

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI
ZAKŁAD ELEKTROWNI I GOSPODARKI
ELEKTROENERGETYCZNEJ

LABORATORIUM
GOSPODARKI ELEKTROENERGETYCZNEJ

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA 3

Ocena opłacalności projektu jednostki kogeneracyjnej
(elektrociepłowni) na etapie studium wykonalności

Opracował : dr inż. Eugeniusz Tomaszewicz

WARSZAWA 2011 r.

1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie:

- Wybranych metod oceny ekonomiczno – finansowej opłacalności inwestycji i ich zastosowanie do oceny projektu budowy jednostki kogeneracyjnej (elektrociepłowni);
- Metod badania wpływu czynników techniczno – ekonomicznych i finansowych na wynik oceny opłacalności inwestycji.

Zakres ćwiczenia obejmuje zastosowanie oprogramowania komputerowego do:

- Przeprowadzenia obliczeń wybranymi metodami i analizy opłacalności budowy jednostki kogeneracyjnej przy określonych założeniach techniczno – ekonomicznych;
- Badań ilościowych wpływu czynników techniczno-ekonomicznych na wynik opłacalności inwestycji;
- Sformułowanie wniosków końcowych z przeprowadzonych analiz.

2. WPROWADZENIE

Spośród różnych możliwych, poprawnych technicznie, wariantów projektowanej jednostki kogeneracyjnej (elektrociepłowni) poszukuje się takiego wariantu, który jest najbardziej opłacalny pod względem ekonomiczno – finansowym. Decyzje inwestycyjne podejmujemy w warunkach niepewności, ponieważ nie jest możliwym sporządzenie dokładnego opisu warunków ekonomiczno – finansowych funkcjonowania projektowanej jednostki kogeneracyjnej w przyszłości. Nie wiemy np. jak będą się kształtowały rzeczywiste ceny paliw i energii w całym horyzoncie czasowym funkcjonowania obiektu. Skutki tej niepewności możemy w znacznym stopniu ograniczyć korzystając z różnych wskaźników w zależności od etapu w procesie podejmowania decyzji oraz stosując analizę wrażliwości uzyskanych wartości wskaźników na przyjęte w obliczeniach założenia upraszczające.

Na etapie analiz wstępnych ocenę opłacalności przedsięwzięcia można badać metodami uproszczonymi (np. prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych, prosta stopa zwrotu, średnia stopa zwrotu, próg rentowności) lub metodami uwzględniającymi zmienność wartości wielkości finansowych w czasie (NPV , $NPVR$, IRR). Metody uproszczone są co prawda mniej skomplikowane pod względem obliczeniowym i łatwe w interpretacji, ale ponieważ wykorzystują dane uśrednione lub z tzw. normalnego roku eksploatacji, mogą prowadzić do podejmowania błędnych decyzji. Temu mankamentowi można w pewnym stopniu zapobiec stosując dyskontowanie – zabieg rachunkowy umożliwiający porównywanie wartości wielkości ekonomicznych pojawiających się w różnych latach okresu przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Metoda NPV (net present value). Wartość zaktualizowana netto (NPV) to zaktualizowana do roku $t=0$ wartość wszystkich wpływów i wydatków związanych z realizacją projektu i eksploatacją w całym okresie funkcjonowania projektu (w okresie budowy i eksploatacji):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n a_t NCF_t; \quad (1)$$

gdzie: NCF_t – przepływy pieniężne netto dla kolejnych lat; t – kolejne lata realizacji projektu i okresu eksploatacji ($t = 0, 1, 2, \dots, n$); n – ostatni okres eksploatacji; r – przyjęta stopa dyskonta; $a_t = (1 + r)^{-t}$ – współczynnik dyskontujący.

Przy wyborze najlepszego wariantu należy wybrać ten o maksymalnej wartości NPV . Warianty o $NPV < 0$ powinny być odrzucone. Zaletą metody NPV jest to, że uwzględnia przepływy pieniężne w całym okresie życia projektu inwestycyjnego. Mankamentem jest trudność z odpowiednim wyborem stopy dyskontowej (zwykle jest nieco wyższa od bankowej stopy procentowej dla kredytów wieloletnich).

