Еще одним дополнительным преимуществом пьезоэлектрических спиралей является возможность секционирования электродов, расположенных на поверхности пьезоэлемента, как описано в [8], и использования отдельных секций в качестве датчиков обратной связи по положению.

Заключение. Таким образом, использование спиральных пьезоэлементов в качестве актуаторов позволяет уменьшить общие габариты, повысить точность позиционирования микрозеркал, и тем самым, существенно увеличить общую эффективность ПОК.

Литература

1. Agelis S., Jonsson M. «Optoelectronic Router with MOEMS–Based Reconfigurable Shuffle Network», Journal of Optical Networking, Optical Society of America, Vol.1, Jan 2005.

2. B. Anderson et al., «Optical Cross Connect Switch Based on Tip/Tilt Micromirrors in a White Cell», IEEE Journal Of Selected Topics In Quantum Electronics, No. 2, March/April 2003.

3. Авторское свидетельство СССР № 1105820, G 01 R 13/04. Светолучевой двухкоординатный осциллограф / Джагупов Р.Г., Ковригин В.А., Ткаченко А.А., Рябцов А.В., Крылов В.В; опубл. 30.07.1984. БИ №28.

4. Джагупов Р.Г., Ерофеев А.А. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. – Л.: Машиностроение, 1986.

5. Левин И.Я. Справочник конструктора точных приборов. – М.: Машиностроение, 1967.

6. Справочник конструктора точного приборостроения ; под ред. Литвина Ф.Л. – М: Машиностроение, 1964.

7. Прикладная математика [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.pm298.ru/spec23.php

8. Авторское свидетельство СССР № 1516749. G 01 B 7/00. Датчик линейных перемещений / Джагупов Р.Г., Рябцов А.В. ; опубл.23.10.1989. БИ №39.

УДК 621.396.2;621.301.001.18

Бондарчук А.П., к.т.н. *(Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)*

КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ГОЛОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІКТ

Бондарчук А.П. Когнітивні технології та головні напрями розвитку ІКТ. В роботі розглядаються нові принципи побудови мереж майбутнього та визначено головні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Досліджуються сучасні системи управління та радіодоступу. Запропоновано нові підходи до проектування мереж, що використовують технології штучного інтелекту.

Ключові слова: КОГНІТИВНА СИСТЕМА, МЕРЕЖА РАДІОДОСТУПУ, САМОДОСТАТНЯ МЕРЕЖА, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ГЕТЕРОГЕННА МЕРЕЖА

Бондарчук А.П. Когнитивные технологии и главные направления развития ИКТ. В работе рассматриваются новые принципы построения сетей будущего и определены главные направления развития информационно-коммуникационных технологий. Исследуются современные системы управления и радиодоступа. Предложены новые подходы к проектированию сетей, использующих технологии искусственного интеллекта.

Ключевые слова: КОГНИТИВНАЯ СИСТЕМА, СЕТИ РАДИОДОСТУПА, САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ СЕТЬ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, ГЕТЕРОГЕННАЯ СЕТЬ

Bondarchuk A.P. Cognitive technologies and the main directions of ICT development. This paper describes the new principles of future networks and outlines the main directions of development of information and communication technologies. Modern control systems and radio are studied. New approaches to the design of networks using artificial intelligence is offered.

Keywords: COGNITIVE SYSTEMS, RADIO ACCESS NETWORK, SELF-ORGANIZING NETWORK, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORK

На період 2013 – 2017 р.р. у світі прогнозується комерціалізація багатьох технологічних інновацій (соціальні мережі, GRID-обчислення, супершвидкісний широкополосний доступ (ШПД) і технології 4G, включаючи відео комунікації, гібридні пристрої телемовлення та ШПД, "розумні" телефони і сенсори), широке поширення послуг телемедицини та електронного уряду. До 2015 р. прогнозується досягнення максимальних темпів зростання ринку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). До 2020 р. очікується розширення можливостей і використання інформаційних систем, включаючи Інтернет, нано- і інфотехнологій, глобальних мереж електронних комунікацій. Стимулюється розвиток широкого спектру електронних послуг, продовжиться зростання кількості цифрових пристроїв, що припадають на одну людину. Одночасно з цим тривалість життєвих циклів товарів і послуг продовжить скорочуватися.

