

ДИНАМИЧНИ ПРОЦЕСИ ВЪВ ВЕНТИЛАЦИОННИ ВЕРИГИ ПРИ МАЛКИ СМУЩЕНИЯ

Константин Тричков, Ромео Александров, Андрей Козаров

Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски" – София 1700, България

РЕЗЮМЕ. В настоящата статия се разглежда сравнително прост приблизителен метод за получаване на честотните характеристики на вентилационна верига, които са необходими за изследване на импулсно управление. Създадения променлив режим изисква да се отчитат не само статичните вентилационни съпротивления, но още инертността и свиваемостта на въздуха.

DYNAMIC PROCESSES IN VENTILATION CIRCUITS UNDER SMALL DISTURBANCES

Konstantin Trichkov, Romeo Alexandrov, Andrei Kozarov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" – Sofia 1700, Bulgaria

ABSTRACT. The present paper considers comparatively simple approximate method to obtain frequency characteristics of a ventilation circuit which are necessary for investigation of the pulse control. The changeable regime created requires giving an account not only of the static ventilation resistances but of inertia and compressibility of the air as well.

Въведение

За разглеждане на възможностите за импулсно регулиране на въздушните количества е необходимо да се определят времената на преходните процеси възникващи във вентилационната верига. Това се налага от необходимостта за намиране на промеждутъците от време през които трябва да се подават управляващите импулси към силовите преобразуватели от задвижването на вентилатора.

В [1] е разгледан подобен въпрос във връзка с отчитане на технологичните величини от датчици. Постановката на задачата там, обаче е при достатъчно плавно изменение на режима на проветряване, което е дава възможност за пренебрегване на свиваемостта на въздушния поток. Отчита се само неговата инерционност. Освен това регулирането става чрез промяна на аеродинамичното съпротивление в разглеждания участък. Описана е динамиката на инерционен несвиваем въздушен поток чрез система от диференциални и алгебрични уравнения.

В повечето случаи представените математически модели на движение на въздуха се описват с нелинейни уравнения, за които трудно може да се намери пълно аналитично решение [2].

При отчитане на спецификата на импулсното регулиране е целесъобразно използването на двуконтурна заместваща схема на вентилационен участък. Разглежда се сравнително прост приблизителен метод за получаване на честотните характеристики на вентилационна верига,

които са необходими за изследване на импулсно управление.

Постановка на задачата

Нека вентилационна верига има дължина ℓ и постоянно напречно сечение s . Приема се, че е изпълнено условието $\ell \ll cT$, където c е скоростта на звука, а T е периода на очакваните импулси на напора P на вентилатора. Това допускане позволява системата да се приеме със съсредоточени параметри, т.е. процесите да се разглеждат само като функции на времето, но не и на дължината ℓ по линейната координата x . При импулсно управление функцията $P = P(t)$ има специфичен характер. Тя представлява постоянно изменяща се функция, чиито стойности се колебаят около една средна стойност. Нека напора на вентилатора P се представи като сума от една постоянна съставна, обусловена от постоянния напор на вентилатора, създаващ $P_{cp} = const$ и една синусоидална съставна, получена от колебанията на налягането, $\Delta P \sin \Omega t$.

$$P = P_{cp} + \Delta P \sin \Omega t \quad (1)$$

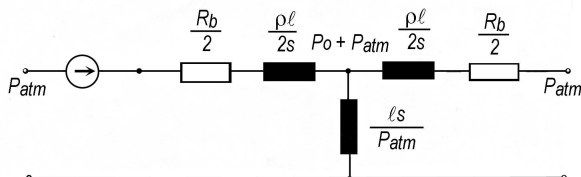
където: P_{cp} - средна стойност на налягането създадено от вентилатора, P_a

ΔP - амплитудата на преобладаващия първи хармоник на изменящото се налягане, Pa

$$\Omega = \frac{2\pi}{T} \text{ - кръгова честота на колебанията, } \text{rad/s}$$

Задачата се разглежда при $\Delta P \ll P_{cp}$.

