

УДК 621.3.051:65.25

DOI: 10.33942/sit042207

ЭЛЕКТР БЕРҮҮ СИСТЕМАЛАРЫНЫН ПАРАМЕТРЛЕРИН ОПТИМАЛАШТЫРУУ ҮЧҮН ЭНЕРГИЯНЫ КЕРЕКТӨӨНҮ БАШКАРУУ

Куржумбаева Роза Бейшенбековна, Суеркулов Манас Асанбекович, Бийгазиева
Кальмира Жорупбековна, Саяков Артык Илимбекович

⁽¹⁾ И.Раззаков атындагы КМТУнун «Электр менен камсыздоо» кафедрасынын доценти,
т.и.к.

Kurzhumbaeva@mail.ru

⁽²⁾ И.Раззаков атындагы КМТУнун «Электр менен камсыздоо» кафедрасынын
профессору, т.и.к., masuerkulov@mail.ru

⁽³⁾ И.Раззаков атындагы КМТУнун аспиранты kalmira.beygazieva@mail.ru

⁽⁴⁾ И.Раззаков атындагы КМТУнун магистранты sayakov.artyk@mail.ru

Аннотация. Өлкөнүн энергетика тармагындагы маанилүү маселелердин бири – керектөөчүлөрдүн электр объектилеринде электр энергиясын керектөө режимдерин башкаруу маселеси. Натыйжалуу башкаруу үчүн административдик методдор менен катар керектөөчүлөргө таасир этүүнүн экономикалык ыкмаларын колдонууга болот. Башкаруу объектилерине чейин жана андан жогору энергия менен жабдуу системалары болуп саналат

1 кВ, ошондой эле электр энергиясын керектөөчүлөр. Энергияны керектөө реактивдүү кубаттуулуктун режимин жөнгө салуу жолу менен жөнгө салынат, ал керектелүүчү реактивдүү жүккө ылайык компенсациялык түзүлүштөрдүн күчүн өзгөртүүнү караштырат. Дагы бир режим - бул чыпкалоочу компенсациялоочу, балансташтыруучу жана ушул сыяктуу түзүлүштөрдү башкарууну камтыган кубаттуулуктун сапатынын көрсөткүчүн башкаруу режими. Азыркы учурда реактивдүү кубаттуулукту башкаруу режимин башкаруунун эң маанилүү жана практикада далилденген тарифтик ыкмасын киргизүү зарыл.

Өзөктүү сөздөр: электр энергиясын өндүрүүнүн жана берүүнүн өздүк наркын төмөндөтүү, суткалык жүктөө графигинин дежурный цикли, электр энергиясынын жоготуулары, электр энергиясынын сапат көрсөткүчтөрү, электр энергиясын керектөөнүн контролдоочу элементтери, маалыматтык-башкаруу бөлүгү.

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Куржумбаева Роза Бейшенбековна, Суеркулов Манас Асанбекович, Бийгазиева
Кальмира Жорупбековна, Саяков Артык Илимбекович

⁽¹⁾ доцент кафедры «Электроснабжение» КГТУ им. И. Раззакова, к.т.н.,

Kurzhumbaeva@mail.ru

⁽²⁾ профессор кафедры «Электроснабжение» КГТУ им. И. Раззакова, к.т.н.,

masuerkulov@mail.ru

⁽³⁾ аспирант кафедры Электроснабжение КГТУ им. И.Раззакова,

kalmira.beygazieva@mail.ru

⁽⁴⁾ магистрант кафедры Электроснабжение КГТУ им. И.Раззакова

sayakov.artyk@mail.ru

Аннотация. Одним из важнейших для энергетики страны вопросов, является вопрос управления режимами электропотребления в электрохозяйствах потребителей. Для эффективного управления можно

наряду с административными применять экономические методы воздействия на потребителей. Объектами управления являются системы электроснабжения до и выше 1 кВ, а также потребители электроэнергии. Управление электропотреблением осуществляется регулированием режима реактивной мощности, который предусматривает изменение мощности компенсирующих устройств в соответствии с потребляемой реактивной нагрузкой. Другим режимом является режим регулирования показателей качества электроэнергии, который предполагает управление фильтрокомпенсирующими, симметрирующими и тому подобными устройствами. В настоящее время необходимо внедрять наиболее содержательный и апробированный на практике тарифный метод управления режимом регулирования реактивной мощности.

