

УДК 621.314.2

**Ф.П. ГОВОРОВ** (д-р техн.наук, проф.), **В.Ф. ГОВОРОВ**  
Харьковская национальная академия городского хозяйства  
[govorov fp@mail.ru](mailto:govorov_fp@mail.ru)

## КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДОВ

*В статье рассмотрено состояние и особенности компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения и освещения городов, пути комплексного решения вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности на основе использования фазопереключаемых вольтодобавочных трансформаторов с тиристорным управлением.*

**Реактивная мощность, система электроснабжения, распределительные электрические сети, вольтодобавочный трансформатор, эффективность, статический конденсатор, качество электроснабжения.**

**Состояние вопроса.** В последнее время в Украине, а также государствах ближнего и дальнего зарубежья значительно возрос интерес к вопросам компенсации реактивной мощности, являющейся важнейшим фактором энергосбережения. Только по Украине устранение перетоков реактивной мощности в сетях в состоянии обеспечить ежегодную экономию порядка 150 млн. кВт·ч электрической энергии.

Большая протяженность электрических сетей обуславливает значительные потери напряжения и мощности в сетях при пропускании даже незначительного количества реактивной мощности. Поэтому в распределительных электрических сетях (РС) городов целесообразна полная компенсация реактивной мощности, причем около 50% на стороне низкого напряжения.

Исследованию режимов реактивной мощности в системах электроснабжения (СЭС) городов посвящены работы М.Л. Аберсона и Ю.С. Железко, В.В. Зорина, Ю.В. Щербины и других авторов [1]. В большинстве работ считалось, что в период максимума нагрузок коэффициент мощности близок к единице. Поэтому необходимости в компенсации реактивной мощности в сетях не возникает. В то же время оценка реального положения в действующих сетях говорит о другом. Неуклонный рост численности городского населения, насыщение быта электроприборами и расширение объема услуг оказываемых населению, обусловило ежегодный рост электропотребления городов при опережающем росте потребления реактивной мощности, вызванном ростом мелкодвигательной нагрузки городов. Кроме того, за последние годы обнаружили тенденции роста числа местных одно- и двухфазных предприятий с присоединенной мощностью до 100 кВА, на которые не распространяется шкала скидок и надбавок за  $\cos\varphi$ , и которые поэтому не оснащаются устройствами компенсации реактивной мощности, чем значительно ухудшают коэффициент мощности РС.

Аналогичное можно сказать и в отношении общественно-коммунального сектора, значительную долю нагрузки которого составляют осветительные газоразрядные лампы. Широкое применение высокоэффективных газоразрядных ламп для освещения общественных зданий и коммунально-бытовых учреждений в значительной степени увеличило перетоки реактивной мощности в сетях. В настоящее время в уличном освещении городов используется до 80% газоразрядных ламп, для освещения общественных зданий - до 70%, жилых помещений - до 40%. При этом значение  $\cos\varphi$  для ламп уличного освещения находится на уровне 0,4 - 0,6; для освещения общественных зданий и коммунально-бытовых учреждений - 0,6 - 0,8 и жилых помещений - 0,4 - 0,5 [2].

Особенно быстрыми темпами идет насыщение квартир бытовыми электроприборами (холодильниками, стиральными машинами, пылесосами, кухонными машинами, аудио- и видеотехникой). За последние 10 лет оснащение квартир бытовой электротехникой увеличилось в 5-7 раз. В перспективе эти тенденции будут сохраняться [1, 2]. В связи с преобладанием мелкодвигательной нагрузки, в большинстве своем имеющей длительный либо круглосуточный режим работы, она оказывает существенное влияние на значение  $\cos\varphi$  сетей. По данным [3] средневзвешенное значение  $\cos\varphi$  в распределительных сетях 6-10 кВ городов в настоящее время находится на уровне 0,75 - 0,85, а в часы дневного и ночного провалов нагрузок опускается еще ниже. В будущем, в связи с ростом применения мелкодвигательной и вентильной нагрузки, следует ожидать дальнейшего снижения  $\cos\varphi$  в распределительных электрических сетях городов.

Основными причинами такого положения являются:

- рост величины и вероятностный характер потребления реактивной мощности потребителями СЭС городов;
- отсутствие технического и методологического обеспечения мероприятий по компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях;
- низкая эффективность применения косинусных конденсаторов для компенсации реактивной мощности в РС в связи с различием законов регулирования напряжения и реактивной мощности.

