

Micro-controller 방식에 의한 Motor Power 변속장치의 설계와 구현

김 정 래*

Design and Implementation of a Motor Power Change Speed Device for Micro-controller

Jeong-Lae Kim*

요 약

본 연구에서 개발하고자 하는 기기의 모델은 마이크로 컨트롤을 이용하여 모터속도를 제어 할 수 있는 출력 전자 변속기로써, 자동제어 방식을 사용하여 Switching frequency를 1,000MHz 까지 가능한 형태로 변환하는 자동 변속장치이다. 연속출력전류는 5A, 11A, 18A, 25A, 35A, 50A이며, 사용되는 전압은 9V에서 최대 18V까지 가능하도록 설계하였다. Micro-controller 의 software와 hardware의 블록 다이어그램을 고안하였으며, 전력손실을 막기 위해 자동적으로 3.7V에서 Auto Cut-Off 기능이 있도록 구성하였다.

Abstract

This study was carried out develop a motor power change speed device of motor by used micro-controller. This system was producted a auto-change speed device which switching frequency was 1,000MHz by used a auto-controller. It had a continuous output current such as 5A, 11A, 25A, 35A, 50A. It used a variable voltage from 9V to 18V(Maximum). We designed hardware of and software of micro-controller, we are made up of a auto cut-off function by 3.7V for detected power-loss prevention.

- ▶ Keywords : 모터 컨트롤러, FET, 파워 변속기
Motor controller, FET, Power change speed device

* 서울보건대학 의료공학과 조교수

1. 서론

산업현장이나 일상생활 속에서 사용되는 전자 기구 및 장치 중에 모터를 이용하여 제어하는 부속 및 연결 장치들의 사용 빈도는 다양하고, 구성된 시스템은 구분하기가 어려울 정도로 복잡한 기술을 요구하는 시스템이 많이 있다.

안전하고 원활한 제어 기능을 유지하기 위해서 프로그램이 내장된 간단하고 안정적인 제어가 요구되고 있다 [9][13][15][16].

환경적으로 사용되는 장치나 기계적으로 구동되는 장치가 전기적 현상에 의해 제어되고, 여러 가지 보호 장치를 통해 손상을 막는 기능을 센서 제어 장치로 확장하게 되며, 소비되는 전력의 양을 통해 스위치 역할을 할 수 있도록 전압을 변동장치가 필요하며, 산출되는 출력이 다양화 되어 특성이 여러 형태로 구성되어 시스템을 제작하는데 상당한 어려움을 느끼고 있다[13]. 모터 제어 시스템의 주요한 성능의 지표는 과도응답, 정확성, 강인성이고, 궤환기를 통한 기존의 자동 동조 방법은 여러 특성들을 여러 단계별로 거쳐 이득조정에 필요한 정보를 얻기 때문에 정보 획득과 제어는 불연속적일 수밖에 없고 궤환기를 통해 제공되는 시험입력이 계통에 무리를 줄 수도 있기 때문에 적용에 어려움이 많아 확정적인 입력에 의한 시간영역의 동특성 모델링과 제어가 연속적으로 수반되는 마이크로 프로그램을 통한 연속 출력이 다양화한 출력과 안정화를 위해 새로운 변속장치로 생성 할 수 있다[14]. 본 연구에서는 마이크로 제어 방식에 의한 모터의 출력 량을 변속할 수 있는 발생 장치를 설계하고 시스템을 개발 구현 하고자한다.

II. 연구방법

1. 이론적 배경

모터 제어기의 설계에서 중요한 인자로 시간영역에서의 응답을 통한 자동조정 방법과 주파수 영역에서의 응답을

통한 조정방법으로 대변될 수 있다. 시간영역은 펄스, 계단, 램프의 확정된 신호응답을 통해 계통의 동특성을 결정해 주고, 주파수 영역은 비례 궤환기 및 릴레이 궤환에 의해서 이득 값을 조정한다. 시간영역의 자동동조에 대한 사항으로 계단입력을 일치지연시스템에 인가하여 시간 응답 특성에서 상태궤적의 최대 기울기를 통한 지연 특성과 시스템 파라미터를 구하는 Chien, Hones, Reswick의 방법과 계단입력에 대한 출력으로부터 특성면적을 측정하여 시간 지연형태의 근사 모델의 파라미터를 구하는 Nishikawa, Otha의 방법등이 있다[6][7][8].

