

О. А. Макогон¹, Д. В. Васиденко¹, І. С. Базилевський¹,
М. Д. Ткаченко², О. С. Онопрієнко², Р. В. Волобуєв²

¹ Військовий інститут танкових військ НТУ “ХПІ”, Харків, Україна

² Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ АЛГЕБРИ ЛОГІКИ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДПУСКОВОГО КОНТРОЛЮ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Предметом вивчення в статті процес підготовки до пуску та електропуск танкових двигунів у різних умовах експлуатації. **Метою дослідження** є розроблення та технічна реалізація алгоритму передпускового контролю системи електропуску двигунів внутрішнього згоряння об'єктів бронетанкового озброєння ті техніки (БТОТ). **Задачі:** Провести аналіз систем електричного пуску (СЕР) танкових двигунів та передпускового контролю двигуна, визначити основні відмови елементів системи електричного пуску танкового двигуна, причини їх виникнення, способи усунення та сформувати простір контролюємих передпускових параметрів, за функціонально-логічною моделлю системи електропуску танкового двигуна як об'єкта діагностування визначити послідовність операцій підготовки до пуску та пуску двигуна, скласти мінімізовану таблицю функцій несправності та на її основі розробити алгоритм передпускового контролю двигунів об'єктів БТОТ. Використовуваними є загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання. Отримані такі **результати**. На основі системного аналізу було проведена оцінка ефективності використання принципових (монтажних) схем для пошуку несправностей в системі електричного пуску танкових двигунів. За допомогою структурно-функціонального методу та формалізації основних несправностей та відмов в системі електропуску двигуна була створена діагностична модель та визначена необхідно достатня глибина прогнозу. З використанням математичного апарату алгебри логіки була складана таблиця функцій відмов несправності (ТФН) з подальшим перетворення її в мінімізовану таблицю функцій несправності (МТФН), на основі був побудований алгоритм передпускового контролю двигунів об'єктів БТОТ та алгоритм пошуку відмов системи електропуску сучасних танків. **Висновки.** Системи електричного пуску, які є складовою частиною танка, безпосередньо впливають на формування бойових властивостей об'єктів БТОТ. Їх склад та структура визначаються задачами забезпечення та здійснення пуску двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), особливо в умовах низьких температур. У зв'язку зі стрімким розвитком систем електрообладнання значно ускладнилося й питання організації та технології ремонту бронетанкової техніки, особливо у польових умовах. Досвід експлуатації БТОТ показує, що довговічність і безаварійність двигунів і стартерних акумуляторних батарей багато в чому залежить від якості підготовки до пуску і пуску двигунів в різних умовах. При цьому численні випадки пуску двигуна без достатньої кількості охолоджувальної рідини і моторного масла, особливо в періоди екстрених виходах машини, а також випадки передчасного розряду акумуляторних батарей (АБ) через неточне дотримання режиму пуску двигуна. Запропонований алгоритм може бути використаний як ремонтними підрозділами так і безпосередньо танковими екіпажами для скорочення часу на відновлення працездатності системи електропуску танкових двигунів.

Ключові слова: система електропуску двигуна, передпусковий контроль, алгоритм діагностування, двигун внутрішнього згоряння, пошук несправностей, мінімізована таблиця функцій відмов.

Вступ

Постановка проблеми та завдання дослідження. Важливою проблемою ефективного застосування сучасних танків є підвищення надійності пуску двигуна, довговічності і безаварійності двигуна і стартерних акумуляторних батарей, особливо під час експлуатації в польових умовах.

