

Лекція 2

ОСНОВНІ ТЕРМІНОЛОГІЧНІ ПОНЯТТЯ ТА ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

1.1. Термінологічна система основних понять теорії надійності в електроенергетиці

Елемент – технічний пристрій, що не призначений для самостійного застосування, але використовується для створення систем і виконує в системі визначені функції.

Система – сукупність спільно діючих елементів, призначена для самостійного виконання заданих функцій.

Об'єкт – одне з найзагальніших понять теорії надійності. Об'єкт містить поняття і системи, і елемента. Об'єктом можна назвати електроенергетичну систему, систему керування, електричну машину.

Відновлюваний об'єкт (англ. *restorable item*) – ремонтний об'єкт, який після відмови та усунення несправності знову стає здатним виконувати потрібні функції з заданими кількісними показниками надійності.

Невідновлюваний об'єкт (англ. *non-repaired item*) – об'єкт, ремонт якого неможливий чи не дозволяє відновити працездатність із заданими кількісними показниками надійності.

Ремонтний об'єкт (англ. *repairable item*) – об'єкт, ремонт якого можливий та передбачений нормативною, ремонтною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Неремонтний об'єкт (англ. *nonrepairable item*) – об'єкт, ремонт якого неможливий чи непередбачений нормативною, ремонтною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

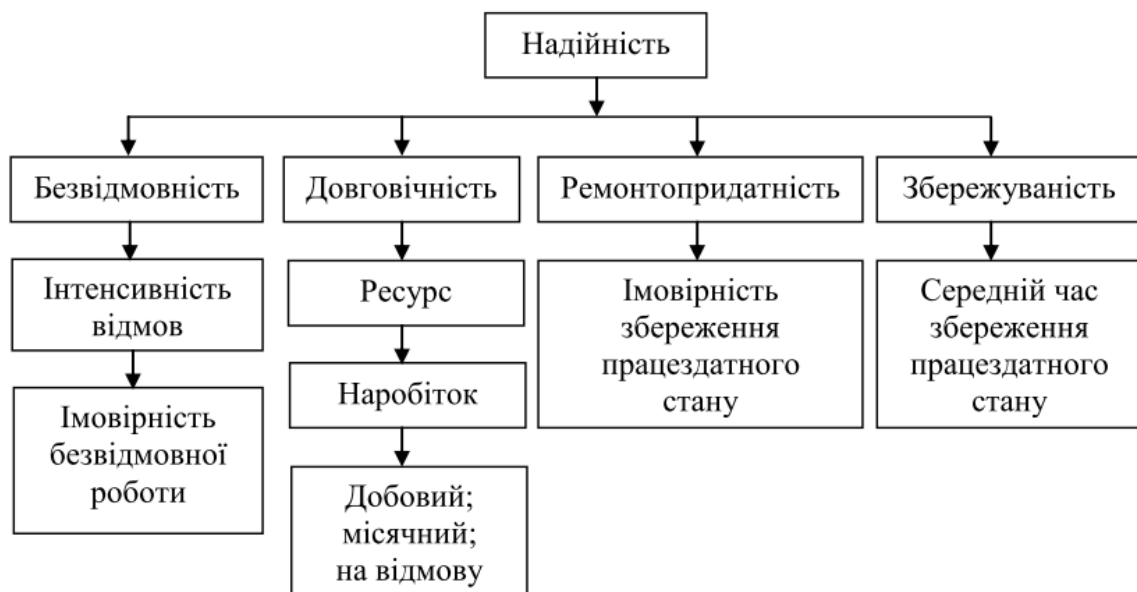


Рис. 2.1. Класифікація показників надійності

Безвідмовність (англ. reliability) – властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку.

Довговічність (англ. durability) – властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за наявної системи технічного обслуговування та ремонту.

Ремонтопридатність (англ. maintainability) – властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту.

Збережуваність – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати необхідні функції, протягом і після збереження або транспортування.

Справність (англ. good state) – стан об'єкта, за якого він здатний виконувати всі задані функції об'єкта.

Несправність (англ. fault) – стан об'єкта, за якого він нездатний виконувати хоча б одну із заданих функцій об'єкта.

Аналіз несправностей (англ. fault analysis) – логічне та систематичне дослідження об'єкта для ідентифікації та аналізу ймовірностей виникнення, причин та наслідків потенційних несправностей.

