

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНСОРІВ ДЛЯ ЦИФРОВИХ ВИМІРЮВАЧІВ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР

© Х. Василюха, В. Яцук, Ю. Яцук, В. Здеб, 2017р.

Національний університет „Львівська політехніка”, Львів, Україна

Наявні нормативно-технічні документи, які встановлюють методи випробувань та обчислення теплових характеристик сонячних колекторів підкреслюють необхідність проведення постійних метрологічних робіт. Зокрема це міжнародні стандартів та гармонізовані в Україні, наприклад: ДСТУ ISO 9806-1:2005; ДСТУ ISO 9806-2:2005; ДСТУ ISO 9806-3:2005; ДСТУ ISO 9846:2006; ДСТУ ISO 9847:2007; ДСТУ ISO 9459-1:2005; ДСТУ ISO/TR 9901:2006. Поведений аналіз контрольно-вимірювальної апаратури під час таких випробувань показав, що інформативним сигналом радіометра з електричним замінням (калориметра) [1] є різниця температур приймача енергій випромінювання і довкілля. Очевидно за умови забезпечення високої швидкодії вимірювань ця різниця температур повинна бути якомога меншою [2]. Саме тому основним завданням даної роботи є провести експериментальні дослідження напівпровідникових перетворювачів температури (НПТ) з метою прецизійного вимірювання температури в радіометрі з електричним замінням. Це дасть змогу підвищити точність та спростити процедуру лабораторних випробувань сонячних колекторів.

Розроблена експериментальна устава для дослідження напівпровідникових температурних сенсорів, яка побудована на основі струмозадавального двополюсника з можливістю підстроювання значень вимірювальних струмів. Конструктивно НПТ являли собою п'ять послідовно сполучених змонтованих на платі та загерметизованих транзисторних діодів, які розміщувались в цифровому прецизійному рідинному термостаті типу ТСП-0105 НО, в якому встановлювались задані значення температури від 0 °С до +80 °С з дискретністю 10 °С. Спадки напруг на транздіодах та зразкових резисторах для контролю значення вимірювальних струмів вимірювались з допомогою прецизійного мультиметра Picotest M3511A.

Серед досліджуваних транзисторів типів BC858C, BC859B, BCW61C (р-п-р структура) та BC849B, BC849C, BC850BE (п-р-п структура) були обрані транзистори типу BCW61C [3, 4], з найменшим розкидом значень спадків напруг від зразка до зразка: ± 49 мкВ ($\pm 0,049$ °С) (таблиці 1 і 2), для подальших досліджень в комплексі з цифровим вимірювачем температури. Експериментально встановлений розкид значень спадків напруги на НПТ $\Delta U_{\beta ei}$ визначався співвідношенням $\Delta U_{\beta ei} = U_{\beta ei} - U_{\text{ср.}\beta ei}$, де $U_{\beta ei}$ – спадки напруги на р-п переходах НПТ і-того сенсора; $U_{\text{ср.}\beta ei}$ – середнє значення спадків напруги на р-п переходах НПТ і-того сенсора.

Таблиця 1

Значення розкидів спадків напруг (в мілівольтах) для НПТ з п'ятьма послідовно сполученими транзисторами типу BCW61C при $I_T=1\text{мА}$

№	$\Delta U_{\beta ei}$, мВ								
	Темп. 0°С	Темп. 10°С	Темп. 20°С	Темп. 30°С	Темп. 40°С	Темп. 50°С	Темп. 60°С	Темп. 70°С	Темп. 80°С
1	0,15	0,13	0,04	-0,11	-0,11	-0,1	-0,16	-0,13	-0,08
2	-0,32	-0,35	-0,37	-0,42	-0,46	-0,43	-0,48	-0,49	-0,47
3	0,39	0,44	0,46	0,42	0,43	0,47	0,46	0,46	0,45
4	-0,42	-0,32	-0,35	-0,22	-0,2	-0,19	-0,19	-0,15	-0,14
5	0,1	0,15	0,12	0,14	0,15	0,16	0,2	0,25	0,21
6	-0,01	-0,07	0,005	-0,03	-0,03	-0,04	0	-0,001	-0,08
7	0,01	-0,06	0,005	0,09	0,11	0,18	0,25	0,28	0,27
8	0,01	-0,04	-0,005	-0,004	-0,07	-0,07	-0,1	-0,13	-0,14
9	0,09	0,12	0,09	0,016	0,18	0,02	0,03	-0,06	-0,03

Розроблено структуру цифрового вимірювача різниці температури з досліджуваними сенсорами (рис. 1). Схема вимірювача різниці температур базується на двох перетворювачах напруга-струм, в зворотний зв'язок яких увімкнено температурні сенсори. Шляхом використання одного джерела опорної напруги через сенсори

