

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической эксплуатации авиационных
электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

АВИАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОСИСТЕМЫ САМОЛЕТА МС-21

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Учебное пособие

Под редакцией С.В. Кузнецова

*Утверждено редакционно-
издательским советом МГТУ ГА
в качестве учебного пособия*

Москва
ИД Академии Жуковского
2023

УДК 629.7.064.5
ББК 0562
А20

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Московского государственного технического университета ГА

Рецензенты:

Габеев В.Н. (МГТУ ГА) – канд. техн. наук;
Шишкин В.В. (ПАО «Аэрофлот») – канд. техн. наук

Авторский коллектив: д-р техн. наук, профессор Кузнецов С.В.;
канд. техн. наук, доцент Перегудов Г.Е.; канд. техн. наук Демченко А.Г.;
канд. техн. наук Марасанов Л.О., старший преподаватель Сизиков Д.О.

**Авиационные электросистемы самолета МС-21. Система электро-
снабжения** [Текст] : учебное пособие / под ред. С.В. Кузнецова. – М. : ИД
Академии Жуковского, 2023. – 88 с.

ISBN 978-5-907699-84-7

Данное учебное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебных дисциплин «Авиационные электросистемы самолетов», по учебным планам для очного и заочного обучения по направлениям 25.03.02, 25.04.02 «Техническая эксплуатация АЭС и ПНК», 25.03.01 «Техническая эксплуатация ЛА и АД» и специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения. Организация ТОиР АиРЭО».

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 29.06.2023 г. и методического совета 29.06.2023 г.

УДК 629.7.064.5
ББК 0562

Св. тем. план 2023 г.
поз. 24

ISBN 978-5-907699-84-7

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2023

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (СЭС)

Назначение СЭС

Система электроснабжения (СЭС) самолета предназначена обеспечить электропитание бортового оборудования или агрегатов, потребляющих электроэнергию.

Состав СЭС

Система СЭС (Electrical Power) состоит из:

- системы генерирования электроэнергии [Electrical Power Generation System (EPGS)]
- внешнего электропитания [External power (EXT PWR)] от внешнего источника электроэнергии [External Ground Source (EGS)],
- системы распределения электроэнергии [Electrical Power Distribution System (EPDS)].

Система генерирования электроэнергии [Electrical Power Generation System (EPGS)] состоит из:

- системы генерирования электроэнергии переменного тока,
- системы генерирования электроэнергии постоянного тока.

Система распределения электроэнергии [Electrical Power Distribution System (EPDS)] состоит из:

- первичных средств распределения электроэнергии [Primary Power Distribution Boxes (PPDB)],
- вторичных средств распределения электроэнергии [Secondary Power Distribution Box (SPDB)].

Первичные средства распределения электроэнергии [Primary Power Distribution Boxes (PPDB)] подразделяются на:

- основные средства распределения электроэнергии (MAIN-PDB),
- важные средства распределения электроэнергии (ESS-PDB).

Вторичные средства распределения электроэнергии [Secondary Power Distribution Box (SPDB)] подразделяются на:

- левый мастер SPDB (LM),
- правый мастер SPDB (RM),
- левый спутник SPDB (SLM),
- правый спутник SPDB (SRM).

Примечание 1.

1. Средства PPDB распределяют электроэнергию, поступающую от системы генерирования переменного (AC) и постоянного (DC) токов.

2. Средствами защиты потребителей электроэнергии являются - автоматы защиты сети (CB), плавкие предохранители (Fuse), смарт-контакты (SC).

Примечание 2.

1. Средства SPDB распределяют электроэнергию, поступающую от шин переменного (AC part) и постоянного (DC part) токов основных средств распределения электроэнергии (MAIN-PDB).

2. Средствами защиты потребителей электроэнергии являются - электронные автоматы защиты сети (SSPS).

Функциональное деление СЭС

Система электроснабжения самолета подразделяется на:

- обеспечение электропитанием потребителей электроэнергии переменного тока (AC) напряжением 115 В,
- обеспечение электропитанием потребителей электроэнергии постоянного тока (DC) напряжением 28 В.

Система электроснабжения переменного тока (AC)

СЭС переменным током обеспечивает:

- режим нормального электропитания,
- режим аварийного (альтернативного) электропитания.

Режим нормального электропитания переменным током

Первичная СЭС в режиме нормального электропитания состоит из:

- двух генераторов двигателей (GEN) левого и правого борта, стартер-генератор (APU SG),
- двух каналов переменного тока (AC part) основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) левого и правого бортов.

Каналы переменного тока (AC part) основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) левого и правого бортов служат для электропитания:

- потребителей второй категории от основных шин переменного тока (AC BUS) левого и правого борта,
- потребителей третьей категории от отключаемых шин переменного тока (AC Shed BUS) левого и правого борта.

Режим аварийного (альтернативного) электропитания переменным током

Первичная СЭС в режиме аварийного (альтернативного) электропитания состоит из:

- аварийного генератора (EMER GEN),
- канала переменного тока (AC part) важного среднего распределительного устройства электроэнергии (ESS-MPDB).

Система электроснабжения постоянным током (DC)

СЭС постоянным током обеспечивает:

- режим нормального электропитания,

- режим аварийного (альтернативного) электропитания.

Режим нормального электропитания постоянным током

Вторичная СЭС в режиме нормального электропитания состоит из:

- четырех трансформаторно-выпрямительных устройств: левого и правого борта (L/R TPU), ВСУ (APU TRU), важного (ESS TRU) и трех аккумуляторных батарей (BAT),
- двух каналов постоянного тока (DC part) основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) левого и правого борта.

Каналы постоянного тока (DC part) основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) левого и правого борта служат для электропитания:

- потребителей второй категории от основных шин постоянного тока (DC BUS, SVC DC, TOWING BUS) левого и правого борта,
- потребителей третьей категории от отключаемых шин постоянного тока (DC Shed BUS) левого и правого борта.
- трех каналов постоянного тока (DC part) важных распределительных устройства электроэнергии (ESS-PDB).

Каналы постоянного тока (DC part) важных распределительных устройства электроэнергии (ESS-PDB) служат для электропитания потребителей первой категории (важных потребителей) от шины постоянного тока L ESS DC, M ESS DC и R ESS DC.

Режим аварийного (альтернативного) электропитания постоянным током

Вторичная СЭС в режиме аварийного (альтернативного) электропитания состоит из:

- важного трансформаторно-выпрямительного устройства (ESS TRU) и трех аккумуляторных батарей (BAT),
- канала постоянного тока (DC part) важного среднего распределительного устройства электроэнергии (ESS-MPDB),
- двух важных распределительных устройств электроэнергии (ESS-PDB) левого и правого борта.

Каналы постоянного тока (DC part) важного среднего распределительного устройства электроэнергии (ESS-MPDB) служат для электропитания потребителей первой категории (важных потребителей) от средней важной шины постоянного тока M ESS DC.

Важные распределительные устройства электроэнергии (ESS-PDB) левого и правого борта служат для электропитания потребителей первой категории (важных потребителей) от важных шин постоянного тока L ESS DC и R ESS DC соответственно.

Упрощенная принципиальная схема системы электроснабжения показана на рис.1.

Контрольные вопросы к разделу 1:

1. Для чего предназначена система электроснабжения (СЭС) самолета?
2. Из чего состоит система электроснабжения (СЭС) самолета?
3. Из чего состоит система генерирования электроэнергии [Electrical Power Generation System (EPGS)]?
4. Из чего состоит система распределения электроэнергии [Electrical Power Distribution System (EPDS)]?
5. На что подразделяются первичные средства распределения электроэнергии [Primary Power Distribution Boxes (PPDB)]?
6. На что подразделяются вторичные средства распределения электроэнергии [Secondary Power Distribution Box (SPDB)]?
7. Для чего нужны первичные средства распределения электроэнергии [Primary Power Distribution Boxes (PPDB)]?
8. Что является средствами защиты потребителей электроэнергии?
9. Для чего нужны вторичные средства распределения электроэнергии [Secondary Power Distribution Box (SPDB)]?
10. Что является средствами защиты потребителей электроэнергии?
11. Что обеспечивает система электроснабжения самолета?
12. Что обеспечивает СЭС переменным током?
13. Из чего состоит первичная СЭС в режиме нормального электропитания?
14. Для чего служат каналы переменного тока (AC part) основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) левого и правого бортов?
15. Из чего состоит первичная СЭС в режиме аварийного (альтернативного) электропитания?
16. Что обеспечивает СЭС постоянным током?
17. Из чего состоит вторичная СЭС в режиме нормального электропитания?
18. Для чего служат каналы постоянного тока (DC part) основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) левого и правого бортов?
19. Для чего служат каналы постоянного тока (DC part) важных распределительных устройств электроэнергии (ESS-PDB)?
20. Из чего состоит вторичная СЭС в режиме аварийного (альтернативного) электропитания?
21. Для чего служат каналы постоянного тока (DC part) важного среднего распределительного устройства электроэнергии (ESS-MPDB)?
22. Для чего служат важные распределительные устройства электроэнергии (ESS-PDB) левого и правого бортов?

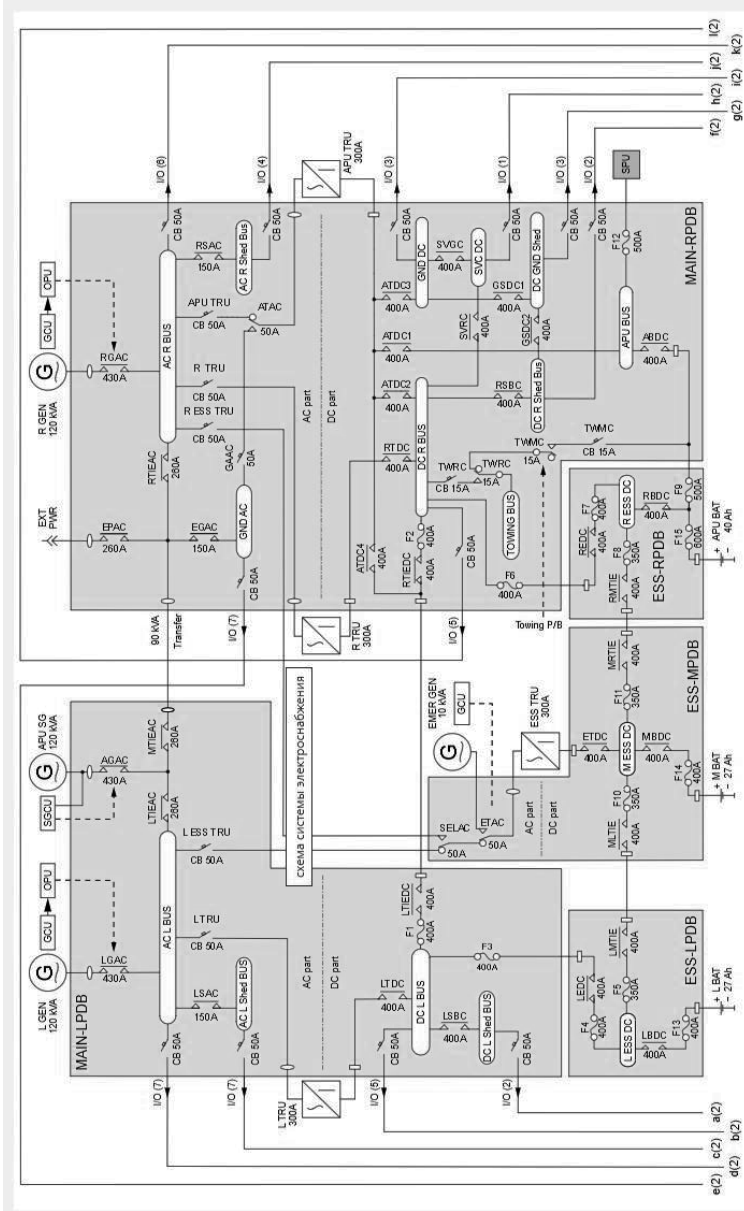


Рисунок 1. Упрощенная принципиальная схема системы электроснабжения (Лист 1 из 2)

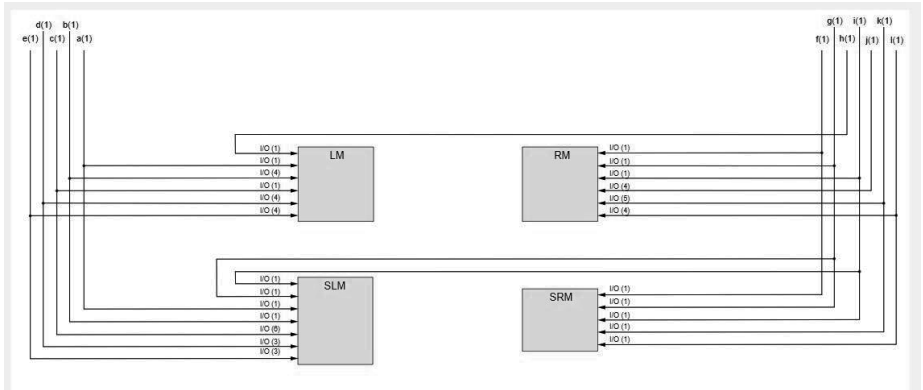


Рисунок 1. Упрощенная принципиальная схема системы электроснабжения
(Лист 2 из 2)

2. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАТОРЫ

2.1. Органы управления

Органы управления системы электроснабжения (СЭС) состоят из:

- органов управления системы генерирования электроэнергии переменного тока напряжением 115 В,
- органов управления системы генерирования электроэнергии постоянного тока напряжением 28 В,
- органов управления внешним электропитанием (EXT PWR),
- органов управления буксировкой самолета.

Органы управления системы генерирования электроэнергии переменного тока

Органы управления системы генерирования электроэнергии переменного тока (AC) состоят из органов управления на панели ELEC комплексного потолочного пульта (КПП) (Рис. 2, Вид А).

Органы управления на панели ELEC комплексного потолочного пульта (КПП) состоят из:

- двух кнопок-табло разъединения генераторов переменной частоты (VFG) - L DISC [4] Рис. 2 и R DISC [10] Рис. 2,
- двух кнопочных переключателей отключения генераторов VFG - L GEN [5] Рис. 2 и R GEN [9] Рис. 2,
- кнопочного переключателя отключения стартер-генератора APU GEN [6] Рис. 2,
- кнопки-табло восстановления защиты аварийного генератора EMER GEN [7] Рис. 2.

Органы управления системы генерирования электроэнергии постоянного тока

Органы управления системы генерирования электроэнергии постоянного тока (DC) состоят из:

- органов управления на панели ELEC,
- органов управления на панели контроля напряжения аккумуляторных батарей (АКК) BAT CHECK.

Органы управления системы генерирования электроэнергии постоянного тока (DC) на панели ELEC состоят из:

- кнопочного переключателя включения аккумуляторной батареи L BAT [1] Рис. 2,
- кнопочного переключателя включения аккумуляторной батареи M BAT [2] Рис. 2,
- кнопочного переключателя включения аккумуляторной батареи APU BAT [3] Рис. 2.

Органов управления на панели контроля напряжения аккумуляторных батарей (АКК) ВАТ ЧЕК (Рис. 2, Вид Б) состоят из:

- галетного переключателя контроля напряжения батарей АКК [11] Рис. 2,
- цифрового индикатора напряжения батарей АКК [12] Рис. 1.

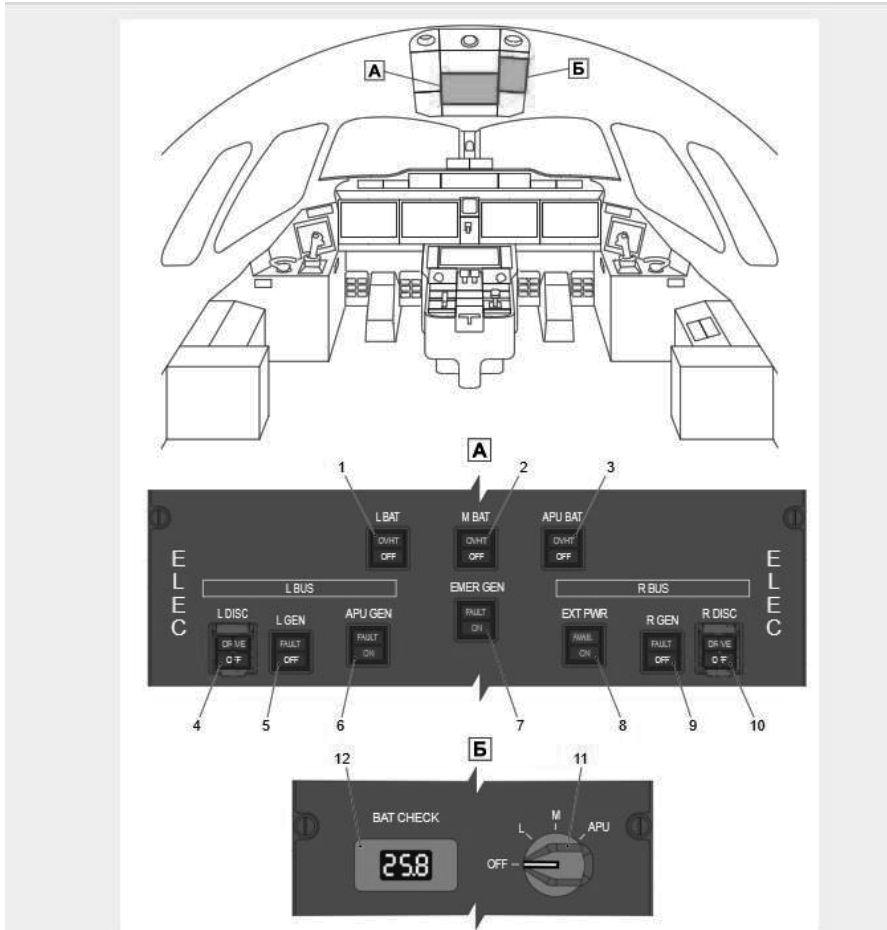


Рисунок 2. Органы управления и индикаторы СЭС в кабине самолета

Органы управления внешним электропитанием

Органы управления внешним электропитанием состоят из:

- кнопки-табло EXT PWR [8] Рис. 2 включения режима "Внешнее электропитание" на панели ELEC,

- кнопки-табло GND SERVICE [1] Рис. 3 включения режима "Сервисного наземного обслуживания" на пульте управления внешним электропитанием (ЕРСР) (Рис. 3, Вид А).

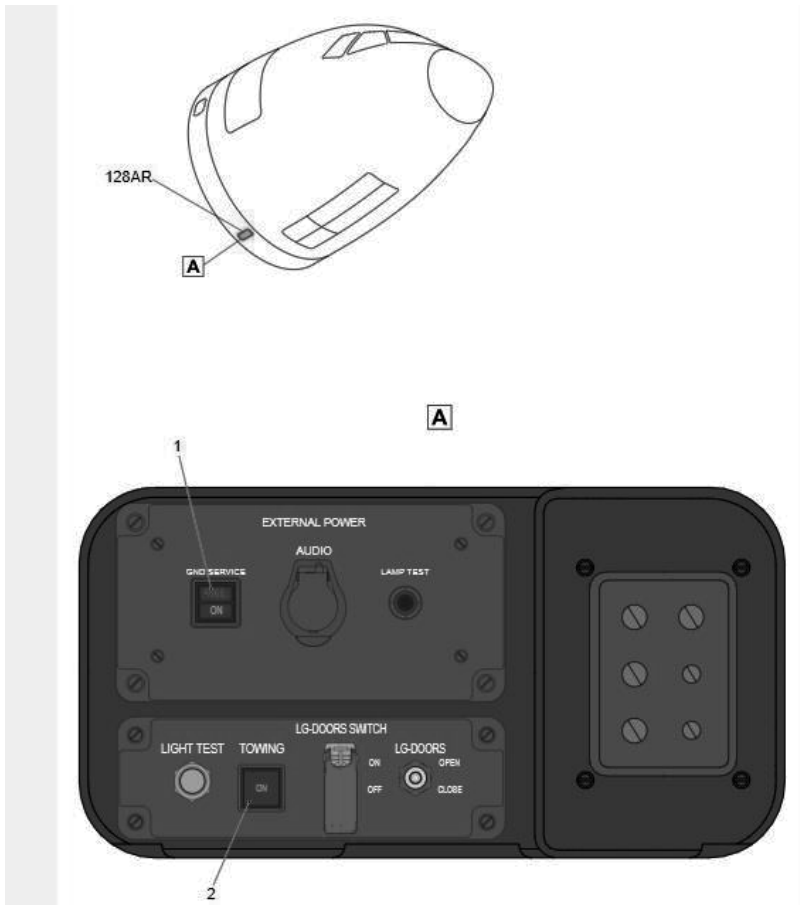


Рисунок 3. Органы управления и индикаторы СЭС на борту самолета

Орган управления буксировкой самолета

Органы управления буксировкой самолета состоят из: кнопочного переключателя TOWING [2] Рис. 3 на пульте наземной подготовки (ПНП) (Рис. 2, Вид А).

