

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Бардик Є.І., к.т.н., доц., Болотний М.П., ас., Соколенко І.Ю., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій

Вступ. В сучасних умовах надійне функціонування електроенергетичної системи (ЕЕС) залежить від технічного стану кожного з її елементів. Істотне фізичне та моральне зношення електрообладнання та слабкі темпи його заміни, модернізації призводять до підвищення кількості технологічних порушень в схемах електропостачання споживачів, що супроводжуються важкими соціальними, економічними наслідками.

Постановка задачі. В зв'язку з вище зазначеним в таких умовах функціонування ЕЕС необхідним є обрання правильної стратегії управління ЕЕС. Одним з важливих елементів ЕЕС є силовий трансформатор. Стратегія його експлуатації як і іншого обладнання, повинна передбачати: управління режимом роботи з урахуванням фактичного технічного стану; модернізацією з урахуванням структурної, режимної, технічної надійності; планування технічного обслуговування і ремонту в умовах обмеженого фінансування, враховуючи належність електрообладнання до певних класів, що ранжуються, перш за все, за ознаками експлуатаційної надійності та безпеки ЕЕС.

Метою роботи є стислий огляд практичної реалізації підходу управління експлуатацією силового трансформатора (СТ) в ЕЕС.

Матеріали і результати досліджень. Проведений аналіз існуючих тенденцій [1, 2] показує ефективність використання ризик-орієнтованого управління, основною кількісною характеристикою є ризик. Для зменшення величини ризику виникнення аварійної ситуації в ЕЕС необхідно здійснювати заходи, пов'язані з ефективним використанням залишкового ресурсу електрообладнання, що є задачею превентивного управління режимами роботи ЕЕС [3-5]. Особливо це є важливим для силових трансформаторів, які є одними з найбільш масовими і відповідальними елементами ЕЕС.

Результати тестового моделювання. За результатами комплексного моделювання ТС електрообладнання і режимів ЕЕС визначена імовірність виникнення аварійної ситуації (порушення динамічної стійкості роботи ЕЕС) була достатньо високою і становить 0,26.

За результатами аналізу можливих варіантів розвитку аварійної ситуації сформовано наступні альтернативні рішення, які дозволяють знизити величину ризику та підвищити надійність функціонування ЕЕС: Z_1 – залишити в експлуатації; Z_2 – провести додаткові випробування та вимірювання; Z_3 – вивести в ремонт; Z_4 – вивести з експлуатації.

На основі експертних оцінок було сформовано критерії превентивного управління експлуатацією СТ в ЕЕС: зниження ризику (L_1): $Z_3 = 4 \succ Z_4 = 3 \succ Z_2 = 2 \succ Z_1 = 1$; капіталовкладення (L_2): $Z_2 = 4 \succ Z_1 = 3 \succ Z_3 = 2 \succ Z_4 = 1$; термін реалізації (L_3): $Z_1 = 2 \approx Z_2 = 2 \approx Z_3 = 2 \succ Z_4 = 1$.

Вагові коефіцієнти важливості оптимізаційних критеріїв були визначенні за методом Сааті: L_2 домінує над L_1 з інтенсивністю $a_{21} = 2$; L_1 домінує над L_3 з інтенсивністю $a_{13} = 7$; L_3 домінує над L_2 з інтенсивністю $a_{32} = 4$.

За сформованими співвідношеннями отримано матрицю парних порівнянь та визначено власні числа матриці:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 1/a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & 1/a_{23} \\ 1/a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 7 \\ 2 & 1 & 1/4 \\ 1/7 & 4 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\lambda_1 = 5,087; \lambda_{2,3} = -1,044 \pm j \cdot 3,087.$$

Система рівнянь для визначення вагових коефіцієнтів важливості оптимізаційних критеріїв:

$$\begin{cases} (1 - 5,087) \cdot \omega_1 + 0,5 \cdot \omega_2 + 7 \cdot \omega_3 = 0; \\ 2 \cdot \omega_1 + (1 - 5,087) \cdot \omega_2 + 0,25 \cdot \omega_3 = 0; \\ \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0. \end{cases}$$

Отриманий вектор вагових коефіцієнтів оптимізаційних критеріїв має вигляд

$$\Omega = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,483 \\ 0,253 \\ 0,264 \end{bmatrix}.$$

