



УДК 621.313

М. А. Ваганов, В. Ф. Матюхов,
И. А. Пименова, Г. Н. Суменкова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Основы расчета общепромышленных асинхронных двигателей

Предлагается расчетная модель асинхронного двигателя, позволяющая выбрать его оптимальные поперечную геометрию и значение магнитной индукции в воздушном зазоре, обеспечивающие высокое использование активных материалов относительно электромагнитного момента этого двигателя. Показано, что существуют также оптимальные значения магнитных индукций в зубцах и в сердечниках статора и ротора, при которых отношение энергетического КПД двигателя к объему его активного ядра достигает максимума.

Оптимальная поперечная геометрия, магнитная индукция в воздушном зазоре, коэффициент насыщения магнитной системы, зубцовые зоны статора и ротора, аппроксимация кривых намагничивания, энергетический КПД двигателя, объем активных материалов, показатель качества двигателя

Выбирая при расчете асинхронного двигателя в качестве критерия качества двигателя степень использования активных материалов относительно его электромагнитного момента, следует преобразовать классическое выражение для этого момента к виду, представленному в [1],

$$M_{эм} = k_F D_{1н}^5 F_{м*} F,$$
$$F_{м*} = \frac{D_{1*}^4 l_1^2 B_{\delta}^2 \sqrt{k_{п1} k_{п2}}}{p \sqrt{\left(k_{л1} l_{1*} + k_{\beta 1} \frac{D_{1*}}{p}\right) \left(l_{1*} + \frac{\pi D_{1*} k_j}{z_2 \sin \frac{\pi p}{z_2}}\right)}}, \quad (1)$$

где k_F – обобщенный коэффициент, включающий в свой состав целый ряд постоянных или практически постоянных величин с известными числовыми значениями [1]; $D_{1н}$ – наружный диаметр пакета стали статора; $F_{м*}$ – функциональный множитель, описывающий поперечную геометрию асинхронной машины; F – параметрический множитель, отражающий механическую характеристику асинхронного двигателя; D_{1*} , l_{1*} – относительные диаметр расточки ста-

тора и длина пакета стали статора; B_{δ} – амплитуда магнитной индукции в воздушном зазоре; p – число пар полюсов двигателя; $k_{л1}$ – коэффициент, учитывающий длину вылета лобовой части обмотки статора; $k_{\beta 1}$ – коэффициент, учитывающий укорочение шага обмотки статора; k_j – коэффициент, учитывающий увеличение плотности тока в коротко замыкающих кольцах беличьей клетки ротора относительно плотности тока в ее стержнях; z_2 – число пазов (зубцов) ротора.

Так как числовые значения k_F и F известны, то при фиксированных значениях электромагнитного момента $M_{эм}$ асинхронного двигателя и длины пакета стали статора l_1 увеличение функции будет сопровождаться уменьшением наружного диаметра пакета стали статора $D_{1н}$, т. е. повышением степени использования активных материалов двигателя (стали магнитной системы его, а также меди обмотки статора и алюминия беличьей клетки ротора) относительно электромагнитного момента. Таким образом, от степени

полноты охвата математической моделью, описывающей функцию F_{M*} , числа значимых физических параметров, определяющих процесс преобразования энергии, во многом зависит уровень технико-экономических показателей проектируемого асинхронного двигателя. Но при этом указанная математическая модель должна не только адекватно отражать конструктивную схему двигателя, но и быть достаточно наглядной с точки зрения ее восприятия при сохранении физической сущности явлений, происходящих в двигателе.

