

НАДІЙНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАНЬ РАДІОКАНАЛОМ

А.П.Пузанов, кандидат технічних наук

Виконано моделювання процесу обміну даними при застосуванні радіоканалу в автоматизованій системі контролю та обліку електроенергії. Показано, що достатньо достовірне отримання і розпізнавання даних з імовірністю більше 0,9 можливо при співвідношенні сигнал/шум не менше 12.

Обмін даними, радіоканал, імовірність, автоматична система, контроль, облік електроенергії.

Як відомо, застосування автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) дозволяє одержувати точну і достовірну вимірювальну інформацію, підвищує ефективність управління енергетикою, дає можливість створювати реальні баланси електроенергії і потужності для оцінки поточних режимів електроспоживання, коротко- і довгострокового прогнозування, оформлення економічних і фінансових документів на усіх рівнях енергосистеми держави [2].

У системі АСКОЕ контроль параметрів ліній електропостачання та облік кількості споживаної електроенергії виконується електронними лічильниками із застосуванням мікроконтролерів. Передача даних виконується в цифровому вигляді і може здійснюватися двопровідним інтерфейсом, телефоном або оптичною лінією зв'язку – де це можливо. Але прокладка нових кабелів на десятки кілометрів можлива не всюди і коштує дорого.

Нині найперспективнішим є використання радіоканалу цифрового GSM-стандарту. Однак при передачі цифрового коду на нього впливають різні перешкоди: атмосферні шуми, електромагнітні імпульси від розряду блискавок та ін., що призводить до невірного прийому цифрових даних.

Мета досліджень - теоретичний аналіз процесу передачі даних радіоканалом і визначення імовірнісних характеристик каналу обміну.

Матеріали та методика досліджень. На виході передатчика є тільки корисний сигнал (рис.1,а). На вході приймача діє адитивна суміш корисного сигналу $s(t)$ і шуму $n(t)$ (рис.1,б):

$$x(t) = s(t) + n(t). \quad (1)$$

Згідно з рис.1,в рішення, що прийнятий сигнал є логічна «1», приймається, коли амплітуда сигналу вище порога U_0 ; рішення, що прийнятий сигнал є логічний «0» – коли амплітуда сигналу нижче межі U_0 .

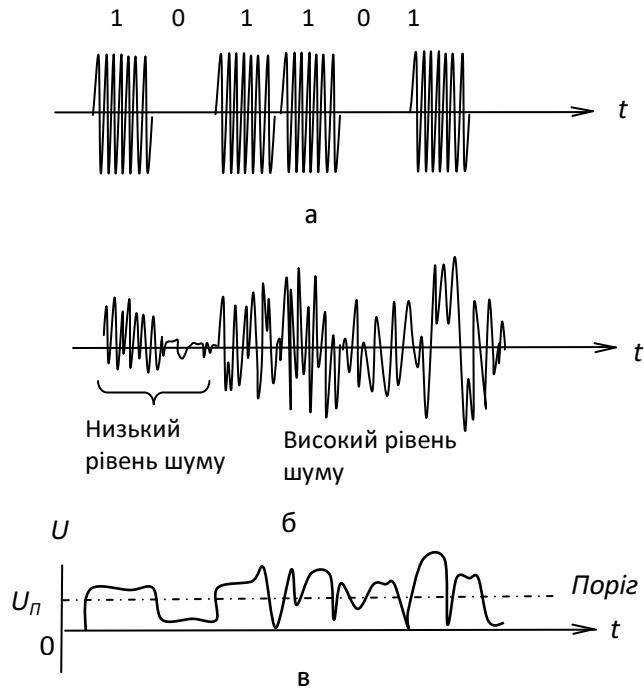


Рис.1. Передача цифрового сигналу радіоканалом:
 а – радіосигнал на виході передавача; б – радіосигнал на вході детектора; в – сигнал на виході детектора

Як логічний «0», так і логічна «1» є корисним сигналом, особливо, якщо при передачі даних виконується частотна модуляція, тобто логічна «1» – це сигнал на частоті f_1 , логічний «0» – сигнал на частоті f_2 . Рішення про те, що прийнятий сигнал є логічна «1» приймається, якщо вершина сигналу на виході лінійної частини приймача (до детектора) потрапляє в область X_1 (рис.2), а логічний «0», якщо вершина прийнятого імпульсу знаходиться в області X_0 .

