



DOI: 10.5604/20830157.1148056

ALGORYTMICZNA REALIZACJA OCENY WPŁYWU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII NA NIEZAWODNOŚĆ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ

Dymitr Sobczuk

Narodowy Uniwersytet Techniczny w Łucku

Streszczenie. W celu efektywnej eksploatacji rozproszonych źródeł energii i ich kompleksowego wykorzystania w złożonych sieciach elektroenergetycznych przeprowadzono badanie ich właściwości, powstałych w wyniku współdziałania w systemie elektroenergetycznym. Algorytm oceniania wskaźników systemu niezawodności zapewnia wyznaczenie stanu ustalonego. Wyniki obliczeń stanu ustalonego pozwalają na analizę wartości napięć w węzłach sieci oraz odchylenia strat mocy czynnej względem wartości ustalonych normami. Przeprowadzono zaawansowaną analizę dziennych wykresów na podstawie informacji otrzymanej z systemu zdalnego odczytu (ACKOE).

Słowa kluczowe: niezawodność bilansu energetycznego, odnawialne źródła energii, niezawodność systemu

АЛГОРИТМІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Анотація. З метою ефективної експлуатації розосереджених джерел електроенергії та їх комплексного використання в електричних мережах енергосистем проведено дослідження їх особливостей, які виникають в результаті сумісної роботи в складі електроенергетичної системи. Алгоритм оцінювання показників режимної надійності передбачає розрахунок усталеного режиму. За результатами розрахунків усталеного режиму аналізуються значення рівнів напруги у вузлах мережі та відхилення втрат активної потужності по відношенню до нормативного значення. Розширені можливості аналізу добових графіків шляхом використання інформації отриманої з ACKOE.

Ключові слова: балансова надійність, відновлювальні джерела, режимна надійність

ALGORITHMIC REALIZATION IMPACTS ASSESSMENT FOR RENEWABLE SOURCES ELECTRIC POWER ON RELIABILITY ELECTRICAL NETWORKS

Abstract. For the effective operation of distributed energy sources and their use in complex electrical power networks, studies their properties, resulting from joint work in the electric power system. Algorithm of performance assessment regime provides reliability normal mode calculation. The calculations steady mode analyzes the significance of voltage levels at the nodes of the network and the deviation of active power losses in relation to the required value. Advanced analysis of daily schedules by using information obtained from automated system of commercial accounting of electric power

Keywords: carrying reliability, renewable energy sources, operating reliability

Wstęp

Charakterystyczną cechą najpopularniejszych odnawialnych źródeł energii jest niestabilność, spowodowana przez uzależnienie ich działania od warunków naturalnych. Wobec tego elektrownie wiatrowe i słoneczne nie zawsze mogą zapewnić zadowalającą wsparcie systemu elektroenergetycznego.

Zmiany w energetyce, związane z rozwojem rynku energii i rozproszonej generacji potrzebują aktualizacji terminologii, na podstawie której można dokonać podziału zadań oceny niezawodności.

Na podstawie analizy powszechnie stosowanych wskaźników bilansu i niezawodności systemu, został wysnuty wniosek o konieczności opracowania dodatkowych wskaźników, ponieważ istniejące nie pozwalają scharakteryzować poziomu wpływu rozproszonej generacji na sieć elektroenergetyczną (ES), ponieważ nie pozwalają na uwzględnienie zależności trybu generacji odnawialnych źródeł energii (OZE) od warunków naturalnych.

W pracy [4] zaproponowano rozszerzenie pola terminologii w zakresie niezawodności systemów elektroenergetycznych (EES). Tak więc, w zależności od systemu założeń i ograniczeń, a także od używanego aparatu matematycznego zadanie obliczenia niezawodności umownie można podzielić na trzy kategorie charakteryzujące niezawodność systemów elektroenergetycznych: strukturalna (schematyczna), systemowa (funkcjonalna) i niezawodność bilansowa.

Ze względu na trudność oceny rozproszonych sieci elektrycznych w nowoczesnych warunkach należy opracować algorytmy i narzędzia do oceny wpływu odnawialnych źródeł energii na niezawodność sieci elektroenergetycznej [5].

Вступ

Особливістю найбільш розповсюджених відновлюваних джерел енергії, є їх нестабільність зумовлена залежністю їх роботи від природних умов. Так вітрові електричні станції та сонячні електростанції не завжди можуть забезпечити здовільну підтримку системи електропостачання.

Зміни в електроенергетиці, пов'язані з впровадженням ринкових відносин та розосередженого генерування, потребують оновлення термінології, на основі якої можна виконати декомпозицію задачі оцінювання надійності.

На основі аналізу широко вживаних показників балансової і режимної надійності було зроблено висновок про необхідність розроблення додаткових показників оскільки існуючі не дозволяють характеризувати вплив розосередженого генерування на роботу електромережі (ЕМ), оскільки не дозволяють врахувати залежності режиму генерування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) від природних умов.

В [4] запропоновано розширити термінологічне поле в області надійності електроенергетичних систем (ЕЕС). Так в залежності від системи допусків та обмежень, а також від використовуваного математичного апарату задача розрахунку надійності умовно може бути розділена на три групи, які характеризують надійність ЕЕС: структурна (схемна), режимна (функціональна) і балансова надійності.

Оскільки оцінювання надійності навіть розподільних електричних мереж в сучасних умовах є достатньо складною задачею, необхідно розроблення алгоритмів та програмних засобів для оцінювання впливу відновлювальних джерел електроенергії на надійність електричних мереж [5].

