

621.314.63

А 13

Бул

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

МОСКОВСКИЙ ордена ЛЕНИНА АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

На правах рукописи

Марат Юнусович АБЛЯЗИН

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ
СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРАМИ

Специальность № 05.13.05 "Элементы и техни-
ческие средства управления и регулирования"

А в т о р е ф ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1976

Работа выполнена в Московском ордена Ленина авиационном институте имени Серго Орджоникидзе.

Научный руководитель профессор доктор технических наук
Удалов Н.П.

Официальные оппоненты:

профессор доктор технических наук
Конев Ю.И.;

доцент кандидат технических наук
Будянов В.П.

Ведущее предприятие указано в решении Специализированного совета ССК 09916.

Защита диссертации состоится в Специализированном совете ССК 09916 "Вычислительная техника, электрические машины и технические средства управления" Московского ордена Ленина авиационного института имени Серго Орджоникидзе. О дне защиты будет сообщено дополнительно.

Просим Вас принять участие в обсуждении диссертации или прислать свой отзыв в 2-х экземплярах, заверенный печатью.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Для участия в заседании Специализированного совета необходимо заблаговременно заказать пропуск по телефону 158-43-24.

Адрес института: 125871, Москва, ГСП,
Волоколамское шоссе, 4.

Ученый секретарь Специализированного
совета ССК 09916

В.Д.Тюрин

Савицкая Н.А. 27.11.86
В.Д.Тюрин

АННОТАЦИЯ

Целью реферируемой работы является создание оптоэлектронных схем управления мощными тиристорами и разработка методики их расчета.

Тиристоры широко используются как в летательных аппаратах, так и в наземных установках. Переход на оптоэлектронные схемы управления тиристорами обеспечит повышение помехозащищенности, передачу сигналов управления с минимальными искажениями, высокую степень микроминиатюризации, возможность интегрального исполнения, гальваническую развязку входа схемы от выхода.

В диссертационной работе решаются следующие задачи:

1. Обоснование выбора пути создания оптоэлектронных схем управления (ОЭСУ) тиристорами различной мощности.

2. Определение требований к оптронам для схем управления тиристорами и выявление конкретных типов оптронов из числа выпускаемых промышленностью, удовлетворяющих этим требованиям.

3. Разработка типовых схем управления.

4. Исследование статических характеристик оптронов с целью получения исходных данных для расчета ОЭСУ в установившемся режиме.

5. Исследование переходных процессов в оптронах и оптоэлектронных схемах управления.

6. Разработка методики расчета ОЭСУ.

7. Выработка рекомендаций по внедрению результатов исследований и разработок для применения ОЭСУ в промышленных тиристорных устройствах.

Автор защищает:

1. Классификацию оптоэлектронных схем управления тиристорами и целесообразность построения схем управления на основе оптронов.

2. Обоснование пригодности фототранзисторных и фототиристорных оптронов для управления тиристорами различной мощности.

3. Типовые схемы управления тиристорами.

4. Необходимость введения тока светодиода спрямления $I_{сд\text{спр}}$ и максимального напряжения включения фототиристора $U_{вкл\text{макс}}$ в качестве дополнительных параметров тиристорного оптрона, используемых при расчете ОЭСУ.

5. Аналитическое выражение для расчета времени запаздывания управляющего сигнала.

6. Методику графоаналитического расчета оптоэлектронной схемы управления тиристорами.

7. Обоснование целесообразности замены усилителя мощности с трансформаторным выходом в блоке управления мощного тиристорного коммутатора на ОЭСУ.

Общая характеристика работы

А к т у а л ь н о с т ь . Существующие в настоящее время традиционные схемы управления тиристорами имеют гальваническую или индуктивную связи с силовой частью.

В первом случае это вызывает появление обратной связи, возможность нежелательного отпираания, связь низковольтной и высоковольтной цепей. Во втором случае возникают искажения передаваемого сигнала управления, влияние обратной реакции с выхода трансформатора на его вход, возрастание веса и габаритов трансформаторов при передаче импульсов большой длительности.

В современных устройствах автоматики (в частности бортовых) управление тиристорами часто осуществляется по сигналам от вычислительных машин. Это выдвигает задачу согласования цепей управления мощных тиристорov с интегральными схемами. Реализовать согласующее устройство в интегральном исполнении при наличии трансформаторов невозможно. Такую возможность открывает использование оптоэлектронных элементов, которые хорошо сочетаются с интегральными схемами, имеют широкий диапазон частот — от нуля до частоты отсечки оптоэлектронного прибора.

В работе показано, что из двух возможных направлений оптоэлектронного управления тиристорами: создание мощных оптронов и разработка схем управления на базе промышленных образцов оптронов, более актуальным в настоящее время является второе направление. Данный путь решения задачи позволяет размещать схему управления отдельно от силовых приборов, устраняя тем самым, взаимное температурное влияние управляющей и силовой цепей, имеющее место при

первом направлении, а также изолирует высоковольтную часть схем от управляющих цепей тиристорov. Здесь реализуются как преимущества токового, так и достоинства оптического методов управления.

О б щ а я м е т о д и к а в ы п о л н е н и я и с с л е д о в а н и й включала в себя: изучение работ, касающихся вопросов включения и выключения четырехслойных полупроводниковых и фототиристорных структур, компонентов оптронных пар и серийных оптронов; классификацию методов управления тиристорами с целью выбора типов оптронов и разработки необходимых типовых схем управления; экспериментальное исследование характеристик и режимов работы тиристорного оптрона, статистическую обработку результатов; теоретическое и экспериментальное исследования переходных процессов в оптронах и ОЭСУ; экспериментальное исследование влияния температуры на параметры оптрона и схем управления; использование для расчетов ЦВМ; практическую проверку полученных результатов.

