

# ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА НА ГРАФИТЕ В ТЕРМОДИНАМИЧНИЯ АНАЛИЗ

## APPLICATION METHOD OF COUND IN THERMODYNAMIC ANALYSIS

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАФОВ В ТЕРМАДИНАМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Ass. Prof. Dr. Eng. Nachev N.

**Abstract:** Examining the application method of cound in exergy method of thermodynamic analysis. Determine influence the element on the effectiveness of the thermodynamic system.

**Key words:** thermodynamic analysis, exergy, cound system

#### 1. Въведение

Основно качество на методите за анализ, опиращи се на свойствата на потенциалите е универсалността. Те са универсални в смисъл, че характера на процесите в анализируемата система (кръгов или отворен процес, форми на енергия и т.н.) нямат принципно значение; подходът към задачата и методите за нейното решение не се променят. Затова тези методи имат логическа и математическа стройност, а решението се получава по сравнително прост и кратък път.

За използване на потенциалите в анализа на технически системи е необходимо да се разполага с термодинамични функции, които еднозначно да характеризират работоспособността, енергийната ценност на потоците вещество и енергия при зададени външни условия.

Мярата за ресурсите, която определя работоспособността на веществата и енергията е наречена ексергия, а функциите, определящи големината ѝ-ексергийни функции. Ексергията е максималната способност на материята за извършване на работа в един процес, при което крайното състояние се определя от термодинамичното равновесие с околната среда.

Използването на ексергията позволява решаването на широк кръг технически и техноикономически задачи на основата на единна, последователно построена термодинамична методика. Ексергийният метод позволява да се оптимизират и

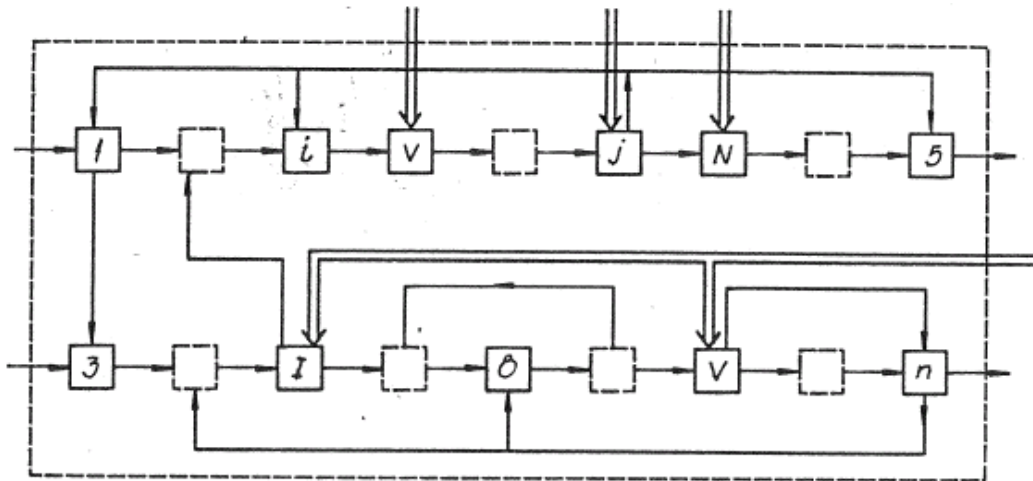
усъвършенстват промишлените топлинни системи като цяло или елементите им, в които се наблюдават най-големи загуби. Той недвусмислено показва, че в техническите системи главната цел е най-рационалното и икономично използване на енергията въобще, а не онази работоспособна нейна част, която може да се използва полезно, т.е. ексергията.

Но, от друга страна липсата на аналитичен израз за КПД на сложните енергоизползваеми системи чрез КПД на техните елементи, представлява основен аргумент за критика на този метод. Опитите за установяване на такава зависимост в традиционните форми - изразяване на показателите на ефективност на уредбата като произведение на съответните показатели на елементите ѝ, за сложни системи се оказват безрезултатни. Само за устройства, структурно състоящи се от последователно включени елементи ѝ, без обобщаване на резултатите с цел използването им за други системи.

