

Р. Головацький, М. Лобур
Національний університет “Львівська політехніка”

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ЇХ ГРАНИЧНИХ УМОВ СУЧАСНИХ ПАСИВНИХ ІНФРАЧЕРВОНИХ ДЕТЕКТОРІВ РУХУ

© Головацький Р., Лобур М., 2020

Розглянуто принцип роботи сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху відомих світових виробників, зазначено їх особливості та сфери використання. Наведено типову структурну та принципову схеми. На основі розглянутого принципу роботи детектора та проведеного аналітико-синтетичного опрацювання інформації з першоджерел визначено основні параметри сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху та їх граничні умови. Подано граничні умови для кількості променів ближньої середньої та дальньої зон діаграми спрямованості детекторів руху. Також наведено граничні умови для напруги живлення, робочих температур та струмів споживання в різних режимах роботи.

Ключові слова – охоронні системи, ІЧ детектори руху, діаграми спрямованості, структурна схема, принципова схема, ефективність розпізнавання.

Вступ

Розвиток сучасної техніки в 21 столітті привів до швидкого розповсюдження недорогих, але ефективних засобів і пристроїв для побудови охоронних систем. Невід’ємною частиною сучасних охоронних систем і чи не найголовнішим їх елементом є пасивний інфрачервоний детектор руху - пристрій який дозволяє виявляти рух у заданій зоні детектування на основі зміни її температурного фону.

Детектори руху широко розповсюджені, і аналітики очікують зростання їх використання ще на 13% - 14% щорічно до 2020 року [1]. Застосування детекторів руху в житлових будинках і офісах, як прогнозують фахівці, буде в той же період рости на 20% щорічно, при цьому найбільше зростання очікується в Європі, Україні та Росії, перш за все у сфері захисту від стороннього проникнення і в інших аспектах домашньої автоматизації.



Рис. 1. Типовий вигляд сучасного піроелектричного детектора руху

Типовий вигляд сучасного піроелектричного детектора руху наведено на рис. 1. Як видно з рисунку, детектор має активне вікно в якому розміщена лінза Френеля. Більшість відомих фірм випускають детектори в яких можна змінювати конфігурацію лінз в залежності від специфіки об'єкту який необхідно охороняти.

До конструктивних і схемотехнічних особливостей детекторів необхідно віднести їх універсальність і інтелектуальність, яка полягає в наявності елементів налаштування, а саме змінних резисторів та інших зовнішніх органів керування та налаштування детекторів під час його інсталяції та при подальшій експлуатації, які добре видно на рис. 2. Ця особливість з'являється тому що для надійної, точної та якісної роботи піроелектричного детектора руху вкрай необхідне його професійне налаштування. Оскільки є багато факторів які спричиняють його хибні спрацювання, що тягне за собою додаткові матеріальні та моральні затрати.

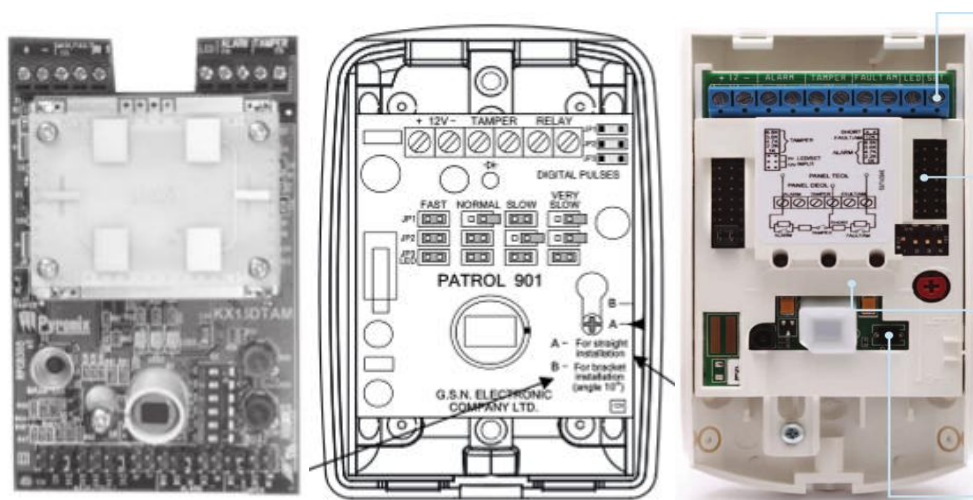


Рис. 2 Органи керування та налаштування піроелектричних детекторів руху

Структурна схема типового піроелектричного детектора руху представлена на рис. 3. Вона складається з оптичної системи, на яку поступає градієнт зміни вхідного теплового потоку, піроелектричного сенсора, вибіркового підсилювача та компаратора. В ролі оптичної системи, як правило, виступають лінзи Френеля з заданою діаграмою спрямованості які фокусують на піроелектричному сенсорі теплові потоки з контрольованих зон.

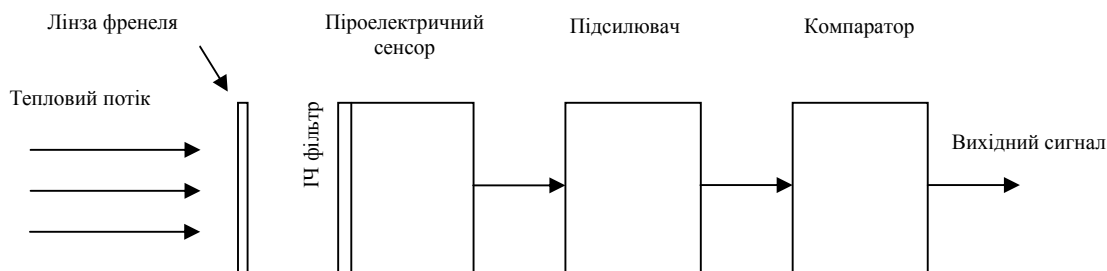


Рис. 3. Структурна схема типового піроелектричного детектора руху.

