

## ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЛЯ ЛІНІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ «ТОЧКА-ТОЧКА» НА БАЗІ ТРАНСИВЕРІВ DWM 1000

Денисенко Н. І., Авдєєнко Г. Л.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: natalka.denysenko@gmail.com*

### Evaluation of energy potential for a point-to-point radio link based on the DWM 1000 transceivers

Block diagram of a «PtP» duplex link based on the DWM 1000 transceivers was developed. The dependence of information transmission distance was determined at different data rates with maximum allowable losses.

Трансивер DWM1000, який виготовляє компанія DecaWave, що відповідає специфікації стандарту IEEE 802.15.4-2011 оптимізований для застосувань у системах локального позиціонування в реальному часі та бездротових сенсорних мережах, включаючи мережу IoT, сільське господарство, управління будівництвом, охорону здоров'я, безпеку, логістику та ряд інших[1]. Специфікою даного трансиверу є використання надширокопasmових сигналів.

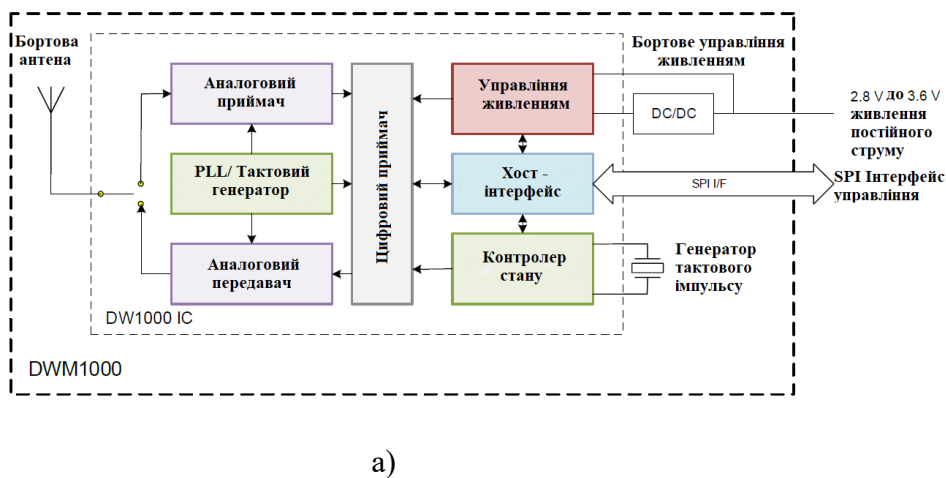


Рис.1. UWB трансивер DWM1000: (а) структурна схема трансиверу, (б) фотографія трансиверу.

Структурну схему безпроводової лінії зв'язку «точка-точка» на базі трансиверу DWM1000 наведено на рис. 2.

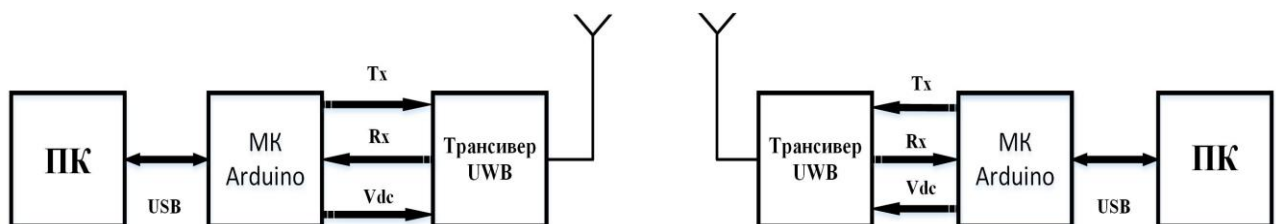


Рис.2. Структурна схема дуплексної системи зв'язку типу «PtP».

Для вище зазначеної схеми було виконано наступні розрахунки залежності відстані між станціями в радіоканалі від швидкості передачі. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 1 та 2.

