

УДК 004.7:004.942

DOI 10.31471/1993-9981-2020-2(45)-119-124

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ ВІД ДОВЖИНИ СЕГМЕНТУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ CC-LINK

С.М. Бабчук

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Івано-Франківськ, Карпатська 15, 76019, s.babchuk@iung.edu.ua*

Анотація. В даний час між виробника мипродукції в різних сферах постійно йде боротьба за ринки збуту. Основними факторами, які дозволяють перемогти в цій боротьбі є забезпечення виробництва якісної продукції з нижчою собівартістю ніж у конкурента. Інструментом, який дозволить досягнути вище вказаних переваг є впровадження сучасних технологій в системах управління технологічними процесами. Одним з актуальних і перспективних напрямків модернізації та створення нових систем автоматизації технологічними процесами є побудова таких систем на базі спеціалізованих комп'ютерних мереж. Спеціалізована комп'ютерна мережа CC-Link була розроблена компанією MitsubishiElectricCorporation в 1996 році. І з того часу вона постійно вдосконалюється і розвивається. Мережа CC-Link пройшла сертифікацію відповідності до міжнародних стандартів IEC61158/IEC61784, ISO15745-5, SEMI E54.12, державних стандартів Китаю та Південної Кореї. В асоціацію партнерів CC-Link входить 3793 компанії по всьому світу, а в раді директорів даної асоціації всесвітньо відомі компанії MitsubishiElectricCorporation, CiscoSystemsInc, 3M Company, NEC Corporation, SchneiderElectricJapanHoldingsLtd. До технічних переваг на користь використання спеціалізованої комп'ютерної мережі CC-LINK в системах автоматизації управління технологічними процесами можна віднести те, що це високошвидкісна (до 10 Мбіт/с на відстані до 100 м), відкрита та детермінована промислова мережа, яка має засоби підвищення надійності мережі. В результаті проведених досліджень розроблено математичну модель залежності швидкості передавання даних від довжини сегменту спеціалізованої комп'ютерної мережі CC-Link. Похибка обчислення значення швидкості передавання даних в мережі CC-Link за допомогою розробленої моделі не перевищує 0,04%. Розроблену математичну модель можна в подальшому використовувати при проектуванні нових систем на базі мережі CC-Link.

Ключові слова: CC-Link, fieldbus, спеціалізована комп'ютерна мережа, математична модель, залежність швидкості передавання даних від довжини сегменту.

Аннотация. В настоящее время между производителями продукции в различных сферах постоянно идет борьба за рынки сбыта. Основными факторами, которые позволяют победить в этой борьбе являются обеспечение производства качественной продукции с себестоимостью ниже чем у конкурента. Инструментом, который позволит достичь выше указанных преимуществ является внедрение современных технологий в системах управления технологическими процессами. Одним из актуальных и перспективных направлений модернизации и создания новых систем автоматизации технологическими процессами является построение таких систем на базе специализированных компьютерных сетей. Специализированная компьютерная сеть CC-Link была разработана компанией Mitsubishi Electric Corporation в 1996 году. И с тех пор она постоянно совершенствуется и развивается. Сеть CC-Link прошла сертификацию соответствия международным стандартам IEC61158 / IEC61784, ISO15745-5, SEMI E54.12, государственным стандартам Китая и Южной Кореи. В ассоциацию партнеров CC-Link входят 3793 компании по всему миру, а в совете директоров данной ассоциации в семирно известные компании Mitsubishi Electric Corporation, Cisco Systems Inc, 3M Company, NEC Corporation, Schneider Electric Japan Holdings Ltd. К техническим преимуществам в пользу использования специализированной компьютерной сети CC-LINK в системах автоматизации управления технологическими процессами можно отнести то, что это высокоскоростная (до 10 Мбит/с на расстоянии до 100 м), открытая и детерминированная промышленная сеть, которая имеет средства повышения надежности сети. В результате проведения исследований разработана математическая модель зависимости скорости передачи данных от длины сегмента специализированной компьютерной сети CC-Link. Погрешность вычисления значения скорости передачи данных в сети CC-Link с

помістю розробленої моделі не перевищує 0,04%. Розроблену математическу модель можна в дальнейшем использовать при проектировании систем на базе сети CC-Link..

Ключевые слова: CC-Link, fieldbus, специализированная компьютерная сеть, математическая модель, зависимость скорости передачи данных от длины сегмента.

