Elementy zasilania

Droga prądu, UPS, PDU, agregat i przepięcia.

- Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B
- UPS: topologie, dobór i baterie
- PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami

Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B

Poziom: podstawy

Dotyczy: instalacja 230/400 V, PN-HD 60364, wyłączniki nadprądowe i różnicowoprądowe

Czas: ~45 min

Prąd dociera do serwera przez przyłącze, rozdzielnice, zabezpieczenia i listwę zasilającą, a każde z tych ogniw może go zatrzymać. Wyjaśniamy, co robi każde z nich i dlaczego serwer dostaje zasilanie dwiema niezależnymi drogami, A i B. Wracamy tu, gdy zamawiamy instalację, szukamy przyczyny wyłączenia obwodu albo odbieramy pracę elektryka.

Skróty użyte na tej stronie (11)

Skrót	Co znaczy
C13	Złącze IEC 60320 na końcu przewodu zasilającego serwera, do prądu 10 A (w serwerze jest gniazdo C14)
C14	Wejście zasilania IEC 60320 w zasilaczu serwera, współpracuje ze złączem C13, do prądu 10 A
C19	Złącze IEC 60320 na końcu przewodu mocniejszego urządzenia lub listwy PDU, do prądu 16 A (współpracuje z C20)
C20	Wejście zasilania IEC 60320 w mocniejszych urządzeniach, współpracuje ze złączem C19, do prądu 16 A
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
PDU	Power Distribution Unit: listwa zasilająca w szafie rack, w droższych wersjach z gniazdami mierzonymi i wejściem na czujnik temperatury
RCD	Residual Current Device: wyłącznik różnicowoprądowy
SEP	Stowarzyszenie Elektryków Polskich: wydaje świadectwa kwalifikacyjne elektryków

Skrót	Co znaczy
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci

Z życia wzięte

Z ŻYCIA WZIĘTE

Wtorek, 10:15. Ola prosi o „tylko na chwilę" testowy serwer w szafie R5, a Tomek wpina go przewodem z nadłamaną izolacją. Dochodzi do zwarcia i zamiast wyłącznika 16 A tej szafy wyłącza się główny wyłącznik całej serwerowni w rozdzielnicy budynku. UPS przechodzi na baterie, ale klimatyzacje stają, bo nie mają już skąd brać prądu. Elektryk ustala wieczorem, że wyłączniki w szeregu nie były dobrane tak, żeby pierwszy zadziałał ten najbliższy zwarcia.

Skąd się wzięło

Pojęcie: zabezpieczenie nadprądowe. Urządzenie, które samo przerywa obwód, gdy płynie w nim za duży prąd. Zapobiega przegrzaniu przewodów, a w skrajnym przypadku pożarowi.

Najstarszym zabezpieczeniem jest bezpiecznik topikowy: cienki drut, który przepala się przy zbyt dużym prądzie i trzeba go wymienić. Wyłącznik, który można włączyć ponownie, ma dłuższą historię. Hugo Stotz z firmy BBC opatentował miniaturowy wyłącznik nadprądowy w 1924 roku (patent niemiecki nr 458392), od którego pochodzą dzisiejsze wyłączniki w rozdzielnicach [1].

Pojęcie: wyłącznik różnicowoprądowy (RCD). Urządzenie, które porównuje prąd płynący do odbiornika z prądem wracającym. Gdy część prądu ucieka inną drogą, na przykład przez człowieka albo uszkodzoną izolację, wyłącznik wykrywa różnicę i w ułamku sekundy przerywa obwód.

Zasadę wyłącznika różnicowoprądowego opracowano w połowie lat pięćdziesiątych, a prototyp Henriego Rubina pochodzi z 1956 roku [2]. Dziś w domach stoją wyłączniki 30 mA, które chronią ludzi, a w serwerowniach pojawiają się też wyłączniki o większej czułości lub monitoring prądów upływu, bo zasilacze serwerów same wytwarzają niewielkie prądy upływu [3].

Wyłącznik różnicowoprądowy i miniaturowy wyłącznik nadprądowy obok siebie. Pierwszy chroni ludz

Wyłącznik różnicowoprądowy i miniaturowy wyłącznik nadprądowy obok siebie. Pierwszy chroni ludzi i izolację przed upływem prądu, drugi przewody przed przegrzaniem. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

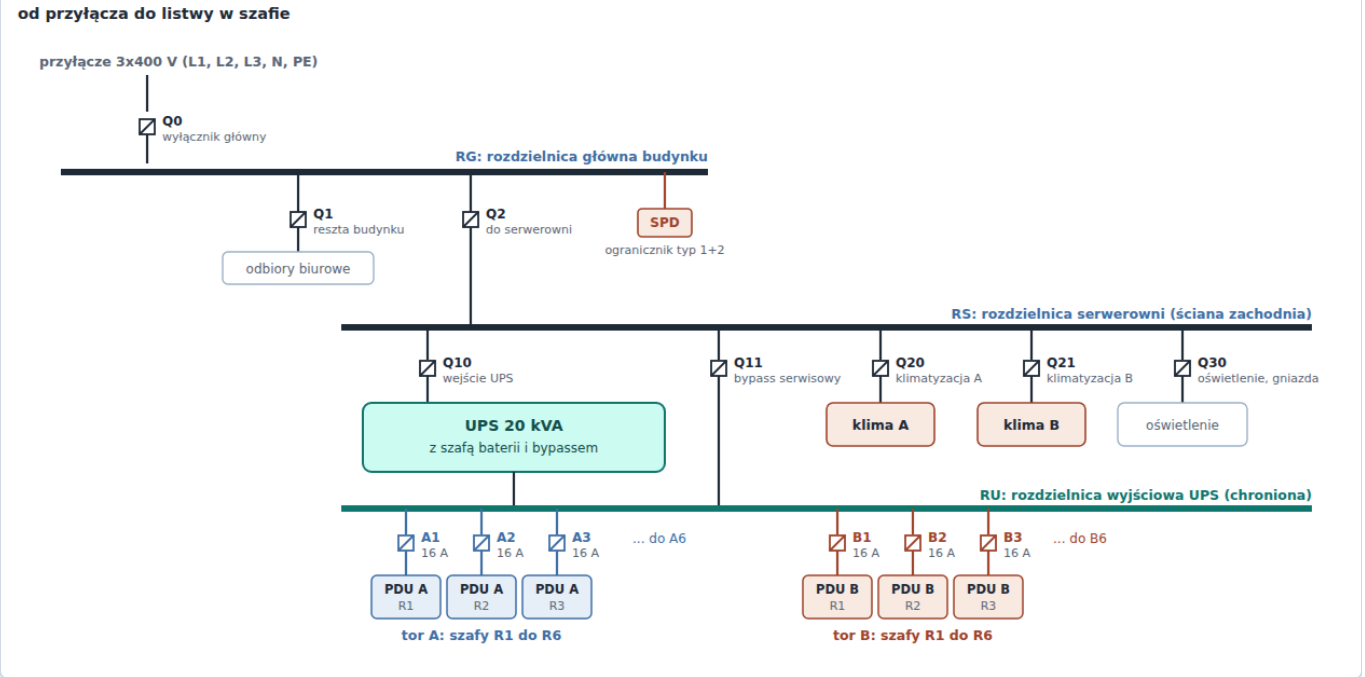
Jak to działa

Rozwiń: jak to działa pod spodem

Prąd przechodzi od operatora do serwera przez kilka ogniw. Każde ma swoją rolę i swoje zabezpieczenie.

