

МЕТОДИ І ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

УДК 621.314

DOI: 10.31471/1993-9981-2019-2(43)-59-67

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОТРАНСПОРТУ

М. Я. Шевчук, І. В. Гладь, Я. В. Бацала, О. І. Кіянюк

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019,
ereo@nung.edu.ua*

В даній статті наведені причини посиленого розряду автомобільних акумуляторів, розглянута конструкція пуско-зарядного пристрою підвищеної надійності. Перераховано найбільш ушкоджені вузли системи електрообладнання автотранспортних засобів, показана диференціація елементів з позиції їх структурної надійності, визначено шляхи підвищення надійності елементів системи електрообладнання. Показано, що основними причинами пошуку оптимальних режимів роботи електрообладнання транспортних засобів є економічний фактор, вплив на екологію, необхідність зменшення залежності від постійного дорожчання нафтопродуктів. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї автомобілів є стартерними, тобто не передбачають глибокого розряду. В результаті глибокого розрядження акумулятора на його пластинах відбувається явище сульфатації та осипання активної маси. Чим довше акумуляторна батарея перебуває в розрядженому стані, тим активніше відбувається її старіння і зменшується стартерний струм. Тому актуальним є питання регулярного дозарядження акумулятора та гарантованого заведення двигуна внутрішнього згоряння при розрядженому акумуляторі. Встановлено, що причинами швидкого розряду акумулятора або зменшення його ємності можуть бути відхилення густини електроліту від рекомендованого значення, сульфатація пластин і осипання їх активної маси, несправність електрообладнання автомобіля. Більшість серійних зарядних пристроїв не розраховані на пуск автомобільного двигуна, а моделі, що спеціально для цього призначені, мають високу ціну. Складність і значний об'єм робіт з дослідження і прогнозування надійності системи електрообладнання автомобілів вимагає зусиль спеціалістів, а також узгодженості і координації їх діяльності шляхом розробки методичних рекомендацій спочатку для розв'язання часткових, а потім і загальних питань даної проблеми. Показано, що при розв'язанні питань, зв'язаних з організацією технічного обслуговування, встановленням міжремонтних термінів і об'ємів ремонтів системи електрообладнання автомобілів, велике значення мають кількісні показники надійності кожного елемента, який входить в дану систему. Розроблений пуско-зарядний пристрій дасть змогу скоротити витрати часу на пуск автомобільного двигуна в холодний період, а також суттєво підвищить ресурс акумулятора за рахунок його повного заряду.

Ключові слова: електрообладнання автотранспортних засобів, автомобільний акумулятор, пуско-зарядний пристрій, надійність.

В данной статье приведены причины усиленного разряда автомобильных аккумуляторов, рассмотрена конструкция пуско-зарядного устройства повышенной надежности. Перечислены наиболее повреждаемые узлы системы электрооборудования автотранспортных средств, показана дифференциация элементов с позиции их структурной надежности, определены пути повышения надежности элементов системы электрооборудования. Показано, что основными причинами поиска оптимальных режимов работы электрооборудования транспортных средств являются экономический фактор, влияние на экологию, необходимость уменьшения зависимости от постоянного удорожания нефтепродуктов. Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи автомобилей являются стартерными и не предусматривают глубокого разряда. В результате глубокого разряда аккумулятора на его пластинах происходит явление сульфатации и осыпания активной массы. Чем дольше аккумуляторная батарея находится в разряженном состоянии, тем активнее происходит ее старение и уменьшается стартерный ток. Поэтому актуальным является вопрос регулярного

