

An Investigation of the Residential Electricity Consumption

Konstantin Koev, Krasimir Martev

Изследване на битовото електропотребление

Константин Коев, Красимир Мартев

Abstract: A research was made of the residential electricity consumption. The influence of the ambient temperature on electric power consumption of households of urban residential quarters was examined. The average energy consumption of every household was evaluated. The results of investigation are presents analytically and graphically and they may be used to forecast electricity consumption and to design of electric power supply systems of residential building.

Key words: central heating residential quarter, not central heating residential quarter, ambient temperature, electric power consumption.

ВЪВЕДЕНИЕ

Потреблението на електрическа енергия от обектите в обществено-битовия сектор в страната ни е със значителен дял в общото потребление на този вид енергия [1, 2]. Едно от предизвикателствата пред битовите потребители е повишаването на енергийната ефективност, която е по-ниска в сравнение с водещи европейски страни [5]. Подходящи решения могат да бъдат предложени и реализирани след анализиране на потреблението на електрическа енергия. Това е особено важно за големите населени центрове, в които концентрацията на обществено-битовите електрически товари е висока.

Температурата на атмосферния въздух е един от основните фактори, които влияят върху количеството консумирана електрическа енергия. Изследвани са различни групи обществено-битови обекти през характерни периоди от годината и са предложени математични модели, които описват измененията на електропотреблението в зависимост от температурата на атмосферния въздух [3,4, 6].

Обект на анализа е влиянието на средноденонощната температура на атмосферния въздух върху консумираната електрическа енергия от битови потребители, за топлофициран и нетоплофициран градски жилищен квартал.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на изследването

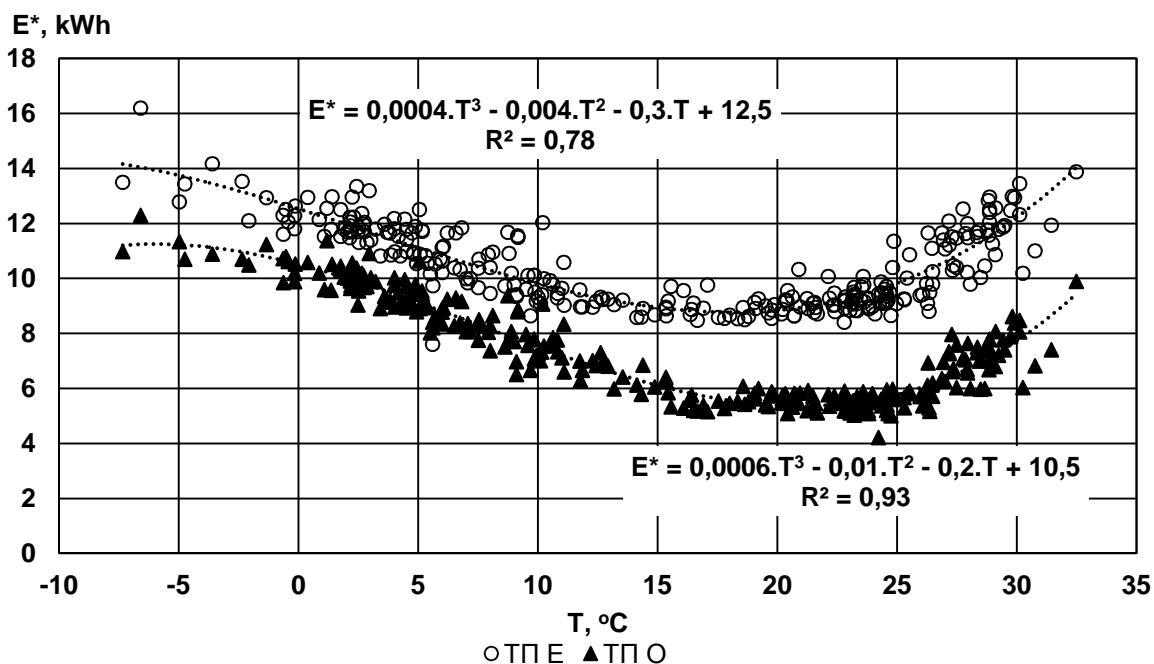
Обект на изследването са средноденонощните изменения на консумираната електрическа енергия в зависимост от температурата на околната среда, за топлофициран и за нетоплофициран жилищен градски район. Жилищните сгради са от панелен тип и с малки изключения не са санирани. Разглеждат се групи от различен брой потребители, захранвани с електрическа енергия от няколко трансформаторни поста. Анализирано е средното специфично потребление на електрическа енергия от едно домакинство.

Данните, използвани за анализа, обхващат най-топлите месеци: юни, юли и август, трите най-студени месеца през годината: декември, януари и февруари, и три месеца от преходен период: март, април и май.

