В роботі запропоновано методику визначення режимів роботи багатофункціональної радіостанції з використанням теорії нечіткої логіки для врахування їх ширини спектрів при розповсюдженні радіохвиль у короткохвильовому діапазоні

Ключові слова: інформаційні системи, організація зв'язку, нечіткі умови розповсюдження радіохвиль

В работе предложена методика определения режимов работы многофункциональной радиостанции с использованием теории нечеткой логики для учета их ширины спектров при распространении радиоволн в коротковолновом диапазоне

Ключевые слова: информационные системы, организация связи, нечеткие условия распространения радиоволн

In paper methodology of determination of the modes of operations of the multifunction wireless station is offered using theory of fuzzy logic for taking into account of their width of spectrums at distribution of radio waves in a short-wave range

Keywords: information systems, organization of connection, unclear terms of distribution of radio waves

УДК 632.396.2

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ ЗВ'ЯЗКУ СТАНЦІЯМИ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

І.А. Пількевич
Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
Кафедра моніторингу навколишнього природного середовища
Житомирський національний агроекологічний університет
бул. Старий, 7, м. Житомир, Україна, 10008
Контактний тел. (0412)-415-686, 067-39-787-39
E-mail: igor.pilkevich@mail.ru

П.В. Фриз
Заслужений працівник освіти України,
кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
Кафедра геоінформаційних і космічних систем
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету
пр. Миру, 23, м. Житомир, Україна, 10004
Контактний тел. 097-910-34-86
E-mail: fpv43@rambler.ru

Вступ

В даний час для визначення режимів роботи спеціальної радіостанції на основі об'єктивної інформації про умови розповсюдження радіохвиль використовується методика, що наведена в [1]. Її недоліком є визначення доцільного режиму роботи по розрахованих на основі статистичних даних фіксованих значеннях максимальної прийнятної (МПЧ) та найменш прийнятної частоти (НПЧ).

Як відомо, критичні частоти, поглинання та інші параметри іоносфери піддаються безперервним коливанням, змінюючись у деяких межах близько певних середніх значень. Коливання мають характер флуктуацій і для критичної частоти основного шару F_2 знаходяться в межах до 10% [2].

Залежно від режиму роботи багатофункціональної радіостанції ефективна ширина спектра сигналу змінюється від кількох сотень герц до кількох мегагерц. Враховуючи зазначене вище можна дійти висновку, що не завжди будуть існувати умови для роботи в тому чи іншому режимі за умовами розповсюдження радіохвиль.

Максимальна прийнятна $f_{МПЧ}$ та найменш прийнятна $f_{НПЧ}$ частоти можуть змінювати свої значення залежно від числа Вольфа, дальності до кореспондента, пори року, часу доби та координат точки відбиття радіохвилі. Різниця між ними може становити [2]

$$f_{МПЧ} - f_{НПЧ} = 50 \text{ кГц} \pm 25 \text{ МГц} \quad (1)$$

Постає завдання розробки методики визначення режимів роботи радіостанції з урахуванням ширини спектра сигналу, що випромінюється, при передачі в короткохвильовому (КХ) діапазоні частот і флуктуації МПЧ та НПЧ.

Основна частина

Одним із найбільш ефективних способів при визначенні режиму роботи багатофункціональної радіостанції є математичний апарат нечіткої логіки.

При розробці методики визначення режиму багатофункціональної радіостанції з урахуванням умов розповсюдження радіохвиль КХ діапазону для урахування всіх факторів (числа Вольфа, пори року, часу доби тощо), що впливають на ступінь придатності режиму роботи, в якості базової системи запропоновано використовувати нечітку продукційну модель представлення знань. Об'єднання досвіду, накопиченого при вирішенні багатьох практичних задач, дозволяє сформулювати два принципи, які будуть використо-

© І.А. Пількевич, П.В. Фриз, 2012

вуватись при розробці нечіткої бази знань оцінювання придатності режиму роботи [1]:

1. Принцип лінгвістичності при визначенні режиму роботи багатофункціональної радіостанції.

Згідно з даним принципом, ступінь придатності режиму роботи і характеристики розповсюдження радіохвиль, які впливають на нього, розглядаються як лінгвістичні змінні, що оцінюються якісними термами.

Лінгвістична змінна – це така змінна, значеннями якої є слова або речення природної мови, тобто якісні терми [1]. Наприклад, в задачі визначення раціонального режиму роботи вхідними лінгвістичними змінними є МПЧ, НПЧ, діапазон роботи в конкретному режимі багатофункціональної радіостанції, а вихідний – ступінь придатності режиму роботи багатофункціональної радіостанції.

2. Принцип формування структури залежності придатності режимів роботи від характеристик, що впливають на розповсюдження радіохвиль, діапазону робочих частот (ДРЧ) радіостанції у вигляді нечіткої бази знань (НБЗ).

