

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Вступ до спеціальності (Основи авіації МВС України)»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***173 Авіоніка
(Авіоніка)***

за темою № 13 - Система електроживлення літального апарата

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1

Розробники:

- 1. Викладач циклової комісії Авіаційного та радіоелектронного обладнання, спеціаліст вищої категорії Хебда А.С.*
- 2. Викладач циклової комісії Авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., доцент, спеціаліст вищої категорії, Юрко О.О.*

Рецензенти:

- 1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.*
- 2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.*

План лекції:

1. Основні групи електрообладнання ПК.
2. Системи електропостачання постійного струму
3. Змішана система електропостачання
4. Для система електропостачання змінного струму стабілізованої частоти
5. Для система електропостачання змінного струму нестабілізованої частоти

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна:

1. Савін В. С. Авіація в Україні: Нариси історії. Харків: Основа, 1995. 264 с.
2. Матвійчук А. Я., Стінянський В. Л. Електротехніка: навчально-методичний посібник. Вінниця, 2017. 270 с.
3. Харченко В. П., Остроумов І. В. Авіоніка: навч. посіб.. Київ: НАУ, 2013. 272 с.

Допоміжна:

1. Стушанський Ю. В. Комп'ютерні інтегровані системи авіоніки. Навчальний посібник. Кременчук: КЛК НАУ, 2011. 180 с.
2. Закон України «Про загальну структуру і чисельність Міністерства внутрішніх справ України».

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Портал МВС. Авіація МВС Режим доступу: <https://mvs.gov.ua/uk/ministry/aviaciya-mvs>.
2. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України. Режим доступу: <https://avia.gov.ua/>

Текст лекції

1. Основні групи електрообладнання ПК.

Найбільш жорсткі вимоги ставляться до стабільності та надійності систем електроживлення ПК.

Електрообладнання ПК можна поділити на три основні групи:

- 1) джерела та перетворювачі електричної енергії разом з їх контрольним обладнанням;
- 2) системи передавання та розподілу електричної енергії;
- 3) споживачі електричної енергії.

Для потреб систем авіоніки сучасного літака системи електроживлення забезпечують мережу однофазного або трифазного змінного струму (Alternating Current - AC) 115/36 В частотою 400 Гц та постійного струму (Direct Current - DC) - 27/28/270 В.

Основні переваги використання мережі постійного струму на борту:

- генератори DC підживлюють акумуляторні батареї у польоті;
- під час зміни частоти обертання центральної частини двигуна дуже легко регулювати постійність напруги;
- простота побудови систем з паралельним використанням генераторів.

Основним недоліком у застосуванні мережі DC є те що електричну енергію DC важко перетворювати в інші види.

Основні переваги змінного струму:

- легкість побудови систем трансформації напруги;
- генератори та двигуни AC дешевші та легші;
- простота трансформації напруги у будь-яку іншу.

Основні недоліки використання мережі змінного струму:

- потреба у спеціальному обладнанні, що забезпечує стабільність обертів вала двигуна для отримання стабільної частоти;
- неможливість використання акумуляторних батарей як резервного джерела живлення;
- потреба в окремому генераторі для забезпечення електроживлення в умовах непрацюючого двигуна.

Системи електроживлення ПК можна поділити на три основні типи побудови:

1. Генератор постійного струму як основне джерело електроенергії. Для отримання змінного струму використовують перетворювачі DC/AC.

2. Генератор змінного струму як основне джерело електроенергії. Генератор з'єднується з приводом двигуна ПК. Для вироблення постійної напруги використовують випрямлячі AC/DC.

3. Змішана система електроживлення. Використовуються генератори змінного та постійного струмів.

Будова мережі електроживлення сучасного літака

Переваги побудови системи електроживлення ПК на основі генераторів змінного струму зробили її найбільш застосовною для побудови електричних систем ПК.

Принцип побудови мережі змінного струму на борту: складається з таких елементів:

- генератора;
- первинної підсистеми захисту та комутації;
- підсистеми перетворення напруги та блока батарей;
- вторинної підсистеми захисту та комутації.

Підсистеми електроживлення змінною напругою 115 В є первинною, оскільки її генератори перетворюють механічну енергію обертання ротора двигуна в електричну. Підсистеми електроживлення меншої напруги є вторинними, тому що їх основним джерелом є трансформатори та випрямляльне обладнання, які перетворюють електроенергію змінної більшої напруги в меншу.

