

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Матеєнко Ю.П., к.т.н., доц., Афанасьєв М.Ю., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій

Вступ. Забезпечення надійної роботи обладнання електроенергетичних систем – одна з найбільш актуальних проблем електроенергетики. За даними Мінпаливенерго України щороку в електричних мережах фіксують декілька сотень технологічних порушень у роботі електросилового, комутаційного та лінійного обладнання та відмов, що призводить до значних збитків електропередавальних організацій. Тільки вартість підновлення пошкодженого обладнання сягає десятків мільйонів гривень.

Мета роботи. Навести найбільш доцільні підходи оцінки надійності електричної частини станції.

Матеріали і результати досліджень. 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.

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.

Розглядаючи надійність електричної станції, беруть до уваги приєднання (генератори, трансформатори, лінії), вимикачі, збірні шини, власні потреби.

Вихідними даними є частота відмов, середній час відновлення, частота та тривалість планових ремонтів елементів електроустановки.

Проектування схеми електричних з'єднань має такі етапи: розроблення структурної схеми, вибір електричної схеми РП різних напруг та власних потреб.

Під час проектування структурної схеми, розглядають відмови трансформаторів (автотрансформаторів) блоків та зв'язків між РП та їх розрахункові наслідки, оскільки лише вони є варіативними елементами. Відмова трансформатора блока призводить до аварійної втрати потужності генератора на час відновного ремонту трансформатора. Такі наслідки будуть в усіх варіантах структурної схеми, за винятком ремонтного стану блока.

Під час вибору електричної схеми РП варіативними елементами є вимикачі та збірні шини. На початковому етапі, коли кількість елементів велика, потрібно скласти таблицю розрахункових зв'язків. Підвищувальні трансформатори та автотрансформатори, а також генератори, залишаються незмінними, тому в усіх варіантах схем РП цих елементів у таблиці розрахункових зв'язків не вводять.

Для спрощення розрахунків вважають:

- всі пошкодження вимикачів призводять до втрати обох елементів, які з'єднує певний вимикач;
- частоту відмов вимикачів визначають залежно від їх розміщення у схемі;
- послідовні відмови двох вимикачів не розглядають через малу ймовірність накладення цих двох подій;
- відмови у разі автоматичних відключень вимикачів ураховують лише якщо є пошкодження на лініях у нормальному стані схеми.

Відмову у разі автоматичних відключень не розглядають через малу ймовірність таких аварійних ситуацій. Виняток становлять схеми з двома системами збірних шин, з одним вимикачем на приєднання. У нормальному стані працюють обидві системи шин, а у разі ремонту однієї з них всі приєднання підключають до одних шин, і тоді відмова будь-якого вимикача в автоматичному відключенні зумовлює знеструмлення всього РП, тобто призводить до дуже тяжких наслідків.

Алгоритм визначення показників надійності РП для електричної станції:

1. Будують ряд урахованих елементів схеми та визначають частоту відмов ω_i для вимикачів, а для ліній - добуток питомої частоти відмов (на 100 км довжини лінії) на довжину. Визначаючи кількість операцій для вимикача, частотою відмов трансформаторів та збірних шин можна нехтувати.

2. Будують ряд ремонтних (планових та відновних) станів (горизонтальний ряд таблиці) та розраховують згідно з виразом їх ймовірність (відносна тривалість) упродовж року.

3. Визначають ймовірність нормального стану схеми:

$$q_0 = 1 - \sum q_j \quad (1)$$

4. Виконують аналіз відмов елементів за нормального та ремонтного станів схеми. Фіксують у таблиці аварійні ситуації, які призводять до зниження генеруючої потужності: записують у відповідній графі таблиці втрачену генеруючу потужність та середній час відновлення нормальної роботи генератора після аварії.

Заповнюючи таблицю, можна розглядати лише ті аварійні ситуації, які спричиняють недовидачу електроенергії в систему (споживачам), зокрема відмови вимикачів розрахункових приєднань за всіх станів схеми; відмови елементів у таких ремонтних режимах схеми, коли розрахункові приєднання на тривалий час відключаються від РП; стійкі КЗ на повітряних лініях; аварії із відключенням двох та більше розрахункових елементів.

5. Використовуючи дані таблиці, визначають сумарну тривалість кожної з розрахункових аварійних ситуацій за рік.

6. Розраховують середньорічне невідпущення електроенергії в систему.

7. Використовуючи отримані значення показників надійності, визначають збиток.

Від побудови схем живлення власних потреб ТЕС залежить стійкість технологічного режиму вироблення електроенергії, витрата електроенергії на

власні потреб. Тому дуже важливо мати можливість проводити кількісний аналіз надійності цих схем.

Говорячи про надійність об'єктів такого класу, як схеми електропостачання ВП ТЕС, зазвичай мають на увазі впевненість в тому, що при деяких певних умовах об'єкт виконає задані функції з відомою ймовірністю. Якщо ця ймовірність дорівнює нулю або одиниці, то міра надійності є логічною, якщо ця ймовірність знаходиться в інтервалі $(0,1)$, то міра надійності буде ймовірнісною. Якщо замість ймовірності невиконання функції використовувати частоту цієї події, то міра надійності є частотною.

Логічна міра надійності записується у вигляді функції алгебри логіки, найчастіше як умова відмови Y (функція відмови - ФВ) за допомогою знаків кон'юнкції (логічного множення - \cap) і диз'юнкції (логічного додавання \cup) і символів, що позначають події або стану. Відносно схем електропостачання ВП електричної станції відмовами є погашення одного або декількох вузлів харчування. Щоб отримати вирази ФВ для подій погашення вузлів, необхідно побудувати дерево відмов, яке графічно відображає логічний зв'язок елементарних подій і станів з кінцевою подією через проміжні події за допомогою операторів логічного складання «АБО» і множення «І». Дерево відмов будується, починаючи з кінцевої події - погашення певного вузла або поєднання вузлів, словесне формулювання якого поміщається вгорі аркуша і обводиться подвійною рамкою. Потім в залежності від тривалості розглянутого погашення формуються і перераховуються елементарні події, які призводять до цього погашення.

Надійність систем електропостачання ВП є предметом особливої турботи як проектувальників, так і експлуатаційного персоналу ТЕС, тому основні положення аналізу можуть бути використані для отримання якісної оцінки надійності систем електропостачання власних потреб станції.

Висновки. Розглянуті підходи оцінки надійності електричних схем станції включає в себе коефіцієнт готовності K_r , який дає змогу загально оцінити надійність електричної станції. Ця оцінка може бути використана для вибору раціональних рішень під час планування, проектування, спорудження та подальшої експлуатації електричної станції.

Враховуючи, що підвищення надійності електропостачання може бути економічно вигідним або не вигідним, то необхідно застосовувати комплексний аналіз затрат та збитку усіх учасників ринку, пов'язаних з виробництвом, передачею та розподілом електричної енергії.

Перелік посилань

1. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навч. посіб./ С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, Б.М. Сердюк. – К. НТУУ «КПІ», 2011. -216 с.
2. Ю.Б. Гук, В.М. Кобжув, А.К. Черновец. Устройство, проектирование и эксплуатация схем электроснабжения собственных нужд АЭС. М: Энергоатомиздат, 1991.
3. Журахівський А. В. Надійність електричних систем і мереж: навч. посібник / А. В. Журахівський, Б. М. Кінаш, О. Р. Пастух.. – Львів: Львівської політехніки, 2012. – 280 с.