

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІПСЬКИЙ 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 № 2 – Система електропостачання постійного струму

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. Система електропостачання постійним струмом.
2. Енерговузол постійного струму.
3. Канал СЕ постійного струму.
4. Генератори постійного струму.
5. Принцип дії авіаційних генераторів постійного струму.
6. Особливості конструкції авіаційних генераторів постійного струму.
7. Реакція якоря авіаційних генераторів.
8. Зовнішня характеристика генератора постійного струму з самозбудженням.
9. Авіаційні генератори постійного струму типу СТГ.
10. Безколекторні генератори постійного струму.
11. Регулювання напруги генератора постійного струму.
12. Вугільний регулятор напруги.
13. Електронні регулятори напруги.
14. Управління і захист генераторів постійного струму.
15. Диференційно-мінімальне реле (ДМР).
16. Диференціальне мінімальне реле ДМР-200ВУ.
17. Автомати захисту від перенапруги (АЗП).
18. Захист енерговузла від короткого замикання.
19. Диференціальний поздовжній струмовий захист.
20. Паралельна робота генераторів постійного струму.
21. Авіаційні акумуляторні батареї.
22. Конструкція, принцип дії кислотного акумулятора.
23. Електричні характеристики кислотних акумуляторів.
24. Основні недоліки кислотних акумуляторів.
25. Основні несправності кислотних акумуляторів.
26. Конструкція, принцип дії лужних акумуляторів.
27. Переваги лужних акумуляторних батарей.
28. Сутність явища теплового розгону.
29. Вибір типу і кількості акумуляторних батарей.
30. Удосконалення експлуатації акумуляторних батарей на борту літаків і вертольотів цивільної авіації.
31. Обігрів акумуляторних батарей.

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. Система електропостачання постійним струмом

Система електропостачання постійним струмом виконується однопровідною. Зворотним проводом є корпус ПС. Основною перевагою постійного струму є зручність живлення спільно працюють генератори і акумуляторних батарей, що підвищує надійність всієї системи і зменшує встановлену потужність генераторів. Крім того, постійний струм забезпечує простоту паралельного включення декількох генераторів. Система постійного струму низької напруги задовольняє технічним вимогам малих і середніх літаків при польотах на висотах до 20 км і швидкостях менш 1800 км/год.

Вибір постійного струму низької напруги (27 В) для живлення електротехнічних пристроїв ПС був обумовлений наступними причинами: простотою роботи контактних елементів, великою надійністю щітково-колекторного вузла електричних машин в висотних умовах, незначним споживанням енергії на одиницю сили світла в лампах нака-ливання, малими габаритами ламп і арматури, міцністю ламп, порівняно невеликими габаритами акумуляторних батарей. Постійний струм зручніше для механізмів, що вимагають застосування електродвигунів з великим пусковим моментом і регулюванням швидкості, електромагнітів і ланцюгів управління.

До переваг системи даного типу можна також віднести можливість використання генераторів в якості стартерів; наявність надійного резервного і аварійного джерела електропостачання - акумуляторних батарей; застосування електроагрегатів, що мають велику номенклатуру типів, добре освоєних, перевірених багаторічним терміном експлуатації.

Недоліки системи: велика маса проводів (пов'язана з відносно малим напругою); труднощі комутації струму в колекторах двигунів на великих висотах; складність отримання різних родів струму і напруги, так як постійний струм не трансформується.

В даний час ведуться роботи по поліпшенню показників системи постійного струму. Так, застосування вже розроблених вентильних генераторів постійного струму усуне труднощі комутації; вирішується питання про можливість використання таких генераторів для запуску авіадвигунів. Успішно ведуться роботи зі створення потужних літакових статичних перетворювачів постійного струму в змінний.

Застосування даної системи доцільно в тому випадку, коли споживана потужність електроенергії не перевищує 9,12 кВт на авіадвигун, а двигуни запускаються стартер - генераторами; для літаків, що літають на висотах

менше 6 км, при загальній потужності споживачів до 40 кВт. Цим умовам відповідають малі і легкі літаки і вертольоти, на яких ця система і може застосовуватися.

2. Енерговузол постійного струму

Енерговузол - це сукупність пристроїв, призначених для виробництва електроенергії необхідної якості з функціями управління і захисту. Структура енерговузла на вітчизняних ЗС типова. Відрізняються енерговузли між собою потужністю генераторів, маркуванням елементів і числом каналів. Наприклад, на літаках АН-2, ЯК-18, ЯК-52 енерговузол складається з одного каналу, на Л-410 УВП, АН-24, АН-26, АН-32 - з двох, на ЯК-40 - з трьох, на ТУ-134 з чотирьох і на АН-12, ІЛ-18 з восьми.

Кожен канал включає джерела електричної енергії з апаратурою регулювання і захисту і частина системи розподілу. Для підвищення надійності канали можуть працювати паралельно (АН-24, АН-26, ЯК-40, ТУ-134 АН-12, ІЛ-18) або окремо, (Л-410 УВП, АН-32) але з взаєморезервування при відмовах генераторів. Для прикладу розглянемо двухканальную СЕС, функціональна схема якої приведена на рис. 4.

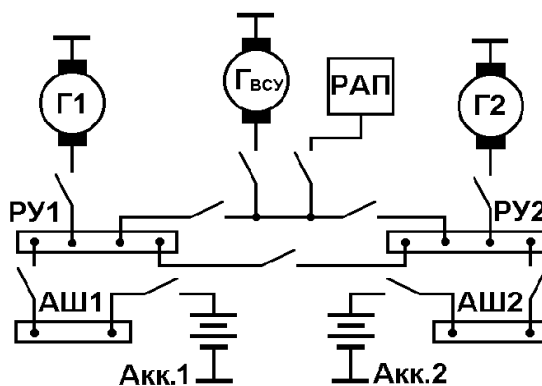


Рисунок 4 - Функціональна схема двоканальної системи електропостачання.

Генератори постійного струму Г1, Г2 підключені до шин розподільних пристроїв РУ1, РУ2 і можуть працювати паралельно на загальне навантаження або окремо кожен на свою. Навантажений кожен генератор на $30 \div 50\%$ від своєї номінальної потужності. При відмові одного з генераторів, він відключається від РУ, при цьому його навантаження автоматично переходить на працюючий генератор. Аварійні шини постійного струму АШ1, АШ2 отримують живлення від РУ1, РУ2 і акумуляторних батарей Акк1, Акк2. До аварійної шині підключаються самі життєво - важливі в

польоті споживачі. Через аварійну шину при нормальній роботі системи акумулятори також отримують струм заряджання. При відмові всіх основних генераторів, аварійна шина відключається від РУ і починає отримувати живлення від акумуляторів. Час роботи акумуляторів обмежена і визначається їх ємністю. Це час зазвичай вказується в керівництві з льотної експлуатації (КЛЕ) конкретного типу ПС. В цьому випадку зазвичай пропонується екстрена посадка або зниження до висоти запуску ПСУ, її запуск і підключення на бортову мережу генератора (ГПСУ). Живлення бортової мережі на стоянці здійснюється від розетки аеродромного живлення (РАП).

3. Канал СЕ постійного струму

Розглянемо типовий канал, блок-схема якого представлена на рис.5.

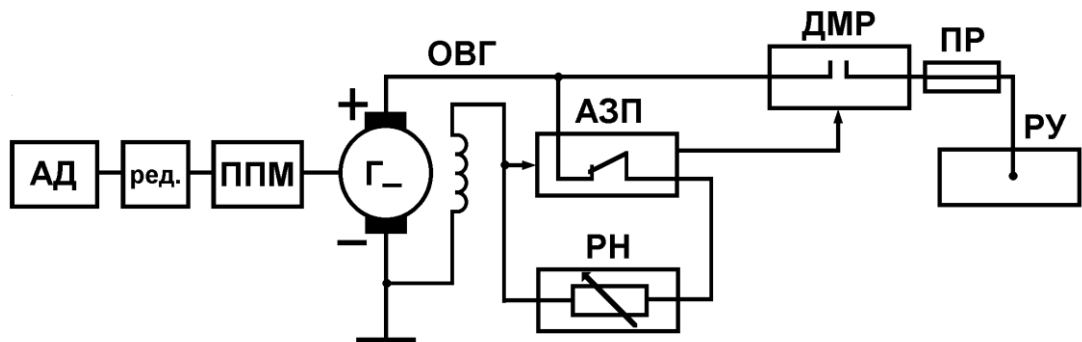


Рисунок 5 - Блок - схема типового каналу СЕС постійного струму.

Механічна енергія від авіадвигуна через редуктор і гранично-запобіжну муфту (ППМ) надходить на ротор генератора. ППМ призначена для захисту АД від поломок при заклинювання якоря генератора, шляхом її зрізу. Мінусовий дріт генератора кріпиться на корпус. Регулятор напруги (РН) призначений для підтримки вихідної напруги генератора на постійному рівні при зміні його навантаження і оборотів обертання. Функцію РН зображує змінний опір, включене послідовно в обмотку збудження генератора. Диференціальне мінімальне реле (ДМР) - це комплексний автомат управління і захисту. Під управлінням розуміється кон-троліруемое дистанційне включення генератора на бортсети і відключення його від бортсети, а під захистом - автоматичне відключення генератора від бортсети при відмовах генератора. Напруга генератора через ДМР і запобіжник (ПР) надходить на розподільчий пристрій (РУ).

Автомат захисту від перенапруги призначений для захисту СЕ від підвищення напруги, шляхом развозбуждення генератора і відключення його від мережі за допомогою ДМР.

На конкретних ПС можуть бути невеликі відхилення від типової схеми. Наприклад, канал літака Л410 (ЧССР) відрізняється тим, що в ньому відсутня ППМ, а функції АЗП і РН виконує електронний регулятор напруги, а на літаку ЯК-40 введена диференціальний струмовий захист каналів генераторів.

4. Генератори постійного струму

Авіаційні генератори мають ряд особливостей в порівнянні з промисловими наземними: мають малі габарити і невелику вагу на одиницю потужності, високу надійність, досить високий к.к.д. і велику перевантажувальну здатність. Ці якості забезпечується високоякісними матеріалами і підвищеної теплової, механічної та електромагнітної навантаженнями. Наприклад, питомі потужності для авіаційних генераторів постійного струму досягають 450/500 Вт / кг. Це в 5 разів більше, ніж для неавіаційних генераторів тієї ж потужності. Отриманню великих питомих потужностей сприяють високі швидкості обертання ($4000 \div 9000$ об / хв), застосування ізоляційних матеріалів з високою тепловою і електричною міцністю; інтенсивне охолодження генераторів (продув потоком повітря) і ін.

5. Принцип дії авіаційних генераторів постійного струму

Принцип дії авіаційних генераторів постійного струму заснований на законах електродинаміки (електромагнітної індукції, законі повного струму і законі електромагнітних сил). На рис. 1 показані нерухомі полюси N і S, що створюють постійний магнітний потік, силові лінії якого перетинають активні провідники (ab і cd) обертається рамки abcd.

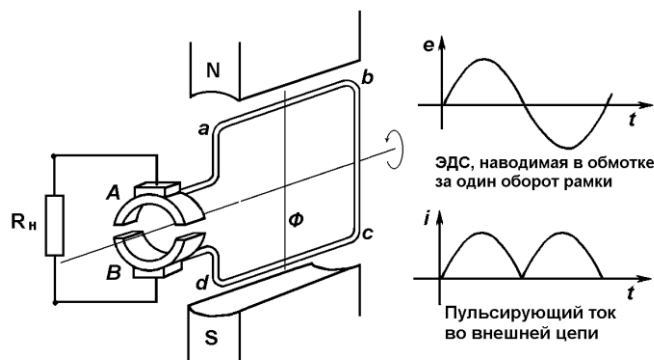


Рисунок 1 - Принцип дії генераторів постійного струму.

Відповідно до закону електромагнітної індукції при обертанні рамки в провіднику виникає ЕРС:

$$e = B \cdot l \cdot v$$

де B - індукція під полюсом; l - довжина активного провідника;

v - лінійна швидкість руху провідника.

За один оборот рамки в кожному її провіднику наводиться ЕРС змінює двічі свій напрямок, змінюючись за синусоїдальним законом. При цьому у всіх положеннях рамки ЕРС активних провідників (ab і cd) складаються.

В генераторах постійного струму для випрямлення змінної ЕРС застосовується колектор, найпростіше виконання якого можна показати у вигляді двох півкілець (ламелей). ЕРС знімається з генератора за допомогою щіток.

Щітки на колекторі встановлюються так, щоб вони переходили з одного півкілця на інше в момент, коли ЕРС рамки дорівнює нулю. В цьому випадку до кожної щітці підводиться ЕРС одного напрямку. Наприклад, щітка A з'єднана завжди з півкілцем, пов'язаним з провідником, що знаходиться тільки під північним полюсом. Таким чином, від щітки A в зовнішню мережу буде протікати струм одного напрямку, пульсуючий за величиною.

Для зменшення пульсацій і для збільшення результуючої ЕРС в реальній машині застосовують велике число рамок (секцій), рівномірно розподілених в пазах якоря, і відповідну кількість пластин, розташованих на колекторі машини.

У літакових генераторах число ламелей (пластин) досягає більше сотні.

6. Особливості конструкції авіаційних генераторів постійного струму

Конструктивно авіаційний генератор постійного струму являє собою колекторну електричну машину з самозбудженням. На статорі розташовані основні та додаткові полюси. Обмотка якоря розташована на роторі. Струм якоря відводиться в зовнішній ланцюг за допомогою колектора і контактних щіток. Колектор виконує роль випрямляча.

Авіаційні генератори постійного струму випускаються типів ГС, ГС-СТ, ГСР, ГСР-СТ, СТГ. Тут ГС - генератор літаковий, Р - з розширеним діапазоном, СТ (СТГ) - стартер-генератор. Останні одночасно служать для запуску авіадвигуна. Чотири цифри позначають потужність генератора у Вт. Дві цифри - в кВт, Приклад, СТГ-18, ГС-24, ГСР-3000.

