

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Електропостачання повітряних суден
та безпілотних літальних апаратів»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Електромеханіка)***

**за темою 1 – Загальна характеристика електроустаткування повітряних
суден**

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.

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Волканін Є.Є.

Рецензенти:

1. Доцент кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.
2. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, к.т.н., професор Гаврилюк Ю.М.

План лекції:

1. Призначення і роль електрообладнання.
2. Класифікація електрообладнання.
3. Техніко-економічні вимоги, що пред'являються до електроустаткування повітряних суден.
4. Загальні відомості про системи електропостачання та їх основні параметри.
5. Структура систем електропостачання.

Рекомендована література:**Основна література:**

1. Харченко В.П. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К.: НАУ, 2013. – 272 с.
2. CAE Oxford Aviation Academy (UK) Aircraft General Knowledge 2 - Electrics and Electronics – 2014.
3. CAE Oxford Aviation Academy (UK) Radio navigation ATPL GROUND TRAINING SERIES – 2014.
4. Introduction to Avionics Systems R.P.G. Collinson BScEng(Hons)., CEng., FIET., FRAeS Formerly Manager of the Flight Automation Research Laboratory of GEC Avionics, Rochester, Kent, UK (now part of BAE Systems) Third Edition -2011. – 547 p.
5. UAV Based Remote Sensing Volume 2. Special Issue Editors: Felipe Gonzalez Toro, Antonios Tsourdos. First Edition 2018. – 406 p.

Допоміжна література:

1. Kenzo Nonami, Farid Kendoul, Satoshi Suzuki, Wei Wang, Daisuke Nakazawa. Autonomous Flying Robots. Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles. Springer 2010. – 348 p.
2. Theory, Design, and Applications of Unmanned Aerial Vehicles. 2017. – 317 p.
3. Unmanned aircraft systems UAVs. Design, development and deployment. Reg Austin aeronautical consultant. 2010. – 365 p.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Avionics>
2. <https://www.geaerospace.com/systems/avionics>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=e9wZstVoP9s>

Текст лекції

1. Призначення і роль електрообладнання

В даний час електрична енергія знаходить широке застосування на літальних апаратах. Вона виконує найрізноманітніші функції, тим самим полегшує роботу екіпажів. Природно, що повна або хоча б часткова автоматизація окремих процесів з управління літаком, окремими агрегатами й установками значно полегшує роботу екіпажу літака, дозволяє йому зосередити свою увагу на виконанні найбільш відповідальних завдань, виключає можливість помилкових операцій при управлінні, збільшує надійність і безпеку польоту. Слід сказати, що підвищення швидкості, висоти, дальності і безпеки польоту сучасного літального апарату в значній мірі залежить від рівня і якості його електрифікації. Джерелами енергії на літальному апараті можуть бути: гідравлічні, механічні, пневматичні, хімічні, піротехнічні та електричні установки. Якщо на зорі розвитку авіації м'язової енергії льотчика цілком вистачало для виконання всіх операцій, необхідних для забезпечення польоту, то дуже скоро виявилось, що їй одній обійтися не можна. На сучасних літаках цілий ряд операцій взагалі не може бути виконаний, якщо використовувати тільки мускульну енергію членів екіпажу. Так, наприклад, для прибирання шасі на середньому літаку потрібно витрата роботи, що дорівнює приблизно 3000 кгм протягом 20 - 25 сек, а для випуску посадочних щитків - близько 400 - 500 кгм протягом 5 сек, тоді як середній людина здатна виробляти роботу протягом 30 - 60 сек, рівну всього 125 кгм. Питання про застосування того чи іншого виду енергії в кожному конкретному випадку вирішується з урахуванням всіх вимог експлуатації і можливості найбільш раціонального використання того чи іншого виду енергії в цих умовах. Зазвичай виявляється можливим в кожному окремому випадку виконати тільки деякі з перерахованих видів енергії, причому електрична енергія є найбільш універсальним видом, т. я. може бути використана майже в будь-якому випадку. Ця обставина є одним з основних переваг застосування її на літаку, так як дає можливість зменшити число застосовуваних на літаку видів енергії. Іншими не менш важливими перевагами електричної енергії є: а) можливість легко передавати і розподіляти енергію між споживачами, легко трансформувати в інші види енергії; б) зручність автоматизації окремих операцій; в) меншу вагу елементів системи електропостачання в порівнянні з елементами інших джерел енергії, відсутність тросів, валів, трубопроводів і т. п.

