

CERTYFIKACJA ENERGETYCZNA URZĄDZEŃ DŹWIGOWYCH JAKO URZĄDZEŃ TRANSPORTU PIONOWEGO

Szacuje się, że około 3–8% energii elektrycznej pochłanianej przez budynek zużywana jest przez dźwigi służące do transportu pionowego. Niestety urządzenia te pominięte są w procesie certyfikacji energetycznej budynku. W artykule poruszono temat certyfikacji energetycznej urządzeń dźwigowych. Na przykładzie zaprezentowana została metodologia określania klasy efektywności energetycznej urządzenia dźwigowego według normy VDI 4707.

Wprowadzenie

Dźwig, zgodnie z definicją zawartą w normie PN-EN 81-1 [1] zharmonizowanej z Dyrektywą dźwigową 95/16/WE, jest to urządzenie instalowane na stałe, mające kabinę przeznaczoną do transportu osób lub osób i towarów, zawieszoną na linach lub łańcuchach, poruszającą się wzdłuż prowadnic nachylonych w stosunku do pionu pod kątem nie większym niż 15°. Szacuje się, że w krajach Unii Europejskiej czynnych jest około 40 milionów dźwigów, w Polsce liczba ta sięga ok. 100 tys. urządzeń. Zużycie energii elektrycznej przez urządzenia dźwigowe to około 3–8% całkowitej energii wykorzystywanej w budynku. Wartość tę determinuje wiele czynników, podstawowe to rodzaj i kategoria użytkowa budynku oraz typ i liczba zainstalowanych urządzeń dźwigowych. Od początku rozwoju branży dźwigowej poprawa bezpieczeństwa eksploatacji była priorytetowym kierunkiem rozwoju urządzeń, nie zwracano większej uwagi na ich energochłonność. W latach 70. XX wieku zapoczątkowano działania zmierzające do redukcji ogromnej konsumpcji energii przez społeczeństwo i trend ten dotarł również do branży dźwigowej. Obecnie firmy dźwigowe dostrzegają potrzebę poprawy efektywności energetycznej swoich produktów. Pomimo że ilość energii zużywanej przez windy jest relatywnie mała w stosunku do pozostałych urządzeń zainstalowanych w budynku (ogrzewanie, chłodzenie, oświetlenie), działania na dużej populacji obiektów mogą przynieść znaczące oszczędności. Rozwój techniki, wprowadzanie nowych

rozwiązań i materiałów oraz chęć zmniejszenia kosztów związanych z eksploatacją powodują wprowadzanie udoskonaleń oraz powstawanie urządzeń, do których pracy potrzebna jest mniejsza ilość energii.

Metodologia określania klasy energetycznej urządzeń dźwigowych

Ze względu na konieczność oceny urządzeń oraz określenia rezultatów modernizacji potrzebna jest metodologia pozwalająca na wyznaczenie zapotrzebowania energetycznego urządzenia dźwigowego oraz jego sklasyfikowanie w odpowiedniej grupie – klasie efektywności energetycznej. Przez szereg lat podejmowano wiele prób analizy konsumpcji energii przez urządzenia dźwigowe, używając przy tym zarówno metod opartych na obliczeniach teoretycznych, pomiary, porównywanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych, jak również symulacje oparte na częstości użytkowania. Początkowo skupiano się na porównaniu zapotrzebowania energetycznego dźwigów różnego typu. Po wykonaniu serii pomiarów dla każdego rodzaju urządzenia, przy tej samej drodze przejazdu (3 przystanki góra–dół), uniezależnieniu wyników od masy kabiny, określono najbardziej efektywne energetycznie rozwiązania [5]. Jedną z pierwszych metod obliczeniowych opracowaną została przez Schrodera (1986) [6]. Według zaproponowanej metodologii obliczanie zużycia energii dokonywane jest na podstawie wzoru $E = R \cdot ST \cdot TP / 3600$, w którym R – moc silnika w kW, ST – liczba startów na dzień, a TP to współczynnik zależny od rodzaju napędu urządzenia. Dokładność obliczeń zależy od poprawności przyjętego współczynnika TP, który wg autora dla dźwigów z silnikiem 2-biegowym wynosi – 10,5, dla dźwigu hydraulicznego 6,0, a dla napędu bezreduktorowego 5,0.