дозаряда аккумулятора и гарантированного запуска двигателя внутреннего сгорания при разряженном аккумуляторе. Установлено, что причинами быстрого разряда аккумулятора или уменьшения его емкости могут быть отклонения плотности электролита от рекомендуемого значения, сульфатация пластин и осыпание их активной массы, неисправность электрооборудования автомобиля. Большинство серийных зарядных устройств не рассчитаны на пуск автомобильного двигателя, а модели, специально для этого предназначенные, имеют высокую цену. Сложность и значительный объем работ по исследованию и прогнозированию надежности системы электрооборудования автомобилей требует усилий специалистов, а также согласованности и координации их деятельности путем разработки методических рекомендаций сначала для решения частных, а затем и общих вопросов указанной проблемы. Показано, что при решении вопросов, связанных с организацией технического обслуживания, установлением межремонтных сроков и объемов ремонтов системы электрооборудования автомобилей, большое значение имеют количественные показатели надежности каждого элемента, входящего в данную систему. Разработанное пуско-зарядное устройство сокращает затраты времени на пуск автомобильного двигателя в холодное время, а также существенно повышает ресурс аккумулятора за счет его полного заряда.

Ключевые слова: электрооборудования автотранспортных средств, автомобильный аккумулятор, пуско-зарядное устройство, надежность.

This paper presents the reasons for the increased level of automobile accumulators are given, the design of the start-charging device of increased reliability is considered. The most damaged nodes of the system of electrical equipment of motor vehicles are listed, the differentiation of elements from the standpoint of their structural reliability is shown, ways of increasing the reliability of the elements of the electrical equipment system are determined. It is shown that the main reasons for finding optimal modes of operation of vehicles electrical equipment are the economic factor, the impact on the environment, the need to reduce the dependence on the constant rise in price of petroleum products. Car lead acid batteries are starter batteries, that is, they do not involve deep discharge. As a result of the deep discharge of the battery on its plates, the phenomenon of sulfitation and shedding of the active mass. The longer the battery is discharged, the more active it becomes and the starter current decreases. Therefore, the issue of regular recharging of the battery and guaranteed starting of the internal combustion engine with a discharged battery is urgent. It is established that the causes of rapid discharge of the battery or reduction of its capacity may be the deviation of the electrolyte density from the recommended value, the sulfation of the plates and the shedding of their active mass, malfunction of the vehicle electrical equipment. Most serial chargers are not designed for starting a car engine, and specially designed models have a high price. The complexity and considerable volume of work on researching and predicting the reliability of the car electrical system requires the efforts of specialists, as well as the coordination and coordination of their activities by developing methodological recommendations first to address partial and then general issues of the problem. It is shown that quantitative indicators of the reliability of each element included in the system are of great importance when addressing issues related to the organization of maintenance, the establishment of overhaul terms and repair volumes of the car electrical system. The developed charger will reduce the time spent on starting the car engine during the cold period, as well as significantly increase the battery life due to its full charge.

Key words: electrical equipment of motor vehicles, car battery, start-charger, reliability

Вступ

Розвиток ринку автотранспортних засобів зумовлений необхідністю зменшення залежності від постійного дорожчання нафтопродуктів, впливу на екологію, але основною причиною пошуку оптимальних режимів роботи електрообладнання транспортних засобів є економічний фактор. Постійний розвиток технологій призводить до збільшення кількості електроніки та підвищення ресурсу роботи акумуляторів, світові лідери виробництва автомобілів впроваджують нові технології, застосовують інноваційні розробки.

Актуальність і невирішені питання

Нерідко доводиться спостерігати таку картину: власники легкових автомобілів, не запустивши холодний двигун і остаточно розрядивши акумулятор, в паніці звертаються до колег з проханнями тимчасово приєднатись до їх акумулятора або завести автомобіль буксуванням. Це відбувається через швидко розряджений акумулятор.

Свинцево-кислотні акумуляторні батареї автомобілів є стартерними, тобто не передбачають глибокого розряду. В результаті глибокого розрядження акумулятора на його пластинах відбувається явище сульфатації та

осипання активної маси. Чим довше акумуляторна батарея перебуває в розрядженому стані, тим активніше відбувається її старіння і зменшується стартерний струм. Тому питання регулярного дозаряджання акумулятора та гарантованого заведення двигуна внутрішнього згорання при розрядженому акумуляторі є актуальною задачею [1].

Постановка завдання

Метою цієї роботи було виявлення проблем при експлуатації електрообладнання автомобілів, розробка заходів підвищення його надійності та конструювання недорогого та надійного пуско-зарядного пристрою [2].

