

Sławomir Wróblewski\*, Andrzej Bytnar\*\*

\*Politechnika Łódzka, Łódź

\*\*Instytut Energetyki, Warszawa

## WZORZEC ROZMIESZCZANIA PUNKTÓW POMIAROWYCH W CYLINDRYCZNEJ BRYLE MASZYNY WIRUJĄCEJ

### A TEMPLATE FOR ARRANGING MEASURING POINTS IN MACHINES WITH A CYLINDRICAL STRUCTURE

**Abstract:** The paper presents a method of creating of a template for arranging measuring points on an examined object. Simple visualization of arranging of measuring points is usually based on a static picture. There is no possibility to reuse such visualization with another model than the model the visualization has been designed for. Adding, deleting and moving the points is difficult. The presented solution creates a template that allows to arrange measuring points dynamically and present them as a spatial image. The proposed template is convenient for machines with a cylindrical structure. The algorithm of division of the structure is presented which allows to create a template in a form of a tree that allows the measuring point to be stored, rebuilt and presented in an easy and standard way.

#### 1. Wstęp

W diagnostycznym systemie oceny stanu technicznego maszyny wirującej istnieje konieczność instalowania czujników pomiarowych w istotnych punktach jej objętości.

Zwykle wykorzystuje się od kilku do kilkudziesięciu różnych czujników, a ich rozmieszczenie w obiekcie prezentowane jest przez odpowiednie moduły wizualizacji.

Moduły zazwyczaj przedstawiają rozmieszczenie punktów w postaci obrazu (rysunku) dwuwymiarowego. Tego typu moduły są wykorzystywane w systemach dedykowanych, gdzie nie zachodzi konieczność zmiany liczby punktów oraz ich położenia, gdyż wartości te są stałe i z góry określone. Obrazy dwuwymiarowe nie nadają się jednak dla skalowalnych systemów przenośnych, w których liczba i lokalizacja punktów pomiarowych zmieniają się w zależności od rodzaju obiektu badanego.

Alternatywą dla wymienionych modułów jest proponowany wzorzec wizualizacji, który pozwala na dowolne definiowanie rozmieszczenia punktów pomiarowych w przestrzeni trójwymiarowej w bryle obiektu badanego. W tym wzorcu obiekt badany oraz rozmieszczenie punktów generowane są w postaci dynamicznego obrazu trójwymiarowego pozwalającego na jego interakcję z użytkownikiem (obrót, przemieszczenie itp.).

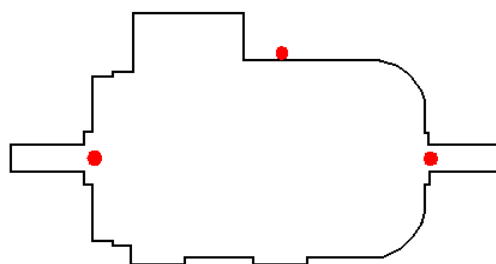
W artykule przedstawiono wzorzec wizualizacji trójwymiarowej rozmieszczenia czujni-

ków w cylindrycznej bryle maszyny elektrycznej.

#### 2. Wizualizacja rozmieszczenia punktów pomiarowych

##### 2.1. Statyczny<sup>1</sup> obraz dwuwymiarowy

Wizualizacja w postaci obrazu dwuwymiarowego jest najczęściej stosowaną formą prezentacji rozmieszczenia punktów pomiarowych w systemach dedykowanych. Rozmieszczenie punktów pomiarowych prezentowane jest jako element rysunku (rys. 1).



