

НАМОТОЧНА МАШИНА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОТУШОК ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ГІРОСКОПІВ

Іванов С.В., Олійник П.Б., Вірченко Г.А.

НДІ телекомунікацій КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: ivanov.sergiy@lil.kpi.ua

Winding machine for manufacturing of fiber-optic gyro coils

Winding machine for manufacturing of fiber-optic gyro coils is presented. Structure of the machine hardware part and its software is shown, and main functions of the machine are described.

Для вимірювання кутової швидкості широко використовують волоконно-оптичні гіроскопи (ВОГ). Практичне застосування такі прилади знайшли у телекомунікації в системах орієнтації та стабілізації антен, зокрема супутникового зв'язку, в системах орієнтації та навігації космічних апаратів, пілотованої авіації та безпілотних апаратів – авіаційних, надводних, підводних.

Створення данного класу приладів стало можливим лише з розвитком і вдосконаленням елементної бази квантової електроніки. Принцип дії оптичних гіроскопів заснований на вихровому ефекті Саньяка. Ключовим елементом такого приладу є котушка, намотана з оптичного волокна. Від якості її намотки залежить точність приладу та стабільність його параметрів. Оскільки процес намотки котушки трудомісткий, то для його автоматизації проектують намоточні машини.

Перші дослідження в галузі створення намоточних машин розпочато ще в 1990-х. Наприклад, в [1] подано загальні настанови з проектування такої машини. У 2001 році автори [2] представили машину з системою підтримання сталого натягу волокна, автоматичним перемиканням подачі волокна з робочих котушок. Це необхідно для котушок зі складною намоткою, наприклад квадрупольною, та контролю дефектів намотки у процесі роботи машини. Аналогічний підхід застосовано в роботі [3].

У [4] запропоновано намоточну машину на основі складної системи, заснованої на розподілених мережевих технологіях і з застосуванням нечіткої логіки. Такий підхід знімає проблеми, пов'язані з обмеженою обчислювальною потужністю керуючих пристроїв. Водночас він знижує оперативність керування машиною, що може призвести до виникнення додаткових дефектів.

Автори [5] та [6] створили намоточну машину, в якій застосовано інший принцип. Усе керування та обробку даних зосереджено на одному головному

комп'ютері (використано технологію віртуальних пристроїв LabView). Недоліком такого підходу є необхідність застосування потужного промислового комп'ютера та дорогого програмного забезпечення. При цьому основні принципи керування - підтримання сталого натягу волокна, автоматичне перемикання подачі волокна, контроль якості намотки – незмінні у всіх розробках. Створена машина орієнтована на виготовлення катушок з квадрупольною намоткою.

У даній публікації представлено розроблювану в НДІ ТК КПІ ім. Ігоря Сікорського намоточну машину (державний реєстраційний номер 0122U200937). Для досягнення високої стабільності роботи гіроскопа в мінливих умовах навколишнього середовища, зокрема з урахуванням чутливості вихідного сигналу до температури, намоточна машина забезпечує виготовлення катушок з кількома типами намоток таких як квадрупольною, модифікованою квадрупольною та іншими [7]. Схему машини для намотки оптичного волокна, засновану на досвіді побудови таких машин іншими дослідниками [1,2, 5, 6], наведено на рис. 1.

