

References

1. Polovinko V.S. Human Resource Management : A Systems Approach and its implementation : Monograph / Scientific . Ed. YG Odegova . - Moscow: Inform- knowing , 2002 . - 484 p .
2. Information systems and technology in the economy and management : studies. manual / Ed. Prof. VV Trofimov . - 2nd ed . rev. and add. - M.: Higher Education , 2007 . - 480 p .
3. Koziakov S.V. Method otsnyuvannya vmotivovanosti pratsi IT - fahivtsiv Promyslova pidpriemstva / SV Koziakov // Measuring and Computing Devices in Technological Processes - 2013 . № 3 - p. 162-166 .
4. Koziakov S.V. Model viznachennya vidiv motivatsii IT- fahivtsya Promyslova pidpriemstva / SV Koziakov // News Chernigivskogo Sovereign tehnologichnogo universitetu - 2013 . № 3 (67) - p. 181-187

Рецензія/Peer review : 6.7.2013 р. Надрукована/Printed :21.12.2013 р.

УДК 621.316.7.1

О.М. СИНЮК, С.Л. ГОРЯЩЕНКО
Хмельницький національний університет**ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В ПРИВОДАХ
ІЗ ГІБРИДНИМИ КРОКОВИМИ ДВИГУНАМИ**

В роботі запропонований принцип, за яким ЕРС самоіндукції, що виникає в момент розмикання електричного кола, можна використовувати як додаткове джерело живлення приводу. Збільшення тривалості імпульсів ЕРС самоіндукції при незмінній тривалості струму самоіндукції сприяє зменшенню витрат електричної енергії. І чим більша частота обертання валу ротора крокового двигуна, тим більше електричної енергії економиться.

Ключові слова: кроковий двигун, індукція, самоіндукція, імпульс, обмотка, ротор, джерело живлення, частота обертання.

О.М. SYNYUK, S.L. GORYASCHENKO
Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine**REDUCTION OF ENERGY LOSSES IN DRIVES WITH HYBRID STEPPER MOTORS**

In this work the principle by which the EMF of self-induction, which occurs at the time of opening the electric chain, can be used as an additional source of power to the drive. The increase in the pulse duration at a constant self-induced EMF duration of the current self-inductance reduces the loss of electrical power. And the higher the frequency of the rotor shaft stepper motor, the more power save.

Keywords: stepper motor, induction, pulse coil, rotor, power supply, speed increase

Вступ

У швейних машинах з комп'ютерним управлінням, переміщенням голки щодо тканини управляє кроковий двигун. Такий принцип управління знімає обмеження на складність строчок і на їх кількість. І дає можливість просувати тканину, не тільки вперед і назад, але і в бік, ця функція називається бічним шиттям. Усе визначається об'ємом пам'яті та програмою, яку виробник заклав в ту чи іншу модель швейної машини.

Широкий асортимент рядків, представлений в даних машинах, дозволить виконувати роботу будь-якої складності. Незважаючи на всі свої функціональні можливості, швейні машини прості в експлуатації, за допомогою сенсорного управління легко зможете змінювати налаштування швейної машини.

Поряд із зазначеними вище перевагами можна відмітити й декілька недоліків: низька потужність порівняно з розміром і вагою; низька ефективність використання частотно-імпульсних приводів, тобто крокові двигуни споживають багато електроенергії незалежно від навантаження. Вагомість цих недоліків можна зменшити шляхом вдосконалення приводів з кроковими електричними двигунами (КЕД).

Привід з кроковим двигуном найкраще підходить для автоматизації роботи вузлів, механізмів і систем де не потрібні ні велика потужність, ні високі динамічні показники і одночасно забезпечуються вимоги до точності позиціонування та кутової швидкості обертання валу. У порівнянні з колекторними двигунами, КЕД в середньому в 1,5-2 рази дешевші, забезпечують більш високий момент на низьких оборотах при однаковій масі та простіші в управлінні [1].

Відомі три основних типи КЕД: із змінним магнітним опором, з постійними магнітами і гібридний. Гібридні крокові двигуни поєднують найкращі властивості двох розглянутих типів КЕД. Будучи найбільш дорогими, вони забезпечують менший крок переміщення, великі моменти і швидкість.