Н а у ч н а я н о в и з н а . Впервые поставлена и решена задача разработки типовых оптоэлектронных схем управления тиристорами различной мощности на основе серийных оптронов. Предложена классификация оптоэлектронных схем управления тиристорами. Выявлено, что параметры управляющего импульса на входе оптрона ОЭСУ могут выбираться без учета характера нагрузки силового тиристора. Определена необходимость введения двух дополнительных параметров для оптронов, используемых в ОЭСУ. Получено аналитическое выражение для расчета времени запаздывания управляющего сигнала силового тиристора.

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь . Предлагаемый метод анализа переходных процессов в оптроне и схеме управления позволяет вести расчеты на основе параметров, определяемых простыми электрическими измерениями. Использование ОЭСУ приводит к существенному уменьшению веса и габаритов устройства за счет перехода к интегральным схемам. ОЭСУ позволяет применять для управления тиристорами оптрона, серийный выпуск которых освоен промышленностью. Предлагаемая методика графоаналитического расчета и результаты проведенных исследований позволяют определить исходные данные для проектирования ОЭСУ.

А п р о б а ц и я р а б о т ы . Типовые схемы оптоэлектронного управления тиристорами прошли лабораторные испытания. Вариант ОЭСУ с фототиристорными оптронами внедрен в блоке управления

мощного тиристорного коммутатора на экспериментальном кольце ЦНИИ МПС.

Основные положения работы доложены и обсуждены на 8 Всесоюзных, республиканских и городских научно-технических конференциях.

П у б л и к а ц и я . По результатам выполненных исследований опубликовано 8 статей.

О б ъ е м и с т р у к т у р а р а б о т ы . Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, изложенных на страницах машинописного текста, рисунках и таблицах, списка использованной литературы и 2 приложений.

Во введении к диссертации анализируется состояние вопроса и формулируется постановка задач исследования. Приводится систематизация основных литературных источников, посвященных рассматриваемым вопросам.

Создание в середине 1960 годов переключателей, управляемых светом, то есть фототиристоров, сначала в США, а затем в нашей и ряде других стран, позволило перейти к принципиально новым способам управления тиристорными структурами: переключение в состоянии высокой проводимости стал осуществляться регулируемым световым потоком. Появление светодиодов привело к разработке оптронов на основе различных фотоприемников. Выпуск серийных оптронов нашей промышленностью начат в последние 3-4 года.

Большой вклад в становление и развитие элементной базы оптоэлектроники внесли работы Е.Е.Лебнера, О.В.Лосева, и Э.И.Адировича, С.В.Свечникова, Ю.Р.Носова, В.А.Горохова, Н.П.Удалова, Г.С.Полторапавловой, Л.Г.Титарева, В.М.Курцина, Ф.И.Вергунас, А.П.Ковтуненко, С.Ф.Корндорфа; Е.Л.Бонина, Хоуэлла, Т.Е.Брея и др.

К началу данной работы было известно лишь несколько публикаций, в которых в основном шло обсуждение возможностей использования некоторых фоточувствительных элементов в цепях управления тиристорами. Научные исследования по оптоэлектронным методам управления тиристорами отсутствовали. Для практической реализации оптронных схем управления тиристорами было необходимо:

- разработать типовые оптоэлектронные схемы управления;
- выявить оптроны (из числа выпускаемых промышленностью), пригодные для использования в управляющих цепях тиристор;
- разработать методику расчета оптоэлектронных схем управле-

ления, позволяющую осуществить выбор элементов цепи и параметров управляющих импульсов, необходимых для надежного включения тиристоров при существующем технологическом разбросе параметров элементов схемы и в заданном диапазоне температур.

Поскольку оптроны являются новыми полупроводниковыми приборами, необходимо всестороннее исследование их параметров и характеристик с целью согласования их выходных цепей с управляющими цепями тиристоров. Таким образом, вопросы, возникающие при решении поставленной задачи, можно сформулировать так:

1. Анализ возможных оптоэлектронных схем управления тиристорами, реализуемых на базе серийных оптронов и их классификация.
2. Исследование технологического разброса характеристик и параметров оптронов, пригодных для схем управления.
3. Исследование влияния температуры на характеристики оптрона.
4. Исследование переходных процессов включения оптрона.
5. Разработка оптоэлектронных схем управления тиристорами различной мощности, исследование переходных процессов и режимов работы ОЭСУ и определение аналитического выражения для расчета времени запаздывания управляющего сигнала.
6. Разработка методики расчета оптоэлектронной схемы управления тиристорами.
7. Рекомендации по применению ОЭСУ в конкретных тиристорных устройствах.

Первая глава диссертации посвящена анализу и выбору оптоэлектронных схем управления тиристорами малой, средней и большой мощности.

Критерием выбора пригодности серийных оптронов для разработки типовых схем управления являются требования к управляющим импульсам тиристоров с параметрами, : напряжение управления $U_y = 0,25 \div 20$ В; ток управления $I_y = 0,001 \div 2$ А; длительность импульсов t_u от единиц мкс до единиц мс, при крутизне переднего фронта $t_p \leq 0,3 \div 5$ мкс, а также устойчивость и надежность работы оптронов и уровень развития технологии их производства.

Классифицируя выходные устройства систем управления тиристорами по способу управления, можно выделить: токовые, оптические и оптоэлектронные.

