

I Konferencja

e-Technologies in Engineering Education eTEE'2014

Politechnika Gdańska, 30 kwietnia 2014

**MODELOWANIE DZIAŁANIA CZUJKI MAGNETYCZNEJ W PROGRAMIE QUICKFIELD
JAKO PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA E-TECHNOLOGII W METROLOGII
ELEKTRYCZNEJ**

Tomasz PRAUZNER

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Instytut Edukacji Technicznej i Bezpieczeństwa, Al. Armii Krajowej 13/15
42-200 Częstochowa, tel.: 508178818 e-mail: matompra@poczta.onet.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań oraz modelowania pola magnetycznego w programie QuickField za pomocą metody elementów skończonych. Modelowaniu poddano czujkę magnetyczną K-1 firmy Satel. Zaprezentowano również stanowisko laboratoryjne w pracowni technicznych systemów alarmowych w Instytucie Edukacji Technicznej i Bezpieczeństwa Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, jako przykład wykorzystania e-technologii w systemie dydaktycznym. W pracy badawczej wykorzystano metodę modelowania oraz symulację komputerową na podstawie oprogramowania QuickField przeznaczonego na potrzeby dydaktyki w zakresie metrologii elektrycznej. Metoda elementów skończonych jest powszechnie znaną i wykorzystywaną w technice, umożliwiającą analizę pracy skomplikowanych elementów i układów elektrycznych. W prezentowanym ćwiczeniu, program ten wykorzystano do badań zjawiska elektromagnetyzmu.

Słowa kluczowe: czujka, e-technologie, symulacja, modelowanie

1. WSTĘP

Analiza zjawisk zachodzących w polu elektromagnetycznym ze względu na specyfikę pomiarów jest często problematyczna i na etapie dydaktyki trudna do realizacji. Ze względu na rozbudowany opis matematyczny zjawiska, analiza przez rozwiązywanie równań matematycznych jest procesem skomplikowanym i długotrwałym. Wykorzystanie modelowania oraz symulacji komputerowej częściowo rekompensuje te trudności, stąd narodziła się idea wykorzystania w pracy dydaktyczno-naukowej wszelkich ogólnie dostępnych narzędzi w postaci aplikacji komputerowych. Wykorzystanie takiego narzędzia oczywiście nie zastąpi w pełni tradycyjnego laboratorium pomiarów eklektycznych, dlatego przystępując do pracy z wykorzystaniem e-technologii należy mieć świadomość jej niedoskonałości. Pojęcie e-technologie jest niezwykle szeroko pojmowane, natomiast w przedstawionej pracy e-technologię interpretuje się jako - narzędzie badawcze i dydaktyczne oparte na nowoczesnej technologii informatycznej i informacyjnej.

Program QuickField można zainstalować bezpośrednio ze strony producenta www.QuickField.com, jako wersję edukacyjną. Obliczenia oparte są tu na metodzie elementu skończonego. Rozwiązanie dokonywane jest w obszarze dwuwymiarowym (2-D). Program umożliwia podzielenie analizowanego obszaru na elementy trójkątne oraz daje

