

ностей. Наведено приклади розрахунку неоднорідного розподілу електричного поля в діелектричному середовищі з урахуванням його нелінійних і неоднорідних властивостей. Бібл. 23, рисунок.

Ключові слова: електричне поле, діелектрик, нелінійність, неоднорідність, провідність, проникність, включення, чисельні методи.

М.А. Shcherba

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

The mathematical modeling of strong electric fields in nonlinear and inhomogeneous dielectric medium

The modern methods of strong electric fields simulation in dielectric media with nonlinear and/or inhomogeneous properties have been described. The discretization algorithms, benefits and lacks of finite element, finite difference and finite volume methods have been compared. The examples of finite element method impletion for nonlinear and inhomogeneous medium have been made. It was shown that the dependence of the medium parameters on the electric field is possible to set theoretically by using the medium crystalline model or by using the approximate expressions on the experiments results. Inhomogeneous media with microstructures (multiscale media) may be set with the homogenization methods (determination of average effective parameters), the statistical distribution (random functions) or accounting for individual micro-defects (inclusions, juts, treeings) and their closely spaced sets. The calculation examples of the electric field inhomogeneous distribution in a dielectric medium with nonlinear and inhomogeneous properties have been made. References 23, figure.

Key words: electric field, dielectric, nonlinearity, heterogeneity, conductivity, permeability, inclusion, numerical methods.

Надійшла 10.03.2015

Received 10.03.2015

УДК 681.313.39

**ВИМІРЮВАЧ ТОЧКИ РОСИ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО
СЕРЕДОВИЩА ГЕНЕРАТОРА-ДВИГУНА СВО 1225/255-40 УХЛ 4**

О.Л. Ламеко¹, канд. техн. наук, **А.С. Левицький²**, докт. техн. наук, **А.П. Жук³**, гол. інж.,
І.А. Жук⁴, канд. техн. наук

1 – Державне підприємство "Енергоімпульс" Інституту електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

2 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

3, 4 – Філія «Дирекція з будівництва Дністровської ГАЕС» ПАТ «Укргідроенерго»,
м. Новодністровськ, Чернівецька обл., 60236, Україна

Наведено результати досліджень зі створення вимірювача точки роси повітряного охолоджувального середовища генератора-двигуна СВО 1225/255-40 УХЛ 4, який створено на базі інтегрального датчика відносної вологості й температури типу SHT 25 і мікроконтролера C8051F310. Представлено методику та результати калібрування вимірювача за відносною вологістю. Наведено результати випробувань вимірювача на вплив електромагнітного поля промислової частоти та імпульсних наносекундних завад. Бібл. 20, рис. 9, табл. 3.

Ключові слова: генератор, охолодження, повітря, відносна вологість, температура, точка роси, вимірювання, завади.

При експлуатації генераторів-двигунів типу СВО 1225/255-40 УХЛ 4 Дністровської ГАЕС під час тривалих зупинок машини через підвищену вологість повітря може відбуватися зволоження обмоток статора і ротора. Щоб його уникнути, необхідно постійно вимірювати температуру точки роси повітря поблизу обмоток і при її наближенні до температури обмоток включати спеціальні електронагрівачі [4].

Найбільш поширеним методом визначення температури точки роси є метод одночасного вимірювання температури і відносної вологості повітря в одному і тому ж обсязі. При цьому температура точки роси визначається за виміряними значеннями температури і вологості

повітря за допомогою формул або психрометричних таблиць. Формула для розрахунку температури точки роси має вигляд [8, 17]

$$T_{TP} = \frac{237,7 \cdot \left(\frac{17,27 \cdot T}{237,7 + T} + \ln RH \right)}{17,27 - \left(\frac{17,27 \cdot T}{237,7 + T} + \ln RH \right)}. \quad (1)$$

В якості сенсорів відносної вологості найбільш часто використовують сенсори ємнісного типу, в яких використовується просте перетворення: відносна вологість – електрична ємність, тобто $C = f(RH)$ [11, 19].

Визначальними перевагами саме ємнісних сенсорів є такі:

- здатність працювати в широкому діапазоні температур;
- здатність працювати (при ефективному екрануванні) при впливі електромагнітних полів;
- висока технологічність виробництва цих сенсорів, що дає змогу створювати навіть прецизійні сенсори з відносно невеликою собівартістю;
- можливість перекриття повного діапазону відносної вологості від мінімальних значень до 100 %;
- мініатюрність, що відкриває можливості для точкових вимірювань.

