# Planowanie i odbiór

Bilans mocy, zapas i odbiór instalacji od wykonawcy.


- Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa
- Odbiór instalacji od wykonawcy: lista kontrolna, pomiary, dokumenty

# Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa

**□□ Poziom: średnio**

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

**□ Czas: ~60 min**

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

### □□ Skróty użyte na tej stronie (15)

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

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

# Z życia wzięte

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

# Skąd się wzięło

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

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

# Jak to działa

**Rozwiń: jak to działa pod spodem**

# Krok 1: zbieramy pobór mocy

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

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




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

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

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

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

# Krok 2: przeliczamy na prąd i obwody

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

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

# Krok 3: UPS i zapas

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

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

# Krok 4: chłodzenie jest granicą

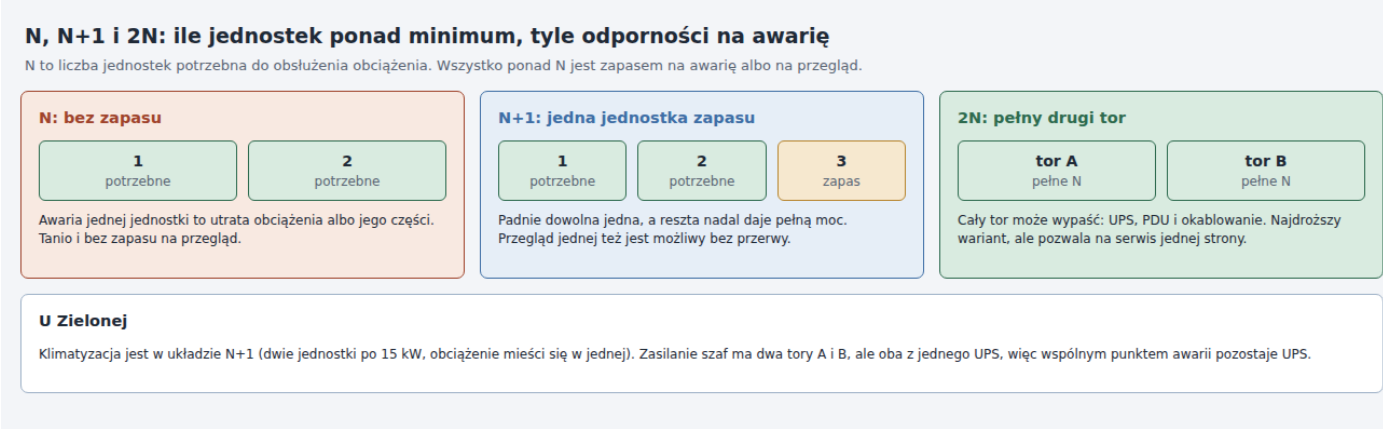
Każdy wat zużyty przez serwer zamienia się w ciepło, więc bilans mocy zasilania i chłodzenia to jeden bilans. Zielona ma dwie klimatyzacje po 15 kW chłodzenia w układzie N+1, co znaczy, że

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

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

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

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




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

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

# Krok 6: rozbudowa

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

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

# Jak opisujemy zamówienie

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

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

# Kosztorys w kategoriach

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

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

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

# Co sprawdzamy u wykonawcy

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

# Mity i sprostowania

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

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

# Oś czasu

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

# Wątek polski

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

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

# Częste błędy

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

# □□ Ćwiczenia

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

**Odpowiedź**

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

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

**Odpowiedź**

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

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

**Odpowiedź**

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

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

**Źródła:**


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

# Odbiór instalacji od wykonawcy: lista kontrolna, pomiary, dokumenty

**Poziom: średnio**

**Dotyczy: odbiór instalacji zasilania serwerowni, PN-HD 60364-6, uprawnienia SEP, UPS i rozdzielnice**

**Czas: ~60 min**

*Podpis na protokole odbioru oznacza, że od tej chwili instalacja jest nasza razem z jej wadami. Pokazujemy, co sprawdzamy przed podpisem: dokumenty, pomiary, próby UPS i torów A i B, etykiety, gwarancję. Wracamy tu przy każdym odbiorze nowej instalacji, wymianie UPS i dołożeniu obwodów.*

