

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-75-13>

УДК 004.7

БАБЧУК Сергій

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

2000work2000@gmail.com

БАБЧУК Ірина

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

biryua634@gmail.com

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗМІНИ ДОВЖИНИ СЕГМЕНТУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ЦИФРОВОЇ МЕРЕЖІ DEVICENET НА БАЗІ ТОВСТОГО КРУГЛОГО КАБЕЛЯ

DeviceNet є цифровою спеціалізованою мережею, яка забезпечує взаємодію між промисловими контролерами та пристроями введення-виведення, надаючи користувачам економічно ефективну мережу для зчитування даних з датчиків та керування виконавчими механізмами. В мережі DeviceNet один кабель використовується для передачі даних та для підведення напруги живлення до елементів мережі. Спеціалізовану цифрову мережу DeviceNet можна використовувати в системах автоматизації різних промислових підприємств. Спочатку було досліджено яка математична залежність буде найкраще відображати характер зміни швидкості передачі даних, що встановлена виробником мережі DeviceNet на сегментах даної мережі різної довжини. Встановлено, що з лінійної, степеневі, експоненціальної, поліноміальної, логарифмічної залежностей найкраще відображає характер зміни швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля поліноміальна залежність. Встановлено математичну модель залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, яка відображає залежність зміни швидкості передачі даних в мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля від довжини сегменту з похибкою до 0,85%. Встановлена математична модель залежності зміни швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля сприятиме ефективнішому проектуванню систем контролю та керування на базі мережі DeviceNet.

Ключові слова: математична модель, DeviceNet, fieldbus, спеціалізована цифрова мережа, автоматизована система контролю, автоматизована система управління.

BABCHUK Sergii, BABCHUK Iryna

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

MATHEMATICAL MODEL CHANGE OF DATA TRANSMISSION SPEED DEPENDING ON CHANGE THE LENGTH OF A SEGMENT SPECIALIZED DIGITAL NETWORK DEVICENET

DeviceNet is a digital specialized network that enables communication between industrial controllers and I/O devices, providing users with a cost-effective network for reading data from sensors and controlling actuators. In a DeviceNet network, one cable is used for data transmission and for supplying voltage to the network elements. The specialized digital DeviceNet network can be used in the automation systems of various industrial enterprises. First, it was investigated which mathematical dependence would best reflect the nature of the change in the data transfer rate set by the manufacturer of the DeviceNet network on segments of this network of different lengths. It has been established that of the linear, power, exponential, polynomial, logarithmic dependencies, the polynomial dependency best reflects the nature of the change in the data transfer rate depending on the length of the segment of the specialized DeviceNet network based on a thick round cable. A mathematical model of the dependence of the data transfer rate on the length of a segment of a specialized DeviceNet network based on a thick round cable has been established, which reflects the dependence of the change in the data transfer rate on the DeviceNet network based on a thick round cable on the length of the segment with an error of up to 0.85%. The established mathematical model of the dependence of data transfer rate changes on the length of a segment of a specialized DeviceNet network based on a thick round cable will contribute to more effective design of control and management systems based on the DeviceNet network.

Keywords: mathematical model, DeviceNet, fieldbus, specialized digital network, automation systems, automated control system.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В даний час в більшості сфер світового ринку присутні товари від різних виробників. Наявність однакових за призначенням товарів від різних виробників створює конкуренцію між виробниками, та дозволяє споживачу отримати необхідні йому товари кращої якості за менші кошти. Конкуренція змушує виробників у боротьбі за прихильність споживачів саме до їх продукції постійно удосконалюватись та працювати над тим що б створити необхідний споживачу товар високої якості з меншою ніж у конкурента ціною.

Одним з шляхів підвищення ефективності виробництва товарів є впровадження на заводах і фабриках систем автоматизації.

Раніше системи автоматизації будувались на основі централізованої моделі керування технологічними процесами. В даний час в світовій практиці відома велика кількість реалізованих систем керування технологічними процесами на основі децентралізованої моделі керування. Використання децентралізованої моделі керування сприяє підвищенню ефективності виробництва (зокрема можна досягнути зменшення затрат та підвищення якості). Крім того, децентралізовані системи керування технологічними процесами легше, швидше і дешевше розгортаються. Також децентралізовані системи керування технологічними процесами у порівнянні з централізованими системами керування технологічними процесами зручніше і дешевше обслуговувати та підтримувати.