Его последствиями являются:

- значительные потери напряжения и мощности в сетях;
- снижение нагрузочной способности оборудования и сетей;
- снижение КЭ у потребителей.

Учитывая то обстоятельство, что большинство городов получают питание от удаленных источников через несколько ступеней трансформации, пропускание реактивной мощности по сетям сопровождается значительной перегрузкой сетей, потерей напряжения и мощности в них. Для таких случаев [3] может быть признана целесообразной полная компенсация реактивной мощности. Именно по такому пути пошли большинство государств Западной Европы, Америка и Япония. Соотношение между установленной мощностью генерирующих и компенсирующих источников в них находится в настоящее время в соотношении 1:1.

Такому результату в значительной степени предшествовала большая исследовательская работа, а также значительные инвестиции в энергетику, главным образом в ее верхние уровни (сети 110 кВ и более). Инвестиции в эти сети в США на 1995 г. составили 800 млн. долларов на 530 тыс. МВт на км сетей. К 2000 г. объем инвестиций должен вырасти до 840 млн. долларов. Результатом такой работы явилось то, что потери мощности в сетях высшего напряжения США составляют в настоящее время 4%. Этому в немалой степени способствовало применение новых технологий управления потоками электрической энергии (ЭЭ), в основе которых лежит изменение величины и фазового сдвига напряжения в узлах нагрузок СЭС. Для указанных целей компанией Westinghouse (США) совместно с EPDI осуществлена разработка и освоено производство универсальных распределителей STATCOM наиболее полно отвечающих рассмотренным требованиям. Их эксплуатация на ПС Sullivan (г. Теннесси, США) с 1995 г. позволила существенно повысить экономичность и качество работы сетей, а также отказаться от строительства новых линий и подстанций за счет повышения эффективности работы существующих.

Для аналогичных целей в Англии и Уэльсе широкое применение нашли фазоуправляемые ВДТ, разработку и изготовление которых осуществила компания Peeble-Electric, входящая в Rolls-Poyse Industrial Power Group, и выполнявшая заказ электроэнергетической компании National Grid Co (Великобритания). С 1990 г. начато широкое применение ВДТ национальной сетевой компанией Великобритании. С 1993 г. ВДТ установлены в СЭС г. Стокбридж на ПС Legacy, Fyvie и др.

Несмотря на значительные успехи в решении вопроса компенсации реактивной мощности в сетях высшего напряжения, обращает на себя внимание достаточно высокое значение потерь мощности в сетях среднего и низкого напряжения, составляющих соответственно 8% и 12%. Следствием такого положения является то, что тарифы на передачу ЭЭ в сетях высшего, среднего и низшего напряжения в США составляют соответственно 0,06; 0,1 и 0,16 долларов за 1 кВт·час. Поэтому в последние годы все больше внимания уделяется компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях среднего и низкого напряжения. В настоящее время компенсация реактивной мощности в РС является основным направлением энергосбережения в СЭС городов.

Основными составляющими эффективности мероприятий являются:

- снижение потерь ЭЭ в сетях энергосистем, вызванное уменьшением перетоков активной и реактивной мощностей;
- снижение расхода ЭЭ на технологические нужды, вызванное улучшением качества энергии (КЭ) в сетях потребителей;
- повышение срока службы энергетического оборудования, вызванное улучшением КЭ в них.

Опыт работы многих энергосистем мира свидетельствует о том, что наиболее действенным средством повышения эффективности работы сетей является использование гибких систем электропередачи переменного тока (англ. FACTS). Их работа, в зависимости от условий эксплуатации, основывается на применении:

- регулируемых конденсаторов;
- статических тиристорных компенсаторов (СТК);
- вольтодобавочных трансформаторов.

Опыт использования гибких систем переменного тока в США, Англии, Германии свидетельствует о том, что областью применения гибких систем, построенных на базе конденсаторов и СТК являются:

- системы электроснабжения дуговых печей и прокатных станков;
- системы электроснабжения горных потребителей;
- питание мощных сельскохозяйственных электроприводов.

Условиями их применения являются:

- высокая скорость изменения режима электропотребления;
- низкое значение коэффициента мощности;
- высокий уровень коррелированности режимов напряжения и реактивной мощности;
- нелинейность нагрузок.