Більшість сучасних крокових двигунів є гібридними. Способи управління такими двигунами забезпечують роботу в напівкроковому режимі, при якому кут повороту ротора становить 1/2 від повного кроку, а деякі системи управління забезпечують мікрошаговий режим роботи з величиною кроку від 1/3 повного кроку до 1/32 і навіть менше. Таким чином, кроковий двигун може працювати як синхронний електродвигун в режимі безперервного обертання. Для цього струми його фаз повинні бути синусоїдальними і зсунутими на 90 градусів.

Проблема

Характеристика крокового двигуна відображає зміну моменту ротора від швидкості його обертання (рис.2, крива 1) показує, при якому максимальному моменті опору для даної кутової швидкості ротор двигуна може повернутися. Крива 1 перетинає вісь швидкостей в точці $\omega_{старт}$, яка називається максимальною частотою старту. Ця точка відповідає максимальній швидкості старту для двигуна при відсутності зовнішнього навантаження [1].

На практиці може бути забезпечена швидкість, відповідна 200-500 повних кроків на секунду. Опір зовнішнього навантаження і особливо його інерційна складова в значній мірі впливає на вигляд кривої 1 характеристики моменту двигуна. Чим більше момент інерції навантаження, тим менше область I (область старту) і, відповідно, максимальна швидкість старту при заданому моменті $T_{ум}$ утримання ротора.

Крива 2 (крива розгону) показує, при якому максимальному моменті опору від зовнішнього навантаження і заданої швидкості обертання ротора, двигун здатний підтримувати обертання без пропусків кроків. Крива 2 перетинає вісь швидкостей в точці ω_{max} , що відповідає максимальній швидкості двигуна у відсутності зовнішнього навантаження.

Область II, що знаходиться між кривими 1 і 2, називається областю розгону і відображає взаємозв'язок між необхідним за умовою роботи приводу моментом двигуна і реалізованою максимальною швидкістю. Слід зазначити, що крім параметрів двигуна і складових зовнішнього навантаження на характер розглянутих кривих впливають і конструктивні особливості системи управління і алгоритму управління роботою двигуна.

Крокові двигуни можуть бути використані для обертання валу, який керує переміщенням голки відносно тканини, а також подачею матеріалу вперед, назад, вправо, вліво без додаткових механічних редукторів. Передача руху від ротора крокового двигуна до вказаних виконавчих механізмів здійснюється через планетарні передачі. Ротор крокового двигуна монтується безпосередньо на валу валах механізму переміщення голки та подачі матеріалу, а статор кріпиться до корпусу швейної машини [1].

Крім втрат енергії на тертя, реальні конструкції приводів мають інерцією. Момент інерції приводу впливає на характер зміни швидкості обертання ротора і величини моментів двигуна в режимах розгону і гальмування, обмежуючи максимальну кутове прискорення і кутову швидкість ротора та збільшуючи витрати електричної енергії. При виборі крокового двигуна необхідно, крім вибору величин електричних параметрів системи управління і обмоток, для побудови характеристики моментів ротора при старті і розгоні визначити вид і величину діючих факторів зовнішнього навантаження при різних режимах роботи приводу [2].

Динамічний розрахунок приводу з гібридним кроковим двигуном.

Використання крокового двигуна дозволяє спростити конструкцію механізму переміщення голки і подачі матеріалу та підвищити продуктивність праці, але особливості роботи крокових двигунів пред'являють жорсткі вимоги до узгодження параметрів обраного двигуна із заданим навантаженням. У розімкнутих системах дискретного приводу пропуск двигуном одного керуючого імпульсу призводить до помилки перетворення електричного сигналу управління в кут повороту ротора і знижує точність процесу управління роботою приводу.

Необхідний момент T_{δ} крокового двигуна при обертанні ротора (вала переміщення голки та подачі матеріалу) з кутовим прискоренням ε визначається із закону збереження енергії. Для системи "привід з кроковим двигуном-навантаження" закон збереження енергії при повороті ротора на 0,5 кроку записується у вигляді [1]:

$$T_{\delta}\varphi = T_o^{np} + T_o^{np} \cdot \varphi + T_m^{np} \cdot \varphi + T_m \cdot \varphi - T_y \cdot \varphi, \quad (1)$$

де T_{δ} – момент ротора крокового двигуна, T_o^{np} – приведені до валу ротора моменти: інерційний, корисного навантаження та тертя, T_m – момент опору повороту ротора постійних магнітів двигуна, T_y – момент керуючого впливу блоку керування, J_{np} – приведений момент інерції, φ – кут повороту ротора, ω – кутова швидкість ротора.

