

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАКТОРИТЕ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ АДЕКВАТНОСТТА НА ИДЕНТИФИКАЦИЯТА ПРИ PIR ДЕТЕКТОРИТЕ

Георги ПОПОВ

popovg@tu-sofia.bg

*Технически Университет – София, ФКСУ, София, бул. Кл. Охридски N8, блок I
БЪЛГАРИЯ*

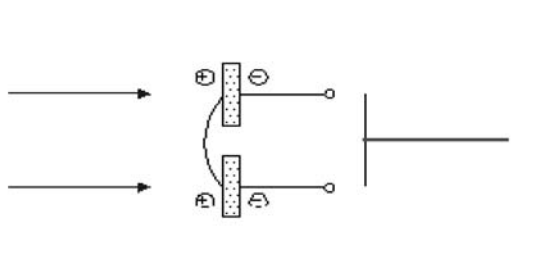
Резюме: В статията се анализират факторите, влияещи върху адекватността на идентификацията при най-масово използваните/детектори за алармени системи – пасивните инфрачервени детектори (PIR). Направени са редица изследвания за установяване на факторите за фалшиви аларми.

Ключови думи: алармени системи, детектори, пасивни инфрачервени детектори, детектори за движение, фалшиви аларми

1. Общи сведения за PIR детекторите

Пироелементът е сензорът на инфрачервения детектор (ИЧД)[1,2,3]. Той е чувствителен към инфрачервена радиация с дължина на вълната 5-14 μm . В тази област се намира както инфрачервеното излъчване на човешкото тяло, така и мощен енергиен слънчев спектър.

За да няма фалшиви аларми, причинени от промяната на температурата, сензорите се конструират с два противоположно свързани елемента (Фиг.1). Когато и двата сензора получат еднаква радиация, генерираните напрежения се уравниават (изваждат) и изходния сигнал е 0V.

