

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
“Електричне обладнання двигунів внутрішнього згорання”
для студентів освітньо-професійної програми
“Двигуни внутрішнього згорання”
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано до видання
НМК Транспортного факультету
протокол № 3
від “8” листопада 2024 р.

ЗМІСТ

	ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	стор. 4
	ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	4
1	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. Конструкція та технічна експлуатація стартерних акумуляторних батарей. Дослідження характеристик свинцевої стартерної акумуляторної батареї	6
2	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. Конструкція, технічна експлуатація та випробування генераторних установок перемінного струму з випрямлячами	26
3	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. Діагностування електрообладнання автомобіля з використанням приладу моделі Э214	34
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	44
	Додаток А	45

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Експлуатаційна надійність, економічність, активна безпека автомобіля в значній мірі визначаються роботою його електрообладнання. Електрообладнання сучасного автомобіля являє собою складну систему, що включає до себе до ста та більш виробів, його вартість складає до 30% вартості автомобіля.

Ускладнення електрообладнання автомобіля призводить до збільшення числа відмов. Тому до 30% всіх несправностей автомобіля викликано несправностями в системі електрообладнання.

Сучасний фахівець повинен знати:

- шляхи підвищення технічного рівня електроустаткування на основі сучасних досягнень світової та вітчизняної науки і техніки;
- принцип дії, прилади та технічної характеристики машин, апаратів і приладів електрообладнання;
- методи діагностики його технічного стану,
- кваліфіковано виконувати стендові випробування типових зразків електрообладнання ДВЗ,
- працювати з контрольно-вимірювальними приладами,
- обробляти та аналізувати результати випробувань на основі знань теорії їхньої роботи і знання вимог ДСТУ, міжнародних стандартів,
- робити висновки про технічний стан об'єктів випробувань.

Дані методичні вказівки складені для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”, спеціалізації “Двигуни внутрішнього згорання” денної та заочної форм навчання.

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

До роботи з апаратурою лабораторій допускаються студенти, які вивчили матеріальну частину, інструкції з експлуатації обладнання, ознайомлені з безпечними методами виконання робіт, пройшли інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки, а також поставили підпис у відповідній документації.

При проведенні робіт на лабораторному устаткуванні дозволяється вмикати обладнання тільки після отримання усного

дозволу викладача чи особи яка відповідає за проведення лабораторних робіт

Вмикання обладнання здійснювати згідно порядку, описаному у інструкції з експлуатації лабораторного устаткування.

Постійно слід пам'ятати про факт знаходження лабораторного устаткування під напругою, що може бути небезпечним для життя людини. Безпечним вважається напруга 12 В для вогких та 36 В для сухих приміщень.

При пошкодженні обладнання, кабелів, дротів, несправності заземлення, появі запаху горілого, появі незвичного шуму та інших несправностях, негайно вимкнути електроживлення обладнання та сповістити про те, що сталося, безпосереднього керівника або відповідні служби технічного обслуговування.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ намагатися самостійно усунути причину несправності.

При виявленні ознак горіння (дим, запах горілого) відімкнути електроживлення, знайти джерело загорання та вжити заходів щодо гасіння пожежі за допомогою наявних первинних засобів пожежогасіння, сповістити про ситуацію безпосереднього керівника робіт та не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ застосовувати воду та пінні вогнегасники для гасіння електрообладнання. Використовувати для цих цілей лише вуглекислотні або порошкові вогнегасники.

При нещасному випадку на виробництві та наявності травмованих:

- усунути вплив шкідливих факторів, що загрожують здоров'ю та життю потерпілих (звільнити від дії електричного струму, погасити палаючий одяг і т.д.);

- надати першу до лікарську допомогу (див. додаток 3);

- викликати швидку медичну допомогу або лікаря, або вжити заходів для транспортування потерпілого до найближчої лікувальної установи.

Особливу обережність необхідно дотримуватись при роботі з акумуляторною батареєю. При влученні електроліту на шкіру, уражене місце варто негайно обробити 10%-ним розчином кальцинової соди, а потім обробити водою.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Конструкція та технічна експлуатація стартерних акумуляторних батарей. Дослідження характеристик свинцевої стартерної акумуляторної батареї

Мета роботи: вивчити конструкцію стартерних акумуляторних батарей, їх технічні характеристики, засвоїти методи технічного діагностування та обслуговування.

1.1 Загальні відомості

Призначення та маркування акумуляторної батареї. Стартерна акумуляторна батарея служить для живлення всіх споживачів електричної енергії автомобіля при непрацюючому двигуні (стартера, системи запалювання, освітлення та ін.), при роботі його на малій частоті обертання колінчатого вала, а також для живлення споживачів разом з генераторною установкою у випадку перевищення споживаної потужності над потужністю, що віддається генераторною установкою.

Основними вимогами, пропонованими до автомобільних акумуляторних батарей, є:

- малий внутрішній опір;
- більша ємність при малих об'ємі та масі;
- стійкість до низької температури;
- простота обслуговування;
- висока механічна міцність;
- тривалий термін служби;
- незначний саморозряд;
- невисока вартість;
- віддача великої сили струму при малому спаданні напруги при запуску холодного двигуна стартером.

Акумуляторні батареї по конструктивним ознакам поділяють на три групи: 1) обслуговувані; 2) малообслуговувані; 3) необслуговувані.

Акумуляторні батареї маркуються в такий спосіб: перша цифра 3 або 6 указує кількість послідовно з'єднаних у батареї акумуляторів, букви СТ, – що батарея стартерна, а число, що позначено після букв, – номінальну ємність батареї в ампер-годинах при десятигодинному безперервному режимі розряду та середній температурі електроліту. Маркування акумуляторних батарей включає

також умовні позначки, що характеризують матеріал бака (Э – ебоніт, П – асфальтопексова пластмаса; Т – термопласт); матеріал сепараторів (М – полівінілхлорид типу «міпласт», МС – «міпласт» та скловойлок, Р – міпор, Ф – хладостійка мастика); додаткові відомості про використання батареї (Н – несухозаряджена, З – залита електролітом та заряджена; Л – необслуговувана).

Наприклад, умовна позначка 6СТ70 ПМ вказує, що батарея складається із шести послідовно з'єднаних акумуляторів, призначена для живлення стартера (СТ), номінальна ємність батареї – 70 А·Ч, бак виготовлений з асфальтопексової пластмаси (П), а сепаратори – з «міпласта» (М).

Крім умовної позначки маркування батареї повинно містити: товарний знак заводу-виготовлювача, знаки полярності «+» і (або) «-», місяць та рік виготовлення, масу батареї в стані поставки. На акумуляторних батареях із загальною кришкою додатково маркують номінальну ємність в ампер-годинах та номінальну напругу у вольтах. Якщо струм стартерного розряду перевищує номінальну ємність більш ніж у три рази, то його значення також вказується в складі даних маркування.

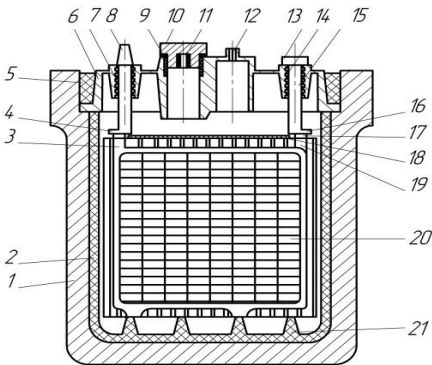
1.2 Конструкція акумуляторної батареї

Обслуговувані акумуляторні батареї збираються в корпусах з окремими кришками в одній ебонітовій або пластмасовій посудині – моноблоці, розділеному перегородками на окремі гнізда по числу акумуляторів у батареї.

Пристрій одного з елементів обслуговуваної акумуляторної батареї представлено у вигляді розрізу на рисунку 1.1.

Баки акумуляторних батарей виготовляють із ебоніту, поліетілена або пластмаси. Всередину баків з асфальтопексової маси запресовують кислотостійкі вставки 2. На дні баків виконані ребра 21, на яких опираються напівблоки позитивних та негативних пластин 20.

З часом у просторі між ребрами накопичується активна маса пластин, яка обсіпається, що на якийсь час попереджає замикання шламом різноименних пластин.



1 – бак; 2 – кислотостійка вставка; 3 та 17 – вушка пластин; 4 та 16 – баретки;
5 – мастика; 6 – кришка; 7 та 14 – свинцеві втулки; 8 та 15 – вивідні штирі;
9 – гумова прокладка; 10 – пробка; 11 – гумова втулка; 12 – газовідвідний
отвір; 13 – міжелементне з'єднання; 18 – запобіжний щиток; 19 – сепаратор;
20 – пластина; 21 – ребро бака

Рисунок 1.1 – Переріз свинцевого акумулятора

У кришках 6 баків деяких типів батарей, виготовлених з ебоніту, є три отвори: два крайні для вивідних штирів 8 та 15 блоку пластин і один заливний, що закривається різьбовою пробкою 10, яка має гумову прокладку 9 та гумову втулку 11. У два крайні отвори для надійного ущільнення вивідних штирів при виготовленні кришок закріплюють свинцеві втулки 7 та 14. У кришках акумуляторів деяких типів батарей є четвертий отвір 12, що служить для сполучення внутрішньої порожнини бака з атмосферою. До штирів 8 та 15 приварені міжелементні з'єднання 13 і верхня частина свинцевих втулок. Герметичність стику кришок зі стінками баків забезпечується кислототривкою мастикою 5. Всередину кожного відсіку бака встановлюються блоки, що полягають із двох напівблоків різнойменних пластин із сепараторами між ними. Для збільшення ємності та зменшення внутрішнього опору акумулятора до бареток 4 та 16 приварюють кілька однойменних пластин за допомогою вушок 3 та 17. Грати пластин відливають із антикорозійного сплаву, що містить 92 - 94 % свинцю, 6 - 7 % сурми та 0,2 - 0,3 % миш'яку, який має підвищену механічну міцність.