Schemat jednokreskowy serwerowni Zielonej (uproszczony)

Jedna kreska oznacza cały obwód, trójfazowy albo jednofazowy. Czytamy go od góry: przyłącze, rozdzielnica główna, rozdzielnica serwerowni, UPS, obwody toru A i B do szaf.



jak czytamy symbole

Kwadrat z ukośną kreską to wyłącznik albo rozłącznik (Q0, Q1, ...). Gruba pozioma kreska to szyna zbiorcza rozdzielnicy. Prostokąt oznacza urządzenie: UPS, klimatyzację, listwę PDU. Oznaczenia i wartości prądów są przykładowe, rzeczywiste ustala projektant.

co warto zauważyć

Klimatyzacje i oświetlenie mają własne wyjścia z RS, a nie z UPS. Obwody A i B mają osobne wyłączniki i idą do osobnych listew. Bypass serwisowy (Q11) omija UPS, więc można go wyłączyć do przeglądu bez wyłączania serwerów.

Wniosek

Dobry schemat jednokreskowy mieści się na jednej kartce i mówi, gdzie odciąć zasilanie, co zasila co i które wyłączniki leżą po stronie UPS. Wisi w serwerowni, a jego kopia leży u administratora.

Rysunek 1. Schemat jednokreskowy serwerowni Zielonej: od rozdzielnicy głównej budynku przez rozdzielnicę serwerowni i UPS do dwóch listw PDU w szafach. Warto zauważyć, że klimatyzacje mają własne wyjścia z rozdzielnicy serwerowni, poza UPS. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Przyłącze i licznik

> **Pojęcie: przyłącze.** Odcinek instalacji od sieci operatora do rozdzielnicy głównej budynku. Zabezpieczenie główne i licznik należą do operatora, dalej zaczyna się nasza instalacja.

Przyłącze określa moc, jaką możemy pobrać, i napięcie, zwykle 230/400 V i 50 Hz. Jeśli budujemy serwerownię z UPS 20 kVA, moc umowna musi to pomieścić z zapasem na klimatyzacje i resztę budynku. Zmiana mocy przyłączeniowej wymaga zgłoszenia do operatora, który ma na to swój termin i swoją procedurę.

Rozdzielnica główna i rozdzielnica serwerowni

> **Pojęcie: rozdzielnica.** Szafa z zabezpieczeniami, w której jedna linia zasilająca dzieli się na wiele obwodów. W instalacji budynku nazywamy ją rozdzielnicą główną (RG), a ta w samej serwerowni to rozdzielnica serwerowni (RS).

Osobna rozdzielnica serwerowni daje dwie rzeczy. Awaria w biurze nie wyłącza serwerowni, a prace w serwerowni nie wymagają wyłączania całego budynku. U nas stoi przy ścianie zachodniej, ma osobne wyjścia dla UPS, dla każdej z dwóch klimatyzacji i dla oświetlenia, a przy rozdzielnicy głównej znajduje się ogranicznik przepięć, o którym piszemy na stronie PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami.

Wyłączniki nadprądowe i różnicowoprądowe

W rozdzielnicy stoją trzy rodzaje zabezpieczeń. Wyłącznik nadprądowy chroni przewody przed przeciążeniem i zwarciem. Wyłącznik różnicowoprądowy chroni ludzi i wykrywa uszkodzoną

izolację. Ogranicznik przepięć chroni sprzęt przed skokami napięcia.

Działanie wyłącznika nadprądowego opisuje jego charakterystyka: B wyzwala natychmiast przy prądzie 3 do 5 razy większym od znamionowego, C przy 5 do 10 razy, a D przy 10 do 20 razy [1]. Serwery w chwili włączenia pobierają krótki, duży prąd rozruchowy, dlatego w obwodach zasilających szafy stosujemy zwykle charakterystykę C. Szczegóły i obliczenia znajdziemy w książce o uprawnieniach SEP na stronie Aparaty zabezpieczające, a zasady ochrony przed porażeniem na stronie Ochrona przeciwporażeniowa.

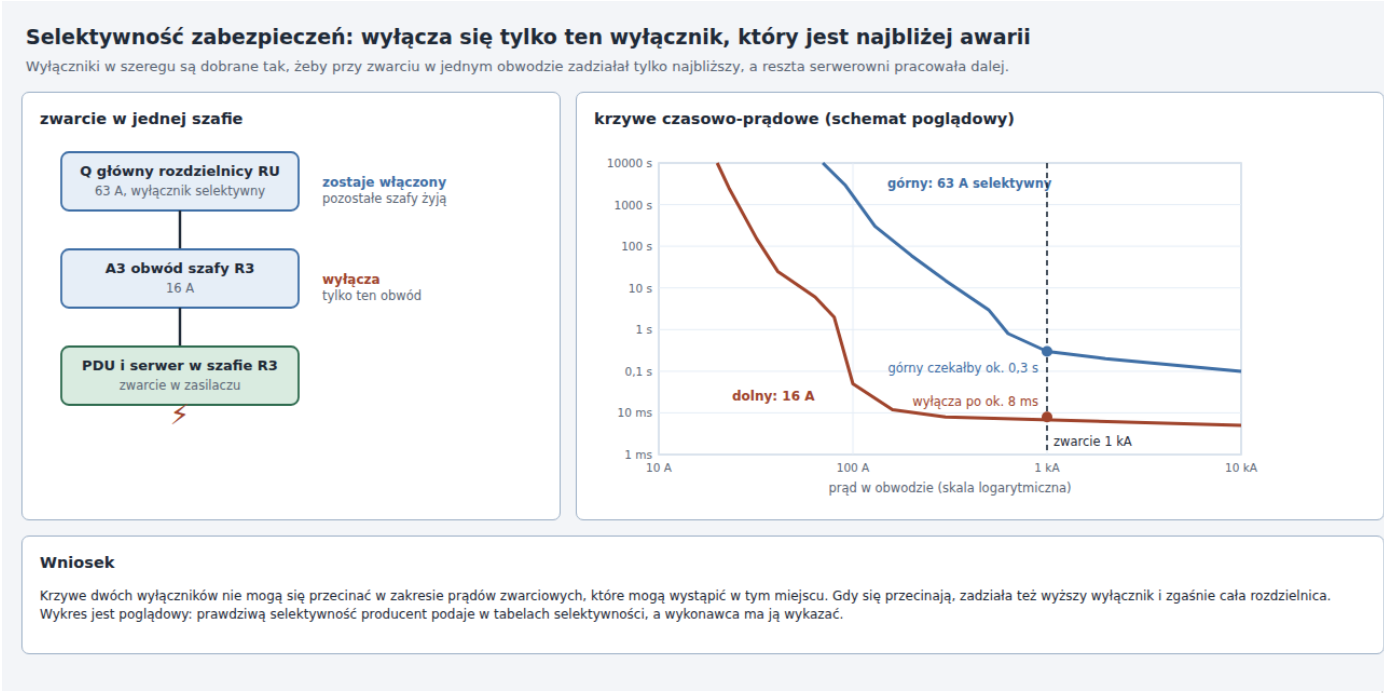
Otwarta rozdzielnica z wyłącznikami, zdjęcie poglądowe skrzynki domowej. W serwerowni stoją po

Otwarta rozdzielnica z wyłącznikami, zdjęcie poglądowe skrzynki domowej. W serwerowni stoją podobne, ale większe, z opisanym każdym obwodem. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Selektywność

> **Pojęcie: selektywność.** Cecha układu zabezpieczeń, w którym przy zwarciu zadziała tylko ten wyłącznik, który jest najbliżej awarii, a wyłączniki wyżej w szeregu zostają włączone.

