

УДК 621.735:2.043

П.Г. ГАКАЛ¹, А.В. ТРЕТЬЯК^{1,2}, К.В. СЛЮСАРЧУК², Е.В. ТРЕТЬЯК^{1,2}¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина²ГП завод «Электротяжмаш»

К МОДЕЛИРОВАНИЮ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЫСОКООБОРОТНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Приведен аналитический обзор применения теплогидравлических расчетов при проектировании электродвигателей большой мощности, указаны недостатки существующих методик расчета, рассмотрены конструктивные особенности электродвигателей и определена возможность применения двигателей данного класса при замене газотурбинных приводов на высокооборотные асинхронные электродвигатели большой мощности. Разработана возможная схема общей компоновки электродвигателя и указана система вентиляции, способная обеспечить работу двигателя на всех режимах работы. В качестве опор используется магнитный подвес.

Ключевые слова: электродвигатель большой мощности, теплогидравлический расчет, граничные условия, системы охлаждения.

Введение

Газопроводы и компрессорные станции с техническим оборудованием отчасти находятся в эксплуатации в течение длительного времени - нескольких десятков лет. Связанные с обеспечением договорных поставок растущие затраты по техобслуживанию и ремонту оборудования ведут к росту общих эксплуатационных расходов. В то же время уже существуют новые технологии для компрессоров, приводов и систем автоматизации процесса, обладающие более высокими показателями КПД, с меньшими габаритами и более простым управлением, которые можно использовать при модернизации.

Основная задача эксплуатационной службы компрессорной станции (КС) заключается в перекачке природного газа в заданных количествах и поддержании давления в магистральных газопроводах. Поэтому основными звеньями в цепи средств производства КС является компрессор и привод. В большинстве случаев в качестве приводов используют газотурбинные двигатели с очень низким ресурсом работы, по сравнению с компрессором, требующие частого техосмотра и ремонта, что приводит к дополнительным затратам и частой смене привода. Поэтому тенденция газотранспортных систем Украины и мира - необходимость замены газотурбинных приводов на высокооборотные электродвигатели (ЭД) большой мощности, способные заменить газотурбинные двигатели.

Для газотранспортных компрессоров необходимы приводы с большим числом оборотов и достаточно высокой мощностью. Поэтому приводы, работающие

на постоянном токе, для этих целей не пригодны. Этим требованиям могут удовлетворять только электроприводы, работающие на трехфазном токе. При использовании синхронных электродвигателей существуют ограничения возможности их применения. В большинстве случаев для прямого соединения с компрессором достигаемое число оборотов является недостаточным, так как частота электропитания от сети составляет 50 или 60 Гц, а двигатели, в лучшем случае, могут быть только двухполюсные. Таким образом, двухполюсные трехфазные двигатели в сети с частотой 50 Гц могут дать максимально 3000 об/мин, а в сети 60 Гц - 3600 об/мин.

Ввиду того, что для газотранспортных компрессоров нужны большие обороты, на практике между компрессором и компрессором устанавливается редуктор, передаточное число которого можно точно адаптировать с учетом специфики каждого конкретного решения. Наличие редуктора определяет дополнительные потери, а также необходимость дополнительных систем для смазки редуктора. Асинхронные электродвигатели с преобразователем частоты способны работать в нужном диапазоне частот и способны заменить газотурбинные двигатели.

Результаты исследований

В табл. 1 отображены основные параметры ЭД Siemens. В настоящее время ГП завод «Электротяжмаш» производит разработку высокооборотного двигателя мощностью 12,5 МВт. Для двигателей такой мощности, учитывая что обороты составляют 6500

об./мин. на номинальном режиме, необходимо использовать магнитный подвес для уменьшения потерь на трение, а также для увеличения надежности двигателя.