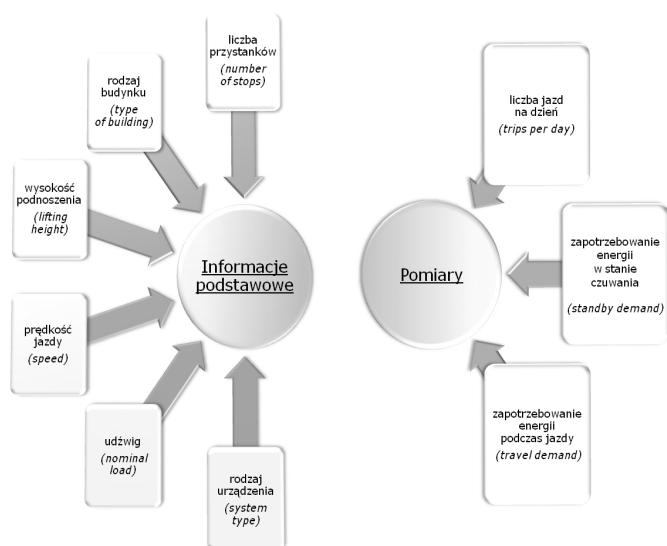
W chwili obecnej istnieje kilka sposobów szacowania zużycia energii elektrycznej przez dźwigi. Są to: VDI 4707 [2], trwają prace nad normą ISO/DIS 25745-1 [3], kolejny sposób to propozycja wykorzystywana w projekcie E4 „Efektywność energetyczna w windach i schodach ruchomych” [4]. Metodologia stosowana w tych wytycznych jest zbliżona do siebie, dlatego też w dalszym opisie skupiono się na jednej z nich tj. VDI 4707.

¹ Mgr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Transportu Linowego, krakowsk@agh.edu.pl

Projekt VDI 4707 opiera się na następujących założeniach:

- współczynnik konsumpcji wyrażony jako zużycie energii elektrycznej w [mWh], w stosunku do udźwigu w [kg] na drodze wyrażonej w [m], może określać zużycie energii elektrycznej;
- zostało opracowanych 5 grup użytkowych urządzeń oraz 7 klas efektywności począwszy od A, która określa najwyższą klasę, do G – najniższa klasa;
- zapotrzebowanie na energię elektryczną urządzenia dźwigowego uzależnione jest nie tylko od parametrów technicznych, ale również od czasu pracy oraz jego proporcji do czasu postoju.

Do określenia klasy energetycznej urządzenia dźwigowego potrzebne są zarówno informacje podstawowe dotyczące rozpatrywanego urządzenia (liczba przystanków, rodzaj budynku, wysokość podnoszenia, prędkość jazdy, udźwig, rodzaj urządzenia), jak również informacje uzyskane na drodze pomiarów (liczba jazd na dzień, zapotrzebowanie energii w czasie czuwania, zapotrzebowanie energii podczas jazdy; rys. 1).