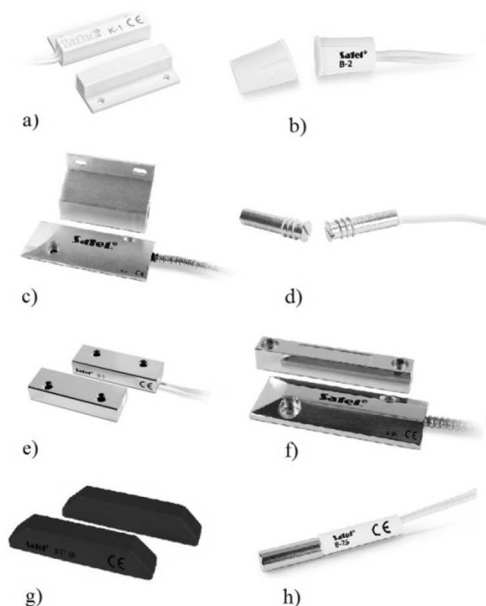
możliwość określenia warunków brzegowych. Dodatkowo można zdefiniować potencjał lub ładunek elektryczny dla dowolnego punktu analizowanego modelu. Ponadto w programie opisywane jest środowisko, w którym dokonywana jest analiza. Wyniki obliczeń są prezentowane w postaci graficznej, przedstawiającej rozkład potencjału skalarnego lub rozkład natężenia pola w analizowanym modelu. Dodatkowo podczas prezentacji rozkładu natężenia pola elektrycznego mogą być zaznaczone linie ekwipotencjalne o wartości dowolnie definiowanej. Istnieje również możliwość określenia dokładnej wartości (w postaci zapisu liczbowego) potencjału, natężenia pola, ładunku powierzchniowego, gęstości energii i przenikalności dielektrycznej w dowolnym punkcie analizowanego modelu a także przedstawienie wykresu liniowego zmian tych wartości dla dowolnie narysowanego konturu zawartego w obrębie modelu. Program pozwala także na wykreślenie wektora natężenia pola elektrycznego dla dowolnie wybranego elementu trójkątnego podziału obszaru analizowanego modelu [1].

W obrębie nauk technicznych proces modelowania oraz symulacji jest pierwszym krokiem w wielu opracowaniach typowo inżynierskich. Symulacja pozwala na wygenerowanie wstępnych wyników badanego zjawiska a dopiero na jej podstawie wdraża się badania bardziej profesjonalne, często oparte na kosztownych obiektach rzeczywistych. Zastosowanie symulacji komputerowej, jako strategii nauczania umożliwia również ominięcie zbyt sformalizowanej drogi uczenia się na rzecz wielokrotnego doświadczenia bezpośredniego ucznia. Wiedza nabywana w procesie uczenia się gromadzona jest w postaci: modeli wyobrażeniowych, struktur pojęciowych, teoretyczno-praktycznych modeli działania, będących konkretyzacją wiedzy teoretycznej. Przewagą symulacji komputerowej nad tradycyjnymi formami poznania jest również możliwość dowolnego skompresowania czasu trwania projektu, w celu przyspieszenia długofalowego wpływ naszych działań w projekcie, możliwość powtarzania w nieskończoność zadanego scenariusza do momentu aż uczestnik zrozumie oraz wprowadzenie elementu rywalizacji między uczestnikami szkolenia na bazie takiego samego modelu [2].

2. RODZAJE CZUJEK MAGNETYCZNYCH STOSOWANYCH W SYSTEMACH ALARMOWYCH

Jednymi z najbardziej popularnych czujek detekcji stosowanych w systemach alarmowych są elementy wykorzystujące zjawisko wpływu pola magnetycznego wytworzonego przez magnes na układ kontaktronu. Są to proste w budowie czujki, które składają się z dwóch głównych podzespołów konstrukcyjnych: kontaktronu oraz magnesu stałego. Występują różne ich odmiany w zależności od ich przeznaczenia oraz montażu. Bardziej rozbudowane posiadają dodatkowo obwód sabotażowy zabezpieczający detektor przed ingerencją zewnętrzną (zakłócającą) poprzez dodatkowe pole magnetyczne. Występują również detektory magnetyczne bezprzewodowe np. AMD-100 firmy Satel. Przykłady czujek indukcyjnych Satel przedstawiono na rysunku 1.

Przedstawione czujki to tylko wybrane modele, ich różnorodność w budowie oraz wyglądzie spełnia nie tylko wymogi estetyczne, ale przede wszystkim konstrukcyjne w zależności od miejsca ich montażu. Stąd producent zaleca stosowanie takich a nie innych elementów ze względu na ich parametry techniczne w określonym środowisku zewnętrznym i warunkach atmosferycznych. Warto w tym momencie zwrócić uwagę na fakt, iż skuteczność działania złożonych systemów alarmowych może być uwarunkowana właśnie poprzez właściwy dobór takich drobnych elementów, które mogą generować błędne sygnały [3].



