

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена

в

**ЗАПОРОЖСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Научный руководитель : Лауреат  
Государственной премии Украины ,  
проф. д. т. н. Юхимчук С.А.

Официальные оппоненты :

*Профессор, доктор технических наук Андриченко Т.Д.  
доцент, кандидат технических наук Мухомин Т.В.*

Ведущая организация :

*Всеукраинский институт трансформа-  
торостроения.*

Защита состоится 10 декабря 1996 г. в 15<sup>00</sup>

на заседании специализированного совета К 08.02.02 в Запорожском  
Государственном техническом Университете по адресу :

330063, Украина, г. Запорожье, ул. Жуковского 64.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан 7 ноября 1996 г.

021.37.4

№. 36.079  
2

**ЗАПОРОЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

Аспирант Рихан Мохамад Салах

Исследование параметров электромагнитных процессов в сетях питания рудно-термических печей напряжением 6-10 кВ и разработка устройства по их стабилизации.

Специальность 05.09.10. 'Электротермические процессы и установки'

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00757034 (Q)

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
Запоріжжя - 1996

## Общая характеристика работы .

Актуальность работы. Рудно-термические печи ( РТП ) являются одними из наиболее крупных промышленных потребителей электроэнергии. Едипичная мощность РТП достигла 2 x 120 МВ.А , что представляет существенную нагрузку для энергетических систем и в ряде регионов Украины и в странах СНГ (в том числе за рубежом) оказывают определяющее влияние на формирование графиков электрической нагрузки. РТП как объекты электроснабжения имеют ряд особенностей : низкий естественный  $\cos \phi$  (например для крупных ферросплавных печей - 0,5 - 0,7 и ниже ) ; частые включения - отключения ; неравномерность суточных графиков нагрузки , несимметрия электрической нагрузки ; высокая частота переключений ( 300 - 400 за сутки ) ступеней напряжения электропечных трансформаторов ; резкопеременный характер электрической нагрузки вызывает в сетях 6-10 кВ ряд отрицательных факторов , что приводит к ухудшению качества электроэнергии и , следовательно , к повышению ее потерь, и повышенной аварийности электрооборудования печных трансформаторов и РТП . Указанные факторы предъявляют повышенные требования к надежности и эффективности работы электрооборудования РТП , ужесточают требования к компенсации реактивной мощности и рациональным режимам электропотребления , выдвигает вопросы электроснабжения и электрооборудования на передний план и требуют комплексного подхода при выборе оптимальных решений. Неучет резкопеременного характера такой нагрузки в различные периоды плавления на стадии проектирования вызывает в сетях 6-10 кВ ряд нежелательных воздействий , что приводит к ухудшению качества электрической энергии и следовательно к повышению ее потерь и аварийности электрооборудования , связанного электромагнитно с печными трансформаторами и РТП.

В связи со сложившейся тяжелой энергетической ситуацией в Украине,

и с необходимостью рационального использования электроэнергии и сохранения в нормальном состоянии оставшегося в работе на металлургических предприятиях электрооборудования, согласно Государственной научно-технической программе "Электросбережения в электроэнергетике", требуются разработка и внедрение новых устройств для повышения надежности электроснабжения РТП.

На современном этапе развития науки и практики в области электротермии существуют разнообразные организационно-технические решения и электротехнические устройства и комплексы, призванные устранить вышеназванные вопросы и недостатки, но которые не решают их в должной степени. Решению ряда этих актуальных вопросов способствует данная диссертационная работа, в которой автор на основе глубокого анализа процессов взаимодействия между резкопеременными и изменяющимися технологическими режимами работы РТП от момента загрузки шихты до выпуска готового металла и электромагнитными процессами в сетях 6-10 кВ.

Изложенное выше свидетельствует об актуальности диссертационной работы и ее связи с соответствующими направлениями науки и народного хозяйства.

Цель работы. Основной целью данной работы является исследование и анализ режимов работы системы электроснабжения 6-10 кВ металлургических предприятий с РТП, служащих базой создания специального защитного устройства трансформаторно-реакторного типа, с целью повышения их надежности при эксплуатации путем улучшения качества электрической энергии за счет ограничения до безопасных (для изоляции электрооборудования) внутренних перенапряжений и параметров электромагнитных процессов, возникающих при аварийных и эксплуатационных режимах работы РТП.