Таблиця 1. Вихідні дані для проведення енергетичного розрахунку.

Ширина спектру випромінювання	Спектральна щільність потужності	Коефіцієнт підсилення антени	Центральна частота	Довжина хвилі
$\Delta f = 900$ МГц	$P_{\text{пер min}} = -62$ дБм/МГц $P_{\text{пер max}} = -35$ дБм/МГц	$G_{\text{пр}} = -5$ дБі $G_{\text{пер}} = -5$ дБі	$f = 3993.6$ МГц	$\lambda = 0.75$ м

Таблиця 2. DWM1000 Типові характеристики чутливості приймача[2].

PER	Швидкість передачі даних	Чутливість приймача	Одиниці виміру	Умова / Примітка
1%	110 кбіт/с	-102	дБм/ 500 МГц	Преамбула 2048
	850 кбіт/с	-101	дБм/ 500 МГц	Преамбула 1024
	6,8 мбіт/с	-93	дБм/ 500 МГц	Преамбула 256
10%	110 кбіт/с	-106	дБм/ 500 МГц	Преамбула 2048
	850 кбіт/с	-102	дБм/ 500 МГц	Преамбула 1024
	6,8 мбіт/с	-94	дБм/ 500 МГц	Преамбула 256

Всі вимірювання, проведені на 5 каналі PRF 16МГц. Канал 2 приблизно на 1 дБ менш чутливий.

### Методика розрахунку залежності відстані між станціями від швидкості передачі даних:

1. Задаємо спектральну щільність потужності  $P_{\text{пер min}}$  ( $P_{\text{пер max}}$ ).
2. Додаємо до спектральної щільності потужності  $P_{\text{пер min}}$  ( $P_{\text{пер max}}$ )  $10 \lg \Delta f^{[\text{МГц}]}$ , де ширина спектру випромінювання  $\Delta f = 900$  МГц.
3. Вибираємо мінімальну швидкість передачі даних  $V_{\text{min}} = 110$  кбіт/с та PER = 1%.
4. Визначаємо чутливість приймача  $P_{\text{спрм min}}$  (при ширині спектрального випромінювання  $\Delta f = 500$  МГц (з табл. 2) для вибраної мінімальної швидкості передачі даних  $V_{\text{min}}$ ).
5. Перераховуємо чутливість приймача  $P_{\text{спрм}}$  для ширини спектрального випромінювання  $\Delta f = 900$  МГц. За формулою:

$$P_{\text{спрм} \Delta f = 900 \text{ МГц}}^{[\text{дБм}]} = P_{\text{спрм} \Delta f = 500 \text{ МГц}}^{[\text{дБм}]} + 10 \lg \frac{900}{500} \quad (1)$$

6. Розраховуємо максимально допустимі втрати в радіоканалі для каналу. За формулою:

$$L^{[\text{дБм}]} = P_{\text{пер}}^{[\text{дБм}]} + G_{\text{пер}}^{[\text{дБм}]} + G_{\text{пр}}^{[\text{дБм}]} - P_{\text{спрм}}^{[\text{дБм}]} \quad (2)$$

7. Визначаємо дальність із формули:

$$L = 20 \lg \frac{4\pi d}{\lambda} \quad (3)$$

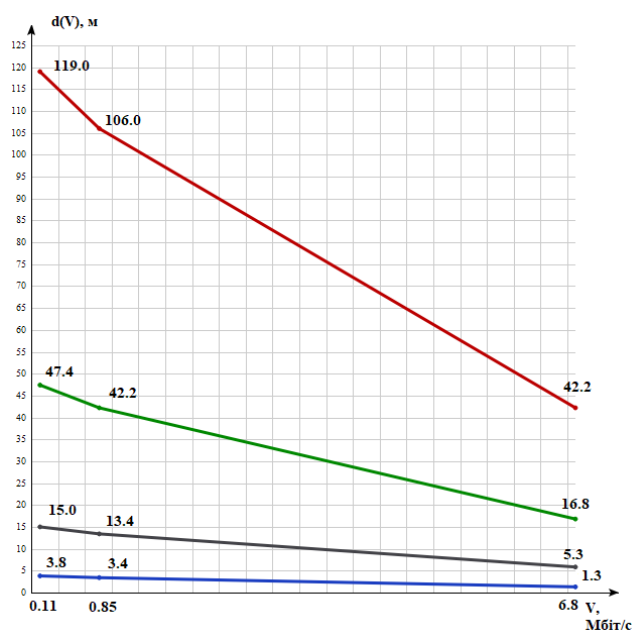
Результати вирішення рівнянь (1–3) представлено в табл.3 та табл.4.