Rys. 1. Wybrane czujki magnetyczne firmy Satel

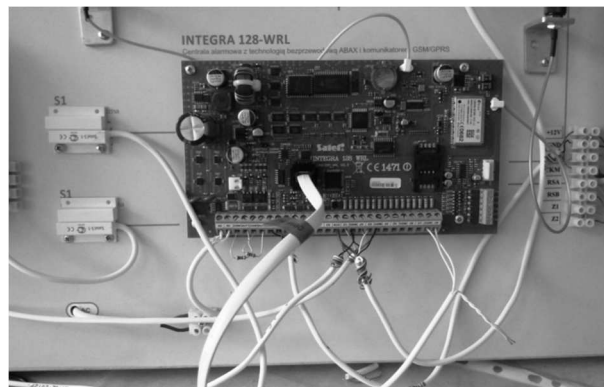
a) czujka K-1 do montażu powierzchniowego; b) B-2 czujka hermetyczna, do montażu wpuszczanego; c) B-4S wzmocniona, metalowa, obudowa hermetyczna tzw. kontaktron bramowy; d) S-3 metalowa obudowa, do montażu wpuszczanego, z pętlą sabotażową; e) B-3A metalowa hermetyczna obudowa, do montażu powierzchniowego; f) B-4M kontaktron bramowy; g) B-1T BR czujka boczna z zaciskami; h) B-2S kontaktron wpuszczany

3. PROJEKT STANOWISKA POMIAROWEGO SYSTEMÓW ALARMOWYCH

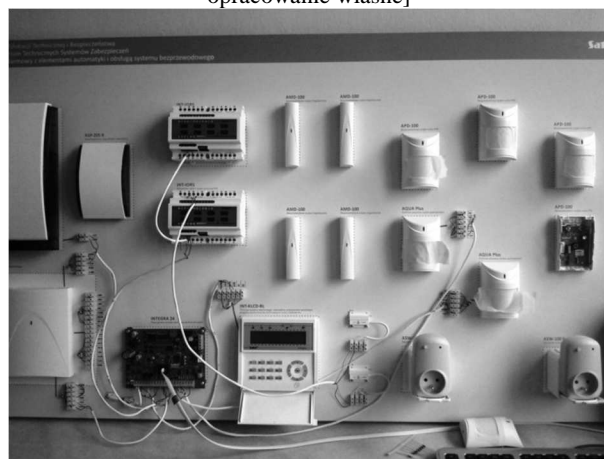
Podstawową grupą elementów systemów alarmowych, są różnego rodzaju detektory, których zadaniem jest informacja centrali alarmowej o naruszeniu równowagi

pracy układu. Do głównych zadań systemu alarmowego należy nadzór nad bezpieczeństwem ochrony pomieszczeń i otoczenia. Szerokie spektrum zastosowania systemów alarmowych wymusza na producentach wprowadzenia na rynek przeróżnych konstrukcji detektorów. Rozpowszechnienie nowszych materiałów konstrukcyjnych, mikroprocesorów oraz komunikacji bezprzewodowej pozwala na wdrażanie ustawicznych innowacji w procesie technologicznym. Prawidłowa instalacja takich systemów wymaga od instalatora znajomości wdrażanej technologii, przepisów BHP, ale przede wszystkim praktyki i umiejętności doboru odpowiednich rozwiązań w określonych warunkach otoczenia. Realizacją procesu dydaktycznego oraz rozwijania umiejętności praktycznych zajmują się liczne ośrodki kształcenia, czego przykładem może być chociażby Instytut Edukacji Technicznej i Bezpieczeństwa Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, kształcący w formie studiów wyższych przyszłych inżynierów z zakresu inżynierii bezpieczeństwa.

Badanie parametrów pracy oraz analiza działania systemów alarmowych jest domeną prac naukowych oraz działalności dydaktycznej prowadzonej w pracowni technicznych systemów zabezpieczeń, która powstała w wyniku współpracy z firmą Satel na Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Pracownia ta jest jedną z nielicznych w kraju przystosowaną pod kątem wykorzystania jej wyposażenia w kształceniu przyszłej kadry technicznej z zakresu technicznych systemów zabezpieczeń. Układ pomiarowy do badania przedstawiono na rysunku 2 i 3.