Результати

В результаті аналізу першоджерел встановлено, що причинами швидкого розряду акумулятора або зменшення його ємності можуть бути відхилення густини електроліту від рекомендованого значення, сульфатація пластин і осипання їх активної маси, несправність електрообладнання автомобіля.

Електрообладнання автомобіля забезпечує прискорений заряд акумулятора постійною напругою. Однак при такому режимі існує імовірність систематичного недозаряду акумулятора і, як наслідок, зменшення його ємності. Для запобігання зменшення ємності акумулятора та продовження терміну його роботи необхідно проводити систематичний підзаряд постійним струмом фіксованого значення [3].

Для цієї мети як промисловістю, так і багатьма автолюбителями-радіоаматорами

розроблено багато різноманітних зарядних пристроїв. Переважно це багатофункціональні пристрої, що забезпечують автоматичне підтримання встановленої величини зарядного струму акумулятора та його відключення вкінці заряду, десульфатацію пластин при заряді постійним асиметричним струмом. Особливої уваги вартує можливість пуску двигуна від зарядного пристрою.

Однак більшість серійних зарядних пристроїв не розраховані на пуск автомобільного двигуна, а моделі, що спеціально для цього призначені, мають високу ціну. Тому конструкторська думка багатьох автолюбителів-радіоаматорів спрямована на створення малогабаритного дешевого автоматичного пуско-зарядного пристрою. Але при цьому недостатня увага приділяється його експлуатаційній надійності.

Як відомо, вартість пристрою, тривалість і складність виготовлення прямо пропорційна кількості його елементів, а надійність – їй обернено пропорційна. Крім того, коректування густини електроліту, тренувальний заряд-розряд і при необхідності десульфатацію акумулятора якісно може виконати тільки спеціаліст.

Отже, при експлуатації автомобіля в зимовий період іноді доводиться, як вказувалося вище, швидко дозарядити акумулятор та мати можливість пуску двигуна від нескладного і надійного пуско-зарядного пристрою (ПЗП).

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень авторами розроблена саме така конструкція ПЗП.

Структурна схема ПЗП приведена на рисунку 1.

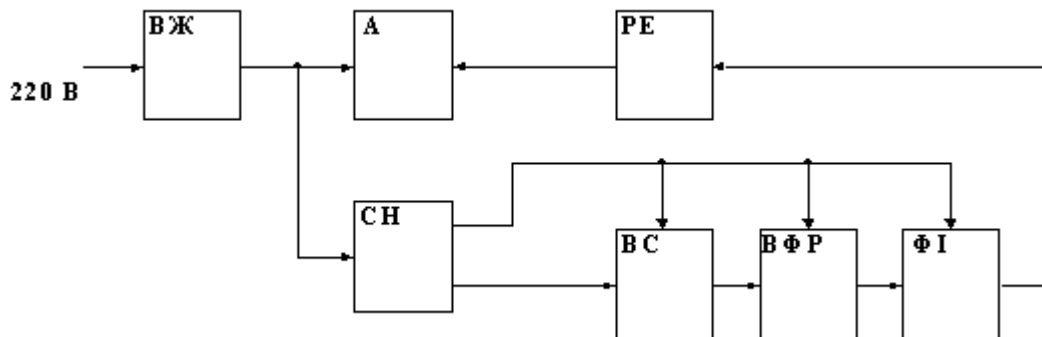


Рисунок 1 – Структурна схема пуско-зарядного пристрою.

ПЗП складається із вузла живлення ВЖ, схеми управління СУ та регулюючого елемента РЕ. Принцип роботи СУ ПЗП ґрунтується на методі розімкнутого імпульсно-фазового регулювання випрямленої напруги.

Регулюючий елемент РЕ, в якості якого застосовано тиристор VS1, забезпечує

необхідну величину напруги на акумуляторі GB1.

Схема управління СУ складається з стабілізатора напруги СН, вузла синхронізації ВС, вузла фазового регулювання ВФР та формувача імпульсів ФІ. Принципова схема ПЗП приведена на рисунку 2.

