

Optimalizační a statistické metodiky jako nástroje pro zlepšení experimentálních procesů

Andrea Benešová
Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
benesov2@ket.zcu.cz

Optimization and statistical methodologies as tools for improving experimental processes

Abstract – This paper is focused on the verification of whether it is appropriate to use optimization and statistical methods as tools for improving experimental research processes. The article describes two methods, FMEA and Student's t-test. These methods were used during the selected experiment. The experiment was to evaluate the impact of cleaning methods on mechanical shear strength of solder joints on rigid substrates FR-4.

Keywords – FMEA; Student's t-test; Soldering

I. ÚVOD

Tento článek popisuje možnosti použití metodiky FMEA pro zlepšení experimentálních výzkumných procesů. Součástí každého vědeckého výzkumu je experiment. Experiment můžeme rozdělit na tři základní fáze – pre-experimentální fáze, provedení a vyhodnocení získaných dat. Experiment je vlastně předem naplánovaný proces, jehož cílem je ověření stanovené hypotézy a během, kterého může výzkumník ovlivňovat a měnit vstupní parametry. [1] Pro zlepšení těchto procesů by bylo vhodné zamezit testování všech faktorů, ale naopak předem vybrat a potom otestovat pouze faktory s největším vlivem na celý experiment. Pro výběr těchto faktorů s největším možným vlivem na experiment byla použita metodika FMEA.

II. METODIKA FMEA A STUDENTŮV T-TEST

Metodika FMEA je známá jako analytická metoda pro stanovení příčin a následků vad, které mohou nastat během procesu. Jednotlivé druhy potenciačních rizik konkrétního produktu nebo procesu jsou určeny týmem odborníků pomocí brainstormingu. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby členové týmu měli dostatek zkušeností a znalostí, pro řádné stanovení případných vad. Stanovená potenciální rizika jsou posuzována z hlediska tří kritérií – závažnosti (S), výskytu (O) a detekce (D). Kritéria jsou číselně ohodnocena od 1-10 a následně je vypočteno rizikové číslo (RPN). Toto číslo určuje míru rizika, to znamená, že čím vyšší je toto číslo, tím je i vyšší riziko možných defektů.

$$RPN = \text{Závažnost (S)} \times \text{Výskyt (O)} \times \text{Detekce (D)}$$

V současnosti se tato optimalizační metoda používá nejen pro zlepšení výrobních procesů, ale i během konstrukce samotných výrobků. [2]

Další použitou metodikou byl Studentův t-test, jedná se o metodiku pro statistické testování hypotéz. Tento dvouvýběrový t-test je používán k posouzení statistického rozdílu mezi dvěma vybranými skupinami. Směrodatná odchylka v tomto případě představuje statistickou divergenci mezi zvolenými skupinami. Výsledkem tohoto t-testu je p-hodnota, která určuje, zda je rozdíl mezi skupinami významný či nikoliv. [3]

III. EXPERIMENT

Nejprve byl zvolen experiment, který měl zhodnotit vliv čistících metod na mechanickou pevnost spoje ve smyku. Potom byl stanoven postup daného experimentu a následně byl v pre-experimentální fázi vytvořen skupinou výzkumníků FMEA protokol. V tabulce I je zobrazena pouze část FMEA protokolu pro zvolený experiment.

TABULKA I. FMEA PROTOKOL

Kategorie	Možná chyba	Možný důsledek	Příčina	Kontrola	S	O	D	RPN
Materiál	Typ pájecí pasty	Snížení mech. pevnosti	Špatně zvolená pasta	Zkušnosti	3	7	7	147
	Kvalita šablony	Snížení mech. pevnosti	Špatný dodavatel	Zkušnosti	6	5	6	180
	Pájecí slitina	Snížení mech. pevnosti	Špatně zvolená slitina	Zkušnosti	6	6	5	180
Lidský faktor	Znečištění	Snížení mech. pevnosti	Málo zkušeností	Zkušnosti	5	5	7	175
	Aplikace pasty	Snížení mech. pevnosti	Málo zkušeností	Zkušnosti	8	4	5	160
	Osazení součástek	Změna mech. pevnosti	Málo zkušeností	Zkušnosti	8	7	2	112
	Nastavení pájecího profilu	Změna mech. pevnosti	Málo zkušeností	Zkušnosti	6	10	3	180
	Málo znalostí	Chybné výsledky	Málo zkušeností	Zkušnosti	10	6	4	240
Procesní parametry	Bez očištění substrátu	Oxidace	Málo zkušeností	Zkušnosti	10	3	6	180
	Atmosféra během přetavení	Oxidace	Málo zkušeností	Zkušnosti	8	4	4	128

Pro vytvoření FMEA protokolu nejprve skupina výzkumníků určila potencionální druhy možných chyb, které mohou během experimentu nastat a následně identifikovala potencionální důsledky a příčiny selhání. Nakonec byla jednotlivá rizika číselně ohodnocena dle kritérií a bylo vypočteno rizikové číslo (RPN). Možné chyby s nejvyšším rizikovým číslem tvoří zásadní faktory, které by měli mít největší vliv na celý experiment. Na základě stanoveného rizikového čísla byly pro testování zvoleny tyto faktory – různé typy pájecích slitin a tři metody čištění povrchu daného substrátu.

