

■ Biała Księga ekspertów w zapewnianiu ciągłości funkcjonowania systemów o znaczeniu krytycznym dla przedsiębiorstw.

Energy Logic: strategia zmniejszania zużycia energii w centrach danych metodą kaskadową

Przeprowadzone badania modelowe wykazują, że ograniczenie zużycia energii na poziomie sprzętu informatycznego wywołujące efekt kaskadowy w systemach pomocniczych ma największy wpływ na ogólne zużycie energii.

Streszczenie

Metody poprawy wydajności energetycznej centrów danych są promowane przez rozmaite instytucje, konsultantów czy sprzedawców. Metody te obejmują wiele aspektów począwszy od oświetlenia zakładu do projektów systemów chłodzących i są przydatne w niektórych firmach w celu ograniczenia lub odwrócenia tendencji wzrostowych zużycia energii przez centra danych. Jednakże w większości organizacji nadal brak spójnego i całościowego podejścia do redukcji zużycia energii w centrach danych.

Firma Emerson Network Power dokonała analizy i uszeregowała dziesięć najważniejszych możliwości oszczędzania energii, po czym zastosowała każdą z nich w praktyce na modelu realnego centrum danych o powierzchni 470 m² działającym w oparciu o rzeczywiste technologie i parametry robocze. Badania modelowe umożliwiły firmie Emerson Network Power określenie ilościowe oszczędności poszczególnych działań na poziomie systemu oraz określenie, w jaki sposób redukcja energii w niektórych systemach wpływa na jej zużycie przez systemy pomocnicze.

Przeprowadzone badania modelowe wykazują, że ograniczenie zużycia energii na poziomie wyposażenia informatycznego ma największy wpływ na ogólne zużycie energii, gdyż wywołuje efekt kaskadowy we wszystkich systemach pomocniczych. Badania doprowadziły do sformułowania koncepcji "Energy Logic" – uniwersalnej mapy drogowej, niezależnej od dostawcy, służącej do optymalizacji wydajności energetycznej centrów danych, poczynając od wyposażenia informatycznego i przechodząc do infrastruktury wspierającej. W niniejszej pracy opisano, w jaki sposób „Energy Logic” może przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii przez centrum danych o 50% lub więcej, bez ograniczania jego wydajności i dostępności.

Dodatkową zaletą takiego podejścia jest wyeliminowanie trzech najbardziej istotnych ograniczeń, wobec jakich stają obecnie menedżerowie centrów danych: zasilania, chłodzenia i przestrzeni. W badanym modelu 10 koncepcji zawartych w Energy Logic uwolniło dwie trzecie powierzchni zabudowy, jedną trzecią mocy zasilaczy UPS i 40% mocy chłodzenia.

Każda z technologii wykorzystanych w metodologii Energy Logic jest aktualnie dostępna, a wiele z nich może być wdrożonych w centrach danych jako całość podstawowego nowocześniejszego lub modernizacji technologicznej zmniejszającej nakłady kapitałowe.

Wykonane badania modelowe wykazały również pewne luki w istniejących technologiach, których zniwelowanie może przyczynić się do zwiększenia oszczędności energii i pomóc przedsiębiorstwom w podejmowaniu lepszych decyzji odnośnie najbardziej wydajnych technologii dla konkretnego centrum danych.

Wstęp

Wskutek rosnącego wpływu zużycia energii przez centra danych oraz rosnących kosztów energii, znaczenie wydajności energetycznej centrów danych urosło do rangi strategii ograniczania kosztów, zarządzania wydajnością i większej odpowiedzialności za środowisko.

Zużycie energii centrów danych wzrosło w niemal każdej organizacji wskutek zapotrzebowania na większą wydajność obliczeń i centralizację środków informatycznych. W latach od 2002 do 2006, światowe ceny energii elektrycznej wzrosły o 56%.

Konsekwencje finansowe są znaczące: szacunkowe koszty rocznego zużycia energii centrów danych np. w USA sięgają obecnie 3,3 miliardów dolarów.

Tendencja wzrostu energii nie pozostała bez wpływu na wydajność centrów danych. Według przeglądu DCUG® (grupa użytkowników centrów danych złożona z wpływowych menedżerów centrów danych) z jesieni 2007 roku głównym czynnikiem wymienianym przez 46% respondentów ograniczającym wzrost były ograniczenia energetyczne.

Ograniczenie poboru energii - oprócz względów natury finansowej i wydajności centrów danych - stało się priorytetem organizacji poszukujących ograniczenia swojego wpływu na środowisko.

Istnieje co do tego ogólna zgoda, że poprawa wydajności centrów danych jest możliwa.

Agencja Ochrony Środowiska (EPA) w swoim raporcie dla Kongresu USA stwierdza, że wprowadzenie dobrych praktyk może przyczynić się do ograniczenia poboru energii przez centra danych o połowę do 2011 roku.

Raport EPA podaje listę 10 najważniejszych dobrych praktyk zdefiniowanych przez Lawrence Berkeley National Lab. Inne organizacje, w tym Emerson Network Power, rozpowszechniały podobne informacje i istnieją dowody, że niektóre z dobrych praktyk są wprowadzane w życie.

Według badania DCUG przeprowadzonego wiosną 2007 centra danych 77% respondentów usytuowane były w konfiguracji gorącego korytarza/zimnego korytarza w celu poprawy wydajności chłodzenia; 65% stosowało panele tłumiące w celu ograniczenia recyrkulacji podgrzanego powietrza, a 56% stosowało izolację cieplną podłogi w celu ograniczenia strat energii chłodzenia.

Mimo to brak jest nadal obiektywnej, niezależnej od dostawcy metody oceny możliwości zwiększenia wydajności energetycznej systemów centrów danych. Utrudnia to menedżerom centrów danych ustalenie odpowiednich priorytetów dla podjęcia wysiłków w celu poprawy wydajności i przystosowanie najlepszych praktyk do wyposażenia i procedur stosowanych w centrach danych.

Niniejsza praca eliminuje tę lukę przez nakreślenie całościowego podejścia do ograniczenia zużycia energii w oparciu o analizę ilościową umożliwiającą zmniejszenie zużycia energii centrów danych o połowę lub więcej.

Zużycie energii centrum danych niemal każdej organizacji jest wynikiem zapotrzebowania na coraz większe zdolności obliczeniowe i większą centralizację wyposażenia informatycznego.

Rozróżnienie pomiędzy zapotrzebowaniem i dostawą w zużyciu energii jest bardzo istotne, ponieważ zmniejszenie wykorzystania energii po stronie zapotrzebowania ma kaskadowy wpływ po stronie dostaw energii.

Zużycie energii przez centra danych

Pierwszym krokiem uszeregowania możliwości oszczędności energii pod względem ważności było pełne zrozumienie poziomu zużycia energii przez centrum danych.

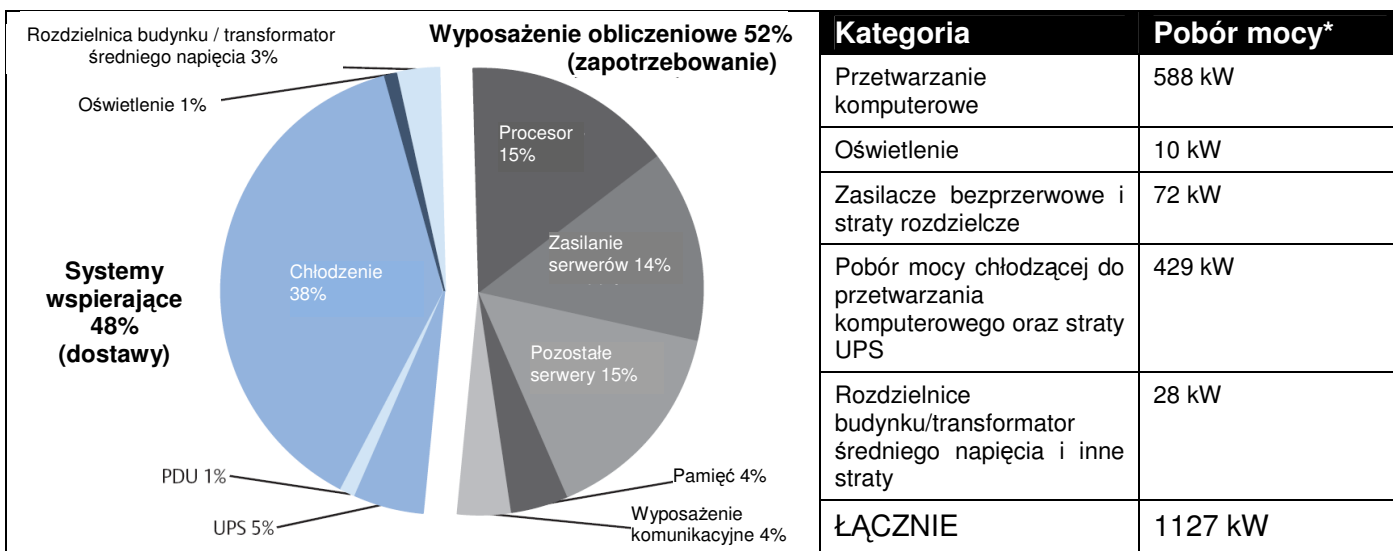
Modelowe badanie zużycia energii przez typowe centrum danych o powierzchni 470 m² wykonane przez Emerson Network Power umożliwiło analizę zużycia energii w obiekcie (rys. 1). Wykorzystanie zużywanej energii sklasyfikowano albo jako "strona zapotrzebowania", albo "strona dostaw energii".

