

Генериран xls файл от програмата

En	ACCEPT?	Ylab	Yref	U(Ylab)	U(Yref)
0,569153	ACCEPTABLE	235,3509	234,9857	0,600093	0,227073
0,346521	ACCEPTABLE	235,2973	235,0904	0,570893	0,174828
0,492538	ACCEPTABLE	234,9557	234,6592	0,573433	0,182846
0,627018	ACCEPTABLE	49,98596	50,00447	0,029062	0,00512

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Междулабораторните сравнения са основен елемент при изпитването на пригодност, което от своя страна е определящ фактор за доказването на компетентност на органите за оценка на съответствието, каквито са органите за контрол на електрическата енергия. Респективно, третирането на резултатите от междулабораторните сравнения определя представителността на сравненията. Поради многообразието и обема на данните събирани и анализирани при този тип контрол, се налага автоматизация на процеса на събиране и обработка на данните. Такава реализация е тествана и приложена за изследователските цели на проект за създаване на методична процедура за контрол на качеството на електрическата енергия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1st edition, 1993 – EAL.
- [2] EA 4/02. Expression of Uncertainty of Measurement in Calibration.
- [3] EA 4/16 EA. Guideline on the expression of uncertainty in quantitative testing.
- [4] Хр. Радев, В. Богев. *Неопределеност на резултата от измерването*, Софтрейд, С., 2001.
- [5] Научен отчет за извършената работата през втори етап на проект № ВУ-ЕЕС-302/07 на тема: Разработване на метрологично потвърдена, адаптивна процедура за оценка и контрол на качеството на електрическата енергия с цел защита интересите на потребителите, с.136

Автори: Пламен Цветков, проф. д-р – катедра Електроизмервателна техника, Технически университет – София, email: tzvetkov@tu-sofia.bg; Георги Милушев, доц. д-р – катедра Електроизмервателна техника, Технически университет – София, email: gm@tu-sofia.bg; Весела Константинова, д-р маг.физ., email: vrkonstantinova@hotmail.com, Иван Коджабашев, доц. д-р, email: kodjabashev@tu-sofia.bg, Николай Русев, гл. ас. – катедра Електроизмервателна техника, Технически университет – София, email: nrg@tu-sofia.bg, Владислав Славов, гл. ас. – катедра Електроизмервателна техника, Технически университет – София, email: vladi_s@abv.bg

Постъпила на 28.04.2012

Рецензент Доц. д-р В. Иванчева



НЕВРОННА МРЕЖА ЗА ПРЕДСКАЗВАНЕ НА РАЗВИТИЕТО НА ПУКНАТИНИ, ИЗПОЛЗВАЩА БАЗИ ДАННИ ОТ ИЗМЕРЕВАНИЯ С ТЕНЗОРЕЗИСТОРИ

Веселка Иванчева, Радостина Петрова,
Силвия Качулкова, Божидар Джуджев

Резюме: В статията са разгледани тензорезистори и приложението им за измерване на малки разстояния от порядъка на части от мм. Предложен е приложен модел за използване на невронни мрежи при измерване на малки разстояния и предсказване на резултатите.

Ключови думи: тензорезистор, невронни мрежи, малки премествания

NEURAL NETWORKS FOR FORECASTING CRACKS SPREAD USING STRAIN GAUGES' DATA

Veselka Ivancheva, Radostina Petrova,
Bozhidar Dzhudzhev, Silvia Kachulkova

Abstract: The article describes different types of strain gauges and their application for measuring displacements not larger than a part of millimeters. Neural network for forecast of cracks spread, relying on some strain gauges' data, is proposed.

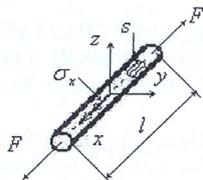
Keywords: strain gauge, neural networks, small displacements

1. ТЕНЗОРЕЗИСТОРНИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (ТЕНЗОРЕЗИСТОРИ)

Тензосъпротивителният принцип [1,4] на преобразуване се основава на изменението на активното електрическо съпротивление на еластичен (метален) проводник или полупроводник при изменение на механичното напрежение, респективно на деформациите в него, предизвикани от действието на някаква физико-механична величина от силов тип – сила, момент, налягане и пр. При това изменението на електрическото съпротивление на проводниците от метали и метални сплави се дължи най-вече на изменението на геометричните им размери, а на полупроводниците – на изменение на специфичното им съпротивление при деформация. Това явление е известно като тензоефект. Основен преобразуващ елемент в тензорезисторните преобразуватели е тензорезисторът.