В состав представленной математической модели входят коэффициенты $k_{п1}$, $k_{п2}$ (1), которые описывают зубцовые зоны статора и ротора двигателя и определяются для пазов статора и ротора овальной формы следующими выражениями [1]:

$$k_{п1} = \frac{1}{4} (k_{с.31}^2 k'_{z1} + k_{ш.31}^2 k''_{z1}),$$

$$k_{с.31} = \left(\frac{1}{D_{1*}} - \frac{B_{\delta}}{pk_c B_{c1}} \right) \sin \frac{\pi}{z_1} - \frac{\pi}{z_1} \frac{B_{\delta}}{k_c B_{31}},$$

$$k_{ш.31} = (1 + 2h_{ш1*}) \sin \frac{\pi}{z_1} - \frac{\pi}{z_1} \frac{B_{\delta}}{k_c B_{31}},$$

$$k'_{z1} = z_1 \frac{\frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{2}{z_1} \right) + \text{ctg} \frac{\pi}{z_1}}{\left(1 + \sin \frac{\pi}{z_1} \right)^2}, \quad k''_{z1} = z_1 \frac{\frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{z_1} \right) - \text{ctg} \frac{\pi}{z_1}}{\left(1 - \sin \frac{\pi}{z_1} \right)^2},$$

$$k_{п2} = \frac{1}{4} (k_{с.32}^2 k'_{z2} + k_{с.32}^2 k''_{z2}),$$

$$k_{ш.32} = \left[\left(1 - \frac{h_{ш2*}}{D_{2H*}} \right) \sin \frac{\pi}{z_2} - \frac{\pi}{z_2} \frac{B_{\delta}}{k_{c2} B_{32}} \right]^2,$$

$$k_{с.32} = \frac{1}{2} D_{2H} \left[\left(\frac{D_{2*}}{D_{2H*}} + \frac{B_{\delta}}{pk_{c2} B_{c2}} \right) \sin \frac{\pi}{z_2} - \frac{\pi}{z_2} \frac{B_{\delta}}{k_{c2} B_{32}} \right]^2,$$

$$k'_{z2} = z_2 \frac{\frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{2}{z_2} \right) + \text{ctg} \frac{\pi}{z_2}}{\left(1 + \sin \frac{\pi}{z_2} \right)^2},$$

$$k''_{z2} = z_2 \frac{\frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{z_2} \right) - \text{ctg} \frac{\pi}{z_2}}{\left(1 - \sin \frac{\pi}{z_2} \right)^2},$$

$$D_{2H*} = D_{2H} / D_{1H}, \quad D_{2*} = D_2 / D_{1H},$$

$$h_{ш1*} = h_{ш1} / D_{1H}, \quad h_{ш2*} = h_{ш2} / D_{1H}.$$

В этих выражениях B_{31} , B_{c1} и B_{32} , B_{c2} – магнитные индукции в зубцах и сердечниках статора и ротора соответственно; D_{2H} и D_{2H*} – наружный диаметр пакета стали ротора и его относительное значение соответственно; D_2 и D_{2*} –

внутренний диаметр пакета стали ротора и его относительное значение соответственно; $h_{ш1}$, $h_{ш2}$ и $h_{ш1*}$, $h_{ш2*}$ – высоты шлицев пазов статора и ротора и их относительные значения соответственно.

Фрагмент $D_{1*}^4 \sqrt{k_{п1} k_{п2}}$ из выражения (1) при фиксированных значениях магнитных индукций B_{31} , B_{c1} в зубцах и в сердечнике статора и, соответственно, в зубцах B_{32} и сердечнике B_{c2} ротора обращается в ноль при $D_{1*} = 0$ и при $D_{1*} \rightarrow 1$. Из этого следует, что данная функция на интервале значений $D_{1*} \in (0; 1)$ в соответствии с теоремой Ролля имеет по крайней мере один максимум относительно переменной D_{1*} . Точно так же фрагмент $B_{\delta}^2 \sqrt{k_{п1} k_{п2}}$ при тех же условиях и при $B_{\delta} = 0$ также равен нулю, а при увеличении B_{δ} указанное произведение стремится к нулю, так как выражения для $k_{с.31}$ и $k_{ш.31}$, входящие в $k_{п1}$ (и аналогично для $k_{п2}$), быстро уменьшаются, стремясь к нулю, что и означает наличие максимума рассматриваемой функции относительно магнитной индукции в воздушном зазоре B_{δ} .