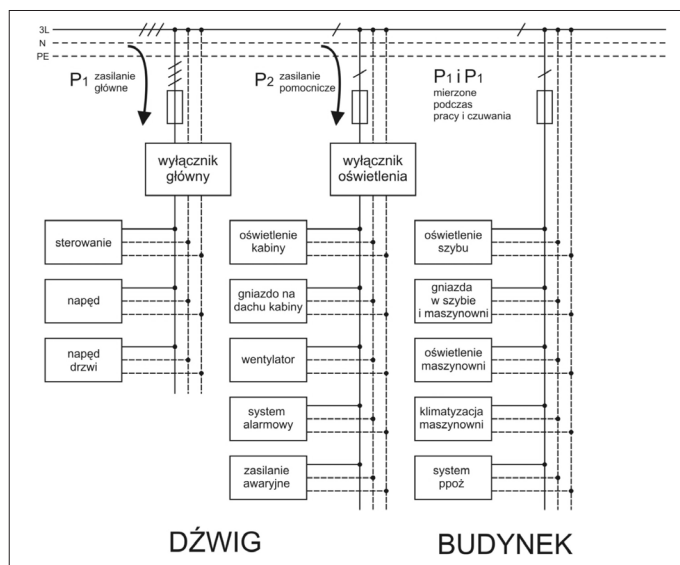


Rys. 1. Dane potrzebne do określenia klasy energetycznej dźwigu

Metodologia postępowania podczas obliczeń rozgranicza potrzeby energetyczne urządzenia na realizację 2 podstawowych stanów pracy, podczas których wymagane jest dokonanie pomiarów zapotrzebowania urządzenia na energię elektryczną:

- czuwania – oczekiwania na jazdę, jest to całkowita energia zużywana przez urządzenie w czasie spoczynku tj. przez elementy, które są odpowiedzialne za gotowość urządzenia do pracy i utrzymują je w stanie czuwania (oświetlenie maszynowni i szybu nie jest brane pod uwagę), pomiaru dokonuje się 5 minut po zakończeniu jazdy;
- jazdy – jest to całkowite zapotrzebowanie na energię podczas jazdy urządzenia, pomiaru dokonuje się w trakcie specyficznego cyklu pracy obejmującego zamknięcie

drzwi i przejazd pustej kabiny na drodze od przystanku początkowego do końcowego i z powrotem aż do momentu otwarcia drzwi. Dla najbardziej rozpowszechnionych na terenie Polski urządzeń z przeciwwagą, której ciężar wynosi 45% wartości ciężaru kabiny wraz z obciążeniem, energię należy pomniejszyć o wartość współczynnika obciążenia $k = 0,7$ (load factor).



Rys. 2. Schemat rozpiływu zasilania dźwigu [2]

Procedura obliczeniowa wymaga również określenia tzw. kategorii użytkowej dźwigu. VDI 4707 przewiduje pięć kategorii użytkowych określających, na podstawie średniego czasu jazdy i postoju, intensywność użytkowania dźwigu. Do prawidłowego przypisania urządzenia do odpowiedniej kategorii konieczne jest wykonanie pomiarów umożliwiających określenie czasu pracy urządzenia w określonym cyklu (np. 7 dni).

Na podstawie zapotrzebowania energetycznego w wymienionych wcześniej stanach pracy możliwe jest określenie klasy urządzenia podczas jazdy i czuwania. Wartości liczbowe współczynnika efektywności energetycznej oraz kategoria użytkowa urządzenia determinują wynik końcowy, jakim jest klasa energetyczna całego urządzenia (od A do G). Zważając na fakt, iż większość energii zużywana jest podczas postoju, ważnym aspektem jest wyszczególnienie w projekcie również klasy zużycia energii podczas tzw. *standby*. Szacuje się, iż ilość zużywanej energii elektrycznej podczas postoju kabiny, potrzebnej do wymaganej przez przepisy prawidłowej pracy urządzenia, wynosi około 80%. Ze względów bezpieczeństwa konieczność ciągłego oświetlenia kabiny ma szczególne znaczenie w dźwigach, w których brak drzwi kabinowych.

