Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa

□□ Poziom: średnio

□□ Dotyczy: serwerownia Zielonej, UPS 20 kVA, obwody 16 A i 32 A, redundancja N, N+1, 2N

□ Czas: ~60 min

Administrator nie projektuje instalacji, ale umie policzyć, ile prądu potrzebuje serwerownia, i opisać to wykonawcy tak, żeby dostał to, o co prosił. Pokazujemy, jak zebrać pobór mocy, ile zostawić zapasu, jak wybrać poziom redundancji i jak zapisać zamówienie. Wracamy tu przy rozbudowie szaf, zakupie UPS i każdej rozmowie z elektrykiem.

□□ Skróty użyte na tej stronie (15)

Skrót	Co znaczy
GPU	Graphics Processing Unit: karta graficzna, która liczy modele językowe wielokrotnie szybciej niż procesor
iDRAC	Zdalny kontroler zarządzania w serwerach Dell, pokazuje m.in. pobór mocy serwera
iLO	Zdalny kontroler zarządzania w serwerach HPE, pokazuje m.in. pobór mocy serwera
IPMI	Intelligent Platform Management Interface: standard, przez który administrator pyta kontroler BMC serwera o temperatury, napięcia i obroty wentylatorów
IT	Information Technology: dział albo praca związana z komputerami i infrastrukturą firmy
kVA	Kilowoltoampery: moc pozorna zasilacza UPS, określa, jaki sprzęt może on zasilić
kW	Kilowat: tysiąc watów, miara mocy; prawie cała moc pobrana przez serwery zamienia się w ciepło
N+1	Układ z rezerwą: jedno urządzenie więcej, niż potrzeba, więc awaria jednego nie zatrzymuje całości
PDU	Power Distribution Unit: listwa zasilająca w szafie rack, w droższych wersjach z gniazdami mierzonymi i wejściem na czujnik temperatury
PKN	Polski Komitet Normalizacyjny: instytucja, która wydaje polskie wersje norm i sprzedaje je w katalogu

Skrót	Co znaczy
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung: niemiecki producent oprogramowania klasy ERP, właściciel silnika HANA i przejętego wcześniej Sybase ASE
SEP	Stowarzyszenie Elektryków Polskich: wydaje świadectwa kwalifikacyjne elektryków
SZR	Samoczynne Załączanie Rezerwy: przełącznik, który po zaniku sieci uruchamia agregat i przełącza na niego zasilanie (po angielsku ATS)
TCO	Total Cost of Ownership: całkowity koszt posiadania, czyli zakup, serwis i wymiany baterii w całym okresie użytkowania
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci

Z życia wzięte

> **Z ŻYCIA WZIĘTE**
>
> Czwartek, 11:30. Ola zgłasza, że potrzebuje dwóch serwerów z kartami graficznymi „na pilotaż", a pan Zbigniew pyta, czy da się je postawić od jutra i ile to będzie kosztować. Tomek otwiera tabliczki znamionowe i sumuje 3,3 kW na jeden serwer, ale na `gpu01` stojącym już od miesiąca PDU pokazuje 0,9 kW. Okazuje się, że planowanie na podstawie tabliczek zawyża potrzeby dwa albo trzy razy, a planowanie na podstawie pomiaru bez zapasu kończy się przepalonym zabezpieczeniem w dniu uruchomienia.

Skąd się wzięło

Pytanie „ile prądu potrzebuje serwerownia" nie jest nowe, ale przez lata odpowiadano na nie ostrożnie, czyli za dużo. W 1993 roku powstał Uptime Institute, który stworzył klasyfikację poziomów niezawodności centrów danych, Tier I do IV, oparte na tym, ile ma zapasów i czy da się je serwisować bez wyłączania [1]. W klasie III infrastrukturę można serwisować bez przerwy w pracy (concurrently maintainable), a w klasie IV jest odporna na pojedynczą awarię (fault tolerant) [1].

