

А.П. ЛАЗУРЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
Ю.В. ПРОХОРЕНКО, аспирант, НТУ «ХПИ»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В БЫТОВЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

В статье идет речь о необходимости компенсации реактивной мощности в бытовом секторе. Обсуждаются проблемы оптимальной компенсации реактивной мощности. Представлены устройства для компенсации реактивной мощности у потребителей. Делается вывод, что установление компенсирующих устройств у потребителей является актуальной темой.

У статті йде мова про необхідність компенсації реактивної потужності в побутовому секторі. Обговорюються проблеми оптимальної компенсації реактивної потужності. Представлені пристрої для компенсації реактивної потужності у споживачів. Робиться висновок, що встановлення компенсуючих пристроїв у споживачів є актуальною темою.

The text deals with the necessity of reactive power compensation in household electric power supply systems. The problems of the optimum reactive power compensations are discussed. It is shown devices for reactive power compensations at consumers. It is concluded that the setting of the reactive power compensations devices at consumers is the most actual theme.

Стремительное развитие современной техники и технологий обуславливает рост электропотребления в бытовом секторе. При нормальных рабочих условиях все потребители электрической энергии, чей режим сопровождается постоянным возникновением электромагнитных полей (электродвигатели стиральных машин и кондиционеров, блоки питания компьютеров, люминесцентные лампы и многое другое) нагружают сеть как активной, так и реактивной составляющими полной потребляемой мощности. Протекающий реактивный ток вызывает потери мощности и энергии в линиях и трансформаторах, как энергосистемы, так и потребителя.

Однако, в распределительных сетях коммунально-бытовых потребителей, содержащих преимущественно однофазную, коммутируемую по индивидуальному режиму нагрузку, устройства компенсации реактивной мощности применяются еще недостаточно, хотя по объемам потребления на Украине этот сегмент нагрузки уверенно занимает второе место после промышленности.

Ранее было принято считать, что из-за относительно коротких фидеров городских низковольтных распределительных сетей проблемы компенсации реактивной мощности для них не существует. Если принять во внимание, что за последнее десятилетие расход электроэнергии на 1 м² жилищного сектора увеличился втрое, средняя статистическая мощность силовых трансформаторов городских муниципальных сетей достигла 325

кВА, а зона использования трансформаторной мощности сместилась в сторону увеличения и находится в пределах 250 - 400 кВА.

Как показывает обработка графиков нагрузки, снятых на вводе многоквартирного жилого дома [1], что в течение суток среднее значение коэффициента мощности ($\cos \varphi$) меняется от 0,88 до 0,97, а пофазное - от 0,84 до 0,99. Соответственно суммарное потребление реактивной мощности колебалось в пределах 9 - 14 кВАр, а пофазное - от 1 до 6 кВАр (см. рис.).

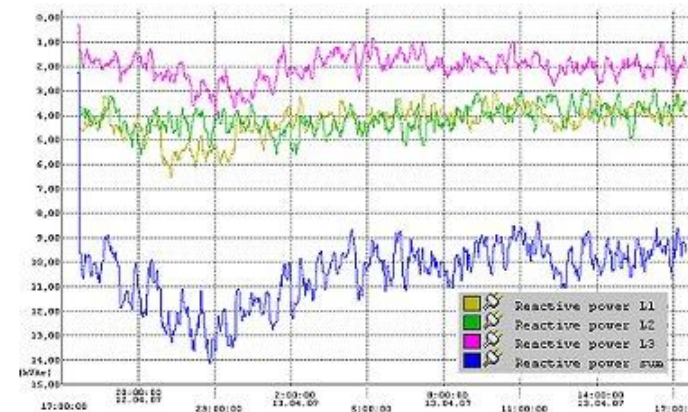


Рис. - График суточного потребления реактивной мощности на вводе многоквартирного жилого дома

Большое потребление реактивной мощности также наблюдается и фиксируется на городских подстанциях. Из таблицы видим низкие величины коэффициентов мощности на подстанции ТЭЦ-4 одного из жилых районов города Харькова.

Таблица – Общая таблица коэффициентов мощности на подстанции ТЭЦ-4 в 2010 г.

Месяц	Яч. 35, 68 Общий приём	Яч. 23, 25, 78 ХТЗ	Яч.24 ХТТЦ	Яч. 53, 56, 60 ХОЭ
Январь	0,63	0,60	0,43	0,74
Февраль	0,63	0,62	0,42	0,74
Март	0,63	0,69	0,43	0,71
Апрель	0,61	0,52	0,41	0,69
Май	0,55	0,42	0,41	0,62
Июнь	0,53	0,37	0,36	0,61
Июль	0,54	0,28	0,36	0,61

Таким образом, учитывая высокую плотность коммунально-бытовой нагрузки, постоянное наличие в перетоках мощности реактивной составляющей приводит к значительным потерям электроэнергии в распределительных сетях крупных городов и необходимости их размещения за счет дополнительных источников генерации.