Таким образом, функция F_{M*} , определяемая выражением (1) как функция двух основных переменных B_{δ} и D_{1*} , описывает некоторую поверхность относительно плоскости этих переменных и имеет такие их оптимальные значения $B_{\delta m}$ и D_{1*m} , при которых рассматриваемая функция F_{M*} достигает наибольшего значения $F_{M*\max}$, обеспечивающего наилучшее использование активного объема двигателя относительно его электромагнитного момента. Положение этого максимума, т. е. оптимальные значения D_{1*m} и $B_{\delta m}$, и числовое значение самого максимума $F_{M*\max}$ определяются достаточно просто с помощью стандартных программ.

Для оценки поведения функции F_{M*} в зоне ее максимума на рис. 1 и 2 представлены зависимости $F_{M*} = f(B_{\delta})$ при $D_{1*} = D_{1*m}$ и $F_{M*} = f(D_{1*})$ при $B_{\delta} = B_{\delta m}$. Соответствующие этим зависимостям кривые проходят через точку максимума $F_{M*\max}$ и располагаются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Из рис. 1 видно, что в зоне максимума F_{M*max} значение функции F_{M*} слабо зависит от магнитной индукции в воздушном зазоре B_{δ} , в то время как влияние D_{1*} на F_{M*} (рис. 2) оказывается более существенным. Но в целом поверхность $F_{M*} = f(D_{1*}, B_{\delta})$ в зоне своего максимума достаточно пологая и отступление от оптимального значения относительного диаметра расточки статора, обусловленное необходимостью выбора стандартного значения диаметра расточки D_1 , не будет сопровождаться сколько-нибудь заметным снижением уровня использования активных материалов машины. Данное обстоятельство в дополнение к предыдущему в значительной степени упрощает задачу автоматизированного проектирования машины.

Представленные на рис. 1 и 2 зависимости построены для четырех вариантов фиксированных значений магнитных индукций на участках магнитной системы (см. таблицу).

Сравнение кривых на рис. 1 и 2 по вертикали показывает, что повышение магнитных индукций на участках магнитной системы всего лишь на 0.1 Тл сопровождается существенным увеличением самого функционального множителя F_{M*} , и, следовательно, приводит к уменьшению наружного диаметра пакета стали статора D_{1H} и к улучшению использования активных материалов двигателя, что полностью соответствует практике проектирования асинхронных двигателей, подтверждая тем самым лишней раз адекватность составленной математической модели реальному объекту.

Одновременно с изменением функции F_{M*} изменяются и оптимальные значения $B_{\delta m}$ и D_{1*m} , проявляя, в свою очередь, их зависимость от значений магнитных индукций B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} на участках магнитной системы двигателя. Причем, как показывают выполненные расчеты, увеличение значений перечисленных магнитных индукций сопровождается повышением прежде всего значения $B_{\delta m}$. Что же касается оптимального значения относительного диаметра расточки статора D_{1*m} , то оно лишь незначительно возрастает и при указанных магнитных индукциях составляет порядка 0.65. Таким образом, можно утверждать, что в асинхронных двигателях действительно существует некоторая оптимальная поперечная геометрия, обеспечивающая высокий уровень использования активных материалов относительно электромагнитного момента.

Как отмечено ранее, повышение магнитных индукций на участках магнитной системы имеет своим следствием уменьшение наружного диаметра пакета стали статора D_{1H} и при практически постоянном значении D_{1*m} уменьшается диаметр расточки статора D_1 , а значит, и наружный диаметр пакета стали ротора D_{2H} .