Ако метален тензорезистор – проводник със специфично съпротивление ρ , дължина l и кръгло напречно сечение s , бъде подложен на натоварване по оста със сила F (фиг.1) в него възниква едномерно напрегнато състояние (чист опън или натиск), и се променят неговите дължина l , напречното му сечение s и специ-

фичното съпротивление ρ . В границите на еластичната област тези изменения са пропорционални на приложената сила F .



Фиг.1

В ненатоварено състояние електрическото съпротивление R на проводника е:

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1)$$

След диференциране и заместване с крайни нараствания получаваме:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta s}{s} \quad (2)$$

т.е.

$$\varepsilon_R = \varepsilon_\rho + \varepsilon_l - \varepsilon_s \quad (3)$$

където $\varepsilon_R = \Delta R/R$; $\varepsilon_\rho = \Delta \rho/\rho$; $\varepsilon_l = \Delta l/l$; $\varepsilon_s = \Delta s/s$ са относителните изменения съответно на електрическото съпротивление, специфичното съпротивление, дължината и напречното сечение на проводника.

В областта на еластичните деформации в условията на едномерно напрегнато състояние напречната деформация ε_r е свързана с надлъжната ε_l чрез коефициента на Поасон μ , т.е.

$$\varepsilon_r = -\mu \varepsilon_l \quad (4)$$

Тогава относителното изменение на съпротивлението ще бъде:

$$\varepsilon_R = \varepsilon_\rho + \varepsilon_l \cdot (1 + 2\mu).$$

Отношението

$$k = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l} = \frac{\varepsilon_\rho}{\varepsilon_l} + (1 + 2\mu)$$

се нарича **коефициент на тензочувствителност**. Той е по-голям от единица и зависи от свойствата на материала на тензорезистора и способността му да променя дължината, сечението и относителното си съпротивление при механично натоварване.

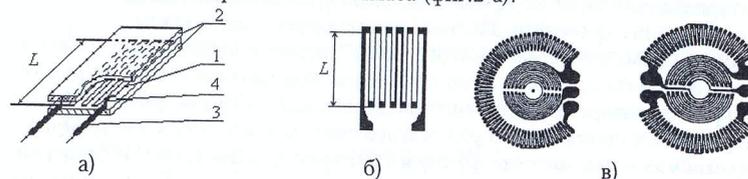
В зависимост от материала от който се изработват, тензорезисторите се делят на метални и полупроводникови.

При металните тензорезистори коефициентът на тензочувствителност е в границите $0,8 \div 3,6$. За константан, манганин и нихром $k=2$; платина-волфрам $k=2,7 \dots 3,3$; платина-сребро $k=0,8 \dots 1,4$; инвар $k=3,6$.

В полупроводниковите тензорезистори се използва най-често силиций с P или N проводимост. Коефициентът на тензочувствителност не е постоянен и функцията на преобразуване е нелинейна.

В зависимост от вида на тензосъпротивителният проводник и технологията на изработване, металните тензорезистори се делят на две групи - жични и фолийни.

Жичният тензорезистор се състои от решетка от зигзагообразно навит тензочувствителен проводник с диаметър $10 \div 15 \mu m$, залепена между две електроизолационни подложки от хартия или пластмаса (фиг.2-а).



Фиг.2

Дължината на решетката L (наричана база) се изработва в границите $L=3-150$ mm. Номиналното съпротивление на тензорезистора е от порядъка на $R=30-600 \Omega$.

Фолийните тензорезистори (фиг.2-б) се изработват от тънък слой (фолио) тензочувствителен материал с дебелина $4-12 \mu m$. Решетката се получава чрез химическо разграждане на фолиото (ецване). Чрез нанасяне на тензочувствителния материал върху подложка във вакуумни изпарителни инсталации се постига дебелина на тензорезистора под $1 \mu m$ и база $1mm$. Тези технологии позволяват създаването на тензорезистори със специфична сложна форма на решетката (фиг.2-в).

Специалните тензорезистори могат да се използват за измерване напрежението при усукване на валове, за измерване деформациите на мембрани, за измерване разпределението на натиск върху повърхности с различна твърдост, за наблюдение на конструкциите на сгради, мостове, тунели, за измерване на диаметрите на малки отвори, измерване на пукнатини в сгради и други.

Действителните характеристики на тензорезистора могат да се определят едва след залепване. За намаляване на грешките, предизвикани от качеството на залепване, се използват така наречените градуирани тензорезистори. При тях тензорезисторът се залепва върху метална пластина, която се закрепва чрез точкова заварка към измервания обект.

