

## О ПРОБЛЕМАХ С РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Задорова Н. В., Ежова Е. А.

научные руководители канд. техн. наук, профессор Попов Ю. П.,

доцент Синенко Л. С.

*Сибирский федеральный университет*

Реактивная мощность – это параметр режима, характеризующий интенсивность обмена электромагнитной энергией между элементами системы электроснабжения, обусловленного реактивными составляющими токов. Существуют источники и потребители реактивной мощности. Элементы, в которых ток опережает напряжение, являются источниками реактивной мощности, а элементы, у которых ток отстает от напряжения, – потребителями реактивной мощности. Реактивная мощность передается по электрическим сетям, при ее передаче возникают потери электроэнергии.

С 1944 в домах жителей СССР начали появляться счетчики электроэнергии, которые измеряют только активную часть от всей потребляемой мощности. До сих пор для измерения потребленной электроэнергии используются такие приборы. Между тем количество потребляемой реактивной мощности растет из года в год. В жилищах потребителей на сегодняшний день имеется множество приборов, использующих реактивную мощность: электрические фены, дрели, пылесосы, микроволновые печи, холодильники, телевизоры, стиральные машины, светильники и др. Без этих приборов невозможно представить себе жизнь современного человека.

Рассмотрим простейшую электроэнергетическую систему [1] (Рисунок 1). 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  $Q = Q_{\text{п}} - Q_{\text{к}}$ , или мощность компенсации  $Q_{\text{к}} = Q_{\text{п}} - Q$ .

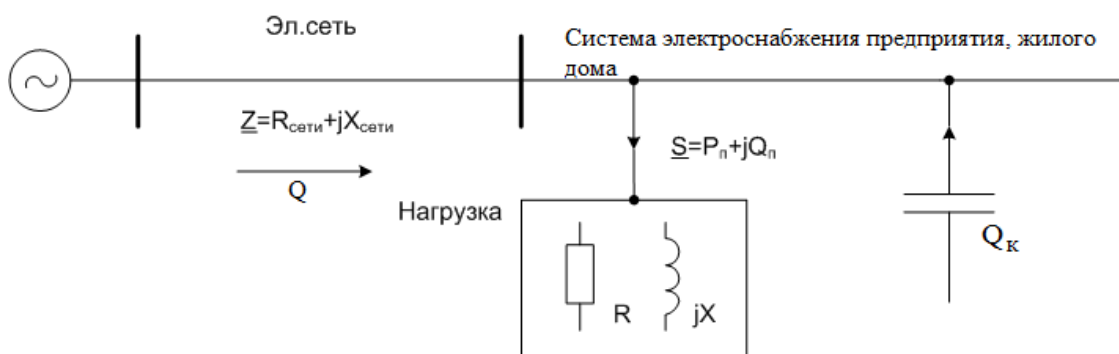


Рисунок 1 – Простейшая схема энергетической системы

Известно [1], что минимальная стоимость затрат при передаче реактивной мощности, передаваемой предприятию, называемой оптимальной ( $Q_0$ ), определяется

$$Q_0 = \frac{z_{0к} \cdot U^2}{2 \cdot R_{сети} \cdot z_{0пэ}}, \quad (1)$$

где  $z_{0пэ}$  - удельная стоимость 1 кВт установленной мощности в энергосистеме (ЭС), руб/кВт;

$z_{0к}$  - удельная стоимость конденсаторов, руб/квар.

Как видно из (1) наименьшие затраты на передачу реактивной мощности, получаемой предприятием при неизменных параметрах сети ( $Z, U$ ) зависят только от соотношения удельной стоимости конденсаторов и удельной стоимости источников электрической мощности.

Энергоснабжающая организация не получает плату за реактивную мощность от потребителей бытовой нагрузки, а дополнительные потери из-за передачи и потребления реактивной мощности учитываются в повышении тарифа за ее оплату всем потребителям.

Для сравнения рассмотрим активную и реактивную мощности, потребляемые бытовой нагрузкой в одной из квартир. Величина  $\cos\phi$  взята из справочников технических характеристик приборов и электродвигателей и из сайтов производителей конденсаторов.

