

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.314

О. Н. Парфенович, канд. техн. наук, доц., А. С. Третьяков

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЕ ДАС С ТРЁХРОТОРНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОЙ

В статье излагаются краткие сведения о конструкции асинхронного электродвигателя с трёхроторной электромеханикой. Представлены энергетическая, тепловая и вентиляционная модели рассматриваемого электродвигателя. Предложена методика расчета тепловентиляционных процессов данного электродвигателя. На основании расчетов обосновывается положение о рассматриваемом электродвигателе как энерго- и ресурсосберегающем. Приведены расчётные данные температур отдельных узлов рассматриваемого электродвигателя.

Введение

В настоящее время в связи с развитием силовой преобразовательной техники базовой электрической машиной автоматизированного регулируемого электропривода стал асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором.

Достоинства

1. Простота и технологичность конструкции.
2. Срок службы (по стандартам) – до 17 лет.
3. Относительно малые габариты и стоимость.

Недостатки

1. Для обеспечения управления пуском, торможением, регулированием частоты вращения и энергосбережения необходимо использовать дорогостоящие преобразователи частоты (в 3...4 раза дороже самих электродвигателей).
2. Большое потребление реактивной мощности (до 80 % в номинальном режиме, до 100 % в режиме холостого хода).
3. Для решения задачи электромагнитной совместимости необходимо применять дорогостоящие фильтры, устанавливаемые на входе и выходе преобразователя.

4. При работе с частотным преобразователем в режимах регулирования частоты вращения необходимо устанавливать вентиляторы–наездники с постоянной частотой вращения.

5. В связи с тем, что преобразователь частоты работает на модулируемой частоте 4...15 кГц, сокращается срок службы обмоток электродвигателя.

Некоторые из вышеуказанных недостатков устранены в семействе электродвигателей, выполненных по конструктивной схеме ДАС (двигатель асинхронный, специально предназначенный для работы с регулятором напряжения) [1–7]. Цель данной работы – показать, что асинхронные электродвигатели по конструктивной схеме ДАС, в частности модификации ДАС-14, обладают улучшенными тепловыми режимами и энергетическими параметрами, являясь ресурсосберегающими.

Теоретические положения

Для выявления вышеуказанных преимуществ семейства электродвигателей, выполненных по конструктивной схеме ДАС, рассмотрим асинхронный электродвигатель ДАС–14. Особенности конструкции данного электродвигателя приведены на рис. 1 [1].

Электродвигатель работает следующим образом. При снижении переменного напряжения на обмотках статора 9 и при наличии замкнутой по частоте вращения силового ротора 10 системы управления скорость вращения силового ротора 10 будет изменяться вниз от номинальной, но частота вращения малых роторов 11 и 12 будет постоянной, близкой к номинальной. Отвод потерь скольжения, выделяющихся в стержневой обмотке силового ротора

10, будет осуществляться в осевом направлении по обе стороны силового ротора 10 с выходом на вентиляторы-теплорассеиватели 13 и 14. Далее потоками воздуха, забираемого через радиальные отверстия 23 и 24 подшипниковых щитов 2 и 3 вентиляторами 15 и 16, вращающимися с постоянной, близкой к синхронной, скоростью, потери выводятся через осевые отверстия 25 и 26 подшипниковых щитов 2 и 3 в окружающую среду.