**Особенности компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях городов.**

Как свидетельствуют результаты анализа, особенностями работы распределительных электрических сетей городов являются:

- высокий уровень неоднородности графиков нагрузок потребителей, обуславливающий необходимость

применения средств индивидуального и группового типа малой и средней мощности на напряжение 6-10 и 0,4 кВ, существенно снижающий эффективность систем на базе СТК;

- слабая корреляция графиков активной и реактивной мощностей, делающая малоэффективным решение проблемы с помощью конденсаторов поперечного включения и СТК;
- широкий диапазон изменения нагрузки во времени, обуславливающий наличие в одной и той же точке сети в различные моменты времени отклонений и колебаний напряжения различного знака.

Поэтому в рассматриваемых условиях применение гибких систем, построенных на базе регулируемых конденсаторов либо СТК для компенсации реактивной мощности, в СЭС городов не является технически осуществимым и, более того, экономически целесообразным. В рассматриваемых условиях очевидна необходимость совершенствования ГС на основе использования новых структур и принципов управления, учитывающих особенности режимов и параметров РС городов.

Анализ методов и технических средств компенсации реактивной мощности в электрических сетях свидетельствует об эффективности применения в распределительных сетях городов гибких систем переменного тока, построенных на базе плавнорегулируемых ВДТ с электронным управлением.

Опыт применения ВДТ в составе гибких систем переменного тока указал на их достаточно высокую эффективность. Так, например, применение с 1990 г. национальными сетевыми компаниями **Англии** и **Уэльса** фазопереключаемых быстродействующих ВДТ в составе гибких систем позволило увеличить пропускную способность существующих сетей, повысив тем самым эффективность и качество электроснабжения потребителей. Использование энергетической компанией National Grid Co (Великобритания) мощных ВДТ, изготавливаемых компанией Peeble Electric Power Group, входящей в Hollis-Royse Industrial позволило за счет повышения пропускной способности сетей, обеспечить возросшее потребление ЭЭ без реконструкции сетей. Обеспечение возросшего электропотребления Chicago (США) достигнуто без строительства новых линий и подстанций только за счет повышения эффективности использования существующих путем использования фазоповоротных ВДТ. Использование фазорегулируемых ВДТ для комплексного решения вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности в сетях Германии обеспечило экономию ЭЭ в размере до 1,7-4,2% в год. В Западной энергосистеме **США** для устранения больших перетоков мощности, достигающих в ряде случаев 50-75 %, получили распространение фазоповоротные ВДТ, обеспечивающие сдвиг добавочной ЭДС на +60°, -30°. На электрической станции Гранд Кули (США) получили распространение, разработанные Bureau of Reclamation по заказу Woppeville Pover Administration вольтодобавочные модули. Имеются данные о применении ВДТ для продольно-поперечного регулирования напряжения в РС Китая, Болгарии и других странах. Однако применение ВДТ в настоящее время ограничивается сетями высшего (110кВ и более) напряжения, в которых достаточным является применение ступенчатого регулирования напряжения с помощью РПН. СЭС городов требуют плавного регулирования модуля и фазы добавочной ЭДС, вызванного малым значением располагаемой потери напряжения и низким значением cosφ, а также повышенными требованиями потребителей к КЭ.

Анализ известных схем ВДТ с плавным регулированием напряжения свидетельствует об их недостаточно высокой эффективности, вызванной высокой удельной стоимостью устройств, их большой массой и габаритами. Это существенно затрудняет возможность их применения в СЭС городов, отличающихся высоким уровнем неопределённости места и широким диапазоном изменения параметров режима. Лучшими технико-экономическими показателями обладают устройства с электронным управлением. Сочетание в них достоинств магнитной и полупроводниковой техники позволяет решать достаточно простыми и удобными способами вопросы плавного бесконтактного регулирования напряжения в достаточно широких пределах.

Однако работа ВДТ совместно с электронными управляющими элементами имеет ряд особенностей, связанных с характером изменения модуля, фазы и гармонического состава ЭДС и токов в обмотках. Учёт указанных особенностей существенно важен для обеспечения условий надёжной и экономичной работы ВДТ и сети. Анализ работ, посвященных рассматриваемому вопросу, свидетельствует о том, что работа ВДТ в них рассматривается упрощённо, по аналогии с обычным трансформатором, без учёта особенностей схемы присоединения и способа регулирования напряжения. Это не позволяет учесть широкого диапазона изменения магнитного состояния ВДТ, модуля, фазы и гармонического состава ЭДС на зажимах обмоток и электронных элементов. Тем самым существенно снижается надёжность, ухудшаются технико-экономические показатели трансформатора и сети.