Експериментально встановлені розкиди спадків напруг (в градусах Цельсія) для НТП з п'ятьма послідовно сполученими транзисторами типу BCW61C при $I_f=1\text{mA}$

№	$\Delta U_{\text{вез}}, \text{ }^\circ\text{C}$								
	Темп. 0°C	Темп. 10°C	Темп. 20°C	Темп. 30°C	Темп. 40°C	Темп. 50°C	Темп. 60°C	Темп. 70°C	Темп. 80°C
1	0,015	0,013	0,004	-0,011	-0,011	-0,01	-0,016	-0,013	-0,008
2	-0,032	-0,035	-0,037	-0,042	-0,046	-0,043	-0,048	-0,049	-0,047
3	0,039	0,044	0,046	0,042	0,043	0,047	0,046	0,046	0,045
4	-0,042	-0,032	-0,035	-0,022	-0,02	-0,019	-0,019	-0,015	-0,014
5	0,01	0,015	0,012	0,014	0,015	0,016	0,02	0,025	0,021
6	-0,001	-0,007	0,0005	-0,003	-0,003	-0,004	0	-0,0001	-0,008
7	0,001	-0,006	0,0005	0,009	0,011	0,018	0,025	0,028	0,027
8	0,001	-0,004	-0,0005	-0,004	-0,007	-0,008	-0,01	-0,013	-0,014
9	0,009	0,012	0,009	0,016	0,018	0,002	0,003	-0,006	-0,003

протікатимуть однакові струми. Вихідні сигнали обох перетворювачів рівні спадкам напруг на сенсорах та подані на диференційні входи АЦП, що дозволяє отримати вихідний код пропорційним до вимірюваної різниці температур.

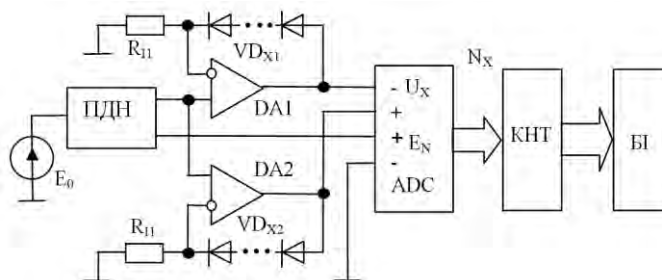


Рис. 1. Структурна схема цифрового вимірювача різниці температур:
ПДН – подільник напруги; КНТ – контролер; БІ – блок індикації

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень розкиду температурних залежностей НТП, що не перевищували $\pm 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ у всьому вимірювальному діапазоні від $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+80 \text{ }^\circ\text{C}$, можемо зробити висновок про те, що значення розкидів не залежить від значень вимірювальних струмів. Проведені експериментальні дослідження підтверджують ефективність застосування запропонованих температурних сенсорів у наведеній конструктивній схемі цифрового вимірювача різниці температур для випробувань сонячних колекторів, а також у таких галузях як харчова промисловість, комунальне і сільське господарство і т.п.

ПОДЯКИ

Наукові результати, представлені у цій статті, були отримані в рамках проекту 0115U000446, 01.01.2015 - 31.12.2017, який фінансується Міністерством освіти і науки України.

1. Назаренко Л. А. Развитие прецизионной фотометрии и радиометрии / Л. А. Назаренко, Е. П. Тимофеев // Сучасні проблеми світлотехніки: матеріали IV між нар.наук.-техн. конф. Харків, 2011. - С. 15–17. 2. Серкез Х.В. Покращення характеристик приймачів сонячного випромінювання з електричним заміщенням / Х. В. Серкез., В. О. Яцук, Ю. В. Яцук // Вісник Нац-ного ун-ту „Львівська політехніка”. – Львів, Вид-во НУ —ЛП”, 2013. - Вип. 753.- —Автоматика, вимірювання та керування”.– С. 25 – 30. 3. Серкез Х. В. Дослідження діодних сенсорів температури для застосування в абсолютному радіометрі з електричним заміщенням / Х. В. Серкез, В. О. Яцук // Збірник наукових праць X Міжнародної науково-технічної конференції „Метрологія та вимірювальна техніка”. – Харків, 2016. – С. 125. 4. Серкез Х. В. Дослідження взаємозамінності характеристик напівпровідникових сенсорів для вимірювання різниці температур під час випробувань сонячних перетворювачів / Х. В. Серкез, Ю. В. Яцук, А. Г. Павельчак // збірник матеріалів Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології „Technical Using of Measurement-2016”. – Київ: Академія метрології України, 2016. – С. 70-71.