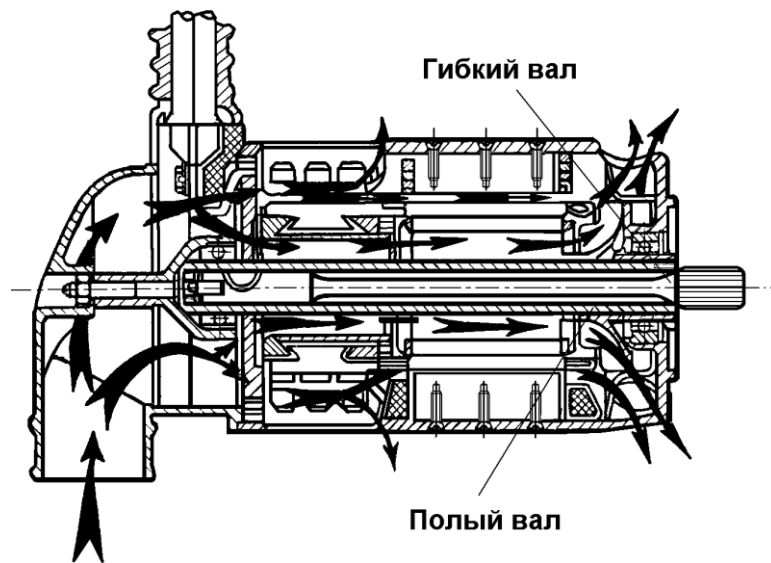


Рисунок 2 - Схеми охолодження генераторів і конструкції його вала

Охолодження генераторів. Генератори розраховані на частоти обертання від 4000 до 9000 об / хв і вимагають інтенсивного охолодження. Охолодження в польоті здійснюється забортним повітрям. На капоті АТ встановлений повітрязабірник, з якого подається повітря для охолодження генератора. Корпус генератора має циліндричну форму, з одного торця є фланець для під-з'єднання до картера АТ, а з іншого - патрубков для підведення повітря для охолодження. Схема охолодження показана на рис. 2. Повітря під тиском швидкісного напору проходить генератор і виходить в отвори, розташовані близько фланця. При продув генератора охолоджуючий його повітря омиває колектор, щітки і щіткотримачі, залізо і обмотку якоря, котушки основних і додаткових полюсів. На якорі з боку фланця встановлений вентилятор, який забезпечує охолодження генератора на землі. Вентилятор забезпечує роботу генератора на 30% номінальної потужності, тому в РЛЕ вказані обмеження на експлуатацію в генераторному режимі по току і за часом роботи.

Конструкція вала генератора. Якір генератора має вал, що складається з двох частин: гнучкий внутрішній вал і зовнішній пустотіла. Гнучкий вал служить амортизатори і оберігає редуктор від руйнування при ударних навантаженнях. Схема вала показана на рис. 2. Гнучкий вал за допомогою шліців з'єднується з редуктором авіадвигуна, а іншим конусним кінцем - з порожнистим валом.

Конструкція щіткотримача генератора. Авіаційні генератори мають реактивний щіткотримач, в якому щітка розташована під кутом до колектора, що дозволяє зберігати навантаження на щітку постійної незалежно від її

знос і охороняти щітку від заклинювання. Схема реактивного власника показана на рис. 3.

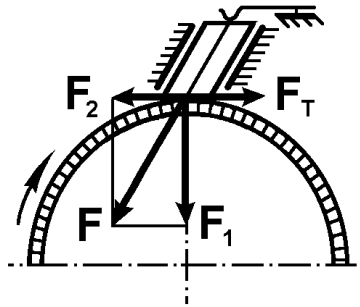


Рисунок 3 - Схема реактивного щеткодержателя

У цьому щеткодержателі відсутні заламувати моменти, тому щітка з найбільшою силою прилягає до колектора, що призводить до зменшення іскріння по механічним причин. Якщо силу пружини F розкласти на складові F_1 і F_2 , то при обертанні якоря сила F_2 буде протилежна силі тертя F_T . Нахил щітки і сила пружини підбирається так, щоб $F_2 = F_T$.

7. Реакція якоря авіаційних генераторів

При роботі електричної машини в генераторному або в руховому режимі по обмотці якоря протікає струм. Поле струму, взаємодіючи з основним полем машини, спотворює останнє. Це явище називається реакцією якоря, вона знижує ЕРС генератора і погіршує комутацію (зменшує крутний момент в режимі двигуна). Для усунення цих недоліків в генераторах типу ДБН, ГСР, ВГ застосовуються додаткові полюси, а в генераторах типу СТГ і ГС ще і компенсаційна обмотка.

Додаткові полюси розташовані між основними полюсами. Вони покращують комутацію генератора. Компенсаційна обмотка намотується на основні полюси. Компенсуючи вплив реакції якоря, вона підвищує перевантажувальну здатність генератора, усуває явище перемагнічування полюсів при підвищених швидкостях обертання і сприяє підвищенню стійкості роботи генератора.

Компенсаційна обмотка і обмотки додаткових полюсів з'єднані послідовно з обмоткою якоря таким чином, що їх МДС була спрямована зустрічно з МДС обмотки якоря, чим забезпечується також безіскровою комутація на щітках.

8. Зовнішня характеристика генератора постійного струму з самозбудженням

Генератори постійного струму мають паралельне збудження. Обмотки полюсів включені на якірну обмотку через опір вугільного стовпа. Генератор працює на самозбудженні за рахунок залишкової намагніченості заліза полюсів. Зовнішня характеристика (рис. 4.а.) являє собою залежність напруги на затискачах генератора \dot{U} від струму навантаження I_n при постійній швидкості обертання n і постійному опорі ланцюга збудження R_v ,

$$U = f(I_{\text{я}}) \text{ при } n = \text{const і } R_v = \text{const.}$$

Верхня крива для максимальних об'єктів - нижня для мінімальних. З розгляду кривих видно, що зі збільшенням струму навантаження (зменшенням опору в зовнішньому ланцюзі) напруга генератора зменшується і зовнішня характеристика генератора, що працює на самозбудженні, має характерний вигин вліво. Зниження напруги при навантаженні обумовлено трьома причинами: омичним падінням напруги в якорі, реакцією якоря і зменшенням струму збудження, викликаним зниженням напруги на затискачах генератора.

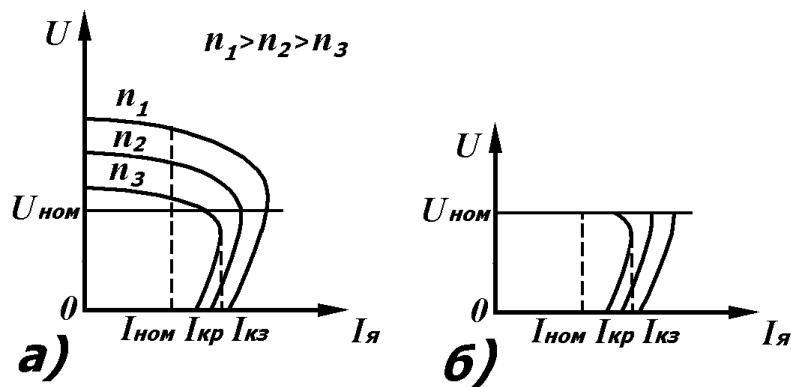


Рисунок 4 - Зовнішня характеристика ГПТ: а) без регулятора напруги; б) з регулятором напруги.

При струмі навантаження, менше номінального, напруга зменшується повільно. У цьому випадку зменшення напруги відбувається в основному внаслідок збільшення омичного падіння напруги в якорі. Реакція якоря при такому навантаженні майже повністю компенсується додатковими полюсами, а зменшення струму збудження незначно і майже не впливає на зменшення напруги.

При струмах навантаження, великих номінального, сильний вплив починає чинити реакція якоря, так як додаткові полюси не можуть компенсувати її розмагнічуючого дії.

Вплив цих двох причин призводить до швидкого зменшення напруги, а, отже, і до значного зменшення струму збудження генератора, що в свою чергу посилює зниження ЕРС і напруги генератора.

Такий швидкий спад напруги призводить до того, що напруга зменшується в більшій мірі, ніж опір зовнішньої ланцюга R . Тому струм навантаження, рівний $I_a = U / R$ досягнувши свого максимального значення, починає зменшуватися.

Максимальний струм, який може бути отриманий від генератора при даній швидкості обертання і при даному опір ланцюга збудження, називається критичним струмом ($I_{кр}$). При подальшому зменшенні опору навантаження до нуля струм навантаження зменшується до величини струму короткого замикання $I_{кз}$, яка визначається величиною залишкової ЕРС. За величиною струми короткого замикання (КЗ) близькі до номінального струму генератора.

Авіаційні генератори працюють в комплекті з регуляторами напруження, які, починаючи з холостого ходу і до певного навантаження, підтримують напругу генераторів практично постійним, рівним номінальному значенням (рис. 4.б). Напруга на затискачах генератора починає змінюватися тільки після припинення дії регулятора. Характер зміни напруги в цьому випадку буде таким же, як і без регуляторів напруги.

9. Авіаційні генератори постійного струму типу СТГ

Генератор може використовуватися як електричний стартер при запуску маршового авіадвигуна. У процесі запуску він працює як електродвигун, після запуску - переводиться в режим генератора.

Для використання стартер - генератора в стартерном і генераторному режимах він з'єднується з газотурбінним авіадвигуном за допомогою автоматично переключається редуктора, який при запуску передає крутний момент від стартер - генератора на авіадвигун, а після запуску - від авіадвигуна до стартер - генератору. Цей редуктор може бути вбудованим в авіадвигун, або в стартер-генератор (наприклад, в СТГ-18ТМО-1000).

Стартер - генератори типу СТГ для забезпечення роботи в двох режимах має в своїй конструкції спеціальний привід, в який входить редуктор і дві муфти. Кінематична схема генератора СТГ показана на рис. 5.

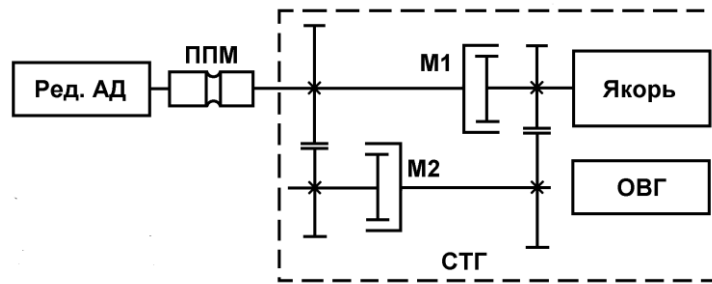


Рисунок 5 - Кінематична схема генератора типу СТГ.

Муфта - це механізм тимчасового з'єднання валів. М1-це обгону муфта, М2 - муфта зчеплення - розчеплення. Одночасно вони не можуть приходити в зачеплення. У зачеплення вони приходять - автоматично, в залежності від напрямку додатка крутного моменту. У генераторному режимі момент прикладений з боку АД, при цьому в зачеплення знаходиться муфта М1. У стартерном режимі момент прикладений з боку якоря генератора, при цьому в зачепленні знаходиться муфта М2, а обертання передається через понижуючий редуктор.

Схема обгонів муфти приведена на рис.6, схема муфти зчеплення - розчеплення - на рис. 7.

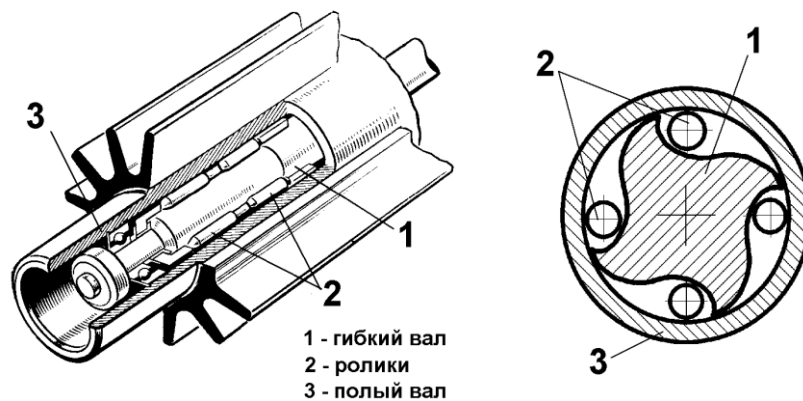


Рисунок 6 - Обгінна муфта.

Обгону муфта виконана на хвостовій частині гнучкого вала, який має поглиблення. У поглибленнях знаходяться ролики (2). При моменті, що крутить на гнучкому валу проти годинникової стрілки ролики застряють між гнучким (1) і порожнистим (2) валом. При моменті, що крутить на підлогою валу (в стартерном режимі) проти годинникової стрілки, ролики потопують в поглиблення і виходять із зачеплення.