Te klasy wprowadziły język, którego używamy do dziś: N, N+1 i 2N. Opisujemy je niżej, a na tej stronie traktujemy jako narzędzie do rozmowy z wykonawcą, a nie jako cel certyfikacji.

Jak to działa

Rozwiń: jak to działa pod spodem

Krok 1: zbieramy pobór mocy

> **Pojęcie: moc znamionowa.** Moc zapisana na tabliczce urządzenia, czyli maksimum, jakie zasilacz jest w stanie dostarczyć. Prawdziwy pobór jest zwykle dużo niższy.

Mierzymy trzy wartości: średnią w typowym dniu, szczyt (na przykład przy starcie wszystkich maszyn) i moc znamionową. Źródła pomiaru to listwy PDU z pomiarem, wskazania serwerów (iDRAC, iLO i podobne, opisywane przez IPMI), wyświetlacz UPS i miernik cęgowy na obwodzie. Pomiar robimy w dniu zamknięcia miesiąca, bo wtedy `sql01` i klaster pracują najmocniej.



Rysunek 1. Bilans mocy szaf Zielonej: suma z tabliczek znamionowych wynosi 17,6 kW, szczyt zmierzony 10,4 kW, średnia 9 kW. Pionowe linie pokazują granicę UPS (18 kW) i granicę chłodzenia z zapasem N+1 (około 13 do 14 kW). (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

W tabeli widzimy dane poglądowe Zielonej. Wartości są przykładowe, a każda firma mierzy swoje.

Szafa	Zawartość	Średnia (kW)	Szczyt (kW)	Z tabliczek (kW)

R1	sieć: `fw01`, przełączniki	1,0	1,2	2,0
R2	`hv01`, `hv02`	2,6	3,0	5,0
R3	`bkp01` z półką dyskową	1,6	1,8	3,2
R4	`ora01`, `hana01`	2,4	2,8	4,6
R5	pozostały sprzęt	1,4	1,6	2,8
R6	pusta	0	0	0
Razem		9,0	10,4	17,6

Krok 2: przeliczamy na prąd i obwody

Prąd w obwodzie jednofazowym 230 V to moc dzielona przez napięcie. Szafa R2 przy 2,6 kW pobiera 11,3 A, a przy szczycie 3,0 kW około 13 A. Obwód 16 A ma przy zasadzie 80 procent obciążalność 12,8 A (2,94 kW), więc szczyt R2 już ją przekracza.

Wniosek jest prosty: dla R2 w razie awarii jednego toru drugi tor 16 A ma za mało zapasu i dlatego prosimy o obwody 32 A albo o rozdzielenie `hv01` i `hv02` na dwie szafy. To właśnie ten rodzaj wniosku daje planowanie z liczbami, a nie z przeczuciem.

Krok 3: UPS i zapas

UPS Zielonej ma 20 kVA, czyli przy współczynniku mocy 0,9 około 18 kW mocy czynnej, co przy 9 kW daje obciążenie połowy. Reguła praktyczna mówi, żeby UPS nie pracował stale powyżej 70 do 80 procent mocy, bo tracimy zapas na szczyty i rozbudowę. Tu zapas jest duży, ale nie za darmo: baterie muszą być dobrane do czasu, jakiego potrzebujemy.

Czas, którego potrzebujemy na baterii, wynika z planu wyłączania, a nie z dostępnego sprzętu. Dla Zielonej plan wyłączania trwa około 14 minut (3 minuty czekania i 11 minut pracy skryptu), więc docelowo prosimy o 15 do 20 minut przy 9 kW i uwzględniamy zużycie baterii do 80 procent. Jak to zmierzyć i skonfigurować, opisuje strona Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix.

