
УДК 681.03

П.Ф. Буданов, Г.В. Гузий

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В работе показано, что система учёта электроэнергии должна включать расчет и нормирование потерь электроэнергии на объектах энергопотребления и осуществляться с максимальным использованием имеющейся в энергосистеме информации, базирующейся на основе детальных расчетов технических потерь с разбивкой по оборудованию, ступеням напряжения и предприятиям электросетей. Предложена интегрированная многоуровневая система расчетов, которая обеспечивает доступность, прозрачность и проверяемость исходных данных и результатов расчетов нормативов потерь для объектов энергопотребления. Основным направлением развития программного обеспечения по расчетам технических потерь электроэнергии является разработка алгоритмов задач учёта электроэнергии и создание на их основе автоматизированной системы расчета и анализа потерь и балансов электроэнергии по электрическим сетям в целом, выделенным участкам, ступеням напряжения, структурным подразделениям, отдельным узлам.

Ключевые слова: электроэнергия, контроль и учёт электроэнергии, потери электроэнергии, активная и реактивная электроэнергия, объект и точка контроля электроэнергии.

Введение

Постановка задачи и анализ литературы. Задачи автоматизированного учёта электроэнергии (ЭЭ), охватывающие составление текущих балансов ЭЭ за час, смену, сутки, месяц, квартал, год, контроль параметров режимов энергоснабжения и электропотребления, составление статистической отчетности и другие вопросы имеют важнейшее значение.

Анализ публикаций [1 – 4] показал, что традиционные подходы к контролю и учёту ЭЭ требуют совершенствования, путём интегрирования средств

и программного обеспечения автоматизированных систем управления на уровне объекта контроля ЭЭ.

Автоматизированный учёт и контроль ЭЭ позволяет: обеспечить требуемую полноту и достоверность информации; унифицировать формы документов; исключить параллельную обработку одной и той же информации; оперативно вести обработку текущей информации; повысить производительность труда при формировании документов; проводить возможность текущего планирования баланса ЭЭ; способствовать рациональному использованию

ресурсов ЭЭ на промышленных предприятиях и организациях бюджетной сферы.

Целью статьи является усовершенствование процесса автоматизации системы учёта ЭЭ на основе разработки алгоритма решения задачи учёта ЭЭ и её потерь, в установленные временные циклы и в режиме реального времени.

Основной материал

Для организации автоматизированного учёта электроэнергии на промышленных предприятиях и организациях бюджетной сферы в качестве технических средств используются комплексы измерительных приборов с преобразователями значений измеренных величин в электрические сигналы, средства сбора и передачи измеренных величин по каналам связи и средствам обработки измерений и передачи информации на автоматизированное рабочее место оператора (АРМ). Оснащение предприятий необходимыми первичными измерительными приборами является основой любой системы учёта. Однако при автоматизированном учёте решающее значение имеет, во-первых, наличие в приборах преобразователей для возможности автоматизированной передачи измерений, а во-вторых, класс точности самих приборов и преобразователей. Для передачи измерений по каналам связи от всех рассредоточенных точек контроля и пунктов сбора информации целесообразно использовать интегрированные многоуровневые комплексы, которые значительно сэкономят каналы связи.

Авторами предложено для усовершенствования системы контроля и учёта ЭЭ на контролируемых объектах и точках использовать измерительные первичные устройства (приборы, датчики и т.д.) на базе микропроцессорной техники, что также позволит сопрягать их с электронно-вычислительной техникой (ЭВТ, ЭВМ, компьютерами и т.д.). Это особенно существенно в тех случаях, когда на отдельных объектах контроля, возможно выполнение таких операций, как масштабирование, суммирование показаний нескольких первичных измерительных устройств (ПИУ). Для рассмотрения задач по автоматизации системы учёта электроэнергии рассмотрим общее уравнение баланса электроэнергии, которое имеет следующий вид (1):

$$\Sigma W_{эл.-эн} = \Sigma W_3 + \Sigma W_{п} + \Sigma W_{ц} + \Sigma W_{пот} \quad (1)$$

где $\Sigma W_{эл.-эн}$ – суммарная ЭЭ, потребляемая от энергосистемы; ΣW_3 – суммарная ЭЭ, вырабатываемая собственными источниками объекта; $\Sigma W_{п}$ – суммарная ЭЭ, передаваемая сторонним потребителям; $\Sigma W_{ц}$ – суммарная ЭЭ, потребляемая отдельными цехами и производствами; $\Sigma W_{пот}$ – суммарные потери ЭЭ в трансформаторах, линиях электропередачи и элементах системы электроснабжения.