Przy porównywaniu efektywności alternatywnych wariantów za pomocą NPV , decydować może dodatkowy wskaźnik:

$$NPVR = \frac{NPV}{PVI}; \quad (2)$$

wyrażający wartość zaktualizowaną netto przedsięwzięcia przypadającą na jednostkę zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych PVI .

Wewnętrzna stopa procentowa (zwrotu) – **IRR** (internal rate of return) jest stopą dyskontową, przy której wartość zaktualizowanych wydatków pieniężnych jest równa zaktualizowanej wartości wpływów pieniężnych w całym okresie przedsięwzięcia inwestycyjnego (NPV jest wówczas równa zero). Przyjęty do realizacji projekt inwestycyjny musi spełniać warunek: stopa dyskontowa $r = IRR$, przy której $NPV = 0$, musi być większa lub równa r_{min} – najniższemu, możliwemu do przyjęcia poziomowi rentowności kapitału. Zwykle przyjmuje się, że r_{min} jest równe rzeczywistej stopie oprocentowania kredytów długookresowych lub stopie oprocentowania spłacanego kredytu inwestycyjnego.

Niżej podano trzy modelowe sytuacje stosowania metod NPV i IRR :

- Jeśli koszt kapitału jest znany (np. jako stopa oprocentowania kredytów długoterminowych), to stosujemy kryterium NPV lub IRR . IRR oznacza rzeczywistą stopę zwrotu kapitału zainwestowanego w dany projekt, która jest bezpośrednio porównywalna z ceną kapitału na rynku;
- Jeśli koszt kapitału jest trudny do ustalenia (np. nie zapadła decyzja dotycząca źródeł finansowania projektu), to należy stosować kryterium IRR . Możliwe jest wtedy ustalenie najlepszych proporcji między kapitałem własnym a zewnętrznym, gdyż IRR może też informować o ryzyku związanym z danym projektem. Jeśli różnica między IRR a ceną kapitału jest duża, to margines bezpieczeństwa jest szeroki (takich informacji nie dostarczy analiza NPV);
- Jeżeli stopa dyskontowa odzwierciedla rzeczywisty koszt kapitału danej firmy (tzn. zobowiązania wobec akcjonariuszy, oprocentowanie kredytów i premię związaną z ryzykiem), to lepsze jest kryterium NPV . Podaje ono bowiem aktualną wartość efektu netto za cały okres życia projektu. Ponadto jeśli $NPV > 0$ to również $IRR > r$. Zbyt wysoka wartość IRR w tej sytuacji może wskazywać na przyjęcie nierealnych założeń dotyczących projektu.

3. PRZYKŁAD ANALIZ FINANSOWYCH

W analizach opłacalności budowy elektrowni stosuje się podane niżej oznaczenia zmiennych i formuły na określanie kosztów:

Roczne koszty umownie stałe (zależne od mocy zainstalowanej) obejmują: koszty kapitałowe (koszty amortyzacji oraz zwrotu kapitału) i pozostałe koszty stałe:

$$K_S = (a_k + a_{ps}) K_i = (a_k + a_{ps}) k_P P_i = k_S P_i \quad \text{zł/a}$$

gdzie :

a_k – stopa amortyzacji powiększona o oprocentowanie kapitału,

a_{ps} – stopa odpisów na pozostałe koszty stałe (utrzymanie i remonty, podatki...),

K_i – nakłady inwestycyjne poniesione na budowę jednostki kogeneracyjnej (wartość początkowa środków trwałych i obrotowych, koszty finansowe budowy), zł,

k_P – jednostkowe nakłady inwestycyjne, zł/kW,

k_S - jednostkowy koszt umownie stały – jednostkowy roczny koszt mocy zainstalowanej, zł/(kW·a),

P_i – moc zainstalowana elektryczna jednostki kogeneracyjnej (suma mocy zainstalowanych elektrycznych wszystkich zespołów kogeneracyjnych składających się na daną jednostkę kogeneracyjną), kW.

