

**Сиддиқов Илхом Хакимович**

*доктор технических наук, профессор*

*Ташкентский университет информационных технологий*

**Siddikov Ilkhom**

*Doctor of Technologies, Professor*

*Tashkent University of Information Technologies*

**Абубакиров Азизжан Базарбаевич,**

**Юлдашев Азимжон Айтбаевич,**

**Бабахова Гулзива Зиятбаевна**

*асистенты*

*Каракалпакский государственный университет*

**Abubakirov Azizjan,**

**Yuldashev Azimjon,**

**Babahova Gulziva**

*Assistants*

*Karakalpak State University*

**Сарсенбаев Даулетбай Бактыбаевич**

*студент*

*Каракалпакского государственного университета*

**Sarsenbaev Dauletbay**

*Student of the*

*Karakalpak State University*

## ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

## PRINCIPLES OF CALCULATION OF TECHNO-ECONOMIC INDICATORS OF REACTIVE POWER COMPENSATION DEVICES

**Аннотация.** В настоящее время источники реактивной мощности широко используются в телекоммуникационных объектах с обмотками (электродвигателями, трансформаторами и т.д.) в конструкции. Чтобы управлять этими источниками, необходимо ввести новые технические средства и элементы, включая микропроцессорные блоки. Комбинированное управление источниками реактивной мощности и регулированием напряжения с помощью микропроцессорного блока электрических приемников телекоммуникационных объектов оказывается технически и экономичным не только для источников реактивной мощности, но и для снижения трансформаторов системы электропитания.

**Ключевые слова:** Комбинированное управление, электрических приемников, телекоммуникации, электродвигатели, источники реактивной мощности, микропроцессорные блоки управления.

**Summary.** Currently, reactive power sources are widely used in telecommunication facilities with windings (electric motors, transformers, etc.) in the design. To manage these sources, it is necessary to introduce new technical means and elements, including microprocessor blocks. Combined control of reactive power sources and voltage regulation by means of a microprocessor block of electrical receivers of telecommunication objects turns out to be technically and economical not only for reactive power sources, but also for reducing transformers of the power supply system.

**Key words:** to manage these sources, necessary to introduce new technical means and elements, including microprocessor blocks.

Одним из основных вопросов, связанных с повышением качества электроэнергии в сетях, решаемых как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем промышленного электроснабжения, является вопрос о компенсации реактивной мощности, включающий выбор целесообразных источников, расчет и регулирование их мощности, размещение источников в системе электроснабжения. Приемники и преобразователи электроэнергии, имеющие в конструкции обмотки (силовые преобразователи, трансформаторы, электродвигатели и др.), потребляют не только активную мощность, но и реактивную. При передаче электроэнергии по электрическим сетям системы электроснабжения (СЭС) источников реактивной мощности (ИРМ), в них возникают потери активной мощности, за которые расплачивается потребитель. Альтернативой дополнительной плате за электроэнергию является установка в электрической сети ИРМ [1–2].

На большинстве объектах с электрооборудованиями высокого напряжения компенсация реактивных нагрузок осуществляется за счет перевозбуждения имеющихся синхронных компенсаторов (СК) с высоким напряжением (6–10 кВ) или путем размещения в электрической сети СЭС конденсаторных батарей — ИРМ высокого (ВКБ) и низкого (НКБ) напряжения [3–4].

Как показал проведенный анализ, потери электроэнергии в СК, обусловленные генерацией ими РМ, минимальны при работе электроприемников с небольшим потреблением РМ. Рост выработки РМ сопровождается резким ростом потерь электроэнергии, нагревающих прежде всего узлов СК. Исследования также показали, что использование на низковольтных СК любой мощности, а также высоковольтных КС мощностью ниже 1600 кВт неэкономично [3].

