

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Д. Трушаков¹, О. Козловський¹, С. Рендзіняк², В. Коруд²

¹ *Центральноукраїнський національний технічний університет
просп. Університетський 8, 25006 Кропивницький, Україна
dmitro.trushakov@gmail.com*

² *Інститут енергетики і систем керування,
Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери, 12, 79013 Львів, Україна
serhii.y.rendziniak@lpnu.ua*

Проведено теоретичні дослідження основних технічних принципів побудови локальних обчислювальних систем. Удосконалено методологію синтезу топології локальних обчислювальних систем. Визначено оптимальні варіанти структур комплексу технічних засобів локальних мереж для автоматизації та комп'ютеризації різноманітного виробництва. Наведено приклад розрахунку трафіка локальної мережі. Визначено параметри розробленої кабельної системи локальної мережі.

Ключові слова: локальна мережа, топологія мереж, технічні засоби.

Постановка проблеми. У наш час організація наукової, виробничої, господарської та господарської діяльності неможлива без застосування сучасних засобів автоматизації та комп'ютеризації, що входять до складу автоматизованих систем управління. Технічна реалізація обміну інформацією між технологічними об'єктами управління на великих виробничих площах є одним з найважливіших етапів автоматизації виробництва. Для автоматизації та комп'ютеризації всіх сфер виробництва продукції, потрібне створення різних локальних комп'ютерних мереж. Як відомо, комп'ютерна мережа – це сукупність комп'ютерів і різних пристроїв, що забезпечують інформаційний обмін між обчислювальними комплексами або комп'ютерами в мережі без використання будь-яких проміжних носіїв інформації [1]. У більшості випадків топологія типу «зірка» вважається найбільш поширеною топологією локальних мереж для автоматизації та комп'ютеризації виробничого процесу.

Основним призначенням локальних обчислювальних мереж є спільне використання ресурсів і здійснення інтерактивної комунікації. Побудова обчислювальних комплексів на основі локальних мереж є одним з основних завдань автоматизації та комп'ютеризації виробничого процесу [2-4].

Аналіз останніх досліджень. У раніше написаних наших роботах, присвячених комп'ютерній техніці, основна увага приділялася питанням надійності [5-6]. Однак на сучасному етапі розвитку автоматизованих систем управління, основною складовою яких є комп'ютерні технології, слід також приділяти належну увагу мережеві топології.

Задачі дослідження. Метою цієї роботи є розгляд методології синтезу топології локальних обчислювальних систем. Вирішення цієї задачі досягається аналізом можливих варіантів структур комплексу технічних засобів локальних мереж для автоматизації та комп'ютеризації різноманітного виробництва. Виконати розрахунок трафіку локальної обчислювальної мережі.

Виклад основного матеріалу. Для спрощення реалізації синтезу топології локальних обчислювальних мереж для технологічних цілей необхідно прийняти наступні умовні допущення:

- територія, що охоплює об'єкт управління, може мати форму квадрата, прямокутника або кола;
- прокладання ліній зв'язку від джерел інформації та приймачів інформації до хабу (сервера) здійснюється або прямими лініями, перпендикулярними один одному (для розрахунку в декартових координатах), або радіально (в полярних координатах);
- концентратор (сервер) завжди знаходиться в межах області, що охоплюється об'єктом управління.

До прикладу, якщо концентратор розташований у точці області з координатами aX і bY (рис 1, а), де a, b – множники, значення яких приймаються від 0 до 1; X, Y – розміри прямокутника, то середню довжину l_{av} ліній можна знайти як середнє арифметичне довжин чотирьох прямокутників, на які ділиться ця ділянка [7]:

$$l_{av} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i, \quad (1)$$

де $l_1 = [x(1-a) + y(1-b)]/2$; $l_2 = [xa + y(1-b)]/2$; $l_3 = [xa + yb]/2$; $l_4 = [x(1-a) + yb]/2$.