1. Tworzenie oprogramowania do oceny wskaźników niezawodności bilansowej i systemowej

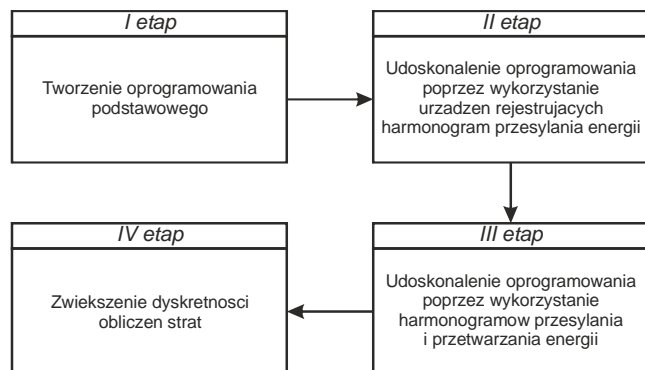
W celu efektywnej eksploatacji rozproszonych źródeł energii i ich kompleksowego wykorzystania w sieciach systemu elektroenergetycznego powinno się zbadać nowe funkcje i właściwości wynikające z ich współdziałania z systemem elektroenergetycznym oraz należy stworzyć odpowiednie modele matematyczne.

Aby zapewnić maksymalną zgodność modelu do jego tworzenia należy zaangażować wszystkie dostępne źródła informacji, a przede wszystkim zbiór operacyjnych i informacyjnych danych, jako jedyne źródło danych o stanie bieżącym (lub zmiany stanu w okresie sprawozdawczym) sieci elektroenergetycznej.

Tworzenie modelu obliczeń sieci elektroenergetycznej powinno odbywać się w kolejności pokazanej na rys. 1. Na etapie sporządzania i instalacji automatycznego systemu rozliczania energii elektrycznej (ACKOE) jest zalecana kompleksowa analiza składu i stanu urządzeń sieci elektroenergetycznej, która będzie podstawą budowy bazy danych z parametrami:

- linii napięcia według karty katalogowej i wyników diagnostyki stanu linii napięcia (LN);
- transformatorów, na podstawie danych paszportu technicznego, po próbach i badaniach technicznych;
- urządzenia do kompensacji mocy biernej, na podstawie danych paszportu technicznego, uwzględniając czas eksploatacji;
- urządzenia komutacyjne i inne, które mogą być wykorzystane w zmianach topologii.

Etapy tworzenia oprogramowania



Rys. 1. Etapy tworzenia oprogramowania do oceny wskaźników bilansowej i systemowej niezawodności ES

Podstawowy model ES jest sporządzony zgodnie z określonymi wymogami, informacją o pełnym schemacie ES i obejmuje:

- informacje na temat typowego schematu połączeń ES, włącznie z opisem wszystkich urządzeń komutacyjnych za pomocą których można zmienić układ;
- informacje na temat części układu sieci tymczasowo odłączonych od zasilania, które mogą być używane w razie potrzeby;
- informacje na temat możliwych związków ES z poziomem administracyjnym i innych poziomów.

Podczas przygotowania i tworzenia podstawowego modelu (rys. 2) jest dokonywana identyfikacja sprzętu i w ten sposób ustala się związki pomiędzy podstawowym modelem ES i utworzonymi wcześniej bazami danych.

1. Формування інформаційного забезпечення задачі оцінювання показників балансової та режимної надійності

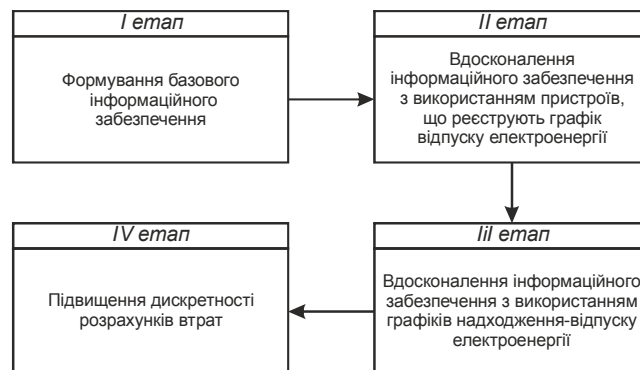
З метою ефективної експлуатації розосереджених джерел електроенергії та їх комплексного використання в електричних мережах енергосистем необхідно дослідити особливості й нові їх властивості, які виникають в результаті їх сумісної роботи в складі ЕЕС та створити їхні математичні моделі

Для забезпечення максимальної відповідності моделі до її формування мають бути залучені усі наявні джерела інформації, і в першу чергу, оперативно-інформаційний комплекс, як єдине джерело даних про поточний стан (або зміни стану протягом звітного періоду) електричної мережі.

Формування розрахункової моделі ЕМ має здійснюватися у послідовності показаній на рис.1. На етапі підготовки та впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) необхідно всебічно проаналізувати склад та стан обладнання електричної мережі і на цій підставі сформувані бази даних з параметрами:

- ліній електропередач, спираючись на каталожні дані та результати діагностування стану ліній електропередач (ЛЕП);
- трансформаторів, виходячи з паспортних даних, результатів перевірок та після ремонтних випробувань;
- пристроїв компенсації реактивної потужності, взявши за основу паспортні дані з урахуванням тривалості експлуатації;
- комутаційної апаратури з виділення пристроїв, що можуть бути використані для коригування схеми.