Для збільшення ємності акумулятора в гнізда грат введена активна маса, виготовлена зі свинцевого порошку та розчину сірчаної

кислоти для негативних пластин та зі свинцевого сурику Pb_3O_4 , свинцевого порошку, свинцевого глету PbO й розчину сірчаної кислоти для позитивних пластин. Рецептура та технологія готування активної маси весь час удосконалюються в напрямку підвищення ємності, міцності та довговічності пластин.

Активна маса пластин має велику пористість, тому площа робочої поверхні, що стикається з електролітом, збільшується, і в результаті зростає ємність акумулятора.

Активна маса пластин вводиться в грати по обидва боки, після чого пластини пресують та просушують. Просушені пластини розміщують у баках з електролітом, що полягають із розчину сірчаної кислоти у воді, і заряджають струмом малої сили. Цей процес називається формуванням. Потім більша частина активної маси позитивних пластин перетворюється в діоксид свинцю PbO_2 , а негативних – у губчатий свинець Pb , внаслідок чого ємність акумулятора збільшується до номінальної величини. Заводи випускають акумуляторні батареї із сухими зарядженими пластинами.

Для збільшення терміну служби акумуляторних батарей грати позитивних пластин, міцність яких у результаті окиснення при заряді зменшується, виготовляють більшої товщини, чим негативних.

Для зменшення короблення крайньої позитивної пластини внаслідок значної зміни обсягу її активної маси при перетворенні PbO_2 в $PbSO_4$ негативних пластин у блоці завжди встановлюють на одну більше, ніж позитивних, тому обидві сторони крайньої позитивної пластини зазнають однакового тиску.

Сепаратори виготовляють із мікропористої пластмаси (мішару), мікропористого ебоніту (міпора), пінопласту, скловойлока й ін.

Одна сторона сепараторів має ребра, які звернені до позитивних пластин. При використанні здвоєних сепараторів до позитивних пластин звернений скловойлок. При такій установці сепараторів зменшується оповзання активної маси, а також забезпечується кращий доступ електроліту в пори активної маси позитивних пластин і поліпшується циркуляція електроліта в позитивних пластинах; тим самим знижується внутрішній опір і підвищується ємність акумулятора.

Над сепараторами в кожному акумуляторі встановлюють тонкий перфорований запобіжний щиток 18 із хлорвінілу, вініпласту або іншого кислотостійкого матеріалу для захисту країв сепараторів від

механічних ушкоджень при вимірі щільності, температури й рівня електроліту.

Діаметр позитивного виводу акумуляторної батареї більше, чим негативного. Це виключає неправильне підключення батареї. Герметизація батареї в місцях сполучення кришок зі стінками й перегородками моноблока забезпечується бітумною заливальною мастикою.

Малообслуговувані батареї виготовляють у пластмасових моноблоках. Еластичність пластмаси дозволяє з'єднувати акумулятори в батарею крізь отвори в перегородках моноблока. Це дає можливість на 0,1...0,3 В підвищити напругу батареї при стартерному розряді й зменшити витрата свинцю в батареї на 0,5...3 кг. Застосування термопластичних пластмас дозволило значно знизити масу корпусу батареї. Використання пластмасового моноблока й загальної кришки дозволило застосувати герметизацію батареї методом контактнотеплового зварювання, що забезпечує надійну герметичність при температурах від мінус 50 до плюс 70 °С. На рисунку 1.2 наведена в розрізі конструкція малообслуговуваної акумуляторної батареї.

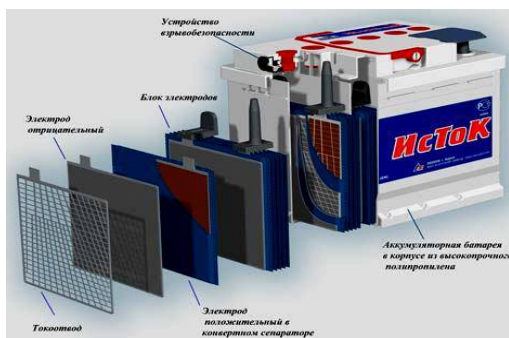


Рисунок 1.2 – Конструкція малообслуговуваної акумуляторної батареї

Акумуляторна батарея складається із шести послідовно з'єднаних акумуляторів, розміщених у загальному корпусі (моноблоці). Корпус виготовлений з поліпропілену й розділений непроникними перегородками на шість відсіків. Кришка, загальна для всього корпусу, також виготовлена з поліпропілену та приварена

до корпусу ультразвуковим зварюванням. У малообслуговуваних батареях вміст сурми в сплаві струмовідводів знижено в 2 - 3 рази в порівнянні з батареями, що обслуговуються. Деякі виробники до малосурмистого свинцю додають різні легуючі речовини, зокрема, срібло та селен, що забезпечує заряд батареї в інтервалі регульованої напруги практично без газовиділення. Разом з тим швидкість саморозряду необслуговуваної батареї знижена приблизно в 5 разів. Малообслуговувана батарея має поліпшену конструкцію: один з акумуляторних електродів у ній поміщений у сепаратор-конверт, опорні призми видалені, електроди встановлені на дно моноблока. Завдяки цьому зменшується кількість та одночасно збільшується рівень електроліту в акумуляторній батареї. Тому долівка води в таку батарею необхідна рідше, ніж 1 раз в 1,5-2 роки.

Необслуговувані батареї відрізняються малою витратою води та не потребують її долівки протягом всього терміну служби. Замість сурми в сплаві ґрат акумуляторів використовується інший елемент. Наприклад, застосування кальцію дозволило зменшити газовиділення більш ніж вдесятеро. Настільки повільне «википання» великого об'єму води можна «розтягти» на весь термін служби акумуляторної батареї, взагалі відмовившись від заливних отворів та долівки води.

Необслуговувані батареї другого типу замість електродних пластин включають в свій склад електроди, що скручені в щільні рулони. Між електродами прокладений тонкий сепаратор, просочений електролітом. При щільному впакуванні електроди не вимагають зміцнення сурмою. Електроліт у таких батареях зв'язаний губчатою прокладкою й не впливає навіть при ушкодженні корпусу батареї. При нетривалому перезаряді газу, проходячи по каналах сепаратора, вступають у реакцію та перетворюються у воду. При тривалому перезаряді газу, не встигнувши прореагувати один з одним, виходять через запобіжний клапан. Кількість електроліту в цьому випадку буде зменшуватися. Для своєчасного запобігання перезаряду в автомобілі необхідно встановлювати сигналізатор аварійної напруги.

Акумулятори, що виготовляються за даною технологією, одержали назву «спіральні елементи» (Spiral Cell). Їх переваги: великий струм холодного прокручування, стійкість до вібрацій та ударів, велика кількість циклів пуску двигуна (у три рази більше, чим у традиційних батарей), малий саморозряд (термін зберігання без

підзарядки – більш року). Такі акумуляторні батареї мають позначення VRLA.

Приготування електроліту. Електроліт виготовлюють із очищеної акумуляторної сірчаної кислоти та дистильованої води. Не можна застосовувати технічну сірчану кислоту та недистильовану воду, тому що при цьому прискорюються саморозряд, сульфатація та руйнування пластин, що приводить до передчасного виходу з ладу акумуляторної батареї. Виготовлюючи електроліт, необхідно сірчану кислоту вливати тонким струменем у воду, одночасно помішуючи розчин чистою скляною паличкою. Не можна вливати воду в кислоту, тому що при цьому виділяється велика кількість тепла у верхніх шарах розчину та електроліт буде сильно розприскуватися з посудини. Змішувати компоненти необхідно в скляному, ебонітовому, порцеляновому або освинцьованому посуді. Нові акумуляторні батареї заливають електролітом щільністю на 0,02 менше тієї, яка повинна бути в момент завершення заряду.

1.3 Основні параметри та характеристики акумуляторних батарей

Електрорушійною силою (е.р.с.) акумулятора E називають різницю його потенціалів позитивного та негативного електродів при розімкненому зовнішньому ланцюзі. Е.р.с. спокою акумулятора залежить від фізичних та хімічних властивостей речовин, з яких виготовлені пластини й електроліт, але не залежить від розмірів пластин акумулятора. Е.р.с. батареї дорівнює сумі е.р.с. послідовно з'єднаних акумуляторів, що входять до її складу. Для практичних цілей е.р.с. може бути визначена по емпіричній формулі:

$$E_0 = 0,84 + \gamma_{15},$$

де γ_{15} – щільність електроліту при температурі 15 °С, г/см³.

Якщо виміри проводилися при температурі, відмінній від 15 °С, то необхідно привести обмірювану щільність до щільності при температурі 15 °С:

$$\gamma_{15} = \gamma + 0,00075(t - 15). \quad (1.1)$$

Для кислотних стартерних акумуляторів, у яких щільність електроліту коливається в межах від 1,11 до 1,27 г/см³, е.р.с. спокою змінюється відповідно від 1,95 до 2,11 В. Фактична величина е.р.с. (E_z) акумулятора при зарядці батареї більше по величині, чим е.р.с. спокою (E_0):

$$E_3 = E_0 + \Delta E,$$

а при розряді менше

$$E_p = E_0 - \Delta E,$$

де ΔE – зміна величини е.р.с. за рахунок різної концентрації електроліту в порах активної маси та у відсіку бака.

Зі зміною температури електроліту більшою мірою змінюється напруга U_p , тому що вона залежить не тільки від е.р.с., але й від величини спадання напруги ΔU , яке зі зниженням температури значно зростає. Таким чином, при розряді акумулятора напруга U_p на його затискачах буде менше е.р.с. спокою E_0 на величину спадання напруги в ередині акумулятора ΔU та величину падіння е.р.с.:

$$U_p = E_0 - \Delta U - \Delta E.$$

Величина спадання напруги всередині акумулятора ΔU при постійній силі струму розряду пропорційна внутрішньому опору акумулятора:

$$\Delta U = I_p \cdot R_a,$$

I_p – величина розрядного струму;

R_a – внутрішній опір акумулятора.

Напруга також залежить від ступеня зарядженості акумулятора. У процесі розряду опір пластин та відповідно внутрішній опір акумулятора зростає, тому що сульфат свинцю, що утворюється на негативних та позитивних пластинах, майже не проводить електричний струм, тому напруга буде падати швидше. По величині напруги, заміряної при відповідному навантаженні, в експлуатації судять про ступінь зарядженості акумуляторних батарей.

