

КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ И СИМУЛАЦИЯ НА ПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА

Людмил Попов, Васил Димитров
lucy6@abv.bg , vdimitroff@abv.bg

*Висше транспортно училище “Тодор Каблешков”
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** главен въздуховод, ефективна дължина, аperiодично звено, предавателна функция*

***Резюме:** Разгледан е въпросът за контрола на ефективната дължина на главния спирачен въздуховод на влака. В много редки случаи тази дължина остава постоянна, със стойност от момента на композиране на влака. Съществуват ред причини от естествен или предизвикан от човека намеса характер, които довеждат до намаляване на дължината на главния въздуховод, като например :*

По време на движение е възможно изолиране на част от главния въздуховод (ГВ) поради случайно или злоумишлено затваряне на вентил между два вагона; друга възможна причина за съкращаване на ефективната дължина на главния спирачен въздуховод на влака може да бъде например образуване на ледена тапа при ниски температури и повишена влажност на въздуха.

В резултат на такива или подобни причини влакът може да се окаже с недействащи или неразхлабващи спирачки в някаква дължина от края си, което значително увеличава риска от катастрофи и аварии по време на движение.

Цел на настоящия труд е разработването и изследването на специален метод за непрекъснато (включително и по време на движение) контролиране на ефективната (фактическата) дължина на главния въздуховод на влака.

Разработено е методологично, програмно и техническо осигуряване, което гарантира автоматичното и обективно измерване на ефективната дължина на главния спирачен въздуховод на влака по време на движение с произволна скорост и при промяна на същата може да дава съобщение за машиниста с указване на мястото на изолиране.

ВЪВЕДЕНИЕ

Влаковите спирачки представляват една въздушна магистрала, започваща от локомотива и завършваща на последния вагон. Компресор в локомотива поддържа налягането в магистралата. На всеки един вагон има балон с въздух, който се зарежда с въздух от същата тази магистрала. Когато налягането в магистралата спадне, въздухът запасен във въздушните балони на всеки вагон с помощта на бутало започва да притиска калодките към колелата. Силата на притискане е толкова по-голяма колкото по-голяма

е разликата в налягането между магистралния въздуховод и балоните с въздух на всеки един вагон.

МОДЕЛ НА ПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА

При незатегнати спирачки (по време на движение) главният въздуховод може да се разглежда като еднообемен обект (резервоар), в който съществува налягане от порядъка на 5 atm [1]. В системата от понятия на теорията на автоматичното управление такъв обект представлява апериодично звено от първи ред, характеризиращо се с експоненциален вид на изходната си реакция при единично входно въздействие [2-4].

Общият вид на преходната характеристика на обекта в случая се дава с израза:

$$(1) \quad P_k = P_0 + k_0(u_k - u_0) \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right),$$

където u_0 и u_k са началната и крайната стойност на управляващия параметър ;
 P_0 и P_k са началната и крайна стойност на изходната величина (налягането);
 k_0 е предавателният коефициент на обекта;
 T е времеконстантата на обекта.

Тази зависимост е доста сложна и може да се опрости значително в някои частни случаи. Така например един нормален за практиката частен случай е при пробно задържане, което съответства на задействане на спирачната система по време на движение. В този случай крайното налягане е равно на атмосферното, а текущото налягане ще намалява съгласно израза:

$$(2) \quad P = P_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}},$$

където P_0 и P са начална и текуща стойност на налягането;
 T е времеконстантата на въздуховода, представляващ еднообемен обект:

$$(3) \quad T = k \cdot V = k \cdot S \cdot L = k_1 \cdot L$$

Тук V е обемът на въздуховода; S – сечението му; L – дължината му;
 k_1 – конструктивна константа за даден влак.

След като е измерено начално налягане P_0 , започва пробното задържане и се измерва новото налягане P и времето за достигането му Δt . От (2) и (3) следва:

$$(4) \quad T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{P_0}{P}}; \quad L = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{\Delta t}{\ln \frac{P_0}{P}}$$

ВАРИАНТИ НА РЕШЕНИЕ

След анализ на израза (4) се стига до извода, че методът може да бъде реализиран в два варианта:

- контрол на налягането при фиксиран временен интервал Δt ; алгоритмът за този случай се свежда до измерване на две стойности на налягането, отличаващи се във времето с фиксирания временен интервал Δt , зададен напр. чрез таймер; следват алгебричните операции деление и логаритмуване; накрая с помощта на формула (4) се определят времеконстантата T , респективно ефективната дължина на въздуховода L .

- контрол на временния интервал за достигане на фиксирано крайно налягане P_k ; алгоритмът в случая се свежда пак до две последователни измервания на налягането, но в следящ режим – след като е записана стойността на първоначалното налягане P_0 ,

се измерва времето за намаляване на налягането до нова стойност, представляваща фиксирана част от първоначалната;

$$(5) \quad P_k = \gamma P_0 ; \quad \gamma < 1 .$$

Предимствата на първия вариант е в достатъчно краткото фиксирано време на експеримента, а на втория – във възможността за постоянство на знаменателя в (4), т.е. за избягване на операциите деление и логаритмуване на променливи.

