

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ЭЛЕКТРОНАСОСА ГЭН-300 С РЕГУЛИРУЕМОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ

А. С. Абдурегимов, М. А. Будниченко, А. В. Долгов,
А. Л. Ишков, Н. Д. Карачун

Приводятся результаты разработки циркуляционного электронасоса ГЭН-300 с регулируемой частотой вращения на базе малошумных электроприводов. Описываются область применения электронасоса ГЭН-300, особенности конструкции электронасоса ГЭН-300, даются технические параметры электронасоса ГЭН-300, а также представлена характеристика циркуляционного электронасоса ГЭН-300 с регулируемой частотой вращения при работе на сеть. Описывается работа пускозащитной аппаратуры циркуляционного электронасоса ГЭН-300 с регулируемой частотой вращения. Приводятся эксплуатационные условия, при которых электронасос ГЭН-300 обеспечивает надёжную работу, не допуская ложных срабатываний, и сохраняет свои технические характеристики на всех режимах в течение всего срока службы. Описывается испытательный комплекс для испытания насосного оборудования, созданный в АО «Корпорация «ВНИИЭМ». Делаются выводы о целесообразности разработки циркуляционного электронасоса ГЭН-300 с регулируемой частотой вращения.

Ключевые слова: электронасос, электродвигатель, преобразователь частоты, статор, ротор, постоянный магнит, подача, напор, испытательный комплекс.

В последние годы в АО «Корпорация «ВНИИЭМ» накопился практический опыт комплексного проектирования наукоёмких регулируемых электроприводов и герметичных насосов. С ОАО «Калужский турбинный завод» созданы пять модификаций герметичных электронасосов типа ГЭН.

На основе полученного опыта была проведена модернизация насосных агрегатов с целью уменьшения массогабаритных показателей, повышения энергетических параметров и улучшения виброшумовых показателей. На основе ОКР по электроприводу мощностью 300 кВт был создан главный циркуляционный электронасос ГЭН-300, который заменил аналогичный электронасос ЭЦН-5700.

Циркуляционный электронасос ГЭН-300 с регулируемой частотой вращения (рис. 1, далее – электронасос, предназначен для изделия. Электронасос предназначен для подачи холодной воды на охлаждение главного конденсатора и теплообменного оборудования. Основные параметры электронасоса приведены ниже.

Учитывая уникальность и высокие энергетические характеристики данного электронасоса, а также положительные результаты предварительных испытаний, в 2013 г. по договору с ОАО «КТЗ» заказаны серийные электроприводы электронасосов ГЭН-300 для новых кораблей.

В настоящее время ОКР по разработке электронасосов ГЭН-300, электроприводов и преобразователей частоты (ПЧ) (рис. 2) для них завершены.

Электронасос состоит из:

- электронасоса ГЭН-300;
- двигателя синхронного герметичного ДСГ;
- двух преобразователей частоты ПЧ.

Электронасос имеет горизонтальное расположение, является осевым и одноступенчатым.

Электропривод электронасоса состоит из двух обмоток статора и пакета ротора с постоянными магнитами.

Обмотки статора размещены в корпусе насоса. От перекачиваемой жидкости обмотка защищена тонкостенной гильзой, приваренной к корпусам подшипников насоса. Полость обмотки статора охлаждается воздухом. При выходе из строя одной из обмоток насос сохраняет работоспособность на другой обмотке [1].



Рис. 1. Циркуляционный электронасос ГЭН-300 с регулируемой частотой вращения

Основные параметры электронасоса

Наименование	Режим работы
Температура перекачиваемой жидкости, °С	от минус 2 до плюс 28
Подача, м ³ /ч	5600
Напор, м	12,5
Частота вращения, с ⁻¹	11,67
Перекачиваемая среда	Морская вода