Впервые для достижения выше указанной цели были решены следующие задачи:

-комплексного исследования и анализа электромагнитных процессов и обоснования решения проблемных задач повышения надежности сетей электроснабжения 6-10 кВ металлургических предприятий на основе оценки влияния питающих сетей на РТП и печных трансформаторов на питающие сети, а также их взаимодействий при нормальных эксплуатационных и аварийных режимах ;

-уточнения структуры модели системы электроснабжения РТП, наиболее реально отражающей происходящие в сетях электромагнитные процессы и обеспечивающей аналитическое решение поставленных задач;

-разработки методики проведения экспериментальных исследований в действующих сетях 6-10 кВ при нормальных и аварийных режимах работы РТП;

-разработки защитного устройства по ограничению внутренних эксплуатационных перенапряжений в элементах электрооборудования ;

-разработки методики проведения реальных экспериментальных исследований в сетях 6-10 кВ РТП по выявлению эффективности ограничения электромагнитных процессов комбинированным трансформаторно-реакторным устройством и анализа его электромагнитной совместимости с источником и потребителями электрической энергии.

Научная новизна .Впервые предложена методика создания и реализован на практике экспериментальный образец многофункционального компенсирующего и симметрирующего устройства стабилизации электромагнитных процессов на основе установленных рациональных соотношений между суммарной мощностью 3-х отдельных однофазных трансформаторов и двух реакторов ( в отношении 1:1 ), что позволило реализовать системой управления данным устройством дифференциальный закон регулирования параметров электромагнитных процессов и исключающего аномальные режимы питания РТП , в отличие от существующих

устройств , у которых соотношение мощностей трансформатора и реакторов составляет 1:3 при реализации интегрального закона регулирования.

-Эксплуатация созданного защитного устройства позволяет: уменьшить коэффициент рациональности ( $K_p$ ) режима печи до 1,23 ; повысить коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) до 0,89 ; снизить гармонический состав ( $v_1$ ) до  $v_2=3,2\%$  ;  $v_3=4,24\%$  ;  $v_5=1,17\%$  (по сравнению со значениями серийной системы электроснабжения соответственно  $K_p = 1,73$  ;  $\cos \varphi = 0,81$ ;  $v_2 = 9,2\%$  ;  $v_3 = 17,8\%$  ;  $v_5 = 4,92\%$ ) , что приводит к повышению производительности РТП не менее 3,43 % (применительно к печам емкостью 4,6 т) ;

-Динамическое функционирование защитного устройства устраняет резонансные явления в электромагнитной системе сети питания РТП и уменьшает коэффициенты несинусоидальности напряжения ( $K_{нсн}$ ) и тока ( $K_{нт}$ ) на стороне высокого напряжения печного трансформатора (в среднем для печей вышеназванной емкости ) соответственно до 3,52 % и 6,12% от номинала и снижает амплитуду бросков тока намагничивания в обмотках печного трансформатора (Абп) до 5,24 и в обмотках сетевого трансформатора (Абс) до 1,34 по сравнению со значениями существующей системы соответственно :  $K_{нсн}=8,76\%$ ;  $K_{нт}=14,52\%$  ;  $A_{бг}=9,91$  ;  $A_{бс}=2,83$  номинальных значений.

Практическая ценность работы . Она заключается в следующем:

-разработке новой методики расчета трансформаторно-реакторного защитного устройства и экспериментальной оценки его эффективности и электромагнитной совместимости элементов сети питания и потребителей в условиях производственной эксплуатации ;

-создании самого устройства , которое дало возможность : эффективно ограничивать внутренние перенапряжения и параметры электромагнитных процессов до безопасных величин , в т.ч. среднего значения коэффициента несимметрии фаз

(  $K_{нф}$  ) высокого напряжения печного трансформатора до 0,38% от номинала и среднеквадратического отношения (  $ско$  ) до 0,16 % (по сравнению со значениями параметров существующего электрооборудования печей вышеуказанной емкости :  $K_{нф}=0,64\%$  ;  $ско=0,26\%$  ) ; обеспечить требуемое ГОСТ 13109-87 значение показателя качества электроэнергии (ПКЭ); сократить удельный расход электроэнергии на единицу выпускаемой продукции металлургическими предприятиями рассматриваемого профиля на 21%.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы отражены в 7 публикациях , в том числе : 5 статьях и 2 тезисах докладов на научно-технических конференциях .