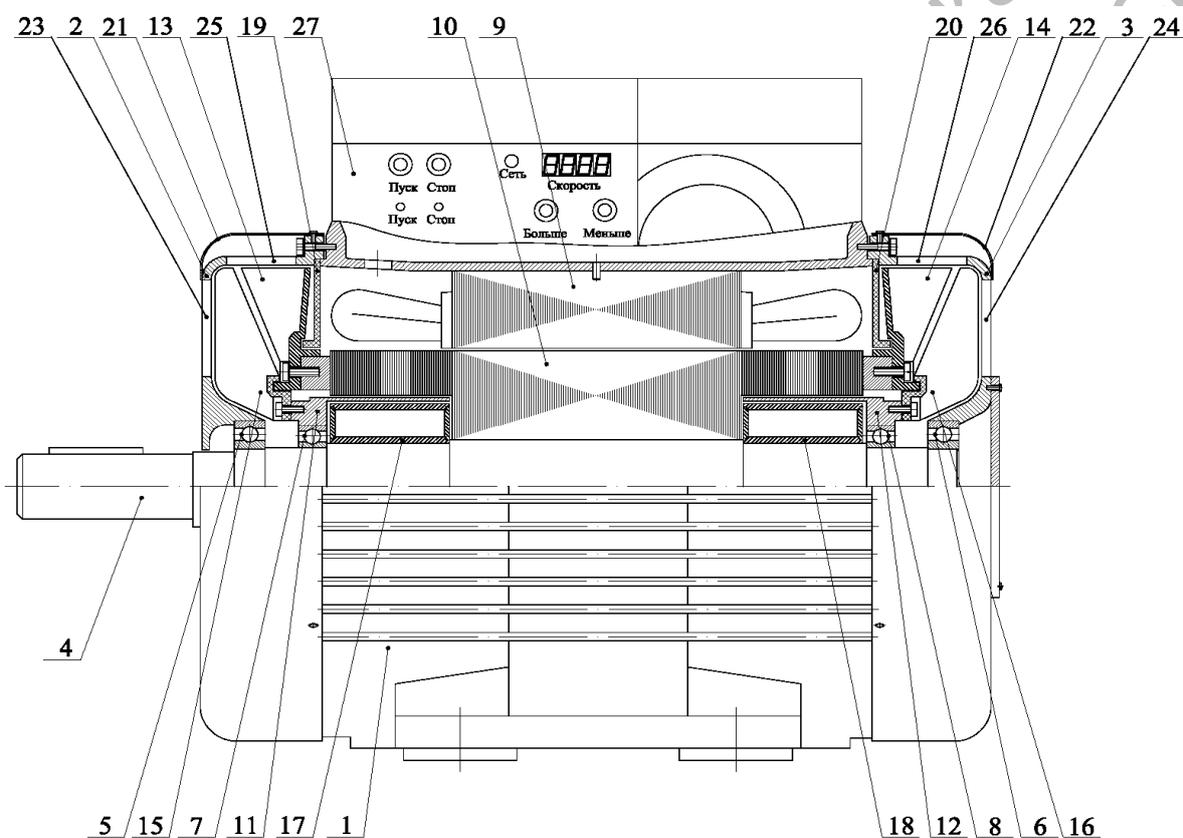


Рис. 1. Особенности конструкции асинхронного электродвигателя по конструктивной схеме ДАС с трехроторной электромеханикой (ДАС-14): 1 – станина электродвигателя; 2, 3 – подшипниковые щиты; 4 – вал силового ротора; 5, 6 – подшипники силового ротора; 7, 8 – подшипники малых роторов вентиляторов; 9 – магнитопровод статора с обмоткой; 10 – удлиненный магнитопровод силового ротора со стержневой обмоткой; 11, 12 – малые роторы вентиляторов; 13, 14 – лопасти вентиляторов-теплорассеивателей силового ротора; 15, 16 – вентиляторы, закрепленные на малых роторах; 17, 18 – магнитопроводы малых роторов вентиляторов; 19, 20 – кольцевые перегородки; 21, 22 – кожухи; 23, 24 – радиальные отверстия подшипниковых щитов; 25, 26 – осевые отверстия подшипниковых щитов; 27 – клеммная коробка со встроенным электронным блоком регулирования

Рассмотрим энергетическую, тепловую и вентиляционную модели для данного асинхронного электродвигателя, связанные соответственно с тепловыделением, теплопередачей и выносом

теплопотерь из электродвигателя.

Энергетическая модель показана на рис. 2. Модель представляет собой энергетическую диаграмму распределения потерь в отдельных узлах электро-

двигателя при преобразовании подводимой электрической энергии P_{10} в механическую P_2 на валу электродвигателя. На диаграмме указаны следующие обозначения: $\Delta P_{рн}$ – потери мощности в регуляторе напряжения; ΔP_c – потери в стали статора; $\Delta P_{эл1}$ – потери в обмотке статора; $\Delta P_{эл2}$ – потери в обмотке ротора; $\Delta P_{мех11}$ – механические потери в силовом роторе со стороны выходного его конца; $\Delta P_{мех12}$ – механические потери в силовом роторе со стороны торцевого его конца; $\Delta P_{мех2}$ – механические потери в роторе вентилятора со стороны выходного конца вала; $\Delta P_{мех3}$ – механические потери в роторе вентилятора со

стороны торцевого конца вала; $\Delta P_{доб11}$ – добавочные потери в силовом роторе со стороны выходного конца вала; $\Delta P_{доб12}$ – добавочные потери в силовом роторе со стороны торцевого конца вала; $\Delta P_{вент11}$ – вентиляционные потери от вентилятора на силовом роторе со стороны выходного конца вала; $\Delta P_{вент12}$ – вентиляционные потери от вентилятора на силовом роторе со стороны торцевого конца вала; $\Delta P_{вент2}$ – потери на вентиляцию от малого ротора со стороны выходного конца вала; $\Delta P_{вент3}$ – потери на вентиляцию от малого ротора со стороны торцевого конца вала.