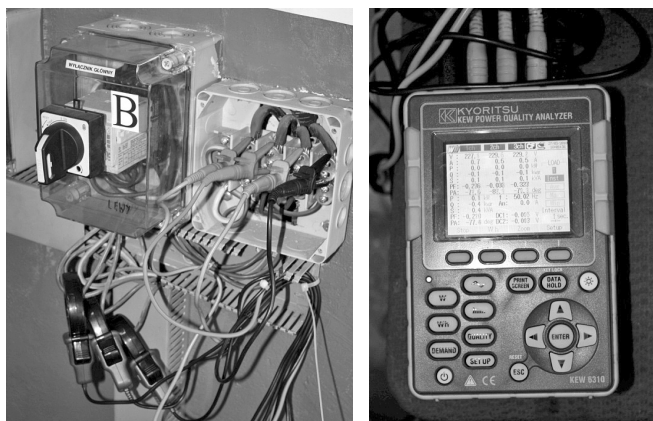
Wyznaczenie klasy efektywności energetycznej na podstawie VDI4707

Przedstawiona poniżej ilościowa ocena zużycia energii elektrycznej została przeprowadzona na podstawie wyników pomiarów dokonanych na rzeczywistym obiekcie technicznym, którego podstawowe parametry zawiera tabela 1. Procedura przeprowadzenia pomiaru była zgodna z wytycznymi zawartymi w normie VDI4707.

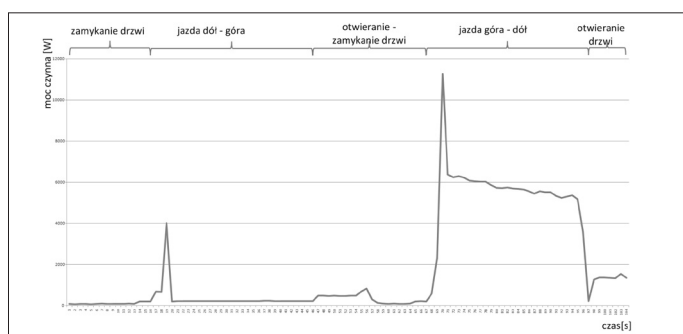
Tabela 1

Dane techniczne dźwigu		
Dane	Wartość	Jednostka
Udźwig (Q)	750	[kg]
Prędkość nominalna (v)	1	[m/s]
Liczba przystanków	9	
Wysokość podnoszenia (H)	27,17	[m]
Częstość włączeń na dobę (W)	917	[wł./dobę]
Zmierzone zużycie energii w czasie jazdy (Ej)	52,4	[Wh]
Zmierzona moc czynna w czasie postoju (Ep)	280	[W]
Współczynnik obciążenia (k)	0,7	
Średni czas jazdy (Cj)	3	[godz./dobę]
Średni czas postoju (Cp)	21	[godz./dobę]

Przed przystąpieniem do obliczeń klasy energetycznej przeprowadzono pomiary, na podstawie których możliwe było określenie dobowej częstości włączeń dźwigów oraz energii potrzebnej do pracy urządzenia w czasie czuwania i jazdy. W celu określenia kategorii użytkowej przyrząd pomiarowy (fot. 1) został podłączony do głównego obwodu zasilającego na okres tygodnia. Po upływie wyznaczonego czasu zliczono impulsy pochodzące od rozruchu silnika. Określona średnia częstość włączeń urządzenia to 917 włączeń/dobę. Największa częstość włączeń dźwigu następuje w dni powszednie. Budynek biurowy, w którym były przeprowadzane pomiary, charakteryzuje się tym, iż dźwigi w tego typu budowach wykorzystywane są w głównej mierze do przemieszczania się między piętrami. Kolejne pomiary związane były z wyznaczeniem zapotrzebowania energetycznego podczas jazdy i postoju. Przebieg mocy czynnej dla referencyjnego cyklu jazdy przedstawiono na rys. 3.



Fot. 1. Urządzenie pomiarowe i jego podłączenie do obwodu zasilania dźwigu



Rys. 3. Przebieg mocy czynnej podczas jazdy referencyjnej

Poniżej przedstawiono kolejne etapy obliczeniowe przy wyznaczaniu klasy energetycznej urządzenia dźwigowego.

