

Е. И. СОКОЛ, член-корр. НАНУ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»
А. В. КИПЕНСКИЙ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

**НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ КАФЕДРЫ
ПРОМЫШЛЕННОЙ И БИМЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «ХПИ»
(к 50-летию со дня основания)**

В статье приведены результаты ретроспективного анализа научных разработок и достижений кафедры промышленной и биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» за 50 лет существования. Указаны основные направления работ, их руководители и исполнители. Показано, что все разработки были внедрены в промышленную эксплуатацию, серийное производство или в учебный процесс.

Ключевые слова: история, полупроводниковые преобразователи электроэнергии, микропроцессорные системы управления, энергетика, технологические процессы, медицинская техника.

История создания кафедры. Истоки истории кафедры промышленной электроники следует искать в 60-х годах прошлого столетия. Эти годы были периодом расцвета науки и образования в Советском Союзе. В 1961 году состоялся первый полет человека в космос, активно развивалась атомная и электронная промышленность. Появление полупроводниковых приборов, а впоследствии и интегральных микросхем, произвело революцию в области электроники и электротехники. В стране остро ощущалась потребность в устройствах силовой электроники для различных отраслей народного хозяйства – таких, как энергетика, металлургия, транспорт и многие другие.

Подготовка инженеров по специальности «Промышленная электроника» была начата в Харьковском политехническом институте в 1961 г. В 1963 г. в связи с тем, что студентам третьего курса было необходимо преподавать дисциплины, которые как по своему содержанию, так и по объему значительно выходили за рамки общего курса промышленной электроники, остро встал вопрос о создании в ХПИ специальной кафедры. Поскольку общий курс читался доцентом кафедры электрификации промышленных предприятий Олегом Алексеевичем Маевским, проведение всей организационной работы по созданию новой кафедры было поручено именно ему. Активную помощь О.А. Маевскому оказывал его бывший аспирант и ученик доцент В.Т. Долбня, который в то время являлся деканом факультета автоматизации и приборостроения, в состав которого и входила кафедра электрификации промышленных предприятий. В результате проделанной работы в октябре 1963 г. практически одновременно в Харьковском политехническом институте появляются два приказа.

В соответствии с приказом № 1576-III от 9 октября 1963 г. кафедра электрификации промышленных предприятий была разделена на две – кафедру с прежним названием и кафедру промышленной электроники. В состав новой кафедры вошли доценты О.А. Маевский и В.Т. Долбня, старшие преподаватели Ю.А. Розанов,

И.П. Архиреев, Е.А. Фесенко, ассистенты В.В. Губернаторова, В.Д. Земляков, Е.В. Линник, ст. лаборант Е.И. Кондратьева, механик В.М. Гоженко, лаборанты В.П. Дзюба и Н.А. Козлитин. Обязанности заведующего вновь созданной кафедрой были возложены на доцента Виктора Тимофеевича Долбню. Доцент О.А. Маевский находился в то время в творческом отпуске для завершения работы над докторской диссертацией.

Несколькими днями позже по ХПИ вышел приказ № 1581-III, в соответствии с которым кафедры электрификации промышленных предприятий и промышленной электроники вместе со всем контингентом студентов переводились на электромашиностроительный факультет.

В короткий срок преподавателями и сотрудниками кафедры промышленной электроники были подготовлены программы и лекционные курсы по всем специальным дисциплинам учебного плана новой специальности. Одновременно с этим были развернуты работы по оснащению лабораторий приборами и оборудованием для организации учебного процесса и проведения научных исследований.

Основная часть научных исследований на кафедре объединяется общим направлением – *«Оптимизация энергетических и динамических показателей полупроводниковых преобразователей электроэнергии и систем на их основе»*. Научные работы в этом направлении проводятся преподавателями, научными сотрудниками и инженерами.

Цель настоящей статьи состоит в ретроспективном анализе научных разработок и достижений кафедры промышленной и биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» за 50 лет существования.

Исследования переходных процессов в преобразователях путем отображения на комплексную плоскость, начиная с 70-х годов прошлого века, проводились профессором Виктором Тимофеевичем Долбней. Результаты этих исследований использовались при создании источников аварийного питания с улучшенными динамическими характеристиками для газокompрессорных станций газопровода «Средняя Азия – Центр»; при разработке электрооборудования для аккумуляторных электровозов, выпускаемого заводом «Электромашина» (г. Харьков); для определения передаточных функций тяжелосреднего циклонного комплекса, предназначенного для обогащения угля, и синтеза систем управления основными технологическими аппаратами в институте «Укрнииуглеобогащение» (г. Ворошиловград); при внедрении унифицированной системы регулирования установок серии ТПЧ на Таллинском электротехническом заводе им. М.И. Калинина и на ряде других предприятий.

