INVESTIGATION OF EDDY CURRENT BRAKE

by Suwan Attahakul

B. Eng., Chulalongkorn University, 1961

002058

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)

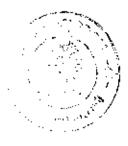
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering.

T. Nilsmidhi .

Dean of the Graduate School

P. Pattaboupa Chairman Thesis Committee . Victiai Sankachandras nond. Niran Kanchanakanti

............



Thesis Supervisor Niran Kanchomakanti Date December 6, 1967 ---

หัวข้อเรื่อง	การลร้างและวิจับเรื่อง	Eddy Current Brake
	<u>บาน สุวรรณ อัตศานกุล</u>	6 ธันวาคม 2510

<u>บหลัดยุอ</u>

ท่าโบเมนต์มิกที่ทำให้เกิกการหน่วงในแย่นจานหมุนของเบรก จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความ เร็วตามมุมของแผ่นจานหมุนและท่าลบามแบ่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดบนแย่บจานหมุน เมื่อหาต่าแรงที่เกิดขึ้นบนแผ่บ จานหมุนได้ ก็จะโค้ค่าโมเมนต์บิคทั้งหมดใบเบรคที่หน่วงแผ่นจานหมุน ถ้าให้กระแลไงไข้าดรงไหลย่าบในขอ ลอณีที่พื้นแกบเหล็ก แตะใช้แย่นตองแคงเป็นจาบหมุนสยู่ใบสบามแม่เหล็ก จะบีกระแลไงไข้าไหกวนเกิดขึ้นใบ แผ่นทองแคงเบื่องจากความเร็วสัมพัตธ์ระหว่างแผ่นจานหมุนและสบามแม่เหล็ก จาบิกระแลไงไข้าไหกวนเกิดขึ้นใบ แผ่นทองแคงเบื่องจากความเร็วสัมพัตธ์ระหว่างแผ่นจานหมุนและสบามแม่เหล็ก จากคุณสบบัติในการเหนี่บว นำแม่เหล็ก จะเป็นผลทำให้เกิดโบเมนต์บิดขึ้นในแผ่นจานหมุน โมเมนต์บิลที่เกิดขึ้นมีกวามเกี่ยวข้องกับกระ แลไฟไก้ครงที่ผ่านเร็าไปในขดถวด ความเร็วของแผ่นจานหมุน คุณสมบัติทางไงส่ว้าและคุณสมบัติทางแม่เหล็ก ของโลหะที่ทำแผ่นจาบหมุน ค้วยเหตุนี้เบรคชนิดนี้จึงใช้เป็นเครื่องมือสำหรับกรวจหาค่าโมเมนต์มิดของมอเตอร่ ที่มีความเร็วค่าง ๆ กับคามต้องการได้ และเบื่องจากแผ่นจานหมุนของเบรคซึ่งกรึงอยู่กัมเพลา จึงสามารถวัด หาค่าโมเมนต์บิตไกโดยตรงจากเครื่องซั่ง อีกทั้งขนาดของเปรคที่เล็กกระทัดรักเม่ยู่งยากต่อการสร้าง ความ ร้อนที่เกิดขึ้นจากเล้นลวดทองแดงและใบแน่นจานหมุนก็หลังเรลาจะทำได้เล็กกระน้ำจะบำไปใช้กับบอเตอร์ขมาด เล็กที่มีความเร็วสูง และถ้าจะบำไปทดสอบกับบอเตอร์ขนาดกลางก็อาจจะทำได้โดบไม่ต้องมีการระบายความ ร้อนต่อย่างใด.

หัวข้อเรื่อง การสร้างและวิจับเรื่อง **แสส** Gurrent Brake ชื่อ <u>นาย การรม อักทาหกูก 6 มันวาคม 251.0</u>

