

ТЕОРЕТИЧНО ОБОСНОВАВАНЕ НА МОДЕЛ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ХИБРИДНА СОЛАРНА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ПАРА

Надежда Евстатиева, Иван Евстатиев

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF A MODEL FOR CONTROL OF A HYBRID SOLAR SYSTEM FOR STEAM PRODUCTION

Nadezhda Evstatieva, Ivan Evstatiev

The specifics of a hybrid steam production installation, based on solar collectors and a biogas installations, have been analyzed. The necessity for the process modeling in order to control it with an electronic system, has been substantiated. The finite elements method has been used in order to create the process model. The main approximations have been defined for the process modeling of the heat transfer process in an installation with three circular contours. The main dependencies, describing the process, have been substantiated. A generalized algorithm of the model has been developed.

Увод

За ефективното управление на хибридна инсталация за производство на пара, използваща слънчеви колектори и биогазова инсталация, е важно да се моделира процесът. Това се обяснява със случайния характер на интензитета на слънчевото лъчение [3, 4]. При наличието на модел, описващ процеса, системата за управление може съевременно да прогнозира изменението на мощността на инсталацията, на базата на информация за слънчевата радиация. Това позволява предварително да се увеличава или намалява мощността на биогазовата инсталация за допълнителна енергия, с което се стабилизира постоянството на параметрите на парата на изхода на инсталацията.

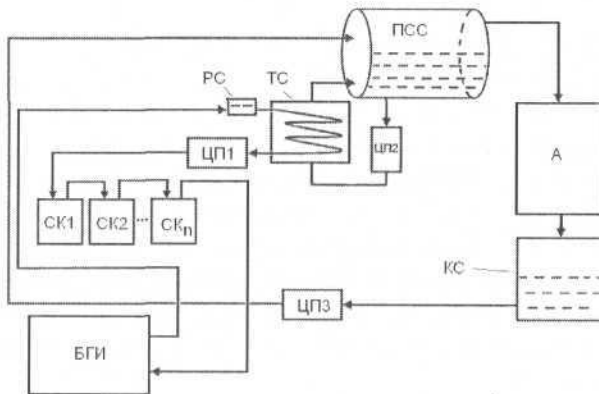
Цел на изследването е моделиране на процеса производство на пара в хибридна соларна инсталация, съдържаща слънчеви колектори и биогазова инсталация. Моделът е предназначен за управлението на производството на пара от електронна система.

Обект на изследването

Обект на изследването е процесът на производство на пара в хибридна соларна инсталация (фиг.1). Инсталацията съдържа три циркуляционни контура.

Първият циркуляционен контур осигурява топлообмен между слънчевите колектори СК1, СК2 ... СК_n, биогазовата инсталация БГИ и топлообменния съд за загряване на водата за изпаряване ТС. За периодите от деня, когато няма слънцегреене или то не е достатъчно за достигане на необходимите параметри на парата, се използва биогазовата инсталация БГИ. Циркуляционната помпа ЦП1 осигурява непрекъснатата циркулация на флуида за топлообмен. Получената от слънчевите колектори и от БГИ топлинна енергия през топлообменния съд ТС се предава на втория циркуляционен контур, където се изпарява водата.

Вторият циркуляционен контур съдържа циркуляционна помпа ЦП2, топлообменния съд ТС и паросъбирателен съд ПСС. ЦП2 осигурява циркулация на водата за изпаряване от ПСС през ТС. В резултат енергията от флуида в 1-я циркуляционен контур се предава на циркулиращата през ТС вода, при което водата се изпарява. Парата се събира в паросъбирателния съд ПСС.



Фиг. 1. Структура на хибридна соларна инсталация за производство на пара
 СК1, СК2... СК_n са слънчеви колектори; БГИ - биогазова инсталация;
 РС - разширителен съд; ТС - топлообменен съд; ЦП1, ЦП2, ЦП3 - циркуляционни помпи;
 ПСС - паросъбирателен съд; КС - съд за конденз; А - агрегат за използване на пара.