Резултати от изследването

Резултатите за специфичното потребление на електрическа енергия от две групи топлофицирани потребители, захранвани от два отделни трансформаторни поста, условно означени с ТП Е и ТП О, са представени на фиг.1.

Анализът на графиките за двете групи потребители показва, че измененията на специфичното потребление на електрическа енергия E^* , kWh, в зависимост от температурата на атмосферния въздух T , са подобни и нелинейни (фиг.1). Проведен е предварителен анализ за избор на подходящи математични модели на тези зависимости - $E^* = f(T)$, а видът на графиките предполага, че те могат да бъдат полиноми.



Фиг.1. Специфично потребление на електрическа енергия E^* от топлофицирани потребители, в зависимост от средноденонощната температура на атмосферния въздух T .

Разгледани са следните математични модели $y = f(x)$: експоненциална функция и полиноми от 1-ва до 6-та степен, включително (табл.1). В записите на моделите е прието, че $y \equiv E^*$ и $x \equiv T$. Ориентировъчна статистическа оценка за точността, с която даден математичен модел описва експерименталните данни, е коефициентът на детерминация R^2 . Моделът е по-точен, ако стойността на R^2 е по-близка до 1 [7].

Полиномите от по-висока степен се характеризират с по-голяма точност, което е много добре изразено при сравняването на полиноми от 1-ва до 3-та степен, включително (табл.1). При по-висока степен на полинома, стойностите на коефициентите пред аргумента T , повдигнат на по-голяма степен, намаляват значително. Такива

Таблица 1
 Стойности на коефициента на детерминация R^2 на разглежданите математични модели за четирите групи потребители на електрическа енергия

математичен модел	топлофицирани потребители		нетоплофицирани потребители	
	ТП Е	ТП О	ТП 3	ТП 7
$y = a.e^{b.x}$	0,13	0,58	0,64	0,67
$y = a.x + b$	0,13	0,61	0,65	0,70
$y = a.x^2 + b.x + c$	0,71	0,84	0,87	0,88
$y = a.x^3 + b.x^2 + c.x + d$	0,78	0,93	0,90	0,92
$y = a.x^4 + b.x^3 + c.x^2 + d.x + e$	0,78	0,93	0,90	0,92
$y = a.x^5 + b.x^4 + c.x^3 + d.x^2 + e.x + f$	0,78	0,93	0,90	0,92
$y = a.x^6 + b.x^5 + c.x^4 + d.x^3 + e.x^2 + f.x + g$	0,78	0,93	0,90	0,92

коэффициенти могат да се приемат за „незначими“, т.е. стойността на членовете в полиномите, в които те участват, ще бъдат пренебрежимо малки. Следователно моделирането с полиноми от по-висока степен не гарантира непременно по-висока точност. Това се потвърждава от стойностите на коефициентите на детерминация R^2 за полиномите от 3-та до 6-та степен, включително (табл.1). Поради изброените причини, измененията на специфичната консумирана електрическа енергия E^* , в зависимост от средноденонощната температура на атмосферния въздух T , е подходящо да бъдат моделирани с полиноми от 3-ти ред.

Анализът на коефициента на детерминация R^2 на регресионните уравнения (фиг.1) показва, че данните за потребителите, захранвани от трафопост ТП О, се описват по-точно от тези за трафопост ТП Е ($0,93 > 0,78$). Подобни са резултатите за същите групи потребители, през зимния период, като изследваните математични модели са полиноми от 1-ва степен [6]. Точността на модела за данните на ТП О е по-голяма с 15% от тази за ТП Е (фиг.1), но уравненията не могат да бъдат използвани за коректно прогнозиране на специфичното електропотребление E^* . Причината е значителното разсейване на стойностите на E^* за голяма част от изследвания интервал на изменение на температурата T . Това може да се обясни с влиянието на случайни фактори (технически, финансови, субективни), които не са отчетени. По тази причина предложените модели представят общата тенденция на влиянието на температурата на атмосферния въздух T върху консумираната специфична електрическа енергия E^* , за разглежданите 9 месеца от годината.

