

Niezawodność elektroenergetycznych systemów sieciowych

Wykład 5.



Podstawowe definicje I

System elektroenergetyczny - sieci elektroenergetyczne wraz z przyłączonymi do nich urządzeniami do wytwarzania lub pobierania energii elektrycznej, współpracujące na ściśle określonych zasadach, zdolne do trwałego utrzymywania określonych parametrów niezawodnościowych i jakościowych dostaw energii elektrycznej oraz spełniania warunków obowiązujących we współpracy z innymi połączonymi systemami.



Podstawowe definicje II



■ System elektroenergetyczny (SEE)

- zbiór urządzeń i instalacji
- połączonych i współpracujących ze sobą
- do: wytwarzania, przesyłania, rozdzielania i odbioru energii elektrycznej (czasami też ciepła).

■ W skład **SEE** wchodzi:

- elektrownie (podsystem wytwórczy);
- sieci przesyłowe (podsystem przesyłowy);
- sieci rozdzielcze (podsystem rozdzielczy);
- układy odbiorcze (podsystem odbiorczy).



Podstawowe definicje III



■ Sieć elektroenergetyczna

- zbiór urządzeń
- powiązanych funkcjonalnie i połączonych elektrycznie
- przeznaczonych do przesyłania, przetwarzania i rozdzielania na określonym terytorium wytworzonej w elektrowniach energii elektrycznej oraz do zasilania nią odbiorców.

■ Sieci elektroenergetyczne:

- linie elektroenergetyczne;
- stacje elektroenergetyczne.



Podstawowe definicje IV



■ Sieci elektroenergetyczne:

- prądu przemiennego (50 Hz lub 60 Hz);
- prądu stałego.

■ Sieci elektroenergetyczne:

- przesyłowe (w Polsce o napięciu 220 kV, 400 kV i 750 kV);
- rozdzielcze (w Polsce o napięciu nie wyższym niż 110 kV).



Podstawowe definicje V



■ Sieć przesyłowa - sieć służąca do przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej, w Polsce o napięciu wyższym niż 110 kV.

■ Sieć rozdzielcza - sieć służąca do przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej, w Polsce o napięciu nie wyższym niż 110 kV.

■ System przesyłowy - w Polsce jest to:

- sieć służąca do przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej, o napięciu wyższym niż 110 kV (sieć przesyłowa);
- jednostki wytwórcze pracujące na tę sieć.



Podstawowe definicje VI



Struktura systemu (sieci)

para uporządkowana zbiorów $S = \langle U, K \rangle$

- gdzie U – zbiór urządzeń, K – zbiór relacji połączeń wzajemnych tych urządzeń, czyli zbiór konfiguracji.

Struktura systemu

- jednoznacznie określony układ połączeń (topologia) wyróżnionych elementów systemu (linii, transformatorów, łączników, sekcji szyn zbiorczych) wraz z parametrami urządzeń tworzących system



Podstawowe definicje VII

III Konfiguracja systemu

- jednoznacznie określona konfiguracja danej struktury systemu, otrzymana przez wyłączenia i przełączenia dokonane w zbiorze elementów (linii, transformatorów, łączników, sekcji szyn zbiorczych).
- danej strukturze systemu odpowiada skończony zbiór konfiguracji



Podstawowe definicje VIII

Zapis topologii struktury (konfiguracji) systemu

zwykle za pomocą grafu $G = \langle X, R \rangle$,

- gdzie X jest skończony zbiór elementów zwanych węzłami (wierzchołkami),
- R zbiór relacji dwuargumentowych $X \times X$, zwanych relacjami incydencji (łuki, gałęzie).
- węzły – dowolne wyróżnione punkty układu (sekcje szyn w rozdzielniach, zaciski generatorów, transformatorów i łączników, punkty rozgałęzień)
- gałęzie – odcinki linii, łączniki, transformatory dwuuzwojeniowe, elementy schematu zastępczego autotransformatorów, dławiki lub zbiory wymienionych elementów.



Podstawowe definicje IX



Jednostka wytwórcza

- zespół urządzeń służących do wytwarzania energii elektrycznej.

Przedsiębiorstwo energetyczne

- podmiot gospodarczy prowadzący działalność gospodarczą w zakresie wytwarzania, przetwarzania, magazynowania, przesyłania oraz dystrybucji paliw lub energii lub obrotu nimi.

Przedsiębiorstwo sieciowe

- przedsiębiorstwo energetyczne prowadzące działalność gospodarczą w zakresie przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej.



Podstawowe definicje X



Operator

- operator systemu przesyłowego;
- operator systemu rozdzielczego.