Rys. 2. Stanowisko badawcze w zakresie współpracy czujek K-1, S-1 oraz centrali alarmowej Integra 128-WRL Satel [źródło: opracowanie własne]

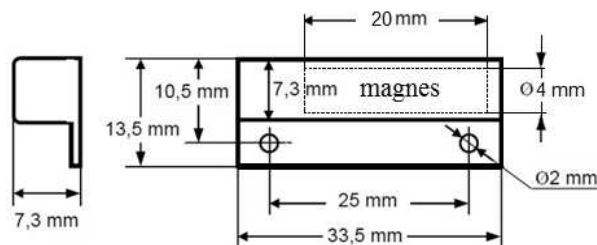


Rys. 3. Przykład jednego ze stanowisk laboratoryjnych (stanowisko do badania czujek magnetycznych bezprzewodowych oraz detekcji ruchu) [źródło: opracowanie własne]

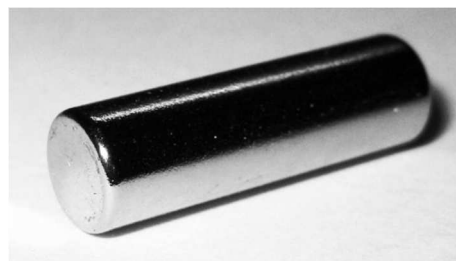
W ramach zajęć studenci projektują systemy alarmowe, badają parametry techniczne poszczególnych elementów systemu oraz dokonują oceny przydatności zaprojektowanych modeli w zdefiniowanych warunkach otoczenia [4,5]. Celem przeprowadzonych badań jest porównanie wyników pomiarów na podstawie modelowania w programie QuickField ver.5.10 firmy ©Tera Analysis z parametrami podanymi przez producenta. Analiza danych może być również wykorzystana, jako ćwiczenie praktyczne. Na zajęciach laboratoryjnych dzięki wykorzystaniu metody MES, studenci mają możliwość zapoznania się z działaniem takiej czujki oraz wykorzystania modelowania do określenia różnic w wynikach uzyskanych różnymi metodami pomiarowymi [6,7].

4. BUDOWA I PARAMETRY TECHNICZNE CZUJKI MAGNETYCZNEJ K-1 SATEL

Do podstawowych detektorów w systemach alarmowych należą czujki, których działanie opiera się na zjawisku indukcji magnetycznej. Przykładem takiego sensora może być element oznaczony przez producenta jako K-1 (rys.4). Jest to prosta czujka w której wykorzystano zjawisko oddziaływania pola magnetycznego, którego źródłem jest magnes neodymowy (montowany na elemencie ruchomym: skrzydło okna, drzwi) oraz elementu załączającego obwód w postaci kontaktronu, który umieszcza się w części nieruchomej np. ościeżnicy. Oczywiście jest to typowy przykład, najczęściej stosowany w systemach ochrony pomieszczeń, jednakże warto nadmienić, iż czujki magnetyczne mogą być stosowane w przeróżnych układach alarmowych np.: nadzorujących pracę urządzeń, itp. Producent wprowadzając na rynek pokazane podzespoły poddaje je badaniom, na podstawie których klasyfikuje ich przydatność w określonych warunkach pracy. Dane techniczne dla sensorów K-1, K-2, K-3 (również w wersji S) ujęte zostały w dokumentacji technicznej firmy Satel o oznaczeniu: s123_pl 04/07 dostępnej na stronie producenta [8]. Czujki typu S różnią się od typu K jedynie zastosowanym dodatkowym obwodem sabotażowym. Jak wcześniej wspomniano, prawidłowe działanie takiego detektora może być zakłócone przez wiele czynników zewnętrznych, jednym z nich może być chociażby oddziaływanie dodatkowego pola magnetycznego. W warunkach poprawnej pracy systemu alarmowego może ono wpłynąć na działanie kontaktronu w taki sposób, iż oddalenie się ruchomego elementu neodymowego nie spowoduje zadziałania kontaktronu, a w konsekwencji nie nastąpi poinformowanie centrali o sygnale alarmowym. Przytoczony przykład jest szeroko dyskutowany na łamach licznych stron internetowych poświęconych systemom alarmowym a dotyczących poprawnej instalacji czujek magnetycznych oraz zaburzeniu ich działania przez osoby nieuprawnione. Oczywiście, producent stara się w tym przypadku zabezpieczyć takie elementy poprzez chociażby stosowanie dodatkowych obwodów sabotażowych (czujki S-1). Badania oraz ćwiczenia, jakie wykonywane są w laboratorium technicznych systemów zabezpieczeń mają na celu nie tylko programowanie centrali alarmowych, ale przede wszystkim zwrócić uwagę studentom na zachodzące w nich zjawiska fizyczne i odniesieniu ich do warunków pracy [9].



