

# Analiza stanu systemu energetycznego Ukrainy

*lut 4, 2026*

## Analiza stanu systemu energetycznego Ukrainy

**Data:** 4 lutego 2026 r.

**Czas aktualizacji:** 14:30 (CET)

**Fokus:** Kijów i krajowa sieć energetyczna

### 1. Sytuacja operacyjna (Podsumowanie 03-04.02.2026)

#### Kontekst ogólny

W nocy z 3 na 4 lutego 2026 r. system energetyczny Ukrainy został poddany jednemu z najbardziej zmasowanych ataków kombinowanych (drony, pociski balistyczne) w ciągu ostatniego roku. Uderzenie było celowo wymierzone w obiekty generacji (elektrociepłownie, elektrownie ciepłne) oraz kluczowe węzły dystrybucyjne (autotransformatory 750/330 kV) w Kijowie, Charkowie, Dnieprze i Odessie.

**Efekt skumulowany:** Obecny atak nałożył się na skutki poprzednich uderzeń ze stycznia, kiedy rezerwy sprzętowe zostały częściowo wyczerpane. System utracił zdolność do szybkiego manewrowania mocami, ponieważ większość bloków bilansujących (elektrownie ciepłne - TES) jest albo uszkodzona, albo znajduje się w remoncie awaryjnym.

#### Sytuacja w Kijowie

Sytuacja w stolicy oceniana jest jako **krytyczna**. Obserwuje się desynchronizację lokalnych wysp energetycznych.

- **Status i Harmonogramy:** Wprowadzono rygorystyczne harmonogramy wyłączeń awaryjnych. DTEK oficjalnie ogłosił wymuszone przejście do paradygmatu „harmonogramów włączeń” (gwarantowana dostawa 2-3 godziny, reszta to „szara strefa”). Jest to psychologicznie i technicznie trudna zmiana, mająca na celu zapewnienie mieszkańcom minimalnej przewidywalności zamiast chaotycznych wyłączeń.
- **Lewy Brzeg (dzielnice Darnycka, Dnieprowska, Desniańska):** Ucierpiał najbardziej z powodu uszkodzenia kluczowej elektrociepłowni zasilającej ten węzeł.
  - **Zaopatrzenie w ciepło:** Ponad 1100 wielopiętrowych domów pozostaje bez centralnego ogrzewania. Sytuację pogarsza zatrzymanie stacji pomp, co doprowadziło do przerw w dostawach wody na wyższych piętrach. Służby komunalne spuszczały wodę z systemów grzewczych w najbardziej narażonych budynkach, aby zapobiec pękaniu rur na mrozie.
  - **Łączność:** Odnotowuje się degradację łączności komórkowej i internetu domowego (technologia GPON działa, ale węzły agregacyjne dostawców są pozbawione zasilania).

- **Prawy Brzeg:** Sytuacja jest nieco stabilniejsza dzięki bardziej rozgałęzionej sieci, ale dzielnice Obołoń i Swiatoszyno znajdują się w trybie ścisłego oszczędzania (prąd 4 godziny na dobę).
- **Tryb dostaw:** Faktyczna dostępność energii elektrycznej dla odbiorców bytowych waha się od 4 do 7 godzin na dobę, jednak napięcie w sieci jest niestabilne (skoki 170–260V), co powoduje awarie sprzętu AGD.
- **Nastroje (Fora/Media społecznościowe):** Użytkownicy masowo donoszą, że deklarowane „białe strefy” w harmonogramach są przestrzegane tylko w 50-60%. Obserwuje się paniczny popyt na ogrzewacze gazowe, palniki turystyczne i stacje ładowania dużej mocy. Na czatach domowych omawiane są plany samodzielnego spuszczenia wody z systemów grzewczych klatek schodowych.

