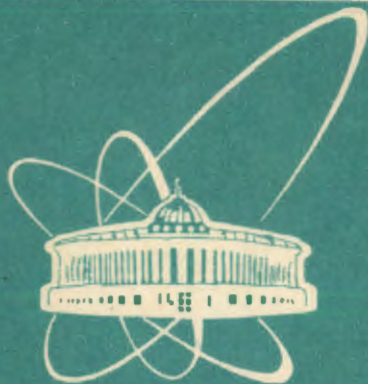


93-113



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-93-113

Г.Г.Казакова, В.В.Калиниченко, В.П.Соломников,
С.Б.Федоренко

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТИРИСТОРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ
ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

1993

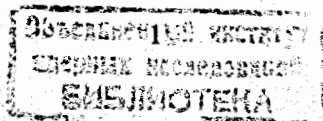
В 1991 г. была проведена модернизация силовой части стабилизированного источника тока для питания основной обмотки железно-токового канала (ЖТК). При этом в выпрямительном агрегате (ВА) была произведена замена силовых тиристорov силовыми полупроводниковыми диодами, а на первичной стороне силового трансформатора ВА был установлен тиристорный регулятор переменного напряжения (ТРПН) с импульсно-фазовым регулированием [1]. Целью модернизации являлось повышение надежности. Опыт двухлетней эксплуатации показал, что цель достигнута.

ТРПН на первичной стороне силового трансформатора ВА предъявляет повышенные требования [1] к симметрии импульсов управления тиристорами, которые вырабатываются системой импульсно-фазового управления (СИФУ). Однако ввиду ограниченных возможностей по разработке и изготовлению электронных блоков в 1991 г. для управления ТРПН были использованы готовые блоки СИФУ, применявшиеся ранее в управляемом тиристорном выпрямителе [1,2]. Требуемое для ТРПН качество работы этой СИФУ было достигнуто кропотливой совместной наладкой шести ее каналов (каждый канал выполнен в виде отдельного блока), а затем обеспечивалось периодической подстройкой их в процессе эксплуатации.

В 1992 г. был разработан и реализован вариант модернизации СИФУ. В декабре 1992 г. модернизированная СИФУ была испытана в действующем источнике питания основной обмотки ЖТК [3] и введена в эксплуатацию.

Модернизация СИФУ состоит в следующем. В СИФУ введен новый блок, содержащий преобразователь напряжение — частота и преобразователь полярности управляющего напряжения. Кроме того, в каждом из 6 каналов (блоков) установлена небольшая плата, на которой смонтированы новые узлы: синхронизатор, счетчик импульсов и RS-триггер. Эти узлы введены взамен исключенных генератора пилообразного напряжения и компаратора напряжений. В остальном предложенный вариант модернизации основан на полном использовании блоков, содержащихся в эксплуатируемой СИФУ. В каналах СИФУ использованы без изменений следующие узлы: одновибратор, согласующие каскады, ключевой каскад и трудоемкий в изготовлении трансформатор гальванической развязки [2].

На рис.1 представлена упрощенная блок-схема модернизированной СИФУ. Обсуждаемая СИФУ содержит преобразователь полярности управляющего напряжения (ПП), преобразователь напряжение—частота (ПНЧ) и шесть одинаковых каналов (K1 + K6) управления тиристорами



