Grzegorz Serwatka[1)]

Przybliżona analiza możliwości i efektywności konwersji kotła typu OP-650 do spalania w 100% biomasy (artykuł dyskusyjny)

Approximate analysis of the type OP-650 boiler conversion possibility and efficiency for 100% biomass combustion (debate article)

Istotnym czynnikiem powodującym zainteresowanie biomasą firm działających na rynku energetycznym jest system tzw. zielonych certyfikatów. Umożliwia on uzyskanie znacznie wyższych dochodów ze sprzedaży energii elektrycznej. Elektrownie w Polsce poszukują więc możliwości zwiększania udziału współspalania biomasy w strumieniu paliwa.

Zielone certyfikaty, które są przyznawane za każdą dostarczoną do sieci MWh, oznaczają znaczącą dopłatę do wyniku ekonomicznego elektrowni. Cena energii „czarnej" (z węgla) to poziom około 160 zł/MWh (około 40 euro) plus certyfikat zielony poziom 240 zł (60 euro), co stanowi przychód 400 zł (około 100 euro). Jest to wyraźnie większy przychód w stosunku do 160 zł z produkcji jedynie energii „czarnej" z węgla. W związku z powyższym każda inwestycja w proces współspalania biomasy prowadzi do zwrotu inwestycji w relatywnie krótkim czasie, jako że inwestycje takie są niezwykle opłacalne.

Drugim, opłacalnym powodem inwestowania w systemy współspalania biomasy jest zeroemisyjna produkcja energii elektrycznej, co jest bardzo ważne ze względu na konieczność zakupu pozwolenia na emisję dwutlenku węgla. Produkcja 1 MWh energii z węgla generuje 900 kg CO_2, co w rezultacie będzie skutkowało dodatkowym kosztem. Zakładając giełdową cenę na poziomie 35, a może 50 euro za tonę wyemitowanego CO_2, widać znakomite oszczędności dla producenta energii. W takiej sytuacji producenci energii inwestując we współspalanie biomasy, tak naprawdę inwestują w produkcję zeroemisyjną, tzw. zieloną jednostkę.

[1)] e-mail: grzegorz@serwatka.eu, tel. 604 955 744

Kotły typu OP-650 i ryzyko konwersji

W polskiej energetyce pracuje 45 bloków o mocy elektrycznej 200 MW (220 MW) zasilanych kotłami OP-650 na węglu kamiennym i 15 bloków opalanych węglem brunatnym. Jest to znaczący potencjał do konwersji. Wiek elektrowni w Polsce osiągnął 30–40 lat, z pozostałym czasem eksploatacji rzędu 7–10 lat. Taki stan rzeczy powoduje, że istnieje niewielkie ryzyko technicznego niepowodzenia projektu konwersji.

Elektrownia, która zdecyduje się na konwersję kotła na biomasę, starego kotła, ryzykuje niewiele w przypadku niepowodzenia. Jest to dodatkowy argument ze wprowadzeniem konwersji, zwłaszcza do kotłów, które są planowane do odstawienia.

Założenia do analizy

Celem analizy jest zapewnienie w wyniku konwersji możliwie najwyższej mocy kotła, bez wprowadzania kluczowych zmian w jego konstrukcji, i przy zachowaniu oryginalnego wyposażenia. Rozważano zwłaszcza takie elementy, jak:

- wydajność młynów,
- wydajność, moc palników,
- strumień paliwa (wydajność przenośników),
- temperatura spalin wylotowych,
- temperatura przegrzewacza,
- emisja,
- szlakowanie i erozja.

Tabela 1

Charakterystyka parametrów paliwa

Średnie parametry węgla	Min.	Średnie	Max.
Rozmiary cząstek paliwa, mm	0-20	25-50	50-80
Wartość opałowa (Q), MJ/kg	19	24	30
Zawartość popiołu, % (A)	8	20	29
Zawartość siarki (S), %	0,3	0,6	1,0
Wilgoć, % (W)	7	9	11
Zawartość części lotnych %(V)	34	37	39
Zawartość Chloru (Ch)%	0,1	0,25	0,45

Tabela 2

Parametry pelletów biomasy (Pellety charakteryzują się wyższą wartością kaloryczną niż drewno, dlatego pelletyzowana biomasa leśna lub agro jest ciekawszym paliwem dla energetyki)