Ключевые слова: снижение себестоимости производства и передачи электроэнергии, коэффициент заполнения суточного графика нагрузки, потери электроэнергии, показатели качества электроэнергии, элементы управления электропотребления, информационно-управляющая часть.

POWER CONSUMPTION MANAGEMENT TO OPTIMIZE THE PARAMETERS OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Kurzhumbaeva Roza Beishenbekovna⁽¹⁾, Suerkulov Manas Asanbekovich⁽²⁾, Biigazieva Kalmira Zhorupbekovna⁽³⁾, Sayakov Artyk Pimbekovich⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply, KSTU I.Razzakova, Kurzhumbaeva@mail.ru

⁽²⁾ Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Supply, KSTU I.Razzakova, masuerkulov@mail.ru

⁽³⁾ postgraduate student of the Department of Power supply of KSTU named after. I. Razzakova, kalmira.beygazieva@mail.ru

⁽⁴⁾ undergraduate of the Department of Power supply of KSTU named after. I. Razzakova sayakov.artyk@mail.ru

Annotation. One of the most important issues for the country's energy industry is the issue of managing power consumption modes in consumer electrical facilities. For effective management, along with administrative methods, economic methods of influencing consumers can be used. The objects of control are power supply systems up to and above 1 kV, as well as consumers of electricity. Power consumption is controlled by regulating the reactive power mode, which provides for changing the power of compensating devices in accordance with the consumed reactive load. Another mode is the power quality indicator control mode, which involves the control of filter compensating, balancing and similar devices. At present, it is necessary to introduce the most meaningful and proven in practice tariff method for controlling the reactive power control mode.

Key words: reduction in the cost of production and transmission of electricity, the duty cycle of the daily load schedule, electricity losses, electricity quality indicators, power consumption control elements, information and control part.

Введение. Электрохозяйство потребителя представляет собой совокупность электроустановок (комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии), находящихся на балансе потребителя, системы организации обслуживания и ремонта этих электроустановок, надзора за их техническим состоянием и за соблюдением потребителем заданных ему питающей энергосистемой режимов работы и т.п.

Система управления электрохозяйством является довольно сложной и выполняет множество различных функций. Она характеризуется относительной обособленностью и иерархической взаимосвязью системы управления с системами высшего уровня вплоть до энергосистемы (рис. 1). Система относится к классу так называемых «больших систем», так как обладает рядом характерных, специфических свойств [1, 2]. Изучение «больших систем» опирается на методологию системного подхода и базируется на основных его

принципах с применением системного анализа.

Актуальность темы и постановка задачи. С точки зрения различных поставленных целей управления и значимых свойств может быть сконструировано несколько различных моделей системы. Для изучения процесса управления электропотреблением целесообразно упростить задачу и определить одну главную цель управления - снижение себестоимости производства и передачи электроэнергии, выделить только главные определяющие свойства системы, исключить из нее показатели, характеристики и параметры, которые не оказывают заметного влияния на решение задачи. При создании модели системы необходимо учитывать особенности потребления электроэнергии. Если исключить из рассмотрения параметры, определяющие применение энергосберегающих технологий, вопросы организации обслуживания и ремонта электроустановок, надзора за их техническим состоянием и некоторые другие, получим систему управления, включающую в себя параметры режима, организационные и технические средства их изменения. Этими параметрами являются: коэффициент заполнения суточного графика нагрузки k_3 , потери электроэнергии, обусловленные передачей реактивной энергии $dP(Q)$, потери электроэнергии, связанные с ухудшением параметров качества электроэнергии $dP(ПКЭ)$, потери электроэнергии, обусловленные режимом холостого хода силовых трансформаторов 6-10/0,4 кВ.

