

ISSN (Print) 2306-3173
ISSN (Online) 2413-1601

№ 2(12), 2016

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВА

AUTOMATION
OF TECHNOLOGIES AND
PRODUCTION



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Математическое моделирование и программное обеспечение производственных процессов

*Н.Г. Дружинина,
О.Г. Трофимова, С.П. Трофимов*
Модель нечеткого лингвистического регулятора автоинформатора..... 4

*С.С. Добротворский, Е.В. Басова,
А.А. Клочко, М.И. Гасанов, Е.Э. Тонкошкур*
Перспективы применения передовых технологий в зубообработке конических колес с круговыми зубьями..... 10

Э.Б. Халтурсунов
Математическое обеспечение генерации сетей учреждений обслуживания для условий Приаралья..... 15

Автоматизированные системы управления технологическими процессами

*А.Г. Рыбаков, С.М. Андреев, Е.Э. Бодров,
М.В. Фёдорова, И.С. Бурмистрова*
Система управления потоками фосфатной руды с целью обеспечения заданного качества..... 19

К.М. Реймов
Определение критерия оптимального распределения активной нагрузки между агрегатами ТЭС..... 25

И.Г. Самарина, В.Э. Каюмова
Обзор систем регулирования и измерения толщины цинкового покрытия..... 28

*М.Ю. Рябчиков,
Е.С. Рябчикова, А.И. Сунаргулова*
Сэмплинг технологической информации при управлении металлургическими процессами..... 34

Системы контроля и управления качеством и экологичностью продукции

*Ю.И. Кудинов,
Ф.Ф. Пащенко, А.В. Бухтияров*
Определение оптимальных параметров аналитического нечёткого ПИД регулятора..... 41

*С.Д. Хайдаров,
А. Г. Солиев, Ш.Ш. Рустамова*
Анализ электромеханических колебаний в регулируемой электрической системе..... 48

А.Н. Рысований
Метод получения псевдослучайной последовательности на основе использования матрицы связей в конечном поле GF(3)..... 53

Mathematical modeling and software productions

*N.G. Druzhinina,
O.G. Trofimova, S.P. Trofimov*
Model of fuzzy linguistic controller of autoinformer 4

*S.S. Dobrotvorsky, E.V. Basova,
A.A. Klochko, M.Y. Hasano, E. E. Tonkoshkur*
Prospects for the use of high-end technologies in the processing of bevel gears with circular teeth..... 10

E.B. Khaltursunov
Mathematical software for generating of networks service establishments for the Aral Sea region conditions 15

Automatic control systems for technological process

*A.G. Rybakov, S.M. Andreev, E.E. Bodrov,
M.V. Fedorova, I.S. Burmistrova*
The management of phosphate ore for the purpose of providing the specified quality 19

K.M. Reymov
The determination of the criteria for optimal distribution active power load between generators on Thermal Power Station 25

I.G. Samarina, V.E. Kayumova
Overview of control systems and measuring the thickness of the zinc coating 28

*M.Yu. Ryabchikov,
E.S. Ryabchikova, A.I. Sunargulova*
Sampling in technical data acquisition tasks 34

Control and management systems for quality and environmental friendliness of production

*Y.I. Kudinov,
F.F. Paschenko, A.V. Bukhtiyarov*
Estimation of the optimal parameters of the analytical fuzzy PID regulator 41

*S.D. Khaydarov,
A.G. Saliev, Sh.Sh. Rustamova*
The analysis of electromechanical fluctuations in adjustable electric system 48

A.N. Rysovaniy
The method of receipt of pseudocausal sequence is examined in the eventual field of GF(3), based on the use of matrix of connections as a basic element of generation 53

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ АГРЕГАТАМИ ТЭС

К.М. Реймов

«Ташкентский государственный технический университет», г. Ташкент, Узбекистан

kamal_tstu@mail.ru

Аннотация. В работе приводится подход для определения часового расхода топлива на основе исходных данных относительных приростов расхода топлива блока с применением метода численного интегрирования. Исследован критерий оптимального распределения активной нагрузки между двумя агрегатами тепловой электрической станции с использованием программного комплекса Matlab. Рассмотрен пример оптимального покрытия нагрузки энергосистемы одного из суточных интервалов обеспечивающих минимальный расход топлива.

