

최 종
연구보고서

차세대 계사용 환기제어 시스템개발

Development of Ventilation Control
System for Layer House

군 산 대 학 교

농 립 부

697.920285
L2932

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “차세대 계사용 환기 제어시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998 . 11 . 20 .

주관연구기관명 : 군산대학교

총괄연구책임자 : 권 오 신

연 구 원 : 김 성 호

연 구 원 : 이 성 룡

연 구 원 : 유 경 선

연 구 원 : 라 중 삼

연 구 원 : 박 춘 욱

연 구 원 : 김 남 균

연 구 원 : 최 중 수

연 구 원 : 김 중 만

연 구 원 : 황 승 호

연 구 원 : 정 철 호

요 약 문

I. 제 목

차세대 계사용 환기제어 시스템 개발

II. 연구개발 목적 및 중요성

본 연구는 수입품에 의존하던 계사용 환기제어시스템을 국산화하여 수입대체 효과를 얻고, 닭의 발육 및 생산성에 중요한 역할을 하는 계사 내부의 온도뿐 아니라 습도와 유해가스의 상관관계를 규명하고 이들을 최적 상태로 유지·제어하기 위한 새로운 환기 방식을 구현하며, 이 환기 시스템에 현대제어 이론을 적용하여 닭의 생산성 및 전기에너지의 효율향상을 꾀할 수 있는 차세대 계사환기제어시스템을 개발하는 것에 목적이 있다. 따라서 본 연구는 영농현장의 애로타결을 위한 기술개발의 성격을 지니고 있다. 특히, 제조업분야 등에서는 부분적으로 현대의 발전된 신기술들을 채용하면서 급격한 성장을 보이고 있는 반면에, 1차 산업 분야에서 이들 신기술들의 채용부분이 적으며, 특히 영세한 계사 농가에서는 이를 이용하기가 어려운 형편이다. 이에 따라서 본 연구에서는 실제의 사용자들이 이러한 신기술들을 쉽게 채용할 수 있도록 이에 대한 기술 개발에 그 성격이 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 차세대 계사환기 제어시스템의 개발을 최종 목표로 하고 있으며 이를 위해 총 연구기간은 '3년으로 설정하였다. 제 1차 년도에는 수입품에 의존

하던 계사의 환기 제어시스템을 국산화하여 수입 대체효과를 얻고, 또한 기존의 단속제어기법에 의한 에너지 손실을 줄이기 위한 연속제어기법의 도입에 대하여 검토한다. 제 2차 년도에는 제 1차 년도에 검토된 연속제어 방법을 개선할 수 있는 주파수제어방법을 도입하고, 계사에서 매우 중요한 역할을 하는 온도 및 유해가스의 검출을 통한 자동환기 시스템을 개발하여 양계산업의 국제경쟁력을 갖추도록 한다. 그리고 제 3차 년도에는 계사 내부의 온도, 습도 및 유해가스의 상관관계를 분석하고, 이에 의하여 계사를 최적환경으로 유지할 수 있는 제어알고리즘을 1, 2차 년도에 연구·개발된 계사용 환기 제어시스템에 적용한 다음, 이 시스템을 실제의 계사에 적용하여 봄으로써 닭의 생산성을 향상할 수 있도록 하는 지능화된 고효율 환기 제어시스템 을 개발한다. 구체적인 연구개발 범위는 다음과 같다.

연구개발 목표	연구개발범위
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환기용 팬 인버터시스템의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 환기 시스템 설계 및 구성 ◦ AC Voltage regulator 개발 ◦ 적정 환기 시스템용 인버터 선정 ◦ 환기 시스템의 효율향상 방법 연구
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 센서시스템의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 계사내 환경 측정용 센서 시스템개발 ◦ PIC16c84-based 지능화 온도센서시스템의 개발 ◦ 유해가스 센서시스템의 개발 ◦ 센서시스템의 내노이즈성 및 인터페이스 성능검토
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지능화 제어 알고리즘의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 지능화 제어알고리즘 개발 ◦ PI(D)제어기법의 성능검토 ◦ 퍼지제어기의 성능검토 ◦ 지능화된 최적 팬속도 결정 알고리즘 개발 ◦ GUI를 고려한 환기제어 프로그램의 개발

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 과제는 3년간의 연구 기간을 설정하였으며 당해 년도의 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 1차 년도의 연구개발 결과

국내외에서 시판되고 있는 외국산 환기제어시스템(Multifan Controller AEW-D, Holland)을 분석 검토한 결과, 수입 환기 시스템의 국산화차원을 넘어 국제 경쟁력있는 환기시스템을 개발하기 위해서 본 연구에서는 다음의 두 가지 관점에서 기존의 환기제어시스템을 개선해야할 필요가 있음을 알았다. 첫째는 계사의 쾌적한 환경 유지측면에서의 개선이고, 둘째는 전력에너지의 효율적인 사용의 측면에서의 개선이다. 그러므로 본 연구에서는 첫째, 기존의 단속제어형 환기제어시스템에서 발생하는 계사 내부의 급격한 온도 변화를 줄여 닭의 스트레스를 감소시킬 수 있는 연속제어형 환기제어시스템을 제안하였고, 둘째 기존의 위상각 제어 방식에서 발생하는 역률과 고조파를 저감하기 위하여 UPWM(Uniform Pulse Width Modulation)제어 방식에 의한 AC Voltage Controller를 개발하였다. 본 연구에서 얻은 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- UPWM제어에 의한 AC Voltage Controller 개발
 - AC voltage regulator 제작
 - 온도 sensor 부 제작
 - 제어부 설계 완료(온도의 변화에 따른 연속 가변제어 방법 채택)
- 기존의 외국산 환기 시스템과 본 연구의 시작품의 출력 전압 및 천류의 실측 비교 결과 (같은 조건 : 출력전압 86V일 때)

- 출력전압의 경우 : THD 58.3% 개선
- 출력전류의 경우 : THD 43.4% 개선
- 특히 팬 구동용 유도전동기의 맥동토크 발생의 주원인인 제 3고조파가 외국산의 경우 전압 44.8%, 전류 71.8% 인데 반하여 본 연구의 시작품은 전압, 전류 모두 0으로 우수한 특성을 보임

이상의 결과를 종합한 결과 본 연구에서 개발한 PWM 제어형 멀티 섹션 환기제어 시스템은 당초 연구 목표인 외국산 제품의 국산화 차원을 넘어 계사의 쾌적한 환경유지 및 전력에너지 효율적 사용의 측면에서 기능을 개선, 외국산을 대체할 국제경쟁력이 있는 시스템으로 사료된다.

2. 2차 년도의 연구개발 결과

단순히 환기에 의해 온도를 제어하는 기존 방식의 비효율성을 극복하기 위해 고성능 온도계측기술을 도입하여 고효율의 환기 제어를 위한 통합센서시스템을 설계하고자 하며, 둘째, 1차년도에 개발된 전압 제어형 환기 제어시스템의 문제점을 보완하기 위하여 주파수제어형 환기 제어시스템을 개발하였고, 실험을 통하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 계사내의 효율적인 환기제어를 위해서는 고성능 온도센서의 설치가 요망되며 이를 위해 새로운 형태의 온도센서 시스템을 설계 제작하여 모의 계사 시스템에 적용하여 유용성을 입증하였다.

(2) 2-step 인버터의 경우 UPWM 기법이 SPWM 기법보다 기본파 이용률 면에서는 약간 우수하지만 전동기의 맥동토크의 주 원인인 3, 5, 7차 등의 저차 고조파가 제거되지 않음을 알 수 있다.

따라서 위의 결과로부터 맥동 토오크의 발생의 주원인인 제 3고조파를 거의 제거할 수 있는 SPWM기법을 적용한 인버터를 계사 환기제어시스템의 팬 구동원으로 결정하였다.

(3) 실험결과로부터 SPWM 기법을 이용한 VVVF 속도제어기법이 계사용 환기제어 시스템에 가장 적합한 제어기법임을 확인할 수 있었다.

3. 3차 년도의 연구개발 결과

3차년도는 앞서 2년간의 연구를 종합하여 "지능화된 차세대 계사용 환기 제어시스템의 개발"에 최종의 연구목적을 두었다. 효율적인 연구의 진행을 위하여

- 1) 개발 완료된 환기용 팬 인버터시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합
 - 2) 개발된 온도 및 습도 센서 시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합
 - 3) 퍼지제어기법에 근거한 지능화 제어알고리즘 개발
 - 4) 개발완료된 지능화 환기제어시스템의 실 계사에의 적용 및 성능고찰
- 의 네 부분으로 나누어 진행하였다.

● 인버터 시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합

- RS485 통신기법을 채택한 인버터 시스템의 개발

장점: 계사와 관리농가간의 거리 문제를 해결할 수 있음.

- RS485 통신은 제작된 인버터와 Multi-drop방식의 접속이 가능하기 때문에 커다란 하드웨어의 변경 없이도 다수의 환기용 팬을 효율적으로 제어할 수 있음.
- VVVF 기법을 채택한 PWM인버터의 사용으로 환기용 팬의 전력소비 및 가변

속 특성을 향상 시킬 수 있음.

● 온도 및 습도 센서 시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합

- DS1820 온도센서의 도입에 의해 내노이즈성을 강화시킬 수 있음.
- 다수의 온도센서를 하나의 마이크로프로세서(PIC16c84 또는 73)로 간편한 통합 관리를 실현함.
- 4-20mA current loop를 출력으로 갖는 저가의 습도센서 (Delta OHM사의 HD8607)를 사용함으로써 센서시스템과 측정점간의 거리문제를 해결함.

● 퍼지제어기법에 근거한 지능화 제어알고리즘 개발

- 기존의 PI 제어기보다 향상된 수렴특성을 갖는 퍼지제어기의 유용성을 확인함.

장점: 온도변화를 신속히 제거할 수 있기 때문에 닭에게 주는 스트레스를 최소화할 수 있음.

● 지능화 환기제어시스템의 실 계사에의 적용

- 효율적인 환기제어를 위해서는 사육되는 닭이 느끼는 실제 체감온도를 정확히 측정할 수 있어야 하며 이를 위해서는 지상 약 40cm 정도의 높이에 온도 및 습도센서를 설치하는 것이 효율적임을 확인할 수 있었다.
- 본 연구에서 제안된 지능형 환기제어시스템을 조공농장의 계사에 적용하였을 경우의 출하시 2.6%의 체중 증가 및 0.4 0.5% 의 폐사율 감소 효과를 얻을 수 있었다.

3년간의 연구수행 중 보다 효율적인 환기 제어시스템의 설계를 위해서는 계사내부의 온도 및 유해가스 등의 측정은 제어용 시스템과는 별도로 구성하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있었다. 이는 환기 제어에 필요한 데이터(온도, 습도)는 별도의 마이크로프로세서를 사용하여 취득하고 이들을 RS232전송선을 이용하여 실제 환기 제어를 담당하고 있는 호스트 컴퓨터에 전송하는 것이 최적의 제어 시스템 구조임(Distributed Control System: DCS)을 의미한다.

SUMMARY

In this project, we propose a new type of ventilation control system for layer houses which can effectively provide the breeding environment to chickens. The proposed ventilation control system consists of two parts: One is the inverter system which can control the speed of fans installed in layer houses. The other is a sensor system and a control algorithm which can sense the current internal status in the layer house and calculate the optimal speed command for the inverter system based on the sensed data. Especially, we adopt the fuzzy control scheme as a basic control algorithm which can be effectively utilized in the control of un-modelled nonlinear system. Furthermore, GUI(Graphic User Interface) monitoring system programmed with Visual Basic can give easy manipulation to the users which are unfamiliar to the computer system. To verify the effectiveness of the proposed ventilation system, some experiments are carried out in the JOGONG farm located in the vicinity of Kunsan.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction

section 1 Background of the reseach

section 2 Object of the research

section 3 Result of the research

Chapter 2 Domestification of the ventilation control system

section 1 Basic study of the ventilation system

section 2 Design of ventilation control system

section 3 VVVF type ventilation control system

Chapter 3 Integrated ventilation control system

section 1 Optimal condition for layer house

section 2 Design of inverter system

section 3 Unification of sensor system

Chapter 4 Design of intelligent ventilation control

system

section 1 Forward

section 2 Fuzzy ventilation control system

Chapter 5 Application study

section 1 Installation of the sensor system

section 2 Fundamentals of intelligent control system

section 3 Experiments and data analysis

Chapter 6 Result of the research

section 1 Result of the 1st year

section 2 Result of the 2nd year

section 3 Result of the 3rd year

section 4 Suggestion for the application

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 배경 및 중요성

제 2 절 연구개발의 최종 목표 및 성격

제 3 절 연구개발 내용 및 범위

제 2 장 환기 제어 시스템의 국산화

제 1 절 기초 시스템 검토

제 2 절 환기 제어 시스템 제작

제 3 절 주파수 제어형 환기 제어 시스템

제 3 장 통합 환기 제어 시스템의 설계

제 1 절 계사의 최적 환경 조건

제 2 절 환기용 인버터 시스템 개발

제 3 절 센서시스템의 통합

제 4 장 지능화 환기 제어 시스템의 개발

제 1 절 서 론

제 2 절 퍼지 환기 제어시스템

제 5 장 실제 계사예의 적용

제 1 절 계사 환경 및 센서 설치

제 2 절 지능화 환기제어시스템의 개요

제 3 절 실험 및 데이터 분석

제 6 장 연구 개발 결과

제 1 절 1차 년도 연구개발 결과

제 2 절 2차 년도 연구개발 결과

제 3 절 3차 년도 연구개발 결과

제 4 절 활용에 대한 건의

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 배경 및 중요성

1960년대 이후 경제구조의 현대화가 진행되면서 농가소득구조를 개선하기 위한 많은 노력이 수행되었다. 이에 따라서 많은 농가에서는 축산을 통한 농가소득의 향상을 시도하여 왔다. 그러나 우루과이협정에 따라서 축산업 시장의 개방이 불가피하여 국내의 수 작엽에 의한 축산업계는 막대한 타격이 예상되고있다. 외국의 기계화·자동화된 축산업계에 비하여 국내의 축산업은 가사노동력에 의존하는 소규모이기 때문에 경쟁력을 지닐 수 없는 상태이다. 이에 따라서 현재의 국내 축산업에 알맞는 계사의 자동화·기계화를 통한 축산경영의 현대화를 통하여 경영구조를 개선하고, 시장개방에 따르는 경쟁력을 제고하여야 한다.

지금까지 국내의 계사에 대한 사육규모별 통계는 용도별로 구분 조사되지 않아 자동화의 정도 및 규모파악이 아직 어려운 실정이고 그나마 젖소 사육의 경우는 국내 우유시장의 규모확대와 고급 제품경쟁에 힘입어 시설 현대화가 급속히 진행되고 있지만 돈사, 계사의 경우는 아직 영세성을 면치 못하고 있는 실정이다. 특히 계사는 국내 계사의 70%이상(추정)이 개방형 계사로서 단열 및 온도, 습도 유지가 환경기준에 미달되는 실정이며, 이중 대부분이 7~10년 이상의 노후된 계사이다. 따라서 벽이나 천장을 통한 열의 방산이 많아 단열 효과가 매우 낮을 뿐만 아니라 환기시설이 제대로 되어 있지 않아 환경 조절 능력이 크게 미흡한 실정이다.

그러므로 이의 개선을 위한 계사의 환기제어 설비의 보완이 시급한 실정이나, 그 대부분이 수입제품에 의지하고 있다. 이러한 계사환기제어 시스템의 연구개발 중요성을 기술적인 측면, 경제적인 측면 그리고 사회적인 측면으로 구분하여 기술하면 다음과 같다.

○기술적 측면

닭의 성장에 영향을 미치는 주 요인은 계사 내부의 온도, 습도 그리고 유해가스이다. 따라서 이들을 최적의 상태로 유지·관리하기 위하여 계사의 환기는 매우 중요하다. 그러나 기존의 환기제어 설비들이 계사 내부의 온도만을 제어변수로 설정하는 시스템이 대부분이다. 이는 계사 내부의 환경이 온도, 습도 그리고 유해가스 특히 암모니아 가스가 서로 유기적으로 작용해 결정된다는 점을 간과한 것으로 이에 대한 대책이 시급하다. 특히, 기존의 설비들은 대체적으로 계사내의 온도에 의하여 단속제어(ON-OFF제어)를 시행하고 있어 계사내부의 갑작스런 환기량의 변화로 급격한 온도변화를 초래함으로써 오히려 닭에게 스트레스를 주어 생육의 악화를 가져온다. 또한 기존의 제어알고리즘인 PI제어기법은 제어대상이 기계가 아니라 동물인 점을 감안하면 제어변수의 최적 선정에 많은 문제점을 안고 있으며 따라서 최적의 제어성능을 기대하기란 어려운 실정이다.

따라서 계사 내부의 온도, 습도 그리고 유해가스에 따른 닭의 생육 조건을 규명한 후, 실제 닭이 느낄 수 있는 최적의 생육 환경을 조성 유지할 수 있는 환기제어시스템을 구성하기 위해서는 닭의 최적 생육조건에 제어변수를 효과적으로 제어할 수 있는 현대제어이론을 응용한 지능형 제어기법의 적용이 시급하다. 또한 환기용 모터를 제어하는 기술로서 기존의 단속제어기법대신 연속제어에 의해 계사내의 대기상태가 급변하지 않도록 제어하는 기술이 요구된다.

○경제적 측면

본 연구에서의 환기제어 시스템이 지향하는 목표는 계사의 적정한 온도와 습도의 유지, 그리고 유해가스의 배출을 노동력의 투입이 없이 자동으로 처리하는 설비의 개발이다. 따라서 본 연구의 경제적인 가치는 계사의 자동화를 통한 노동력의 고부가 가치성을 창출하는데 있다. 또한, 본 연구에서는 계사 내부의 온도, 상대습도 그리고 유해가스(특히 암모니아 가스) 각각의 상관관계를 도출하여 계

사를 쾌적한 상태로 유지하기 위한 제어알고리즘을 연구하고 이를 적용한 제어시스템의 개발을 진행한다. 이는 대략 100억원 규모의 계사 환기 설비가 대부분 수입품에 의존하는 실정을 감안하면 막대한 외화의 낭비를 막을 수 있을 뿐 아니라, 오히려 수출 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

○ 사회적 측면

국내에 있어서의 대부분의 축산업은 대체적으로 가사노동에 의존하고 있다. 그러나, 급속도로 진행되어가고 있는 서비스산업의 확장으로 인하여 농가의 인적구성은 노령화되어가고 있으며, 인력에 의한 생산성 향상은 거의 어려운 실정이다. 또한 농공단지의 확대에 인하여 농가인력의 휴식기가 줄어들고, 노무비의 상승으로 농가의 인력난은 갈수록 심화되고 있다. 따라서 기존의 가사노동에 의존하던 농가의 축산업계도 점차로 기계화와 자동화로 천이되고 있는 실정이며, 축산물의 수입개방에 대하여 국제경쟁력을 지니기 위하여서는 자동화가 필수적인 요인이 되고 있다. 이와 같은 계사의 자동화는 농가의 생산력을 향상시킬 수 있으며, 계사환경을 개선하고 축산업에 투입되는 인력의 감소에 의하여 농가에서도 비교적 문화생활을 할 수 있는 여력이 발생된다.

도시지역에 비하여 상대적으로 열악한 문화환경으로 인하여 소외감을 느껴야만 하였던 과거의 농가에서 영농의 자동화로 인하여 소득의 증대와 아울러 여가선용의 기회가 증대되면서 문화환경이 개선될 수 있고, 이에 따라 도농간의 의식격차가 해소될 수 있다. 실제로 선진화된 기술의 사용이 농가에서도 이루어짐으로써 기술대국을 지향하는 국가정책의 입지가 농가에서도 환영받을 수 있게 되며, 이는 국가정책의 홍보효과와 아울러 온 국민이 화합하여 국가의 대계를 바로 인식하고 이를 수행하는 계기가 될 것이다.

제 2 절 연구개발의 최종 목표 및 성격

본 연구의 최종목표는 수입품에 의존하던 계사의 환기제어시스템을 국산화하여 수입대체 효과를 얻고, 닭의 발육 및 생산성에 중요한 역할을 하는 계사 내부의 온도뿐 아니라 습도와 유탄가스의 상관관계를 규명하고 이들을 최적 상태로 유지·제어하기 위한 새로운 환기 방식을 구현하며, 이 환기 시스템에 현대제어이론을 적용하여 닭의 생산성 및 전기에너지의 효율향상을 꾀할 수 있는 차세대 계사환기제어시스템을 개발하는 것이다.

따라서 본 연구는 영농현장의 애로타결을 위한 기술개발의 성격을 지니고 있다. 특히, 제조업분야 등에서는 부분적으로 현대의 발전된 신기술들을 채용하면서 급격한 성장을 보이고 있는 반면에, 1차 산업 분야에서 이들 신기술들의 채용부분이 적으며, 특히 영세한 계사 농가에서는 이를 이용하기가 어려운 형편이다. 이에 따라서 본 연구에서는 실제의 사용자들이 이러한 신기술들을 쉽게 채용할 수 있도록 이에 대한 기술 개발에 그 성격이 있다.

제 3 절 연구개발 내용 및 범위

1. 총괄 연구개발내용 및 범위

본 연구는 차세대 계사환기 제어시스템의 개발을 최종 목표로 하고 있으며 이를 위해 총 연구 기간은 3년으로 설정하였다. 제 1차 년도에는 수입품에 의존하던 계사의 환기 제어시스템을 국산화하여 수입 대체효과를 얻고, 또한 기존의 단속제어기법에 의한 에너지 손실을 줄이기 위한 연속제어기법의 도입에 대하여 검토한다. 제 2차 년도에는 제 1차 년도에 검토된 연속제어 방법을 개선할 수 있는 주파수제어방법을 도입하고, 계사에서 매우 중요한 역할을 하는 온도 및 유탄

가스의 검출을 통한 자동환기 시스템을 개발하여 양계산업의 국제경쟁력을 갖추도록 한다. 그리고 제 3차 년도에는 계사 내부의 온도, 습도 및 유해가스(특히 암모니아)의 상관관계를 분석하고, 이에 의하여 계사를 최적환경으로 유지할 수 있는 제어알고리즘을 1, 2차 년도에 연구·개발된 계사용 환기 제어시스템에 적용한 다음, 이 시스템을 실제의 계사에 적용하여 봄으로써 닭의 생산성을 향상할 수 있도록 하는 지능화된 고효율 환기 제어시스템 을 개발한다. 구체적인 연구 개발 범위는 다음과 같다.

연구개발 목표	연구개발범위
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환기용 팬 인버터시스템의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 환기 시스템 설계 및 구성 ◦ AC Voltage regulator 개발 ◦ 적정 환기 시스템용 인버터 선정 ◦ 환기 시스템의 효율향상 방법 연구
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 센서시스템의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 계사내 환경 측정용 센서 시스템개발 ◦ PIC16c84-based 지능화 온도센서시스템의 개발 ◦ 유해가스 센서시스템의 개발 ◦ 센서시스템의 내노이즈성 및 인터페이스 성능검토
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지능화 제어 알고리즘의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 지능화 제어알고리즘 개발 ◦ PI(D)제어기법의 성능검토 ◦ 퍼지제어기의 성능검토 ◦ 지능화된 최적 팬속도 결정 알고리즘 개발 ◦ GUI를 고려한 환기제어 프로그램의 개발

제 2 장 계사 환기 제어시스템의 국산화

본 연구에서 설정한 최종 연구개발 목표를 달성하기 위하여 먼저 국내에 수입되어 시판되고 있는 환기제어시스템의 국산화 연구를 진행하였다. 이를 위하여 국내외에서 보급되고 있는 전압제어형 환기제어시스템의 분석 및 검토를 통하여 이를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 이들 기존의 제품이 갖고 있는 단점을 보완하여 국제 경쟁력 있는 환기제어시스템으로 AC전압 PWM제어형 계사환기제어시스템을 제안하여 설계 및 제작을 완료하였으며, 이의 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

제 1 절 기초 시스템 검토

닭은 땀샘이 없기 때문에 다른 동물과 같이 수분 증발에 의한 체온상승 억제 작용을 할 수 없어 평균체온 41.7°C를 유지하기 어려운 하절기에 더위로 인한 피해가 매우 크다. 또한 최근에는 닭을 고 밀도로 사육하기 때문에 계사 내에 암모니아 가스, 탄산가스, 유화수소 및 일산화탄소 등의 유해가스 및 배설물이나 먼지의 매체로 날아다니는 각종 병원균과 일반세균 등으로 인하여 닭의 생산성 저하 및 호흡기 질병의 원인이 되기 때문에 계사의 환기제어는 필수적이다. 특히 최근에는 계사내부온도를 계절에 관계없이 적정수준으로 유지가 가능하고 단위 면적당 더욱 많은 닭을 사육할 수 있으며, 계사간 거리를 가깝게 지을 수 있어 같은 면적의 땅에 2배의 계사를 설치 할 수 있는 등의 장점 때문에 무창계사의 보급이 급속히 진행되고 있다. 무창계사는 이러한 많은 장점이 있는 반면에 환기가 제대로 되지 않을 경우 닭의 사육에 치명적인 타격을 주게되어 막대한 경제적 손실을 가져오게 된다. 따라서 계사의 효율적인 환기제어는 계사내의 열기와 습기를 제거하고 유해가스, 먼지 및 병원체 등을 밖으로 배출시키는 한편 신선한 공기를 계사 내로 유입하여 각종 질병과 스트레스로부터 닭을 보호하고 생산성을 향상시

키기 위해서 계사 관리중 가장 중요한 요소이다. 그림 2-1은 현재 농가에 보급되고 있는 최신식 계사의 한 예로서 첨단 기술의 계사관리시스템의 개략도이다.