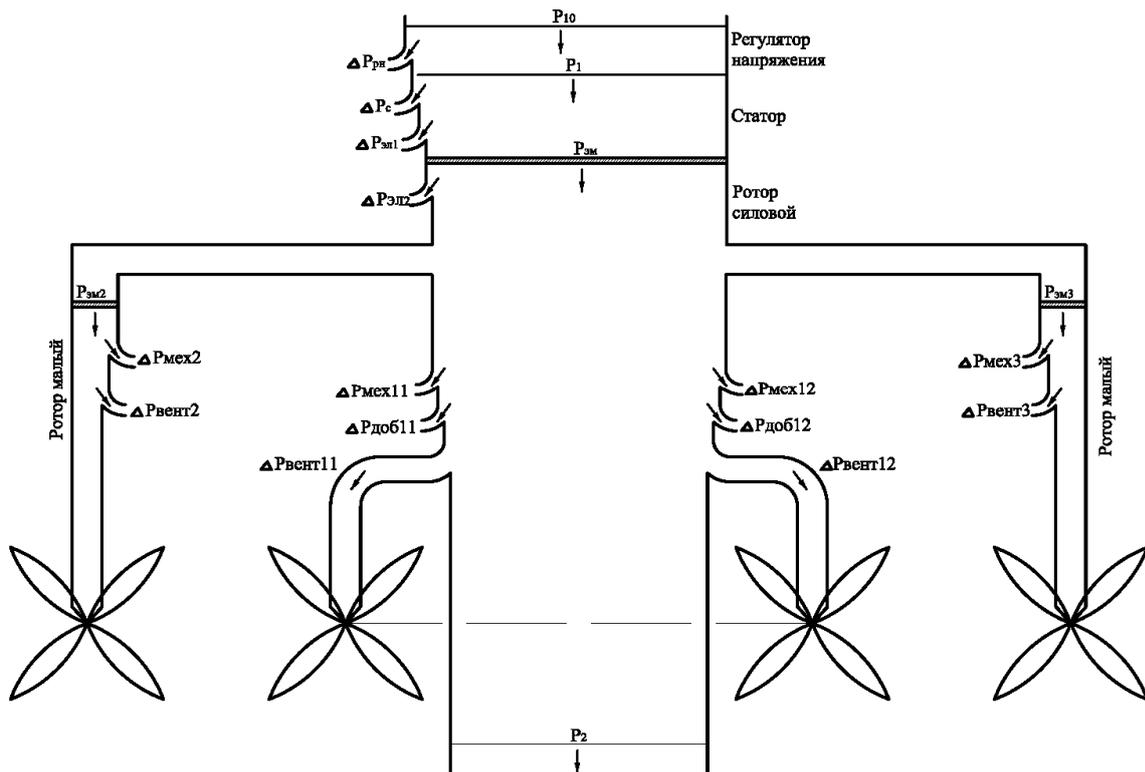


Рис. 2. Энергетическая диаграмма электродвигателя ДАС-14

Тепловая модель электродвигателя ДАС-14 в форме тепловой схемы замещения показана на рис. 3.

На схеме параметры ΔP определяют потери подводимой к электродви-

гателю мощности P_{10} в соответствующих «однородных телах» этого электродвигателя (в теории тепловых процессов электрических машин и здесь под «однородным телом» понимаются

тела, обладающие равномерным рассеиванием тепла со всей поверхности и бесконечной теплопроводностью), в частности, ΔP_c , $\Delta P_{эл1}$, $\Delta P_{эл2}$, $\Delta P_{рн}$ – в соответствии с энергетической диаграммой на рис. 2:

$$\Delta P'_{мп} = \Delta P_{мех2} + \Delta P_{вент2}; \quad (1)$$

$$\Delta P''_{мп} = \Delta P_{мех3} + \Delta P_{вент3}; \quad (2)$$

$$\Delta P'_{вт} = \Delta P_{мех11} + \Delta P_{вент11} + \Delta P_{доб11}; \quad (3)$$

$$\Delta P''_{вт} = \Delta P_{мех12} + \Delta P_{вент12} + \Delta P_{доб12}. \quad (4)$$

