CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu

Nazwa kwalifikacji: **Montaż, uruchamianie oraz eksploatacja instalacji i jednostek wytwórczych w systemach energetycznych**
Symbol kwalifikacji: **ELE.07**
Numer zadania: **01**
Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

Miejsce na naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.07-01-25.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2025

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

PODSTAWA PROGRAMOWA 2019

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
   - swój numer PESEL*,
   - oznaczenie kwalifikacji,
   - numer zadania,
   - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 12 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

Powodzenia!

** w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość*

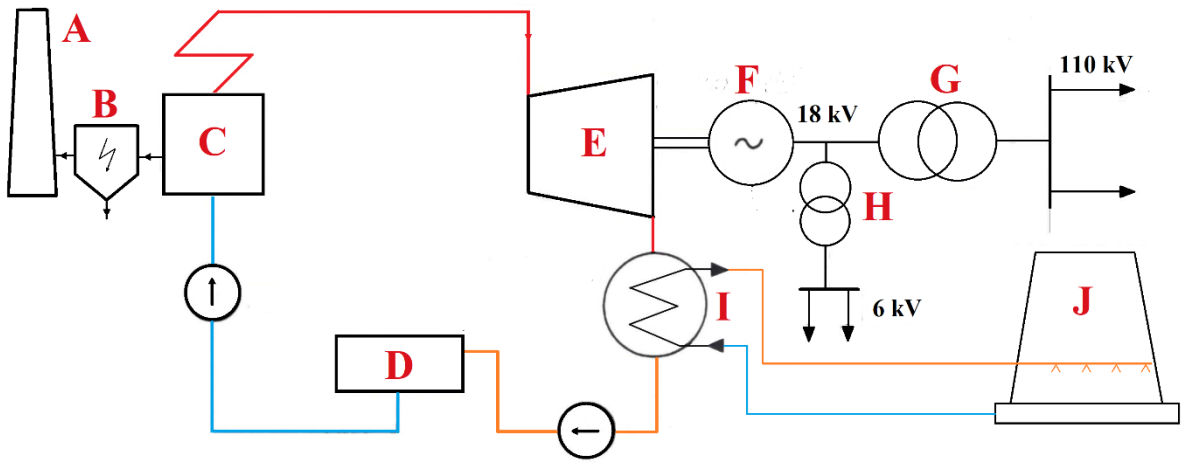
Układ graficzny
© CKE 2023

Przygotuj uczniów do egzaminu zawodowego na zawodowe.edu.pl

Zadanie egzaminacyjne

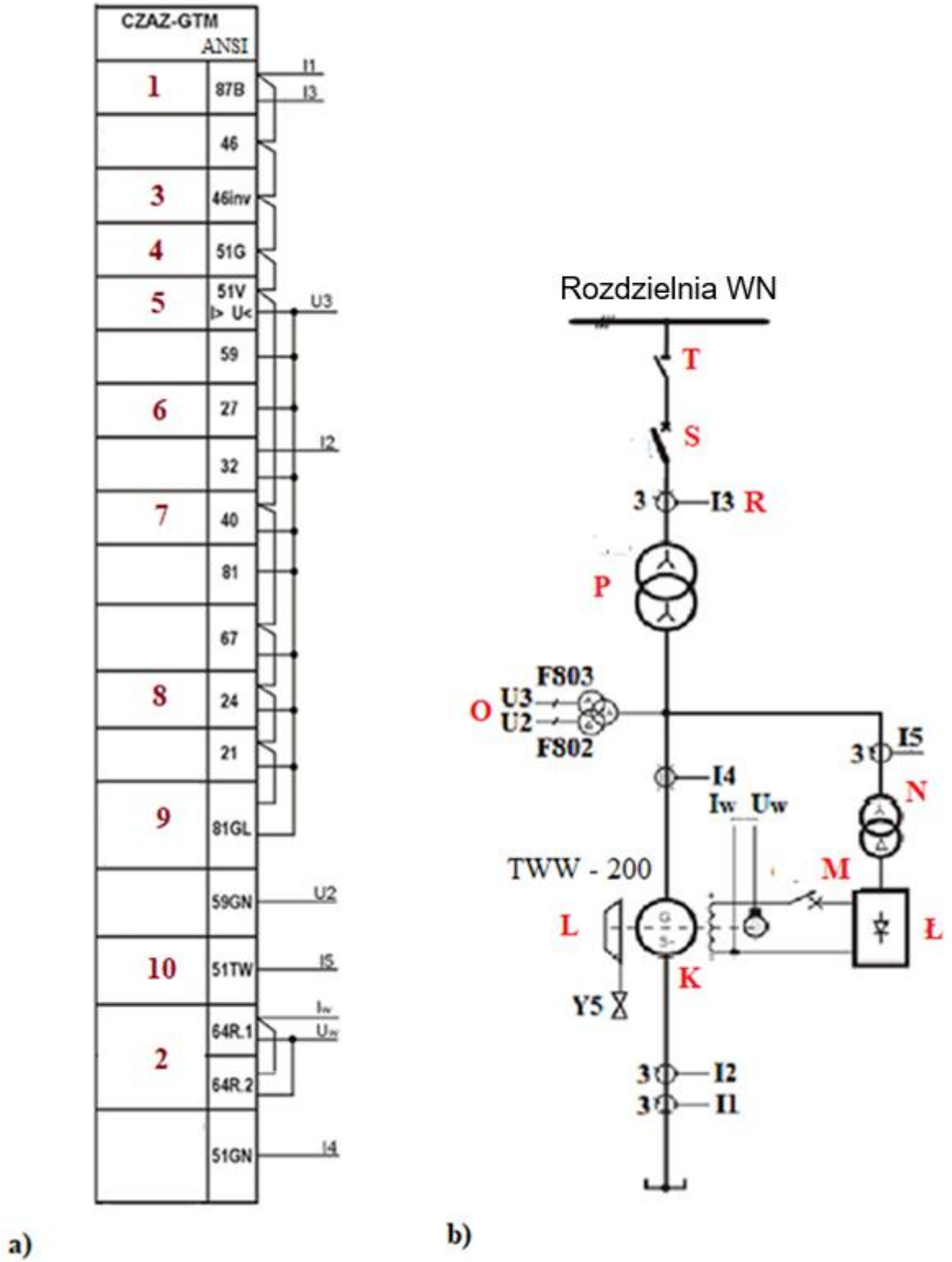
Opracuj dokumentację techniczną bloku energetycznego związaną z kontrolą okresową. Na podstawie danych zawartych w treści zadania oraz na schematach:

- przyporządkuj oznaczenia literowe z rysunku 1 do nazw elementów elektrowni węglowej w tabeli A,
- przyporządkuj oznaczenia literowe z rysunku 2b do nazw aparatury i urządzeń bloku energetycznego w tabeli B,
- na podstawie danych zawartych w tabeli 1 zidentyfikuj, które wejście odpowiada konkretnemu zabezpieczeniu turbogeneratora, a następnie uzupełnij tabelę C,
- korzystając ze schematu 2b i tabeli 2, określ dane znamionowe turbogeneratora oraz oblicz wartość prądu turbogeneratora na podstawie podanej zależności, a następnie uzupełnij tabelę D,
- korzystając z informacji zawartych w tabelach 3 i 4, dobierz przekładnik prądowy do pomiaru kontrolnego wielkości prądu stojana generatora i uzupełnij jego parametry w tabeli D,
- oblicz średnie wartości parametrów kotła węglowego i uzupełnij dane w tabeli E,
- korzystając z obliczeń zawartych w tabeli E, danych w tabelach 5 i 6 oraz wzorów, oblicz parametry sprawności kotła i zapisz wyniki w tabeli F,
- korzystając z wykresu Sankeya (Rysunek 4.), sporządź bilans energetyczny elektrowni i uzupełnij tabelę G.