Roczne koszty umownie zmienne (zależne od ilości wytworzonej energii elektrycznej) obejmują sumę kosztów paliw i energii, kosztów utrzymania funkcjonowania i kosztów pozostałych dla wszystkich zespołów kogeneracyjnych składających się na daną jednostkę kogeneracyjną:

$$K_Z = \sum k_{Zj} P_j T_j = \sum (c_p b_p + k_{poz})_j T_j \quad \text{zł/a}$$

gdzie :

k_{Zj} – jednostkowy koszt umownie zmienny – jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej w j -tym zespole wytwórczym o mocy zainstalowanej elektrycznej P_j i rocznym czasie wykorzystania mocy zainstalowanej T_j , zł/(kWh)

c_p –jednostkowa cena paliw z uwzględnieniem transportu, zł/GJ,

b_p – zużycie energii chemicznej paliw na wytworzenie jednostki energii elektrycznej, kJ/(kWh)

k_{poz} – pozostałe koszty eksploatacyjne na wytworzenie jednostki energii elektrycznej netto; zł/(kWh).

Całkowity koszt roczny wytwarzania z uwzględnieniem oprocentowania kapitału wynosi

$$K_r = K_S + K_Z \quad \text{zł/a}$$

4. PRZYKŁAD OBLICZENIOWY ANALIZ FINANSOWYCH

Przykład obliczeniowy analiz finansowych z zastosowaniem przepływów finansowych i kalkulacji NPV dla jednostki kogeneracyjnej złożonej z jednego zespołu kogeneracyjnego tłokowego gazowego.

Założenia:

- Rozważa się jednostkę kogeneracyjną o mocy P_1 kW;
- Kalkulacyjny okres eksploatacji elektrowni wynosi 20 lat;
- Całkowite jednostkowe nakłady inwestycyjne przyjęto w wysokości k_P zł/kW;
- Całe nakłady są finansowane z kredytu;
- Oprocentowanie kredytu wynosi d %, a pełny okres spłaty kredytu 10 lat;
- oprocentowanie jest pobierane w każdym roku od wartości kredytu, który pozostaje do spłacenia;
- wydatki roczne na utrzymanie, remonty i podatki (bez odpisów amortyzacyjnych) stanowią a_{ps} % nakładów kapitałowych;
- roczna ilość wytwarzanej energii elektrycznej w każdym roku jest stała $A_j = P_j \cdot T_j$ kWh (należy pamiętać, że energia elektryczna wytworzona w jednostce kogeneracyjnej może mieć dwie składowe: energia wytworzona w wysokosprawnej kogeneracji A_{j1} i pozostała A_{j2} spełniając warunek $A_j = A_{j1} + A_{j2}$);
- energia elektryczna będzie sprzedawana po cenie c_e zł/MWh, a ta z kogeneracji wysokosprawnej po cenie c_{es} zł/MWh ;
- cena sprzedaży energii cieplnej c_c zł/GJ;
- cena zakupu gazu c_g zł/GJ;
- stopa dyskonta wynosi d %;
- pomija się zjawiska inflacji i deprecjacji czyli zakłada się stałość cen sprzedawanej energii (wartości realne są równe nominalnym) oraz zakłada się, że wartość końcowa po 20 latach eksploatacji wynosi zero.

Obliczenia:

Nakłady inwestycyjne: $K_i = P_i \cdot k_P$ zł;

Kredyty: Nakład inwestycyjny – ewentualne dotacje (wykazuje się jako wydatek w roku 0);

Wpływy roczne ze sprzedaży energii elektrycznej (cena · ilość sprzedanej energii): $W_e = c_e \cdot A_{j1} + c_{es} \cdot A_{j2}$ zł (wartość stała w całym okresie analizy);

Koszty roczne umownie stałe: $K_s = (a_k + a_{ps}) K_i$ zł;

Oprocentowanie kredytu w wysokości d % jest ponoszone przez 10 lat, czyli rata spłaty kredytu w pierwszym roku wynosi $S_1 = K_i / 10$ zł, a w następnych latach d % od wartości pozostałej do spłacenia – np. w drugim roku: $S_2 = (K_i - S_1) \cdot d$; w trzecim roku: $S_3 = (K_i - S_1 - S_2) \cdot d$; itd., aż do roku dziesiątego;

Wydatki roczne: koszty roczne umownie stałe plus odsetki spłaty kredytu w kolejnych latach; Przepływ netto (dla danego roku): wpływy – wydatki.