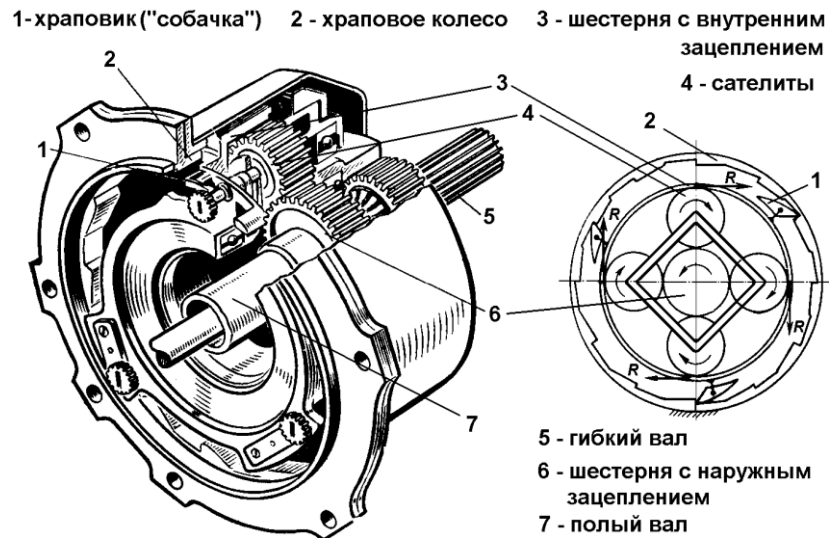


Рисунок 7 - Муфта зчеплення - розчеплення

Муфта зчеплення - розчеплення має нерухоме храпове колесо (2) і храповик (1) з пружиною на валу. При моменті на валу проти годинникової стрілки (в стартерном режимі) храповик приходить в зачеплення. При обертанні вала за годинниковою стрілкою (генераторний режим) зачеплення немає, при цьому храповик об'їжджає зуби храпового колеса. На невеликих оборотах обертання чути клацання храповика, наприклад, при обертанні гвинта по ходу обертання від руки. На великих оборотах обертання, коли працює АТ, протидіє храповика під дією відцентрових сил зживає пружину, а храповик притискається до вала і не об'їжджає зуби.

На деяких приводах використовують ППМ. Конструкція ППМ показана на рис. 8.

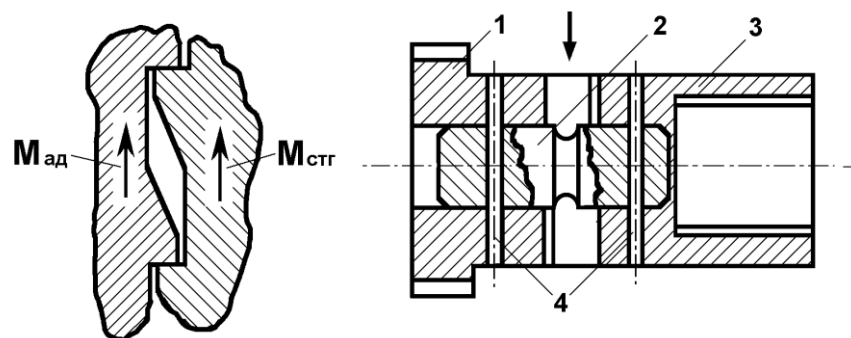


Рисунок 8 - Гранична запобіжна муфта

Вона складається з трьох частин: лівої половинки (1), яка вставляється в шестерню редуктора АТ, правої половинки (3), яка одягається на гнучкий вал генератора, стрижня з проточкою посередині (2). Вал з половинками з'єднаний штифтами (4). Половинки між собою з'єднуються скошеними з одного боку зубцями. У стартерном режимі момент від правої половинки до

лівої передається через зуби, при цьому стрижень не працює. У генераторному режимі момент від лівої половинки до правої передається через стрижень. Якщо якір заклинить, то стрижень ламається по проточці. При повороті половинок зуби приходять в зіткнення скошеними сторонами, при цьому половинки розійдуться, а механічна зв'язок перерветься.

10. Безколекторные генератори постійного струму

Наявність ковзаючого контакту між колектором і щітками в генераторах постійного струму знижує надійність роботи електричної машини, особливо на великих висотах польоту, при низькому атмосферному тиску. Для усунення цього недоліку в останнім часом на ПС в енергосистемах постійного струму розроблені безколекторні генератори постійного струму. Безколекторний генератор (рис. 9.) Являє собою трифазний синхронний генератор з робочою обмоткою РГ, розташованої в пазах статора, і обертається обмоткою збудження ОВГ, розташованої на роторі. Живлення обмотки збудження генератора здійснюється від збудника, робоча обмотка якого РОР і випрямлячі ВВ розташовані на одному валу і обертаються разом з індуктором генератора. Збудник являє собою шестифазний синхронний генератор, обмотка збудження якого ОВВ розташована на статорі і харчується від головного генератора через регулятор напруги. На корпусі генератора встановлюються випрямлячі ВГ, і через них генератор здійснює живлення бортової мережі постійним струмом напругою 28,5 В.

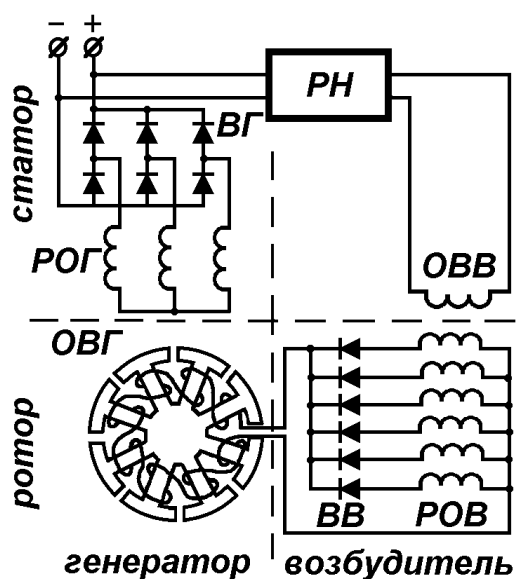


Рисунок 9 - Схема бесколекторного генератора постійного струму

У наведеній схемі взаємодія елементів генератора між собою здійснюється без ковзних контактів. Відносна вага безколекторних генераторів (вага на одиницю потужності) становить близько 2 кг / кВт.

11. Регулювання напруги генератора постійного струму

Всі споживачі електричної енергії розраховані на певну величину напруги, відхилення від якої призводить до зміни їх характеристик. Так, зниження напруги призводить до зменшення світлового потоку ламп розжарювання, створює утруднення в пуску електродвигунів, зменшує їх швидкість обертання і т. П. Підвищення напруги зменшує термін служби електрообладнання, збільшує швидкість обертання електродвигунів, призводить до помилкового спрацьовування різних агрегатів і пристроїв і т. д.

Напруга авіаційних генераторів залежить від швидкості обертання якоря генератора, від навантаження і від температури навколишнього середовища. Всі ці параметри не є для авіаційних генераторів постійними величинами і певною мірою впливають на їх напругу.

Так, зміна швидкості обертання в межах робочого діапазону призводить до зміни напруги генератора до 300%, зміна навантаження від нуля до номінальної - на величину до 20%, зміна температури навколишнього середовища від +50 до - 60 ° С - на величину до 20% номінальної .

Така зміна напруги порушує нормальну роботу споживачів, тому виникає необхідність регулювати напругу. Регулювати напругу також необхідно і для забезпечення паралельної роботи авіаційних генераторів.

Регулюванням напруги називається процес підтримки напруги постійним незалежно від зміни швидкості обертання, навантаження генератора і температури навколишнього середовища. Пристрій, за допомогою якого напруга генератора підтримується автоматично постійним, називається регулятором напруги.

Відомо, що напруга генератора

$$U = E - I_a R_a = C_e n \Phi - I_a R_a$$

де I_a - струм в обмотці якоря генератора; R_a - опір обмотки якоря генератора; Φ - магнітний потік полюсів; C_e - конструктивна стала генератора; n - швидкість обертання якоря генератора; E - ЕРС генератора.

З наведеної вище формули видно, що при зміні величини струму навантаження і швидкості обертання якоря генератора його напруга змінюється, і що в той же час його можна підтримувати постійним, якщо

змінювати певним чином магнітний потік збудження генератора, а при електромагнітному збудженні струм в обмотці збудження. Для регулювання струму збудження застосовується різні регулятори напруги. Залежно від способу регулювання струму збудження генераторів бувають регулятори напруги дискретного (імпульсного) і реостатного типу.

На старих ПС, де потужність генераторів не перевищувала 1,5 кВт, застосовувалися вібраційні регулятори напруги імпульсного типу. При цьому способі регулювання опір в ланцюзі обмотки збудження змінюється періодичним шунтуванням додаткового опору виб-ріруючімі контактами із змінним співвідношенням між часом замкнутого і розімкненого стану контактів.

При великих потужностях генераторів на контактах регулятора виходить сильне іскріння, яке створює великі перешкоди радіоприйому і призводить до швидкого підгоряння контактів.

В даний час на літальних апаратах застосовуються вугільні регулятори напруги реостатного типу. При реостатному способі регулювання в ланцюг обмотки збудження включається реостат, опір якого можна змінювати плавно або ступенями.

На новіших ПС застосовується електронний регулятор напруги імпульсного типу. Повернення до регулятором дискретного дії був обумовлений появою потужних комутаторів, виконаних на напівпровідникових елементах: транзисторах, тиристорах, діодах.

12. Вугільний регулятор напруги.

Свою назву вугільний регулятор отримав через вугільного стовпа, який використовується в якості змінного опору. Вугільний стовп являє собою набір вугільних (графітових) шайб, діаметром $5 \div 19$ мм і товщиною $0,5 \div 1$ мм, поміщених в ізоляційну трубку.

Електричний опір вугільного стовпа визначається в основному перехідним опором між шайбами, яке залежить від площі зіткнення шайб між собою і від числа шайб в стовпі. Залежно від типу регулятора береться $25 \div 80$ шайб.

Шайби вугільного стовпа мають не ідеально гладку поверхню, по-цьому при малому торцевому тиску на стовп вони торкаються одне за одним лише невеликим числом точок і перехідний опір, а отже, і опір стовпа в цілому максимально. При збільшенні тиску на стовп площу зіткнення поверхонь шайб в результаті їх деформації збільшується, а опір стовпа зменшується. Таким чином, змінюючи тиск на стовп в межах його пружних

де-формацій, можна плавно змінювати його електричний опір від до-лей ома до декількох тисяч ом.

На практиці опір стовпа змінюється в діапазоні $0,15 \div 50$ Ом.

Конструкція вугільного регулятора напруги (урн) показана на рис. 1. Схема включення показана на рис. 2. Нумерація елементів на обох малюнках однакова. Вугільний стовп (1) включений послідовно з обмоткою збудження генератора (ОВГ). Для відводу тепла, яке виділяється в шайбах використовується радіатор. Пелюсткова пружина (3), поєднана з якорем (2) стискає вугільний стовп (1). При появі струму в обмотці електромагніта (4) з'являється сила, яка віджимає якорь з пружиною, що призводить до зменшення тиску на вугільний стовп.

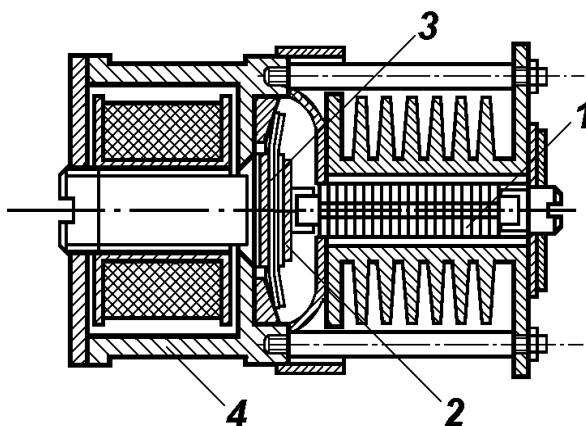


Рисунок 1 - Конструкція ВРН

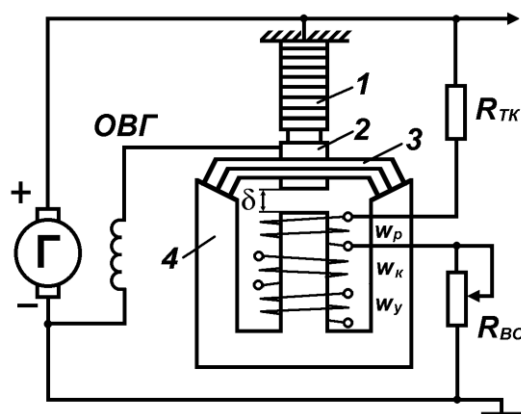


Рисунок 2 - Схема підключення ВРН

На рис. 2. буквами позначені: w_p - робоча обмотка, w_k - компенсаційна обмотка, w_y - вирівнююча обмотка, R_{TK} - опір термокомпенсації, R_{BC} - виносне опір, δ - зазор між якорем і електромагнітом.

Обмотка w_k і опір R_{TK} виключають вплив температури на роботу урн. Виносне опір R_{BC} служить для ручної корекції вихідної напруги генератора.

Воно зазвичай знаходиться в легкодоступних місцях, а на більшості літаків - в кабіні екіпажу.

При відсутності струму в робочій обмотці електромагніту опір вугільного стовпа мінімально, а зазор σ найбільший. При виникненні напруги на генераторі з'являється струм через робочу обмотку, і електромагніт почне притягати до себе якір, долаючи силу пружини. Зазор в цьому випадку почне зменшуватися. Коли генератор вийде на нормальний режим, якір займе середнє положення, щодо якого і проводиться автоматичне регулювання. При цьому сила пружини буде компенсована силою тяги електромагніту. Сила пружини є опорною величиною, щодо якої налаштовується регулятор, тому сила стиснення пружини, коригується гвинтом. При випадковій зміні напруги вугільний регулятор буде змінювати опір вугільного стовпа таким чином, щоб напруга відновилася на колишній рівень. Припустимо, напруга генератора збільшилася, тоді струм в робочій обмотці зросте, що призведе до збільшення магніторушійної сили, якір наблизиться до електромагніту, а стискуюче зусилля на вугільний стовп зменшиться. Опір вугільного стовпа зросте, що призведе до зменшення струму збудження і магнітного потоку. Напруга впаде, що в свою чергу призведе до зниження струму в робочій обмотці, при цьому якір почне відходити від електромагніту. Рух якоря припиниться, коли він повернеться в колишню позицію, відновивши напруга генератора. При ручному коригуванні або при експлуатаційних змінах струму навантаження і оборотів генератора якір стрибком зайде нову позицію, утворюючи необхідний струм збудження для підтримки напруги генератора постійним. В цьому випадку якір буде коливатися щодо нового положення.