Токовый способ является доминирующим и к настоящему времени определяет уровень и степень развития систем управления тиристорными устройствами. Преимущественное развитие по данному спо-

Анализ возможных оптоэлектронных схем, проведенный из условия согласования выходных цепей оптронов и цепей управления тиристорами, позволил выявить три типовые схемы управления (рис. 2). Для включения тиристоров малой и средней мощностей, когда необходимую величину управляющего тока может обеспечить сам оптрон, промежуточный прибор (транзистор ПТ или тиристор П) может отсутствовать, то есть схемы преобразуются в однокаскадные. Выбор в качестве базовых элементов гальванической развязки фототиристорных и фототранзисторных оптронов обоснован большим коэффициентом передачи по току, способностью выдерживать большие напряжения и токи по сравнению с другими оптронами. Быстродействие указанных оптронов несколько ниже (10^{-6} - 10^{-7}), чем у диодных, но обычно

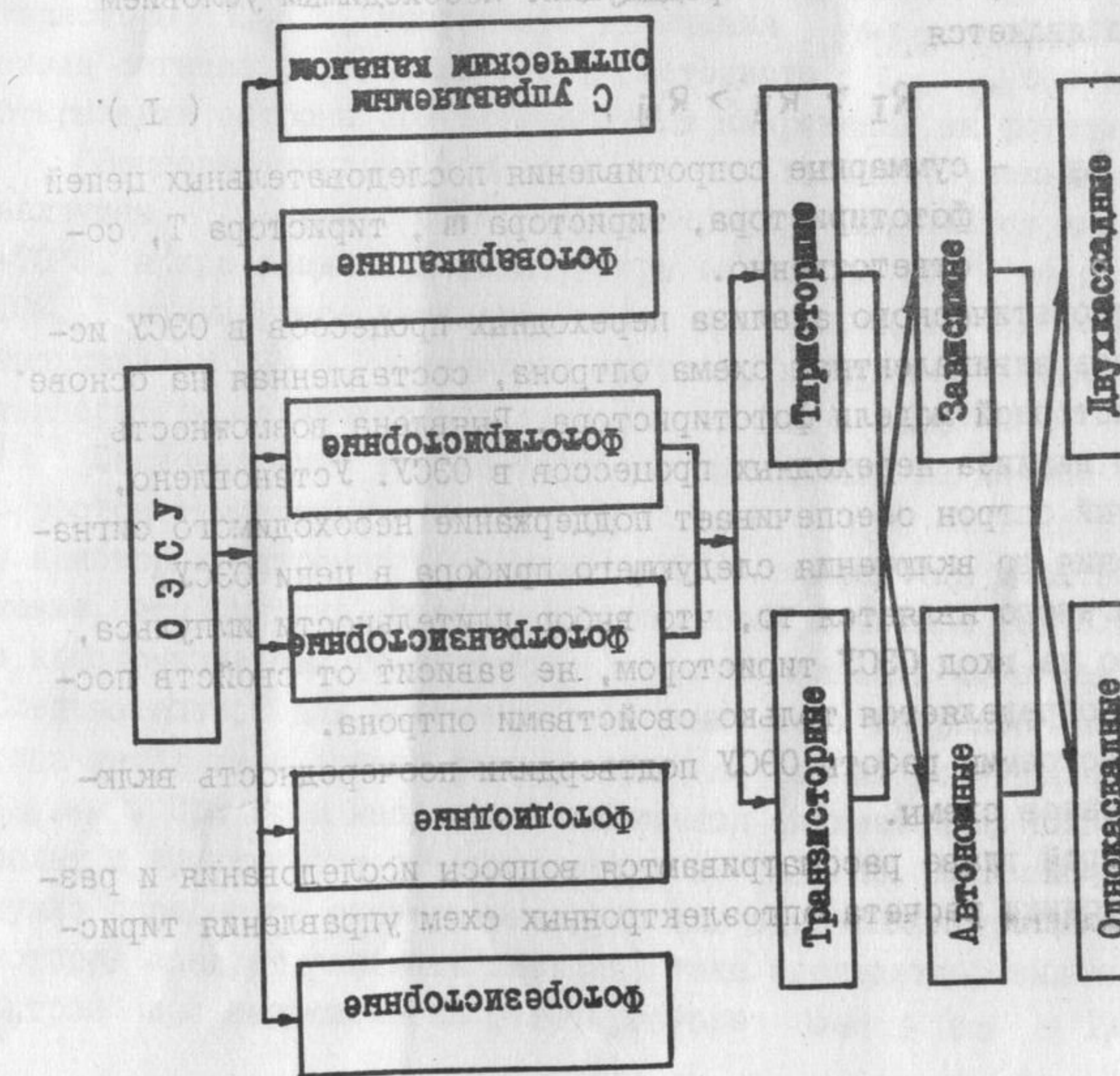


Рис. 1.

превышает быстродействие тиристоров, в особенности большой мощности.

Вторую и третью схемы (рис. 2, б, в) следует применять, когда приборы схемы управления по классу номинальных напряжений уступают силовым приборам. Автономные ОЭСУ предпочтительнее выполнять по третьей схеме, поскольку здесь промежуточный усилительный прибор не требует специальных мер по отключению. Применение схемы, изображенной на рис. 2, б, должно предусмотреть отключающее устройство для промежуточного тиристора, что реализуется, например, использованием в качестве отключающего сигнала заднего фронта управляющего импульса. Первая схема в этом отношении является более эффективной. Здесь отпадает необходимость в источнике питания и дополнительных устройств запираания промежуточного тиристора, кроме того обеспечивается синхронность работы элементов схемы. Дальнейшие исследования были проведены применительно к этой схеме.

В работе показано, что при покаскадном соединении элементов схемы происходит поочередное включение последующих приборов и, соответственно, выключение предыдущих. Необходимым условием последнего является

$$R_I > R_{II} > R_{III}, \quad (I)$$

где R_I, R_{II}, R_{III} — суммарные сопротивления последовательных цепей фототиристора, тиристора m , тиристора T , соответственно.

