

SAT-10.326-1-EEEE-08

## **A study on the energy production for the insurance of thermally supplied city zone**

Boryana Manolova, Ivan Grigorov, Lyudmil Mihaylov

## **Изследване на енергопроизводството за осигуряване на градска топлофицирана зона**

Боряна Манолова, Иван Григоров, Людмил Михайлов

**Abstract:** *A comparative study of the flows of combined energy consumption has been conducted. The levels and ratios between the flows of electricity and thermal consumption by months during the heating and summer period have been established. The study results can be used in the design and construction of new cogeneration power in the thermally supplied city regions in the country.*

**Key words:** *combined energy production; energy supply of city thermally supplied zones.*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Проведено е изследване на електрическите и топлинните товари на топлофицирани райони. Синтезирани са модели на товарите чрез полиноми от шеста степен по месеци, дни и часове от денонощието. Моделите са с висока степен на достоверност и могат да служат като база за изграждане на единни по структура автоматизирани системи за управление на електро- и енергопроизводство и електро- и енергопотреблението в топлофицираните градски зони [1,2].

Изследвани са нивата на мощността на електрическите и топлинните товари [3,4,5]. Налице е размах между 2 и 3 пункта между абсолютни максимални и минимални стойности на мощностите съотношенията между абсолютно максималните и абсолютно минималните разходи на електроенергия по месеци в диапазон от 1,3 до 1,6 единици. Товаровите графици през отоплителния сезон се отличават със значителен размах – месечните по дни са със среден размах от 36,72 MW, месечните по дни и часове от денонощието са със среден размах от 54,38 MW. през летния сезон се отличават със стеснен размах – месечните по дни със среден размах от 3,48 MW, месечните по дни и часове със среден размах от 9,81 MW. Дневните по часове са със 2,82 пункта по-голями от дневните. Размахът на товарите през отоплителния сезон при дневните е 10,55 пъти по-голям от летните, а на дневните по часове 5,54 пъти по-голям от летните. Изследванията са провеждани, като не е търсена връзката между електрическите и топлинни товари. Целта на настоящото изследване да се установят връзките и нивата между потоците на консумираната електрическа и топлинна енергия в топлофицираните градски зони.

### **Методичен подход при анализа**

Топлофикационната мрежа като правило се охранява от две и повече водни магистрали, които чрез изградените връзки могат да се обединяват или секционират. Също така градските зони се охраняват с електрическа енергия от една или няколко подстанции 110/20/10 kV. Към настоящия момент всяка от двете енергозахранващи системи функционира самостоятелно. Независимо от това при анализа се приема, те ще се обединят при изграждането на нова когенерационна централа (КГЦ), която да замести съществуващата ТЕЦ. В тази насока следва да насочат вниманието си общините, самите топлофикационни и електроснабдителни дружества. Този процес ще протече, в случай, че анализите от комбинираното енергопроизводство чрез КГЦ го потвърдят. Целта на даденото изследване е да се осигури със стартова

информация, за да се установи целесъобразността от подобен проект. При анализа се приема, че произвежданото количество енергия от КГ се предопределя от консумираната през месеците и сезоните топлинна енергия. Потоците от електрическа и топлинна енергия, осигуряващи топлофицираните градски зони са следните:

|    |                                                                                          |         |     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|
| E1 | Консумирана електрическа енергия от абонатите, захранвани от подстанция 1                | ПС1     | MWh |
| E2 | Консумирана електрическа енергия от абонатите, захранвани от подстанция 1                | ПС2     | MWh |
| E3 | Консумирана електрическа енергия от абонатите, захранвани от подстанция 1 и подстанция 2 | ПС1+ПС2 | MWh |
| T1 | Консумирана електрическа енергия от абонатите, захранвани от магистрала 1                | ПС1     | MWh |
| T2 | Консумирана електрическа енергия от абонатите, захранвани от магистрала 2                | ПС2     | MWh |
| T3 | Консумирана електрическа енергия от абонатите, захранвани от магистрала 1 и магистрала 2 | МС1+МС2 | MWh |

