

## МЕТОДИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

**Матєєнко Ю.П., к.т.н., доцент, Петрівський М.М., магістрант**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Надійність системи електропостачання визначається надійністю її окремих елементів (генеруючих агрегатів, ліній електропередачі, комутаційної апаратури, пристроїв захисту і автоматики та ін.), схемами (ступенем резервування) і режимом (запасами статичної та динамічної стійкості), а також життєздатністю або живучістю системи, тобто її здатністю витримувати системні аварії без катастрофічних наслідків. Стосовно до систем електропостачання нормальним слід вважати режим, при якому споживачі забезпечуються електроенергією заданої якості і кількості в точній відповідності з графіком її попиту і схемою електропостачання, передбаченої для умов тривалої роботи [1].

Однак, відмови в роботі системи неминучі навіть при хорошій якості обладнання і високому рівні експлуатації. Відмови відбуваються в силу ряду об'єктивних причин випадкового характеру і, перш за все, через те, що в умовах експлуатації мають місце навантаження, що перевищують допустимі, облік яких зажадав би невиправдано великих запасів при проектуванні системи.

**Мета роботи.** Розрахунок показників надійності підстанції Харківська.

**Матеріали і результати досліджень.** Відповідно до визначення поняття безвідмовності і заданих робочими функціями головної схеми типовий підстанції розглянемо причини відмов для її елементів. згідно [2] Причинами відмов силових трансформаторів є відключення, викликані пошкодженнями обмоток - витковою і поздовжньою ізоляції, перемикачів, перекриттями вводів, ушкодженнями регулювальних пристроїв і суміжних елементів, а також відключення, викликані помилковими діями захисту і помилками персоналу.

Пошкодження поздовжньої ізоляції відбувається через порушення електродинамічної стійкості обмоток і недостатньою електричної міцності витковою ізоляції в початковій частині обмоток, а також з-за дефектів, допущених при виготовленні. Крім механічних процесів в обмотці відбувається і теплове старіння ізоляції як результат підвищення температури навколишнього середовища при планових і аварійних перевантаженнях. Відмови високовольтних вводів трансформатора в основному викликані забрудненням від хімічних забирас, а відмови перемикачів - механічним зносом. Всі процеси, розвиваючись у часі, поступово приводять трансформатор до такого стану, коли чергове зовнішній вплив, наскрізне коротке замикання або перенапруження, викликає механічне або електричне пошкодження ізоляції, яке переходить у внутрішнє коротке або виткове замикання [2].

Статистичні дані розподілу причин відмов електрообладнання підстанцій дані в [1]. Основними причинами трансформаторів відмов є заводські дефекти, грозові пошкодження, неправильна експлуатація і старіння ізоляції.

Основні причини відмов вакуумних вимикачів: відмови приводу, перекриття ізоляції, руйнування вакуумної дугогасильної камери і зварювання

контактів. Значна частина відмов вимикачів відбувається при виконанні основної їх функції - відключенні струмів короткого замикання і в переважній більшості випадків відмова супроводжується коротким замиканням в осередку, а, отже, і на шинах.

Відмови роз'єднувачів проявляються як короткі замикання, викликані електричними і механічними пошкодженнями - відмова приводу, несправність механізму. Короткі замикання можуть відбуватися як через помилки персоналу (включення на не знято заземлення, відключення робочого струму), так і з-за пошкодження ізоляції.

Відмовами збірних шин є знеструмлення через помилки персоналу, через електричних і механічних пошкоджень ізоляції та розрядників, що призводять до короткого замикання на шинах, а також з-за помилкової дії захисту шин. Аналіз статистичних даних розподілу причин відмов електрообладнання підстанцій показує, що найнадійнішими з розглянутого обладнання є роз'єднувачі. Це пояснюється конструктивними параметрами і умовами роботи. Найменш надійними є вимикачі через відключення струмів КЗ.

Розглянемо метод розрахунку надійності енергосистеми на прикладі підстанції Північна напругою 110/10 кВ (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема напруги підстанції напругою 110/10 кВ: 1 - повітряна лінія 110 кВ; 2 - шини 110 кВ; 3 - силовий трансформатор; 4 - струмопровід; 5 - роз'єднувач; 6 - вакуумний вимикач; 7 - шини КРУ-10 кВ.

