Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКБ «Промышленная робототехника и электроника»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

_____ Е.М. Димитриади
(подпись)
«16» 06 2025 г.

Декан ФЭУ

_____ А.С. Гудим
(подпись)
«16» 06 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе, д-р техн. наук, профессор

_____ А.В. Космынин
(подпись)
«16» 06 2025г.

«Трёхфазная система синхронизации»

Комплект конструкторской документации

Руководитель СКБ _____ 16.06.25 С.И. Сухоруков
(подпись, дата)

Руководитель проекта _____ 16.06.25 А.В. Петухов
(подпись, дата)

Исполнитель проекта _____ 16.06.25 В.С. Франчук
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2025

Карточка проекта

Название	Трёхфазная система синхронизации
Тип проекта	Тип проекта: научно-исследовательский проект (с дальнейшей публикацией РИНЦ, ВАК и т.д).
Исполнитель	Студент В.С. Франчук – 4ЭРб-1
Срок реализации	1 семестр

Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт.
Микросхема LM324N	2
Транзистор КТ 315б	6
Трансформатор ЕТ -35-13 1,5W	3
Оптрон PC817	6
Конденсатор 100mkФ x 25V	2
Резистор МЛТ 0,125 27 кОм ±1%	6
Резистор МЛТ 0,125 470 Ом ±1%	6
Резистор МЛТ 0,125 30 Ом ±1%	6
Резистор МЛТ 0,125 2,2 кОм ±1%	6
Тиристор Т171-250-15-72	6
Импульсный трансформатор ТИАК-Б-7114	6
Диод 1N4007	6

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: Трёхфазная система синхронизации.

Назначение: Трёхфазная система синхронизации предназначена для формирования синхроимпульсов для трёхфазной системы фазоимпульсного управления тиристорами и отсчёта угла управления тиристорами физического макета тиристорно-реакторного стабилизатора напряжения трансформаторной подстанции в процессе проведения исследований на физическом макете в лаборатории силовой электроники на кафедре ПЭИТ факультета энергетики и управления.

Область использования: Разработанное устройство будет использовано в учебном процессе для проведения лабораторных работ по дисциплине “Основы преобразовательной техники” в комплекте с существующими стендами тиристорных выпрямителей и регуляторов напряжения, а также исследований в процессе разработки опытного образца тиристорно-реакторного стабилизатора напряжения для трансформаторной подстанции промышленного назначения.

Функциональное описание проекта: Трёхфазная система синхронизации обеспечивает синхронизацию с питающей сетью устройства фазоимпульсного управления натурного макета модели тиристорнореакторного стабилизатора напряжения трансформаторной подстанции, блок тиристорных ключей шунтирующих реакторы установленные на входе физического макета трансформаторной подстанции.

Техническое описание устройства: Трёхфазная система синхронизации представляет собой электронный модуль, реализованный на печатной плате,

формирующий прямоугольные импульсы на синхровыходах на интервале полупериода сетевого напряжения. Блок реакторов - тиристорных ключей обеспечивает регулировку напряжения на входе макета трансформаторной подстанции.

Требования: Разрабатываемое устройство должно обеспечивать управление фазоимпульсным устройством, обеспечивать гальваническую развязку низковольтной и высоковольтной части. Тиристорные ключи блока реакторов должны управляться высокочастотными импульсами, формируемыми существующим СИФУ.

План работ:

Наименование работ	Срок
Разработка принципиальной схемы и расчёт параметров каскада гальванической развязки	Сентябрь 2024
Разработка принципиальной схемы и расчёт параметров каскада компараторов	Октябрь 2025
Проектирование печатной платы	Ноябрь 2025
Изготовление печатной платы	Декабрь 2025
Монтаж элементов на печатную плату	Декабрь 2025
Изготовление блока тиристорных ключей	Декабрь 2025

Комментарии:

_____

_____

Перечень графического материала:

1. Принципиальная схема трёхфазной системы синхронизации;
2. Принципиальная схема блока реакторов с тиристорными ключами;
3. Внешний вид изделия;
4. Схемы подключения изделия к фазоимпульсному устройству.