Rysunek 1. Schemat ideowy elektrowni węglowej

Dla nauczycieli: zawodowe.edu.pl - monitoring klas i generowanie egzaminów



Rysunek 2. Schemat podłączenia obwodów pomiarowych zespołu CZAZ-GTM zabezpieczenia bloku generator – transformator małej mocy: a) widok wejść programowalnych zespołu automatyki, b) schemat elektryczny bloku generator – transformator

Ćwicz na zawodowe.edu.pl - testy i arkusze egzaminacyjne

Tabela 1. Funkcje zabezpieczeniowe CZAZ-GTM (fragment)

Lp.	Funkcja zabezpieczeniowa	Programowalne funkcje zabezpieczeniowe – kody ANSI	
		Opis zabezpieczenia	**Kod**
1	Różnicowo-prądowa stabilizowana	Zabezpieczenie różnicowe bloku	87B
2	Nadprądowa bezzwłoczna	Zabezpieczenie przeciążeniowe stojana generatora	51G
3	Nadprądowa bezzwłoczna	Zabezpieczenie nadprądowe i podnapięciowe generatora	51V I> U<
4	Nadprądowa bezzwłoczna	Zabezpieczenie przetężeniowe transformatora wzbudzenia	51TW
5	Prądowa zwłoczna zależna składowej przeciwnej	Zabezpieczenie generatora od asymetrii obciążenia	Inv
6	Podnapięciowa	Zabezpieczenie podnapięciowe, reagujące przy zaniku wzbudzenia generatora	27
7	Napięciowa bezzwłoczna	Zabezpieczenie nadnapięciowe bloku	59
8	Nadnapięciowa składowej zerowej napięcia	Zabezpieczenie od zwarć doziemnych w uzwojeniu stojana generatora	59GN
9	Impedancyjna z odcięciem prostoliniowym	Zabezpieczenie od utraty wzbudzenia generatora	40
10	Impedancyjna	Zabezpieczenie generatora od doziemień w uzwojeniu wirnika	64R.1, 64R.2
11	Częstotliwościowo-napięciowa	Zabezpieczenie od przewzbudzenia stojana generatora i transformatora blokowego	24
12	Układu zrzutu mocy	Układ automatyki działający na zrzut mocy bloku	67
13	Przed przypadkowym załączeniem generatora do sieci	Układ zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem generatora do sieci	81GL

Tabela 2. Podstawowe parametry turbogeneratorów

Typ turbogeneratora	Moc znamionowa S	Napięcie znamionowe U	Współczynnik mocy cos φ	Napięcie wzbudzenia U_W	Prąd wzbudzenia I_W	Sprawność η_g
	MVA	**kV**	**-**	**V**	**A**	**%**
TGH-120	150	13,8	0,85	380	1 575	98,4
TWW-200	235	15,75	0,85	315	2 660	98,57
GTHW-360	426	22	0,85	533	2 800	98,57
TWW-500	588	20	0,85	540	2 970	98,7

Prąd znamionowy turbogeneratora należy wyznaczyć z zależności:

$$\boldsymbol{S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I}$$

przy czym należy przyjąć: $\sqrt{3} = \mathbf{1{,}73}$

Przygotuj uczniów do egzaminu zawodowego na zawodowe.edu.pl

Tabela 3. Wymagane klasy aparatury pomiarowej

Rodzaj aparatury pomiarowej	Wymagana klasa dokładności
Liczniki do rozliczeniowego pomiaru energii	0,2; 0,5
Mierniki kontrolne: liczniki, amperomierze, watomierze, waromierze, fazomierze, rejestratory, przekładniki pomiarowe	1
Wskaźniki prądu	2,5

Tabela 4. Dane znamionowe przekładników prądowych

Model	Najwyższe napięcie pracy kV	Znamionowy poziom izolacji		Maksymalny prąd pierwotny A	Prąd zwarciowy I_{th}		Maksy-malna liczba rdzeni
		Napięcie częstotliwości sieciowej kV	Napięcie impulsu piorunowego kVp		I_{th} kA/1s	I_{dn} kA	
ABE-12	12	28	75	6 000	100	250	4
ABE-24	24	50	125	8 000	100	250	4
ABF-24	24	50	125	6 500	100	250	3
ABG-24	24	50	125	10 000	100	250	3

Tabela 5. Dane techniczne kotła

Lp.	Kocioł	OP - 380
1	Rodzaj obiegu wody	Z naturalną cyrkulacją
2	Rodzaj paleniska	Tangencjalne
3	Wydajność produkcji pary	105,6 kg/s
4	Temperatura pary na wylocie	540 °C
5	Ciśnienie pary na wylocie	13,9 MPa
6	Temperatura wody na wlocie	227 °C
7	Sprawność kotła	91 %
8	Rodzaj paliwa	Węgiel kamienny
9	Wartość opałowa paliwa	21 MJ/kg