Operator systemu przesyłowego

- przedsiębiorstwo energetyczne posiadające koncesję na przesyłanie i dystrybucję energii elektrycznej za pomocą sieci przesyłowej, odpowiedzialne za ruch, utrzymanie i rozwój tej sieci oraz połączeń sieci przesyłowej z innymi sieciami, zapewniające bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej.



Podstawowe definicje XI



Operator systemu rozdzielczego

- przedsiębiorstwo energetyczne posiadające koncesję na przesyłanie i dystrybucję energii elektrycznej za pomocą sieci rozdzielczej, odpowiedzialne za ruch, utrzymanie i rozwój tej sieci oraz połączeń sieci rozdzielczej z innymi sieciami, zapewniające bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej.

Ciągłość dostawy lub odbioru

- zdolność sieci przesyłowej lub rozdzielczej do zapewnienia uzgodnionego w umowie poziomu dostawy lub odbioru mocy i energii elektrycznej o określonej jakości i niezawodności.



Podstawowe definicje XII



Jakość energii

- zbiór parametrów energii elektrycznej decydujących o jej walorach użytkowych.

Niezawodność sieci

- zdolność sieci przesyłowej lub rozdzielczej do dostawy lub odbioru mocy i energii elektrycznej w określonych warunkach, miejscu i czasie.

Węzeł sieci

- punkt łączący trzy lub więcej gałęzie sieci.



Podstawowe definicje XIII



■ Punkt dostawy lub odbioru energii

- określony w umowie punkt dostawy lub odbioru energii do lub z sieci przesyłowej lub rozdzielczej przez użytkownika tej sieci.

■ Niezawodność w węźle sieci

- zdolność do zapewnienia dostawy lub odbioru energii w określonym węźle systemu elektroenergetycznego, zależna głównie od struktury węzła (liczba linii, rodzaj stacji) i struktury sieci.



Podstawowe definicje XIV



■ Niezawodność w punkcie dostawy lub odbioru

- parametry niezawodności dostaw lub odbioru energii uzgadniane z użytkownikiem sieci (prognozowane) lub obserwowane.

■ Przerwa w dostawie lub odbiorze energii elektrycznej

- brak możliwości dostawy lub odbioru energii i mocy elektrycznej w danym węźle sieci.

■ Przerwy:

- ze względu na czas trwania;
- planowane i awaryjne.



Podstawowe definicje XV



Przerwa krótkotrwała

- przerwa likwidowana przez automatykę zakłóceńową o czasie działania tej automatyki - w zasadzie poniżej 10 sekund.

Przerwa długotrwała

- przerwa, której likwidacja wymaga przełączeń przez obsługę lub usunięcia skutków awarii (naprawa w miejscu awarii).

Przerwa awaryjna

- przerwa długotrwała spowodowana awariami i zakłóceniami w sieci.



Podstawowe definicje XVI



Przerwa planowana

- przerwa długotrwała na realizację prac konserwacyjnych i remontowych, o której użytkownicy sieci są powiadamiani z odpowiednim wyprzedzeniem, zgodnie z postanowieniami umowy.

Ograniczenia w dostawie energii elektrycznej

- brak możliwości poboru lub dostawy energii i mocy elektrycznej w ilościach uzgodnionych wcześniej między dostawcą i odbiorcą w punkcie dostawy lub odbioru energii.



Prawo dotyczące niezawodności SEE I



■ Zgodnie z ustawą "Prawo Energetyczne" przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się przesyłaniem i dystrybucją paliw lub energii do odbiorców mają obowiązek:

- utrzymywać zdolność urządzeń, instalacji i sieci do realizacji dostaw paliw lub energii w sposób ciągły i niezawodny, przy zachowaniu obowiązujących wymagań jakościowych;
- zapewniać wszystkim podmiotom, na zasadzie równoprawnego traktowania, świadczenie usług przesyłowych polegających na przesyłaniu paliw lub energii od wybranego dostawcy [...]



Prawo dotyczące niezawodności SEE II

- świadczenie usług przesyłowych odbywa się na podstawie umowy o świadczenie usług przesyłowych, zwanej „umową przesyłową”;
- świadczenie usług przesyłowych nie może obniżać niezawodności dostarczania oraz jakości paliw lub energii poniżej poziomu określonego odrębnymi przepisami, a także nie może powodować niekorzystnej zmiany cen oraz zakresu dostarczania paliw lub energii do innych podmiotów przyłączonych do sieci;



Prawo dotyczące niezawodności SEE III



- umowy przesyłowe powinny zawierać postanowienia dotyczące: ilości przesyłanej energii elektrycznej (albo ciepła) oraz miejsca ich dostarczania, standardów jakościowych, warunków zapewnienia niezawodności i ciągłości dostarczania;

■ Przepisy które określają niezawodność i jakość dostaw energii to Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, zwane w skrócie "rozporządzeniem systemowym".