Обозначения на рис.1,2 и 3 показаны в табл.1.

Таблица 1. Обозначения на рис.1,2 и 3.

1	Кнопочный переключатель L BAT	8	Кнопка-табло EXT PWR
2	Кнопочный переключатель M BAT	9	Кнопочный переключатель R GEN
3	Кнопочный переключатель APU BAT	10	Кнопка-табло R DISC
4	Кнопка-табло L DISC	11	Переключатель галетный
5	Кнопочный переключатель L GEN	12	Цифровой индикатор
6	Кнопочный переключатель APU GEN		

2.2. Индикаторы

Индикация системы электроснабжения

Индикация системы электроснабжения (СЭС) состоит из:

- комплексного кадра EWD,
- синоптической страницы ELEC (Рис. 4),
- комплексного кадра STATUS.

При появлении отказов в работе СЭС:

- на кадре EWD в четвертой зоне появляются аварийные и предупреждающие сообщения (Таблица 2),
- включаются два светосигнальных индикатора WARN или CAUT,
- звучит речевое сообщение (Таблица 2),
- звучат удары колокола (Таблица 2).

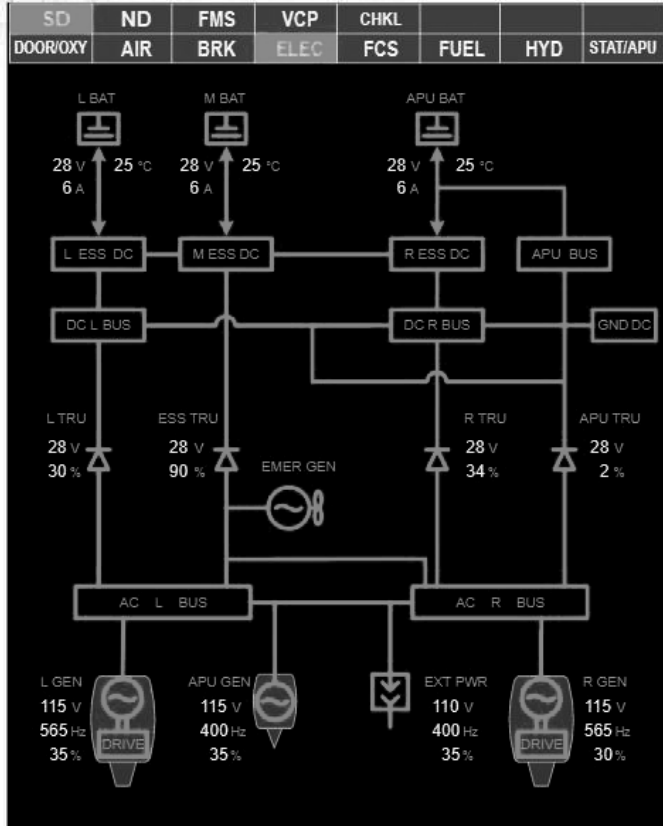


Рисунок 4. Синоптическая страница ELEC

Индикация системы электроснабжения на комплексном кадре EWD

Перечень сообщений кадра EWD по СЭС приведен в табл.2.

Таблица 2. Перечень сообщений кадра EWD по СЭС.

Текстовое сообщение на EWD (CAS message)	Категория сообщения	Описание события	ЦСО	Звуковой сигнал или речевое сообщение	Примечание
ELECL GEN CH FAULT	Caution	Отказ канала генерирования электроэнергии переменного тока левого	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - L GCU
ELECR GEN CH FAULT	Caution	Отказ канала генерирования электроэнергии переменного тока правого	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - R GCU
ELECL GEN FAULT	Caution	Необходимо расцепить левый генератор от двигателя	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - L GCU
ELECR GEN FAULT	Caution	Необходимо расцепить правый генератор от двигателя	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - R GCU
ELECAPU GEN FAULT	Caution	Отказ генератора ВСУ	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - ECU

Таблица 2. Перечень сообщений кадра EWD по СЭС (продолжение).

ELECEMER GENRESET	Warning	Отказ аварийного генератора. Требуется сброс защиты	WARN	Два удара колокола	Сигнал поступает от: - СУОСО / AFCS - MAIN- L(R)PDB - Внутренняя переменная
ELECEMER GENFAULT	Caution	Отказ аварийного генератора	CAUT	Один удар колокола	
ELECONBAT	Warning	Шины постоянного тока запитываются от батарей	WARN	Речевое сообщение: "ELEC ON BAT" ("Электропитание на батареях")	Сигнал поступает от: - MAIN- L(R)PDB
ELECLBAT OVHT	Caution	Перегрев батареи L BAT	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - MAIN-LPDB
ELECMBAT OVHT	Caution	Перегрев батареи M BAT	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
ELECAPUBAT OVHT	Caution	Перегрев батареи APU BAT	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB

Таблица 2. Перечень сообщений кадра EWD по СЭС (продолжение).

EXT PWR CONNECTED	Мемо	Электрический соединитель аэродромного питания	-	-	Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
ELECEXT PWR FAULT	Caution	Отказ электрической сети внешнего питания	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
ELECL AC OFF	Advisory	AC L BUS обесточена	-	-	Сигнал поступает от: - MAIN-LPDB - MAIN-RPDB
ELECR AC OFF	Advisory	AC R BUS обесточена	-	-	Сигнал поступает от: - MAIN-LPDB - MAIN-RPDB

Таблица 2. Перечень сообщений кадра EWD по СЭС (продолжение).

ELECL+R DC OFF	Caution	Шины DC L BUS и DC R BUS обесточены	CAUT	Один удар колокола	Сигнал поступает от: - MAIN-LPDB - MAIN-RPDB
ELECL ESS DC OFF	Advisory	L ESS DC обесточена	-	-	Сигнал поступает от: - MAIN- L(R)PDB
ELECM ESS DC OFF	Advisory	M ESS DC обесточена	-	-	Сигнал поступает от: - MAIN- L(R)PDB
ELECR ESS DC OFF	Advisory	R ESS DC обесточена	-	-	Сигнал поступает от: - MAIN- L(R)PDB
BEACON LIGHTS DIM	Мемо	Фюзеляжные маяки вручную переведены в режим пониженной яркости	-	-	Сигнал поступает от: - ОНСП

Синоптическая страница ELEC

Синоптическая страница ELEC (Рис. 4) состоит из элементов индикации системы электроснабжения переменного тока (AC) и элементов индикации системы электроснабжения постоянного тока (DC).

Элементы индикации системы электроснабжения переменного тока (AC) включают:

- генераторы VFG с расцепителем [L(R) GEN с DRIVE],
- стартер-генератор APU SG (APU GEN),
- аварийный генератор (EMER GEN) турбонасосной установки (RAT),
- внешнее электропитание (EXT PWR),
- основные шины переменного тока (AC BUS).

Элементы индикации системы электроснабжения постоянного тока (DC) состоят из трансформаторно-выпрямительных устройств и шин постоянного тока.

Элементы индикации трансформаторно-выпрямительных устройств включают:





- основной канал (L(R) TRU),
- вспомогательный канал (APU TRU),
- аварийный канал (ESS TRU).









Элементы индикации шин постоянного тока включают:

- основные (DC BUS),
- вспомогательную (APU BUS),
- наземную (GND DC),
- аварийные (ESS DC),
- аккумуляторные батареи (BAT).

Условные обозначения символов синоптической страницы ELEC приведены в табл.3.

Таблица 3. Условные обозначения символов синоптической страницы ELEC





Условное обозначение	Наименование символа
	Аккумуляторная батарея (BAT)
	Шина электропитания (BUS)
	Трансформаторно-выпрямительное устройство (TRU)
	Электрический соединитель аэродромного питания (RCPT)

	Генераторы двигателя (L/R GEN) и ВСУ (APU GEN)
	Генератор ТНУ (EMER GEN)
	Расцепитель вала генератора VFG от двигателя
	Линия передачи тока - запитана
	Линия передачи тока - не запитана
	Линия передачи тока - недостоверность данных
	Двигатель или ВСУ работает
	Двигатель или ВСУ не работает

Описание символа аккумуляторной батареи (ВАТ)

Графическое отображение символа ВАТ приведено в табл.4.

Таблица 4. Графическое отображение символа ВАТ

	батарея исправна и подключена к бортсети - символ батареи отображается зеленым цветом
	батарея неисправна - символ батареи отображается янтарным цветом
	батарея выключена - символ батареи отображается белым цветом
	недостоверность информации - символ батареи, отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета.

Линия связи аккумуляторной батареи

Варианты графического отображения линии приведены в табл.3. Стрелка на конце линии указывает направление движения тока:

- от батареи ВАТ к шинам ESS DC - означает разряд батареи,
- от шины ESS DC к батарее ВАТ - означает подзаряд батареи.

Параметры аккумуляторной батареи (рис. 4)

- Температура измеряется в диапазоне величин от минус 69°C (156.2°F) до 103°C (217.4°F) с шагом измерения 1°C (33.8°F).
- Ток измеряется в диапазоне величин от минус 650 А до 650 А с шагом измерения 2 А.
- Напряжение измеряется в диапазоне величин от 0 В до 70 В с шагом измерения 1 В.

Примечание 1. Значение температуры хххВАТ определяется посредством вычисления (хххВАТ_TEMP) на основе измерений сопротивления датчика температуры аккумуляторной батареи (хххTRU_R_OHM_MEAS_FOR_TEMP).

Примечание 2. Знак "минус" перед числовым значением тока означает переход батареи ВАТ в режим "Разряд".

При нормальном режиме работы цифры числовых значений параметров отображаются белым цветом.

Когда температура батареи ВАТ достигает значения 75°C (167°F), что соответствует ее перегреву, числовое обозначение температуры отображается янтарным цветом.

При недостоверной информации о любом из параметров, вместо числового значения отображаются два / три прочерка янтарного цвета, например: -- V / --- A / --- °C.

Символ шины распределительных устройств электроэнергии. Графическое отображение символа шин приведено в табл.3.

Символ шины отображается прямоугольником. Принадлежность шины отображается надписью белого цвета на фоне прямоугольника, например: AC L BUS или DC L BUS или L ESS DC или APU BUS или GND DC.

Цвет символа шин соответствует:

- наличие напряжения на шине - прямоугольник отображается зеленым цветом,
- шина не запитана - прямоугольник отображается белым цветом,
- недостоверная информация о наличии напряжения на шине - прямоугольник, отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета.

Линия связи между шинами

Варианты графического отображения линии связи приведены в табл.3. Цвет символа линии связи между шинами означает:

- контактор замкнут - символ отображается зеленым цветом,
- контактор разомкнут - символ отображается белым цветом,
- при недостоверности информации - символ отображается янтарным цветом.

Символ трансформаторно-выпрямительного устройства (TRU)

Графическое отображение символа TRU приведено в табл.3. Цвет символа и его линии связи с шинами соответствует:

- устройство включено - символы TRU и линии связи отображаются зеленым цветом,
- устройство выключено - символы TRU и линии связи отображаются белым цветом,
- отказ устройства - символ TRU отображается янтарным цветом, а символы линии связи отображаются белым цветом,
- недостоверность информации - символы TRU и линии связи отображаются янтарным цветом. При этом символ TRU перечеркнут крестом янтарного цвета.

Параметры трансформаторно-выпрямительного устройства (рис. 4)

- Загрузка устройства TRU измеряется в диапазоне величин от 0 % до 217 % с шагом измерения 1 %.
- Напряжение измеряется в диапазоне величин от 0 В до 70 В с шагом измерения 1 В.

Примечание 3. Значение загрузки устройства xxxTRU определяется посредством вычисления (xxxTRU_A_PR) на основе измерений датчика тока на эффекте Холла (xxxTRU_HES_CURR_MEAS). Значение 100 % соответствует току 300 А.

При нормальном режиме работы цифры параметров отображаются белым цветом.

При недостоверной информации о любом из параметров, вместо числового значения отображаются два / три прочерка янтарного цвета, например: -- V / --- %.

Символ генератора VFG (GEN)

Графическое отображение символа GEN приведено в табл.3. Цвет символа и его линии связи с шинами соответствует:

- генератор включен и исправен – символ отображается зеленым цветом,
- генератор неисправен – символ отображается янтарным цветом,
- генератор выключен – символ отображается белым цветом,
- недостоверность информации – символ, отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета.

Параметры генератора VFG (Рис. 4)

Загрузка генератора измеряется в диапазоне величин от 0 % до 255 % с шагом измерения 1 %.

Частота генератора измеряется в диапазоне величин от 0 Гц до 1023 Гц с шагом измерения 1 %.

Напряжение генератора измеряется в диапазоне величин от 0 В до 511 В с шагом измерения 1 В.

При нормальном режиме работы цифры числового значения параметров отображаются белым цветом.

При недостоверной информации о любом из параметров, вместо числового значения отображаются три / четыре прочерка янтарного цвета, например: --- V / --- % / ---- Hz.

Символ стартер-генератора (APU GEN)

Графическое отображение и цветовые варианты символа идентичны графическому отображению и цветовым вариантам отображения символа генератора VFG (Пункт 2.2.4).

Параметры стартер-генератора (Рис. 4)

Загрузка стартер-генератора измеряется в диапазоне величин от 0 % до 200 % с шагом измерения 2 %.

Частота стартер-генератора измеряется в диапазоне величин от 0 Гц до 500 Гц с шагом измерения 1 Гц.

Напряжение стартер-генератора измеряется в диапазоне величин от 0 В до 1023 В с шагом измерения 1 В.

При нормальном режиме работы цифры числового значения параметров отображаются белым цветом.

При недостоверной информации о любом из параметров, вместо числового значения отображаются три / четыре прочерка янтарного цвета, например: --- V / --- % / ---- Hz.

Символ аварийного генератора турбонасосной установки (THU)

Графическое отображение символа аварийного генератора (EMER GEN) приведено в табл.3.

Цвет символа и его линии связи с шинами соответствует:

- генератор включен и исправен – символ отображается зеленым цветом,
- генератор неисправен – символ отображается янтарным цветом,
- генератор выключен – символ отображается белым цветом,
- недостоверность информации – символ, отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета.

Символ внешнего электропитания (EXT PWR)

Графическое отображение символа электрического соединителя аэродромного питания (RCPT) приведено в табл.3 и обозначает два варианта связи:

- прямоугольник отображает подачу напряжения внешнего электропитания в бортовую сеть,
- верхняя стрелка в виде контакта штыревого типа отображает связь с бортовой сетью самолета,
- нижняя стрелка в виде контакта гнездового типа отображает связь с внешним источником электроэнергии (EPS).

Цвет символа и стрелок соединителя соответствует следующим ситуациям.

Прямоугольник и обе стрелки отображаются зеленым цветом, если выполнены условия:

- EPS подстыкован к RCPT,
- EPS включен и исправен,
- контактор EPAC замкнут - бортовая сеть подключена к внешнему электропитанию.

Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются белым цветом, а нижняя стрелка отображается зеленым цветом, если выполнены условия:

- EPS подстыкован к RCPT,
- EPS включен и исправен,
- контактор EPAC разомкнут - бортовая сеть отключена от внешнего электропитания.

Прямоугольник и обе стрелки отображаются белым цветом, если выполнены условия:

- EPS подстыкован к RCPT,
- EPS выключен,
- контактор EPAC разомкнут - бортовая сеть отключена от внешнего электропитания.

Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются белым цветом, а нижняя стрелка не отображается, если выполнены условия:

- EPS не подстыкован к RCPT,
- наличие сигнала WOW (шасси обжато).

Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются янтарным цветом, а нижняя стрелка не отображается, если выполнены условия:

- EPS не подстыкован к RCPT,
- наличие сигнала WOW (шасси обжато),
- контактор EPAC отказал в замкнутом положении.

Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются янтарным цветом, а нижняя стрелка отображается белым цветом, если выполнены условия:

- EPS подстыкован к RCPT,
- EPS выключен,
- контактор EPAC отказал в замкнутом положении.

Прямоугольник и нижняя стрелка отображаются янтарным цветом, а верхняя стрелка отображается белым цветом, если выполнены условия:

- EPS подстыкован к RCPT,
- EPS включен и не исправен,
- контактор EPAC разомкнут - бортовая сеть отключена от внешнего электропитания.

Прямоугольник и обе стрелки отображаются янтарным цветом, при этом прямоугольник перечеркнут крестом янтарного цвета, если выполнено условие:

- информация недостоверна.

Прямоугольник и обе стрелки не отображаются, если выполнены условия:

- отсутствие сигнала WOW (шасси обжато).

Примечание.

В полете при снятии сигнала "WOW" ("Шасси обжато") на синоптической странице ELEC – надпись EXT PWR с символом RCPT и параметрами внешнего электропитания не отображаются.

Параметры внешнего электропитания (Рис. 4)

Загрузка EXT PWR измеряется в диапазоне величин от 0 % до 197 % с шагом измерения 1 %.

Частота EXT PWR измеряется в диапазоне величин от 102 Гц до 510 Гц с шагом измерения 2 Гц.

Напряжение EXT PWR измеряется в диапазоне величин от 0 В до 255 В с шагом измерения 1 В.

При нормальном режиме работы цифры числового значения параметров отображаются белым цветом.

При недостоверной информации о любом из параметров, вместо числового значения отображаются три прочерка янтарного цвета, например: - -- V / --- % / --- Hz.

Символ расцепителя валов редуктора двигателя и генератора VFG

Графическое отображение символа расцепителя валов (DRIVE) приведено в табл.3.

Цвет символов расцепителя и механической связи валов редуктора двигателя и генератора соответствуют условиям:

- вал генератора VFG соединен с двигателем – символы расцепителя и механической связи валов отображаются зеленым цветом,
- отказ генератора VFG – символы расцепителя и механической связи валов отображаются янтарным цветом,

- вал генератора VFG расцеплен с двигателем - символ расцепителя отображается белым цветом, а символ механической связи не отображается,
- при недостоверной информации - символы расцепителя и механической связи валов отображаются янтарным цветом. При этом символ DRIVE перечеркнут крестом янтарного цвета.

Символ двигателя и ВСУ

Графическое отображение символов двигателей и ВСУ приведено в табл.3.

Цвет символов двигателей и ВСУ соответствуют условиям:

- двигатель или ВСУ не работает - контур символа отображен серым цветом без заливки,
- двигатель или ВСУ работает - контур и заливка символа отображены серым цветом.

Индикация системы электроснабжения на комплексном кадре STATUS

Перечень сообщений кадра STATUS системы электроснабжения приведен в табл.5.

