УДК 621. 313. 13

В.А.ДЕНИСОВ, *канд. техн. наук*, *доцент*, *v._denisov@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.A.DENISOV, *PhD in eng. sc.*, *associate professor*, *v._denisov@mail.ru*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Saint Petersburg*

ОРГАНИЗАЦИЯ НАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены варианты способов создания напорного движения жидкости в проточной части электрических машин, заполненных жидким диэлектриком, отмечены их достоинства и недостатки. Предложена схема организации циркуляции жидкости в каналах охлаждения крупных электродвигателей.

***Ключевые слова*:** архимедов винт, каналы ротора, автоматическая соосность, кинематическая связь с ротором.

PRESSURE FLOW FLUID ORGANIZATION IN THE CANAL COOLING OF THE LARGE MOTOR UNITS

This article is about the methods to be used for creating pressure flow fluid inside large motor units. Their good and bad sides are marked. One another scheme of the pressure flow of fluid in the canal cooling large motor units is suggested.

***Key words*:** archimedes screw, rotor canals, link kinematics with rotor, to be in axle automatic.

Одной из проблем, возникающих при проектировании крупных погружных электрических машин с внутренней полостью, заполненной жидким диэлектриком, является проблема отвода разогретого диэлектрика в работающей машине из узкого канала 9, образованного бочкой ротора 3-4 и расточкой статора 2 («воздушный зазор» машины) (рис.1). В машинах с отношением длины корпуса 1 к его диаметру порядка 1,5-2 высота отмеченного «зазора» немногим превышает 5 мм. В противном случае, нарушается стойкость химического состава диэлектрика, он теряет свои диэлектрические свойства и машина выходит из строя. Отмеченный «воздушный зазор» машины является одним из элементов ее проточной части, к числу которых также относятся продольные (аксиальные) каналы 7 и 8 соответственно в сердечниках ротора и статора, две торцевые камеры А и Б (5) в месте лобовых частей обмоток статора и кольцевой канал 6 между корпусом и статором. Циркуляция жидкости из одной торцевой камеры в другую осуществляется по этим каналам с заданной ско-

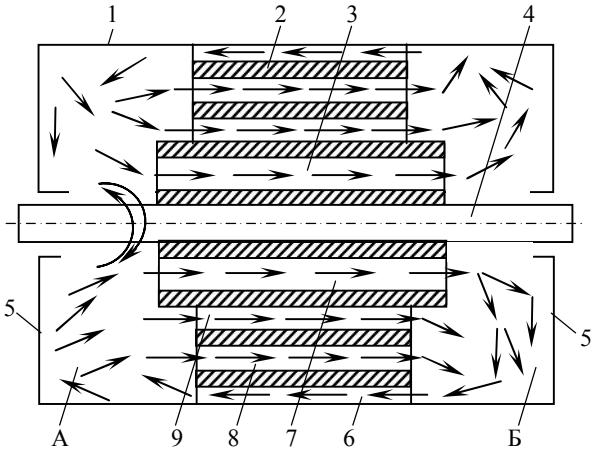


Рис.1. Схема проточной части электрической машины

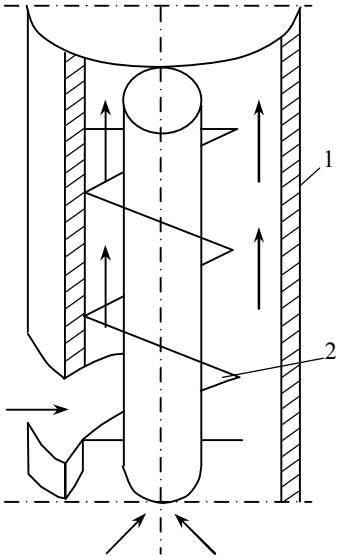


Рис.2. Шнековая насадка фирмы FLUX

ростью и расходом за счет напора, создаваемого встраиваемым нагнетательным устройством. Испытания проводились на модели асинхронного электродвигателя мощностью 30 кВт в лаборатории гидравлики СПбГПУ [1]. В качестве нагнетательного устройства были разработаны лопастной, пластинчатый, винтовой насосы, представленные в макетном исполнении [2].

Проведенные испытания в целом подтвердили работоспособность напорных устройств в рабочей полости электродвигателя и продемонстрировали возможность их применения для организации напорного движения жидкости в системе охлаждения [3]. Однако данные устройства громоздки, занимают много места в торцевых камерах машины, имеют значительные весовые характеристики, что отрицательно сказывается на объеме диэлектрика, заполняющего машину, и на общем весе всей машины.

