

Using a microwave absorber appropriately placed (see figure 12) is possible to obtain reduction of the spot size. An approximately constant reduction of 25% is achievable in XZ plane. In YZ plane maximum reduction is 21.8 % at a distance of 13.25 cm far from horn mouth. With greater distance, reduction of the spot size achievable is lesser.

#### REFERENCES

1. *Vandenbosch, Guy A. E. Microstrip Antennas / Guy A. E. Vandenbosch and Alexander Vasylychenko: edited by Nasimuddin.— Chapter 21: A Practical Guide to 3D Electromagnetic Software Tools.*

2. *Website: [http://en.wikipedia.org/wiki/Finite-difference\\_time-domain\\_method](http://en.wikipedia.org/wiki/Finite-difference_time-domain_method).*

3. *Website: <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/waveguidedimensions.cfm>*

4. *Косовець, М. Оцінювання параметрів характеристикних функцій 3D терагерцового радара / М. Косовець, О. Павлов, В. Смірнов: зб. тез VI Міжнар. наук.-техн. симпозиуму «Нові технології в телекомунікаціях», ДУІКТ–Карпати'2013.— Вишків, 21–25 січня 2013.— С. 174–179.*

5. *Кнар, W. Signal processing 3D Terahertz Imaging FMCW Radar for the NDT of material / W. Кнар, N. Kosovets, A. Drobik: сб. тезисов VI Междунар. науч.-техн. симпозиума «Новые технологии в телекоммуникациях», ГУИКТ–Карпаты'2013.— Вышков, 21–25 января 2013.— С. 154–156.*

Рецензент: канд. техн. наук, професор **О. В. Дробик**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

*М. А. Косовець, Л. М. Товстенко*

#### МОДЕЛЮВАННЯ КОНІЧНОЇ РУПОРНОЇ АНТЕНИ ДЛЯ 3D ТЕРАГЕРЦОВОГО FMCW РАДАРА

*Вивчено можливості формування апертури конічної антени. Виміряно близьке і далеке поля антени. Досліджено вплив поглинача на розмір діаграми спрямованості в головному напрямі поширення.*

**Ключові слова:** цифровий спектральний аналіз; рупор антени; електромагнітні симулятори; рівняння Максвелла; метод моментів; метод скінченних елементів.

*Н. А. Косовець, Л. М. Товстенко*

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНИЧЕСКОЙ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ 3D ТЕРАГЕРЦОВОГО FMCW РАДАРА

*Изучены возможности формирования апертуры конической антенны. Измерены ближнее и дальнее поля антенны. Исследовано влияние поглотителя на размеры диаграммы направленности в главном направлении распространения.*

**Ключевые слова:** цифровой спектральный анализ; рупор антенны; электромагнитные симуляторы; уравнение Максвелла; метод моментов; метод конечных элементов.

УДК 621.311.6

**В. Б. ТОЛУБКО**, доктор техн. наук, професор;

**П. В. АФАНАСЬЄВ**;

**В. М. БОНДАРЕНКО**;

**М. П. ТРЕМБОВЕЦЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент,

Державний університет телекомунікацій, Київ;

**Т. В. УВАРОВА**,

Державний університет оборони України, Київ

## ПОБУДОВА СИСТЕМ ГАРАНТОВАНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ

**Розглянуто відомі структури побудови систем гарантованого електроживлення. Проаналізовано переваги і недоліки кожної структури, а також наведено рекомендації щодо використання зазначених систем.**

**Ключові слова:** інвертор; система гарантованого електроживлення; статичний перемикач; Ву-Pass; електромережа; топологія; випрямляч; акумуляторна батарея.

#### Вступ

Телекомунікаційна апаратура живиться від промислової електромережі, її надійна робота значною мірою залежить від якості електроенергії. Спотворення по колах живлення тривалістю лише частки мілісекунд можуть впливати на роботу апаратури. Унаслідок цього було виокремлено клас **систем гарантованого електропостачання (СГЕ)**, які забезпечують належну якість електричної енергії для сучасної апаратури. Такі пристрої мають

основне та резервне джерела електричної енергії. Спосіб переходу з основного джерела на резервне та навпаки визначає головні топології побудови СГЕ [1; 3].