Таблица 5. Перечень сообщений кадра STATUS системы электроснабжения

Описание событий	Сообщение	Примечание
Левый генератор и двигатель расцеплены	ELEC L GEN DISC	Сигнал поступает от: - L GCU
Правый генератор и двигатель расцеплены	ELEC R GEN DISC	Сигнал поступает от: - R GCU
Отказ PMG левого генератора	ELEC L GEN PMG	Сигнал поступает от: - L GCU
Отказ PMG правого генератора	ELEC R GEN PMG	Сигнал поступает от: - R GCU
Важное трансформаторно-выпрямительное устройство неисправно	ELEC ESS TRU	Сигнал поступает от: - MAIN-L(R)PDB
Левое трансформаторно-выпрямительное устройство	ELEC L TRU	Сигнал поступает от: - MAIN-LPDB

неисправно		
Правое трансформаторно-выпрямительное устройство неисправно	ELEC R TRU	Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
Трансформаторно-выпрямительное устройство ВСУ неисправно	ELEC APU TRU	Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
Шина DC L BUS обесточена	ELEC DC L BUS	Сигнал поступает от: - MAIN-L(R)PDB
Шина DC R BUS обесточена	ELEC DC R BUS	Сигнал поступает от: - MAIN-L(R)PDB
Отказ вентилятора левого трансформаторно-выпрямительного устройства (L TRU)	ELEC L TRU FAN	Сигнал поступает от: - MAIN-LPDB
Отказ вентилятора правого трансформаторно-выпрямительного устройства (R TRU)	ELEC R TRU FAN	*Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
Отказ вентилятора важного трансформаторно-выпрямительного устройства (ESS TRU)	ELEC ESS TRU FAN	*Сигнал поступает от: - MAIN-L(R)PDB

Продолжение таблицы 5.

Описание событий	Сообщение	Примечание
Отказ вентилятора трансформаторно-выпрямительного устройства ВСУ (APU TRU)	ELEC APU TRU FAN	*Сигнал поступает от: - MAIN-RPDB
Отказ ТНУ	RAT	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ блока управления генератора ТНУ	RAT GCU	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ обогрева ТНУ	RAT HEATER	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ мастера левого SPDB	ELEC LM SPDB	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ мастера правого SPDB	ELEC RM SPDB	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ сателлита левого SPDB	ELEC SLM SPDB	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ сателлита правого SPDB	ELEC SRM SPDB	*Сигнал поступает от: - SPDB L(R)M
Отказ контактора EPAC в замкнутом состоянии	ELEC EPAC FAILED CLOSED	**Сигнал поступает от: - ENMU R2 - MAIN-L(R)PDB
Отказ вращающегося диода левого генератора	ELEC L GEN DIODE	*Сигнал поступает от:

		- L GCU
Отказ вращающегося диода правого генератора	ELEC R GEN DIODE	*Сигнал поступает от: - R GCU
Левый генератор и двигатель расцеплены	ELEC L GEN DISC	Сигнал поступает от: - L GCU
Правый генератор и двигатель расцеплены	ELEC R GEN DISC	Сигнал поступает от: - R GCU

Контрольные вопросы к разделу 2:

1. Из чего состоят органы управления системы электроснабжения (СЭС)?
2. Из чего состоят органы управления системы генерирования электроэнергии переменного тока (AC)?
3. Из чего состоят органы управления на панели ELEC комплексного потолочного пульта (КПП)?
4. Из чего состоят органы управления системы генерирования электроэнергии постоянного тока (DC)?
5. Из чего состоят органы управления системы генерирования электроэнергии постоянного тока (DC) на панели ELEC?
6. Из чего состоят органы управления на панели контроля напряжения аккумуляторных батарей (АКК) BAT CHECK?
7. Из чего состоят органы управления внешним электропитанием?
8. Из чего состоит индикация системы электроснабжения (СЭС)?
9. Что происходит при появлении отказов в работе СЭС?
10. Что означает, какова категория и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC L GEN CH FAULT на EWD?
11. Что означает, какова категория и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC R GEN CH FAULT на EWD?
12. Что означает, какова категория и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC L GEN FAULT на EWD?
13. Что означает, какова категория и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC R GEN FAULT на EWD?
14. Что означает, какова категория и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC APU GEN FAULT на EWD?
15. Что означает, какова категория и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC EMER GEN RESET на EWD?
16. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC EMER GEN FAULT на EWD?
17. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC ON BAT на EWD?
18. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC L BAT OVHT на EWD?

19. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC M BAT OVHT на EWD?
20. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC APU BAT OVHT на EWD?
21. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение EXT PWR CONNECTED на EWD?
22. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC EXT PWR FAULT на EWD?
23. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC L AC OFF на EWD?
24. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC R AC OFF на EWD?
25. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC L+R DC OFF на EWD?
26. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC L ESS DC OFF на EWD?
27. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC M ESS DC OFF на EWD?
28. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение ELEC R ESS DC OFF на EWD?
29. Что означает и чем сопровождается текстовое сообщение BEACON LIGHTS DIM на EWD?
30. Текстовое сообщение ELEC L GEN CH FAULT FAULT на EWD формируется по сигналу от?
31. Текстовое сообщение ELEC R GEN CH FAULT FAULT на EWD формируется по сигналу от?
32. Текстовое сообщение ELEC L GEN FAULT на EWD формируется по сигналу от?
33. Текстовое сообщение ELEC R GEN FAULT на EWD формируется по сигналу от?
34. Текстовое сообщение ELEC APU GEN FAULT на EWD формируется по сигналу от?
35. Текстовое сообщение ELEC EMER GEN RESET на EWD формируется по сигналу от?
36. Текстовое сообщение ELEC EMER GEN FAULT на EWD формируется по сигналу от?
37. Текстовое сообщение ELEC ON BAT на EWD формируется по сигналу от?
38. Текстовое сообщение ELEC L BAT OVHT на EWD формируется по сигналу от?
39. Текстовое сообщение ELEC M BAT OVHT на EWD формируется по сигналу от?
40. Текстовое сообщение ELEC APU BAT OVHT на EWD формируется по сигналу от?

- 41.Текстовое сообщение EXT PWR CONNECTED на EWD формируется по сигналу от?
- 42.Текстовое сообщение ELEC EXT PWR FAULT на EWD формируется по сигналу от?
- 43.Текстовое сообщение ELEC L AC OFF на EWD формируется по сигналу от?
- 44.Текстовое сообщение ELEC R AC OFF на EWD формируется по сигналу от?
- 45.Текстовое сообщение ELEC L+R DC OFF на EWD формируется по сигналу от?
- 46.Текстовое сообщение ELEC L ESS DC OFF на EWD формируется по сигналу от?
- 47.Текстовое сообщение ELEC M AC OFF на EWD формируется по сигналу от?
- 48.Текстовое сообщение ELEC R ESS DC OFF на EWD формируется по сигналу от?
- 49.Текстовое сообщение BEACON LIGHTS DIM на EWD формируется по сигналу от?
- 50.Из чего состоит синоптическая страница ELEC?
- 51.Что включают элементы индикации системы электроснабжения переменного тока (AC)?
- 52.Из чего состоят элементы индикации системы электроснабжения постоянного тока (DC)?
- 53.Что включают элементы индикации трансформаторно-выпрямительных устройств?
- 54.Что включают элементы индикации шин постоянного тока?
- 55.Как обозначается на синоптической странице ELEC аккумуляторная батарея (БАТ)?
- 56.Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания (BUS)?
- 57.Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания трансформаторно-выпрямительное устройство (TRU)?
- 58.Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания электрический соединитель аэродромного питания (RCPT)?
- 59.Как обозначаются на синоптической странице ELEC шина электропитания генераторы двигателя (L/R GEN) и ВСУ (APU GEN)?
- 60.Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания генератор ТНУ (EMER GEN)?
- 61.Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания расцепитель вала генератора VFG от двигателя?
- 62.Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания линия передачи тока - запитана?

63. Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания Линия передачи тока - не запитана?
64. Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания Линия передачи тока - недостоверность данных?
65. Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания двигатель или ВСУ работает?
66. Как обозначается на синоптической странице ELEC шина электропитания двигатель или ВСУ не работает?
67. Как обозначается на синоптической странице ELEC, что батарея исправна и подключена к борсети?
68. Как обозначается на синоптической странице ELEC, что батарея неисправна?
69. Как обозначается на синоптической странице ELEC, что батарея выключена?
70. Как обозначается на синоптической странице ELEC, что недостоверность информации?
71. Что означает, если стрелка на конце линии указывает направление движения тока от батареи ВАТ к шинам ESS DC?
72. Что означает, если стрелка на конце линии указывает направление движения тока от шины ESS DC к батарее ВАТ?
73. Каковы параметры аккумуляторной батареи?
74. Как определяется значение температуры аккумуляторной батареи?
75. Что означает знак "минус" перед числовым значением тока?
76. Как обозначаются параметры аккумуляторной батареи при нормальном режиме работы?
77. В каком случае числовое обозначение температуры аккумуляторной батареи отображается янтарным цветом?
78. Что означают два / три прочерка янтарного цвета, при отображении параметров аккумуляторной батареи, например: -- V / --- A / --- °C?
79. Как отображается символ шины?
80. Как отображается принадлежность шины?
81. Что означает, если прямоугольник отображается зеленым цветом?
82. Что означает, если прямоугольник отображается белым цветом?
83. Что означает, если прямоугольник, отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета?
84. Что означает, если символ линии связи отображается зеленым цветом?
85. Что означает, если символ линии связи отображается белым цветом?
86. Что означает, если символ линии связи с отображается янтарным цветом?
87. Что означает, если символы TRU и линии связи отображаются зеленым цветом?
88. Что означает, если символы TRU и линии связи отображаются белым цветом?

89. Что означает, если символ TRU отображается янтарным цветом, а символы линии связи отображаются белым цветом?
90. Что означает, если символы TRU и линии связи отображаются янтарным цветом? При этом символ TRU перечеркнут крестом янтарного цвета?
91. Каковы параметры трансформаторно-выпрямительного устройства?
92. Как определяется значение загрузки устройства трансформаторно-выпрямительного устройства?
93. Что означает значение 100 % загрузки устройства трансформаторно-выпрямительного устройства?
94. Как отображаются параметры трансформаторно-выпрямительного устройства?
95. Как отображаются параметры трансформаторно-выпрямительного устройства при недостоверной информации о любом из параметров?
96. Что означает, если символ генератора отображается зеленым цветом?
97. Что означает, если символ генератора отображается янтарным цветом?
98. Что означает, если символ генератора отображается белым цветом?
99. Что означает, если символ генератора отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета?
100. Каковы параметры генератора VFG?
101. Как отображаются параметры генератора VFG при нормальном режиме?
102. Как отображаются параметры генератора VFG при недостоверной информации?
103. Каково графическое отображение и цветовые варианты символа стартер-генератора (APU GEN)?
104. Каковы параметры стартер-генератора?
105. Как отображаются при нормальном режиме работы параметры стартер-генератора?
106. Как отображаются при недостоверной информации параметры стартер-генератора?
107. В каком случае символ аварийного генератора турбонасосной установки (ТНУ) отображается зеленым цветом?
108. В каком случае символ аварийного генератора турбонасосной установки (ТНУ) отображается янтарным цветом?
109. В каком случае символ аварийного генератора турбонасосной установки (ТНУ) отображается белым цветом?
110. В каком случае символ аварийного генератора турбонасосной установки (ТНУ) символ, отображенный янтарным цветом, перечеркнут крестом янтарного цвета?
111. Что означает отображение символа прямоугольника электрического соединителя аэродромного питания (RCPT)?
112. Что означает отображение символа верхней стрелки электрического соединителя аэродромного питания (RCPT)?

113. Что означает отображение символа нижней стрелки электрического соединителя аэродромного питания (РСРТ)?
114. Прямоугольник соединителя и обе стрелки отображаются зеленым цветом, если...
115. Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются белым цветом, а нижняя стрелка отображается зеленым цветом, если
116. Прямоугольник соединителя и обе стрелки отображаются зеленым цветом, если...
117. Прямоугольник и обе стрелки отображаются белым цветом, а нижняя стрелка не отображается если...
118. Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются янтарным цветом, а нижняя стрелка не отображается, если...
119. Прямоугольник и верхняя стрелка отображаются янтарным цветом, а нижняя стрелка отображается белым цветом, если...
120. Прямоугольник и нижняя стрелка отображаются янтарным цветом, а верхняя стрелка отображается белым цветом, если...
121. Прямоугольник и обе стрелки отображаются янтарным цветом, при этом прямоугольник перечеркнут крестом янтарного цвета, если...
122. Прямоугольник и обе стрелки не отображаются, если...
123. Что происходит в полете при снятии сигнала "WOW" ("Шасси обжато")?
124. Каковы параметры внешнего электропитания?
125. Как отображаются параметры внешнего электропитания при нормальном режиме работы?
126. Как отображаются параметры внешнего электропитания при недостоверной информации о любом из параметров?
127. Что означает, если символы расцепителя и механической связи валов отображаются зеленым цветом?
128. Что означает, если символы расцепителя и механической связи валов отображаются янтарным цветом?
129. Что означает, если символ расцепителя отображается белым цветом, а символ механической связи не отображается?
130. Что означает, если символы расцепителя и механической связи валов отображаются янтарным цветом?
131. Что означает, если контур символа двигателя и ВСУ отображен серым цветом без заливки?
132. Что означает, если контур и заливка символа двигателя и ВСУ отображены серым цветом?
133. Что означает сообщение ELEC L GEN DISC желтого цвета?
134. Что означает сообщение ELEC R GEN DISC желтого цвета?
135. Что означает сообщение ELEC L GEN PMG желтого цвета?
136. Что означает сообщение ELEC DC R BUS желтого цвета?
137. Что означает сообщение ELEC L TRU FAN желтого цвета?
138. Что означает сообщение ELEC R TRU FAN желтого цвета?

139. Что означает сообщение ELEC ESS TRU FAN желтого цвета?
140. Что означает сообщение ELEC APU TRU FAN желтого цвета?
141. Что означает сообщение RAT желтого цвета?
142. Что означает сообщение RAT GCU желтого цвета?
143. Что означает сообщение RAT HEATER желтого цвета?
144. Что означает сообщение ELEC LM SPDB желтого цвета?
145. Что означает сообщение ELEC RM SPDB желтого цвета?
146. Что означает сообщение ELEC SLM SPDB желтого цвета?
147. Что означает сообщение ELEC SRM SPDB желтого цвета?
148. Что означает сообщение ELEC EPAC FAILED CLOSED желтого цвета?
149. Что означает сообщение ELEC L GEN DIODE желтого цвета?
150. Что означает сообщение ELEC R GEN DIODE желтого цвета?
151. Что означает сообщение ELEC L GEN DISC желтого цвета?
152. Что означает сообщение ELEC R GEN DISC желтого цвета?
153. Что означает сообщение ELEC R GEN PMG желтого цвета?
154. Что означает сообщение ELEC ESS TRU желтого цвета?
155. Что означает сообщение ELEC L TRU желтого цвета?
156. Что означает сообщение ELEC R TRU желтого цвета?
157. Что означает сообщение ELEC APU TRU желтого цвета?
158. Что означает сообщение ELEC DC L BUS желтого цвета?
159. Откуда приходит сообщение ELEC L GEN DISC?
160. Откуда приходит сообщение ELEC R GEN DISC?
161. Откуда приходит сообщение ELEC L GEN PMG?
162. Откуда приходит сообщение ELEC R GEN PMG?
163. Откуда приходит сообщение ELEC ESS TRU?
164. Откуда приходит сообщение ELEC L TRU?
165. Откуда приходит сообщение ELEC R TRU?
166. Откуда приходит сообщение ELEC APU TRU?
167. Откуда приходит сообщение ELEC DC L BUS?
168. Откуда приходит сообщение ELEC DC R BUS?
169. Откуда приходит сообщение ELEC L TRU FAN?
170. Откуда приходит сообщение ELEC R TRU FAN?
171. Откуда приходит сообщение ELEC ESS TRU FAN?
172. Откуда приходит сообщение ELEC APU TRU FAN?
173. Откуда приходит сообщение RAT?
174. Откуда приходит сообщение RAT GCU?
175. Откуда приходит сообщение RAT HEATER?
176. Откуда приходит сообщение ELEC LM SPDB?
177. Откуда приходит сообщение ELEC RM SPDB?
178. Откуда приходит сообщение ELEC SLM SPDB?
179. Откуда приходит сообщение ELEC SRM SPDB?
180. Откуда приходит сообщение ELEC EPAC FAILED CLOSED?
181. Откуда приходит сообщение ELEC L GEN DIODE?

182. Откуда приходит сообщение ELEC R GEN DIODE?
183. Откуда приходит сообщение ELEC L GEN DISC?
184. Откуда приходит сообщение ELEC R GEN DISC?

3 СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

3.1. Общие сведения

Назначение и состав

Система генерирования электроэнергии переменного тока (AC Generation System) предназначена для электропитания бортового оборудования самолета переменным трехфазным током напряжением 115/200 В.

Система генерирования электроэнергии переменного тока (Рис. 5) состоит из:

- двух основных каналов генерирования электроэнергии,
- одного вспомогательного канала генерирования электроэнергии,
- одного аварийного канала генерирования электроэнергии.

Основные каналы генерирования электроэнергии

Основными источниками электроэнергии системы EPGS являются два генератора переменной частоты (VFG) в диапазоне значений от 360 Гц до 800 Гц. На каждом двигателе размещено по одному бесщеточному генератору VFG с самовозбуждением и независимой масляной системой охлаждения.

Мощность каждого генератора равна 90/120 кВ·А.

В нормальном режиме генераторы работают как два независимых основных канала генерирования электроэнергии переменного тока. В случае отказа (отключения) левого или правого генератора (L GEN / R GEN) основные распределительные устройства электроэнергии (MAIN-PDB) выполняют перераспределение электроэнергии исправного генератора между потребителями самолета.

Вспомогательный канал генерирования электроэнергии

Вспомогательным источником электроэнергии системы EPGS является стартер-генератор (APU SG) постоянной частоты 425 Гц. Охлаждение APU SG выполняет масло основного редуктора вспомогательной силовой установки (BCU).

Мощность генератора APU SG равна 90/120 кВ·А.

Генератор APU SG используется во время работы установки BCU:

на земле - в процессе выполнения предполетной подготовки самолета, во время выполнения погрузочно-разгрузочных и других работ, связанных с эксплуатацией самолета,

в полете - в качестве третьего (резервного) источника для компенсации недостачи электроэнергии в бортовой сети самолета во время отказов одного или двух генераторов VFG.

Аварийный канал генерирования электроэнергии

Аварийным источником электроэнергии системы EPGS является бесщеточный аварийный генератор (EMER GEN) нестабилизированной частоты (от 424 Гц до 600 Гц) турбонасосной установки (ТНУ). Лопasti ТНУ (RAT) приводятся в движение набегающим потоком воздуха во время полета.

Мощность генератора EMER GEN равна 10 кВ·А.

Генератор EMER GEN используется во время отказов основных и вспомогательного источников электроэнергии и снабжает электропитанием группу потребителей для обеспечения полета и посадки самолета на ближайшем аэродроме.

