

Соотношение между параметрами энергетических потоков в ТН приведено ниже:

$$Q_K = Q_0 + Q_{эл}; Q_0 = G_0 C_0 (t_2 - t_1); Q_K = G_K C_K (\tau_2 - \tau_1);$$

$$t_K = \tau_2 + 3^\circ\text{C}; t_U = t_2 - 3^\circ\text{C};$$

$$\varepsilon = \frac{Q_K}{Q_{эл}}; \varepsilon = K \frac{t_K + 273}{t_K - t_U},$$

где  $Q_K$ ,  $Q_0$ ,  $Q_{эл}$  - соответственно теплота, поступающая в сеть теплоснабжения от природного теплового потока или ВЭР, подводимая электрическим путем (электропривод компрессора);  $p_U$ ,  $t_U$  - давление и температура испарения;  $p_K$ ,  $t_K$  - давление и температура в конденсаторе;  $\varepsilon$  - коэффициент преобразования, отражающий энергетическую эффективность;  $K$  - коэффициент совершенства реального процесса термодинамического цикла.

При значениях  $K = 0,45 \div 0,65$  и разности температур теплоносителя и источника, равной  $40-50^\circ\text{C}$ ,  $e = 3 \div 5$ . При таких условиях экономия первичного топлива по сравнению с теплоснабжением от котельной составляет 20-40%.

На предприятиях водоканализационного хозяйства источником природного теплового потока является вода, подаваемая для городского водоснабжения. Применение ТН для отопления и горячего водоснабжения на водозаборе "Южный" ПВКХ г.Речица позволяет отказаться от строительства котельной. Основным потребителем электроэнергии у ТН пароконпресссионного типа является электродвигатель привода. Применение тарифа на электроэнергию, используемого для электроотопительных нагрузок, приводит к увеличению сроков окупаемости тепловых насосов и, соответственно, является серьезным сдерживающим фактором на применение современных энергосберегающих технологий, позволяющих экономить первичные энергоресурсы.

## ВОПРОСЫ САМОЗАПУСКА СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Кирчевский Е.В.

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого*

На сегодняшний день наиболее остро стоит вопрос обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных потребителей. Так, в случае повреждения, вызвавшего прекращение питания или глубокое снижение напряжения, при обеспечении самозапуска это не является аварией и не приводит к остановке непрерывного технологического процесса.

У синхронных двигателей (СД) ЭДС в момент восстановления питания может быть равна напряжению или даже превышать его. Соответственно и ток включения может быть более, чем в два раза больше пускового. Для СД самозапуск допустим при токе включения меньшем 1.7 пускового, т.е.

$$I_{\text{доп}} = \frac{1.7}{X_d^n} \quad (1)$$

Очевидно, что ток включения может оказаться в пределах допустимого в двух случаях:

- 1) если ЭДС двигателя снизить настолько, что при включении даже в худшем случае ( $\delta=180^\circ$ ) ток не превысит допустимого (самозапуск с гашением поля ротора);
- 2) если ЭДС СД велика, но угол  $\delta$  сравнительно мал. В свою очередь, это может иметь место:

а) если вектор  $U$  и  $E_{\text{СД}}$  не успели разойтись на угол, достаточный для нарушения условия (1). Этот принцип положен в основу быстродействующего АВР (БАВР);

б) после прохождения первой противофазы в зонах между двумя соседними неблагоприятными положениями (принцип работы синфазного АВР (САВР)).

Самозапуск с гашением поля ротора не обеспечивает должного результата, хотя его реализация проста (пуск АВР осуществляется от реле минимального напряжения).

В настоящее время промышленностью стали серийно выпускаться быстродействующие вакуумные выключатели, т.е. появилась возможность осуществления самозапуска без гашения поля ротора. В этом случае самозапуск будет обеспечен, если время перерыва питания не превысит критического значения, при котором угол  $\delta$  не выйдет за пределы допустимого значения.

Ток включения в зависимости от угла  $\delta$  определяется по формуле:

$$I_{\text{вкл}} = \frac{U_c^2 + E_{\text{ог}}^2 - 2 \cdot U_c \cdot E_{\text{ог}} \cdot \cos \delta}{X_{\Sigma c} + X_d^n} \quad (2)$$

где  $X_{\Sigma c}$  – суммарное сопротивление элементов сети.

Из выражения (2) получим допустимый угол включения:

$$\delta_{\text{дон}} \leq \arccos \left[ 1 - 0,5 \left( \frac{1,3 \cdot I_{\text{ниск}} \cdot (X_{\Sigma C} + X_d^n)}{1,2 \cdot U_{\text{ном}} / \sqrt{3}} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Предпочтение всегда следует отдавать БАВР, так как в этом случае синхронизирующий момент СД больше момента сопротивления. При САВР после нескольких качаний СД также входит в синхронизм. Однако САВР после третьего и последующих проворотов ротора технически осуществить сложно из-за высокой скорости изменения угла  $\delta$ .

Наиболее четким признаком изменения угла  $\delta$  является величина напряжения биения ( $U_{\delta}$ )

$$U_{\delta} = U_c^2 + E_{\text{об}}^2 - 2 \cdot U_c \cdot E_{\text{об}} \cdot \cos \delta. \quad (4)$$

Уловить момент схождения векторов  $U_c$  и  $E_{\text{об}}$  при первом и втором проворотах ротора можно, применив уравнение:

$$U_{\delta} + \frac{dU_{\delta}}{dt} \cdot t_{\text{он}} = 0, \quad (5)$$

где  $t_{\text{он}}$  - время опережения ( $t_{\text{он}} = t_{\text{ср САВР}} + t_{\text{ср выкл}}$ ).

Данное равенство выполняется лишь при

$$\frac{dU_{\delta}}{dt} < 0. \quad (6)$$

Таким образом, устройства БАВР и САВР должны быть построены на изменение угла  $\delta$  и его производной.