Принципова схема одного із різновидностей типового піроелектричного детектора руху представлена на рис. 4. Як видно із наведеної схеми основними її компонентами є сам піроелектричний сенсор PIR, недорогий операційний підсилювач LM324, а також додаткові елементи для коректної роботи схеми. В ролі тригера з двохстабільним станом використовується мікросхема CD4538 яка формує на виході сигнал логічного "0" або логічної "1". Також присутнє реле RY1 для замикання контактів і, відповідно, формування в такий спосіб сигналу тривоги.

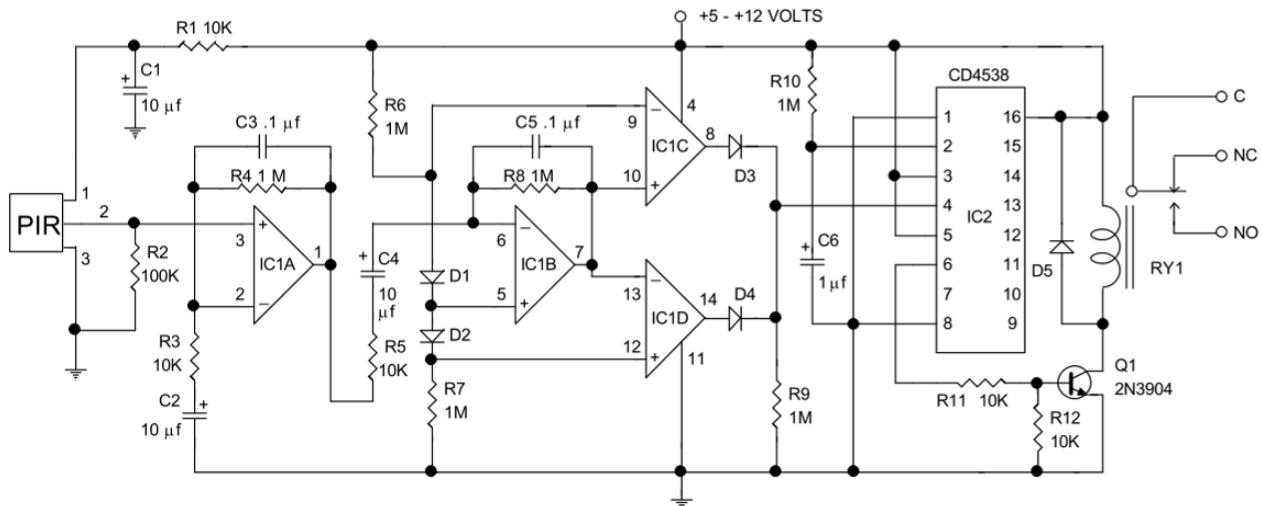


Рис. 4. Принципова схема типового піроелектричного детектора руху

В ролі вибіркового підсилювача та компаратора виступає мікросхема LM324, яка має прямий диференційний вхід, внутрішню частотну компенсацію при одиничному посиленні і захист від короткого замикання. В одному корпусі мікросхеми розташовано чотири незалежних один від одного операційних підсилювача.

На даний момент у світі налічується більше сотні фірм виробників таких детекторів кожна з яких у лінійках своїх продуктів має більше десятка різних модифікацій детекторів руху. Що в загальній кількості сягає більше 1000 різних детекторів з використанням принципу пасивного детектування порушника у зоні дії детектора. Відповідно задача вибору оптимального детектора для охорони об'єкту заданої конфігурації не є простою. А якщо мова йде про вдосконалення існуючих детекторів руху то без інформації про їх параметри та технічні характеристики робота взагалі буде не раціональною. Тому було розроблено інформаційне [2] та програмне забезпечення [3, 4, 5] для формування бази даних сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху, рис. 6. Під час аналітичного огляду характеристик доступних моделей детекторів руху було встановлено, що більшість фірм розробників випускають клони відомих брендів тому були відібрані оригінальні моделі таких відомих фірм. ABB (Німеччина) [9], Ademco (США) [10], Ajax (Україна) [11], ALARMCOM (Швейцарія) [12], Aritech (Міжнародна компанія) [13], Bosch (Німеччина) [14], C&K Systems (США) [15], Crow Electronic Engineering Ltd. (Ізраїль) [16], DSC (Канада) [17], Electronics Line (Ізраїль) [18], Elkron (Італія) [19], Philips (Нідерланди) [20], GSN Electronic Company Ltd (Ізраїль) [21], GUARDALL (Великобританія) [22], Honeywell (США) [23], Jablotron (Чехія) [24], KERUI (Китай) [25], Marmitek (Нідерланди) [26], NAPCO (США) [27], Optex (Японія) [28], PARADOX (Канада) [29], Pass&Seymour Legrand [30], Pyronix (Великобританія) [31], ROKONET (Ізраїль) [32], Satel (Польща) [33], Sentrol (США) [34], Siemens (Німеччина) [35], Takex America (Pulnix) (США) [36], Tesnoalarm (Італія) [37], Техесом (Великобританія) [38], Velleman (Бельгія) [39], Visonic (Ізраїль) [40], 3i Security International (Італія) [41], АРГУС (Росія) [42], БОЛИД (Росія) [43], Магніто-Контакт (Росія) [44], МЗЭП (Росія) [45], Риэлта (Росія) [46], СИТАЛІ (Росія, Україна) [47], СПЕЦИНФОРМАТИКА (Росія) [48], Сибирский Арсенал НПО (Росія) [49], СПЭК (Росія) [50], ТЕКО (Росія) [51], ЮМИРС (Росія) [52].

Для визначення основних параметрів та їх граничних умов сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху було опрацьовано більше 200 доступних першоджерел інформації та в силу обмежень, накладених вимогами до статей у даному віснику у списку використаних літературних джерел, нажаль, буде наведено лише перші 25 з них.