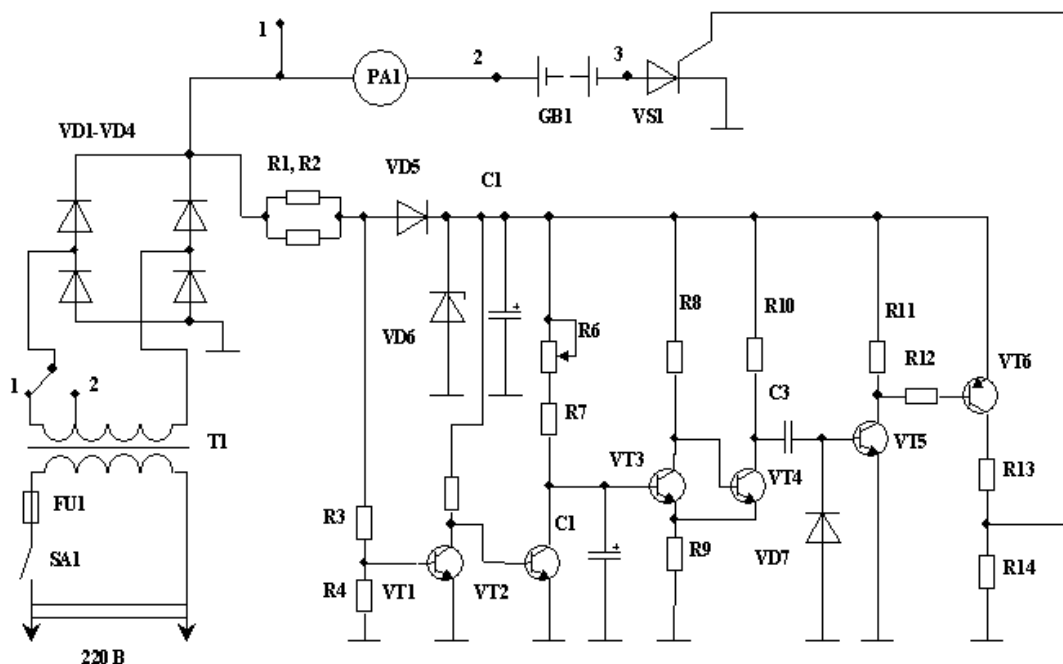


Рисунок 2 – Електрична принципова схема пуско-зарядного пристрою.

Вузол живлення ВЖ призначений для пониження напруги мережі і її випрямлення. Він містить понижуючий силовий трансформатор Т1, випрямляч на напівпровідникових діодах VD1-VD4, плавкий запобіжник FU1 та вимикач SA1. Для контролю за струмом заряду акумулятора GB1 наявний стрілковий амперметр PA1.

СН, виконаний на резисторах R1, R2, діоді VD5, стабілітроні VD6 і конденсаторі C1, обмежує зверху пульсуючу напругу з випрямляча VD1-VD4, необхідну для роботи вузла синхронізації ВС, а також формує постійну напругу для живлення решти вузлів ПЗП.

Вузол синхронізації ВС, зібраний на транзисторах VT1, VT2 і резисторах R3-R5, забезпечує синхронізацію роботи СУ з початком півхвиль випрямленої напруги.

Вузол фазового регулювання ВФР, що складається з резисторів R6-R10, транзисторів

VT3, VT4 і конденсатора C2, призначений для реалізації імпульсно-фазового регулювання випрямленої напруги.

Формувач імпульсів ФІ, виконаний на транзисторах VT5-VT6, резисторах R11, R12, діоді VD7 та розділювальному конденсаторі C3, формує імпульси управління тиристором VS1 з крутим фронтом необхідної амплітуди і тривалості.

Схема працює наступним чином.

Напруга мережі понижується трансформатором Т1 до значення 18 В (перемичка трансформатора знаходиться в положенні 1) і випрямляється діодами VD1-VD4, опісля подається через струмообмежуючі резистори R1, R2 на стабілітрон VD6, який обмежує її амплітуду до величини 12 В. Випрямлена і обмежена напруга, пульсації якої згладжені фільтруючим конденсатором C1, надходить на решту вузлів схеми. Діод VD5

призначений для розділення кіл постійної і випрямленої пульсуючої напруги.