Ключевые слова: критерия; режим; энергосистема, топливо, расходная характеристика, нагрузка.

Актуальность работы

Одной из основных задач, решаемых при управлении режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) на современном этапе является оптимизация режимов работы тепловых электростанций (ТЭС). Она предусматривает определения оптимальных значений мощности в регулируемых диапазонах агрегатов, обеспечивающих минимальный расход топлива. В настоящее время используемые на практике методы и алгоритмы решения этой задачи имеют некоторые недостатки, связанные с ненадёжностью сходимости итеративного расчетного процесса при оптимизации тяжелых режимов электрических сетей с учетом программной реализации [1-3].

Основные проблемы и решения

Электрические системы являются управляемыми. Управляющие воздействия позволяют при одной и той же совокупности электрических нагрузок реализовывать различные режимы системы. В связи с этим возникает задача выбора оптимального режима. Под оптимальным режимом электрической системы обычно подразумевается режим, наиболее экономичный из всех возможных. Таким образом, критерием оптимизации в общем случае является один из критериев экономической эффективности, например, приведенные затраты. Для ТЭС в качестве эти затраты можно принимать расход топлива использующих этих станции.

Расходная характеристика агрегата $B_i = f(P_i)$ представляет собой зависимость часового расхода условного топлива B от генерируемой им активной мощности P , изменяющейся в диапазоне $[P_{min}, P_{max}]$. Начальный расход B_0 используется на генерацию минимально возможной мощности P_{min} (рис. 1). По расходной характеристике методом численного дифференцирования можно получить характеристику относительных приростов расхода топлива (ОПРТ) $b_i = \varphi(P_i)$ (рис. 2). Причём:

$$b = \frac{dB}{dP} = \lim_{\Delta P} \frac{\Delta B}{\Delta P} = \frac{B^{(2)} - B^{(1)}}{P^{(2)} - P^{(1)}}$$

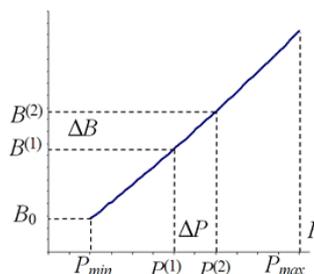


Рис. 1. Расходная характеристика агрегата

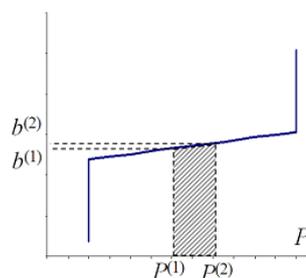


Рис. 2. Характеристика ОПРТ агрегата

Обратный переход от характеристики ОПРТ к расходной осуществляется методом численного интегрирования. Так, площадь ΔB криволинейной трапеции (рис. 2) можно приблизительно определить по формуле

$$\Delta B = \frac{1}{2} (b^{(2)} - b^{(1)}) (P^{(2)} - P^{(1)}).$$

Тогда

$$B^{(2)} = B^{(1)} + \Delta B.$$

И остальные значения расхода топлива соответственно определяются аналогично.

Рассмотрим ТЭС с двумя энергоблоками (рис.3), работающие параллельно на шинах станции.

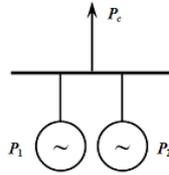


Рис. 3. Расчетная схема энергосистемы

В каждый момент времени должно выполняться следующее условие баланса мощностей:

$$P_c = P_1 + P_2$$

Суммарный расход топлива на ТЭС:

$$B_{\Sigma} = B_1 + B_2$$

Если произвольным образом загрузить первый энергоблок до значения $P_1^{(0)}$, то мощность второго агрегата определится как

$$P_2^{(0)} = P_c - P_1^{(0)}$$

Чтобы оценить экономичность такого распределения нагрузки, разгрузим первый энергоблок от значения $P_1^{(0)}$ до $P_1^{(1)} = P_1^{(0)} - \Delta P$. Тогда второй блок нужно загрузить на величину