Systemy po stronie zapotrzebowania to serwery, pamięci, urządzenia komunikacyjne i inne systemy informatyczne wspierające działalność biznesową. Systemy po stronie dostaw energii służą do wspierania strony zapotrzebowania.

W niniejszej analizie systemy po stronie zapotrzebowania obejmujące procesory, zasilacze serwerów, inne komponenty serwerów, systemy pamięci i sprzęt komunikacyjny odpowiadają za 52% całkowitego poboru energii. Systemy po stronie dostaw energii obejmujące zasilacze bezprzerwowe (UPS), systemy dystrybucji zasilania, chłodzenie, oświetlenie i aparaturę rozdzielczą budynku odpowiadają za 48% zużycia energii.

Informacje dotyczące centrum danych, jego infrastruktury i parametrów roboczych, na których oparto analizę, przedstawiono w załączniku A. Należy zauważyć, że każde centrum danych jest inne i potencjał oszczędności energii będzie również inny. Mimo to, analiza umożliwi przynajmniej przybliżone porównanie rzędu wielkości ograniczenia zużycia energii przez centra danych.

Rozróżnienie pomiędzy zapotrzebowaniem i dostawą w zużyciu energii jest cenne, ponieważ zmniejszenie wykorzystania energii po stronie zapotrzebowania ma kaskadowy wpływ na stronę dostawy energii. Na przykład, w centrum danych o powierzchni 470 m² wykorzystanym w analizie zużycia energii, zmniejszenie o 1 W na poziomie komponentu serwera (procesor, pamięć, twardy dysk, itd.) powoduje dodatkowe oszczędności 1,84 W w zasilaniu, systemie rozdziału zasilania, systemie UPS, systemie chłodzenia i rozdzielnicy wejściowej budynku oraz transformatorze średniego napięcia (rys. 2).



Rys. 1. Analiza typowego centrum danych o powierzchni 470 m² wykazuje, że wyposażenie komputerowe po stronie zapotrzebowania odpowiada za 52%, a systemy po stronie dostaw energii odpowiadają za 48% wykorzystania energii.

* Przedstawia średni pobór mocy (kW). Dzielne zużycie energii (kWh) można obliczyć mnożąc pobór mocy przez 24.

W konsekwencji każdy wat zaoszczędzonej energii na poziomie procesora tworzy około 2,84 wata oszczędności obiektu.

Podejście zgodne ze strategią Energy Logic

Zgodnie z Energy Logic redukcja kosztów energii następuje poprzez sekwencyjne zastosowanie 10 najbardziej skutecznych technologii i dobrych praktyk w takiej kolejności, w jakiej wykazują one największy wpływ.

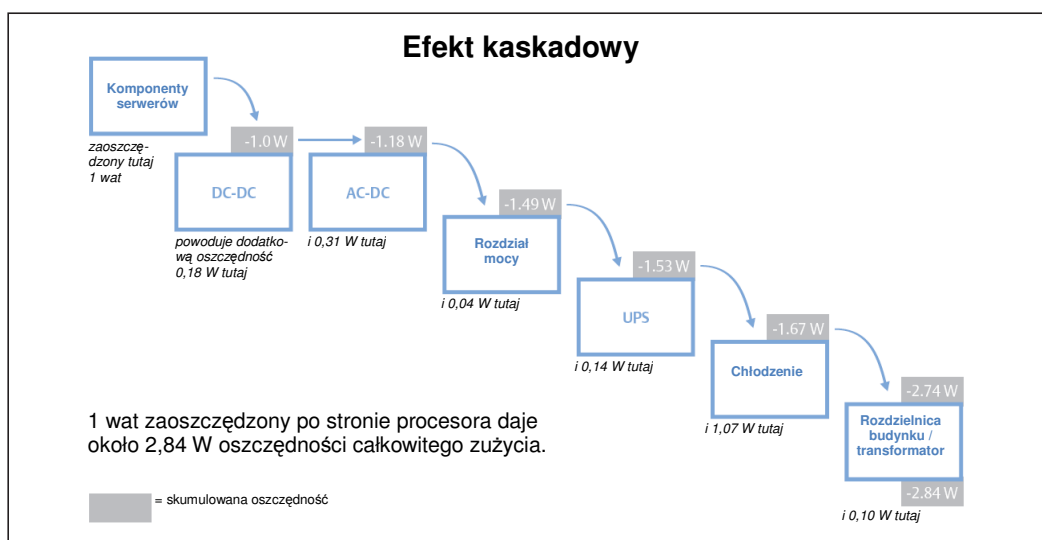
O ile ważne jest podejście sekwencyjne, Energy Logic nie służy jako procedura krok po kroku w tym sensie, że każdy następny krok uzależniony jest od wykonania poprzedniego. Zalecenia w zakresie oszczędności energii uwzględnione w Energy Logic należy traktować jako przewodnik. Wiele przedsiębiorstw już stosuje pewne metody wymienione w kolejności jako ostatnie a niektóre będą zmuszone zastosować pewne technologie nie wspomniane w zaleceniach, w celu usunięcia istniejących ograniczeń wzrostu.

Pierwszym krokiem w strategii Energy Logic jest ustalenie polityki zakupów wyposażenia informatycznego wykorzystującej energooszczędne zalety oszczędniejszych procesorów i wysokowydajnych zasilaczy.

Ponieważ technologie te dotyczą nowego wyposażenia, niskowydajne serwery będą stopniowo zastępowane przez urządzenia o wyższej wydajności, tworząc w ten sposób solidne podstawy zoptymalizowanego energetycznie centrum danych.

Duży potencjał w ograniczaniu kosztów energii znajduje się w oprogramowaniu zarządzania energią i dlatego należy je uwzględnić jako element strategii optymalizacji energetycznej, zwłaszcza dla centrów danych o dużych różnicach pomiędzy wykorzystaniem szczytowym i średnim.

Pierwszym krokiem w strategii Energy Logic jest ustalenie polityki zakupów wyposażenia informatycznego wykorzystującej energooszczędne zalety oszczędniejszych procesorów i wysokowydajnych zasilaczy.



Rys. 2. Dzięki efektowi kaskady oszczędność 1 W na poziomie komponentów serwera zmniejsza pobór energii w obiekcie o około 2,84 W.

Powierzchnia niezbędna dla wyposażenia IT została zmniejszona o 65%.

Niektóre ośrodki mogą nie chcieć stosować zarządzania energią z uwagi na obawy odnośnie czasu reakcji. Znaczne możliwości istnieją w przemyśle, gdzie poprawa zarządzania energią może okazać się potężnym narzędziem do zarządzania wykorzystywaniem energii.

Kolejny krok obejmuje projekty informatyczne, które mogą nie obejmować względów oszczędnościowych, ale mogą mieć pewien wpływ na zużycie energii. Są to takie projekty, jak:

- Instalacja serwerów kasetowych (typu blade)
- Wirtualizacja serwerów

Powyższe technologie powstały w wyniku podejścia do zarządzania centrami danych metodą „dobrych praktyk” i spełniają rolę w optymalizacji ich skuteczności, wydajności i łatwości zarządzania.

Po ustaleniu polityki i planów optymalizacji systemów informatycznych należy skupić uwagę na systemach po stronie dostaw energii. Najbardziej efektywne metody podejścia do optymalizacji infrastruktury obejmują:

- Dobre praktyki w zakresie chłodzenia
- Dystrybucja zasilania 415V AC
- Chłodzenie o zmiennej wydajności
- Chłodzenie wspomagające wysokiej gęstości
- Monitoring i optymalizacja

Emerson Network Power oszacował ilościowo oszczędności, które można uzyskać w każdej z podanych metod osobno oraz jako części sekwencji Energy Logic (rys. 3). Zauważmy, że oszczędności systemów po stronie dostawy energii jako element Energy Logic są mniejsze, ponieważ obciążenie, które wspierają, będzie teraz mniejsze.

Zmniejszenie zużycia energii i eliminacja ograniczeń wzrostu

Zastosowanie strategii Energy Logic do modelowego centrum danych zmniejszyło zużycie energii o 52% bez ograniczenia wydajności lub dostępności.

W stanie przed optymalizacją model centrum danych o powierzchni 470 m² wspierał obciążenie obliczeniowe 588 kW przy całkowitym obciążeniu pobieranym obiektem 1127 kW. Dzięki przedstawionym koncepcjom optymalizacji, obiekt zachował ten sam poziom wydajności przy znacznie mniejszym zużyciu energii i przestrzeni.

Łączne obciążenie w wyniku przetwarzania komputerowego uległo zmniejszeniu do 367 kW przy zwiększeniu upakowania racków z 2,8 kW do 6,1 kW na rack.

