INVESTIGATION OF EDDY CURRENT BRAKE

by
Suwan Attahakul
B. Eng., Chulalongkorn University, 1961

007029

Thesis
Submitted in partial fulfillment of the requirements for the
Degree of Master of Engineering

in

The Chulalongkorn University Graduate School
Department of Electrical Engineering

June, 1967

(B. E. 2510)

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering.

T. Nilanidhi
.....
Dean of the Graduate School

Thesis Committee .....P. Pattavongse..... Chairman
.....Vichai Sankasubhandra(Prof.)
.....Niran Kanchanakanti
.....

Thesis Supervisor .....Niran Kanchanakanti.....
Date .....December 6, 1967.....

หัวข้อเรื่อง การสร้างและวิจัยเรื่อง Eddy Current Brake

ชื่อ นาย สุวรรณ อัศดาพงศ์ 6 ธันวาคม 2510

บทคัดย่อ

ค่าโมเมนต์บิดที่ทำให้เกิดการหน่วงในแผ่นจานหมุนของเบรก จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วตามมุมของแผ่นจานหมุนและค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดบนแผ่นจานหมุน เมื่อหาค่าแรงที่เกิดขึ้นบนแผ่นจานหมุนได้ ก็จะได้ค่าโมเมนต์บิดทั้งหมดในเบรคที่หน่วงแผ่นจานหมุน ถ้าให้กระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านในขดลวดที่พันแกนเหล็ก และใช้แผ่นทองแดงเป็นจานหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีกระแสไฟฟ้าไหลวนเกิดขึ้นในแผ่นทองแดงเนื่องจากความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างแผ่นจานหมุนและสนามแม่เหล็ก จากคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก จะเป็นผลทำให้เกิดโมเมนต์บิดขึ้นในแผ่นจานหมุน โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าตรงที่ผ่านเข้าไปในขดลวด ความเร็วของแผ่นจานหมุน คุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแม่เหล็กของโลหะที่ทำแผ่นจานหมุน ด้วยเหตุนี้เบรคชนิดนี้จึงใช้เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจหาค่าโมเมนต์บิดของมอเตอร์ที่มีความเร็วต่าง ๆ กันตามต้องการได้ และเนื่องจากแผ่นจานหมุนของเบรคซึ่งครึ่งอยู่กับเพลา จึงสามารถวัดหาค่าโมเมนต์บิดได้โดยตรงจากเครื่องชั่ง อีกทั้งขนาดของเบรคก็เล็กกระทัดรัดไม่ยุ่งยากต่อการสร้าง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเส้นลวดทองแดงและใบแผ่นจานหมุนก็ไม่สูง เบรคชนิดนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีความเร็วสูง และถ้าจะนำไปทดสอบกับมอเตอร์ขนาดกลางก็อาจจะทำได้โดยไม่ต้องมีการระบายความร้อนแต่อย่างใด.

หัวข้อเรื่อง การสร้างและวิจัยเรื่อง Eddy Current Brake

ชื่อ นาย สุวรรณ อัศดาหกุล 6 มีนาคม 2510

บทคัดย่อ

ค่าโมเมนต์บิดที่ทำให้เกิดการหน่วงในแผ่นจานหมุนของเบรค จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วความหมุนของแผ่นจานหมุนและค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดบนแผ่นจานหมุน เมื่อหาค่าแรงที่เกิดขึ้นบนแผ่นจานหมุนได้ ก็จะได้ค่าโมเมนต์บิดทั้งหมดในเบรคที่หน่วงแผ่นจานหมุน อาได้โดยระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านในขดลวดที่พันแกนเหล็ก และใช้แผ่นทองแดงเป็นจานหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีกระแสไฟฟ้าไหลวนเกิดขึ้นในแผ่นทองแดงเนื่องจากความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างแผ่นจานหมุนและสนามแม่เหล็ก จากคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก จะเป็นผลทำให้เกิดโมเมนต์บิดขึ้นในแผ่นจานหมุน โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าตรงที่ผ่านเข้าไปในขดลวด ความเร็วของแผ่นจานหมุน คุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแม่เหล็กของโลหะที่ทำแผ่นจานหมุน ด้วยเหตุนี้เบรคชนิดนี้จึงใช้เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจหาค่าโมเมนต์บิดของมอเตอร์ที่มีความเร็วต่าง ๆ กันตามต้องการได้ และเนื่องจากแผ่นจานหมุนของเบรคซึ่งครึ่งอยู่กับเพลา จึงสามารถวัดหาค่าโมเมนต์บิดได้โดยตรงจากเครื่องชั่ง อีกทั้งขนาดของเบรคก็เล็กกระทัดรัดไม่ยุ่งยากต่อการสร้าง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเส้นลวดทองแดงและในแผ่นจานหมุนก็ไม่สูง เบรคชนิดนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีความเร็วสูง และถ้าจะนำไปทดสอบกับมอเตอร์ขนาดกลางก็อาจจะทำได้โดยไม่ต้องมีการระบายความร้อนแต่อย่างใด.