Krok 4: chłodzenie jest granicą

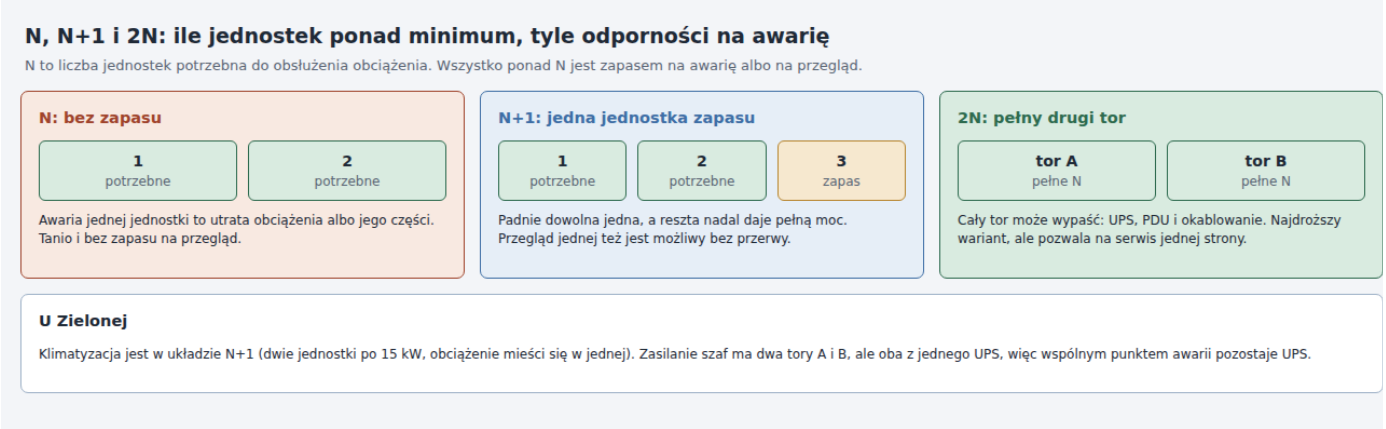
Każdy wat zużyty przez serwer zamienia się w ciepło, więc bilans mocy zasilania i chłodzenia to jeden bilans. Zielona ma dwie klimatyzacje po 15 kW chłodzenia w układzie N+1, co znaczy, że

po awarii jednej druga musi udźwignąć całość. Z uwzględnieniem strat UPS i oświetlenia granica obciążenia IT wynosi około 13 do 14 kW, czyli mniej niż moc UPS.

Wynika z tego ważna rzecz: zapełnienie szafy R6 serwerami o poborze 2,5 kW podniosłoby średnią do 11,5 kW, a szczyt do około 13 kW, czyli tuż pod granicą chłodzenia. Planujemy więc rozbudowę, patrząc na obie strony naraz.

Krok 5: redundancja N, N+1, 2N

> **Pojęcie: N, N+1, 2N.** N to liczba jednostek potrzebna do obsłużenia obciążenia, na przykład UPS-ów albo klimatyzacji. N+1 to jedna dodatkowa jednostka zapasu. 2N to pełny drugi, niezależny zestaw.



Rysunek 2. Trzy poziomy redundancji: N bez zapasu, N+1 z jedną jednostką zapasu i 2N z pełnym drugim torem. Warto zauważyć, że większy zapas oznacza wyższy koszt, ale też możliwość serwisu bez przerwy. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

U Zielonej klimatyzacja pracuje w układzie N+1, a zasilanie szaf ma dwa tory A i B, ale oba z jednego UPS. Wspólnym punktem awarii pozostaje więc UPS i jego bateria. Mamy trzy wyjścia: zostać przy jednym UPS i zaakceptować ryzyko, dołożyć drugi UPS (tor B z niego) albo zasilić tor B bezpośrednio z sieci, co daje ochronę przed awarią UPS, ale bez baterii na tym torze.

Krok 6: rozbudowa

Na zapas wzrostu przyjmujemy zwykle od 30 do 50 procent na trzy do pięciu lat, ale liczbę dobieramy do planów firmy. Zielona ma wolną szafę R6 i planuje pilotaże GPU i SAP, więc zapas liczymy z góry dla R6 i przygotowujemy w rozdzielnicy wolne wyłączniki, a w korytach wolne

miejsce na kable. Dobry projekt pozwala dołożyć UPS i baterie bez wymiany rozdzielnicy.