$$P_2^{(1)} = P_2^{(0)} + \Delta P$$

Такая операция приведет к уменьшению расхода топлива первого блока на $\Delta B_1^{(1)}$ и увеличению расхода топлива второго энергоблока на $\Delta B_2^{(1)}$. Пусть $\Delta B_1^{(1)}$ меньше $\Delta B_2^{(1)}$ (характеристика $B_1(P_1)$ более пологая, чем $B_2(P_2)$), то есть суммарный расход топлива двух блоков увеличится на

$$\Delta \Delta B^{(1)} = \Delta B_2^{(1)} - \Delta B_1^{(1)} > 0$$

При загрузке первого блока на ΔP и разгрузке второго на столько же

$$P_1^{(2)} = P_1^{(0)} + \Delta P$$

$$P_2^{(2)} = P_2^{(0)} - \Delta P$$

получим:

$$\Delta \Delta B^{(2)} = \Delta B_2^{(2)} - \Delta B_1^{(2)} < 0$$

то есть имеется экономический выигрыш. Продолжая действовать в этом же направлении, можно убедиться, что наиболее экономичным режимом является случай, когда

$$\Delta B_2 = \Delta B_1$$

Из условия баланса мощностей $\Delta P_2 = \Delta P_1$, тогда можно получить:

$$\frac{\Delta B_1}{\Delta P_1} = \frac{\Delta B_2}{\Delta P_2}$$

или в пределе $b_1 = b_2$.

Этот вывод можно обобщить и для ТЭС с «n» энергоблоками, то есть оптимальное распределение P_c достигается при $b_1 = b_2 = \dots = b_n = \text{idem}$.

Таким образом, критерием экономичного (оптимального) распределения активной нагрузки

тепловой электростанции между ее энергоблоками является равенство относительных приростов расхода топлива отдельных ее агрегатов [4].

Для подтверждения полученного вывода рассмотрим пример, заключающийся в оптимальном покрытии нагрузки энергосистемы одного из интервалов суток (остальные интервалы определяются аналогично), двумя агрегатами ТЭС, разработанных в комплексе Matlab, со следующими исходными данными (табл. 1 и 2):

Таблица 1

ХОП I-й станции					
b1 [т.у.т/МВт]	0,3	0,31	0,34	0,36	0,38
P1 [МВт]	80	100	110	130	150

Таблица 2

ХОП II-й станции					
b2 [т.у.т/МВт]	0,31	0,32	0,34	0,36	0,39
P2 [МВт]	90	140	170	180	200

Нагрузка энергосистемы 260 МВт.

На основе разработанного программного комплекса Matlab результаты расчета имеют следующий вид (рис.4, табл. 3 и 4):

- минимальный суммарный расход топлива электростанции: $B_{\text{sum}} = 70,220$ т.у.т.;
- оптимальный расход топлива I-й станции: $\text{Port 1} = 29,372$ т.у.т.;
- оптимальная выработка мощности I-й станции: $\text{Port 1} = 110,0$ МВт;
- оптимальный расход топлива II-й станции: $\text{Port 2} = 40,848$ т.у.т.;
- оптимальная выработка мощности II-й станции: $\text{Port 2} = 150,0$ МВт;
- значение величины b1 при выработке оптимальной мощности I-й станцией: $b1 = 0,329$ т.у.т./МВт;
- значение величины b2 при выработке оптимальной мощности II-й станцией: $b2 = 0,325$ т.у.т./МВт.

Таблица 1

Суммарная характеристика расхода топлива от мощности I-ой станции

Bsum [т.у.т]	71,02	70,54	70,28	70,22	70,34	70,65	71,12	71,76
P1 [МВт]	80	90	100	110	120	130	140	150
Psum [МВт]	260	260	260	260	260	260	260	260

Таблица 2

Суммарная характеристика расхода топлива от мощности II-ой станции

Bsum [т.у.т]	71,02	70,54	70,28	70,22	70,34	70,65	71,12	71,73
P2 [МВт]	180	170	160	150	140	130	120	110
Psum [МВт]	260	260	260	260	260	260	260	260

