

Arkadiusz DOBRZYCKI\*

## WPLYW WYPOSAŻENIA KOMPUTEROWEGO NA PARAMETRY ENERGII ELEKTRYCZNEJ W PRZEDSIĘBIORSTWACH

Niniejsza praca dotyczy analizy poboru mocy i wpływu na parametry energii elektrycznej stanowisk komputerowych. Przeanalizowano dwa przypadki: stanowisko z komputerem stacjonarnym i stanowisko z laptopem. Porównano pobór prądu, mocy czynnej i biernej, współczynnik mocy i udział harmonicznych prądu i napięcia. Wskazano wady i zalety stosowania obu rodzajów stanowisk komputerowych w kontekście użytkowania energii elektrycznej.

SŁOWA KLUCZOWE: zużycie energii elektrycznej, parametry energii elektrycznej, komputery w bilansie energetycznym

### 1. WPROWADZENIE

W obecnych czasach komputery są podstawowym narzędziem pracy w biurach. Wykonywane przez nie zadania mogą być nieskomplikowane (nie wymagające dużej mocy obliczeniowej, np. przygotowywanie dokumentów) lub charakteryzujące się dużą złożonością obliczeniową (np. komputerowe wspomaganie projektowania). Taka różnorodność zadań sprawia, że dostępnych jest wiele typów komputerów dedykowanych do określonych zastosowań: od ultrabooków (komputerów przenośnych o niskim poborze energii), przez laptopy (komputery przenośne ogólnego zastosowania) i desktopy (typowe komputery stacjonarne) po wydajne stacje robocze (przenośne i stacjonarne).

Mimo tak szerokiego spektrum rozwiązań urządzenia te mają jedną, zasadniczą z elektrycznego punktu widzenia cechę: są to odbiorniki nieliniowe o zmiennej wartości obciążenia. Nieliniowość związana jest z obecnością układów prostownikowych w zasilaczach, z kolei zmienność obciążenia powiązana jest ze sposobem pracy – złożone zadania obliczeniowe wymagają zwiększonego poboru mocy. Ponadto, współczesne komputery, szczególnie przenośne, wyposażone są w zaawansowane rozwiązania techniczne pomagające optymalizować (minimalizować) zużycie energii.

Ponadto w przypadku dużych przedsiębiorstw, zwłaszcza handlowych, usługowych czy uczelni, komputery stanowią znaczny odsetek wykorzystywanych

---

\* Politechnika Poznańska.

urządzeń. Właściwy dobór sprzętu komputerowego, nie tylko pod kątem wydajności, ale również zużycia energii elektrycznej może przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej, co bezpośrednio wpływa na koszty działalności przedsiębiorstwa.

Powyższe zagadnienia rozpatrywane są głównie w kontekście wymagań prawnych [6, 14] i dotyczą wybranych zagadnień oddziaływania na sieć, np. poprzez emisję harmonicznych [1], lub optymalnego wykorzystania zamówionej mocy i energii elektrycznej [3].

Niniejsza praca dotyczy zagadnienia szacowania poboru mocy i wpływu współczesnych komputerów na parametry zasilania pozostałych odbiorników. Pokazane zostaną różnice między przykładowym komputerem stacjonarnym, a laptopem.

## **2. PRZYKŁADOWE WYNIKI POMIARÓW**

### **2.1. Sposób prowadzenia pomiarów**

Badania przeprowadzono dla dwóch komputerów stacjonarnego i przenośnego. Zestaw stacjonarny składał się z: jednostki centralnej, monitora, klawiatury i myszy. Natomiast badany laptop był przedstawicielem segmentu DTR (ang. desktop replacement), czyli miał zastępować komputer stacjonarny.

Badania przeprowadzono dla zmiennego cyklu obciążenia obejmującego: rozruch systemu, pracę z tekstem, przeglądanie stron internetowych oraz dla celów rejestracji maksymalnej mocy pobieranej przez system uruchomiono testy syntetyczne analizujące wydajność zestawu [8].

