

Для служебного пользования

Экз. №

00050

ХАРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Д.И. ЛЕНИНА

---

На правах рукописи

Гуревич Владимир Игоревич

УДК 621.316.543:621.382.233

КВАЗИСТАТИЧЕСКАЯ КОММУТИРУЮЩАЯ И РЕГУЛИРУЮЩАЯ  
АППАРАТУРА С ВЫСОКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАЗВЯЗКОЙ

05.09.06 - электрические аппараты

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков-1986

Работа выполнена в Харьковском институте механики  
и электрификации сельского хозяйства.

Засл. деятель науки УССР,  
Научный руководитель - доктор технических наук,  
профессор Немтоков К.К.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
профессор Тевел И.С.

- кандидат технических наук,  
доцент Клименко Б.В.

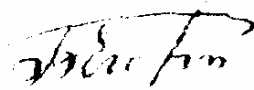
Будущее предприятие - Научно-исследовательский институт  
электрофизической аппаратуры  
имени Д.В.Ефремова

Защита состоится " 20 " марта 1986 г.  
в 14 часов на заседании специализированного совета  
К 068.39.04. при Харьковском ордена Ленина политехническом  
институте имени В.И.Ленина (310002, Харьков, ул.Фрунзе, 21)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
института.

Автореферат разослан " 18 " февраля 1986 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета



Горов Б.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Различные виды электроэнергетического оборудования, многие современные электрофизические установки (инжекторные комплексы для нагрева плазмы, ускорители, блоки питания мощных лазеров), рентгеновская аппаратура, радиопередающие и радиолокационные системы содержат, как правило, сильнотоочные (10...100 А) коммутирующие устройства (КУ), органы управления которыми находятся под высоким (10 ... 110 кВ) потенциалом относительно КУ. Связь между ними осуществляется с помощью узлов высокопотенциальной развязки (УВР), обеспечивающих передачу команд управления и защиты к КУ выполняющим обычно в такой аппаратуре ответственные функции и во многом определяющим ее работоспособность и технико-экономическую эффективность. Высокая степень ответственности и специальное назначение многих видов такой аппаратуры (часто работающей на подвижных объектах и в составе бортовых систем, подвергающейся воздействию вибрации, многократных ударов, значительных колебаний температуры) придает проблеме совершенствования КУ с УВР особо важное значение.

КУ с УВР, установленные на силовых трансформаторах, составляют основу высоковольтных регуляторов напряжения под нагрузкой (РН), являющихся главным средством централизованного регулирования напряжения в электрических сетях. РН с механическим КУ, содержащем подвижные элементы не обеспечивает требуемых ресурса работы и надежности, а известные статические РН на основе полупроводниковых КУ не удовлетворяют существующим потребностям по мощности и уровню регулируемого напряжения, обладают недостаточной экономической эффективностью.

Целью данной работы является создание высоконадежной коммутирующей и регулирующей аппаратуры переменного тока, имеющей высоковольтную (10 ... 110 кВ) развязку по цепи управления.

Для достижения этой цели в работе решались следующие задачи:

- анализ существующих УВР, обоснование необходимости создания нового УВР и разработка требований к нему;
- разработка УВР нового типа (удовлетворяющего поставленным требованиям) и методов его инженерного расчета;
- создание простого и высоконадежного КУ с высоковольтной развязкой, его теоретическое и экспериментальное исследование;

- исследование и разработка высоковольтных регуляторов напряжения на базе КУ с УВР.

Методы исследований. В работе использовались методы анализа и интерпретации статистических данных (наименьших квадратов, аппроксимации с преобразованием переменных нелинейных экспериментальных зависимостей, расчета вероятностных характеристик распределения и т.п.); метод так называемой "практической оптимизации" сложных технических систем, и др.

Упрощение громоздких зависимостей производилось путем их предварительного просчитывания на ЦВМ для ряда фиксированных значений переменных, лежащих в заданных пределах, с последующим построением по результатам расчета кривых и аппроксимацией их простыми выражениями, пригодными для практических расчетов. Экспериментальные исследования выполнены на макетах разрабатываемых устройств, а также на экспериментальных лабораторных образцах и на промышленных образцах из опытной партии. При этих исследованиях определялись конструктивные параметры, электрические режимы работы, характеристики изоляции при высоком напряжении и др.

