

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматривается новый подход к формированию программы энергосбережения для систем электроснабжения, целью которой является реализация максимального объема потенциала энергосбережения. Формируется общий список энергосберегающих мероприятий программы на результатах оптимизации структуры и параметров системы с точки зрения минимума потерь электрической энергии в ней. Критерием включения мероприятий в данную программу является себестоимость сэкономленной энергии, значение которой не должно превышать действующий тариф.

Ключевые слова: система электроснабжения, энергоэффективность, потери электрической энергии, программа энергосбережения, энергосберегающие мероприятия.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс эффективного потребления электрической энергии в Украине не становится пока что значимой альтернативой в решении проблемы развития энергетики. Очевидная причина этого – относительно небольшой объем реализованного на практике потенциала энергосберегающего эффекта, не соизмеримый с существующим потенциалом энергосбережения (ПЭС), и который значительно уступает необходимому общему приросту производства энергии в стране. И это когда общеизвестно из международного опыта [1], что повышение энергоэффективности является наиболее дешевым способом удовлетворения потребностей в энергоресурсах для экономики любой страны. Улучшение такой негативной энергетической ситуации в нашем государстве требует разработки новых способов достижения экономически целесообразного эффекта в энергосбережении, в частности экономии максимального количества электрической энергии.

Предлагаемая трактовка ПЭС, по мнению авторов [1], должна быть дополнена главной характеристикой – способностью производственного объекта к энергосбережению. А представленная здесь же классификация ПЭС, которая разделяет его, например, по видам топливно-энергетических ресурсов, системам энергоснабжения, периодам времени его оценки, уровням использования, объектам и др., выполнена с целью реализации принципов системности и комплексности при определении его. Такой подход дает возможность вычислить значение потенциала только применительно к рекомендуемой классификации, но при этом сам процесс его оценки зависит от опыта специалистов в соответствующей области энергоснабжения.

Существующая практика энергосбережения на промышленных предприятиях носит рекомендательный характер. Например, для системы электроснабжения (СЭС) предлагается следующее: установка компенсирующих устройств; регулирование коэффициента трансформации; переход электрических сетей на повышенное напряжение; включение под нагрузкой резервных линий

электропередач и др. Каждое из подобных мероприятий, которые предлагаются либо из опыта эксплуатации, либо как новые разработки в области энергосбережения, безусловно, повышает энергоэффективность. Однако здесь отсутствует целенаправленность действий по снижению энергопотребления и по реализации полного объема ПЭС.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что ПЭС характеризуется соотношением потерь энергии реального и желаемого (наиболее целесообразного) технологических процессов ее преобразования и передачи в систему [2]. В качестве целесообразного технологического процесса передачи электрической энергии по СЭС, имеет смысл рассмотреть процесс с минимально возможными суммарными потерями в элементах системы [3]. Это позволит выявить предельный технически допустимый резерв экономии электроэнергии в явном виде и сориентировать мероприятия непосредственно на снижение потерь электрической энергии в СЭС. Причем предельность и техническая допустимость резерва базируется не на каких-либо предположительных версиях частичного изменения параметров и режимов системы, а на результатах, которые получены на основе оптимизации структуры и параметров СЭС с позиции минимальных суммарных потерь электрической энергии (ПЭЭ) в ней за заданный период времени и соблюдении всех технических требований к ее эксплуатации [4].

Очевидно, что новый состав электрооборудования и структура СЭС (полученные на основе оптимизации) являются рекомендуемыми для внедрения. Действия, связанные с их обеспечением и составляют те энергосберегающие мероприятия (ЭСМ), которые необходимо выполнить для максимально возможного снижения ПЭЭ в системе. Сопровождается каждое из мероприятий своими конкретными изменениями СЭС во времени и соответствующими ПЭЭ. То есть любое воздействие на систему приводит к изменению показателей ее энергоэффективности. Следовательно, возникают вопросы

выбора таких мероприятий, направленных на реализацию потенциала энергосбережения в СЭС, которые были бы экономически целесообразными либо в настоящее время, либо с учетом прогноза изменения цен на электрооборудование и тарифов на электроэнергию в ближайшей перспективе. Не исключается при этом и определение последовательности их внедрения для повышения эффективности процесса энергосбережения. То есть требуется формирование такого плана ЭСМ (программы энергосбережения) в СЭС предприятий, который бы позволил эффективно реализовать предельное значение резерва экономии электроэнергии в полном объеме, что и является целью статьи.