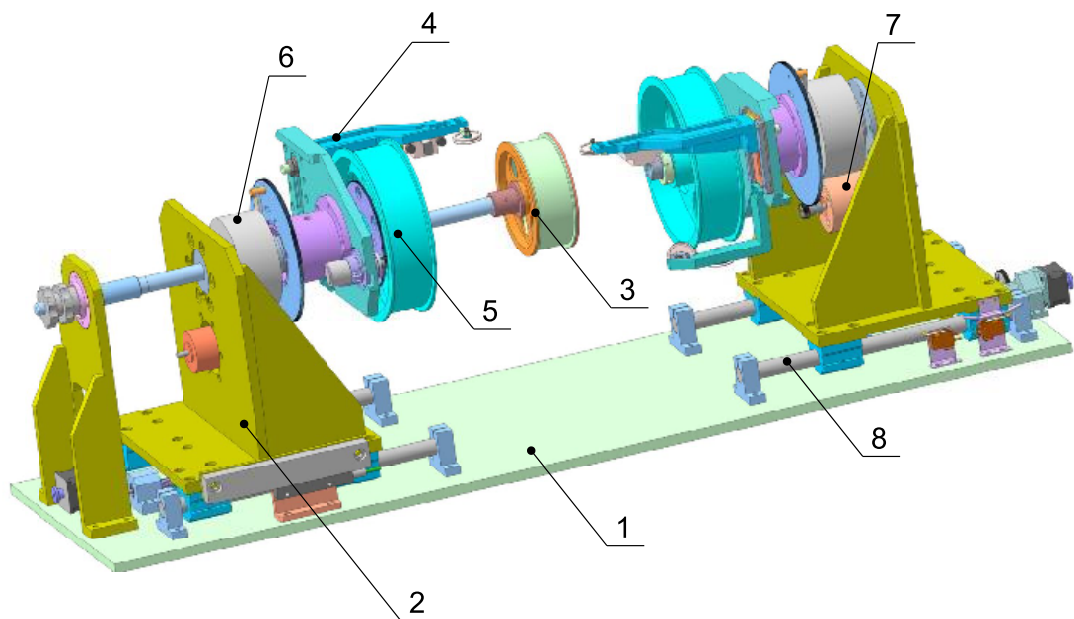


Рис. 1. Машина для намотки оптичного волокна: 1 – основа, 2 – намотувальний модуль, 3 – катушка ВОГ, 4 – водило, 5 – робоча катушка, 6 – вузол кріплення осі водила, 7 – редуктор, 8 – лінійні направляючі

Для намотки волокна на катушку ВОГ застосовуються два намоточних модулі 2 з водилами 4. За рахунок керування рухом цих модулів з використанням лінійних направляючих та водил забезпечується рівномірна укладка волокна на катушку ВОГ 3 та стабілізація його натягу при намотці. Використання системи машинного зору забезпечує виявлення дефектів

(візуально й напівавтоматично), оцінку й класифікацію за типами дефектів, ведення статистики, а також збереження та видачу результатів роботи за заданий період із можливістю автоматичного створення звітів. Правильна класифікація виявлених дефектів дозволяє визначити причини їх виникнення, своєчасно внести необхідні коригування у виробничий процес. Оптична камера, що входить до системи машинного зору на рис.1 не показана.

Для керування машиною, на відміну відіснуючих аналогів, запропоновано застосувати комбінований підхід, а саме: для безпосереднього керування процесом намотки, включаючи позиціонування намоточних модулів та стабілізація натягу волокна використовується спеціально розроблений електронний блок керування, а для загального керування процесом намотки (як пульт керування) та виявлення дефектів застосовуватиметься персональний комп'ютер. Це дозволить суттєво здешевити апаратну частину машини.

Програмне забезпечення (ПЗ) машини складається відповідно з ПЗ електронного блока керування та ПЗ верхнього рівня.

ПЗ електронного блока керування призначене для керування машиною на низькому рівні, забезпечуватиме підтримання заданого натягу волокна, рівномірність укладки волокна на котушки, а також виконання намотки волокна згідно з програмою намотки, заданої з пульта керування.

ПЗ верхнього рівня (рис. 2) буде встановлено на пульті керування, забезпечуватиме загальне керування намоткою, включаючи керування режимом намотки, задання натягу волокна та контроль дефектів намотки в реальному часі.