Следует отметить, что разрабатываемые В.Т. Долбней топологические методы, позволяют решать не только задачи анализа процессов в электронных схемах, но и синтезировать схемы для получения электрических сигналов с необходимыми характеристиками. В частности, в 80-х годах перед ХПИ была поставлена важная правительственная задача, для решения которой, впервые в Советском Союзе, В.Т. Долбня синтезировал электрическую схему, которая воспроизводила бы электромагнитный импульс, возникающий при взрыве атомной бомбы. Такая установка была необходима для разработки способов защиты от электромагнитного воздействия.

Результаты дальнейших исследований в этом направлении изложены в монографиях: «Исследование переходных процессов в преобразователях путем отображения на комплексную плоскость» (авторы Долбня В.Т и Сокол Е.И.), которая была издана в 1988 г. и «Топологический анализ и синтез электрических и электромеханических систем» (автор Долбня В.Т), изданной в 2005 году.

Разработкой и исследованиями автономных преобразователей руководил и продолжает руководить доцент, а впоследствии – профессор Юрий Петрович Гончаров. С 1973 г. по этому направлению было реализовано более 15 проектов по хозяйственным договорам с предприятиями и организациями согласно планам ГКНТ СССР и межвузовской целевой программе «Оптимум». Тематика этих проектов была посвящена решению следующих задач.

Разработки агрегатов бесперебойного питания и источников питания специального назначения с высокими энергетическими и динамическими показателями выполнялись для Небитдагской ГРЭС (Туркмения), компрессорных станций газопровода «Средняя Азия – Центр» объединения «Саратовтрансгаз», Днепродзержинского и Ровенского ПО «Азот», энергетических предприятий Донбасса, отделения НПО «Квант» г. Ашхабад (Туркмения), Всесоюзного института электрификации сельского хозяйства (г. Москва) и многих других (исполнители: Э.И. Заика, Ю.Д. Сакара, М.Г. Греул, С.Ю. Кривошеев, А.В. Ересько и С.Н. Иванов).

Выпуск преобразователей, разработанных в ХПИ, был организован на Харьковском заводе «Электромашина», Таллинском электротехническом заводе, Опытном заводе НТУ «ХПИ» и др.

В частности, для Днепродзержинского ПО «Азот» были разработаны и изготовлены 14 преобразователей постоянного напряжения в переменное синусоидальное типа ИРП-3 мощностью 3 кВА, которые обеспечивали работоспособность системы КИП и А производства слабой азотной кислоты даже при исчезновении центрального электроснабжения. Преобразователи показали свою высокую надежность в непрерывном режиме работы, а также, в различных переходных и аномальных режимах.

В рамках договора с Московским энергетическим институтом сотрудниками кафедры в инициативном порядке проводились исследования по созданию преобразователей для управления силовыми транзисторами, в результате которого был разработан и изготовлен транзисторный преобразователь постоянного напряжения в переменное синусоидальное мощностью 0,5 кВА. Разработки были защищены 4 Авторскими свидетельствами СССР на изобретения.

Для Харьковского завода «ХЭЛЗ» в рамках программы по исследованию электромагнитного излучения электродвигателей был разработан и изготовлен преобразователь постоянного напряжения в переменное синусоидальное с широтно-импульсной модуляцией, экспоненциальной огибающей выходного напряжения и пиковой мощностью 10 кВА.

В рамках договора с Харьковским заводом холодильных машин, по программе создания холодильного агрегата для космической станции, был разработан и изготовлен преобразователь постоянного напряжения в переменное синусоидальное мощностью 1,5 кВА.

Исследование и разработка автономных инверторов, ведущиеся под руководст-

вом проф. Ю.П. Гончарова, всегда отвечали текущим требованиям народного хозяйства. В 70-х годах прошлого века был разработан тиристорный преобразователь для управления тяговыми двигателями постоянного тока рудничного электровоза. Экспериментальный образец электровоза прошел испытания на кольце Дружковского машиностроительного завода. Работы по созданию полупроводниковых преобразователей для рудничных электровозов велись по заказу СКБ завода «Электромашина» (г. Харьков).