## Sytuacja w Ukrainie

- **Charków:** Miasto w trybie prawie całkowitego blackoutu. Zasilana jest tylko infrastruktura krytyczna (szpitale, przepompownie, kotłownie) według schematów „wyspowych” z generatorów i ocalałych przyłączy. Metro działa jako schron, interwały kursowania transportu naziemnego są krytycznie wydłużone.
- **Odessa:** Wyłączenia awaryjne, transport elektryczny całkowicie zatrzymany w celu oszczędzania mocy. Infrastruktura portowa pracuje na własnych źródłach zasilania.
- **Dniepr i Zaporże:** Wprowadzono specjalne harmonogramy dla przemysłu. Duże zakłady przeniesiono na nocny tryb pracy lub zatrzymano w celu zmniejszenia obciążenia sieci.

### 1.1. Analiza węzłów granicznych (Rumunia i Polska)

Szczególną uwagę poświęca się stanowi połączeń międzysystemowych (interkonektorów), ponieważ generacja wewnętrzna nie pokrywa popytu.

#### A) Rumunia: Węzeł „Isaccea” i Tranzyt Południowy

**Incydent:** Awaryjne wyłączenie linii wysokiego napięcia 400 kV **Isaccea (RO) – Vulcănești (MD) – MGRES**.

- **Analiza kruchości (wg Taleba):**
  - *„Wąskie gardło” (Choke Point):* Ta linia jest jedynym magistralnym kanałem importu energii elektrycznej do południowego regionu Ukrainy (Odessa) przez Mołdawię. Struktura sieci posiada tutaj ekstremalną wklęsłość (concavity): awaria jednego elementu (linii energetycznej) prowadzi do wyzerowania zdolności tranzytowej całego korytarza, alternatywne trasy nie istnieją.
  - *Efekt skali:* Awaria w Isaccei natychmiast destabilizuje system energetyczny Mołdawii, przekształcając problem techniczny Rumunii w geopolityczną słabość dla trzech krajów.
- **Ocena rozmyta (Fuzzy Logic):**
  - **Zmienna lingwistyczna:** „Zdolność tranzytowa Południa”.
  - **Zbiór:** {Zablokowana, Ograniczona, Norma}.

- **Funkcja przynależności:**  $\mu(\text{South\_Import}) \approx 0.9 / \text{Zablokowana} + 0.1 / \text{Ograniczona}$ .
- **Ocena przedziałowa przepływu:**  $P_{\text{flow}} = [0; 50] \text{ MW}$  (przy nominale 600+ MW). Import de facto wstrzymany do czasu usunięcia oblodzenia.

## B) Polska: Węzeł „Rzeszów” i Tranzyt Zachodni

**Status:** Linia 750 kV **Chmielnicka EJ – Rzeszów (PL)** pracuje pod granicznym obciążeniem.

- **Analiza stanu:**
  - Polski system energetyczny pełni rolę „twardej kotwicy” (Robust), utrzymującej częstotliwość w Zachodniej Ukrainie. Obserwuje się jednak niebezpieczne oscylacje mocy (kołysania) z powodu niestabilności ukraińskiej generacji.
  - *Ryzyko „Sprzężenia” (Coupling Risk):* Automatyka polskiego operatora PSE jest nastawiona na sztywne odcięcie linii przy nagłych skokach częstotliwości, aby chronić węzły energetyczne Lublin i Rzeszów.
- **Ocena rozmyta (Fuzzy Logic):**
  - **Zmienna lingwistyczna:** „Stabilność połączenia (Interconnector Stability)”.
  - **Wartość bieżąca:**  $\mu(\text{Stability}) = \text{Wysoki niepokój}$ .
  - **Ocena przedziałowa dostępnej mocy:**  $P_{\text{import\_PL}} = [700; 900] \text{ MW}$ .
  - *Prognoza:* Jeśli amplituda wahań częstotliwości przekroczy 0.2 Hz, automatyka PSE zerwie „most” w ciągu 0.04 sekundy, co doprowadzi do natychmiastowego utworzenia „Wyspy Bursztyńskiej+” i blackoutu w pozostałej części Zachodniej Ukrainy.