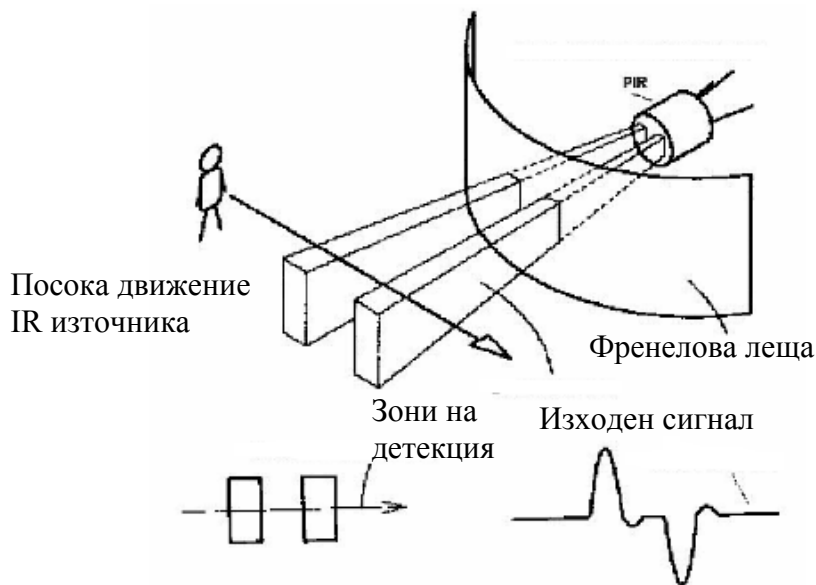


Фиг.1. Конструкция на двоен сензор за PIR детектор

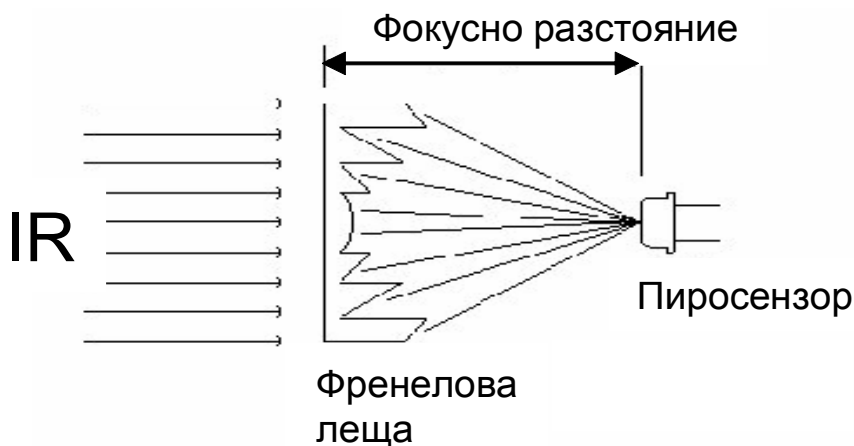
Source: <http://www.interq.or.jp/japan/senoue/e_pyro3.htm#1>

Така конструиран, двойният сензор елиминира лъчението от околния инфрачервен фон и усилва само неговата промяна. Поради факта, че единият от правоъгълните сензори изработва отрицателен сигнал, а другия положителен,

това свойство може да бъде използвано за определяне на посоката на движение на източника на IR емисия. На Фиг.2. е показан изходният сигнал, генериран от преминаването на човешко тяло през една зона.



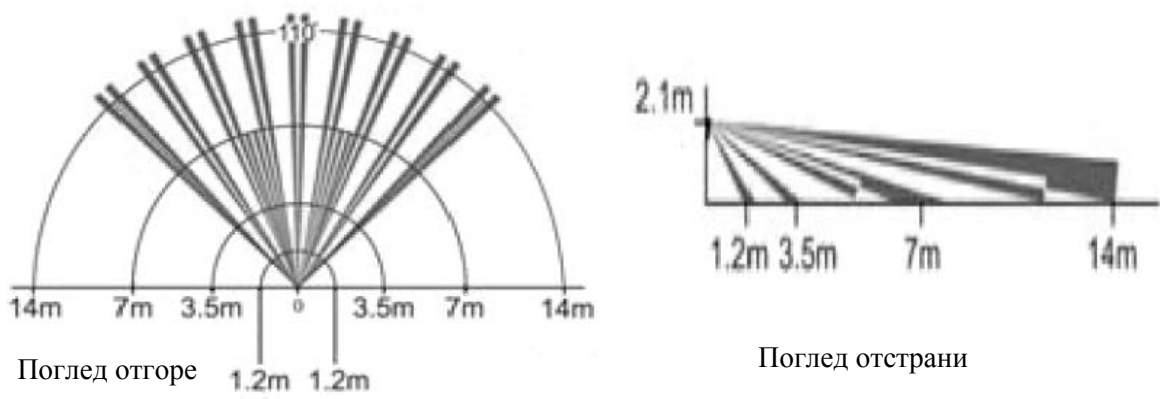
Фиг.2. Изходен електрически сигнал при преминаване на човешко тяло през сектор



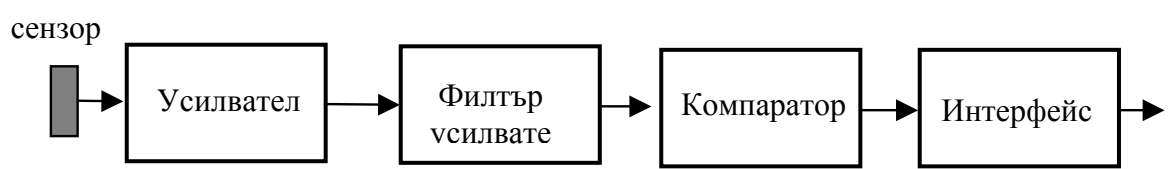
Фиг.3. Типична конструкция на фасетна френелова леща и сензор

Ако се постави на съответното фокусно разстояние (Фиг.3) фасетна френелова леща (напр.тип WA-1), пропускаща спектъра с дължина на вълната от 8 до 14 μ m, се получава типичната оптична конструкция на преобразователната част на PIR детектор.