Основните характеристики на металните тензорезистори са обобщения коефициент на тензочувствителност (K -фактор), напречната чувствителност, хистерезиса, пълзенето на подложката и лепилото под товар и температурната грешка. При последователно натоварване и разтоварване на тензорезистора се получава грешка от хистерезис, дължаща се на релаксационни явления в материала на подложката и лепилото.

При изменение на температурата се променя началното съпротивление на тензорезистора и коефициента на тензочувствителност. Това предизвиква адитивна и мултипликативна температурна грешка. Промяната на началното съпротивление на тензорезистора при изменение на температурата се дължи на промяна на специфичното съпротивление ρ на проводника при изменение на температурата и под действие на допълнителното механично напрежение появяващо се в тензорезистора вследствие разликата в коефициентите на линейно разширение на детайла, чиято деформация се измерва и тензорезистора.

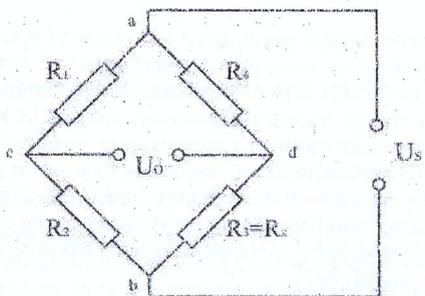
Температурната грешка може да бъде намалена чрез подбиране на материала на тензочувствителния проводник. Пълната компенсация е невъзможна.

Друг начин за намаляване на температурната грешка е въвеждането на втори тензорезистор. Двата тензорезистора се намират при еднакви температурни условия. Първият тензорезистор реагира на деформацията на измервания обект и на температурната промяна, а втория реагира само на температурната промяна.

В *полупроводниковите тензорезистори* като тензочувствителен материал най-често се използва силиций с дупчеста (P-Si) или електронна (N-Si) проводимост и по-рядко германий. Тензорезисторът представлява тънка лента от силиций или германий, изрязана в определено кристалографско направление.

Недостатък на полупроводниковите тензорезистори е температурната зависимост и нелинейната характеристика. Предимство е големият коефициент на тензочувствителност. Те са подходящи за измерване на малки деформации.

Както относителното удължение $\Delta l/l$ (типични стойности $\Delta l/l = 1.10^{-3}$ до 1.10^{-6}), така и относителното изменение на съпротивлението $\Delta R/R$ са нискожни (части от процента) и затова при измерването им се използват високочувствителни електрически мостови схеми, в чиито рамене се включват един или повече тензорезистори.

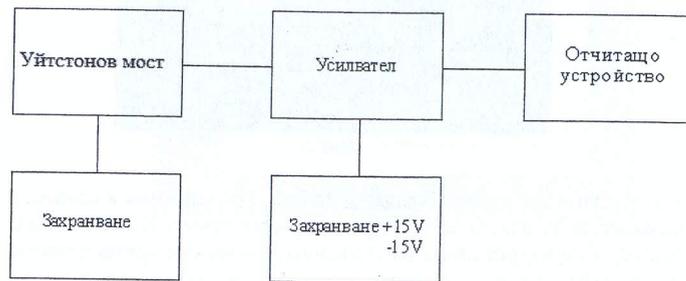


Фиг.3

Най-често използваната измервателна схема е четири раменния мост на Уитстон - фиг.3. В нея работният тензорезистор (залепен върху изследвания механичен детайл) е включен в едното рамо на моста.

Сигналите, които се получават от преобразувателите са много малки и често се налага те да бъдат усилены до стойност, подходяща за по-нататъшна обработка.

Обикновено за тази цел се използват операционните усилватели (ОУ). Когато датчикът е отдалечен от измервателната схема, често върху полезния сигнал се наслагват нежелани смущения. В тези случаи се използва диференциален усилвател, който ги потиска. За изследване на механичните напрежения в областта на еластичните деформации се използва схема със следния блок вид - фиг.4:



Фиг.4

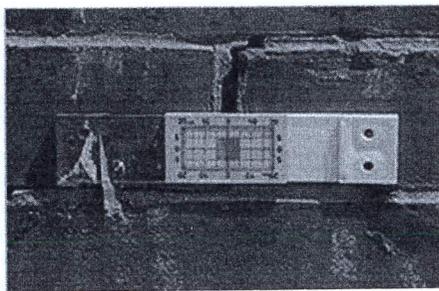
2. АКТУАЛНОСТ И ЦЕЛ НА РАБОТАТА

Проблемът за съвременното коректно предсказване и наблюдение на появата и разпространението на пукнатини става все по-актуален в контекста на завишаване на изискванията за качество и безопасност на системите и конструкциите. Авторите са насочили своето внимание към анализа и предсказването на възникнали пукнатини в строителните и машиностроителни конструкции, в отоплителните и преносни инсталации и др.

