

Sposoby na poprawę efektywności energetycznej wind

Arkadiusz WĘGLARZ*), Krzysztof KISIEL, Ryszard ZWIERCHANOWSKI **)

W obliczu stale rosnących cen energii zarządzanie nią w budynkach odgrywa coraz większą rolę w planowaniu budżetu. Na temat zarządzania energią ciepłą ukazało się wiele opracowań, których zwięzczeniem jest Ustawa Termomodernizacyjna, dzięki której udało się wyremontować wiele budynków i poprawić ich efektywność energetyczną. Jednocześnie zarówno ustawodawcy, jak i specjaliści, pomijają zazwyczaj temat poprawy efektywności wykorzystania energii elektrycznej.

Dotychczas brakowało zadowalających opracowań, które pokazywałyby jaki jest udział energii elektrycznej w całkowitym bilansie energetycznym budynku. Ponad 30% końcowego zużycia energii elektrycznej w społeczeństwach europejskich pochłaniają budynki z sektora publiczno-usługowego oraz mieszkaniowego. Związane jest to przede wszystkim z dążeniami do poprawy komfortu warunków życia i pracy. W latach 1995-2005 w krajach EU25 wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną wynosił ponad 3% rocznie zaś w kolejnych 15. latach wzrost ten powinien utrzymać się na poziomie około 2%. Istnieją różnorodne możliwości ograniczenia tego wzrostu zużycia energii elektrycznej, bez konieczności obniżania standardu życia czy pracy mieszkańców, ani osób zatrudnionych w wyżej wymienionych sektorach.

Oprócz systemów oświetlenia, wentylacji mechanicznej czy systemów pomp w wielu budynkach znajdują się również windy i schody ruchome. Tą problematyką zajmuje się projekt **E4 – Energooszczędne windy i schody ruchome**, wykonywany przez Krajową Agencję Poszanowania Energii w Warszawie wspólnie z partnerami z pięciu krajów europejskich w ramach programu **Inteligentna Energia – Europa**.

Celem projektu jest wdrażanie efektywnych energetycznie rozwiązań konstrukcyjnych w windach, schodach i chodnikach ruchomych działających w budynkach sektorów: publicznym, usługowym i mieszkaniowym. Wdrażanie takich energooszczędnych rozwiązań ma miejsce zarówno przy okazji modernizacji jak również w nowo wznoszonych budynkach. Na podstawie pomiarów przeprowadzonych na dźwigach i schodach ruchomych w ramach projektu E4 określono jaką część energii zużywają urządzenia transportu

bliskiego i jaka jest struktura tego zużycia. Struktura zużycia przez urządzenia w krajach partnerów programu okazała się zróżnicowana w zależności od wieku jak też stosowanych technologii.

W efekcie przeprowadzonych badań okazało się, że windy zużywają 3% do 8% energii przeznaczonej na utrzymanie danego budynku. Sporym zaskoczeniem dla uczestników projektu była również struktura zużycia energii, bowiem najczęściej jej pobierają podzespoły i urządzenia wcześniej uważane za mało istotne. Potencjał oszczędności w Europie jest bardzo wysoki, gdyż obecnie w krajach Unii Europejskiej EU27 zainstalowanych jest ponad 4,8 mln wind i około 75 tys. schodów i chodników ruchomych. Szacuje się, że w Europie w sektorze mieszkaniowym pracuje ponad 2,9 mln wind co stanowi około 64% ogólnej ilości dźwigów. W sektorze usługowo-biurowym wielkość ta oceniana jest na poziomie 1,4 mln co stanowi około 30% całkowitej ilości dźwigów, a w przemyśle ilość ta wynosi zaledwie 180 tysięcy (4%). Zdecydowanie inna sytuacja ma miejsce w przypadku schodów i chodników ruchomych. Ponad 60 tysięcy takich urządzeń działa w sektorze handlowym, a pozostała część znajduje zastosowanie bezpośrednio w transporcie publicznym (dworce kolejowe i lotnicze, stacje metra itd.). Ocenia się, że całkowite roczne zużycie energii elektrycznej przez wszystkie windy pracujące w 27. krajach Unii Europejskiej oraz Szwajcarii i Norwegii wynosi 18,4 TWh, z czego 6,7 TWh dotyczy sektora mieszkaniowego, 10,9 TWh sektora usługowego, a zaledwie 810 GWh ma związek z przemysłem. Jest to ilość energii równa produkcji dwóch elektrowni węglowych lub jednej atomowej. Choć w sektorze usługowym działa mniej dźwigów niż w mieszkalnictwie, to jednak zużycie energii elektrycznej przez windy pracujące w budynkach usługowych jest znacznie większe niż w budynkach mieszkalnych ze względu na intensywniejszy model użytkowania.