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Потенциальная экономия электроэнергии для промышленного предприятия должна быть целесообразна из экономических соображений. Это связано с тем, что реализация конкретных технических мероприятий сопровождается затратами, обусловленными в данном случае установкой электрооборудования с другими конструктивными характеристиками, а также дополнительных электроустройств, строительными работами, монтажом новых источников питания электрических сетей, модернизацией их схем и т.д. При этом в соответствии с государственным стандартом [5] эффективность организационно-технических мероприятий по энергосбережению оценивается частью из общей величины прибыли, которая остается в распоряжении предприятия после их реализации:

$$\Delta\Pi_t = \Pi_{2t} - \Pi_{1t}, \quad (1)$$

где Π_{1t} и Π_{2t} – показатели прибыли предприятия в течение t -го расчетного периода до и после реализации ЭСМ.

Применительно к СЭС промышленного предприятия такая оценка примет вид:

$$\Delta\Pi_t = \beta_t \cdot \delta\Delta W_t - eK - \Delta C_t, \quad (2)$$

где β_t – тариф на электроэнергию, потребляемую из энергосистемы в t -ом периоде, грн/кВт·час; $\delta\Delta W_t$ – объем экономии электроэнергии за счет реализации ЭСМ в t -ом периоде, кВт·час; e – внутренняя норма эффективности, отн. ед.; K – капитальные расходы, связанные с реализацией ЭСМ (включаются капиталовложения на приобретение, монтаж электрооборудования, а также при необходимости и на строительные конструкции), тыс. грн; ΔC_t – изменение эксплуатационных текущих затрат за t -ый период при замене электрооборудования либо при каких-либо других модификациях системы, тыс. грн.

Предлагаемая оценка эффективности ЭСМ согласно формуле (2) заключается в их восприятии как генератора дохода по схеме финансирования за счет собственных средств предприятия. Очевидно, что отрицательное значение указанной эффективности свидетельствует о

неприемлемости ЭСМ с точки зрения экономической целесообразности. В противном случае сэкономленный объем энергии обеспечивает дополнительную прибыль в некотором определенном значении. Тогда минимально допустимая эффективность ЭСМ определяется равенством затрат, связанных с их реализацией и стоимостью сэкономленной энергии:

$$eK + \Delta C_t = \beta_t \cdot \delta\Delta W_t, \quad (3)$$

откуда после преобразований получим:

$$\beta_t = (eK + \Delta C_t) / \delta\Delta W_t. \quad (4)$$

Правая часть уравнения (4) отражает удельные затраты на экономию единицы электроэнергии, то есть представляет собой себестоимость сэкономленной электроэнергии. Разумеется, что если эта величина превышает действующий β_t тариф на электроэнергию, потребляемую из энергосистемы в t -ом периоде, то предприятию не выгодно эти мероприятия [6]. Следовательно, этот показатель, можно рекомендовать для экспресс-оценки экономической целесообразности внедрения ЭСМ, так как он убедительно указывает на выгодность (убыточность) такого мероприятия.