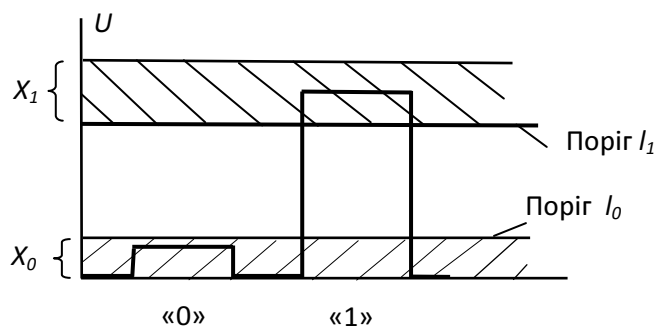


Рис.2. Визначення логічного «0» і логічної «1» на виході детектора

При визначенні рішення можуть бути дві взаємовиключні умови: H_{11} – передана передавачем логічна «1»; H_{01} – було передано логічний «0».

Приймач на основі аналізу сигналу $x(t)$ приймає рішення: було передано «1» або «0». Позначимо рішення: A_{11} – сигнал логічної «1» є, A_{01} – логічної «1» не прийнято, тобто прийнято логічний «0». Одне із рішень правильне, друге – помилка. Тоді можуть бути такі випадки:

$A_{00}H_{00}$ – нічого не передавалось, передатчик було вимкнено, і приймальною стороною було прийнято рішення, що корисного сигналу не було (*правильне невизначення*);

$A_{11}H_{11}$ – передана логічна «1» і прийнято рішення, що прийнята логічна «1» - *правильне визначення логічної «1»*;

$A_{11}H_{00}$ – сигнал не передається, але було прийнято рішення, що прийнята логічна «1» (*помилкове визначення логічної «1»*);

$A_{01}H_{00}$ – сигнал не передається, але було прийнято рішення, що прийнято логічний «0» (*помилкове визначення логічного «0»*);

$A_{01}H_{11}$ – передана логічна «1», а вирішено, що це – логічний «0» – *пропуск логічної «1»*;

$A_{11}H_{01}$ передано логічний «0», а прийнято рішення, що це – логічна «1» – *помилкове визначення логічної «1»*;

$A_{01}H_{01}$ – передано логічний «0» і прийнято рішення, що це – логічний «0», тобто *правильне визначення логічного «0»*.

Ступінь небажання цих помилок різна, але усі вони приводять до перекручення даних, що треба враховувати при обробці даних. Виконують це за допомогою коефіцієнтів, які називають вартістю помилок.

Систему обміну даними можна характеризувати величиною середньої плати за похибку, яка обчислюється за правилами математичного чекання:

$$\bar{r} = r_{1000} \cdot p(A_{10}H_{00}) + r_{0100} \cdot p(A_{01}H_{00}) + r_{0111} \cdot p(A_{01}H_{11}) + r_{1101} \cdot p(A_{11}H_{01}), \quad (2)$$

де r_{1000} – вартість помилкового визначення наявності логічного сигналу «1», коли передатчик був виключений; r_{1101} – вартість за помилкове рішення прийому «1», коли передано 0; r_{0111} – вартість за помилковий прийом 0 коли передано 1; r_{0100} – вартість прийняття рішення, що прийнято сигнал «0» коли передатчик було виключено; $p(A_{xx}H_{xx})$ – відповідні імовірності помилок.

Очевидно, що $r_{1000} = r_{0100} = r_{01}$; $p(A_{10}H_{00}) = p(A_{01}H_{00}) = p(A_c H_0)$, де A_c – прийняття рішення про наявність корисного сигналу на вході детектора; H_0 – відсутність передачі.

Крім того, оскільки плата за помилкове рішення наявності «1» або «0» однакова, то $r_{1101} = r_{0111} = r_{10}$; $p(A_{10}H_{11}) = p(A_{11}H_{01}) = p(A_{np} H_1)$. Тоді рівняння (2) приймає вигляд:

$$\bar{r} = 2r_{01} \cdot p(A_{np} H_1) + 2r_{10} \cdot (p(A_c H_0)), \quad (3)$$

де $p(A_{np} H_1)$ – імовірність помилкового рішення (прийнято «1» або «0») при наявності сигналу передатчика; $p(A_c H_0)$ – ймовірність помилкового рішення, що сигнал є (за відсутності передачі).