Bez selektywności zwarcie w jednej szafie wyłącza całą rozdzielnicę, tak jak w scence z początku strony. Selektywność nie powstaje sama: zależy od typów i prądów znamionowych kolejnych wyłączników, a pewność daje dopiero tabela selektywności producenta dla konkretnej pary wyłączników [4]. Dlatego prosimy wykonawcę o tę tabelę albo o wykaz obliczeń.



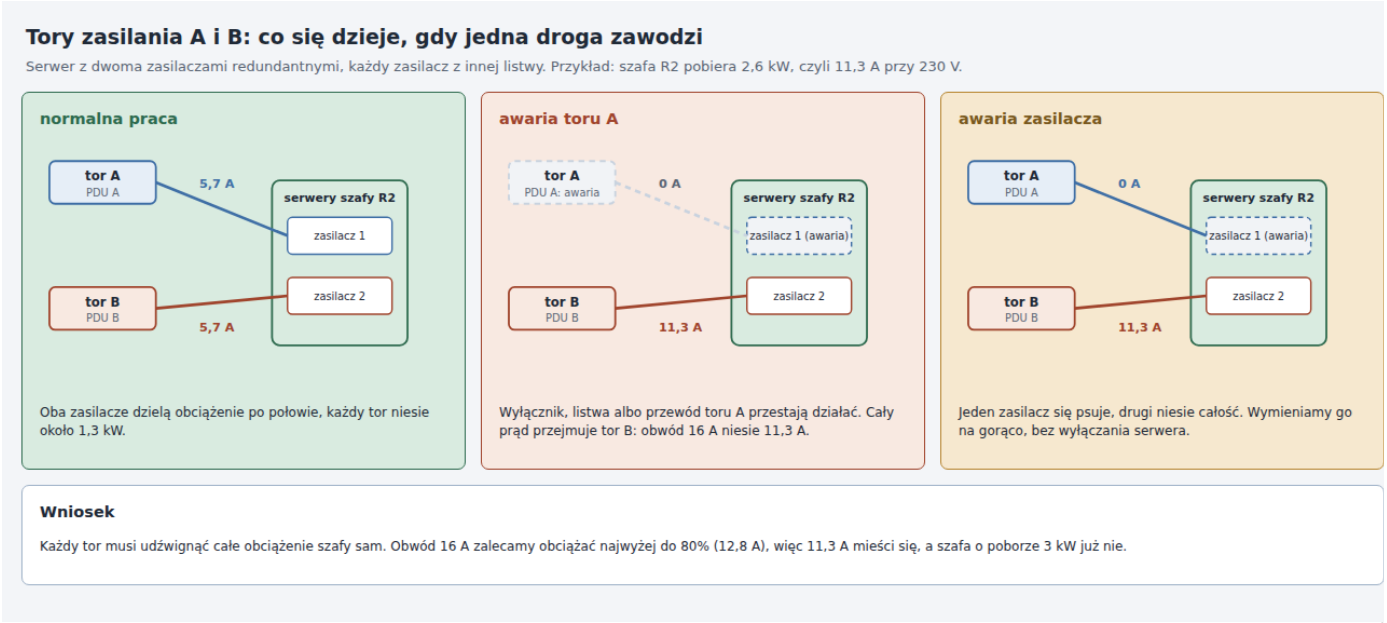
Rysunek 2. Selektywność: przy zwarciu w obwodzie szafy R3 wyłącza się tylko wyłącznik 16 A tego obwodu. Wykres po prawej jest poglądowy, a prawdziwą selektywność wykonawca wykazuje tabelami producenta. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Tory A i B

> **Pojęcie: tor zasilania.** Cała droga prądu od rozdzielnicy do zasilacza serwera: wyłącznik, przewód, listwa PDU i gniazdo. W zasilaniu redundantnym mamy dwa takie tory, A i B.

Serwery profesjonalne mają dwa zasilacze i każdy z nich potrafi sam utrzymać cały serwer. Zasilacz 1 wpinamy w tor A, zasilacz 2 w tor B. Gdy zawiedzie wyłącznik, przewód, listwa albo sam zasilacz, drugi zasilacz przejmuje całe obciążenie bez przerwy.

Z tego wynikają dwie zasady. Każdy tor musi udźwignąć obciążenie szafy sam, więc oba tory razem obciążamy najwyżej tak, jak wolno obciążyć jeden. Obwody toru A i B prowadzimy osobnymi wyłącznikami, a najlepiej z osobnych sekcji rozdzielnicy, bo tory z jednego wyłącznika są jednym torem.



Rysunek 3. Trzy sytuacje: normalna praca, awaria toru A i awaria zasilacza. Szafa R2 pobiera 2,6 kW, czyli 11,3 A przy 230 V, więc po awarii jednego toru drugi niesie cały prąd, a obwód 16 A mieści się w 80 procentach obciążalności. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Zasilacz, przewody i gniazda

Do zasilaczy serwerów prowadzą przewody z wtyczkami IEC 60320: C13 i C14 na prąd do 10 A, a C19 i C20 do 16 A dla mocniejszych urządzeń [5]. Do szaf prowadzimy obwody 16 A, a w dużych szafach 32 A. Przy listwach PDU zwracamy uwagę na zatrzaski, które nie pozwalają wyciągnąć wtyczki przypadkiem.

Złącze IEC 60320 C14: takie wejście ma zasilacz serwera, a przewód zasilający kończy się złączem

Złącze IEC 60320 C14: takie wejście ma zasilacz serwera, a przewód zasilający kończy się złączem C13. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Złącze IEC 60320 C19 do mocniejszych serwerów i listw PDU, na prąd do 16 A.

Złącze IEC 60320 C19 do mocniejszych serwerów i listw PDU, na prąd do 16 A. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Klimatyzacja osobno

Klimatyzacje mają silniki sprężarek i duży prąd rozruchowy, dlatego nie wpinamy ich w UPS, który zasila serwery. Mają własne obwody w rozdzielnicy serwerowni, a przy zaniku sieci stają. To wymusza krótkie planowanie: bez prądu serwerownia nagrzewa się w minuty, więc czas z baterii UPS jest czasem na wyłączenie serwerów, a nie na pracę. Opisujemy to na stronie UPS: topologie, dobór i baterie.

Wszystkie zabezpieczenia w jednej tabeli

Urządzenie	Co chroni	Przed czym	Gdzie stoi
Wyłącznik nadprądowy (MCB)	przewody i urządzenia	przeciążenie i zwarcie	w każdym obwodzie
Wyłącznik różnicowoprądowy (RCD)	ludzi, izolację	prąd upływu do ziemi	w rozdzielnicy, na grupę obwodów
Wyłącznik z członem różnicowym (RCBO)	jak oba powyżej	jak oba powyżej	w obwodzie, jeden aparat
Ogranicznik przepięć (SPD)	sprzęt	skoki napięcia, piorun	w rozdzielnicach, przy odbiorniku
Bezpiecznik topikowy	przewody, półprzewodniki	przeciążenie i zwarcie	w aparatach i urządzeniach
Wyłącznik główny	cała rozdzielnica	zwarcie, przeciążenie, ręczne odłączenie	na wejściu rozdzielnicy

W serwerowni

Dobry projekt zaczyna się od kilku zasad. Każda szafa ma dwa dedykowane obwody, A i B, z osobnymi wyłącznikami, opisane na obu końcach przewodu i w rozdzielnicy. Obwody serwerowni nie dzielą wyłączników z biurem, kuchnią czy oświetleniem. Obciążamy każdy obwód do około 80 procent jego obciążalności, a przy dwóch torach każdy z nich musi udźwignąć całość.