На практиці більш важливим параметром є *напруга* акумулятора, яка при розряді завжди нижче, при заряді вище, а при розімкнутому зовнішньому ланцюзі дорівнює значенню е.р.с. Ця відмінність обумовлена спаданням напруги на внутрішньому опорі акумулятора R_a , а також електродною поляризацією.

Поляризацією називається явище зміни потенціалу електрода від вихідного рівноважного (без струму) до нерівноважного (при проходженні струму). Поляризація є наслідком утруднення протікання електродного процесу на електродах акумулятора. Тому що процес поляризації приводить до електричних втрат в акумуляторах, тому його зручно представляти як втрати на деякому опорі поляризації R_n . Причинами, що викликають поляризацію, є: зміна концентрації електроліту поблизу електродів; утворення на поверхні електрода

шару сульфату свинцю та ін. Поляризація є перехідним процесом: при підключенні навантаження до батареї поляризація по експоненті збільшується до свого граничного значення. Тривалість цього процесу залежить від сили струму та температури електроліту. Для стартерних режимів вона не перевищує 10с. Зі збільшенням струму і температури тривалість процесу поляризації та опір поляризації R_n зменшуються.

Омічний опір батареї R_a складається із опору електроліту R_e , сепараторів R_c , активної маси R_m , ґрат R_p та сполучних елементів R_{ce} (містків з борнами, межелементних перемичок і полюсних виводів):

$$R_a = R_e + R_c + R_m + R_p + R_{ce}.$$

Під опором електроліту розуміється опір тієї його частини, яка перебуває між електродами. Він становить приблизно половину внутрішнього опору акумулятора, який залежить від ступеня розрядженості акумулятора, температури та значення струму. Внутрішній опір у зарядженому стані становить декілька міліОм, а в повністю розрядженому зростає в кілька разів. Зі зниженням температури внутрішній опір також зростає. Зі збільшенням струму він зменшується через зменшення опору поляризації.

Ємність акумулятора та акумуляторної батареї. Ємністю називають кількість електрики, виражене в ампер-годинах, яку віддає повністю заряджений акумулятор при безперервному розрядженні постійною силою струму до певної кінцевої напруги. *Розрядною ємністю* C_p називається максимальна кількість електрики, яку акумулятор може віддати в зовнішній ланцюг при розряді від початкової напруги до кінцевої. Звичайно розрядна ємність акумуляторних батарей визначається при постійному струмі розряду:

$$C_p = I_p \cdot t_p,$$

де C_p – ємність гальванічного елемента;

I_p – розрядний струм, А;

t_p – тривалість розряду, год.

Номінальна ємність $C_{ном}$ стартерних батарей визначається при безперервному десятигодинному розряді батареї силою струму, рівної 0,1 $C_{ном}$ до напруги 1,7 В на акумуляторі, середній температурі електроліту 30 °С та його початковий щільності 1,285 г/см³.

Номінальна розрядна ємність акумуляторної батареї C_{20} визначається при 20-годинному режимі розряду струмом $I = 0,05 C_{20}$ при температурі 15 °С. Розряд повинен припинятися після досягнення кінцевої напруги акумуляторної батареї 10,5 В.

Розрядна ємність залежить від багатьох конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів. Однак в основному ємність акумулятора визначається обсягом активної маси, електроліту та ступенем їх використання. Ємність акумуляторної батареї суттєво знижується зі збільшенням сили струму, що пов'язане з різким зменшенням концентрації електроліту в порах пластин, які ізолюються сульфатом свинцю. Ємність акумуляторної батареї зменшується зі зниженням температури через збільшення в'язкості електроліту та затримки вступу сірчаної кислоти в пори активної маси. На практиці при визначенні розрядної ємності використовують позасистемну одиницю виміру ампер-година ($1 \cdot \text{А} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ Кл}$).

Резервна ємність вказується на батареях, зроблених у США та деяких азіатських країнах, замість номінальної. Цей параметр показує час (у хвиликах) розряду батареї струмом 25 А до кінцевої напруги 10,5 В. На думку американських виробників, він близький до реального споживання струму на автомобілі при непрацюючій генераторній установці. Для визначення ємності батареї її спочатку повністю заряджають і доводять щільність електроліту до 1,285, а потім розряджають струмом десятигодинного режиму, рівним $0,1 C_{\text{ном}}$, до тих пір, поки на одному з акумуляторів напруга не понизиться до 1,7 В. При стартерному режимі розряду батареї розряджають силою струму $I_p = 3 C_{\text{ном}}$. Якщо початкова температура електроліту була 30 °С, розряд батареї переривають, коли на одному з акумуляторів напруга знизиться до 1,5 В, а при початковій температурі електроліту – 18 °С при напрузі 1 В.

Для оцінки стартерних властивостей батарей використовується параметр, який називається *струмом стартерного розряду (струмом холодної прокрутки)*.

За держстандартом струм стартерного розряду визначається в режимі 3-хвилинного розряду при температурі мінус 18 °С і кінцевій напрузі 9 В. Струм стартерного розряду за стандартом DIN визначається за тих самих умов, але при мінімальній тривалості стартерного розряду, рівної 30 секундам (30-секундний режим розряду). За стандартом SAE струм стартерного розряду визначається подібно стандарту DIN, але кінцева напруга батареї повинна бути не менш 7,2 В. Для порівняння показників стартерного розряду акумуляторних батарей орієнтовно можна вважати, що струм холодної

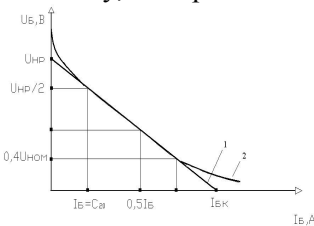
прокрутки за SAE в 1,6-1, 7 рази більше струму стартерного розряду за DIN.

Для електроспоживачів автомобіля, як навантаження, важливим показником є *енергозапас* акумуляторної батареї W_p , під яким розуміється максимальна кількість енергії, що виділяється в зовнішньому ланцюзі за час до кінця розряду. При постійному розрядному струмі

$$W_p = C_p \cdot U,$$

де U – середнє значення напруги за час до кінця розряду.

Вольт-амперна характеристика (ВАХ) батареї може бути отримана експериментально або розрахована для заданих умов розряду. Вона виражається складною кривою, що має квазілінійну ділянку у зоні від $I_0 = C_{20}$ до $U_0 = 0,4U_{ном}$ відповідно до рисунку 1.3. Нелінійність цієї характеристики пояснюється нелінійністю внутрішнього опору батареї, в основному його поляризаційною складовою. З достатньою точністю для інженерної практики реальну ВАХ заміняють лінійною. Точки перетину відсікають на осях відрізки, пропорційні початковій розрядній напрузі $U_{нр}$ та умовному струму короткого замикання $I_{бк}$. Пряма, проведена через ці дві точки, називається *розрахунковою вольт-амперною характеристикою* акумуляторної батареї. ВАХ залежить від зарядженості акумуляторної батареї та часу, що пройшов з початку розряду.



1 – розрахункова вольт-амперна характеристика; 2 – реальна вольт-амперна характеристика; $U_{нр}$ – початкова розрядна напруга; $I_{бк}$ – умовна сила струму короткого замикання

Рисунок 1.3 – Вольт-амперна характеристика

Розрядною характеристикою акумулятора називаються залежності зміни щільності електроліту, е.р.с. та напруги акумулятора при постійній силі розрядного струму від часу розряду (рис. 1.4). Характеристики розряду знімаються при розряді повністю зарядженого акумулятора силою струму, рівної 0,1 його номінальної

ємності, до кінцевої напруги 1,7 В. Під час розряду за допомогою реостата підтримується постійна сила розрядного струму (рис. 1.5) та вимірюється напруга U_p та е.р.с. E_a на затискачах акумулятора, а також щільність електроліту γ .

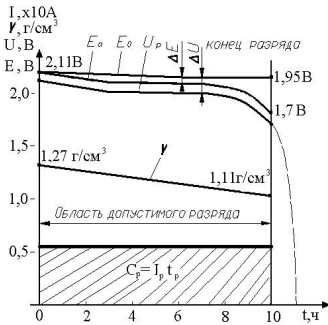
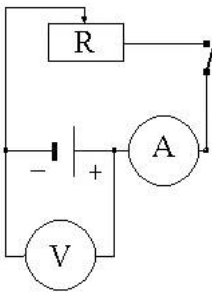


Рисунок 1.4 – Розрядна характеристика акумулятора з номінальною ємністю 55 А·ч



А – амперметр; V – вольтметр; R – реостат (потенціометр)

Рисунок 1.5 – Схема електрична принципіальна пристрою для зняття розрядної характеристики акумуляторної батареї

Е.р.с. акумулятора E_a вимірюють при розімкнутому зовнішньому ланцюзі, а е.р.с. спокою E_0 підраховують за емпіричною формулою. За вимірними величинами будують криві характеристики розряду акумулятора. Причини зміни γ , E_0 , E_a та U_p при розряді акумулятора наступні. У процесі розряду акумулятора постійною силою струму кількість сірчаної кислоти, затрачуваної на перетворення PbO_2 і Pb

активної маси пластин в PbSO_4 та утворення води, у кожную одиницю часу буде постійним, тому щільність електроліту γ у баку буде змінюватися прямолінійно.

Е.р.с. спокою E_0 , що залежить тільки від щільності електроліту в баці, буде також змінюватися прямолінійно, тому пряма, що характеризує зниження е.р.с. спокою, буде паралельна прямій зниження щільності електроліту. Користуючись формулою розрахунків е.р.с. спокою E_0 акумулятора, визначаємо, що E_0 поменшалось з 2,11 В на початку розряду до 1,95 В наприкінці розряду. При розряді акумулятора в порах активної маси позитивних пластин утворюється вода, внаслідок чого щільність електроліту в них буде менше щільності електроліту в баці навколо пластин. На величину зменшення щільності електроліту в порах пластин відповідно поменшається та е.р.с. акумулятора. Отже, у період розряду е.р.с. акумулятора завжди менше е.р.с. спокою E_0 на величину ΔE . На початку розряду за рахунок утворення води в порах позитивних пластин е.р.с. акумулятора E_a швидко знижується. При подальшому ж розряді акумулятора внаслідок неоднакової щільності електроліту в порах активної маси пластин та електроліту, що оточує пластини, відбувається дифузія електроліту всередину пластин.

