

## КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПІДСТАНЦІ 330кВ

Матееенко Ю.П., к.т.н., доцент, Гочачко М.Е., магістрант

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлювальних джерел енергії*

**Вступ.** Проблема надійності електричних станцій, підстанцій, ліній електропередачі, електричних мереж і систем - одна з першочергових проблем енергетики. В окремих енергетичних системах число аварій протягом року досягає декількох десятків, а річний обсяг електричної енергії, яку не отримав споживач в результаті аварій - декількох мільйонів кіловат-годин. Сумарна потужність генераторів, що одночасно простоюють в аварійному ремонті, становить мільйони кіловат. При такій високій аварійності в енергосистемах оцінка надійності окремих видів устаткування й установок, пошук шляхів підвищення надійності як у ході експлуатації, так і при проектуванні стають першочерговими завданнями. З іншого боку, оцінивши збиток, нанесений споживачам перервою електропостачання, збитки, пов'язані з аварійним ремонтом, а також витрати на підвищення надійності, можна порушувати питання про оптимальний рівень надійності електроенергетичного устаткування, установок і систем. Створення нових, унікальних машин, апаратів, ліній електропередачі, великих енергетичних об'єднань і комплексів вимагає застосування таких методів аналізу й розрахунку надійності, які дозволили б при проектуванні об'єктивно врахувати досвід експлуатації, дані експериментів, розрахувати надійність, проаналізувати варіанти по забезпеченню надійності, обґрунтувати її підвищення, прогнозувати надійність, виключити можливість катастрофічного результату аварій для людей і навколишнього середовища [1].

З освоєнням нової енергетичної техніки проблема надійності стає однією із головних. Відомо, що під час пусконаладжувальних робіт при введенні нових енергетичних об'єктів, таких, як атомна електростанція або лінія передачі надвисокої напруги, виявляються й усуваються причини ненадійної роботи устаткування й установок. Більшість цих причин пояснюються недоліками конструкторських розробок, у яких не приділялося достатньої уваги аналізу й оцінці надійності [2].

Теорія надійності є науковою основою діяльності лабораторій, відділів, бюро й груп надійності на підприємствах, у проектних, науково-дослідних й експлуатуючих організаціях [3].

**Мета роботи.** Розрахунок надійності головної схеми електричних з'єднань «3/2» або 3 вимикача на 2 приєднання підстанції 330кВ.

**Матеріали і результати досліджень.** Схема електричних з'єднань «3/2» показана на рисунку 1. Показники надійності елементів наведені в таблиці 1.

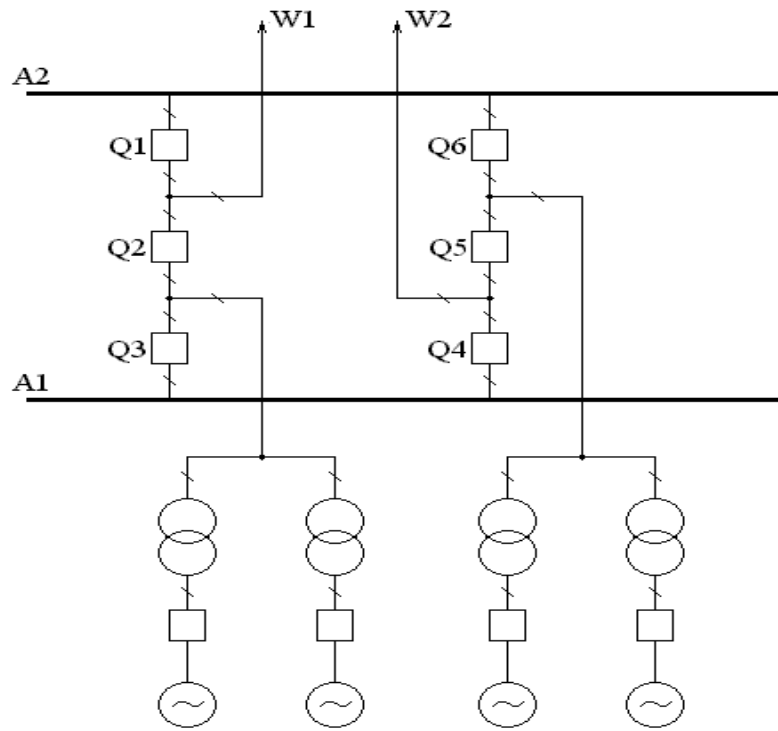


Рисунок 1 – Схема електричних з'єднань «3/2»

Таблиця 1 – Показники надійності елементів

Елементи	$w$ , 1/рік	$T_B$ , год	$\mu$ , 1/рік	$T_P$ , год
1	2	3	4	5
Лінії 330кВ	0.25 на 100мм	20	10	10
Вимикачі повітряні 330кВ	0.14	160	033	450
Трансформатори з ВН=330кВ	0.04	200	1	70
Збірні шини 330 кВ на одне приєднання	0.01	6	0.167	30

- $w$ , 1/рік – параметр потоку відмов;
- $T_B$ , год – середній час відновлення;
- $\mu$ , 1/рік – частота ремонтів;
- $T_P$ , год – тривалість ремонтів.

