

1.7.2. Termodinaminio ciklo rodikliai

Toliau pateikiamos ciklams būdingų rodiklių gavimo formulės, jų kilmės paaiškinimai.

Varikliams būdingas ciklas T - s diagramoje ir jo energijos balansas parodytas 1.43 pav. Jo paskirtis – gauti (paimti) šilumą q_d^+ iš šilumos šiltojo telkinio (pvz., šilumos generatoriaus, kuriame deginamas kuras), kai temperatūra T_d , ir atiduoti (gaminti) darbą e^- , ciklui užtikrinti neišvengiamai atiduodant šilumą q_a^- į atmosferą (šaltajam telkiniui), kurios temperatūra T_a . Ji parodyta banguojančia linija su užuomina, kad realiai ji nuolatos kinta. Cikle veikiančios medžiagos (darbo agento) temperatūros T_i cikle kinta labiau, bet yra intervale $T_d > T_i > T_a$.

Tokio variklio energijos balansas:

$$q_d^+ = e^- + q_a^- \quad (1.140)$$

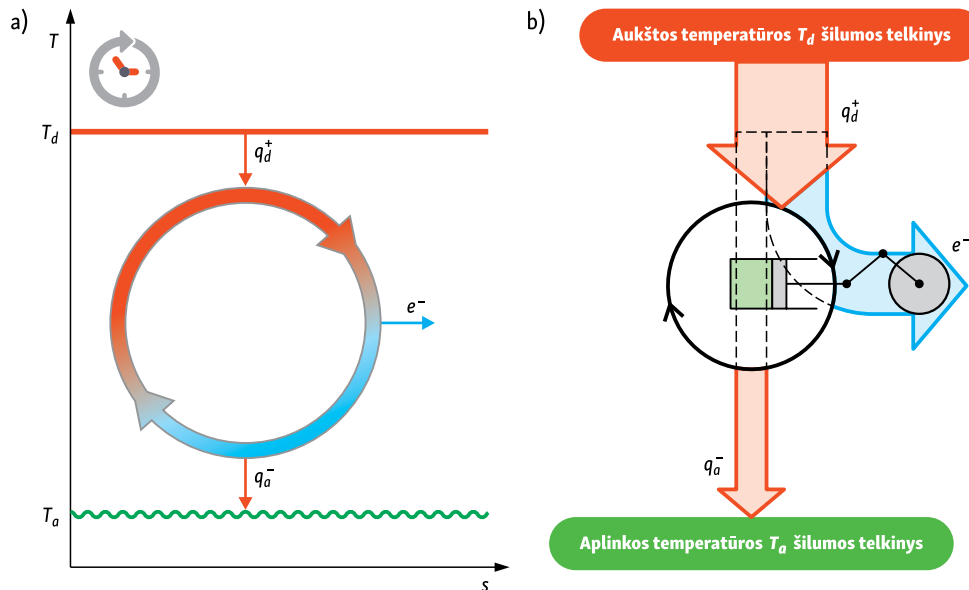
Šio ciklo efektyvumas (terminis naudingumo koeficientas)

$$\varepsilon = \frac{e^-}{q_d^+}. \quad (1.141)$$

Taikant energijos balanso lygtį ir išreiškus tik šilumomis,

$$\varepsilon_v = 1 - \frac{q_a^-}{q_d^+}. \quad (1.142)$$

Gaunama, kad šis rodiklis visuomet mažesnis už vienetą. Tai matyti ir iš balanso grafinio vaizdo (1.43 pav., b).



1.43 pav. Šiluminio variklio ciklas T - s diagramoje (a) ir jo energijos balansas (b)

1.7.2. Termodinaminio ciklo rodikliai

Toliau pateikiamos ciklams būdingų rodiklių gavimo formulės, jų kilmės paaiškinimai.

Varikliams būdingas ciklas T - s diagramoje ir jo energijos balansas parodytas 1.43 pav. Jo paskirtis – gauti (paimti) šilumą q_d^+ iš šilumos šiltojo telkinio (pvz., šilumos generatoriaus, kuriame deginamas kuras), kai temperatūra T_d , ir atiduoti (gaminti) darbą e^- , ciklui užtikrinti neišvengiamai atiduodant šilumą q_a^- į atmosferą (šaltajam telkiniui), kurios temperatūra T_a . Ji parodyta banguojančia linija su užuomina, kad realiai ji nuolatos kinta. Cikle veikiančios medžiagos (darbo agento) temperatūros T_i cikle kinta labiau, bet yra intervale $T_d > T_i > T_a$.