Маркуються ВРН буквами і цифрами: Р - регулятор, Н - напруги, цифри - позначають потужність в Вт, яка розсіюється вугільним стовпом. Наприклад, РН-180, Р-25.

13. Електронні регулятори напруги.

Поява напівпровідникових приладів, здатних при роботі в ключовому режимі комутувати великі потужності, призвело до використання для регулювання напруги авіаційних генераторів транзисторних і тиристорних регуляторів. Регулювання напруги здійснюється шляхом зміни середнього струму збудження. У більшості схем регуляторів напруги на транзисторах принципова схема кінцевого каскаду має вигляд, представлений на рис. 3.а).

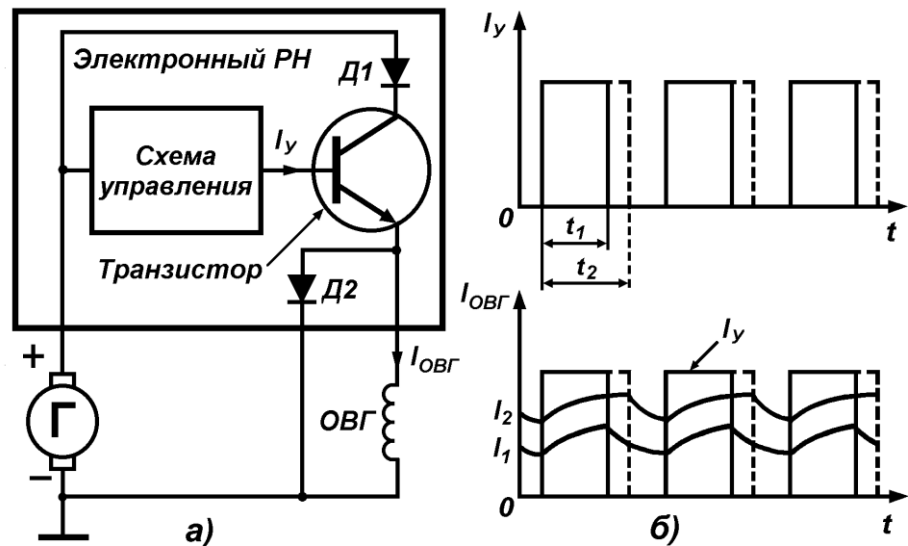


Рисунок 3. а) - Схема включення електронного регулятора; б) форма сигналу і середнього струму в ОВГ

Схеми регуляторів відрізняються один від одного схемами управління ім-пульсної елементом, роль якого виконує потужний транзистор, включений послідовно з обмоткою збудження і працює в режимі ключа. Коли транзистор знаходиться в закритому стані, можна вважати, що опір ланцюга емітер - колектор дуже велике - «ключ закритий». Якщо транзистор працює в режимі насичення (знаходиться у відкритому стані) - «ключ відкритий», то опір вельми мало. . Схема управління виробляє імпульси прямокутної форми (рис. 3.б). При подачі прямокутного імпульсу з схеми управління транзистор відкривається і через обмотку збудження генератора починає протікати струм. Але так як обмотка збудження являє собою індуктивність, то наростання струму в ній буде носити експонентний характер. При припиненні впливу імпульсу струм збудження також буде спадати не миттєво, а по експоненті, тобто при відкритому транзисторі в полюсах генератора накопичується магнітна енергія, а в паузі струму управління, струм в обмотці збудження продовжує йти за рахунок накопи-ленній енергії в магнітному полі. Середній струм регулюється зміною шпаруватості імпульсів. При відхиленні напруги генератора від заданого значення, наприклад, при його збільшенні тривалість імпульсу, а відповідно і час знаходження транзистора в відкритому стані зменшується, що призводить до зниження середнього значення струму збудження збудника генератора, і напруга генератора повертається до колишнього значення. При зниженні напруги генератора час знаходження транзистора в відкритому стані збільшується, середній струм збудження збудника і, отже, напруга генератора збільшуються.

Таким чином, зменшення шпаруватості веде до збільшення середнього струму, і навпаки. Електронна комплектація ЕРН дозволяє розширити функції регулятора, так, наприклад, на літаку Л410 він захищає мережу від підвищення напруги генератора і обмежує максимальний струм генератора при запуску двигуна.

14. Управління і захист генераторів постійного струму.

До операцій управління відносяться: дистанційне включення і відключення генераторів; автоматичне включення генераторів на навантаження при правильній полярності і певному співвідношенні напруг генераторів і бортсети. Підключення генераторів до бортсети контролюється автоматично.

В процесі експлуатації можливі випадки відмов елементів систем генерування, що призводять до порушення нормальної роботи СЕС. З метою попередження можливих важких наслідків, до яких можуть привести ненормальні режими, застосовують різні види захисту. У СЕС постійного струму застосовують захисту від пониження і підвищення напруги, включення генератора з неправильною полярністю і від коротких замикань.

Операції управління і захисту від зниження напруги (від зворотних струмів) і від включення генератора з неправильною полярністю виконуються комплексним апаратом - диференційно-мінімальним реле. Захист від підвищення напруги здійснюється за допомогою автоматів захисту від перенапруги.

15. Диференційно-мінімальне реле (ДМР).

ДМР здійснює функції управління і захисту. Під управлінням генератора розуміється контрольоване включення на бортсети або відключення його від бортсети. Під захистом - автоматичне відключення від бортсети при відмовах генератора. ДМР виконує наступні функції:

- виробляє ручне дистанційне керування генератором за допомогою перемикача, встановленого в кабіні екіпажу;
- автоматично підключає генератор на бортсети, коли його напруга більше напруги бортсети на невелику величину ($\cong 0,2,1$ В);
- автоматично відключає генератор від бортсети, коли його напруга стане менше напруги бортсети, і по ДМР потечуть зворотні струми;
- видає світлову сигналізацію про включення або відключення генератора;
- видає світлову сигналізацію про відключення генератора від бортсети при обриві проводу між генератором і ДМР;

- не підключає генератор з неправильною полярністю;

На деяких літаках функція ДМР про сигналізації при обриві проводу між генератором і ДМР не використовується. Маркується ДМР буквами і цифрами. Цифри позначають струм, який комутує ДМР. Наприклад, ДМР-600, ДМР-400, ДМР-200.

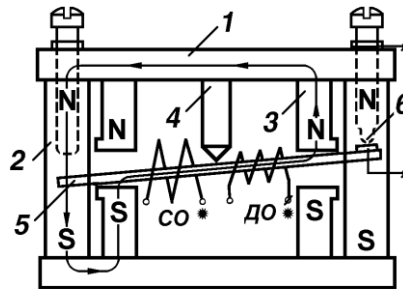


Рисунок 4 - Кінематична схема поляризованого реле

Основним вимірювальним елементом ДМР є керуючий поляризоване реле, яке по різному перемикається при зміні полярності напруги живлення. Для поляризації в ньому використовуються постійні магніти.

Кінематична схема поляризованого реле представлена на рис. 4, де:

- 1 - це залізна пластина;
- 2 - стійка, виконана з постійних магнітів;
- 3 - полюса;
- 4 - опора;
- 5 - якорь, який шарнірно закріплений на опорі;
- 6 - контакти, один з яких закріплений на якорі.

Якорь не має пружин, він переміщається всередині диференціальної (ДО) і серієсний (СО) обмоток, і утримується в крайніх положеннях магнітних полем. Його можна перемикає змінюючи напрямок струму в диференціальної (ДО) або серієсний (СО) обмотках. Диференціальна (паралельна) обмотка, виконана з тонкого дроту з великим числом витків. Це чутлива обмотка, вона включається між бортсети і генератором і спрацьовує при перевищенні напруги генератора над напругою бортсети. Напруга перемикає з диференціальної обмотці для різних ДМР різні, наприклад для ДМР-600 воно дорівнює $0,2 \div 1$ В, а для ДМР-400 - $0,3 \div 0,7$ В.

Серієсна (послідовна) обмотка являє собою виток шини, включений послідовно з вихідним силовим проводом генератора. струми перемикає по серієсний обмотці для різних ДМР також різні: для ДМР-600 цей струм перемикає дорівнює $25 \div 50$ А, а для ДМР-400 - $15 \div 35$ А. Знаками "зірочка" (*) позначені початку обмоток. Якщо на "*" подається позитивний

потенціал, то якір перейде в стан, коли контакти замикаються. Якщо на "б" подається негативний потенціал, то якір перейде в стан, коли контакти розімкнуться. За принципом дії різні модифікації диференційно-мінімальних реле (ДМР) мало чим відрізняються один від одного. У деяких з них виконуються не всі перераховані вище функції.

16. Диференціальне мінімальне реле ДМР-200ВУ.

Диференціальне мінімальне реле ДМР-200ВУ призначене для роботи з випрямними пристроями, які є основними ис-джерелами вторинної системи постійного на літаках з системою електро-постачання змінного струму 200/115 В. ДМР-200ВУ включає в бортсети і відключає від бортсети випрямний пристрій, сигналізує про це, а також про мінімальному значенні струму навантаження випрямного пристрою і захищає бортсети, при короткому замиканні в самому випрямному пристрої або на його фідерів.

Реле ДМР-200ВУ складається з двох поляризованих реле УПР1, УПР2 (рис. 6) і контактора К1.

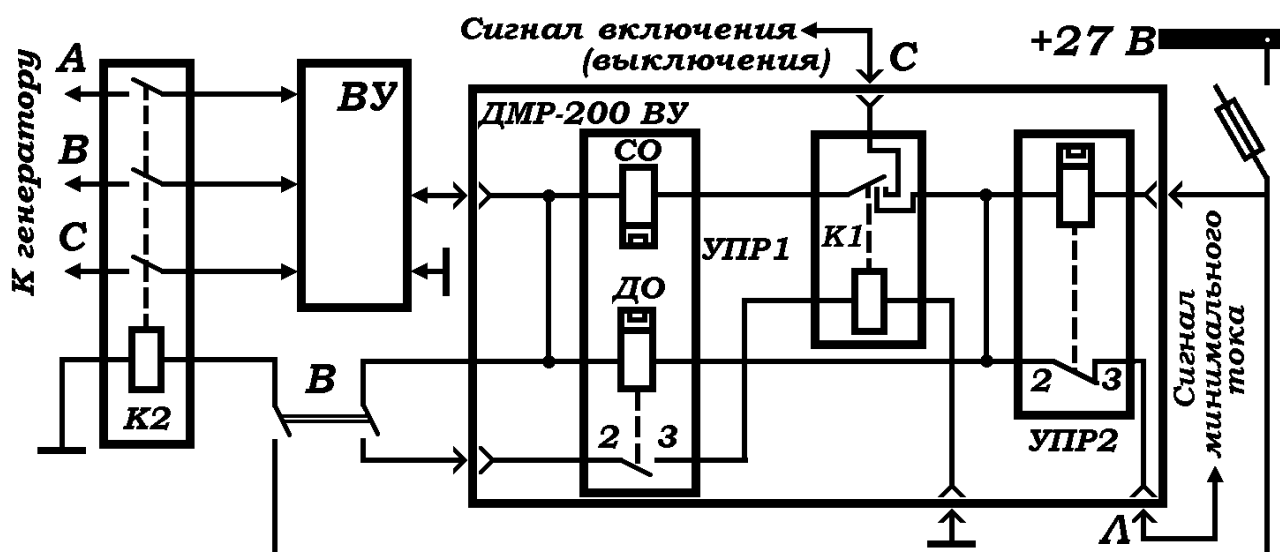


Рисунок 6 - Диференціальне мінімальне реле ДМР-200ВУ

Поляризоване реле УПР1 диференціального типу має диференціальну ДО і серієсний СО обмотки, розташовані на якорі реле УПР1. Обмотка ДО забезпечує замикання контактів реле, коли ЕРС випрямного пристрою ВУ перевищує напруга бортсети, а обмотка СО - розмикання контактів при протіканні зворотного струму в момент короткого замикання.

У поляризованого реле УПР2 одна серієсний обмотка, яка розмикає контакти реле при протіканні струму від випрямного пристрою (ВУ) до бортсети і замикає їх при зворотному струмі і зменшенні струму

навантаження до 2 А. Контактор К1 призначений для включення ВУ в бортсети.

17. Автомати захисту від перенапруги (АЗП).

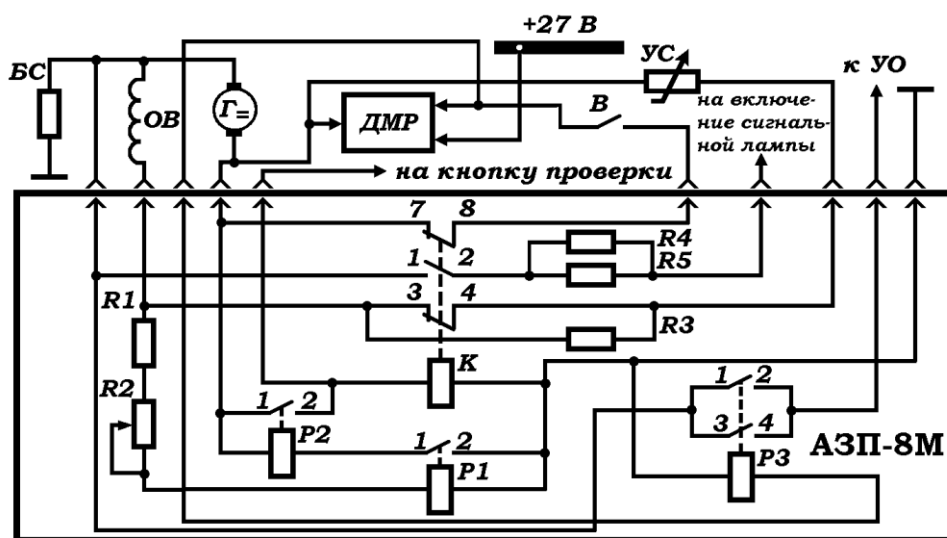


Рисунок 7 - Схема підключення АЗП-8М 4-й серії

АЗП служать для захисту споживачів електроенергії від різкого зростання напруги генератора, що відбувається у випадках обриву робочої обмотки або спікання шайб вугільного регулятора напруги. Розглянемо пристрій і принцип дії одного з найпростіших автоматів АЗП-8М 4-й серії (рис.4.7.). Автомат складається з наступних основних елементів: реле уповільненої дії Р1; електромагнітних реле Р2, Р3, контактора До і резисторів. Реле Р1 служить чутливим елементом. Обмотка цього реле включена паралельно обмотці збудження генератора, чим забезпечується селективність захисту при паралельній роботі генераторів. Селективність роботи АЗП здійснюється включенням реле Р1 саме на обмотку збудження генератора а не на його вихідні клеми. Якби у одного з паралельно працюючих генераторів вийшла з ладу система регулювання і в бортсети виникло аварійне підвищення напруги, то при контролі на виході генератора у всіх автоматів спрацювали б реле Р1. У генератора з несправною системою регулювання аварійне підвищення напруги має місце і на його обмотку збудження (на відміну від генератора зі справною системою регулювання). Резистор R2 відрегульований так, що напруга генератора, при якому спрацьовує реле Р1, так само 31 - 32 В. Реле Р1 має спрацьовувати з затримкою за часом щоб виключити помилкові відключення через інерційності урн в момент відключення споживачів. З підвищенням напруги

затримка зменшується. Проміжне реле Р2 призначене для включення контактора, а реле Р3 - для включення зрівняльної обмотки wУ регулятора напруги при підключенні генератора на паралельну роботу. Контактор До кнопочний, імпульсної дії, з кульковою засувкою. Він призначений для видачі команди на відключення генератора.