Rys. 4. Wymiary elementu czujki K-1 (S-1) firmy Satel



Rys. 5. Magnes neodymowy walcowy stosowany w czujce serii K (S). [źródło: opracowanie własne]

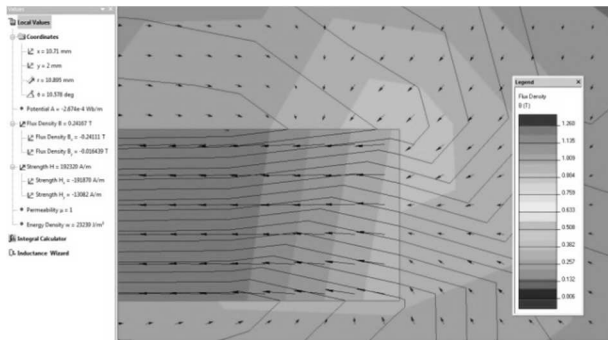
Wybrane parametry techniczne dla magnesu N38 o wymiarach 4x20 mm odnoszące się do temperatury 26,5°C:

- Właściwości magnetyczne materiału N38: indukcja remanencji $B_r=1,24$ [T], koercja $H_{cB}=937,4$ [kA/m], koercja $H_{cJ}=1096,1$ [kA/m], gęstość energii magnetycznej $(BH)_{max}=292,47$ [kJ/m³]
- Właściwości fizyczne: gęstość $\sim 7,5$ [g/cm³], twardość Vickersa (HV) ~ 600 [kG/mm²], rezystywność ~ 144 [$\mu\Omega \times cm$]
- Kierunek magnesowania wzdłuż wysokości oznacza, że jedna kołowa powierzchnia magnesu stanowi biegun "N" a druga przeciwległa kołowa powierzchnia biegun "S".
- Strumień magnetyczny: $\sim 2580 \times 10^{-3}$ [mWb], dla K (stała cewki Helmholtz'a) $= 1,14 \times 10^{-4}$ [m]
- Moment magnetyczny: $\sim 2580 \times 10^{-3}$ [mWb] $\times 1,14 \times 10^{-4}$ [m] $= \sim 194,12 \times 10^{-6}$ [mWb] \times [m]
- Indukcja magnetyczna blisko krawędzi powierzchni bieguna magnetycznego (maksymalna) przy dystansie 0,7 [mm] wynosi $\sim 0,360$ [T]
- Udźwig: $\sim 0,6$ [kg]. Udźwig mierzono wykorzystując gładką blachę o grubości 10 [mm] przy prostym działaniu siły odrywającej. Szczelina pomiędzy magnesem a blachą spowoduje zmniejszenie udźwigu. (Na podstawie danych: Laboratorio Elettrofisico Engineering, Measuring Equipment IS-300, www.magnesy.eu.)

Podane wartości są wartościami orientacyjnymi dla danego materiału i mogą się nieco różnić dla każdego kolejnego magnesu (rys.5).