В 80-е годы перспективным стало использование альтернативных источников энергии, в частности, солнечной. В инициативном порядке была начата разработка преобразователей для водоподъемных комплексов отдаленных районов. Десять оригинальных преобразователей прошли испытания на полигонах ВИЭСХ, в пустынных районах Каракумы (Туркмения), показали свои высокие технико-экономические показатели и были внедрены на объектах Заказчика.

Разработка преобразователей с тиристорными ключами на напряжение (3-20) кВ поставила задачу одновременного (группового) включения тиристорных, расположенных на значительном удалении друг от друга. Для решения этой задачи были разработаны транзисторные формирователи импульсов управления. Частотное заполнение управляющих импульсов в формирователе позволило обеспечить для них требуемые параметры, а также высокую помехоустойчивость самих формирователей. Эти научно-исследовательские работы были включены в координационный план Академии наук Украины. Универсальные формирователи импульсов для управления тиристорными ключами серийно выпускались Таллинским электротехническим заводом им. Калинина. Ряд технических решений был защищен Авторскими свидетельствами СССР на изобретения (исполнители: В.И. Кривошея и С.М. Никулочкин).

Начиная с 1980 г. по заказу НПО «Электросила» (г. Ленинград), были начаты работы по созданию тиристорного преобразователя для управления судовыми маршевыми электродвигателями. Опытный образец преобразователя, созданный на кафедре, успешно прошел электрические и акустические испытания в Севастопольском высшем военно-морском училище им. П.С. Нахимова и был передан заказчику (исполнители: В.А. Шеенко, В.В. Замаруев, В.В. Ивахно, А.В. Кипенский и С.М. Никулочкин).

В инициативном порядке для дизель-поездов были разработаны преобразователи типа ППС-20-110. До конца 80-х годов на подвижном составе, приписанном к депо городов Рига, Коломна, Людиново, Ворошиловград, Алма-Ата эксплуатировалось до 100 преобразователей, серийно выпущенных заводом «Электромашина» (исполнители: С.М. Никулочкин, В.В. Замаруев и В.В. Ивахно).

В 1980-1990-х гг. по заказу СКБ «Союзморинжгеология» (г. Рига) была разработана серия преобразователей для работы с электромагнитными, электроискровыми и пьезоэлектрическими излучателями в составе морских геологоразведочных комплексов. Преобразователи размещались в герметичном корпусе на расстоянии до 1200 м от судна и были предназначены для формирования импульсов тока заданной формы. Использование резонансных инверторов с самонастраивающейся системой управления позволило обеспечить абсолютную коммутационную устойчивость преобразователей при скачкообразном изменении их нагрузки.

Технические решения, использованные для этой разработки были защищены 5 Авторскими свидетельствами СССР на изобретения (исполнители: В.В. Замаруев и В.В. Ивахно).

Дальнейшее развитие теория резонансных преобразователей получила в процессе работ над источником питания алфавитно-цифрового печатающего устройства по заказу завода «Счетмаш» (г. Лубны). Применение транзисторов в резонансной схеме инвертора позволило увеличить мощность источника питания при сохранении его габаритов и снижении уровня электромагнитных помех. Внедрение разработанного источника питания повысило скорость печати алфавитно-цифрового печатного устройства АЦПУ-6362 с 80 до 120 строк в минуту.

В 90-х годах исследования были направлены на разработку преобразовательных устройств для альтернативной и малой энергетики. Среди разработок можно отметить энергогенерирующий комплекс, который может использоваться в малых ГЭС и автономных дизельных установках с асинхронным генератором и транзисторным инвертором в качестве статорного возбудителя, источник резервного питания для использования бытовыми потребителями при веерном отключении электроэнергии. Источник резервного питания выпускался одним из подразделений ХПИ серийно.

В начале 2000-х годов по заказу Государственного предприятия «Харьковский приборостроительный завод им. Т.Г. Шевченко» была выполнена разработка источника резервного электропитания телекоммуникационной аппаратуры (исполнители: В.В. Замаруев, В.В. Ивахно и В.А. Макаров).

В рамках программы «Украинский электромобиль» совместно с сотрудниками Харьковского национального автомобильно-дорожного университета был разработан транзисторный преобразователь с микропроцессорной системой управления и поочередной многофазной ШИМ для питания тягового двигателя электромобиля с рабочим током 1200 А (исполнители: В.В. Замаруев и А.В. Ерьсько).