Полученият детектор, монтиран на височина 2.1m (съобразно ръста на човешкото тяло), има следната диаграма (Фиг.4). Изходното напрежение от сензора има размах 20 mV peak-to-peak при 1V постоянна съставка, като шумът на изхода е 20 μ V peak-to-peak, но достига до 3 mV. Поради тази особености се налага използването на усилвател-филтър.



Фиг.5. Диаграма на ИЧД детектор с леща WA-1



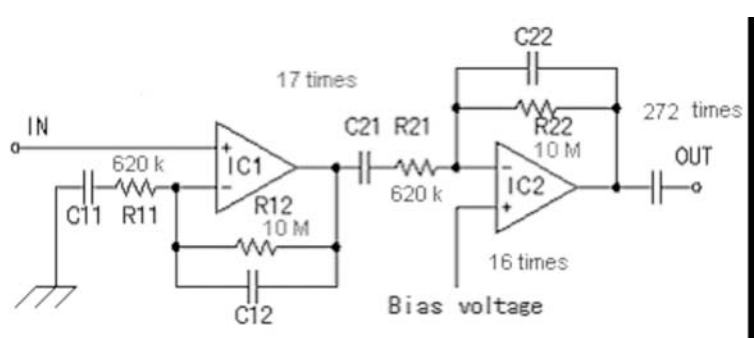
Фиг.6 Блок схема на аналогов ИЧД

Стандартна блокова схема на аналогов ИЧД е показана на Фиг.6. Както се вижда, детекторът се състои от усилвател, който има за задача да усилва полезния сигнал, намиращ се в диапазона от 0,3 до 10Hz. Тази честота се определя от скоростта на пресичане на секторите, показани на Фиг.2. при движение на човешко тяло

На Фиг.7 е показана принципна електрическа схема на филтър-усилвателното стъпало на ИЧД. Използван е висококачествен ОУ LM324, като първата част на схемата е неинвертиращ мащабен усилвател с коефициент на усилване по постоянен ток

$$Ka = 1 + \frac{R_{12}}{R_{11}} = 1 + \frac{1 \cdot 10^7}{6,2 \cdot 10^4} = 17,129 \quad \text{и}$$

честотни корекции.



Фиг.7. Схема на предусилвателния тракт на експерименталния ИЧД

Режекцията на високите честоти се осъществява от C₁₂ и R₁₂, а на ниските от C₁₁ и R₁₁. Граничните честоти на филтъра могат да бъдат намерени по формула (1) [63].

$$\begin{aligned}
 f_o L &= \frac{1}{2\pi C_{11} R_{11}} = \\
 &= \frac{1}{2\pi 0.68 \times 10^{-6} \times 620 \times 10^3} = \\
 &= \frac{1}{32028 \times 10^{-2}} = \\
 &= 0,37 \text{ Hz}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 f_o H &= \frac{1}{2\pi C_{11} R_{11}} = \\
 &= \frac{1}{2\pi 0.0015 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^6} = \\
 &= \frac{1}{12.56 \times 10^{-2}} = \\
 &= 10.61 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

След изчисляване на постояннотоковия режим се получават стойностите на резисторите R_{11} R_{12} , след което се изчисляват и кондензаторите. За така дефинирания филтър $C_{11} = 68 \mu F$, а $C_{12} = 1,5 nF$. Ако се захрани схемата с напрежение $9V$ и се подаде $3V$ на входа на компаратора, може да се изследва формата на сигнала на изхода на схемата.

2. Изследване на PIR детекторите

С цел определяне на признаковото пространство [2], се извършват следните експерименти:

2.1. Изследване на преминаване на човек през сектор

За целта се използва еднолъчева леща тип завеса CU-1 (Curtain -1) на канадската фирма Paradox (Фиг.8).

