

Лекція 2.

Тема 1. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОМОБІЛЯ

Система електропостачання автомобіля призначена для безперебійного живлення електроприладів, включених в бортову мережу автомобіля. Складається з генераторної установки, акумуляторної батареї та пристроїв, що забезпечують контроль працездатності та захист системи від перевантажень.

АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ

Принцип роботи свинцевого акумулятора

Джерелом електроенергії на автомобілі при непрацюючому або працює з малою частотою обертання колінчастого вала двигуна є акумуляторна батарея. Основне завдання - запуск ДВЗ, це найбільш важкий режим роботи акумулятора. В даний час на автомобілях найбільш широко застосовуються свинцеві акумуляторні батареї, що складаються з шести послідовно з'єднаних банок акумуляторів. Застосування кислотних акумуляторів пояснюється тим, що вони мають невелику внутрішній опором і здатні протягом короткого проміжку часу (кілька секунд) віддавати струм силою в кілька сотень ампер, що необхідно для живлення стартера під час пуску двигуна. Конструктивно акумулятор являє собою ємність, наповнену електролітом, в якій розміщені електроди, виконані у вигляді свинцевих решіток, на одну з них намазана паста з порошку губчастого свинцю, на іншу - з оксиду свинцю. У пасту доданий електроліт і додані пропіленові волокна для міцності. В якості електроліту використовується розчин сірчаної кислоти в дистильованій воді. При взаємодії електродів з електролітом між ними виникає різниця потенціалів.

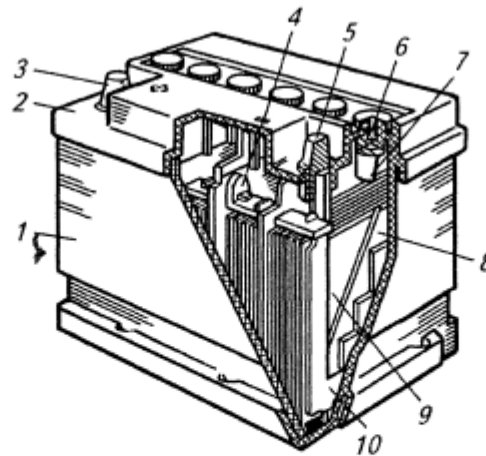


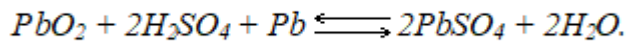
Рис. 1. Стартерная аккумуляторная батарея с закрытыми межэлементными соединениями:
 1 – моноблок; 2 – крышка; 3 и 5 – соответственно положительный и отрицательный полюсные выводы, 4 – межэлементное соединение; 6 – пробка; 7 – индикатор уровня жидкости; 8 – сепаратор; 9 и 10 – соответственно положительный и отрицательный электроды

Принцип роботи свинцево-кислотних акумуляторів заснований на електрохімічних реакціях свинцю і діоксиду свинцю у водному розчині сірчаної кислоти.

У свинцевому акумуляторі в токообразующих процессах берут участие двуокис свинцю (діоксид свинцю) PbO_2 позитивного електрода, губчастий свинець Pb (відновник) негативного електрода і електроліт (водний розчин сірчаної кислоти H_2SO_4). Активні речовини електродів представляють собою відносно жорстку пористу іонопровідящую масу з діаметром пір 1,5 мкм у PbO_2 і 5-10 мкм у губчастого свинцю. Об'ємна пористість активних речовин в зарядженому стані - близько 50%. Частина сірчаної кислоти в електроліті диссоційована на позитивні іони водню і негативні іони кислотного залишку. Губчастий свинець при розряді акумулятора виділяє в електроліт позитивні іони двовалентного свинцю. Надлишкові електрони негативного електрода по зовнішньому ділянці замкнутому електричному ланцюзі переміщуються до позитивного електрода, де відновлюють чотирьохвалентного іони свинцю до двовалентного свинцю. Позитивні іони свинцю з'єднуються з негативними іонами кислотного залишку, утворюючи на обох електродах сірчаноокислий свинець $PbSO_4$ (сульфат свинцю).

При підключенні акумулятора до зарядного пристрою електрони рухаються до негативного електроду, нейтралізуючи двовалентні іони свинцю Pb^{2+} . На електроді виділяється губчастий свинець. Віддаючи під впливом напруги зовнішнього джерела струму по два електрона, двовалентні іони свинцю Pb^{2+} у позитивного електрода перетворюються в чотирихвалентного іони Pb^{4+} . Через проміжні реакції іони Pb^{4+} з'єднуються з двома іонами кисню і утворюють двоокис свинцю PbO_2 .

