Энергосбережение и энергоэффективность

УДК 621.3.084

© В. П. Демидов, канд. техн. наук, доцент

© А. В. Демидов, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

E-mail: dvp52@mail.ru, worialhat@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-114-117

© V. P. Demidov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© A. V. Demidov, post-graduate student

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: dvp52@mail.ru, worialhat@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

THE INFLUENCE OF EFFICIENCY OF AIR CONDITIONING SYSTEM ELECTRICAL EQUIPMENT OF PUBLIC BUILDINGS ON ENERGY SAVING

Рассматриваются существующие возможности энергосбережения в системах обеспечения микроклимата общественных зданий (системах кондиционирования воздуха) за счет более полного использования мощности применяемого электрооборудования.

Ключевые слова: системы кондиционирования воздуха, энергосбережение, коэффициент мощности, коэффициент искажения, сдвиг фаз между током и напряжением, компенсатор и корректор коэффициента мощности, фильтр гармоник.

The article deals with the currently available energy saving opportunities in the microclimate control systems of public buildings (air conditioning systems) due to a more complete application of the power of the electrical equipment.

Keywords: microclimate maintenance systems, energy saving, power factor, distortion factor, phase shift between current and voltage, compensator and power factor corrector, harmonic filter.

Возможности энергосбережения в системах обеспечения микроклимата в общем и системах кондиционирования воздуха (СКВ) в частности определяются путем расчета. При этом исходят из значения совокупного потребления энергии всеми инженерными системами в год, поскольку годовой расход энергии представляется наиболее объективным энергетическим показателем, так как именно в годовом цикле в полной мере проявляются все режимы потребления энергии [1].

При выполнении годового расчета энергии зачастую основное (или всё) внимание обращается на поступление и расход тепловой энергии [2–4]. Неотъемлемой частью средств обеспечения микроклимата и СКВ является электрооборудование, из которого наибольшее значение

имеют электрические двигатели, используемые для приведения в движение вентиляторов, компрессоров, вентиля и заслонок. Указанное электрооборудование может потреблять значительное количество электрической энергии, пренебрегать которой в энергетическом расчете нельзя. В последние годы появляются работы, в которых уделяется внимание вопросам сбережения электрической энергии [5, 6].

Эффективное использование электрооборудования может внести свой вклад в энергосбережение средств обеспечения микроклимата.

В соответствии с ГОСТ Р 56502–2015 «Системы обеспечения микроклимата новых зданий. Оценка энергетической эффективности при проектировании» установленная мощность N_p , кВт,

и годовое энергопотребление E , МВт·ч/год, систем электроснабжения здания, в том числе для освещения, электробытовых приборов и оргтехники, а также для приводов инженерных систем здания, определяют по данным проекта. При оценке энергоэффективности при предварительных многовариантных расчетах для технико-экономического обоснования значение E может быть вычислено по формуле

$$E = \sum (N_{yi} \cdot k_{cni} \cdot \sum z_{pi} \cdot K_{ni}) \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где N_{yi} — максимальная установленная (номинальная) мощность соответствующего потребителя, кВт; $k_{cni} < 1$ — коэффициент спроса на электроэнергию для i -го потребителя; $\sum z_{pi}$ — количество часов работы i -го потребителя в неделю; K_{ni} — число недель в году, в течение которых работает i -й потребитель.

В стандарте указана возможность определения величины E в зданиях по удельному годовому энергопотреблению $E_{уд}$ на одного человека, что является неточным и не позволяет увидеть возможности энергосбережения за счет более эффективного использования инженерного оборудования.

В данной работе не рассматриваются возможности энергосбережения за счет сокращения спроса на электроэнергию и продолжительности работы потребителей. Значительные резервы для сокращения потребления электрической энергии можно найти в более эффективном использовании мощности электрооборудования, применяемого в СКВ.

Значение номинальной мощности электрооборудования по выражению (1) в реальных условиях эксплуатации не может быть равно значению потребляемой мощности (потребляемая мощность больше номинальной). Степень расхождения между номинальной мощностью и потребляемой характеризуется так называемым коэффициентом мощности λ .

Этот показатель известен из электротехники. При питании устройств переменным током λ вычисляется по выражению

$$\lambda = \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{UI \cos \varphi}{UI}, \quad (2)$$

где φ — сдвиг фаз между напряжением и током; P — активная мощность; S — полная мощность; U, I — действующие значения напряжения и тока соответственно.

Коэффициент мощности свидетельствует о возможности потребителя воспринять электрическую энергию, поступившую от электрической сети. Если потребитель полностью использует поступившую энергию, то $\lambda = 1$.

Известно, что коэффициент мощности становится меньше единицы в результате [7]:

- чередования процессов накопления энергии, поступающей из электрической цепи, реактивными составляющими нагрузки и передачи этой энергии обратно в сеть;
- искажения кривой тока по сравнению с кривой напряжения питания.

Можно отметить, что оба указанные явления часто встречаются при использовании различных электроприводов, питание которых осуществляется от статических силовых преобразователей. Примером может быть электропривод постоянного тока для системы вентиляции, кондиционирования и т. п., питающийся от управляемого тиристорного выпрямителя [8, 9].

