

HMI 기반 전기제어반 고장진단 및 자동검사 시스템 개발

이영진*, 조현철**, 이진우**, 이권순**

*한국폴리텍 항공대학 항공전기과, **동아대학교 전기공학과

Fault Diagnosis and Auto Inspection System of Electric Control Panel based on Human Machine Interface

Y. J. Lee*, H. C. Cheo**, J. W. Lee**, K. S. Lee**, and T. G. Kim***

*Korea Aviation Polytechnic College,

**Department of Electrical Engineering Dong-A University

Abstract - 공장 내에서 부적절한 배선 및 설치 등에 의하여 검사과정을 수행할 경우 noise나 오결선을 유발시키며, 이는 측정해야할 신호가 부적절한 동작을 발생시키거나 검사가 되어 출하 후에 하지 않아도 될 A/S 지원을 해야 하는 등의 추가 경비가 소요되는 문제까지도 야기시킬 수 있다. 이때, 사용자측에서 발생될 불만에 따른 회사 및 제품의 신뢰도 저하는 더 큰 문제가 아닐 수 없다. 본 개발에서는 GUI(Graphic User Interface) 환경과 통신기술을 접목하여 다양한 제품의 검사를 위한 시스템을 개발하고자 한다.

을 가지고 생산되는 제어반의 검사과정을 보다 효율적이며 최적하게 운영하고자 한다. 뿐만 아니라 원가절감 등을 통하여 최근 열악한 중소기업의 경영난을 극복하는데도 일조를 할 것으로 기대된다. 더욱이 새로운 개념의 검사시스템은 검사방식의 개선으로 작업효율도 향상시키고 검사과정의 신뢰성을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 검사과정에서 필요한 각종 data를 DB로 저장할 수 있도록 하여 제품의 신뢰도 확보와 제품의 품질향상도 함께 도모할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서 론

산업사회의 발달로 수요자의 요구가 점차 다양해지면서 대부분의 중소기업에서는 다품종 소량생산 체제로 변해갈 수밖에 없는 실정이다. 특히, 주문자 기반으로 생산되는 각종 전기·전자 배전반 및 제어반(control panel)은 다품종으로 그 기능이 다양하고 구조나 모양이 서로 다르며, 제작된 제품은 동작신호의 유무, 검출(sensing)기능, 알람(alarm)기능 등 기본적인 성능검사과정을 거쳐야만 완전한 제품으로 출하될 수가 있다. 하지만, 이러한 검사과정은 대부분 별도의 검사장치가 요구되고 있으며, 중소기업의 경우 수없이 다양한 제품의 많은 기능을 검사할 만큼 장비를 구비하기 어려울 뿐만 아니라 다품종에 대한 모든 시험 장치를 마련하기만 경제적 측면에서도 큰 어려움이 아닐 수 없다. 때문에 실제 제조업체에서는 시험(test)을 위하여 별도의 시험 모듈(test module)을 구비하기 보다는 필요에 의해 간이로 제작한 검사 장치를 이용하여 검사를 가름하고 있는 실정이다. 이러한 실정에서는 물론 제품에 대한 신뢰도는 저하될 수밖에 없는 현실이다.

그러나, 공장 내에서 부적절한 배선 및 설치 등에 의하여 검사과정을 수행할 경우 noise나 오결선을 유발시키며, 이는 측정해야할 신호가 부적절한 동작을 발생시키거나 검사가 되어 출하 후에 하지 않아도 될 A/S 지원을 해야 하는 등의 추가 경비가 소요되는 문제까지도 야기시킬 수 있다. 이때, 사용자측에서 발생될 불만에 따른 회사 및 제품의 신뢰도 저하는 더 큰 문제가 아닐 수 없다. 더욱이 최근에는 제품의 출하시 뿐만 아니라 전력 및 계약단계에서도 시험성적서 등을 요구하고 있는 사용자가 대부분이어서 검사과정에 대한 데이터베이스를 제시하지 않으면 계약자체가 성사되기도 어려운 실정이다.