Децентралізовані системи керування технологічними процесами, як правило, створюють на базі спеціалізованих цифрових мереж, які, зокрема, забезпечують надійну передачу цифрових даних.

В даний час в світі виготовляється і пропонується виробниками більше ста спеціалізованих цифрових мереж. І користувачам досить складно визначити ту мережу, яка дозволить їх підприємству перейти на новий рівень ефективності та конкурентоздатності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед багатьох спеціалізованих цифрових мереж можна виділити спеціалізовану мережу DeviceNet.

DeviceNet є цифровою спеціалізованою мережею, яка з'єднує та забезпечує зв'язок між промисловими контролерами та пристроями введення-виведення, надаючи користувачам економічно ефективну мережу для зчитування даних з давачів та керування виконавчими механізмами. DeviceNet створено на базі спеціалізованої цифрової мережі CAN (Controller Area Network), яка використовується в автомобілях для зв'язку між інтелектуальними пристроями [1-4].

Спеціалізована мережа DeviceNet використовує топологію шина та забезпечує живлення елементів мережі напругою до 24 В постійного струму 8 А, який передається через мережевий кабель, щоб спростити розгортання мережі, забезпечуючи передавання по одному кабелю і напруги живлення і інформаційного сигналу [1]. Кабель для мережі DeviceNet містить одну пару проводів для передачі даних і одну пару проводів, для підведення напруги живлення [5].

Мережа DeviceNet дозволяє зменшити витрати на підключення та обслуговування, оскільки потребує менше проводів, а також дозволяє підключати сумісні з DeviceNet пристрої від різних виробників [2].

Існує широкий вибір пристроїв, сумісних з DeviceNet, тому можна створити системи автоматизованого управління технологічними процесами різної складності [2].

Спеціалізована мережа DeviceNet використовує промисловий протокол CIP для своїх верхніх рівнів моделі ISO/OSI [1,4]. Завдяки цьому можна легко організувати взаємодію спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet з іншими спеціалізованими цифровими мережами, які теж мають промисловий протокол CIP для своїх верхніх рівнів моделі ISO/OSI (наприклад, спеціалізовані цифрові мережі ControlNet та Ethernet/IP).

Промисловий протокол CIP охоплює комплексний набір повідомлень і послуг для різноманітних додатків автоматизації виробництва. CIP є незалежним протоколом, який підтримується сотнями постачальників у всьому світі. CIP надає користувачам уніфіковану архітектуру зв'язку на всьому виробничому підприємстві [1].

Особливості спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet [1-6]:

- підтримує до 64 вузлів, де один вузол використовується головним “сканером”, а ще один вузол зарезервований як вузол за замовчуванням, а 62 вузли, доступні для пристроїв із максимальною кількістю пристроїв до 2048;
- підтримує використання повторювачів, мостів, маршрутизаторів, шлюзів;
- режими обміну даними “master-slave” або “пристрій-пристрій”;
- можна під напругою додавати або відключати пристрої від мережі.

Спеціалізована цифрова мережа DeviceNet була розроблена компанією Allen-Bradley, яка зараз належить бренду Rockwell Automation. Потім було вирішено зробити DeviceNet відкритою мережею, просуваючи її у всьому світі за допомогою сторонніх постачальників. Тепер цією мережею керує ODVA (Open DeviceNet Vendors Association), яка розробляє стандарти для даної мережі [7-8].

ODVA є некомерційною організацією, що складається з сотень компаній у всьому світі, яка підтримує, просуває та поширює мережу DeviceNet. В даний момент більше 300 компаній є зареєстрованими членами, а понад 800 пропонують продукти DeviceNet по всьому світу [8].

Вищевказане сприяло тому, що користувачам доступна широка номенклатура апаратних та програмних засобів для спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet [9-14].

Враховуючи вищеписане спеціалізовану цифрову мережу DeviceNet можна використати в системах автоматизації різних промислових підприємств.

Максимальна довжина сегменту мережі DeviceNet може становити до 500 м. Швидкість передачі даних в мережі змінюється в залежності від довжини сегменту та типу кабеля (товстий круглий, тонкий круглий, плоский).