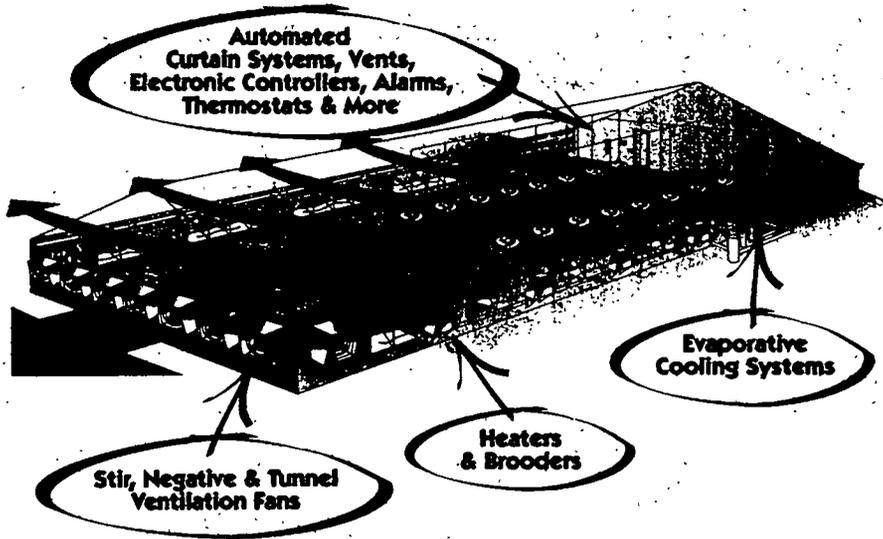


그림2-1. 계사관리시스템의 개략도

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 계사의 환기제어시스템은 계사내의 풍속을 제어하기 위하여 계사의 좁은 쪽 측면(그림의 앞쪽 화살표 방향)에 집중 설치한 터널식 환기 팬(tunnel ventilation fans)과 온도, 먼지, 유해가스 등을 조절하기 위한 일반환기 팬으로 구성된다. 여기서 터널식 환기 팬은 표2-1에 나타난 것처럼 동일한 온도에서 풍속이 빨라지면 감각적인 체감온도가 떨어져 시원함을 느끼게 되는 원리를 이용하여 하절기 닭의 체온조절을 위하여 그림 2-1과 같이 계사의 좁은 쪽 측면에 대형 팬을 집중 설치하여 계사 내의 풍속을 제어하는 시스템이다. 이는 우리나라의 경우 하절기의 고온기에만 집중적으로 사용되고 기존의 ON-OFF제어 방식만으로도 풍속제어가 가능하기 때문에 본 연구에서는 터널식 환기제어시스템에 대한 부분은 논의하지 않기로 하고, 그림 2-1의 계사의 넓은 측면(그림의 후면 화살표 방향)에 일정 간격으로 설치하여 1년 사계절 내내 계사내

의 적정온도유지와 쾌적한 환경유지의 역할을 담당하는 일반 환기시스템의 효율적인 제어방법에 대하여 집중적으로 검토하였다.

표 2-1 풍속과 체감온도와의 관계(습도 100% 기준)

온도	0m/초	1m/초	2m/초	3m/초	3m/초와의 온도차
35	35	34.7	33.7	33.3	- 1.7
28	28	26.4	25.2	24.0	- 4.0
21	21	19.0	17.0	15.5	- 5.5
10	10	5.5	3.4	0	-10.0

1. 계사의 환기 요구량

계사에 필요한 환기량은 계사의 단열정도, 외기온도 및 습도, 닭의 체중과 수수에 따라 각기 다르다. 외기온도에 따른 환기 요구량은 다음 표2-2에서 보는 바와 같이 외기온도가 20℃일 경우에 체중 1Kg당 필요 환기량은 1.80CFM (cubic ft / minutes)이고 30℃일 경우에는 필요환기량이 2.27CFM으로서 환경온도가 10℃높아짐에 따라서 체중 1Kg당 환기 요구량은 0.47CFM 증가 한다는 것을 알 수 있다.

표 2-2 외기온도에 따른 환기요구량

외기온도(℃)	체중 1Kg당 환기요구량(CFM)
-10	0.37
0	0.84
10	1.32
20	1.80
30	2.27

표 2-3 환경온도와체중에 따른 환기필요량(ft³/분/수)

환경온도 (°C)	평 균 체 중 (kg/수)					
	0.23	0.64	1.18	1.17	2.40	2.95
4.4	0.24	0.7	1.2	1.9	2.5	3.1
10.0	0.30	0.8	1.6	2.3	3.2	3.9
15.6	0.36	1.0	1.9	2.8	3.8	4.7
21.1	0.42	1.2	2.2	3.3	4.5	5.5
26.7	0.48	1.3	2.5	3.7	5.1	6.2
32.2	0.54	1.5	2.8	4.2	5.6	7.0
37.8	0.60	1.7	3.1	4.7	6.4	7.8

따라서 외기온도 1°C에 따른 계사내의 환기량은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$\text{필요환기량(CFM)} = 0.0264 * [1.8 * \text{외기온도(°C)} + 32] * \text{평균 체중(Kg)} * \text{수수} \text{-----}(1)$$

단, 이때의 상대습도는 30-60%이다.

예를 들어 외기온도가 20°C이고 평균체중이 2.2Kg 사육 수수가 5,000수 일 때 필요환기량을 위 식에 의해 계산하면 19,747CFM의 환기량이 요구된다. 이와 같이 요구되는 환기량은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받게되므로 계사에 환기시설을 설치할 경우에는 환기량을 조절할 수 있어야 한다. 닭은 주령이 경과함에 따라 호흡량과 배분량이 증가하므로 환기량을 증가시켜야 하지만 온도를 맞추면 환기가 나빠지고 환기를 시키면 온도가 떨어지는 상반된 문제 때문에 환기대책은 온도와 습도 및 환기를 동시에 고려해야 하며, 다음 표3에서 보는바와 같이 환경

온도가 높아짐에 따라 환기 요구량도 증가하고 닭의 체중이 증가함에 따라서도 환기 요구량은 증가한다. 환경온도가 매우 높은 37.8℃일 때의 환기 요구량은 10℃일 때의 요구량에 비하여 약 2배, 21.1℃일 때의 요구량에 비하여 약 1.5배 정도가 된다.

따라서 산란계의 육성계사에는 대개 수당 1CFM의 환기시설을 하면 충분하다. 즉, 10,000수 수용 육성계사에는 10,000CFM의 환기를 하도록 환기팬을 시설한다. 이를 닭의 체중별로 구체적으로 나타내면 표 2-4와 같다.

표 2-4. 산란계체중별 환기량과 적정팬 숫자

계 종	체 중(Kg)	최대환기량(여름)		최대환기량(겨울)	
		10,000수당 CMM	160CMM 짜리팬숫자	10,000수당 CMM	160CMM 짜리팬숫 자
산란계	1.8	1,440	9	126	0.8
	2.0	1,560	10	138	0.9
및	2.5	1,920	12	150	1.0
종 계	3.5	2,160	14	162	1.1
	3.5	2,280	15	198	1.3

이 연구에 의하면 160CMM의 환기팬을 산란계의 표준으로 삼은 것을 알 수 있으며 체중 20Kg의 산란계인 경우 팬 숫자는 하절기에는 10개, 동절기에는 0.9개가 필요함을 알 수 있고 이를 현재 양축 농가에 보급되고 있는 표준 계사의 크기를 기준으로 설명하면 그림1의 계사 터널의 길이 100m(폭 12m)당 20인치 팬을 6개 설

치하는 것이 일반적이다.

2. 현재 시판중인 환기제어시스템

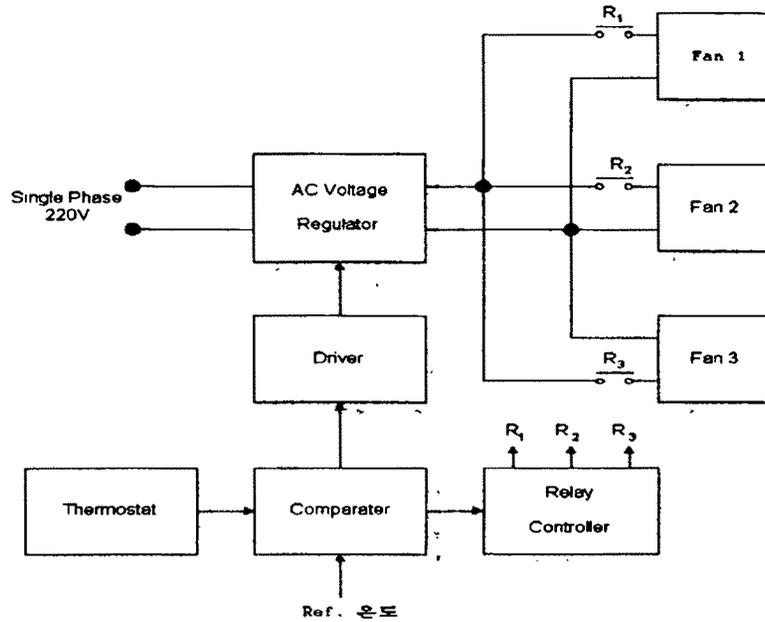


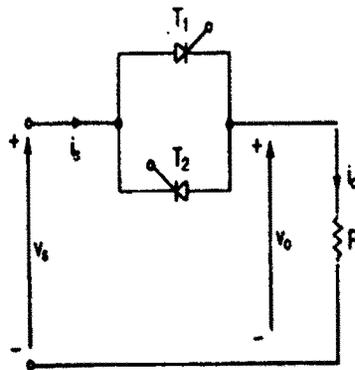
그림 2-2 현재 시판중인 환기제어시스템

현재 국내외에서 시판되고 있는 외국산과 국산 모두를 망라한 환기제어시스템을 종합하여 제어방식에 따라 정리하면 다음과 같이 ON-OFF 제어형과 전압제어에 의한 속도제어형으로 구분 할 수 있다.

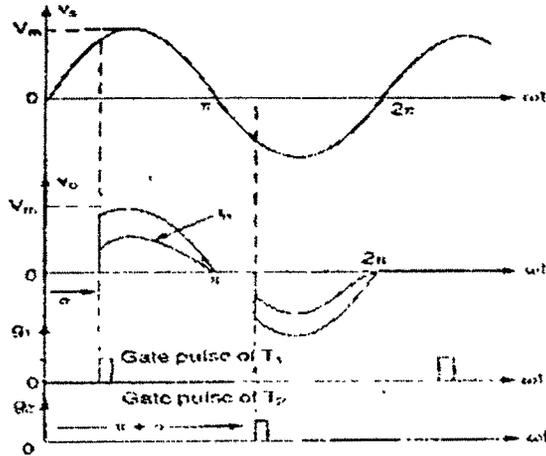
- ON-OFF 제어형
 - Single Fan 제어형
 - Multi Fan 제어형
- 전압제어에 의한 속도제어형
 - Multi Fan 제어형

먼저 ON-OFF 제어형은 릴레이를 이용하여 계사 내부의 온도가 설정된 온도보다 높아지면 단순히 팬을 구동하는 방식으로 계사 내부의 환경이 팬의 ON-OFF에 따라 급격히 변화됨으로써 닙에게 상당한 스트레스를 주는 것 뿐 아니라 에너지 손실이 커 이에 대한 대책이 요구된다. 이러한 ON-OFF 제어형에서 Single Fan 제어형과 Multi Fan 제어형의 차이점은 Single Fan 제어형은 제어기에 부착된 팬 전체가 온도에 따라 단순히 ON-OFF제어되는 방식이고 Multi Fan 제어형은 설정된 온도와 계사 내부의 온도 편차에 따라 온도편차가 크면 전체가 구동되도록 제어하고 온도편차가 작으면 그 편차 정도에 따라 팬을 3대 또는 2대, 1대등으로 일부만이 구동되도록 ON-OFF함으로서 환기량을 조절하여 Single Fan 제어형 보다는 계사 환경의 급속한 변화를 완화시켜 줄 수 있는 방법이다. 그러나 이 방법도 ON-OFF 제어방식의 한계를 극복할 수는 없기 때문에 이를 해결하기 위하여 그림2와 같이 AC Voltage Regulator를 이용한 환기 시스템의 가변속 시스템이 출현하게 되었다. 이는 계사내부온도와 설정된 온도와의 편차에 따라 속도제어에 의한 환기량을 제어하는 시스템으로 계사 내부의 환경을 안정적으로 유지 할 수 있을 뿐 아니라 Multi Fan 제어 기능을 추가하여 불필요한 에너지 손실을 감소시킬 수 있는 방법이다.

3. 성능 검토



(a) 회로



(b) Waveforms

그림 2-3 위상제어방식에 의한 AC Voltage Controller

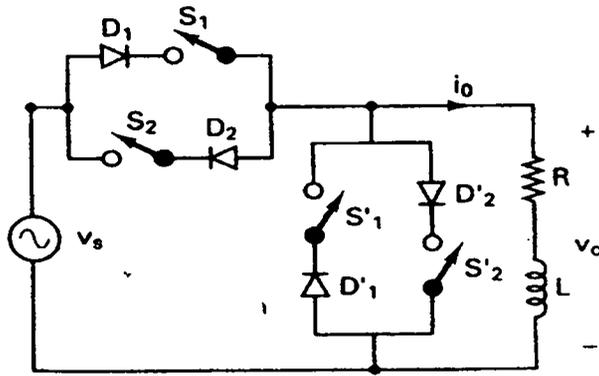
그림2-2와 같은 환기제어시스템은 계사 내부의 온도를 감지하는 온도센서를 하나만 사용함으로써 터널 길이가 100m가 넘는 계사 내부 온도를 판단한다는 것은 무리이고 계사 내부의 온도가 지역적으로 서로 다를 수 있기 때문에 이러한 온도 사각지대에 대한 대책이 필요하다고 생각된다. 또 전압제어기로 사용한 AC Voltage Regulator는 그림 2-3(a)와 같이 다이리스터를 이용한 위상제어방식으로 제어기 구성이 간편한 장점은 있지만 저속운전시 제어 위상각이 커지기 때문에 그림 2-3(b)에서 볼 수 있는 바와 같이 전류의 위상이 위상제어각에 따라 뒤지게 되어 역율(power factor)이 필연적으로 나빠지게 되어 전력에너지 손실이 커지게 되는 단점이 있다. 또한, 위상제어에 의한 전압제어로 정현함수의 전압이 그림 2-3(b)와 같이 왜곡되어 고조파를 발생함으로써 웬 구동용 전동기에 맥동토크를 발생하고 배전기기 및 통신기기에 각종 유도 장애의 원인이 된다.

4. PWM제어형 환기제어시스템 설계

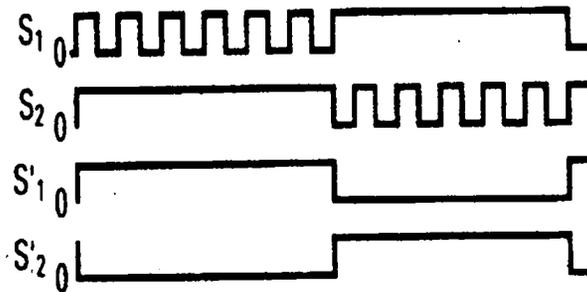
현재 국내외에서 시판되고 있는 환기시스템을 분석 검토한 결과 앞에서 기술한 바와 같이 크게 두가지 관점에서 개선해야할 필요가 있음을 알았다. 이는 첫째, 계사의 쾌적한 환경 유지측면에서 계사 내부의 급격한 온도변화를 줄이는 환기제어방식의 개발이고, 둘째는 전력에너지의 효율적인 사용의 측면에서 위상각 제어에 의한 전압제어방식의 AC Voltage Controller에서 발생하는 역률 및 고조파에 의한 전력에너지 손실을 감소시키고 각종 유도장해를 저감시키는 것을 의미한다. 따라서 1차년도 연구계획이 수입 환기 시스템의 국산화이지만 이에 만족하지 않고 이상에서 언급한 두가지 핵심사항을 개선하여 국제 경쟁력있는 환기시스템을 개발하기로 하였다. 그러므로 본 연구는 두 부분으로 나누어 진행되는데 첫째는 기존의 단속제어 환기제어시스템에서 발생하는 계사내부의 급격한 온도변화를 줄이는 환기제어방식으로 연속제어형 환기제어시스템에 대한 연구이고, 둘째는 기존의 위상각 제어방식에서 발생하는 역률과 고조파를 저감하기위하여 UPWM(uniform pulse width modulation)제어 방식에 의한 AC Voltage Controller의 개발이다. 이들을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

그림2-2와 같은 기존의 환기제어 시스템에서 사용하고 있는 AC Voltage Controller는 위상각 제어에 따라 전류의 위상이 늦어지게 되어 필연적으로 역률이 발생하게 된다. 특히 환기요구량이 작을때는 팬의 속도를 감소시키기 위하여 위상각을 크게하여 전압을 낮추게 되는데 이 경우 위상각에 비례하여 전류 위상이 늦어질 수밖에 없어 이때 발생하는 역률은 심각한 상황이 된다. 이 문제는 크게는 현재 국내외적으로 심각한 문제가 되고 있는 전력에너지 수급 문제와 직결되어 있고, 작게는 한국전력의 전기공급규정(역률이 0.9이상 유지되지 않을 경우 매 10%당 전기요금 10% 가산 부과하는 제도)에 적용되어 양축농가의 생산원가 증가의 한 요인이 될 것으로 판단된다. 또 각 전력변환기에서 발생하는 고조파로 인한 각종 유도장해가 전력계통에 영향을 미쳐 선진국의 경우 전력변환기기의

고조파 발생율의 억제를 의무화하도록 규제하고 있으며, 실제 이들 선진국에 전력변환기기를 비롯한 각종 공산품을 수출할 경우 왜형율을 5%이하가 되도록 하는 규제 조항 때문에 이를 위해 전력변환기기의 입출력 부분에 각종 filter를 설치하는 부담이 따라 원가 상승에 따른 경쟁력 약화의 원인이 되어왔다. 따라서 이러한 고조파의 저감은 filter용량 감소로 인한 제품의 원가 상승요인을 원천적으로 감소시킬 수 있기 때문에 매우 중요한 요소이다.



(a) Circuit



(b) Gating signals

그림 2-4. PWM 제어를 위한 AC 전압 제어기

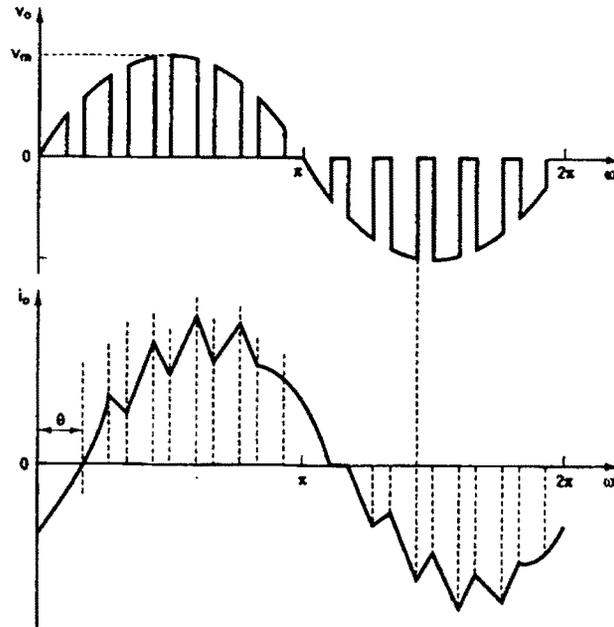


그림 2-5. AC전압 제어기의 출력전압과 부하전류

그러므로 본 연구에서는 그림 2-3과 같은 기존의 위상각 제어 방식에 의한 AC Voltage Controller를 그림 2-4(a)와 같은 회로로 바꾸고 이를 그림 2-4(b)와 같이 UPWM(uniform pulse width modulation)제어함으로써 UPWM제어 방식에 의한 AC Voltage Controller를 제안하였다. 그림 2-5은 그림 2-4(b)와 같이 UPWM제어 했을 경우 예상되는 출력 전압과 전류 파형을 나타낸 것이다. 이는 위상각에 의해 전압을 제어하는 것이 아니라 펄스폭에 의하여 전압을 제어하기 때문에 상당한 역을 개선효과를 기대할 수 있고, 고조파 저감효과 또한 예상할 수 있다.

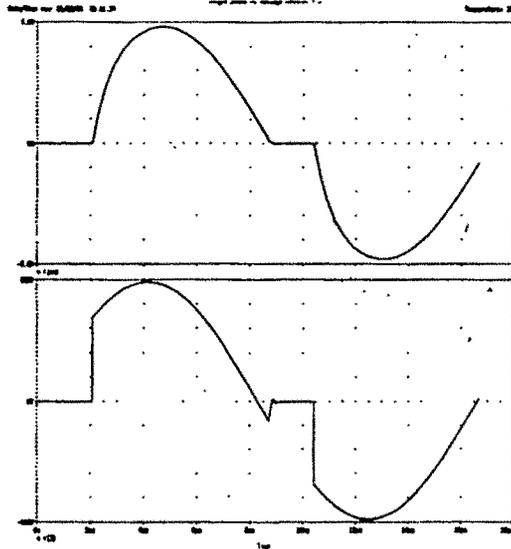
실제로 본 연구에서 제안한 제어방식의 역률 및 고조파 저감효과를 확인하기

위하여 PSPICE를 통한 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 UPWM의 조건은 반주기당 펄스 수를 40개로 설정하였고, 부하는 $R = 20[\Omega]$, $L = 10[mH]$, 출력전압의 실효치가 위상각 제어방식의 $\alpha = 45^\circ$ 와 90° 일때에 대응하는 실효치로 UPWM제어방식에서는 $M = 0.92$ 와 0.6 일때를 비교하였다.

그림 2-6, 2-7은 각각의 대응조건에서 PSPICE 시뮬레이션을 통한 출력전압과 전류의 파형 및 이들의 고조파 스펙트럼을 보인 것이다. 그림 2-6, 2-7에서 볼 수 있는 바와 같이 본 방식이 위상각 제어방식에 비하여 고조파 함유율(total harmonic distortion)의 경우 $M=0.6$ 일 때 전압은 62.2%에서 21.9%로 전류는 54.5%에서 3.21%로 개선되었고, $M=0.92$ 일 때 전압은 23.9%에서 1.05%로 전류는 20.1%에서 2.49%로 개선되었음을 알 수 있다. 이는 THD의 저감 효과 뿐 아니라 웬 구동용 유도전동기의 맥동토크 발생의 주 원인인 제3차 고조파를 획기적으로 저감 시킬 수 있음을 보여주는 것으로 본 연구에서 제안한 UPWM제어방식이 환기제어시스템에 적합한 제어 방식임을 확인 할 수 있다. 또 역율은 그림 2-6,2-7에서 직접 알 수 없기 때문에 다음 계산식을 적용한다.

$$PF = [1/(1 + THD^2)]^{1/2} * \cos(DEC_1) \quad \text{-----} \quad (2)$$

식(2)에 의하여 계산한 결과 역율(power factor)의 경우 본 방식이 위상제어방식에 비하여 $M=0.6$ 일 때 0.61에서 0.96으로 개선되었고, $M=0.92$ 일 때 0.93에서 0.986으로 개선되었음을 알 수 있다. 이는 위상각제어방식의 경우 위상각에 따라 역율의 변화가 예상했던것처럼 매우 심하게 변화(0.93에서 0.61로 변화)됨을 알 수 있으나 본 방식의 경우 같은 조건에서 역율의 변화가 아주 작음(0.986에서 0.96으로 변화)을 알 수 있다.