Tokio variklio energijos balansas:

$$q_d^+ = e^- + q_a^- \quad (1.140)$$

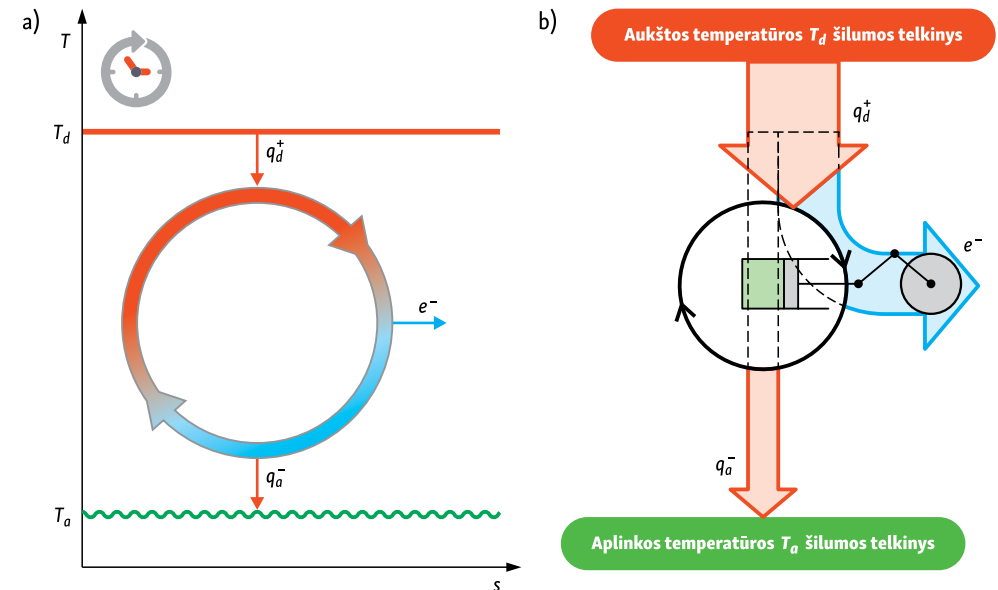
Šio ciklo efektyvumas (terminis naudingumo koeficientas)

$$\varepsilon_v = \frac{e^-}{q_d^+}. \quad (1.141)$$

Taikant energijos balanso lygtį ir išreiškus tik šilumomis,

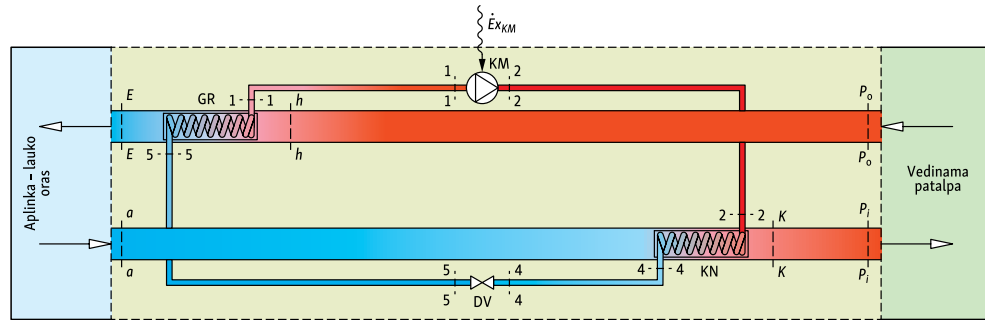
$$\varepsilon_v = 1 - \frac{q_a^-}{q_d^+}. \quad (1.142)$$

Gaunama, kad šis rodiklis visuomet mažesnis už vienetą. Tai matyti ir iš balanso grafinio vaizdo (1.43 pav., b).



1.43 pav. Šiluminio variklio ciklas T - s diagramoje (a) ir jo energijos balansas (b)

tekant iš kondensatoriaus į garintuvą jo slėgis sumažinamas droselyje. Su patalpai vėdinti skirto oro srautu energija besikeičiančio šilumos siurblio schema parodyta 4.21 pav. Šių procesų derinys sudaro atvirkštinį ciklą, pateiktą 4.4 pav. ŠVOK įrenginiuose veikiančys šilumos siurbliai, jų šilumokaičiai – garintuvas ir kondensatorius – dirba šilumnešių būsenos parametrų režimais, artimais kintamai T_a , kartu ir AAB. Tiesa, daugeliu atvejų šaltnešio temperatūros kondensatoriuje yra aukštesnės už aplinkos oro temperatūrą $T_2 > T_4 > T_a$, o garintuve – žemesnės $T_5 \approx T_1 < T_a$. Tai buvo parodyta 4.5 pav. Kaip minėta, šaltnešio parametrai indeksuojami skaitmenimis, o oro – raidėmis.



