

*Даниленко А.В., магистрант,  
Ращинский О.Д., магистрант*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск*

*Кафедра проектирования информационно-компьютерных систем*

## **ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ОТБРАКОВКИ ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕНАДЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ПОРОГОВОЙ ЛОГИКИ**

Надежность радиоэлектронной аппаратуры определяется надежностью, входящих в него элементов (модулей). Для обеспечения качественного функционирования устройства необходимо убедиться, что элементы, входящие в его состав, обладают значениями надежности достаточными для безотказной работы всей системы. Современные радиоэлектронные устройства являются довольно сложными и могут включать в себя тысячи компонентов. Поэтому очень важно на ранних этапах производства исключить из производственного процесса потенциально ненадежные элементы.

Большое количество элементов, а также погрешности измерений или ошибки интерпретации полученных данных о параметрах изделия электронной техники (ИЭТ), затрудняют поиск ненадежных элементов. Поэтому задача отбраковки некачественных ИЭТ становится все актуальнее и сложнее. Поэтому большое значение имеет поиск метода отбраковки, позволяющего определить принадлежность каждого экземпляра (ИЭТ) к определенному классу с точки зрения надежности на заданный будущий момент времени  $t_{\text{пр}}$  [1–3]. Один из таких методов рассмотрен в статье [4] – метод пороговой логики. Основой этого метода служит наличие вероятностной связи между значениями информативных параметров (кратко – признаков), полученными для ИЭТ в начальный момент времени ( $t=0$ ), и надежностью изделий на момент времени  $t_{\text{пр}}$ .

Решение о принадлежности элемента к одному из двух классов:  $K_1$  – классу надежных экземпляров,  $K_2$  – классу потенциально ненадежных экземпляров – на момент времени  $t = t_{\text{пр}}$  принимается на основе признаков экземпляра.

В статье [4] признаки  $x_1, \dots, x_k$  предложено преобразовывать в двоичные сигналы  $z_1, \dots, z_k$  так, чтобы значения  $z_i=1$  в основном соответствовали экземплярам класса  $K_1$ . Для обеспечения этого могут использоваться выражения

$$\left. \begin{aligned} z_i &= 1, \text{ если } x_i \geq x_{i0}; \\ z_i &= 0, \text{ если } x_i < x_{i0}; \end{aligned} \right\} \quad 1)$$

$$\left. \begin{aligned} z_i &= 1, \text{ если } x_i \leq x_{i0}; \\ z_i &= 0, \text{ если } x_i > x_{i0}; \end{aligned} \right\} \quad 2)$$

где  $x_{i0}$  – пороговый уровень (кратко – порог)  $i$ -го признака, определяемый экспериментально с использованием результатов обучающего эксперимента.

Причем система соотношений (1) используется, когда классу  $K_1$  в среднем соответствуют большие значения признака  $x_i$ , система (2) – в противоположных случаях.

Также метод пороговой логики удобно автоматизировать. Для программной реализации практически использовать язык программирования *Python*. Сегодня *Python* все чаще используется в задачах, связанных с исследованием и классификацией данных. Помимо этого в нем имеется большое количество бесплатных библиотек, элементы которых во многом упрощают анализ данных, частности использование таких библиотек как *Pandas*, *Sklearn* и *Numpy*.

Помимо этого метод пороговой логики, как уже было отмечено, позволяет преобразовать данные в бинарную форму, что упрощает работу программы.

Наиболее важным критерием эффективной работы программы является сбор данных (значений признаков элементов). Есть некоторая вероятность наличия ошибки в обучающей выборке, поэтому следует осуществить предварительную обработку данных, например, методом *Случайного леса*. Опираясь на результаты этого метода, можно будет получить информацию о наиболее значимых признаках ИЭТ, в наибольшей степени влияющих на показатели надежности. Помимо этого метод использует результаты вычислений большого количества *Деревьев решений*, что позволяет минимизировать вероятность ошибки в присвоении класса надежного или ненадежного элемента. Общий алгоритм автоматизации описан в работах [4,5].

#### Литература:

1. Hughes R., Campbell D., Chew K. // AIAAPap. 1975. Vol 8., No. 88.
2. Пестряков В.Б., Андреева В.В. Индивидуальное прогнозирование состояния РЭА с использованием теории распознавания образов. Куйбышев, 1980. 88 с.
3. Никифоренко Л.Г., Боровиков С.М. // Изв. Белорус. инж. акад. 2004. № 2 (18)/2. С. 117–119.
4. Прогнозирование надежности изделий электронной техники методом пороговой логики / С. М. Боровиков и [др.]. – Минск. – Доклады БГУИР №2, 2006. – С. 49–55.
5. Собчук Н.С., Высоцкий О.П. // Индивидуальное прогнозирование качества и технического состояния средств медицинской электроники методом пороговой логики. – Минск. – Доклады БГУИР №7, 2016. – С. 318–321.