При проходженні амплітуди випрямленої пульсуючої напруги через нульове значення транзистор VT1 вузла синхронізації ВС закривається, а VT2 – відкривається. При цьому конденсатор C2 вузла фазового регулювання ВФР швидко розряджається. Після появи наступного трапецієподібного імпульсу транзистор VT2 закривається і на конденсаторі C2 часозадаючої ланки R6-C2 напруга наростає за експоненціальним законом. Швидкість її наростання обернено пропорційна величині опору змінного резистора R6.

При досягненні напруги на конденсаторі C2 значення порогу спрацювання тригера Шмітта його транзистор VT3 відкривається, а VT4 – стрибкоподібно закривається.

Конденсатор C3 формувача імпульсів ФІ диференціює прямокутний імпульс напруги, який виник на колекторі транзистора VT4. Діод VD7 призначений для перезаряду конденсатора C3. Продиференційований імпульс надходить на базу транзистора VT5 і відкриває його. Транзистор VT6 теж відкривається і формує короткий прямокутний імпульс управління тиристором VS1, що надходить на керуючий електрод через струмообмежуючий резистор R1.

Тривалість імпульсу управління прямо пропорційна ємності диференціюючого конденсатора C3 і становить 1 мс [4]. Тиристор VS1 відкривається і через акумулятор GB1 протікає зарядний струм. Після появи наступного імпульсу випрямленої напруги процес повторюється.

Для заряду акумулятора його приєднують до клем 2 і 3 ПЗП, враховуючи полярність. Вмикають ПЗП в мережу і змінним резистором встановлюють потрібну силу зарядного струму, яка контролюється за показами амперметра.

Для пуску двигуна встановлюють перемикач трансформатора в положення 2 і, враховуючи полярність, приєднують клеми 1 і 3 ПЗП до клем акумулятора, що встановлений на автомобілі. Вмикають ПЗП в мережу. При цьому випрямлена напруга величиною 14 В надходить на електрообладнання автомобіля та акумулятор. Далі виконують пуск автомобільного двигуна.

Після успішного пуску вмикають ПЗП з мережі.

Параметри основних елементів ПЗП приведені у таблиці 1.

Основні технічні характеристики ПЗП приведені у таблиці 2

Таблиця 1 – Параметри елементів ПЗП

Позначення	Параметри	Позначення	Параметри
R1, R2	МЛТ-2 470 Ом	C1	K50-6 1000 мкФ 25 В
R3	МЛТ-2 470 Ом	C2	K50-6 2,2мкФ 25 В
R4	МЛТ-0,25 4,3 кОм	C3	K73-17 33 нФ
R5, R10	МЛТ-0,25 8,2 кОм	VD1-VD4	Д161-160
R6*	СП-3 10 кОм	VD5	Д226
R7	МЛТ-0,25 220 Ом	VD6	Д814Д
R8	МЛТ-0,25 11 кОм	VD7	Д223
R9, R14	МЛТ-0,25 1 кОм	VS1	T142-80
R11	МЛТ-0,25 11 кОм	VT1-VT5	КТ315Г
R12	МЛТ-0,5 390 Ом	VT6	КТ816Г
R13	МЛТ-0,5 15 Ом		

Таблиця 2 – Технічні характеристики ПЗП

Максимальна потужність, Вт	2000
Напруга живлення, В	220
Напруга пуску двигуна, В	14
Діапазон зарядної напруги, В	0...16
Діапазон зарядного струму, А	0...10
Маса, кг	23

Система електрообладнання автотранспортних засобів (СЕА) являється однією із найважливіших систем, тому від надійності її роботи залежить експлуатаційна надійність автотранспортного засобу (АТЗ).

Під час роботи двигуна джерелом постійного струму служить генератор, а при непрацюючому двигуні – акумуляторна батарея (АБ). Основні частини АБ – моноблок, додатні та від'ємні пластини, сепаратори кришок і з'єднувальні перетинки. АБ заповнюється електролітом.

