

УДК 621.391.3

Гайдур Г.І., к.т.н.; Варфоломеєва О.Г., к.т.н.;
Стець О.С., к.т.н.; Груєнко О.М., студент

РІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ І МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

Gaydur G.I., Stets A.S., Varfolomeeva O.G., Gruyenko O.M. A decision of tasks of optimization is at planning systems and communication networks.

In the conditions of convergence of telecommunication and informative technologies, passing to the networks of new generation, variety of types and ramified of networks, growing demand of consumers on new services and increases of requirements to quality of their grant arise up all the new and new tasks related to the management of telecommunication the networks. The construction of rational variant of control system by TCNS is related to the choice of large and heterogeneous great number of parameters - types and models of equipment that is used, modifications.

In the article the decision of tasks of optimization is considered at planning of the systems and communication networks, different approaches and basic stages of decision are analysed: choice and ground of aim of optimization; choice of amount and composition of criteria of optimization; concordance of aim with present possibilities, realization of method of gaining end taking into account limitations.

Keywords: planning, optimization, object, control system, communication network, parameters.

Гайдур Г.І., Варфоломеєва О.Г., Стець О.С., Груєнко О.М. Рішення задач оптимізації при проектуванні систем і мереж зв'язку.

В статті розглянуто рішення задач оптимізації при проектуванні систем і мереж зв'язку, проаналізовано різні підходи та основні етапи розв'язання: вибір і обґрунтування мети оптимізації; вибір кількості і складу критеріїв оптимізації; узгодження мети з наявними можливостями, реалізація способу досягнення мети з урахуванням обмежень.

Ключові слова: проектування, оптимізація, об'єкт, система управління, мережа зв'язку, параметри.

Гайдур Г.И., Варфоломеева О.Г., Стець А.С., Груенко А.Н. Решение задач оптимизации при проектировании систем и сетей связи.

В статье рассмотрено решение задач оптимизации при проектировании систем и сетей связи, проанализированы разные подходы и основные этапы решения: выбор и обоснование цели оптимизации; выбор количества и состава критериев оптимизации; согласование цели с имеющимися возможностями, реализация способа достижения цели с учетом ограничений.

Ключевые слова: проектирование, оптимизация, объект, система управления, сеть связи, параметры.

Вступ

Зі збільшенням кількості обладнання та ускладненням топології телекомунікаційної мережі завдання управління є одним з актуальних та найважливіших для розвитку мережі. Саме тому в даний час на перший план виходять задачі оптимізації систем управління телекомунікаційними мережами, вирішувати які варто починати з вибору критерію оптимізації, визначення структури і сукупності параметрів системи управління.

Для успішного проектування складних систем необхідна методологія проектування, що використовує положення загальної теорії систем (теорію багаторівневих ієрархічних систем), дискретної математики (математичну логіку і теорію алгоритмів), теорії рішень, теорії інформації.

Виклад основного матеріалу дослідження

Основною метою методології проектування є зменшення числа ітерацій (повторення) у його процесі. Проектування спрямоване на створення нових об'єктів, методів, теорій і володіє рядом специфічних особливостей:

- продуктом проектування є модель об'єкта, реально ще не існуючого в період проектування;

- процедури проектування реального об'єкта представляються як процедури перетворення його вихідного опису в деякому кінцевому просторі;

- проектований об'єкт входить в упорядковану ієрархію об'єктів і виступає, з одного боку, як частина системи більш високого рівня, а з іншого боку як система для об'єктів більш низького рівня; у зв'язку з цим процес проектування складається з двох етапів: *зовнішнього* проектування (об'єкт - частина системи більш високого рангу) і *внутрішнього* проектування (об'єкт - сукупність компонентів);

- проектування, як правило, носить ітераційний багатоваріантний характер.