У базу даних [6] внесено всі доступні параметри та характеристики з технічної документації розташованої у відкритому доступі на сайті фірм виробників [9-52]. В той же час не всі параметри є корисними для розробки нових та вдосконалення існуючих детекторів руху. Іншими словами не всі характеристики є вагомими з точки зору його ефективності. Так згідно [7, 8] під характеристиками

пасивних інфрачервоних детекторів руху слід вважати біля 28 різних параметрів. Але на основі розглянутого принципу роботи детектора для вдосконалення його ефективності розпізнавання було виділено наступні основні компоненти:

1. Оптична система, що фокусує тепловий потік на піроелектричному сенсорі та визначає форму, структуру та розміри діаграми спрямованості.
2. Піроелектричний сенсор який перетворює тепловий потік, що потрапляє на нього через оптичну систему, на електричний сигнал.
3. Схема обробки сигналу від піроелектричного сенсора.

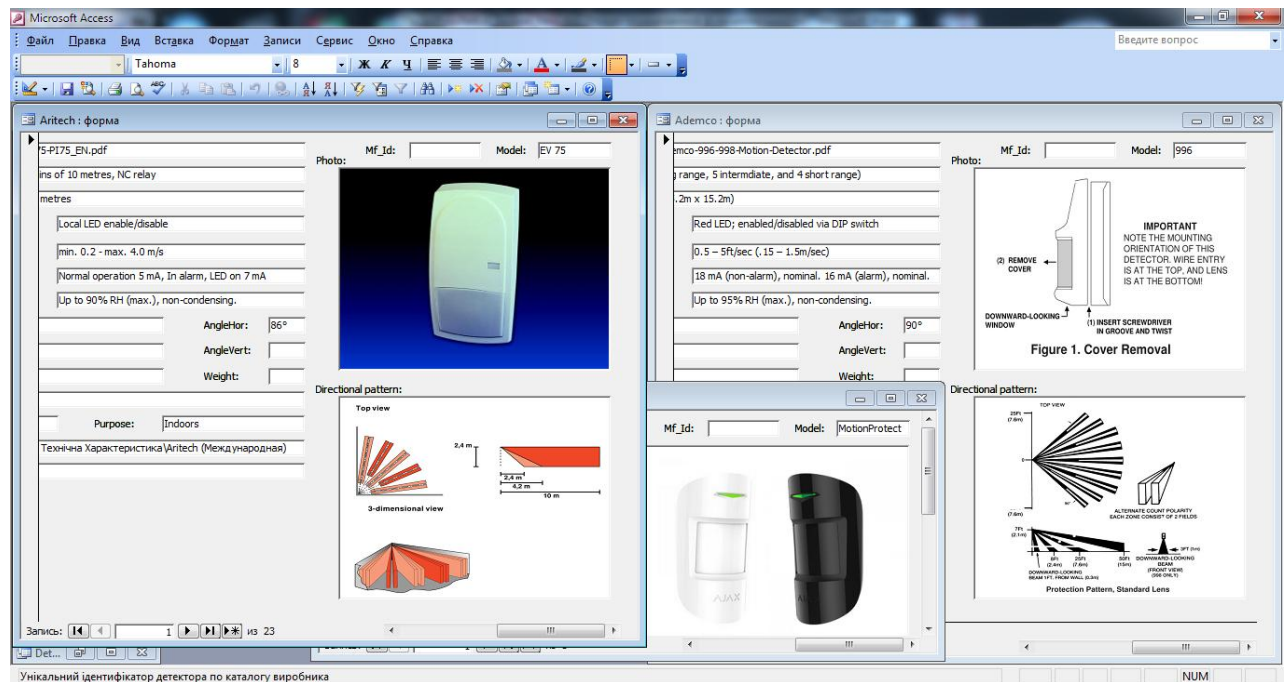


Рис. 6. База даних сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху

Відповідно, основними характеристиками пасивних інфрачервоних детекторів руху що суттєво впливають на його ефективність розпізнавання є:

1. Тип оптичної системи.
2. Форма структура та розміри діаграми спрямованості детектора.
3. Тип піроелектричного сенсора.
4. Принципова схема детектора руху з його елементною базою.
5. Алгоритм обробки сигналу.

Для зменшення енергоспоживання та збільшення часу автономної роботи детектора важливими є такі параметри:

1. Напруга живлення постійного струму min, В.
2. Напруга живлення постійного струму max, В.
3. Струм споживання в режимі очікування, мА.
4. Струм споживання в режимі тривоги, мА.
5. Діапазон робочих температур.

Пасивні інфрачервоні детектори руху бувають різного призначення, різного типу контрольованої зони, дальності дії тощо [7, 8]. Тож у даній статті розглядаються детектори призначені для закритих приміщень, оптико-електронного принципу дії, що контролюють об'ємну зону, яка, в свою чергу, є розбита на три основні підзони: ближню, середню та дальню. Розглядаються детектори малої дальності дії. На основі аналітико-синтетичного опрацювання даних з джерел [9-52], якими була наповнена база даних та відповідних SQL - запитів до розробленої бази даних отримано наступні значення та граничні умови для обраних параметрів.

Виклад основного матеріалу

Серед детекторів з об'ємною зоною діаграми спрямованості були вибрані моделі з оптичною системою на основі лінз Френеля. Для визначення граничних умов була вибрана продукція вищеписаних фірм виробників, з мінімальною та максимальною кількістю променів у ближній, середній та дальній зонах діаграми спрямованості. Отримані такі результати.

Для **ближньої зони** діаграми спрямованості детектора **мінімальна** кількість променів $K_{\text{прбмін}}=1$ є у детекторів фірми Ademco моделі 4278EX. $K_{\text{прбмін}}=2$ у детекторів фірми Optex моделі EX-35 та $K_{\text{прбмін}}=4$ у детекторів фірми Guardall моделі PQ15. Отже граничним значенням буде $K_{\text{прбмін}}=1$ (Рис. 7).

