

Г.И. Канюк, А.М. Чернюк, Т.Н. Пугачева, В.Ф. Безъязычный

## ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ “СПОСОБЫ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЕЕ ХИЩЕНИЯ”

*В статье представлены основные теоретические положения о процессе построения систем учета потребленной электроэнергии. Рассмотрены вопросы формирования практических навыков подключения приборов учета потребленной электроэнергии в потребительской сети, практических навыков учета потребленной энергии счетчиками различной конструкции и принципа действия в потребительских сетях различной проводимости, умений анализа штатных и нештатных режимов работы приборов учета и контроля потребленной электроэнергии, умений обнаружения возможных схем хищения электроэнергии в потребительских сетях. Разработана методика проведения лабораторной работы, направленной на формирование практических умений, выявления причин ненормальной работы систем учета потребленной электроэнергии. Созданный лабораторный стенд имеет промышленное качество изготовления.*

**Ключевые слова:** *учет, потребленная электроэнергия, схема, лабораторная работа, формирование умений.*

**Введение.** В настоящее время вопросы энергоэффективности во всех отраслях народного хозяйства Украины стоят как никогда остро. Это связано во многом со значительным энергодефицитом в промышленности и коммунальном хозяйстве и недопустимо высоким уровнем энергоемкости производства в данных сферах. Частью общей энергетической системы нашей страны являются электрические сети и системы. Транспортировка электроэнергии в готовом виде от производителя к потребителю имеет наименьший уровень потерь энергии (по сравнению с транспортировкой тепловой энергии или непосредственной доставкой энергоносителей). Уровень технических потерь электрических сетей при нормальной их эксплуатации не превышает 5%, но значительную часть потерь составляют так называемые “коммерческие” потери электроэнергии, причиной которых является недоучет энергии, отпущенной потребителям. Этот недоучет может быть обусловлен неточностью измерительных и регистрирующих приборов, несвоевременной оплатой за поставленную электроэнергию и, несомненно, прямыми хищениями электроэнергии (потреблением в обход приборов учета и контроля). Уровень коммерческих потерь энергии в худших случаях может достигать 25-30%, что делает полностью нерентабельной работу сетевых организаций и предприятий распределительных сетей.

Снижение уровня коммерческих потерь электроэнергии является актуальной научно-технической задачей, решение которой в значительной степени позволит оптимизировать режим энергопотребления в электрических сетях и повысить эффективность их работы.

Для решения данной задачи необходима совместная работа персонала и руководства как компаний поставщиков электроэнергии, так и субъектов потребления. Это говорит о необходимости формирования у данных работников практических навыков по эксплуатации приборов учета и контроля потребленной электроэнергии. Данные умения могут быть сформированы в рамках лабораторно-практического цикла дисциплины “Основы энерго- и ресурсосбережения”. В настоящее время коллективом Украинской инженерно-педагогической академии по заказу Министерства образования и науки Украины разработан базовый курс данной дисциплины, включая создание специализированной межотраслевой лаборатории [1, 2].

© Г.И. Канюк, А.М. Чернюк, Т.Н. Пугачева, В.Ф. Безъязычный, 2015

## ОСВІТНЬО-ПЕДАГОГІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ: МЕТОДИКИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИКЛАДАННЯ

**Анализ последних достижений и публикаций.** Хищения электроэнергии имеют достаточно четкую тенденцию к росту, особенно в регионах с неблагополучным теплоснабжением потребителей в холодные периоды года, а также в осенне-весенние периоды, когда температура воздуха уже сильно снизилась, а отопление еще не включено или уже выключено.

Существуют три основные группы способов хищения электроэнергии: механические, электрические, магнитные.

### *Механические способы хищения электроэнергии*

Механическое вмешательство в работу счетчика может приобретать разные формы:

- сверление отверстий в днище корпуса, крышке или стекле счетчика;
- вставка (в отверстие) разных предметов типа пленки шириной 35 мм, иглы или иного для того, чтобы остановить вращение диска или сбросить показания счетчика;
- перемещение счетчика из нормального вертикального положения в наклонное, чтобы снизить скорость вращения диска;
- самовольное вскрытие пломб, нарушения в центрировании осей механизмов для предотвращения полной регистрации электроэнергии;
- раскатывание стекла при вставке пленки, которая остановит дисковое вращение.

