สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานผลการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2539

เสนอคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เรื่อง

การออกแบบเครื่องวัดและวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน ของเครื่องจักรที่เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

A Design of Measurement and Analysis Instrumentaion for Vibration of Meachinary Base-on Microcomputer

RCH
TJ
177
.7588 ส

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 28193
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2539

เสนอคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เรื่อง

การออกแบบเครื่องวัดและวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

A Design of Measurement and Analysis Instrumentaion for Vibration of Meachinary Base-on Microcomputer

นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร หัวหน้าโครงการ

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

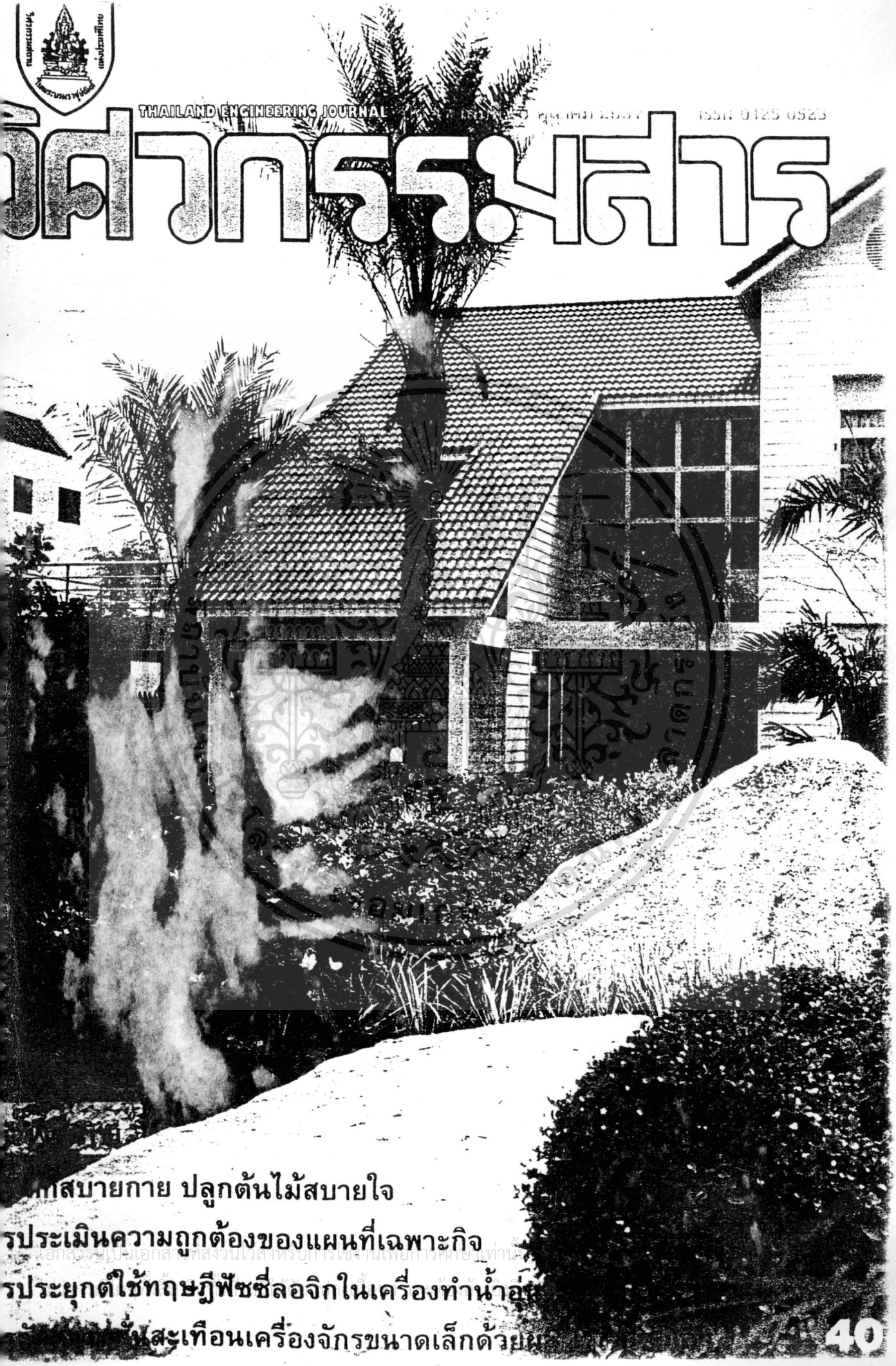
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี 2537 จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 47 เล่มที่ 10 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยใช้ชื่อบทความว่า การวัดความสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยผลึกพิโซอิเล็กทริก ส่วนอีกบทความใช้ชื่อบทความว่า การวัดความสั่นสะเทือนแบบ 2 จุดสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็ก กำลังดำเนินการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อที่จะนำส่งลงในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า 10 สถาบัน ครั้งที่ 20 ปี 2540 จัดโดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้แนบบทความทั้ง 2 มาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THAILAND ENGINEERING JOURNAL

วิศวกรรมสาร



...สบายกาย ปลูกต้นไม้สบายใจ

...ประเมินความถูกต้องของแผนที่เฉพาะกิจ

...ประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซี่ลอจิกในเครื่องทำน้ำอุ่น

...สะเทือนเครื่องจักรขนาดเล็กด้วย...

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

การวัดความสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยผลึกพิโซอิเล็กทริก

Plizoelectric Vibration measurement for Small Machine

จักรพงษ์ เกาเทียน *
* นักศึกษาปริญญาโท
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
ชัชชัย อุทัยวสิน **
** นักศึกษาปริญญาโท
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
วิทยา ทิพย์สุวรรณพร ***
*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิโซอิเล็กทริกสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็กนี้มีช่วงการวัดระหว่าง 0 ถึง 50 g แบบแกนเดียวโดยอาศัยหลักการของการเปรียบเทียบอัตราเร่งของความสั่นสะเทือน ต่อค่าแรงโน้มถ่วงโลกที่ให้ค่าเอาท์พุทเป็นประจุไฟฟ้า มีวงจรแปลงค่าประจุเป็นแรงดัน 0 ถึง 5 โวลท์ผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลแบบ RS232 ไปยังไมโคร คอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลข้อมูลของระดับความสั่นสะเทือนตามจำนวนการสุ่มตัวอย่างสำหรับหาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของช่วงการวัด และ เก็บข้อมูลของการวัดนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการวัดครั้งต่อไปซึ่ง สามารถจะพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักรที่อาจเกิดขึ้น จากการตัดสินใจของผู้ใช้งาน หรือ แสดงผลระดับความสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง

Abstract

Piezoelectric vibration measurement for small machine have range between 0-50 g, one-dimension and interest level the vibration of acceleration from machine. Signal output is capacitance convert to voltage 0-5 volt. It is converted to binary by A to D converter. We use microcontroller 8031 transfer data to IBM-PC for standard RS232. The microcomputer save data to file, calculate maximum, minimum, average data, compare and show graph level of vibration from sample data or continue data. User can see graph and level data for consideration about vibration of machine.

1. บทนำ

ปกติเครื่องจักรทำงานโดยได้รับแรงขับกระตุ้นจากเครื่องต้นกำลังซึ่งอาจเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าเครื่องยนต์กังหันจะทำให้เครื่องจักรเกิดความสั่นสะเทือนในระดับหนึ่งผู้ใช้งานสามารถทราบความสั่นสะเทือนที่ผิดปกติจากความรู้สึก เสียงการสัมผัสการวิเคราะห์อาการเสียขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้แต่ละคน บทความนี้นำเสนอเครื่องวัดความสั่นสะเทือน ที่สามารถตรวจวัดเก็บข้อมูล และนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดภายหลังเพื่อพิจารณาอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นโดยผู้ใช้งานเนื่องจากความไม่สมดุลหรือจากการติดตั้งเครื่องจักรไม่ตรงแนวศูนย์การเปลี่ยนแปลงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการผิดปกติของเครื่องจักรการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความสั่นสะเทือนหรือความถี่การสั่นสะเทือนจะทำให้ทราบระดับความรุนแรงของปัญหาว่าจะต้องแก้ไขซ่อมแซมอย่างไร

การวัดความสั่นสะเทือนสามารถแบ่งการวัดได้สองประเภทคือ

1. การวัดค่ารวม (Overall) ความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรทั้งหมดแสดงผลในรูประดับความแรงของ การสั่นสะเทือนและเก็บสะสมข้อมูล ถ้าระดับความสั่นสะเทือนเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ผ่านมาจนถึงระดับอันตรายจะนำผลที่ได้เตือนให้ทราบ

2. การวัดวิเคราะห์ประมวลผลในรูปสเป็กตรัมความถี่ ความสั่นสะเทือนของส่วนประกอบในเครื่องจักรทั้งหมดแยกระดับความสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่าง ๆ ทำให้ทราบรายละเอียด และสาเหตุความสั่นสะเทือนที่ผิดปรกติเกิดจากส่วนใด