Следует заметить, что даже при избыточной РМ мощных высоковольтных КС и генераторов, позволяющей соблюсти договорные параметры с поставщиком электроэнергии, потребитель не застраховано от неоправданных потерь последней. Замечание характерно особенно для электрических нагрузок, обладающих протяженными электрическими сетями с высоким напряжением и большим числом понижающих силовых трансформаторов (Т) 10(6)/0,4 кВ объектов СЭС.

**Основная часть**

Как показало опыт эксплуатации электрических сетей и электроприемников объектов СЭС, косинусные конденсаторные установки для них являются более распространенными ИРМ. Мощность источника реактивной электроэнергии пропорциональна квадрату напряжения, частоте и его емкости [2, 4]:

$$Q_k = U^2 \cdot \omega \cdot C, \tag{1}$$

где:  $Q_k$  — реактивная мощность конденсаторной установки;

$U$  — напряжение электрической сети ТК;

$\omega$  — угловая частота;

$C$  — емкость конденсаторной установки.

Применение встраиваемых микроЭВМ в блоке микропроцессорного комбинированного автоматического управления источниками реактивной мощности дает возможность снизить ущерб от повреждения электротехнического и электроэнергетического оборудования и повысить качество вырабатываемой электроэнергии.

Для примера представленной на рис. 1 определим дополнительные потери активной мощности  $\Delta P$  в трансформаторе (Т) и кабельных линиях (КЛ) СЭС длиной 400 м сечением 50 мм<sup>2</sup>.

Допустим, до установки НКБ на объекте СЭС имеется электрическая нагрузка:  $P = 700$  кВт,  $Q_1 = 500$  кВАр,  $S_1 = 860$  кВА, коэффициент загрузки  $K_{31} = 0,86$ , время максимальных потерь электроэнергии:  $\tau = 5000$  ч.

После установки НКБ нагрузка объекта СЭС будет иметь следующие значения:  $Q_2 = 100$  кВАр,  $S_2 = 707$  кВА,  $K_{32} = 0,707$ .

Ток протекающий по электрическим сетям объекта СЭС определяются следующим образом:

$$I_1 = \frac{S_1}{U\sqrt{3}} = \frac{860}{(10,5 \cdot 1,73)} = 47 \text{ А}; \tag{2}$$

$$I_2 = \frac{S_2}{U\sqrt{3}} = \frac{707}{(10,5 \cdot 1,73)} = 39 \text{ А}. \tag{3}$$

Дополнительные потери мощности в кабеле ВН:

$$\Delta P_K = 3R_K (I_1^2 - I_2^2) = 3 \cdot 0,248(47^2 - 39^2) = 0,52 \text{ кВт}. \tag{4}$$

Дополнительные потери мощности в Т  $\Delta P_T$  объекта СЭС зависят от его нагрузочных ( $\Delta P_{K3}$ ) потерь:

$$\Delta P_T = \Delta P_{K3} (K_{31}^2 - K_{32}^2) = 10,6(0,86^2 - 0,707^2) = 2,54 \text{ кВт}. \tag{5}$$

Суммарные потери мощности:

$$\Delta P = \Delta P_K + \Delta P_T = 0,52 \text{ кВт} + 2,54 \text{ кВт} = 3,06 \text{ кВт}. \tag{6}$$

Экономия электроэнергии по объектам СЭС за год составит:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta P \cdot \tau = 3,06 \cdot 5000 = 15300 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \tag{7}$$

Увеличение пропускной способности Т и кабельных линиях объектов СЭС можно учесть соответствующими долями их стоимости.