Як тільки встановиться рівновага утворення нової води в порах пластин із припливом більш щільного електроліту в пори, різниця щільностей електроліту в порах активної маси та зовні пластин буде незмінною. При цьому протягом великого відрізка часу розряду зменшення е.р.с. ΔE буде також майже постійним.

Під час розряду акумулятора на поверхні стінок пор активної маси пластин відкладаються кристали PbSO_4 , що викликає зменшення прохідних перерізів пор та зниження швидкості дифузії електроліту в пори. Тому щільність електроліту в порах активної маси позитивних пластин наприкінці розряду акумулятора швидко знижується та разом із цим швидко знижуються е.р.с. та напруга акумулятора. Розряд акумулятора при десятигодинному режимі розряду припиняють при напрузі 1,7 В. При подальшому розряді акумулятора напруга в зовнішньому ланцюзі різко падає, що порушує нормальну роботу споживачів. Крім того, подальший розряд шкідливий, тому що прискорюється сульфатація пластин. Отже, кінець нормального розряду акумулятора визначається за величиною напруги та величиною щільності електроліту.

Зарядною характеристикою акумулятора називають залежності зміни щільності електроліту, е.р.с. та напруги акумулятора при постійній силі зарядного струму від часу заряду (рис. 1.6). Характеристики заряду знімають при заряді акумулятора постійною силою струму, рівної 0,1 його номінальної ємності. Для заряду акумулятора необхідно, щоб напруга зарядного джерела перевищувала е.р.с. акумулятора. У процесі заряду силу зарядного струму за допомогою реостата підтримують постійної у відповідності зі схемою на рис. 1.7.

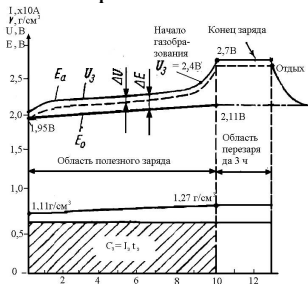
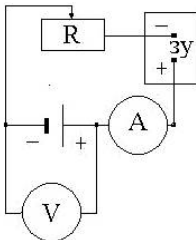


Рисунок 1.6 – Зарядна характеристика акумулятора з номінальною ємністю 55 А·ч



А – амперметр; V – вольтметр; R – потенціометр; ЗУ – зарядний пристрій
Рисунок 1.7 – Схема електрична принципіальна пристрою для зняття зарядної характеристики акумуляторної батареї

Через рівні проміжки часу вимірюють напругу U_3 на затискачах акумулятора, а також щільність електроліту γ . Е.р.с. акумулятора E_a вимірюють при розімкненому зовнішньому ланцюзі, а е.р.с. спокою E_0 підраховують за емпіричною формулою.

Причини зміни γ , E_0 , E_a , U_3 при заряді акумулятора наступні. Внаслідок того, що в процесі заряду постійною силою струму в порах

активної маси пластин в одиницю часу виділяється однакова кількість сірчаної кислоти та зменшується кількість води, щільність електроліту γ , а разом з нею й е.р.с. спокою E_0 акумулятора будуть зростати за прямолінійним законом.

Тому що при заряді акумулятора в порах активної маси позитивних та негативних пластин утворюється сірчана кислота, то в результаті цього підвищується щільність електроліту в порах, і тому е.р.с. акумулятора зростає на величину ΔE .

У початковий період заряду в порах пластин швидко збільшується щільність електроліту, а разом із цим швидко зростає е.р.с. акумулятора E_a . При подальшому заряді через розчинення кристалів $PbSO_4$ збільшуються прохідні перерізи пор в активній масі, що сприяє вільному доступу менш щільного електроліту з бака в пори пластин.

Коли встановиться рівновага між утворенням нової сірчаної кислоти в порах пластин та припливом у пори пластин електроліту з меншою щільністю, то протягом тривалого часу заряду різниця щільностей електроліту в порах активної маси та зовні пластин буде залишатися майже незмінної. Протягом цього часу зростання е.р.с. ΔE також буде залишатися майже незмінним.

Наприкінці заряду акумулятора більша частина активної маси пластин перетвориться у свинець та діоксид свинцю, тому частина іонів кисню й водню, що виділяються на пластинах, не вступає в хімічну реакцію з активною масою пластин, нейтралізується (розряджається) і, виділяючись у повітря у вигляді пухирців газу, викликає «кипіння» електроліту, що служить ознакою закінчення заряду.

Газоутворення починається при напрузі акумулятора близько 2,4 В, бурхливо зростає до 2,7 В і триває до моменту припинення заряду. У період газоутворення позитивні іони водню, що виділяються на негативних пластинах, приєднують до себе відсутні електрони з деяким запізнюванням за часом. Тому наприкінці заряду акумулятора навколо негативних пластин буде зосереджуватися велика кількість позитивних іонів водню, внаслідок чого між негативними пластинами та електролітом створюється додаткова різниця потенціалів близько 0,3 В, що збільшує напругу акумулятора до 2,7 В.

1.4 Послідовність виконання роботи

Робота включає визначення е.р.с. акумулятора, внутрішнього опору акумуляторної батареї, перевірку щільності електроліту, визначення ступеня зарядженості акумуляторів та зняття вольт-амперної характеристики $U_a = f(I_p)$.

Зміст звіту:

- мета роботи та її стислий зміст;
- короткий опис теоретичних основ роботи та обслуговування акумуляторних батарей;
- результати перевірки стану акумуляторної батареї;
- розрахунки ступеня розрядженості акумуляторної батареї;
- висновок про стан акумуляторної батареї (у випадку її непридатності вказати на можливу несправність), дані вольт-амперної характеристики та відповідні розрахунки, побудова графіка й аналіз стану акумуляторної батареї на підставі цих графіків.

Для виконання роботи необхідні:

- акумуляторні батареї з виконаними розрізами, які забезпечують доступність в огляді всіх деталей акумуляторів батареї;
- акумуляторні батареї несправні;
- навантажувальна вилка ЛЭ-2;
- прилад для перевірки акумуляторних батарей ЛЭ-3М;
- ареометр зі шкалою щільності 1,10-1,32, г/см³;
- термометр зі шкалою від 0 до 70 °С;
- трубка скляна з розподілами;
- амперметр із шунтом на 500 А;
- реостат вугільний на струм 500 А;
- плакати, що ілюструють пристрій і технічне обслуговування акумуляторних батарей;
- таблиця з технічною характеристикою стартерних акумуляторних батарей;
- 10-процентний розчин двовуглекислої соди.

УВАГА! при роботі з акумуляторними батареями необхідно дотримувати запобіжні заходи. Влучення електроліту на шкіру може викликати опіки, на одяг – її руйнування.

Електроліт, що потрапив на шкіру, треба негайно вилучити промиванням водою під краном з наступним протиранням шкіри 10-процентним розчином соди.

Послідовність виконання роботи:

- оформити заготовку звіту щодо виконання лабораторної роботи;
- визначити тип та технічні характеристики досліджуваної батареї (номінальна напруга і ємність, вага);
- визначити стан акумуляторної батареї, для чого виміряти:
 - рівень електроліту, мм;
 - щільність електроліту, г/см³;
 - температуру електроліту, °C;
 - е.р.с. та напругу, В.

Результати вимірювань занести до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати вимірювань

Параметр	№ акумулятора						Середнє значення
	1	2	3	4	5	6	
Рівень електроліта, мм	11	12	11	13	12	14	
Щільність електроліта, г/см ³	1,21	1,15	1,18	1,2	1,15	1,13	
Температура електроліта, °C	18						
Щільність електроліта наведена до 15°C, г/см ³							
Ступінь зарядженості, %							
Напруга без навантаження (е.р.с.), В							
Напруга на клеммах АКБ, В							

Рівень електроліту в акумуляторах вимірюється скляною трубкою зі шкалою. Трубку занурюють вертикально в акумулятор до упору в запобіжний щиток. Верхній кінець щільно затискають пальцем та підіймають над отвором акумулятора. Стопчик

електроліту, що залишився в трубці відповідає рівню електроліту в акумуляторі, який повинен бути рівним 10-15 мм.

Вимірювання щільності електроліту проводиться ареометром, основною частиною якого є денсиметр. При вимірюванні показань необхідно стежити за тим, щоб денсиметр не прилипав до стінок скляного циліндра; замір проводиться по середній частині мениску. Після закінчення виміру електроліт зливається в той акумулятор, з якого він був винятий.

Щільність електроліту залежить від його температури, тому при вимірюванні щільності необхідно виміряти температуру електроліту. Якщо температура електроліту відрізняється від 15 °С, тоді необхідно привести щільність електроліту до 15 °С відповідно до формули (1.1). Визначення е.р.с. та напруги проводиться за допомогою навантажувальної вилки ЛЭ-2 та (для контролю) приладом ЛЭ-3М.

Е.р.с. виміряти навантажувальною вилкою та приладом ЛЭ-3М при відключенних навантажувальних опорах.

Для вимірювання напруги навантажувальною вилкою ЛЭ-2 необхідно включити або один із двох опорів, або обидва разом. Це залежить від номінальної ємності батареї. Так, при включенні опору 0,018-0,012 Ом при нагвинчуванні тільки лівої контрольної гайки перевіряють акумуляторні батареї ємністю 40 - 65 А·ч, при включенні опору 0,010-0,012 Ом при нагвинчуванні тільки правої гайки – акумуляторні батареї ємністю 70-100 А·ч та при паралельному включенні обох опорів – акумуляторні батареї ємністю 110-135 А·ч.

Перевірку акумулятора навантажувальною вилкою необхідно проводити при закритих пробках, щоб попередити можливість спалаху газів, що виділяються з батареї.