НБЗ представляє собою сукупність правил ЯКЩО „входи", ТО „вихід", що відображають характеристики розповсюдження радіохвиль і причинно-наслідкових зв'язків в задачі прийняття рішення.

Прикладом правила із НБЗ для вирішення задачі визначення режиму роботи радіостанції за умовами розповсюдження радіохвиль КХ діапазону є вислів:

„ЯКЩО НПЧ більша максимальної частоти ДРЧ радіостанції у даному режимі роботи, ТО даний режим роботи непридатний за умовами розповсюдження радіохвиль".

У роботі [2] запропоновано модель фундаментального вимірювання нечіткості. Нечіткість вимірювання якої-небудь властивості P, яку має деякий об'єкт, може полягати у складності, неточному її значенні або в тому, що ОПР можуть по-різному її сприймати. Для побудови функції належності застосовується техніка теорії вимірювання та шкалювання.

При побудові функцій належності основним є поняття відносної переваги одного режиму роботи радіостанції над іншим, тобто для двох режимів роботи X_1 та X_2 можна записати $X_1 < X_2$ у тому випадку, коли режим X_2 кращий щодо ефективності та допустимості, ніж X_1.

Функція належності $\mu(X) \in [0,1]$ і ставить у відповідність кожному режиму X число із інтервалу [0,1], яке характеризує ступінь належності до підмножини D ефективних та допустимих рішень.

Природною є також вимога неперервності функції $\mu(X)$, яка формалізує інтуїтивну уяву про те, що якщо два рішення множини X відрізняються одне від одного незначно, то й значення функцій належності для них також близькі.

Однак визначення переваг за багатьма метричними і неметричними властивостями розкрите не в повній мірі та потребує розробки методик, які враховують особливості прийняття рішень.

З розглянутого матеріалу випливає завдання побудови функції належності прийняття рішень щодо визначення режиму роботи багатофункціональної радіостанції за результатами статистичних даних розповсюдження радіохвиль залежно від пори року, відстані до кореспондента, часу дня, координат точки відбиття радіохвилі від іоносфери.

Ефективну ширину смуги частот для кожного режиму роботи спеціальної радіостанції наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Ефективна ширина смуги частот режимів роботи багатофункціональної радіостанції

№ з/п	Режим роботи радіостанції	Ефективна ширина смуги частот
1.	Відносна фазова телеграфія G1B, V=100 Бод	200 Гц
2.	Відносна фазова телеграфія G1B, V=250 Бод	500 Гц
...	...	....
25.	Робота в режимі ППРЧ, „вузька смуга", центральна частота 1,6 МГц ≤ F_C ≤3,5 МГц, ширина смуги – 17,5 кГц, крок сітки частот – 2,5 кГц, відносна фазова телеграфія G1B, V=300 біт/с	18,1 кГц

Як відомо [2], найменша прийнятна $f_{НПЧ}$ та максимальна прийнятна частоти $f_{МПЧ}$ розраховуються за допомогою графіків розповсюдження частот КХ діапазону, побудованих на основі даних статистичних спостережень за умовами розповсюдження.

Для їх урахування необхідно вирішити завдання побудови функції належності відповідного режиму роботи радіостанції ДРЧ. Залежно від значень МПЧ та НПЧ можуть змінюватись у зв'язку з флуктуацією іоносфери в межах ± 10%. Згідно [1, 2], найбільшою прийнятною є трапецієподібна функція належності, зображена на рис. 1, де $f_{НПЧ0}$ ($f_{МПЧ0}$) – нижня (верхня) межа нечіткого числа частоти на нульовому рівні:

$$f_{НПЧ0} = f_{НПЧ} - 0{,}1 \times f_{НПЧ}; \quad (2)$$

$$f_{МПЧ0} = f_{МПЧ} + 0{,}1 \times f_{МПЧ}, \quad (3)$$

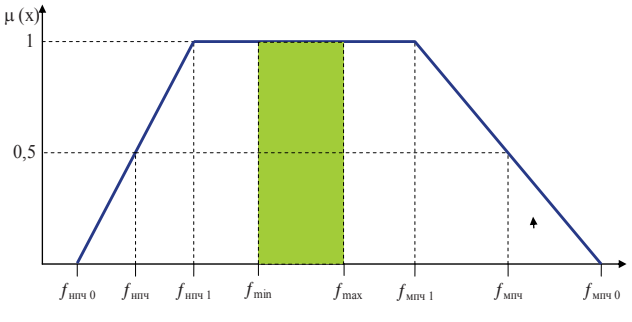

Рис. 1. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот

Нижня та верхня межі нечіткого числа частоти на одиничному рівні визначаються за допомогою формул:

$$f_{НПЧ1} = f_{НПЧ} + 0{,}1 \times f_{НПЧ}; \quad (4)$$

$$f_{МПЧ1} = f_{МПЧ} - 0{,}1 \times f_{МПЧ}. \quad (5)$$

Інтервал $[f_{НПЧ1}, f_{МПЧ1}]$ називається оптимістичною оцінкою частоти, а інтервал $[f_{НПЧ0}, f_{МПЧ0}]$ – песимістичною оцінкою частоти.