W Polsce obecnie zainstalowanych jest około 70 tysięcy urządzeń, co stanowi mniej niż 2% całkowitej liczby dźwigów w Europie. Przeważająca większość dźwigów znajduje się w zasobach mieszkalnych. Dźwigi te pochodzą z lat 70. i 80. XX wieku. Urządzenia z tego okresu są dźwigami linowymi z napędem dwubiegowym oraz sterowaniem elektromechanicznym realizującym program pracy za

Energia i Budynek

Ocena cech energetycznych

pomocą przekładników. Stosowane wówczas rozwiązania były niezbyt zaawansowane technicznie w stosunku do ówczesnych technologii będących w powszechnym użyciu w Zachodniej Europie. Dzięki temu w krajach tych zapotrzebowanie na energię elektryczną potrzebną do obsługi dźwigu było relatywnie małe.

Producentem wszystkich polskich dźwigów z lat 70. był ZUD, a potem KDO ZREMB, który na początku lat dziewięćdziesiątych przekształcił się w WFD Translift. Wyroby tej firmy, w całości produkowane na polskich komponentach, powstały na bazie przedwojennych konstrukcji (dźwigi tradycyjne), a w późniejszym okresie na zakupionej w Szwecji licencji (dźwigi licencyjne).

Z początkiem lat 90., po transformacji ustrojowej, na polskim rynku pojawiły się dźwigi i podzespoły dźwigowe z krajów Europy Zachodniej. Spowodowało to napływ nowych technologii i rozwiązań takich jak: sterowania mikroprocesorowe oraz napędy hydrauliczne. Także w tym czasie swoją ekspansję na polski rynek rozpoczęły koncerny dźwigowe, m.in. *OTIS* i *Thyssen*. Pod względem technologii koncerny zaczęły wyznaczać nowe trendy technologiczne w technice dźwigowej.

W połowie lat 90. wraz z pojawieniem się techniki tyrystorowej zaczęto stosować w dźwigach falowniki oraz regulatory napięcia ACVV. Jednak prawdziwy rozwój napędów regulowanych przypada na początek XXI wieku, wraz z pojawieniem się technologii cyfrowej w energoelektronice. Wówczas, równocześnie z rozwojem techniki sterowania oraz urządzeń informacyjnych stosowanych w dźwigach, zaczęło wzrastać zużycie energii. Na początku naszego wieku funkcjonował stereotyp, że stosowanie napędów falownikowych oprócz komfortu zapewnia od 40 do 60% wzrostu efektywności względem rozwiązań z napędem bezpośrednim (głównie dwubiegowym).

Kolejny pogląd pochodzący z tego okresu dotyczył dźwigów z napędem hydraulicznym, który definiował, że dźwigi te są wysoce efektywne energetycznie ponieważ pobierają energię tylko przy jeździe w górę, ruch w dół odbywa się pod wpływem siły grawitacji. Poglądy te wynikały jednak bardziej z hasła reklamowych niż rzetelnej analizy energetycznej działania dźwigów.