**Разработка схемы и конструкции многофункционального преобразователя напряжения для РС городов.** Для определения условий надёжной и экономичной работы ВДТ авторами разработана математическая модель, учитывающая особенности схемы соединения ВДТ, нелинейность и возможность глубокого насыщения магнитной системы. Система дифференциальных уравнений, описывающая работу трансформатора при любых формах тока и напряжения в обмотках, представлена в виде:

$$\vec{U} - R \cdot \vec{I} = \frac{d}{dt} \vec{\psi}$$

где  $\vec{U}$  - вектор мгновенных значений напряжений, приложенных к цепям, в которые включены обмотки трансформатора (все источники напряжений имеют внутренние сопротивления равные нулю)  $\vec{U} = \text{col}(u)$ .

$R = \text{diag}(r)$  - диагональная матрица активных сопротивлений, включенных в цепи с обмотками трансформатора. Указанные сопротивления содержат как сопротивления в цепях, включая сопротивления нагрузки и сопротивления управляющих ключей;  $\vec{I} = \text{col}(i)I$  - вектор мгновенных значений токов, протекающих по обмоткам трансформатора;  $\vec{\psi} = \text{col}(\psi)$  - вектор суммарных потокоцеплений, связанных с каждой из обмоток трансформатора  $\vec{\psi} = (M + L) \cdot \vec{I}$ , где  $M$  - матрица взаимных индуктивностей обмоток.

Для приведенного трансформатора, когда все обмотки объединены единой магнитной системой, элементы матрицы  $M$  равны постоянной величине. В этом случае вместо матрицы  $M$  можно использовать скалярное значение  $M$  одинаковое для всех обмоток трансформатора. Величина  $M$  зависит от степени насыщения магнитной системы трансформатора и, следовательно, от суммы мгновенных значений токов, протекающих по обмоткам трансформатора, т.е.  $M = f(\sum i) L = \text{diag}(L\sigma)$  - диагональная матрица индуктивностей рассеяния.

Временные функции  $i(t)$ ,  $u(t)$  в окрестностях точки решения представлены степенными рядами

$$i_n = \sum_{r=0} I_{nr} (t - t_1)^r$$

$$u_n = \sum_{r=0} U_{nr} (t - t_1)^r$$

где  $I_{nr}$ ,  $U_{nr}$  - коэффициенты разложения токов и напряжений в цепи в ряд Тейлора вокруг точки времени  $t_1$ .

Выявление общих закономерностей функционирования ВДТ в составе РС городов осуществлено в предположении, что к узлу многофазной сети подключена группа из трех однофазных ВДТ.

С учетом возможности подключения первичной обмотки ВДТ через управляемые ключи к любому из фазных либо линейных напряжений получим

$$u_{1A} = \sum_{v=1}^{\infty} U_{Avm} \sin(v\omega t + \psi_{uvk} - \pi n_m / 6) = \sum_{v=1}^{\infty} U_{Av} e^{j(v\omega t + \psi_{uvk} - \pi n_m / 6)};$$

$$u_{1B} = \sum_{v=1}^{\infty} U_{Bvm} \sin(v\omega t + \psi_{uvk} - \pi n_m / 6 - 2\pi v / 3) = \sum_{v=1}^{\infty} U_{Bv} e^{j(v\omega t + \psi_{uvk} - \pi n_m / 6 - 2\pi v / 3)};$$

$$u_{1C} = \sum_{v=1}^{\infty} U_{Cvm} \sin(v\omega t + \psi_{uvk} - \pi n_m / 6 - 4\pi v / 3) = \sum_{v=1}^{\infty} U_{Cv} e^{j(v\omega t + \psi_{uvk} - \pi n_m / 6 - 4\pi v / 3)},$$

где  $v$  - номер гармоники;  $\psi_{uvk}$  - фазовый сдвиг  $v$ -ой гармоники напряжения  $k$ -ой фазы;  $n_1=1-12$  - группа соединений обмоток ВДТ.