#### Основна частина

**Топологія stand-by.** У СГЕ, побудованих за цією топологією, у нормальному режимі роботи подача електроенергії на вхід здійснюється безпосередньо з входу електромережі через

фільтр, що знешкоджує електричні розряди та шуми, і лише у разі збою мережного електроживлення (припинення подачі напруги електромережі чи виходу її параметрів за допустимі межі) вступають у дію інвертори та акумуляторна батарея.

**Топологія on-line.** У побудованих за цією топологією СГЕ, структуру яких наведено на рис. 1, у нормальному режимі роботи змінний струм, що надходить із входу **1**, спочатку випрямляється, а потім знову відтворюється за допомогою інвертора, який постійно працює.

Інвертори будуються здебільшого за IGBT технологією з широтно-імпульсною модуляцією і характеризуються високою ефективністю та низьким коефіцієнтом нелінійних спотворень у разі нелінійних навантажень.

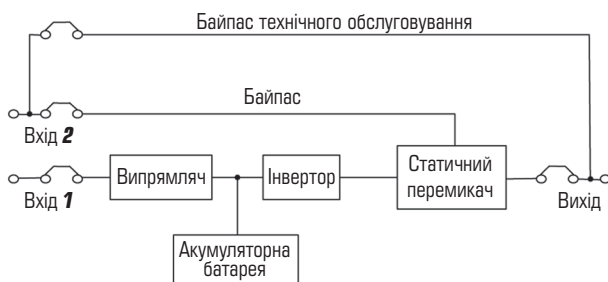


Рис. 1

Таким чином, у СГЕ цього типу відбувається подвійне перетворення напруги: вхідна напруга спочатку перетворюється випрямлячем у постійну, а потім за допомогою оберненого перетворення (інвертування) знову в змінну — з постійною амплітудою, формою і стабільною частотою. У разі відмови будь-якої з ланок електричного кола випрямляч — інвертор в СГЕ типу «on-line» відбувається під'єднання виходу СГЕ безпосередньо до входу.

Як впливає з рис. 1, для здійснення живлення навантаження безпосередньо від зовнішньої мережі вхід **2** забезпечено спеціальною обхідною лінією — статичним *Vu-Pass*. Розрізняють ручний і автоматичний *Vu-Pass*. Останній вмикається під час перевантаження ДБЖ чи в разі виходу його з ладу. При цьому спрацьовує перемикач (лінія «інвертування — навантаження» розмикається, лінія «*Vu-Pass* — навантаження» замикається), і навантаження продовжує житись від електромережі. Без автоматичного *Vu-Pass* неможлива побудова резервних систем безперебійного живлення. Вхід основного СГЕ живиться від електромережі, а вихід *Vu-Pass* — від резервного СГЕ, яке постійно перебуває в гарячому режимі. Автоматичний *Vu-Pass* доводиться використовувати і при створенні багатьох інших складних систем безперебійного живлення. Щодо ручного *Vu-Pass*, то він необхідний під час обслуговування та ремонту СГЕ — для забезпечення безперервності живлення навантаження.

Для більшості електронних пристроїв використовують джерела живлення комутуючого типу. Вони дозволяють витримувати короточасні (до 2...3 мс) провали основного живлення за рахунок накопичення порівняно невеликої кількості енергії у вбудованих конденсаторах, що дає змогу застосовувати СГЕ типу «off-line». Принципову схему СГЕ типу «off-line» наведено на рис. 2.

**СГЕ типу «off-line»** історично були першими із застосовуваних джерел живлення. Вони були здатні забезпечити лише найпростіший захист електроживлення переважно в малопотужних СГЕ.

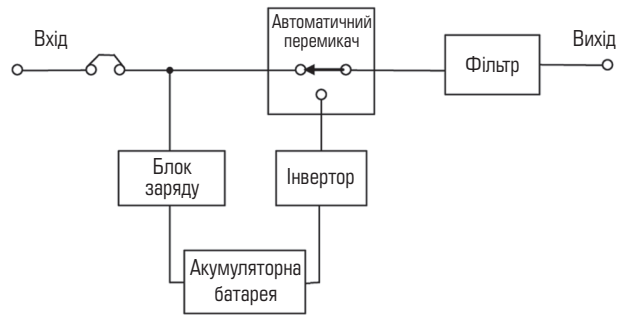


Рис. 2

Слід зазначити, що на перемикання живлення з електромережі на резервну схему живлення і вироблення інвертором змінного струму потрібно від 2 до 4 мс, і саме на такий проміжок часу переривається електроживлення. Проте завдяки застосуванню комутуючих джерел струму у вигляді конденсаторів, установлених у блоках живлення, такі провали в системі живлення не позначаються на роботі електронних пристроїв, які в ці проміжки часу здатні підживлюватись енергією, накопиченою в конденсаторах.