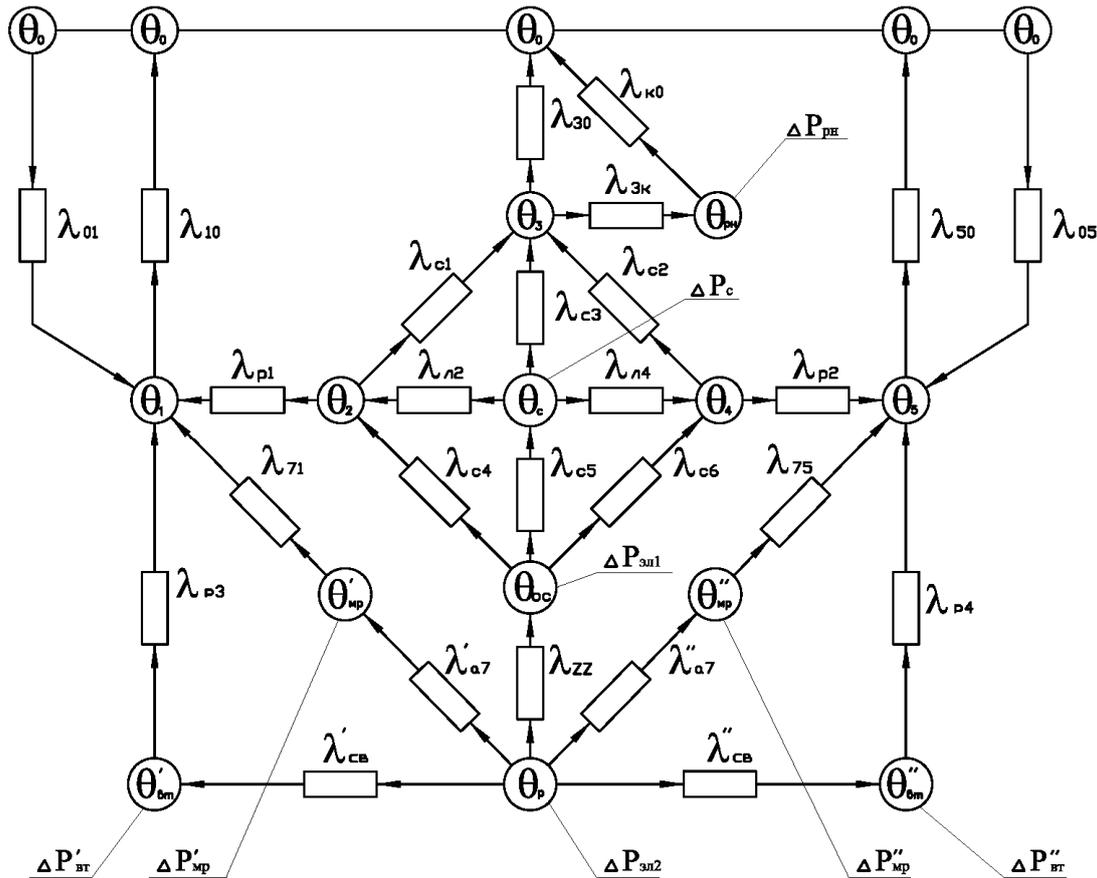


Рис. 3. Тепловая схема замещения электродвигателя ДАС-14

Расчет составляющих потерь энергетической диаграммы и тепловой схемы замещения можно произвести по методикам, предложенным в [3].

Тепловая схема замещения определена как состоящая из 13 «однородных тел»: статора (температура перегрева Θ_c), обмотки статора (температура перегрева Θ_{oc}), ротора силового со стержневой обмоткой (Θ_p), двух малых роторов с лопастями вентиляторов

($\Theta'_{мп}$, $\Theta''_{мп}$), двух вентиляторов-теплорассеивателей ($\Theta'_{вт}$, $\Theta''_{вт}$), воздушной зоны лобовой части обмотки статора со стороны выходного конца вала (Θ_2), воздушной зоны лобовой части со стороны торцевого конца вала (Θ_4), воздушной зоны вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны выходного конца вала (Θ_1), воздушной зоны вентиляторно-радиаторного охлаждения со

стороны торцевого конца вала (Θ_5), клеммной коробки со встроенным тиристорным регулятором напряжения ($\Theta_{рн}$), станины (Θ_3), температуры окружающей среды (Θ_0).

13 «однородных тел» по схеме связаны между собой такими тепловыми проводимостями, как λ'_{a7} , λ''_{a7} – тепловые проводимости передачи тепла от токопроводящих стержней силового ротора в два малых ротора с лопастями вентиляторов; λ'_{cb} , λ''_{cb} – тепловые проводимости передачи тепла от токопроводящих стержней ротора в вентилятор–теплорассеиватели; λ_{71} – тепловая проводимость от вентилятора малого ротора к воздушной зоне вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны выходного конца вала; λ_{75} – тепловая проводимость от вентилятора малого ротора к воздушной зоне вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны торцевого конца вала; λ_{p3} – тепловая проводимость от вентилятора-теплорассеивателя силового ротора к воздушной зоне вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны выходного конца вала; λ_{p4} – тепловая проводимость от вентилятора силового ротора к воздушной зоне вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны торцевого конца вала; λ_{p1} – тепловая проводимость от лобовой части статорной обмотки к воздушной зоне вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны выходного конца вала; λ_{p2} – тепловая проводимость от лобовой части статорной обмотки к воздушной зоне вентиляторно-радиаторного охлаждения со стороны торцевого конца вала; $\lambda_{л2}$ – тепловая проводимость от статора к лобовой части со стороны выходного конца вала; $\lambda_{л4}$ – тепловая проводимость от статора к лобовой части со стороны торцевого конца вала; λ_{c3} – тепловая про-