Ємнісний принцип вимірювання відносної вологості лежить в основі сенсорів, які виготовляються такими відомими компаніями, як Sensirion [12], Honeywell [14], Vaisala [13], Michell Instruments [16] і Measurement Specialties [15].

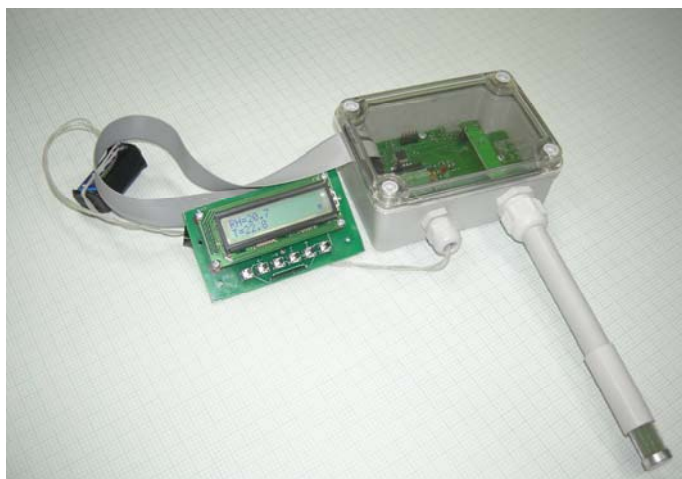


Рис. 1

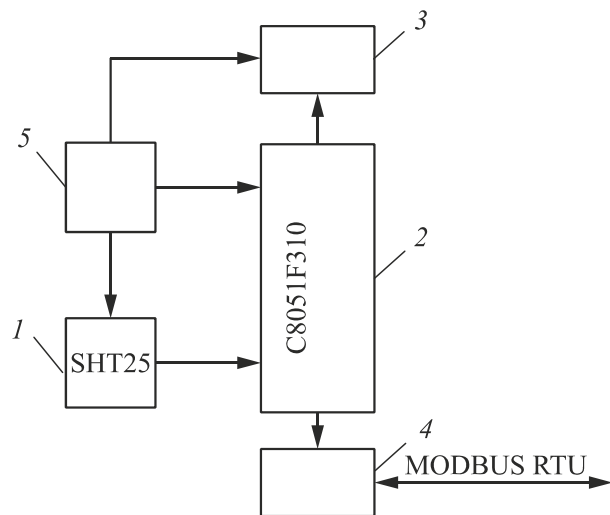


Рис. 2

У цій роботі наводяться результати досліджень по створенню вимірювача точки роси типу DVT-160 (рис. 1). Вимірювач DVT-160 розроблено у відділі електричних і магнітних вимірювань Інституту електродинаміки НАН України спільно з Державним підприємством «Енергоімпульс» при ІЕД НАН України. Цільове призначення вимірювача – використання на Дністровській ГАЕС ПАТ «Укргідроенерго» в якості вимірювача точки роси охолоджуючого повітря генератора-двигуна СВО 1225 / 255-40 УХЛ 4.

Як чутливий елемент в DVT-160 використано інтегральний датчик відносної вологості й температури типу SHT 25 фірми Sensirion [10]. Обчислення точки роси за формулою (1) проведено в приладі за допомогою мікроконтролера C8051F310 [9].

Структурну схему DVT-160 показано на рис. 2, де позначено: 1 – датчик відносної вологості й температури SHT 25; 2 – мікроконтролер C8051F310; 3 – блок індикації; 4 – інтерфейс; 5 – блок живлення. Датчик SHT 25 є одним з найбільш точних приладів такого типу. Він забезпечує цифрове вимірювання температури і відносної вологості з роздільною здатністю до 14 і 12 біт відповідно. Похибку вимірювання відносної вологості в діапазоні від 0 до

100 % для датчиків типу SHT 25 і SHT 21 показано на рис. 3.

У межах рекомендованого нормального діапазону вимірювання датчик SHT 25 працює стабільно. На рис. 4 відображено діапазони вимірювання: 1 – нормальний; 2 – максимальний. Тривала дія навколишнього середовища за межами норми, особливо при відносній вологості, більшій ніж 80 %, може тимчасово змістити значення вологості на 3 % (після 60 год). Після повернення в нормальний діапазон датчик протягом деякого часу повертається до паспортної похибки.