2. Класифікація електрообладнання

Все електрообладнання літаків і вертольотів цивільної авіації в залежності від призначення окремих його елементів можна розділити на обладнання систем електропостачання та електрообладнання електрифікованих літакових систем.

Системи електропостачання включають в себе:

- електричні генератори постійного або змінного струму зі своєю пускорегулювальною і захисною апаратурою;

- перетворювачі електричної енергії;
- акумуляторні батареї;
- систему передачі і розподілу електричної енергії

Споживачі електричної енергії:

- пілотажно-навігаційний комплекс;
- електрифіковані системи управління літаком або вертольотом;
- системи управління закритками, предкрилками, інтерцепторами;
- система управління перестановкою стабілізатора;
- системи управління збиранням і випуском шасі;
- система управління поворотом коліс передньої стійки шасі;
- гальмівна система літака;
- електрообладнання гідравлічної системи;
- електрообладнання паливної системи;
- система запуску допоміжних силових установок і двигунів;
- електрообладнання системи кондиціонування повітря;
- протизаморожувальні системи;
- зовнішнє і внутрішнє світлотехнічне обладнання;
- побутове електрообладнання.

За характером використання електричної енергії все електрообладнання можна розділити на наступні категорії:

- керуючі схеми складних літакових систем (наприклад система запуску ВСУ, система управління механізацією крила і ін.);
- електричні приводи окремих агрегатів і механізмів (шасі, закритків, тримерів, насосів і т. Д.);
- електронагрівальні і протизаморожувальні пристрої;
- освітлювальні і світлосигнальні установки;

Крім класифікації за призначенням, все електрообладнання ділиться на три категорії за характером роботи:

- електрообладнання тривалого режиму роботи;
- електрообладнання короткочасного режиму роботи;
- електрообладнання повторно-короткочасного режимів роботи.

При цьому мається на увазі не абсолютна тривалість роботи, а її зв'язок з тепловою інерцією елементів обладнання.

При роботі електроустаткування частина електроенергії витрачається на нагрів проводів, перемагнічування залізних сердечників, на подолання сил тертя і т.д. Як наслідок, відбувається виділення тепла, яке розсіюється в навколишньому середовищі.

При тривалому режимі роботи після включення відповідного електроагрегату виділення тепла в навколишнє середовище спочатку незначно - майже все тепло йде на нагрів самого агрегату. У міру нагрівання агрегату кількість тепла, що минає в навколишнє середовище, збільшується.

Зростання температури агрегату сповільнюється. В деякий момент часу кількість тепла, що віддається в навколишнє середовище, стає рівним загальної кількості тепла, що виділяється. Подальше зростання температури агрегату припиняється.

При короткочасному режимі роботи блоки живлення за час роботи не встигають нагрітися до сталих значень температури, а під час паузи в роботі охолоджуються до температури навколишнього середовища.

При повторно-короткочасному режимі роботи електроагрегат за час роботи не встигає нагрітися до сталих значень температури, а за час пауз в роботі не встигає охолонути до температури навколишнього середовища.

Повторно-короткочасний режим роботи характеризують відносною тривалістю роботи (відносною тривалістю включення).

Залежно від умов роботи і навантаження ε може змінюватися в широкому діапазоні. При цьому чим більше час пауз, тим менше ε , тим більше навантаження можна допустити.

У повторно-короткочасному режимі працюють електромеханізми триммерів, електромеханізми триммерного ефекту і секції циклічного електрообігріву елементів планера і повітряних гвинтів.

Усі елементи електрооборудованія вибирають з таким розрахунком, щоб при їх роботі з заданим навантаженням при заданих умовах охолодження температура їх окремих частин не перевищувала допустимого значення.