Spośród rejestrowanych parametrów do analizy wybrano: zmiany w czasie poboru prądu i współczynnika mocy oraz harmoniczne prądu i napięcia. Celem analizy takiego wyboru parametrów jest odpowiedź na pytanie jakie zmiany może spowodować wymiana komputerów stacjonarnych na przenośne. Przy czym analizowany będzie pobór prądu w kontekście minimalizacji zużycia energii elektrycznej oraz parametry zasilania w kontekście wpływu dużej liczby komputerów na instalację elektryczną.

Do pomiarów użyto analizatora parametrów sieci elektroenergetycznej Fluke 434 [5], natomiast do analizy wykorzystano oprogramowanie FlukeView oraz arkusz kalkulacyjny Excel.

### **2.2. Wyniki pomiarów dla komputera stacjonarnego**

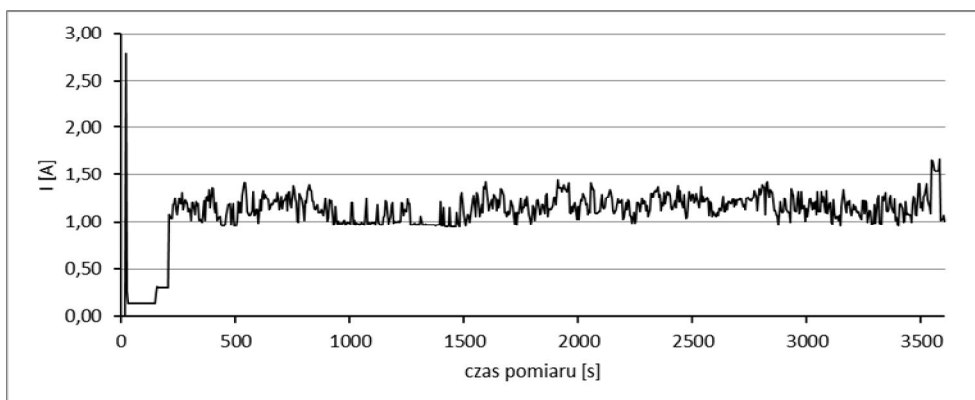
Analizowany zestaw komputerowy składał się z: procesora Intel® Core™ i7 950, 6 GB RAM, 1 TB HDD, monitora 22". Elementy podłączone były do listwy zasilającej, a parametry energii elektrycznej mierzono na jej wejściu.

Zasilacz jednostki centralnej tego komputera, o mocy 500W, wyposażony był w aktywny system poprawy współczynnika mocy PFC (ang. Power Factor Correction). Tego typu zasilacze mają gwarantować wartość współczynnika mocy zbliżony, często równy jedności.

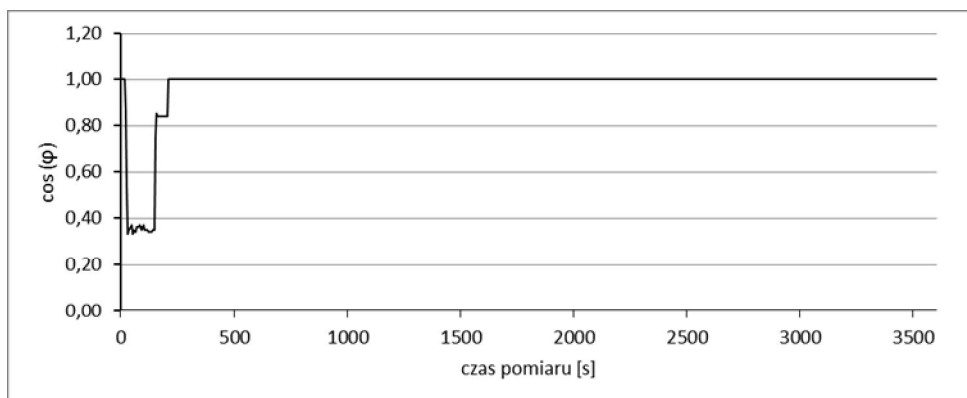
Z kolei TDP (ang. Thermal Design Power), czyli moc, którą procesor pobiera (i oddaje w postaci ciepła) [4], dla rozpatrywanego układu wynosi 130W i jest to najbardziej energochłonny element zestawu.