Кожний акумулятор батареї перевіряють окремо. Ніжки вилки слід включити сильним натисканням, вдавлюючи в торці штирів спочатку одну, а потім іншу ніжку. Тривалість одного включення навантажувальної вилки повинна бути до 5 с. Після закінчення перевірки протирають ганчіркою вістря контактних ніжок навантажувальної вилки.

Напруга дає можливість судити, наскільки стійко вона буде триматися на затискачах акумуляторної батареї при включенні стартера.

При перевірці акумуляторної батареї приладом ЛЭ-3М, як і в попередньому випадку, пробки повинні бути закриті.

Для перевірки батареї ніжку приладу необхідно встановити на позитивному виводі, так щоб її вістря вдавилося в позитивний вивід акумуляторної батареї. Чорний затискач приєднують до негативного виводу акумуляторної батареї, щоб вістря затискача вдавилося в негативний вивід акумуляторної батареї. Вольтметр при цьому буде показувати е.р.с. акумуляторної батареї.

Для вимірювання напруги під навантаженням включають навантажувальний опір, що відповідає ємності батареї, що перевіряється. Акумуляторну батарею слід витримувати під навантаженням до 5 с. Використовуючи результати перевірки, необхідно зробити висновок про технічний стан акумуляторної батареї. Для цього підраховують відсоток розрядженості акумуляторів батареї відповідно фактичної щільності електроліту, наведеної до 15 ° за виразом (1.2):

$$\Delta\gamma = \frac{\gamma_3 - \gamma_{15}^0}{\gamma_3 - \gamma_{\text{роз}}} \quad (1.2)$$

де $\Delta\gamma$ – ступінь розрядженості акумулятора, %;

γ_3 – щільність електроліту повністю зарядженого акумулятора;

$\gamma_{\text{роз}}$ – щільність електроліту повністю розрядженого акумулятора;

γ_{15} – наведена щільність електроліту.

Крім цього ступінь розрядженості акумуляторної батареї можливо визначити по величині напруги під навантаженням, користуючись таблицею 1.2.

Таблиця 1.2 – Залежність ступені розряду акумуляторної батареї від напруги під навантаженням

Показник	Ступінь розрядженості акумулятора				
	Заряджен на 100 %	Розряджен на 25 %	Розряджен на 50 %	Розряджен на 75 %	Розрядж. на 100 %
Напруга АКБ під навантаженням наприкінці 5 с, В	11,4 – 10,2	10,2 – 9,6	9,6 – 9,0	9,0 – 8,4	8,4 – 7,8

Для зняття вольт-амперної характеристики необхідно зібрати схему відповідно до рисунка 1.5.

На відміну від попереднього використання величина сили струму не підтримується постійною за допомогою реостата, а змінюється. Перед початком виконання роботи встановлюється найбільший опір реостата. За допомогою вимикача замкнути ланцюг на 2 - 3 с та відслідкувати показання вольтметра й амперметра. Вимірювання повторити для 4 - 6 положень реостата. Результати вимірювання занести до таблиці 1.3. За даними спостереження побудувати вольт-амперну характеристику акумуляторної батареї. Для цього на осях ординат та абсцис відкласти відповідно масштаби напруги та сили розрядного струму, а потім нанести на графік експериментальні точки. Після цього визначити середнє значення струму короткого замикання, по його величині та початковій напрузі побудувати вольт-амперну характеристику та проаналізувати стан акумуляторної батареї.

Таблиця 1.3 – Результати вимірювань при визначенні вольт-амперної характеристики

№	Тип батареї		
	Струм розряду I, А	Напруга U_a , В	Внутрішній опір R, Ом
1			
2			
3			
4			
5			
6			

1.5 Контрольні питання

1. Як улаштована кислотна акумуляторна батарея? З яких основних частин полягає акумулятор? Яке їхнє призначення?
2. Маркування акумуляторних батарей.
3. Що таке місткість акумулятора?
4. Які хімічні реакції проходять на пластинах при заряді та розряді акумулятора?
5. З якого матеріалу виготовляються несучі частини пластин акумуляторів?

6. Яке призначення сепараторів в акумуляторній батареї? Чому розміри сепараторів перевищують розміри електродів?
7. Теоретичне обґрунтування існуючих способів перевірки стану акумуляторної батареї. Переваги та недоліки цих методів.
8. Які переваги та недоліки при заряді акумуляторних батарей:
 - при постійній напрузі;
 - при постійній величині зарядного струму.
9. Від чого залежить сила зарядного струму? Чим небезпечний перезаряд акумуляторної батареї?
10. Які можливі причини перезаряду батареї на автомобілі?
11. Як перевірити ступінь зарядженості акумуляторної батареї?
12. Для чого потрібно знати вольт-амперну характеристику акумуляторної батареї?
13. Які основні несправності акумуляторних батарей?

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Конструкція, технічна експлуатація та випробування генераторних установок перемінного струму з випрямлячами

Мета роботи: вивчити конструкцію генераторної установки перемінного струму з випрямлячами, її технічні характеристики, дослідити електричні характеристики, засвоїти методи технічного діагностування та обслуговування.

2.1 Загальні відомості

Призначення та маркування генераторних установок.

Поряд з акумуляторною батареєю джерелом постійного струму на автомобілі є генераторна установка. При працюючому двигуні вона постачає споживачів електричною енергією та заряджає акумуляторну батарею. До складу генераторної установки входить генератор та регулятор напруги, який призначений для збереження сталості вихідної напруги при змінній швидкості обертання ротора.

Раніше на автомобілях встановлювалися двополюсні та чотириполюсні генератори постійного струму. Вони працювали за принципом самозбудження з паралельним (шунтовим) підключенням обмоток порушення. Сьогодні генератори постійного струму, що працюють разом з контактними (вібраційними) регуляторами напруги,

повністю витиснуті генераторами перемінного струму із вбудованими в них випрямлячами.

Генератори перемінного струму в порівнянні з генераторами постійного струму мають наступні переваги:

- менші габарити та вагу. Питома потужність генераторів постійного струму не перевищує 45 Вт/кг, а генераторів перемінного струму досягає 129 Вт/кг. При тій же потужності генератори перемінного струму в 1,8...2,5 рази легше генераторів постійного струму;

- відсутність колектора дозволяє підвищити максимальну частоту обертання при роботі двигуна на холостому ходу, генератор у цьому режимі може віддавати до 40 % номінальної потужності;

- спрощується конструкція, тому що відсутні реле зворотного струму та обмежник струму;

- підвищується надійність та довговічність.

Позначення елементів сучасної генераторної установки відбувається в такий спосіб:

xxxx.3701 – генератор;

xxxx.3702 – регулятор напруги.

Перед точкою в позначенні ставляться відповідні цифри: перші дві цифри позначають порядковий номер моделі, третя – модифікацію виробу, четверта – виконання (1 – для холодного клімату, 2 – загальнокліматичне виконання, 3 – для помірного та тропічного клімату, 6 – експортне виконання, 7 – тропічне виконання, 8 – експортне виконання для країн з холодним кліматом, 9 – експортне загальнокліматичне виконання).

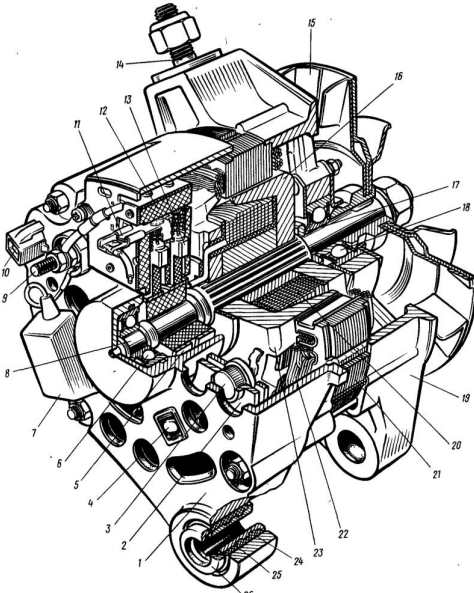
Цифри до крапки крім перших двох можуть опускатися. Іноді модифікація вказується цифрами через дефіс наприкінці позначення (наприклад, 121.3702-01). До введення цієї системи позначення генератора містило букву Г (Г250 та ін.), а регулятора напруги – букви РР (РР350 та ін.). Наступні за буквами цифри позначали номер моделі та модифікацію.

2.2. Пристрій, теоретичні основи та принципи дії генераторної установки

2.2.1. Генератор

Пристрій генераторної установки представлено на рисунку 2.1. Корпус генератора складається зі статора та двох кришок – передньої

й задньої. Передня та задня кришки генератора відлиті з алюмінієвого сплаву та з двох боків щільно притискаються до статора за допомогою чотирьох шпильок. Статор генератора встановлюється між кришками, причому їх посадкові місця контактують із зовнішньою поверхнею пакета статора. У ступицях кришок залиті кільця. Вони служать опорами для установки переднього та заднього шарикопідшипників і вала ротора генератора.



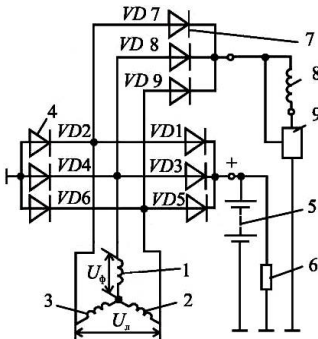
1, 19 – кришки; 2 – випрямний блок; 3 – вентиль випрямного блоку; 4 – гвинт кріплення випрямного блоку; 5 – контактне кільце; 6 – задній шарикопідшипник; 7 – конденсатор; 8 – вал ротора; 9 – вивід «30» генератора; 10 – вивід «61» генератора; 11 – вивід «В» регулятора напруги; 12 – регулятор напруги; 13 – щітка; 14 – шпилька кріплення генератора до натяжної планки; 15 – шків з вентилятором; 16 – полюсний наконечник ротора; 17 – дистанційна втулка; 18 – передній шарикопідшипник; 19 – кришка з боку привода; 20 – обмотка ротора; 21 – статор; 22 – обмотка статора; 23 – полюсний наконечник ротора; 24 – буферна втулка; 25 – втулка; 26 – підтискна втулка

Рисунок 2.1 – Генератор 37.3701 автомобілів ВАЗ 2109, 2110

Обмотка статора вітчизняних та закордонних генераторів – трифазна. Вона складається із трьох обмоток фаз, струми та напруги в

яких зміщені на 120° . Фази можуть з'єднуватися в «зірку» або «трикутник». При цьому розрізняють фазні та лінійні напруги й струми. Фазні напруги виникають між виводами обмоток фаз, а струми протікають у цих обмотках, лінійні напруги діють між проводами, що з'єднують обмотку статора з випрямлячем. На генераторі Г250 кожна котушка має по 13 витків мідного дроту, який намотано в три шари. Два нижні шари мають по п'ять витків та верхній шар – три витки. Котушки по шість штук включаються між собою послідовно, утворюючи фазу. Число витків у фазі – 78. Три фази статора генератора між собою з'єднані в «зірку».