#### Научная новизна

1. Предложен новый принцип построения УВР класса 10...110 кВ на основе электромагнитных аппаратов релейного типа - геркотронов.
2. Получены выражения для расчета основных конструктивных и электрических параметров геркотронов; определены целесообразные сочетания их типов и параметров.
3. Установлено наличие некоторого минимально допустимого тока нагрузки у тиристорного КУ, управляемого геркотроном и выявлена связь значения этого тока с параметрами нагрузки, статическими токами управления тиристором (СТУТ), температурой среды.
4. Предложен метод измерения СТУТ, позволивший в отличие от существующих методов реализовать очень простой измерительный прибор для массовых оперативных измерений.
5. Выявлены особенности температурной зависимости СТУТ, на основе которых разработаны методы ее графического и аналитического расчета.
6. Предложен обобщенный критерий оценки высоковольтных трансформаторно-тиристорных структур регуляторов дискретного типа, установлена целесообразная область их рабочих напряжений.

#### Практическая ценность.

1. Созданы, испытаны и внедрены геркотроны, имеющие самосто-

ательное значение как новый вид электрических аппаратов.

2. Разработаны КУ с УВР на базе геркотронов, позволяющие повысить надежность функционирования ответственной аппаратуры.

3. Создан простой портативный прибор для массовых оперативных измерений СТУТ с достаточной для практических нужд точностью.

4. Разработаны высокоэффективные схемы силовой части тиристорных РИИ и система управления к ним.

5. На основе геркотронов могут быть созданы новые типы защит высоковольтного электрооборудования от аварийных режимов; приборы, облегчающие поиск неисправностей в электрических сетях; существенно видоизменены системы управления объектами, находящимися под высоким потенциалом.

Реализация результатов исследования. Работа выполнялась в соответствии с Координационным планом АН УССР по комплексной проблеме "Научные основы электроэнергетики", а также планами НИР Минрадиопрома СССР и Минуглепрома СССР. Результаты работы внедрены на Саранском заводе "Электровыпрямитель"; в ПО "ХЭМЗ"; в Государственном НИИ Радио; в НИИ электрофизической аппаратуры имени Д.В.Ефремова; в Московском НИИ рентгено-радиологии; в ВПКТИСвет; во ВНИИ Радиотехники; в ПЭО "Донбассэнерго"; в Государственном Лакеевоком НИИ по безопасности работ в горной промышленности; на Донецкой железной дороге; в СКТБ треста "Электрожмонтаж".

Суммарный подтвержденный годовой экономический эффект от внедрения результатов работы составил свыше 137 тыс.руб. Выявленная по стране потребность в геркотронах - около 30 тыс.шт. в год, а расчетный экономический эффект при удовлетворении этой потребности - свыше 1,0 млн.руб. в год. ПО "Радиореле" (г.Харьков) выпущена опытная партия геркотронов на напряжение 30 кВ.

Апробация диссертационной работы. материалы диссертации докладывались на Центральном научном семинаре "Кибернетика электроэнергетических систем" (Москва, 1980); III Республиканской научно-технической конференции "Современные проблемы энергетики" (Киев, 1980); I и II Всесоюзных научно-технических конференциях "Системы управления и контроля высоковольтных электрических аппаратов" (Москва, 1981 и Выборг, 1984); семинарах научного Совета АН УССР по комплексным проблемам: "Научные основы электроэнергетики" (Киев, 1980; Харьков, 1981) и "Теоретическая электротехника, электроника и моделирование" (Харьков, 1981); Всесоюзной научно-технической конференции "Специальные коммутационные элементы" (Рязань, 1984), и др.

В 1983-84 гг. некоторые типы герконов экспонировались на ВДНХ СССР и отмечены Бронзовой медалью.

Разработанные устройства включены в аппаратурно-ориентированную программу создания новой элементной базы по Минрадиопрому СССР.

Публикация. Основные результаты исследований изложены в 40 печатных работах, в числе которых 21 изобретение.

Цикл опубликованных по теме диссертации работ отмечен Приказом президиума АН СССР (протокол № 89 от 11.02.85 г.).

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 144 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, снабженных 78 рисунками и 19 таблицами; выводов; списка литературы, включающего 197 источников, в том числе 53 источника патентной литературы; приложений.

Автор приносит искреннюю благодарность канд. техн. наук, доценту Савченко И.И., научными консультациями и помощью которого он пользовался при работе над диссертацией.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показаны актуальность темы, цель работы, решаемые задачи, а также в виде краткой аннотации изложены основные результаты работы.