따라서, 본 개발에서는 GUI(Graphic User Interface) 환경과 통신기술을 기반으로하여 다양한 제품의 고장진단과 검사를 자동으로 구현할 수 있는 시스템을 개발하는 것으로서 본 연구를 통하여 다양한 기능

2. 시스템 개요

2.1 HMI 기반 고장진단 및 검사시스템의 개요

최근 생산 현장을 비롯한 각종 자동화 시스템에도 HMI(Human Machine Interface) 또는 MMI(Man Machine Interface)를 이용한 원격제어, 자동 감시시스템 등을 비롯한 각종 모니터링 시스템이 활용되고 있다. 특히, 최근에 HMI는 고성능 컴퓨터를 이용한 원격 모니터링에 이용되고 있으며, 컴퓨터가 가지고 있는 GUI 환경을 심본 활용함으로써 보다 효과적이고 실시간으로 모니터링 및 고장진단이 가능해지고 있다. 뿐만 아니라 과거와 같이 별도의 인터페이스 보드를 이용해야만 컴퓨터로 외부장치의 데이터를 계측할 수 있었던 때와는 달리 지금은 간단히 노트북이나 개인용 PC의 표준 통신장치(RS232c, 프린터 포트, USB)만으로도 충분히 인터페이스 시스템을 구축할 수 있다는 면에서 다양한 공학 분야에서 응용되고 있다. 본 연구에서 HMI를 이용하여 해당기업에서 생산되는 전기제어반 설비의 고장진단 및 자동검사 시스템 개발에 적용하였다. 본 시스템을 개발함에 있어 먼저 검사에 필요한 환경 분석을 통하여 전체 시스템을 설계하고 해당 H/W를 제작하여 자동검사 소프트웨어 프로그램을 개발하여 전체 시스템을 구성하였다.

2.2 시스템개발 환경

본 시스템은 다양하게 생산되는 배전반의 자동검사를 위한 것이므로 생산되는 배전반의 종류와 검사해야할 항목에 대한 조사가 선행되어야 한다. 먼저, 배전반 생산기업에서 생산되는 배전반의 종류는 수십 여종이 되지만 품질관리가 요구되는 핵심 생산품목에 대하여 1단계로 적용한 후 점차적으로 전 생산품목에 적용할 계획이다. 대상기업은 현재 생산되는 배전반은 주로 선박이나 철도 차량, 항만 등지에서 사용되는 엔진 제어반이 주종을 이루는데 이들은 주로 엔진 옆이나 원격에서 엔진의 운전정지를 비롯하여 엔진의 상태 등을 모니터링한다. 이상과 같은 배전반의 기능들을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 배전반의 주요기능

배전반의 주요기능	항 목	비 고
스위치 조작	- 시동 s/w - 비상정지 s/w - 각종 기구물동작 s/w(pump, heater)	ON/OFF
상태 모니터링 표시	- COMMON SHUTDOWN - ENGINE RUNNING SIGNAL - ALARM BLOCKING SIGNAL - SOURCE FAIL SIGNAL - OVERSPEED SIGNAL - LOW PRESS SHUTDOWN SIGNAL - START FAIL, CONTROL FAIL - POWER FAIL SIGNAL - CIRCUIT TRIP FAIL SIGNAL - TACHO FAIL SIGNAL - REMOTE START & STOP SIGNAL	LAMP INDICATING, 부저
Sensing Data의 표시	- 전압, 전류, 역률, 온도, 속도, etc	0-10V, 0-20mA, etc.

표 1에서 보는 바와 같이 배전반에서 사용되는 기능은 크게 스위치 조작과 상태 모니터링과 SENSING DATA의 표시로 구분할 수 있으며, 이들 각각은 제품 생산 후 검사단계에서 전수검사를 거쳐 검사하고 있다. 그러나, 실제로 제어대상을 연결하여 배전반을 검사할 수 있는 환경을 구비하기 어려우므로 모의 테스트 모듈을 이용하여 각 기능을 검사하고 있다. 그림 1은 종래의 테스트 모듈과 검사대상 배전반이다.

