

МОДИФИКАЦИЯ НА МОДЕЛИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ПНЕВМАТИЧНА СПИРАЧНА СИСТЕМА

Людмил Попов
lucy6@abv.bg

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

***Ключови думи:** диференциално налягане, триточкова схема, оптимален интервал на квантоване*

***Резюме:** В доклада е разгледан въпросът за контрол на ефективната дължина на главния спирачен въздуховод на влака, като се игнорира неудобството на предварително разработена методика от необходимостта да е известна крайната стойност на налягането P_k при прилагане на пробно задържане. Твърдението, че тази стойност е нула е вярно в ограничен кръг случаи. Например крайното налягане не е нула, а неизвестна величина, по-голяма от 5 или даже 8 атм. В случая на така нареченото „ударно пълнене“ още при композирането на влака в депото това налягане може да стигне и до 10 атмосфери.*

Цел на настоящия доклад 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, без да е необходимо да се знае първоначалната и крайната стойност на налягането.

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.

Методът е усъвършенстван с цел опростяването на изчисленията и необходимите измервания, свеждащо се до отпадане на необходимостта да се знае стойността на крайното налягане P_k .

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.

ИЗХОДНИ ПОЛОЖЕНИЯ

В [1] се разглежда въпросът за ефективната дължина на главния въздуховод на влака L и определянето ѝ по време на движение. Показана е линейната връзка между L и времеконстантата T на аperiодично звено, което определя динамиката на обекта [2-4]

Изходното уравнение, съгласно формула (10) от [1] е:

$$(1) \quad TP' + P = P_k .$$

където $P' = \frac{dP}{dt}$, P и P_k са текуща и крайна стойност на налягането;

T е времеконстантата на въздуховода.

Ако това уравнение се запише за две последователни измервания на налягането P и на производната му P' , различаващи се с достатъчно малък временен интервал Δt , по време на който крайното налягане P_k остава на практика постоянно, се получава система уравнения:

$$(2) \quad \begin{cases} TP'_1 + P_1 = P_k \\ TP'_2 + P_2 = P_k \end{cases} ,$$

от която следва равенството, изключващо P_k :

$$(3) \quad TP'_1 + P_1 = TP'_2 + P_2$$

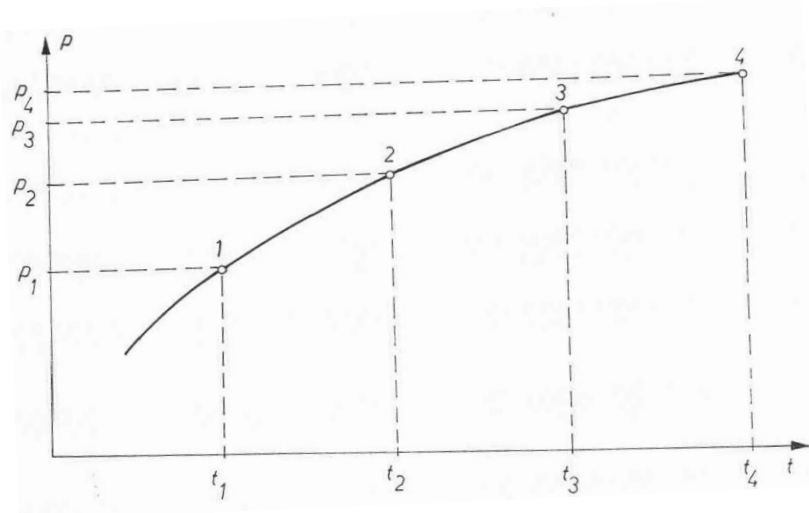
От (3) може да се изрази времеконстантата T :

$$(4) \quad T = \frac{P_2 - P_1}{P'_1 - P'_2} ,$$

В (4) стойността на крайното налягане P_k е изключена, т.е. не оказва влияние на модела.

РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧАТА

На фиг. 1 е показан някакъв интервал във времето от процеса на пълнене на главния въздуховод. С индекси от 1 до 4 са означени постепенно нарастващите стойности на налягането.