<u>ปหลักปฏ</u>

ท่าไบเบบท์มีคที่ทำให้เกิดกวรหน่วงใบแม่นรายหมุมรองเบรก ระเบียบอิภาลโดยตรงอับความ เร็วกาบมุมของแผ่นราบหมุมและท่าสมามแม่เหล็ดไฟท้าดี่เกิดบมแบ่นรายหมุม เมื่อหาด่ายรงที่เลิดขึ้มบนแม่น รายหมุมไก้ ดีระโก้ค่าไบเบบค์มิคลั้งหมดใบเบรกที่หน่วงแผ่นรายหมุม อ้วให้คระแต่ได้ค้าครงไหอผ่านใบลด ลอยที่กับแกบเหล็ก และใช้แม่นทองแลงเป็นรายหมุมชนู่ในสบามแม่เหล็ด ระบัดระแต่ได้ค้าครงไหอผ่ามใบลด ลอยที่กับแกบเหล็ก และใช้แม่นของแลงเป็นรายหมุมชนู่ในสบามแม่เหล็ด ระบัดระแต่ได้ค้าครงไหอผ่ามใบลด ลอยที่กับแกบเหล็ก และใช้แม่นของแลงเป็นรายหมุมชนู่ในสบามแม่เหล็ด ระบัดระแต่ได้ค้าให้อานเล็ดที่สื้นใน แน่นหองแลงเปื่องจากความเร็วสับคัดตระหว่างแผ่นรายหมุม และสบามแม่เหล็ด ราดคุณสมบัติในการเหนี่ยว นำแม่เหล็ก ระเป็นผลทำให้เกิดโมเบนต์มีคลื่นในแผ่นรายหมุม กุแสมบัติท่างให้ค้าและคุณสมบัติในการเหนี่ยว นำแม่เหล็ก ระเป็นผลทำให้เกิดโมเนนต์มีคลื่นในแผ่นรายหมุม คุณสมบัติทางได้คลื่มมีความเกี่ยวข้องกับกระ แสได้ท้าครงที่ผ่านเจ้าไปในขดลาด ความเร็วของแผ่นรายหมุม คุณสมบัติทางได้ค้าและคุณสมบัติหางแม่เหล็ด ของโสหะที่ทำแม่นรายหมุม ด้วยเหตุนี้เบรดชมิพนี้จึงไข้เป็นเครื่องมีธสาตรีปกรรที่หมู่ของหมุมัตรงมมเตอร์ ที่มีความเร็วท่าง ๆ คันสามค้องการโก้ และเนื่องจากแผ่นรายหมุมของเบรดซึ่งครึ่งอยู่กับเหลา จึงสามารอวัด หาด่าไมเบนที่ได้ได้โดยตรงจากเครื่องริ่ง ซีดทั้งหมาคมองเบรดถี่เล็ดกระทักบัตไม่มุ่งอากต่อได้ด้างกรง ร้อมที่เกิดขึ้นจากเด้นขอดทองแดงและในแผ่นจานหมุมก็ไม่สูง เบรดขณามีที่จึงเหมาะที่จะนำไปได้กับมอเทตร์ร์มาด เล็กที่มีความเร็วสูง และถ้าระนำไปทดสอบกับบอเดอร์ชนากอลางที่อาจจะทำได้โคมไม่ต้องมีการระบายดวาม ร้อมแต่ข่างใด.

ทั่วขอเรื่อง การสร้างและวิจับเรื่อง Eddy Current Drake ชื่อ บาน ยุวรรณ อัสสาหกุล 6 สัมวาณ 251.0

Vennue

ทำโมเมนต์มีพรี่ทำให้เกิดการหน่วงใบผม่นรวมพุณของเบรด จะเป็นปฏิการโดยกรงกับความ เร็วสายมุมรองแม่นราบหมุณและค่าสนามมม่เหล็กให้พร้าที่เกิดมนยม่นรามหมุม เพื่อหาค่าแรงที่ เกิดขึ้มบนแบ่น ราบหมุนไก้ ก็ระโก้ค่าโมเมนต์มีหลังสมดในเบรทรี่หน่วงผน่นราบหมุม ตัวให้กระแสไฟฟ้ากรงไหล่านในของ เวสรี่สัมแกบเหล็ก และให้แก่หองแคงเป็นรามหมุณญร์ใหลนามแม่เหลือ จะมีกระแสไฟฟ้ากรงไหล่านในของ เวสรี่สัมแกบเหล็ก และให้แก่หองแคงเป็นรามหมุณญร์ใหลนามแม่เหลือ จะมีกระแสไฟฟ้ากรงไหล่านในของ แก่หองแคงเบื่องราดความเร็วสมศักธ์ระหว่างแผ่นราบหมุณ และสนามองใหล้อ ราดคุณสมบัติในการเหนื่นว น่าสมให้ด้าดรงที่น่ามเข้าในในความหรือระหว่างแผ่นราบหมุณ ในเทณต์มิณี่เกิดรั้นปีความเกี่ยวร้องกับกระ แปหล้าตรงที่น่ามะทำไปใบขอกวด ความเร็วของแห่นราบหมุม คุณสมบัติมางไฟด้างแม่ก็ความเกี่ยวร้องกับกระ แสไฟฟ้าตรงที่น่ามะทำไปใบขอกวด ความเร็วของแห่นราบหมุม คุณสมบัติมางไฟด้างแมนก็มีกรงแม่หลัก ของโละที่ท้าแน่นรานหมุน ด้วยเหตุนี้เบรครยิดนี้จึงให้เป็นเตร็จงมีสถาทรปัตรวงหาก่าไม่เมนต์มิดของมอเลตร์ ที่มีความเร็วก่าง 1 กันสามต้องการได้ และเนื่องรากแต่นรายหมุมรดร์เมือกระทัศร์เหล็กตรงหมู่กับแลา จึงสามารถวัก มาก่าโมเหมณ์นิกได้โดนตรงจากเครื่องรัง อีดทั้งหมาดของเมรณต์เล็อกระทักรักโม่นุ่งบากค่อการขราม รัณที่เกิดขึ้นจากเล่นถวกหองแดงและในแบบรามหมุนดีใหญ่จะเทศจากที่หรือเหล็งหมูกขึ้นที่กางเว่าเล้ามารถูงกา เล้าก็มีความเร็วสูง และถ้าคระทำไปมอนสมกับเมราตร์สูงครงทักษ์เล็จจะทำได้โดยไม่ต้องมีการระบาบตรกาม รัณที่มีความเร็วสูง และถ้าจะทำไปมอกสมกับบรงเดยร์หนาดลองสีขางจะทำได้โดยไม่ต้องมีการระบานดวาม

