

Ткаченко О. М. *Державний університет телекомунікацій*

ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ МАЙБУТНЬОГО

Проаналізовані методи управління локальних систем управління мережею зв'язку. Проведено дослідження залежно від способів формування керуючого діяння принципів управління: за збуренням, за відхиленням керованої величини від необхідного значення, комбінованого управління. Показано, що можливість досягнення високої точності в комбінованих системах пояснюється основною властивістю цих систем – відсутністю протиріччя між умовами інваріантності і стабільності.

Ключові слова: мережа, система, управління, інтелектуалізація, канал, збурення, відхилення, інваріантність, стабільність, надійність.

Тkachenko O. M. *State University of Telecommunications, Kyiv*

FEATURES OF SYNTHESIS OF INTELLIGENT MANAGEMENT SYSTEMS FOR FUTURE NETWORKS

The methods of control of local communication network control systems are analyzed. The research is carried out depending on the patterns of the formation of the control of the principles of control: perturbation, the deviation of the controlled value from the required value, the combined control. It has been shown that the control systems with the principle of perturbation control have two channels of perturbation influence on the controlled values of the channel of inaccurate perception receipts on the control object and the channel formed by perturbation bonds through the influence measurement unit and the automatic control device, the second channel is artificially created compensation channel. The principle of control over the task is used in cases where the required value of the controllable value changes, and the main factor causing a significant deviation of the controllable value from the required value is the change in the inductive action at the input of the inertial object (the output system). In control systems with the principle of controlling deviations, control influences are created as a result of the transformation of the deviation signals, rather than the factors that cause deviations, for example, perturbation (that is, as a result of the transformation of the effect, and not the very reason). The principle of control for the deviation does not provide the opportunity to completely eliminate the deviation, that is, the achievement of absolute invariance. The possibility of achieving high accuracy in combined systems is due to the main property of these systems - the absence of contradiction between the conditions of invariance and stability.

Keywords: network, system, management, intellectualization, channel, perturbation, deviation, invariance, stability, reliability.

Ткаченко О. Н. *Государственный университет телекоммуникаций, Киев*

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ БУДУЩЕГО

Проанализированы методы управления локальных систем управления сетью связи. Проведено исследование зависимости от методов формирования управляющего действия принципов управления: с возмущением, по отклонению управляемой величины от требуемого значения, комбинированного управления. Показано, что возможность достижения высокой точности в комбинированных системах объясняется основным свойством этих систем – отсутствием противоречия между условиями инвариантности и стабильности.

Ключевые слова: сеть, система, управление, интеллектуализация, канал, возмущения, отклонения, инвариантность, стабильность, надежность

©Ткаченко О. М., 2018

Вступ і постановка задачі.

Інтелектуалізація мереж телекомунікацій потребує управління такими мережами за протоколами, незалежними від послуг, які, в свою чергу, надаються різними операторами та/або постачальниками в межах усієї мережі незалежно від типів застосовуваних у ній технічних засобів. Для взаємодії розподілених компонентів управління в єдиній системі, а також для реалізації нею функцій управління, необхідна мережа, якою передається інформація управління.

В літературі [1-3] сформувався термін «інтелектуальна система», що підкреслює основну відмінність таких систем – можливість системної обробки інформації. При наявності різного роду невизначеностей високий рівень автономності, адаптивності та надійності систем управління (СУ) повинен забезпечуватися за рахунок підвищення їх інтелектуальних можливостей, заснованих на обробці спеціальних знань.

На основі аналізу літературних джерел можна зробити *наступні висновки*. При дослідженні, аналізі та синтезі мереж майбутнього найефективнішим є апарат складних систем. Створення систем, апріорно орієнтованих для роботи в умовах неповноти або нечіткості вихідної інформації, невизначеності зовнішніх збурень та середовища функціонування, вимагає залучення нетрадиційних підходів до управління з застосуванням методів та технологій штучного інтелекту [4, 5]. Такі системи, названі інтелектуальними системами управління, фактично створюють новий клас, для якого принципи побудови, методи аналізу та синтезу повинні враховувати всі характерні особливості різнорідних телекомунікаційних мереж зв'язку майбутнього.