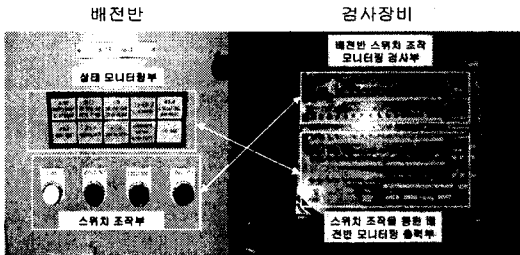


그림 1. 종래의 검사과정

그림 1에서 보는 바와 같이 배전반의 "상태 모니터링부"에 대한 검사는 검사장비의 스위치 조작으로 모니터링 여부를 검사할 수 있으며, 배전반의 스위치 조작 상태는 검사 장비의 "배전반 스위치 조작 모니터링 검사부"에서 검사를 수행할 수 있다. 즉, 검사자는 검사장비에서 배전반에 스위치조작으로 육안검사를 통하여 상태를 검사하거나 배전반 스위치 조작 검사를 검사장비의 램프의 동작유무로써 검사하게 된다. 그러나, 이러한 검사과정은 모든작업이 수작업으로 이루어지고 검사장비의 결선유무에 따라서 예기치 않은 검사오류가 발생할 수 있으며, 검사결과에 대한 내용을 수기로 작성하여 별도 관리함으로써 작업효율과 신뢰도가 떨어질 수밖에 없다. 또한, 온도와 같은 아날로그 신호는 별도로 측정하여 사람이 수작업으로 온도변화를 보고 검사를 수행하고 있는 실정이다.

2. 시스템 설계

2.1 시스템 설계

각 배전반에서 사용되는 전원은 대부분 DC 24V 전원을 사용하고 있으며, 일부는 AC 220V 상용전원을 사용하고 있다. 즉, 배전반의 상태 모니터링과 배전반의 스위치 조작에 대한 검사를 위해서는 모두 DC 24V 또는 AC 220V의 ON/OFF 신호가 필요하게 된다. 예를

들면, PLC에서의 디지털 입출력(DIGITAL IN/OUT) 신호가 필요하게 된다. 따라서, 시스템 개발환경을 조사한 결과 검사대상 배전반과 검사에 필요한 신호의 종류와 설계사양을 정리하면 표 2와 같이 나타낼 수 있다.

표 2. 검사대상 배전반의 종류와 설계사양

구 분	항 목		신호의 수량	신호레벨
	검사신호 형태			
AUX1 BLOWER STARTER PANEL	DI	2점*4면=8점	24V	
	DO	7점*4면=28점	24V	
	AI	1점*4면=4점	4-20mA	
AUX2 BLOWER STARTER PANEL	DI	3점*2면=6점	24V	
	DO	8점*2면=16점	24V	
	AI	1점*2면=2점	4-20mA	
AUX3 BLOWER STARTER PANEL	DI	7점*2면=14점	24V	
	DO	6점*2면=12점	24V	
	AI	1점*2면=2점	4-20mA	
POWER PACKAGE CONTROL PANEL	DI	12점*1면=12점	24V	
	DO	14점*1면=14점	24V	
	AI	1점*4면=4점	0-10V	
F.O SUPPLY PUMP CONTROL PANEL	DI	12점*1면=12점	24V	
	DO	6점*2면=12점	24V	
	AI	1점*2면=2점	0-10V	
RAIL GENERATOR CONTROL PANEL	DI	4점*2면=8점	24V	
	DO	3점*2면=6점	24V	
	AI	2점*2면=4점	4-20mA	

여기서, DI, DO, AI 는 다음과 같다.

DI = DIGITAL INPUT(디지털입력),

DO = DIGITAL OUTPUT(디지털 출력)

AI = ANALOG INPUT(아날로그 입력)

표 2에서 보는 바와 같이 검사 대상 배전반을 조사한 결과 배전반의 종류는 총 6가지로 하였다. 해당 배전반별 필요한 입력과 출력의 수량을 파악한 결과 최대 디지털 입력은 24점과 디지털 출력은 32점을 넘지 않았으며, 아날로그 입력은 최대 4점으로 한정되었다. 또한, 필요한 입출력 신호의 형태는 DC24V, 0-10mV, 4-20mA로 조사되었다.