В первой главе приведена общая характеристика аппаратуры, содержащей УВР двух групп: УВР(А) - для передачи модулированной аналоговой информации (в том числе в виде непрерывно следующих модулированных импульсов) и УВР(Д) - для передачи одиночных дискретных команд типа "да-нет", следующих с частотой до 100 Гц. Рассматриваются УВР различных типов: трансформаторные, опто-электронные, лазерные, радиотехнические (включая СВЧ-системы), ультразвуковые на поверхностных акустических волнах, с люминофорным источником, световые и конкретные области их применения. Показано, что существующие типы УВР не всегда удовлетворяют требованиям потребителей. На основе обобщения требований потребителей сформулированы основные характеристики УВР, удовлетворяющие большинство потребителей. Отмечено существенное влияние на параметры УВР выходных исполнительных элементов и показаны перспективы применения в качестве таких элементов - герконов.

Сформулирована задача создания нового УВР(Д), который был бы существенно проще известных, надежнее, имел бы небольшие габариты и низкую стоимость, мог бы функционировать в широком интервале температур, при воздействии вибрации и ударов, не нуждался бы в настройке и текущем ремонте, имел большой срок службы.

Изложен принцип построения УРВ(Д), удовлетворяющих этим требованиям на основе новых аппаратов - геркотронов (рис.1). Дано обоснование целесообразности выбора термина "геркотрон".

Во второй главе изложена методика и приведены результаты инженерных расчетов и оптимизации геркотронов, экспериментальных исследований.

Получены основные соотношения для расчета конструктивных параметров геркотронов двух основных типов: с продольным (П) и коаксиальным (К) расположением обмотки и геркена, в том числе:

- м.д.с. срабатывания;
- числе витков обмотки возбуждения;
- оптимального диаметра ферромагнитного экрана

$$d_{\text{опт}} = e \sqrt{0,46 \delta + 8,5} ; \quad (1)$$

- толщины изоляции ( $\delta$ ) с учетом допустимой напряженности поля в системе полуферрических (П-тип) и коаксиальных (К-тип) электродов для полиэтилена высокой плотности

$$\delta_K = 3(e^{0,033U_p} - 1) ; \quad \delta_P = 0,12U_p , \quad (2)$$

где  $U_p$  - заданное значение рабочего напряжения, кВ.

Для геркотрона П-типа предложена методика расчета индуктивности обмотки (с цилиндрическим ферромагнитным сердечником), по которой получена формула (при  $\mu_n > 500$ )

$$L_c = \frac{0,08 D_{cp}^2 W^2}{l_n + 3D_{cp} + 10h_n} \cdot 10^{-6} , \quad \Gamma , \quad (3)$$

где  $l_n$ ,  $D_{cp}$  и  $h_n$  - соответственно длина, средний диаметр и толщина немотки, мм.

Проведен сравнительный анализ геркотронов по быстродействию и габаритам, в результате которого установлено, что

I. Геркотроны К-типа обладают большим быстродействием, чем геркотроны П-типа за счет меньшего времени трогания ( $t_{тр}$ ),

$$t_{тр_K} = [4 \cdot 10^{-5} (0,025 U_p^2 - 1,5 U_p + 32,5) + 2 \cdot 10^{-4}] l_n \frac{k_2}{k_2 - 1} ; \quad (4)$$

$$t_{тр_P} = l_n \frac{k_2}{k_2 - 1} e^{-[(5,73 - 0,0194 U_p) + (0,72 - 0,12 I_{cp})^2,5]}$$