Провідне місце застосування ІКТ має відводитися охороні здоров'я, освіті, розвитку людських здібностей, творчості, дизайну, музиці, відео, архітектурі, телерадіомовленню та масовим комунікаціям, комерції та бізнесу, включаючи фінансові операції, контролю транспорту і надзвичайних подій, моніторингу Землі і людини, охороні приватного життя і безпеки, енергозбереження та управління природними ресурсами.

Статистика показує, що майже 20% капітальних затрат оператор безпроводового зв'язку віддає на послуги проектування мережі та встановлення обладнання. 25% доходів оператора зв'язку іде на затрати по експлуатації та обслуговуванню мережі, навчання персоналу, контролю та моніторингу стану. Останнім часом такі всесвітньо відомі компанії-гіганти як Nokia-Siemens, Motorola, Alcatel-Lucent , Samsung, Huawei, Docomo та інші, зайнялися розробкою сучасної мережі підтримки. Функціями цієї мережі є побудова та експлуатація сучасної безпроводової мережі зв'язку, що буде надавати максимальну кількість послуг високої якості при зменшених капітальних затратах на проектування та побудову мережі і зменшених затратах на утримання мережі, а також забезпечувати ряд інших інноваційних ідей. Технології, що зможуть забезпечити дані вимоги, називаються *когнітивними.*

Когнітивні технології "імітують" розумову діяльність людини. Вони, як правило, базуються на моделях з нечіткою логікою (fuzzy logic) і на нейронних мережах (neural networks). Цілі, які ставляться при створенні когнітивних систем, можуть бути представлені наступними прикладами: отримання нових знань, прийняття рішень у складних ситуаціях і інтелектуальна обробка даних.

Відносини між когнітивними системами і інфокомунікаційними мережами можна розглядати з різних точок зору. По-перше, для функціонування когнітивної системи будь-якого роду необхідний обмін інформацією, який забезпечується інфокомунікаційними мережами. По-друге, в інфокомунікаційних мережах можуть використовуватися когнітивні системи та технології, що дозволяють радикально поліпшити показники ефективності процесів обміну інформацією [1]. Назва, такої когнітивної системи – Self-organizing network (SON). Російською мовою це звучить – «Самоорганизующаяся сеть», українською доцільно називати – Самодостатня мережа. Назва була закріплена у рекомендації 3GPP TS 32.500, яка звучить наступним чином «Управління електрозв'язком; самодостатня мережа; концепції і вимоги».

Система SON усуває процеси, що займають багато часу, а саме, ручні процеси при експлуатації мереж, підвищує експлуатаційну ефективність і дозволяє операторам впроваджувати нові технології і розширювати мережі швидше, ніж до цього.

Рішення SON підвищують ефективність експлуатації існуючих мереж, за рахунок їх автоматичної конфігурації для процесів хендовера, балансування навантаження мобільного трафіку і мінімізації необхідності у виїзних тестуваннях. Крім того, за рахунок компенсуючих функцій і самовідновлення мінімізуються перерви в роботі мережі для кінцевих користувачів.

Стимулом для впровадження SON є підтримка конфігурації по принципу "plug&play" тобто "приєднав і працює", непотрібно викликати спеціалістів для встановлення програмного забезпечення та його налаштування роботи в мережі. Мережа LTE більш за все

потребує SON, оскільки мережа LTE з одного боку простіша своїх попередників, а з іншого – її вузли набагато функціональніші і складніші.

SON автоматично конфігурована, підключена і повністю готова до використання система. Автоматична конфігурація повністю позбавить від витрат на локальне налаштування, а автоматичне розпізнавання сусіднього вузла значно знизить витрати на оптимізацію.

До основних можливостей SON можна віднести самоконфігурацію, самооптимізацію і самостійне усунення проблем.

Процес самоконфігурації – це процес, при якому тільки що розгорнуті нові вузли (eNB) автоматично, в процесі установки, конфігуруються шляхом здобуття необхідної для роботи базової конфігурації, тобто відбувається автоматичне підключення і введення в експлуатацію.

Функція Automatic Neighbour Relationship Setup (ANR) – автоматизація відносин між сусідами, забезпечує взаємодію як базових елементів мережі, так і взаємодію мереж 2G, 3G або LTE (рис. 1).