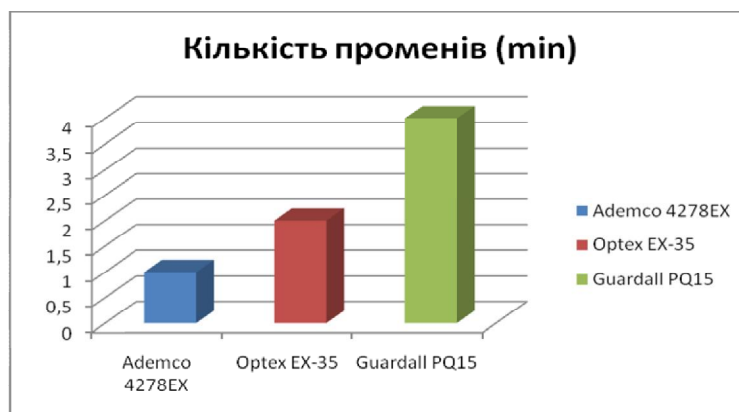


Рис. 7. Мінімальна кількість променів ближньої зони діаграми спрямованості детектора

Для ближньої зони діаграми спрямованості детектора **максимальна** кількість променів $I_{\text{прбмакс}}=28$ є у детекторів фірми Bosh моделі ISC-PPR1-W16. $K_{\text{прбмакс}}=30$ у детекторів фірми Pyronix моделі COLT QUAD PI та $K_{\text{прбмакс}}=36$ у детекторів фірми DSC моделі Strata. Отже граничним значенням буде $K_{\text{прбмакс}}=36$ (Рис. 8).

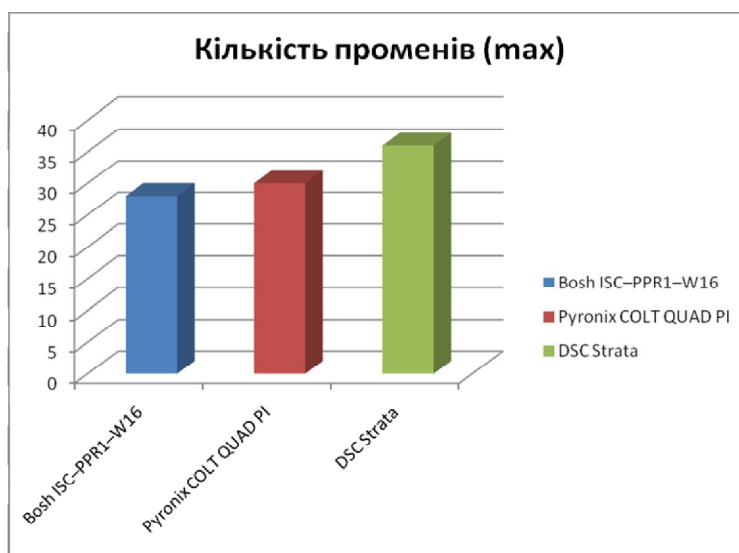


Рис. 8. Максимальна кількість променів ближньої зони діаграми спрямованості детектора

Для **середньої зони** діаграми спрямованості детектора **мінімальна** кількість променів $K_{\text{прсмін}}=5$ є у детекторів фірми Ademco моделі 996. $K_{\text{прсмін}}=8$ у детекторів фірми Crow моделі MR110 та $K_{\text{прсмін}}=7$ у детекторів фірми Velleman моделі HAA54. Отже граничним значенням буде $K_{\text{прсмін}}=5$ (Рис. 9).

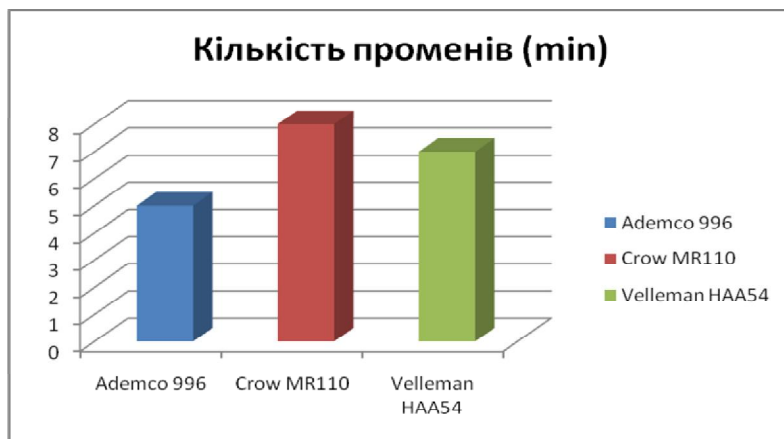


Рис. 9. Мінімальна кількість променів середньої зони діаграми спрямованості детектора

Для середньої зони діаграми спрямованості детектора **максимальна** кількість променів $I_{\text{прсмін}}=36$ є у детекторів фірми Bosh моделі ISC-PPR1-W16. $K_{\text{прсмін}}=30$ у детекторів фірми Pyronix моделі Colt 10 DL та $K_{\text{прсмін}}=30$ у детекторів фірми DSC моделі Bravo BV-600. Отже граничним значенням буде $K_{\text{прсмін}}=36$ (Рис. 10).