Zaleca się korzystanie z arkusza kalkulacyjnego Excel, ponieważ zapewnia przejrzystość, możliwość korzystania z funkcji oraz ułatwia usuwanie ewentualnych błędów obliczeniowych (przeliczanie jednostek !) i pomyłek.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Wariant A							
2	Znamionowa moc elektryczna zespołu 1a Pa1, kW							500
3	Znamionowa moc cieplna zespołu 1a, Qa1, GJ/h							2,16
4	Roczny czas wykorzystania mocy znamionowej zespołu 1a, Ta1, h							4200
5	Roczna produkcja energii elektrycznej zespołu 1a, A1a=Pa1*Ta1, kWh							2100000
6								
7								

Np. roczną wartość wytworzonej energii elektrycznej przez zespół 1 wariantu A:

$A_{1a} = P_{a1} T_{a1}$ wyliczamy w komórce H5 wpisując symbol = a po nim iloczyn adresów z odpowiednimi wartościami liczbowymi, tutaj będzie to zapis =H2*H4 (adresy wstawia się same jeśli klikniemy myszką te komórki). Oczywiście trzeba jeszcze sprawdzić miana wartości we wszystkich trzech komórkach (tutaj kW*h=kWh).

Ponieważ rozważania dotyczą nakładów i efektów rozłożonych w czasie decyzję należy podjąć w oparciu o wyliczoną wartość wskaźnika NPV. Wpisz dane do Excela (według podanego niżej wzorca) i oblicz NPV używając ikony (fx). Składnia: NPV(stopa; wartość 1; wartość 2; wartość 3;; wartość n). Np. w komórce F6 wpisujemy formułę: =NPV(F2;G3:G24) (będzie ją widać na pasku formuły), w której poszczególne elementy oznaczają: F2 – adres komórki w której zapisaliśmy wartość stopy dyskonta, G3:G24 – adresy liczb z kolumny „Suma przepływów” dla lat 0 – 20, przy czym należy pamiętać, że w roku 0 wpisujemy nakład inwestycyjny ze znakiem minus. Produkcja i wpływy będą dopiero począwszy od roku 1. Wszystkie wydatki wpisujemy ze znakiem minus. „Przepływy netto” jest sumą wpływów i wydatków dla danego roku.

Tablica wydatków i przychodów

lata	Wpływy		Koszty zmienne	Wydatki		Przepływ netto
	za en.elekt.	za.en.cieplną		Koszty stałe	Splata kredytu	
0				-5000000		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
20						

NPV=

5. ZADANIE DO WYKONANIA - OBLICZENIA I ANALIZY

Dla zestawu danych przygotowanych przez prowadzącego zajęcia oraz danych z ćwiczenia Cw2, wykorzystując arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel, w oparciu o metody *NPV* i *IRR*, należy przeprowadzić ocenę ekonomiczno – finansową projektu budowy dwóch wariantów (A i B) jednostki kogeneracyjnej wyposażonej w zespoły kogeneracyjne tłokowe na gaz ziemny.