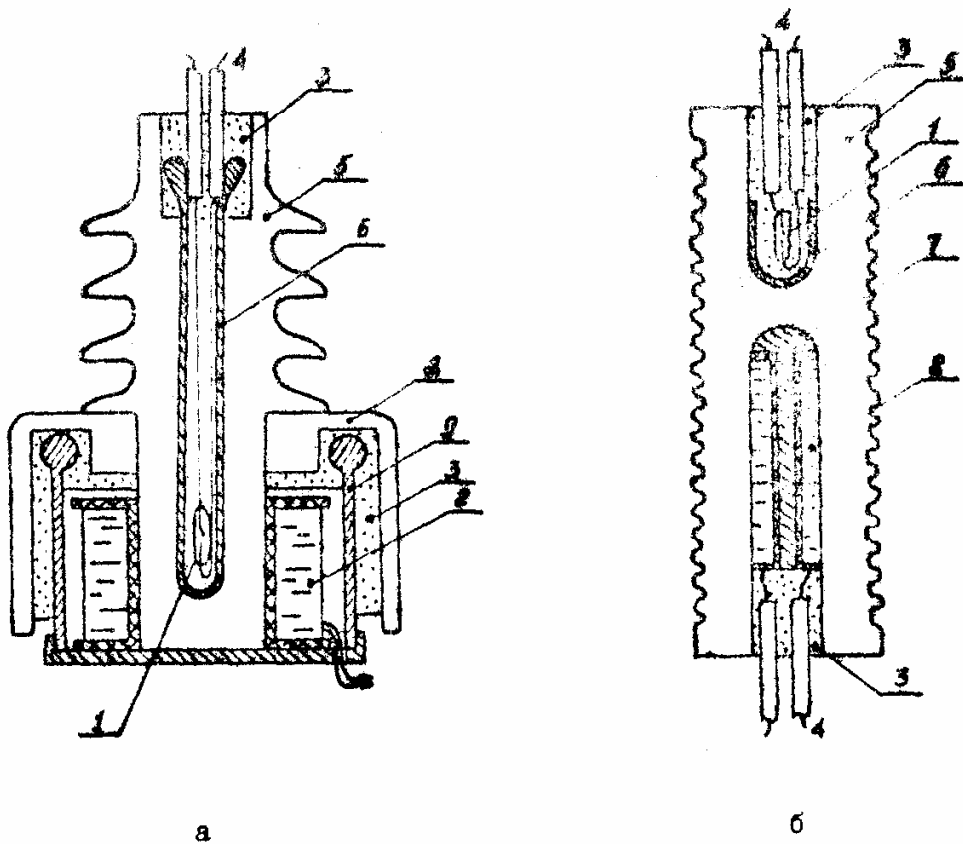


Рис. 1. Некоторые из разработанных конструкций геркотронов.

а - К-типа, б - П-типа

- 1-геркон; 2-обмотка возбуждения;
- 3-эпоксидный компаунд; 4-выводы в высоковольтной изоляции;
- 5-изолятор; 6-антикоронирующая насадка; 7-сердечник обмотки;
- 8-дополнительный изолятор;
- 9-ферромагнитный экран.

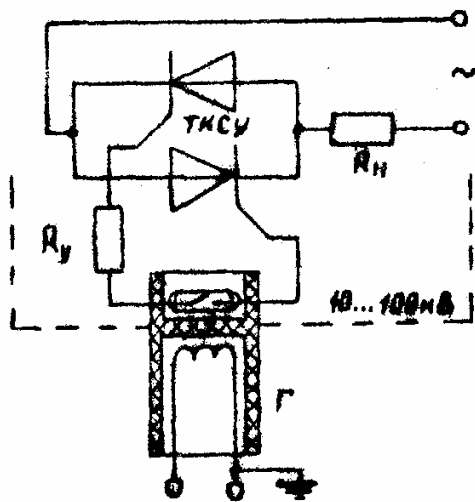


Рис. 2. Квазистатическое коммутирующее устройство на основе тиристорного ключа с "самоуправлением" (ТКСУ) и геркотрона (Г).

где  $K_3$  - коэффициент запаса по м.д.с. срабатывания;  
 $I_{ср}$  - ток срабатывания.

2. При рабочих напряжениях до 40...45 кВ с точки зрения минимума объема выгоднее герматроны К-типа, а при более высоких напряжениях - П-типа, при этом максимальный выигрыш в объеме достигает 8,8 раз.

3. Максимальное быстродействие реализуется в герматронах К-типа с конструктивными параметрами, соответствующими рабочему напряжению 30 кВ, поэтому даже при более низких реальных рабочих напряжениях в ряде случаев целесообразно использовать герматроны, спроектированные на напряжение 30 кВ.

Дана оценка некоторых параметров надежности герматронов и коммутирующих устройств на их основе, в том числе при резервировании (табл. I)

Табл. I.

Структура устройства	Интенсивность отказов $\lambda_{ср}$ $\times 10^{-6}$ 1/ч	Вероятность безотказной работы $P_{ср}$ (через 10 тыс. час)	Минимальная наработка на отказ (год)
Один герматрон	0,117	0,9988	26,0
Один ТКСУ	0,851	0,9915	14,4
Герматрон с ТКСУ	0,968	0,9903	9,3
Герматрон со односторонним ТКСУ	0,762	0,9971	10,9
Односторонний герматрон с ТКСУ	0,928	0,9915	10,5
Односторонний герматрон со двусторонним ТКСУ	0,722	0,9982	12,8

По результатам экспериментальных исследований герматронов установлено, что:

1. Независимо от типа конструкции и типа применяемого гермиса разброс значений токов срабатывания герматронов относительно зафиксированного уровня не превышает  $\pm 0,3\%$ . Такая высокая стабильность позволяет рекомендовать герматроны для использования в качестве измерительных органов тока в высоковольтных цепях.

2. Конструкция, спроектированная с учетом полученных в работе соотношений и переданная в производство обладает ожидаемой

электрической прочностью.