Вибір і обґрунтування мети оптимізації передбачають визначення межі об'єкта управління (показників якості: критеріїв ефективності роботи системи управління) та цільових функцій, які якнайповніше відображають цілі оптимізації, на базі яких можна перейти до етапу синтезу управління. Цей етап є одним з основних, оскільки від правильності вибору показника якості залежить рішення задачі в цілому.

При проектуванні модель виступає і як засіб, і як об'єкт досліджень.

Проаналізуємо види моделей. Розрізняють фізичні і абстрактні моделі. *Фізичні моделі* створюються із сукупності матеріальних об'єктів. Для їх побудови використовуються різноманітні фізичні властивості об'єктів, прикладом якої є макет. *Абстрактна модель* - це опис об'єкта досліджень. Абстрактність моделі проявляється в тому, що її компонентами є поняття, а не фізичні елементи (наприклад, словесні описи, креслення, схеми, графіки, таблиці, алгоритми або програми, математичні описи). Серед абстрактних моделей розрізняють: гносеологічні (*гносеологія - теорія пізнання*) спрямовані на вивчення об'єктивних законів природи; інформаційні (кібернетичні) описують поведінку об'єкта-оригіналу, але не копіюють його; сенсуальні (чуттєві), концептуальні *моделі* виявляють причинно-наслідкові зв'язки, властиві досліджуваному об'єкту й істотні в рамках визначеного дослідження (один і той же об'єкт може бути представлений різними концептуальними моделями, котрі будуються в залежності від мети дослідження. Так, одна концептуальна модель може відображати часові аспекти функціонування системи, інша - вплив відмов на працездатність системи); математичні *моделі* - абстрактні, подані на мові математичних відношень (мають форму функціональних залежностей між параметрами, що враховуються відповідною концептуальною моделлю, які конкретизують причинно-наслідкові зв'язки, виявлені в концептуальній моделі, і характеризують їх кількісно).

В даний час при аналізі і синтезу складних систем одержав розвиток системний підхід, що відрізняється від класичного (або індуктивного) підходу. Відповідно до останнього система розглядається з позицій переходу від часткового до загального і синтезує (конструює) систему шляхом злиття її елементів, розроблювальних роздільно. Системний підхід припускає послідовний перехід від загального до часткового, коли в основі розгляду лежить мета, причому досліджуваний об'єкт виділяється з навколишнього середовища.

Системний підхід дозволяє вирішити проблему побудови складної системи з урахуванням усіх факторів і можливостей, пропорційних їх значимості, на всіх етапах дослідження системи і побудови її моделі. Системний підхід означає, що кожна система є інтегрованим цілим навіть тоді, коли вона складається з окремих роз'єднаних підсистем. Таким чином, в основі системного підходу лежить розгляд системи як інтегрованого цілого, причому цей аналіз при проектуванні починається з головного: формулювання мети функціонування.

Побудова моделі системи відноситься до числа системних задач, при рішенні яких синтезують рішення на базі спектру вихідних даних. Використання системного підходу в цих умовах дозволяє не тільки побудувати модель реального об'єкта, але і на базі цієї моделі вибрати необхідну кількість керуючої інформації в реальній системі, оцінити показники її функціонування і тим самим знайти найбільш ефективний варіант побудови й оптимальний режим функціонування реальної системи.

Кожному рівню при рішенні задачі ставиться у відповідність визначене поняття системи, елемента системи, закону функціонування елементів системи в цілому і зовнішніх впливів. Можна виділити три основних рівня залежно від ступеня деталізації опису складних систем і їх елементів.

1. *Рівень структурного або імітаційного моделювання* складних систем із використанням їх алгоритмічних моделей (моделюючих алгоритмів) і застосуванням спеціалізованих мов моделювання, теорій множин, алгоритмів, формальних граматики, графів, масового обслуговування, статистичного моделювання.

2. *Рівень логічного моделювання функціональних схем елементів і вузлів складних систем*, моделі яких рекомендуються у вигляді рівнянь безпосередніх зв'язків (логічних рівнянь) і будуються з застосуванням апарата двозначної або багатозначної алгебри логіки.

