

УДК 62-523.8

## СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ЗАПУСКОМ ДВИГУНА ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ

Мошноріз М. М., асп.

Вінницький національний технічний університет

21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95

E-mail: moshnoriz@rambler.ru

В работе на основании разработанной математической модели синтезирована структура устройства управления пуском двигателя большой мощности.

**Ключевые слова:** двигатель большой мощности, количество пусков, время между пусками с холодного и горячего состояния, система водоснабжения.

In-process on the basis of the developed mathematical model the structure of control starting of engine of high-powered unit is synthesized.

**Keywords:** engine of high-powered, amount of starting, time between starting from the cold and hot state, water system.

**Вступ.** Для двигунів великої потужності існують жорсткі вимоги до кількості прямих пусків, які можна здійснити за одну добу, рік та весь період служби [1, пп. 4.1.12 – 4.1.13; 2, С. 89-90]. Крім того, накладаються обмеження на витримку часу між пусками та кількість пусків з гарячого і холодного станів [1, пп. 4.1.11; 2, С. 89-90]. Напряга електричної мережі при прямому пуску двигуна великої потужності не повинна зменшуватися більше ніж на 20% від номінального значення [1, пп. 4.1.10; 2, С. 89-90].

В [3] запропоновано математичну модель системи, яка визначає час запуску двигуна в залежності від обмежень на величину напруги та кількість пусків з гарячого і холодного станів двигуна.

Представлена модель має недолік, який полягає в тому, що не дозволяє коректно експлуатувати двигун, якщо час між його пусками більший за допустиму витримку часу при пуску з холодного стану, а, отже, двигун може запускатися без обмежень на роботу в холодному стані [3, С. 310].

**Мета роботи.** Таким чином, метою даної роботи є синтез структури пристрою керування запуском двигуна великої потужності, який враховував би названі обмеження та недоліки.

**Матеріал та результати дослідження.** З врахуванням вказаного недоліку математична модель роботи пристрою запуску двигуна великої потужності буде мати вигляд (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} n \leq N, \\ U_1 \geq 0,8U_n, \\ c < C_{cp}, \\ \text{Якщо } c \leq 1,03C_0 \text{ та} \\ \text{Якщо } \begin{cases} T_h \leq t_n - t_{n-1} < T_g, \\ h \leq N_h, \end{cases} \text{ то } \begin{cases} t_{n+1} = t, \\ h = 0, \\ g = 0, \end{cases} \\ \text{Якщо } \begin{cases} c > 1,03C_0, \\ g \leq N_g, \end{cases} \text{ то } \begin{cases} t_{n+1} = t, \\ g = g + 1. \end{cases} \end{array} \right. \quad (1)$$

В (1) використано наступні позначення:  $n$  – поточна кількість пусків;  $N$  – кількість прямих пусків за певний період часу (день, рік, термін служби);  $U_1$  – напруга мережі живлення;  $U_n$  – номінальне значення цієї напруги;  $c$  – поточне значення температури обмотки двигуна;  $C_{cp}$  – граничне значення температури обмотки статора двигуна;  $C_0$  – температура оточуючого середовища;  $T_h$  – інтервал

між пусками з холодного стану;  $t_{n-1}$  – час попереднього запуску;  $t_n$  – поточне значення часу;  $t_{n+1}$  – час наступного запуску;  $T_h$  – інтервал між пусками з холодного стану;  $T_g$  – інтервал між пусками з гарячого стану;  $t$  – астрономічний час;  $N_g$  – допустима кількість пусків з гарячого стану;  $N_h$  – допустима кількість пусків з холодного стану. Для підрахунку кількості пусків з гарячого та холодного

станів використано проміжні змінні відповідно  $g$  та  $h$ .

Перша нерівність системи враховує обмеження на загальну допустиму кількість прямих пусків двигуна чи то за день, чи за рік, чи за термін експлуатації. Друга та третя нерівності – обмеження на напругу живлення двигуна та температуру його статорної обмотки. При виконанні умови четвертої нерівності, коли двигун знаходиться в холодному стані, перевіряється час між поточним станом та попереднім пуском. Якщо він більший за  $T_g$ , то в якості часу наступного запуску назначається поточний час, і в цей момент видається команда на запуск двигуна. Якщо ж знаходиться в межах між  $T_h$  та  $T_g$ , то двигун також запускається, але цей запуск вже рахується як перший з холодного стану. Якщо час між поточним станом та попереднім пуском менший за  $T_h$ , то команда на запуск двигуна подається після проходження часу  $T_h$ . Останньою умовою системи (1) забезпечується подання команди на запуск двигуна з гарячого стану допустиму кількість разів.

Для синтезу структури пристрою, який би реалізовував представлену математичну модель, використаємо математичний апарат секвенцій [4]. Для спрощення процедури синтезу розглянемо структуру пристрою у вигляді, зображеному на рис. 1.