Abstract. Currently, between producers in various fields is constantly fighting for markets. The main factors that allow us to win this fight are to ensure the production of quality products at a lower cost than the competitor. The tool that will achieve the above advantages is the introduction of modern technologies in process control systems. One of the current and promising areas of modernization and creation of new automation systems by technological processes is the construction of such systems on the basis of specialized computer networks. CC-Link, a specialized computer network, was developed by Mitsubishi Electric Corporation in 1996. And since then it is constantly improving and evolving. CC-Link network has been certified in accordance with international standards IEC61158 / IEC61784, ISO15745-5, SEMI E54.12, state standards of China and South Korea. The CC-Link partner association includes 3,793 companies worldwide, and the board of directors of this association includes the world-famous companies Mitsubishi Electric Corporation, Cisco Systems Inc, 3M Company, NEC Corporation, Schneider Electric Japan Holdings Ltd. The technical advantages in favor of the use of a specialized computer network CC-LINK in process control automation systems include the fact that it is a high-speed (up to 10 Mbps at a distance of up to 100 m), open and deterministic industrial network, which has the means to increase network reliability. As a result of the conducted researches the mathematical model of change of speed of data transfer from length of a segment of the specialized computer network CC-Link is developed. The error in calculating the value of the data rate in the CC-Link network using the developed model does not exceed 0.04%. The developed mathematical model can be further used in the design of new systems based on the CC-Link network.

Keywords: CC-Link, fieldbus, specialized computer network, mathematical model, dependence of data rate on segment length.

Вступ

В даний час між виробниками продукції в різних сферах постійно йде боротьба за ринки збуту. Основними факторами, які дозволяють перемогти в цій боротьбі є забезпечення виробництва якісної продукції з нижчою собівартістю ніж у конкурента. Інструментом, який дозволить досягнути вище вказаних переваг є впровадження сучасних технологій в системах управління технологічними процесами.

Як правило, людський фактор є основною причиною помилок, аварій і простоїв виробництва. Для досягнення виробництва якісної продукції з мінімальними затратами необхідно звести до мінімуму вплив людського фактора на результати такого виробництва. При використанні втоматизованих систем управління процес виробництва відбувається автоматично за наперед розробленим алгоритмом, який забезпечує оптимальне виробництво з мінімальними витратами ресурсів[1].

Повноцінна автоматизована система управління технологічним процесом виконує наступні функції[1]:

- збір інформації з усіх датчиків і первинних перетворювачів та відображення отриманих даних в зручному для сприйняття вигляді на моніторі оператора;
- контроль стану устаткування(крім включеного виключеного стану, може відображатися робота окремих механізмів системи);
- інформування про передаварійні та аварійні ситуації;
- управління технологічними об'єктами в залежності від показників сировини на вході та необхідних кількісних і якісних характеристик кінцевого продукту. Відпрацювання того алгоритму, який є оптимальним для даного процесу в поточний момент часу;
- формування та направлення інформації про продукцію в служби підприємства(комерційний відділ, бухгалтерію);

- запис даних з будь-якої дискретністю і деталізацією. Легкий доступ до архіву уповноважених осіб;

- візуалізація технологічного процесу і передача даних на віддалені робочі місця і мобільні пристрої уповноважених осіб.

Таким чином, впровадження сучасної системи управління технологічними процесами дозволяє не тільки зменшити затрати на виробництво і підвищити його якість, а ще й додатково вдосконалює та покращує управління підприємством в цілому за рахунок тіснішої інтеграції виробничої системи з управлінською.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Одним з актуальних і перспективних напрямків модернізації та створення нових систем автоматизації технологічними процесами є побудова таких систем на базі спеціалізованих комп'ютерних мереж.

В світі в даний час час різними виробниками пропонується широкий спектр різноманітних спеціалізованих комп'ютерних мереж. І для керівництва підприємства та служби автоматизації даного підприємства важливою задачею є вибір спеціалізованої комп'ютерної мережі, яка стане основою для їх автоматизованої системи керування технологічними процесами.

Спеціалізована комп'ютерна мережа CC-Link була розроблена компанією MitsubishiElectricCorporation в листопаді 1996 року. І з того часу вона постійно вдосконалюється і розвивається.

В 2000 році компанією MitsubishiElectricCorporation було випущено специфікацію для мережі CC-Link (мережа стала відкритою).

В листопаді 2000 року шість компаній заснували Асоціацію партнерів CC-Link (CLPA) для глобального просування мережі.

В травні 2001 року мережа пройшла сертифікацію згідно міжнародного стандарту SEMI E54.12.

В грудні 2005 року мережа CC-Link сертифікована згідно державного стандарту Китаю GB/Z.

В квітні 2006 року мережа сертифікована згідно міжнародного стандарту ISO15745-5, а в грудні 2007 року мережа сертифікована згідно міжнародного стандарту IEC61158/IEC61784 "Industrial communication networks. Fieldbus specifications", який є основним в сфері міжнародної стандартизації спеціалізованих комп'ютерних мереж [2].

В березні 2008 року мережа сертифікована згідно державного стандарту Південної Кореї KSB ISO15745-5.

В грудні 2008 року мережа CC-Link сертифікована згідно державного китайського стандарту GB/T, який є найвищим державним китайським стандартом в сфері мереж.