воодимость от статора к станине; λ_{10} – тепловая проводимость от воздушной зоны вентиляторно-радиаторного охлаждения вала к воздушной зоне окружающей среды со стороны выходного конца вала; λ_{50} – тепловая проводимость от воздушной зоны вентиляторно-радиаторного охлаждения к воздушной зоне окружающей среды со стороны торцевого конца вала; λ_{30} – тепловая проводимость от станины к воздушной зоне окружающей среды; $\lambda_{3к}$ – тепловая проводимость от станины к регулятору напряжения; $\lambda_{к0}$ – тепловая проводимость от регулятора напряжения к воздушной зоне окружающей среды; λ_{c1} – тепловая проводимость от лобовой части к станине со стороны выходного конца вала; λ_{c2} – тепловая проводимость от лобовой части к станине со стороны торцевого конца вала; λ_{c4} – тепловая проводимость от обмотки статора к лобовой части со стороны выходного конца вала; λ_{c6} – тепловая проводимость от обмотки статора к лобовой части со стороны торцевого конца вала; λ_{c5} – тепловая проводимость от железа статора к обмотке статора; λ_{30} – тепловая проводимость от станины к воздушной зоне окружающей среды.

Расчет тепловых проводимостей можно произвести по методике, предложенной в [3, 4].

Тепловая схема замещения по рис. 3 описывается следующей системой уравнений теплового баланса:

$$\Delta P_c = \Theta_c \cdot (\lambda_{л2} + \lambda_{c3} + \lambda_{л4} + \lambda_{c5}) - \Theta_2 \cdot \lambda_{л2} - \Theta_3 \cdot \lambda_{c3} - \Theta_{oc} \cdot \lambda_{c5} - \Theta_4 \cdot \lambda_{л4}; \quad (5)$$

$$\Delta P_{эл2} = \Theta_p \cdot (\lambda'_{cb} + \lambda'_{a7} + \lambda_{zz} + \lambda''_{a7} + \lambda''_{cb}) - \Theta'_{вт} \cdot \lambda'_{cb} - \Theta'_{мб} \cdot \lambda'_{a7} - \Theta_{oc} \cdot \lambda_{zz} - \Theta''_{мб} \cdot \lambda''_{a7} - \Theta''_{вт} \cdot \lambda''_{cb}; \quad (6)$$

$$\Delta P'_{\text{вТ}} = \Theta'_{\text{вТ}} \cdot (\lambda_{\text{p3}} + \lambda'_{\text{св}}) - \Theta_1 \cdot \lambda_{\text{p3}} - \Theta_{\text{п}} \cdot \lambda'_{\text{св}}; (7)$$

$$\Delta P''_{\text{вТ}} = \Theta''_{\text{вТ}} \cdot (\lambda_{\text{p4}} + \lambda''_{\text{св}}) - \Theta_5 \cdot \lambda_{\text{p4}} - \Theta_{\text{п}} \cdot \lambda''_{\text{св}}; (8)$$

$$\Delta P'_{\text{мр}} = \Theta'_{\text{мр}} \cdot (\lambda'_{\text{а7}} + \lambda_{\text{т71}}) - \Theta_{\text{п}} \cdot \lambda'_{\text{а7}} - \Theta_1 \cdot \lambda_{\text{т71}}; (9)$$

$$\Delta P''_{\text{мр}} = \Theta''_{\text{мр}} \cdot (\lambda''_{\text{а7}} + \lambda_{\text{т75}}) - \Theta_{\text{п}} \cdot \lambda''_{\text{а7}} - \Theta_5 \cdot \lambda_{\text{т75}}; (10)$$

$$\Delta P_{\text{рн}} = \Theta_{\text{рн}} \cdot (\lambda_{\text{зк}} + \lambda_{\text{к0}}) - \Theta_3 \cdot \lambda_{\text{зк}} - \Theta_0 \cdot \lambda_{\text{к0}}; (11)$$

$$\Delta P_{\text{эл1}} = \Theta_{\text{ос}} \cdot (\lambda_{\text{с4}} + \lambda_{\text{с5}} + \lambda_{\text{с6}} + \lambda_{\text{зз}}) - \Theta_2 \cdot \lambda_{\text{с4}} - \Theta_{\text{с}} \cdot \lambda_{\text{с5}} - \Theta_4 \cdot \lambda_{\text{с6}} - \Theta_{\text{п}} \cdot \lambda_{\text{зз}}; (12)$$