Ширина спектра сигналу, що передається при веденні радіозв'язку з багатофункціональної радіостанції, змінюється залежно від режиму роботи в межах від f_{min} до f_{max}.

Таким чином, постає завдання розробки методики визначення режиму роботи багатофункціональної радіостанції з урахуванням флуктуації частотних параметрів іоносфери та ефективної ширини смуги частот режимів роботи.

Необхідно відмітити, що при розробці програм радіозв'язку для проведення двосторонніх та односторонніх сеансів радіозв'язку, сеансів по виклику на частотах чергового прийому передбачається використання великої кількості частот із діапазону, визначеного умовами розповсюдження радіохвиль. Використання більшої кількості робочих частот забезпечує підвищення прихованості від засобів радіоелектронної розвідки та дозволяє здійснювати оперативну зміну частот як в ході сеансу зв'язку, так і від сеансу до сеансу.

Тому необхідно ввести коефіцієнт придатності ДРЧ режиму роботи радіостанції умовам розповсюдження радіохвиль, який насамперед буде характеризувати ступінь застосування частотного діапазону розповсюдження радіохвиль в інтересах забезпечення достовірного, своєчасного та прихованого радіозв'язку.

З цією метою для врахування умов розповсюдження радіохвиль КХ діапазону, ширини спектра частот випромінювання сигналу та ДРЧ в різних режимах роботи багатофункціональної радіостанції з метою розрахунку коефіцієнта придатності необхідно побудувати дерево логічного виводу (рис. 2).

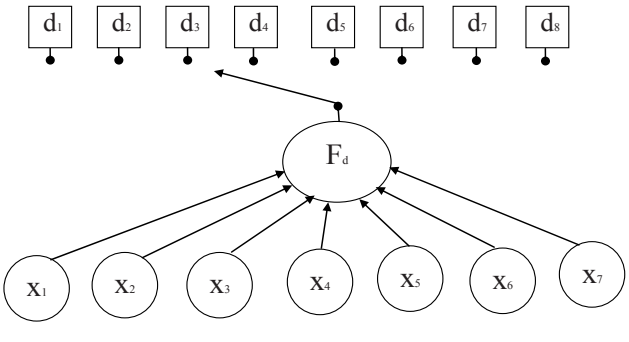

Рис. 2. Дерево логічного виводу визначення ступеня придатності режиму роботи умовам розповсюдження радіохвиль

В табл. 2 через $x_1 \div x_7$ позначені основні частотні характеристики режимів роботи радіостанції та розповсюдження радіохвиль КХ діапазону.

Перерахуємо можливі рівні ступеня придатності режиму роботи багатофункціональної радіостанції заданим умовам розповсюдження радіохвиль:

1. $d_1 = 0$, коли режим роботи радіостанції повністю непридатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль (рис. 3).

Таблиця 2

Основні частотні характеристики режимів роботи радіостанції та розповсюдження радіохвиль

Параметри	Зміст параметра	Діапазон змін
x_1	Ширина спектра сигналу, що передається Δf	0,0002–2,0 МГц
x_2	Нижня межа нечіткого числа НПЧ на нульовому рівні $f_{НПЧ0}$	1,0–20 МГц
x_3	Нижня межа нечіткого числа МПЧ на нульовому рівні $f_{МПЧ0}$	2,0–30 МГц
x_4	Верхня межа нечіткого числа НПЧ на одиничному рівні $f_{НПЧ1}$	1,0–20 МГц
x_5	Верхня межа нечіткого числа МПЧ на одиничному рівні $f_{МПЧ1}$	2,0–30 МГц
x_6	Мінімальна частота ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції f_{min}	1,6–15 МГц
x_7	Максимальна частота ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції f_{max}	3,5–30 МГц

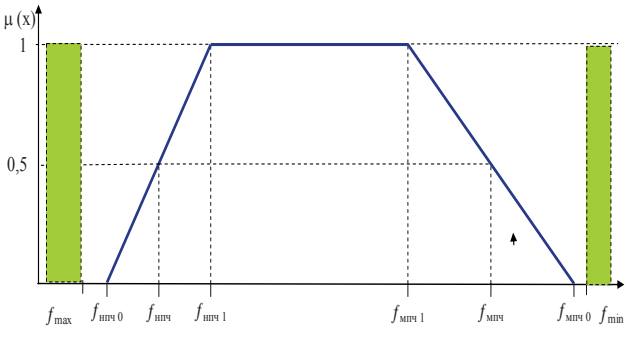

Рис. 3. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_1

2. $d_2 = 1$, коли режим роботи радіостанції повністю придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль (рис. 4).