Tabela 6. Parametry paliw

Lp.	Wielkość mierzona	Symbol	Jednostka miary	Wartość zmierzona			
				Węgiel kamienny	Węgiel brunatny	Ekogroszek	Pellet
1	Wartość opałowa	W_u	kJ/kg	22 600	10 000	23 000	18 000
2	Skład chemiczny	C	%	78,65	62,21	79,25	77,20
3		H	%	5,32	9,22	6,01	7,02
4		S	%	0,65	5,21	0,62	0,08
5	Wilgoć całkowita	W^r	%	15,63	39,85	9,50	8,25
6	Zawartość popiołu	A^r	%	24,70	31,50	7,58	3,32

Wzory do obliczeń

1. Wielkość straty kominowej (wg wzoru Siegerta) w %

$$S_{ko} = \sigma \cdot \frac{T_s - T_{ot}}{CO_2}$$

gdzie:
σ- współczynnik zależny od zawartości wilgoci oraz CO_2 w spalinach (dla węgla kamiennego przyjmuje wartość 0,65, dla brunatnego 0,8)
$T_s = t_s + 273,15$ – temperatura spalin na wylocie z kotła w K
$T_{ot} = t_{ot} + 273,15$ – temperatura otoczenia w K
CO_2 – objętościowy udział dwutlenku węgla w spalinach w %

Ćwicz na zawodowe.edu.pl - testy i arkusze egzaminacyjne

2. Wielkość straty niezupełnego spalania w %

$$S_{CO} = \beta \cdot \frac{CO}{CO + CO_2}$$

gdzie:
β – współczynnik zależny od rodzaju spalanego węgla (dla węgla kamiennego przyjmuje się wartość 60, dla brunatnego 70)
CO – objętościowy udział tlenku węgla w spalinach w %
CO_2 – objętościowy udział dwutlenku węgla w spalinach w %

3. Wielkość straty niecałkowitego spalania w żużlu i w przesypie w %

$$S_{ż+p} = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot W_{uC}}{W_u}\left(\frac{C_{ż+p}}{100 - C_{ż+p}}\right)$$

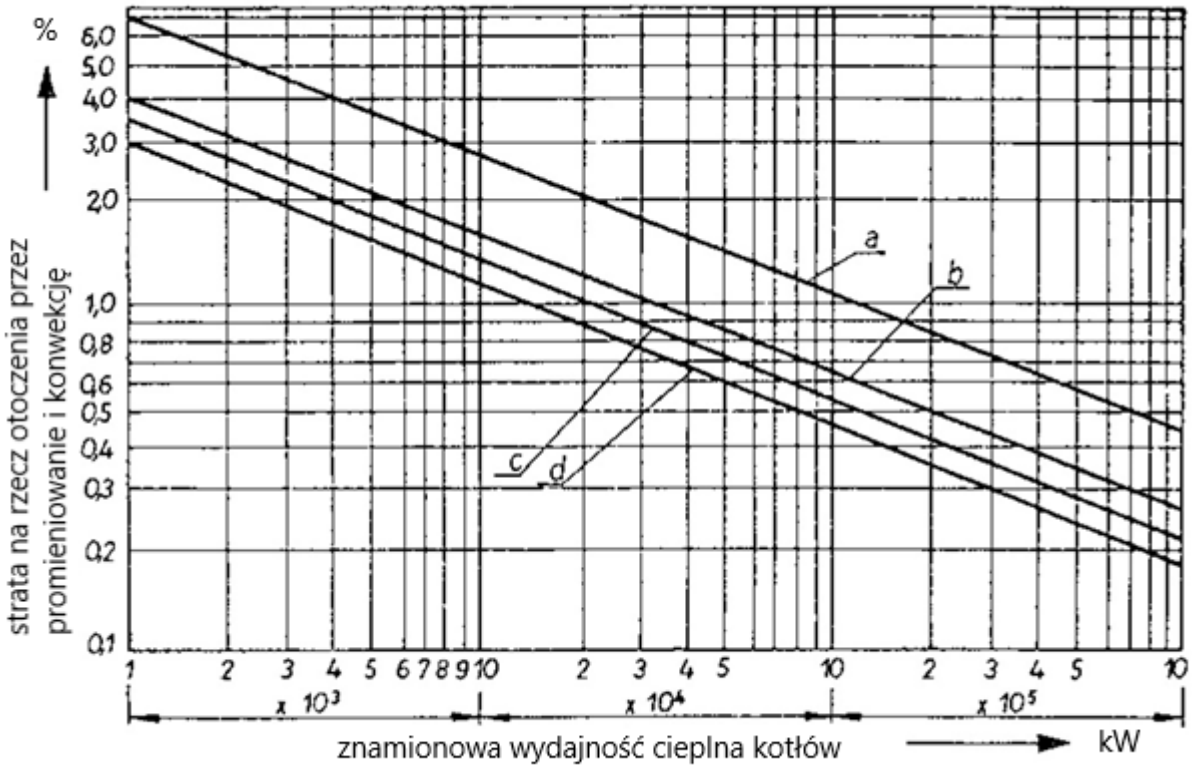
gdzie:
A^r – zawartość popiołu w paliwie w %
W_{uC} – wartość opałowa pierwiastka węgla, przyjmuje się 33 850 kJ/kg
W_u – wartość opałowa spalanego paliwa w kJ/kg
$C_{ż+p}$ – udział części palnych w żużlu i w przesypie w %

