

## АНАЛИЗ И СИНТЕЗ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ТИРИСТОРНОГО КОНТАКТОРА

*Миронченко В.Л., к.т.н., доц., Романиченко Г.Н., ст. преп., Яланская Г.А., инж.*

*Запорожский национальный технический университет*

*69063, г. Запорожье, ул. Жуковского, 64*

*E-mail: gnroman@zntu.edu.ua*

Отримано булеві функції для вихідних сигналів та синтезовано функціональну схему пристрою керування та захисту тиристорного контактора, на базі якої побудовано принципову схему пристрою такого автомата.

**Ключові слова:** триггер, больові функції, струмовий захист.

Receive Boolean function for leave signal and synthesis functional scheme equipment for control and protections silicon-controlled rectifiers contactor, on the based of build principals scheme this equipment.

**Key words:** trigger, Boolean function, current defense.

**Введение.** Известно, что при регулировании мощности (температуры), например, в электропечах сопротивления, часто применяется двухпозиционное регулирование, при котором происходит периодическое включение и отключение нагрузки (печи). При таком регулировании тиристорный контактор включен, если температура в электропечи ниже заданной ( $X_1=1$ ) и отключен, если температура достигла заданного значения.

При наличии силового трансформатора у печи, когда тиристорный контактор включен в цепь первичной обмотки, необходимым условием является пропуск в нагрузку (на интервале включённого состояния тиристоров) чётного числа полупериодов питающего напряжения. Это исключает одновольтный режим, при котором резко возрастают токи в первичной цепи печного трансформатора, что, как правило, приводит к выходу из строя тиристоров. Поэтому в схеме устройства должны применяться элементы памяти в виде электромагнитных устройств [1] или триггеров в интегральном исполнении [2,3].

**Цель работы** - синтез устройства управления и защиты тиристорного контактора.

**Материал и результаты исследования.** Задан условия работы синтезируемого автомата. Включение тиристоров должно происходить при угле управления  $\alpha = 0$  (или при  $\alpha \geq \varphi_n$ ), т. е. в моменты естественного перехода тока нагрузки (тиристора) через нуль. Обозначим входные сигналы:  $X_2$  - отпирается первый тиристор VS1 (рис.1);  $X_3$  - отпирается тиристор VS2.

Для формирования сигналов  $X_2$  и  $X_3$  используется формирователь по схеме, при которой первичная обмотка разделительного трансформатора под-

ключается параллельно тиристорам [2, 3]. Тиристоры должны отключаться при достижении температуры ( $X_1=0$ ) или при коротком замыкании в нагрузке ( $X_4=1$ ). При этом схема управления или многотактный автомат должны запомнить состояние проводимости на каждом из тиристоров. Например, если отключение ( $X_1=0$  или  $X_4=1$ ) произошло, когда проводит ток тиристор VS1, то при последующем включении ( $X_1=1$  или  $X_4=0$ ) должен первым включаться тиристор VS2, и наоборот. Очевидно, что тиристорный контактор может находиться во включённом состоянии при  $X_1=1$  или  $X_4=0$ , т.е. при  $X_1\bar{X}_4$ , и отключён при  $X_1=0$  или  $X_4=1$ .

Таким образом, функциональная схема регулятора (рис. 1) должна содержать собственно систему управления СУ, т.е. синтезируемый автомат с памятью, выходной узел ВУ, блок датчиков нуля тока БДТ, датчик температуры ДТ и блок тактовой защиты БТЗ. Сигнал ручной деблокировки токовой защиты обозначен через  $X_5$ , а через  $Y_1, Y_2$  - обозначены выходные сигналы автомата.

На основании словесного описания составляется граф состояний автомата (рис. 2,а), где обозначены состояния:

$S_1, S_2$  - проводят ток тиристоры VS1 и VS2 соответственно;  $S_3, S_4$  - промежуточные состояния автомата.

Закодируем состояния автомата, применяя соседнее кодирование:  $S_1=10; S_2=01; S_3=11; S_4=00$ .

Таким образом, при переходе состояний  $S_1 - S_4 - S_2 - S_3 - S_1$ , изменяется только одна переменная, что исключает состязание сигналов. Требуемое число элементов памяти [3]  $p = \lceil \log_2 |4| \rceil = 2$ .

В качестве элементов памяти (ЭП) принимаются RS- триггеры [4].