주파수 영역에서는 Nyquist곡선 상에서 임계 점을 결정하여 임계주기와 임계이득을 구하는 Ziegler, Nichols, Rochester 방법과 Astrom, Witenmark의 self-tuning 방법, Isermann의 self-adaptive의 방법이 있다[14].

모터를 기존의 2상 유도모터와 2상 서보모터로 나타내면 동력의 범위는 분당 1 와트에서 수 백 와트 사이에서 조정되고, <그림 1>은 모터의 1상(고정계자)에서 기준전압이 연속적으로 여기(exited)가 이루어지며, 주파수는 60, 400, 1000Hz 이고, 다른 상(제어계자)은 제어전압으로 구동되어 기준전압에 대해 시간적으로 90° 위상 차를 갖는다. 고정자 권선(stator winding)은 공간상에서 90°떨어져 있고, 이 두 위상의 차가 시간적으로 90°차이가 있을 때, 토크가 가장 효과적으로 축에서 발생한다는 사실이 근거화 되고 있다. 2상 전원장치(power supply)에 의해서 는 두 고정자 권선간에 여기가 발생하고, 단상전원장치에 콘덴서를 부착함으로써 90° 위상 차를 얻을 수 있으며, 식 (1)에서 제어전압의 극성의 회전방향을 결정해준다 [1][2][3].

$$\begin{aligned}
 ec(t) &= Ec(t)\sin\omega t & Ec(t) > 0 \\
 &= |Ec(t)| \sin\omega t & Ec(t) > 0 \dots\dots\dots (1) \\
 ec(t) &: \text{Control Voltage}
 \end{aligned}$$

$Ec(t)$ 의 부호변화는 위상을 π 라디안만큼 이동시키고, 제어 전압 $Ec(t)$ 의 부호 변화가 모터의 회전 방향을 바꾸게 하며, 기준전압이 일정하기 때문에 토크 T 와 각 속도 θ 에 대한 제어 전압 $Ec(t)$ 의 함수이며, 교류 전원 주파수에 비하여 $Ec(t)$ 의 변화가 느릴 때 모터에 발생되는 토크는 $Ec(t)d$ 비례한다. 그림2는 t 에 대한 $ec(t)$, $Ec(t)$, 토크(T)의 곡선을 보여주고 있다. 식 2는 J 는 모터 축에 대한 모터와 부하의 관성 모멘트이고, b 는 모터축에 대한 모터와 부하의 점성마찰계수이다. 제어 전압 $Ec(s)$ 를 입력하고

모터축의 변위를 출력할 때 전달함수로부터 점성 마찰과 회전자 관성으로 모든 주파수영역의 모터의 적분기특성이 선형으로 나타나게 된다[4][5].

$$\frac{\theta(s)}{E_c(t)} = \frac{K_c}{Js^2 + (b + K_n)s} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \dots\dots (2)$$

$K_m = K_c / (b + K_n)$: Motor gain constant
 $T_m = J / (b + K_n)$: Motor constant

