

## О РОЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В УКРАИНЕ

Для Украины, которая обеспечена собственными топливными энергоресурсами лишь на 48% от потребностей, проблема энергоресурсосбережения крайне важна [1]. Это проблема важна и для всего мира, так как учеными подсчитано, что с начала своего существования до 70-х годов XX столетия человечество израсходовало около трех, так называемых, больших энергетических единиц  $Q$  первичной энергии ( $Q = 36,092 \times 10^9$  т у.т.). С того времени, лишь за (35-40) лет, потреблено втрое больше топлива, т.е.  $9Q$ , что свидетельствует о стремительном росте потребления человечеством топливных ресурсов [2]. Особенно экономными нужно быть в потреблении углеводных ресурсов, которые кроме использования в энергетических целях, являются сырьем для многих жизненно важных продуктов: пластмасс, пестицидов, красок, паст и др.

В Украине, которая потребляет около 210 млн. т условного топлива в год, 75% природного газа, 85% нефти и нефтепродуктов, и даже 20% каменного угля импортируется из других стран. Это порождает зависимость экономики Украины от стран-экспортеров и является угрозой для ее энергетической и национальной безопасности. В то же время, по итогам 9 месяцев 2007 года топливно-энергетический комплекс Украины стал европейским лидером по нерациональному потреблению энергоресурсов (рис. 1). Т.е. энергоемкость единицы ВВП в Украине в 3,5 раза больше, чем в промышленно-развитых странах, более в 2,5 раза, чем у стран Восточной Европы и даже в 1,6 раза - чем в Белоруссии.

Поэтому решение проблемы энергоресурсосбережения для Украины является важнейшей неотложной задачей, а для этого необходимо определить направления приоритетного приложения усилий.

В первую очередь оценим роль сохранения электроэнергии с точки зрения сохранения органических энергоресурсов (уголь, нефть, газ), так как именно их сжигание не только сокращает запасы важного сырья для потомков, но и существенно ухудшает экологическое состояние вследствие парникового эффекта и загрязнения окружающей среды.

Структура потребления органических энергоресурсов в Украине такова: печно-котельное отопление потребляет около 72%, на выработку электроэнергии тратится около 23% [3]. С первого взгляда доля энергоресурсов, которая тратится на производство электроэнергии, не такая уже и большая в сравнении с печно-котельным отоплением (в 3,1 раза меньше). Но если сэкономленную электроэнергию использовать для уменьшения нагрузки тепловых электростанций (ТЭС), которые потребляют органическое топливо и вырабатывают около 40% всей электроэнергии, то экономия единицы электроэнергии дает многократную экономию первичных энергоресурсов, способствуя улучшению экологического состояния окружающей среды.

Действительно, если коэффициент полезного действия ТЭС равняется  $\eta_{тэс} = 30\%$ , то это означает, что из 100 эшелонов угля, которые поступили на ТЭС, 70 эшелонов будут сожжены не только напрасно, но и создадут вредные выбросы в атмосферу, загрязнят землю золой и твердыми частичками. Если учесть затраты электроэнергии на добычу топлива, на его транспортировку к ТЭС, то нетрудно показать, что единица сэкономленной электроэнергии сохраняет  $N$  единиц первичных топливных ресурсов согласно соотношению:

$$N = \left( 1 + \frac{q}{Q \cdot \eta_{тэс}} \right) / \eta_{тэс},$$

где  $Q$  – теплообразовательная способность топлива, Гкал/т;

$q = q_b + q_t$  – затраты электроэнергии на одну тонну (добыча –  $q_b$ , Гкал/т и транспортировка –  $q_t$ , Гкал/т).