Уравнение (1) справедливо для активной и реактивной электроэнергии. Все слагаемые, входящие в уравнение (1), определяемые показаниями первичных измерительных приборов, должны в автоматизированном режиме вводиться в ЭВМ. Авторами отмечается, что особое место при разработке алгоритма учёта ЭЭ должны занимать вопросы разработки единой системы кодирования, охватывающей все алгоритмы, и их информационная взаимосвязь, структур информационных массивов и выходных форм информации. Для решения задач учёта ЭЭ авторами предложен вариант структурной схемы сбора информации, показанной на рис. 1.

зированном режиме вводиться в ЭВМ. Авторами отмечается, что особое место при разработке алгоритма учёта ЭЭ должны занимать вопросы разработки единой системы кодирования, охватывающей все алгоритмы, и их информационная взаимосвязь, структур информационных массивов и выходных форм информации. Для решения задач учёта ЭЭ авторами предложен вариант структурной схемы сбора информации, показанной на рис. 1.

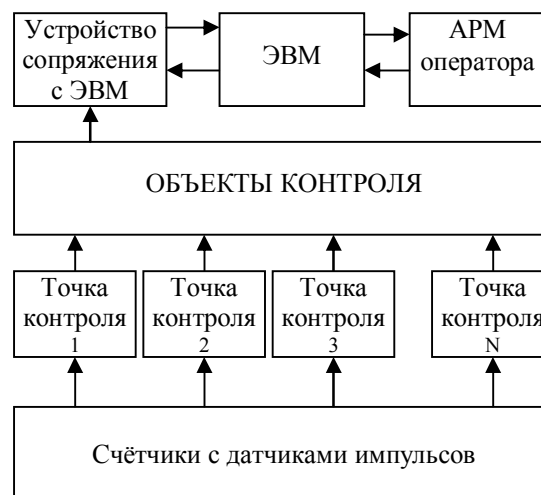


Рис. 1. Структурная схема сбора информации для задач учёта электроэнергии

При решении задач учёта ЭЭ используются интегральные значения ЭЭ, поступающие в ЭВМ от соответствующих контролируемых объектов с помощью устройства сопряжения с ЭВМ. Поэтому в качестве основного технического средства по обработке учётной информации и представления её обслуживающему персоналу (оператору АРМ), предложено использовать управляющий вычислительный комплекс (УВК), состоящий из комплекса алгоритмов и программ, решаемых на ЭВМ (компьютерах) с гибкой архитектурой и развитым программным обеспечением.

В соответствии с установленными требованиями, норматив потерь электроэнергии должен быть дифференцирован по четырем уровням напряжения: ВН (110 кВ и выше), СН1(35 кВ), СН2(20...1кВ), НН(0,38 кВ и ниже). Особую важность при этом приобретает достоверный расчет технических потерь электроэнергии не только в сетях 6(10)кВ и выше, но и в низковольтных сетях 0,38 кВ, что требует серьезных дополнительных усилий на сбор и обработку исходных данных для этого расчета.

Точность определения норматива потерь самым непосредственным образом влияет на точность оценки сверхнормативных технических и коммерческих потерь и соответственно на эффективность мероприятий по их снижению. С целью повышения объективности и обоснованности нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях 0,4...750 кВ было предложено рассмотреть вариант многоуровневого интегрированного

программного комплекса (МИПК), который может быть использован при эксплуатации в энергосистеме. Такой комплекс может состоять из нескольких программных модулей и подсистем, установленных на различных уровнях управления энергосистемы – в районах и предприятиях электросетей (РЭС, ПЭС), региональной кабельной сети (РКС). МИПК позволяет рассчитывать суммарную величину и структуру технических потерь электроэнергии по энергосистеме в целом, проследить динамику потерь по месяцам года, сопоставить потери электроэнергии в различных элементах сети по ступеням напряжения, структурным подразделениям.

Результаты расчетов технических потерь электроэнергии могут быть использованы для расчета нормативов потерь; анализа структуры и причин роста потерь; учета потерь в расчетах допустимых и фактических небалансов электроэнергии в электрических сетях РЭС, ПЭС и энергосистеме в целом, локализации небалансов и принятия мер по их снижению; учета потерь электроэнергии при расчетах тарифов на электроэнергию по ступеням напряжения; оценки величины коммерческих потерь электроэнергии в энергосистеме и ПЭС и определения эффективности мероприятий по снижению потерь.

В замкнутых электрических сетях 110 кВ и выше расчет переменных потерь мощности и электроэнергии ведется ежесуточно с учетом реальных изменений коммутационного состояния сети и ее работы в режимах суточных максимумов нагрузки. Потери электроэнергии за месяц определяются путем суммирования потерь электроэнергии за сутки.