Wśród ówczesnych sterowań prym wiodły systemy sterowania jednopłytowe oparte na procesorach 8-bitowych, wykonane w wersji ekonomicznej, gdyż w owym czasie cena urządzenia była jedynym kryterium wyboru ofertów.

Co w dźwigu zużywa energię?

Typowy dźwig zarówno linowy, jak i hydrauliczny składa się z wielu podzespołów mechanicznych i układów elektrycznych. Największy wpływ na zużycie energii mają elementy elektryczne, takie jak: szafa sterownicza, falownik, wyświetlacz, wentylacja czy oświetlenie kabiny.

Części dźwigu można podzielić na dwie grupy:

- urządzenia związane bezpośrednio z transportem;
- urządzenia pomocnicze.

Pobór energii przez pierwszą grupę urządzeń można określić jako „energię jazdy”, natomiast grupę drugą jako „energię potrzeb własnych”. Patrząc na strukturę urządzeń i mocy zainstalowanej nasuwa się wniosek, że „energia jazdy” jest dominującą wartością w całkowitym zużyciu energii. Wniosek ten byłby słuszny jedynie w przypadku

dźwigów o bardzo dużej intensywności jazdy, tj. powyżej 400 tys. jazdy rocznie, gdzie udział „energii jazdy” stanowi pomiędzy 40-95% zużycia energii całkowitej. W przypadku dźwigów o intensywności pracy na poziomie 70-120 tys. cykli rocznie „energia jazdy” może stanowić do 25% całkowitego zużycia energii. Resztę energii pochłaniają pozornie nieistotne urządzenia. I tak 10-30% energii zużywa szafa sterownicza z urządzeniami dodatkowymi, natomiast oświetlenie kabiny może zużywać aż do 70% energii. Opisane poniżej instalacje dźwigowe ilustrują przykładowy rozkład poboru mocy.

Przykład 1.

Dźwig 900 kg, 13 przystanków w budynku publicznym w Lublinie zmodernizowany w 2009 roku. Z racji dużego zakładanego obciążenia dźwigu, powyżej 700 tys. jazdy rocznie, prawidłowy dobór podzespołów stanowił o jakości i efektywności dźwigu. Ostatecznie zdecydowano się na następujące rozwiązania:

1. reduktorowy układ napędowy sterowany falownikiem;
2. sterowanie modułowe realizujące wiele zaawansowanych funkcji, takich jak sterowanie jasnością wyświetlaczy czy czasowe wyłączanie oświetlenia;
3. mikroprocesorowy sterownik napędu drzwi kabinowych;
4. oświetlenie LED o wydajności powyżej 70 lm/W w postaci 6 punktów świetlnych o łącznej mocy 18 W;
5. zwiększenie prędkości dźwigu o 20% z 1,0 do 1,2 m/s.

Zastosowanie wyżej wymienionych rozwiązań pozwoliło uzyskać poziom zużycia energii przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników uzyskanych w badaniu dla przykładu 1
(Źródło: zestawienia wyników pomiarów programu E4)

Udział	900 kg
Zużycie energii na cykl	98,78 Wh
Moc pobierana w czasie postoju	127 W
Ilość cykli jazdy/rok (odczytane po roku użytkowania)	900 tys.
Energia potrzeb własnych/rok	0,94 MWh
Energia jazdy/rok	8,94 MWh
Całkowite zużycie energii	9,88 MWh

W omawianym przypadku 90% energii zużywane jest na jazdę. Można było zastosować w tym układzie wciągarkę bezreduktorową, co zmniejszyłoby zużycie „energii jazdy” o 30%, czyli roczne zużycie energii mogłoby być mniejsze o kolejne 3 MWh, za to koszty dźwigu wzrosłyby o około 15%. Gdyby to samo urządzenie było zainstalowane w budynku mieszkalnym, a ilości cykli spadły do typowej wartości, czyli około 70 tys. cykli/rok, zużycie energii przedstawiałoby się w sposób przedstawiony w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie wyników estymacji dla przykładu 1
(Źródło: zestawienia wyników pomiarów programu E4)

Udział	900 kg
Zużycie energii na cykl	98,78 Wh
Moc pobierana w czasie postoju	127 W
Ilość cykli jazdy/rok (odczytane po roku użytkowania)	70 tys.
Energia potrzeb własnych/rok	1,1 MWh
Energia jazdy/rok	0,7 MWh
Całkowite zużycie energii	1,80 MWh

Przykład 3.