В рассматриваемых условиях ВДТ представляет собой трехфазную систему напряжений и токов разных частот и, в общем виде, последовательностей, для которых справедливы соотношения

$$u_K = \text{Im}(\vec{U}_{Kv}, \vec{S}_{KP}, v^{Kv}); \quad i_K = \text{Im}(\vec{I}_{Kv}, \vec{S}_{KP}, I^{Kv}),$$

где  $\vec{S}_{KP}$  - матрица единичных ортов  $k$ -ой фазы  $p$ -ой последовательности;  $a = e^{j\omega t}$ .

$$\vec{S}_{KP} = \left\{ \begin{array}{l} \left\| \begin{array}{l} 1 \\ a^2 \\ a \end{array} \right\| \forall p = 1 \\ \left\| \begin{array}{l} 1 \\ a \\ a^2 \end{array} \right\| \forall p = 2 \\ \left\| \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right\| \forall p = 0 \end{array} \right.$$

С учетом питания вторичной обмотки от источника тока получено:

$$i_{HK} = \frac{u_k = e_{2k}}{|Z_{HK}|} = \frac{U_{km} \sin[\omega t - (K-1)2\pi/3] + \sum_{v=1}^{\infty} \sum_{p=0}^2 E_{2kvm}^p \sin[v\omega t + \psi_{E2kv} - \pi n_T / 6 - (K-1)2\pi/3] S_{kpV}}{|Z_{HKV}|} =$$

$$\sum_{v=1}^{\infty} \sum_{p=0}^2 I_{HKV} e^{j(v\omega t + \psi_{IHKV})} S_{kpV}$$

$$i_{1k} = \frac{(i_{HK} i_{0k}) W_{2k}}{W_{1k}} e^{j\pi n_T / 6} = \left\{ \frac{U_{km} \sin[\omega t - (K-1)2\pi/3] + \sum_{v=1}^{\infty} \sum_{p=0}^2 E_{2kvm}^p \sin[v\omega t + \psi_{E2kv} - \pi n_T / 6 - (K-1)2\pi/3] S_{kpV}}{|Z_{HKV}|} + \right.$$

$$\left. + \sum_{p=0}^2 I_{0km} \sin(v\omega t + \psi_{I0kv} - \pi n_T / 6) \right\} \frac{W_{2k}}{W_{1k}} e^{j\pi n_T / 6} = \sum_{v=1}^{\infty} \sum_{p=0}^2 I_{1kvm}^p e^{j(v\omega t + \psi_{I1kv})} S_{kpV}$$

$$i_{CK} = i_{HK} + i_{1k} = \left\{ \frac{U_{km} \sin[\omega t - (K-1)2\pi/3] + \sum_{v=1}^{\infty} \sum_{p=0}^2 E_{2kvm}^p \sin[v\omega t + \psi_{E2kv} - \pi n_T / 6 - (K-1)2\pi/3] S_{kpV}}{|Z_{HKV}|} \times \right.$$

$$\left. \times \left( 1 + \frac{W_{2k}}{W_{1k}} \right) e^{j\pi n_T / 6} + \sum_{v=0}^{\infty} I_{0kvm} \sin(v\omega t + \psi_{I0kv} - \pi n_T / 6) \right\} \frac{W_{2k}}{W_{1k}} e^{j\pi n_T / 6} = \sum_{v=1}^{\infty} \sum_{p=0}^2 I_{1CKvm}^p e^{j(v\omega t + \psi_{I1kv})} S_{kpV},$$

где  $i_{1k}$ ,  $i_{HK}$ ,  $i_{CK}$  – токи нагрузки, первичной обмотки ВДТ и сети, соответственно;  $\Psi_{E2kv}$ ,  $\Psi_{IHKV}$ ,  $\Psi_{I0kv}$ ,  $\Psi_{I1kv}$  – фазовые сдвиги  $v$ -ой гармоники  $k$ -ой фазы ЭДС  $E_2$ , тока нагрузки  $I_n$ , тока намагничивания  $I_0$  и тока сети  $I_c$ , соответственно;  $W_{1k}$ ,  $W_{2k}$  – числа витков обмоток;  $a = e^{j2\pi/3}$ .

Выражения позволяют определять значения токов ВДТ при несимметричном и несинусоидальном процессах при различных сочетаниях его параметров и режимов.

Учет нелинейности характеристик ВДТ в сочетании с глубоким насыщением его магнитной системы позволили выявить в ВДТ новые свойства, которые отсутствуют у обычных трансформаторов. В первую очередь это относится к характеру изменения модуля и фазы ЭДС и токов в обмотках ВДТ. Учёт этих свойств позволил установить условия надёжной и экономичной работы трансформатора в квазиустановившихся и переходных режимах, и разработать эффективные способы регулирования и управления ВДТ [4], а также организовать производство устройств (рис. 1).