## 2. Ocena przedziałowa stanu (Logika rozmyta)

Wykorzystując aparat logiki rozmytej (Fuzzy Logic), przechodzimy od ocen binarnych do przedziałowych, aby uwzględnić wysoki stopień niepewności danych i chaotyczność procesów.

### Zmienna lingwistyczna: „Dostępność energii elektrycznej (Kijów)”

- **Zbiór wartości:** {Katastrofalny deficyt, Krytyczny deficyt, Umiarkowany deficyt}
- **Funkcja przynależności ( $\mu$ ):**
  - Stan bieżący przesunięty w stronę „Krytycznego”:
$$\mu(\text{Current}) \approx 0.7 / \text{Krytyczny deficyt} + 0.3 / \text{Katastrofalny deficyt}.$$

- **Ocena przedziałowa (godzin światła na dobę):**

$T_{\text{light}} = [4; 7] \text{ godzin}$ .

- *Jądro (najbardziej prawdopodobne):* 5-6 godzin. To „półka”, którą dyspozytorzy starają się utrzymać za wszelką cenę.

- *Nośnik (możliwy zakres):* 2-9 godzin. Dolna granica (2 godziny) możliwa przy nowych awariach na stacjach 330kV, górna (9 godzin) — tylko w nocy przy gwałtownym ociepleniu (co jest mało prawdopodobne).

### Zmienna lingwistyczna: „Niezawodność generacji (TES/EC)”

- **Ocena:** System pracuje w trybie „Wyspowej niestabilności” z utratą manewrowości.
- **Ocena przedziałowa uszkodzeń:**

$D_{total} = [50\%; 70\%]$  całkowitej mocy zainstalowanej.

- *Generacja manewrowa (elektrownie ciepłne):* Poziom strat  $D_{thermal} = [80\%; 95\%]$ . System utracił elastyczność. Elektrownie jądrowe zapewniają podstawę (base load), ale nie ma czym pokrywać porannych i wieczornych szczytów. To główny czynnik rygorystyczności harmonogramów.

### Zmienna lingwistyczna: „Napięcie społeczne”

- **Poziom:**  $[0.7; 0.9]$  w skali unormowanej  $[0; 1]$ .
  - *Dynamika:* Wzrost wykładniczy.
  - *Czynniki:* Synergia zimna (brak ciepła) i ciemności (brak światła). Zmęczenie materiału nakłada się na zmęczenie ludzi. Czynniki krytyczne — brak zaufania do informacji dyspozytorskich („mówią remont, a światła nie ma 12 godzin”).

### Zmienna lingwistyczna: „Zasoby brygad awaryjnych”

- **Ocena:**  $[0.1; 0.3]$  (Wyczerpanie).
  - Ludzie pracują 24/7 w warunkach ujemnych temperatur i ciągłego zagrożenia powtórными uderzeniami („double tap”). Brak sprzętu specjalistycznego i unikalnych części zamiennych (olej transformatorowy, przepusty wysokiego napięcia).

## 3. Ocena kruchości systemu (wg Nassima Taleba)

Analiza przez pryzmat koncepcji *Antykruchości* (Antifragility) pozwala wykryć ukryte, nieliniowe ryzyka, które są ignorowane przez standardowe planowanie.

### 1. Nieliniowość szkód (Wypukłość funkcji strat)

System energetyczny Ukrainy znajduje się w strefie głębokiej **wklęsłości (concavity)**.

- *Istota:* Funkcja reakcji systemu na stres jest nieliniowa. Jeśli obciążenie przekracza limit o 10%, szkody wzrastają nie o 10%, ale wielokrotnie (kolaps węzła).
- *Efekt skali:* Awaria jednego autotransformatora w Kijowie teraz nie po prostu „odcina dzielnicę”, ale redystrybuuje przepływy na sąsiednie, już przeciążone węzły, powodując kaskadowe wyłączenia (efekt domina). System utracił zdolność do lokalizowania awarii.

### 2. „Problem Indyka” (Turkey Illusion) i Ukryte ryzyka

Okres względnej stabilności przed 3 lutego („pauza funkcjonalna”) stworzył fałszywe poczucie bezpieczeństwa (Turkey Illusion).