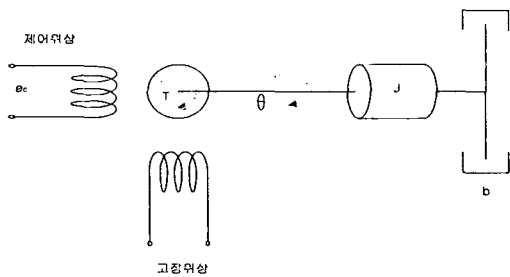


그림 1. 2상 서보모터의 모형도
 Fig.1 Schematized diagram of the Sever motor

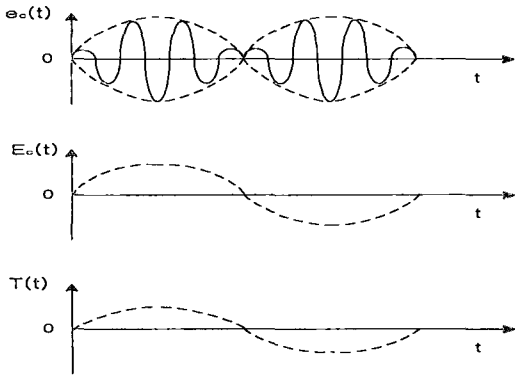


그림 2. t 대한 $e_c(t)$, $E_c(t)$, 토크(T)의 곡선
 Fig. 2 Wave of $e_c(t)$, $E_c(t)$, Toke(T) by t

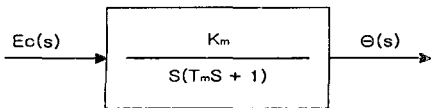


그림 3. 2상 서보 모터의 블록선도
 Fig. 3 Block-diagram of the Sever motor

2. 시스템 개요

모터에 마이크로 컨트롤러를 연결하여 단축 및 연속 신호를 주어 조정이 가능한 상태의 조정기에 의한 구동이 이루어지며, 구동되는 조정기는 일정시간동안 동작되는데 모터의 용량에 따라 다양한 조정기의 특성이 필요함으로 다양한 변속장치의 형태로 구성되어 진다.

따라서 모터 출력 용량에 따른 전자 변속기의 구성이 이루어져야 변동되는 변속 분을 충족시켜 주리라 판단되며, 속도 조절을 맞출 수 있는 모터 제어방식인 마이크로 컨트롤러가 내장된 전자 변속기의 software와 hardware의 시스템을 구성하였다.

3. 시스템 구성

본 시스템은 Hardware 및 software로 구성되는데, Software은 조정기에서 보내주는 신호를 받아 모터를 제어하고, 전자 변속기 회로 보호를 위한 제어 설계와 마이크로 컨트롤러 내부의 발진기를 이용하여 software를 설계하였다. 최대한 정밀한 제어를 위한 알고리즘을 사용하여 구현하였으며, 모터의 오동작을 방지하기 위하여 알람 기능을 구현하여 배터리 파워를 안전 제어 할 수 있도록 하였다[10][11][12]. Hardware는 power device의 구동회로를 구성 할 수 있는 소자로서 전계효과 트랜지스터(FET)를 사용하였으며, 전력용 장치를 사용하는 출력 전환 기능으로 low on-resistance와 low gate charge inherent 특성이 모터 전압 검출 회로에 내장되며, 마이크로 컨트롤러에 의해 속도에 맞는 모터 변속 장치를 설계하였다.

III. 실험 진행 및 특성 결과

1. 출력 변속기 소프트웨어 알고리즘 개발

Motor Power 전자변속기의 소프트웨어 알고리즘은 조정기를 통해 신호를 받아 모터를 제어하고, 모터의 전자 변속기 회로 보호를 위한 제어 알고리즘도 함께 설계하였다. 마이크로 컨트롤러 내부의 발진기를 이용하여 software를 설계하였으며, 최대한 정밀 제어를 위한 알고리즘을 사용하여 구현하였다. 다음은 Motor Power 전자 변속기의 소프트웨어 알고리즘에 대한 흐름도 이다.

1.1 작동 시작 단계

〈그림 4〉은 시작에 필요한 초기치를 설정하고 시간에 따른 모터의 값을 선정하여 신호 발생에 따른 출력의 동작으로 모터의 구동을 이루게 하는 단계이다. 따라서 시작에 대한 소리 음을 발생하도록 하였다.