Одним із пріоритетних аспектів розвитку складних електротехнічних систем є підвищення якості підготовки до пуску і пуску двигунів в різних умовах експлуатації. Отже, актуальність роботи обумовлюється тим, що внаслідок достатнього ускладнення схемних і конструктивних рішень система електрообладнання має недостатню захищеність від порушень технології підготовки до пуску і режиму пуску двигуна з боку членів екіпажу танка. Використання при перевірці апаратури для знімання і опрацювання діагностичної інформації, яка подається на інформаційно-індикаторне табло по ходу логічної роботи системи, дозволяє скоротити час на перевірку систем електропостачання бойових машин. Але відсутність цієї апаратури є підґрунтям пошуку но-

вих науково-технічних рішень для здійснення автоматизованого передпускового контролю ДВЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Досвід експлуатації танків показує, що довговічність і безаварійність двигунів і стартерних акумуляторних батарей багато в чому залежить від якості підготовки до пуску і пуску двигунів в різних умовах. При цьому численні випадки пуску двигуна без достатньої кількості охолоджувальної рідини і моторного масла, особливо в періоди екстрених виходах машини, а також випадки передчасного розряду акумуляторних батарей (АБ) через неточне дотримання режиму пуску двигуна.

Правила передпускового контролю і пуску двигунів різних умовах експлуатації встановлюються нормативно-технічною документацією на кожен об'єкт бронетанкового озброєння і техніки. Цими правилами передбачається обов'язкова перевірка наявності та рівня масла і охолоджуючої рідини в системах силової установки танка, оцінка ступеня розрядженого стартерних АБ, оцінка відповідності температури масла і охолоджуючої рідини рекомендованим значенням з урахуванням температури на-

вколишнього середовища, а також суворе дотримання режиму пуску двигуна: тривалість роботи стартера не більше 8с, перерви між повторними включеннями стартера не менше 15с, перерва між циклами пуску (кожен не більше трьох включень стартера) не менше 15 хв. [1-3].

Практика показує, що освоєння передпускового контролю танків і БМП як одне із найважливіших питань щодо підтримання високої боєздатності цих машин неможливе без якісного аналізу систем електричного пуску танкових двигунів поелементно та в цілому [4-8].

Аналіз основних відмов і бойових пошкоджень, що виникають при дії факторів різного роду, дозволяє зробити такий висновок, що недоліком принципів (монтажних) схем є те, що в них відображаються не логічні зв'язки між елементами діагностування, а функціональні зв'язки і склад комплектуючих елементів. При значній кількості елементів в системі та виникненні в ній відмов важко виділити логічні зв'язки між елементами схеми та безпосередні причини, що їх викликають. При експлуатації танків, особливо при обмеженнях часу на підготовку танків до руху (найчастіше в зимових умовах) проведення діагностування відмов, що виникають при передпусковій підготовці та пуску двигуна, занадто ускладнено. Через це до 20% нових двигунів і до 30% стартерних АБ не відпрацьовують призначеного ресурсу [9]. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку нових науково-технічних підходів щодо складання алгоритмів передпускового контролю та діагностики системи електропуску двигуна.

Метою роботи є розроблення та технічна реалізація алгоритму передпускового контролю системи електропуску танкових двигунів. Рішення поставленого завдання досягається тим, що пуск двигуна здійснюється тільки після опитування датчиків рівня охолоджуючої рідини і моторного масла, датчиків температури і тиску масла двигуна, та зіставлення їх показників з необхідними шляхом автоматичного виконання встановленої послідовності операцій підготовки до пуску і режиму пуску танкового двигуна комбінованим способом. Так, **завдання дослідження** такі: провести аналіз систем белектричного пуску танкових двигунів та передпускового контролю двигуна, визначити основні відмови елементів системи електричного пуску танкового двигуна, причини їх виникнення, способи усунення та сформуванню простір контролюємих передпускових параметрів, за функціонально-логічною моделлю системи електропуску танкового двигуна як об'єкта діагностування визначити послідовність операцій підготовки до пуску та пуску двигуна, скласти мінімізовану таблицю функцій несправності та на її основі розробити алгоритм передпускового контролю двигунів об'єктів БТОТ.

