

การออกแบบการควบคุมตำแหน่งด้วยวิธี ฟีดส์-วิคซ์ มอดคูลเลชัน



นายชัยยง ว่องวุฒิกำจร

วิทยานิพนธ์ นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2517

000637

**A DESIGN OF A PULSE - WIDTH MODULATION POSITIONAL CONTROLLER**

**Mister Chaiyong Wongwuticomjon**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement  
for the Degree of Master of Engineering**

**Department of Electrical**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**1974**

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

*สมาน วัฒนวิทย์*

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

*วิไลวรรณ วัฒนวิทย์*

ประธานกรรมการ

*สมาน วัฒนวิทย์*

กรรมการ

*สมาน วัฒนวิทย์*

กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย

ผ.ศ. ดร. จรรยา บุญยิบ

*สมาน วัฒนวิทย์*



หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบการควบคุมตำแหน่ง  
ด้วยวิธี พัลส์-วิคซ์ มออคยูเลชัน

ชื่อ

นายชัยยง ว่องวุฒิกำจร  
แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา

2516



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการออกแบบและทดลองการควบคุมตำแหน่งด้วยวิธี พัลส์-วิคซ์ มออคยูเลชัน โดยใช้ความต้านทานเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งจะเปลี่ยนค่าตามตำแหน่งของมุมที่เปลี่ยน ทำให้พัลส์-วิคซ์จากโมโนสเตเบิลเปลี่ยนตาม พัลส์-วิคซ์จากตัวบังคับและตัวถูกบังคับจะถูกเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะได้สัญญาณซึ่งเป็นผลต่างของพัลส์-วิคซ์ทั้งสอง สัญญาณผลต่างนี้จะถูกขยายเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ ทำให้ตำแหน่งของวัตถุเปลี่ยนไป จนกว่าจะไม่มีสัญญาณผลต่าง มอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

Thesis Title      A Design of a Pulse-Width Modulation Positional  
Controller

Name                Mr. Chaiyong Wongwuticomjon Department of  
Electrical Engineering

Academic Year    1973

#### ABSTRACT

A design and experimental investigation has been carried out in a remote position control system using pulse width modulation method. The angular position is pulse width modulated by the use of a monostable. A single turn potentiometer is used to vary the pulse width of the monostable and it is mechanically coupled to the shaft which sets the position of the object for commanding pulse or turns the position of the object for feedback pulse. The two pulses are compared and an error is generated if they are different. The error signal is amplified to drive the motor to turn the position of the object until there is no error, the motor then stops.

## ACKNOWLEDGEMENT

During the performance of this work, the author was financially supported by The National Research Council.

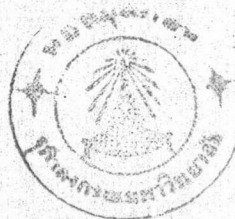
The author wishes to express his gratitude to his advisor; Assistant Professor, Dr. Charuay Boonyubol, for his encouragement and guidance. The author also gratefully acknowledges the support given by Mr. Vongsuckdhi Maleipan, Manager of the Electronic and Communication Systems Department (E & CS), Philips Electrical Company of Thailand Ltd., for his criticisms and test equipments. Many advices by Mr. Vichai Charupas and Dr. Teinchai Pradiathayon were particularly helpful. The System Engineering staff, E & CS Department also assisted in testing, calculating and preparing the artwork.

A note of appreciation is due Mr. Thongchai Singsangvorn, who did most of the metalwork, and Miss Chantra Sivarak, who typed the final draft of this thesis.



## CONTENTS

	<u>Page</u>
Abstract (Thai)	iv
Abstract (English)	v
Acknowledgement	vi
List of Figures	viii
List of symbols	x
 <b>Chapter:</b>	
1 INTRODUCTION	1
2 THEORY	6
3 DESIGN	15
4 ANALYSIS	25
5 RESULTS	32
6 CONCLUSION	39
References	40
Appendix A	EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF MOTOR CONSTANTS
Appendix B	CONSTRUCTION
VITA	55



