

числа связей этих осцилляторов в каждом из кластеров, могут синхронизироваться с одним из кластеров, либо занимать промежуточные состояния.

### Литература

1. Хаяси Т. Нелинейные колебания в физических системах: пер. с англ. – М., 1968. – 385 с.
2. Пикоевский А.А. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. – М., 2003. – 496 с.
3. Ланда П.С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. – М., 1980. – 356 с.
4. Экспериментальные исследования пьезотрансформаторного нейроподобного измерительного устройства / А.В. Балыков [и др.] // Ползуновский альманах. – 2008. – №2. – С. 81–84.
5. Романовский Ю.М. Процессы самоорганизации в физике, химии и биологии. – М., 1981. – 48 с.



УДК 621.319.4.621.316.761.2

Ю.П. Попов, Л.С. Синенко

### ПРОБЛЕМЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОЙ НАГРУЗКОЙ

*В статье рассмотрены причины увеличения тарифа на электроэнергию для потребителей из-за увеличения потребления коммунально-бытовой нагрузки.*

*Указывается на необходимость создания счетчиков электроэнергии, способных дифференцированно измерять активную и реактивную энергию.*

**Ключевые слова:** электроэнергия, передача, потребление, активная и реактивная мощность, измерение, потери электроэнергии, компенсаторы, коммунально-бытовые потребители.

Yu.P. Popov, L.S. Sinenko

### CONSUMPTION PROBLEMS OF REACTIVE POWER BY PUBLIC UTILITY LOAD

*The reasons of electric energy price increase for consumers because of load consumption growth are considered in the article. The necessity of electric energy counter designing which allow to measure active and reactive energy differentially is shown.*

**Key words:** electricity, transfer, consumption, active and reactive power, measuring, energy power loss, compensators, public utility consumers.

---

Реактивная мощность является параметром режима, характеризующим интенсивность обмена электромагнитной энергией между элементами системы электроснабжения, обусловленного реактивными составляющими токов. Это позволяет выделить источники и потребители реактивной мощности. Для элементов, в которых ток опережает напряжение, реактивная мощность отрицательная, и такие элементы являются источниками реактивной мощности. Реактивная мощность передается по электрическим сетям, при ее передаче возникают потери электроэнергии. В системе электроснабжения в целом и для каждого узла в любой момент времени должен соблюдаться баланс: сумма поступающих в узел и отходящих от узла реактивных мощностей равна нулю.

Если известны активные сопротивления сети ( $R_{\text{сети}}$ ), индуктивные сопротивления сети ( $X_{\text{сети}}$ ), реактивная мощность потребителей ( $Q_{\text{п}}$ ), активная мощность потребителей ( $P_{\text{п}}$ ), напряжение сети ( $U$ ), установленная мощность батарей конденсаторов, компенсирующих реактивную мощность потребителей ( $Q_{\text{к}}$ ), то значение  $Q$ , передаваемое от системы предприятию, определяется как  $Q = Q_{\text{п}} - Q_{\text{к}}$ , или  $Q_{\text{к}} = Q_{\text{п}} - Q$ .

При передаче полной мощности ( $S$ ) по полному сопротивлению сети ( $Z_{\text{сети}}$ ) в сети имеем потери мощности

$$\Delta S = 3 \cdot I^2 Z = \frac{3(I_a^2 + I_p^2) \cdot U^2}{U^2} \cdot (R_{cemu} + jX_{cemu}) = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot (R_{cemu} + jX_{cemu}) = \\ = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R_{cemu} + \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot jX_{cemu} = \Delta P + j\Delta Q.$$

На возмещение потерь активной мощности ( $\Delta P_Q$ ) от передачи  $Q$  необходимо в системе иметь мощность  $\Delta P_Q = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R_{cemu}$ .

Затраты системы на возмещение этой мощности составят (возмещение потерь)

$$Z_{\Pi} = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R_{сети} \cdot z_{0n\alpha}, \text{ где } z_{0n\alpha} = \frac{py\delta}{kBm}.$$

Затраты на установку батарей конденсаторов на предприятии  $Z_K = Q_K \cdot z_{0K}$ , где  $z_{0K} = \frac{py\delta}{kvar}$ .