Виклад основного матеріалу

1. Система електропуску танкового двигуна як об'єкт діагностування. Конструктивне забезпечення автоматизації процесів передпускового контролю і пуску танкового двигуна є важливою війсь-

ково-технічним завданням, рішення якого дозволить значно зменшити вплив рівня кваліфікації членів екіпажу танка на довговічність і безаварійність його силової установки і стартерних акумуляторних батарей. Для цього пропонується визначити основні відмови елементів системи електричного пуску, причини їх виникнення, способи усунення та сформувати простір контролюємих параметрів. При побудованні діагностичної моделі не враховувалися такі деталі як конструкція, маса, габаритні розміри елементів системи електропуску танка та фізичні параметри вхідних впливів й вихідних реакцій. Усі несправності вважалися однократними. Також було зроблено припущення, що ймовірність появи в системі поодиноких дефектів значно вища за ймовірність одночасної появи двох і більше дефектів.

Вирішення поставлених завдань досягається тим, що пуск ДВЗ здійснюється тільки після автоматичного контролю рівня охолоджуючої рідини і моторного масла, температури і тиску масла двигуна і зіставлення їх показників з необхідними. У зв'язку з цим до складу системи автоматизованого передпускового контролю двигуна пропонується включити датчики температури масла двигуна, датчик рівня охолоджуючої рідини, датчик рівня масла двигуна, датчик тиску масла двигуна.

2. Використання таблиць функцій несправності для програмної реалізації алгоритму діагностики СЕП танків. У якості універсальної математичної моделі для синтезу алгоритму автоматизованого передпускового контролю та діагностування відмов у СЕП двигуна пропонується використовувати таблицю функцій несправності (ТФН), в якій стовпці відповідають допустимим елементарним перевіркам (діагностичним параметрам), а рядки - технічним станам об'єкта діагностування (ОД) [9].

У рядках таблиці вказують всі можливі перевірки Z_i , які можуть бути використані в процедурі діагностування. Стовпці таблиці відповідають справному S_0 і всім можливим несправним станам S_1, S_2, \dots, S_k . Кожний несправний стан відповідає одній несправності (одиначної або кратної) із заданого класу несправностей, щодо якого будується тест. На перетині i -ого стовбця та j -ого рядка проставляється результат R_i^j -ої перевірки для системи, що знаходиться в i -му стані. Кожний рядок таблиці є двійковий код стану моделі при відмові відповідного елемента. Двійкові коди рядків не співпадають один з одним, тобто всі одиначні відмови мають відмінність на повному наборі вихідних параметрів.

Кожен рядок ТФН відповідає одній елементарній перевірці і позначається символом цієї перевірки. Вважається, що кожному елементу ОД відповідає одна перевірка. Кожний стовпець ТФН відповідає одному технічному стану. ТФН містить кількість стовпців, яка дорівнює кількості елементів ОД плюс одиниця. Для цього використовують закони булевої алгебри:

У випадку, якщо є один стовпець, або декілька однакових стовпців, такий стовпець закреслюється, а стовпець несправного стану ТФН, що залишається, замінюється стовпцем деякого еквівалентного ста-

ну. Якщо виявиться, що в мінімізованій матриці двійкові коди деяких рядків співпадають, то таку вкорочену матрицю треба доповнити мінімально необхідним числом параметрів, щоб всі рядки відрізнялися.

2 Множина елементарних перевірок та глибина пошуку відмов. За функціонально-логічною моделлю системи електропуску як об'єкта діагностування була визначена множина елементарних перевірок та глибина пошуку відмов (рис. 1).