Такая система является выделенной из системы управления электрохозяйством, подчиненной ей, входящей в ее состав и решающей узконаправленную задачу. Она содержит ограниченное число параметров, что упрощает ее исследование. Такую систему можно охарактеризовать как систему управления передачей и потреблением электроэнергии в электрохозяйстве потребителя [3].

Математическая модель этой системы представляется как:

$$C_{np, пер} = F [k_3, dP(Q_k), dP(ПКЭ), dP(R_{mp})] \text{-----} \rightarrow \min \quad (1.1)$$

Каждый из параметров модели представляет собой локальную подсистему управления с соответствующей функцией цели:



Рис. 1. Иерархическая связь системы управления электропотреблением в электрохозяйстве потребителя с системами высшего уровня

$$\kappa_z > 1, \tag{1.2}$$

$$dP(Q_K) \dots > \min, \tag{1.3}$$

$$dP(ПКЭ) \dots > \min \tag{1.4}$$

$$dP(R_{mp}) \dots \gg \min. \tag{1.5}$$

Если целевая функция каждой из локальных подсистем в результате управляющего воздействия будет принимать значения в соответствии с (1.1 - 1.5) то себестоимость производства и передачи электроэнергии, как целевая функция (1.1) системы управления, будет принимать минимальное значение.

В соответствии с (1.1 - 1.5) система управления передачей и потреблением электроэнергии в электрохозяйстве потребителя должна обеспечивать выполнение следующих требований:

- экономичность производства электроэнергии путем регулирования режима работы электроприемников для увеличения значения коэффициента заполнения суточного графика нагрузки, κ_z ;
- экономичность передачи электрической энергии путем регулирования режима работы компенсирующих устройств для снижения потерь, обусловленных реактивной энергией, $dP(Q)$, как в электрохозяйстве потребителя, так и за его пределами;
- экономичность потребления и передачи электрической энергии за счет поддержания параметров качества электрической энергии в пределах установленных норм для снижения потерь, $dP(ПКЭ)$, как в электрохозяйстве потребителя, так и за его пределами и др.;
- экономичность передачи электроэнергии путем регулирования режима работы силовых трансформаторов с целью снижения потерь холостого хода,

$dP (R mp)$.

Система управления потреблением и передачей электроэнергии в электрохозяйстве потребителя (рис. 2) включает в себя объект управления и информационно-управляющую часть. Объект управления представляет собой систему электроснабжения выше 1 кВ, систему электроснабжения до 1 кВ (блок 1) и электроприемники (блок 2). Эти элементы входят в состав электрохозяйства потребителя (блок 3), который получает произведенную электроэнергию (блок 4) посредством передачи (блок 5). Все эти блоки связаны прямыми связями.

Система электроснабжения до 1 кВ и выше, как правило, представляет собой совокупность подстанций, распределительных устройств, электрических линий и других электроустановок, размещенных на территории потребителя. Она предназначена для обеспечения электроэнергией электроприемников, в которых происходит преобразование электрической энергии в другой вид энергии, например, механическую, тепловую и тому подобную для ее использования.

Электроприемники составляют неотъемлемую часть технологического оборудования, предназначенного для производства продукции и других целей.

Информационно-управляющая часть системы управления обеспечивает воздействие на объект управления в соответствии с заданной целевой функцией. Центральным звеном информационно-управляющей части системы управления является человек - лицо, принимающее решения. Сложившаяся структура управления электрохозяйством потребителя определила таким лицом ответственного за электрохозяйство, как правило, главного энергетика (блок 10). Главный энергетик выполняет функции формирования задания системе управления на основе информации о параметрах электропотребления (блок 7), с одной стороны. С другой стороны, он должен учитывать требования, предъявляемые директором предприятия (блок 11). С третьей стороны, он обязан выполнять требования нормативно-правовой базы (блок 15).

