

УДК 621.311

Г.І. Лагутін, О.В. Гвоздинський

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПУСКОМ ДИЗЕЛЬ-ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ 5И57А

В статті розглянуті шляхи вдосконалення системи автоматичного запуску дизельного двигуна пересувної електростанції 5И57А за рахунок удосконалення моделі системи автоматичного керування пуском дизельного двигуна з застосуванням основних положень алгебри логіки та теорії цифрових автоматів.

**Ключові слова:** пересувні електростанції, дизельний двигун, автоматизація операцій пуску, системи автоматичного керування, логічна схема алгоритму, функції алгебри логіки.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Однією з основних вимог, що пред'являються до Збройних Сил України, була і залишається підтримка постійної бойової готовності. Важливою ланкою, що забезпечує високу бойову готовність військ, є системи електропостачання.

Автоматизація систем електропостачання забезпечує потрібну оперативність і надійність роботи обладнання систем електропостачання, необхідну якість електричної енергії, стійкість роботи основного обладнання електричних станцій, економічність, простоту і зручність експлуатації.

Основна частина автоматизованих електростанцій, які входять до складу систем електропостачання комплексів озброєння та військової техніки, що знаходяться на озброєнні видів Збройних Сил України, були спроектовані понад 30 років тому. Відповідно до цього елементна база їх систем автоматики не відповідає вимогам сучасності, системи автоматичного керування, сигналізації та захисту мають низькі масо-габаритні характеристики, невисоку надійність, складні в експлуатації, налаштуванні та ремонті.

Все це потребує певних робіт щодо переведення систем автоматичного керування електростанцій на сучасну елементну базу із застосуванням дискретних пристроїв, програмованих промислових мікроконтролерів, мікропроцесорної техніки.

**Мета статті.** Аналіз засобів автоматизації функціонування системи автономного електропостачання комплексу озброєння та розробка моделі системи автоматичного управління пуском дизель-електричної станції 5И57А.

### Основна частина

Пересувна електростанція 5И57А являє собою автоматизовану пересувну установку, що входить до складу комплексу озброєння, яка використовується в якості основного джерела електроенергії для живлення споживачів пересувних зенітно-ракетних та

радіотехнічних комплексів Повітряних Сил Збройних Сил України. Електростанція має третій ступінь автоматизації, що забезпечує, крім автоматичного запуску та зупинення, також прийом навантаження й можливість синхронізації з мережею або іншою ДЕС, дистанційне керування під час роботи, контроль робочого режиму, аварійно-попереджувальну сигналізацію й захист тощо.

Метою синтезу системи автоматичного керування пуском дизеля є розробка принципової електричної схеми системи, яка є складовою частиною системи комплексної автоматизації дизель-генератора.

Для досягнення поставленої мети необхідно, використовуючи мову логічних схем алгоритмів (ЛСА), провести формалізацію алгоритму, скласти логічну та матричну схеми, на підставі яких розробити схему системи керування. Словесний опис алгоритму роботи системи автоматичного керування пуском дизеля полягає в наступному.

**Основний алгоритм.** Для пуску дизеля формується узагальнений сигнал пуску.

Після цього формуються сигнали: ВІВЕСТИ РЕЙКУ В тах; включити насос прокачування масла; ПАМ'ЯТЬ ПУСКА.

Вмикається двигун рейки паливного насосу. При досягненні паливною рейкою положення максимальної подачі палива від кінцевого вимикача рейки формується сигнал «РЕЙКА В тах», що скидає сигнал «ВІВЕСТИ РЕЙКУ В тах» й вимикає двигун рейки паливного насосу.

Вмикається насос прокачування мастила. При цьому контролюється тиск мастила в системі змащування двигуна. При досягненні передпускового тиску мастила ( $\geq 2$  кгс/см<sup>2</sup>) і установки рейки паливного насоса в положення максимальної подачі палива формується сигнал на вмикання стартера тривалістю 4 с і повторюваний тричі з інтервалом 12 с.

Вмикається стартер. При цьому контролюються

оберти двигуна. При досягненні дизелем пускових обертів (500 – 800 об./хв.) формується сигнал «ПУСКОВІ ОБЕРТИ», й живлення зі стартеру знімається.

Запускається дизельний двигун. При цьому контролюються оберти двигуна та температура охолоджуючої рідини. При досягненні дизелем номінальних обертів (1400 – 1500 об./хв.) формується сигнал «НОМІНАЛЬНІ ОБЕРТИ» та живлення з насоса прокачування мастила знімається.