หัวข้อเรื่อง การสร้างและวิธีเรื่อง Eddy Current Brake

ชื่อ นาย สุวรรณ อัศวานุกูล 6 มีนาคม 2514

บทคัดย่อ

กำโมเมนต์ปิดที่ทำให้เกิดการหน่วงในแผ่นจานหมุนของเบรค จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วความหมุนของแผ่นจานหมุนและความหนาแน่นของฟลักซ์ที่เกิดขึ้นบนแผ่นจานหมุนได้ ถ้าจะให้กำโมเมนต์ปิดสิ้นสุดในเบรคที่หน่วงแผ่นจานหมุน ถ้าให้กระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านในขดลวดที่พันแกนเหล็ก และใช้แผ่นทองแดงเป็นจานหมุนอยู่ในระหว่างแม่เหล็ก จะมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในแผ่นทองแดงเนื่องจากความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างแผ่นจานหมุนและสนามแม่เหล็ก จากคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก จะเป็นเหตุให้เกิดโมเมนต์ปิดขึ้นในแผ่นจานหมุน โมเมนต์ปิดที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าตรงที่ผ่านเข้าไปในขดลวด ความเร็วของแผ่นจานหมุน คุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแม่เหล็กของโลหะที่ทำแผ่นจานหมุน ด้วยเหตุนี้เบรคชนิดนี้จึงใช้เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจหากำโมเมนต์ปิดของมอเตอร์ที่มีความเร็วต่าง ๆ กันตามต้องการได้ และเนื่องจากแผ่นจานหมุนของเบรคซึ่งครึ่งหนึ่งสับเปลา จึงสามารถวัดหากำโมเมนต์ปิดได้โดยตรงจากเครื่องชั่ง อีกทั้งขนาดของเบรคนี้เล็กกระทัดรัดไม่มีปัญหาต่อการสร้าง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเส้นลวดทองแดงและในแผ่นจานหมุนมีไม่สูง เบรคชนิดนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีความเร็วสูง และถ้าจะนำไปทดสอบกับมอเตอร์ขนาดกลางหรือใหญ่จะทำได้โดยไม่ต้องมีการระบายความร้อนแต่อย่างใด.

หัวข้อเรื่อง การสร้างและวิจัยเรื่อง Eddy Current Brake

ชื่อ นาย สุวรรณ ชัดจากลุ่ม 6 มีนาคม 2514

บทคัดย่อ

ฟลักซ์แม่เหล็กที่ทำให้เกิดการหน่วงในแผ่นจานหมุนของเบรก จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วการหมุนของแผ่นจานหมุนและความแรงแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดบนแผ่นจานหมุน เมื่อความแรงที่เกิดขึ้นบนแผ่นจานหมุนได้ ก็จะเกิดฟลักซ์แม่เหล็กในเบรกที่หน่วงแผ่นจานหมุน ทำให้กระแสไหลวกรงไหลผ่านในขดลวดที่พันแกนเหล็ก และใช้แผ่นทองแดงเป็นจานหมุนอยู่ในระหว่างแม่เหล็ก จะมีกระแสไหลวนเกิดขึ้นในแผ่นทองแดงเนื่องจากความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างแผ่นจานหมุนและความแม่เหล็ก จากคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก จะเป็นผลทำให้เกิดโมเมนต์บิดขึ้นในแผ่นจานหมุน โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับกระแสไหลวกรงที่ผ่านเข้าไปในขดลวด ความเร็วของแผ่นจานหมุน ฟลักซ์แม่เหล็กของโลหะที่ทำแผ่นจานหมุน ด้วยเหตุนี้เบรกชนิดนี้จึงใช้เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจหาค่าโมเมนต์บิดของมอเตอร์ที่มีความเร็วต่าง ๆ กันตามต้องการได้ และเนื่องจากแผ่นจานหมุนของเบรกนี้จะหมุนอยู่กับเพลา จึงสามารถวัดหาค่าโมเมนต์บิดได้โดยตรงจากเครื่องนี้ อีกทั้งขนาดของเบรกนี้เล็กกระทัดรัด ไม่ยุ่งยากต่อการสร้าง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเส้นลวดทองแดงและในแผ่นจานหมุนมีน้อย เบรกชนิดนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีความเร็วสูง และถ้าจะนำไปทดสอบกับมอเตอร์ขนาดกลางก็อาจจะทำได้โดยไม่ต้องมีการระบายความร้อนแต่อย่างใด.