Момент опору повороту ротора постійних магнітів зазвичай не перевищує 5% моменту двигуна і не враховується в подальших розрахунках. Кінетична енергія системи визначається у відповідності до виразу:

$$E = \frac{J_o\omega_o^2}{2} + \frac{J_k\omega_k^2}{2} + \frac{J_{\delta}\omega^2}{2} = \frac{J_{np}\omega^2}{2}, \quad (2)$$

де E – кінетична енергія системи, ω_o – кутова швидкість повороту валу навколо осі, ω_k – кутова швидкість повороту вала навколо осі цапфи: $\omega_k = \omega/u_3u_4$, ω – кутова швидкість вала, u_3 – передаточне відношення між валом двигуна і механізмом переміщення голки, u_4 – передаточне відношення між валом двигуна і механізмом подачі матеріалу, J_{δ} – сумарний момент інерції ротора двигуна, вала і деталей механізму переміщення голки та подачі матеріалу, J_{np} – приведений до основного валу момент інерції системи.

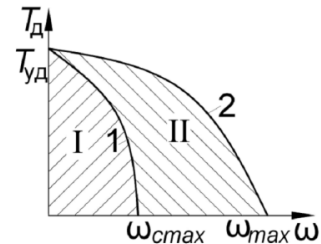


Рис. 1. Характеристика гібридного крокового двигуна

З урахуванням виразу (2) наведено значення моменту інерції системи з гвинтовим механізмом переміщення голки дорівнює:

$$J_{np} = J_{\delta} + \frac{1}{(u_3 u_4)^2} (J_o + J_k), \quad (3)$$

Похідна кінетичної енергії системи по часу дорівнює сумі потужностей зовнішніх сил:

$$\frac{dE}{dt} = \sum_{i=1}^n P_i = J_{np} \omega \varepsilon, \quad (4)$$

де P_i – потужність зовнішніх сил.

Рівняння балансу потужності з урахуванням зроблених припущень записується у вигляді:

$$T_{\delta} \omega = J_{np} \omega \varepsilon + (T_m^{np} + T_M^{np} - T_y) \omega \quad (5)$$

Величина крутного моменту двигуна визначається з виразу [1, 2]:

$$T_{\delta} = J_{np} \varepsilon + T_m^{np} + T_M^{np} - T_y = J_{np} \varepsilon - T_y + (T_f + T_{\varphi} + T_s + T_a) / u_3 u_4. \quad (6)$$

Нижче приведені розрахунки моментів опору обертанню валу двигуна, які діють в наслідок подачі матеріалу за допомогою рейкового механізму.

Сумарний момент опору обертанню валу двигуна:

$$T_f = \frac{F_1 f (\cos \alpha - \sin \alpha i)}{u_3 \eta_1} \left(1 + \frac{1}{u_4 \eta_2} \right), \quad (7)$$

де T_f – сумарний момент опору обертанню валу двигуна, F_1 – сила ваги, що приходиться на механізм переміщення голки, α – кут поперечного нахилу осі обертання, η_1 – ККД передачі енергії від валу двигуна до механізму переміщення голки, η_2 – ККД передачі енергії від валу двигуна до механізму подачі матеріалу.

Сумарний момент опору від тертя в опорах підшипника:

$$T_{\varphi} = \frac{0,375 F_1 \varphi}{u_3 \eta_1} \left(1 + \frac{1}{u_4 \eta_2} \right), \quad (8)$$

де T_{φ} – сумарний момент опору від тертя в опорах підшипника.

Сумарне значення стабілізуючого моменту:

$$T_s = \frac{F_1 l \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{u_3 \eta_1} \left(1 + \frac{1}{u_4 \eta_2} \right), \quad (9)$$

де T_s – сумарне значення стабілізуючого моменту.