Рис. 2. Преобразователь частоты

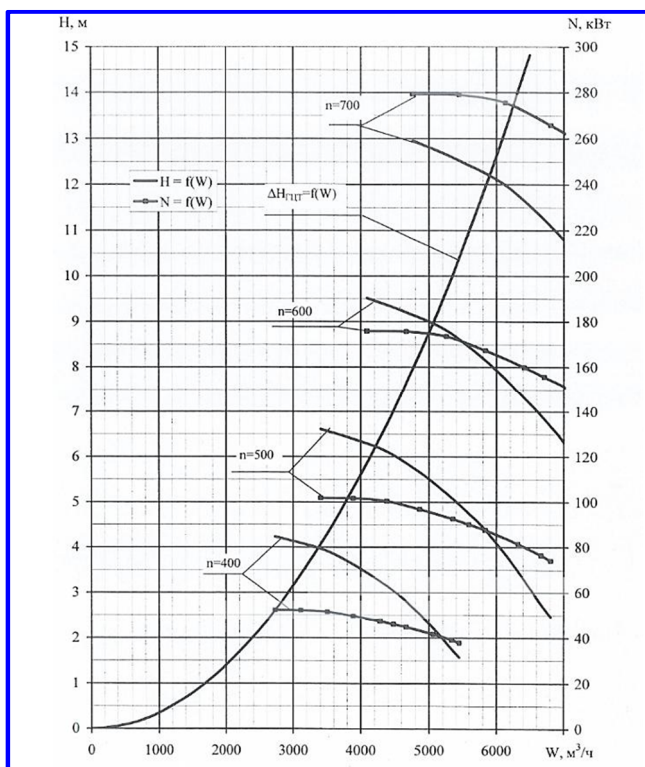


Рис. 3. Характеристика при работе на сеть $n = 400 - 700$ об/мин

Пакет ротора установлен на бандаже лопаточного аппарата насоса. От перекачиваемой жидкости пакет ротора защищён тонкостенной гильзой, приваренной к бандажу.

Направление вращения ротора электронасоса – по часовой стрелке, если смотреть на электронасос со стороны всасывающего патрубка.

Управление электронасосом осуществляется комплексной системой управления (КСУ).

ПЧ питается от двух сетей 3×380 В, 50 Гц и выполняет функцию пускозащитной аппаратуры, которая обеспечивает:

- двойное питание (основное и резервное) электронасоса с автоматическим переключением с основной сети на резервную и обратно;
- местное и дистанционное управление, осуществляющее пуск и отключение электронасоса;
- нулевую защиту, отключающую электронасос от сети, при отсутствии напряжения в сети или по истечении 1,5 – 2 с после его кратковременного пропадания;
- защиту от перегрузок по току;
- местную световую сигнализацию о работе электронасоса от основной и резервной сети питания.

Конструкция электронасоса при осушении обеспечивает полное удаление перекачиваемой среды из внутренних полостей без разборки, а также выпуск воздуха при заполнении насоса водой.

На рис. 3 изображена расчётная характеристика насоса при работе на сеть $n = 400 - 700$ об/мин [2].

Электронасос обеспечивает надёжную работу, не допуская ложных срабатываний, и сохраняет свои технические характеристики на всех режимах в течение всего срока службы при следующих эксплуатационных условиях:

- при статических наклонениях в любую сторону без ограничения времени;
- при статических наклонениях вдоль оси в течение трёх минут (не более);
- при одновременном воздействии бортовой качки;
- при изменении давления и температуры перекачиваемой жидкости в пределах допустимых значений;
- при температуре окружающего воздуха длительно (без ограничений времени) от плюс 15 до 40 °С и относительной влажности 98%, отнесённой к 35 °С, а также при кратковременном повышении температуры до плюс 60 °С и относительной влажности до 100% с выпадением точки росы;
- электронасос сохраняет работоспособность после кратковременного повышения давления в помещении до 2 атм.

В рамках программы технического перевооружения АО «Корпорация «ВНИИЭМ» были затрачены большие финансовые средства на закупки станков и оборудования, необходимых для создания современных электроприводов и насосов.

Создано специальное подразделение по насосному оборудованию, ориентированное в своей деятельности на разработку и изготовление насосных агрегатов.

Постановка на производство электронасосов типа ГЭН-300 потребовала расширения возможностей испытательной базы, как по площади, так и по производительности (до 7000 м³/ч). В связи с этим было начато строительство второй очереди испытательного комплекса на территории АО «Корпорация «ВНИИЭМ» (рис. 4).

С момента ввода в эксплуатацию, это будет единственный в России комплекс, обеспечивающий испытания электронасосов и другого оборудования (электродвигателей, высокоскоростных турбогенераторов, гребных электродвигателей) большей мощности. Он будет охватывать как выпускаемое АО «Корпорация «ВНИИЭМ» в настоящее время оборудование, так и разрабатываемое в перспективе для продукции.

Выводы

1. АО «Корпорации «ВНИИЭМ» удалось разработать электронасос с меньшими массогабаритными параметрами, с более высокими энергетическими параметрами и лучшими виброшумовыми показателями, по сравнению с аналогичным электронасосом ЭНЦ-5700.