Създадена е невронна мрежа (НМ), която използва богата база от експериментални данни, за предсказване на широчината на наблюдаваната пукнатина. За съжаление, крайният обучен и верифициран модел не цели и няма възможност да направи окончателно заключение за степента на риск свързана с появата и разпространението на конкретна пукнатина.

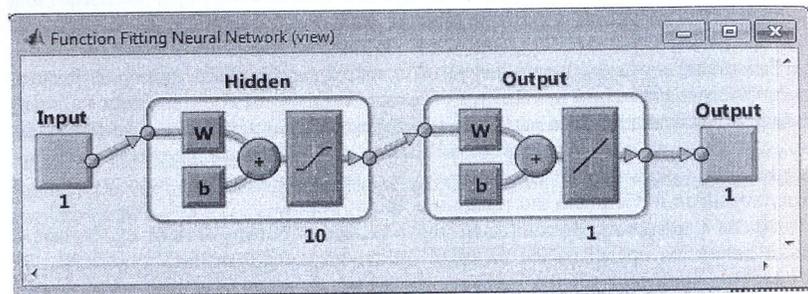
3. ОПИСАНИЕ НА СЪЗДАДЕНАТА НЕВРОННА МРЕЖА

За постигане на крайната дефинирана цел са направени редица измервания на съществуващи пукнатини чрез използване на тензорезистори поставени върху двете стени на пукнатината (фиг.5). Търсена е еднозначна зависимост между показанията на използваната измервателна апаратура и широчината на пукнатината. На този етап параметърът време, както и някои от материалните характеристики, влияещи върху образуването на пукнатини и разпространението на пукнатини не са отчетени в изследването в явен вид.



Фиг.5

Създаден е компютърен модул в средата MatLab. Той използва и специални команди, характерни за пакета за работа с невронни мрежи NeuralNetworks към MatLab [6,7,8]. Структурна схема на създадената невронна мрежа е показана на фиг.6.

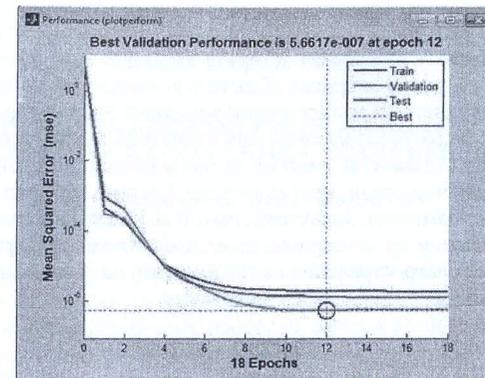


Фиг.6

Като входни данни (input) се въвеждат измерените напрежения на изходите на тензорезистора в mV. Като краен резултат (target) се получава текущата стойност на широчината на пукнатината в mm.

Създадената невронна мрежа е с 10 скрити слоя. За обучение на НМ са използвани 72% от експерименталните данни, за нейното тестване – 14%, а за верифициране на нейната надеждност останалите 14%.

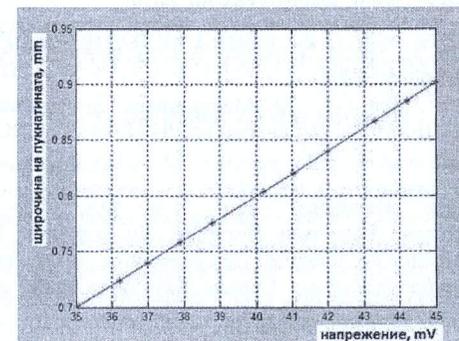
На фиг.7 са показани резултати от обучението и верификацията на създадената невронна мрежа. Тъй като зависимостта между входа и целевия резултат е близка до линейната, обучението на мрежата протича сравнително бързо (в 18 цикъла) при достигната средна квадратична грешка равна на $8.8e-5$. Нулева стойност за средната квадратична грешка означава, че НМ работи със 100% надеждност.



Фиг.7

4. ПОСЛЕДВАЩ АНАЛИЗ И РАБОТА НА СЪЗДАДЕНАТА НМ

Чрез създаване на НМ се цели да бъде прескочен етапа на тестване за всяка група измервания с цел определяне степента на достоверност на експериментално получаваните данни. Не се налага да се проверява и изчислява многократно коефициента на точност за използваната апаратура при измерване на широчината на всяка нова пукнатина. НМ индиректно определя тези параметри използвайки информацията от многобройните резултати, въведени при нейното създаване.