- *Ukryte ryzyko („Silent Risk”)*: Problemem nie są tylko rakiety. Głównym ryzykiem jest teraz zamarzanie sieci wewnętrzzbudynkowych. Jeśli prąd (i pompy) zostaną wyłączone na 12-16 godzin przy -20°C, woda w rurach zamarznie. To „ogon rozkładu” (tail risk) o katastrofalnych skutkach, których nie da się szybko usunąć (konieczna całkowita wymiana rur w ścianach).

### 3. Ryzyko „Jatrogenii” (Szkoda wynikająca z interwencji)

Próbując ratować system, dyspozytorzy są zmuszeni podejmować działania niosące ryzyko (jatrogenia).

- *Przykład*: Częste włączanie/wyłączanie („szarpanie dźwigni”) w celu przestrzegania harmonogramów niszczy stary sprzęt szybciej niż przeciążenie. Automaty i kable nie są obliczone na 4-6 cykli komutacji na dobę pod pełnym obciążeniem.
- *Efekt wtórny*: Po podaniu światła ludzie natychmiast włączają bojler, czajniki i grzejniki. Powstaje prąd rozruchowy przekraczający nominal 2-3 razy, co prowadzi do natychmiastowych awarii na poziomie rozdzielni domowych i stacji transformatorowych. Próba „dania światła” prowadzi do pożarów.

### 4. Prognoza (Scenariusze)

Prognoza została sporządzona z uwzględnieniem wysokiej zmienności i czynnika pogodowego.

#### Scenariusz A: „Bohaterskie utrzymanie” (Optymistyczny, prawd. < 20%)

- **Warunek**: Brak nowych ataków w ciągu 72 godzin + udana naprawa linii z Rumunią + ocieplenie o 5-7 stopni.
- **Rezultat**: Wyjście na tryb [6; 8] godzin światła. Przywrócenie dostaw ciepła na Lewym Brzegu Kijowa w ciągu 48 godzin. Uruchomienie rezerwowych schematów zasilania.

#### Scenariusz B: „Lepka degradacja” (Realistyczny, prawd. ~ 50%)

- **Warunek**: Utrzymanie mrozów, punktowe uderzenia dronów, import ograniczony.
- **Rezultat**: Utrwalenie trybu „4-6 godzin światła”. Ciągłe lokalne awarie sieci dystrybucyjnych (wypalanie kabli w domach). Deficyt mocy pokrywany rygorystycznymi ograniczeniami przemysłu. Miasta żyją w trybie „migoczącego” światła.

#### Scenariusz C: „Wyspyzacja i Zamarzanie” (Pesymistyczny, prawd. ~ 30%)

- **Warunek**: Ponowny zmasowany atak na rozdzielnie otwarte (ORU) 750 kV elektrowni jądrowych lub gwałtowne ochłodzenie do -25°C.
- **Rezultat**: Rozpad jednolitego systemu energetycznego na izolowane „wyspy” (Wyspa Bursztyńska, Węzeł Kijowski itd.). Utrata możliwości przesyłu mocy z elektrowni jądrowych na wschód. Spadek temperatury czynnika grzewczego poniżej minimum technologicznego. Scenariusz Ałczewski (zamarzanie miast) w skali kilku dzielnic stolicy.

### **Rozszerzona rekomendacja dla ludności:**

1. **Autonomia:** Traktować mieszkanie jak „betonowy namiot”. Posiadać zapas wody technicznej (30-50 l), żywności do szybkiego przygotowania.
2. **Bezpieczeństwo:** Sprawdzić instalację elektryczną. Nie włączać wszystkich urządzeń natychmiast po podaniu światła (zasada „odroczonego startu” o 15-20 minut).
3. **Współpraca:** Jednoczyć się z sąsiadami w celu kontroli rozdzielni domowych i, w skrajnym przypadku, organizacji punktów ogrzewania na klatkach schodowych.