

О. О. ДРЮЧИН
М. В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ
В. Ю. КУШНІР
М. М. МЕНОВЩИКОВ

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИХІДНИХ КАСКАДІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ РАДІОСИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено короткий опис тенденцій і способів підвищення енергетичної ефективності генераторів радіопередавальних пристроїв, виділені сучасні і найбільш перспективні способи підвищення енергетичної ефективності, такі як використання ключових режимів. Відзначається велика увага, яка приділяється в усьому світі питань теорії і практики цих режимів, дослідження яких залишається актуальним і на сьогоднішній день.

Ключові слова: *радіоелектронні засоби; енергетична ефективність; автоанодна модуляція.*

Abstract

A brief description of trends and ways of improving the energy efficiency of generators of radio transmitting devices is given, modern and most promising ways of improving energy efficiency, such as the use of key modes, are highlighted. There is a lot of attention paid to world-wide issues of the theory and practice of these regimes, whose research remains relevant to date.

Keywords: *radio electronic facilities; power efficiency; autoanodic modulation.*

Вступ

Сучасні радіоелектронні засоби є невід'ємною частиною виробленої людством техніки, від побутової до космічної, при потужності від часток мілівата до десятків і сотень мегават. При цьому, однією з основних складових таких засобів є генератори і перетворювачі електричної енергії. Виробництво енергії, яку доводиться витратити на функціонування таких пристроїв, вже становить значну частину капітальних витрат будь-промислово-розвиненої країни. Це в свою чергу вимагає істотного підвищення енергетичної ефективності радіоелектроніки. Стосовно до техніки радіозв'язку і телерадіомовлення, підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) пристрою дозволить знизити не тільки витрати на електроенергію, які становлять більше половини всіх експлуатаційних витрат, але також спростити систему охолодження, поліпшити масо габаритні параметри, забезпечити якісні показники, істотно підвищити надійність, що особливо важливо в сучасних умовах автоматизованих і необслуговуваних систем. У зв'язку з цим, підвищення енергетичної ефективності радіоелектронних засобів, безумовно, є однією з найактуальніших завдань сучасної науки і техніки.

Метою роботи є розробка методів підвищення енергетичної ефективності підсилюючих трактів радіопередавачів в умовах переходу на цифрові методи передачі інформації.

Основна частина

У сучасних системах телерадіомовлення іде інтенсивний перехід на цифрові методи передачі інформації з використанням технології OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). За останні роки в світі стандартизовано принаймні п'ять систем цифрового телерадіомовлення. Це чотири стандарту телевізійного мовлення (DVB-T, ISDB-T, DAB-T, ATSC-8VSB) і система звукового радіомовлення DRM. Всі вони, за винятком однієї, використовують метод COFDM (OFDM з кодуванням). Наявність в сигналі COFDM складових з квадратурної амплітудної модуляцією (КАМ) високої кратності вимагає від підсилювального тракту передавача дуже високого ступеня лінійності амплітудних і фазових характеристик. Для забезпечення цих вимог, потужність генераторів

модульованих коливань в режимі COFDM доводиться зменшувати в кілька разів у порівнянні з номінальною, переводячи ряд його ступенів в режим коливань першого роду (клас А). При цьому неминуче падає промисловий к.к.д. передавача. З урахуванням майбутнього впровадження цифрових методів ця особливість сучасних передавачів робить задачу енергетичної ефективності особливо актуальною.

До теперішнього часу розроблено чимало способів вирішення цього завдання. Власне нею почали займатися практично одночасно з появою перших електронних генераторів (підсилювачів потужності). Ще в 20-х роках минулого століття інженери J. Zennek і H. Rukop [1] запропонували для підвищення к.к.д. генератора відмовитися від гармонійної форми напруги на аноді генераторної лампи і використовувати коливання прямокутної форми або близькою до неї. Ця ідея пізніше була реалізована в бігармонічному режимі, дослідженому І. Н. Фомічевим [2] і А.І. Колесніковим [3], які пропонували виділяти в вихідній напрузі генератора крім першої відповідно третю або другу гармоніку підсилюється сигналу, які дозволяли отримати, при визначених кутах відсічення, форму напруги близьку до прямокутної. Надалі ця ж ідея була реалізована в полігармонічних режимах, які отримали умовні позначення клас D, E, F, і т.п.

Інший спосіб підвищення ефективності передавача з амплітудною модуляцією був запропонований у Франції і реалізований в передавачах фірми FRS. Цей спосіб заснований на перетворенні фазової модуляції в амплітудну, з використанням її переваг (незмінна амплітуда) і отримав назву модуляції дефазуванням [3, 4]. До недоліків модуляції дефазуванням слід віднести нелінійність модуляційної характеристики, яка при лінійної фазової модуляції має форму відрізка синусоїди. Для виправлення нелінійності потрібні додаткові заходи, які суттєво ускладнюють схему модуляції, в результаті, передавач виявляється занадто складним і незручним в експлуатації. За межами Франції схема не знайшла широкого застосування.