При наявності сигналів «НОМІНАЛЬНІ ОБЕРТИ» та «ТЕМПЕРАТУРА ОХОЛОДЖУЮЧОЇ РІДИНИ ВИЩЕ 37°C» й при відсутності сигналів «ПАМ'ЯТЬ ОСТАНОВА», «НЕСПРАВНІСТЬ АГРЕГАТА», «РЕЙКА В ПОЛОЖЕННІ min» формується сигнал «ГОТОВНІСТЬ АГРЕГАТА»

**Резервний алгоритм.** Під час пуску дизеля контролюється час виконання операцій пуску.

Якщо протягом 20 сек. з моменту подачі сигналу пуску не поступає сигнал «РЕЙКА В max» або через 36 сек. після подачі сигналу пуску не поступає сигнал «ПУСКОВІ ОБЕРТИ», формується сигнал «НЕЗАВЕРШ. ПУСК-ОСТАНОВ», що формує узагальнений сигнал «НЕСПРАВНІСТЬ АГРЕГАТА», який скидає сигнал «ПАМ'ЯТЬ ПУСКА» й забороняє подальшу технологію пуску. Одночасно цей же сигнал формує сигнал «ПАМ'ЯТЬ ОСТАНОВА».

Синтез системи керування починається з формалізації алгоритму. Ця операція здійснюється переходом від словесного опису алгоритму до опису алгоритму на мові ЛСА. Для отримання формалізованого запису алгоритму введемо такі позначення: (A) – множина операторів керування виконавчими органами. Множина (A) буде розглядатися в своєю чергу такою, що складається з двох підмножин: (Aa) – оператори вмикання; (Av) – оператори вимикання; (B) – множина операторів керування пристроями витримки часу. Множина (B) буде розглядатися в своєю чергу такою, що складається з двох підмножин: (Ba) – оператори вмикання; (Bv) – оператори вимикання; (P) – множина логічних умов перевірки виконання технологічних операцій; (q) – множина логічних умов перевірки виконання операцій контролю часу; w – тотожно-хибна логічна умова, що не потребує перевірки.

До складу множини операторів (A) входять такі оператори: Aa<sub>1</sub> – вмикання двигуна рейки паливного насоса; Aa<sub>2</sub> – вмикання двигуна насоса прокачування мастила; Aa<sub>3</sub> – вмикання стартеру; Aa<sub>4</sub> – вмикання сигналу «ГОТОВНОСТЬ АГРЕГАТА»; Aa<sub>5</sub> – вмикання сигналу «НЕИСПРАВНОСТЬ АГРЕГАТА»; Aa<sub>6</sub> – обнуління лічильника спроб пуску; Aa<sub>7</sub> – спрацювання лічильника спроб пуску; Aa<sub>8</sub> – припинення роботи алгоритму; Av<sub>1</sub> – вимикання двигуна рейки паливного насоса; Av<sub>2</sub> – вимикання двигуна насоса прокачування мастила; Av<sub>3</sub> – вимикання стартеру.

До складу множини операторів (B) входять такі оператори: Ba<sub>1</sub> – вмикання контролю тривалості роботи стартеру 4 с; Ba<sub>2</sub> – вмикання елемента часу витримки паузи між вмиканнями стартеру 8 с; Ba<sub>3</sub> – вмикання контролю тривалості виведення рейки в max 20 с; Ba<sub>4</sub> – вмикання контролю тривалості досягнення пускових обертів 36 с; Bv<sub>1</sub> – вимикання контролю тривалості роботи стартеру 4 с; Bv<sub>2</sub> – вимикання елемента часу витримки паузи між вмиканнями стартеру 8 с; Bv<sub>3</sub> – вимикання контролю тривалості виведення рейки в max 20 с; Bv<sub>4</sub> – вимикання контролю тривалості досягнення пускових обертів 36 с.

До складу множини (P) входять такі логічні умови: P<sub>1</sub> – контроль досягнення паливною рейкою положення максимальної подачі палива; P<sub>2</sub> – контроль досягнення передпускового тиску мастила ( $\geq 2$  кгс/см<sup>2</sup>); P<sub>3</sub> – контроль кількості спроб пуску  $\leq 3$ ; P<sub>4</sub> – контроль досягнення дизелем пускових обертів (500 – 800 об./хв.); P<sub>5</sub> – контроль досягнення дизелем номінальних обертів (1400 – 1500 об./хв.); P<sub>6</sub> – контроль досягнення температури охолоджуючої рідини понад 37°C.