Якщо концентратор знаходиться в одній з вершин прямокутника (рис 1, б) з координатами (x, y) , то середня довжина ліній дорівнює:

$$l_{av} = (x + y)/2, \quad (2)$$

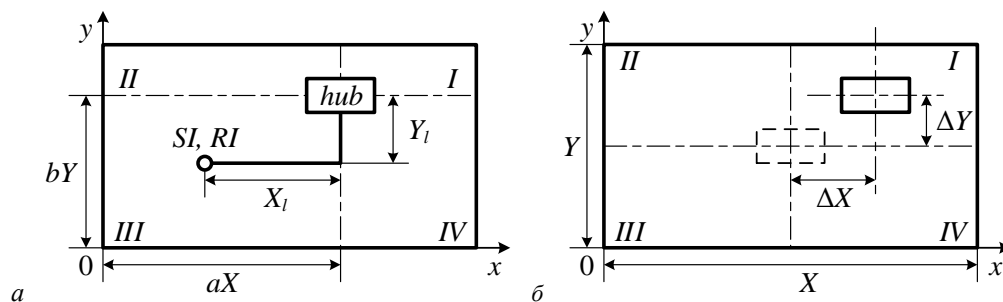


Рис. 1. Відображення концентратора в деякій точці площини:

- а – розташування джерела інформації (приймача інформації) щодо концентратора;
- б – розташування концентратора відносно центру території ділянки.

Можливі варіанти структур комплексу технічних засобів обчислювальних мереж показано на рис. 2. Вони складаються з комбінацій радіальних мережевих ліній (рис. 2, а), магістральних мережевих ліній (рис. 2, б) і з'єднань джерел інформації (sources of information, SI) і приймачів інформації (receivers of information, RI), тобто пе-

персональних комп'ютерів користувачів з серверами і концентраторами один з одним (рис. 2, в).

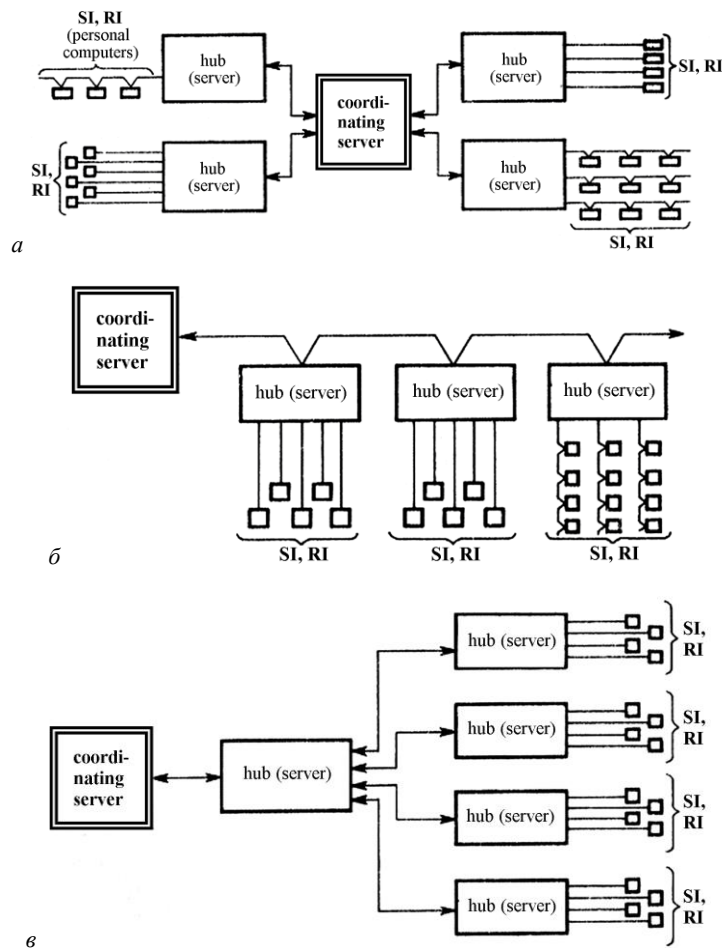


Рис. 2. Можливі варіанти структури комплексу технічних засобів в мережі.