Spowodowało to zmniejszenie liczby potrzebnych racków do wsparcia niezbędnej mocy obliczeniowej z 210 do 60 oraz wyeliminowanie ograniczeń mocy zasilania, chłodzenia i przestrzeni dla dalszego rozwoju (rys. 4).

Łączne zużycie energii zmalało do 542 kW, a całkowita powierzchnia zabudowy wyposażenia informatycznego zmniejszyła się o 65% (rys. 5).

Strategia Energy Logic nadaje się do każdego typu centrum danych, jednakże kolejność kroków może być różna w zależności od typu obiektu. Obiekty o wysokim stopniu wykorzystania w ciągu doby skoncentrują zapewne pierwsze wysiłki na pozyskaniu wyposażenia informatycznego z oszczędniejszymi procesorami i wysokowydajnymi zasilaczami. Obiekty, które w sposób przewidywalny pracują tylko okresowo ze szczytową wydajnością, mogą osiągnąć największe korzyści z technologii zarządzania energią. Wpływ obciążenia przez moc obliczeniową i rodzaj pracy na wybór priorytetów pokazano na rys. 6.

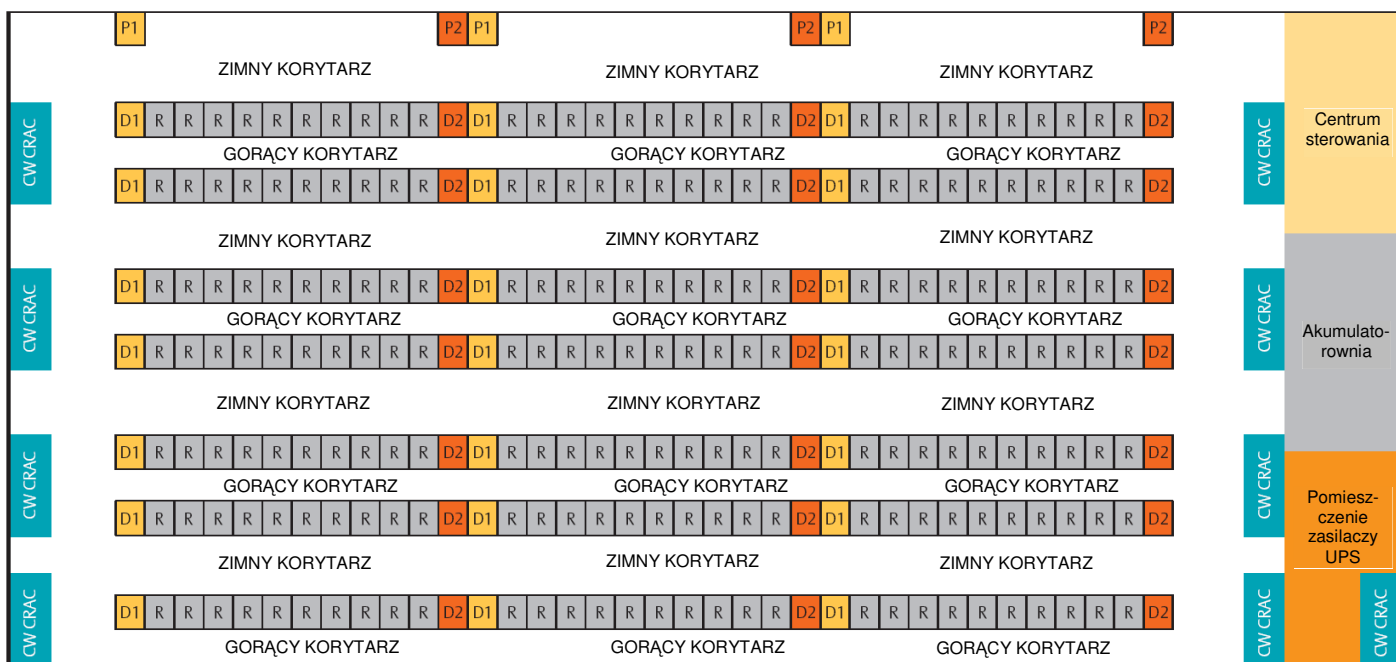
Rodzaj działania oszczędnościowego	Oszczędności niezależne od innych działań		Oszczędności kaskadowe stosowanej strategii Energy Logic			Stopa zwrotu inwestycji (ROD)
	Oszczędności (kW)	Oszczędności (%)	Oszczędności (kW)	Oszczędności (%)	Oszczędności skumulowane (kW)	
Oszczędniejsze procesory	111	10%	111	10%	111	12 do 18 mies.
Wysokowydajne zasilacze	141	12%	124	11%	235	5 do 7 mies.
Funkcje zarządzania energią	125	11%	86	8%	321	Natychmiast
Serwery kasetowe (typu blade)	8	1%	7	1%	328	Koszt właścicielski obniżony o 38%
Wirtualizacja serwerów	156	14%	86	8%	414	Koszt właścicielski obniżony o 63%**
Dystrybucja zasilania 415V AC	34	3%	20	2%	434	2 do 3 mies.
Dobre praktyki chłodzenia	24	2%	15	1%	449	4 do 6 mies.
Chłodzenie o zmiennej wydajności: wentylatory o zmiennych prędkościach obrotowych	79	7%	49	4%	498	4 do 10 mies.
Chłodzenie wspomagające wysokiej gęstości	200	18%	72	6%	570	10 do 12 mies.
Monitoring i optymalizacja: Urządzenia chłodzące działają jako grupa	25	2%	15	1%	585	3 do 6 mies.

* Źródło dot. wpływu kaset na całkowity koszt posiadania: IDC ** Źródło dot. wpływu wirtualizacji na całkowity koszt posiadania: VMware

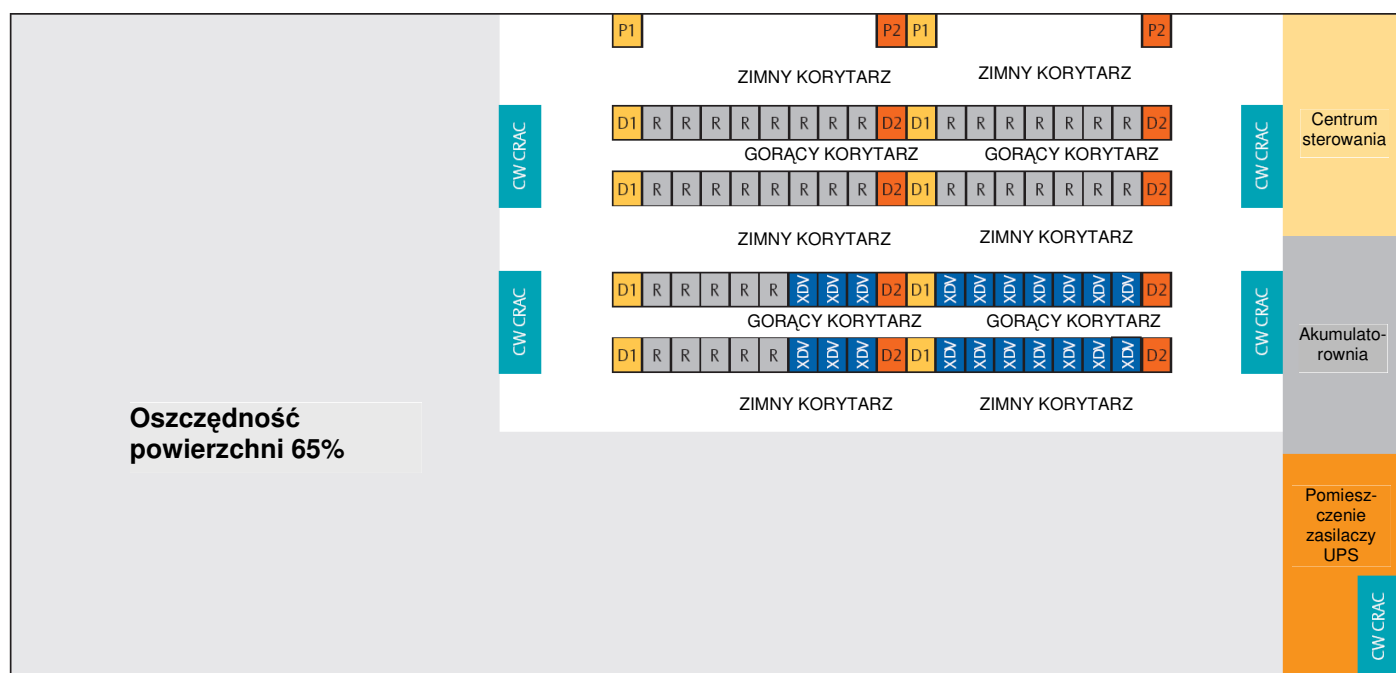
Rys. 3. Działania składające się na Energy Logic zastosowane na modelowym centrum danych o powierzchni 470 m² zużywającym 1127 kW energii przyniosły łącznie zmniejszenie zużycia energii o 585 kW.