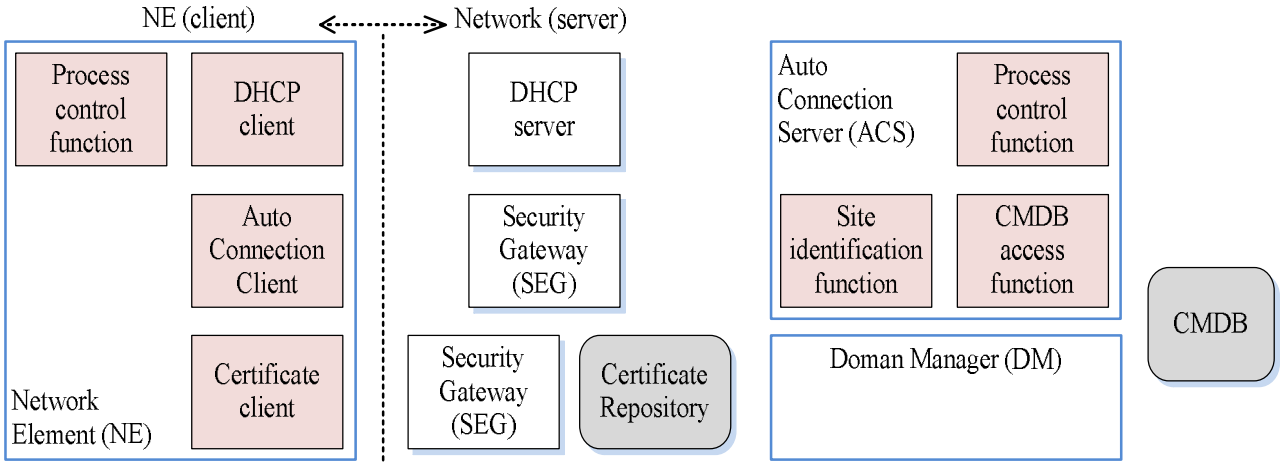

Рис. 1. Процес автоматизації відносин між сусідами

Мобільна мережа майбутнього буде складатися з великої кількості базових станцій, які будуть тільки частково під контролем оператора, а функція самоконфігурації забезпечить мережу гнучкістю.

Процес самооптимізації визначений як процес, під час якого обладнання користувача і базова станція проводять виміри, результати яких використовуються для автонастроювання мережі. Цей процес виконується під час роботи вузла, тобто починається після включення RF інтерфейсу. Процес самооптимізації збирає результати вимірів від обладнання користувача і базової станції та за допомогою зовнішніх засобів оптимізації, виробляє автоматичне підстроювання конфігураційних даних для оптимізації мережі. Типовим прикладом є оптимізація списку сусідніх базових станцій.

Функція самостійного усунення проблем або “самоочищення”, забезпечує автоматичне детектування, локалізацію більшості помилок і виконання механізмів "самоочищення", які автоматично виправляють деякі види помилок. Наприклад, у разі перегріву системи, може бути понижена її вихідна потужність або вироблене повернення на попередню версію програмного забезпечення.

Самозахист компонентів передбачає захист і від вторгнень і пошкодження даних. Ця функція включає в себе керування аутентифікацією користувачів для доступу до ресурсів. Самозахист також включає в себе моніторинг доступ до ресурсів та звітності і реагування на несанкціоновані вторгнення, тобто можливість для захисту системи та її компонентів від небажаних або навіть агресивних впливів навколишнього середовища.

Додаткові функції:

Пристосованість – здатність компонентів системи пристосовуватися до мінливих умов навколишнього середовища.

*Самодіагностик*а – механізми для виконання системних автономних перевірок і порівняння результатів з еталонним значенням.

Самовідновлення – методи для зміни конфігурації та експлуатаційних параметрів системи в цілому, з метою компенсації невдачі. При самовідновленні головна увага приділяється виявленню та діагностиці проблем і виправленню збою в роботі, переважно силами сусідніх базових станцій eNB (evolved Node Base station).

Відповідно до розташування алгоритмів оптимізації, SON можна розділити на три класи: централізовані, розподілені та гібридні.

У *централізованих* SON алгоритми оптимізації виконуються в системі управління. У *розподілених* SON алгоритми оптимізації виконуються в eNB. У *гібридних* SON частина алгоритмів оптимізації виконується в системі управління, а останні – в eNB. У Гібридних SON прості і швидкі схеми оптимізації виконуються в eNB, а складні – в OAM (Operation, Administration and Management).