Для теоретического анализа переходных процессов в ОЭСУ использовалась эквивалентная схема оптрона, составленная на основе двухтранзисторной модели фототиристора. Выявлена возможность поэтапного анализа переходных процессов в ОЭСУ. Установлено, что открытый оптрон обеспечивает поддержание необходимого сигнала управления до включения следующего прибора в цепи ОЭСУ. Следствием этого является то, что выбор длительности импульса, подаваемого на вход ОЭСУ тиристором, не зависит от свойств последнего, а определяется только свойствами оптрона.

Осциллограммы работы ОЭСУ подтвердили поочередность включения элементов схемы.

Во второй главе рассматриваются вопросы исследования и разработки методики расчета оптоэлектронных схем управления тиристорами.

С целью выяснения технологического разброса и температурной зависимости характеристик оптронов типа АОУ103 проведено статистическое исследование входных и выходных характеристик 40 приборов.

Установлено, что рабочий участок входной вольт-амперной характеристики ограничен: напряжением светодиода $U_{cd} = I, I+I, 45$ В и током светодиода $I_{cd} = 5+50$ мА. Температурный коэффициент по напряжению составляет $-3,1$ мВ/град. Технологический разброс входных вольт-амперных характеристик незначителен, поэтому целесообразно пользоваться усредненной характеристикой для данного типа оптронов. На рабочем участке эти характеристики практически линейны, при этом дифференциальное сопротивление светодиода очень мало (единицы Ом) и задать прямое напряжение с целью получения необходимого тока затруднительно, поэтому светодиод удобнее рассматривать как прибор, работающий в режиме заданного тока.

Определено, что основными параметрами оптронов при их согласовании с управляющими цепями тиристоров являются ток фототиристора $I_{фт}$, напряжение включения $U_{вкл макс}$ при отсутствии сигнала управления и ток светодиода I_{cd} , вызывающий открывание оптрона при определенном напряжении на фототиристоре.

Экспериментально установлено, что заметное уменьшение величины $U_{вкл макс}$ с ростом температуры начинается лишь после $+70^{\circ}\text{C}$, а при изменении температуры от $+20$ до $+70^{\circ}\text{C}$ не превышает 10%. Температурное изменение тока $I_{фт}$ определяется остаточным напряжением $U_{ост}$ открытого оптрона, которое с увеличением температуры незначительно уменьшается (на 3-4%).

Показано, что ток светодиода, вызывающий включение оптрона, с ростом температуры растет ($TK_{I_{cd вкл}} = 0,06$ мА/град). Однако у некоторых оптронов (2 случая из 33) наблюдается обратное явление, что связано, в основном, с несовершенством технологии и конструкции самого оптрона и его составляющих компонентов. Следовательно, для надежного включения всех оптронов данного типа необходимо задать ток светодиода, равный току спрямления $I_{cd спр}$. При этом напряжение включения снижается до нескольких вольт и практически от температуры не зависит. Величину $I_{cd спр}$ нужно определять экспериментально для однотипных приборов, под которой следует понимать значение тока светодиода, включающее оптрон при напряжении на фототиристоре $U_{фт} \leq 12$ В. Целесооб-

разно величины $I_{cd\text{спр}}$ и $U_{вкл\max}$ ввести в паспорт оптрона в качестве основных параметров.

Токи утечки выходной цепи оптрона в прямом и обратном направлениях при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ весьма незначительны (десятые доли мкА), поэтому даже при заметном увеличении их с ростом температуры, на отметке $+70^{\circ}\text{C}$ их значения не превышают 15–20 мкА.

В основу рассмотрения переходных процессов тиристорного оптрона положен известный метод анализа динамических процессов полупроводниковых структур, основанный на построении импульсной характеристики включения и характеристики управления, каждая из которых строится на основании расчета и эксперимента. Достоинством метода является возможность проведения исследований без замеров внутренних параметров оптрона.

Из решения дифференциальных уравнений переходного процесса определен минимальный ток светодиода, включающий оптрон при запуске импульсом длительностью t_y

$$I_{cd\min} = \frac{I_{cd\text{ст}}}{1 - e^{-t_y/\tau_{вкл}}}, \quad (2)$$

где $I_{cd\text{ст}}$ – статический ток включения оптрона;
 $\tau_{вкл}$ – постоянная времени включения, равная

$$\tau_{вкл} = \tau_{б2} + \tau_{рег}, \quad (3)$$

где $\tau_{б2}$ – время жизни носителей во второй базе эквивалентного транзистора;

$\tau_{рег}$ – постоянная регенерации, численно определяемая временем нарастания тока $I_{\text{от}}$.

Время включения оптрона определяется уравнением

$$\tau_{вкл} = \tau_{б2} \ln \frac{I_{cd}}{I_{cd} - I_{cd\text{ст}}} + \tau_{рег} \ln \left[1 + \frac{I_{\text{от}}(\tau_{вкл})}{\tau_{рег}(I_{cd} - I_{cd\text{ст}})} \right]. \quad (4)$$

Для построения импульсной характеристики включения и характеристики управления по выражениям (3) и (4), соответственно, измеряются значения $I_{cd\text{ст}}$, $\tau_{рег}$, $I_{\text{от}}(t)$ и определяются $\tau_{вкл}$ и $\tau_{рег}$.

На рис. 3 приведены характеристики, построенные по

формулам (2) и (4) (кривые) и полученные экспериментально (точки). Расхождения результатов не превышают 5–6%, что позволяет использовать эти формулы для анализа переходных процессов в оптоэлектронных схемах управления.