Рис. 4. Испытательный комплекс для испытания насосов до 7000 м³/ч

2. Проведённые испытания показали соответствие характеристик разработанного главного циркуляционного электронасоса ГЭН-300 и его регулируемого электропривода требованиям технического задания.

Литература

1. Берестов В. М., Волков В. Ю., Клан В. А., Коварский М. Е., Магин В. В., Панкратов В. В., Портной Ю. Т., Раскин Л. Я. Регулируемые электроприводы герметичных корабельных насосов на базе синхронных машин с преобразователем для резервного электропитания от сети постоянного тока // Известия ТГУ. – В. 3. – Ч. 2. – 2010. – С. 185 – 191.
2. Главный циркуляционный электронасос ГЭН-300. Технические условия. – Калуга : ОАО «Калужский турбинный завод», 2015. – С. 26.

Поступила в редакцию 06.11.2017

Азим Седрединович Абдурагимов, заместитель генерального директора по космической и комплексной силовой электромеханике, т. (495) 365-25-45. (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).

Михаил Анатольевич Будниченко, кандидат технических наук, генеральный директор, т. (818) 450-46-01, e-mail: smp@sevmash.ru. (АО «ПО «Севмаш»).

Андрей Владимирович Долгов, ведущий конструктор, т. (812) 242-75-00, e-mail: info-ckb@malachit-spb.ru. (АО «СПМБ «Малахит»).

Алексей Леонидович Ишков, заместитель главного конструктора, т. (812) 407-51-32, e-mail: neptun@ckb-rubin.ru. (АО «ЦКБ МТ «Рубин»).

Николай Дмитриевич Карачун, доктор технических наук, заместитель генерального директора по специальным программам, т. (495) 366-28-44. (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).

RESULTS OF DESIGNING OF GEN-300 VARIABLE SPEED CIRCULATING PUMP

**A. S. Abduragimov, M. A. Budnichenko, A. V. Dolgov,
A. L. Ishkov, N. D. Karachun**

The article contains the results of designing of the GEN-300 variable speed circulating pump with low-noise electrical drives. The GEN-300 application field and design features are described; technical parameters and characteristic of the GEN-300 variable speed circulating pump during its operation as part of a network are also provided. The operation of startup protection equipment of the GEN-300 variable speed circulating pump is described. The operation conditions at which the GEN-300 pump ensures safe operation without false actuations and keeps its technical characteristics in all modes during the whole operation life are provided. The test system designed by 'VNIEM Corporation' JC for testing the pumping equipment for resistance to special factors is described. Conclusions on the practicability of designing the GEN-300 variable speed circulating pump are provided.

Key words: electrical pump, electrical motor, frequency converter, stator, rotor, permanent magnet, pump delivery, pump thrust, test system.

List of References

1. Berestov V. M., Volkov V. Iu., Klan V. A., Kovarskii M. E., Magin V. V., Pankratov V. V., Portnoi Iu. T., Raskin L. Ia. Controlled electrical drives of sealed ship pumps based on synchronous machines with converters for backup power supply from a DC network // Tomsk State University Journal. – Vol. 3 – Part 2. – 2010. – Pp. 185 – 191.
2. Main electrical circulating pump GEN-300. Technical conditions. – Kaluga : JSC «Kaluga Turbine Plant», 2015. – P. 26.

*Azim Sedredinovich Abduragimov, Deputy Director General for Space and Power Electromechanics,
tel.: +7(495) 365-25-45.
(JC «VNIEM Corporation»).*

*Mikhail Anatolevich Budnichenko, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Director General,
tel.: +7 (818) 450-46-01, e-mail: smp@sevmash.ru.
(JSCo «PO «Sevmash»).*

*Andrei Vladimirovich Dolgov, Leading Engineer, tel.: +7 (812) 242-75-00, e-mail: info-ckb@malachit-spb.ru,
(JSC «Saint-Petersburg Marine Design Bureau «Malachite»).*

*Aleksei Leonidovich Ishkov, Deputy Chief Designer, tel.: +7 (812) 407-51-32, e-mail: neptun@ckb-rubin.ru.
(JSC «Central Design Bureau for Marine Engineering «Rubin»).*

*Nikolai Dmitrievich Karachun, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Deputy Director General for Special Programs,
tel.: +7 (495) 366-28-44.
(JC «VNIEM Corporation»).*