

$$W_2(p) = \frac{T_3 p + 1}{2T_{пкТ} k_{пp} / R_3} \quad \text{— ПФ регулятора тока;}$$

$$W_3(p) = \frac{k_{п}}{T_{пp} + 1} \quad \text{— ПФ тиристорного преобразователя;}$$

$$W_4(p) = \frac{1/R_3}{T_3 p + 1}; \quad W_5(p) = \frac{k_M}{T_M p}; \quad W_6(p) = c \quad \text{— ПФ МПТ;}$$

$W_7(p) = K_T$ — ПФ датчика тока; $W_B(p) = K_{тг}$ — ПФ датчика скорости; W_K — ПФ корректирующего устройства.

В РПТ передаточные функции имеют вид

$$W_4(p) = 1/R_{ф}; \quad W_5(p) = K_M / T_M' p.$$

На рис. 2 приведены: ЛАЧХ1 — разомкнутой системы в РНТ; ЛАЧХ2,3 — разомкнутой системы в РПТ; ЛАЧХ4,5 — корректирующего устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. К а л а ш н и к о в В.П. Эквивалентное сопротивление силовой цепи системы тиристорный преобразователь—двигатель. — Изв.вузов. Электромеханика, 1976, № 4, с. 413—416. 2. С е л и в а н о в В.А., Х р у с т а л е в И.К. Параметрическое регулирование в системе тиристорного привода постоянно-го тока. — В кн.: Вопросы электроснабжения и электропривода. Калинин: Калинин. Гос. ун-т, 1979, с. 94—98.

УДК 621.313.323

В.Н.ГОРБАРУК, А.И.ЛАПИДУС, канд.техн.наук,
В.С.ЛИВШИЦ, канд.техн.наук, О.А.ДЕМЕНТЬЕВ
(БПИ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОМПРЕССОРНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Компенсация реактивной мощности имеет важное значение для промышленных предприятий с большой индуктивной нагрузкой. При этом целесообразно использовать как конденсаторные батареи, так и мощные синхронные двигатели (СД), работающие с перевозбуждением. Режим перевозбуждения обеспечивает более устойчивую работу двигателя, способствует стабилизации напряжения и ослабляет резонансные механические качания ротора. Конденсаторные батареи регулируют реактивную мощность ступенчато, а СД — плавно. Сочетание обоих способов создает предпосылки для рациональной компенсации реактивной мощности предприятия.

Использование СД в качестве источника реактивной мощности требует знания отдаваемой в сеть реактивной мощности Q , которая зависит от тока возбуждения, напряжения на зажимах двигателя и нагрузки на валу. При определении Q обычно используют относительные значения: так называемую компенсирующую способность СД $q = Q/S_H$ [1] либо коэффициент загрузки по реактивной мощности $\alpha = Q/Q_H$ [2, 3].

Однако до настоящего времени полные сведения о значениях q и α отсутствуют. Так, в [1] на основании опытных данных приведена следующая эмпирическая формула определения компенсирующей способности СД:

$$q_{\max} \% = [\sin \varphi_H + (1 - \beta) \left(\frac{\sin \varphi_H}{48 \sin \varphi_H - 32} + 0,4 \right)] 100 \%, \quad (1)$$

где β — коэффициент загрузки двигателя; φ_H — угол между векторами тока и напряжения статорной цепи в номинальном режиме. В [1—3] приведены таблицы со значениями q и α для нескольких типов СД при различной нагрузке. Однако указанные таблицы и формула дают наилучшие результаты для тех двигателей, применительно к которым они были получены. Для других конкретных типов двигателей эти рекомендации могут приводить к более или менее значительным погрешностям.

В этих условиях экспериментальное исследование СД конкретных типов по-прежнему представляется актуальным, так как позволяет использовать полученные данные, с одной стороны, непосредственно для подобных двигателей, а с другой, — для оценки качества существующих формул и дальнейших теоретических обобщений.

При разработке вопросов компенсации реактивной мощности на Белорусском автомобильном заводе (г.Жодино) нами были проведены исследования компенсирующей способности СД типа ДСК-260/20-32 ($P_H = 625$ кВт, $U_H = 6000$ В, $I_{H.ct} = 74$ А, $I_{H.pot} = 202$ А, $\cos \varphi_H = 0,9$, $\eta_H = 0,91$), установленного на компрессоре. Возбудитель — генератор постоянного тока смешанного возбуждения типа ПН-290 ($P_H = 35$ кВт, $U_H = 115$ В, $I_H = 304$ А).

С помощью переносного стенда, оснащенного трехфазными ваттметрами, фазометром, вольтметром и амперметрами, измерялись реактивная мощность СД (Q_c или Q_L), потребляемая из сети активная мощность P_1 , напряжение и ток статорной цепи, коэффициент мощности $\cos \varphi$ и ток в цепи возбуждения I_B . Измерения производились при различных токах возбуждения двигателя и фиксированных нагрузках компрессора соответственно в 100, 75, 50 %, а также на холостом ходу.

Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 1, а, б. Из кривых рис. 1, а видно, что при $I_B > 140$ А двигатель является источником реактивной мощности, а при меньших токах возбуждения — ее потребителем. В режиме источника реактивной мощно-

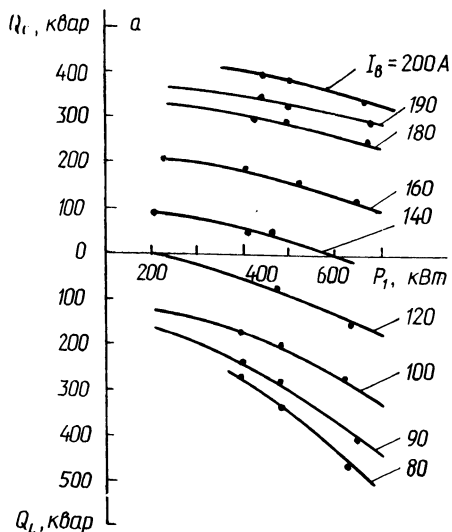


Рис. 1. Изменение реактивной мощности СД:
 а — в зависимости от потребляемой активной мощности при разных токах возбуждения; б — в зависимости от тока возбуждения при разных нагрузках двигателя.

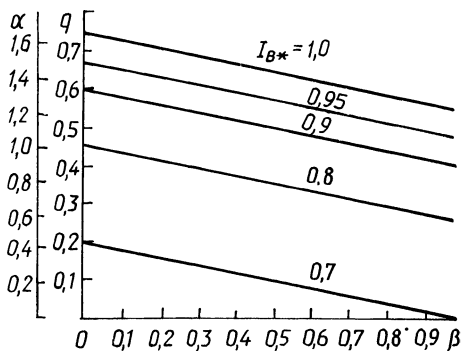
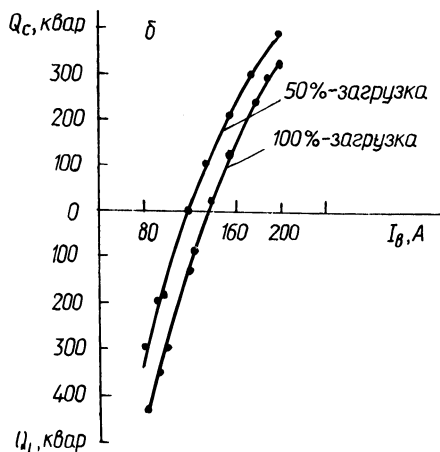


Рис. 2. Зависимость $q = Q/S_{н}$ и $\alpha = Q/Q_{н}$ от коэффициента загрузки β СД.

Таблица 1.

Зависимость активной и полной мощностей от тока возбуждения

$I_{в}, \text{A}$	200	190	180	160	140	120	100	90
$P_1, \text{кВт}$	676	676	676	647	647	633	633	633
$S, \text{кВА}$	752,6	740,4	719	657,4	647,7	649,2	695,2	750,3

сти и фиксированном I_B снижение загрузки двигателя приводит к возрастанию Q_c . Однако полная мощность S при любой допустимой нагрузке на валу и токе возбуждения, не превышающем номинальный, не превосходит номинальной мощности $S_H = 763$ кВА. Это видно из табл. 1, в которой для СД при 100 %-ной загрузке компрессора приведены значения потребляемой активной мощности P_1 и полной мощности S при изменении тока возбуждения I_B во всем возможном диапазоне. Это показывает необоснованность опасений обслуживающего персонала компрессорных станций устанавливать наибольший допустимый (номинальный) ток возбуждения СД. С целью соблюдения теплового режима двигателя эксплуатационники стремятся уменьшать ток возбуждения СД, занижая тем самым компенсирующие возможности машины.

Из кривых рис. 1,б видно, что реактивная мощность Q в основном определяется током возбуждения I_B . Колебания Q в зависимости от загрузки СД сравнительно невелики и составляют при изменении загрузки компрессора от 50 до 100 % примерно 70 кВар.

В процессе экспериментального исследования измерялась не мощность P_2 на валу двигателя, а потребляемая из сети активная мощность P_1 . Все графики, полученные на основании экспериментальных данных, строились в функции P_1 . При расчетах часто оперируют загрузкой двигателя на валу $\beta = P_2/P_H$. Поэтому на основании полученных экспериментальных данных построены (рис. 2) зависимости $q = f(\beta)$ и $\alpha = f(\beta)$. При переходе от значений P_1 к P_2 использованы обобщенные рабочие характеристики для перевозбужденного СД в относительных единицах [4]. Значения q и α при любых токах возбуждения $I_{B*} = I_B/I_{B.H}$, не указанных на рис. 2, могут быть вычислены по формулам:

$$q = 1,5 I_{B*} - 0,3\beta - 0,75; \quad \alpha = q/\sin \varphi_H = 2,3q,$$

где при $\cos \varphi_H = 0,9$; $\frac{1}{\sin \varphi_H} = 2,3$.

При определении располагаемой реактивной мощности СД $Q_{\max} = q_{\max} S_H$ на стадии проектных расчетов необходим только график $q_{\max} = f(\beta)$ при $I_{B*} = 1$. Учитывая практически прямолинейный характер этой зависимости, она может быть построена по данным двух режимов: номинального и холостого хода. Эти данные в ряде случаев могут быть получены из каталогов, справочных или экспериментальных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л и т в а к Л.В. Рациональная компенсация реактивных нагрузок на промышленных предприятиях. — М.: ГЭИ, 1963. — 256 с. 2. Карпов Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. — М.: Энергия, 1975. — 182 с. 3. Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях. — М.: Энергия, 1974. — 72 с. 4. В а ж н о в А.И. Электрические машины. — М.: Энергия, 1969. — 767 с.