Таблица 1 – Теоретические данные об активной и реактивной мощности потребляемых нагрузкой

Тип двигателя	Назначение	Активная мощность, Вт	$\cos\phi$	Реактивная мощность, вар
ДХМ-2-90	Электродвигатель компрессора холодильника	90	0,520	148
ЭД-23		100	0,600	133
ДБПО-180	Привода насосов, центрифуг, соковыжималок, кухонных машин, мясорубок, компрессоров	180	0,635	219
ДБПО-120		120	0,560	178
–	Энергосберегающая лампа	15	0,600	20
–	Телевизор	65	0,850	40
	Микроволновая печь	1500	0,850	930
	Компьютер	300	0,950	99
	Кондиционер	1300	0,850	806
	DVD плеер	20	0,950	7

Бойлеры, утюги, электрические чайники, лампы накаливания, утеплители полов имеют коэффициент мощности  $\cos\phi=1$  и реактивную мощность не потребляют.

Таблица 2 – Измерения потребления активной и реактивной электроэнергии в четырех однотипных квартирах

Наименование	Измерения			Расчетные данные	
	$I_p$ , А	$I_a$ , А	Усети, В	P, Вт	Q, вар
Телевизор	0,18	0,32	230	73,6	41,4
Микроволновая печь	6,89	9,21	230	2118,3	1584,7
Персональный компьютер	0,42	0,57	230	131,3	96,6
Дрель	0,45	0,43	230	100,4	104,5
Холодильник	0,13	0,58	230	133,4	29,9

Из таблицы 2 видно, что от 9 до более 40% бытовой электрической нагрузки составляет реактивная, в том числе – таблица 3.

Таблица 3 – Измерения потребления активной и реактивной электроэнергии осветительными приборами и другими бытовыми потребителями

Наименование	Измерения			Расчетные данные		(Q/P)100,%
	$I_p$ , А	$I_a$ , А	Усети, В	P, Вт	Q, вар	
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
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» + Телевизор «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 W	0,22	2,39	214	511,5	46,3	9

Представляет интерес большой класс устройств [3], преобразующих реактивную мощность в активную, так называемые инверторы реактивной мощности, бытовые компенсаторы реактивной мощности (БКМ). В процессе работы, устройство преобразовывает реактивную энергию в активную, за счет этого как бы экономит электроэнергию.

БКМ отслеживает наличие реактивной мощности в сети и при её наличии, подключает к сети встроенное компенсирующее устройство. Если же в сеть включены электроприборы, не создающие реактивную мощность (например, утюг), то компенсирующее устройство не подключается, так как компенсация невозможна и в подключении компенсирующего устройства нет необходимости. Структурная схема бытового компенсатора реактивной мощности БКМ показана на рисунке 3.

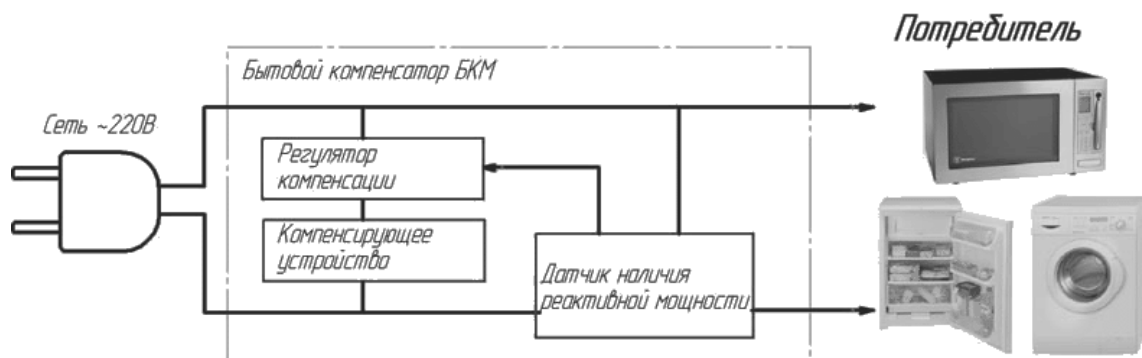


Рисунок 3 – Структурная схема бытового компенсатора реактивной мощности БКМ

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

- “Экономит” электроэнергию до 50%;
- Улучшает качество электроэнергии (уменьшает уровень гармоник);
- Улучшают общий коэффициент мощности сети ( $\cos(\varphi)$ );
- Для подключенного прибора выполняет роль фильтра, сглаживает броски напряжения;
- Уменьшает нагрев электропроводки и, тем самым, потери энергии в ней.

Таблица 4 – 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 "А" 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

Вывод: за реактивную мощность потребители должны платить.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Б. И. Кудрин. – 2-е изд. – М.: Интер-мет Инжиниринг, 2006. – 672 с.

2 Справочник по электрическим машинам [Текст] / под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 688 с.

3 NR Labs [Электронный ресурс] : сайт компании NR-Labs. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.nr-labs.ru/compensation.html>. – Загл. с экрана.