

ИЗВЕСТИЯ

НА СЪЮЗА НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ

СЕРИЯ
ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ



СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ

2013

PROCEEDINGS

OF THE UNION OF SCIENTISTS - RUSE

TECHNICAL SCIENCES



RUSE
2013

ИЗВЕСТИЯ НА СЪЮЗА НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ

Известията на Съюза на учените - Русе са годишни научни трудове, които се издават от 1998 г. Годишно списанието излиза във вид на една или няколко серии. Основни езици са български и английски, с тенденция постепенно да се премине към цялостното му отпечатване на английски.

Всяка серия се подготвя от съответния редакционен съвет, одобрен от Управителния съвет на СУ – Русе. **Редакционният съвет** урежда всички организационни и технически въпроси, свързани с издаването, одобряването на рецензентите и научната редакция на постъпващите материали.

За публикуване се приемат научни и научноприложни статии, съобщения, обзори с конкретни приноси в областта на физико-математическите, хуманитарните, технологичните, техническите и социалните науки.

Авторите носят отговорност за своите материали. Текстовете се представят в редакцията на електронен носител, придружен с един отпечатък. Оформлението на материалите трябва да бъде съобразено с приложения на последната страница модел.

Всички материали се рецензират от хабилитирани специалисти в съответната научна област. Тези материали, неполучили положителна рецензия, няма да бъдат отпечатани. Ръкописи не се връщат. Хонорари на авторите не се изплащат.

След отпечатването на серията авторският колектив получава безплатно 3 отделно оформени отпечатъка от статията; при желание – може да си закупи и цялата книжка.

Известията на Съюза на учените - Русе се изпращат във всички големи библиотеки в страната и в редица български и чуждестранни университети.

ГЛАВЕН РЕДАКТОР: проф. д-р Златоживка Здравкова

КОРЕКТОР: Ренета Златева

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: доц. д-р Ивайло Стоянов

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА: Русе 7000, ул. "Константин Иречек" 16,

Е-поща: suruse@uni-ruse.bg, URL: <http://suruse.uni-ruse.bg/>

© СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ – РУСЕ

Университетски издателски център при Русенския университет „Ангел Кънчев

ISSN 1311-106X



СЪДЪРЖАНИЕ

<i>Георги Кръстев</i> Методи за определяне на сходствата на обекти.....	7
<i>Георги Кръстев</i> Архитектура на автоматизирана система за научни изследвания.....	11
<i>Георги Кръстев</i> Програмно осигуряване за дистанционно обучение по комуникационни и геоинформационни технологии.....	15
<i>Филип Цветанов, Лилия Кипрова, Иванка Георгиева</i> Алгоритми за подобряване достъпа до каналите в нискоскоростни безжични мрежи	20
<i>Елена Иванова</i> Симулация на редки събития в телетрафичен модел на широколентов хендовър.....	28
<i>Теодор Илиев, Григор Михайлов</i> Анализ на влиянието на броя на потребителите върху разпространението на мултимедийна информация в стандарта LTE	33
<i>Стоян Янев</i> Изследване характера на изменение на груповия товаров график на битови потребители	39
<i>Миглена Христова</i> Изследване енергийната ефективност на асинхронните двигатели в динамични режими в средата MATLAB/SIMULINK	44
<i>Миглена Христова</i> Възможности за икономия на електрическа енергия в нерегулируемите асинхронни задвижвания с променливо натоварване	49
<i>Теменужка Хараланова</i> Изследване на корозионната устойчивост на стомана в сярно кисела среда с добавка на органично вещество	54
<i>Симеон Илиев</i> Изследване влиянието на налягането на впръскване върху някои от параметрите на дизелов двигател	59
<i>Орлин Стоянов</i> Методика за диагностиране дизелови двигатели чрез анализ на дисперсията на сигналите, получени от моментната ъглова скорост.....	62
<i>Орлин Стоянов</i> Методика за диагностика на дизелови двигатели чрез анализиране моментната ъглова скорост	65
<i>Кирил Хаджиев, Христо Станчев, Симеон Илиев</i> Изследване необходимостта от корекции в управлението на двигателите при работа с бензинобутанолови смеси	69
<i>Симеон Илиев</i> Изследване влиянието на степента на рециркулация на отработилите газове върху образуването на азотни окиси (NO _x) при дизелов двигател	74

CONTENTS

<i>Georgi Krastev</i> Methods for determining similarities of objects	7
<i>Georgi Krastev</i> Architecture of automated system for scientific investigations	11
<i>Georgi Krastev</i> Developing software for distance learning in communication and geoinformation technologies	15
<i>Filip Tsvetanov, Liliya Kiprova, Ivanka Georgieva</i> Algorithms for improving access to channels in the low-speed wireless networks.....	20
<i>Elena Ivanova</i> Simulation of rare events in teletraffic model of broadband handover.....	28
<i>Teodor Iliev, Grigor Mihaylov</i> Analysis of the impact of the number of users on the broadcast of multimedia information in LTE standard.....	33
<i>Stoyan Yanev</i> Investigation on the character of changes of the group load pro-file for household consumers.....	39
<i>Miglena Hristova</i> Investigation on energy efficiency of three-phase induction motor dynamic regimes in MATLAB/SIMULINK	44
<i>Miglena Hristova</i> Energy saving potential for induction motor drives employed in constant speed applications with variable loads.....	49
<i>Temenuzhka Haralanova</i> Study of the corrosional resistance of steel in sulphuric acid so-lution with an included organic substance	54
<i>Simeon Iliev</i> Study of the influence of injection pressure on some parameters of diesel engine	59
<i>Orlin Stoyanov</i> Fault identification in diesel engines by analyzing variance of the crankshaft instantaneous angular speed.....	62
<i>Orlin Stoyanov</i> Fault detection in a diesel engine by analyzing the instantaneous angular speed.....	65
<i>Kiril Hadjiev, Hristo Stanchev, Simeon Iliev</i> Investigation of the necessity of adjustment of engine management operation on gasoline-butanol fuel blends	69
<i>Simeon Iliev</i> Study of the influence of exhaust gas recirculation on NO _x of diesel engine.....	74

METHODS FOR DETERMINING SIMILARITIES OF OBJECTS

Georgi Krastev

„Angel Kanchev” University of Ruse

МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СХОДСТВАТА НА ОБЕКТИ

Георги Кръстев

Русенски университет „Ангел Кънчев”

Abstract: This paper presents the classification of some classical and more contemporary methods for clustering, which have application by creating intelligent systems for diagnostics. The discussed methods have been grouped into the following approaches: geometric, multiple theoretical, statistical and processing of the missing signs.

Key words: Cluster analysis, Euclidean distance, Value Difference Metrix.

INTRODUCTION

Identifying the condition of the object is the main task of the technical diagnostics. It can be reduced to the task of recognizing the condition by referring it to one of the previously formed classes of states. The information, carried by the output characteristics or the DC potential picture of the object, is used for this purpose.

Two essentially different methods exist for defining the similarity between the objects. The first one is called geometric and it defines the similarity by calculating the distance between objects, which are presented as points in the n -dimensional space of the signs. The second method is called multiple theoretical and it defines the similarity as a function of the number of the common and different signs in the compared objects. The statistical method has been discussed in the paper as well, where the similarity metrics is derived from all statistical examples (objects), contained in the learning set.

PRESENTATION

Geometric method for defining the similarity

By the geometric interpretation, the similarity $s(X, Y)$ between two examples X and Y is defined as proximity — a value, opposite to the distance $d(X, Y)$ between the corresponding n -dimensional points $X = (x_1, \dots, x_n)$ and $Y = (y_1, \dots, y_n)$. In the general case this dependence is given by the following formula:

$$s(X, Y) = \alpha - \beta d(X, Y),$$

where α and β are numeric constants, used to adjust the values of the similarity in the desired interval. Distance or metric $d(X, Y)$ is defined as a function, representing the scalar

multiplicity of the set of examples on itself, on the multitude of nonnegative real numbers and fulfilling the following three conditions:

- Symmetry:

$$d(X, Y) = d(Y, X).$$

- Positive definiteness:

$$d(X, Y) \geq 0; d(X, Y) = 0 \Leftrightarrow X = Y.$$

- The triangle inequality:

$$d(X, Y) \leq d(X, Z) + d(Z, Y)$$

for a random triple of objects X , Y and Z .

A common class of distances is given by the Minkovsky's metrics:

$$d_L(X, Y) = \left(\sum_{k=1}^n \delta^L(x_k, y_k) \right)^{\frac{1}{L}}, \quad \delta(x_k, y_k) = |x_k - y_k|,$$

where $L \geq 1$.

By $L=2$ we receive the *Euclidean distance*, which is used most frequently (in different variants) due to its geometric “intuition”. $L=1$ gives the *absolute distance* (which is often called the *Hemming distance*). The absolute distance is used not only for continuous but also for nominal attributes, by accepting that the *attribute distance* $\delta(x_k, y_k)$ is calculated according to the formula:

$$\delta(x_k, y_k) = |x_k - y_k| = \begin{cases} 0 & \text{on } x_k = y_k \\ 1 & \text{on } x_k \neq y_k \end{cases}$$

By $L = \infty$ we receive the *Chebyshev distance*, which is reduced to

$$d_\infty(X, Y) = \max_k |x_k - y_k|.$$

The application of the described metrics to instances, which contain continuous attributes, is often preceded by the *normalization procedure*, whose aim is to bring the values of the different signs in the same range and to guarantee in that way that they all have the

same contribution by calculating the distance. The rules for norming and scaling are actually selected on the basis of heuristic considerations, so that they can increase to the maximum extent the efficiency of these particular methods. This occurs by subtracting the average of the attribute from the value of the attribute, calculated by all the values of the same attribute in the learning instances and by dividing the result by the standard deviation of the sign. The other frequently used method for normalization is by dividing each value of the attribute by the difference between the maximum and the minimum value of the same attribute, which exists in the multitude of the learning instances.

As a rule of normalization the following formula can be used

$$x^s = \frac{x^s - \text{Min}(x)}{\text{Max}(x) - \text{Min}(x)},$$

where x^s , $\text{Min}(x)$ and $\text{Max}(x)$ are correspondingly the s -th, the minimum and the maximum value of the variable x .

If we look at the examples as n -dimensional vectors, described only by *continuous* attributes, the similarity between two examples X and Y can be estimated by the correlation coefficient:

$$r(X, Y) = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \tilde{x})(y_k - \tilde{y})}{\left[\sum_{k=1}^n (x_k - \tilde{x})^2 \sum_{k=1}^n (y_k - \tilde{y})^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

where $\tilde{x}$ and $\tilde{y}$ are the averages respectively to X and Y . The correlation coefficient is the cosine of the angle between the vectors X and Y , which are centered in relation to the arithmetical average and are normalized in order to have a single length.

The multiple theoretical method for defining similarity

The multiple theoretical method for estimating the similarity between objects is based on the famous work of Tversky [8], which is a classical one for the contemporary researches of the similarity study. Tversky claims that the similarity between two objects is a function of three variables: the number of the common signs for both objects, the number of the unique signs for the first object, and the number of the unique signs for the second ob-

ject. Most of the existing functions of the similarity are symmetrical and defined in the interval $[0, 1]$ or $[0, \infty]$. If any function of the similarity $s(X, Y)$ is defined in the interval $[0, A]$, then $A - s(X, Y)$ defines the function of the *difference* between the objects $dis(X, Y)$.

This interpretation of the similarity is suitable for objects, described by means of binary (logical) attributes. A concrete example of a function, that assesses the difference between two examples, described by binary attributes, gives the Jacquard coefficient

$$dis_1(X, Y) = 1 - \frac{\text{card}(E)}{\text{card}(E) + \text{card}(B) + \text{card}(C)},$$

where: $\text{card}(M)$ is the number of the elements of the multitude M ; E - the multitude of signs, which are simultaneously present in both examples; B - the multitude of signs, which are present in the example X and are absent in Y ; C - the multitude of signs, which are present in the example Y and are absent in X .

The other variants of the functions of the difference are

$$dis_2(X, Y) = 1 - \frac{\text{card}(E)}{\text{card}(E) + \text{card}(B) + \text{card}(C) + \text{card}(D)}$$

and

$$dis_3(X, Y) = 1 - \frac{2\text{card}(E)}{2\text{card}(E) + \text{card}(B) + \text{card}(C)}.$$

Unlike the Jacquard coefficient, taking into account only the observed attributes, the function $dis_2(X, Y)$ takes into account also attributes, missing in both examples (the multitude D), and the last function differs from the Jacquard coefficient only in relation to the used weight coefficients.

The discussed functions for similarity (difference) applicable for assessing objects, described by means of binary (logical) attributes, however, they can be used for nominal attributes as well, which accept more than two discrete values. For that purpose the attributes are subjected to a *procedure for binarization*, by which each nominal attribute, accepting n values, is represented by means of n -dimensional vector of binary signs.

Statistical method for defining similarity

An efficient method for estimating the similarity between instances, described by means of *nominal attributes*, has been proposed by Starifill and Waltz [7]. In the basis of the method is the *Value Difference Metrix*

(VDM - Value Difference Metrix), which defines the distances between the different nominal values of one and the same attribute. We will discuss a more simplified modified variant of this metrics (MVDM) [5].

The metrics MVDM has been displayed statistically from all the examples, which are contained in the learning set. The attribute distance between two nominal values x_i and y_i of the i -th attribute is defined according to the following formula:

$$\delta_{MVDM}(x_i, y_i) = \sum_{k=1}^{|C|} |P(c_k|x_i) - P(c_k|y_i)|^q,$$

where $|C|$ is the number of the different classes in the learning set, c_k is the k -th class ($k = 1, \dots, |C|$), and q is an integer parameter ($q = 1, 2, 3, \dots$), which is defined empirically by the formula $P(c_k|x_i)$ and is the conditional probability of occurrence of class c_k , containing x_i , as a value of the i -th attribute. This probability is defined according to the following formula (the same is valid also for y_i):

$$P(c_k|x_i) = \frac{\#x_i^k}{\#x_i},$$

where $\#x_i^k$ is the number of occurrence of x in the learning instances, describing the concept c_k , and $\#x_i$ is the total number of occurrence of this value of the i -th attribute in all the learning instances.

The total distance between the examples X and Y is defined according to the following formula:

$$d_{MVDM}(X, Y) = \sum_{i=1}^n \delta^L_{MVDM}(x_i, y_i) \quad L=1, 2.$$

According to the metrics, described in this way, two nominal values of the attribute are similar, if they occur with the same relative frequency in all classes (Pay attention to the fact that δ_{MVDM} is defined in the interval $[0, 2]$). Therefore for receiving the normalized attribute distance, the following formula must be used:

$$\delta(X, Y) = \frac{1}{2} \delta_{MVDM}(X, Y).$$

Different variants of MVDM were successfully used in the molecular biology and other problem spheres. You can find the more complicated metrics for assessing the similarity between instances, described by nominal

attributes, and the algorithms for their usage in [3, 4].

Processing of the missing signs

The examples for concepts in the real problem spheres (for example in the sphere of the technical diagnostics) are characterized by the fact that some of the values of their attributes can be unknown (i.e. they can be *missing*). It is necessary to define ways for determining the similarity between such incomplete instances, so that the methods of self-learning via memorizing can be applied in these spheres. In other words, the used metrics for similarity for the cases of the missing values of the attributes must be expanded. Some basic methods for operation with the missing signs will be discussed in the current part.

One of the simplest methods for processing of the missing attributes is the *method of ignoring*, proposed by David Aha [1]. If any sign in the instance is missing, then the attribute distance to that instance (according to this sign) is zero (the sign is ignored), i. e. if we designate with "?" the value of the missing i -th attribute, then $\delta(x_i, ?) = 0$. By calculating the total distance between the instances, in order to distinguish the cases of a complete coincidence of signs and a coincidence with a missing sign (in both cases the attribute distance is equal to 0), the sum of all the attribute distances is divided not to the total number of the attributes but it is divided to the number of the signs, which are known:

$$d(X, Y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta^L(x_i, y_i),$$

where $N \leq n$ is the number of the signs, which are known, and $L \geq 1$ — integer parameter.

By another method [2], which can be called *pessimistic*, the missing values of the continuous attributes are implied different to the maximum extent from the known value, and if both values are missing, the attribute distance between them is accepted to be equal to 1 (it is implied that all the attributes are normalized).

$$\delta(x_i, ?) = \begin{cases} x_i & \text{npu } x_i \geq 0,5; \\ 1 - x_i & \text{npu } x_i < 0,5; \\ 1 & \text{npu } x_i = ? \end{cases}$$

For the nominal attributes $\delta(x_i, ?) = \delta(?, ?) = 1$.

One of the most widely-spread methods

for processing the missing nominal signs [9] is the assumption that $\delta(x_i, ?) = \delta(?, ?) = 0,5$ (it is assumed that for known signs $\delta(x_i, y_i) = 1$ by $x_i \neq y_i$ and $\delta(x_i, y_i) = 0$ by $x_i = y_i$).

An interesting extension of the metrics MVDM, allowing its usage for instances with missing signs, was proposed by Pedro Domingos [6]. The missing value of the attribute in the learning instances is replaced by the symbol "?", which is treated as legitimate nominal value. This means that the tables of the differences to all the rest (known) nominal values of the attribute, which after that are used for calculating the distances between the instances, are calculated for it. In the context of the metrics MVDM this policy is reasonable enough: it is accepted that the missing value is approximately the same with some known nominal value, if their behavior is similar (i. e. they have near occurrence frequencies), and that in any other opposite case they are different.

The presented short description of the main methods for processing the missing signs will be completed with a description of the method, which can be called statistical. By this method the missing value of a nominal attribute in a learning instance is substituted by the value of the attribute, which occurs most often among the learning instances from the same class. The missing nominal value of the attribute in the test instance is substituted by the value of the same attribute, which occurs most often among all the instances from the learning multitude. The average values of the attribute, calculated in relation to the learning instances from the same class and on the whole learning multitude, are used accordingly by a missing continuous attribute.

CONCLUSION

This paper makes a short presentation of the

existing methods for defining the similarity between objects for technical diagnostics. The discussed methods have been grouped into the following approaches: geometric, multiple theoretical, statistical and processing of the missing signs.

LITERATURE

- [1] Aha, D. A Study of Instance-Based Learning Algorithms for Supervised Learning Tasks: Mathematical, Empirical, and Psychological Evaluations, TR 90-42, Irvine, CA, University of California, Department of Information and Computer Science, 2010.
- [2] Aha, D., D. Kibler, M. Albert. Instance-Based Learning Algorithms. Machine Learning. Vol. 6, 2011, 37-66.
- [3] Biberman, Y. A Context Similarity Measure. In: F. Bergadano and L. De Raedt (eds.). Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 784, Springer-Verlag, 2009, 49-63.
- [4] Biberman, Y. The Role of Prototypicality in Exemplar-Based Learning. In: N. Lavrac and S. Wrobel (eds.). Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 912, Springer, 2010, 77-91.
- [5] Cost, S., S. Salzberg. A Weighted Nearest Neighbor Algorithm for Learning with Symbolic Features. Machine Learning, Vol. 10, 2003, 56-78.
- [6] Domingos, P. Unifying Instance-Based and Rule-Based Induction. Machine Learning, Vol. 24(2), 2006, 141-168.
- [7] Starifill, C., D. Waltz. Toward Memory-Based Reasoning. Communications of ACM, Vol. 29, 1086, 1213-1228.
- [8] Tversky, A. Features of Similarity. Psychological Review, Vol. 84, 1977, 327-352.
- [9] Zhang, J. Selecting Typical Instances in Instance-Based Learning. In: Proceedings of the Ninth International Workshop on Machine Learning (ML'92), Morgan Kaufmann, San Mateo, California. 2002, 470-479.

CONTACT ADDRESS

Assoc. Prof. Georgi Krastev, DSc
 Department of Computer System and Technologies
 University of Ruse
 8, Studentska Street
 7017 Ruse
 Bulgaria
 Tel. +359 82 888 672,
 E-mail: gkrastev@ecs.ru.acad.bg

ARCHITECTURE OF AUTOMATED SYSTEM FOR SCIENTIFIC INVESTIGATIONS

Georgi Krastev
„Angel Kanchev” University of Ruse

АРХИТЕКТУРА НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Георги Кръстев
Русенски университет „Ангел Кънчев”

Abstract: The paper presents an approach to developing systems for automation of laboratory investigations, already implemented at the University of Ruse. The automated microcomputer system is for testing of internal combustion engines by means of an eddy current dynamometer generates various family curves of engines under test.

Key words: laboratory experiments; scientific experiments; automated systems; software.

INTRODUCTION

When solving a number of highly complicated technical problems in the field of internal combustion engine testing, the immediate participation of a man in the performance of some experiments is not possible. In these cases the real experiments can be replaced by laboratory ones on the basis of Automated Systems for Scientific Investigations (ASSI).

This paper focuses on Automated Systems for Scientific Investigations software that has been developed in University of Ruse for Testing of petrol Engines. The system was developed noting the advantages and disadvantages of similar systems [1-5].

PRESENTATION

Functions and operation models of ASSI

ASSI for testing of petrol engines operates in the following modes:

- Adjustment: - Technological process and control system configuration. The configured data base that includes some elements of the relation data bases such and data searching is updated, if necessary. With the help of the data base, the parameters of the technological processes simulations, the tasks, the translations, the control system adjustments, etc. are configured;
- Measurement: - Registration of the main parameters of the tested object. The operator has the possibility to examine the most important information concerning the process conditions, in particular - in-

let/outlet points whose values exceed the pre-set-limits;

- Control: - The system's automatic control is implemented on the basis of the information coming from the object and the tasks set by the operator. The face panels of industrial regulators and the programmable controllers which have been developed, simulate the actual units. They enable the operator to observe and control all tasks and system adjustments in real time mode. The digital inputs and outputs as well as states of the alarms are displayed as Boolean indicators;
- Simulation of the running processes in real time mode: - It provides a possibility for investigating the influence of different signals (i e., change of colours text messages, audible alarms, etc.) over the operator on emergency;
- Testing: - This mode serves for performing different verifications of the correct functioning of any unit and the system as a whole on adjusting, for controlling in the process of preventive maintenance, for searching the reasons that caused error conditions during control program running, and also for adjusting the parameters of the hardware components.

ASSI implements the following functions:

- Acquisition and initial processing of analogue and digital data of the engine's main parameters;

- Automatic stabilization of the control contours of the supply, the advance angle of ignition and loading;
- Carrying out of any control algorithm given as a program;
- Automatic registration of object's states;
- Signaling and registration of extreme and emergency states;
- Start/stop control of the tested object;
- Interaction allowing the intervention in the control and the display of operative information (task, current regulated quantity, extreme values and adjustment parameters and time registration);
- Documentary records of the technological process conditions and updating the date base of the object under test;
- Effective self - diagnostics of the system including current control of the hardware/software state and displaying of error messages.

ASSI general view

The general view of the program system is shown on fig. 1 in a hierarchical structure on two levels: operator's station and controlling microcontroller.

Software of the operator's station. It helps the automation of the preparation procedure of the tests and processing of the results. The software is developed and set for operation in WINDOWS environment.

By means of the pre-processor are given the sequences of operations for carrying out of the testing, for determining the facilities and resources leading to effective achievement of tests' goal. The information referring to the aim, test tasks and the additional data for planning are entered by means of an input language for operation in a scenario mode or interaction mode.

The post-processor implements the visualization both of the input data and the results obtained. It formats all the necessary protocols of the testing, its printing and plotting of the graphic information.

The communication area includes the entire information of the system: - input and invariable data; information as a consequence of pre- and post- processor operation; results acquisition. The information in this area is acces-

sible for all modules using the Data Base Management System (DBMS).

The system applied in this research is dBASE for WINDOWS. The operator's station is in connection with the other units of the system via the following interface buses: specialized parallel bus; interface bus for successive data transmission through line RS 232C; general purpose interface bus (GPIB) - IEE 488.

The connection of the operator's station with the subordinate microcomputer can be made using one of the three above stated interface buses.

Software of the subordinate microcontroller. The software of the subordinate microcontroller is composed of the following basic modules: module for data acquisition from the experiment; experiment control module; testing and simulation modules. All modules communicate via communication area. The invariable information is organized in a Local data base (LDB).

The communication area of the microcomputer includes the entire local information of the system: the invariable data, internal logical keys (flags), internal arithmetic variables, values of timers, etc., as well as the results obtained by the time of their transfer to the operator's station. The information of this area is accessible for all modules using the Data Base Local management System (DBLMS).

The simulation subsystem is designed for of different disturbances, control actions, for obtaining and maintenance of the desired scheme of imitation that determines the technology of testing. The subsystem for monitoring and emergency operation is independent and uses the information from the common sensors and its own (availability of flowing water through the brake, outlet eater temperature after the brake, availability of cooling liquid in the engine, luboil pressure, extreme temperatures, etc.) and actuators for initiations of different interlockings of the engine on emergency.

For driving test subsystem the car is equipped with a special microcomputer (PAD). Prior to the tests it is necessary to enter the results should be transferred to the post-processor of the processing station.

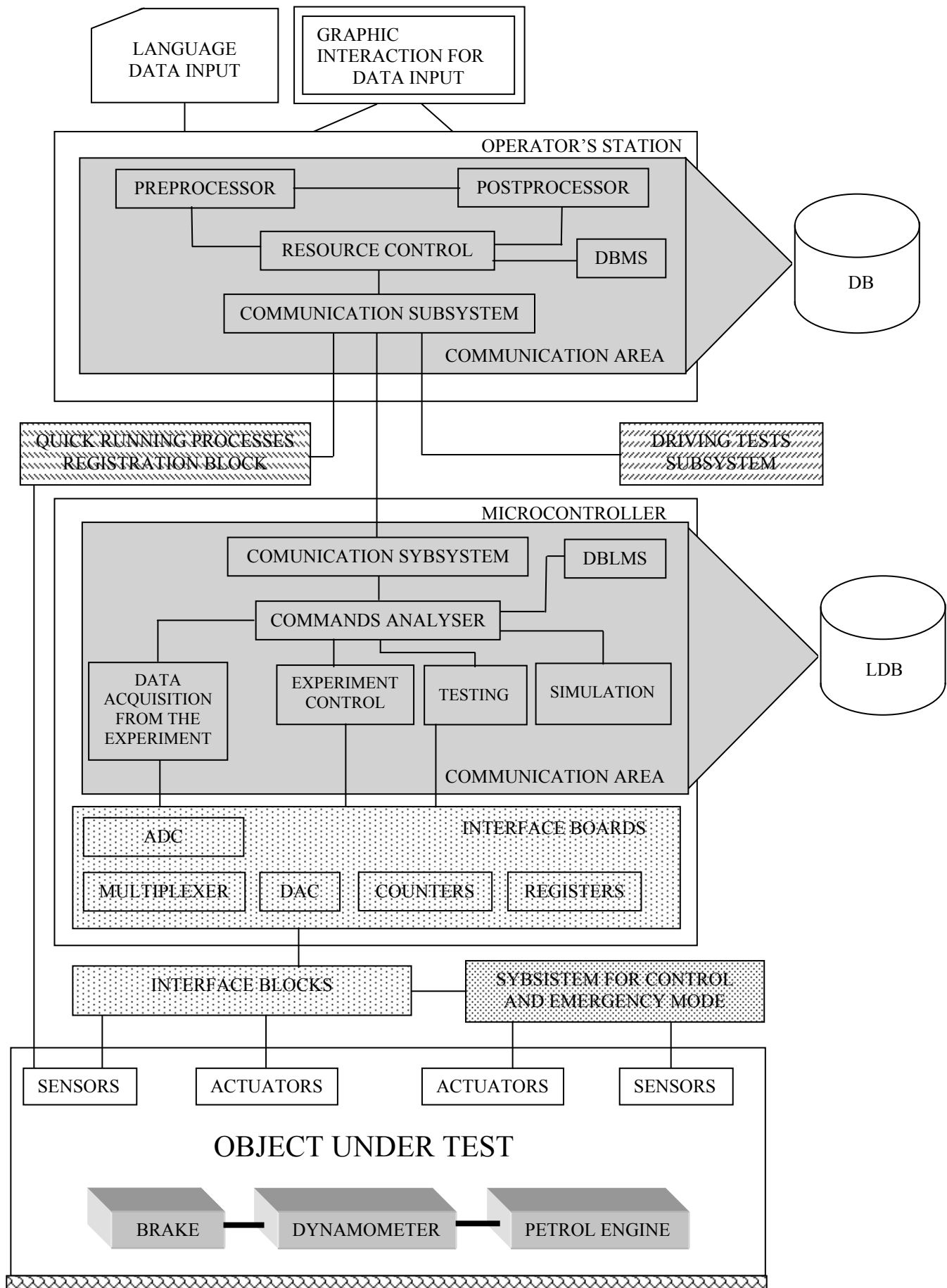


Fig. 1 Architecture of Automated System Software

CONCLUSION

The comparison of the developed ASSI with similar systems is not a simple and easy solving task, because the comparison criteria are not uniform, they concern different aspects, starting with the modes of operation and duration of the testing procedure. It is difficult to generalize and present all comparison criteria by a single criterion of a concrete mathematical expression.

The system can be used both in the practice and research area. It can be also used for investigation of other types of engines, e.g. diesel engines. Then it is necessary to provide additional equipment, incl. suitable sensors and actuators. No need to make any changes in the software package.

REFERENCES

- [1] Formalized description of technological processes - basis of the program modules package for developing ASTPC (Automated System for Technological Processes Control) for testing of engines. Enginebuilding, 2010. N3, p. 33-34.
- [2] Prospectus papers of AVL Company.
- [3] Prospectus papers of Motor test Company
- [4] Prospectus papers of SHENK Company.
- [5] Ralf Erik Plewe. Die Funktionalitat von Steuergeraten fur elektronisch geregelte Verteilereinspritzpumpen Systeme. MTZ motortechnische zeitschrift, 2003, N12, 628-632.

Contact Address

Assoc. Prof. Georgi Krastev, DSc
Department of Computer System and Technologies
University of Ruse
8, Studentska Street
7017 Ruse
Bulgaria
Tel. +359 82 888 672,
E-mail: gkrastev@ecs.ru.acad.bg

ПРОГРАМНО ОСИГУРЯВАНЕ ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ ПО КОМУНИКАЦИОННИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Георги Кръстев

Русенски университет „Ангел Кънчев“

DEVELOPING SOFTWARE FOR DISTANCE LEARNING IN COMMUNICATION AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

Georgi Krastev

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: The paper focuses on the developed portal for distance learning in Communication and Geoinformation Technologies. It briefly describes the basic scenes and their possibilities.

