

**АННОТАЦИЯ РАБОТ,  
ВЫПОЛНЕННЫХ НА ПРОМЕЖУТОЧНОМ ЭТАПЕ № 1**  
«Выбор и обоснование направлений энергосбережения при распределении и потреблении электрической энергии в энергосистеме металлургического предприятия с полным технологическим циклом»  
государственного контракта с Федеральным агентством по науке и инновациям от 12 апреля 2010 г. № 02.740.11.0755.

Шифр заявки: «2010-1.1-230-056-007»  
Период выполнения этапа: 12 апреля 2010 г. - 31 июля 2010 г.  
Исполнитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38  
Цель работы: Разработка и промышленное внедрение комплекса научно обоснованных, концептуально связанных технических решений, обеспечивающих энергосбережение при производстве, распределении и потреблении электрической энергии на металлургическом предприятии с полным технологическим циклом

**1. Наименование разрабатываемой научной продукции**

– алгоритмы и программное обеспечение для определения и минимизации затрат на производство и транспортировку электрической энергии в условиях промышленного предприятия с собственными электростанциями;

– методы управления, планирования и прогнозирования режимов систем электроснабжения металлургического предприятия с собственными электростанциями, обеспечивающие повышение энергоэффективности и снижение технологических потерь;

– программное обеспечение для расчета и оптимизации установившихся режимов систем электроснабжения предприятия с собственными источниками электроэнергии с целью минимизации энергозатрат и максимального использования вторичных энергетических ресурсов;

– автоматизированная система управления компенсацией реактивной мощности (АСУ КРМ) на шинах 10 кВ широкополосного стана горячей прокатки (разработанная применительно к стану 2000 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»);

- система управления возбуждением синхронного двигателя;
- система управления реактивной мощностью конденсаторных батарей статического компенсирующего устройства тиристорных электроприводов;
- математическая модель регулируемых компенсирующих устройств (на базе батарей статических конденсаторов и синхронного двигателя); результаты исследования показателей качества напряжения на шинах 10 кВ, а также устойчивости синхронного двигателя в динамических режимах;
- результаты исследования режимов работы комплекса «дуговая сталеплавильная печь – статическое компенсирующее устройство» («ДСП-СТК»), обеспечивающие разработку способов повышения энергетической эффективности;
- способ снижения потерь электрической энергии в силовых элементах ДСП и элементах системы электроснабжения за счет генерации реактивной мощности в питающую сеть;
- математическая модель комплекса ДСП-СТК, результаты исследования установившихся и динамических режимов, а также энергетических характеристик комплекса методами математического моделирования;
- результаты исследования энергетических показателей дуговой электросталеплавильной печи и электроприводов прокатного стана при внедрении разработанных алгоритмов и систем управления реактивной мощностью;
- результаты анализа технико-экономической эффективности внедрения разработанных энергосберегающих систем распределения и потребления электрической энергии на металлургическом предприятии;
- разработанные мероприятия по промышленному использованию результатов НИР, направления дальнейших исследований и разработок;
- программа внедрения результатов исследований в образовательный процесс;
- отчет о НИР, содержащий обоснование развиваемого направления исследований, изложение методик проведения исследований, а также описание полученных результатов.

## **2. Характеристика выполненных на этапе работ по созданию научной продукции**

### **2.1. Результаты работы на 1 этапе, в том числе:**

– На основе анализа структуры энергетического узла металлургического предприятия с полным циклом исследовано взаимодействие собственных электростанций с элементами энергосистемы. Дана оценка электромагнитной совместимости энергоемких потребителей.

– Разработаны алгоритмы расчета установившихся и переходных режимов систем электроснабжения промышленного предприятия, имеющего собственные электростанции, при параллельной работе и при выходе на отдельную работу с энергосистемой.

– Получены алгоритмы расчета и разработана методика расчета потерь электроэнергии по результатам расчета установившихся режимов. Разработано программное обеспечение для исследования нормальных, ремонтных, послеаварийных и аварийных режимов систем электроснабжения промышленных предприятий.

– Разработана база данных электрооборудования металлургического предприятия с целью анализа потерь в передающих промышленных сетях.

– Выполнен анализ энергетических показателей наиболее энергоемких потребителей электрической энергии металлургического предприятия (сверхмощных дуговых сталеплавильных печей и автоматизированных электроприводов прокатных станов).

– По результатам исследований издана монография «Применение регулируемых компенсирующих устройств в системах электроснабжения металлургического предприятия» объемом 12,25 усл. печ. л.

Данные разработки полностью соответствуют требованиям задания.

2.2. Научная новизна этапа работы заключается в том, что он углубляет и расширяет теоретические представления о проблемах энергосбережения на металлургическом предприятии и эффективном использовании регулируемых уст-

роЙств компенсации реактивной мощности энергоемких электротехнических комплексов.

На основании анализа рабочих и электрических характеристик сформулированы условия эффективного электропотребления основных электротехнических комплексов металлургического производства: прокатных станов, дуговых электропечей, сетевых синхронных двигателей за счёт регулирования реактивной мощности.

Для оперативного управления режимами электрических сетей разработан новый алгоритм расчета установившихся режимов при работе собственных электростанций параллельно с энергосистемой и в автономно работающей системе электроснабжения. Алгоритм основан на модифицированном методе последовательного эквивалентирования и предусматривает учет статических характеристик генераторов и регулирующего эффекта нагрузки по частоте и напряжению.