В третьей главе показаны преимущества ТКСУ перед аналогичными схемами КУ и приведено теоретическое исследование процессов в ТКСУ, управляемом геркотроном на переменном токе. Из-за разброса значений СТУТ, включенных в общую пару при работе ТКСУ имеет место рассогласование углов отпирания тиристорев

$$\Delta \alpha = \arcsin \frac{X_H}{Z_{y_1}} - \arcsin \frac{X_H}{Z_{y_2}} + \arcsin \frac{I_{y_1} Z_{y_1}}{U_m} - \arcsin \frac{I_{y_2} Z_{y_2}}{U_m}, \quad (5)$$

где

$$Z_y = \sqrt{(R_H + R + R_y)^2 + X_H^2}$$

$R_H$  и  $X_H$  - составляющие сопротивления нагрузки;

$R_y$  - сопротивление перехода "управляющий электрод-катод";

$I_{y_1}, I_{y_2}$  - СТУТ;

$R$  - ограничительное сопротивление в цепи управления;

$U_m$  - приложенное напряжение.

В работе показано, что ТКСУ оказывается нечувствительным к разбросу значений токов удержания (запирания) тиристорев.

С учетом этого из (5) получаем

$$\Delta \alpha = \arcsin K_z \frac{\Delta I_y}{\sqrt{2} I_H} \left[ 1 + \frac{1}{4} K_z^2 \frac{I_{y_1} I_{y_2}}{I_H^2} \right], \quad (6)$$

где

$$\Delta I_y = I_{y_1} - I_{y_2}$$

$$K_z = \sqrt{\frac{(R + R_H)^2 + X_H^2}{R^2 + X_H^2}}$$

$I_H$  - ток нагрузки.

Из (6) следует вывод о наличии обратной зависимости между углом рассогласования вентилей и током нагрузки, а также о значительном влиянии ограничительного сопротивления в цепи управления. Обосновывается необходимость выбора ограничительного сопротивления  $R \ll Z_H$ , за счет чего  $K_z \rightarrow 1$ .

Практический интерес представляет определение минимально допустимого тока нагрузки  $I_{H, \text{доп}}$ , при котором несимметрия не

превосходит известного допустимого значения  $\Delta\alpha \leq I^0$ . После ряда преобразований получаем из (6):

$$I_{н.кр.} \approx 40,3 \Delta I_y . \quad (7)$$

С целью определения допустимых диапазонов работы ТКСУ с тиристорными различными типами исследовались вероятностные характеристики СТУТ тиристорных типов Т50, Т160, ТД250, Т2-320 на основе массовых измерений; получены вероятностные значения критического тока нагрузки, рис.3, табл.2.

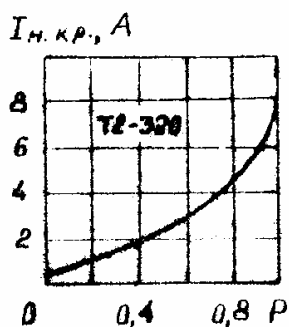


Рис.3. Значения  $I_{н.кр.}$  для ТКСУ при заданной вероятности.

Табл.2. Статические токи управления и критические токи нагрузки для тиристорных некоторых типов

Т и п	$I_y, A$ (справочные)	$I_y, A$ (при $P=0,99$ )	$I_{н.кр.}, A$ ( $P=0,99$ )
Т50	0,3	0,075	2,2
Т160	0,3	0,20	6,5
ТД250	0,6	0,14	5,6
Т2-320	0,4	0,22	6,9

Рассмотрены последствия появления постоянной составляющей тока в нагрузке со значительной индуктивностью, влияние  $\cos \varphi$ , параметров нагрузки. Показано, что при включении ТКСУ в цепь первичной обмотки ненагруженного трансформатора, образуется динамическая система с положительной обратной связью, что обуславливает крайнюю неустойчивость системы и возможность самовозбуждения (о выходе в режим глубокого насыщения) даже при очень малом  $\Delta\alpha$ , поэтому работа такой системы в режиме холостого хода должна быть вообще исключена, что может быть достигнуто с помощью специальных систем управления, описанных в пятой главе.

В четвертой главе описана методика и приведены результаты экспериментальных исследований работы ТКСУ. Для массовых измерений  $I_y$  силовых тиристорных разработан новый принцип (рис.4), исследованы процесс в цепях прибора, приведен расчет тарировочной кривой, постоянной прибора, относительной случайной погрешности. При экспериментальном исследовании работы ТКСУ получены осциллограммы токов и напряжений установившихся и переходных режимов.



Получены экспериментальные зависимости токов через тиристоры от номинального тока нагрузки (рис. 5), сопротивления в цепи управления.