Большое внимание проф. Ю.П. Гончаровым уделялось и уделяется созданию *гибких систем передачи электрической энергии (СПЭ) с преобразованием формы напряжения, числа фаз и частоты.*

Одной из проблем эксплуатации подземных линий электропередач является определение мест повреждения кабеля. Существующие методики определения мест повреждения требуют наличия в составе поискового комплекса генератора переменного напряжения с заданными характеристиками и мощностью единицы киловатт. Такой генератор был создан на основе автономного инвертора напряжения на полевых транзисторах с микропроцессорным управлением в начале 2000-х годов и выпускался серийно (исполнители: В.В. Замаруев и В.В. Ивахно).

В последние годы в связи с новыми достижениями электронной промышленности - разработкой и внедрением мощных быстродействующих полупроводниковых приборов типа IGBT, GTO - в мировой энергетике появились новые концепции построения системы генерации и передачи электрической энергии. Одна из концепций заключается в том, чтобы сохраняя идею Доливо-Добровольского о целесообразности передачи энергии переменным током высокого напряжения, освободить ее от ряда недостатков, которые были обусловлены состоянием то-

гдашней элементной базы: синусоиды как базового сигнала СПЭ; трех фаз; низкой частоты (50 Гц).

Совместно со специалистами государственного опытно-научного центра «Укрзалізниця» сотрудники кафедры с 2006 г. разрабатывают структуры с продольной ЛЭП повышенного напряжения 6-10 кВ, которая связывается с основной контактной сетью 3 кВ с помощью бестрансформаторных преобразователей постоянного тока. Это позволяет поддерживать постоянное напряжение в контактной сети, повысить КПД системы электроснабжения и пропускную способность участка железной дороги. В настоящее время такие разработки ведутся для участков Южной и Приднепровской железной дорог: Харьков-Люботин и Лозовая-Симферополь. Для действующих тяговых подстанций постоянного тока по заказу ОНЦ «Укрзалізниця» на кафедре разрабатываются полупроводниковые преобразователи вольтодобавочного типа.

Наряду с развитием схемных решений и проведением научных работ в области теории преобразовательной техники, ученые кафедры последние годы большое внимание уделяют развитию прикладных вопросов конструирования преобразователей электрической энергии. Ряд оригинальных идей был использован при изготовлении матричного преобразователя, разработка которого выполнялась в 2001 г. совместно с Институтом электродинамики НАН Украины (исполнители: Е.И. Сокол, И.Ф. Домнин, В.В. Замаруев).

Разработкой тиристорных преобразователей с искусственной коммутацией для питания электроприводов и приборов для измерения энергетических показателей таких преобразователей в семидесятые годы руководил доцент Юрий Алексеевич Розанов.

В частности, был разработан и изготовлен прибор «Измеритель углов ИУ-1» для измерения составляющих коэффициента мощности: углов управления, коммутации и проводимости вентилей преобразователя. На технические решения этого прибора был получен целый ряд Авторских свидетельств СССР на изобретения.

Работы велись по хоздоговорам с предприятиями НИИ «Преобразователь» (г. Запорожье) и Запорожским титаномагниевым комбинатом. Заказчикам были переданы образцы измерительного прибора ИУ-1 и соответствующая техническая документация. Образцы действующих приборов были представлены на Выставке достижений народного хозяйства (г. Киев) и ВДНХ СССР (г. Москва). В Москве прибор был отмечен серебряной медалью, а авторы стали лауреатами Выставки. Кроме того, прибор использовался при проведении лабораторного практикума по дисциплине «Преобразовательная техника» на кафедре «Промышленная электроника».

Разработка преобразователей велась по заказам предприятий г. Харькова и г. Запорожье. Исследовались способы снижения потребления реактивной мощности тиристорными преобразователями постоянного тока путем создания компенсированных преобразователей. В результате проведенных исследований были предложены способ трехступенчатой искусственной коммутации и схемы для его реализации. Практическим результатом работ явилось создание макета тиристорного преобразователя с трехступенчатой искусственной коммутацией (исполнители: О.П. Котляров, В.Д. Яндоло, Сунанто и Ю.И. Колесник).

