UPS: topologie, dobór i baterie

Poziom: średnio **Dotyczy: UPS 20 kVA, IEC 62040-3, akumulatory VRLA i LiFePO4**

Czas: ~60 min

UPS to zasilacz z baterią, który kupuje serwerom czas na spokojne wyłączenie albo na uruchomienie agregatu. Wyjaśniamy trzy rodzaje UPS, różnicę między VA a watami, sposób liczenia czasu na baterii i to, kiedy baterie trzeba wymienić. Wracamy tu przy zakupie UPS, wymianie baterii i pytaniu, ile minut naprawdę mamy.

Skróty użyte na tej stronie (14)

Skrót	Co znaczy
APC	Angled Physical Contact: polerowanie czoła złącza światłowodowego ściętego pod kątem 8 stopni, które odbija światło w płaszcz, oznaczane kolorem zielonym
EUROBAT	Europejskie stowarzyszenie producentów akumulatorów, które publikuje wytyczne o trwałości baterii stacjonarnych
IEC	International Electrotechnical Commission: międzynarodowa organizacja, która wydaje normy elektrotechniczne, np. IEC 60751 dla czujników Pt100
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
LiFePO4	Fosforan żelaza i litu: rodzaj akumulatora litowego o dużej żywotności, stosowany w nowszych zasilaczach UPS
NFPA	National Fire Protection Association: amerykańskie stowarzyszenie, które wydaje normy ochrony przeciwpożarowej
PKN	Polski Komitet Normalizacyjny: instytucja, która wydaje polskie wersje norm i sprzedaje je w katalogu
SNMP	Simple Network Management Protocol: protokół odczytu stanu urządzeń sieciowych
UE	Unia Europejska
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci

Skrót	Co znaczy
VFD	Voltage and Frequency Dependent: oznaczenie UPS offline, w którym wyjście zależy od napięcia i częstotliwości sieci
VFI	Voltage and Frequency Independent: oznaczenie UPS online, w którym napięcie i częstotliwość wyjścia nie zależą od sieci
VRLA	Valve Regulated Lead Acid: akumulator kwasowo-ołowiowy z zaworem, bez dolewania wody, typowy w zasilaczach UPS

Z życia wzięte

□□ Z ŻYCIA WZIĘTE

Poniedziałek, 9:40. Tomek kupił do biura w Swarzędzu UPS z napisem „3000 VA" i podłączył do niego przełącznik, router i dwa serwery plików o łącznym poborze 2,3 kW. Po pierwszej próbie UPS piszczy i przechodzi w przeciążenie, a Tomek nie rozumie dlaczego, skoro 3000 jest więcej niż 2300. Okazuje się, że 3000 VA to moc pozorna, a moc czynna tego modelu wynosi 1800 W.

Skąd się wzięło

Pojęcie: UPS (Uninterruptible Power Supply). Urządzenie, które stoi między gniazdem a serwerem, ma w środku akumulatory i przy zaniku napięcia przejmuje zasilanie bez przerwy.

Pierwsze UPS-y były maszynami wirującymi. Fuji Electric zbudował w 1954 roku prototyp, w 1955 roku miał trzy typy o mocy od 5 do 30 kVA, a w 1966 roku dostarczył zasilacz wirujący 250 kVA na tor wyścigowy Nakayama [1]. W latach sześćdziesiątych pojawiły się układy statyczne z tyrystorami, a w 1969 roku Fuji dostarczył 200 kVA firmie Fujitsu [1].

Pierwszy UPS firmy APC, model 300PC, wszedł na rynek w 1984 roku, w 1989 roku pojawiło się oprogramowanie PowerChute do łagodnego wyłączania komputerów, a w 1990 roku seria Smart-UPS [2]. Akumulatory mają jeszcze dłuższą historię: Gaston Planté zbudował ogniwo kwasowo-ołowiowe w 1859 roku, a Camille Faure ulepszył je w 1881 roku [3]. W 1996 roku zespół Johna Goodenough zidentyfikował fosforan żelaza i litu (LiFePO4) jako materiał katody w nowych bateriach, a dziś jest to podstawa części akumulatorów litowych w UPS-ach [4].