Возмещение потерь мощности на передачу  $Q$  в соответствии с существующими методиками [1–3] берет на себя частично энергосистема, частично – предприятие, т.е.

$$Z = Z_{\Pi} + Z_K = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R_{cemu} \cdot z_{0n\alpha} + Q_K \cdot z_{0K} = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R_{cemu} \cdot z_{0n\alpha} + (Q_{\Pi} - Q) \cdot z_{0K},$$

где  $Q$  – переменная величина.

Для того чтобы найти ее оптимальное значение, берется производная

$$\frac{\partial Z}{\partial Q} = 0 = \frac{\partial(\frac{Q^2}{U^2} \cdot R_{cemu} \cdot z_{0n\alpha} + Q_{\Pi} \cdot z_{0K} - Q \cdot z_{0K})}{\partial Q},$$

в результате чего имеем

$$\frac{\partial Z}{\partial Q} = \frac{2Q \cdot R_{cemu} \cdot z_{0n\alpha}}{U^2} + 0 - Q^{(1-1)} \cdot z_{0K} = 0,$$

а оптимальное значение реактивной мощности, передаваемой предприятию ( $Q_0$ ), определяется по формуле

$$Q_0 = \frac{z_{0K}}{z_{0n\alpha}} \cdot \frac{U^2}{2R_{cemu}}, \quad (1)$$

что графически можно представить на рисунке 1.

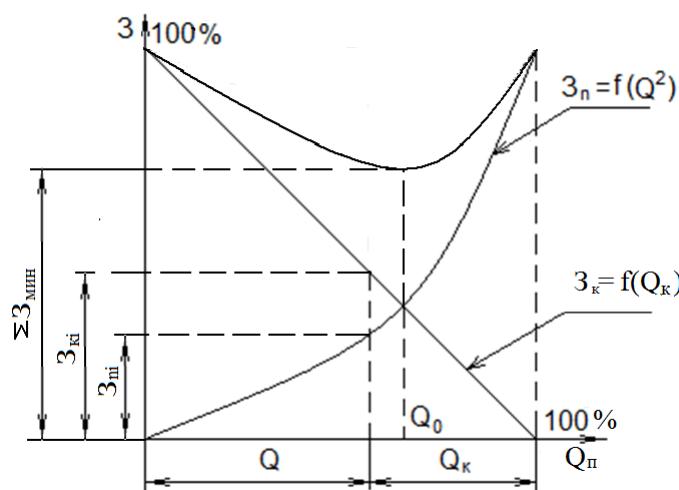


Рис. 1. Оптимальное значение реактивной мощности, получаемой предприятием

Как видно из (1), оптимальное значение реактивной мощности, получаемой предприятием при неизменных параметрах сети ( $R$ ,  $U$ ), зависит от соотношения удельной стоимости конденсаторов и электрической мощности. До 1944 года в квартирах советских граждан разрешалось устанавливать только осветительные приборы (без розеток) [1], затем появились счетчики активной энергии различных типов, по показаниям которых потребители рассчитываются за электроэнергию и в настоящее время.

Потребление реактивной мощности (и энергии) коммунально-бытовых потребителей постоянно растет (лампы накаливания заменяются на осветительные устройства с использованием L-C цепей, все больше телевизоров, широкое применение компьютеров, СВЧ-печи, увеличиваются мощности потребителей с использованием электродвигателей: инструмент, стиральные машины, холодильники).

Энергоснабжающая организация не получает плату за реактивную электроэнергию от таких потребителей [3], а дополнительные потери из-за передачи и потребления реактивной электроэнергии учитываются в повышении тарифа за ее оплату всем потребителям.

Таблица 1  
Измерения потребления активной и реактивной электроэнергии в четырех однотипных квартирах  
( $I_p$  – реактивный ток,  $I_a$  – активный ток)

| Наименование                              | Измерения |           |          | Потребляемая мощность |        |             |
|---|-----------|-----------|----------|-----------------------|--------|-------------|
|   | $I_p$ , А | $I_a$ , А | Исети, В | P, Вт                 | Q, вар | (Q/P)100, % |
| Лампы накаливания 100 Вт +40 Вт           | 0         | 1,9       | 210      | 399                   | 0      | 0           |
| Энергосберегающие лампы «Navigator-20W»   | 0,32      | 2,2       | 225      | 495                   | 71,59  | 14,5        |
| Холодильник «Samsung RL-33EAMS»           | 0,77      | 2,43      | 215      | 523,1                 | 173,74 | 35,0        |
| Пылесос «Scarlett»                        | 1,38      | 5,84      | 215      | 1255,23               | 297,5  | 23,7        |
| Микроволновая печь «Samsung»              | 2,76      | 7,82      | 205      | 1604,3                | 566,92 | 35,3        |
| Телевизор «Philips» +телеизогор «Samsung» | 0,34      | 2,48      | 221      | 547,45                | 74,56  | 13,6        |
| Ноутбук «Dell»                            | 1,01      | 2,18      | 225      | 490,2                 | 226,51 | 46,2        |
| Лампы дневного света 36 Вт                | 0,22      | 2,39      | 214      | 511,5                 | 46,3   | 9           |