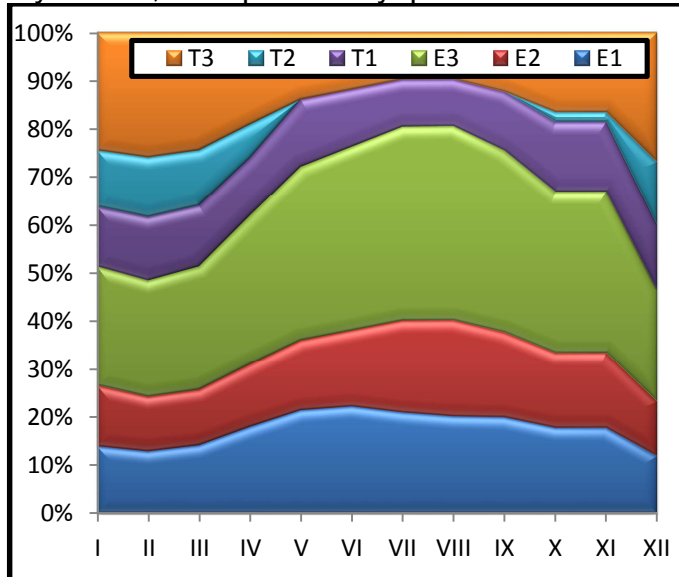
Събрана е информация за нивата и съотношенията между потоците (табл.1). Потокът E3 е сума от потоците E1 (180218 MWh) и E2 (155040MWh), потокът T3 е

| <b>Таблица 1. Разпределение на консумирана топлинна и електрическа енергия от топлофицираните градски зони</b> |        |      |        |      |        |      |        |      |        |      |        |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
|                                                                                                                | E1     |      | E2     |      | E3     |      | T1     |      | T2     |      | T3     |      |
|                                                                                                                | MWh    | %    | MWh    | %    | MWh    | %    | MWh    | %    | MWh    | %    | MWh    | %    |
| I                                                                                                              | 24957  | 13,8 | 22734  | 14,7 | 44342  | 13,4 | 22370  | 15,9 | 20945  | 26,3 | 43315  | 19,6 |
| II                                                                                                             | 17927  | 9,9  | 15820  | 10,2 | 33747  | 10,2 | 18409  | 13,1 | 17309  | 21,8 | 35718  | 16,2 |
| III                                                                                                            | 17 484 | 9,7  | 14 269 | 9,2  | 31 753 | 9,6  | 15 561 | 11,0 | 14 274 | 17,9 | 29 835 | 13,5 |
| IV                                                                                                             | 14346  | 8,0  | 10430  | 6,7  | 24775  | 7,5  | 9609   | 6,8  | 5551   | 7,0  | 15160  | 6,9  |
| V                                                                                                              | 12967  | 7,2  | 8864   | 5,7  | 21831  | 6,6  | 8384   | 6,0  | 0      | 0,0  | 8382   | 3,8  |
| VI                                                                                                             | 12292  | 6,8  | 8838   | 5,7  | 21129  | 6,4  | 6518   | 4,6  | 0      | 0,0  | 6520   | 3,0  |
| VII                                                                                                            | 12906  | 7,2  | 11921  | 7,7  | 24826  | 7,5  | 5988   | 4,3  | 0      | 0,0  | 5996   | 2,7  |
| VIII                                                                                                           | 11318  | 6,3  | 11338  | 7,3  | 22657  | 6,8  | 5418   | 3,8  | 0      | 0,0  | 5429   | 2,5  |
| IX                                                                                                             | 11577  | 6,4  | 10335  | 6,7  | 21913  | 6,6  | 7061   | 5,0  | 0      | 0,0  | 7085   | 3,2  |
| X                                                                                                              | 13954  | 7,7  | 12348  | 8,0  | 26302  | 7,9  | 11402  | 8,1  | 1529   | 1,9  | 12929  | 5,9  |
| XI                                                                                                             | 13954  | 7,7  | 12348  | 8,0  | 26302  | 7,9  | 11402  | 8,1  | 1529   | 1,9  | 12929  | 5,9  |
| XII                                                                                                            | 16536  | 9,2  | 15797  | 10,2 | 32333  | 9,7  | 18747  | 13,3 | 18421  | 23,2 | 37168  | 16,9 |
| Σ                                                                                                              | 180218 |      | 155040 |      | 331909 |      | 140870 |      | 79559  |      | 220468 |      |