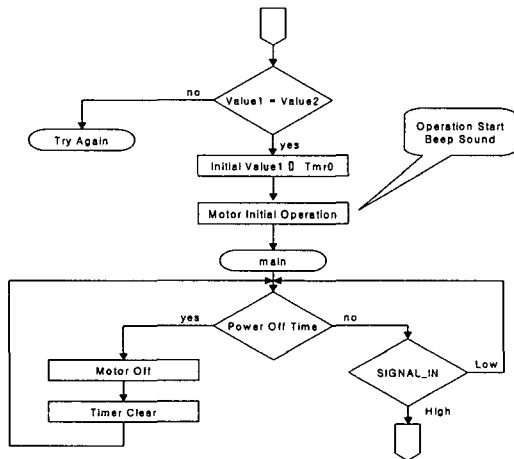


그림 4. 출력 작동시작단계
Fig. 4 Flow chart of Initial Output Operation

1.2 전원 공급 조정단계

시간에 따라 모터의 구동이 이루어지고, 신호에 따른 모터의 속도를 조절하여 Brake off 값을 선별하게 하며, 출력 파워 량을 항상 체크하여 조절이 가능하도록 하는 단계로 〈그림 5〉에서 구성하였다.

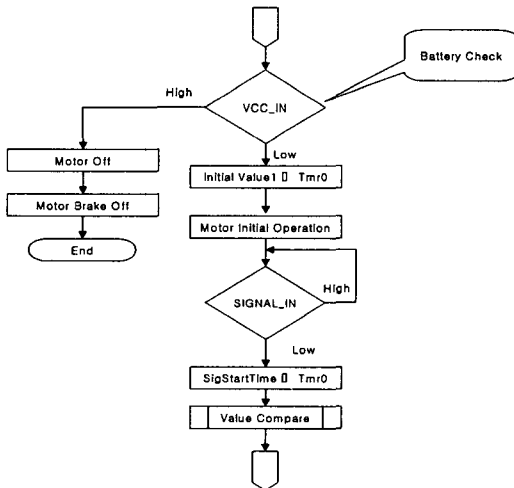


그림 5. 전원 공급 조정단계
Fig. 5 Flow chart of Power Supply Control

2. 출력 변속기 하드웨어 개발

하드웨어는 power device를 제어하기 위해 고속 switching 구동할 수 있는 전계효과 트랜지스터(FET)소자를 사용하여, 전압의 흐름을 제어하기 위한 저 전력 장치로 배터리 구동을 가능한 출력 전환 응용을 모색하기 위해 저 전류 저항(low current resistance) 와 저 변환 게이트(low charge gate) 특성을 가지고 있다. 또한, 모터 전압 검출 회로를 내장시켜 마이크로 컨트롤러로 모터의 제어를 설계하였으며, 전압특성에 맞는 다양한 회로로 그림6에서 구현하여 설계하였다.