Для силового трансформатора ТС:

$$\Delta K_T = K_T (S_1 - S_2) / S_1 = 500000 \cdot (860 - 707) / 860 = 88953 \text{ сум}. \tag{8}$$

Для кабелей с длительно допустимым током  $I_D = 130$  А:

$$\Delta K_K = K_K (I_1 - I_2) / I_1 = 62000 \cdot (47 - 39) / 130 = 3815 \text{ сум}. \tag{9}$$

Срок окупаемости НКБ:

$$T_{OK} = (K_{KV} - \Delta K_T) / (C_{cp} \cdot \Delta \Theta) = (160000 - 88953 - 3815) / (0,77 \cdot 15300) = 5,7 \text{ года.} \quad (10)$$

Показатель эффективности данного мероприятия определяется следующим образом:

$$P_{эфф} = \left( \frac{T_{OK\text{норм}} - T_{OK}}{T_{OK\text{норм}}} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{8 - 5,7}{8} \right) \cdot 100\% = 28,75\% \quad (11)$$

Схема соединения микропроцессорного блока комбинированного управления (МПБУ) ИРМ реализована на основе микроЭВМ и представлена на рис. 2 [4–5].

Разработанный алгоритм и методика расчета технико-экономических показателей применения МПБУ в схемах применения ИРМ дает пессимистичный срок окупаемости использования ИРМ в объектах СЭС.

Разработанный алгоритм и методика расчета технико-экономических показателей применения

МПБУ в схемах применения ИРМ дает пессимистичный срок окупаемости использования ИРМ в объектах СЭС.

Полученное значение срока окупаемости, за счет улучшения качества электроэнергии — обеспечения номинального напряжения в узлах электропотребления объектов СЭС (т.е. увеличение срока службы электрооборудования, сокращение потерь мощности в электрических сетях и др.), реально оказывается меньшим чем в его нормативного значения ( $T_{ок\text{норм}} = 8 \text{ лет}$ ) [5].

**Заключение**

1. Удельная стоимость ВКБ оказывается вдвое меньшей, чем НКБ. Однако постоянная составляющая затрат для ВКБ оказывается выше за счет большей стоимости подключения их к электрическим сетям объектов СЭС.
2. Параметры регулируемой НКБ — количество и мощность ступеней регулирования, мощность нерегулируемой части — определяются суточным графиком потребления РМ электроприемниками.
3. Комбинированное управление источников реактивной мощности и регулирование напряжения