3. *Рівень кількісного моделювання (аналізу) принципів схем елементів складних систем*, моделі яких подаються у виді систем нелінійних алгебраїчних, або інтегро-диференціальних рівнянь і досліджуються з застосуванням методів функціонального аналізу, теорії диференціальних рівнянь, математичної статистики.

Сукупністю моделей об'єкта на структурному, логічному і кількісному рівнях моделювання є ієрархічна система, що розкриває взаємозв'язок різних сторін опису об'єкта, котра забезпечує системну зв'язність його елементів і властивостей на всіх стадіях процесу проектування. При переході на більш високий рівень абстрагування здійснюється згортка даних про модельований об'єкт, при переході до більш детального рівня опису - розгортка цих даних.

Проблеми при проектуванні. В даний час у якості об'єкта моделювання виступають великі організаційно-технічні системи, які віднесені до класу складних систем.

Складним системам властиво наступне.

1. Мета функціонування визначає ступінь ціленаправленості поведінки моделі M . Моделі можуть бути розділені на одноцільові, призначені для рішення однієї задачі, і багатоцільові, що дозволяють розв'язати або розглянути ряд сторін функціонування реального об'єкта.

2. Цілісність і складність вказують на те, що утворювана модель M є одною цілісною системою, котра містить велику кількість складових частин (елементів), які знаходяться в складному взаємозв'язку один з одним.

3. Невизначеність, яка проявляється в системі: за станом системи, можливості досягнення поставленої мети, методам рішення задач, достовірності вихідної інформації. Основною характеристикою невизначеності служить така міра інформації, як ентропія, що дозволяє в ряді випадків оцінити кількість керуючої інформації, необхідної для досягнення заданого стану системи.

4. Адаптивність є властивістю високоорганізованої системи, що дозволяє пристосуватися до різноманітних зовнішніх факторів у широкому діапазоні зміни впливу зовнішнього середовища. Стосовно до моделі істотна можливість її адаптації в широкому спектрі збурюючих впливів, а також вивчення поведінки моделі в змінних умовах, близьких до реального. Важливими є питання усталеності моделі до різноманітних збурюючих впливів, питання, пов'язані з існуванням моделі, наприклад, питання живучості, надійності.

5. Універсальність математичних моделей. Однакову структуру мають моделі, що описують коливальні процеси в нелінійних механічних і електронних резонансних системах.

Однією з найважливіших та суттєвих задач при оптимізації систем та мереж зв'язку є визначення основних показників системи, які характеризують її якість. Ці основні показники - зовнішні або вихідні параметри системи. Позначимо ці параметри як a_1, a_2, \dots, a_n . До них відносяться, наприклад, середньоквадратична помилка ξ достовірність повідомлень, затримка переданої інформації, ймовірність помилки $P_{ном}$ при передачі дискретних повідомлень, середній час безвідмовної роботи $\Delta t_{сер}$, вартість C та ін. За умовами задачі проектування значення деяких з параметрів a_1, a_2, \dots, a_n повинні бути фіксованими, а інші можуть у процесі проектування варіюватися в певних межах. Нехай зовнішні варійовані параметри є $a_1, \dots, a_i, \dots, a_n$ (де $n' \leq n$).

Розглянемо вплив на якість системи монотонного збільшення одного з цих параметрів, наприклад a_i , за інших рівних умов, тобто незмінних умов роботи системи і незмінних значень всіх інших параметрів системи. Очевидно, при цьому можливий лише один із наступних випадків:

1. З ростом a_i - якість системи поліпшується.
2. З ростом a_i - якість системи погіршується.
3. З ростом a_i - якість системи не змінюється.
4. З ростом a_i - якість системи змінюється немонотонно (тобто спочатку погіршується, а потім поліпшується або, навпаки, - спочатку поліпшується, а потім погіршується).
5. На даному етапі проектування не вдається за тих або інших причин установити характер залежності якості системи від значень параметра a_i .