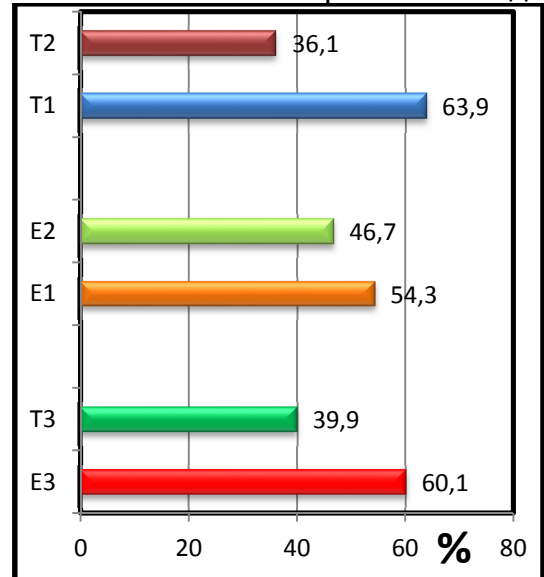
съответно сума от потоците T1 (140870 MWh) и T2 (79559 MWh). Сумарният разход на енергия в топлофицираните зони е 552377 MWh и е сума от потоците E3+T3, от която 331909 MWh е потокът E3 и 220468 MWh – потокът T3.

Процентно разпределение по месеци между нивата на потоците в енергозахранващите зони е представено на фиг.1. Най-голяма е площта, заемана от потоците на електропотреблението – между 50 % и над 75 % през лятото. Останалата част - до 100 % се заема от топлинните потоци, като през лятото тяхното ниво е до 10 %. Потокът E1 по месеци е разпределен сравнително равномерно – между 6,3 % през м. август и 13,8 % през м. януари. Аналогично е разпределението и на потокът E2 – между 5,7 % през м. юни и 14,7 % през м. януари. Сумарният поток E3 също е със сходно разпределение – между 6,4 % през м. юни и 13,4 % през м. януари. Сезоните оказват влияние от 2,1 до 2,6 пункта разлики между електропотреблението през зимата спрямо лятото.

Разликите в нивата на топлинните потоци през месеците е много по-голяма спрямо електропотреблението. Потокът T1 по месеци е между 3,8 % през м. август и 15,9 % през м. януари. Разликата е 4,18 пункта. Потокът T2 през летните месеци отсъства, през другите месеци разликите достигат до 13,8 пункта. Сумарният топлинен поток T3 по месеци се разпределя между 2,5 % през м. август и 19,6 % през м. януари. Сезоните оказват влияние на толопотреблението до

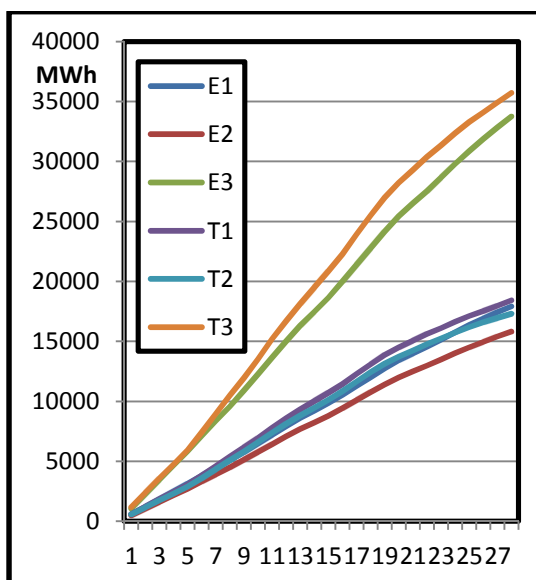


Фиг.1. Процентно разпределение по месеци между нивата на потоците в енергозахранващите зони