Etap 1. Wyznaczenie czasu jazdy w ciągu dnia, klasyfikacja kategorii użytkowania.

$$\frac{H}{2} * W = 3,46 \text{ godz./dobę}$$

Na podstawie pomiarów i obliczonej wartości oraz tabeli 1 z zalecenia VDI4707 rozpatrywane urządzenie sklasyfikowane zostało w czwartej kategorii użytkowej (czas jazdy w przedziale 2–4,5 godzin/dobę). Klasa ta odpowiada urządzeniom o wysokiej intensywności użytkowania zainstalowanych w budynkach mieszkalnych powyżej 50 mieszkań, wysokich biurowcach >10 pięter, dużych hotelach lub średniej wielkości szpitalach. Dla tej kategorii użytkowej wg wytycznych VDI4707 do dalszych obliczeń należy przyjąć: średni czas jazdy: 3 godz./dobę, średni czas postoju: 21 godz./dobę.

Etap 2. Wyznaczenie klasy energetycznej w czasie jazdy.

$$\frac{k * E_j * 1000}{Q * 2 * H} = 0,9 \text{ mWh/(kg * m)}$$

Ustalenia klasy energetycznej dla jazdy dokonuje się poprzez klasyfikację otrzymanego wyniku zgodnie z tabelą 2. Z przedstawionej poniżej tabeli wynika, iż rozpatrywane urządzenie znajduje się w klasie C.

Tabela 2

Klasa energetyczna dźwigu w czasie jazdy [2]							
Klasa energetyczna w czasie jazdy	A	B	C	D	E	F	G
[mWh/(kg*m)]	≤0,56	≤0,84	≤1,26	≤1,89	≤2,80	≤4,20	>4,20

Etap 3. Wyznaczenie wartości przebytej drogi przez kabinę w ciągu dnia.

$$s = v * C_j * 3600 = 10800 \text{ m}$$

Etap 4. Wyznaczenie zużycia energii elektrycznej w czasie jazdy dźwigu w ciągu dnia.

$$E_4 = \frac{E_j * s * Q}{1000} = 7290 \text{ Wh}$$

Etap 5. Wyznaczenie zużycia energii podczas postoju kabin w ciągu dnia.

$$E_5 = E_p * C_p = 5880 \text{ Wh}$$

Etap 6. Wyznaczenie sumy zużywanej energii przez dźwig w ciągu dnia.

$$E_{\text{sum}} = E_4 + E_5 = 13170 \text{ Wh}$$

Etap 7. Wyznaczenie klasy efektywności energetycznej dźwigu.

$$E = \frac{E_{sum}}{Q * s} = 1,63 \text{ mWh}/(\text{kg} * \text{m})$$

Obliczoną wartość $E = 1,63 \text{ mWh}/(\text{kg} * \text{m})$ należy zaklasyfikować zgodnie z tabelą 3, przedstawioną poniżej. Oceniane urządzenie dźwigowe znajduje się w klasie C.

Tabela 3

Klasa efektywności energetycznej dźwigu, wg VDI4707 [2]	
Klasa efektywności energetycznej	Kategoria użytkownika
A (wartości ≤)	0,69
B (wartości ≤)	1,10
C (wartości ≤)	1,78
D (wartości ≤)	2,93
E (wartości ≤)	4,87
F (wartości ≤)	8,35
G (wartości >)	8,35

Oceny klasy energetycznej dźwigu w czasie postoju dokonuje się na podstawie wartości zmierzonej mocy czynnej Ep. Dla omawianego przypadku wartość mocy czynnej równa jest 280 W. Wg tabeli 4 dźwig w czasie postoju posiada klasę energetyczną D (≤400W).

Tabela 4

Klasa efektywności energetycznej dźwigu w czasie postoju [2]							
Klasa	A	B	C	D	E	F	G
Zmierzona moc czynna [W]	≤50	≤100	≤200	≤400	≤800	≤1600	>1600

Zaklasyfikowanie dźwigu do trzeciej klasy energetycznej, oznaczonej literą C (wg VDI4707), można uznać za dobry wynik. Duży wpływ na otrzymaną wartość zużycia energii elektrycznej ma niewątpliwie rodzaj zastosowanego sterowania. Poprawa otrzymanego wyniku może zostać uzyskana w chwili, gdy zespół napędowy reduktorowy (typu MF48DX) zostanie na przykład zastąpiony napędem bezreduktorowym.

