PoE: klasy mocy, budżet przełącznika i długość kabla

Poziom: średnio

Dotyczy: IEEE 802.3af, 802.3at, 802.3bt, punkty dostępowe, kamery, moduły ESP32 z PoE, FortiSwitch, UPS

Czas: ~60 min

PoE to zasilanie urządzenia tym samym kablem skrętkowym, którym płyną dane, więc punkt dostępowy pod sufitem nie potrzebuje gniazdka. Wyjaśniamy typy i klasy PoE, to, jak przełącznik rozdziela swój budżet mocy, wpływ długości kabla i nagrzewania wiązki oraz zachowanie PoE przy zaniku prądu. Liczymy przykładowy budżet przełączników sw03, sw04 i sw-mag01 dla Zielonej.

ZAŁOŻENIA SCENARIUSZA

liczymy budżet trzech przełączników PoE: `sw03` w biurze, `sw04` w sieci zarządzania i `sw-mag01` w szafie ściennej w Swarzędzu z małym UPS typu line-interactive. Układ zapór i łączy do internetu nie wpływa na budżet PoE, więc strona działa tak samo dla magazynu w sieci centrali i dla osobnej lokalizacji.

Skróty użyte na tej stronie (9)

Skrót	Co znaczy
CLI	Command Line Interface: praca przez wpisywanie komend w terminalu
ESP32	Tani mikrokontroler z Wi-Fi i Bluetooth firmy Espressif: malutki komputer, z którego budujemy własne czujniki sieciowe
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers: międzynarodowa organizacja inżynierów, która m.in. wydaje normy i przyznaje kamienie milowe w historii techniki
IP	Internet Protocol: adres komputera w sieci; w elektryce: stopień ochrony obudowy (Ingress Protection)
LLDP	Link Layer Discovery Protocol: protokół, którym sąsiednie urządzenia sieciowe opowiadają sobie o sobie
PoE	Power over Ethernet: zasilanie urządzenia tym samym kablem sieciowym, którym płyną dane
PSE	Power Sourcing Equipment: urządzenie, które zasila przez kabel w standardzie PoE, na przykład przełącznik albo wtryskiwacz

Skrót	Co znaczy
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci
Wi-Fi	Sieć bezprzewodowa: wygodna w biurze, ale w serwerowni dokłada kolejną możliwą przyczynę awarii

Fiszka

Przykłady dotyczą FortiSwitch, bo zaporą Zielonej jest FortiGate. Jeśli kupimy przełączniki innego producenta, te same informacje znajdziemy pod innymi nazwami poleceń, które sprawdzamy w jego dokumentacji.

TYLKO ODCZYT

Odczyt stanu PoE na samodzielnym FortiSwitch: get switch poe inline

```
get switch poe inline
diagnose switch poe status NazwaPortu
```

> (gdzie `NazwaPortu` to port, na przykład `port5`; pierwsze polecenie pokazuje kolumny Interface, Status, State, Max-Power(W), Power-consumption(W), Priority, Class i Error [1])

Przykład (poglądowy, układ kolumn według dokumentacji, wartości wymyślone):

```
Interface  Status   State            Max-Power(W)  Power-consumption(W)  Priority
Class  Error
port5      Enabled  Delivering Power 30.0          8.6                   Low
4      0
port6      Enabled  Searching        30.0          0.0                   Low
0      0
```

Stan Delivering Power oznacza, że urządzenie pobiera prąd, a Searching, że port czeka na urządzenie albo go nie wykrył. Błąd inny niż 0 wskazuje konkretną usterkę, którą rozpoznajemy z dokumentacji producenta [1].

PoE = Power over Ethernet: zasilanie urządzenia tym samym kablem sieciowym, którym płyną dane

TYLKO ODCZYT

Odczyt stanu PoE przełącznika zarządzanego z FortiGate: switch-info poe

```
diagnose switch-controller switch-info poe summary NumerSeryjnySwitcha
diagnose switch-controller switch-info poe detail NumerSeryjnySwitcha NumerPortu
```

> (gdzie `NumerSeryjnySwitcha` to numer seryjny przełącznika, a `NumerPortu` to numer portu; szczegółowy wynik dodaje napięcie, prąd i klasę urządzenia [2])

PoE = Power over Ethernet: zasilanie urządzenia tym samym kablem sieciowym, którym płyną dane