Довжина ліній зв'язку для комплексу технічних засобів обчислювальних мереж базується на виразах [7]. Загальна протяжність ліній зв'язку

$$L_{tot} = \sum_{j=1}^M M_j l_{\Sigma_j}^i + L_{min} \omega, \quad (3)$$

де M_j – кількість концентраторів; $l_{\Sigma_j}^i$ – загальна довжина ліній зв'язку джерел і приймачів інформації, що обслуговуються окремим концентратором (загальна довжина ліній зв'язку, що відносяться до конкретного концентратора); L_{min} – довжина лінії, що з'єднує всі концентратори з координуючим сервером; ω – кількість проводів основної лінії.

Загальна довжина ліній зв'язку, що відносяться до конкретного концентратора

$$l_{\Sigma j}^i = \sum_{i=1}^n \omega_i h_i m_i l_i, \quad (4)$$

де l_i – довжина ліній зв'язку конкретного джерела (приймача) інформації; ω_i – коефіцієнт, який враховує кількість проводів, що з'єднують кожен з джерел (приймачів) інформації з концентратором; h_i – коефіцієнт, який враховує висоту установки концентраторів на технологічному обладнанні; m_i – коефіцієнт, який враховує кривизну ліній зв'язку.

Тоді загальну протяжність ліній зв'язку можна визначити так:

$$l_{\Sigma j}^i = l_{av} b_i, \quad (5)$$

де l_{av} – середня довжина ліній зв'язку певного концентратора; b_i – загальне число інформаційних ліній певного концентратора.

Надійність керуючих обчислювальних комплексів. Надійність керуючого обчислювального комплексу, що складається з багатьох пристроїв, на даний час все ще вважається недостатньо високою – час відмови від роботи становить до 1000 годин, тому з метою підвищення надійності дублюються не тільки окремі пристрої, але і обчислювальний комплекс в цілому. Отже, часто використовують двомашинні комплекси, у яких перша ЕОМ виконує найбільш важливі оперативні розрахунки, друга знаходиться в стані «навантаженого» резерву, виконуючи менш важливі розрахунки. Кожен з двомашинних комплексів періодично виконує самотестування шляхом запуску тестової програми та в підсумку повідомляє результат самотестування другому комп'ютеру з іншого комплексу. Якщо протягом певного періоду часу такий сигнал відсутній, то він сприймається будь-яким з двох комп'ютерів як сигнал відмови іншого. Тоді другий комп'ютер перестає виконувати неоперативні обчислення і починає виконувати функції першого комп'ютера. Напрацювання на відмову функції оперативного розрахунку з таким двомашинним комплексом визначають ймовірністю відмови двох ЕОМ одночасно і розраховують за формулою

$$T = \frac{T_w^2}{2t_r}, \quad (6)$$

де T_w – час роботи на відмову одного комп'ютера; t_r – час відновлення.

Для розрахунку надійності обчислювального комплексу розглянемо всі основні його вузли з урахуванням їх послідовного і паралельного з'єднання (рис. 3).

На основі результатів розрахунків показників надійності керуючого обчислювального комплексу [5] побудовано криву ймовірності його безвідмовної роботи $P(t)$, що представлено на рис.4.