4. Wielkość straty niecałkowitego spalania w lotnym popiele w %

$$S_l = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot W_{uC}}{W_u}\left(\frac{C_l}{100 - C_l}\right)$$

gdzie:
A^r – zawartość popiołu w paliwie w %
W_{uC} – wartość opałowa pierwiastka węgla, przyjmuje się 33 850 kJ/kg
W_u – wartość opałowa spalanego paliwa w kJ/kg
C_l – udział części palnych w lotnym popiele w %

5. Wielkość straty przez promieniowanie i konwekcję do otoczenia S_{pr} w % – odczytana z Rysunku 3.



a – węgiel brunatny, b – węgiel kamienny, c – gaz ziemny, d – olej opałowy

Rysunek 3. Wykres zależności straty przez promieniowanie i konwekcję od mocy cieplnej kotła

zawodowe.edu.pl - darmowa platforma egzaminów zawodowych

6. Łączne straty ciepła w kotle w %

$$\sum S = S_{ko} + S_{co} + S_{ż+p} + S_l + S_{pr}$$

gdzie:
S_{ko} – strata kominowa w %
S_{co} – strata niezupełnego spalania w %
$S_{ż+p}$ – strata niecałkowitego spalania w żużlu i w przesypie w %
S_l – strata niecałkowitego spalania w lotnym popiele w %
S_{pr} – strata przez promieniowanie do otoczenia w %