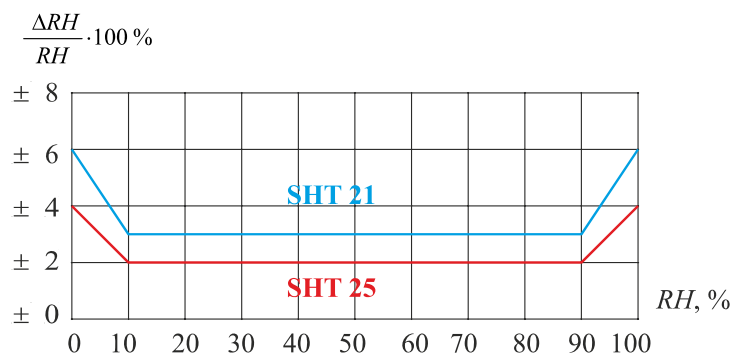


Рис. 3

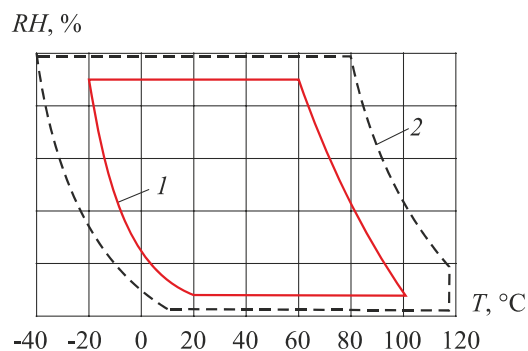


Рис. 4

Калібрування вимірювача за відотною вологістю. Для визначення метрологічної характеристики розробленого вимірювача було проведено калібрування за відотною вологістю з використанням насичених розчинів деяких солей. Градувальні засоби такого типу, що дають змогу отримувати повітря з відотною вологістю від 3 до 98 %, отримали назву гігростатів [1].

Відомо [1, 20], що для всіх водних розчинів, а також самої води властивим є певний тиск насиченої пари будь-якого розчину. Він залежить від того, яка речовина в ньому розчинена і в якій кількості. Насичені розчини різних солей мають різний тиск насиченої пари, тобто в закритому об'ємі відносна вологість над поверхнею цих розчинів для кожної окремої солі при певній температурі буде постійною. Основними довідковими матеріалами про значення відносної вологості над сольовими розчинами і вплив температури на ці значення є експериментальні дані. У гігromетрії найнадійнішими вважаються дані National Bureau of Standards (США) [20], наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Температура, °C	Відносна вологість розчинів солей						
	LiCl·H ₂ O	MgCl ₂ ·6 H ₂ O	Mg(NO ₃) ₂ ·6 H ₂ O	NaCl	(NH ₄) ₂ SO ₄	KNO ₃	K ₂ SO ₄
0	14,7	35,0	60,6	74,9	83,7	97,6	99,1
5	14,0	36,4	59,2	75,1	82,6	96,6	98,4
10	13,3	34,2	57,8	75,2	81,7	95,5	97,9
15	12,8	33,9	56,3	75,3	81,1	94,4	97,5
20	12,4	33,6	54,9	75,5	80,6	93,2	97,2
25	12,0	33,2	53,4	75,8	80,3	92,0	96,9
30	11,8	32,8	52,0	75,6	80,0	90,7	96,6
35	11,7	32,5	50,6	75,5	79,8	89,3	96,4
40	11,6	32,1	49,2	75,4	79,6	87,9	96,2
45	11,5	31,8	47,7	75,1	79,3	86,5	96,0
50	11,4	31,4	46,3	74,7	79,1	85,0	95,8

Більш повні дані, що охоплюють розчини понад 88 солей у діапазоні температур від 2 до 100 °C, наведені в роботі [18].

За умови правильної побудови та експлуатації сольових гігростатів з їх допомогою можна отримувати парогазові суміші з абсолютною похибкою, що не перевищує $\pm 1\%$ відносної похибки [1].



Рис. 5

Достоїнствами сольових гігростатів є їх простота і надійність в експлуатації. У свою чергу, їх недоліками є можливість отримання лише обмеженої кількості дискретних значень вологості, обмежений температурний діапазон, межі якого визначаються температурами кипіння і замерзання використовуваного розчину при даному тиску, а також велика тривалість досягнення рівноваги вологості. Крім цього, деякі незручності пов'язані з необхідністю заміни розчину для переходу до нового значення вологості.