Etapy формування інформаційного забезпечення

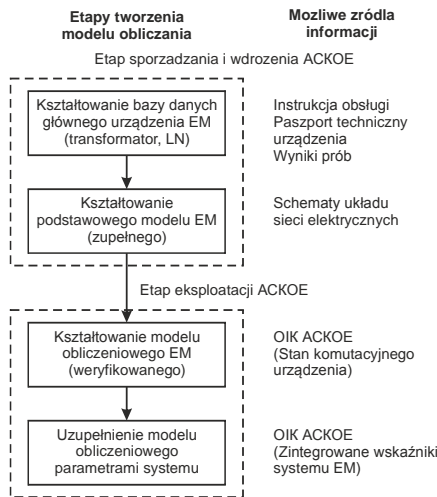


Rys. 1. Etapy формування інформаційного забезпечення задачі оцінювання показників балансової і режимної надійності ЕМ

Базова модель ЕМ є підготовленою у відповідності з певними вимогами, інформацією про повну схему ЕМ і включає:

- інформацію про нормальну схему з'єднань ЕМ, включаючи опис всіх комутаційних апаратів, за рахунок яких схема може бути змінена;
- інформацію про частини мережі, що на даний час знеживлені, але можуть використовуватися у разі необхідності;
- інформацію про можливі зв'язки з ЕМ свого адміністративно-ієрархічного рівня та інших рівнів.

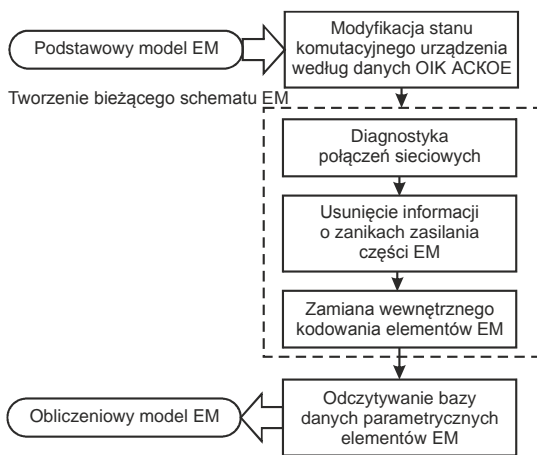
Під час підготовки та формування базової моделі (рис. 2) виконується ідентифікація обладнання і, таким чином, встановлюються зв'язки між базовою моделлю ЕМ та сформованими попередньо базами даних.



Rys. 2. Tworzenie modelu obliczeniowego ES

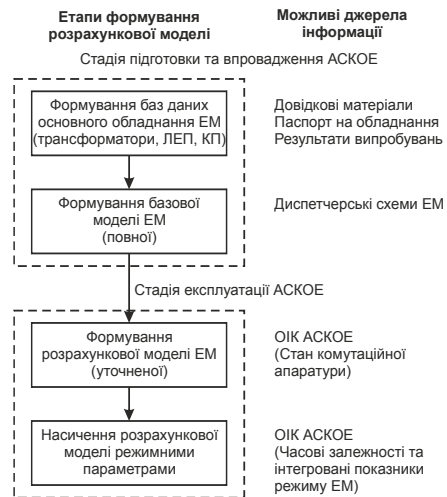
Przejęcie od podstawowego modelu statycznego do dynamicznego modelu obliczeniowego wymaga standardowego przepływu informacji o charakterze zmiany stanu obiektu sterowania. Taka informacja jest przekazywana przez operacyjne kanały informacyjne (OIK) systemu ACKOE.

Część pasywną modelu obliczeniowego tworzy się po zainicjowaniu procesu obliczenia trybu ustalonego i jest korygowana w przypadku przełączeń w ES (włączenia rezerwowych źródeł zasilania, odłączenie odbiorcy, przełączenie odbiorcy na inne zasilanie). Tworzenie i korygowanie modelu obliczeniowego odbywa się w kolejności jak na rys. 3.



Rys. 3. Algorytm korygowania modelu ES z wykorzystaniem informacji systemu ACKOE

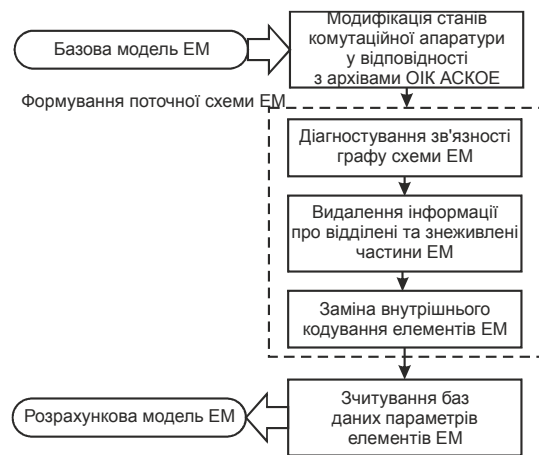
Według danych archiwalnych operacyjnych kanałów informacyjnych systemu ACKOE w modelu podstawowym dokonywana jest zmiana informacji o stanie urządzeń komutacyjnych. Budowany jest wykres nowej wersji schematu ES, za pomocą którego określa się wydzielone oraz beznapięciowe części sieci. Ostatnie, oczywiście, nie wpływają na efektywność przesyłu energii z odnawialnych źródeł energii w sieci elektrycznej, jednak mogą być używane jako rezerwowe drogi transportu energii. W ten sposób zwiększa się niezawodność transportu energii z OZE, a także jakość funkcjonowania ES. Ten proces towarzyszy tworzeniu protokołu zmian w sieci, w którym zapisywane są informacje o beznapięciowych liniach energetycznych, transformatorach, odłączonych konsumentach, itp. W celu zmniejszenia wymiaru zadania informacja o wskazanych częściach sieci usuwa się z odpowiednim przeindeksowaniem elementów biernych parametrów modelu obliczeniowego. Wartości tych parametrów wybiera się z bazy danych urządzeń ES, co zapewnia uproszczenie korekcji modelu przy zmianie składu lub właściwości dostępnych urządzeń.



Rys. 2. Formowanie rozrachunkowej modelu EM

Перехід від статичної базової моделі до динамічної розрахункової вимагає наявності стандартизованих потоків інформації про характер зміни стану об'єкту керування. Така інформація забезпечується засобами оперативного інформаційного комплексу (OIK) ACKOE.

