International Scientific Conference 20 UNITECH 26

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
19-21 November 2026
GABROVO

СИСТЕМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА СКОРОСТ НА РАВНОМЕРНО ВЪРТЕЛИВО ДВИЖЕНИЕ

Недю Недев

Технически университет Габрово, ул. Х. Димитър 4, Габрово, България
nnedev@tugab.bg

A MONITORING SYSTEM FOR THE SPEED OF UNIFORM ROTATIONAL MOTION

Nedyu Nedev

Technical University of Gabrovo, H. Dimitar 4 str. Gabrovo, Bulgaria
nnedev@tugab.bg

Abstract

The modern world is inconceivable without the wide variety of machines used in numerous sectors, including manufacturing, transportation, agriculture, and others. Regardless of their operating principle or type of fuel used, machines commonly convert the energy they receive into rotational motion, which is primarily characterized by its rotational speed. Various methods and measuring instruments, including both mechanical and electrical approaches, can be employed to determine rotational speed.
This paper presents a LabVIEW-based system for measuring the rotational speed of the shaft of two coupled micromachines used for student training at the Technical University of Gabrovo. The proposed system provides an appropriate experimental platform for the measurement and monitoring of rotational speed and can be used as a practical tool in the education and training of students in measurement and instrumentation.

Keywords: uniform rotational motion; rotational speed measurement; virtual instrument; LabVIEW

ВЪВЕДЕНИЕ

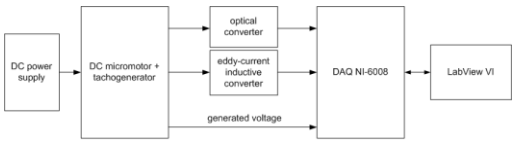
Въртеливите движения са най-често срещаните движения, извършвани от голяма част от машините, използвани в съвременния свят. Една от основните характеристики на тези движения е тяхната скорост. В миналото са се използвали както механични, така и електрически методи и средства за нейното измерване [1-4]. В практиката по-широко приложение намират електрическите заради многобройните им предимства.

За преобразуване на скоростта на въртене в пропорционален електрически сигнал се използват преобразуватели, работещи на основата на различни принципи: оптични, индуктивни, капацитивни и др. [5,6]

В настоящия доклад се предлага система за измерване на скорост на равномерно въртеливо движение на вала на две куплирани микромашини [6], използвани в процеса на обучение на студенти в ТУ-Габрово.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Системата е изградена на основата на блоковата схема, представена на фиг. 1, а самата система е представена на фиг. 2,

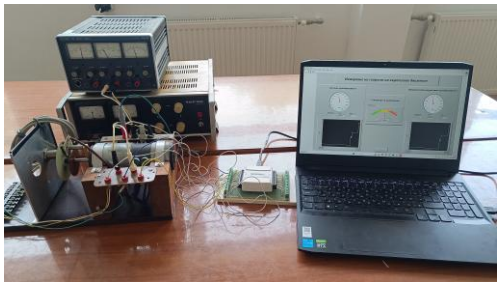


Фиг. 1. *Блокова схема на измервателната система*

Print ISSN: 1313-230X, Online ISSN: 3033-1404

като основните й елементи са:

- постояннотоков захранващ източник;
- постояннотокови микродвигател и тахогенератор, чийто валове са механично свързани;
- квантуващ фотоелектричен преобразувател;
- вихровотоков индуктивен преобразувател;
- DAQ NI-6008;
- LabView виртуален инструмент.



Фиг. 2. *Реализирана измервателна система*

Постояннотоковият микродвигател се захранва посредством регулируем постояннотоков захранващ източник, като промяната на големината на захранващото напрежение води до промяна на скоростта на въртене на ротора на машината. Тъй като валовете на микродвигателя и тахогенератора са свързани механично, това ще води и до изменение на скоростта на въртене на ротора на тахогенератора, а оттам и до генерираното на неговите изводи постоянно напрежение.

За измерване на скоростта на въртене на вала на двете куплирани машини се използват квантуващ фотоелектрически преобразувател и вихровотоков индуктивен преобразувател. За целта на общия вал са разположени два диска, по един за работа със всеки от преобразувателите. Върху диска, работещ с фотоелектрическия преобразувател, са изрязани две работни полета, докато на диска, работещ с вихровотоковия преобразувател, са разположени две отражателни повърхности. И при двата преобразувателя изходният сигнал е във вид на импулси с честота *f*, зависеща от скоростта на въртене и броя на работните зони.