Таблица 1
Основные параметры ЭД Siemens

Параметры	Значения
Номинальная мощность, кВт	12000
Частота вращения, об./мин.	6200
Охлаждение	Воздушное
Вес, кг	21900
Подшипники	Магнитные

При проектировании двигателя также предъявляются требования по взрывозащите, согласно ЕЕхреII (необходимость обеспечения наддува, 2 оболочки, наружная и внутренняя, необходимость установки дополнительных компрессоров для продувки двигателя воздухом перед запуском).

На рис. 1 изображена возможная схема системы вентиляции двигателя ГП завод «Электротяжмаш». В табл. 2 приведены основные параметры двигателя.

При проведении тепловых расчетов ЭД и выборе системы вентиляции необходимо учитывать, что максимальная температура наиболее нагретой точки не должна превышать температуры воспламенения взрывоопасной смеси.

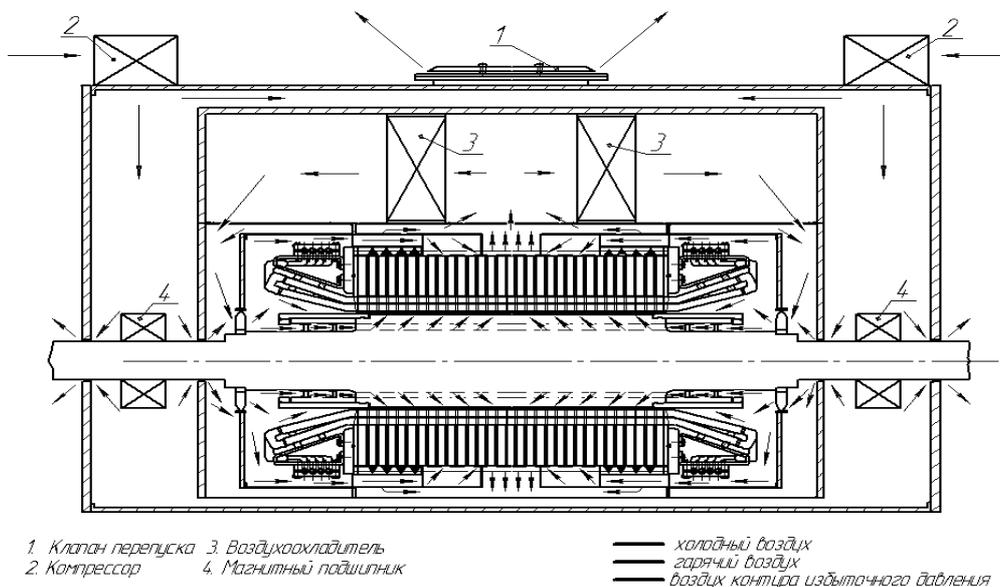


Рис. 1. Система вентиляции ЭД ГП завод «Электротяжмаш»

Таблица 2
Основные параметры
ЭД ГП завода «Электротяжмаш»

Параметры	Значения	
Номинальная мощность, кВт	12500	
Частота вращения, об./мин	минимальная	3250
	номинальная	6500
	максимальная	6825
Диапазон температур окружающей среды, °С	+5 ÷ +40 °С	
Вес, кг	16000 (без учета магнитного подвеса)	
Подшипники	Магнитные	

Ряд методик тепловых расчетов основан на ряде допущений:

1. Все тепловые потери статора, в том числе и потери в лобовых частях обмоток, отдаются в окру-

жающую среду через сердечник статора, станину и поверхность станины.

2. Все тепловые потери ротора и механические потери отдаются в окружающую среду через подшипниковые щиты и крышки, а также крайние части станины.

3. Добавочные потери при нагрузке двигателя распределяются поровну между статором и ротором.

Как показывает опыт, температура воздуха в области лобовых частей обмотки статора очень близка к температуре меди обмоток, что и позволяет сделать упрощение, облегчающее задачу теплового расчета.