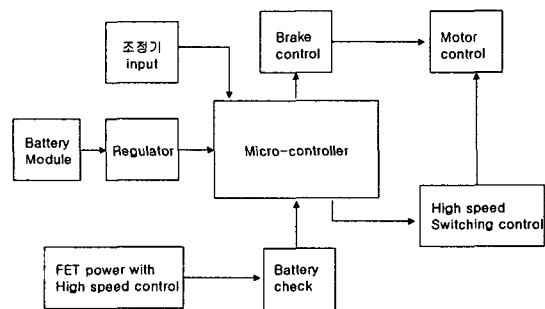


그림 6. 출력 변속기 하드웨어 블록도
Fig. 6 The Schematic diagram of Power Output Speed Change

Battery Module은 다양한 전원 준을 형성하므로 안정된 전원을 공급하기 위해서는 Regulator IC를 사용하여 마이크로 컨트롤러에 전원을 공급한다. 입력신호를 받은 마이크로 컨트롤러는 조정에 필요에 따라 변화된 주파수를 카운트하여 고속의 스위칭 제어를 하여 모터의 속도를 제어하게 된다. 정지 신호 시 마이크로 컨트롤러는 브레이크 기능을 사용하게 모터를 정지시킴으로 Brake기능을 갖고 있고, 최고 속도로 조정할 경우 고속 제어 기능을 가지고 있는 전계효과 트랜지스터(FET) 모듈을 통해 배터리를 체크하게 되는데 3.7V이하로 전압이 떨어지게 되면 마이크로 컨트롤러는 자동적으로 모터를 정지시키는 Power Auto-Cut 기능을 설계하였다[3][4][5].

3. 출력 측정 및 결과치

3.1 연속 출력 전류 측정 특성

〈그림 7〉는 모델별 연속 출력 전류의 특성을 나타낸 그래프로 전류의 값에 따라 최소 5A에서 최대 50A까지 변속 특성의 효율을 보여주고 있다.

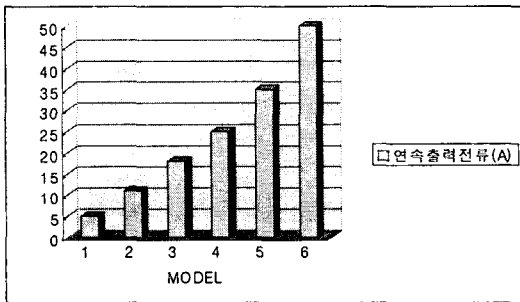


그림 7. 모델별(MODEL1-6) 연속출력 전류 특성
Fig. 7 The schematic diagram of the result by Continuous Output Current of Model 1-6

3.2 변동 사용 전압 특성

〈그림 8〉는 모델별 변동 사용 전압 특성을 최소치 값과 최대치 값으로 구분하였다. 모델별 최소치 전압은 9V로 동일하며, 최대치 전압은 12V에서 18V까지 변동하는 특성을 보여주고 있다.

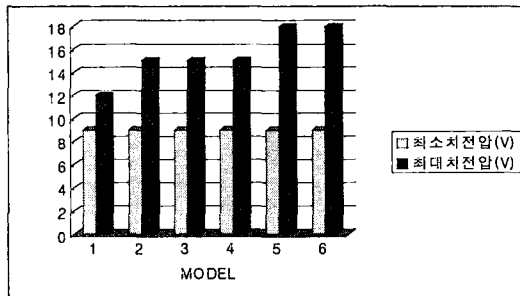


그림 8. 모델별(MODEL1-6) 변동 사용 전압 특성(최소치, 최대치)
Fig. 8 The schematic diagram of the result by Used variable Voltage of Model 1-6

3.3 출력 제원 사양 특성

표 1. 각 모델별 출력 제원 의 사양
Table. 1 Specification of Output source by such Model

MODEL	Switching Frequency (MHz)	셀 수 (개)	중량 (g)	크기 (WxDxH)
1	1.000	6 - 8	6.5	14X14X5
2	1.000	6 - 10	18.3	27X20X6
3	1.000	6 - 10	18.3	27X20X6
4	1.000	6 - 12	26	35X25X7
5	1.000	6 - 12	26	35X25X7
6	1.000	6 - 12	27	35X25X7

〈표 1〉은 각 모델별 최대 Switching Frequency가 동일한 1,000MHz이고, 셀 수가 6개에서 12개이며, 중량은 모델 별 차이가 있고, 크기는 약간의 차이를 보이는 특성을 갖고 있다.

4. 시스템 제작

4.1 시스템 특성

마이크로 컨트롤러가 내장된 Motor Power 자동제어 시스템으로써 Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있다. 연속 출력 전류에 따라 최소 5A에서 최대 50A까지 변속 제어 시스템을 구성하였다.

4.2 시스템 1

〈그림 9〉는 연속출력전류가 5A이고, 스위칭 주파수가 1,000MHz이며, BEC, Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있는 마이크로 컨트롤러로 제어되는 시스템이다.

