Компютърно енергийно моделиране за целите на енергиен одит

Георги Атанасов

Computer energy modeling for an energy audit: *The article presents a specific energy audit conducted in the frame of Operative Program COMPETITIVENESS FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (BEECIFF - Bulgaria Energy Efficiency for Competitive Industry Finance Facility - "Development of the Competitiveness of the Bulgarian Economy" 2007-2013: BG161PO003-2.3.02 "Energy Efficiency and Green Economy "), active in the period from June 2013 - June 2014. The assignor of the energy audit obtained official approval by the Bulgarian Ministry of Economy and Energy for European subsidy for the project. For several years in Bulgaria is ongoing an intensive process for improvement of energy efficiency of industrial consumers of energy - electricity, heat, fuels. Along with the increasing availability of information provided by the factories and others industrial facilities for energy resources spent on site, there exist many cases of absence of information for different parts of the energy consumers - individual workshops, separate production lines and systems, supporting individual energy systems, etc., for which - in many cases - is necessary to perform an individual energy audit. The increase of need to carry out energy audits for such parts of industrial sites, coupled with the lack of detailed information about their energy consumption, challenges the specialized audit firms to find ways and methods to properly conduct energy audits in the complex environment of the sites. The article is an analysis of techniques and approaches for solving the problem of an energy audit for a particular part of a factory using waste solid biomass as a heat source in the absence of specific data on the energy consumption of this part of the factory. If in this case would have been used traditional methods and techniques for conducting the energy audit, it would be not possible to obtain adequate energy picture for this part of the factory. Therefore, the audit firm found innovative approach using specialized computer simulation models for parallel processing of information to define the necessary figures for production and consumed heat and electric energy, the so called approach of "parallel computer simulation".*

Key words: *Energy efficiency, Energy audit, Computer model.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика” 2007-2013: BG161PO003-2.3.02 „Енергийна ефективност и зелена икономика” (BEECIFF) е да предостави интегрирана инвестиционна и консултантска подкрепа на микро, малките и средните предприятия в България за осъществяване на прехода към „зелена икономика” чрез насърчаване изпълнението на проекти, пряко свързани с прилагането на енергоспестяващи производствени технологии и въвеждането на възобновяеми енергийни източници, прилагане на технологии за намаляване на енергоинтензитета на производствата, както и мерки за усъвършенстване на процесите в предприятията и енергийния мениджмънт, допринасяйки по този начин за устойчиво екологично развитие и намаляване на негативното въздействие върху околната среда.

От гледна точка на конфиденциалност, за представения индустриален обект е прието наименованието ТРАКИЙСКА БИОМАСА ООД.

Общата консумация на енергоносители и произведената продукция във фабриката през 2012 г. е била:

- електроенергия 3 743 MWh (захранването е от електро-разпределителната мрежа 20 kV на електроразпределителното дружество);
- топлинна енергия 30 761 MWh (във формата на гореща вода и пара, генерирани 2 бр. парни котли при изгаряне на отпадна твърда селскостопанска биомаса - слънчогледова люспа, дървесен чипс, слама);
- общо произведена продукция 57 534 657 лева без ДДС.

Анализираната в статията енергоспестяваща мярка (ECM) е оценена по технико-икономически критерии и са изчислени спестяванията на енергия и основните икономически показатели.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Настоящата статия разглежда 1 от общо 4-те енергоспестяващи мерки (ЕСМ), включени в инвестициониия проект на ТРАКИЙСКА БИОМАСА ООД. Тази ЕСМ е: Разширение на съществуващата система за енергиен мониторинг на няколко производствени сектора в обща система за мониторинг и анализ на материалните и енергийните потоци за цялата фабрика.

Изчислението на икономията на енергия, финансовите параметри на проекта и подобряването на фактора на енергийна ефективност в резултат на планираната ЕСМ, е проведено съгл. стандартна методология, одобрена и препоръчана от Европейската банка за възстановяване и развитие (EBRD – European Bank for Reconstruction & Development). Тази методология е използвана като официален инструмент за изчисление по програмата *Bulgaria Energy Efficiency for Competitive Industry Financing Facility (BEECIFF).*

Определянето на стойностите на произведената продукция и консумираните енергии от наблюдаваните производствени сектори със съществуващата мониторингова система беше извършено по следния начин:

1. Произведена продукция - по данни на Счетоводен отдел на фирмата.

2. Консумирана топлинна енергия - по показанията на измервателните уреди за параметър "история с натрупване за периода".

3. Консумирана ел.енергия - беше измерена консумираната ел.енергия в продължение на 72 ч. при нормален експлоатационен режим на агрегатите. За измерването бяха използвани апарат *Анализатор на ел.мощност METREL MI 2792, модел Power meter Q4 Plus, фабр. № 11160294* и контролни електромери, монтирани в главни ел.захранващи табла; някои от електромерите са статични - монтирани в минало време и наблюдавани със записи на ръка в оперативни регистри от персонала на фабриката, друга част от електромерите бяха монтирани от енергийния одитор ЕНЕРКОН ЕООД с цел конкретни замервания.