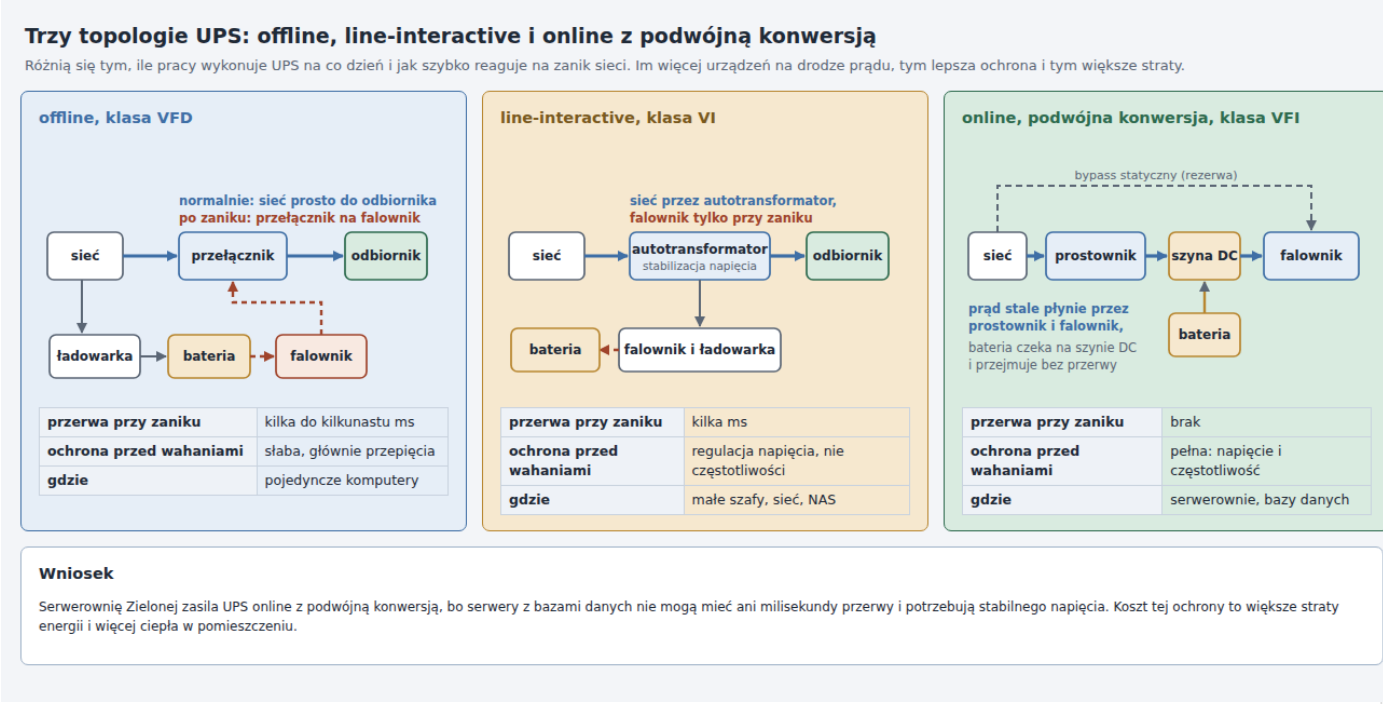
Zasilacz UPS, zdjęcie poglądowe. Małe urządzenia stoją w biurach, a w serwerowniach zastępują je s

Zasilacz UPS, zdjęcie poglądowe. Małe urządzenia stoją w biurach, a w serwerowniach zastępują je szafy z osobnymi bateriami. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Jak to działa

Rozwiń: jak to działa pod spodem

Normy opisują UPS trzema literami: VFD, VI i VFI. Odpowiadają trzem rodzajom układów, a każdy ma swoje zalety i wady [5].



Rysunek 1. Trzy topologie UPS: offline (VFD), line-interactive (VI) i online z podwójną konwersją (VFI). Warto zauważyć, że tylko w ostatniej serwer nigdy nie pracuje bezpośrednio z sieci. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

UPS offline (VFD, standby)

> **Pojęcie: UPS offline.** Przy normalnej pracy serwer zasilany jest wprost z sieci przez prosty filtr, a falownik z baterii włącza się dopiero po zaniku napięcia. Nazwa normowa VFD oznacza „zależny od napięcia i częstotliwości", czyli wyjście zależy od sieci.