$$0 = \Theta_1 \cdot (\lambda_{\text{т10}} + \lambda_{\text{п1}} + \lambda_{\text{т71}} + \lambda_{\text{п3}}) - \Theta_0 \cdot \lambda_{\text{т10}} - \Theta_2 \cdot \lambda_{\text{п1}} - \Theta'_{\text{вТ}} \cdot \lambda_{\text{п3}} - \Theta'_{\text{мр}} \cdot \lambda_{\text{т71}}; (13)$$

$$0 = \Theta_2 \cdot (\lambda_{\text{п1}} + \lambda_{\text{с1}} + \lambda_{\text{л2}} + \lambda_{\text{с4}}) - \Theta_1 \cdot \lambda_{\text{п1}} - \Theta_{\text{с}} \cdot \lambda_{\text{л2}} - \Theta_3 \cdot \lambda_{\text{с1}} - \Theta_{\text{ос}} \cdot \lambda_{\text{с4}}; (14)$$

$$0 = \Theta_3 \cdot (\lambda_{\text{с1}} + \lambda_{\text{з0}} + \lambda_{\text{зк}} + \lambda_{\text{с2}} + \lambda_{\text{с3}}) - \Theta_2 \cdot \lambda_{\text{с1}} - \Theta_0 \cdot \lambda_{\text{з0}} - \Theta_{\text{рн}} \cdot \lambda_{\text{зк}} - \Theta_{\text{с}} \cdot \lambda_{\text{с3}} - \Theta_4 \cdot \lambda_{\text{с2}}; (15)$$

$$0 = \Theta_4 \cdot (\lambda_{\text{л4}} + \lambda_{\text{с2}} + \lambda_{\text{п2}} + \lambda_{\text{с6}}) - \Theta_{\text{с}} \cdot \lambda_{\text{л4}} - \Theta_3 \cdot \lambda_{\text{с2}} - \Theta_5 \cdot \lambda_{\text{п2}} - \Theta_{\text{ос}} \cdot \lambda_{\text{с6}}; (16)$$

$$0 = \Theta_5 \cdot (\lambda_{\text{з0}} + \lambda_{\text{п2}} + \lambda_{\text{т75}} + \lambda_{\text{п4}}) - \Theta_0 \cdot \lambda_{\text{з0}} - \Theta_4 \cdot \lambda_{\text{п2}} - \Theta''_{\text{мр}} \cdot \lambda_{\text{т75}} - \Theta''_{\text{вТ}} \cdot \lambda_{\text{п4}}; (17)$$

Решение этих уравнений определяет температуры перегрева Θ в соответствующих «однородных телах», но без учета вентиляции.

Для определения влияния вентиляции на тепловые процессы в электродвигателе ДАС-14 можно воспользоваться упрощенной его вентиляционной схемой замещения, представленной на рис. 4.

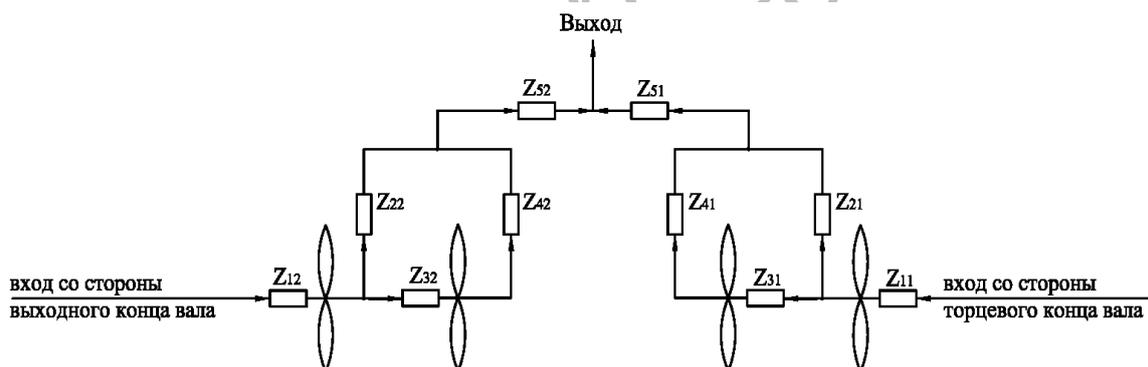


Рис. 4. Расчетная вентиляционная схема замещения асинхронного электродвигателя ДАС-14

В схеме на рис. 4 приведены следующие обозначения: Z_{12} – аэродинамическое сопротивление прохождению воздушного потока через радиальные отверстия подшипникового щита со стороны выходного конца вала; Z_{32} – аэродинамическое сопротивление прохождению воздушного потока от вентилятора малого ротора к вентилятору-теплорассеивателю; Z_{22} – аэродинамическое сопротивление прохождению воздушного потока от вентилятора ма-