## LIST OF FIGURES

<u>Figure</u>		<u>Page</u>
1.1	A DC Control System.	2
1.2	An AC Control System.	2
1.3	A Sampled- Data Control System.	4
1.4	A Typical Digital Control System.	4
2.1	A Pulse- Width Modulation Control System.	7
2.2	The Block Diagram of the Pulse- Width Modulation Control System.	8
2.3	The Signal Flow Graph of the System.	9
2.4	Input-Output Characteristic Curve for an On-Off Nonlinearity with Dead-Zone.	12
2.5	Input-Output Waveforms for the On-Off Nonlinearity with Dead-Zone.	12
3.1	Timing Diagram for the Comparater and the Zero-Order Hold.	18
3.2	System Circuit Diagram.	19
3.3	Unit Impulse Response of Zero-Order Hold.	21
4.1	Nyquist Plot of $G_o(z)$ and $-1/N(z)$ for $T = 2$ ms.	29
4.2	Nyquist Plot of $G_o(z)$ and $-1/N(z)$ for $T = 20$ ms.	30
4.3	Nyquist Plot of $G_o(z)$ and $-1/N(z)$ for $T = 50$ ms.	31
5.1	Testing Arrangement.	33
5.2	$180^\circ$ Step Response at $T = 2$ ms.	36
5.3	Square Pulse Response, $T = 2$ ms.	36
5.4	$180^\circ$ Step Response at $T = 20$ ms.	37
5.5	Square Pulse Response, $T = 20$ ms.	37
5.6	$180^\circ$ Step Response at $T = 48$ ms.	38
5.7	Step Response at $T = 50$ ms.	38
A.1	An Armature- Controlled DC Motor.	43
A.2	Wiring Diagram for Testing of Motor Constants.	43
A.3	Response Voltage from Detecting Coil when the Motor is Loaded.	45
A.4	Steady-State Voltage from Detecting Coil when the Motor is Loaded.	45



<u>Figure</u>		<u>Page</u>
B.1	The Pulse-Width Modulation Control System Prototype.	49
B.2	The Control Unit Rear View.	50
B.3	Electronic Cards.	51
B.4	The Motor and Gear Train	52
B.5	The Power Supply Unit.	53
B.6	Power Supply Circuit Diagram.	54

## LIST OF SYMBOLS

$f(t)$	a time function
$f^*(t)$	sampled time function
$F(s)$	Laplace transform of $f(t)$
$F^*(s)$	Laplace transform of $f^*(t)$
$F(z)$	Z-transform of $f(t)$
A	input pulse
B	feedback pulse
C	capacitance, farads
$c(t)$	output, radians
$C^*(s)$	output, Laplace transform of $c^*(t)$
d	dead-zone, seconds
$e, e(t)$	error signal, seconds
$E^*(s)$	error signal, Laplace transform of $e^*(t)$
E	maximum error signal, error signal for clockwise direction
f	viscous - friction
F	error signal for counter - clockwise direction
$G_{ho}$	transfer function of zero order hold
$G_m$	transfer function of motor
$G_o$	system open loop transfer function
J	moment of inertia
$K_A$	amplifier gain
$K_m$	motor gain constant
$K_s$	transfer function of sampler
$K_{si}$	transfer function of input sampler
$K_{sf}$	transfer function of feedback sampler
$L_a$	armature - winding inductance, henries
N	describing function
n	gear ratio

$\theta$	angle, radians
$\theta_r$	input angle
$\theta_f$	feedback angle
$Q_A, Q_B$	output of the zero order hold
$R$	resistance, ohms
$R_a$	armature - winding resistance
$r(t)$	input, radians
$R^*(s)$	input, Laplace transform of $r^*(t)$
$S_A, S_B$	reset pulse
$t$	time, seconds
$t_p$	pulse width, seconds
$T$	sampling period, seconds
$T_{cr}$	critical sampling period
$T_{em}$	maximum error signal, seconds
$T_o$	period of oscillation
$T_r$	command pulse
$T_f$	feedback pulse
$U(t - t_a)$	a unit step function translated by $t_a$
$v(t)$	output of the nonlinear switcher, seconds
$v_1(t)$	fundamental harmonic component of $v(t)$
$V$	output amplitude of the nonlinear switcher
$V_o$	output voltage, volts
$V_f$	final voltage, volts
$V_i$	initial voltage, volts
$w, w(t)$	angular speed, rad/sec.