Таблица 1. Консумация на топлинна и ел.енергия при съществуващата ситуация

Параметри на СЪЩЕСТВУВАЩАТА СИТУАЦИЯ
ПРОДУКЦИЯ, лв/2012 г. > преизчислена в еквивалентни тона растително масло/2012 г. - по информация на ТРАКИЙСКА БИОМАСА ООД
57 534 657 лв/2012 г. > 29 650 440 еквивалентни тона масло/2012 г.
Ел.енергия
Инсталирана ел.мощност = 2 436 kW - съгл. техн.паспорти и техн.документация
РЕАЛНО КОНСУМИРАНА ел.енергия, kWh/2012 г. - измерена от енергийния одитор за 72 часа и екстарполирана за период 1 год.
4 239 972 kWh/2012 г.
Топлинна енергия
Сумарна инсталирана топл.мощност = 5 230 kW - съгл. техн.паспорти и техн.документация на отделните машини, апарати и инсталации
РЕАЛНО КОНСУМИРАНА топл.енергия, kWh/2012 г. - регистрирана при провеждане на енергийния одит за отделните машини и инсталации по показанията на измервателните уреди на мониторинговата система и изчислена като сума от консумираната топлинна енергия от отделните машини, апарати и инсталации;
16 931 016 kWh/2012 г.
Сумарно КОНСУМИРАНИ ел.. и топлинна ЕНЕРГИИ, kWh/2012 г. - изчисление
Ел.енергия 4 239 972 kWh/2012 г. + Топл.енергия 16 931 016 kWh/2012 г. Сумарно 21 170 988 kWh/2012 г.

Стойността на измерената ел. енергия беше екстраполирана към работните часове на съответните машини и апарати за 2012 г., отчетени по броячите за моточасове на агрегатите.

Създаването на общата Система за мониторинг и анализ на материални и енергийни потоци на цялото интегрирано фабрично производство ще дава on-line информация за енергийните и материалните потоци, при което:

- ще се създаде възможност за анализ на ефективността на индивидуални процеси по отделни производствени сектори и на цялостния технологичен процес в интегрираната производствена система;
- ще се оцени ефектът от излизането на фирмата на свободния пазар за закупуване на

ел.енергия;

- ще се следи за надвишени енергийни разходи за единица продукт във връзка с техническа неизправност в някой технологичен възел.
- Общата система за мониторинг и анализ ще осигурява:
- наблюдение и регулиране на потребителските сметки за ел.енергия;
- идентифициране на енергийна неефективност и загуби на енергия в електроснабдителната и топлоснабдителната мрежи;
- точно измерване и изготвяне на справки за стойността на ел.енергията и топлоенергията;
- оптимизиране на заявките за необходимите количества енергии;
- подобряване на фактора на мощността на консумираната ел.енергия (cos φ), филтриране на хармониците с цел намаляване вредното въздействие, др.;
- намаляване на върховото натоварване чрез регулиране на товарите на потребителите;
- усъвършенстване на схемите на ел.захранване и топлозахранване на консуматорите чрез постоянно наблюдение на товарите;
- идентифициране на проблеми с качеството на ел.енергията като прекъсвания на ел.захранването, хармоници, преходни процеси и др.;
- определяне на мерки за отстраняване на неизправности, базирани на точни данни;

Таблица 2. Консумация на топлинна и ел.енергия след рализиране на ECM: Разширение на Система за мониторинг в Система за мониторинг и анализ на материални и енергийни потоци на цялото интегрирано фабрично производство

Параметри на БЪДЕЩА СИТУАЦИЯ
ПРОДУКЦИЯ, тона/год. > прогнозни данни от компютърна симулация с ERP система на база въведени параметри за съществуващата ситуация с наблюдаваните към сегашно време с новата мониторингова система производствени сектори
31 132 962 еквивалентни тона растително масло/год.
Ел.енергия
Инсталирана ел.мощност = 1 052 kW - съгл. техн.паспорти и техн.документация
КОНСУМИРАНА ел.енергия, kWh/год. - прогнозирана със симулационна компютърна програма B.DATA на база въведени параметри за съществуващата ситуация с наблюдаваните към сегашно време с новата мониторингова система производствени сектори
3 794 880 kWh/год.
Топлинна енергия
Инсталирана топл.мощност = 3 448 kW - съгл. техн.паспорти и техн.документация
КОНСУМИРАНА топл.енергия, kWh/год. - прогнозирана със симулационна компютърна програма EINSTEIN-II на база въведени параметри за съществуващата ситуация с наблюдаваните към сегашно време с новата мониторингова система производствени сектори
15 153 600 kWh/год.
Сумарно КОНСУМИРАНИ ел.. и топлинна ЕНЕРГИИ, kWh/год. - изчислени
Ел.енергия 3 794 880 kWh/год. + Топл.енергия 15 153 600 kWh/ год. Сумарно 18 948 480 kWh/ год.