Key words: Informatics, Computer science, Computer-based Learning, Internet.

ВЪВЕДЕНИЕ

Общата тенденция за въвеждане на нови технологии във всички сфери на живота се наблюдава и в областта на образованието. Възможността за създаване на интерактивно електронно обучение спомага за полесно, бързо и приятно възприемане на учебния материал.

Със създаването на представения портал се улеснява обучението по дисциплината *Комуникационни и геоинформационни технологии* [2], основавайки се на следните ключови моменти: предоставяне на богат лекционен материал, съдържащ графики и снимки; допълнителни материали: външни страници с богата информация и терминология; богат снимков материал; видеоинформационни материали; воденето на дискусии посредством форума на портала; добавяне на статии, снимков материал и видео-файлове от потребителите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Реализиране на видеопортала

Организацията на портала [1, 3, 4] следва структурата, показана на фиг. 1. Обособеният основен модул PHP-FUSION съдържа приветлив потребителски интерфейс, както и всички необходими навигационни елементи. Основните теми са в отделни сцени: “Уроци”, “Статии”, “Начало”, “Файлове”, “Често задавани въпроси”, “Форуми”, “Допълнителни материали”, “Категории за новините”, “Връзка с нас”, “Търсене”, “Галерия” и др. Материалът, използван в различните сцени, се предоставя само при

избор от потребителя. Например, при лекционния материал /сцена “Уроци”/ различните уроци са в отделни файлове – glava1.html, glava2.html. Аналогично са разпределени и тестовите.

Сцена “Начало”

Използването тази сцена (фиг. 2) улеснява и предразполага всеки един потребител към по-нататъшно участие или регистрация с цел ползването на всички предоставени ресурси.

В полето «Новини» всеки потребител може да прочете дадена новина, информация относно определено събитие, предстояща лекция или виртуален урок в рамките на представената дисциплина.

Сцена “Статии”

В сцената „Статии” (фиг. 3) потребителят дава своя принос чрез въвеждане на статии, вестникови и снимкови материали с коментари и други мнения по категорията. Той може да ползва предоставените такива от други потребители или статии, написани или въведени от администратора на портала.

Сцена “Уроци”

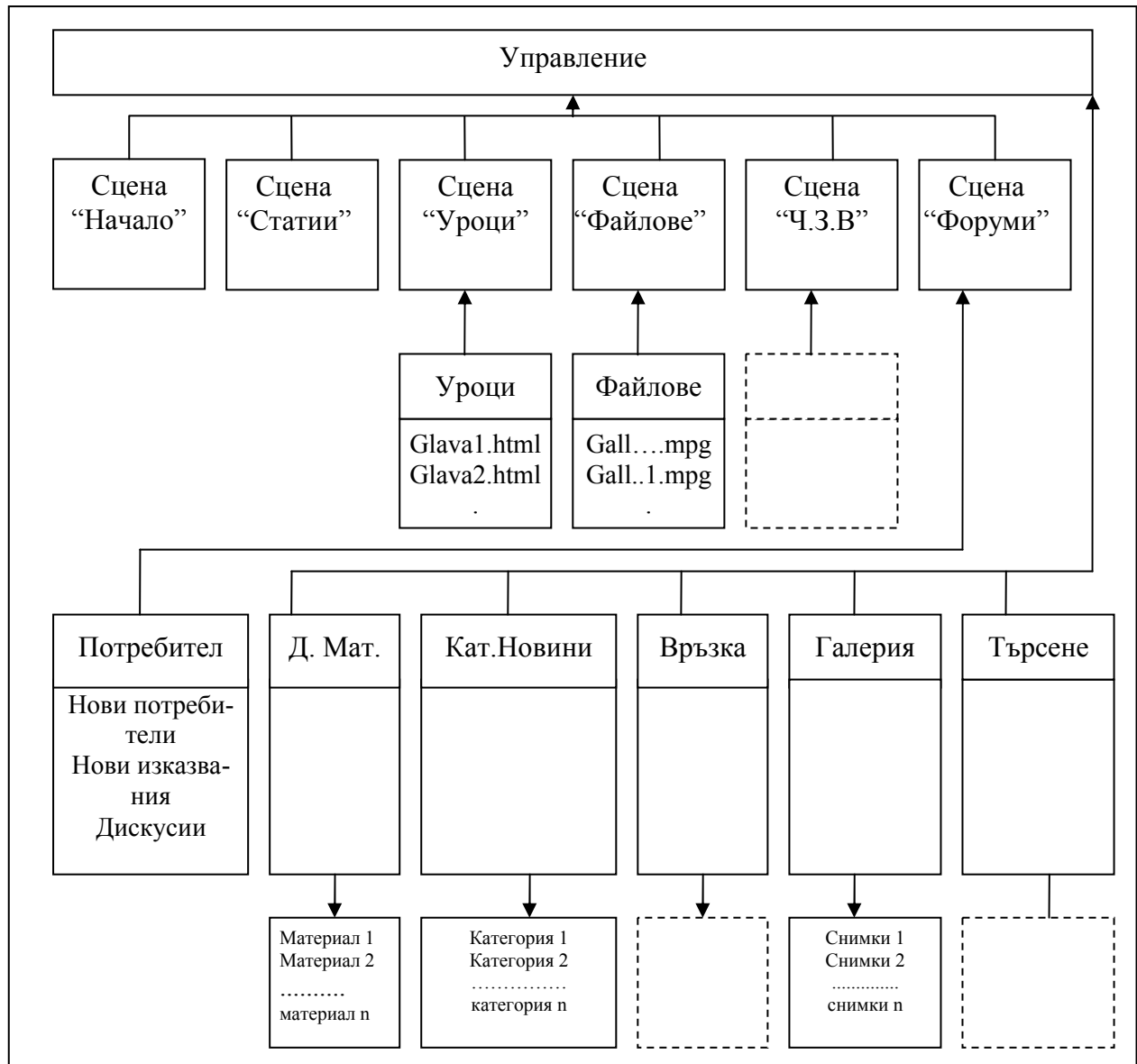
Тя (фиг. 4) съдържа 8 глави, всяка от които е с по няколко подточки: основни понятия в картографията; обща характеристика на космическите апарати; спътникови комуникационни системи; спътникови системи за дистанционно сондиране на земята; спътникови метеорологични системи; спътникови навигационни системи; GPS приемник NAVI – 1; географски информационни

системи. Представеният тук материал е на базата на учебника по *Комуникационни и геоинформационни технологии*. В сцената са включени освен лекционната част, коментари и оценки. В полето «Коментари» всеки потребител може да регистрира свое мнение по темата и да добави такова. Не-

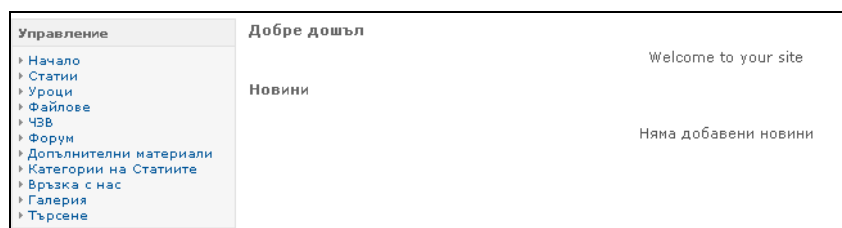
посредствено след «Коментари» има поле за оценяване на регистрираните потребители.

Сцена «Файлове»

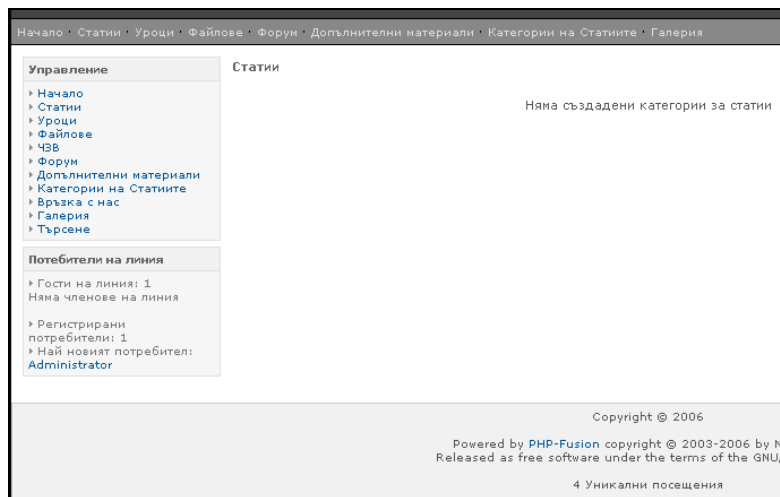
В тази сцена (фиг. 5) са включени видеофайлове, които се отварят с помощта на програмата Mozilla Firefox–PDVD mpgfail (default).



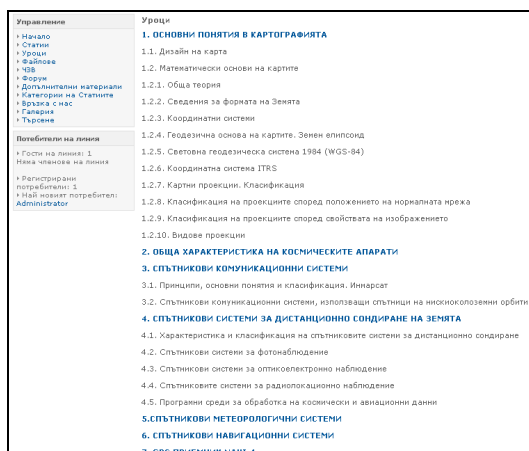
Фиг. 1 Организация на Web приложението



Фиг. 1. Сцена „Начало”



Фиг. 3. Сцена „Статии“

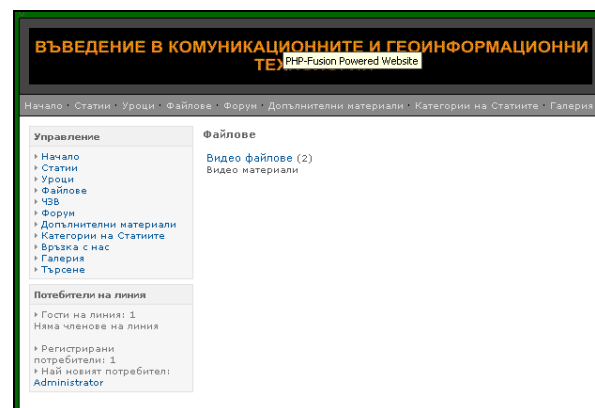


Фиг. 4. Сцена „Уроци“

Файловете Galileo и Video_galileo_december2004_en са с образователна цел. Съществува възможност за добавяне и на други подходящи видеофайлове. В основата на файловете е проектът Galileo (Global Navigation Satellite System), който се използва за навигация, определяне местонахождението на различни превозни средства и подпомагащ ориентирането на хората с увреждания.

Сцена “ЧЗВ”

В тази категория (фиг. 6) потребителите могат да задават или получават отговори на въпроси, свързани с конкретна тематика. Тук се регистрират най-често задаваните въпроси, които потребителите отправят един към друг. Въпросите могат да се формулират като текст, изрезка, илюстрация и др.



Фиг. 5. Сцена „Файлове“

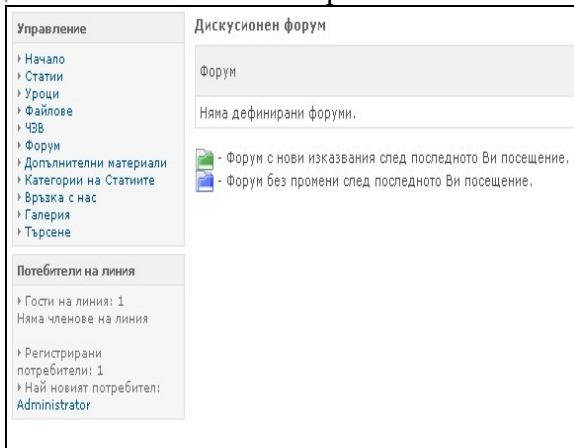


Фиг. 6. Сцена “ЧЗВ”

Сцена “Форуми”

Сцената «Форуми» (фиг. 7) представя дискуссионен форум, който е разделен на четири полета: форум, теми, изказвания и последно изказване. Полето форум съдържа две нива след последното ви посещение: форум с нови изказвания за активен потребител и форум без промени за пасивен читател. Темата на новата информация се вписва в полето „Теми“, самата информация в полето „Изказвания“, а в

полето „Последно изказване” се регистрира датата на влизане на потребителя.



Фиг. 7. Сцена „Форуми”

Сцена „Допълнителни материали”

Тази сцена (фиг. 8) включва допълнителна информация, снимки и други.

Интернет връзки: Допълнителни материали		
All England Lawn Tennis Club in London [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 1	
Arlington National Cemetery in Arlington [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 1	
Big Ben in London [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 0	
Buckingham Palace in London [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 0	
Central Park in New York [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 0	
EarthSat Sample Resolutions [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 0	
Gateway Arch in St Louist [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 0	
Indianapolis Motor Speedway in Indianapolis [НОВА]		
Дата на добавяне: 20.06.06	Посещения: 0	

Фиг. 8. Сцена „Допълнителни материали”

Тук има 18 материала, погледнати през различна надморска височина: All England Lawn Tennis Club in London; Arlington National Cemetery in Arlington; Big Ben in London; Buckingham Palace in London; Central Park in New York; Earth Sat Sample Resolutions; Gateway Arch in St Louist; Indianapolis Motor Speedway in Indianapolis; Lincoln Memorial in Washington; Minute Maid Park in Houston-Texas; New Orleans; Safeco Field in Los Angeles; Sydney- Australia; Talladega Superspeedway in Alabama; Texas Stadium in Irving; Washington Monument in Washington.

Осигурена е възможност за добавяне и на други материали, като се отбелязват датата на добавяне и броят на посещенията в допълнително поле.

Сцена „Категории за новините”

Тук (фиг. 9) има 16 категории за новините, всяка от които са с различна илюстрация: Грешки, Файлове, Игри, Графика, Хардуер, Дневник, Потребители, Модул, Филми, Мрежи, Новини, PHP-fusion, Сигурност, Софтуер, Теми, Windows. Срещу всяка категория потребителят записва свързани с нея новини. Всяка от тях се отбелязва с номер, непосредствено след наименованието на категорията. Новините се черпят от различни медии, интернет услуги или други помагала.

Категории за новините	
	Няма новини в тази категория.
Категория: Bugs Брой новини: 0	
	Няма новини в тази категория.
Категория: Downloads Брой новини: 0	
	Няма новини в тази категория.
Категория: Games Брой новини: 0	
	Няма новини в тази категория.
Категория: Graphics Брой новини: 0	
	Няма новини в тази категория.
Категория: Hardware Брой новини: 0	

Фиг. 9. „Категории за новините”

Сцена „Връзка с нас”

Интернет порталът е създаден за широка популяризация. Той се разраства и усъвършенства благодарение на потребителите и носи и обменя информация с образователна цел, както е в случая с интернет портала www.cellbg.info по дисциплината *Комуникационни и геоинформационни технологии*. В тази сцена се разглеждат няколко възможности за връзка с този интернет портал: e-mail адрес you@yourdomain.com, ако сте регистриран чрез лично съобщение или попълване на указаната форма, която изпраща e-mail. Тук може да се осъществи контакт между потребителя и администратора на портала (фиг. 10).

Сцена „Фото галерия”

В нея се включват 35 снимкови изображения на различни забележителности, направени на различна надморска височина: Айфеловата кула във Франция, Статуята на свободата в САЩ и други. Включени са и

няколко научно-изследователски карти, географски карти на български и румънски райони и др. Възможно е чрез кликане с десния бутон на мишката да се увеличи образът на избраната илюстрация.

Връзка с нас

Има няколко начина да се свържете с нас, можете да ни изпратите Email на този адрес член, да ни изпратите [лично съобщение](#). А може и да попълните формата на тази страница

Име:

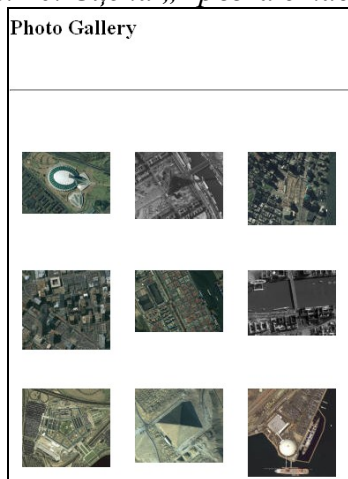
Email Адрес:

Тема:

Съобщение:

Изпрати съобщението

Фиг. 10. Сцена „Връзка с нас“



Фиг. 11. Сцена „Търсене“

Сцена ‘Търсене’

Последната сцена (фиг. 11) от главното меню е отредена за търсене на: Статии, Новини, Изказвания във форумите, Файлове, WEB връзки, Членове. Чрез отбелязване в полето за търсене, потребителят улеснява прехода и бързо намира това, което търси.

Contact Address

Assoc. Prof. Georgi Krastev, DSc
 Department of Computer System and Technologies
 University of Ruse
 8, Studentska Street
 7017 Ruse
 Bulgaria
 Tel. +359 82 888 672,
 E-mail: gkrastev@ecs.ru.acad.bg

Непосредствено след главното меню «Управление» има и поле „Потребители на линия“, включващо: Гости на линия, Няма членове на линия, Регистрирани потребители, Най-новият потребител. „Администратор“ е регистрираният управител на портала. Порталът създава възможност чрез полето „Вход“ всеки желаещ да се регистрира чрез задаване на потребителско име и парола. Потребителите могат да използват и чат за различни съобщения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В портала са включени всички необходими материали за обучение по дисциплината *Комуникационни и геоинформационни технологии*: лекционни курсове, аудио и видео файлове, фотографии и множество визуални примери. Този начин на преподаване има големи предимствата пред традиционния - по-добро усвояване на предоставения материал, тъй като включените интерактивни взаимодействия с потребителя засилват интереса и мотивацията на обучавашите се.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Франклин, Дерек и Джоб Макап. Macromedia Dreamweaver MX: Официален учебен курс, Софтпрес, 2002.
- [2] Илиев, М., Кръстев Г., Манев Кр. Въведение в комуникационните и геоинформационните технологии, 2007, Русе. ISBN 978-954-370-035-6.
- [3] Рей, Криси. Macromedia Dreamweaver MX: Официален учебен курс, Софтпрес, 2003.
- [4] Стоуфър, Тод. Създаване на Web страници, Софтпрес, 2003.

АЛГОРИТМИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ ДОСТЪПА ДО КАНАЛИТЕ В НИСКОСКОРОСТНИ БЕЗЖИЧНИ МРЕЖИ

Филип Цветанов, Лилия Кипрова, Иванка Георгиева
Югозападен университет „Неофит Рилски“

ALGORITHMS FOR IMPROVING ACCESS TO CHANNELS IN THE LOW-SPEED WIRELESS NETWORKS

Filip Tsvetanov, Liliya Kiprova, Ivanka Georgieva
Sout-West University "Neofit Riski"

Abstract: The paper analyzed the mechanisms for data transmission for devices working under the standard IEEE 802.15.4 and algorithm using CSMA-CA. Shown is the inefficiency of CSMA-CA for the management of flags and presented a way for the deployment of AVE (Adaptive Backoff Exponent) mechanism. This mechanism is used to dynamically control macMinBE devices depending on their contribution to the network traffic. This makes the devices more options for the duration of the back, which allows to use less the same time to return, thus reducing the number of collisions.

Keywords: algorithm using CSMA-CA, Adaptive Backoff Exponent, Wireless Networks.

ВЪВЕДЕНИЕ

Осигуряването на качествена услуга (QoS) при нискоскоростни и с ниска консумация безжични сензорни мрежи (WSNs), както и осигуряването на надеждност при тежки енергийни ограничения, привлича изследователите. Стандартът IEEE 802.15.4 е специално проектиран за нискоскоростни безжични мрежи с координатор (WPAN) и приема множествен достъп с избягване на колизиите CSMA-CA.

Въпреки това в спецификацията на стандарта механизмът CSMA-CA не предоставя убедителна подкрепа за QoS за такива чувствителни събития като молби за GTS разпределение, аларми, специализирани PAN команди за управление и т.н., които могат да доведат до деградация на производителността на мрежата, особено при високо натоварване на мрежата. За усъвършенстване работата на CSMA-CA механизма са положени много изследователски усилия. Голяма част от изследванията са насочени към намаляване на задръжките при предаване на кадри, избягване загубата на пакети, колизии и увеличаване общата производителност на мрежите [1,2,3,7].

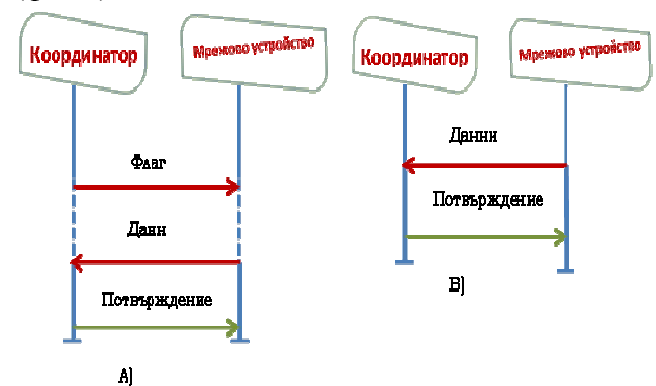
В работата са анализирани механизмите за предаване на данни при устройства, работещи под стандарта IEEE 802.15.4 и използващи алгоритъм CSMA-CA, както и

възможностите за възникване на колизии. Предложено е намаляване на колизиите чрез прилагане на по-голям набор от стойности Backoff за минимизиране вероятността от използване на същата продължителност на връщане при изчакването.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Механизми за достъп

В нискоскоростните безжични мрежи (LR-WPAN) устройствата, работещи съгласно стандарт IEEE 802.15.4, използват два типа режими за достъп до каналите в зависимост от конфигурацията на мрежата (фиг.1).



Фиг. 1. Режими за множествен достъп на устройствата в ZigBee мрежата
А) флагов режим; В) безфлагов.

При безфлаговия режим мрежата работи асинхронно и маршрутизаторите

трябва постоянно да прослушват ефира, за да не позволят да се построи мрежа със свръхниско потребление на енергия.

При *флаговия режим* мрежата е конфигурирана с PAN координатор. За да се идентифицира PAN координатора и да се синхронизират възлите, асоциирани с него, всеки от маршрутизаторите през определен период изпраща в ефир съобщения (кадри), наречени флаг (beacon), позволяващи да се извърши синхронизация на възлите. PAN координаторът определя суперфреймна структура, определена от интервал BI (beacon interval). Интервалът между флаговете (BI) включва активен период, наречен суперфрейм (superframe) и неактивен период. Суперфреймът е разделен на 16 еднакви времеви интервала. През неактивния период възлите са в спящ режим. Използването на *времевия ресурс* на честотния канал на мрежата и на модела на работа на мрежата, осигуряван при флагов режим (фиг.2), се свежда до следното:

1) Ограничените интервали от време, наречени *флагови интервали*, се подразделят от координатора на два периода: *активен и неактивен период*. Предаването на съобщения от източника до координатора и от координатора до получателя се осъществява само през активен период. През неактивния период не се извършва енергопотребление.

2) Активният интервал, наречен суперфрейм (Superframe), включва три съставящи:

➤ *флагов фрейм*, период на състезателен

достъп (Contention Access Period-CAP);

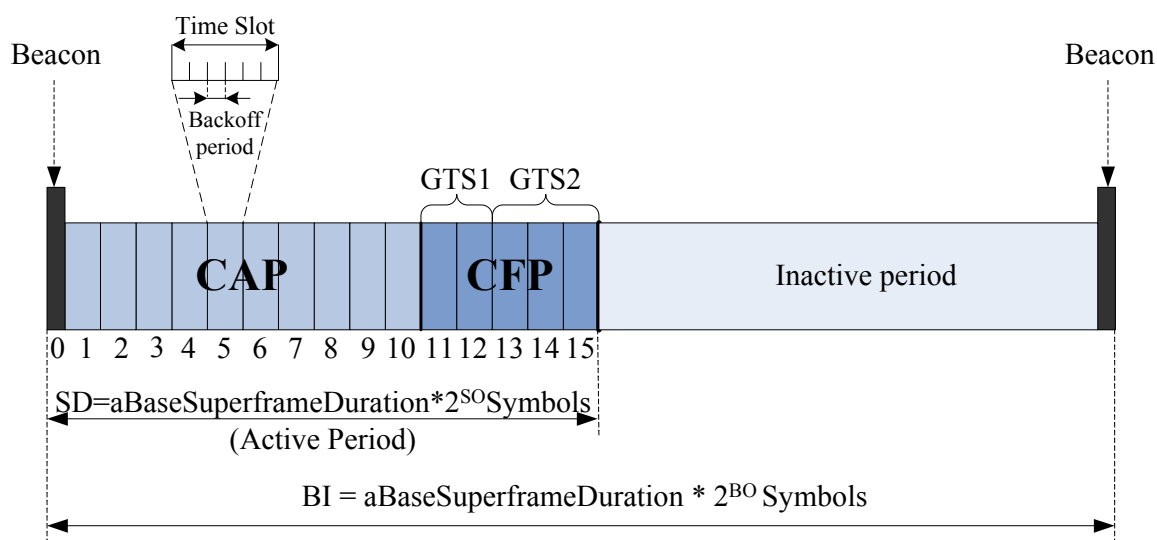
➤ безсъстезателен период (Contention Free Period-CFP);

➤ целият суперфрейм (SD) се разделя на 16 равни отрязъка – интервали на суперфрейма. Флаговият фрейм влиза в състава на 0-я времеинтервал, а броят на времеинтервалите, влизащи в периодите CAP и CFP, се определя от координатора в съответствие с потребностите на разпределения времеви ресурс, съгласно заявката на абонатите. Минималната дължина на CAP не е определена.

3) Стойностите на дължината на флаговия интервал (BI) и суперфрейма (SD) се установяват независимо, при запазване на зависимостта $BI \geq SD$. Равенството $BI = SD$ съответства на активната работа на мрежата по време на флаговия интервал.

4) *Състезателният достъп* на асоциираните в мрежата абонати, включващ координатора PAN и координаторите на разклоненията, се осъществява по алгоритъма CSMA-CA.

5) *Флаговите интервали* съдържат спецификация на съответните суперфреймове и сведения за съхраняваните в координатора съобщения за абонатите в мрежата. Спецификациите на суперфреймовете включват сведения за дължината на BI, SD и CAP. Стойностите на SD и CAP еднозначно определят дължината на CFP, сведенията за CFP детайлизират включената информация за разпределението между абонатите GTS (техния брой, дължина, местоположение в



Фиг. 2. Модел на работа на мрежата при флагов режим

границите на CFP, адреси на устройствата, сведения, съхранявани за абонатите, и списъка на адресите на абонатите, въпросите към координатора от устройствата, ползващи тези сведения).

6) *Конфигурацията на суперфрейма* (списък и характеристики на неговите съставляващи) и *параметрите на мрежата* (идентификатор и използван честотен канал) могат да се изменят в процеса на работа на мрежата.

7) Интервалът между флаговете и дължината на суперфрейма се определя от параметрите Beacon Order (BO) и Superframe Order (SO) съответно:

$$BI = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{BO},$$

$$0 \leq BO \leq 14 \quad (1)$$

$$SD = aBaseSuperframeDuration \cdot 2^{SO},$$

$$0 \leq SO \leq BO, \quad (2)$$

където: *aBaseSuperframeDuration* е минималната дължина на суперфрейма, $SO = 0$. Тази величина е фиксирана и равна на 960 символа (символът е равен на 4 бита), което съответства на 15,36 ms, предполагаща 250 kbp/s в честотен диапазон 2,4 GHz. а $BaseSuperframeDuration = 15,36 \text{ ms}$ означава минималната продължителност на суперфрейма, съответстваща на $SO = 0$. Следователно, BI и SD могат да бъдат от 15,36 ms до 251,7 s.

8) Флаговите интервали е възможно да включват в неактивния период малки стойности на SO спрямо BO ($SO < BO$), при което възлите могат да преминат в режим на сън. Тази функция е особено интересна за WSN приложения, където потреблението на енергия и дълъг живот на мрежата са основните проблеми.

По подразбиране възлите на мрежата се намират в период на конкурентен достъп (CAP) и си съперничат за получаване на достъп до физическата среда, използвайки механизма CSMA-CA (slotted carrier sense multiple access with collision avoidance). Протоколът IEEE 802.15.4. предоставя и период на неконкурентен достъп до среда (CFP) със суперфрейм, в който възлите могат да поискат гарантиран времеви достъп (GTS).

Механизмът за гарантиран достъп до канала Guaranteed Time Slot (GTS) е атрактивен за безжични сензорни мрежи WSNs, тъй като може да се гарантира изпращане на съобщение от точка до точка при топологии звезда и клъстерно дърво.

В това изследване е анализирана работата на алгоритъма при работа на физическото ниво в честотен диапазон от 2,4 GHz, скорост на предаване на данните 250 kbp/s и при флагов режим (slotted CSMA-CA) [3].

Анализ на алгоритъма CSMA-CA

Устройствата в мрежите с флагови фреймове (Beacon Enabled Network) използват механизъм с фиксирани времеви интервали за изчакване на предаването (slotted CSMA-CA), които следват веднага след флаговия фрейм. Винаги, когато устройството иска да предава данни в периода на конкурентния достъп до канала, то трябва първо да определи границата на най-близкия времеви интервал на изчакване и да отброи от него случаен брой такива интервали. Ако след тази пауза каналът се окаже зает, устройството трябва да изчака следващ случаен брой фиксирани времеви интервали, преди отново да опита да получи достъп до канала. Ако каналът е свободен, устройството може да започне предаването веднага от границата на най-близкия интервал за изчакване.

В мрежите, където не се използват флагови фреймове (Nonbeacon Enabled Network) и достъпът до канала става на случаен принцип, се задейства механизъм, наречен unslotted CSMA-CA. Всеки път, когато устройството трябва да предаде данни или MAC команда, то трябва първо да изчака интервал от време, чиято продължителност се избира на случаен принцип. Ако след това каналът се окаже свободен, устройството предава своите данни. Ако каналът се окаже зает след това произволно забавяне, то устройството трябва да изчака още един случаен интервал от време и след това отново да опита да получи достъп до канала. Процедурата се повтаря, докато не се предадат данните или, ако достъпът до канала се е провалил, се предава информация към по-горния слой.