Jak opisujemy zamówienie

Zamówienie jest dokumentem, który dostaje wykonawca, więc zapisujemy je w tabeli: parametr, wymaganie i sposób sprawdzenia. Przykład dla Zielonej:

Parametr	Wymaganie	Jak sprawdzamy
Obciążenie IT	średnio 9 kW, szczyt 10,4 kW, zapas rozbudowy do 13 kW	zapis w ofercie i protokół pomiaru poboru
UPS	online (VFI), 20 kVA, PF co najmniej 0,9, 3/3 400 V	karta katalogowa, tabliczka
Czas podtrzymania	co najmniej 15 min przy 9 kW dla baterii z 80 procentami pojemności	tabela producenta, próba po montażu
Baterie	VRLA klasy 10 lat albo LiFePO4, w osobnej szafie	karta ogniw, data produkcji
Bypass	statyczny i serwisowy	protokół uruchomienia
Tory zasilania	A i B z osobnych wyłączników, najlepiej z osobnych sekcji	schemat, oględziny
Obwody szaf	16 A, a dla R2 i R4 32 A	schemat, pomiary
Zabezpieczenia	selektywność od RS do obwodu szafy, ogranicznik przepięć T1+T2 w RG i T2 w RS	tabele selektywności, karty katalogowe
PDU	z pomiarem i SNMP, opisane A i B	karta katalogowa, test odczytu w Zabbixie
Monitoring	karta sieciowa UPS z SNMP, styk „praca na baterii" do `wej01`	test alarmów
Dokumentacja	schematy powykonawcze, protokoły pomiarów, instrukcja przełączania bypassu	lista kontrolna z następnej strony
Termin	poza zamknięciem miesiąca i poza okresem od 15 listopada do 6 stycznia	harmonogram w umowie
Serwis	przegląd roczny UPS, reakcja w ciągu jednego dnia roboczego, baterie na stanie	umowa serwisowa

Kosztorys w kategoriach

Nie podajemy cen, bo zmieniają się szybciej niż książka. Do budżetu wpisujemy kategorie i pytamy o każdą osobno.

- UPS: jednostka, szafa baterii, baterie, karta sieciowa, bypass serwisowy.
- Rozdzielnica i aparaty: obudowy, wyłączniki, ograniczniki przepięć, szyny wyrównawcze, opisy.
- Okablowanie: przewody do szaf, korytka, uziemienie.
- PDU: listwy A i B dla każdej szafy, z pomiarem.
- Opcjonalnie agregat i SZR, razem z fundamentem, zbiornikiem i serwisem.
- Praca: montaż, uruchomienie, pomiary i próby, dokumentacja, szkolenie administratorów.
- Koszty w czasie: przeglądy roczne, wymiana baterii co kilka lat, utylizacja zużytych ogniw.

Warto zestawić koszt całkowity (TCO) na dziesięć lat, a nie tylko cenę zakupu. Baterie litowe kosztują więcej na początku, ale rzadziej się je wymienia, co zmienia rachunek.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Obliczenia bilansu mocy w ofercie: z podaniem założeń, a nie samą liczbę kVA.
- Zapas na rozbudowę policzony i zapisany, a nie obiecany ustnie.
- Rozbieżności między ofertą a zamówieniem (typ UPS, czas podtrzymania, obwody 32 A) wyjaśnione na piśmie, zanim podpiszemy umowę.
- Harmonogram prac z oknem wyłączenia i planem awaryjnym: kto zasila serwerownię w czasie przełączania.
- Wymagania operatora: czy moc umowna się zgadza, czy potrzebna jest zmiana przyłącza i jaki ma termin.
- Pytania, które zadajemy: co się stanie z naszymi serwerami podczas prac? Czy da się zrobić je etapami, jeden tor naraz?