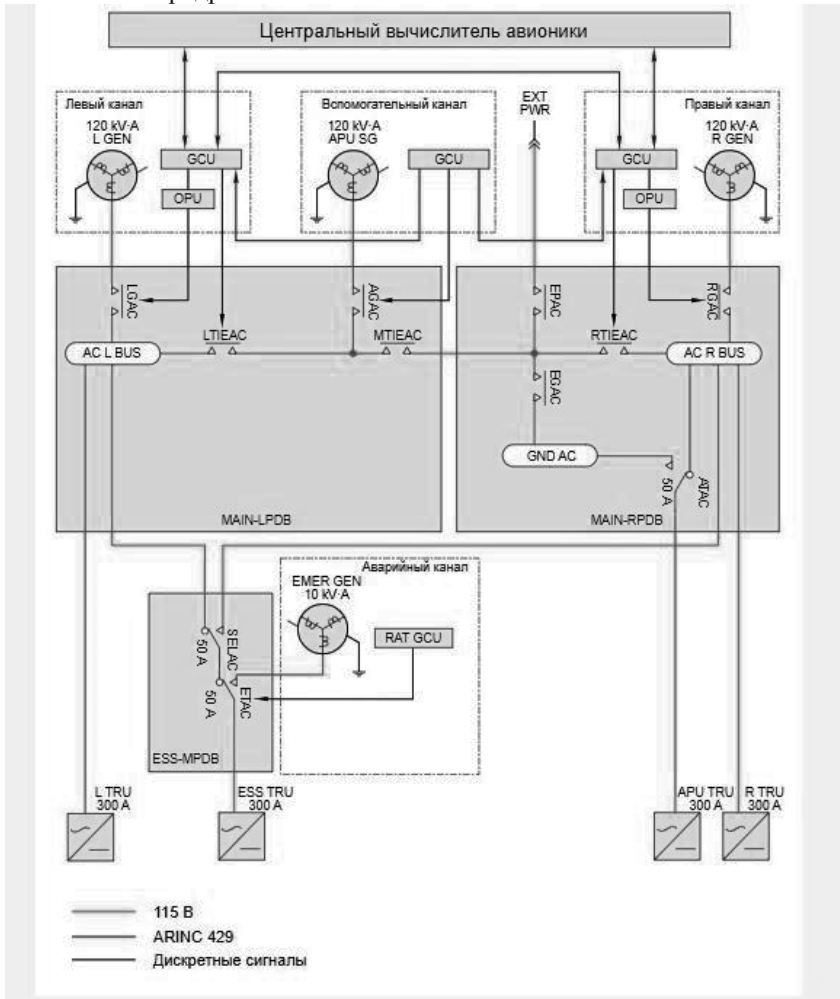


Рисунок 5. Упрощенная принципиальная схема системы генерирования электроэнергии переменного тока

3.2 Основные каналы системы генерирования переменного тока.

Назначение, состав и расположение.

В состав системы генерирования электроэнергии переменного тока включены два основных канала генерирования электроэнергии переменного тока по принадлежности к левому (L GEN) и правому (R GEN) генераторам переменной частоты (VFG).

Основные каналы предназначены для электропитания потребителей электроэнергии переменным трехфазным током напряжением 115 В, частотой в диапазоне значений от 360 Гц до 800 Гц.

Основные функции каналов:

контроль и управление параметрами электропитания в точке регулирования (POR),

управление контактором генератора VFG (GAC),

подача электропитания к шинам AC L(R) BUS основных распределительных устройств электроэнергии (MAIN-PDB) и взаимодействие с ними,

защита электрической цепи и ее компонентов от внешних факторов, взаимодействие с панелью ELEC комплексного потолочного пульта (КПП),

встроенный контроль (BIT),

выдача информации о состоянии системы по каналам связи ARINC 429.

Выдача информации осуществляется:

в центральный вычислитель авионики (ЦВА),

в вычислитель системы управления общесамолетным оборудованием (СУОСО),

в блок управления генератором (GCU) другого основного канала генерирования электроэнергии.

Примечание. Точка POR определена как сторона контактора GAC в направлении генератора.

Каждый основной канал генерирования электроэнергии переменного тока состоит из:

генератора переменной частоты VFG с быстросъемным устройством QAD,

блока управления генератором (GCU),

блока защиты генератора от перенапряжения (OPU),

контактора генератора GAC из комплекта устройства MAIN-PDB,

трансформаторов тока из комплекта устройств MAIN-PDB.

Расположение компонентов двух основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока приведено в табл.6.

Таблица 6. Расположение компонентов

FIN	ПОЭ	Наименование	Зона	Точка доступа
1XU1	2420.G1	Генератор переменной частоты	472	474AR
1XU2	2420.G2		482	484AR
2XU1	2420.A1	Блок управления генератором	127	815
2XU2	2420.A2		128	815
3XU1	2420.A5	Блок защиты от перенапряжения	127	815
3XU2	2420.A6		128	815
4XU1	-	Быстросъемное устройство	472	474AR
4XU2	-		482	484AR

Работа

Работа правого и левого основных каналов системы генерирования электроэнергии переменного тока идентична (Рис. 5).

Основным компонентом канала является генератор VFG, который приводится в действие двигателем и преобразует механическую энергию в электрическую.

Блок GCU управляет генератором VFG, подключает его к основной шине переменного тока и выполняет роль основной защиты канала генерирования электроэнергии.

Блок OPU выполняет функцию дополнительной защиты потребителей бортовой сети от перенапряжения при отказе канала защиты от перенапряжения или канала стабилизации напряжения в блоке GCU.

Блоки GCU и OPU действуют в канале комбинированно, выполняя функции регулирования напряжения и быстродействующего защитного ограничителя перенапряжения, а также - две независимые и разнородные функции защиты от перенапряжения.

Механическое разъединение генератора VFG с двигателем выполняется при помощи встроенного устройства расцепления валов, управляемого кнопкой-табло DISC на панели ELEC пульта КПП.

Включение канала в работу

Подключение системы генерирования электроэнергии (EPGS) к первичным средствам распределения электроэнергии выполняют контакторы GAC, управляемые блоками GCU, при наличии сигналов:

"PWR RDY EPS" (генерирующий канал эксплуатационно доступен для силовых нагрузок),

"BRA" (подтверждение готовности основной шины AC устройства MAIN-PDB).

Готовность основного канала генерирования электроэнергии к силовым нагрузкам

Блок GCU определяет готовность основного канала генерирования электроэнергии, если в течение $(0,15 \pm 0,01)$ секунды будут выполнены следующие условия:

кнопочный переключатель управления генератором GEN находится во включенном (нажатом) положении,

отсутствует повышенное напряжение,

отсутствует пониженное напряжение,

отсутствует повышенная частота,

порядок чередования фаз - не нарушен,

а также выполнены:

проверка регулирования напряжения в точке POR,

проверка контроля поля возбудителя,

проверка работы блока OPU.

Статус канала генерирования электроэнергии передается блоком GCU в виде дискретных сигналов:

"POWER READY EPS" - генератор готов к подключению нагрузок,

"NOT POWER READY EPS" - генератор не готов к подключению нагрузок.

Готовность основной шины АС устройства MAIN-PDB

Устройство MAIN-PDB, после получения от блока GCU сигнала "POWER READY GCU", формирует и посылает в блок GCU сигналы состояния основной шины АС:

"BRA" - подтверждение готовности шины

"NOT BRA" - подтверждение не готовности шины.

Информация о статусе шины устройства MAIN-PDB поступает в виде дискретных сигналов: "BRA" или "NOT BRA".

Автоматическое подключение основного канала генерирования электроэнергии к устройству MAIN-PDB

В случае готовности основного канала генерирования электроэнергии к нагрузкам, блок GCU выполняет подключение (отключение) генератора к бортовой сети в зависимости от частоты генератора на постоянных магнитах (PMG), в составе генератора VFG, в точке POR.

В процессе подключения генератора к бортовой сети блок GCU выполняет операции в следующей последовательности:

подключение к обмотке возбуждения выходное напряжение генератора PMG посредством реле управления генератором (GCR), когда частота достигнет порогового значения (345 ± 2) Гц в течение 30 ± 10 мс,

включение в работу канала регулировки напряжения (VR), когда частота достигнет порогового значения (355 ± 2) Гц,

подключения генератора VFG к шине устройства MAIN-PDB посредством контактора GAC, когда частота достигнет порогового значения (392 ± 2) Гц.

В процессе отключения генератора от бортовой сети блок GCU выполняет операции в следующей последовательности:

размыкание (выключение) контактора GAC, когда частота достигнет порогового значения (388 ± 2) Гц. Время задержки равно 0,1 с,

выключение канала VR, когда частота достигнет порогового значения (350 ± 2) Гц. Время задержки равно 0,05 с,

размыкание реле GCR посредством установки кнопочного переключателя GEN в отжатое (отключенное) положение или активирования защиты.

Органы ручного управления каналом генерирования электроэнергии

Ручное управление генератором выполняется посредством: кнопочного переключателя GEN включения (отключения) генератора VFG и кнопки-табло DISC разъединения генератора с двигателем, расположенных на панели ELEC пульта КПП.

Исходное состояние органов ручного управления:
кнопочный переключатель GEN - клавиша нажата,
кнопка-табло DISC - закрыты защитной скобой.

Кнопочный переключатель GEN

Кнопочный переключатель L(R) GEN имеет вид кнопки с двумя светосигнальными полями:

OFF - белого цвета,

FAULT - янтарного цвета.

Во время подключения бортовой сети к аккумуляторным батареям или ВСУ или внешнему источнику электроэнергии (EPS) начинает светиться светосигнальное поле OFF.

Подключение генератора VFG к основным шинам переменного тока AC L(R) BUS происходит автоматически после запуска и выхода на режим соответствующего двигателя. Во время подключения генератора VFG происходит замыкание (включение) контактора GAC и светосигнальное поле OFF – гаснет (генератор подключен).

Во время работы генератора VFG в штатном режиме клавиша переключателя находится в нажатом состоянии и оба светосигнальных поля кнопочного переключателя не светятся.

Если во время работы произошел отказ основного канала генерирования, то начинает светиться светосигнальное поле FAULT, размыкается (отключается) контактор GAC и начинает светиться светосигнальное поле OFF (генератор отключен).

Примечание. Сигнал FAULT блокируется в блоке GCU, что не позволяет подключить к основной шине переменного тока AC BUS неисправный генератор во время повторного нажатия на кнопочный переключатель GEN.

Отключение генератора VFG выполняется вручную, установкой кнопочного переключателя GEN в отжатое (отключенное) положение, в случаях:

- отключение отказавшего генератора VFG:
- светосигнальное поле FAULT – гаснет,
- светосигнальное поле OFF - продолжает светиться.
- принудительное отключение генератора VFG:
- светосигнальное поле OFF - начинает светиться.

После начала свечения светосигнального поля FAULT в кадре EWD отображается сообщение ELEC L(R) GEN CH FAULT.

Кнопка-табло DISC

Кнопка-табло L(R) DISC имеет вид кнопки с двумя светосигнальными полями:

- OFF - белого цвета,
- DRIVE - янтарного цвета.

Блок GCU определяет отказ генератора VFG при обнаружении одного из перечисленных ниже условий:

- низкое давление масла генератора,
- высокая температура масла генератора.

В случае отказа генератора VFG, блок GCU выдает запрос на его ручное расцепление с двигателем в виде сигнала VFG FAULT на светосигнальное поле DRIVE.

После открытия защитной скобы и нажатия на кнопку-табло DISC:

подается сигнал на соленоид механизма расцепителя валов генератора VFG,

светосигнальное поле DRIVE – гаснет,
после расцепления валов поле OFF кнопки-табло DISC – начинает светиться.

Блок GCU выдает статусный сигнал VFG DISC STS о расцеплении генератора.

Примечание.

Восстановить механическое соединение валов генератора VFG возможно только на земле после остановки двигателя и устранения неисправности в системе.

После начала свечения светосигнального поля DRIVE в кадре EWD отображается сообщение ELEC L(R) GEN FAULT.

Функция встроенного контроля

Функция ВІТ предназначена для проверки того состояния оборудования системы EPGS, которое классифицируется как отказ или условия для появления отказа, а также для определения группы неоднозначно идентифицируемых (вызванных сбоями) неисправностей.

Функция ВІТ выполняется блоком GCU и подразделяется на:

- Встроенный контроль при включении электропитания [Power-up VITE (PBIT)]

Условия проведения встроенного контроля - самолет находится на земле (WOW=ground) и двигатели выключены (генератор PMG не работает).

Блок GCU выполняет оценку текущего состояния канала во время подключения аккумуляторных батарей в режиме "Холодного запуска". Время проведения теста не более 3 с.

- Непрерывный встроенный контроль [Continuous VITE (CBIT)].

Блок GCU в пассивном режиме определяет:

потерю функциональности канала,
превышение допустимых выходных значений параметров канала,
группу неоднозначно идентифицируемых неисправностей (вызванных сбоями параметров).

Примечание. Неисправности, обнаруженные во время проведения CBIT, не приводят к защитному отключению генератора.

- Встроенный контроль локализации неисправностей, связанных с защитным отключением генератора [Protection Fault Isolation Test (PRIT)].

Условия проведения встроенного контроля - срабатывание канала защиты блока GCU.

Блок GCU инициирует тест для локализации отказа или определения неоднозначно идентифицируемых неисправностей данного отказа.

Результаты ВІТ блок GCU сообщает в вычислитель ЦВА.

Электропитание

Электропитание основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока подразделяется на:

- основное - преобразованное напряжение генератора PMG, если частота (в точке POR) находится в пределах от 395 Гц до 721 Гц,
- резервное – шина L(R) ESS-PDB.

Электропитание компонентов основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока осуществляется блоками GCU.

Электропитание блоков GCU осуществляется от бортовой сети постоянного тока напряжением 28 В и приведено в табл.7.

Примечание. Блоки GCU сохраняют свою работоспособность в полном объеме, если напряжение электропитания шин устройств ESS-PDB находится в диапазоне от 18,0 В до 32,2 В.

Таблица 7. Электропитание блоков GCU

Оборудование ПОЭ	Оборудование ПОЭ	Оборудование	
		ПОЭ	ПОЭ
Блок L GCU	2420.A1	-	L ESS DC
Блок R GCU	2420.A2	-	R ESS DC

Контрольные вопросы к разделам 3.1. и 3.2

1. Для чего предназначена система генерирования электроэнергии переменного тока (AC Generation System)?
2. Из чего состоит система генерирования электроэнергии переменного тока?
3. Что является основными источниками электроэнергии системы EPGs?
4. Где расположены генераторы переменной частоты (VFG)?
5. Каков тип генератора VFG?
6. Чему равна мощность каждого генератора VFG?
7. Как работают генераторы в нормальном режиме?
8. Что происходит в случае отказа (отключения) левого или правого генератора (L GEN / R GEN)?
9. Что является вспомогательным источником электроэнергии системы EPGs?
10. Что выполняет охлаждение стартер-генератора APU SG?
11. Какова мощность генератора APU SG?
12. Когда используется генератор APU SG?
13. Для чего используется на земле генератор APU SG?
14. Для чего используется в полете генератор APU SG?
15. Что служит аварийным источником электроэнергии системы EPGs?
16. Каков тип аварийного генератора (EMER GEN)?
17. Чем приводятся в движение лопасти THU (RAT)?
18. Чему равна мощность генератора EMER GEN?
19. В каком случае используется генератор EMER GEN?
20. Для чего используется генератор EMER GEN?
21. Что включено в состав системы генерирования электроэнергии переменного тока?
22. Для чего предназначены основные каналы генерирования электроэнергии переменного тока?
23. Основной функцией основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока является...
24. Куда выдается информация от основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока?
25. Как определяется точка POR?

26. Основной канал генерирования электроэнергии переменного тока состоит из?
27. Где находятся генераторы переменной частоты?
28. Где находятся блоки управления генератором?
29. Где находятся блоки защиты от перенапряжения?
30. Где находятся быстросъемные устройства?
31. Каков характер работы правого и левого основных каналов системы генерирования электроэнергии переменного тока?
32. Что является основным компонентом канала генерирования электроэнергии переменного тока?
33. Как приводится в действие генератор VFG?
34. Какова функция блока GCU?
35. Какова функция блока OPU?
36. Каков характер работы блоков GCU и OPU?
37. Какие функции выполняют блоки GCU и OPU?
38. Как выполняется механическое разъединение генератора VFG с двигателем?
39. Чем управляется встроенное устройство расцепления валов?
40. Чем выполняется подключение системы генерирования электроэнергии (EPGS) к первичным средствам распределения электроэнергии?
41. Чем управляются контакторы GAC?
42. При наличии каких сигналов контакторы GAC, управляемые блоками GCU происходит подключение системы генерирования электроэнергии (EPGS) к первичным средствам распределения электроэнергии?
43. Что означает сигнал "PWR RDY EPS"?
44. Что означает сигнал "BRA"?
45. Что определяет готовность основного канала генерирования электроэнергии?
46. Каково время на проверку готовности основного канала генерирования электроэнергии?
47. Каковы условия готовности основного канала генерирования электроэнергии?
48. Что должно быть выполнено для определения готовности основного канала генерирования электроэнергии?
49. Как передается статус канала генерирования электроэнергии?
50. Какими сигналами определяется статус канала генерирования электроэнергии?
51. Что означает сигнал "POWER READY EPS"?
52. Что означает сигнал "NOT POWER READY EPS"?
53. Что формирует и посылает в блок GCU сигналы состояния основной шины AC?
54. Каково условие формирования и отправки в блок GCU сигналов состояния основной шины AC?

55. В каком виде поступает информация о статусе шины устройства MAIN-PDB?
56. Каковы сигналы состояния основной шины AC?
57. В каком случае блок GCU выполняет подключение (отключение) генератора к бортовой сети?
58. В зависимости от чего блок GCU выполняет подключение (отключение) генератора к бортовой сети?
59. В процессе подключения генератора к бортовой сети блок GCU выполняет следующую операцию...
60. С помощью чего выполняется ручное управление генератором?
61. Где находятся кнопочный переключатель GEN включения (отключения) генератора VFG и кнопка-табло DISC разъединения генератора с двигателем?
62. Каково исходное состояние органов ручного управления генератора?
63. Каков вид кнопочных переключателей L(R) GEN?
64. В каком случае начинает светиться светосигнальное поле OFF?
65. Как происходит подключение генератора VFG к основным шинам переменного тока AC L(R) BUS?
66. При каком условии происходит подключение генератора VFG к основным шинам переменного тока AC L(R) BUS?
67. Что происходит во время подключения генератора VFG?
68. Что происходит во время работы генератора VFG в штатном режиме?
69. Что происходит, если во время работы произошел отказ основного канала генерирования?
70. Можно ли подключить к основной шине переменного тока AC BUS неисправный генератор во время повторного нажатия на кнопочный переключатель GEN?
71. Как осуществляется отключение генератора VFG вручную?
72. Отключение генератора VFG выполняется вручную в следующих случаях...
73. Что происходит в случае отключения отказавшего генератора VFG?
74. Что происходит в случае принудительного отключения генератора VFG?
75. Что происходит после начала свечения светосигнального поля FAULT?
76. Каков вид кнопки-табло L(R) DISC?
77. При каких условиях блок GCU определяет отказ генератора VFG?
78. Что происходит в случае отказа генератора VFG?
79. Что происходит после открытия защитной скобы и нажатия на кнопку-табло DISC?
80. Какой сигнал выдает блок GCU после нажатия на кнопку-табло DISC?
81. Как можно восстановить механическое соединение валов генератора VFG?
82. Что происходит после начала свечения светосигнального поля DRIVE?
83. Для чего предназначена функция встроенного контроля BIT?

84. Какие состояния генератора различает функция встроенного контроля ВІТ?
85. Каким устройством выполняется функция ВІТ генератора?
86. Каковы функции встроенного контроля ВІТ?
87. Каковы условия проведения встроенного контроля [Power-up ВІТЕ (РВІТ)]?
88. Блок GCU выполняет оценку текущего состояния канала...
89. Что определяет блок GCU в пассивном режиме при [Continuous ВІТЕ (СВІТ)]?
90. Приводят ли неисправности, обнаруженные во время проведения СВІТ, к защитному отключению генератора?
91. Каково условие проведения встроенного контроля [Protection Fault Isolation Test (PRIT)]?
92. Что происходит при срабатывании канала защиты блока GCU в режиме встроенного контроля [Protection Fault Isolation Test (PRIT)]?
93. Что происходит в режиме встроенного контроля [Protection Fault Isolation Test (PRIT)]?
94. Как подразделяется электропитание основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока?
95. Откуда и в каком случае электропитание осуществляется основным каналом генерирования электроэнергии переменного тока?
96. Откуда осуществляется электропитание резервным каналом генерирования электроэнергии переменного тока?
97. Чем осуществляется электропитание компонентов основных каналов генерирования электроэнергии переменного тока?
98. Откуда осуществляется электропитание блоков GCU?
99. При каких условиях блоки GCU сохраняют свою работоспособность в полном объеме?