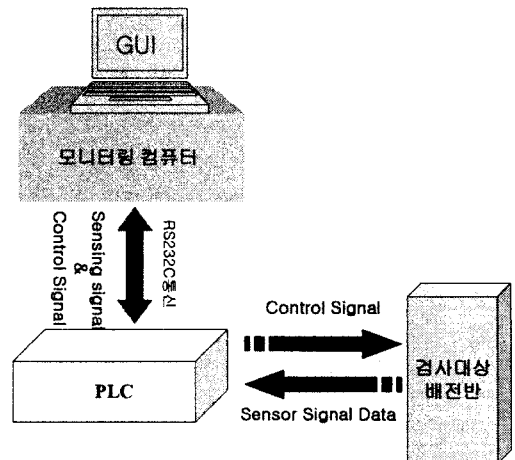


그림 2. 설계된 시스템 구성도

본 개발에서는 컴퓨터를 통하여 배전반의 입출력 신호를 검사 측정하여 DB(database)도 함께 구축하는 전사적 시스템을 구축하고자 하므로 이들 신호의 입출력을 컴퓨터에서 가능할 수 있어야한다. 그러나, 컴퓨터 표준 입출력 장치로는 이와 같이 많은 양의 디지털입출력을 다

를 수 있는 것이 제공되지 않을 뿐더러 컴퓨터의 표준입출력장치는 DC5V LEVEL로 이루어진다. 따라서, 본 과제에서는 가장 손쉽고 안정성을 보장할 수 있는 방법으로 PLC를 이용하였다. 즉, PLC의 디지털 입출력장치와 아날로그 입출력 장치를 이용함으로써 간단히 배전반의 입출력검사와 아날로그 신호 측정이 가능해지며, 컴퓨터는 PLC에서 측정된 데이터로 통신장치를 통하여 모니터링을 하도록 구성하면 된다. 이상과 같이 설계된 시스템의 구성도는 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

2.2 시스템 구성

본 과제에서 개발한 HMI를 이용한 배전반 자동 검사시스템의 구성은 앞장에서 설계된 그림 2를 기반으로 제작하였으며, 크게 모니터링부, PLC부로 구성하였다.

2.2.1 모니터링부

모니터링은 기본적으로 PLC와 RS232C 통신을 통하여 배전반 검사에 필요한 신호를 발생시키거나 배전반으로부터 발생한 데이터를 계측하여 이를 디스플레이해주고 검사결과를 바로 출력할 수 있는 프린터를 탑재하였다.

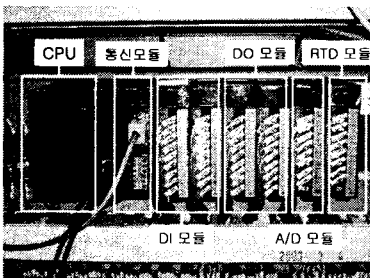
2.2.2 PLC부

PLC부는 배전반 및 컴퓨터와 연결되어 상호 데이터를 인터페이스해주는 장치로 사용되었으며, 크게 디지털 입력장치, 디지털출력장치 및 아날로그입출력장치와 통신장치로 구성된다. 본 과제에서 적용한 PLC는 KDTSYSTEM에서 생산되는 CIMON PLC를 적용하였으며, 표 3은 적용된 시스템 사양을 나타낸다.

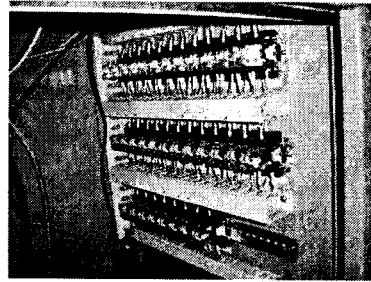
표 3. PLC H/W 사양

구성	사양
CPU 모듈	CM1-CP4A
디지털 입력 모듈	16점 모듈* 2EA(DC24V 또는 AC 220V 입력가능)
디지털 출력 모듈	16점 모듈* 2EA, 릴레이출력
A/D변환 모듈	4ch(4-20mA, 0-10V, 5-10V 선택적 입력가능)
온도센싱모듈	4ch(RTD 온도센싱전용)
D/A변환 모듈	4ch(10-10V)

출력은 PLC의 공통 COMMON문제를 해결하기 위하여 각 접점마다 별도의 릴레이를 설치하였다. 그림 5는 실제 설치된 PLC 시스템 사진이다.