Конструктивната константа k_1 може да бъде определена с достатъчна точност от еталонната (пълна) дължина на влака L_0 :

$$(6) \quad L_0 = \sum_{i=1}^n W_i \cdot l_i ,$$

където W_i - броят на еднаквите вагони в състава на влака с дължина l_i ;

n - броят на типовете вагони във влака .

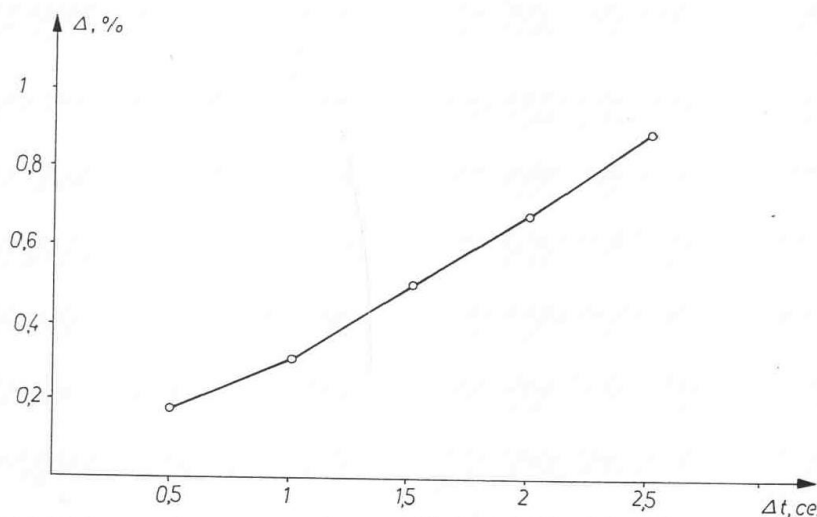
Чрез така нареченото еталонно измерване по предлагания метод се определя еталонната времеконстанта T_0 , съответстваща на проходимост на ГВ в цялата дължина на влака, откъдето следва:

$$(7) \quad k_1 = \frac{T_0}{L_0}$$

ПРОВЕРКА НА ВАРИАНТИТЕ

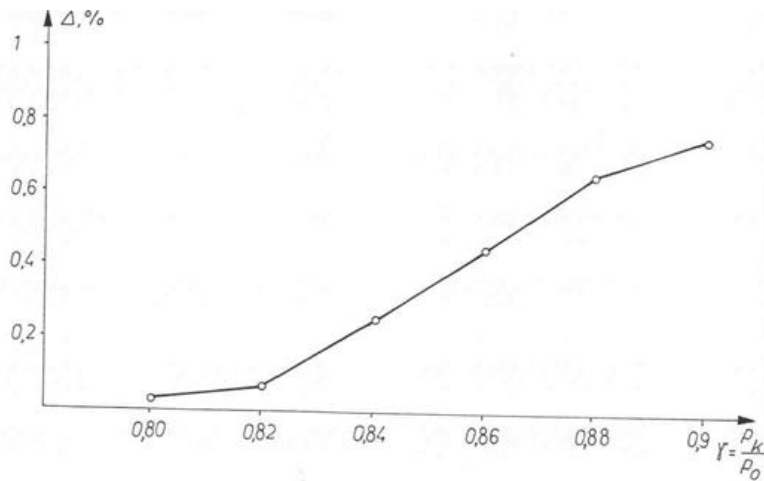
Бяха извършени проверки на метода и по двата варианта с моделен експеримент на компютър.

На фиг. 1 е показана експериментално снетата зависимост между грешката на измерването, определена като относително отклонение в проценти между точната и изчислената стойности на ефективната дължина на въздуховода и променяния параметър по първия вариант – фиксирания временен интервал Δt . Вижда се, че методът е достатъчно точен (грешки значително под 1%) при стойности на Δt от порядъка на 0.9 – 1 сек.



Фиг. 1 Грешката като функция на Δt

На фиг. 2 е показана експериментално снетата зависимост между грешката от променяния параметър по втория вариант – съотношението между началната и крайната стойности на налягането. Вижда се, че този вариант на метода е достатъчно точен при стойности на съотношението от порядъка на 0.82, като времето на измерването е от порядъка на 1.4 сек.



Фиг. 2 Грешката като функция на P_k/P_0

Друга възможност за решаване на задачата е чрез определяне на предавателната функция на ГВ като еднообемен обект с вход – управляващо въздействие и изход – налягането в ГВ:

$$(8) \quad W(P) = \frac{k_0}{T_p + 1},$$

където T е времеконстантата;

k_0 – предавателен коефициент на обекта.

