

## Концептуални основи на системите за координиране на енергоосигуряването на комунално-битови обекти

Никола Кибритев, Людмил Михайлов, Кондю Андонов

*A conception of the systems for coordinating the energy provision of objects from the public-private sphere: The basic structure and some aspects of the systems for coordinating the energy supply and energy consumption of groups of objects from the public-private sphere is presented. The basic physical levels of different parts of the energy balance of an object are defined. They will be the basis for defining all the aspects of the coordinator system. As many as possible energy flows within an object are shown and an idea of how to gain energy back is given. Renewable energy sources are included. The structure of an object is given and the energy flows are shown. A function, related to the minimal possible consumption of electricity is given.*

**Keywords:** energy models, energy efficiency, energy management, renewable energy sources

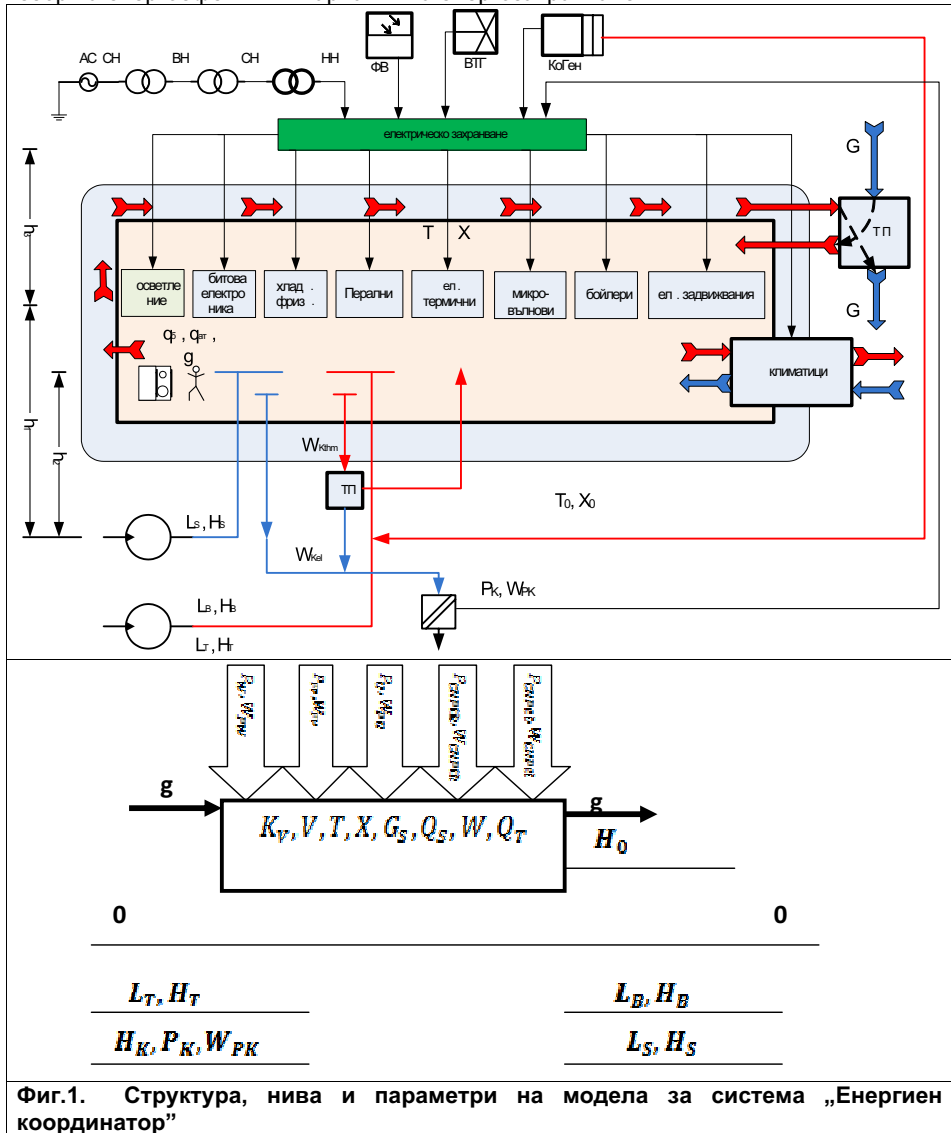
### Въведение

Характерна за комунално-битовия сектор (КБС) в Република България е неговата изключително висока енергийна интензивност. На КБС се падат 34% от крайното енергопотребление в Република България, като стопанският и обществен сектор участват в крайното потребление на електрическа енергия с 63.2%, а битовия с 36.8% [1], което еднозначно показва, че КБС консумира над 50% от електроенергията в страната. КБС същевременно е и най-слабо изследваният и овладян от енергетична гледна точка. В литературата се срещат изследвания на отделни елементи от енергоосигуряването на комунално-битови обекти (КБО). В [3] е предложен подход за моделиране на осветлението в домакинствата въз основа на Марковски вериги. В [4] се говори за симулиране на присъствието на обитателите на обекта и въз основа на това да се подобри прогнозирането на използваните уреди и извършваните дейности - следователно и консумацията на енергия. Модел, съчетаващ в себе си различни състояния на обитателите и тяхното потребление на електрическа енергия, при това симулирано с висока разделителна способност, може да бъде намерен в [5]. Методика за идентифициране на тенденциите при електропотреблението на домакинства е разгледана в [6]. Предложение за използване и управление на микро-когенерационни системи при КБО посредством интелигентни компютризиращи системи