Результативность исполнения задания в соответствии с (1.6) в меньшей степени определяется технической оснащенностью средствами управления, чем организацией управления. Главный энергетик может оказывать управляющее воздействие на режим работы электроприемников только посредством директора предприятия. При этом режим работы электроприемников, характеризующийся коэффициентом заполнения суточного графика нагрузки определяет себестоимость производства электрической энергии. Режим работы электроприемников обуславливает существование обратной связи с процессом производства электроэнергии (блок 4).

Управление режимом электропотребления в соответствии с (1.3-1.5) в меньшей степени зависит от первого руководителя предприятия. Результативность управления в большей степени определяется технической оснащенностью средствами управления. При оснащении всеми необходимыми техническими средствами задача управления сводится к регулированию режимов в процессе эксплуатации, а также к постоянному во времени совершенствованию системы путем замены устаревшего и не отвечающего требованиям оборудования.

При достаточной оснащенности техническими средствами управляющее воздействие элементов информационно-управляющей части системы на объект управления в общем виде происходит следующим образом. С помощью средств контроля и измерения - датчиков токов, напряжений, счетчиков электроэнергии с телеметрическими выходами (блок 6) текущая информация о состоянии процессов, протекающих в объекте, посредством средств передачи информации передается для обработки и анализа. После анализа полученной и обработанной информации (блок 7) принимается решение об изменении режима путем воздействия на средства

регулирования и на механические и полупроводниковые аппараты управления (блок 8,9): контакторы, пускатели, выключатели и др.

Одним из таких режимов наряду с режимом работы электроприемников является режим регулирования реактивной мощности [4], который предусматривает изменение мощности компенсирующих устройств в соответствии с потребляемой реактивной нагрузкой. Другим режимом является режим регулирования ПКЭ, который предполагает управление фильтрокомпенсирующими, симметрирующими и тому подобными устройствами. Снижение потерь электроэнергии в результате такого регулирования имеет место не только в системе электроснабжения потребителя, но и в сетях энергоснабжающих организаций, участвующих в процессе передачи электроэнергии (блок 5) потребителю. Этим обусловлено существование обратной связи между блоками 9 и 5.

Поскольку действие системы управления потреблением электроэнергии не ограничивается электрохозяйством потребителя, появляется проблема включения в алгоритм управления интересов производителя и поставщика электроэнергии за пределами электрохозяйства потребителя, участвующих в процессе производства и передачи электроэнергии. Производитель и поставщик электроэнергии не могут непосредственно по прямым связям оказывать влияние на формирование задания и принятие решений. Это возможно только через высшие органы государственной власти, в ведомстве которых находится как производитель и поставщик, так и потребитель электрической энергии. Для регулирования взаимоотношений правительство (блок 14) создает нормативно-правовую базу (блок 15), в соответствии с которой главный энергетик, как звено системы управления потреблением электроэнергии в электрохозяйстве потребителя, обязывается формировать задание и принимать решения с учетом интересов производителя и поставщика электроэнергии.