Очевидно, у третьому випадку параметр a_i не впливає на якість системи і може при проектуванні взагалі не враховуватися. Якщо при монотонному збільшенні параметр a_i приймає значення першого або другого випадку, то цей параметр є показником якості системи і позначається - K_i . У всіх інших випадках a_i не відноситься до класу показників якості і є просто варійованим параметром системи.

Таким чином, показником якості K_i ($i = 1, 2, \dots, m$) системи це така числова характеристика, яка пов'язана з її якістю строго монотонною залежністю - чим більше (чим менше) величина K_i , тим краща система при інших рівних умовах.

У більшості випадків, навіть не аналізуючи дії системи, можна сказати, які з зовнішніх змінних параметрів можуть при заданих вихідних даних розглядатися як показники якості. Наприклад, такі параметри, як імовірність помилки, затримка, пропускна здатність, надійність і вартість можуть розглядатися як показники якості; а кількість транзитних вузлів, кількість абонентів у мережі тощо, можуть розглядатися як зовнішні параметри, але не показники якості.

Варто підкреслити, що при вирішенні питання про те, чи даний показник a_i може бути показником якості, вплив цього показника на якість системи розглядається за інших рівних умов, зокрема, при зберіганні всіх інших показників системи.

Навіть у відношенні такого показника, як вартість C , не можна стверджувати, що "чим менше вартість, тим краща система", тому що при зменшенні вартості можуть погіршуватися такі найважливіші показники якості як імовірність помилки, затримка й ін.

Але при цьому виникає питання - у чому зміст показників якості K_1, \dots, K_m із сукупності $\{a_1, \dots, a_n\}$ зовнішніх параметрів системи, якщо врахувати, що часто прагнення поліпшити в процесі проектування один із показників K_i призводить до зміни одного або більше інших показників, і, отже, "інші рівні умови" не мають місця.

Проте введення показників якості K_1, \dots, K_m дуже корисно, тому що дозволяє в процесі проектування виключити безумовно гірші варіанти побудови системи. Це у свою чергу дозволяє не тільки уникнути прийняття безумовно гіршого рішення, але і часто полегшує та прискорює знаходження оптимального (кращого) рішення.

З урахуванням вищевикладеного сукупність $D = \{D_1, \dots, D_l\}$ усіх вихідних даних можна розбити на наступні підгрупи:

1. Сукупність $Y = \{Y_1, \dots, Y_p\}$ умов.
 2. Сукупність $O_s = \{O_{s1}, \dots, O_{sq}\}$ обмежень на структуру і параметри проекрованої мережі.

3. Склад сукупності (вектори) $K = \langle K_1, \dots, K_m \rangle$ показників якості системи.

4. Сукупність $O_k = \{O_{k1}, \dots, O_{kr}\}$ обмежень, які накладаються на показники якості.

Сукупність O_s містить обмеження, що накладаються на структуру і параметри $X_1, \dots, X_b, \dots, X_u$ системи. Ці обмеження можуть бути типу рівностей ($x_i = x_{i0}$), нерівностей $x_i \leq x_{im}$ або $x_{imin} \leq x_i \leq x_{im}$, дискретності ($x_i = 1, 2, 3 \dots$), зв'язку [$\Phi_j(x_1, \dots, x_n) \leq 0$ або $\Phi_j(x_1, \dots, x_n) = 0$], та іншого характеру, наприклад, “мережа не повинна містити транзитних вузлів визначеного типу”.

До умов Y роботи системи відносять різні характеристики мережі або системи зв'язку.

Вектор $K = \langle K_1, \dots, K_m \rangle$ містить сукупність тих показників якості системи, котрі повинні враховуватися в процесі синтезу. При визначенні вихідних даних відомо лише склад цієї сукупності, тобто вказується, що варто розуміти під K_1 , під K_2 і так далі; чисельні ж значення складових K_1, K_2, \dots, K_m - вектори K залежать від структури і параметрів системи і у процесі синтезу варіюються. Надалі символ C_K буде означати, що мова йде не про величину складового вектори K' , а лише про склад цього вектора.