Работами по повышению динамических показателей систем автоматического регулирования, содержащих в своем составе полупроводниковые преобразователи электрической энергии с 1973 г. на кафедре руководил профессор Валентин Павлович Шипилло. Данное научное направление во многом базировалось на его известных работах в области исследования динамики систем автоматического регулирования с учетом дискретности преобразователей электрической энергии.

Первые работы выполнялись по заказу НИИ «Преобразователь» (г. Запорожье). Данные исследования были направлены на оптимизацию динамических характеристик контура регулирования тока системы автоматического регулирования скорости вращения валков прокатного стана. В 1976 г. в НИИ «Преобразователь» были проведены совместные испытания разработанной системы автоматического регулирования тока двигателя прокатного стана (исполнители: В.В. Ерисова и Я.В. Щербак). Испытания подтвердили результаты теоретических исследований. Технические решения, полученные в ходе выполнения работ по дискретной коррекции контура регулирования тока, были защищены рядом Авторских свидетельств СССР на изобретения. Кроме того, в 1976 г. от Таллиннского электротехнического завода им. М.И. Калинина поступило предложение выполнить научно-исследовательские работы по созданию системы автоматического регулирования тиристорного преобразователя частоты для индукционного нагрева (исполнители: С.И. Дрейслер и Я.В. Щербак).

Параллельно с работами по дискретной коррекции тиристорного преобразователя частоты, проводились исследования многосвязной системы автоматического регулирования выпрямительной и инверторной части установки с автоматическим разделением зон их работы в статическом и динамическом режимах (исполнитель В.В. Ерисова).

В процессе внедрения на ТЭЗ им. М.И. Калинина в серийное производство быстродействующих регулируемых источников стабильного тока (ИСТ) возникла необходимость в подавлении низкочастотных неканонических гармоник, вызываемых несимметрией питающих тиристорный выпрямитель напряжений, с помощью замкнутой системы автоматического регулирования. В 1978 г. эта задача была решена за счет применения замкнутой системы автоматического регулирования по отклонению, содержащей селективную цепь с высокой добротностью, что позволило эффективно подавлять неканонические гармоники тиристорного выпрямителя с частотами вплоть до граничной частоты выпрямителя (исполнитель Я.В. Щербак).

В 1983г. НИИ ХЭМЗ получил заказ на разработку и постановку на производство ИСТ для питания первой ступени строящегося в городе Протвино нового протонного ускорительно-накопительного комплекса (УНК) мощностью 3000 ГэВ (21-км кольцевой тоннель диаметром 5 м и примыкающие к нему 14 подземных залов для крупногабаритного оборудования). Учитывая положительный опыт разработки систем автоматического регулирования для ИСТ, НИИ ХЭМЗ внес предложение об участии кафедры в этих работах (исполнители: Я.В. Щербак и И.Ф. Домнин).

Испытания изготовленного опытного образца ИСТ проводились в

г. Протвино (исполнители: Сунанто и Н.Н. Страхов). После успешного окончания наладки состоялась конференция в Объединенном Институте Ядерных Исследований (г. Дубна), где профессору В.П. Шипилло было поручено выступить с докладом от имени НИИ ХЭМЗ и ХПИ («Записки 11-й Конференции по Ускорителям», Дубна).

В 1984 г. ТЭЗ им. М.И. Калинина предложил кафедре принять участие в разработке и постановке на серийное производство стабилизированного источника для питания самолетов и вертолетов во время стоянки в аэропорту. Позже этот преобразователь получил название В-ТПЕ-400-28 (научный руководитель Я.В. Щербак, исполнители: И.Ф. Домнин, В.Д. Яндоло, В.В. Ерисова, А.А. Евдокимов). Разработанный преобразователь прошел госприемку. Испытания опытного образца на выполнение требований ГОСТ, проходившие в ГосНИИ Гражданской Авиации (г. Москва), подтвердили достоверность теоретических предположений. Преобразователь демонстрировался на ВДНХ СССР, где получил две золотых медали. Поставки преобразователя осуществлялись в республики СССР, Германию, Кубу, Вьетнам.

Разработка и исследования микропроцессорных систем управления полупроводниковыми преобразователями электроэнергии с начала 80-х годов выполнялась под руководством доцента (затем профессора) Евгения Ивановича Сокола.

Первый опыт использования микропроцессорной техники был получен при создании лабораторного стенда, предназначенного для изучения архитектуры микропроцессоров и проверки знаний студентов (исполнители: И.Ф. Домнин и В.Ю. Шутько). В 1985 г. Стенд экспонировался на ВДНХ СССР и был отмечен медалями.