Предложен усовершенствованный метод расчета переходного процесса, основанный на применении модифицированного метода последовательного эквивалентирования в сочетании с методом последовательных интервалов, позволяющий оценивать динамическую устойчивость при выходе системы электроснабжения промышленного предприятия с собственными электростанциями на отдельную с энергосистемой работу, в том числе и после короткого замыкания.

Данные методы и алгоритмы впервые разработаны для электрических сетей и энергоемких потребителей металлургического предприятия с собственными электростанциями, имеющих уникальную конфигурацию и индивидуальные характеристики, что определяет их новизну и соответствие уровню передовых мировых разработок.

2.3. Особенности проведенных исследований заключаются в системном подходе к решению проблемы энергосбережения на металлургическом предприятии с полным технологическим циклом. На основании общего методологического подхода решается комплекс задач по учету и анализу расходов электроэнергии, установлению энергетических характеристик оборудования и его оп-

тимальных режимов работы, нормирования и планирования электропотребления. В рамках решения поставленных задач проведены теоретические и экспериментальные исследования воздействия тиристорных электроприводов клетей чистовой группы широкополосного стана 2000 и сверхмощной ДСП-180 на питающую сеть. Показано, что основные показатели электромагнитной совместимости превышают нормы, допустимые ГОСТ 13109-97.

2.4. В ходе выполнения работ в период с 12 апреля по 31 июля 2010 г. объекты интеллектуальной собственности созданы не были.

### **3. Области и масштабы использования полученных результатов**

3.1. Полученные результаты будут использованы после соответствующих опытно-промышленных испытаний на металлургических предприятиях и прежде всего в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» – самом крупном и энергоемком отечественном предприятии. Результаты исследований будут внедрены на наиболее мощном широкополосном стане 2000 горячей прокатки, на сверхмощных дуговых сталеплавильных печах электросталеплавильного цеха, на синхронных электродвигателях кислородных станций. После дополнительных исследований результаты работы могут быть рекомендованы для расширенного промышленного внедрения.

Разработанное программное обеспечение позволяет выполнять анализ устойчивости при планировании и оперативном управлении режимами в узлах нагрузки промышленных предприятий, имеющих собственные электростанции, а также оценивать величину потерь электроэнергии в сети. Разработанная программа для ЭВМ дает возможность задавать ограничения по активной и реактивной мощностям при определении экономически целесообразного режима работы электростанции с целью обеспечения устойчивости. Разработанная база данных позволяет учесть потери электроэнергии во всех элементах сети.

3.2. Проведена оценка возможности и технико-экономической эффективности внедрения новых энергосберегающих технических решений на действующих объектах ОАО «ММК»: стане 2000 горячей прокатки и ДСП-180 электросталеплавильного цеха. Разработанное программное обеспечение внедрено и

используется группой режимов ЦЭТЛ, а также диспетчерским персоналом собственных электростанций ОАО «ММК». Программное обеспечение внедрено в рабочую программу дисциплин «Программное обеспечение систем электроснабжения. Исследование и моделирование систем электроснабжения», «Оптимальные режимы систем электроснабжения» при подготовке инженеров по специальности 140211 – «Электроснабжение», бакалавров и магистров направления 140200 – «Электроэнергетика» в ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

3.3. При выполнении первого этапа НИР достигнуты следующие индикаторные показатели: 1 кандидат наук – исполнитель НИР защитил докторскую диссертацию по тематике НИР; 3 аспиранта – исполнителя НИР защитили кандидатские диссертации по тематике НИР; 2 выпускника вуза зачислены в аспирантуру; 1 аспирант, защитивший диссертацию, зачислен в штат вуза на преподавательскую работу; 4 молодых кандидатов наук, 5 аспирантов и 4 студента приняли участие в выполнении этапа НИР.

Достигнутые результаты полностью соответствуют запланированным программным индикаторам на 2010 год. При выполнении второго этапа НИР будет обеспечено превышение запланированных показателей.

#### **4. Выводы**

Выполненные в рамках Государственного контракта работы актуальны для инновационного развития российских технологий в области создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления электроэнергии. В ходе выполнения работ определены основные направления энергосбережения на металлургическом предприятии с полным технологическим циклом, с собственными электростанциями. Определены пути экономии электрической энергии за счет регулируемой компенсации реактивной мощности. Разработаны мероприятия, направленные на повышение надежности электроснабжения потребителей и уменьшение потерь электрической энергии в системе электроснабжения и энергоемких потребителях: дуговых сталеплавильных печах и тиристорных электроприводах прокатных станов. Предложены алгоритмы управления, направленные на повышение надежности системы электроснабжения и снижение

недовыработки электроэнергии. Разработано оригинальное программное обеспечение, переданное ОАО «ММК».

Результаты работ эффективно используются в образовательном процессе, при подготовке бакалавров, инженеров и магистров, а также кадров высшей квалификации в ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Руководитель работ по проекту  
заведующий кафедрой электро-  
техники и электротехнических  
систем ГОУ ВПО «МГТУ»

Карандаев А.С.

\_\_\_\_ июля 2010 г.

М.П.