**Skróty użyte na tej stronie (6)**

| Skrót | Co znaczy |
|---|---|
| **IEC** | International Electrotechnical Commission: międzynarodowa organizacja, która wydaje normy elektrotechniczne, np. IEC 60751 dla czujników Pt100 |
| **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 |
| **SEP** | Stowarzyszenie Elektryków Polskich: wydaje świadectwa kwalifikacyjne elektryków |
| **SZR** | Samoczynne Załączanie Rezerwy: przełącznik, który po zaniku sieci uruchamia agregat i przełącza na niego zasilanie (po angielsku ATS) |
| **UPS** | Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci |

# Z życia wzięte

**Z ŻYCIA WZIĘTE**

Piątek, 14:20. Wykonawca kończy prace przy nowej rozdzielnicy serwerowni, kładzie na biurku Tomka teczkę i mówi „to wszystko, możemy podpisać". W protokole pomiarów Tomek zauważa, że przyrząd miał świadectwo wzorcowania ważne do zeszłego roku, a numery obwodów w rozdzielnicy (Q22) nie zgadzają się ze schematem (Q21). Zamiast podpisywać, prosimy o poprawienie dokumentów i pokazanie próby UPS pod obciążeniem, która w teczce w ogóle się nie znalazła.

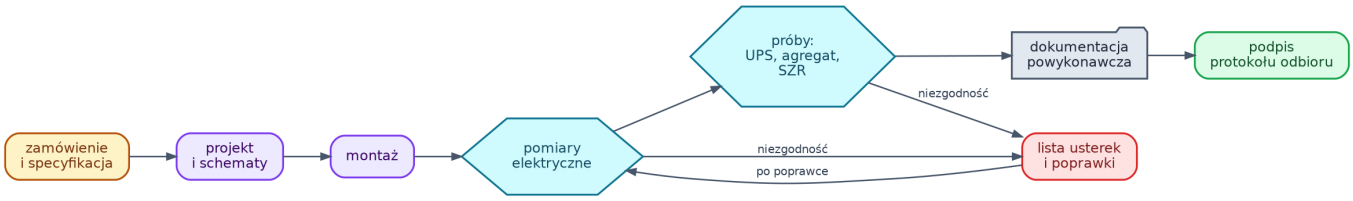
# Skąd się wzięło

Odbiór instalacji elektrycznej opiera się na pomiarach, a pomiary oporu izolacji mają dłuższą historię niż większość norm. W 1889 roku Sydney Evershed i Ernest Vignoles zbudowali przenośny miernik rezystancji izolacji z ręczną prądnicą, która dawała napięcie wystarczające do pomiaru w zakresie megaomów [1]. Od nazwy „Megaohm Meter" pochodzi słowo megger, które do dziś służy elektrykom jako nazwa takiego przyrządu [1].

Dziś odbiór wynika z norm, w Polsce z serii PN-HD 60364, której część 6 opisuje sprawdzanie instalacji przed oddaniem do użytku i w czasie eksploatacji [2]. Nie czytamy normy od deski do deski, ale wiemy, jakich pomiarów i protokołów żądamy, i umiemy odróżnić protokół kompletny od niekompletnego.

# Jak wygląda odbiór

Odbiór ma kilka kroków. Pierwszy to zamówienie, które opisujemy na stronie Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa, a ostatni to podpis protokołu.




*Rysunek 1. Przebieg odbioru: od specyfikacji, przez montaż, pomiary i próby, do dokumentacji i podpisu. Warto zauważyć pętlę poprawek: każda niezgodność wraca do wykonawcy i pomiary powtarzamy po naprawie. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)*

Kolejność ma znaczenie. Najpierw dokumenty, bo bez nich nie wiemy, co sprawdzamy. Potem oględziny, bo oko widzi to, czego pomiar nie złapie. Dopiero potem pomiary i próby, a na końcu usterki i podpis.

# Dokumenty

> **Pojęcie: dokumentacja powykonawcza.** Komplet rysunków i opisów, który pokazuje instalację taką, jaka została zbudowana, a nie taką, jaka była zaplanowana. Różnice między projektem a stanem faktycznym wpisuje wykonawca na czerwono.

Prosimy o schemat jednokreskowy z numerami obwodów, schematy rozdzielnic, plan trasy kabli, karty katalogowe urządzeń, deklaracje zgodności i instrukcje (UPS, rozdzielnica, PDU, agregat). Komplet jest w wersji papierowej i elektronicznej, żebyśmy mogli wrzucić go do naszej dokumentacji, a nie zostawić w szafie wykonawcy.