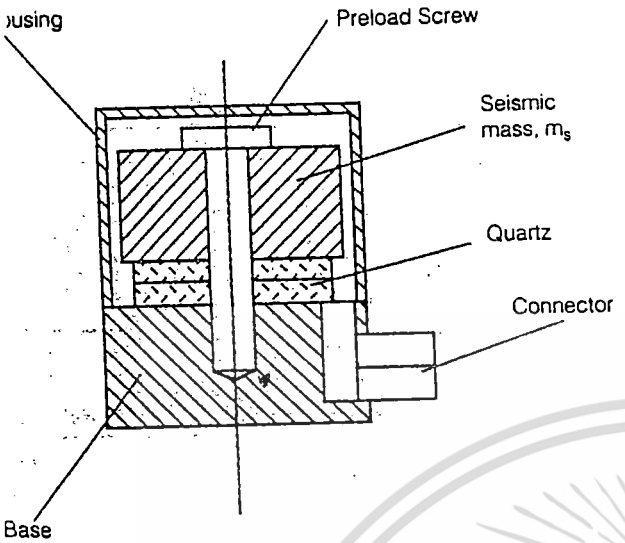
นอกจากการแบ่งประเภทการวัดความสั่นสะเทือนยังสามารถแบ่งย่อยได้อีกเป็น 2 แบบคือ

1. การวัดความสั่นสะเทือนที่ไม่ต่อเนื่องจะเกิดขึ้นชั่วขณะ เช่น การสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวซึ่งมีชื่อของเครื่องมือวัดว่า **Seismograph** จะต้องทำการวัดอยู่ตลอดเวลา เพื่อสังเกตและตรวจสอบการเกิดแผ่นดินไหวรวมทั้งโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวด้วย

2. การวัดการสั่นสะเทือนที่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ เช่น การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรต่าง ๆ การวัดความสั่นสะเทือนในประเภทนี้สามารถวัดเพื่อดูค่าระดับความสั่นสะเทือนเมื่อใดก็ได้ไม่ต้องคอยตรวจสอบตลอดเวลาซึ่งมีชื่อเครื่องมือวัดว่า **Vibrationmeter** และ **Accelerometer**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 1 แสดงปิโซอิเล็กทริกที่ออกแบบเป็นลักษณะการอัดตัว (Compression)



ในบทความนี้จะกล่าวถึงการวัดความสั่นสะเทือนลักษณะต่อเนื่อง แบบการวัดค่ารวม แสดงระดับความสั่นสะเทือนของข้อมูลที่ใช้วัดโดยไม่ต้องติดตามการวัดตลอดเวลา ตัวอย่างที่นำมาวัดความสั่นสะเทือนเป็นปั๊มลมขนาดเล็กซึ่งจะมีการสั่นสะเทือนที่ต่อเนื่อง และมีการเปลี่ยนแปลงระดับการสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลานอกจากนี้ยังสามารถใช้วัดความสั่นสะเทือนแบบอื่นได้อีกด้วย เช่น เครื่องจักร, เครื่องยนต์, แรงกระแทก เป็นต้น โดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบอัตราเร่งของความสั่นสะเทือนต่อค่าแรงโน้มถ่วงโลก การวัดได้เฉพาะแนวตั้งเนื่องจากพิโซอินเล็กทริกที่ใช้วัดเป็นแบบแกนเดียว

การวัดความสั่นสะเทือนมีความสามารถนำไปใช้งานได้นั้น จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเอาไว้และนำเอาข้อมูล จากการวัดมาเปรียบเทียบได้ เพื่อพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นโดยผู้ใช้งาน ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การศึกษาวิจัย, การบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นต้น

หลักการทำงานทั่วไปของปิโซอิเล็กทริก

ปิโซอิเล็กทริกอาศัยหลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนรูปทางกลของผลึกควอทซ์ (SiO_2) กำเนิดประจุไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนรูปทางกล และแปลงค่าประจุที่ได้โดยวงจรขยายประจุให้เป็นสัญญาณแรงดันอนาล็อก

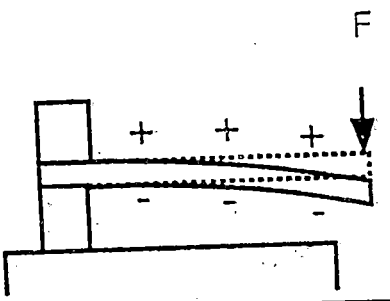
จากสมการที่ 2 ของนิวตัน

$F = m_s * a \Rightarrow a = F/m_s$

ปิโซอิเล็กทริกถูกกระทำด้วยแรง (F) ภายในตัวทรานสดิวเซอร์ภายใต้ความเร่ง (a) มวลของวัตถุที่เคลื่อนไหว m_s วางอยู่บนผลึก โดยการอัดตัวของมวล m_s จะทำให้ผลึกกำเนิดประจุที่เป็นสัดส่วนกับความเร่ง (a) แสดงดังรูปที่ 1

ปิโซอิเล็กทริกมีทั้งแบบ 1 แกนและ 3 แกนในการกำหนดการวัดอุปกรณ์ที่ใช้วัดความสั่นสะเทือนต้องตั้งฉากกับระบบที่วัด ปิโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์มีความสามารถว่าระบบอื่นคือเป็นระบบที่มีเอ้าท์

รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนรูปของคานกำเนิดประจุ



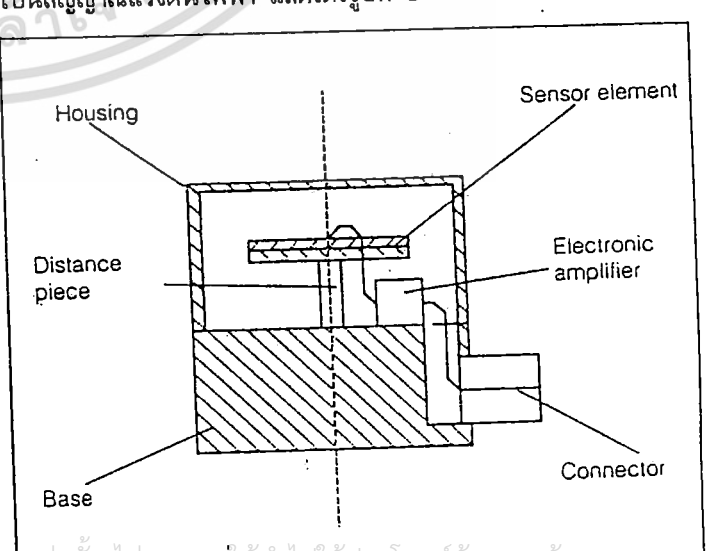
พุทอิมพิแดนซ์สูงให้สัญญาณที่เป็นประจุสูงหรือมีอิมพิแดนซ์ต่ำกรณีที่มีวงจรแปลงประจุเป็นสัญญาณแรงดันอยู่ภายในตัวทรานสดิวเซอร์ที่ออกแบบให้เอ้าพุทอิมพิแดนซ์ต่ำมีข้อดีคือเมื่อทรานสดิวเซอร์ถูกใช้วัดในย่านที่คงที่ เช่น เป็นอุปกรณ์แสดงผลการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรและในห้องทดลองจะสะดวกในการเลือกวงจรขยายประจุ (Charge Amplifier)

ความไวของทรานสดิวเซอร์ขึ้นอยู่กับมวลของตัวเคลื่อนไหว m_s ทรานสดิวเซอร์ที่มีความไวสูงจะมีมวลมากกว่าแต่ก็ไม่เป็นที่ยอมรับในการประยุกต์ใช้งาน สิ่งสำคัญสำหรับตัวทรานสดิวเซอร์คือการเพิ่มมวลให้สัมพันธ์กับน้ำหนักของเซ็นเซอร์, เหมาะสมกับความถี่รีโซแนนซ์และการหน่วงเวลา (Damping) ส่วนมวลที่เพิ่มก็จะทำให้สมการคณิตศาสตร์ซับซ้อนเพิ่มขึ้นแต่สามารถลดทอนได้ปัญหาสำคัญของการเพิ่มมวล คือการกระจายของโหลดที่ไม่เท่ากันทั่วทั้งระนาบของตัวผลึก

แนวความคิดในการออกแบบของปิโซบีม (PiezoBEAM) ที่ใช้สำหรับการวัด

ปิโซบีมถูกออกแบบประกอบด้วยฐานที่ยึดติดกับคาน โดยคานทำจากปิโซเซรามิคที่ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน คานจะมีขั้วของประจุไฟฟ้า 2 ขั้วที่อยู่ด้านบนกับด้านล่างตรงกันข้ามกันและต่อเข้ากับวงจรแปลงประจุเป็นแรงดันไฟฟ้า การโค้งของคานจะทำให้เกิดของขั้วประจุไฟฟ้าตามรูปที่ 2