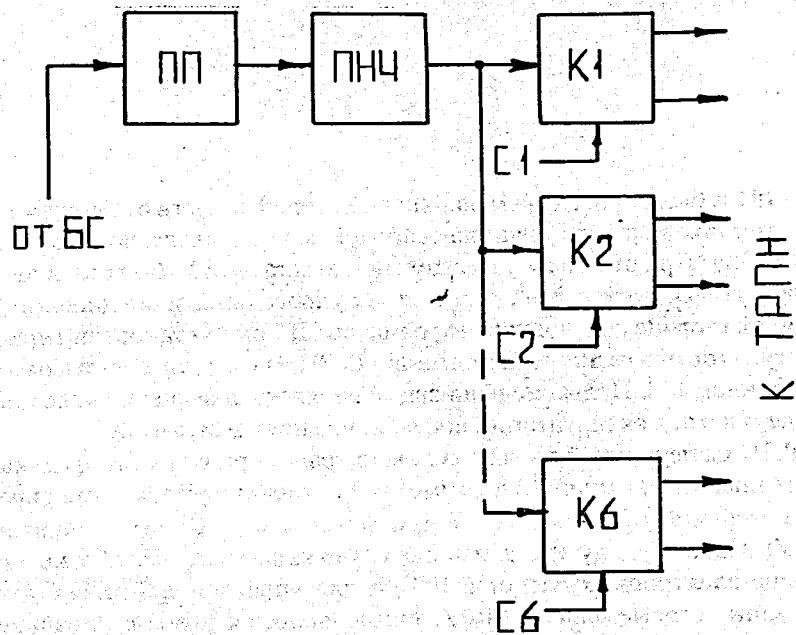


Рис.1. Упрощенная блок-схема системы импульсно-фазового управления (СИФУ)

ТРПН. Каналы $K1 - K6$ вырабатывают широкие импульсы управления (ширина импульсов $\sim 60^\circ$). Выходное напряжение блока связи (БС) имеет отрицательную полярность (11], схема рис.6), а используемая в СИФУ схема ПНЧ работает при входном напряжении только положительной полярности. Поэтому для обеспечения нормальной работы ПНЧ введен узел ПП.

Принципиальные схемы ПП и ПНЧ представлены соответственно на рис.2 и 3. ПП выполнен на операционном усилителе (ОУ) $A1$ и транзисторе $V1$. С помощью делителя $R7-R8$ устанавливается верхняя граница выходного напряжения ПП.

ПНЧ содержит таймер $A2$ (могут быть использованы таймеры типа 555, КР1006 ВИ1 или их аналоги) и управляемый напряжением источник тока на ОУ $A1$. Таймер $A2$ включен по схеме самовозбуждения с времязадающим конденсатором $C1$ [4]. Частота импульсов на выходе ПНЧ в широком диапазоне линейно зависит от величины управляющего напряжения, поступающего на вход ПНЧ от ПП.

На рис.4,а представлена часть принципиальной схемы одного из 6 каналов управления тиристорами после модернизации. Оставшаяся без изменений часть схемы канала здесь не показана. Соединение этих частей производится подключением выхода Q RS-триггера к точке объединения выводов

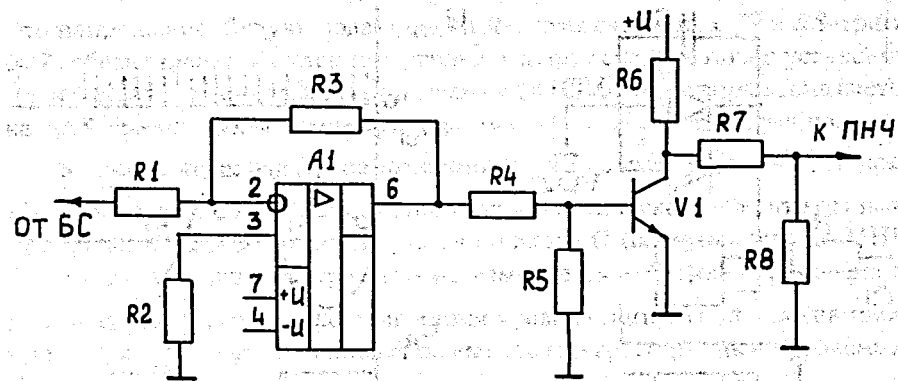


Рис.2. Принципиальная схема преобразователя полярности управляющего напряжения (ПП)