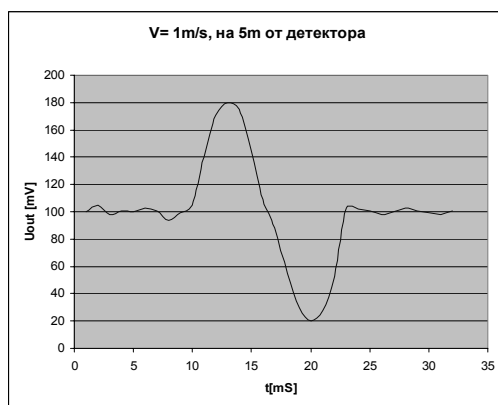
На Фиг.9а е показано пресичане на сектор на разстояние 5 m от детектора от човек с маса 80 kg , скорост 1 m/s при $t = 20^\circ \text{C}$ на околната среда. На Фиг. 9.б е показано пресичане на сектор от човек при същите условия, но при разстояние 12 m .



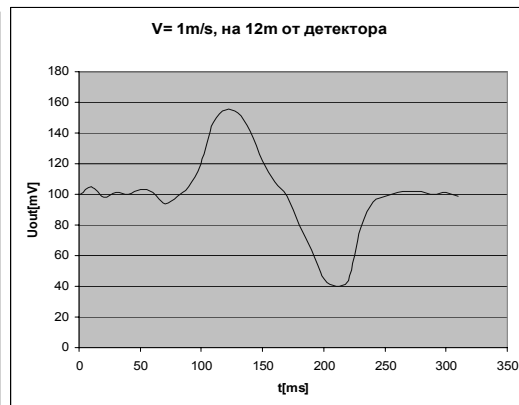
Поглед от горе



Поглед от страни



Фиг.9.а



Фиг.9.б

Времедиаграми на изходния сигнал при пресичане на зона от диаграмата на хипотетичния ИЧД при разстояние 5 m и 12 m .

Основен извод от това изследване е, че при пресичане на зона (сектор) се получава напрежение с “подобна” на синусоида форма. Амплитудата и честотата на получения синусоидален сигнал намаляват с увеличаване на разстоянието от детектора. За средната стойност на сигнала може да се запише:

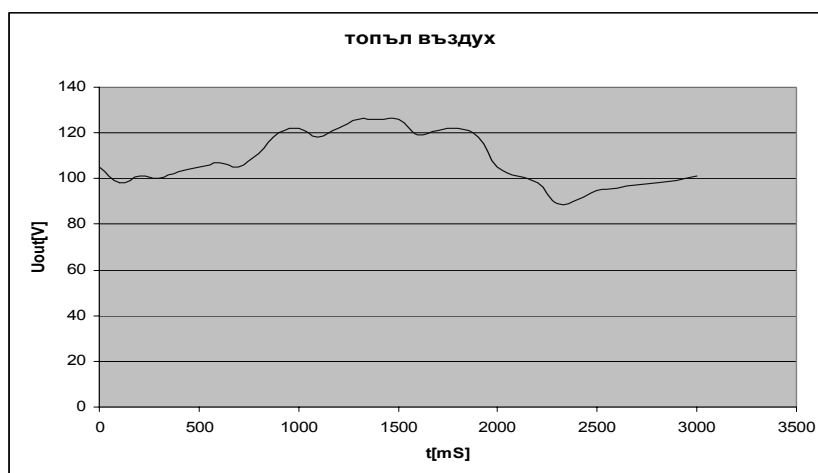
$$(2) \int_{t_1}^{t_2} U_{out}(t)dt \approx U_o, \text{ където}$$

t_1 и t_2 задават периода на пълно пресичане на сектор,

а U_o е постоянната съставка на сигнала.