Третият циркуляционен контур съдържа паросъбирателен съд ПСС, агрегат за използване на пара А, съд за конденз КС и циркуляционна помпа ЦПЗ. В резултат на получената енергия през ТС, водата в ПСС се изпарява, при което се повишава налягането в съда. Парата преминава в агрегата А.

След агрегат А е включен съдът за конденз КС. В него се събира получения конденз от парата след преминаването и през агрегата А. Кондензът се изпраща от циркуляционната помпа в паросъбирателния съд за поддържане на необходимото ниво на вода в него.

Обосновка на основните приближения и използвани зависимости

Приема се, че параметрите на флуида в първи циркуляционен контур са еднакви във всички негови участъци. За реализирането на висок КПД на топлообмена между слънчевите колектори и ТС, се осигурява достатъчно голям дебит на циркулиращия флуид. В резултат се получава малка разлика между температурите на входа и изхода на ТС, което позволява да се приеме това приближение. Аналогични са разсъжденията за втори циркуляционен контур, позволяващи да се приеме и за него същото приближение.

Енергийният обмен в топлообменния съд от страната на първия циркуляционен контур се разглежда като принудителна конвекция при движение на флуид в тръба.

Енергийният обмен в топлообменния съд от страната на втори циркуляционен контур се разглежда като топлопредаване при кипене и принудителна конвекция при обтичане на сноп от тръби.

При моделирането на енергийния обмен в паросъбирателния съд се приема, че параметрите на водата в съда са еднакви за целия обем. Същото се допуска и за параметрите на парата. Теплообменът между втори циркуляционен съд и водата в паросъбирателния съд се описва със зависимостите за смесването на флуиди с различни параметри.

Енергийният обмен между ПСС и агрегата, ползващ парата, се представя чрез параметрите на парата на входа на агрегата и чрез параметрите на конденза на изхода на агрегата.

Енергийният обмен между околното пространство и повърхностите на съдовете и тръбната инсталация се описва чрез конвективен топлообмен при свободна конвекция.

За моделирането на топлопреминаване през тръба се използва зависимостта [1]

$$k_1 = \frac{\pi}{\frac{1}{a_1 d_1} + \frac{1}{\lambda l} + \frac{1}{a_2 d_2}}, \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}, \quad (1)$$

където k_1 е коефициентът на топлопреминаване на стената за тръба с единица дължина (1 m), $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

a_1, a_2 - коефициентите на топлопредаване от двете страни на тръбата, $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$;

d_1 и d_2 - вътрешен и външен диаметри на тръбата, m.

Изменението на температурата на флуида за определен интервал от време в резултат на получената енергия през стените на инсталацията се определя с калориметричното уравнение [1]

$$E = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \text{ J} \quad (2)$$

където m е масата на материала, kg;

c - специфичният топлинен капацитет, $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

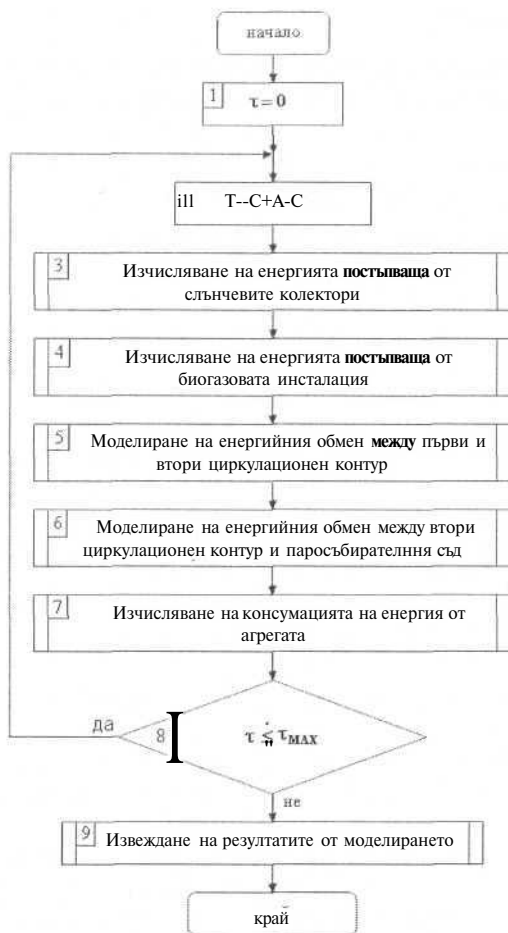
t_1, t_2 - температурите, съответно в началото и края на времевия интервал, K.