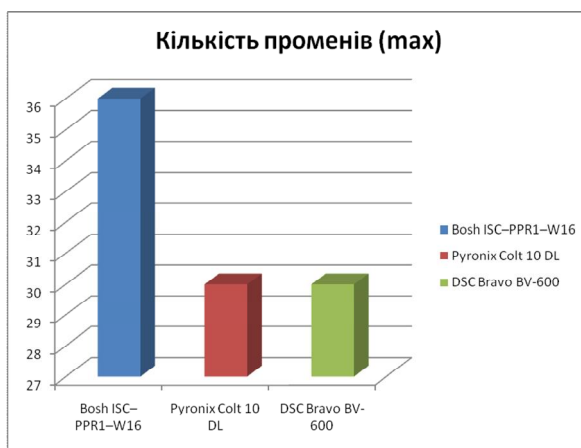


Рис. 10. Максимальна кількість променів середньої зони діаграми спрямованості детектора

Для дальньої зони діаграми спрямованості детектора **мінімальна** кількість променів $K_{\text{прсмін}}=2$ є у детекторів фірми Aritech моделі EV 135-P. $K_{\text{прсмін}}=4$ у детекторів фірми Crow моделі GENIUS та $K_{\text{прсмін}}=4$ у детекторів фірми Ademco моделі 4278EX-PA. Отже граничним значенням буде $K_{\text{прсмін}}=2$ (Рис. 11).

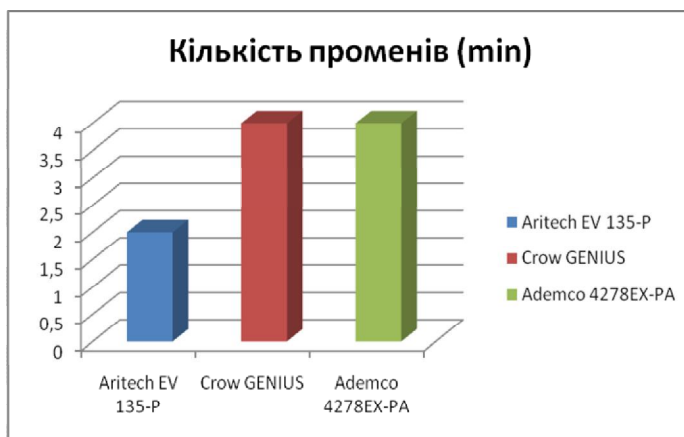


Рис. 11. Мінімальна кількість променів дальньої зони діаграми спрямованості детектора

Для дальньої зони діаграми спрямованості детектора **максимальна** кількість променів $K_{\text{прсмін}}=26$ є у детекторів фірми DSC моделі Bravo BV-600. $K_{\text{прсмін}}=27$ у детекторів фірми Bosh моделі ISC-PPR1-WA16x та $K_{\text{прсмін}}=34$ у детекторів фірми Pulnix моделі PIR-T15WE. Отже граничним значенням буде $K_{\text{прсмін}}=34$ (Рис. 12).

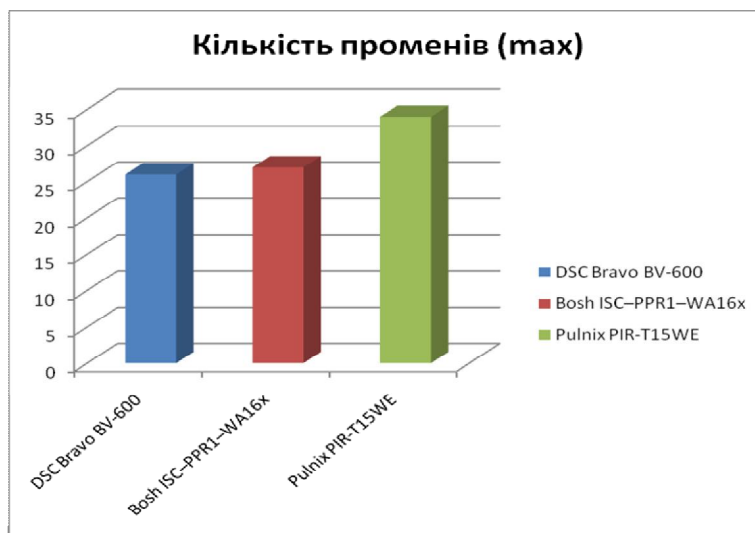


Рис.12 Максимальна кількість променів дальньої зони діаграми спрямованості детектора

Більшість відомих фірм виробників мають свої запатентовані алгоритми обробки сигналу від піроелектричного сенсора які суттєво впливають на ефективність розпізнавання об'єктів детектування. Так у фірми Bosh це Advanced signal processing (ASP), First step processing (FSP) та Motion Analyzer II [14]. У фірми Visonic це алгоритм True Motion Recognition (TMR) [40].

Напруга живлення постійного струму min, В. Нижня межа мінімальної напруги живлення сучасних детекторів руху є у моделі ВЕКТОР фірми Сібірський Арсенал НПО і складає $U_{\text{нмін}}=2.55$ В. У моделі Астра-5121 фірми ТЕКО вона складає $U_{\text{нмін}}=2.8$ В. У моделі MotionProtect фірми Ajax вона складає $U_{\text{нмін}}=3$ В (Рис. 13).

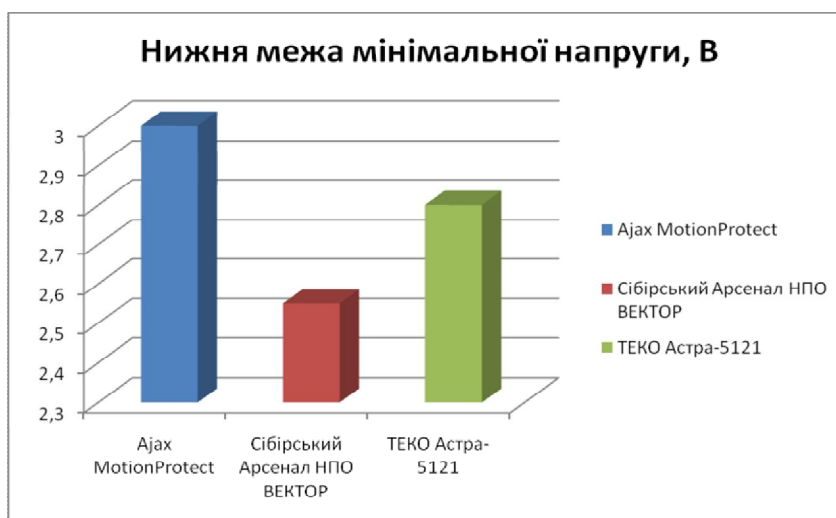


Рис. 13. Нижня межа мінімальної напруги живлення сучасних детекторів руху

Верхня межа мінімальної напруги живлення сучасних детекторів руху є у моделі 990 фірми Ademco і складає $U_{\text{вмін}}=12$ В. У моделі DS915 фірми Bosh вона складає $U_{\text{вмін}}=10$ В. У моделі DG55+ фірми PARADOX вона складає $U_{\text{вмін}}=11$ В (Рис. 14).