Przy wyłącznikach różnicowoprądowych serwery stwarzają specyficzny kłopot. Zasilacze impulsowe mają filtry, które wprowadzają niewielkie prądy upływu do ziemi, a suma z wielu serwerów potrafi zbliżyć się do progu zadziałania zwykłego wyłącznika. W centrach danych stosuje się dlatego wyłączniki typu B albo B+ i monitoring prądów upływu, który ostrzega, zanim wyłącznik zadziała [3]. Dobór typu wyłącznika (AC, A, F albo B) należy do projektanta, a my pytamy o uzasadnienie wyboru.

Wszystkie przeglądy instalacji elektrycznej, w tym instalacji w serwerowni, wykonujemy co najmniej raz na pięć lat, o czym mówi Prawo budowlane [6]. Pomiary wykonuje osoba z uprawnieniami, a zakres opisuje strona Pomiary ochronne. U Zielonej termin przeglądu wpisujemy do kalendarza razem z testem UPS, żeby nie mieć dwóch przestojów w roku.

Co sprawdzamy u wykonawcy

Przed odbiorem prosimy o dokumenty, a podczas odbioru sprawdzamy fizycznie. Szczegółową listę odbiorową mamy na stronie Odbiór instalacji od wykonawcy: lista kontrolna, pomiary, dokumenty, a tu najważniejsze punkty dotyczące drogi prądu.

- Schemat jednokreskowy, który zgadza się ze stanem faktycznym: te same numery obwodów w rozdzielnicy, na przewodach i na schemacie.
- Tabele selektywności producenta dla wyłączników w szeregu od RS do obwodu szafy, albo obliczenia, że selektywność zachowano.
- Tory A i B zasilane z osobnych wyłączników (a w miarę możliwości z osobnych sekcji rozdzielnicy), opisane kolorami lub etykietami.
- Uzasadnienie typu wyłączników różnicowoprądowych i informacja, czy zastosowano monitoring prądów upływu.
- Klimatyzacje na własnych obwodach, a nie w UPS, chyba że celowo zaprojektowano inaczej i policzono moc UPS.
- Protokoły pomiarów (rezystancja izolacji, impedancja pętli zwarcia, test RCD) z datami i danymi przyrządu pomiarowego.
- Zapas w rozdzielnicy: wolne miejsca na przyszłe obwody dla szafy R6.

Pytania, które zadajemy: kto zatwierdza zmiany w rozdzielnicy, jak szybko wykonawca naprawia usterki i czy da się wyłączyć jeden tor bez przerwy w pracy serwerów.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Dwa zasilacze w serwerze oznaczają, że prąd nie zniknie	Tylko wtedy, gdy oba tory są niezależne. Dwa przewody z jednego wyłącznika to jedna droga
Wyłącznik 16 A wytrzyma 16 A cały dzień	Wytrzyma, ale producenci i projektanci zostawiają zapas, bo ciągłe obciążenie grzeje aparat i przewód
Wyłącznik różnicowoprądowy chroni przed zwarciem	Chroni przed upływem prądu do ziemi, a przed zwarciem i przeciążeniem chroni wyłącznik nadprądowy
Jak wyłącznik jest „na 63 A", to wszystko będzie selektywne	Selektywność wynika z par wyłączników i ich charakterystyk, nie z samej liczby amperów

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Prąd upływu z serwerów to wada konkretnego sprzętu	To zjawisko typowe dla zasilaczy impulsowych i sumuje się w szafie

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1882	Edison uruchamia elektrownię Pearl Street z siecią prądu stałego
1924	Hugo Stotz opatentowuje miniaturowy wyłącznik nadprądowy dla BBC
1956	Henri Rubin buduje prototyp wyłącznika różnicowoprądowego
1994	Uchwalono Prawo budowlane, które w art. 62 nakazuje okresowe kontrole instalacji elektrycznych [6]

Wątek polski

Zasady instalacji elektrycznych opisuje w Polsce norma PN-HD 60364 (wcześniej PN-IEC 60364), a okresowe kontrole nakłada Prawo budowlane w artykule 62 [6]. Osoby wykonujące instalacje i pomiary muszą mieć uprawnienia SEP, które od 3 lipca 2021 roku są ważne pięć lat. Czym są uprawnienia i kto ich potrzebuje, opisuje strona Czym są uprawnienia SEP i kto ich potrzebuje.

Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wynalazku w dziedzinie wyłączników, który moglibyśmy tu opisać.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Cała serwerownia gaśnie po zwarciu w jednej szafie	brak selektywności wyłączników	żądamy tabeli selektywności i poprawiamy dobór
Wyłącznik różnicowoprądowy wyłącza się bez powodu	suma prądów upływu z zasilaczy serwerów	mierzymy prądy upływu, rozdzielamy obwody na kilka wyłączników albo stosujemy typ B

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Po awarii toru A gaśnie serwer	oba zasilacze wpięte w ten sam tor	sprawdzamy kolejność wpinania, oznaczamy kable
Obwód 16 A nagrzewa się i wyłącza	szafa pobiera więcej niż obwód wytrzyma	mierzymy pobór, dokładamy obwód albo przechodzimy na 32 A
Nie wiadomo, który wyłącznik zasila szafę	brak opisów	opisujemy wyłączniki i końce przewodów

Ćwiczenia

1. Szafa R2 pobiera 2,6 kW przy 230 V. Ile amperów płynie w obwodzie i czy jeden obwód 16 A wystarczy, gdy zawiedzie tor B?

Odpowiedź

2600 W podzielone przez 230 V daje 11,3 A. Obwód 16 A wytrzyma, a przy zasadzie 80 procent (12,8 A) mieści się z zapasem.

1. W szafie dwa zasilacze serwera są wpięte do dwóch gniazd tej samej listwy PDU. Dlaczego to nie jest redundancja?

Odpowiedź

Obie drogi mają wspólny punkt: listwę, jej wyłącznik i przewód. Awaria któregokolwiek z nich wyłącza oba zasilacze.

1. Po zwarciu w jednej szafie wyłączył się główny wyłącznik rozdzielnicy serwerowni. Co to znaczy i co trzeba zrobić?

Odpowiedź

Zabezpieczenia nie są selektywne. Prosimy wykonawcę o tabele selektywności producenta, sprawdzamy dobór prądów i charakterystyk i poprawiamy układ, a do tego czasu nie dokładamy obciążenia.

Powiązane: UPS: topologie, dobór i baterie, PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami, Aparaty zabezpieczające, Ochrona przeciwporażeniowa, Układy sieci TN, TT, IT

Źródła:

1. en.wikipedia.org: Circuit breaker, charakterystyki B, C, D i historia
2. en.wikipedia.org: Residual-current device, historia i typy
3. Bachmann, „State of the art residual current analysis": bachmann.com
4. ETI, „ETIBREAK and selectivity": eti-de.de
5. en.wikipedia.org: IEC 60320, złącza C13, C14, C19, C20
6. Prawo budowlane, art. 62: lexlege.pl

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].