Таким образом, для анализа эффективности ЭСМ применительно к СЭС требуется определение следующих технико-экономических показателей (ТЭП): капиталовложений и текущих затрат на эксплуатацию системы, а также годовых потерь электроэнергии в ней. Для вычисления затратной части на реализацию ЭСМ необходимы исходные стоимостные показатели (цены на электрооборудование, стоимость его монтажа и строительных конструкций) таких элементов системы: кабельные линии до и выше 1000 В, низковольтные и высоковольтные компенсирующие устройства, цеховые трансформаторные подстанции, распределительные подстанции с надлежащей комплектацией электрооборудования, а также источники питания предприятия, куда входят трансформаторы с различной трансформацией напряжения и необходимая коммутационно-защитная аппаратура. Для определения затрат на эксплуатацию системы понадобятся нормы отчислений на амортизацию, техобслуживание и ремонт электрооборудования. В этот расчет необходимо включить и затраты, связанные с оплатой за реактивную электроэнергию. Учет последних обусловлен тем, что процесс оптимизации параметров СЭС с точки зрения минимума ПЭЭ отражается и на способе компенсации реактивной мощности, который, как правило, воспроизводится установкой дополнительных компенсирующих устройств, а, следовательно, приводит к изменению режима и объема потребления реактивной электроэнергии.

Предлагаемая выше оценка эффективности ЭСМ рассматривается с позиции предприятия, то есть их финансирование выполняется за счет его собственных средств. Тем не менее, возможна и ситуация привлечения инвесторов к этому процессу. В этом случае ЭСМ рассмат-

риваются как инвестиционные проекты энергосбережения, так как они направлены на снижение электропотребления посредством уменьшения потерь электроэнергии при транспортировке ее по СЭС. Для оценки эффективности таких проектов рекомендуется перечень приведенных ниже показателей, которые вычисляются по известным в практике инвестиционного анализа формулам [7]: дисконтированный доход; индекс доходности инвестиций; внутренняя норма дохода; статистический и динамический срок окупаемости капиталовложений.

Выбор экономически целесообразных ЭСМ зависит от поставленных целей и схем финансирования процесса энергосбережения. Так, выбор мероприятий, обеспечивающих максимальное снижение потерь электроэнергии в системе, и ограниченных себестоимостью сэкономленной электроэнергии, будет направлен на реализацию части потенциала энергосбережения, допустимую с точки зрения экономической целесообразности. Выбор же таких ЭСМ, которые обеспечивают максимальную прибыль от их реализации, обуславливают повышение экономической эффективности непосредственно процесса энергосбережения на предприятии. В частности, с позиции инвестора абсолютная эффективность этого процесса определяется теми мероприятиями, которые имеют максимальный чистый дисконтированный доход.

Совокупность всех технических и схемных модификаций на каждом участке и уровне СЭС, позволяющих сделать последнюю энергоэффективной, и представляет собой тот необходимый перечень ЭСМ, которые необходимо осуществить для максимальной экономии электроэнергии при ее транспортировке по системе. Данный перечень будет зависеть от результатов решения оптимизационной задачи и технологических особенностей потребителя энергии. Применение при формировании указанных мероприятий процесса оптимизации структуры и параметров СЭС, опирающегося на комплексное решение всех основных задач синтеза энергоэффективной системы, позволяет получить ее корректную трансформацию. То есть при потенциальной реализации предлагаемых изменений в системе учитывается их взаимовлияние.

Как показали исследования, полная и одновременная замена всего состава электрооборудования системы и компоновка новых схем электрических сетей в условиях эксплуатации практически всегда экономически нецелесообразны [8], несмотря на максимальный эффект от снижения потерь электроэнергии. Это обусловлено существующей политикой цен на энергоресурсы и оборудование. Следует также понимать, что для получения предельной величины снижения ПЭЭ в системе согласно результатам оптимизации требуется некоторая совокупность воздействий на нее. Например, для реализации потенциала в цеховых электрических сетях предприятий требуется прокладка дополнительных линий на участках сети, установка трансформаторных подстанций (ТП) в других местах. Также на предельное значение ре-

зерва в этих сетях оказывает влияние количество ТП, что обуславливает перераспределение нагрузок между ними, то есть изменение схем этих сетей.

Естественно, что указанные воздействия на систему или какие-либо другие изменения для прочих структурных частей СЭС будут сопровождаться дополнительными затратами. Причем эти затраты не всегда приведут к их обязательному увеличению в рамках группы элементов одного функционального назначения. Например, прокладка дополнительных линий на участках ЦЭС, либо изменение сечений кабеля на большие значения, естественно, требует увеличения затрат. В процессе же модификации топологии сети, заключающейся в изменении как координат места расположения ее узлов, так и всей схемы, затраты на сеть могут оказаться меньшими за счет сокращения суммарной длины участков. Не исключается при этом вероятное увеличение (снижение) затрат на сами узлы сети, если изменяется их количество, а стало быть и конструктивные параметры.