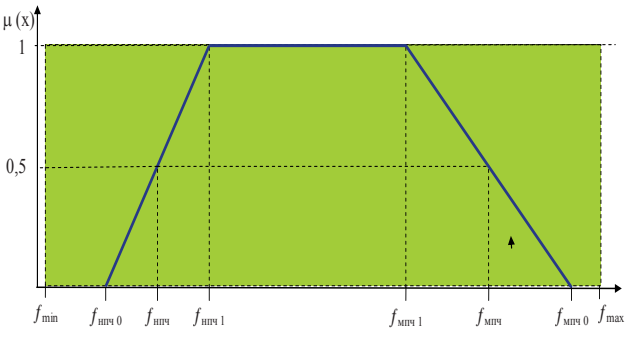

Рис. 4. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_2

3. $d_3 = 1 - (\frac{f_{min} - f_{НПЧ0}}{f_{НПЧ1} - f_{НПЧ0}}) / (f_{МПЧ0} - f_{min})$, коли режим роботи радіостанції частково придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль та залежить від мінімальної частоти ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції f_{min}, тобто $0 < d_3 < 1$ (рис. 5).

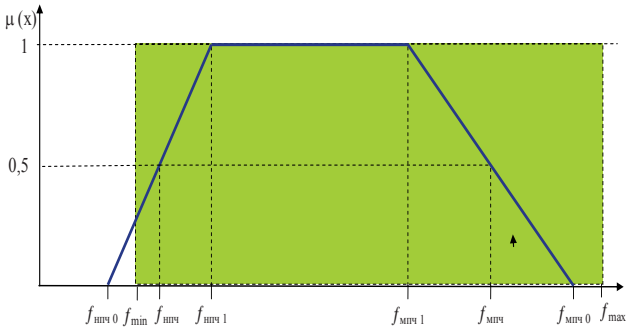

Рис. 5. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_3

4. $d_4 = 1 - (\frac{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\max}}{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\text{МПЧ1}}}) / (f_{\max} - f_{\text{НПЧ0}})$, коли режим роботи радіостанції частково придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль та залежить від максимальної частоти ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції $f_{\max}$, тобто $0 < d_4 < 1$ (рис. 6).

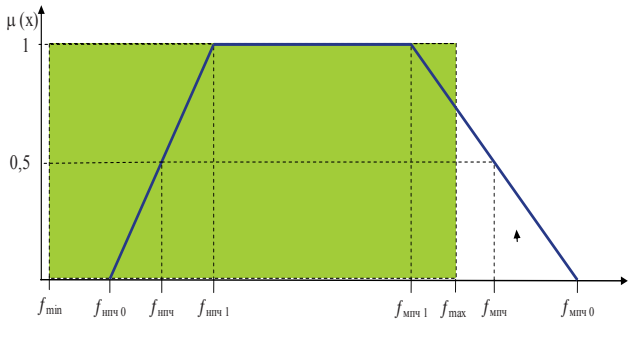

Рис. 6. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_4

5. $d_5 = 1 - (\frac{f_{\min} - f_{\text{НПЧ0}}}{f_{\text{НПЧ1}} - f_{\text{НПЧ0}}}) / (f_{\max} - f_{\min}) - (\frac{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\max}}{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\text{МПЧ1}}}) / (f_{\max} - f_{\min})$,

коли режим роботи радіостанції частково придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль та залежить від максимальної та мінімальної частоти ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції, тобто $0 < d_5 < 1$ (рис. 7).

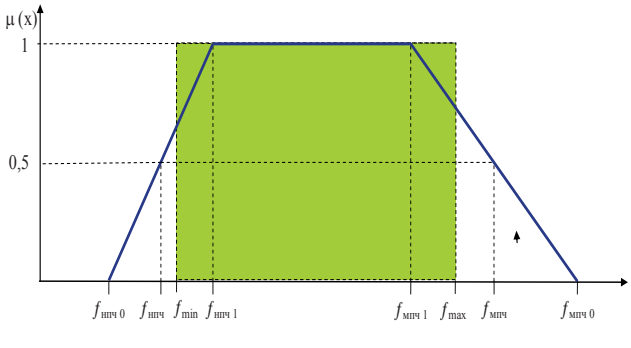

Рис. 7. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_5

6. $d_6 = 1 - (\frac{f_{\min} - f_{\text{НПЧ0}}}{f_{\text{НПЧ1}} - f_{\text{НПЧ0}}}) / (f_{\text{МПЧ0}} - f_{\min}) - \frac{f_{\max} - f_{\text{НПЧ1}}}{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\text{НПЧ1}}}$,

коли режим роботи радіостанції частково придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль та залежить від максимальної та мінімальної частоти ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції, тобто $0 < d_6 < 1$ (рис. 8).