Обобщен алгоритъм на модела на процеса производство на пара в хибридна соларна инсталация

За моделирането е приложен методът на крайните разлики [1, 2, 7, 8, 9].

За целта времето се разделя на малки интервали. За всеки интервал от време се изчислява постъпването на енергия от слънчевия колектор и от биогазовата инсталация, консумацията на пара от агрегата, топлообменът между отделните циркуляционни контури и загубите в околната среда. В резултат на изчисленията с модела се определя енергийното състояние на инсталацията и моментното производство на пара. Обобщеният алгоритъм е показан на фиг.2.

В блокове 1, 2 и 8 се представя изменението на времето. В блок 3 се изчислява енергията, постъпваща от слънчевите колектори. В блок 4 се определя енергията постъпваща от биогазовата инсталация. При управлението на процеса от електронна система, текущата мощност на хибридна инсталация се поддържа от БГИ, като електронната система изчислява и задава на БГИ с каква мощност да работи.



Фиг.2.Обобщен алгоритъм на модела на производство на пара

В блок 5 се моделира енергийният обмен между първи и втори циркуляционен контур.

В блок 6 се моделира енергийният обмен между втори циркуляционен контур и паросъбирателния съд.

Блок 7 определя количеството консумирана мощност от агрегата, ползващ произведената пара.

След достигане на максималното изчислително време резултатите от моделирането се извеждат в блок 9.

Резултати и изводи

Анализирана е спецификата на работата на хибридна инсталация за производство на пара, съдържаща слънчев колектор и биогазова инсталация.

Обоснована е необходимостта от моделиране на процеса с цел управлението му от електронна система.

Обосновани са основните приближения и зависимости, използвани за моделирането на процеса.

Предложен е обобщен алгоритъм на модела на процеса производство на пара в соларна хибридна инсталация.

Литература

- [1] Велев Д., Техническа термодинамика и топлообмен. 288 стр., Техника, София, 1984.
- [2] Евстатиев И., Приложение на моделирането в електронните системи за управление на процесите в селското стопанство. EE&AE'2009-International Scientific Conference - 01-03.10.2009, Rouse, Bulgaria, стр.754-758.
- [3] Mihailow N., K.Gabrovska. Computer informational system for solar radiation analysis. EE&EA'2002-International Scientific Conference, April 2002, Rouse, Bulgaria, 75-81.
- [4] Gabrovska K., Software modeling of stochastic climatic processes, Proc. Of the int. Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech'2007, 14-15 June 2007, Rouse, Bulgaria, VI. 12-1 - VI. 12-6.
- [5] Еленков В. Сушене и сушилна техника в хранителната промишленост. Висш институт по хранителна и вкусова промишленост. Пловдив 1983.358 стр.
- [6] Невенкин С. Сушене и сушилна техника. Техника. София. 1993г. 303 стр.
- [7] Станчев Т., К. Андонов, И. Евстатиев. Моделиране на топлообмена в ограждение на животновъдна сграда, сп. „Селскостопанска наука“, 6/2008.
- [8] Станчев Т. Система за експресно определяне съпротивлението на топлопреминаване на ограждения в животновъдни сгради, сп. „Селскостопанска наука“, 6/2008.
- [9] Хаджиев К. Термодинамичен модел за горивен процес при бензинови двигатели със слойно смесобразуване. МOTOAUTO'06, 25-28 октомври 2006, Варна. Издател - Научно-технически съюз по машиностроене. ISBN-10:954-9322-16-5; ISBN-13:978-954-9322-16-3.

Доц.д-р инж. Надежда Лиозовна Евстатиева, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.082888638, e-mail: nevstatieva@uni-ruse.bg

Доц.д-р инж. Иван Борисов Евстатиев, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.082888772, e-mail: ievstatiev@uni-ruse.bg