

Наиболее удобным и экономически оправданным является применение тепловых насосов на базе абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов (АБТН), с отопительным коэффициентом, равным 1,7. В этом случае, за счет использования энергии пара, давлением 5 бар, и энергии ВЭР, можно получить поток сетевой воды с температурным графиком 85/60 °С, что расширяет возможности использования горячего водяного теплоносителя на производстве.

Анализ результатов показывает, что рекуперация на базе АБТН повышает термодинамическую эффективность энергоиспользования линии крашения тканей, обеспечивая снижение потребления энергоресурсов. Потенциалы рекуперации при использовании простой передачи теплоты и АБТН достигает 20 % (или 2,1 ГДж на тонну условной продукции) от потребления тепловой энергии в штатном варианте. Следует отметить, что рекуперация побочных тепловых потоков приводит к увеличению энергетических и эксергетических показателей, при этом комбинированная рекуперация с применением простого переброса теплоты и более сложного ее возврата с применением АБТН дает более высокие показатели: энергетический КПД возрастает с 36 до 45 %.

**Выводы.** Совершенствование энергоиспользования в теплотехнологиях отделочных производств возможно и необходимо за счет рекуперации теплоты путем усовершенствования тепловых схем технологических линий и аппаратов, утилизации технологических побочных низкотемпературных потоков с помощью тепловых насосов. Образующиеся потоки теплоты с водяным теплоносителем должны полностью вытеснить аналогичные потоки, поступающие непосредственно от теплогенерирующих устройств, и частично заменить потребление пара на технологические нужды. Избытки теплоты утилизации энергии ВЭР могут быть использованы в сопряженных системах теплоснабжения промышленного узла или административного подразделения.

Доказано, что внешнее энергоиспользование теплоты утилизации энергии низкотемпературных ВЭР является оправданным в условиях действующих и строящихся предприятий Беларуси, поскольку обеспечивает значительный рост энергетических показателей. В отношении автономного энергообеспечения это очевидно, поскольку снижает расход топлива сопряженной котельной. С вводом АЭС актуальность полученных результатов по снижению теплопотребления промпредприятиями возрастает на порядок.

УДК 621.313.629.73

## **РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ АВИАЦИОННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА**

*К.В. Бунас, Н.С. Карнаухов*

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*

*e-mail: [cookie96112@gmail.com](mailto:cookie96112@gmail.com)*

**Summary.** *Consider the problems increase the power quality through the implementation of smart voltage regulation systems in digital control systems. Shown the results of virtual research of the effectiveness of smart voltage regulation systems in MatLab programming environment for different disturbances. It is shown that by using intelligent voltage regulation systems and their implementation ensuring the lowest possible value of the dynamic error. The duration of the transients may be reduced to 3 ÷ 7 times.*

В настоящее время активно обсуждается и разрабатывается концепция перспективного самолета с полностью электрифицированным оборудованием «All electric aircraft». Реализация этой концепции приведет к повышению уровня электрификации перспективных самолетов и будет сопровождаться увеличением мощности, как источников электрической энергии, так и системы электроснабжения в целом.

В связи с этим остро встает вопрос обеспечения требуемых норм качества электроэнергии за счет совершенствования систем регулирования. Разработка новых систем регулирования напряжения, а, следовательно, и показателей качества электроэнергии, связана с применением в них цифровой техники, способной реализовать сложные законы регулирования, например с применением нейронных сетей или на основе нечеткой логики.

Указанная разработка является более перспективной системой регулирования напряжения по сравнению с современными, так как обладает большей гибкостью принятия решений и более высоким быстродействием. Система регулирования напряжения с элементами искусственного интеллекта основана на нейронных сетях, работающих по принципу работы человеческого мозга.

Для создания модели искусственной нейронной сети регулятора напряжения в среде MatLab использовалась трехслойная нейронная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки Feed-forward backprop. Первый слой Hidden Layer 1 имеет 3 нейрона – выходное напряжение генератора, значение производной выходного напряжения генератора и значение тока нагрузки. Второй слой Hidden Layer 2 имеет 55 нейронов и связан синоптическими связями с первым и третьим слоями. Третий слой Output Layer имеет 1 нейрон, он включает в себя значение тока возбуждения генератора.

Для обучения разработанной искусственной нейронной сети использован алгоритм Левенберга-Марквардта, реализованный в среде MatLab. В качестве критерия оптимизации использовалась среднеквадратичная ошибка Validation модели на обучающей выборке Train.

Разработанная виртуальная модель системы регулирования напряжения в среде MatLab включает в свой состав авиационный генератор ГТ30НЖЧ12 и интеллектуальный регулятор напряжения. Генератор и интеллектуальный регулятор напряжения представлены блоками Subsystem из библиотеки Simulink/Commonly Used Block пакета Simulink языка программирования MatLab, а нагрузка представлена блоком Step из библиотеки Simulink/Sources. В данных блоках размещены генератор и регулятор.