Хімічні реакції в свинцевому акумуляторі описуються рівнянням:



Зміст в електроліті сірчаної кислоти і щільність електроліту зменшуються при розряді і збільшуються при заряді. За щільністю електроліту судять про ступінь розряду свинцевого акумулятора НГ. Ступінь розряду в процентах:

$$C_p = \frac{100\%(\rho_z - \rho_{25})}{\rho_z - \rho_p},$$

де ρ_z - щільність електроліту зарядженого акумулятора при $25^\circ C$, ρ_p - щільність електроліту розрядженого акумулятора при $25^\circ C$, ρ_{25} - виміряна щільність, приведена до $25^\circ C$. Все щільності в г / см³. Для приведення щільності до $25^\circ C$ можна використовувати графік, наведений на рис.2

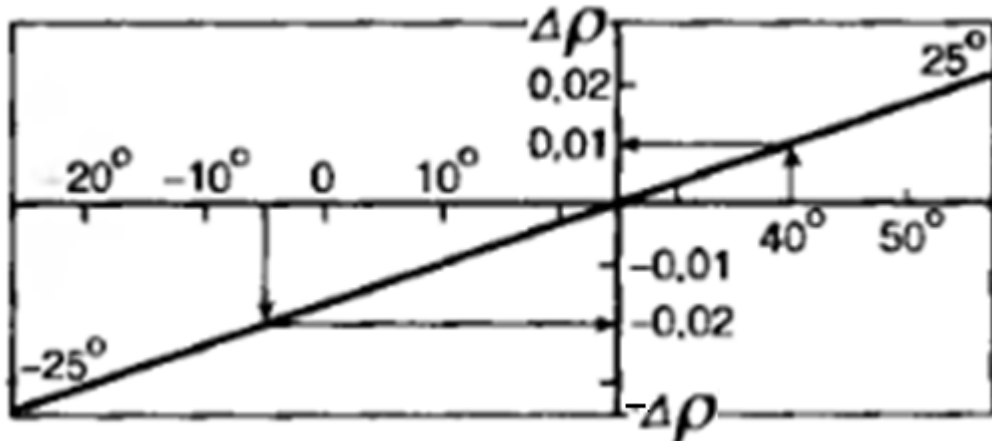


Рис.2. Визначення температурної поправки показань десіметра для приведення до 25°C

Основні електричні характеристики акумуляторних батарей

Електрорушійна сила і напруга. Електрорушійною силою (ЕРС) називається різниця потенціалів позитивного і негативного електродів акумулятора при розімкнутому зовнішньому ланцюзі. Величина ЕРС залежить, головним чином, від електродних потенціалів, т. Е. Від фізичних і хімічних властивостей речовин, з яких виготовлені пластини і електроліт, але не залежить від розмірів пластин акумулятора. ЕРС кислотного акумулятора залежить також від щільності електроліту. Теоретично і практично встановлено, що ЕРС акумулятора з достатньою для практики точністю можна визначити за формулою $E = 0,85 + \rho_{15}$, де ρ_{15} - щільність електроліту при 15 ° С, г / см³ Для кислотних акумуляторів, в яких щільність електроліту коливається в межах від 1,12 до 1,29 г / см³, ЕРС змінюється відповідно від 1,97 до 2,14 В Виміряти ЕРС для практичних цілей ЕРС приблизно і досить точно можна цифровим вольтметром, які мають високий внутрішній опір. Напругою акумулятора називається різниця потенціалів позитивних і негативних пластин при замкнутій зовнішньої ланцюга, в яку включений будь-якої споживач струму, т. Е. При проходженні струму через

акумулятор. При цьому показання вольтметра при вимірюванні напруги завжди будуть менше, ніж при вимірі ЕРС, і ця різниця буде тим більше, чим більший струм проходить через акумулятор. ЕРС і напруга залежать від ряду факторів. ЕРС змінюється від щільності і температури електроліту. Напруга в свою чергу залежить від ЕРС, величини розрядного струму (навантаження) і внутрішнього опору акумулятора.