Podstawowe dane do obliczeń:

1. Znamionowa moc elektryczna (netto) zespołu: $P_A = 500 \text{ kW}$; $P_B = 1000 \text{ kW}$;
2. Znamionowa moc cieplna zespołu: $Q_A = 600 \text{ kW}$ (2,16 GJ/h); $Q_B = 1200 \text{ kW}$ (4,32 GJ/h);
3. C – współczynnik określający stosunek ilości energii elektrycznej z kogeneracji do ilości ciepła użytkowego w kogeneracji [GJ/GJ]: $C_A = 0,833$; $C_B = 0,833$;
4. Jednostkowe zapotrzebowanie paliwa: $b_{pA} = 9600$; $b_{pB} = 9400 \text{ kJ/kW.h}$;
5. Całkowite jednostkowe nakłady inwestycyjne (łącznie z przyłączem gazu) oszacowano wstępnie na: $k_{pA} = 2800 \text{ zł/kW}$; $k_{pB} = 1800 \text{ zł/kW}$;
6. Kalkulacyjny okres eksploatacji elektrowni wynosi 20 lat (Wartość końcowa po 20 latach eksploatacji wynosi zero);
7. Inwestycja będzie finansowana z kredytu - oprocentowanie kredytu wynosi 8 %, a pełny okres spłaty kredytu 10 lat; (stopę dyskonta przyjęto 8 %);
8. Stopa odpisów na utrzymanie (remonty, podatki) wynosi 5 % nakładów kapitałowych;
9. Stawka odpisów amortyzacyjnych: 6 %;
10. W obu wariantach (A i B) jednostki kogeneracyjne mogą pracować:
 - a) według grafika obciążeń cieplnych lub,
 - b) według grafika obciążeń elektrycznych (po zainstalowaniu dodatkowej chłodnicy).

Przy pracy według grafika obciążeń cieplnych roczne czasy użytkowania znamionowych mocy cieplnych i elektrycznych poszczególnych zespołów określono w ćwiczeniu Cw 2. Natomiast przy pracy jednostek kogeneracyjnych według grafika obciążeń elektrycznych - roczny czas użytkowania znamionowej mocy elektrycznej będzie wynosił: 8000 - 8200 h/a , a roczny czas użytkowania znamionowej mocy cieplnej – jak wyżej.

11. Założono wstępnie cenę sprzedaży ciepła: $c_c = 36 \text{ zł/GJ}$;
12. Cena sprzedaży energii elektrycznej: $c_e = 195 \text{ zł/MW.h}$, a dla energii elektrycznej ze świadectwem wysokosprawnej kogeneracji: $c_{es} = 245 \text{ zł/MW.h}$;
13. Cena zakupu gazu: $c_g = 28 \text{ zł/GJ}$.

Wykazać, który z wariantów (A czy B) jest lepszy - ma wyższą dodatnią wartość wskaźnika *NPV* - dla przyjętych danych początkowych. (W ćwiczeniu Cw2 maksymalizowaliśmy wartość liczby świadectw pochodzenia z kogeneracji wysokosprawnej a tutaj pytamy o

maksymalny efekt ekonomiczny). Wykazać, które spośród analizowanych zmiennych mają największy wpływ na opłacalność inwestycji. Należy wyznaczyć wartość graniczną ceny sprzedaży ciepła dla zadanych cen gazu i cen sprzedaży energii elektrycznej (zawsze musi to być cena niższa niż cena oferowana przez konkurencję na lokalnym rynku energii ciepłej). Warto przeprowadzić obliczenia dla przypadków gdyby zespoły kogeneracyjne były wyposażone w dodatkowe chłodnice i po zakończeniu sezonu grzewczego opisanego krzywą $Q(t)$, mogły pracować w ciągu roku np. 8200 h generując dodatkowe ilości energii elektrycznej $A=P_i(8200-T_i)$ w cenie c_e .

Uzyskane rezultaty należy przeanalizować i sformułować wnioski końcowe. Wskazane jest załączenie wydruków uzyskanych najistotniejszych wyników obliczeń.

5. SPRAWOZDANIE I WNIOSKI

W sprawozdaniu należy podać zestaw danych początkowych (tych podanych przez prowadzącego i tych z ćwiczenia Cw2), przyjęte założenia dodatkowe, wyniki przeprowadzonych obliczeń oraz uwagi, spostrzeżenia i wnioski końcowe.