[전압 스펙트럼]

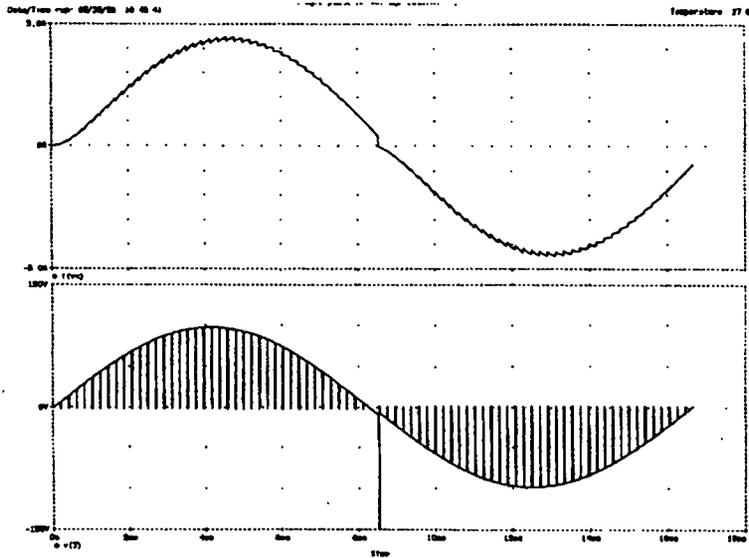
HARMONIC NO	FREQUENCY (Hz)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	9.025E+01	1.000E+00	-9.024E+00	0.000E+00
2	1.200E+02	5.526E-01	6.123E-03	-1.024E+02	-9.336E+01
3	1.800E+02	1.556E+01	1.724E-01	1.784E+02	1.874E+02
4	2.400E+02	5.446E-01	6.034E-03	-1.146E+02	-1.057E+02
5	3.000E+02	1.189E+01	1.317E-01	1.171E+02	1.262E+02
6	3.600E+02	5.314E-01	5.889E-03	-1.272E+02	-1.181E+02
7	4.200E+02	7.757E+00	8.596E-02	4.911E+01	5.814E+01
8	4.800E+02	5.137E-01	5.692E-03	-1.353E+02	-1.305E+02
9	5.400E+02	4.476E+00	4.960E-02	-3.444E+01	-2.541E+01

[전류 스펙트럼]

HARMONIC NO	FREQUENCY (Hz)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	4.415E+00	1.000E+00	-1.923E+01	0.000E+00
2	1.200E+02	2.723E-02	6.168E-03	8.472E+01	1.040E+02
3	1.800E+02	6.972E-01	1.579E-01	1.442E+02	1.634E+02
4	2.400E+02	2.690E-02	6.092E-03	7.946E+01	9.869E+01
5	3.000E+02	4.749E-01	1.076E-01	7.024E+01	8.947E+01
6	3.600E+02	2.634E-02	5.967E-03	7.427E+01	9.351E+01
7	4.200E+02	2.539E-01	5.750E-02	-1.262E+00	1.797E+01
8	4.800E+02	2.559E-02	5.796E-03	6.919E+01	8.842E+01
9	5.400E+02	9.067E-02	2.054E-02	-8.822E+01	-6.899E+01

(a) 위상각 제어방식 ($\alpha = 45^\circ$ 일때)

그림 2-6. 전압제어기의 제어방식 비교 (전압실효치 90V일때)



[전압 스펙트럼]

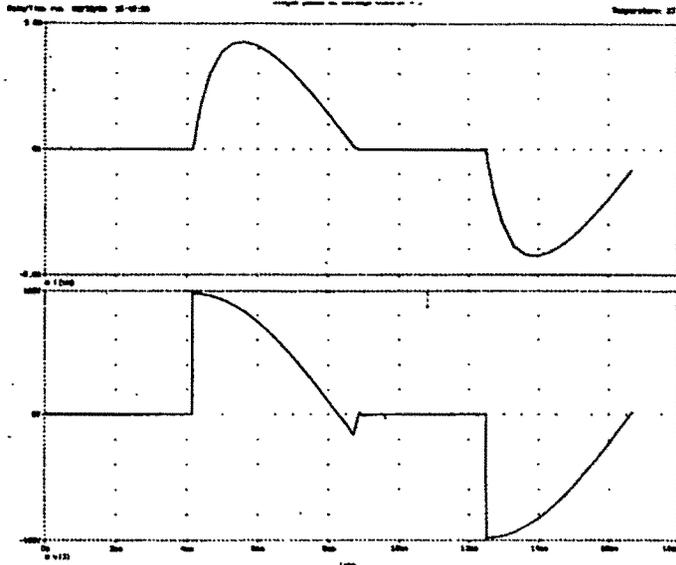
HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	4.369E+00	1.000E+00	-9.612E+00	0.000E+00
2	1.200E+02	1.500E-02	3.433E-03	8.470E+01	9.431E+01
3	1.800E+02	7.047E-02	1.613E-02	8.235E+01	9.256E+01
4	2.400E+02	1.466E-02	3.356E-03	8.021E+01	8.982E+01
5	3.000E+02	5.406E-02	1.237E-02	5.596E+01	6.557E+01
6	3.600E+02	1.435E-02	3.284E-03	7.638E+01	8.593E+01
7	4.200E+02	4.316E-02	9.875E-03	3.882E+01	4.843E+01
8	4.800E+02	1.405E-02	3.225E-03	7.282E+01	8.244E+01
9	5.400E+02	3.521E-02	8.060E-03	2.667E+01	3.628E+01

[전류 스펙트럼]

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	8.889E+01	1.000E+00	1.401E-01	0.000E+00
2	1.200E+02	7.700E-02	8.662E-04	-1.094E+02	-1.096E+02
3	1.800E+02	7.237E-01	8.142E-03	1.718E+02	1.716E+02
4	2.400E+02	5.369E-02	6.041E-04	-1.027E+02	-1.028E+02
5	3.000E+02	4.849E-01	5.455E-03	1.640E+02	1.638E+02
6	3.600E+02	7.012E-02	7.883E-04	-8.729E+01	-8.743E+01
7	4.200E+02	2.804E-01	3.154E-03	1.642E+02	1.640E+02
8	4.800E+02	9.021E-02	1.015E-03	-1.032E+02	-1.034E+02
9	5.400E+02	1.201E-01	1.351E-03	-1.611E+02	-1.612E+02

(b) UPWM 제어방식 (M = 0.92일때)

그림 2-6. 전압제어기의 제어방식 비교 (전압실효치 90V일때)



[전압 스펙트럼]

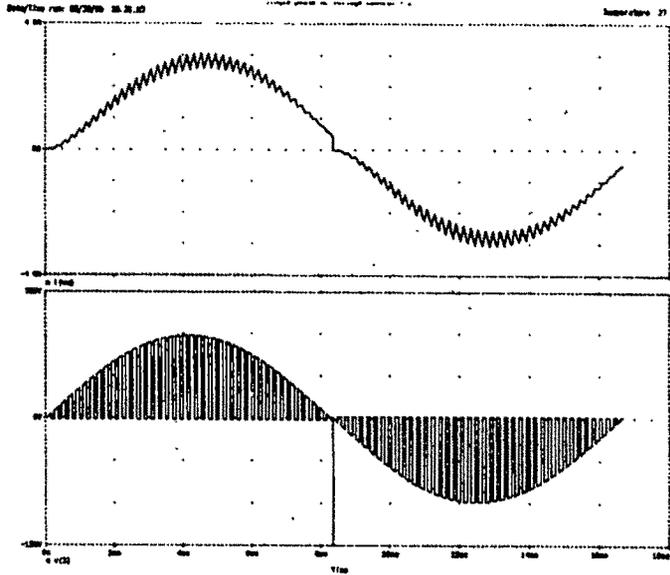
HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	5.730E+01	1.000E+00	-3.161E+01	0.000E+00
2	1.200E+02	5.523E-01	9.633E-03	-1.024E+02	-7.076E+01
3	1.800E+02	3.190E+01	5.568E-01	9.048E+01	1.221E+02
4	2.400E+02	5.842E-01	9.498E-03	-1.148E+02	-8.314E+01
5	3.000E+02	9.945E+00	1.734E-01	-8.966E+01	-5.805E+01
6	3.600E+02	5.312E-01	9.270E-03	-1.271E+02	-9.552E+01
7	4.200E+02	1.083E+01	1.890E-01	8.910E+01	1.207E+02
8	4.800E+02	5.135E-01	8.961E-03	-1.395E+02	-1.079E+02
9	5.400E+02	6.012E+00	1.049E-01	-8.715E+01	-5.554E+01

[전류 스펙트럼]

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	9.025E+01	1.000E+00	-9.026E+00	0.000E+00
2	1.200E+02	5.526E-01	6.123E-03	-1.024E+02	-9.336E+01
3	1.800E+02	1.556E+01	1.724E-01	1.784E+02	1.874E+02
4	2.400E+02	5.446E-01	6.034E-03	-1.148E+02	-1.057E+02
5	3.000E+02	1.189E+01	1.317E-01	1.171E+02	1.262E+02
6	3.600E+02	5.314E-01	5.889E-03	-1.272E+02	-1.181E+02
7	4.200E+02	7.757E+00	8.594E-02	4.911E+01	5.814E+01
8	4.800E+02	5.137E-01	5.832E-03	-1.395E+02	-1.305E+02
9	5.400E+02	4.476E+00	4.982E-02	-3.444E+01	-3.541E+01

(a) 위상각 제어방식 ($\alpha = 90^\circ$ 일때)

그림 2-7. 전압제어기의 제어방식 비교 (전압실효치 57V일때)



[전압 스펙트럼]

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	5.701E+01	1.000E+00	1.130E-01	0.000E+00
2	1.200E+02	2.061E-02	3.615E-04	-8.978E+01	-8.990E+01
3	1.800E+02	4.928E-01	8.645E-03	-1.777E+02	-1.778E+02
4	2.400E+02	2.058E-02	3.611E-04	-8.980E+01	-8.991E+01
5	3.000E+02	7.649E+00	1.342E-01	-1.387E+01	-1.399E+01
6	3.600E+02	2.055E-02	3.605E-04	-8.987E+01	-8.998E+01
7	4.200E+02	9.880E+00	1.733E-01	1.668E+02	1.667E+02
8	4.800E+02	2.059E-02	3.611E-04	-9.008E+01	-9.019E+01
9	5.400E+02	2.655E-01	4.657E-03	1.542E+02	1.541E+02

[전류 스펙트럼]

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	6.000E+01	2.796E+00	1.000E+00	-9.448E+00	0.000E+00
2	1.200E+02	5.425E-03	1.940E-03	8.997E+01	9.942E+01
3	1.800E+02	5.804E-02	2.076E-02	9.331E+01	1.028E+02
4	2.400E+02	5.422E-03	1.937E-03	8.998E+01	9.943E+01
5	3.000E+02	5.733E-02	2.051E-02	7.010E+01	7.956E+01
6	3.600E+02	5.413E-03	1.936E-03	9.002E+01	9.947E+01
7	4.200E+02	2.226E-02	7.961E-03	3.729E+01	4.674E+01
8	4.800E+02	5.425E-03	1.940E-03	8.987E+01	9.932E+01
9	5.400E+02	2.839E-02	1.015E-02	4.283E+01	5.226E+01

(b) UPWM 제어방식 (M = 0.6일때)

그림 2-7. 전압제어기의 제어방식 비교 (전압실효치 57V일 때)

이상의 경우를 종합하면 본 연구에서 제시한 UPWM 제어방식에 의한 전압제어 방식이 기존의 위상각 제어방식에 비하여 역을 및 고조파 발생을 현저히 저감시킬 수 있는 방법임을 알 수 있다. 한편 실제 회로구성시의 문제에 있어 그림 2-4(a)의 회로가 그림 2-3(a)의 회로에 비하여 일견 복잡한 것처럼 보이나 그림 2-4(a)의 스위치 S' 부분은 인덕터 부하를 사용할 때 인덕터에 축적된 에너지를 처리하기 위한 freewheeling회로로서 그림 2-3(a)에도 똑 같이 있어야 할 회로이기 때문에 그림 2-3(a)와 그림 2-4(a)의 회로는 기본적으로 같은 회로이고 다만 그림 2-3(a)의 회로에 사용된 다이리스터는 자연전류(natural commutation) 기능이 없기 때문에 PWM 방식을 적용하기 위하여 이 다이리스터를 Power-TR로 교체한 것만이 다르다고 할 수 있다. 따라서 전력회로 부분에서는 크게 다를 것이 없고 다만 PWM 제어를 하기 위한 게이트 드라이버회로가 위상각 제어방식 비하여 약간 복잡하게 되지만 이 정도는 디지털공학의 급속한 발달로 회로 제작 기술면에서 크게 어려운 기술이 아니기 때문에 앞에서 기술한 역을 및 고조파 개선효과에 비하면 제품 제작 시 별로 크지 않은 원가상승요인으로 작용할 것으로 사료된다.

제 2 절 환기제어시스템 제작

본 연구는 크게 나누어 다음 두가지 측면에서 진행되었는데, 첫째는 계사 내부의 급격한 온도변화를 줄이기 위해 연속제어방식에 대한 연구이고, 둘째는 기존의 위상각 제어방식에서 발생하는 역을과 고조파를 저감하기 위하여 UPWM(uniform pulse width modulation)제어 방식에 의한 AC Voltage Controller의 개발이다. 따라서 계사에 UPWM(uniform pulse width modulation)제어 방식에 의한 AC Voltage Controller를 설치하여 각각의 온도에 따라 환기량을 결정·제어하고 이는 호스트 컴퓨터와 상호 정보 교환이 가능하도록 구성하였다. 이중 컴퓨터 부분은 3차년도 계획으로 본 연구에서는 UPWM제어 방식에 의한 AC Voltage

Controller를 개발하였고, 이의 블록선도를 그림2-8에 보였다.

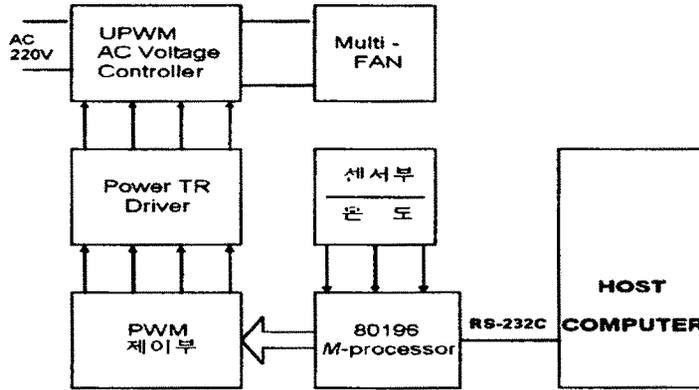


그림 2-8 환기제어시스템의 블록 다이어그램

그림 2-8에서 알 수 있듯이 기존의 환기제어 시스템과 다른점이 AC Voltage Controller를 그림 2-4와 같이 UPWM(uniform pulse width modulation)제어하는 것이다. 본 연구에서 제시한 UPWM 제어부의 블록다이어그램을 그림 2-9에 보였다.

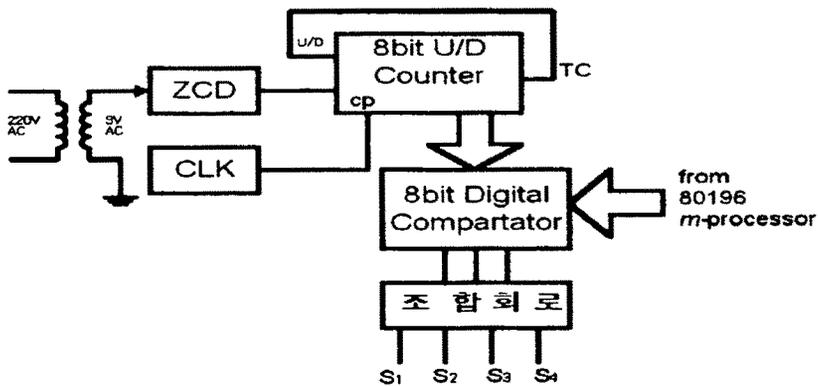


그림 2-9 UPWM 제어부

그림 2-9의 UPWM 출력파형은 전원전압과 동기를 맞추기 위하여 ZCD(Zero Crossing Detector)회로에서 매 반주기마다 카운터를 업 카운터 모드로 preset 시킨다. 그림 2-9의 8비트 동기 업/다운 카운터는 시스템 클럭에 동기 하여 0으로 부터 225까지 256가지의 상태를 업/다운 카운트를 반복하며, 이러한 상태들은 디지털 컴퍼레이터에 의해 그림 2-10과 같이 비교된다.

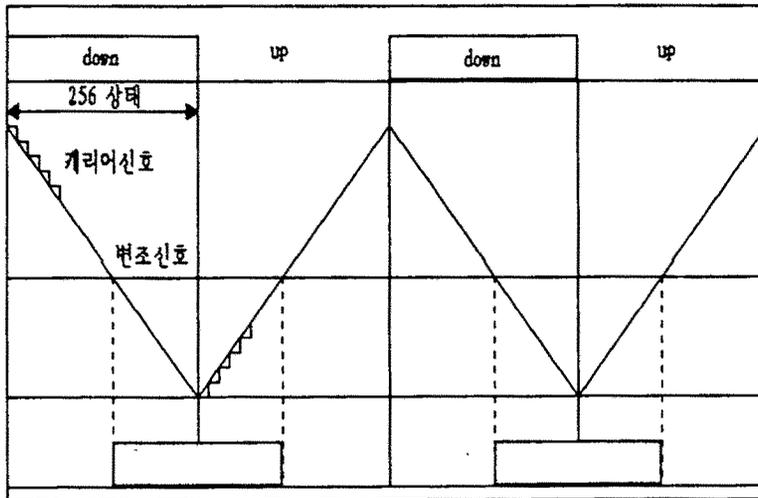


그림 2-10 디지털 컴퍼레이터에 의한 상태 비교

이와같이 디지털 컴퍼레이터에 의해 발생된 PWM 신호는 조합회로에 의해 그림 2-4의 AC Voltage Controller의 전력용 반도체 스위칭소자를 제어하는 제어신호로 조합된다. 그림 2-11은 본 연구에서 제작한 UPWM 제어부의 출력파형을 로직 어널라이저(HP 1650B, U.S.A.)로 실측한 것이다. 또한 그림2-12는 실제 제작된 UPWM 제어부의 사진이다.

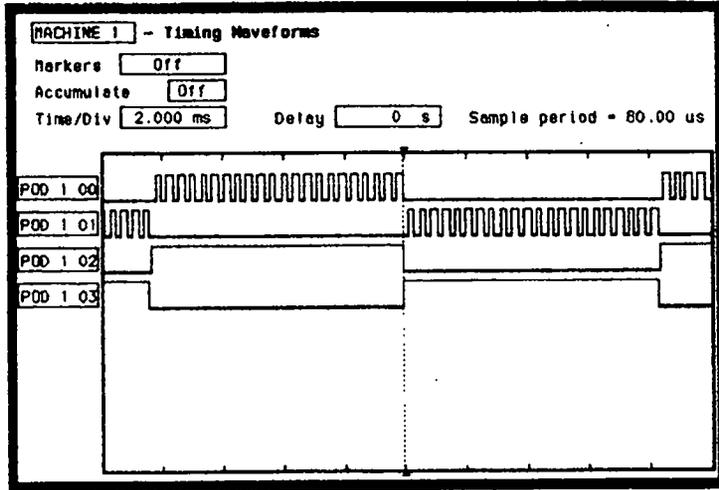


그림 2-11. UPWM 제어부의 출력파형

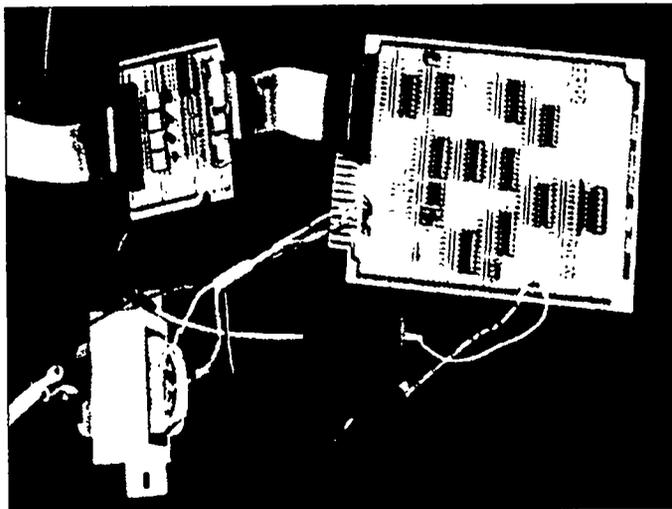


그림2-12. 제작된 UPWM 제어부의 사진

실제로 본 연구에서 제안한 제어방식의 역율 및 고조파 저감효과를 확인하기 위하여 이상에서 설명한 UPWM제어형 환기제어 시스템을 제작하였다. 이때 UPWM의 제어조건은 반주기당 펄스 수를 20개로 설정하였고, 부하는 실제 계사에 사용되고 있는 멀티팬(Multifan 4VF1042A 24", 220V, 60Hz, 1600rpm, 네덜란드)을 사용하였다. 본 연구에서 제안한 UPWM제어형 환기제어 시스템의 유용성을 입증하기 위하여 연구 개발 목표로 정한 외국산 환기제어시스템(Multifan Controller AEW-D, Holland)과 비교 검토하였다.

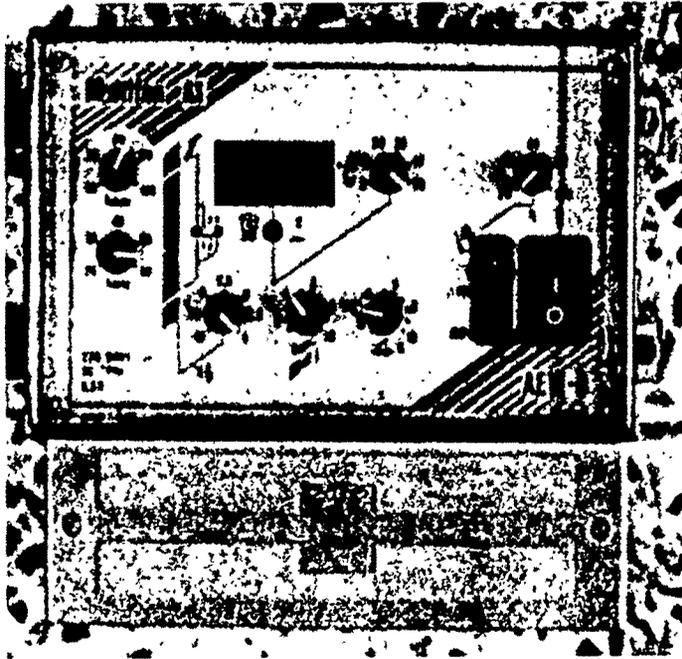


그림 2-13 Multifan Controller AEW-D의 사진(네덜란드)

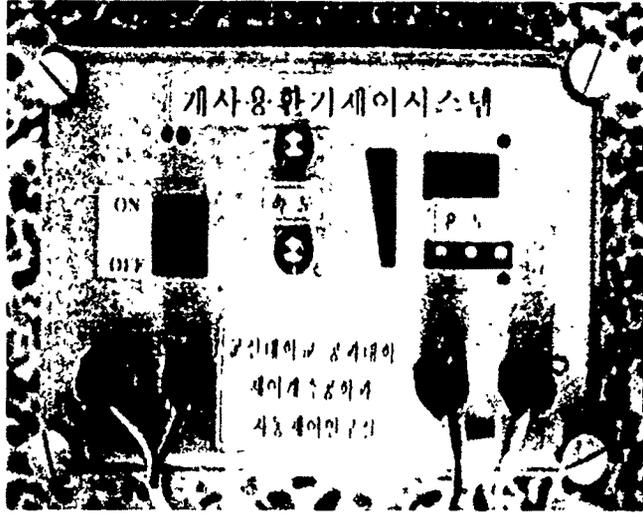


그림 2-14 UPWM제어형 환기제어시스템의 사진



그림 2-15 Multifan Controller AEW-D의 출력전압파형(네덜란드)

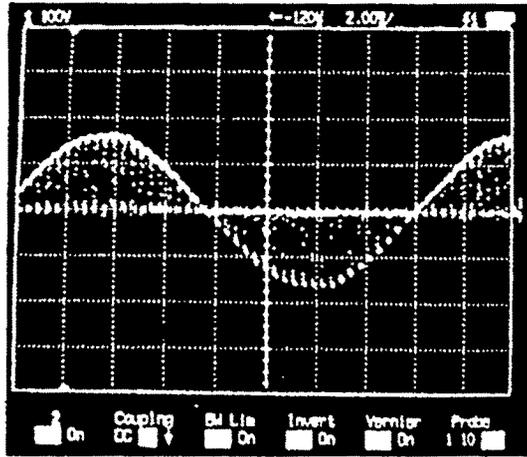


그림 2-16 UPWM제어형 환기제어시스템의 출력전압 파형

06/09/96 13:33:28 Harmonics						06/09/96 13:34:58 Harmonics					
LI-V = 98.78 V Thd = 94.8 Z						LI-I = 972mA Thd = 76.8 Z					
N	Hz	V	Z	φ		N	Hz	A	Z	φ	
0	0.0	0.000	0.0	0		0	0.0	0.000	0.0	0	
1	60.0	64.25	100.0	0		1	60.0	735mA	100.0	0	
2	120.0	2.720	4.2	-92		2	120.0	0.000	0.0	0	
3	180.0	44.85	63.8	123		3	180.0	540mA	71.4	167	
4	240.0	2.300	3.7	35		4	240.0	0.000	0.0	0	
5	300.0	32.30	38.2	-126		5	300.0	216mA	28.5	-28	
6	360.0	2.040	3.1	-100		6	360.0	0.000	0.0	0	
7	420.0	5.700	8.9	70		7	420.0	0.000	0.0	0	
8	480.0	3.400	5.2	28		8	480.0	0.000	0.0	0	
9	540.0	17.00	26.4	-128		9	540.0	0.000	0.0	0	
10	600.0	0.000	0.0	0		10	600.0	0.000	0.0	0	
11	660.0	6.000	10.5	-6		11	660.0	0.000	0.0	0	
12	720.0	3.400	5.2	8		12	720.0	0.000	0.0	0	
13	780.0	8.300	13.2	-132		13	780.0	0.000	0.0	0	
14	840.0	1.700	2.6	143		14	840.0	0.000	0.0	0	
15	900.0	7.400	11.6	-16		15	900.0	0.000	0.0	0	
16	960.0	2.300	3.7	-1		16	960.0	0.000	0.0	0	
17	1020	3.740	5.8	-147		17	1020	0.000	0.0	0	
18	1080	3.050	4.7	123		18	1080	0.000	0.0	0	
19	1140	6.000	10.5	-14		19	1140	0.000	0.0	0	
20	1200	0.000	0.0	0		20	1200	0.000	0.0	0	
21	1260	2.040	3.1	136		21	1260	0.000	0.0	0	
22	1320	3.400	5.2	113		22	1320	0.000	0.0	0	
23	1380	5.100	7.9	-15		23	1380	0.000	0.0	0	
24	1440	1.700	2.6	-106		24	1440	0.000	0.0	0	
25	1500	2.300	3.7	121		25	1500	0.000	0.0	0	

(a) 전압

(b) 전류

그림 2-17 Multifan Controller AEW-D(네덜란드)의 출력전압 및 전류의 고조파

05/09/96 11:37:38 Parameters				
LI-V = 85.00 V Ref = 25.5 Z				
N	Re	Im	Z	φ
0	0.0	25.50	25.1	0
1	60.0	0.00	60.0	0
2	120.0	11.22	126.7	-9
3	180.0	0.00	180.0	0
4	240.0	4.40	245.3	-75
5	300.0	0.00	300.0	0
6	360.0	2.72	4.0	140
7	420.0	0.00	0.0	0
8	480.0	0.00	0.0	0
9	540.0	0.00	0.0	0
10	600.0	0.00	0.0	0
11	660.0	2.72	4.0	-140
12	720.0	3.40	3.0	-29
13	780.0	0.00	0.0	0
14	840.0	2.30	2.3	77
15	900.0	2.72	4.0	176
16	960.0	0.00	0.0	0
17	1020	3.30	7.6	36
18	1080	3.70	0.6	97
19	1140	7.10	10.6	-143
20	1200	26.32	39.3	-100
21	1260	7.40	11.1	4
22	1320	13.30	23.0	62
23	1380	1.70	2.9	20
24	1440	6.00	10.1	-170
25	1500	4.70	7.1	-175

(a) 전압

05/09/96 11:38:35 Parameters				
LI-I = 0.000 A Ref = 23.3 Z				
N	Re	Im	Z	φ
0	0.0	0.000	0.0	0
1	60.0	0.000	60.0	0
2	120.0	0.000	0.0	0
3	180.0	0.000	0.0	0
4	240.0	0.000	0.0	0
5	300.0	0.000	0.0	0
6	360.0	0.000	0.0	0
7	420.0	0.000	0.0	0
8	480.0	0.000	0.0	0
9	540.0	0.000	0.0	0
10	600.0	0.000	0.0	0
11	660.0	0.000	0.0	0
12	720.0	0.000	0.0	0
13	780.0	0.000	0.0	0
14	840.0	0.000	0.0	0
15	900.0	0.000	0.0	0
16	960.0	0.000	0.0	0
17	1020	0.000	0.0	0
18	1080	0.000	0.0	0
19	1140	0.000	0.0	0
20	1200	23.3	23.3	127
21	1260	0.000	0.0	0
22	1320	0.000	0.0	0
23	1380	0.000	0.0	0
24	1440	0.000	0.0	0
25	1500	0.000	0.0	0

(b) 전류

그림 2-18 UPWM제어형 환기제어 시스템의 출력전압 및 전류의 고조파

그림 2-13은 외국산 Multifan Controller AEW-D의 사진이고, 그림2-14는 본 연구에서 제작한 UPWM제어형 환기제어 시스템의 시작품 사진이다. 이들 환기제어기의 출력전압파형을 오실로스코프(HP 54601A, U.S.A.)로 실측하여 그림2-15, 2-16에 보였다. 그림2-15는 그림2-13의 외국산 Multifan Controller AEW-D의 전압제어 방식이 위상각 제어방법을 채택한 것을 알 수 있으며, 스위치 OFF시 유도전동기에 축적된 에너지 처리회로가 없어 전압제어범위가 넓지 않음을 알 수 있다. 그림 2-16은 본 연구에서 제안한 환기제어 시스템이 UPWM제어방법에 의하여 제어됨을 보여주고, 그림 2-15의 파형에 비하여 훨씬 사인파에 가까워졌음을 알 수 있다. 이들 환기제어시스템의 출력전압, 전류의 고조파를 구체적으로 분석하기 위하여 Power Analyzer(Multiver 3H, dossena & c, Italy)를 이용하여 같은 조건(출력전압 86V)일 때 출력전압 및 전류를 FFT 분석한 결과를 그림 2-17, 2-18에 보였다.