Результаты исследования обобщены на трехфазный вариант и показаны его особенности. Полученные данные подтверждают теоретические выводы, изложенные в предыдущей главе.

Исследована температурная зависимость статических токов управления (ТЭСТУ) тиристоров и предложена методика графоаналитического построения этой зависимости для всех тиристоров данного типа по результатам предварительных измерений в двух точках всего лишь нескольких экземпляров тиристоров данного типа. Рассмотрены свойства ТЭСТУ, позволяющие осуществлять предложенный метод.

Показана возможность применения аналитического метода расчета, при котором аппроксимируют ТЭСТУ формулой

$$I_y = I_{y_0} - \gamma t, \quad \text{в свою очередь } \gamma = k I_{y_0}, \quad (8)$$

где  $I_{y_0}$  - ток управления при  $t = 0^\circ\text{C}$ ;

$\gamma$  - угловой коэффициент.

Установлено, что  $k$  - коэффициент, постоянный для всех тиристоров данного типа (для Т160  $k = 65 \cdot 10^{-4} \text{ A}/^\circ\text{C}$ ; для ТД250  $k = 33 \cdot 10^{-4} \text{ A}/^\circ\text{C}$ ). Следовательно, равенство СТУ двух тиристоров одного типа, включенных в общую пару

$$\Delta I_{y_{t_i}} = \Delta I_{y_{t_n}} \frac{1 - k t_i}{1 - k t_n}, \quad (9)$$

где  $t_i$  - заданное значение температуры, при котором рассчитывается  $I_{y_{t_i}}$ ;

$t_n$  - температура, при которой измерен ток управления тиристора  $I_{y_{t_n}}$ .

С учетом (9) рассчитаны значения  $\Delta \alpha$  и  $I_{н.кр.}$ , а также уставки обработки органа защиты ТКСУ от перегрузки.

В пятой главе представлены результаты исследования и разработки мощного квазистатического регулирующего устройства для электрических сетей на основе КУ с УВР.

Рассматриваются две принципа регулирования высокого напряжения: плавное (за счет вырезания части синусоиды выходного напряжения) и дискретное (путем переключения ответвлений силового трансформатора).

Показана необходимость обязательного учета дополнительного

ущерба, обусловленного искажениями формы кривой напряжения плавнорегулируемым РПН.

Разложение кривой выходного напряжения плавнорегулируемого РПН в ряд Фурье с последующим расчетом гармонического коэффициента ущерба на ЦВМ

$$\Lambda = \sum \frac{U_n^2}{n\sqrt{n}}, \quad (10)$$

где  $U_n$  - относительное значение  $n$ -й гармоники напряжения; позволили рассчитать ущерб от применения плавнорегулируемого РПН в сети 35/10 кВ при различных диапазонах регулирования для примерного узла нагрузки по методике, предложенной докт. техн. наук, проф. Н.В. Зекеленко (рис. 6). Делается вывод о преимуществе дискретного метода регулирования напряжения.

Рассматривается задача выбора обобщенного критерия для сравнительной оценки высоковольтных трансформаторно-тиристорных структур регуляторов дискретного типа. в качестве такого критерия эффективности предложено использовать стоимость тиристорной части структур, при этом в качестве частных показателей должны быть использованы количество тиристоров, номинальный ток в цепи, класс тиристоров по напряжению. все остальные показатели (диапазон регулирования, величина ступени регулирования и т.п.) переведены в разряд ограничений.

Предложены новые схемные решения (рис. 7), удовлетворяющие этому критерию и система управления ими на основе геркотронов.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Предложен новый вид электрических аппаратов, названных ГЕРКОТРОНАМИ, которые используются в качестве узлов высокопотенциальной развязки.

2. Получены основные соотношения для инженерных расчетов геркотронов двух базовых типов: коаксиального и продольного. Определены целесообразные сочетания типов и параметров геркотронов, обеспечивающие максимальное быстродействие и минимальные габариты.

Экспериментальными исследованиями доказаны высокая стабильность порога срабатывания геркотронов и надежность высоковольтной изоляции.

3. Разработано простое и высоконадежное коммутирующее устройство с высокопотенциальной развязкой по цепи управления, выполненное на основе тиристорного ключа с самоуправлением и геркотрона.

Выявлены специфические особенности его работы, в частности наличие некоторого минимально допустимого тока нагрузки, связанного с параметрами нагрузки и разностью статических токов управления тиристоров общей пары. Создан простой портативный прибор для массовых оперативных измерений статических токов управления тиристоров, с помощью которого выявлено наличие нормального распределенного закона распределения этого параметра и рассчитаны вероятностные характеристики полученного распределения для силовых тиристоров исследовавшихся типов.