# Pomiary i protokoły

Instalację odbiera się pomiarami, a nie oględzinami. Podstawowe pomiary opisuje strona Pomiary ochronne, a tu zbieramy te, o które prosimy w odbiorze.

| Pomiar | Co sprawdza | Wartość graniczna, o którą pytamy |
|---|---|---|
| Rezystancja izolacji | czy przewody są szczelne i nieuszkodzone | napięcie próby 500 V prądu stałego, wynik powyżej 1 MΩ dla obwodów do 500 V [3] |
| Ciągłość przewodów ochronnych | czy uziemienie szafy naprawdę dochodzi do szyny | zapis wyniku dla każdej szafy |
| Impedancja pętli zwarcia | czy wyłącznik zadziała dostatecznie szybko przy zwarciu | wyłączenie w czasie wymaganym przez normę, dla obwodów końcowych 230 V zwykle 0,4 s |
| Test wyłączników RCD | czy wyłączają przy właściwym prądzie i czasie | czas wyłączenia przy prądzie znamionowym zwykle do 300 ms, a przy prądzie pięciokrotnie większym do 40 ms |
| Prąd upływu przy obciążeniu | czy serwery nie zbliżają się do progu wyłącznika | zapis wartości, najlepiej przy normalnym obciążeniu |
| Rezystancja uziemienia | czy uziemienie jest dostatecznie dobre (zwłaszcza w układzie TT) | wartość z protokołu |

W protokole szukamy czterech rzeczy: daty i miejsca pomiaru, nazwy i numeru przyrządu ze świadectwem wzorcowania, wyników dla każdego obwodu (a nie jednej wartości zbiorczej) oraz

podpisu osoby z uprawnieniami. Wartości graniczne w tabeli to typowe wartości z normy, a ich interpretacja należy do osoby z uprawnieniami. My pytamy, na jakiej podstawie wynik uznano za dobry.

# Kwalifikacje wykonawcy

Wykonawca musi pokazać uprawnienia osób, które pracowały przy instalacji i które podpisały pomiary. Chodzi o świadectwa kwalifikacyjne SEP grupy 1 (sieci i urządzenia elektroenergetyczne) w zakresie eksploatacji albo dozoru. Od 3 lipca 2021 roku są ważne pięć lat, a stare świadectwa bezterminowe wygasły 3 lipca 2026 roku [4].

Prosimy o kopię świadectwa z datą ważności i sprawdzamy, czy nie wygasła. Czym są uprawnienia i kto ich potrzebuje, opisuje strona Czym są uprawnienia SEP i kto ich potrzebuje, a zasady prac przy urządzeniach strona Organizacja pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych.

# Próba UPS

Karta katalogowa mówi, co UPS potrafi, a próba pokazuje, co potrafi u nas. Prosimy o próbę z obciążeniem zbliżonym do rzeczywistego: albo z prawdziwymi serwerami, albo z obciążeniem zastępczym (load bank), przez czas, który pokazuje spadek napięcia baterii. Wynik zapisujemy i porównujemy z czasem z tabeli producenta.

Podczas próby sprawdzamy kilka rzeczy naraz: przejście na baterie przy odłączeniu zasilania (serwery nie mrugają), czas pracy na baterii, powrót do sieci, przełączenie na bypass statyczny i serwisowy, alarmy karty sieciowej i odczyt w Zabbixie. Próbę planujemy w oknie serwisowym, z aktualnymi kopiami zapasowymi i zgodą pani Haliny, bo to jej księgowość zatrzymamy, jeśli coś pójdzie nie tak.

# Próba torów A i B

Wyłączamy najpierw tor A wyłącznikiem w rozdzielnicy i patrzymy, czy wszystkie serwery działają dalej, potem włączamy A i wyłączamy B. Jeśli któryś serwer gaśnie, jego zasilacze są wpięte w jeden tor albo jeden z zasilaczy nie działa. Taka próba w jednym popołudniu wykrywa błędy, których żadna dokumentacja nie pokaże.

Próbę robimy w oknie serwisowym, po sprawdzeniu, że kopie zapasowe są świeże, a klaster jest zdrowy. Do notatki zapisujemy, które serwery miały problem, i naprawiamy je przed podpisem.