Таким образом присутствует неоднозначность в зависимости необходимых затрат на реализацию мероприятий по экономии энергии от объема последней. Усугубляется неопределенность и отсутствием четкой закономерности в изменении цен на электрооборудование, характерной для плановой экономики. Отсутствует эта закономерность и между группами электрооборудования (применительно к существующей классификации и назначению) для каждого производителя, не говоря уже о фирмах-посредниках.

Поэтому для последующего решения задачи разработки ПЭС необходимо сформировать список вариантов технически возможных модификаций системы как основу для анализа экономической целесообразности реализации энергосберегающих мероприятий. Очередность действий по изменению существующих параметров СЭС на оптимальные на данном этапе не имеет значения. Однако каждая такая операция должна сопровождаться перерасчетом технико-экономических показателей, так как вероятно изменение характеристик потребления смежных уровней системы, что, в свою очередь, потребует проверить ее на допустимость эксплуатации по техническим условиям, а также определить дополнительные затраты на временные мероприятия.

Это обусловлено тем, что при формировании такого списка задействуется всего лишь фрагмент вариации системы относительно оптимальной, который включает в себя только какую-то часть ее параметров. Здесь временные мероприятия обеспечивают реализацию системы в целом до следующих действий, способствующих снижению потерь в системе. В затраты на такие мероприятия входят стоимость необходимого дополнительного электрооборудования, а также монтажа и строительных конструкций на его установку. Их в последующем можно уменьшить либо за счет продажи этого электрооборудования по остаточной стоимости, либо включить данное оборудование (часть его) в последующие модификации элементов системы.

Формирование списка технически возможных мероприятий по изменению системы основывается на сопоставлении оптимальных значений ее параметров (табл. 1) с существующими. Вначале имеет смысл выделить независимые группы последних, изменение которых не связано с остальными. К ним относятся операции, обусловленные использованием проводников электрической сети с оптимальными параметрами, а также с установкой компенсирующих устройств (КУ) в ее узлах либо в полном объеме из предлагаемого состава, либо их части, что определяется фактическим режимом электропотребления.

Действительно, выбор сечений проводников до 1000 В зависит только от электрической нагрузки узлов цеховой электрической сети, которая является исходной информацией в условиях исследования. Параметры же кабельных линий (КЛ) выше 1000 В, определенные из условия минимума ПЭЭ в сети, имеют достаточно большой запас как по нагреву, так и по другим условиям, в частности по термической стойкости к токам короткого замыкания и по нормативной экономической плотности тока. Поэтому оптимальные параметры таких проводников могут быть предложены для самостоятельной реализации. В области энергосбережения компенсация реактивной мощности (КРМ) рекомендуется как самостоятельное ЭСМ, что и предложено в виде установки КУ, номинальная мощность которого выбрана из условия предельной КРМ на шинах РУ-0,4 кВ ТП. В данном исследовании это относится только к низковольтным устройствам, так как выбор номинальных мощностей высоковольтных КУ обусловлен балансом реактивных мощностей, поэтому зависит от результатов выбора низковольтных КУ и других параметров.

Затем рассматриваются группы зависимых параметров, так как самостоятельное изменение каждого из них невозможно без участия других. Этот шаг выделит группы мероприятий, состоящие из собственных последовательностей по их реализации. Логично связать это с узлами электрической сети, так как они являются промежуточными звеньями между питающими и распределительными участками последней, что приводит к взаимовлиянию результатов выбора оптимальных технических параметров самих узлов и смежных с ними электрических сетей.