4. Предложены методики графоаналитического и аналитического расчета температурных зависимостей статического тока управления тиристоров, позволяющие определять эти токи при заданной температуре, а также реализовать на основе этих зависимостей высокоэффективную защиту тиристоров коммутационного устройства от перегрузки.

5. Показано, что предложенное коммутационное устройство может успешно применяться в переключателе ответвлений силового трансформатора регулятора напряжения под нагрузкой, однако установлено, что в режиме холостого хода трансформатора образуется динамическая система с положительной обратной связью, обуславливающей опасность самовозбуждения системы с выходом в режим глубокого насыщения магнитопровода. Предложены технические решения, предотвращающие возникновение такого режима.

6. Проведен анализ способов регулирования напряжения в электрических сетях тиристорным регулятором и показана необходимость учета дополнительного ущерба от несинусоидальности выходного напряжения устройств с плавным регулированием. Установлено, что при напряжениях 35 кВ и выше преимущество имеет регулятор, выполненный по дискретному (ступенчатому) принципу. Предложен обобщенный критерий для сравнительной оценки высоковольтных трансформаторно-тиристорных структур дискретных регуляторов напряжения на основе КУ с УВР, разработаны схемные решения, удовлетворяющие этому критерию.

#### ПУБЛИКАЦИИ

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:  
Г. Гуревич В.И., Кокатаев А.И., Савченко П.И. Исследование работы встречно-параллельно включенных тиристоров с самоуправлением. - Техн.электродинамика, 1982, № 1, с.29-34.

2. Гуревич В.И. Высоковольтные слаботочные коммутирующие устройства на герконах. - Электротехн. пром-сть. Сер. Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы, 1981, № 3, с. 16-18.
3. Гуревич В.И. Особенности работы тиристорного ключа с самоуправлением на индуктивную нагрузку со сталью. - В кн.: Оптимизация схем и параметров преобразовательной техники. - Киев: Наукова думка, 1983, с.132-138.
4. Гуревич В.И., Савченко П.И. Надежность геркотронов и системы управления на их основе. - В кн.: Совершенствование оборудования о.к. предприятий и аграрных комплексов. - М., 1982, с. 78-89.
5. Гуревич В.И. Исследование температурной зависимости статических токов управления силовых тиристоров. - Электронная техника. Сер.4. Электровакуумные и газоразрядные приборы. 1983, № 1, с.34-35.
6. Гуревич В.И., Савченко П.И., Баласонов А.М. Управление тиристорами переключателя ответвлений силового трансформатора. - Электротехника, 1980, № 7, с.28-31.
7. Гуревич В.И. Перспективы применения тиристорных устройств РПН в сельских электрических сетях. - Электротехника, 1980, № 9, с. 51-54.
8. Гуревич В.И. Оценка эффективности высоковольтных тиристорных РПН. - Электротехника, 1982, № 4, с.34-36.
9. Гуревич В.И., Савченко П.И. Регулирование напряжения в электрических сетях тиристорными устройствами РПН. - Известия вузов СССР. Энергетика, 1982, № 8, с.30-34.
10. Гуревич В.И. Основы проектирования геркотронов. - В кн.: магнитно-полупроводниковые элементы преобразовательной техники. - Рязань: РРТИ, 1983, с.73-79.
11. Гуревич В.И. К вопросу о выборе способа регулирования напряжения в электрических сетях тиристорными устройствами РПН. - В кн.: Электрические сети и системы. - Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1982, вып.18, с.49-53.
12. Гуревич В.И., Савченко П.И., Луковский Ю.В. Вероятностные характеристики статических токов управления силовых тиристоров. - В кн.: Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. - М; 1983, с.51-56.
13. Гуревич В.И. Применение тиристорного ключа с самоуправлением в качестве коммутирующего элемента статического устройства