3. Техніко-економічні вимоги, що пред'являються до електроустаткування повітряних суден

Всі вимоги, що пред'являються до літакового електроустаткування, можна розділити на загальні (обов'язкові для будь-якого електроустаткування) і спеціальні (обумовлені специфікою його роботи на літаку).

До загальних вимог належать:

- висока надійність, тобто властивість елемента, вузла, агрегату чи, системи зберігати свої параметри в заданих межах при дотриманні встановлених правил технічної експлуатації;
- мінімальна вага і габарити;
- зручність і безпеку в експлуатації;
- ремонтно-експлуатаційна технологічність і низька вартість.

Висока надійність роботи протягом встановленого терміну служби на літаках і вертольотах має першорядне значення, так як електрообладнання експлуатується в польоті і при його відмові наслідки можуть бути катастрофічними.

Висока надійність літакового електрообладнання забезпечується наступними заходами:

- на стадії конструювання - розробка найбільш грамотних і раціональних електричних схем;
- використання якісних матеріалів;
- висока культура виробництва;
- багаторазове дублювання ланцюгів живлення відповідальних споживачів;
- дублювання найбільш відповідальних агрегатів електроустаткування - захист від помилкових дій члена екіпажу (оператора), що можуть призвести до аварій;
- захист джерел, споживачів і мережі в разі аварій і коротких замикань.

Вимога мінімальної ваги і габаритів (без шкоди для надійності й інших техніко-економічних показників).

Дана вимога має для літакового електрообладнання особливо велике значення. Це пояснюється тим, що літакове електрообладнання разом з додатковими опорними конструкціями і кріпильних матеріалом перевозиться на найдорожчому виді транспорту.

Так як на перевезення кожного кілограма власної ваги літака на повну дальність витрачається $4 \div 5$ кг палива, то кожен зайвий кілограм ваги електрообладнання призводить до чотирьох-, п'ятикратного збільшення його польотної ваги.

Підраховано, що вартість перевезення електрообладнання протягом його терміну служби перевищує вартість самого електрообладнання і що переважна частина витрат на електрообладнання в зв'язку з цим пов'язана не з виробництвом, а з експлуатацією.

Зниження ваги літакового і вертолітного електрообладнання в порівнянні з наземним електроустаткуванням досягається наступними заходами:

- застосуванням високоякісних і легких конструктивних, ізоляційних і магнітних матеріалів;
- підвищенням допустимих механічних, електричних і теплових навантажень з допустимим зниженням терміну служби, але в межах ресурсу літака;
- застосуванням електричних машин з підвищеними швидкостями обертання; - заміною мідних проводів в електричних мережах і апаратах, де це можливо, на алюмінієві.

Усі перелічені заходи привели до значного зниження ваги літакового електрообладнання в порівнянні з наземним. Наприклад, якщо наземна електрична машина постійного струму потужністю 25 кВт має вагу понад

300 кг, то електрична машина тієї ж потужності, що встановлюється на літаку, важить 50 кг. Проте, вага електрообладнання перевищує вагу решти спеціального устаткування літака. Тільки вага електричної мережі на важких літаках перевищує тонну і складає близько 25% ваги всього обладнання.

Тому подальше зниження ваги літакового електрообладнання залишається важливим завданням.

Вимога мінімальних габаритів літакового електрообладнання викликано обмеженістю простору всередині літака.

Зручність і безпека в експлуатації і ремонтно-експлуатаційна технологічність

Літакове електрообладнання експлуатує екіпаж конкретного літака (вертольота). Зручне розташування апаратури управління (вимикачів, перемикачів, кнопок), контрольно-вимірювальної і сигнальної апаратури, максимальна автоматизація операцій з управління та контролю дозволяє полегшити роботу льотного екіпажу і зменшити його чисельність, збільшити рівень безпеки.

З точки зору безпеки також повинна бути виключена можливість зіткнення членів екіпажу або пасажирів з струмопровідними елементами, що знаходяться під підвищеним напругою або мають температуру вище 70 ° С.