Також, можливий варіант використання SON тільки в системі управління, в цілій мережі одного операторі, так в мережі управління мережами декількох операторів (рис. 2).

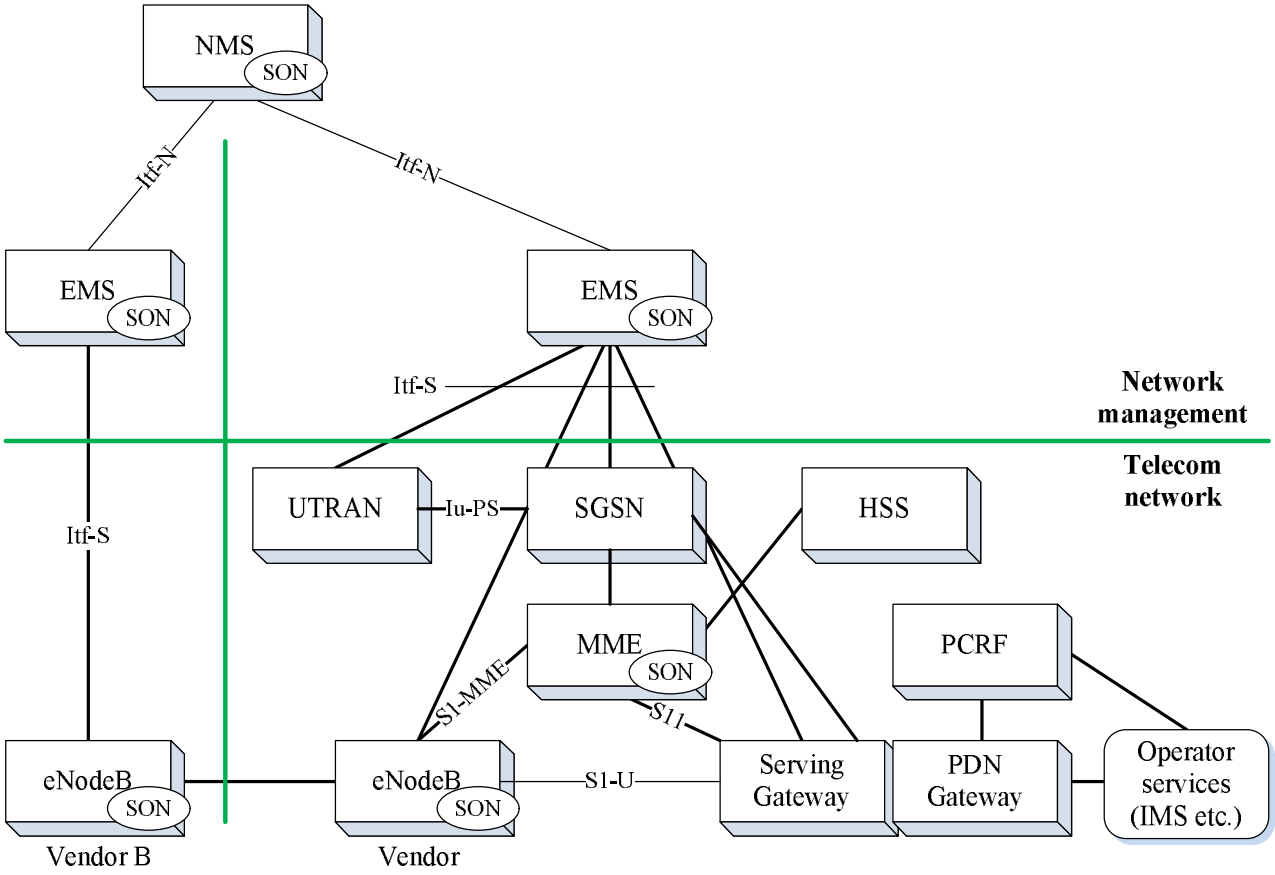

Рис. 2. Архітектура мережі LTE з декількома операторами

Отже, у самоорганізуючих мереж велике майбутнє за технологією LTE та іншими технологіями, оскільки уже задумуються про створення SON і для таких технологій як WiMAX. Технологія SON – це безперечно один з головних напрямів розвитку ІКТ, але уваги заслуговують також технології, що доповнюють та частково дублюють SON, але мають свій великий внесок в розвиток ІКТ.