Przełączenie na baterię trwa około 10 ms, a niektóre źródła podają nawet do 25 ms [5][6]. Zasilacze w serwerach znoszą taką przerwę, ale nie każdy sprzęt. UPS offline jest najtańszy i najbardziej sprawny, więc spotykamy go w komputerach domowych i przy małym sprzęcie sieciowym.

UPS line-interactive (VI)

> **Pojęcie: UPS line-interactive.** Zasilacz z transformatorem, który podnosi i obniża napięcie w niewielkim zakresie bez przechodzenia na baterię. Nazwa VI oznacza „niezależny od napięcia", bo wyjście nie śledzi wahań napięcia sieci.

Do baterii przełącza się, gdy napięcie wychodzi poza zakres, więc baterie pracują rzadziej i dłużej żyją. Przełączenie trwa tak samo jak w offline, około 10 ms. To najpopularniejszy typ w małych biurach, w szafach z kilkoma serwerami i przy sprzęcie sieciowym.

UPS online z podwójną konwersją (VFI)

> **Pojęcie: UPS online.** Serwer jest zasilany zawsze z falownika. Prąd z sieci idzie do prostownika, który ładuje baterie i zasila falownik, a falownik tworzy czyste napięcie. Przy zaniku sieci nic się nie przełącza, bo falownik już pracuje z baterii.

Nazwa VFI oznacza „niezależny od napięcia i częstotliwości". Czas przełączenia wynosi zero, a serwer jest odcięty od zakłóceń sieci i od wahań agregatu. Cena to straty energii rzędu kilku procent, ciepło i hałas wentylatorów. W serwerowniach średnich i dużych stosujemy ten typ, więc zakładamy, że nasz UPS 20 kVA jest taki.

Klasyfikacja IEC 62040-3

Norma IEC 62040-3 klasyfikuje UPS kodem w rodzaju VFI-SS-11, w którym pierwsza grupa to zależność od sieci, druga kształt napięcia na wyjściu (S dla czystej sinusoidy, X dla sinusoidy z większymi zniekształceniami, Y dla napięcia niesinusoidalnego), a trzecia klasa odpowiedzi na skoki obciążenia [5]. Typowe kody to VFD-SY-33 dla offline, VI-SS-31 dla line-interactive i VFI-

SS-11 dla online [5].

Do zamówienia wpisujemy wymagany kod, na przykład „VFI-SS-11", i prosimy wykonawcę o potwierdzenie z karty katalogowej. Oznaczenia sprawdzamy w katalogu producenta, a aktualne polskie wydanie normy w katalogu Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

VA, waty i współczynnik mocy

> **Pojęcie: moc pozorna i czynna.** Moc pozorna (VA, kVA) to iloczyn napięcia i prądu. Moc czynna (W, kW) to ta część, która naprawdę wykonuje pracę i grzeje. Stosunek mocy czynnej do pozornej to współczynnik mocy (PF).

UPS ma dwie granice: prąd, który wytrzyma elektronika, i moc czynną, którą oddadzą baterie i falownik. Starsze UPS-y mają PF około 0,6 do 0,8, więc zasilacz „3000 VA" daje 1800 do 2400 W. Nowsze modele dla serwerów podają PF 0,9 albo 1,0.

Dla Zielonej zakładamy UPS 20 kVA z PF 0,9, czyli 18 kW mocy czynnej. W układzie 3/3, czyli trójfazowym wejściu i wyjściu 400 V, daje to prąd około 28,9 A na fazę (20 000 VA dzielone przez 1,73 razy 400 V). To założenie, a prawdziwe dane bierzemy z tabliczki naszego UPS.

Baterie: VRLA i LiFePO4

> **Pojęcie: akumulator VRLA.** Akumulator kwasowo-ołowiowy z zaworem i uszczelnioną obudową, który nie wymaga dolewania wody. Takie baterie od dziesięcioleci stoją w większości UPS-ów.