Specyfikacja istotnych parametrów pelletów biomasy	Min.	Średnie	Max.
Wielkość cząstek przed pelletyzowaniem, do pellet o wielkości średniej: DN 10 mm x 30 mm , mm	0-1	1-2	3-4
Ciepło spalania (Q), MJ/kg	14	16	18
Zawartość popiołu (A) %	3	6	8
Zawartość siarki (S) %	0,08	0,15	0,5
Analityczna zawartość wody [woda stanowiąca część budulca materiału biomasy (W)] %	6	8	11
Całkowita zawartość wilgoci %	6	10	16
Zawartość chloru (Ch) %	0,03	0,09	0,31

Parametry palnika

Niższa niż w węglu zawartość popiołu w biomasie 6% zamiast 20–24% oraz niższa wartość kaloryczna 18 GJ zamiast 21–24 GJ jest powodem, dla którego biomasę możemy traktować jako relatywnie bezpieczne paliwo. Wartość kaloryczna oraz zawartość popiołu są niższe, co może przynieść bezpieczniejsze funkcjonowanie palnika, przy mniejszym obciążeniu termicznym oraz przy niższej mechanicznej erozyjności biomasy.

Jednocześnie można podwyższyć strumień biomasy, gdyż mniej popiołu jest w tym paliwie, co wymaga przeliczenia strumienia ciepła wprowadzanego do palnika, aby uniknąć jego przegrzania czy wręcz spalenia.

Parametry kotła

Przyjęto założenie, aby zachować maksymalną możliwą moc „zielonego" bloku. Obciążenie powinno sięgać 85 – 100% mocy bloku, co przy rozważaniu wartości kalorycznej paliwa przynosi w efekcie różnicę z 24 do 16 GJ plus dodatkowy strumień wynikający ze zmniejszonej ilości popiołu. W efekcie można założyć obniżenie mocy kotła o około 25%. Blok z turbiną typu 200 MW (220 MW) oraz kotłem OP-650 obniża zatem swoją moc z poziomu 650 ton/h do 488 ton/h, czyli moc elektryczną z (200) 220 do (150) 165 MW. Pozostałe parametry, takie jak temperatura oraz ciśnienie, powinny być zachowane na roboczym obecnym poziomie.

Szlakowanie, korozja i erozja

Proces szlakowania zaczyna się, gdy wewnętrzna powierzchnia kotła jest czysta, a gwałtowanie zmieniające kierunek spaliny, przy udziale siły odśrodkowej powodują osadzanie się stopionego pyłu. Proces ten nasila się z kolejnymi warstwami popiołu osadzonego, którego jest coraz więcej. Zmniejszenie intensywności szlakowania sprzyja obniżeniu temperatury spalin, zanim osiągną strefę konwekcji. Do szlakowania przyczyniają się również żywice oraz inne substancje zawarte w biomasie. Powodują one nadmiernie przyklejanie się pyłu, łatwe narastanie kolejnych warstw.

Korozja wywołana chlorem może być skutecznie obniżona poprzez składowanie biomasy pochodzenia „agro" (rolniczego) przynajmniej jeden rok. Wtedy zawartość chloru zasadniczo spada.

Erozja jest ograniczona w stosunku do węgla, gdyż zawartość popiołu jest znacznie niższa. Ze względu na transportowanie biomasy systemem pneumatycznym ma on wpływ na grubość ścianek orurowania. Zarówno pyłoprzewody jak i wewnętrzna część komory spalania powinny być poddawane określonej diagnostyce w celu określenia grubości ścianek rur.

Czas pracy kotła, serwis oraz dostępność kotła

Jest rzeczą oczywistą, że kocioł OP-650 został zaprojektowany jedynie do spalania węgla. Zmiana na paliwo o tak odmiennych parametrach musi wywoływać określone niekorzystne zjawiska, takie jak nadmierne szlakowanie wywołane zawartością substancji żywicznych oraz innych, przyczyniających się do szybkiego przyklejania.

Szlakowaniu nie można skutecznie zapobiegać. Można ograniczyć, ale nie wyeliminować całkowicie. Należy zatem przygotować kocioł i zainstalować zdmuchiwacze parowe, ultra- lub infradźwiękowe, których celem jest pozbywanie się warstwy narastającego pyłu. W efekcie powinno to zmniejszyć szlakowanie. System zdmuchiwania powinien zostać zainstalowany jako element procesu konwersji kotła na biomasę.