7. Sprawność kotła w %

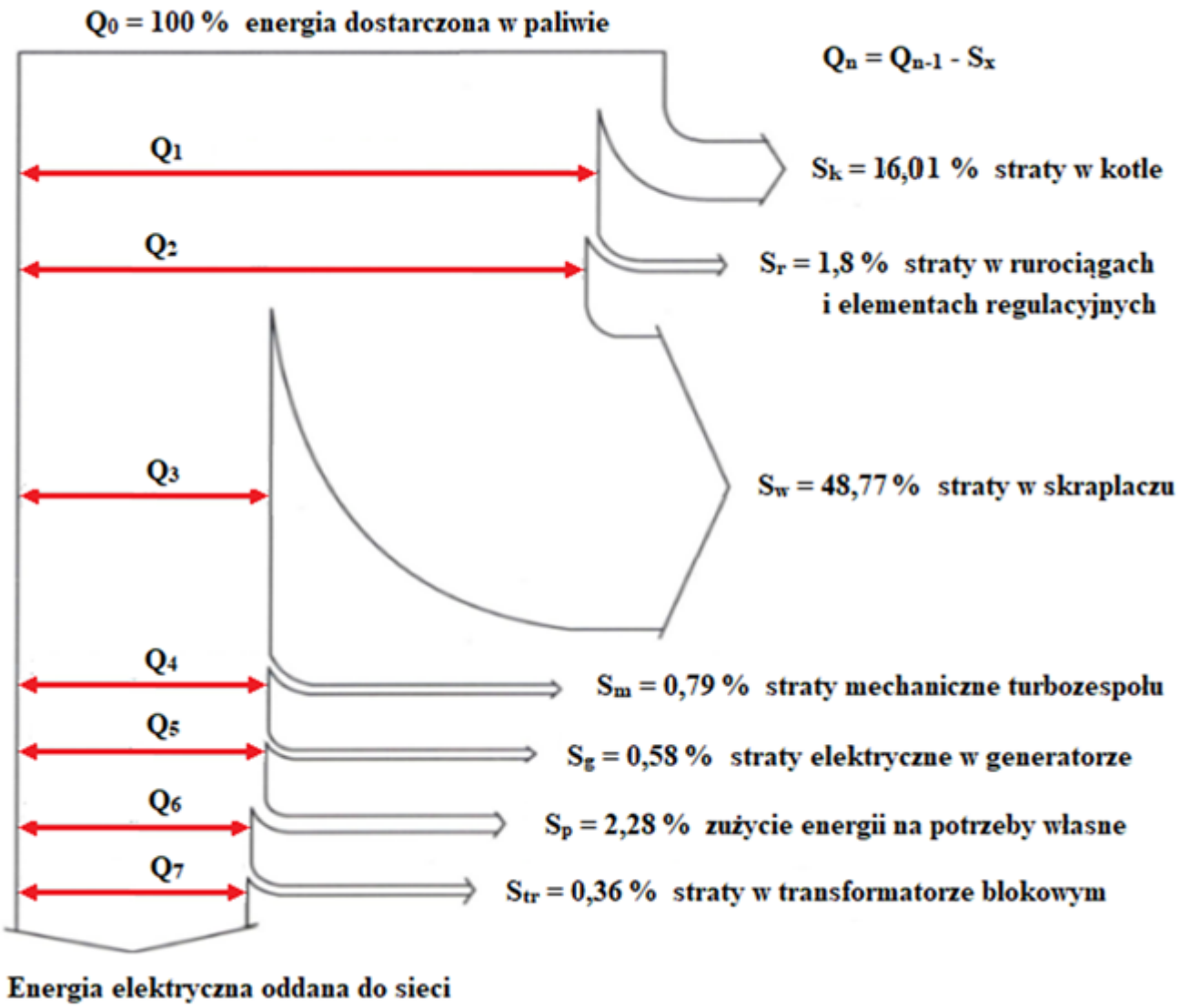
$$\eta_k = 100 - \sum S$$

gdzie:
$\sum S$ – suma strat ciepła w kotle w %

$$\sum S = Sk$$

8. **Wykres Sankeya bilansu energii bloku energetycznego**

Uwaga: bilans energii bloku energetycznego należy sporządzić dla danych podanych na wykresie



Rysunek 4. Wykres Sankeya bilansu energii bloku energetycznego

Darmowe egzaminy zawodowe: zawodowe.edu.pl

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie będzie podlegać 6 rezultatów:

- elementy składowe elektrowni węglowej – tabela A,
- urządzenia bloku energetycznego – tabela B,
- programowalne funkcje zabezpieczeniowe generatora – tabela C,
- parametry generatora synchronicznego i przekładnika prądowego – tabela D,
- wyniki badania sprawności kotła – tabela F,
- bilans energetyczny elektrowni – tabela G.

DOKUMENTACJA DO WYPEŁNIENIA

Należy wypełnić szare pola.

Tabela A. Elementy składowe elektrowni węglowej

Lp.	Elementy składowe	Oznaczenie literowe elementu na schemacie
1	Komin	
2	Kocioł	
3	Turbina	
4	Generator	
5	Skraplacz	
6	Elektrofiltr spalin	
7	Chłodnia kominowa	
8	Transformator blokowy	
9	Zbiornik wody zasilającej	
10	Transformator potrzeb własnych	

Tabela B. Urządzenia bloku energetycznego

Lp.	Nazwa urządzenia	Oznaczenie literowe urządzenia na schemacie
1	Generator synchroniczny	
2	Transformator blokowy	
3	Odłącznik blokowy	
4	Wyłącznik blokowy	
5	Prostownik wzbudzenia generatora	
6	Wyłącznik wzbudzenia generatora	
7	Przekładnik prądowy	
8	Przekładnik napięciowy	
9	Transformator wzbudzenia generatora	
10	Turbina kondensacyjna	