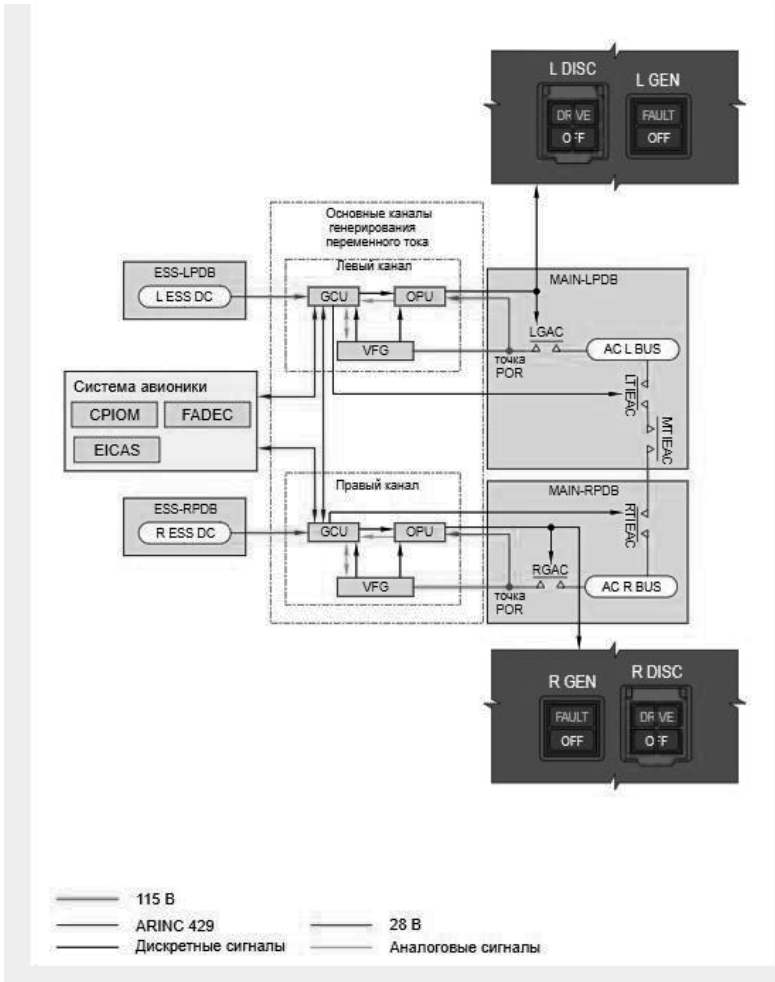


Рисунок 6. Упрощенная принципиальная схема основного канала генерирования электроэнергии переменного тока

3.3 Основные каналы системы генерирования переменного тока. Оборудование на двигателе.

Назначение, состав и размещение

Оборудование системы генерирования электроэнергии [Electrical Power Generation System (EPGS)], которое размещено на двигателе, относится к основному источнику электроэнергии переменного тока напряжением 115/200 В.

Оборудование EPGS, которое размещено на двигателе, состоит из:

- генератора переменной частоты (VFG),
- быстросъемного устройства генератора (QAD),
- воздушно-масляного теплообменника (BMT),
- топливно-масляного теплообменника (TMT),
- датчика дифференциального давления топливно-масляного теплообменника [Fuel/Oil Differential Pressure Sensor (FODPS)],
- силового фидера генератора,
- проводки управления генератора,
- трубопроводов масляной системы охлаждения генератора.

Расположение компонентов оборудования EPGS двигателя приведено в табл.8.

Канал генерирования электроэнергии переменного тока

Генератор VFG [1] Рис.7 получает механическую энергию вращения от главного редуктора двигателя (MGB) [20] Рис.7 и преобразует ее в переменный трехфазный ток напряжением 115/200 В нестабилизированной частоты в пределе значений от 398 Гц до 720 Гц, что соответствует рабочему диапазону двигателя от 11935 об/мин до 21600 об/мин.

Блок управления генератором GCU [2] Рис.7 поддерживает напряжение 115 В на выходе генератора VFG посредством управления его обмоткой возбуждения.

Блок управления GCU [2] Рис. 7 и блок защиты OPU [3] Рис. 7 обеспечивают защиту основного канала генерирования электроэнергии от перегрузок посредством управления линейным контактором GAC [4] Рис. 7.

Подача напряжения электропитания на контактор GAC [4] Рис. 7 выполняется по силовым кабелям электропитания [4] Рис. 7 от клеммной колодки [6] Рис. 7 генератора VFG. Кабели [5] Рис. 7 протянуты по левой стороне в центре двигателя и зафиксированы зажимами [18] Рис. 7.

Устройство QAD [21] Рис. 7 обеспечивает быстрый демонтаж/монтаж генератора VFG в результате сцепления выступов фланца генератора VFG и выступов хомута устройства QAD [23] Рис. 7 посредством вращения высоконапряженного болта [22] Рис. 7 плиты-адаптера устройства QAD.

Таблица 8. Расположение компонентов EPGS двигателя

FIN	ПОЭ	Наименование	Зона	Точка доступа
1XU1	2420.G1	Генератор переменной частоты	472	474AR
1XU2	2420.G2		482	484AR
4XU1	-	Быстросъемное устройство	472	474AR
4XU2	-		482	484AR
1XM1	-	Воздушно-масляный теплообменник LX40	471	455AL
1XM2	-		481	465AL
1XM51	-	Воздушно-масляный теплообменник LX50	472	456AR
1XM52	-		482	466AR
2XM1	-	Топливо-масляный	471	473AL

2XM2	-	теплообменник	481	483AL
4XU1	-	Датчик дифференциального давления топливо- масляного теплообменника	471	473AL
4XU2	-		481	483AL
1EE1	-	Трубопровод масляной системы охлаждения генератора	471, 472	473AL, 474AR
1EE2	-		481, 482	483AL, 484AR
1EE1	-	Силовой фидер генератора	471	473AL
1EE2	-		481	483AL
1EE1	-	Проводка управления генераторам	472	474AR
1EE2	-		482	484AR

Система охлаждения и смазки генератора

Охлаждение и смазка генератора VFG обеспечивается масляной системой охлаждения генератора. Масляная система охлаждения генератора является пассивной системой.

Система охлаждения регулирует температуру масла генератора VFG посредством теплообмена между маслом генератора VFG и топливом двигателя в коллекторе терморегулирования. Масляные системы охлаждения генератора VFG и двигателя изолированы друг от друга.

Масляная система охлаждения генератора VFG [1] Рис. 7 состоит из:

- внутреннего контура смазки генератора объемом 9350 см³ [9,35 л (2.47 USgal)],
- внешнего контура охлаждения масла генератора объемом 3300 см³ [3,3 л (0.87 USgal)], который размещен на двигателе.

Внутренний контур смазки генератора VFG предназначен для:

- заправки и слива масла,
- нагнетания давления и циркуляции масла в системе,
- контроля уровня, температуры и давления масла в системе.

Внешний контур охлаждения масла генератора VFG состоит из:

- воздушно-масляного теплообменника [9] Рис. 7 с клапаном перепуска [10]Рис. 7,
- топливо-масляного теплообменника [13] Рис. 7 с клапаном перепуска [15]Рис. 7,
- дифференциальный датчик давления [14] Рис. 7 топливо-масляного теплообменника [13] Рис. 7,
- трубопроводов масла высокого [7] Рис. 7 и низкого давлений [17]Рис. 7.

Работа внешнего контура охлаждения

Горячее масло генератора VFG [1] Рис. 7 по трубопроводу высокого давления [7]Рис. 1 поступает в теплообменник ВМТ [9] Рис. 7.

После теплообменника ВМТ охлажденное масло поступает в теплообменник ТМТ [13] Рис. 7 и по трубопроводу низкого давления [17] Рис. 7 возвращается обратно в генератор VFG.

Охлажденное внешним контуром масло поступает во внутренний контур генератора VFG для его охлаждения и смазки. Затем масло поступает в картер генератора VFG для его дальнейшего использования.

Слив всего отработанного масла выполняется из картера генератора VFG через штуцер полости дренажа [19] Рис. 7.

Работа компонентов внешнего контура охлаждения

Воздушно-масляный теплообменник (ВМТ)

Теплообменник ВМТ [9] Рис. 1 выполняет охлаждение температуры масла генератора VFG посредством его теплообмена с воздухом вентилятора двигателя.

В процессе прохождения через теплообменник ВМТ [Air/Oil Heat Exchanger (АОНХ)] тепло от масла генератора VFG передается в воздух вентилятора двигателя и наоборот от воздуха маслу в зависимости от условий работы двигателя.

В условиях высоких температур, во время работы двигателя на режиме малого газа (МГ), тепло передается от масла генератора VFG в воздух вентилятора двигателя. Происходит охлаждение масла.

В остальных условиях, как правило, тепло передается от воздуха вентилятора маслу генератора VFG. Происходит подогрев масла, для обеспечения его необходимой вязкости.

Клапан перепуска [10] Рис. 7 регулирует прохождение масла генератора VFG через теплообменник ВМТ посредством контроля вязкости масла.

При достижении критической вязкости холодного масла, клапан перепуска блокирует его вход в теплообменник ВМТ, для снижения давления масла в трубопроводе системы и предотвращения замерзания масла в трубопроводе теплообменника ВМТ.

Топливо-масляный теплообменник (ТМТ)

Теплообменник ТМТ [13] Рис. 7 выполняет регулировку температуры масла на входе в генератор VFG посредством его теплообмена с топливом двигателя.

В процессе прохождения через теплообменник ТМТ [Fuel/Oil Heat Exchanger (ФОНХ)] тепло от теплообменника ВМТ передается топливу двигателя.

Теплообменник ТМТ имеет внутренние трубопроводы, через которые протекает топливо двигателя [16] Рис. 7. Топливные трубопроводы проходят через сердцевину теплообменника ТМТ, в котором находятся дополнительные перегородки для того, что бы увеличить общую площадь теплопередачи.

Клапан перепуска теплообменника ТМТ

Перепускной клапан [15] Рис. 7 является клапаном регулировки вязкости, который работает в пассивном режиме.

Во время запуска двигателя, когда температура масла на входе теплообменника ТМТ низкая и соответствует максимальной его вязкости, то клапан выключен (открыт) и блокирует теплообменник ТМТ. Если температура масла достигает значения $T_{m \min}$, то на вход генератора VFG поступает не охлажденное масло (охлаждение 0 %).

В случае увеличения температуры масла клапан прикрывается и начинает подавать масло на вход теплообменника ТМТ. В промежуточном положении клапана на вход генератора VFG поступает смесь не охлажденного масла с охлажденным маслом с выхода теплообменника ТМТ.

В случае достижения температурой масла генератора VFG его верхней границы диапазона температур клапан включен (закрыт) и весь поток горячего масла поступает на вход теплообменника ТМТ. На вход генератора VFG поступает охлажденное масло (охлаждение 100 %).

Датчик дифференциального давления топливо-масляного теплообменника (FODPS)

Датчик FODPS [14] Рис. 7 контролирует разницу давлений топлива на входе и выходе коллектора терморегулирования [24] Рис. 7, для контроля его засорения. Обычно это происходит, когда топливо во внутренней полости теплообменника ТМТ замерзает или загрязняется, что нарушает эффективность охлаждения масла генератора VFG.

В случае достижения перепада давления топлива минимального значения $P_{T \min}$, датчик FODPS выдает сигнал в электронный блок управления двигателем [Electronic Engine Control (EEC)].

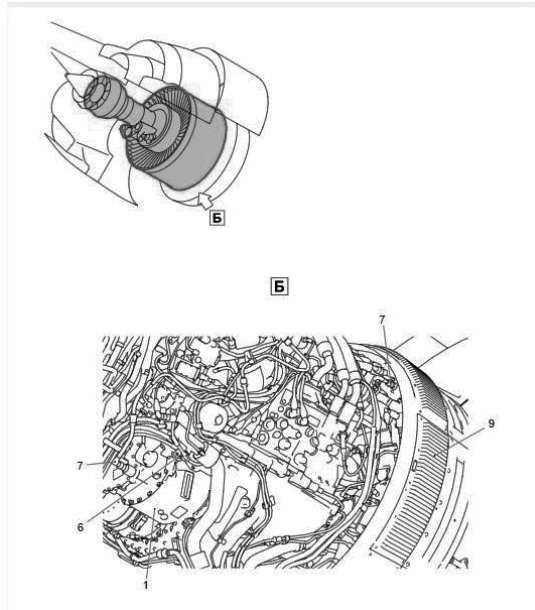


Рисунок 7. Система генерирования электроэнергии переменного тока (AC Generator). Лист 3.

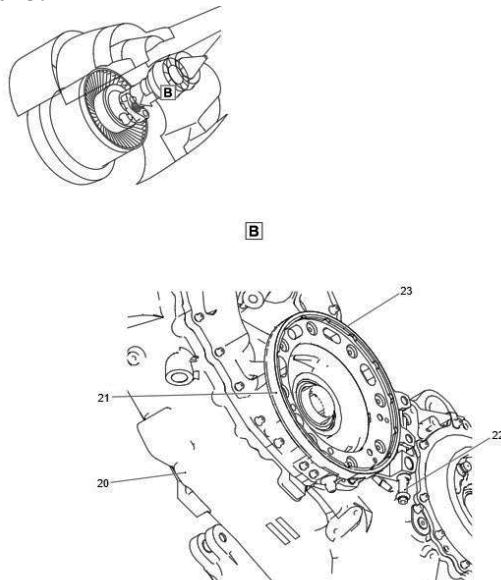


Рисунок 7. Система генерирования электроэнергии переменного тока (AC Generator). Лист 4.

Таблица 9. Обозначения на рис.7.

1	Генератор переменной частоты (VFG)	14	Датчик дифференциального давления топливо-масляного теплообменника (FODPS)
2	Блок управления GCU	15	Перепускной клапан теплообменника ТМТ
3	Блок защиты OPU	16	Трубопровод топлива двигателя
4	Контактор GAC	17	Трубопровод масла низкого давления
5	Силовой кабель	18	Зажимы силового кабеля
6	Клеммная колодка	19	Заглушка штуцера полости дренажа генератора VFG
7	Трубопровод масла высокого давления	20	Главный редуктор двигателя (MGB)
8	Трубопровод воздуха вентилятора	21	Быстросъемное устройство QAD
9	Воздушно-масляный теплообменник (ВМТ)	22	Высоконапряженный болт устройства QAD
10	Перепускной клапан теплообменника ВМТ	23	Хомут устройства QAD
11	Трубопровод масла двигателя	24	Коллектор терморегулирования
12	Топливо-масляный теплообменник (ТМТ) двигателя		

Контрольные вопросы к разделу 3.3:

1. К чему относится оборудование системы генерирования электроэнергии [Electrical Power Generation System (EPGS)], которое размещено на двигателе?
2. Оборудование EPGS, которое размещено на двигателе включает...
3. Откуда генератор VFG получает энергию?
4. Что делает генератор VFG с механической энергией вращения?
5. В каком пределе изменяется частота трехфазного тока?
6. Какому диапазону оборотов двигателя соответствует рабочая частота трехфазного тока?
7. Какова функция блока управления генератором GCU?
8. Какова функция блока управления генератором GCU и блока защиты OPU?

9. Как выполняется подача напряжения электропитания на контактор ГАС?
10. Где протянуты кабели электропитания от клеммной колодки генератора VFG?
11. Какова функция устройства QAD?
12. В результате чего обеспечивается быстрый демонтаж/монтаж генератора VFG?
13. Где находится генератор переменной частоты?
14. Где находится быстросъемное устройство?
15. Где находится воздушно-масляный теплообменник LX40?
16. Где находится воздушно-масляный теплообменник LX50?
17. Где находится топливно-масляный теплообменник?
18. Где находится датчик дифференциального давления топливно-масляного теплообменника?
19. Где находится трубопровод масляной системы охлаждения генератора?
20. Где находится силовой фидер генератора?
21. Где находится проводка управления генераторам?
22. Чем обеспечивается охлаждение генератора VFG?
23. Чем обеспечивается смазка генератора VFG?
24. Какой системой является масляная система охлаждения генератора?
25. Как система охлаждения регулирует температуру масла генератора VFG?
26. Как взаимосвязаны масляные системы охлаждения генератора VFG и двигателя?
27. Из чего состоит масляная система охлаждения генератора VFG?
28. Для чего предназначен внутренний контур смазки генератора VFG?
29. Из чего состоит внешний контур охлаждения масла генератора VFG?
30. Что происходит с горячим маслом генератора VFG?
31. Что происходит с охлажденным маслом?
32. Что происходит с охлажденным внешним контуром маслом?
33. Что происходит с охлажденным внутренним контуром маслом?
34. Как выполняется слив всего отработанного масла?
35. Какую функцию выполняет теплообменник ВМТ?
36. Что происходит в процессе прохождения масла через теплообменник ВМТ?
37. Что происходит во время работы двигателя на режиме малого газа (МГ) в условиях высоких температур?
38. Что происходит в остальных условиях, как правило, кроме работы двигателя на режиме малого газа (МГ) в условиях высоких температур?
39. Какова функция клапана перепуска?
40. Что делает клапан перепуска при достижении критической вязкости холодного масла?
41. Для чего клапан перепуска блокирует его вход в теплообменник ВМТ?
42. Какую функцию выполняет теплообменник ТМТ?

43. Что происходит в процессе прохождения через теплообменник ТМТ?
44. Каким образом обеспечивается лучшая теплопередача между маслом и топливом в теплообменнике ТМТ?
45. Какую функцию выполняет перепускной клапан?
46. В каком режиме перепускной клапан выключен (открыт) и блокирует теплообменник ТМТ?
47. В каком режиме на вход генератора VFG поступает не охлажденное масло (охлаждение 0 %)?
48. В каком режиме перепускной клапан прикрывается и начинает подавать масло на вход теплообменника ТМТ?
49. Что происходит в промежуточном положении перепускного клапана?
50. Что происходит в случае достижения температурой масла генератора VFG его верхней границы диапазона температур?
51. Какова функция датчика FODPS?
52. В каком случае происходит засорение теплообменника ТМТ?
53. Что происходит в случае достижения перепада давления топлива минимального значения $P_{\text{т min}}$?

3.4. Генератор переменной частоты (VFG)

Генератор переменной частоты (VFG) предназначен генерировать переменный трехфазный тока напряжением 115/200 В нестабилизированной частоты в пределе значений от 360 Гц до 800 Гц.

Быстросъемное устройство QAD используется для крепления генератора VFG. Оно позволяет быстрый демонтаж/монтаж генератора посредством затягивания или ослабления одного высоконапряженного болта.

Технические характеристики генератора VFG приведены в табл.10.

Таблица 10. Технические характеристики генератора VFG

Параметр	Значение
Номинальное напряжение генератора переменного тока:	
фазное, В	115
линейное, В	200
Номинальная мощность генератора:	
однофазной электроцепи, кВт·А, не более	90
трехфазной электроцепи, кВт·А, не более	120
Частота вращения вала генератора, об/мин	от 11 935 до 21 600

Частота переменного тока генератора, Гц	от 398 до 720
Вес, кг (lb)	58,5 (129.00)
Габаритные размеры:	
длина, мм (in.)	477 (18.76)
ширина, мм (in.)	348,11 (13.70)
высота, мм (in.)	535,18 (21.07)

Генератор VFG - это синхронный бесщеточный, трехфазный генератор переменного тока, с трехступенчатой архитектурой и встроенной независимой системой охлаждения маслом.

Трехступенчатая архитектура генератора VFG состоит из:

- генератора на постоянных магнитах (PMG) - вращающиеся постоянные магниты и стационарная трехфазная обмотка якоря,
- возбуждителя - стационарная восьмиполусная обмотка статора и вращающаяся трехфазная обмотка якоря,
- главного генератора - четырехполусная машина с вращающимися обмотками (вращающимся полем) возбуждения и неподвижным трехфазным статором.