Зі збільшенням концентрації сірчаної кислоти ЕРС також збільшується. Звідси, однак, не випливає, що для отримання більшої ЕРС можна надмірно збільшувати щільність електроліту. Встановлено, що стартерні акумуляторні батареї досить добре працюють тоді, коли щільність електроліту в них становить 1,27 - 1,29 г / см³. Крім того, електроліт щільністю 1,29 г / см³ має найнижчу точку замерзання. При зміні температури електроліту ЕРС акумулятора також змінюється. Так, зі зміною температури електроліту від + 20 ° С до -40 ° С ЕРС акумулятора знижується з 2,12 до 2,096 в. Значно більшою мірою зі зміною температури електроліту змінюється напруга, так як воно залежить не тільки від ЕРС, а й від внутрішнього опору акумулятора, яке з пониженням температури значно зростає. Між ЕРС, напругою, внутрішнім опором і величиною розрядного струму існує наступна залежність $U = E - Ir$, де U - напруга; E - е. д. з. акумулятора; I - величина розрядного струму; r - внутрішній опір акумулятора. З цієї формули видно, що при постійному значенні ЕРС, яка вимірюється при розімкнутому ланцюзі, напруга акумулятора падає у міру збільшення віддається в процесі розряду струму.

Внутрішній опір. Внутрішній опір акумулятора порівняно мало, але в тих випадках, коли акумуляторна батарея розряджається силою струму великої величини, наприклад, під час пуску двигуна стартером, внутрішній опір кожного акумулятора має дуже істотне значення. Внутрішній опір складається з опору електроліту, сепараторів і пластин. Головною

складовою є опір електроліту, яке змінюється зі зміною температури і концентрації сірчаної кислоти.

Зі зниженням температури електроліту від $+40^{\circ}\text{C}$ до -18°C питомий опір зростає в 2,7 рази. Найменше значення питомої опору має електроліт щільністю $1,223\text{ г / см}^3$ при 15°C (30% -ний розчин H_2SO_4 по вазі). Другим що становить опору в акумуляторі є опір сепараторів. Воно залежить в основному від їх пористості. Сепаратори виготовляють з електроізолюючого матеріалу, пори якого заповнені електролітом, що і обумовлює електропровідність сепаратора. У зв'язку з цим можна було б припустити, що зі зміною температури опір сепаратора буде змінюватися в тій же пропорції, що і опір електроліту, але це не зовсім так. Деякі види сепараторів, наприклад, сепаратори з мікропористого ебоніту (мипора) не чутливі до зміни температури. Третім фактором, що входять в загальну суму внутрішнього опору елемента, служить активна маса і решітки позитивних і негативних пластин. Опір губчастого свинцю негативної пластини незначно відрізняється від опору матеріалу решітки, в той час як опір перекису свинцю позитивної пластини істотно перевищує опір решітки. На відміну від опору електроліту опір решітки зменшується з пониженням температури. Але з огляду на те, що опір електроліту в багато разів більше опору пластин, то зменшення їх опору з пониженням температури досить незначно компенсує загальне зниження опору електроліту. На опір пластин впливає ступінь зарядженості акумуляторної батареї. В процесі розряду опір пластин зростає, так як сірчаноокислий свинець, що утворюється на позитивних і негативних пластинах, майже не проводить електричний струм. У порівнянні з іншими типами акумуляторів кислотні акумулятори мають порівняно малий внутрішній опір, що і визначає їх широке застосування в якості стартерних батарей на автомобільному транспорті.

Ємність. Ємністю акумулятора називається кількість електрики, яке може віддати повністю заряджений акумулятор при заданому режимі