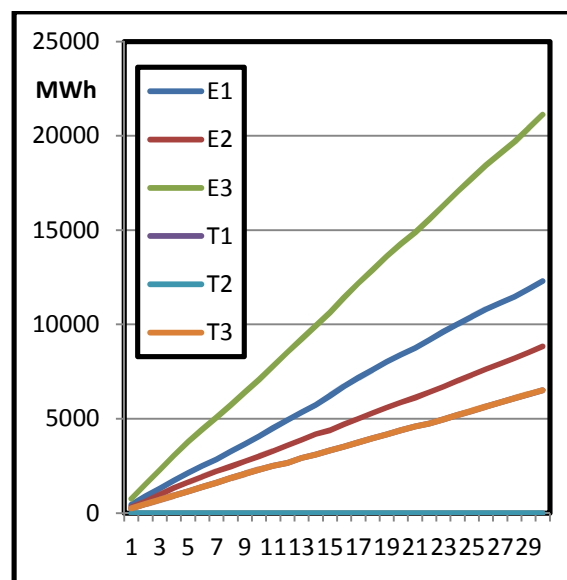


Фиг.2. Годишно съотношение между енергийните потоци, %

8 пункта през зимата спрямо лятото. Годишното съотношение между енергийните потоци в % е представено на фиг.2. Потокът E1 съставлява 54,3 % спрямо общото електропотребление, а потокът E2 – 46,7 %. Потокът T1 съставлява 63,9 % спрямо общото толопотребление, а потокът T2 – 36,1 %.



Фиг.3. Нива на интегралните енергийни потоци по дни от м. февруари



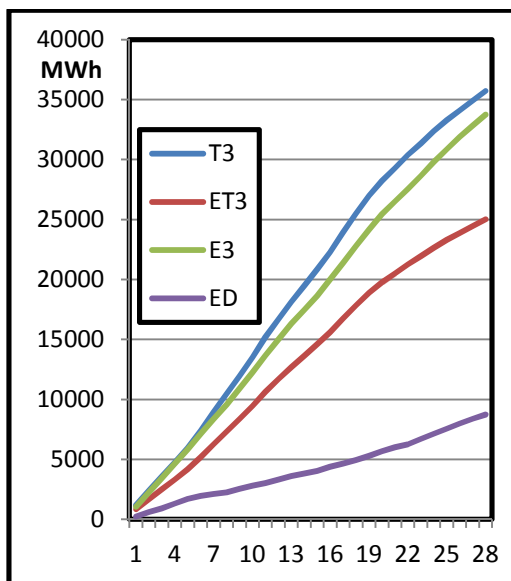
Фиг.4. Нива на интегралните енергийни потоци по дни от м. юни

За визуализация на нивата на енергопотреблението на фиг.3 и фиг.4 са представени интегралните потоци на енергопотреблението. През зимата сумарните потоци от топлинна T3 и електрическа E3 енергия , както и потоците T1, T2, E1 и E2 един спрямо друг са съизмерими и сходими по дните от месеците (фиг.3).

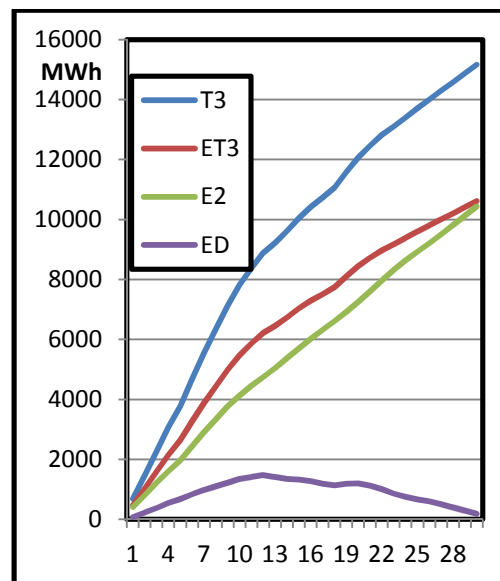
Сходимостта на потоците е предпоставка за енергоефективни режими на работа на КГЦ. През лятото сходимостта се нарушава, като доминира нивото на електропотреблението (фиг.4).

