

В. В. ЗУБАРЕВ

Украина, г. Киев

Дата поступления в редакцию

27.01 1998 г.

Оппонент к. т. н. Е. П. ФОМИЧЕВ

## СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Показана необходимость использования потенциала силовой электроники как средства энергосбережения в Украине.*

*The necessity of use of the power electronics potential as a means to save power consumption in Ukraine is showed.*

Представим себе такую ситуацию: при сохранении объема промышленного производства в Украине затраты энергии сократятся в 2–2,5 раза. Кардинальное оздоровление экономики страны при этом очевидно. Резко снизятся расходы на импорт энергоносителей и капитальные затраты на введение энергетических мощностей; значительно уменьшится напряжение на транспорте (в настоящее время около 40% грузопотоков приходится на энергетические грузы); существенно улучшится экологическая обстановка (ведь производство каждого киловатт-часа электроэнергии сопровождается выбросами в атмосферу и водоемы пыли, окислов азота и серы); приоритет в промышленности получат «высокие», т. е. наукоемкие технологии. Все это не пустые фантазии, т. к. расход энергии на единицу валового продукта в ведущих промышленных странах мира (США, Великобритании, Японии и др.) как раз в 2–2,5 раза ниже, чем у нас.

Чтобы конкретно обозначить пути кардинального улучшения энергетической ситуации и определить приоритеты в решении указанной проблемы, не лишне вспомнить известные истины.

**Аксиома первая:** затраты на энергосбережение значительно меньше расходов на введение энергетических мощностей. Именно разработкой и проведением в жизнь под жестким контролем государства фундаментальных программ энергосбережения ответили ведущие промышленные страны на энергетический кризис 1970-х гг., искусственно вызванный ближневосточными экспортерами нефти. В результате в этих странах удалось достичь двукратного увеличения объема промышленного производства практически без увеличения затрат электроэнергии.

**Аксиома вторая:** решение задачи энергосбережения многоаспектно, оно складывается из сотен научно-технических достижений, начиная с теплоизоляции холодильников и заканчивая теплосбере-

гающими конструкциями оконных проемов, — недаром говорят: курочка по зернышку клюет. Конечно, на практике реализовывать и координировать многочисленные направления энергосбережения крайне сложно, тем более в условиях жесточайшего кризиса экономики. Несомненно одно: необходимо в первую очередь сконцентрировать внимание на обеспечении материальной и финансовой поддержки тех направлений, которые могут дать максимальный эффект.

**Третья аксиома:** использование электроэнергии в том виде, в каком она вырабатывается, т. е. в виде переменного тока частотой 50 Гц, в одних случаях вообще невозможно по технологическим причинам, в других же — крайне неэффективно с точки зрения обеспечения высокого технического уровня производства. Поэтому необходимо преобразование производимой электроэнергии в постоянный ток, ток другой частоты, импульсный ток и т. д. с одновременным регулированием параметров электроэнергии соответственно требованиям технологии. Эти функции как раз и могут выполнять средства силовой электроники.

В отличие от маломощной — «информационной» электроники, силовая электроника преобразовывает потоки электроэнергии мощностью от единиц до десятков тысяч киловатт. Таким образом, могут быть удовлетворены разнообразнейшие технологические потребности, достигнуты оптимальные режимы работы промышленного оборудования, обеспечено получение максимального объема конечной продукции при минимальных затратах энергии, материальных ресурсов труда. То есть силовая электроника является мощным средством энергосбережения во всех отраслях народного хозяйства.

В настоящее время 45% всей производимой в Украине электроэнергии потребляется электроприводами переменного тока. Регулирование скорости электродвигателей в насосах, вентиляторах, компрессорах (а это 70% всех электроприводов) с помощью преобразователей частоты вместо заслонок, байпасов и др. подобных средств может обеспечить экономию от 20 до 50% электроэнергии. К сожалению, у нас лишь 2% таких электроприводов оснащены системами регулирования на основе силовой электроники, в то время как в США и ФРГ эта доля составляет более 40%.

Могут быть также решены задачи обеспечения стабильным бесперебойным питанием ответственных потребителей (связь, вычислительные центры, робототехнические комплексы).