Producenci dzielą baterie VRLA na klasy trwałości projektowej, na przykład 5 i 10 lat. Pojemność spada z czasem, a koniec życia umownie przyjmuje się przy 80 procentach pojemności początkowej, według wytycznych EUROBAT [7]. Temperatura ma duże znaczenie: trwałość baterii ołowiowej według reguły praktycznej maleje o połowę na każde 10 °C powyżej 20 do 25 °C, więc ta sama bateria żyje długo w chłodnym pomieszczeniu i krótko w ciepłym [7].

Akumulatory litowo-żelazowo-fosforanowe (LiFePO4) mają ogniwo 3,2 V, deklarowaną żywotność od 2500 do 9000 cykli i są dużo lżejsze od ołowiowych [4]. Zgodnie z deklaracjami producentów UPS-ów trwają około 10 lat i mogą mieć do 5000 cykli, a baterie ołowiowe 3 do 6 lat i około 700 cykli [8]. Zalety to dłuższa żywotność, mniejsza waga (o 60 do 80 procent) i mniejszy koszt w całym okresie użytkowania, a wady to wyższa cena zakupu, wymóg certyfikatów i układ zarządzania ogniwami. W centrach danych preferuje się ogniwa LiFePO4, bo nie uwalniają tlenu przy uszkodzeniu [8].

Pożar baterii litowo-jonowych w centrum danych SK C&C w Pangyo w 2022 roku opisujemy w Warstwa fizyczna: wszystko, czego nie widać w terminalu. Przy zakupie baterii litowych pytamy o certyfikaty (UL 1973, IEC 62619, UN 38.3, UL 9540A) i o przepisy przeciwpożarowe, bo w niektórych krajach (norma NFPA 855) ograniczają one ilość energii na pomieszczenie [8].

> □□ Przepisy o magazynach energii (rejestr, progi w Prawie budowlanym, rozporządzenie UE o bateriach) zmieniają się w 2026 i 2027 roku, a NFPA 855 w Polsce jest odniesieniem zagranicznym, a nie obowiązującym prawem. Co obowiązuje, co jest projektem i co zalecamy, opisujemy na stronie Magazyny energii: nowe przepisy, bezpieczeństwo i co to znaczy dla serwerowni.

Akumulator 12 V VRLA używany w zasilaczach UPS. W szafie baterii łączy się je szeregowo, na prz

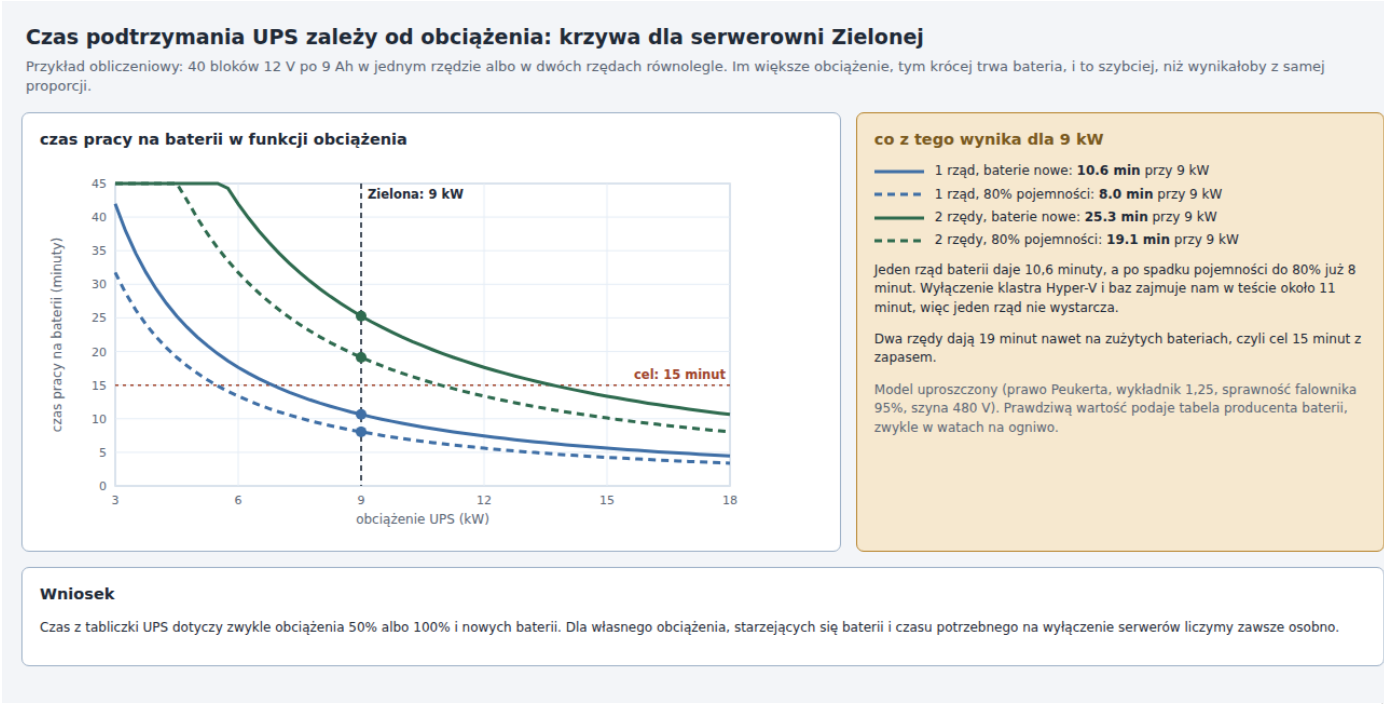
□□ *Akumulator 12 V VRLA używany w zasilaczach UPS. W szafie baterii łączy się je szeregowo, na przykład 40 sztuk daje napięcie 480 V. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).*