Przygotuj uczniów do egzaminu zawodowego na zawodowe.edu.pl

Tabela C. Programowalne funkcje zabezpieczeniowe generatora

Lp.	Programowalne funkcje zabezpieczeniowe	Numery wejść z przypisanymi kodami ANSI na schemacie
1	Zabezpieczenie różnicowe bloku	
2	Zabezpieczenie przeciążeniowe stojana generatora	
3	Zabezpieczenie nadprądowe i podnapięciowe generatora	
4	Zabezpieczenie przetężeniowe transformatora wzbudzenia	
5	Zabezpieczenie generatora od asymetrii obciążenia	
6	Zabezpieczenie podnapięciowe reagujące przy zaniku wzbudzenia generatora	
7	Zabezpieczenie od utraty wzbudzenia generatora	
8	Zabezpieczenie generatora od doziemień w uzwojeniu wirnika	
9	Zabezpieczenie od przewzbudzenia stojana generatora i transformatora blokowego	
10	Układ zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem generatora do sieci	

Tabela D. Parametry generatora synchronicznego i przekładnika prądowego

Lp.	Parametr	Wartość	Jednostka miary
1	Moc generatora synchronicznego		
2	Napięcie generatora synchronicznego		
3	Prąd stojana generatora synchronicznego*		
4	Najwyższe napięcie pracy przekładnika prądowego		
5	Maksymalny prąd pierwotny przekładnika prądowego		
6	Wymagana klasa dokładności przekładnika prądowego		

* wynik zapisz z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku

Przygotuj uczniów do egzaminu zawodowego na zawodowe.edu.pl

Tabela E. Pomiary parametrów kotła węglowego

Lp.	Wielkość mierzona	Symbol	Jednostka miary	Pomiar				Średnia* arytmetyczna
				1	2	3	4	
1	Temperatura wody na wlocie	t_{wl}	°C	218,7	219,2	220,1	220,8	
2	Ciśnienie wody na wlocie	p_{wl}	bar	16,50	17,00	16,40	16,30	
3	Temperatura pary na wylocie	t_{wyl}	°C	540	541	539	538	
4	Ciśnienie pary na wylocie	p_{wyl}	bar	139	140	138	137	
5	Moc cieplna	P_{wy}	MW	400	401	400	399	
6	Temperatura spalin	t_s	°C	200,1	198,2	199,8	198,9	
7	Temperatura otoczenia	t_{ot}	°C	19,80	20,10	20,20	19,90	
8	Udział części palnych w żużlu i w przesypie	$C_{ż+p}$	%	12,20	15,20	14,30	13,50	
9	Udział części palnych w lotnym popiele	C_l	%	10,10	10,90	10,40	9,80	
10	Skład chemiczny spalin	CO_2	%	11,00	12,00	11,90	11,70	
		CO		0,003	0,004	0,005	0,004	0,004
		O_2		6,90	5,90	6,20	6,40	

***Uwaga:** *Wyniki obliczeń zapisz z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.*

Tabela F. Wyniki badania sprawności kotła

Lp.	Wielkość	Wartość obliczona* %
1	Strata kominowa	
2	Strata niezupełnego spalania	
3	Strata niecałkowitego spalania w żużlu i przesypie	
4	Strata niecałkowitego spalania w lotnym popiele	
5	Strata przez promieniowanie do otoczenia	
6	Suma strat	
7	Sprawność kotła	

***Uwaga:** *Wyniki obliczeń zapisz z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.*

Więcej materiałów znajdziesz na zawodowe.edu.pl

Tabela G. Bilans energetyczny elektrowni

Lp.	Q_n energia za odbiornikami % w systemie po uwzględnieniu kolejnych strat/zużycia energii	Wartość* %
1	Q_1	
2	Q_2	
3	Q_3	
4	Q_4	
5	Q_5	
6	Q_6	
7	Q_7	
8	η	

***Uwaga:** *wyniki zapisz z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku*

$$\eta = \frac{energia\ elektryczna\ oddana\ do\ sieci}{energia\ dostarczona\ w\ paliwie} \cdot 100\ \%$$

Więcej materiałów znajdziesz na zawodowe.edu.pl

Miejsce na obliczenia niepodlegające ocenie

Ćwicz na zawodowe.edu.pl - testy i arkusze egzaminacyjne

zawodowe.edu.pl - arkusze CKE i pytania egzaminacyjne