може да се намери в [7]. Изследване, базирано на енергиен и ексергиен анализ и подход при използването на отпадна топлина от климатични системи, както и различни шаблони на енергопотреблението в домакинствата е разгледано в [8]. Относно моделирането на енергийния баланс на стая, като се взема предвид влиянието на слънчевата енергия е разгледано в [9]. В настоящия момент не е известно да са разработени модели за контролиране и оптимизиране на комплексното енергоосигуряване на обекти от КБС, както и не са дефинирани критериите, по които да се изгражда една система от типа „Енергиен координатор“ за комунално-битови обекти. Целта на настоящия доклад е да се обоснове концептуален модел на системата от типа „Енергиен координатор“ за оптимално и комплексно енергийно осигуряване на група абонати от комунално-битовия сектор.

### Концептуален модел за изграждане на система „Енергиен координатор“

**Структура на модела.** Синтезиращият модел за структура на системата „Енергиен координатор“ е представен на фиг.1. При синтеза са свързани в едно цяло условията за използване на разполагаемите и достъпни за КБО възобновяеми и алтернативни източници на енергия, както и усвояването на вътрешния енергиен

потенциал на системите, осигуряване на минимални нива на енергопотребление и избор на енергоефективни варианти на енергозахранване.



Фиг.1. Структура, нива и параметри на модела за система „Енергиен координатор“

Характерни са два основни типа консуматори – на електрическа и топлинна (охлаждане) енергия. За осигуряването с електроенергия основен източник е електроенергийната система. Конкурентни източници за електрозахранване могат да бъдат когенераторът (КГ), фотоволтаиците (ФВ), ветрените генератори (ВГ), както и потенциала от отточните води (Рк). Групите на електроконсуматорите са пояснени

на фиг.1. Класификацията им е по формите на преобразуване на ел. енергия, съгласно [2].

Осигуряването с топлинна енергия (студ) за климатизация и БГВ освен от централизиран източник алтернативно може да се осигури чрез климатиците, термopомпени контури (ТП) и утилизация на остатъчна топлина и аерация (напорни височини  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$ ).

**Базови потоци на системата.** В табл. 1 са означени *базовите потоци*, параметри и величини формиращи енергийния и материален баланс на системата „Енергиен оператор” за комунално-битовите обекти.