Микропроцессорные системы управления полупроводниковыми преобразователями электроэнергии для автоматизации технологических процессов литейного производства разрабатывались по заказу завода «Ленинская кузница» (г. Киев) и Купянского литейного завода (Харьковская обл.) (исполнители: А.В. Кипенский, Ю.И. Колесник, В.И. Рябенький, Л.В. Фетюхина и В.Ю. Шутько). Результаты работы дважды экспонировались на ВДНХ СССР (1989 и 1991 гг.) и каждый раз были отмечены медалями.

В течение 1990-1994 гг. Е.И. Соколом при участии профессоров В.Т. Долбни и В.П. Шипилло были разработаны методы прогнозного формирования процессов конечной длительности в замкнутых системах микропроцессорного управления с полупроводниковыми преобразователями различных классов. В эти годы по заказу Всесоюзного НПО «Союзприбор» (впоследствии Российское НПО «Росучприбор», г. Москва) был разработан и внедрен в серийное производство комплект оборудования для прямого микропроцессорного управления полупроводниковыми преобразователями (исполнители: А.В. Кипенский, Ю.И. Колесник и В.И. Рябенький). Ряд технических решений этого комплекта был защищен Авторскими свидетельствами СССР и патентами Российской Федерации, а в 1995 г. отмечен медалями Всероссийского выставочного центра.

В 1997-2000 гг. в рамках украинско-польского научно-технического сотрудничества выполнялся совместный проект «Преобразователи электроэнергии с многофункциональными системами управления для электропитания ответственных

ных потребителей». Результаты научных исследований используются при разработке микропроцессорных систем управления полупроводниковыми преобразователями с высокой динамикой переходных процессов в нагрузке и преобразователей со сложными алгоритмами управления. В частности, был разработан высоко-частотный преобразователь со звеном постоянного тока мощностью 200 кВт для устройства индукционного нагрева ИЗ7-200/8 по договору с НИИ ПО «ХЭМЗ» (г. Харьков).

Для синтеза современных преобразователей электроэнергии с характеристиками, улучшенными за счет усовершенствования и дальнейшего развития методов идентификации параметров силовой схемы и нагрузки, нахождения реальных значений параметров схемы с помощью отображения на комплексную плоскость в 1999-2000 гг. был проведен комплекс исследований: «Идентификация параметров в схемах прогнозного управления преобразователем частоты», «Разработка и исследование алгоритмов идентификации параметров силовых схем полупроводниковых преобразователей частоты» (исполнители: И.Ф. Домнин, М.А. Шишкин, Т.В. Миланич и М.Р. Вержановская).

В 2000-2004 гг. были проведены исследования «Разработка и исследование алгоритмов адаптивного управления полупроводниковыми преобразователями частоты», «Теоретические основы построения нетрадиционных алгоритмов параметрической идентификации силовых схем и нагрузки полупроводниковых преобразователей частоты», «Разработка и исследование системы адаптивного управления преобразователями частоты на мощность 800 кВт для плавления черных металлов» (исполнители: И.Ф. Домнин, М.А. Шишкин, М.Р. Вержановская); «Улучшение энергетических характеристик преобразователей переменного напряжения средствами микропроцессорного управления» (исполнители: И.П. Архиреев, А.В. Кипенский и Е.И. Король). В ходе этих разработок получены новые схемотехнические решения и алгоритмы микропроцессорных систем управления полупроводниковыми преобразователями.

Созданием и исследованием преобразовательных систем с улучшенными энергетическими характеристиками в настоящее время на кафедре руководит профессор Георгий Георгиевич Жемеров. В рамках выполнения работ по теме «Разработка и исследование компенсированных управляемых выпрямителей» были разработаны схемы компенсированных управляемых выпрямителей и непосредственных преобразователей частоты, с высокими показателями электромагнитной совместимости с питающей сетью (исполнители: Д.С. Крылов и О.В. Ильина). Они позволяют компенсировать до нулевого или заданного значения реактивную мощность и подавлять высшие гармоники в кривой сетевого тока средствами самого преобразователя и силового активного фильтра, интегрированного в структуру преобразователя.