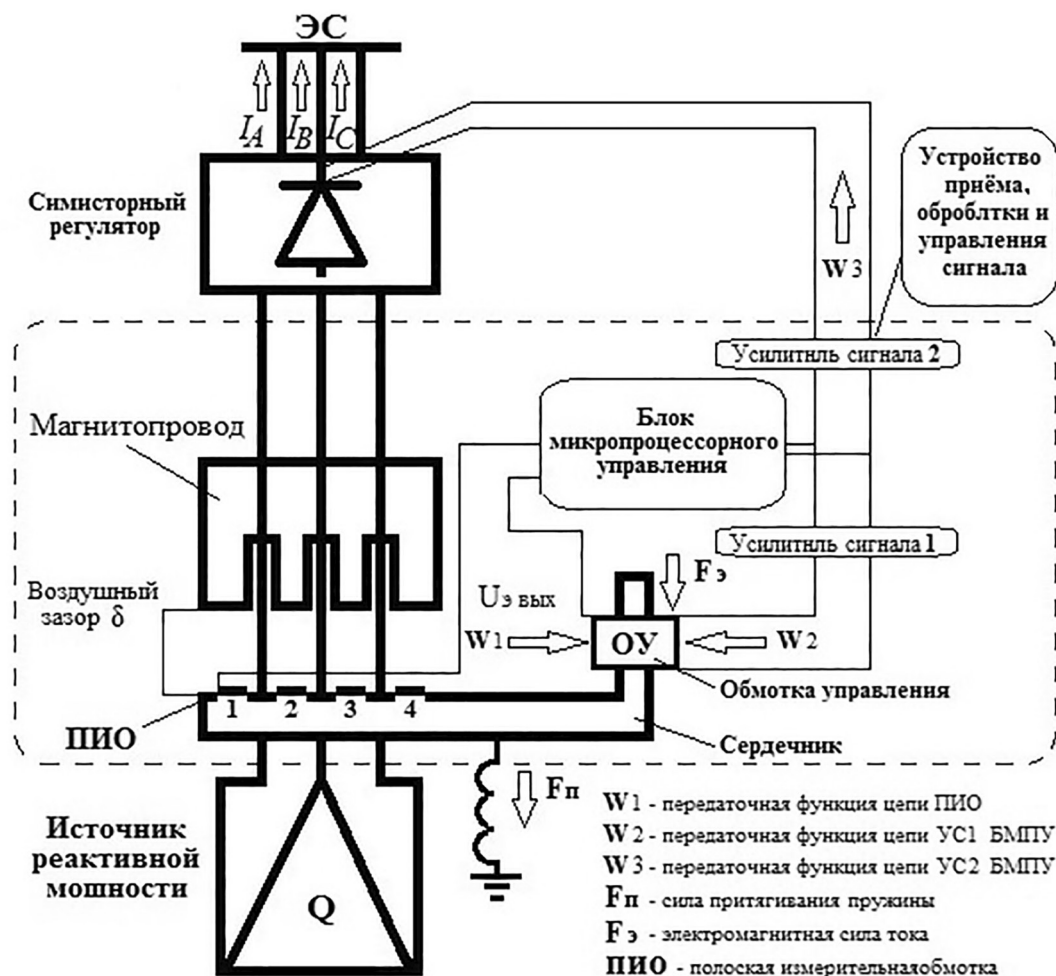


Рис. 1. Схема соединения микропроцессорного блока комбинированного управления источниками реактивной мощности

с помощью ИРМ оказывается эффективным только для НКБ, включаемых за большим индуктивным сопротивлением понижающих трансформаторов объектов СЭС.

4. Для изменения напряжения на один процент от номинального значения необходимо за трансформатором 1000 кВА изменить РМ на 180 кВАр, за трансформатором 1600 кВА – 240 кВАр, за кабельной линией 0,38 кВ длиной 100 м – 240 кВАр, за кабельной линией 10 кВ длиной 1000 м – 12500 кВАр.

На основе выполненного расчета и проведенные исследования можно сделать вывод о том, что, предложенная методика выбора и применения источников

реактивной мощности и микропроцессорное комбинированное управления ими позволяет на 28,7% уменьшить срок окупаемости внедренной технологии и элементов управления потреблением реактивной мощности и повышается эффективность энергосберегающих мероприятий, осуществляемых в объектах СЭС.

В связи с этим можно заключить, что широкое применение источников реактивной мощности и микропроцессорного комбинированного управления ими на объектах СЭС предприятий является решением актуальной задачи электроснабжения и перспективной тенденцией развития энерго и ресурсосберегающих технологии.

#### Литература

1. Аллаев К. Р. Энергетика мира и Узбекистана. — Ташкент: Молия. — 2007. — 388 с.
2. Аллаев К. Р., Сиддиқов И. Х., Холиддинов И. Х., Абдуманнонов А. А., Хасанов М. Ю. Алгоритм расчета сверхнормативного технологического расхода электроэнергии / Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельства № 20140089, 17.12.2014 г.
3. Бороденко В. А. Ресурсосбережение как главный принцип создания устройств автоматики энергосистем / Вестник НИИ РК. М., — 2006. — № 2. — 12 с.
4. Положение о порядке организации работ по компенсации реактивной мощности / Тешабаев Б. М., Юсупалиев М. М, Салиев А. Г., Сиддиқов И. Х., Умаров Ф. У. // Утв. N1864 от 10.10.2008. Минюст. РУз. Ташкент, ГИ Уздаэ-нергоназорат. — 2008. — 24 с.
5. Krontiris E., Hanitch R., Paralika M., Rampias I., Stathais E., Nabe A., Kadirov T. M., Siddikov I. Kh., Energy Management raining in Uzbekistan / ThefinalreportoftheProjectECTJEP-10328-97. TU — Berlin (Germany), TEI -Athens (Athens, Greece), TashGTU (Tashkent, Uzbekistan), 1997-2001. — 234 p.