Из таблицы 1 видно, что от 9 до более 40% бытовой электрической нагрузки составляет реактивная.

Представляет интерес большой класс устройств [4], преобразующих реактивную мощность в активную, так называемые инверторы реактивной мощности, принципиальная схема которых приведена на рисунке 2. Устройство работает следующим образом: при «идеальных» накопителях, ключах (отсутствии ими потребления активной энергии) при включенном К-1 и отключенном К-2 заряжается конденсатор – счетчик не учитывает активную энергию, затем при отключенном К-1 и включенном К-2 потребитель нагревается – счетчик не учитывает активную энергию.

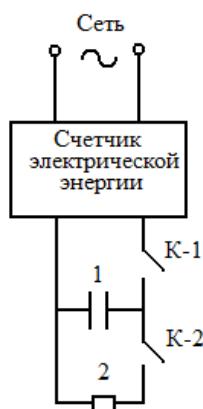


Рис. 2. Принципиальная схема «инвертора реактивной мощности»: 1 – накопитель электрической энергии; 2 – потребитель активной энергии; К-1, 2 – управляемые ключи

В [4] и на других сайтах рекламируются так называемые компенсаторы реактивной мощности (БКМ). В процессе работы устройство преобразовывает реактивную энергию в активную, за счет этого как бы экономит электроэнергию.

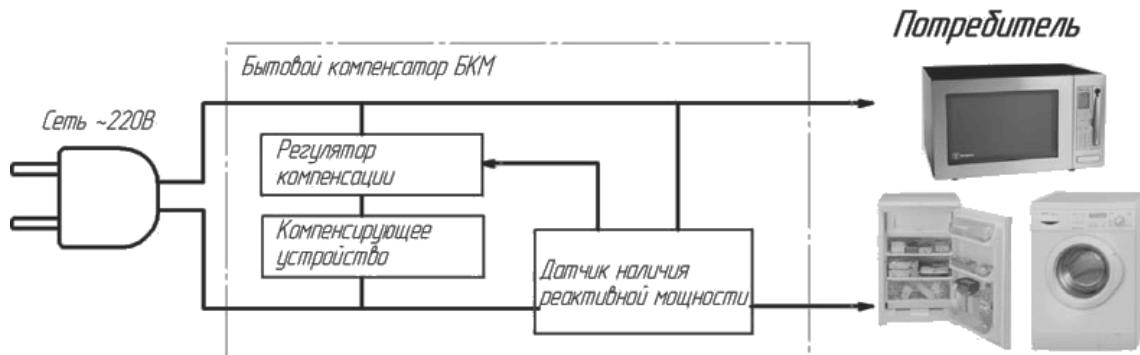


Рис. 3. Структурная схема бытового компенсатора реактивной мощности БКМ

Следовательно, БКМ обладает следующими качествами (из рекламных проспектов):

- "экономит" электроэнергию до 50%;
- улучшает качество электроэнергии (уменьшает уровень гармоник);
- для подключенного прибора выполняет роль фильтра, сглаживает броски напряжения;
- уменьшает нагрев электропроводки и тем самым потери энергии в ней.

Таблица 2  
Ожидаемая эффективность от применения устройства БКМ

| Устройство           | Экономия электроэнергии, % | Примечание   |
|----------------------|----------------------------|--|
| Лампа ДРЛ            | 30 ... 50                  |  |
| Лампа дневного света | 30 ... 50                  | Для ламп с обычным, не электронным запуском  |
| Электродвигатели     | 25 ... 45                  |  |
| Холодильник          | 20 ... 40                  | Некоторая новая холодильная техника с классом энергопотребления "A" уже имеет встроенную функцию компенсации реактивной мощности |
| Кондиционер          | 20 ... 40                  |  |
| Стиральная машина    | 20 ... 35                  | Только старые стиральные машины  |
| Электроинструмент    | 15 ... 40                  |  |
| Станки               | 25... 45                   |  |
| Сварочный аппарат    | 25 ... 40                  | В зависимости от загруженности   |

### Выводы

1. При отсутствии заинтересованности энергоснабжающей организации в установке компенсирующих устройств для регулирования параметров энергосистемы затраты на передачу реактивной мощности должен оплачивать потребитель.