Таблиця 3. Результати розрахунку втрат в радіоканалі при різній спектральній щільності потужності.

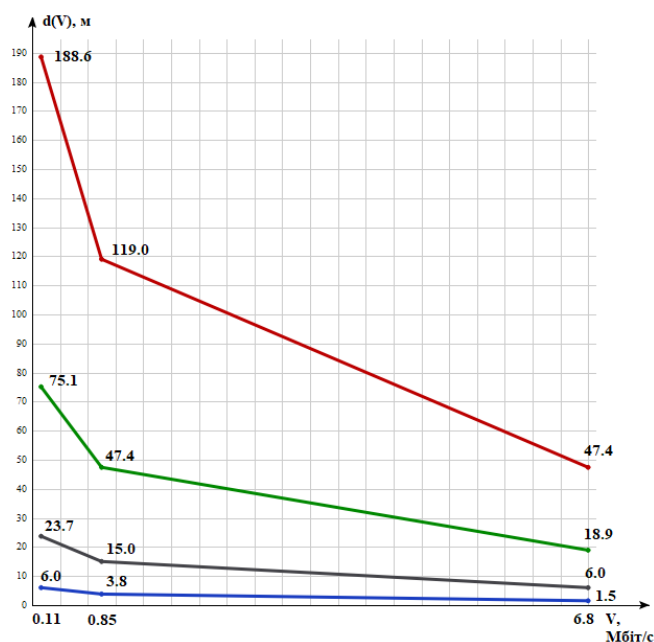
L, дБ P <sub>пер</sub> , дБм/МГц	L(PER=1%) 2-ий канал			L(PER=10%) 2-ий канал		
	P <sub>пер</sub> = -62	55.99	54.99	46.99	60.99	59.99
P <sub>пер</sub> = -50	67.99	66.99	58.99	72.99	71.99	63.99
P <sub>пер</sub> = -40	77.99	76.99	68.99	82.99	81.99	73.99
P <sub>пер</sub> = -32	85.99	84.99	76.99	90.99	89.99	81.99

Таблиця 4. Результати розрахунку відстані між станціями в радіоканалі в залежності від швидкості передачі.

d(м) при L(PER=1%)			d(м) при L(PER=10%)		
V=110 Кбіт/с	V=850 Кбіт/с	V=6.8 Мбіт/с	V=110 Кбіт/с	V=850 Кбіт/с	V=6.8 Мбіт/с
3.8	3.4	1.3	6.0	3.8	1.5
15.0	13.4	5.3	23.7	15.0	6.0
47.4	42.2	16.8	75.1	47.4	18.9
119.0	106.0	42.2	188.6	119.0	47.4



а)



б)

Рис. 3. Графіки залежності відстані між станціями від швидкості передачі даних  $d=f(V)$  при максимально допустимих втратах у радіоканалі: а) при PER=1%; б) при PER=10%.

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновки, що чим менша швидкість передачі даних, тим більші максимально допустимі втрати й тим більша відстань між станціями, при збільшенні швидкості – навпаки. Дане явище повністю відповідає класичній Шеннонівській теорії інформації.

### Література

1. PRODUCT INFORMATION: DWM1000 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.decawave.com/>.
2. DW1000 Datasheet [Електронний ресурс] // Version 2.19 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.decawave.com/>.