В ходе исследований были созданы математические и виртуальные модели преобразователей, исследованы их основные характеристики. Предложена новая теория мощности, что позволяет строить эффективные системы управления энергосберегающими преобразователями. Получен патент Украины на изобретение. Разработаны методики, позволившие рассчитать параметры схем преобразователя и системы управления. Результаты выполненного проекта используются при раз-

работке преобразовательных систем в энергетическом оборудовании, в частности, в статических компенсаторах реактивной мощности и в мощных преобразователях электроэнергии (2-50 MW) при глубоком регулировании выходного напряжения.

Разработкой и исследованием физиотерапевтических аппаратов и других изделий медицинской техники с микропроцессорными системами импульсного управления и автоматического регулирования на кафедре руководят профессор Евгений Иванович Сокол и Андрей Владимирович Кипенский. Эти работы были начаты в 1995 г. практически одновременно с началом подготовки специалистов по биомедицинской электронике. При разработке медицинской техники была использована новая концепция микропроцессорного импульсного управления и положения теории цифро-импульсных и импульсно-цифровых преобразований. Начиная с 1998 г. научно-исследовательские и проектные работы по этой тематике проводятся в лаборатории биомедицинской электроники (ЛБМЭ) по трем основным направлениям.

2002 г. – начало *разработки высокоэффективного оборудования для низко- и высокотемпературной стерилизации* медицинских инструментов, материалов и других изделий медицинского назначения. Было разработано несколько моделей генераторов озono-воздушных смесей для низкотемпературной стерилизации и дезинфекции. Один из первых генераторов ГО-5 был введен в медицинский технологический процесс в Харьковском НИИ гигиены труда и профзаболеваний. Среди последующих разработок – генераторы озono-воздушных смесей OG-101, OG-103, OG-105 и OG-107, которые разработаны по заказу фирмы CYBEROPTEX TRADING EST (ОАЭ) (исполнители: А.В. Кипенский, Е.И. Король, А.А. Лашин и бывший аспирант кафедры Харисси Хасан).

Для регулирования температуры, в том числе, и в медицинских термостерилизаторах в 2002 г. был разработан электронный терморегулятор с микропроцессорным управлением РТЭ 200/1-2.0. Технические характеристики регулятора позволяют осуществлять все виды температурной стерилизации медицинских инструментов, термостойких предметов, материалов и т.д. В последующее время было освоено серийное производство модернизированного варианта регулятора РТЭ 200/1-2.0 М и регулятора с таймером РТЭ 200/1-2.0 Т. Терморегулятор РТЭ 200/1-2.0 Т был использован, в частности, в медицинских учреждениях г. Харькова при модернизации медицинских термостерилизаторов и хорошо зарекомендовал себя в процессе эксплуатации (исполнители: А.В. Кипенский, Е.И. Король и А.А. Лашин).

Разработанные в ЛБМЭ *многофункциональные физиотерапевтические аппараты* предназначены для озонотерапии, электротерапии и фототерапии.

Для проведения процедур *озонотерапии* в ЛБМЭ при участии специалистов МГП «ХПИ-ЭМОС» и фирмы «ПНЕВМАТИКА» в 2001 г. была начата разработка медицинского озонатора ОМ 80/1 (исполнители: А.В. Кипенский, Е.И. Король, А.А. Лашин, С.В. Виниченко и Д.М. Дейнеко). Этот озонатор предназначен для синтеза озона из медицинского кислорода электрофизическим методом. Разработка озонатора выполнена по договору с ОАО «АО НИИ радиотехнических измерений» (г. Харьков). Серийное производство с 2007 г. освоено дочерним предприятием АО НИИРИ - фирмой «РАДМИР». В 2005 г. на Всеукраинском конкурсовыставке «Барвиста Україна» медицинский озонатор ОМ 80/1 был признан луч-

шим товаром года в номинации «Инновационные разработки».

Для *электротерапии* по заказу фирмы «РАДМИР» ДП АО НИИРИ (г. Харьков) в ЛБМЭ в 2005-2006 гг. был разработан аппарат АНЭТ-50 ГТ, который предназначен для проведения процедур гальванизации и лекарственного электрофореза (исполнители: Е.И. Король, Н.И. Кубышкина и В.В. Куличенко). Особенностью этого аппарата является возможность лечебного воздействия не только постоянным электрическим, но и импульсным током с неизменной частотой следования импульсов и с ее изменением по определенным законам. Кроме того, аппарат позволяет проводить процедуры с тремя и четырьмя электродами без дополнительных устройств.