Система охлаждения и смазки, входящая в состав генератора VFG, состоит из:

- насоса, установленного на одном валу с якорем генератора,
- датчик низкого давления масла [low oil pressure switch (LOPS)],
- датчик перепада давления масла [Delta pressure switch (DPS)],
- клапана регулирования давления масла в гидравлическом контуре генератора VFG [Pressure relief valve (PRV)],
- перепускного клапана внешнего контура [External circuit bypass valve (ECBV)],
- предохранительного клапана сброса давления [Over pressure relief valve (Over PRV)],
- предохранительного клапана пониженного давления [Vacuum break valve (Vacuum BV)],
- датчика температуры масла,
- масляного фильтра.

Быстросъемное устройство QAD состоит из:

- плиты-адаптера с прокладкой,
- хомута (кольца) диаметром 8 in,
- кронштейна с высоконапряженным болтом,
- двенадцати крепежных винтов.

Устройство QAD в сборе крепится к фланцу двигателя с помощью винтов с потайной головкой.

Устройство QAD расположено на двигателе. Генератор VFG расположен на устройстве QAD.

Работа генератора VFG

Включение генератора VFG

Генератор VFG (Рис. 8) получает механическую энергию вращения от двигателя.

Соотношение частоты переменного тока генератора VFG к частоте вращения двигателя (входного вала генератора VFG) равно $1/30$. Диапазон частоты переменного тока генератора VFG находится в пределах от 360 Гц до 800 Гц и соответствует частоте вращения двигателя от 10 800 об/мин до 24 000 об/мин.

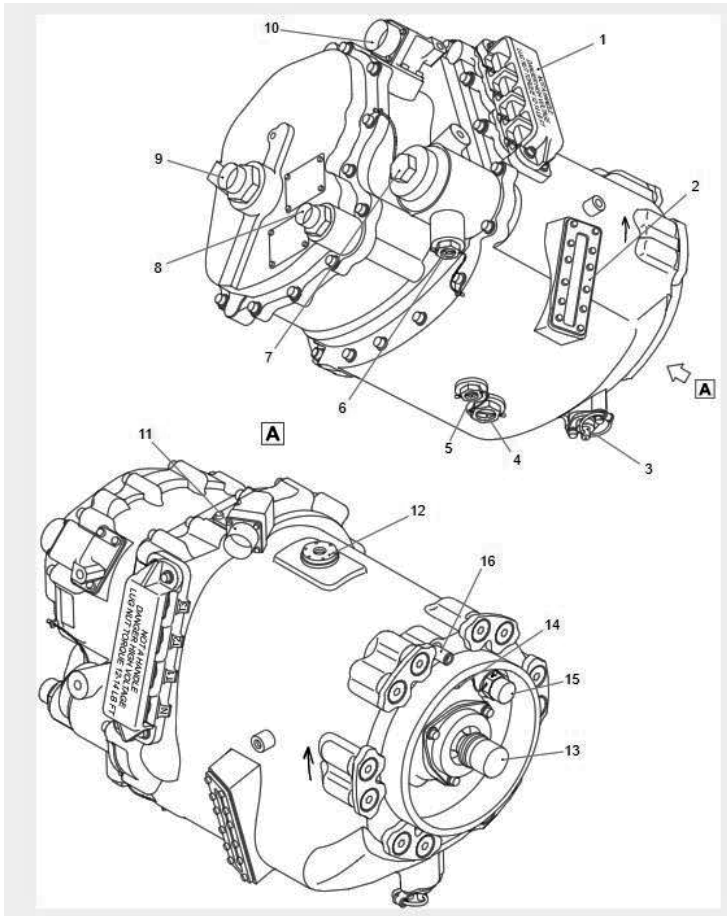


Рисунок 8. Генератор переменной частоты VFG

Таблица 11. Условные обозначения к рис. 8.

1	Клеммная колодка	10	Электрический соединитель J2
2	Смотровое стекло	11	Электрический соединитель J1
3	Кольцо взвода расцепителя валов генератора VFG	12	Отверстие для установки рым-болта
4	Заглушка штуцера трубки перелива	13	Входной вал
5	Заглушка штуцера полости дренажа	14	Клапан сброса избыточного давления
6	Заглушка штуцера заправки под давлением	15	Вакуумный клапан давления
7	Масляный фильтр	16	Установочный штифт QAD
8	Штуцер выхода масла		

Примечание 1. Максимальная частота вращения вала генератора VFG равна 25 200 об/мин (превышение частоты вращения в 105 %) в пределах не более 5 мин.

Примечание 2. В случае увеличения частоты вращения от 24 000 об/мин до 25 200 об/мин происходит пластическая деформация электрической машины без разрушения ее конструкции.

Примечание 3. Генератор необходимо демонтировать для осмотра (или ремонта) после превышения значения частоты вращения равного 24 000 об/мин.

Диапазон частоты вращения входного вала генератора VFG относительно диапазон оборотов двигателя N2 приведен в табл.12.

Таблица 12. Утвержденный диапазон частот вращения генератора VFG на двигателе PW-1400G

Режим двигателя	Обороты двигателя N2 (об/мин)	Обороты входного вала VFG с допуском $\pm 2\%$ (об/мин)
Малый газ (Min Idle)	12 439	11 700 - 12 175 (390 - 406) Гц
Максимал (Redline)	22 519	21 175 - 22 035 (706 - 735) Гц

Генератор PMG подает на блок управления генератора (GCU) нерегулируемое напряжение переменного тока, которое преобразовывается в

постоянный ток (DC) напряжением 28 В, необходимый для возбуждения главного генератора и электропитания схемы управления.

Обмотка возбуждителя получает постоянный ток от блока GCU и создает регулируемый магнитный поток переменной полярности, который, проходя через вращающиеся трехфазные обмотки якоря, преобразовывается в переменный ток.

Основная обмотка возбуждения главного генератора получает преобразованный переменный ток якоря возбуждителя и создает вращающееся магнитное поле переменной полярности, которое индуцирует переменное напряжение в обмотке статора главного генератора.

Качество регулируемого системой EPGS выходного напряжения в нормальном диапазоне частоты вращения входного вала соответствует:

- (115 ± 2) В - при нагрузке 348 А (120 кВ·А),
- (115 ± 3) В - при нагрузке от 348 А до 522 А (от 120 кВ·А до 180 кВ·А).

Пульсация выходного напряжения генератора VFG в секунду не превышает 2,5 В.

Дисбаланс напряжения между фазами генератора VFG для несбалансированной нагрузки (11 %) в пределах выходной мощности 120 кВ·А не превышает значения 6 В.

Генератор VFG обеспечивает потребителей напряжением 115 В при нагрузках:

- 348 А (120 кВ·А - 1,3 ед.) – непрерывно (в установившемся режиме),
- 391 А (135 кВ·А - 1,5 ед.) - до 5 мин,
- 522 А (180 кВ·А - 2,0 ед.) - до 5 с.

Примечание 1.

Значение максимальной выходной мощности генератора VFG равно 261 кВ·А.

Статус генератора VFG определяет блок GCU по частоте генератора PMG:

- отключен (расцеплен) - частота генератора PMG меньше 900 Гц (в точке POR – 300 Гц) в течение 0,1 с,
- подключен (подсоединен) - частота генератора PMG больше 960 Гц (в точке POR – 320 Гц) в течение 0,1 с.

Примечание 2.

Соотношение выходной частоты переменного тока генератора VFG к частоте генератора PMG равно 1/3 и находятся в пределах от 360 Гц до 800 Гц и от 1080 Гц до 2400 Гц соответственно.

Контрольные вопросы к разделу 3.4:

1. Для чего предназначен генератор переменной частоты (VFG)?

2. Для чего используется быстросъемное устройство QAD?
3. Что позволяет обеспечить быстросъемное устройство QAD?
4. Каково номинальное напряжение генератора переменного тока?
5. Какова номинальная мощность генератора?
6. Какова частота вращения вала генератора?
7. Какова частота переменного тока генератора?
8. Каков вес генератора?
9. Что из себя представляет генератор VFG?
10. Сколько ступеней содержит архитектура генератора VFG?
11. Из чего состоит архитектура генератора VFG?
12. Что из себя представляет первая ступень генератора VFG?
13. Что из себя представляет вторая ступень генератора VFG?
14. Что из себя представляет третья ступень генератора VFG?
15. В систему охлаждения и смазки, входящую в состав генератора VFG, входит...
16. Из чего состоит быстросъемное устройство QAD?
17. Где расположено устройство QAD?
18. Где расположен генератор VFG?
19. Откуда получает энергию генератор VFG?
20. Каково соотношение частоты переменного тока генератора VFG к частоте вращения двигателя (входного вала генератора VFG)?
21. Каков диапазон частоты переменного тока генератора VFG?
22. Чему соответствует диапазон частоты переменного тока генератора VFG?
23. Чему равна максимальная частота вращения вала генератора VFG?
24. Что происходит в случае увеличения частоты вращения двигателя от 24 000 об/мин до 25 200 об/мин?
25. В каком случае генератор необходимо демонтировать для осмотра (или ремонта)?
26. Каковы обороты двигателя N2 Малый газ (Min Idle)?
27. Каковы обороты двигателя N2 Максимальный (Redline)?
28. Каковы обороты входного вала VFG Малый газ (Min Idle)?
29. Каковы обороты входного вала VFG Максимальный (Redline)?
30. Что выдает генератор PMG на блок управления генератора (GCU)?
31. Что делает блок управления генератора (GCU) с нерегулируемым напряжением переменного тока?
32. Что делает возбудитель генератора VFG?
33. Что происходит в возбудителе генератора VFG?
34. Какова функция основной обмотки возбуждения главного генератора?
35. Что происходит в основной обмотке возбуждения главного генератора?
36. Качество регулируемого системой EPGS выходного напряжения в нормальном диапазоне частоты вращения входного вала соответствует...

37. Пульсация выходного напряжения генератора VFG в секунду не превышает...
38. Дисбаланс напряжения между фазами генератора VFG для несбалансированной нагрузки (11 %) в пределах выходной мощности 120 кВ·А не превышает...
39. Генератор VFG обеспечивает потребителей напряжением 115 В при нагрузках...
40. Чему равно значение максимальной выходной мощности генератора VFG?
41. Какой блок и как определяет статус генератора VFG?
42. Статус генератора VFG отключен (расцеплен), если...
43. Статус генератора VFG подключен (подсоединен), если...
44. Каково соотношение выходной частоты переменного тока генератора VFG к частоте генератора PMG?
45. В каких пределах находится соотношение выходной частоты переменного тока генератора VFG к частоте генератора PMG?

3.5. Маслосистема генератора VFG

Для охлаждения и смазки генератора VFG используют изолированную масляную систему охлаждения генератора состоящую из внутреннего и внешнего контуров.

Масляный насос обеспечивает скорость циркуляции масла в пределах значений от 34,8 л/мин до 77,2 л/мин в диапазоне частоты вращения вала генератора VFG от 10 800 об/мин до 24 000 об/мин.

Примечание 1

Максимальная пульсация давления масла в нагнетающем трубопроводе насоса не должна превышать ± 20 % от номинального давления масла.

Масло циркулирует по двум контурам:

- внутренний контур маслосистемы генератора VFG, используемый при холодном старте - через перепускной клапан генератора, из-за большой вязкости масла при низких температурах;
- внешний контур системы охлаждения генератора, используемый при нормальном температурном режиме работы - через систему теплообменников двигателя.

Функция контроля температуры масла генератора блоком GCU состоит из:

- сообщений (Advisory) о кратковременных забросах температуры масла в бортовую систему технического обслуживания (БСТО);

- предупреждения (Warning) о перегреве масла в БСТО и экипажу на ручное расцепление генератора для предотвращения более серьезного повреждения;
- теплового расцепления - уведомления экипажа об отказе канала генерирования электроэнергии.

Генератор VFG оборудован штуцером заправки масла под давлением [6] Рис. 8. Конструкцией предусмотрено предотвращение заправки генератора VFG под давлением, если закрыт штуцер трубки перелива [4] Рис. 8.

Конструкция штуцера заправки маслом [6] Рис. 8 и крышки масляного фильтра [7] Рис. 8 генератора VFG позволяют сбросить остаточное давление из его корпуса после завершения процесса заправки.

Конструкция генератора VFG предусматривает автоматическое предотвращение переполнения масла и точное регулирование его уровня заливки, с учетом внутренней полости стока переполненного масла в картер генератора, который соединен с трубкой перелива [4] Рис. 8.

Штуцер полости дренажа [5] Рис. 8 в корпусе VFG размещен таким образом, чтобы гарантировать полное опорожнение корпуса генератора VFG от масла.

Фильтрация масла

Все масло, подаваемое во внешний контур охлаждения, очищается одноразовым фильтрующим элементом, замена которого не требует демонтажа генератора VFG.

Датчик низкого давления масла (LOPS)

Во время включения генератора VFG, когда давление масла ($P_{m \max}$) достигнет значения $(0,34 \pm 0,07)$ МПа [(50 ± 10) psi], в течение $(30 \pm 0,3)$ с, контакт датчика размыкается. Размыкание контакта означает то, что поддерживаемое насосом давление масла находится в допустимых пределах.

Во время снижения давления масла ($P_{m \min}$) до значения $(0,21 \pm 0,07)$ МПа [(30 ± 10) psi], в течение $(30 \pm 0,3)$ с, контакты датчика замыкаются. Замыкание контакта означает то, что давление масла ниже предельно допустимого уровня и функция охлаждения генератора нарушена.

В случае низкого давления масла блок GCU выдает предупреждение:

- экипажу - запрос на ручное расцепление генератора VFG;
- кадр EWD - сообщение ELEC L(R) GEN FAULT (необходимо расцепить генератор с двигателем);
- кнопка-табло DISC - светосигнальное поле DRIVE - начинает светиться;
- о низком давлении масла генератора VFG - по шине связи ARINC 429 в систему БСТО.

Блок GCU блокирует сигнал $P_{m \min}$ в случае наличия одного из перечисленных ниже условий:

- пониженное число оборотов двигателя (частота вращения вала генератора VFG ниже 9000 об/мин);
- отказ датчика низкого давления масла (LOPS) генератора переменной частоты (VFG).

Блок GCU выдает сигнал об отказе датчика LOPS (Low Oil Pressure Switch Fault) - по шине связи ARINC 429 в систему БСТО при выполнении перечисленных ниже условий:

- самолет на земле (On Ground),
- частота вращения вала генератора VFG ниже 9000 об/мин,
- отсутствие дискретного сигнала LOW OIL PRESSURE в течение 30 с.

Примечание 1. Светосигнальное поле кнопки-табло VFG DRIVE не светится.

Датчик перепада давления (DPS)

Засорение фильтрующего элемента может стать причиной отказа генератора VFG. Признак засорения фильтра выявляет датчик перепада давления масла на масляном фильтре генератора VFG.

Если значения давления масла в трубопроводах на входе и выходе фильтра отличаются не более чем на $(0,38 \pm 0,03)$ МПа [(56 ± 4) psi], в диапазоне температуры масла от 60 °C до 70 °C (от 140 °F до 158 °F), то датчик перепада давления (DPS) размыкает свои контакты. Размыкание контактов означает то, что перепад давления во время прохождения масла через фильтрующий элемент находится в допустимых пределах и фильтр не засорен.

Если разность в значениях давления масла на входе и выходе из фильтра достигает уровня 0,54 МПа (78 psi), в диапазоне температур масла от 10 °C до 121 °C (от 50 °F до 250 °F), то датчик DPS замыкает свои контакты. Замыкание контактов означает то, что фильтр засорен.

Блок GCU выдает сигнал о разнице давления масла в генераторе VFG - по шине связи ARINC 429 в систему БСТО.

Блок GCU блокирует сигнал о засорении фильтра в случае наличия одного из перечисленных ниже условий:

- пониженное число оборотов двигателя (частота вращения вала генератора VFG ниже 9000 об/мин),
- температура масла ниже $(54,0 \pm 6)$ °C [$(129,2 \pm 42,8)$ °F],
- отказ датчика перепада давления на масляном фильтре (DPS) генератора переменной частоты (VFG).

Блок GCU выдает сигнал об отказе датчика DPS (Delta Oil Pressure Switch Fault) - по шине связи ARINC 429 в систему БСТО при выполнении, в течение $(30 \pm 0,1)$ с, перечисленных ниже условий:

- наличие сигнала Delta Oil Filter Pressure,
- частота вращения вала генератора VFG ниже 9000 об/мин,

- самолет на земле (On Ground).

Клапан регулирования давления масла в гидравлическом контуре VFG

В нормальном режиме работы давление масла в гидравлическом контуре VFG равно $(0,86 \pm 0,21)$ МПа $[(125 \pm 30)$ psi]. Избыток нагнетаемого давления стравливается с помощью клапана регулирования давления в масляный картер генератора VFG.

Перепускной клапан внешнего контура

Если давление масла в нагнетательном трубопроводе достигает значения $3,03$ МПа (440 psi), перепускной клапан, для разгрузки масляного насоса, стравливает масло в картер генератора VFG (режим "Холодного старта" или засорение фильтра).

Предохранительный клапан

Клапан позволяет ограничить давление в полости картера генератора VFG до значения $(0,24 \pm 0,03)$ МПа $[(35 \pm 5)$ psi] в результате нагревания и расширения воздуха в гидравлическом контуре. Воздух из полости дренажа стравливается во внешнюю среду.

Клапан сброса избыточного давления Over PRV

Клапан позволяет ограничить давление в полости картера генератора VFG до значения $(0,24 \pm 0,03)$ МПа $[(35 \pm 5)$ psi] в результате нагревания и расширения воздуха в гидравлическом контуре. Воздух из полости дренажа стравливается во внешнюю среду.

Вакуумный клапан давления Vaccum BV

Вакуумный клапан увеличивает давление в полости картера генератора VFG посредством подсоса воздуха из внешней среды.

Датчик температуры масла

Датчик температуры расположен в нагнетательном трубопроводе насоса (между насосом и фильтром) и предназначен для выдачи данных о температуре отходящего от генератора VFG масла (T_m), нагнетаемого во внешний контур охлаждения. Температура масла определяется по изменению электрического сопротивления датчика в интервале температур от минус 70 °C до 250 °C (от 158 °F до 482 °F).

Оповещения о забросе температуры/перегреве масла выполняет блок GCU:

- на кнопку-табло DISC - в виде дискретного сигнала напряжением 28 В,
- в центральный вычислитель авионики (ЦВА) и систему БСТО - по шине связи ARINC 429.

Сообщение (Advisory) о забросе температуры масла в генераторе VFG

Если температура масла, в течение $(2 \pm 0,25)$ с, будет равна значению (148 ± 8) °C [$(298,4 \pm 46,4)$ °F], то блок GCU выдает сообщение OIL_TEMP_ADVISORY по шине связи ARINC 429.

Если температура масла уменьшится до значения (141 ± 8) °C [$(285,8 \pm 46,4)$ °F], то сообщение снимется.

Сообщение блокируется:

- предупреждением о перегреве масла,
- сигналом об отказе датчика температуры масла.

Предупреждение (Warning) о перегреве масла в генераторе VFG

Если температура масла, в течение $(2 \pm 0,25)$ с, будет равна значению (168 ± 8) °C [$(334,4 \pm 46,4)$ °F], то блок GCU выдает:

- предупреждение экипажу - запрос на ручное расцепление генератора VFG, в виде:
- кадр EWD - сообщение ELEC L(R) GEN FAULT (необходимо отсоединить генератор от двигателя);
- кнопка-табло DISC - светосигнальное поле DRIVE - начинает светиться;

сообщения по шине связи ARINC 429:

- OIL_TEMP_WARNING - перегрев масла,
- VFG_FAULT - отказ генератора VFG.

Если температура масла уменьшится до значения (141 ± 8) °C [$(285,8 \pm 46,4)$ °F], то предупреждение снимется.

Предупреждение блокируется сигналом об отказе датчика температуры масла.