### Оценка на базовото енергопроизводство

Всяка КГЦ се характеризира с товарите си на производство на топлинна енергия. Те са базата, върху която следва да се градят режимите за ефективно енергопроизводство на КГЦ. Режим на максимален к.п.д ще се осигурява в случай, че се осигурява натоварване по номинална топлинна и номиналната електрическа мощност на КГЦ. Номиналната електрическа мощност, съдейки по каталожните данни на агрегатите, е в съотношение между 65 % и 80 % от номиналната топлинна мощност. При базисната оценка се приема, че електрическата съставлява 70 % от топлинната. За всеки от месеците се определя потокът от електроенергия ET3, който ще се произведе паралелно с потока E3, където  $ET3 = k * T3$ . Коефициентът  $k$  се определя от съотношението между величините  $P_{kge}/P_{kgt}$ , където:  $P_{kge}$  е номиналната електрическа мощност на КГ, kW;  $P_{kgt}$  - номиналната топлинна мощност на КГ kW. По отношение на всеки от месеците се пресмята остатъчен поток от електрическа енергия ED. Търси се минимална или нулева разлика между потока ET3 и който и да е от потоците E1, E2 или E3, за да се установи възможността за паралелно захранване на абонатите на топлофикационната мрежа и консуматорите на електрическа енергия от едната, втората или общо от двете подстанции.



Фиг.5. Нива и съотношение на потоците T3, ET3, E3 и ED – м. февруари



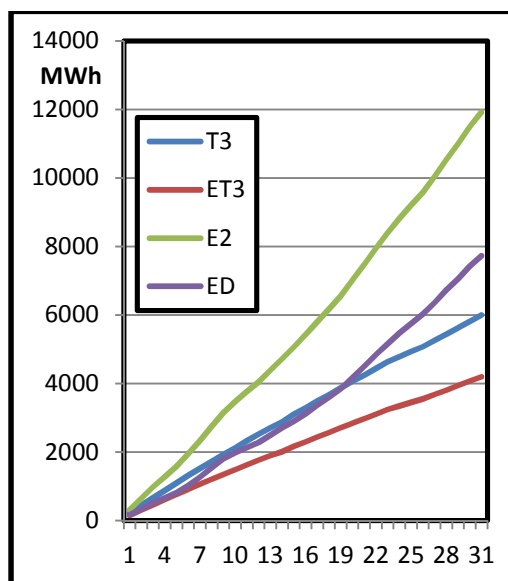
Фиг.6. Нива и съотношение на потоците T3, ET3, E2 и ED – м. април

На фиг.5 са представени нивата и съотношение на потоците T3, ET3, E3 и ED за м. февруари. Потокът T3 в края на месеца достига 35718 MWh. Близък до него е потокът E3 = 33747 MWh. Потокът ET3 при коефициент  $k=0,7$  в края на месеца ще бъде 25003 MWh. Остатъчният поток ED има променлив характер през месеца, като в края на същия има стойност от 8744 MWh.

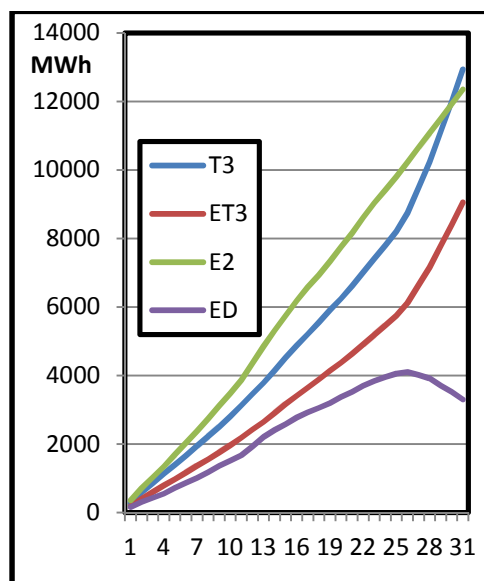
Добра сходимост се наблюдава през м. април (фиг.6), където в края на месеца T3 = 15160 MWh, ET3 = 10612 MWh, ET2 = 10430 MWh, а остатъка ED = 182 MWh.