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE I



Strukturę sieci tworzącej SEE (w szczególności KSE) można rozpatrywać pod względem:

- funkcjonalnym,
- operatorskim,
- własnościowym.

Podział sieci pod względem funkcjonalnym:

- sieć zamkniętą,
- sieci otwarte (promieniowe i magistralne).

Sieci otwarte

- zwane dystrybucyjnymi. Przepływy energii zależą przede wszystkim od poboru energii przez odbiorców.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE II

■ Sieć zamknięta

- przepływy energii elektrycznej zależą przede wszystkim od rozłożenia wytwarzania na jednostki wytwórcze oraz nie zależą wyłącznie od jednego operatora.
- ma zadanie zapewniania zasilania odbiorców końcowych lub sieci otwartych niższego poziomu napięciowego w KSE na warunkach standardowych niezależnie od odległości od źródeł wytwórczych.
- jest możliwość zasilania każdego odbiorcy, co najmniej z dwóch niezależnych źródeł.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE III

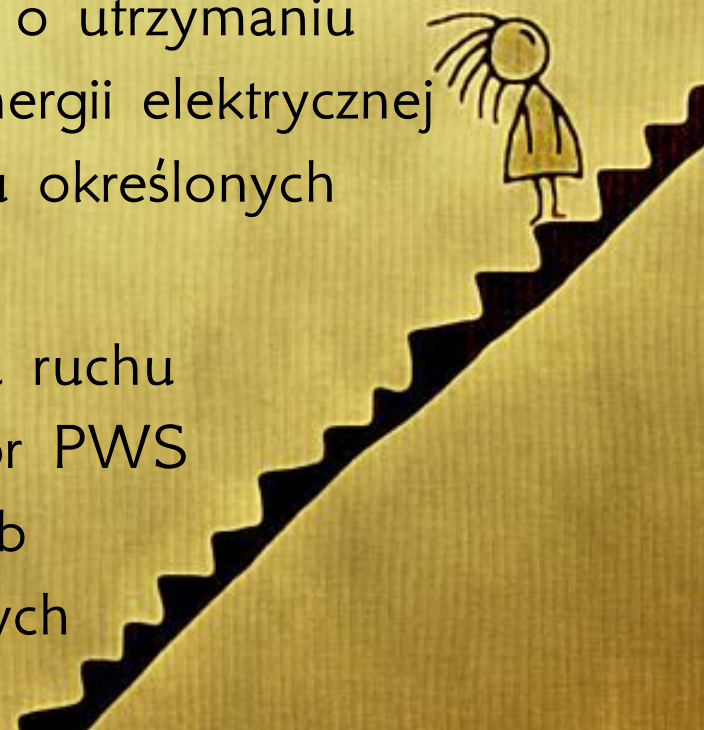


■ Sieć zamknięta obejmuje sieć łączącą:

- punkty zasilania sieci (PZS);
- punkty wyjścia z sieci (PWS).

■ Sieć wielooczkowa zamknięta

- stanowi tę część sieci, która decyduje o utrzymaniu zdolności KSE do realizacji dostaw energii elektrycznej w sposób niezawodny, przy spełnieniu określonych wymagań jakościowych.
- dla potrzeb planowania i prowadzenia ruchu sieć zamkniętą modeluje się jako zbiór PWS i PZS, w których energia wypływa lub wpływa do sieci zamkniętej, połączonych elementami liniowymi (EL).



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE IV

Przepływy energii w sieci zamkniętej zależą od wielu czynników, zasadniczo od rozkładu generacji tj. ilości energii wpływającej do sieci w poszczególnych PZS. W rynkowej, zdecentralizowanej elektroenergetyce decyzje, które źródła będą wytwarzać energię w danej godzinie zależą przede wszystkim od umów sprzedaży energii. Wyływ energii z sieci zamkniętej w PWS jest wynikiem poboru energii przez odbiorców końcowych i w warunkach normalnych nie jest sterowany przez operatorów sieciowych (poza szczególnymi przypadkami).