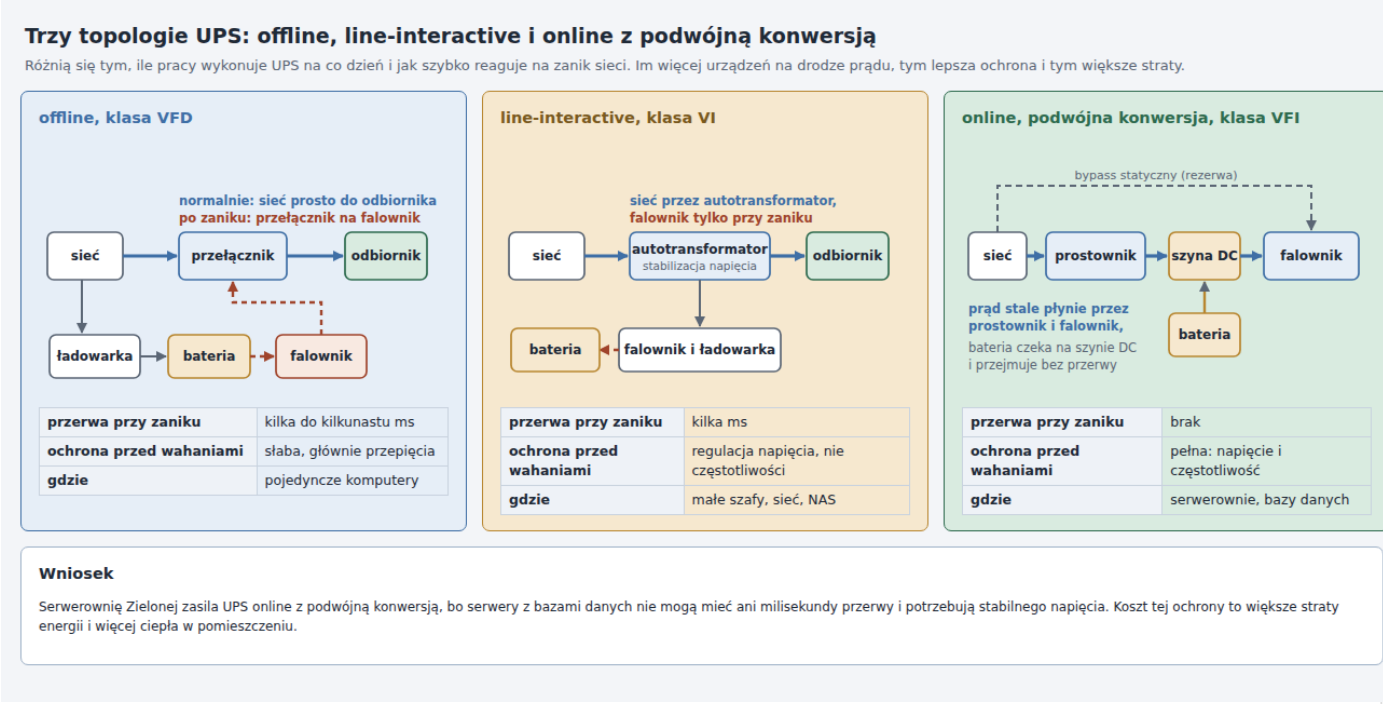
Zasilacz UPS, zdjęcie poglądowe. Małe urządzenia stoją w biurach, a w serwerowniach zastępują je s

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

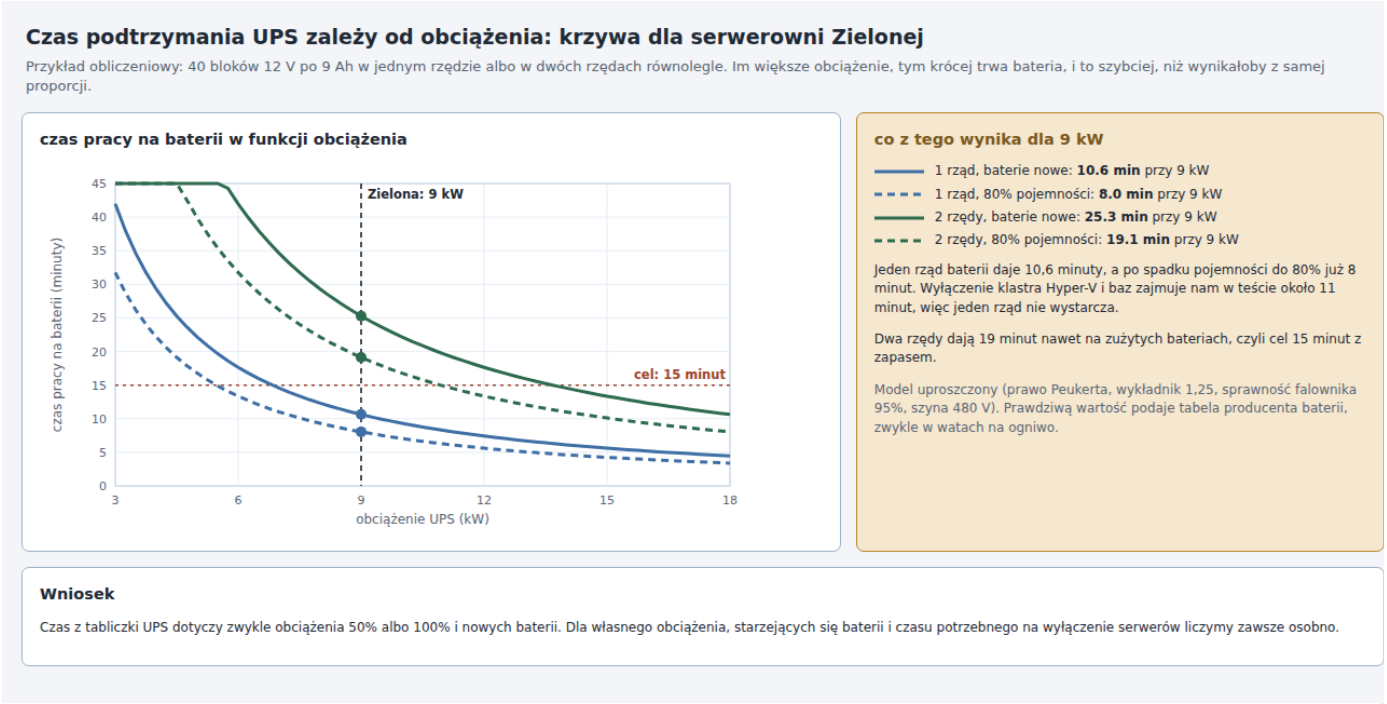
□□ *Akumulator 12 V VRLA używany w zasilaczach UPS. W szafie baterii łączy się je szeregowo, na przykład 40 sztuk daje napięcie 480 V. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).*

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

PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami

Poziom: średnio

Dotyczy: listwy PDU, agregaty prądotwórcze, SZR/ATS, ograniczniki przepięć, PN-EN 61643, PN-EN 60947-6-1

Czas: ~60 min

Między UPS a serwerem stoi listwa PDU, za UPS-em może stać agregat z automatycznym przełącznikiem, a przed wszystkim powinny stać ograniczniki przepięć. Wyjaśniamy, co robi każdy z tych elementów, jak współpracują i co z tego mamy u Zielonej. Wracamy tu przy rozbudowie szaf, rozważaniu agregatu i po każdej burzy.