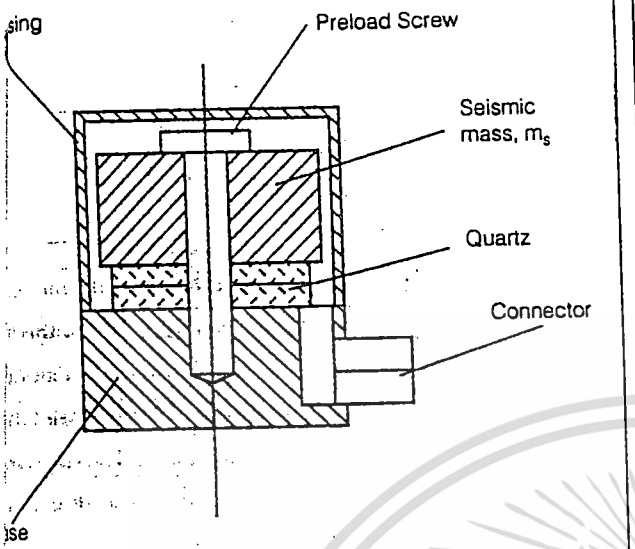
ประจุที่ได้จะต่อกับวงจรขยายอิเล็กทรอนิคส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนประจุเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการออกแบบ PiezoBEAM

ลิขสิทธิ์เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 แสดงปิโซอิเล็กทริกที่ออกแบบเป็นลักษณะการอัดตัว (Compression)



ในบทความนี้จะกล่าวถึงการวัดความสั่นสะเทือนลักษณะต่อ
อง แบบการวัดค่ารวม แสดงระดับความสั่นสะเทือนของข้อมูลที่ใช้
ดโดยไม่ต้องติดตามการวัดตลอดเวลา ตัวอย่างที่นำมาวัดความสั่น
ะเทือนเป็นปั๊มลมขนาดเล็กซึ่งจะมีการสั่นสะเทือนที่ต่อเนื่อง และมี
การเปลี่ยนแปลงระดับการสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลานอกจากนี้ยัง
ามารถใช้วัดความสั่นสะเทือนแบบอื่นได้อีกด้วย เช่น เครื่องจักร,
ครื่องยนต์, แรงกระแทก เป็นต้น โดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบ
ัดราเร่งของความสั่นสะเทือนต่อค่าแรงโน้มถ่วงโลก การวัดได้เฉพาะ
นวตั้งเนื่องจากพิโซอินเล็กทริกที่ใช้วัดเป็นแบบแกนเดียว

การวัดความสั่นสะเทือนมีความสามารถนำไปใช้งานได้นั้น
จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเอาไว้และนำเอาข้อมูล จากการวัดมาเปรียบ
เทียบได้ เพื่อพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นโดยผู้ใช้งาน
ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การศึกษาวิจัย, การบำรุง
รักษาเครื่องจักร เป็นต้น

หลักการทำงานทั่วไปของปิโซอิเล็กทริก

ปิโซอิเล็กทริกอาศัยหลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนรูปทางกล
ของผลึกควอทซ์ (SiO_2) กำเนิดประจุไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับการ
เปลี่ยนรูปทางกล และแปลงค่าประจุที่ได้โดยวงจรขยายประจุให้เป็น
สัญญาณแรงดันอนาล็อก

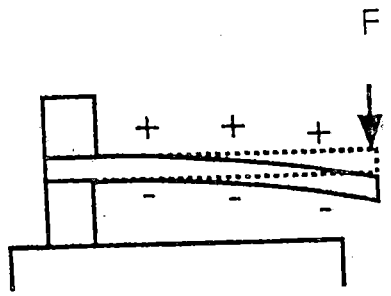
จากสมการที่ 2 ของนิวตัน

$F = m_s * a \Rightarrow a = F/m_s$

ปิโซอิเล็กทริกถูกกระทำด้วยแรง (F) ภายในตัวทรานสดิว
เซอร์ภายใต้ความเร่ง (a) มวลของวัตถุที่เคลื่อนไหว m_s วางอยู่บน
ผลึก โดยการอัดตัวของมวล m_s จะทำให้ผลึกกำเนิดประจุที่เป็น
สัดส่วนกับความเร่ง (a) แสดงดังรูปที่ 1

ปิโซอิเล็กทริกมีทั้งแบบ 1 แกนและ 3 แกนในการกำหนดการ
วัดอุปกรณ์ที่ใช้วัดความสั่นสะเทือนต้องตั้งฉากกับระบบที่วัด ปิโซอิเล็ก
ทริกทรานสดิวเซอร์มีความสามารถกว่าระบบอื่นคือเป็นระบบที่มีเอ้าท์

รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนรูปของคานกำเนิดประจุ



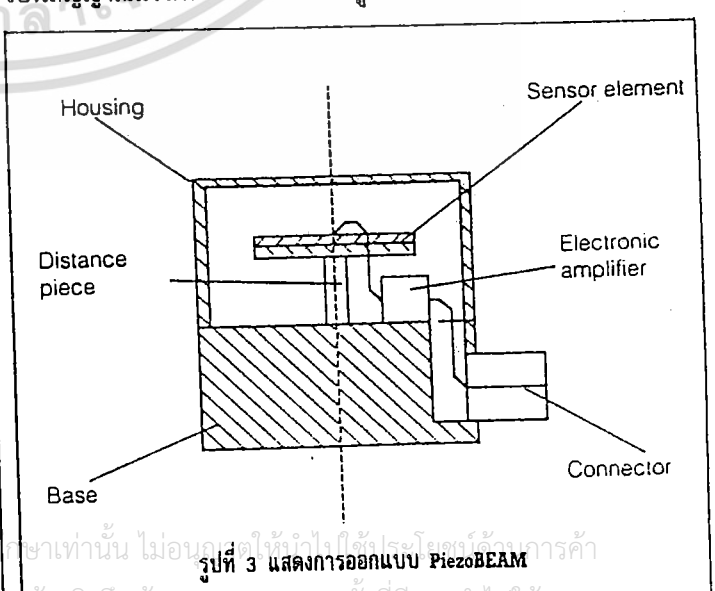
พุทอิมพิแดนซ์สูงให้สัญญาณที่เป็นประจุสูงหรือมีอิมพิแดนซ์ต่ำกรณี
ที่มีวงจรแปลงประจุเป็นสัญญาณแรงดันอยู่ภายในตัวทรานสดิวเซอร์
ที่ออกแบบให้เอ้าพุทอิมพิแดนซ์ต่ำมีข้อดีคือเมื่อทรานสดิวเซอร์ถูก
ใช้วัดในย่านที่คงที่ เช่น เป็นอุปกรณ์แสดงผลการสั่นสะเทือนของ
เครื่องจักรและในห้องทดลองจะสะดวกในการเลือกวงจรขยายประจุ
(Charge Amplifier)

ความไวของทรานสดิวเซอร์ขึ้นอยู่กับมวลของตัวเคลื่อนไหว
m_s ทรานสดิวเซอร์ที่มีความไวสูงจะมีมวลมากกว่าแต่ก็ไม่เป็นที่
ยอมรับในการประยุกต์ใช้งาน สิ่งสำคัญสำหรับตัวทรานสดิวเซอร์คือ
การเพิ่มมวลให้สัมพันธ์กับน้ำหนักของเซ็นเซอร์, เหมาะสมกับความ
ถี่รีโซแนนซ์และการหน่วงเวลา (Damping) ส่วนมวลที่เพิ่มก็จะทำ
ให้สมการคณิตศาสตร์ซับซ้อนเพิ่มขึ้นแต่สามารถลดทอนได้ปัญหา
สำคัญของการเพิ่มมวล คือการกระจายของโหลดที่ไม่เท่ากันทั่วทั้ง
ระนาบของตัวผลึก

แนวความคิดในการออกแบบของปิโซบีม (PiezoBEAM) ที่ใช้สำหรับการวัด

ปิโซบีมถูกออกแบบประกอบด้วยฐานที่ยึดติดกับคาน โดยคาน
ทำจากปิโซเซรามิคที่ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน คานจะ
มีขั้วของประจุไฟฟ้า 2 ขั้วที่อยู่ด้านบนกับด้านล่างตรงกันข้ามกันและ
ต่อเข้ากับวงจรแปลงประจุเป็นแรงดันไฟฟ้า การโค้งของคานจะทำให้
เกิดของขั้วประจุไฟฟ้าตามรูปที่ 2

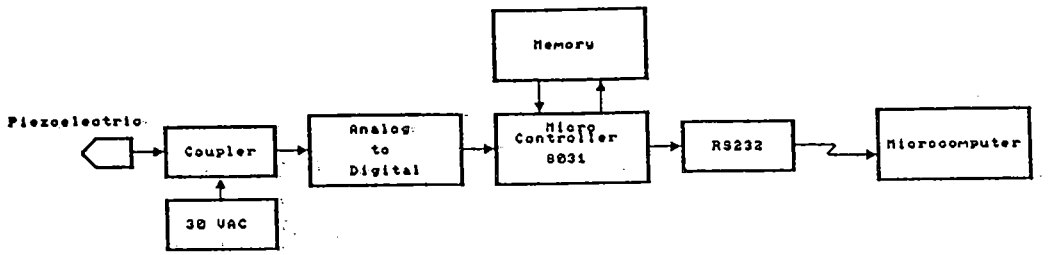
ประจุที่ได้จะต่อกับวงจรขยายอิเล็กทรอนิคส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนประจุ
เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3