В разомкнутых электрических сетях 110, 35, 6(10) кВ, силовых трансформаторах, синхронных компенсаторах и токоограничивающих реакторах расчеты переменных потерь мощности выполняются для нагрузок зимнего максимума с их пересчетом в годовые переменные потери электроэнергии по времени наибольших потерь.

Годовые переменные потери распределяются по месяцам пропорционально квадратам прироста известного отпуска ЭЭ в сеть. При этом для более точного учета паспортных данных оборудования электрических сетей 35–110 кВ каждая линия, трансформатор и синхронный компенсатор представляются в базе данных своими индивидуальными параметрами, которые ежегодно обновляются. То же относится к условно-постоянным потерям электроэнергии, для расчета которых создана отдельная подробная база данных практически по каждому элементу электрической сети 35...220 кВ.

Также необходимо в энергосистеме создать базу данных по схемным и режимным параметрам и результатам расчетов потерь по всем распределительным линиям 6(10) кВ, кроме измерительных трансформаторов тока, напряжения и счетчиков, для которых задается их количество, а потери определяются по удельным показателям на единицу оборудования.

Предлагаемый МИПК позволяет проводить расчеты переменных потерь мощности (ППМ) и ЭЭ: – в замкнутой электрической сети 110 кВ; в силовых трансформаторах 35 кВ и выше; в тупиковых и отпаечных линиях 110 кВ; в линиях 35 кВ; в распределительных сетях 0,38...6(10) кВ; в токоограничивающих реакторах и синхронных компенсаторах; условно-постоянных потерь электроэнергии: в силовых трансформаторах; на корону в воздушных линиях; в синхронных компенсаторах; в трансформаторах тока, напряжения и счетчиках ЭЭ.

Для решения рассмотренных выше задач авторами был предложен вариант построения алгоритма задачи расчёта балансов электроэнергии (активной и реактивной), входящей в систему учёта ЭЭ. Структурная схема алгоритма задачи сбора информации для учёта и контроля ЭЭ представлена на рис. 2.

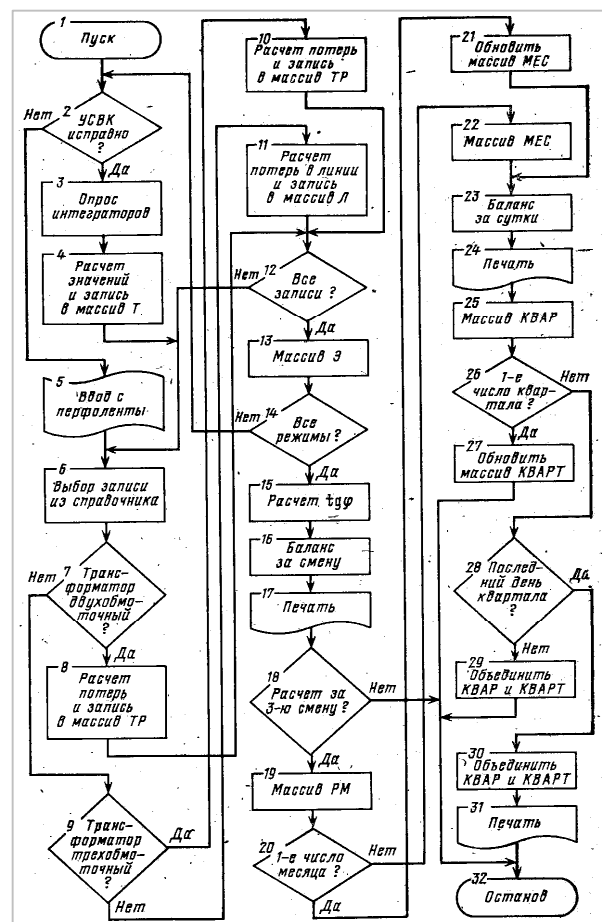


Рис. 2. Структурная схема алгоритма задачи сбора информации для учёта и контроля ЭЭ

Задача учёта ЭЭ осуществляет: расчёт балансов активной и реактивной ЭЭ с установленной дискретностью или в режиме реального времени; выдачу результатов расчёта в виде суммарной информации за смену и за сутки; расчёт коэффициента мощности ($\cos \varphi$ или $\operatorname{tg} \varphi$) по объекту контроля; расчёт потерь ЭЭ в трансформаторах и линиях электропередачи; ведение статистики по учёту ЭЭ в течение квартала с распечаткой и выдачей данных на АРМ.

Входной информацией задачи являются интегральные значения ЭЭ, вводимые в ЭВМ через устройство сопряжения с ЭВМ; справочные таблицы (групповые и индивидуальные базы данных), находящиеся на внешнем запоминающем устройстве (ВЗУ) и лишь по мере необходимости, вызываемые в оперативную память (ОП).