При установці вимикача В генератора в положення ВКЛЮЧЕНО його напруга через нормально замкнуті контакти 7 - 8 контактора До подається на диференціальне мінімальне реле (ДМР) і до обмотки реле Р3. Якщо ЕРС генератора більше напруги мережі, реле ДМР підключає генератор до бортсети. Реле Р3, спрацьовує, підключає зрівняльну обмотку регулятора напруги.

Обмотка збудження (ОВ) генератора через вугільний стовп (УС) регулятора напруги і нормально замкнуті контакти 4 - 3 контактора До підключається до плюса генератора. При збільшенні напруги генератора понад 31 - 32 В через 1,5 с спрацьовує реле Р1 і підключається мінус бортсети до обмотці реле Р2, через контакти якого напруга генератора надходить на обмотку контактора К. Контактор К, спрацьовує, включає в ланцюг обмотки збудження генератора додатковий опір R3, обезструмлює реле Р3 (воно відключає ланцюг паралельної роботи генераторів) і знімає напругу з ДМР. Генератор відключається від бортсети. При спрацьовуванні контактор К механічно замикається і залишається у включеному стані після зняття живлення. Для повторного включення генератора в мережу потрібно натиснути кнопку повернення на автоматі. На літаках Ан-24 (26) є кнопка прямого включення АЗП при наявності напруги на генераторі. Вона називається "Аварійне откл. СТГ".

Автомати АЗП можуть бути виконані частково на напівпровідниковій базі, і мати більш складний пристрій. Наприклад, автомат АЗП-8М 5-ої серії по влаштуванню аналогічний автомату АЗП-8М 4-ї серії, за винятком того, що в ньому замість реле Р1 застосований блок вимірювання напруги, виконаний на напівпровідникових елементах. Автомат захисту АЗП-А1 і АЗП-А2 крім електронного блоку вимірювання напруги має також електронний статичний блок витримки часу. Статичний блок витримки часу призначений для усунення помилкових спрацьовувань при перехідних процесах в системі.

18. Захист енерговузла від короткого замикання.

Найбільш поширена схема захисту від КЗ представлена на рис. 8.

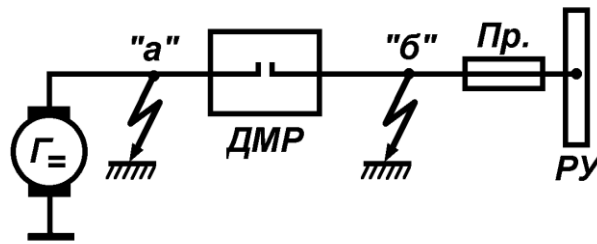


Рисунок 8 - Схема захисту генератора постійного струму від коротких замикань

У цій схемі можливі дві точки КЗ на корпус "а" і "б". При замиканні в точці "а" генератор буде працювати на КЗ, а мережа від точки КЗ відключиться за допомогою ДМР зворотними струмами. У точці "б" генератор також буде працювати на КЗ, а мережа від точки "б" відключиться за допомогою запобіжника Пр. Таким чином, в представлений схемі передбачений захист мережі від КЗ, а не самого генератора. Генератор не «боїться» струмів КЗ, так як його величина близька до номінального струму. Це впливає з зовнішньої характеристики. (рив. рис. 4.).

19. Диференціальний поздовжній струмовий захист.

Автомати поздовжнього захисту АПЗ призначені для захисту фідера генератора від струмів короткого замикання (під фідером розуміються силові дроти, що сполучають генератори з диференційно-мінімальними реле ДМР). Переваги такого захисту в порівнянні з захистом за допомогою плавких запобіжників складаються в її швидкодії, а також в можливості швидкого відновлення лінії після спрацьовування захисту. Для спрацьовування захисту досить викиду величини струму в генераторній лінії тривалістю в декілька десятих доль секунди, а відновлення лінії після усунення несправності, що викликала спрацьовування захисту, здійснюється простим натисканням кнопки.

Захист кожної генераторної лінії здійснюється за допомогою двох автоматів поздовжнього захисту АПЗ і одного імпульсного контактора. На початку лінії близько генератора встановлені перший автомат поздовжнього захисту і контактор, близько ДМР (в кінці лінії) - тільки другий автомат АПЗ, так як тут відключення лінії забезпечує диференційно-мінімальне реле.

У разі короткого замикання силового проводу автомати АПЗ спільно з імпульсним контактором і диференційно-мінімальним реле автоматично

вимикають цей провід і відповідний генератор із загальної мережі. При цьому імпульсний контактор, спрацювавши, стає на механічну засувку, тому для відновлення силової лінії слід натисканням кнопки на контакторі зняти його з засувки. Принцип роботи автомата поздовжньої захисту полягає в наступному. До складу автомата входять імпульсний трансформатор і чутливе електромагнітне реле (рис. 9.).

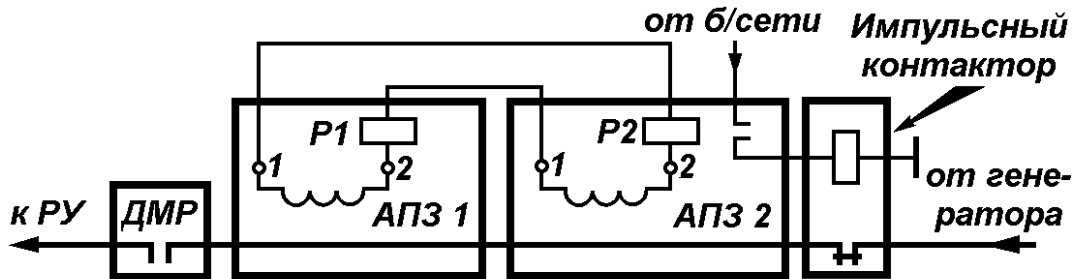


Рисунок 9 - Схема поздовжнього струмового захисту генератора постійного струму

Обмотки імпульсних трансформаторів, встановлених на початку і в кінці генераторної лінії, включені між собою зустрічно і магнітно пов'язані з силовою лінією. У ланцюг обмоток імпульсних трансформаторів включені обмотки реле автоматів АПЗ 1 і АПЗ 2. При будь-якій зміні величини струму в генераторній лінії умов, що змінюються магнітним полем цього струму в обмотках імпульсних трансформаторів наводяться ЕРС. При підключенні, відключенні генератора і споживачів електроенергії зміни струму в лінії, в місцях установки обох трансформаторів, відбуваються в одному напрямку. В результаті ЕРС обмоток імпульсних трансформаторів спрямовані зустрічно, взаємно компенсуються і реле не спрацьовують.

У разі замикання силового проводу на корпус літака ток потече від шини бортової мережі до точки короткого замикання і різко збільшиться струм навантаження генератора. При цьому за рахунок зворотного струму, що протікає через реле ДМР, це реле відключить генераторний провід від бортової мережі. Одночасно зміни струму в генераторній лінії викличуть в обмотках імпульсних трансформаторів ЕРС, які будуть включені до обмоток реле Р узгоджено. Внаслідок цього реле замкне ланцюг живлення обмотки імпульсного контактора і він відключить силовий провід від генератора.

20. Паралельна робота генераторів постійного струму.

Паралельна робота генераторів має ряд переваг: підвищується надійність електропостачання, знижується необхідний резерв потужності,

забезпечується пуск і живлення електродвигунів великої потужності без значних коливань напруги бортсети.

При паралельній роботі навантаження між генераторами повинна розподілятися рівномірно. Причинами нерівномірності навантаження можуть бути: неточна настройка регуляторів напруги на рівні напруги, різний нахил зовнішніх характеристик генераторів. Зазвичай на паралельну роботу включають генератори одностипні, мають однаковий нахил зовнішніх характеристик. Вирівнювання навантажень виробляється впливом на струми збудження. Паралельна робота вважається задовільною, якщо неузгодженість навантажень окремих генераторів не перевищує 10% від $I_{ном}$ одного з генераторів.

Автоматичне вирівнювання навантаження між генераторами здійснюється вугільними регуляторами напруги РН1 і РН2 (рис. 10), що мають спеціальні платформи обмотки W_{y1} , W_{y2} , розташовані разом з робочими обмотками електромагнітів (W_{p1} і W_{p2}). Намагнічуючі сили цих обмоток спрямовані згідно знакам *, що позначає початок обмоток. Опір R_c - повний опір мережі. Опір позитивної ланцюга R_{1+} і R_{2+} - це опір про-водів від генератора до ЦРУ.

Зі схеми (рис. 10) видно, що зрівняльні обмотки паралельно включених генераторів з'єднуються назустріч один одному і служать для зрівнювання навантажень генераторів автоматичним коригуванням їх напруги. Зрівняльні обмотки регуляторів включені таким чином, що напрямок і величина зрівняльного струму I_u , в них залежать від різниці струмів навантаження генераторів. Порівнювання струмів $I_{Г1}$ і $I_{Г2}$ проводиться по падінню напруги на спеціальних каліброваних баластних опорах R_{1-} і R_{2-} , включених в мінусові ланцюги генераторів. Величина баластного опору вибирається такий, щоб падіння напруги на ньому не перевищувало 0,5 В. В генераторах, що мають компенсаційну обмотку, роль баластних опорів може виконувати компенсаційна обмотка.

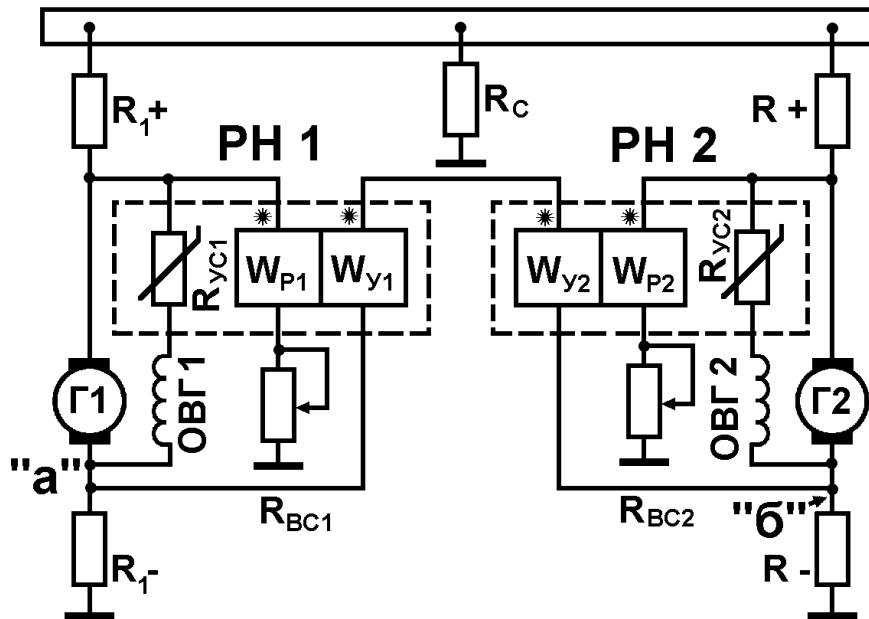


Рисунок 10 - Схема паралельної роботи генераторів постійного струму

Роботу схеми можна пояснити наступним чином. Падіння напруги на баластних опорах пропорційні струмів навантажень генераторів. При рівних навантаженнях генераторів падіння напруги в баластних опорах рівні і потенціали точок «а» і «б», в яких приєднані обмотки паралельної роботи до баластних опорам, є рівними. Струм по зрівняльним обмоткам не протікає. Нерівномірне навантаження генераторів викликає різні падіння напруги на баластних опорах. Припустимо, що перший генератор Г1 навантажений більше, ніж другий Г2. Тоді падіння напруги на баластному опорі першого генератора буде більше, ніж на такому ж опорі другого генератора, і потенціал точки а буде менше потенціалу точки б. Зрівняльний струм потече від точки б до точки а. У першому регуляторі магнітний потік вирівнюючої обмотки, складаючись з потоком робочої обмотки, збільшить силу тяжіння якоря, і напруга першого генератора знизиться. У другому регуляторі зрівняльний струм, протікаючи в напрямку, протилежному току робочої обмотки, зменшить сумарний потік, і напруга генератора підвищиться.