2.2. Изследване на влиянието на топлинни флуктуации

Продухва се през зоната на детектора включена вентилаторна отоплителна печка с мощност 2 kW. Експериментът моделира горещ въздушен поток причинен от климатик, отоплителен уред или горещ вятър (Фиг.10.).



Фиг.10. Прекарване на гореща въздушна струя през зоната на хипотетичния детектор.

Основният извод е, че не се получава времедиаграма, симетрична спрямо абсцисната ос и че средната стойност на променливотоковата съставка е различна от 0V (вж. формула (2)).

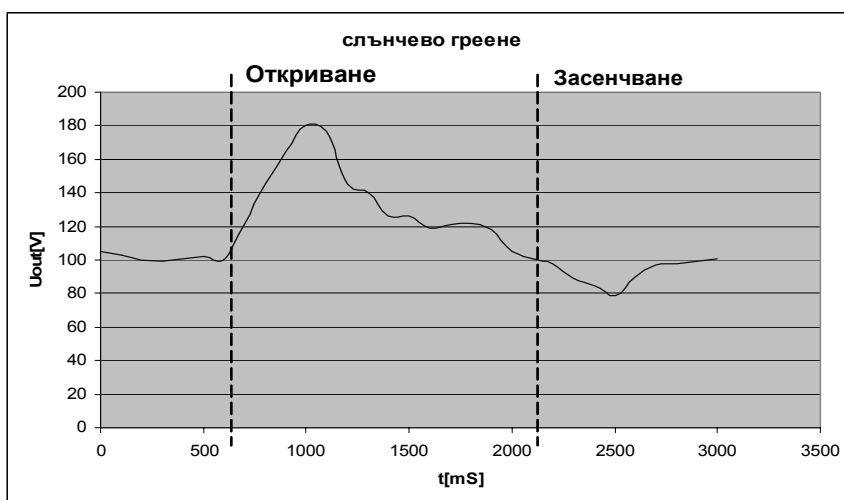
От експеримента се прави извод, че формула (2) може да бъде елемент на признаково пространство за вземане на решения. Липсата на постоянна съставка е типичен признак за адекватна реакция и обратно наличието на такава е показател за фалшива аларма причинена от топлинни флуктуации. Процесингът на детектора трябва да различава тези класове.

2.3. Изследване на влиянието на слънчевото греене

Поради диференциалната структура на сензора, статичната характеристика на детектора е устойчива към температурни

промени. Интерес представлява неговата динамична характеристика при облъчване/закриване с пряка слънчева светлина, което е една от най-честите причини за фалшиви аларми [4]. Схемата на опитната постановка е следната.

Поставя се хипотетичния ИЧД с оптична система насочена пряко към слънцето. На разстояние 3m (посредством стълба и темперирано на околната температура парче велпапе) се имитира засенчване на слънчевата светлина от облаци, движение на сенки или други предмети. Резултатът е показан на Фиг.11. Основният извод от този експеримент е, че полученият сигнал при облъчване е по-голям от този при засенчване. Обяснение на това е интензивния слънчев поток, който насища пироелемента.



Фиг.11. Изследване на хипотетичния ИЧД за наличие на слънчева светлина. В началото на експеримента детекторът е засенчен, след това се открива и после се засенчва отново

От експеримента се прави извод, че формата на сигнала не е чисто синусоидална, има наличие на постоянна съставка и полупериодите на положителната и отрицателна полувайна не са еднакви.

2.4. Изследване на влиянието на електромагнитната интерференция

Радиозащитеността на ИЧД е много важна характеристика на всеки ИЧД, т.к., тя е една от причините за фалшиви аларми. В повечето страни се извършва непрекъсната проверка за радиозащитеност на PIR детекторите. У нас такива изследвания се правят в ИСТ към МВР, а във Великобритания от асоциацията на инсталаторите на алармени системи (BSIA)[4,5]. Целта е да се установят модели и партии, които нямат добра радиозащитеност и предизвикват фалшиви аларми. За целта се извършва непрекъсната статистика на всички използвани PIR детектори в страната.