Из поэтапного анализа переходного процесса ОЭСУ вытекает, что сигнал управления силового тиристора запаздывает на время $t_{зан}$, определяемое, в основном, суммой времени включения оптрона и промежуточного тиристора π

$$t_{зан} = t_{вкл\text{сд}} + t_{вкл\text{то}} + t_{вкл\text{п}}, \quad (5)$$

где $t_{вкл\text{сд}}$ – время включения светодиода, которое на 2–3 порядка меньше времени $t_{вкл\text{то}}$ и в дальнейшем не учитывается.

Получено аналитическое выражение для расчета величины $t_{зан}$ путем определения времени $t_{вкл\text{п}}$ по изложенной методике для оптрона и использованием уравнений (2–5):

$$t_{зан} = C_{11} + \ln \frac{y}{y - a_1} + C_{12} \ln \frac{C_{12}}{y - a_1} + C_{13} \ln x + C_{21} \ln \frac{x}{x - a_2} + C_{22} \ln \left[1 + C_{22} \frac{z}{x - a_2} \right] \quad (6)$$

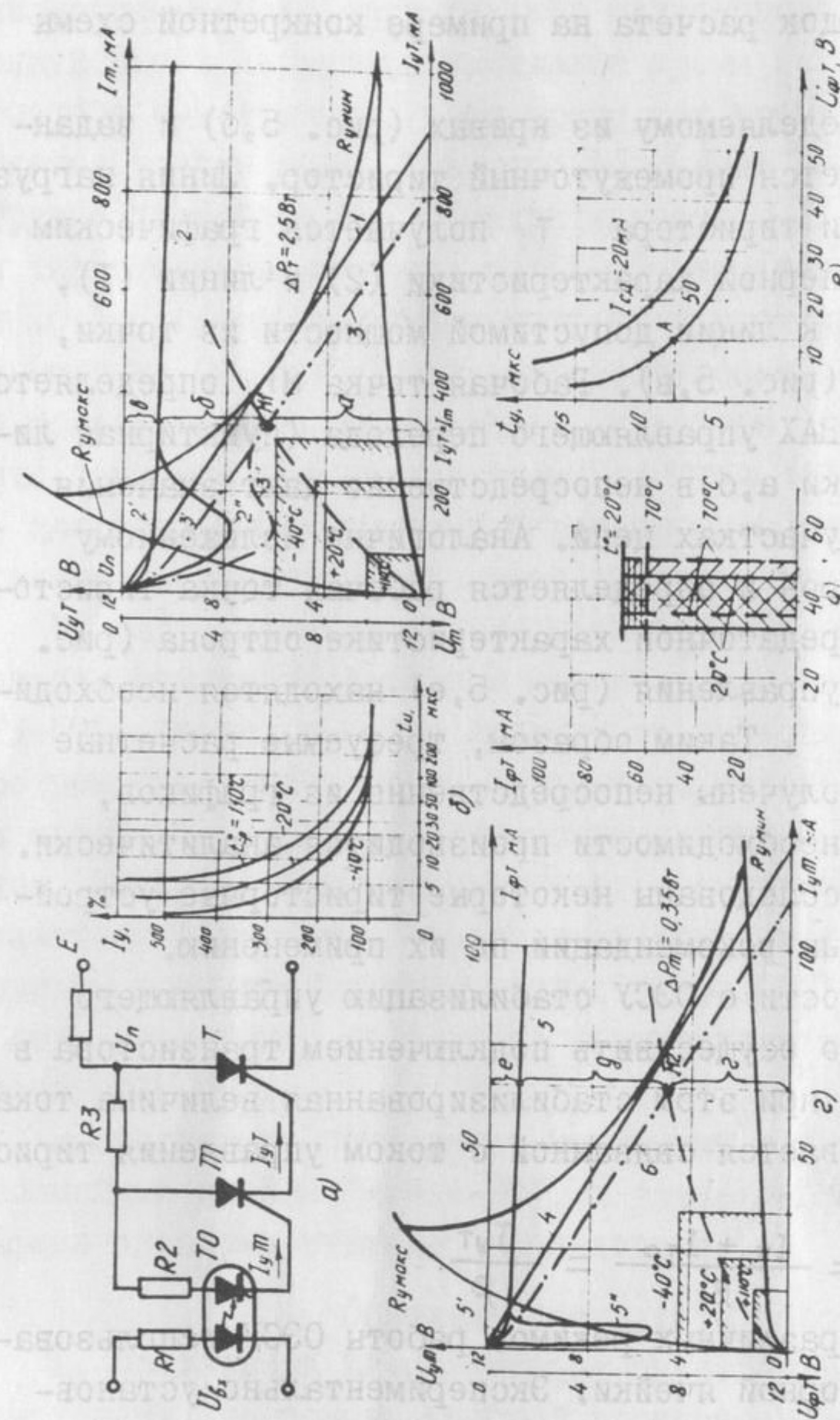
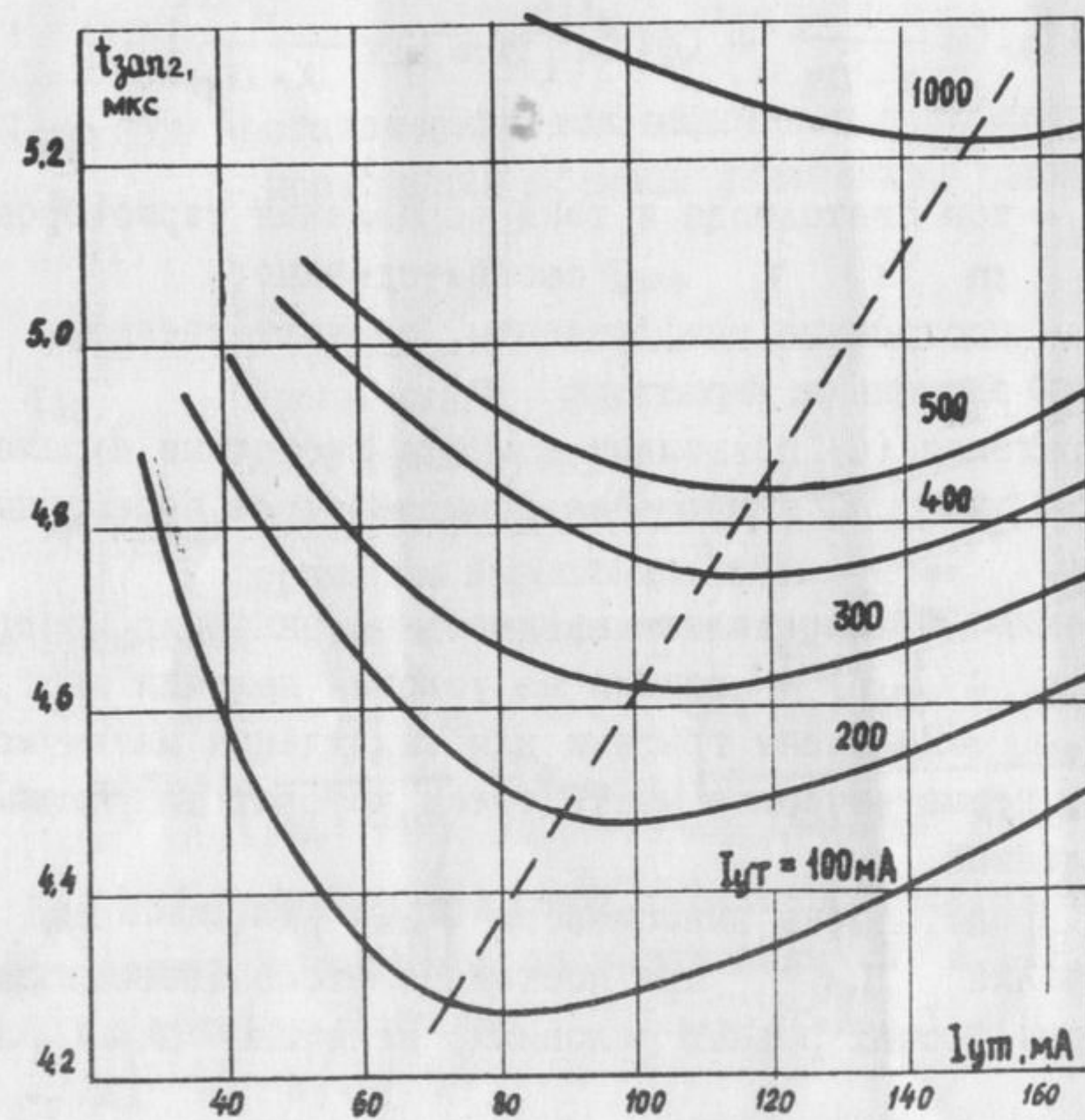
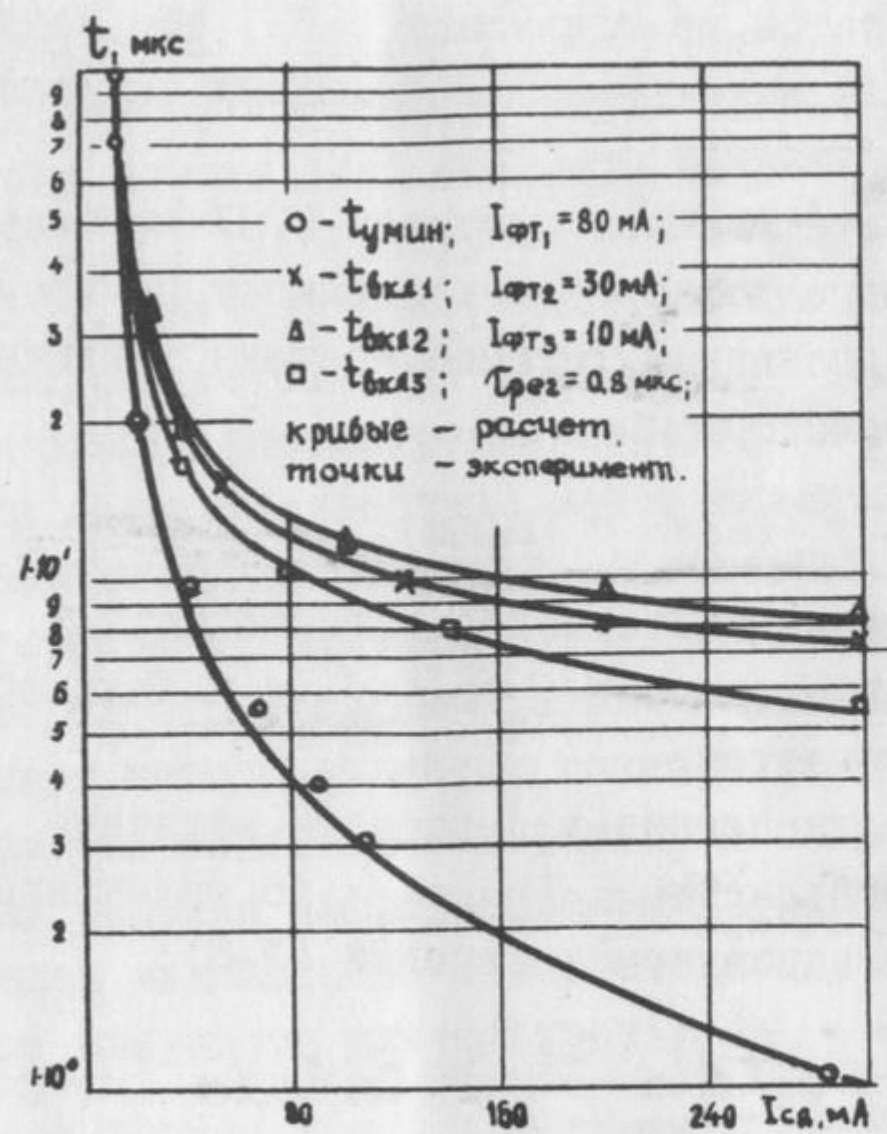
где y, x, z – ток светодиода и токи управления тиристором π и T , соответственно;