2. Необходимо создание счетчиков электроэнергии, способных дифференцированно измерять активную и реактивную энергию.

### Литература

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для вузов. – М.: Интермет инжиниринг, 2005. – 520 с.
2. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 223 с.

3. Постановление правительства РФ № 530 от 29.09.2006 «О введении в действие правил функционирования розничных рынков электроэнергии».
4. NR Labs [Электронный ресурс] : сайт компании NR-Labs. – Электрон. дан. – URL: <http://www.nr-labs.ru/compensation.html>.



УДК 621.365:621

Н.И. Черкасова

## СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК ЗДАНИЙ

Предлагается способ диагностики электропроводки зданий, основанный на декомпозиции функций и конструкций и переходе от элементов конструкций и элементарных функций к интегральным оценкам.

Исследование данного способа диагностики позволит эксплуатирующим службам установить очередь ремонтов, что позволит снизить случаи возгорания электропроводок зданий.

**Ключевые слова:** электропроводка, диагностика, декомпозиция, агрегирование, функциональное состояние.

N.I. Cherkasova

## DIAGNOSTICS METHOD OF ELECTRIC WIRING IN BUILDINGS

*The diagnostics method of the electric wiring in buildings, based on the functions and structures decomposition, and the transition from structural elements and elementary function to integral assessments, is brought forward in the article.*

*This diagnostics method research will permit the maintenance services to form repair (renovation) queue that will help reduce the cases of electric wiring combustion in buildings.*

**Key words:** electrical wiring, diagnostics, decomposition, aggregation, functional condition.

---

В настоящее время плохое состояние электропроводок в административных и коммунально-бытовых зданиях является частой причиной возгораний с причинением большого материального ущерба и гибелью людей.

Ежегодно в России регистрируется 200 тысяч пожаров, 20–40 % из которых вызваны действием электрического тока и существующим состоянием электроустановок. Гибнут тысячи людей, сотни тысяч строений, десятки сотен единиц автотракторной техники. Ежедневные материальные потери составляют в среднем 124 млн руб. Особенно неблагополучное положение с пожарами сложилось в малых городах и сельской местности, на которые приходится 2/3 гибели людей и 70 % материальных ущербов [1]. Основной причиной пожаров, вызванных действием электрического тока (до 70 %), являются короткие замыкания и развивающиеся токи утечки через изоляцию электропроводок, при этом электропроводки являются наиболее пожароопасным видом электротехнических изделий, на долю которых приходится до 45 % пожаров.

В свете вышеизложенного, становится необходимым и актуальным создание приемлемых способов диагностики электропроводок зданий.

Автор предлагает способ диагностики электропроводки зданий, основанный на функционально-конструкционной декомпозиции и агрегировании состояния элементов электрической проводки.

В статье использован метод оценки состояния оборудования высоковольтных электрических сетей, предложенный учеными Новосибирского государственного технического университета [2]. Данный метод базируется на декомпозиции функций и конструкций технического устройства, вводе единой шкалы уровней состояний и переходе от элементов конструкций и элементарных функций к интегральным оценкам.

Электропроводку (ЭП) как техническое устройство (ТУ) можно представить следующими конструктивными узлами (рис. 1): ввод в здание, автомат вводной (АВ), электросчетчик, трансформаторы тока, автоматы групповые (АГ), распределительные коробки (КР), проводка до распределительных коробок (участок 1), проводка до розеток (участок 2), светильников (участок 3), проводка до электроплиты (участок 4).

В рамках экспертного подхода можно оценить функциональное состояние отдельных элементов электропроводки, затем ее узлов и перейти к интегральной оценке функционального состояния электропроводки в целом.

Оценка функционального состояния элементов предлагается по линейной шкале оценки состояния ТУ. Эксперт достаточно точно может определить пять уровней состояния оборудования, поэтому шкала бу-