

ლამინარული აირნაკადის სიჩქარის ავტომატური რეგულირება ბიოუსფრთხობის კარადაში

აკაკი ფალავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ბიოუსფრთხობის კარადაში ლამინარული აირნაკადის სიჩქარის ავტომატური მართვის საკითხები. დასაბუთებულია სიჩქარის ავტომატური მართვის აუცილებლობა. განხილულია გამწოვ მილში გამავალი აირის ნაკადის და მასში განთავსებულ დიაფრაგმაზე მოქმედი ძალის შეფასების საკითხები. ამ ძალების მიხედვით შერჩეულია დიაფრაგმის მოსაბრუნებელი ბიჯური ძრავი და მისი მართვა. განხილულია ბიოუსფრთხობის კარადაში ლამინარული აირნაკადის სიჩქარის ცვლილების მიზეზები და ამ ნაკადის მუდმივი მინიმალური სიდიდის ავტომატური შენარჩუნების უკუკავშირის კვანძი თერმოდანემომეტრის ბაზაზე.

საკვანძო სიტყვები: ბიოუსფრთხობის კარადა. ლამინარული აირნაკადი. ბიჯური ძრავი. თერმოდანემომეტრი.

1. შესავალი

თანამედროვე ბიოქიმიური და ბაქტერიოლოგიური ლაბორატორიების უსაფრთხო ფუნქციონირება წარმოუდგენელია ბიოუსფრთხობის კარადების გარეშე. ეს კარადები უზრუნველყოფენ საკვლევი მასალის დაცვას დაბინძურებისგან დამზადების პროცესში, გარემოს და ოპერატორის დაცვას ინფიცირებისგან შესაბამისი მიმართულების და სიჩქარის აირნაკადის მეშვეობით. აირნაკადის პარამეტრები განპირობებულია კარადის მოცულობის შესაბამისი გამწოვი ვენტილატორის მიერ შექმნილი ლამინარული ნაკადის სიჩქარით, რომელიც მუშა ლიობის სიბრტყეში უნდა იყოს არანაკლებ 0.5 მ/წ. ლოგიკურია, რომ ეს სიჩქარე დამოკიდებულია არა მარტო გამწოვი ვენტილატორის სიმძლავრეზე, არამედ გამწოვი კარადების ერთ-ერთი აუცილებელი ელემენტის, ჰეპაფილტრის დაბინძურების ხარისხზე. ცხადია, რომ დაბინძურების ხარისხი ექსპლუატაციისას იზრდება. სიჩქარე აგრეთვე შესაძლებელია შეიცვალოს კლიმატური პირობების (ტემპერატურა, სინოტივე, ქარის სიმძლავრე და მიმართულება, წნევა) მნიშვნელოვანი ცვლილებების გამოც.

თანამედროვე გამწოვ კარადებში ლამინარული ნაკადის სიჩქარე რეგულირდება ჰარბი სიმძლავრის გამწოვი ვენტილატორის აირნაკადის არხის ფართობის საწყისი დარეგულირებით და შემდგომში კონტროლდება ელექტრონული სისტემით. როდესაც ნაკადის სიჩქარე არ შეესაბამისება დასაშვებს, გაისმის განგაშის სიგნალი. ლაბორანტმა უნდა შეწყვიტოს მუშაობა და გამოიძახოს სპეციალისტი. თუ გავითვალისწინებთ ლამინარული ნაკადის სიჩქარის ცვლილების მიზეზებს, ცხადი გახდება, რამდენად ხშირად შეიძლება შეიქმნას ასეთი პრობლემა.

