ΕΠΙΔΡΑΣΗ 4 ...ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ: Ψύξη

Το επιχείρημα που χρησιμοποιήσαμε για τη συζήτηση της απόδοσης μιας θερμικής μηχανής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη συζήτηση της απόδοσης ενός ψυγείου. Το ψυγείο μεταφέρει ενέργεια ως θερμότητα από ένα ψυχρό σώμα (οτιδήποτε βρίσκεται στο θάλαμο του ψυγείου) σε μια θερμή δεξαμενή (τυπικά, τον χώρο στον οποίο βρίσκεται το ψυγείο). Όσο λιγότερο είναι το έργο που πρέπει να εκτελέσουμε για να επιτύχουμε αυτή τη μεταφορά, τόσο πιο αποδοτικό είναι το ψυγείο. Παρόμοια ανάλυση με εκείνη που χρησιμοποιούμε στο βιβλίο για μια θερμική μηχανή μπορούμε να εφαρμόσουμε για τη μελέτη της απόδοσης μια τέτοιας συσκευής όταν αυτή χρησιμοποιείται ως ψυκτική μηχανή.

Όταν ενέργεια $|q_c|$ μεταφέρεται από μια ψυχρή πηγή θερμοκρασίας T_c σε μια θερμότερη δεξαμενή θερμοκρασίας T_h, η μεταβολή της εντροπίας είναι

$$\Delta S = -\frac{|q_c|}{T_c} + \frac{|q_c|}{T_h} < 0$$

Η διεργασία δεν είναι αυθόρμητη διότι δεν παράγεται αρκετή εντροπία στη θερμή δεξαμενή προκειμένου να υπερκεράσει την απώλεια εντροπίας από την ψυχρή πηγή (Σχ. 1). Για να παραχθεί περισσότερη εντροπία, πρέπει να προστεθεί ενέργεια σε αυτήν που εισέρχεται στη θερμή δεξαμενή. Σκοπός μας είναι να βρούμε την ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να παρασχεθεί. Το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ο **συντελεστής λειτουργίας**, c:

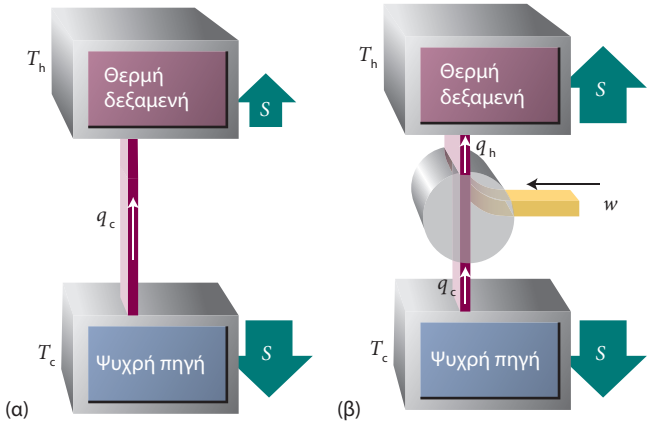
$$c = \frac{\text{ενέργεια που μεταφέρεται ως θερμότητα}}{\text{ενέργεια που μεταφέρεται ως έργο}} = \frac{|q_c|}{|w|}$$

Ορισμός του συντελεστή λειτουργίας

Όσο λιγότερο είναι το απαιτούμενο έργο για την επίτευξη συγκεκριμένης μεταφοράς, τόσο μεγαλύτερος ο συντελεστής λειτουργίας και τόσο αποδοτικότερο το ψυγείο. Είναι πιο βολικό να δουλέψουμε παρακάτω με το $1/c$.

Επειδή από την ψυχρή πηγή απάγεται $|q_c|$, και το έργο $|w|$ προστίθεται στη ροή ενέργειας, η ενέργεια που εισρέει ως θερμότητα στη θερμή δεξαμενή είναι $|q_h| = |q_c| + |w|$. Επομένως,

$$\frac{1}{c} = \frac{|w|}{|q_c|} = \frac{|q_h| - |q_c|}{|q_c|} = \frac{|q_h|}{|q_c|} - 1$$



Σχήμα 1 (α) Η ροή ενέργειας ως θερμότητα από μια ψυχρή πηγή σε μια θερμή δεξαμενή δεν είναι αυθόρμητη. Όπως φαίνεται εδώ, η αύξηση της εντροπίας στη θερμή δεξαμενή είναι μικρότερη από τη μείωση της εντροπίας στην ψυχρή πηγή, έτσι συνολικά η εντροπία μειώνεται. (β) Η διεργασία γίνεται πραγματοποιήσιμη αν παρέχεται έργο για να προστεθεί στη ροή ενέργειας. Τότε, η αύξηση της εντροπίας στη θερμή δεξαμενή μπορεί να γίνει τέτοια ώστε να ισοσταθμίσει τη μείωση της εντροπίας στην ψυχρή πηγή.

Αν υποθέσουμε ότι η θερμική μηχανή λειτουργεί αντιστρεπτά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εξ. 3Α.6 του βιβλίου για να εκφράσουμε αυτό το αποτέλεσμα συναρτήσει μόνο της θερμοκρασίας. Η αντικατάσταση αυτή οδηγεί στην

$$\frac{1}{c} = \frac{T_h}{T_c} - 1 = \frac{T_h - T_c}{T_c}$$

η οποία αναδιατάσσεται στην

$$c = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

Ιδανικός συντελεστής λειτουργίας

Αυτός είναι ο θερμοδυναμικά βέλτιστος συντελεστής λειτουργίας. Για ένα ψυγείο που απάγει θερμότητα από νερό σε θερμοκρασία πάγου (T_c = 273 K) προς ένα τυπικό περιβάλλον (T_h = 293 K), c = 14, έτσι, για να αφαιρεθούν 10 kJ (αρκετά για να παγώσουν 30 g νερού), απαιτείται μεταφορά τουλάχιστον 0,71 kJ ως έργου. Τα πραγματικά ψυγεία, βέβαια, έχουν μικρότερο συντελεστή λειτουργίας.