За определяне на скоростта на въртене на дисковете, респективно на вала, може да се използва един от двата израза

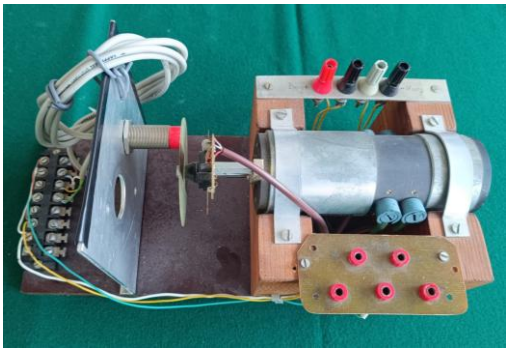
$$n = \frac{f}{k}, r/s \qquad (1)$$

или

$$n = \frac{60f}{k}, r/min \qquad (2)$$

където f е честотата на импулсите от преобразувателя, k - броя на работните полета (зони).

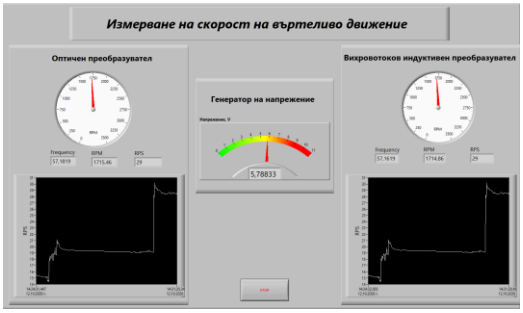
Използваният макет е представен на фиг.3.



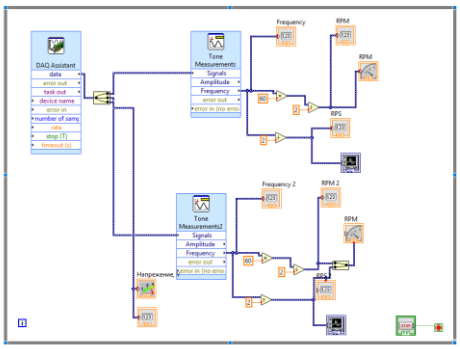
Фиг. 3. *Общ вид на двете микромашини и разположение на преобразувателите*

За осигуряване връзка между изходите на преобразувателите, тахогенератора и компютърната система е използван модулът USB-6008 [7] на „National instruments“. USB-6008 е нискобюджетен модул за събиране на данни, осигуряващ аналогови и цифрови входове и изходи (единични и диференциални), и 32-битов брояч. В настоящия проект са използвани три аналогови входа. Към първите два се включват изходите на двата преобразувателя с цел измерване честотата на импулсите, генерирани от тях. Към третия аналогов вход е включен изходът на тахогенератора за измерване големината на генерираното от него напрежение.

За работа със системата е разработен виртуален инструмент (VI) в програмна среда LabVIEW [8,9]. LabVIEW е програмна среда, базирана на графичния език G, даваща възможност за работа с устройства, използващи различни комуникационни интерфейси, както и с платки за събиране на данни, използващи системната шина на компютърната система за комуникация. Всеки виртуален инструмент се състои от преден панел и блокова диаграма. На предния панел, както и при реалните устройства, са разположени контроли и индикатори. Блоковата диаграма представлява самата програма, която се изпълнява. Предният панел и блоковата диаграма на разработения за работа със системата виртуален инструмент, са представени на фиг.4.



а)



б)

Фиг. 4. *Преден панел а) и блокова диаграма на виртуалния инструмент*

За осигуряване на комуникацията с модула USB-6008 е използван блока DAQ Assistant, а за измерване на честотите на импулсите от двата преобразувателя и последващо пресмятане на скоростта на въртене на общия вал на двете микромашини, се използва блока Tone Measurements.

Предният панел на VI е разделен на три секции, две от които са идентични и са предназначени да визуализират информацията, постъпваща от двата преобразувателя. Визуализира се честотата на постъпващите импулси от всеки от преобразувателите, пресметнати стойности на скоростта на въртене на вала в обороти за минута и обороти за секунда, както и изменение на скоростта на въртене във времето.