Руководитель проекта _____ А.В. Петухов

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ

«Трёхфазная система синхронизации»

Руководитель проекта _____ А.В. Петухов
(подпись, дата)

Исполнитель проекта _____ В.С. Франчук
(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2025

Содержание

1 Общие положения 7

1.1 Наименование изделия 7

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия 7

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия 7

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах 8

2 Назначение и принцип действия 9

2.1 Назначение изделия 9

2.2 Области использования изделия 9

2.3 Принцип действия изделия 9

3 Состав изделия и комплектность 10

4 Технические характеристики 11

4.1 Основные технические характеристики трёхфазной системы синхронизации 11

5 Устройство и описание работы изделия 12

5.1 Устройство изделия 12

6 Условия эксплуатации 14

6.1 Правила и особенности размещения изделия 14

6.2 Меры безопасности 14

6.3 Правила хранения и транспортирования 15

ПРИЛОЖЕНИЕ А 16

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 18

ПРИЛОЖЕНИЕ В 19

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Трёхфазная система синхронизации» (далее «изделие»).

Паспорт входит в комплект поставки изделия. Прежде, чем пользоваться изделием, внимательно изучите правила обращения и порядок работы с ним. В связи с постоянной работой по усовершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены изменения, не отраженные в данном издании.

1.1 Наименование изделия

Полное наименование изделия – «Трёхфазная ситема синхронизации» (*ТСС*).

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирвание *ТСС* осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта *ТСС* является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 27.

Исполнителем проекта *ТСС* (далее СКБ), студентт группы *4ЭРб-1, Виктор Сергеевич Франчук*.

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

2 Назначение и принцип действия

2.1 Назначение изделия

ТСС – предназначен для формирования прямоугольных импульсов для управления системой импульсно фазового управления СИФУ для формирования начала отсчёта при управлении углом открывания силовых ключей блока реакторов физического макета тиристорно-реакторного стабилизатора напряжения трансформаторной подстанции.

В состав изделия входят: плата *ТСС* в виде отдельной печатной платы и блок реакторв с тиристорными ключами БР-ТК.

2.2 Области использования изделия

Изделие может применяться в учебном процессе при проведении лабораторных работ и исследований на физическом макете тиристорнореакторного стабилизатора напряжения для отработки опытного образца промышленного изделия, а также в рамках подготовки магистерских диссертаций по направлению “Электроника и наноэлектроника”

2.3 Принцип действия изделия

Принцип действия заключается в формирование синхроимпульсов для управления СИФУ, длительность импульсов управления соответствует половине периода напряжения переменного тока в питающей сети. Сформированные ТСС синхроимпульсы поступают на синхровходы СИФУ. По переднему фронту синхроимпульсов, поступивших на входы СИФУ, обеспечивается формирование отсчёта от момента перехода сетевого напряжения через нулевое значение до момента формирования управляющих импульсов, поступающих на управляющие электроды тиристорных силовых ключей БР-ТК.

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Плата ситемы синхронизации 1 шт;
- Блок реакторов с тиристорными ключами 1 шт;
- Паспорт.

4 Технические характеристики

4.1 Основные технические характеристики трёхфазной системы синхронизации

Основные технические характеристики трёхфазной системы синхронизации приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики трёхфазной системы синхронизации

Наименование параметра	Значение
Входное напряжение, В	42-440
Амплитуда синхроимпульсов, формируемых на выходе устройства, В	5
Питание, В	5
Габариты, мм	150x100
Масса нетто, кг	0,2

4.2 Основные технические характеристики блока реакторов с тиристорными ключами

Основные технические характеристики блока реакторов с тиристорными ключами приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики блока реакторов с тиристорными ключами

Наименование параметра	Значение
Входное напряжение, В	380-1000
Рабочий ток, А	250
Амплитуда импульсов управления тиристорными ключами, В	24
Ток управления тиристорными ключами, А	0,05-2
Габариты, мм	270x570x240
Масса нетто, кг	8

5 Устройство и описание работы изделия

5.1 Устройство изделия

На рисунке 1 представлена структурная схема изделия, состоящая из блока реакторов с тиристорными ключами (БР-ТК), предназначенного для регулировки напряжения на входе физического макета трансформаторной подстанции и трёхфазной системы синхронизации (ТСС) для формирования синхроимпульсов СИФУ.