В такъв случай вентилационната верига може да се представи със следната заместваща схема (фиг. 1).

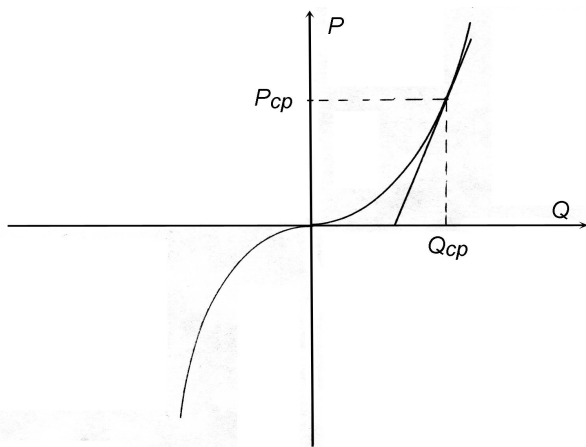


Фиг. 1.

Тъй като по условие $\Delta P \ll P_{cp}$ стойността на R_b се определя от отношението на средните стойности на налягането и обемния поток.

$$R_b = \frac{P_{cp}}{Q_{cp}}, \quad (2)$$

а статичното отношение на налягането и обемния поток R_{cm} се определя от допирателната към вентилационната характеристика при статичен режим (фиг. 2).



Фиг.-2.

$$R_{cm} = \frac{dP}{dQ} \quad (3)$$

От друга страна :

$$R_b = \frac{R_{cm}}{2} = R_{airdin} \left| Q_{cp} \right|, \frac{kg}{m^4 s} \quad (4)$$

Където: Q_{cp} е постоянното въздушно количество, обусловено от P_{cp} при статичен режим и изчислено от нелинейния постоянен режим при $P = P_{cp} = const$.

R_{airdin} е аеродинамично съпротивление на въздушния поток, $\frac{kg}{m^7}$

При уравнение на вентилационната характеристика:

$$P = R_{airdin} |Q| \cdot Q \text{ за } Q > 0 \quad P = R_{airdin} \cdot Q^2$$

За заместващата схема от фиг. 1 се съставят следните уравнения:

$$Q_1 = \frac{s\ell}{P_{atm}} \frac{dP_o}{dt} + Q_2 \quad (5)$$

$$P_o = \frac{R_b}{2} \cdot Q_2 + \frac{\ell\rho}{2s} \cdot \frac{dQ_2}{dt} \quad (6)$$

$$P = \frac{R_b}{2} \cdot Q_1 + \frac{\ell\rho}{2s} \cdot \frac{dQ_1}{dt} + P_o \quad (7)$$

Където: P_o е налягане в средата на вентилационната верига, Pa

R_b е отношението на средните стойности на налягането и обемния поток, на цялата вентилационна верига, $\frac{kg}{m^4 s}$

ρ е специфичната маса на въздуха, $\frac{kg}{m^3}$. С малка грешка може да се приеме, че стойността ѝ остава постоянна и равна на плътността при нормални условия.

Q_1 и Q_2 - са въздушните количества на входа и на изхода на вентилационната верига, $\frac{m^3}{s}$.

При динамичен режим те се различават съгласно уравнение (2).

P е налягането на входа на вентилационната верига, създавано от управлявания вентилатор, което се разглежда като известна функция на времето, съгласно уравнение (1).

Така написаната система диференциални уравнения е нелинейна, защото вентилационните съпротивления са нелинейни.

Поради специфичния характер на функцията $P = P(t)$ (1), системата уравнения може да се линеаризира с цената на допустима грешка. За сметка на грешката се получават обозрими резултати при решението.

