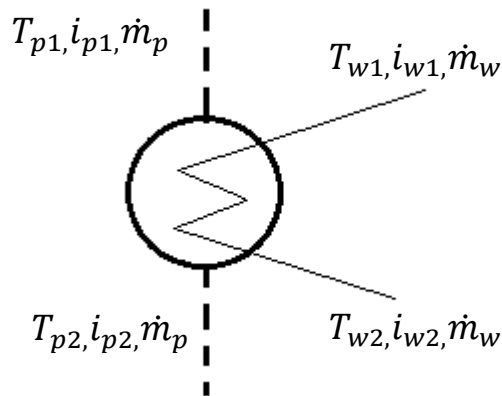
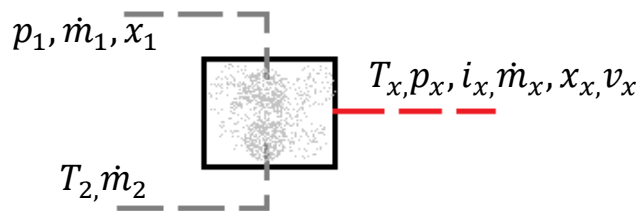


Zadania – Urządzenia i Maszyny Parowe

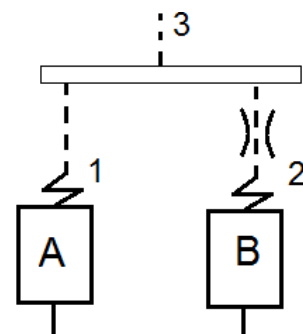
1. W walczaku kotła o objętości  $V_{pm}=12m^3$  znajduje się para mokra o ciśnieniu absolutnym  $p=8,5MPa$  i stopniu suchości  $x=0,35$ . Wyznaczyć masę pary suchej, objętość wody wrzącej i pary suchej oraz entalpię, entropię i energię wewnętrzną pary mokrej w walczaku.
2. W parowaczu (parowniku) kotła znajduje się  $M_{pm}=1550kg$  pary mokrej w temperaturze  $t_s=330^\circ C$ . Woda wrząca zajmuje 8% objętości zbiornika. Oblicz objętość parowacza, stopień suchości oraz entalpię i entropię pary mokrej w parowaczu.
3. Oblicz stopień suchości pary wodnej nasyconej mokrej dopływającej do skraplacza strumieniem  $3kg/s$ . Ciśnienie pary przed skraplaczem wynosi  $8kPa$ , a temperatura kondensatu odpływającego ze skraplacza  $36^\circ C$ . Skraplacz chłodzony jest wodą, której strumień wynosi  $200kg/s$ . Przyrost temperatury wody chłodzącej w skraplaczu wynosi  $8K$ . Przyjąć brak strat ciepła do otoczenia i ciepło właściwe wody  $4,19kJ/kg$ .



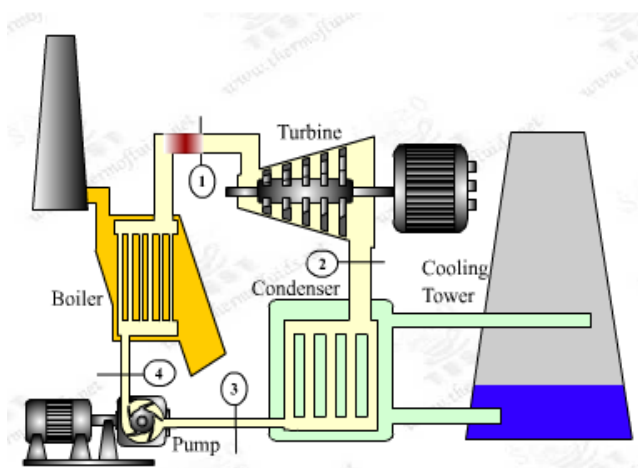
4. Strumień  $\dot{m}_1=10kg/s$  pary o ciśnieniu  $p_1=0,2MPa$  i stopniu suchości  $x_1=0,9$  miesza się izobarycznie i adiabatycznie ze strumieniem  $\dot{m}_2=2kg/s$  pary o temperaturze  $T_2=500K$  w wymienniku mieszankowym. Oblicz parametry pary (strumień, entalpię, stopień suchości, temperaturę, ciśnienie, objętość właściwą) po zmieszaniu.