Ograniczenie	Centrum danych Przed optymalizacją	Po optymalizacji	Uwolniona rezerwa
Powierzchnia centrum danych (stopy kw.)	4988	1768	3220 (65%)
Moc zasilaczy UPS (kVA)	2*750	2*500	2*250 (33%)
Wydajność chłodzenia (tony)	350	200	150 (43%)
Rozdzielnice i zestawy prądowórcze budynku (kW)	1169	620	549 (47%)

Rys. 4. Oprócz zmniejszenia zużycia energii Energy Logic usuwa ograniczenia rozwoju DC.



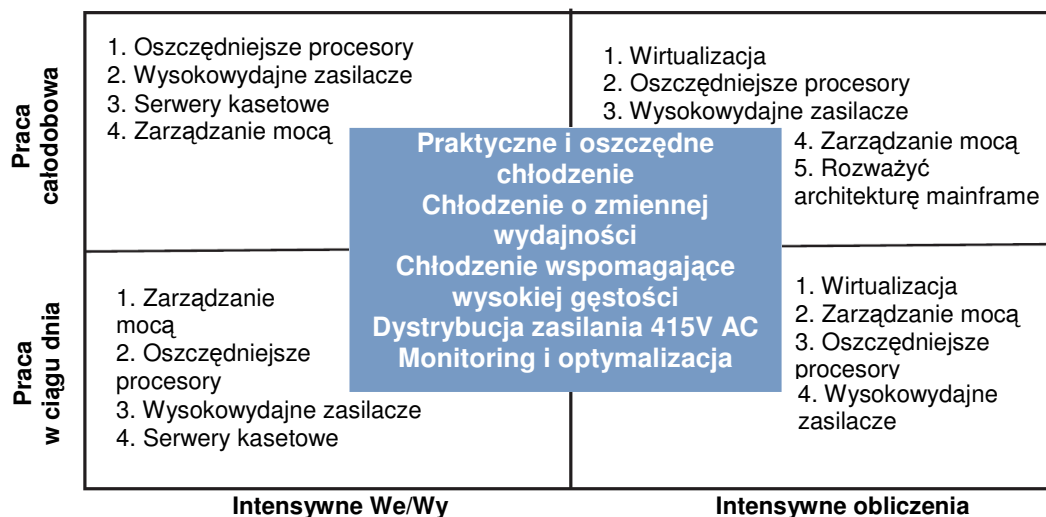
Przed zastosowaniem Energy Logic



Po zastosowaniu metody Energy Logic

P1 = Rozdział faza pierwsza, strona A D1 = Rozdział faza druga, strona A R = Rack
P2 = Rozdział faza pierwsza, strona B D2 = Rozdział faza druga, strona B XDV = Chłodzenie wspomagające
CW CRAC = klimatyzator powietrza ze schładzaniem wody pomieszczenia komputerowego

Rys. 5. Rysunek górny przedstawia układ centrum danych przed optymalizacją. Dolny rysunek przedstawia centrum danych po zastosowaniu Energy Logic. Powierzchnia niezbędna pod wyposażenie centrum danych uległa zmniejszeniu z 470 m² do 165 m² (65%).



Rys. 6. Strategię Energy Logic można dostosować do wydajności obliczeniowej i rodzaju pracy.

Dziesięć kroków według strategii Energy Logic

1. Wydajność procesora

Przy braku prawdziwego miernika wydajności procesora w rodzaju standardu pomiaru zużycia paliwa dla samochodów, przybliżony pobór mocy przez serwer charakteryzuje wskaźnik TDP (Thermal Design Power).

Typowa wielkość TDP stosowanych obecnie procesorów waha się pomiędzy 80 i 103 W (średnio 91 W).

Producenci procesorów oferują droższe wersje swoich procesorów niskonapięciowych zużywających średnio 30 W mniej niż procesory standardowe (rys. 7). Badania przez niezależne instytucje wykazują, że procesory pobierające mniej mocy osiągają taką samą wydajność, jak modele pobierające więcej mocy (rys. 8).

W modelowym centrum danych procesory o mniejszym poborze mocy odpowiadają za 10% oszczędności łącznego poboru mocy przez to centrum.

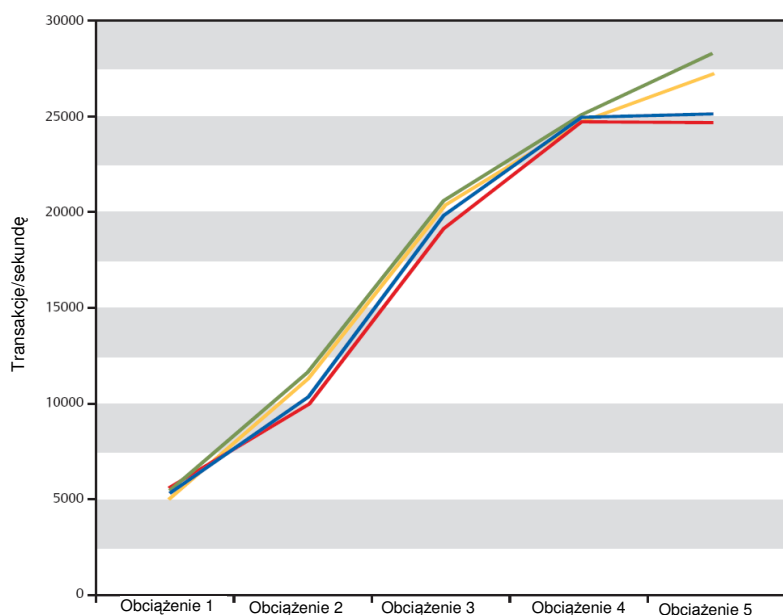
2. Zasilacze

Podobnie, jak w przypadku procesorów, wiele zainstalowanych zasilaczy serwerów pracuje z wydajnością niższą niż aktualnie dostępne. W 2005 Agencja Ochrony Środowiska (EPA) USA oszacowała średnią wydajność zainstalowanych zasilaczy na 72%. W badanym modelu przyjęliśmy, że w nieoptymalizowanym centrum danych zasilacze wykorzystywane są do rozmaitych serwerów od 4 letnich do nowych w 79%.

	Gniazda	Prędkość (GHz)	Norma	O zmniejszonym poborze mocy	Oszczędność
AMD	1	1,8-2,6	103 W	65 W	38 W
	2	1,8-2,6	95 W	68 W	27 W
Intel	2	1,8-2,6	80 W	50 W	30 W

Rys. 7. Intel i AMD oferują rozmaite procesory o zmniejszonym poborze mocy, które zapewniają średnie oszczędności pomiędzy 27 a 38 W.

Wyniki wydajności systemu



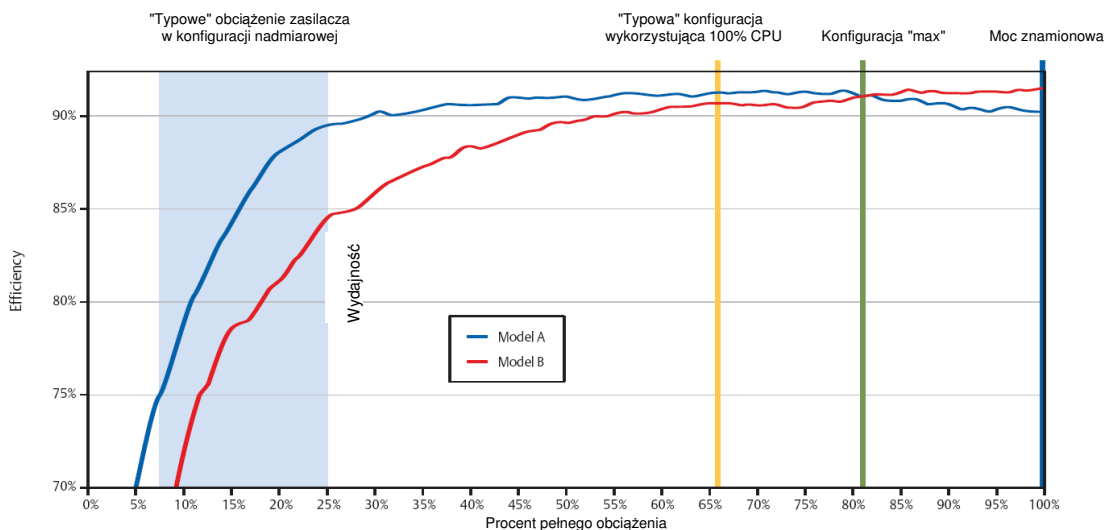
Źródło: Anandtech

Rys. 8. Wyniki wydajności systemów z procesorem standardowym i o niskim poborze energii przy użyciu wzorca AS3AP ANSI.

Dostępne obecnie zasilacze najlepszej klasy osiągają 90% wydajność. Zastosowanie takich zasilaczy zmniejsza łączny pobór mocy centrum danych rzędu 1127 kW o 124 kW czyli o 11%.