4.21 pav. Tarp dviejų to paties debito oro srautų šilumą perkeltantis šilumos siurblys

Tokio šilumos siurblio energijos balansas:

$$\dot{Q}_{KN} = \dot{E}_{KM} + \dot{Q}_{GR} \quad (4.46)$$

Arba jį išreiškus šaltnešio būsenos parametrais –

$$\dot{M}_f (h_2 - h_4) = \dot{M}_f (h_2 - h_1) + \dot{M}_f (h_1 - h_5) \quad (4.47)$$

Šilumos siurblio energinis efektyvumas išreiškiamas jo naudingumo koeficientu (angl. *Coefficient of Performance, COP*):

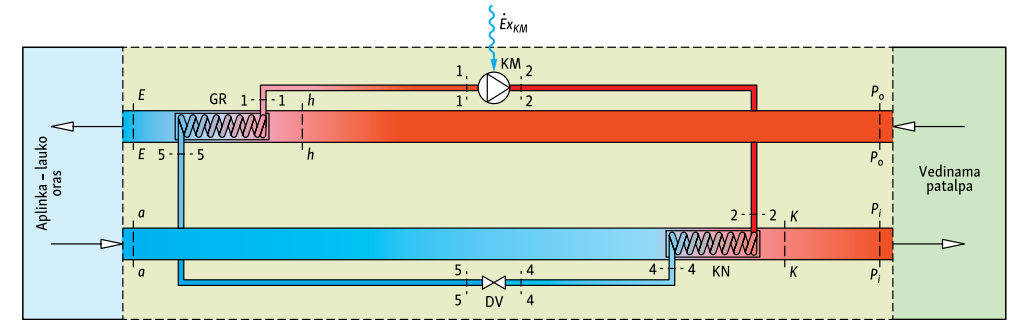
$$\dot{A}_{\dot{Q}_{SS}} = \frac{\dot{Q}_{SS}}{\dot{E}_{SS}^+} = \frac{\dot{Q}_{KN}}{\dot{E}_{KM}^+} = \frac{h_2 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4.48)$$

4.3.1.1. Šilumos siurblio komponentų energijos balansai

4.22 pav., a ir b, turime garintuvo ir kondensatorių schemas kaip priešrovių šilumokaičių, kuriuose šilumos perdavimo procesas apibūdintas perduodamu šilumos srautu ir šilumnešių įvesties bei išvesties būsenos parametrais – temperatūrų ar entalpijų skirtumu.

4.22 pav., c ir d, turime slėgio keitiklių – kompresoriaus ir droselio (angl. *Throttle Valve*) – schemas. Kompresoriaus ypatybė – jam suteikiamas darbas (taigi, eksurgija) \dot{E}_{CM} , dėl kurio keičiama šaltnešio būsena. Droselio ypatybė ta, kad jame vyksta tik droseliavimu vadinamas tekėjimo procesas, nei darbu, nei šiluma šaltnešis su aplinka čia nesikeičia.

tekant iš kondensatoriaus į garintuvą jo slėgis sumažinamas droselyje. Su patalpai vėdinti skirto oro srautu energija besikeičiančio šilumos siurblio schema parodyta 4.21 pav. Šių procesų derinys sudaro atvirkštinį ciklą, pateiktą 4.4 pav. ŠVOK įrenginiuose veikiančys šilumos siurbliai, jų šilumokaičiai – garintuvas ir kondensatorius – dirba šilumnešių būsenos parametrų režimais, artimais kintamai T_a , kartu ir AAB. Tiesa, daugeliu atvejų šaltnešio temperatūros kondensatoriuje yra aukštesnės už aplinkos oro temperatūrą $T_2 > T_4 > T_a$, o garintuve – žemesnės $T_5 \approx T_1 < T_a$. Tai buvo parodyta 4.5 pav. Kaip minėta, šaltnešio parametrai indeksuojami skaitmenimis, o oro – raidėmis.