Алгоритмът CSMA-CA се използва преди предаването на кадър от данни или на MAC командите, предавани в периода за конкурентен достъп CAP. При флагов режим в мрежата с PAN координатор, MAC подслоят трябва да използва slotted CSMA-CA механизъм за предаване на данните. И обратно, ако не се използват флагов режим, подслоят MAC трябва да използва unslotted CSMA-CA механизъм за предаване на данни. И в двата случая алгоритмът е базиран на използване на единици от време, наречени Backoff периоди (BP) (периоди на връщане), като един се равнява на $\text{UnitBackoffPeriod} = 80\text{bits}$ (0,32 ms).

В slotted CSMA-CA Backoff алгоритмът за всяко устройство трябва да поддържа три променливи за всеки опит за предаване: NB, CW и BE.

1) *Backoff Exponent (BE)* – определя колко периода на връщане трябва да се изчака, преди да се осъществи достъп до канала. В slotted системите с macBattLifeExt се поставя по-малко от 2 до стойността на macMinBE. Времето за изчакване на връщане се избира като произволен брой пълни периоди в границите от 0 до $(2^{\text{BE}}-1)$.

2) *Number of Backoffs (NB)* – определя колко пъти CSMA-CA алгоритмът е реализирал връщане, докато се опитва да извърши текущото предаване на данни. Тази стойност се инициализира с 0 преди всеки нов опит за предаване.

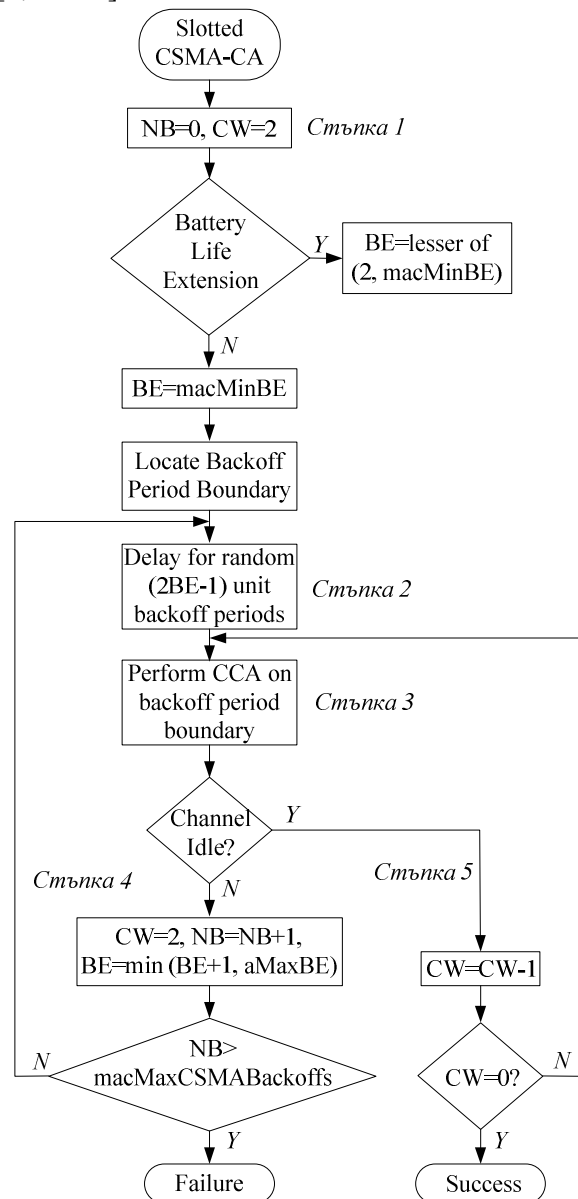
3) *Contention Window (CW)* – това е дължината на прозореца, определяща броя на периодите на връщане, след които трябва да бъде свободен канала, преди да започне предаване. Тази стойност се инициализира с 2 преди всяко предаване на данни и се презарежда със стойност 2 всеки път когато каналът ще бъде зает.

На фиг. 3 е представен slotted CSMA-CA алгоритъм.

Следващите действия се изпълняват стъпка по стъпка, за да се получи достъп до канала за предаване:

Стъпка 1: В подслоят MAC трябва да се инициализират NB, CW и BE ($\text{NB} = 0$ и $\text{CW} = \text{CW}_{\text{init}} = 2$). Инициализират се също периодите на връщане $\text{BE} = 2$ или $\text{BE} = \min(2, \text{macMinBE})$ в зависимост от продължителността на живота на батерията

(Battery Life Extension) и от MAC атрибута macMinBE, който е константа и по подразбиране приема стойност 3. След това алгоритмът стартира броене на случайни числа BPS, равномерно генерирани в интервал $[0, 2^{\text{BE}}-1]$.



Фиг. 3. Алгоритъм на slotted CSMA-CA

Стъпка 2: Подслоят MAC трябва да изчака случаен брой пълни периоди на връщане BP в диапазона $[0 \text{ до } (2^{\text{BE}}-1)]$. Когато изтече времето, алгоритмът изпълнява една операция CCA на достъп до канала.

Стъпка 3: След завършване на закъснението на връщане MAC трябва да изиска от PHY да извърши ясна оценка на канала Clear Channel Assessment (CCA). За slotted CSMA-CA механизъм оценката трябва да започне от границата на следващия период на връщане.

Стъпка 4: Ако каналът е оценен като зает, то подслоят МАС трябва да увеличи NB и BE с по една единица. Увеличаването на BE води до увеличаване вероятността за Vackoff закъснения. Ако максималният брой на периоди на връщане (по подразбиране $NB = \text{macMaxCSMAVackoffs} = 5$) е достигнат, алгоритъмът отчита неуспешен достъп до канала и се връща към стъпка 2. CW се връща към стойност 2. Ако стойността на NB е по-малка или равна на macMaxCSMAVackoff , механизмът ще продължи отново със стъпка 2. Протоколът позволява, а $\text{MaxFrameRetries} = 3$ след всеки провал. Ако каналът е свободен, CW се намалява с единица (Стъпка 5).

Стъпка 5: Ако каналът е определен като свободен, то механизмът трябва да гарантира, че CW е равно на 0 и тогава МАС започва предаване веднага. Ако не, трябва да се върне обратно към стъпка 3 за ясна оценка на канала CCA. Ако $CW \neq 0$, то оценката на канала се повтаря. Това гарантира изпълнение на две CCA операции за предотвратяване на потенциални колизии.

Анализът на алгоритъма CSMA показва, че избягването на колизии при предаване на данни се дължи на използване на Vackoff механизъм. Следователно, намаляването на времето за изчакване би довело и до намаляване разхода на електроенергия на устройствата, участващи в работата на мрежата, създаване на справедливост относно времето за чакане и най-важното, намаляване вероятността от колизии.

Извършените изследвания от различни изследователи в тази област са концентрирани главно върху анализ на променливите, техните стойности, подобряването на работата на механизма Vackoff чрез усъвършенстване алгоритъма му на работа [5, 6].

Адаптивен механизъм за връщане

Принципът на работа на адаптивния механизъм (The Adaptive Vackoff Mechanism) се основава на увеличаване или намаляване на минималния Vackoff показател в зависимост от приноса на възлите за претоварване на мрежата. Vackoff показателят на възел, който допринася повече за мрежовия трафик, се увеличава, което го заставя да изчаква по-дълго преди да полу-

чи достъп до канала. По същия начин на устройствата, които допринасят по-малко за мрежовия трафик в сравнение с други, се намалява Vackoff показателят, при което те изчакват по-кратко време преди да получат достъп до канала. В резултат на промяната устройствата, които са чакали по-дълго, допринасят по-малко за мрежовия трафик при анализа на следващия цикъл. За устройствата, които са допринасяли по-малко за трафика, чрез намаляване на стойността на BE им се позволява по-чест достъп до канала и възможност за повече предаване в сравнение с другите възли.

В този аспект е важно да се изберат възлите за увеличаване или намаляване показателя на Vackoff, което от друга страна е показател за участието му в усложняване на мрежовия трафик. Това се измерва от PAN-координатора чрез преброяване на пакетите с данни, получени в неговия РНУ от всеки възел, участващ в комуникацията. Координаторът в края на всеки цикъл анализира броя предадени пакети от всеки възел и решава за кои възли BE ще бъде понижен и за кои ще бъде повишен. Във всеки цикъл могат да бъдат анализирани максимум 8 устройства. Информацията от този анализ се включва като полезен товар във флага. Тази информация съдържа броя на възлите, на които BE трябва да бъде намален и списък с адресите на тези възли, както и броя на възлите, на които BE трябва да бъде увеличен заедно с техните кратки адреси. След получаване на флага всеки възел проверява дали е време да промени BE, като анализира полезния товар. При намиране на адреса, посочен в някой от тези списъци, ще действа като намалява/увеличава BE в зависимост от информацията във флага.

Адаптивният алгоритъм за връщане не влияе върху начина на действие на CSMA-CA. Неговата единствена задача е да определи съответния минимален показател на връщане macMinBE , който се използва от CSMA-CA, за да презареди BE след успешен достъп до канала. По такъв начин след всеки цикъл на анализ, PAN-координаторът определя нов macMinBE за всеки възел, участващ в предаването на данни. И за всяко успешно предаване въз-

лите ще презареждат стойността на Backoff показателя до минималната стойност, определена от PAN-координатора. Но максималният Backoff показател е ограничен от $aMaxBE$, който е установен на 7. По този начин това би ограничило всички устройства да използват максимално връщане от 7, следователно не им позволява да чакат необосновано дълъг срок за достъп до канала.

Алгоритъм за функциониране на BACKOFF MECHANISM

Определянето на възлите, за които трябва да бъде намален или увеличен BE минимум, както и изпълнението на алгоритъма за работа на Backoff, зависи от множество променливи, които е необходимо предварително да бъдат определени.

1) *Определяне на група 1*. Тя се състои от устройства/възли, чиито $macMinBE$ (минимален Backoff показател) трябва да се намали с 1. Групата може да съдържа максимум 4 възела. Това са възлите, които допринасят по-слабо за мрежовия трафик в сравнение с други възли.

2) *Определяне на група 2*: Тя се състои от устройства/възли, чиито $macMinBE$ (минимален Backoff показател) трябва да се увеличи с 1. Групата може да съдържа максимум 4 възела. Това са възлите, които допринасят повече за мрежовия трафик в сравнение с други възли. Когато предаваните пакети от възлите от Група 2 се различават от броя на пакетите, предавани от възлите от Група 1 поне с разлика РКТ, то алгоритъмът се прилага.

3) *РКТ разлика*: Това е променлива, която се явява решаващ фактор за прилагане на алгоритъма. Ако разликата в броя на пакетите между първия възел от Група 2 и първия възел от Група 1 е по-голяма от РКТ разликата, то алгоритъмът се прилага. И PAN-координаторът ще включва група възли на съответните позиции в полезния товар на флага, за да могат тези възли да адаптират своите $macMinBE$.

4) *numBeaconIntervals* е броят на флаговите интервали, който включва един цикъл на анализ. Това е периодът от време, след който се анализира необходимостта от корекция на $macMinBE$. Определя се като брой флагови интервали, след които трябва

да се проведе този анализ. Например: ако флаговият интервал е 0,384 s (за $BO = 3$) и $numBeaconIntervals = 3$, то един цикъл на анализ ще бъде 1,152 s. Така основната част на алгоритъма ще се прилага след всеки 1,152 s.

5) *numReceivedPkts[i]*: Масивът се използва за поддържане на информация за броя на пакетите, внесени от всеки предаващ възел към мрежовия трафик.

6) *nodeIndexes[i]* е масив, съдържащ индексите на възлите източници, които се предават на координатора. Редът на поддръжане на възлите в този масив и тяхното участие винаги отговарят на посоченото в масив $numReceivedPkts[i]$. При организиране участие на възлите в произволен ред трябва да се направят корекции в този масив.

7) *BeaconPayloadFields* е ABE спецификация на областта: Спецификация на областта на полезния товар на флага с размер 1 байт, показваща броя на възлите, чийто $macMinBE$ трябва да бъде намален, и броя на възлите, чиито $macMinBE$ се увеличава.

8) *addrList[8]* е списък на късите адреси (2 октета) на устройствата, чиято минимална стойност на BE се увеличава или намалява. Първите 4 адреса показват възлите, чиято минимална стойност на BE се намалява до 1, а последните 4 къси адреса дават тези, чиято минимална стойност на BE се увеличава с 1.

На фиг. 4 е показан алгоритъмът на функциониране на Backoff Mechanism.

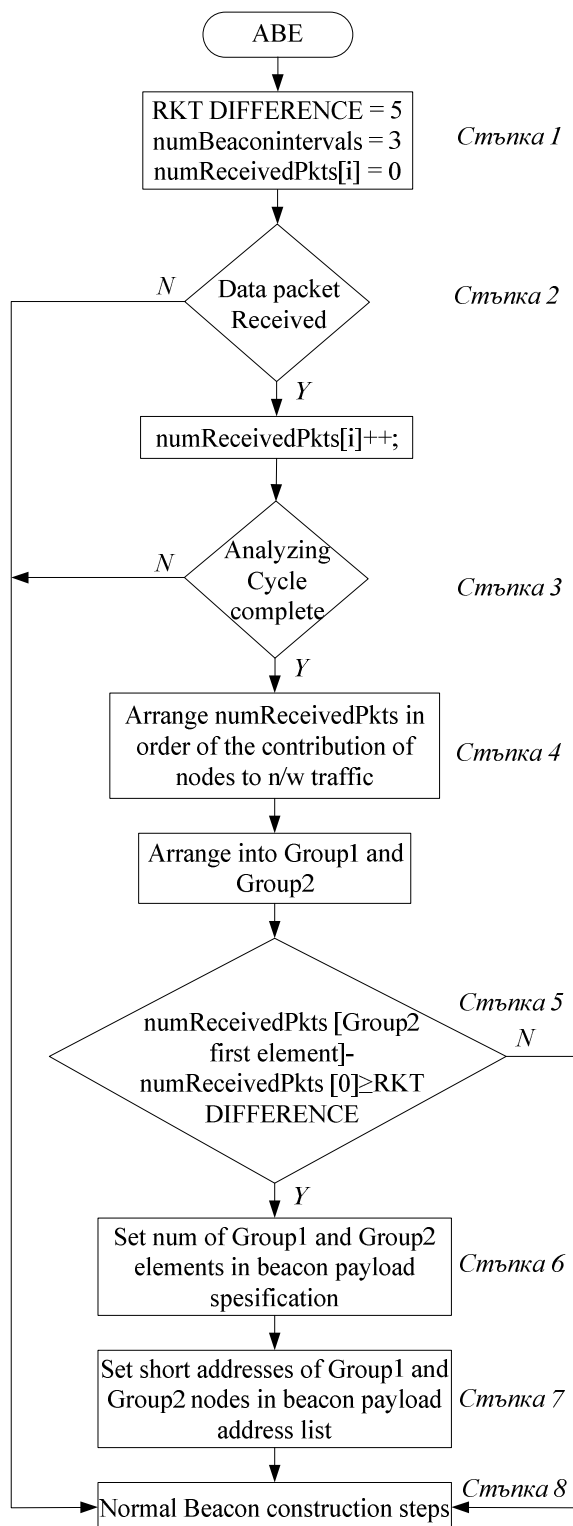
Стъпка 1: Инициализира следните променливи, както са дадени по-долу. Тези стойности не са абсолютни и се изисква правилната им настройка за получаване на ефективни резултати. Тези стойности са използвани в следващите симулации и са получени добри резултати.

РКТ разлика: 5

numBeaconIntervals: 3

A_MaxBE: 7

Стъпка 2: Изчаква се прием на пакет и при получаването му се проверява, дали полученият пакет е с данни. Ако не е, се връща към Стъпка 1. Ако е с данни, се отива към Стъпка 3.



Фиг. 4. Алгоритъм за функциониране на Backoff Mechanism

Стъпка 3: Проверява се дали цикълът за анализ е завършен. Ако не е, се връща към Стъпка 2, иначе се преминава към следващата Стъпка 4.

Стъпка 4: Подреждат се възлите според броя на пакетите, подадени от всеки така, че възелът с най-малък брой пакети да

бъде начело, а този – с най-голям брой пакети, да бъде последен.

Стъпка 5: Проверява се дали броят на възлите е по-голям от 8. Ако отговорът е да, се преминава към Стъпка 6. Ако възлите са по-малко от 8, се преминава към Стъпка 7.

Стъпка 6: Първите 4 възела в списъка формират Група 1, а последните 4 формират Група 2.

Стъпка 7: Първата половина от възлите формират Група 1, а втората – Група 2. Проверява се четен ли е броят на възлите. Ако е нечетен, средният елемент се класифицира или към Група 1, или към Група 2. Ако разликата в пакетите, подадени от този възел, и пакетите от първия възел е от по-голяма от РКТ разликата, то възелът се включва в Група 2, иначе той се включва в Група 1.

Стъпка 8: Проверява се дали разликата между първите възли в Група 1 и Група 2 е по-голяма от РКТ разликата. Ако отговорът е да, възлите от Група 1 се включват в областта на полезния товар на флага, която индицира за намаляване, а възлите от Група 2 в областта, която индицира за увеличаване. По същия начин се включва броят на възлите от Група 1 и Група 2 в съответните области. Ако разликата в първите елементи не е значителна, тогава се задава спецификация на полето 0. След като се изпълнят посочените стъпки, се връщат масивите `numReceivedPkts[i]` и `nodeIndexes[i]`, за подготовка на следващия цикъл на анализ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработката тук анализираме работата на протоколите за множествен достъп с контрол на носещата честота и определяне на колизиите. Показана е неефективността на CSMA-CA за управление на флаговете и е представен начинът за внедряване на ABE (Adaptive Backoff Exponent) механизъм. Този механизъм се използва за динамично управление на `macMinBE` на устройствата в зависимост от приноса им в мрежовия трафик. Това дава на устройствата повече възможности за управление на продължителността на връщане, което им позволява да използват по-рядко едно и

също време за връщане и по такъв начин се намалява броят на колизиите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Koubaa, Anis, Mário Alves, Eduardo Tovar Ye-Qiong Song. On the Performance Limits of Slotted CSMA/CA in IEEE 802.15.4 for Broadcast, IPP-HURRAY 2006, Polytechnic Institute of Porto, 1-22.
- [2] Lu, Gang, Bhaskar Krishnamachari, Cauligi S. Raghavendra, Performance Evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for Low-Rate Low-Power Wireless Networks, IEEE, 2004, 701-706.
- [3] Wen H, Lin C, Chen ZJ et al. An improved Markov model for IEEE 802.15.4 slotted CSMA/CA mechanism. Journal of computer science and technology 2009, 495-504.
- [4] Khaled Shuaib, Maryam Alnuaimi, Mohamed Boulmalf, Imad Jawhar, Farag Sallabi and Abderrahmane, Lakas. Performance Evaluation of IEEE 802.15.4: Experimental and Simulation Results, Journal of communications, vol. 2, no. 4, June 2007, 29-38.
- [5] Albalt, Maali, Qassim Nasir. Adaptive Backoff Algorithm for IEEE 802.11 MAC Protocol, Int. J. Communications, Network and System Sciences, 2009, 4, 249-324.
- [6] Rao, Vaddina Prakash, Dimitri Marandin. Adaptive backoff exponent algorithm for zigbee (IEEE 802.15.4), Proceedings of the 6th international conference on Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking, 501-516. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2171152>.
- [7] www.zigbee.org/.

Адрес за контакти:

Ас. инж. Филип Цветанов

Катедра Електронна и комуникационна техника и технологии,

Югозападен университет „Неофит Рилски“

ул. „Иван Михайлов“ № 56

2700, Благоевград, България,

Тел. +359 896799113

E-mail: ftsvetanov@swu.bg

СИМУЛАЦИЯ НА РЕДКИ СЪБИТИЯ В ТЕЛЕТРАФИЧЕН МОДЕЛ НА ШИРОКОЛЕНТОВ ХЕНДОВЪР

Елена Иванова

Русенски университет „Ангел Кънчев”

SIMULATION OF RARE EVENTS IN TELETRAFFIC MODEL OF BROADBAND HANDOVER

Elena Ivanova

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: In the suggested paper the rare events in the teletraffic model of broadband handover are under investigation. The teletraffic model is analyzed at exponential service times and Poisson distribution of arrivals. For estimation of the Quality of Service (QoS) parameters for broadband networks is suggested implementation of rare event simulation. This approach gives possibility to estimate very small probability values even less than 10^{-9} , where the Monte Carlo methods are useless. Two main approaches in rare event simulation Importance Sampling and Splitting are considered and traffic simulation with importance splitting method RESTART.

Keywords: Teletraffic model, Quality of Service (QoS), Monte Carlo methods.

ВЪВЕДЕНИЕ

Бързото развитие на телекомуникационни услуги, огромното количество генериран трафик на всички нива от клиентската стълбца, от частен потребител до корпоративен клиент, налагат симулационни изследвания на реалните системи чрез телетрафични системи. При предаването на голямо количество информация за кратък период от време, количеството на възникващите грешки се увеличава пропорционално на скоростта. Възникването на блокировки, загуба на информация, запушвания оказва много голямо влияние на крайния потребител. Качеството на обслужване (*QoS*) в телекомуникационните системи трябва да бъде спазено, така изследването на редки събития в една система от край до край вече е задължителен момент при гарантирането на услугата.

Създаването на адекватен телетрафичен модел на възел или част от дадена телекомуникационна мрежа е важен етап от изследването на цялата система. Много от техническите проблеми на съвременните широколентови конвергентни мрежи са решени, но съществуват проблеми, които биха могли да се решат със симулация на телетрафични модели, описващи трафика, като параметрите биха могли да се променят

в много широки граници [4,8]. Симулационното изследване трябва да се проведе от отделните комуникационни устройства до мрежа с необходима архитектура и параметри. Вероятността за блокировка в мрежи от опашки с дълговремени зависимости, е трудно изчислима с математически анализ, но съответните модели биха могли да се използват при определени изследвания [5,7].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Редки събития в широколентовите хендовъри

Важен момент при изграждането и натоварването на една мобилна мрежа от ново поколение е хендовъра. Широколентовите мрежи от ново поколение, наличието на различни типове входящи потоци, както и приоритетното обслужване имат основни вероятностни параметри [12,13,14], като:

- ✓ P_{bk} вероятност за блокировка на k -тия клас на новопристигнали клиенти;
- ✓ P_{fk} вероятност за блокировка и грешка в хендовъра на k -ти клас повишавания;
- ✓ P_{dk} вероятност за отпадане на повишавания от клас k ;

- ✓ P_{usk} , вероятност за неуспешно повикване от k -тия клас.

Хендовърите са едно от възловите места за възникване на блокировки.

Техники за ускоряване на симулацията

Разглежданите техники за ускоряване на симулацията са генериране на значима извадка от случайни числа и разклоняването на траекторията на закона за разпределение на статистическата извадка.

Генерирането на значима извадка от случайни числа (*Importance Sampling*) е вид симулационна техника [3, 11], чиято цел е да намали дисперсията на даден симулационен оценител и да ускори получаването на редки събития, като успешно се прилага към конвергентни телекомуникационни системи. Оценителите могат да приемат предварително зададена точност, за да се съкрати симулационният пробег. Основният метод при дефинирането на образци по значимост цели да се избере такова разпределение, което подпомага получаването на значими стойности.

Основната цел при представянето на значимата извадка от случайни числа по значимост в процеса на симулация, е изборът на избраното разпределение, което подпомага важни региони на входните променливи и тяхното окончателно представяне в общото разпределение.

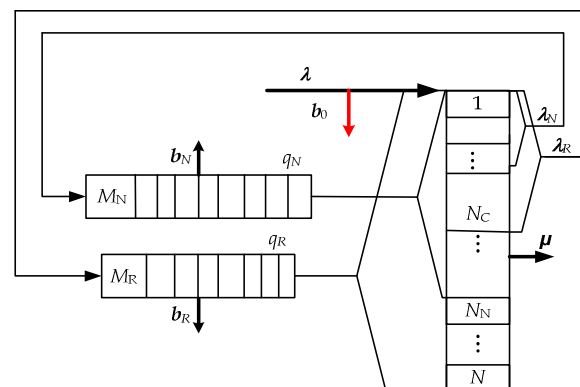
В тази статия се извършва симулация за ускоряване на процеса за получаване на редки събития, чрез разклоняването на траекторията на закона за разпределение на статистическата извадка (*Importance Splitting*), като се прави директно преразпределяне на вероятностите в отделни некорелирани подмножества, поради което тяхната еднородност не е задължителна [1, 4]. Това позволява извършването на преходи между произволни подмножества в пространството на състоянията. Разклоняването на траекторията на закона на разпределение на статистическата извадка е метод, който води до значително ускоряване на симулацията. Поради това и с цел да се ускори изследването на широколентов хендовър в конвергентна мрежа, алгоритъм, базиран на метода RESTART [6, 9, 10], и въвеждането на ограничена относителна грешка ще бъдат

дат приложени в симулационните изследвания към тази статия.

Телетрафичен модел на широколентов хендовър за мобилни радиомрежи с приоритетно разделяне на входящите потоци

Методиката при изследването на блокировките на каналите като редки събития в хендовъри с приоритетно разпределение на каналите е от съществено значение в съвременните широколентови конвергентни мрежи. Ускорената симулация намалява количеството използвани ресурси, както и важния фактор време. Типовете трафик при 4G са разнородни и поддържани от предаване на данни чрез IP протоколи, при което моделът на хендовъра запазва мултимедийния си характер [12, 13].

Това предполага наличието на две опашки в хендовъра за трафик в реално време с дължина M_R и за трафик със закъснение с дължина M_N (фиг. 1).



Фиг. 1. Телетрафичен модел на широколентов хендовър за мобилни радиомрежи с приоритетно разделяне на входящите потоци

В предлагания модел каналите в базовата станция, които са N на брой заемат три нива на приоритет. Праговете на тези нива се дефинират чрез променливите:

- N_C е максималният брой на каналите, които могат да бъдат използвани от нови гласови повиквания;
- N_N е максималният брой на каналите, които могат да бъдат използвани от заявките за обслужване с данни.

Обслужването на новите повиквания става с интензитет μ . Потоците от нови повиквания в базовата станция се задават с интензитет λ , като интензитетът е с мар-

ковски характер. С най-малък приоритет са новите повиквания, които заемат каналите на базовата станция от 1 до N_C . Когато всички канали на базовата станция от 1 до N_C са заети, повикванията се пренасочват към опашките на хендовъра в зависимост от техния тип.

Телетрафични системи с входящ поток са закони на разпределение, като Геометрично, Парето, Ерланг описват ширококоленовите конвергентни мрежи, както и *IP* базираните мрежи, мрежи от трето и четвърто поколение, хендовъри в съответните мрежи, оптичните комуникации, при което вероятността за загуби и закъснения е от порядък от 10^{-7} до 10^{-11} . Това налага използването техниките за редуциране на необходимото време и ресурси за провеждането на симулацията.

Симулационни резултати

Изследването на ширококоленовия хендовър за мобилни радио мрежи с разделяне на входящите потоци е извършен на няколко оновни етапа:

- ✓ Извършване на евристични симулационни опити с големина на статистическата извадка n , с цел намиране на областите на редки събития и необходимото съотношение между параметрите на хендовъра;
- ✓ Прилагане на статистически методи на следващи симулационни опити, изграждане на корелационна матрица за установяване на корелацията между симулационните параметри на метода, както и параметрите на телетрафичния модел;
- ✓ Прилагане на многофакторен регресионен анализ за установяване на значимите параметри при симулация [2];
- ✓ Извършване на симулационни изследвания.

Първоначалните симулационни опити са с параметър за $n=1\,000\,000$, като варират параметрите на системата в следните граници: $N=30, 40$ и 50 канала, N_C и N_N също варират в зависимост от големината на N , като отношенията N_N/N и N_C/N са със стойност, която е по-малка от 1. Входящият поток е зададен с разпределение от марковски характер и със степенен параметър за статичен интензитет $\lambda=0.7$, обслужванията

в N , N_C и N_N се реализират с динамичен генератор по експоненциален закон на разпределение с параметри $\mu_1=4$.

Таблица 1
Симулационни опити с $n=1\,000\,000$, с максимален брой канали $N=30,40,50$

MR/N_C	$MR/N > 1$	$MN/N > 1$	$N_C/N < 1$	$NN/N < 1$	b_0
2.3	0.767	0.767	0.33	0.6667	10
3.8	1.267	1.267	0.33	0.8333	6
4.167	1.25	1.25	0.3	0.55	8
4.222	1.267	1.267	0.3	0.8333	18
4.444	1.333	1.333	0.3	0.8333	22
4.545	1.25	1.25	0.28	0.55	1
5	1.5	1.5	0.3	0.8333	17
5	1.25	1.25	0.25	0.6	1
5	1.125	1.125	0.23	0.5	9
5	1	1	0.2	0.875	32
5.625	1.5	1.5	0.27	0.8333	10
5.625	1.125	1.125	0.2	0.5	19
5.625	1.125	1.125	0.2	0.75	18
5.625	1.125	1.125	0.2	0.875	28
7.5	1.2	1.2	0.16	0.8	9
7.75	1.24	1.24	0.16	0.7	20
8.125	1.3	1.3	0.16	0.7	17

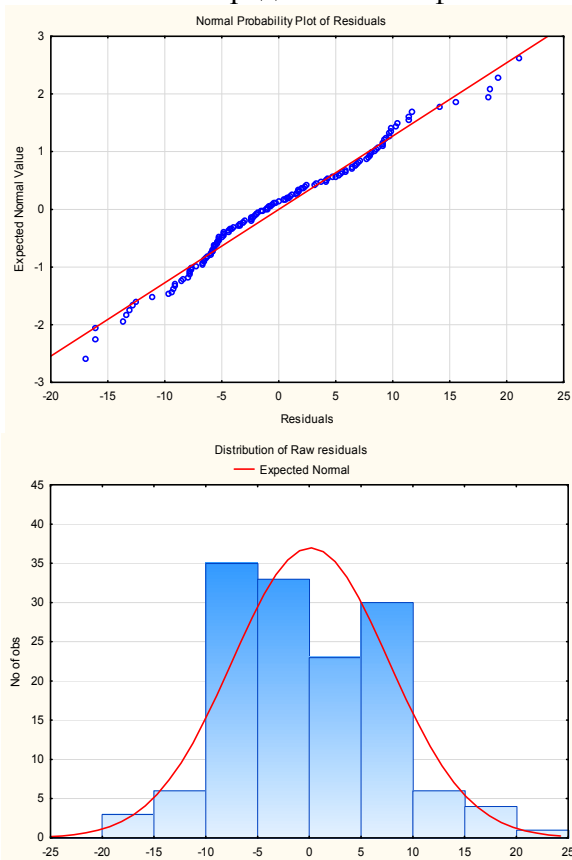
Броят на повикванията, очакващи обслужване в опашките за реалния трафик q_R и с данни q_N , зависи от динамичния генератор, определящ потока за двете опашки.