여기서, 그림 2-17, 2-18에서 볼 수 있는 바와 같이 본 방식이 위상각 제어방식에 비하여 고조파 함유율(total harmonic distortion)이, 위상각 제어방식의 경우 시판되고 있는 상품인데 반하여, 제안된 방식은 출력단에 필터를 부착하지 않은 시제품임에도 전압은 94.8%에서 55.3%로 전류는 76.8%에서 33.3%로 개선되었음을 알 수 있다. 또 THD의 저감 효과 뿐 아니라 웬 구동용 유도전동기의 맥동토크 발생의 주 원인인 제3차 고조파의 경우 전압은 44.8%에서 0으로, 전류는 71.4%에서 0으로 획기적으로 저감시킬 수 있음을 보여주는 것으로 본 연구에서 제안한 UPWM제어방식의 유용성을 확인함은 물론 국산화 대상인 외국제품 보다 본 시작품의 성능이 더 우수함을 확인 할 수 있다.

제 3 장 주파수 제어형 환기제어시스템

본 연구의 1차 개발 목표는 기존의 단속제어(On-Off Control) 기법에 의해 구동되던 수입 제품의 문제점을 해결하기 위하여 저속 운전시에도 향상된 토크 특성을 갖는 전압 제어형 환기 제어시스템을 개발하는 것이며 이의 성공적인 연구 결과를 앞장에서 언급하였다. 그러나 개발된 시작품의 시운전을 통해 개발된 환기제어시스템의 문제점이 다음과 같이 발생되었다.

- 장시간의 저속 운전시 모터에 열이 발생하여 모터의 수명을 단축시킴
- 중. 저속 운전시 소음이 심하여 계사내의 쾌적한 환경 유지가 불가함
- 중. 저속 구동시 에너지 효율이 저하되어 전력의 소비가 증가함

이러한 문제점은 보다 향상된 계사용 환기 제어시스템의 구현을 위해서는 반드시 해결되어야 하며 따라서 본 연구에서는 이를 해결하기 위한 주파수 제어형 환기제어시스템의 연구가 수행되었다.

1. 주파수 제어형 환기 제어시스템의 설계

일반적으로 단상 유도전동기의 속도제어 방법으로는 첫째, 공급주파수 f_s 를 제어하는 방법, 둘째, 극수 p 를 변경시키는 방법, 셋째, 입력전압 V_s 를 가변시키는 방법 등을 고려할 수 있다. 본 2차년도에서는 앞서 언급한 1차년도에 개발된 전압 제어형 환기제어시스템의 문제점을 해결하기 위해 단상 유도전동기의 속도제어로 공급전압과 공급주파수를 동시에 변화시키는 VVF(Variable Voltage Variable Frequency) 기법을 채택하였다.

-VVVF 제어 기법

주파수에 대한 전압의 비가 일정하게 유지되면, 자속은 일정하게 유지된다. 저주파수에서, 공극자속은 고정자 임피던스에서의 강하 때문에 감소되며, 전압은 토오크 수준을 유지하기 위해서 증가되어야 한다. 이러한 제어형은 보통 전압/주파수제어(VVVF)로 알려져 있다. VVVF의 구현에는 필연적으로 인버터 시스템이 요구되며 따라서 계사용 환기 제어 시스템을 위한 최적의 Inverter prototype 도 동시에 결정되어야 한다.

본 연구에서는 향상된 성능을 갖는 환기 제어시스템의 구현을 위해 1차년도에서 개발되었던 전압 제어형 환기 제어시스템을 그림 3-1과 같은 주파수 제어형 환기 제어시스템으로 대체하였다.

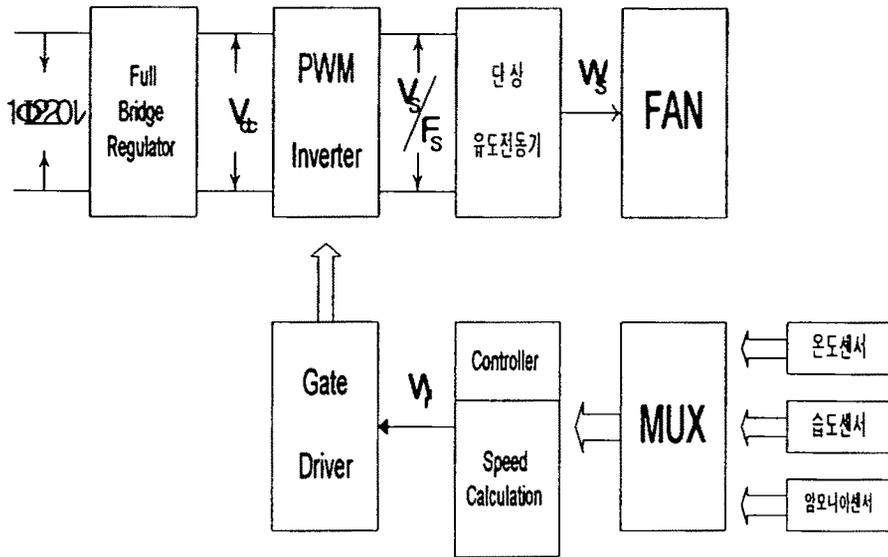


그림 3-1. 본 연구에서 제안된 주파수 제어형 환기 제어시스템의 구조

그림 3-1은 전압 제어형 환기 제어시스템의 AC 전압 Regulator를 PWM(Pulse Width Modulation) 인버터로 대체시킨 구조이다. 또한 중,저속에서의 에너지 효율을 극대화하기 위하여 V_1/f_s 의 비를 일정하게 제어하는 VVVF 기법을 채택하고자 한다.

2. 시뮬레이션을 통한 계사용 단상유도 전동기의 고효율 인버터의 선정

현재 계사용 환기 제어시스템의 최적 prototype의 결정을 위해 SPWM(Sinusoidal Pulse Width Modulation) 및 UPWM(Uniform Pulse Width Modulation)의 특성 및 에너지 효율에 대해 연구하고 있으며 지금 까지의 연구 및 설계의 결과는 다음과 같다.

단상 유도전동기가 속도 제어용으로 사용될 경우, 최적의 연속제어 방식의 선정에 대하여 시뮬레이션 및 실험을 통하여 확인하고자 한다. 앞서 언급한 바와 같이 유도전동기의 속도 제어방식으로는 (1) 일정 주파수 하에서 단자전압만 제어하는 방법, (2) 일정 주파수 하에서 슬립과 에너지 제어에 의한 방법, (3) 단자전압과 주파수제어방법(전압원 인버터) (4) 라인 전류와 주파수 제어방법(전류원 인버터) (5) 벡터제어(vector control)방법 등이 있다. 전 절에서 단상유도전동기의 가변속 제어방법으로 VVVF 기법이 이론적으로 최적이라는 사실을 얻을 수 있었으며 따라서 본 절에서는 전압원 인버터의 구체적 설계에 대해 고찰하고자 한다. 일반적으로 전압원 인버터에 의한 단상 유도전동기의 속도제어는 (1) SPWM (2) UPWM 등의 제어기법을 통해 구현되며, 본 절에서는 이들 두 기법이 갖는 특성들을 시뮬레이션을 통해 확인한 후, 실제 제작한 제어 시스템을 구동시켜 봄으로써 최적의 가변속 제어 기법을 선정하고자 한다.

3. 시뮬레이션을 통한 단상 유도전동기의 제어기법에 따른 특성 비교

단상 유도전동기의 가변속 제어시스템으로 전압형 인버터의 SPWM 및 UPWM의 출력전압 파형, 고조파 및 왜형율(THD)를 PSPICE를 이용하여 각각 제어기법에 따라 반주기당 펄스수를 5, 20으로 하고, 변조지수를 $MI=0.6$ 일 때와 $MI=0.8$ 일 때를 시뮬레이션을 통하여 비교 검토하였다. 이때 시뮬레이션의 조건은 입력 전압 $120[V]$, 부하저항 $2.5[\Omega]$, 부하 인덕턴스 $10[mH]$ 을 사용하였다. 단상 유도전동기의 속도제어를 인버터 시스템에 의하여 할 경우 인버터의 추력 전압에 함유된 고조파가 전동기의 출력특성에 미치는 영향은 복소 임피던스 개념을 사용하여 표현하기로 한다. 이는 환기제어 시스템을 구성하는 인버터에

서 발생하는 고조파의 영향이 심각할 수 있음을 보여주는 것으로 주파수 제어형 환기 제어 시스템 구성시 고조파 발생을 최소화할 수 있는 인버터에 대한 연구가 매우 중요한 데 본 연구에서는 등면적 PWM 기법을 적용한 인버터에 대한 연구가 병행된 것이다.

· UPWM, SPWM 제어기법의 MI=0.6일 때 비교 · 검토

(1) P=5 인 경우

그림 3-2, 3-3과 표.3-1 에서와 같이 MI=0.6 인 경우는 웬 구동용 유도전동기의 맥동 토오크 발생의 주원인 제 3고조파 성분은 SPWM 인버터가 0.002인 데 비하여 UPWM 인버터는 0.361로 약 0.359정도 감소함을 알 수 있고, 또한 THD, 역률 경우 SPWM 인버터가 102[%], 70.4[%]인 데 비하여 UPWM 인버터는 72[%], 71.7[%]로 THD는 30[%] 증가되고, 역률은 1.3[%]로 감소됨을 알 수 있다.

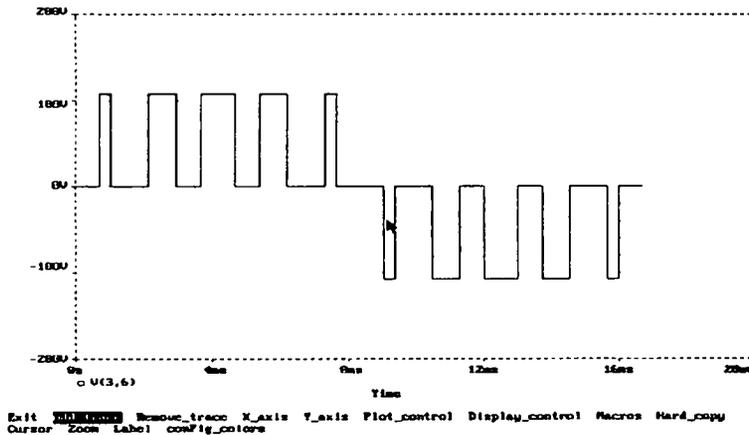


그림 3-2. SPWM형 인버터의 출력전압 파형

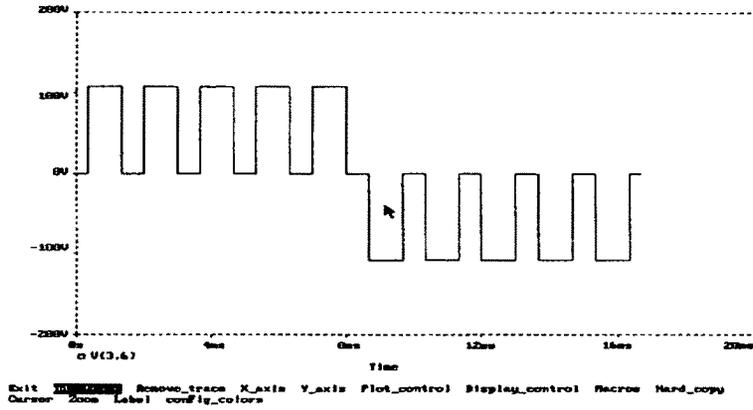


그림 3-3. UPWM 기법의 출력파형

Table.3-1 The harmonic and THD for P=5, MI=0.6

고조파차수	SPWM	UPWM
1	1.000E+00	1.000E+00
3	2.118E-03	3.614E-01
5	8.424E-03	2.652E-01
7	1.194E-01	2.832E-01
9	6.201E-01	5.885E-01
11	6.190E-01	4.258E-01
13	1.236E-01	1.009E-01
15	6.250E-02	3.686E-02
17	2.235E-01	5.627E-03
19	1.826E-02	1.191E-01
21	2.029E-02	1.851E-01
23	2.550E-01	8.014E-02
25	1.747E-01	6.614E-02
27	8.476E-02	7.255E-02
29	1.188E-01	1.345E-01
31	9.525E-02	7.385E-02
T.H.D	102 [%]	72 [%]
P.F	70.4[%]	71.7[%]

(2) P=20인 경우

그림 3-4, 3-5와 표. 3-2에서와 같이 웬 구동용 유도전동기의 맥동 토오크의 발생, 주원인인 제 3고조파의 고조파성분은 SPWM 인버터가 0.002인 데 비하여 UPWM 인버터는 0.335로 약 0.333정도로 감소됨을 알 수 있고, 또한 THD, 역율의 경우 SPWM 인버터가 89[%], 71.3[%]인 데 비하여 UPWM 인버터는 92[%], 73.4[%]로 THD의 경우 3[%]로 증가되고, 역율의 경우 2.1[%]로 증가됨을 알 수 있다.

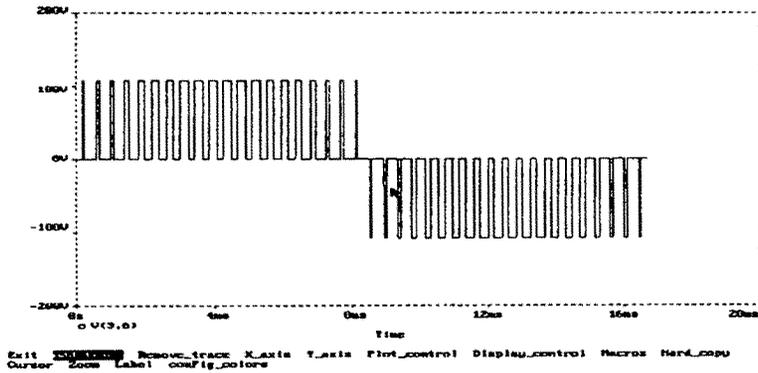


그림 3-4. SPWM 기법의 전압출력 파형

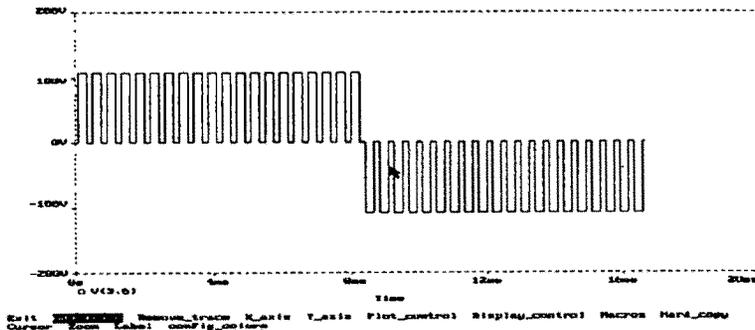


그림 3-5. UPWM 기법의 출력전압 파형

Table.3-2 The harmonic and THD P=20, MI=0.6

고조파차수	SPWM	UPWM
1	1.000E+00	1.000E+00
3	2.359E-03	3.348E-01
5	7.978E-03	2.026E-01
7	5.567E-03	1.466E-01
9	1.694E-03	1.159E-01
11	1.768E-03	9.666E-01
13	5.962E-03	7.878E-02
15	8.036E-03	7.807E-02
17	3.512E-03	7.134E-02
19	7.504E-03	6.712E-02
21	3.350E-03	6.456E-02
23	1.721E-02	6.334E-02
25	4.342E-03	6.290E-02
27	5.772E-03	8.002E-02
29	8.723E-03	7.353E-02
31	4.368E-03	8.096E-02
THD	89 [%]	92 [%]
P.F	71.3[%]	73.4[%]

· SPWM, UPWM 제어기법에 MI=0.8 일 때 비교 · 검토

(1) P=5 일 때

그림 3-6, 3-7과 표.3-3에서와 같이 웬 구동용 유도전동기의 맥동 토크의 발생, 주원인인 제 3고조파의 고조파성분은 SPWM 인버터가 0.0015인 데 비하여 UPWM 인버터는 0.3520로 약 0.3505정도로]감소됨을 알 수 있고, 또한 THD, 역율의 경우 SPWM 인버터가 74.43[%], 80.22[%]인 데 비하여 UPWM 인버터는 69.69[%], 82.20[%]로 THD의 경우 4.74[%]로 증가되고, 역율의 경우 1.98[%]로 증가됨을 알 수 있다.

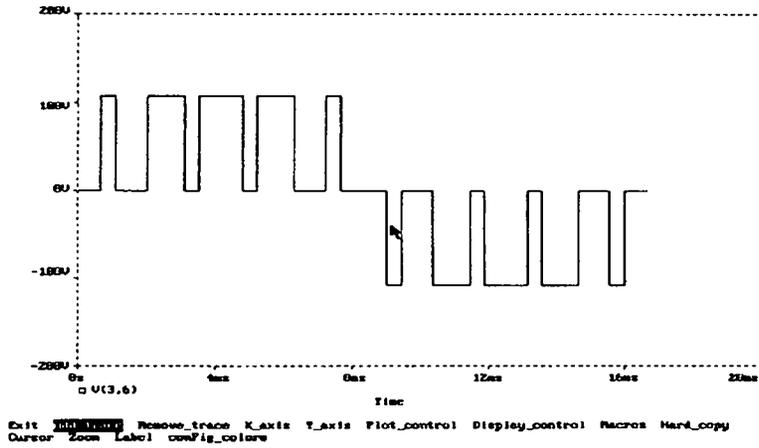


그림 3-6. SPWM 기법의 출력전압 파형

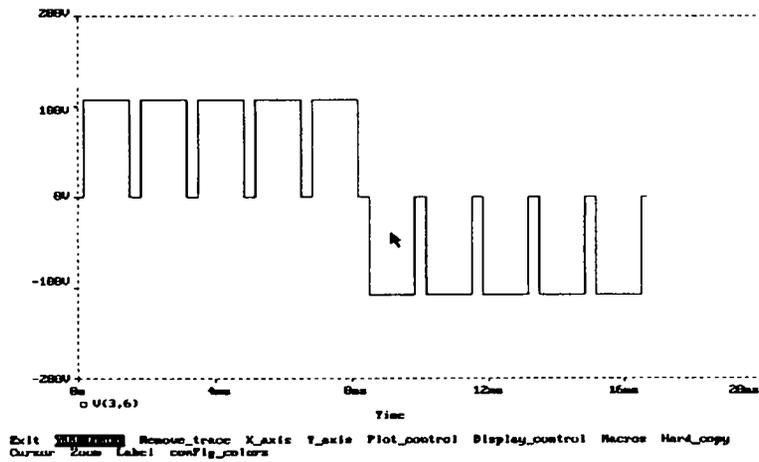


그림 3-7. UPWM 기법의 출력전압 파형

Table. 3-3 The harmonic and THD of P=5, IM=0.8

고조파차수	SPWM 기법	UPWM 기법
1	1.000E+00	1.000E+00
3	1.462E-03	3.520E-01
5	1.395E-02	2.355E-01
7	1.710E-01	2.133E-01
9	3.962E-01	3.437E-01
11	3.980E-01	1.352E-01
13	1.956E-01	1.512E-02
15	1.192E-01	4.639E-02
17	1.449E-01	7.959E-02
19	1.372E-01	2.102E-01
21	1.063E-01	1.627E-01
23	2.200E-01	3.347E-02
25	1.803E-01	2.901E-03
27	5.358E-02	2.626E-02
29	1.318E-02	1.161E-01
31	9.672E-02	1.305E-01
THD	74.43[%]	69.69[%]
PF	80.22[%]	82.20[%]

(2) P=20일 경우

그림 3-8, 3-9와 표. 3-4에서와 같이 펄스 구동용 유도전동기의 맥동 토크의 발생, 주원인인 제 3고조파의 고조파성분은 SPWM 인버터가 0.0028인 데 비하여 UPWM 인버터는 0.3365로 약 0.3337정도로 감소됨을 알 수 있고, 또한 THD, 역율의 경우 SPWM 인버터가 61.04[%], 85.36[%]인 데 비하여 UPWM 인버터는 61.14[%], 85.32[%]로 THD의 경우 0.10[%]로 증가되고, 역율의 경우 0.04[%]로 증가됨을 알 수 있다.

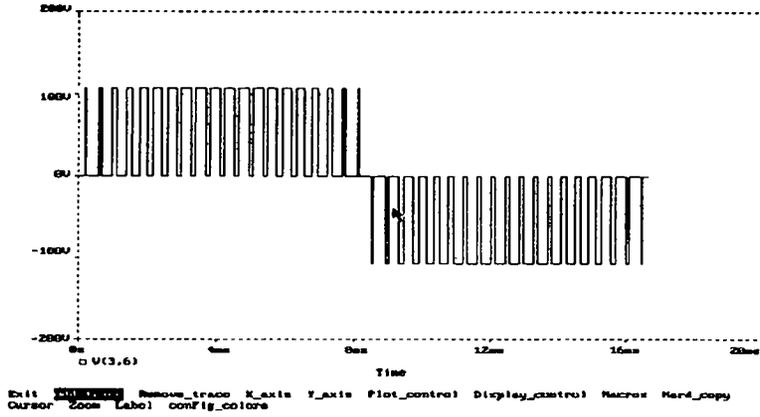


그림 3-8. SPWM 출력전압 파형

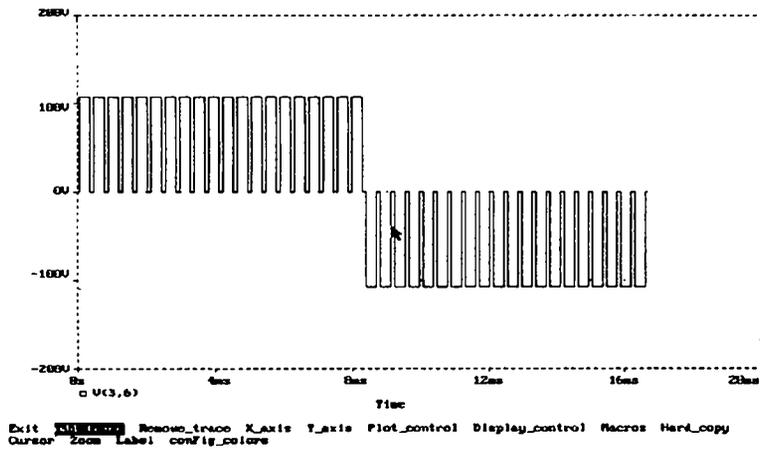


그림 3-9. UPWM 출력전압의 파형

Table.3-4 The harmonic and THD of P=20, MI=0.8

고조파차수	SPWM 기법	UPWM 기법
1	1.000E+00	1.000E+00
3	2.816E-03	3.365E-01
5	2.543E-03	2.003E-01
7	3.768E-03	1.461E-01
9	5.807E-03	1.133E-01
11	1.098E-02	9.250E-02
13	4.496E-03	7.950E-02
15	6.982E-03	8.040E-02
17	4.156E-03	6.595E-02
19	9.924E-03	6.335E-02
21	2.151E-03	5.694E-02
23	3.410E-03	5.694E-02
25	2.008E-03	5.060E-02
27	4.026E-03	5.714E-02
29	6.852E-03	5.701E-02
31	9.145E-03	5.975E-02
THD	61.04[%]	61.14[%]
PF	85.36[%]	85.32[%]

3.2.1 시뮬레이션 결과 및 검토

표.3-1 ~ 표.3-4 으로부터 MI=0.6일 때 2 step 인버터의 경우는 UPWM 기법 보다는 SPWM 기법이 3, 5, 7차 등의 저차 고조파가 더 작고, THD도 UPWM 기법 보다는 SPWM 기법이 다소 작다. 또한 SPWM 기법에서 반주기당 펄스수(P=5, 20)를·THD 및 역율 비교시 P=20일 때 현저하게 효율이 우수함 알 수 있다.

따라서 위의 실험결과로부터 UPWM보다 SPWM이 궁극적으로 효율이 좋다는 것을 시뮬레이션 및 실험을 통하여 확인할 수 있었다. UPWM이 맥동 토크의 발생의 주원인인 제 3고조파의 존재는 SPWM에도 발생하나, 계사용 환기 구동원으로써의 단상 유도전동기 있어서는 P.F에 대한 고려가 효율측면에서 훨씬 중요시 된다.

3.3 실험을 통한 SPWM 인버터의 특성

앞서의 시뮬레이션 고찰에서 얻은 결과를 실제로 입증하기 위하여 제어용 프로세서로 80C196Kc를 호스트로 하는 환기 제어시스템을 구성하였으며 이를 나타내면 그림 3-10과 같다.

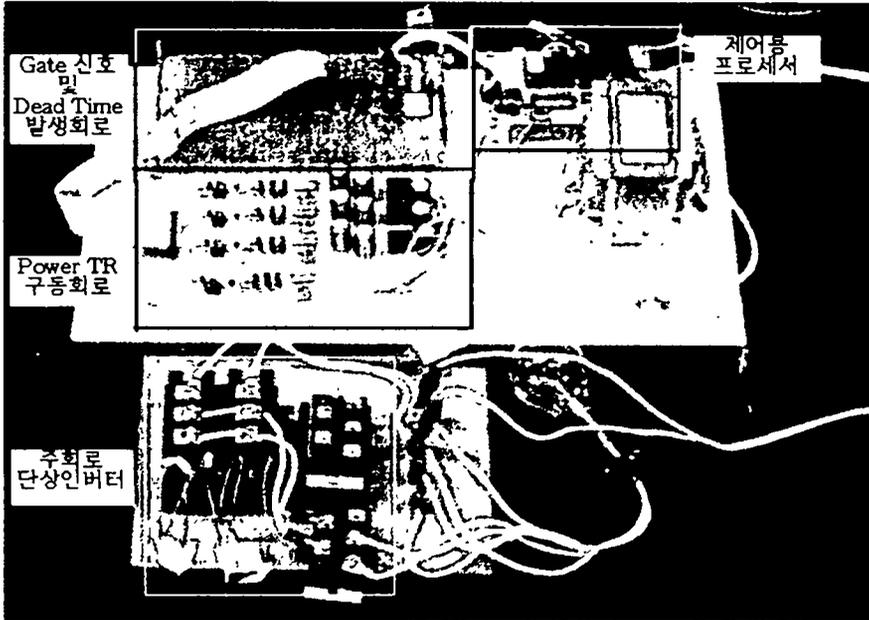


그림 3-10. 80196Kc를 호스트로 하는 가변속 제어기의 구조

3.3.1 실험 데이터 및 결과 고찰

구동원으로 사용되고 있는 환기용 Fan은 외산으로 사양은 다음과 같다.