Проведенное виртуальное моделирование в среде MatLab работы системы регулирования напряжения с генератором типа ГТ и интеллектуальным регулятором напряжения при различных возмущениях позволило определить эффективность данной системы регулирования. Результаты виртуального моделирования показали, что разработанная искусственная нейронная сеть обеспечивает существенное повышение качества регулирования по сравнению с существующими системами регулирования напряжения (рисунок 1).

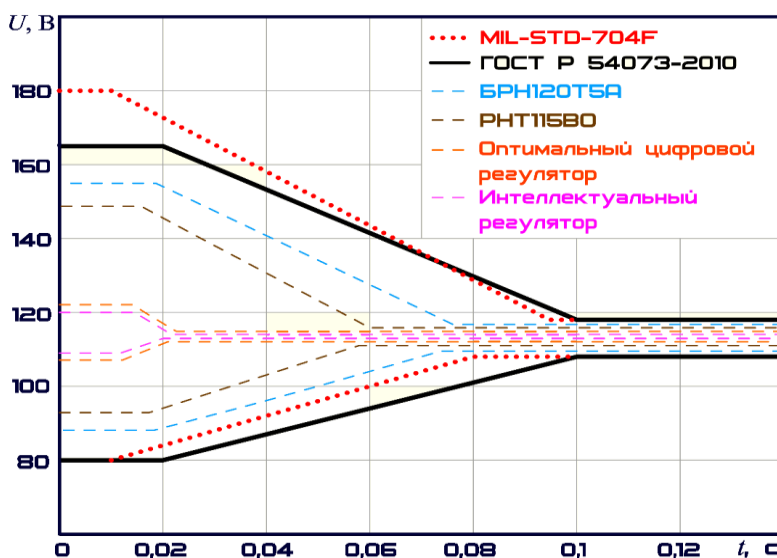


Рисунок 1 – Огибающие нормальных переходных напряжений

Так, длительность переходных процессов при реализации интеллектуальной системы регулирования напряжения сократилась до  $(10-20) \cdot 10^{-3}$  с при одновременном уменьшении диапазона изменения напряжения до  $(109-120)$  В, статическая ошибка регулирования практически отсутствует, максимальные выбросы напряжения при коммутациях нагрузки сведены к минимуму (см. рисунок 1).

Результаты исследований указывают на целесообразность использования интеллектуальной системы регулирования напряжения на перспективных воздушных судах при включении в состав системы электроснабжения цифрового контура контроля и управления.

УДК 677.026.4

## ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

*И.Н. Герасимук, Е.Л. Зимица, А.Г. Коган*

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
e-mail: [vstu\\_kito@mail.ru](mailto:vstu_kito@mail.ru)*

**Summary.** *Currently, almost all the enterprises of light industry produce waste, recycling technologies which, not in Belarus. Such waste is generated in large quantities, and are not accepted by procurement and processing organizations, and exported for disposal, thereby worsening ecological situation in the country. The possibility of processing production is important not only to environmental protection waste position, but in terms of economic benefits, as waste is a cheap raw material. Technologies using textile waste will provide products with lower cost and solve the environmental problem of accumulation.*

В условиях существующей экологической ситуации в Республике Беларусь перед предприятиями текстильной и легкой промышленности остро стоит проблема использования текстильных отходов. Не все отходы находят применение. Например, обрезки кромки грунтовой ткани, образующиеся при производстве тафтинговых покрытий на ОАО «Витебские ковры», межлекальные отходы ОАО «Элема», ОАО «БелКредо», образующиеся при раскрое не находят своего применения, а утилизируются. Такие отходы вывозятся на свалки, что требует значительных затрат на их утилизацию. При этом окружающая среда загрязняется синтетическими негниющими отходами.

На сегодняшний день во многих странах Европы, в США, Японии получили широкое распространение специальные заводы, которые занимаются сжиганием отходов. Они не требуют больших площадей для размещения и захоронения отходов, не вызывают загрязнение почв и подземных вод. Но сжигание приводит к сильному загрязнению атмосферы токсичными продуктами сгорания.

В Китае использование вторичных материальных ресурсов является одним из наиболее объёмных. Считается непозволительной роскошью выбрасывать и уничтожать то, что ещё можно использовать во благо экономики и людей. Поэтому в стране использование вторичных материальных ресурсов доходит до 90%. Обеспечение таких высоких результатов происходит за счёт того, что в Китае уже на стадии образования отходов происходит их глубокая сортировка, после чего они попадают в места переработки.

Эффективное решение проблемы переработки и утилизации отходов во многом связано с активной инновационной деятельностью, с необходимостью внедрения новых дорогостоящих технологий и оборудования. Поэтому особую значимость для разработки и расширенного внедрения ресурсосберегающих технологий и использования вторичных