5. Do kolektora dopływa  $40Mg/h$  pary wyprodukowanej w kotle A i  $30Mg/h$  pary wyprodukowanej w kotle B. Kocioł A dostarcza parę o parametrach  $p_1=4MPa$  i  $t_1=280^\circ C$ , kocioł B o parametrach  $p_2=6MPa$  i  $t_2=450^\circ C$ . Para wyprodukowana w kotle B jest przed doprowadzeniem do kolektora dławiona (izentalpowo) do ciśnienia  $p_3=4MPa$ . Mieszanie zachodzi izobarycznie. Zakładając, że rurociągi są idealnie zaizolowane wyznacz entalpię właściwą i temperaturę pary w kolektorze.



6. Obliczyć ile ciepła trzeba doprowadzić w kotle parowym do  $M=1\text{kg}$  wody znajdującej się pod stałym ciśnieniem  $p=10\text{MPa}$ , aby otrzymać parę przegrzaną o temperaturze  $t_2=450^\circ\text{C}$ . Temperatura wody przed kotłem wynosi  $t_1=85^\circ\text{C}$ . Ciepło właściwe wody w fazie ciekłej  $c_w=4,19\text{kJ}/(\text{kgK})$ . Proces przedstawić w układzie  $T-s$  i  $i-s$ .
7. Ile ciepła trzeba odebrać od pary w kondensatorze, by ochłodzić ją od stanu początkowego określonego przez ciśnienie  $p_1=0,006\text{MPa}$  i stopień suchości  $x_1=0,83$  do stanu, w którym temperatura jest niższa o  $\Delta t=5\text{K}$  od temperatury nasycenia. Przyjąć ciepło właściwe wody w stanie ciekłym  $c_w=4,19\text{kJ}/\text{kgK}$ . Przedstawić proces na wykresie  $T-s$  i  $i-s$ .
8. Para o parametrach: ciśnienie  $p_1=4\text{MPa}$  i temperatura  $t_1=420^\circ\text{C}$ , rozpręża się w turbinie do ciśnienia  $p_2=0,008\text{MPa}$ , osiągając stopień suchości  $x_2=0,93$ . Określić sprawność wewnętrzną turbiny. Proces przedstawić w układzie  $T-s$  i  $i-s$ .
9. Kocioł zainstalowany w klasycznej siłowni parowej – rysunek 1 produkuje parę o ciśnieniu  $3\text{MPa}$ , temperaturze  $700\text{K}$ . Para rozpręża się w turbinie o sprawności wewnętrznej  $0,75$  do ciśnienia  $0,007\text{MPa}$ . Oblicz sprawność netto obiegu siłowni, jeżeli ciśnienie w skraplaczu jest identyczne jak za turbiną, a sprawność pompy wynosi  $85\%$ . Para całkowicie kondensuje, a kondensat nie ochłodzi się poniżej temperatury nasycenia dla ciśnienia panującego w skraplaczu. Przedstawić obieg pary w układzie  $T-s$  i  $i-s$ .