Рис. 14. Верхня межа мінімальної напруги живлення сучасних детекторів руху

Отже діапазон значень мінімальних напруг сучасних детекторів руху лежить в межах від $U_{\text{нмін}}=2.55$ В до $U_{\text{вмін}}=12$ В.

Напруга живлення постійного струму max , В. Нижня межа максимальної напруги живлення сучасних детекторів руху є у моделі С2000-ШИК фірми БОЛИД і складає $U_{\text{нмакс}}=8.5$ В. У моделі SRN-2000W/PCN фірми Visonic вона складає $U_{\text{нмакс}}=9$ В. У моделі 998MX фірми Ademco вона складає $U_{\text{нмакс}}=11$ В (Рис. 15).



Рис. 15. Нижня межа максимальної напруги живлення сучасних детекторів руху

Верхня межа максимальної напруги живлення сучасних детекторів руху є у моделі PA-4810 фірми Pulnix і складає $U_{\text{вмакс}}=30$ В. У моделі CX-502 фірми Ортех вона складає $U_{\text{вмакс}}=18$ В. У моделі LC-100-PI фірми DSC вона складає $U_{\text{вмакс}}=16$ В (Рис. 16).

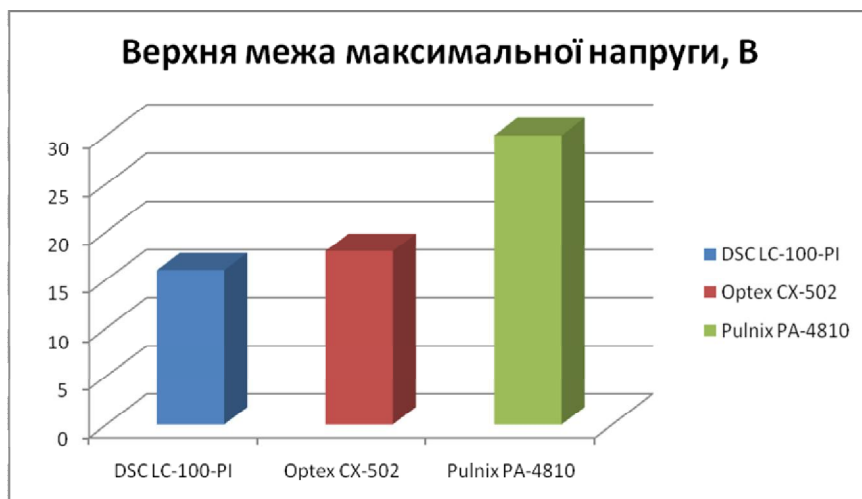


Рис. 16. Верхня межа максимальної напруги живлення сучасних детекторів руху

Отже діапазон значень максимальних напруг сучасних детекторів лежить в межах від $U_{\text{нмакс}}=8.5$ В до $U_{\text{вмакс}}=30$ В.

Струм споживання в режимі очікування, мА. Мінімальний струм споживання в режимі очікування сучасних детекторів руху є у моделі AMB-300 фірми DSC і складає $I_{\text{очмін}}=2.5$ мА. У моделі CX-502 фірми Optex він складає $I_{\text{очмін}}=5$ мА. У моделі AMBER фірми Satel він складає $I_{\text{очмін}}=3$ мА (Рис. 17).

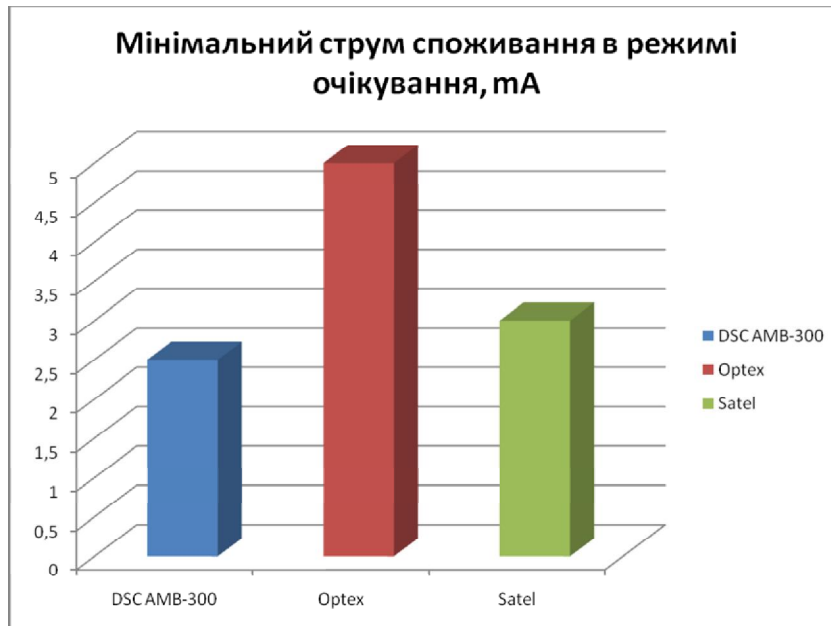


Рис. 17. Мінімальний струм споживання в режимі очікування сучасних детекторів руху

Максимальний струм споживання в режимі очікування сучасних детекторів руху є у моделі NVX80 фірми PARADOX і складає $I_{\text{очмакс}}=80$ мА. У моделі DS915 фірми Bosh він складає $I_{\text{очмакс}}=20$ мА. У моделі Micro-X фірми Electronics Line він складає $I_{\text{очмакс}}=26$ мА (Рис. 18).