розряду, температурі і кінцевому напрузі. Ємність вимірюють в ампер-годинах і визначають за формулою $C = I_p t_p$ де C - ємність, $A \cdot \text{год}$; I_p - сила стабілізованого розрядного струму, A ; t_p - час розряду, ч. Величина ємності акумуляторної батареї в основному визначається наступними факторами: режимом розряду (величиною стабілізованого розрядного струму), концентрацією електроліту і температурою. Акумулятори при форсованих режимах розряду віддають ємність менше, ніж при розряді більш тривалими режимами (незначною величиною струму). Зниження ємності при форсованих режимах розряду відбувається з наступних причин. В процесі розряду перетворення активної маси пластин сірчаноокислий свинець відбувається не тільки на поверхні пластин, а й усередині них. Якщо розряд здійснюють струмом невеликої сили і повільно, то електроліт встигає проникати в глибокі шари активної маси, а вода, що утворюється в результаті реакції в порах, встигає змішатися з основною масою електроліту. При форсованих режимах розряду концентрація сірчаної кислоти в електроліті всередині пір пластин значно знижується, свіжий електроліт не встигає проникнути вглиб активної маси, реакція йде в основному на поверхні пластин, так як пори заповнюються електролітом низької щільності. При цьому в результаті значного збільшення внутрішнього опору акумулятора напруга на його затискачах різко падає. Однак після того як акумулятор буде розряджений при форсованому режимі, після невеликої перерви його знову можна розряджати. Це служить наочним підтвердженням того, що зниження ємності в акумуляторі при розряді великою величиною сили струму відбувається в результаті неповного використання активної маси пластин. Крім величини розрядного струму, на ємність акумулятора значно впливає концентрація електроліту, яка визначає потенціал пластин, електричний опір електроліту і його в'язкість, яка впливає в свою чергу на здатність проникнення електроліту в глибокі шари активної маси пластин. В процесі розряду щільність електроліту зменшується і в кінці розряду до активної масі пластин

надходить недостатня кількість кислоти, в результаті чого напруга акумулятора падає і подальший його розряд стає неможливим. Чим більше різниця між концентраціями електроліту, що знаходиться поза пластин, і електроліту, що знаходиться в порах активної маси, тим інтенсивніше відбувається процес проникнення кислоти в пори пластин. В цьому відношенні застосування електроліту з більшою щільністю, здавалося б, повинно збільшити ємність. Але в дійсності надмірно велика щільність не веде до збільшення ємності, так як збільшення щільності електроліту неминуче призводить до підвищення в'язкості електроліту, в результаті чого процес проникнення електроліту в глибину активної маси пластин погіршується, і напруга на затискачах акумулятора падає. Встановлено, що найбільшу ємність має акумуляторна батарея з щільністю електроліту 1,27 - 1,29 г / см³. Ємність акумуляторної батареї залежить також від температури. Зі зниженням температури ємність знижується, а з підвищенням збільшується. Це пояснюється тим, що зі зниженням температури збільшується в'язкість електроліту, в результаті чого він надходить до пластин в недостатній кількості. Ємність позитивних і негативних пластин зі зміною температур змінюється не в однаковій мірі. Якщо при звичайній температурі ємність елемента лімітується позитивними пластинами, то при низьких температурах - негативними, так як при зниженні температури ємність негативної пластини зменшується в значно більшому ступені, ніж позитивною. Останнім часом ємність акумуляторних батарей при низьких температурах вдалося значно підвищити за рахунок застосування більш тонких синтетичних сепараторів з високою пористістю (до 80%) і присадок, так званих розширювачів, до активної масі негативних пластин, які надають їй більшу пористість. Крім режиму розряду, концентрації електроліту і температури ємність акумуляторної батареї залежить від терміну її служби, від терміну зберігання, протягом якого батарея не діяла, від наявності шкідливих домішок і т. Д. Ємність нової акумуляторної батареї, що надходить в експлуатацію, перший час (протягом

гарантійного терміну служби) підвищується, так як відбувається формування пластин, після чого протягом певного періоду залишається постійної і потім починає поступово падати. Втрата ємності акумуляторною батареєю в кінці терміну служби пояснюється зменшенням пористості негативних пластин і випаданням активної маси позитивних пластин.

Якщо заряджена батарея тривалий час не діяла, то при її розряді віддана ємність буде значно менше. Це пояснюється природним явищем саморозряда при бездіяльності батареї. Слід також зазначити, що в сучасних автомобілях не відключають акумулятор від бортсети автомобіля, оскільки необхідно зберігати поправочні коефіцієнти ЕСУД і працездатність деяких електронних пристроїв автомобіля. Від акумулятора споживання струму на стоянці в залежності від автомобіля 30 - 100 мА. Такий струм разом з саморозрядом при тривалій стоянці здатний розрядити акумулятор, що в зимовий час призведе до замерзання електроліту. Отже, при тривалій стоянці треба або періодично заряджати акумулятор за допомогою зарядного пристрою, або хоча б зняти клему з акумулятора і періодично контролювати його напругу або щільність електроліту. У разі необхідності акумулятор треба зарядити.