Застосуємо правило множення імовірностей:

$$p(A_{np} H_1) = p(H_1) \cdot p(A_{np} | H_1) = p(H_1) F_{пв}; \quad (4)$$

$$p(A_c H_0) = p(H_0) \cdot p(A_c | H_0) = p(H_0) D_{п}, \quad (5)$$

де $F_{ПВ} = p(A_{ПВ}|H_1)$ - імовірність помилкового визначення логічного «0» або «1»; $D_{П0} = p(A_c H_0)$ – імовірність помилкового рішення про відсутність передачі (пропуску сигналу).

Плата за пропуск переданих даних $D_{П0}$ менше, ніж за помилкове рішення $F_{ПВ}$ («1» замість «0» або навпаки), оскільки інформацію можна передати повторно.

Якщо імовірність правильного прийому даних $D_{ПП}$, то $D_{ПП} + D_{П0} = 1$, тобто $D_{П0} = 1 - D_{ПП}$. Тоді після перетворень вираз (3) приймає вигляд:

$$\bar{r} = 2r_{10}p(H_1)[1 - (D_{ПП} - l_0 F_{ПВ})], \quad (6)$$

де ваговий множник $l_0 = \frac{r_{10}p(H_0)}{r_{01}p(H_1)} = \text{const}$ містить тільки апіорні імовірності і не залежить від рішення, що прийнято після обробки інформації.

Оптимальною є така обробка, яка дає мінімум середнього ризику \bar{r} . Така умова мінімуму сумарної імовірності похибки є відомий *критерій ідеального спостерігача*. Мінімум \bar{r} буде при максимумі різності:

$$(D_{ПП} - l_0 F_{ПВ}) = \text{max}. \quad (7)$$

Шуми атмосфери за відсутністю корисного сигналу (див. рис.1,а) є стаціонарним випадковим процесом Y , щільність розподілу якого відповідає закону Релея [1]:

$$w(Y) = \frac{Y}{\sigma_u^2} e^{-\frac{Y^2}{2\sigma_u^2}} \quad \text{при } 0 < Y < \infty, \quad (8)$$

де $\sigma_u^2 = k_0^2 E_C N_{Ш} / 2$ – дисперсія шуму; k_0 – коефіцієнт пропорційності; E_C – повна енергія сигналу; $N_{Ш}$ – спектральна щільність шуму.

За наявності корисного сигналу щільність суміші сигналу і шуму [1]:

$$w_{cn}(Y) = \frac{Y}{\sigma_u^2} \exp\left(-\frac{Y^2 + k_0^2 E_C^2}{2\sigma_u^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{k_0 E_C Y}{\sigma_u^2}\right), \quad (9)$$

де I_0 – модифікована функція Беселя нульового порядку, $I(x) \cong \frac{e^x}{2\pi x}$.

Тоді імовірність правильного прийому даних може розглядатися як умовна імовірність перевищення межі l_1 прийнятим сигналом логічної «1» (см. рис.2) [3]:

$$D_{ПП} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{v_0}^{\infty} e^{-v^2/2} dv = \frac{1}{2} [1 - \Phi(v_0)], \quad (10)$$

де $\Phi(v) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^v e^{-v^2/2} dv$ – інтеграл імовірності [1]; $v_0 = u_0 - q_0$, u_0 – відносна

межа спрацьовування; $q_0 = \sqrt{\frac{2E_C}{N_0}}$ – відношення сигнал/шум на вході детектора приймача.

Тому імовірність правильного прийому цифрового сигналу

$$D_{\text{пп}} = \frac{1}{2} [1 - \Phi(u_0 - q_0)]$$

і відповідає графікам виявлення сигналу при адитивній суміші корисного сигналу і шуму без накопичування, тобто за відсутності повторних передач.