6. Uzupełnienia

Całkowite nakłady inwestycyjne (wydatki kapitałowe - capital outlays) są jednym z najważniejszych składników rachunku ekonomicznego. Jest to suma wartości środków trwałych (kapitał trwały - fixed capital) i wartości środków obrotowych netto (kapitał obrotowy - net working capital). Środki trwałe to środki konieczne do zbudowania i pełnego wyposażenia obiektu inwestycyjnego, a środki obrotowe - to środki niezbędne do eksploatacji obiektu, zapewniające uzyskanie efektów produkcyjnych. Do nakładów inwestycyjnych na środki trwałe zalicza się: koszty terenu pod inwestycję (wykup terenu, odszkodowania, przesiedlenia oraz przygotowanie terenu), koszty budynków i robót inżynierskich, koszty maszyn i urządzeń produkcyjnych łącznie z kosztami montażu, koszty urządzeń i budynków pomocniczych (budynki socjalne i administracyjno-biurowe wraz z wyposażeniem) oraz tzw. nakłady towarzyszące. W skład wydatków kapitałowych fazy przedprodukcyjnej wchodzi: koszty gromadzenia kapitału akcyjnego, wydatki poniesione w okresie tworzenia przedsiębiorstwa (opłaty prawne, koszty reklamy), studia badawcze, koszty dokumentacji techniczno-ekonomicznej, konsultacje specjalistów, szkolenie załogi nowego obiektu, odsetki od zaciągniętych kredytów w okresie budowy, koszty rozruchu obiektów.

Podstawowym warunkiem podjęcia inwestycji jest zdobycie środków na jej realizację. Mogą być następujące źródła finansowania inwestycji: subwencje lub kredyt państwowy, kapitał własny sponsora przedsięwzięcia (spółki akcyjnej, prywatnego przedsiębiorcy), kapitał tworzony ze sprzedaży akcji i z uzyskanych kredytów długoterminowych, kapitał obrotowy pokrywany przez dodatkowe kredyty krótko - i średnioterminowe, kredyt średnioterminowy od dostawców maszyn i urządzeń.

Amortyzacja odpowiada stopniowemu zużyciu środków trwałych oraz wartości niematerialnych i prawnych i przenoszeniu ich wartości na wytwarzany produkt. Okoliczności, z powodu których stosuje się odpisy amortyzacyjne składników majątkowych, są następujące: zużycie z upływem terminu, zużycie ekonomiczne (moralne), zużycie materialne (fizyczne). Pod pojęciem zużycia z upływem terminu rozumie się np. upływ terminu zakupionych praw patentowych oraz licencji. Wartości niematerialne i prawne mogą być odpisywane (amortyzowane) najwyżej przez 10 lat, a koszty organizacji firmy i gromadzenia kapitału zakładowego - najwyżej 5 lat. Zużycie ekonomiczne ma miejsce, gdy składniki majątkowe, np. maszyny i urządzenia, są w pełni funkcjonalnie sprawne, ale już ekonomicznie przestarzałe.

W obliczeniach ekonomicznych wykonywanych w fazie przed realizacyjnej dla oceny celowości i rentowności inwestycji jest powszechnie stosowana metoda progresywna dokonywania odpisów amortyzacyjnych (amortyzacja progresywna). W metodzie tej odpis amortyzacyjny w pierwszym roku jest najmniejszy, zaś w kolejnych latach odpowiednio wzrasta, tak że suma kosztów akumulacji i amortyzacji jest stała. Jest to równoznaczne ze stałą ratą kapitałową, tzn. suma raty amortyzacyjnej i stopy rozszerzeniowej (stopy zysku) jest stała w całym analizowanym okresie.

Z reguły w obliczeniach ekonomicznych dotyczących elektroenergetyki strumienie kosztów i efektów są analizowane w cenach stałych z pominięciem inflacji a ich sprowadzanie do poziomu wartości bieżącej roku bazowego odbywa się przy wykorzystaniu nominalnej (stałej) stopy dyskontowej. W energetyce **wartość stopy dyskontowej** bywa przyjmowana na poziomie oprocentowania kredytów długoterminowych (10-cio letnich).