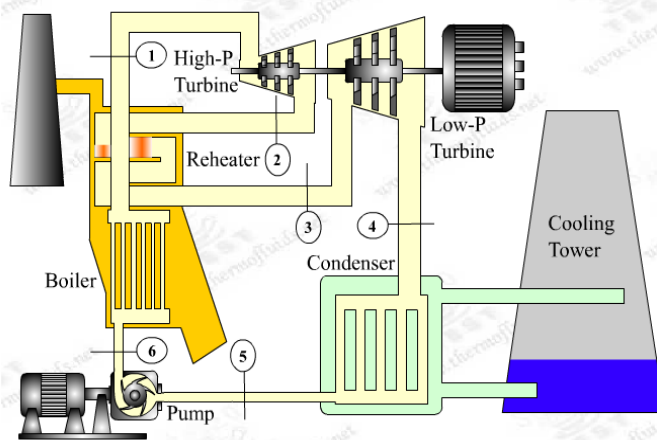


**Rys.1.** Podstawowy schemat ideowy elektrowni parowej

10. Para zasilająca turbinę ma parametry  $p_1=110\text{ bar}$  i  $t_1=550^\circ\text{C}$ . Ciśnienie skraplania  $p_2=0,05\text{ bar}$ . Obliczyć sprawność teoretyczną obiegu siłowni jak na rysunku 1, moc teoretyczną turbiny, ilość ciepła doprowadzonego do czynnika w kotle oraz ilość ciepła odprowadzoną w skraplaczu, jeśli natężenie przepływu pary realizującej obieg wynosi  $\dot{m}=640\text{ t/h}$ . Przyjąć sprawność turbiny równą  $75\%$  a pompy  $80\%$ . Przedstawić obieg pary w układzie  $T(s)$  i  $i(s)$ .
11. Elektrownia pracuje według prostego cyklu Rankine'a – rysunek 1, wytwarza moc netto  $100\text{ MW}$ . Parametry pary na zasilaniu turbiny wynoszą odpowiednio: ciśnienie  $15\text{ MPa}$  i temperatura  $600^\circ\text{C}$ , ciśnienie po stronie skraplacza wynosi  $10\text{ kPa}$ . Jeśli zarówno turbina i pompa ma izentropową sprawność równą  $85\%$ , a na kotle występuje  $5\%$  spadek ciśnienia pary (straty przepływu), określić: (a) sprawność cieplną, (b) natężenie przepływu masy pary w  $\text{kg/h}$ , oraz (c) stosunek pracy potrzebnej do napędu pompy do pracy oddanej przez turbinę (BWR- back work ratio). Jak czuła jest

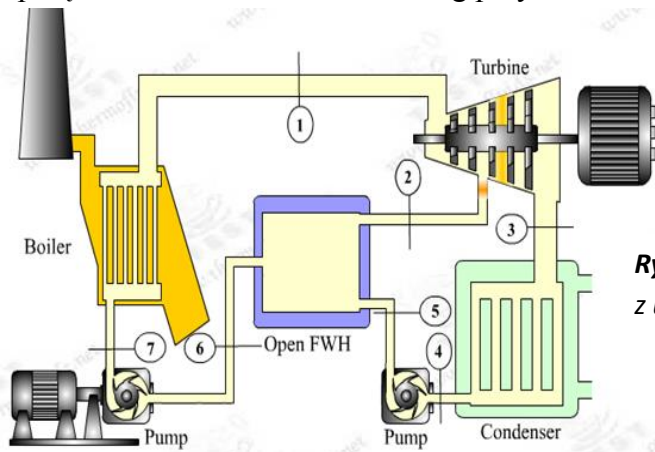
sprawność cieplna obiegu na (d) spadek ciśnienia w kotle, (e) sprawność pompy i (f) turbiny? Wyjaśnić jak wpływa na sprawność cieplną: spadek ciśnienia w kotle (d), sprawność pompy i sprawność turbiny. Przedstawić obieg pary w układzie  $T(s)$  i  $i(s)$ .

12. Elektrownia parowa działa według schematu na rysunku 2 (obieg Rankine'a z przegrzewem międzystopniowym). Para przegrzana o temperaturze  $525^{\circ}\text{C}$  dostarczana jest do pierwszego stopnia turbiny pod ciśnieniem  $15\text{MPa}$ , w ilości  $100\text{kg/s}$ , w części wysokociśnieniowej rozprężana jest do pary suchej nasyconej. Stopień suchości pary na wylocie z części niskociśnieniowej wynosi  $90\%$ , a ciśnienie skraplacza  $8\text{kPa}$ . Przyjąć sprawność wewnętrzną obu stopni turbiny równą  $80\%$ , a pompy  $85\%$ . Określić (a) ciśnienie przegrzewania, (b) temperaturę przegrzewania, oraz (c) sprawność cieplną netto. Jak wpływa zmiana ciśnienia pary produkowanej w kotle na sprawność obiegu, przedstawić tę zależność  $\eta=f(p)$  dla wybranych wartości z przedziału  $5$  do  $30\text{MPa}$ . Przedstawić obieg pary w układzie  $T(s)$  i  $i(s)$ .



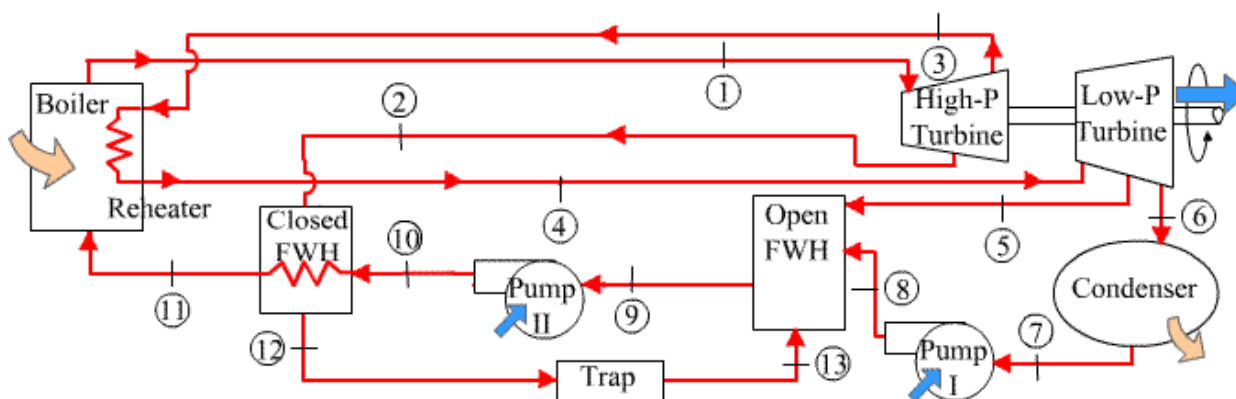
**Rys. 2.** Schemat elektrowni parowej z przegrzewem międzystopniowym