Поняття справність ширше, ніж поняття працездатність. Працездатний об'єкт має відповідати лише тим вимогам нормативно-технічної документації, виконання яких забезпечує нормальне застосування об'єкта за призначенням.

Таким чином, якщо об'єкт непрацездатний, то це свідчить про його несправність. З іншого боку, якщо об'єкт несправний, то це ще не означає, що він непрацездатний.

Незначна несправність (англ. minor fault) – несправність, що не порушує жодної з потрібних функцій об'єкта.

Значна несправність (англ. major fault) – несправність, що порушує хоча б одну з потрібних функцій об'єкта.

Повна несправність (англ. function-preventing fault) – несправність, що характеризується повною нездатністю об'єкта виконувати всі потрібні функції.

За причинами, що призвели до несправності, остання підрозділяється на:

- виробничу (англ. manufacturing);
- стабільну (англ. permanent);
- приховану (англ. latent);

масковану (англ. masking);
через перевантаження (англ. misuse);
через невміле поводження (англ. mishandling);
через неміцність (англ. weakness);
через зношування та (чи) старіння (англ. ageing);
конструкційну (англ. design).

Працездатний стан (англ. up state) – стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції.

Непрацездатний стан (англ. down state) – стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоча б одну з потрібних функцій.

Робочий стан – стан об'єкта, в якому він виконує всі або частину заданих функцій у повному чи частковому обсязі.

Неробочий стан – стан об'єкта, в якому він не виконує жодної з заданих функцій.

Стан відновлення (аварійного ремонту) – неробочий стан об'єкта, коли на ньому проводять роботи з відновлення працездатності.

Граничний стан – стан об'єкта, коли його подальша експлуатація повинна бути припинена внаслідок небезпеки, неможливості чи недоцільності.

У теорії надійності враховують також частково (повністю) працездатні стани, частково (повністю) робочі стани, стани перебування об'єкта в резерві тощо.

Відмова (англ. failure) – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта.

При цьому відмова є подія, на відміну від несправності, що є станом та причиною відмови.

Відмова, як подія, має такі різновиди:

повна (англ. complete);
часткова (англ. partial);
ресурсна (англ. marginal);
критична (англ. critical);
конструкційна (англ. design);
виробнича (англ. manufacturing);
систематична (англ. systematic);
через перевантаження (англ. misuse);
через неправильне поводження (англ. mishandling);
через неміцність (англ. weakness);
деградована (англ. degradation);
раптова (англ. sudden);
поступова (англ. gradual);

ураховувана (англ. relevant);
залежна (англ. secondary);
незалежна (англ. primary);
явна (англ. explicit);
прихована (англ. latent);
збій (англ. interruption).

Аналіз відмов (англ. failure analysis) – логічне та систематичне дослідження об'єкта, що відмовив, для ідентифікації та аналізу особливостей виникнення відмов, їх причин та наслідків.

За типом відмови розділяються на:

відмови функціонування, коли виконання основних функцій об'єктом

припиняється (наприклад, обрив проводів повітряної лінії електропередачі);

відмови параметричні, коли деякі параметри об'єкта змінюються в недопустимих межах (наприклад, недопустиме зниження частоти або напруги).

За своєю природою відмови можуть бути:

випадкові, зумовлені непередбачуваними перевантаженнями, дефектами матеріалу, помилками персоналу або збоями системи керування;

систематичні, зумовлені закономірними й неминучими явищами, що викликають поступове нагромадження ушкоджень – втома, зношування, старіння, корозія тощо.

Основні ознаки класифікації відмов:

характер виникнення;
причина виникнення;
характер усунення;
наслідок відмов;
подальше використання об'єкта;
легкість виявлення;
час виникнення.