Очевидно, что к таким параметрам относятся, во-первых, топологические характеристики сети, а именно: координаты мест установки узлов сети и распределение нагрузок между ними, что обуславливает схему связи между ними и трассу самой сети. Во-вторых, технические характеристики самих узлов сети с трансформацией и подключенных к ним КУ, так как установка таких узлов в оптимальных местах при перекомпоновке схемы, чаще всего приводит к тому, что номинальные мощности трансформаторов будут отличаться от существующих, а это потребует установки либо дополнительных КУ, либо новых устройств. Поэтому рассматривать самостоятельное размещение узлов сети в местах с оптимальными координатами с прежними техническими характеристиками не имеет смысла.

В табл. 1 представлены самостоятельные технические ЭСМ, которые предложены из условия замены существующих параметров СЭС на их оптимальные значения (последняя колонка таблицы). При этом реализация зависимых групп параметров объединена в логическую совокупность действий и отражена в 1-ом, 5-ом и 7-ом мероприятиях. Очерченные в таблице сопутствующие операции необходимы для оценки затрат на указанные ЭСМ. Формируется такой список для каждого узла электрической сети, параметры которого получены в результате оптимизации.

Реализация же независимых оптимальных параметров СЭС (мероприятия – 2, 3 и 6) может быть предложена и в рамках существующих узлов, что расширяет возможности анализа ЭСМ, а, следовательно, и применения их, в том случае, если бы предложенные мероприятия для новых узлов электрической сети (ТП, РП и ИПП) оказались экономически нецелесообразными. Это обусловлено тем, что здесь отсутствуют затраты на их покупку, строительство и монтаж.

Сформированный по вышеописанному принципу перечень технических ЭСМ для каждого узла системы, в конечном итоге преследует единую цель – создание энергоэффективной СЭС, что способствует максимальному снижению электропотребления на промышленном предприятии. Однако этот процесс энергосбережения может быть более эффективным (как во временных рамках, так и по экономическим соображениям), если определить приоритетность выполнения предлагаемых ЭСМ, то есть установить последовательность их внедрения.

Естественно, что последовательность реализации каждого из рассматриваемых мероприятий должна быть установлена только для тех, из них которые экономически целесообразны. Последнее обеспечивается выполнением условия: себестоимость сэкономленной электроэнергии ($e_{эж}$) не должна превышать действующего тарифа ($e_{д}$). Очевидно, что для получения как можно быстрее большего эффекта, последовательность реализации уже экономически допустимых ЭСМ может быть определена, например, ранжированием (по убыванию) их по такому показателю как объем сэкономленной электроэнергии.

Таким образом, организация программы энергосбережения для СЭС промышленных предприятий будет складываться из следующих этапов.

1. Формируется список всех возможных технических ЭСМ, внедрение которых является допустимым по требуемым условиям эксплуатации системы. Так как реализация потенциала энергосбережения на каком-либо уровне системы, в конечном итоге может повлиять на параметры смежных уровней, поэтому обязательно требуется соблюдение этих условий. Составляется такой перечень на основе ряда параметров, полученных в результате оптимизации СЭС с позиции минимума суммарных ПАЭЭ в ней.

2. На основании полученного выше списка ЭСМ определяются экономически допустимые мероприятия,