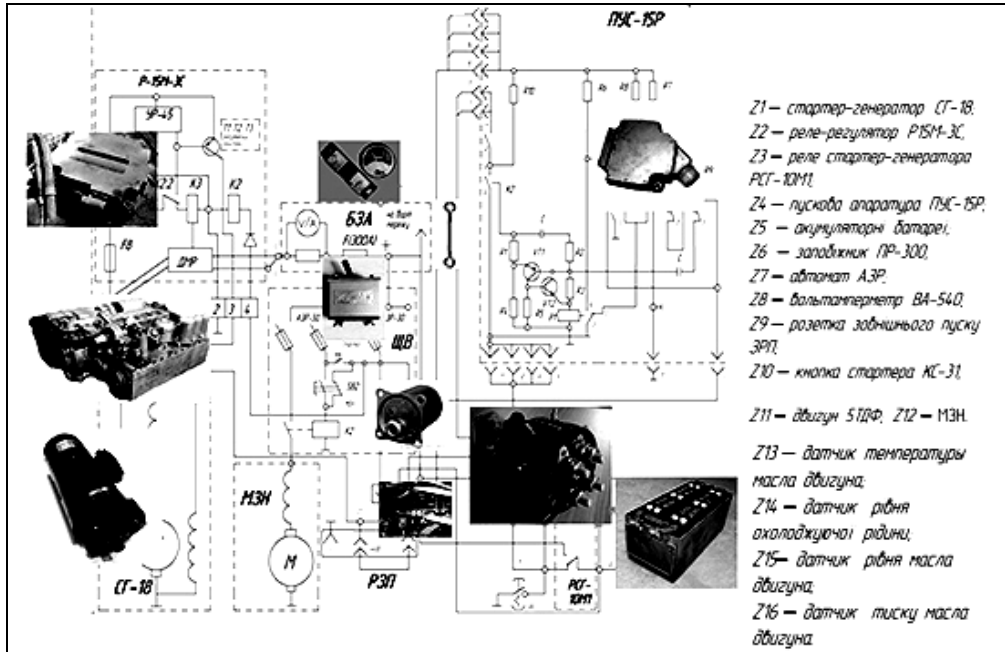


Рис. 1. Система електропуску танкового двигуна як об'єкт діагностування

Кожний елемент діагностування може знаходитися в двох станах – працездатному або непрацездатному. Працездатному стану поставимо у відповідність значення “1”, а непрацездатному – “0”.

Запишемо множину елементів $Z = \{z_1, \dots, z_n\}$, кожний елемент якої визначає елементи моделі діагностування.

- Z₁ – стартер-генератор СТ-18;
- Z₂ – реле-регулятор Р15М-3С;
- Z₃ – реле стартер-генератора РСГ-10М1;
- Z₄ – пускова апаратура ПУС-15Р;
- Z₅ – акумуляторні батареї;
- Z₆ – запобіжник ПР-300;
- Z₇ – автомат АЗР;
- Z₈ – вольтамперметр ВА-540;
- Z₉ – розетка зовнішнього пуску ЗРП;
- Z₁₀ – кнопка стартера КС-31;

Крім того, до переліку елементів таблиці функцій несправності вводимо елементи, які задіяні у процесі пуску двигуна:

- Z₁₁ – двигун 5ТДФ.
- Z₁₂ – МЗН.

Для організації автоматизованого передпускового контролю двигуна передбачається включення до переліку

За аналогією пропонується організація опитування датчиків.

- Z₁₃ – датчик температури масла двигуна;
- Z₁₄ – датчик рівня охолоджуючої рідини;
- Z₁₅ – датчик рівня масла двигуна;
- Z₁₆ – датчик тиску масла двигуна.

Результати опитування теж пропонується подавати у бінарному вигляді. Неприпустимо низькому

значенню контролюємого параметра відповідає логічне значення. Таким чином, кількість рядків у таблиці буде дорівнювати $n=16$.

Кількість стовбців у таблиці буде визначатися роботою системи за функціональною схемою і дорівнювати $m=16+1=17$. Множина технічних станів, яка була визначена з урахуванням режимів роботи системи електропуску та особливостей експлуатації бойових машин в сучасних умовах, наведена у табл. 1.

3. Мінімізована таблиця функцій несправності системи електропуску танка. Аналіз даних таблиці 1 дає змогу провести її оптимізацію шляхом спрощення значень результатів діагностування.