У разі підвищення напруги електромережі до встановленого рівня резервна схема вимикається, і електронні пристрої знову починають житись через транзитний канал, причому в цей час акумуляторна батарея заряджається до наступного моменту — поки не відбудеться чергове перемикання живлення.

Безперечною перевагою СГЕ типу «off-line» є компактність і простота, економічність, легкість і відносна дешевизна. Утім такі джерела живлення мають і суттєві недоліки, а саме: відсутність плавної стабілізації вихідної напруги; незначна фільтрація вихідної напруги від завад і кидків; пропускання в електромережу завад, що генеруються навантаженням; стрибкоподібне змінювання напруги, частоти та форми вихідної напруги під час переходу на живлення від акумуляторної батареї (тривалість переходу — 4 мс) із коефіцієнтом нелінійних спотворень за напругою до 30% під час роботи в автономному режимі; прямокутна форма вихідної напруги замість синусоїдної — у недорогих моделях СГЕ. І все ж, незважаючи на ці недоліки, СГЕ типу «off-line», згідно з експертними оцінками багатьох фахівців у галузі інформаційних технологій, являють собою найкраще вирішення для підтримки так званого некритичного мережного обладнання невеликої потужності, оскільки дають змогу користувачам уникнути до 55% проблем, пов'язаних з електроживленням [2].

У ряді модифікацій СГЕ типу «off-line» робилися спроби усунути проблему критичного зниження напруги шляхом використання вбудованого стабілізатора для підтримки струму на заданому рівні в разі значних змінювань значень вхідної напруги. Проте, як виявилось, такі спроби не в змозі повністю усунути перемикання на живлення від батарей. Оскільки СГЕ типу «off-line» використовують резервну систему живлення, їх часто називають *резервними*.

У споживачів, навантаження яких чутливі до тривалих відхилень напруги живлення (від номінальної і до її провалів) особливою популярністю користуються не СГЕ типу «off-line» або їх модифікації з вбудованим стабілізатором, а так звані **гібридні** чи **інтерактивні** («line-interactive») СГЕ. Принципову схему інтерактивного ДБЖ наведено на рис. 3.

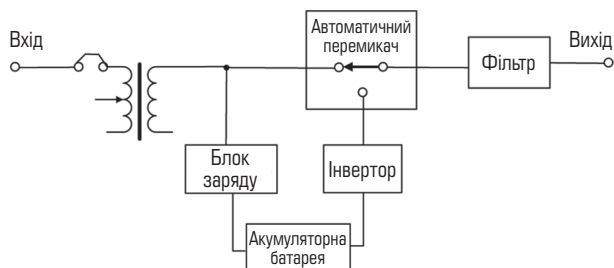


Рис. 3

Принцип дії інтерактивних СГЕ аналогічний принципу дії СГЕ типу «off-line», проте, на відміну від останніх, у них заради зменшення завад, поліпшення роботи та розширення діапазону вихідної напруги використовуються різні додаткові пристрої. Зокрема, із метою здійснення комутації для отримання східчастої стабілізації вихідної напруги застосовується автотрансформатор із відводами, який підвищує або знижує вихідну напругу на 12%, тим самим розширюючи діапазон цієї напруги. Завдяки комутації обмоток автотрансформатора в інтерактивних СГЕ в разі переходу живлення від мережі на живлення від акумуляторної батареї має місце значно менше стрибкоподібне змінювання напруги, частоти й форми вихідної напруги, ніж у СГЕ типу «off-line», в яких комутація відсутня.