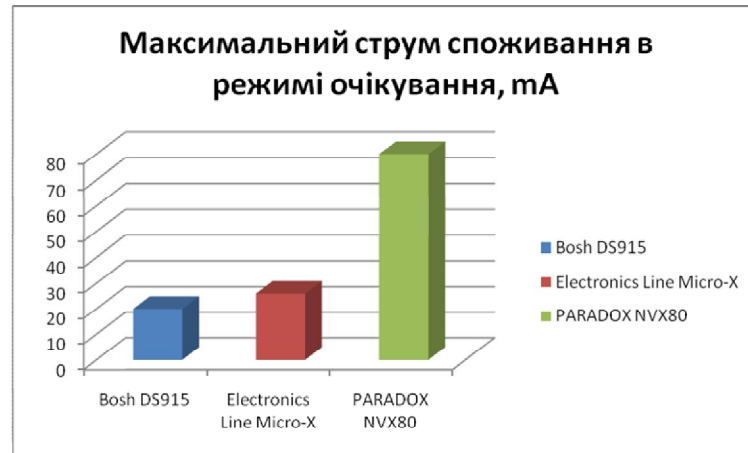


Рис. 18. Максимальний струм споживання в режимі очікування сучасних детекторів руху

Отже діапазон значень струму споживання в режимі очікування сучасних детекторів руху лежить в межах від $I_{оч\min}=2.5$ мА до $I_{оч\max}=80$ мА.

Струм споживання в режимі тривоги, мА. Мінімальний струм споживання в режимі тривоги сучасних детекторів руху є у моделі АМВ-300 фірми DSC і складає $I_{тр\min}=2.5$ мА. У моделі EV 75 фірми Aritech він складає $I_{тр\min}=7$ мА. У моделі AMBER фірми Satel він складає $I_{тр\min}=3$ мА (Рис. 19).

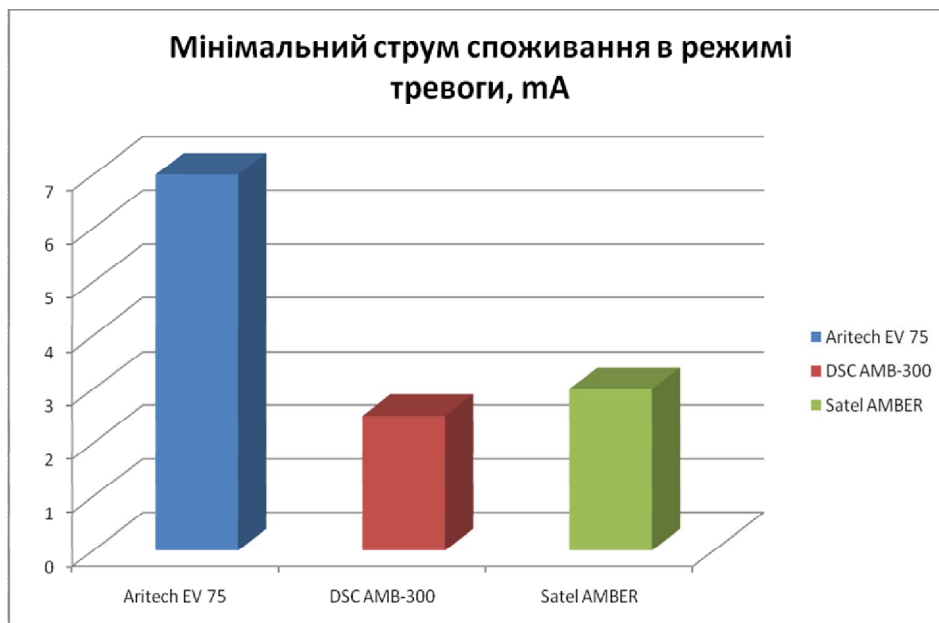


Рис. 19. Мінімальний струм споживання в режимі тривоги сучасних детекторів руху

Максимальний струм споживання в режимі тривоги сучасних детекторів руху є у моделі NVX80 фірми PARADOX і складає $I_{тр\max}=100$ мА. У моделі НКС RF PIRCAM фірми НКС Security він складає $I_{тр\max}=55$ мА. У моделі PIR-T15WE фірми Pulnix він складає $I_{тр\max}=40$ мА (Рис. 20).

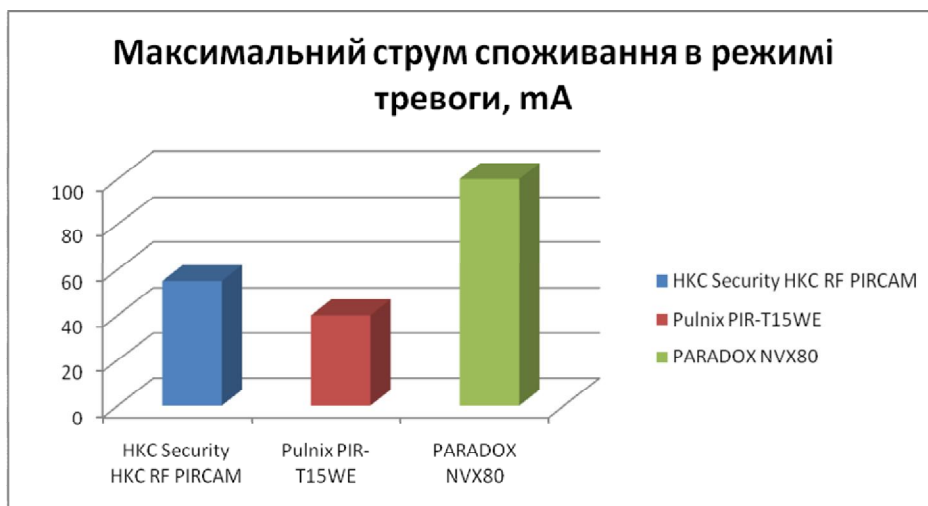


Рис. 20. Максимальний струм споживання в режимі тривоги сучасних детекторів руху

Таким чином діапазон значень струму споживання в режимі тривоги сучасних детекторів руху лежить в межах від $I_{\text{трмін}}=2.5 \text{ mA}$ до $I_{\text{трмакс}}=100 \text{ mA}$.