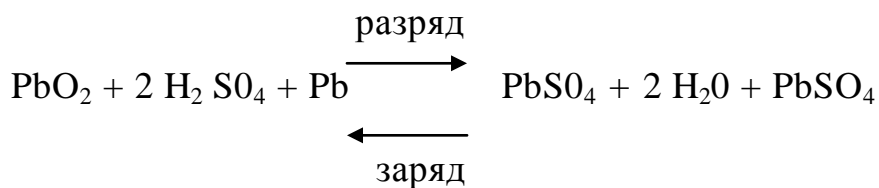
Налаштування паралельної роботи проводиться після запуску двигунів і прогріву РН. На холостому ходу встановлюють за допомогою виносних резисторів напруга кожного генератора 28,5 В. Потім всі генератори включають на бортсети. Якщо різниця струмів перевищує допустиму величину, то у генератора з більшим навантаженням змінюють опору виносного резистора напруга зменшують, а у генератора з меншим навантаженням - збільшують, поки різниця в показаннях амперметрів не стане мінімальною. У процесі польоту струми і напруги періодично контролюються.

21. Авіаційні акумуляторні батареї.

Акумулятори є хімічними джерелами електроенергії, що працюють циклічно, в режимі заряд - розряд, в яких хімічна енергія (енергія окисного і відновлювального процесів) перетворюється безпосередньо в електричну без проміжного трансформації в інший вид. Дія акумуляторів засноване на оборотних електрохімічних реакціях. Це означає, що якщо після розряду акумулятора до нього підвести енергію від стороннього джерела постійного струму, то з продуктів реакції розряду виходять початкові активні речовини. Таким чином, акумулятори є хімічними джерелами електроенергії багаторазового дії. В даний час на літаках і вертольотах цивільно й авіації приміняються кислотні (свинцеві) і лужні (нікель-кадмієві) акумулятори.

22. Конструкція, принцип дії кислотного акумулятора.

У кислотному акумуляторі активною речовиною позитивних електродів є двоокис свинцю PbO_2 , негативних електродів - губчастий свинець Pb . Електролітом служить водний розчин сірчаної кислоти H_2SO_4 . Проходив в акумуляторі електрохімічні процеси виражаються рівнянням:



З формули видно, що активні речовини позитивних і негативних електродів при розряді переходять в сульфат свинцю. Одночасно виділяється вода, яка розбавляє кислоту, зменшуючи концентрацію електроліту.

При заряді акумулятора, під дією електричної енергії, на електродах акумулятора відновлюються вихідні речовини. Одночасно зростає концентрація електроліту.

Кислотний акумулятор має корпус у вигляді моноблока з пресованого ебоніту (рис. 1), який утворює дванадцять ізольованих один від одного осередків, кожна з яких є корпусом для окремого акумулятора батареї. У кожному осередку розташовані позитивні і негативні електроди в вигляді наборів позитивних (рис. 1) 6 і негативних 3 пластин. Як позитивні, так і негативні пластини являють собою тонкі решітки, відлиті з сплаву свинцю з сурмою, в осередку яких вмазують активна маса у вигляді пасти. Таким чином, решітка служить основою, на якій закріплюється активна речовина, і одночасно провідником струму.

Пластини однієї полярності спаяні між собою паралельно за спеціальні прілівіушкі свинцевим містком (баретки) 7 з вивідним штирем і утворюють

полублок. Два напівблоки з пластин різної полярності, вставлених один в іншій так, щоб полярність пластин чергувалася, утворюють блок пластин 2. Пластини різної полярності в блоці ізолюються одна від одної за допомогою сепараторів 5 - тонких пластин з мікропористого ебоніту. З одного боку поверхню сепаратора робиться гладкою, а з іншого (зверненої до позитивної пластини) - ребрами. Це робиться з метою збільшення простору для кислоти у позитивних пластин, де її витрачається більше. Залежно від ємності акумуляторної батареї і її призначення блоки пластин мають різну кількість пластин, які мають різні розміри і товщину.

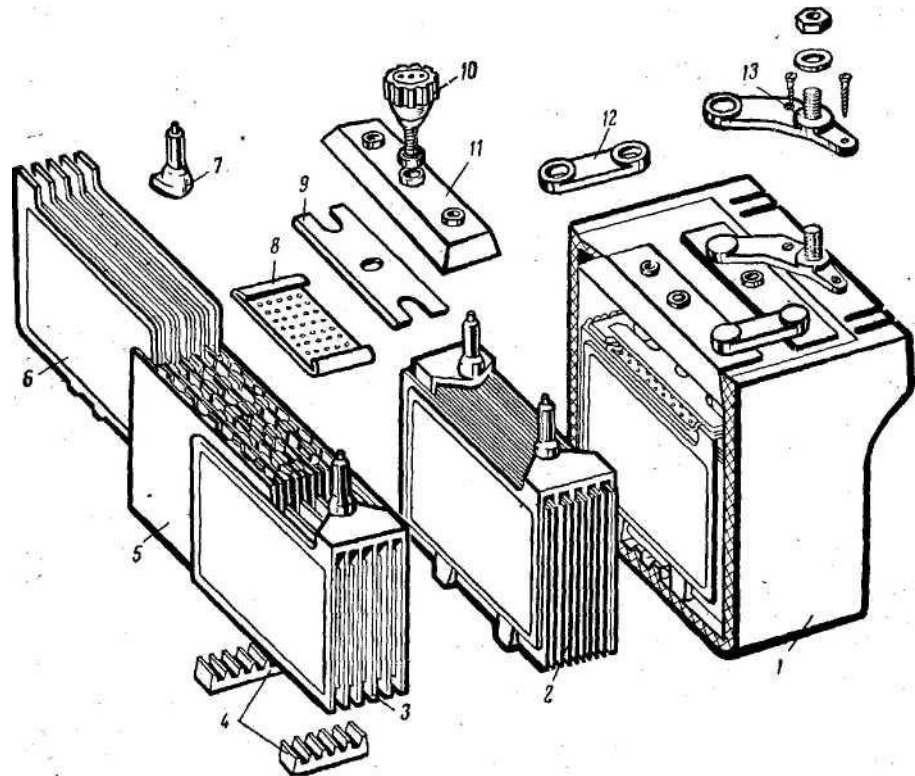


Рисунок 1 - 1. Конструкція кислотної акумуляторної батареї: 1-корпус; 2 - блок пластин; 3 негативні пластини; 4 - опорні черевички; 5 - сепаратори; 6 - позитивні пластини; 7-баретки; 8 - запобіжний щиток; 9 - відбивний щиток; 10 - пробка; 11-кришка; 12 - межелементних з'єднання; 13 - вихідний затиск.

Блоки пластин поміщаються в осередку моноблока. Зверху блоку з метою захисту верхніх крайок сепараторів від поломки при вимірі рівня і щільності електроліту прокладається вініпластове предохранительний щиток 8. Вище запобіжного щитка з опорою на баретки розташовується ебонітовий відбивний щиток 9, який оберігає електроліт від вплив-сківанія при роботі в умовах вібрації. Кожна осередок моноблока закривається ебонітовою кришкою 11 з трьома отворами. Крайні отвори служать для

висновків штирів бареток, а середнє - для заливки електроліту і для виходу газів, що утворюються при роботі. В отвори для штирів впресовані свинцеві втулки, що виступають над верхньою площиною кришки на $4 \div 5$ мм. При складанні акумулятора вивідні штирі згуртовуються з виступаючими бортиками втулок. Всі елементи послідовно з'єднуються між собою в батарею свинцевими перемичками 12. Від крайніх елементів на торцеву стінку моноблока виведені затискачі 13 для приєднання батареї до зовнішньої ланцюга. Отвір для заливки електроліту закривається пробкою 10. При зберіганні акумуляторних батарей до їх введення в експлуатацію або при тривалій їх консервації застосовуються глухі пробки з чорного ебоніту, які для відмінності від робочих пробок закрашуються зверху червоною фарбою. Під час експлуатації акумуляторних батарей застосовуються робочі пробки, які мають у своїй конструкції запобіжний клапан, що забезпечує вільний вихід газів при нормальному положенні і невиліваніе електроліту при нахилах і перекиданні батареї при еволюціях літака. На літаках і вертольотах цивільної авіації в даний час використовуються кислотні акумуляторні батареї наступних типів:

12-A-30 - авіаційний акумулятор нестартерного типу ємністю 30 ачас - використовується, в основному, на літаках Ан-2.

12SAM-28 - стартерний авіаційний акумулятор ємністю 28 ачас - використовується на літаках Ан-24, Ан-26, Ан-30, деяких серіях Як-18Т, на вертольотах Мі-2, Мі-8Т та Мі-8П.

12SAM-55 - стартерний авіаційний акумулятор ємністю 55 ачас, на відміну від інших складається з двох полубатареї на напругу 12 В, з'єднаних на літаку послідовно. До недавнього часу використовувався на літаках Ту-134.

12ACAM-23 - стартерний авіаційний акумулятор з абсорбованим електролітом. Після заряду батареї з неї виливають вільний електроліт, залишаючи тільки електроліт, абсорбований в порах пластин і сепараторів. Завдяки цьому виключається можливість протоки електроліту при будь-яких маневрах літака і зростає висотність батареї. Використовується на легкомоторних літаках і на Ан-2.

23. Електричні характеристики кислотних акумуляторів.

Основними електричними характеристиками акумуляторів є:

- електрорушійна сила;
- внутрішній опір;
- напруга;

- ємність;
- віддача.

Електрорушійна сила (ЕРС). Величина електрорушійної сили E будь-якого хімічного джерела залежить від матеріалу активних речовин електродів і електроліту, а також від щільності і температури електроліту. Залежність ЕРС кислотного акумулятора від щільності електроліту досить точно виражається емпіричною формулою:

$$E = 0,84 + d$$

де d - щільність електроліту при 15°C , яка в залежності від ступеня розрядженого акумулятора і умов його експлуатації може вимірюватися від 1,05 до 1,32 г / куб.см.

При зміні щільності електроліту в цих межах ЕРС одного елемента акумуляторної батареї змінюється від 1,89 до 2,16 В.

Вплив температури на ЕРС кислотного акумулятора незначно. Зі зміною температури на 1° ЕРС змінюється на 0,4 мВ, тобто ЕРС практично не залежить від температури. .

Внутрішній опір. Внутрішній опір акумулятора $r_{\text{вн}}$ складається з опору електродів (пластин) і опору електроліту. Так як опір пластин дуже мало, то основна частка внутрішнього опору припадає на опір електроліту. Внутрішній опір електроліту і його щільність сильно залежать від температури електроліту. Зі зниженням температури внаслідок збільшення в'язкості електроліту і зменшення рухливості іонів внутрішній опір збільшується.

При розряді акумулятора щільність електроліту зменшується, а внаслідок зменшення концентрації іонів внутрішній опір збільшується. При заряді акумулятора внутрішній опір - зменшується.

Внутрішній опір різко збільшується при розряді великими струмами внаслідок різкого уменшення щільності електроліту близько електродів і в порах активної маси.

Внутрішній опір акумуляторів залежить також від його конструкції. Чим більше площа поверхні пластин, чим більше число паралельно включених пластин в одному елементі і чим менше відстань між пластинами, тим менше за інших рівних умов внутрішній опір акумулятора. Малі внутрішній опір стартерних акумуляторних батарей серії САМ порядку 0,02 Ом дозволяє отримати від них великі струми (порядку 750 А) при малих внутрішніх втратах.

Напруга. Напруга U на затискачах акумулятора відрізняється від ЕРС на величину падіння напруги на внутрішньому опорі акумулятора:

$$U = E - I r_{\text{вн.}}$$

де U - напруга на клеммах акумулятора;

E - ЕРС акумулятора;

I - струм розряду;

$r_{\text{вн.}}$ - внутрішній опір акумулятора.

З формули видно, що напруга при розряді в сильному ступені залежить від величини розрядного струму і від внутрішнього опору акумулятора, яке, в свою чергу, залежить від щільності і температури електроліту.

Звідси випливає, що зниження температури електроліту не тільки збільшує внутрішній опір акумулятора, але і зменшує його напруга. Внаслідок збільшення в'язкості електроліту зменшується швидкість дифузії активних речовин і утворюється, в результаті реакції, біля пластин вода не встигає замінюватися свіжим електролітом. Це призводить до додаткового зменшення ЕРС і збільшення внутрішнього опору, особливо при розряді великими струмами. Щоб уникнути передчасного виходу акумулятора з ладу розряд можна робити тільки до мінімально допустимого напруги, що залежить від величини розрядного струму. Якщо розряд ведеться номінальним струмом, то кінцеве допустима напруга розряду дорівнює 1,7 В на елемент або 20,4 В на батарею з 12 елементів. Якщо розрядний струм більше номінального, то допускається менша кінцева напруга, так як в цьому випадку низька напруга обумовлено не витрачення активних речовин, а великим падінням напруги на внутрішньому опорі акумулятора.

Ємність акумулятору. Ємністю акумулятора Q називається кількість електрики, яке може віддати справний повністю заряджений акумулятор при розряді паспортним значенням струму до мінімально допустимого напруги. Ємність виражається в амперчасах і може бути визначена з виразу

$$Q = I_{\text{пасп.}} t_{\text{разр.}}$$

де $I_{\text{пасп.}}$ - паспортний струм розряду, певний виробником, при якому допускається розряд акумуляторної батареї до 20,4 В;

$t_{\text{разр.}}$ - час розряду.

Величина розрядного струму надають особливо сильний вплив на ємність акумулятора. Зі збільшенням розрядного струму електрохімічні реакції в акумуляторі протікають більш інтенсивно і виділяється в порах активної маси вода не встигає замінюватися свіжим електролітом. В результаті розряд йде в основному по поверхні пластин і утворюється сульфат свинцю закриває пори, вимикаючи з роботи внутрішні шари активної маси.

До зниження ємності призводить і зниження температури електроліту: внаслідок збільшення в'язкості дифузія електроліту в пори активної маси

сповільнюється і внутрішні шари виявляються виключеними з реакції розряду.