Ocenie poddano typowy dźwig licencyjny z lat 70. o udźwigu 500 kg w Spółdzielni Mieszkaniowej „Bródno” w Warszawie.

Zastosowano w nim następujące rozwiązania techniczne bezpośrednio wpływające na zużycie energii elektrycznej:

1. sterowania przekładnikowe, obwód bezpieczeństwa i styczniki zasilane z napięcia 48 V z zasilacza typu transformator + prostownik;
2. wciągarka przekładniowa R-4 z silnikiem 5,5 kW/1,375 do napędu bezpośredniego dwubiegowego;
3. napęd drzwi kabinowych: brak drzwi automatycznych – krzywka elektromagnetyczna 200 W;
4. oświetlenie kabiny za pomocą 2. żarówek po 40 W;
5. wyświetlanie: brak.

Zużycie energii dźwigu z rozwiązaniami technicznymi przedstawionymi powyżej zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wyników uzyskanych w badaniu w przykładzie 3
(Źródło: zestawienia wyników pomiarów programu E4)

Udział	500 kg
Zużycie energii na cykl	83,06 Wh
Moc pobierana w czasie postoju	110 W
Ilość cykli jazdy/rok (odczytane po roku użytkowania)	70 tysięcy
Energia potrzeb własnych/rok	0,99 MWh
Energia jazdy/rok	0,86 MWh
Całkowite zużycie energii	1,85 MWh

W omawianym przypadku 42% energii dźwig zużywa na potrzeby własne. Ze struktury pracy wynika, że blisko 95% czasu jest oczekiwaniami dźwigu na dyspozycję. Zaproponowanym rozwiązaniem zmniejszającym zużycie energii była wymiana oświetlenia na bardziej oszczędne. Trzeba podkreślić, że w windach niezmodyfikowanych bez drzwi kabinowych oświetlenie powinno być włączone przez cały czas, 24 h na dobę. Oświetlenie windy pobiera zatem rocznie ponad 700 kWh, co stanowi około 40% całkowitej energii pobieranej przez dźwig. Analizie, z uwzględnieniem wielu aspektów specyfiki pracy oświetlenia w kabinach dźwigów, poddano wszystkie dostępne na rynku rozwiązania.

Oprócz trwałości brano również pod uwagę odporność na wstrząsy oraz możliwość zastosowania zabezpieczeń przed kradzieżą. Wybór padł na źródła LED, które w najwyższym stopniu spełniają wymienione kryteria. W kabinie omawianego dźwigu zastosowano 2 lampki LED o mocy 3 W każda, zamontowane w specjalnie zaprojektowanych do tego typu aplikacji oprawkach. Dzięki temu uzyskano zmniejszenie zużycia energii o 647 kWh, co stanowi ponad 30% całkowitego, rocznego zużycia energii. Wymiana nie pogorszyła bezpieczeństwa pracy dźwigu, gdyż średnie natężenie oświetlenia na podłodze waha się w okolicach 100 lux, co stanowi dwukrotność wymaganego oświetlenia.