Фиг. 1 Зареждане на въздуховода

Ако се приложи триточковата схема за числено диференциране:

$$(5) \quad P'_i = \frac{P_{i+1} - P_{i-1}}{2\Delta t} ,$$

за производните в точките 2 и 3 се получава:

$$(6) \quad P'_2 = \frac{P_3 - P_1}{2 \cdot \Delta t} ; \quad P'_3 = \frac{P_4 - P_2}{2 \cdot \Delta t} ,$$

а след заместване в (4) се получава

$$(7) \quad T = \frac{P_3 - P_2}{P_2 + P_3 - P_1 - P_4} \cdot 2 \cdot \Delta t .$$

Ако се използва по-опростената двуточкова схема за числено диференциране:

$$(8) \quad P'_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{\Delta t} ,$$

за T се получава опростен израз, който прави четвъртото измерване на налягането P излишно:

$$(9) \quad T = \frac{P_3 - P_2}{2P_2 - P_1 - P_3} \cdot \Delta t .$$

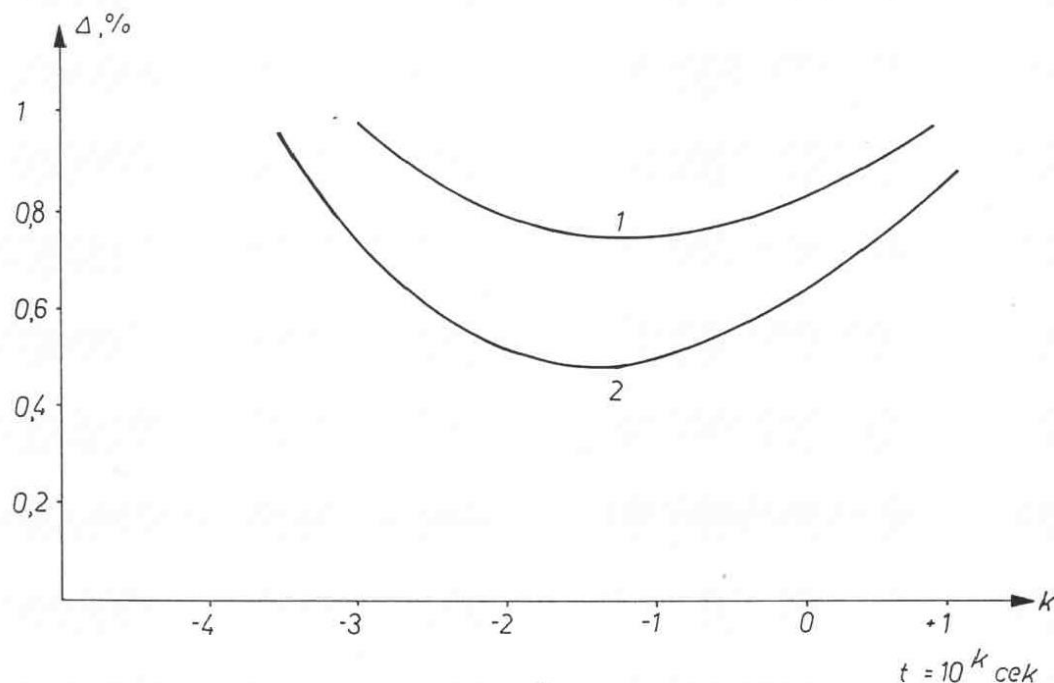
От тук определянето на ефективната дължина на главния въздуховод става по методиката, описана в изразие от [1] :

$$T = k \cdot V = k \cdot S \cdot L = k_1 \cdot L ; \quad T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{P_0}{P}} ; \quad L = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{\Delta t}{\ln \frac{P_0}{P}} ;$$

$$P_k = \gamma P_0 ; \quad \gamma < 1 \quad \text{и} \quad k_1 = \frac{T_0}{L_0} k = \frac{T_0}{L_0} .$$

ТОЧНОСТ НА МЕТОДА

Така модифицираният вариант на метода беше проверен по отношение на точността. На фиг. 2 е показана зависимостта на грешката от интервала на квантоване Δt . С 1 е показана кривата на грешката при опростената двуточкова схема на числено диференциране, с 2 – при по-точната триточкова схема.



Фиг. 2 Грешката във функция от Δt

Наличието на ясно изразен минимум на грешката определя еднозначно оптимален интервал на квантоване от 0.02 до 0.2 сек.

Обяснението на немонотонната зависимост на грешката от интервала на квантоване следва да се търси в два противоречащи си факта – от една страна, с намаляването на Δt нараства точността на пресмятане на производните на налягането. От друга страна, с намаляването на Δt двете уравнения в системата (2) стават почти идентични и нараства степента на неопределеност на решението ѝ.