Ширина зубцов статора b_{31} и ротора b_{32} , а также высоты сердечников статора h_{c1} и ротора h_{c2} определяются соответственно выражениями

Номер кривой	B_{31} , Тл	B_{c1} , Тл	B_{32} , Тл	B_{c2} , Тл	D_{1*m} , о. е.	$B_{\delta m}$, Тл	F_{M*max}
1	1.7	1.5	1.7	1.2	0.6535	0.8034	$3.2437 \cdot 10^{-3}$
2	1.8	1.6	1.8	1.3	0.6532	0.8557	$3.7216 \cdot 10^{-3}$
3	1.9	1.7	1.9	1.4	0.6530	0.9076	$4.1852 \cdot 10^{-3}$
4	2.0	1.8	2.0	1.5	0.6529	0.9592	$4.6743 \cdot 10^{-3}$

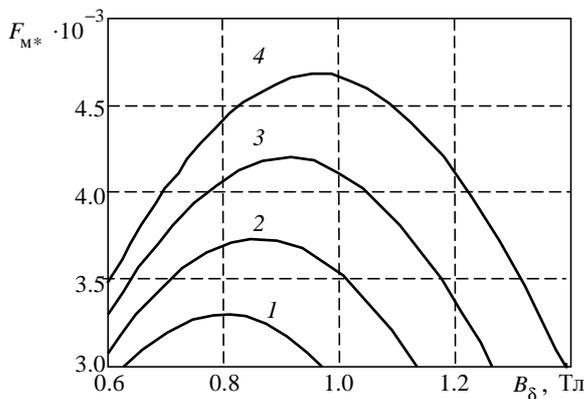


Рис. 1

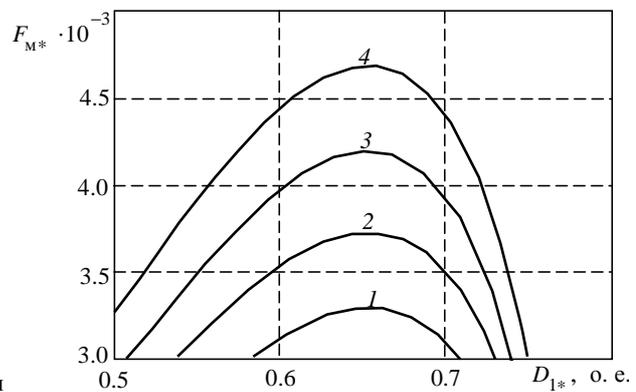


Рис. 2

$$b_{31} = \frac{\pi D_1}{Z_1} \frac{B_\delta}{k_{c1} B_{c1}}, b_{32} = \frac{\pi D_{2H}}{Z_2} \frac{B_\delta}{k_{c2} B_{c2}},$$

$$h_{c1} = \frac{D_1}{2p} \frac{B_\delta}{k_{c1} B_{c1}}, h_{c2} = \frac{\pi D_{2H}}{2p} \frac{B_\delta}{k_{c2} B_{c2}},$$

из которых следует, что повышение магнитных индукций B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} обусловит не только непосредственное уменьшение значений размеров $b_{31}, b_{32}, h_{c1}, h_{c2}$, но и косвенное их уменьшение из-за уменьшения диаметров D_1, D_{2H} . Поэтому при автоматизированном проектировании следует ввести следующие ограничения: $b_{31} \geq b_{31 \min}, b_{32} \geq b_{32 \min}, h_{c1} \geq h_{c1 \min}, h_{c2} \geq h_{c2 \min}$. Допустимые значения $b_{31 \min}, b_{32 \min}, h_{c1 \min}, h_{c2 \min}$ устанавливаются с учетом технологических возможностей производства и по соображениям механической прочности этих участков магнитной системы.

На этом предварительном определении оптимальных значений относительного диаметра расточки статора D_{1*m} и магнитной индукции в воздушном зазоре $B_{\delta m}$, соответствующих некоторому набору значений магнитных индукций, и завершается подготовительный этап расчета асинхронного двигателя безотносительно к его мощности.