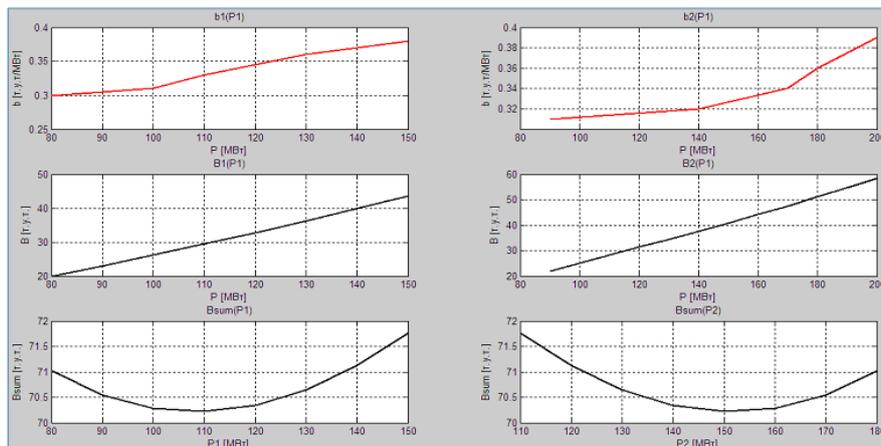


Рис. 4. Результаты расчета на программном комплексе Matlab

Из рис. 4 видно что, минимум функций $B_{sum}=f(P1)$ достигается при значении $P_{opt1} = 110$ МВт, а для функций $B_{sum}=f(P2)$, $P_{opt2} = 150$ МВт. Это подтверждает, что при равенстве относительных приростов расхода топлива двух станции обеспечивает самый минимальный расход топлива.

Вывод

Выбранную критерию можно легко реализовать в программе Matlab и использовать при оптимальном планировании суточных режимов ТЭС с учетом ограничений в виде неравенств при максимальных и минимальных мощностях станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фазылов Х.Ф. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация / Х.Ф. Фазылов, Т.Х. Насыров. – Т.: Молия, 1999. – 370 с.
2. С.К. Panigrahi, P.K. Chattopadhyay and U. Prasad, "Linear Programming Approach for Bidding of Generators in Restructured Power Industry, "International Electrical Engineering Journal , vol. 3, no. 1, pp. 589-594, 2012.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике / Под общей ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 648 с.
4. Гайибов Т.Ш., Реймов К.М. Программа «TESGES» для оптимального покрытия графиков нагрузок энергосистемы тепловыми и гидравлическими электрическими станциями //Программа для ЭВМ. № DGU 03033. 10.02.2015 г.

THE DETERMINATION OF THE CRITERIA FOR OPTIMAL DISTRIBUTION ACTIVE POWER LOAD BETWEEN GENERATORS ON THERMAL POWER STATION

K.M.Reymov

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The work presents the approach for determination of hourly fuel consumption on the base of initial values of fuel incremental rates consumption of the block with the use of the method of numerical integration. The criterion for active power flow optimal distribution between two units of the thermal electric power station with the use of the program Matlab was studied. The example for active power load optimal distribution in the Electrical Power Network for one of the day's interval which provides minimal fuel consumption.

Keywords: criteria; mode; power system; fuel; consumption characteristics; load

REFERENCES

1. Fozilov Kh.F., Nosirov T.Kh. *Ustanovivshiesya rejimy elektroenergeticheskix sistem i ix optimizatsiya* [Calculations of steady state regimes of power electrical systems and their optimization]. Tashkent, Moliya., 1999, 377 p.
2. Panigrahi C.K. Linear Programming Approach for Bidding of Generators in Restructured Power Industry / C.K.Panigrahi, P.K.Chattopadhyay, U.Prasad // International Electrical Engineering Journal. – 2012. - vol. 3, no. 5(4). P. 589-594.
3. Rudenko Yu.N., Semyonov V.A. *Avtomatizatsiya dispetcherskogo upravleniya v elektroenergetike* [Automation of dispatching management in power energetics]. Moscow, Publishing house of MEI., 2000, 648 p.
4. Gayibov T.Sh., Reymov K.M. *Programma «TESGES» dlya optimalnogo pokrytiya grafikov nagruzok energosistemy teplovymi i gidravlichesкими elektricheskimi stantsiyami* [The program «TESGES» for providing power loads in Electrical Power Network with thermal and hydro power stations] // The program № DGU 03033. 10.02.2015 y.