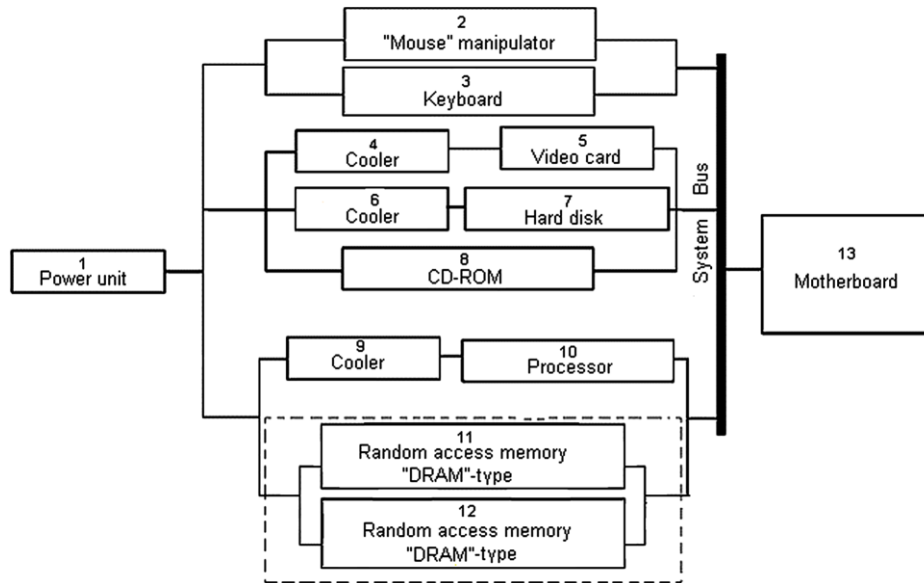


Рис. 3. Спрощена структурна схема типового керуючого обчислювального комплексу.

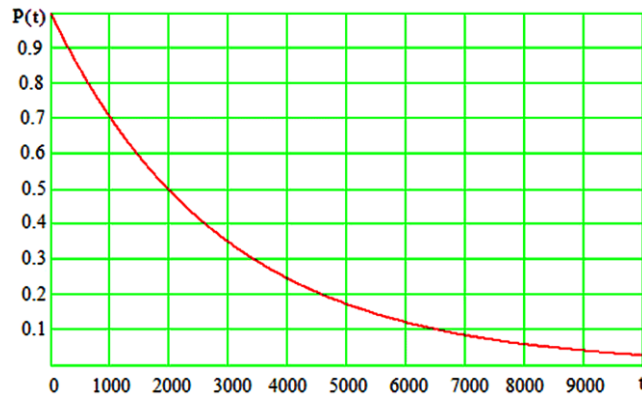


Рис. 4. Часова залежність ймовірності безвідмовної роботи обчислювального комплексу.

Обчислення трафіка локальної мережі. Для того щоб проектувана мережа працювала надійно, необхідно задовольнити вимоги по створенню локальної мережі (local network, LN) [1]. Технологія Fast Ethernet не повинна перевищувати 1024 станцій, максимальна довжина кожного сегмента не повинна перевищувати стандартні відстані: 100BASE-TX-100M, 100BASE-FX-412m з 2-кілометровими ретрансляторами, значення затримки шляху (PDV) між двома хостами Fast Ethernet не повинно перевищувати 512 bt (бітові інтервали), зменшення між змінним значенням шляху для Fast Ethernet не повинно перевищувати 46 bt (бітові інтервали). У технології Ethernet, всі інтервали вимірю-

ються в розрядних інтервалах. Бітовий інтервал позначається як bt і відповідає часовому інтервалу між появою двох послідовних бітів у кабелі. Для швидкості 100 Mb/s значення бітового інтервалу таке:

$$bt = 1/VFE, \quad (7)$$

де VFE – швидкість передачі даних.

Таким чином, значення бітового інтервалу для Fast Ethernet приймає значення

$$bt = 1 \div 100 \cdot 10^6 \text{ біт/с} = 0,01 \text{ мс.}$$

Щоб надійно ідентифікувати можливий збій у стандарті Fast Ethernet, необхідно дотримуватися наступного співвідношення:

$$T_{\min} \geq PDV, \quad (8)$$

де T_{\min} – час передачі мінімальної довжини; PDV – час за який сигнал встигає поширитися до найвіддаленного вузла мережі. Обчислимо його значення за виразом

$$T_{\min} \geq PDV = T_{ad} + T_{sw} + T_{c1} + T_{c2}, \quad (9)$$

де T_{ad} – час затримки двох мережевих адаптерів; T_{sw} – час затримки комутатора; T_{c1} , T_{c2} – час затримки першого і другого кабелів.