До складу множини (q) входять такі логічні умови: q<sub>1</sub> – контроль тривалості роботи стартеру 4 с.; q<sub>2</sub> – контроль тривалості виведення рейки в max 20 с.; q<sub>3</sub> – контроль тривалості досягнення пускових обертів 36 с.

З урахуванням прийнятих позначень маємо такий вид ЛСА:

$$\begin{aligned} & \text{Ba}_3 \text{Ba}_4 \text{Aa}_1 \downarrow^2 \text{P}_1 \uparrow^1 \text{Bv}_3 \text{Av}_1 \text{Aa}_2 \downarrow^4 \text{P}_2 \uparrow^3 \text{Aa}_6 \downarrow^7 \text{Aa}_7 \text{P}_3 \uparrow^9 \\ & \text{Aa}_3 \text{Ba}_1 \downarrow^8 \text{q}_3 \text{P}_4 \uparrow^5 \text{Bv}_1 \text{Bv}_4 \text{Av}_3 \downarrow^{10} \text{P}_5 \uparrow^{10} \text{Av}_2 \downarrow^{11} \text{P}_6 \uparrow^{11} \\ & \text{Aa}_4 \omega \uparrow^{100} \downarrow^1 \text{q}_2 \uparrow^2 \downarrow^{20} \downarrow^{30} \text{Av}_1 \text{Av}_2 \text{Av}_3 \text{Aa}_5 \omega \uparrow^{200} \downarrow^3 \text{q}_3 \uparrow^4 \\ & \omega \uparrow^{20} \downarrow^9 \omega \uparrow^{30} \downarrow^5 \text{q}_1 \uparrow^8 \text{Av}_3 \text{Ba}_2 \text{Bv}_2 \omega \uparrow^7 \downarrow^{100} \downarrow^{200} \text{Aa}_8 \end{aligned}$$

Згідно з наведеною ЛСА може бути складена розширена та стисла таблиці функцій виходу як функцій алгебри логіки, на підставі яких будується логічна схема системи керування. Як базисні логічні елементи можуть бути обрані логічні елементи І, АБО, НІ.

Принципова схема системи автоматичного керування пуском дизеля, яка реалізує розглянутий вище алгоритм роботи системи автоматичного керування наведена на рис. 1.

При цьому вхідними сигналами для системи автоматичного керування є: узагальнений сигнал «ПУСК»; сигнал від датчика дизеля про виведення рейки паливного насоса в положення максимальної подачі палива; сигнал від датчика дизеля про наявність передпускового тиску мастила (2 кг/см<sup>2</sup>); сигнал від датчика дизеля про наявність пускових обертів (500 – 800 об./хв.); сигнал від датчика дизеля про наявність номінальних обертів (1500 об./хв.); сигнал від датчика дизеля про досягнення температури охолоджуючої рідини понад 37°C.

Виконавчими елементами системи автоматичного керування є: елементи часу 20 с, 36 с; двигун рейки паливного насоса дизеля; двигун насоса прокачування мастила; стартер.

