

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВИВЕДЕННЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ РЕЖИМНОЇ НАДІЙНОСТІ

Болотний М.П., ас., Бардик Є.І., к.т.н., доц., Бондаренко О.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій

Вступ. Розвиток конкурентних відносин в електроенергетиці і збільшення в світі крупних системних аварій підвищує важливість фактора надійності для електроенергетичної системи (ЕЕС) [1]. Тому на сьогоднішній день на одне з перших місць за своєю значущістю, і складністю висувається проблема забезпечення надійності електропостачання в умовах ринку [2].

Суттєвого підвищення рівня функціональної надійності силового трансформатора і ЕЕС в цілому можна досягти за рахунок об'єктивної оцінки технічного стану (ТС), прогнозування ресурсу працезданості, визначення імовірності відмов та обґрунтування можливих термінів його ремонтного обслуговування або заміни [1]. При цьому необхідно вирішити наступні задачі. По-перше, на основі діагностування ТС, оцінки загального спрацюваного ресурсу необхідно спланувати можливі терміни виведення з роботи силового трансформатора, коли його технічний стан близький до відмови. По-друге, ступінь упередження, порядок виведення з роботи силового трансформатора повинні визначатися також рівнем його значущості в ЕЕС [2]. Рівень значущості силового трансформатора для ЕЕС визначається показниками, що відтворюють вплив відмови аналізованого СТ на рівень режимної надійності ЕЕС.

В зв'язку з цим, задачі комплексного моделювання ТС силового трансформатора і режимів ЕЕС та прийняття рішення для мінімізації ризику експлуатації ЕЕС при ремонтному та аварійному виведенні з роботи силового трансформатора на сьогоднішній день є важливими.

Постановка задачі. В умовах реальної практики експлуатації ЕЕС оперативний персонал, який керує роботою ЕЕС вимушений приймати різні рішення, пов'язані з факторами ризику, зокрема:

- вибирати і реалізовувати необхідні дії для усунення технологічних порушень, пов'язаних з виведенням із роботи окремих одиниць електрообладнання;

- давати дозвіл або відмінити, а також визначати термін реалізації невідкладної заявки на вивід в ремонт електрообладнання;

- розглядати планові заявки і давати дозвіл на вивід електрообладнання в ремонт у відповідні терміни.

В кожній енергосистемі зазвичай є кілька варіантів топології електричних мереж і задачею оперативного персоналу є вибір найкращого з них, тобто такого варіанту відключення будь-якого елемента, яке призводило б до найменшого розладу роботи енергосистеми, тобто забезпечувало найменший ризик. Таким чином, виникає задача вибору послідовності виведення окремих одиниць електрообладнання, зокрема СТ, з врахуванням вище зазначених особливостей і факторів.

Метою дослідження є розробка моделі прийняття рішень щодо стратегії експлуатації парку СТ на основі оцінки технічного стану СТ та ризику порушення динамічної стійкості при виведенні із роботи або заміни СТ.

Матеріали і результати досліджень. Розглянемо парк силових масляних трансформаторів енергосистеми, які мають різні терміни експлуатації. Необхідно визначити оптимальну послідовність планового, позапланового або аварійного виведення в ремонт або заміни силових трансформаторів. Тобто на інтервалі певного часу у оперативного персоналу (диспетчера) існують такі альтернативи a_i прийняття рішень: $a_1^{CT}, a_2^{CT}, \dots, a_n^{CT}$ – вивести з роботи для ремонтного обслуговування або замінити новим СТ₁, СТ₂, ..., СТ_n відповідно.

Оцінку альтернативних рішень необхідно здійснити за наступними критеріями: c_1 – імовірність відмови СТ на інтервалі часу спостереження; c_2 – ризик порушення динамічної стійкості системи при виведенні в ремонт або заміни СТ; c_3 – збитки споживачів внаслідок порушення динамічної стійкості, витрати на ремонт або повну заміну СТ.

Кількісна оцінка альтернатив за окремими критеріями потребує моделювання СТ для оцінки його технічного стану та імовірності їх відмови, а також аналізу режиму ЕЕС і визначення ризику виникнення аварійної ситуації при відмовах електрообладнання в умовах планового або аварійного виведення з роботи СТ. Визначення послідовності заміни або планового чи позапланового виведення з експлуатації для проведення ремонту силових масляних трансформаторів ЕЕС відноситься до класу задач багатокритеріального вибору альтернатив в умовах невизначеності, і на сьогоднішній день існує низка методів ранжування об'єктів за ступенем виявлення певних властивостей.