Виводи трьох фаз обмоток статора приєднуються до виводів трифазного, двохполуперіодного діодного напівпровідникового випрямляча відповідно до рисунку 2.2.

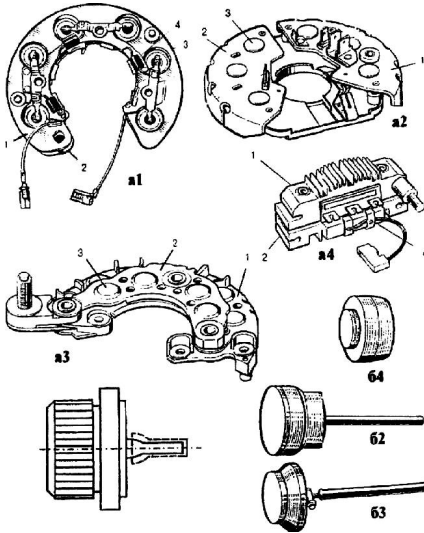


U_ϕ , U_L – фазна та лінійна напруги відповідно; 1, 2, 3 – обмотки трьох фаз статора; 4 – діоди силового випрямляча; 5 – акумуляторна батарея; 6 – навантаження; 7 – діоди випрямляча обмотки збудження; 8 – обмотка збудження; 9 – регулятор напруги

Рисунок 2.2 – Принципова схема генераторної установки

Типи випрямлячів генераторів наведено на рисунку 2.3.

По частоті змінного струму генератора можна вимірювати частоту обертання колінчатого вала двигуна, що використовується в реальних схемах підключенням тахометра або будь-якого іншого приладу, що реагує на частоту обертання колінчатого вала, до виводу обмотки статора.



a1 – випрямний блок БПВ 11-60 генератора 37.3701; a2 – випрямний блок генератора BOSCH; a3 – випрямний блок генераторів Nippon Denso; a4 – випрямний блок генераторів Magneti Marelli; 61, 62, 63, 64 – діоди цих блоків відповідно; 1 – позитивний тепловідвід; 2 – негативний тепловідвід; 3 – діоди основного випрямляча; 4 – діоди додаткового випрямляча

Рисунок 2.3 – Випрямлячі генераторів

Якщо зневажити спаданням напруги в обмотці статора, тоді напругу на виході генератора можна виразити формулою

$$U \approx E = C \cdot n \cdot \Phi, \quad (2.1)$$

де U – напруга на виході генератора,

E – е.р.с. генератора;

C – постійний коефіцієнт;

n – частота обертання ротора генератора;

Φ – магнітний потік генератора.

З формули (2.1) випливає, що чим вище частота обертання, тим більше напруга генератора. Щоб одержати сталість напруги при різних швидкостях обертання та навантаженнях генератора, необхідно змінювати магнітний потік Φ , який, у свою чергу, залежить від сили струму або часу включення струму в обмотці збудження. Характер зміни напруги випрямленого струму у функції частоти обертання ротора представлено на графіках (рисунок 2.4).

Останній спосіб одержав широке поширення в регуляторах напруги. Живлення обмотки збудження здійснюється від акумуляторної батареї або від самого генератора. В останньому випадку якщо обмотку збудження не підключати до акумуляторної батареї, то генератор працює за рахунок самозбудження: його первісна напруга утворюється за рахунок залишкового магнетизму дзюбоподібних наконечників ротора при відсутності струму в обмотці збудження, напруга зростає повільно, пропорційно збільшенню частоти обертання ротора (крива 1). Ця напруга викликає появу електричного струму в обмотці збудження, у результаті чого магнітний потік підсилюється та викликає лавинний процес збудження генератора. Однак самозбудження генератора відбувається на високих частотах обертання ротора. Тому в схему генераторної установки, якщо обмотка збудження не з'єднана з акумуляторною батареєю прямо, з'єднують через контрольну лампу потужністю 2–3 Вт. Невеликий струм, що надходить через цю лампу в обмотку збудження, забезпечує порушення генератора при низьких частотах обертання ротора. При підключенні до обмотки збудження струму навколо ротора утворюється потужне електромагнітне поле, тому повне порушення генератора настає при більш низькій частоті обертання ротора (крива 2).

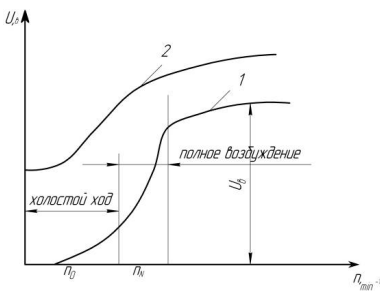


Рисунок 2.4 – Залежність зміни вихідної напруги генератора від частоти обертання ротора

Обмеження максимального струму генератора здійснюється шляхом відповідного підбору кількості витків статора, при якому зменшується початкова швидкість обертання ротора генератора на холостому ході. Зі збільшенням частоти обертання вала струм

генератора збільшується повільніше та не переверщує заданого максимального значення, тобто генератор набуває властивість самообмеження струму, що віддається (рисунок 2.5).

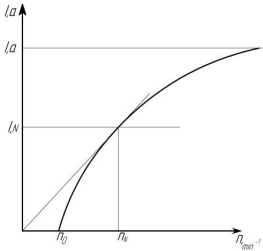


Рисунок 2.5 – Самообмеження сили струму генератора

Номінальна потужність генератора визначається добутком номінальної напруги на максимальну силу вихідного струму.

Максимальний струм, що віддається генератором, вказується звичайно при частоті обертання 5000 хв^{-1} , а для сучасних генераторів – при частоті 6000 хв^{-1} .

2.2.2. Регулятори напруги

Робота регулятора напруги полягає в автоматичній підтримці такої величини середнього струму порушення генератора (I_v), при якій величина регульованої напруги ($U_{\text{рег}}$) залишається практично постійною при зміні струму навантаження генератора та в діапазоні зміни швидкості обертання ротора генератора n_r , починаючи від деякої швидкості n_n , при якій генератор у процесі самозбудження досягає напруги, яка дорівнює регульованій (рисунок 2.6).

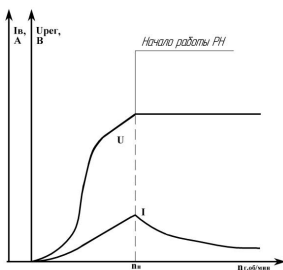


Рисунок 2.6 – Залежність вихідної напруги генератора при роботі регулятора напруги

По способу регулювання сили струму порушення регулятори підрозділяють на два види:

- безперервної дії, у яких всі сигнали являють собою безперервні функції часу зміною провідності матеріалів (наприклад, вугільний регулятор напруги);
- дискретної дії, що здійснюють модулювання сигналів (амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ), широтно-імпульсна модуляція (ШІМ), частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ) та ін.)

По конструктивних ознаках та застосовуваній елементній базі регулятори напруги підрозділяють на контактні (вібраційні), контактнотранзисторні та безконтактні (транзисторні, тиристорні та інтегральні).

2.3 Характерні несправності генераторних установок, методи їх виявлення та усунення

Генераторна установка справна, якщо забезпечує заряд акумуляторної батареї, розвиває напругу безпечну для споживача, та працює без шуму. Сучасні генераторні установки є високонадійними агрегатами. Часто за їхню відмову приймають відсутність контакту або коротке замикання в проводці автомобіля, спрацювання запобіжника, відмову амперметра та ін. Характерні несправності генераторних установок та методи їх усунення наведено в таблиці А.1.

2.4 Контрольні питання

1. Призначення генератора.
2. Як улаштовано генератор перемінного струму?
3. За якими конструктивними характеристиками розрізняють генератори?
4. Переваги генераторів перемінного струму в порівнянні з генераторами постійного струму?
5. Можуть чи ні генератори перемінного струму віддавати енергію до мережі на частоті обертання холостого ходу двигуна?
6. Принцип дії генератора.
7. Основні параметри генератора.
8. Основні характеристики генератора.
9. Принцип дії мостової схеми випрямляча трьохфазного генератора перемінного струму?
10. Від чого залежить напруга, що виробляється генератором?

11. Які фактори обумовлюють вибір генератора для конкретного автомобіля?
12. Принцип дії генераторної установки.
13. Призначення регуляторів напруги.
14. Як улаштовано регулятори напруги?
15. Якими параметрами характеризується регулятор напруги?
16. Які основні несправності можуть бути у генераторній установці та причини їх виникнення?

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Діагностування електрообладнання автомобіля з використанням приладу моделі Э214

Мета роботи: вивчити методику діагностування електрообладнання автомобіля приладом моделі Э214 та ознайомитися з основними прикладами його використання при виявленні несправностей та причин їх виникнення.

3.1 Загальні відомості

У процесі експлуатації в системі електроустаткування виникають різні несправності, що вимагають діагностування, регулювань та інших робіт з технічного обслуговування. Обсяг цих робіт становить від 11 до 17 % від загального обсягу робіт по технічному обслуговуванню й поточному ремонту автомобіля.

Велика кількість несправностей приладів системи електроустаткування найчастіше виникає в результаті зношування та незадовільного технічного обслуговування. Своєчасне виявлення несправностей значною мірою сприяє підвищенню експлуатаційних характеристик автомобілів.