Під час процесу калібрування датчик вимірювача розміщувався в герметичній посудині ємністю 1 л (рис. 5), яка у свою чергу встановлювалася в термокріокамері МС-71, де підтримувалася постійна температура 25 °С. Потім у посудину вливали насичений розчин певної обраної солі й відразу закривали кришкою. Через деякий час $t_{\text{поч}}$ (для кожної солі свій) у посудині встановлювалася відповідна відносна вологість RH_0 . За індикатором вимірювача проводився відлік відносної вологості RH , вимірюваної приладом через кожні 10 хв протягом 1,5 год. За допомогою різних сольових розчинів було перевірено точки $RH_{01} = 12,1\%$, $RH_{02} = 33,1\%$, $RH_{03} = 75,5\%$ і $RH_{04} = 97,6\%$. Потім обраховувались середні значення $RH_{1\text{CP}}$, $RH_{2\text{CP}}$, $RH_{3\text{CP}}$ і $RH_{4\text{CP}}$.

Результати калібрування вимірювача DVT-160 наведено в табл. 2.

Таблиця 2

$RH_{01}=12,1\%$; $t_{\text{поч}} = 30$ хв		$RH_{02}=33,1\%$; $t_{\text{поч}} = 30$ хв		$RH_{03}=75,5\%$; $t_{\text{поч}} = 1$ год		$RH_{04}=12,1\%$; $t_{\text{поч}} = 3$ год	
t , хв.	$RH_1, \%$	t , хв.	$RH_2, \%$	t , хв.	$RH_3, \%$	t , хв.	$RH_4, \%$
0	12,9	0	33,1	0	73,1	0	93,9
10	12,9	10	33,2	10	73,4	10	94,0
20	12,1	20	33,2	20	73,6	20	94,1
30	12,1	30	33,3	30	73,8	30	94,3
40	12,1	40	33,3	40	73,9	40	94,4
50	14,1	50	35,8	50	78,0	50	94,5
60	13,7	60	35,7	60	77,8	60	94,6
70	13,6	70	35,6	70	77,7	70	94,6
80	13,5	80	35,3	80	77,7	80	94,7
90	13,4	90	35,2	90	77,6	90	94,7
$RH_{1\text{CP}} = 13,0\%$		$RH_{2\text{CP}} = 34,4\%$		$RH_{3\text{CP}} = 75,7\%$		$RH_{4\text{CP}} = 94,4\%$	

Значення $RH_{01} \dots RH_{04}$ і $RH_{1\text{CP}} \dots RH_{4\text{CP}}$ було занесено в пам'ять мікроконтролера, визначено функцію перетворення вимірювача та коригувальні поправки.

Слід зазначити, що DVT-160, як і всі сучасні пристрої на базі мікроконтролерів, має підвищену чутливість до електромагнітних завад різного типу. Основними причинами зростання чутливості цифрової техніки до таких завад є зростання швидкості передачі інформації та підвищена критичність до похибок внаслідок більш щільної "упаковки" інформації [7]. Зі зростанням робочих частот зростають коефіцієнти ємнісного й індуктивного зв'язку, що характеризують паразитні взаємовпливи між різними електричними колами, і відповідно зростає рівень електромагнітних збурень. Тому DVT-160 був підданий випробуванням на стійкість до деяких видів електромагнітних завад.

Випробування вимірювача на вплив змінного електромагнітного поля. Для більш достовірного визначення точки роси охолоджуючого повітря генератора-двигуна СВО 1225 / 255-40 УХЛ 4 датчик SHT 25 має встановлюватися якомога ближче до обмотки статора машини. Природно, що під час роботи машини він буде піддаватися впливу сильних електромагнітних полів.

Для якісної оцінки ступеня впливу на DVT-160 змінного електромагнітного поля було розроблено і виготовлено випробувальний стенд, схема якого показана на рис. 6. Він складається з осердя 1, котушки 2, джерела живлення 3 і вимірювача сили струму 4. При подачі змінної напруги на котушку 2 у повітряному зазорі λ осердя 1 створювалося змінне магнітне поле з індукцією B_λ . Індукція B_λ викликала в спеціальній вимірювальній котушці 5, також розміщеній в зазорі λ , напругу, функціонально залежну від індукції. Випробовуваний датчик 6 (SHT 25) розміщувався в зазорі поруч з котушкою 5. Відлік показань приладу (RH , T , T_{TP}) проводився за допомогою вторинного перетворювача 7. Загальний час впливу електромагнітного поля (від його мінімального до максимального значення) на датчик SHT 25 склав 30 хв.