Якщо при пуску двигуна хоча б на одному з датчиків немає одиничного сигналу, що свідчить про неприпустимо низьке значення параметру, контролюємого датчиком, пуск двигателя не відбувається, а МЗН відключається. Для оптимізації отриманої табл. 1 пропонується здійснити за допомогою формул булевої алгебри [10, 11]:

$$1 \vee 1 \vee 0 \vee 1 = 0; \quad (1)$$

$$1 \vee 0 \vee 1 \vee 1 = 0 \quad (2)$$

$$0 \vee 1 \vee 1 \vee 1 = 0 \quad (3)$$

$$0 \vee 1 \vee 1 \vee 1 = 0, \quad (4)$$

Формули (1)-(4) є формалізацією формування сигналу у випадках невідповідності контрольованих показників необхідним їх значенням.

Після перетворень та спрощень отримуємо мінімізовану таблицю функцій несправності системи електропуску танка (табл. 2).

Таблиця 1 – Таблиця функцій несправності СЕП танкового двигуна

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}	S_{17}
Z_1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Z_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Z_3	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
Z_4	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
Z_5	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
Z_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Z_7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
Z_9	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Z_{10}	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
Z_{11}	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Z_{12}	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Z_{13}	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Z_{14}	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Z_{15}	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Z_{16}	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0

Таблиця 2 – Мінімізована таблиця функцій несправності СЕП танкового двигуна

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
Z_1	0	0	0	0	0	1	1	0
Z_2	1	1	1	1	1	1	1	0
Z_3	0	0	0	1	1	1	1	1
Z_4	0	0	1	1	1	1	0	1
Z_5	0	0	0	0	1	1	1	1
Z_6	0	0	0	0	0	1	1	1
Z_7	0	0	0	0	1	0	1	1
Z_8	1	0	0	0	1	0	0	0
Z_9	0	1	0	0	0	1	0	0
Z_{10}	0	0	1	0	0	1	1	0
Z_{11}	0	0	0	1	1	0	1	1

Мінімізована таблиця функцій несправності дозволяє:

- визначити мінімальну сукупність діагностичних параметрів для перевірки працездатності системи;
- організувати пошук несправності комбінаційною методом;
- скласти алгоритм передпускової підготовки в системі послідовним методом і шляхом поєднання комбінаційного і послідовного методів по гнучкій програмі;
- визначити мінімальні приватні набори діагностичних параметрів для перевірки працездатності окремих функціональних елементів системи;
- побудувати дешифратор технічного стану системи для пристрою автоматичного контролю, пошуку несправностей та здійснення автоматизованого передпускового контролю двигуна.

Як бачимо, мінімізована таблиця функцій несправності має меншу кількість рядків та стовбців ніж вихідна: завдяки використанню апарату булевої алгебри число рядків таблиці скоротилося до 11, а число стовбців – до 12.

Переобозначимо елементи автоматизованої системи передпускового контролю двигуна таким чином:

- Z_1 – стартер-генератор СГ-18;
- Z_2 – реле стартер-генератора РСГ-10;
- Z_3 – пускова апаратура ПУС-15Р;
- Z_4 – акумуляторні батареї;
- Z_5 – кнопка стартера КС-31;
- Z_6 – двигун 5ТДФ;
- Z_7 – МЗН;
- Z_8 – датчик температури масла двигуна;
- Z_9 – датчик рівня охолоджуючої рідини;
- Z_{10} – датчик рівня масла двигуна;
- Z_{11} – датчик тиску масла двигуна.

Глибина прогнозу цієї таблиці невелика, але достатня для побудовання алгоритму автоматизованого передпускового контролю системи електропуску двигуна.

Крім того, ця таблиця може бути використана для побудовання алгоритму пошуку несправностей у системі електропуску танкового двигуна.

4. Реалізація алгоритму передпускового контролю двигунів об'єктів БТОТ та алгоритм пошуку відмов.

Результати МТФН пропонується використовувати для побудови алгоритму передпускового контролю двигунів об'єктів БТОТ та пошуку відмов.