Метою статті є дослідження можливості побудови інтелектуальних систем управління для забезпечення ефективного, гнучкого та надійного функціонування мереж майбутнього.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- обґрунтування вимог до систем управління мережами майбутнього;
- аналіз методів управління локальних систем управління мережею зв'язку;
- дослідження систем управління із принципом управління за збуренням, із управлінням за відхиленням, з комбінованим управлінням.

Побудова інтелектуальної системи управління

Становлення концепції інтелектуальних СУ обумовлює цілий ряд принципів питань. Перше з них пов'язано з чітким визначенням знань, не тільки як форми комп'ютерного представлення інформації, але і як інструменту для організації механізмів управління. При цьому найважливішим аспектом є аналіз можливостей та особливостей застосування тих чи інших інформаційних технологій для обробки інформації в задачах інтелектуального управління.

Використання інформації для параметричного та структурного настроювання керуючих алгоритмів, модифікації програми досягнення цілей керування, а при необхідності їх корекції з врахуванням поточних показань вимірювально-інформаційних засобів пропонує розробку принципів побудови та архітектури інтелектуальної СУ.

Забезпечення розвинених можливостей з аналізу та розпізнаванню величини відхилення параметрів контрольованих об'єктів (КО) від норми, аварійних ситуацій, а також формування стратегії доцільної поведінки, планування послідовності дій, синтезу виконавчих законів, задовольняючих заданим показникам якості, обумовлює необхідність ієрархічної організації інтелектуальної СУ з розподіленням інтелектуальних функцій між її рівнями. При цьому забезпечується вибір унікальної сукупності власних моделей представлення знань, механізмів їх обробки та поповнення, засобів інформаційної підтримки та очікування КО.

При цьому головним критерієм вибору повинна бути необхідна якість функціонування СУ в умовах невизначеності при випадковому характері зовнішніх збурень, до яких можна віднести непередбачену зміну цілей, власних експлуатаційних характеристик, параметрів середовища та ін.

Відзначимо, що СУ, побудована на базі TMN, є найбільш адекватною платформою для створення інтелектуальної СУ.

Однією з найважливіших задач такої СУ є запровадження на другому рівні TMN (управління елементами) локальної СУ.

З допомогою такої СУ можна забезпечити незалежну підтримку параметрів КО в нормі.

Пропонуємо аналіз методів управління локальних систем управління мережею зв'язку (СУМЗ) другого рівня TMN, а також дослідження керованої величини $\beta(t)$ $[\beta_1(t), \beta_2(t), \dots, \beta_n(t)]$, яка на практиці з ряду причин відхиляється від необхідного значення. Однією з цих причин є вплив різного роду зовнішніх збурень на об'єкт. Другою причиною є вплив зміни параметрів об'єкта або інших елементів системи, тобто вплив параметричних збурень. Наступна причина, що викликає відхилення $\beta(t)$ від $\beta_n(t)$ зумовлена зміною необхідного значення керованої величини. Якщо необхідне значення керованої величин змінюється, то для відповідної зміни дійсного значення керованої величини необхідно змінювати вплив на вході об'єкта. При зміні ж діяння на вході об'єкту, що володіє інерційністю, виникає перехідний процес, протягом якого вихідна величина не буде відповідати необхідному значенню. Відхилення керованої величини від необхідного значення може виникати не тільки в перехідному, але й в усталеному динамічному режимі, коли необхідне значення змінюється, наприклад, з постійною швидкістю та постійним прискоренням. Відхилення $\beta(t)$ від $\beta_n(t)$ під впливом наведених причин може досягати неприпустимо великих значень, при яких порушується забезпечуваний об'єктом технічний процес. Виникає задача зменшення відхилень керованих величин об'єктів від необхідних значень. Ця проблема і є основною задачею управління, яка вирішується в системах, побудованих на основі трьох основних принципів [3, 5].

Аналіз параметрів системи управління

Для визначення основних імовірно-часових характеристик СУ TMN найбільш адекватною моделлю є модель системи автоматизованого управління (САУ).