Представленный вариант структурной схемы управления является результатом

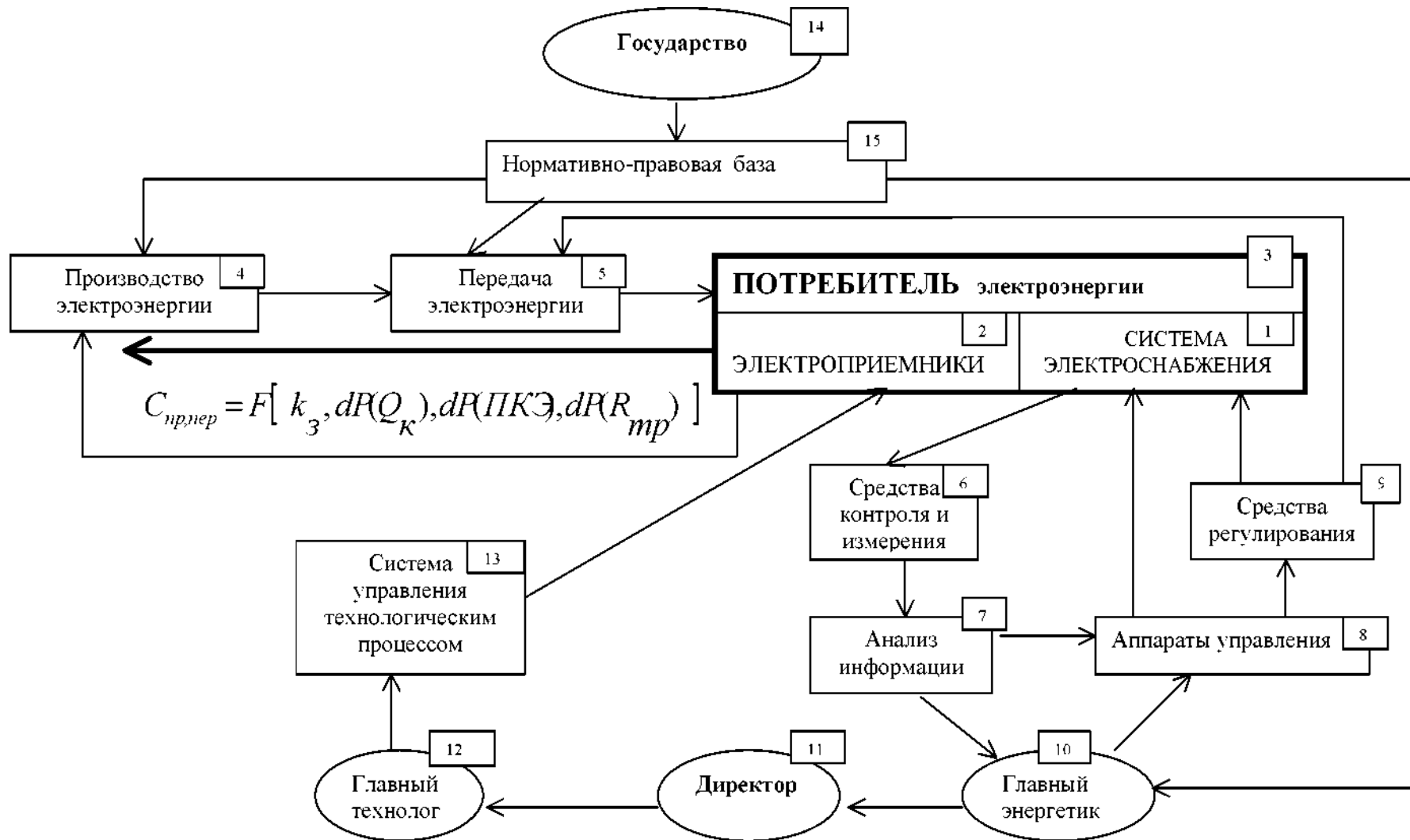


Рис. 2. Структурная схема системы управления электропотреблением в электрохозяйстве потребителя.

анализа процесса потребления электроэнергии и позволяет характеризовать ее по иерархическому принципу как многоуровневую систему. На нижней ступени управление осуществляется локальными системами управления (1.2 - 1.4), одна из которых (1.2) обеспечивает управление режимом работы электроприемников и представляет собой органическое сочетание с системой управления технологическим процессом. С одной стороны, с точки зрения цели управления она подчиняет себе систему управления технологическим процессом.

С другой стороны, по отношению к локальной системе управления система управления технологическим процессом является главной, так как основное назначение этой системы определяется количеством и качеством производимой продукции и безопасностью работы производства, а не себестоимостью производства электроэнергии.

Все локальные системы подчинены системе управления более высокого уровня, основным элементом которой является лицо, принимающее решение, например, главный энергетик. Эта система может быть основана на применении более или менее развитых средств вычислительной техники, подготавливающих полученную информацию к виду, удобному для принятия решения. Система этого уровня на каждом предприятии подчинена системе управления высшего правительственного уровня. Управление в данном случае осуществляется посредством утверждения нормативно-правовой базы, обязательной для исполнения в системе управления потреблением электроэнергии и всех ее подсистемах на более низких ступенях иерархии.