Гетерогенні мережі (Heterogeneous Networks – HetNet) – архітектурні парадигми з великим потенціалом для розширення можливостей та покриття мереж мобільного зв'язку,

особливо в міських умовах. Домашні станції (Home eNBs – HeNB) – новий тип базових станцій, що знаходяться в приміщеннях кінцевих користувачів.

Всі мультистандартні базові станції від піко- до макросот, можуть використовуватися спільно в рамках єдиної гетерогенної мережі (HetNet), тим самим вирішуючи завдання збільшення ємності мережі. Гетерогенні мережі надають абонентам той же рівень операторського сервісу, що і звичайний стандарт LTE, задіюючи в декілька раз меншу ділянку спектра але забезпечуючи на багато більшу пропускну спроможність. Оператор що використовує мережі HetNet може використовувати як ліцензовані консорціумом 3GPP частоти в макросоті, так і технологію Wi-Fi, та передавати дані по єдиній транспортній мережі (рис. 3)

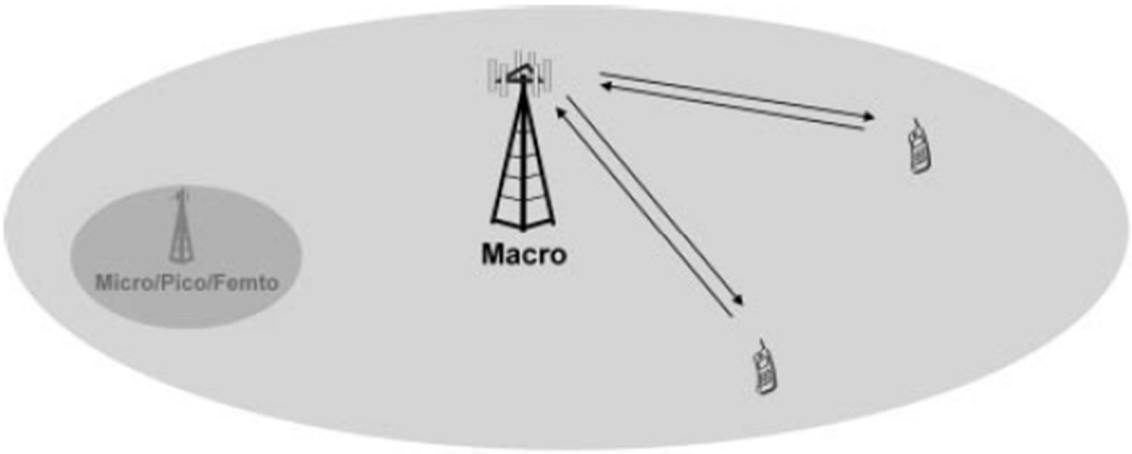

Рис. 3. Гетерогенні мережі

Недоліком таких мереж є неможливість оператором повноцінно контролювати зону дії та саму HeNB, тому що вони не мають ніякого впливу на їх місце або час їх роботи. Ці особливості використання гетерогенних мереж вимагають гнучкого і адаптивного управління мережею, технологія самодостатніх мереж є цим рішенням.

Сучасні дослідження в області мобільних мережних архітектур спрямовані на розподілення функціональних можливостей. Хмарна радіомережа (Cloud RAN – C-RAN) може забезпечити розподілення навантаження між обладнання мережі. Мета полягає в тому, щоб перемістити частину функцій з центральних блоків мережі, в мережу радіодоступу. Когнітивні радіомережі (Cognitive Radio Networks – CRN) – парадигма управління радіомережею, метою якої є підвищення рівня автоматизації і гнучкості мережі. CRN дозволить результативно та ефективно функціонувати мобільним мережам майбутнього. CRN вважається наступником SON [3].

Особливості когнітивного циклу описані в [5] (рис. 4). Система постійно стежить за навколишнім середовищем (Sense), через мережу датчиків. З одного боку, ця інформація використовується для створення декількох можливих стратегій, тобто напрямків діяльності. Конфігурація мережі повинна бути змінена (Plan) відповідно мети (Goals). З іншого боку, датчик інформація також використовується для навчання з метою створення знання про наслідки своїх дій (Learn). Це означає, що система безперервно перевіряє дані попередніх дій. Після планування, система повинна вирішити, який план повинен бути введений в дію (Decide), заснований меті і своєму досвіду.