Skróty użyte na tej stronie (16)

Skrót	Co znaczy
APC	Angled Physical Contact: polerowanie czoła złącza światłowodowego ściętego pod kątem 8 stopni, które odbija światło w płaszcz, oznaczane kolorem zielonym
ATS	Automatic Transfer Switch: automatyczny przełącznik źródeł zasilania, po polsku SZR
C13	Złącze IEC 60320 na końcu przewodu zasilającego serwera, do prądu 10 A (w serwerze jest gniazdo C14)
C19	Złącze IEC 60320 na końcu przewodu mocniejszego urządzenia lub listwy PDU, do prądu 16 A (współpracuje z C20)
FAQ	Frequently Asked Questions: zbiór najczęściej zadawanych pytań z odpowiedziami
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
MOSA	Metal Oxide Surge Arrester: ogranicznik przepięć z warystorem tlenkowym, bez przerwy iskrowej
NFPA	National Fire Protection Association: amerykańskie stowarzyszenie, które wydaje normy ochrony przeciwpożarowej

Skrót	Co znaczy
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
PN-EN	Polska Norma będąca wersją normy europejskiej, np. PN-EN 54 dla elementów systemów sygnalizacji pożaru
SNMP	Simple Network Management Protocol: protokół odczytu stanu urządzeń sieciowych
SZR	Samoczynne Załączanie Rezerwy: przełącznik, który po zaniku sieci uruchamia agregat i przełącza na niego zasilanie (po angielsku ATS)
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci

Z życia wzięte

> **◫◫ Z ŻYCIA WZIĘTE**
>
> Środa, 21:50, w Pamiątkowie przechodzi burza. Gdzieś niedaleko uderza piorun, światło mruga, a rano okazuje się, że przestał działać przełącznik w szafie R1 i jeden z modułów zasilających w `fw01`. UPS i serwery wyglądają dobrze. Elektryk mówi, że przy rozdzielnicy głównej nie było ogranicznika przepięć, więc skok napięcia przeszedł przez cały budynek i zatrzymał się na najsłabszych elementach.

Skąd się wzięło

Piorun jest starszy od elektryczności w domach, a pierwszą ochroną przed nim był piorunochron. Benjamin Franklin opisał go w 1752 roku, a jego pomysł zakładał prostą rzecz: dać piorunowi łatwą drogę do ziemi [1]. Z tej zasady wywodzą się dzisiejsze uziemienia i ograniczniki przepięć, tylko że chronią instalację od środka, a nie budynek z zewnątrz.

Ograniczniki przepięć opierają się na warystorach, elementach, które przy wysokim napięciu gwałtownie zmniejszają opór. Warystor tlenkowo-cynkowy opracowała w Japonii firma Matsushita, a pierwszy ogranicznik tlenkowy bez przerwy iskrowej zainstalowano w 1975 roku na podstacji 66 kV w Kiusiu [2]. Do instalacji niskonapięciowych takie ograniczniki trafiły później, wraz z masowym rozwojem elektroniki.

Ogranicznik przepięć dla obwodu jednofazowego, zdjęcie poglądowe. Takie elementy zużywają się p

Ogranicznik przepięć dla obwodu jednofazowego, zdjęcie poglądowe. Takie elementy zużywają się przy przepięciach, więc trzeba je okresowo sprawdzać. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Agregat prądotwórczy to silnik spalinowy z prądnicą. Dawniej włączano go ręcznie, gdy zanikało napięcie, a dziś robi to automatyka: samoczynne załączanie rezerwy (SZR), po angielsku automatic transfer switch (ATS), czyli przełącznik, który wykrywa brak napięcia z sieci, uruchamia agregat i przełącza obciążenie, gdy ten jest gotowy [3].

Agregat prądotwórczy z silnikiem wysokoprężnym Deutz. Po zaniku sieci uruchamia się, rozpędza i p

Agregat prądotwórczy z silnikiem wysokoprężnym Deutz. Po zaniku sieci uruchamia się, rozpędza i przejmuje zasilanie przez przełącznik SZR. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Jak to działa

Rozwiń: jak to działa pod spodem

Listwa PDU

> **Pojęcie: PDU (Power Distribution Unit).** Listwa zasilająca w szafie serwerowej, zwykle pionowa, z wieloma gniazdami IEC 60320 (C13 do 10 A i C19 do 16 A). Rozprowadza prąd z obwodu szafy na serwery.

U nas każda szafa ma dwie listwy: A i B, zasilane z osobnych obwodów, a każdy serwer wpina jeden zasilacz w A i drugi w B. Listwy różnią się funkcjami, a nie tylko liczbą gniazd [4].

Rodzaj PDU	Co potrafi	Kiedy wybieramy
Podstawowa (basic)	rozdziela prąd, zabezpieczenie nadprądowe	małe szafy, mały budżet
Z pomiarem (metered)	pokazuje prąd i moc całej listwy na wyświetlaczu	gdy chcemy znać pobór szafy

Rodzaj PDU	Co potrafi	Kiedy wybieramy
Monitorowana (monitored)	pomiar na wejściu, na grupie gniazd albo na każdym gnieździe, dostęp przez sieć i SNMP	serwerownie z monitoringiem w Zabbixie
Przełączana (switched)	zdalne włączanie i wyłączanie pojedynczych gniazd	gdy sprzęt wymaga restartu zdalnego
Z czujnikami środowiska	wejścia na czujniki temperatury i wilgotności	gdy zbieramy dane o szafie w jednym miejscu

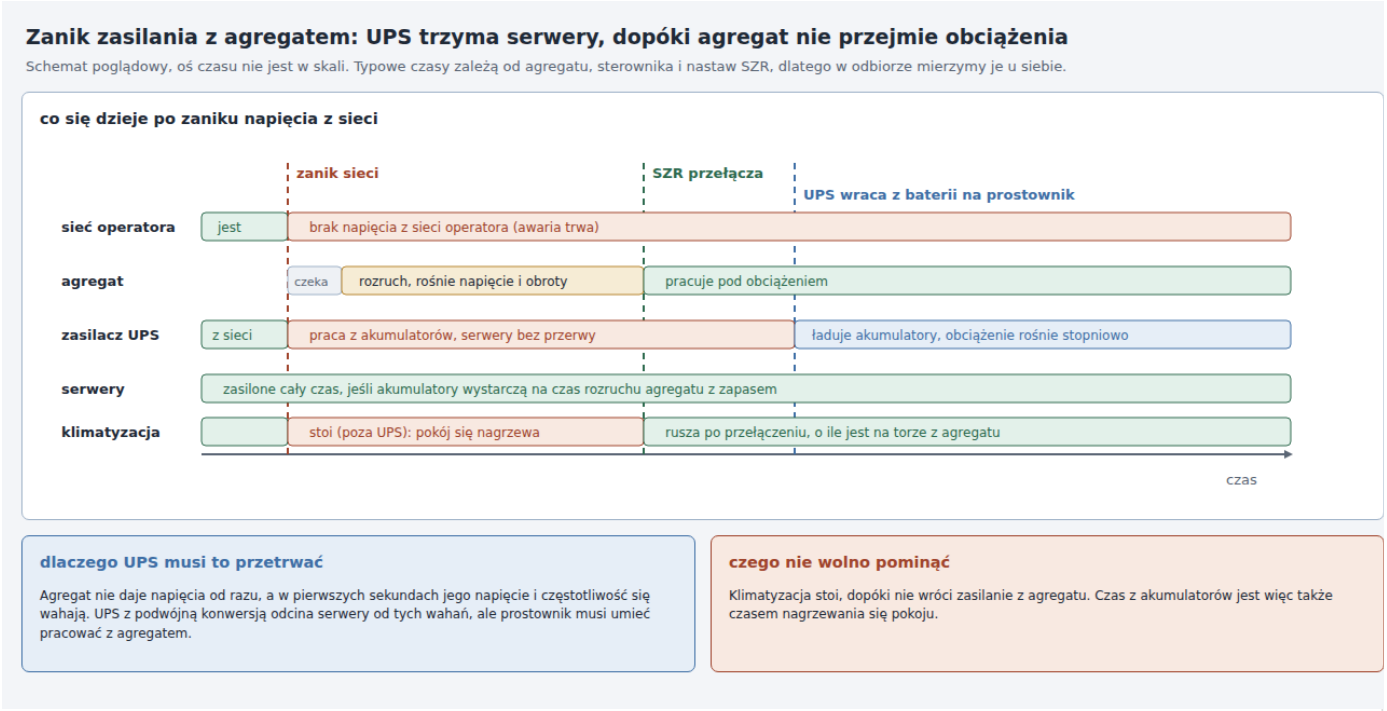
Dla Zielonej wybieramy listwy z pomiarem i dostępem przez SNMP, bo każdy wat musimy znać, żeby liczyć zapas mocy. Pomiar na każdym gnieździe jest wygodny, ale droższy, więc zostawiamy go dla szaf, w których chcemy znać pobór pojedynczych serwerów.