Rys. 1. Wizualizacja w postaci statycznego obrazu dwuwymiarowego

Wadą takich modułów jest brak możliwości wygenerowania obrazu rozmieszczenia punktów pomiarowych - obiekt badany oraz położenie punktów pomiarowych nie są atrybutem wizualizacji, a dane opisujące geometryczne

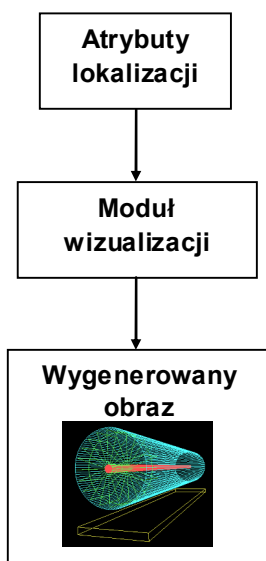
1 Obraz przedstawiający obiekt bez możliwości oglądania go z różnych stron.

położenie punktów nie są przechowywane. Zmiana położenia, usunięcie lub dodanie punktu skutkuje przebudową tak modułu wizualizacji, jak i samego systemu.

## 2.2. Dynamiczny<sup>2</sup> obraz trójwymiarowy

Wizualizacja w postaci trójwymiarowego dynamicznego obrazu umożliwia podgląd rozmieszczenia punktów pomiarowych w bryle obiektu badanego. W tym przypadku wymagany jest geometryczny ich opis.

Zaletą wizualizacji trójwymiarowej jest możliwość budowy obiektu oraz rozmieszczenia punktów za pomocą podania atrybutów, takich jak np. współrzędne położenia, średnice, długości. Atrybuty te mogą posiadać ponadto wzajemne relacje oraz powinny być składowane w pamięci komputera. Moduł wizualizacji trójwymiarowej może wówczas, korzystając z tych atrybutów, zbudować dokładny model obiektu i przedstawić lokalizację punktów pomiarowych (rys. 2).



Rys. 2. Wizualizacja w postaci dynamicznego obrazu interakcyjnego

## 3. Model maszyny z rozmieszczeniem punktów pomiarowych

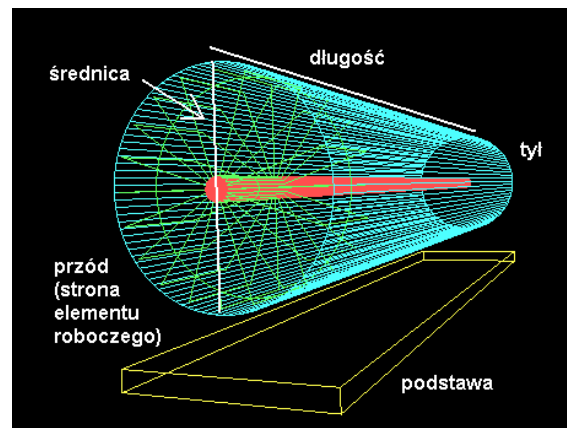
### 3.1. Obraz maszyny

Maszyny wirujące ze względu na specyfikę swojej konstrukcji mogą być modelowane w ogólnym przypadku jako bryły walcowe. Podstawowymi ich atrybutami są długość oraz

średnica. Pomocnicze atrybuty modelu maszyny to:

- położenie względem podłoża (poziome lub pionowe z elementem roboczym u góry/na dole),
- oznaczenie elementu roboczego.

Przykładowy model został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Wizualizacja maszyny wirującej

### 3.2. Wzorzec wizualizacji przestrzennej maszyny

Położenie węzłów konstrukcyjnych maszyny i istotnych punktów pomiarowych w przestrzeni, w najprostszym przypadku, może być określone za pomocą trójwymiarowych współrzędnych. W przypadku modelu maszyny wirującej punkty pomiarowe rozmieszczane są zazwyczaj symetrycznie na obwodzie przekroju poprzecznego maszyny. Ta cecha została wykorzystana do definiowania położenia punktów pomiarowych w miejscach przecięcia wybranych przekrojów maszyny.

Na potrzeby lokalizacji położenia punktów pomiarowych zdefiniowano tzw. sekcje, cylindry oraz promienie (rys. 4).