Зазначимо, що порівняно недавно на ринку електротехнічної продукції з'явилися СГЕ типу «line-interactive» нової, вдосконаленої модифікації — **СГЕ з дельта-перетворенням (Delta Conversion On-line)** [2]. У них із напруги, що надходить на вхід СГЕ, виділяються дві складові: «нормальна», яка в незмінному вигляді спрямовується на вихід СГЕ, і друга, «проблемна» складова напруги, яка становить різницю між вхідним сигналом та його нормальною частиною. Саме ця складова і надходить на переробку.

Порівняння розглянутих вище типів СГЕ показує, що застосування СГЕ типу «on-line» (на відміну від СГЕ типу «off-line» чи СГЕ типу «line-interactive») гарантує споживачам відсутність перерв в електроживленні — навіть за відсутності напруги в електромережі в таких критичних ситуаціях, як удари блискавки, статичні розряди в елементи електромережі тощо.

### Висновки

Гарантія безперервності електроживлення споживачів досягається за рахунок таких заходів.

**1.** Застосування в СГЕ типу «on-line» технології подвійного перетворення напруги.

**2.** Миттєве перемикання навантаження з електромережі на акумуляторну батарею (у разі зниження напруги в електромережі до критичного рівня або навіть її повного зникнення). Стосовно навантажень з особливо високими вимогами до якості електроживлення, то вони в разі такого перемикання також не відчують ніяких змінювань у подачі напруги, і синусоїдний сигнал на виході весь час залишається постійно синхронізованим з основною мережею електроживлення.

**3.** Забезпечення у СГЕ типу «on-line» гальванічної розв'язки. У випадку ударів блискавки наявність гальванічної розв'язки

між входом і виходом приводить до того, що дію електричного піка блискавки бере на себе випрямляч СГЕ, а живлення навантаження триває без жодних завад і збоїв.

Таким чином, у СГЕ типу «on-line», на відміну від СГЕ типу «off-line» чи ДБЖ типу «line-interactive», гарантовано розв'язується проблема захисту навантаження від практично всіх несправностей у системі електроживлення.

Основні переваги СГЕ типу «on-line» такі: повна фільтрація напруги електромережі від завад і сплесків, при цьому завади, що генеруються навантаженням, знову не пропускаються в електромережу; живлення навантаження «чистою синусоїдною напругою», стабільною як за абсолютною величиною, так і за формою — незалежно від того, здійснюється живлення від електромережі чи від батарей; миттєве перемикання на батареї, що не супроводжується жодними перехідними процесами.

До недоліків СГЕ типу «on-line» можна віднести такі: відносно складність схеми і більш високу вартість порівняно з іншими простішими схемами; наявність додаткових енерговитрат на подвійне перетворення напруги, що знижують загальний ККД системи. Окрім того, у простих не модифікованих СГЕ типу «on-line» залишаються все ще до кінця не розв'язаними проблеми, що виникають під час перехідних процесів і підвищеннях напруги. Ці проблеми, як раніш зазначалось, повністю розв'язані в новій, вдосконаленій модифікації СГЕ типу «line-interactive» — СГЕ з дельта-перетворенням (*Delta Conversion On-line*).

Резюмуючи все сказане щодо СГЕ типу «on-line», важко не погодитися з високою оцінкою таких СГЕ, даною фахівцями багато років тому, коли рівень СГЕ був далекий від сучасного: СГЕ із подвійним перетворенням напруги за технологією «on-line» найбільш досконалі. Особливо це стосується СГЕ з дельта-перетворенням, які за оцінкою їх розробників, — легендарно надійні [2], оскільки вони абсолютно гарантують (особливо в разі застосування їх резервування) повний захист навантаження від будь-яких несправностей в системі електроживлення і тим самим забезпечують роботу електрообладнання, до якого ставляться особливо високі вимоги щодо якості електроживлення. У зв'язку з цим СГЕ цього типу широко застосовують для живлення файлових серверів, робочих станцій локальних обчислювальних мереж, телекомунікаційного та іншого обладнання, для якого якість електроживлення є визначальною.

### Література

**1. Системи гарантованого електропостачання. Агрегати безперебійного живлення. Ч. 3. Загальні технічні вимоги. Методи випробування: ДСТУ ІЕС 62040-3: 2004.** — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — (Національний стандарт України).

**2. Кравченко, О. А. Електромагнитная совместимость: как решить проблему на государственном уровне / О. А. Кравченко // Электропанорама.** — 2003. — № 4, 5.