생산국: 네덜란드 Multifan사
사양 : 정격전압 : 단상(1Ph) 220V 60Hz
정격전류 및 전력: 2.0A 0.43Kw
배출능력 : 0Pa: 8310 m^3/h ~ 50Pa: 7050 m^3/h
정격회전수: 1600 RPM

그림 3-11, 3-12는 각각 기준 주파수가 24, 25Hz일 때 Multifan에 가해지는 전압파형을 나타내며 이경우의 V/f 비는 2.21이다.

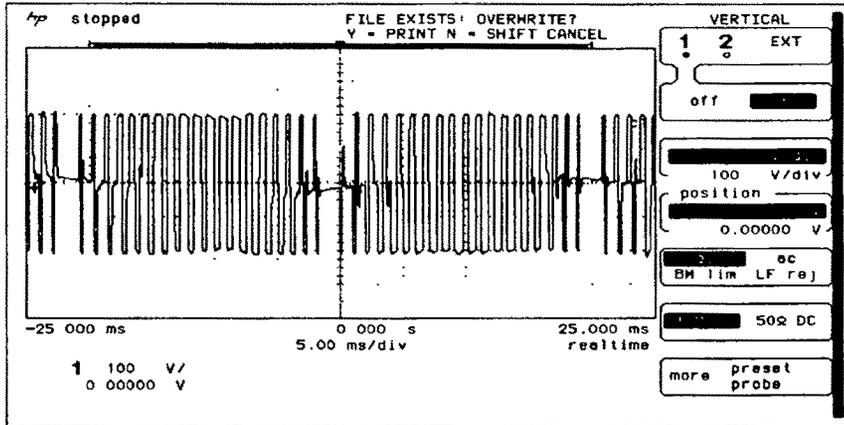


그림 3-11. 기준 주파수 24Hz일 경우의 VVF 전압파형

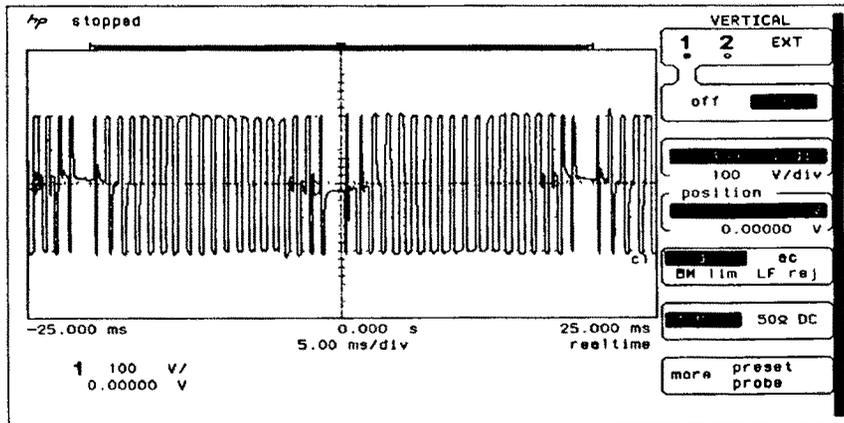


그림 3-12. 기준 주파수 25Hz일 경우의 VVF 전압파형

그림 3-13, 3-14는 각각 기준 주파수 31, 32Hz일 경우의 VVF 전압파형을 나타내며 이때의 V/f 비는 2.33이다.

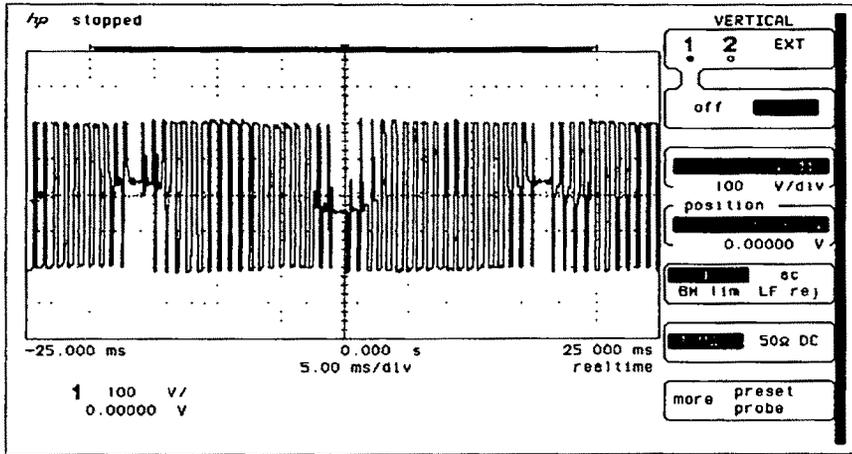


그림 3-13. 기준 주파수 31Hz일 경우의 VWF 전압파형

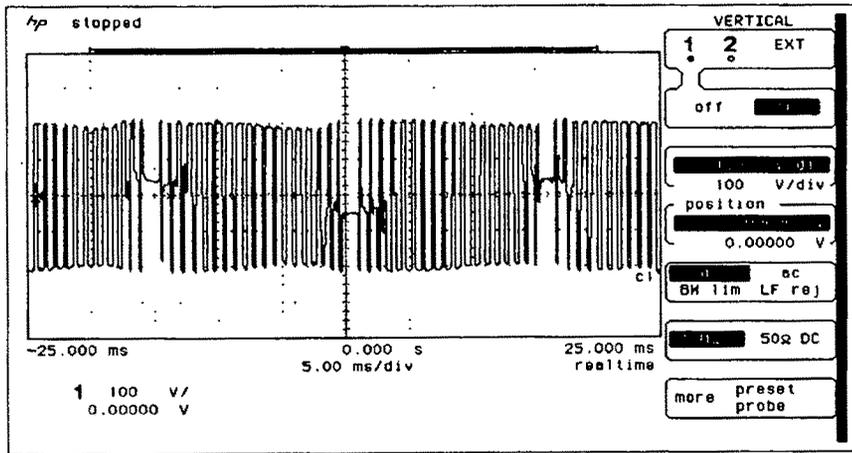


그림 3-14. 기준 주파수 32Hz일 경우의 VWF 전압파형

그림 3-15, 3-16은 각각 기준 주파수가 41, 42Hz일 경우의 전압 파형이다.

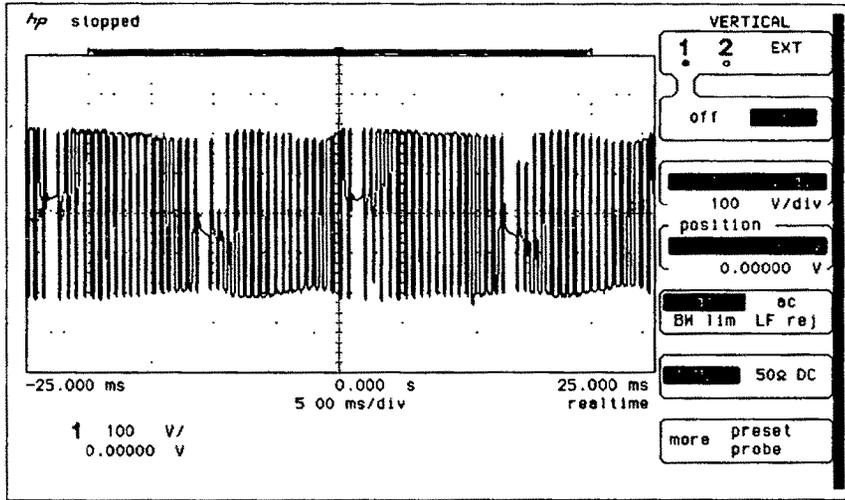


그림 3-15. 기준 주파수 41Hz일 경우의 VWF 전압파형

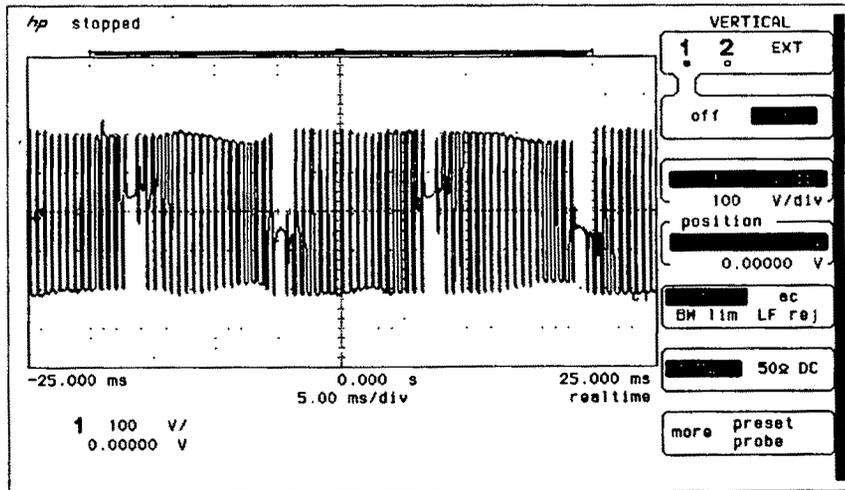


그림 3-16. 기준 주파수 42Hz일 경우의 VWF 전압파형

그림 3-17, 3-18는 각각 기준 주파수가 51, 52Hz일 경우이며 이때의 V/f비는 2.67이다.

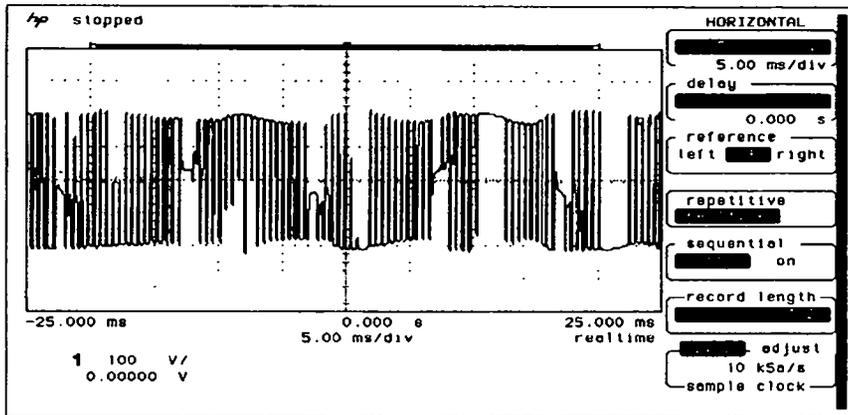


그림 3-17. 기준 주파수 51Hz일 경우의 VWF 전압파형

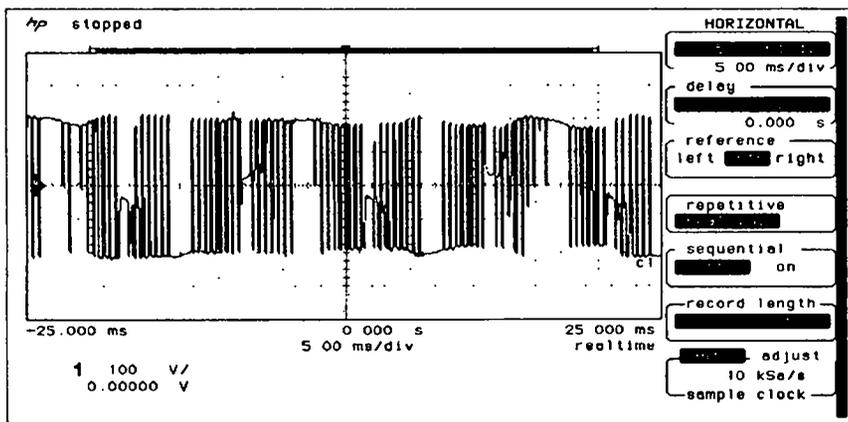


그림 3-18. 기준 주파수 52Hz일 경우의 VWF 전압파형

그림 3-19, 3-20은 기준 주파수가 59, 60Hz일 경우의 VWF 전압파형으로 이때의 V/f비는 2.83이다.

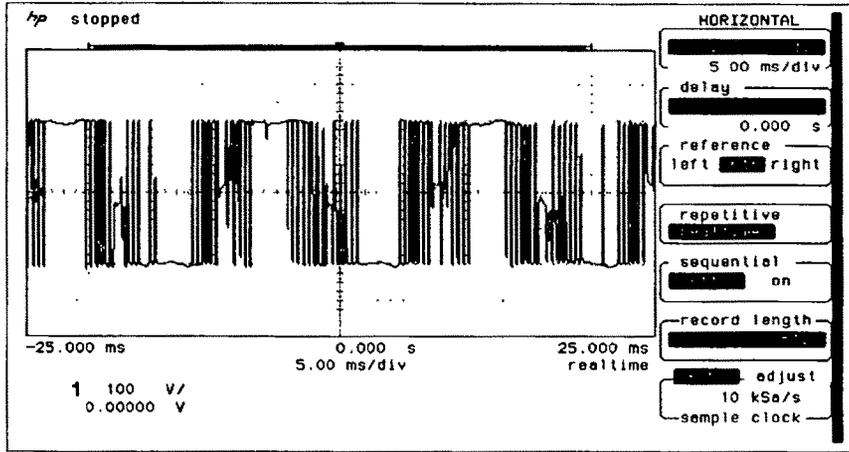


그림 3-19. 기준 주파수 59Hz일 경우의 VVVF 전압파형

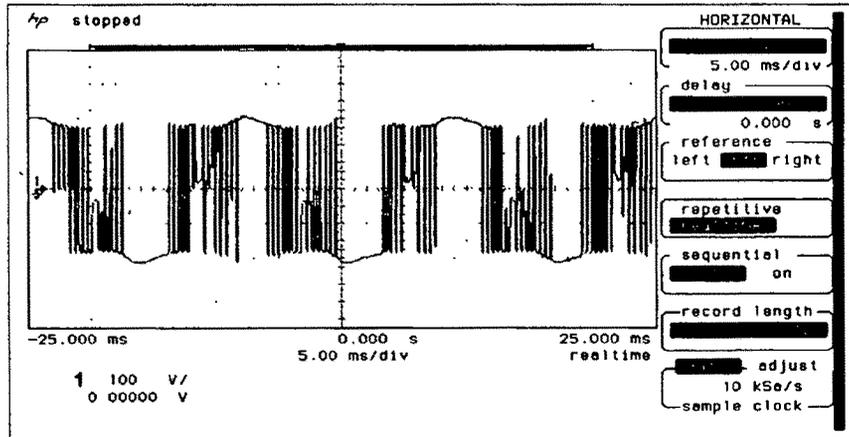


그림 3-20. 기준 주파수 60Hz일 경우의 VVVF 전압파형

위의 실험결과로부터 알 수 있듯이 SPWM 인버터를 이용한 VVVF 속도제어기법은 낮은 기준 주파수에서도 큰 무리없이 동작됨을 알 수 있었다. 하지만 위의

실험 결과는 단지 기준 주파수에 대한 추종 성능만을 고려한 것으로 페루프 제어특성은 아니다. 따라서 기준 계사내 온도가 설정되면 이 설정온도를 추종하도록 하기 위해 서는 계사내부의 온도를 측정해야 한다. 본 연구에서 설계된 환기시스템의 성능고찰을 위하여 모의 계사(miniature)를 제작하였으며 이는 그림 3-21과 같다.



그림 3-21. 제작된 모의 계사

그림으로부터 알 수 있듯이 동.하절기용 환기 시스템은 실제의 상황을 되도록 이면 정확히 묘사할 수 있도록 설계하였다. 또한 본 연구에서 제안 제작된 온도 센서 시스템과 전동기 구동시스템을 제작된 모의 계사 시스템에 설치하였으며 이를 나타내면 그림 3-22와 같다.

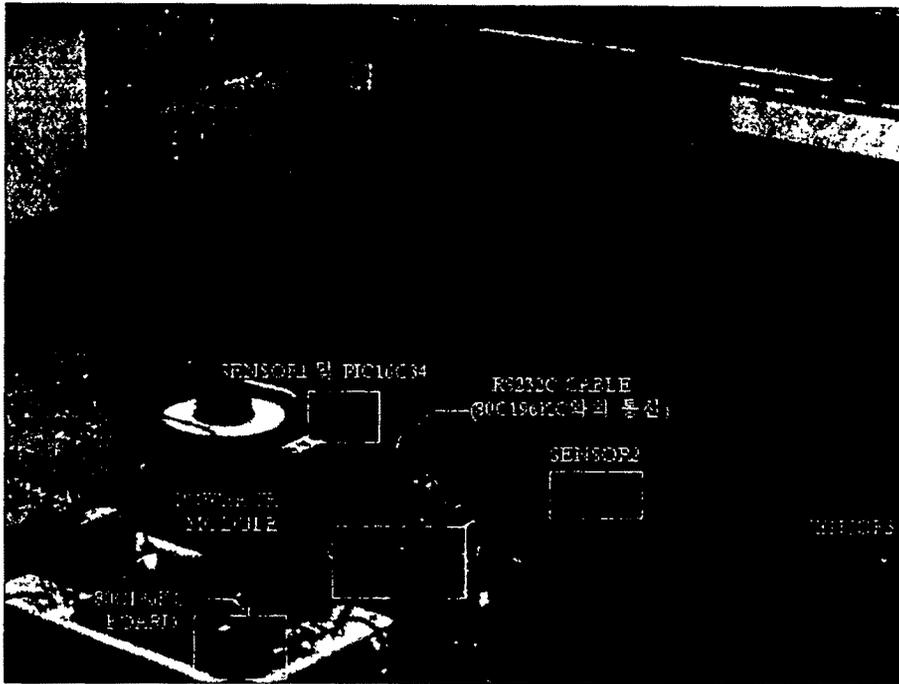


그림 3-22. 실험을 위해 구성된 통합 환기 제어시스템

본 연구에서는 고성능 온도센서를 도입함으로써 고효율의 환기 제어를 위한 통합센서시스템을 설계하고자 한다. 이중 환기제어시스템의 설계시 가장 중요한 요소인 온도센서는 현재 구미 선진국에서 광범위하게 사용되고 있는 DS1820 온도센서를 이용하여 구축한다. DS1820센서 시스템은 이미 국내에서도 채택 시판되고 있으며 그중 한 모델은 그림3-23과 같다.

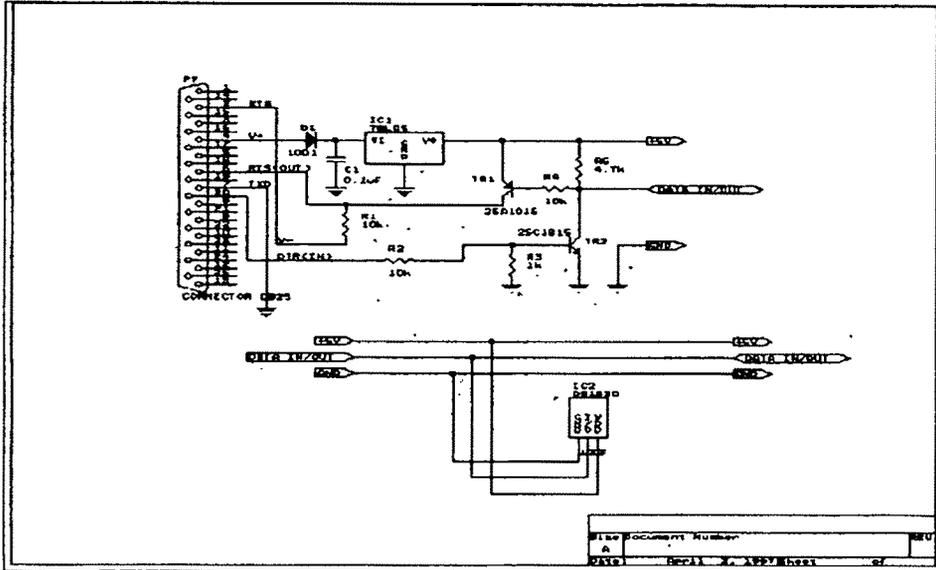


그림 3-23 온도센서 시스템의 회로도

1) 본 연구에서 제안된 온도센서 시스템

일반적으로 계사내에는 효율적인 환기제어를 위해 수개 ~ 수십개의 온도센서가 설치된다. 따라서 이들 센서는 이들을 통합관리하는 호스트 컴퓨터와 최적으로 결합되어야 한다. 이 경우 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 1) 센서와 호스트 컴퓨터간의 데이터 전송시 도선에 의한 전압강하 및 노이즈성
- 2) 다수 온도센서의 효율적 결합

상기의 첫 번째 문제는 기존의 온도센서와는 달리 센서내부에서 A/D변환을 수행할 수 있으며 또한 변환된 데이터를 디지털 방식으로 호스트 컴퓨터에 전송시킬 수 있는 새로운 형태의 온도 센서를 도입함으로써 해결할 수 있다. 또한 두 번째 문제는 그림 3-24와 같은 기존의 결선대신에 그림 3-25와 같은 결선 방법을 채택함으로써 해결할 수 있다.

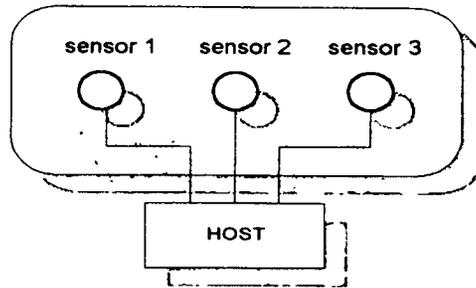


그림 3-24 호스트 컴퓨터와 센서와의 직렬연결

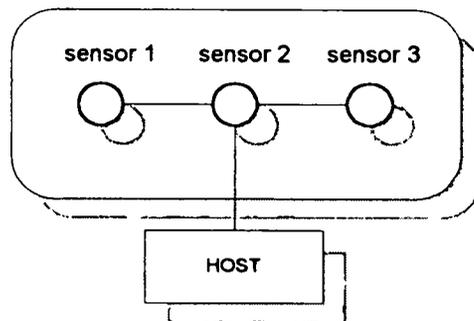


그림 3-25 호스트 컴퓨터와 센서와의 병렬 연결

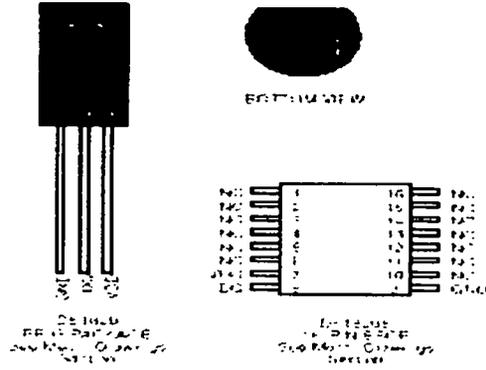
위의 두가지 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 DS1820이라는 온도센서를 채택하였다. DS1820의 특성 및 동작은 다음과 같다.

① DS1820의 특성

- 계측 범위는 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지이고, 분해능은 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이다. 정밀도는 $0 \sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이내에서 $\pm 1/2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 되어있다. 온도계측에는 1.2 ~ 2초가 걸리며, 출력은 플러스/마이너스가 붙은 9비트이다. 온도 조정은 필요 없기 때문에 구입하면 바로 사용할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 센서 각각이 개별 ID를 가짐으로써 병렬로 그림 3-26과 같은 접속을 가능케 한다.

② DS1820의 핀구성

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- VCC - Optional V_{CC}
- NC - No Connection

그림 3-26 DS1820의 핀의 구성

③ 호스트 컴퓨터와의 결선방법

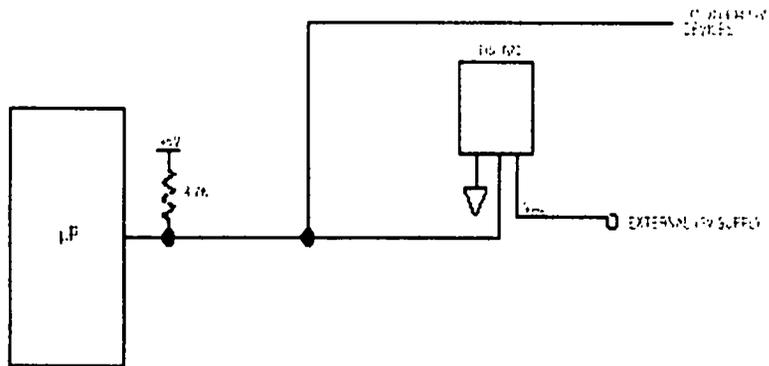


그림 3-27 3라인을 사용하여 다른 전원에서의 접속

2) 제작 완료된 온도센서 시스템의 구조

제작 완료된 온도 센서 시스템은 다음과 같다. 그림으로부터 알 수 있듯이 한 개의 PIC16C84로 3개의 DS1820을 제어할 수 있으며 왼쪽의 RS232케이블을 통하여 80C196KC와 통신을 수행한다.