C_{11}, C_{12}, C_{13} – постоянные коэффициенты, соответственно, оптрона и тиристора π .

Анализ выражения (6) позволяет оценить расчетные параметры величины $t_{зан}$, являющейся функцией трех переменных $t_{зан} = f(y, x, z)$.

Для уравнения (6) определены минимальные значения координат $x(I_{\text{от}})$ и $z(I_{\text{от}})$ исходя из условия наличия экстремума функции $t_{зан}$. Получены графики для нахождения минимумов данной функции, геометрическое место точек которых аппроксимируется прямой линией.

На рис. 4 представлены зависимости $t_{зан} = f(I_{\text{от}})$ для нескольких значений $I_{\text{от}}$ при постоянном токе светодиода. Очевидно, что при прочих равных условиях, величины $I_{\text{от}}$ и



I_{yT} выбираются исходя из минимального значения t_{zan} . Разработана методика графоаналитического расчета, основанная на использовании диаграмм управления тиристором и вольт-амперных характеристик (ВАХ) промежуточных элементов. Расчет параметров элементов схемы в зоне гарантированного включения тиристора позволяет учитывать как технологический разброс, так и температурные зависимости параметров управляющих цепей тиристора и оптрона. Дается порядок расчета на примере конкретной схемы управления.

По току I_{yT} , определяемому из кривых (рис. 5,б) и заданной величине U_n , выбирается промежуточный тиристор. Линия нагрузки (3) управляющей цепи тиристора T получается графическим суммированием вольт-амперной характеристики (2) и линии (1), проведенной касательно к линии допустимой мощности из точки, равной напряжению U_n (рис. 5,в). Рабочая точка M_1 определяется пересечением реальной ВАХ управляющего перехода (пунктирная линия) с линией 3. Отрезки а,б,в непосредственно дают значения падений напряжений на участках цепи. Аналогично изложенному способу выбирается оптрон и определяется рабочая точка тиристора m (рис. 5,г). По передаточной характеристике оптрона (рис. 5,д) и характеристике управления (рис. 5,е) находятся необходимые значения $I_{сд}$ и t_y . Таким образом, требуемые расчетные параметры могут быть получены непосредственно из графиков, уточнение которых при необходимости производится аналитически.

В третьей главе исследованы некоторые тиристорные устройства с ОЭСУ и предложены рекомендации по их применению.

В усилителях мощности с ОЭСУ стабилизацию управляющего сигнала тиристора можно осуществить подключением транзистора в выходную цепь оптрона, при этом стабилизированная величина тока базы транзистора оказывается связанной с током управления тиристором зависимостью

$$I_b = \frac{I_k + I_{to}}{\beta} = \frac{I_{yT}}{\beta}$$

Для исследования различных режимов работы ОЭСУ использована схема мощной тиристорной ячейки. Экспериментально установлено, что время включения оптронов практически не зависит от входных токов последующих приборов.

При активной нагрузке силового тиристора и номинальных значениях управляющих токов время $t_{вк10} = 10-12$ мкс. С уве-

личением $I_{сд}$ это время уменьшается (см. рис.3) и может быть доведено до нескольких мкс в предельном режиме.

Выявлено незначительное увеличение времени t_{zan} с ростом температуры ($T_K t_{zan} = 0,03$ мкс/град), которое в основном определяется свойством оптрона.

Характер нагрузки силового тиристора также весьма слабо влияет на параметры управляющего сигнала оптрона. Полученные осциллограммы подтверждают, что включение активно-индуктивной и индуктивной нагрузок увеличивают время включения основного тиристора существенно, в то время как время включения оптрона меняется крайне мало. Так, при включении последовательно в цепь нагрузки тиристора $T-150$ индуктивности $8-11$ мГн, время включения тиристора увеличилось на 12-13 мкс (ток нагрузки не превышал 15 А), время включения оптрона и промежуточного тиристора возросло на 0,2 и 1,0 мкс, соответственно. Это говорит о том, что токи удержания маломощного тиристора и оптрона, в особенности, значительно меньше, чем у силовых тиристоров. Следовательно, для управления мощными тиристорами можно использовать управляющие импульсы небольшой длительности.

На базе двухкаскадной зависимой ОЭСУ разработана схема управления мощным тиристорным коммутатором на тиристорах $T-150$ и $Td-500$. Расчет и выбор параметров проводился по предложенным выше рекомендациям. Схема создаст на выходе шесть импульсов и в сравнении с ранее применяемой схемой с трансформаторным выходом, повышает помехозащищенность, уменьшает весогабаритные показатели устройства и позволяет передавать без искажения импульсы требуемой длительности. Схема ОЭСУ испытана и внедрена в блок управления указанного коммутатора на экспериментальном кольце ЦНИИ МПС.

В приложении приводится численный расчет параметров ОЭСУ, выполненный на ЭВМ "Минск-32", а также табличные данные и графики экспериментальных исследований.

Основные результаты работы.