Личный вклад автора в опубликованных результатах диссертации :

- обоснован объем , цели и задачи исследования влияния электромагнитных процессов в трансформаторах РТП на сеть питания 6-10 кВ и процессов в сетях 6-10 кВ , влияющих на режимы работы РТП;
- проведена оценка эффективности организационно-директивных мероприятий и качества функционирования существующих устройств ограничения параметров электромагнитных процессов ;разработана принципиальная схема и проведен выбор электрооборудования при создании защитного устройства по ограничению параметров электромагнитных процессов в сетях 6-10 кВ ;
- разработана методика и проведены экспериментальные исследования по оценке влияния созданного трансформаторно-реакторного устройства на качество электроэнергии и надежность работы сетей питания 6-10 кВ рудно-термических печей .

Структура и объем диссертационной работы . Диссертационная работа состоит из : введения , 4 разделов , выводов, заключения и перечня ссылок из 90 наименований ; содержит в т.ч. 11 страниц основного машинопечатного текста , 23 рисунка , 3 приложения .

Апробация работы. Основные положения и научно-практические результаты диссертации изложены и обсуждены на научно-технических конференциях Запорожского государственного технического университета ( г. Запорожье, 1993-1995г.г), Украинского научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института трансформаторостроения (г.Запорожье, 1993-1995г.г), в научно-исследовательском институте "Преобразователь" ( г. Запорожье , 1994г), международной научно-технической конференции по трансформаторостроению ( г. Запорожье , 1995 г).

Автор защищает следующие основные научные и практические результаты

- методику проведения экспериментальных исследований в действующих сетях 6-10 кВ при нормальных и аварийных режимах работы РТП;
- комплексный анализ электромагнитных процессов при комбинированном взаимодействии между схемами замещения РТП и питающей электрической сетью 6-10 кВ , на основе проведения реальных экспериментальных исследований согласно разработанной методике;
- экспериментальную эффективность трансформаторно-реакторного устройства по ограничению до безопасных величин внутренних перенапряжений и параметров электромагнитных процессов;
- методику и анализ проведения реальных экспериментальных исследований в сетях 6-10 кВ РТП по выявлению эффективности комбинированного трансформаторно-реакторного устройства в части ограничения выше указанных параметров и его электромагнитной совместимости с источником и с потребителями электрической энергии.

#### Содержание работы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы. Отмечено , что электроплавильные комплексы с дуговыми печами существенно повышают технический уровень отечественной электротермии . В странах СНГ в настоящее время создана серия современных электропечей для выплавки огнеупоров

производства желтого фосфора, ферроникеля, а также переработки руд любого качества, не уступающих по своим технико-экономическим показателям лучшим зарубежным образцам. На Украине и в странах СНГ интенсивно развивается ферросплавное производство с вводом в эксплуатацию ферросплавных печей повышенной единичной мощности. Освоены в эксплуатации печи мощностью 63-80 МВ.А для выплавки марганцевых сплавов. Созданы печи, предназначенные для выплавки кристаллического кремния и ферросилиция, мощностью 16,5-25 МВ.А. На основе модернизированной РТП создана опытно-промышленная печь мощностью 1200 кВ.А для плавки ферросилиция и кирбида кальция с тиристорным источником питания током пониженной частоты. Показана необходимость решения ряда сложных электротехнических задач, возникающих при комбинированном взаимодействии между изменяющимися технологическими режимами работы РТП и электромагнитными процессами происходящими в сетях 6-10 кВ. На основании опыта проектирования и эксплуатации, результатов теоретических и экспериментальных исследований, направления развития систем электроснабжения и электрооборудования дуговых электропечей, включая решение задач технического перевооружения действующих электропечных агрегатов и электроплавильных производств определена цель работы, заключающаяся в разработке новых технических и организационных мероприятий, обеспечивающих повышение надежности электроснабжения РТП и экономичности эксплуатации всего электротехнического оборудования, за счет достижения требуемого качества электрической энергии. Дана краткая аннотация разделов диссертации.