(a) PLC 본체부



(b) 보조 릴레이부
그림 5. PLC 및 보조 RELAY부

그림 4의 PLC와 RELAY 및 단자대 간의 결선도는 그림 5와 같다.

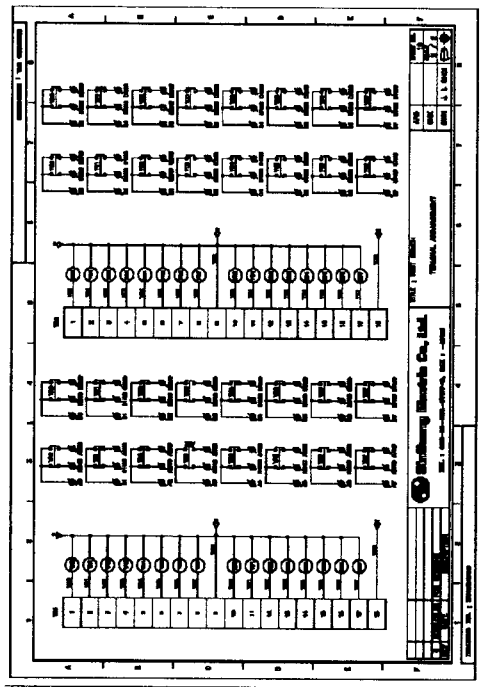
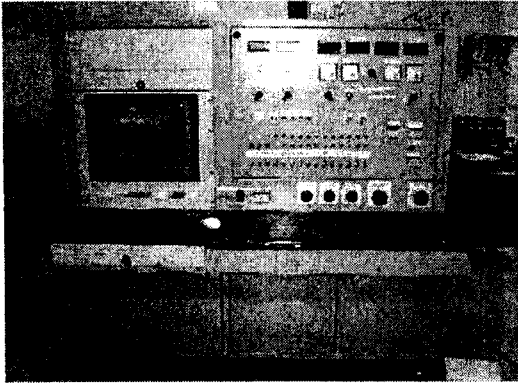


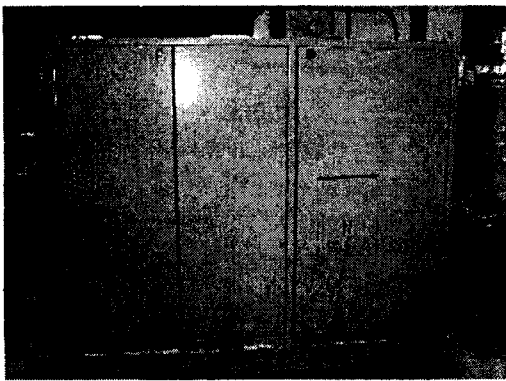
그림 5. 단자도면

2.2.3 시스템 제작

전체 시스템은 검사자가 작업이 용이하도록 이동식으로 제작하였으며, 컴퓨터 작업이 용이하도록 키보드와 마우스 서랍을 부착하였다. 특히, 분진 등의 열악한 작업환경에서 사용되며 내부의 컴퓨터 및 모니터에서 발생하는 열을 냉각시키기 위한 냉각팬도 장착하였다. 또한, 향후 개발될 배터리 검사를 위하여 배터리 수동검사시스템도 동시에 탑재할 수 있도록 설계 제작하였다. 전원은 입력을 3상 380V로 하고 AC에서 DC까지 검사를 위하여 다양한 전원을 공급할 수 있도록 설계 제작하였다. 외부와의 결선을 보다 용이하게 하도록 그림 8(b)와 같이 후면부에 amp 코넥터를 설치하여 외부 장비와의 연결성을 향상시켰다. 아래 그림 6은 제작된 시스템 사진이다.