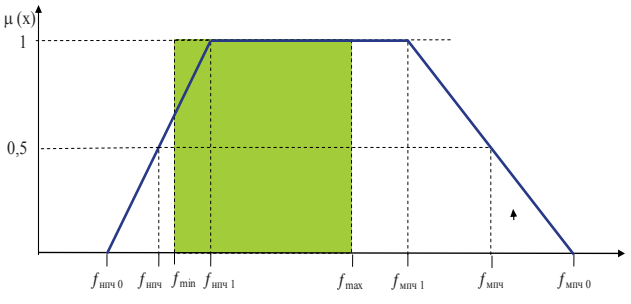

Рис. 8. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_6

7. $d_7 = 1 - (\frac{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\max}}{f_{\text{МПЧ0}} - f_{\text{МПЧ1}}}) / (f_{\max} - f_{\text{НПЧ0}}) - \frac{f_{\text{МПЧ1}} - f_{\min}}{f_{\text{МПЧ1}} - f_{\text{НПЧ0}}}$,

коли режим роботи радіостанції частково придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль та залежить від максимальної та мінімальної частоти ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції, тобто $0 < d_7 < 1$ (рис. 9).

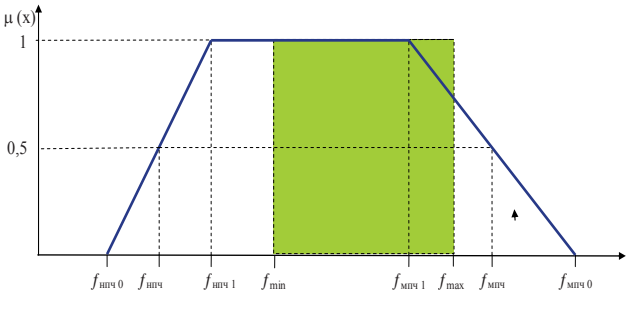

Рис. 9. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_7

8. $d_8 = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\text{МПЧ1}} - f_{\text{НПЧ1}}}$, коли режим роботи радіостанції частково придатний згідно заданих умов розповсюдження радіохвиль та залежить від максимальної та мінімальної частоти ДРЧ для даного режиму роботи радіостанції, тобто $0 < d_8 < 1$ (рис. 10).

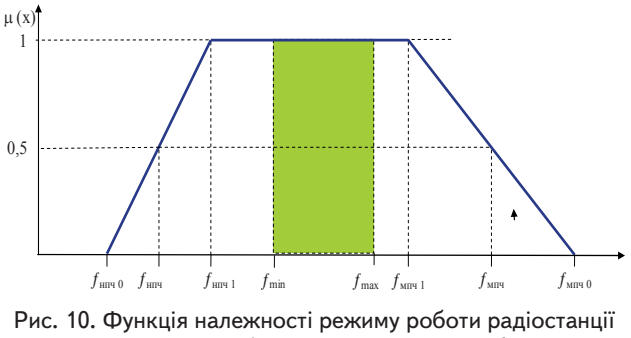

Рис. 10. Функція належності режиму роботи радіостанції діапазону робочих частот для рівня d_8

В загальному вигляді систему нечітких логіко-лінгвістичних правил можна представити у такому вигляді:

$d_1 = 0$, якщо $(f_{max} \le f_{НПЧ0}), \vee (f_{min} \ge f_{МПЧ0})$;

$d_2 = 1$, якщо $(f_{min} \le f_{НПЧ0}) \wedge (f_{max} \ge f_{МНЧ0})$;

$$d_3 = 1 - (\frac{f_{min} - f_{НПЧ0}}{f_{НПЧ1} - f_{НПЧ0}}) / (f_{МПЧ0} - f_{min}),$$

якщо $(f_{НПЧ0} < f_{min} < f_{НПЧ1}) \wedge (f_{max} > f_{МПЧ0})$;

$$d_4 = 1 - (\frac{f_{МПЧ0} - f_{max}}{f_{МПЧ0} - f_{МПЧ1}}) / (f_{max} - f_{НПЧ0}),$$

якщо $(f_{МПЧ1} < f_{max} < f_{МПЧ0}) \wedge (f_{min} < f_{НПЧ0})$;

$$d_5 = 1 - (\frac{f_{min} - f_{НПЧ0}}{f_{НПЧ1} - f_{НПЧ0}}) / (f_{max} - f_{min}) -$$

$$-(\frac{f_{МПЧ0} - f_{max}}{f_{МПЧ0} - f_{МПЧ1}}) / (f_{max} - f_{min}),$$

якщо $(f_{НПЧ0} \le f_{min} \le f_{НПЧ1}) \wedge (f_{МПЧ1} < f_{max} < f_{МПЧ0})$;

$$d_6 = 1 - (\frac{f_{min} - f_{НПЧ0}}{f_{НПЧ1} - f_{НПЧ0}}) / (f_{МПЧ0} - f_{min}) - \frac{f_{max} - f_{НПЧ1}}{f_{МПЧ0} - f_{НПЧ1}},$$