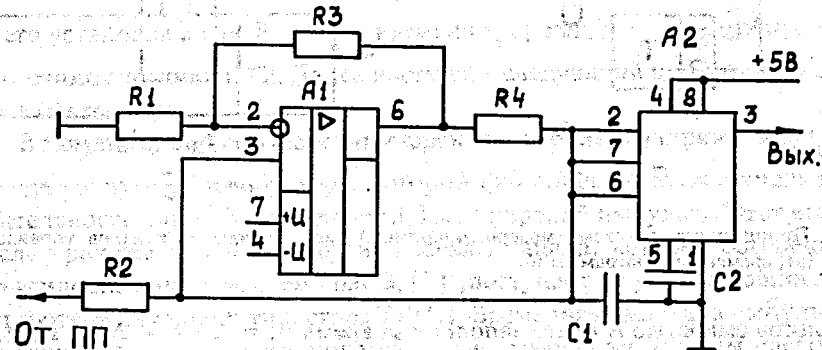


Рис.3. Принципиальная схема преобразователя напряжение—частота (ПНЧ)

конденсатора $C5$ и резистора $R6$, от которой при модернизации отключается вывод коллектора транзистора $T2$ ($J1$, схема рис.3).

В рассматриваемом варианте выполнения канала управления тиристором (как и в других вариантах выполнения каналов управления аналогичного назначения) формируется импульс управления, имеющий регулируемую временную задержку относительно момента перехода синхронизирующего (сетового) напряжения через нуль. Получение регулируемой временной задержки основано на регистрации интервала времени, необходимого для заполнения счетчика импульсами, частота следования которых регулируется в широких пределах. Предварительно обнуленный счетчик

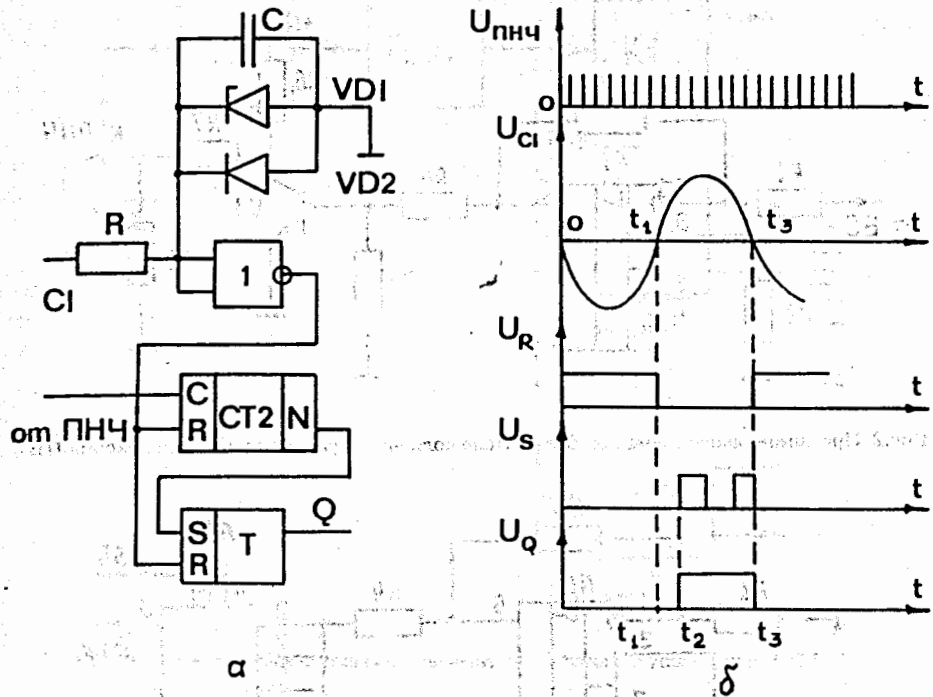


Рис.4. Принципиальная схема модернизированной части одного из каналов управления ТРПН (а); временные диаграммы (б)

импульсов емкостью N будет заполнен за время $\Delta t = t_2 - t_1 = N/F$, где t_1 — момент начала счета, t_2 — момент заполнения счетчика, F — частота следования импульсов, подаваемых на вход счетчика. Варианты реализации подобного способа получения регулируемой временной задержки обсуждались в [5,6]. В этих работах сделан вывод, что в цифровых СИФУ (по сравнению с аналоговыми) в несколько раз могут быть улучшены такие показатели, как точность формирования угла регулирования, линейность и (что особенно важно для управления ТРПН) симметрия управляющих импульсов.