Czas podtrzymania: jak go liczymy

> **Pojęcie: czas podtrzymania.** Czas, przez jaki UPS zasila obciążenie z baterii, zanim się rozładują. Zależy od mocy, jaką pobierają serwery, od pojemności baterii i od ich stanu.

Czas nie jest proporcjonalny do pojemności, bo akumulator ołowiowy oddaje mniej energii przy dużym prądzie niż przy małym. Opisuje to prawo Peukerta, a w nim wykładnik k zwykle między 1,1 a 1,3. W naszym uproszczonym modelu przyjmujemy 40 bloków 12 V po 9 Ah, czyli napięcie 480 V, sprawność falownika 0,95, k = 1,25 i pojemność podaną dla 20 godzin.

Przy 9 kW pobieranych z baterii prąd wynosi 9000 W / 0,95 / 480 V, czyli około 19,7 A. Z równania t = H razy (C / (I razy H)) do potęgi k, czyli 20 razy (9 / (19,7 razy 20)) do potęgi 1,25, wychodzi około 0,178 godziny, czyli 10,6 minuty. Dla baterii z 80 procentami pojemności (7,2 Ah) wychodzi 8,0 minuty, a dwa równoległe komplety dają 25,3 minuty dla nowych i 19,1 dla zużytych.



Rysunek 2. Czas podtrzymania UPS Zielonej w zależności od obciążenia: przy 9 kW jeden komplet baterii daje około 10,6 minuty nowy i 8 minut po utracie 20 procent pojemności, a dwa komplety 25,3 i 19,1 minuty. To model uproszczony, a prawdziwy czas podaje tabela producenta dla konkretnych baterii. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Dlatego sześcioletnie baterie z historii z początku tej książki dawały około 8 minut, a nie nominalnych kilkunastu. W serwerowni nagrzewającej się bez klimatyzacji czas na baterii służy do wyłączenia sprzętu, a nie do pracy. Jak liczymy ten czas dla naszych maszyn, opisuje strona Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix.

Wymiana i testy baterii

Baterie VRLA wymieniamy zwykle w 7. do 8. roku przy klasie 10-letniej i w 3. do 4. roku przy klasie 5-letniej, a wcześniej przy dużej temperaturze [7]. Co roku mierzymy impedancję (opór wewnętrzny) bloków, bo rośnie, gdy ogniwo się starzeje, a co jakiś czas robimy próbę rozładowania na kontrolowanym obciążeniu [7]. Wymiana na gorąco (hot swap) w niektórych UPS-ach pozwala wymienić blok bez wyłączania obciążenia, ale zawsze według instrukcji producenta.