При діагностуванні контрольно-вимірювальних приладів вимірюють основні параметри, які задані технічними умовами заводів-виготовлювачів. Діагностувати технічний стан електроустаткування в умовах станцій технічного обслуговування та великих автотранспортних підприємств потрібно за допомогою спеціальних стендів та приладів.

Сьогодні діагностують прилади електроустаткування в динаміці на працюючому двигуні, при якому одночасно перевіряють цілі ланцюги. Такі електронні стенди дозволяють здійснити

діагностування цілої низки параметрів при одному підключенні датчиків з максимальною точністю вимірів при мінімальній трудомісткості.

Електронні стенди значно скорочують трудомісткість діагностування, підвищують точність вимірювань нестационарних процесів, характерних для автомобілів, дають більш достовірні дані для висновку про їх технічний стан.

Принцип роботи приладів для перевірки системи запалювання та електроустаткування заснований на вимірюванні електричних величин, які при відхиленні від норми змінюють свої параметри. Ці параметри фіксуються вимірювальними пристроями та рівняються з еталонними показниками справного елемента системи запалювання або електроустаткування.

Діагностування електрообладнання автомобіля прибором моделі Э214 включає контроль технічного стану генераторів перемінного та постійного струму потужністю до 350 Вт, стартерів потужністю до 5.15 кВт, акумуляторних батарей, реле-регуляторів, розподільників батарейного запалювання та котушек запалювання при технічному обслуговуванні автомобілей з номінальною напругою 12 або 24 В та приєднаними до корпусу автомобіля від'ємними полюсами джерела струму.

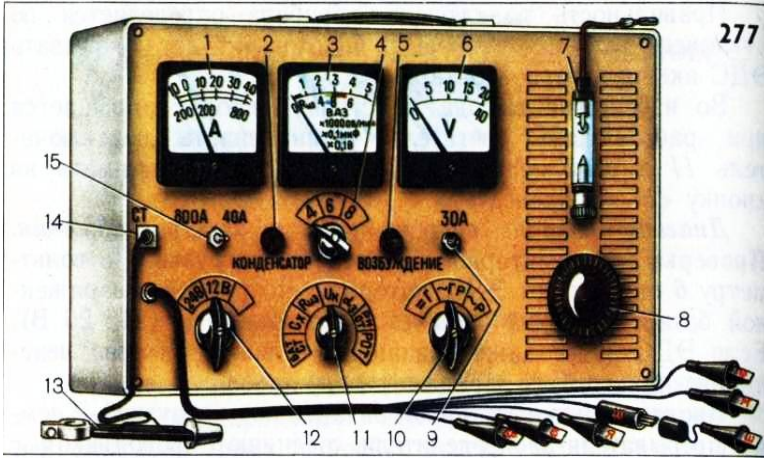
3.2 Конструкція та принцип дії приладу Э214 для перевірки електрообладнання автомобіля

3.2.1 Опис конструкції приладу Э214

Прилад складається з панелі та корпусу, які скріплено гвинтами.

Монтаж виконано на панелі (рис.3.1). Праворуч на панелі є жалюзі для відведення теплоти від реостату та навантаження.

На зворотньому боці панелі встановлено навантажувальний пристрій, шунт на 50 А, на гвинтах вимірювальних пристроїв закріплено печатну плату, на якій розміщені всі елементи схеми приладу.



1 – амперметр; 2 – кнопка для включення схем перевірок конденсатора; 3 – комбінований вимірювач; 4 – перемикач тахометра; 5 – кнопка для використання при перевірці генераторів перемінного струму; 6 – вольтметр; 7 – контрольний розрядник з регульованим іскровим проміжком; 8 – рукоятка реостата навантаження; 9 – кнопка ручного повертання біметалічного запобіжника; 10 – перемикач силових ланцюгів автомобіля; 11 – перемикач вимірювальних ланцюгів; 12 – перемикач напруги; 13 – джут дротів з пружинними затискачами для приєднання приладу до автомобіля; 14 – роз'єм для підключення зовнішнього шунта при перевірці стартерів; 15 – амперметр

Рисунок 3.1 – Загальний вид приладу Э214

Навантажувальний пристрій складається з ползункового реостату (2,8 Ом) з вимикачем навантаження, постійного додаткового опору до нього (0,4 Ом) та постійного опору (0,7 Ом), яке включається послідовно з реостатом навантаження та опором 0,4 Ом при встановленні перемикача навантаження в положення 24 В. Реостат вимикнено, якщо його рукоятку повернуто проти годинної стрілки до упору.

3.2.2 Опис схеми електричної принципіальної

Принципіальна електрична схема наведена на рисунку 1.2.

Комутація вимірювальних ланцюгів виконується перемикачем S3, а силових ланцюгів – перемикачем a2.

При перевірці електрообладнання з номінальною напругою 24 В перемикач а1 встановлюється в положення «24 В», при цьому:

- межа вимірювання вольтметру перемикається на 40 В;
- навантажувальний пристрій Е1 перемикається на 24 В (вводиться додатковий опір);
- відключається живлення вимірювальних ланцюгів, що призначені для перевірок вимірювача.

3.2.3 Органи керування та їх призначення

Всі органи керування розташовані на лицьовій панелі приладу.

Комутація схеми приладу для перевірки електроустаткування з номінальною напругою 12 або 24 В проводиться за допомогою перемикача 12, позиції якого позначені цифрами «12» та «24».

Комутація вимірювальних ланцюгів проводиться за допомогою перемикача 11, позиції якого позначені відповідно до виконання перевірок:

- «Бат. Ст» — перевірка батареї та стартера;
- «Сх» — перевірка ємності конденсатора;
- «Риз» — перевірка опору ізоляції конденсатора напругою 500 В;
- «Ук» — перевірка стану контактів переривника;
- «α3» — перевірка кута замкненого стану контактів переривника;
- «РН, ОТ» — перевірка генератора перемінного струму, регулятора напруги, обмежника струму;
- «РОТ» — перевірка генератора постійного струму, реле зворотного струму.

Позиції 1, 2, 3, 4 виконуються на непрацюючому двигуні, а позиції 5, 6, 7 — на працюючому.

Комутація силових ланцюгів проводиться за допомогою перемикача 10, позиції якого мають наступні позначення:

- «= Г» — перевірка генераторів постійного струму;
- «~ Г, Р = » — перевірка генератора змінного струму та реле-регулятора постійного струму;
- « ~ Р» — перевірка реле-регулятора змінного струму та реле зворотного струму.

Комутація схеми тахометра відповідно до числа циліндрів двигуна, що перевіряється, проводиться за допомогою перемикача 4, позиції якого позначені цифрами «4», «6», «8».

Комутація амперметра до зовнішнього шунта (800 А) або до внутрішнього шунта (40 А) здійснюється перемикачем 15.

Зміна навантаження проводиться за допомогою реостата 8. При повороті реостата 8 у крайнє ліве положення навантажувальний пристрій вимикається. На ручці є покажчик, що позначає напрямок збільшення струму навантаження.

Натисканням кнопки 2 («Конденсатор») включається іспитова напруга 500 В.

Натисканням кнопки 5 («Порушення») батарея підключається прямо до обмотки збудження генератора.

Кнопка 9 (30 А) термобіметаличного запобіжника вискакує при перевантаженні або короткому замиканні. Після усунення причини перевантаження ланцюг замикається вручну натисканням кнопки.

Підключення приладу до автомобіля — одноразове, ніяких Perez'єднань при виконанні перевірок не потрібно. Виключення становлять перевірки конденсатора («Сх» та «Риз»), при яких вивід конденсатора повинно від'єднати від розподільника.

3.2.4 Підготовка приладу до експлуатації

Перед підключенням приладу до електроустаткування автомобіля встановити органи керування в наступні положення:

- перемикач 12 у положення «12» або «24» залежно від номінальної напруги електроустаткування автомобіля;
- перемикач 4 у положення «4», «6» або «8» залежно від кількості циліндрів двигуна;
- перемикач 10 у положення «~Р» або «~Г, Р=» залежно від типу генераторної установки;
- перемикач 11 у положення «Бат.Ст»;
- ручку 8 повернути вліво до упору;
- перемикач 15 у положення «800 А».

Підключати прилад при непрацюючому двигуні (запалювання повинне бути виключене).

При підключенні приладу до двигуна з генераторною установкою перемінного струму необхідно виконати наступні операції:

- від'єднати дріт від клеми «+» батареї та встановити виносний шунт; дріт приєднати до іншого затискача шунта; потенційні виводи шунта приєднати до приладу через роз'єм 14;
 - приєднати дріт «Пр» до клеми переривника;
 - приєднати дріт «-» до корпусу переривника;
 - від'єднати дріт від клеми «+» генератора та приєднати дріт «Б», «Ш» відповідно до клем «+», «Ш» генератора.
 - приєднати дріт «+» до дроту, що від'єднано.
- Дріт «Я» не використовується.

3.3 Послідовність виконання роботи

Перевірки «Сх», «Риз» та «Ук» виконують при непрацюючому двигуні.

При перевірці конденсатора його вивід повинен бути від'єднано від розподільника та приєднано до дроту «Пр».

Щоб уникнути виходу приладу з ладу категорично забороняється натискати кнопку 2 «Конденсатор» при працюючому двигуні.

3.3.1 Перевірка батареї та стартера

Перевірку батареї та стартера виконують при виключених споживачах електричної енергії на автомобілі. При правильному підключенні приладу вольтметр 6 реєструє е.р.с. батареї.

Залежно від стану заряду та кліматичних умов е.р.с. батареї може бути в межах 12...13 В (25...26 В). Перевірку акумуляторної батареї під навантаженням проводять шляхом включення стартера. Для запобігання запуску двигуна слід установити перемичку між виводом переривника та корпусом. Важіль перемикання передач повинен перебувати в нейтральному положенні. Напруга справної зарядженої батареї повинна бути не нижче 10,2 В (20,4 В). Амперметр 7 реєструє струм, споживаний стартером у режимі пуску.

Напруга справної зарядженої батареї повинна бути не нижче 10,2 В (20,4 В).