Момент опору обертанню вала двигуна при прискоренні

$$T_a = \frac{J_k \varepsilon \cdot l \cos \alpha}{u_3 \eta_1} \left(1 + \frac{1}{u_4 \eta_2} \right), \quad (10)$$

де T_a – момент опору обертанню вала двигуна при прискоренні

Необхідний момент T_{δ} крокового двигуна при обертанні вала з кутовим прискоренням ε і наведено значення моменту інерції системи визначається з урахуванням конструктивних особливостей механізмів переміщення голки та подачі матеріалу. Кінетична енергія, що передається від крокового двигуна механізму подачі матеріалу визначається таким виразом:

$$E = \frac{J_o \omega_o^2}{2} + \frac{J_k \omega_k^2}{2} + \frac{J_{\delta} \omega^2}{2} + \frac{m_p V^2}{2} = \frac{J_{np} \omega^2}{2}, \quad (11)$$

де J_o – сумарний момент інерції ротора двигуна, вала та механізму подачі матеріалу, m_p – вага рейки, що здійснює подачу матеріалу, V – лінійна швидкість рейки.

Приведене значення моменту інерції системи дорівнює:

$$J_{np} = J_{\delta} + \frac{1}{(u_3 u_4)^2} (J_o + J_k) + m_p R_{\delta}^2, \quad (12)$$

а величина крутного моменту двигуна визначається у відповідності з виразом (6).

Співвідношення між кутовою швидкістю ротора і частотою кроків двигуна встановлюється залежністю:

$$\omega = \frac{k v}{2} = \frac{v}{\varphi}, \quad (13)$$

де ω – кутова швидкість вала ротора, v – частота кроків двигуна, k – кількість кроків за один повний оберт ротора, φ – кут обертання ротора за один крок.

Максимальна кутова швидкість, яка може бути досягнута до кінця першого кроку двигуна, дорівнює:

$$\omega = \sqrt{\frac{2\varphi(T_{\delta} + T_y - T_m^{np} - T_M^{np})}{J_{np}}} \quad (14)$$

де ω_i – кутова швидкість першого кроку вала ротора двигуна.

Виразимо кутову швидкість на валу ротора через частоту обертання n :

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2\varphi(T_\delta + T_y - T_m^{np} - T_m^{np})}{J_{np}}}, \text{ [x6}^{-1}\text{]}. \quad (15)$$

Отримана формула дозволяє визначати оптимальну частоту обертання вала ротора для забезпечення процесу шиття, при яких знижується витрата електричної енергії.

Проведені дослідження показали, що оптимальне значення частоти обертання вала ротора крокового двигуна лежать в межах від 1000 до 1420 об/хв.

Розрахунок потужності імпульсів ЕРС самоіндукції.

Дослідження, які проводилися в роботі [3] показали, що в момент припинення підводу електроенергії до обмотки ротора в ній виникають імпульси від’ємної ЕРС. Це – вузькі імпульси S , що йдуть вниз (рис. 2).

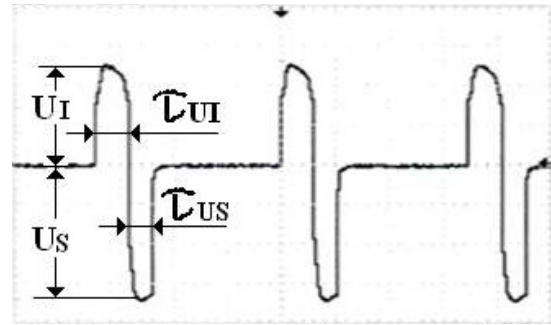
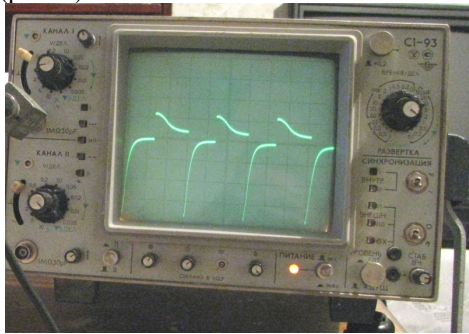


Рис. 2. Імпульси ЕРС (U_1) та імпульси від’ємної ЕРС (U_s) в обмотці ротора

За даними осцилографа середня напруга імпульсів ЕРС самоіндукції в обмотці ротора в момент створення електричного кола дорівнює $U=15,0$ В, а середня величину струму $I=0,7$ А, що дозволило розрахувати середню імпульсну потужність ЕРС самоіндукції в обмотці ротора – $P=15,0 \cdot 0,7=10,2$ Вт [4].