Bypass serwisowy

> **Pojęcie: bypass.** Dodatkowa droga prądu, która omija UPS. Bypass statyczny jest w UPS i przełącza się automatycznie przy przeciążeniu lub awarii falownika. Bypass serwisowy (ręczny) to przełącznik na zewnątrz, który pozwala wyłączyć UPS do przeglądu, a serwery zasilić bezpośrednio z sieci.

Bez bypassu serwisowego każdy przegląd UPS wymaga wyłączenia serwerowni. Na schemacie jednokreskowym z poprzedniej strony widać go jako wyłącznik Q11 w rozdzielnicy serwerowni.

Karta sieciowa

Karta sieciowa to osobny moduł w UPS, który udostępnia przez sieć jego stan: napięcie, obciążenie, stan baterii i alarmy. Odpowiada na zapytania SNMP i pozwala serwerom łagodnie się wyłączyć, o czym piszemy w Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix.

Karta zarządzająca z portem sieciowym i SNMP, którą wkłada się do gniazda w UPS.

Karta zarządzająca z portem sieciowym i SNMP, którą wkłada się do gniazda w UPS. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Wszystkie rodzaje w jednej tabeli

Cecha	Offline (VFD)	Line-interactive (VI)	Online (VFI)
Praca normalna	z sieci przez filtr	z sieci z regulacją napięcia	zawsze z falownika
Przełączenie na baterię	około 10 ms	około 10 ms	0 ms
Ochrona przed zakłóceniami	niska	średnia	wysoka
Praca z agregatem	wrażliwa	średnia	najlepsza
Sprawność	najwyższa	wysoka	niższa o kilka procent
Cena	najniższa	średnia	najwyższa
Typowe użycie	komputer domowy	małe biuro, sprzęt sieciowy	serwerownia

W serwerowni

Dla serwerowni wybieramy UPS online (VFI), z bypassem statycznym i serwisowym, z kartą sieciową i z baterią w osobnej szafie, którą da się rozbudować. Moc dobieramy tak, żeby obciążenie nie przekraczało około 80 procent mocy czynnej, a zapas zostawiamy na rozbudowę. Dla Zielonej obciążenie wynosi 9 kW przy 18 kW mocy czynnej, czyli połowę.

Baterie stoją w chłodnym miejscu, najlepiej w 20 do 25 °C. W szafie baterii mierzymy temperaturę i podpinamy ją do monitoringu. Testy rozładowania planujemy tak, żeby nie zgrywały się z zamknięciem miesiąca, a przed testem upewniamy się, że kopie zapasowe są świeże.

Poza serwerownią UPS-y online stoją w szpitalach przy sprzęcie medycznym, w bankach przy terminalach i w przemyśle przy sterownikach. W magazynie w Swarzędzu stoi mały UPS line-interactive przy przełącznikach, żeby skanery nie traciły łączności po krótkim zaniku.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Moc czynną w kW i współczynnik mocy zapisane w ofercie, nie samo kVA.
- Topologię i kod według IEC 62040-3, na przykład VFI-SS-11, wpisane w karcie katalogowej.
- Czas podtrzymania przy naszym obciążeniu, wyliczony przez producenta dla konkretnych baterii, z tabelą dla 50, 75 i 100 procent obciążenia.
- Klasę trwałości baterii (5 albo 10 lat), producenta ogniw i datę produkcji (nie starszą niż kilka miesięcy).
- Bypass serwisowy zainstalowany i opisany, z instrukcją przełączania.
- Kartę sieciową z SNMP i instrukcję konfiguracji, a także zasady uwierzytelnienia i szyfrowania.
- Próbę z obciążeniem po montażu: obciążenie zbliżone do rzeczywistego, zapis czasu pracy na baterii.
- Plan serwisu: kto robi przegląd, jak często, jak szybko reaguje, czy ma baterie na stanie.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
UPS 3000 VA daje 3000 W	Daje tyle watów, ile wynosi moc czynna, zwykle 60 do 90 procent mocy pozornej
Baterie w UPS służą 10 lat	Tylko w klasie 10-letniej i w chłodnym pomieszczeniu, zwykle wymieniamy je wcześniej
UPS online jest zawsze lepszy	Daje największą ochronę, ale kosztuje więcej, grzeje i bywa przesadą dla małej szafy
Baterie litowe zawsze się palą	Ryzyko zależy od chemii i zabezpieczeń, a LiFePO4 uchodzi za bezpieczniejszą od innych litowych