В даний час АТЗ комплектуються генераторами змінного струму (ГЗС) з вмонтованим випрямлячем [1].

ГЗС є трифазний синхронний з електромагнітним збудженням і вмонтованим всередині випрямним блоком. Він складається з набраного з пластин електротехнічної сталі статора з обмотками, ротора із дзьобоподібними полюсами, обмоткою збудження та двома струмопідвідними контактними кільцями, кришки із закріпленим випрямним блоком і щіткотримачем та кришки зі сторони приводу, привідного шківів і вентилятора. ГЗС є водостійкого виконання, оскільки обмотки статора і ротора просочені спеціальним лаком. ГЗС кріпиться з лівого боку двигуна і приводиться в рух клинопасовою передачею від колінчастого валу.

Для підтримання напруги на затискачах генератора незалежно від частоти обертання валу двигуна в електричну схему вводиться регулятор напруги.

Транзисторні регулятори напруги складаються з кремнієвих транзисторів, напівпровідникових діодів, стабілітронів, конденсаторів і резисторів, зібраних на друкованій платі, яка розміщена у корпусі з штепсельним роз'ємом.

Найбільш сучасним є інтегральний регулятор напруги, який є залитий герметизуючим компаундом і вмонтовується безпосередньо в ГЗС зі сторони випрямного блоку.

Система запалювання призначена для запалення робочої суміші в циліндрах двигуна в строго визначені моменти часу. Вона складається з котушки запалювання, переривача-розподільника з іскрогасним конденсатором, свічок запалювання, вимикача

запалювання та провідників високої і низької напруги.

Котушка запалювання служить для перетворення струму низької напруги в струм високої напруги (з 12В до 20-24кВ). Котушка складається з осердя, первинної і вторинної обмоток, сталюого корпусу з магнітопроводами, карболітової кришки і клем. Вторинна обмотка розташована під первинною і відокремлена від неї шаром ізоляції. Кінці первинної обмотки виведені на клему карболітової кришки. Один кінець вторинної обмотки з'єднаний з первинною обмоткою, а другий виведений на центральну клему кришки.

Для недопущення перегріву котушки при пуску двигуна служить додатковий резистор, який виготовлений з високоомного провідника, скрученого в спіраль і розміщеного у пазах фарфорового ізолятора. Останній закріплений безпосередньо на фланці кріплення котушки запалювання.

Переривач-розподільник служить для переривання струму низької напруги котушки запалювання і розподілу струму високої напруги по свічках запалювання відповідних циліндрів двигуна. Переривач встановлений на двигуні і приводиться в дію від розподільного валу. Основними частинами переривача-розподільника є корпус, привідний вал, рухомий диск (на ньому розміщені ізолюваний важіль з контактом і нерухомий контакт із стійкою) і нерухомий диск, відцентровий і вакуумний регулятори випередження запалювання, кулачок з виступами по кількості циліндрів. Кулачок з'єднаний з привідним валом через відцентровий регулятор. Контакти переривача покриті тугоплавким металом – вольфрамом.

Розподільник встановлений зверху на корпусі переривача і складається з ротора і кришки. Ротор виготовлений у вигляді грибка з карболіту. Зверху в нього вмонтована пружна латунна пластина. В центрі кришки розміщений підпружинений вугільний контакт.

Свічки запалювання призначені для запалювання робочої суміші в циліндрах двигуна. Свічка складається з центрального електроду з фарфоровим ізолятором і сталюого корпусу.

Засобами зменшення радіозавад служать демпфуючий резистор переривача-розподільника, конденсатор та екрановані

провідники високої напруги з розподіленим опором ізоляції.

Конденсатор включений паралельно первинному колу і служить для недопущення іскріння на контактах. Конденсатор складається з корпусу, всередині якого розташовані згорнуті рулоном дві алюмінієві смуги, ізольовані одна від одної конденсаторним папером.

Вимикач запалювання призначений для вмикання і вимикання споживачів електричного струму. Він складається з двох частин: власне замка з ключем і електричного вимикача. Замок складається з корпусу, циліндру, пружини і повідка. В задній частині корпусу замка розташований вимикач, який складається з контактної частини з трьома виступами і панелі з трьома контактними гвинтами.