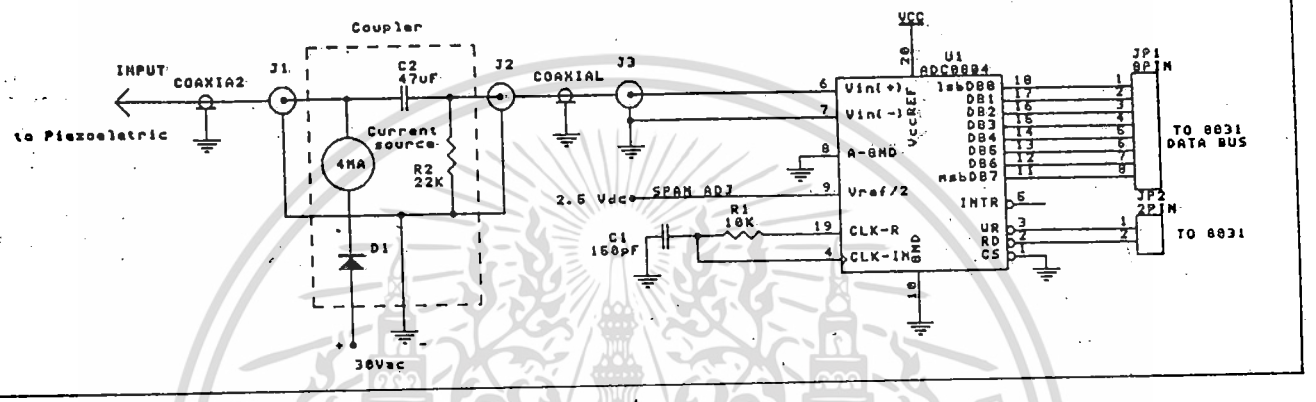
รูปที่ 3 แสดงการออกแบบ PiezoBEAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 แสดง block diagram ของส่วนประกอบทั้งหมด



รูปที่ 7 วงจรคัพเพอร์ต่อกับวงจรเอทูดี

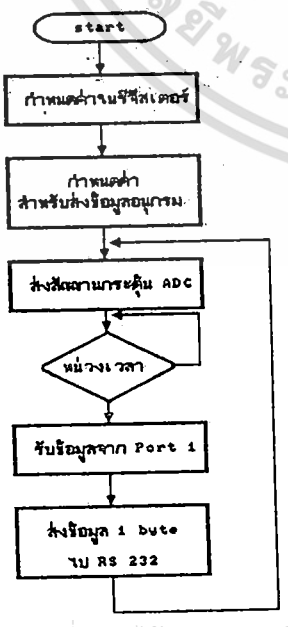


rometer เมื่อต่อกับคัพเพอร์สามารถคำนวณได้จาก สมการ

$$f\ max\ (kHz) = \frac{0.32 \times (piezo,\ input\ current\ (mA) - 1\ (mA))}{cable\ capacitance\ (\mu F) \times (signal\ amplitude\ (Vpp))}$$

โดยกำหนดให้

- piezo, input current 4 mA
- cable capacitance ขึ้นอยู่กับเบอร์และชนิดของสายนั้น ๆ
- Signal amplitude ขึ้นอยู่กับแรงดันเอาท์พุทที่ต้องการ 0 ถึง 5 โวลท์



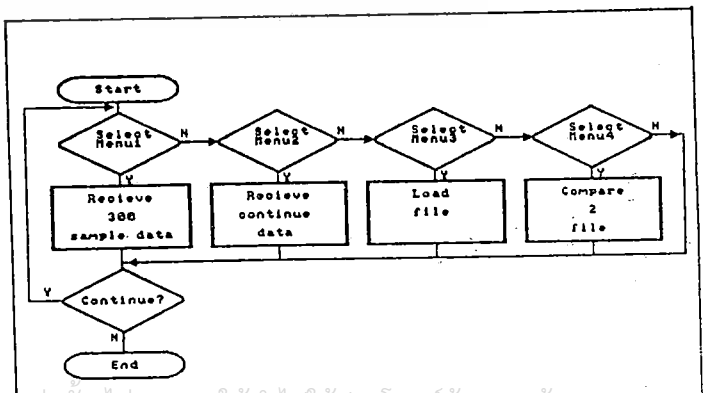
รูปที่ 8 แสดงการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

โวลเตจจากคัพเพอร์ 0 ถึง 5 โวลท์ผ่านวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิทไอซีเบอร์ ADC0804 แสดงดังรูปที่ 2

ข้อมูลจากวงจรเอทูดีจะถูกอ่านทีละ 1 ไบท์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 และส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ทันทีผ่านระบบ RS 232 และกลับไปอ่านข้อมูลใหม่การทำงานแสดงดังรูปที่ 3

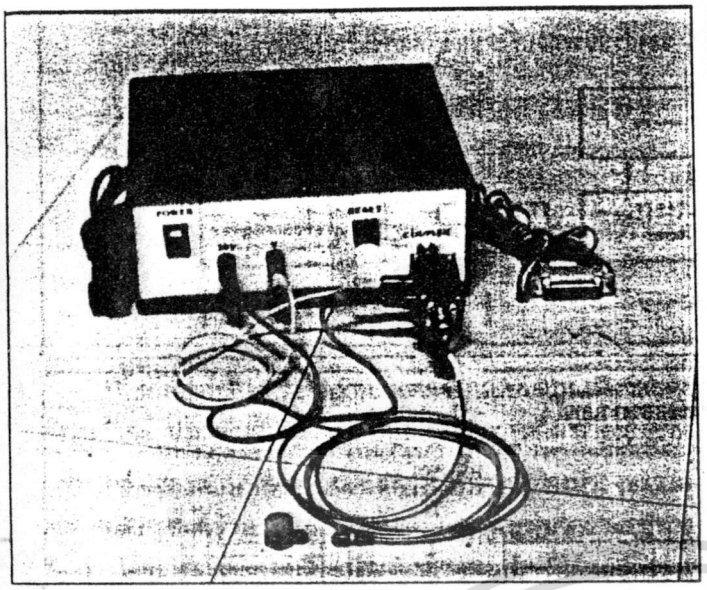
ฟังก์ชั่นการทำงานของโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 4 แยกการทำงานดังนี้

1. ***ฟังก์ชั่นรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทีละไบท์จำนวน 300 ไบท์*** นำข้อมูลพล็อตกราฟแสดงผลระดับความสั่นสะเทือน ประมวลผล หาค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด, ค่าเฉลี่ย ของข้อมูลและเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์เพื่อเปรียบเทียบกับ ข้อมูลครั้งต่อไป
2. ***ฟังก์ชั่นรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์และพล็อตกราฟแสดงผลระดับความสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง***



รูปที่ 9 แสดงการทำงานโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



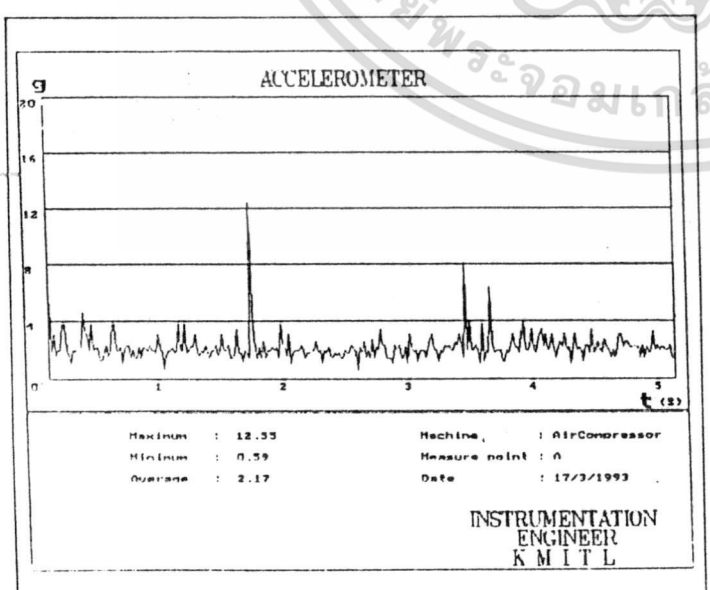
รูปที่ 10 แสดงเครื่องวัดความสั่นสะเทือน

3. ฟังก์ชั่นพล็อตกราฟแสดงผลระดับความสั่นสะเทือนจากข้อมูลในไฟล์ที่ได้จัดเก็บไว้ สามารถเรียกดูข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานโปรแกรมพิจารณาประวัติความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนของการวัดครั้งต่อไป