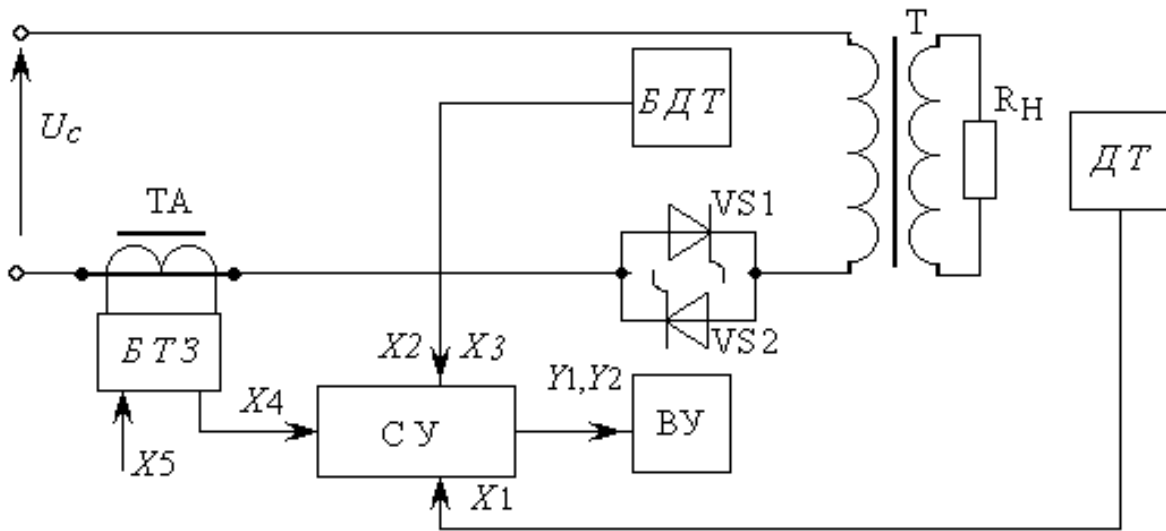


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства

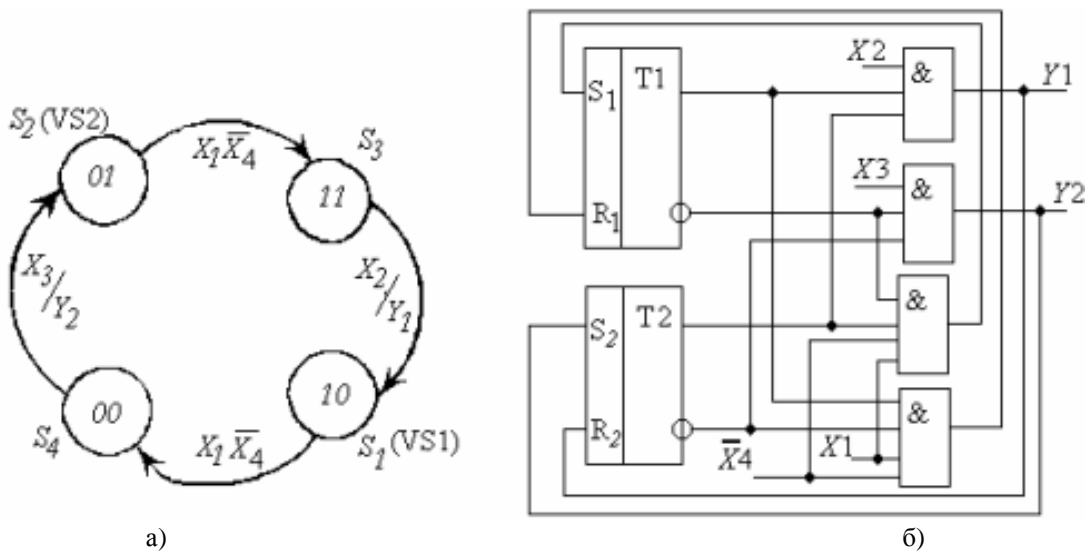


Рисунок 2 – Граф состояний (а) и структурная схема автомата (б)

Таблица 1 - Переходы и выходы автомата

Состояния автомата		Входные сигналы		
$S_i$	$Q_1 Q_2$	$X_2$	$X_3$	$X_1 \bar{X}_4$
$S_4$	00	00	01/ $Y_2$	00
$S_2$	01	01	01	11 /-
$S_3$	11	10/ $Y_2$	11	11
$S_1$	10	10	10	00 /-