Конечно, механическое вмешательство оставляет след на счетчике, но его трудно обнаружить, если счетчик не будет полностью очищен от пыли и грязи и осмотрен опытным специалистом.

К механическому способу хищения электроэнергии можно отнести достаточно широко распространенные преднамеренные повреждения счетчиков бытовыми потребителями или хищение счетчиков, установленных на лестничных клетках жилых домов. Как показал анализ, динамика преднамеренных разрушений и хищений счетчиков совпадает с наступлением холодов при недостаточном отоплении квартир.

### *Электрические способы хищения электроэнергии*

Самым распространенным электрическим способом хищения электроэнергии является так называемое “набрасывание” на неизолированные провода воздушной линии. Достаточно широко используются такие способы:

- инвертирование фазы тока нагрузки;
- применение разного типа “отмотчиков” для частичной или полной компенсации тока нагрузки с изменением его фазы;
- шунтирование токового круга счетчика – установление так называемых “закороток”;
- заземление нулевого провода нагрузки;
- нарушение чередования фазного и нулевого проводов в сети с заземленной нейтралью.

Если счетчики включены через измерительные трансформаторы, могут применяться также:

- отпирание токовых цепей трансформаторов тока;
- замена нормальных предохранителей трансформаторов напряжения на перегоревшие и тому подобное.

### *Магнитные способы хищения электроэнергии*

Применение магнитов из внешней стороны счетчика может повлиять на его рабочие характеристики. В частности, можно при использовании индукционных счетчиков старых типов при помощи магнита замедлить вращение диска. В настоящее время производители пытаются защитить счетчики от влияния магнитных полей. Поэтому этот способ хищения электроэнергии становится все более ограниченным.

*Другие способы хищения электроэнергии*

Существует ряд других способов хищения электроэнергии, например, хищения за счет частого изменения владельцев той или другой фирмы с перманентным переобразованием договоров на снабжение электроэнергией. В этом случае энергосбыт не в состоянии уследить за изменением владельцев и получить от них плату за электроэнергию.

*Коммерческие потери электроэнергии, обусловленные наличием бесхозяйственных потребителей*

Кризисные явления в стране, появление новых акционерных обществ привели к тому, что в большинстве энергосистем в последние годы появились и уже достаточно значительное время существуют жилые дома, общежития, целые поселки, которые не стоят на балансе каких-либо организаций. Электро- и теплоэнергию, что поставляются в эти дома, жители никому не оплачивают. Попытки энергосистем отключить неплательщиков не дают результатов, потому что жители опять самовольно подключаются к сетям. Электроустановки этих домов никем не обслуживаются, их техническое состояние угрожает авариями и не обеспечивает безопасность жильцов.

*Коммерческие потери, обусловленные неодновременностью оплаты за электроэнергию бытовыми потребителями – так называемая “сезонная составляющая”*

Эта достаточно существенная составляющая коммерческих потерь электроэнергии имеет место в связи с тем, что бытовые потребители объективно не в состоянии одновременно снять показания счетчиков и оплатить электроэнергию. Как правило, платежи отстают от реального энергопотребления, что, безусловно, вносит погрешность в определение фактического полезного отпуска бытовым потребителям и в расчет фактического небаланса электроэнергии, потому что отставание может составлять от одного до трех месяцев и больше. Обычно, в осенне-зимние и зимне-весенние периоды года имеют место недоучеты электроэнергии, а в весенне-летние и летне-осенние периоды эти недоучеты в известной мере компенсируются. Осенне-зимние и зимне-весенние сезонные недоучеты за электроэнергию намного превышают в большинстве случаев суммарную оплату в другие периоды года. Поэтому изменение коммерческих потерь имеет место по месяцам, по кварталам и за год в целом.

Поскольку коммерческие потери электроэнергии нельзя измерять, их можно с той или другой погрешностью вычислить. Значение этой погрешности зависит не только от погрешностей измерений объема хищений электроэнергии, наличия “бесхозяйственных потребителей”, других рассмотренных выше факторов, но и от погрешности расчета технических потерь электроэнергии. Чем точнее будут расчеты технических потерь электроэнергии, тем точнее будут оценки коммерческой составляющей, тем более объективно можно определить их структуру и наметить мероприятия по их снижению.