Podobnie, jak w innych systemach centrów danych, wydajność zasilacza jest zmienna zależnie od obciążenia. Niektóre zasilacze pracują lepiej przy niepełnym obciążeniu i jest to szczególnie ważne w przypadku urządzeń zasilanych z dwóch źródeł, gdzie wykorzystanie zasilania może wynosić średnio poniżej 30%. Na rysunku 9 przedstawiono wydajności zasilaczy przy różnych obciążeniach dla dwóch różnych modeli zasilaczy. Przy obciążeniu 20% model A ma przybliżoną wydajność 88%, natomiast model B ma wydajność rzędu 82%.

Na rysunku 9 przedstawiono inną możliwość zwiększenia wydajności: dokładniejszy dobór zasilacza do rzeczywistego obciążenia. Należy zauważyć, że w konfiguracji maksymalnej obciążenie wynosi 80% obciążenia znamionowego, natomiast w typowej konfiguracji - 67% obciążenia znamionowego.



Rys. 9. Wydajność zasilacza może znacznie zmieniać się w zależności od obciążenia. Zasilacze są często dobrane do obciążenia przekraczającego maksymalną konfigurację serwera.

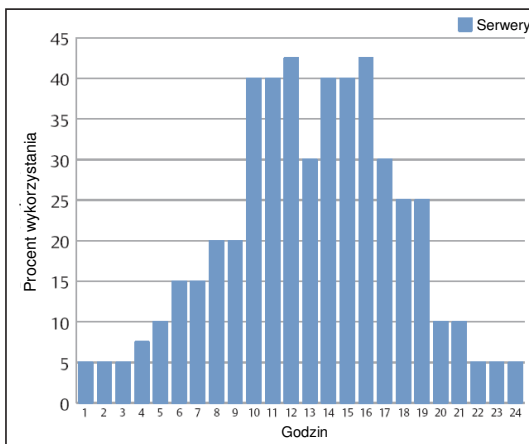
Producenci serwerów powinni umożliwiać użytkownikowi wybór zasilaczy dobranych do konfiguracji typowej lub maksymalnej.

3. Oprogramowanie zarządzania energią

Wielkość centrów danych jest projektowana na warunki szczytowe, które występują bardzo rzadko. W typowym biznesowym centrum danych dzienne zapotrzebowanie wzrasta stopniowo począwszy od godziny 5 do 11 rano, po czym zaczyna spadać o 5 po południu (rys. 10).

Przy zmniejszającym się obciążeniu zużycie energii przez serwer pozostaje nadal na stosunkowo wysokim poziomie (rys. 11). Większość serwerów pracujących jałowo zużywa 70 - 85% pełnej mocy roboczej. W rezultacie obiekt pracujący przy obciążeniu 20% może pobierać 80% energii podobnie, jak to samo urządzenie pracujące ze 100% wydajnością.

Procesory serwerów posiadają wbudowaną funkcję zarządzania energią, która może zmniejszać pobór energii w czasie pracy jałowej. Zbyt często funkcje te zostają wyłączone ze względu na obawę przedłużenia



Rys. 10. Dziennie wykorzystanie typowego biznesowego centrum danych.

czasu reakcji, jednak ze względu na znaczące oszczędności, jakie ta technologia może przynieść, decyzje w tym względzie należy poddać ponownej ocenie.

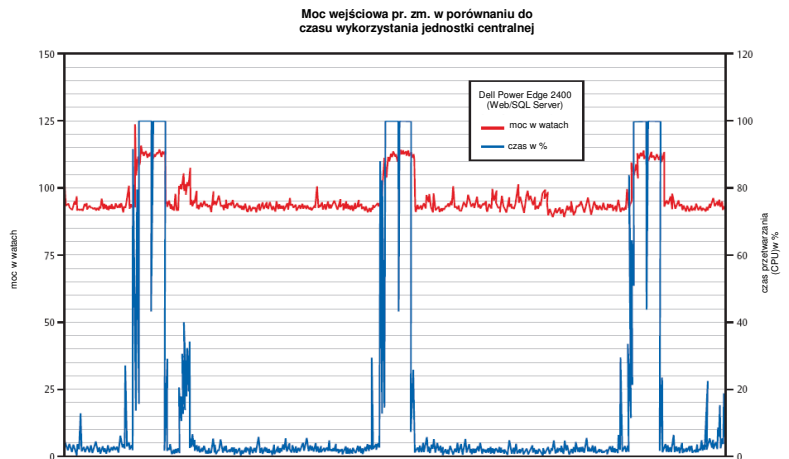
W badanym modelu założyliśmy, że pobierana moc jałowa wynosi 80% mocy szczytowej bez zarządzania energią i zmniejsza się do 45% mocy szczytowej po uaktywnieniu tej funkcji. Przy takim scenariuszu zarządzanie energią może zaoszczędzić dodatkowe 86 kW czyli 8% w stosunku do centrum niezoptymalizowanego.

4. Serwery kasetowe (typu blade)

Wielu użytkowników zastosowało serwery kasetowe w celu sprostania potrzebom przetwarzania i poprawy zarządzania serwerem. Chociaż przejście na serwery kasetowe nie jest zazwyczaj powodowane względami energetycznymi, serwery te mogą odgrywać pewną rolę w zużyciu energii.

Serwery kasetowe zużywają o około 10% energii mniej niż równoważne serwery instalowane w rackach, ponieważ korzystają one ze wspólnego zasilacza, wentylatorów chłodzących i innych elementów.

Chociaż przejście na serwery kasetowe nie jest zazwyczaj powodowane względami energetycznymi, serwery te mogą odgrywać pewną rolę w zużyciu energii.



Rys. 11. Mała aktywność procesora nie przekłada się na zmniejszone zużycie energii.

Zastosowanie wirtualizacji w badanym obiekcie o powierzchni 470 m² zapewnia osiemprocentową oszczędność całkowitego poboru mocy przez centrum danych.

W badanym modelu po wymianie serwerów instalowanych w rackach na kasetowe obserwujemy jednoprocentowy spadek całkowitego poboru energii. Co jest jednak ważniejsze, serwery kasetowe ułatwiają przejście na architekturę i w konsekwencji ograniczają zużycie energii.

5. Wirtualizacja serwerów

Przy postępującej optymalizacji technologii serwerów coraz częściej zaczyna być stosowana wirtualizacja w celu zwiększenia stopnia wykorzystania serwerów oraz ograniczenia ich ilości.

W naszym modelu przyjęliśmy, że 25% serwerów jest zwirtualizowanych poprzez zastąpienie ośmiu fizycznych niewirtualizowanych serwerów przez jeden serwer wirtualny. Przyjęliśmy także, że aplikacje mające ulec wirtualizacji umieszczone zostaną na serwerach jedno- i dwuprocessorowych, a aplikacje już zwirtualizowane znajdują się na serwerach o przynajmniej dwóch procesorach.

Zastosowanie wirtualizacji w badanym centrum danych umożliwia dodatkowe osiemprocentowe zmniejszenie całkowitego poboru mocy obiektu.

6. Dobre praktyki chłodzenia

Większość centrów danych stosuje dobre praktyki, takie jak układ racków gorący korytarz/zimny korytarz. Potencjał można jeszcze znaleźć w uszczelnieniu podłóg, stosowaniu uszczelnionych paneli w otwartych przestrzeniach racków i unikaniu mieszania gorącego i zimnego powietrza. Istnieje kilka doskonałych publikacji ASHRAE na temat dobrych praktyk chłodzenia.

Do identyfikacji i optymalizacji przepływu powietrza centrum danych można wykorzystać komputerową dynamikę płynów (rys. 12). Wiele organizacji - w tym Emerson Network Power - oferuje komputerową wizualizację CFD jako część usługi oceny centrów danych pod kątem poprawy skuteczności chłodzenia.

Ponadto, jeżeli temperatury w zimnych korytarzach są poniżej 20°C (68° F), wówczas można je podnieść. Temperaturę wody lodowej można często podnieść z 7°C (45° F) do 10°C (50° F).

W badanym modelu wydajność układu chłodzenia poprawiono o 5% jedynie przez wdrożenie dobrych praktyk. Powoduje to zmniejszenie ogólnych kosztów energii o jeden procent bez żadnych dodatkowych inwestycji.

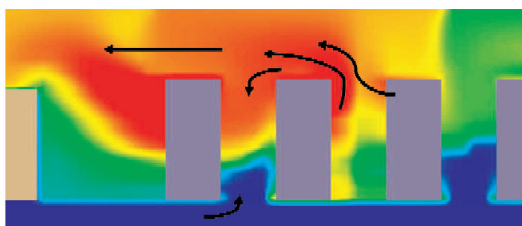
7. Dystrybucja zasilania 415V AC

System zasilania krytycznego stwarza dalszą możliwość ograniczenia zużycia energii, chociaż bardziej niż w innych systemach należy uważać, aby oszczędności w zużyciu energii nie zostały uzyskane kosztem dostępności wyposażenia.

Większość centrów danych stosuje typy zasilaczy bezprzerwowych o podwójnej konwersji. W systemach tych energia zasilająca UPS jest przez nie przekształcana na prąd stały (DC), a następnie z powrotem na prąd przemienny (AC). Umożliwia to wytwarzanie przez zasilacz UPS czystej energii zasilającej informatyczny sprzęt, skutecznie izolując go od usterek źródła zasilania.