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
UPS wystarczy na pracę kilku godzin	UPS daje minuty, a godziny wymagają agregatu

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1859	Planté buduje ogniwo kwasowo-ołowiowe
1881	Faure ulepsza płytę akumulatora
1954	Fuji Electric buduje prototyp wirującego UPS
1969	Fuji dostarcza 200 kVA statycznego UPS firmie Fujitsu
1984	APC wprowadza model 300PC
1989	PowerChute, pierwsze łagodne wyłączanie komputerów
1996	Zespół Goodenough identyfikuje LiFePO4 jako materiał katody
2021	Obowiązuje obecne wydanie normy EN IEC 62040-3

Wątek polski

Polskim producentem zasilaczy UPS jest EVER z Poznania, który według własnej strony ma ponad 30 lat doświadczenia, a według serwisu Bankier jest największym polskim producentem UPS [9]. Rok założenia firmy znajdziemy tylko w jej własnych materiałach, więc go nie podajemy.

Normę IEC 62040-3 przyjmuje się w Europie jako EN IEC 62040-3:2021, a polskie wydanie sprawdzamy w katalogu PKN. Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wynalazku, który zmienił historię UPS.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
UPS piszczy przy przeciążeniu mimo dużego VA	porównanie VA z watami	sprawdzamy moc czynną w kW
Czas na baterii dużo krótszy niż w ofercie	zużyte baterie albo wysoka temperatura	mierzymy impedancję, robimy próbę, wymieniamy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Serwery wyłączają się twardo	baterie wyczerpane, a wyłączenie nie zostało zaplanowane	liczymy czas i konfigurujemy wyłączenie w NUT
Wymiana baterii wymaga wyłączenia serwerowni	brak bypassu serwisowego	dokładamy bypass albo planujemy okno serwisowe
Wentylatory UPS hałasują, a pokój jest ciepły	UPS online grzeje, a klimatyzacja nie jest zaplanowana na jego straty	uwzględniamy straty UPS w bilansie chłodzenia

□□ Ćwiczenia

1. UPS ma napis 10 kVA i PF 0,8. Ile watów może oddać?

Odpowiedź

10 000 VA razy 0,8 daje 8000 W, czyli 8 kW.

1. Serwerownia pobiera 6 kW, a UPS ma moc czynną 18 kW. Czy to znaczy, że czas na baterii jest trzy razy dłuższy niż przy pełnym obciążeniu?

Odpowiedź

Nie, bo prawo Peukerta mówi, że przy mniejszym prądzie baterie oddają więcej energii, więc czas jest więcej niż trzy razy dłuższy. Dokładną wartość daje tabela producenta.

1. Baterie klasy 10-letniej stoją w pomieszczeniu 35 °C zamiast 25 °C. Czego się spodziewamy?

Odpowiedź

Zgodnie z regułą, że trwałość maleje o połowę na każde 10 °C, baterie będą żyły mniej więcej o połowę krócej, czyli około 5 lat zamiast 10, więc planujemy wcześniejszą wymianę.

Powiązane: Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B, PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami, Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix, Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa

Źródła:

1. Fuji Electric, historia zasilaczy UPS: fujielectric.com
2. en.wikipedia.org: APC by Schneider Electric, historia
3. en.wikipedia.org: Lead-acid battery, historia
4. en.wikipedia.org: Lithium iron phosphate battery
5. Schneider Electric, White Paper 1, „The Different Types of UPS Systems": download.schneider-electric.com
6. en.wikipedia.org: Uninterruptible power supply
7. Riello UPS, White Paper „Lifespan of UPS Batteries": riello-ups.com
8. Delta, „The pros and cons of lithium-ion batteries for data centers": deltapowersolutions.com
9. EVER, strona producenta: ever.eu oraz Bankier.pl, „Firma z Poznania światowym graczem": bankier.pl

---

Revision #15
Created 2026-10-03 11:23:24 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:19:28 UTC by Tomasz Konieczny