Таблица 1 – Основные технические ЭСМ для реализации оптимальных параметров СЭС

№ ЭСМ	Действия для реализации технических энергосберегающих мероприятий	Сопутствующие операции	Реализуемые параметры
1	Установка ТП; ввод в эксплуатацию трансформаторов на ТП; подключение низковольтных КУ к ТП; компоновка схемы цеховых электрических сетей (ЦЭС)	демонтаж существующей ТП; строительство ТП; приобретение и монтаж трансформаторов новой ТП; закупка, монтаж низковольтной КУ и подключение к новой ТП; присоединение пунктов распределительных до 1000 В к ТП	координаты ТП; количество трансформаторов и их номинальная мощность на ТП; номинальная мощность низковольтных КУ; схема ЦЭС
2	Замена проводников участков ЦЭС	закупка и монтаж КЛ до 1000В; присоединение пунктов распределительных до 1000 В к ТП	количество линий, сечения и материал жил КЛ ЦЭС
3	Установка низковольтных компенсирующих устройств (НКУ)	закупка, монтаж и присоединение НКУ к шинам РУ 0,4 кВ ТП	номинальная мощность низковольтных КУ
4	Замена проводников участков распределительных электрических сетей (РЭС) выше 1000 В внутривзаводской электрической сети (ВЗЭС)	закупка и монтаж КЛ выше 1000В, присоединение ТП, высоковольтных приемников электроэнергии к РП	количество линий, сечения и материал жил КЛ РЭС
5	Установка распределительных подстанций (РП); компоновка схемы распределительных электрических сетей выше 1000 В; установка высоковольтных КУ	демонтаж существующей РП; строительство РП; закупка и монтаж необходимого электрооборудования; присоединение ТП и высоковольтных электроприемников к РП; закупка, монтаж и подключение высоковольтных КУ к РП	координаты РП; номинальная мощность высоковольтных КУ; схема РЭС
6	Замена проводников участков питающих электрических сетей (ПЭС) выше 1000 В	закупка и монтаж КЛ выше 1000В, присоединение РП к ИПП	количество линий, сечения и материал жил КЛ ПЭС
7	Установка подстанции источников питания предприятия (ИПП); ввод в эксплуатацию трансформаторов ИПП; компоновка схемы питающей электрической сети	демонтаж существующей подстанции ИПП; строительство подстанции ИПП; приобретение и монтаж новых трансформаторов ИПП; присоединение РП к новой подстанции ИПП	координаты ИПП; количество трансформаторов и их номинальная мощность на ИПП; схема ПЭС

исходя из условия, что себестоимость сэкономленной на основе их реализации электроэнергии не должна превышать действующего тарифа.

3. Уточненный выше список уже экономически и технически допустимых ЭСМ сортируется по убыванию объема сэкономленной электроэнергии, что и определяет последовательность их реализации.

Несмотря на то, что существующие системы электроснабжения аналогичны по своей структуре и параметрам, так как создаются на принципах типизации и унификации проектных решений, режимные же параметры их могут отличаться, что обусловлено технологическими особенностями объекта. Следовательно, будут и разные ориентиры в процессе энергосбережения. Например, для одних систем начальными структурными

элементами, на которые необходимо обратить внимание, могут быть – цеховые сети, а для других – цеховые ТП, или – ИПП. Так были исследованы фрагменты (со своими источниками питания электрических сетей) систем электроснабжения Запорожских заводов – ПАО «Запорожжкокс» и ПАО «Запорожжогнеупор», которые отличаются структурами и режимами электропотребления. В табл. 2 представлены значения суммарных годовых ПЭЭ в целом по исследуемым и энергоэффективным системам (ИСЭС и ЭСЭС) указанных предприятий, а также отдельно для каждой их структурной составляющей. Там же указан потенциал энергосбережения (*ΔДВ*) и его структура с долевым участием (%) каждой составной части в общем значении потенциала.

Таблица 2 – Годовые потери электроэнергии и структура потенциала энергосбережения для фрагментов СЭС ПАО «Запорожжкокс»и ПАО «Запорожогнеупор»

Структурные элементы СЭС	Система электроснабжения ПАО «Запорожжкокс»				Система электроснабжения ПАО «Запорожогнеупор»			
	Годовые ПЭЭ, МВт·час/год		$\delta\Delta W$, МВт·час/год	%	Годовые ПЭЭ, МВт·час/год		$\delta\Delta W$, МВт·час/год	%
	ИСЭС	ЭСЭС			ИСЭС	ЭСЭС		
ЦЭС	2592,9	740,8	1852,1	64	149,2	38,5	110,7	51
ТП	1695,0	932,2	762,8	26	332,6	256,0	76,6	35
ВЗЭС:	324,6	146,3	178,3	6	37,1	7,4	29,7	14
– РЭС	61,9	40,2	21,7	–	9,0	3,7	5,3	–
– ПЭС	262,7	106,1	156,6	–	28,1	3,7	24,4	–
ИПП	979,1	871,4	107,7	4	–	–	–	–
система	5591,6	2690,7	2900,9	100	518,9	301,9	217,0	100