На основі отриманих переваг будуються згортки $\mu_{L_k}(Z_i, Z_j), k = \overline{1,3}$:

$$\mu_{L_1}(Z_i, Z_j) =$$

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1	1	0	0	0
Z_2	1	1	0	0
Z_3	1	1	1	1
Z_4	1	1	0	1

$$\mu_{L_2}(Z_i, Z_j) =$$

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1	1	1	1	1
Z_2	1	1	1	1
Z_3	0	0	1	1
Z_4	0	0	0	1

$$\mu_{L_3}(Z_i, Z_j) =$$

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Z ₁	1	1	1	1
Z ₂	1	1	1	1
Z ₃	1	1	1	1
Z ₄	0	0	0	1

Визначення першої згортки $Q_1 : \mu_{Q_1}(Z_i, Z_j) = \min\{\mu_{L_1}(Z_i, Z_j), \mu_{L_2}(Z_i, Z_j), \mu_{L_3}(Z_i, Z_j)\}$

$$\mu_{Q_1}(Z_i, Z_j) =$$

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Z ₁	1	0	0	0
Z ₂	1	1	0	0
Z ₃	0	0	1	1
Z ₄	0	0	0	1

Визначення вішення суворої переваги за Q_1 :
 $\mu_{Q_1^s}(Z_i, Z_j) = \min\{\mu_{Q_1}(Z_i, Z_j) - \mu_{Q_1}(Z_j, Z_i), 0\}$

$$\mu_{Q_1^s}(Z_i, Z_j) =$$

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Z ₁	0	0	0	0
Z ₂	1	0	0	0
Z ₃	0	0	0	1
Z ₄	0	0	0	0

Визначення множини недомінуючих альтернатив за Q_1 :
 $\mu_{Q_1^{nd}}(Z_i) = 1 - \max\{\mu_{Q_1^s}(Z_j, Z_i)\}$

$$\mu_{Q_1^{nd}}(Z_i) =$$

0	1	1	0
---	---	---	---

Визначення другої згортки $Q_2 : \mu_{Q_2}(Z_i, Z_j) = \sum_{j=1}^N \mu_{L_j}(Z_i, Z_j) \cdot \omega_j$

$$\mu_{Q_2}(Z_i, Z_j) =$$

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Z ₁	1	0,517	0,517	0,517
Z ₂	1	1	0,517	0,517
Z ₃	0,747	0,747	1	1
Z ₄	0,483	0,483	0	1

Визначення вішення суворої переваги за Q_2 :
 $\mu_{Q_2^s}(Z_i, Z_j) = \max\{\mu_{Q_2}(Z_i, Z_j) - \mu_{Q_2}(Z_j, Z_i), 0\}$

$$\mu_{Q_2^s}(Z_i, Z_j) =$$

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Z_1	0	0	0	0,034
Z_2	0,483	0	0	0,034
Z_3	0,23	0,23	0	1
Z_4	0	0	0	0

Визначення множини недомінуючих альтернатив за Q_2 :

$$\mu_{Q_2^{HD}}(Z_i) = 1 - \max\{\mu_{Q_2^s}(Z_j, Z_i)\}$$

$$\mu_{Q_2^{HD}}(Z_i) = \boxed{0,517 \mid 0,77 \mid 1 \mid 0}$$

Визначення найкращого рішення по згортках Q_1 та Q_2 :

$$\mu_Q(Z_i) = \max\{\mu_{Q_1^{HD}}(Z_i), \mu_{Q_2^{HD}}(Z_i)\}$$

$$\mu_Q(Z_i) = \boxed{0 \mid 0,77 \mid 1 \mid 0}$$

Найефективнішим превентивним рішенням по зниженню ризику буде альтернатива Z_3 зі ступеню $\mu_Q(Z_3)=1,0$, що рекомендує вивести СТ в ремонт.

Висновок. Використання застосованого підходу управління експлуатацією СТ в ЕЕС дозволяє вибрати ефективні шляхи підвищення надійності функціонування ЕЕС в умовах обмеженого фінансування, випадкового характеру відмови СТ та стохастичного характеру режиму роботи СТ.

Перелік посилань

1. Schwan, M., Weck, K.-H., Roth, M. (2004). Assessing the impact of maintenance strategies on supply reliability in asset management methods. CIGRE, C1–108.
2. Ciapessoni, E., Cirio, D., Gagleoti, E. (2008). A probabilistic approach for operational risk assessment of power systems. CIGRE, C4–114.
3. Handschin, E., Jurgens, I., Neumann, C. (2008). Long term optimization for risk-oriented asset management. 16th Power Systems Computation Conference, Glasgow.
4. 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.
5. 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.