Serwis kotła jest nieodłącznie powiązany z jego odstawieniem na jakiś czas. Czas obsługi i remontów przyjęto następująco.

Dla węgla kamiennego:

- co roku obsługa serwisowa kotła – remont bieżący – 2 tygodnie,
- co dwa lata – remont średni – 4 tygodnie,
- co cztery lata – remont kapitalny – 12 tygodni.

Roczna dostępność kotła przekracza 8000 godzin, co dwa lata 7500 godzin, a co 4 lata 6600 godzin.

Biomasa jako paliwo wymaga odstawienia bloku co 6 - 8 tygodni na okres 14 dni, w który wchodzą: 3 dni - chłodzenie kotła i budowa rusztowań, 7 dni - czyszczenie wnętrza komory paleniskowej sprężonym powietrzem.

W tym przypadku powinno się unikać wodnego czyszczenia ze względu na intensywniejszą korozję. W tym czasie także należy przeprowadzać diagnostykę grubości ścianek rur oraz analizę żywotności kotła. Kolejne 3 dni to demontaż rusztowań i przygotowania do uruchomienia kotła.

Dostępność kotła jest liczona według następującego schematu: 6 tygodni pracy bloku, 2 tygodnie serwisowego odstawienia, co przynosi 6 razy do roku odstawienie 6 x 2 tygodnie = 12 tygodni braku pracy, 25% czasu. Zatem dostępność stanowi 75% czasu w roku (75% x 8760 h = 6570 h). W celu zachowania realności obliczeń przyjęto 6000 godzin pracy.

Ustalenie wartości czasu pracy ma kluczowe znaczenie dla ekonomicznego sensu przeprowadzania konwersji kotła na biomasę. 6000 godzin x 150 MW = 900 000 MWh wyprodukowanej energii elektrycznej przy zerowej emisji CO_2 połączonej z dodatkowym dochodem.

Wstępne kalkulacje:

- 900 000 MWh x 100 euro/MWh = 90 mln euro rocznie, przy zysku rzędu 20% to kwota 18 mln euro;
- dodatkowo brak emisji CO_2 powoduje oszczędności: 900 000 MWh x 0,85 ton CO_2/MWh = 765 000 ton CO_2, które można sprzedać na wolnym rynku handlu emisjami; przyjmując tylko 15 euro/tonę CO_2: 765 000 ton x 15 euro = 11,4 mln euro;
- dodając 18 mln zysku plus 11,48 mln = 29,48 mln euro rocznie.

Zatem „zielony blok" może generować nawet 25 – 30 mln euro zysku rocznego.

Modyfikacje systemu nawęglania wraz z młynami

Zasilanie systemu pelletami biomasy

Sucha, pelletyzowana biomasa jest łatwa do transportu, ale jest źródłem znacznego zapylenia, co sprzyja niebezpieczeństwu eksplozji. Należy pamiętać, że jest to substancja łatwo wiążąca wilgoć z powietrza, wtedy powiększa swoją objętość o około 30%. Ponadto staje się lepka i trudna do transportu. Niezbędny jest bezpieczny system hermetyzacji magazynowanej biomasy. Mimo że potrzeby bloku sięgają ponad 2000 ton biomasy dobowo, to należy unikać składowania nadmiernej ilości tego paliwa.

System transportu należy zaprojektować od samego początku tak, aby minimalizował zjawisko pylenia biomasy, bez nadmiernej ilości przesypów, opadania biomasy, zmiany rodzaju transportu. Do tego należy zaprojektować skuteczne odpylanie, aby nie dopuszczać pyłu biomasy do oklejania systemu transportu.

Podsumowując, należy zwrócić szczególną uwagę na następujące kwestie:

- magazyny możliwie małej pojemności, lecz wydajny system dostaw na czas „just on time",
- przeciwpożarowe rozwiązania bezpieczeństwa,
- zainstalowane klapy przeciwwybuchowe oraz elementy ograniczające skutki eksplozji,
- ograniczenie ryzyka wystąpienia iskier wg Standardu Atex.