Пасивна частина розрахункової моделі створюється після ініціювання процесу розрахунку ustalonego режимu, а коригується у разі виконання перемикачів в EM (введення резервних шляхів живлення, відключення споживачів, переключення споживачів на інші фідери тощо). Створення та коригування розрахункової моделі виконується в такій послідовності (рис. 3).



Rys. 3. Алгоритм коригування моделі EM з використанням інформації ACKOE

За даними архівів оперативно-інформаційного комплексу ACKOE в базовій моделі виконується зміна інформації про стани комутаційних апаратів. Будується граф оновленої схеми EM, за рахунок чого визначаються відділені та знеструмлені частини мережі. Останні, вочевидь, не впливають на ефективність транспортування електроенергії ВДЕ електромережами, однак можуть використовуватися як резервні шляхи транспортування. Так підвищується надійність транспортування електроенергії ВДЕ, а отже якість функціонування EM. Даний процес супроводжується формуванням протоколу змін у схемі мережі, куди заноситься інформація про знеструмлені ЛЕП, трансформатори, відключених споживачів тощо. Для зменшення розмірності задачі інформація про вказані частини мережі видаляється з відповідною переіндексацією складу пасивних параметрів розрахункової моделі. Значення вказаних параметрів вибираються з бази даних обладнання EM, що забезпечує спрощення коригування моделі за зміни складу або характеристик наявного обладнання.

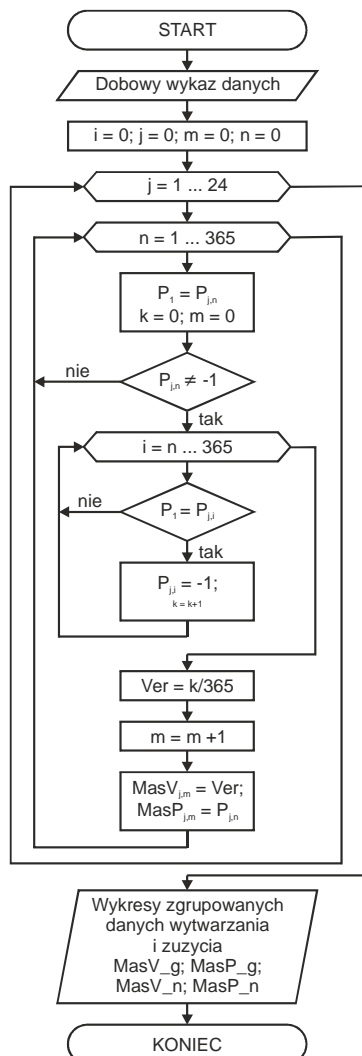
1.1. Strukturalizacja danych wyjściowych przy wytwarzaniu energii z OZE oraz zużyciu energii elektrycznej

Jak już wspomniano, wyjątkowość OZE polega na tym, że ich tryb działania zależy od warunków naturalnych. Dlatego w pracy zaproponowano by uwzględnić ten fakt poprzez analizę statystyczną danych uzyskanych w wyniku szerokiego wykorzystania systemu ACKOE.

Oczywistym jest, że baza statystycznych danych jest bardzo duża. Dlatego konieczne jest przeprowadzenie w pewien sposób ich strukturalizacji, aby ułatwić analizę i zmniejszyć czas ich przetwarzania.

Rysunek 4 przedstawia algorytm budowy tablic wykresów wytwarzania (zużywania energii) i prawdopodobieństw występowania ich odpowiednich stopni. Zaproponowany algorytm pozwala na określenie struktury danych wyjściowych na podstawie łączenia podobnych stopni wytwarzania dla odpowiednich pór dnia w ciągu rozpatrywanego roku. W celu zachowania charakterystycznych właściwości wykresów wytwarzania i zużycia energii ocenia się prawdopodobieństwo występowania każdego z poziomów.

Wynik strukturalizacji pokazany został na rys. 5, odpowiednio dla mocy czynnej i biernej dla dobowego wykresu z półgodzinnym interwałem. Jak widać na rysunku dla przywołanego przykładu powtarzalność pewnych poziomów wytwarzania (zużywania energii) pozwala przejść od analizy 365 wariantów dziennego harmonogramu z półgodzinnym interwałem do ilości w granicach 10. To znacznie zmniejsza wymaganą ilość obliczeń, aby uzyskać wskaźniki bilansowej i systemowej niezawodności.



Rys. 4. Algorytm strukturalizacji rocznych danych statystycznych

1.1. Структурування вихідних даних з генерації РДЕ та електроспоживанню

Як зазначалось особливстю РДЕ є той факт, що їх режим роботи залежить від природних умов. Тому в роботі пропонується цю особливість враховувати шляхом аналізу статистичних даних накопичених завдяки широкому застосуванню АСКОЕ.

Зрозуміло, що об'єм статистичних даних досить значний. Тому необхідно їх певним чином структурувати для спрощення аналізу та зменшення часу їх опрацювання.

На рисунку 4 показано алгоритм формування масивів графіків генерування (електроспоживання) та ймовірностей появи відповідних ступеней цих графіків. Зaproponований алгоритм дозволяє структурувати вихідні дані за принципом об'єднання схожих ступеней генерування для відповідного часу доби протягом року, що розглядається. Для того щоб не втратити характерні особливості графіків генерування та електроспоживання оцінюється ймовірність появи кожного з рівнів.

Результат структурування показано на рисунку 5 відповідно по активній та реактивній потужності для півгодинного добового графіка. Як видно з рисунку для наведеного прикладу повторюваність певних рівнів генерування (електроспоживання) дозволяє перейти від аналізу 365 варіантів на кожні півгодини добового графіка до об'єму в межах 10. Це суттєво знизить необхідний об'єм обчислення для отримання показників балансової та режимної надійності.