Классическим решением данной проблемы в распределительных сетях является компенсация реактивной мощности у потребителя путём установки у него дополнительных источников реактивной мощности, например, статических конденсаторов.

Сложность решения данного вопроса во многом связана с неравномерным потреблением реактивной мощности по отдельным фазам, затрудняющая применение традиционных для промышленных сетей установок компенсации реактивной мощности на базе трехфазных батарей конденсаторов, управляемых регулятором, установленным в одной из фаз компенсируемой сети.

Проблема компенсации реактивной мощности включает в себя ряд технико-экономических задач, а именно:

- проведение мероприятий для снижения реактивной мощности самих электроприемников;
- выбор типа и мест установки компенсирующих устройств.

Наиболее эффективно проводить компенсацию реактивной мощности непосредственно у потребителя, но это процесс достаточно долгий и дорогостоящий. Для получения более быстрого ощутимого результата на первом этапе необходимо провести компенсацию реактивной мощности на подстанциях, что позволит разгрузить сеть и получить энергосбережение в пределах 10-20%. Предварительно, на подстанциях в сетях 0,4 кВ необходимо выравнять нагрузки фаз, которое производится путем переключения части абонентов с перегруженных фаз на недогруженные.

На уровне отдельных непромышленных потребителей, особенно в жилых домах с однофазной нагрузкой, выравнять фаз таким способом произвести нельзя из-за непрерывно меняющейся величины и характера нагрузки. Поэтому компенсация реактивной мощности на объектах должна производиться на каждой отдельной фазе. При этом в каждом случае должны учитываться гармонические составляющие, при необходимости устройства по компенсации реактивной мощности должны иметь фильтры с автоматическим регулированием емкости. В данном случае важно правильно произвести подбор фильтро-компенсирующего устройства.

Таким образом, для решения задачи по компенсации реактивной мощности необходимо проводить работу в несколько этапов:

1. Централизованная (общая) компенсация, которая проводится на подстанциях и включает в себя проведение мониторинга показателей

качества электроэнергии, выравнять фаз, фильтрацию тока и установку компенсаторов реактивной мощности;

2. Индивидуальная (точечная) компенсация проводится на уровне каждой квартиры или параллельно нагрузке, посредством подключения установок компенсации реактивной мощности (косинусных конденсаторов небольшой емкости). Данное мероприятие позволяет обеспечить синусоидальность тока, тем самым значительно уменьшая технические потери. Такие же мероприятия должны проводиться и внутри электроустановок зданий.

Важно отметить, что проблема оптимальной компенсации реактивной мощности может быть сформулирована по-разному для стадии эксплуатации и для стадии проектирования:

- 1) для стадии эксплуатации – это задача оптимального управления имеющимися источниками реактивной энергии;
- 2) для стадии проектирования – это задача оптимального размещения источников реактивной энергии.

Применение автоматических установок компенсации реактивной мощности позволяет решить ряд проблем: снизить загрузку силовых трансформаторов (при снижении потребления реактивной мощности снижается потребление полной мощности); обеспечить питание нагрузки по кабелю с меньшим сечением (не допуская перегрева изоляции); за счет частичной токовой разгрузки силовых трансформаторов и питающих кабелей подключить дополнительную нагрузку; автоматически отслеживать изменение реактивной мощности нагрузки в компенсируемой сети и, в соответствии с заданным, корректировать значение коэффициента мощности ($\cos\phi$); уменьшить генерацию реактивной мощности в сеть; исключить появление в сети перенапряжения, т. к. нет перекомпенсации, возможной при использовании нерегулируемых конденсаторных установок.

Оборудование для решения проблем компенсации реактивной мощности у потребителей. Компенсировать реактивную мощность возможно синхронными компенсаторами, косинусными конденсаторами (конденсаторными установками), шунтирующими реакторами, фильтрами высших гармоник, статическими тиристорными компенсаторами. Применение оборудования для компенсации реактивной мощности полностью зависит от места и цели его установки.

Конденсаторные батареи предназначены для выдачи реактивной мощности в систему. Статические тиристорные компенсаторы могут работать как на выдачу, так и на потребление реактивной мощности. В электрических сетях они требуются для оптимизации режимов работы с целью повышения пропускной способности и устойчивости линий электропередачи, стабилизации напряжения в узлах нагрузки, уменьшения потерь электроэнергии и повышения ее качества.