якщо $(f_{НПЧ0} < f_{min} < f_{НПЧ1}) \wedge (f_{max} < f_{МПЧ1})$;

$$d_7 = 1 - (\frac{f_{МПЧ0} - f_{max}}{f_{МПЧ0} - f_{МПЧ1}}) / (f_{max} - f_{НПЧ0}) - \frac{f_{МПЧ1} - f_{min}}{f_{МПЧ1} - f_{НПЧ0}},$$

якщо $(f_{НПЧ1} < f_{min}) \wedge (f_{МПЧ1} < f_{max} < f_{МПЧ0})$;

$d_8 = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{МПЧ1} - f_{НПЧ1}}$, якщо $(f_{НПЧ1} < f_{min}) \wedge (f_{max} < f_{МПЧ1})$.

Функція належності $\mu(x)$ режиму роботи залежить від мінімальної f_{min} та максимальної f_{max} частот ДРЧ даного режиму, нижньої (верхньої) межі нечіткого числа частоти на нульовому $f_{НПЧ0}$ ($f_{МПЧ0}$) та одиничному $f_{НПЧ1}$ ($f_{МПЧ1}$) рівнях. При її визначенні $\mu(x)$ враховує таке співвідношення між наведеними раніше даними

$$\mu(f_{min}, f_{max}, f_{НПЧ0}, f_{НПЧ1}, f_{МПЧ1}, f_{МПЧ0}) = \begin{cases} d_1; \\ d_2; \\ d_3; \\ d_4; \\ d_5; \\ d_6; \\ d_7; \\ d_8. \end{cases}$$

Необхідно відмітити, що при розробці програм радіозв'язку для забезпечення міжвузлового зв'язку (МВЗ) умови оперативної обстановки не враховуються по причині розміщення вузлів систем радіозв'язку на власній території. Тому рішення щодо визначення найбільш придатного режиму роботи багатофункціональної радіостанції визначається тільки з урахуванням умов розповсюдження радіохвиль КХ діапазону.

Для спеціального комплексу (СК) коефіцієнт придатності режимів роботи багатофункціональної радіостанції за даними оперативної обстановки розраховуються за допомогою методики, наведеної в [2]. З урахуванням умов розповсюдження радіохвиль КХ діапазону здійснюється для здійснюється розрахунок ступеня придатності

$$\mu_\Sigma = \mu_{ОПО} \cdot \mu(f_{min}, f_{max}, f_{НПЧ0}, f_{НПЧ1}, f_{МПЧ0}, f_{МПЧ1}), \quad (6)$$

де $\mu_{ОПО}$ – нормований коефіцієнт функції належності за умовами оперативної обстановки для кожного режиму роботи, $\mu_{ОПО} \in [0,1]$;

$\mu(f_{min}, f_{max}, f_{НПЧ0}, f_{НПЧ1}, f_{МПЧ0}, f_{МПЧ1})$ – коефіцієнт функції належності ДРЧ режиму роботи щодо умов розповсюдження радіохвиль КХ діапазону.

За результатами розрахунку для кожного режиму роботи відбувається повторне ранжирування їх з урахуванням умов розповсюдження радіохвиль.

Для вирішення багатокритеріальних задач використовуються різні методи побудови узагальненого показника раціональності, при чому одним із найбільш зручних способів є узагальнена функція бажаності Харінгтона, яка може бути використана як функція належності, тобто $K_{прид} \in [0,1]$. Вона виникла в результаті спостережень за реальними експериментами та має такі властивості, як неперервність, монотонність і гладкість.

Стандартні позначення на шкалі бажаності наведено в табл. 3.

Значення $\mu(f_{min}, f_{max}, f_{НПЧ0}, f_{НПЧ1}, f_{МПЧ0}, f_{МПЧ1}) = 0{,}37$ відповідає межі допустимих значень.

Таблиця 3

Шкала бажаності Харінгтона

Бажаність	Позначки на шкалі бажаності
Дуже добре	1,00-0,80
Добре	0,80-0,63
Задовільно	0,63-0,37
Погано	0,37-0,20
Дуже погано	0,20-0,00

Методика визначення режиму роботи багатофункціональної радіостанції з урахуванням розповсюдження радіохвиль наведена на рис. 11 і включає такі етапи:

1 етап. Згідно поставленого завдання на розробку програми радіозв'язку з СК вводяться вихідні дані: D – відстань від СК до радіовузла; SD – координати району виконання завдань СК та розміщення радіовузла, за якими здійснюється розрахунок точки відбиття від іоносфери; WF – число Вольфа; PR – пора року; TM – час доби.

2 етап. Далі за графіками здійснюється розрахунок МПЧ та НПЧ.

3 етап. На третьому етапі визначається ДРЧ у всіх режимах роботи багатофункціональної радіостанції.