Для практичної реалізації визначеної за МТФН логікою роботи до систему електричного пуску двигуна внутрішнього згорання додатково вводяться:

- блок управління режимом роботи маслозакачуючого насоса (МЗН);
- блок управління режимом роботи акумуляторних батарей;
- блок захисту двигуна від порушення технології підготовки пуску, що складається з чотирьох датчиків:

- (рівня охолоджуючої рідини і масла, температури і тиску масла).

Схематично ці елементи показано на рис. 2.

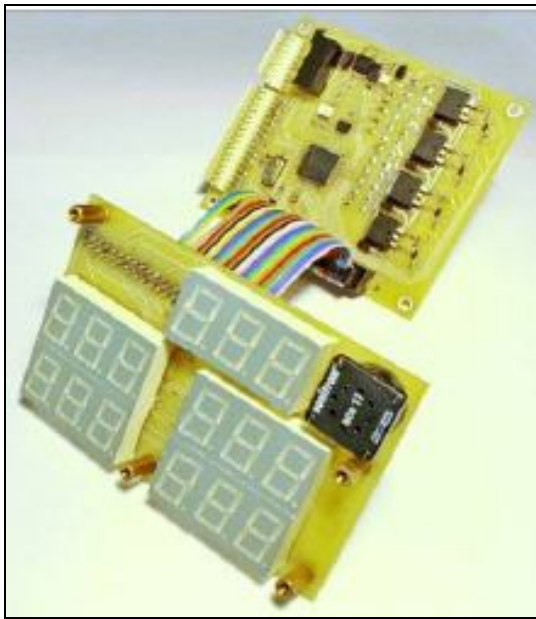


Рис. 3. Інформаційно-індикаторне табло механіка-водія

2. Досвід експлуатації танків показує, що довговічність і безаварійність двигунів і стартерних акумуляторних батарей багато в чому залежить від якості підготовки до пуску і пуск двигунів в різних умовах. При цьому численні випадки пуску двигуна без достатньої кількості охолоджувальної рідини і моторного масла, особливо в періоди екстрених виходах машини, а також випадки передчасного розряду акумуляторних батарей (АБ) через неточне дотримання режиму пуску двигуна.

Освоєння військового ремонту електрообладнання об'єктів бронетанкового озброєння ті техніки як одне із найважливіших питань щодо підтримання високої боєготовності цих машин неможливе

без якісного аналізу систем електричного пуску танкового двигуна поелементно та в цілому.

3. На основі системного аналізу було проведена оцінка ефективності використання принципів (монтажних) схем для пошуку несправностей в системі електричного пуску танкових двигунів. За допомогою структурно-функціонального методу та формалізації основних несправностей та відмов в системі електропуску двигуна була створена діагностична модель та визначена необхідно достатня глибина прогнозу.

4. З використанням математичного апарату алгебри логіки була складання таблиці функцій відмов несправності (ТФН) з подальшим перетворення її в мінімізовану таблицю функцій несправності (МТФН), на основі був побудований алгоритм передпускового контролю двигунів об'єктів бронетанкового озброєння ті техніки та алгоритм пошуку відмов системи електропуску сучасних танків.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Була створена діагностична модель системи електропуску такого двигуна з мінімально необхідною глибиною прогнозу.

2. Використаний математичний апарат алгебри логіки для формалізації несправностей та відмов в системі електропуску танкового двигуна.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні алгоритму передпускового контролю двигунів об'єктів бронетанкового озброєння ті техніки та алгоритм пошуку відмов системи електричного пуску ДВЗ.