Fizyczne modyfikacje młynów

Młyny węgla są projektowane głównie do procesu kruszenia kamienia. Mechanizm jest dostosowany do rozdrabniania skały.

Biomasa ma strukturę włóknistą, sklejoną żywicą. Taka materia ulega jedynie przyciśnięciu, rozpłaszczeniu, ale nie rozdrobnieniu.

Młyny węgla nie mielą biomasy, lecz jedynie rozbijają strukturę pelletu na poszczególne drobiny, które zostały wytworzone przed pelletyzacją. Zatem rola młyna jest bardzo ograniczona.

Niezbędne zmiany w obrębie młyna ograniczają się do sześciu problemów.

1. System nawęglania zmodyfikowany tak, aby uniknąć nadmiernego pylenia, w tym ograniczyć przesypywanie biomasy.
2. Spaliny do zasilania młyna, celem ograniczenia ilości tlenu.
3. Zawór obrotowy na szczycie młyna, którego celem jest dostawa pelletów.
4. Instalacja systemu przyjmowania pelletu biomasy do elektrowni.
5. Zmniejszenie docisku na kulach młynowych.
6. Kontrola temperatury na wylocie z młyna, poniżej 95 °C.

Szacowane koszty budżetowe

Analiza kosztowa powinna dać odpowiedź dotyczącą opłacalności przedsięwzięcia konwersji.

Wyliczenia przeprowadzono na podstawie wiedzy rynkowej, obecnych kosztów budowy instalacji, na podstawie danych z firm specjalizujących się w serwisie.

Nakłady inwestycyjne konwersji 100% kotła OP-650

Budżetowa analiza zawiera takie koszty, jak:

- projektowanie,
- modyfikacje młynów węglowych,
- modyfikacje w obrębie palników, portów OFA, kanałów spalin,
- modyfikacje w zakresie części ciśnieniowej w okolicach OFA portów,
- zmiany w zakresie podawania paliwa, tylko mieszanki pyłu węgla i biomasy,
- automatyka niezbędna do procesu,
- konstrukcje wsporcze oraz instalacje wokół kotła.

Całkowity koszt powyższych modyfikacji to: 42 mln euro.

Wyłączenia z powyższych wyliczeń:

- zdmuchiwacze parowe,
- modyfikacje części ciśnieniowej poza okolicami portów OFA,
- wymiana palników na nowe,
- system odbioru popiołu,
- system nawęglania (oprócz zmian opisanych),
- prace budowlane ziemne, fundamentowe.

Koszty eksploatacyjne

Kocioł jest odstawiany do 6 razy w roku w celu czyszczenia sprężonym powietrzem. Do wyliczenia kosztów jednego postoju kotła włączono:

– czyszczenie sprężonym powietrzem zabrudzonych powierzchni komory spalania,
– zabudowę i demontaż rusztowań.

Czas jednego czyszczenia wyliczono następująco: 1 dzień –chłodzenie kotła, 3 dni – zabudowa rusztowań, 8 dni – czyszczenie powietrzem sprężonym, 2 dni – demontaż rusztowań i przygotowanie kotła do uruchomienia.

Wyłączono koszty energii elektrycznej oraz koszt sprężonego powietrza.

Budżetowy koszt usługi: 90 000 euro

Rocznie 6 odstawień to koszt 540 000 euro.

Opcjonalnie

- Magazyny pelletów biomasy na dodatkowe 7 dni = 6,5 mln euro
- Młyny młotkowe do rozdrabniania biomasy o wydajności 2 x 25 ton/h = 6,5 mln euro

Podsumowanie

Zaprezentowana analiza i jej wyniki prowadzą do wniosku, że konwersja kotła na pellety biomasy jest pomysłem realistycznym, który może przynieść korzyści finansowe.

W porównaniu z przychodami, koszty zwracają się w okresie nawet krótszym niż dwa lata.

Każdorazowo analiza kosztowa powinna być przeprowadzona indywidualnie dla bloku w danej elektrowni. Należy uwzględnić w niej specyfikę rozpatrywanego kotła czy warunki funkcjonowania konkretnej elektrowni. W efekcie przyniesie to indywidualną, skrojoną na miarę konkretnych potrzeb analizę kosztów.

Autor jest przekonany, że konwersja kotła na pellety biomasy zawsze powinna przynieść znakomity wynik finansowy dla grupy energetycznej.