Таблица 1. Базови потоци, параметри и величини на енергийния и материален баланс на системата „Енергиен оператор” за комунално-битови обекти		
Означение	Наименование	Дименсия
$T, T_0$	Температура на въздуха - вън и вътре	$^{\circ}\text{C}$
$X, X_0$	Влагосъдържание на въздуха - вън, вътре	kg/kg
$V$	Енергосигуряван обем	$\text{m}^3$
$k_v$	Коефициент на топлопредаване	W/m.K
$G$	Въздухообмен – вън,вътре	kg/s
$W$	Разход на електрическа енергия	kW.h
$Q_T$	Разход на енергия за отопление	kW.h
$Q_S$	Разход на енергия за охлаждане	kW.h
$G_T$	Разход на вода за битово горещо водоснабдяване	$\text{m}^3$
$G_S$	Разход на вода за пиене, готвене и миене	$\text{m}^3$
$L_S, H_S$	Дължина и височина на напорните тръбопроводи за водоснабдяване	M
$L_T, H_T$	Дължина и височина на напорните тръбопроводи за отопление	M
$L_B, H_B$	Дължина и височина на напорните тръбопроводи за битово горещо водоснабдяване	M
$0 - 0$	Кота нула на обекта	
$H_0$	Кота на изтичане на водата за пиене и битово-горещо водоснабдяване	m
$H_K$	Кота на заустване на канала на изтичащата вода от БГВ, пиене и хигиенни нужди	m
$P_K$	Енергиен потенциал на изтичащата вода от БГВ, пиене и хигиенни нужди	Kw
$W_{PK}$	Възможен приход на енергия от водата от БГВ, пиене и хигиенни нужди	kW.h
$P_W, W_{PW}$	Мощност и приток на топлина от слънчев енергиен източник	kW, kW.h
$P_{FV}, W_{FV}$	Мощност и приток на електроенергия от фотоволтаичен източник	kW, kW.h
$P_U, W_{PU}$	Мощност и приток на електроенергия от ветрен енергиен източник	kW, kW.h
$P_{CHPeI}, W_{CHPeI}$	Мощност и приток на електроенергия от когенератор	kW, kW.h
$P_{CHPth}, W_{CHPth}$	Мощност и приток на топлина от когенератор	kW, kW.h

**Базово ниво за оценка и управление на системата.** Базови нива за оценка и ефективното управление на енергопотреблението и енергопроизводството в системата „Енергиен оператор” за комунално-битовите обекти както на

консумацията, така и на доставката на енергия (електрическа и топлинна) обекти се преполога да бъдат физическите нива на разхода и възможния приток на енергия [2], основните от които са пояснени в табл.2.

Таблица 2. Физически нива на разхода и възможния приток на енергия на системата „Енергиен оператор“ за комунално-битови обекти	
Разходи	Зависимости за определянето
Разход на енергия за затопляне на вода и продукти	$W_T = G_T \cdot C_T \cdot \rho_T \cdot (T_{TN} - T_{TK}) \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $W_S = G_S \cdot C_S \cdot \rho_S \cdot (T_{SN} - T_{SK}) \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ <p>където <math>C_S, C_T</math> е специфичният топлинен капацитет на водата, продукта, <math>kWh</math> ;  <math>\rho_S, \rho_T</math> - масовата плътност на водата, продукта, <math>kg / m^3</math>  <math>T_{SN}, T_{TN}, T_{SK}, T_{TK}</math> - началната и крайна температури при нагряването на водата, продукта, <math>^{\circ}C</math>.</p>
Разход на енергия за водо- и топлоснабдяване на обекта	$W_S = g \cdot G_S \cdot (H_0 - H_S) \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $W_T = g \cdot G_T \cdot (H_0 - H_T) \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ <p>където <math>g</math> е земното ускорение, <math>m / s^2</math>.</p>
Доставка	
От електроенергийната система	$W$
Топлинна и електрическа енергия от когенераторна уредба	$W_{CHP} = W_{CHPel} + W_{CHPth}$
Топлинна енергия от слънчев енергиен източник	$W_{se} = q_1 \cdot x^5 + q_2 \cdot x^4 + q_3 \cdot x^3 + q_4 \cdot x^2 + q_5 \cdot x + q_6$ , където $x$ са часовете от деня, $h$ .
Електрическа енергия от фотоволтаичен източник	$W_{FV} = p_1 \cdot x^5 + p_2 \cdot x^4 + p_3 \cdot x^3 + p_4 \cdot x^2 + p_5 \cdot x + p_6$
Електрическа енергия от ветрен енергиен източник	$W_{PU}$
Енергия от потенциала на отпадните води	$P_K = \frac{(q_s + q_k) \cdot (H_0 - H_K) \cdot \gamma}{102}$ ; $W_K = \sum_1^N P_{Ki} \cdot t_i(k)$ <p>където <math>q_s, q_k</math> са дебитите на отточните води, <math>m^3/s</math>.</p>

