

**Конкурсная работа**  
**для участия в номинации**  
**"За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения"**

**Копытин Сергей Валерьевич,**  
**начальник конструкторского бюро ПАО АК «Рубин»**

**Привод-генератор мощностью 120 кВА** служит для обеспечения питанием системы электроснабжения объекта переменным трехфазным током номинальным напряжением 115/200 В постоянной частоты 400 Гц на всех режимах работы изделия.

Привод-генератор мощностью 120 кВА выполнен в виде единого агрегата, состоящего из гидромеханического привода постоянных оборотов и генератора переменного тока, имеющих общую систему смазки и охлаждения.

Привод-генератор мощностью 120 кВА является основным источником переменного трехфазного тока постоянной частоты и предназначен для обеспечения электроэнергией бортовой сети самолета.

Привод-генератор преобразует механическую энергию, получаемую от вала двигателя, вращающегося с переменной частотой, в электрическую энергию переменного трёхфазного тока постоянной частоты.

Привод-генератор на двигателе работает вместе с теплообменником и фильтром (не входящими в состав привода-генератора), с которыми он образует автономную замкнутую маслосистему.

В теплообменнике производится охлаждение рабочей жидкости привода-генератора.

Описание конструкции привода-генератора. Привод-генератор представляет собой единый агрегат. Привод-генератор состоит из:

- гидромеханического привода постоянных оборотов (привода)
- генератора переменного тока постоянной частоты (генератора).

Генератор и привод имеют общую систему смазки и охлаждения.

Вращение привода-генератора производится от коробки приводов двигателя. Входной вал привода-генератора соединяется с валом коробки приводов двигателя при помощи рессоры со шлицами. Направление вращения входного вала привода-генератора – против часовой стрелки, если смотреть со стороны входного вала.

Крепление привода-генератора к фланцу коробки приводов производится с помощью быстроразъемного соединения с винтовой гайкой.

Привод постоянных оборотов выполнен по гидромеханической схеме. Мощность от входного вала, соединённого с двигателем, передаётся к генератору двумя путями: механическим и гидравлическим. Сложение

механической мощности и гидравлической мощности происходит на дифференциале.

Гидромеханический привод постоянных оборотов состоит из:

- силового звена
- системы регулирования гидравлической передачи (системы регулирования)
- входного вала
- выходного вала
- насоса откачки рабочей жидкости из корпуса генератора
- насоса откачки рабочей жидкости из картера
- насоса подкачки
- бака с циклоном
- картера.

Привод-генератор оборудован:

- механизмом отключения входного вала привода-генератора от вала двигателя

Силовое звено состоит из дифференциала и гидромашины.

Система регулирования гидравлической передачи обеспечивает постоянство вращения выходного вала привода постоянных оборотов. Состоит из управляющего цилиндра и центробежного регулятора.

Привод-генератор мощностью 120 кВА прошел все виды испытаний, поставлен на серийное производство в 2023 году.

**Привод-генератор мощностью 40кВА** - привод-генератор последнего поколения (номинальная мощность 30кВа) с улучшенными массово-габаритными и ресурсными характеристиками. Были изготовлены 2 образца, проведены испытания. В связи с прекращением работ по самолетам, проект был приостановлен.

Номинальная мощность 30кВА, агрегат допускает работу на 40кВА (перегрузки относительно 30кВА).

Диапазон входных оборотов: 4500-9000 об/мин.

Масса привода-генератора: 26 кг.

Номинальная мощность:  $P_n = 40 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ .

Перегрузки генератора:

40 кВ•А ( $\cos\varphi = 0,8-1,0$ ) – длительно;

45 кВ•А ( $\cos\varphi = 0,8-1,0$ ) – в течение 5 минут;

60 кВ•А ( $\cos\varphi = 0,8-1,0$ ) – в течение 5 с.

Номинальное напряжение:  $U_n = 115/200 \text{ В}$ .

Номинальная частота переменного тока 400 Гц при номинальной частоте вращения вала генератора:  $n_n = 12000$  об/мин.

Число фаз:  $m = 3$ .

Соединение фаз – «Звезда» с выведенной силовой нейтралью. В качестве нулевого провода используется корпус самолета.

Порядок чередования фаз – прямой (А – В – С).

Коэффициент мощности:  $\cos\varphi = 0,8-1,0$  (отстающий).

Рабочая жидкость – масло (марки в соответствии с ТУ). Объем, определяется объемом трубопроводов и теплообменника (3-5л).

Применение автономной масляной системы для охлаждения привода-генератора исключает влияние качества и чистоты топлива на надежность работы агрегата. Не требует установки дополнительных фильтров.