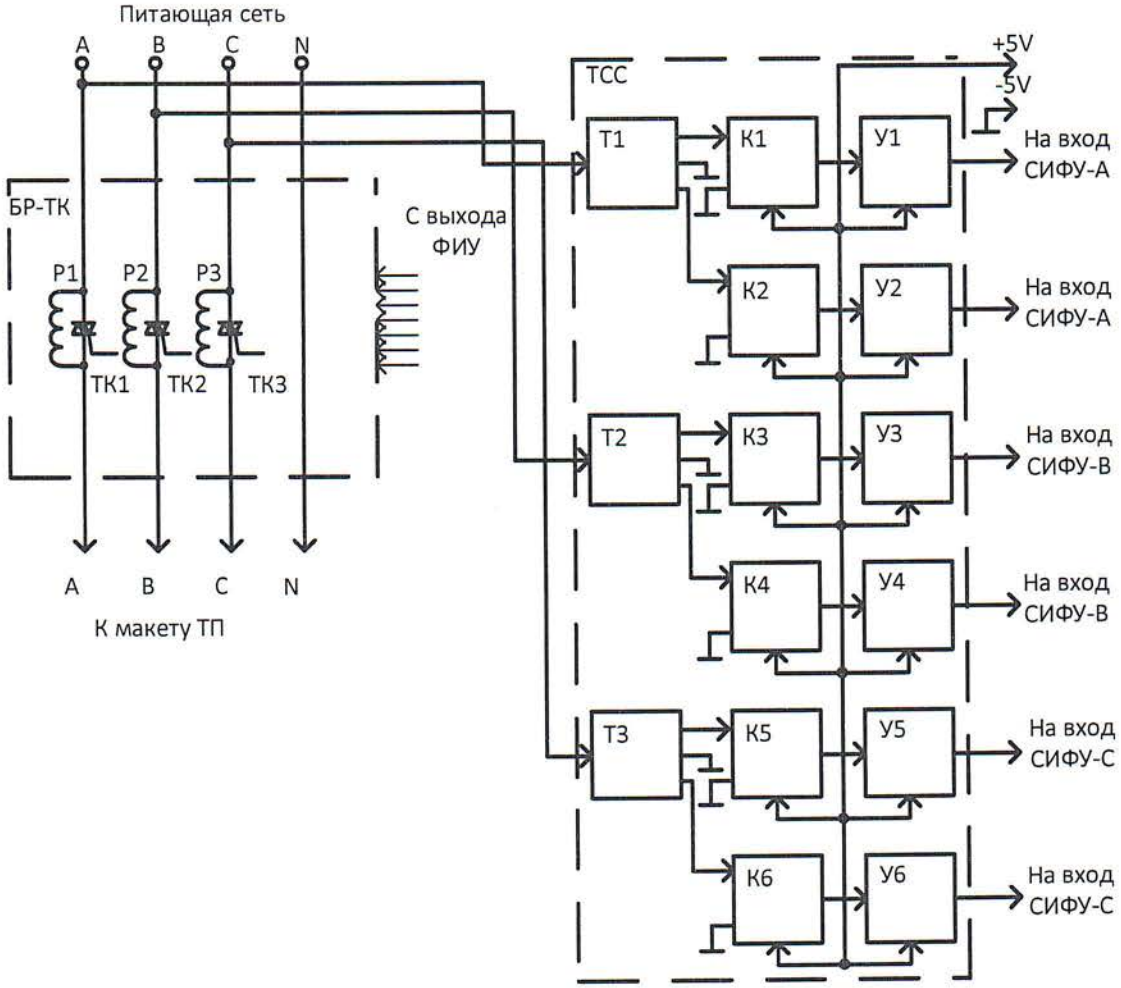


Рисунок 1 – Структурная схема изделия

В состав структурной схемы изделия входят следующие элементы: Р1, Р2, Р3-реакторы; ТК1, ТК2, ТК3-тиристорные ключи; Т1, Т2, Т3-разделительные трансформаторы; К1-К6-операционные усилители; У1-У6-транзисторные усилители нагруженные оптической парой.