**Постановка задачи.** Задачи лабораторного моделирования процессов учета электроэнергии заключаются в формировании:

- практических навыков подключения приборов учета потребленной электроэнергии в потребительской сети;
- практических навыков учета потребленной энергии счетчиками различной конструкции и принципа действия в потребительских сетях различной проводности;
- умений анализа штатных и внештатных режимов работы приборов учета и контроля потребленной электроэнергии;
- умений обнаружения возможных схем хищения электроэнергии в потребительских сетях.

Исходя из поставленных задач, ЦГТС “Учтехника” было поставлено задание разработать методику проведения лабораторной работы и способ ее технической реализации, принципиальный и рабочий проекты комплексного лабораторного стенда.

**Изложение основного материала.** Возможные схемы включения счетчиков активной энергии для измерения как активной, так и реактивной энергии приведены на рис. 1.

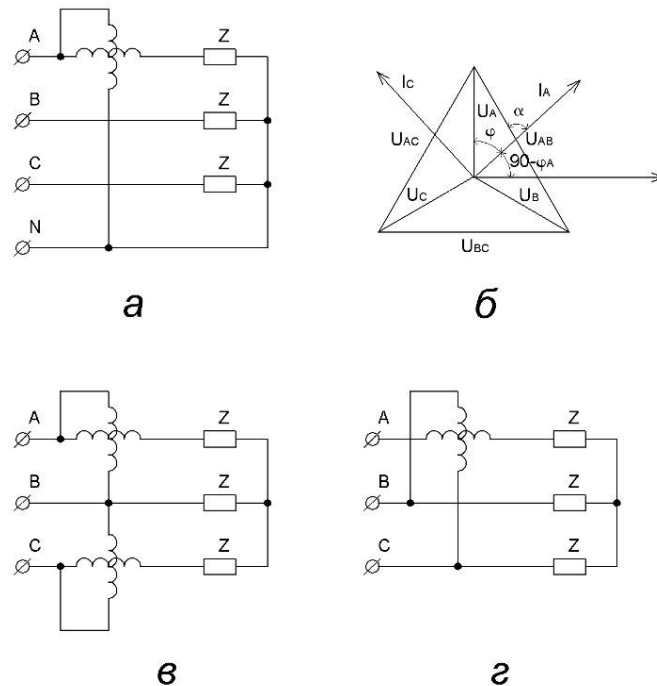


Рис. 1. Схемы включения счетчиков электроэнергии:

а) включение однофазного счетчика активной энергии в четырехпроводниковую сеть, б) векторная диаграмма тока и напряжения, в) включение двух однофазных счетчиков активной энергии в четырехпроводниковую сеть, г) включение однофазного счетчика активной энергии для измерения реактивной энергии в трехпроводниковую сеть

Возможность измерения реактивной энергии цепи трехфазного тока счетчиком активной энергии вытекает из следующих соображений (рис.2).

Энергия регистрируется однофазным счетчиком активной энергии за время  $t$ , определяется током  $I$  его последовательной катушки, напряжением  $U$ , прилагаемым к его параллельной цепи и косинусом угла сдвига между током  $I$  и напряжением  $U$ :

$$W_a = P \cdot t = I \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot t.$$

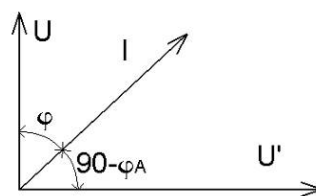


Рис. 2. Векторная диаграмма тока и напряжения на счетчике активной энергии, который включен для измерения реактивной энергии

Если такой счетчик включить так, чтобы между током  $I$  его последовательно исполнительной катушки и напряжением  $U'$  на его параллельной цепи был угол сдвига  $90^\circ - \varphi$ , то счетчик будет измерять реактивную энергию:

$$W_p = Q \cdot t = I \cdot U' \cdot \cos(90 - \varphi) \cdot t = I \cdot U' \cdot \sin \varphi \cdot t.$$

В четырех ведущих сетях трехфазного тока измерения энергии может осуществляться тремя однофазными счетчиками, показания которых складываются. При симметричной нагрузке достаточно измерять энергию в одной фазе и показание счетчика умножить на соответствующий множитель (рис. 1).