За даними вимірювальної котушки 5 була визначена функціональна залежність $U_{BK} = f(B_\lambda)$. Як відомо [3], індукційна напруга U_{BK} в котушці 5 може бути визначена як

$$U_{BK} = B_\lambda \cdot S \cdot N \cdot \omega, \quad (2)$$

де B_λ – магнітна індукція в зазорі λ ; S – площа котушки 5, через яку проходить магнітний потік; $N = 10$ – кількість витків котушки 5; $\omega = 2\pi \cdot 50 \frac{1}{c}$ – частота.

У свою чергу

$$S = \frac{\pi}{4} (D_{BK} + 2d_{II})^2, \quad (3)$$

де $D_{BK} = 10,4$ мм – внутрішній діаметр вимірювальної котушки 5; $d_{II} = 0,1$ мм – діаметр проводу вимірювальної котушки 5.

Використовуючи вирази (2) і (3), з урахуванням числових значень визначимо, що

$$U_{BK} = 0,267 \cdot B_\lambda, \quad (4)$$

$$B_\lambda = \frac{U_{BK}}{0,267}. \quad (5)$$

Результати випробувань відображені в табл. 3.

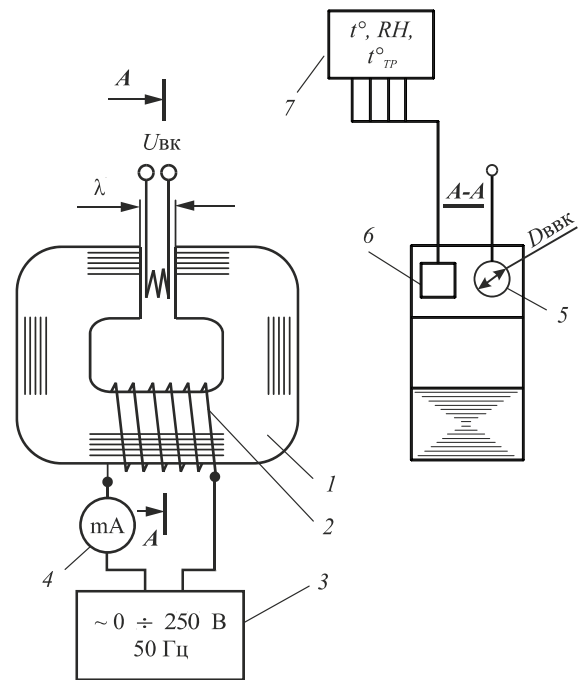


Рис. 6

Таблиця 3

I , мА	10	100	200	310	510	800	1000	1200	1500	2000	2430
T , °С	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
RH , %	27,7	27,5	27,5	27,1	26,9	27,1	27,0	27,1	27,5	27,3	27,5
T_{TP} , °С	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
U_{BK} , мВ	0,9	8,2	15,3	22,9	36,9	57,5	71,2	85,4	105,5	137,3	163,0
B_λ , Т	0,003	0,031	0,057	0,086	0,138	0,215	0,267	0,320	0,395	0,514	0,610

На рис. 7 показана залежність відносної вологості від магнітної індукції $RH = f(B_\lambda)$, а на рис. 8 – залежність температури точки роси від магнітної індукції $T_{TP} = f(B_\lambda)$.

З табл. 3, рис. 7 і 8 видно, що вплив на датчик SHT 25 індукції B_λ електромагнітного поля до 0,61 Т викликає дуже малий відхід показань – 0,8 % відносної котельної вологості RH і 0,3 °С температури точки роси T_{TP} відповідно.