4. ฟังก์ชั่นเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนของข้อมูลจากไฟล์ 2 ไฟล์ ที่จัดเก็บอาจเป็นข้อที่วัดต่างจุดกันหรือจุดเดียวกันนำมาการเปรียบเทียบกันโดยผู้ใช้ฟังก์ชั่นนี้ใช้ในการพิจารณาว่าถึงเวลาที่ควรทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรหรือยังโดยดูจากระดับความสั่นสะเทือนของกราฟที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่ต่างกัน

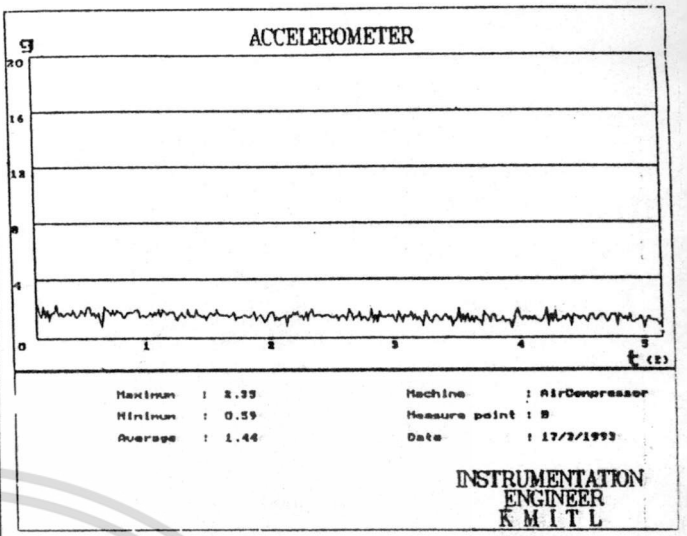
ผลการทดลอง

นำเครื่องต้นแบบมาทำการวัดความสั่นสะเทือนของปั๊มลมขนาดเล็กตามจุดต่าง ๆ รูปที่นำมาแสดงเป็นการวัดระดับความสั่นสะเทือนแตกต่างกัน รูปที่ 5 จะเห็นว่าระดับของความสั่นสะเทือนจะน้อยเพราะเป็นส่วนที่ห่างจากจุดกำเนิดความสั่นสะเทือน เช่น



รูปที่ 11 แสดงระดับความสั่นสะเทือนของปั๊มลมที่มีค่าคงที่

รูปที่ 12 แสดงระดับความสั่นสะเทือนของปั๊มลมที่มีค่าเปลี่ยนแปลงมาก



ถังลม รูปที่ 6 ระดับความสั่นจะสูง เพราะเป็นจุดกำเนิดความสั่นสะเทือน คือ กระบอกสูบ

3. สรุป

การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ ภายใต้การทำงานปกติจะมีค่าคงที่เสมอ ที่ระดับหนึ่ง แต่เมื่อมีเหตุที่ทำให้เครื่องจักรมีการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือน จะทำให้ระดับการสั่นสะเทือนที่จุดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการทำงานปกติ การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ ที่ต่างจุดกันของเครื่องจักรจะมีค่าของระดับความสั่นสะเทือนเฉพาะของแต่ละจุดนั้นซึ่งอาจจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเครื่องจักรเนื่องจาก ปิโซอิเล็กทริกที่ใช้วัดเป็นแกนเดียว แต่ถ้าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีมากกว่าหนึ่ง แกนจะทำให้มีความยุ่งยากในการเปลี่ยนตำแหน่งการวัดเพื่อที่จะหาค่าการวัดที่ดีที่สุดแนวทางการพัฒนาต่อไปควรที่จะมีการวัดความสั่นสะเทือนในลักษณะสามแกน (3 Dimension) และจุดที่ใช้วัดควรมากกว่านี้เป็นลักษณะหลายจุด (Multi-piont) เพื่อสามารถเปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยระดับความสั่นสะเทือนภายในเครื่องจักรทั้งหมดว่าเป็นอย่างไร

4. เอกสารอ้างอิง

(1) วินัย เวชวิทยาชลัง, "การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์", บทความวารสารเทคนิคฉบับที่ 87, กรกฎาคม 2535, หน้าที่ 121-131

(2) "National Semiconductor", National Instruments, USA, 1990.

(3) "Signetics Microcomtroller User's Guide", Signetic Company, USA, 1989.

(4) Herbert Schildt, "C Power User's Guide", McGRAW-HILL, Berkley, USA, 1988.

(5) Jame W. Dally, "Instrument for Engineering Measurement", Wiley, Singapore, 1984

(6) Willis J. Tompjkins, "Interfaceing Sensors to the IBM PC", Prentice-Hall, USA, 1988.

(7) J.P. Holman, W.J. Gajda, Jr, "Experimental Methods for Engineers, McGRAW-HILL 1989, pp. 417-438.

(8) Ernest O. Doebelin, "Measurement Systems Application and Design", McGRAW-HILL 1990, pp. 319-341.

(9) Joe Campbeel, "C Programmer's Guide to Serial Communications", Howard W. Sams & Company, USA, 1989.

(10) "Manual Kistler Instrumente AG, CH 8408 Winterthur Switzerland.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวัดความสั่นสะเทือนแบบ 2 จุด สำหรับเครื่องจักรขนาดเล็ก

Dual Vibration Measurement for Small Machine

ผศ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร** เสน่ห์ ไมตรีจิตร์*

บทคัดย่อ

บทความนี้ขอเสนอการพัฒนาสร้างเครื่องวัดความสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็ก ที่ใช้ผลึกพิโซอิเล็กตริก 3 แกน 2 ตัว ทำการวัดความสั่นสะเทือน 2 จุดมีช่วงการวัดระหว่าง ±50g โดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบอัตราเร่งของความสั่นสะเทือนต่อค่าแรงโน้มถ่วงโลกที่ให้ค่าเอาท์พุทเป็นประจุไฟฟ้าตามแรงที่กระทำ มีวงจรแปลงค่าประจุเป็นแรงดัน 0 ถึง 5 โวลท์ผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก 8 แชลแนนเป็นสัญญาณดิจิตอล ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลแบบRS232C ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ ทำการประมวลข้อมูลของระดับความสั่นสะเทือนจากการสุ่มค่า 220 ค่า สำหรับหาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของช่วงการวัด และเก็บข้อมูลของการวัดนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการวัดครั้งต่อไป เพื่อพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักรที่อาจเกิดขึ้น จากการตัดสินใจของผู้ใช้งาน หรือจากการตัดสินใจของไมโครคอมพิวเตอร์ตามระดับความสั่นสะเทือนที่กำหนดไว้ที่แสดงผลเป็นกราฟบนหน้าจอและเป็นเสียงเตือน นอกจากนี้ยังสามารถแยกวัดความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร 2 เครื่องในเวลาพร้อม ๆ กันอีกด้วย

Abstract

This paper persents the vibration measurement for small machine uses Dual 3-axis piezo-electrics to measure two vibration points. The measuring range is between ±50g based on the comparison of vibration acceleration with gravitation force and obtaining the electrical charge at the output. This charge is proportional with the force. The charge of voltage inverter operates between 0 to 5 volts and transfering this signal to 8 channel A/D converter. Thus, the signal is digital form, the 8031 microcontroller uses to transfer via RS232C to microcomputer and processing the 220 sampled data of vibrational data to find maximum, minimum values, mean values and storing before comparing with the new measuring data. This data can be used to examine the variation of machines from the user decision or from microcomputer but depends on the vibration level. The results will be display on monitor with sound. It is also used to determine the vibration of 2 machines in the same instantaneous time.

*นักศึกษาปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.บทนำ

โดยทั่วไปเครื่องจักรจะได้รับแรงขับกระตุ้นจากเครื่องต้นกำลัง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ มีผลทำให้เครื่องจักรเกิดความสั่นสะเทือนในระดับหนึ่ง และผู้ใช้งานจำเป็นต้องทราบความสั่นสะเทือนที่ผิดปกตินั้นว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่าไรตามการผิดปกติของเครื่องจักร[1],[2] โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความสั่นสะเทือนหรือความถี่ของสัญญาณความสั่นสะเทือนจะทำให้ทราบระดับความรุนแรงของปัญหาว่า จะต้องแก้ไขซ่อมแซมอย่างไร

2.ทฤษฎี

การวัดความสั่นสะเทือนสามารถแบ่งการวัดได้ 2 ประเภท คือ การวัดค่ารวม (OVERALL) ความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรทั้งหมดแสดงผลในรูประดับความแรงของความสั่นสะเทือนและเก็บสะสมข้อมูล ถ้าระดับความสั่นสะเทือนเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ผ่านมาจนถึงระดับอันตราย ก็ จะนำผลที่ได้เตือนให้ทราบ

การวัดวิเคราะห์ประมวลผลในรูปสเป็กตรัมความถี่ โดยทั่วไปความสั่นสะเทือนของส่วนประกอบในเครื่องจักรทั้งหมดนั้นจะแยกระดับความสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่าง ๆ ทำให้ทราบละเอียดและสาเหตุความสั่นสะเทือนที่ผิดปกตินั้นว่าเกิดจากส่วนใด