Для розрахунку величини бітових інтервалів затримок використаємо такі дані: два мережевих адаптери TX/FX з максимальною затримкою при подвійному обороті 100bt, комутатор 100BASE-TX з максимальною затримкою при подвійному обороті 46bt, кабелі UTP 5e з подвоєною затримкою 1,112bt (bt/1m) і подвоєною затримкою максимальної довжини кабелю 111,2bt (bt/100m).

Час затримки кабелів T_{c1} , T_{c2} типової мережі (рис. 5) знаходимо з виразу:

$$T_c = L_c \times 1,112 \text{ bt}, \quad (10)$$

де L_c – довжина кабелю у метрах ($L_{c1} = 18 \text{ м}$, $L_{c2} = 20 \text{ м}$).

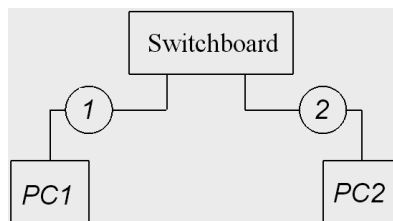


Рис. 5. Типова конфігурація локальної комп'ютерної мережі.

Підставляємо значення у вираз (10):

$$T_{\min} \geq PDV = 100 + 46 + (18 \times 1,112) + (20 \times 1,112) = 173,842 \text{ bt}.$$

Отриманий результат, менший ніж 512 bt, показує, що конфігурація локальної мережі задовольняє вимогам подвійної затримки для технології Fast Ethernet.

Розрахунок міжкадрового інтервалу PVV . Щоб визнати конфігурацію мережі коректною необхідно розрахувати зменшення міжкадрового інтервалу хабами, повторювачами чи комутаторами, яке не повинно перевищувати 46 bt. Для мережі, зображеної на рис. 2, розрахунок PVV полягатиме в сумуванні затримок під час проходження інформаційного сигналу через комутатори. Враховуючи те, що тип сегменту 100BASE-TX і пропускна спроможність комутатора 10,5 bt, величину зменшення міжкадрового інтервалу знайдемо з виразу:

$$PVV \leq T_{\text{interf}}, \quad (11)$$

де T_{interf} – міжкадрові затримки.

Якщо використовуємо тільки один комутатор, то отримуємо в результаті 10,5 bt, що є меншим за 46 bt. Отже, конфігурація мережі є коректною.

У сучасних умовах автоматизації та комп'ютеризації виробництва топологія типу «зірка» вважається найбільш поширеною топологією локальних обчислювальних мереж. Структурну схему топології мережі типу «зірка» показано на рис. 6. Вона складається з таких частин: A1 – шафа настінна, призначена для встановлення комутатора та його блоку живлення, модему; A2 – блок UPS (джерело безперебійного живлення), призначений для живлення комп'ютера при відключенні мережі 220В 50Гц; A3...A10 – робочі станції; A11 – багатофункціональний пристрій.