**Ниво на минималния разход на електроенергия от системата.** Условието за оптимално използване на електрическата енергия от битовите консуматори се дефинира чрез целевата функция за мнимален относителен разход на електроенергия [2]

$$E^*_G = \frac{1}{8} \left\{ \frac{E^*_{L1} \cdot P_{L1} + \dots + E^*_{Lk} \cdot P_{Lk} + \dots + E^*_{Ln} \cdot P_{Ln}}{P_{L1} + \dots + P_{Lk} + \dots + P_{Ln}} + \frac{E^*_{H1} \cdot P_{H1} + \dots + E^*_{Hk} \cdot P_{Hk} + \dots + E^*_{Hn} \cdot P_{Hn}}{P_{H1} + \dots + P_{Hk} + \dots + P_{Hn}} + \right.$$

$$+ \frac{E^*_{B1} \cdot P_{B1} + \dots + E^*_{Bk} \cdot P_{Bk} + \dots + E^*_{Bn} \cdot P_{Bn}}{P_{B1} + \dots + P_{Bk} + \dots + P_{Bn}} + \frac{E^*_{K1} \cdot P_{K1} + \dots + E^*_{Kk} \cdot P_{Kk} + \dots + E^*_{Kn} \cdot P_{Kn}}{P_{K1} + \dots + P_{Kk} + \dots + P_{Kn}} +$$

$$+ \frac{E^*_{T1} \cdot P_{T1} + \dots + E^*_{Tk} \cdot P_{Tk} + \dots + E^*_{Tn} \cdot P_{Tn}}{P_{T1} + \dots + P_{Tk} + \dots + P_{Tn}} + \frac{E^*_{P1} \cdot P_{P1} + \dots + E^*_{Pk} \cdot P_{Pk} + \dots + E^*_{Pn} \cdot P_{Pn}}{P_{P1} + \dots + P_{Pk} + \dots + P_{Pn}} +$$

$$+ \left. \frac{E^*_{M1} \cdot P_{M1} + \dots + E^*_{Mk} \cdot P_{Mk} + \dots + E^*_{Mn} \cdot P_{Mn}}{P_{M1} + \dots + P_{Mk} + \dots + P_{Mn}} + \frac{E^*_{Q1} \cdot P_{Q1} + \dots + E^*_{Qk} \cdot P_{Qk} + \dots + E^*_{Qn} \cdot P_{Qn}}{P_{Q1} + \dots + P_{Qk} + \dots + P_{Qn}} \right\} \Rightarrow MIN ,$$

където  $E_{Lk}^*$ ;  $E_{HK}^*$ ;  $E_{Bk}^*$ ;  $E_{Kk}^*$ ;  $E_{Tk}^*$ ;  $E_{Pk}^*$ ;  $E_{Mk}^*$ ;  $E_{Qk}^*$  са специфичните относителни разходи на електроенергия на приборите, съответно за лампи ( $E_{Lk}^*$ ), хладилници ( $E_{HK}^*$ ), бойлери ( $E_{Bk}^*$ ), климатици ( $E_{Kk}^*$ ), телевизори ( $E_{Tk}^*$ ), перални ( $E_{Pk}^*$ ), микровълнови печки ( $E_{Mk}^*$ ), котлони ( $E_{Qk}^*$ );