При измерении активной энергии в четырехпроводниковой сети однофазным счетчиком:

$$W_{\text{фа}} = W_{\text{сч}} = I_a \cdot U_a \cdot \cos \varphi_a \cdot t = P_{\text{ф}} \cdot t,$$

$$W_a = 3 \cdot P_{\text{ф}} \cdot t = 3 \cdot W_{\text{сч}}.$$

Измерение активной энергии в трехпроводниковой сети, как правило, осуществляется с помощью двух счетчиков:

$$W_a = W_{\text{сч1}} + W_{\text{сч2}} = I_A \cdot U_{\text{AB}} \cdot \cos \alpha \cdot t + I_C \cdot U_{\text{CB}} \cdot \cos \beta \cdot t.$$

При симметричной нагрузке:

$$W_a = I_A \cdot U_{\text{AB}} \cdot \cos(\varphi + 30) \cdot t + I_C \cdot U_{\text{CB}} \cdot \cos(\varphi - 30) \cdot t.$$

Если при измерении активной энергии использовать только один счетчик, считая  $U_{\text{AB}} = U_{\text{CB}}$ ,  $I_A = I_C$ , его показатели удваиваются:

$$W_a = 2 \cdot W_{\text{сч}} = I_{\text{л}} \cdot U_{\text{л}} \cdot t \cdot [\cos(\varphi + 30) + \cos(\varphi - 30)] = 3 \cdot I_{\text{л}} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi \cdot t.$$

При измерении реактивной энергии в трехпроводниковой цепи счетчиком активной энергии:

$$W_{\text{сч}} = I_A \cdot U_{\text{BC}} \cdot \cos(90 - \varphi) \cdot t = 3 \cdot I_{\text{ф}} \cdot U_{\text{ф}} \cdot \sin \varphi \cdot t = 3 \cdot Q_{\text{ф}} \cdot t = 3 \cdot W_{\text{фр}}.$$

Здесь  $W_{\text{сч}}$  - показание счетчика;  $W_a, W_p$  - активная и реактивная энергия в трехфазной цепи;  $W_{\text{фа}}$  и  $W_{\text{фр}}$  - активная и реактивная энергия в одной фазе.

При включении счетчиков через измерительные трансформаторы должны быть учтены коэффициенты измерительных трансформаторов трансформаций.

Нагрузка на стенде маломощна, поэтому потраченную энергию по показателям счетчиков определять трудно - это занимает много времени.

Целесообразно определять энергию за постоянной счетчика и его оборотов за время измерения энергии.

Постоянная счетчика ССЧ численно равняется энергии, потраченной за время одного оборота диска:

$$C_{\text{сч}} = 3600 \cdot 1000 / n, \text{ Вт} \cdot \text{с} / \text{об}.$$

Например, на щитке написано “1кВт/час=2500 оборотов”, тогда постоянная  $C_{\text{сч}}$  будет равняться:

$$C_{\text{сч}} = 3600 \text{ сек} \cdot 1000 \text{ Вт} / 2500 \text{ об} = 1440 \text{ Вт} \cdot \text{с} / \text{об}.$$

В лабораторной работе технически реализовано стендовое исполнение вышеуказанных принципов измерения потребленной электроэнергии. Комплексный лабораторный стенд выполнен по модульной технологии (рис. 3) с общей монтажной рамой и характерными модулями мгновенного навесного монтажа, что позволяет в зависимости от той или иной схемы учета электроэнергии составлять соответствующие модельные схемы (рис.4).