Dokończenie tekstu ze strony 30

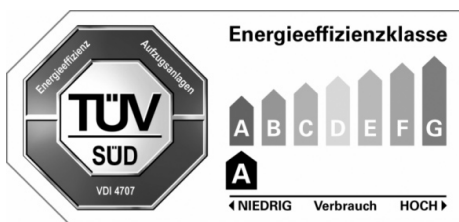
Podsumowanie

Stare dźwigi często charakteryzują się niespotykaną konstrukcją i wzornictwem, często również unikatowymi rozwiązaniami technicznymi. Są zabytkami techniki, lecz pod względem bezpieczeństwa nie mogą być traktowane inaczej niż dźwigi obecnie instalowane. Nie można ich pomijać w procesie działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa dźwigów. Nie należy także pozwolić, by zostały zastąpione nowoczesnymi dźwigami, które często nie pasują do zabytkowego stylu kamienic. W miarę możliwości potrzebna jest modernizacja dźwigów z zachowaniem ich historycznego charakteru i wyglądu. Należy także podjąć próbę zachowania w dobrym stanie unikalnych rozwiązań, które rów-

Podsumowanie

Zakończeniem procesu certyfikacji urządzenia dźwigowego jest sporządzenie etykiety energetycznej (fot. 2), która powinna zostać umieszczona w widocznym miejscu np. w kabinie dźwigu. Warto nadmienić, iż w 2009 roku został wydany pierwszy certyfikat dla dźwigu. Urządzenie zostało poddane wnikliwej ocenie, która w konsekwencji zakończyła się zakwalifikowaniem obiektu do klasy A (najwyższa klasa efektywności energetycznej).

Określenie klasy energetycznej dźwigu powinno być również pomocne właścicielom przy planowaniu stosownych działań modernizacyjnych. Działania modernizacyjne w dźwigach elektrycznych powinny umożliwić wdrażanie efektywnych energetycznie rozwiązań oraz poprawę bezpieczeństwa ich eksploatacji.



Fot. 2. Etykieta energetyczna dźwigu (Photo: TÜV SÜD)[7]

Literatura

1. PN-EN 81-1 2002, *Przepisy bezpieczeństwa dotyczące konstrukcji i instalowania dźwigów osobowych i towarowych oraz dźwigów towarowych małych cz.1. Dźwigi elektryczne.*
2. VDI 4707 – part 1, *Lift Energy efficiency.*
3. ISO/DIS 25745-1, *Energy performance of lifts, escalators and moving walks - Part 1: Energy measurement and conformance.*
4. Projekt E4 – Efektywne energetycznie windy i schody ruchome, EIE-07/111/SI2.466703.
5. Doolaard, D.A., *Energy consumption of different types of lift drives system*, IAEE, Elevator technology 4.
6. Schroeder J., *Energy consumption and power requirements of elevators*, Elevator World.
7. *First certification of energy-efficient lifts by TUV SUD*, 12.05.2009.

nocześnie będą działającymi eksponatami muzealnymi, co jednak nie może odbywać się kosztem bezpieczeństwa. Taki stan rzeczy skłania do poświęcenia uwagi tym często zaniebzanym i zapomnianym urządzeniom, które przypominają o historii zarówno techniki, jak i miasta.

Literatura:

1. Todtleben T., *Dźwigi pionowe, krótki zarys historii o przemyśle dźwigowym w Polsce*, Warszawa 1989.
2. Zbiory Archiwum Państwowego w Krakowie, ul. Sienna 16, 30-960 Kraków, Oddział V – Materiałów Kartograficznych i Dokumentacji Technicznej, ul. Lubicz 25b, 31-503 Kraków.