**3. Источники бесперебойного питания корпорации Exide-Electronics. Каталог.**

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. В. Вишнівський**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. Б. Толубко, П. В. Афанасьєв, В. М. Бондаренко, М. П. Трємбовецький, Т. В. Уварова

### ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ

Рассмотрены известные структуры построения систем гарантированного электроснабжения. Проанализированы преимущества и недостатки каждой структуры, а также приведены рекомендации по использованию указанных систем.

**Ключевые слова:** инвертор; система гарантированного электроснабжения; статичный переключатель; By-Pass; электросеть; топология; выпрямитель; аккумуляторная батарея.

V. B. Tolubko, P. V. Afanasev, V. M. Bondarenko, M. P. Trembovetskiy, T. V. Uvarova

### CONSTRUCTION OF TELECOMMUNICATION EQUIPMENT GUARANTEED ELECTRIC POWER SUPPLY SYSTEMS

The known structures of guaranteed electric power supply systems are considered as well as preferences and shortages each of them are analysed. The recommendations concerning using this systems are offered.

**Keywords:** inverter; guaranteed electric power supply system; static switch; By-Pass; electricity supply network; topology; accumulator battery.

УДК 621.398.96

В. А. ДРУЖИНИН, доктор техн. наук, професор;

Я. А. КРЕМЕНЕЦЬКА, О. Р. ЖУКОВА,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## Аналіз можливостей підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних систем із використанням міліметрового діапазону хвиль

Проаналізовано сучасні підходи до використання міліметрового діапазону хвиль для підвищення ефективності телекомунікаційних систем і технологій, а також розкрито можливості реалізації гібридних систем на основі фотоніки.

**Ключові слова:** міліметровий діапазон; системи безпроводового зв'язку 5G; стратосферні системи зв'язку; гібридна безпроводова система терагерцового зв'язку; фотоніка.

### Вступ

Одним зі способів збільшення пропускної здатності радіоканалу є підвищення носійної частоти сигналу, що дає змогу розширити смугу частот до кількох гігагерц. Сьогодні йдеться вже про оптичний діапазон, тобто про хвилі міліметрового (ММД) і субміліметрового (СММД) діапазонів для швидкостей передавання даних понад 1 Гбіт/с. Утім, як зазначають фахівці, це не є єдина перевага застосування цих діапазонів [1–4].

Хвилі ММД і СММД мають властивості, притаманні як радіохвилям, так і оптичному випромінюванню. Особливості поширення та застосування цих хвиль останнім часом інтенсивно досліджуються для застосування в різних телекомунікаційних системах, передусім у системах мобільного стільникового зв'язку.

### Основна частина

Спектр міліметрових хвиль дедалі ширше застосовується для реалізації технологій 5G (рис. 1).

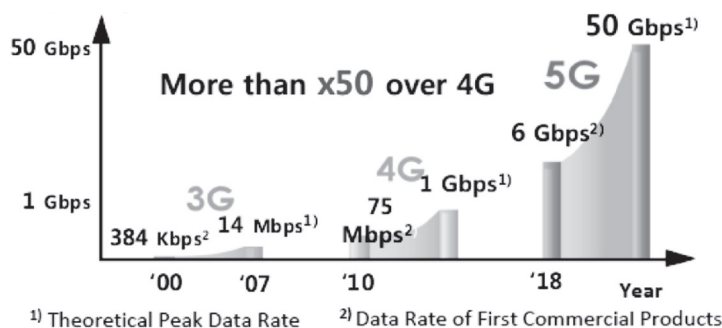


Рис. 1. Швидкості передавання даних для поколінь систем безпроводового зв'язку 3G, 4G і 5G [1]

У вікні загасання 60 ГГц, а також у вікнах прозорості атмосфери 28; 72 ГГц та інших діапазонах ММД здійснюються дослідження щодо поширення радіосигналів в атмосфері в міських умовах. Результати експериментів, проведених під керівництвом професора Нью-Йоркського політехнічного університету Т. Раппопорта та інших учених, засвідчують можливість використання міліметрового діапазону для систем безпроводового зв'язку 5G [1]. Окрім того, зазначені дослідження розкрили деякі важливі особливості міліметрових хвиль.