Остатъчната електрическа енергия през останалите месеци е в по-големи количества. На фиг.7 са представени нивата и съотношение на потоците T3, ET3, E2 и ED за м. юли. Остатъчният поток ED достига стойност от 7518 MWh. На фиг.8 са представени нивата и съотношение на потоците T3, ET3, E2 и ED за м. октомври.

Остатъчният поток ED има променлив характер през месеца, като в края на същия има стойност от 3297 MWh.



Фиг.7. Нива и съотношение на потоците T3, ET3, E2 и ED – м. юли



Фиг.8. Нива и съотношение на потоците T3, ET3, E2 и ED – м. октомври

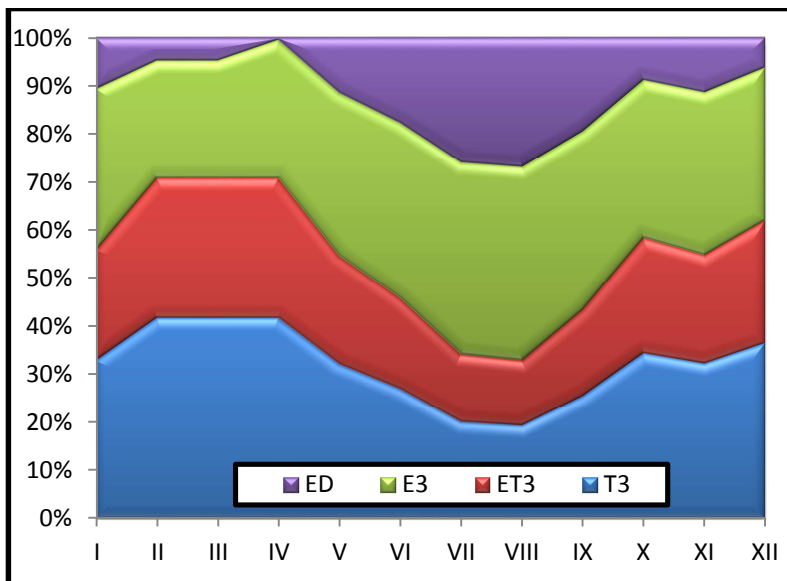
Определени са потоците за базовото енергопроизводство от КГЦ за всеки от месеците на годината. Резултатите са представени в табл.2. През отоплителния сезон потоците ET3 имат по-голяма сходимост със сумарните потоци на консумираната електрическа енергия E3 (XI, XII, I, II,). През останалите месеци разпределението е E1 (III, VIII), E2 (IV, V, VI, VII, IX, X).

**Таблица 2.** Разпределение на консумирана топлинна (Т3) и електрическа енергия (E1, E2,E3), очакваното електропроизводство (ЕТ3) и остатъчното електропроизводство (ЕТ3) при оценката на базовото енергопроизводство от КГЦ