Thesis Title "Investigation of Eddy Current Brake"

.....

Name Suwan Attahakul Department of Electrical Engineering. Date Dec., 1967

ABSTRACT

The retarding torque of an eddy-current brake is calculated as function of the angular velocity of the rotor and of the dc exciting current. The electromagnetic field components are found in B - H curve. Solving the force equation over the rotor disk yields the total retarding power of brake. If the windings in the core are excited by a direct current and the rotor disk is a solid copper body, eddy currents are induced in the copper by relative motion between the disk and the magnetic field generated by the core. Interaction of the magnetic induction and the induced eddy currents produce a retarding torque which is a function of the dc excitation current, disk speed, and magnetic and electric properties of the solid copper. Such a device can therefore, be used as a brake for determining the torque-speed curves of electric motors. The rotor of the brake is mounted on the bearings, permitting direct meansurement of the torque by means of a spring balance. As the entire retarding power is converted into heat generated in the rotor disk, this method of loading is especially applicable for testing small motors with a high-speed range. In such a case, the physical size of the brake is small, the temperature rise in the core windings and the rotor disk are moderate, and construction of the brake is simple. Short-term torque meansurements of medium-size motor are also possible to use the experimental eddy current brake without forced-air cooling.

1836596

Thesis Title "Investigation of Eddy Current Brake".....

.....

Name Suwan Attahakul Department of Electrical Engineering. Date Dec. 1967

ABSTRACT

The retarding torque of an eddy-current brake is calculated as function of the angular velocity of the rotor and of the dc exciting current. The electromagnetic field components are found in B - H curve. Solving the force equation over the rotor disk yields the total retarding power of brake. If the windings in the core are excited by a direct current and the rotor disk is a solid copper body, eddy currents are ioduced in the copper by relative motion between the disk and the magnetic field generated by the core. Interaction of the magnetic induction and the induced eddy curreots produce a retarding torque which is a function of the dc excitation current, disk speed, and magnetic and electric properties of the solid copper. Such a device can therefore, be used as a brake for determining the torque-speed curves of electric motors. The rotor of the brake is mounted on the bearings, permitting direct meansurement of the torque by means of a spring balance. As the entire retarding power is converted into heat generated in the rotor disk, this method of loading is especially applicable for testing small motors with a high-speed range. Io such a case, the physical size of the brake is small, the temperature rise in the core windings and the rotor disk are moderate, and construction of the brake is simple. Short-term torque meansurements of medium-size motor are also possible to use the experimental eddy current brake without forced-air cooling.

Thesis Title "Investigation of Eddy Current Brake".....

.....

Name Suwan Attahakul Department of Electrical Engineering. Date Dec., 1967

ABSTRACT

The retarding torque of an eddy-current brake is calculated as function of the angular velocity of the rotor and of the dc exciting current. The electromagnetic field components are found in B - H curve. Solving the force equation over the rotor disk yields the total retarding power of brake. If the windings in the core are excited by a direct current and the rotor disk is a solid copper body, eddy currents are induced in the copper by relative motion between the disk and the magnetic field generated by the core. Interaction of the magnetic induction and the ioduced eddy currents produce a retarding torque which is a function of the dc excitation current, disk speed, and magnetic and electric properties of the solid copper. Such a device can therefore, be used as a brake for determining the torque-speed curves of electric motors. The rotor of the brake is mounted on the bearings, permitting direct measurement of the torque by means of a spring balance. As the entire retarding power is converted into heat generated in the rotor disk, this method of loading is especially applicable for testing small motors with a high-speed range. In such a case, the physical size of the brake is small, the temperature rise in the core windings and the rotor disk are moderate, and construction of the brake is simple. Short-term torque measurements of medium-size motor are also possible to use the experimental eddy current brake without forced-air cooling.