Разделительные трансформаторы с двумя вторичными обмотками обеспечивают формирование напряжений с одинаковым значением и противоположной фазой. Первичные обмотки разделительных трансформаторов подключены к питающей сети, что обеспечивает гальваническую развязку низковольтной части ТСС с сетью. С вторичных обмоток разделительных трансформаторов синусоидальное напряжение в противофазе по отношению к общему проводу поступает на прямые входы операционных усилителей. При появлении положительного потенциала на прямом входе операцоионного усилителя по отношению к общему проводу на его выходе формируется прямоугольный импульс, который поступает на вход транзисторного усилителя. Нагрузкой транзисторного усилителя служит оптопара, обеспечивающая гальваническую развязку ТСС с СИФУ, подключенного к выходу ТСС. БР-ТК, включенный между питающей сетью и макетом трансформаторной подстанции, представляет собой узел, состоящий из реакторов, установленных в каждой из фаз защунтированных тиристорными ключами. При изменении угла управления тиристорными ключами происходит изменение напряжения на выходе БР-ТК.

6 Условия эксплуатации

Изделие выпускается в климатическом исполнении УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69 и предназначено для использования в стационарных условиях в закрытых помещениях при соответствующих климатических условиях:

- интервал температур от +10 до +35 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25 °С;
- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- атмосферное давление от 86,6 до 106 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.).

В помещении, где используется изделие не должно возникать условий для конденсации влаги (выпадения росы). Изделие является электронным прибором, требующим бережного обращения.

Для обеспечения безотказной работы, сохранения точности и его сбережения необходимо соблюдать следующие правила:

- изучить паспорт, прежде чем приступить к работе с изделием;
- предохранять изделие от ударов и повреждений;
- использовать напряжение питания, указанное в паспорте на изделие;
- не допускать самостоятельную разборку изделия.

6.1 Правила и особенности размещения изделия

Изделие должно быть расположено на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

ВНИМАНИЕ! При эксплуатации изделия запрещается проводить самостоятельно какие-то либо работы по извлечению и установке внутренних компонентов изделия.

6.2 Меры безопасности

Необходимо соблюдать требования техники безопасности и следующие меры предосторожности:

- не оставлять изделие включенным без наблюдения;

– после транспортировки в холодное время года изделие необходимо выдержать при комнатной температуре не менее двух часов;

– внутренние осмотры и ремонт изделия должны производиться только квалифицированными специалистами;

– не устанавливайте изделие на неустойчивой подставке, стойке или ненадежном кронштейне.

6.3 Правила хранения и транспортирования

Транспортирование изделия в упакованном виде может производиться железнодорожным, автомобильным (в закрытых транспортных средствах), воздушным, речным и морским видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на транспорт данного вида. Условия транспортирования изделия по части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 5 по ГОСТ 15150.

После транспортировки изделие должно быть выдержано не менее 2 часов в транспортной таре при температуре 20±5 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

Распакованное изделие должно храниться в отапливаемом и вентилируемом чистом помещении при температуре от +5 до +40 °С и относительной влажности воздуха не более 60 %. При температуре ниже 25 °С допускается увеличение относительной влажности до 80 %. Воздух в помещении не должен содержать примесей, вызывающих коррозию металлов, налеты на поверхностях деталей.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Схема БР-ТК