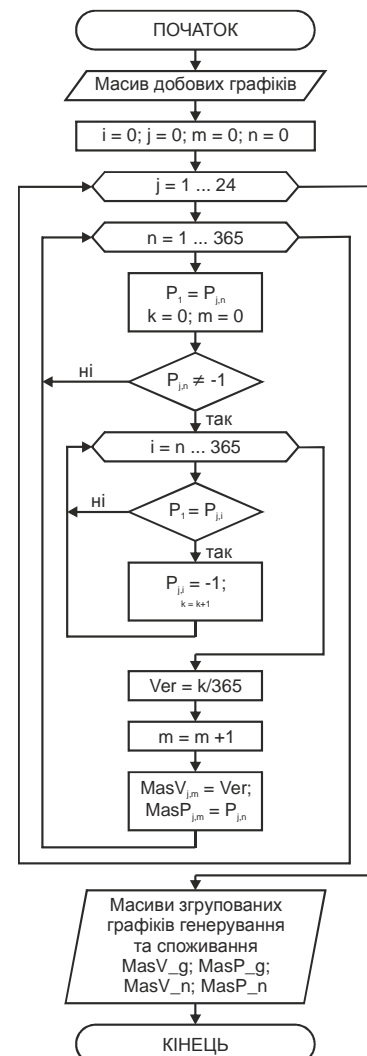


Рис. 4. Алгоритм структурування статистичних даних за рік

Доба	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	Е
1	180.60	162.00	149.00	140.60	134.80	131.00	129.60	126.40	127.20	127.40	130.80	140.20	1
2	190.60	167.20	155.80	145.40	140.20	138.00	127.80	132.40	131.80	130.00	133.80	129.00	1
3	195.20	164.20	144.20	134.40	138.40	129.40	122.80	136.60	121.00	125.40	127.60	119.60	1
4	185.00	159.20	154.20	136.40	137.00	132.60	124.60	128.40	135.60	120.60	120.00	124.60	1
5	211.60	175.20	162.00	150.00	129.40	126.80	133.00	121.20	138.80	135.00	122.40	152.80	1
6		179.00		152.20	149.80	135.80	140.60	124.00		143.20	124.80	137.80	1
7						142.20	137.60	140.80		140.40	135.60		1
8						147.00		143.20			141.40		1
9											137.40		1
10													

Доба	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	Е
1	812.70	729.00	670.50	632.70	606.60	589.50	583.20	568.80	572.40	573.30	588.60	630.90	7
2	857.70	752.40	701.10	654.30	630.90	621.00	575.10	595.80	593.10	585.00	602.10	580.50	7
3	878.40	738.90	648.90	604.80	622.80	582.30	552.60	614.70	544.50	564.30	574.20	538.20	Е
4	832.50	716.40	693.90	613.80	616.50	596.70	560.70	577.80	610.20	542.70	540.00	560.70	Е
5	952.20	788.40	729.00	675.00	582.30	570.60	598.50	545.40	624.60	607.50	550.80	687.60	Е
6		805.50		684.90	674.10	611.10	632.70	558.00		644.40	561.60	620.10	Е
7						639.90	619.20	633.60		631.80	610.20		Е
8						661.50		644.40			636.30		7
9											618.30		Е
10													

Rys. 5. Wzór otrzymanych tablic włącznie z wynikami strukturalizacji danych
 Рис. 5. Вигляд отриманих масивів з результатами структуризації даних

1.2. Algorytm oceny wskaźników niezawodności bilansowej

Tablice strukturalizowanych danych umożliwiają uproszczenie algorytmów określenia wskaźników niezawodności bilansowej i systemowej. Wskaźnikami niezawodności bilansowej, które niosą najwięcej informacji ze względu na wpływ OZE, jest współczynnik zapewnienia bilansu oraz zaproponowany współczynnik stabilności.

Przeanalizujemy zaproponowane algorytmy. Istotą algorytmu wyznaczenia współczynnika stabilności (zob. rys. 6) jest porównanie możliwych stopni wytwarzania w określonych godzinach doby z możliwym zużyciem energii w tym samym czasie.

Odbywa się sprawdzane jest, czy poziom wytwarzania nie jest wyższy od poziomu zużycia. Jest oczywiste, że w ciągu roku dobowe wykresy wytwarzania z OZE zmieniają się, tak jak i dobowe wykresy zużycia energii. Tak więc prawdopodobne są przypadki zachowania bilansu pomiędzy wytwarzaną i użytą energią elektryczną. Przy czym prawdopodobieństwo tych poziomów dodaje się. W przypadku niezachowania bilansu mocy dzięki OZE odpowiednie prawdopodobieństwa nie są wliczane.

Po porównaniu wszystkich możliwych stopni zużycia z odpowiednimi poziomami wytwarzania, które odpowiadają pewnej określonej godzinie doby, suma pokrytych poziomów zużycia jest pomnożona przez prawdopodobieństwo wystąpienia tego poziomu wytwarzania. Następnie proces jest powtarzany dla innego stopnia wytwarzania.

Po zakończeniu przeglądu wszystkich poziomów wytwarzania wartości wynikowe prawdopodobieństwa zachowania bilansu mnoży się przez prawdopodobieństwo wystąpienia tego okresu czasu. Jeżeli bierzemy pod uwagę wykres godzinny, to takie prawdopodobieństwo wynosi 1/24.

Dla uwzględnienia w współczynniku całkowym niezawodności bilansowej należy obliczyć współczynnik zachowania bilansu. Algorytm obliczenia współczynnika zachowania bilansu przedstawiono na rysunku 7.