Проведемо аналіз найважливіших параметрів СУ: точність і швидкодія; проаналізуємо роботу другого рівня - управління елементами. На цьому рівні необхідно підтримувати робочі характеристики керованого об'єкта в необхідному стані. Встановлено, що задача усунення або зменшення відхилення керованих величин $\beta_i(t)$ ОУ від необхідних значень $\beta_{ni}(t)$ (задача управління) зводиться до знаходження необхідної залежності діянь на виходах ОУ, зміни необхідних значень керованих величин, характеристик ОУ, реалізації цієї залежності апаратно або програмно. Необхідно провести дослідження залежно від способів формування керуючого діяння принципів управління: за збуренням, за відхиленням керованої величини від необхідного значення, комбінованого управління [3].

Функціональна схема СУМЗ із принципом управління за збуренням зображена на рис. 1.

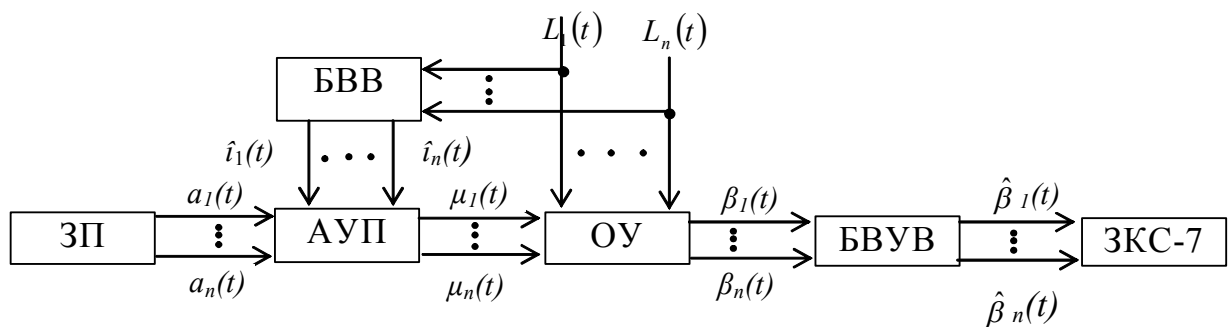


Рис. 1. Функціональна схема СУМЗ з управлінням за збуренням

На рис. 1 прийняті наступні позначення: ЗП – задавальний пристрій; АУП – автоматичний управляючий пристрій; ОУ – об’єкт управління; БВВ – блок вимірювання впливів; БВУВ – блок вимірювання управляючих величин; ЗКС – загальний канал сигналізації; $L_1(t) \dots L_n(t)$ – збуджуючі впливи; $\beta_1(t) \dots \beta_n(t)$ – управляючі величини; $\alpha_1(t) \dots \alpha_n(t)$ – задавальні діяння; $\mu_1(t) \dots \mu_n(t)$ – управляючі діяння; $\hat{i}_1(t) \dots \hat{i}_n(t)$ – виміряні збуджуючі діяння

Збурення $L_i(t) (i = \overline{1, n})$ надходять на ОУ і впливають на керовані величини $\beta_i(t)$, викликаючи їх відхилення $\Delta\beta_i(t)$ від необхідних значень. Показано, що СУМЗ із принципом управління за збуренням мають два канали впливу збурень $L_i(t)$ на керовані величини $\beta_i(t)$ канал недостовірного надходження збурень $L_i(t)$ на ОУ і канал, утворений зв'язками по збуренням через блок БВВ та АУП. Другий канал є штучно створеним компенсаційним каналом. Тобто, СУМЗ із принципом управління за збуренням є двоканальними системами.

Для СУМЗ із принципом управління за збуренням алгоритм управління має загальний вид:

$$\mu(t) = f[L(t)],$$

тобто керуючий вплив є функцією збурення.

Принцип управління по задавальному діянню застосовується в тих випадках, коли змінюється необхідне значення керованої величини, і основним фактором, що викликає значне відхилення керованої величини від необхідного значення, є зміна задавального діяння на вході інерційного об’єкта (вихідної системи).