лого ротора через осевые отверстия в кожух; Z_{42} – аэродинамическое сопротивление прохождению воздушного потока от вентилятора-теплорассеивателя через осевые отверстия в кожух; Z_{52} – сопротивление прохождению объединенного воздушного потока через кожух и межреберные каналы в воздушную среду со стороны выходного конца вала. Аналогично и соответственно определяются аэродинамические сопротивления Z_{11} , Z_{21} , Z_{31} , Z_{41} , Z_{51} со стороны

торцевого конца вала электродвигателя.

Суммарное сопротивление вентиляционной цепи электродвигателя при работе в номинальном режиме (как с одного ($Z_{э\text{кв}1}$), так и со второго ($Z_{э\text{кв}2}$) выходных концов вала):

$$Z_{э\text{кв}1} = Z_{э\text{кв}2} = Z_{12} + Z_{52} + \frac{Z_{22} \cdot (Z_{32} + Z_{42})}{Z_{22} + Z_{32} + Z_{42}}. \quad (18)$$

Расчет аэродинамических сопротивлений можно произвести по методике, предложенной в [5, 6].

Влияние вентиляционных узлов электродвигателя ДАС-14 на его энергоэффективность определено следующим образом.

1. В соответствии с (5)...(12) допустимые потери в электродвигателе при работе с номинальной скоростью без вентиляторов для температуры перегрева обмотки статора $\Theta = 80$ °С:

$$\Delta P_{б.в} = \Delta P_{эл1(б.в)} + \Delta P_{эл2(б.в)} + \sum \Delta P_{мех} + \sum \Delta P_{доб} = \Delta P_{эл.пер(б.в)} + \Delta P_{пост}, \quad (19)$$

где

$$\Delta P_{эл.пер(б.в)} = \Delta P_{эл1(б.в)} + \Delta P_{эл2(б.в)}. \quad (20)$$

2. Суммарная мощность вентиляторов при их вращении с номинальной скоростью:

$$\sum \Delta P_{вент} = \Delta P_{вент2} + \Delta P_{вент3} + \Delta P_{вент11} + \Delta P_{вент12} = \frac{Q_{\Sigma} \cdot H_{\Sigma}}{\eta}, \quad (21)$$

где суммарная производительность вентиляторов Q_{Σ} и напор H_{Σ} определяются, исходя из конструктивных параметров вентиляторов.

3. Потери напора в вентиляционной цепи (см. рис. 4) в соответствии с (18):

$$\Delta H_{вц} = (Z_{э\text{кв}1} + Z_{э\text{кв}2}) \cdot Q_{\Sigma}^2. \quad (22)$$

4. Часть мощности вентиляторов, потраченная на компенсацию потерь напора:

$$\Delta P_{вц} = (Z_{э\text{кв}1} + Z_{э\text{кв}2}) \cdot Q_{\Sigma}^3. \quad (23)$$

5. Часть мощности вентиляторов, определяющая отвод тепловых потерь обмоток статора и ротора электродвигателя (механическими потерями от трения в подшипниках вентиляторов за их малостью пренебрегаем):

$$\Delta P_{в.оп} = \sum P_{вент} - \Delta P_{вц}. \quad (24)$$

6. Суммарная мощность переменных потерь, которая может быть отведена в окружающую среду конструктивом электродвигателя ДАС-14:

$$\Delta P_{св} \cong \Delta P_{эл.(б.в)} + \Delta P_{в.оп} = I_{н}^2 \cdot (r_1 + r_2'), \quad (25)$$

где $I_{н}$ – расчетное значение номинального тока электродвигателя ДАС-14; r_1, r_2' – сопротивления обмотки статора и стержней ротора электродвигателя.

В рассматриваемом электродвигателе имеются другие конструктивные изменения, в частности, изменены формы паза железа статора, ротора (в его активной и выступающей частях), изменен материал стержней ротора и др.

Расчетные параметры электродвигателя ДАС-14 в сравнении с базовой моделью АИРС100S4 и аналогом фирмы «Сименс» приведены в табл. 1.

На основании полученных расчетных данных асинхронного электродвигателя ДАС-14 были рассчитаны температуры перегрева отдельных узлов указанного электродвигателя (табл. 2).

Выводы

1. На основе предлагаемой конструкции асинхронного с короткозамкнутым ротором электродвигателя с трехроторной электромеханикой могут быть разработаны асинхронные электродвигатели общепромышленного и специального исполнения, имеющие более высокие технико-экономические, в том числе и энергетические, параметры.