Амперметр 1 реєструє струм, що споживає стартер в режимі пуску.

Для перевірки стартера в режимі повного гальмування необхідно включити пряму передачу, поставити автомобіль на гальма та включити стартер. Споживаний стартером струм повинен бути не

більше, а напруга на ньому не менше встановлених норм для стартера, що перевіряється, у режимі повного гальмування. Якщо напруга буде менше норми, то необхідно перевірити ланцюг живлення стартера та акумуляторну батарею, тому що велике спадання напруги викликане їхньою несправністю. При перевірці необхідно, щоб батарея була повністю заряджена, а якщо ні, то можна одержати занижені значення. По закінченню перевірки зняти перемичку з розподільника.

3.3.2 Перевірка конденсатора

При перевірці конденсатора необхідно від'єднати вивід конденсатора від клеми розподільника. Дріт «Пр» підключити до від'єданого виводу.

Інші підключення не змінюються.

Перевіряють конденсатор при непрацюючому двигуні.

При перевірці ємності конденсатора встановити перемикач 11 у положення «Сх». Натиснути кнопку 2 («Конденсатор»), відрахувати ємність по шкалі 0...5 вимірювального приладу 3, результат множиться на 0,1 мкФ. Ємність справного конденсатора повинна бути в межах установлених значень.

При перевірці опору ізоляції конденсатора встановити перемикач 11 у положення «Риз», натиснути кнопку 2 («Конденсатор»). При справному конденсаторі показання вимірювального приладу 3 повинні бути в зоні «Риз».

Перевірку ізоляції виконують під напругою 500 В, тому необхідно дотримувати запобіжні заходи. По закінченню перевірки приєднати конденсатор до переривника.

3.3.3 Перевірка стану контактів переривника

Для перевірки стану контактів переривника необхідно встановити перемикач 11 у положення «а3». Включити запалювання.

При цьому стрілка вимірювального приладу може бути в двох положеннях: якщо контакти переривника замкнуті, на приладі є повне відхилення стрілки або якщо розімкнені, тоді стрілка не відхилиться.

Якщо стрілка приладу на нулі, тоді повертаючи колінчатий вал двигуна вручну, замкнути контакти переривника (повне відхилення стрілки). Перевести перемикач в положення «Ук» та зняти показання за шкалою «V».

Вимірник 3 зареєструє спадання напруги на замкнених контактах переривника. Відлік проводиться, по шкалі 0+5, результат множиться на 0,1 В. Спадання напруги на контактах повинне бути не більш 0,1 В. При більших значеннях «Ук» контакти зачистити або замінити.

3.3.4 Перевірка кута замкненого стану контактів переривника

Встановити перемикач 11 у положення, що відповідає кількості циліндрів двигуна в зоні вимірювання частоти обертання. Запустити двигун та встановити частоту обертання колінчатого вала 1000 об/хв.

Показання вимірювального приладу 3 повинні перебувати в межах зони «а3», відповідної до числа циліндрів двигуна, що перевіряється.

Для регулювання кута замкненого стану контактів необхідно зняти кришку та ротор розподільника. Відпустити гвинт кріплення стійки нерухливого контакту. Включити стартер та, повертаючи гвинт регулювання, установити такий зазор між контактами, щоб стрілки покажчика розташовувалися в межах відповідної зони. Для перевірки стану пружини рухливого контакту побільшати оберти до 3500...4000 об/хв. Зміна кута замкненого стану контактів повинна бути не більш половини зони ($\approx 2^\circ$). А якщо ні, то контакт разом із пружиною необхідно замінити.

3.3.5 Перевірка генераторної установки перемінного струму

Перевірка генератора на віддачу. При перевірці генератора без навантаження частоту обертання двигуна збільшують повільно, не допускаючи виникнення підвищеної напруги, небезпечної для діодів випрямляча. Практично необхідно не допускати зашкалювання стрілки вольтметра 6.

Встановити перемикач силових ланцюгів у положення « $\sim$ ГР $\Rightarrow$ », перемикач вимірювальних ланцюгів 11 — у положення «РТ, ОТ», перемикач 15 — у положення «40 А». Навантажувальний пристрій повинно бути виключено.

Після цього запускають двигун та, плавно збільшуючи частоту обертання, стежать за показаннями тахометра (вимірювач 3) та вольтметра 6. Відзначити число обертів, при яких генератор збудиться

до номінальної напруги. При справному генераторі частота обертання повинна бути не вище припустимої.

Якщо генератор не збуджується або працює ненормально, треба натиснути кнопку 5 «Порушення», тобто батарею безпосередньо підключити до обмотки збудження. Якщо при цьому генератор не збуджується або працює ненормально, значить він несправний, а якщо генератор буде працювати нормально — несправний регулятор напруги. Поворотом реостата 8 навантаження праворуч включити навантажувальний пристрій. Амперметр 1 буде вказувати струм у зовнішньому ланцюзі генератора.

Поступово збільшити струм навантаження генератора до номінального, підтримуючи напругу рівною номінальній шляхом збільшення частоти обертання колінчатого вала двигуна. Частота обертання, при якій напруга та струм номінальні, повинна бути не більш припустимих значень.

Перевірка реле-регулятора. Встановити перемикач 10 у положення «~Р».

Встановити частоту обертання колінчатого вала двигуна та величину навантаження для даного типу реле-регулятора. Вольтметр 6 буде показувати напругу, яка підтримується реле-регулятором (вона повинна бути в межах установлених значень).

Регулювання регулятора напруги здійснюється зміною натягу пружини реле напруги. Якщо напруга вище припустимої, треба послабити пружину, нижче — побільшати натяг пружини.

3.3.6 Перевірка системи запалювання

При перевірці системи запалювання на працюючому двигуні перевіряють безперебійність іскрового розряду на розряднику 7.

Для цього необхідно зняти спеціальним захватом свічковий дріт (при необхідності кожний по черзі) з кришки розподільника та на його місце вставити дріт від іскрового розрядника 7.

Встановити на розряднику 7 зазор 7 мм. Побільшати частоту обертання колінчатого вала двигуна до максимальної та візуально визначити безперебійність іскрового розряду. Якщо двигун не запускається, необхідно встановити несправність системи запалювання та усунути її.

3.4 Зміст звіту про виконану роботу

При підготовці до роботи необхідно вивчити принцип дії та улаштування пристрою моделі Э214 для перевірки електрообладнання автомобіля.

Робота з діагностування електрообладнання автомобіля приладом моделі Э214 виконується в наступній послідовності:

- виконати заготовку звіту;
- визначити тип та технічні характеристики електрообладнання та занотувати у звіті;
- вивчити теоретичні основи проведення діагностування електрообладнання;
- записати результати вимірювань, які одержані в процесі діагностування;
- проаналізувати результати вимірювань;
- записати висновок.

3.5 Контрольні запитання

1. Призначення, конструкція та принцип дії приладу Э214.
2. Порядок проведення перевірки батареї та стартера.
3. Порядок проведення перевірки конденсатора.
4. Порядок проведення перевірки стану контактів переривника.
5. Порядок проведення перевірки кута замкнутого стану контактів переривника.
6. Порядок проведення перевірки генераторної установки перемінного струму на віддачу.
7. Порядок проведення перевірки реле-регулятора.
8. Порядок проведення перевірки системи запалювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навчальний посібник (частина II) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха–Тернопіль: ТНТУ, 2016. –163с. – Режим доступу: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18171/1/EEOA_Lect_%D0%86%D0%86%D0%86_FullText.pdf
2. Сажко В.А. Електричне обладнання автомобілів і тракторів: Підручник. – К.: Каравела, 2009. – 400 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Sazhko_2009.pdf
3. Електричне обладнання автомобілів: Навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни. Ч.І/С.А. Мартиненко – Лозова: ЛФ ХАДТ, 2016. – 90с. – Режим доступу: <https://s05b59766c9b6c2ba.jimcontent.com/download/version/1521704597/module/14818138922/name/%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%A1%D0%92%D0%94%20%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%D0%B2%202016.pdf>

Додаток А

Таблиця А.1 – Характерні несправності генераторних установок та методи їх усунення

Несправності	Причини виникнення	Способи усунення
Генератор не забезпечує заряд АКБ. Напруга регулятора досягає регульованої величини тільки при підвищеній частоті обертання ротора. Недостатня потужність генератора.	Окислення виводів АКБ	Зачистка та змащення виводів АКБ
	Слабке натягіння привідного ременя	Установлення натягіння привідного ременя
	Порушення проводки між елементами генераторної установки та споживачами	Усунення порушення ланцюгів комутації
	Підвищене падіння напруги в контактних з'єднаннях ланцюгу між регулятором напруги та бортовою мережею	Усунення порушення ланцюгів комутації
	Підвищений опір або обривання ланцюгу обмотки збудження	Припайка кінців обмотки до контактних кілець
	Замикання обмотки збудження на корпус ротора	Усунення замикання на корпус, заміна обмотки або ротора
	Міжвіткове замикання в котушці обмотки збудження при перегріванні або механічному порушенні	Усунення міжвіткового замикання, заміна обмотки або ротора
	Замикання обмотки статора на корпус внаслідок механічного або теплового порушення ізоляції	Усунення замикання на корпус, заміна обмотки або статора
	Обривання однієї фази в ланцюгу обмотки статора	Усунення обривання, заміна обмотки або статора
	Міжвіткове замикання в котушках обмотки статора	Усунення міжвіткового замикання, заміна обмотки, статора

Продовження табл. А.1

АКБ розряджається через обмотку статора	Пробивання діодів випрямляча	Заміна діодів випрямляча або випрямляча
Перезарядження АКБ	Несправність регулятора напруги	Заміна регулятора напруги
Різкі коливання стрілки амперметра	Забруднення та змащування контактних кілець, зношування щіток, зменшення тиску пружин на щітки	Очищення контактних кілець та щіток, заміна щіткотримачів, пружин та щіток
Перегрівання та вихід з ладу генераторної установки	Замикання зажиму «+» генератора на корпус	Усунення порушення ізоляції зажиму або ізоляції дроту