Броят на заеманите канали при двата приоритета N_C и N_N в системата към общата дължина на каналите N варираят съответно от: за N_C от 15% до 33%, и за N_N от 50% до 87% (табл. 1).

От корелационната матрица се вижда, че най-високата корелационна стойност е 0.38. Въз основа липсата на линейни зависимости между параметрите на алгоритъма и хендовъра и вероятността за блокировка може да се пристъпи към уточняване на зависимостите в многофакторния регресионен анализ.

Най-високата зависимост, установена от многофакторния регресионен анализ, която увеличава скоростта за достигане на редки събития, е броят нива L на симулация с *RESTART*, с коефициент с приблизителна стойност 0.55. Параметърът, оказващ влияние на крайните резултати на симулирания хендовър, е броят канали N_N с влияние на крайния резултат с коефициент 0,24. Нор-

малното разпределение на остатъците на симулационната вероятност за блокировка при изследването с многофакторен регресионен анализ е представено на фиг. 2.



Фиг. 2 Нормално разпределение на остатъците на симулационната вероятност за блокировка при изследване с многофакторен регресионен анализ

Симулационните изследвания с алгоритъма RESTART и прилагане на ограничена относителна грешка, са извършени със статистическа извадка от 10 000 до 100 000 образеца. Основният параметър, оказващ влияние, е разклоняването на траекторията на образците L със стойност 2 или 3.

Проведени са изследвания с брой канали $N=30$, $N_C=10$, $N_N=20$. Размерите на опашките на хендовъра q_R и q_N , са с еднаква големина $M_R=M_N=20$. Получените стойности на вероятностите за блокиране на базовата станция са от порядъка на $1 \cdot 10^{-12}$ (табл. 2).

Изследванията в таблица 2. са извършени с брой канали $N=30$, приоритети N_C и N_N и имат вариация в стойностите си, като варират и размерите на опашките за реален трафик и данни.

Таблица 2
Хендовър с брой канали $N=30$,
вариация на λ

λ	μ	$nE+05$	L	N	M_R/N	M_N/N	N_C/N	P_{B0E-11}
0.7	2	100	2	30	0.67	0.67	0.33	0.4
0.7	3		2	30				0.1
0.8	3		2	30				0.5
0.9	3		2	30				0.5
0.9	3		2	30				12
0.9	3		2	30				120
1	3	10	2	30				40
1	2		2	30				40

Стойностите на търсените отношения варират в границите 0.3 до 1.7, като стойностите на статистическата извадка е намалена значително с цел да се ускори симулацията. В симулационните изследванията $L=3$, а в другите изследвания $L=2$, като в резултат е достигната симулационна вероятност от P_{B0} в диапазона от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-15}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Симулационните резултати и анализът на получените резултати от изследванията може да послужи като база за разработване на методика за оптимизация на телетрафика в хендовърите по отношение на достигане на гарантирани параметри на качеството на обслужване.

БЛАГОДАРНОСТ

Настоящата статия е изготвена с финансовата помощ на Европейския социален фонд. Русенският университет „Ангел Кънчев” носи цялата отговорност за съдържанието на настоящия документ, и при никакви обстоятелства не може да се приеме като официална позиция на Европейския съюз или Министерството на образованието и науката. Проект № BG051PO001-3.3.06-0008 „Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии”.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ivanova E., R. Raev and D. Radev. Simulation of Rare Events in Teletraffic Systems with Single Queue. IN: ICEST, Veliko Tarnovo, 2012 (CD).
- [2] Митков Ат., Теория на експеримента, Дунав прес, Русе, 2011.
- [3] Радев Д., Е. Иванова. Симулация на редки събития в широколентови конвергентни мрежи. В: Научни трудове

- на Русенския университет, Русе, 2008, 62-68.
- [4] Garvels M., D.P. Kroese. A comparison of RESTART implementations. In *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, 601–609, Washington, DC, 1998.
- [5] Garvels M. *The splitting method in rare event simulation*. PhD thesis, University of Twente, The Netherlands, October 2000.
- [6] Garvels, M., D. Kroese, A Comparison of RESTART Implementations, University of Twente, Centre for Telematics and Information Technology, 2005.
- [7] Görg, C. Schreiber, F. The RESTART/LRE method for rare event simulation. Winter Simulation Conference, Coronado, California, USA, 1999, 390-397.
- [8] Müller, N. Brenner, F. Sojourn Times and Rare Events, Proceedings of the 36th annual symposium on Simulation, p.259, March 30-April 02, 2003.
- [9] Vill'en-Altamirano M., J. Vill'en-Altamirano. About the efficiency of RESTART. In *Proceedings of the RESIM'99 Workshop*, 99–128. University of Twente, the Netherlands, 1999.
- [10] M. Vill'en-Altamirano, M., J. Vill'en-Altamirano (2002). Analysis of RESTART simulation: theoretical basis and Sensitivity study. *European Transactions on Telecommunications* **13** (4) 373–386.
- [11] Xing, S., Paris, B.-P. Measuring the Size of the Internet via Importance Sampling, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 21(6), 2003, 922–933.
- [12] ITU-T TD 32 (IPTV-GSI) (2008) *Draft Recommendation: IPTV Architecture*, Technical-Report, January.
- [13] "ITU-R Confers IMT-Advanced (4G) Status to 3GPP LTE" (Press release). 3GPP. 20 October 2010. Retrieved 18 May 2012.
- [14] ITU-T NGN Technical Workshop Final report (Jeju Island, Republic of Korea, 14-15 March 2005).

Адрес за контакти:

Гл.ас. д-р Елена Иванова
Катедра Телекомуникации,
Русенски университет „Ангел Кънчев”
ул. „Студентска” № 8
7017, Русе
България
Тел. +359 82 888 831,
E-mail: epivanova@uni-ruse.bg

АНАЛИЗ НА ВЛИЯНИЕТО НА БРОЯ НА ПОТРЕБИТЕЛИТЕ ВЪРХУ РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА МУЛТИМЕДИЙНА ИНФОРМАЦИЯ В СТАНДАРТА LTE

Теодор Илиев, Григор Михайлов
Русенски университет „Ангел Кънчев”

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE NUMBER OF USERS ON THE BROADCAST OF MULTIMEDIA INFORMATION IN LTE STANDARD

Teodor Iliev, Grigor Mihaylov
„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: LTE represents a radical new step forward for the wireless industry, targeting order-of-magnitude increases in bit rates with respect to its predecessors by means of wider bandwidths and improved spectral efficiency. Beyond the improvement in bit rates, LTE aims to provide a highly efficient, low-latency, packet-optimized radio access technology offering enhanced spectrum flexibility.

Keywords: LTE standard, Wireless, Multimedia information.

ВЪВЕДЕНИЕ

LTE, което идва от 3GPP Long Term Evolution, е една от важните стъпки в мобилните радиокommunikации, проектирана да осигури конкурентоспособност за дълъг период от време, т.е. за повече от десет години. Увеличаващата се употреба на мобилен пренос на информация и възникването на нови приложения, като мултимедийните онлайн игри (MMOG), телевизията за мобилни устройства и поточното видео, са главната причина за разработката на този стандарт. Основната цел на LTE е да подобри и предложи повече услуги от стандарта UMTS, като по този начин потребителите ще срещнат едно ново мултимедийно изживяване, предоставено от следващото поколение широколентова мобилна мрежа. [3]

ИЗЛОЖЕНИЕ

Характеристики на LTE стандарта

LTE стандартът е IP базиран и използва въздушен интерфейс EUTRAN, който се характеризира с опростена архитектура, и е оптимизиран за услуги като високоскоростен интернет, гласови услуги, високоскоростни интерактивни приложения, изискващи пренос на големи количества от данни и интерактивна IPTV. Основни характеристики на LTE стандарта и интерфейс EUTRAN са:

✓ Пикови скорости за низходящ канал от 299.6 Mbps и за възходящ канал от 75.4 Mbps (5 категория устройство, 4x4 MIMO антени и 20 MHz честота), които варират в зависимост от категорията на потребителското устройство (5 вида категории - от гласово ориентирани до ориентирани към високоскоростен пренос на данни) и броя на MIMO антените (2x2 или 4x4);

✓ Ниска латентност на мрежата - под 5ms при оптимални условия и малки IP пакети - което води до съществено намаляване на латентността при изграждане на връзка;

✓ Поддържане на връзка при висока скорост на терминала (между 350 и 500 км/ч в зависимост от използваната честота);

✓ Увеличена гъвкавост в поддържания честотен спектър - 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz и 20MHz, като всички потребителски устройства трябва да поддържат честота 20MHz.

✓ Поддържане на клетки с радиус от няколко десетки метра до 100 км; Оптималният радиус на клетка е 5 км, като клетки с радиус до 30 км имат добро представяне, а клетки с радиус до 100 км - приемливо; за гъсто населени градски райони се препоръчват високи честоти от 2.6GHz с радиус на клетката от 1 км;

✓ 5 MHz клетка може да поддържа по-малко от 200 активни клиенти за пренос на данни;

✓ Поддържа възможност за съвместна работа със съществуващи стандарти GSM/EDGE/UMTS, като се позволява прозрачно за потребителя прехвърляне на връзката към по-стари генерации стандарти.

Характеристики на LTE стандарта

За правия канал на физическия слой при LTE са определени три различни типа физически канали. Общото при тях е, че и трите носят информация от по-горните слоеве. Това контрастира с физическите сигнали, които се използват само и единствено във физическия слой.[4]

Физическите канали в правия канал са:

- ✓ Споделен канал (PDSCH)
- ✓ Канал за контрол (PDCCH)
- ✓ Общ канал за контрол (CCPCH)

Физическите канали се формират на специфични транспортни канали. Транспортните канали са обслужващи точки за достъп за по-горните слоеве. Всеки физически канал има алгоритми за:

- ✓ Кодиране на битовите
- ✓ Модулиране
- ✓ Формиране на слоя
- ✓ Предварително кодиране на несходство от циклично забавяне

Формирането на слоя и предварителното кодиране са свързани с MIMO приложенията. По принцип, слойът се отнася към пространствено мултиплексирания канал. Системите за множествен вход – множествен изход се дефинират като N_п предавателя и N_п приемника. При LTE допустимите конфигурации са 1x1; 2x2; 3x2 и 4x2. Броят на предавателните антени може да бъде до 4, докато броят на приемните антени е ограничен до 2. По този начин може да има максимум два пространствено мултиплексирани информационни потока.

За 1x1 или 2x2 системите, е налично отношение 1:1 между слоевете и предавателните антени. При 3x2 и 4x2 системите обаче са два пространствено мултиплексирани потока. Поради тази причина, съществува излишък при единия или двата информационни потока. Формирането на слоя определя точно по какъв начин се използват допълнителните предавателни антени.

В комбинация с пространственото мултиплексирание се използва и предварително кодиране. MIMO използва многопът-

ното разпространение, за да се справи с независимите пространствени мултиплексирани информационни потоци. Казано по друг начин, MIMO системите се нуждаят от известна степен многопътно разпространение, за да осигурят надеждно предаване на информацията. В слабо- или незашумени среди, с малко многопътно изкривяване, MIMO системите може да се превърнат в неефективни.

Споделен канал

Този канал се използва главно за транспортиране на мултимедийна информация. Поради тази причина, този канал е проектиран за много големи скорости за пренос на информация.

Използваните модуляции са QPSK, 16QAM и 64QAM. При този канал също се използва пространствено мултиплексирание. Всъщност, пространственото мултиплексирание е предназначено именно за този канал. Този вид мултиплексирание не се използва при другите два канала Канал за контрол (PDCCH) и Общ канал за контрол (CCPCH). В табл. 1 е показано формирането на слоя.

Таблица 1

Формиране на слоевете

Ранк на предаване	Кодови думи	Формиране кодовите думи на слоевете
1	1	$x^{(0)}(i)=d^{(0)}(i)$
2	2	$x^{(0)}(i)=d^{(0)}(i)$ $x^{(1)}(i)=d^{(1)}(i)$
3	2	$d^{(0)}(i)$ се формира на слой 0 $d^{(1)}(i)$ се формира на слой 1 и 2
4	2	$d^{(0)}(i)$ се формира на слой 0 и 1 $d^{(1)}(i)$ се формира на слой 2 и 3

Канал за контрол

Този канал предава информация за контрол на потребителя. Най-важното за този канал е, че той трябва да бъде изключително устойчив и надежден. Единствената налична модулация е QPSK. PDCCH каналът се формира върху ресурсните елементи и до първите три OFDM символа от първия отрязък (*slot*) от подкадъра.

Общ канал за контрол

Този канал пренася информация, обща за цялата клетка. Както при PDCCH, и тук най-важното е устойчивостта и надеждността. Поради тази причина, и тук единствената налична модулация е QPSK. Този канал се разпространява до възможно най-близката централна честота. Информацията за контрол се формира на ресурсните елементи (k, l), където k е OFDM символът в отрязъка, а l е подносещата. CCPCH символите се формират на ресурсните елементи във възходящ ред, първо k , след това l .

Физическите сигнали използват определени ресурсни елементи. За разлика от физическите канали, физическите сигнали не пренасят информация от/до по-горните слоеве. Съществуват два типа физически сигнали: [5]

✓ Референтни сигнали – използват се за определяне на импулсна реакция на канала (CIR);

✓ Синхронизиращи сигнали – пренасят информация за синхронизиране на мрежата.

Референтни сигнали (Reference signals)

Те се генерират посредством ортогонална последователност и псевдослучайна числена (PRN) последователност. Като цяло има 510 уникални възможни референтни сигнали. Даден сигнал за справка се назначава към всяка клетка в мрежата и има функцията да бъде специфичен идентификатор на клетката.

Както е показано на фигурата, сигналите за справка се предават от първия до третия отзад-напред OFDM символ за всеки отрязък от време. Потребителското устройство трябва да получи точно CIR от всяка предавателна антена. Поради тази причина, когато дадена предавателна антена изпрати сигнал за справка, то останалите

предавателни антени в клетката са в режим на изчакване.

Референтните сигнали се изпращат на всяка шеста подносеща. Чрез интерполация CIR определя подносещите, които не са сигнали за справка.

Синхронизиращи сигнали

Синхронизиращите сигнали, подобно на сигналите за справка, използват същата псевдослучайна ортогонална последователност. Класифицират се на главни и второстепенни синхронизиращи сигнали, в зависимост от това как са използвани от потребителското устройство по време на процедурата за търсене на клетка. И двата вида синхронизиращи сигнала се предават на 72 подносещи, позиционирани около централната подносеща, в рамките от нулевия до десетия отрязък от време.

Транспортните канали са част от физическия слой на LTE и служат като сервизни точки за достъп за по-горните слоеве. Транспортните канали за правия канал са: [6]

Канали за разпространение (BCH)

✓ Фиксиран формат

✓ Трябва да се разпространяват из цялата зона на покритие на клетката

Споделен канал на правия канал (DL-SCH)

✓ Поддържа хибридна автоматична заявка за повторение (HARQ)

✓ Поддържа динамична адаптация на връзката, чрез промяна на модулацията, кодирането и мощността на предаване

✓ Подходящ е при разпространение из цялата зона на покритие на клетката

✓ Подходящ при употреба на формиране на лъча

✓ Поддържа динамично и полустатично разпределение на ресурсите

✓ Поддържа приемане с прекъсване на сигнала (DRX) за по-добра енергийна ефективност

Канал за сигнализация (PCH)

✓ Поддържа приемане с прекъсване на сигнала (DRX) за потребителското устройство

✓ Изисквания за предаване на информация за цялата зона на покритие на клетката

✓ Формира се на динамично разпределени физически ресурси

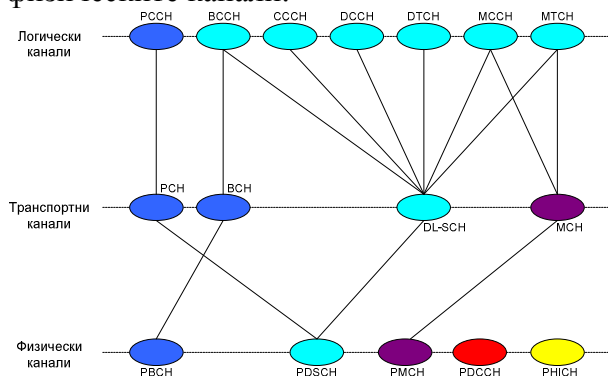
Канал за разпространение към множество потребители (MCH)

✓ Изисквания за предаване на информация за цялата зона на покритие на клетката

✓ Поддръжка на MB-SFN (множество потребители/радио разпръскване – едно-честотна мрежа)

✓ Поддръжка на полустатично разпределение на ресурсите

На фиг. 1 е показано по какъв начин се формират транспортните канали върху физическите канали.



Фиг. 1. Формиране на транспортните канали

Поддържаните транспортни канали са:

✓ Канали за разпространение (BCH)
✓ Споделен канал на правия канал (Downlink Shared Channel - DL-SCH)

✓ Канал за сигнализация (PCH)
✓ Канал за разпространение до множество потребители (MCH)

Транспортните канали осигуряват следните функции:

✓ Структури за преминаващата информация от/към по-горните слоеве

✓ Механизъм, чрез който по-горните слоеве конфигурират физическия слой

✓ Статус индикатори за горните слоеве

✓ Осигуряват възможност на горните слоеве за обмен на файлове между крайни потребители (peer-to-peer)

Канално кодиране на правия канал

За физическите канали на правия канал се използват различни кодиращи алгоритми. За физически Канал за общ контрол (Common Control Physical Channel) модулационната схема е ограничена до QPSK. Споделен канал може да работи с до 64 QAM. Покритието е най-важното изискване

за контролните канали. При Общ канал за контрол е избрано конволюционното кодиране. В зависимост от състоянието на канала, Споделен канал използва QPSK, 16QAM, или 64QAM. Поради тази причина, се използва турбо код, със степен на кода 1/3.[7]

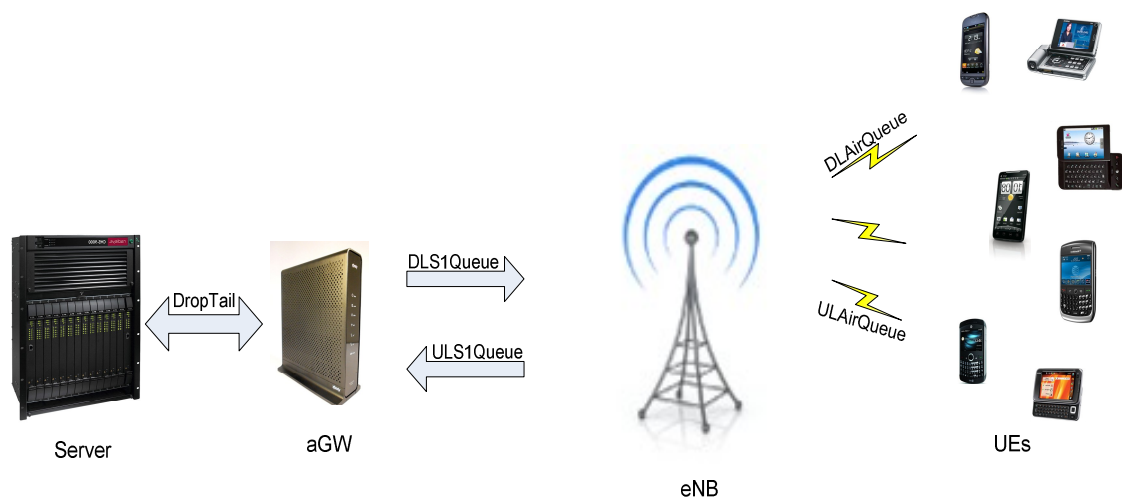
Симуляционно изследване. Симуляционните изследвания са осъществени с помощта на мрежовия симулатор NS-2 и два допълнителни модула. NS-2 е широко използван симулатор с отворен код, работещ под Линукс операционна система. Първоначално е бил разработен за изследване на компютърни комуникации, но с развитието на комуникационните мрежи и информацията предавана през тях, към NS-2 се появява възможността да се добавят допълнителни модули.

Един от допълнителните модули, който е използван за симуляционното изследване е EvalVid. Това е основният модул за разпространение на видеоинформация през средата NS-2. Представлява платформа и набор от инструменти за обработка и разпространение на видео и аудиоинформация [1].

Другият допълнителен модул е LTE модульт. Той предоставя нов мрежов модел и разпространение на различна по характер информация [2].

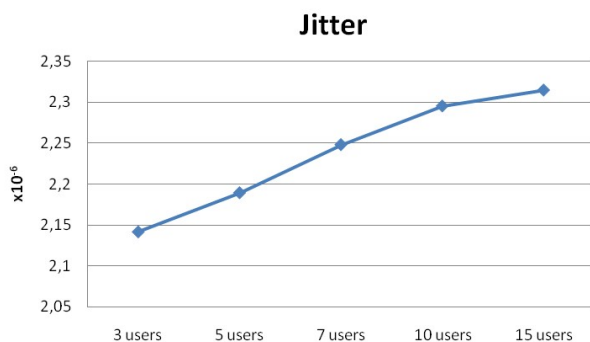
На фиг. 2 е представена архитектурата на проведеното симуляционното изследване. При тази постановка се използват три вида трафик – гласов, интерактивен и потокен трафик. Сървърът генерира и трите вида трафик, шлюзът (aGW) осигурява контрола на потоците, а базовата станция (eNB) предоставя информация за контрола на потоците и разпространението на информацията от и до потребителите.

По време на симуляционното изследване е използван видеофайл със следните параметри: *A Bit of a Pickle* – резолюция 1920x1080 пиксела, 24 кадъра за секунда, продължителност 3:45 мин., големина на файла 90,6 Mb.

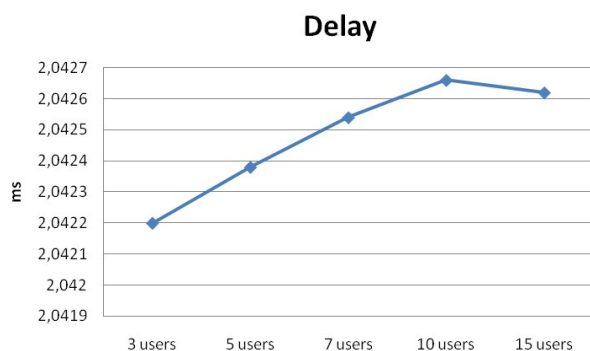


Фиг. 2. Архитектура на системата

От проведените симулационни изследвания и получените графични зависимости се вижда, че с увеличаването броя на потребителите, коефициентът на изкривяване се увеличава пропорционално. Въпреки нарастването на изкривяването, коефициентът има много малка стойност, което е предпоставка за качествено приемане и възпроизвеждане на видеоинформацията от потребителите.



Фиг. 3 Влияние на броя на потребителите върху изкривяването



Фиг. 4 Влияние на броя на потребителите върху закъснението

От фиг. 4 се вижда, че закъснението се изменя по нелинеен характер в много малки граници.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложението разгледахме основните характеристики на **физическия** слой на низходящия канал при 8 версия на LTE стандарта. Предложените от SAE архитектурни решения ще позволят значително да се намали закъснението при предаване на информация, която не бива да превишава 10 ms и 5 ms за по-малките IP-пакети при неголямо натоварване на мрежата.

По-нататъшното развитие на LTE технологията ще се **осъществява** в рамките на 3GPP версия 10 (LTE Advanced) стандарт. Основните изисквания, на които трябва да отговаря, са:

- ✓ Максималната скорост за предаване на данни в низходящия канал – до 500 Mbps. Средната пропускателна способност е три пъти в повече, отколкото при LTE;
- ✓ Широчината на честотната лента в низходящия канал е 70 MHz, а във възходящия – 40 MHz;
- ✓ Максималната ефективност при използване на спектъра е 30 bps/Hz за низходящия и 15 bps/Hz за възходящия канал.
- ✓ Пълна съвместимост и взаимодействие с LTE и другите 3GPP системи.

За постигането на тези цели ще се наложи използването на по-широки честотни ленти (до 100 MHz), асиметрично разделение на честотните ленти между възходящия и низходящия канал в случай на честотен дуплекс, по-съвършени системи за кодира-

не и поправяне на грешките, хибридна технология - OFDMA и SC-FDMA за възходящия канал.

БЛАГОДАРНОСТ

Настоящият документ е изготвен с финансовата помощ на Европейския социален фонд. Русенският университет „Ангел Кънчев” носи цялата отговорност за съдържанието на настоящия документ, и при никакви обстоятелства не може да се приеме като официална позиция на Европейския съюз или Министерството на образованието и науката.

Проект: № BG051PO001-3.3.06-0008
„Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии”

ЛИТЕРАТУРА

[1] Klaue J., Rathke B., Wolisz A., EvalVid. A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation, In: 13th International

Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, 2003, 255-272.

- [2] Qin-long Qiu, Jian Chen, Ling-di Ping, Qi-fei Zhang, Xue-zeng Pan. LTE/SAE Model and its Implementation in NS 2, In: Fifth International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, 2009, 299–303.
- [3] Zyren J. Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer, Freescale Semiconductor, 2007.
- [4] Holma, H., Toskala, A. LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Oxford, John Wiley & Sons Ltd., 2009.
- [5] Wang H., Kondi L. P., Luthra A., Ci S. 4G Wireless Video Communications, John Wiley & Sons Ltd., 2009.
- [6] Glisic, S. G. Advanced Wireless Networks-4G Technologies, John Wiley & Sons Ltd, 2006.
- [7] Khan F. LTE for 4G Mobile Broadband, Cambridge University Press, 2009.

Адрес за контакти:

Доц. д-р. инж. Теодор Илиев
Катедра Телекомуникации
Русенски университет „Ангел Кънчев”
ул. „Студентска” № 8
7017, Русе
България
Тел. +359 888 839
E-mail: tiliev@uni-ruse.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ ХАРАКТЕРА НА ИЗМЕНЕНИЕ НА ГРУПОВИЯ ТОВАРОВ ГРАФИК НА БИТОВИ ПОТРЕБИТЕЛИ

Стоян Янев

Русенски университет „Ангел Кънчев”

INVESTIGATION ON THE CHARACTER OF CHANGES OF THE GROUP LOAD PROFILE FOR HOUSEHOLD CONSUMERS

Stoyan Yanev

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: The article presents the evaluated interval of discretisation, obtained via load profile data from a real experimental site. The steps for the calculation of the interval are thoroughly described and ordered as a methodology suited for similar calculations. The visualisation of the results and most of the calculations are made using the Matlab software.

Keywords: Discretisation interval, Load profile.

ВЪВЕДЕНИЕ

Потреблението на домакинствата в момента е един от най-големите и най-важните консуматори на електрическа енергия в страната ни и затова е необходимо извършването на периодични проучвания и сравнения [6]. Те може по-късно да се използват за моделиране и прогнозиране на товара на енергийната система. От своя страна основните показатели, които характеризират потреблението на домакинствата може да се използва в процеса на проектиране и експлоатация на електрическите мрежи за такива потребители. Ето защо е от голямо значение изследването на товаровия график (ТГ) на битови потребители. За целите на моделирането и интерпретирането на непрекъснатата случайна величина, която представлява ТГ на битов потребител (БП) е необходима нейната дискретизация.

Голяма част от машините езици и статистическите техники може да се прилагат само към масивите от данни, съставени изцяло от номинални променливи. Въпреки това, много голяма част от реалните набори от данни включват непрекъснати променливи: това са променливи, измерени на интервално или относително ниво. Едно от решенията на този проблем е да се разделят цифровите променливи в определен брой подраздели и да третираме всеки един такъв подраздел като отделна категория. Този процес на разделяне на непрекъснати про-

менливи в категории, обикновено се нарича дискретизация [5,3].

Целта на дискретизацията е да се намери набор от ключови точки за разделяне на даден диапазон в малък брой интервали, които имат добър клас на съгласуваност, който обикновено се измерва чрез оценъчна функция. В допълнение към максимизирането на взаимната зависимост между класовите етикети и стойностите на атрибутите, идеалния метод за дискретизация следва да има допълнителна цел да се намали броят на интервали без значителна загуба на взаимната зависимост между класовите атрибути. Една от основните задачи при извършване на дискретизация е да се определи нейният интервал, както и да се пресметнат минималната и общата необходима продължителност на измерванията [5].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Теоретична обосновка

За статистическа оценка на случайния процес изменение на електрическия товар във времето е необходимо да се дефинират някои основни понятия, като първо се дефинира понятието „опит“. Съгласно математическата статистика под отделен опит при изследване на случаен процес трябва да се разбира всяко независимо измерване на величината. За да бъдат измерванията независими, е необходимо времето между две последователни измервания да бъде най-малко равно на времето за затихване на

автокорелационната функция τ_z . За достатъчно точно построяване на автокорелационната функция, е необходимо стъпката на дискретизация при обработката на запис на ТГ да се избира така, че за времето на затихване да се получат не по-малко от 10 точки [1,2,6]:

$$\Delta t \leq \tau_z / 10. \quad (1)$$

В [1,2] е посочено, че интервалът на дискретизация трябва да се определя в съответствие с теоремата за прекъсването (теорема на Котелников – Шенон). Според нея интервалът на дискретизация трябва да бъде:

$$\Delta t \leq \pi / \omega_0, \quad (2)$$

където ω_0 е честотата на дискретизация, която се избира да е равна или по-голяма от два пъти граничната честота на срязване ω_c .

Граничната честота на срязване обикновено не е известна предварително, което налага използването на приблизителни методи за определяне на стъпката на дискретизация Δt .