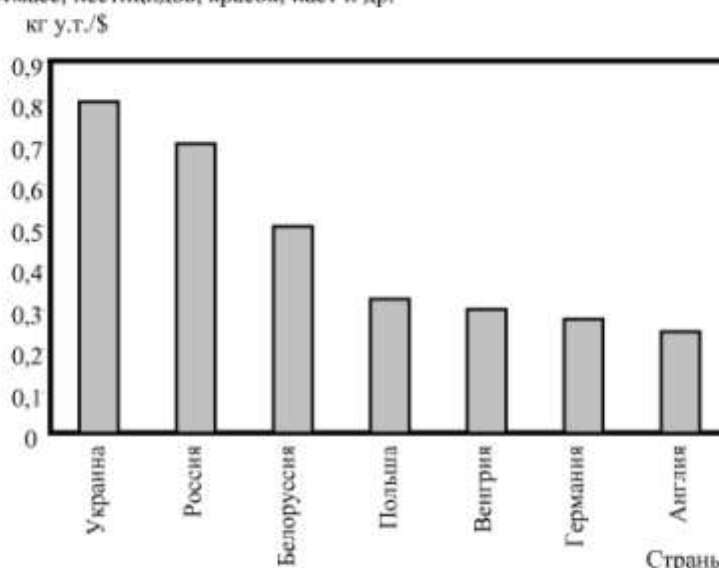


Рисунок 1 - Энергоемкость ВВП кг у.т./\$ по странам Европы

Графическая зависимость  $N = f(\eta_{\text{тэс}})$  с учетом известных из литературы значений удельных затрат  $q_{\text{в}}$  (для каменного угля) и  $q_{\text{т}}$  - транспортировка электрической тягой приведена на рис.2

В [2] утверждается, что „вследствие низкого качества угля, существенного ухудшения состояния оборудования, увеличения уровня переменных режимов эффективность производства электроэнергии в Украине очень низка, КПД многих угольных блоков составляет 28%, а иногда - 25%”.

Согласно приведенной на рисунке 2 зависимости это означает, что на единицу произведенной электроэнергии нужно израсходовать в энергетическом эквиваленте 4,6-5,3 единицы каменного угля. При этом в расчетах еще не учитывались потери электроэнергии при передаче её к местам добычи и транспортным подстанциям.

Т.е. можно утверждать, что **1 единица сэкономленной электроэнергии может сэкономить не менее 5 единиц первичных энергоресурсов.**

Меру положительного экологического эффекта можно оценить, исходя из того, что на долю энергетического сектора в Украине приходится 70% выбросов парниковых газов в атмосферу, при этом 40% - на электроэнергетику.

Определим наиболее эффективный путь экономии электроэнергии.

Утверждается, что из общих потерь электроэнергии наибольшая их часть (до 90%), имеет место у потребителя [4]. (Объявляемые некоторыми Облэнерго чрезмерные цифры потерь в распределительных сетях являются следствием включения в них потерь нетехнологических).

Наибольшим потребителем электрической энергии есть электропривод. Обычно указывается его доля потребления в 60% от всей вырабатываемой электроэнергии, но эта доля отображает промышленно-хозяйственное потребление. Если учесть тяговый и бытовой электропривод, эта доля существенно повысится. (Для оценки, например, влияния бытового электропривода нетрудно рассчитать, что при известном количестве населения Украины, приняв, что на одну семью из четырех человек приходится один холодильник мощностью 85 Вт, их общая установленная мощность составляет около 1 млн. кВт. Это эквивалентно мощности 100(!!) прокатных станов по 10 000 кВт). И это лишь холодильники. А если учесть кондиционеры и другие бытовые приборы! В ближайшем будущем нас ждет эра гибридных автомашин и электромобилей. Т.е. можно с уверенностью считать, если электропривод не станет энергосберегающим, его доля потребления электроэнергии может достигнуть до 70%.

Таким образом, **наибольшие потери электроэнергии имеют место у потребителя, а наибольшим потребителем является электропривод.** Согласно приведенным данным эти потери в электроприводе могут достигать 60% от общих потерь. Это приводит к выводу, что **электропривод является основной базой сбережения электроэнергии.** Но вышеприведенная цифра отображает лишь прямые потери электроэнергии. Электропривод как средство автоматизации технологических процессов за счет их оптимизации имеет **свойство «главнообразного» увеличения сбережения энергоресурсов.**

Объясним это свойство на примере. Модернизация нерегулируемого электропривода подкачивающей насосной станции путем замены на автоматизированный частотно-регулируемый обеспечила экономию электроэнергии в 40,5%, т.е. 5-кратную возможную экономию первичных энергоресурсов. Кроме того, была достигнута 25%-ая экономия воды и устранены гидравлические удары в сети водоснабжения. Экономический эффект от устранения необходимости транспортировки, очищения, канализации и восстановления сэкономленной воды в 6 (!!!) раз превышает стоимость сэкономленной электроэнергии. Это означает и дополнительную экономию электроэнергии, которая была бы нужна, чтобы доставить сэкономленную воду к дому, чтобы ее очистить, хлорировать, а затем канализировать и восстановить после канализации. В свою очередь, это – сэкономленные на добыче сырья для хлорирования, синтеза средств для хлорирования и восстановления энергоресурсы. Если продолжить, то это экономия на транспортировку сырья и средств к местам хлорирования и т.д.