(a) 전면부 사진



(b) 후면부 사진

그림 6. 시스템 완성 사진

2.3 구동 소프트웨어 개발

앞 절에서 제작된 검사 시스템을 이용하여 배전반을 자동 검사하고 검사결과에 대한 보고서를 실시간으로 출력할 수 있도록 하기 위한 프로그램이 개발되어야 한다. 먼저, 배전반 자동 검사시스템이 가져야하는 기능을 살펴보면,

- PLC를 통하여 디지털 입출력 기능
- PLC를 통한 아날로그 입출력 기능
- PLC와의 통신기능
- 검사 성적서 실시간 출력기능

등이 있다. 이들 기능은 컴퓨터에 프로그램이 탑재되어 PLC와 통신을 실시간으로 수행하면서 데이터의 취득과 출력이 가능하게 된다. 또한, PLC측에는 배전반측과 연결된 각종 디지털 입출력 및 아날로그 입출력 단자의 기능을 수행하고 해당 단자의 데이터 내용을 컴퓨터측에 송수신하기 위한 프로그램도 탑재되어야 할 것이다. 따라서, 본절에서는 개발된 프로그램 소프트웨어를 PLC에서 필요한 프로그램과 컴퓨터 모니터링에 필요한 프로그램으로 나누어 기술하고자 한다.

2.3.1 PLC 프로그램 개발

전압의 레벨이나 신호의 형태가 컴퓨터 표준입출력장치로 배전반 검사를 위한 데이터를 직접 계측 및 발생된 신호의 출력이 어려우므로 PLC를 이용하여 인터페이스를 수행하도록 제작하였다. 먼저, 배전반의 스위치 조작에 대한 검사를 위하여 컴퓨터측으로 입력되는 신호 PLC측 디지털 입력(DI)모듈로 입력된다. PLC의 입력 모듈은 외부에서 별도의 전원(예: DC 24V)이 인가된 접점신호가 입력되어야 DI 모듈이 액티브된다. 그림 7은 PLC DI 모듈의 입력회로 구조를 나타낸다.

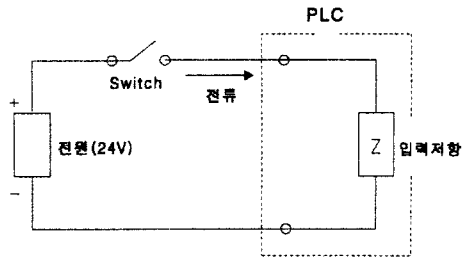


그림 7. PLC DI 모듈의 입력회로구조

그림 7과 같은 회로를 기반으로 제작된 시스템에서 입력된 신호는 DI 모듈의 해당 메모리를 액티브화 하므로 컴퓨터에서는 이를 직접 읽을 수 있는 구조로 되어있다. 반면, 본 과제에서 적용한 PLC의 출력 모듈은 DO 모듈에 있는 릴레이를 구동시켜 DO 모듈의 접점을 액티브화하는 구조이다. 그림 8은 PLC의 DO 모듈의 출력회로 구조이다.

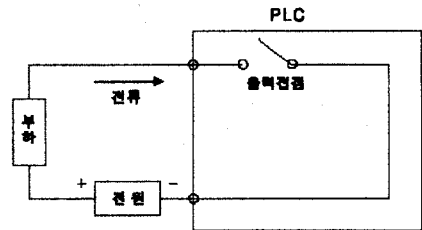
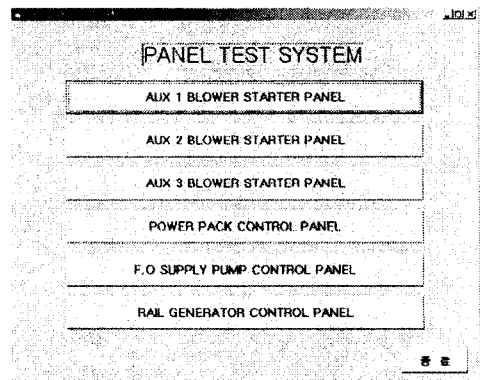


