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

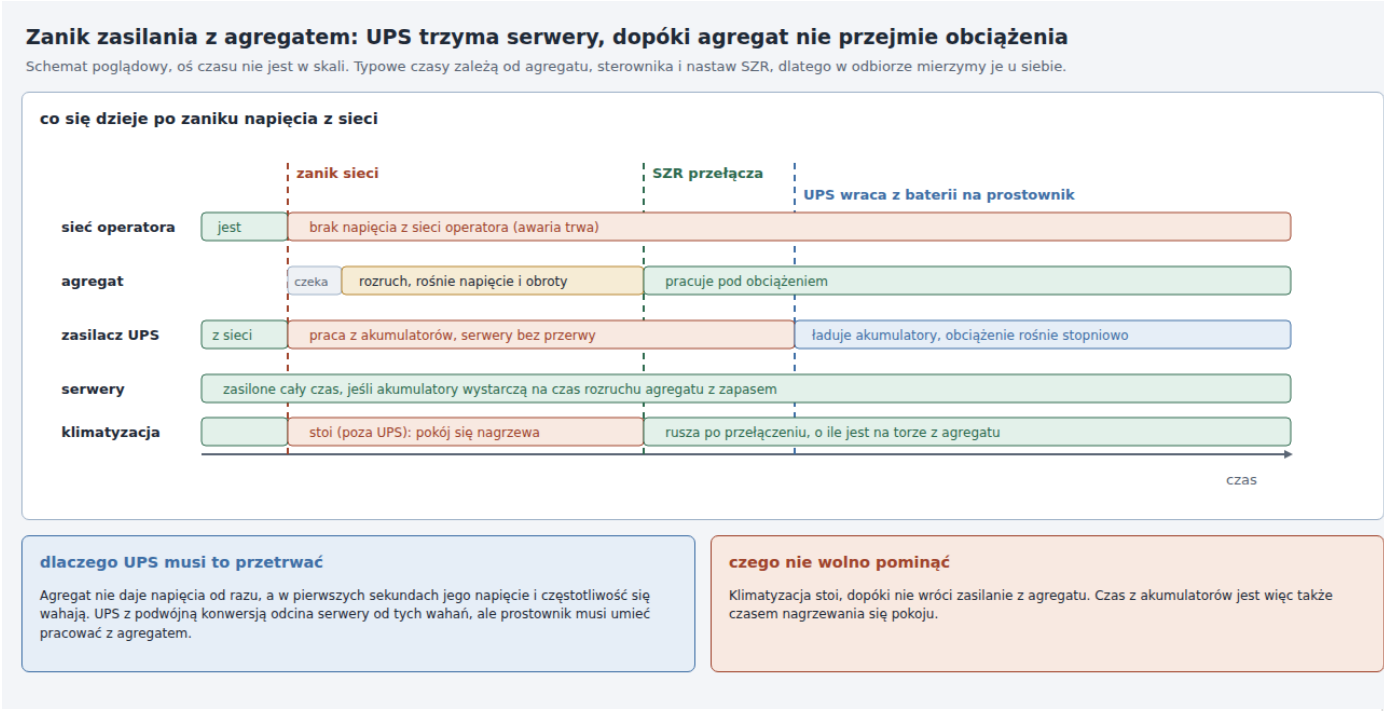
Dla Zielonej wybieramy listwy z pomiarem i dostępem przez SNMP, bo każdy wat musimy znać, żeby liczyć zapas mocy. Pomiar na każdym gnieździe jest wygodny, ale droższy, więc zostawiamy go dla szaf, w których chcemy znać pobór pojedynczych serwerów.

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

Revision #15
Created 2026-10-03 11:23:25 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:19:33 UTC by Tomasz Konieczny