По степени автоматизации выполняемых системой функций, рассматриваемая система управления потреблением электроэнергии в электрохозяйстве потребителя относится к разряду автоматизированных систем, в которой функции управления все еще возлагаются на людей. Степень участия человека в формировании задания и принятии решения определяется уровнем автоматизации управляющей части системы конкретного потребителя. У большей части потребителей уровень автоматизации ограничен управлением электрооборудованием технологических агрегатов, станков и прочих электроприемников, а также управлением системой электроснабжения до 1 кВ и выше в аварийных режимах. Участки электрической сети, на которых происходят короткие замыкания, перегрузки должны обнаруживаться, локализоваться и отключаться от сети за время, измеряемое долями секунды. Такое же время регламентировано для включения аварийного питания потребителей 1-й категории. Это делает невозможным использование для принятия решения человека и вынуждает использовать быстродействующие средства автоматизации. Для другой части потребителей характерно наличие в той или иной степени средств автоматизации и вычислительной техники для управления системой электроснабжения в нормальном режиме. Эти средства подготавливают человеку поступающую информацию к виду, удобному для принятия решения, и частично освобождают его от процесса управления. Однако полностью исключить человека из системы управления на текущий момент времени и на обозримое будущее не представляется возможным.

Выполнение системой управления заданных функций зависит от способности выполнять соответствующие функции каждым элементом системы. Анализ модели системы управления (1.1) с учетом ее свойств позволяет выделить две группы элементов и устройств, оказывающих наиболее существенное влияние на цель управления.

К первой группе можно отнести элементы структуры управления, включая нормативно-правовую базу, определяющую взаимоотношения между потребителем и поставщиком электрической энергии. Эти элементы оказывают влияние на режим электропотребления (1.2-1.4) и на затраты, связанные с производством и передачей электроэнергии как по сетям потребителя, так и по сетям энергоснабжающих организаций. Ко второй группе относятся технические устройства и элементы регулирования режима электропотребления.

Результаты исследования и рекомендации. За последние годы наш рынок наполнился такими техническими средствами, как автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), в достаточном количестве предлагаются компенсирующие устройства (КУ), фильтрокомпенсирующие, симметрирующие устройства и т. п. Исследования показывают, что уровень технического совершенства средств регулирования достаточен для повышения эффективности регулирования. Однако имеющиеся технические возможности средств регулирования не используются, а сами средства не востребуются потребителями электрической энергии. В настоящее время большинство потребителей электроэнергии техническими средствами не укомплектованы. Отсутствие у потребителей АСКУЭ делает вопрос регулирования режимов совершенно не состоятельным. Прежде чем ожидать результатов регулирования, необходимо обеспечить массовое оснащение потребителей АСКУЭ, способных обеспечить информацией о параметрах электропотребления как по потребителю в целом, так и по его подразделениям, звеньям и т. д.

Это определяется возможностями и заинтересованностью потребителя в приобретении технических устройств управления режимом электропотребления, которые в свою очередь зависят от совершенства элементов управления второй группы. Главным препятствием для повышения эффективности использования технических средств регулирования режимов является несовершенство элементов структуры управления. Есть основания предполагать, что элементы и устройства управления второй группы в настоящее время не оказывают столь существенного влияния на функцию цели для всех потребителей, особенно при недостаточной технической оснащенности средствами регулирования режимов.

Существенное влияние на функцию цели с учетом достижения максимального эффекта при большой массовости потребителей могут оказать только элементы первой группы. По этой причине в работе акцентируется внимание на поиск возможных путей совершенствования элементов именно этой группы.

Элементы структуры управления режимом электропотребления

Одним из элементов управления режимами электропотребления является организационная структура электрохозяйства потребителя. Выше отмечалось, что основным звеном этой структуры является человек - лицо, принимающее решение на основе анализа информации, поступающей от информационно-измерительной части системы управления электрохозяйством потребителя, и внешней информации в виде указаний, рекомендаций, предусмотренных нормативно-правовой базой (рис.2.). Это звено является определяющим в организационной структуре управления. От степени его квалификации, административных полномочий, полномочий распоряжаться финансовыми средствами зависит эффективность управления в соответствии с (1.1), оснащенность техническими средствами управления, средствами анализа и обработки информации и т. п.