- идентифициране на проблеми с качеството на топлинната енергия като прекъсвания на захранването с пара и гореща вода, падове на налягането, вариации при температурите, др.;
- извършване на ефективно техническо обслужване и контрол на енергийното стопанство.

Подобряването на енергийната ефективност от прилагане на конкретната ECM е определено на база сравнение на специфичната консумация на ел.енергия и топлинна енергия във фабриката за производство на единица продукция, преди изпълнение на ECM и след нейната реализация.

Определянето на стойностите от съществуващите машини и апарати в общата интегрирана производствена система за бъдещ 1-годишен период беше извършено по следния начин:

Получените данни за съществуващото производство от наблюдаваните към сегашно време производствени сектори бяха използвани за комютърна симулация с 2 software програми чрез използване на методи от така

нареченото "паралелно компютърно симулиране" [Boulanger, A. et al. 2010] [Marsh, R. et al. 2010]:

1. *EINSTEIN - Expert System for an Intelligent Supply of Thermal Energy in Industry.* Симулационната програма е разработена по проект на Евр.съюз (Project EIE/07/210/SI2.446708). Използвана е версия EINSTEIN-II.

2. Специализирана software програма *B.DATA @ SIEMENS*. Основната функционалност на продукта е постоянното енергийно и материално балансиране на потребяващите ел.енергия системи и товари, разпределянето на ел.енергийните разходи по разходни центрове и прехвърлянето на данни в/от ERP системи (Enterprize Resource Planning - интегрирана система за управление ресурсите на производствено предприятие, в случая на ТРАКИЙСКА БИОМАСА ООД беше симулирана системата SAP R/3) - метод, използван и при други подобни проекти [Matthew, H. et al. 2012].

Таблица 3. Енергийни спестявания, финансови показатели и намаление на емисиите на CO_2 след рализиране на ECM

Намаляване на специфичната енергия (AES)	*Фактор на енергийни спестявания (ESR – Energy Saving Ratio)*	*Годишни енергийни спестявания - ел.енергия + топлоен.*	*Годишни финансови спестявания*	*Намаление на емисиите CO2*
0,105 kWh/тон	14,71 %	3281057 kWh/ год.	254 679 лв/год.	532,75 тона CO2/год. (вж изчисления та по-долу)

Таблица 5. Резюме на годишните икономии в резултат на реализиране на ECM

	Ситуация 01 *Ситуацията към сегашно време при функциониране на амортизираните съоръжения и при старата производителност*	*Ситуация 02* *Базова линия (AEC1*) - Прогнозирана ситуация при функциониране на амортизираните съоръжения, но при новата увеличена продукция*	*Ситуация 03* *След реализиране на ECM (нови съоръжения) и при новата увеличена продукция*
топл.енерг., kWh	16931016	17777567	15153600
ел.енерг., kWh	4239972	4451971	3794880
топл.енерг., лв	1049722,992	1102209	939523,2
ел.енерг., лв	593596,08	623276	531283,2
Тотал, лв	1643319,072	1725485	1470806,4
	Икономия, kWh		3281057
	Икономия, лв		254679

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Планираната реализация на ЕСМ за трансформация на действащата към сегашно време Система за Мониторинг в разширена Система за мониторинг и анализ на материалните и енергийните потоци е широкомащабна фирмена кампания, целяща значително намаляване на специфичните енергийни разходи при запазване и подобряване на качествените параметри на произвеждания продукт.

2. Използваните software симулационни модели показаха достоверна адекватност, вписваща се в прогнозните цифри за произведената продукция и консумираните енергии.

3. Паралелни цели на проекта са подобряване на оперативните отговорности и отчетности на персонала, придобиване на адекватно поведенческо мислене на работното място, много др.

4. При провеждане на подобни широкомащабни дейности се препоръчва изключително активно участие в целия проект с конкретни задачи за всеки един мениджър с ясно дефинирани отговорности.

5. Конкретната ЕСМ се оценява като приемлива за финансиране само въз основа на конкретните й технически и финансови параметри и влиянието й върху енергийните характеристики на предприятието.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Boulanger, A., Johnson, J. Computer-aided Lean Management for the Energy Industry, 2010.

[2]. Marsh, R., Jonik, M., Lanham, J. Modelling an assembly process using a close coupled generative cost model and a discrete event simulation, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Volume 23, Issue 3, 2010, pages 257-269.

[3]. Matthew, H., Hummell, J. Simulation of an electrical network and control system in SysML / TMS/DEVS '12, Proceedings of the 2012 Symposium on Theory of Modeling and Simulation - DEVS Integrative M&S Symposium, Article No. 47.

За контакти:

Д-р инж. Георги Атанасов, ЕНЕРКОН ЕООД, тел.: 0877131232, e-mail: georgi.atansv@yahoo.com

Докладът е рецензиран.