Опростен метод за определяне на интервала на дискретизация е посочен в [1,2]. За целта се използва средният брой пресичания на реализацията на случайния процес с неговото математическо очакване. Използването на този метод може да бъде направено в следната последователност:

По предварителна реализация на случайния процес се определя математическото очакване, чиято стойност се нанася върху реализацията;

Определя се броят на пресичанията на реализацията с математическото очакване и се пресмята средния им брой за единица време по формулата:

$$n_{cp} = N' / T', \quad (3)$$

където n_{cp} е средният брой пресичания за единица време, h^{-1} ;

T' – продължителността на реализацията, h ;

N' – общия брой пресичания за време T' .

Доказано е, че n_{cp} се стабилизира при дължина на реализацията, съдържаща около 50 пресичания [6].

Пресмята се стъпката на дискретизация, за която относителната грешка при определяне на спектралната плътност на случайния стационарен процес няма да надвиши 0,02, по формулата:

$$\Delta t \leq 0,2 / n_{cp}. \quad (4)$$

Определя се времето за затихване на автокорелационната функция, а от него и интервалът между две независими измервания:

$$\tau_z \approx 2 / n_{cp}. \quad (5)$$

Определянето на необходимия минимален брой измервания, гарантиращи с вероятност γ зададена относителна грешка $\Delta_{\gamma;k}$, може да се извърши по формулата:

$$n = \sqrt{\frac{t_{\gamma;k} \cdot V}{\Delta_{\gamma;k}}}, \quad (6)$$

където V е оценката на коефициента на вариация, определен от предварително взета извадка;

$t_{\gamma;k}$ – двустранният квантил на t разпределението на Стюдънт;

k – степените на свобода ($k = n-1$).

Следователно общата необходима продължителност на измерванията T_u, h , в зависимост от аналитично определени n независими измервания може да се определи с помощта на формулата:

$$T_u \geq n \tau_z, \quad (7)$$

Определянето на необходимия минимален брой на измерванията по (6) е затруднено, тъй като $t_{\gamma;k}$ също зависи от n . Затова той се изчислява с помощта на таблица, от която по зададена максимална относителна грешка Δ , %, коефициент на вариация V , % и доверителна вероятност γ се намира необходимият обем на извадката n [2].

Резултати

Експерименталните данни са получени с помощта на интелигентна система за мониторинг на електро и водопотребление то на битови потребители, разработена в

рамките на проект ВЕСА[7]. Данните са организирани по следният начин (табл. 1, фиг. 1).

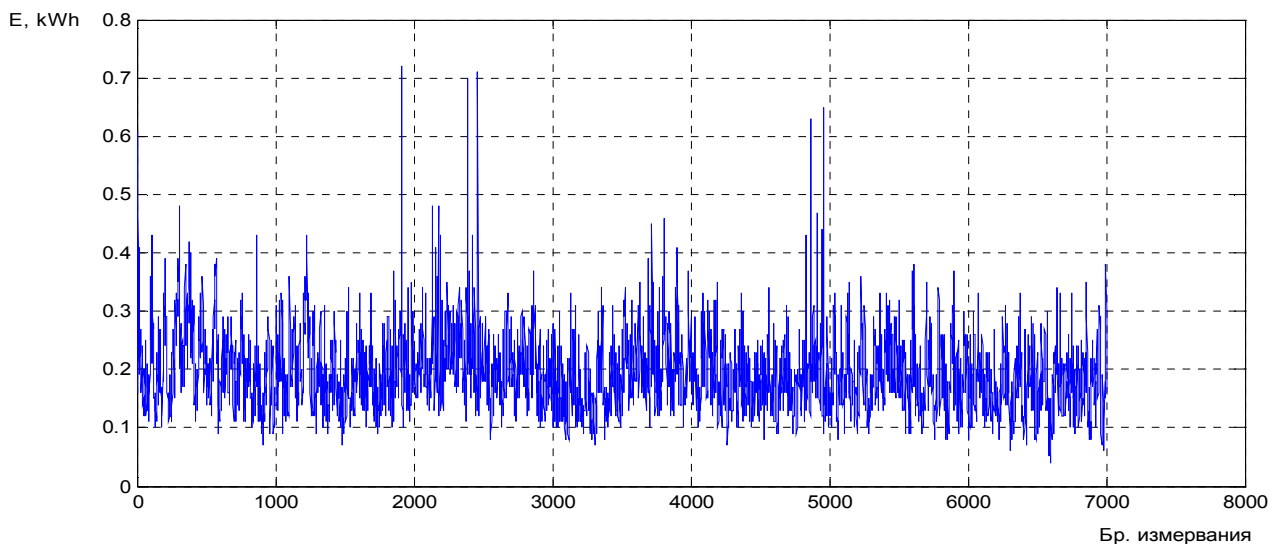
Извадката от експерименталните данни обхваща период от три месеца – Декември 2012 до Март 2013. Събрана и статистически обработена е информация за електропотреблението на всички апартаменти в един шест етажен жилищен блок с два входа. Общият брой изследвани и анализирани

апартаменти е 48. Интервалът, през който е отчитано електропотреблението е 15 минути. Данните се предават на отдалечен сървър посредством стандартен комуникационен етернет интерфейс. Цялата информация се съхранява и се визуализира на уеб-портал, достъпен за потребителите[8]. Математическите операции са реализирани с помощта на софтуерният продукт MATLAB® 2011.

Таблица 1

Извадка от експериментални данни за електропотреблението на БП

		ID на апартамент				
		501101	501102	501103	501104	501205
Дата и час на запис	Ср. стойност, kW	Консумация, kW	Консумация, kW	Консумация, kW	Консумация, kW	Консумация, kW
18.12.2012 20:03	0,30	0,536987305	0,002990723	0,104003906	0,127990723	0,013000488
18.12.2012 20:18	0,26	0,713012695	0,00201416	0,039993286	0,186004639	0,012008667
18.12.2012 20:33	0,22	0,603027344	0,001983643	0,059005737	0,175994873	0,013000488
18.12.2012 20:48	0,22	0,187011719	0,002990723	0,037994385	0,165008545	0,011993408
18.12.2012 21:18	0,19	0,271972656	0,00201416	0,041000366	0,160980225	0,013000488
18.12.2012 21:33	0,26	0,699951172	0,00201416	0,035003662	0,131011963	0,011993408
18.12.2012 21:48	0,27	0,791015625	0,002990723	0,032989502	0,188995361	0,013000488
18.12.2012 22:03	0,23	0,609985352	0,001983643	0,045013428	0,132995605	0,012008667



Фиг. 1. Графично представяне на данните за електропотреблението на БП

След извършване на съответните изчисления по методиката, посочена в т.2 се получава числена стойност на интервала на дискретизация за измерване на електро-

потреблението на БП $\tau_z = 1.2099$, или един час, дванадесет минути и тридесет и две секунди, от което следва че за получаване на адекватни статистически резултати е

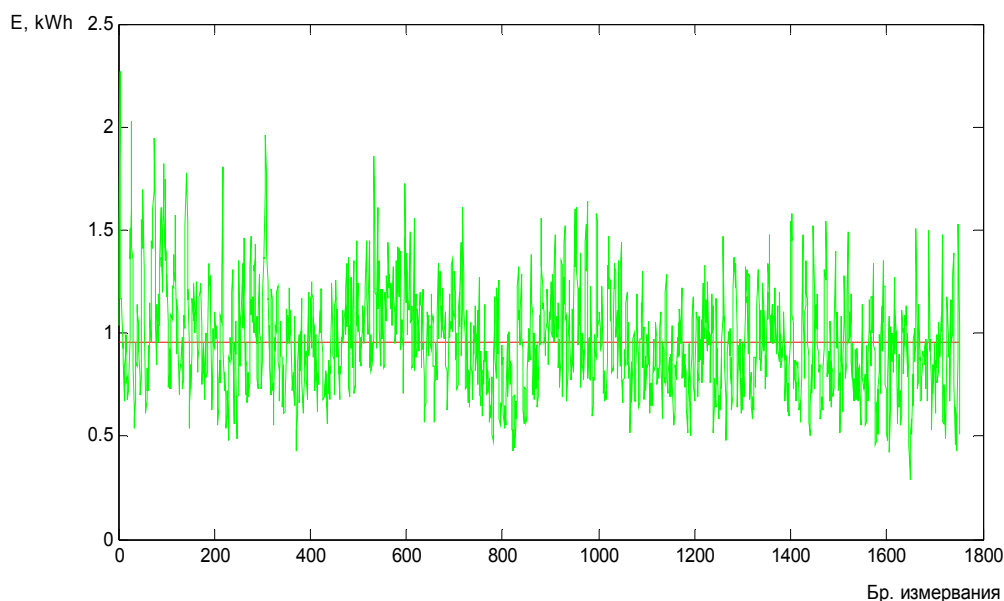
необходимо регистрирането на потребната електроенергия да се извършва през период не по-голям от един час. След групиране на данните според получения интервал на дискретизация се получават следните

стойности (табл. 2), както и тяхното графично представяне (фиг. 2). С червена линия е показана средната стойност.

Таблица 2

Извадка от данни след групиране на база τ_3

Час	16	17	18	19	20	21	22	23	24	00	01	02
Средни почасови стойности	1,04	1,48	2,27	1,41	1,17	1,16	1,17	1,14	0,93	0,96	0,87	0,7



Фиг. 2. Графично представяне на групирани данни

Приема се големина на относителната грешка $\Delta = 5\%$ и доверителната вероятност $\gamma = 0.95$. За избраната извадка се получава коефициент на вариация $V = 29\%$, което означава, че извадката е сравнително еднородна.

Теоретично определената минимална продължителност на измерванията по (6) и (7) при така изчислените параметри е $n = 34$ броя, с продължителност на измерванията $T = 41h$.

ИЗВОДИ

След анализ и обработка на проведените експериментални изследвания могат да се направят следните изводи и заключения:

Разработена е методика за определяне на интервала на дискретизация на електропотреблението на БП.

Организиран и статистически групирани са експериментални данни, получени в рамките на проект ВЕСА.

На база на дадената представителна извадка е изчислен интервал на дискретизация на електропотреблението на БП $\tau_3 = 1.2099$, което съответства на един час и дванадесет минути.

Изчислени са минималната и общата необходима продължителност на изследванията съответно $n = 33.804$ броя и $T = 40,899 h$.

Представени са таблични и графични примери за групирани на база τ_3 данни.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Вентцель, Е. С. Теория вероятностей. Москва, Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.

- [2] Митков, А., С. Кардашевски. Статистически методи в селскостопанската техника. София, Земиздат, 1977.
- [3] Elomaa, T. Rousu, J., Efficient multisplitting revisited: Optima-preserving elimination of partition candidates. Data Mining and Knowledge Discovery 8:2 (2004), 97-126
- [4] K. Sotiris, D. Kanellopoulos Discretization Techniques: A recent survey; GESTS International Transactions on Computer Science and Engineering, Vol.32 (1), 2006, 47-58
- [5] Fayyad, U.M., Irani, K.B., Multi-Interval Discretization of Continuous-Valued Attributes for Classification Learning. XIII International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI93). Chambéry (France, 1993), 1022-1029
- [6] Ruseva V., St. Stefanov, L. Mihailov, Comparative analysis of the daily load profiles of domestic electrical consumption, Sofia, Energetic, 4, 2006, 41 - 47.
- [7] <http://www.beca-project.eu/home/>
- [8] <http://beca.uni-ruse.bg>

Адрес за контакти

маг. инж. Стоян Янев

Катедра Електроснабдяване и електрообзавеждане

Русенски университет "Ангел Кънчев"

Тел.: 888 843

E-mail: [syanev@uni-ruse.bg](mailto:syaney@uni-ruse.bg)

ИЗСЛЕДВАНЕ ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА АСИНХРОННИТЕ ДВИГАТЕЛИ В ДИНАМИЧНИ РЕЖИМИ В СРЕДАТА MATLAB

Миглена Христова
Русенски университет „Ангел Кънчев”

INVESTIGATION ON ENERGY EFFICIENCY OF THREE-PHASE INDUCTION MOTOR DYNAMIC REGIMES IN MATLAB/SIMULINK

Miglena Hristova
„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: The article presents the obtained results of simulation research of three-phase induction motor dynamic regimes tests under different load. Developed Matlab/Simulink virtual setup to investigate energy efficiency of three phase induction motor.

Keywords: Three-phase induction motor; Energy efficiency; Modelling; Matlab/Simulink.

ВЪВЕДЕНИЕ

Асинхронните двигатели са електрически машини с висок коефициент на полезно действие (к.п.д.). Обикновено к.п.д. достига максималната си стойност при 75% от номиналното натоварване [6]. К.п.д. намалява рязко при натоварване под 50% от номиналната мощност поради липса на баланс между електрическите и постоянните загуби.

Изследванията в [5] показват, че в промишления сектор и в сферата на услугите средното натоварване на електрическите двигатели е около 60% от номиналното натоварване. Много от електродвигателите, обаче, задвижващи металорежещи машини, транспортъри и др., работят с доста по-ниско натоварване, което влошава енергийните показатели на електрозадвиженията.

Голяма част от електрическите двигатели при нормален работен режим и всички двигатели при преходни процеси работят с променливо натоварване. В тези случаи мощността на двигателя не е постоянна величина и ефективността на асинхронния двигател (АД) е правилно да се оценява чрез консумираната електрическа енергия.

Мощно средство за симулиране и моделиране на динамичните режими на работа на АД и изследване влиянието на различни фактори върху характеристиките на АД е програмният продукт **Matlab** [4]. За целта могат да се ползват готовите модели от библиотеката **SimPowerSystem** на елек-

тротехническите устройства – различни видове електрически двигатели, захранващи източници, преобразователни устройства и др. Трудността при настройка на моделите е предизвикана от липсата на информация в справочната литература за параметрите на голяма част от електрическите машини в експлоатация.

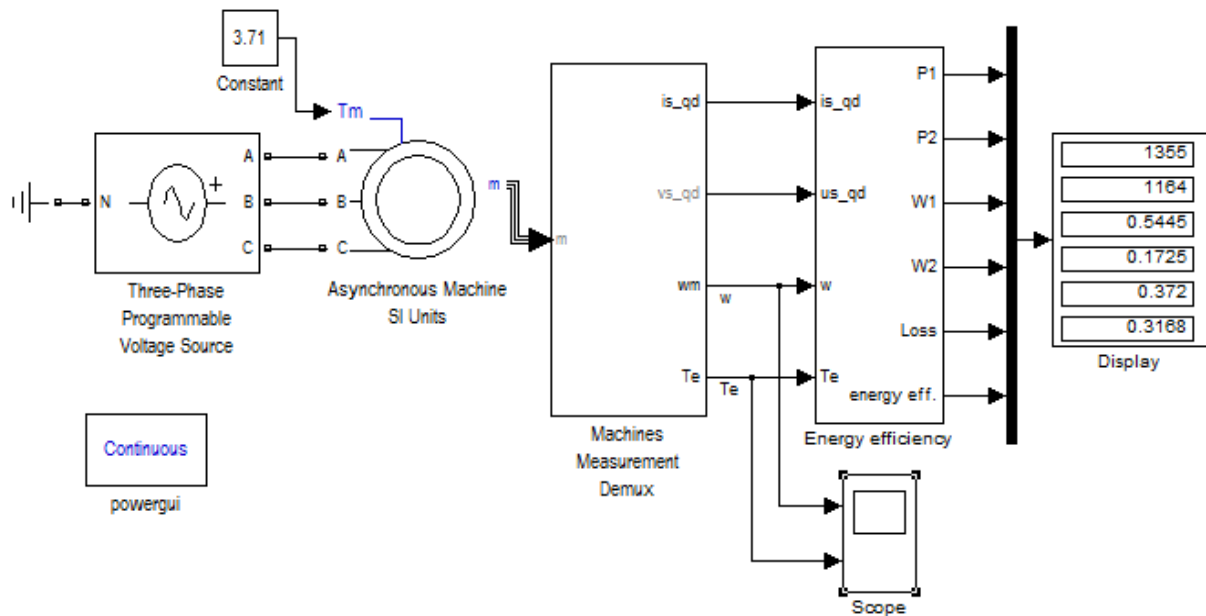
Целта на настоящото изследване е да се разработи виртуален модел в средата Matlab за изследване на енергийната ефективност по време на пусковия процес и при динамични натоварвания на асинхронните двигатели.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Във виртуалното изследване се използва трифазен асинхронен двигател тип АО 80с-2 с номинални данни:

P_n 1,1kW; U_n 220/380V; I_n 4,4/2,5A; $\cos\varphi = 0,85$; Δ/Y 2830min⁻¹.

За анализ на енергийната ефективност по време на преходните процеси е разработен симулационен модел (фиг. 1) и подсистема **Energy efficiency**, които позволяват да се моделира работата на асинхронни електродвигателни в средата **MatLab** и неговите приложения **Simulink** и **SimPowerSystem** [4]. С предложени симулационен модел може да се определи енергийният к.п.д. по време на пусковия процес на АД и при променлив товар.



Фиг. 1. Виртуален стенд за изследване енергийната ефективност при преходни процеси и динамично натоварване

За построяване на модела, показан на фиг. 1, се използва готов блок на трифазна асинхронна машина **Asynchronous Machine SI Units**, избран от библиотеката **Power System Blockset/Machines**. Виртуалният АД се захранва от източник на трифазно променливо напрежение **Three-Phase Programmable Voltage Source** от библиотеката **Power System Blockset/Extras/Electrical Sources**.

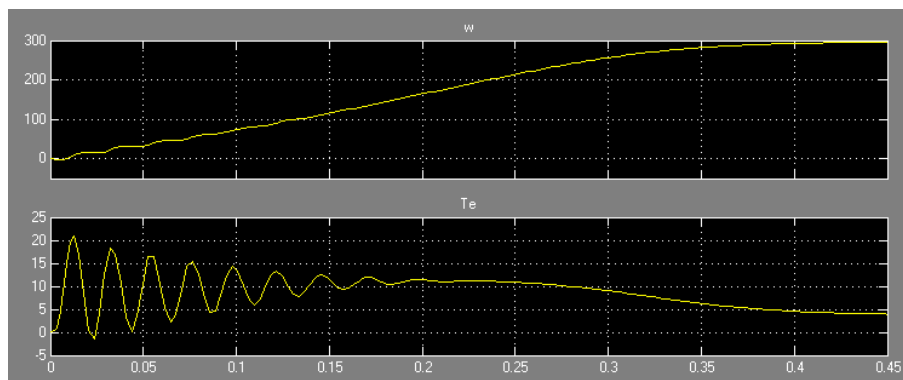
За измерване променливите на състоянието на асинхронната машина (ъгловата скорост, момент и др.) се добавя блокът **Machines Measurement Demux**. Натоварването на вала на АД, което не зависи от времето, се задава с блок **Simulink/Source/Constant**.

С графичния блок (осцилоскоп) **Scope** се визуализират динамичните криви на ъг-

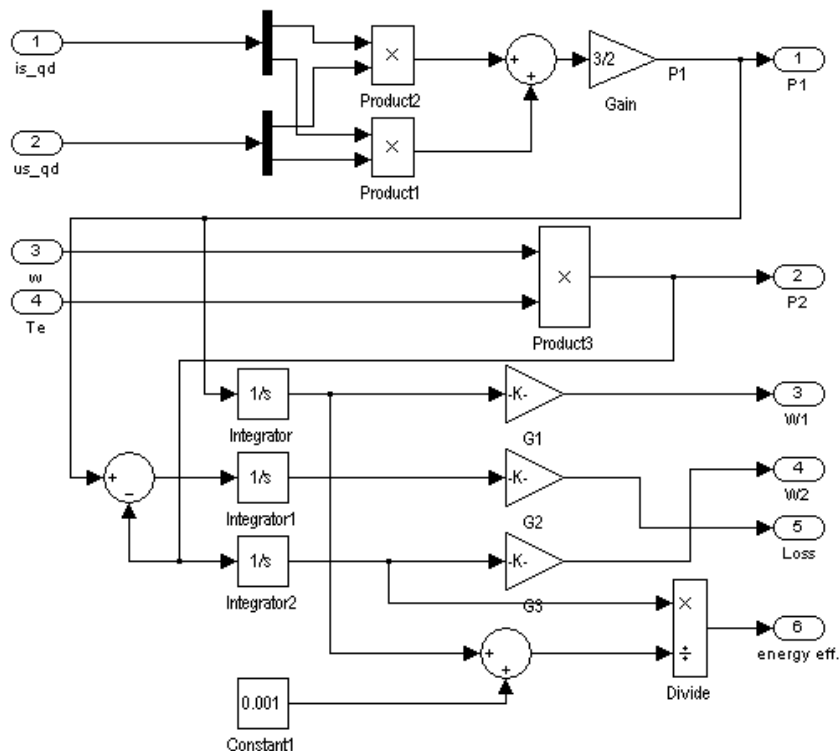
ловата скорост на въртене и електромагнитния момент (фиг. 2) по време на пусковия процес.

В модела е добавен блок **Display**, който визуализира резултатите от изследването за консумираната и полезна мощност, за консумираната и полезна енергия, за загубите на енергия и коефициента на полезно действие.

За целите на виртуалните изследвания е разработена и подсистема **Energy efficiency** (фиг. 3) за изследване енергийната ефективност на преходните процеси. Тази подсистема би могла да се използва и в други случаи, например, за контрол и измерване на консумираната мощност и енергия за задвижвания с голям брой пускания за единица време.



Фиг. 2. Преходни процеси при пускане на асинхронен двигател



Фиг. 3. Подсистема Energy efficiency

Оценка за енергийната ефективност на електрозадвигването се дава чрез к.п.д., дефиниран като отношение между полезната и консумираната мощност. Тази оценка е вярна при условие, че електрозадвигването работи в установен режим, т.е. процесът на работа е неизменен във времето. В реални условия при работата на електрозадвигванията се наблюдават динамични процеси като пускане, спиране, работа с различно натоварване и др. Тогава чрез така определения к.п.д. не може да се даде реална оценка за енергийната ефективност на електрозадвигването [1]. В тези случаи е целесъобразно да се използва к.п.д. η_w , определен като отношение на полезната енергия към консумираната за определено време t .

$$\eta_w = \frac{W_2}{W_1}, \quad (1)$$

където W_1 е консумираната енергия за време t ;

W_2 - енергията, изразходена за полезната работа на електрозадвигването, определени по следните формули:

$$W_1 = \int_0^t P_1(t) dt; \quad (2)$$

$$W_2 = \int_0^t P_2(t) dt. \quad (3)$$

В разработената структурна схема за изчисление на енергийния к.п.д., механичната мощност на вала на двигателя се изчислява посредством момента и ъгловата скорост на двигателя:

$$P_2 = M \cdot \omega. \quad (4)$$

Консумираната мощност се изчислява по формулата:

$$P_1 = \frac{3}{2} (u_{sd} i_{sd} + u_{sq} i_{sq}), \quad (5)$$

където u_{sd} , u_{sq} , i_{sd} и i_{sq} са проекциите на векторите на напреженията и тока в $q-d$ координатната система.

С помощта на виртуалния модел, показан на фиг. 1., са проведени изследвания като са използвани параметрите на асинхронен двигател тип АО 80с-2.

Данните за активните и реактивните съпротивления на статорната намотка - R_1 , X_1 , на приведената роторна намотка - R'_2 , X'_2 и индуктивното съпротивление на на-

магнитващия контур X_μ на реалния АД са определени по опитен път, съгласно описаната методика в [2, 3].

За определяне на енергийния к.п.д. по време на пусковия процес са извършени виртуални експерименти с модела. Симулацията е извършена при различно натоварване на АД като в блока **Constant** се задават няколко стойности на съпротивителния момент M_c в границите от $0,25 M_H$ до M_H .

Получените резултати от виртуалните изследвания за консумираната енергия, полезната енергия, загубите на енергия и

к.п.д. по време на пусковия процес са посочени в табл. 1.

За да може да се направи сравнение между енергийната ефективност при четирите показани стойности на съпротивителния момент, е необходимо да се правят измервания само по време на пусковия процес. Неговата продължителност се дефинира като време, за което АД достига установена скорост. От получените резултати, представени в табл. 1, се вижда, че к.п.д. по време на пусковия процес е много по-нисък от к.п.д. при установен режим.

Таблица 1

Резултати от изследването на к.п.д. по време на пусковия процес на АД с помощта на виртуален стенд

Съпротивителен момент	Време на пусковия процес	Консумирана енергия	Загуби	Полезна енергия	К.п.д.	К.п.д. при установен режим
M	t	W_1	Loss	W_2	η_w	η
N.m	s	W.h	W.h	W.h	-	-
$M = M_H = 3,71$	0,50	0,563	0,374	0,188	0,334	0,87
$M = 0,75M_H$	0,45	0,488	0,326	0,161	0,331	0,88
$M = 0,50M_H$	0,40	0,426	0,289	0,137	0,322	0,88
$M = 0,25M_H$	0,35	0,377	0,260	0,117	0,311	0,84

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработени са виртуален модел и подсистема **Energy efficiency** за изследване енергийната ефективност на преходните процеси и динамичните натоварвания на трифазен асинхронен двигател в програмната среда на **Matlab/Simulink**.

Проведени са симулационни изследвания при различни натоварвания за определяне на енергийния к.п.д. по време на пусковия процес. Резултатите от изследването на енергийната ефективност на АД с виртуален стенд по време на преходните процеси показват, че АД работи с к.п.д. около 0,33 по време на пусковия процес, докато номиналният к.п.д. в установен режим е 0,87.

Предложеният модел може да се използва за изследване енергийната ефективност на електрозадвижвания с променлив товар.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георгиев Г., В. Христов, Р. Райнов, Енергетика на асинхронни регулируеми електрозадвижвания моделни изследвания в Matlab/Simulink среда., Годишник на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 51, Св. III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2008, 147-151.
- [2] Христова М. Методика за определяне натоварването и коефициента на полезно действие на асинхронните двигатели, Енергетика, 2011, брой 4, 25-29.
- [3] Христова М., А. Кръстева, Изследване на трифазен асинхронен двигател в програмната среда Matlab/Simulink, Известия на съюза на учените – Русе, Серия Технически науки, Съюз на учените, 2012, 35-41

- [4] Черных И. В., Моделирование электро-технических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink, М., ДМК Пресс, Москва 2008.
- [5] Almeida A. T., J. T. Fernando, E. Ferreira, J. Fong, P. Fonseca, EUP Lot 11 Motors Final Report, February 2008, p. 137.
- [6] McCoy G. A., J. G. Douglass, Energy Management for Motor-Driven Systems, Energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2000, p. 123.

Адрес за контакти

Гл. ас. д-р инж. Миглена Христова

Катедра Електроснабдяване и електрообзавеждане

Русенски университет "Ангел Кънчев"

Тел.: 888 659

E-mail: mcankova@uni-ruse.bg

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИКОНОМИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ В НЕРЕГУЛИРУЕМИТЕ АСИНХРОННИ ЗАДВИЖВАНИЯ С ПРОМЕНЛИВО НАТОВАРВАНЕ

Миглена Христова
Русенски университет „Ангел Кънчев”

ENERGY SAVING POTENTIAL FOR INDUCTION MOTOR DRIVES EMPLOYED IN CONSTANT SPEED APPLICATIONS WITH VARIABLE LOADS

Miglena Hristova
„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: This study presents an experimental research with an induction motor and compares the results obtained with and without an energy saving controller. The experiments show that using a thyristor controlled voltage regulator to control supply voltage, when the load is low, decreases real and reactive power.

Keywords: Induction motor, Energy efficiency, Energy-saving controller.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Електрозадвижващите системи са най-големият потребител на електрическа енергия в промишлеността. На тях се пада 69% [3] от консумираната електрическа енергия в този сектор. Намаляването на консумацията на електрическата енергия и експлоатационните разходи в промишлеността зависи от ефективната работа на електрическите двигатели. Усилията за намаляване потреблението на електроенергия са насочени към трифазните асинхронни двигатели, като един от най-големите консуматори.

Определянето на енергийната ефективност на асинхронните двигатели (АД) в експлоатационни условия в промишлените предприятия е от съществено значение за вземане на решение дали е целесъобразно да се използват специални технически средства като регулатори на захранващото напрежение, честотни преобразуватели и други средства за повишаване енергийните показатели на електрозадвижванията.

В последно време системата тиристорен регулатор на напрежение – асинхронен двигател се използва за повишаване на енергийната ефективност на асинхронни електрозадвижвания, които работят с постоянна скорост, но с натоварване, което се изменя в широки граници, от празен ход до номинално. Такива са електрозадвижванията на екскаватори, елеватори, конвейери,

миксери, трошачки, екструдери, мелници и др.

Производителите на електронна апаратура пускат на пазара тиристорни регулатори на напрежение под различни наименования: енергоспестяващи контролери; контролери оптимизатори; интелигентни контролери за икономия на енергия и др. Те понижават захранващото напрежение с цел икономия на електрическа енергия при ниско натоварване на АД. Тиристорните регулатори на напрежение от този тип осигуряват плавно пускане и спиране, изключване на двигателя при работа на празен ход.

Асинхронните двигатели имат относително висок к.п.д, когато работят с натоварване близко до номиналното. Номиналният к.п.д. на АД, съгласно приетия Регламент (ЕО) № 640/2009 [1], варира в зависимост от номиналната мощност, броя на полюсите и енергийния клас и е в границите от 75,9% до 96%.

Коефициентът на полезно действие на АД намалява рязко при натоварване под 50% от номиналната мощност, поради липса на баланс между електрическите и постоянните загуби. Счита се, че двигателят не е натоварен ефективно, когато работи в тази област. Електродвигателите рядко работят натоварени с номиналната си мощност в реални експлоатационни условия. Изследванията [2] показват, че в промишления сектор и в сферата на услугите, сред-

ното натоварване на електрическите двигатели е около 60% от номиналното натоварване. Много двигатели работят с натоварване, значително по-ниско от номиналното вследствие на това, че при проектиране са били избрани с т.н. конструктивен запас, а също така заради изменение на натоварването по време на технологичните процеси. При номинален режим АД имат високи енергийни показатели к.п.д и фактор на мощността, но при ниско натоварване енергийните показатели се влошават. Затова е актуален въпросът с енергоикономичното им управление, което е свързано с избора на режим на работа съобразно натоварването на машината.