На рис.3 наведено характеристики розряду і заряду однієї банки свинцевого акумулятора. Напруга розряду і заряду акумулятора U_p і U_z відрізняється від ЕРС на величину падіння напруги на внутрішньому опорі r ланцюга акумулятора. Це падіння напруги складається з падіння напруги на його активному внутрішньому опорі r_0 і зміни ЕРС за рахунок зменшення при розряді (збільшення при заряді) щільності електроліту в порах електродів (ЕРС поляризації E_p).

розрядна напруга

$$U_p = E - I_p r = E - E_p - I_p r_0$$

де $E_p = \text{ЕРС поляризації, В;}$

I_p - сила розрядного струму;

r - повне внутрішнє опір, Ом;

r_0 - активний внутрішній опір, Ом;

зарядний напруга

$$U_p = E - I_p r = E - E_p - I_p r_0$$

де I_3 - сила зарядного струму;

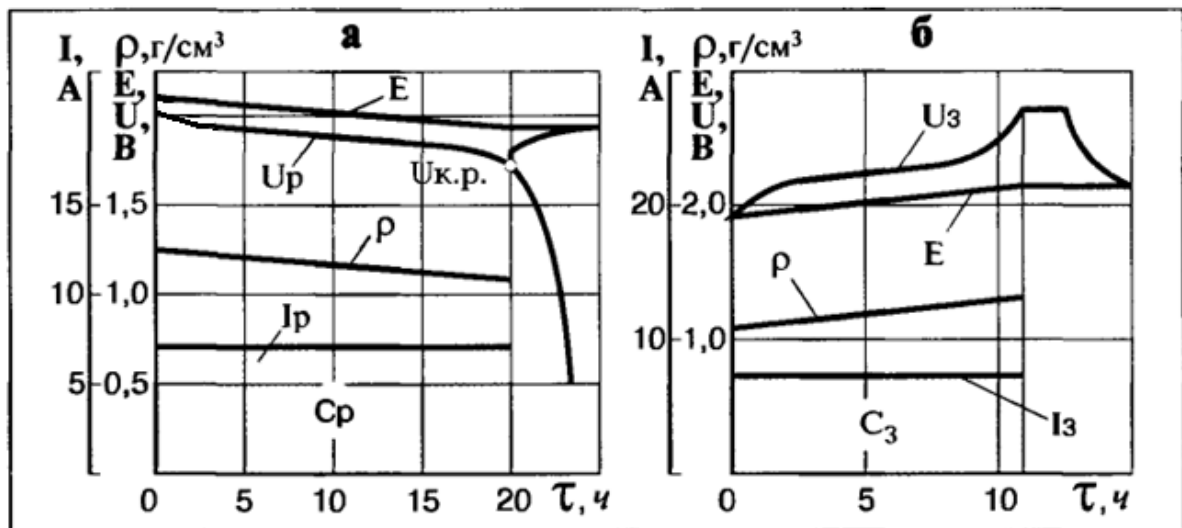


Рис. 3. Характеристики свинцевого акумулятора. а - розрядна, б - зарядна

Методи зарядки акумулятора. Прийнято вважати, що акумулятор на 12В заряджають або при постійному зарядному струмі, або при постійному зарядному напрузі. Перший метод застосовують, коли треба максимально швидко зарядити акумулятор від мережі із застосуванням зарядного пристрою. Для цього вибирають зарядний струм $0,1C$, де C ємність акумулятора. Таким струмом зарядку виробляють до тих пір, поки електроліт не почне «кипіти», потім зменшують струм до $0,05c$ і ще 2 години продовжують зарядку. Цей метод вимагає спостереження за акумулятором

і після зарядки, потрібно доливати викіпевшую воду. Другий метод зарядки застосовується при експлуатації автомобіля, де генератор при працюючому ДВС забезпечує на акумуляторі постійна напруга 13,5 - 14,4. Такий метод зарядки розрядженого акумулятора до його повної зарядки займає багато часу. Сучасні зарядні пристрої, як правило, мають комбінований метод, при якому спочатку йде зарядка стабілізованим струмом 0,1С до тих пір, поки напруга на акумуляторі не підніметься до 14,4 вольт. З цього моменту зарядний пристрій перемикається в режим стабілізації цієї напруги і зарядний струм починає зменшуватися в міру подальшої зарядки акумулятора. Коли струм впаде до 0,01С зарядка вважається закінченою і зарядний пристрій відключається.



Рис. 5. Автоматичний зарядний пристрій.

Сучасні зарядні пристрої як правило виконані на основі високочастотних імпульсних перетворювачів, мають малу вагу і габарити, а також високий ККД.