2. ძირითადი ნაწილი

ბიოუსფრთხობის კარადა უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენს განსაზღვრული მოცულობის ჩაკეტულ სივრცეს გამჭვირვალე წინა პანელით და გარკვეული ზომის სამუშაო ღიობით. ზემოთაღნიშნული უსაფრთხოების ფუნქციის შესასრულებლად, გარკვეული მიმართულების და სიჩქარის ლამინარული აირნაკადის მისაღებად და კონტროლისთვის, იგი აღჭურვილია გამწოვი ვენტილატორით და აირნაკადის სიჩქარის მაკონტროლებელი მოწყობილობით. ვენტილატორის ამძრავი უმეტეს შემთხვევაში – მაღალბრუნიანი ასინქრონული ძრავია (ხშირად ამამაღლებელი რელექტორით). ამიტომ აირნაკადის სიჩქარის რეგულირება დინამიურად პრაქტიკულად შეუძლებელია. სიჩქარის დაყენება ხორციელდება აირგამტარ მილში არსებული დიაფრაგმის შესაბამისი მოტრიალებით გაწყობა-დაყენების პროცესში სპეციალისტის მიერ ელექტრონული ანემომეტრის დახმარებით (ან განგაშის გათიშვამდე, თუ მას არ გააჩნია ხელსაწყო). თანამედროვე გამწოვ კარადაებში უსაფრთხოების გაზრდის მიზნით სიჩქარის კონტროლი ხორციელდება უწყვეტად. აირნაკადის სიჩქარის გასაზომად უფრო ხშირად გამოიყენება თერმონანემომეტრები “ცხელი გამტარით”. მოხსნილი სიგნალი ძლიერდება და კომპარატორის მეშვეობით ჩართავს განგაშის ელექტრონულ სქემას. როგორც წესი, რათა მუშაობის წყვეტები იყოს იშვიათი, გამწოვი ვენტილაციის არხი გადაიკეტება ისე, რომ ლამინარული ნაკადის სიჩქარე 0.5 მ/წ-ზე საგრძნობლად მეტი იყოს. ადვილი წარმოსადგენია, რომ ამ შემთხვევაში, რადგანაც გაიზრდება ჰეაფილტრში გამავალი აირში შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობაც და ზომებიც, გაიზრდება ძვირადღირებული ჰეაფილტრის დაბინძურების სიჩქარე და ხშირად გამოცვლის აუცილებლობა. აქედან გამომდინარე, სასურველია ლამინარული აირნაკადის სიჩქარის ავტომატური რეგულირება.

ლამინარული ნაკადის სიჩქარის რეგულირებისთვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ვენტილაციის არხის გადაკეტვის ავტომატური რეგულირება “ცხელ გამტარიანი” ანემომეტრიული სქემის სიგნალის მნიშვნელობით, გადაკეტი დიაფრაგმის ღერძის ბიჯური ძრავით შესაბამისი მოტრიალებით.

ბიჯური ძრავის შესარჩევად გამოყენებულ იქნა გამწოვი ვენტილატორის მიერ შექმნილი ნაკადისაგან დიაფრაგმის ღერძზე მოქმედი მბრუნავი მომენტის მიახლოებითი განტოლება. მის გამოსაყვანად ვიხელმძღვანელებთ შემდეგი მარტივი მოსაზრებებით: 1). დიაფრაგმის ფართობი α კუთხით მოტრიალებისას გამოიანგარიშება ფორმულით

$$S = \pi R^2 \cos \alpha$$

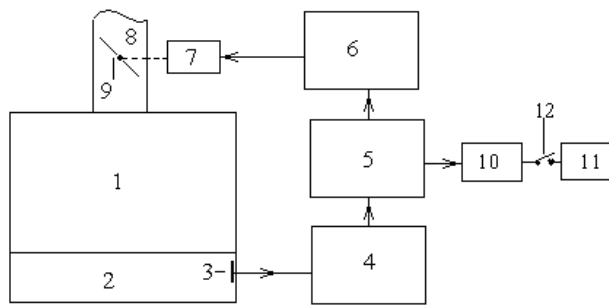
სადაც R – გამწოვი მილის რადიუსია, ხოლო α – დიაფრაგმის მობრუნების კუთხე რადიალური ღერძის მიმართ.

- 2). ჰეაფილტრი (გამოუყენებელი) ამცირებს ჰაერის ნაკადის სიჩქარეს ორჯერ;
- 3). ჰაერის ნაკადი გამწოვ მილში ლამინარულია;

4). მუშა შესასვლელის ფართობი განისაზღვრება ფორმულით $D = l * h$, სადაც l - გამწოვი კარადის მუშა სიგანეა, ხოლო h - ღიობის სიმაღლეა მუშა მდგომარეობაში.