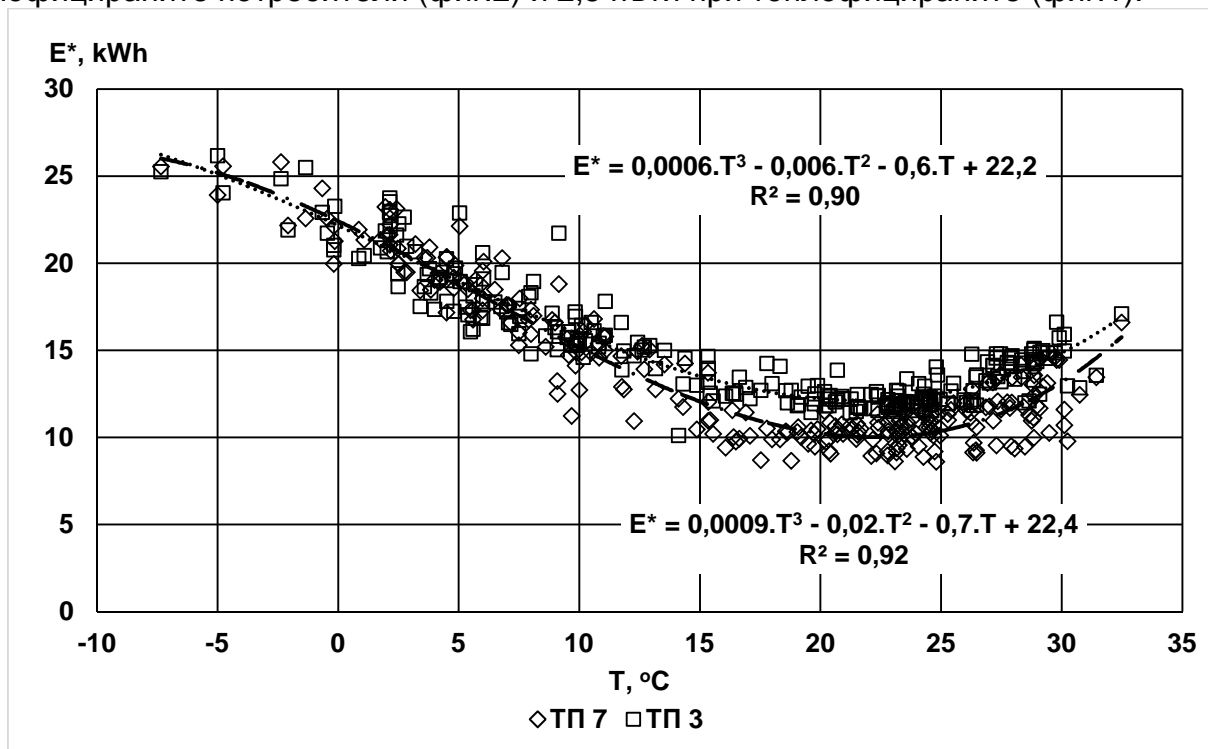
Стойностите на свободния член в регресионните уравнения (математични модели) на топлофицираните потребители се различават с 2,0 kWh, а коефициентите пред независимата величина – температурата T са близки по стойност (фиг.1). Изключение е вторият член в уравненията, като стойностите на коефициентите се различават 2,5 пъти. Забелязва се, че при температура на атмосферния въздух T от около 15°C до 25°C, за всяка от двете групи домакинства, консумираните количества електрическа енергия E^* са най-малките, но разликата между тях е най-голяма.

Причина за наблюдаваните особености е големият брой фактори с различна степен на значимост: топлоизолационни характеристики на ограждащите конструкции, изискванията на жителите за комфорт в жилищата, финансовите възможности на домакинствата. Допълнителни случайни фактори, които също оказват влияние, са: електрическите и топлинните характеристики на използваните уреди, брой на обитателите на жилището, субективното възприемане на температурата на околната среда от жителите и оценките им за комфорт, доходите на домакинствата и др. Всички тези фактори се изменят във времето с различни темпове и много често не могат да бъдат прогнозирани точно. По тази причина допълнително се усложнява моделирането на изменението на количествата консумирана електрическата енергия E^* в зависимост от температурата на атмосферния въздух T .

Анализирано е специфичното електропотребление и на две групи нетоплофицирани жилища, захранвани от два трансформаторни поста, условно означени с ТП 3 и ТП 7 (фиг.2). Сравнението на графиките показва, че данните за двете групи потребители, захранвани от ТП 7 и ТП 3, се апроксимират много добре с полиноми от 3-та степен, както и данните за топлофицираните потребители (фиг.1). Анализът на регресионните модели (фиг.2) показва, че стойностите на свободните членове се различават само с 0,2 kWh, а при уравненията на фиг.1 тази разлика е 2,0 kWh. Характерното за математичните модели на нетоплофицираните потребители, както и при топлофицираните, е че коефициентите пред независимата величина – температурата T , са близки по стойност.

В моделите на потребителите, захранвани с електрическа енергия от трафопостове ТП 3 и ТП 7, се забелязва особеност, характерна и за топлофицираните потребители. Тя се изразява в това, че стойностите на коефициентите във втория

член на уравненията се различават значително. Тази разлика е 3,3 пъти при нетоплофицираните потребители (фиг.2) и 2,5 пъти при топлофицираните (фиг.1).



Фиг.2. Специфично потребление на електрическа енергия E^* от нетоплофицирани потребители (трафопостове ТП3 и ТП 7), в зависимост от средноденонощната температура на атмосферния въздух T .