Taka konfiguracja, w związku z brakiem dodatkowego wyposażenia w postaci np. wydajnej karty graficznej, powinna skutkować poborem prądu w okolicach  $1,0 \div 1,5$  A.

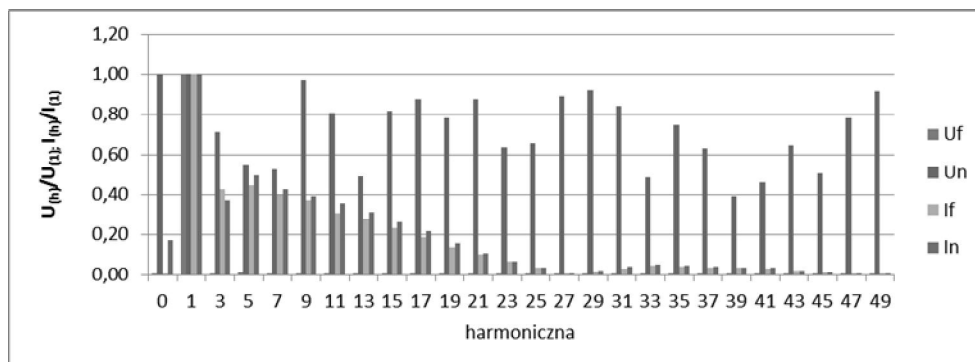
Na rysunkach 1÷3 przedstawiono odpowiednio: zmiany wartości skutecznej pobieranego prądu w czasie próby, zmiany współczynnika mocy w czasie próby, udział poszczególnych harmonicznych prądu i napięcia w przewodzie fazowym i neutralnym.



Rys. 1. Przykładowe zmiany wartości skutecznej prądu w czasie próby dla komputera stacjonarnego



Rys. 2. Przykładowe zmiany współczynnika mocy w czasie próby dla komputera stacjonarnego



Rys. 3. Przykładowy udział poszczególnych harmonicznych w czasie próby dla komputera stacjonarnego, gdzie:  $U_{(h)}$  – zawartość h-tej harmonicznej napięcia,  $U_{(1)}$  – zawartość 1-szej harmonicznej napięcia,  $I_{(h)}$  – zawartość h-tej harmonicznej prądu,  $I_{(1)}$  – zawartość 1-szej harmonicznej prądu,  $U_f$  – zawartość poszczególnych harmonicznych napięcia w przewodzie fazowym,  $U_n$  – zawartość poszczególnych harmonicznych napięcia w przewodzie neutralnym,  $I_f$  – zawartość poszczególnych harmonicznych prądu w przewodzie fazowym,  $I_n$  – zawartość poszczególnych harmonicznych prądu w przewodzie neutralnym

Wynik pomiarów są zgodne z oczekiwaniami: pobór prądu zawiera się w przedziale od 1,0 do 1,5 A ze sporadycznymi przekroczeniami górnej granicy tego przedziału. Jedynym momentem znacznie większego poboru prądu jest rozruch komputera. System korygowania współczynnika mocy utrzymuje jego wartość na poziomie 1. Podobnie jak poprzednio jedynym znaczącym wyjątkiem jest moment startu.

Natomiast szczególnie duża jest zawartość wyższych harmonicznych napięcia w przewodzie neutralnym oraz wyższych harmonicznych prądu występujących zarówno w przewodzie fazowym jak i neutralnym.