Первый раздел посвящен анализу режимов работы сетей электроснабжения РТП. Отмечено, что для развития рудной и нерудной электротермии в мире характерно увеличение единичной мощности РТП, что связано с достижением большого экономического эффекта за счет роста производительности печи в сравнении с капитальными и эксплуатационными затратами. В то же время, высокая энергоемкость предприятий с РТП, на которых в электропечах расходуется до 90-97 % всей потребляемой электроэнергии, непрерывный режим работы

предопределяют использование РТП для регулирования электрической нагрузки энергосистем. При ограничениях электрической нагрузки РТП, в основном в периоды максимальных нагрузок энергосистемы, возникает ущерб, связанный с недовыпуском продукции и увеличением удельных расходов электроэнергии. При работе РТП вопросы повышения надежности и снижения трудовых и материальных затрат на обслуживание электрооборудования приобретают все большее значение, при этом наиболее ответственными элементами являются электропечные трансформаторы, установки компенсации реактивной мощности и высоковольтная коммутационная аппаратура. РТП как объект электроснабжения обладает рядом технологических особенностей, определяющих эффективность работы его электрооборудования: увеличение рабочих токов при росте установленной мощности единичных установок; перегрев вихревыми токами и выход из строя отдельных элементов металлоконструкций; значительные дополнительные потери мощности. Это определяется следующими факторами. В начальной стадии технологического цикла в печах возникают эксплуатационные короткие замыкания между фазами через куски загруженной шихты, приводящие к возникновению кратковременных ударных токов, превышающих на порядок номинальные токи нагрузки и приводящие к возникновению тоже кратковременных, резкопеременных и несимметричных нагрузок. Процесс горения дуги в расплавленной шихте и ее шунтирование расплавленной шихтой придают нелинейный характер нагрузке печного трансформатора и приводят к появлению высокочастотных колебаний в напряжении сети. Неполнофазные режимы, возникающие при изменении полной, активной и реактивной мощностей в зависимости от технологического цикла, вызывают появление резкопеременных и несимметричных режимов, но при этом, в связи с нелинейностью, неравномерностью индуктивных нагрузок по фазам печного трансформатора, и увеличивающейся асимметричностью магнитных потоков в стержнях магнитопровода, происходит значительное снижение компенсации составляющих реактивной мощности, что создаст условия для возникновения дополнительных последовательных, параллельных и комбинированных

колебательных контуров с повышенными частотами колебаний напряжений и токов ( $U$  и  $I$ ).

Вышеуказанные изменяющиеся технологические режимы отрицательно воздействуют на эксплуатацию питающих сетей 6-10 кВ, где появляются длительные колебания высокочастотных напряжений и токов, превышающих допустимые нормы во всей электрически связанной сети вследствие возникновения функционально взаимосвязанных, последовательных и параллельных, колебательных контуров (контуров напряжения и токовых) промышленных или более высоких частот между индуктивностями и емкостями, приводящих в свою очередь к изменчивым градиентам между витками обмоток или обмотками силовых и измерительных трансформаторов, электрических двигателей, реакторов, симметрирующих и компенсирующих устройств.

Дополнительно необходимо отметить повышение частоты возросших напряжений и токов, наличие фазных токов нагрузки в разных квадрантах и обоснованность этих явлений как случайных событий, находящихся в многофункциональных электромагнитных связях. Определение скалярных величин и векторных направлений таких явлений и электромагнитных процессов расчетными путями представляется весьма затруднительным. Более того, расширенное резервирование элементов электрической сети, внедрение БСК и УПК, использование трансформаторов с РПН, автоматическая настройка дугогасящих катушек и ряд директивных требований не всегда приводит к необходимому снижению уровня аварийности. Все это, в конечном счете, затрудняет внедрение новых способов подключения РТП, усложняет возможность эффективного автоматизированного управления режимами печей.

Второй раздел посвящен экспериментальным исследованиям параметров электромагнитных процессов в сетях, питающих РТП. Приведены осциллограммы наиболее тяжелых технологических и аварийных режимов при коммутациях фидерных и печных выключателей с наличием и отсутствием БСК, а так же при перекосах нагрузок и замыкании фазы на землю через дугу.