В джерелі [15] вказано швидкості передачі даних встановлені виробником мережі DeviceNet на сегментах даної мережі різної довжини на базі товстого круглого кабеля (табл.1)

Таблиця 1

Швидкості передачі даних встановлені виробником мережі DeviceNet на сегментах даної мережі різної довжини на базі товстого круглого кабеля

Швидкість передачі даних в мережі DeviceNet, кбіт/с	Довжина сегменту мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, м
125	500
250	250
500	100

Відсутність встановленої залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet ускладнює проектування систем контролю та керування на базі мережі DeviceNet.

Формулювання цілей статті

Метою здійснених досліджень було встановлення математичної моделі залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля.

Встановлення математичної моделі залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої цифрової мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля.

На початку досліджень було вирішено дослідити яка математична залежність буде найкраще відображати зміну швидкості передачі даних, що встановлена виробником мережі DeviceNet на сегментах даної мережі різної довжини. Зокрема, було проведено дослідження і проаналізовано характер залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля при використанні залежностей:

- лінійної;
- степеневої;
- експоненціальної;
- поліноміальної;
- логарифмічної.

За результатами виконаних досліджень можна зробити висновок, що серед вищенаведених математичних залежностей найкраще відображає характер залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля поліноміальна залежність:

$$y(x) = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Встановлено коефіцієнти a , b і c , які дозволяють моделі (1) найближче відобразити залежність зміни швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля:

$$\begin{aligned} a &= 0,0029 \\ b &= -2,6875 \\ c &= 742,75 \end{aligned}$$

Підставивши у модель (1) значення визначених коефіцієнтів a , b і c , одержано:

$$y(x) = 0,0029x^2 - 2,6875x + 742,75. \quad (2)$$

Графік встановленої математичної моделі (2) швидкості передачі даних у відповідності до довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля та точок швидкостей передачі даних встановлених виробником мережі DeviceNet для різної довжини сегментів даної мережі на базі товстого круглого кабеля зображено на рис.1.

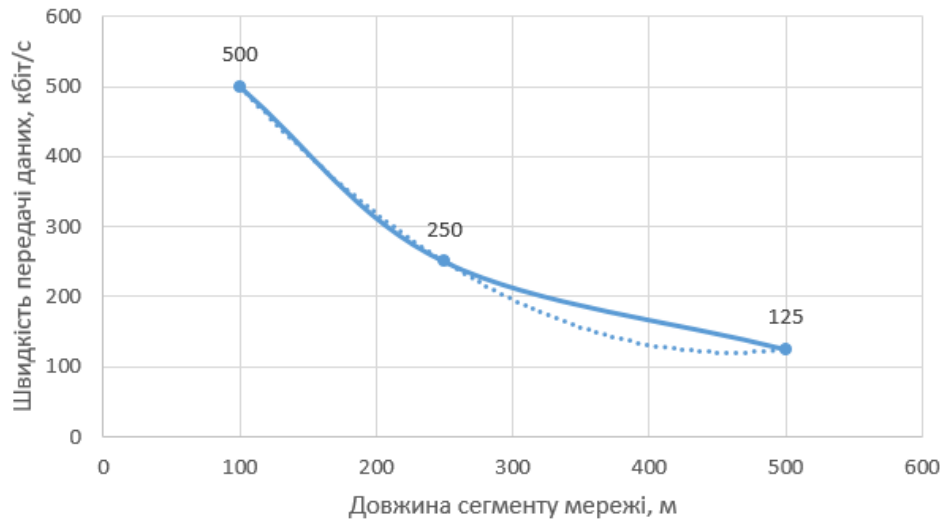


Рис. 1. Графік зміни швидкості передачі даних в залежності від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля побудований за допомогою встановленої математичної моделі (2) та точок швидкостей передачі даних, які встановлені виробником мережі DeviceNet на сегментах даної мережі різної довжини

В таблиці 2 наведено результати аналізу значень швидкості передачі даних встановленої виробником мережі DeviceNet для різної довжини сегментів даної мережі та швидкості передачі даних, яка визначена за допомогою встановленої математичної моделі (2) залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля.