4 етап. Етап призначений для здійснення порівняння ДРЧ багато-функціональної радіостанції з МПЧ та НПЧ радіотраси.

5 етап. Визначення режиму роботи за умовами оперативної обстановки та з урахуванням умов розповсюдження радіохвиль КХ діапазону здійснюється за допомогою визначення максимального ступеня придатності.

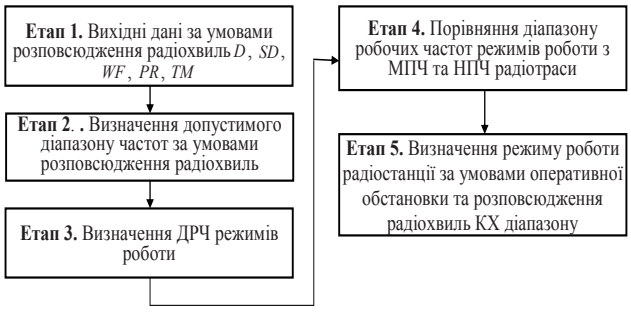

Рис. 11. Методика визначення режиму радіостанції з урахуванням умов розповсюдження радіохвиль короткохвильового діапазону

З метою перевірки застосування запропонованої методики були проведені обчислювальні експерименти для різних вихідних даних. Розглянемо типовий приклад.

Нехай найбільш кращими режимами роботи багатофункціональної радіостанції за даними оперативної обстановки є такі:

№ 6 $\mu_{ОПО} = 1$; № 11 $\mu_{ОПО} = 0{,}892857143$; № 2 $\mu_{ОПО} = 0{,}848214286$;

№ 18 $\mu_{ОПО} = 0{,}723214286$; № 19 $\mu_{ОПО} = 0{,}705357143$; № 21 $\mu_{ОПО} = 0{,}517857143$; № 23 $\mu_{ОПО} = 0{,}517857143$.

За результатами статистичних даних умов розповсюдження радіохвиль розраховуються НПЧ та МПЧ, які відповідно мають значення:

$f_{НПЧ} = 4{,}39$ МГц,

$f_{МПЧ} = 12{,}7$ МГц.

Згідно з (2)-(5) визначаються нижня (верхня) межа нечіткого числа частоти на нульовому та одиничному рівнях:

$f_{НПЧ0} = 4{,}39 - 0{,}1 \cdot 4{,}39 = 3{,}512$ МГц;

$f_{МПЧ0} = 12{,}7 + 0{,}1 \cdot 12{,}7 = 15{,}24$ МГц;

$f_{НПЧ1} = 4{,}39 + 0{,}1 \cdot 4{,}39 = 5{,}268$ МГц;

$f_{МПЧ1} = 12{,}7 - 0{,}1 \cdot 12{,}7 = 10{,}16$ МГц.

Далі наводиться характеристика режимів роботи та ефективна ширина смуги частот, вираховується ступінь належності μ для кожного із раціональних режимів роботи.

Режим № 6. Відносна фазова телеграфія G1B, пакетний обмін, V = 250 Бод, код Іркут. Ефективна ширина смуги частот 500 Гц, діапазон робочих частот від 1,6 МГц до 30 МГц. Після обрахунку $\mu(6) = 1$.

Режим № 11. Робота в режимі ППРЧ, „широка смуга" (ширина від 70 кГц до 2 МГц), відносна фазова телеграфія G1B, V = 75 біт/с. Ефективна ширина смуги частот 2,00015 МГц, діапазон робочих частот від 1,6 МГц до 30 МГц, $\mu(11) = 1$.

Режим № 2. Відносна фазова телеграфія G1B, V = =250 Бод, код Іркут. Ефективна ширина смуги частот 500 Гц, діапазон робочих частот від 1,6 МГц до 30 МГц, $\mu(2) = 1$.

Режим № 18. Робота в режимі ППРЧ, „вузька смуга", центральна частота 5 МГц $\le F_C \le$ 15 МГц, ширина смуги 100 кГц, крок сітки частот 2,5 кГц, відносна фазова телеграфія G1B, V = 150 біт/с. Ефективна ширина смуги частот 100,3 кГц, діапазон робочих частот від 5 МГц до 15 МГц, $\mu(18) = 1$.

Режим № 19. Робота в режимі ППРЧ, „вузька смуга", центральна частота 5 МГц $\le F_C \le$ 15МГц, ширина смуги 100 кГц, крок сітки частот 2,5 кГц, відносна фазова телеграфія G1B, V = 300 біт/с. Ефективна ширина смуги частот 100,6 кГц, діапазон робочих частот від 5МГц до 15 МГц, $\mu(19) = 1$.

