

из материала МР с учётом рассмотренного представления их структуры.

Библиографический список

1. Изжеуров Е.А. Формирование элементов

конструкций гидродинамического тракта энергетических установок из упругого пористого материала МР. - М.: Машиностроение, 2001. 286 с.

УДК 621.313

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УСТАНОВКИ НА ВАЛУ КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ИХ ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

©2016 Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов

Уфимский государственный авиационный технический университет

HIGH TEMPERATURE STARTER-GENERATORS WITH AN ABILITY TO BE MOUNTED ON THE SHAFT OF AIRCRAFT ENGINE HIGH PRESSURE COMPRESSOR AND WAYS TO PROTECT THEM FROM A SHORT CIRCUIT

Ismagilov F.R., Vavilov V.E. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

The work presents a study on the creation of high-temperature starter - generators with the possibility of integration in the high-pressure compressor of an aircraft engine . The methods of protecting the starter - generator from short circuit .

Развитие летательных аппаратов невозможно представить без развития и совершенствования их системы электроснабжения в целом и электрогенераторов летательных аппаратов в частности. На рис. 1 в качестве примера представлена зависимость мощности, необходимой для эксплуатации воздушного судна (ВС), от периода их развития.



Рис. 1. Изменение мощности авиационных генераторов в различные периоды развития

Как видно из рис. 1, необходимая для обеспечения потребностей воздушного судна электрическая мощность авиационных генераторов возрастает по экспоненциальной зависимости, при этом также возрастает их масса, что значительно снижает эффективность ВС.

Поэтому одной из задач современного авиационного строения является максимальное повышение установленной электрической мощности на борту ВС при минимизации массы источников данной мощности (электрогенераторов). Одним из решений данной проблемы являются работы, направленные на создание электрического авиационного двигателя (ЭАД). Особенно интенсивно данные работы развиваются последние годы. Это обусловлено появлением новых электротехнических материалов и конструктивных схем высокоэффективных электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ), способных обеспечить реализацию данной концепции. Зарубежными компаниями, такими как Snecma, Rolls-Royce, PW Canada, Hamilton Sundstrand, Lucas Aerospace, Honeywell и др. активно ведутся исследования по созданию узлов для комплектации ЭАД, при этом часто данные исследования дублируют друг друга. В РФ данному вопросу внимание уделяется недостаточно.

Центральной частью концепции ЭАД является прямая (без редуктора) интеграция стартер-генератора (СГ) на вал компрессора высокого давления (КВД) авиационного дви-

гателя (АД). Реализация данной идеи позволит значительно снизить массогабаритные показатели авиационных электрогенераторов за счёт отказа от коробки редукторов, а также позволит обеспечить эффективный запуск ЭАД.

В связи с этим авторами для реализации концепции ЭАД была разработана конструктивная схема высокотемпературного (температура окружающей среды составляет 300–350°C) стартер–генератора с высококоэрцитивными постоянными магнитами и внешним ротором, численные расчёты которой показали её работоспособность и высокую эффективность.

Для практической реализации разработанной конструктивной схемы СГ необходимо решить ряд проблем. Среди них:

- организация воздушного охлаждения ротора высокотемпературного ЭМПЭ;
- обеспечение надёжной защиты ЭМПЭ от коротких замыканий (КЗ).

Для решения проблем защиты от КЗ была разработана конструктивная схема интегрированного на валу КВД СГ с функцией защиты от КЗ. Отличительной чертой данной конструктивной схемы является то, что ротор СГ, представляющий собой кольцо с установленными на нём ВПМ, крепится к валу КВД, через втулку или обгонную муфту, рассчитанную таким образом, что при определённых механических усилиях крепление втулки и ротора расцепляется, тем самым обеспечивая механическую развязку ротора и АД. То есть при обнаружении в системе КЗ необходимо, чтобы система управления АД подала сигнал на расцепление ротора СГ и вала КВД. При использовании данного способа необходимо учитывать при проектировании АД, что в процессе его эксплуатации возможно резкое снижение массы ротора АД при его вращении (снижение массы появляется за счёт механической развязки между ротором СГ и валом КВД), что может привести к появлению дополнительных вибрационных процессов ротора КВД. Кроме того

при применении данного способа необходимо учитывать показанную инерционность ротора СГ (полный останов ротора может занять 3–4 секунды), а также вероятность возникновения заклиниваний при механическом расцеплении или отказа устройства расцепления за счёт изменения механических свойства системы расцепления из-за высокой температуры на валу КВД.

Поэтому, учитывая требования по живучести и безопасности к АД, было принято решение об использовании не одного способа защиты от КЗ (механическое расцепление вала КВД и ротора СГ с ВПМ), а двух. Суть второго способа заключается в том, что при КЗ необходимо искусственно, за счёт оборотов турбины АД, повысить температуру на валу КВД до такого значения, при котором наступит полная потеря свойств ВПМ, при этом изоляция обмоточного провода СГ должна выдерживать подобную тепловую перегрузку и остаться целой до момента потери свойств ВПМ.

Оценка инерционности данного процесса показала, что полная потеря свойств ВПМ может наступить через 5–8 с при условии прекращения охлаждения внешнего ротора, после повышения температуры окружающей среды вала КВД до 500...550°C. При этом, необходимо отметить, что изоляция обмотки должна выдерживать подобный тепловой удар с учётом её перегрева под действием тока КЗ. Поэтому запас по тепловому фактору обмотки в СГ должен быть таким, чтобы даже при значении тока КЗ тепловой фактор не превышал 4000–4500 А/мм² А/см.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при проектировании высокотемпературных СГ с возможностью интеграции на валу КВД АД.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10005).