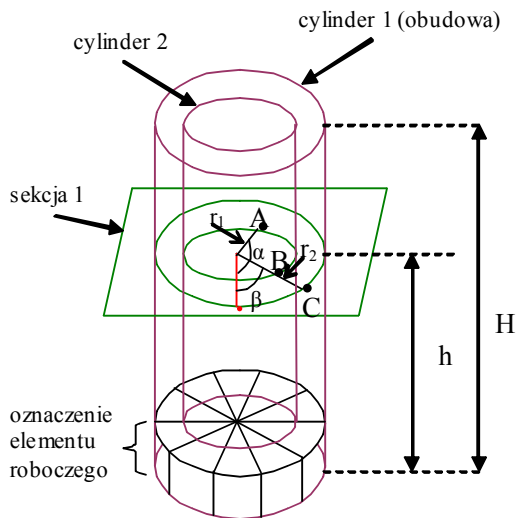
Cylindry są to współosiowe walce, posiadające te same podstawy, różniące się długością i promieniem (na rysunku 4 promienie  $r_1$  i  $r_2$ ). Obudowa obiektu badanego reprezentowana jest przez walec o wysokości  $H$  i promieniu  $r_2$ .

Sekcje są to płaszczyzny przecinające pod kątem prostym walce na wysokości  $h$  od ich podstaw oznaczonych jako element roboczy.

Przez przecięcie cylindrów sekcjami powstają okręgi. Punkty pomiarowe lokalizowane są w miejscach przecięć promieni okręgów z punktem leżącym na okręgu. Punkty pomiarowe oddalone są o kąt liczony względem wy-

2 Obraz przedstawiający obiekt w postaci umożliwiającej oglądanie jego bryły z różnych stron.

branego promienia odniesienia (na rysunku 4 oznaczonego kolorem czerwonym).



Rys. 4. Położenie punktów pomiarowych w cylindrycznym układzie współrzędnych

Na rysunku 4 wyznaczono trzy przykładowe punkty pomiarowe: punkt A należący do sekcji 1, cylindra 2 i promienia  $r_1$ , punkt B należący do sekcji 1, cylindra 2 i promienia  $r_2$ , punkt C należący do sekcji 1, cylindra 1 i promienia  $r_2$ . Stosując opisaną metodykę, oprócz jednoznacznego położenia punktu w przestrzeni, można jednocześnie zbudować obiekty wizualizacji maszyny jakimi są sekcje i cylindry.

Strukturę budowy wizualizacji maszyny można przedstawić w postaci usystematyzowanej – w postaci drzewa (rys. 5). Maszyna jest korzeniem drzewa i posiada listy sekcji i cylindrów. Sekcje posiadają listy promieni, a promienie – listę punktów pomiarowych.

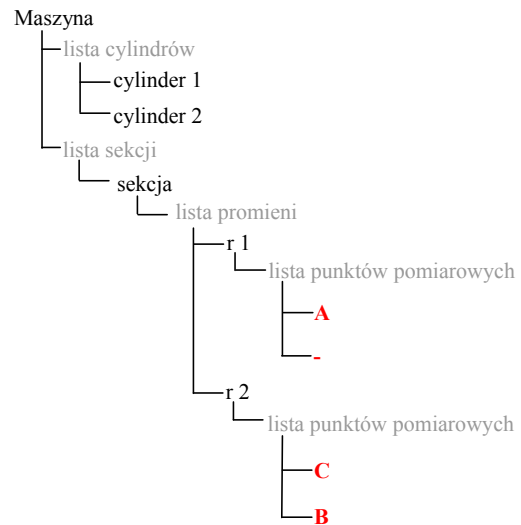
W celu jednoznacznego przypisania punktu pomiarowego do określonego cylindra na liście, przyjęto zasadę nadawania indeksów, tym wyższych im większa jest średnica cylindra, do którego należy punkt.

Zgodnie z ww. zasadą, punkt C znajduje się niżej na liście niż punkt B, ponieważ cylinder 2, do którego należy punkt C, ma mniejszą średnicę niż cylinder 1, do którego należy punkt B.

Hierarchiczna struktura maszyny może być dowolnie modyfikowana oraz zapisana na nośniku danych/bazie danych. Struktura może być opisana przy użyciu np. języka opisu struktur danych XML.