Сравнителният анализ на регресионните модели за двете групи нетоплофицирани потребители показва, че изменението на консумираната електрическа енергия E^* , в зависимост от температурата на атмосферния въздух T , се описва еднакво точно. Доказателство е малката разлика в стойностите на коефициента на детерминация $R^2 - 0,02$.

Специфичната електрическа енергия E^* , консумирана от нетоплофицираните потребители (фиг.2) се изменя аналогично като при топлофицираните (фиг.1) – минимални стойности в областта на средните температури (от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$), а при най-високите температури стойностите на електропотреблението са по-малки, отколкото през зимния период. Съществена разлика се забелязва в периода с пониски температури (от $-7,5^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$), която се изразява в по-голямата скорост на изменение на зависимата величина E^* (по-голям наклон на графиките), при нетоплофицираните потребители (фиг.2). В следствие на това, средното изменение на специфичната консумирана електрическа енергия E^* за същите потребители, е около 12 kWh (фиг.2). Това е приблизително 2,5 пъти повече, в сравнение с топлофицираните потребители – около 5 kWh (фиг.1). Подобни резултати са установени при изследване на същите групи потребители за зимния период на годината, като използваните математични модели са полиноми от 1-ва степен [6].

Сравнителният анализ между представените резултати за нетоплофицираните и топлофицираните потребители показва, че първата група консумира по-голямо количество електрическа енергия E^* , за изследвания интервал на изменение на температурата на атмосферния въздух T . Разликата основно се дължи на използването на електрическа енергия за отопление на жилищните помещения и за затопляне на вода за битови нужди от нетоплофицираните потребители. Забелязва се едно изключение от тази тенденция. Количествата електрическа енергия, консумирани от топлофицираните потребители, захранвани от трафопост ТП Е, и от

нетоплофицираните потребители, захранвани от трафопост ТП 7, са много близки или съвпадат, при изменение на температурата T в интервала $(+15,0...+32,5)^{\circ}\text{C}$. Причините могат да бъдат различни, както е коментирано по-горе: технически, финансови, субективни или комбинация от тях. По-конкретни изводи за влиянието на различните фактори върху потреблението на електрическа енергия могат да бъдат направени само след анализ на подходяща по обем и качество информация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на проведените изследвания за измененията на консумираната електрическа енергия от битови потребители в топлофициран и в нетоплофициран жилищни квартали, в зависимост от температурата на атмосферния въздух, позволява да се направят следните обобщения:

1. Изменението на специфичното електропотребление E^* за топлофицирани и нетоплофицирани потребители, за три сезона от годината (зимен, преходен и летен), е нелинейно и математически обосновано, че може да се моделира с полиноми от 3-та степен. Коефициентите в моделите са близки по стойност, а консумираната електрическа енергия, от четирите разглеждани групи потребители, е минимална в областта на средните температури (от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$).
2. Свободният член в моделите за нетоплофицираните жилища е почти 2 пъти по-голям от този за топлофицираните, което се дължи на по-голямото потребление на електрическа енергия за отопление през зимния период и за осигуряване на топла вода за битови нужди през целия разглеждан период.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бюлетин за състоянието и развитието на енергетиката на Република България. // Енергетика, 2016, брой 3, стр. 20-28, ISSN 0324-1521.
- [2] Иванов, А., Ив. Геновски. Предизвикателства пред либерализацията на електроенергийния пазар. // Енергетика, 2016, брой 2, стр. 34-39, ISSN 0324-1521.
- [3] Коев, К., Кр. Мартев, Л. Михайлов. Изследване на битовото електропотребление за летен сезон. В: Научни трудове на Русенски университет "Ангел Кънчев, Русе, том 54, серия 3.1, 2015, стр. 50-54, ISBN 1311-3321.
- [4] Недев, Н., Кр. Мартев, К. Коев. Изследване на електропотреблението на жилищен квартал в зависимост от температурата на околната среда. // Екология и бъдеще, 2015, брой 1-2, стр. 20-22, ISSN 1312-0751.
- [5] <http://www.eea.europa.eu/> - European Environment Agency.
- [6] Martev, Kr., K. Koev, N. Nedev. An investigation of the residential electricity consumption per winter season. IN: Proceedings of International Scientific Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, 11-12 November, Ruse, Bulgaria, 2015, pp. 229-234, ISBN ISSN 1311-9974.
- [7]. Nishii R. et al. A Mathematical Approach to Research Problems of Science and Technology (Theoretical Basis and Developments in Mathematical Modeling), Mathematics for Industry, vol.5, Springer, Japan, 2014.

За контакти:

Доц. д-р инж. Константин Георгиев Коев, Катедра "Електроснабдяване и електрообзавеждане", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 201, e-mail: kkoev@uni-ruse.bg