Діапазон робочих температур. Діапазон робочих температур сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху які використовуються в середині приміщень практично для всіх фірм виробників лежить в межах від -10°C до $+55^{\circ}\text{C}$.

Висновки

В даній статті розглянуто принцип роботи сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху відомих світових виробників, зазначено їх особливості та сфери використання. Наведено типову структурну та принципову схеми. З наведеної принципової схеми примітною є наявність ручних органів керування чутливістю детекторів руху! На основі розглянутого принципу роботи детектора та проведеного аналітико-синтетичного опрацювання інформації з першоджерел [9-52] визначено основні параметри сучасних пасивних інфрачервоних детекторів руху та їх граничні умови. Зібрана у цій статті аналітична інформація буде необхідною для подальшого моделювання у системах автоматизованого проектування з метою нових розробок та вдосконалення існуючих детекторів руху.

1. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/Motion-Sensor-Market-614.html> Motion Sensors Market - Global Forecast to 2020, Markets and Markets, 4 люм. 2017 р.

2. Holovatskyu R.I. Development of the software for researching the detection of the objects by passive detectors of movement. Proceeding of the VIII-th International Conference MEMSTECH'2012 "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design", 18-21 April 2012, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine.-Pp. 146-149.

3. Holovatskyu R.I. Development of the software for research of objects detections of passive detectors of movement. Proceeding of the VIII-th International Conference MEMSTECH'2012 "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design", 18-21 April 2012, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine.-Pp. 149-153.

4. Lobur M.V., Holovatskyu R. I. Implementation of the Software for Research of Objects Detections of Passive Detectors of Movement // Scientific and Technical Journal "Radioelectronics & informatics", Kharkow National University of Radioelectronics, 2012, №4. ISSN 1563-0064. С. 82-85. 2012.

5. Lobur M.V., Holovatskyu R.I. Implementation of the Software for Research of Objects Detections of Passive Detectors of Movement /Радіоелектроніка та інформатика-2012, No.4 59, - С.82-85.

6. Mykhaylo Lobur, Ruslan Holovatskyu. Development of a database for the subsystem research pyroelectric sensors //Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика: [зб. наук. пр.] / відп. ред. М.В. Лобур.-Л.: Вид-во Нац.ун-ту "Львів. політехніка", 2013. - С. 7-11. - (Вісник / Нац. ун-т "Львів. політехніка"; № 777).

7. BS EN 50131-2-2: 2017 "Alarm systems – Intrusion and hold-up systems – Part 2-2: Intrusion detectors – Passive infrared detectors".

8. ДСТУ EN 50131-2-2:2019 Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної сигналізації. Частина 2-2. Сповісуювачі охоронні пасивні інфрачервоні (EN 50131-2-2:2017, IDT).

9. <https://new.abb.com/low-voltage/products/residential-product/movement-presence-detectors> - ABB (Німеччина).

10. <http://ademcosecurity.com/en-sg/solutions-sg/intrusion-detection.html> - Ademco (США).

11. <https://ajax.systems.ua/products/> - Ajax (Україна).

12. <https://www.alarm.com/solutions/solutions.aspx> - ALARMCOM (Швейцарія).

13. <http://aritech.pro/index.php/katalog> - Aritech (Міжнародна компанія).

14. <https://www.boschsecurity.com/xc/en/> - Bosch (Німеччина).

15. <https://www.cksystem.com/> - C&K Systems (США).

16. http://www.thecrowgroup.com/intrusion_detectors/ - Crow Electronic Engineering Ltd. (Ізраїль).

17. <http://www.dsc.com/dsc-security-products/c/Motion%20Detectors/7> - DSC (Канада).

18. <https://www.riscogroup.com/uk/electronics-line> - Electronics Line (Ізраїль).

19. <http://www.elkron.it/it-it/prodottiesoluzioni/catalogoonline.aspx> - Elkron (Італія).

20. <https://www.innovationservices.philips.com/> - Philips (Нідерланди).

21. <http://www.ru.gsncompany.com/detectors> - GSN Electronic Company Ltd (Ізраїль).

22. <https://firesecurityproducts.com/en/products/intrusion/sensors> - GUARD ALL (Великобританія).

23. <https://www.security.honeywell.com/All-Categories/intrusion/sensors/motion-sensors> - Honeywell (США).

24. <https://www.jablotron.com/ru/produkty-jablotron/signalizacii/kvartirnye-signalizacii> - Jablotron (Чехія).

25. <http://www.kerui.com/index.php> - KERUI (Китай).

R. Holovatsky, M. Lobur

¹Lviv Polytechnic National University

DETERMINATION OF BASIC PARAMETERS AND THEIR BOUNDARY CONDITIONS OF MODERN PASSIVE INFRARED MOTION DETECTORS

© Holovatsky R., Lobur M., 2020

The principle of work of modern passive infrared motion detectors of the known world manufacturers is considered; their peculiarities and fields of use are indicated. Both the typical structural and schematic diagrams are given. The basic parameters of modern passive infrared motion detectors and their boundary conditions have been determined based on the principle of operation of the detector and the synthetic processing of information from primary sources. The boundary conditions for the number of rays of the near middle and far zones of the pattern of motion detectors are given. Limit conditions for supply voltage, operating temperatures, and consumption currents in different operating modes are also given.

Key words: security systems, IR motion detectors, directional diagrams, block diagram, schematic diagram, the efficiency of spreading.