Аналогічно за даними осцилограми визначались середня напруга імпульсів ЕРС самоіндукції і середня сила струму при відключення струму обмотки ротора: $U_\delta=5,20$ В, $I_\delta=0,42$ А. Це дозволило розрахувати величину середньої імпульсної потужності в обмотці ротора при розмиканні електричного кола: $P_\delta=5,20 \cdot 0,42=2,18$ Вт.

За описаним вище способом на осцилографі визначалася середня імпульсна напруга і середня величина струму в момент створення електричного кола і при його розмиканні для різних частот обертання крокового двигуна [3]. Діапазон варіації вибирався з врахуванням динамічних розрахунків, тобто в межах від 1000 до 1420 об/хв. (рис. 3).

Як видно з рис. 3 при збільшенні частоти обертання в межах оптимального діапазону потужності ЕРС індукції зростають, при чому потужність ЕРС самоіндукції при розмиканні електричного ланцюга зростає швидше, тобто чим більша частота обертання ротора, тим менша різниця між потужностями ЕРС індукції. Причиною даного явища є те, що імпульси ЕРС самоіндукції в обмотці збудження ротора за тривалістю більші ніж імпульси ЕРС самоіндукції при зникненні струму в обмотці ротора. У результаті частина імпульсу ЕРС самоіндукції ротора, яка з’являється при зникненні струму, не використовує для свого формування енергію первинного джерела, яке живить обмотку збудження ротора.

Висновки

Потужність імпульсів ЕРС самоіндукції, що народжуються в обмотці роторів при створенні електричного ланцюга і при розмиканні його, залежать від частоти обертання. Із збільшенням частоти обертання потужність імпульсів ЕРС самоіндукції збільшується, при чому потужність ЕРС самоіндукції при розмиканні електричного ланцюга зростає швидше, ніж потужність ЕРС самоіндукції при створенні електричного ланцюга. Тобто, якщо накопичити електричну енергію, що з’явилася в результаті розірвання електричного ланцюга, і повторно використати як додаткове джерело живлення, то можна значно зменшити витрати електричної енергії при роботі швейних машин з кроковим двигуном. І чим більше частота

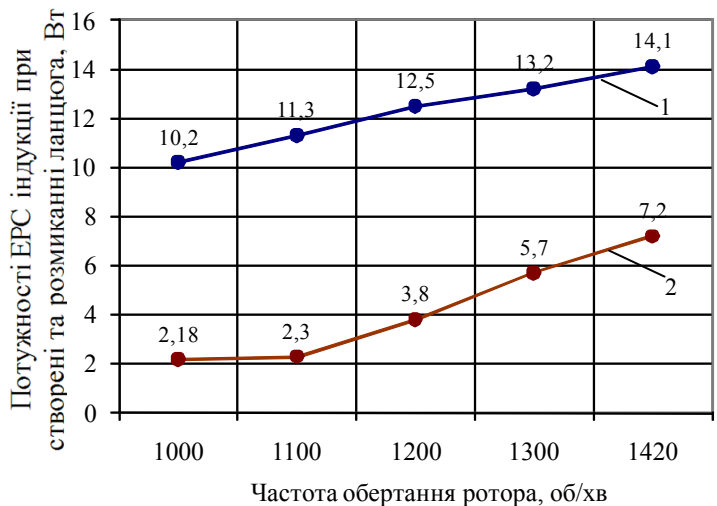


Рис. 3. Залежності потужностей ЕРС індукції на роторі та ЕРС самоіндукції на статорі від частоти обертання крокового двигуна

обертання валу ротора крокового двигуна, тим більше електричної енергії економиться.