В третата секция е разположен аналогов волтметър за отчитане на генерираното от тахогенератора напрежение. Измереното напрежение може да достига 10 V поради обхвата на аналогови входове, който е от -10 V до +10 V.

За проверка точността на виртуалния инструмент, бяха проведени паралелни измервания. Към изводите на тахогенераторът бе включен цифров мултимер „Mastech MAS345“ за измерване на генерираното напрежение, проверка точността на измерване на импулсите от двата преобразувателя бе използван мултифункционален калибратор „Fluke 725“ [10]. Измерванията бяха направени в диапазона 1-10V генерирано напрежение от тахогенератора. Получените резултати са представени в таблица 1.

Табл.1 *Резултати от паралелни измервания*

$U_{mг}$	U_{vi}	$f_{контм}$	$f_{virtм}$	$f_{индукт}$	$f_{viиндукт}$
V	V	Hz	Hz	Hz	Hz
1	1.01	9.8	9.78	9.7	9.72
2	2.01	19.5	19.55	19.4	19.5
3	2.98	30	29.7	29	29.4
4	4.02	39	39.5	39	38.7
5	5.03	49	49.2	49	48.6
6	6.05	60	59.7	59	58.4
7	7.02	69	69.1	68	67.8
8	8.01	79	79.3	78	77.5
9	9.01	88	88.2	87	87.1
10	9.98	98	97.8	97	97.1

В таблицата с f_k са означени отчетените от калибратора стойности на честотата на съответния преобразувател, а с f_{vi} стойностите отчетени от виртуалния инструмент.

От направените измервания може да се направи заключение, че при измерване на напрежение в зададения диапазон разликата в показанието на виртуалния инструмент не надвишава 1%, а разликата в показанията на калибратора и виртуалния инструмент при измерване на честота не превишава 1,3% и за двата преобразувателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена е компютърно базирана система за измерване на скорост на въртеливо движение на общия вал на две механично свързани микромашини. За измерване на скоростта на въртене са използвани квантуващ фотоелектрически преобразувател и вихровотоков индуктивен преобразувател. За осигуряване на връзка между аналоговите преобразуватели и компютърната система е използван DAQ-модул USB-6008. За работа със системата е разработен виртуален инструмент визуализиращ моментните стойности на честотата на импулсите от аналоговите преобразуватели и скоростта на въртене на вала на двете микромашини.

ЛИТЕРАТУРА

[1] HASAN, Ali. Comparative Study of Watt, Porter, Proell and Hartnell Governor Mechanism. In: Advances in Mechanical Engineering: Select Proceedings of CAMSE 2020. Singapore: Springer Singapore, 2021. p.481-497.

[2] Hasan A. Study of Watt Governor Mechanism. Indian Journal of Science and Technology. 14(14), (2021): 1116-1121. https://doi.org/10.17485/IJST/v14i14.528

[3] ZHENG, Zhe; ZHANG, Ren Jie. Classification research of rotation speed measurement. Applied Mechanics and Materials, 2014, 457: 998-1003.

[4] FIORUCCI, Edoardo, et al. Variable speed drive characterization: Review of measurement techniques and future trends. Advances in Power Electronics, 2013, 2013.1: 968671.

[5] Nenova Z, Nenov N., Ivanov S, Measurement of non-electrical quantities, Gabrovo, Vasil Aprilov University Press, 2024.

[6] Trendafilov G. Measurement of non-electrical quantities, Gabrovo, Vasil Aprilov University Press, 2005.

[7] NI USB-6008/6009 - Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device. User Guide and Specification. (http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf).

[8] LabVIEW System Design Software. (http://www.ni.com/labview/

[9] LabVIEWTM Basics I: Introduction Course Manual. Course Software Version 8.0 May 2006 Edition, Part Number 320628P-01. (http://www.unife.it/ing/informazione/Sistemi-acquisizione-dati/ manuale-di-programmazione-labview/manuale-labview-8-0-inglese).

[10] Nedev N., Accuracy Verification Of Digital Multimeters, International Scientific Conference MEEST, Plovdiv, 2026, Proceedings, pp.212-216.