Радиосмущенията предизвикват фалшиви аларми по няколко пътя:

- **Посредством смущения по захранващ кабел.** Към алармените системи

посредством общо захранване е свързан радиосот трансмитер, излъчващ с мощност до 7 W (консумирана импулсна мощност до 30W). Смущенията се наслагват по захранващото напрежение, преминават през развързващите вериги на захранването на системата и детектора и попадат във веригата на предусилвателя на детектора;

- **Посредством индуктиране е.д.н. в елементите на схемата на ИЧД.** Радиосот трансмитерите излъчват на честоти от 145 MHz до 175MHz. Най-често използвана е $\frac{\lambda}{4}$ антена. При тези честоти

компонентите на детектора и пътеките на печатната му платка са съизмерими с дължината на вълната и се индуктират напрежения, пораждащи фалшиви аларми;

- **Посредством индуктиране в самия пирозензор.** Инфрачервената радиация на човешкото тяло е близка до електромагнитния спектър. Промяна на електрическото поле може да предизвика дислоциране на обемните заряди в самия сензор и ефекта е напрежение на изхода му.

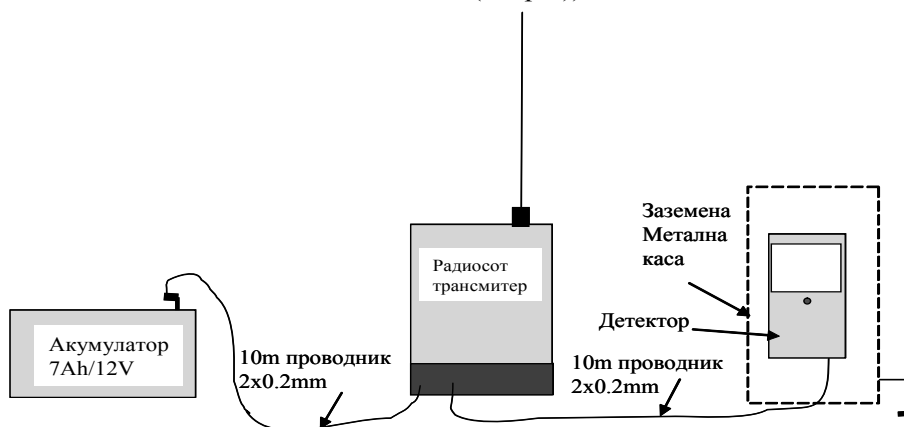
За изследване на радиосмущенията предавани по кабел (Фиг.12) се използва

радиосот предавател ATS производство на израелската фирма KP Electronics [6], настроен на изходяща мощност 3W. Свързват се с общ проводник хипотетичния ИЧД и предавателя и се захранват от 12V/7Ah акумулаторна батерия. Използва се захранващ кабел 0,2mm с дължина от батерията до предавателя 10m и от предавателя до детектора също 10m. За екраниране детекторът се поставя в заземен (занулен) метален шкаф. При излъчване на предавателя, PIR датчикът превключва в алармено състояние. Прави се експеримент, като се използват различни варианти за филтриране на захранващото напрежение, с цел да се избегне фалшивото сработване:

- *чрез развързващ акумулатор* – в близост до трансмитера, се свързва паралелно на него оловен акумулатор тип 12V/2.2Ah. Забелязва се, че при мощност 3W, детекторът не сработва фалшиво. Увеличава се плавно

мощността и при 7W детекторът отново сработва.

Изводът от експеримента е, че развързващият акумулатор играе филтрираща роля, т.к. той служи да отдава моментна мощност на предавателя и това намалява смущенията по проводниците. Недостатък на метода е, че акумулаторът заема място, старее (около 3г. експлоатационен срок) и при спадане на капацитета му може след време в системата да настъпят откази (фалшиви аларми). Също така не се подобряват параметрите на детектора, а се ограничава смущаващото влияние на трансмитера. Основно преимущество в случая се явява фактът, че такъв акумулатор е необходим за автономната работа на трансмитера (при прерязване на свързващия с АС кабел се прекъсва антисаботажната верига и се излъчва сигнал “саботаж” (tamper)).