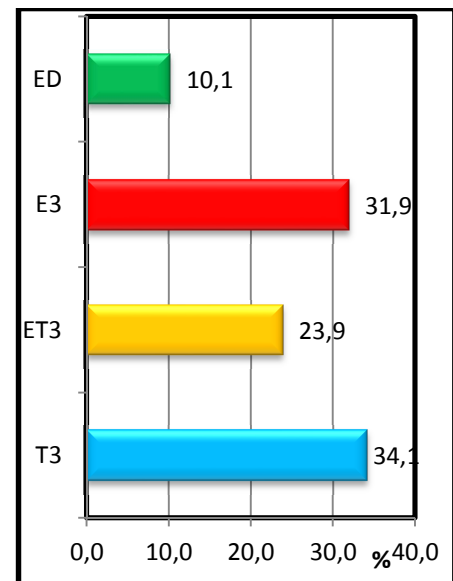
| Месец | Потоци, MWh |        |             |       |
|-------|-------------|--------|-------------|-------|
|       | T3          | ET3    | E1, E2,E3   | ED    |
| I     | 43315       | 30321  | 44342 (E3)  | 14022 |
| II    | 29 835      | 20885  | 17 484 (E3) | 3401  |
| III   | 29 835      | 20885  | 17 484 (E1) | 3401  |
| IV    | 15160       | 10612  | 10430 (E2)  | 182   |
| V     | 8382        | 5868   | 8864 (E2)   | 2996  |
| VI    | 6520        | 4564   | 8838 (E2)   | 4274  |
| VII   | 5996        | 4197   | 11921 (E2)  | 7723  |
| VIII  | 5429        | 3801   | 11318 (E2)  | 7518  |
| IX    | 7085        | 4960   | 10335 (E2)  | 5376  |
| X     | 12929       | 9050   | 12348 (E2)  | 3297  |
| XI    | 26934       | 18854  | 28324 (E1)  | 9470  |
| XII   | 37168       | 26018  | 32333 (E3)  | 6315  |
| Σ     | 228590      | 160013 | 214020 (E3) | 67976 |

Процентното разпределение по месеци между нивата на базовото енергопроизводство от КГЦ е показано на фиг.9, а процентните съотношения между потоците на базовото енергопроизводство от КГЦ са представени на фиг.10. Водещи са потоците на топлопотреблението T3 – 34,1 %, следват потоците електропотреблението в топлофицираната зона E3 – 31,9 %. Потокът от електрическа енергия, който ще се произведе паралелно с генерираната топлинна енергия ET3 е 23,9 %. При този режим на консумация на електрическа и топлинна

енергия в топлофицираната зона остатъчното количество електроенергия ED е 10,1 % от общото количество произведена енергия от КГЦ.



Фиг.9. Процентно разпределение по месеци между нивата на базовото енергопроизводство от КГЦ



Фиг.10. Съотношения между потоците на базовото енергопроизводство от КГЦ, %

### Заклучение

Получените резултати от изследването показват, че съотношението между енергийните потоци в топлофицираните зони има сезонен характер. През отоплителния сезона потоците на електропотребление и топлопотребления се доближават, когенераторната централа ще бъде натоварена, докато през летния сезон се срива до пет пъти консумацията на топлинна енергия. Остава проблемът с допълнителните топлинни мощности, които при срива на индустриалното производство у нас е невъзможно да се осигурят.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андонов К., Ив.Григоров, Б. Манолова, П. Пенев, Б. Евстатиев. Моделиране на енергийните товари. Енергиен форум Варна, 2016.
- [2]. Андонов К., Т. Ерменков, К. Коев, Н. Недев. Изследване на денонощните товари графици на градски район. Сп. Енергетика, №4, 2014, стр. 17-24.
- [3]. Манолова Б., К. Андонов, Н.Недев, Ив. Григоров, Л. Михайлов, Б. Евстатиев. Модели на електрическите балансии на топлофицирани райони. Сп. Екология и бъдеще.
- [4]. Iv. Grigorov, B. Manolova, L. Mohaylov, N. Minkov, Kr. Martev. Base energy loads for cogeneration – alternative to tpps. te-re-rd Varna, 2016.
- [5]. Kondju Andonov, Ivan Grigorov, Borianana Manolova, Boris Evstatiev, Katerina Gabrovska-Evstatieva, Krasimir Martev. Models of the thermal energy consumption of a heating company. Сп. Екология и бъдеще.

#### За контакти:

доц. д-р Людмил Михайлов, Катедра "Електроснабдяване и електрообзавеждане", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: [lmichailov@uni-ruse.bg](mailto:lmichailov@uni-ruse.bg)

ас. инж. Иван Григоров, Катедра „Технически и природо-математически науки“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, e-mail: [iaq56@mail.bg](mailto:iaq56@mail.bg)