

или избытке реактивной мощности в энергосистеме, т.е. при необходимости повысить или понизить напряжение в данной точке сети. Отсоединить паровую турбину от вала генератора можно и это производится, когда генератор должен работать в режиме СК длительно. Поскольку смазка подшипников СТ производится от общего маслососа турбоагрегата, а при остановленной турбине этот насос не будет работать, следует установить специальный отдельный насос со своей маслосистемой и отделить маслопроводы подшипников турбины от маслопроводов подшипников генератора. Система возбуждения подлежит модернизации в целях обеспечения ее перехода в режим отрицательного возбуждения (изменение полярности напряжения на контактных кольцах). В этих условиях для ОЭС Украины актуальным и экономически выгодным мероприятием является использование генераторов электростанций, выводящихся из эксплуатации, в качестве СК.

**Выводы:** Для турбогенераторов мощностью до 160 МВт, которые нуждаются в капитальном ремонте, перспективно изменение режима эксплуатации: перевод турбогенераторов в режим синхронных компенсаторов.

**Список источников информации.** 1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. - М.: Энергоатомиздат, 1985. 2. Богма С.А., Шевченко В.В. Проблемы работы ядерных энергетических установок АЭС в ненормальных режимах. // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць, Харківський університет повітряних сил, 2007 г., вип. 1 (59), с. 134-140.

УДК 621.313

**КОШЕВОЙ О. П., ШЕВЧЕНКО В. В.**, канд. техн. наук

## **НАЗНАЧЕНИЕ И СПОСОБЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

Значительную часть электрооборудования любого предприятия составляют устройства, обязательным условием нормальной работы которых является создание в них магнитных полей, а именно: трансформаторы, асинхронные двигатели, индукционные печи и т.д., которые можно обобщенно охарактеризовать как «индуктивная нагрузка». По сетям между источником электроэнергии и потребителем, кроме совершающей полезную работу активной энергии, протекает реактивная энергия, которая направлена только на создание магнитных полей в индуктивной нагрузке. Для компенсации реактивной мощности (РМ) необходимо оборудование, обеспечивающее адекватное регулирование  $\cos\varphi$  в зависимости от изменяющихся условий, т.е. необходима установка компенсаторов реактивной мощности, [1]. Для поддержания требуемых уровней напряжения в узлах электрической сети потребление РМ должно обеспечиваться требуемой генерируемой мощностью с учетом необходимого

резерва. Устройства компенсации РМ минимизируют потери и повышают надежность работы основного электротехнического оборудования.

Устройства регулирования (компенсации) РМ предназначены для выполнения задачи обеспечения качества электрической энергии по напряжению путем поддержания заданных уровней напряжения в контрольных точках сети. Устройства регулирования реактивной мощности по принципу действия делятся на статические и электромашинные.

Для синусоидальных параметров электрического контура, представленного  $R-L$  нагрузкой ( $\varphi > 0$ ), где  $u = U_m \cdot \sin \omega t$ ,  $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ , мгновенная мощность записывается выражением

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = UI \cdot \cos \varphi - UI \cdot \cos(2\omega t - \varphi), \text{ Вт} \quad (1)$$

которое описывает несинусоидальный процесс передачи энергии в виде пульсаций мгновенной мощности от некоторого минимального  $P_{min}$  до максимального значения  $P_{max}$ . В этом процессе берут  $p(t) = p_0 + p_2$ . то оно может быть представлено в виде

$$p(t) = P - S \cdot \cos \varphi \cos(2\omega t - \varphi), \text{ Вт} \quad (2)$$

В принципе, динамическая составляющая уравнения (2) может быть представлена в виде  $S \cdot \cos \varphi \cos(2\omega t - \varphi) = S \cdot (\cos \varphi \cdot \cos 2\omega t + \sin \varphi \cdot \sin 2\omega t) = P \cdot \cos 2\omega t + Q \sin 2\omega t$ , где  $P$  и  $Q$  - амплитуды колебаний, а не средних значений параметров передачи мощности. Объективная оценка энергии, которую анализируемая ветвь получает от сети ( $A^+$ ) и отдает обратно к источнику ( $A^-$ ), дает такой результат:

$$A^- = \int_0^{\varphi/\omega} p(t) dt = \frac{Q}{\omega} \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{\text{tg} \varphi}\right) \quad A^+ = \int_{\varphi/\omega}^{\pi/\omega} p(t) dt = \frac{\pi P}{\omega} + \frac{Q}{\omega} \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{\text{tg} \varphi}\right) \quad (3)$$