Обмеження O_k , що накладаються на величини показників якості K_1, \dots, K_m , можуть бути типу рівності ($K_i = K_{i0}$), нерівності ($K_i \leq K_{im}, K_i \geq 0$) і зв'язку [наприклад, $\Phi_j(K_1, \dots, K_m) \leq 0$].

За потрібне зазначити, що розподіл вихідних даних на умови Y , обмеження O_s і показники якості K_1, \dots, K_m є умовним, так як в залежності від постановки задачі проектування ту саму числову характеристику можна розглядати або як показник якості, або як умова, або як обмеження. Наприклад, кількість управляючої інформації $I_{упр}$, необхідне системі управління для забезпечення заданої точності параметрів керованої мережі, можна розглядати як показник якості, а з іншої боку необхідну кількість управляючої інформації $I_{упр}$ можна розглядати як умову роботи системи управління. Ряд показників якості (наприклад, імовірність помилки, затримка переданої інформації, надійність) у процесі проектування часто доводиться переводити в розряд обмежень (типу рівностей або нерівностей). Проте, незважаючи на деяку умовність розподілу вихідних даних на умови, обмеження і показники якості, такий розподіл у більшості випадків виявляється корисним.

На кожному з цих етапів може виникнути ситуація, коли доцільно використати методу, згідно якої рішення може бути прийнято лише на основі узгоджених висновків експертів. Розглянемо метод експертних оцінок: організація роботи з фахівцями-експертами та обробки висновків експертів, визначених в кількісній і/або якісній формі з метою підготовки інформації для прийняття рішень.

Під час проектування системи управління висновки експерта є досить корисними у разі рішення таких питань як вибір кращої системи з скінченої кількості суворо допустимих систем, якщо кожна система характеризується вектором (сукупністю) показників якості.

За результатами, одержаними на підставі методу експертних оцінок для системи управління телекомунікаційними мережами, вибираються необхідні показники якості, визначаються вагові коефіцієнти відповідно до їхньої важливості і синтезується оптимальна система управління відповідно до цих показників, що забезпечує розв'язання поставленої задачі - досягнення екстремального значення критерію якості з урахуванням обмежень. Об'єктом оптимізації є робота системи управління телекомунікаційними мережами або, інакше кажучи, процес управління. Об'єкт оптимізації можна класифікувати за низкою ознак. Такими ознаками є:

- кількість параметрів об'єкту, що оптимізуються;
- обсяг апріорної інформації про об'єкт;
- спосіб математичного опису об'єкту.

За кількістю варійованих параметрів розрізняють одно- і багатопараметричні об'єкти. Залежно від обсягу апріорної інформації можуть бути екстремальні об'єкти, коли існує математичний опис, і залежність показника якості K від параметрів Q , що оптимізуються, відома. Для таких об'єктів є достатній обсяг апріорної інформації. Існує також значний клас об'єктів, для яких немає ніякого математичного опису. Малий обсяг апріорної інформації про подібні об'єкти є приводом, щоб називати їх об'єктами типу «чорний ящик».

Загальне формулювання задачі на оптимізацію вводить поняття *сукупності даних*, необхідних для оптимізації об'єкту. Сукупність даних включає сукупності:

- умов $Y = \{Y_1, \dots, Y_k\}$;
- критеріїв оптимізації (параметрів, що оптимізуються) $Q = \{Q_1, \dots, Q_m\}$;
- показників якості $K = \{K_1, \dots, K_n\}$;
- обмежень $O = \{O_1, \dots, O_l\}$.