Работа схемы рис.4,а иллюстрируется временными диаграммами, представленными на рис.4,б. На вход со счетчика $CT2$ поступает импульсное напряжение $U_{ПНЧ}$ с выхода ПНЧ, а на вход $C1$ синхронизатора (собранный из элементов R , C , $VD1$, $VD2$ и 2ИЛИ — НЕ в режиме инвертора) подается переменное напряжение синусоидальной формы U_{C1} (напряжение сети). Во время действия отрицательной полуволны U_{C1} напряжение на выходе син-

хронизатора (обозначено U_R) соответствует напряжению логической «1». Это напряжение, будучи поданным на R -входы счетчика $CT2$ и RS -триггера T , обеспечивает обнуление счетчика и запрет счета, а также установку в «0» RS -триггера (логический «0» на выходе Q). Выходные напряжения счетчика и RS -триггера обозначены на диаграммах U_S и U_Q соответственно.

В момент перехода (t_1) напряжения U_{C1} через нуль уровень логической «1» на R -входах $CT2$ и T сменяется уровнем логического «0», что открывает счетчик $CT2$ для счета импульсов по входу C (поступающих от ПНЧ). Состояние RS -триггера при этом не изменяется. В момент t_2 счетчик заполняется и на его выходе появляется уровень логической «1» (напряжение U_S), который устанавливает на выходе RS -триггера также уровень логической «1» (напряжение U_Q). После этого любые изменения напряжения U_S не могут изменить состояния RS -триггера, пока в момент времени t_3 уровнем логической «1» по R -входу (напряжение U_R) не будет произведена его установка в «0». В момент времени t_3 произойдет также обнуление и запирающее счетчика $CT2$. Далее наступает следующий цикл работы схемы и все повторяется.

В момент времени t_2 передним фронтом импульса напряжения U_Q происходит запуск одновибратора, который формирует импульс управления, длительность которого составляет 3,3 мс (широкий импульс). Этот импульс после прохождения через другие каскады канала, которые обеспечивают его усиление и пр. (см. схему рис.3, [1]), поступает на управляющий электрод соответствующего тиристора ТРПН. Временная задержка импульса управления $\Delta t = t_2 - t_1$ регулируется путем изменения частоты следования импульсов ПНЧ. В реализованной СИФУ при изменении управляющего напряжения на входе ПНЧ от 5 В до 0,3 В временная задержка регулируется от ~ 1 мс до 10 мс (от $\sim 18^\circ$ до 180°), что по диапазону регулирования задержки (угла) полностью удовлетворяет требованиям к СИФУ для трехфазных ТРПН.

В заключение отметим, что эксплуатация источника питания основной обмотки ЖТК существенно упростилась после ввода в него обсуждаемой цифровой СИФУ. Цифровая СИФУ (в отличие от аналоговой) не требует каких-либо подстроек в процессе эксплуатации, ее параметры сохраняются стабильными в изменяющихся условиях эксплуатации. После модернизации СИФУ стабилизированный источник обеспечивает (как и прежде) величины нестабильности тока и пульсаций $\sim 10^{-3}$ при диапазоне регулирования тока нагрузки от 10,0 до 12,5 кА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманов В.В. и др. — Сообщение ОИЯИ Р9-91-255, Дубна, 1991.
2. Денисов Ю.Н. и др. — Сообщение ОИЯИ 13-8420, Дубна, 1974.
3. Казакова Г.Г. и др. — Сообщение ОИЯИ Р13-92-277, Дубна, 1992.
4. Тули М. — Справочное пособие по цифровой электронике. М.: Энергоиздат, 1990.
5. Зюбин В.Ф. Цифровая система на интегральных схемах для управления выпрямителем. — В сб.: «Электронная техника в автоматике» под ред. Ю.И. Конева. Вып.3. М.: Сов. радио, 1972, с.131—134.
6. Зюбин В.Ф., Котенева Н.П. Система управления инвертором с ШИМ на интегральных схемах. — В сб.: «Электронная техника в автоматике» под редакцией Ю.И.Конева. Вып.6. М.: Сов. радио, 1974, с.85—89.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 апреля 1993 года.