ВАРИАНТ НА РЕШЕНИЕ

Разработен е втори вариант за решаване, при който от уравнение (1) се извади дясната му част P_k :

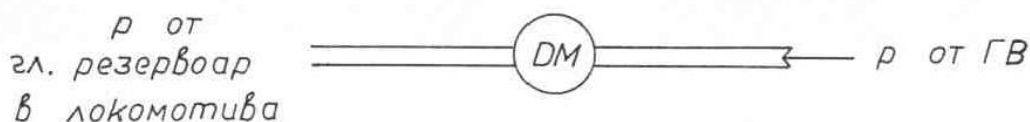
$$(10) \quad TP' + P_g = 0 ,$$

където $P_g = P - P_k$ е така нареченото диференциално налягане.

Производната на налягането P' няма да се промени, ако в диференциала на P се въведе константата P_k :

$$(11) \quad P' = \frac{dP}{dt} = \frac{d(P-P_k)}{dt} = \frac{dP_g}{dt} = P'_g ; \quad TP'_g + P_g = 0 .$$

На фиг. 3 е показано схематично получаването на информация за диференциалното налягане P_g с помощта на диференциален манометър ДМ.



Фиг. 3 Измерване на диференциалното налягане

В такъв случай отпада необходимостта от елиминиране на крайното налягане P_k чрез изключването му от системата. Директното решаване на (11) по отношение на T дава:

$$(12) \quad T = \frac{-P_g}{P'_g} ,$$

като при използване на двуточковата схема за числено диференциране се получава:

$$(13) \quad T = \frac{-P_{g2}}{P_{g2} - P_{g1}} \cdot \Delta t ,$$

а за триточковата – съответно:

$$(14) \quad T = \frac{-P_{g2}}{P_{g3} - P_{g1}} \cdot 2\Delta t .$$

Този вариант също беше проверен. Зависимостта на грешката в определянето на ефективната дължина на главния въздуховод от стъпката на квантоване на времето се получи от същия вид, както на фиг. 2. Като предимство на този вариант може да се посочи намаляването с единица на броя на измерванията и при двуточковата, и при триточковата схеми на числено диференциране, което се вижда от изразите (13) и (14).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената методика игнорира неудобството от необходимостта да е известна крайната стойност на налягането P_k при прилагане на пробно задържане. Разработено е

методологично, програмно и техническо осигуряване в няколко варианта чрез измерване на текущата стойност на налягането и определяне на изменението му, като е гарантирано автоматичното и обективно определяне на ефективната дължина на главния спирачен въздуховод на влака по време на движение с произволна скорост. При промяна на дължината може да се изработва съобщение на машиниста с указване на мястото на изолиране. В заключение може да се каже, че изборът на оптимален вариант за решаване на поставената задача би се получил от сравнението на реални изпитания на различните варианти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Попов Л., В. Димитров, Компютърно моделиране и симулация на пневматична система, IV научна конференция „КЕИТ 2018“.
- [2] Ищев К., Н. Атанасов, А. Ищев, Теория на управлението (част 1), Университетско издателство при ТУ-Варна, 2011
- [3] Ищев К., Теория на управлението, С., 2004
- [4] Бесекерский В., Попов Е., Теория систем автоматического управления, Санкт-Петербург, 2004
- [5] <http://aiut.tugab.bg/Library/АТР/ДОС/Идентификация на обекти по преходната им характеристика.pdf>

MODIFICATION OF MODELS FOR THE IDENTIFICATION OF PNEUMATIC BRAKE SYSTEM PARAMETERS

Lyudmil Popov
lucy6@abv.bg

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

Key words: *differential pressure, three-point circuit, optimal quantum interval*

Abstract: *The report discusses the issue of controlling the effective length of the train's main brake pipe, ignoring the inconvenience of a previously developed methodology from the need to know the final pressure value P_k when applying a test hold. The claim that this value is zero is true in a limited number of cases. For example, the final pressure is not zero but an unknown magnitude greater than 5 or even 8 atm. In the case of the so-called "shock-filling", even when composing the train at the landfill, this pressure can reach up to 10 atmospheres.*

The purpose of this report 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 without the need to know the initial and final pressure values.

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.

The method has been refined to simplify the calculations and the necessary measurements, reducing the need to know the value of the final pressure P_k .