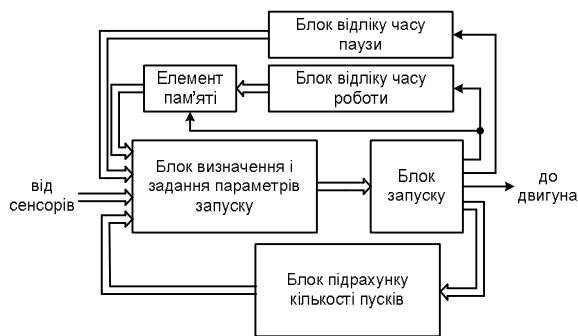


Рисунок 1 – Структура пристрою керування запуском двигуна великої потужності

Блок визначення і задання параметрів запуску забезпечує виділення стану, в якому знаходиться двигун перед запуском, відносно його напруги живлення, температури навколишнього середовища та обмотки статора, часу між попереднім запуском і поточним станом. На його виході отримуємо двійковий сигнал дозволу на пуск двигуна в одному із можливих варіантів: пуск з холодного стану при інтервалі між попереднім пуском і поточним значенням часу, більшому за  $T_g$  (сигнал дозволу  $x_0$ ); пуск з холодного стану при вказаному інтервалі, меншому ніж  $T_g$ , але більшому за  $T_h$  (сигнал дозволу  $x_h$ ); пуск з гарячого стану (сигнал дозволу  $x_g$ ). Причому, якщо активний хоч один з виходів блоку, то сигнал роботи  $x_p$  встановлюється в одиницю, якщо ж двигун не запускається ні в одному з можливих варіантів пуску то  $x_p$  встановлюється в нуль, що позначимо  $\bar{x}_p$ . Блок визначення і задання параметрів запуску представлятиме собою набір аналогових компараторів, на виході яких отримується цифровий двійковий сигнал,

відповідний результату співставлення вхідних аналогових величин; логічних елементів АБО, І для об'єднання вказаних обмежень; цифрових компараторів, призначених для відслідковування часу між пусками двигуна та співставлення кількостей пусків.

Блок запуску, в залежності від варіанту запуску двигуна, забезпечує видачу команд на його запуск, спрацювання лічильників кількості запусків і на системи відліку часу. Тобто на вхід системи поступають двійкові постійні сигнали  $x_0$  чи  $x_h$ , чи  $x_g$ , а на виході отримуємо відповідні імпульсні сигнали  $x'_0$ ,  $x'_h$ ,  $x'_g$  та імпульсний сигнал паузи  $\bar{x}'_p$ .

Сигнали роботи та паузи поступають на відповідні блоки відліку часу. Блок відліку часу призначений по вхідному сигналу запустити відлік часу, поки не прийде сигнал зупинки цього відліку. На його виході маємо двійковий код певного розряду, який відповідний часу роботи чи паузи двигуна.

Елемент пам'яті необхідний для фіксації часу роботи при наступному запуску двигуна, оскільки в протилежному випадку можливе перекидання двигуна на друге коло запуску.

Блок підрахунку кількості пусків формує на своєму виході двійкові коди, відповідні загальній кількості пусків і кількості пусків з гарячого та холодного станів.

Блок визначення і задання параметрів запуску синтезуємо методом логічно-структурного аналізу [5].

Для функціонування блоку підрахунку кількості пусків необхідно використати три лічильники імпульсів: загальної кількості пусків, кількості пусків з гарячого стану та кількості пусків з холодного стану. В якості двійкового лічильника можна використати схему послідовного з'єднання Т-тригерів [6, С. 116]. При цьому кількість тригерів відповідає кількості розрядів лічильника. Т-тригер можна побудувати на R-S тригері [6, С. 110-111]. Для спрощення опису розглянемо дворозрядні лічильники (можуть підрахувати 3 імпульси), а саме лічильник кількості пусків з холодного стану ( $T_6$  та  $T_7$ ), лічильник кількості пусків з гарячого стану ( $T_8$  та  $T_9$ ) і лічильник загальної кількості пусків ( $T_{10}$  та  $T_{11}$ ). В якості позначення стану тригера використаємо наступні:  $T_i$  – означає, що і-тий тригер встановлений в одиницю,  $\bar{T}_i$  – і-тий тригер встановлений в нуль (обнулений). Певним кількостям імпульсів відповідають наступні комбінації станів тригерів  $T_i$  та  $T_j$ : один імпульс –  $\bar{T}_i\bar{T}_j$ , два імпульси –  $\bar{T}_iT_j$ , три імпульси –  $T_i\bar{T}_j$ , чотири імпульси –  $T_iT_j$ . Граф функціонування блоку підрахунку кількості пусків представлено на рис. 2.