Р.С. ЛОЖКИН, ассистент, НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ ТОРОИДАЛЬНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО СЕРДЕЧНИКА В НАНОСЕКУНДНОМ ДИАПАЗОНЕ

Представлена математическая модель для численного расчета процесса перемагничивания ферромагнитного тороидального сердечника в наносекундном диапазоне. Модель может быть использована для прогнозирования формы рабочего импульса тока в первичном витке индуктора и формы импульса ускоренного напряжения, генерируемого отдельным индуктором в секции линейного индукционного ускорителя, который работает в режиме нагрузки и без неё.

Представлено математичну модель для чисельного розрахунку процесу перемагнічування ферромагнітного тороїдального сердечника в наносекундному діапазоні. Модель може бути застосована для прогнозування форми робочого імпульсу струму в первинному витку індуктора і форми імпульсу прискорювальної напруги, що генерує окремий індуктор в секції лінійного індукційного прискорювача, що працює в навантаженому або в ненавантаженому режимі.

There is submitted the mathematical model for numerical account of the magnetic reversal process of the ferromagnetic toroidal core in nanosecond range. The model can be used for the forecasting form of the working pulse of a current in the primary coil of inductor and the form of a pulse of the accelerating voltage, which is being generated from separate inductor in section of the linear induction accelerator which is working in loaded or in a non-loaded mode.

Создание сильноточных линейных индукционных ускорителей (ЛИУ) зарядово-компенсированных ионных пучков [1, 2] перспективно с точки зрения энергетики будущего и многих других промышленных применений, использующих мощные ионные пучки. При проектировании секции, ускоряющей ионы в ЛИУ зарядово-компенсированных ионных пучков, возникает необходимость в прогнозировании формы импульса ускоряющего напряжения, генерируемого отдельным индуктором в секции и тока в первичном витке индукторов. Это знание необходимо для формулирования требований, предъявляемых к источнику питания ускорителя, и также даёт возможность определить потери в ферромагнетике в течение ускоряющего импульса, что полезно для проведения теплового расчета секции.

Постановка проблемы. Особенностью работы секции, ускоряющей ионы в ЛИУ зарядово-компенсированных ионных пучков, является то, что она может работать на холостом ходу. Это происходит, когда величины токов электронного и ионного пучка по модулю равны. В ускоряющем зазоре этой секции энергия отбирается от электронного

Шунтирующие реакторы используются для компенсации емкостной реактивной мощности, генерируемой протяженными слабонагруженными линиями передач.

Фильтрокомпенсирующие устройства предназначены для снижения гармонических искажений напряжения и компенсации реактивной мощности нагрузок потребителей в сетях электроснабжения промышленных предприятий и в электрических сетях.

Синхронные компенсаторы применяют для плавного регулирования реактивной мощности в энергетических системах, для поддержания напряжения, снижения потерь электроэнергии в сетях, увеличения пропускной способности и обеспечения устойчивости энергосистем.

На электротехническом рынке также стали появляться домашние энергосберегатели. При малых габаритах и сравнительно небольшой цене, по заверениям продавцов, имеют гигантскую эффективность [2]. Данный вопрос является очень спорным, и подлежит дальнейшим исследованиям.

Выводы. В распределительных сетях коммунально-бытовых потребителей, содержащих преимущественно однофазную нагрузку, устройства компенсации реактивной мощности применяются крайне редко, но расход электроэнергии в жилом секторе увеличивается, поэтому рассмотрение установки устройств компенсации у таких абонентов становится актуальной темой.

Для нормальной работы любого объекта должно быть обеспечено бесперебойное снабжение его электроэнергией в необходимом количестве и надлежащего качества. То есть основные значения показателей качества электроэнергии: напряжение, броски напряжения, частота должны удовлетворять заданным требованиям.

Большое внимание должно уделяться вопросам: создания необходимой надежности электроснабжения, экономичности и удобства эксплуатации рассматриваемых схем электроснабжения.

Для повышения энергоэффективности необходимо снижать реактивную составляющую потребляемой электрической мощности посредством автоматического управления коэффициентом мощности.

Список литературы: 1. Школа электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://electricalschool.info>. 2. Официальный сайт компании «Элек.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.elec.ru>. 3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учеб. для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1978. – 528 с. 4. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л. : Энергия, 1978. – 832 с. 5. Байда Л. И. Электрические измерения / Добротворский Н. С., Душин Е. М. и др. ; под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб., и доп. — Л. : Энергия, 1980. — 392 с. 6. Матура Р.М. Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 254 с.

Поступила в редколлегию 30.09.2011