Использование в приводе-генераторе современных наработок и конструктивных решений (силовая часть – гидромашина и дифференциал), позволяет обеспечить высокие ресурсные показатели 16000-24000 летних часов (без ремонта).

Расход маслвоздушной смеси через теплообменник 29-30л/мин (26-27л/мин чистого масла) при температуре 100°C.

### **Привод-генератор мощностью 90 кВА**

При разработке привода-генератора использовалась гидромеханическая схема (объемная гидропередача, планетарный дифференциал), отработанная на других приводах-генераторах АК «Рубин».

Конструкция имеет ряд существенных преимуществ:

- Высокое качество электроэнергии (точность поддержания частоты тока) во всем диапазоне рабочих оборотов и нагрузок. Достигается за счет применения в качестве регулирующего органа объемной гидропередачи.

- Высокий КПД. Основная часть мощности проходит через планетарный дифференциал.

Привод-генератор имеет интегральную конструкцию (узлы привода постоянных оборотов и генератора расположены в одном корпусе). При проектировании все расчеты проводились по методикам, составленным с учетом опыта проектирования, испытаний и эксплуатации других агрегатов, разработанных нашим предприятием.

В 2023 году проведены доводочные испытания на 70 ч. с положительным результатом.

Все конструктивные изменения по сравнению с аналогичными агрегатами направлены на уменьшение массогабаритных показателей привода-генератора с сохранением ресурсных характеристик.

Масса привода-генератора – 48 кг, аналог – 63,3 кг.

Привод постоянных оборотов служит для обеспечения постоянных оборотов генератора – 12000об/мин, и, соответственно, поддержания частоты тока генератора 400 Гц независимо от изменения входных оборотов ГП и нагрузок на генераторе.

Изменена конструкция основных узлов привода постоянных оборотов: гидромашины, дифференциала и вспомогательной системы (насосов и воздухоотделителя).

#### Гидромашина

В отличие от привода-генератора аналога валы гидромашины проходят внутри блоков цилиндров, что позволило уменьшить ее габариты в поперечном сечении.

Вместо используемых в наших агрегатах в настоящее время блоков цилиндров с диаметрами плунжеров 10 и 12 мм, в приводе-генераторе применены блоки цилиндров с плунжерами диаметром 11 мм, что позволило оптимизировать массогабаритные параметры гидромашины, при этом рабочее давление в силовом контуре гидropередачи, определяющее ресурс узла, не превышает значений на других наших агрегатах.

#### Дифференциал

Современные методы расчета позволили уменьшить вес дифференциала при одновременном увеличении жесткости на кручение по сравнению с другими агрегатами нашего производства. При этом размеры основных силовых элементов конструкции дифференциала (шестерен и сателлитов) не изменились.

Изменена конструкция механизма расцепления и узла подшипника входного вала, что позволило в сочетании с изменением конструкции дифференциала существенно сократить длину агрегата.

#### Вспомогательная система

Вместо героторных насосов (которые используются в аналоге) во вспомогательной системе привода генератора применены пластинчатые, которые не только имеют меньшие габариты и вес при аналогичных параметрах, но и не требуют дополнительных корпусных деталей (пластинчатые насосы интегрированы в крышку агрегата).

Изменение конструкции воздухоотделителя позволило улучшить качество воздухоотделения, что в свою очередь дало возможность применить пластинчатые насосы меньшей производительности.

Для подтверждения надежности новых пластинчатых насосов проведены ресурсные испытания на 200 ч. с положительным результатом.

#### Система генерирования

Привод-генератор рассчитан на работу в комплекте с аппаратурой регулирования, защиты и управления:

- блок регулирования, защиты и управления;
- блока трансформаторов БТТ или БДТ или их модификаций;
- коммутационной и защитной аппаратуры

Безопасность полета

В приводе-генераторе для предотвращения наступления последствий, кроме отказа ГП (разрушение КСА и т.д.), предусмотрено отключение привода-генератора от коробки приводов:

- автоматически, при замыкании контактов сигнализатора предельной температуры из-за перегрева привода (увеличение температуры масла выше допустимого значения  $190+10$  оС), без задержек времени;

- автоматически, при увеличении частоты вращения вала генератора до 14400 500 об/мин, аппаратура защиты генератора без задержек времени выдает сигнал на отключение привода-генератора;

- пилотом вручную (при подаче сигнала от датчика минимального давления масла в приводе, загорается сигнальная лампа в кабине пилота);

- разрушением слабого элемента (шейки) входного вала в случае превышения момента более 2,5 Мном (при заклинивании привода-генератора из-за значительных разрушений).