Для перекачки вязких жидкостей применяют сплошные шнеки типа архимедов винт. Например, в насосах фирмы FLUX типа F520 используют шнековые насадки (рис.2), состоящие из корпуса 1 и архимедова винта 2 (шнека), размещенного в отверстии корпуса соосно с ним. При вращении винта (шнека) жидкость, заполняющая пространство, ограниченное двумя соседними витками винта и корпусом, перемещается вдоль оси корпуса с производительностью до 35 л/мин. Такие устройства надежны и просты в эксплуатации и обслуживании, позволяют числом оборотов двигателя регулировать их производительность и легко изменять направление движения перекачиваемой жидкости на обратное. Кроме того, они способны перекачивать и легкотекучие жидкости.

В случае рассматриваемых в работе машин имеются предпосылки для применения архимедова винта. Проточную часть машины также составляют аксиальные (осевые) каналы круглого сечения, выполненные в сердечниках статора и ротора. В этих каналах могут быть размещены архимедовы винты (шнеки) с приводом от вала машины

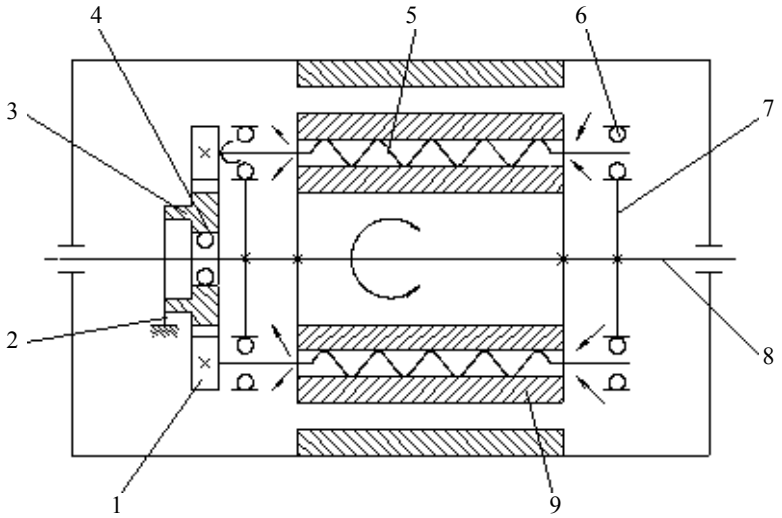


Рис.3. Схема напорного механизма системы охлаждения электродвигателя

при условии обработки поверхностей каналов с соответствующим качеством и точностью. Нужно только учитывать, что принятое решение должно быть достаточно простым, сам напорный механизм не должен стеснять внутреннее пространство машины и имел по возможности небольшой вес.

По мнению автора, наиболее просто и надежно отмеченная задача может быть решена, если механизм, обеспечивающий циркуляцию диэлектрика в системе охлаждения машины, ориентирован на каналы ротора и выполнен по схеме, представленной на рис.3. Конструкция механизма должна автоматически обеспечивать строгую соосность рабочих поверхностей каналов ротора и архимедовых винтов и делительной окружности ведущего зубчатого колеса и вала машины. Кроме того, механизм должен быть достаточно жестким.

Ориентированное расположение архимедовых винтов 5 обеспечивается тем, что их опоры качения 6 базируются в отверстиях обойм 7, закрепленных на валу 8 машины по обе стороны от торцевых поверхностей ротора 9. При этом отверстия обойм 7 соосны рабочим поверхностям отверстий каналов ротора, а сами обоймы располагаются на оптимально близких расстояниях от торцовых поверхностей ротора, чтобы повысить жесткость установки архимедовых винтов. Передача вращательных движений на архимедовы винты осуществляется при вращении ротора насаженными на хвостовики этих винтов зубчатыми колесами 1, сцепленными с центральным зубчатым колесом 3, смонтированным на валу машины посредством подшипника качения 4 так, что вал 8 свободно вращается, не передавая крутящего момента установленному на нем зубчатому колесу 7. При этом зубчатое колесо 3 удерживается от вращения при взаимодействии с катящимися по нему колесами 1 стопором 2, соединенным со ступицей зубчатого колеса 3 и с корпусом машины.

