

## РОБОТА СИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ РІВНЯ НАПРУГИ МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ

Закладний О.М. к.т.н. (каф. АУЕК НТУУ “КПІ”), доц., Оборонов Т.Ю. аспірант  
(каф. АУЕК НТУУ “КПІ”)

Відомо, що під математичною моделлю елемента схеми електропостачання розуміється сукупність математичних рівнянь, їх коефіцієнтів і нерівностей, що описують певний стан або процеси в елементі. Універсальних математичних моделей елементів які повною мірою відображають процеси, що відбуваються в них, не існує. Тому в моделі зазвичай виділяють ті властивості елемента, які домінують в даному процесі, і нехтують властивостями, мало впливають на результат розрахунків. Однак для підвищення точності розрахунків по можливості слід враховувати вплив, навіть несуттєвих змін величин, прийнятих при моделюванні незмінними.

У мережах загального промислового призначення згідно ГОСТ 13109-97 допускається експлуатувати електроустановки протягом тривалого часу (95% кожної доби (22 год )) при відхиленнях напруги ( $\pm 5\%$ ) і протягом решти 5% (1 год) - при відхиленнях  $\pm 10\%$ . Систематичні відхилення напруги, що перевищують нормовані align = «center» значення за величиною і тривалістю, характерні, зокрема, для локальних енергосистем. Незважаючи на низький коефіцієнт потужності споживачів промислових підприємств, середньоексплуатаційні рівні напруг в мережі 110 кВ енергосистеми підтримуються на достатньо високому рівні (117 - 122 кВ). Це пояснюється малою протяжністю системоутворюючих і тупикових ліній. Напруження на шинах нижчої напруги трансформаторних підстанцій також часто перевищують номінальні значення на 5-10%. Причиною цього є відсутність зустрічного регулювання напруги на трансформаторах головних знижувальних підстанцій (при наявності пристроїв РПН). Остання обставина зумовлена суворими кліматичними умовами експлуатації трансформаторів на майданчиках відкритих розподільних пристроїв і відсутністю нормативної чисельності персоналу. Розглянемо, яким чином можна врахувати відхилення напруги при розробці математичної моделі синхронного двигуна для визначення його можливостей як джерела реактивної потужності.

Збільшення напруги призводить до зростання намагнічування струму двигуна з боку статора і зниження індуктивного опору взаємної індукції по поздовжній осі  $x_{ad}$  двигуна в порівнянні з номінальним режимом

$$x_{ad} = \frac{k_{ad} \cdot F_a}{k_U \cdot F_{\delta 0}} = \frac{k_{ad} \cdot 0,9 \cdot m \cdot \frac{\omega_1 \cdot k_{01} \cdot I_{ном} \cdot \beta}{p}}{k_U \cdot F_{\delta 0}}$$

де  $k_{ad}$  коефіцієнт, що вводиться для переходу від намагнічує сили обмотки якоря до намагнічує сили обмотки збудження;  $F_{\delta 0}$  - магнітна індукція в зазорі;  $\omega_1$  - число послідовно з'єднаних витків, якими при цьому магнітному потоці

визначається значення ЕРС у фазі обмотки;  $k_{01}$  - коефіцієнт обмотки;  $k_U$  - відносне значення напруги.

Зі зменшенням значення  $x_{ad}$  знижується і опір  $x_d = x_{ad} + x_\sigma$ . Це в свою чергу, викликає [1] непропорційне зниження струму збудження (2)

$$I_{B*}^2 = \frac{1 + \beta^2 \cdot x_d^2 \cdot \cos^2 \varphi_{\text{ном}} + \alpha^2 \cdot x_d^2 \cdot \sin^2 \varphi_{\text{ном}} + 2 \cdot \alpha \cdot x_d \cdot \sin \varphi_{\text{ном}}}{1 + x_d^2 + 2 \cdot x_d^2 \cdot \sin \varphi_{\text{ном}}}$$

де  $\beta = P/P_{\text{ном}}$ ,  $\alpha = Q/Q_{\text{ном}}$ , - відносні навантаження статора відповідно по активної та реактивної потужності;  $x_d$  - опір двигуна по поздовжній осі, відповідне насичення магнітного кола при холостому ході і номінальному напрузі статора.

Для синхронних електродвигунів згідно (2), збільшення напруги на 10% призводить до наступної залежності складової індуктивного опору двигуна по поздовжній осі полюсів  $x_{ad}$  від завантаження двигунів активною потужністю  $\beta$  [2]

$$x_{ad} = \frac{k_{ad} \cdot 0,9 \cdot m \cdot \frac{\omega_1 \cdot k_{01} \cdot I_{\text{ном}} \cdot \beta}{p}}{1,1 \cdot F_{\delta 0}} = 1,091 \cdot \beta$$

де  $1,1 \cdot F_{\delta 0}$  – магнітна напруга повітряного зазору при напрузі  $1,1 \cdot U_{\text{ном}}$

Тоді при характерному завантаженні синхронних двигунів активною потужністю  $\beta = 0,7-0,85$  значення  $x_d$  будуть змінюватися в межах  $0,9 \div 1,05$  (синхронний реактивний опір розсіювання двигуна  $x_\sigma = 0,13$  [2]).

З урахуванням того, що двигуни як джерела реактивної потужності практично не використовуються і експлуатуються при  $\beta = 0,7-0,85$  с (через величини втрат активної потужності в них, що перевищує втрати на передачу тієї ж реактивної потужності від генераторів системи), струми збудження, визначені по (2) необхідно підтримувати в межах  $0,88 \div 0,92$  від номінального значення.

При роботі синхронних двигунів з номінальною напругою на затискачах і тієї ж характерною завантаженні активною потужністю значення опору  $x_d$  будуть перебувати в межах  $0,97 \div 1,1$ , тобто будуть відрізнятися від визначених раніше приблизно на 10%. Струм збудження при цьому необхідно підтримувати приблизно рівними  $0,49 \div 0,91$  - номінального значення.

Таким чином, при завантаженні двигунів активною потужністю  $\beta = 0,7$  похибка розрахунку струму збудження без обліку перевищення напруги живильної мережі становить більше 40%.

#### Список літератури

1. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей // Под ред. Л. Г. Мамиконянца. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Кирилина О. И. Определение параметров синхронных двигателей // Промышленная энергетика. 2003. № 1. С. 27–31.