Також досліджено локальну СУМЗ із управлінням за відхиленням. Алгоритм управління локальної СУМЗ за відхиленням має наступний вигляд:

$$\mu_i(t) = f[\theta_i(t)]$$

де $\theta_i(t)$ – відхилення керованої величини $\beta_i(t)$ від необхідного значення $\beta_{in}(t)$.

У СУМЗ із принципом управління за відхиленням керуючі впливи створюються у результаті перетворення сигналів відхилень, а не самих факторів, що викликають відхилення, наприклад, збурення (тобто в результаті перетворення наслідку, а не самої причини). Тому воно нездатне забезпечити на ОУ зворотній вплив без запізнювання в порівнянні зі збуренням. Отже, принцип управління за відхиленням не надає можливості повного усунення відхилення, тобто досягнення абсолютної інваріантності.

У техніці зв'язку та управління широко застосовують системи з комбінованим принципом управління, поєднуючи принципи управління за відхиленням та збуренням одночасно, тому розглянемо ці системи докладно. У комбінованих СУМЗ принцип управління здійснюється за допомогою головного зворотного зв'язку, а принцип управління за збуренням - за допомогою компенсаційних зв'язків.

Структурна схема СУМЗ з комбінованим управлінням представлена на рис. 2.

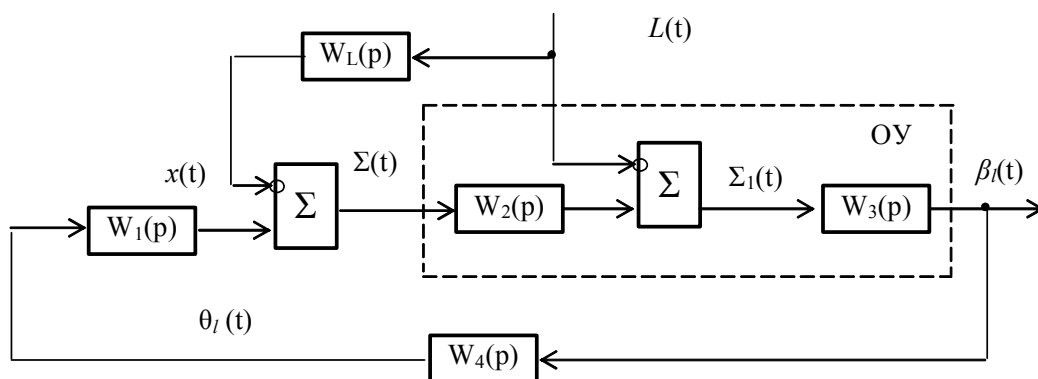


Рис. 2. Еквівалентна структурна схема СУМЗ з комбінованим управлінням

Можливість досягнення високої точності в комбінованих системах пояснюється основною властивістю цих систем – відсутністю протиріччя між умовами інваріантності і стабільності.

Аналіз комбінованої СУМЗ при одному збуренні справедливий і для СУМЗ із багатьма збуреннями. При цьому для кожного збурення $L(t)$ будується одновимірною моделлю системи і визначається оператор компенсаційного зв'язку за цим збуренням.

За допомогою комбінованого принципу управління можна досягти високих показників якості в усталених і перехідних режимах порівняно простими технічними засобами за рахунок компенсаційних каналів за основними збуреннями. При цьому в таких системах з'являється можливість досягнення інваріантності управляючої величини від основних збурень. При реалізації компенсаційних зв'язків за всіма збуреннями складність СУМЗ зростає, а надійність її зменшується.

Розімкнені СУМЗ знаходять використання в якості локальних систем ТМН другого рівня та в інших пристроях зв'язку.

Принцип управління за збуренням полягає в тому, що відхилення $\theta_L(t)$ від необхідного значення $[\theta_L(t) = \beta_{TP}(t) - \beta(t)]$ керованої величини викликається збуренням $L(t)$. Цей вплив вимірюється, і в результаті його перетворення створюється управляючий вплив $\mu(t)$, який, будучи прикладеним до ОУ, викликає компенсуюче відхилення $\theta_\mu(t)$ керованої величини протилежного знаку в порівнянні з відхиленням $\theta_L(t)$. На основі аналізу похибок розімкненої СУМЗ встановлено, що вона є астатичною системою першого порядку, оскільки в усталеному режимі усувається лише помилка при ступеневій зміні $\alpha(t)$, а при зміні $\alpha(t)$ з постійною швидкістю α_1 виникає постійна за величиною швидкісна помилка, пропорційна до α_1 .