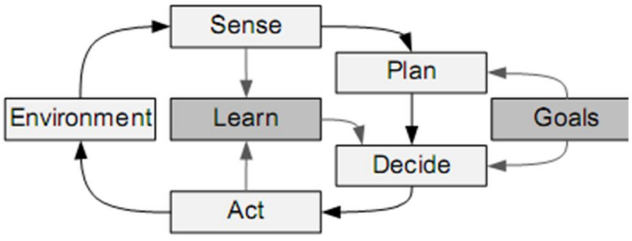

Рис. 4. Прийняття рішень в когнітивній мережі

На наступному етапі дана стратегія стає законом (Act) (рис. 4). Когнітивний цикл є дуже складною, деякі кроки можуть бути пропущені, якщо система повинна реагувати швидко.

Наприклад, можна оголосити вихідний сигнал датчика як критичний і призначити дію яка змушує систему пропустити план і вирішити, фази і діяти негайно [5].

Когнітивний процес – це процес, який може сприймати поточні умови мережі, а потім планувати, приймати рішення і діяти в цих умовах для виконання поставленої мети. Він ґрунтується на аналізі стану мережі. Когнітивна мережа приймає рішення про необхідні налаштуваннях і вводить ці налаштуваннях в дію. Однак, для того, щоб зробити цей процес інтелектуальним, потрібно надати здатність до автоматичного навчання по висновкам з колишніх дій і адаптувати відповідне рішення до теперішнього стану. Таким чином, когнітивний процес отримує можливість постійно підвищувати свою ефективність та результативність.

Можна зробити висновок, що концепція самодостатніх мереж, введена альянсом NGMN (Next Generation Mobile Network) в 2007 році та її наступник – когнітивна система, є ключовими чинниками для спрощення експлуатації і технічного обслуговування в наступному поколінні мобільних мереж.

Розробка даних технологій направлена на:

– скорочення експлуатаційних витрат, за рахунок зниження рівня втручання людини в будівництво і експлуатація мережі;

– скорочення капітальних витрат, за рахунок оптимізації використання наявних ресурсів;

– збільшення прибутку, за рахунок зменшення кількості помилок, що вносяться людиною.

Література

1. Комашинский В.И. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети / В.И. Комашинский, Н.А. Соколов // Вестник связи. – 2011. – №10.

2. Gopalakrishnan T.R., Nair, Abhijith N., Sooda K. Transformation of Networks through Cognitive Approaches. – JRI (Journal of Research & Industry), Vol. 1, Issue 1, December 2008.

3. Seppo Hamalainen, Henning Sanneck, Cinzia Sartori.LTE self-organising networks (SON) : network management automation for operational efficiency.-John Wiley&Sons,Ltd, 2011. – 428 pp.

4. Najah Abu Ali. LTE, LTE-Advanced and WiMAX: Towards IMT-Advanced Networks.-John Wiley & Sons, Ltd, 2012. – 305 pp.

5. Fortuna, C. and Mohorcic, M. Trends in the development of communication networks: Cognitive networks. Computer Networks. – 2009. – № 53(9). – P. 1354-1376.

УДК.621.316.722.1

Зайцев Г.Ф., д.т.н.; **Лысенко Д.А**.; **Булгач Т.В.**; **Градобоева Н.В.,** к.т.н.
(Государственный университет информационно-коммуникационных технологий)

КОМБИНИРОВАННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ С АСТАТИЗМОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМЫ СТАБИЛИЗАТОРА

Зайцев Г.Ф., Лисенко Д.О., Булгач Т.В., Градобоєва Н.В. Комбінований імпульсний стабілізатор напруги з астатизмом другого порядку. Функціональна та принципова схеми стабілізатора. Показана можливість підвищення динамічної точності імпульсного стабілізатора в результаті підвищення його порядку астатизму з першого до другого за допомогою введення компенсаційного розімкнутого зв'язку по вхідній напрузі, тобто, шляхом побудови комбінованого стабілізатора.

Ключові слова: СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ, ІНТЕГРУЮЧИЙ ЕЛЕМЕНТ, ПЕРЕДАТНЯ ФУНКЦІЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Зайцев Г.Ф., Лысенко Д.А., Булгач Т.В., Градобоева Н.В. Комбинированный импульсный стабилизатор напряжения с астатизмом второго порядка. Функциональная и принципиальная схемы стабилизатора. Показана возможность повышения динамической точности импульсного стабилизатора в