Systemy bezprzerwowego podtrzymania zasilania niestosujące konwersji energii, takie jak systemy awaryjne interaktywne lub pasywne mogą pracować z większymi wydajnościami z uwagi na brak strat związanych z procesem konwersji. Systemy te mogą jednak nie zapewniać pełnego bezpieczeństwa sprzętu, ponieważ nie w pełni kondycjonują energię z sieci.

Większe możliwości istnieją w systemie, za zasilaczami UPS.



Rys. 12. Do oceny skuteczności chłodzenia i optymalizacji przepływu powietrza można wykorzystać wizualizację komputerową symulacji przepływu. Na rysunku widoczny jest obieg gorącego powietrza wciąganego z powrotem do nieprawidłowo usytuowanego klimatyzatora powietrza.

W większości centrów danych zasilacz UPS podaje napięcie 480V, które jest następnie obniżane przez transformator w układzie dystrybucji zasilania wraz z towarzyszącymi temu stratami do 208 V. Straty te mogą być wyeliminowane poprzez konwersję napięcia wyjściowego z zasilacza do 415 V.

Przy wejściowym napięciu trójfazowym 415V można uzyskać napięcie jednofazowe 240V (faza do przewodu zerowego) bezpośrednio na wejściu do serwera, rys. 13. Wyższe napięcie nie tylko eliminuje straty obniżania napięcia, lecz również umożliwia zwiększenie wydajności zasilania serwera. Serwery i pozostałe wyposażenie informatyczne może bez żadnego problemu pracować na napięciu wejściowym 240 V.

W badanym modelu uzyskano dodatkową dwuprocentową oszczędność poprzez zastosowanie dystrybucji zasilania 415V.

8. Chłodzenie o zmiennej wydajności

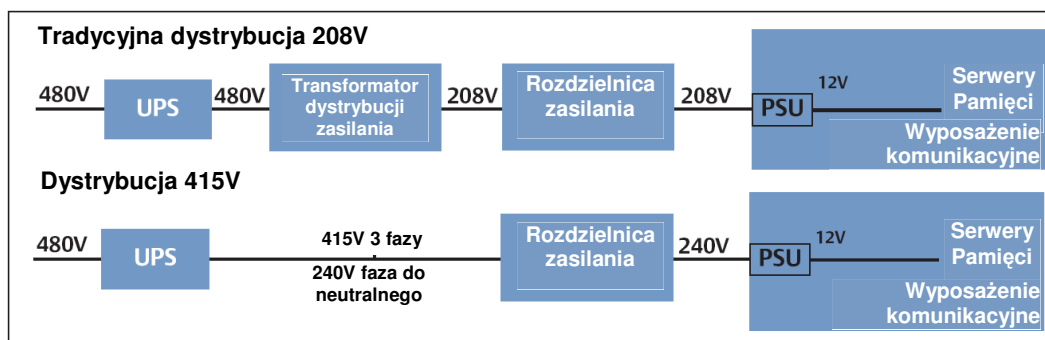
Wielkość centrów danych jest projektowana na warunki szczytowe, które występują bardzo rzadko. W rezultacie wydajność robocza przy pełnym obciążeniu często nie jest dobrym wskaźnikiem rzeczywistej wydajności pracy.

Najnowsze technologie, takie jak urządzenia klimatyzacji wyposażone w sprężarki Digital Scroll oraz wentylatory o zmiennych prędkościach obrotowych umożliwiają utrzymanie wysokich wydajności także przy niepełnym obciążeniu.

Najnowsze technologie takie, jak sprężarki Digital Scroll i zmienne prędkości obrotowe wentylatorów w klimatyzatorach stosowanych w pomieszczeniach komputerowych umożliwiają utrzymanie wysokich wydajności także przy niepełnym obciążeniu.

Sprężarki Digital Scroll™ umożliwiają dokładne dopasowanie wydajności klimatyzatorów do warunków pomieszczeń bez włączania i wyłączenia sprężarek.

Zazwyczaj wentylatory urządzeń klimatyzacji precyzyjnej pracują ze stałą prędkością zapewniając stałą objętość przepływu powietrza. Przekształcenie wentylatorów odśrodkowych na wentylatory o zmiennych prędkościach obrotowych umożliwia zmniejszenie poboru zużycia energii wraz ze zmniejszającym się obciążeniem. Moc wentylatora jest wprost proporcjonalna do sześciątej potęgi prędkości obrotowej wentylatora i 20-procentowe zmniejszenie szybkości wentylatora umożliwia 50-procentowe oszczędności w poborze mocy wentylatora. Wentylatory o zmiennych prędkościach obrotowych dostępnych jako wyposażenie opcjonalne, umożliwiają łatwe unowocześnienie systemu klimatyzacji precyzyjnej przy zwrocie inwestycji w czasie krótszym niż rok.



Rys. 13. Dystrybucja zasilania 415V jest bardziej efektywną alternatywą niż zasilanie 208V.

Chłodzenie wspomagające wysokiej gęstości ciągnące gorące powietrze wprost z gorącego korytarza i podające schłodzone do zimnego korytarza instalowane jest nad lub wzdłuż rack'ów.

W badanym modelu wyposażonym w układ klimatyzacji wodą lodową zastosowanie napędów z regulacją częstotliwości przyniosło dodatkową oszczędność rzędu 4 procent.

9. System chłodzenia wspomagającego wysokiej gęstości

Tradycyjne systemy chłodzenia pomieszczeń komputerowych okazały się bardzo skuteczne, jeśli chodzi o utrzymywanie bezpiecznego, kontrolowanego środowiska informatycznego. Optymalizacja wydajności energetycznej centrów danych wymaga jednak przejścia z tradycyjnego upakowania (2 do 3 kW na rack) do środowiska, które może wspierać znacznie większe gęstości (ponad 30 kW).

Wymaga to zastosowania takiego podejścia do chłodzenia, które przesunę część z obciążenia chłodzenia z tradycyjnych klimatyzatorów powietrza na wspomagające urządzenia chłodzące. Chłodzenie wspomagające pobierające gorące powietrze wprost z gorącego korytarza i podające schłodzone do zimnego korytarza instalowane jest nad lub wzdłuż rack'ów (rys. 14).

Chłodzenie wspomagające może zmniejszyć koszty chłodzenia o 30% w porównaniu z tradycyjnymi metodami chłodzenia. Ten poziom oszczędności można uzyskać, ponieważ chłodzenie wspomagające zbliża chłodzenie do źródła ciepła zmniejszając energię wentylatora konieczną do wymuszenia ruchu powietrza. W chłodzeniu wspomagającym wysokiej gęstości używane są również wymienniki ciepła o wyższej wydajności, co jest idealne dla suchego, gorącego powietrza wytwarzanego przez systemy elektroniczne.



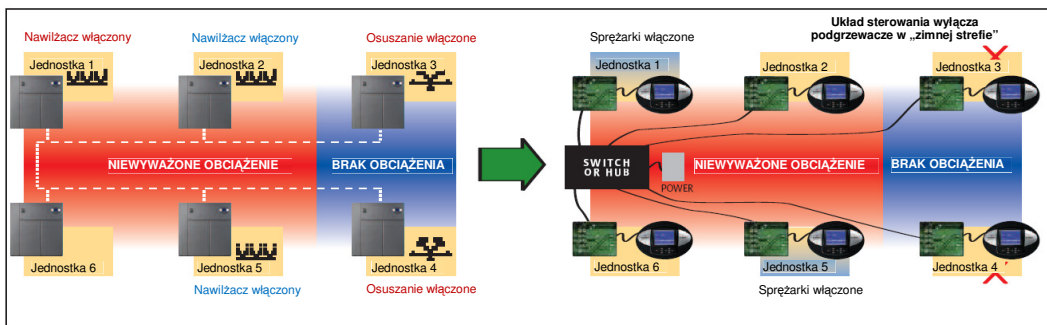
Rys. 14. Chłodzenie wspomagające wysokiej gęstości umożliwia większe upakowanie rack'ów i wyższą wydajność chłodzenia.

Czynnik chłodniczy jest dostarczany do systemów chłodzenia wspomagającego wysokiej gęstości instalacją rurową nad urządzeniami umożliwiającą łatwe dodawanie lub przemieszczanie modułów chłodzących stosownie do potrzeb. W badanym modelu dla 20 rack'ów o gęstości 12 kW/rack zastosowano chłodzenie wspomagające, natomiast pozostałe 40 rack'ów (gęstość 3,2 kW) wspieranych jest przez tradycyjny system klimatyzacji precyzyjnej. Daje to dodatkowe zmniejszenie ogólnego poboru energii przez centrum danych o sześć procent. Wraz z rozwojem obiektu i przechodzeniem na rack o większej gęstości, oszczędności ulegną zwiększeniu.

10. Monitoring i optymalizacja

Jedną z konsekwencji rosnącego upakowania wyposażenia jest zwiększenie różnorodności centrum danych. Upakowanie rack'ów obiektu rzadko jest równomierne, co bez monitoringu i optymalizacji może przyczynić się do nieefektywnego chłodzenia. W zależności od układu urządzenia klimatyzacji precyzyjnej z jednej strony obiektu mogą nawilżać środowisko, natomiast urządzenia po przeciwnej stronie mogą osuszać obiekt.