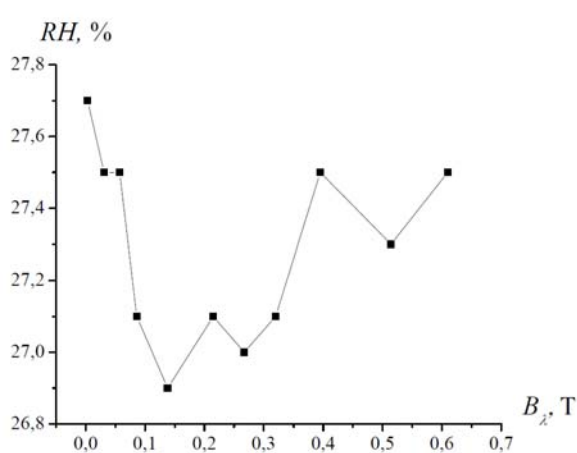


Рис. 7

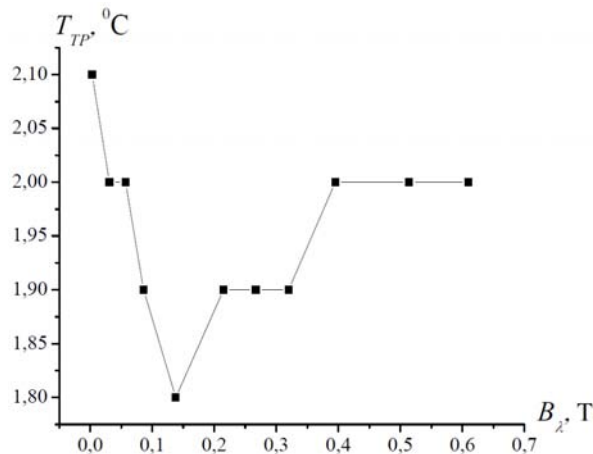


Рис. 8

Під час проведення випробувань був відзначений збій у показаннях приладу при включенні джерела живлення 3 (рис. 6). Вторинний перетворювач приладу 7 у момент ввімкнення був розташований на відстані приблизно 0,3 м від котушки 2. На такій відстані невеликої потужності електромагнітного імпульсу виявилось достатньо для виникнення збою. Для підвищення завадостійкості від даного явища була виконана доробка програми роботи мікроконтролера S8051F310, і збої при ввімкненні було усунуто.

Випробування вимірювача на вплив кондуктивних завод. Комутаційні завади становлять значну небезпеку для будь-якої електронної апаратури, що розміщується на електростанціях та підприємствах з високим енергоспоживанням. Основний сценарій впливу на апаратуру – створення кондуктивних завод у колах передачі інформації та живлення [2].

Причинами виникнення імпульсних завод на електричних станціях і підстанціях найчастіше є комутації основного обладнання вимикачами і роз'єднувачами. При роботі комутаційного апарата виникає електричний розряд у проміжку між контактами. При цьому в комутуваній ділянці системи шин розвивається високочастотний перехідний процес, який супроводжується повторними пробоями повітряного проміжку. Електромагнітне імпульсне поле, що з'являється при цьому, наводить ЕРС в кабелях, прокладених поруч з місцем комутації.

При комутаціях роз'єднувачами багаторазовий пробій проміжку і горіння дуги може тривати більше 10 с. Багаторазовість пробієм відбувається через зміну полярності напруги живлення. У цьому випадку виникає ціла серія затухаючих коливальних завод, що слідує одна за одною через 5...15 мс.

Тому розробці методів і засобів вимірювань і випробувань на стійкість електронної техніки, що використовується на електростанціях, до кондуктивних завод, регламентованих вимогами вітчизняних та міжнародних стандартів з електромагнітної сумісності, приділяється дуже велика увага [5].

Вимірювач DVT-160 випробовувався на стійкість до впливу повторюваних наносекундних завод згідно з вимогами, встановленими у стандарті [7]. Згідно з [6] при випробуванні приладу завади такого типу повинні вироблятися імпульсним генератором у вигляді пачок трикутних імпульсів з амплітудою від 2 до 5 кВ, тривалістю переднього фронту, рівною 5 нс, і тривалістю 50 нс на рівні 50 % амплітуди. При цьому прилад має знаходитися на ізоляційній підставці на відстані 100 мм від суцільної заземленої поверхні. Схема випробувань пристрою показана на рис. 9, де вторинний перетворювач 1, датчик 2 (SHT 25) і пристрій індикації 3 були розміщені через діелектричний проміжок над суцільною заземленою поверхнею

4 на відстані 100 мм. Між собою вони з'єднувалися за допомогою ліній живлення 5 і ліній сигналів 6. Імпульсний генератор 7, до складу якого входять джерело високої напруги і розрядник, виробляв імпульси із заданими параметрами. Через просторові ємнісні зв'язки ці імпульси впливали на мікроконтролер вторинного перетворювача 1, лінії живлення 5 і сигнальні лінії 6.

