

Перелік посилань

1. Кобец, Б. Б. Smart Grid в електроенергетиці [Текст]/Б. Б. Кобец, И. О. Волкова //Энергетическая политика. – 2009. – № 6. – С. 54–56.
2. Office of Electric Transmission and Distribution United State Department of Energy, Grid 2030: A National Vision for Electricity's Second 100 Years, July. 2003. 44 p.
3. Гришин Д. С. Особенности внедрения интеллектуальных энергосетей SMART GRID / Гришин Д. С., Пашенко Д. В., Синев М. П., Трокоз Д. А., Яровая М. В. Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 1 (21). С. 109–116.
4. Черемісін М. М. Особливості впровадження технологій Smart Grid в електроенергетичну галузь України / М. М. Черемісін, В. В. Черкашина, С. А. Попадченко // ScienceRise. - 2015. - № 4(2). - С. 27-31.

ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АНОРМАЛЬНОГО РЕЖИМУ В ЕЕС ПРИ ВІДМОВАХ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Костерев М.В., д.т.н., проф., Алексейчук В.О., магістрант, Діденко Ю.О., магістрант, Кудряшов Р.Р., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Сучасні світові тенденції забезпечення надійної роботи електроенергетичних систем свідчать про поступовий перехід до концепції інтелектуальних мереж та використання ризик-менеджмента при прийнятті управлінських рішень. Стратегія децентралізації електропостачання споживачів викликає особливий інтерес до оцінки надійності підсистем, які мають розподільчі джерела енергії.

Оцінка надійності функціонування таких підсистем виконується в умовах великої кількості невизначеностей:

- випадковий характер режиму підсистеми ЕЕС;
- стохастичність роботи відновлюваних джерел енергії;
- імовірність відмови електрообладнання;
- можливий сценарій розвитку аварій;
- неповнота та неточність вхідної інформації.

Наслідком відмов електрообладнання (силових трансформаторів, вимикачів, ліній електропередач) є розвиток аномальних режимів, які можуть призвести до порушення статичної та динамічної стійкості, порушення технологічних процесів підприємств. Використання стратегії ризик-менеджменту при управлінні ЕЕС потребує визначення ризику як інтегрального показника функціонування підсистем, який дає можливість враховувати всі фактори та більш повно і достовірно визначати стан підсистеми ЕЕС на відміну від детермінованого підходу.

Мета роботи. Метою роботи являється розробка алгоритму для визначення величини ризику виникнення аварійної ситуації в підсистемі при відмові електрообладнання в умовах неповноти та неточності вхідної інформації.

Матеріали і результати досліджень. Для визначення ризику виникнення аномального режиму підсистеми ЕЕС використовується наступний алгоритм:

1. Формування схеми заміщення підсистеми.
2. Визначення еквівалентної схеми заміщення.
3. Визначення технічного стану електрообладнання.
4. Визначення імовірності відмови електрообладнання на інтервалі часу P_0

Результати - до п. 12

5. Моделювання усталеного режиму підсистеми без відмови електрообладнання.

6. Моделювання режиму підсистеми при відмові електрообладнання.
Результати - до п. 8.

7. Варіація параметрів еквівалентної схеми заміщення з використанням генератора випадкових чисел.

8. Перевірка стійкості підсистеми. Результати до п. 10

9. Перевірка заданої кількості розрахунків:

- якщо n менше N , то перехід до п. 7;

- якщо n дорівнює N , то перехід до п. 11.

10. Визначення кількості нестійких режимів n , загальна кількість розрахунків – N

11. Визначення імовірності порушення стійкості підсистеми: $P_a = n / N$

12. Визначення ризику порушення стійкості: $R = P_a \cdot P_0$

Розглянемо математичну модель асинхронної машини, в якій не враховуються електромагнітні перехідні процеси в обмотках статора і активний опір [1, 5, 6]:

$$\begin{aligned} U_d &= e'_d - x'_s I_q & U_q &= e'_q + x'_s I_d \\ de'_q / dt &= -1/T_d \cdot e'_q - \omega \cdot s \cdot e'_d + N/T_d \cdot I_d \\ de'_d / dt &= -1/T_d \cdot e'_d + \omega \cdot s \cdot e'_q - N/T_d \cdot I_q \\ ds / dt &= 1 / T_j [m_c - (e'_q \cdot I_q + e'_d \cdot I_d)] \\ N &= x_s - x'_s \end{aligned}$$

В цих рівняннях:

x_s - синхронний опір, (в.о);

x'_s - перехідний опір, (в.о);

U_d, U_q - складові напруги по поздовжній і поперечній осях відповідно, (в.о);

I_d, I_q - складові струму статора по поздовжній і поперечній осях відповідно, (в.о);

m_c - момент опору механізму, (в.о);

s - ковзання двигуна, (в.о);

T_d - постійна часу обмотки ротора (сек.);
 T_j - постійна інерції ротора (сек.);
 e_d e_q - перехідні ЕРС по поздовжній і поперечній осям, (в.о.);
 t - час (сек.).

На основі цієї математичної моделі визначається стійкість еквівалентного асинхронного двигуна за наступним критерієм:

$$\text{Якщо } U^2 / (x_p + x_\varepsilon) > 2P - \text{стійка.}$$

Висновки. В умовах реально існуючої імовірності відмови електрообладнання підсистем ЕЕС, наявності неповної та неточної інформації розглянуто алгоритм для визначення ризику виникнення аномальних режимів при відмовах електрообладнання. Це дає можливість приймати більш правильні превентивні заходи при вирішенні експлуатаційних завдань, пов'язаних з підвищенням надійності роботи підсистем ЕЕС.

Перелік посилань

1. Костерев Н.В. Моделирование и динамика атомных электростанций при возмущениях в энергосистеме. – К.: Вища школа, 1986. - 168 с.
2. Костерев М.В. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем / М.В. Костерев, Є.І. Бардик. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 148 с.
3. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.А., Устойчивость нагрузки электрических систем. - М.: Энергоиздат, 1981.- 208с.
4. Гамм А.З. Обнаружение слабых мест в электроэнергетической системе./ А.З. Гамм., И.И. Голуб// Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт.- 1993.- №3. – С.83-92.
5. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. - М.: Энергия, 1969. – 352с
6. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей / И.А. Сыромятников. – М.: Госэнергоиздат, 1963. –527 с.
7. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах.- М.:Энергия, 1964.- 703 с.
8. Костерев М.В., Бардик Є.І., Літвінов В.В. Оцінка імовірності відмови електрообладнання при керуванні режимами електричної системи // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 11 (186). – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – С. 199-204.
9. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 1973. – 312 с
10. Мотыгина С.А. Эксплуатация электрической части тепловых электростанций. – М.:Энергия, 1968.- 568с.