## **УНІВЕРСАЛЬНИЙ КАБЕЛЬНИЙ ТЕСТЕР**

В відкритих інтернет джерелах існує 3 основні типи аналогів, доступні для придбання:

- Тестери витих пар [1];
- Моноблочні конструкції з індикацією за допомогою рідкокристалічного екрану, розташованого на корпусі [2];
- Моноблочні конструкції, що працюють тільки з ПК[3]

Перший тип тестерів, набагато менший в геометричних розмірах, але, очевидно, працює лише з одним типом джгутів.

Другий тип має моноблочну конструкцію, що є більш надійним. Недоліком є те, що роз'єми для перевірки вже вибрані та встановлені розробником. Для індикації використовується LCD-дисплей, що має недоліки, основним з яких можна виділити відносно поганий контраст кольорів при зміні кута огляду. Також, подібне рішення створює проблеми з транспортуванням через громіздкість конструкції.

Третій тип також має моноблочну конструкцію, що тягне за собою всі мінуси попереднього рішення, але не пропонує ніяких можливостей роботи без ПК.

Конструкція розробленого пристрою поділена на дві частини в різних корпусах, що з'єднані між собою джгутом для передачі інформації. Універсальність забезпечена тим, що до одного й того ж блоку управління може бути підключено різні блоки перевірки джгутів, з роз'ємами, які використовуються в виробі користувача. Тобто зміна кількості контактів в джгуті, або підключення іншого типу роз'єму, до якого підключений джгут, не потребує перепрограмування або додаткового переналаштування блоку управління. Також перевагою є можливість роботи пристрою як в зв'язку з ПК, так і самостійно. В режимі роботи з ПК в користувача є можливість редагувати і створювати сценарії перевірки джгутів в програмі Excel.

Дані від користувача зчитуються розширювачами на платі-відправнику, в блоку перевірки. Байт даних надсилається на плату отримувач, через джгут, що перевіряється. Розширювачі зчитують дані з плати-приймача та передають їх за інтерфейсом I2C на STM32, де проводиться їх аналіз. Інформація про контакт, з якого був відправлений логічний нуль і куди він прийшов виводиться на OLED – дисплей.



Рис. 1. Блок-схема пристрою

Використано плату налагоджування STM32F303RE, вона відповідає усім вимогам, та порівняно не дорога. Серія встановленого мікроконтролеру не є флагманською, старші версії не були розглянуті, через порівняно застарілий функціонал. Використовувати більш складні системи (FPGA, одноплатні комп'ютери), немає сенсу через невелике, як для них, навантаження. Щодо плати налагоджування, використання саме готової системи викликане більшими фінансовими затратами на виготовлення власної плати та монтаж компонентів.

Для індикації в режимі роботи без ПК використовується OLED-дисплей. Вибір такого типу дисплею обґрунтований кращою чіткістю та контрастністю зображення в порівнянні з LCD-дисплеями, що важливо при роботі в не закритих приміщеннях або при якому освітленні.

Так як пристрій передбачає перевірку джгутів з великою кількістю дротів, використовувати для цього окремі виводи мікроконтролера – не оптимально, тому запропоновано використання розширювачів портів PCF8574, що працюють за інтерфейсом I2C.

Розроблений пристрій відповідає встановленим в другому пункті вимогам. Має ряд переваг, та недоліків. Основною перевагою є можливість оперативної заміни блоку перевірки, що якісно виділяє пристрій поміж аналогів. Можливість роботи з ПК знаходиться в розробці. Також планується вдосконалити пристрій, передаючи інформацію між основними блоками по бездротовому інтерфейсу.

#### Література:

1. Svyaz` i Komplekt "Kabel`nye testeru". Available at: <https://skomplekt.com/tovar/1/5/84/> (accessed 28 March 2020).
2. Прибор №1. "Tester dlya prozvonki kabelya, tester djgutov TJ-02". Available at: <http://1-pribor.ru/tester-zhgutov/> (accessed 28 March 2020).
3. Прибор №1. "Tester djgutov TJ-04". Available at: <http://1-pribor.ru/tester-zhgutov-tzh-04/> (accessed 28 March 2020).