Система електроживлення складається з певної кількості незалежних мереж залежно від кількості двигунів та відповідно генераторів (наприклад, лівої та правої у випадку ПК з двома двигунами). До складу кожної мережі входить генератор струму, з'єднаний механічною передачею з двигуном разом з обладнанням захисту та контролю.

У випадку відмови одного з джерел живлення його мережа автоматично перемикається на інше джерело струму.

У мережі передбачено один або декілька резервних генераторів та живлення від наземної аеродромної електричної мережі.

Джерелом сталого струму є спеціальне випрямляльне обладнання, у якому напруга трифазного струму знижується до необхідного значення і через згладжувальні фільтри подається у мережу DC.

Акумуляторні батареї призначені для:

- живлення обмеженої кількості систем авіоніки ПК під час перевірки обладнання на землі у випадках, якщо немає аеродромного електроживлення і вимкнутий двигун;
- запуску двигуна;
- заправлення палива;
- живлення певних обмежених систем авіоніки під час польоту.

Електросистема постійного струму історично була першою на борту літака. Системи постійного струму виконуються однопровідними.

Металізація всіх частин літака дає можливість використовувати корпус літака в якості другого проводу, що знижує масу електропроводки вдвічі.

Поява численних споживачів змінного струму – обладнання радіоз'язку, засобів навігації, автоматизованого пілотування, радіолокації та інших, - зростання висот польоту і, як наслідок, ускладнення роботи щітково-колекторних вузлів і комутаторів в системах постійного струму сприяли переходу на системи змінного струму.

Системи постійного і змінного струмів мають свої переваги і недоліки, які, природно, враховують проектувальники при розробці електросистем літака.

Найменування СЕП конкретного повітряного судна присвоюється у вигляді його первинної системи. Вибір тієї чи іншої системи обумовлений

багатьма факторами: призначенням літака, вимогами до якості електричної енергії, вимогами щодо надійності, зручністю експлуатації, техніко-економічними показниками та ін.

Системи електропостачання літальних апаратів у цивільній авіації, можуть бути зведені до трьох груп: *постійного струму, змінного струму та змішані*.

2. Системи електропостачання постійного струму

Перша група (рис. 1) - це система, в якій як основний вид електропостачання використовується постійний струм низької напруги $U_{\text{ном}} = 27 \text{ В}$.

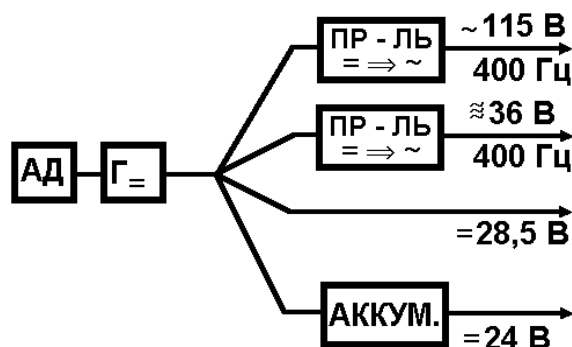


Рисунок 1 – Структурна схема системи електропостачання постійного струму. АД - авіаційний двигун; Г – генератор; Пр - ль – перетворювач; АККУМ. - Акумулятор.

У системах постійного струму основними джерелами електричної енергії є генератори постійного струму. Крім них як аварійні джерела, а також для живлення літакової електричної мережі на стоянці і для живлення агрегатів системи запуску авіадвигунів використовуються акумуляторні батареї. У системах електропостачання постійного струму вітчизняних літаків прийнято такі величини номінальних напруг:

- У генераторів постійного струму 28,5 В;
- у акумуляторних батарей 24 або 25 В;

Як типові вторинні СЕП на цих ВС прийняті:

- Система змінного однофазного струму з $U_{\text{ном}} = 115$, $f_{\text{ном}} = 400 \text{ Гц}$.
- Система змінного трифазного струму з $U_{\text{ном}} = 36$, $f_{\text{ном}} = 400 \text{ Гц}$.

Змінний струм стабільної частоти отримується перетворенням постійного струму до змінного. Зазвичай (на більш старих ВС) це виконують перетворювачі - двигун-генераторні агрегати, що обертаються.

До таких систем можна, наприклад, віднести системи електропостачання невеликих поршневих літаків (ЯК-18, ЯК-52, ЯК-55, АН-2), старіших турбореактивних (ЯК-40, ТУ-134) та літаків бізнес-класу (ЛІ-410 УВП).