На основании совмещенной таблицы переходов и выходов автомата (табл. 1) находятся булевы выражения для выходных сигналов:

$$Y_1 = X_2 Q_1 Q_2; \quad Y_2 = X_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2. \quad (1)$$

На основании таблицы переходов и выходов автомата (табл. 1) и таблицы переходов RS- триггера [4] составляется таблица функций возбуждения (табл. 2), из которой находятся булевы выражения

[4, 5]:

$$S_1 = X_1 \bar{X}_4 \bar{Q}_1 Q_2; \quad R_1 = X_1 \bar{X}_4 Q_1 \bar{Q}_2; \quad (2)$$

$$S_2 = X_3 \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 = Y_2; \quad R_1 = X_2 Q_1 Q_2 = Y_1 \quad (3)$$

На основании выражений (1–3) строится функциональная схема автомата (рис. 2,б). Если в качестве базиса принять микросхемы серии К561, то с учётом блока токовой защиты для реализации автомата потребуется около пяти корпусов микросхем.

Таблица 2 - Функции возбуждения

Q <sub>1</sub> Q <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> $\bar{X}_4$
00	00 00	00 01	00 00
01	00 00	00 00	01 00
11	00 10	00 00	00 00
10	00 00	00 00	10 00
	R <sub>1</sub> S <sub>1</sub> R <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> S <sub>1</sub> R <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> S <sub>1</sub> R <sub>2</sub> S <sub>2</sub>