Контрольные вопросы к разделу 3.5:

1. Что используют для охлаждения и смазки генератора VFG?
2. Из чего состоит масляная система охлаждения генератора?
3. Масляный насос обеспечивает скорость циркуляции масла...
4. Какова максимальная пульсация давления масла в нагнетающем трубопроводе насоса?
5. Для чего используется внутренний контур маслосистемы генератора VFG?
6. Как работает внутренний контур маслосистемы генератора VFG?
7. Для чего используется внешний контур системы охлаждения генератора?
8. Как работает внешний контур системы охлаждения генератора?
9. Из чего состоит функция контроля температуры масла генератора блоком GCU?
10. Чем оборудован генератор VFG для заправки масла под давлением?
11. Что предусмотрено, если закрыт штуцер трубки перелива?
12. Что предусмотрено, чтобы сбросить остаточное давление из его корпуса после завершения процесса заправки?

13. Что предусмотрено для автоматического предотвращения переполнения масла?
14. Что предусмотрено, чтобы гарантировать полное опорожнение корпуса генератора VFG от масла?
15. Что предусмотрено, чтобы масло, подаваемое во внешний контур охлаждения было очищенным?
16. Замена фильтра масла требует демонтажа генератора VFG?
17. В каком случае контакт датчика низкого давления масла (LOPS) размыкается?
18. Что означает размыкание контакта датчика низкого давления масла (LOPS)?
19. В каком случае контакт датчика низкого давления масла (LOPS) замыкается?
20. Что означает замыкание контакта датчика низкого давления масла (LOPS)?
21. Что делает блок GCU в случае низкого давления масла?
22. Блок GCU выдает предупреждение экипажу в случае низкого давления масла?...
23. Что выдает блок GCU экипажу в случае низкого давления масла?
24. Что выдает блок GCU в случае низкого давления масла в систему БСТО?
25. Блок GCU блокирует сигнал $P_{m \min}$ в случае...
26. Блок GCU выдает сигнал об отказе датчика LOPS (Low Oil Pressure Switch Fault) - по шине связи ARINC 429 в систему БСТО в случае если...
27. Что происходит со светосигнальным полем кнопки-табло VFG DRIVE при отказе датчика LOPS (Low Oil Pressure Switch Fault)?
28. Что может стать причиной отказа генератора VFG?
29. Что выявляет признак засорения фильтра генератора VFG?
30. В каком случае датчик перепада давления (DPS) размыкает свои контакты?
31. Что означает размыкание контактов датчика перепада давления (DPS)?
32. В каком случае датчик перепада давления (DPS) замыкает свои контакты?
33. Что означает замыкание контактов датчика перепада давления (DPS)?
34. Куда и как блок GCU выдает сигнал о разнице давления масла в генераторе VFG?
35. Блок GCU блокирует сигнал о засорении фильтра в случае, если...
36. Куда и как блок GCU выдает сигнал об отказе датчика DPS (Delta Oil Pressure Switch Fault)
37. Блок GCU выдает сигнал об отказе датчика DPS (Delta Oil Pressure Switch Fault) в течение $(30 \pm 0,1)$ с, если ...
38. Каковы требования в нормальном режиме работы по давлению масла в гидравлическом контуре VFG?

39. Каким образом избыток нагнетаемого давления стравливается?
40. В каком случае стравливается масло в картер генератора VFG (режим "Холодного старта" или засорение фильтра)?
41. Чем стравливается масло в картер генератора VFG (режим "Холодного старта" или засорение фильтра)?
42. Что делает предохранительный клапан в гидравлическом контуре VFG?
43. Что происходит при срабатывании предохранительного клапана в гидравлическом контуре VFG?
44. Как вакуумный клапан увеличивает давление в полости картера генератора VFG?
45. Где расположен датчик температуры масла?
46. Для чего предназначен датчик температуры масла?
47. Как определяется температура масла?
48. Чем выполняется оповещение о забросе температуры/перегреве масла?
49. Куда выдается оповещение о забросе температуры/перегреве масла?
50. В каком случае блок GCU выдает сообщение OIL_TEMP_ADVISORY?
51. В каком случае блок GCU снимает сообщение OIL_TEMP_ADVISORY?
52. Каким образом блок GCU блокирует сообщение OIL_TEMP_ADVISORY?
53. В каком случае блок GCU реагирует на температуру масла?
54. Как блок GCU реагирует на температуру масла?
55. В каком виде блок GCU реагирует на температуру масла?
56. Какое сообщение по шине связи ARINC 429 передает блок GCU, если он реагирует на температуру масла?
57. В каком случае предупреждение о температуре масла снимется?
58. Чем блокируется предупреждение о температуре масла?

3.6. Расцепление генератора

Механическое расцепление генератора VFG

Генератор VFG выполняет механическое расцепление вала ротора с входным валом, который соединен с двигателем.

Ручное расцепление генератора VFG

Расцепление генератора VFG вручную выполняется посредством кнопки-табло разъединения генератора (DISC), которая размещена на панели ELEC комплексного потолочного пульта (КПП) и реле расцепителя генератора (DISC GEN) важного устройства распределения электроэнергии (ESS-PDB).

Ручное расцепление генератора VFG происходит следующим образом:

1. После нажатия кнопки-табло DISC команда на расцепление генератора в виде сигнала постоянного тока напряжением 28 В поступает на обмотку реле расцепления DISC GEN.

Реле DISC GEN, на время удерживания кнопки-табло DISC в нажатом состоянии:

подает напряжение электропитания на обмотку соленоида механизма расцепителя валов генератора VFG;

выдает сигнала DISC_REQUEST (расцепление) в блок GCU, для предварительного отключения обмотки возбуждения генератора VFG.

2. Блок GCU снимает напряжение электропитания с обмотки реле запрета расцепления DISC INHIBIT в процессе запуска двигателя и блокирует расцепление генератора VFG.

3. Если через 3,5 с после нажатия кнопки-табло DISC расцепление генератора VFG не произошло, то чтобы предотвратить перегрев соленоида, блок GCU блокирует реле DISC GEN на время 1 с.

4. Если через 10 с после нажатия кнопки-табло DISC произошло расцепление генератора VFG и значение частоты вращения генератора VFG будет ниже 9000 об/мин., то блок GCU выдает:

предупреждение экипажу:

кадр EWD - сообщение ELEC L(R) GEN CH FAULT - отказ канала генерирования;

кадр STATUS - сообщение ELEC GEN DISC (генератор и двигатель расцеплены);

кнопка-табло DISC - светосигнальное поле DRIVE – гаснет;

кнопка-табло DISC - светосигнальное поле OFF - начинает светиться;

сообщения в вычислитель ЦБА по шине связи ARINC 429:

GCS_FAULT_LIGHT - отказ канала генерирования.

Для технического обслуживания самолета в межремонтный период эксплуатации разрешено 15 ручных расцепления валов генератора VFG на земле без дополнительного обслуживания генератора VFG.

Максимальная допустимая частота вращения входного вала генератора VFG при ручном расцеплении не должна превышать 15 500 об/мин, что соответствует частоте в точке POR 517 Гц.

Учет количества расцеплений ведется в таблице, установленной на корпусе генератора VFG, острым металлическим предметом.

После 15 расцеплений, генератор VFG необходимо снять с самолета и отправить в ремонт.

Сцепление валов генератора VFG необходимо выполнять на земле при выключенном двигателе и частоте вращения вала генератора VFG в пределах от 0 об/мин до 100 об/мин.

Для сцепления валов генератора VFG используют кольцо взвода расцепителя валов [3] Рис. 8.

Для обратного подключения генератора VFG после взвода механизма расцепления необходимо выполнить:

"холодный запуск" блока GCU,

запуск двигателя.

Расцепленный статус генератора будет запомнен блоком GCU, даже после выполнения его "холодного запуска".

Таким образом, в процессе очередного запуска двигателя, светосигнальное поле OFF кнопки-табло DISC продолжает светиться, что подтверждает расцепленный статус генератора.

Когда частота вращения входного вала генератора достигнет значения выше 9600 об/мин, что соответствует частоте генератора PMG равной 960 Гц (частота в точке POR равна 320 Гц), то блок GCU изменит статус генератора и светосигнального поля OFF кнопки-табло DISC гаснет.

Автоматическое расцепление генератора VFG

Расцепление генератора VFG выполняется автоматически без участия экипажа.

Примечание. После автоматического расцепления генератор VFG должен быть снят с самолета и восстановлен в заводских условиях.

Тепловое автоматическое расцепление по температуре масла

Тепловое расцепление инициируется высокой температурой масла в диапазоне частоты вращения генератора VFG от 10 800 об/мин до 24 000 об/мин.

Тепловое автоматическое расцепление по температуре масла происходит следующим образом:

1. Исходное состояние системы перед тепловым автоматическим расцеплением генератора:

экипаж не выполнил ручное отключение генератора VFG (Параграф 5.2.7.2), в результате:

светосигнальное поле DRIVE на кнопке-табло DISC – светиться;

сигнал VFG_FAULT (отказ генератора VFG) – активен;

сигнал OIL_TEMP_WARNING (перегрев масла) – активен;

текущая температура масла VFG_OIL_OUT_TEMP равна значению $(200 \pm 8) \text{ }^\circ\text{C}$ [$(392.8 \pm 46.4) \text{ }^\circ\text{F}$], что соответствует температуре срабатывания механизма расцепления валов генератора VFG.

2. Если температура масла достигнет значения $(202 \pm 5,6) \text{ }^\circ\text{C}$ [$(395 \pm 10) \text{ }^\circ\text{F}$], то срабатывает механизм расцепления валов:

выплавляется эвтектический сплав (сплав с низкой температурой плавления) в соленоиде расцепителя валов;

кулачковая муфта расцепляет валы и частота вращения генератора VFG уменьшается.

3. Срабатывает защита канала генерирования от пониженной частоты генератора VFG и блок GCU выдает:

предупреждение экипажу:

кадр EWD - сообщение ELEC L(R) GEN CH FAULT - отказ канала генерирования;

кнопочный переключатель GEN - светосигнальное поле FAULT - начинает светиться;

сообщения в вычислитель ЦВА по шине связи ARINC 429:

UF_FAULT - отказ по пониженной частоте;

GCS_FAULT_LIGHT - отказ канала генерирования.

4. ВСК определяет, что причиной отказа по пониженной частоте является тепловое автоматическое расцепление генератора по температуре масла. Блок GCU передает сообщение об отказе в систему БСТО по шине связи ARINC 429 (код отказа 1180).

5. Блок GCU сбрасывает оповещение об отказе генератора:

светосигнальное поле DRIVE – гаснет;

сигнал VFG_FAULT - не активен.

6. Если температура масла уменьшиться до значения $(141 \pm 8) ^\circ\text{C}$ [$(285.8 \pm 46.4) ^\circ\text{F}$], то блок GCU сбрасывает сигнал о перегреве масла OIL_TEMP_WARNING.

Автоматическое расцепление во время большого крутящего момента

Расцепление инициирует сплайновый тормозящий момент отказавшего генератора VFG во всем его диапазоне частоты вращения.

В центре входного вала генератора VFG находится углубление в виде срезной шейки, которое предназначено для механического разрыва вала. Максимальный допустимый крутящий момент входного вала генератора VFG при котором происходит разрыв срезной шейки находится в диапазоне значений от 757 Н·м до 866 Н·м (от 6700 lbf·in. до 7660 lbf·in.).

Автоматическое расцепление во время большого крутящего момента происходит следующим образом:

1. Если сплайновый тормозящий момент генератора VFG превысит максимальный допустимый крутящий момент входного вала, то происходит разрыв входного вала по срезной шейке и частота вращения генератора VFG уменьшается.

2. Срабатывает защита канала генерирования от пониженной частоты генератора VFG и блок GCU выдает:

предупреждение экипажу:

кадр EWD - сообщение ELEC L(R) GEN CH FAULT - отказ канала генерирования;

кнопочный переключатель GEN - светосигнальное поле FAULT - начинает светиться;

сообщения в вычислитель ЦВА по шине связи ARINC 429:

UF_FAULT - отказ по пониженной частоте;

GCS_FAULT_LIGHT - отказ канала генерирования.

3. ВСК определяет, что причиной отказа по пониженной частоте является срезная шейка входного вала генератора. Блок GCU передает

сообщение об отказе в систему БСТО по шине связи ARINC 429 (код отказа 1181).

Отключение возбуждения генератора VFG

Ручное отключение возбуждения

Выключение цепи управления генератором VFG (GCS) инициируется посредством кнопочного переключателя GEN, который размещен на панели ELEC пульта КПП.

Автоматическое отключение возбуждения

Отключение генератора VFG от бортовой сети выполняется блоком GCU, в случаях:

нарушения функций защиты канала генерирования электроэнергии; поступления в блок GCU сигнала включения средств пожарной защиты (СПЗ) от кнопки-табло L(R) ENG панели FIRE пульта КПП.

3.7. Блок управления генератором (GCU)

Блок управления генератором (GCU) предназначен для управления основным каналом и защиты основного канала от перегрузок.

Блок выполняет:

регулировку напряжения генератора в точке регулирования (POR);
защиту генератора переменной частоты (VFG), а также сопутствующих силовых фидеров;
управление контактором генератора VFG (GAC);
взаимодействие с панелью ELEC комплексного потолочного пульта (КПП);
функцию встроенного контроля (BIT).

Примечание. Точка POR определена как силовые клеммы контактора GAC со стороны генератора VFG двигателя.

Технические характеристики блока GCU приведены в табл. 13.

Таблица 13. Технические характеристики GCU

Параметр	Значение
Вес, кг (lb)	5,25 (11.57)
Габаритные размеры:	
длина, мм (in.)	324 (12.76)
ширина, мм (in.)	124,5 (4.90)
высота, мм (in.)	194 (7.64)

Блок GCU состоит из:
 Корпуса [1] Рис. 9;
 транспортировочной ручки [2] Рис. 9;
 упора для крепления блока к монтажной раме [3] Рис. 9;
 электрического соединителя [4] Рис. 9.

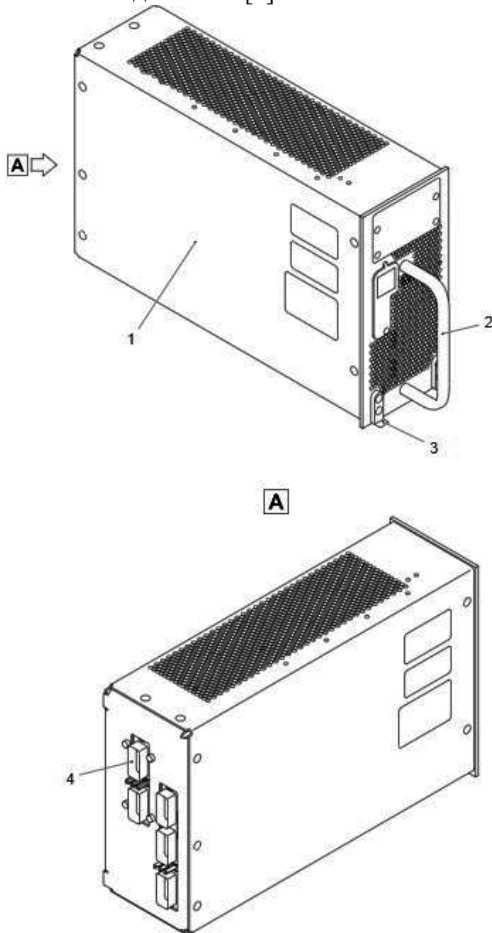


Рисунок 9. Блок управления генератором GCU

Защита генератора VFG

Регулировка напряжения и защита от перенапряжений

Функция регулировки напряжения (VR) обеспечивает поддержку уровня напряжения генератора VFG в точке POR равное значению (115 ± 2) В.

Функция защиты от перенапряжения (OV) срабатывает в случае превышения порогового значения напряжения в точке POR равного (123 ± 2) В, с временной задержкой 0,07 с.

Примечание. Время задержки срабатывания защиты равно $(1 \pm 0,1)$ с.

Если работа канала VR нарушена, то блок GCU блокирует управление реле GCR и контактор GAC.

Функции VR и OV не зависят друг от друга и согласованы таким образом, чтобы во время переходных режимов генератора VFG не допустить непреднамеренное срабатывание функции OV, приводящей к размыканию контактора GAC.

Нарушение защиты OV относится к отказам категории "фиксированных" (защита блокируется в активном состоянии). Для восстановления защиты необходимо выполнить перезапуск - RESET CONDITION 2.

Для восстановления функций защиты блока GCU после их нарушений при появлении отказов в основном канале системы электроэнергетики (EPGS) необходимо выполнить условия перезапуска блока GCU.

Защита от пониженного напряжения

Функция защиты от пониженного напряжения (UV_FAULT) срабатывает, когда напряжение в точке POR любой из трех фаз, достигает значения (106 ± 2) В. Время задержки срабатывания защиты равно $(0,5 \pm 0,25)$ с.

В случае срабатывания защиты UV_FAULT блок GCU отключает канал.

Блок GCU блокирует функцию защиты UV_FAULT в указанных ниже условиях:

- при пониженной частоте вращения генератора VFG;
- при превышенной перегрузке по току (в 2,2 ед. мощности);
- при превышении линейным током одной из фаз значения 522 А, что соответствует короткому замыканию одной или двух фаз.

Примечание 2. Приоритет во время срабатывания защит от перегрузки по току отводится максимальной защите по току.

Защита от повышенной частоты

Блок GCU для функции защиты генератора VFG от повышенной частоты (OF) использует частоту вращения генератора на постоянных магнитах (PMG).

Защита VFG OF COND срабатывает, когда частота в точке POR, достигнет значения (755 ± 1) Гц. Время задержки срабатывания защиты равно 0,1 с.

Примечание. Защита является приоритетом над защитой от перенапряжения, так как порог срабатывания 123 В соответствует частоте 760 Гц генератора VFG.

Защита от пониженной частоты

Блок GCU для функции защиты генератора VFG от пониженной частоты (UF) использует частоту вращения генератора на постоянных магнитах (PMG).

Защита срабатывает, когда частота в точке POR, снизится до значения (388 ± 2) Гц. Время задержки срабатывания защиты равно $(4 \pm 0,2)$ с.

Блок GCU блокирует функцию защиты от пониженной частоты в указанных ниже условиях:

частота вращения ротора двигателя (Engine Speed) менее значения 11 340 об/мин, что соответствует частоте генератора VFG в точке POR равной 378 Гц;

нарушения линии связи шины ARINC 429;
недостовренности параметра N2_RPM (число оборотов двигателя).

Примечание. Параметр N2_RPM поступает в блок GCU по шине связи ARINC 429 от блока управления двигателем (EEC).

Защита от перегрузок по току

Защита генератора VFG от перегрузки по току.

Функция защиты генератора VFG от перегрузки по току (OVC) использует измерительный трансформатор тока генератора (GCT).

Функция OVC формирует сигналы:

OC1 - если, в течение $(300 \pm 0,1)$ с, ток в любой из трех фаз будет равен значению (365 ± 9) А;

OC2 - если, в течение $(5 \pm 0,1)$ с, ток в любой из трех фаз будет равен значению (408 ± 10) А.

Работа блока GCU, заключается в выполнении следующей последовательности:

размыкает (выключает) контактор GAC;

снимает команду "DI_NOT_LOCKOUT" (OVL) (нет блокировки) и блокирует контактор L(R)TIEAC;

выдает дискретную команду "OVERLOAD EPS" (перегрузка) в основное устройство распределения электроэнергии (MAIN-PDB);

выдает сигналы OC1/OC2 (перегрузка) в центральным вычислителем авионики (ЦВА) по линии связи ARINC429.

Защита вспомогательной силовой установки (ВСУ) от перегрузки по току

В случае поступления от блока управления ВСУ (SGCU) сигнала блокировки "DI_LOCKOUT_RQST2" блок LGCU снимает команду "DI_NOT_LOCKOUT_L" (нет блокировки) и блокирует контактор LTIEAC.

Защита от дисбаланса токов

Функция защиты генератора VFG от дисбаланса токов использует измерительный трансформатор тока генератора (GCT).