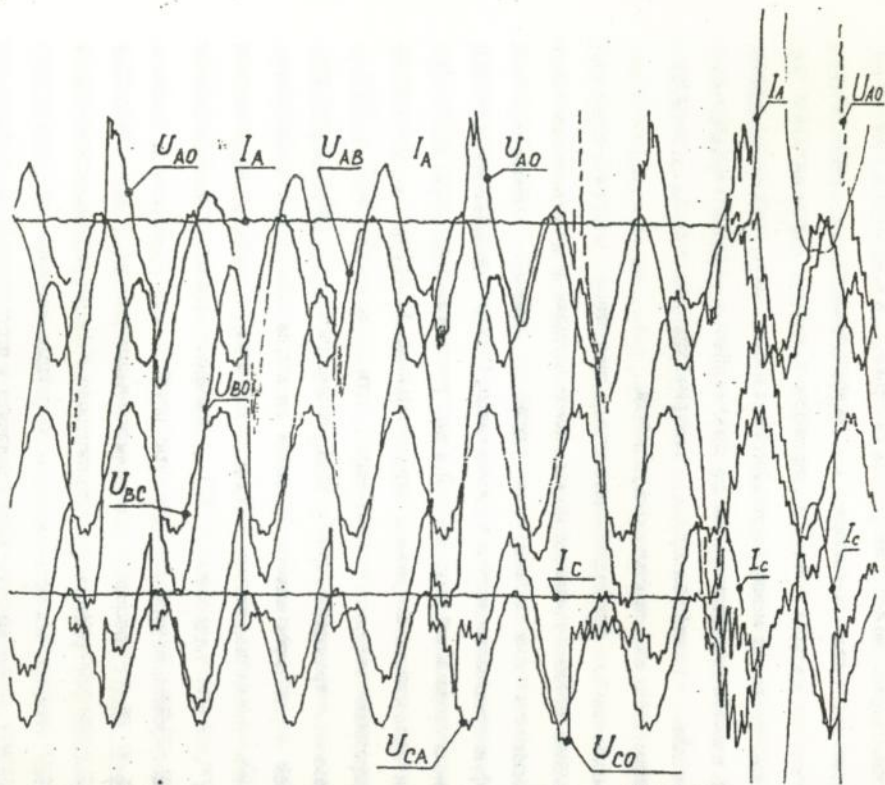


Рисунок 1. Осциллограмма режима включения выключателя - Q2 печного трансформатора печи № 27 при наличии дуги на фазе "С".

0,01с  
15А

25В

На рисунке 1 представлена типичная осциллограмма включения РТП мощностью 5000 кВ.А при изолированной нейтрали сети ,изменяющихся несимметричных нагрузок по фазам , наличии БСК на питающей секции и выводах печного трансформатора , а так же при дуговом замыкании фазы 'С' на землю. До включения печи наличие дугового замыкания фазы на землю привело к фазным перенапряжениям величиной :  $U_{Ao} = 4,2 \text{ Уф}$  ;  $U_{Bo} = 2,5 \text{ Уф}$  ;  $U_{Co} = 2,2 \text{ Уф}$  с наличием высокочастотных составляющих в их синусоидах традиционного спектра частот. В момент включения фидерного выключателя на дуговые перенапряжения наложился коммутационные процессы , что привело к результирующему перенапряжению на фазе 'А' уже большей величины. Дополнительно целесообразно отметить , что при включении фидерного выключателя возникли броски токов в фазах 'А' и 'С' в течение трех периодов , что связано с возникновением последовательных контуров между результирующими величинами индуктивностей и емкостей сети при изменяющихся частотах. Наличие высокочастотных составляющих в синусоидах линейных напряжений обосновывается технологическими режимами.

Третий раздел посвящен разработке защитного устройства по ограничению внутренних перенапряжений и параметров электромагнитных процессов в сетях 6-10 кВ до безопасных величин для изоляции электротехнического оборудования. На рисунке 2 представлена принципиальная схема данного устройства , где за аналоги при разработке устройства были приняты однофазная дугогасящая катушка Петерсона , подсоединяемая к нейтрали высоковольтных обмоток силового трансформатора , а так же трехфазные дугогасящие трансформаторные устройства Рейтгофера и Бауха, подключаемые непосредственно к фазам питающей секции , выполняющие индуктивную компенсацию емкостного тока однофазного замыкания на землю.

На данном рисунке обозначено : однофазные силовые трансформаторы ( 1, 2, 3 ) с независимыми магнитопроводами ( 4, 5, 6 ) высоковольтными обмотками ( 7, 8, 9 )

с выведенной нейтралью (10) низковольтными обмотками (11, 12, 13) с заземленным выводом (14); однофазные коммутационные аппараты (15, 16, 17) питающая секция (18); высоковольтный вывод обмотки (19); магнитопровод (20); высоковольтный реактор (21); замыкающий контакт (22); низковольтная обмотка, имеющая: вывод (23), магнитопровод (24), низковольтный реактор (25), однофазный коммутационный аппарат (26), разъединитель (27); однофазный трансформатор напряжения (28) с магнитопроводом (29) и высоковольтной обмоткой (30), проводом заземления (31), низковольтной обмоткой (32), реле напряжения (33) и одним заземленным выводом (34); нейтральный вывод (35); измерительный трансформатор напряжения (36); глухое заземление (37); трансформатор тока (38); реле токовое (39); контакт заземления (40); коммутационный аппарат (41); разъединитель (42); реле времени (43); промежуточные реле (44, 45).