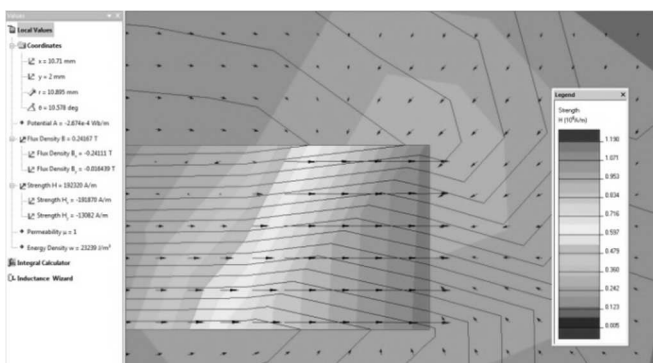
5. PRZEBIEG POMIARU, ANALIZA MES

Modelowaniu poddano element ruchomy czujki K-1 a następnie porównano wyniki na podstawie przeprowadzonej symulacji z danymi producenta. Wyników obliczeń oraz obserwacji poddano analizie na podstawie, której uzyskano konstruktywne wnioski. Obliczenia programem QuickField składają się z trzech etapów: przygotowania danych wejściowych, samych obliczeń i analizy wyników (tabela 1).

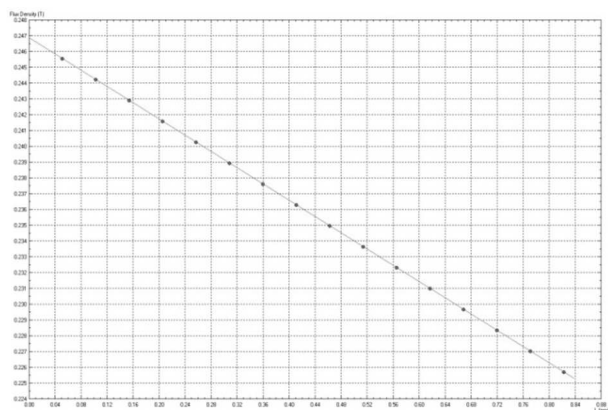


Rys. 6. Analiza indukcji magnetycznej B w obszarze jednego z biegunów magnesu N38 [źródło: opracowanie własne]

Proces modelowania w programie QuickField opiera się na poszczególnych etapach edycji, najogólniej: sformułowaniu problemu badawczego, przez co program umożliwi nam pracę w odpowiednim środowisku pracy, zdefiniowaniu właściwości materiałowych (właściwości elektryczne, magnetyczne), odwzorowaniu kształtów badanego elementu oraz określeniu parametrów dla krawędzi, wierzchołków i bloków modelu. Z chwilą, gdy zadanie zostanie w pełni opisane, wykonywany jest proces obliczeń i następuje przejście do wizualizacji wyników (rys.7,8) [10].



Rys. 7. Analiza natężenia pola magnetycznego H w obszarze jednego z biegunów magnesu N38 [źródło: opracowanie własne]



Wykres 1. Wykres funkcji indukcji magnetycznej B od odległości od krawędzi magnesu mierzonej po symetrycznej walca.

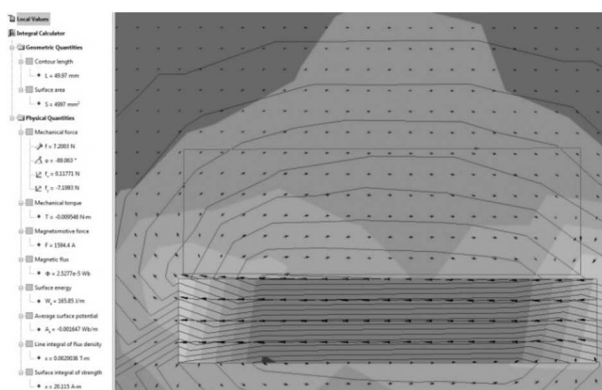
Na podstawie przeprowadzonej symulacji można zaobserwować, iż wartość indukcji magnetycznej blisko krawędzi powierzchni bieguna magnetycznego podana przez producenta jako wartość $\sim 0,360$ [T] (wartość max.) odbiega od wartości odczytanej z przebiegu wynoszącej $\sim 0,242$ [T] (wykres 1). Jednakże wartość podana przez producenta jest

wartością określaną jako maksymalna, a więc wartość otrzymaną w symulacji należy uważać za poprawną. Działanie czujki zbadano również doświadczalnie, a więc zbadano, przy jakiej szerokości szczeliny między magnesem a kontaktronem, czujka zadziała poprawnie. Przeprowadzono kilka prób, które wykazały, iż zamknięcie styków kontaktronu nastąpiło w odległości od 29 do 31 mm, natomiast rozwarcie w odległości 35-36 mm. Dane te z kolei można odnieść do przeprowadzonej symulacji oraz dla układu równoległego położenia obydwu elementów czujki w celu określenia parametrów pola magnetycznego dla innego modelu kontaktronu. Pomiary te mogą być wykorzystane również do oszacowania zakłócającego pola magnetycznego, którym można przeprowadzić sabotaż wskazań czujki.