Pro experiment byly použity následující druhy pájecích slitin - SnBi, SnPbAg a SAC305. A to ve dvou různých množstvích, 100 % a 47%. Povrch vzorků byl očištěn u jedné skupiny plasmou, u další gumou a poslední skupina vzorků nebyla očištěna vůbec. Dále byl každý vzorek osazen 10-ti SMD čipovými rezistory o velikosti 0805. Následně byly vzorky přetaveny v průběžné pájecí peci a na závěr byla pro každý vzorek změřena mechanická pevnost spoje ve smyku pomocí trhačického zařízení LabTest 3.030.

IV. VYHODNOCENÍ

V tabulkách II. – IV. jsou zaznamenány průměrné hodnoty mechanické pevnosti spoje ve smyku pro jednotlivé vzorky, které byly osazeny 10-ti SMD čipovými rezistory o velikosti 0805.

TABULKA II. PRŮMĚRNÉ HODNOTY MECH. PEVNOSTI - SnBi

Množství slitiny	Bez očištění	Plasma	Guma
100%	50,526	52,568	53,462
47%	44,641	45,289	45,238

TABULKA III. PRŮMĚRNÉ HODNOTY MECH. PEVNOSTI - SnPBAG

Množství slitiny	Bez očištění	Plasma	Guma
100%	49,519	51,480	51,094
47%	42,194	44,368	45,067

TABULKA IV. PRŮMĚRNÉ HODNOTY MECH. PEVNOSTI – SAC305

Množství slitiny	Bez očištění	Plasma	Guma
100%	39,481	37,687	42,951
47%	35,339	36,417	39,908

Pro určení, zda je vhodné použití metodiky FMEA pro zlepšení experimentálních výzkumných procesů byly naměřené výsledky ještě vyhodnoceny statistickou metodikou, která se nazývá Studentův t-test. Tato metodika porovnává mezi sebou vždy dvě skupiny dat a na základě stanové p-hodnoty určuje, zda je mezi vybranými skupinami statistická významnost. Statistickou významnost můžeme rozdělit do tří kategorií $P < 0.05$ (*), $P < 0.01$ (**) a $P < 0.001$ (***). Pokud je $P < 0.001$, tak je z hlediska statistiky mezi vybranými skupinami významnost velmi vysoká. [3] V tabulkách V.-VI. je stanovena p-hodnota pro použité čisticí metody a množství pájecích slitin. [4]

TABULKA V. T-TEST ČISTÍCÍCH METOD

Čistící metody	p-hodnota	Statistická významnost
Bez očištění/Plasma	52,93%	Nevýznamné
Bez očištění/Guma	4,63%	Významné (*)
Plasma/Guma	19,12%	Nevýznamné

TABULKA VI. T-TEST MNOŽSTVÍ PÁJECÍCH SLITIN

Množství	p-hodnota	Statistická významnost
100% / 47%	0,00%	Významné (**)

V. ZÁVĚR

Z tabulky V. vyplývá, že mezi vzorky, které nebyly očištěny vůbec a dále vzorky, které byly očištěny gumou, je z hlediska statistiky určitá významnost. A dále je v tabulce VI. prokázána i statistická významnost u použitého množství pájecích slitin. Výsledky tedy potvrzují, že faktory, které byly v pre-experimentální fázi vybrány na základě FMEA metodiky pro testování, měly zásadní vliv na experiment. Z tohoto důvodu lze říci, že metodika FMEA by mohla být použita pro zlepšení experimentálních výzkumných procesů. Jelikož jsou veškeré experimentální procesy závislé na lidském faktoru, především na našich znalostech a zkušenostech, tak by si pro zlepšení těchto procesů měl výzkumník zavést vlastní znalostní databázi.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ZČU č. SGS-2015-020 „Technologické a materiálové systémy v elektrotechnice“ a interním projektem na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2016-006.

LITERATURA

- [1] D.C. Montgomery, , *Design and Analysis of experiments*, 5 th. 2001. ISBN: 0-471-31649-0
- [2] N.Nabhani,F.Jaderi, and E.Sa'idi, “Risk Assessment and Risk Management of Abadan Refinery’s Sandblasting Unit Using FMEA Method ,” *International Conference on Chemical, Environmental Science and Engineering*, pp. 1-4, 2012
- [3] T.J.Lamb, A.L.Graham, and A. Petrie, “Commentary t Testing the Immune System,” *Immunity*, no. March, pp. 288–292, 2008. DOI: 10.1016/j.immuni.2008.02.003
- [4] Benešová A. ,Šimota J., Hirman M., Navrátil J.,Tupa J., Steiner F. Connection technologies quality improving. In *Proceedings of the 2016 39th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE 2016)*. IEEE, 2016. s. 1-6 ISBN: 978-80-261-0618-0