Thesis Title "Investigation of Eddy Current Brake".....

.....

Name Suwan Attahakul Department of Electrical Engineering. Date Dec., 1967

ABSTRACT

The retarding torque of an eddy-current brake is calculated as function of the angular velocity of the rotor and of the dc exciting current. The electromagnetic field components are found in B - H curve. Solving the force equation over the rotor disk yields the total retarding power of brake. If the windings in the core are excited by a direct current and the rotor disk is a solid copper body, eddy currents are induced in the copper by relative motion between the disk and the magnetic field generated by the core. Interaction of the magnetic induction and the induced eddy currents produce a retarding torque which is a function of the dc excitation current, disk speed, and magnetic and electric properties of the solid copper. Such a device can therefore, be used as a brake for determining the torque-speed curves of electric motors. The rotor of the brake is mounted on the bearings, permitting direct measurement of the torque by means of a spring balance. As the entire retarding power is converted into heat generated in the rotor disk, this method of loading is especially applicable for testing small motors with a high-speed range. In such a case, the physical size of the brake is small, the temperature rise in the core windings and the rotor disk are moderate, and construction of the brake is simple. Short-term torque measurements of medium-size motor are also possible to use the experimental eddy current brake without forced-air cooling.

ABSTRACT

The retarding torque of an "eddy-current brake" is calculated as function of the angular velocity of the rotor and of the dc exciting current. The electromagnetic field components are found in B - H curve. Solving the force equation over the rotor disk yields the total retarding power of brake. If the windings in the core are excited by a direct current and the rotor disk is a solid copper body, eddy currents are induced in the copper by relative motion between the disk and the magnetic field generated by the core./ Interaction of the magnetic induction and the induced eddy currents produce a retarding torque which is a function of the dc excitation current, disk speed, and magnetic and electric properties of the solid copper. Such a device can, therefore, be used as a brake for determining the torque-speed curves of electric motors. The rotor of the brake is mounted on the bearings, permitting direct measurement of the torque by means of a spring balance. As the entire retarding power is converted iuto heat generated in the rotor disk, this method of loading is especially useful for testing small motors with a high-speed rauge. In such a case, the physical size of the brake is small, the temperature rise in the core windings and the rotor disk are moderate, aud construction of the brake is simple. For short-term torque measurements of medium-size motor it is also possible to use the experimental eddy current brake without forced-air cooling.

PREFACE

In the small series motor, we often find confusion arising in the determination of the characteristics of the motors, with high speed of about 1,000 - 5,000 rpm. or more. Ordinarily we use the dynamometer to determine the torque. Dynamometer is an instrument which is very difficult to construct, and its friction is very trouble. Thus we can not investigate the torque of the motor as accurately as we want.

It is the purpose of this thesis to analyse and investigate an "eddy current brake" with a view to overcome the above mentioned difficulty. "Eddy current brake" is very popular, because it is very simple to construct and gives a good result when it is used for both high speed and low speed motors.

The auther wishes to investigate and study only the construction, the appearance and some properties of the "eddy current brake". It can be further used in the laboratory after this investigation.

The auther's thanks are extended to Mr. Niran Kanchanakanti, the supervisor of this thesis, to the staff of the workshop for their devices and assistance in the construction of the apparatus. The auther also wishes to express their thanks to the laboratory staff of the electrical testing department of the Metropolitan Electricity Authority, for their assistance which made this thesis possible.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT	iii
PREFACE	iv
CHAPTER	
I. INTRODUCTION	1
II. EDDY CURRENT IN DISKS	3
Driving Forces and Torques	3
Development of G	5
Torque	7
Reciprocity Law and Torque of a Flux Pair	7
Circular Disk	7
General Torque Expression, Circular Disk and - - a Flux Pair	10
Variation of Disk Torque with Flux Pair Radius	13
Disk Torque Due to Irregular Fluxes	13
Braking Forces and Torque	15
Flux Band and Pencil-Pair Concept	15
Force Due to a Pencil, and Flux in an Angle	17
Integration of Horizontal Forces: The "Alpha - - Chart"	21
Torque: One Flux Interacting with Another	23
III. DESIGN OF EQUIPMENTS AND ACCESSORIES	26
Laminated Electromagnet Design	26
Disk Design	34
IV. TEST RESULTS	36
V. CONCLUSION & DISCUSSION	69
BIBLIOGRAPHY	71

****