Przytoczony przykład odczytu indukcji magnetycznej w osi X to tylko jedna z możliwości, jaką oferuje program QuickField. [10] Program oferuje o wiele większe możliwości interpretacji modelu, można na przykład uwzględnić w szerszym spektrum otoczenie pracy czujki pod kątem występujących zakłócających czynników (rys.6).

Tabela 1. Wyniki pomiarów indukcji magnetycznej, natężenia pola magnetycznego i potencjału wektorowego dla magnesu zastosowanego w czujce K-1 Satel

L (mm)	x (mm)	y (mm)	N_x	N_y	A (Wb/m)	B (T)	H (A/m)	μ	w (J/...
0.00000	10.8938	2.00762	0.00000	1.00000	-3.21069e-4	0.246883	196463.	1.00000	24251.8
0.0419226	10.8519	2.00762	0.00000	1.00000	-3.10388e-4	0.245786	195591.	1.00000	24036.7
0.0838451	10.8099	2.00762	0.00000	1.00000	-2.99707e-4	0.244691	194719.	1.00000	23823.0
0.125768	10.7680	2.00762	0.00000	1.00000	-2.89026e-4	0.243598	193849.	1.00000	23610.6
0.167690	10.7261	2.00762	0.00000	1.00000	-2.78345e-4	0.242506	192980.	1.00000	23399.4
0.209613	10.6842	2.00762	0.00000	1.00000	-2.67664e-4	0.241416	192113.	1.00000	23189.5
0.251535	10.6423	2.00762	0.00000	1.00000	-2.56983e-4	0.240328	191247.	1.00000	22980.9
0.293458	10.6003	2.00762	0.00000	1.00000	-2.46302e-4	0.239241	190382.	1.00000	22773.6
0.335381	10.5584	2.00762	0.00000	1.00000	-2.35621e-4	0.238157	189519.	1.00000	22567.6
0.377303	10.5165	2.00762	0.00000	1.00000	-0.000224940	0.237074	188658.	1.00000	22362.9
0.419226	10.4746	2.00762	0.00000	1.00000	-2.14259e-4	0.235993	187798.	1.00000	22159.5
0.461149	10.4326	2.00762	0.00000	1.00000	-2.03578e-4	0.234915	186939.	1.00000	21957.3
0.503072	10.3907	2.00762	0.00000	1.00000	-1.92897e-4	0.233838	186082.	1.00000	21756.5
0.544994	10.3488	2.00762	0.00000	1.00000	-1.82217e-4	0.232763	185227.	1.00000	21556.9
0.586917	10.3069	2.00762	0.00000	1.00000	-1.71536e-4	0.231690	184373.	1.00000	21358.6
0.628839	10.2649	2.00762	0.00000	1.00000	-1.60855e-4	0.230619	183521.	1.00000	21161.7
0.670762	10.2230	2.00762	0.00000	1.00000	-1.50174e-4	0.229550	182670.	1.00000	20966.0
0.712685	10.1811	2.00762	0.00000	1.00000	-1.39493e-4	0.228483	181821.	1.00000	20771.5
0.754607	10.1392	2.00762	0.00000	1.00000	-1.28812e-4	0.227419	180974.	1.00000	20578.4
0.796530	10.0973	2.00762	0.00000	1.00000	-1.18131e-4	0.226356	180128.	1.00000	20386.6
0.838452	10.0553	2.00762	0.00000	1.00000	-0.000107450	0.225296	179285.	1.00000	20196.0



Rys. 8. Obszar analizy pola magnetycznego wokół powierzchni bocznej czujki. [źródło: opracowanie własne]

6. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych rozważań można sformułować następujące wnioski oraz spostrzeżenia:

- program QuickField pozwala na opracowanie modelu, w którym można osiągnąć rozsądny kompromis pomiędzy dokładnością obliczeń, a kosztami zależnymi

- wprost od czasu poświęconego na modelowanie, obliczanie i analizę wyników;
- zaobserwowana wartość indukcji magnetycznej na podstawie przeprowadzonej symulacji w odniesieniu do danych dostarczonych przez producenta obarczona jest błędem, na który największy wpływ ma: błąd modelowania (zastosowany model matematyczny nie odzwierciedla dokładnie rzeczywistości), błąd powstały w wyniku założeń materiałowych modelu, błąd interakcji obiektu ze światem zewnętrznym, błąd odwzorowania obszaru (obszar obliczeniowy nie odpowiada dokładnie rzeczywistemu obszarowi zajmowanemu przez analizowany obiekt);
- na podstawie obserwacji z przeprowadzonych ćwiczeń w laboratorium można stwierdzić, iż przedstawiony program jest doskonałą propozycją dla celów edukacyjnych, wersja studencka jest wersją ogólnie dostępną, nieodpłatną i może być wykorzystana również, jako platforma do przygotowania ćwiczeń laboratoryjnych na potrzeby kształcenia on-line;
- program w przedstawionej wersji edukacyjnej posiada ograniczoną maksymalną gęstość siatki;
- ze względu na dość prosty i intuicyjny panel obsługi, aplikacja ta może być wykorzystana przez osoby początkujące z zakresu modelowania MES.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Ścibisz M., Komputerowa analiza rozkładu pola elektrycznego wokół uzwojenia odpylacza bifilarnego, *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8 (68), s. 377-383.
2. Prauzner T., Information Technology in Contemporary Education – Individuals' Recherche, *American Journal of Educational Research*, 2013, Vol. 1, No. 10, 430-435.
3. Ptak P., Prauzner T., Badanie czujników detekcji zagrożeń w systemach alarmowych, *Przegląd Elektrotechniczny* r. 89 nr 10/2013, s.274-276.
4. Prauzner T., Systemy monitoringu w inteligentnym budynku, [w:] *Prace Naukowe AJD, Edukacja Techniczna i Informatyczna*, red. A. Gil, t. 2012, s.113-124.
5. Prauzner T., Zakłócenia elektromagnetyczne w elektronicznych systemach alarmowych, [w:] *Przegląd Elektrotechniczny* nr. 12b/2012, s.205-208.
6. Prauzner T., Zastosowanie programów symulacyjnych w nauczaniu przedmiotów technicznych, [w:] *Prace Naukowe AJD, Edukacja Techniczna i Informatyczna* red.J.Wilsz, Tom I, Wydawnictwo Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Częstochowa 2006, s.121-128.
7. Strona internetowa firmy Satel, www.satel.pl
8. Prauzner T., Applications of multimedia devices as teaching aids, [w:] *Annales UMCS Informatica AI X*, 1(2010), red. R.Szczygieł, Wyd. Maria Curie-Skłodowska University in Lublin 2010, s.167-175.
9. Prauzner T., ICT education in practice, [w:] *Edukacja ustawiczna dorosłych*, red. Prof. dr hab. Bednarczyk H., Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom 2012, s.130-140.
10. Tera Analysis Ltd <http://www.QuickField.com>, 2014.

MODELING OF THE MAGNETIC SENSOR OPERATION IN THE QUICKFIELD AS THE EXAMPLE OF USING E-TECHNOLOGIES IN ELECTRICAL METROLOGY

The article presents the results of research and modeling of the magnetic field in the QuickField, using the finite element method. The sensor K-1 of Satels' product has been modeled in the program. It was also presented the laboratory of technical alarm systems at Institute of Technical Education and Safety of Jan Długosz University in Czestochowa, as the example of e-technologies of didactic system. The research used a method of modeling and computer simulation based on software QuickField assigned to the teaching in the field of electrical metrology. The finite element method is widely known and used in the technology allowing for analysis of complex components work and electrical systems. In the present exercise, this program have been used to study the phenomenon of electromagnetism.

Keywords: detector, e-technology, simulation, modeling