Z życia wzięte

Z ŻYCIA WZIĘTE

Piątek, 7:30. Dwa punkty dostępowe w biurze w Pamiątkowie restartują się po kilka razy dziennie, a Zabbix pokazuje, że przełącznik ma ledwie kilka watów zapasu. Tomek liczy, ile mocy rezerwuje przełącznik na każdy port: punkty dostępowe zgłaszają się jako urządzenia 30 W, kamera jako 15,4 W, a do tego nowe czujniki ESP32 zjadły resztę budżetu. Po przeniesieniu kamery i czujników na przełącznik w szafie, który ma wolne 100 W, punkty dostępowe przestają się restartować, a Tomek dopisuje budżet PoE do dokumentacji szafy.

Skąd się wzięło

Historia PoE zaczęła się około 2000 roku od własnych rozwiązań firmy Cisco, zasilających telefony IP, a standard IEEE 802.3af z 2003 roku nazwał technikę PoE i dał do 15,4 W na port [3]. Kolejne wydania podniosły moc: 802.3at z 2009 roku do 30 W, 802.3bt z 2018 roku do 60 i 90 W [3].

Szczegóły historii i porównanie typów mamy na stronie Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału, a tu wchodzimy w klasy i budżet.

Przełącznik IP-COM G2206P-4-63W z portami PoE.

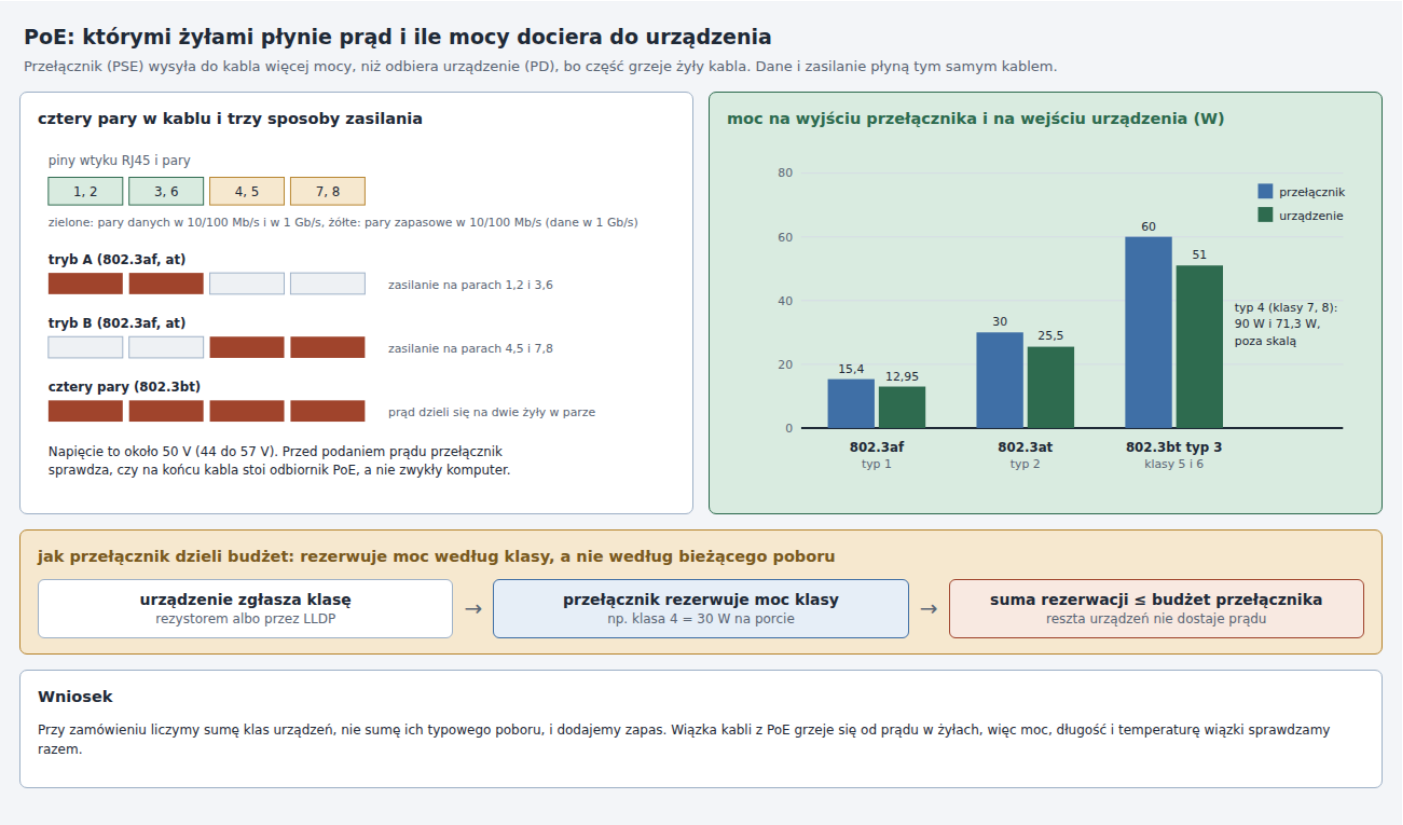
Przełącznik IP-COM G2206P-4-63W z portami PoE. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Rodzaje i zasada działania