Agregat prądotwórczy

> **Pojęcie: agregat.** Silnik (zwykle wysokoprężny) napędzający prądnicę, który wytwarza prąd, gdy sieć zawodzi. Pracuje godzinami i dniami, a nie minutami jak UPS.

Agregat nie daje prądu od razu. Po zaniku sieci sterownik czeka kilka sekund, żeby sprawdzić, czy to nie krótki zanik, potem uruchamia silnik, a ten potrzebuje chwili na osiągnięcie obrotów i napięcia. Według normy NFPA 110 agregat typu 10 ma w ciągu 10 sekund osiągnąć gotowość do przejęcia obciążenia [5].

Do tego czasu serwery muszą być zasilane przez UPS. Dlatego UPS i agregat tworzą parę: UPS pokrywa pierwsze sekundy i minuty, a agregat resztę. UPS musi też umieć zasilić się z agregatu, bo napięcie i częstotliwość z agregatu wahają się, a prostownik nie może zgłosić błędu i przełączyć UPS na baterie.



Rysunek 1. Oś czasu po zaniku zasilania z agregatem: UPS pracuje z baterii od zera, agregat startuje, SZR przełącza i UPS wraca z baterii na prostownik. Warto zauważyć, że klimatyzacja stoi, dopóki nie wróci prąd z agregatu. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

SZR (ATS)

SZR zawiera dwa wejścia, z sieci i z agregatu, i jedno wyjście do obciążenia. Przełącza obciążenie tak, żeby nigdy nie połączyć obu źródeł na raz, bo agregat i sieć nie są zsynchronizowane. W przełączniku z otwartym przejściem zasilanie znika na krótko (rzędu ułamka sekundy), a w przełączniku z przejściem zamkniętym oba źródła są połączone mniej niż 100 ms, ale wymaga to synchronizacji [3].

Normy opisują SZR jako klasy PC (wytrzymuje zwarcie, ale nie zabezpiecza) i CB (z wyzwalaczem). Odpowiada im norma PN-EN 60947-6-1 [3]. Wykonawca ma podać klasę i prąd znamionowy przełącznika, a my sprawdzamy, że jest większy niż prąd agregatu.

Panel przełącznika SZR dla agregatu prądotwórczego. To w takim urządzeniu następuje przełączer

Panel przełącznika SZR dla agregatu prądotwórczego. To w takim urządzeniu następuje przełączenie obciążenia z sieci na agregat. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Dobór agregatu do UPS

Agregat zasilający UPS musi być większy od samego obciążenia, bo prostownik UPS zniekształca prąd, a agregat źle znosi nagłe zmiany obciążenia. Reguła praktyczna producentów mówi o agregacie o mocy 1,5 do 2 razy większej niż moc UPS [6]. Przy UPS 20 kVA , który obciążamy do 9 kW, wybieramy agregat nie mniejszy niż około 30 kVA, a dopasowanie robi producent po sprawdzeniu parametrów prostownika.

Agregat ma też dopuszczalną szybkość zmian częstotliwości, zwykle 3 do 5 Hz na sekundę, a UPS musi umieć ją znieść [6]. Dobry UPS ma funkcję łagodnego startu, która obciąża agregat stopniowo po powrocie napięcia.

Testy i paliwo

Agregat, który nigdy nie pracował, nie zadziała w dniu awarii. NFPA 110 przewiduje comiesięczny rozruch na co najmniej 30 minut i coroczny test z obciążeniem zewnętrznym (load bank) [5]. Raz na rok sprawdzamy też przełącznik SZR przez symulację zaniku sieci, z odłączeniem zasilania dla całego budynku, więc planujemy to z firmą.

Paliwo diesel starzeje się: według producentów świeże paliwo nadaje się do przechowywania 6 do 12 miesięcy, a z dodatkami stabilizującymi 24 miesiące i więcej [6]. Zbiornik trzymamy pełny, bo pusta przestrzeń sprzyja kondensacji wody, a w wodzie rosną drobnoustroje, które zatykają filtry. Okresowo pobieramy próbkę, a w razie potrzeby paliwo filtrujemy albo wymieniamy.

Ograniczniki przepięć (SPD)

> **Pojęcie: ogranicznik przepięć (SPD).** Element w rozdzielnicy, który przy skoku napięcia odprowadza nadmiar energii do uziemienia, a gdy napięcie wraca do normy, znowu staje się izolatorem.

Ograniczniki dzielimy na trzy typy. Typ 1 jest badany prądem piorunowym 10/350 µs i stoi przy wejściu do budynku albo w rozdzielnicy głównej. Typy 2 i 3 są badane impulsem 8/20 µs, typ 2 stoi w rozdzielnicach, a typ 3 przy samych odbiornikach [7]. Norma PN-EN 61643-11 (część serii PN-EN 61643) określa wymagania i badania, a PN-HD 60364-5-53 mówi, gdzie ograniczniki stosować [7].



Rysunek 2. Trzy stopnie ochrony przed przepięciami: typ 1 przy wejściu, typ 2 w rozdzielnicy serwerowni, typ 3 przy odbiorniku. Warto zauważyć, że wszystkie stopnie odprowadzają energię do jednej szyny wyrównawczej. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Warystor zużywa się przy każdym przepięciu, więc ogranicznik ma wymienne moduły i wskaźnik zużycia. Zaglądamy na wskaźnik po burzach i przy przeglądzie rocznym. Do działania ogranicznika potrzebne jest dobre uziemienie i krótkie przewody, bo długi przewód dodaje napięcie i niweluje ochronę.

Uziemienie i połączenia wyrównawcze

Wszystkie metalowe elementy w serwerowni, w tym szafy, korytka, rury i ramy drzwi, łączymy z szyną wyrównawczą grubym przewodem. Dzięki temu między dwoma dotykanymi jednocześnie elementami nie pojawia się niebezpieczne napięcie, a prąd z ogranicznika ma gdzie spłynąć.