В диссертации представлены и подробно описаны все элементы защитного устройства и их работа при нормальном режиме РТП и электрической сети, металлическом замыкании фазы на землю или ее замыкании через перемежающуюся дугу, феррорезонансных процессах, резонансных явлениях при колебаниях, отклонениях и перекосах напряжений, возможных нарушениях технологических режимов, несимметричных нагрузках, несинусоидальных токах и напряжениях, а так же при комбинированных сочетаниях повреждений развивающихся в циклично-каскадной последовательности с нарушениями электромагнитной совместимости между источником и потребителем электроэнергии.

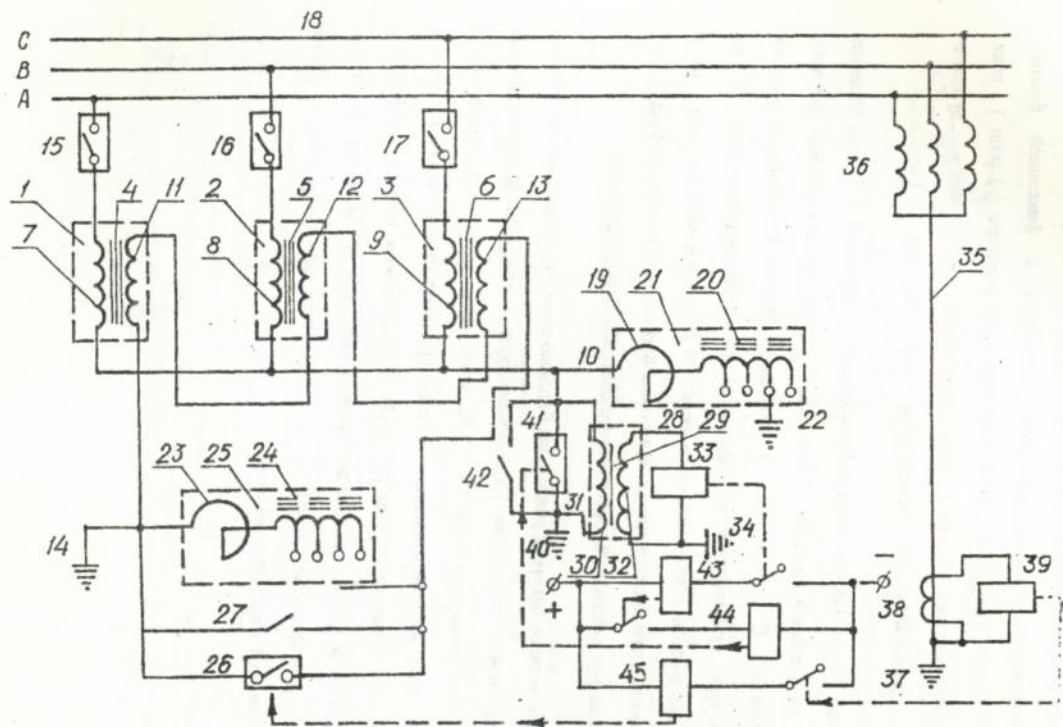


Рисунок 2. Устройство ограничения параметров электромагнитных процессов при аварийных режимах. Схема электрическая принципиальная.

Четвертый раздел посвящен экспериментальным исследованиям эффективности защитного устройства, и поэтому в приведенных в диссертации осциллограммах зафиксированы режимы питания РТП со стороны секции 10 кВ при подключенном к ней комбинированном трансформаторном устройстве с фиксацией фазных напряжений ( $U_{Ao}$ ,  $U_{Bo}$ ,  $U_{Co}$ ), тока низковольтного реактора ( $I_{p.нн}$ ), тока высоковольтного реактора ( $I_{p.вн}$ ), тока металлического или дугового однофазного замыкания на землю фазы "С" ( $I_{м.з}$  или  $I_d$ ).