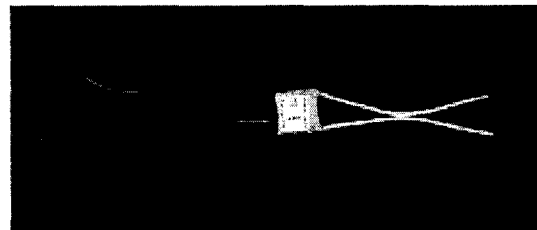


그림 9. 연속 출력 전류 5A인 Power 변속기 (Model 1)
Fig. 9 The Photographs of Power Output Speed Change(5A)

4.3 시스템 2

〈그림 10〉는 연속출력전류가 11A이고, 스위칭 주파수가 1,000MHz이며, BEC, Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있는 마이크로 컨트롤러로 제어되는 시스템이다.

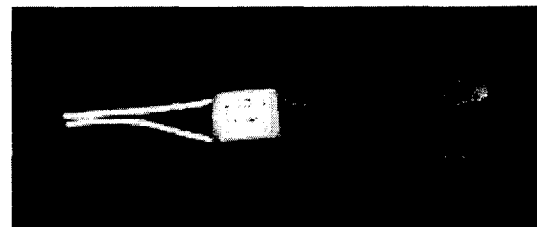


그림 10. 연속 출력 전류 11A인 Power 변속기 (Model 2)
Fig. 10 The Photographs of Power Output Speed Change(11A)

4.4 시스템 3

〈그림 11〉는 연속출력전류가 18A이고, 스위칭 주파수가 1,000MHz이며, BEC, Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있는 마이크로 컨트롤러로 제어되는 시스템이다.

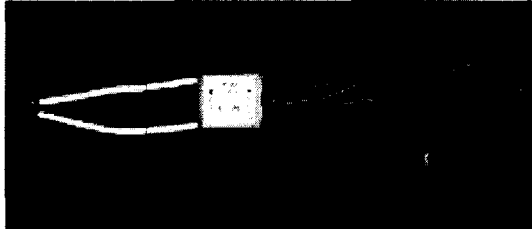


그림 11. 연속 출력 전류 18A인 Power 변속기 (Model 3)
Fig. 11 The Photographs of Power Output Speed Change(18A)

4.5 시스템 4

〈그림 12〉는 연속출력전류가 25A이고, 스위칭 주파수가 1,000MHz이며, BEC, Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있는 마이크로 컨트롤러로 제어되는 시스템이다.

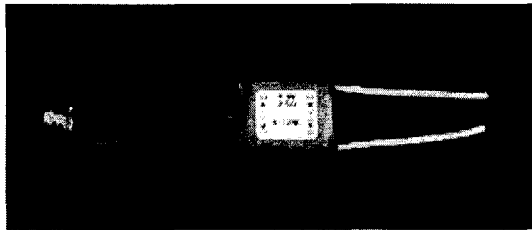


그림 12. 연속 출력 전류 25A인 Power 변속기 (Model 4)
Fig. 12 The Photographs of Power Output Speed Change(25A)

4.6 시스템 5

〈그림 13〉는 연속출력전류가 35A이고, 스위칭 주파수가 1,000MHz이며, BEC, Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있는 마이크로 컨트롤러로 제어되는 시스템이다.

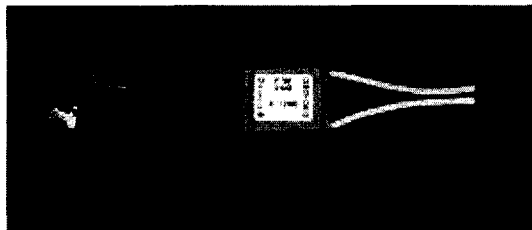


그림 13. 연속 출력 전류 35A인 Power 변속기 (Model 5)
Fig. 13 The Photographs of Power Output Speed Change(35A)

4.7 시스템 6

〈그림 14〉는 연속출력전류가 50A이고, 스위칭 주파수가 1,000MHz이며, BEC, Brake기능, Power Auto Cut-Off 기능이 있는 마이크로 컨트롤러로 제어되는 시스템이다.