Zasady uziemień i układ sieci opisuje strona Układy sieci TN, TT, IT, a ochrona przed porażeniem Ochrona przeciwporażeniowa.

Wszystkie elementy w jednej tabeli

Element	Zadanie	Czas działania	Kto go sprawdza
UPS	przerwa zero, minuty z baterii	0 ms do kilkunastu minut	serwis UPS i my, raz w roku

Element	Zadanie	Czas działania	Kto go sprawdza
Agregat	godziny i dni pracy	start około 10 s	firma serwisowa, rozruchy miesięczne
SZR	przełączenie źródła	ułamek sekundy	firma serwisowa, test roczny
PDU	rozdział prądu w szafie	stale	my, przy okazji pomiaru poboru
Ogranicznik typu 1	prąd piorunowy	mikrosekundy	elektryk, przegląd co 5 lat i po burzy
Ogranicznik typu 2 i 3	resztkowe przepięcia	mikrosekundy	elektryk, przegląd co 5 lat i po burzy

W serwerowni

Zielona nie ma agregatu i warto uczciwie zapytać, czy go potrzebuje. UPS 20 kVA i baterie dają kilkanaście minut, co wystarcza na łagodne wyłączenie, ale nie na przetrwanie awarii trwającej godzinę. Agregat jest rozsądny, gdy koszt przestoju magazynu i księgowości przekracza koszt agregatu, a w Pamiątkowie awarie sieci zdarzają się kilka razy do roku.

Pośrednim rozwiązaniem jest gniazdo przyłączeniowe na ścianie budynku, do którego podłączamy wynajęty agregat mobilny. Wymaga ono tego samego przełącznika SZR co agregat stały, ale kosztuje mniej i zostawia decyzję na dzień awarii. W obu wariantach klimatyzacje muszą być wpięte w tor z agregatu, bo bez chłodzenia serwerownia nagrzewa się w kilkanaście minut.

Listwy PDU z pomiarem podpinamy do Zabbixa, a ograniczniki przepięć oglądamy co roku razem z przeglądem UPS. Poza serwerownią agregaty stoją w szpitalach i centrach logistycznych, a ograniczniki przepięć w domach przy rozdzielnicy.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Typ i klasę ogranicznika przepięć w rozdzielnicy głównej (typ 1 lub 1+2) i w rozdzielnicy serwerowni (typ 2), z kartami katalogowymi i datą montażu.
- Połączenie ograniczników krótkimi przewodami do szyny wyrównawczej, z zapisem pomiaru ciągłości połączeń.
- PDU zgodne z opisem zamówienia: moc, liczba i typ gniazd, pomiar, dostęp przez SNMP, kolory albo etykiety toru A i B.
- Jeśli jest agregat: moc w kVA i dla UPS (z uzasadnieniem), zbiornik paliwa na zadaną liczbę godzin, SZR z klasą i prądem, protokół próby przełączenia pod obciążeniem.

- Czy UPS pracuje poprawnie z agregatem: próba z prawdziwym agregatem, a nie tylko deklaracja producenta.
- Zasady serwisu agregatu: rozruchy miesięczne, test z obciążeniem, wymiana paliwa i płynów, czas reakcji serwisu.
- Pytania, które zadajemy: co się stanie, gdy agregat nie ruszy, i kto o tym wie? Czy klimatyzacja jest po przełączeniu zasilona?

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Agregat włącza się natychmiast	Potrzebuje kilku do kilkunastu sekund, dlatego jest UPS
Agregat nie potrzebuje przeglądów, bo rzadko pracuje	Właśnie dlatego trzeba go uruchamiać co miesiąc, bo nieużywany zawodzi najczęściej
UPS chroni przed piorunem	UPS ma własną ochronę, ale do pioruna potrzebne są ograniczniki przepięć i uziemienie
Jeden ogranicznik wystarczy	Kaskada trzech typów dzieli energię, a każdy stopień ma inne zadanie
Paliwo w zbiorniku trzyma się latami	Diesel starzeje się i gromadzi wodę, więc trzeba go badać i wymieniać

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1752	Franklin opisuje piorunochron
1970	Matsushita opisuje warystory tlenkowo-cynkowe
1975	Pierwszy ogranicznik tlenkowy bez przerwy iskrowej na podstacji 66 kV
1987	Norma IEEE dla ograniczników tlenkowych
1991	Norma IEC dla ograniczników tlenkowych

Wątek polski

Wymagania dla ograniczników przepięć w instalacjach niskiego napięcia opisują polskie wydania serii PN-EN 61643 i PN-HD 60364-5-53 [7]. Dokładne numery aktualnych wydań sprawdzamy w

katalogu PKN. Nie znaleźliśmy udokumentowanej historii polskiego wynalazku w tej dziedzinie ani polskiego producenta agregatów, o którym moglibyśmy napisać z pewnością.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Agregat nie rusza w dniu awarii	rozładowany akumulator rozruchowy, brak przeglądów	rozruchy miesięczne, wymiana akumulatora, test pod obciążeniem
UPS przechodzi na baterie zaraz po starcie agregatu	prostownik nie akceptuje napięcia lub częstotliwości z agregatu	nastawiamy zakresy, zwiększamy moc agregatu, sprawdzamy start łagodny
Serwerownia nagrzewa się mimo agregatu	klimatyzacje poza torem z agregatu	przepinamy klimatyzacje na tor z agregatu
Ogranicznik nie chroni, mimo że jest	długie przewody, brak uziemienia, zużyty moduł	skracamy przewody, sprawdzamy uziemienie i wskaźnik zużycia
Obie listwy PDU zasilone z jednego obwodu	tory nie są niezależne	rozdzielamy tory A i B na osobne obwody

□□ Ćwiczenia

1. UPS 20 kVA obciążamy do 9 kW. Jak duży agregat wybieramy według zasady 1,5 do 2 razy mocy UPS?

Odpowiedź

Reguła odnosi się do mocy UPS, czyli 20 kVA razy 1,5 do 2 daje 30 do 40 kVA. Dokładny dobór robi producent agregatu po sprawdzeniu parametrów prostownika.

1. Dlaczego bez UPS agregat nie wystarczy serwerowni?

Odpowiedź

Agregat potrzebuje kilku do kilkunastu sekund na start, a w tym czasie serwery by zgasły. UPS pokrywa ten czas z baterii.

1. Po burzy wszystko działa, ale okienko w ograniczniku zmieniło kolor na czerwony. Co robimy?

Odpowiedź

Wymieniamy moduł ogranicznika. Warystor się zużył, więc ogranicznik już nie chroni, choć obwód działa.

Powiązane: Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B, UPS: topologie, dobór i baterie, Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa, Układy sieci TN, TT, IT

Źródła:

1. en.wikipedia.org: Lightning rod
2. ETHW, „A Birth of Gapless Metal Oxide Surge Arrester (MOSA)": ethw.org _and_Early_Days_of_Its_Promotion_Activities)
3. Cummins, „Transfer switches", materiał techniczny: cummins.com
4. en.wikipedia.org: Power distribution unit
5. Generac, zestawienie wymagań NFPA 110: support.energyservices.generac.com
6. APC by Schneider Electric, FAQ o doborze agregatu do UPS: apc.com oraz producenci agregatów i paliw, np. Bell Performance, „Generator fuel guide"
7. DEHN, matryca doboru ograniczników przepięć, typy 1, 2, 3: dehn-africa.com