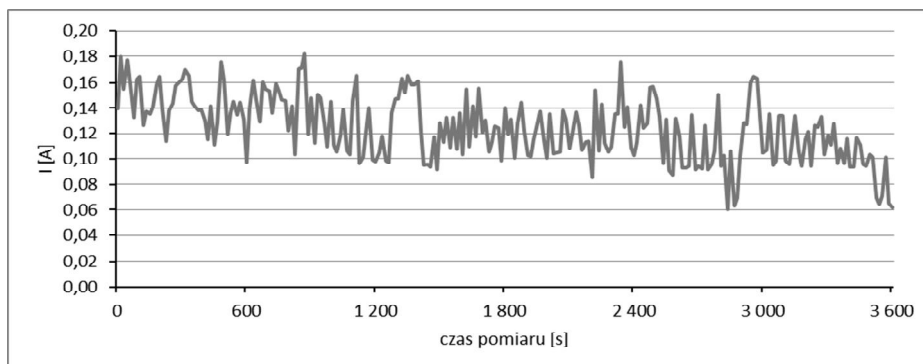
### 2.3. Wyniki pomiarów dla komputera przenośnego

Analizowany laptop wyposażony był o niskonapięciowy procesor Intel<sup>®</sup> Core<sup>™</sup> i7-3537U, 8 GB RAM, 1 TB HDD oraz matrycę o przekątnej 17,3". Parametry mierzono na wejściu zasilacza o mocy znamionowej 65 W.

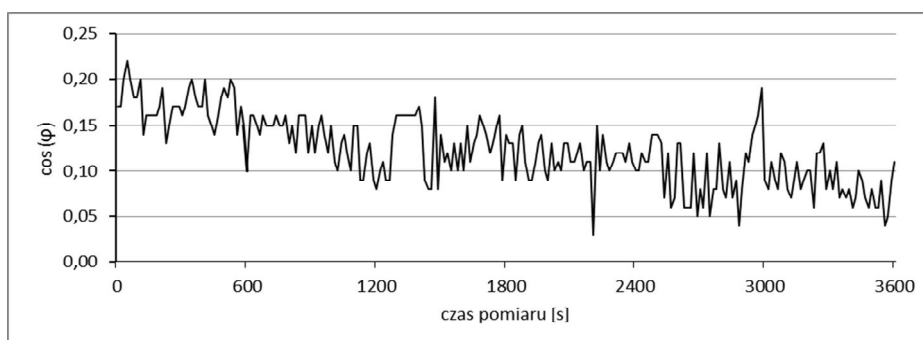
Oprócz zasilacza (brak PFC) istotną różnicą było TDP procesora, które stanowiło 13% mocy pobieranej przez procesor komputera stacjonarnego i wynosiło 17 W [2].

Wstępna analiza, przeprowadzona po pomiarach dla komputera stacjonarnego sugerowała oczekiwać poboru prądu w okolicach 0,15 A.

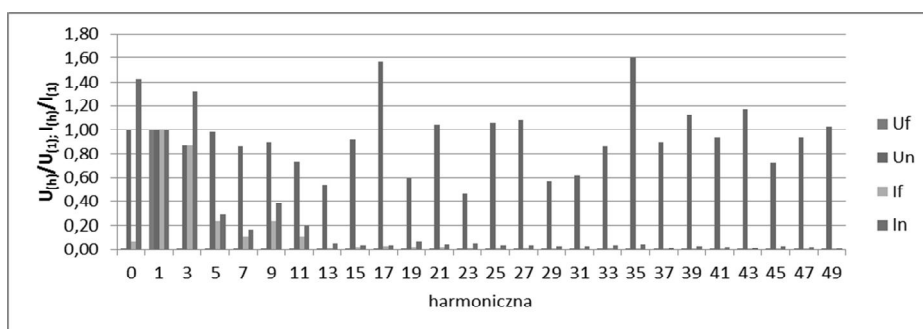
Na rysunkach 4÷6 przedstawiono odpowiednio: zmiany wartości skutecznej pobieranego prądu w czasie próby, zmiany współczynnika mocy w czasie próby, udział poszczególnych harmonicznych prądu i napięcia w przewodzie fazowym i neutralnym.