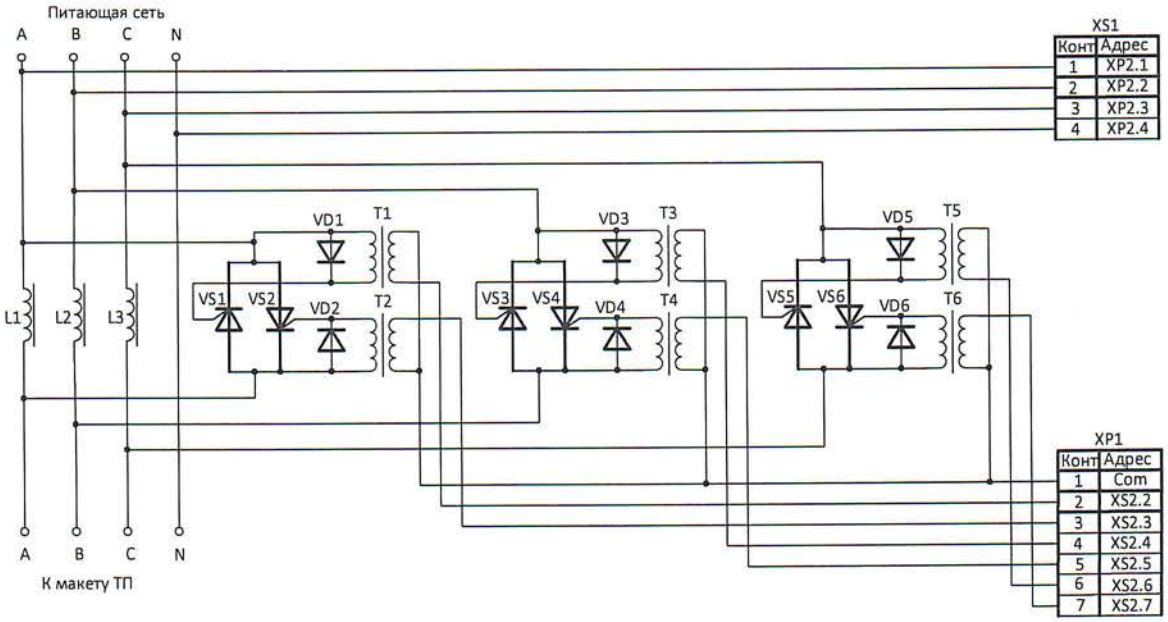
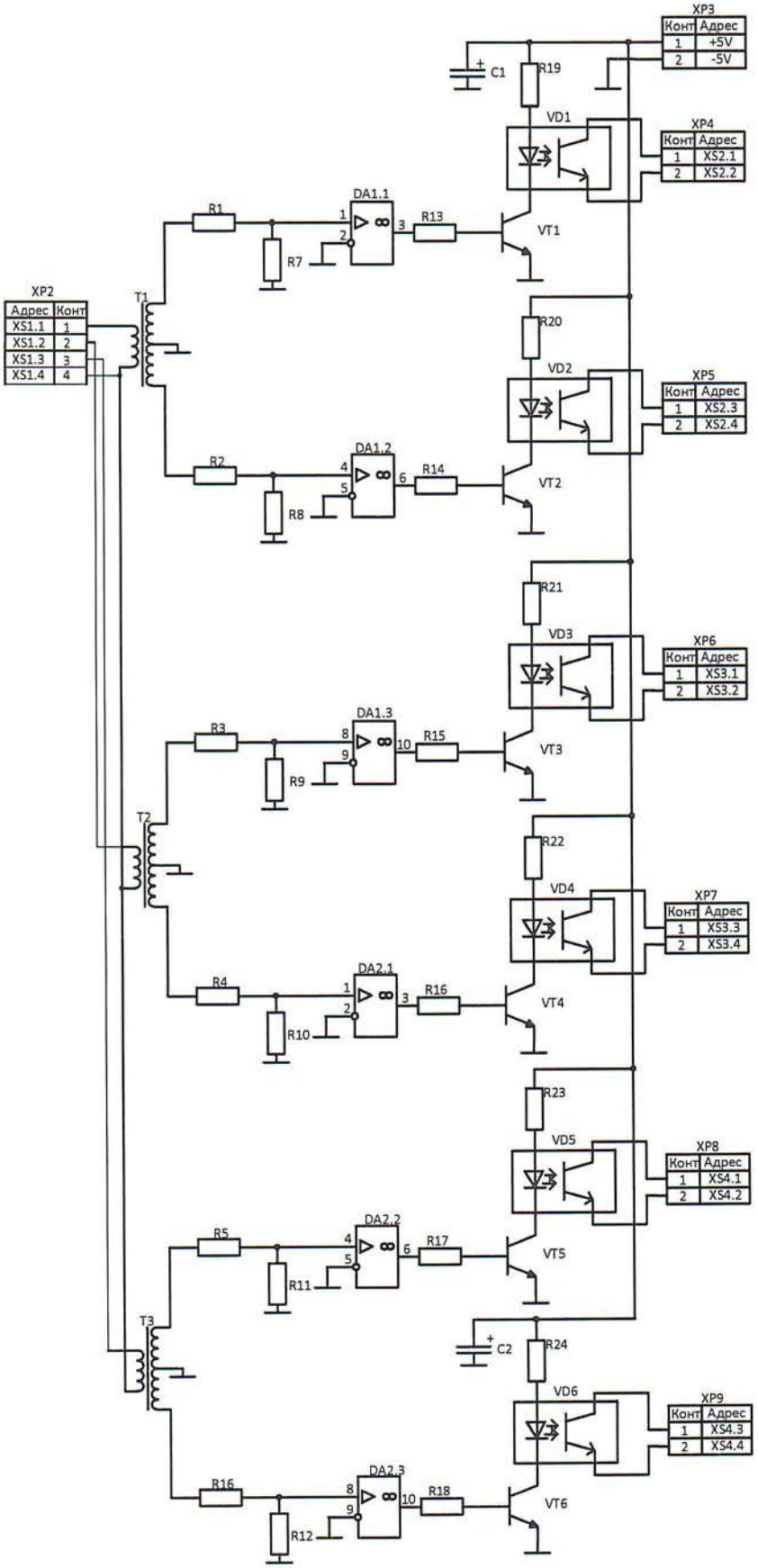