4.21 pav. Tarp dviejų to paties debito oro srautų šilumą perkeltantis šilumos siurblys

Tokio šilumos siurblio energijos balansas:

$$\dot{Q}_{KN} = \dot{E}_{KM} + \dot{Q}_{GR} \quad (4.46)$$

Arba jį išreiškus šaltnešio būsenos parametrais –

$$\dot{M}_f (h_2 - h_4) = \dot{M}_f (h_2 - h_1) + \dot{M}_f (h_1 - h_5) \quad (4.47)$$

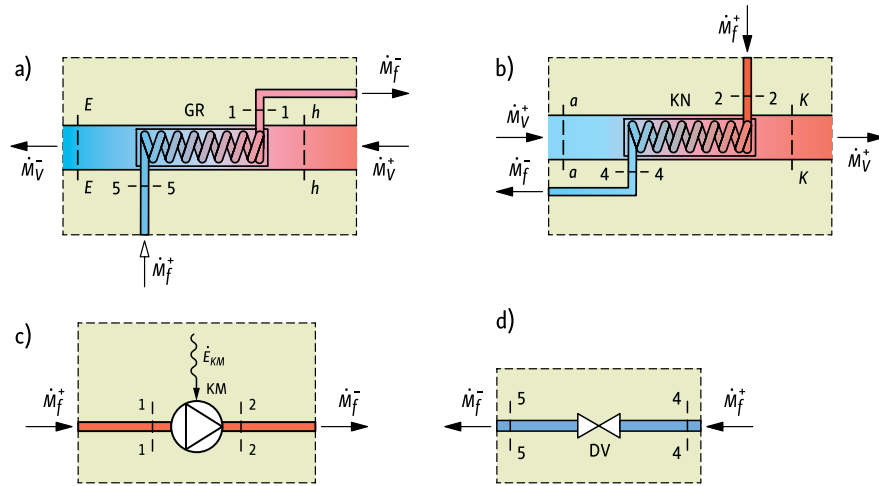
Šilumos siurblio energinis efektyvumas išreiškiamas jo naudingumo koeficientu (angl. *Coefficient of Performance, COP*):

$$NKO_{\dot{Q}_{SS}} = \frac{\dot{Q}_{SS}}{\dot{E}_{SS}^+} = \frac{\dot{Q}_{KN}}{\dot{E}_{KM}^+} = \frac{h_2 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4.48)$$

4.3.1.1. Šilumos siurblio komponentų energijos balansai

4.22 pav., a ir b, turime garintuvo ir kondensatorių schemas kaip priešrovių šilumokaičių, kuriuose šilumos perdavimo procesas apibūdintas perduodamu šilumos srautu ir šilumnešių įvesties bei išvesties būsenos parametrais – temperatūrų ar entalpijų skirtumu.

4.22 pav., c ir d, turime slėgio keitiklių – kompresoriaus ir droselio (angl. *Throttle Valve*) – schemas. Kompresoriaus ypatybė – jam suteikiamas darbas (taigi, eksurgija) \dot{E}_{CM} , dėl kurio keičiama šaltnešio būsena. Droselio ypatybė ta, kad jame vyksta tik droseliavimu vadinamas tekėjimo procesas, nei darbu, nei šiluma šaltnešis su aplinka čia nesikeičia.



4.22 pav. Šilumos siurblio komponentų schemas

Energijos (šilumos) balanso lygtys šilumokaičiams (indeksai pagal 4.21, 4.22 pav.)

$$\begin{aligned} \text{GR:} & \dot{M}_f(h_1 - h_5) = \dot{M}_V(h_E - h_w). & (4.49) & \quad \text{KN:} & \dot{M}_f(h_2 - h_4) = \dot{M}_V(h_K - h_v). & (4.50) \end{aligned}$$

Energijos balanso lygtis šilumos siurblio slėgio keitikliams:

$$\begin{aligned} \text{KM:} & \dot{E}_A = \dot{M}(h_2 - h_1). & (4.51) & \quad \text{DV:} & \dot{M}_f h_4 = \dot{M}_f h_5. & (4.52) \end{aligned}$$

Šildytuvų energijos balansų lygtys, lyginant suvartotos ir pagamintos šilumos srautus:

$$\begin{aligned} \text{GR:} & \dot{Q}_{GR} = \dot{M}_f(h_1 - h_5) = \dot{M}_V(h_E - h_w). & (4.53) & \quad \text{KN:} & \dot{Q}_{KN} = \dot{M}_f(h_2 - h_4) = \dot{M}_V(h_K - h_v). & (4.54) \end{aligned}$$

Tarus, kad santykinis masės debitas $\bar{A}_{SS} = \dot{M}_f / \dot{M}_V$, šie atvejai gali būti pateikiami ir tokiu formatu:

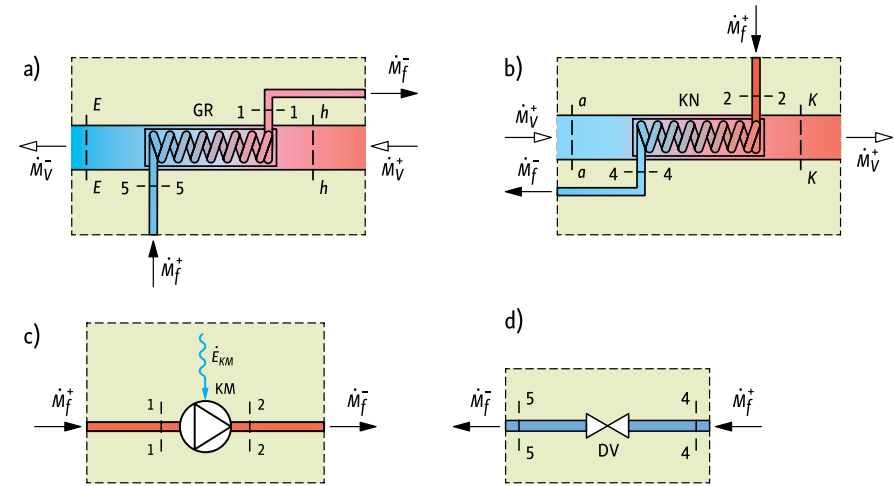
$$\begin{aligned} \text{GR:} & q_{GR,V} = \bar{M}_{SS}(h_1 - h_5) = (h_E - h_w). & (4.55) & \quad \text{KN:} & q_{KN,V} = \bar{M}_{SS}(h_2 - h_4) = (h_K - h_v). & (4.56) \end{aligned}$$

4.3.1.2. Ekserginis šilumos siurblio komponentų balansas ir ekserginis efektyvumas

Eksergijos balanso lygtis 4.22 pav. parodytiems šilumokaičiams parašome analogiškai kaip (3.57) atveju. Lyginamiesiems eksergijos srautams ex_i ir koentalpijoms k_i bus naudojami 4.22 pav. taikyti indeksai.

Eksergijos balansas, išreikštas sunaudotos ir pagamintos eksergijos srautų dėmenimis:

$$\dot{E}x_{consum}^+ = \dot{E}x_{prod}^- + \dot{L}x_{\Sigma}. \quad (4.57)$$



4.22 pav. Šilumos siurblio komponentų schemas

Energijos (šilumos) balanso lygtys šilumokaičiams (indeksai pagal 4.21, 4.22 pav.)

$$\begin{aligned} \text{GR:} & \dot{M}_f(h_1 - h_5) = \dot{M}_V(h_E - h_w). & (4.49) & \quad \text{KN:} & \dot{M}_f(h_2 - h_4) = \dot{M}_V(h_K - h_v). & (4.50) \end{aligned}$$

Energijos balanso lygtis šilumos siurblio slėgio keitikliams:

$$\begin{aligned} \text{KM:} & \dot{E}_{KM} = \dot{M}_f(h_2 - h_1). & (4.51) & \quad \text{DV:} & \dot{M}_f h_4 = \dot{M}_f h_5. & (4.52) \end{aligned}$$

Šildytuvų energijos balansų lygtys, lyginant suvartotos ir pagamintos šilumos srautus:

$$\begin{aligned} \text{GR:} & \dot{Q}_{GR} = \dot{M}_f(h_1 - h_5) = \dot{M}_V(h_E - h_w). & (4.53) & \quad \text{KN:} & \dot{Q}_{KN} = \dot{M}_f(h_2 - h_4) = \dot{M}_V(h_K - h_v). & (4.54) \end{aligned}$$

Tarus, kad santykinis masės debitas $\bar{M}_{SS} = \dot{M}_f / \dot{M}_V$, šie atvejai gali būti pateikiami ir tokiu formatu:

$$\begin{aligned} \text{GR:} & q_{GR,V} = \bar{M}_{SS}(h_1 - h_5) = (h_E - h_w). & (4.55) & \quad \text{KN:} & q_{KN,V} = \bar{M}_{SS}(h_2 - h_4) = (h_K - h_v). & (4.56) \end{aligned}$$

4.3.1.2. Ekserginis šilumos siurblio komponentų balansas ir ekserginis efektyvumas

Eksergijos balanso lygtis 4.22 pav. parodytiems šilumokaičiams parašome analogiškai kaip (3.57) atveju. Lyginamiesiems eksergijos srautams ex_i ir koentalpijoms k_i bus naudojami 4.22 pav. taikyti indeksai.

Eksergijos balansas, išreikštas sunaudotos ir pagamintos eksergijos srautų dėmenimis:

$$\dot{E}x_{consum}^+ = \dot{E}x_{prod}^- + \dot{L}x_{\Sigma}. \quad (4.57)$$