Оскільки енергетична ефективність передавача в основному визначається показниками вихідного каскаду, то завдання, значною мірою, зводиться до вдосконалення режимів генераторів. В цьому відношенні радикальним способом підвищення ефективності генераторів є застосування «ключових» режимів роботи, які можна розглядати як розвиток ідей Зенніка - рукопис і Н.І. Фомічева - А.І. Колеснікова. В таких режимах активний елемент (АЕ) генератора працює як звичайний ключ, замикаючи або розмикаючи електричний ланцюг. Якщо на робочій частоті можна знехтувати впливом реактивностей схеми, і опір АЕ у відкритому стані близько до нуля, а в закритому прямує до нескінченності, то втрати потужності в ньому повністю відсутні, тому що в будь-який момент часу на АЕ відсутня або напруга, або через нього не протікає струм. Мінімальний опір АЕ у відкритому стані забезпечується, якщо він працює в режимі насичення, тобто при великому вхідному сигналі. Якщо ж сигнал на вході змінюється по амплітуді, то при постійній напрузі харчування забезпечення режиму насичення і відповідно ключового режиму, стає неможливим. Тому в ключовому режимі можливе підсилення лише сигналів з постійною амплітудою, тобто сигналів з частотною, фазовою або імпульсною модуляцією. При наявності змінюється амплітуди сигналу доводиться застосовувати перетворення вихідного сигналу в проміжну форму з постійною амплітудою і подальшим відновленням за допомогою лінійних, або нелінійних операцій. До таких рішень може бути віднесена технологія роздільного посилення сигналів із змінною амплітудою за методом Кана [5]. У цьому випадку вихідний сигнал гранично обмежується по амплітуді і посилюється в окремому каналі із застосуванням ключового режиму. В іншому каналі сигнал детектується, і його огинає, після посилення, використовується для модуляції напругою живлення АЕ вихідний каскад.

При всіх очевидних перевагах ключового режиму, його застосування довго не знаходило широкого застосування, головним чином, через недосконалість застосовувалися АЕ. Електронні лампи мають великий внутрішній опір в режимі насичення і працюють при високих напругах. Це призводить до великих втрат у відкритому стані за рахунок великого залишкового напруги на аноді. На підвищених частотах до прямих втрат додаються, обумовлені паразитними ємностями схеми, «комутативність» втрати, які пропорційні робочій частоті генератора і квадрату напруги на аноді в момент комутації. Таким чином, в лампових генераторах ключові режими вдавалося реалізувати лише в діапазонах довгих і середніх хвиль (до 1 - 1,5 МГц).

Іншу категорію генераторів складають модуляційні пристрої, що застосовуються при наявності в сигналі амплітудної модуляції і представляють собою генератори звукових сигналів, або сигналів обвідної вузькосмугових сигналів з амплітудно-фазовою модуляцією при роздільному посиленні за методом Кана (наприклад, сигналів з односмуговою модуляцією, або з OFDM). Протягом багатьох

років потужні модулятори будувалися за стандартними схемами з застосуванням аналогових режимів, що відрізняються низьким ККД і обмеженою пропускну здатністю в області нижніх частот, внаслідок використання узгоджувальних трансформаторів. Обв'язок складних сигналів з амплітудно-фазовою модуляцією може містити дуже низькі частоти аж до постійної складової, тому типові структури модуляторів стають не тільки не вигідними, але і взагалі не застосовними.

Таким чином, на підставі вищевикладеного, можна зробити висновок про безумовну актуальність завдань, пов'язаних з використанням ключових режимів, і про велику увагу, яку приділяє під всім світі питань теорії і практики його реалізації. Незважаючи на значні досягнення в цій галузі, залишається ще чимало завдань, вирішення частини яких пропонує дана робота.

Висновки

Підводячи підсумки виконаної роботи, слід зазначити, що питання підвищення енергетичної ефективності генераторних, перетворювальних пристроїв і підсилювачів потужності завжди були і залишаються найбільш актуальною проблемою реалізації радіоелектронної техніки найрізноманітнішого призначення і рівня потужності.

У роботі розглянуто шляхи вирішення деяких питань цього класу проблем стосовно ключовим генераторів високої частоти та підсилювачів потужності з проміжною широтно-імпульсною модуляцією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Е.С. Абрамова. Исследование схем резонансных усилителей высокой частоты в режиме класса D. // Современные проблемы науки и образования: научный журнал. 2014. – № 6.
2. А.М. Михеенко, Е.С. Абрамова. Анализ статических модуляционных характеристик модулятора с передачей энергии в нагрузку через индуктивный накопитель (ПЭИН) // Современные проблемы телекоммуникаций: мат-лы Росс. научн.-техн. конф. – Новосибирск: Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики, 2015. – С. 460 – 464.
3. И. И. Павлов, С. С. Абрамов, Е. С. Абрамова, А. С. Гусельников, Д. Ю. Старыш. Реализация режима работы активного элемента с отсечкой выходного тока // Наука, технологии и инновации в современном мире: материалы II международной научно-практической конференции, Уфа, 30 – 31 июля 2015 г. Уфа: РИО ИЦИПТ, 2015. – С. 50 – 54.
4. I. I. Pavlov, A. S. Abramov, E. S. Abramova, A. S. Guselnikov, D. Yu. Starysh. Realization of the operating mode of the active element with the cut-off of output current // Наука, технологии и инновации в современном мире: материалы II международной научно-практической конференции, Уфа, 30 – 31 июля 2015 г. – С. 54 – 58.
5. Е. С. Абрамова, А. М. Михеенко, А.С. Гусельников, И. И. Павлов. Параллельный резонансный инвертор // Фундаментальные исследования: научный журнал, 2015. - № 7, ч. 2. – С. 304 – 308.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Дрючин Олександр Олексійович – канд. тех. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Кушнір Валентина Юрївна — студентка групи ТКТ-18мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Меновщиков Микола Миколайович – студент групи ТКТ-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Vasykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Driuchyn Oleksandr O. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kushnir Valentyna Y. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Menovshchykov Mykola M. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.