От (8), като се отчете очевидната връзка между k_0 , u и крайното налягане P_k :

$$(9) \quad P_k = k_0 \cdot u$$

и се премине във временната област, следва:

$$(10) \quad T \frac{dP}{dt} + P = P_k; \quad T = \frac{P_k - P}{\frac{dP}{dt}}.$$

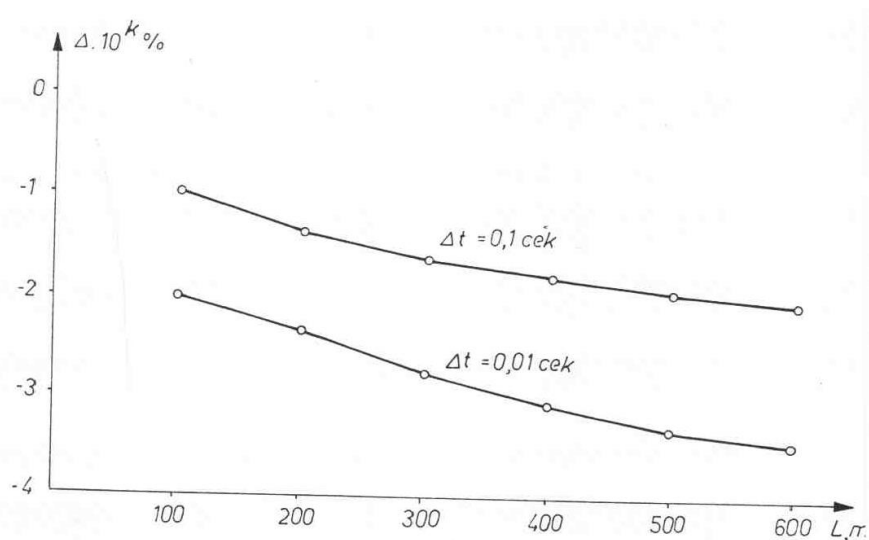
На практика и при пробното, и при екстремното задържане, стойността на крайното налягане клони към нула и това опростява израза (10):

$$(11) \quad T = \frac{-P}{\frac{dP}{dt}}.$$

Алгоритъмът в случая може да се сведе до три последователни измервания на текущото налягане през малък интервал от време (от порядъка на 0.01 – 0.1 сек.) и като се отчете известната триточкова схема за числено диференциране се получава:

$$(12) \quad T = 2\Delta t \cdot \frac{-P_2}{P_3 - P_1}.$$

По диференциалния метод също беше извършена експериментална проверка по условията, посочени по горе. Резултатите са илюстрирани на фиг. 3.



Фиг. 3 Грешката като функция на L за две стойности на Δt

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада са разработени различни модели на главния въздуховод на влака с цел определяне на ефективната (фактическата) му дължина. Посочена е възможността за опростяването на моделите при конкретни начални и крайни условия, типични за дадения обект – прието е, че и при пробното, и при екстремното задържане стойността на крайното налягане клони към нула. Изследвана е точността на метода във функция от стъпката по време, съотношението на началното и крайното налягане и първоначалната дължина на въздуховода. Получените резултати показват малка грешка и предполагат не само необходимата точност, но и сравнително лесна реализация на техническото осигуряване.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пантев П., А. Кювбашиев, П. Илиев, Електрически подвижен състав на БДЖ, Техника, 1980
- [2] Ищев К., Теория на управлението, С., 2004г.
- [3] Бесекерский В., Попов Е., Теория систем автоматического управления, Санкт-Петербург, 2004г.
- [4] Ищев К., Н. Атанасов, А. Ищев, Теория на управлението (част 1), Университетско издателство при ТУ-Варна, 2011
- [5] [http://aiut.tugab.bg/Library/ATP/DOC/Идентификация на обекти по преходната им характеристика.pdf](http://aiut.tugab.bg/Library/ATP/DOC/Идентификация%20на%20обекти%20по%20преходната%20им%20характеристика.pdf)

COMPUTER MODELING AND SIMULATION OF PNEUMATIC SYSTEM

Lyudmil Popov, Vasil Dimitrov
lucy6@abv.bg , vdimitroff@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport – Sofia
158 Geo Milev Str., Sofia 1574,
BULGARIA*

Key words: main duct, effective length, aperiodic unit, transmission function

Abstract: Consideration is given to controlling the effective length of the train's main brake pipe. This length remains constant in very rare cases, with a value from the moment the train is composing.

There are a number of causes either natural or human-induced that lead to a reduction in the length of the main duct, such as:

During movement, it is possible to isolate a part of the main air duct by accidentally or maliciously closing a valve between two wagons; another possible reason for shortening the effective length of the train's main brake pipe may be, for example, the formation of an ice cap at low temperatures and increased air humidity.

As a result of such or similar reasons, the train may have inactive or non-relaxing brakes at some end of its length, which significantly increases the risk of accidents during movement.

The purpose of this work is to develop and study a special method for continuous (including in motion) control of the effective (actual) length of the train's main duct.

Methodological, software and technical support has been developed to ensure automatic and objective measurement of the effective length of the main brake pipe of a train at random speed and, if modified, may give the driver a message indicating the isolation site.