Розглянута СУМЗ, як і будь-яка розімкнена система, чутлива до відхилення параметрів елементів. Проте в такій системі не існує проблеми стійкості.

Запропоновано вирішення задачі за допомогою оцінки точності СУМЗ з коригуючим пристроєм, структурна та функціональна схеми представлено на рис. 3.

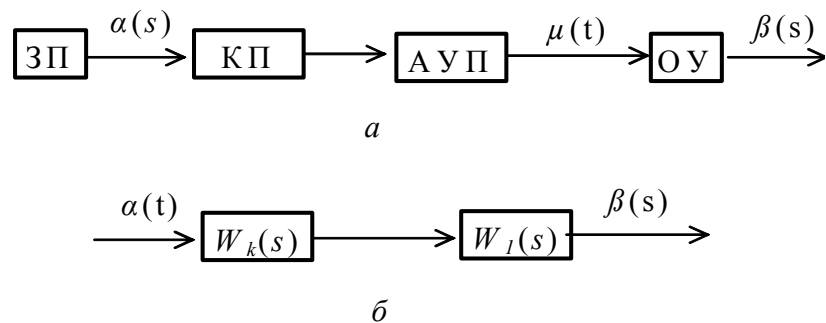


Рис. 3. Функціональна (а) і структурна (б) схеми розімкненої СУМЗ з коригувальним пристроєм

Позначення на рис. 3: ЗП – задавальний пристрій; КП – коригуючий пристрій; АУП – автоматичний управляючий пристрій; ОУ – об'єкт управління.

Передавальні функції елементів системи визначаються виразами:

$$\left. \begin{aligned} W_k(s) &= \frac{U_k(s)}{\alpha(s)} = \frac{T_{2k}s + 1}{T_{1k}s + 1}, \\ W_l(s) &= \frac{\beta(s)}{U_k(s)} = \frac{k_1}{T_1s + 1}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де T_1, T_{1k}, T_{2k} – сталі часу АУП і ОУ та коригуючого пристрою відповідно.

Згідно з (1) запишемо рівняння руху розімкненої СУМЗ:

$$\beta(s) = W_3(s)\alpha(s), \quad (2)$$

де $W_3(s) = W_k(s)W_1(s)$ – загальна передавальна функція КП, АУП і СУ.

Якщо задавальне діяння $\alpha(t)$ змінюється за законом

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2,$$

то похідні мають такі значення:

$$\frac{d\alpha(t)}{dt} = \alpha_1 + 2\alpha_2 t; \quad \frac{d^2\alpha(t)}{dt^2} = 2\alpha_2; \quad \frac{d^3\alpha(t)}{dt^3} = \frac{d^4\alpha(t)}{dt^4} = 0.$$

Значення керованої величини в усталеному режимі має вид:

$$\begin{aligned} \beta_{\text{уст}}(t) &= D_0\alpha(t) + D_1 \frac{d\alpha(t)}{dt} + \frac{1}{2!} D_2 \frac{d^2\alpha(t)}{dt^2} = \\ &= \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + (k_1 T_{2k} - T_{1k} - T_1)(\alpha_1 + 2\alpha_2 t) - T_{1k} T_1 - (T_{1k} - T_1) D_1. \end{aligned} \quad (3)$$

Отже, з (3) випливає, що при рівноприскореній зміні $\alpha(t)$ виникає зростаюча в часі складова похибки:

$$\theta(t) = \theta_1(t) + \theta_2(t),$$

де

$$\begin{aligned} \theta_1(t) &= (k_1 T_{2k} - T_{1k} - T_1)\alpha_1 = \\ &= 2(k_1 T_{2k} - T_{1k} - T_1)\alpha_2 t + (k_1 T_{2k} - T_{1k} - T_1)2\alpha_2 t = \\ &= 4(k_1 T_{2k} - T_{1k} - T_1)\alpha_2 t. \end{aligned}$$

На підставі аналізу складових похибки розімкненої СУМЗ з коригуючим пристроєм встановлено, що вона в разі виконання умови $1 - k_1 = 0$ є астатичною системою з астатизмом першого порядку, оскільки в усталеному режимі усувається статична складова похибки при степеневій зміні задавального впливу $\alpha(t)$, а при зміні $\alpha(t)$ з постійною швидкістю α_1 виникає постійна за величиною складова похибки, пропорційна до α_1 . При рівноприскореній зміні $\alpha(t)$ виникає зростаюча в часі постійна складова похибки.