1.2. Алгоритми оцінювання показників балансової надійності

Масиви структурованих даних дозволяють спростити алгоритми для визначення показників балансової та режимної надійності. Найбільш інформативними показниками балансової надійності з огляду на врахування впливу ВДЕ є коефіцієнт забезпечення балансу та запропонований коефіцієнт стабільності.

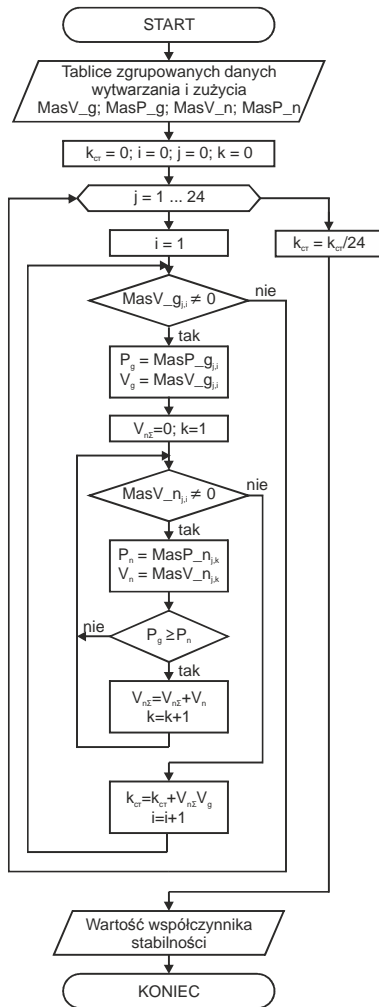
Розглянемо детальніше запропоновані алгоритми. Суть алгоритму визначення коефіцієнта стабільності (див. рис. 6) полягає у порівнянні можливих ступеней генерування протягом певної години доби з можливими ступенями електроспоживання для цього ж моменту доби.

Відбувається перевірка чи перевищує рівень генерування необхідний рівень споживання. Зрозуміло, що протягом року добові графіки генерування ВДЕ змінюються, так само як і добові графіки електроспоживання. Отже імовірні випадки забезпечення балансу між генерованою і спожитою електричною енергією. При цьому імовірності цих рівнів споживання додаються. У випадку незабезпечення балансу потужності можливостями ВДЕ від-повідні імовірності не враховуються.

Після порівняння всіх можливих ступеней споживання з відповідним рівнем ступенями генерування, що відповідає певному часовому проміжку доби, сума покритих рівнів споживання множить на імовірність появи цього рівня генерації. Далі процес повторюється для іншої ступені генерації.

По закінченню перебору всіх ступеней генерування результуюче значення імовірності забезпечення балансу множить на імовірність появи цього періоду часу. Якщо мова йде про погодинний графік, то ця імовірність визначається як 1/24.

Для врахування в інтегральному показникові балансової надійності необхідно обчислювати коефіцієнт забезпечення балансу. Алгоритм визначення коефіцієнта забезпечення балансу показано на рисунку 7.



Rys. 6. Algorytm wyznaczenia współczynnika stabilności

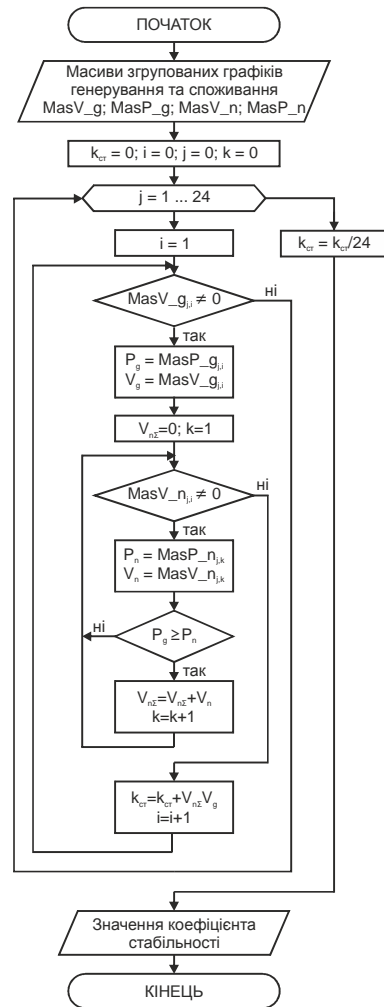
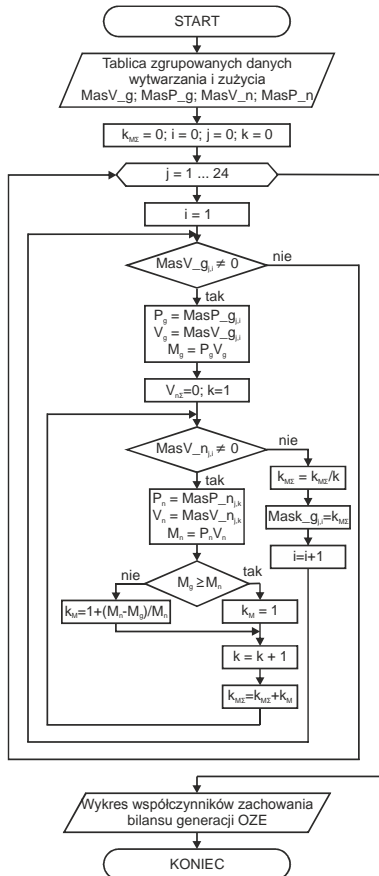