*Розрахунок показників надійності схеми «3/2»*

Число операцій вимикачами Q1 и Q4

$$N_{\text{оп}} = 2\mu_{\text{ш}} + 4\mu_{\text{л}} + 3 w_{\text{л}} (1 - a_{\text{В, авт}});$$

$$N_{\text{оп}} = 2 \cdot 2 \cdot 0.167 + 4 \cdot 10 + 3 \cdot 1 \cdot 0.992 = 43.5$$

Число операцій вимикачами Q2 и Q5

$$N_{\text{оп}} = 4(\mu_{\text{л}} + \mu_{\text{т}}) + 3 w_{\text{л}} (1 - a_{\text{В, авт}})$$

$$N_{\text{оп}} = 4(10 + 1) + 3 \cdot 1 \cdot 0.992 = 47$$

Число операцій вимикачами Q3 и Q6

$$N_{\text{оп}} = 2\mu_{\text{ш}} + 8\mu_{\text{т}};$$

$$N_{\text{оп}} = 2(2 \cdot 0.167) + 8 \cdot 1 = 8.668$$

Разом число операцій вимикачами ВРП-330 кВ дорівнює

$$2(43.5 + 47 + 8.668) = 99.2 \cdot 2 = 198.4$$

Знайдемо параметр потоку відмов вимикачів

$$w_{\text{В, соб}} = 0.028 + 0.0025N_{\text{оп}} \quad \text{за} \quad [1, \text{ст. 229-230}]$$

$$\text{Q1 и Q4} \quad w_{\text{В, соб}} = 0.028 + 0.0025 \cdot 43.5 = 0.137$$

$$\text{Q2 и Q5} \quad w_{\text{В, соб}} = 0.028 + 0.0025 \cdot 47 = 0.145$$

$$\text{Q3 и Q6} \quad w_{\text{В, соб}} = 0.028 + 0.0025 \cdot 8.7 = 0.05$$

Для вимикачів Q1, Q2, Q3, Q4 приймемо середнє значення  $w_{\text{В, соб}} = 0.14$

Знайдемо ймовірність перебування схеми в ремонтному режимі

$$q^p = \frac{0.14 \cdot 160 + 0.33 \cdot 450}{8760} = 0.0195 \approx 0.02 \quad \text{за} \quad [1, \text{ст. 231}]$$

$$q^p = \frac{0.05 \cdot 160 + 0.33 \cdot 450}{8760} = 0.018 \approx 0.02$$

Ймовірність нормального режиму схеми  $q_0 = 1 - 6 \cdot 0.02 = 0.88$  за [1, ст. 231]

Визначаємо сумарний час аварійних ситуацій

$$\sum w_i \cdot q_j \cdot T_{ij} = \sum w_{ij} \cdot T_{ij}$$

$$\sum w_{ij} \cdot T_{ij} = 2 \cdot 0.14 \cdot 1.5 \cdot 0.88 + 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0.88 + 4 \cdot 0.14 \cdot 141 \cdot 0.020 + 2 \cdot 0.14 \cdot 1.5 \cdot 0.020 + 8 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0.020 + 2 \cdot 73.5 \cdot 0.02 \cdot 0.020 = 21.2 \text{ год/рік}$$

$$\Delta P_r = 1000 \text{ МВт}$$

$$\sum w_{ij} \cdot T_{ij} = (2 \cdot 1.5 \cdot 0.05 + 2 \cdot 1.5 \cdot 0.14)0.88 + (0.14 \cdot 1.5 \cdot 8 + 0.05 \cdot 1.5 \cdot 8 + 0.14 \cdot 141 \cdot 6 + 0.05 \cdot 141 \cdot 2)0.02 + (6 \cdot 1.5 \cdot 1 + 2 \cdot 0.02 \cdot 73.5) 0.02 = 3.44 \text{ год/рік}$$

$$\Delta P_r = 2000 \text{ МВт}$$

$$\sum w_{ij} \cdot T_{ij} = 0.14 \cdot 1.5 \cdot 2 \cdot 0.02 = 0.424 \text{ год/рік}$$

$$\Delta P_r = 1000 \text{ МВт}$$

$$0.005 \sum w_{ij} \cdot T_{ij} = [(2 \cdot 0.14 \cdot 1.5 + 2 \cdot 1.5 + 2 \cdot 1.5 \cdot 0.02)0.88 + 0.02(0.14 \cdot 1.5 \cdot 4 + 1 \cdot 1.5 \cdot 6 + 1.5 \cdot 0.02 \cdot 6)]0.005 = 0.016 \text{ год/рік}$$

$$\Delta P_r = 2000 \text{ МВт}$$

$$0.005 \sum w_{ij} \cdot T_{ij} = (1.5 \cdot 0.14 \cdot 6 + 1.5 \cdot 4) \cdot 0.02 \cdot 0.005 = 0.00016 \text{ год/рік}$$

Визначаємо середньорічний недовідпуск електроенергії в систему по формулі

$$\Delta P_r = 500 \text{ МВт} \quad \Delta W_{r1} = 7000 \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 21.2 = 8470 \cdot 10^3 \text{ кВт' год/рік}$$

$$8760$$

$$\Delta P_r = 1000 \text{ МВт} \quad \Delta W_{r2} = 7000 \cdot 1000 \cdot 10^3 (3.44 + 0.016) = 2761.6 \cdot 10^3 \text{ кВт год/рік}$$

$$\Delta P_r = 2000 \text{ МВт} \quad \Delta W_{r3} = 7000 \cdot 2000 \cdot 10^3 (0.424 + 0.00016) = 678 \cdot 10^3 \text{ кВт год/рік}$$

**Висновки:** схема електричних з'єднань «3/2» або 3 вимикача на 2 приєднання відкритого розподільчого пристрою напругою 330кВ є надійною. Ймовірність перебування схеми в ремонтному режимі низька, для виведення елемента в ремонт потрібна мінімальна кількість відключень. Сумарний час аварійних ситуацій невеликий.

#### Перелік посилань

1. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 237 с.
2. Гук Ю. Б. Расчет надежности схем электроснабжения : монография / Ю. Б. Гук, М. М. Синенко, В. А. Тремясов. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 198 с.
3. Журахівський А.В. Надійність електричних мереж; навч. Посібник / А.В. Журахівський, Б.М. Кінаш, О.Р. Пастух. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 162 с.