Systemy kontrolne klimatyzacji mogą monitorować warunki w centrum danych i odpowiednio koordynować działanie różnych urządzeń w celu eliminowania konfliktów i umożliwienia ich pracy zespołowej (rys. 15).



Rys. 15. Układ sterowania strefowego redukuje konflikt między urządzeniami klimatyzacji precyzyjnej pracującymi w różnych strefach centrum danych.

W badanym modelu uzyskano dodatkowe oszczędności wielkości jednego procenta w wyniku monitorowania i kontroli strefowej.

Inne możliwości oszczędności

Strategia Energy Logic szereguje najbardziej efektywne sposoby ograniczenia zużycia energii, nie wyczerpuje jednak listy środków w tym zakresie. Oprócz działań ujętych w Energy Logic, menedżerowie centrów danych powinni rozważyć inne możliwości:

- Konsolidację lokalnego przechowywania danych w sieciowej bazie danych. Ponadto, szybsze napędy zużywają więcej energii, więc warto zastanowić się nad przeorganizowaniem danych tak, żeby rzadziej używane dane były na wolniejszych napędach archiwalnych.
- Zastosowanie tam, gdzie jest to możliwe ekonomizerów wykorzystujących powietrze z zewnątrz do chłodzenia centrum danych w zimniejszych miesiącach, co umożliwia chłodzenie bez poboru energii. Przy dzisiejszym wysoko upakowanym środowisku obliczeniowym ekonomizery mogą obniżyć koszty w dużo większej liczbie miejsc niż można oczekiwać.

- Monitorowanie i ograniczanie strat pasożytniczych w generatorach, oświetleniu zewnętrznym lub na obwodowym dostępie. Przy obciążeniu 1 MW zmierzone straty generatorów wynosiły od 20 kW do 50 kW.

Korzyści płynące ze strategii Energy Logic

Strategia Energy Logic to rodzaj mapy drogowej dla branży informatycznej; do wykorzystania przez menedżerów centrów danych w celu optymalizacji swoich obiektów przez nich zarządzanych.

Oto konkretne działania, jakie zarówno producenci, jak i zarządzający mogą podjąć w celu zwiększenia wydajności centrów danych:

1. Określić przyjęte powszechnie parametry wydajności procesorów, serwerów i centrów danych

W ostatniej dekadzie nastąpił ogromny postęp technologiczny w procesorach serwerowych. Do 2005 roku wyższa wydajność procesorów związana była z większymi prędkościami zegara i gorętszymi chipami zużywającymi więcej energii. Obecne osiągnięcia technologii procesorów wielordzeniowych doprowadziły do wzrostu mocy obliczeniowej, przy zastosowaniu większej liczby rdzeni pracujących ze względnie mniejszymi prędkościami - przekłada się to na spadek zużycia energii.

Strategia Energy Logic oferuje rodzaj mapy drogowej dla przemysłu dostarczając informacje i technologie do wykorzystania przez menedżerów centrów danych w celu optymalizacji swoich obiektów.

Przemysłowy standard wydajności centrów danych mierzący wydajność na 1 W zużywanej energii byłby niezwykle korzystny dla pomiarów efektów działań na rzecz optymalizacji centrów danych.

Dzisiejsi producenci procesorów oferują szereg procesorów serwerowych, spośród których klient musi wybrać ten właściwy dla swojego zastosowania. To, czego brakuje, to łatwy do zrozumienia i zastosowania wskaźnik, taki jak wskaźnik zużycia paliwa l/km, który byłby pomocny w wyborze optymalnego procesora dla danego obciążenia. Wydajność w watach według metody SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) jest stosowana coraz częściej, jednak konieczne są jeszcze dalsze prace nad tym zagadnieniem.

Takie samo rozumowanie można zastosować na poziomie obiektu. Standard przemysłowy wydajności centrów danych mierzący wydajność na 1 W zużywanej energii byłby niezwykle korzystny dla oceny postępu prac na rzecz optymalizacji centrów danych. Współczynnik PUE (skuteczność wykorzystania energii) opracowany przez konsorcjum Green Grid umożliwia pomiar wydajności infrastruktury, lecz nie dotyczy całkowitej wydajności obiektu. Menedżer centrów danych powinien współpracować z producentami wyposażenia infrastruktury informatycznej w celu opracowania ekwiwalentnego miernika l/km zarówno dla systemów, jak i całych obiektów.

2. Bardziej zaawansowane zarządzanie energią

Mimo iż włączenie funkcji zarządzania energią umożliwia znaczące oszczędności, menedżerowie centrów danych często stronią od tej technologii, ponieważ nie jest do końca jasny jej wpływ na dostępność urządzeń. Wraz z pojawianiem się coraz to nowych narzędzi zarządzania energią i wraz z nimi uzyskiwanie danych zapewniających, że dostępność nie zostanie zagrożona, technologia ta powinna zyskiwać coraz większą akceptację rynku. Wiele oporów przed stosowaniem zarządzania energią usunęłyby bardziej zaawansowane układy sterujące, które umożliwiłyby włączenie tych funkcji tylko w okresach niskiego wykorzystania lub ich wyłączenie w czasie przetwarzania aplikacji o krytycznym znaczeniu.

3. Dopasowanie wielkości zasilacza do konfiguracji serwera

Producenci serwerów mają skłonność do przewymiarowywania zasilaczy, aby sprostać maksymalnej konfiguracji danego serwera. Niektórzy użytkownicy mogą chcieć zapłacić cenę niższej wydajności w zamian za łatwość rozbudowy, jednak większość z nich wolałaby mieć wybór pomiędzy wielkością zasilacza dobranego do konfiguracji standardowej a zasilaczem dla maksymalnej konfiguracji.

Producenci serwerów powinni rozważyć oferowanie takich opcji, a użytkownicy muszą być poinformowani o wpływie wielkości zasilacza na zużycie energii.

4. Projektowanie pod kątem wysokiej gęstości

Istnieje przekonanie, że środowiska o wysokiej gęstości są droższe niż zwykłe rozproszenie obciążenia rozmieszczone na większej przestrzeni. Tak naprawdę, środowiska o wysokiej gęstości wykorzystujące serwery kasetowe i zwirtualizowane są oszczędniejsze, ponieważ obniżają koszty energii i usuwają ograniczenia wzrostu systemu, odsuwając lub często nawet eliminując konieczność budowania nowego obiektu.

5. Dystrybucja wysokiego napięcia

W Europie dystrybucja zasilania 415V jest powszechnie stosowana, natomiast w Stanach Zjednoczonych układy zasilaczy UPS, które mogłyby z łatwością wspierać taką architekturę, nie są tak łatwo dostępne.

6. Zintegrowane pomiary i sterowanie

Dane, które z łatwością można zebrać z systemów informatycznych oraz racków je obsługujących muszą być jeszcze skutecznie zintegrowane ze sterowaniem systemów obsługujących.

Taki poziom integracji pozwoliłby na skuteczniejsze zarządzanie systemami informatycznymi, aplikacjami i systemami wspierającymi w oparciu o rzeczywiste warunki na poziomie wyposażenia informatycznego.

Wnioski

Menedżerowie i projektanci centrów danych, producenci wyposażenia informatycznego i dostawcy infrastruktury muszą współpracować, aby rzeczywiście zoptymalizować wydajność centrów danych.

Menedżerowie centrów danych mają obecnie możliwość podjęcia szeregu działań, które w znaczący sposób mogą obniżyć zużycie energii uwalniając przy tym fizyczną przestrzeń, energię i zdolności chłodzące umożliwiające rozwój obiektu.

Początek wszelkich inicjatyw zmierzających do ograniczenia zużycia energii musi zależeć od odpowiedniej polityki zachęcającej do stosowania wydajnych technologii informatycznych, oszczędniejszych procesorów i wysokowydajnych zasilaczy. Umożliwi to wprowadzenie do centrów danych technologii o wyższej wydajności częściowo podczas normalnego cyklu wymiany sprzętu.

Zależnie od sposobu wykorzystania centrów danych, w pewnych zastosowaniach, w których może przynieść to większe oszczędności, należy także rozważyć zastosowanie oprogramowania zarządzania energią.

Projekty konsolidacji systemów informatycznych mogą także odgrywać istotną rolę w optymalizacji centrów danych. Do oszczędności energii przyczyniają się zarówno serwery kasetowe, jak i wirtualizacja, gdyż obsługują środowisko o wysokiej gęstości energii i ułatwiają prawdziwą optymalizację.

Ostatnie kroki strategii Energy Logic koncentrują się na infrastrukturze, wykorzystują kombinację dobrych praktyk oraz efektywnych technologii do uzyskania wzrostu wydajności systemów zasilania i klimatyzacji precyzyjnej.

Łącznie zastosowane kroki optymalizacyjne umożliwiły ograniczenie zużycia energii w modelowym centrum danych wykonanym przez Emerson Network Power o 52%, usuwając jednocześnie ograniczenia dalszego wzrostu obiektu.