Рис. 6. Алгоритм визначення коефіцієнта стабільності



Rys. 7. Algorytm wyznaczenia współczynnika zachowania bilansu

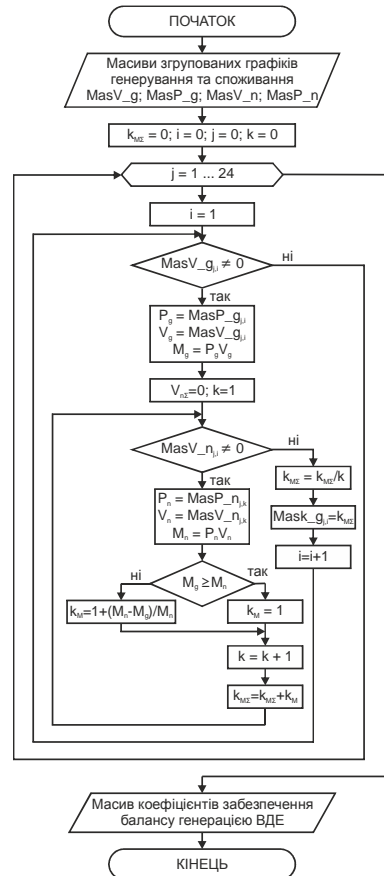


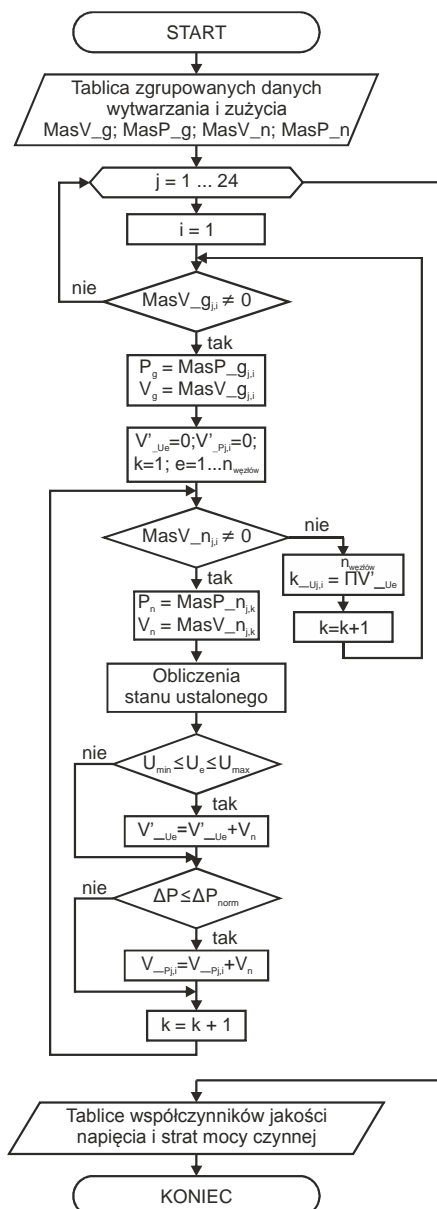
Рис. 7. Алгоритм визначення коефіцієнта забезпечення балансу

Istota algorytmu polega na tym, że określa się wartość oczekiwaną dla każdego stopnia wytwarzania i każdego stopnia zużycia energii. Po tym porównywane są odpowiednie wartości matematyczne wartości wytwarzania i zużycia. I w zależności od wyników badania, określa się wartości pośrednie współczynników. Po zakończeniu analizy wyznacza się średnią wartość współczynnika zachowania bilansu.

2. Algorytm obliczenia wskaźników systemowej niezawodności

Algorytm obliczenia systemowej niezawodności zapewnia wyniki obliczeń trybu ustalonego. Tryb ustalony jest obliczany na podstawie danych zawartych w tablicach strukturalizowanych danych wyjściowych, które mogą zmniejszyć ilość obliczeń.

Według wyników obliczenia w trybie ustalonym analizuje się wartości poziomów napięcia w węzłach sieci zgodnie z normą $\pm 5\%$ i odchyień strat mocy czynnej w odniesieniu do wartości standardowych (patrz. rys. 8). Co do wartości normatywnych strat mocy czynnej, to dla każdego obszaru sieci elektrycznych jest wyznaczana indywidualnie, metody obliczenia opisane są w [1 - 3, 6].



Rys. 8. Algorytm obliczenia wskaźników systemowej niezawodności

Суть алгоритму полягає в тому, що визначається математичне очікування кожної ступені генерування та кожного рівня електроспоживання. Після цього порівнюються відповідні значення математичних значень генерування і споживання. І, в залежності від результату перевірки, визначається проміжне значення коефіцієнту. Після повного аналізу визначається середнє значення коефіцієнту забезпечення балансу.

2. Алгоритми оцінювання показників режимної надійності

Алгоритм оцінювання показників режимної надійності передбачає розрахунок усталеного режиму. Усталений режим розраховується виходячи з даних, які містяться у масивах структурованих вихідних даних, що дозволяє зменшити об'єм обчислень.

За результатами розрахунків усталеного режиму аналізуються значення рівнів напруги у вузлах мережі у відповідності до норм $\pm 5\%$ та відхилення втрат активної потужності по відношенню до нормативного значення (див. рис. 8). Щодо нормативного значення втрат активної потужності, то для кожної районної електричної мережі він індивідуальний, методи їх визначення описані в [1 - 3, 6].