К сожалению главный энергетик имеет возможность управлять некоторыми режимами в соответствии с (1.2-1.4) только при наличии технических средств. Вопросы приобретения технических средств находятся в ведении директора. Управление в соответствии с (1.1) не может осуществляться непосредственно главным энергетиком. Управление технологическим процессом осуществляется другим административным лицом - главным технологом, который должен увязать вопросы технологического производства продукции с вопросами производства и передачи электроэнергии. Это возможно только при тесном взаимодействии всех структурных подразделений предприятия с главным энергетиком. Механизма, определяющего постоянное, эффективное взаимодействие главного энергетика и главного технолога у потребителей нет. Организация управления производством продукции не предусматривает экономических стимулов соблюдения режимов электропотребления. Действующая система управления производством продукции не предусматривает рыночных методов

регулирования режимов. Эффективность управления режимами электропотребления оставляет желать лучшего.

Созданная правительством нормативно-правовая база, касающаяся вопросов регулирования режимов потребления, направлена на создание таких условий и включает в себя административные и экономические способы воздействия на потребителя посредством энергоснабжающей организации и государственных контролирующих органов. Эти способы должны предусматривать не только соблюдение режимов с помощью имеющихся технических средств, но и их обновление, расширение их спектра, создание условий для формирования рынка технических средств управления режимами и другой необходимой для этого продукции, в том числе интеллектуальной.

Экономические рычаги управления в виде дифференцированных тарифов действуют только при наличии соответствующих средств учета. Таких средств в необходимом объеме большинство потребителей не имеет. Такие экономические рычаги управления, как временное предоставление льготных тарифов, энергетических кредитов ставят потребителя в зависимость от государственных контролирующих органов. Массовость потребителей требует содержания значительного персонала контролирующих органов, снижает эффективность и увеличивает затраты на управление.

Структура управления регулированием режимами электропотребления требует совершенствования. Особое внимание при совершенствовании следует обратить на создание механизмов управления, основанных на свойстве саморегулирования рыночных отношений в соответствии с законом спроса и предложения. Наиболее содержательным и изученным и апробированным на практике на текущий момент времени является тарифный метод управления режимом регулирования реактивной мощности.

В заключении необходимо отметить, что надо разработать и внедрить эффективные методы внешнего воздействия государства на потребителя. Эти методы должны быть реализованы в нормативно-правовой базе взаимоотношений между энергоснабжающей организацией и потребителем электроэнергии. Специфика рыночных отношений не позволяет государственным органам непосредственно управлять регулированием режимов электропотребления у каждого потребителя электрической энергии. Регулирование режимов - одна из задач системы управления технологическим производством и должна решаться потребителями электроэнергии по их собственной инициативе. Государство может воздействовать на режим электропотребления лишь косвенным образом, создавая условия для проявления инициативы потребителей в части повышения эффективности регулирования режимов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзамасцев Д. А. Модели оптимизации развития энергосистем: Учебник для электроэнергетических спец. вузов/ Д. А. Арзамасцев, А. В. Липес, А. Л. Мызин/ Под ред. Д. А. Арзамасцева. - М.: Высш. шк., 1987.- 272 с.
2. Арзамасцев Д. А. Введение в многоцелевую оптимизацию энергосистем: Учебное пособие. - Свердловск: Изд-во УПИ им. С. М. Кирова, 1984.- 88 с.
3. Магазинник Л. Т., Кузнецов А. В. Модель системы управления потреблением электроэнергии в электрохозяйстве потребителя // Труды Международ. науч. конф. «Континуальные алгебраические логики, исчисления и нейроматематика в науке, технике и экономике». - Ульяновск, 2002. - С.96-98.
4. Прокопчик В. В., Сычев А. В. Компенсация реактивной мощности нагрузки в условиях рыночных отношений // Электрика .-2001, №6.- С.19-25.