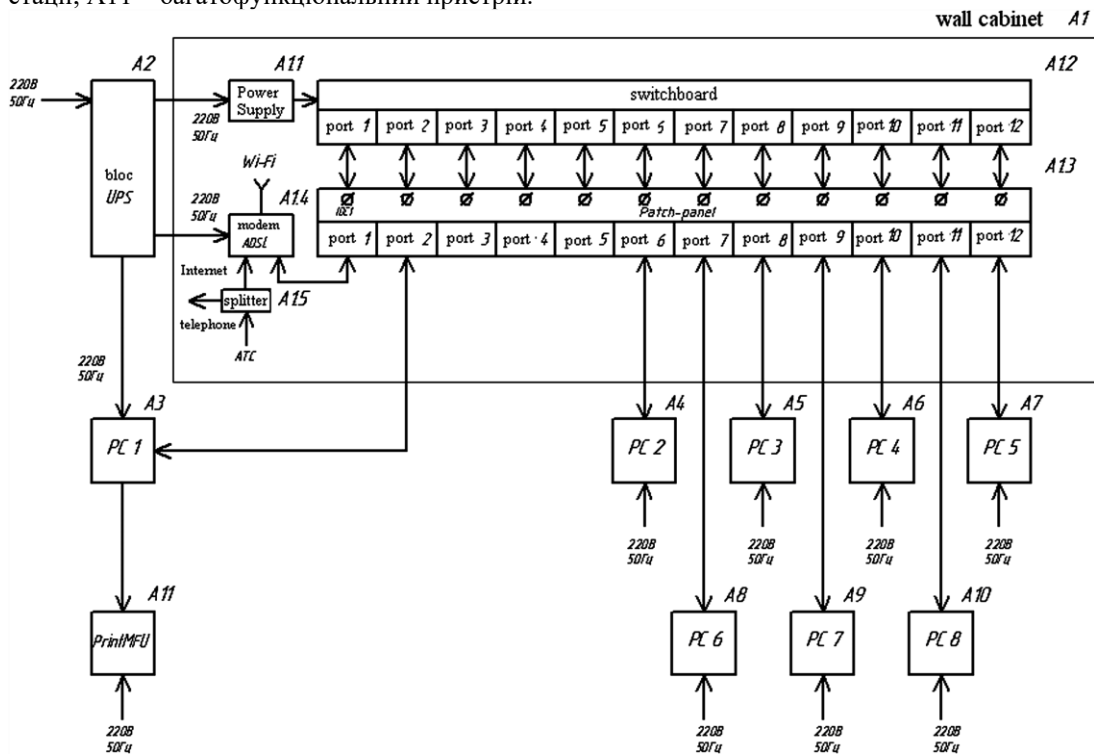


Рис. 6. Структура топології мережі типу «зірка».

Розрахунок кабельної системи. По-перше, знайдемо наближено необхідну довжину мідного кабелю UTP 5e для створення локальної мережі. Для цього визначаємо кабель, який може мати найбільшу і найменшу довжину, а також обчислимо загальну довжину кабелю L_w :

$$L_w = [(L_{\max} + L_{\min}) / 2] N k, \quad (12)$$

де L_{\max} – довжина найдовшого кабелю; L_{\min} – довжина найменшого кабелю; N – загальна кількість кабелів локальної мережі; k – коефіцієнт запасу в межах 1,2...1,4.

Підставивши у вираз (12) числові значення, обчислимо:

$$L_w = [(20 + 2) / 2] \times 8 \times 1,5 = 132 \text{ м.}$$

Тепер розрахуємо необхідну кількість кабелю, використовуючи його розведення відповідно до структури мережі в приміщенні за допомогою виразу:

$$L_{\text{total}} = k L_{\Sigma}, \quad (13)$$

де L_{total} – загальна довжина необхідного кабелю; k – коефіцієнт запасу; L_{Σ} – загальна довжина кабелю (100 м).

Також потрібно до загальної довжини додати відрізки кабелю для з'єднання комутаторів з патч-панелями. Звичайний комутатор має 16 портів, однак використовуємо лише 12 портів. Отже, потрібна кількість відрізків кабелю дорівнює 12. При їх довжині в 0,5 м маємо 6 м кабелю, які додаємо до загальної довжини кабелю. Тоді отримуємо, що загальна довжина кабелю $L_{\Sigma} = 106$ м.

Підставимо отримане значення у вираз (13):

$$L_{\text{total}} = 1,4 \times 106 = 148,4 \text{ м.}$$

Приймаємо, що отримана довжина кабелю дорівнює $L_{\text{total}} \approx 149$ м.

По-друге, обчислимо поперечний переріз коробу для кабелю, враховуючи загальну площу перерізу кабелю та площу перерізу короба. Загальна площа перерізу кабелів дорівнюватиме

$$S_{\text{total}} = k S_{cs} N, \quad (14)$$

де S_{total} – площа перерізу коробу; S_{cs} – площа перерізу кабелю; N – кількість кабелів у коробі; k – коефіцієнт запасу.