Число компаній-членів CLPA становить – 3793 (80% компаній-членів знаходяться за межами Японії).

В раду директорів Асоціації партнерів CC-Link (CLPA) входять всесвітньо відомі компанії:

- MitsubishiElectricCorporation;
- CiscoSystems, Inc;
- 3M Company;
- NEC Corporation;
- SchneiderElectricJapanHoldingsLtd.;
- CognexCorporation;
- Molex;
- BALLUFF;
- IDEC Corporation.

Регіональні офіси CLPA є в різних містах Азії, Європи, Північної Америки.

До технічних переваг на користь використання спеціалізованої комп'ютерної мережі CC-LINK в системах автоматизації управління технологічними процесами можна віднести те, що це високошвидкісна (до 10 Мбіт/с на відстані до 100 м), відкрита та детермінована промислова мережа, яка має засоби підвищення надійності мережі (RAS) [3-11].

Вище перелічені факти свідчать про те, що мережа CC-LINK є сучасною високошвидкісною надійною, детермінованою, яка підтримується, як всесвітньо відомими компаніями так і великою кількістю інших компаній по всьому світу. Це робить мережу привабливою до використання в модернізації чи створенні нових автоматизованих системах керування технологічними процесами.

Необхідно відмітити, що в даний час відсутні математичні моделі залежності швидкості передавання даних в мережі CC-Link. Наявність таких моделей дозволила б більш ефективно проектувати автоматизовані системи управління технологічними процесами на базі мережі CC-Link.

Розробка математичної моделі зміни швидкості передавання даних від довжини сегменту спеціалізованої комп'ютерної мережі CC-Link

В "OpenFieldNetwork CC-Link Compatible ProductCatalog" компанією Mitsubishi Electric Corporation вказано визначені нею відстані на які можна в мережі CC-Link передавати дані з швидкістю 10 Мбіт/с, 5 Мбіт/с, 2,5 Мбіт/с, 625 кбіт/с, 156 кбіт/с (табл.1).

Таблиця 1 – Швидкість передавання даних та відстань на якій вона визначена в мережі CC-Link

Швидкість передавання даних, кбіт/с	Відстань, м
10 000	100
5 000	160
2 500	400
625	900
156	1200

В таблиці 2 наведено результати аналізу швидкості передавання даних в

мережі CC-Link (в залежності від довжини сегменту даної мережі), яка визначена експериментально [11] та швидкості передавання даних, яка обчислена за допомогою розробленої моделі 1.

В процесі проведених досліджень було встановлено, що найменше відхиляється від наявних даних степенева математична модель:

$$y = 11054 \cdot e^{-0.003x} \quad (1)$$

Її графічна побудова зображена на рисунку 1.

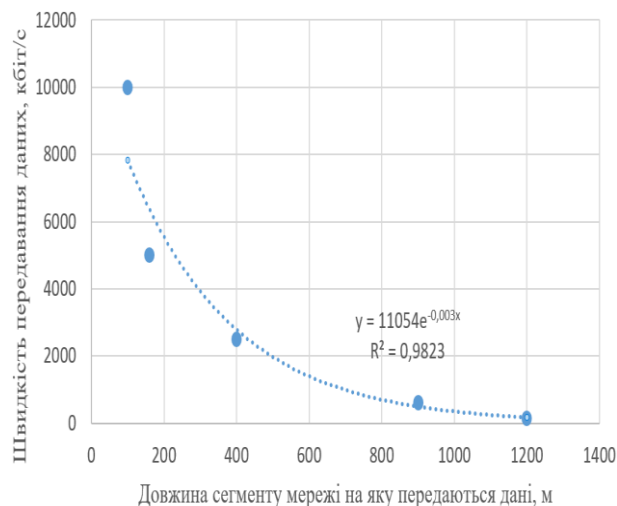


Рисунок 1 - Модель залежності швидкості передавання даних від довжини сегменту мережі CC-Link

З рисунка 1 та з таблиці 1 видно, що модель 1 погано відтворює залежність швидкості передавання даних в мережі CC-Link в залежності від довжини сегменту даної мережі.