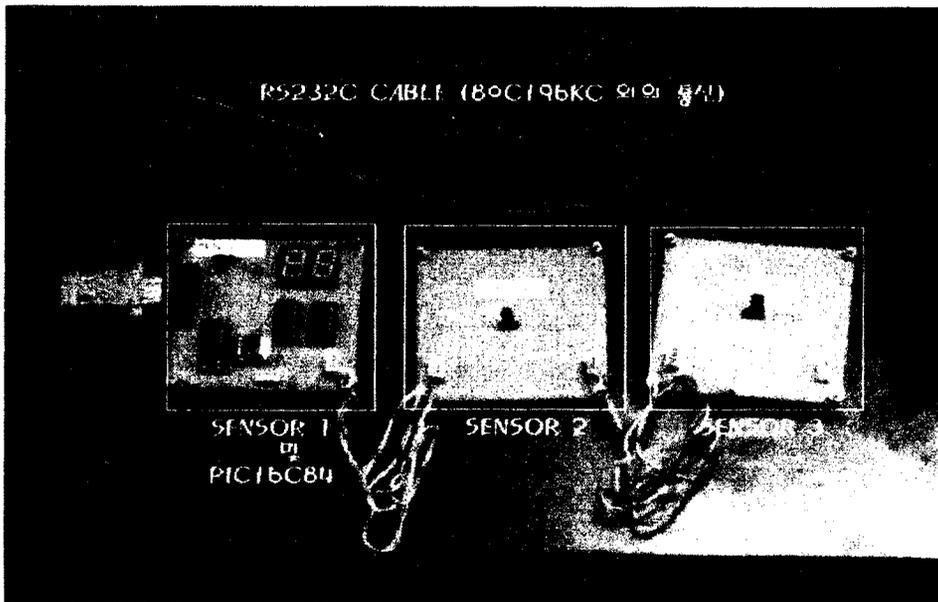


그림 3-28 제작된 온도 센서 시스템

제 4 장 통합 환기 제어시스템의 설계

통합 환기 제어시스템의 설계는 앞서 2년간의 연구를 최종적으로 종합하는 것으로 이의 효율적인 연구 진행을 위하여 1) 개발 완료된 인버터시스템의 환기 제어시스템과의 결합 2) 개발된 온도 및 습도 센서 시스템의 환기 제어시스템에의 통합 3) 지능화 제어알고리즘 개발 등의 세 부분으로 나누어 진행되었다.

제 1 절 계사의 최적 환경 조건

계사의 최적 환경 유지조건은 닭의 종류(산란계, 육계등)에 따라, 계사의 형태(개방형계사, 무창계사등)에 따라 다르다. 본 연구에서는 실험의 대상으로한 계사는 개방형 계사로 3동에 육계를 동당 약 8,000 수 사육하는 농장이며 따라서 본 연구에서는 개방형 계사의 육계의 생육 환경 유지 조건을 대상으로 연구를 수행하였다.

닭은 체온이 높은 항온 동물로 주위온도가 어느 정도 변화하여도 스스로 체온을 적응하지만 온도가 적정 범위를 벗어나면 닭의 생육상태에 큰 영향을 미친다. 예를들면, 겨울철의 경우, 계사 내부온도가 보온시설 미비 등으로 지나치게 떨어지면 체온 조절기능에 이상을 초래하며, 체온유지를 위하여 사료를 과도하게 섭취하게되는 경향이 있고, 여름철의 경우, 닭은 태생 적으로 땀샘이 적기 때문에 열의 방출 기능이 작아 환경 온도가 30이상으로 올라가면 그에 대한 내성이 떨어져 사료 섭취량이 떨어질 뿐 아니라 열사병에 의해 큰 피해를 보게된다. 이러한 환경온도와 육계의 생산성 관계를 표 3-1에 보였다.

표 3-1. 환경온도와 육계의 생산성

환경온도(℃)	체중(g)	사료섭취량(g)	사료요구율
4.4	1,946	4,976	2.62
10.0	2,073	4,785	2.36
15.6	2,159	4,674	2.21
21.1	2,223	4,452	2.04
26.7	2,068	4,185	2.07
32.2	1,882	3,915	2.13
37.8	1,656	3,569	2.22

표 3-1에서 육계 생산의 최적 온도는 21℃임을 알 수 있다. 그러나 계사 내부의 환경요인은 온도에 의해서만 결정되는 것이 아니라 습도와 유해가스의 상관관계에 의해 결정되므로 이들 관계를 살펴보는 것이 중요하다. 표 3-2에 환경온도와 상대습도에 따른 육계의 생산력을 나타냈다.

표 3-2. 환경온도와 상대습도에 따른 육계의 생산력

환경온도(℃)	상대습도(%)	체중(gm)	사료요구율(%)	폐사율(%)
21.1	48	2050	2.2	3.6
21.1	58	2050	2.2	0
21.1	70	2050	2.2	0
21.1	90	2050	2.2	0
26.7	45	1870	2.2	3.8
26.7	60	1950	2.2	2.0
26.7	90	1910	2.2	1.9
35.0	35	1680	2.5	9.9
35.0	90	1360	2.8	31.4
37.8	60	1130	2.8	20.8

이 데이터를 분석해 보면 적온상태(21C)에서는 육계의 발육이나 사료효율에 큰 영향이 없고, 고온환경에서는 습도가 낮을 때는 문제가 없지만, 습도가 높을 때는 발육의 지연과 폐사율이 급증함을 알 수 있으며, 비록 습도가 적당하더라도 온도가 높아지면 발육에 지장을 초래하고 폐사율도 증가함을 알 수 있다. 결론적으로 장마철에 고온 다습한 환경에 대한 대책이 필요하다. 한편 닭의 생육에 영향을 미치는 유해가스의 종류와 그 한계 수준을 살펴보면 표 3-3과 같다.

표 3-3. 계사내의 유해가스 허용 한계

구 분	치사수준 (%)	실제허용 수준	
		%	ppm
탄산가스(CO ₂)	30이상	1이하	10,000이하
메탄가스(CH ₄)	5이상	5이하	50,000이하
유화수소(H ₂ S)	0.05이상	0.004이하	40이하
암모니아가스(NH ₃)	0.05이상	0.0025이하	25이하
산소(O ₂)	6이하		

일반적으로 유해가스는 닭의 호흡에 의한 탄산가스 발생, 난방을 위한 열원에서 발생된 가스, 그리고 배설물 또는 깔짚에서 발생하는 가스의 증가 등의 요인에 의해 발생한다. 이들 요인은 온도와 습도의 조건에 따라 영향을 받게 되며, 특히 닭에 생육에 가장 크게 영향을 미치는 암모니아는 습도의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다.

따라서 계사 내부 환경을 이상적으로 유지하기 위해서는 온도, 습도 그리고 암모니아 가스를 측정하여 이들을 항상 적정 수준으로 유지할 수 있도록 제어해야한다. 그러나 현실적으로 이들을 제어하기 위해서는 특히, 암모니아 가스 센서의 경우 600만원에서 1000만원을 호가하여 환기제어시스템 구성 가격 보다 센서의 가격이 훨씬 비싸게 되어, 가격 경쟁력 면에서 문제가 발생한다.

그러므로 본 연구에서는 온도와 습도 그리고 암모니아 가스의 상관관계를 분석하여 온도와 습도 센서만으로 계사 내부를 쾌적하게 제어할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

암모니아 가스는 25ppm을 초과하면 닭의 생육에 지장이 있기 때문에 20ppm 이하로 유지시키는 것이 좋다. 표 3-4는 무창계사에서 암모니아를 20ppm으로 유지하기 위한 필요 환기량이다. 한편, 계사 내부 온도에 따른 필요 환기량을 보면 표 3-5와 같다.

표 3-4. 암모니아 가스 농도를 20ppm으로 유지하기 위한 필요환기량

체 중(kg)	1수당필요환기량(m ³ /분)
0.1	0.0022
0.2	0.0044
0.4	0.0088
0.6	0.0132
0.8	0.0176
1.0	0.022
1.2	0.027
1.4	0.031
1.6	0.036
1.8	0.040

표 3-5. 육계의 온도별 최소 필요 환기량

환경온도 (℃)	체 중(kg)				
	0.23	0.64	1.18	1.77	2.40
0	0.0032	0.015	0.021	0.026	0.032
4.4	0.0068	0.020	0.034	0.054	0.071
10.0	0.0085	0.023	0.045	0.065	0.091
15.6	0.0102	0.028	0.054	0.079	0.108
21.1	0.0119	0.034	0.062	0.093	0.127
26.7	0.0136	0.037	0.071	0.105	0.144
32.2	0.0156	0.042	0.079	0.119	0.161
37.8	0.0170	0.048	0.088	0.133	0.181

표 3-4와 표 3-5를 분석해보면 온도에 따른 환기제어 만으로도 유해가스 즉, 암모니아 가스는 적정 수준으로 유지 제어할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어 1.8kg의 경우 암모니아를 20ppm으로 유지하기 위한 필요 환기량은 0.040 m³/분/수 이지만, 같은 무게의 경우 온도 4.4℃에서 최소 요구 환기량은 0.054 m³/분/수로 더 많으며 실제 계사의 적정 유지 온도(21℃)로 제어 됨을 감안하면 암모니아 가스 제어를 위한 별도의 시설이 필요 없음을 알 수 있다. 결론적으로 암모니아 가스의 발생은 온도 15-35, 습도 60-80%범위에서는 온도의 영향을 받지 않고, 이 조건이 계사 내부의 적정 환경 조건이므로 암모니아 가스 측정을 위하여 고가의 시스템을 부가하는 것은 비경제적임을 알 수 있다. 상기의 사실로부터 계사내에 발생하는 암모니아 등의 유해가스는 환기제어 및 습도제어를 통하여 효율적으로 제어될 수 있다. 일반적으로 암모니아 등과 같은 유해가스용 센서는 상당히 고가(약 600만원-1000만원)이며 이는 환기제어 시스템의 전반적인 가격의 상승을 초래하기 때문에 비현실적이다. 따라서 본 연구에서는 유해가스센서에 비해 상대적으로 저렴한 습도센서 및 기 개발된 온도센서 시스템과의 효율적인 사용을 통해 계사를 최적 조건으로 유지할 수 있는 환기제어 시스템을 구성 한다.

제 2 절 환기용 인버터시스템 개발

1차 년도의 인버터와 관련된 연구는 기존의 단속제어(On/Off Control)기법에 의해 환기용 팬을 구동시킬 경우의 문제점(단상유도전동기의 과열로 인한 파손)을 해결하기 위해 전압 제어형 환기 제어시스템을 개발하는 것이었다. 또한 2차 년도에는 이를 바탕으로 중·저속 운전시에 발생하는 에너지 효율 감소 등의 문제를 해결하기 위해 인버터에 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)기법의 적용가능성을 검토하였다. 특히 계사용 팬에 V/F 일정 제어를 적용할 경우, 중·저속 운전시에도 에너지 효율을 극대화할 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다. 이러한 1,2 차년도 연구결과를 토대로 계사 환기용 팬의 최적 인버터 타입으로 VVVF 일정제어방식이 최적임을 알았으며 또한 인버터 설계시 다음의 사항을 고려하였다.

1. 일반적으로 인버터는 계사내부에 설치되며 따라서 농가 자택에 설치되는 지능형 환기제어시스템(호스트 컴퓨터)과는 직렬 통신기법을 이용하여 데이터의 전송을 수행하는 것이 바람직하다.

-> 일반적으로 계사와 관리농가는 거리상 떨어져 있기 때문에 데이터의 효율적인 전송을 위해서는 RS232 통신방법보다는 이보다 향상된 통신 성능을 갖는 RS485 통신기법을 채택한다.

2. 인버터 시스템은 호스트 컴퓨터로부터 일정 시간마다(약 3초) 회전 RPM데이터를 RS485 통신선을 통하여 받아 들인다.

3. 인버터 시스템에서 발생할지도 모르는 고장 및 상태 데이터를 일정 시간간격으로 호스트 컴퓨터에 전송해야 한다.

이상의 기능을 갖도록 설계된 인버터 시스템의 블록도는 그림 3-1과 같으며 실제 제작된 인버터의 외관 및 내부 구성도는 그림 3-2(a), 3-2(b)와 같다.

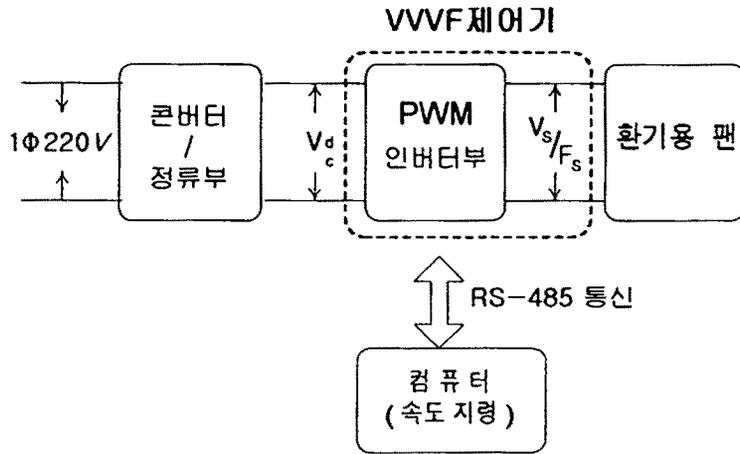
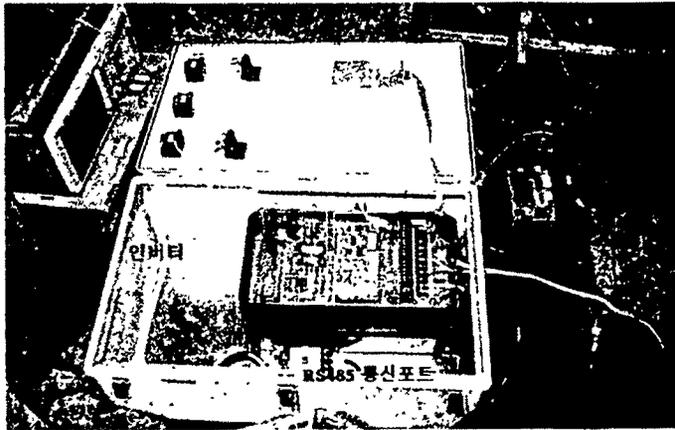


그림 3-1. VVVF 기법의 인버터 시스템

제작된 인버터 시스템은 그림 3-3과 같이 호스트 컴퓨터와 RS485 통신선을 통해 상호접속된다.



(a)

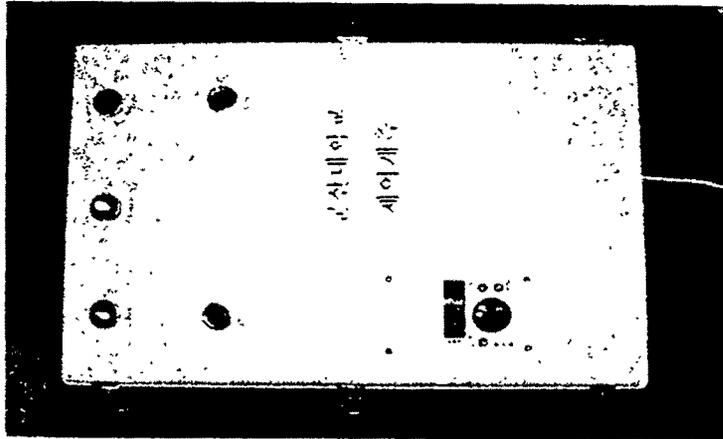


그림 3-2. 제작된 인버터의 내부 구성도(a) 및 외관(b)

그림 3-3으로부터 알 수 있듯이 RS485 통신은 제작된 인버터의 Multi-drop 방식의 접속이 가능하기 때문에 커다란 하드웨어의 변경 없이도 다수의 환기용 팬을 효율적으로 제어할 수 있다는 장점을 갖는다.

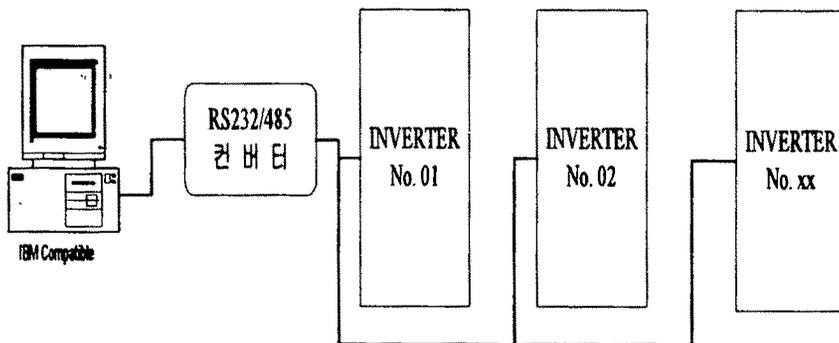


그림 3-3. RS484에 의한 인버터 시스템과 호스트 컴퓨터간의 상호접속

제작완료된 인버터 시스템의 전압 출력파형은 각각 다음과 같다.

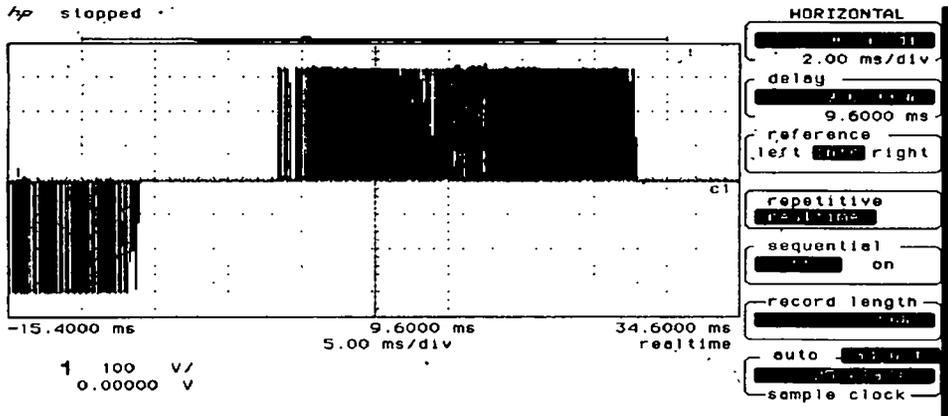


그림 3-4. 20Hz인 경우의 인버터 출력 파형

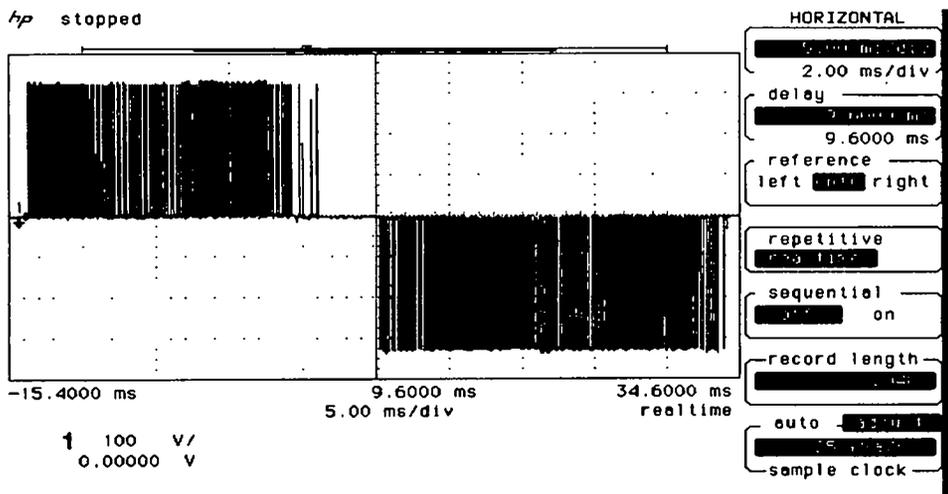


그림 3-5. 25Hz인 경우의 인버터 출력 파형

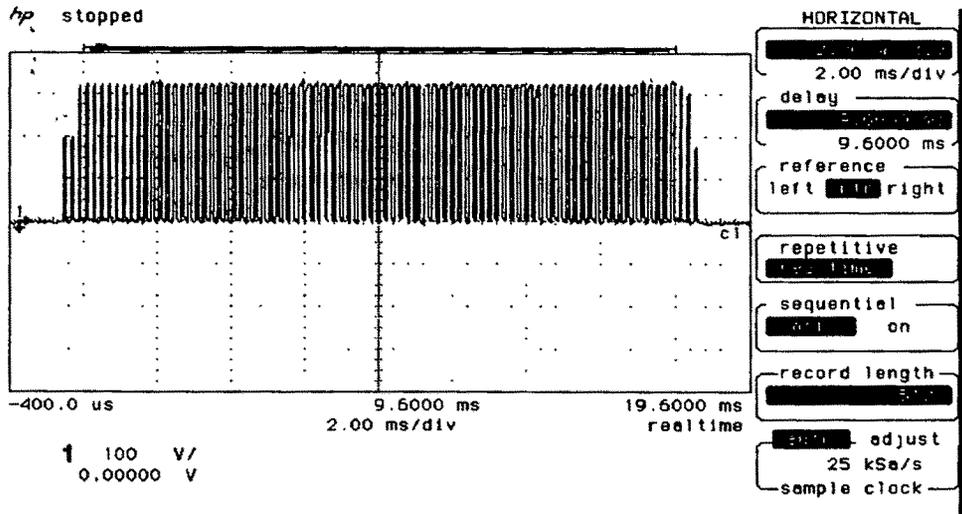


그림 3-6. 30Hz인 경우의 인버터 출력 파형

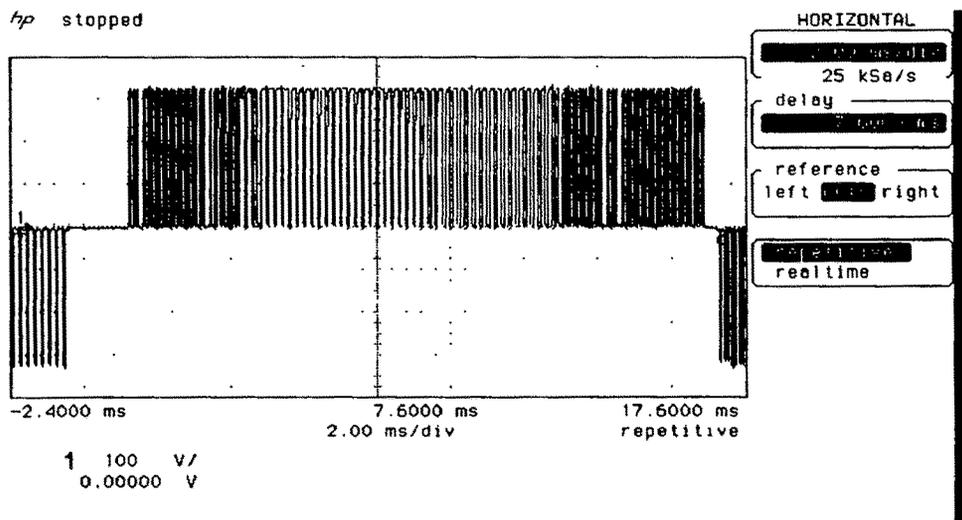


그림 3-7. 35Hz인 경우의 인버터 출력 파형

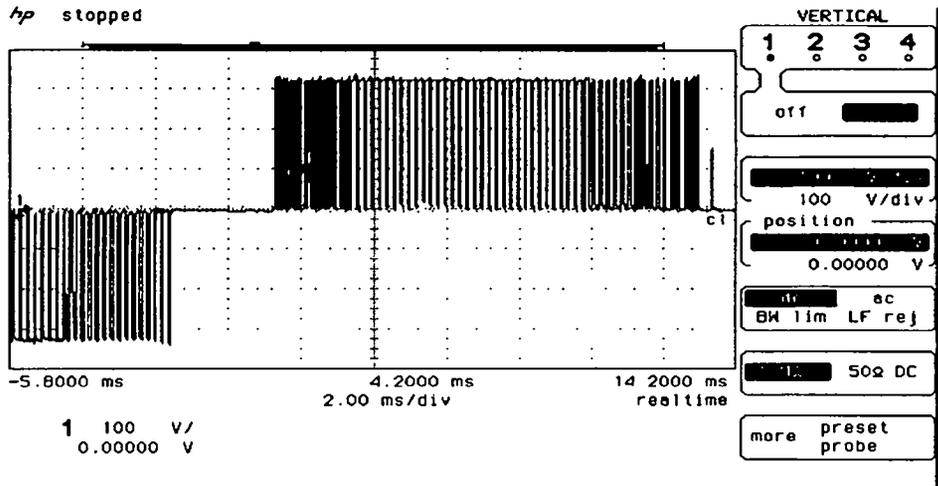


그림 3-8. 40Hz인 경우의 인버터 출력 파형

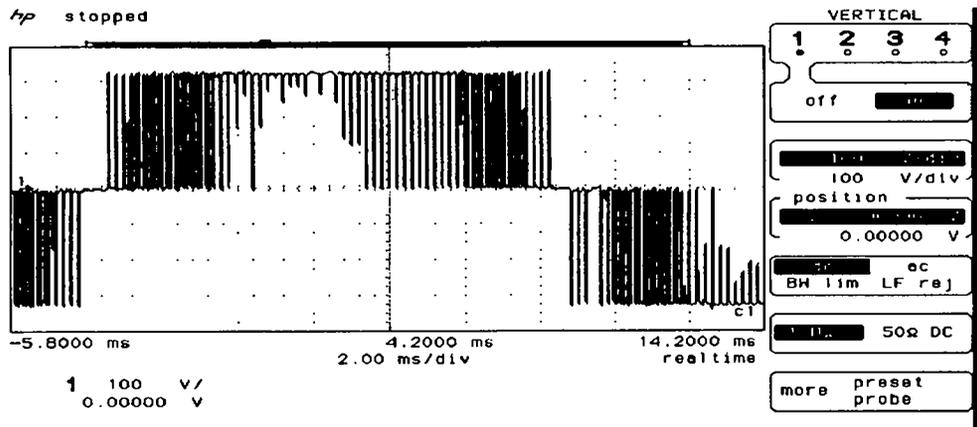


그림 3-9. 45Hz인 경우의 인버터 출력 파형

제 3 절 센서시스템의 호스트 컴퓨터와의 통합

1. 온도 센서 시스템의 구성

본 연구에서는 계사내의 온도환경을 측정하기 위하여 Dallas Semiconductor사의 온도센서 DS1820을 사용하였다. 이 센서는 지능화된 3단자 온도센서 IC로 다음과 같은 특징 및 기능을 갖는다.

- (1) 다중 온도측정에 적합한 멀티 드롭(multi-drop)방식을 채택하고 있기 때문에 한 개의 마이크로 프로세서로 다수의 센서들을 효율적으로 관리할 수 있다.
- (2) 온도변환기(A/D변환기)를 내장하고 있으며 관리전용 프로세서의 지령에 따라 변환 및 온도 데이터의 전송을 수행한다.
- (3) 마이크로프로세서와의 온도 데이터의 전송은 디지털방식으로 이루어지기 때문에 노이즈에 대해 강인하다.
- (4) 내부에 자동온도 보정기능 및 고유의 인식표가 있기 때문에 센서의 보정 및 고장 센서의 감지가 용이하다.
- (5) DS1820의 온도 계측범위는 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지이고 분해능은 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이다. 또한 다중의 온도측정시 1.2~2초의 A/D 변환시간이 소요된다.

본 연구에서는 이와 같은 특징을 갖는 다수의 DS1820 온도센서(6개)를 관리하기 위한 호스트 프로세서로 프로그래밍이 용이하며 다양한 I/O기능을 구비한 PIC16C84를 채택하였으며 설계·제작하였다.