Źródło i odbiorca, wykrywanie i klasyfikacja

> **Pojęcie: PSE i PD.** Urządzenie zasilające, na przykład przełącznik albo wtryskiwacz, to PSE (Power Sourcing Equipment). Urządzenie zasilane, na przykład punkt dostępowy, to PD (Powered Device).

Przełącznik nie wysyła od razu pełnego napięcia, bo zniszczyłby zwykłą kartę sieciową. Najpierw sprawdza, czy po drugiej stronie jest układ PoE o określonym oporze (wykrywanie), a potem pyta urządzenie, ile mocy potrzebuje (klasyfikacja), przy pomocy pomiaru prądu albo protokołu LLDP [3]. Dopiero po tym podaje napięcie od 44 do 57 woltów i po odłączeniu urządzenia wyłącza je znów.



Rysunek 1. Zasilanie przez skrętkę: pary w trybie A, w trybie B i na wszystkich czterech parach, porównanie mocy źródła i urządzenia dla typów 1 do 4 oraz zasada rezerwowania mocy według klasy. Warto zauważyć, że urządzenie dostaje mniej, niż wysyła przełącznik, bo kabel pochłania część mocy. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Typy i klasy

> **Pojęcie: typ i klasa PoE.** Typ opisuje wydanie normy i największą moc, jaką port może dać. Klasa to deklaracja urządzenia o tym, ile mocy potrzebuje, i na tej podstawie przełącznik rezerwuje swój budżet.

Typ	Norma	Moc na wyjściu źródła	Moc w urządzeniu	Klasy
1	802.3af, 2003	15,4 W	12,95 W	0 do 3
2	802.3at, 2009	30 W	25,5 W	4
3	802.3bt, 2018	60 W	51 W	5 i 6
4	802.3bt, 2018	90 W	71,3 W	7 i 8

Dane w tabeli pochodzą z opisu standardów PoE [3]. Klasa 1 rezerwuje 4 W, klasa 2 rezerwuje 7 W, klasa 3 15,4 W, klasa 4 30 W, klasa 5 45 W, klasa 6 60 W, klasa 7 75 W, a klasa 8 90 W [3].

Budżet przełącznika

> **Pojęcie: budżet PoE.** Całkowita moc, jaką przełącznik może oddać wszystkim portom PoE razem, wynikająca z jego zasilacza. Wartość ta jest zwykle mniejsza niż suma mocy wszystkich portów, więc nie każdy port jednocześnie da najwyższą moc.

Przełącznik rezerwuje moc według klasy, a część modeli według rzeczywistego poboru, który urządzenie zgłasza przez LLDP. Jeśli suma rezerwacji przekroczy budżet, nowe urządzenie nie dostaje zasilania albo przełącznik wyłącza port o najniższym priorytecie. Dlatego do zamówienia wpisujemy sumę mocy według klas, powiększoną o zapas na rozbudowę.

Długość kabla i nagrzewanie

Standard PoE zakłada kabel o długości do 100 metrów, a straty w kablu tłumaczą różnicę między mocą źródła i urządzenia z tabeli [3]. Im dłuższy kabel i cieńsze żyły, tym większy spadek napięcia, a przy dużych mocach rośnie też temperatura wiązki. Zasady z TSB-184-A, czyli kategoria 6A i najwyżej 24 kable w wiązce, opisuje strona o okablowaniu miedzianym [4].