Тому було прийнято рішення розробити систему математичних моделей для окремих ділянок мережі CC-Link:

Таблиця 2 – Аналіз швидкості передавання даних в мережі CC-Link з моделі (1)

Відстань сегменту мережі CC-Link, м	Швидкість передавання даних визначена експериментально [10], кбіт/с	Швидкість передавання даних обчислена за допомогою моделі (1), кбіт/с	Похибка, кбіт/с	Похибка, %
100	10000	8189	1811	18
160	5000	6840	1840	37
400	2500	3329	829	33
900	625	742	117	19
1200	156	302	146	94

$$\begin{cases} y = -10638\ln(x) + 58991, & x \in [100;160] \\ y = -2728\ln(x) + 18847, & x \in [160;400] \\ y = -3,75x + 4000, & x \in [400;900] \\ y = -1630\ln(x) + 11715, & x \in [900;1200] \end{cases}$$

(2)

Було проведено порівняння швидкостей передавання даних в мережі CC-Link (в залежності від довжини сегменту даної мережі), які визначені в [11] та швидкостей передавання даних, які обчислені за допомогою розроблених моделей (2). Результати даного порівняння наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Аналіз швидкості передавання даних в мережі CC-Link з моделі (2)

Відстань сегменту мережі CC-Link, м	Швидкість передавання даних визначена в [10], кбіт/с	Швидкість передавання даних обчислена за допомогою моделі (1), кбіт/с	Похибка, кбіт/с	Похибка, %
100	10000	10001,20	1,20	0,01
160	5000	5001,93	1,93	0,04
400	2500	2500	0	0
900	625	625,03	0,03	0,01
1200	156	156,04	0,04	0,03

Як видно з таблиці 2 похибка визначення за допомогою розробленої математичної моделі зміни швидкості

передавання даних від довжини сегменту спеціалізованої комп'ютерної мережі CC-Link не перевищує 0,04%.

Висновки. В результаті проведених досліджень розроблено математичну модель залежності швидкості передавання даних від довжини сегменту спеціалізованої комп'ютерної мережі CC-Link. Похибка обчислення значення швидкості передавання даних в мережі CC-Link за допомогою розробленої моделі не перевищує 0,04%. Розроблену математичну модель можна в подальшому використовувати при проектуванні нових систем на базі мережі CC-Link.

Список використаних джерел

1. Автоматехком: от проекта до ввода в эксплуатацию [Електронний ресурс]: http://automatech.com.ua/?gclid=Cj0KCQjwreT8BRDTARIsAJLI0KKSDR48HBrKi_LHIBXwoOsB5jf0bq80Xlv4tJS5rzaqJSnn1fgrsaAnrtEALw_wcB
2. International Standards [Електронний ресурс]: <https://eu.cc-link.org/en/clpa/standard>
3. Ассоциация Партнеров CC-Link [Електронний ресурс]: <https://eu.cc-link.org/ru/clpa/history>
4. CC-Link Product. Development Guidebook. – 2016. – 40 p.
5. CC-Link. – 2018 – 11 p.
6. Open Field Network: CC-Link Family Compatible Product Development Guidebook. - Mitsubishi Electric. - 2019. - 64 p.
7. Asycube CC-Link Gateway. – AsyriL. - 2019. - 21 p.
8. Babchuk, S. Classification of Specialized Computer Networks // Journal of Automation and Information Sciences. – 2016. – Vol. 48. – P. 57-64.
9. Specification table of CC-Link Ver. 1.10/Ver. 2.00 – 48 p.
10. Бабчук С. М. Незамай Б. С. Математична модель залежності швидкості передавання даних від довжини сегменту спеціалізованої цифрової мережі G3-PLC

.Методи і прилади контролю якості. №2(43)
 2019. С. 120 – 127.

11. OpenFieldNetwork CC-
 LinkCompatibleProductCatalog. -
 MitsubishiElectricCorporation. - 2012. – 56 p.

References

1. Avtomatekhkom: otproyektadovvoda v
 ekspluatatsiyu [Elektronniyresurs]:
http://automatech.com.ua/?gclid=Cj0KCQjwreT8BRDTARIsAJLI0KKSDR48HBrKi_-LHIBXwoOsB5jf0bq80Xlv4tJS5rzaqJSnn1fgr-saAnrtEALw_wcB

2. International Standards
 [Elektronniyresurs]: <https://eu.cc-link.org/en/clpa/standard>

3. AssotsiatsiyaPartnerov CC-Link
 [Elektronniyresurs]: <https://eu.cc-link.org/ru/clpa/history>

4. CCLink Product. Development
 Guidebook. – 2016. – 40 p.

5. CC-Link. – 2018 – 11 p.

6. Open Field Network: CC-Link Family
 Compatible Product Development Guidebook.
 - Mitsubishi Electric. - 2019. - 64 p.

7. Asycube CC-Link Gateway. – AsyriL. -
 2019. - 21 p.

8. Babchuk, S. Classification of
 Specialized Computer Networks // Journal of
 Automation and Information Sciences. – 2016.
 – Vol. 48. – P. 57-64.

9. Specification table of CC-Link Ver.
 1.10/Ver. 2.00 – 48 p.

10. Babchuk S., Nezamay B. Mathematical
 Model of speed data transmission from
 segment length of specialized G3-plc digital
 network. Methods and devices of quality
 control №2(42) 2019 p 120-127.

11. OpenFieldNetwork CC-
 LinkCompatibleProductCatalog. -
 MitsubishiElectricCorporation. - 2012. – 56 p.