Сукупність параметрів, що оптимізуються, утворює вектор параметрів об'єкту оптимізації і характеризує тип оптимізаційної задачі. Якщо кількість параметрів, що оптимізуються, більше одиниці ($m > 1$), то задача є багатопараметричною, а при $m = 1$ - однопараметричною. Сукупність показників якості утворює вектор показників якості об'єкту $K = \{K_1, \dots, K_n\}$. У разі необхідності характеризувати об'єкт групою показників якості, задача класифікується як багатокритерійна або векторна. Якщо для оптимізації вибраний лише один показник якості, то задача стає однокритерійною або скалярною.

Сукупність обмежень виконує важливу роль під час постановки і розв'язання оптимізаційної задачі. Найчастіше зустрічаються обмеження виду рівності або нерівності. Обмеження накладаються на варійовані параметри, а також на показники якості. Якщо в задачі векторної оптимізації перевести частину показників якості в розряд обмежень, то можна її звести до скалярної задачі.

Систему управління як об'єкт багатопараметричної оптимізації можна представити у вигляді багатовимірної системи з m керованими входами, що характеризують варійовані параметри (критерії оптимізації), за допомогою яких проводиться оптимізація процесу. Об'єкт знаходиться також під впливом сукупності умов (Y_1, \dots, Y_k) . Вектори Q, Y, O прикладені до об'єкту. Інформація про роботу об'єкту знімається з його виходу. Синтез є скалярний при показнику якості $K = K(Q_1, \dots, Q_m)$ або векторний - якщо $K = (K_1, \dots, K_n)$.

Математично задача є пошуком якнайкращих показників управління.

Під час проектування системи управління необхідно врахувати, що апріорні імовірності $P(Y_i)$ виникнення тієї або іншої непередбаченої ситуації в мережі наперед не можуть бути визначені і умови виникнення аварійних ситуацій можуть визначатися за максимальним значенням умовного ризику:

$$R_{\max} = \max_i \sum_{i=1}^k P(\hat{y}_i | y_i) L_i, \text{ де } L_i - \text{ деякий нормований коефіцієнт, що}$$

характеризує величину втрат в тій або іншій ситуації. Проте знаходження «якнайгіршого» розподілу представляє, як правило, складну самостійну задачу, так що практично зводиться деколи до чисто евристичного вибору «якнайгіршого» розподілу. Так, наприклад, за відсутності яких-небудь апріорних відомостей як «найгірше» часто вибирають нормальний розподіл.

У разі вибору кількості критеріїв під час розв'язання задачі синтезу оптимальної системи управління необхідно враховувати, що, з одного боку, збільшення кількості параметрів, які є часткові критерії оптимальності, повинно привести до вибору досконалішої системи, а з другого боку, утрудняє отримання результуючого критерію оптимальності без введення додаткових обмежень. Отже, для вибору оптимальної системи повинний бути попередньо обраний (обґрунтований) критерій *преваги* (критерій оптимальності), і, як правило, на підставі якого одне значення вектора K варто вважати кращим (або гіршим) іншого його значення.

Ще порівняно нещодавно при проектуванні не прагнули до пошуку обов'язково оптимальної системи: задача проектування вважалася успішно вирішеною, якщо вдавалося знайти (спроєктувати) будь-яку строго допустиму систему. Проте в останні роки стає все більш актуальною задача створення не тільки строго допустимих, але й оптимальних систем. Це пояснюється тим, що з кожним роком зростають вимоги до телекомунікаційних мереж. Тому вважається суттєвим не просто задовольнити вихідним вимогам O_k , які пред'являються до показників якості системи, але і поліпшити ці показники.

Пошук оптимальної системи - синтез системи. Задача синтезу може бути сформульована в такий спосіб: знайти таку систему S , що задовольняє сукупності $\{ Y, O_s, C_k, O_k \}$ вихідних даних і володіє при цьому значенням $K = \langle K_1, \dots, K_m \rangle$ показників якості, найкращим у змісті заздалегідь обраним критерієм переваги (критерій оптимальності системи).

Комбінований процес поєднання математичних і евристичних методів - *інженерний синтез*.

Синтез складних систем, як правило, повинний бути векторним.