W zeszłym roku zarządy dwóch osiedli wspomnianej spółdzielni mieszkaniowej zdecydowały się na kompleksową wymianę oświetlenia w 240. urządzeniach dźwigowych. Inwestycja w oświetlenie zwróciła się już po roku użytkowania, a przez blisko pięć kolejnych lat układy oświetleniowe wygenerują dodatkowe środki finansowe. Poziomie 0,65 MWh/rok po przeliczeniu na zaoszczędzone pieniądze nie jest

Energia i Budynek

Ocena cech energetycznych

W tym przypadku zastosowanie wciągarki bezreduktorowej również spowodowałoby redukcję „energii jazdy” o 30%, jednak faktyczne zużycie energii byłoby mniejsze jedynie o 210 kWh/rok. Dlatego też bardziej opłacalne byłoby tu zainwestowanie w dodatkowe funkcje usypiania dźwigu w czasie długiego postoju, co pozwoliłoby na dalszą redukcję poboru mocy o 1 MWh/rok, przy wykorzystaniu funkcji dostępnych w niektórych systemach sterowaniach.

Przykład 2.

Dźwig 400 kg, 8 przystanków, o prędkości 0,63 m/s.

W dźwigu zastosowano następujące podzespoły i układy:

1. sterowanie mikroprocesorowe z falownikiem pracującym w zamkniętej pętli, obwód bezpieczeństwa i styczniki zasilane z napięcia 230 V z zasilacza tradycyjnego;
2. wciągarkę bezreduktorową, silnik synchroniczny o mocy 4,5 kW do napędu falownikowego z enkoderm;
3. do napędu drzwi kabinowych – silnik prądu stałego ze sterownikiem mikroprocesorowym;
4. oświetlenie kabiny za pomocą świetlówek kompaktowych o mocy około 72 W (4x18 W).

Zużycie energii dźwigu dla tego przypadku przedstawiono w zestawieniu zamieszczonym w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie wyników uzyskanych w badaniu do przykładu 2
(Źródło: zestawienia wyników pomiarów programu E4)

Udział	400 kg
Zużycie energii na cykl	14,03 Wh
Moc pobierana w czasie postoju	315 W
Ilość cykli jazdy/rok (odczytane po roku użytkowania)	70 tysięcy
Energia potrzeb własnych/rok	3,4 MWh
Energia jazdy/rok	0,06 MWh
Całkowite zużycie energii	3,46 MWh

W omawianym przypadku 98% energii dźwig zużywa na potrzeby własne; ze struktury pracy wynika, że blisko 95% czasu jest oczekiwaniami dźwigu na dyspozycję. Wymiana oświetlenia oraz zastosowanie bardziej sprawnego układu sterowania o podobnym poziomie poboru mocy do sterowania z poprzedniego przykładu pozwoliłoby zaoszczędzić przynajmniej 2,2 MWh/rok.

Na podstawie powyższych przykładów można stwierdzić, że dobór komponentów, który pozwoliłby uzyskać zadowalającą efektywność za rozsądną cenę jest niewątpliwie trudnym zadaniem.

Wiedza na temat efektywności energetycznej w dźwigach nie jest powszechna, a dostęp do informacji jest niełatwy. Najpełniejszą wiedzę posiadają uczestnicy konsorcjum programu E4 w Polsce, tj. Krajowa Agencja Poszanowania Energii wraz z partnerami, którzy mają wystarczającą wiedzę i narzędzia by przeprowadzić pełną analizę i zoptymalizować warunki jakie powinny spełniać windy w danej instalacji.

Dotychczasowa analiza dotyczyła opcji pełnej modernizacji. Natomiast w sytuacji gdy zdecydowano było już wcześniej remontowane lub ograniczony budżet nie pozwala na przeprowadzenie pełnej modernizacji, możliwe jest wprowadzenie niedrogić usprawnień, które w perspektywie czasu wygenerują dodatkowe środki na ewentualny remont urządzeń w przyszłości.

22

wartością imponującą, jednak po przemnożeniu przez liczbę dźwigów znajdujących się w zasobach spółdzielni, w tym przypadku. 240 urządzeń, daje to już oszczędność energii elektrycznej 15 MWh/rok, czyli zmniejszenie kosztów eksploatacji około 72 tys. złotych (wynik określony na podstawie dzisiejszych cen energii elektrycznej).