Література

1. Огороднов С. М. Расчет усилителя рулевого управления с шаговым электрическим двигателем для транспортных средств / С. М. Огороднов, С. Г. Синичкин / Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. – № 4(97), 2012. – С. 182-191.
2. Емельянов А. В. Шаговые двигатели: учеб. пособие / А. В. Емельянов, А. Н. Шилин / ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. – 48 с.
3. Синюк О. М., Михайловський Ю. Б. Зменшення витрат електроенергії для частотно-імпульсних приводів / О. М. Синюк, Ю. Б. Михайловський / Зб.наук.праць, Випуск 5. ХНУ, 2011. – С. 172-174.
4. Савельев И. В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: учеб. пособие т. 2 / И. В. Савельев – М.: Наука. Редакция физико-математической литературы, 1982. – 496 с.

References

1. Ogorodnov S. M. Raschet usilitelya rulevogo upravleniya s shagovym ehlektricheskim dvigatelem dlya transportnyh sredstv / S. M. Ogorodnov, S. G. Sinichkin / Trudih Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. R. E. Alekseeva. – № 4(97), 2012. – S. 182-191.
2. Emelyanov A. V. Shagovye dvigateli: ucheb. posobie / A. V. Emeljyanov, A. N. Shilin / VolgGTU. – Volgograd, 2005. – 48 s.
3. Synyuk O. M., Mikhajlovs'kiyj Yu. B. Zmshennyya vitrat elektroenerhii dlya chastotno-impul'snikh privodiv / O. M. Synyuk, Yu. B. Mikhajlovs'kiyj / Zb.nauk.prac, Vipusk 5. KhNU, 2011. – S. 172-174.
4. Saveljev I. V. Kurs obthey fiziki. Ehlektrichstvo i magnetizm. Volnih. Optika: ucheb. posobie t. 2 / I. V. Saveljev – M.: Nauka. Redakciya fiziko-matematicheskoy literaturih, 1982. – 496 s.

Рецензія/Peer review : 19.11.2013 р. Надрукована/Printed :22.12.2013 р.
Рецензент: Параска Г.Б., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи
Хмельницького національного університету

УДК 621.396:351.746.1

М.М. ШПОРТ

Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

ІМОВІРНІСНИЙ ПОКАЗНИК НАЯВНОСТІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНО-СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДПСУ

В даній науковій статті проведено досліджень імовірнісного показника наявності радіозв'язку при вирішенні задач оперативно-службової діяльності (ОСД) Державної прикордонної служби України (ДПСУ), що дозволяє нам розрахувати імовірність наявності радіозв'язку, яка являється одним з важливих показників для визначення раціонального маршруту. Значення імовірності наявності радіозв'язку дасть можливість побудувати остаточну маску місцевості хвильового алгоритму. У подальших дослідженнях буде розроблено алгоритм пошуку раціонального маршруту з використанням імовірнісного показника наявності радіозв'язку та розробити програмну реалізацію даного алгоритму.

Ключові слова: радіозв'язок, раціональний маршрут, зони Френеля.

М.М. SHPORT

National Academy of State Border Guard Service of Ukraine, Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

PROBABILISTIC INDICATOR OF THE AVAILABILITY OF THE RADIO IN SOLVING PROBLEMS OF OPERATIONAL PERFORMANCE SBGS

Abstract – In this article the scientific study has explored probabilistic indicator of the presence of radio communication in solving problems of operational performance of State Border Guard Service of Ukraine

This allows us to calculate the probability of the presence of radio communication, which is one of the important parameters for determining the rational route. Value probable radio communication will enable the area to build the final mask wave alhorytmu. U further studies will be developed efficient route search algorithm using probabilistic index stock radio and develop the software implementation of the algorithm.

Keywords: radiocommunication, rationalroute, The State Border Service.

Провівши аналіз факторів які впливають на визначення раціонального маршруту при вирішенні задач оперативної – службової діяльності (ОСД) Державної прикордонної служби України (ДПСУ) було визначено, що одним із основних є показник забезпеченості радіозв'язком.

Ефективність прийому радіосигналів будемо описувати забезпеченням в точці прийому необхідного співвідношення сигнал/завада. Будемо вважати, що пряма радіовидимість має місце тоді, коли на радіотрасі немає перешкод, які повністю перекривають першу зону Френеля[1]. При цьому наявність зв'язку є імовірність події [2]