Rys. 4. Przykładowe zmiany wartości skutecznej prądu fazowego w czasie próby dla komputera przenośnego



Rys. 5. Przykładowe zmiany współczynnika mocy w czasie próby dla komputera przenośnego



Rys. 6. Przykładowy udział poszczególnych harmonicznych w czasie próby dla komputera przenośnego, gdzie:  $U_{(h)}$  – zawartość h-tej harmonicznej napięcia,  $U_{(1)}$  – zawartość 1-szej harmonicznej napięcia,  $I_{(h)}$  – zawartość h-tej harmonicznej prądu,  $I_{(1)}$  – zawartość 1-szej harmonicznej prądu,  $U_f$  – zawartość poszczególnych harmonicznych napięcia w przewodzie fazowym,  $U_n$  – zawartość poszczególnych harmonicznych napięcia w przewodzie neutralnym,  $I_f$  – zawartość poszczególnych harmonicznych prądu w przewodzie fazowym,  $I_n$  – zawartość poszczególnych harmonicznych prądu w przewodzie neutralnym

W przypadku komputera przenośnego o testowanej konfiguracji ukazuje się przewaga technologii niskonapięciowej w zakresie minimalizacji poboru prądu, a więc i poboru mocy. Wartość tego prądu zawiera się w przedziale od 0,08 do 0,16 A ze sporadycznymi przekroczeniami granic powyższego przedziału.

Natomiast niekorzystnie przedstawiają się wynik pomiarów współczynnika mocy o wartościach poniżej 0,2. Również zawartość harmonicznych jest znaczna, szczególnie w przewodzie neutralnym niektóre z nich przekraczają wartość harmonicznej podstawowej.

### 3. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

Analizując wyniki pomiarów należy zwrócić uwagę na dwa aspekty:

- sposób pracy obu typów komputerów,
- zasadność porównywania wartości bezwzględnych.

W przypadku sposobu pracy komputerów nie należy zapominać, że komputer przenośny może pracować bez źródła zasilania. Dla laptopów segmentu DTR zwykle czas ten nie przekracza 3h przy średnim obciążeniu. Drugą konsekwencją obecności baterii w laptopie jest zwiększony pobór prądu w trakcie ładowania baterii. Natomiast pobór prądu komputerów stacjonarnych wykorzystywanych do typowych zadań biurowych jest bardziej stabilny.

Z kolei porównywanie wartości bezwzględnych ma sens w przypadku analizy licznej grupy komputerów. Jednostkowo testowany laptop pobierał 12% prądu i 1,5% mocy czynnej komputera stacjonarnego. A pobór mocy biernej laptopa wynosił 30 Var i był pomijalnie mały.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki symulacji zmian w obciążeniu instalacji wskutek wymiany 100 komputerów stacjonarnych na laptopy.

Tabela 1. Symulacja spodziewanych zmian w obciążeniu instalacji po zamianie 100 komputerów stacjonarnych na laptopy

Wielkość mierzona	Stacjonarny		Laptop		Różnica	
	dla 1 szt.	dla 100 szt.	dla 1 szt.	dla 100 szt.	dla 1 szt.	dla 100 szt.
<b>I [A]</b>	1,13	113	0,13	13	-1	-100
<b>cos (φ)</b>	1	1	0,12	0,12	0,88	0,88
<b>P [kW]</b>	0,26	26	0,004	0,4	- 0,256	-25,6
<b>Q [kVar]</b>	0	0	0,030	3,0	0,030	3,0

Analizując grupę 100 jednostek należy zauważyć, że wymiana komputerów stacjonarnych na przenośne pozwala zmniejszyć pobór mocy o ponad 25 kW przy

jednoczesnym wzroście poboru mocy biernej o 3 kVar. Wartości te mogą być znaczące w ogólnym bilansie mocy przedsiębiorstwa.

Odrębnym zagadnieniem, jest udział harmonicznych. W obu przypadkach udział ten jest duży szczególnie w przewodzie neutralnym i wymaga odpowiedniego doboru przekroju przewodu neutralnego [7].