Tabela 5. Porównanie charakterystyk najbardziej typowych źródeł światła
(Źródło: de Almeida et al. 2009: Technology Assessment)

Typ źródła światła	Długość życia (godziny)	Wydajność świetlna (lm/W)
Żarówka	750–2,000	10–18
Żarówka halogenowa	3,000–4,000	15–20
Świetlówka kompaktowa (CFL)	8,000–10,000	35–60
Świetlówka liniowa	20,000–30,000	50–100
Białe diody LED wysokiej mocy	35,000–50,000	30–150

Oświetlenie LED jest technologią nienową, a jednak do niedawna kojarzyło się głównie z zastosowaniami dekoracyjnymi. Efektownie przeszklone drzwi w wtopionych w tafle szklaną punktami świetlnymi, czy też efekt gwiazdzonego nieba zrealizowany za pomocą setek diod to tylko przykłady zastosowań techniki LED, w jakich prześcigają się od dawna projektanci. Tymczasem rozwój technologii High Power LED od niedawna umożliwił o wiele szersze zastosowanie lamp diodowych. Nowa generacja źródeł światła LED charakteryzuje się wydajnością świetlną powyżej 80 lm/W i mocy do 15 Watt, a w przypadku konstrukcji modułowych nawet do 300 i więcej Watt.

W tej chwili na rynku dostępnych jest wiele typów i odmian lampek LED. Zdecydowaną większość z nich stanowią rozwiązania, które w prosty sposób można zastosować do istniejących już opraw. Jednakże moc tych lamp nie przekracza 3 Watt, a w wielu przypadkach moc świetlna podawana jest w ilości diod LED w jednej obudowie. W efekcie, wytwarzana moc świetlna jest relatywnie mała. Co więcej, chociaż w złączu LED 90% dostarczanej

Ocena cech energetycznych

energii zamieniana jest na światło, to w układach wieloelementowych kumulacja ciepła może nie tylko skrócić czas świecenia, lecz z upływem czasu zmniejszyć też ilość generowanego światła. Dopiero zastosowanie odpowiednich zasilaczy oraz konstrukcji obudów zapewniających prawidłowe parametry pracy są w stanie zagwarantować naprawdę długą żywotność lamp LED.

Niedawno do szerokiej oferty lamp LED dołączyły również profesjonalne rozwiązania dedykowane dla techniki dźwigowej. Kompaktowa konstrukcja źródeł światła zapewnia dużą trwałość i stabilność ich pracy, a zwarty system mocowania umożliwia łatwy montaż oraz zapobiega uszkodzeniom i kradzieżom. Lampy te są dedykowane zarówno dla nowych jak i modernizowanych dźwigów. Można je stosować również w istniejących kabinach drewnianych. W chwili obecnej w ofercie producentów znajduje się wiele typów lamp; od źródeł 3 Watt będących odpowiednikiem halogenów o mocy 25 Watt, aż do lampy 15 Watt przewyższającej pod względem natężenia światła żarówkę 100 Watt.

W niniejszym artykule udało się jedynie zasygnalizować problematykę związaną z efektywnością energetyczną dźwigów osobowych. Na podstawie doświadczeń zdobytych w ramach pracy w programie E4 oraz wieloletniej praktyki projektowej autorzy mogą stwierdzić, że pod względem efektywności energetycznej niemal każde urządzenie jest niepowtarzalne. Projektowanie wydajniejszych dźwigów o lepszych parametrach energetycznych jest zagadnieniem stosunkowo nowym i niewątpliwie złożonym. Dlatego też przy wyborze technologii należy rozważyć wiele aspektów technicznych, tak aby urządzenie mogło efektywnie pracować przez długi czas, a koszty eksploatacyjne były relatywnie niskie.

W powyższym artykule wykorzystano materiały oraz wyniki pomiarów zgromadzone w ramach projektu E4, a udostępnione przez Krajową Agencję Poszanowania Energii S.A. w Warszawie.