Из результатов расчета видно, что наибольшее значение потенциалов в СЭС указанных объектов приходится на цеховые сети. Причем для ПАО «Запорожжкокс» эта часть преобладает в общем потенциале системы – более 60%. Максимальное значение годовых потерь приходится также на эти сети – 2592,9 МВт*час, которые составляют более 40% от их общей величины. Для системы же ПАО «Запорожогнеупор» такое совпадение отсутствует – здесь максимальные потери приходятся на ТП (332,6 МВт*час – более 60%). При этом возможность получения большего эффекта от снижения общих потерь принадлежит все таки цеховым сетям – 50%, несмотря, что удельный вес годовых потерь в них здесь составляет около 30%.

Таким образом, имеется неоднозначность в оценке потенциальной возможности каждого из предложенного ЭСМ (табл. 1), тем более с точки зрения экономической целесообразности. И может быть она определена только для конкретной системы электроснабжения. А разработанный список ЭСМ, как элемент предлагаемой программы энергосбережения, позволит в дальнейшем использовать все возможные действия, направленные на реализацию максимального объема резерва экономии электроэнергии.

ВЫВОДЫ

1. Основой программы энергосбережения для СЭС должен стать потенциал энергосбережения, где в качестве целесообразного технологического процесса передачи электрической энергии по системе рассматривается процесс с минимальными суммарными ПЭЭ в ее элементах. Это позволит выявить предельный технически допустимый резерв экономии электроэнергии в явном виде. Предельность и техническая допустимость резерва базируется на результатах, полученных на основе оптимизации структуры и параметров СЭС с позиции минимальных суммарных ПЭЭ в ней за заданный период времени и соблюдении всех технических требований к ее эксплуатации.

2. Совокупность всех технических и схемных модификаций на каждом участке и уровне СЭС, позволяющих сделать последнюю энергоэффективной, то есть с минимальными ПЭЭ в ней, и представляет собой тот необходимый перечень ЭСМ, которые необходимо осуществить для максимальной экономии электроэнергии при ее транспортировке по системе. Формирование списка технически возможных мероприятий по изменению системы основывается на сопоставлении оптимальных значений ее параметров с существующими и последующей замене их.

3. Для СЭС на основании нормативной оценки эффективности ЭСМ предложены условия выбора экономически эффективных мероприятий по снижению ПЭЭ в системе: себестоимость сэкономленной электроэнергии не должна превышать действующий тариф на электроэнергию, потребляемую предприятием из энергосистемы.

4. Предлагаемый подход к составлению программы энергосбережения для СЭС позволит максимально реализовать технически допустимый потенциал энергосбережения системы, так как он основан не на случайных изменениях ее параметров согласно существующей практики энергосбережения в этой области, а на целенаправленной трансформации системы в энергоэффективную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетичний аудит: навчальний посібник / [О. І. Соловой, В. П. Розен, Ю. Г. Лега та ін.] – Черкаси : ЧДТУ, 2005. – 299 с.
2. Литвак В. В. Об оценке потенциала энергосбережения / В. В. Литвак // Промышленная энергетика. – 2003. – №2. – С. 2 – 6.
3. Качан Ю.Г. Об оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения / Ю.Г. Качан, В.В. Дьяченко //Інтегровані технології та енергозбереження: Щоквартальний наук.–практ. журн. – Харків : НТУ «ХП», 2005. – №2 – С. 154–156.
4. Качан Ю. Г. Алгоритм синтеза оптимальной энергоэффективной системы электроснабжения промыш-

