

МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ВУЗЛА НАВАНТАЖЕННЯ З СИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

Мартинюк Д.В., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Надійність роботи ЕЕС України значною мірою залежить від пошкоджень силового та комутаційного обладнання, яка визначається його технічним станом. Надійність роботи та технічний стан електрообладнання ЕЕС безпосередньо пов'язані з тривалістю експлуатації силового та комутаційного обладнання, під час якого останнє піддається процесам фізичного та морального старіння та зовнішнім впливам (метеорологічні умови, аномальні режими у ЕЕС, людський фактор, тощо). Ці фактори призводять до зростання кількості відмов електрообладнання в процесі експлуатації [1].

Результати статистичного аналізу свідчать про те, що 43% відмов спричинених ними аварійних ситуацій є наслідком пошкодження силового обладнання ЕЕС (генератори, трансформатори, ЛЕП), 47% - через пошкодження комутаційного обладнання та РЗА. Причиною цього є значне зношення парку обладнання перерахованих нижче типів та слабкі тенденції до його заміни та модернізації. Статистичні дані підтверджують те, що функціонування електрообладнання ЕЕС України характеризуються напруженим режимом роботи в умовах, коли великий відсоток продовжує зростати. В цих умовах значно збільшується імовірність порушення стійкості синхронних двигунів і генераторів [2].

Мета роботи: моделювання синхронної машини для оцінки ризику порушення статистичної стійкості при відмові електрообладнання в умовах не чіткої інформації.

Матеріали і результати досліджень. Розглянемо лінеаризовану математичну модель синхронної машини без врахування електромагнітних перехідних процесів статора і активного опору [1]:

$$\frac{d\Delta e'_q}{dt} = -\frac{1}{T'_{d''}} \cdot \Delta e'_q - C_1 \cdot \sin\Omega_0 \Delta\Omega + 0\Delta s$$

$$\frac{d\Delta\Omega}{dt} = 0\Delta e'_q + 0\Delta\Omega + \Delta s$$

$$\frac{d\Delta s}{dt} = -C_2 \sin\Omega_0 \Delta e'_q - C_2 e'_{q0} \cdot \cos\Omega_0 \Delta\Omega - C_4 \Delta s, \text{ де:}$$

$$C_2 = \frac{U}{T_{f0} x'_d}$$

$$C_4 = U^2 (x_d - x'_d) T'_d / T'_j x_d x'_d$$

e'_q – перехідна ЕРС по поперечній осі

s – ковзання

T_{f0} – стала часу обмотки збудження

T'_d – перехідна стала часу обмотки збудження

Ω – кут між ЕРС синхронної машини і напругою статора

Для аналізу статичної стійкості синхронних машини визначається рівняння, яке буде рівнянням третього степеня. Рішення цього рівняння дає можливість приділити три критерії порушення статичної стійкості: саморозгойдування, самозбудження, перевищення границі по активній потужності.

Перевищення границі по активній потужності визначається наступним чином [3]:

$$P_4 = E_e E_q / (x_p + x_q)$$

Якщо $P_{пр} > P_0$ - режим синхронної машини стійкий,

Якщо $P_{пр} < P_0$ - режим синхронної машини нестійкий.

Саморозгойдування визначається у відповідності з критерієм:

$$\frac{U^2}{x'_{dз}} = E'_{dз} \cdot U_c \cdot \cos\delta_0 > 0 \text{ – стійке, якщо } < 0 \text{ – нестійке.}$$

Для оцінки ризику порушення стійкості синхронної машини необхідно знати ймовірність відмов електрообладнання на заданому інтервалі часу.

Визначення технічного стану електрообладнання та ймовірність його відмови здійснюється за наступним алгоритмом:

- в якості вхідних термів для ЛЕП приймається коефіцієнт дефектності провoda та коефіцієнт дефектної опори,
- формування правил не чіткого логічного висновку та побудова еталонних матриць технічних станів ЛЕП,
- формування матриці поточного стану та еталонних матриць,
- визначення індексу порівняння та висновок відносно технічного стану ЛЕП,
- ризик виникнення аварійної ситуацій в енергосистемі при відмовах електрообладнання.

Статичну стійкість вузла промислового навантаження зазвичай розраховують в такій послідовності [4]:

- 1) заміщають вузол навантаження розрахунковою моделлю і визначають її параметри;
- 2) виділяють істотні параметри і критерії стійкості для даної схеми електропостачання;
- 3) оцінюють граничний режим по критичних значеннях істотних параметрів і запасу стійкості.

Заміна реального вузла навантаження розрахунковою моделлю (побудова схеми заміщення) при аналізі статично] стійкості будується на основі збереження тотожності поточних показників перехідного процесу за дійсними і еквівалентним параметрами.

Висновки. В умовах реально існуючої нечіткої інформації щодо параметрів синхронних машин для визначення ризику порушення статичної стійкості синхронних машин при відмовах електрообладнання. Це дає можливість вживати більш правильні превентивні заходи при вирішенні завдань, пов'язаних з підвищенням надійності.

Якщо вузли навантаження по сумарній споживаній потужності порівняно з потужністю живильною ЕЕС або електрично віддалені від джерел енергії, то режим їх роботи при слабких збуреннях може виявитися нестійким.

Перелік посилань

1. Костерев Н.В. Моделирование и динамика атомных электростанций при возмущениях в энергосистеме. – К.: Вища школа, 1968. – 168 с.
2. Костерев Н.В. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного станц об'єктів електричних систем / М.В. Костерев, Є.І. Бардик. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 148 с.
3. Гуревыч Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.Ф., Устойчивость нагрузки электрических систем. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с.
4. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.