**Панова О.В., канд. тех наук, доцент**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ  
Кафедра фізики, завідувач кафедри фізики*

**Бірук Я.І., асистент**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ  
Кафедра фізики, асистент кафедри фізики*

## **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЮ ОБСТАНОВКОЮ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**

В умовах насиченості виробничого середовища електричним та електронним технологічним обладнанням електромагнітна обстановка має складну та непередбачувану динаміку у просторі і часі [1]. Для оцінювання рівня техногенного навантаження на виробниче середовище здійснюється відповідний моніторинг [2]. У більшості випадків рекомендації щодо нормалізації рівнів електромагнітних полів та випромінювань стосуються модернізації технічного обладнання, а також стабілізації сили силового (систем електроживлення) електромагнітного поля. Відсутність загальної концепції щодо моніторингу і нормалізації електромагнітної обстановки з урахуванням внутрішніх та зовнішніх чинників впливу на неї, змінності у часі і просторі та засобів нормалізації, побудованих на принципах розумної достатності. Розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки на підприємствах енергетики, електричному транспорті, офісних будівлях та підприємствах.

Для вирішення процесів з нормалізації та керування електромагнітною обстановкою, повинні бути певним чином алгоритмізованими. Досвід обстежень електромагнітної обстановки та розроблення і впровадження організаційно-технічних заходів свідчить, що порядок вирішення проблеми повинен здійснюватися за наступними етапами:

*I етап. Моніторинг електромагнітної обстановки.* Цей етап передбачає визначення інтегрального значення напруженостей електричного та індукції магнітного поля, щільністю потоку енергії з боку джерел поля ультрависоких та вищих частот. Визначення цих параметрів здійснюється упродовж визначення часу з урахуванням режимів роботи електричного обладнання, кількості задіяних електронних засобів, навантаження на силову електромережу тощо.

*II етап. Визначення кількості та критичності щодо впливу на працюючих та обладнання джерел електромагнітних полів.* Досвід свідчить, що цей етап найбільш складний. Це обумовлене наступними чинниками:

➤ складністю пошуку джерел електромагнітних полів в умовах їх суперпозиції;

➤ вимірювання окремо магнітних та електричних полів промчастоти дає загальне значення без надання внеску у нього окремих джерел, який у багатьох випадках не є очевидним;

➤ крайовий дефект розподілу силових ліній електромагнітного поля (нестабільні дифракційні розподіли у просторі при екрануванні);

➤ змінний у просторі напрям магнітної індукції (при змінних параметрах випромінювальних джерел та інших виробничих процесах).

Найбільш ефектним засобом пошуку джерел поля та критичності їх внеску у загальний рівень поля є отримання спектра електричного та магнітного поля у широкій смузі частот. Реалізація здійснюється за допомогою аналізатора електромагнітного спектра «Spectran» NF-5035 (виробництво Німеччина). В результаті отримано амплітудні значення електричних та магнітних полів у потрібному діапазоні (до 2МГц). Саме такий ефективний метод надає змогу ідентифікувати джерела цих полів.

Але у багатьох випадках, навіть за таких умов, визначити джерело поля не вдається. Наприклад, під час дослідження на аеродромі цивільної авіації вимірювалося електричне поле частотою 130 кГц та напруженістю 8-10 В/м. Вплив таких джерел необхідно враховувати.

Дещо складніше виявляти вплив на електромагнітну обстановку високочастотних джерел. Аналізатори високочастотного спектра мають велику вартість, тому для визначення рівнів випромінювань джерел ультрависоких і вищих частот доцільно використовувати поширені вимірювачі щільності потоку енергії, такі як ПЗ-31 та ПЗ-41. Для цього слід виміряти рівні випромінювань більшості можливих джерел, наприклад, випромінювання станцій мобільного зв'язку на частоті 1,8ГГц - 2,6 ГГц та на частоті Wi-Fi - 2,4 ГГц тощо. Усі випромінювачі працюють на частотах близьких до вказаних з деяким «розбросом», тому вимірювання слід виконувати у смузі частот, якщо вказані прилади дозволяють реалізувати такі дослідження. Особливо це стосується радіотехнічних об'єктів цивільної авіації.

Навіть аналогічне обладнання на різних аеродромах має відмінності у робочих частотах, тому необхідну смугу частот для вимірювань слід обирати на основі ознайомлення з технічною документацією на виробництві.

*III етап.* Розроблення і випромінювання організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки на виробництві (Таблиця 1).

## Організаційно-технічні заходи з нормалізації електромагнітної обстановки



Заходи з нормалізації рівнів електромагнітних полів доцільно реалізувати у наступній послідовності. Розробляються заходи з нормалізації рівнів магнітних та електричних полів наднизьких частот (промислової та її гармонік). На початковому етапі електромагнітна обстановка регулюється без застосування засобів захисту: ліквідація «перекоосу фаз», придушення гармонік електроструму промчастоти (у тому числі інтергармонік). Системи такого регулювання повинні бути гнучкими і працювати у автоматичному режимі зі зворотним зв'язком [3]. Також необхідно чітко виділяти внесок у електромагнітну обстановку саме мереж електроживлення. Наприклад, під час контрольних вимірювань з'ясувалося, що у комп'ютерній лабораторії рівень низькочастотного магнітного поля перевищує гранично допустимий рівень для користувачів комп'ютерної техніки. Але аналіз спектрального складу поля показав, що майже увесь внесок у цей показник дає магнітне поле промчастоти внутрішньої силової мережі.