13. Elektrownia parowa działa według cyklu Rankine'a z jednym regeneracyjnym upustem między stopniowym –rysunek 3. Parametry pary na zasilaniu turbiny wynoszą odpowiednio: ciśnienie  $10\text{MPa}$  i temperatura  $650^{\circ}\text{C}$ , ciśnienie po stronie skraplacza wynosi  $10\text{kPa}$ . Upust pary na podgrzewacz mieszkankowy ma miejsce przy ciśnieniu pary rozprężonej w pierwszym stopniu wynoszącym  $2\text{MPa}$ . Przyjąć sprawność wewnętrzną obu stopni turbiny równą  $78\%$ , a pompy  $84\%$ . Określić: (a) procent masowy pary upuszczanej na pierwszym stopniu turbiny oraz (b) sprawność cieplną elektrowni. Przedstawić obieg pary w układzie  $T(s)$  i  $i(s)$ .



**Rys. 3.** Schemat elektrowni parowej z upustem regeneracyjnym

14. Turbina parowa, o mocy użytecznej zmierzonej na wale  $N_u=12MW$ , jest zasilana parą o ciśnieniu  $30bar$  i temperaturze  $450^\circ C$ . Turbina ma dwa upusty regeneracyjne: pierwszy przy ciśnieniu  $9bar$ , drugi przy  $1,2bar$ , z których para jest kierowana do podgrzewaczy mieszkankowych. W skraplaczu panuje ciśnienie  $0,05bar$ . Znane są sprawności izentropowe wszystkich części turbiny; są one jednakowe i wynoszą  $\eta_i=0,8$ . Sprawność mechaniczna turbiny  $\eta_m=0,98$ . Obliczyć rzeczywiste parametry pary za każdą częścią turbiny: wysokoprężną, średnioprężną i niskoprężną oraz natężenie przepływu pary zasilającej turbinę. Przedstawić obieg pary w układzie  $T(s)$  i  $i(s)$ .
15. Elektrownia parowa działa według schematu przedstawionego na rysunku 4 (z przegrzaniem międzystopniowym i dwoma upustami regeneracyjnymi). Para świeża zasilająca turbinę ma ciśnienie  $15MPa$  i temperaturę  $500^\circ C$ , w części wysokoprężnej rozpręża się do  $1MPa$  i po przegrzaniu do temperatury  $450^\circ C$  trafia do części niskoprężnej gdzie rozpręża się do  $10kPa$ . Część strumienia pary o ciśnieniu  $3MPa$  jest pobierana ze stopnia wysokoprężnego i kierowana na wymiennik powierzchniowy gdzie podgrzewa wodę zasilającą kocioł do temperatury o 5 stopni niższej niż temperatura nasycenia pary przepływającej przez ten wymiennik. Przy przepływie przez wymiennik powierzchniowy para całkowicie kondensuje ( $x=0$ ), następnie rozpręża się izentalpowo na zaworze dławiącym i trafia do podgrzewacza mieszkankowego, w którym panuje ciśnienia  $0,5 MPa$ . Do tegoż, podgrzewacza trafia także strumień pary z drugiego upustu znajdującego się w części niskoprężnej turbiny. Pozostała para rozpręża się do ciśnienia  $10 kPa$  i trafia do skraplacza, a następnie do podgrzewacza mieszkankowego. Jeśli moc cyklu wynosi  $150 MW$ , określić (a) sprawność cieplną netto, (b) masowe natężenie przepływu przez kocioł, (c) oraz procent upustu pary w części wysokoprężnej (d) i niskoprężnej (e). W obliczeniach pominąć sprawności wewnętrzne turbiny i pompy. Przedstawić obieg pary w układzie  $T(s)$  i  $i(s)$ .



**Rys. 3.** Schemat elektrowni parowej z dwoma upustami regeneracyjnymi i przegrzewem międzystopniowym