Фиг.12. Схема на опитната постановка за изследване на радиозащитеността на PIR детектори, при предаване на смущенията по кабел

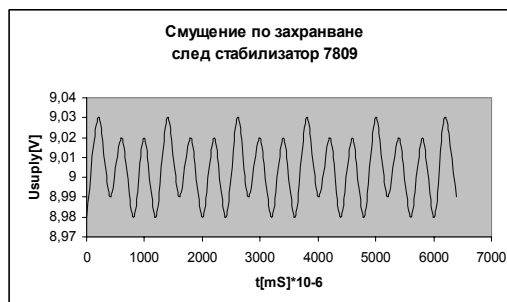
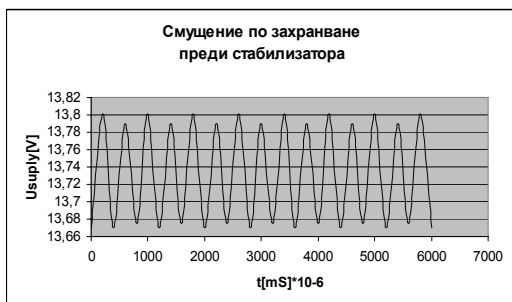
- *чрез филтрова верига* – свързва се RC филтър между детектора и трансмитера. Използва се бобина с $L=0,1H$ и кондензатор $100 \mu F$. Забелязва се, че филтровата група няма особено значение – подобна има на входа на всеки PIR детектор;

- *чрез последователно включване на стабилизатори 78L09 и 78L05*, заедно с прилежащите им филтрови кондензатори. (Методът е взиман от автоалармите SUN, които работят при силно зашумена електрическа среда.). При направени проби за излъчваната мощност от 3W до 10W,

детекторът не се задейства. Качествената филтрация на смущенията се дължи на дълбоките ООВ в схемите стабилизаторите и прилежащите развързващи кондензатори.

Осцилограмите на захранващото напрежение преди и след каскадно свързаните стабилизатори имат вида (Фиг.13).

След втория стабилизатор 7805, захранващото напрежение е стабилно и няма значими смущения, причинени от предавателя.



Фиг.13. Осцилограми на захранващото напрежение преди и след стабилизаторите

Изводът от направените експерименти е, че последователното включване на на два стабилизатора е най-добрият начин за филтриране на вредните смущения, проникващи в ИЧД по захранващ кабел. Предимството на метода, в сравнение с LC или RC филтрите се състои в следните факти: по-добър коефициент на стабилизация, по-малки размери, по-дълъг експлоатационен срок (няма стареене на електролитни кондензатори), по-малки размери, по-ниска цена и по-висока технологичност на изработка.:

За изследване на радиосмущенията чрез индукция се свързват радиосот предавател и хипотетичния PIR детектор към две отделни акумулаторни батерии (развързват се галванично) посредством 10m проводници. Предавателят се пуска да излъчва на мощност 7W и се доближава до детектора на такова разстояние, че да започне да предизвиква фалшива аларма. Експериментално разстоянието от което детектора сработва се определя на 120cm.

Във втората фаза на експеримента захранващия кабел се подменя с екраниран. Разстоянието, от което се задейства детектора се намалява на 55cm.

В третата фаза на експеримента, детекторът е поставен в метална кутия, свързана към маса и захранен с неекраниран кабел. Фалшиви аларми се получават, при поставяне на антената на предавателя успоредно на захранващия кабел на разстояние 10cm.