Вимога ремонтно-експлуатаційної технологічності передбачає таке розміщення і монтаж агрегатів електроустаткування на літаку, при якому забезпечуються хороші підходи до агрегатів, можливість швидкого знаходження і усунення несправностей і заміни вийшов з ладу обладнання.

Спеціальні вимоги передбачають:

- незалежність роботи електроустаткування від атмосферних факторів (тиску, температури і вологості навколишнього середовища);
- незалежність роботи електрообладнання від присутності в повітрі парів бензину, гасу, мастильних масел, гідравлічних рідин і кислот;
- незалежність роботи електрообладнання від положення в просторі;
- нормальну роботу при вібраційних і інерційних перевантаженнях, що спостерігаються на літаках;
- вибухонебезпечність і пожежна безпека;
- відсутність впливу на роботу бортового обладнання.

Ці вимоги викликані умовами роботи літакового електрообладнання і також накладають істотний відбиток на вибір конструктивних, провідникових і ізоляційних матеріалів, на конструктивне виконання агрегатів, технологію їх виробництва і монтажу та інші параметри.

4. Загальні відомості про системи електропостачання та їх основні параметри.

До складу системи електропостачання входять елементи електрообладнання, за допомогою яких забезпечується генерування, перетворення, передача і розподіл електричної енергії, тобто джерела, перетворювачі і електрична мережа літака разом з відносяться до них системами контролю, управління, регулювання та захисту.

Залежно від того, який струм (постійний або змінний) на літаку є основним, розрізняють основні системи електропостачання постійного струму, змінного струму і змішані.

У системах постійного струму основними джерелами електричної енергії є генератори постійного струму, що встановлюються на двигунах і перетворюють частину механічної енергії генераторів в електричну енергію. При цьому на кожному маршовому двигуні встановлюють один або два генератора однакової потужності. Потужність генераторів визначають з розрахунку максимальної споживаної потужності з запасом, необхідним для харчування всіх споживачів електроенергії в разі відмови одного генератора або одного з двигунів. На літаках і вертольотах з електричним запуском маршових двигунів замість генераторів використовуються стартер-генератори, які при запуску працюють в стартерному режимі, тобто режимі електродвигуна, забезпечуючи розкрутку відповідного двигуна. Після запуску вони переходять у генераторний режим, забезпечуючи вироблення електроенергії.

На газотурбінних літаках, що мають допоміжну силову установку (ВСУ), передбачається резервний генератор (стартер-генератор), який встановлюється на ВСУ. Його потужність порівнянна з потужністю основних генераторів. У польоті резервний генератор використовується при відмові всіх основних генераторів для живлення бортсети. При цьому частина незначних споживачів автоматично або вручну відключається. На землі резервний генератор використовується при відсутності аеродромного джерела для живлення бортсети.

Аварійними джерелами електроенергії є акумуляторні батареї. У польоті при відмові всіх основних генераторів вони забезпечують електроживлення всіх життєво важливих споживачів електроенергії, а також аварійний запуск ВСУ. На землі, при відсутності аеродромного джерела постійного струму, від акумуляторів здійснюється автономний запуск ВСУ. Також на землі від акумуляторів можливе короткочасне електроживлення малопотужних споживачів.

Передбачається підключення аеродромного джерела постійного струму за допомогою спеціального штепсельного роз'єму.

Для отримання змінного струму застосовуються електромашинні або статичні перетворювачі, що використовують частину електроенергії основної системи електропостачання.

На літаках з системами електропостачання змінного струму основними джерелами електричної енергії є генератори трифазного змінного струму, зазвичай по одному генератору на кожному двигуні. Більшість споживачів в цьому випадку отримує харчування від мережі змінного струму. На ВСУ передбачається резервний генератор змінного струму.

Для живлення життєво важливих споживачів змінного струму використовуються електромашинні або статичні перетворювачі постійного струму в змінний (на сучасних літаках - статичні).

Для живлення споживачів постійного струму в таких системах електропостачання використовуються трансформаторно-випрямні блоки (випрямні пристрої), а також акумуляторні батареї, які є аварійними джерелами постійного струму.