Середні значення показників надійності елементів електричного обладнання підстанції - потоку відмов  $\lambda$  і середнього часу відновлення  $t_v$ , отримані на підставі статистичних даних енергосистем зведені в табл. 1 [3].

В таблиці 1 наведені показники надійності обладнання.

Таблиця 1 – Показники надійності обладнання підстанції

Обладнання	$\omega$ , 1/рік	$T_v$ , год
Вимикач ВГТ-110	0,016	5
Кабельна лінія 10 кВ	0,0125	12
Трансформатор ТДТН-16000\110	0,03	95
Роз'єднувач РДЗ-110/110/1000	0,001	6
Вакуумний вимикач ВВ/TEL-10	0,009	20
Шинопровід, шини КРУ 63	0,03	7

Досліджувана система електропостачання являє собою послідовне з'єднання підсистем 110 кВ і 10 кВ. У загальному випадку, коли є  $n$  послідовно з'єднаних елементів, система відмовляє в тих випадках, коли відмовляє будь-який з елементів. З тороном низької напруги системи являє собою паралельне з'єднання двох ланцюгів, що складаються з послідовно з'єднаних

відновлюваних елементів. Паралельне з'єднання щодо надійності відновлюваних елементів означає, що при відмові одного з елементів система продовжує виконувати свої функції. З метою спрощення розрахунку можна прийняти допущення, що полягає в заміні ряду послідовних елементів одним еквівалентним. Для  $n$  елементів з параметрами  $\lambda_i$  і  $T_{вi}$  еквівалентний елемент матиме параметри  $\lambda_e$  і  $t_{вe}$  рівні:

$$\lambda_e \approx \sum_{i=1}^n \lambda_i; \quad t_{вe} \approx \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t_{вi}}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}.$$

Розрахунок показників надійності підстанції Харківська 110/10 кВ проводився з використанням параметрів відмов щодо шин 10 кВ, тобто для споживачів підстанції. Результати розрахунків показали, що інтенсивність відмов і час відновлення системи на часовий період в 1 рік становлять, відповідно,  $\lambda_e = 0,129$  рік<sup>-1</sup>,  $t_{вe} = 28,7$  ч. При цьому коефіцієнт готовності обладнання ТП Північна на розрахунковий період приймає значення  $k_T = 0,9996$  а коефіцієнт вимушеного простою  $k_P = 0,0004$ . Середній час безвідмовної роботи системи прогнозується на період  $T_{бр} = 7,78$  років.

Внесені в галузевий стандарт Укренерго і рекомендовані до застосування типові схеми підстанцій, мають високі розрахунковими параметрами надійності [4-5]. Застосування даних схем є виправданим рішенням і не вимагає техніко-економічних обґрунтувань. Відхилення від типових схем повинні обґрунтовуватися економією матеріальних витрат з неодмінною умовою: зміни в схемі не повинні знижувати надійність електропостачання споживачів і вимог правил охорони праці та промислової безпеки.

**Висновки.** В результаті розрахунку надійності понижуючою підстанції Північна отримані основні показники безвідмовної роботи. На їх підставі можна зробити висновок, що надійність типовий підстанції даного типу досить висока і перерви в електропостачанні споживачів малоймовірні. Аналіз статистичних даних розподілу причин відмов електрообладнання підстанцій встановив найбільш характерні причини відмов досліджуваного обладнання. Показано, що найнадійнішими з розглянутого обладнання є роз'єднувачі, що пояснюється хорошими конструктивними параметрами і умовами роботи. Найменш надійними елементами підстанцій є вимикачі.

#### Перелік посилань

1. Конюхова Е. А., Кірєєва Е. А. Надійність електропостачання промислових підприємств. - М.: НТФ Energoprogress, 2001. - 92с.
2. Игошин Н.В. Інвестиції. Організація управління та фінансування: Підручник для вузів. - М.: ЮНИТИ-ДАНА 2009.
3. Зімін А.І. Інвестиції: питання і відповіді. - М.: Юриспруденція, 2008.
4. Воропай Н.И., Єфімов Д.Н., Курбацький В.Г. та ін. Інтелектуальні технології протиаварійного керування електроенергетичними системами // Електро. - 2014. - №1.
5. Дмитрієв С.А., Хальясмаа А.І., Кокін С.Є. Формування системи оцінки технічного стану обладнання підстанцій на основі методів нечіткої логіки // Електро. - 2014. - №3.