# Próba agregatu i SZR

Jeśli jest agregat, prosimy o próbę przełączenia pod obciążeniem: odłączamy zasilanie z sieci i mierzymy czas do przejęcia przez agregat, zachowanie UPS i powrót na sieć. Sprawdzamy, że klimatyzacje wstają po przełączeniu, a paliwo jest w zbiorniku. Opis agregatu i SZR jest na stronie PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami.

# Etykiety i oznaczenia

Każdy wyłącznik w rozdzielnicy ma etykietę z numerem obwodu i nazwą szafy. Każdy przewód ma tę samą etykietę na obu końcach, a tory A i B różnią się kolorem albo znacznikiem. Na rozdzielnicy wisi aktualny schemat, a przy UPS instrukcja przełączania bypassu. Po odbiorze etykiety są dla nas ważniejsze niż wszystko inne, bo w nocy nikt nie będzie szukał dokumentacji.

# Gwarancja i serwis

Prosimy o piśmie o okresie gwarancji na instalację, UPS i baterie, o kontakt do serwisu i czas reakcji. Umowa serwisowa obejmuje zwykle przegląd roczny UPS z pomiarem baterii. Zapytamy, kto trzyma baterie na stanie i jak szybko ruszy po awarii.

# Szkolenie

Na koniec prosimy o godzinę szkolenia dla nas: gdzie jest wyłącznik awaryjny, jak przełączyć bypass, jak odczytać alarm UPS i do kogo dzwonimy. Tomek nagrywa to krótkim filmem i wrzuca do dokumentacji.

# Co sprawdzamy u wykonawcy

| Punkt | Co sprawdzamy | Dowód |
|---|---|---|
| Dokumentacja | schemat jednokreskowy zgodny ze stanem faktycznym, numery obwodów takie same wszędzie | rozdzielnica, schemat, etykiety przewodów |
| Zgodność z zamówieniem | UPS 20 kVA online, PF, czas podtrzymania, bypass, PDU, obwody 16 i 32 A | karta katalogowa, tabliczki, oględziny |
| Uprawnienia | świadectwa SEP osób wykonujących i podpisujących pomiary, ważne w dniu prac | kopie świadectw z datą ważności |
| Pomiary | izolacja, ciągłość, pętla zwarcia, RCD, prąd upływu, każdy obwód osobno | protokół z przyrządem i podpisem |

| Punkt | Co sprawdzamy | Dowód |
|---|---|---|
| Przyrząd pomiarowy | świadectwo wzorcowania ważne w dniu pomiaru | numer przyrządu w protokole |
| UPS | próba z obciążeniem, czas pracy na baterii, przełączenie na bypass | zapis próby |
| Tory A i B | po wyłączeniu jednego toru wszystko działa | zapis próby, lista serwerów |
| Agregat i SZR | czas przełączenia, praca UPS z agregatem, klimatyzacja po przełączeniu | zapis próby |
| Monitoring | alarmy UPS i styk „praca na baterii" docierają do Zabbixa i do `wej01` | test alarmów |
| Etykiety i oznaczenia | wyłączniki, przewody, tory A i B, bypass | oględziny |
| Serwis i gwarancja | okres, kontakt, czas reakcji, baterie na stanie | umowa, pismo |

Pytania, które zadajemy: kto odpowiada za usterkę wykrytą po podpisie? Jak długo trzyma się części zamienne? Czy w razie zmian w instalacji ktoś zaktualizuje schemat?

# Czerwone flagi

- Protokół pomiarów z jedną wartością „dla całej instalacji" zamiast wyników dla obwodów.
- Brak numeru przyrządu i świadectwa wzorcowania.
- Uprawnienia osób, których nikt nie umie wskazać palcem.
- Odmowa próby UPS „bo to ryzykowne": ryzykowne jest oddanie instalacji bez próby.
- Dokumentacja, która ma „dojść później".
- Naciski na szybki podpis: „potem uzupełnimy".