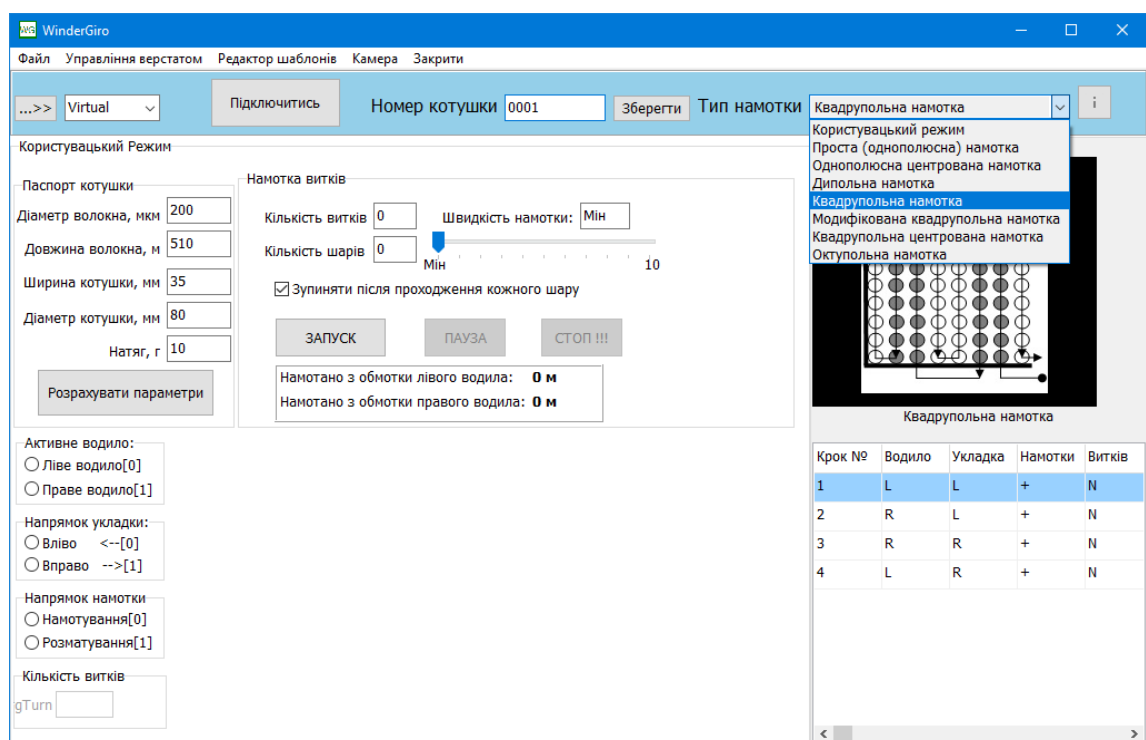


Рис. 2. Інтерфейс ПЗ верхнього рівня

На даний момент дослідний зразок намоточної машини знаходиться у процесі виготовлення. Результати розробки буде представлено після випробувань у технічній звітності по науково-дослідній роботі, на міжнародних комунікативних форумах, всеукраїнських та регіональних науково-технічних/промислових виставкових заходах, а також у наукових журналах.

Література

1. De Fazio, Thomas L. Development issues for automating quadrupole-pattern optical-fiber coil-winding for fiber-optic gyro manufacture [Text] / Thomas L. De Fazio', Kendall L. Belsley, Ronald H. Smith, Garry B. Shank, Jr., William H. Culver // Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Diego, CA, USA. – 1994. – vol. 1. –pp. 202-207, doi: 10.1109/ROBOT.1994.350987.
2. Sharon, Andre. Development of an automated fiber optic winding machine for gyroscope production [Text] /Andre Sharon, Stephen Lin// Robotics and Computer Integrated Manufacturing. – 2001. – vol. 17. – pp. 223-231, [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(00\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(00)00030-2)
3. Zhang, Peng. The Design for Tension Control System of FOG Coil Winding [Text] / Peng Zhang, Ruifeng Yang, Xueliang Zhang // Applied Mechanics and Materials. –2013. – Vols. 380-384. – pp 317-320, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.380-384.317
4. Zhang, Peng. Compound Tension Control of an Optical-Fiber Coil System: A Cyber-Physical System View [Text] / Zhang Peng, Yang Rui-Feng, Zhang Xue-Liang // Advances in Mechanical Engineering. – 2014. – Article ID 204234. - 10 p., <http://dx.doi.org/10.1155/2014/204234>
5. Ge, Shuangchao. Constant Small Tension Control for Fiber Optic Coil Variable-Velocity Winding [Text] // Shuangchao Ge , Ruifeng Yang , Chenxia Guo // IEEE Access. – 2019. - vol. 7. - pp. 172012-172020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2956564
6. Ge, Shuang-Chao. A Highly Integrated Automatic Fiber Optical Gyroscope Sensing Coil Winding System /Shuang-Chao Ge*, Rui-Feng Yang, and Chen-Xia Guo // International Journal of Control, Automation and Systems. – 2021. – vol. 19, no. X. – pp/ 1-13, <http://dx.doi.org/10.1007/s12555-020-0040-6>
7. S. Ivanov Modeling of Influence of Shupe Effect on Fiber-Optic Goniometer with different coil winding types / Sergiy Ivanov, Pavlo Oliinyk, Gennadii Virchenko, Volodymyr Vanin and Mykola Tereschuk // Conference 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, 5pp. ISBN: 979-8-3503-9920-2.