Алгоритм работает так, что все расчёты по каждому режиму выполняются циклически (блоки 2 – 14). Расчёты по каждому режиму включают в себя опрос интеграторов на объектах контроля, расчёт действительных значений ЭЭ (кВт·ч) по каждой точке контроля с микропроцессорных первичных измерительных устройств; расчёт потерь ЭЭ в трансформаторах и линиях электропередачи; формирование очередной записи массива по ЭЭ.

Для ввода информации в ЭВМ используется устройство сопряжения с вычислительным комплексом (УСВК), поэтому осуществляется проверка работоспособности этого устройства (блок 2).

Для отображения и распечатки данных по соответствующим формам и ведения статистики формируются различные массивы (например: Т, ТР, Л, Э, РМ, МЕС, КВАРТ). В массиве Т содержится информация о значениях ЭЭ по каждому точке контроля за смену. В массивах ТР и Л содержатся соответственно значения потерь в трансформаторах и линиях по каждому трансформатору линии за смену. Массив Э содержит значения ЭЭ с учётом потерь в трансформаторах и линиях за смену, а массив РМ – информацию о значении ЭЭ за сутки и формируется

на основе массива Э. Массив МЕС содержит информацию о значении ЭЭ с начала месяца. Массив КВАРТ содержит информацию о значении ЭЭ за сутки в течение квартала.

Выводы

Проведён анализ системы учёта ЭЭ и предложен алгоритм учёта ЭЭ, который связывает информацию о потреблении ЭЭ и потерях ЭЭ на объектах энергопотребления, в установленные временные циклы или в режиме реального времени.

Список литературы

1. Воротицкий В.Э. Программа расчета технических потерь мощности и электроэнергии в распределительных сетях 6(10) кВ / В.Э. Воротицкий, С.В. Заслонов, М.А. Калинина // *Электрические станции*. – 1999. – №8. – С. 38-42.
2. Волошко А.В. Практичні аспекти впровадження автоматизованих систем контролю енерговитрат / А.В. Волошко, О.В. Коцар // *Енергосберігаючі технології та автоматизація*. – 2001. – №4-5. – С. 16-27.
3. Степанов А.С. Расчет технических потерь энергии в распределительных электрических сетях с использованием информации АСКУЭ и АСДУ / А.С. Степанов // *Электричество*. – 2002. – №3. – С. 10-15.
4. Кононов Ю.Т. Интеграция баз данных энерго-сбытовых и распределительных сетевых компаний для мониторинга потерь электроэнергии / Ю.Т. Кононов, В.М. // *Информатика и системы управления*. – 2007. – № 2(14). – С. 195-202.

Поступила в редколлегию 30.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ РО АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

П.Ф. Буданов, Г.В. Гузій

У роботі показано, що система обліку електроенергії повинна включати розрахунок і нормування витрат електроенергії на об'єктах енергоспоживання і здійснюватися з максимальним використанням наявної в енергосистемі інформації, що базується на основі детальних розрахунків технічних витрат з розбиттям по устаткуванню, ступеням напруги і підприємствам електромереж. Запропонована інтегрована багаторівнева система розрахунків, яка забезпечує доступність, прозорість і перевіряємість початкових даних і результатів розрахунків нормативів витрат для об'єктів енергоспоживання. Основним напрямом розвитку програмного забезпечення за розрахунками технічних витрат електроенергії є розробка алгоритмів завдань обліку електроенергії і створення на їх основі автоматизованої системи розрахунку і аналізу витрат і балансів електроенергії по електричним мережам в цілому, виділених ділянках, ступеням напруги, структурним підрозділам, окремим вузлам.

Ключові слова: електроенергія, контроль і облік електроенергії, втрати електроенергії, активна і реактивна електроенергія, об'єкт і точка контролю електроенергії.

DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR DECISION OF TASK ON AUTOMATION OF ACCOUNT OF ELECTRIC POWER

P.F. Budanov, G.V. Guziy

It is shown in work, that the system of account of electric power must include a calculation and setting of norms of losses of electric power on the objects of energy consumption and carried out with the maximal use of present in a grid information, being based on the basis of the detailed calculations of technical losses with laying out on an equipment, stages of tension and enterprises of the electric systems. The integrated multilevel system of calculations, which provides availability, transparency and verifiability of basic data and results of calculations of norms of losses for the objects of energy consumption, is offered. Basic direction of development of software upon settlements of technical losses of electric power is development of algorithms of problems of account of electric power and creation on their basis of the automated system of calculation and analysis of losses and balances of electric power on electric networks on the whole, to the selected areas, stages of tension, structural subdivisions, separate knots.

Keywords: electric power, control and account of electric power, losses of electric power, active and reactive electric power, object and point of control of electric power.