Нова крачка напред в развитието на ексергийния метод се явява разработката [1], в която авторът предлага такава обща зависимост за системи с произволна сложност и структура.

За съставяне на обобщено уравнение за този случай е удобно да се приложи обобщена схема на уредбата, състояща се от N главни елементи и n неглавни елементи.

Към главните елементи на системата се отнасят тези елементи, които имат полезно действие, в които в качеството на разполагаема ексергия непосредствено постъпва ексергия от външни за дадената система източници на енергоресурс -  $E_{pj}$ .



Фигура 1 – Обобщена схема на термодинамичната система

Използващите външни енергоресурси елементи, които нямат термодинамически полезно действие са обединени с имащите такова и се разглеждат в съвкупност с тях.

При останалите (неглавни) елементи за разполагаема ексергия -  $E_{pj}$  служи ексергията на вторични енергоресурси или използвана в други елементи на системата ексергия.

Съгласно [1] връзката между КПД на системата в съставящите я елементи приема следния вид:

$$\eta_{ex.c} = \sum_{j=1}^N \eta_{exj} \cdot \beta_j - \sum_{i=1}^n (1 - \eta_{exi}) \beta_i \quad (1)$$

Където  $\beta = \frac{E_p}{E_{pc}}$  е частта от разполагаемата ексергия на системата (коэффициентът на влияние на ефективността на елемента върху ефективността на системата).

Съвкупността от главните елементи представлява главен възел, КПД на който е среднодинамичната величина:

$$\eta_{ex.r} = \sum_{j=1}^N \eta_{exj} \cdot \beta_j \quad \text{при} \quad \sum_{j=1}^N \beta_j = 1 \quad (2)$$

## 2. Приложение на метода на графите при ексергийния метод на термодинамичния анализ

На основата на обобщената схема се изгражда математичния модел - ориентиран граф. Негови върхове са елементите на системата - главни и неглавни. Всички външни източници на ексергия се обединяват в един начален връх, който естествено е свързан с всички главни елементи. Всички изходи на системата също обединяваме в един краен връх - сток на системата. В графа са възможни цикли, защото в качеството на разполагаема ексергия за неглавните елементи може да служи вторична

ексергия от други елементи на системата. Дъгите на графа представляват връзките между елементите в системата, където те съществуват реално. На дъгите приписваме определени тегла-съответният коэффициент за върха, в който влиза дадената дъга.

В така полученият граф можем да разгледаме два подграфа. Единият ще представлява главният възел, а другият ще включва съвкупността от неглавните елементи.

Обобщеното уравнение [1] се преработва, за да го получим във вид, който е по-удобен за анализ с апарата на теорията на графите. То има вида:

$$\eta_{ex.c} = \sum_{j=1}^N \eta_j \cdot \beta_j - \sum_{i=1}^n (1 - \eta_i) \cdot \beta_i$$

Като се разкрият скобите и се отделят почленно сумите във втората част на израза вдясно ще получим:

$$\eta_{ex.c} = \sum_{j=1}^N \eta_j \cdot \beta_j + \sum_{i=1}^n \eta_i \cdot \beta_i - \sum_{i=1}^n \beta_i \quad (3)$$

Първите две суми бихме могли да обединим в една, в която ще сумираме до  $M=N+n$  т.е. тя ще бъде сума от произведенията  $\eta \cdot \beta$  за всички елементи на системата.

$$\eta_{ex.c} = \sum_{m=1}^M \eta_m \cdot \beta_m - \sum_{i=1}^n \beta_i \quad (4)$$

Във вида [4] уравнението може да се анализира чрез метода на графите. Първата сума е по върховете на целия граф, а втората – върху елементите на подграфа, съдържащ неглавните елементи.