제작된 온도센서 시스템은 6개의 DS1820이 직렬로 연결되어 있으며 이들 센서들을 1개의 PIC16C73이 통합관리하는 형태를 취하고 있다. 또한 PIC16C73과 DS1820은 단지 한 선만(나머지 두 선은 센서구동용 전원)을 이용하여 데이터 전송을 수행한다. 이러한 특징은 실제 계사내에 설치되는 온도센서들은 일반적으로 상당한 거리를 두고 설치되므로 병렬전송의 경우보다 설치비 및 내노

이즈성이 향상된다는 장점을 갖는다. 또한 센서 통합관리를 PIC16c73은 계사 외부에 설치되는 호스트 컴퓨터(지능화 제어알고리즘 내장)와의 직렬통신(RS232c)을 위한 UART 포트 및 프로그램가능한 내부 PROM을 갖고 있어 시스템의 개발 및 변경이 용이하다는 장점을 갖는다.

2. 습도 센서

본 연구에서는 앞서 언급한 바와 같이 유해가스의 효율적인 제거를 위해 습도센서를 사용하였다. 사용된 센서는 Delta OHM사의 HD8607로 가격은 약 50만원 대이며 출력은 원거리 신호전송에 적합한 4-20mA current loop를 기본으로 내장하고 있다. 또한 습도 측정 범위는 5-98% RH(상대습도)이며 정확도는 ± 2 RH이다. 습도 센서의 외관은 그림 3-10과 같다.

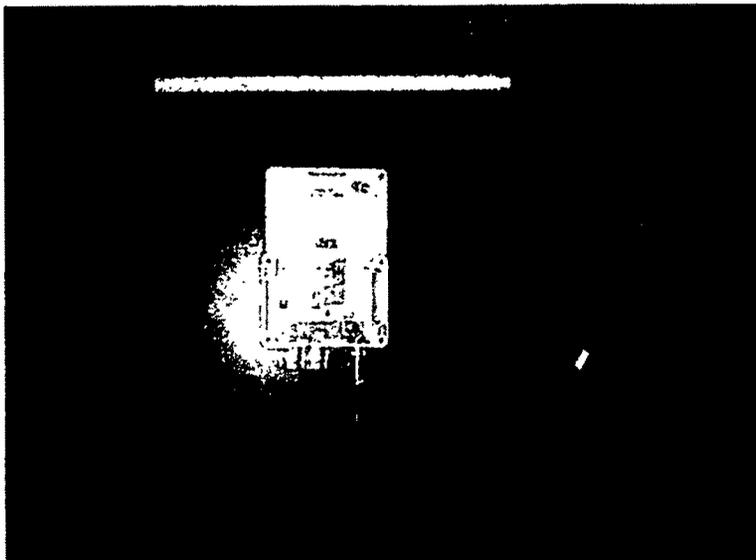


그림 3-10. Delta OHM사의 HD8607의 습도센서

제 5 장 지능화 환기 제어 시스템의 개발

제 1 절 서 론

지능화 환기 제어시스템은 1,2차 연도에 수행된 결과를 토대로 계사 내부의 사육환경을 결정하는 온도, 습도 등을 닭의 생장에 최적의 조건을 제공할 수 있도록 하는 지능화 환기 제어시스템의 개발이다.

대부분의 계사용 환기 제어시스템은 온도센서로부터 측정된 데이터에 근거하여 환기용 팬을 구동시킴으로써 계사내의 더운 공기를 외부로 방출시켜 계사 내부의 온도 및 유해가스를 제어하는 형태를 취하고 있다. 일반적으로 효율적인 제어를 위해서는 제어대상에 대한 수학적 모델이 요구된다. 그러나 계사에 대한 수학적 모델의 습득은 용이하지 않으며 따라서 현재 제어분야에 개발된 다양한 제어 알고리즘의 계사 환기시스템에의 직접적인 적용은 불가능한 상태이다. 따라서 현재 계사환기를 위해 사용되고 있는 제어기법은 수학적 모델을 요구하지 않는 단속제어(On-Off Control) 및 PI제어기법이 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 이들 제어기법은 제어변수의 최적 선정에 많은 문제점을 안고 있으며 따라서 최적의 제어성능을 기대하기란 어려운 실정이다.

본 연구에서는 계사 환기제어시 상기의 문제점을 고려하여 정확한 수학적 모델을 얻기 힘든 계통의 제어에 효과적으로 도입되고 있는 퍼지제어기법을 지능화 제어알고리즘으로 채택하고자 한다. 우선 퍼지 제어기법의 타당성을 검증을 위해 간략화된 계사의 수학적 모델에 기반한 시뮬레이션 및 2차년도에 설계 제작된 모의 계사에 적용을 하였다.

제 2 절 퍼지 환기제어 시스템

1. 시뮬레이션을 통한 퍼지제어기법의 타당성 검증

본 연구에서는 퍼지제어기법을 계사의 환기제어에 적용하고자 하며 전형적인 퍼지제어기의 구조를 나타내면 그림 4-1과 같다.

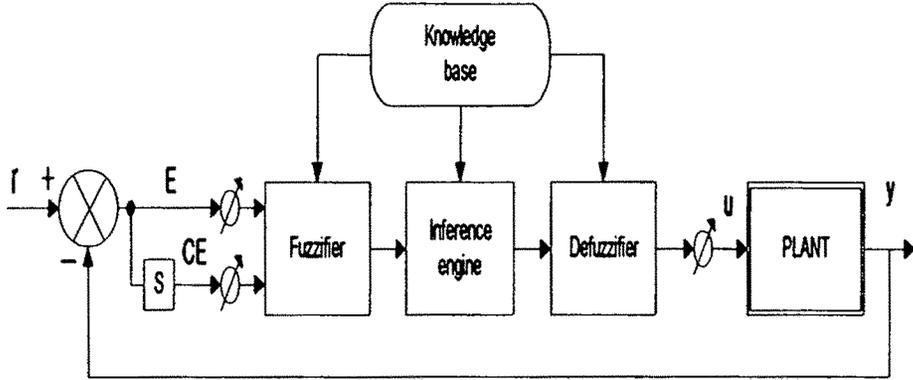


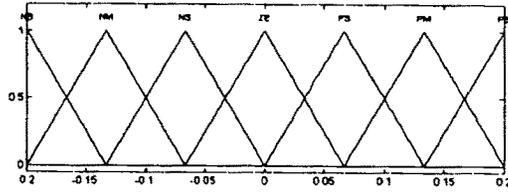
그림 4-1. 퍼지제어기의 기본 구성

그림에서 오차(E)와 오차의 변화율(CE)은 다음과 같이 정의된다.

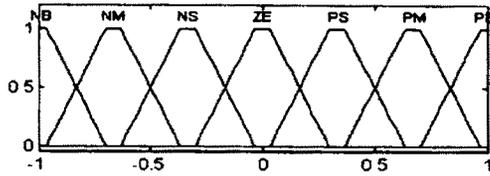
$$E(k) = \text{Reference} - \text{Output} \quad (1)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1)$$

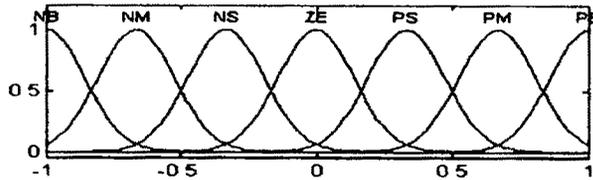
또한 E와 CE에 대한 퍼지소속함수(Fuzzy membership function)는 그림 4-2와 같이 삼각형, 사다리꼴, 가우시안 등의 소속함수가 사용될 수 있다. 퍼지제어기의 설계시 가장 중요한 부분은 제어규칙이며 이를 위해 본 연구에서는 계사와 같은 일반적인 비선형 계통에 효과적으로 도입·사용되고 있는 표 4-1과 같은 제어규칙을 사용하고자 한다.



(a) 삼각형 퍼지소속함수



(b) 사다리꼴 퍼지소속함수



(c) 가우시안 퍼지소속함수

그림 4-2. 퍼지소속함수의 형태

표 4-1. Macvicar-Whelan이 제안한 제어규칙

CE \ E	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NM	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NM	NS	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PS	PM	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PM	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PM	PB	PB	PB

표 4-1의 제어규칙에서 편차(E), 편차의 변화율(CE) 및 제어입력(Du) 등의 언어적 변수가 취할 수 있는 값은 PB, PM, PS, ZE, NS, NM, NB등이며 각각은 다음을 의미한다.

PB = Positive Big. PM = Positive Medium.

PS = Positive Small. ZE = Zero.

NS = Negative Small. NM = Negative Medium. NB = Negative Big.

실제 계사에 대한 정확한 모델을 얻기란 쉽지 않으나 시뮬레이션을 위하여 계사를 다음과 같이 표현되는 1차 지연계통으로 표현하기로 한다.

$$G_p(s) = \frac{K}{1 + Ts} e^{-\pi} \quad (2)$$

시뮬레이션은 Matlab의 Simulink를 사용하여 수행하였으며 이를 위한 블록다이어그램을 나타내면 그림 4-3과 같다.

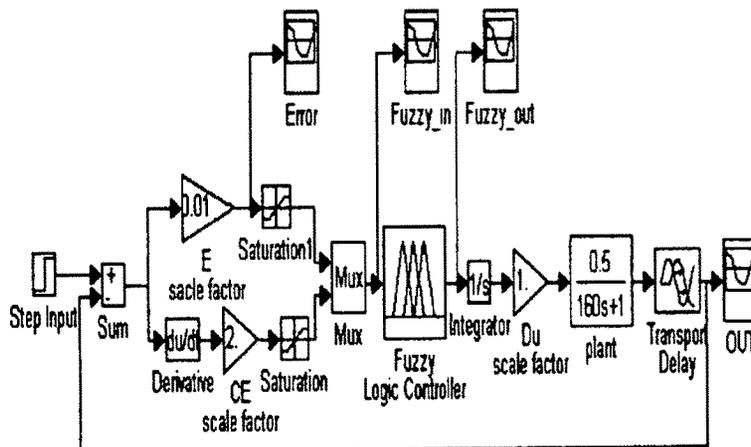


그림 4-3. Simulink 용 Block Diagram

2. 시뮬레이션 결과

기존 퍼지제어시스템의 성능검토를 위해 소속함수의 모양, 소속함수의 분포변화 및 universe of discourse의 scale factor 등의 변화가 퍼지제어시스템에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 비교 검토하였다. 시뮬레이션은 계사모델의 파라미터가 각각, $K=0.5$, $T=160\text{sec}$, $\tau=60\text{sec}$ 인 경우에 대하여 수행하였다.

그림 4-4는 소속함수의 모양에 따른 제어시스템의 응답특성(scale factor $K_E=0.02$, $K_{CB}=2$ 및 $K_{Du}=1$)으로 그림으로부터 알 수 있듯이 삼각형과 사다리꼴 소속함수는 비슷한 응답특성을 나타내지만 가우시안 소속함수는 다른 소속함수에 비해 같은 조건일 때 큰 상승시간을 보임을 알 수 있다.

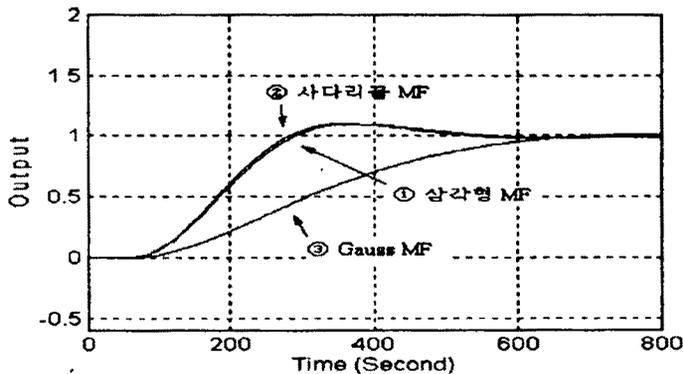
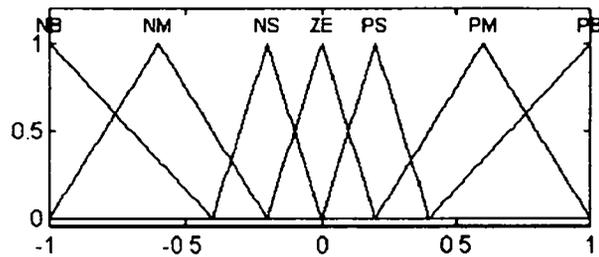


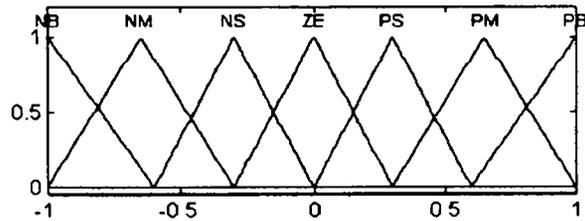
그림 4-4. 소속함수 모양에 따른 시스템 응답특성

소속함수의 분포변화가 시스템 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 소속함수의 NS, NM, PS, PM 등의 중심값 위치를 그림 4-5와 같이 변화시켰으며, 그림 4-6은 E, CE, Du에 대한 소속함수의 변화에 따른 응답특성을 나타낸다. E에 대한 소속함수의 변화는 상승시간과 정정시간에 큰 영향을 미치며, ZE, NS,

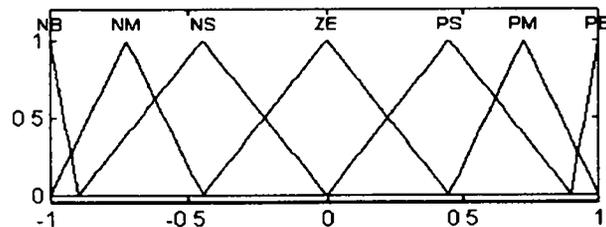
PS의 폭을 비교적 작게 하고 NB, PB를 늘리면 상승시간이 감소함을 알 수 있다. CE에 대한 소속함수의 변화는 시스템 응답의 제동과 오버슈트감쇠에 영향을 미치며, ZE, NS, PS의 폭을 작게 하고 NB, PB를 크게 하면 제동이 증가함을 알 수 있다. 제어기 출력에 대한 소속함수의 변화는 상승시간과 제동 모두에 영향을 미친다.



(a) $NS=-0.2$, $NM=-0.6$, $PS=0.2$, $PM=0.6$

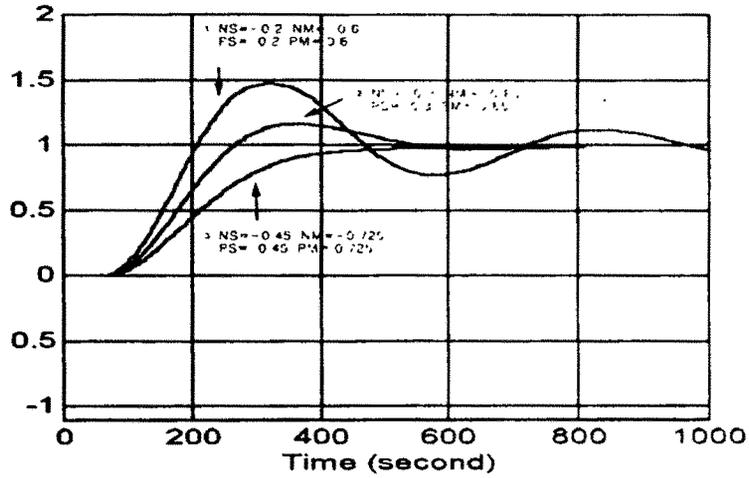


(b) $NS=-0.3$, $NM=-0.65$, $PS=0.3$, $PM=0.65$

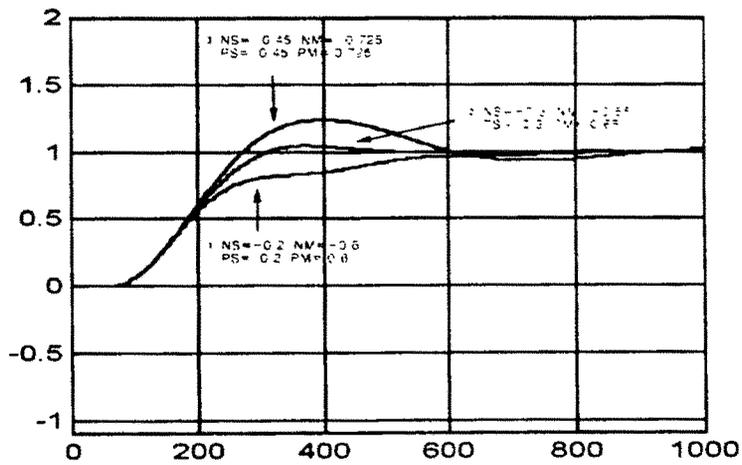


(c) $NS=-0.45$, $NM=-0.725$, $PS=0.45$, $PM=0.725$

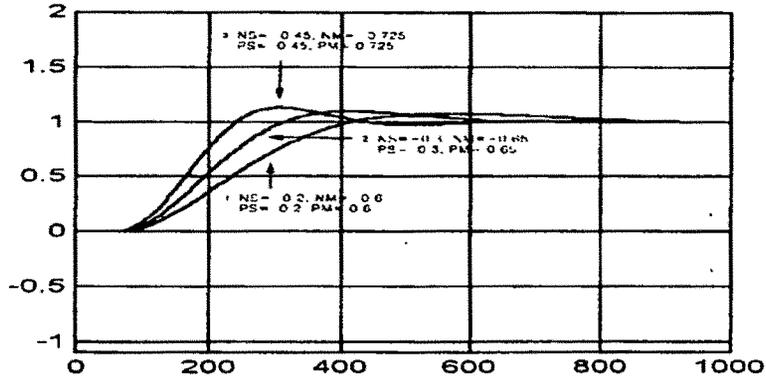
그림 4-5. 소속함수의 분포변화



(a) E에 대한 소속함수 변화



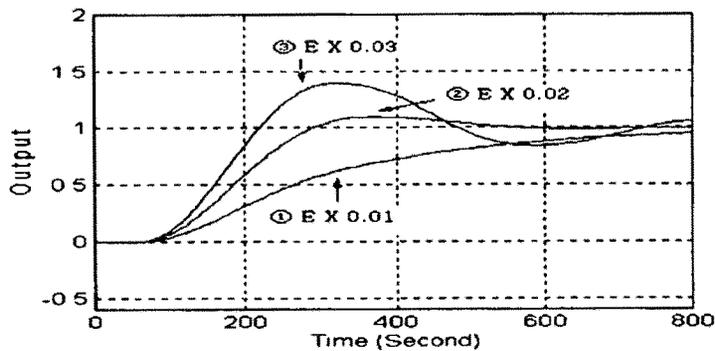
(b) CE에 대한 소속함수 변화



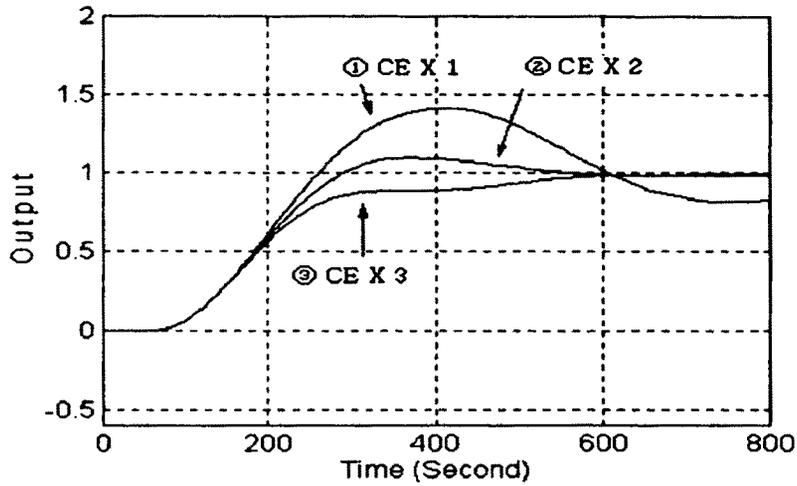
(c) Du에 대한 소속함수 변화

그림 4-6 소속함수 변화에 따른 시스템 응답특성 :

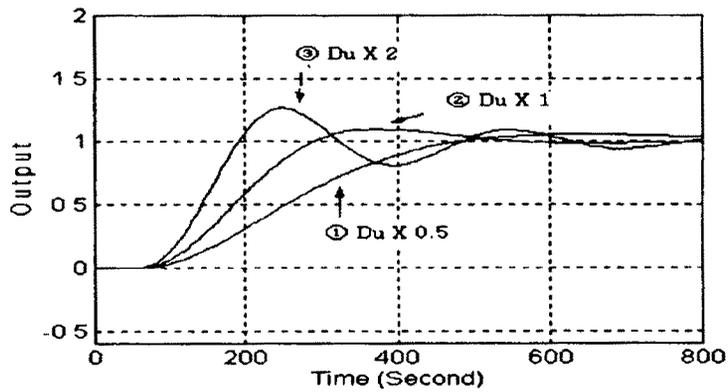
그림 4-7은 Universe of discourse의 scale factor의 변화에 따른 응답특성으로 퍼지제어기의 모델은 삼각형 소속함수와 표 4-1의 제어규칙을 사용하였다. E에 대한 scale factor의 증가는 큰 편차를 제어기의 입력으로 제공하므로 적은 scale factor를 갖는 제어기에 비하여 상승시간이 빨라지나 상대적으로 큰 오버슈트를 발생한다. CE에 대한 scale factor의 변화는 시스템 응답의 예측을 변화시키는 역할로 CE의 scale factor를 증가시키면 예측기능을 증가시키는 역할을 한다.



(a) E에 대한 scale factor의 변화



(b) CE에 대한 scale factor의 변화



(c) Du에 대한 scale factor의 변화

그림 4-7 scale factor의 변화에 따른 시스템 응답특성

이상의 결과로부터 지연시간을 갖는 계통에 대한 퍼지제어기의 설계는 소속함수 및 universe of discourse의 scale factor를 조절함으로써 바람직한 응답양상

을 나타내는 퍼지제어기를 설계할 수 있다. 그림 4-8은 수정된 퍼지제어기의 응답특성으로 NS=-0.4, NM=-0.7, PS=0.4, PM=0.7인 삼각형소속함수와 E, CE, Du에 대한 scale factor가 각각 $K_E=0.02$, $K_{CE}=2$ 및 $K_{Du}=1$ 로 빠른 상승시간 및 정정 시간을 나타냄을 알 수 있다.

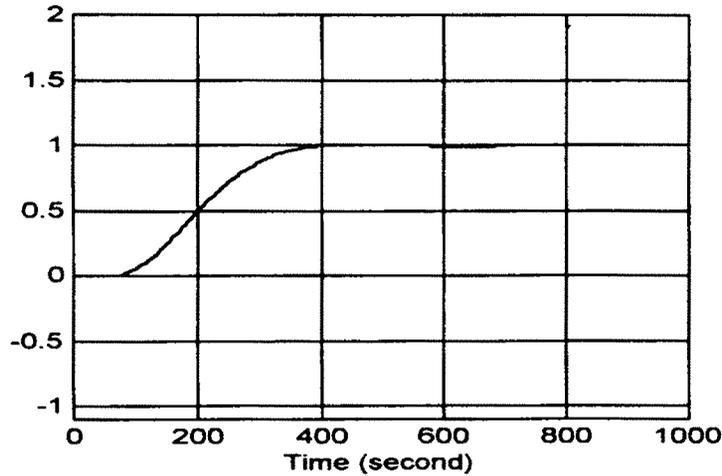


그림 4-8. 수정된 퍼지제어기 시스템 응답특성

3. 모의 계사에의 적용 및 결과

본 연구에서 제안한 퍼지제어기의 유용성을 확인하기 위해 2차년도에 제작된 모의계사(그림 4-13)에 대하여 실험을 수행하였으며 실험을 통하여 얻은 응답 특성은 다음과 같다.

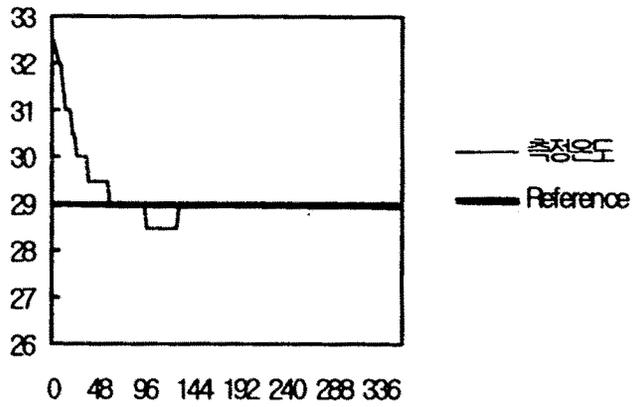


그림 4-9. 퍼지제어기의 응답특성
($E=0.5$, $CE=2$, $DU=100$)

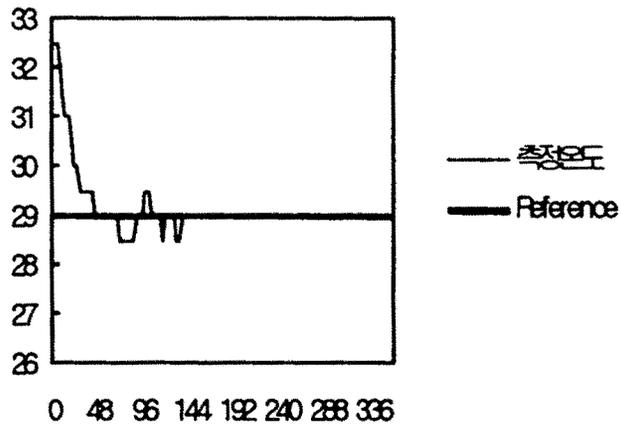


그림 4-10. 퍼지제어기의 응답특성
($E=0.5$, $CE=2$, $DU=200$)

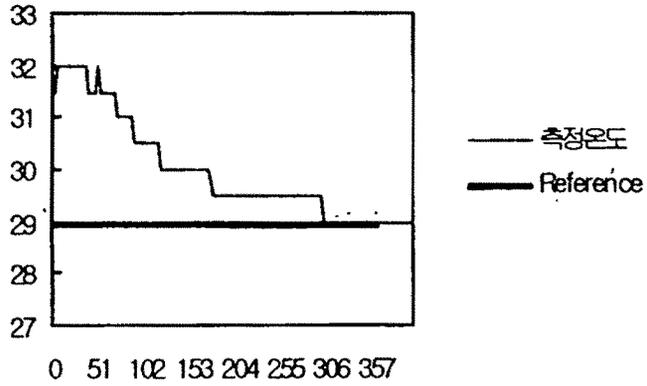


그림 4-11. PI 제어기의 응답특성
($K_p=10$, $K_i=1$)

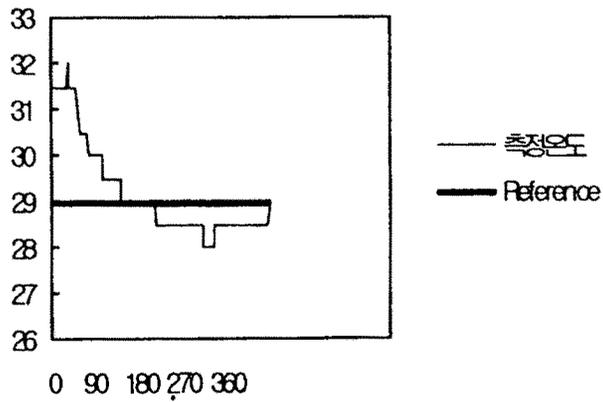


그림 4-12. PI 제어기의 응답특성
($K_p=5$, $K_i=2$)

(1) 퍼지 제어기는 기존의 PI 제어기에 비해 빠른 수렴특성을 갖는다.(그림 4-10, 4-12참조)

(2) 퍼지 제어기의 출력 스케일 값이 클 경우에는 정상상태에 수렴할 때까지 상당히 큰 진동특성을 보이며 이는 시뮬레이션 고찰에서 보듯이 PI 제어기의 비례이득의 증가로 간주할 수 있다.