ทั่วข้อเรื่อง การสร้างและวิจัยเรื่อง Eddy Currents Brake

<u>มหลักแล</u>

ทำไมเมนท์ปัสล์ทำให้เกิดการหน่วงในแต่หานหมุขรองเบรต ระเน็บปฏิภาทโดยตรงกับความ เร็วคามมุขรองแต่นงานหมุขสองค่าอยามแม่เหล็กใสส์ที่เกิดอาสต์มงานหมุข เมื่อหาค่าสรงที่ เกิดขึ้นบบแก่ งานหมุนได้ ถึงะ เกิดว่ามเมนท์มีหลังหมดในเบรกซี่หน่วงอย่นงานหมุข ตัวให้กระแต่ไหล้าครงโตอย่านในจด ถวกที่ที่แตกมเหล็ก และใช้แต่มองแคงเมียงาทหมุของู่ในขยามแม่เหลือ ระมีกระแต่ไหล้าครงโตอย่านในจด ถวกที่ที่มีแคมเหล็ก และใช้แต่มองแคงเมียงาทหมุของู่ในขยามแม่เหลือ ระมีกระแต่ไหล้าครงโตอย่านในจด ถวกที่ที่มีแคมเหล็ก และใช้แต่มองแคงเมียงาทหมุของู่ในขยามแม่เหลือ ระมีกระแต่ไหล้าครงโตอย่านในจด แก่ทดงแคงเนื่องจากกวามเร็วสมกษัทร์ระหว่างแต่เขามหมุขและสยามแผ่เหลือ จากทุขยมบัติในการเหนี่ยว บ้ายม่เหล็ก จร เป็นออทำให้เกิดโมเมนต์มีครั้นในแต่นงานหมุข คุณสมบัติทางไหด้านกรรณบบัติโบการเหนี่ยว นำแม่เหล็ก จร เป็นออทำให้เกิดโมเมนต์มีครั้นในแต่นงานหมุข คุณสมบัติทางไหด้านกรรณบบัติกางแม่เหลือ ของโลกะที่ท่าแน่นจามหมุข ควบงหมุนี้เบรดหมิดอีจึงใจเป็นเขาของ คุณสมบัติทางไหล้าและสุนอบบัติกงแม่เหลือ ของโลกะที่ท่าแน่นจามหมุข ควบงหมุนี้เบรดหมิดอีจึงไรเป็นเหล่าหมุตรองเบรตอีงกรึงหลังหลู่กับลองมอเสอร์ ที่มีความเร็วอ่าง ๆ สมสามต้องการได้ และเนื่องจากหม่นจานหมุของแบรสถาต์สารจากกำไบเนต์มีครองมอเสอร์ หม่ก้าสงที่เกิดโตโตโดนตรงจากเตร็จเร็จ อีกสังหมากของเบรตร์เลืองระสังเร็ตร้องกร้อนท่างานทุขมารอว่า หมดว่ามะเร็จด้าง ๆ สมสามต้องการได้ และเนื่องจากหม่นจานหมุของเบรตร์เพลต่องไหล้งอาแห่งเล็ดจะมอเสอร์ หนีดว่ามะร้วงกาง ๆ สมสามต้องกางเล็จเร็จเร็จเร็จเร็จเขาตองเบรตร์เม็ดกระที่หลางหน้าไปแหลงการมารอว่า ร้อมต้อย่างได. 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.

Thesis Title "Investigation of Eddy Current Brake"

Name Suwan Attahakui 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. 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 Dog., 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 torquo-speed curves of electric motore. 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.

Thesis Title ."Investigation of Eddy Curzent Drake".....

Name Suwan Attahakul - Department of Electrical Suglacoring. Date Pages 1967

ABSTRACT

The retarding torgue of an eddy-current branc is calculated as function of the angular volacity of the rator and of the de exciting current. The electromagnetic field components are found in B - H curve. Solving the force equation over the rotor disk yields the total rotarding paner of broke. If the windings in the core are excited by a direct current and the votor 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 easy currents produce a retarding targue which is a function of the de 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. Po 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 breke 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 meaneurements of medium-size motor are slap 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 into 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.

3

ł

PREFACE

) j

:

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 II. EDDY CURRENT IN DISKS	1 3
Driving Forces and Torques Development of G	3 5
Torque	7
Reciprocity Law and Torque of a Flux Pair Circular Disk General Torque Expression, Circular Disk and -	7 7.
- 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 Integration of Horizontal Forces: The "Alpha -	17
- 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
HIBLIOGRAPHY	7 1

.