บทความนี้จะกล่าวถึงการวัดความสั่นสะเทือนลักษณะต่อเนื่องแบบการวัดค่ารวม แสดงระดับความสั่นสะเทือนของข้อมูลที่ใช้วัดโดยไม่ต้องติดตามการวัดตลอดเวลา หรือติดตามการวัดตลอดเวลาก็ได้ การวัดความสั่นสะเทือน ที่มีความสามารถนำไปใช้งานได้นั้นจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเอาไว้และนำเอาข้อมูล จากการวัดมาเปรียบเทียบได้ เพื่อพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นโดยผู้ใช้งาน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การศึกษาวิจัย การบำรุงรักษาเครื่องยนต์เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28193

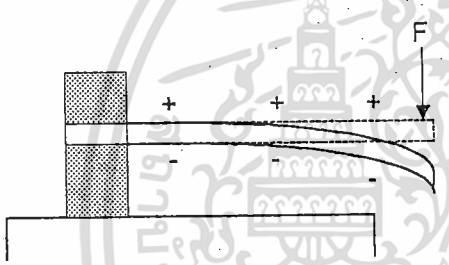
2.1 หลักการทำงานทั่วไปของพิโซอิเล็กทริก

พิโซอิเล็กทริกอาศัยหลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนรูปทางกลของผลึกควอทซ์ (SiO_2) ให้กำเนิดประจุไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนรูปทางกล และแปลงค่าประจุที่ได้โดยวงจรขยายประจุให้เป็นสัญญาณแรงดันอนาลอก

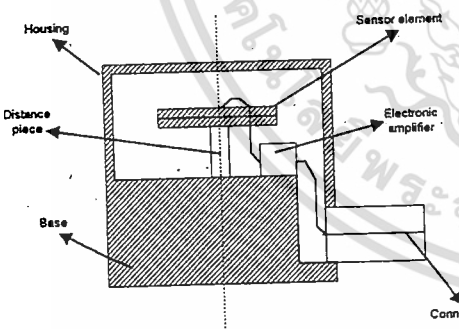
จากสมการที่ 2 ของนิวตัน

$$F = m_t * a \quad \text{หรือ} \quad a = F/m_t \qquad (1)$$

พิโซอิเล็กทริกถูกกระทำด้วยแรง (F) ภายในตัวทรานสดิวเซอร์ภายใต้ความเร่ง (a) ของมวล m_t ที่เคลื่อนไหว ซึ่งวางอยู่บนผลึก โดยการอัดตัวของมวล m_t จะทำให้ผลึกกำเนิดประจุที่เป็นสัดส่วนกับความเร่ง (a) ในงานวิจัยนี้จะใช้ผลึกควอทซ์เป็นตัววัดความสั่นสะเทือนเช่นเดียวกัน แต่จะใช้ชื่อตัวตรวจวัดนี้ว่า พิโซบีม (PiezoBeam)

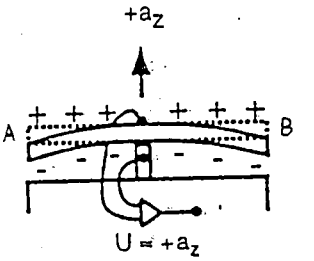


รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนรูปของคานกำเนิดประจุ

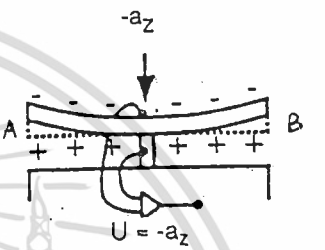


รูปที่ 2 แสดงการออกแบบ PiezoBeam

พิโซบีมถูกออกแบบให้ประกอบด้วยฐานที่ยึดติดกับคาน โดยคานทำจากพิโซเซรามิคที่ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน คานจะมีขั้วของประจุไฟฟ้า 2 ขั้ว ที่อยู่ด้านบนกับด้านล่างตรงกันข้ามกันและต่อเข้ากับวงจรแปลงประจุเป็นแรงดันไฟฟ้า การโค้งของคานจะทำให้เกิดของขั้วประจุไฟฟ้าตามรูปที่ 1 ประจุที่ได้จะต่อกับวงจรขยายอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนประจุเป็นสัญญาแรงดันไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2

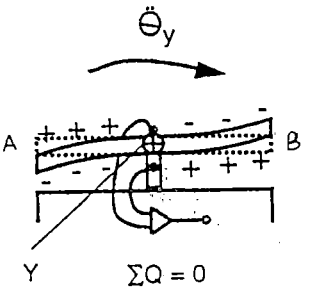


รูปที่ 3 แสดงคานโค้งขึ้นเนื่องความเร่ง a_z



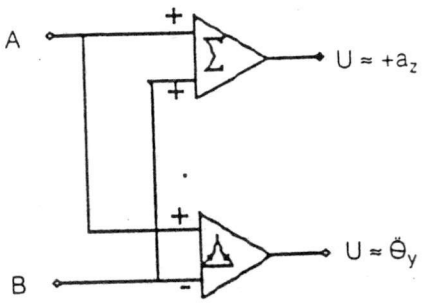
รูปที่ 4 แสดงคานโค้งลงเนื่องความเร่ง $-a_z$

พิโซบีมสำหรับการวัดความสั่นสะเทือนในงานวิจัยนี้จะเป็นแบบ 3 แกนแต่ในที่นี้จะอธิบายเพียงแกน z ดังรูปที่ 3 ประกอบด้วยคานที่เป็นเส้นตรง โดยจุดกึ่งกลางของคานอยู่ตรงกลางและแกนที่ยึดคานเป็นฉนวนไฟฟ้า ขั้วของประจุจะรวมอยู่ด้านเดียวกันที่ด้านใดด้านหนึ่งของคาน ประจุบวกรวมอยู่ทางด้านบนคาน และประจุลบรวมอยู่ด้านล่างของคาน วงจรขยายประจุภายในจะแปลงสัญญาณแรงดันที่เป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับความสั่นสะเทือน ในทางตรงกันข้ามตามรูปที่ 4 ทิศทางขั้วของประจุจะตรงข้ามกันกับรูปที่ 3 เมื่อคานของทรานสดิวเซอร์หมุนในลักษณะตามเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 5 รอบแกน Y โดยการโค้งทางซ้ายของคาน (A) จะตกลง และทางขวาของคาน (B) จะยกขึ้น เอาท์พุทของคานถูกหักล้างกับอีกด้านหนึ่งทำให้ไม่มีประจุออกทางเอาท์พุท จากผลดังกล่าวนี้จะเป็นแก้ปัญหาการสั่นสะเทือนที่ไม่อยู่ในแกน Z และจำกัดสัญญาณผิดพลาด เนื่องจากการหมุนของตัวทรานสดิวเซอร์ ส่วนวงจรขยายที่ใช้แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 แสดงคานหมุนรอบแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงวงจรที่ใช้วัดค่าประจุของความสั่นสะเทือนในแนวแกน Z และการหมุนรอบแกน Y

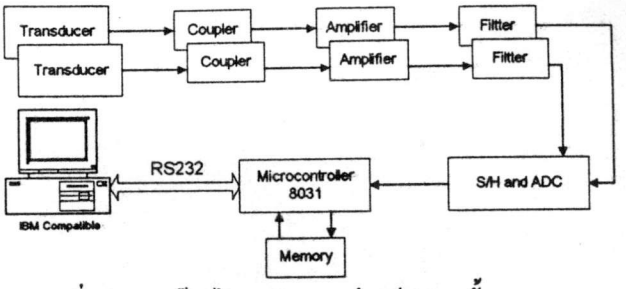
ส่วนอีกสองแกนที่เหลือคือ แกน X และแกน Y นั้นจะมีการออกแบบการวัดประจุของความสั่นสะเทือนในแนวแกนนั้น ๆ และวัดการหมุนรอบแกนที่ตั้งฉากกับแกนที่วัดด้วย ซึ่งคล้ายๆ กับรูปที่ 6

3. โครงสร้างของระบบ

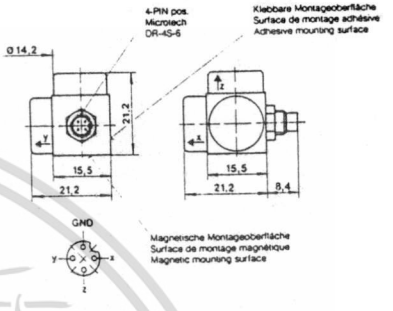
3.1 หลักการทำงานของเครื่องวัดความสั่นสะเทือน

การวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิโซอิเล็กทริกนี้ อาศัยหลักการของการเปรียบเทียบอัตราเร่งของการสั่นสะเทือนต่อค่าแรงโน้มถ่วงโลก ซึ่งจะมีการวัดค่าความสั่นสะเทือนได้ในหน่วย g (gravity: 1 g = 9.080665 ms^{-2}) ช่วงการวัดตั้งแต่ 0 ถึง $\pm$50 g ความถี่ของความสั่นสะเทือนที่วัดได้อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 5 กิโลเฮิร์ท เมื่อผลึกพิโซอิเล็กทริก ได้รับแรงกระแทกหรือมีแรงกด จะให้ค่าประจุออกมามากน้อยขึ้นกับแรงที่กระทำ นำประจุไฟฟ้าที่ได้ผ่านตัวคัพเพอร์ (Coupier) โดยให้เอาท์พุทเป็นกระแส ผ่านวงจรแปลงเป็นโวลเตจขยายสัญญาณเพื่อให้ได้ระดับโวลเตจ 0 ถึง 5 โวลท์ แล้วส่งไปยังวงจรเลือกรับสัญญาณจากพิโซบีมตัวใดตัวหนึ่ง แปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิท โดยไอซีเบอร์ ADC0809 ใช้ไมโครคอนเลอร์ 8031 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลแบบ RS232 ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลข้อมูลของระดับความสั่นสะเทือนตามจำนวนการสุ่มตัวอย่างสำหรับหาค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของช่วงการวัด และเก็บข้อมูลของการวัดนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการวัดครั้งต่อไป ทำให้สามารถพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักร ที่อาจเกิดขึ้นจากการตัดสินใจของผู้ใช้งานได้ หรือแสดงผลระดับความสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถออกแบบเป็นระบบได้ดังรูปที่ 7

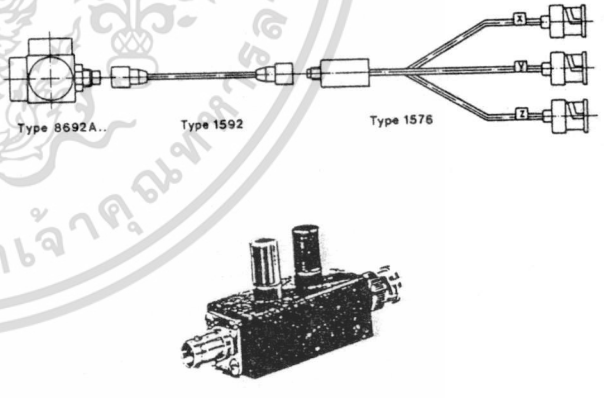
ผลึกพิโซอิเล็กทริกที่ใช้ในการทดลองนี้เป็น PiezoBeam เบอร์ 8692A50 แบบ 3 แกน ดังรูปที่ 8..ลักษณะเด่นก็คือมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบามีความไวในการวัดสูงคือ 100 mV/g มีเอาท์พุทแบบอิมพิเดนซ์ต่ำ ซึ่งแรงดันเอาท์พุทเป็นสัดส่วนกับค่าความสั่นสะเทือน มีโครงสร้างที่เป็นอลูมิเนียมแข็งและวงจรขยายประจุภายในรับกระแสไฟฟ้าค่าคงที่ 4 mA เนื่องจากตัวพิโซบีมนี้เป็นตัววัดความสั่นสะเทือน แบบ 3 แกนจึงให้ค่าเอาท์พุทออกมา 3 แกนด้วยและมีการ



ที่ 7 แสดงบล็อคไดอะแกรมของส่วนประกอบทั้งหมด



รูปที่ 8 แสดงทิศทางการวัดความสั่นสะเทือนและภาพจริงของ PiezoBEAM



รูปที่ 9 แสดงการประกอบส่วนต่างๆ ของการวัดความสั่นสะเทือนแต่ละแกนและตัวคัพเพอร์

ประกอบเพื่อนำค่าเอาท์พุทไปให้ตัวคัพเพอร์ดังรูปที่ 9 โดยสามารถใช้ได้กับสายเคเบิ้ลคู่หรือโคแอ็กเซียนเบอร์ 1592 ต่อระหว่าง PiezoBeam กับตัวแยกแกนเบอร์ 1576 ในกรณีที่จุดวัดอยู่ห่างไกลออกไป การติดตั้งควรใช้ Petro wax เพื่อให้ PiezoBeam ติดกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรที่ต้องการวัดได้สนิท จะทำให้ประสิทธิภาพในการวัดดีที่สุด จุดติดตั้งนั้นต้องราบเรียบและตั้งฉากกับ PiezoBeam ระวังอย่าให้หล่น จากนั้นนำสัญญาณแต่ละแกนไปยังตัวคัพเพอร์ ที่ตัวคัพเพอร์แต่ละตัวจะรับค่าความสั่นสะเทือนในแต่ละแกน โดยมีแรงดันไฟฟ้าจ่ายจากภายนอก 30 Vdc หรือ 30 vac ก็ได้และมีวงจรปรับแต่งค่าอิมพิแดนซ์ต่ำ มีค่าน้อยกว่า 100 โอห์ม

ผลการตอบสนองความถี่ที่ต้องการจาก PiezoBeam เมื่อต่อกับคัพเพอร์สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f\max(kHz) = \frac{0.32 \times (piezo, input.current(mA)) - 1(mA)}{cable.capaci\tan ce(\mu F) \times (signal.amplitude(Vpp))}$$

(2)

โดยกำหนดให้

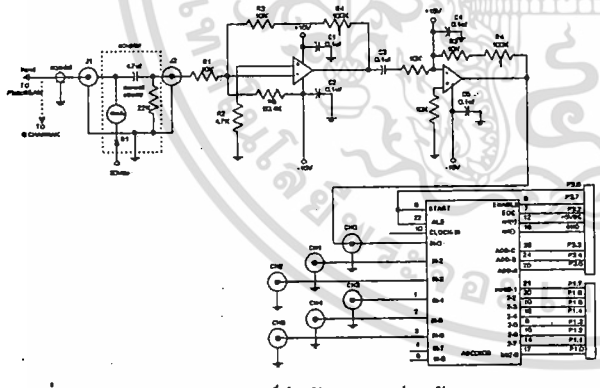
-piezo, input current 4 mA

-cabie capacitance ขึ้นอยู่กับเบอร์และชนิดของสายนั้น ๆ

-Signal ampitude ขึ้นอยู่กับแรงดันเอาท์พุทที่ต้องการ 0 ถึง 5 โวลท์

3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์

แรงดันจากคัพเพอร์นำไปขยายให้ได้ 0 ถึง 5 โวลท์ผ่านวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิท ด้วยไอซีเบอร์ ADC0809 แสดงดังรูปที่ 10

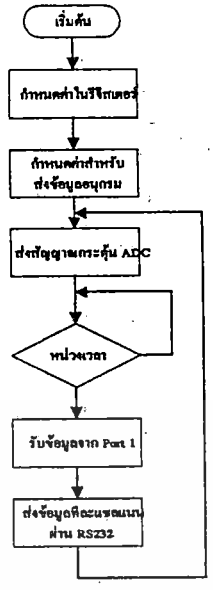


รูปที่ 10 แสดงวงจรคัพเพอร์ต่อกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์

3.3.1 การทำงานของโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

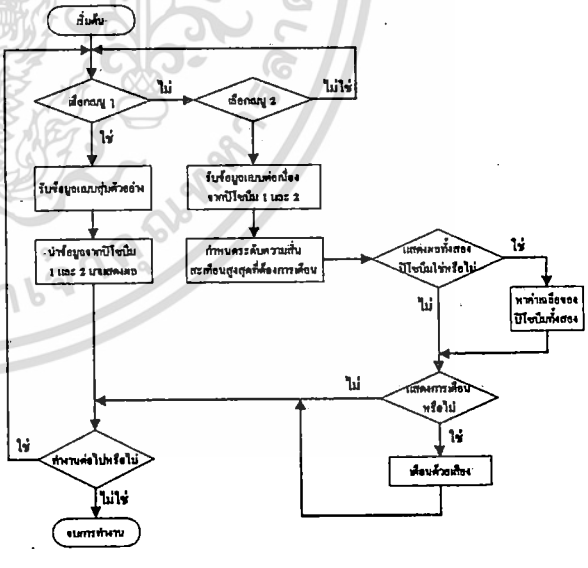
ข้อมูลจากวงจรดังรูปที่ 10 ซึ่งเป็นข้อมูลในแต่ละแกน จะถูกอ่านทีละ 1 ไบท์ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 และส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ทันที โดยผ่าน RS 232 และกลับไปอ่านข้อมูลของแกนอื่นๆ ต่อไป ตามการทำงานแสดงไว้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

3.3.2 ฟังก์ชั่นการทำงานของโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมภาษาซีสำหรับเขียนโปรแกรมการแสดงผล การเก็บข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การควบคุมเลือกแชลแนน การประมวลผลข้อมูล ตลอดจนการพิมพ์ข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 12 การทำงานจะประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นหลักๆ ดังนี้