3. Змішана система електропостачання

Друга група (рис. 2) – це змішана система електропостачання. На літаках зі змішаними системами електропостачання встановлюються як генератори постійного струму, так і порівняні з ними за потужністю генератори однофазного змінного струму напругою 115 В частотою 400 Гц. До таких

систем можна, наприклад, віднести системи електропостачання турбогвинтових літаків (Ан-12, Ан-24, Ан-26, Ан-30, Ан-32, Іл-18). Установка генераторів змінного струму була обумовлена застосуванням на цих ВС електричної системи протизледеніння повітряних гвинтів, яка потребує значних витрат потужності. У цій системі генератор змінного струму має частоту, що змінюється, але так як в польоті обороти турбогвинтових двигунів практично не змінюються, то і частота генераторів також залишається постійною. У режимі земного малого газу частота генераторів змінного струму змішаної системи буде занижена. Що ж до постійного струму, то електропостачання споживачів аналогічне до електропостачання першої групи.

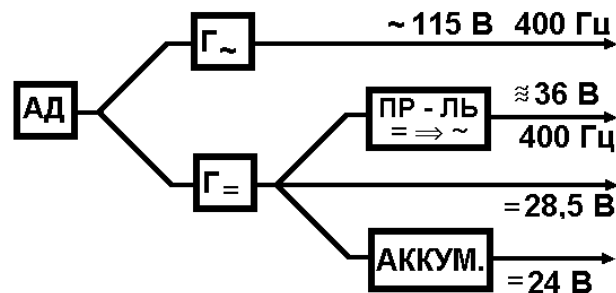


Рисунок 2 – Структурна схема змішаної системи електропостачання. Г₌ – генератор постійного струму; Г_~ – генератор змінного струму; ПР-Ль – перетворювач; Акумулятор – акумулятор.

Третя група (рис. 3-5) - це система змінного струму. Її можна поділити на два типи:

- змінного трифазного струму постійної частоти;
- змінного трифазного струму нестабільної частоти.

4. Для система електропостачання змінного струму стабілізованої частоти

У третій групі "а" використовуються системи генерування змінного струму стабільної частоти як основної системи електропостачання. Ці системи є більш сучасними порівняно із системами електропостачання постійного струму та змішаними системами літаків такого класу. Аналіз показує, що система електропостачання, в якій як первинна прийнята система змінного струму постійної частоти в порівнянні з системою електропостачання постійного струму низької напруги, має кращі техніко-економічні та масові показники і вищі показники надійності. Ці системи використовуються на літаках цивільної авіації далеких та середніх магістральних повітряних ліній (Іл-62, Іл-76, Іл-86, ТУ-154, АН-72, АН-74, АН-22, АН-124, ЯК-42, АН-148).

На рис. 2.3.а) представлена **система електропостачання змінного струму стабілізованої частоти**. На літаках із системами електропостачання змінного струму основними джерелами електричної енергії є генератори змінного трифазного струму напругою 208/120 з частотою 400 Гц.

Між авіаційним двигуном і синхронним генератором включається пристрій, що перетворює змінну швидкість обертання авіаційного двигуна на постійну швидкість обертання генератора (привід постійної частоти обертання - ППЧО). Як правило, вони бувають або гідравлічними або повітряними.

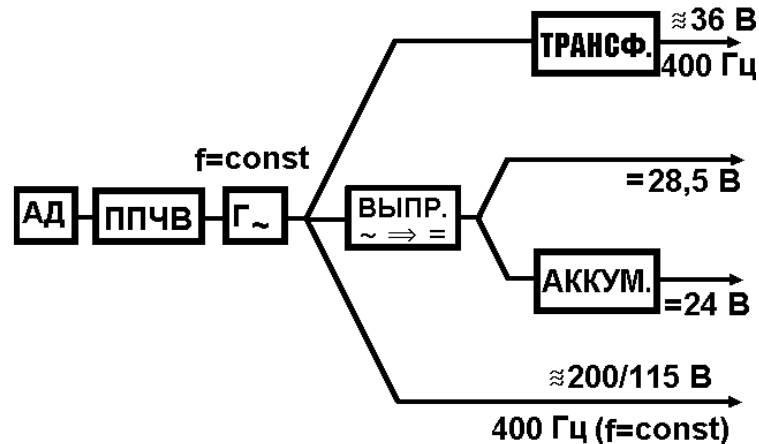


Рисунок 3 – Структурна схема СЕП змінного трифазного струму стабільної частоти. Г-генератор; ППЧВ-привід постійної частоти обертання; ВИПР – випрямляч; АККУМ - акумулятор; ТРАНС. - трансформатор

Більшість споживачів отримують живлення від мережі змінного струму. А для живлення незначної за потужністю групи споживачів постійним струмом (електромагнітні пристрої, приладове обладнання та ін.) у таких системах є випрямні пристрої або трансформаторно-випрямляючі блоки. На всіх типах літаків використовуються також вторинна система трифазного змінного струму напругою 36 частотою 400 Гц. Основними джерелами системи є трифазні трансформатори.