Устранение гидравлических ударов, увеличивая межремонтный срок, дает экономию труб, на изготовление которых была бы израсходована энергия, это металл, это сырье, из которого его бы выработали и на которые также были бы израсходованы энергоресурсы.

Подобный эффект имеет место и в машиностроении, в прокатном и в других производствах, где за счет повышения точности регулирования сокращаются объемы отходов производства. Значительная экономия ресурсов достигается за счет исключения необходимости использования для целей регулирования давления таких металлоемких устройств как заслонки, шиберы и т.п., уменьшения запасного оборудования, снижения эксплуатационных затрат за счет увеличения межремонтного периода и сокращения запасного оборудования. Переход к регулируемому электроприводе как средству автоматизации и оптимизации технологических процессов предоставляет возможность повышать точность, уменьшать отходы, динамические нагрузки на кинематические звенья, повышать производительность и прочее, что в конечном результате также приводит к экономии энергоресурсов. Приведенный пример свидетельствует, что даже при значительной прямой экономии электроэнергии

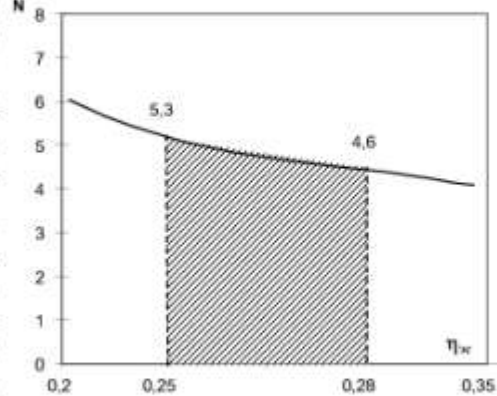


Рисунок 2 - Экономия первичных топливных энергоресурсов в зависимости от КПД ТЭС

модернизация электропривода за счет вторичных факторов может обеспечить экономию, существенно превосходящую прямую. Вот почему в промышленно развитых странах внедрению регулируемого электропривода уделяется большое внимание. На рис. 3 приведена доля потребления электроэнергии регулируемым электроприводом по некоторым странам.

Отставание Украины по этому показателю в 10 и более раз указывает на **необходимость неотложной широкой модернизации электроприводов с заменой нерегулируемого электропривода на автоматизированный электропривод.**

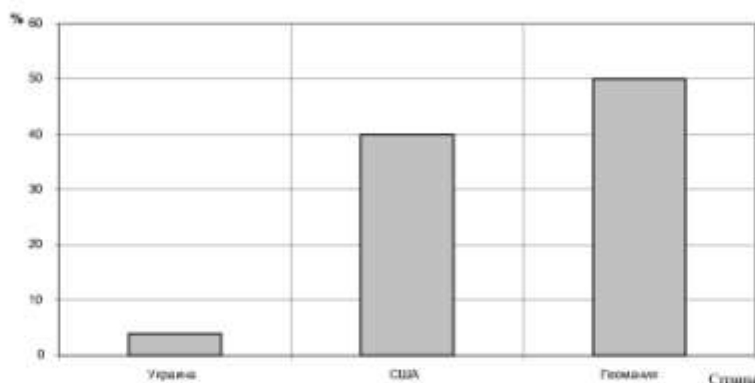


Рисунок 3 – Доля регулируемого электропривода по странам

Наиболее распространенным в Украине является нерегулируемый асинхронный электропривод. В ее общественном производстве эксплуатируются десятки миллионов асинхронных двигателей (АД) общей установленной мощностью (40-50) млн. кВт, распределение которых иллюстрируется в таблице 1.