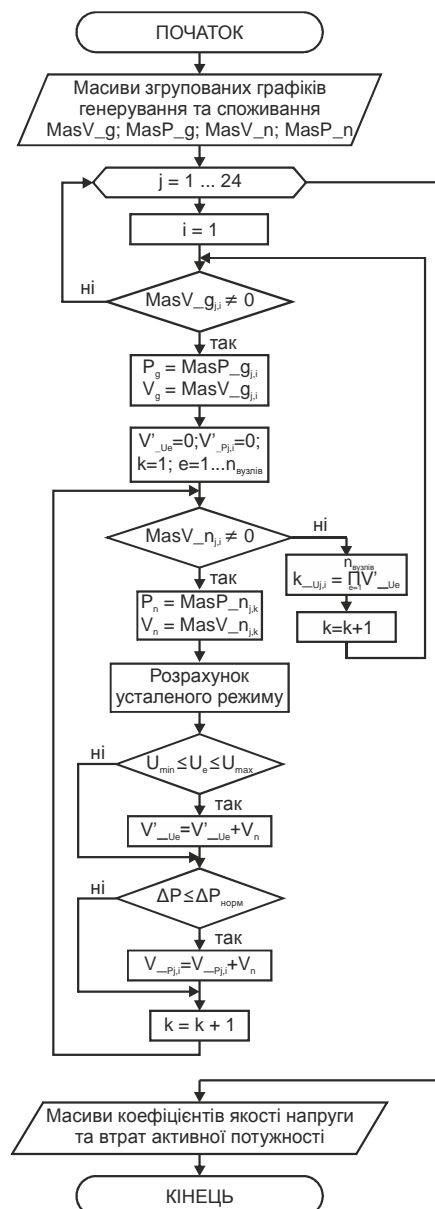


Рис. 8. Алгоритм визначення показників режимної надійності

Wskaźniki systemowej niezawodności są określone prawdopodobieństwem przebywania parametru systemowego w dopuszczalnych granicach. Zgodnie z algorytmem, jeśli, na przykład, napięcie w węźle mieści się w granicach $\pm 5\%$, to prawdopodobieństwo danego poziomu zużycia dodaje się do prawdopodobieństw innych poziomów, dla których napięcie w węźle spełnia normę. Po sprawdzeniu wszystkich możliwych poziomów zużycia energii w danym okresie czasu, otrzymane wartości prawdopodobieństwa dla każdego z węzłów są wzajemnie mnożone. Oczywiście jest, że nieodpowiedni poziom napięcia przynajmniej w jednym węźle natychmiast będzie wpływał na współczynnik jakości napięcia. Podobnie określa się współczynnik normatywnej straty mocy.

3. Wnioski

Zaproponowane metody i algorytmy tworzą warunki do programowej realizacji oceniania niezawodności w lokalnej sieci elektrycznej z odnawialnymi źródłami energii.

Przy programowej realizacji przedstawionych algorytmów ocena wpływu rozproszonych źródeł energii elektrycznej na tryb pracy elektrycznych sieci dystrybucyjnych przy dostępności wymaganej ilości informacji wyjściowej, nie powoduje trudności.

Podziękowania

Praca powstała w ramach projektu *PL-NTU Transgraniczna wymiana doświadczeń* PBU.03.01.00-06-386/11-00 współfinansowanego w ramach Programu Współpracy Transgranicznej Polska-Białoruś-Ukraina 2007-2013 finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Instrumentu Sąsiedztwa i Partnerstwa.

Niniejsza publikacja została stworzona przy pomocy Unii Europejskiej. Wyłączną odpowiedzialność za zawartość niniejszej publikacji ponosi Dymitr Sobczuk oraz w żaden sposób nie może być ona postrzegana jako odzwierciedlenie poglądów Unii Europejskiej.

Literatura || Література

- [1] Conejo J.: Transmission loss allocation: a comparison of different practical algorithms. *IEEE Trans. Power Syst.* vol. 17, 2002, 571-576.
- [2] Lezhnyuk P.D.: Funktsional'na zalezhnist' skladovikh vtrat potuzhnosti u vitykakh yelektrichnoi merezhi vid potuzhnosti u vuzlakh, *Visnik Vinnits'kogo politekhn. in-tu*, № 4, 2005, 58-62 (In Ukrainian).
- [3] Lezhnyuk P.D.: Informatsiynе zabezpechennya rozrakhunku vtrat yelektroyenergiї v rozpodil'nikh merezhakh, *Visnik Kharkivs'kogo natsion. tekhnich. un-tu sil's'kogo gosp. Vip. 57. Problemi yenergozabezpechennya ta yenergozberezhennya v APK Ukraїni. Tom 1, 2007, 67-74* (In Ukrainian).
- [4] Manov H.A.: Smyslovoye pole ponyatiya nadozhnosti v energetiki i yego otobrazheniye na terminologicheskoye prostranstvo. *Metodicheskiye voprosy issledovaniya bol'shikh sistem energetiki. Vyp. 54, 2005, 7-27* (In Ukrainian).
- [5] Sobchuk D.S.: Viktoristannya netraditsiynikh dzherel yenergiї (NDE) v yelektroyenergetichnikh sistemakh dlya pidvishchennya nadiynosti ta yakosti yelektropostachannya. *Naukovі notatki. Mizhvuzivs'kiy zbirnik, No 40, 2013, 261-265* (In Ukrainian).
- [6] Zhelezko YU.S.: Raschot i analiz poter' elektroenergiy v elektricheskikh setyakh: rukovodstvo dlya prakticheskikh raschotov: YU.S. Zhelezko, A.V. Artem'yev, O.V. Savchenko, M: ENAS, 2008 (In Russian).

Dr Dymitr Sobczuk
e-mail: sobdim@gmail.com

Asystent w Wydziale Elektrycznym Łuckiego Narodowego Uniwersytetu Technicznego. W 2014 roku obronił rozprawę doktorską i uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Opublikowano 9 prac naukowych w czasopiśmie branżowych. Działania badawcze w zakresie elektroenergetyki.



К.т.н., Дмитро Собчук
e-mail: sobdim@gmail.com

Асистент кафедри електропостачання, Луцького національного технічного університету. У 2014 захистив дисертацію кандидата технічних наук. Оpubліковано 9 наукових праць у фахових виданнях. Напрямок наукової діяльності електроенергетика.