# Mity i sprostowania

| Obiegowa wersja | Jak jest naprawdę |
|---|---|
| Jak jest protokół z pomiarów, to instalacja jest w porządku | Protokół mówi, że pomiar wykonano, a nie że instalacja jest dobra. Czytamy wyniki i pytamy o podstawę |
| UPS sprawdziło się w fabryce, więc próba u nas niepotrzebna | Próba u nas wykrywa błędy montażu i ustawień, których fabryka nie widziała |
| Odbiór kończy współpracę z wykonawcą | Odbiór otwiera okres gwarancji i serwisu, więc dobrze mieć zapisane zasady |

| Obiegowa wersja | Jak jest naprawdę |
|---|---|
| Wystarczy wykonawcy ufać | Zaufanie jest ważne, ale odbiór opieramy na dokumentach i próbach |
| Uprawnienia SEP są bezterminowe | Od 3 lipca 2021 roku są ważne pięć lat [4] |

# Oś czasu

| Data | Wydarzenie |
|---|---|
| 1889 | Evershed i Vignoles budują przenośny miernik izolacji |
| 1903 | Rejestracja znaku towarowego Megger |
| 3 lipca 2021 | Świadectwa SEP ważne pięć lat |
| 3 lipca 2026 | Wygasają stare bezterminowe świadectwa |

# Wątek polski

Za polskie wymagania odpowiada kilka aktów prawnych. Prawo energetyczne określa uprawnienia osób pracujących przy urządzeniach i instalacjach energetycznych, a w art. 54 ust. 1aa wprowadza pięcioletni termin ważności świadectw [4]. Prawo budowlane w art. 62 nakazuje okresowe kontrole instalacji elektrycznych i piorunochronnych co najmniej raz na pięć lat [5].

Polskie normy to seria PN-HD 60364, a część 6 dotyczy weryfikacji, czyli odbioru instalacji [2]. Stowarzyszenie Elektryków Polskich (SEP) prowadzi egzaminy kwalifikacyjne i wydaje świadectwa. Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wynalazku, który zmienił historię pomiarów.

# Częste błędy

| Objaw | Przyczyna | Co robimy |
|---|---|---|
| Po podpisie okazuje się, że numeracja obwodów jest błędna | brak sprawdzenia dokumentów z rozdzielnicą | porównujemy schemat z rozdzielnicą przed podpisem |
| UPS wyłącza się po 6 minutach zamiast 15 | brak próby pod obciążeniem | żądamy próby przed podpisem, a po fakcie reklamujemy |
| Po wyłączeniu toru A gaśnie jeden serwer | oba zasilacze w jednym torze | przepinamy i powtarzamy próbę |

| Objaw | Przyczyna | Co robimy |
|---|---|---|
| Protokół bez wyników obwodów | skrót w dokumentach | żądamy protokołu z wynikami dla każdego obwodu |
| Alarm UPS nie dociera do Zabbixa | nie wykonano testu monitoringu | wykonujemy test razem z wykonawcą |

# □□ Ćwiczenia

1. W protokole jest napisane „rezystancja izolacji: OK". Czego brakuje?

**Odpowiedź**

Wartości dla każdego obwodu, napięcia próby, daty, numeru przyrządu ze świadectwem wzorcowania i podpisu osoby z uprawnieniami. „OK" bez liczb nie jest wynikiem.

1. Przed odbiorem wykonawca pokazuje świadectwo SEP wydane w 2019 roku bez daty ważności. Co sprawdzamy?

**Odpowiedź**

Świadectwa wydane przed zmianą przepisów były bezterminowe, ale wygasły 3 lipca 2026 roku. Prosimy o aktualne świadectwo z datą ważności.

1. Podczas próby toru A gaśnie jeden serwer. Czy odbieramy instalację?

**Odpowiedź**

Nie, dopóki nie wyjaśnimy przyczyny. Najczęściej oba zasilacze są wpięte w ten sam tor, więc przepinamy kabel i powtarzamy próbę.

**Powiązane:** Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B, UPS: topologie, dobór i baterie, Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa, Pomiary ochronne, Regulacje prawne

**Źródła:**


1. en.wikipedia.org: Megger
2. en.wikipedia.org: IEC 60364, część 6: weryfikacja instalacji oraz katalog PKN, w którym sprawdzamy aktualne wydania PN-HD 60364

3. RS Components, „Insulation resistance testing", tabela z IEC 60364-6: rs-online.com
4. Prawo energetyczne, art. 54: isap.sejm.gov.pl
5. Prawo budowlane, art. 62: lexlege.pl