Табл. 1. Характеристики асинхронных электродвигателей

Параметры	АИРС100S4	ДАС-14 с электронным регулятором напряжения	СМ300/400 с электронным регулятором частоты («Сименс» (ФРГ))
Мощность, Вт	2300	3800	3000
Напряжение, В	380	380	380
Ток, А	5,76	8,56	6,92
Частота вращения, об/мин	1428	1428	1415
Ток холостого хода, А	4,3	0,5	0,5
КПД номинальный, %	78	81	81,5
cos (f) номинальный	0,78	0,83	0,81
Кратность пускового тока I_n/I_n	6,2	3,2	6
Кратность пускового момента M_n/M_n	2,8	2,50	2,8
Кратность максимального момента M_{max}/M_n	3,1	2,55	3
Кратность минимального момента M_{min}/M_n	2,27	2,4	2,2
Момент, допустимый по условиям нагрева при $n = 0$, Н·м	0,5	8,0	8,4
Габариты, мм	360×245×240	366×270×240	360×289×240
Масса, кг	27,9	29,8	28
Цена, у. е.	200	340	1000

Табл. 2. Расчётные значения температур перегрева отдельных узлов асинхронного электродвигателя ДАС-14

Параметры	Значение
Температура перегрева обмотки статора, °С	80
Температура перегрева статора, °С	67
Температура перегрева силового ротора, °С	72
Температуры перегрева роторов вентиляторов, °С	72
Температура перегрева станины, °С	52
Температуры перегрева воздушных зон лобовых частей, °С	64
Температуры перегрева воздушных зон вентиляторно-радиаторного охлаждения, °С	26
Температура перегрева регулятора напряжения, °С	28
Температуры перегрева вентиляторов-теплорассеивателей, °С	33

2. Предлагаемая в статье методика расчёта тепловых процессов в электродвигателе оригинальной конструкции позволяет определить допустимую по условиям нагрева его мощность, далее обозначив её как номинальную, расчи-

тать все остальные номинальные параметры электродвигателя.

3. Полученные результаты расчёта тепловых режимов асинхронного электродвигателя ДАС-14 показали, что данный электродвигатель обладает

улучшенными условиями отвода потерь. Применение двух дополнительных роторов с вентиляторами и двух вентиляторов-теплорассеивателей на торцах силового ротора позволяет более интенсивно выводить из электродвигателя тепловые потери, тем самым снять большую мощность с вала электродвигателя (до 40 % по сравнению с АИРС100S4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. а 20071410 РБ, МПК (2006) Н 02К 9/04. Асинхронный электродвигатель для регулируемого привода машин и механизмов / О. Н. Парфенович, А. С. Третьяков ; заявитель и патентообладатель Белорус-Рос. ун-т. – № 12180 ; заявл. 11.21.07 ; опубл. 06.30.09, Бюл. № 12 (II ч.). – 18 с.
2. Парфенович, О. Н. Элементы теории тепловых процессов электродвигателя по конструктивной схеме ДАС с двухроторной электро-механикой / О. Н. Парфенович, А. С. Третьяков //

Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 148–157.

3. Асинхронные двигатели общего назначения / Е. П. Бойко, Ю. В. Гаинцев, Ю. В. Ковалев ; под ред. В. М. Петрова и А. Э. Кравчика. – М. : Энергия, 1980. – 488 с. : ил.

4. Филлипов, И. Ф. Теплообмен в электрических машинах / И. Ф. Филлипов. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 260 с.

5. Проектирование электрических машин : учебник для вузов в 2 кн. / И. П. Копылов, Б. К. Клоков, Б. Ф. Токарев ; под ред. И. П. Копылова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1993. – Кн. 1. – 384 с. : ил.

6. Виноградов, В. И. Вентиляторы электрических машин / В. И. Виноградов. – Л. : Энергоиздат, 1980. – 200 с. : ил.

7. Развить теоретические основы создания и эффективного применения управляемого электропривода переменного тока на основе новых конструктивных решений асинхронных электродвигателей и систем фазового управления : отчет о НИР (закл.) / МГТУ ; рук. О. Н. Парфенович ; исп. Л. М. Тюшкевич [и др.]. – Могилёв, 2000. – 156 с. – Библиогр. : с. 157–160. – № ГР 1998781.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 23.03.2010

O. N. Parfenovich, A. S. Tretiakov
Elements of the theory of thermal processes of the electric motor under constructive scheme DAS with three – rotor electromechanics

In the article short data on a design of the asynchronous electric motor with three – rotor electromechanics are stated. Power, thermal and ventilating models of the considered electric motor are presented. Methods of calculation of thermal and ventilating processes of the given electric motor are offered. On the basis of these calculations the stated electric motor is considered to be energo- and resource-saving.