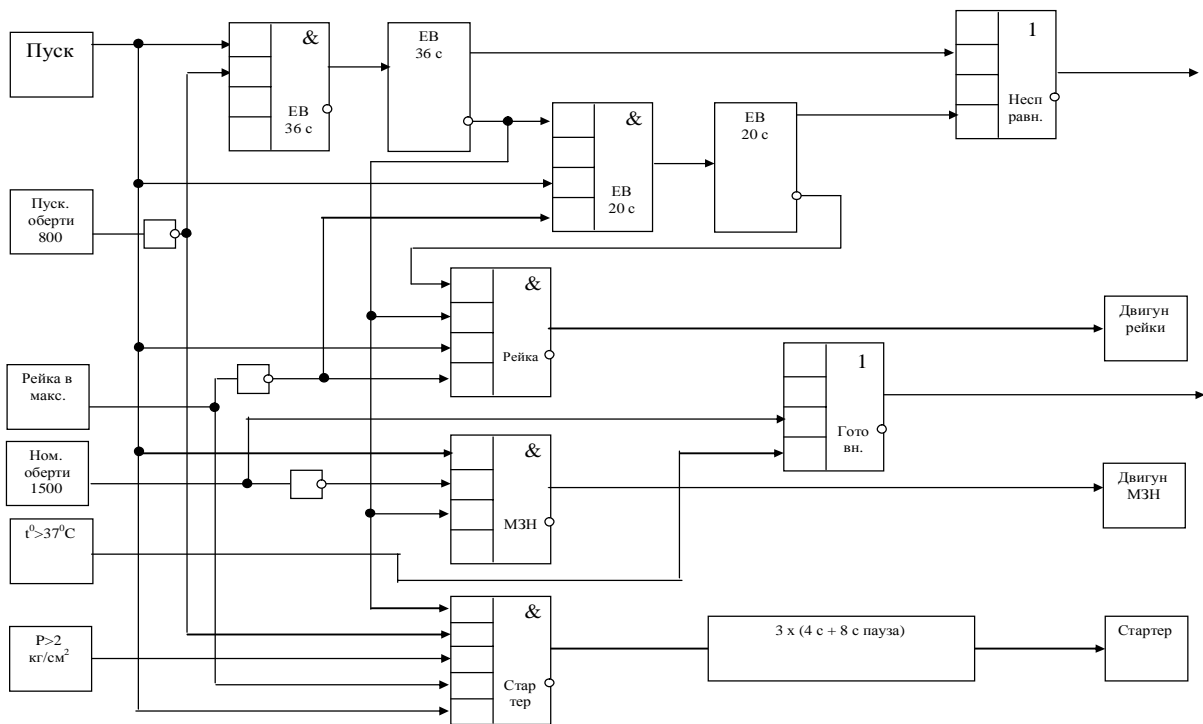


Рис. 1. Принципова схема системи автоматичного керування пуском дизеля

Вихідними сигналами системи автоматичного керування є: сигнал «ГОТОВНІСТЬ АГРЕГАТА»; сигнал «НЕСПРАВНІСТЬ АГРЕГАТА»; сигнал на запуск двигуна рейки паливного насосу дизеля; сигнал на запуск двигуна насоса прокачування мастила; сигнал на запуск стартера.

### ВИСНОВКИ

1. Згідно проведених досліджень була удосконалена модель системи автоматичного керування пуском дизель-електричної станції 5И57А.

2. На підставі удосконаленої моделі була розроблена принципова схема системи автоматичного керування пуском дизеля, як базисні логічні елементи якої обрані логічні елементи І, АБО, НІ.

3. Розроблена принципова схема може бути доведена до стану віртуальної фізичної реалізації на базі

програмованого логічного контролера серії ALPHA марки AL-20MR-D фірми Mitsubichi Electric із застосуванням програмного забезпечення AL-PCS/WIN-E, що постачається з мікроконтролерами серії ALPHA.

### Список літератури

1. Кононов Б.Т. *Експлуатація систем електропостачання та військового ремонту ЕТЗ: метод. пос. для проведення практичних занять* / Б.Т. Кононов, Г.І. Лагутін. – Х.: ХУПС, 2011. – 180 с.

2. Кононов Б.Т. *Релейний захист та автоматика в системах електропостачання військових об'єктів* / Б.Т. Кононов, В.Б. Кононов, Б.Ф. Самойленко. – Х.: ХУПС, 2007. – 164 с.

Надійшла до редколегії 21.12.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПУСКОМ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ 5И57А

Г.И. Лагутин, А.В. Гвоздинский

*В статье рассмотрены пути совершенствования системы автоматического запуска дизельного двигателя передвижной электростанции 5И57А за счет усовершенствования модели системы автоматического управления пуском дизельного двигателя с применением основных положений алгебры логики и теории цифровых автоматов.*

**Ключевые слова:** передвижные электростанции, дизельный двигатель, автоматизация операций пуска, системы автоматического управления, логическая схема алгоритма, функции алгебры логики.

### MODEL OF SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL STARTING OF THE DIESEL-ELECTRIC STATION OF 5I57A

G.I. Lagutin, O.V. Gvozdinskiy

*In the article the ways of perfection of the system of automatic start of diesel engine of movable power-station of 5I57A are considered due to the improvement of model of the system of automatic control starting of diesel engine with the use of substantive provisions of boolean and theory of digital automata algebra.*

**Keywords:** movable power-stations, diesel engine, automation of operations of starting, systems of automatic control, logical chart of algorithm, functions of boolean algebra.