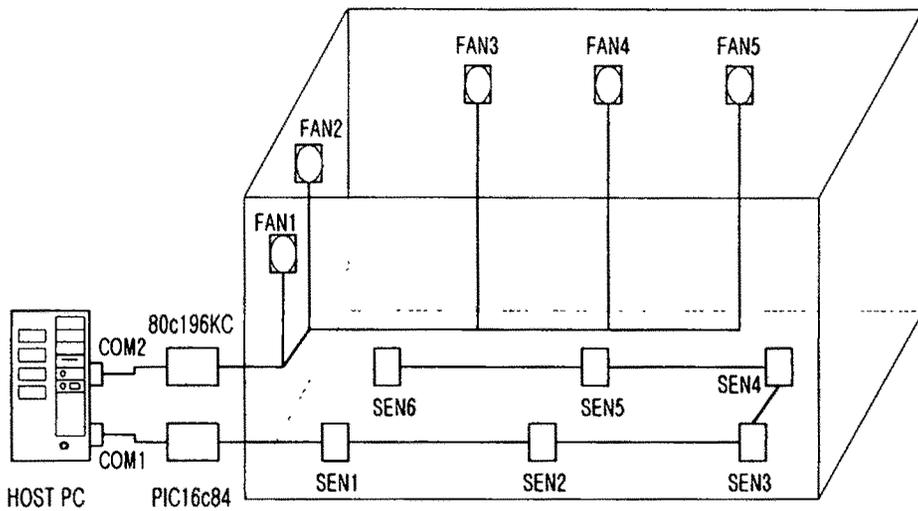


그림 4-13. 실험이 진행된 모의 계사의 블럭도

제 6 장 실제 계사에의 적용

제 1 절 계사환경 및 센서 설치 현황

실험 장소로 선정된 조공농장은 180평(12X50 M^2)규모의 계사를 3동 보유하고 있으며 각 동당 약 8,000수(평당 40수: 여름철 기준) 정도의 육계를 사육하고 있다. 앞서의 연구결과를 기초로 하여 실제의 계사에 적용 실험을 수행하였으며 실험이 진행된 실제 계사는 그림 5-1과 같다.



그림 5-1. 실험이 진행된 계사 내부 전경

또한 계사내부 사육환경의 측정을 위한 센서의 실제 설치는 그림 5-2와 같다.



그림 5-2. 계사내부에 설치된 온도센서

제 2 절 지능화 환기제어시스템의 개요 및 설치현황

본 연구의 진행중 고가의 유해가스 센서를 사용하여 유해가스를 제거하는 것보다 저렴한 습도 센서를 사용한 온·습도 제어에 의해 유해가스를 제거하는 것이 보다 경제적이다라는 결론을 얻었을 수 있었다. 따라서 기 설계된 지능화 환기제어시스템을 보완한 지능화된 계사 환기제어시스템은 다음의 사항들을 고려하여 재 설계되었다.

(1) 계사내 사육환경의 측정 및 환기팬의 조절이 하나의 호스트 컴퓨터를 통하여 이루어 진다.

(2) 호스트 컴퓨터는 센서 시스템으로부터 얻어지는 측정 데이터(온도 및 습도) 및 환기팬용 인버터의 상태를 표시할 수 있어야 한다.

-> 기존에는 온도센서시스템으로부터 현재의 온도만을 입력받았으나 up-grade된 시스템에서는 습도 센서데이터도 동시에 입력받음.

(3) 상기 2항의 데이터 및 상태는 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 GUI(Graphic User Interface)화 되어야 한다.

(4) 효율적인 계사의 관리를 위하여 측정된 센서 데이터 및 인버터 운전 데이터는 2차 저장장치(Diskette)에 수납 가능하여야 한다.

-> 2차 저장장치에 수납된 사육데이터는 Excel등과 같은 스프레드쉬트를 사용하여 그래프 표현이 가능함.

(5) 환기제어상태의 실시간 모니터링 및 이의 프린터 출력이 가능해야 한다.

기 설계된 구동화면 및 상기의 사항을 고려하여 재 설계된 지능화된 계사환기제어시스템의 구동 화면은 각각 그림 5-3, 5-4와 같다. 그림에서 환기팬용 인버터와 호스트컴퓨터간은 RS485 그리고 센서시스템과 호스트컴퓨터간은 RS232통신

신을 이용하여 데이터를 입출력한다. 호스트컴퓨터에서 구동되는 상기의 지능화환 환기제어시스템은 Visual Basic을 사용하여 프로그램되었다. 실험을 해 계사내에 설치된 환기제어시스템의 전경은 그림 5-5와 같다.

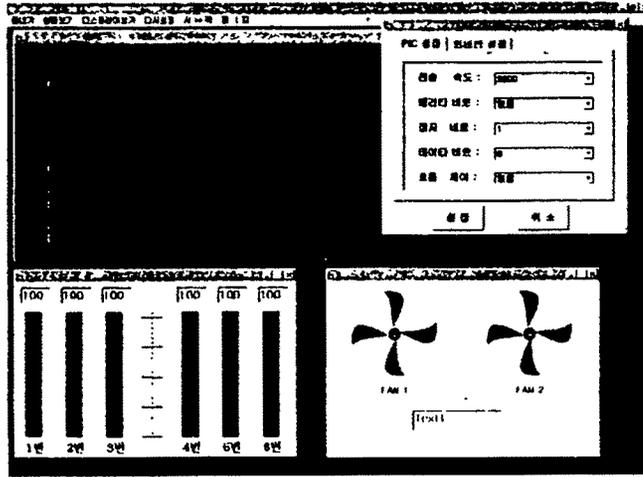


그림 5-3. 기 설계된 지능화 환기제어시스템의 초기화면

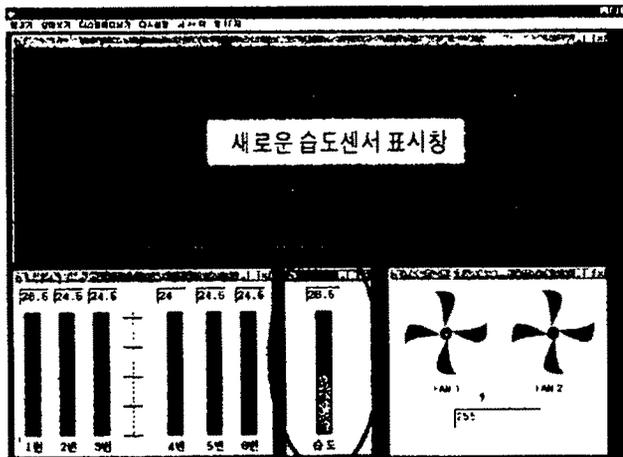


그림 5-4. 습도센서 표시창을 보강한 환기제어시스템의 초기화면

그림 5-6은 재 설계된 환기 제어알고리즘(습도센서 데이터를 통한 리미터 제어기법의 도입: 설정된 습도(75%))의 온도 응답특성을 나타낸 것으로 약 10시간 동안의 운전 데이터를 Excel로 그래프 처리한 결과이다.

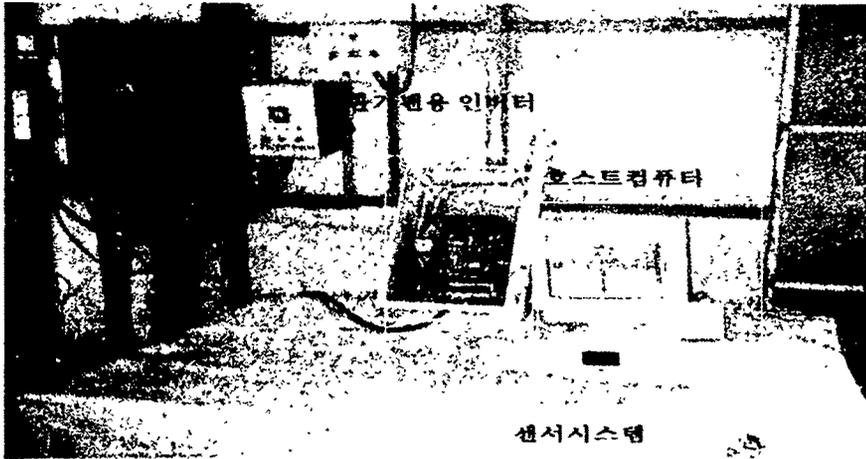


그림 5-5. 계사내에 설치된 지능화된 환기제어시스템의 실제구성도

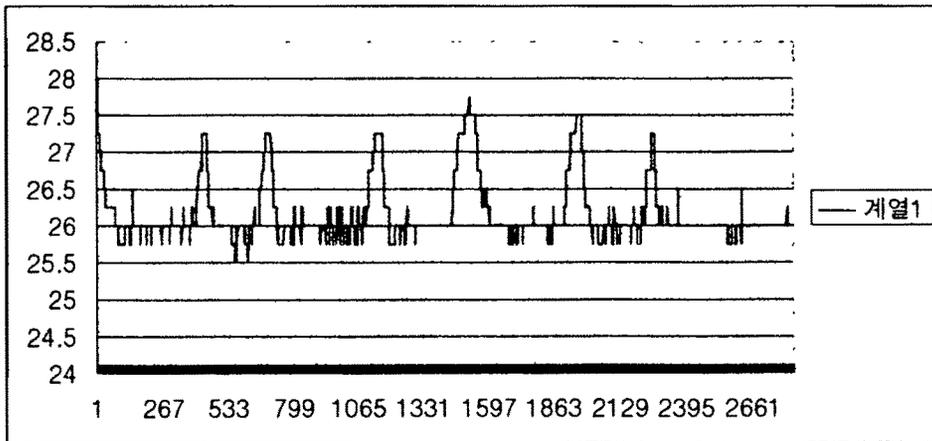


그림 5-6. 설계된 환기 제어알고리즘의 응답특성

제 3 절 실험 및 데이터 분석

제안된 지능화 환기제어시스템의 실제 계사예의 적용가능성을 검토하기 위하여 조공농장의 한 개의 계사를 선정하여 두 차례의 환기제어실험을 수행하였다. 실험이 진행된 기간은 하절기로 이때의 평균 사육기간은 약 35-37 일 정도이다. 표 5-1 및 2는 기존의 단속제어와 본 연구에서 제안된 지능형 환기제어시스템을 사용하였을 경우의 출하시 육계의 하중을 나타낸 것으로 기존의 제어기법에 비해 사육될 경우보다 2.6%의 하중 증가 및 폐사율이 0.4~0.5% 감소됨을 알 수 있다.

표 5-1. 환기제어 시스템의 성능 비교 입추수수: 8,000 입추일: 1998.7.6.
출하일: 1998.8.8.

	기존의 단속환기제어시스템	지능형 환기제어시스템
공급 사료량	169,771 Kg	162,509 Kg
출하시 중량	1.53 Kg/마리	1.57 Kg/마리
폐사율	10% (798/8,000)	9.5% (760/8,000)

표 5-2. 환기제어 시스템의 성능 비교 입추수수: 7,900 입추일: 1998.8.16.
출하일: 1998.9.19.

	기존의 단속환기제어시스템	지능형 환기제어시스템
공급 사료량	179,158 Kg	179,192 Kg
출하시 중량	1.55 Kg	1.57 Kg
폐사율	9.6% (758/7,900)	9.2% (727/7,900)

제 7 장 연구개발 결과

제 1 절 1차 년도의 연구개발 결과

국내외에서 시판되고 있는 외국산 환기제어시스템(Multifan Controller AEW-D, Holland)을 분석 검토한 결과, 수입 환기 시스템의 국산화차원을 넘어 국제 경쟁력있는 환기시스템을 개발하기 위해서 본 연구에서는 다음의 두가지 관점에서 기존의 환기제어시스템을 개선해야할 필요가 있음을 알았다. 첫째는 계사의 쾌적한 환경 유지측면에서의 개선이고, 둘째는 전력에너지의 효율적인 사용의 측면에서의 개선이다. 그러므로 본 연구에서는 첫째, 기존의 단속제어형 환기제어시스템에서 발생하는 계사 내부의 급격한 온도 변화를 줄여 닭의 스트레스를 감소시킬 수 있는 연속제어형 환기제어시스템을 제안하였고, 둘째 기존의 위상각 제어 방식에서 발생하는 역올과 고조파를 저감하기위하여 UPWM(uniform pulse width modulation)제어 방식에 의한 AC Voltage Controller를 개발하였다. 본 연구에서 얻은 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- UPWM제어에 의한 AC Voltage Controller 개발
 - AC voltage regulator 제작
 - 온도 sensor 부 제작
 - 제어부 설계 완료(온도의 변화에 따른 연속 가변제어 방법 채택)

- 기존의 외국산 환기 시스템과 본 연구의 시작품의 출력 전압 및 전류의 실측 비교 결과 (같은 조건 : 출력전압 86V일 때)
 - 출력전압의 경우 : THD 58.3% 개선
 - 출력전류의 경우 : THD 43.4% 개선
 - 특히 팬 구동용 유도전동기의 맥동토크 발생의 주원인인 제 3고조파가 외국산의 경우 전압 44.8%, 전류 71.8% 인데 반하여 본 연구의 시작품

은 전압, 전류 모두 0으로 우수한 특성을 보임

이상의 결과를 종합한 결과 본 연구에서 개발한 PWM 제어형 멀티 섹션 환기제어시스템은 당초 연구 목표인 외국산 제품의 국산화 차원을 넘어 계사의 쾌적한 환경유지 및 전력에너지 효율적 사용의 측면에서 기능을 개선, 외국산을 대체할 국제경쟁력이 있는 시스템으로 사료 된다.

제 2 절 2차 년도의 연구개발 결과

본 연구에서는 첫째, 단순히 환기에 의해 온도를 제어하는 기존 방식의 비효율성을 극복하기 위해 고성능 온도계측기술을 도입하여 고효율의 환기 제어를 위한 통합센서시스템을 설계하고자 하며, 둘째, 1차년도에 개발된 전압 제어형 환기 제어시스템의 문제점을 보완하기 위하여 주파수제어형 환기 제어시스템을 개발하였고, 실험을 통하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 계사내의 효율적인 환기제어를 위해서는 고성능 온도센서의 설치가 요망되며 이를 위해 새로운 형태의 온도센서 시스템을 설계 제작하여 모의 계사 시스템에 적용하여 유용성을 입증하였다.

2. 2 step 인버터의 경우 UPWM 기법이 SPWM 기법보다 기본파 이용율 면에서는 약간 우수하지만 전동기의 맥동토크의 주 원인인 3, 5, 7차 등의 저차 고조파가 제거 되지 않음을 알 수 있다.

따라서 위의 결과로부터 맥동 토크의 발생의 주원인인 제 3고조파를 거의 제거할 수 있는 SPWM기법을 적용한 인버터를 계사 환기제어시스템의 메인 구동원으로 결정하였다.

3. 실험결과로부터 SPWM 기법을 이용한 VVVF 속도제어기법이 계사용 환기제어시스템에 가장 적합한 제어기법임을 확인할 수 있었다.

제 3 절 3차 년도의 연구개발 결과

본 3차년도는 앞서 2년간의 연구를 종합하여 "지능화된 차세대 계사용 환기 제어시스템의 개발"에 최종의 연구목적을 두었다. 효율적인 연구의 진행을 위하여

- 1) 개발 완료된 환기용 팬 인버터시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합
 - 2) 개발된 온도 및 습도 센서 시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합
 - 3) 퍼지제어기법에 근거한 지능화 제어알고리즘 개발
 - 4) 개발완료된 지능화 환기제어시스템의 실 계사에의 적용 및 성능고찰
- 의 네 부분으로 나누어 진행하였다.

● 인버터 시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합

- RS485 통신기법을 채택한 인버터 시스템의 개발

장점: 계사와 관리농가간의 거리 문제를 해결할 수 있음.

- RS485 통신은 제작된 인버터와 Multi-drop방식의 접속이 가능하기 때문에 커다란 하드웨어의 변경 없이도 다수의 환기용 팬을 효율적으로 제어할 수 있음.
- VVVF 기법을 채택한 PWM인버터의 사용으로 환기용 팬의 전력소비 및 가변

속 특성을 향상 시킬 수 있음.

- 온도 및 습도 센서 시스템의 지능화 환기 제어시스템에의 통합

- DS1820 온도센서의 도입에 의해 내노이즈성을 강화시킬 수 있음.
- 다수의 온도센서를 하나의 마이크로프로세서(PIC16c84 또는 73)로 간편한 통합 관리를 실현함.
- 4-20mA current loop를 출력으로 갖는 저가의 습도센서 (Delta OHM사의 HD8607)를 사용함으로써 센서시스템과 측정점간의 거리문제를 해결함.

- 퍼지제어기법에 근거한 지능화 제어알고리즘 개발

- 기존의 PI 제어기보다 향상된 수렴특성을 갖는 퍼지제어기의 유용성을 학인함.

장점: 온도변화를 신속히 제거할 수 있기 때문에 닭에게 주는 스트레스를 최소화할 수 있음.

- 지능화 환기제어시스템의 실 계사에의 적용

- 효율적인 환기제어를 위해서는 사육되는 닭이 느끼는 실제 체감온도를 정확히 측정할 수 있어야 하며 이를 위해서는 지상 약 40cm 정도의 높이에 온도 및 습도센서를 설치하는 것이 효율적임을 확인할 수 있었다.
- 본 연구에서 제안된 지능형 환기제어시스템을 조공농장의 계사에 적용하였을 경우의 출하시 2.6%의 체중 증가 및 0.4 0.5%의 폐사율 감소 효과를 얻을 수 있었다.

제 4 절 연구결과 활용에 대한 건의

가. 연구수행에 따른 문제점 및 대책

2차 년도 연구의 수행과정 중 보다 효율적인 환기 제어시스템의 설계를 위해서는 계사내부의 온도 및 유해가스 등의 측정은 제어용 시스템과는 별도로 구성하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있었다. 이는 환기 제어에 필요한 데이터(온도, 습도)는 별도의 마이크로프로세서(본 연구에서는 PIC16c84를 채택하였음.)를 사용하여 취득하고 이들을 RS232전송선을 이용하여 실제 환기 제어를 담당하고 있는 호스트 컴퓨터(본 연구에서는 80C196Kc를 채택하였음.)에 전송하는 것이 최적의 제어 시스템 구조임(Distributed Control System: DCS)을 의미한다. 이러한 사실은 당해 연도에서 고찰한 간단한 제어알고리즘(PI제어)을 수행하는 데도 16Mhz의 80C196Kc이 속도를 감당하지 못한다는 것에 기인한다. 따라서 3차 년도 과제인 지능화된 계사제어 알고리즘은 PI제어기법보다 더욱 복잡하며 이의 실시간 수행을 위해서는 상당한 속도의 마이크로프로세서가 요구되며 이는 바로 환기 제어시스템의 가격상승을 유발하게 된다. 따라서 최종의 연구개발 목표를 성공적으로 수행하기 위해서는 현재 첨단 산업분야에서 활발히 도입되고 있는 DCS(Distributed Control System)의 개념이(센서 시스템과 제어시스템의 분리 및 전송선로 또는 네트워크를 통한 데이터 전송) 본 연구에서도 도입되어야만 할 것으로 사료된다.

나. 연구성과

학술발표 등을 통해 얻어진 성과는 다음과 같다.

- 1) 96년 11월 초에 한국 조명.전기 설비학회 학술대회에 "계사용 환기제어 시스템 개발"라는 제목으로 발표함.
- 2) 2차 년도의 중간결과를 이용하여 "계사 환기제어시스템용 전력변환기에 관

한 연구"라는 제목으로 대학원 석사 졸업논문을 제출하였음.

- 3) 본 연구의 결과를 이 지역 축산 자동화기기 생산 업체인 (주) 건지에 기술이전을 진행 중에 있고, 이를 98년 10월 COEX에서 개최된 중소기업기술박람회 "차세대 계사용 환기제어시스템"을 출품하였음. (사진 6.1 참조)
- 4) 3차 년도의 중간결과를 이용하여 "지능화된 계사 환기제어시스템의 설계"란 제목으로 추계전기학회 학술 발표대회에 발표할 예정임.
- 5) 본 연구에서 얻어진 DS1820에 의한 온도 센서시스템은 성능이 여타의 제품에 비해 탁월함으로 이를 특허출원할 예정이다.

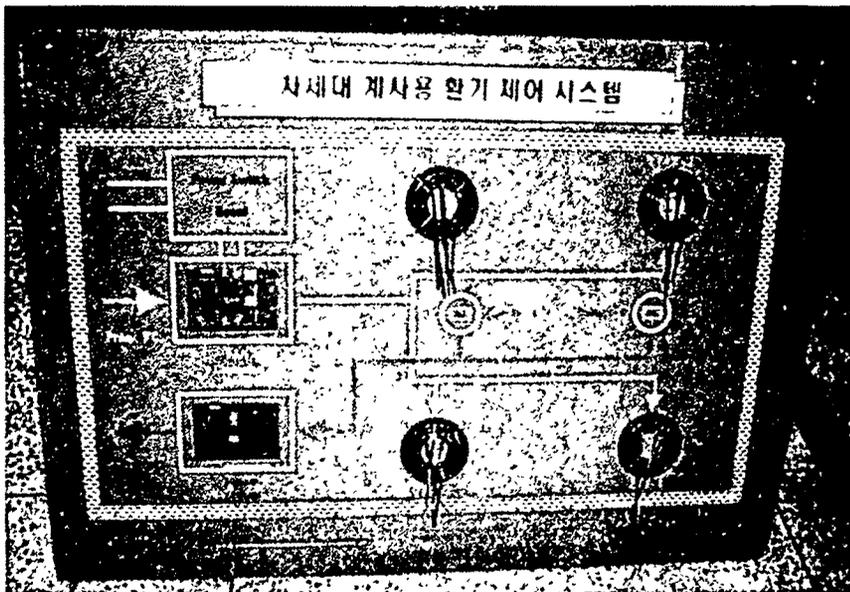
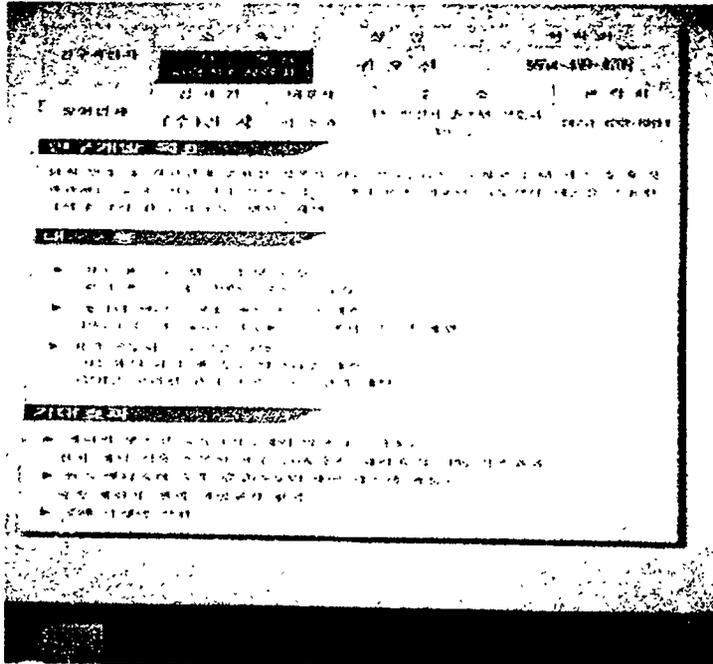


그림 6-1. COEX에서 개최된 중소기업기술박람회 ('98.10.12-'98.10.16)에 출품된 "차세대 계사용 환기제어시스템"의 사진



전시용 패널

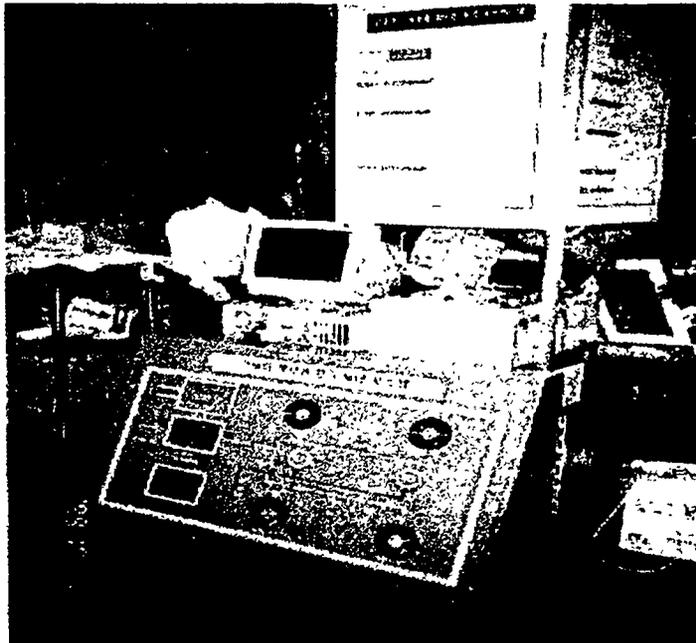


그림 6-2. “차세대 계사용 환기 제어시스템”의 전시 상황