- РПН. - Вестник Харьк. политехн. ин-та, 1983, № 203, вып. II, с. 47-50.
14. Гуревич В.И., Савченко П.И. Геркотроны - новые аппараты дистанционного управления высокопотенциальными цепями. - Электронная техника. Сер. Электровакуумные и газоразрядные приборы, 1984, вып. 4(103), с. 57-59.
  15. Гуревич В.И., Покатаев А.И., Савченко П.И. и др. Расчет индуктивности многослойной катушки с цилиндрическим ферромагнитным сердечником. - В кн.: Низковольтные аппараты защиты. - Чебоксары, 1983, с. 103-105.
  16. Гуревич В.И., Яковлев В.А. Геркотроны с регулируемым порогом срабатывания. - Электротехн. пром-сть. Сер. Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы, 1984, № 9 (155), с. 4-5.
  17. Гуревич В.И., Черемисин Н.М., Савченко П.И. Геркотроны и фиксирующие приборы на их основе. - Экспресс-информация. Сер. Эксплуатация и ремонт электрических сетей: Информ-энерго. - М., 1985, вып. 5, с. 51-53.
  18. Гуревич В.И., Савченко П.И. Применение геркотронов в автоматике отделения подстанции от питающего источника. - Энергетик, 1985, № 8, с. 27-28.
  19. Гуревич В.И., Савченко П.И. Исследование стабильности порога срабатывания геркотронов. - В кн.: Электроснабжение предприятий с/х производства. - М., 1985, с. 49-51.
  20. А.с. 758462 (СССР). Устройство для управления тиристорами с антипараллельным включением высоковольтного переключателя. / П.И.Савченко, В.И.Гуревич, 1980, Б.И. № 31.
  21. А.с. 801129 (СССР). Высоковольтный переключатель на герконе. / В.И.Гуревич, П.И.Савченко, 1981, Б.И. № 4.
  22. А.с. 836704 (СССР). Высоковольтное вакуумное реле. / В.И.Гуревич, 1981, Б.И. № 21.
  23. А.с. 860260 (СССР). Устройство для управления тиристорами с антипараллельным включением высоковольтного переключателя. / В.И.Гуревич, П.И.Савченко, О.И.Измайлов, 1981, Б.И. № 32.
  24. А.с. 892648 (СССР). Устройство для управления тиристорами высоковольтного переключателя. / В.И.Гуревич, 1981, Б.И. № 47.
  25. А.с. 922886 (СССР). Устройство для бесконтактного переключения ответвлений силового трансформатора. / В.И.Гуревич, П.И.Савченко, 1982, Б.И. № 15.
  26. А.с. 936349 (СССР). Устройство для управления тиристорами с

- антипараллельным включением высоковольтного переключателя.  
/В.И.Гуревич, 1982, Б.И. № 17.
27. А.с. 926792 (СССР). Устройство для управления тиристорами с антипараллельным включением высоковольтного переключателя./  
В.И.Гуревич, 1982, Б.И. № 22.
28. А.с. 947772 (СССР). Устройство для измерения тока отмирания тиристоров. /В.И.Гуревич, П.И.Савченко, Ю.В.Муковский, 1982, Б.И. № 28.
29. А.с. 1007143 (СССР). Герконовое реле. /В.И.Гуревич, 1983, Б.И. № 11.
30. А.с. 1023623 (СССР). Устройство для управления тиристорами с антипараллельным включением высоковольтного переключателя.  
/В.И.Гуревич, В.Л.Клижковский, 1983, Б.И. № 22.
31. А.с. 1046393 (СССР). Тиристорный ключ переменного тока.  
/В.И.Гуревич, 1983, Б.И. № 36.
32. А.с. 1051510 (СССР). Устройство для регулирования переменного напряжения. /В.И.Гуревич, 1983, Б.И. № 40.
33. А.с. 1070925 (СССР). Тиристорный высоковольтный регулятор переменного напряжения. /В.И.Гуревич, 1984, Б.И. № 4.
34. А.с. 1069862 (СССР). Высоковольтное реле. /В.И.Гуревич, П.И.Савченко, О.И.Намайлов, 1984, Б.И. № 16.
35. А.с. 1099759 (СССР). Устройство для передачи команд между разнопотенциальными узлами высоковольтных и электрофизических установок. /В.И.Гуревич. 1984 (не подлежит опубл. в открытой печ.).
36. А.с. 1101920 (СССР). Герконовое реле. /В.И.Гуревич, В.А.Яковлев, 1984, Б.И. № 25.
37. А.с. 1130916 (СССР). Герконовое реле. /В.И.Гуревич, П.И.Савченко, А.И.Покатаев и др., 1984, Б.И. № 47.
38. А.с. 1183925 (СССР). Указатель короткого замыкания. /Черемиси Н.М., Гуревич В.И., Труб И.К., 1985, Б.И. № 37.
39. А.с. 1196967 (СССР). Высоковольтное коммутационное устройство. /В.И.Гуревич, К.К.Намитокоев, В.А.Яковлев, 1985, Б.И. № 45.
40. А.с. 1200365 (СССР). Устройство для управления тиристорами с антипараллельным включением высоковольтного переключателя. /В.И.Гуревич, А.Г.Мнухин, В.А.Яковлев, 1985, Б.И. № 47.