Для задач багатокритеріальної оцінки альтернатив загальноприйнятими підходами є побудова множини допустимих рішень для яких неможливо одночасно покращити всі частинні показники ефективності (область Парето), а також використання різних зведених показників [3]. Даний підхід щодо прийняття рішень припускає побудову множини недомінуючих альтернатив на основі нечіткого відношення переваги.

Нехай задана множина варіантів прийняття рішень (альтернатив) $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$. Кожна альтернатива характеризується і порівнюється з іншою за декількома ознаками (критеріями) $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$. В результаті попарного порівняння альтернатив за кожною ознакою формується n відношень переваг $c_j, j = \overline{1, n}$ на множині альтернатив $a_i, i = \overline{1, m}$. Необхідно на основі даної інформації вибрати альтернативу a^* з множини $(A, c_1, c_2, \dots, c_m)$.

Визначення підмножини Парето ефективних рішень здійснюється на основі розглядання двох видів згорток [3]: мінімізаційної $Q_1 = C_1 \cap C_2 \dots \cap C_m$ – визначає множину недомінуючих альтернатив в множині (A, Q_1) ; лінійної $Q_2 = \sum_{j=1}^n c_j \cdot \omega_j$ – використовує альтернативи за ступенем недомінованості, де ω_j – вагові коефіцієнти. Оптимальним вважається той варіант рішення (альтернатива) ступінь недомінантності якого за обома згортками є максимальною.

Важливим питанням при вирішенні задачі прийняття оптимальних рішень є визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, отримуваних переважно експертними методами. Найбільш раціональним методом визначення вагових коефіцієнтів в умовах неповноти і протирічливості експертної інформації є метод попарного порівняння Сааті [4]. Процедура рішення задачі вибору докладно описана в [4].

В роботі розглядається вплив випадкової зміни топології електричної мережі, пов'язаної з плановим або аварійним виводом з експлуатації СТ на ризики виникнення аварійної ситуації при відмовах електрообладнання, зокрема визначення технічного ризику порушення динамічної стійкості.

Для визначення імовірнісної складової ризику по заданій моделі функціонування ЕЕС в розробленому математичному і програмному забезпеченні RISK – СТ, RISK – ЕЕС за допомогою статистичного моделювання імітується випадковий процес змінення стану електричної мережі, який визначається станом працездатності її елементів і зміненням навантаження на розрахунковому інтервалі часу (квартал, рік).

При цьому, для кожного стану ЕЕС, пов'язаного з відмовою її елемента, оцінюється можливість нормального режиму функціонування шляхом розрахунку перехідного і післяаварійного усталеного режиму та визначення поточкорозподілу і інших важливих параметрів. Навантаження представлено як детермінованою, так і імовірнісною моделлю, що враховує випадковий характер змінення електроспоживання. Генеруюча потужність відповідних джерел генерації може визначатись за результатами розподілу навантажень між джерелами. Вихідними даними для моделювання процесу зміни станів ЕЕС є імовірності працездатного і непрацездатного станів елементів. Алгоритм оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій при відмовах електрообладнання докладно описані в [4].

Висновок. Обґрунтована необхідність комплексного моделювання технічного стану СТ і режиму ЕЕС для визначення пріоритету виведення з експлуатації. Запропоновано підхід для прийняття оптимальних рішень щодо стратегії експлуатації парку СТ.

Перелік посилань

1. Handschin, E., Jurgens, I., Neumann, C. (2008). Long term optimization for risk-oriented asset management // 16th Power Systems Computation Conference, Glasgow.
2. Бардик Є. І. Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія Електротехніка і енергетика, 2013, N Вип. 1.- С.15-22.
3. Костерев М.В. Бардик Є.І, Літвінов В.В. Визначення Парето-оптимальних рішень при ризик-орієнтованому превентивному управлінні режимами електроенергетичної системи // Гідроенергетика. – 2014.- С.85-90.
4. Є.І. Бардик, М.В. Костерев, М.П. Болотний. Підвищення надійності функціонування енергокомпаній на основі оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій при відмовах електрообладнання // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. Наук. Пр. – К.:ІЕД НАНУ. – 2014. – С.13-20.