На літаках зі змішаними системами електропостачання на кожному двигуні встановлюються як генератори постійного струму, так і сумірні з ними по потужності генератори змінного струму. До таких систем можна віднести системи електропостачання турбогвинтових літаків і вертольотів. Наприклад, на літаку Ан-26 на кожному двигуні встановлюється генератор СТГ18ТМО -1000 потужністю 18 кВт і генератор ГО16ПЧ8 потужністю 24кВА. На ВСУ встановлюється, як правило, стартер-генератор постійного струму і генератор змінного струму.

У системах електропостачання вітчизняних літаків і вертольотів прийняті наступні величини номінальних напруг:

у генераторів постійного струму - 28,5 В;

у акумуляторних батарей - 24 В;

у перетворювачів постійного струму в однофазний змінний струм частотою 400 Гц - 115 в;

у перетворювачів постійного струму в трифазний змінний струм частотою 400 Гц-36 В;

у трифазних генераторів змінного струму частотою 400 Гц - 120/208 В (120 В - фазна, 208 В - лінійна напруга).

Однофазні генератори змінного струму виконуються на номінальну напругу 120 В або 208 В.

5. Структура систем електропостачання

Бортові системи електропостачання літальних апаратів (ЛА) поділяють на первинні, вторинні, резервні та аварійні. Система електропостачання називається первинною, якщо її основними джерелами є генератори, які приводяться в обертання маршовими двигунами. Вторинна система - це система в якій електрична енергія виходить перетворенням електричної енергії первинної системи. Резервною системою електропостачання називається така, в якій електрична енергія виробляється генератором з приводом від допоміжної силової установки і аварійної від акумуляторних батарей і аварійних перетворювачів. Найменування СЕС конкретного повітряного судна присвоюється за видом його первинної системи. Вибір тієї чи іншої системи обумовлений багатьма факторами: призначенням літака, вимогами до якості електричної енергії, вимог по надійності, зручності експлуатації, техніко-економічними показниками та ін.

В даний час всі системи електропостачання літальних апаратів, існуючі в цивільній авіації, можуть бути зведені до трьох великих груп: постійного струму, змінного струму і змішані.

Перша група (рис. 1) - це система, в якій в якості основного виду електропостачання використовується постійний струм низької напруги $U_{ном} = 27 \text{ В}$. В системах постійного струму основними джерелами електричної енергії є генератори постійного струму. Крім них в якості аварійних джерел, а також для живлення літакової електричної мережі на стоянці і для харчування агрегатів системи запуску авіадвигунів використовуються акумуляторні батареї. У системах електропостачання постійного струму вітчизняних літаків прийняті наступні величини номінальних напруг:

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

В якості типових вторинних СЕС на цих ВС прийняті:

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

Змінний струм стабільної частоти виходить перетворенням постійного струму в змінний. Зазвичай (на старіших ВС) це виконують перетворювачі - обертові двигун-генераторні агрегати. 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) і літаків бізнес - класу (Л -410 УВП).

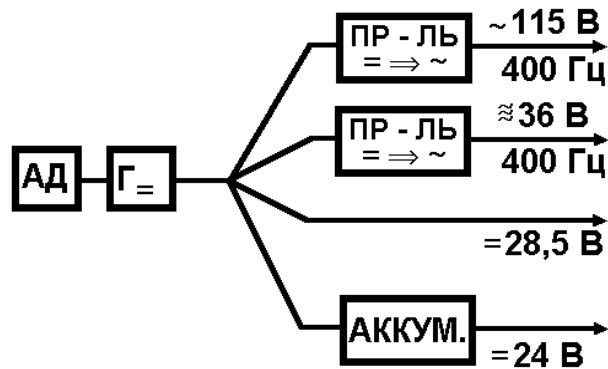


Рисунок 1 - Структурна схема системи електропостачання постійного струму. АД - авіаційний двигун; Г - генератор; Пр - ль - перетворювач; АККУМ. - акумулятор.