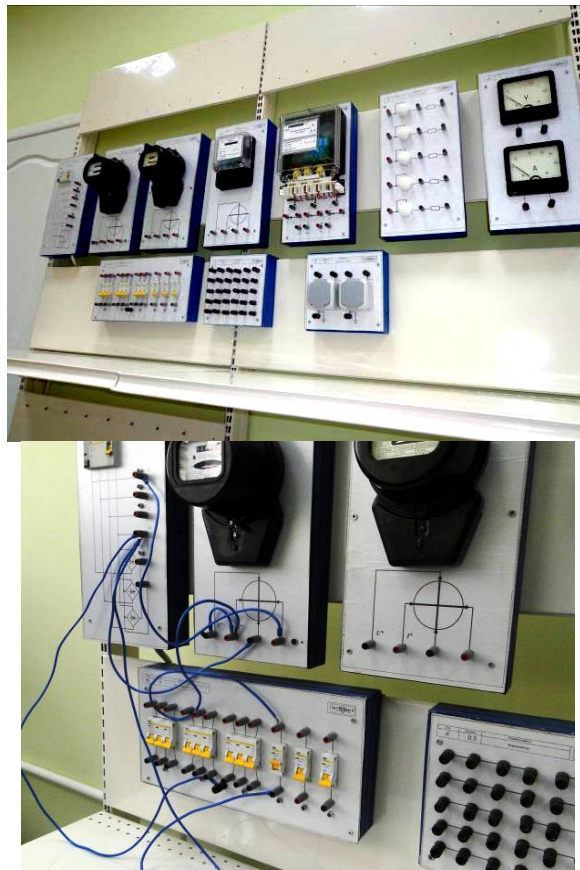


Рис. 3 Внешний вид лабораторного стенда

Модельные схемы могут отражать как штатные режимы работы системы учета электроэнергии, так и возможные схемы ненормального включения, приводящие к случайным (а чаще всего преднамеренным) ошибкам учета.

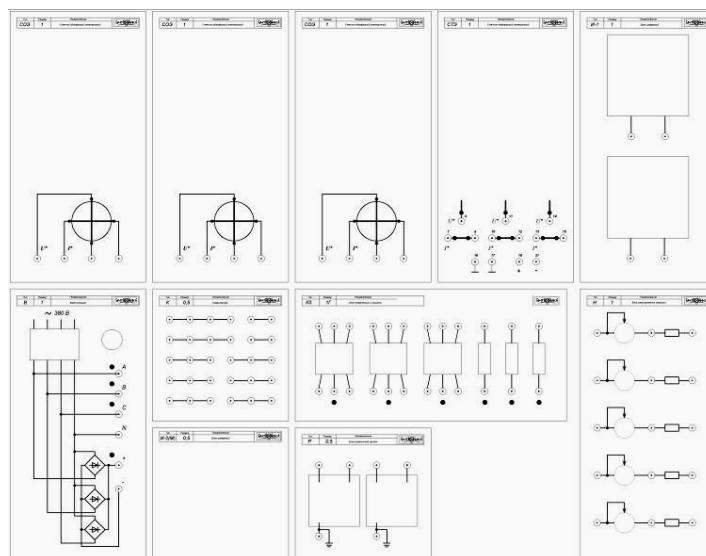


Рис. 4. Вариант модельной схемы стенда

## ОСВІТНЬО-ПЕДАГОГІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ: МЕТОДИКИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИКЛАДАННЯ

Экономическая эффективность борьбы с хищениями электроэнергии определяется объемом выявленных хищений и стоимостью похищенной у сетевых энергоснабжающих организаций энергии. Эти показатели определяются студентами в ходе проведения лабораторных работ путем прямых измерений и пересчета за суточный, месячный и годовой периоды.

При лабораторном моделировании процессов учета электроэнергии используются счетчики различной конструкции и принципов действия.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Основываясь на физических принципах работы средств и систем учета потребленной электроэнергии были смоделированы возможные схемы включения счетчиков различной конструкции в многопроводные потребительские сети. В натурных испытаниях определены значения возможных преднамеренно созданных погрешностей учета электроэнергии, что позволило в дальнейшем оценить соответствующий экономический ущерб.

Работа проводилась с активным привлечением студентов энергетического факультета УИПА, что значительно улучшило их уровень теоретической и практической подготовки по данной тематике.

Созданный лабораторный стенд имеет промышленное качество изготовления, что позволяет предложить его на рынок учебной техники Украины.

**Список литературы:** 1. Канюк Г.І., Коваленко О.Е., Лазарев М.І., Без'язичний В.Ф., Пугачова Т.М. Проект створення системи підготовки та підвищення кваліфікації викладачів курсів "Основи енерго- та ресурсозбереження на виробництві, у комунальному господарстві, у сфері послуг та побуту" / Г.І. Канюк, О.Е. Коваленко, М.І. Лазарев, В.Ф. Без'язичний, Т.М. Пугачова // Проблеми інженерно-педагогічної освіти. - Харків. - 2013.- №38-39.- С. 13-23. 2. Канюк Г.І. Концепція створення лабораторної бази навчального курсу "Основи енерго- і ресурсозберігання" / Г.І.Канюк та ін.// Зб. наук. праць Бердянського держ. пед. ун-ту. Педагогічні науки. - №4. - С.59-65. 3. Канюк Г.І., Пугачева Т.Н., Без'язичний В.Ф., Омельченко Л.Н. Проблема структурирования содержания обучения энергосбережению будущих инженеров-педагогов / Г.І. Канюк, Т.Н. Пугачева, В.Ф. Без'язичний, Л.Н. Омельченко // Проблеми інженерно-педагогічної освіти. - Харків. - 2014. - №42-43. - С. 130-139.