Фиг.8

На фиг.8 е показан пример решен със създадения модел на НМ. Въведени са 11 измерени стойности на напрежението, а мрежата е изчислила 11 съответни широчини на наблюдаваната пукнатина.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПЛАНОВЕ ЗА БЪДЕЩА РАБОТА В ОБЛАСТТА

С горе представената разработка авторите изразяват своя интерес и желание за работа в две неразривно свързани области в контекста на изучаваната тематика, а именно: измерването на неелектрични величини с тензорезистори и анализа и предсказването на разпространението на пукнатини в различни конструкции. Крайната цел е създаване на система за предсказване на разпространението на пукнатини в различни среди, като се отчитат фактори като вид на натоварването (статично или динамично), характеристики и свойства на материала, условия на работа на елемента и др. В заключение се предвижда софтуерът да дава оценка за опасността от разпространение на пукнатината на фона на якостния и деформационен резерв на обследваната конструкция.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ernest O., Doebelin Measurement Systems: Application and Design – 5-th ed. (McGraw-Hill Series in Mechanical and Industrial Engineering), 2004.
- [2]. F. Hild, S. Roux, Digital Image Correlation: Displacement Measurement, 2006.
- [3]. James H., Strain gauge measurement, 2010.
- [4]. Колев, Н., А. Лазаров и др., Електрически измервания, ТУ-София, 1999.
- [5]. Measurement Systems: Application and Design – 5-th ed. (McGraw-Hill Series in Mechanical and Industrial Engineering), Author: Ernest O. Doebelin, 2004.
- [6]. Beale M., M. Hagan and H. Demuth, Neural Network Toolbox™ 7, User's Guide. www.mathworks.com, 2010.
- [7]. Hagan M., H. Demuth, M. Beale, Neural Network Design, 2002.
- [8]. Haykin S., Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall, 2nd edition. 1998.
- [9]. Webster John G., The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook (Electrical engineering handbook series), CRC Press LLC, 1999.

Автори: Веселка Иванчева, доц. д-р ФА, ТУ-София email: vivancheva@yahoo.com, Радостина Петрова, доц. д-р инж. ИПФ, ТУ-София email: rpetrova123@abv.bg, Божидар Джуджев, инж. докторант ФА, ТУ-София email: bogidar.dgudjev@abv@bg, Силвия Качулкува, инж. асистент ФА, ТУ-София, email: kachulkova@abv@bg

Постъпила на 28.04.2012

Рецензент проф. д-р П. Цветков

АНАЛИЗ НА ГРЕШКАТА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ НА ИНДУКТИВНОСТТА НА ФИЛТРОВ ДРОСЕЛ ПО СХЕМА С ЕТАЛОНЕН ДРОСЕЛ

Деница Държанова, Петър Държанов

Резюме: В доклада са приведени резултати за анализ на грешката при измерване на индуктивността на филтров дросел посредством схема с еталонен дросел. Такъв тип дросели се използват масово в мощните токоизправители за технологични цели. Измервателният процес се отнася до т.н. "динамична индуктивност" която определя пулсациите в товарния ток на токоизправителя в условията на подмагнитване на феромагнитната сърцевина на магнитопровода на дросела. Предмет на анализа е предложената в [1] схема чрез използване на спомагателен еталонен дросел. Тази схема е проста и практически ефективна, но при направените допускания в [1] липсва оценка за възникващата грешка от пренебрегване на активните съпротивления на дроселите. Посредством моделиране в PSpice програмна среда в предложената статия авторите предлагат резултати за това. Тези резултати могат да се използват като ориентир при избора на еталонния дросел и да подобрят точността на измервателния процес.

Ключови думи: Токоизправител, филтров дросел, измерване на динамична индуктивност, еталонен дросел

INDUCTANCE MEASUREMENT ERROR ANALYSES FOR A CHOKE IN A SCHEME RELEVANT TO THE USE OF A STANDARD REACTOR

Denitsa Darzhanova, Petar Darjanov

Abstract: In the paper results of analyses are provided for the measurement error of a choke inductance in a scheme relevant to the use of a standard reactor. These type chokes are widely used in power rectifiers intended for technological purposes. The measurement process refers the so called "dynamic inductance", which actually defines the level of the load current ripples in case the core of the choke is biased magnetically. The analyses generally deals with a scheme proposed in [1], where the measurement process is provided by means of an additional standard reactor. The scheme is simple and practically efficient, but the error, result of ignoring both the choke and reactor resistances has not been evaluated. By computer modeling using PSpice it has been done by the authors and results reported in the paper. These results may help to select proper standard reactor and improve the accuracy of the measurement process.

Keywords: Power rectifier, choke, dynamic inductance measurement, standard reactor