Защит генератора VFG от дисбаланса токов срабатывает, когда разница токов в любых двух фазах достигнет значений:

(50 ± 9) А - если ток нагрузки равен значениям в пределе от 50 А до 200 А включительно;

(50 ± 17) А - если ток нагрузки равен значениям в пределе от 200 А до 348 А.

Примечание. Изменение пределов допусков токов от 9 А до 17 А происходит прямолинейно.

Работа функции защиты от дисбаланса токов заключается в выполнении следующей последовательности:

в течение ($4 \pm 0,5$) с, после обнаружения дисбаланса токов, блок GCU блокирует контактор TIEAC и изолирует систему генерирования (EPGS) от соединительной шины TIE AC;

течение ($1,2 \pm 0,1$) с, при сохранении дисбаланса токов после изоляции от соединительной шины TIE AC, блок GCU размыкает (выключает) контактор GAC и изолирует генератор VFG от основной шины AC BUS.

Блок GCU блокирует функцию защиты от дисбаланса токов в случаях срабатывания защиты от перегрузки по току OC1 или защиты от пониженной частоты.

Профилактическая защита от перегрузок

Функция профилактической защиты от перегрузок по току фиксирует условия одновременного появления следующих событий:

перегрузка генератора VFG по току (OC1);

пониженную частоту генератора VFG.

Если появление перечисленных выше событий вызвано снижением оборотов двигателя, то такое событие квалифицируется как "ложное". Функция предотвращает подключение системы генерирования (EPGS) двигателя с пониженной частотой вращения к противоположной шине с повышенной нагрузкой.

Профилактическая защита от перегрузок:

блок GCU снимает команду "DI_NOT_LOCKOUT" (нет блокировки) и блокирует контактор L(R)TIEAC;

предотвращает дребезг контактора GAC (размыкание и повторное замыкание в результате падения оборотов) в результате периодического изменения больших электрических нагрузок.

Примечание. Дребезг может появиться при отсутствии срабатывания выходных защитных устройств (АЗС) или несвоевременном сбросе нагрузки.

Защита генератора от отказа вращающегося диода

Система определяет два вида отказа вращающегося диода генератора: короткое замыкание вращающегося диода (SRD); обрыв вращающегося диода (ORD).

Защита генератора от SRD

Отказ вращающегося диода генератора SRD должен быть установлен в течение 0,16 с после его обнаружения. Функция защиты генератора с SRD срабатывает.

При коротком замыкании вращающегося диода генератора: блок GCU выполняет защитное отключение SRD канала генерирования;

начинает светиться светосигнальное поле кнопочного переключателя GEN на панели ELEC пульта КПП;

блок GCU формирует сигнал SRD_FAULT в систему БСТО о коротком замыкании вращающегося диода генератора.

Защита генератора от ORD

Отказ вращающегося диода генератора ORD должен быть установлен в течение $(6,5 \pm 0,5)$ с после его обнаружения.

При перегорании вращающегося диода генератора не оказывает отрицательного воздействия на нормальную работу основного канала генерирования электроэнергии.

В полете отказ ORD фиксируется блоком GCU, как "сбой" в работе основного канала генерирования без вмешательства в работу канала.

На земле, после отключения генератора VFG от основной шины AC BUS линейным контактором GAC:

блок GCU выполняет защитное отключение ORD канала генерирования;

блок GCU формирует сигнал VFG_OPEN_DIODE_FAULT в систему БСТО о перегорании вращающегося диода генератора.

Примечание 1. Функция защиты генератора от ORD включается в работу по команде на замыкание (включение) линейного контактора GAC.

Примечание 2. Функция защиты генератора от ORD заблокирована, если самолет находится в воздухе.

Защита бортовой сети

Дифференциальная защита

Дифференциальная защита (DP) обеспечивается способом сравнения выходных значений измерительных трансформаторов ток генератора VFG (GCT) и линейного фидера (LCT).

Примечание Для обеспечения заданной нагрузки каждая фаза разделена на два фидера. В каждой фазе находятся по одному на каждый фидер трансформатору LCT, из расчета по 50 % измеряемой нагрузки.

Защита DP срабатывает, когда в отдельно взятой фазе значение тока GCT превысит значение суммарного тока двух LCT на величину равной 45 А. Время задержки срабатывания защиты равно 0,1 с.

Защита от обрыва параллельного фидера или нейтрали

Блок GCU считывает показания линейных трансформаторов тока (LCT) параллельных фидеров каждой отдельно взятой фазы.

Разница токов LCT между параллельными фидерами одной фазы свидетельствует о наличии обрыва одного из фидеров.

Защита срабатывает, когда ток на одном из фидеров уменьшается до значений (11 ± 11) А, а ток на другом фидере той же фазы увеличивается до значений (50 ± 11) А. Время задержки срабатывания защиты равно $(2,75 \pm 0,25)$ с.

Провод нейтрали (Neutral Feeder) предназначен для того, чтобы измерять параметры входного тока и напряжения (L-N) генератора VFG.

Если измерение нагрузки в параллельных фидерах в течение 0,4 секунды невозможно, то блок GCU фиксирует данное событие, как "Обрыв Neutral Feeder".

Проверка целостности провода нейтрали выполняется блоком GCU до замыкания (включения) контактора GAC во время выполнения защитного изоляционного тестирования в процессе РВИТ.

Примечание. Информация об отказе (обрыв нейтрали) передается по шине связи ARINC 429, как часть защитного изоляционного тестирования.

Защита неполнофазного режима генератора

Блок GCU считывает показания трансформаторов тока (GCT) генератора VFG в каждой отдельно взятой фазе. Разность в значениях тока GCT между соседними фазами свидетельствует о неполнофазном режиме работы генератора.

Защита срабатывает, когда ток в одной фазе уменьшился до значений (11 ± 11) А, а ток в другой (соседней) фазе увеличился до значений (55 ± 11) А. Время задержки срабатывания защиты равно $(2 \pm 0,25)$ с.

Примечание. Блок GCU блокирует защиту при перегрузке по току, которая может вызвать падение нагрузки одновременно в двух фазах в случае не нагруженной шины электропитания.

Защита от нарушения последовательности чередования фаз

Проверка последовательности чередования фаз А-В-С выполняется блоком GCU до замыкания (включения) контактора GAC во время выполнения тестирования в процессе РВТ.

Защита от нарушения последовательности чередования фаз срабатывает, когда нарушен порядок чередования фаз А-В-С в фидере генератора VFG. Время задержки срабатывания защиты "Нарушено чередование фаз" равно 0,01 с.

В случае срабатывания защиты РО блок GCU выполняет:

размыкает (выключает) реле управления генератором (GCR) - для отключения обмотки возбуждения генератора VFG;

блокирует выдачу команды на замыкание (включение) контактора GAC - для изоляции генератора VFG от бортовой сети.

Блок GCU блокирует функцию защиты от нарушения последовательности чередования фаз в указанных ниже условиях:

до включения регулятора напряжения;

после выдачи блоком сигнала на замыкание (включение) контактора GAC.

Защита цепи управления генератором

Состояние цепи управления генератором (GCS) определяется по текущему положению кнопочного переключателя GEN (OFF/ON) на панели ELEC пульта КПП и наличию выходных электрических сигналов (ОТКЛ/ВКЛ).

Защита срабатывает, когда в течение одной секунды, одновременно отображаются два взаимоисключающих сигнала положения кнопочного переключателя GEN: OFF и ON.

В случае нарушения защиты GCS блок GCU блокирует цепь управления контактором GAC.

Нарушение защиты относится к отказам категории "фиксированных". Для восстановления защиты применимо условие перезапуска RESET CONDITION 2.

Защита контактора управления генератором

Защита сравнивает статус управляющего сигнала контактора GAC со статусом вспомогательных контактов GAC.

Защита контактора GAC от залипания в замкнутом состоянии (FTO)

Защита FTO срабатывает, с временной задержкой (0,15 ± 0,05) с, после выполнения всех указанных ниже условий:

появление управляющего сигнала на размыкание контактора GAC (Open), в результате снятия напряжения с обмоток катушки электропитания контактора;

вспомогательный контакт NO - замкнут (GND), что соответствует замкнутому состоянию контактора GAC.

В случае нарушения защиты блок GCU, в течение 0,05 с, снимает команду "DI_NOT_LOCKOUT" (нет блокировки) и блокирует подключения контактора L(R)TIEAC к шине AC L(R) BUS.

Защита контактора GAC от залипания в разомкнутом состоянии (FTC)

Защита FTC срабатывает, с временной задержкой ($0,15 \pm 0,05$) с, после выполнения всех указанных ниже условий:

появление управляющего сигнала на замыкание контактора GAC (Close), в результате подачи напряжения на обмотки катушки электропитания контактора;

вспомогательный контакт NC - замкнут (GND), что соответствует разомкнутому состоянию контактора GAC;

величина тока в трех фазах генератора (GCT) менее значение ($9 \pm 0,9$) А.

В случае нарушения защиты блок GCU, в течение 0,05 с, снимает команду "DI_NOT_LOCKOUT" (нет блокировки) и блокирует подключения контактора L(R)TIEAC к шине AC L(R) BUS.

Примечание. Контроль фазной нагрузки необходим для исключения потери канала генератора VFG во время отказа вспомогательного контакта контактора GAC.

Защита от перегрузки управляющего выхода контактора GAC

Контактор GAC контролирует ток пусковой и ток удержания контактора в рабочем режиме.

Защита выполнена аппаратным способом (реализована в контакторе GAC).

Защита контактора GAC от "дребезжания" контактов

Защита CHATTER FAULT срабатывает во время выполнения указанного ниже условия:

переходе вспомогательного контакта GAC из замкнутого в разомкнутое состояние (FALSE to TRUE) больше четырех раз в течение 0,5 с.

В случае нарушения защиты блок GCU, в течение 0,05 с, размыкает контактор GAC и отключает генератор VFG от основной шины AC BUS.

Защита от неконтролируемого отключения

К неконтролируемым отключениям электропитания блока GCU, при штатной работе генератора VFG, относятся все случаи, за исключением:

- перевода кнопочного переключателя GEN цепи управления генератором (GCS) из положения ON в положение OFF;
- нарушения защиты блока GCU;
- состояния пониженной частоты вращения генератора в процессе остановки двигателя.

Защита, перед выполнением "ХОЛОДНОГО ЗАПУСКА" блока GCU, обеспечивает:

- блокировку контактора GAC в замкнутом (включенном) состоянии;
- блокировку возбуждения генератора VFG во включенном состоянии;
- начало свечения светосигнального поля OFF кнопочного переключателя GEN.

Нарушение защиты относится к отказам категории "фиксированных". Для восстановления защиты применимо условие перезапуска RESET CONDITION 2.

Защита от дефектного программирования контактных штырей

Функция защиты срабатывает при несоответствии программирования контактных штырей табличным данным поставщика.

Блок GCU определяет соответствие программирования своих контактных штырей один раз в момент подключения электропитания 28 В.

Нарушение защиты относится к отказам категории "фиксированных". Для восстановления защиты применимо условие перезапуска RESET CONDITION 2.

Защита стабильных параллельных источников

Все источники электроэнергии, которые одновременно подключены к бортовой сети самолета, являются параллельными источниками электроэнергии (SPS) друг к другу.

Параллельная работа источников электроэнергии может привести к не стабильной работе системы электроснабжения самолета.

Состояние источника электроэнергии считается устойчивым (стабильным), если он подключен к бортовой сети самолета.

Для того чтобы предотвратить параллельную работу источников электроэнергии, система распределения электроэнергии (EPDS) меняет свою конфигурацию при определении очередного устойчивого (стабильного) источника электроэнергии.

Защита срабатывает при залипании (FTO) линейного контактора ПЕАС в течение 0,1 с. В результате блок GCU размыкает контактор GAC.

Работа защиты блока GCU

В случае срабатывания защиты OV или получения сигнал отказа электропитания от блока OPU, блок GCU выполняет:

блокирует канал регулировки напряжения;
 размыкает реле управления генератором (GCR) - отключает обмотку возбуждения генератора VFG;
 размыкает контактор GAC - отключает генератор VFG от бортовой сети.

Восстановление защиты блока GCU

Чтобы восстановить защиту блока GCU, необходимо выполнить одно из двух перечисленных ниже условий:

УСЛОВИЕ ПЕРЕЗАПУСКА-1 (RESET CONDITION 1) – циклическое переключение (ОТКЛ-ВКЛ) реле цепи управления генератором (GCS) с помощью кнопочного переключателя GEN панели ELEC пульта КПП

УСЛОВИЕ ПЕРЕЗАПУСКА-2 (RESET CONDITION 2) - ХОЛОДНЫЙ ЗАПУСК - повторное подключение электропитания напряжением 28 В постоянного тока к блоку GCU, предварительно обесточив его.

Примечание

1. УСЛОВИЕ ПЕРЕЗАПУСКА-1 применим для сброса (восстановления защиты) "фиксируемых отказов" в полете.
2. УСЛОВИЕ ПЕРЕЗАПУСКА-2 применим только на земле (применим для всех отказов).
3. Эти функции применимы и к блоку OPU, так как через него поступает электропитание в блок GCU.

Генератор на постоянных магнитах короткозамкнут или разомкнут

Блок GCU, в режиме контроля СВТ, обнаруживает (распознает) следующие отказы генератора на постоянных магнитах (PMG):

обрыв цепи - межфазное короткое замыкание;
 короткое замыкание фазы на корпус.

Последствия появления отказа - короткозамкнутый или разомкнутый генератор на постоянных магнита (SOPMG):

приводят к нарушению функции защиты от пониженного напряжения;
 приводят к нарушению функции защиты от пониженной частоты;
 не являются основанием для блокировки работы генератора VFG.

Блок GCU передает сигнал SOPMG в бортовую систему технического обслуживания (БСТО) по шине связи ARINC 429.

Функция встроенного контроля

Блок GCU выполняет функцию ВТ основного канала системы переменного тока и оповещает вычислитель ЦВА об отказах и неисправностях по линии связи ARINC 429.

Во время проведения РВТ (встроенный контроль при включении электропитания) блок GCU:

выполняет самоконтроль посредством подачи электропитания во внутренние схемы контроля и выполнение внутрисхемного стимулирования для локализации отказов и определения неоднозначно идентифицируемых отказов;

выдает стимулирующий дискретный сигнал встроенного контроля в блок ОРУ;

выполняет опрос статусного состояния компонентов основного канала системы переменного тока.

3.8. Блок защиты от перенапряжения (ОРУ)

Назначение

Блок защиты от перенапряжения (ОРУ) предназначен для обеспечения резервирования функции защиты от перенапряжения блока управления генератором (GCU).

Блок выполняет:

ограничение напряжения по предельной величине;

защиту от перенапряжения;

защиту внутренних электрических цепей блока ОРУ от короткого замыкания;

функцию встроенного контроля (ВГТ).

Технические характеристики блока ОРУ приведены в табл. 14.

Таблица 14. Технические характеристики

Параметр	Значение
Вес, кг (lb)	3,2 (7.05)
Габаритные размеры:	
длина, мм (in.)	366,5 (14.43)
ширина, мм (in.)	60,9 (2.39)
высота, мм (in.)	194,1 (7.81)

Блок ОРУ состоит из:

Корпуса [1] Рис. 10;

транспортной ручки [3] Рис. 10;

упора для крепления блока к монтажной раме [2] Рис. 10;

электрического соединителя [4] Рис. 10.

Работа

Для обеспечения резервирования функции защиты от перенапряжения (OV) порог срабатывания защиты в блоке ОРУ установлен выше порога срабатывания защиты в блоке GCU:

в блоке GCU - максимальное значение напряжения, необходимое для срабатывания функции защиты от перенапряжения, равно $(123,5 \pm 2) \text{ В}$;

в блоке OPU - минимальное значение напряжения, необходимое для включения функции защиты от перенапряжения в работу, равно $(126,5 \pm 2,5)$ В.

Функция защиты блока OPU от перенапряжения (OV) скоординирована с его каналом ограничения напряжения таким образом, чтобы величина напряжения генератора VFG в точке POR каждой фазы, во время переходных режимах, не вызвала нарушения защиты блока от перенапряжения (OV).

Блок OPU состоит из двухуровневой защиты от перенапряжения, которая гарантирует, что напряжение на основных шинах переменного тока (AC BUS) останется ниже 180 В.

В случае достижения минимального порога перенапряжения, блок OPU запускает два таймера защиты:

- первый - для функции ограничения регулировки напряжения (VR);
- второй - для функции защиты от перенапряжения (OV).

Ограничитель напряжения

Функция ограничения напряжения уменьшает напряжение возбуждения генератора VFG. Таймер модулирует широтно-импульсную характеристику электропитания реле управления генератора (GCR) блока OPU, что фактически снижает напряжение возбудителя, чем поддерживает выходное напряжение ниже значения 172 В, в течение от 0,001 с до 0,1 с.

Примечание. В случае отказа функции ограничителя перенапряжения (VR) второй уровень защиты блока OPU (функция OV) размыкает реле GCR блока OPU, если величина напряжения превысит пороговое значение 175 В.

Если в течение времени от 0,05 с до 0,5 с значение выходного напряжения остается выше порога срабатывания блока OPU или происходит повторное перенапряжение, то функция ограничителя блокирует работу реле управления генератора GCR.

Если в течение времени от 0,05 с до 0,5 с значение выходного напряжения ниже порога перенапряжения блока OPU - функция выключается.

Защита от перенапряжения

Функция защиты от перенапряжения отключает генератор VFG от бортовой сети в случае отказа функции ограничения напряжения или превышении выходным напряжением своих пороговых значений.

Примечание. Пороговые значения меняются со временем, начиная от 175 В, в интервале от 0,001 с до 0,1 с, затем уменьшаются приблизительно до 135 В за 0,5 с и примерно до 126 В за 10 с.

В случае срабатывания функции защиты OV блок OPU: размыкает свое реле управления генератора (GCR) - отключает обмотку возбуждения генератора VFG

размыкает контактор GAC - отключает генератор VFG от бортовой сети
выдает сигнал в блок GCU о нарушении защиты OV.

Примечание. Реле GCR блока OPU подключено таким образом, чтобы контролировать соединение отрицательного провода задающего контура генератора VFG с отрицательным проводом задающего контура блока GCU.

Реле GCR размыкается в случае отказа источника электропитания блока OPU.

Нарушение защиты относится к отказам категории "фиксированных". Для восстановления защиты применимо условие переустановки RESET CONDITION 2.

Функция встроенного контроля

Блок OPU, для выполнения функции ВІТ, принимает стимулирующий дискретный сигнал от блока GCU.

Во время проведения РВІТ (встроенный контроль при включении электропитания) блок OPU:

выполняет внутрисхемное стимулирование для локализации отказов своей защиты

выдает статусный дискретный сигнал своего состояния в блок GCU.

Литература:

1. Руководство по технической эксплуатации МС-21. Раздел 24. Система электроснабжения. Портал эксплуатационной документации Иркут.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (СЭС)	3
2. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАТОРЫ	9
2.1. Органы управления	9
2.2. Индикаторы	12
3. СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	36
3.1. Общие сведения	36
3.2. Основные каналы системы генерирования переменного тока	38
3.3. Основные каналы системы генерирования переменного тока	
Оборудование на двигателе	48
3.4. Генератор переменной частоты (VFG)	57
3.5. Маслосистема генератора VFG	63
3.6. Расцепление генератора	69
3.7. Блок управления генератором (GCU)	73
3.8. Блок защиты от перенапряжения (OPU)	84

Под редакцией КУЗНЕЦОВА Сергея Викторовича

**АВИАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОСИСТЕМЫ
САМОЛЕТА МС-21.
СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Учебное пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 06.12.2023 г.

Формат 60x84/16 Печ. л. 5,5 Усл. печ. л. 5,115

Заказ № 1001/1020-УП10 Тираж 30 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского

125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А

Тел.: (495) 973-45-68 E-mail: zakaz@itsbook.ru