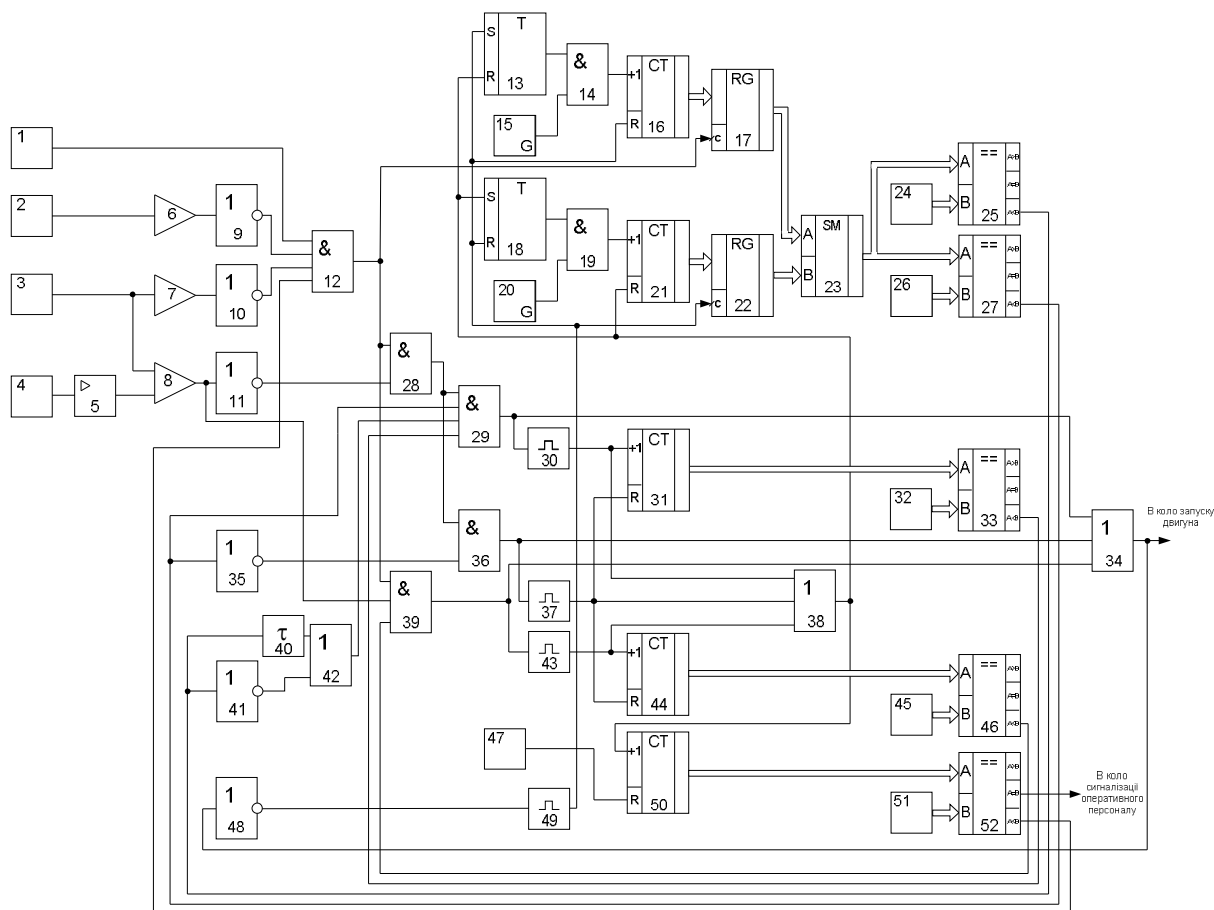


Рисунок 3 – Структурна схема пристрою керування запуском двигуна великої потужності  
ЛІТЕРАТУРА

В залежності від типу запуску, при появі сигналу на одному з логічних елементів І 36, 29 чи 39, спрацьовує відповідний йому одновібратор (відповідно 37, 30 чи 43), подається сигнал на запуск двигуна, спрацьовує той чи інший лічильник кількості пусків (СТ 31, 44, 50) та видається команда на відлік часу роботи двигуна (тригер 18). При зникненні команди «Запуск» або виході одного з контрольованих параметрів за допустимі межі, двигун вимикається, зупиняється відлік часу роботи та розпочинається відлік часу паузи. При наступному пуску цикл повторюється.

**Висновки.** Синтезовано структурну схему пристрою керування запуском двигуна великої потужності, який враховує обмеження на кількість можливих пусків двигуна, його температуру та напругу живлення під час пуску та в процесі експлуатації. Пристрій, побудований за цією структурою, може бути використаний для пуску двигунів великої потужності як синхронних, так і асинхронних, та для пуску двигунів різних технологічних механізмів, на які накладаються обмеження на кількість запусків та інтервал між пусками. Однією з можливих сфер застосування пристрою є система водопостачання з регулюванням продуктивності зміною числа паралельно працюючих насосних агрегатів.

- ГОСТ Р 51757-2001.
- Справочник. Машины электрические. Машины электрические большой мощности. – Т. 3, Ч. 1. – М. 1990.
- Грабко В. В., Мошноріз М.М. Система керування запуском насосного агрегату станції водопостачання // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2008. – Випуск 30. – С. 310-311.
- Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975. – 136 с., ил.
- Тетельбаум И.М., Шнейдер Ю.Р. Практика аналогового моделирования динамических систем: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 384 с.
- Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.: ил.
- Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под. ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.

Стаття надійшла 16.04.2009 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Чорним О.П.