Для нашої випадку поперечний переріз кабелю дорівнює

$$S_{cs} = 3,14 \times 5 / 4 = 3,925 \text{ мм}^2.$$

З урахуванням подальшої модернізації і масштабування локальної мережі отримана площа збільшується на коефіцієнт, рівний 1,6. Остаточна зв формулою (14) загальна площа перерізу кабелю дорівнюватиме

$$S_{\text{total}} = 1,6 \times 3,925 \times 7 = 43,96 \text{ мм}^2.$$

Висновки. У результаті теоретичного дослідження підкреслено важливість застосування основних принципів синтезу топології локальної обчислювальної мережі для управління обчислювальними комплексами, які призначені для керування виробничими процесами. Визначено оптимальні варіанти структур комплексу технічних засобів у мережі. Побудовано графік ймовірності безвідмовної роботи обчислювального комплексу, що дало можливість оцінити надійність його роботи. Розрахований трафік локальної обчислювальної мережі підтверджує ефективність розробленої структури локальної мережі, для якої також проведено розрахунок параметрів кабельної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Современные компьютерные сети. 2-е изд. / В.Столлинг. СПб.: Питер, 2003. - 783 с.
2. Computer Networks: Design and Implementation. Hanako, A., 2018, Publisher: Willford Press.
3. Networks: Design and Management. Steven T. Karris. Orchard Publications, 2009 – 522 p.
4. Network Design: Management and Technical Perspectives / Teresa C. Piliouras, CRC Press, 2004. - 696 p.
5. *Trushakov Dmitro, Dmitro Moshna.* Investigation of the Reliability of Computing Systems. Journal of applied computer science. Vol. 20 No. 2 (2012), pp. 131-140.
6. *Trushakov Dmitro, Rendzinyak Serhiy.* Research of the reliability of personal computer “IBM PC” type. Przegląd elektrotechniczny. – Vol. 2013. – Nr4. – P.275-277.
7. *Val'kov V.M.* Mikroelektronnyye upravlyayushchiye vychislitel'nyye komplekсы. L.: Mashinostroyeniye, 1990. - 224 s.

BASIC TECHNICAL PRINCIPLES FOR BUILDING LOCAL COMPUTING SYSTEMS

D. Trushakov¹, O. Kozlovskyi¹, S. Rendzinyak², V. Korud²

¹ *Central Ukrainian National Technical University,
8 University Av., UA-25006 Kropivnitskiy, Ukraine
dmitro.trushakov@gmail.com*

² *Institute of Power Engineering and Control System,
Lviv Polytechnic National University,
12 S. Bandera St., UA-79013 Lviv, Ukraine
serhii.y.rendziniak@lpnu.ua*

Theoretical researches of the basic technical principles of construction of local computer systems was conducted. Since the main purpose of local area networks is the sharing of resources and the implementation of interactive communication, the construction of computer systems based on local area networks is one of the main tasks of automation and computerization of the production process. The technical implementation of the exchange of information between technological control devices in large production areas is one of the most important stages of production automation. Until now the focus has been on reliability, but at the modern stage of development of automated control systems, the main component of which is computer technology, due attention should also be paid to the network topology.

The purpose of this research is to improve the methodology of synthesis of topology of local computer systems. The analysis of possible variants of structures of a complex of technical means of local networks for automation and computerization of various production was carried out. As a result, the importance of applying the basic principles of synthesis of the topology of the local area network for the management of computer systems, which are designed to control production processes, is emphasized. The optimal variants of structures of the complex of technical means of local networks for automation and computerization of various production are determined.

The reliability of the control computer system, consisting of many devices, is currently still considered insufficiently high, so not only individual devices, but also the computer system as a whole are duplicated in order to increase the reliability. Based on the results of calculations of reliability indicators of the control computer system, the probability curve of its trouble-free operation is constructed, which made it possible to assess the reliability of its operation. The calculated traffic of the local computer network confirms the efficiency of the developed structure of the local network, for which the parameters of the cable system are also calculated.

Key words: local network, network topology, technical means.

Стаття: надійшла до редакції 07.05.2020,
доопрацьована 12.05.2020,
прийнята до друку 15.05.2020.