Відцентровий і вакуумний регулятори випередження запалювання автоматично встановлюють кут випередження в залежності від частоти обертання колінчастого валу двигуна. Відцентровий регулятор складається з пластини, закріпленої на привідному валі, двох вантажів, встановлених шарнірно на осях пластини, стягуючих пружин і планки кулачка.

Вакуумний регулятор складається з корпусу із штуцером, діафрагми, пружини і важеля.

Стартер призначений для пуску двигуна. Основні частині стартера – корпус, полюсні наконечники, обмотки полюсних наконечників, якір з обмотками і колектором, дві кришки, щітки і щіткотримачі, а також втягуюче реле і обгінна муфта. Втягуюче реле призначене для приводу в зачеплення шестірні обгінної муфти стартера і для його комутації. Воно складається з корпусу, електромагніту з двома обмотками: втягуючою і утримуючою; силових контактів, пружини, важеля і кришки з клемами.

Контрольно-вимірювальними приладами являються амперметр, вольтметр, вказівники температури охолоджуючої рідини, тиску масла, рівня палива в баці, аварійні сигналізатори температури охолоджуючої рідини і тиску масла.

Електродвигун опалювача служить для приводу вентилятора опалювання кабіни та обдуву вітрового скла. Він складається з корпусу, двох обмоток збудження з плюсними наконечниками, якоря з колектором, фланців з

самовстановлюваними втулками і двох щіток з щіткотримачами.

Система освітлення і сигналізації включає фари, підфарники, задні ліхтарі, плафони, підкапотну лампу, лампи освітлення приладів і переносну лампу, а також звуковий сигнал.

При розв'язанні питань, зв'язаних з організацією технічного обслуговування, встановленням міжремонтних термінів і об'ємів ремонтів системи електрообладнання автомобілів (СЕА), велике значення мають кількісні показники надійності кожного елементу, який входить в дану систему. Розрахунковими методами одержати ці показники, використовуючи дані про надійність функціональних підсистем елементів складно через велику кількість залежностей між ними, які важко піддаються кореляційному аналізу. Дійсно, якщо спробувати знайти показники параметричної надійності будь-якого елементу СЕА (як динамічну систему елемент можна характеризувати великою кількістю параметрів і координат) по однойменним показникам параметричної надійності комплексних груп обладнання, легко прийти до висновку про неможливість розв'язання цієї задачі. Надійні СЕА можуть бути створені використанням структурних методів аналізу надійності. Цьому напрямку дослідження сприяє можливість представлення даної системи у вигляді послідовної структурної схеми її узагальнених елементів.

При дослідженні надійності СЕА необхідно провести первинну диференціацію її елементів, яка повинна відповідати завданням і можливостям дослідження, а також реальним умовам застосування на практиці їх результатів [5].

Таку систему доцільно розділити на групи, в склад яких входять наступні елементи:

- а) відмови яких не призводять до відмови системи в цілому;
- б) працездатність яких за час роботи до капітального ремонту не зміниться;
- в) працездатність яких можна відновити при технічному обслуговуванні;
- г) відмови яких призводять до відмов СЕА.

Особливість роботи СЕА з точки зору надійності заключається в тому, що незначні зміни параметрів деяких основних частин

(активні агрегати і підсистеми) миттєво відображаються на працездатності СЕА в цілому, тому необхідно звернути увагу і розрізнити активні та пасивні функціональні пристрої. В даному випадку (послідовне з точки зору надійності з'єднання елементів) відмова активних функціональних пристроїв призводить до відмови СЕА.

Отримана з врахуванням вищевказаного структурна схема системи електрообладнання АТЗ приведена на рис. 1-6. Вона складається з таких підсистем як АБ, ГЗС, регулятора напруги, стартера, з'єднувальних провідників, системи запалювання, системи освітлення і сигналізації, контрольних приладів та електродвигунів опалювача і склоочищувачів.

До групи а) відносяться з'єднувальні провідники, система освітлення і сигналізації, контрольні прилади та електродвигуни опалювача і склоочищувачів.

