

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВОЗМОЖНЫХ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫМИ НАСОСАМИ

©2016 А.Н. Зеленин<sup>1</sup>, Д.С. Легконогих<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Акционерное общество «Климов», г. Санкт-Петербург,

<sup>2</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

### ANALYTICAL REVIEW OF POSSIBLE WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS WITH ELECTRIC DRIVE PUMPS

Zelenin A.N. (JSC «Klimov», Saint-Petersburg, Russian Federation),

Legkonogikh D.S. (Military Scientific Center Air Force «Professor N. Zhukovsky's and U. Gagarin's Military Air Academy», Voronezh, Russian Federation)

*The paper provides an overview of possible ways to increase the reliability of systems, an auto-MATIC control of electric submersible pumps.*

Тенденции к «электрификации» газотурбинного двигателя (ГТД), путём замены гидравлических и пневматических систем на электрические, требуют решения вопросов обеспечения заданного уровня надёжности системы автоматического управления (САУ).

На стадии разработки САУ должны быть выявлены «слабые» звенья и проведены корректирующие мероприятия по повышению их надёжности.

Основными путями повышения надёжности САУ при проектировании являются:

- уменьшение сложности и количества элементов системы;
- резервирование и дублирование, элементов и каналов управления.
- конструктивные решения для минимизации влияния внешних факторов на элементы (вибрации, высокие и низкие температуры, влага, чистота рабочей жидкости и др.);
- применение новых материалов;
- использование бортовых математических моделей двигателей (БММД) в составе САУ ГТД;
- оценка технического состояния, включая текущий контроль, диагностирование и прогнозирование неисправностей и отказов ГТД и САУ.

В работе освещены вопросы применения регулируемых электрических приводов топливных и масляных насосов, которые позволят отказаться от сложных гидромеханических устройств автоматики, содержащих большое количество элементов

(прецизионных пар), чувствительных к чистоте рабочей жидкости.

Применение двухступенчатой системы с последовательным расположением электроприводных топливных насосов низкого и высокого давления позволит при отказе любого из насосов обеспечить их взаимозаменяемость в определенном диапазоне режимов (например, крейсерский полёт и посадка) [1].

Одним из средств поддержания на заданном уровне надёжности управления двигателями является БММД для компенсации отказов датчиков, путем замены показаний отказавших датчиков измеряемых параметров двигателя данными расчёта с помощью БММД [2].

Для повышения надёжности электропривода применяется дублирование обмоток электродвигателя в каждой фазе. На испытательном стенде компании Hispano-Suiza успешно прошел испытания топливный двухступенчатый насос, для привода которого использовался трёхфазный вентильный электродвигатель с постоянными магнитами на роторе и дублированием обмоток в каждой фазе. Мощность электродвигателя составляет 100 кВт. При отказе одной из обмоток мощность электродвигателя уменьшается до 70 кВт, которой достаточно для продолжения взлёта самолета [3].

Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний мира по применению электрических технологий в САУ и ГТД направлены на снижение массы, повышение

надёжности и увеличение ресурса электроприводных устройств.

#### Библиографический список

1. Гулиенко А.И., Гуревич О.С. Методы обеспечения надёжности систем топливопитания с электроприводными насосами. Сборник тезисов докладов всероссийской научно-технической конференции «Авиадвигатели XXI века». -М.: ЦИАМ, 2015. 1133 с. С. 856.

2. Гольберг Ф.Д., Гуревич О.С., Петухов А.А. Бортовая математическая модель двига-

теля в составе САУ ГТД для повышения отказоустойчивости и качества управления. Труды ЦИАМ № 1346. Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями / Под ред. О.С. Гуревича. - М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. 264 с. С. 81-89.

3. Besnard J.P., Biais F., Martinez M. Electrical rotating machines and power electronics for new aircraft equipment systems. 25 International congress of aeronautical sciences, 2006.

УДК 621.43.

## РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДВУХФАЗНОГО КРИОГЕННОГО ПРОДУКТА ПРИ ИСПЫТАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

©2016 В.А. Шишков

### DEVELOPMENT OF EMISSIONS REDUCTION METHODS OF A BIPHASE CRYOGENIC PRODUCT AT THE POWER INSTALLATION TEST

Shishkov V.A. (Togliatty, Russian Federation)

*Technological processes and levels of losses of a cryogenic product in a complete cycle from the moment of his delivery before termination test of power installation are certainly situated at its operational development. The purpose is to decrease the cost of test realization. Tasks on minimization and use of losses of a cryogenic product are put at realization of tests. Has been developed algorithms and techniques to define losses of a cryogenic product in various technological processes which allow to optimize realization of power installation test. On the basis of the developed techniques, the accounts are executed and the relative losses of a cryogenic product are certainly depending on used thermal isolation of cryogenic pipelines and fixture, initial and final temperature of system of submission, pressure of a cryogenic product during cooling, material of pipelines and kind of a cryogenic product (hydrogen, nitrogen, oxygen). Has been offered methods and technical decisions on to decrease and use emissions of cryogenic product, depending on their charges, in technological processes at realization of tests of power installations. Has been given the recommendations for parameters to decrease losses of a cryogenic product and conditions at realization of technological operation of pipelines cooling, units of the stand and power installation at its test. The work is intended to the designers and technologists of test stations.*

#### Актуальность работы

Энергетический кризис, порождённый быстрым ростом производственных мощностей и снижением запасов природных богатств органических соединений на основе нефти, требует ускорения темпов по разработке, испытаниям, доводке и вводу в эксплуатацию энергетических установок, работающих на перспективных топливах. Одними из перспективных топлив являются жидкий водород [1] и сжиженный природный газ. Для испытаний энергетических установок и их топливо-регулирующей аппаратуры

были созданы испытательные стенды. Но стенды не имеют достаточной проработки всех систем. Поэтому возникли большие расходы криогенного продукта, связанные с выбросом в атмосферу азота, гелия, водорода и метана [2, 3].

Потери криогенного продукта при проведении испытаний энергетической установки: при транспортировке криогенного продукта от завода производителя до хранилища испытательного стенда – 0,7...0,9%; при сливе криогенного продукта из транспортных ёмкостей в ёмкости хранилища на стен-