**Bibliography (transliterated):** 1. Kanjuk G.I., Kovalenko O.E., Lazarev M.I., Bez'jazichnij V.F., Pugachova T.M. Proekt stvorennja sistemi pidgotovki ta pidvishhennja kvalifikacii vikladachiv kursiv "Osnovi energo- ta resursozberezhennja na virobnictvi, u komunal'nomu gospodarstvi, u sferi poslug ta pobutu" / G.I. Kanjuk, O.E. Kovalenko, M.I. Lazarev, V.F. Bez'jazichnij, T.M. Pugachova // Problemi inzhenerno-pedagogichnoї osviti. - Harkiv. - 2013.- №38-39.- S. 13-23. 2. Kanjuk G.I. Koncepcija stvorennja laboratornoї bazi navchal'nogo kursu "Osnovi energo- i resursozberigannja" / G.I.Kanjuk ta in.// Zb. nauk. prac' Berdjans'kogo derzh. ped. un-tu. Pedagogichni nauki. - №4. - S.59-65. 3. Kanjuk G.I., Pugacheva T.N., Bez#jazychnyj V.F., Omel'chenko L.N. Problema strukturirovanija soderzhanija obuchenija jenergosbe-rezheniju budushhih inzhenerov-pedagogov / G.I. Kanjuk, T.N. Pugacheva, V.F. Bez#jazychnyj, L.N. Omel'chenko // Problemi inzhenerno-pedagogichnoї osviti. - Na-rkiv. - 2014. - №42-43. - S. 130-139.

Г.І. Канюк, А.М. Чернюк, Т.М. Пугачова, В.Ф. Без'язичний

### ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ “СПОСОБИ ОБЛІКУ СПОЖИТОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ І ЗАПОБІГАННЯ ЇЇ РОЗКРАДАННЮ”

*У статті наведено основні теоретичні положення про процес побудови систем обліку спожитої електроенергії. Розглянуто питання формування практичних навичок підключення приладів обліку спожитої електроенергії у споживчій мережі, практичних навичок обліку спожитої енергії лічильниками різної конструкції і принципу дії в споживчих мережах різної провідності, умінь аналізу штатних і позаштатних режимів роботи приладів обліку та контролю спожитої електроенергії, умінь виявлення можливих схем розкрадання електроенергії в споживчих мережах. Розроблено методику проведення лабораторної роботи, спрямованої на формування практичних умінь, виявлення причин ненормальної роботи систем обліку спожитої електроенергії. Створений лабораторний стенд має промислову якість виготовлення.*

**Ключові слова:** облік, спожита електроенергія, схема, лабораторна робота, формування вмінь.

UDC 378:62:621.311

G. Kaniuk, A. Cherniuk, T. Puhachova, V. Beziazychnyi

### LABORATORY EXPERIMENTS “METHOD OF CONSUMED ELECTRICITY ACCOUNT AND ITS PREVENTION OF THEFT”

*At present, the issues of energy efficiency in all sectors of the economy of Ukraine are more than ever. This is due largely to a significant energy shortage in the industry and utilities. Level of technical losses of electrical networks in normal exploitation does not exceed 5%, but a significant portion of the losses are so-called "commercial" loss of power caused by the underestimation of energy supplied to consumers.*

*The main theoretical propositions about the process of building accounting systems of electricity consumed are presented in the article. Issues of formation of practical skills to connect metering of electricity consumed in the require-neurial network; formation of practical skills accounting consumed energy counters of different design and operation of a variety of wired networks consumer; formation of skills analysis staff and freelance modes of metering and control of consumed electricity; Formation of abilities detect possible schemes of theft of electricity in consumer networks considered in the article. The methodology of the laboratory work aimed at developing practical skills to identify the causes of abnormal operation of accounting systems designed consumed electricity.*

*Possible strategies to incorporate counters in various designs multiple consumer network were modeled based on physical principles of operation of funds and accounting systems of electricity consumed. Values can be intentionally created errors electricity metering, which will continue to evaluate the relevant economic loss determined in field trials. Created laboratory bench has industrial workmanship.*

**Keywords:** accounting, energy consumption, scheme, laboratory work, the formation of skills.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 25.11.2014*