При этом в течение года около 10% установленных в эксплуатацию АД на производстве выходят из строя. В агропромышленном комплексе средний срок службы АД составляет **3 года**. В отдельных отраслях промышленности аварийность электродвигателей составляет от 20% до (60-70)% [5]. Ремонт двигателей сопровождается, как правило, снижением их КПД и надежности работы. В то же время, по данным европейских экспертов стоимость электроэнергии, которую потребляет ежегодно средний двигатель в промышленности, в 5 раз превышает его стоимость [4]. Из этого вытекает целесообразность совмещения плановой модернизации электропривода по завершении срока службы двигателя с заменой старого двигателя на новый без ремонта.

Из таблицы 1 видно, что среди асинхронных двигателей 95% электроэнергии потребляется электродвигателями мощностью до 100 кВт. В целом, электропривода мощностью от 1 до 100 кВт потребляют около 90% от всей потребляемой электроприводами электроэнергии. Из вышеприведенного вытекает вывод: **основным направлением экономии электроэнергии в Украине должна стать модернизация электроприводов средней мощности.**

Это направление нужно считать приоритетным и с другой точки зрения. Реализация проектов, связанных с установками большой мощности требует и больших средств, которых в стране сейчас не хватает, и на которые в условиях политической и экономической нестабильности нелегко найти инвесторов.

Средства на модернизацию класса электроприводов средней и малой мощности охотно расходуют предприниматели малого и среднего бизнеса при условии осознания экономической выгоды такой модернизации.

Для Украины важными предпосылками модернизации электроприводов как основного средства сбережения электроэнергии являются также: нахождение в эксплуатации преобладающего числа устаревших, энергоемких систем нерегулируемого электропривода; быстрая самоокупаемость модернизации (в большинстве случаев – до 1 года); наличие значительного числа предприятий, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций электротехнической и приборостроительной отраслей, которые могут выпускать или уже выпускают энергосберегающее оборудование для электроприводов; наличие значительного числа и высокого уровня подготовленных ВУЗами специалистов нужного профиля; наличие апробированных технологий энергосбережения средствами регулируемого электропривода.

Таблица 1 – Распределение АД по мощности и потреблению электроэнергии

Мощность, кВт	% от общего количества	% от общего потребления электроэнергии
До 1,0	10	5
1,0 ÷ 5,0	60	40
5,0 ÷ 20,0	20	30
20,0 ÷ 100,0	9	20
> 100,0	1	5

Определим главное направление модернизации электроприводов в ближайший период. Существует около 20 технологий сбережения электроэнергии средствами электропривода. Но наибольший эффект энергоресурсосбережения достигается переводом нерегулируемого электропривода турбомеханизмов на частотно-регулируемый электропривод. В таблице 2 приведены данные об экономии электроэнергии для разных видов электроприводов этого класса.

Приведенные данные свидетельствуют о высоком уровне экономии электроэнергии для данного класса механизмов. При этом, именно в этом классе в наибольшей мере проявляется «лавинобразность» эффекта энергоресурсосбережения как это было проиллюстрировано ранее приведенным примером. Кроме прямой экономии электроэнергии, модернизация обеспечивает до 25% экономии воды, до 10% - тепла, устранение гидравлических ударов и др. А на этот класс приходится потребление около 25% всей вырабатываемой электроэнергии [4].

Это обеспечивает очень быструю самоокупаемость модернизации (от нескольких месяцев до одного года) и приводит к выводу, что **первоочередным направлением модернизации электроприводов в Украине должен стать перевод турбомеханизмов на частотно-регулируемый электропривод**, в частности, в жилищно-коммунальном комплексе, где обеспечивается наибольшее энергоресурсосбережение и более быстрая самоокупаемость.

Возможность реализации этого может быть обеспечена в связи с внедрением на Харьковском приборостроительном заводе им. Т.Г. Шевченко разработки НТУ «ХПИ» – преобразователя частоты для электропривода с выпуском до 10 тыс. единиц и больше в квартал. Нетрудно подсчитать, что при существующей доле электроэнергии, потребляемой электроприводом турбомеханизмов, 50 %-ой прямой экономии электроэнергии и лишь двукратно большей ее экономии за счет эффекта лавинообразности при полной модернизации электроприводов турбомеханизмов можно сэкономить около 37,5% от всей вырабатываемой сейчас электроэнергии.