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Moc ze wszystkich tabliczek trzeba zsumować	Suma tabliczek jest górną granicą, której serwery prawie nigdy nie dotykają, a pomiar daje realny obraz
Większy UPS jest zawsze lepszy	Zbyt duży UPS pracuje przy niskim obciążeniu i ma gorszą sprawność, a koszt rośnie
N+1 oznacza, że mamy wszystko zdublowane	N+1 to jedna zapasowa jednostka, a nie dwa pełne zestawy. Pełne zdublowanie to 2N
Dwa tory A i B to pełna redundancja	Tylko jeśli oba są niezależne, także od UPS w górę

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Zapas wystarczy na zawsze	Obciążenie rośnie, więc zapas planujemy na trzy do pięciu lat i sprawdzamy co roku

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1993	Powstaje Uptime Institute
2021	Od 3 lipca uprawnienia SEP są ważne pięć lat, więc sprawdzamy ich datę u wykonawcy [2]

Wątek polski

Przy planowaniu prądu spotykamy w Polsce kilka rzeczy lokalnych: warunki przyłączenia i moc umowną ustala operator sieci dystrybucyjnej, instalację projektuje i wykonuje osoba z uprawnieniami SEP, a okresowe kontrole instalacji nakłada Prawo budowlane [2]. Dla centrów danych istnieje europejska seria EN 50600, a to, czy i w jakich wydaniach jest dostępna po polsku, sprawdzamy w katalogu PKN.

Gdy w ofercie pada słowo Tier, pytamy, czy to certyfikat Uptime Institute, czy własna nazwa wykonawcy. Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wynalazku w tej dziedzinie.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Po dołożeniu serwerów zabezpieczenie wyłącza obwód	planowanie bez zapasu, szczyt wyższy od średniej	mierzymy szczyt i dobieramy obwód z zapasem
UPS pracuje blisko pełnego obciążenia	brak zapasu na rozbudowę	mierzymy obciążenie, planujemy drugi UPS
Klimatyzacje nie nadążają, mimo że UPS ma zapas	planowanie tylko po stronie zasilania	liczymy chłodzenie razem z zasilaniem
Zamówiono UPS „20 kVA", ale PF jest 0,7	brak mocy czynnej w zamówieniu	wpisujemy kW i PF
Plan wyłączania dłuższy niż czas baterii	czas liczony dla nowych baterii	liczymy dla 80 procent pojemności

□□ Ćwiczenia

1. Dwa serwery GPU mają łącznie na tabliczkach 6,6 kW, a pomiar jednego pokazuje 0,9 kW. Jaką moc zakładamy do planowania?

Odpowiedź

Dla jednego serwera zakładamy średnio 0,9 kW i szczyt zmierzony przy pełnym obciążeniu GPU (zmierzony, a nie z tabliczki), na przykład 1,5 do 2 kW. Dla dwóch to 3 do 4 kW, a nie 6,6 kW.

1. UPS ma 20 kVA i PF 0,9, a obciążenie to 9 kW. Przy jakim obciążeniu osiągniemy granicę 80 procent mocy?

Odpowiedź

Moc czynna to 18 kW, a 80 procent to 14,4 kW. Zapas wynosi więc 5,4 kW, ale granicą będzie wcześniej chłodzenie, około 13 do 14 kW.

1. Szafa pobiera 3,3 kW przy 230 V. Czy wystarczy obwód 16 A w układzie A i B, gdy zawiedzie jeden tor?

Odpowiedź

3300 W podzielone przez 230 V daje 14,3 A, a 80 procent obciążalności obwodu 16 A to 12,8 A. Nie wystarczy, więc prosimy o obwody 32 A albo przenosimy część sprzętu.

Powiązane: Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B, UPS: topologie, dobór i baterie, Odbiór instalacji od wykonawcy: lista kontrolna, pomiary, dokumenty, Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Źródła:

1. Data Center Knowledge, „Understanding Uptime and Data Center Tier Levels": datacenterknowledge.com
2. Prawo budowlane, art. 62: lexlege.pl

Revision #15
Created 2026-10-03 11:23:27 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:19:36 UTC by Tomasz Konieczny