Следует учитывать, что использование сплошных архимедовых винтов в составе электрической машины требует изменения технологического процесса их изготовления. Обычно сплошной винт состоит из трубы 1 с приваренным по спирали пером 2, кромка которого образует небольшой зазор с внутренней стенкой корпуса 3 шнека (рис.4). Винт подвергают обязательной балансировке, чтобы избежать нежелательных вибраций и шумов при работе. Внутренний диаметр корпуса 3 таких устройств составляет 400-500 мм и их используют, например, для перемещения зерна в зернохранилищах, подъема угля из шахт или ила из рек и озер и т.д. В нашем же случае в силу небольших диаметров отверстий каналов в статоре и роторе отмеченная выше технология изготовления шнеков становится неприемлемой. Здесь следует применять механически обработанные детали с рабочей частью, выполненной в виде архимедова червяка с прямолинейным профилем в осевом сечении, модулем порядка 8-10 мм. Такие детали обычно изготавливают на универсальных токарных станках с последующей термической и чистовой обработкой.

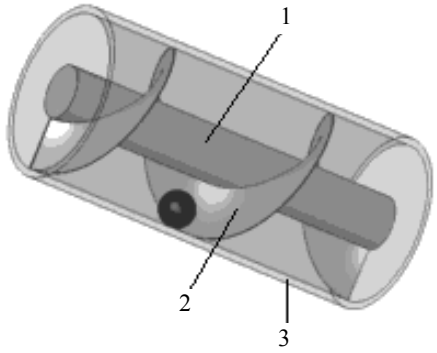


Рис.4. Схема сплошного архимедова винта

Выводы

В системах охлаждения крупных погружных электродвигателей, заполненных жидким диэлектриком в целях интенсификации процесса теплообмена, необходимо обеспечить непрерывную циркуляцию жидкого диэлектрика внутри машины. Наиболее эффективна принудительная циркуляция, создаваемая встроенными насосами.

Проведенные испытания макета насоса лопастного типа в бескамерном исполнении показали низкий КПД этого устройства.

Кроме того, насосы подобного типа не могут работать в оптимальном режиме на нижней границе зоны регулирования (при малом значении коэффициента быстроходности).

Разработанные и исследованные макеты нагнетательныех устройств типа пластинчатого и винтового насоса показали пригодность использования этих насосов в системах охлаждения жидкостно-заполненных электрических машин, но конструкция таких устройств громоздка и тяжеловесна, что отрицательно сказывается на объеме диэлектрика, заполняющего машину, и на общем весе всей машины.

Разработана принципиальная схема жидкостного охлаждения с использованием архимедовых винтов (шнеков), кинематически связанных с вращающимся ротором электродвигателя.

Для оценки работоспособности архимедовых винтов в системе охлаждения крупных электрических машин жидкостного заполнения следует выполнить соответствующие экспериментальные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. 81981 СССР. Модель для исследования гидродинамических процессов в электрических машинах, заполненных жидким диэлектриком / В.А.Денисов, В.С.Козлова, Ю.Г.Полубояринов и др. Опубл. 1981. Бюл. № 13.

2. А.С. 915174 СССР. Электрическая машина с жидкостным охлаждением / Г.В.Вилин, В.А.Денисов, Ю.Г.Полубояринов, Л.И.Шуб. Опубл. 1982. Бюл. № 11.

3. *Денисов В.А.* Применение встроенных насосов в системах охлаждения жидкостно-заполненных герметичных электродвигателей / В.А.Денисов, Ю.Г.Полубояринов // Сборник статей СЗПИ, № 37, СПб, 2007.

REFERENCES

1. Certificate of authorship 81981. A model for investigating hydrodynamic processes inside large motor, s units filled with liquid dielectric / V.A.Denisov, G.V.Vilin, V.S.Kozlova, J.G.Polybojarinov. Was pubished in Interuniversiti 1981. Digest N 13.

2. Certificate of authorship 915174. Liquid-cooled motor, s unit / G.V.Vilin, V.A.Denisov, J.G.Polybojarinov, L.I.Shoob. Was pubished in Interuniversiti 1982. Digest N 11.

3. *Denisov V.A.* Using integral pumps in cooling fluid-filled enclosed motor, s units systems / V.A.Denisov, J.G.Polybojarinov. Interuniversiti Digest: NWPI, N 37, Saint Petersburg, 2007.