#### 4. PODSUMOWANIE

Przyczynkiem do przeprowadzenia przedstawionej analizy była tendencja do wymiany komputerów stacjonarnych na przenośne, zwłaszcza w niewielkich przedsiębiorstwach. Trend taki pojawił się w momencie zrównania cen sprzętu stacjonarnego i przenośnego. Komputer przenośny zajmuje mniej miejsca, zużywa mniej energii i może być używany poza stanowiskiem pracy. Ponadto, zwykle komputer jest włączany po przyjściu do pracy i wyłączany na koniec dnia. Komputer przenośny, gdy nie jest wykorzystywany zużywa znacznie mniej energii niż komputer stacjonarny.

Przeprowadzone pomiary oraz symulacje potwierdzają zasadność takiego postępowania. W przypadku wykorzystania 100 komputerów zapotrzebowanie na moc znacznie spada, a więc zmniejszą się koszty energii elektrycznej przedsiębiorstwa. Negatywnym skutkiem takich działań jest wzrost poboru mocy biernej.

Jednakże zasadniczym problemem dla przedsiębiorstwa są koszty dodatkowe jakie musi spełniać stanowisko komputerowe. Archaiczne przepisy bhp dotyczące stanowisk komputerowych pochodzą z roku 1998 i od tego czasu nie były aktualizowane [9]. Aby laptop spełniał te warunki musi być wyposażony w odrębną klawiaturę i monitor. Powoduje to podniesienie ceny zestawu o co najmniej 400 zł [12]. Te dodatkowe koszty zostaną pokryte, gdy różnica zużycia energii przekroczy 1 MWh w przypadku taryf z grupy C lub B [10]. nastąpi to po około dwóch latach. Powyższa analiza jest szacunkowa, gdyż uwzględnia tylko koszt energii elektrycznej, a pomija ewentualne zmniejszenie pozostałych opłat związanych chociażby z przesyłem energii oraz ewentualnego zmniejszenia mocy zapotrzebowanej.

#### LITERATURA

- [1] Bednarek K., Kasprzyk L.: Suppression of higher harmonic components introduction to the networks and improvement of the conditions of electric supply of electrical equipment, *Przegląd Elektrotechniczny*, No 12b, 2012, s. 236-239.
- [2] Dane techniczne procesorów Intel, <http://ark.intel.com/>, dostęp: 16.02.2014.
- [3] Dobrzycki A., Influence of equipment modernization to parameters of electricity, *Computer Applications in Electrical Engineering*, Vol 11, Poznan 2013, ss. 440-446.

- [4] Measuring Processor Power: TDP vs. ACP, <http://www.intel.com/content/www/us/en/benchmarks/resources-xeon-measuring-processor-power-paper.html?wapkw=tdp,2011>, Intel, dostęp: 16.02.2014.
- [5] Mierniki jakości energii elektrycznej, [www.fluke.com](http://www.fluke.com), dostęp: 20.11.2012.
- [6] PN-EN 50160, Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych.
- [7] PN-IEC 60364-5-523:2001P Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Obciążalność prądowa długotrwała przewodów .
- [8] Program do testowania wydajności komputerów PC MARK, <http://www.futuremark.com/benchmarks/pemark>, dostęp: 16.10.2013 .
- [9] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SOCJALNEJ z dnia 1 grudnia 1998 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe. (Dz.U. 1998 nr 148 poz. 973 z dnia 10 grudnia 1998 r.).
- [10] Taryfy dla biznesu, <http://www.enea.pl/4/energia-dla-biznesu/srednia-firma/pakiet-ekonomiczny-130.html>, dostęp: 16.02.2014.
- [11] Ustawa Prawo energetyczne, Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348 z późn. zmianami.
- [12] Wyszukiwarka cen <http://www.ceneo.pl>, dostęp: 16.02.2014.

#### **THE INFLUENCE OF COMPUTER EQUIPMENT TO THE PARAMETERS OF ELECTRICITY IN COMPANIES**

This paper concerns the analysis of power consumption and influence on the parameters of electricity computer workstations. We analyzed two cases: stand of a desktop computer and a laptop . We compared current consumption active and reactive power consumption, power factor, and participation current and voltage harmonics. Pointed out advantages and disadvantages of the use of both types of computer workstations in the context of the use of electricity.