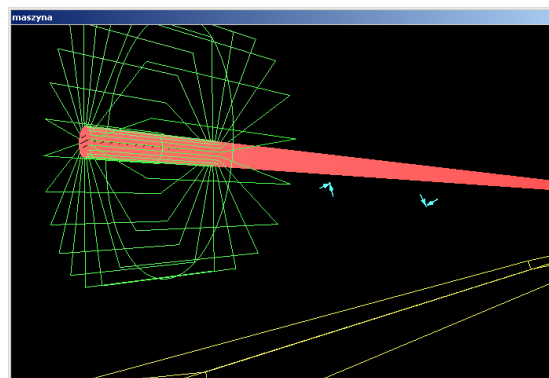
Odpowiedni moduł wizualizacji danych jest w stanie przedstawić strukturę w postaci trój-

wymiarowego obrazu generowanego dynamicznie.



Rys. 5. Struktura drzewiasta wizualizacji obiektu maszyny

Poniższą strukturę danych (rys. 6) wygenerowano przy pomocy modułu wizualizacji wykorzystującym specyfikację OpenGL<sup>3</sup> (ang. Open Graphics Library).



Rys. 6. Wizualizacja punktów pomiarowych (wraz z rozmieszczeniem czujników) przy pomocy funkcji API OpenGL

#### 4. Podsumowanie

- Podział bryły maszyny na sekcje, cylindry i promienie pozwala jednoznacznie przypisać punkt pomiarowy do określonego jej przekroju oraz umożliwia precyzyjniej definiować położenie punktu w porównaniu do

3 Specyfikacja API do generowania grafiki umożliwiającą budowanie złożonych trójwymiarowych struktur z podstawowych figur geometrycznych.

opisu położenia za pomocą jedynie trzech współrzędnych przestrzennych.

- Zapropozowana metoda ułatwia wizualizację rozmieszczenia punktów pomiarowych przy użyciu graficznych bibliotek.
- Opracowany wzorzec wizualizacji umożliwia modyfikację struktury systemu przez zmianę liczby punktów pomiarowych i ich lokalizacji.
- Definicja lokalizacji punktów pomiarowych umożliwia systemowi pomiarowemu dynamiczne pobieranie danych o liczbie punktów pomiarowych.
- Wzorzec może być wykorzystywany również przy projektowaniu rozmieszczenia punktów pomiarowych w maszynach różnych konstrukcji. Nadaje to systemowi cechę uniwersalności.
- Prezentacja modelu w postaci drzewa i umieszczenie definicji wzorca w bazie danych zapewnia znormalizowany dostęp do wzorca.

## 5. Literatura

[1] Podsiadły P.J., Wróblewski S., Pietrzak P., Bytnar A.: *Budowa i uruchomienie systemu monitoringu wibracji przestrzennych rdzenia stojana generatora*. Kraków, wyd. DjaF, ss. 291-294,

XLII Sympozjum Maszyn Elektrycznych SME'06, 3-6 czerwca 2006, ISBN: 83-88309-36-6, ss. 376, A4

[2] Wróblewski S., Napieralski A.: *Komputerowy system diagnostyki wibracyjnej maszyn wirujących*. Podstawowe Problemy Energoelektroniki Elektromechaniki i Mechatroniki XII Sympozjum PPEE'2007 – Wisła, 9–12 grudnia 2007

[3] A. V. Aho, J. E. Hopcroft, J. D. Ullman: *Algoritmy i struktury danych*. Helion, 2003

[4] R. S. Wright jr, M. Sweet: *OpenGL - księga eksperta*. Helion, 2005

*Praca współfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu badawczego N N511 357734*

## Autorzy

Dr inż. Sławomir Wróblewski,

e-mail: [swrobel@dmisc.p.lodz.pl](mailto:swrobel@dmisc.p.lodz.pl)

Politechnika Łódzka,

Katedra Mikroelektroniki i Technik

Informatycznych

ul. Wólczańska 221/223, 90-924 Łódź,

Prof. dr hab. inż. Andrzej Bytnar,

e-mail: [andrzej.bytnar@ien.com.pl](mailto:andrzej.bytnar@ien.com.pl)

Instytut Energetyki

ul. Mory 8, 01-330 Warszawa