Так як в залежності від умов і режиму розряду ємність може змінюватися в широких межах, то для порівняння величини ємності різних акумуляторів введено поняття номінальної ємності - ємності, що гарантується заводом виробником при певному режимі розряду. За номінальну приймають ємність, яку віддає повністю заряджений акумулятор при розряді номінальним струмом до напруги 1,7 В на елемент (20,4 В на батарею) при температурі електроліту 25 ° С і тиску 760 мм рт.ст.

Віддача акумулятора. Розрізняють віддачу акумулятора по ємності і по енергії. Віддачею акумулятора по ємності називається відношення разрядної ємності до зарядної, тобто відношення кількості електрики, знятого з акумулятора при розряді до кількості електрики, підведений до акумулятора при його заряді. Віддачею по енергії називається відношення енергії, отриманої від акумулятора при його розряді, до кількості енергії, витраченої при його заряді.

З огляду на те, що при заряді і розряді завжди присутні втрати на нагрів, розкладання води та ін., Величини віддачі по ємності і енергії завжди менше одиниці. Таким чином віддача акумулятора є аналогом ККД для інших пристроїв.

Основні дані акумуляторних батарей 12САМ-28:

ЕРС	25,5 ÷ 26 В
U не менше	24 В
Q при струмі 5,6 А.	28 Ач
I розряду максимальний	750 А
Віддача по ємності	85 ÷ 90%
Віддача по енергії	65 ÷ 75%
Маса	28,5 кг

24. Основні недоліки кислотних акумуляторів.

1. Велика маса батареї через використання свинцю.
2. Боязнь ударів через крихкого ебонітового корпусу.
3. Боязнь вібрації з огляду на можливу осипання активної маси.
4. Боязнь коротких замикань у зовнішній ланцюга через малий внутрішнього опору. При цьому $I_{кз} \geq 1200$ А.
5. Неможливість зберігання в розрядженому або частково розрядженому стані з огляду на шкідливу сульфатації пластин.

25. Основні несправності кислотних акумуляторів.

Вредная сульфатація пластин. При розряді акумулятора на пластинах утворюється сульфат свинцю, який має мелкокристаллическую структуру. При заряді акумулятора сульфат свинцю розкладається, переходячи в початковий стан. Це - нормальна сульфатація пластин.

Під шкідливою сульфатація розуміють освіту щодо великих кристалів сульфату свинцю в товщі і на поверхні активної маси пластин, які при заряді не переходять в первісний стан.

Причинами шкідливої сульфатації є:

- тривале зберігання акумуляторної батареї в розрядженому або частково розрядженому стані;
- підвищена щільність електроліту;
- часті розряди нижче мінімально допустимого напруги;
- часті недозаряд; - зловживання великими розрядними струмами.

Ознаки шкідливої сульфатації:

- швидкий заряд і розряд акумулятора;
- відсутність або повільний ріст щільності електроліту при заряді;
- швидке «закипання» електроліту при заряді;
- швидке і різке падіння напруги при розряді;
- мала ємність акумулятора.

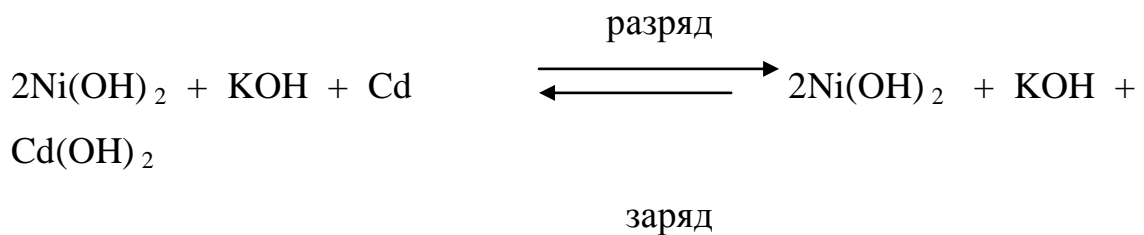
Внутрішнє коротке замикання. Внутрішнє коротке замикання - це з'єднання позитивних і негативних пластин всередині корпусу акумулятора. Внутрішнє КЗ може статися внаслідок пошкодження сепаратора, накопичення обсіпалася активної маси на дні елемента, або внаслідок попадання всередину стороннього токопроводящего предмета (напр. Шматка дроту).

Короткозамкнений елемент можна визначити по падінню напруги на ньому, за зниженою щільності електроліту, по відсутності на ньому газовиділення.

Прискорений саморозряд. Прискорений саморозряд викликається, як правило, протіканням електричного струму по зовнішній поверхні акумуляторної батареї внаслідок наявності на корпусі електроліту, вологи і бруду. Якщо при нормальному саморозряд за добу акумуляторна батарея втрачає від 0,5 до 1,0% від своєї ємності, то при прискореному саморозряд батарея може повністю розрядитися за добу. В силу всіх перерахованих недоліків кислотних акумуляторів на літаках цивільної авіації за останні 10 ÷ 20 років стався поступовий перехід на лужні акумулятори.

26. Конструкція, принцип дії лужних акумуляторів.

У цивільній авіації України та інших держав використовуються нікелькадмієві акумулятори, які конструктивно і за своїми електричними характеристиками подібні один одному. Як активна речовина позитивних електродів в нікелькадмієвих акумуляторах використовується гідрат окису нікелю, негативних електродів - губчастий кадмій. Електролітом є водний розчин їдкого калі (KOH). Електрохімічні процеси, що відбуваються при розряді і заряді акумулятора описуються виразом:



На відміну від кислотних акумуляторів в лужних акумуляторах щільність електроліту при заряді і розряді акумулятора майже не змінюється. При експлуатації щільність електроліту вибирають залежно від температури, при якій передбачається використання акумулятора.

ЕРС акумулятора (одного елемента) становить 1,36 В і не залежить від температури і щільності електроліту. Для отримання напруги акумуляторної батареї 24 ÷ 25 В використовується батарея з двадцяти послідовно включених акумуляторів (елементів). Ємність нікель-кадмієвого акумулятора мало залежить від величини струму розряду.

Конструктивно літакова лужна батарея акумуляторів складається з двадцяти окремих акумуляторів (елементів) НКБН-25 (рис.2.2.1.). Кожен з яких має індивідуальний корпус з поліхлорвінілу (або поліамідної смоли). У кожному елементі розташовані блоки з 15 позитивних і 14 негативних електродів (пластин), які відокремлені один від одного сепаратором, виконаним з одного шару капрону і одного шару щелочестійкою паперу. У верхній частині кожного елемента розташовані два борна (поліусних штиря з різьбленням у верхній частині), а також отвір для гвинта для заливки електроліту. Позитивний Борн маркується знаком + (див. Рис.2.2.3). Отвір після заливки електроліту глушиться пробкою, яка не дає виливатися електроліту при будь-якому положенні літака, а також забезпечує сполучення порожнини акумулятора з повітряним середовищем.

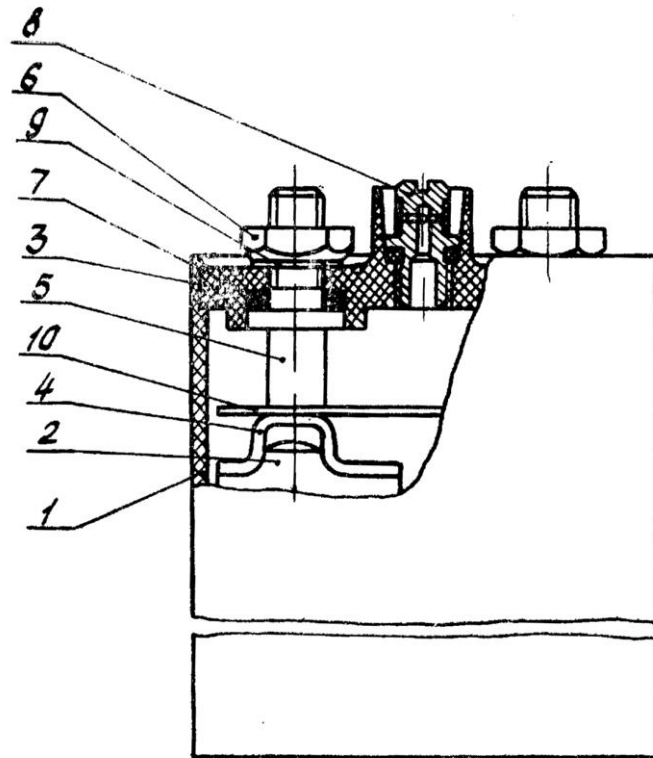


Рисунок 2 - Лужний акумулятор (елемент) НКБН-25 1 - корпус; 2 - блок пластин (електродів); 3 - кришка; 4 - місток; 5 - Борн (полюсний штир); 6 - гайка; 7 - кільце ущільнювача; 8 - пробка; 9 - шайба; 10 - екран.

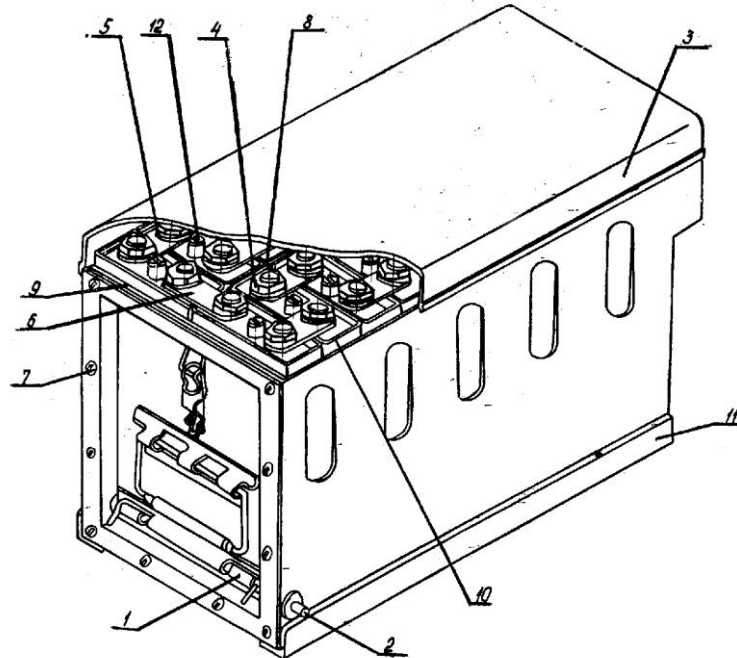


Рисунок 3 - Загальний вигляд лужної батареї 20НКБН-25 1 - ручка затвора; 2 - ручка для перенесення; 3 - замок; 4 - корпус; 5 і 14 - з'єднувальні шини (накладки); 6 і 9 - прокладки; 7 - шайба; 8 - гайка; 10 - кришка; 11 - вікна; 12 - ізоляційний куточок; 13 - акумулятор НКБН-25; 15 - стрижень кріплення.

Елементи розміщуються в загальному сталевому корпусі в 2 ряди (рис. 3). Ряди відокремлені один від одного ізолюючою прокладкою 4. Акумулятори НКБН-25 відокремлені один від одного і від корпусу батареї за допомогою Прокладок, сформованими незалежно від ізоляції забезпечують щільне розміщення елементів в корпусі батареї. Для послідовного з'єднання елементів між собою передбачені шини 3 і 7 у вигляді накладок, які надягають на позитивний і негативний полюси відповідних елементів і кріпляться за допомогою гайок.

Для контролю рівня електроліту на бічних стінках корпусу передбачені оглядові вікна.

Зверху корпус закривається пластмасовою кришкою 10 (рис. 2.), яка закривається замикається (патефон) замками 3. Для ізоляції корпусу батареї від металевої конструкції літака до осно-ванію з двох сторін прикріплені ізоляційні куточки.

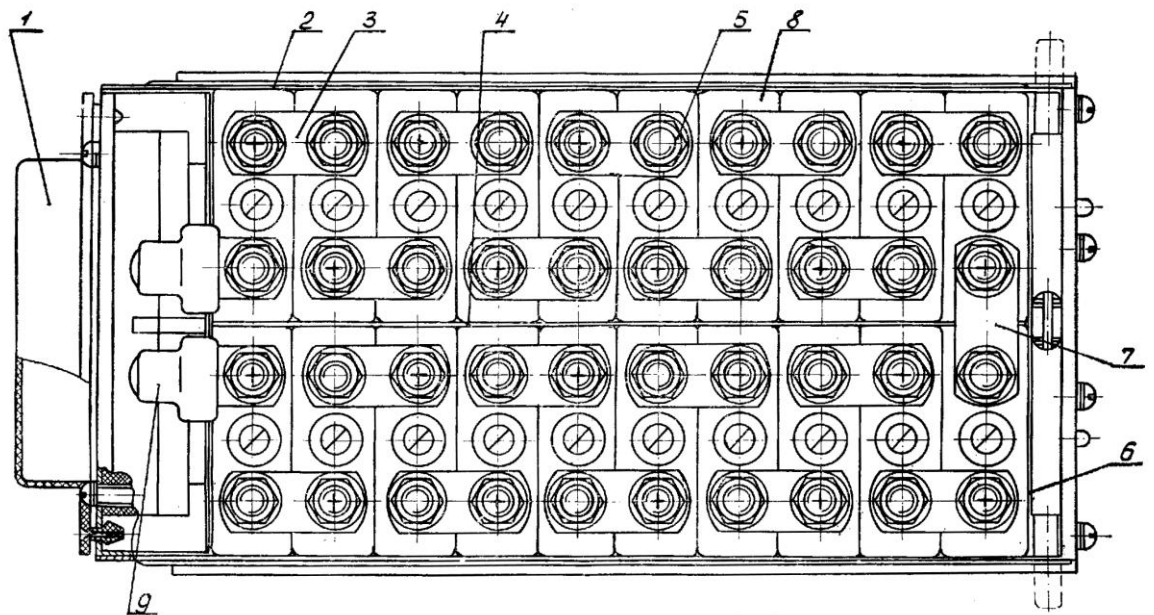


Рисунок 4 - Вид на акумуляторну батарею 20ЕКБН-25 зверху. 1 - розетка штепсельного роз'єму; 2 - корпус; 3 - сполучна шина (накладка); 4 - прокладка; 5 - гайка; 6 - прокладка задня; 7 - шина; 8 - акумулятор (елемент) НКБН-25; 9 - висновок. Для під'єднання батареї до бортової мережі на задній стінці корпусу розташований штепсельний роз'єм РША-1.