Під час випробувань виникали помітні падіння напруг між різними земляними точками досліджуваного пристрою, що в свою чергу спричинювало нерегулярні збої в його роботі. Для усунення збоїв була проведена оптимізація компоновки вторинного перетворювача 1 з введенням захисного екранування (внутрішньої землі 1.1).

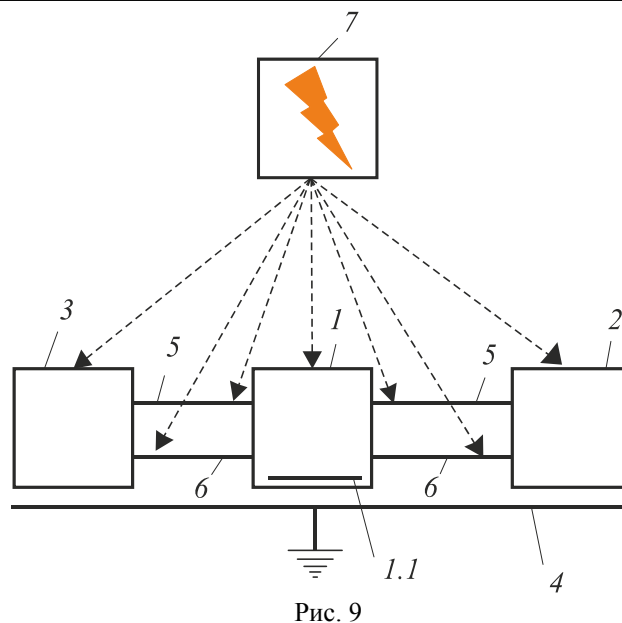


Рис. 9

Висновки. 1. Результати випробувань розробленого вимірювача DVT-160 показали, що потрапляння на вхід мікроконтролера, котрий входить до складу вторинного перетворювача, як низькочастотної, так і високочастотної імпульсної завади, викликає збої в його роботі.

Доопрацювання програмного забезпечення мікроконтролера і оптимізація конструкції вторинного перетворювача (введення спеціального екранування у вигляді «внутрішньої» землі) дали змогу усунути зазначені збої і забезпечити завадостійкість.

2. Вплив протягом 0,5 год на датчик SHT 25 змінного електромагнітного поля з частотою 50 Гц і магнітною індукцією 0, 61 Т не викликав збоїв у роботі вимірювача.

3. Вимірювач у вигляді експериментального зразка може бути рекомендовано до дослідної експлуатації на Дністровській ГАЕС.

1. Берлинер М.А. Измерение влажности / Изд. 2-е перераб. и дополн. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
2. Вербин В.С. Помехи: Обзор типов и источников электромагнитных помех, влияющих на работу электронной аппаратуры. Режим доступа: http://maximarsenev.narod.ru/Razn/Osobennosti_EMO_na_razlichnux_obektax.pdf.
3. Комаров Е.В., Покровский А.Д., Сергеев В.Г. Испытание магнитных материалов и систем. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.
4. Левицкий А.С., Жук А.П., Сорокина Н.Л. Измерение относительной влажности и температуры точки росы охлаждающего воздуха в генераторе-двигателе Днестровской ГАЭС // Гідроенергетика України. – 2013. – № 2. – С. 37–39.
5. Тухас В. А. Разработка методов, средств измерений и испытаний на устойчивость к кондуктивным помехам радиотехнических устройств: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: Спец. 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения». – Петрозаводск, 2004. – 40 с.
6. ГОСТ Р 51317.4.4-2007 (МЭК 61000-4-4: 2004). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. – Введен 27.12. 2007 г.
7. Решение проблем ЭМС. Режим доступа: <http://www.problemaemc.narod.ru/>
8. Barenbrug, A.W.T. Psychrometry and Psychrometric Charts. 3rd Edition, Cape Town, S.A.: Cape and Transvaal Printers Ltd. – 1974. – 59 p.
9. C8051F310 Datasheet (PDF) - List of Unclassified Manufacturers. Режим доступа: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/119082/ETC1/C8051F310.html>.
10. Datasheet SHT25. Humidity and Temperature Sensor IC. Режим доступа: http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT25_Datasheet_V3.pdf.
11. Denes K. Roveti. Choosing a Humidity Sensor: A Review of Three Technologies // Sensors. – 2001. – 1 July. Режим доступа: <http://www.sensorsmag.com/sensors/humidity-moisture/choosing-a-humidity-sensor-a-review-three-technologies-840>.
12. Digital Humidity and Temperature Sensors (RH/T). Режим доступа: <http://www.sensirion.com/en/products/humidity-temperature>.
13. Humidity Instruments. Режим доступа: <http://www.vaisala.com/en/products/humidity/Pages/default.aspx>.