Приведенные примеры — лишь то, что лежит на поверхности. Силовая электроника является составной частью прогрессивных технологий и оборудования, решающим образом определяет технический уровень производства. Не случайно процент использования электроэнергии в преобразованном виде расценивается сегодня как интегральный показатель технического развития и эффективности экономики. В развитых странах он равняется 40—50% с тенденцией роста до 60%. В Украине этот показатель не достигает и 30%, что свидетельствует о расточительном отношении к электроэнергии.

Естественно, силовая электроника является одним из наиболее динамично развивающихся научно-технических направлений. Каждые 7—10 лет появляется все более усовершенствованная элементная база, разрабатываются все более эффективные средства преобразования электроэнергии, совершенствуется технология их изготовления.

Сегодня в силовой электронике ясно обозначилась революционная ситуация, связанная с появлением полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов (запираемые тиристоры, разнообразные полевые транзисторы с высокой частотой коммутации), совершенных микропроцессорных систем управления, с созданием гибридно-интегральных технологий производства так называемых «интеллектуальных» силовых полупроводниковых модулей (в едином корпусе на одной изолированной подложке размещаются силовые полупроводниковые элементы, средства обработки информации и управления, диагностики и защиты с соответствующей схемой соединения). В последнем случае получается идеальный малогабаритный ключ в виде «черного ящика». На основе таких ключей создаются системы, в которых двигатель и средства управления им представляют собой единую конструкцию. Ряд зарубежных фирм выпускают асинхронные электродвигатели с вмонтированной системой регулирования на основе силовой электроники.

Существует, однако, опасность того, что революция в силовой электронике, по образному выражению одного немецкого специалиста\*, останется «тихой», не замеченной общественностью, средствами массовой информации и теми, кто принимает решения, т. е. политиками, органами административного управления и, в конечном счете, налогоплательщиками. И тогда сработает принцип — «тихому ребенку достается меньше молока, чем его шумливым братьям, и он вырастает слабым», а значит, вместо рывка вперед страна будет отброшена на десятилетия назад.

Украина обладает мощным научным, инженерным и производственным потенциалом в области силовой электроники. В 1989 г. украинскими предприятиями было выпущено 36% всего объема произведенных в

бывшем СССР преобразователей мощности более 5 кВт, а доля силовых полупроводниковых приборов составила 41% по количеству и 18% по стоимости. В числе предприятий, специализированных в области силовой электроники, ведущие заводы-производители «Преобразователь» и Электроаппаратный (г. Запорожье), ХЭМЗ (г. Харьков), «Этал» (г. Александрия), научно-исследовательские институты «Преобразователь» и ХЭМЗ, институты Академии наук Украины — Электродинамики, Энергобережения, Электросварки им. Е. О. Патона. Весомый вклад в разработку проблем преобразования электроэнергии вносит вузовская наука. Перспективным является привлечение к решению задач развития силовой электроники предприятий электронной и оборонной промышленности.

Этот потенциал был использован для реализации научно-технических программ «Электротехника» и «Наука-2000». Выполненные в рамках этих программ 32 работы дали возможность сделать очередной шаг в направлении создания современных отечественных средств силовой электроники.

Начато опытное производство запираемых тиристоров для тока до 500 А, подготовлен выпуск быстрообновляемых диодов для использования в комплекте с тиристорами для тока до 2500 А, 4500 В. Созданы и находятся в опытном производстве разнообразные виды беспотенциальных модулей. Разработаны силовые гибридно-интегральные модули для шаговых двигателей. Начато производство мощных диодов и быстродействующих тиристоров в ПО «Электрокерамика» (г. Белая Церковь). За счет собственных средств предприятий удалось создать мощные триодные тиристоры для тока до 1000 А, диодные модули, беспотенциальные оптотиристоры и оптосимисторы. В 1996—1997 гг. продолжены работы по созданию запираемых тиристоров для тока до 1250 А, 4500 В, гибридно-интегральных силовых полупроводниковых приборов (завод и НИИ «Преобразователь»), диодов Шоттки (ОКБ «Элмис»). Созданы эффективные энергосберегающие преобразующие устройства на новой элементной базе:

- быстродействующие источники реактивной мощности на 0,4 кВ;
- стабилизаторы напряжения промышленных сетей;
- высоковольтные тиристорные регуляторы (6—10 кВ) для синхронных и асинхронных электродвигателей мощных насосов и вентиляторов;
- комплектные станции для питания промышленных погружных насосов;
- комплектные электроприводы для химической промышленности на запираемых тиристорах;
- преобразователи переменного и постоянного напряжения для электропечей;
- выпрямители для гальваники;
- регуляторы тока для многопостовых электросварочных установок;
- преобразователи для озонаторов и др.

Однако существующие объемы производства и использования средств силовой электроники прихо-

\* Ф. Д. Алтхоф, генеральный секретарь Немецкой ассоциации инженеров-электриков (см.: Силовая электроника: тихая революция, ее техническая важность и экономический импульс // EPE Journal. — 1991. — Vol. 1, N 1. — P. 3—10.).

дится признать крайне низкими. В Украине не производятся такие перспективные силовые полупроводниковые приборы как мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором. До сих пор не вышли из опытного производства запираемые тиристоры с током выключения 200 А, транзисторы с электростатической индукцией.

Решающую роль в создании и совершенствовании средств силовой электроники играет элементная база, и ее опережающее развитие должно стать приоритетным.

В НИИ «Преобразователь» разработана межотраслевая научно-техническая программа «Развитие основной элементной базы силовой электроники как средства энерго- и ресурсосбережения, повышения технического уровня продукции машиностроения». Программой предусмотрено:

- расширение производственной базы с привлечением к производству силовых приборов завода «Преобразователь», ПО «Электрокерамика», Светловодского завода чистых металлов;

- разработка и внедрение в производство 11 новых серий силовых приборов, в т. ч. запираемых тиристоров для тока 630—1250 А напряжением до 4500 В, диодов на основе арсенида галлия, транзисторов, силовых гибридно-интегральных модулей на новых силовых приборах;

- двукратное увеличение объемов производства силовых приборов к 2000 г.

Предусмотрена разработка 8 серий силовых приборов, главные из которых: серия быстродействующих и низкочастотных тиристоров штыревой и таблеточной конструкций для тока до 1600 А, серия быстрообновляемых низкочастотных диодов для тока до 2000 А штыревой и таблеточной конструкций.

Расчеты показывают, что выполнение этой программы обеспечит к 2005 г. экономию электроэнергии до 50 млрд. кВт·ч в год, что эквивалентно 8 млн. кВт установленной мощности и экономии капитальных вложений в энергетику в размере

6,6 млрд. гривен. Кроме того, потребление топлива электростанциями сократится на 16 млн. тонн условного топлива в год. Можно также прогнозировать экономию 0,9 млрд. кубометров природного газа на газоперекачивающих станциях и 0,8 млрд. куб. км свежей воды в мелиорации и коммунальном хозяйстве.

Поставленные задачи могут быть выполнены только при условии действенной государственной поддержки. Необходимо возобновить финансирование работ там, где уже создан существенный научный задел.

С целью объединения финансовых ресурсов, научно-технического и производственного потенциала в области силовой электроники нужно обеспечить условия и стимулы для создания финансово-промышленных групп, ассоциаций, консорциумов и других организационных форм концентрации сил предприятий и организаций электротехнической, электронной и приборостроительной промышленности, академической и вузовской науки, учесть этот фактор при приватизации предприятий и организаций.

Для целенаправленной и широкомасштабной подготовки специалистов целесообразно ввести в перечень научных специальностей дополнительные — «Силовая электроника» и «Силовые полупроводниковые приборы», организовать подготовку специалистов в ведущих вузах Украины, в т. ч. в Запорожской государственной инженерной академии и в Запорожском государственном техническом университете.

Имеет смысл также организовать информационный центр по вопросам силовой электроники, например, на базе Киевского политехнического института с головной организацией — НИИ «Преобразователь».

Силовая электроника — мощный рычаг подъема экономики. Обеспечить ее приоритетное развитие в Украине — одна из первоочередных задач.