

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.

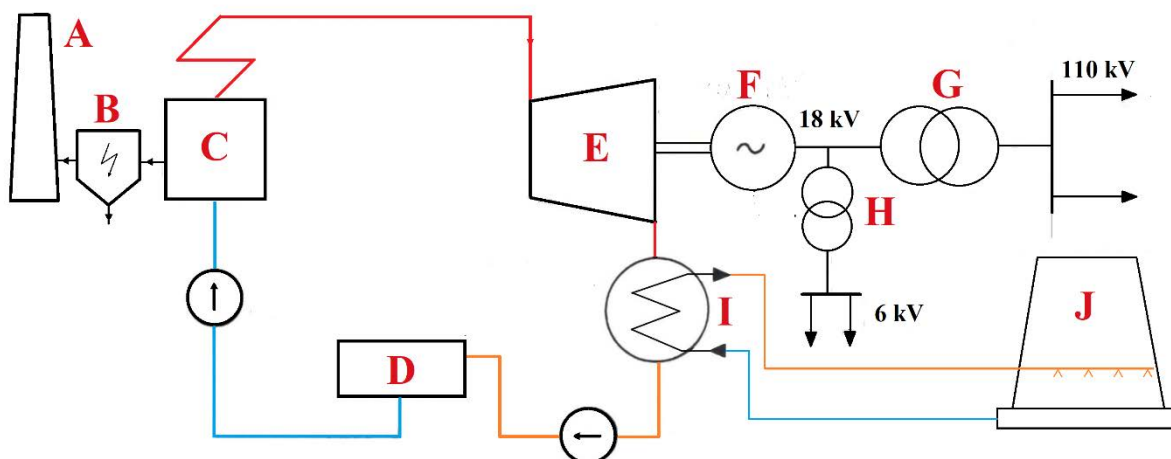
**Powodzenia!**

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

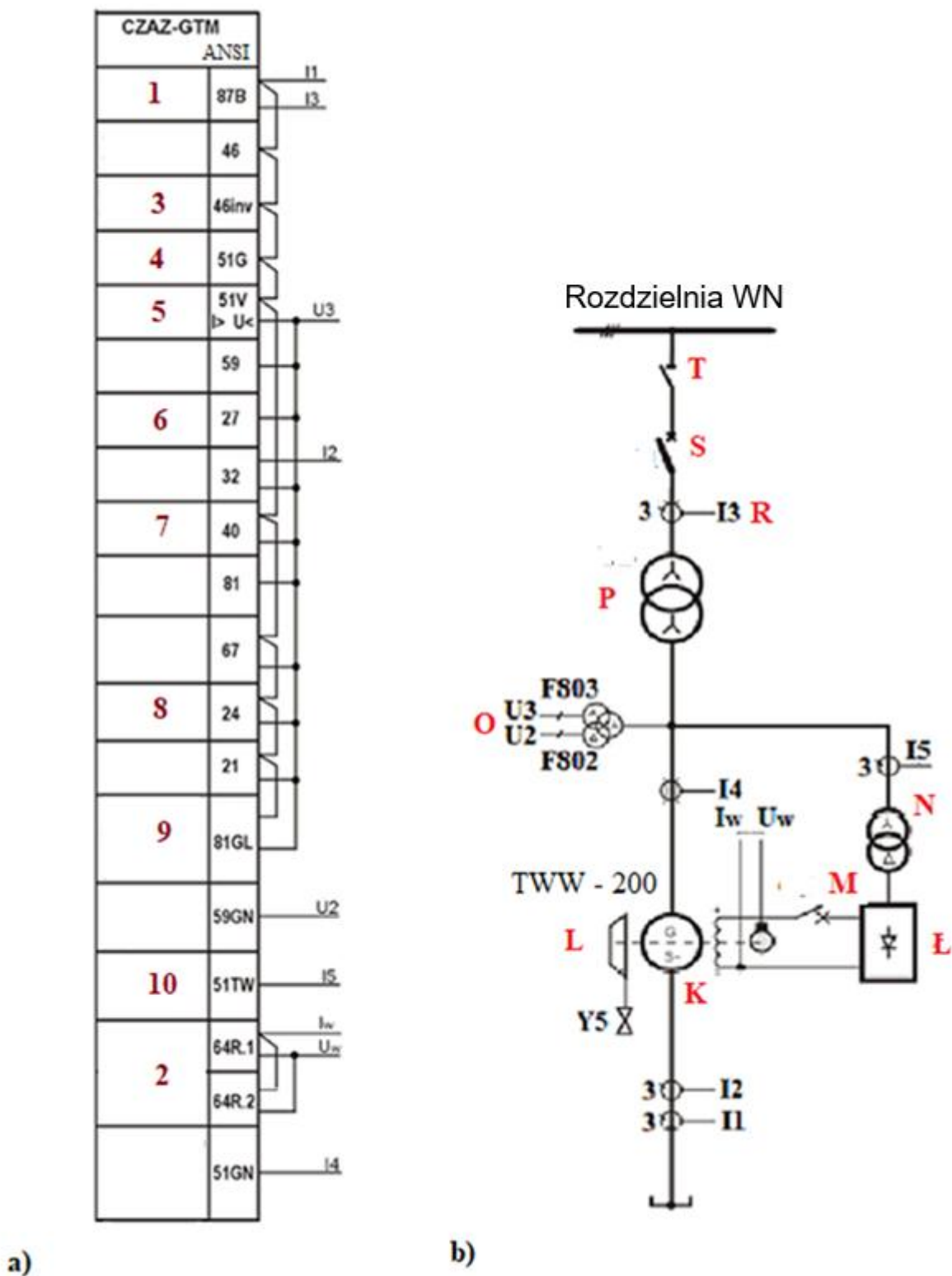
## Zadanie egzaminacyjne

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



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

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 turbogenerators | Moc znamionowa<br>S | Napięcie znamionowe<br>U | Współczynnik mocy<br>cos φ | Napięcie wzbudzenia<br>U <sub>w</sub> | Prąd wzbudzenia<br>I <sub>w</sub> | Sprawność<br>η <sub>g</sub> |
|---------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                     | <b>MVA</b>          | <b>kV</b>                | <b>-</b>                   | <b>V</b>                              | <b>A</b>                          | <b>%</b>                    |
| 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 turbogenerators należy wyznaczyć z zależności:

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

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

**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 zwarciaowy $I_{th}$ |             | Maksymalna 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:

$\sigma$  - 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 %

## 2. Wielkość straty niepełnego spalania w %

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

gdzie:

$\beta$  – 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<sub>2</sub> – objętościowy udział dwutlenku węgla w spalinach w %

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

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

gdzie:

A<sup>r</sup> – zawartość popiołu w paliwie w %

W<sub>uc</sub> – wartość opałowa pierwiastka węgla, przyjmuje się 33 850 kJ/kg

W<sub>u</sub> – wartość opałowa spalanego paliwa w kJ/kg

C<sub>z+p</sub> – 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:

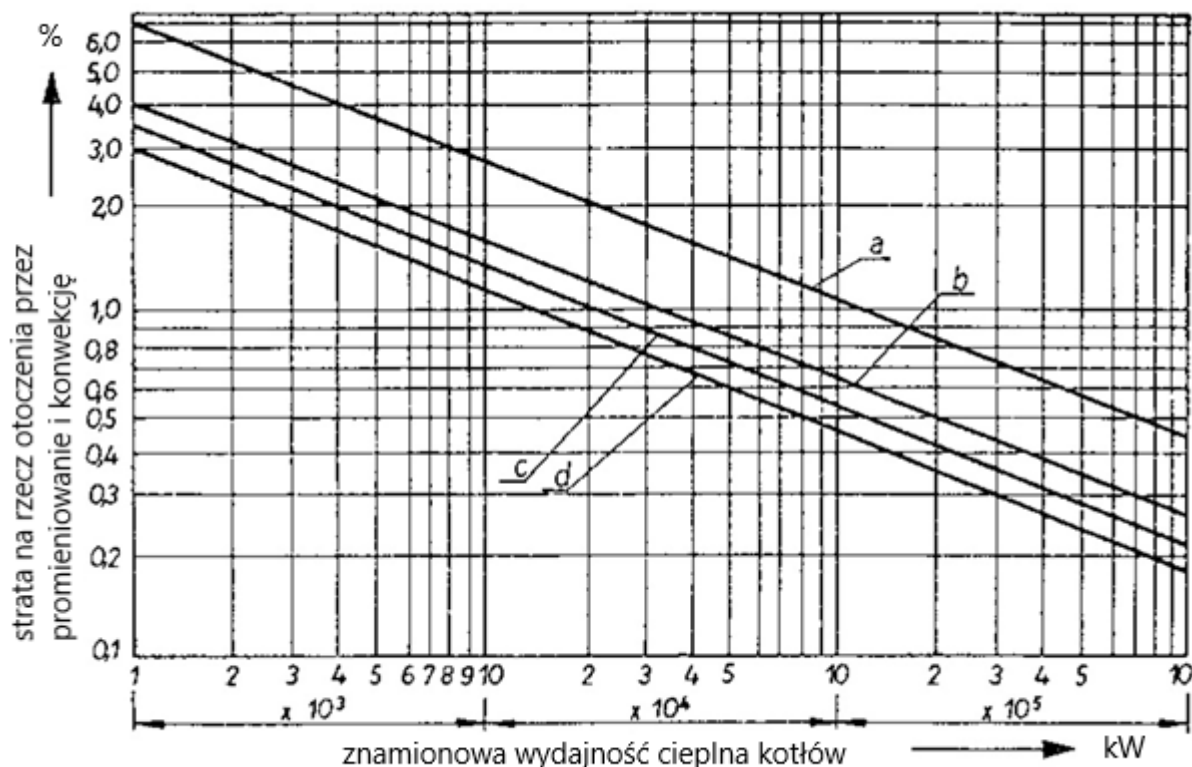
A<sup>r</sup> – zawartość popiołu w paliwie w %

W<sub>uc</sub> – wartość opałowa pierwiastka węgla, przyjmuje się 33 850 kJ/kg

W<sub>u</sub> – wartość opałowa spalanego paliwa w kJ/kg

C<sub>l</sub> – udział części palnych w lotnym popiele w %

## 5. Wielkość straty przez promieniowanie i konwekcję do otoczenia S<sub>pr</sub> 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**

## 6. Łączne straty ciepła w kotle w %

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

gdzie:

$S_{ko}$  – strata kominowa w %

$S_{co}$  – strata niezupełnego spalania w %

$S_{z+p}$  – 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 %

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

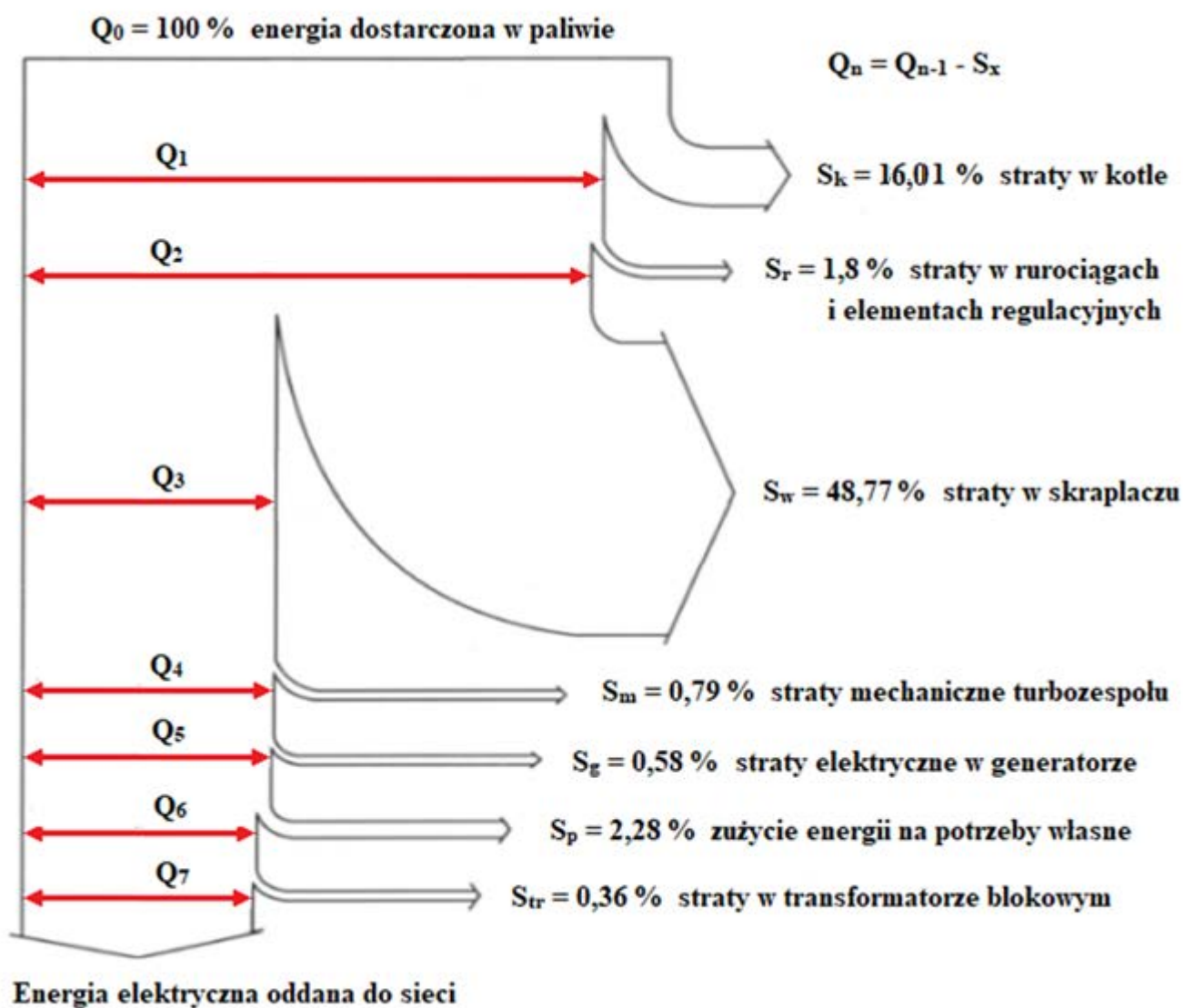
gdzie:

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

$$\sum S = S_k$$

## 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

**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               |                                             |

**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

**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.

**Tabela G. Bilans energetyczny elektrowni**

| Lp. | $Q_n$<br>energia za odbiornikami<br>% w systemie po uwzględnieniu<br>kolejnych strat/zużycia energii | Wartość*<br>% |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1   | $Q_1$                                                                                                |               |
| 2   | $Q_2$                                                                                                |               |
| 3   | $Q_3$                                                                                                |               |
| 4   | $Q_4$                                                                                                |               |
| 5   | $Q_5$                                                                                                |               |
| 6   | $Q_6$                                                                                                |               |
| 7   | $Q_7$                                                                                                |               |
| 8   | $\eta$                                                                                               |               |

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

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

**Miejsce na obliczenia niepodlegające ocenie**

www.EgzaminZawodowy.info

[www.EgzaminZawodowy.info](https://www.EgzaminZawodowy.info)