За разлика от к.п.д., който остава висок в широки граници на натоварването от 50 до 100% от номиналната мощност, то $\cos\varphi$ зависи силно от натоварването и при натоварване 50% значително се различава от този при номинално натоварване. Реактивната съставляща на тока е пропорционална на захранващото напрежение и не се изменя съществено с изменение на натоварването. С намаляване на натоварването, активната съставляща на тока намалява, затова факторът на мощността се понижава. При работа с нисък фактор на мощността, електрическите загуби в захранващата линия и захранващия трансформатор, при една и съща активна мощност, се увеличават.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Тиристорните регулатори на напрежение са предназначени за промяна на амплитудата на захранващото напрежение на АД, без да се променя честотата на напрежението. Енергоспестяващият контролер представлява тиристорен регулатор на напрежение (ТРН) (фиг. 1) с два тиристора, свързани насрещно-паралелно във всяка фаза. Така всеки един тиристор се отпушва при подаване на управляващ импулс през полупериода, за който анодът му е положителен и се запушва при преминаване на тока през нулата. Посредством изменение на ъгъла на отпушване от 0 до π се регулира ефективната стойност на захранващото напрежение на намотките на двигателя от номинална стойност до 0.

При този принцип на регулиране на напрежението за времето, когато тиристорите са запушени, ток през намотката на АД не протича и от мрежата не се консумира мощност. Роторът на двигателя в тези интервали от време се върти по инерция. Посредством непрекъснат контрол на натоварването и регулиране напрежението на клемите на двигателя се спестява част от реактивната мощност и намаляват загубите. Времето за реакция на контролера на изменението на товара е части от секундата, което позволява даже при динамично променящи се товари да се следи режима на максимален к.п.д.

За да се постигне спестяване на електрическа енергия непрекъснато се следи ъгъла на дефазирание между тока и напрежението. Когато ъгълът на дефазирание се увеличи, управляващата система контролира ъгъла на запалване така, че да се намали захранващото напрежение на АД.

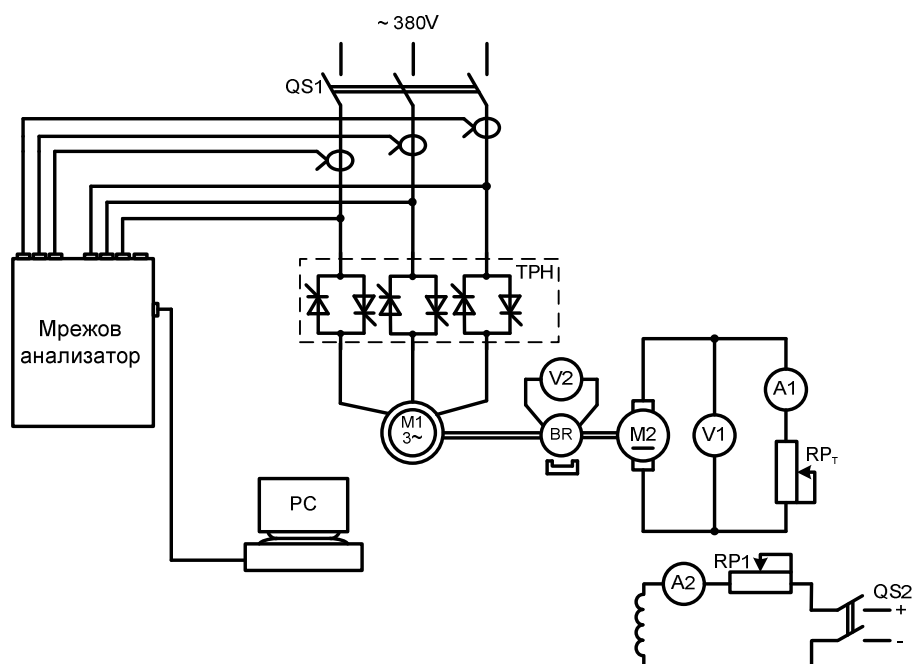
Проведени са експериментални изследвания при директно захранване на АД и при захранване на АД посредством енергоспестяващ контролер.

За провеждане на изследванията се използва трифазен асинхронен двигател с номинални данни: 2,2 kW; 220/380V; 8,6/5A; Δ/Y ; 1430min^{-1} , $\cos\varphi=0,82$. Асинхронният двигател се захранва посредством трифазен интелигентен контролер тип Dr. Power. В качеството на товар се използва постояннооток генератор с независимо възбуждане.

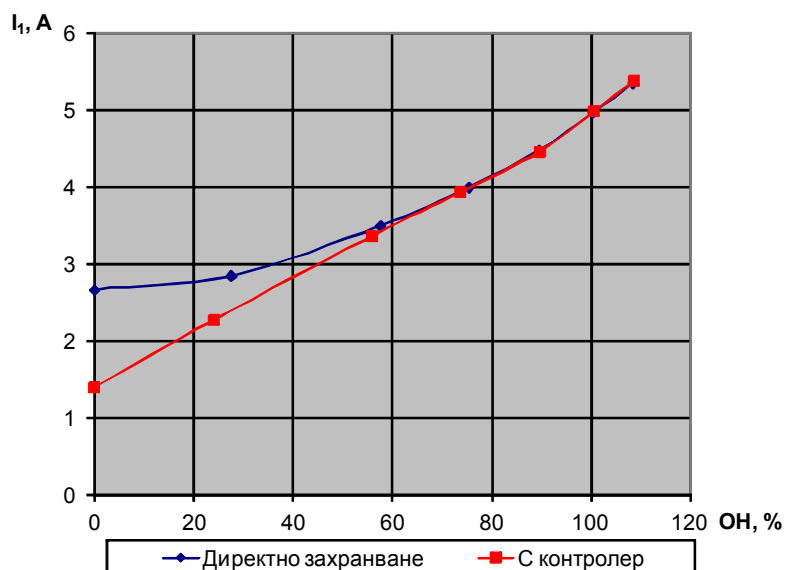
Измерванията на входа на контролера се извършват посредством трифазен анализатор на качеството на електрическата енергия **Qualistar C.A 8334**, с клас на точност по отношение на измерването на тока и напрежението $\pm 0,5\%$, на френската фирма Chauvin Arnoux.

На фиг. 1 е показана принципна схема на лабораторната уредба, използвана при провеждане на експериментите.

При намаляване натоварването на АД и постоянно захранващо напрежение, реактивната съставляща на тока се запазва. Намагнитващият ток за асинхронните двигатели е от 20% до 60% от номиналния ток при номинално напрежение.



Фиг. 1. Принципна схема на лабораторната уредба

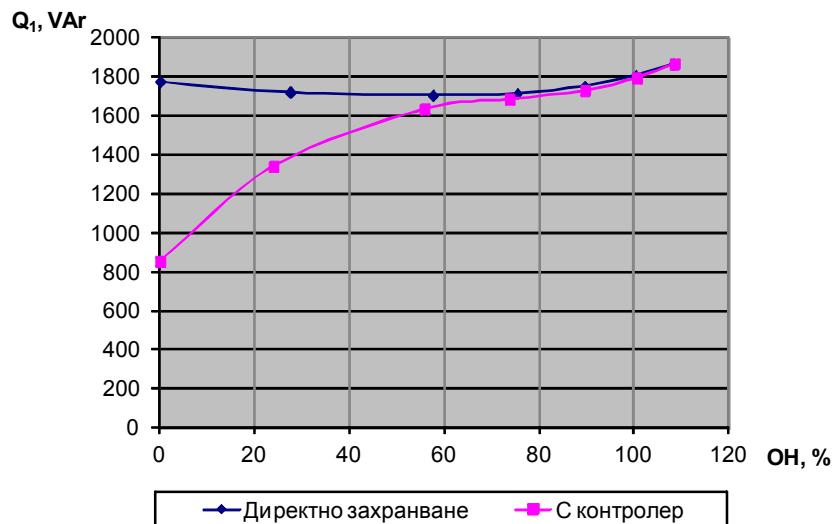


Фиг. 2 Зависимост на консумирания ток от относителното натоварване

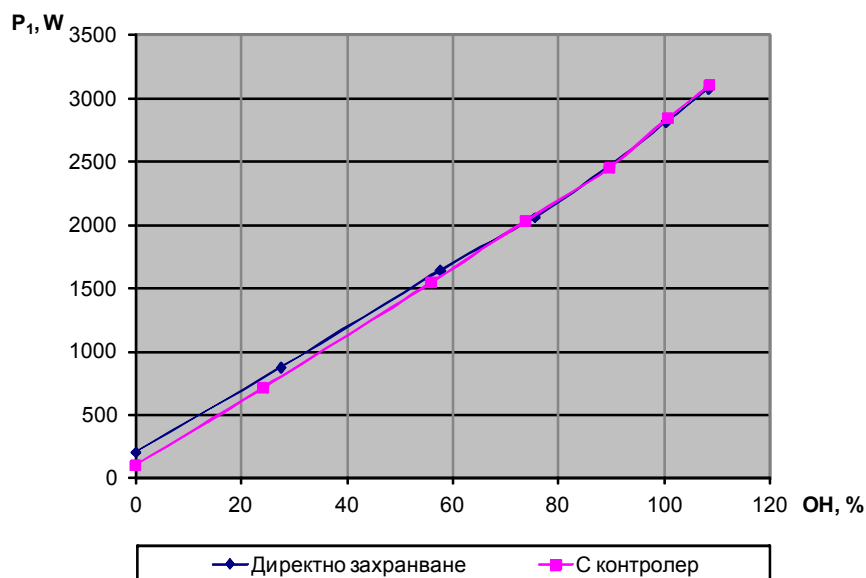
От графиките на фиг. 2 се вижда, че при натоварване под 50%, консумираният ток намалява значително при използване на енергоспестяващ контролер. Намаляването е за сметка на намаляване реактивната съставляща на тока, която зависи от захранващото напрежение.

На фиг. 3 са показани зависимостите на консумираната реактивна мощност при директно захранване на АД и при използване на енергоспестяващ контролер при

различно натоварване. От графиките на фиг. 3 се вижда, че намаляването на захранващото напрежение, при натоварване по-малко от 70% от номиналното позволява да се намали реактивната мощност, консумирана от АД. Намаляването на реактивната мощност е значително при натоварване под 50% от номиналното, като при режими близки до празен ход намаляването достига 50%.



Фиг. 3. Зависимост на консумираната реактивна мощност от относителното натоварване



Фиг. 4 Зависимост на консумираната активна мощност от относителното натоварване

Загубите в АД се определят основно от загубите в стоманата и електрическите загуби. Загубите в стоманата са постоянни при постоянно напрежение и не зависят от натоварването, докато електрическите загуби I^2R зависят от натоварването. Загубите в стоманата зависят от напрежението и се намаляват при понижаване на захранващото напрежение. Регулируемостта на напрежението е несинусоидално и висшите хармоници създават допълнителни загуби в асинхронния двигател.

При натоварване под 70% от номиналното (фиг. 4) се намалява консумираната активна мощност при използване на

енергоспестяващ контролер. Понижаването на захранващото напрежение води до намаляване на загубите в стоманата, а по-малкият консумиран ток (фиг. 2) - до понижаване на електрическите загуби. При натоварване над 70%, вследствие наличието на допълнителни загуби в тиристорния регулатор, консумираната мощност леко се увеличава. Затова в съвременните системи регулатор на напрежение – АД при натоварване над 70%, регулаторът на напрежение се шунтира от контактите на допълнителен контактор и АД се захранва директно от мрежата.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получените резултати от експерименталните изследвания показват, че при натоварване на асинхронния двигател под 70% от номиналното се постига намаляване на консумираната реактивна и активна мощност при използване на енергоспестяващ контролер.

2. При празен ход независимо от това, че консумираната реактивна мощност намалява, факторът на мощността запазва ниските си стойности, тъй като и консумираната активна мощност намалява в същата степен при захранване посредством енергоспестяващ контролер.

3. Използването на тиристорни регулатори на напрежение е целесъобразно в нерегулируемите асинхронни задвижвания, работещи с ниско натоварване (под 50%) продължително време. Икономията на електрическа енергия е толкова по-голяма,

колкото задвижването е натоварено с момент, по-малък по отношение на номиналния, и работи по-дълго време с ниско натоварване.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Регламент (ЕО) №640/2009 на Комисията от 22 юли за прилагане на Директива 2005/32/ЕО на Европейския парламент и на Съвета по отношение на изискванията за екопроектиране на електродвигатели, Официален вестник на Европейския съюз, 23.07.2009, стр. 26-34.
- [2] Almeida A. T., J. T. Fernando, E. Ferreira, J. Fong, P. Fonseca, EUP Lot 11 Motors Final Report, February 2008, p. 137.
- [3] Waide P., C. U. Brunner, Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems, International Energy Agency, OECD/IEA, 2011, p. 132.

Адрес за контакти

Гл. ас. д-р инж. Миглена Христова
Катедра Електроснабдяване и електрообзавеждане
Русенски университет "Ангел Кънчев"
Тел.: 888 659
E-mail: mcankova@uni-ruse.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОРОЗИОННАТА УСТОЙЧИВОСТ НА СТОМАНА В СЯРНО КИСЕЛА СРЕДА С ДОБАВКА НА ОРГАНИЧНО ВЕЩЕСТВО

Теменужка Хараланова

Русенски университет „Ангел Кънчев”, Филиал – Разград

STUDY OF THE CORROSIONAL RESISTANCE OF STEEL IN SULPHURIC ACID SOLUTION WITH AN INCLUDED ORGANIC SUBSTANCE

Temenuzhka Haralanova

„Angel Kanchev” University of Ruse, Branch – Razgrad

Abstract: The corrosional resistance of steel has been studied using a mass indicator. The indicator has been defined by a weight method. The inhibiting effect of a group of substances (*maleimid*, *N*–(*phenylmaleimid*), *N*–*p*–(*tolyl*) *maleimid*, *naphthylimid*, *N*–*1*–*naphthylimid* of *phenyl-formic acid*, *N*–*1*–*naphthylimid* of *phenylacetic acid*, *N*–*1*–*naphthyl-1*, *8-naphthilenimid*) on the corrosion of steel has been determined.

It has been ascertained that the added organic substance in the corrosional solution leads to reduction of the speed of corrosion of steel³. The substances *maleimid*, *N*–(*phenyl*)*maleimid* and *naphthylimid* have shown a relatively big inhibiting effect.

Keywords: Corrosion, steel 3, inhibitor, speed of corrosion.

ВЪВЕДЕНИЕ

От статистически данни се знае, че около една трета от металите, които са в експлоатация, ежегодно излизат от употреба вследствие на корозионно разрушение. Вредните последствия от корозията могат да се намалят значително чрез прилагане на подходящ метод за антикорозионна защита. Изследването на корозионната устойчивост с помощта на масов показател е широко разпространен и надежден метод, тъй като определя пряко масата на разрушения от корозията метал.

На базата на всестранно и задълбочено изучаване природата на корозионните явления са разработени и се разработват ефективни методи за защита от корозия [3]. От литературата [1-6] е известно, че един от тези методи – инхибиторната защита от корозия, придобива все по-голямо значение поради своята икономичност, ефективност и универсалност. Защитата на металите от корозия чрез използване на инхибитори е основана на свойствата на някои химични съединения при въвеждането им в минимални количества в корозионната среда, да намаляват многократно скоростта на корозионния процес. Най-големи потребители на инхибитори са тези отрасли на промишлеността, в технологичните проце-

си на които се използват киселини. Инхибиторите за кисели среди намират приложение при киселинно байцване на метали, киселинни промивки за снемане накипи от котли, за защита на химическа апаратура, намираща се в контакт с кисели технологични среди.

Целта на настоящата работа е изследване на корозионната устойчивост на стомана в агресивна сяронокисела среда с добавка на органично вещество, а също така и оценка на инхибиторната ефективност на добавката.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Експериментална част

Лабораторните изпитания са проведени със специално изготвени образци от стомана³. Предварителната им подготовка се състои в механично полиране, химично полиране и промиване с дестилирана вода. Като корозионна среда при провеждане на изследванията е използван 0,1М разтвор на сярна киселина (приготвен от H₂SO₄ марка “MERCK”). Изследваните вещества са синтезирани лабораторно и чистотата им е контролирана с IR спектроскопия. За увеличаване разтворимостта на веществата, те са въвеждани в работния разтвор под формата на етанолни разтвори, като концент-

рацията на етанола за всички разтвори е еднаква (2об.%). Концентрацията на изследваните вещества варира от 0.1 до 5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

Експериментите са проведени във воден термостат, снабден с електрически нагревател, контактен термометър и поставки с бехерови чаши (с обем 250 ml) с корозионен разтвор. Задаваната температура е поддържана с точност $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

За определянето корозионния показател и инхибиторната ефективност на изследваните вещества е използван гравиметричен метод[2] – състои се в сравняване загубата на маса от метални образци, подложени на въздействието на корозионната среда с добавка на вещество (инхибитор) и без такава добавка. Методът дава информация за скоростта на корозия с достатъчна точност, но не и за механизма на разтваряне на метала. Скоростта на корозия (k) се определя от промяната масата на метала, отнесена към единица повърхност и за единица време по следната формула:

$$k = \frac{m_0 - m}{S \cdot t}, \quad (\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})), \quad (1)$$

където m_0 е теглото на металния образец

преди експеримента, g;

m - теглото на металния образец

след експеримента, g;

S, m^2 - повърхността на образца;

t, h - времето за корозионно изпитание.

Данните за скоростта на корозия, получени по тегловния метод, дават възможност да бъде определено дали изследваното вещество проявява инхибиторни свойства и каква е ефективността на инхибиторното му действие. За определянето на дадено вещество като инхибитор или не е изчислена скоростта на корозия на метален образец в присъствие и отсъствие на веществото в една и съща среда и при едни и същи условия. Като критерии за ефективността на изследваните вещества са използвани величините:

- **степен на защита (Z):**

$$Z = \frac{k_0 - k}{k_0} 100, \%, \quad (2)$$

k_0 - скоростта на корозия на метала в корозионната среда без добавка на органично вещество;

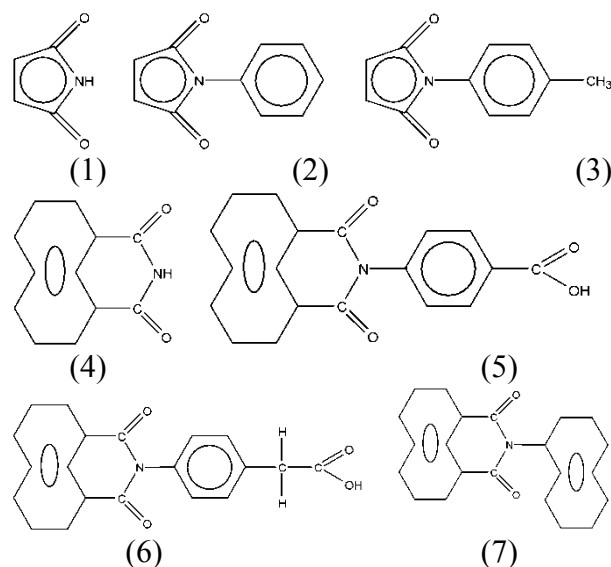
k - скоростта на корозия на метала в корозионната среда с добавка на органично вещество;

- **коэффициент на инхибиторно действие (Y):**

$$Y = \frac{k_0}{k} \quad (3)$$

Резултати и обсъждане

В настоящата работа са представени резултатите от изследванията на инхибиторните свойства на веществата: *малеинимид*, *N-(фенилмалеинимид)*, *N-p-(толил)малеинимид*, *нафтилимид*, *N-1-нафтилимид* на *фенилмравчената киселина*, *N-1-нафтилимид* на *фенилоцетната киселина*, *N-1-нафтил-1,8-нафтиленимид*. Тези съединения са синтезирани и предоставени за анализ от доц. д-р Н.Стоянов (кафедра Химия и химични технологии – РУ „А. Кънчев“, Филиал - Разград). Структурните формули на молекулите на посочените съединения са представени на фиг.1.



Фиг.1. Структурни формули на молекулите на:

- (1) – *малеинимид*
- (2) – *N-(фенил)малеинимид*
- (3) – *N-p-(толил)малеинимид*
- (4) – *нафтилимид*
- (5) – *N-1-нафтилимид* на *фенилмравчената киселина*
- (6) – *N-1-нафтилимид* на *фенилоцетната киселина*
- (7) – *N-1-нафтил-1,8-нафтиленимид*

От фигурата се вижда, че веществата са органични с различни функционални групи. Съединения (1), (2) и (3) съдържат един и същ хетероциклически ненаситен пръстен, като вещества (2) и (3) са различно заместени производни на малеимид (вещество 1), а съединения (4), (5), (6) и (7) са нафтилимиди (различно заместени производни на нафтилимида).

Експериментално получените резултати за скоростта на корозия (k), степента на защита (Z) и коефициента на инхибиторно действие (Y) при максималната концентрация на изследваните вещества за 25°C са представени в табл.1.

От данните, представени в таблица.1, могат да се направят следните изводи:

Таблица. 1

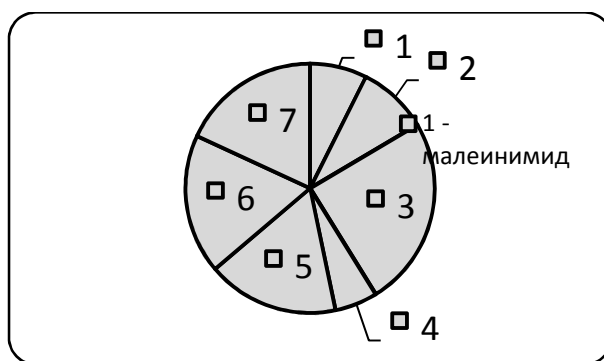
Стойности на скоростта на корозия (k), степента на защита (Z) и коефициента на инхибиторно действие (Y) при максималната концентрация на изследваните вещества.

Съединение	k , $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$	Z , %	Y
малеинимид	0.5839	84.00	6.25
N-(фенил)малеинимид	0.7178	80.32	5.08
N-p-(толил)малеинимид	1.9472	46.63	1.87
нафтилимид	0.4378	88.00	8.33
N-1-нафтилимид на фенилмравчената киселина	1.3481	63.05	2.71
N-1-нафтилимид на фенилоцетната киселина	1.4283	60.85	2.55
N-1-нафтил-1,8-нафтиленимид	1.7789	51.24	2.05

- Стойностите на корозионните параметри за малеинимид и N-(фенил)малеинимид са съизмерими и сравнително високи;
- Веществото нафтилимид проявява най-добри защитни свойства ($Z=88\%$, $Y=8.33$);
- Най-малки са стойностите на корозионните параметри за веществото N-p-(толил)малеинимид;

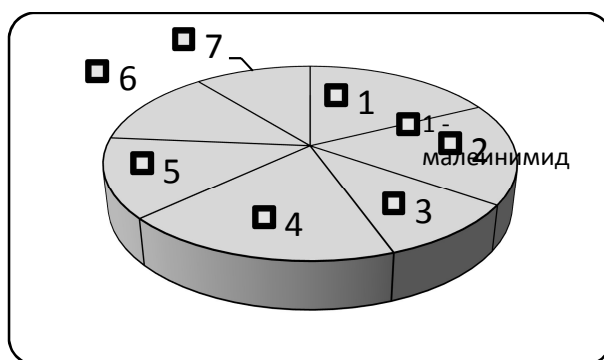
- Веществата N-1-нафтилмалеинимид на фенилмравчената киселина и N-1-нафтилмалеинимид на фенилоцетната киселина проявяват умерени защитни свойства.

Фигури 2, 3 и 4 са графична илюстрация на съответните от таблица 1 стойности за k , Z и Y при максимална концентрация на органичната добавка за 25°C.

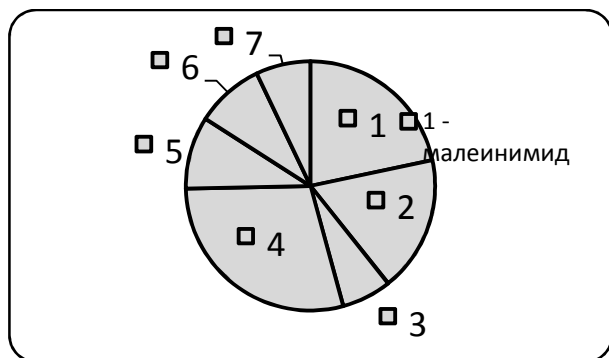


Фиг. 2. Графична илюстрация на големината на скоростта на корозия (k) при максималната концентрация на изследваните вещества за 250C

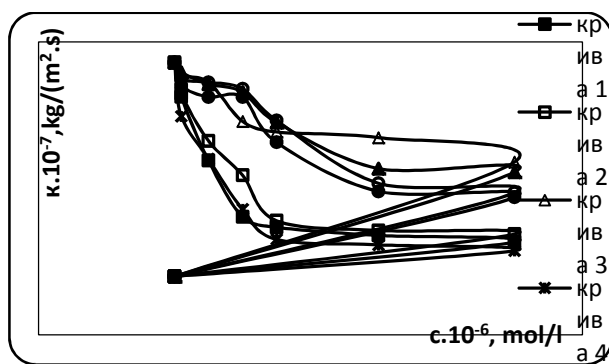
Въз основа получените резултати са построени и графични зависимости на скоростта на корозия, степента на защита и коефициента на инхибиторно действие от концентрацията на органичната добавка за $T=25^\circ\text{C}$ (фиг.5, фиг.6 и фиг.7).



Фиг. 3. Графична илюстрация на големината на степента на защита (Z) при максималната концентрация на изследваните вещества за 250C.

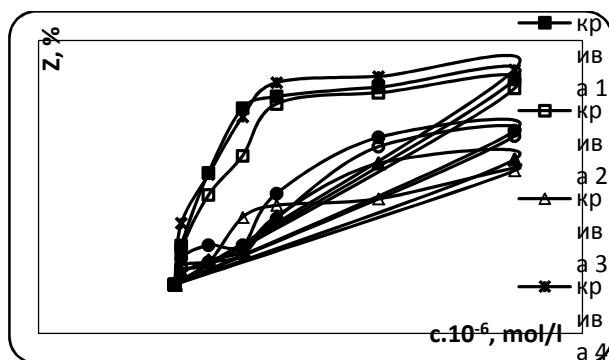


Фиг. 4. Графична илюстрация на големината на коефициента на инхибиторно действие (Y) при максималната концентрация на изследваните вещества за 250C.

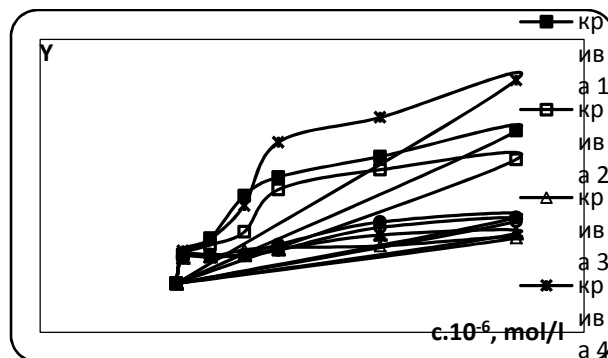


Фиг. 5. Зависимост на скоростта на корозия (K) от концентрациите на органичните вещества (ci) в 0.1M H_2SO_4 при 250C

От фигурите се вижда, че с повишаване концентрацията на органичното вещество скоростта на корозия на изследваната стомана намалява, респективно нараства степента на защита и коефициентът на инхибиторно действие Y .



Фиг. 6. Зависимост на степента на защита (Z) от концентрацията на веществата (ci) в 0.1M H_2SO_4 при 250C



Фиг. 7. Зависимост на коефициента на инхибиторно действие (Y) от концентрацията на веществата (ci) в 0.1M H_2SO_4 при 250C

Действието на повечето органични инхибитори се свързва с адсорбцията им на повърхността на метала, при което се затруднява както отелетризирането на водородните йони (катодният процес), така и йонизацията на метала (анодният процес). Интерпретация на построените криви и на инхибиторната ефективност, получени за изследваните вещества, може да се направи с помощта на геометричната молекулна структура на съединенията, характера и разположението на функционалните групи в молекулите им. Установената най-малка инхибиторна ефективност за веществото N-р-(толил) малеимид се обяснява с наличието на два пръстена, разположени в различни равнини. Това затруднява подреждането на молекулите при адсорбция върху повърхността на метала.

Получената най-висока степен на защита за веществото нафтилимид би могла да се обясни със сравнително голямата площ на нафтилимидовия остатък и помалката площ на фенилмравчената киселина в сравнение с площта на фенилоцетната киселина и на 1,8-нафталеновия остатък. Съизмеримата инхибиторна ефективност на малеинимид и N-(фенил)малеимид, както и за N-1-нафтилмалеимид на фенилмравчената киселина и за N-1-нафтилмалеимид на фенилоцетната киселина вероятно се дължи на съизмеримостта на запълнената малка част от повърхността на метала с молекули на изследваните вещества, както и на силите на междумолекулно привличане и отблъскване върху металната повърхност.

ИЗВОДИ

От проведените гравиметрични изследвания на инхибиторната ефективност на изследваната група органични вещества при корозията на стомана в сяроокисела среда могат да се направят следните изводи:

1. Добавянето на определена концентрация от разгледаните съединения в корозионната среда води до намаляване скоростта на корозия на стомана 3.

2. Изследваните нафтилимид, малеинимид и N-(фенил)малеимид показват сравнително голяма инхибиторна ефективност.

3. Инхибиторната ефективност на веществата зависи от вида на функционалните групи и от геометричната структура на молекулите на изследваните органични съединения.

Литература

- [1] Григорьев, В.П.; В. Экилик, Химическая структура и защитное действие ингибиторов коррозии, 1986, Москва, Высшая школа.
- [2] Лазарова, Е., Р. Райчев, В. Запрянова, Г. Нейков, 2002, Сборник доклади, Осма международна конференция по корозия, Турция.
- [3] Райчев, Р., 1990. Химично съпротивление на материалите и защита от корозия, София, 7-10.
- [4] Райчев, Р., Л. Фачиков, В. Запрянова, 2002, Корозия и защита на материалите, София.
- [5] Rauscher A., G. Kutsan, Z. Lukacs, T. Horvath, E. Kalman, A.C.H. Models in Chemistry, 132 (1995) 589.
- [6] Horath, T., E. Kalman, G. Kutsan, A. Rauscher, 1994, British Corrosion Journal, 29.