Тому коригуючий пристрій в СУМЗ не змінює порядок астатизму. Водночас окремі складові похибки можуть змінюватись в бік зменшення для СУМЗ з КП порівняно зі складовими помилки СУМЗ без КП. За допомогою КП можна зменшити перехідну складову похибки. Наприклад, з врахуванням (1) можна показати, що при $T_1 \gg T_{1k}$ і при $T_{2k} = T$ маємо загальну передавальну функцію:

$$W_3(s) = W_k(s)W_1(s) = \frac{k_1(T_{2k}s + 1)}{(T_{1k}s + 1)(T_1s + 1)} = \frac{k}{T_{1k}s + 1} = \frac{D_3(s)}{F_3(s)}.$$

Оскільки $T_{1k} \ll T_1$, то тривалість перехідного процесу в коригованій СУМЗ суттєво зменшується.

Висновки. Проведено дослідження залежно від способів формування керуючого діяння принципів управління: за збуренням, за відхиленням керованої величини від необхідного значення, комбінованого управління. Встановлено, що можливість досягнення високої точності в комбінованих системах пояснюється основною властивістю цих систем – відсутністю протиріччя між умовами інваріантності і стабільності. За допомогою комбінованого принципу управління можна досягти високих показників якості в усталених і перехідних режимах порівняно простими технічними засобами за рахунок компенсаційних каналів за основними збуреннями. При цьому в таких системах з'являється можливість досягнення інваріантності управляючої величини від основних збурень. При реалізації компенсаційних зв'язків за всіма збуреннями складність СУМЗ зростає, а надійність її зменшується.

Список використаної літератури

1. Толубко В. Б. Методи оптимізації / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман. – Київ: ДУТ, 2016. – 442 с.
2. Соломенчук В. Д. Оптические транспортные сети / В. Д. Соломенчук, В. А. Мищенко, К. Н. Гура. – Київ: Центр післядипломної освіти ПАТ «Укртелеком», 2014. – 294 с.
3. Стеклов В. К. Телекоммуникационные сети / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – Київ: Техніка, 2000. – 392 с.
4. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – Москва: Мир, 1989. – 544 с.
5. Лихтциндер Б. Я. Интеллектуальные сети связи. / Б. Я. Лихтциндер, М. А. Кузякин, А. В. Росляков, С. М. Фомичев. – Москва: Эко-Трендз, 2000. – 205 с.

References (MLA)

1. Tolubko V. B., and Berkman L. N. *The Methods of Optimization*. Kyiv: DUT, 2016. Print.
2. Solomenchuk V. D., Mischenko V. A., and Gura K. N. *Optical Transport Networks*. Kyiv: Ukrtelecom, 2014. Print.
3. Steklov V. K., and Berkman L. N. *Telecommunication Networks*. Kyiv: Tekhnika, 2000. Print.
4. Bertsekas D., and Gallagher R. *Data Transmission Networks*. Moskva: Mir, 1989. Print.
5. Lichtzkinder B. Ya., Kuzyakin M. A., Roslyakov A. V., and Fomichev S.M. *Intelligent Communication Networks*". Moskva: Eco-Trends, 2000. Print.

Автори статті

Ткаченко Ольга Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 (50) 647 5777. E-mail : okar@ukr.net.

Authors of the article

Tkachenko Olha Mykolaivna – candidate of science (technic), associate professor of telecommunication systems and networks department, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +380 (50) 647 5777. E-mail : okar@ukr.net.

Дата надходження
в редакцію: 03.04.2018 р.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор О. М. Власов
Державний університет телекомунікацій, Київ