Решение

При така направените допускания системата уравнения, които описват синусоидалния режим с малки амплитуди е линейна и има вида:

$$\Delta Q_1 = \frac{s\ell}{P_{atm}} \frac{d\Delta P_o}{dt} + \Delta Q_2 \quad (8)$$

$$\Delta P_o = \frac{R_{cm}}{2} \Delta Q_2 + \frac{\ell\rho}{2s} \cdot \frac{d\Delta Q_2}{dt} \quad (9)$$

$$\Delta P \sin \Omega t = \frac{R_{cm}}{2} \Delta Q_1 + \frac{\ell\rho}{2s} \cdot \frac{d\Delta Q_1}{dt} + \Delta P_o \quad (10)$$

Тъй като се търси само установения синусоидален режим може да се използва символичният метод за

решаване на линейната система диференциални уравнения. Така се получават (11), (12) и (13):

$$\Delta \dot{Q}_1 = j\Omega \ell s \Delta P_o \frac{1}{P_{atm}} + \Delta \dot{Q}_2 \quad (11)$$

$$\Delta \dot{P}_o = \frac{R_{cm}}{2} \Delta \dot{Q}_2 + j\Omega \frac{\ell\rho}{2s} \Delta \dot{Q}_2 \quad (12)$$

$$\frac{\Delta P}{\sqrt{2}} = \frac{R_{cm}}{2} \Delta \dot{Q}_1 + j\Omega \frac{\ell\rho}{2s} \Delta \dot{Q}_1 + \Delta \dot{P}_o \quad (13)$$

Системата се решава спрямо $\Delta \dot{Q}_1$ и след обратното преобразуване се получава:

$$\Delta Q_1(t) = \Delta Q_{1max} \sin(\Omega t + \theta) \quad (14)$$

Където: ъгълът θ е сложна функция на параметрите, която обаче не представлява практически интерес. Амплитудата ΔQ_{1max} се определя от израза (15):

$$\Delta Q_{1max} = \Delta P \left\{ \frac{(2P_{atm} - \Omega^2 \ell^2 \rho)^2 + \Omega^2 R_{cm}^2 \ell^2 s^2}{\left(R_{cm}^2 + \Omega^2 \frac{\ell^2 \rho^2}{s^2} \right) \left[(2P_{atm} - \Omega^2 \ell^2 \rho)^2 + \Omega^2 R_{cm}^2 \ell^2 s^2 \right]} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Във вентилационната верига може да възникнат резонансни явления, при които се наблюдават резки изменения на $\Delta Q_1(t)$, когато разликите, поставени в скоби в числителя и знаменателя се изменят около нулата. Поради това честотата на регулиране трябва да отговаря

на условието: $\Omega^2 \ll \frac{2P_{atm}}{\rho \ell^2}$

Пример

За $\ell = 100 \text{ m}$, $P_{atm} = 10^5 \frac{N}{m^2}$,

$$\rho = 1 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Omega \ll 4,5 \frac{rad}{s}$$

Този резултат показва, че периодът на регулиращите импулси може да бъде примерно $T = 10, s$ т.е. $\Omega = 0,6283, \frac{rad}{s}$ което е напълно реализуемо от гледна точка на управлението.

От този резултат следва, че импулсното регулиране е подходящо за вентилационни вериги с малка дължина, например вентилация на тунели, подземни камери със самостоятелно проветряване и изход на атмосфера, като подземни взривни складове. Защото при реални дължини на цялостна руднична вентилационна мрежа, резонансната честота има много малки стойности, която рязко намалява възможностите за регулиране налягането на вентилатора.

Заклучение

В статията е показана възможност да се опишат приблизително динамични явления във вентилационна верига при наличие на малки смущаващи въздействия, като се използва система от линейни уравнения. Изведена е формула за определяне на резонансните честоти на вентилационна верига и е предложена възможност за намиране на честотните ѝ характеристики.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Електротехника", МЕМФ

Литература

- Цой С. 1975, *Автоматическое управление вентилационными системами шахт*. Алма-Ата, "Наука" КазССР, 1975. стр.170, 181.
- Стефанов Т. 1991, *Руднична аерология*. С. "Техника" 1991. стр. 130, стр. 238
- Димов Д., В. Ковачев. 1986, *Руднични стационарни уредби*. С. "Техника" 1986. стр.16 стр. 106