$P_{Lk}$ ;  $P_{HK}$ ;  $P_{Bk}$ ;  $P_{Kk}$ ;  $P_{Tk}$ ;  $P_{Pk}$ ;  $P_{Mk}$ ;  $P_{Qk}$  - мощностите, съответстващи на нивата на относителните разходи на електроенергия,  $kW$ .

### Изводи

1. Предложеният концептуален модел за структура, нива и параметри за изграждане на система „Енергиен координатор“ за доставка, консумация и ефективно използване на електрическата и топлинна енергия в комунално-битовите обекти предполага: използването на всеки достъпен за обекта възобновяем и алтернативен източник на енергия; въвеждане в оптимален режим на енергопроизводство на всеки енергиен източник; управление на енергопотреблението по минимален разход на енергия за всеки консуматор; осигуряване на сензори за ограничаване на паразитните разходи на електроенергия, топлина и вода; изграждане на телекомуникационна система за управление на обектите по входно-изходен енергиен баланс.
2. Структурният модел на системата „Енергиен координатор“ е изходен за изграждането на модели за симулиране и извеждането на оптимални параметри на контурите и източниците за отопление, охлаждане, битово горещо водоснабдяване, електрозахранване и консумацията на електроенергия и разхода на студена и топла вода и създаването на действащи системи „Енергиен координатор“ за битово-комуналните обекти.

### Литература

1. Бюлетин за състоянието и развитието на енергетиката на република България, март 2010 г.
2. Оптимизация на енергопотреблението, проф. д-н Кондю Андонов, доц. д-р инж. Людмил Михайлов-д-р инж. Огнян Динолов д-р инж. Константин Коев д-р инж. Анка Кръстева д-р инж. Надежда Евстатиева д-р Атанаска Новакова, Русе 2010 г.
3. A combined Markov-chain and bottom-up approach to modelling of domestic lighting demand, Joakim Widen, Annica M. Nilsson, Ewa Wackelgard, Energy and Buildings 41 (2009) 1001–1012.
4. A generalised stochastic model for the simulation of occupant presence, J. Page, D. Robinson, N. Morel, J.-L. Scartezini, Energy and Buildings 40 (2008) 83–98.
5. A high-resolution stochastic model of domestic activity patterns and electricity demand, Joakim Widén \*, Ewa Wäckelgård, Applied Energy 87 (2010) 1880–1892.
6. Identifying trends in the use of domestic appliances from household electricity consumption measurements, S. Firth, K. Lomas, A. Wright, R. Wall, Energy and Buildings 40 (2008) 926–936.
7. Micro combined heat and power home supply: Prospective and adaptive management achieved by computational intelligence techniques, Jens Matics, Gerhard Krost, Applied Thermal Engineering 28 (2008) 2055–2061.
8. Optimal selection among different domestic energy consumption patterns based on energy and exergy analysis, S. Lu, J.Y. Wu, Energy Conversion and Management 51 (2010) 1398–1406.

9. Some aspects of modelling the energy balance of a room in regard to the impact of solar energy, Dorota A. Chwieduk.

**За контакти:**

Проф. д-р Кондю Андонов, Русенски университет "Ангел Кънчев", Катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, тел.: 082-888 302, e-mail: [kandonov@ru.acad.bg](mailto:kandonov@ru.acad.bg).

Доц. д-р инж. Людмил Досев Михайлов, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, e-mail: [lmihaylov@uni-ruse.bg](mailto:lmihaylov@uni-ruse.bg)

Маг. инж. Никола Алексиев Кибритев, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, тел.:0898-713415, e-mail: [nkibritev@uni-ruse.bg](mailto:nkibritev@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**