Основні дані акумуляторної батареї 20НКБН-25:

- ЕРС $25 \div 26$ В
- напруга при струмі навантаження $80 \div 100$ А не менше 24 В
- максимальний розрядний струм 650 А

- ємність при струмі розряду 10 А 25 Ач - час розряду при струмі 50 А 22 хв
- час розряду при струмі 100 А 11 хв
- маса 24 кг
- віддача по ємності 80 ÷ 85%
- віддача по енергії 65 ÷ 70%

Замість вітчизняних акумуляторних батарей 20НКБН-25 на літаках і вертольотах цивільної авіації дозволяється комплектна установка французьких акумуляторних батарей 26108 фірми SAFT і 20FR25H1C-R VARTA, які повністю взаємозамінні з акумуляторними батареями 20НКБН-25.

Дані акумуляторні батареї складаються з двадцяти нікель-кадмієвих елементів (акумуляторів) типу VHP 260 КН-3. Кожен елемент має індивідуальний корпус з поліамідної пластмаси. Всі елементи розміщуються в загальному корпусі з нержавіючої сталі, повністю ідентичному корпусу акумуляторної батареї 20НКБН-25. Електроліт - розчин їдкого калію (KOH) з відносною щільністю 1,30. Акумуляторні батареї можуть експлуатуватися при температурі навколишнього середовища від -40С до + 71С.

Номінальна напруга при струмі 90 - 100А становить 24В. При температурі повітря нижче -5°С при перевірці акумуляторної батареї допускається напруга;

22,5 В - для акумуляторних батарей SAFT;

23 В - для акумуляторних батарей VARTA.

27. Переваги лужних акумуляторних батарей.

Лужні акумулятори в порівнянні з кислотними мають наступні переваги:

- менше маса (приблизно на 4÷5 кг);
- більше питома потужність;
- не бояться ударів;
- не бояться вібрації;
- не бояться коротких замикань у зовнішній ланцюга;
- не бояться недозаряд і глибоких розрядів;
- зберігаються в розрядженому стані;
- мають більший термін служби;
- простіше в експлуатації.

Лужні акумулятори мають і недоліки, з яких найсуттєвіший

- явище "теплового розгону".

"Тепловий розгін" можливий тільки в кінці заряду лужного акумулятора від потужного джерела постійного струму. Він проявляється у вигляді різкого зростання струму заряду з одночасним зростанням температури електроліту.

Тепловий розгін можливий при наявності одночасно трьох факторів:

- заряд акумулятора від джерела постійного струму значно більш потужного, ніж акумуляторна батарея;
- занижений рівень електроліту (значна поверхню електродів і сепаратора знаходяться над поверхнею електроліту);
- в сепараторі над поверхнею електроліту є пошкодження, через які можуть проникати гази, що утворюються при заряді акумулятора.

28. Сутність явища теплового розгону.

Якщо до включення випрямних пристроїв акумуляторні батареї були використані для запуску ВСУ, то при початку їх заряду величина зарядного струму може перевищити 100 А. Але величина зарядного струму дуже швидко зменшується і через 1,0-1,5 години не перевищує 5-10 А. під кінець заряду акумулятора починається електроліз води, в якій розчинена луг, на кисень і водень. Газоподібний кисень утворюється біля позитивних електродів, а водень - біля негативних. Якщо рівень електроліту нормальний, то утворюються гази піднімаються з електроліту не взаємодіючи з тією електродами і видаляються через отвори в пробках. Якщо рівень електроліту занижений і в сепараторі над електролітом є пошкодження, то через пошкоджені місця починається зустрічний рух газів. Кисень рухається до кадмієві, негативного електроду.

Водень - до позитивного, з гідрату окису нікелю. Водень ніяких шкідливих впливів на електрод не робить і видаляється з акумулятора через отвір в пробці. Кисень викликає сильне окислення кадмію, що супроводжується значним виділенням тепла. При цьому нагрівається анод, а від нього нагрівається електроліт, що призводить до зменшення його електричного опору, а отже до збільшення струму заряду вже зарядженого акумулятора, тобто прискоренню реакції електролізу води. В результаті збільшується кількість газоподібного кисню, що утворюється біля позитивного електрода і, як наслідок, проходить через пошкоджений сепаратор до негативного кадмієві електроду. Відбувається лавиноподібне зростання зарядного струму і температури. Якщо утворюються гази не встигатимуть виходити через запобіжний клапан в пробці, можливий вибух.

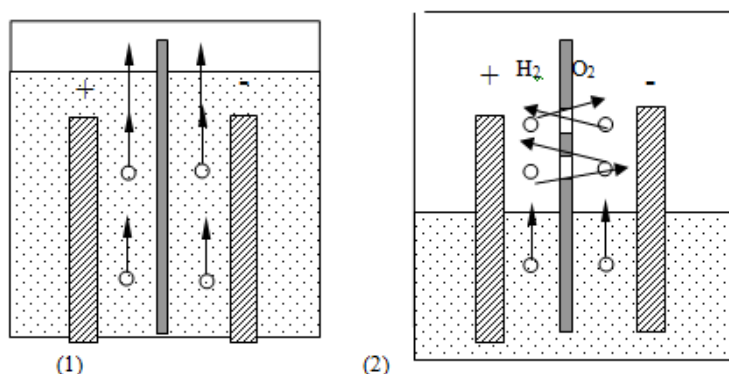


Рисунок 5 -Схема руху газів в акумуляторі при нормальному заряді (1) і при тепловому розгоні (2).

Заходи щодо запобігання теплового розгону Для запобігання теплового розгону проводяться такі заходи:

1. Наземний авіаційно-технічний персонал АТБ повинен контролювати зовнішній вигляд батареї, рівень електроліту і, при необхідності, відновлювати його, доливаючи дистильовану воду.

2. Екіпаж повинен кожні 30-50 хв контролювати струм заряду акумуляторів і напруга. Струм заряду не повинен перевищувати 25 А, напруга повинна бути не менше 24 В (напруга контролюють, попередньо відключивши акумулятор).

3. На новітніх вітчизняних і зарубіжних літаках передбачений автоматизований контроль температури електроліту в акумуляторах.

Якщо температура виходить за допустимі межі, спрацьовує відповідна сигналізація.

Увага. Якщо при перевірці в польоті струм заряду або напруга виходять за зазначені межі, несправний акумулятор необхідно вимкнути. В даному польоті його можна використовувати тільки як джерело електроенергії в аварійній ситуації, тобто при відмові всіх генераторів.

29. Вибір типу і кількості акумуляторних батарей.

Установка акумуляторів на літаках.

Тип кількість акумуляторних батарей визначаються двома факторами:

- часом живлення життєво важливих споживачів при відмові всіх генераторів, яке на більшості літаків визначено в $25 \div 30$ хвилин з урахуванням однієї спроби аварійного запуску ПСУ;

- можливістю автономного запуску двигуна або ПСУ, - при запуску поршневих двигунів струм, споживаний електростартером, становить не більше $140 \div 150$ А. Тому літаках з поршневими двигунами використовують акумуляторні батареї 12-А-30, які забезпечують такий струм при запуску і

мають великий термін служби. Для запуску ПСУ потрібно струм по-рядка 1000 А і більше. Для цієї мети використовуються стартерні акумуляторні батареї 12САМ-28, 12САМ-55 і 20НКБН-25, які забезпечують максимальний струм від 650 А (20НКБН-25) до 750 А (12САМ-28) і 1500 А (12САМ-55). На великих літаках частина акумуляторів встановлюють в хвостовій частині фюзеляжу, в безпосередній близькості до ПСУ, щоб зменшити електричні втрати при запуску. Іншу групу акумуляторів розміщують в районі переднього технічного відсіку, - при відмові всіх генераторів вони забезпечують електроживлення пілотажно-навігаційного комплексу.

При цьому для запуску, в залежності від типу ПСУ, може бути використано до 4х акумуляторних батарей (Іл-86, Іл-96).

Електричний запуск газотурбінних маршових двигунів від акумуляторних батарей в даний час на проводиться на увазі великих енерговитрат на розкрутку ВМД.

Акумуляторні батареї на літаках і вертольотах розміщують в металевих утеплених контейнерах. За допомогою розетки штепсельного роз'єму в задній частині контейнера акумуляторна батарея підключається до відповідної частини (вилці), розташованої в відсіку літака.

30. Удосконалення експлуатації акумуляторних батарей на борту літаків і вертольотів цивільної авіації.

Для підвищення надійності експлуатації, запобігання відмов бор-вих акумуляторних батарей і спрощення їх технічного обслуговування на літаках зарубіжного виробництва почали використовувати спеціальні бортові пристрої для заряду, управління зарядом і контролю стану акумуляторних батарей. Такі пристрої застосовують, головним чином, для заряду нікель-кадмієвих акумуляторних батарей, які особливо чутливі до зростання струму при заряді.

Останнім часом бортові зарядні пристрої виконують у вигляді інтегральних бортових акумуляторних систем, до складу яких входять:

- акумуляторна батарея;
- зарядний пристрій;
- система автоматичного контролю стану батареї;
- система управління зарядом батареї і перемикання її на режим разряду.

Всі перераховані пристрої входять до складу єдиного конструктивного блоку. Використання цієї апаратури дозволяє підвищити надійність батареї, зменшити час її заряду після використання частини ємності для запуску

двигунів і знизити трудомісткість обслуговування. На сьогоднішній день використовуються два способи заряду акумуляторних батарей на борту літаків і вертольотів:

1. Заряд батарей безпосередньо від мережі постійного струму. Найбільш поширеним є спосіб заряду батарей безпосередньо від мережі постійного струму. При цьому бортове зарядний пристрій контролює процес заряду (по току і часу) і відповідно до результатів контролю батарея автоматично включається на заряд або відключається від мережі. При падінні напруги в мережі нижче допустимого значення батарея підключається до шини життєво важливих споживачів (споживачі I категорії), екіпаж отримує інформацію про перехід на акумуляторне живлення. При нормальній роботі системи батарея підключається до шин тільки для підзарядки (цей процес протікає під контролем зарядного пристрою), або для запуску ПСУ. Для управління режимом заряду і контролю за станом батареї в схемі передбачено вимір струму заряду (падіння напруги на еталонному опорі, включеному послідовно з батареєю), напруг на затискачах батареї і на шинах бортової мережі, а також температури або тиску в одному з елементів батареї, збільшення яких сигналізує про початок теплового розгону (або про кипінні електроліту при використанні кислотних акумуляторів). Автоматичне відключення батареї від бортової мережі в процесі заряду відбувається при зниженні струму заряду до 3 А, а також при несправності акумуляторної батареї, що фіксуються по збільшенню струму заряду і зростання температури електроліту.

2. Заряд від окремого джерела стабілізованої напруги (Керованого випрямляча). Почали експлуатуються інтегральні бортові акумуляторні системи, в яких батареї заряджаються від окремого джерела стабілізованої напруги (Керованого випрямляча). При цьому система управління забезпечують-кість можливість автоматичного перемикавання зарядного пристрою на один з трьох режимів:

- заряд імпульсним струмом (основний режиму заряду);
- дозаряд;
- тривалий підзаряд малим імпульсним струмом.

В режим основного заряду система включається, якщо напруга акумуляторної батареї менше значення, що свідчить про неповну зарядженості батареї, тобто якщо напруга істотно занижена. При цьому батарея заряджається імпульсами струму з частотою проходження 60-200 Гц. У режимі дозаряду і тривалого підзарядки процес проводиться імпульсами струму з постійною складовою 100 мА. Перемикання режимів заряду

здійснюється в залежності від напруги акумуляторної батареї і температури електроліту (а в деяких випадках і часу).

Дослідженнями встановлено, що заряд акумуляторних батарей імпульсною струмом сприятливо відбивається на характеристиках батарей: збільшується ємність на 10-15% в порівнянні з результатами, одержуваними при заряді постійним струмом, на 10-15% скорочується час заряду у свинцевих акумуляторів і збільшується термін служби.

31. Обігрів акумуляторних батарей.

Як було зазначено раніше, при зниженні температури електроліту істотно зменшується віддача батареї як по ємності, так і по енергії. Щоб уникнути цього, передбачають електрообігрів контейнерів акумуляторів від бортової мережі або від аеродромного джерела. З цією метою в акумуляторному контейнері розташовують нагрівальні елементи, живиться напругою 27 В постійного струму, або 115 В змінного струму, в залежності від застосовуваної на літаку системи електропостачання.

Для запобігання перегріву електроліту в схему обігріву вводять один або два термовимикача. При використанні одного термовимикача при досягненні в контейнері температури $+ 14 \div 15^{\circ} \text{C}$ термовиключатель спрацює і розриває ланцюг включення обігріву. Після охолодження ланцюг обігріву знову замикається.

Другий термовиключатель, аварійний, вводиться в схему для більшої надійності. Якщо основний термовиключатель з якоїсь причини не спрацював, то при подальшому зростанні температури до $50 \div 60^{\circ} \text{C}$ спрацює аварійний термовиключатель і відключає обігрів.

Обігрів акумуляторів на землі включають в холодну пору року. Вимикач обігріву розташовують безпосередньо поруч з штепсельних роз'ємом аеродромного живлення під загальною кришкою.

Обігрів акумуляторів в польоті, якщо він передбачений, включають відповідно до технології перед початком рулювання, або на попередньому старті.