Таблиця 2

Аналіз відповідності швидкості передачі даних в спеціалізованій мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, яка визначена за допомогою встановленої математичної моделі (2), швидкостям передачі даних, які встановлені виробником мережі DeviceNet для різної довжини сегментів даної мережі

Довжина сегменту мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, м	Швидкість передачі даних в спеціалізованій мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, яка встановлена виробником мережі DeviceNet, кбіт/с	Швидкість передачі даних в мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, яка визначена за допомогою встановленої математичної моделі (2), кбіт/с	Похибка, кбіт/с	Похибка, %
500	125	124	-1	-0,8
250	250	252,125	2,125	0,85
100	500	503	3	0,6

Як видно з табл.2 встановлена математична модель (2) відображає залежність швидкості передачі даних в мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля від довжини сегменту з похибкою до 0,85%.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Встановлено математичну модель залежності швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля, яка відображає залежність зміни швидкості передачі даних в мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля від довжини сегменту з похибкою до 0,85%. Встановлена математична модель залежності зміни швидкості передачі даних від довжини сегменту спеціалізованої мережі DeviceNet на базі товстого круглого кабеля сприятиме ефективнішому проектуванню систем контролю та керування на базі мережі DeviceNet.

Література

1. DeviceNet. ODVA. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.odva.org/technology-standards/key-technologies/devicenet/>
2. R. Jagan Mohan Rao. What is DeviceNet? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://instrumentationtools.com/what-is-devicenet/>

3. DeviceNet Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/network-security-and-infrastructure/devicenet-networks.html>
4. Бабчук С.М. Монографія «Спеціалізовані комп'ютерні мережі і системи» - 2021 – 124 с.
5. DeviceNet. Valmet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.valmet.com/flowcontrol/brands/stonel/protocols/devicenet/>
6. What is DeviceNet? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://automationforum.co/what-is-devicenet-working-topology/>
7. DeviceNet: Architecture, Message Format, Error Codes, Working & Its Applications. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.elprocus.com/devicenet-architecture/>
8. DeviceNet - a comprehensive overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://store.chipkin.com/articles/devicenet-a-comprehensive-overview>
9. DeviceNet Network Configuration. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/dnet-um004_-en-p.pdf
10. Jacques Venter. An Introduction to DeviceNet Industrial Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solisplc.com/tutorials/devicenet>
11. DeviceNet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.anybus.com/technologies/fieldbus-serial/devicenet>
12. Network blocks for Devicenet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.balluff.com/en-tr/products/areas/A0009/groups/G0901/products/F09101?page=1&perPage=10&availableFirst=true>
13. Interface module for DeviceNet network. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://emea.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plc/plccl/other_network/devicenet
14. Allen-Bradley ArmorPoint DeviceNet Network Adaptor. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eecoonline.com/allen-bradley-armorpoint-devicenet-network-adaptor-mature-manufacturer-status-27>

Reference

1. DeviceNet. ODVA. – Access mode: <https://www.odva.org/technology-standards/key-technologies/devicenet/>
2. R. Jagan Mohan Rao. What is DeviceNet? – Access mode: <https://instrumentationtools.com/what-is-devicenet/>
3. DeviceNet Networks. – Access mode: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/network-security-and-infrastructure/devicenet-networks.html>
4. Babchuk S.M. Spetsializovani kompiuterni merezhi i systemy [Specialized computer networks and systems] - 2021 – 124 p.
5. DeviceNet. Valmet. – Access mode: <https://www.valmet.com/flowcontrol/brands/stonel/protocols/devicenet/>
6. What is DeviceNet? – Access mode: <https://automationforum.co/what-is-devicenet-working-topology/>
7. DeviceNet: Architecture, Message Format, Error Codes, Working & Its Applications. – Access mode: <https://www.elprocus.com/devicenet-architecture/>
8. DeviceNet - a comprehensive overview. – Access mode: <https://store.chipkin.com/articles/devicenet-a-comprehensive-overview>
9. DeviceNet Network Configuration. – Access mode: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/dnet-um004_-en-p.pdf
10. Jacques Venter. An Introduction to DeviceNet Industrial Networks. – Access mode: <https://www.solisplc.com/tutorials/devicenet>
11. DeviceNet. – Access mode: <https://www.anybus.com/technologies/fieldbus-serial/devicenet>
12. Network blocks for Devicenet. – Access mode: <https://www.balluff.com/en-tr/products/areas/A0009/groups/G0901/products/F09101?page=1&perPage=10&availableFirst=true>
13. Interface module for DeviceNet network. – Access mode: https://emea.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plc/plccl/other_network/devicenet
14. Allen-Bradley ArmorPoint DeviceNet Network Adaptor. – Access mode: <https://eecoonline.com/allen-bradley-armorpoint-devicenet-network-adaptor-mature-manufacturer-status-27>