Друга група (рис. 2) - це змішана система електропостачання. На літаках зі змішаними системами електропостачання встановлюються як генератори постійного струму, так і сумірні з ними по потужності генератори змінного однофазного 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 противообледенения повітряних гвинтів, яка вимагає значної витрати потужності. У даній системі генератор змінного струму має непостійну частоту, але так як в польоті обертів турбогвинтових двигунів практично не змінюються, то і частота генераторів також залишається незмінною. У режимі земного малого газу частота генераторів змінного струму змішаної системи буде занижена. Що ж стосується постійного струму, то електропостачання споживачів аналогічно електропостачання першої групи.

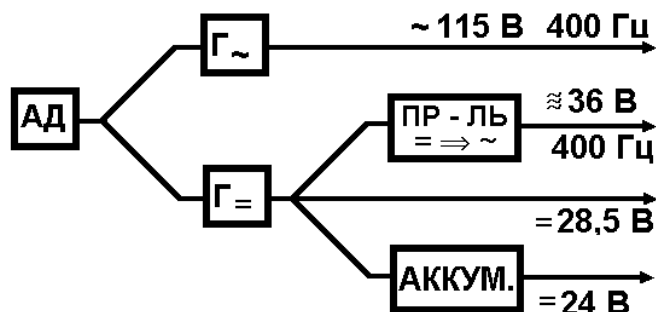


Рисунок 2 - Структурна схема змішаної системи електропостачання.
Г₌ - генератор постійного струму; Г_~ - генератор змінного струму;
ПР-ЛБ - перетворювач; АККУМ - акумулятор.

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

- а) змінного трифазного струму постійної частоти;
- б) змінного трифазного струму нестабільної («гуляє») частоти.

У третій групі "а" використовуються системи генерування змінного струму стабільної частоти як основної системи електропостачання. Ці системи є більш сучасними порівняно з системами електропостачання постійного струму і змішаними системами літаків подібного класу. Аналіз показує, що система електропостачання, в якій в якості первинної прийнята система змінного струму постійної частоти в порівнянні з системою електропостачання постійного струму низької напруги, має кращі техніко-економічні та масові показники і більш високі показники надійності. Ці системи використовуються на літаках цивільної авіації далеких і 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. 3.а) представлена система електропостачання змінного струму стабілізованою частоти. На літаках з системами електропостачання змінного струму основними джерелами електричної енергії є генератори змінного трифазного струму напругою 208/120 В з частотою 400 Гц. Між авіаційним двигуном і синхронним генератором включається пристрій, що перетворює змінну швидкість обертання авіаційного двигуна в постійну швидкість обертання генератора (привід постійної частоти обертання - ППЧВ). Як правило, вони бувають або гідравлічними, або повітряними.

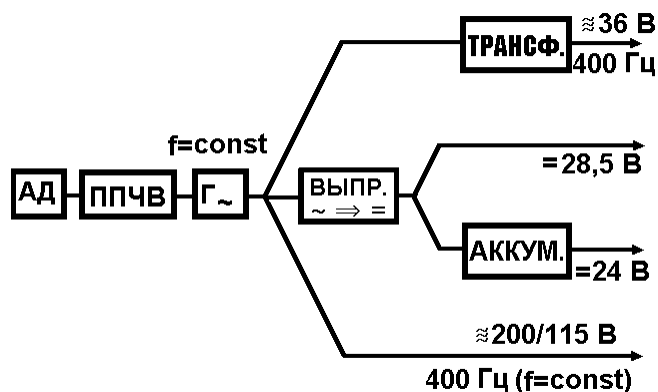


Рисунок 3.а) - Структурна схема СЕС змінного трифазного струму стабільної частоти.

Г -генератори; ППЧВ-привід постійної частоти обертання; Випрямляч - випрямляч; Акумулятором - акумулятор; ТРАНС. - трансформатор

Більшість споживачів в цьому випадку отримують живлення від мережі перемінного струму. А для живлення незначною по потужності групи

споживачів постійним струмом (електромагнітні пристрої, приладове обладнання та ін.) В таких системах є випрямні пристрої або трансформаторно-випрямні блоки. На всіх типах літаків використовуються також вторинна система трифазного змінного струму напругою 36 В частотою 400 Гц. Основними джерелами цієї системи є трифазні трансформатори.