Исходя из двух причин снижения коэффициента мощности, можно выделить в питаемых переменным синусоидальным напряжением цепях, где появляются периодические токи несинусоидальной формы, две составляющие коэффициента мощности:

- коэффициент фазового сдвига (определяется сдвигом фаз между первой гармоникой тока и напряжением — $\cos \varphi$);
- коэффициент искажения (обусловлен искажением кривой тока по отношению к кривой напряжения — v) [9].

Таким образом, коэффициент мощности в электрических системах с синусоидальным напряжением и несинусоидальным током можно определить следующим образом:

$$\lambda = \frac{P}{S} = v \cdot \cos \varphi. \quad (3)$$

Учитывая сказанное, фактическая номинальная мощность потребителя $N_{y, \phi}$ может быть определена из выражения

$$N_{y, \phi} = N_y \cdot \lambda = N_y \cdot v \cdot \cos \varphi. \quad (4)$$

Последнее выражение демонстрирует возможности энергосбережения за счет повышения эффективности работы электрооборудования.

В таблице [9] показаны примерные величины $\cos \varphi$ для распространенных типов электрооборудования.

**Примерные величины $\cos \varphi$
для распространенных типов
электрооборудования [9]**

Тип электрооборудования	$\cos \varphi$
Трансформатор (без нагрузки)	0,10–0,15
Электродвигатель	0,70–0,85
Люминесцентная лампа	0,40–0,6
Выпрямитель	0,60–0,95
Привод постоянного тока	0,40–0,75
Привод переменного тока	0,95–0,97
Активная нагрузка	1,00

Очевидно, что за счет повышения $\cos \varphi$ можно значительно (в зависимости от номенклатуры имеющегося в составе системы обеспечения микроклимата оборудования) уменьшить потребление электроэнергии. Повышение $\cos \varphi$ может проводиться путем применения различных компенсаторов и корректоров коэффициента мощности [10–12].

Как понятно из сказанного выше, уменьшение количества потребленной системой обеспечения микроклимата электроэнергии может проводиться также за счет снижения искажения потребляемого электрооборудованием тока (увеличения ν). Согласно некоторым источникам [13, 14], увеличение потребления энергии при наличии искажения показателей электрических величин (тока и напряжения) может достигать для отдельных потребителей 20 %. В [15] приведены зависимости, по которым можно рассчитать потери мощности и энергии от наличия гармоник в электрических показателях (токе и напряжении).

Улучшение гармонического состава потребляемого тока может быть осуществлено путем применения всевозможных фильтров гармоник (пассивных и активных) [15].

Существуют также устройства, которые способны улучшать одновременно два показателя — и коэффициент фазового сдвига, и коэффициент искажения [9, 15].

На основании сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Существенные возможности для энергосбережения в системах кондиционирования воздуха общественных зданий и помещений заключаются в более рациональном использовании мощности используемого электрооборудования.

2. Для конкретного сочетания используемого оборудования необходимо осуществлять обоснованный выбор устройств, компенсирующих реактивную мощность и осуществляющих фильтрацию гармоник.

Библиографический список

1. Кувишинов Ю. Я., Самарин О. Д. Основы обеспечения микроклимата зданий: учебник для вузов. М.: АСВ, 2012. 200 с.
2. Кувишинов Ю. Я. Энергосбережение в системе обеспечения микроклимата зданий. М.: АСВ, 2010. 320 с.
3. Дацюк Т. А., Ивлев Ю. П., Пухкал В. А. Результаты моделирования микроклимата жилых помещений при различных типах отопительных приборов // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 6 (41). С. 12–21.
4. Дацюк Т. А., Таурит В. Р. Моделирование микроклимата жилых помещений // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 4 (33). С. 196–198.
5. Блюмин С. Л., Правильникова В. В. Система управления микроклиматом здания с прогнозированием ресурсопотребления // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. 2014. № 1–2 (32–33). С. 198–202.
6. Ртищева А. С. Моделирование оптимального управления микроклиматом здания // Труды 6-й Российской нац. конф. по теплообмену. М., 2014. С. 376–380.
7. Супронович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок. М.: Энергоатомиздат, 1985. 136 с.
8. Резниченко В. В., Демидов В. П., Демидов Г. В. Повышение достоверности оценки коэффициента мощности при выполнении строительных работ // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 148–151.
9. Коррекция коэффициента мощности и фильтрация гармоник в электроустановках // Серия инженера-конструктора. ООО «АББ». Март 2011. 58 с.
10. Бурман А. П., Розанов Ю. К., Шакарян Ю. К. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учеб. пособие. М.: Изд. дом МЭИ, 2012. 336 с.
11. Розанов Ю. К., Рябчицкий М. В., Кваснюк А. А. Силовая электроника: учебник для вузов. 2-е изд., стер. М.: Изд. дом МЭИ, 2009. 632 с.
12. Васильев А., Хабужов В., Худяков В. Анализ современных методов и технических средств коррекции коэффициента мощности у импульсных источников питания // Силовая электроника. 2004. № 2. С. 72–77.

13. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение // Техническая коллекция Schneider Electric. 2008. Вып. № 22. 32 с.

14. Измерение и устранение гармоник // Техническая коллекция Schneider Electric. Вып. № 30. 42 с.

15. Шидловский А. К., Жаркин А. Ф. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях. Киев: Наукова думка, 2005. 210 с.

References

1. Kuvshinov Yu. Ya., Samarin O. D. *Osnovy obespecheniya mikroklimata zdaniy: uchebnik dlya vuzov* [Basics of providing the microclimate of buildings. Textbook for higher education institutions]. Moscow, ASV Publ., 2012, 200 p.

2. Kuvshinov Yu. Ya. *Ehnergoberezhenie v sisteme obespecheniya mikroklimata zdaniy* [Energy saving in the system of provision of the microclimate of buildings]. Moscow, ASV Publ., 2010, 320 p.

3. Datsyuk T. A., Ivlev Yu. P., Pukhkal V. A. *Rezultaty modelirovaniya mikroklimata zhilykh pomeshcheniy pri razlichnykh tipakh otopitel'nykh priborov* [Results of modeling the microclimate of premises at various types of heating equipment]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Engineering-Construction Journal*, 2013, no. 6 (41), pp. 12–21.

4. Datsyuk T. A., Taurit V. R. *Modelirovanie mikroklimata zhilykh pomeshcheniy* [Modeling the microclimate of residential premises]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2012, no. 4 (33), pp. 196–198.

5. Blyumin S. L., Pravil'nikova V. V. *Sistema upravleniya mikroklimatom zdaniya s prognozirovaniem resursopotrebleniya* [The building microclimate control system with forecasting of resources consumption]. *Ehkologiya Tsentral'no-Chernozemnoy oblasti Rossiyskoy Federatsii – Ecology of the Central Black Earth Region of the Russian Federation*, 2014, no. 1–2 (32–33), pp. 198–202.

6. Rtishcheva A. S. *Modelirovanie optimal'nogo upravleniya mikroklimatom zdaniya* [Modeling the optimum control of the building microclimate]. *Trudy 6-y Rossiyskoy nats. konf. po teploobmenu* [Proc. of the 6-th Russian national. conf. on heat exchange]. Moscow, 2014, pp. 376–380.

7. Supronovich G. *Uluchshenie koefitsienta moshchnosti preobrazovatel'nykh ustanovok* [Improvement of power factor of converting installations]. Moscow, Ehnergoatomizdat Publ., 1985, 136 p.

8. Reznichenko V. V., Demidov V. P., Demidov G. V. *Povyshenie dostovernosti otsenki koefitsienta moshchnosti pri vypolnenii stroitel'nykh rabot* [Increasing of the assessment reliability of power factor when performing construction works]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 3 (50), pp. 148–151.

9. *Korreksiya koefitsienta moshchnosti i fil'tratsiya garmonik v ehlektroustanovkakh* [Correction of power factor and filtration of harmonics in electric installations]. *Seriya inzhenera-konstruktora* [Series of the design engineer]. ABB Publ., 2011, 58 p.

10. Burman A. P., Rozanov Yu. K., Shakaryan Yu. K. *Upravlenie potokami ehlektroenergii i povyshenie ehffektivnosti ehlektroehnergeticheskikh sistem. Ucheb. posobie* [Management of the electric power streams and increasing the efficiency of electric power systems. Teaching manual]. Moscow, MEI Publ., 2012, 336 p.

11. Rozanov Yu. K., Ryabchitskiy M. V., Kvasnyuk A. A. *Silovaya ehlektronika. Uchebnik dlya vuzov* [Power electronics. Textbook for higher education institutions]. 2-nd edition. Moscow, MEI Publ., 2009, 632 p.

12. Vasil'ev A., Khabuzov V., Khudyakov V. *Analiz sovremennykh metodov i tekhnicheskikh sredstv korrektsii koefitsienta moshchnosti u impul'snykh istochnikov pitaniya* [Analysis of modern methods and technical means of correcting the power factor at switched mode power supply units]. *Silovaya ehlektronika – Power electronics*, 2004, no. 2, pp. 72–77.

13. *Garmonicheskie iskazheniya v ehlektricheskikh setyakh i ikh snizhenie* [Harmonics distortions in electrical networks and reducing them]. *Tekhnicheskaya kolleksiya Schneider Electric – Technical collection of Schneider Electric*, 2008, no. 22, 32 p.

14. *Izmerenie i ustranenie garmonik* [Measurement and elimination of harmonics]. *Tekhnicheskaya kolleksiya Schneider Electric – Technical collection of Schneider Electric*, no. 30, 42 p.

15. Shidlovskiy A. K., Zharkin A. F. *Vysshie garmoniki v nizkovol'tnykh ehlektricheskikh setyakh* [The upper harmonics in low-voltage electrical networks]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 2005, 210 p.