Уточнение значений D_{1*m} и $B_{\delta m}$ выполняется после определения наружного диаметра пакета стали статора D_{1H} и диаметра расточки статора D_1 [2], т. е. для конкретного асинхронного двигателя, а именно $D_{1H} = \sqrt[5]{(k_{\text{мех}} M_2) / (k_F F_{M*} F_H)}$, $D_1 = D_{1H} D_{1*m}$, после чего окажется возможным уточнить значения размеров $b_{31}, b_{32}, h_{c1}, h_{c2}$ и сопоставить их с соответствующими минимальными значениями. Если какой-либо из перечисленных размеров окажется меньше допустимого, то необходимо снизить значение магнитной индукции на данном участке магнитной цепи и в дальнейшем при увеличении магнитных индукций на оставшихся участках цепи следует контролировать выполнение перечисленных неравенств. Формально магнитные индукции можно увеличивать до тех пор, пока соблюдаются ограничительные условия.

Масса стали Q_c магнитной системы асинхронного двигателя складывается из масс стали статора Q_{c1} и ротора Q_{c2} , т. е. $Q_c = Q_{c1} + Q_{c2}$.

В свою очередь, например, для массы стали статора имеем следующее выражение:

$$Q_{c1} = \frac{\pi}{4} (D_{1H}^2 - D_1^2 - k_{п1} D_1^2) l_1 \gamma_c =$$

$$= \frac{\pi}{4} D_{1H}^2 [1 - D_{1*}^2 (1 + k_{п1})] l_1 \gamma_c,$$

где γ_c – плотность стали магнитной системы.

Повышение индукций на участках магнитной системы B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} обуславливает непосредственное снижение массы стали магнитной системы двигателя Q_c и дополнительное косвенное снижение ее из-за уменьшения наружного диаметра пакета стали статора D_{1H} , а также длины пакета стали статора l_1 , имея в виду, например, выражение для Q_{c1} . Определяющим в данном процессе будет уменьшение размеров D_{1H} и l_1 , так как коэффициенты $k_{п1}$ и $k_{п2}$ меняются незначительно.

В целом, повышение магнитных индукций на участках магнитной системы B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} приведет к незначительному возрастанию магнитных потерь в стали двигателя.

Суммарные площади пазов статора и ротора асинхронного двигателя определяются следующими выражениями: $Q_{п1} = k_{п1} D_1^2 = k_{п1} D_{1*}^2 D_{1H}^2$ и $Q_{п2} = k_{п2} D_2^2 = k_{п2} D_{2*}^2 D_{1H}^2$. Процесс повышения магнитных индукций B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} имеет своим следствием лишь незначительное изменение коэффициентов $k_{п1}$ и $k_{п2}$, а также относительных диаметров D_{1*} и D_{2*} (рис. 1 и 2), но так как при этом уменьшается наружный диаметр пакета стали статора D_{1H} , то, следовательно, будут наблюдаться снижение площади пазов статора и ротора. Диаметр расточки статора D_1 уменьшается, а оптимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре $B_{\delta m}$ повышается. Можно предположить, что магнитный поток в воздушном зазоре Φ_δ остается практически постоянным, и тогда сохраняется неизменным число витков фазы обмотки статора. Но из-за уменьшения площадей пазов статора и ротора $Q_{п1}$ и $Q_{п2}$ окажется необходимым снижение сечения проводников обмотки статора и сечения стержней коротко замкнутой обмотки ротора, что будет иметь своим следствием увеличение электрических потерь в обмотках статора и ротора.

В итоге с учетом возрастания магнитных потерь в стали КПД асинхронного двигателя η при увеличении магнитных индукций B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} снижается.