Для значної частини споживачів байдуже, якою частотою вони будуть харчуватися. До групи 3 "б" можна віднести системи, в яких генератори виробляють напруга нестабілізованої частоти. На рис.3 б) показана структурна схема системи електропостачання змінного струму нестабілізованої частоти зі статичним перетворювачем частоти. У такій системі генератор, що приводиться в обертання від авіаційного двигуна, має змінну частоту. Основна частина споживачів підключається до напруги генератора змінної частоти. Після генератора включається трифазний статичний перетворювач частоти, який є основним джерелом вторинної системи стабілізованою частоти. Статичні перетворювачі частоти виробляють напруга 200/115 В частотою 400 Гц. Для отримання постійного струму низької напруги 27 В використовуються випрямлячі, які отримують харчування також від генераторів. Як вторинної системи використовується також система змінного трифазного напругою 36 частотою 400 Гц. Основними джерелами цієї системи є трансформатори, які отримують живлення від системи 200/115 В стабілізованою частоти 400 Гц. Така система, наприклад, встановлена на перспективному військово-транспортному літаку, розробленим АНТК ім. Антонова АН-70.

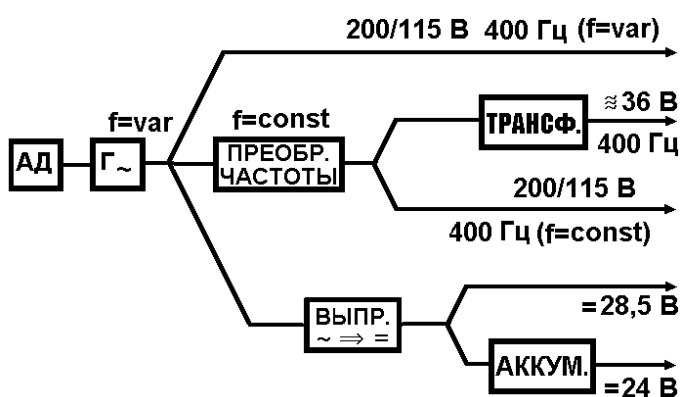


Рисунок 3.б) - Структурна схема СЕС змінного трифазного струму нестабілізованої частоти з використанням перетворювача частоти.

СЕС змінного трифазного струму нестабілізованої частоти може бути також виконана, як показано на рис. 3.в). У цій системі напруга

виробляється також генераторами змінної швидкості обертання. Вторинної системою електропостачання тут є система постійного струму напругою 27 В, джерелами якої є випрямлячі та акумулятори.

Вторинними системами при цьому є також системи трифазного змінного струму стабілізованою 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 обладнаний новий вітчизняний літак АН-140.

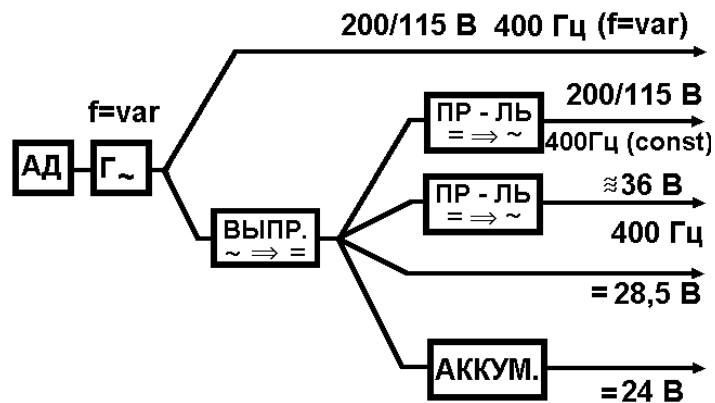


Рисунок 3. в) - Структурна схема системи електропостачання на змінному струмі нестабільної частоти з використанням випрямлячів і статичних перетворювачів постійного струму в змінний. Г - генератор; ПР-Ль перетворювач; АККУМ - акумулятор.