Класифікація відмов за ознаками

Відмови	Ознака відмов
За характером виникнення	<i>Раптова відмова (англ. sudden failure)</i> – відмова, що виявляється в різкій (миттєвій) зміні характеристик об'єкта; <i>Поступова відмова (англ. gradual failure)</i> – відбувається в результаті повільного, поступового погіршення якості об'єкта
За причиною виникнення	<i>Конструкційна відмова (англ. design failure)</i> – спричинена недоліками або невдалою конструкцією об'єкта. <i>Виробнича відмова (англ. manufacturing failure)</i> – пов'язана з помилками під час виготовлення об'єкта через недосконалість або порушення технології. <i>Експлуатаційна відмова</i> – зумовлена порушенням правил експлуатації об'єкта
За характером усунення	<i>Стійка відмова.</i> <i>Нестійка (переміжна) відмова</i> – то виникає, то зникає. <i>Легка відмова</i> (яку можна легко усунути). <i>Середня відмова</i> (не спричиняє відмови суміжних вузлів – вторинні відмови). <i>Важка відмова</i> (яка зумовлює вторинні відмови або призводить до загрози життю та здоров'ю людини)
За подальшим використанням об'єкта	<i>Повна відмова (англ. complete failure)</i> – виключає можливість роботи об'єкта до її усунення. <i>Часткова відмова (англ. partial failure)</i> – відмова, за якої об'єкт можна частково використовувати.
За легкістю виявлення	<i>Очевидна (явна) відмова.</i> <i>Прихована (неявна) відмова</i>
За часом виникнення	<i>Відмова припрацювання</i> виникає у початковий період експлуатації. <i>Відмова під час нормальної експлуатації.</i> Відмови, зумовлені незворотними процесами зношування деталей, старіння матеріалів тощо.

Відновлення (англ. restoration) – подія, яка полягає в тому, що після несправності об'єкт знову відновлює здатність виконувати потрібну функцію.

Пошкодження – подія, яка спричиняє порушення справності об'єкта за умови збереження його працездатності.

Свідоме (примусове) вимикання – подія переведення об'єкта в неробочий стан цілеспрямованим вимиканням.

Показник надійності – кількісна характеристика однієї чи кількох властивостей об'єкта, які визначають його надійність.

Одиничний показник надійності – кількісна характеристика однієї властивості об'єкта, яка визначає його надійність.

Комплексний показник надійності – кількісна характеристика двох і більше властивостей об'єкта, які визначають його надійність.

Залежно від ситуації використовуються такі показники надійності (англ. dependability measure):

- одиничний (англ. simple);
- комплексний (англ. integrated);
- експлуатаційний (англ. operational);
- експериментальний (англ. tstimated);
- розрахунковий (англ. analitikal);
- екстрапольований (англ. extrapolated);
- прогнозований (англ. predicted);
- середній (англ. average mean);
- гамма-відсотковий (англ. gamma-perentile operating);
- нестационарний (англ. instantaneous);
- стаціонарний (англ. steady-state);

Наробіток (англ. operating time) – тривалість чи обсяг роботи об'єкта.

Наробіток до відмови (англ. operetingtime to failure) – наробіток об'єкта від початку експлуатації до виникнення першої відмови.

Наробіток між відмовами (англ. operetingtime tame betwien failures) – наробіток об'єкта від завершення відновлення його працездатного стану після відмови до виникнення наступної відмови.

Ресурс (англ. useful life) – сумарний наробіток об'єкта від початку експлуатації чи поновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

Термін служби (англ. unsful lifetime) – календарна тривалість експлуатації об'єкта від початку чи її поновлення до переходу в граничний стан.

Тривалість відновлення (англ. time to recovery) – інтервал часу, протягом якого об'єкт перебуває в непрацездатному стані через відмову.

Тривалість технічного обслуговування (англ. maintenance time) – інтервал часу, протягом якого виконується вручну чи автоматично операція технічного обслуговування та (чи) ремонту об'єкта.

Період припрацювання (англ. earli failure period) – можливий початковий період напрацювання об'єкта, протягом якого спостерігається тенденція до постійного зменшення параметра потоку відмов, що зумовлено наявністю, поступовим виявленням та усуненням прихованих дефектів.

Критерій відмови – ознака або сукупність ознак порушення працездатності об'єкта.

Критерій відновлення – ознака або сукупність ознак переходу об'єкта до повної чи часткової працездатності.

Інтенсивність відмов (англ. instantaneous failure rate) $\lambda(t)$ – умовна густина ймовірності появи відмови об'єкта, яку визначають, якщо до цього моменту відмова не виникла (лише для невідновлюваних об'єктів);

Середня інтенсивність відмов (англ. mean failure rate) $\lambda(t_1, t_2)$ – середнє значення інтенсивності відмов у заданому інтервалі часу.

Імовірність безвідмовної роботи (англ. reliability function) $R(t_1, t_2)$ – імовірність того, що протягом заданого напрацювання відмови об'єкта не виникне.