И, наконец, еще один негативный момент, связанный с тем, что при повышении магнитных индукций несмотря на уменьшение средней длины пути магнитных силовых линий на участках магнитной системы двигателя происходит возрастание МДС всех участков магнитной цепи и увеличение коэффициента насыщения, а значит, имеем понижение коэффициента мощности двигателя $\cos \phi_1$.

Таким образом, повышение магнитных индукций на участках магнитной системы асинхронного двигателя сопровождается двумя параллельными, но встречными по своему действию процессами: возрастанием степени использования материалов в объеме активного ядра двигателя вследствие уменьшения объема этого активного ядра с одновременным снижением энергетического КПД двигателя, т. е. произведения $\eta \cos \phi_1$ [3]. Оба эти процесса характеризуются разными скоростями или темпами их развития, и так как они обусловлены общей причиной, то можно предположить, что всегда существует виртуальная точка, в которой эти процессы условно пересекаются, т. е. при определенном наборе значений магнитных индукций B_{31}, B_{c1} и B_{32}, B_{c2} некоторый условный критерий или показатель качества будет наилучшим или достигнет максимума.

На рис. 3 представлен график зависимости энергетического КПД, т. е. произведения $\eta \cos \phi_1$, от коэффициента насыщения k_H для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором номинальной мощностью $P_2 = 7.5$ кВт,

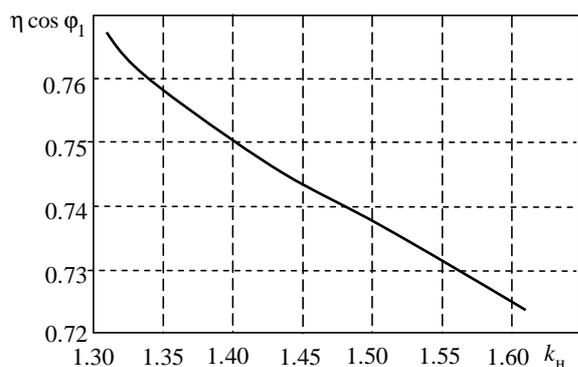


Рис. 3

синхронной скоростью вращения $n_2 = 1500$ об/мин (157 рад/с) и номинальным фазным напряжением питания $U_1 = 220$ В. Для его построения значения четырех индукций увеличивались на одинаковое значение до тех пор, пока коэффициент насыщения не достиг значения 1.6. Как видно из графика, представленного на рис. 3, энергетический КПД монотонно уменьшается по мере насыщения магнитной системы асинхронного двигателя. При значительном насыщении магнитной системы снижение энергетического КПД составляет несколько процентов.

Введем в рассмотрение объем активного ядра асинхронного двигателя $V_{1H} = \pi/4 (D_{1H}^2 l_1)$. Как видно из данного выражения, указанный объем определяется только внешними размерами пакета стали статора. Формально лобовые части обмоток статора и ротора в данный объем не включены, но при определении оптимальной поперечной геометрии двигателя они учитываются.

На рис. 4 графически представлена зависимость $V_{1H} = f(k_H)$ для асинхронного двигателя с мощностью 7.5 кВт, синхронной скоростью вращения 1500 об/мин (157 рад/с) и с фазным напряжением 220 В.

Как видно из рис. 4, объем активного ядра монотонно уменьшается при возрастании коэффициента насыщения магнитной системы двигателя, причем снижается в процентном отношении в значительно большей степени, чем уменьшается при тех же самых условиях энергетический КПД данного двигателя (рис. 3). Поэтому можно предположить, что отношение энергетического КПД асинхронного двигателя $\eta \cos \phi_1$ к объему активных материалов этого двигателя, т. е. $\eta \cos \phi_1 / V_{1H}$, при некотором значении коэффициента насыщения k_H будет максимальным.