რადგან ლამინარული ნაკადის სიჩქარე 0.5 მ/წ-ზე მეტი უნდა იყოს, მაშინ გამწოვ ვენტილატორის მიერ უზრუნველყოფილი ნაკადი $v > v_{\min} = 2 * D * 0,5$. თუ გამოვიყენებთ აირის ნაკადის იმპულსის გამოსაანგარიშებელ ფორმულას $F = \rho S v^2 \sin^2 \alpha = \rho R^2 v^2 \sin^3 \alpha$ (2), შეგვიძლია მიახლოებით გამოვიანგარიშოთ ბიჯური ძრავის ლილვზე მოქმედი მომენტი და მისი მიხედვით მეტობით შევირჩიოთ ძრავის სიმძლავრე და მისი მართვა. ცხადია, რომ მართვის ბლოკი უნდა შეიცავდეს რვეერსს.

ნახაზ 1-ზე ნაჩვენებია გამწოვ კარადაში ლამინარული ნაკადის სასურველი სიჩქარის უზრუნველყოფის ავტომატური სისტემის ფუნქციონალური სქემა.



ნახ. 1.

1 - გამწოვი კარადა; 2 - გამწოვი კარადის საშუალო ღიობი; 3 - “ცხელი გამტარიანი” გამზომი-გარდამქმნელი; 4 - ბოგირული სქემა, მაძლიერებელი, ფილტრი; 5 - ზედა და ქვედა დონეების (სიჩქარის ზღვრების) კომპარატორები; 6 - ბიჯური ძრავის მართვის სისტემა; 7 - ბიჯური ძრავი; 8 - გამწოვი მილი; 9 - დიფერენციალური; 10 - მოძღვრის დროის რეგულირება; 11 - განგაშის მოწყობილობა; 12 - განგაშის გათიშვის დილაკი.

ბიჯური ძრავის მართვის სქემა განხორციელებულია სპეციალიზირებულ მიკროსქემებზე L297 და L298N (2). სტატიაში მოყვანილი სქემის შესაბამისად, L297 წარმოადგენს ბიჯური ძრავის კონტროლერს, ხოლო L298N - მძლავრ შეწყვეტილებულ ბოგირულ სქემას მძლავრი გამოსასვლელი.

ამ სისტემის უმნიშვნელოვანეს კვანძს წარმოადგენს ლამინარული აირის ნაკადის სიჩქარის გამზომი, დაფუძნებული გამტარის წინაღობის ტემპერატურულ დამოკიდებულებაზე. სიჩქარის გაზომვის თერმორეზისტორული მეთოდს ახასიათებს მაღალი მგრძობელობა, სწრაფმოქმედება და კონსტრუქციის სიმარტივე.

ცნობილია, რომ ცხელი გამტარის თბომომოცვლის განტოლებას აქვს სახე

$$I^2 R_w = h * A_w (T_w - T_f)$$

სადაც I - გამტარში გამავალი დენია; R_w - გამტარის წინაღობა; T_w - გამტარის ტემპერატურა; T_f - გარემოს ტემპერატურა; A_w - გამტარის ჰაერთან შეხების ფართობი; h - გამტარის თბომომოცვლის კოეფიციენტი.

რადგან გამტარის წინაღობა R_w დამოკიდებულია ტემპერატურაზე

$$R_w = R_{ref} [1 + \alpha (T_w - T_{ref})]$$

სადაც α – გამტარის ტემპერატურული კოეფიციენტი;

R_{ref} – წინაღობის სიდიდე საკალიბრო ტემპერატურაზე;

T_{ref} – საკალიბრო ტემპერატურა.

თბომიმოცვლის კოეფიციენტი წარმოადგენს ნაკადის სიჩქარის ფუნქციას:

$$h = a + b * v_f^c$$

სადაც a, b და c კალიბრების პროცესში განსაზღვრადი მუდმივებია. $c \cong 0.5$.

ამ განტოლებებიდან, როგორც ნაჩვენებია (2), გამომდინარეობს, რომ გამტარის წინაღობა არის როგორც ნაკადის სიჩქარის, ასევე გარემოს ტემპერატურის ფუნქცია. ამ ფაქტორის გამოსარიცხად ჩვენს მიერ ბოგიურულ სქემაში ჩავრთეთ ორი ნიქრომის გამტარი, განლაგებული ერთმანეთთან ახლოს, რათა იყენენ ერთნაირ ტემპერატურულ პირობებში, რომელთაგან ერთ-ერთი დაცულია ნაკადისაგან. ორივე გამტარი ჩართულია ბოგიურულ სქემაში, რომელიც იკვებება სტაბილიზირებული ძაბვის წყაროდან. მიღებული სიგნალი ძლიერდება ოპერაციული მაძლიერებლით (ცნობილი ჩართვის სქემით (4)) და იფილტრება მაღალსიხშირული ფილტრით ($K_f = 0$, როდესაც $f \geq 20 Hz$). გაფილტრული სიგნალი მიეწოდება კომპარატორებს, რომელთა მეშვეობით განსაზღვრება ბიჯური ძრავის ბრუნვის მიმართულება და გაშვება.