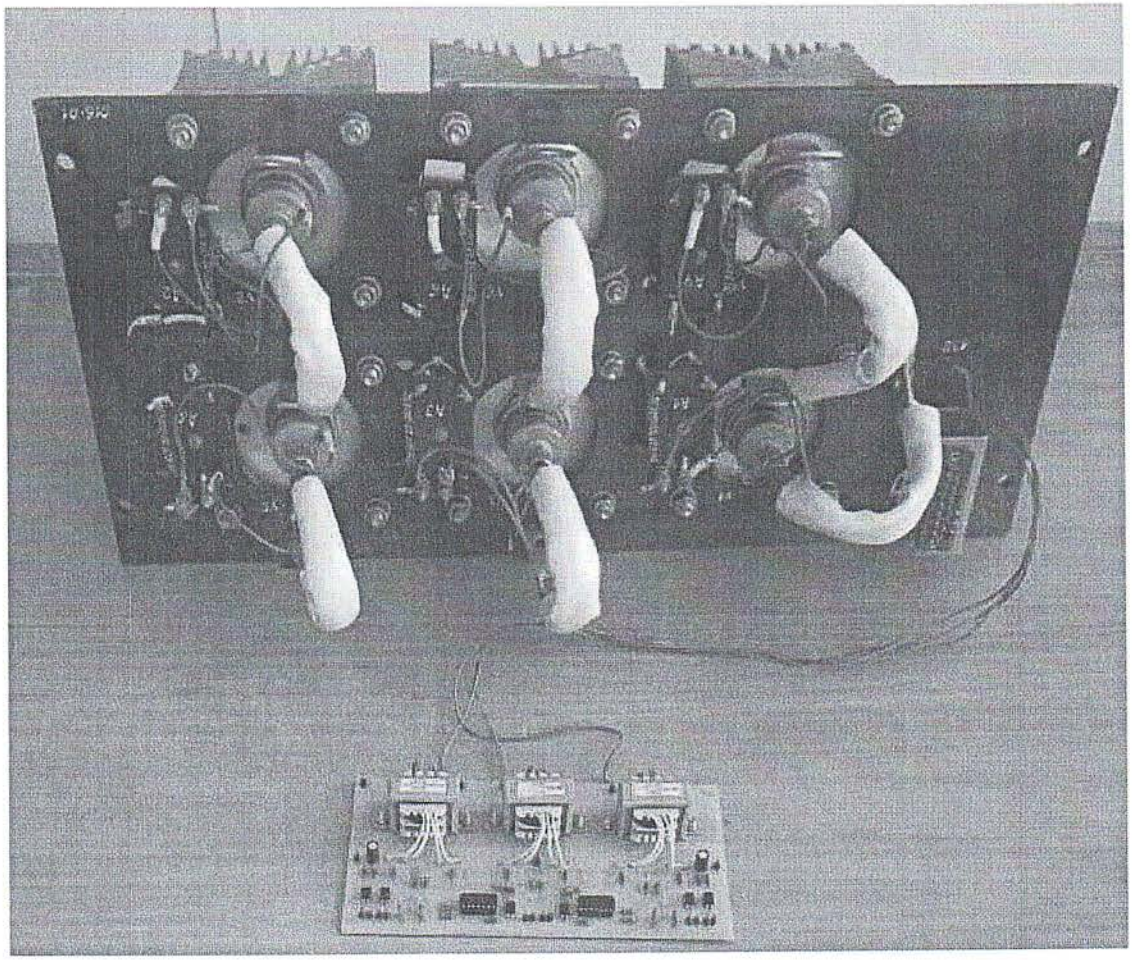
Схема трёхфазной системы синхронизации



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

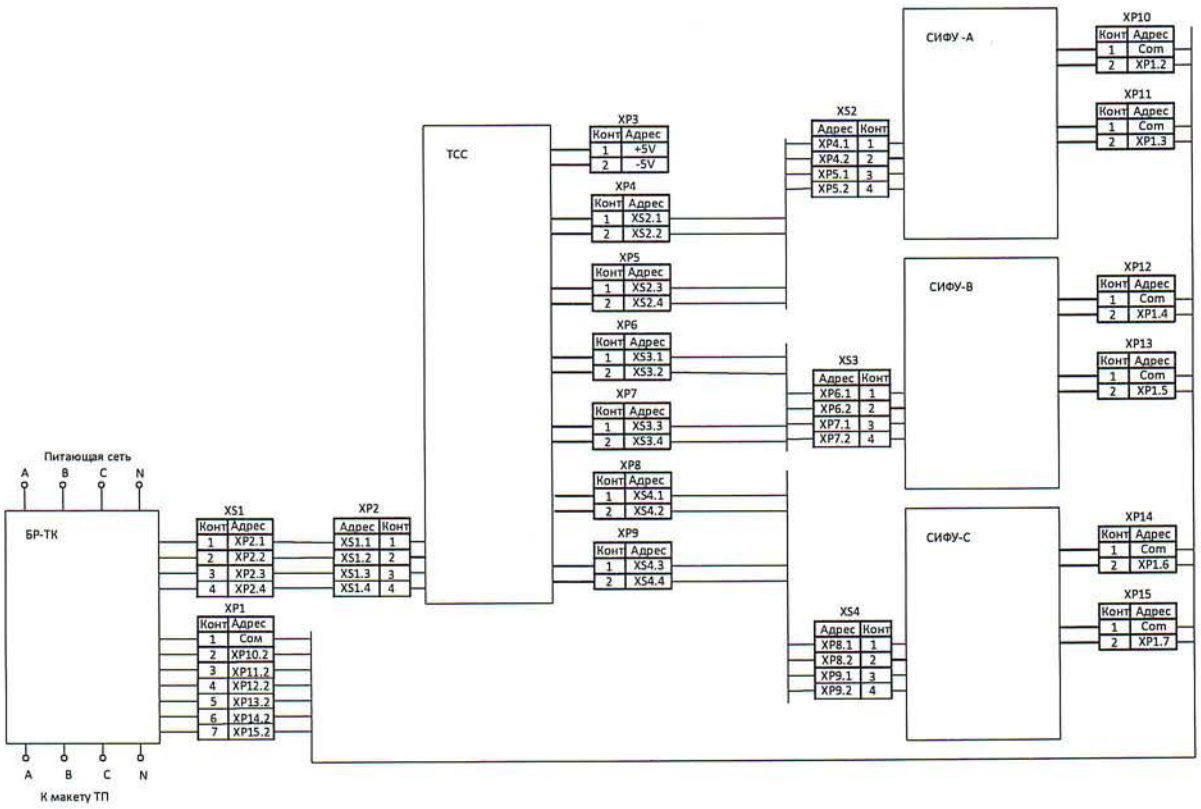
Внешний вид изготовленного комплекта электронных блоков изделия



ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Схема подключения изделия к СИФУ тиристорнореакторного регулятора напряжения



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

_____ Е.М. Димитриади
(подпись)
«16» 06 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе, д-р техн. наук, профессор

_____ А.В. Космынин
(подпись)
«06» 06 2025г.

Декан ФЭУ

_____ А.С. Гудим
(подпись)
«16» 06 2025г.

АКТ
о приемке в эксплуатацию проекта «Трёхфазная система синхронизации»

г. Комсомольск-на-Амуре «16» 06 2025 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- С.И. Сухоруков – руководитель СКБ;
- А.С. Гудим – декан ФЭУ;

со стороны исполнителя

- А.В. Петухов – руководителя проекта;
- В.С. Франчук – группа 4ЭРб-1;

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «трёхфазная система синхронизации», в составе:

1. Плата трёхфазной системы синхронизации;
2. Блок реакторов с тиристорными ключами.

Руководитель проекта _____ А.В. Петухов
(подпись, дата)

Исполнитель проекта _____ В.С. Франчук
(подпись, дата)