1. Предложена классификация оптоэлектронных схем управления тиристорами, на основе которой произведен анализ в соответствии с требованиями к управляющим цепям тиристоров и выбран путь создания ОЭСУ с использованием серийных оптронов.

2. Обоснована целесообразность применения фототранзисторных и фототиристорных оптронов для управления тиристорами различной мощности.

3. Выявлены три типовые оптоэлектронные схемы управления тиристорами, реализуемые, в общем случае, в двухкаскадном варианте.

4. Предложен поэтапный анализ переходных процессов в ОЭСУ, в результате которого установлено, что длительность входного импульса ОЭСУ определяется только свойствами оптрона.

5. Определены рабочий участок входной ВАХ, технологический разброс и температурные зависимости основных параметров оптронов.

6. На основе экспериментальных исследований определена необходимость введения двух дополнительных параметров ($I_{сдспр}$, $U_{кмакс}$) тиристорного оптрона, нужных для расчёта ОЭСУ.

7. Показано, что для исследования переходных процессов в оптроне и ОЭСУ достаточно построить импульсную характеристику включения и характеристику управления, каждая из которых строится на основании расчёта и эксперимента.

8. Получено аналитическое выражение для расчёта времени запаздывания $t_{зап}$ управляющего сигнала силового тиристора. Установлено наличие минимума функции $t_{зап}$, геометрическое место точек которых аппроксимируется прямой линией.

9. Разработана методика графоаналитического расчёта ОЭСУ на основе использования диаграмм управления тиристором и вольт-амперных характеристик элементов последовательных цепей управления. Произведен численный расчёт управляющей цепи тиристора на ЦВМ.

10. Установлена крайне слабая зависимость характера нагрузки силового тиристора на время включения оптрона, что позволяет использовать для запуска ОЭСУ импульсы небольшой длительности.

11. Обоснована целесообразность замены усилителя мощности с трансформаторным выходом в блоке управления мощного тиристорного коммутатора на ОЭСУ и разработана схема такого устройства, реализованная на практике.

По материалам диссертации сделаны доклады на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ТашПИ (г.Ташкент, 1970-73 гг.), на научно-технической конференции молодых ученых института "Применение вычислительной техники в научных исследованиях, инженерных и экономических задачах

(г.Москва, МАИ, 1974 г.), на всесоюзном семинаре Московского правления НТО РЭС им.А.С.Попова "Оптоэлектронные устройства считывания информации" (г.Москва, ВДНХ, 1974 г.), на Втором и Третьем всесоюзных симпозиумах "Теория информационных систем и устройств с распределенными параметрами" (г.Уфа, 1974, 1976 гг.), на Пятом всесоюзном семинаре по оптическим и электрооптическим методам и средствам передачи, преобразования, переработки и хранения информации (г.Москва, ИПУ, 1975 г.), на Четвертой и Пятой всесоюзных конференциях по теории и методам расчёта нелинейных электрических цепей и систем (г.Ташкент, 1971, 1975 гг.), на Второй всесоюзной конференции по бесконтактным машинам постоянного тока и их применению в промышленности и народном хозяйстве (г.Москва, МАИ, 1975 г.), на научных семинарах цикла УПУСУ кафедры ЗОИ МАИ.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Аблязин М.Ю., Мушегьянц Х.А., Смирнов В.П. Анализ режимов работы трансформаторов тока в схемах защиты управляемых выпрямителей. Тезисы докладов IV всесоюзной межвузовской конференции по теории и методам расчёта нелинейных электрических цепей и систем. Ташкент, 1971.

2. Смирнов В.П., Малицкий Н.Н., Аблязин М.Ю. Деление токов между параллельно соединенными вентилями с помощью уравнивающих реакторов. Сб.материалов по итогам научно-исследовательских работ энергетического и инженерно-физического факультетов ТашПИ за 1970 год. Ташкент, 1971.

3. Смирнов В.П., Аблязин М.Ю., Малицкий Н.Н., Юлдашев Р.Ю., Мухамеджанов В.С., Медведенко Л.С. Трёхфазный тиристорный выпрямитель на 500 квт для прогрева трансформаторов. Сб.материалов по итогам научно-исследовательских работ инженерно-физического факультета ТашПИ, вып.93. Ташкент, 1973.

4. Аблязин М.Ю., Пулатов Р. Использование оптоэлектронного трансформатора в устройствах автоматики. Тезисы докладов II всесоюзного симпозиума "Теория информационных систем и устройств с распределенными параметрами". Уфа, 1974.

5. Аблязин М.Ю., Трухачёв Б.С. Оптоны в цепях управления силовыми тиристорами. Тезисы докладов V всесоюзной межвузовской

конференции по теории и методам расчёта нелинейных электрических цепей и систем. Ташкент, 1975.

6. Аблязин М.Ю. Оптоэлектронное коммутирующее устройство для бесконтактных машин постоянного тока. Тезисы докладов II всесоюзной научно-технической конференции по бесконтактным машинам постоянного тока. Москва, 1975.

7. Отчёт о НИР № 301-03-К, раздел У1, часть 2, МАИ, 1974, Гос.рег.№ 74056247.

8. Отчёт о НИР № 301-03 "К", этап № 8, заключительный, МАИ, 1975, Гос.рег.№ 76003413.

9. Аблязин М.Ю. Графоаналитический расчёт двухкаскадной оптоэлектронной схемы управления тиристорами. "Новые электронные приборы и устройства". Материалы конференции. МДНТП, Москва, 1976.

Техн.редактор А.Г. Мухина

Л-101650 от 13/IX-76 г.

Объем 1,25 печ.л.

Зак. 270/1265

Бесплатно

Тираж 200

Ротапринт МАИ