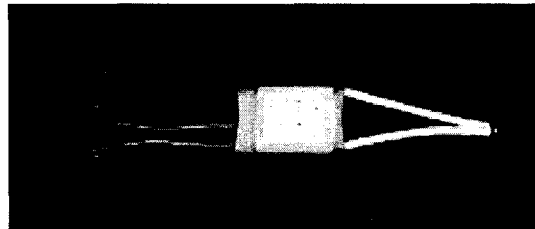


그림 14. 연속 출력 전류 50A인 Power 변속기 (Model 6)
Fig. 14 The Photographs of Power Output Speed Change(50A)

IV. 결론

Micro-controller, Battery Regulator, Brake Control, FET Power Control을 통해 High speed switching control을 유지 할 수 있는 변속장치로써 기능 면에서 마이크로 컨트롤이 내장된 자동제어 시스템으로 Switching frequency를 1000MHz 까지 가능한 형태와 출력전류는 5A, 11A, 18A, 25A, 35A, 50A이며, 출력 전압은 9V에서 최대 18V까지 전압 변동이 자동으로 감지 할 수 있고, 3.7V이하로 전압이 떨어질 경우 자동으로 Cut-off 하여 일정기간 기존의 상태를 유지할 수 있는 변속기능을 갖고 있다.

따라서 모형항공기, 모형 자동차, 모형 보트 등의 전자 변속기 개발에 보다 손쉽게 접근할 수 있는 기술과 새로운 제품개발에 진일보 할 수 있는 토대를 마련하였고, 추가적으로 모터 용량에 따른 전자변속기의 Battery 충전기에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] M.J.Elmasry(Ed), Digital MOS Integrated Circuits, New York: IEEE Press, 1981

[2] IEEE Journal of Solid State Circuits, The October issue of each year has been devoted to digital circuits.

[3] P.R.Gray, D.A.Hodges, and R.W.Brodersen, Analog MOS Integrated Circuits, New York : IEEE Pree, 1980

[4] P.R.Gray and R.G.Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 2nd ed : New York : Wiley, 1984

[5] Y.Tsividis, "Design considerations in single-channel MOS analog integrated circuits-A tutorial", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. SC-13, pp.383, June

[6] K.J.Astrom and Hagglund, "Automatic Tuning of Simple Regulators With Specification on Phase and Amplitude Margins", Automatica, Vol.20, No.5, pp.646-651, 1984

[7] Ned Mohan, Tore M. Undeland, Willamp P.Robbins, "Power Electronics : Converters, Applications, and Design", John Wiley & Sons, 1989

[8] T.W., Miller and A.M.Lopes, "A comparison of Controller Tuning Techniques," Control Eng., vol.14, pp.72~75, 1967.

[9] Introductory DC/AC Electronics, Nigel P. Cook, Prentice Hall

[10] Handbook of electric power calculations, Beaty, McGraw-Hill

[11] Electrical Circuit Theory and Technology, John Bird, Newnes

[12] Application of Digital Wireless Technologies to Global wireless Communication, Fehér, Prentice Hall

[13] Motor Control Technology for Industrial Maintenance, Thomas E. Kissell, Prentice Hall

[14] 전인효, 노민식, 최중경, 박승협, "자동종조 기법을 이용한 정현파형 BLDC 전동기의 속도제어" 전자공학회, 제36권 T편 1호 1999년 3월호 pp.41~50

[15] 제어 시스템 이론 및 설계, 엄기환저, 동일출판사

[16] 마이크로 전자회로, 정원섭외1저, 회중당

저자 소개



김 정 래
 1983. 2 연세대학교 의용전자공학
 과 졸업
 현 재 서울보건대학 의료공학과 교수