- ленних підприємств / Ю. Г. Качан, В. В. Дьяченко // Гірничая електромеханіка та автоматика: Наук.-техн.зб. – Дніпропетровськ : НГУ, 2010. – Вип. 85. – С. 11–17.
5. ДСТУ 2155–93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження. – [Чинний від 1995–01–01]. – К. : Держстандарт України, 1993. – 42 с. – (Національні стандарти України).
 6. Качан Ю. Г. Оценка потенциала и программы энергосбережения в системе электроснабжения на примере коксохимического производства / Ю. Г. Качан, В. В. Дьяченко // Энергетика: економіка, технології, екологія. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – №2(21). – С. 55–59.
 7. Богатин Ю. В. Инвестиционный анализ: учебное пособие / Ю. В. Богатин, В. А. Швандар. – М. : ЮНИТИ–ДАНА, 2000. – 287 с.
 8. Сердюк Т. В. Особливості реалізації політики енергозбереження в Україні: досягнення та шляхи вдосконалення / Т. В. Сердюк, С. Ю. Франишина // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – №1. – С. 52–56.

Стаття надійшла до редакції 16.06.2015
Після доробки 26.08.2015

Дьяченко В. В.

Канд. техн. наук Запорізький національний технічний університет, Україна

ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

У статті розглядається новий підхід до формування програми енергозбереження для систем електропостачання, метою якої є реалізація максимального обсягу потенціалу енергозбереження. Формується загальний список енергозберігаючих заходів програми згідно результатам оптимізації структури і параметрів системи з точки зору мінімуму втрат електричної енергії в ній. Критерієм включення цих заходів у дану програму є собівартість зекономленої енергії, значення якої не повинно перевищувати діючий тариф.

Ключові слова: система електропостачання, енергоефективність, втрати електричної енергії, програма енергозбереження, енергозберігаючі заходи.

Dyachenko V. V.

Ph. D. of Zaporozhye National Technical University, Ukraine

CREATION OF ENERGY SAVING PROGRAM FOR POWER SUPPLY SYSTEMS

The article discusses a new approach to the formation of energy-saving program for the power supply system, which aims to realize the maximum amount of reserve electric power saving system. The combination of all technical and circuit modifications at each site and system level power that creates the energy-efficient systems, and is an initial list of energy saving measures will be included into the program. The general list of energy-saving measures on the results of the program to optimize the structure and parameters of the system in terms of the minimum electric power losses in it is formed. For the power supply system on the basis of a regulatory evaluation of the effectiveness of energy saving measures it is proposed the criteria selection of cost-effective measures to reduce energy losses in the system: the saved energy cost should not exceed the current tariff for electricity consumption from the grid.

Key words: power, energy, loss of electrical power, energy-saving program, energy saving measures.

REFERENCES

1. Solovej O. I., Rozen V. P., Lega Ju. G. *Energy audit: a tutorial. Energetichnij audit: navchal'nij posibnik*, ChDTU, 2005, Cherkasy, 299 p.
2. Litvak V. V. About energy saving potential estimate. Ob ocenke potenciala jenergosberezhenija, *Industrial Energy*, No. 2, 2003, pp.2–4.
3. Качан Ю. Г., Д'яченко В. В. About energy saving potential evaluation in power supply systems *Integrated technologies and energy efficiency: Quarterly practical scientific journal*, No. 2, 2005, pp.154–156.
4. Качан Ю. Г., Д'яченко В. В. Synthesis algorithm of optimal energy-efficient industrial enterprises power supply system. *Mining Electromechanics and Automation*, No.85, 2010, pp.11–17.
5. Качан Ю. Г., Д'яченко В. В. Оценка потенциала и программы энергосбережения в системе электроснабжения на примере коксохимического производства / Ю. Г. Качан, В. В. Дьяченко // Энергетика: економіка, технології, екологія. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – №2(21). – С. 55–59.
6. Богатин Ю. В., Швандар В. А. *Investment analysis: a tutorial*. UNITY–DANA, Moscow, 2000, 287 p.
7. Сердюк Т. В., Франишина С. Ю. Features of energy saving policy implementation in Ukraine: achievements and ways to improve. *Bulletin Khmelnytsky National University*, No.1, 2009, pp.52–56.
8. Качан Ю. Г., Д'яченко В. В. Потенціал оцінки та програми економії енергії в системі електропостачання на прикладі коксохімічного виробництва. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, №2(21), 2007, с.55–59.