

Ćwiczenie 110 (domowe)

Sprawność urządzeń technicznych

Wprowadzenie

Procesy fizyczne wykorzystywane w różnego rodzaju urządzeniach potrzebują dostarczenia energii. Czasem jest to energia mechaniczna (np. kiedy siłą naszych mięśni podnosimy ciężar na pewną wysokość), czasem energia cieplna (np. kiedy gotujemy nad ogniskiem wodę w naczyniu lub kiedy używamy silnika spalinowego), a kiedy indziej będzie to energia elektryczna (np. kiedy urządzenie pracuje przy użyciu silnika elektrycznego lub przepływający przez urządzenie prąd elektryczny dostarcza ciepło na skutek oporu w przewodniku).

Dobre wykorzystanie dostarczonej energii, gwarantuje małe straty energii, a co za tym idzie, wyższą sprawność danego urządzenia.

Sprawność η definiuje się jako stosunek energii uzyskanej E_u w danym procesie (urządzeniu) do energii włożonej E_d (dostarczonej) do urządzenia

$$\eta = \frac{E_u}{E_d} \quad (1)$$

Można też określić sprawność jako stosunek mocy użytecznej P_u (związanej z uzyskaną energią lub z pracą wykonaną przez urządzenie w jednostce czasu) do mocy dostarczonej P_d (czyli energii lub pracy dostarczonej do urządzenia w jednostce czasu)

$$\eta = \frac{P_u}{P_d} \quad (2)$$

Moc mierzona jest w watach – [W] = [J/s]

Jeżeli w procesie ogrzewania, woda zmieni swoją temperaturę, to uzyskana energia będzie równa ciepłu uzyskanemu przez wodę, czyli energia E_u dostarczona będzie na sposób ciepła i równa Q_u , które można zapisać jako

$$Q_u = m c_w \Delta T \quad (3)$$

Gdzie m - masa ogrzanej wody, c_w – ciepło właściwe wody równe 4190 J/(kg·K), ΔT - różnica temperatur wody przed i po ogrzaniu.

Znając czas w jakim określona porcja energii została dostarczona można obliczyć moc dostarczoną, co dla ogrzewanej wody przy dostarczonym ciepłe Q_u w czasie t prowadzi do wzoru (4)

$$P_u = \frac{Q_u}{t} \quad (4)$$

W projektowaniu różnego typu urządzeń bardzo ważne jest uzyskanie jak najwyższej sprawności, a co za tym idzie, ograniczenie i minimalizowanie różnego rodzaju strat energii, które tę sprawność obniżają. Rodzaj powstałych strat energii jest ściśle związany z samym rodzajem procesu, a także budową urządzenia, które ten proces wykorzystuje. Do typowych strat należą: straty cieplne na ogrzanie

otoczenia – ciepło rozproszone i straty mechaniczne wynikające z tarcia ruchomych elementów urządzenia.

Warto zaznaczyć, że sprawność może być definiowana przez różne wielkości fizyczne, w zależności od procesu na którego potrzeby jest określana. Zwykle wyrażana jest w procentach (czasem w ułamkach). Daje pojęcie o wydajności danego urządzenia i stosowanego procesu fizycznego zamiany jednego rodzaju energii na inny. Na codzień mamy do czynienia zarówno z urządzeniami o dużej sprawności - np. różnego rodzaju elementy grzejne, poprzez 50% sprawność silnika turbo V6 w wyścigowych modelach Mercedesa, po baterie fotowoltaiczne monokrystaliczne ze sprawnością ok. 20% i wskaźniki laserowe diodowe ze sprawnością do kilku procent.