откуда, получаем принципиально другую формулу "коэффициента реактивности"

$$q^* = -A^- / (A^+ + A^-) = 2/\pi \cdot (\varphi - \text{tg} \varphi) \quad (4)$$

В режиме чисто реактивной нагрузки ( $\cos \varphi = 0$ ), по сети "свободно качается" лишняя мощность

$$S(t) = Q(t) = \pm U \cdot I \cdot \sin 2\omega t \quad (5)$$

При  $\cos \varphi = 0$  за полупериод источник и потребитель будут дважды обмениваться энергией

$$A_Q = U \cdot I \cdot \int_0^{T/4} \sin(2\omega t) dt = \frac{UI}{\omega} = \frac{S}{\omega} \quad (6)$$

тогда, как при  $\cos \varphi = 1$  источник отдает в сеть за этот же интервал времени

$$A_P = U \cdot I \cdot \int_0^{T/4} \cos \varphi dt = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{S}{\omega} \quad (7)$$

**Выводы:** Работа современных генераторов при  $\cos \varphi$  ниже 1 не всегда приводит к снижению КПД турбогенератора (ТГ). В режимах недозбудженя у ТГ КПД может быть выше, чем при работе на чисто активную нагрузку.

**Список литературы.** 1. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития

електроенергетики в Україні. // Енергетика та електрифікація. № 7(287), 2007, с. 11-16.  
2. Шевченко В.В., Лизан І.Я. Обзор перспективных направлений энергосбережения вэлектромашиностроении. //Праці Луганського відділення міжнародної академії інформатизації.  
//Науковий журнал № 2/(19), Луганськ, 2009. с. 104-109.

УДК 621.313

**КУЧЕРЕНКО Я. С., ЄГОРОВ Б. О.**, канд. техн. наук

## **ВИБІР МАТЕРІАЛУ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБМОТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

Нині широко використовуються асинхронні двигуни (АД) з литою алюмінієвою короткозамкнутою обмоткою ротора. Часто вони вже не справляються із збільшеними вимогами до АД і не відповідають умовам їх експлуатації. Так, до 30 % від всіх відмов забійних конвейерних і комбайнових двигунів доводиться на частку алюмінієвої обмотки ротора через її виплавку у разі затяжних і частих пусків.

Тому розробляються і створюються АД з литою мідною обмоткою ротора, замість алюмінієвої обмотки. Причому на їх виготовлення може йти не тільки дорога чиста електротехнічна мідь, а і мідний лом. При одних і тих же габаритах АД з мідними обмотками ротора мають потужність на 25 % вище і значно підвищені перевантажувальні здібності. Показники надійності збільшені майже в 2,5 раз, при цьому вдається повністю усунути відмови унаслідок виходу з ладу мідної обмотки ротора, ККД зростає на 2 - 3 %. Як показали випробування, АД з литою мідною обмоткою ротора забезпечують енергетичну ефективність на рівні вищого і середнього класів, які визначені прийнятими міжнародними документами. Цими проблемами займаються вчені та інженери розвинутих країн світу. Наприклад, в США реалізовано проект вартістю в 2 мільйони доларів з метою застосування литої мідної обмотки в роторі АД. Це дозволило збільшити його ККД на 1-3 % при зменшенні габаритів двигуна, і отже, значно скоротити витрату дорогої міді і інших матеріалів. Німецька фірма "SEW-Evrodride" випустила на ринок АД потужністю від 1,1 до 37 кВт, в яких обмотка ротора виконана з міді литвом під тиском. ККД цих двигунів – 94 - 96%, що значно вище існуючих норм США і країн ЄС. Є досягнення в цьому напрямі також фірм Бразилії, Індії, Кореї.

Матеріали для короткозамкнених обмоток ротора АД повинні володіти високою електропровідністю і теплопровідністю і мідь відповідає вказаним вимогам. Проте через низьку текучість чистої міді (в 2,7 раз менше алюмінію) застосування її викликає великі технологічні складнощі при заливці короткозамкнутих обмоток АД. Для збільшення текучості металу обмотка виконується литою з мідного сплаву, що містить 98,80-99,95% міді, а також свинець, олово, вісмут, сурму і нікель. Застосування такого мідного сплаву при