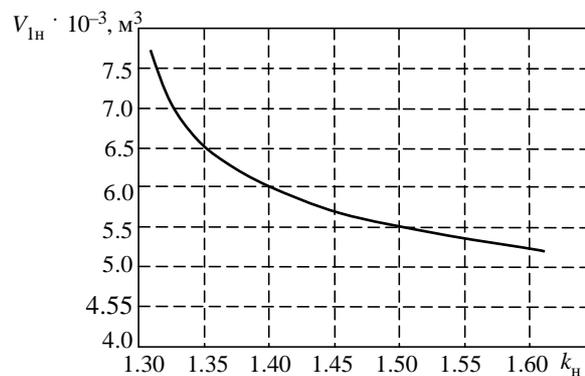
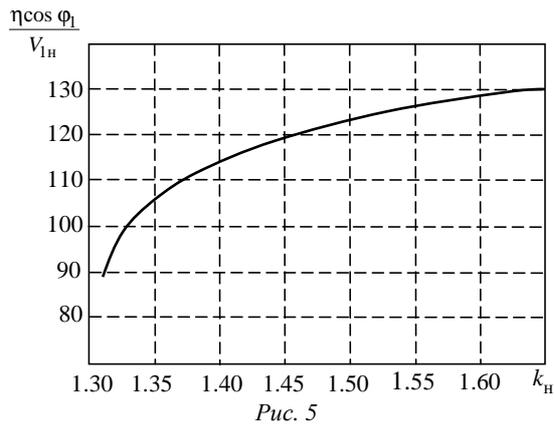


Рис. 4



Обозначим $\frac{\eta \cos \varphi_1}{V_{1H}} = \frac{\eta \cos \varphi_1}{D_{1H}^2 I_1} = k_H$ и назовем

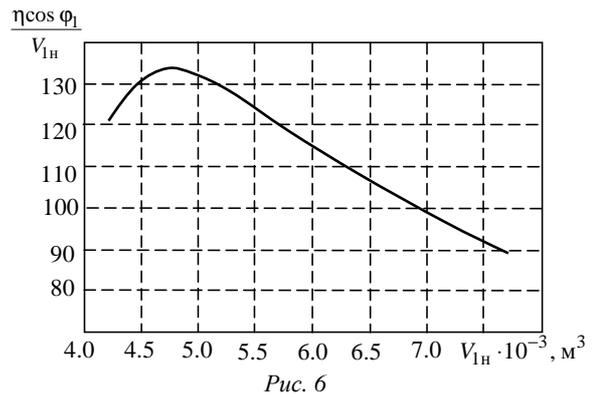
его коэффициентом использования асинхронного двигателя. На рис. 5 графически представлена зависимость $k_H = f(k_H)$. Коэффициент использования k_H рассматриваемого асинхронного двигателя достигает максимума при коэффициенте насыщения $k_H = 1.7$, что соответствует следующим значениям магнитных индукций в стальных участках магнитной цепи: $B_{31} = 1.99$ Тл; $B_{c1} = 1.79$ Тл; $B_{32} = 1.84$ Тл; $B_{c2} = 1.23$ Тл. Основным недостатком данного показателя качества асинхронного двигателя является то, что мы имеем лишь косвенную оценку качества, выраженную через степень насыщения магнитной системы двигателя.

Целесообразно ввести в рассмотрение еще одну техническую характеристику, которая имела бы привязку непосредственно к объему активного ядра двигателя. Для создания такой характеристики выберем в качестве аргумента непосредственно объем активного ядра двигателя V_{1H} , а в качестве функции возьмем ранее введенный в рассмотрение коэффициент использования активных материалов двигателя k_H , и тогда получим обобщенный коэффициент качества

$$k_K = \frac{\eta \cos \varphi_1}{V_{1H}} = f(V_{1H}),$$

который графически представлен на рис. 6.