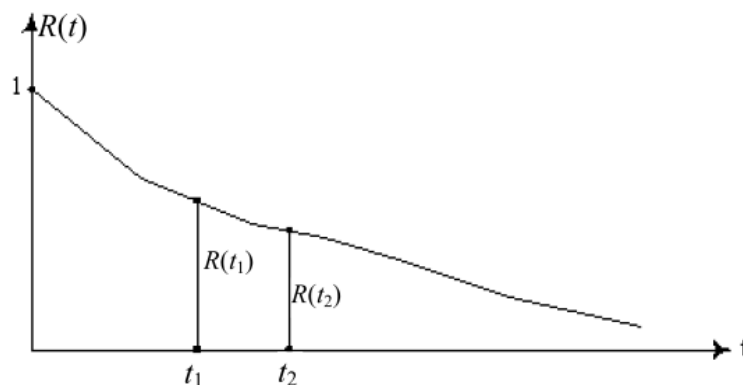


Рис. 2.2. Графік імовірності безвідмовної роботи об'єкта

$$R(t_1, t_2) + F(t_1, t_2) = 1, \quad (2.1)$$

$$F(t_1, t_2) = 1 - R(t_1, t_2). \quad (2.2)$$

$$R(t_2) = R(t_1) \cdot R(t_1, t_2), \quad (2.3)$$

$$R(t_1, t_2) = \frac{R(t_2)}{R(t_1)}.$$

$$R(t_1, t_2) = \frac{N(t_2)}{N(t_1)},$$

$$N(t_1) = N_0 - n(t_1); N(t_2) = N_0 - n(t_2), \quad (2.4)$$

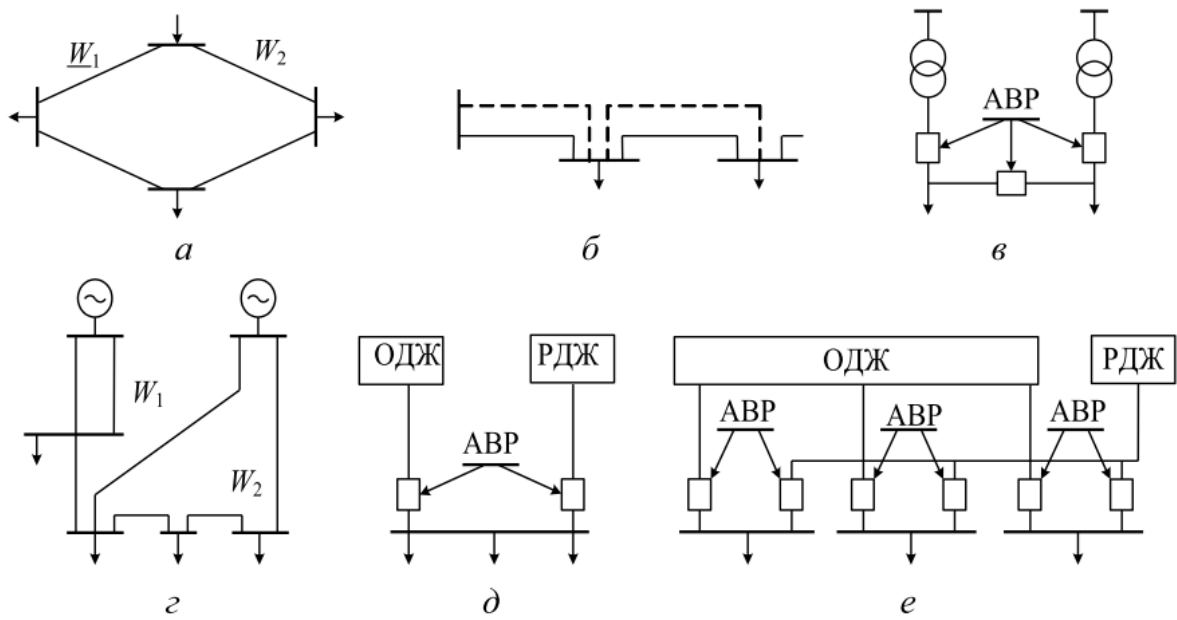


Рис. 2.3. Види резервування у схемах ЕМ та в системах електропостачання:
a – навантажувальне; *б* – роздільне; *в* – змішане; *г* – постійне; *д* – заступне;
е – ковзне