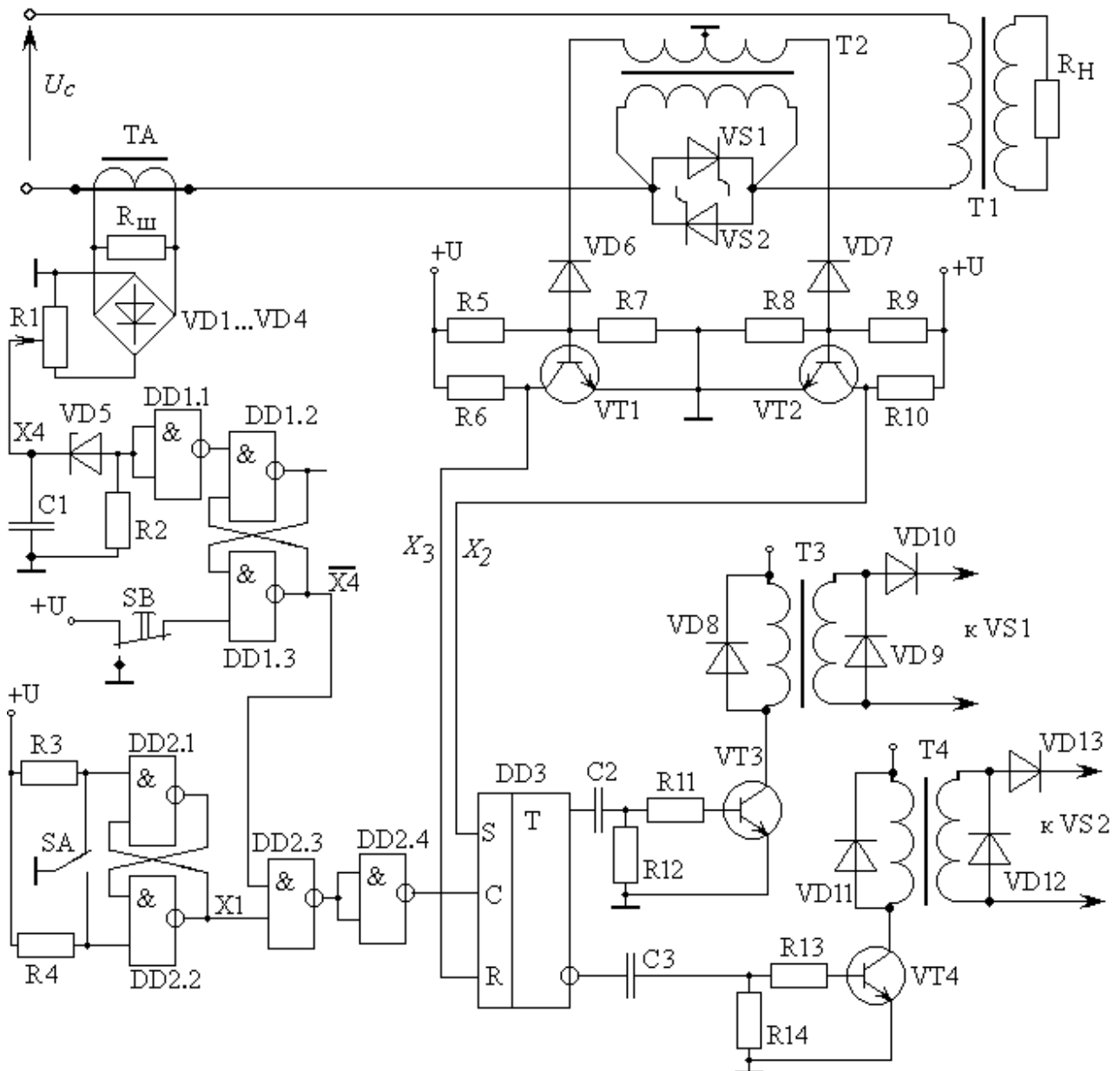


Рисунок 3 – Принципиальная схема автомата

Анализ выражений (1–3) показывает, что при использовании синхронного RS- триггера схема авто-

мата упрощается, при этом на синхронный вход второго триггера должен подаваться сигнал  $X_1\bar{X}_4$ , а

первый триггер, как элемент памяти, может быть использован в блоке токовой защиты. Булевы выражения в этом случае принимают следующий вид:

$$Y_1 = C_2 X_2; Y_2 = C_2 X_3; \quad (4)$$

$$S_2 X_2; R_2 = X_3. \quad (5)$$

В этом случае для реализации автомата потребуется около трёх корпусов микросхем (рис. 3).

В синтезированной схеме автомата (рис.3) сигнал  $X_1$  формируется переключающим контактом термометра (SA) или потенциометра и триггером на элементах DD2.1...DD2.2, который исключает “дребезг” контактов. Блок токовой защиты содержит трансформатор тока ТА, нагрузочный  $R_{ш}$  и подстроечный  $R_1$  резисторы, выпрямитель VD1...VD4, пороговый элемент на стабилитроне VD5, элемент памяти в виде триггера на элементах DD1.1...DD1.3 и кнопку деблокировки SB. Выходные узлы выполнены на транзисторах VT3, VT4 и импульсных трансформаторах ТЗ, Т4. Для снижения мощности, выделяемой на переходах транзисторов VT3, VT4, выходные сигналы  $Y_1$  и  $Y_2$  дифференцируются цепями  $R_{12} C_2$  и  $R_{14} C_3$ , т.е. используется временная булева функция вида  $Y_{в} = Y_i \cdot \bar{t}$ .

При отсутствии КЗ ( $X_4=0$ ) и температуре ниже заданной ( $X_1=1$ ) контакт SA термометра находится в верхнем положении, на тактируемом (синхронизирующем) входе триггера DD3 присутствует логическая единица (лог. 1) и тиристоры VS1 и VS2 под воздействием сигналов  $X_2, X_3$  отпираются. При дос-

тижении заданной температуры, контакт SA переключается в нижнее положение, при котором  $X_1=0$ . При этом триггер DD3 не переключается и тиристоры не отпираются. Если отключение произошло в момент, когда проводил тиристор VS1, то на прямом выходе DD3 будет лог. 1, конденсатор  $C_2$  заряжен. Тогда при повторном включении ( $X_1=1$ ) тиристор VS1 не сможет включиться, а включится только VS2. Аналогичная картина будет и при срабатывании токовой защиты.

**Вывод.** Синтезированные схемы автоматов с использованием RS-триггеров для систем управления и защиты тиристорных контакторов позволяет повысить надёжность работы тиристорных контакторов и предотвратить выход их из строя. ЛИТЕРАТУРА

1. Колкер М.И., Полищук Я.А. Бесконтактные регуляторы напряжения для электропечей сопротивления. – М.: Энергия, 1971 – 80 с.
2. Миронченко В.Л. Устройство для управления тиристорным контактором переменного тока А.с. №1226582, (СССР) 5 Н 02.М 1/08, БИ 1986, №15.
3. Миронченко В.Л., Романиченко Г.Н. Устройство для управления тиристорным контактором переменного тока. А.с. №1534673, (СССР), 5 Н 02.М 1/08. БИ 1990, №1.
4. Прикладная теория цифровых автоматов/ Под ред. К.Г. Самофалова. – Киев.: Высшая школа, 1987.– 375 с.
5. Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. – М.: Мир, 2001. –349 с.

Стаття надійшла 21.04.2008 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Родькіним Д.Й.