До групи б) відносяться з'єднувальні провідники та контрольні прилади.

До групи в) відносяться АБ, ГЗС, регулятор напруги, система запалювання, система освітлення і сигналізації та електродвигуни опалювача і склоочищувачів.

До групи г) відносяться АБ, ГЗС, регулятор напруги, з'єднувальні провідники та система запалювання.

В приведеній структурній схемі (рис. 1) всі елементи є активними підсистемами за виключенням системи освітлення і сигналізації, контрольних приладів та електродвигунів опалювача і склоочищувачів.

Виділимо пасивні функціональні елементи активних підсистем.

Пасивними елементами АБ є корпус, кришка і пробки; ГЗС – кришки і шків-вентилятор; стартера – корпус, кришки і полюсні наконечники; регулятора напруги – корпус і роз'єм.

Досвід експлуатації автотранспортних та будівельних машин в управлінні механізації № 22 ЗАТ “Нафтогазбуд” показує, що найбільш пошкоджуваними вузлами системи електрообладнання є стартер, ГЗС, регулятор напруги, АБ та переривник-розподільник. Рідше відмовляють електродвигуни, котушка запалювання, елементи системи освітлення і сигналізації та контрольні прилади.

Імовірність безвідмовної роботи СЕА

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

де $P_i(t)$ - імовірність безвідмовної роботи її елементів.

При експоненціальному законі розподілу елементів СЕА

$$P_c(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t}, \quad (2)$$

де λ_i - інтенсивність відмов її елементів.

Очевидно, що складність і об'єм робіт по дослідженню і прогнозуванню надійності СЕА вимагає зусиль спеціалістів, а також узгодженості і координації їх діяльності шляхом розробки методичних рекомендацій спочатку для розв'язання часткових, а потім і загальних питань даної проблеми.

Висновки.

1. Розроблений ПЗП дасть змогу скоротити витрати часу на пуск автомобільного двигуна в холодний період, а також суттєво підвищить ресурс акумулятора за рахунок його повного заряду.

2. Очевидно, що складність і об'єм робіт по дослідженню і прогнозуванню надійності СЕА вимагає зусиль спеціалістів, а також узгодженості і координації їх діяльності шляхом розробки методичних рекомендацій спочатку для розв'язання часткових, а потім і загальних питань даної проблеми.

Список використаних джерел

1. Storage battery maintenance and principles / Hydroelectric research and technical services group // United States Department of the interior bureau of reclamation / Denver, Colorado, 2017.
2. Риштун А. Лабораторний блок живлення // Радіоаматор. – № 5. – 2000. – С. 4-5.
3. Мазепа С.С., Електрообладнання автомобіля: Мазепа С.С., Куцик А.С. Навч. посібник. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. — 168 с.
4. Бондарев С.І. Шляхи підвищення надійності електрообладнання автотранспортних засобів Бондарев С.І., Шевченко К.Л. - Технологический аудит и резервы производства, 2013.

5. Бороденко Ю.М. Диагностика електрообладнання автомобілів / Б83 Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2014. – 300с.

References

1. Storage battery maintenance and principles / Hydroelectric research and technical services group. *United States Department of the interior bureau of reclamation* . Denver, Colorado, 2017.

2. Rishtun A. Laboratorniy blok zhivlennya. *Radioamator*. 2000. No.5. P. 4-5.

3. Elektroobladnannya avtomobilya: Mazepa S.S., Kutsik A.S. Navch. posibnyk. Lviv:

Vidavnitstvo Natsionalnogo universitetu «Lvivska politehnika», 2004. 168 p.

4. Shlyahi pidvischennya nadiynosti elektroobladnannya avtotransportnih zasobiv / Bondarev S.I., Shevchenko K.L. *Tehnologicheskyy audit i rezervyyi proizvodstva*, 2013.

5. Diagnostika elektroobladnannya avtomobiliv / Yu.M. Borodenko, O.A. Dzyubenko, O.M. Bikov: navchalniy posibnik. Harkiv: HNADU, 2014. 300p.