Адрес за контакти:

доц д-р Теменужка Николова Хараланова
Катедра Химия и химични технологии
РУ "А. Кънчев", Филиал – Разград
бул. "Априлско въстание" 47
7200 Разград
България
E-mail: haralanova97@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА НАЛЯГАНЕТО НА ВПРЪСКВАНЕ ВЪРХУ НЯКОИ ОТ ПАРАМЕТРИТЕ НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ

Симеон Илиев

Русенски университет „Ангел Кънчев”

STUDY OF THE INFLUENCE OF INJECTION PRESSURE ON SOME PARAMETERS OF DIESEL ENGINE

Simeon Iliev

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: In Diesel engines quality of combustion is depending on the formation fuel-air mixture. A high-quality of formation for combustion is achieved by mixing of pulverized fuel drops and the air inside the cylinder. The diesel engine selected in this study such as fuel direct injection is generated from the unit pump system. Effect of fuel injection pressure on engine performance is investigated and analyzed in the study. Theoretical investigations are performed on a four cylinder two-stroke, direct injection diesel engine. The experiment results shown, that the increasing injection pressures have been given increased of engine power and fuel consumption of the diesel engine.

Keywords: Diesel engine, Fuel spray, Injection pressure, Fuel atomization, Ice.

ВЪВЕДЕНИЕ

Показателите на дизеловия двигател и изхвърляните емисии до голяма степен зависят от качеството на разпръскването на горивото. Един от най-важните фактори, оказващ влияние върху качеството на разпръскване, е налягането на впръскване. При дизеловите двигатели с директно впръскване скоростта на движение на въздушния поток в горивната камера е сравнително пониска от тази при двигателите с индиректно впръскване. Това налага горивото да се впръсква с високо налягане с цел подобряване на смесообразуването.

Решаващ фактор за постигане на идеалната характеристика на въртящия момент с ниски нива на изхвърляните емисии е относително високото налягане на впръскване, адаптирано към горивния процес при ниски честоти на въртене и пълно натоварване на двигателя. Тъй като плътността на въздуха в цилиндъра е сравнително ниска при ниски честоти на въртене, налягането на впръскване трябва да се ограничава с цел избягване отлагането на гориво по стените на цилиндъра.

Установено е, че при честоти на въртене над 2000 min^{-1} се получава максимално зареждане на цилиндъра с въздух и налягането на впръскване може да достигне максимални стойности [1]. Следствие високото

налягане на впръскване се подобрява качеството на разпръскване и оттам и времето за изпаряване на горивото [2, 3, 4]. При високи честоти на въртене високото налягане на впръскване скъсява продължителността на впръскване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Тук са представени резултати от теоретичното изследване влиянието на налягането на впръскване върху някои от показателите на дизелов двигател. За провеждане на изследванията е създаден модел на дизелов двигател с директно впръскване с помощта на програмата AVL Fire. Двигателят е оборудван с горивна система помпа дюза. Моделът на двигателя е създаден, като са използвани отделни блокове, зад всеки от които е заложен определен математичен модел дефиниран със съответни геометрични параметри [5]. Пълнителната и изпускателната система са моделирани чрез тръбопроводи и съответни свързващи елементи. Движението на работното вещество в тръбопроводите се описва с помощта на неустановен едномерен математичен модел. За отчитане на газообменните процеси са зададени геометричните параметри, законите за движение и коефициентите на дебита на пълнителните и изпускателните

клапани. Характеристиките на моделирания дизелов двигател са представени в табл. 1.

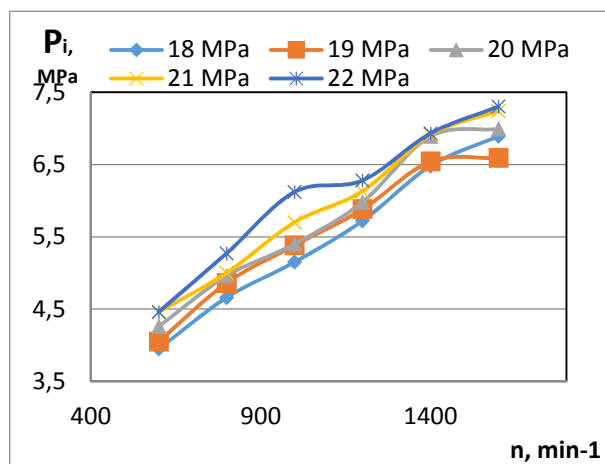
С така описания модел на дизелов двигател и с помощта на програмата AVL Fire са проведени теоретични изследвания относно влиянието налягането на впръскване върху специфичния разход на гориво, средното индикаторно налягане и средното ефективно налягане.

Изследванията са проведени при различни честоти на въртене от 400 min^{-1} до 1800 min^{-1} и налягания на впръскване от 18 MPa до 22 MPa.

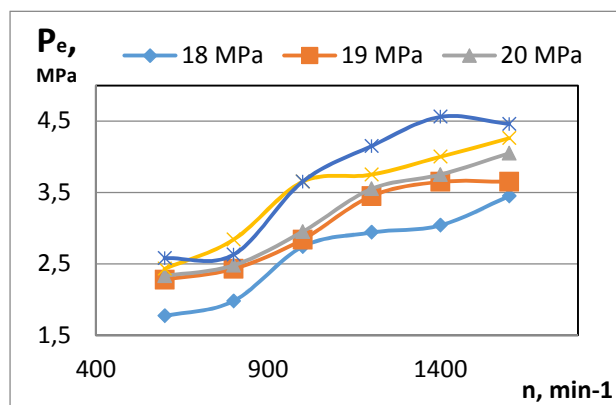
Таблица 1

Характеристики на двигателя

Брой цилиндри [i]	4
Диаметър на цилиндъра [D] (mm)	108
Ход на буталото [H] (mm)	127
Налягане на впръскване (MPa)	20
Честота на въртене [n] (min^{-1})	1800
Ефективна мощност [Ne] (KW)	112



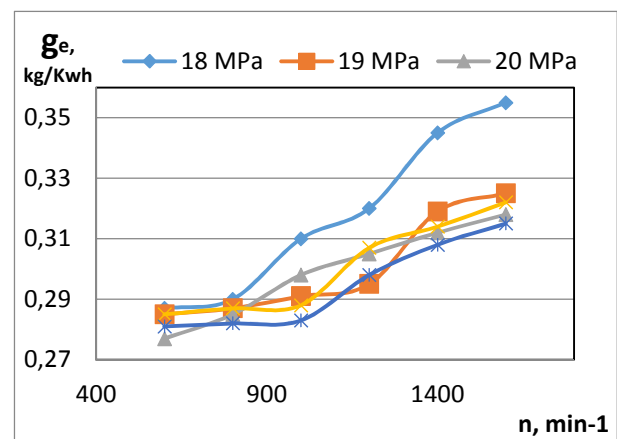
Фиг. 1. Влияние на налягането на впръскване върху средното индикаторно налягане



Фиг. 2 Влияние на налягането на впръскване върху средното ефективно налягане

На базата на направените изследвания е установено, че най-високи стойности средното индикаторно и ефективно налягане се получават при налягане на впръскване 22 MPa (фиг.1 и фиг.2). Увеличаването налягането на впръскване води до увеличаване на мощностните показатели поради подобряване на смесобразуването в цилиндъра на двигателя (намалява количеството на неизгорялото гориво).

На фиг. 3 е показано влиянието на налягането на впръскване върху специфичния разход на гориво. Установено е, че увеличаването честотата на въртене води до увеличаване специфичния разход на гориво. Максимален специфичен разход на гориво се получава при налягане на впръскване 18 MPa, а минимален - при налягане на впръскване 22 MPa. Единствено при честоти на въртене от 600 min^{-1} и 1200 min^{-1} минималният специфичния разход на гориво се получава при различни налягания на впръскване.



Фиг. 3 Влияние на налягането на впръскване върху специфичния разход на гориво

Важно е да се отбележи, че високите налягания на впръскване изискват повече енергия за задвижване на горивната система и за осигуряване на необходимите налягания на впръскване в зависимост от режимите на работа на двигателя. Така, че всичко това ще доведе до допълнително увеличаване разхода на гориво.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведения анализ е установено, че с увеличаване налягането на впръскване се увеличават средното индикаторно налягане и средното ефективно налягане поради подобряване на смесобразуването в ци-

линдъра на двигателя. Подобреното смесо-образуване при високите налягания на впръскване също води и до намаляване специфичния разход на гориво.

Трябва да се има предвид, че високите налягания на впръскване изискват повече енергия за задвижване на горивната система.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Robert Bosch GmbH. Diesel-Engine Management, 4th Edition edition, Wiley-Blackwell; 2006.
- [2] Giménez,B., Tinaut,F., Melgar,A., Payri,R., “Effects of the Operating Variables and Atomization Parameters

on Diesel Spray Characteristics by Means of a Transient Evaporative Spray Atomization Model”, SAE Paper 2004-01-2013, 2004.

- [3] Blessing M, Konig G, Kruger C, Michels U, Schwarz V. Analysis of flow and cavitation phenomena in diesel injection nozzles and its effects on spray and mixture formation. SAE Paper No. 2003-01-1358; 2003.
- [4] Mulemane A, Han JS, Lu PH, Yoon SJ, Lai MC. Modeling dynamic behavior of diesel fuel injection systems. SAE Paper No. 2004-01-0536; 2004.
- [5] AVL help system.

Адрес за контакти:

гл. ас. д-р инж. Симеон Илиев
катедра Двигатели и транспортна техника
Русенски университет “Ангел Кънчев”
Тел.: 082 888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

PhD Simeon Iliev
Engines & Transport Equipment Department
University of Ruse
Phone: +359 82 888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

МЕТОДИКА ЗА ДИАГНОСТИРАНЕ ДИЗЕЛОВИ ДВИГАТЕЛИ ЧРЕЗ АНАЛИЗ НА ДИСПЕРСИЯТА НА СИГНАЛИТЕ, ПОЛУЧЕНИ ОТ МОМЕНТНАТА ЪГЛОВА СКОРОСТ

Орлин Стоянов

Русенски университет „Ангел Кънчев“

FAULT IDENTIFICATION IN DIESEL ENGINES BY ANALYZING VARIANCE OF THE CRANKSHAFT INSTANTANEOUS ANGULAR SPEED

Orlin Stoyanov

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: This article demonstrate the possibility of diesel engine fault diagnostics based on variance analysis. It has been experimentally proven that misfired cylinder can be successfully identified using this method.

Keywords: Diesel engines, Variance, Misfired cylinder, Instantaneous angular speed.

ВЪВЕДЕНИЕ

Интензивното развитие на електрониката и на методите за обработка на информацията създават условия в съвременните двигатели да се използват микропроцесорни устройства, които на базата на получената информация да оптимизират управлението на работните процеси и да контролират и диагностират техническото им състояние.

Много от моделите двигатели, използвани в тракторите и в пътно-строителните машини, нямат електронни системи за управление на процесите [2]. При тях не може да се прилагат съвременни методи за диагностика, използващи възможностите на вградените електронни системи, което води до по-големи разходи за техническото им поддържане.

Следователно, нерешен проблем за тази група двигатели е намирането на подходящ метод и създаването на система, чрез която да може да се диагностира работата на отделните цилиндри без да се налагат значителни промени в конструкцията им.

ИЗЛОЖЕНИЕ

По своята физическа същност дизеловите двигатели са обект с циклично действие и ъгловата скорост на колянвия вал съдържа три съставни: постоянна (средна стойност на ъгловата скорост), променлива (отклонението на моментната стойност от

средна, което може да се охарактеризира с дисперсията), и импулсна съставляща, имаща място при резки изменения на натоварването. Доколкото ъгловата скорост е подложена на влиянието на множество случайни фактори (подаването на горивото, въздухоснабдяването, изменението на натоварването и т.н.) тя може да се разглежда като случаен процес.

Независимо от това, че функцията на изменението на ъгловата скорост на колянвия вал има периодичен характер от цикъл до цикъл (при постоянен режим на работа), опитите доказват, че има разлики в моментната ъглова скорост в отделните цилиндри. Причините могат да бъдат случайните грешки в канала на измерване, а също така и изменението процеса на горене в цилиндрите на двигателя през отделните цикли. Тази нестабилност е прието да се нарича „флуктуация на процеса на горене“ [1]. При това силното изменение на характера на горенето в кой да е цилиндър от цикъл в цикъл може да е признак за неизправност в горивната система, във въздухоснабдителната система или преждевременно възпламеняване.

За оценяване на степента на изменчивост на процеса горене в цилиндъра е използвана функцията на дисперсията [3][4] от определен брой последователно взети извадки от моментната ъглова скорост. За

изчисляване на дисперсията е използвана формулата:

$$\sigma = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (\omega_i^j - \bar{\omega}_i)^2, \quad (1)$$

където i – е номерът на текущата обработена точка от извадката;

k – броят обработени цикли;

j – поредният номер на цикъла;

$$\bar{\omega}_i = \frac{\sum_{k=1}^j \omega_i^j}{k} \quad (2)$$

$\bar{\omega}_i$ – средната стойност на моментната ъглова скорост за i -та точка от k цикли.

За това изследване е използвана извадка от десет последователни цикли на изследвания двигател ($k = 10$). Изчислена е $\bar{\omega}$ и дисперсията σ .

Данните са обработени по формула (1) като броят на получените стойности на дисперсиите е равен на броя на дискретните стойности на моментната ъглова скорост. На **Error! Reference source not found.**фиг. 1 е дадена кривата на моментната ъглова скорост на колянния вал за десет

последователни цикли при изправен двигател. Усреднените извадки на изменението на моментната ъглова скорост и функцията на дисперсията за десет последователно измерени цикли на работа на двигателя в изправно състояние и работа с изключен един цилиндър са дадени на фиг. 2 и фиг. 3.

От сравнението на получените графики на функцията на дисперсията при изправен и с неработещ един цилиндър двигател може да се направи изводът, че:

- стойностите на функцията на дисперсията на няколко последователни цикли на неизправен двигател (неработещ един цилиндър) е по-голяма спрямо функцията на дисперсията при изправен двигател.

- при неработещ един цилиндър функцията на дисперсията за ъгъла на завъртане на колянния вал, когато е работният такт на този цилиндър, стойността на функцията на дисперсията е много по-малка в сравнение с тези на работещите цилиндри (фиг. 3).



Фиг. 1 Крива на моментната ъглова скорост на колянния вал за десет последователни цикли при изправен двигател



Фиг. 2 Усреднени стойности на моментната ъглова скорост и дисперсията от десет последователни цикли при изправен двигател



Фиг. 3 Усреднени стойности на моментната ъглова скорост и дисперсията от десет последователни цикли при неизправен двигател (неработещ един цилиндър)

Причината за това е, че при неработещ цилиндър през времето на работния такт няма процес на горене, което води до по-голяма повтораемост между отделните цикли, а следователно и до по-малка дисперсия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изследванията показват, че видът на функцията на дисперсията е специфичен за всеки режим на работа на двигателя. Следователно, за окончателното решение за степента на неизправност на двигателя е необходимо наличието на база данни от експериментални изследвания, извършени при различни режими на работа на двигателя, и висока квалификация на персонала.

2. Методът позволява да се определи дали има неработещ цилиндър в двигателя

и, ако има такъв, да се посочи кой е този цилиндър.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексеев В. П. и др., Двигатели внутреннего сгорания: устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей М.: Машиностроение, 1990, 288 с.
- [2] Грехов Л. В., Н. А. Иващенко, В. А. Марков, Топливная аппаратура и системы управления дизелей, Легион – Автодата, Москва, 2004.
- [3] Кренделл, С. Случайные колебания, М.: Мир, 1967, 346 с.
- [4] Broch J. T., Mechanical vibration and shock measurement, Bruel & Kjaer, Denmark, April 1984.

Адрес за контакти:

Маг. инж. Орлин Стоянов

Катедра Компютърни системи и технологии

Русенски университет "Ангел Кънчев"

Тел.: 082-888 672

E-mail: ostoyanov@uni-ruse.bg

МЕТОДИКА ЗА ДИАГНОСТИКА НА ДИЗЕЛОВИ ДВИГАТЕЛИ ЧРЕЗ АНАЛИЗИРАНЕ МОМЕНТНАТА ЪГЛОВА СКОРОСТ

Орлин Стоянов

Русенски университет „Ангел Кънчев”

FAULT DETECTION IN A DIESEL ENGINE BY ANALYZING THE INSTANTANEOUS ANGULAR SPEED

Orlin Stoyanov

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: In this paper, characteristic parameters of the crankshaft instantaneous angular speed for detecting the faults relating to the gas pressure in the cylinder are obtained successfully. The instantaneous angular speed waveforms both in the cylinder power lost condition and in the normal condition are measured under idle engine speeds.

Keywords: Fault detection, Crankshaft angular speed, Fuel supply, Diesel engine.

ВЪВЕДЕНИЕ

Известно е, че разходите за поддържане работоспособността на дизеловите двигатели през целия период на експлоатацията им превишава няколко пъти тяхната цена, а времето, което се губи за откриване на неизправностите, е 50-80% от цялото време за извършване на ремонти [1]. От това следва, че използването на съвременни методи и средства за диагностиране в процеса на техническото поддържане на енергетичните машини ще повиши значително ефективността на тяхната експлоатация.

Налягането на газовете в цилиндрите на дизеловите двигатели съдържа значителна информация, която отразява техническото състояние и ефективността на горивния процес. Директното измерване на налягането на газовете в цилиндрите по време на работния процес е непрактично, тъй като инсталирането на преобразуватели за налягане вътре в цилиндъра обикновено е трудно и икономически неизгодно за масово използване. За разлика от налягането, измерването на моментната ъглова скорост на дизеловия двигател е надежден метод, който практически и икономически е подходящ за използване. Моментната ъгловата скорост е тясно свързана с налягането на газовете в цилиндъра, мощността и въртящия момент на колянвия вал. По този начин, диагностирането на неизправности, свързани с горивния процес, както и други неизправности, които се влияят от наляга-

нето на газовете чрез анализиране на моментната ъглова скорост на колянвия вал на двигателя, е един перспективен метод.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Все още няма единно мнение, сред специалистите кои параметри на закона за движение на колянвия вал са най-подходящи за диагностиране неизправности в дизеловите двигатели.

Целта на настоящото изследване е да се определят параметрите на закона за движение на колянвия вал, които могат да се използват за диагностиране на дизеловите двигатели чрез измерване на моментната ъглова скорост.

За да се определи параметърът на моментната ъглова скорост, който най-силно се влияе от изменението горивния процес в цилиндрите на двигателя, са направени експерименти с различна степен на намаление на горивоподаването към един от цилиндрите.

За да се избегне влиянието на изменението на средната стойност на ъгловата скорост върху получените дискретни стойности на моментната ъгловата скорост, предварително е извършено нормализиране на опитните данни по формула:

$$\omega_i = \frac{\omega_{izm}^i - \bar{\omega}}{\omega_{izm}^i}, \quad (1)$$

където ω_{izm}^i е измерената моментна ъглова скорост за i -тия зъб;

$\bar{\omega}$ – средната стойност на ъгловата скорост за един цикъл;

ω_i – нормализираната моментна ъглова скорост за i -тия зъб.

За да се намали влиянието на случайните фактори върху нестационарността (неповторяемостта) на протичащите процеси в работата на отделните цилиндри, е извършено изглаждане на получените криви на моментната ъглова скорост. Изследванията на различни автори показват, че най-подходящо за характеристиката на момент-

ната ъглова скорост е изглаждането по метода на пълзящо усредняване [3, 5] или филтрирането с нискочестотен филтър [2, 4].

За да може визуално да се установи промяната в характеристиката на моментната ъглова скорост при намаляване подаването на горивото в единия цилиндър, сигналите получени от преобразувателя (фиг. 1) се изглаждат чрез метода пълзящо усредняване (фиг. 2).



Фиг. 1 Характеристика на измерената и нормализираната моментна ъглова скорост на коляновия вал



Фиг. 2 Моментна ъглова скорост на изправен двигател след обработка на сигнала по метода на пълзящо усредняване

След направения анализ е дефиниран диагностичен параметър максималната нормализирана стойност на моментната ъглова скорост за всеки цилиндър - $\omega_{\max}^i$.

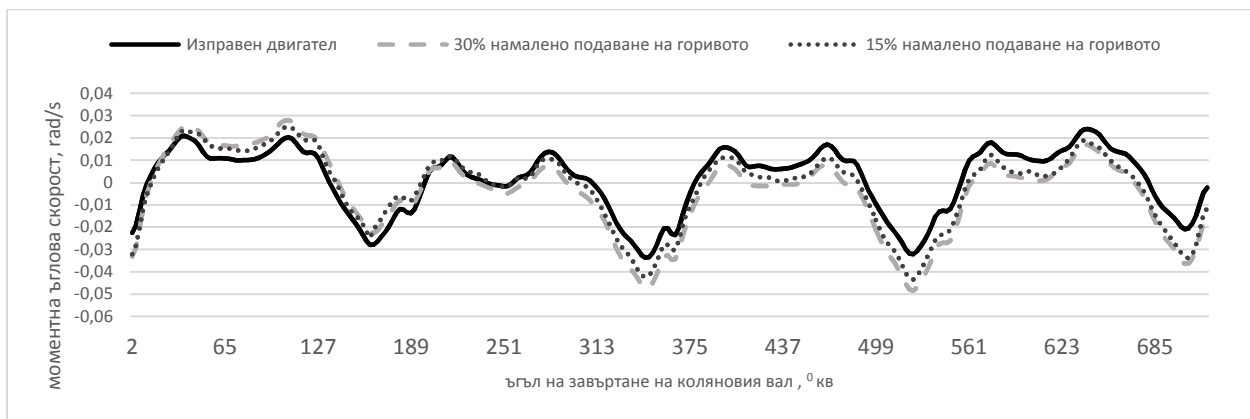
За да се изследва чувствителността на приетият параметър (максималната ъглова скорост за всеки един от цилиндрите $\omega_{\max}^i$) от промяната на цикловото подаване на горивото, са извършени експерименти при намалено подаване на горивото с 6%, 15% и 30%.

В табл. 1 са дадени максималните стойности на моментната ъглова скорост на

диагностичния параметър $\omega_{\max}^i$ за цилиндър в изправно и неизправно състояние. Резултатите от изследването показват, че максималните стойности на моментната ъглова скорост се променят приблизително пропорционално на изменението на подаването на горивото в съответния цилиндър и в значителна степен (53%). Това дава основание максималната стойност на моментната ъглова скорост на съответния цилиндър $\omega_{\max}^i$ да се приеме за ефективен диагностичен параметър.

Таблица 1

Състояние	min^{-1}	Параметър $\omega_{\text{сmax}}^i, 10^{-3}$	Разлика, 10^{-3}	Относително изменение, %
Изправно	800	17.0535		
Намалено подаване с 30%	800	7.93116	9.1223	53%
Намалено подаване с 15%	800	11.3276	5.7259	33%
Намалено подаване с 6%	800	16.6167	0.4368	3%



Фиг. 3 Сравнение на кривите на моментната ъглова скорост на коляновия вал при различна степен на неизправност след изглаждане по метода на пълзящо усредняване

При появата на неизправност (намаляване подаване на горивото с 6%, 15% и 30%) в даден цилиндър количеството на впръскано гориво в цилиндъра намалява и налягането на газовите сили в съответния цилиндър се понижава. За да се запази балансът на мощността и средната ъглова скорост на двигателя за цикъл при появата на такъв вид неизправност, се променя подаването на горивото в следващите по ред на работа цилиндри вследствие действието на регулатора на ГНП. Това води до промяна на въртящия момент и моментната ъглова скорост по време на работния такт в тези цилиндри (фиг. 3).

От графиката на фиг. 3 се вижда, че когато даден цилиндър е с намалена мощност или има непълно горене, моментната му ъглова скорост намалява значително

поради пониженото налягане в цилиндъра. В режим на работа на празен ход (800 min^{-1}) при намалено подаване на горивото с 30% на единия цилиндър максималната моментната ъглова скорост на този цилиндър намалява с $9.12 \times 10^{-2} \text{ rad/s}$, което оказва съществено влияние и на следващите два по ред на работа цилиндри. Моментната ъглова скорост на следващия цилиндър намалява с $6.92 \times 10^{-2} \text{ rad/s}$, а на втория се увеличава с $7.06 \times 10^{-2} \text{ rad/s}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. От анализа на обработените експериментални данни на двигателя в изправно и неизправно състояние при различни режими на работа е установено, че независимо кой от четирите цилиндъра на двигателя е с намалено подаване на горивото с повече от 6%, кривата на моментната ъглова ско-

рост следва определен модел на повторяемост (схема на повторяемост). Неизправният цилиндър влияе на моментната ъглова скорост на следващите два работни цилиндъра, като на следващия по ред на работа моментната ъглова скорост намалява, а на втория се увеличава.

2. Моментната ъглова скорост съдържа информация за налягането на газовете в отделните цилиндри на двигателя, което може да се използва за диагностиране неизправности, свързани с горивния процес.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пальтов С.А. Контроль рабочих процессов судовых двигателей с использованием электронных систем индирования Автореферат, Санкт-Петербург, 2010.
- [2] Bulatović Ž.M., M.S. Štavljanin, M.V. Tomić, D.M. Knežević, S.Lj. Biočanin, Measurement and analysis of angular velocity variations of twelve-cylinder diesel engine crankshaft Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 25, Issue 8, November 2011, Pages 3043–3061 37.
- [3] Dereszewski M., A. Charchalis, S. Polanowski, Analysis of diagnostic utility of instantaneous angular speed fluctuation of diesel engine crankshaft, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 18, No. 2 2011 43.
- [4] Liu, F., Amaratunga, G., Collings, N., and Soliman, A., "An Experimental Study on Engine Dynamics Model Based In-Cylinder Pressure Estimation", SAE Technical Paper 2012-01-0896, 2012, doi:10.4271/2012-01-0896. 66.
- [5] Polanowski, S., Studium metod analizy wykresów indykatorowych w aspekcie diagnostyki silników okretowych, Zeszyty Naukowe AMW Nr 169 A (2007). 79.

Адрес за контакти:

Маг. инж. Орлин Стоянов

Катедра Компютърни системи и технологии

Русенски университет "Ангел Кънчев"

Тел.: 082-888 672

E-mail: ostoyanov@uni-ruse.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НЕОБХОДИМОСТТА ОТ КОРЕКЦИИ В УПРАВЛЕНИЕТО НА ДВИГАТЕЛИТЕ ПРИ РАБОТА С БЕНЗИНОБУТАНОЛОВИ СМЕСИ

Кирил Хаджиев, Христо Станчев, Симеон Илиев
Русенски университет „Ангел Кънчев“

INVESTIGATION OF THE NECESSITY OF ADJUSTMENT OF ENGINE MANAGEMENT OPERATION ON GASOLINE-BUTANOL FUEL BLENDS

Kiril Hadjiev, Hristo Stanchev, Simeon Iliev
„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: The experimental investigation is conducted to adjustment of engine management operation on using blends of butanol with gasoline (10, 30 and 50% butanol by volume) of fore cylinder port fuel injection (PFI) test gasoline engine. The test is conducted with the engine working at one speed (2000 min⁻¹) and one load (inlet manifold depression $\Delta p_k = 200$ mmHg). The results for power, specific fuel consumption (FSC) are presented graphically on the same graph for different blends and neat gasoline

Keywords: Gasoline engine, butanol, Fuel blends, Fuel metering, Spark timing.

ВЪВЕДЕНИЕ

Високите изисквания към изхвърляните в атмосферата от автомобилните двигатели токсични вещества и газове, предизвикващи парников ефект, наложиха приложението на различните алкохоли като алтернативни горива или като добавки към радиционните горива от нефтен произход.

След създаването на нова технология, поевтиняваща производството на бутанол, изследователите засилиха интереса си към него поради по-близките му свойства с бензина. В сравнение с метанола и етанола моторните свойства на бутанола са по-близки до тези на бензина, но някои от свойствата му като теоретически необходимо количество въздух за пълното му изгаряне и скоростта му на горене водят до промяна в процесите на смесообразуване и горене, а оттук и върху мощностно икономическите показатели на двигателите. Поради тези причини приложението на алкохолите като алтернативни горива се ограничава до използването им само като добавки към бензина.

Целта на настоящето изследване е да се определи до какво процентно съдържание на бутанол в смес с бензин не са необходими изменения в управлението на впръскването и запалителната система на

автомобилните двигатели, намиращи се в експлоатация.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Бутанолът има 20% по-висока калоричност от етанола и 25% по-ниска от бензина. Поради различното въздушно отношение на стехиометричните смеси с отделните горива, калоричността на 1 кг бутаноло-въздушна смес е само с 5% по-ниска от тази на бензино-въздушната. Необходимото количество въздух за стехиометрична горивна смес за 1 kg бутанол е 11,2 kg, а за бензин 14,7 kg въздух. В таблица 1 са показани стойностите за различни смеси на бутанол с бензин.

За получаване на стехиометрична горивна смес при работа с бутанол, е необходимо увеличаване количеството на горивото в сместа. При реално работещ двигател това може да се достигне с увеличаване времето на впръскване на дюзата.

Вискозитетът на горивото оказва влияние върху работата на системата за впръскване на гориво. Кинематичният вискозитет на бутанола е еднакъв с дизеловото гориво, но е в пъти по-висок спрямо бензина (Табл. 2), което също налага корекции при дозирането на горивото.

Таблица 1

Състав на горивото (обемни проценти)	Специфично тегло (kg/dm^3)	Долна топлина на горене (MJ/kg)	Теоретически необходимо количество въздух за 1 kg гориво, (kg)
100% бензин B0	0,740	44	14,7
90% бензин 10% бутанол B10	0,747	42,91	14,26
70% бензин 30% бутанол B30	0,761	40,73	13,58
50% бензин 50% бутанол B50	0,785	38,55	12,9

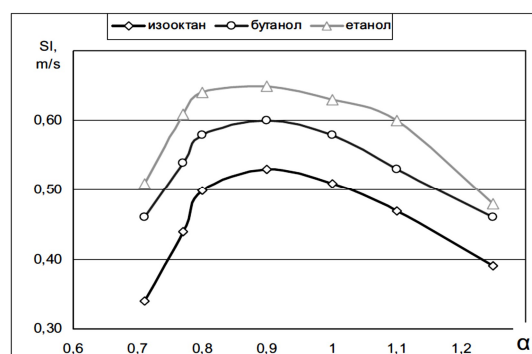
Таблица 2

Гориво	Кинематичен вискозитет при 20°C, cSt
Бутанол	3,64
Етанол	1,52
Бензин	0,4 – 0,8
Дизелово гориво	>3

От важно значение за мощностно-икономическите показатели на двигателите с вътрешно горене е скоростта на изгаряне на горивните смеси. Поради високата турбулентност в горивните камери разпространението на пламъка се определя чрез турбулентната му скорост. Турбулентната скорост на разпространение на пламъка зависи основно от ламинарната скорост на горене на съответното гориво в смес с въздух. Тъгълът на изпреварване запалването при различните режими на работа на двигателите зависи пряко от скоростта на горене в горивната камера.