იმ შემთხვევაში, როდესაც დიაფრაგმა გახსნილია მაქსიმალურად და ჰეაფილტრის მაქსიმალური დაბინძურების გამო ლამინარული აირნაკადის სიჩქარე გარკვეული დროის განმავლობაში ვეღარ რეგულირდება, აუცილებელია შესაბამისი შეტყობინების გამოთქმა. ამისათვის სისტემაში გათვალისწინებული მოძოლინე დროის რელე (10 წამიანი დროითი ინტერვალით), რომელიც ჩართვება ქვედა ზღვრის კომპარატორით და თუ მისი ჩამოვდება არ მოხდა 10 წამში, ჩართვება განგამის მოწყობილობა. მისი გამორთვისთვის სისტემაში გათვალისწინებულია შესაბამისი ლილაკი.

3. დასკვნა

ამრიგად ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია გამწოვ კარადაში ნომინალური ლამინარული აირნაკადის სიჩქარის მართვის ავტომატური სისტემა. ეს სისტემა საშუალებას იძლევა ვუზრუნველყოთ საკვლევი პრეპარატების და გარემოს დაცვას დამზადების პროცესში დაბინძურებისგან და ოპერატორის დაცვას ინფიცირებისგან. სტატიაში მოყვანილია მიალოვებითი ფორმულები ბიჯური ძრავის და მისი მართვის შესარჩევად. ავტომატური მართვის უკუკავშირის წრედში ნომინალური ლამინარული აირნაკადის სიჩქარის დასაშვებ ფარგლებში შესანარჩუნებლად გამოყენებულია თერმონემომეტრი, რომელსაც ახასიათებს მაღალი მგრძობელობა, სწრაფმოქმედება და კონსტრუქციის სიმარტივე.

შემოთავაზებული მეთოდიკის მიხედვის შესაძლებელია ლამინარული აირნაკადის ნომინალური სიჩქარის უზრუნველყოფა სხვა მოცულობის გამწოვ კარადაებში.

ლიტერატურა:

1. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л., Энергоатомиздат, 1988
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. Наука. М., 1974
3. DI HALT. Управление шаговыми двигателями. [www://easyelectronics.ru/upravlenie-shagovym-dvigatелеm.html](http://easyelectronics.ru/upravlenie-shagovym-dvigatелеm.html)
4. Термоанемометр. Модель ИТС-01. <http://www.kot-device.ru/3ur/anem.html>

**AUTOMATIC REGULATION OF SPEED LAMINAR AIRFLOW
IN THE BIO-SAFETY CABINET**

Pagava A.V.
Georgian Technical University

Summary

The essentiality of the automatic regulation of the speed of the laminar flow in the exhaust hood for the biological studies is accentuated, which have special filters - hepa-filtry. An issue of the estimation of the forces is examined, which act on the diaphragm from the speed of the moving flow located in the air duct. According to this estimation, the selection of step-by-step motor and its control for the turning of diaphragm in the process of work is produced. The reasons for a change in the speed of the laminar flow in the exhaust hood and the unit of feedback for maintaining the minimum permissible value on the base of the hot-wire anemometer are examined.

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА СКОРОСТИ ЛАМИНАРНОГО
ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ВЫТЯЖНОМ ШКАФУ**

Пагава А. В.
Грузинский Технический Университет

Резюме

В статье обоснована необходимость автоматического регулирования скорости ламинарного потока в вытяжном шкафу для биологических исследований, имеющем специальные фильтры – гепафильтры. Рассмотрен вопрос оценки сил, действующих на расположенную в воздуховоде диафрагму и зависящих от скорости движущегося потока. По этой оценке производится подбор шагового двигателя и его управления для поворота диафрагмы в процессе работы. Рассмотрены причины изменения скорости ламинарного потока в вытяжном шкафу и узел обратной связи для поддержания минимально допустимой величины скорости ламинарного потока на базе термоанемометра.