รูปที่ 12 แสดงการทำงานของโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์

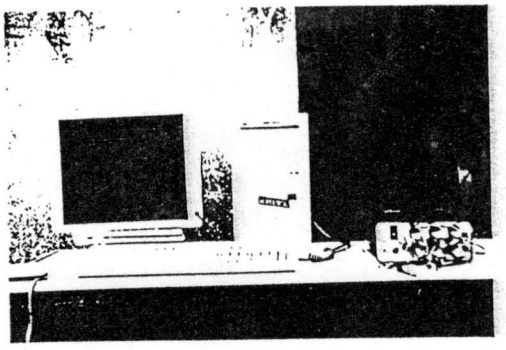
1.ฟังก์ชั่นรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทีละไบท์จำนวน 220 ไบท์ นำข้อมูลพล็อตกราฟแสดงผลระดับความสั่นสะเทือน ประมวลผล หาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ของข้อมูลและเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ฟังก์ชั่นรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์และพล็อตกราฟแสดงระดับความสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง

3.ฟังก์ชั่นพล็อตกราฟแสดงผลระดับความสั่นสะเทือนจากข้อมูลในไฟล์ที่ได้จัดเก็บไว้ สามารถเรียกดูข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานกับโปรแกรมนี้สามารถพิจารณาประวัติความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนของการวัดครั้งต่อไป

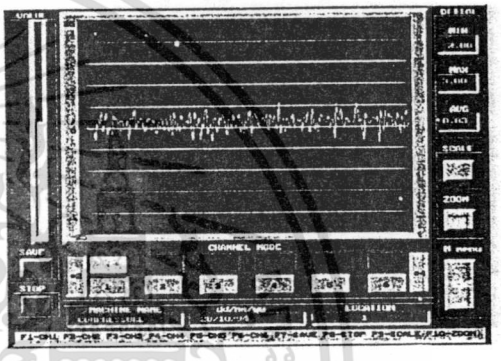
4.ฟังก์ชั่นเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนของข้อมูลจากไฟล์ 2ไฟล์ ที่จัดเก็บอาจเป็นข้อมูลที่วัดต่างจุดกันหรือจุดเดียวกันนำมาเปรียบเทียบกัน โดยผู้ใช้ฟังก์ชั่นนี้ใช้ในการพิจารณาถึงเวลาที่ควรทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรหรือยังโดยดูจากระดับความสั่นสะเทือนของกราฟที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่ต่างกัน และในฟังก์ชั่นนี้สามารถที่จะกำหนดการเตือนด้วยเสียงจากไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อระดับค่าความสั่นสะเทือนเกินจากระดับที่กำหนดไว้



รูปที่ 15. แสดงระบบการวัดความสั่นสะเทือนทั้งหมด

4. ผลการทดลอง

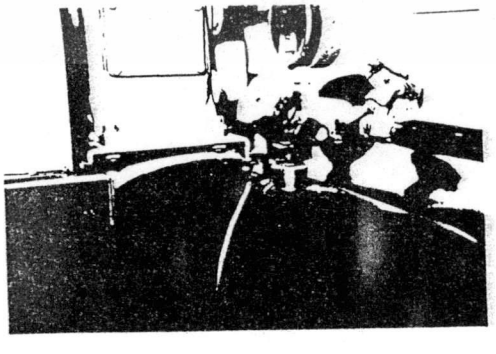
นำเครื่องต้นแบบไปทำการวัดความสั่นสะเทือนของปั๊มลมขนาดเล็กตรงจุด A และจุด B โดยตัว พิโซบีม แต่ละตัวจะให้เอาท์พุท 3 แกนเป็น X,Y และ Z ดังนั้นในการแสดงผลหน้าจอจึงมีการกำหนดดังนี้



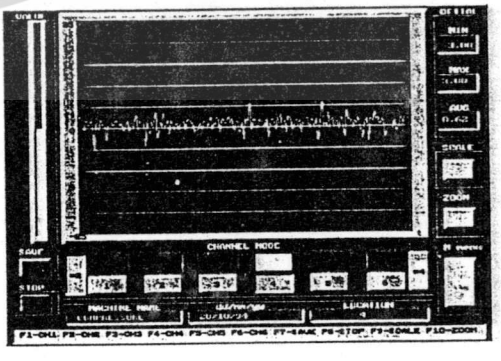
รูปที่ 16. แสดงค่าระดับความสั่นสะเทือนที่ตำแหน่ง A แกน X1,CH1

รูปที่ 13. แสดงการติดตั้ง พิโซบีม ที่ตำแหน่ง A

จากรูปที่ 16,17 นั้นจะเห็นว่าที่ตำแหน่ง A จะมีระดับความสั่นสะเทือนสูงกว่าเพราะว่าเป็นตำแหน่งของปั๊ม ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของความสั่นสะเทือน จากรูปที่ 18 เป็นการเปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งเดียวกันแต่ เวลาต่างกัน 15 วัน ซึ่งผลของความสั่นสะเทือนมีความใกล้เคียงกัน แสดงว่าเครื่องจักรยังปกติอยู่

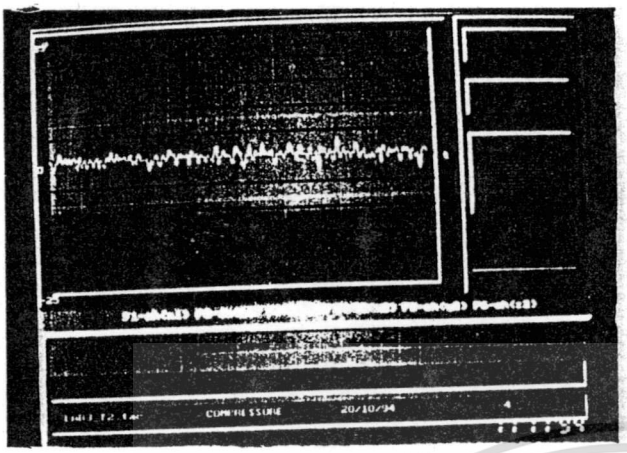


รูปที่14. แสดงการติดตั้ง พิโซบีม ที่ตำแหน่ง B



รูปที่ 17. แสดงค่าระดับความสั่นสะเทือนที่ตำแหน่ง B แกน X2 CH4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Measurement Specification		
TYPE		8692A50
Rang	g	± 50
Overload Vibration	g	± 80
Shock(≤0.2)	g	10,000
Sensitivity ±5% at 100 Hz, 3g $_{rms}$	mv/g	100
Linearity,nom	%	± 1
Time constant,nom	s	1
Resonant frequency (mounted)	Khz	≈ 22
Operating temperature range	C°	0...65
Temperatuer coefficient of sensitivity	/c	± 0.02
output impedance	Ω	<100
input impedance	$K\Omega$	>100
Mass	g	14.5
Ground insulation	$M\Omega$	10
Housing material		Aluminium, hard anodized

รูปที่ 18. แสดงการเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของตำแหน่ง B แกน X2,CH4 ที่เวลา T1 ซึ่งเป็นไฟล์ของ lab1.tac กับเวลา T2 เป็นไฟล์ lab3-t2.tac (ก่อนเวลา T2 15 วัน

5. สรุป

จะเห็นได้ว่าเครื่องวัดความสั่นสะเทือนที่ได้สร้างขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้ตรวจสอบสภาพปกติและผิดปกติของเครื่อง เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักร ก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดการเสียหาย แต่เครื่องวัดความสั่นสะเทือนนี้ใช้งานได้เหมาะสมกับเครื่องจักรที่มีถี่ในการสั่นสะเทือนไม่สูงมาก เช่นเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบต่ำ จึงจำเป็นจะต้องหาไอซีที่สามารถแปลงข้อมูลที่มีความเร็วสูงมาแทนเพื่อสามารถเลือกการสุ่มข้อมูลด้วยจำนวนสูงๆ ในเวลาสั้นๆ นอกจากนี้ยังจะต้องพัฒนาให้สามารถนำไปวัดวิเคราะห์ประมวลผลในรูปสเป็กตรัมความถี่ เพื่อให้ทราบรายละเอียดและสาเหตุความสั่นสะเทือนที่ผิดปกติว่ามาจากส่วนใดของเครื่องจักร

6. เอกสารอ้าง

[1] วิทยา ทิพย์วรรณพร, จักรพงษ์ เกาเทียน, ชัชชัย อุทัยวศิน "การวัดความสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยผลึกพิโซอิเล็กทริก" บทความวารสารวิศวกรรม ปี ที่ 47 เล่มที่ 10 ตุลาคม 2537

[2] วินัย เวชวิทยาชลังม "การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์" บทความวารสารเทคนิคฉบับที่ 87, กรกฎาคม 2535 , หน้า 121-131

[3] "National Semiconductor", National Instruments, USA, 1990

[4] Herdert Schild, "C power Users Guide" McGRAW-HILL,Berkley, USA,1984

[5] Jame W.Dally, "Instrument for Engineering Measurement Wiley,Singapore,1984

[6] Wills J Tompkins, "Interfacing Sensors to the IBM PC", Pretice-Hall, USA, 1988

[7] Ernest O.Doeblin, "Measurement Systems Application and Desing", McGRAW-Hill 1990,pp.319-341

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้