Для импульсной и низкочастотной электротерапии в период с 2004 г. по 2007 г. на основании теории цифро-импульсных и импульсно-цифровых преобразований были разработаны принципы формирования синусоидальных модулированных и диадинамических токов (исполнители: В.А. Верещак и М.Е. Доценко). С использованием этих принципов фирмой «РАДМИР» ДП АО НИИРИ разработан и внедрен в серийное производство многофункциональный аппарат АНЭТ-50 М.

В настоящее время в лаборатории биомедицинской электроники на стадии завершения находится многофункциональный аппарат для терапии постоянным и импульсными (в том числе и диадинамическими) токами, магнитотерапии и фототерапии.

С 2005 года совместно с Научно-производственной и медико-биологической корпорацией «Лазер и Здоровье» (г. Харьков) проводится разработка *фототерапевтических аппаратов серии «Барва»*. Специалистами корпорации разрабатываются фотонные излучатели (аппараты) различного назначения, а в ЛБМЭ выполняются разработки микропроцессорных блоков и систем импульсного управления этими излучателями. На сегодняшний день в ЛБМЭ завершена разработка, а корпорацией «Лазер и Здоровье» освоено производство, более десяти фототерапевтических аппаратов и аппаратных комплексов с микропроцессорными блоками и системами импульсного управления (исполнители: Е.И. Король В.В. Куличенко и Р.С. Томашевский).

В 2007 году по заказу ООО «Институт целостного здоровья» (г. Киев) завершена разработка двухпроцессорной системы импульсного управления для аппарата комплексной фототерапии «СИНЕРГИС». Аппарат по своим возможностям является уникальным, поскольку ничего подобного в Украине до настоящего времени не производилось. Он оказывает тонизирующее и направленное стимулирующее воздействие, за счет чего достигается эффект быстрого восстановления организма после перенесенных психологических, экологических и физических нагрузок (исполнители: Е.И. Король, В.В. Куличенко и Р.С. Томашевский).

По заказу фирмы «РАДМИР» ДП АО НИИРИ этими же специалистами в 2008 г. завершена разработка облучателя для комплексной фототерапии. Основным назначением этого облучателя является коррекция психоэмоционального состояния человека с целью повышения настроения и улучшения аппетита, повышения энергичности и концентрации, уменьшения напряженности и восстановления биоритмов, нормализации процессов обмена и т.д.

В рамках третьего направления в ЛБМЭ проводятся разработки *высокоточ-*

ных приборов для функциональной диагностики. В 2007 г. завершены научно-исследовательские работы и изготовлены опытные образцы цифрового портативного прибора для тестирования функции внешнего дыхания человека ЦПС-14/1 (заказчик фирма «РАДМИР» ДП АО НИИРИ). Этот прибор позволяет определять основные показатели функции внешнего дыхания, сравнивает их со статистически нормальными величинами (для определенных пола, роста и возраста человека) и вычисляет отклонения (исполнители: Е.И. Король и Р.С. Томашевский).

К настоящему времени завершена разработка, изготовлен опытный образец, проведены технические испытания и медицинская апробация медицинского конденсора, который предназначен для сбора конденсата выдыхаемого воздуха (исполнитель Р.С. Томашевский). Основным отличием разработанного конденсора от аналогичных устройств, является использование в качестве охладителя конденсорной камеры не компрессорного холодильника, а термоэлектрического преобразователя.

Для контроля за состоянием пациента во время проведения процедур комплексной фототерапии по заказу фирмы «РАДМИР» ДП АО НИИРИ в 2007 г. была начата, а в 2008 г. завершена, разработка диагностического прибора (исполнители: Е.И. Король и В.В. Куличенко). Этот прибор позволяет измерять частоту пульса, частоту дыхания, вычислять некоторые их соотношения, а также формировать сигналы для синхронизации параметров воздействия фотонного облучателя с ритмическими процессами в организме человека.

Заключение. На основании результатов анализа разработок кафедры промышленной и биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» может быть сделан вывод об их высоком научном уровне. Дополнительным подтверждением этого факта является то, что за 50 лет на кафедре было защищено 6 докторских и 55 кандидатских диссертаций, написано более 40 монографий, учебников и учебных пособий, опубликовано сотни статей, получены десятки авторских свидетельств и патентов на изобретения. Многочисленные разработки сотрудников кафедры экспонировались на выставках разного уровня и были отмечены медалями и дипломами.