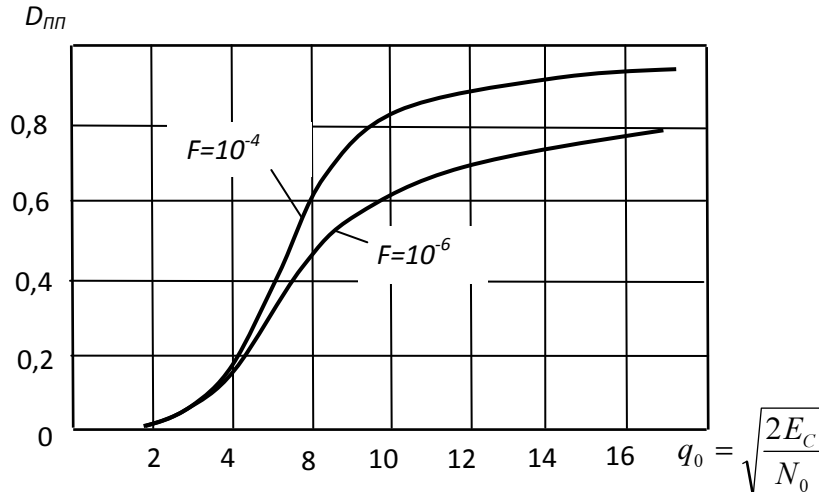


Рис.3. Характеристики правильного прийому цифрового сигналу при обміні даними по радіоканалу

Висновки

При використанні радіоканалу для передачі даних електровимірів у системі АСКОЕ імовірність правильного прийому і розпізнавання цифрових даних може розглядатися як умовна імовірність перевищення межі прийнятим сигналом логічної «1» або «0» і поліпшується при збільшенні відношення енергії сигналу до енергії шуму на вході детектора приймача, при цьому імовірність помилкового виявлення даних зменшується.

Список літератури

1. Заездный А.М. Основы расчетов по статистической радиотехнике / А.М. Заездный. – М.: Связь, 1969. – 448 с.
2. Лапинин И.Г. Эффективность применения двухуровневой АСКУЭ в энергетике Украины / И.Г.Лапинин, А.В.Шестеренко // Энергетика и электрификация.– 2000. – №7. – С. 31–34.
3. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации: Учеб. для вузов/ М.И. Финкельштейн – М.: Советское радио, 1973. – 496 с.

Выполнено моделирование процесса обмена данными по радиоканалу в автоматической системе контроля и учета электроэнергии. Показано, что достаточно достоверное получение и распознавание данных при однократной передаче с вероятностью 0,9 возможно при отношении сигнал/шум не менее 12.

Обмен данными, радиоканал, вероятность, автоматическая система, контроль, учет электроэнергии.

Executed modeling of process of exchange given on the radio link in the automatic checking system and account of electric power. Shown that sufficiently reliable reception and recognition given under the one-shot transmission with probability 0,9 possible at the attitude a signal/noise not less than 12.

Exchange by data, radio link, probability, automatic system, checking, account of electric power.

УДК 621.3.066.5/6:636

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРОЗІЙНОГО ЗНОСУ СЕРІЙНИХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ ПУСКАЧІВ ЯК ФУНКЦІЯ КІЛЬКОСТІ КОМУТАЦІЙ

В.В. Коробський, кандидат технічних наук

Наведено результати досліджень зносостійкості та ерозії серійних контакт-деталей електромагнітних пускачів на основі срібла. Виявлено закономірності ерозійного руйнування розривних мостикових контактів.

Електромагнітний пускач, комутаційні випробування, мостикові контакти, контактний матеріал, електроерозійний знос, ерозійна стійкість.

Пускачі, які випускаються вітчизняною промисловістю, за своїми технічними параметрами, в основному, відповідають сучасному світовому рівню, але з урахуванням тенденцій і динаміки розвитку галузі електромагнітних пускачів за кордоном, можливе відставання за рядом параметрів від зразків іноземних фірм. Новітні вітчизняні пускачі типу ПМЛ випускаються згідно з ліцензією фірми “La Telemecanique Electrique” (Франція) [6, 8] і майже не поступаються французьким пускачам за винятком зручностей безпечного обслуговування та експлуатації (відсутня ступінь захисту IP20), мають масу та габарити в 1,5–2 рази менші, ніж у застарілих пускачів серій ПМЕ та ПАЕ. Тому, для випробування використовуються пускачі ПМЛ 1 та 2 величини, контакт-деталі яких виготовляються з матеріалу на основі срібла (СрН-90, СрМ-0,2+М1, СОК-15).

Мета досліджень – визначення закону ерозійного зносу контактів від величини сили струму та кількості комутаційних циклів.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження для серійних контакт-деталей пускачів ПМЛ-1100О_x4 (А, Б і В), ПМЛ-2100О_x4 В проводяться за методикою, яка викладена в [1, 5].

Загальна кількість комутаційних циклів увімкнення-вимкнення для всіх пускачів приймається однаковою і рівною 300 тис. Необхідні вимірювання проводяться через кожні 50 тис. комутаційних циклів. Струмові навантаження вибираються (для пускачів 1 і 2 величини), виходячи із по-