Після завершення цього етапу, у разі потреби, застосовуються засоби захисту, найбільш ефективними з яких є електромагнітні екрани. Якщо необхідне екранування високочастотних випромінювань, то такий захист здійснюється з певними обмеженнями. Головним обмеженням з них є здійснення екранування, яке залишає достатній рівень випромінювань базових станцій для нормального функціонування мобільного зв'язку. Встановлено, що за рівнів сигналів базових станцій нижчий за  $0,2 \text{ мкВт/см}^2$  різко зростає випромінювання самих телефонів.

Для екранування окремих приміщень нами був розроблений захисний матеріал з керованими коефіцієнтами екранування як у низькочастотних, так і у високочастотних областях електромагнітного спектра [4].

Основою захисного матеріалу є латекс та залізорудний пил. Останній додається у вихідну суміш, виходячи з потрібних коефіцієнтів екранування. Навіть за товщин 1-3 мм цей матеріал регулює коефіцієнти екранування у залежності від концентрацій залізної руди. Коефіцієнти екранування магнітного поля промислової частоти 2-6; електромагнітного випромінювання ультрависокої частоти 2,5-12. Перевагою матеріалу є також малі коефіцієнти відбиття (до 0,3), що дуже важливе в умовах їх багатократного відбиття у виробничих приміщеннях, від будівельних конструкцій та металевого обладнання.

Останнім кроком є контроль електромагнітної обстановки після впровадження організаційно-технічних заходів з її нормалізації [5]. Цей етап є обов'язковим через те, що завжди існує імовірність наявності неіндексованого джерела електромагнітного поля, що потребує наступного коригування вжитих заходів захисту [6, 7].

В даному дослідженні можна зробити наступні висновки:

1. Розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки та коригування нею повинні здійснюватися за певним алгоритмом.

2. Усі заходи розробляються та впроваджуються на основі електромагнітного моніторингу упродовж часу, необхідного для визначення усіх її змін у часі і просторі.

3. Найбільш ефективним засобом ідентифікації джерел електромагнітних полів та визначення критичності є отримання спектра електромагнітного поля у приміщенні з наступним його аналізом.

4. Для нормалізації електромагнітної обстановки доцільно використовувати широкосмугові композитні металополімерні матеріали з керованими захисними властивостями.

#### Література:

1. Результати досліджень впливу магнітного поля (МП) промислової частоти (50 Гц) на поведінкові, гематологічні та імунологічні показники / Л.А. Томашевська, В.Ю. Думанський, С.В. Зотов[та ін.] // Гігієна населених місць. – 2014. – Вип. 64. – С. 161 – 171.
2. Глива В.А. Моніторинг та нормалізація фізичних факторів виробничого середовища при експлуатації автоматизованих систем: дис. ...докт.техн.наук: 05.26.01; Глива Валентин Анатолійович. – Київ, 2012. – 320 с.
3. Саєнко Ю.Л. Зниження рівнів гармонічних спотворень в електричних мережах з джерелами інтергармонік / Ю.Л. Саєнко, Т.К. Бараненко, Е.Б. Бараненко // Електрифікація транспорту. – 2012. – №3. – С. 78 – 83.
4. Valentyn Glyva, Jaroslav Lyashok, Iryna Matvieieva, Valerii Frolov, Larysa Levchenko, Oksana Tykhenko, Olena Panova, Oleksiy Khodakovskyy, Batyr Khalmuradov, Kyrylo Nikolaiev / «Development and investigation of protective properties of the electromagnetic and soundproofing screen» (розроблення та дослідження захисних властивостей електромагнітного та шумозахисного екрана) // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Восточно-



Европейский журнал передових технологий) // Vol.6, №5(96), p.54-61.  
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150778>

5. Панова О. В. Захист працюючих від впливу електромагнітних полів екрануванням: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Панова Олена Василівна – К., 2014. – 151 с.

6. О.В. Панова, К.Д. Ніколаєв, О.М. Тихенко, О.В. Ходаковський. / Дослідженні захисних властивостей металевих електромагнітних екранів та визначення умов їх максимальної ефективності // Збірник наукових праць «Системи управління навігації та зв'язку», - 2019. Вип. № 5(57), С. 102-105. <http://journals.nupp.edu.ua/sunz>

7. Панова О.В. Загальні критерії застосування електромагнітних екранів для забезпечення електромагнітної безпеки та сумісності технічного обладнання / Наука та інновації. «Вісті Донецького гірничого інституту», Вип.2(43), 2018, с.11.<https://doi.org/10.31474/1999-981x-2018-2-80-90>