В четвъртата фаза на експеримента, е използван екраниран проводник и детекторът е поставен в металната кутия. Ширмовката и металната кутия са свързани на минус на захранването на детектора, както при действителните алармени системи. Фалшиви

сработвания се получават при допиране на антената до захранващия кабел.

Изводите от направените експерименти за фалшиво сработване на PIR детектори, причинено от електромагнитна индукция и напрегнатост на полето са:

- голяма част от смущението се предава по захранване – съединителните проводници са дълги линии, имат топология на антена и в тях се индукира е.д.н., което свежда случая до гореописания;
- смущенията се предават и чрез “масата” на захранването, което прави екранировката на печатната платка на изделието слабо ефективна;
- радиополето влияе на самия пиросензор, като вероятно предизвиква дислоциране на обемните заряди в самия сензор и съответно напрежение на изхода му;
- решение на проблема могат да бъдат диференциални и компенсаторни схеми.

3.Изводи от изследването на PIR детектора

Въз основа на направения анализ за наличие на алармена ситуация може да се съди по следните признаци на получения от пироелемента сигнал:

- амплитуда - колкото по-висока е тя, толкова по-голяма е вероятността за алармена ситуация;
- честота - при движение на човек в охранявания обем със скорост 0.15m/s до 8 m/s, честотата на сигнала е от 0.8Hz до 10Hz. По-ниска честота говори за топлинни смущения (слънчеви петна, течения) и температурна флукутация, а по-висока - за

наложени радиосмущения, вибрации и др.;

- форма на сигнала - ако се премахне постояннотоквата съставка, формата на получения сигнал трябва да бъде синусоидална. Всяка промяна на сигнала от тази форма, говори в известна степен за фалшив сигнал. Интегралната енергия на променливотоковия сигнал за един период трябва да е приблизително $0V$, вж. Формула (2).
- енергия на сигнала - вероятността за алармена ситуация е право пропорционална на променливотоковата енергия на сигнала.

Повечето аналогови детектори съдят по един от признаците на сигнала, най-често амплитудата. Това са т.нар. прагови (threshold) детектори. Ако амплитудата на входния сигнал е над определено ниво, то това е признак за алармена ситуация. С цел редуциране на фалшивите аларми, в детекторите са предвидени броячи, като алармен сигнал има след 1, 2 или 3 преминавания на прага за определено време.

Проблем при този анализ е, че при тези детектори, преминаването на мишка на

2m и на кон на 20m дават една и съща амплитуда [2]. Аналогичен проблем има и при детекторите, които реагират на енергията на сигнала, постъпила за единица време. За по-прецизна детекция би следвало да се отчитат адекватно всички фактори.

References:

- [1]:<http://www.interq.or.jp/japan/senoue/e_puro3.htm#1
- [2] Петков Б., *Алармени системи, I- част*, София, 1997г
- [3] Capel V., *Security Systems and Intruder Alarms*, Oxford, 1992.
- [4] British Security Industry Association, *Security Systems Section Strategy For Intruder Alarm Systems*, April 2005
- [5] Radio Society of Great Britain -EMC Committee, *Radio Transmitters and Home Security Systems*, Leaflet EMC 02, 4th Edition, January 2005 <http://www.rsgb.org.uk>.
- [6]Goode S, *The Cost of Crying Wolf*, The Washington Times, Waste & Abuse/Justice, p. 36, October 30, 1995.
- [7] Keller H. J., *Advanced Passive Infrared Presence Detectors as Key Elements in Integrated Security and Building Automation Systems*, IEEE, pp.75-77, 1993.

INVESTIGATION OF PIR MOTION DETECTORS

George Popov

Technical University - Sofia, Comp. Science dept. Kliment Ohridski str 8, 1000 Sofia
BULGARIA

Abstract: *This paper analyses the factors which depends on adequacy of identification at the most recently used detector in security systems – PIR's. There are made multiple investigations of false alarm factor.*

Key words: *alarm systems, security systems, motion detector, passive infrared detector, false alarm factors*