Режим № 21. Робота в режимі ППРЧ, „вузька смуга", центральна частота 3,5 МГц $\le F_C \le$5 МГц, ширина смуги 50 кГц, крок сітки частот 2,5 кГц, відносна фазова телеграфія G1B, V = 150 біт/с. Ефективна ширина смуги частот 50,3 кГц, діапазон робочих частот від 3,5 МГц до 5 МГц, $\mu(21) = 0$, тому що $f_{min} < f_{НПЧ0}$.

Режим № 23. Робота в режимі ППРЧ, „вузька смуга", центральна частота 1,6 МГц $\le F_C \le$3,5 МГц, ширина смуги 17,5 кГц, крок сітки частот 2,5 кГц, відносна фазова телеграфія G1B, V = 75 біт/с.

Ефективна ширина смуги частот 17,65 кГц, діапазон робочих частот від 3,5 МГц до 5 МГц, $\mu(23) = 0$, тому що $f_{min} < f_{НПЧ0}$.

Таким чином, із семи режимів роботи спеціальної радіостанції раціональними виявилися тільки п'ять.

Згідно з (6) розраховується коефіцієнт придатності кожного режиму:

$\mu_{\Sigma 6} = 1 \cdot 1 = 1$; $\mu_{\Sigma 11} = 0{,}892857143 \cdot 1 = 0{,}892857143$;

$\mu_{\Sigma 2} = 0{,}848214286 \cdot 1 = 0{,}848214286$;

$\mu_{\Sigma 18} = 0{,}723214286 \cdot 1 = 0{,}723214286$;

$\mu_{\Sigma 19} = 0{,}705357143 \cdot 1 = 0{,}705357143$;

$\mu_{\Sigma 21} = 0{,}517857143 \cdot 0 = 0$;

$\mu_{\Sigma 23} = 0{,}517857143 \cdot 0 = 0$.

Висновок

Запропонована методика враховує значення максимальної та найменш прийнятної частот радіотраси, ширину спектра випромінювання та діапазон робочих частот в різних режимах роботи радіостанції і дає можливість визначити режим роботи багатофункціональної радіостанції залежно від вхідних параметрів траси розповсюдження радіохвиль КХ діапазону та категорії радіостанції.

Література

1. Герасимов, Б. М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Б. М. Герасимов, Г. Г. Грабовский, Н. А. Рюмшин. – К. : Техніка, 2002. – 140 с.
2. Ротштейн, А. П. Интеллектуальные системы идентификации / А. П. Ротштейн. – К. : Техника, 1999. – 180 с.

Розглянуті особливості електричних процесів імпульсних перетворювачів модульної структури з автотрансформаторним ввімкненням дроселя з граничним режимом функціонування при однофазному та багатофазному принципах перетворювання

Ключові слова: імпульсні перетворювачі модульної структури

Рассмотрены особенности электрических процессов импульсных преобразователей модульной структуры с автотрансформаторным включением дросселя с граничным режимом функционирования при однофазном и многофазном принципах преобразования

Ключевые слова: импульсные преобразователи модульной структуры

The features of the electrical processes of DC-DC converters of modular structure with auto-transformer switching inductor with the boundary mode of operation in one-and multi-phase principle of transformation are considered

Keywords: pulse converter modular structure

УДК 621.362.2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С СИЛОВЫМИ КАНАЛАМИ ПОВЫШАЮЩЕГО ТИПА

А.Ф. Кадацкий
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: (048) 723-35-03
E-mail: akad@bk.ru
О.В. Швец
Аспирант*
Контактный тел.: (048) 705-04-35
E-mail: ovshvets@ukr.net
А.В. Кочетков
Преподаватель
Кафедра информационной безопасности и передачи данных**
Контактный тел.: (048) 705-02-77
E-mail: 0679016767@ukr.net
Т.Н. Ерыкалина
Инженер*
*Кафедра безопасности производственных процессов и электропитания систем связи**
Контактный тел.: (048) 705-04-35
E-mail: etn23@mail.ru
**Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова
ул. Кузнечная 1, г. Одесса, Украина, 65029

1. Введение

Импульсные преобразователи постоянного напряжения – ППН с выходом на постоянном токе являются составной частью современных средств электропитания телекоммуникационных систем. Импульсные ППН широко используются в системах вторичного электропитания и электроснабжения, обеспечивая работу технологического оборудования на предприятиях связи, объектах энергетики, в системах охранной и пожарной сигнализации и т. д. Совершенствование импульсных преобразователей является актуальной задачей [1].

В преобразовательной технике широко используется модульное (параллельное и/или последовательное) подключение как отдельных элементов (транзисторов, диодов, дросселей, и др.), так и устройств преобразования и регулирования электрической энергии. Модульная структура импульсных преобразователей ППН из N однотипных взаимозаменяемых преобразователей меньшей мощности – силовых каналов СК обладает рядом положительных свойств: повышенной нагру-

© А.Ф. Кадацкий, О.В. Швец, А.В. Кочетков, Т.Н. Ерыкалина, 2012