Ciepło w wiązce rośnie najbardziej w gorącej hali, więc w Swarzędzu liczymy temperaturę pod dachem, a nie temperaturę biura. Jedyny pewny sposób oceny istniejącej instalacji z kablem 5e to pomiar kabla i temperatury wiązki.

Wtryskiwacz PoE, czyli zasilacz, który dokłada prąd do kabla danych między przełącznikiem bez PoE

Wtryskiwacz PoE, czyli zasilacz, który dokłada prąd do kabla danych między przełącznikiem bez PoE a urządzeniem. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Moduły ESP32 z PoE

Moduły `esp01` i `esp02` (temperatura i wilgotność), `esp05` (woda), `esp06` (drzwi i ruch) oraz `esp07` (powietrze) mają zasilanie z PoE i połączenie Ethernetem, jak opisuje Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy. Pobierają kilka watów, więc według klasy mieszczą się w klasie 1 albo 2, ale moc sprawdzamy w karcie płytki. Przełącznik, który je zasila, jest też elementem monitoringu: jeśli padnie, Zabbix zgłosi brak danych z modułów, co jest alarmem, a nie przestojem sieci.

Wszystkie rodzaje w jednej tabeli

Urządzenie	Typowa klasa	Moc rezerwowana	Typ PoE	Gdzie u nas
Moduł ESP32 z PoE	1 lub 2	4 do 7 W	1	`esp01` do `esp07`
Telefon IP	2 lub 3	do 15,4 W	1	biuro (jeśli będą)
Kamera stała	3 lub 4	15,4 do 30 W	1 lub 2	wejście, magazyn
Punkt dostępowy Wi-Fi 6	4	30 W	2	`ap01` do `ap09`
Punkt dostępowy z pełnym zasilaniem (część modeli)	5 lub 6	45 do 60 W	3	sprawdzamy w karcie
Kamera PTZ z grzałką	5 do 7	45 do 75 W	3 lub 4	poza serwerownią

Klasy punktów dostępowych i kamer podajemy przykładowo, a właściwe wartości bierzemy z kart katalogowych konkretnych modeli.

W serwerowni

Budżet PoE liczymy dla każdego przełącznika osobno, według tabeli rezerwacji, z zapasem 25 procent. Przykład poglądowy dla propozycji z strony Przełączniki: L2 i L3, tablica MAC, VLAN, LACP i STP:

Przełącznik	Urządzenia	Suma rezerwacji	Z zapasem 25 procent
sw03 (biuro)	4 punkty dostępowe po 30 W, 1 kamera 15,4 W	135,4 W	około 170 W
sw04 (zarządzanie)	7 modułów ESP32 po 4 W	28 W	około 35 W
sw-mag01 (magazyn)	5 punktów dostępowych po 30 W	150 W	około 190 W

Zasilacze przełączników dobieramy więc co najmniej do tych wartości, a rzeczywiste liczby zależą od wybranych urządzeń. Przełącznik PoE jest odbiornikiem w UPS, więc do mocy ze strony UPS: topologie, dobór i baterie dolicza się cały jego budżet PoE. W magazynie mała szafa ścienna ma UPS typu line-interactive, a przy zaniku prądu punkty dostępowe gasną razem z przełącznikiem, jeśli UPS nie ma zapasu, i skanery nie mają sieci. Dlatego moc UPS w Swarzędzu liczymy dla przełącznika razem z PoE, a wyłączanie przy dłuższym zaniku opisuje Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Moc PoE każdego przełącznika podaną w ofercie jako budżet całkowity, a nie tylko jako liczba portów PoE.
- Obsługę typu i klasy odpowiednią do urządzeń z projektu (802.3at dla punktów dostępowych, 802.3bt tam, gdzie karta tego wymaga).
- Kategorię kabla do punktów dostępowych i kamer (6A) oraz liczbę kabli w wiązce przy PoE.
- Odczyt PoE po uruchomieniu: wszystkie porty w stanie Delivering Power i zapisany pobór każdego urządzenia.
- Priorytety PoE: punkty dostępowe wyżej niż kamery, kamery wyżej niż telefony.
- Zasilanie przełączników z UPS i opis w dokumentacji, który UPS zasila który przełącznik.
- Wynik testu przy pełnym obciążeniu: wszystkie punkty dostępowe pracują jednocześnie, bez restartów.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Przełącznik 24 porty PoE daje 30 W na każdym	Budżet całkowity jest mniejszy niż suma portów
Kabel 5e wystarczy do każdego PoE	Przy dużej mocy i wiązce kabel 5e grzeje się bardziej niż 6A
PoE zniszczy zwykłą kartę sieciową	Przełącznik podaje napięcie dopiero po wykryciu urządzenia PoE
Port PoE zawsze dostarcza maksymalną moc	Moc rezerwuje klasa urządzenia, nie możliwość portu
Zasilanie PoE nie ma nic wspólnego z UPS	Zasilanie wszystkich urządzeń PoE idzie z UPS przełącznika