Приведем также некоторые данные об экологическом аспекте проблемы. Электростанциями на угле производится 40% всей электроэнергии в мире. В Украине на долю энергетического сектора приходится 70% выбросов парниковых газов в атмосферу, при этом 40% выбросов парниковых газов приходится на электроэнергетику. Т.е. только сбережение электроэнергии за счет модернизации электроприводов турбомеханизмов может уменьшить выбросы парниковых газов на 22,5%.

Об организационной стороне решения проблемы энергоресурсосбережения в Украине.

Хотя с 1994 года принято 6 законов, 6 Указов Президента, более 20 Постановлений Правительства, созданы Госкомитет, Госинспекция, отраслевые и территориальные структуры по энергосбережению, разработано 79 стандартов и более 150 методических указаний, проведено немало конференций, семинаров и совещаний, посвященных проблеме энергосбережения, но, как уже отмечалось, в ноябре 2007 года Украина по энергозатратам на единицу ВВП вышла на первое место среди стран Европы. Это свидетельствует о том, что эффективность деятельности системы организации энергосбережения не отвечает нуждам страны. Целесообразно использовать опыт передовых в плане энергосбережения стран, где успех дела обеспечили такие мероприятия, как: повышение тарифов на электроэнергию (с предварительным оглашением); создание энергосервисных компаний ЭСКО, которые непосредственно выполняют комплекс работ по внедрению энергосберегающих средств; стимулирующее законодательство; широкая пропаганда энергосбережения в средствах массовой информации, а также среди руководящего состава предприятий и организаций.

#### Выводы:

1. Хотя на выработку электроэнергии тратится втрое меньше органических энергоресурсов, чем на печно-котельное отопление, экономия электроэнергии является очень эффективным средством их сбережения и улучшения экологической обстановки, если за счет сбережения электроэнергии снижать нагрузки тепловых электростанций.

2. При существующем в Украине состоянии электрооборудования тепловых электростанций, с учетом затрат электроэнергии на добычу и транспортировку, 1 единица сэкономленной электроэнергии экономит в энергетическом эквиваленте около 5 единиц первичных топливных энергоресурсов.

3. Электропривод, как наибольший потребитель электрической энергии (больше 60%), является главной базой для ее сбережения путем замены существующего нерегулируемого электропривода на автоматизированный регулируемый.

4. Энергоресурсосбережение средствами автоматизированного электропривода обеспечивает «лавинообразный» эффект сбережения первичных энергоресурсов за счет оптимизации технологического процесса.

5. На данном этапе целесообразно главное внимание уделить модернизации электроприводов средней мощности, которые потребляют около 90% всей потребляемой электроприводами электроэнергии, при этом первоочередным направлением нужно считать модернизацию электроприводов турбомеханизмов путем замены их асинхронным частотно-регулируемым электроприводом, который может предоставить до 8% экономии первичных энергоресурсов и существенно улучшить экологическую обстановку.

6. Для эффективной реализации энергоресурсосбережения в Украине нужно использовать опыт развитых стран по действительности таких мероприятий, как предварительно оглашаемое повышение тарифов, создание и государственную поддержку системы ЭСКО (энергосервисных компаний), стимулирующее законодательство и широкую пропаганду конкретных технологий энергосбережения на положительных примерах.

#### Литература

- [1] Стратегия энергосбережения в Украине: аналитически-справочные материалы в 2-х томах. Общие основы энергосбережения / за ред. В.А. Жовтнянского, М.М. Куліка, Б.С. Стогнія - К.: Академперіодіка, 2006. - т. 1-510 с. [2] ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ЛЕВЧЕНКО Б.О. Енергетика на границі ХХІ століття - Харків: НТУ „ХПІ”, 2006. - 200 с. [3] Энергетические ресурсы и потоки. - К.: Украинские энциклопедические знания / за общей ред. А.К. Шидловського. - 2003. - 472 с. [4] Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод / под ред. И.Я. Браславского. - М.: Издательский центр «Академия». - 2004. - 256 с. [5] Энергосбережение средствами промышленного электропривода. / А.Н. Закладной, А.Б. Праховник, А.И. Соловей - К.: «ДИЯ». - 2001. - 343 с.

Таблица 2

Экономия электроэнергии при использовании регулируемого электропривода

Механизмы	Экономия электроэнергии, %
Насосы	До (25-50)
Компрессоры	До 40
Вентиляторы	До 30
Центрифуги	До 50
Дымососы	До 80