Даний алгоритм може бути використаний як ремонтними підрозділами так і безпосередньо танковими екіпажами для скорочення часу на відновлення працездатності системи електропуску танкових двигунів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Объект 447А(437А). Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кн. 2 – М.Воениздат, 1985. – 742 с.
2. Системы электрического пуска двигателей объектов БТВТ - Киев, КИСВ, 1993. – 64 с.
3. Стартер - генераторная установка СГ-18., Х. Изд-во ХГвВТУ, 1986. – 31 с.
4. Пат. 2064076 РФ МПК F02N11/08. Устройство пуска танкового двигателя / Кутарев Л. Б., Старостин М. М., Трояновский Б. Ф.; заявитель и патентообладатель Кутарев Л. Б., Старостин М. М., Трояновский Б. Ф. – № 2000131736/09; заявл. 04.08.93; опубл. 20.07.96.– 3 с.
5. Объект 447А, 437А, 434. Пособие по проверке технического состояния и содержания. – М.:Воениздат, 1988. – 136 с.
6. V. Kharchenko, A. Kovalenko, O. Siora, V. Sklyar, "Security assessment of FPGA-based safety-critical systems: US NRC requirements context", *Proceedings of IEEE Information and Digital Technologies Conference (IDT)*, pp. 132-138, July 2015. DOI: <http://doi.org/10.1109/DT.2015.7222963>
7. Kuchuk G., Kovalenko A., Komari I.E., Svyrydov A., Kharchenko V. Improving big data centers energy efficiency: Traffic based model and method. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 171. Kharchenko, V., Kondratenko, Y., Kasprzyk, J. (Eds.). Springer Nature Switzerland AG, 2019. Pp. 161-183. DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4_8
8. Kharchenko, V., Illiashenko, O., Kovalenko, A., Sklyar, V., Boyarchuk, A. Security informed safety assessment of NPP I&C systems: GAP-IMECA technique. *Proc. 22th Int. Conf. on Nuclear Engineering (ICONE)*, Prague, Republic, 7-11 Jul. 2014, pp. 1-9. doi: <http://doi.org/10.1115/ICONE22-31175>.
9. Minimization of power losses by traction-transportation vehicles at motion over a bearing surface that undergoes deformation / O. Mozhaiv, N. Kuchuk, D. Shvets etc. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies = Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2019. – № 1 (97), Vol 1. – P. 69-74. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156721>
10. Методика обнаружения неисправностей в электрических цепях. Учебное пособие., Х.,1994. – 82 с.
11. Основы технической диагностики / В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Соломонян, В.Ф. Халчев. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.
12. Документація контролера PIC 32 PIC32MX5XX/6XX/7XX Family Data Sheet (05/09/2001). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviseDoc/61156G.pdf>.

Использование математического аппарата алгебры логики для разработки автоматизированной системы предпускового контроля двигателя внутреннего сгорания объектов бронетанкового вооружения и военной техники

О. А. Макогон, Д. В. Василенко, И. С. Базилевский, Н. Д. Ткаченко, А. С. Оноприенко, Р. В. Волобуев