1. Układ pomiarowy

W ćwiczeniu wyznaczana będzie sprawność czajnika elektrycznego o znanej mocy znamionowej. W tym celu potrzebne będą:

- 1) Czajnik elektryczny – używane powszechnie czajniki elektryczne bezprzewodowe posiadają, od spodu naczynia na wodę, nalepkę z podanymi podstawowymi informacjami na temat danego urządzenia – tzw. tabliczkę znamionową. Zawiera ona istotne informacje na temat urządzenia. Zazwyczaj numer seryjny, producenta, napięcie zasilania oraz moc znamionową, czyli moc maksymalną jaka do urządzenia może być dostarczona przy danym napięciu zasilającym, podaną w watach [W].
- 2) Znana objętość wody, co przy założeniu, że gęstość wody jest równa 1g/cm^3 da masę ogrzanej wody.
- 3) Jeżeli istnieje taka możliwość przydatny będzie termometr do pomiaru temperatury w granicach od zera do 25 stopni Celsjusza
W przypadku braku odpowiedniego termometru, należy skorzystać z ogólnie znanego faktu, że mieszanina wody z lodem ma temperaturę 0°C Celsjusza, pamiętając jednak, że topnienie lodu oznacza dodatkowe ciepło topnienia i w związku z tym pomiar należy zaczynać tuż po tym jak kawałki lodu w wodzie ulegną stopnieniu.
Można również użyć wody odstanej w temperaturze pokojowej i przyjąć jej temperaturę początkową, na podstawie wskazań termometrów obecnych na innych urządzeniach (piekarnikach, stacjach pogodowych, barometrach, sterownikach do ogrzewania, itp.)
- 4) Stoper (np. stoper w smartfonie)

2. Wykonanie ćwiczenia

- 1) Odmierzoną ilość wody (1l lub 1.5l) wlać do czajnika.
- 2) Włączyć grzanie wody uruchamiając jednocześnie pomiar czasu na stoperze.
- 3) Obserwować wodę (z zachowaniem ostrożności) – woda o temperaturze 100 stopni Celsjusza powinna wrzeć w całej objętości, co w większości czajników powoduje wyłączenie czajnika przez bimetal umieszczony w obudowie. Zakończyć pomiar czasu w momencie wyłączenia czajnika lub (w przypadku braku wyłącznika zdalnego) w momencie kiedy woda intensywnie wrze w całej objętości, a z czajnika wydobywa się para pod ciśnieniem.
- 4) Zapisać dane pomiarowe w Tabeli 1.
- 5) Powtórzyć kilkakrotnie (7 razy) pomiar dla różnych objętości wody i dla różnych temperatur początkowych wody (o ile to możliwe). Zachować odpowiedni odstęp czasowy (czajnik do kolejnej próby musi być ostudzony).
- 6) Odkamienić czajnik (można użyć specjalnego odkamieniacza, bądź octu lub rozpuszczonego kwasu cytrynowego), dokładnie wypłukać czajnik.
- 7) Wykonać jeden pomiar kontrolny po odkamienieniu czajnika, celem sprawdzenia czy zmieni się sprawność.

Tabela 1. Wyniki pomiarów czasu ogrzewania wody i ilości użytej wody wraz z obliczeniami.

Producent:			Napięcie zasilania[V]		Moc znamionowa [W]:			
nr	Objętość wody $V[\text{cm}^3]$	Masa wody $m[\text{kg}]$	Temperatura początkowa $T_0[^\circ\text{C}]$	Temperatura końcowa $T_k[^\circ\text{C}]$	$\Delta T[^\circ\text{C}]$	Ciepło uzyskane $Q_u[\text{J}]$	czas $t[\text{s}]$	Sprawność $\eta[\%]$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
średnia sprawność								
$u_c(\eta)$								
8								

3. Opracowanie danych pomiarowych

- 1) Wykonać obliczenia w tabeli dla poszczególnych pomiarów.
- 2) Obliczyć średnią sprawność (nie uwzględniać do średniej pomiaru nr 8 po odkamienianiu)
- 3) Określić niepewności mierzonych wielkości pośrednich i na ich podstawie obliczyć z prawa przenoszenia niepewności $u_c(\eta)$ dla każdego pomiaru
- 4) Obliczyć niepewność $u(\eta_{sr})$ jako estymator odchylenia standardowego średniej dla siedmiu pomiarów.
- 5) Która z niepewności jest większa?
- 6) Obliczyć sprawność czajnika po odkamienianiu (pomiar 8), jej niepewność, porównać ze sprawnością średnią przed odkamienianiem.