Oś czasu

Data	Wydarzenie
około 2000	własne rozwiązania zasilania telefonów IP po skrętce
2003	IEEE 802.3af: PoE do 15,4 W
2009	IEEE 802.3at: PoE+ do 30 W
marzec 2017	TIA TSB-184-A o PoE i nagrzewaniu wiązek
2018	IEEE 802.3bt: do 60 i 90 W

Wątek polski

Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wkładu w standardy PoE. W Polsce obowiązuje takie samo zalecenie jak wszędzie: nowe instalacje PoE o dużej mocy prowadzimy kablem kategorii 6A, a liczbę kabli w wiązce ograniczamy zgodnie z biuletynem TSB-184-A [4].

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Punkt dostępowy restartuje się losowo	budżet PoE przełącznika wyczerpany albo wiązka nagrzana	liczymy budżet, rozdzielamy wiązki, kategoria 6A
Port w stanie Searching mimo podłączonego urządzenia	kabel uszkodzony albo urządzenie nie jest PoE	testujemy kabel, sprawdzamy typ urządzenia
Punkt dostępowy 802.3bt działa na części radiów	przełącznik daje tylko 802.3at	sprawdzamy wymaganą moc w karcie, wymieniamy port lub przełącznik
Wszystkie urządzenia PoE gasną po zaniku prądu	UPS nie obejmuje przełącznika albo ma za małą moc	liczymy moc UPS z budżetem PoE
Błąd w kolumnie Error na porcie	zwarcie, za duża moc lub przeciążenie	odczytujemy opis błędu w dokumentacji producenta

□□ Ćwiczenia

1. Ile mocy zarezerwuje przełącznik dla 6 punktów dostępowych klasy 4 i 2 kamer klasy 3?

Odpowiedź

Sześć razy 30 W to 180 W, a dwie kamery po 15,4 W to 30,8 W. Razem 210,8 W, więc z zapasem 25 procent budżet powinien mieć około 264 W.

1. Dlaczego urządzenie klasy 4 dostaje 25,5 W, choć przełącznik oddaje 30 W?

Odpowiedź

Kabel pochłania część mocy w drodze. Dla typu 2 standard przewiduje 30 W na wyjściu źródła i 25,5 W na wejściu urządzenia [3].

1. Co się stanie z punktami dostępowymi w magazynie, gdy zaniknie prąd, a UPS nie zasila przełącznika?

Odpowiedź

Punkty dostępowe zgasną razem z przełącznikiem, bo prąd dostają z jego portów, i skanery stracą Wi-Fi. Dlatego przełącznik PoE zasilamy z UPS i liczymy jego moc razem z budżetem PoE.

Powiązane: Przełączniki: L2 i L3, tablica MAC, VLAN, LACP i STP, Wi-Fi od strony fizycznej: pasma, kanały i rozmieszczenie punktów, Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału, Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i zamówienie, UPS: topologie, dobór i baterie, Monitoring zasilania i łagodne wyłączanie: UPS, NUT, Zabbix, Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Źródła:

1. Fortinet Community, „Validating PoE issues on a FortiSwitch connecting with PoE devices”: community.fortinet.com
2. Fortinet Community, „How to collect status of PoE ports on a managed FortiSwitch from FortiGate CLI”: community.fortinet.com
3. Wikipedia, „Power over Ethernet”: en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet
4. Belden, „How the new TSB-184-A standard supports PoE”: belden.com

---

Revision #12
Created 2026-10-03 17:41:15 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:23:31 UTC by Tomasz Konieczny