На рисунке 3 представлена осциллограмма сети, питающей РТП при наличии устройства, дугогасящей катушки и обеих БСК, с режимом отключения дугового замыкания фазы 'С' на землю. Целесообразно только отметить, до режима отключения дуги, стабилизацию и равенство величин тока замыкания фазы 'С' на землю и тока в цепи высоковольтного реактора промышленной частоты, но в синусоиде последнего имеется третья гармоника. Фазные напряжения на фазах 'А' и 'В', а так же ток в низковольтном реакторе содержат пятую гармонику.

На основе установившегося режима необходимо отметить весьма примечательное свойство защитного устройства, заключающееся в том, что высокочастотные параметры дуги замыкания фазы "С" на землю приводятся этим устройством к параметрам дуги на промышленной частоте при возрастании величин токов в высоковольтном и низковольтном реакторах с сохранением третьей гармоники в высоковольтном и пятой - в низковольтном реакторах, и за время 0,2 с оно устранило колебательные процессы и стабилизировало нормальный режим эксплуатации всей электрической сети.

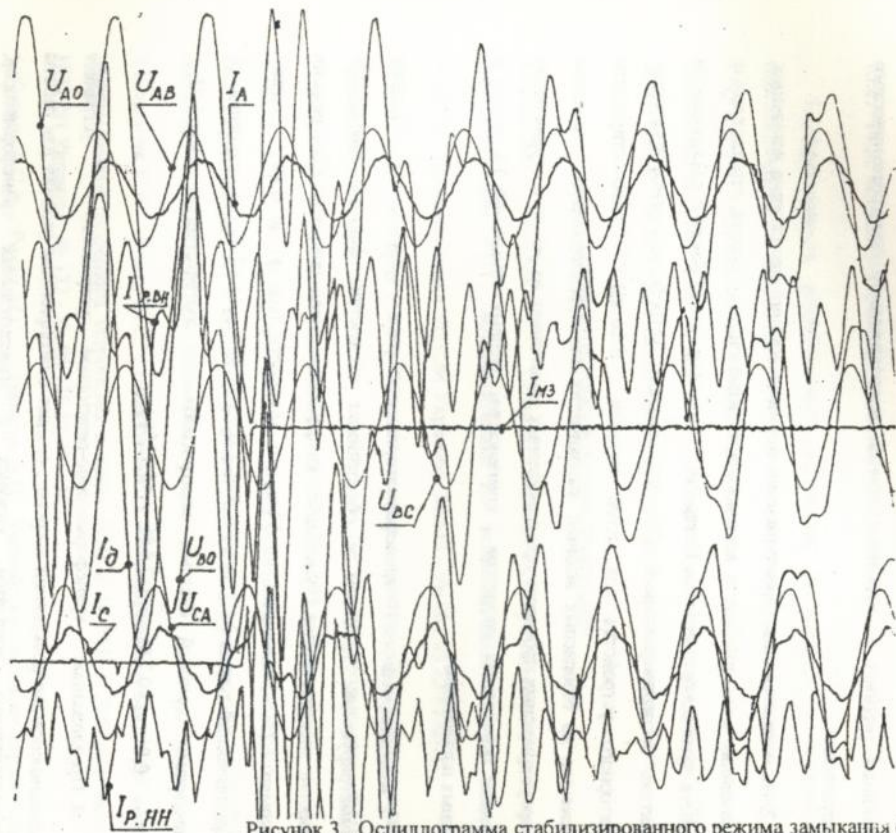


Рисунок 3. Осциллограмма стабилизированного режима замыкания фазы "С" через перемежающуюся дугу на землю.

0,01с

125В

15А

## Основные результаты работы и выводы

1. Впервые проведены комплексные экспериментальные ( в условиях действующего производства ) исследования электромагнитных процессов в сетях 6-10 кВ РТП с целью анализа параметров нормальных эксплуатационных и аварийных режимов и выявление причин повреждаемости электротехнического оборудования .

2. На основе анализа экспериментальных исследований предложена концепция, выраженная в соединении и использовании взаимоисключающих отрицательных свойств дугогасящей катушки Петерсена и трансформатора Бауха и реализован на практике экспериментальный образец защитного устройства трансформаторно-реакторного устройства для сетей питания 6-10 кВ РТП способствующего снижению до безопасных величин высокочастотных перенапряжений ; гашению феррорезонансных процессов при однофазных замыканиях на землю и ограничению времени переходных процессов ; компенсации дуговых замыканий на землю и фазных напряжений .