5. Для система електропостачання змінного струму нестабілізованої частоти

значної частини споживачів байдуже, якою частотою вони живляться. До групи 3 б можна віднести системи, в яких генератори виробляють напругу нестабілізованої частоти. На рис. 4) показано структурну схему системи електропостачання змінного струму нестабілізованої частоти зі статичним перетворювачем частоти. У такій системі генератор, що приводиться у обертання від авіаційного двигуна, має змінну частоту. Більшість споживачів підключається до напруги генератора змінної частоти. Після генератора включається трифазний статичний перетворювач частоти, що є основним джерелом вторинної системи стабілізованої частоти. Статичні перетворювачі частоти виробляють напругу 200/115 частотою 400 Гц. Для отримання постійного струму низької напруги 27 використовуються випрямлячі, що отримують живлення також від генераторів. Як вторинна система використовується також система змінної трифазної напруги 36 В частотою 400 Гц. Основними джерелами цієї системи є трансформатори, які отримують живлення від системи 200/115 стабілізованої частоти 400 Гц. Таку систему, наприклад, встановлено на військово-транспортному літаку Ан-70.

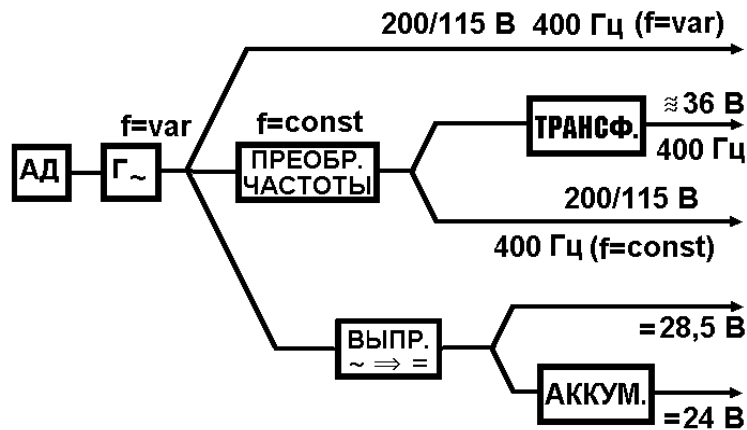


Рисунок 4 – Структурна схема СЕП змінного трифазного струму нестабілізованої частоти за допомогою перетворювача частоти.

СЕП змінного трифазного струму нестабілізованої частоти може бути виконана, як показано на рис. 5. У цій системі напруга виробляється також генераторами змінної швидкості обертання. Вторинною системою електропостачання тут є система постійного струму напругою 27, джерелами якої є випрямлячі і акумулятори.

Вторинними системами при цьому є системи трифазного змінного струму стабілізованої частоти 400 Гц напругою 200/115 В і 36 В. Джерелами цих систем є електронні статичні перетворювачі, які отримують живлення від системи постійного струму. Такою системою обладнано літак АН-140.

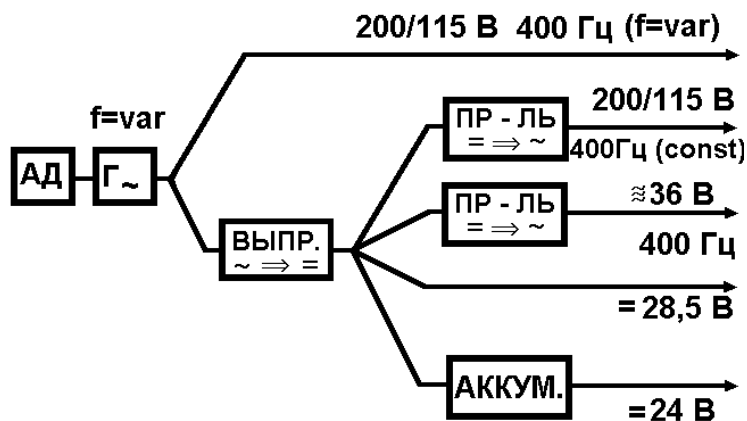


Рисунок 5 – Структурна схема системи електропостачання на змінному струмі нестабільної частоти з використанням випрямлячів та статичних перетворювачів постійного струму в змінний. Г – генератор; ПР-ЛП перетворювач; Акумулятор - акумулятор.