14. Humidity Sensor - HS1101LF. Режим доступу: http://www.meas-spec.com/product/t_product.aspx?id=2452.
15. Humidity Sensors Line Guide. Режим доступу: <http://www.honeywellscportal.com/honeywell-sensing-humidity-sensors-line-guide-00903>.
16. H6000 & 6100 Capacitive Relative Humidity Sensors. Режим доступу: <http://www.michell.com/us/products/h6000-6001.htm>.
17. Met4 and Met4A calculation of dew point. Режим доступу: <http://www.paroscientific.com/dewpoint.htm>.
18. O'Brien F. E. M. The Control of Humidity by Saturated Salt Solutions // Journal of Scientific Instruments. – 1946. – Volume 25, Number 3.
19. Preeti Jain. Humidity Sensor. Режим доступу: <http://www.engineersgarage.com/articles/humidity-sensor>
20. Wexler Arnold, Hasegawa Saburo. Relative Humidity-Temperature Relationships of Some Saturated Salt Solutions in the Temperature Range 0 to 50 °C // Journal of Research of the National Bureau of Standards. – 1954, July. – Vol. 53, No.1. – P. 19–26.

УДК 681.313.39.

А.Л. Ламеко¹, канд. техн. наук, **А.С. Левіцький**², докт. техн. наук, **А.П. Жук**³, гл. інж., **І.А. Жук**⁴, канд. техн. наук
 1 – Государственное предприятие «Энергоимпульс» Института электродинамики НАН Украины,
 пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина
 2 – Институт электродинамики НАН Украины,
 пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина
 3, 4 – Филиал «Дирекция по строительству Днестровской ГАЭС» ПАО «Укрэнерго»,
 г. Новоднестровск, Черновицкая обл., 60236, Украина

Измеритель точки росы воздушной охлаждающей среды генератора-двигателя СВО 1225/255-40 УХЛ4

Приведены результаты исследований по созданию измерителя точки росы воздушной охлаждающей среды генератора-двигателя СВО 1225/255-40 УХЛ 4. Измеритель разработан с использованием интегрального датчика относительной влажности и температуры типа SHT 25 и микроконтроллера S8051F310. Точка росы рассчитывается с помощью микроконтроллера по измеренным значениям относительной влажности и температуры. Представлена методика и результаты калибровки измерителя по относительной влажности. Приведены результаты испытаний измерителя на воздействие электромагнитного поля промышленной частоты и влияние импульсных наносекундных помех. Библиография: 20, рис. 9, табл. 3.

Ключевые слова: генератор, охлаждение, воздух, относительная влажность, температура, точка росы, измерения, помехи.

A.L. Lameko¹, **A.S. Levitskyi**², **A.P. Zhuk**³, **I.A. Zhuk**⁴

1 – State-run enterprise “Energoimpuls” of Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Peremohy, 56, Kyiv-57, 036806, Ukraine
 2 – Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Peremohy, 56, Kyiv-57, 036806, Ukraine
 3, 4 – Subdivision “Anagement of construction of the Dniester hydroelectric pumped storage power plant” PAO "Ukrhydroenergo", Novodnistrovsk of Chernivtsi region, 60236, Ukraine

The measuring instrument of temperature dew point of air cooling medium of generator-motor CBO 1225/255-40 УХЛ 4

The results of research of the measuring instrument of temperature dew point of air cooling medium of generator-motor CBO 1225 / 255-40 УХЛ 4 are shown. Meter is designed using the integral transducer of relative humidity and temperature type SHT 25 and microcontroller S8051F310. The dew point is calculated with help of microcontroller from the measured values of relative humidity and temperature. The technique and results of calibration of measuring instrument on the relative humidity are presented. Instrument test results on the impact of electromagnetic fields of industrial frequency and impact of pulsed nanosecond interference are shown. References 20, figures 9, tables 3.

Key words: generator, cooling, air relative humidity, temperature, dew point, measurement, interference.

Надійшла 4.03.2015

Received 4.03.2015