Можно принять, что лобовые части обмотки статора не рассеивают тепло и поэтому полные потери в обмотке статора переходят в сердечник статора, из которого вместе с его потерями передаются станине, откуда рассеиваются в окружающую среду.

Вторым предположением является то, что потери ротора не передаются статору, а полностью передаются в воздух внутри ЭД. Считается, что тем-

температура ротора близка к температуре сердечника статора, что не всегда является приемлемым. Потери ротора передаются посредством внутреннего воздуха более холодным внутренним поверхностям подшипниковых щитов и крайним частям станины.

Как показывает опыт проектирования ЭД, данные допущения являются неприемлемыми, так как не позволяют учесть достаточно существенные потери, и как следствие, выбирая необходимые запасы, ЭД становится либо переохлажденным, либо значительно превышает температурный порог изоляции обмотки статора.

Вывод

Для ЭД большой мощности необходимо выполнять достаточно качественно тепловые расчеты, что

невозможно с применением существующих методик, которые значительно устарели.

Применение CFD-вычислений с использованием методов схем замещения и т. д. как граничных условий позволит решить поставленные задачи, разработать конкурентоспособный ЭД для газотранспортной системы и заменить устаревшие газотурбинные приводы.

Литература

1. Яковенко В.А. Взрывозащищенные асинхронные двигатели / В.А. Яковенко, Н.Н. Волкова, В.В. Каика, А.Г. Арнополин. – М.: Энергия, 1977. – 312 с.

2. Филиппов И.Ф. Вопросы охлаждения электрических машин двигателя / И.Ф. Филиппов. – М.: Энергия, 1964. – 334 с.

Поступила в редакцию 25.06.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. В. К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» Харьков.

ДО МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ З ВИСОКИМИ ОБЕРТАМИ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ

П.Г. Гакал, О.В. Третяк, К.В. Слюсарчук, К.В. Третяк

Наведено аналітичний огляд застосування теплогідрравлічних розрахунків при проектуванні електродвигунів великої потужності, вказані недоліки існуючих методик розрахунку, розглянуті конструктивні особливості електродвигунів і є визначений можливість застосування двигунів даного класу при заміні газотурбінних приводів на високооборотні асинхронні електродвигуни великої потужності. Розроблена можлива схема загальної компоновки електродвигуна і вказана система вентиляції, здатна забезпечити роботу двигуна на всіх режимах роботи. Як опори використовується магнітний підвіс.

Ключові слова: електродвигун великої потужності, теплогідрравлічний розрахунок, кордонні умови, система охолодження.

FROM DESIGN OF STATIONARY THERMAL-DYNAMIC CALCULATIONS PROCESSES IN THE HIGH-CIRCULATING ASYNCHRONOUS ENGINES OF LARGE POWER

P.G. Gakal, A.V. Tretjak, K.V. Slusarchuc, E.V. Tretjak

A state-of-the-art review is resulted of application of thermal and hydraulic computations at planning of electric motors of large power, lacks are indicated of existing methods of computation, structural features are considered of electric motors and is definite possibility of application of engines of the given class at replacement of gas-turbine drives on the high-circulating asynchronous electric motors of large power. A possible chart is developed of general arrangement of electric motor and indicated system of ventilation, able to secure work of engine on all modes of operations.

Key words: high-power electric motor, heat-hydraulic calculation, boundary conditions, the cooling system.

Гакал Павел Григорьевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры аэрокосмической теплотехники Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Третяк Алексей Владимирович – аспирант кафедры аэрокосмической теплотехники Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», инженер-конструктор I кат., ГП завод «Электротяжмаш», Харьков, Украина, e-mail: alex3tretjak@mail.ru.

Слюсарчук Константин Валерьевич – заведующий сектором, ГП завод «Электротяжмаш», Харьков, Украина.

Третяк Екатерина Владимировна – студент факультета авиадвигателестроения Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», инженер-технолог, ГП завод «Электротяжмаш» Харьков, Украина.