Векторним вважається синтез, який виконується з урахуванням декількох показників якості, тобто на основі вектора $K = \langle K_1, \dots, K_m \rangle$ показників якості. Відзначимо, що векторний синтез називають векторною оптимізацією, оптимізацією за векторним критерієм або багатокритерійною оптимізацією. На відміну від цього, синтез, що проводиться за єдиним показником якості ($m = 1$) - *це скалярний*.

Глобальний синтез виконується з урахуванням усіх суттєвих показників якості, включаючи економічні і конструктивні. Якщо при синтезі враховуються не всі суттєві показники якості, то це *частковий*. У тому, що інженерний синтез повинний бути векторним і глобальним, неважко переконатися з наступних міркувань. Інженерний синтез повинний завершитися розробкою системи, оптимальної з погляду її практичного застосування. Отже, у процесі цього синтезу повинні бути враховані всі суттєві для цього застосування показники якості. Якщо не врахований хоча б один із суттєвих для практичного застосування показників якості, система не може вважатися оптимальною.

Звідси випливає, що інженерний синтез завжди повинний бути глобальним. При інженерному синтезі не може бути такої ситуації, щоб суттєвим був тільки один показник якості: завжди буде щонайменше два суттєвих показники - вартість C та показник, що характеризує основний ефект, який досягається при застосуванні системи, названий ефективністю системи. Практично ж, у більшості випадків число суттєвих показників якості більше двох. Звідси випливає, що глобальний синтез, а отже й інженерний синтез завжди є векторним.

При математичному синтезу на відміну від інженерного, для того, щоб виконати чисто математичне рішення задачі можливим або спростити його одержання, іноді відмовляються від урахування деяких суттєвих показників, наприклад, не враховують (кількісно) економічні і конструктивні показники. Тому математичний синтез може бути як глобальним, так і частковим.

Висновки

У статті розглянуто підходи до рішення задач оптимізації при проектуванні сучасних систем управління і мереж зв'язку. Проаналізовано проблеми при проектуванні з метою здійснення більш ефективного та досконалого управління, а також можливості розвитку та автоматизації процесів управління, що є актуальним для телекомунікаційних мереж України. Встановлено, що однією з найважливіших та суттєвих задач при оптимізації систем управління та мереж зв'язку є пошук та визначення якнайкращих показників управління, які характеризують її якість.

Синтез телекомунікаційної мережі, системи зв'язку або пристрою включає рішення наступних основних задач:

1. Синтез оптимальної структури мережі (системи).
2. Вибір оптимальних значень параметрів мережі або системи, наприклад, затримки переданої інформації, достовірності, мінімальної кількості управляючої інформації в системі управління, що забезпечує задану точність параметрів керованої мережі та інше, тобто оптимізацію параметрів.
3. Вибір оптимального варіанта побудови мережі (системи) із кінцевого числа N цілком визначених варіантів S_1, S_2, \dots, S_N , або дискретний вибір мережі (системи).

Список використаної літератури

1. Методи оптимізації: Підручник для вищих навчальних закладів за напрямом «Телекомунікації» / В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман - ДУТ, 2016. – 442 с.
2. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж. - К.: Техніка, 2002. - 791 с.
3. Батищев Д.И. Поисквые методы оптимального проектирования. - М.: "Сов. радио", 1975. - 216 с.

Автори статті

Гайдур Галина Іванівна - кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри Інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Варфоломеєва Оксана Григорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Стець Олександр Сергійович – кандидат технічних наук, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Груєнко Олександр Миколайович – студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Authors of the article

Gaydur Galyna Ivanivna - candidate of Science (technic), associate professor, professor of department of Informative and cybernetic safety, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Varfolomeeva Oksana Gryhorivna - candidate of Science (technic), associate professor, associate professor of department of the Telecommunication systems and networks, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Stets Oleksandr Serhiyovych - candidate of Science (technic), State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Gruyenko Oleksandr Mykolayovych - student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 15.07.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Л.Н. Беркман