Ламинарната скорост на горене е физикохимично свойство и е ключов параметър на горивните смеси. Тя влияе на продължителността на периодите на горене в двигателите и оттам и върху тяхната ефективност. Ламинарната скорост на горене зависи от вида на горивото, състава на сместа и началните температура и налягане.

На фиг. 1 са представени ламинарните скорости на горене на изооктан, бутанол и етанол в зависимост от състава на сместа [1].



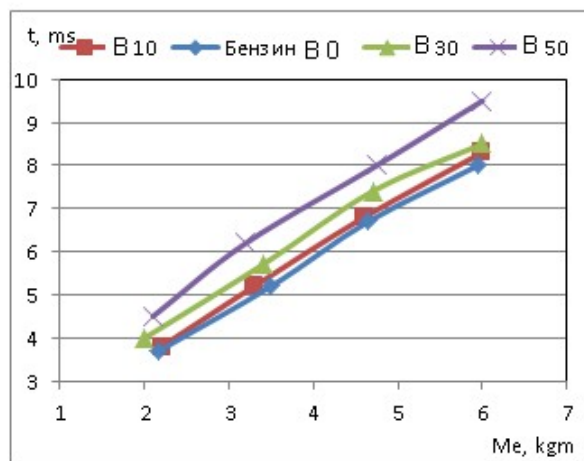
Фиг. 1. Ламинарна скорост на горене Sl на изооктан, бутанол и етанол в зависимост от състава на сместа при $p=0,1 \text{ MPa}$ и $T=393 \text{ K}$.

Алкохолите имат по-висока скорост на горене от бензина, като ламинарната скорост на горене на бутанола е по-ниска от тази на етанола, но е по-висока в сравнение с бензина с около 12%. Максималната скорост на горене и за трите горива е при леко обогатените смеси – $\alpha = 0,9$. Изследвания на динамиката на топлоотделяне [4] са показали, че при работа с бутанол времето за протичане на горивния процес намалява с 10% в сравнение с работата на бензин. Периодът на задържане на възпламеняването намалява в по-малка

степен. По-високата скорост на горене на бутаноловъздушните смеси предполага необходимостта от корекция на ъгъла на изпреварване запалването по посока намаляването му.

Експерименталните изследвания са проведени на лабораторен двигател с многоточкова система за впръскване на гориво и ходов обем $V_h = 1.3 \text{ dm}^3$. За да се оцени работата на двигателя, са снети серия регулировъчни характеристики по състава на сместа и по ъгъла на изпреварване на възпламеняването. Изследвани са мощностните, икономическите и екологичните показатели при работа с бензин (B0) и смеси на бензин с бутанол 10% - (B10), 30% бутанол - (B30) и 50% - (B50) при различни натоварвания и честоти.

Първата част от изследванията са свързани с определяне необходимото изменение на продължителността на впръскване при преминаването към работа с бензино бутанолови смеси. На фиг. 2 е показано изменението на времето за впръскване при честота $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ в зависимост от натоварването при поддържане на въздушно отношение $\alpha = 1$ за изследваните смеси.

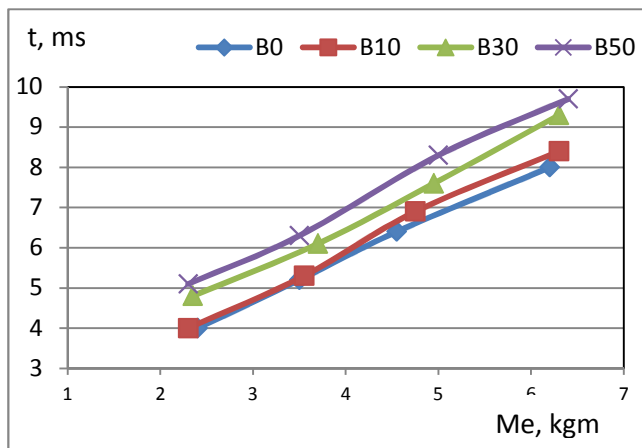


Фиг. 2. Изменение времето за впръскване t , ms в зависимост от натоварването при честота $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ и $\alpha = 1$ за смеси на бензин с различно съдържание на бутанол.

От изследването се установи, че времето за впръскване се увеличава с увеличаване процентното съдържание на бутанол, като увеличението е по-голямо при повишаване натоварването. Продължителността на впръскване при работа със смес B10 се

увеличава с около 3%, при B30 – с 8%, а с B50 в зависимост от натоварването – от 16% до 18%.

При честота на $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ (фиг. 3) увеличението на времето за впръскване за смес B50 вече надхвърля 20%, а за B30 достига 16%.



Фиг. 3. Изменение времето за впръскване t , ms в зависимост от натоварването при честота $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ и $\alpha = 1$ за смеси на бензин с различно съдържание на бутанол.

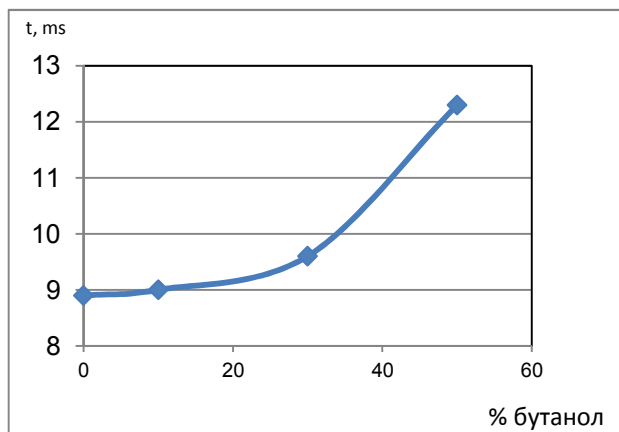
Увеличението на времето за смес B10 при честота $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ е под 5%.

За получаване на максимален въртящ момент от двигателя е необходимо да се подават обогатени горивни смеси. За получаване на обогатени горивни смеси времето на впръскване се увеличава. От снетите регулировъчни характеристики по състава на сместа е отчетено времето на впръскване за получаване на максимален въртящ момент.

На фиг. 4 е показано изменението на времето за впръскване за получаване на максимален въртящ момент при работа с различните смеси.

Времето за впръскване за смес B50 за получаване на горивна смес за максимален въртящ момент се увеличава с 28%.

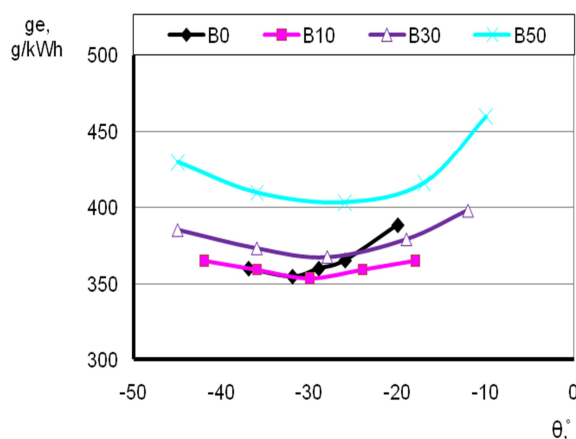
От горните изследвания може да се направи изводът, че увеличението времето за впръскване за смеси B50 е твърде голямо, за да може да бъде компенсирано от системите с електронно управление на горивоподаването с обратна връзка за следене състава на горивовъздушната смес (с λ -сонида).



Фиг. 4. Изменение времето за впръскване за осигуряване на максимален въртящ момент при честота $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ в зависимост от процентното съдържание на бутанол.

Втората част от изследванията са проведени за оценка необходимостта от корекции в управлението на ъгъла на изпреварване на запалването от запалителната система. За целта са снети регулировъчни характеристики по ъгъл на изпреварване на запалването за различните бензинобутанолови смеси.

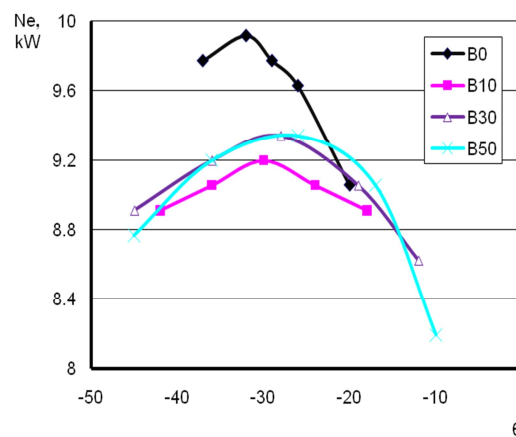
На фиг. 5 е показано изменението на мощността на двигателя в зависимост от ъгъла на изпреварване на запалването при честота $n=2000 \text{ min}^{-1}$ и разреждане в пълнителния колектор $\Delta p_k = 200 \text{ mm Hg}$.



Фиг. 5. Изменение на мощността на двигателя в зависимост от ъгъла на изпреварване на запалването при честота $n=2000 \text{ min}^{-1}$ и разреждане в пълнителния колектор $\Delta p_k = 200 \text{ mm Hg}$.

Максимална мощност се получава при работа на двигателя с чист бензин с ъгъл на изпреварване на запалването 33° преди ГМТ. С увеличаване съдържанието на бутанол в сместа оптималният ъгъл на изпреварване на запалването намалява.

Минималният специфичен разход на гориво се получава при смес на бензин с бутанол 10% - (B10) при ъгъл на изпреварване на запалването 30° преди ГМТ (фиг.6). С увеличаване на съдържанието на бутанол в сместа оптималният ъгъл на изпреварване на запалването намалява и специфичният разход на гориво се увеличава.



Фиг. 6. Изменение на специфичния ефективен разход на гориво в зависимост от ъгъла на изпреварване на запалването при честота $n=2000 \text{ min}^{-1}$ и разреждане в пълнителния колектор $\Delta p_k = 200 \text{ mm Hg}$.

Оптималният ъгъл на изпреварване на запалването за смес B50 намалява до 26° . В сравнение с бензина разликата е 21%. Това налага необходимостта от корекция в управлението на запалителната система при работа с бензинобутаноловите смеси с високо съдържание на бутанол.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От изследването се установява, че времето за впръскване се увеличава с увеличаването на процентното съдържание на бутанол, като увеличението е по-голямо при повишаването на натоварването. Продължителността на впръскване при работа със смес B10 се увеличава с около 3% до 5%, при B30 – с 8% до 17%, а с B50 – от 16% до 18%, като за получаването на смеси за максимален въртящ момент достига 28%.

Увеличението на времето за впръскване за смеси В50 е твърде голямо, за да може да се компенсира от системите с електронно управление на горивоподаването с обратна връзка за следене състава на горивовъздушната смес.

При увеличаване съдържанието на бутанол в сместа оптималният ъгъл на изпреварване на запалването намалява. Помалкият ъгъл на изпреварване на запалването при бутаноловите смеси се дължи на по-високата му скорост на горене спрямо тази на бензина, изследвана от някои автори [3,4]. Оптималният ъгъл на изпреварване на запалването при честота $n=2000 \text{ min}^{-1}$ и разреждането в пълнителния колектор $\Delta p_k=200 \text{ Нг}$ за бензин е 33° преди ГМТ, а за смес В50 намалява до 26° . Това налага необходимостта от корекция в управлението на запалителната система при работа с бензинобутаноловите смеси с по-високо съдържание на бутанол. При смесите с бутанол до 30%, разликата в оптималните ъгли на изпреварване на запалването е незначителна и не е необходима корекция на запалването.

БЛАГОДАРНОСТ

Настоящият документ е изготвен с финансовата помощ на Европейския социа-

лен фонд. Русенският университет „Ангел Кънчев” носи цялата отговорност за съдържанието на настоящия документ и при никакви обстоятелства не може да се приеме като официална позиция на Европейския съюз или Министерството на образованието и науката.

Проект: № BG051PO001-3.3.06-0008 „Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии”.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хаджиев, К., Е. Станков, Бутанолът – алтернативно гориво за двигателите с принудително възпламеняване, Научни трудове на РУ «А. Кънчев», 2010, т. 49, серия 4, Русе, 33-37.
- [2] S. Szweja, JD Naber. Combustion of n-butanol in a spark-ignition IC engine, Fuel, Vol.89, Issue 7, July 2010, 1573-82.
- [3] Alasfour F., Butanol - A single cylinder engine study engine performance, International Journal of Engine Research, vol. 21-30, 1997.
- [4] Broustail J., Seers P., Halter F., Experimental determination of laminar burning velocity for butanol and ethanol iso-octane blends, “Fuel” No 89, 2010.

Адрес за контакти:

Доц. д-р инж. Кирил Хаджиев
Катедра Двигатели и транспортна техника
Русенски университет “Ангел Кънчев”
Тел.: 082/ 888 433, 888 332
E-mail: khadjiev@uni-ruse.bg

PhD Kiril Hadjiev
Department of Internal Combustion Engines
University of Rouse
Tel.: 082/888433, 888332
E-mail: khadjiev@uni-ruse.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СТЕПЕНТА НА РЕЦИРКУЛАЦИЯ НА ОТРАБОТИЛИТЕ ГАЗОВЕ ВЪРХУ ОБРАЗУВАНЕТО НА АЗОТНИ ОКИСИ (NO_x) ПРИ ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ

Симеон Илиев

Русенски университет „Ангел Кънчев“

STUDY OF THE INFLUENCE OF EXHAUST GAS RECIRCULATION ON NO_x OF DIESEL ENGINE

Simeon Iliev

„Angel Kanchev” University of Ruse

Abstract: Emission of nitrogen's oxides still remains an important ecological problem of Diesel engines. In the paper one of the methods reducing contents of nitrogen's oxides in exhaust gas in Diesel engines has been described. Exhaust gas recirculation is an effective method to reduce these components, however it results in an increase in emission of CO, HC and particulate matter (PM) and reduces engine's power. To meet obligatory standards referring to emission of NO_x , designers of Diesel engines are forced to develop optimal design, so also to take into consideration exhaust gas recirculation (EGR) systems. The aim of this paper is to study the influence of EGR on NO_x and specific fuel consumption of Diesel engine. In this research, the one dimensional (1D) CFD modeling of four-stroke direct injection diesel engine is developed.

Keywords: Diesel Engine, Exhaust Gas Recirculation (EGR), NO_x , Computational Simulation.

ВЪВЕДЕНИЕ

Един от подходите за намаляване на вредните емисии, съдържащи се в отработилите газове на дизеловите двигателите, е да се въздейства върху горивния процес т.е. постигане на по-пълно изгаряне на горивото в горивната камера. Използването на системи за впръскване с електронно управление води до подобряване качеството на смесообразуване, но също така и до увеличаване на температурата и налягането в цилиндъра на двигателя. Това от своя страна води до образуване на по-големи количества азотни окиси.

Термичната същност на образуването на азотните окиси изисква максималната температура на горенето в горивната камера да се ограничи. Когато температурата е под 1800 K скоростта на образуване на NO е много ниска, но когато тя достигне 2000K скоростта на образуване на NO рязко се увеличава. Установено е, че на всеки 100 K повишаване на температурата образуването на NO се удвоява [1]. Има различни решения за намаляване на максималната температура, като един от тях е изкуствено увеличаване на отработилите газове в цилиндърите на двигателя при режимите, където се

очакват най-високи концентрации на NO_x . Отработилите газове забавят протичането на горивния процес и отнемат част от топлината на горенето, тъй като имат голям специфичен топлинен капацитет. Система с която се постига увеличаване на отработилите газове е известна като EGR (Exhaust Gases Recirculation - рециркулация на отработилите газове). Тя се използва в дизеловите двигатели с цел ограничаване на термичното образуване на NO_x чрез намаляване на температурата в горивната камера на двигателя, благодарение на разреждането на прясното работно тяло с определено количество отработили газове посредством рециркулация на входа на цилиндъра.

Изпълнението на бъдещите стандарти за допустими вредни емисии при леките и товарните автомобили поставя високи изисквания спрямо концепцията за управление на изгорелите газове от дизеловите двигатели. Нивата на съдържание непрекъснато се намаляват като за Евро 6 през 2014 се предвижда нивата да се намалят до 0,08 g/km [2]. Ключовата мярка за понижаване на нетретираните емисии на NO_x продължава да е рециркулацията на отработилите газове [3-5].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Тъй като, дизеловите двигатели работят с бедни горивовъздушни смеси в цялото си работно поле, образуването на азотните окиси може да бъде контролирано само чрез намаляване на максималните стойности на температурата по време на процеса горене. Най-често понижаването на температурите се постига чрез използване на системи за рециркулация.

В дизеловите двигатели се използва два типа рециркулация на отработилите газове: с охлаждане на постъпващите газове в цилиндъра на двигателя и без охлаждане. При EGR без охлаждане се подгръва пълнителния заряд и така се подобрява качеството на изгаряне и термичния КПД. При EGR с охлаждане на отработилите газове се повишава плътността на заряда и по този начин се подобрява обемната ефективност на двигателя. В същото време, понижената температура може допълнително да намали емисиите от NOx. Отработилите газове се състоят основно от инертни газове, като въглероден двуокис и водна пара, които не могат да участват в горивния процес и забавят окислителните реакции. Това заедно с намаленото количество кислород, което постъпва за сметка на отработили газове, понижавайки максималната температура и води до намаляване на образуващите се азотни окиси. Рециркулацията на отработилите газове зависи от начина на реализиране бива два типа: вътрешна и външна [3, 6]. Вътрешната рециркулация се постига, като се подберат по подходящ начин моментите на затваряне на изпускателните и на отваряне на пълнителните клапани. Обикновено увеличаването на продължителността на припокриване на клапаните около ГМТ води до повишаване на количеството отработили газове, които остават в горивната камера и участват в образуването на работното вещество за следващия работен цикъл. Външната рециркулация се осъществява, като част от отработилите газове се отклоняват от изпускателната система и през външен тръбопровод се подават в пълнителния колектор. Количеството на отработилите газове, което се връща в пълнителната система се управлява от електронният блок за управление на двига-

теля посредством електрически клапани. Предимството на външната рециркулация, е че може по-точно да се контролира количеството на отработилите газове пропускани към пълнителната система. През последните години, за да се подобри ефекта от рециркулацията се прилагат системи за охлаждане на газовете преди тяхното постъпване в пълнителния колектор. Като охлаждащ флуид се използва охлаждащата течност на двигателя и по този начин допълнително се намалява температурата на работното вещество, постъпващо в цилиндрите.

Количеството на рециркулираните отработили газове се характеризира със степента на рециркулация [7]. Отношението на количеството на подаваните отработили газове към цялото количество пряко работно вещество, постъпващо в двигателя се нарича степен на рециркулация.

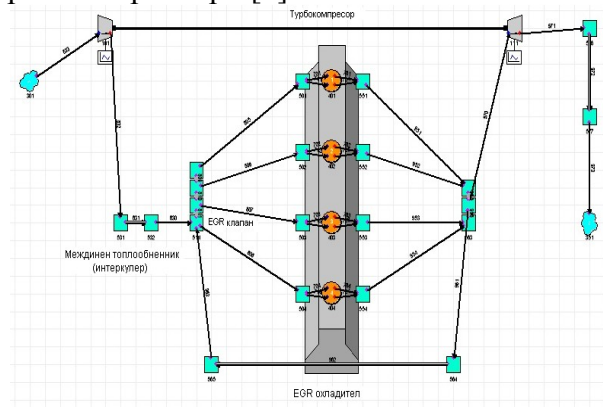
$$\rho = \frac{G_{POG}}{G_{POG} + G_B + G_G} \cdot 100\%, \quad (1)$$

където G_{POG} е масовият разход на рециркулиращите отработили газове;

G_B е масовият разход на постъпващия въздух;

G_G е масовият разход на дизелово гориво.

За провеждане на изследванията е създаден модел на дизелов двигател с помощта на програмата Ricardo Wave. Моделът на двигателя (фиг.1) е създаден, като са използвани отделни блокове, зад всеки от които е заложен определен математичен модел и се дефинира със съответни геометрични параметри [8].



Фиг. 1. Модел на дизелов двигател със свръхпълнене, разработен с помощта на програмата Ricardo Wave

Работният процес в цилиндри на двигателя е моделиран с помощта на математичен модел на базата на първия принцип на термодинамиката за отворена термодинамична система (приема се че параметрите на работното вещество са еднакви в целия обем на цилиндъра). За отчитане на газообменните процеси са зададени геометричните параметри, законите за движение и коефициентите на дебита на пълнителните и изпускателните клапани.

За моделиране на горивния процес се изхожда от закона за подаване на горивото и чрез математическите модели за разпръскване и изпарение се определя скоростта на отделяне на топлина в горивната камера. Като входящи параметри за горивната уредба в конкретната задача са зададени: законът за подаване на гориво, големината на цикловата порция гориво, продължителността на впръскване, налягането на впръскване, диаметърът и броят отвори на разпръсквача, температурата на гориво, моментът на подаване на горивото, цетановото число на горивото и др. Пълнителната и изпускателната система са моделирани чрез тръбопроводи и съответни свързващи елементи. Движението на работното вещество в тръбопроводите се описва с помощта на неустановен едномерен математичен модел. За повишаване налягането на пълнене е използван турбокомпресор, като са въведени съответните характеристики на компресора и турбината. След компресора въздухът преминава през междинен охладител преди да постъпи в цилиндри на двигателя. В модела на двигателя е използвана външна система за рециркулация с охлаждане на отработилите газове. В тръбопровода е моделирано дроселиращо сечение, с помощта на което се управлява дебитът на газовете отклонявани за рециркулация.

Характеристиките на моделирания дизелов двигател са представени в табл. 1.

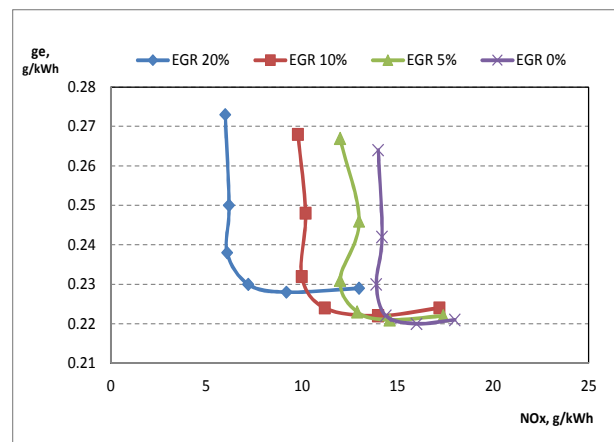
С така описания модел на дизелов двигател и с помощта на програмата Ricardo Wave са проведени теоретични изследвания относно влиянието на налягането на степента на рециркулация върху образуването на азотни окиси.

Таблица 1

Характеристики на двигателя

Брой цилиндри [i]	4
Диаметър на цилиндъра [D] (mm)	78,1
Ход на буталото [H] (mm)	82
Степен на сгъстяване [ε]	19,5
Честота на въртене [n] (min ⁻¹)	2500
Диаметър на отвора на разпръсквача [d] (mm)	112
Подиглен обем на разпръсквача mm ³	0,5

Тъй като образуването на NO_x зависи от температурата в горивната камера и въздушното отношение α, изчисленията са проведени при различни стойности на началото на подаване на горивото θ и въздушното отношение α. Общозвестно е, че увеличаването на степента на рециркулация води до намаляване на образуващите се азотни окиси и до влошаване на мощностно-икономичните показатели на двигателя.



Фиг. 2 Влияние на степента на рециркулация на отработилите газове върху специфичния разход на гориво и NO_x при α = 1,5 и n = 2500 min⁻¹

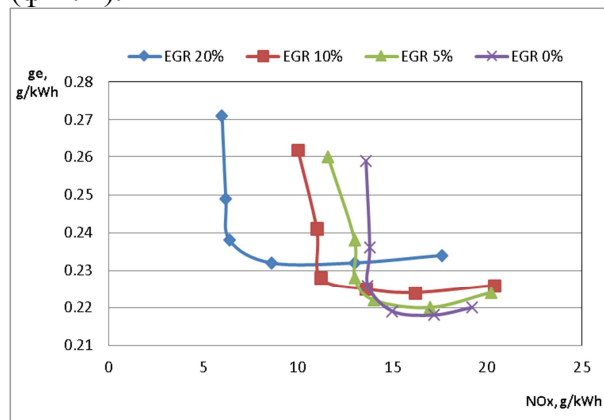
На базата на направените изследвания е установено, че увеличаването на степента на рециркулация до 20 % (фиг.2) води до намаляване количество азотни окиси до два пъти и повишаване на специфичния разход до 4 %. Отделните криви на графиката са построени, като са зададени различни стойности на началния момент на подаване на горивото в интервала от 20° преди ГМТ

до 5° след ГМТ. Количеството на азотни окиси при изменение на началото на подаване се запазва при различните стойности на степента на рециркулация. При промяна на момента на подаване на гориво от 10° преди ГМТ до 5° след ГМТ, количеството на азотните окиси не се променя, специфичния разход на гориво намалява до 14 %.

При по нататъшното увеличаване на момента на подаване на гориво се наблюдава бързо нарастване на количеството на азотните окиси и незначително намаляване на специфичния разход на гориво. При максимални стойности на момента на подаване на гориво преди ГМТ се наблюдава едновременно повишаване на азотните окиси и на специфичния разход на гориво, което може да се обясни с нарастване както на максималните температури на работния процес така и с увеличаване на отрицателната работа преди ГМТ.

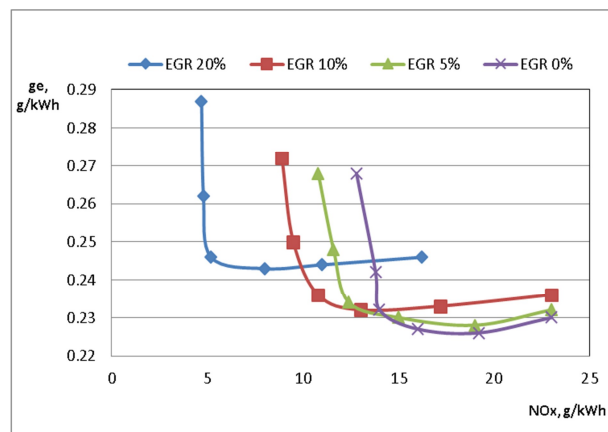
На базата на получените резултати се установи, че при всяка степен на рециркулация имаме определена стойност на момента на подаване на горивото, при която се наблюдава оптимално съчетание между специфичния разход на гориво и количеството азотни окиси. При промяна на оптималния момент на подаване (към увеличаване или намаляване) се наблюдава рязко повишаване на единия от двата параметъра.

С нарастване на въздушното отношение α се запазва влиянието на степента на рециркулация върху количеството на азотните окиси и специфичният разход на гориво, което може да се види на (фиг. 3) и (фиг. 4).



Фиг. 3 Влияние на степента на рециркулация на отработилите газове върху специфичния разход на гориво и NO_x при $\alpha = 2$ и $n = 2500 \text{ min}^{-1}$

Нарастването на количеството на свободния кислород в горивната камера води до повишаване на азотните окиси, при работа на двигателя с начало на подаване на горивото над 10° след ГМТ. При $\alpha = 2$ имаме минимални стойности на специфичния разход на гориво, докато с нарастване на α до 2,5 специфичният разход започва отново да нараства.



Фиг. 4 Влияние на степента на рециркулация на отработилите газове върху специфичния разход на гориво и NO_x при $\alpha = 2,5$ и $n = 2500 \text{ min}^{-1}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведенния анализ е установено, че при всяка степен на рециркулация съществува оптимална стойност на момента на подаване на горивото, при която се наблюдава оптимално съчетание между специфичния разход на гориво и количеството азотни окиси. При промяна на оптималния момент на подаване (към увеличаване или намаляване) се наблюдава рязко повишаване на специфичния разход на гориво и на количеството азотни окиси.

Установено е, че увеличаването на степента на рециркулация до 20 % води до намаляване количество азотни окиси до два пъти и повишаване на специфичния разход до 4 %.

Проведените теоретични изследвания показват, че системите за рециркулация са ефективно средство за намаляване на съдържанието на азотни окиси в режимите на частично натоварване на дизеловите двигатели.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Илев С. П. Моделиране на бензинов двигател и изследване влиянието на степента на рециркулация на отработилите газове върху образуването на азотни окиси, Сборник доклади на XIX научно-техническа конференция с международно участие ЕКОВАРНА, Варна, ТУ-Варна, 2013.
- [2] Директива на Европейската комисия No 692/2008 ЕС.
- [3] Robert Bosch GmbH. Diesel-Engine Management, 4th Edition edition, Wiley-Blackwell; 2006.
- [4] Lee Dae Hee, Lee Jun Sik, Park Jae Suk. Effects of secondary combustion on efficiencies and emission reduction in the diesel engine exhaust heat recovery system. Appl Energy 2010; 87:1716–21.
- [5] Alain Maiboom, Xavier Tauzia, Jean-Franc-ois Her tet. Experimental study of various effects of exhaust gas recirculation (EGR) on combustion and emissions of an automotive direct injection diesel engine. Energy, Volume 33, Issue 1, January 2008, pp: 22–34.
- [6] Димитров П.И. Системи за управление на процесите в двигателите с вътрешно горене (Втора част), ТУ–София, 2007, София.
- [7] Лилов Ц., Жегалин О., Панчишний В., Петков Ц., Бързев К., Токсичност на двигателите с вътрешно горене, Русе 1984 УДК 621.43.068.
- [8] Ricardo, Wave 8.0 help system.

Адрес за контакти:

гл. ас. д-р инж. Симеон Илиев
катедра Двигатели и транспортна техника
Русенски университет “Ангел Кънчев”
Тел.: 082 888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

PhD Simeon Iliev
Engines & Transport Equipment Department
University of Ruse
Phone: +359 82 888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

ISSN 1311-106X



9 771311 106002 >