Из рис. 6 видно, что действительно, при некотором значении объема активного ядра двигателя коэффициент качества имеет максимальное значение $k_K = 145$. При дальнейшем увеличении магнитных индукций в стальных участках магнитной цепи по сравнению с $B_{31} = 1.99$ Тл; $B_{c1} = 1.79$ Тл;



$B_{32} = 1.84$ Тл; $B_{c2} = 1.23$ Тл объем V_{1H} будет уменьшаться, обуславливая снижение коэффициента качества из-за значительного уменьшения энергетического КПД двигателя. И наоборот, при уменьшении числовых значений перечисленных магнитных индукций объем V_{1H} будет увеличиваться, имея своим следствием снижение коэффициента k_K .

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение магнитных индукций в стальных участках магнитной системы асинхронного двигателя (АД) сопровождается монотонным снижением энергетического КПД при одновременном уменьшении объема активных материалов двигателя.

2. Для оценки качества АД на этапе проектирования целесообразно ввести в рассмотрение показатель использования k_H , представляющий собой отношение энергетического КПД к объему активных материалов.

3. Исследования и расчеты показали, что скорость снижения объема активных материалов АД больше, чем скорость снижения энергетического КПД, что обусловило наличие максимума в показателе качества k_K .

4. Увеличение магнитных индукций на участках магнитной системы приводит к повышению степени использования активных материалов двигателя и наличие максимума коэффициента использования k_H закрывает вопрос о числовых значениях магнитных индукций в зубцах и сердечниках статора и ротора АД.

5. Потери в стали статора практически не влияют на числовое значение максимума коэффициента качества. Поэтому при расчете оптимальной поперечной геометрии можно не учитывать магнитные потери стали статора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов М. А., Пантюхов Д. С. Оптимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре асинхронного двигателя // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 2. С. 31–38.
2. Ваганов М. А., Пантюхов Д. С., Пименова И. А. Определение основных размеров асинхронного двигателя и расчет его обмотки статора // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 2. С. 49–56.
3. Ваганов М. А., Пантюхов Д. С. Максимум энергетического КПД асинхронного двигателя // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 8. С. 68–76.

M. A. Vaganov, V. F. Matyuhov, I. A. Pimenova, G. N. Sumenkova
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

BASES OF CALCULATION OF COMMON INDUSTRIAL ASYNCHRONOUS ENGINES

The count model of the asynchronous engine, allowing to choose its optimum cross geometry and value of magnetic induction in the air gap, which provide high use of active materials relative to electromagnetic moment of this engine is offered. Was shown that exist optimum values of magnetic induction in a teeth and in stator and rotor cores in which the relation of power efficiency of the engine to the volume of its active core reaches it's maximum.

Optimum cross geometry, magnetic induction in an air gap, coefficient of saturation of magnetic system, tooth zones of a stator and rotor, approximation of curves of magnetization, power efficiency of the engine, volume of the active materials, indicator of quality of the engine

УДК 621.9.06-529

М. П. Белов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

А. Н. Губин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Особенности разработки системы управления электроприводами механизмов робота-штабелера автоматизированного склада

Рассмотрены вопросы построения, организации функционирования и управления транспортно-складской ячейкой автоматизированного цеха с учетом особенностей функционирования асинхронных и шаговых электродвигателей, используемых в качестве привода робота-штабелера.

Автоматизированный склад, робот-штабелер, энергетическая диаграмма, асинхронный двигатель, шаговый двигатель, контроллер технологический, система управления

Автоматизированные склады на промышленных предприятиях играют важную роль в общем технологическом процессе производства – они поддерживают или задают ритм производства. Можно даже утверждать, что именно склады являются «организаторами» производства, так как любой процесс производства (на отдельном участке, в цехе или в целом на предприятии) начинается и заканчивается на складах. Следова-

тельно, от уровня технической оснащенности и организации работ на этих складах зависят организованность, общий ритм и эффективность производственного процесса.

Стеллажный способ хранения относится к прогрессивной форме хранения пакетированных тарно-штучных грузов. Он получил повсеместное распространение. Применение стеллажей создает благоприятные условия для автоматизации всех