Предметом изучения в статье является процесс обмена информацией в локальных сетях учреждений на компьютерах с различными техническими параметрами. **Целью** исследования является разработка и техническая реализация алгоритма предпускового контроля системы электропуска двигателей внутреннего сгорания объектов БТОТ. **Задачи:** Провести анализ систем электрического пуска танковых двигателей и предпускового контроля двигателя, определить основные отказы элементов системы электрического пуска танкового двигателя, причины их возникновения, способы устранения и сформировать пространство контролируемых предпусковых параметров, по функционально-логической модели системы электропуска танкового двигателя как объекта диагностирования; определить последовательность операций подготовки к пуску и пуска двигателя; составить минимизированную таблицу функций неисправности и на ее основе разработать алгоритм предпускового контроля двигателей объектов БТОТ. Використовуваними є загальнонаукові та спеціальні **методи** наукового пізнання. **Получены следующие результаты.** На основе системного анализа была проведена оценка эффективности использования принципиальных (монтажных) схем для поиска неисправностей в системе электрического пуска танковых двигателей. С помощью структурно-функционального метода и формализации основных неисправностей и отказов в системе электропуска двигателя была создана диагностическая модель и определена необходимо достаточная глубина прогноза. С использованием математического аппарата алгебры логики была составлена таблицы функций отказов неисправности (ТФН) с последующим превращение ее в минимизировану таблицу функций неисправности (МТФН), на основе был построен алгоритм предпускового контроля двигателей объектов БТОТ и алгоритм поиска отказов системы электропуска современных танков. **Выводы.** Системы электрического пуска, которые являются составной частью танка, непосредственно влияют на формирование боевых свойств объектов БТОТ. Их состав и структура изначаются задачами обеспечения и осуществления пуска двигателей внутреннего сгорания (ДВС), особенно в условиях низких температур. В связи со стремительным развитием систем электрооборудования значительно усложнилось и вопросы организации и технологии ремонта бронетанковой техники, особенно в полевых условиях. Опыт эксплуатации танков показывает, что долговечность и безаварийность двигателей и стартерных аккумуляторных батарей во многом зависит от качества подготовки к пуску и пуск двигателей в различных условиях. При этом многочисленные случаи пуска двигателя без достаточного количества охлаждающей жидкости и моторного масла, особенно в периоды экстренных выходов машины, а также случаи преждевременного разряда аккумуляторных батарей (АБ) из-за неточного соблюдения режима пуска двигателя. Предложенный алгоритм может быть использован как ремонтными подразделениями и непосредственно танковыми экипажами для сокращения времени на восстановление работоспособности системы электропуска танковых двигателей.

Ключевые слова: система электропуска двигателя, предпусковой контроль, алгоритм диагностики, двигатель внутреннего сгорания, поиск неисправностей, минимизирована таблица функций отказов.

Use of the algebra logic mathematical apparatus for the development of the internal combustion engine armor and military technics units start-up automated control system

H. Makogon, D. Vasylenko, I. Bazilevskij, M. Tkachenko, O. Onoprienko, R. Volobueff

The **subject matter** of the article is the process of preparation for starting and start-up of tank engines in different operating conditions. The **goal** of the study is the development and technical implementation of the algorithm of pre-start control and start-up of electric ignition system of internal combustion engines of armaments of military techniques units. systems. The **tasks** to be solved are: to analyze the tank electric start engines systems and start-up engine control, to determine the main elements failures of the electric tank engine start-up system, the causes of their occurrence, methods of elimination and to form the space of controlled start-up parameters, by functional-logical model of the tank start-up engine system diagnosis to determine the sequence of preparation operations for start-up and start-up of the engine, to draw up the minimized table of failures functions and on its basis to develop algorithm of pre-control engines of armored and military technics units. General scientific and special **methods** of scientific knowledge are used. The following **results** are obtained. On the basis of the **systematic analysis**, the efficiency of the use of circuit diagrams for troubleshooting the electrical start-up of tank engines was evaluated. Using **the structural-functional method** and formalization of the main faults and failures in the engine start-up system, a diagnostic model was created and sufficient depth of forecast was determined. Using mathematical apparatus of algebra of logic was drawing up of table of failures functions (TFF) with the subsequent transformation of it into the minimized table of failure functions (MTFF), on the basis of algorithm of engine start-up control of armored and military technics units. **Conclusions.** Electric start-up systems, which are part of the tank, directly affect the formation of combat properties of armored and military technic units. Their composition and structure begin with the tasks of providing and commissioning internal combustion engines (ICE), especially in low temperatures. Due to the rapid development of electrical systems, the issue of the organization and technology of repair of armored vehicles, especially in the field, has become much more complicated. Experience in the operation of armored and military technics shows that the durability and safety of engines and starter batteries largely depends on the quality of preparation for starting and starting engines in different conditions. There are numerous instances of engine start-up without sufficient coolant and engine oil, especially during emergency exits of the machine, as well as cases of premature discharge of the batteries due to inaccurate adherence to the engine start-up mode. The proposed algorithm can be used both by repair units and directly by tank crews to reduce the time to restore the performance of the tank starter system.

Keywords: engine starter system, starter control, diagnosis algorithm, internal combustion engine, fault finding, minimized table of failure functions.