Събираемите определят и теглата, които трябва да припишем на дъгите. При разглеждането на целия граф дъгите трябва да имат тегла, представляващи произведението от ексергийния КПД  $\eta_m$  и коэффициента на влияние на елемента върху ефективността на системата  $\beta_m$ . Когато разглеждаме подграфа, дъгите ще

имат тегла, равни на коэффициентите  $\beta_i$  за не главните елементи.

За да бъде една разлика възможно най-голяма, необходимо е умаляването да бъде най-голямо, а умалителя-най-малък. В случая, за да се постигне по-

висок  $\eta_{ex.c}$  е необходимо сумата  $\sum_{m=1}^M \eta_m \cdot \beta_m$  възможно

най-голяма, а сумата  $\sum_{i=1}^n \beta_i$  - възможно най-малка, т.е.

$$\max \eta_{ex.c} = \max \sum_{m=1}^M \eta_m \cdot \beta_m - \min \sum_{i=1}^n \beta_i \quad (5)$$

Следователно за максимизиране на първата сума е необходимо да се търси максимален път в графа между началния и крайния елемент (между входа и изхода на системата), а за минимизиране на втората сума ни е необходим минималния път в подграфа.

Полученият по този начин "оптимизационен" (но не оптимален, той във всички случаи ще бъде по-малък от реалния, защото няма да включва всички елементи на сумата) ексергиен КПД ще представлява основната част от общия ексергиен КПД на

системата. Интересна би била оценката какъв процент от общия КПД представлява този "оптимизационен" КПД.

Елементите, от чиито коэффициенти ще се получава, т.е. върховете от намерения максимален път в графа, ще бъдат с най-голяма значимост за системата. Приносът им за ефективността на системата се отчита на базата и на обектни  $\eta$  и на системни  $\beta$  характеристики. Такъв комплексен подход при оценяването на значимостта е най-коректен, защото ако оценката се извършва само на базата на едната характеристика, изводите ще бъдат едностранчиви. Например

един елемент би могъл да има много висок собствен КПД, но коефициентът му на влияние върху ефективността на системата да е малък и общата му значимост от системата да не е много голяма. И обратно, възможно е елементът да е с голям коефициент на влияние  $\beta$ , но самият той да е с ниска степен на термодинамично съвършенство и крайния резултат ще бъде същият.

Следователно при необходимост от оптимизация на системата, тя трябва да се насочи преди всичко към елементите, влизащи в екстремалния път, за да се получи най-добър краен ефект.

Търсенето на екстремален път е една от основните задачи, която решава теорията на графите. Прилагането на този подход на анализ и оценка ще доведе до целенасочени действия в съответната термодинамична система за подобряване на нейната енергийна ефективност и намаляване на разходите на енергия в отделните звена и елементи.

**Заключение:** В разработката в теоретична форма се предлага един комплексен подход за оценка на значимостта и влиянието на даден елемент върху общия коефициент на полезно действие и ефективността на една термодинамична система. Той ще бъде по-ефективен за случаите когато са включени по-голям брой енергийни консуматори в една сложна система.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. АНДРЕЕВ Л.П. "Обобщенное уравнение связи КПД энергоиспользующей системы и КПД её элементов" - Известия вузов, Энергетика, 1988, 77-82.
2. ОРЕ О. "Теория графов, Наука, 1980 г.
3. ЗЫКОВ А.А., "Теория конечных графов" Наука, 1969 г.
4. ЦОЙ С, "Прикладная теория графов, 1971 г.
5. КРИСТОФИДЕС "Теория графов", 1996 г.
6. СЫЧОВ В.В., Сложные термодинамические системы, М. "Энергия", 1987 г..
7. БАЗАРОВ И. П., Термодинамика, М., 1984 г.
8. БРОДЯНСКИЙ В. М., Эксергетический метод термодинамического анализа. М., Энергия, 1988 г.