Рисунок 1 – Многофункциональный преобразователь напряжения на базе ВДТ

Возможность установки таких устройств в любой точке сети в сочетании с улучшенными массогабаритными и стоимостными показателями, а также высоким уровнем автоматизации управления обеспечивают условия интегрирования их в существующие системы управления режимами работы СЭС городов и получения значительного эффекта от снижения потерь напряжения и мощности в сетях за счет комплексного решения вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аберсон М.Л. Реактивные нагрузки электрических сетей больших городов. М.: ГОСИНТИ. – 1971. – С. 3-41.
2. Говоров Ф.П., Говоров В.Ф., Терешин О.В., Ханус А.И. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях с разрядными лампами // Техническая электродинамика. – К.: Институт электродинамики НАН Украины. 2010. Тематический выпуск: Проблемы современной электротехники. Ч.1. – С. 37-42.
3. Говоров Ф.П. К вопросу о компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения и освещения городов / Ф.П. Говоров, В.А. Перепеченный, В.Ф. Говоров // Энергетика и электрификация. – 2007. - №7. – С. 54-58.
4. Авторское свидетельство №855898. Способ управления тиристорами вольтодобавочного трансформатора / Ф.П. Говоров, М.В. Лопушанский // СССРG05F1 БИ. №30. - №B10л.

## REFERENCES

1. Aberson, M.L Reactive loads of electrical networks in big cities. M. GOSINTI. - 1971. - With. p. 3-41.
2. Govorov F.P, Govorov V.F, Tereshin O.N, Hanus A.I. Power factor correction in electrical networks with discharge lamps // Technical electrodynamics. - K.: Institute of Electrodynamics of NAS. 2010. Special Issue: Issues of modern electronics. Part 1. - P. 37-42.
3. Govorov F.P. On the reactive power compensation in power systems and lighting cities / F.P Govorov, V.A Perepechenov, V.F Govorov // Energy and electrification. - 2007. - № 7. - P. 54-58.
4. The author's certificate number 855898. Way thyristor control booster transformer / F.P Govorov, M.V Lopushansky // SSSRG05F1 BI. № 30. - № B10l.

Надійшла до редакції 09.03.2013

Рецензент: О.П.Ковальов

П.П. ГОВОРОВ, В.П. ГОВОРОВ

Харківська національна академія міського господарства

**Компенсація реактивної потужності в системах електропостачання та освітлення міст.** У статті розглянуто стан та особливості компенсації реактивної потужності в системах електроснабження і освітлення міст, шляхи комплексного вирішення питань регулювання напруги та компенсації реактивної потужності на основі використання фазопереключаємих вольтододаточного трансформаторів з тиристорним керуванням.

**Ключові слова:** реактивна потужність, система електропостачання, розподільчі електричні мережі, вольтододаточного трансформатор, ефективність, статичний конденсатор, якість електропостачання.

F. GOVOROV, V. GOVOROV

Kharkov National Academy of Municipal Economy

**Reactive Power Compensation in Power Systems and Cities Lighting.** In the article the state and features power factor correction systems and lighting power systems cities, ways to deal with issues of voltage regulation and reactive power compensation using phase switchable transformer thyristor controlled. Analysis of existing schemes volt transformer additional modulated control voltage is insufficient evidence of their efficiency with the high unit cost of devices, their large mass and size. This greatly complicates the possibility of their use in power supply systems of cities with high levels of uncertainty space and a wide range of parameters mode. Best technical and economic indicators have devices with electronic control. The combination of these advantages of magnetic and semiconductor technology can solve a simple and convenient ways to smooth matters contactless voltage regulation in wide range. To determine the conditions of reliable and economical operation of the booster transformer authors developed a mathematical model that takes into account the features of the wiring of the booster transformer, nonlinearity, and the possibility of deep saturation of the magnetic system. Accounting for non-linear characteristics booster transformer combined with deep saturation of the magnetic system have identified a booster transformer new features that are not available in conventional transformers. This primarily relates to the nature of change in the modulus and phase of the and current in the windings of the booster transformer. Consideration of these properties allowed us to establish a valid and cost-effective operation of the transformer in the quasi-steady-state and transient conditions, and to develop effective methods for controlling and managing the booster transformer. Installation of such devices anywhere on the network, in combination with improved dimensions and weight and cost parameters, as well as a high level of automation allow integration into existing management modes power system cities. And produce a significant effect on reducing the loss of voltage and power networks through integrated treatment of voltage control and reactive power compensation.

**Key words:** reactive power, power systems, power distribution networks, booster transformer, efficiency, capacitor banks, the quality of power supply.