3. Комбинированное трансформаторно-реакторное устройство обладает симметрирующим эффектом и обеспечивает следующие факторы повышения качества электроэнергии : уменьшает коэффициент рациональности ( $K_p$ ) режима печи до 1,23 ; повышает коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) до 0,89 ; снижает гармонический состав ( $v_1$ ) до  $v_2=3.2\%$  ;  $v_3=4.24\%$  ;  $v_5=1.17\%$  (по сравнению со значениями серийной системы электроснабжения соответственно  $K_p=1.73$  ;  $\cos \varphi =0.81$  ;  $v_2=9.2\%$  ;  $v_3=17.8\%$  ;  $v_5=4.92\%$  ).

4. Предложенное трансформаторно-реакторное устройство : устраняет перекompенсацию реактивной энергии ; создает благоприятные условия для работы коммутационных аппаратов, силовых и измерительных трансформаторов, комплектных распределительных устройств, устройств релейной защиты и автоматики, батареи статических конденсаторов ; снижает несимметрию напряжения

и тока ( $K_{ни}$  и  $K_{нст}$ ) для печей емкостью 4,6 т соответственно до 3,52 % и 6,12 % от номинала ограничивает амплитуду бросков тока намагничивания в обмотках печного трансформатора ( $A_{би}$ ) до 5,24 и в обмотках сетевого трансформатора ( $A_{бс}$ ) до 1,34 по сравнению со значениями существующей системы соответственно :  $K_{ни}=8,76$  %;  $K_{нст}=14,52$  %;  $A_{би}=9,91$ ;  $A_{бс}=2,83$  номинальных значений.

5. Эффективность разработанного устройства заключается в ограничении перенапряжения до безопасных величин (снижает коэффициент несимметрии фаз  $K_{нф}$  печного трансформатора до 0,38 %, а его ско- до 0,16 % по сравнению с существующим  $K_{нф}=0,64$  %, ско-0,26 %); повышении производительности РТП не менее чем на 3,43 % и сокращении удельный расход электроэнергии на 21 % .

#### Основные публикации по теме диссертации.

- 1.Рихан М.С. , Назаров А.И. Основополагающие электромагнитные процессы в трансформаторах РТП, воздействующие на питающие сети 6-10 к В . Депонировано в ИНТЭИ Украины , № 133 - Ук 96 , 25.12.95.-20 с.
- 2.Рихан М.С. , Назаров А.И. Основополагающие электромагнитные процессы в промышленных сетях 6-10 к В , воздействующие на трансформаторы РТП . Депонировано в ИНТЭИ Украины , № 134- Ук 96, 25.12.95. - 19 с.
- 3.Рихан М.С. , Назаров А.И. Электромагнитные воздействия между трансформаторами РТП и питающими сетями 6-10 к В . Депонировано в ИНТЭИ Украины , № 136 - Ук 96 , 25.12.95. - 17 с.
- 4.Юхимчук С.А. , Рихан М.С. , Назаров А.И. Экспериментальные исследования эффективности защитного устройства в сетях 6-10 к В РТП . Депонировано в ИНТЭИ Украины , № 132 - Ук 96 , 25.12.95. - 16 с.
- 5.Юхимчук С.А. , Рихан М.С. , Назаров А.И. Устройство глубокого ограничения внутренних перенапряжений . Депонировано в ИНТЭИ Украины , № 135 - Ук 96 , 25.12.95. - 17 с.

6. Назаров А.И., Рихан М.С. Основопологающие электромагнитные процессы в трансформаторах РТП, воздействующие на питающие сети 6-10 кВ // Тез. докл. научно-технической конференции по трансформаторостроению стран Содружества Независимых Государств Запорожье. 13-15 сентября 1995, ВИТ. - с.83-85.

7. Назаров А.И., Рихан М.С. Основопологающие электромагнитные процессы в промышленных сетях 6-10 кВ, воздействующие на трансформаторы РТП // Тез. докл. научно-технической конференции по трансформаторостроению стран Содружества Независимых Государств Запорожье. 13-15 сентября 1995 г., ВИТ. с.86-88.

Сонскатель





437212

**АВ 36.079**

Подписано к печати 30.10.96г. Заказ №1086, Тираж 100 экз.  
Запорожье, ЗГТУ, Типография, ул.Гоголя, 64.