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE V



Kryteria, standardy i parametry w sieci zamkniętej:

- PZS — związane z charakterystykami technicznymi przyłączanych urządzeń, regulacją rozpliwów mocy w sieci oraz standardami zapewniającymi równoprawny dostęp do sieci przez wytwórców.
- PWS — związane z zapewnieniem zdolności do niezawodnych dostaw energii elektrycznej o odpowiedniej jakości do odbiorców końcowych.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE VI

Kryteria, standardy i parametry w sieci zamkniętej:

- EL, w tym węzłów sieciowych nie będących PZS lub PWS – związane z ich charakterystykami technicznymi oraz regulacją rozpliwów mocy w sieci;
- całej sieci zamkniętej jako związane z zapewnieniem stanu KSE gwarantującego bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE VII



Podział operacyjny sieci zamkniętej:

- sieć o napięciu powyżej 110 kV – sieć przesyłowa;
- sieć o napięciu 110 kV – sieć rozdzielcza (koordynowana przez OSP).

Podstawowe zadania sieci przesyłowej:

- dostarczanie odbiorcom mocy i energii o odpowiedniej jakości; Odbiorcą jest także sieć niższego stopnia napięciowego;
- wyprowadzenie mocy z elektrowni;
- użytkowanie połączeń międzypaństwowych i międzysystemowych do wymiany mocy.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE VIII



Zadania sieci rozdzielczych:

- rozdział energii elektrycznej pomiędzy odbiorców.
- pobranie energii z głównych punktów zasilających PWS sieci przesyłowej i dostarczenie jej do odbiorców końcowych przy spełnieniu określonych wymagań jakościowych, co do: napięcia, częstotliwości, harmoniczných, migotania, itp. Powinno to być uzyskane przy akceptowalnym poziomie niezawodności, tj. przy utrzymaniu liczby i czasu trwania wyłączeń bądź ograniczeń odbiorców na rozsądnie niskim poziomie.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE IX



Jako kryterium oceny niezawodnościowej sieci elektroenergetycznej można przyjąć:

- zestaw wskaźników niezawodności, które nie zawsze są bezpośrednio powiązane ze sobą i charakteryzują wszystkie lub wybrane zadania spełniane przez sieć. Są one zwykle wyznaczane dla poszczególnych węzłów sieci (wskaźniki węzłowe) lub dla całego systemu lub obszaru (wskaźniki systemowe).
- miarę syntetyczną, która sprowadza do jednego czynnika wszystkie skutki niewłaściwego spełnienia różnych zadań przez rozpatrywaną sieć.



Struktura, zadania i parametry niezawodnościowe SEE X



■ Najbardziej poprawne jest drugie podejście. Miarą syntetyczną miarą jest całkowity koszt spowodowany zawodnym działaniem sieci elektroenergetycznej.

Można ten koszt wyznaczyć na podstawie:

- szczegółowych rozważań skutków przerw i oszacowania kosztu zawodności;
- orientacyjnych rozważań, w których wszystkie skutki przerw zasilania określa się wartością nie dostarczonej odbiorcom energii.

■ Zazwyczaj aby wyznaczyć koszt spowodowany zawodnym działaniem sieci trzeba obliczyć wartości wskaźników niezawodności. Oba podejścia nie są więc niezależne.



Charakterystyka metod obliczeniowych i programów komputerowych I



Metody obliczeń niezawodnościowych:

- analityczne – zdarzenia lub procesy losowe poddawane są analizie;
- symulacyjne – zdarzenia lub procesy losowe są symulowane;
- mieszane, w których wykorzystuje się oba wyżej wymienione podejścia.



Charakterystyka metod obliczeniowych i programów komputerowych II



/// Najważniejsze z narzędzi komputerowych do analizy niezawodności systemów przesyłowych (poziom hierarchiczny HL II SEE) lub systemów dystrybucyjnych to:

- **CREAM**, opracowany przez EPRI (Electric Power Research Institute), USA (podejście symulacyjne);
- **TRELSS** - EPRI, USA (podejście analityczne);
- **PROCSE** – Ontario Hydro, Kanada (podejście analityczne);
- **NIEZ** – Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej, Polska (podejście analityczne);



Charakterystyka metod obliczeniowych i programów komputerowych III

- **ZuBer** - Saarbrücken TU, Niemcy (podejście analityczne);
- **COMPASS** – UMIST (University of Manchester Institute of Science and Technology), Wielka Brytania (podejście symulacyjne);
- **DISREL**, **SUBREL** oraz **TRANSREL** – General Reliability, USA (podejście analityczne);
- **PSSTMTPLAN** – Siemens PTI, USA (podejście analityczne);
- **NEPLAN-Reliability** – BCP, Szwajcaria (podejście analityczne);
- **GRARE** – CESI, Włochy (podejście symulacyjne).

