania można osiągnąć również poprzez zwiększenie mocy jednostek wytwórczych, które może prowadzić do większej efektywności kosztowej bloku o sprawności ok. 50%. Ze wzrostem mocy jednostki wytwórczej obniża się koszt zainstalowania 1 MW, poprawia się również sprawność turbiny.

Równie ważnym i istotnym problemem związanym z efektywnością jest ekonomiczny rozdział obciążeń (ERO) wewnątrz elektrowni i między elektrowniami pracującymi w systemie elektroenergetycznym.

Pod pojęciem ekonomicznego rozdziału obciążeń między elektrowniami lub blokami wytwórczymi należy rozumieć taki rozdział obciążeń mocą czynną, który zapewnia minimum kosztów produkcji i przesyłu energii [4].

Celem ERO jest w wyznaczonym przedziale czasu dobranie takiego składu jednostek i obciążenia ich mocą czynną przy zachowaniu ograniczeń techniczno-eksploatacyjnych, aby uzyskać zaplanowany efekt ekonomiczny w postaci: minimalizacji kosztów produkcji energii elektrycznej i maksymalizacji zysku.

W przypadku optymalizacji opartej na minimalizacji kosztów produkcji, wielkość produkowanej energii na poszczególnych blokach wytwórczych organizuje się w taki sposób, aby koszt produkcji energii był jak najmniejszy. Natomiast w przypadku optymalizacji opartej na maksymalizacji marży brutto, wielkość produkowanej energii organizuje się w taki sposób, aby zysk ze sprzedaży energii oraz produktów pochodnych był jak największy, co może doprowadzić do tego, że koszt produkcji nie jest najniższy.

Do przeprowadzenia optymalnego ekonomicznego rozdziału obciążeń używane są metody matematyczne, do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- metodę ekspercką,

- metodę mnożników Lagrange’a,
- metodę mnożników Kuhna-Tuckera,
- metodę symulowanego wyzarzania oraz algorytmy ewolucyjne: programowanie dynamiczne,
- programowanie liniowe i metody pochodne.

Obecnie najczęściej i najszerzej stosowane są metody optymalizacji ERO oparte o programowanie liniowe oraz na metodach pochodnych takich jak: programowanie nieliniowe i całkowitoliczbowe.

Konsekwencją rozwoju metod optymalizacyjnych w sektorze elektroenergetycznym jest adaptacja metodologii ERO do procesów wytwarzania.

Optymalizację produkcji jednostek wytwórczych można rozważać, jako Ekonomiczny Rozdział Obciążeń elementów układu technologicznego elektrowni bądź elektrociepłowni, którego celem jest uzyskanie zakładanego efektu ekonomicznego poprzez [9]:

- dobór składu elementów układu technologicznego;
- parametryzację procesu wytwórczego;
- zaspokojenie potrzeb własnych;
- wykorzystanie układu akumulacji ciepła (w przypadku elektrociepłowni);
- produkcję energii elektrycznej oraz ciepła w wodzie i parze technologicznej;
- produkcję produktów pochodnych (praw majątkowych);
- zarządzanie uprawnieniami do emisji (w szczególności CO<sub>2</sub>);
- udział jednostek wytwórczych w rynku usług regulacyjnych; zarządzanie gospodarką remontowo-eksploatacyjną.

### 3. Podsumowanie i wnioski

Rozpoczynając każdą inwestycję i przedsięwzięcie modernizacyjne należy przeprowadzić rzetelną i profesjonalną analizę pod kątem efektywności ekonomicznej i energetycznej. Poprawiając efektywność wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i wykorzystania energii elektrycznej poprawia się konkurencyjność przedsiębiorstw jak i gospodarki.

Działania dotyczące podniesienia efektywności energetycznej w sektorze energetycznym mają istotny wpływ na wyniki finansowe przedsiębiorstw biorących udział w jego prawidłowym działaniu. Dotyczy to zarówno kosztów ponoszonych na realizację zadań (często trwających kilka lat) zmierzających do poprawy efektywności, jak i przychodów (korzyści) wynikających z efektów przeprowadzonych wcześniej działań i projektów w celu poprawy efektywności energetycznej.

Mając na uwadze fakt, iż na finalne wskaźniki efektywności energetycznej wpływa wiele czynników, o ostatecznej konfiguracji układu wytwarzania, przesyłu i dystrybucji oraz jego parametrach powinna decydować analiza optymalizacyjna.

#### Literatura:

1. Bartnik R., Problemy przed jakimi stoi polska energetyka. [w] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Ryszard Knosala (red.), Wydawnictwo PTZP, Opole, 2014.



2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. W sprawie efektywności energetycznej. Opublikowana w Dzienniku Urzędowym UE L315/1 14 listopada 2012 r.
3. Fryc E., Kochel Z., Krakowiak J., Ziarno R., Możliwości poprawy wykorzystania energii elektrycznej czynnej i biernej. Elektroenergetyka, Nr. 1 – 2. Warszawa, 2012.
4. Gładyś H., Matla R., Praca elektrowni w systemie elektroenergetycznym, WNT, Warszawa, 1999.
5. Jeleń K., Cała M., Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej. Studium AGH 2012., Wydawnictwa AGH, Kraków, 2012.
7. Koczora W., Szulc Z., Poprawa sprawności wytwarzania energii cieplnej poprzez zwiększenie efektywności energetycznej napędów potrzeb własnych dużych mocy. [w] Napędy i sterowanie, Nr 6., 2012.
8. Lorenz U., Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczenia. Mat. Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Sympozja i Konferencje nr 64. Wyd. Instytut GSMiE PAN, Kraków, 2005. s. 97 – 112.
9. Oleszkiewicz B., Wojas K., Optymalizacja pracy jednostek wytwórczych. Energetyka Ciepła i Zawodowa Nr 6/2011, s. 18 – 21.
10. Sikorek J., Kalina J., Technologie i efektywność ekonomiczna generacji rozproszonej w układach gazowych. Materiały Seminarium „Elektroenergetyka w procesie przemian” – Generacja rozproszona. Tom 17, Gliwice, 2002r.
11. Statystyka elektroenergetyki polskiej 2012. Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa , 2013.
12. Ustawa o efektywności energetycznej z dnia 15 kwietnia 2011r. (Dz. U. nr 94, poz. 551 z późn. zm.).
13. Zareba K., Efektywność energetyczna firmy – wymogiem rynku i czasów, w których żyjemy., Problemy Ekologii, vol. 13, nr 2, marzec-kwiecień 2009.
14. 5 mitów polskiej elektroenergetyki 2014. IV edycja raportu ING Banku Śląskiego i PWC. 2014.

Dr. hab. inż. Marta GOLLINGER-TARAJKO, prof. UEK

Mgr inż. Konrad ZARĘBA

Katedra Technologii i Ekologii Wyrobów

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

31 – 510 Kraków, ul. Rakowicka 27

tel.: 12 293 55 19

e-mail.: gollingm@uek.krakow.pl

etzareba@cyf-kr.edu.pl