W załączniku B pokazano dokładnie, jak w czasie osiągnięto oszczędności, w miarę zastępowania tradycyjnych technologii oraz, jak oszczędności narastały kaskadowo.

Łącznie zastosowane kroki optymalizacyjne umożliwiły ograniczenie zużycia energii w modelowym centrum danych o powierzchni 470 m² wykonanym przez Emerson Network Power o 52%, usuwając jednocześnie ograniczenia dalszego rozwoju obiektu.

Załącznik A: Założenia przyjęte dla modelu centrum danych służącego do badania wykorzystania energii

W celu określenia efektów wdrażanych elementów strategii Energy Logic, stworzono modelowe data center, które następnie, krok po kroku, poddane zostało optymalizacji zgodnie z kolejnością sugerowaną w ramach strategii Energy Logic.

Modelowe centrum danych miało powierzchnię 470 m² i zawierało 210 racków o średniej gęstości 2,8 kW/rack. Układ racków był zgodny z konfiguracją gorący korytarz/zimny korytarz. Korytarze zimne miały szerokość 1,2 m, a gorące 0,9 m. W oparciu o taką konfigurację i parametry robocze obliczono, że średnia wartość pobieranej energii wynosiła 1127 kW. Poniżej podano szczegóły wykorzystane w tej analizie.

Serwery

- Wiek oparto na średnim cyklu wymiany serwera 4-5 lat.
- Średnie TDP (projektowana moc cieplna) procesora średnio 91W/procesor
- Wszystkie serwery miały podwójne zasilacze nadmiarowe. Przyjęto średnią wydajność konwersji DC-DC na poziomie 85% i średnią wydajność konwersji AC-DC na poziomie 79% dla kombinacji serwerów od 4-letnich do nowych.
- Przyjęto, że w ciągu dnia pobór mocy wynosił 14 godzin w dni robocze i 4 godziny w weekendy. Pobór w nocy wynosił 80% poboru mocy w ciągu dnia.
- Szczegóły dotyczące konfiguracji i parametrów roboczych serwerów podano na rys. 16.

	Gniazdo pojedyncze	Dwa gniazda	Cztery gniazda	Więcej niż cztery	Razem
Liczba serwerów	157	812	84	11	1064
Pobór mocy w dzień (W/serwer)	277	446	893	4387	-
Pobór mocy w nocy (W/serwer)	247	388	775	3605	-
Łączny pobór mocy w dzień (kW)	44	362	75	47	528
Łączny pobór mocy w nocy (kW)	39	315	65	38	457
Średni pobór mocy serwera (kW)	41	337	70	42	490

Rys. 16. Parametry robocze serwerów użyte w modelowym DC.

Pamięci

- Rodzaj pamięci: Pamięć przyłączona do sieci
- Pojemność 120 terabajtów
- Średni pobór mocy 49 kW.

Wyposażenie komunikacyjne

- Routery, przełączniki i koncentratory potrzebne do połączeń między serwerami, pamięciami i punktami dostępowymi w sieci LAN i bezpiecznego dostępu do sieci ogólnodostępnych.
- Średni pobór mocy 49 kW.

Urządzenia dystrybucji zasilania (PDU):

- Wyjście 208V, trzy fazy, doprowadzenie zasilania do serwerów, pamięci, wyposażenia komunikacyjnego i oświetlenia kablami zbiorczymi do zacisków racków (średnie obciążenie 539 kW).
- Wejście z zasilaczy UPS 480V, 3 fazy
- Wydajność systemu dystrybucji zasilania 97,5%

System zasilaczy bezprzerwowych UPS

- Dwa moduły zasilaczy bezprzerwowych 750 kVA o podwójnej konwersji w zdwojonym układzie nadmiarowym (1+1) z filtrami wejściowymi dla poprawy współczynników mocy (współczynnik mocy = 91%).
- Zasilacz jest zasilany napięciem wejściowym 480V do tablicy rozdzielczej i podaje na wyjściu napięcie trzyfazowe 480V do zespołów dystrybucji zasilania centrum danych.
- Wydajność zasilaczy UPS przy obciążeniu częściowym: 91,5%.

Układ chłodzenia

- Układ chłodzenia na bazie wody lodowej.
- Całkowite odczuwalne obciążenie cieplne urządzeń klimatyzacji precyzyjnej obejmuje ciepło wytwarzane przez wyposażenie informatyczne, zasilacze UPS i rozdzielacze zasilania, drogi ewakuacyjne i obciążenie przebywających osób.
- Elementy układu chłodzenia:
 - Osiem szaf klimatyzacji precyzyjnej na wodę lodową o mocy 128,5 kW każda, usytuowanych na końcu każdego gorącego korytarza. Jedna szafa redundantna.
 - Źródłem wody lodowej jest instalacja wody lodowej składająca się z trzech 630 kW wytwornic wody lodowej (n+1) ze skraplaczami odprowadzającymi ciepło i czterech pomp wody lodowej (n+2).
 - Wytwornica wody lodowej, pompy i klimatyzatory zasilane są napięciem trzyfazowym 480V z tablicy rozdzielczej budynku.
 - Całkowity pobór mocy przez układ chłodzenia wynosi 429 kW.

Podstacja budynku:

- Podstacja budynku dostarcza zasilanie 3-fazowe 480V do zasilaczy UPS i układu chłodzenia.
- Średnie obciążenie podstacji budynku wynosi 1099 kW.
- Napięcie wejściowe podstacji: 13,5 kVA, 3 fazy
- System składa się z transformatora z wyłącznikiem odcinającym na linii zasilającej, aparatury rozdzielczej, wyłączników automatycznych i tablicy rozdzielczej po stronie niskiego napięcia.
- Łączna wydajność podstacji, transformatora i wejściowej aparatury rozdzielczej budynku wynosi 97,5%.

Załącznik B: Korzyści z działań podjętych dla zwiększenia wydajności w ujęciu czasowym

Obszar działania		Oszczędności (kW)	Szacunkowe skumulowane oszczędności roczne				
			1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok
Polityka informatyzacji	Oszczędniejsze procesory	111	6	22	45	78	111
	Wysokowydajne zasilacze	124	12	43	68	99	124
	Zarządzanie mocą	86	9	26	43	65	86
Projekty IT	Serwery kasetowe (typu blade)	7	1	7	7	7	7
	Wirtualizacja	86	9	65	69	86	86
Dobre praktyki	Dystrybucja zasilania 415V AC	20	0	0	20	20	20
	Dobre praktyki chłodzenia	15	15	15	15	15	15
	Chłodzenie o regulowanej wydajności	49	49	49	49	49	49
Infrastruktura	Chłodzenie wspomagające wysokiej gęstości	72	0	57	72	72	72
	Monitoring i optymalizacja	15	0	15	15	15	15
		585	100	299	402	505	585

Uwaga: Strategia "Energy Logic" jest strategią opracowaną przez firmę Emerson Network Power i umożliwia uzyskanie informacji potrzebnych do skutecznego ograniczenia zużycia energii przez centra danych. Metoda nie odnosi się konkretnie do wyrobów lub usług firmy Emerson Network Power. Zachęcamy do korzystania ze strategii "Energy Logic" w poszukiwaniach zwiększenia wydajności energetycznej oraz zezwalamy na wykorzystanie rysunków z następującym przypisem:
Strategia Energy Logic opracowana przez firmę Emerson Network Power.
Prośby o rysunki należy wysłać na adres energylogic@emersonnetworkpower.com.

Emerson Network Power

1050 Dearborn Drive
P.O. Box 29186
Columbus, Ohio 43229
800.877.9222 (U.S. & Canada Only)
614.888.0246 (Outside U.S.)
Fax: 614.841.6022

EmersonNetworkPower.com
Liebert.com

Pomimo zachowania wszelkich możliwych środków przy sporządzeniu niniejszej dokumentacji dla zapewnienia jej dokładności i kompletności, firma Liebert Corporation nie przyjmuje odpowiedzialności i roszczeń za ewentualne szkody powstałe wskutek wykorzystania zawartych w niej informacji oraz wskutek błędów lub przeoczeń. Dane techniczne mogą ulec zmianie bez uprzedzenia.
© 2006 Liebert Corporation Wszelkie prawa zastrzeżone.

Wszystkie nazwy występujące w niniejszej dokumentacji stanowią zastrzeżone znaki handlowe ich właścicieli. ® Liebert i logo Liebert są zastrzeżonymi znakami handlowymi firmy Liebert Corporation. Business-Critical Continuity, Emerson Network Power i logo Emerson Network Power są znakami handlowymi i są znakami usługowymi firmy Emerson Electric Co.

WP154-158-117
SL-24621 (0408)

Emerson Network Power.

Globalny lider w zabezpieczaniu systemów biznesowych o krytycznym znaczeniu.

- Zasilanie AC
- Przyłączenia
- Zasilanie DC

- Wbudowana technika komputerowa
- Wbudowane zasilanie
- Monitoring

- Instalacje zewnętrzne
- Przełączanie zasilania i układy sterujące
- Klimatyzacja precyzyjna

EmersonNetworkPower.com

- Rack'i i zintegrowane obudowy
- Serwisy
- Ochrona przed przepięciem