그림 8. PLC DO 모듈의 출력회로 구조

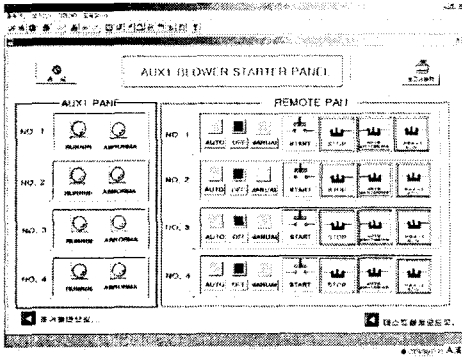
따라서, PLC로 입력되는 데이터의 경우는 직접 컴퓨터로 입력하면 되므로 PLC 내부에서 별도 메모리 버퍼 과정이 필요하지 않으며, 출력의 경우는 그림 8에서 보는 바와 같이 외부에서 직접 액세스할 수 없으므로 PLC내부에 있는 메모리를 버퍼로 이용하여 외부에서는 PLC 내부메모리를 액세스하여 간접 출력할 수 있도록 프로그램 하였다.

2.3.2 모니터링 프로그램 개발

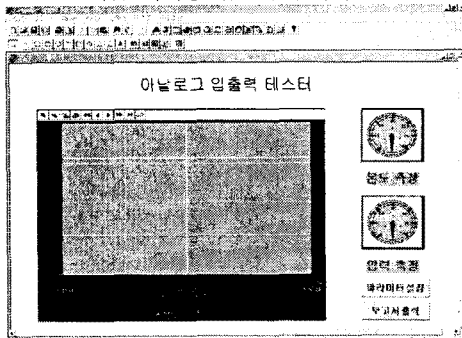
모니터링 프로그램은 비주얼 베이직을 기반으로 CIMON HMI 소프트웨어를 이용하여 개발하였다. 개발된 프로그램의 구성은 검사대상 판넬을 선정하는 폼과 디지털 입출력 검사 및 아날로그 입출력 폼으로 구성하였다. 그림 9는 개발된 모니터링 프로그램 화면이다.



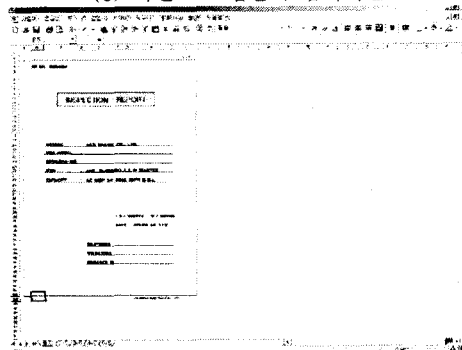
(a) 초기화면(검사대상 판넬 선택화면)



(b) 디지털 입출력 검사화면



(c) 아날로그 입출력 검사화면



(d) 고장진단 및 보고서 출력화면

그림 9. 모니터링 및 고장진단 프로그램 실행화면

그림 9(a)에서 수행하고자 하는 대상 배전반을 클릭하면 그림 9(b)나 (c)와 같은 검사 화면이 나타나게 된다. 이때, 필요한 검사를 수행한 후 검사가 완료되면 화면의 "보고서 출력" 버튼을 클릭하면, 엑셀로 작성되어 있는 그림 9(d)와 같은 보고서 화면이 나타나게 되며, 검사과정에서 발생된 결과는 이미 실시간 값으로 기록되어 보고서를 출력할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

3. 결 론

본 개발을 통하여 해당업체에서 생산하는 각종 배전반을 원격으로 검사하여 고장진단 및 검사결과를 유지 관리할 수 있는 시스템을 개발 완료하였다. 그 결과, 종래의 물리적 스위치 판넬 검사 대비에 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있었으며, 검사와 보고서를 별도로 작성하였던 것을 하나의 시스템에서 이루어지도록 함으로써 제품의 품질관리와 신뢰성을 더욱 향상시킬 수 있었다. 특히, 작업에 소요되는 시간을 줄이고 작업자 수를 줄임으로서 전체적인 원가 절감을 하게 된 것도 중소기업으로서 큰 성과가 아닌가 한다. 뿐만 아니라 참여기업에서 생산된

제품을 납품받는 업체에서도 품질관리가 철저히 이루어지고 있다는 것이 알려지면서 참여기업에 대한 신뢰도가 한층 더 높일 수 있다는 측면에서 부가적인 영업이익도 상당량 창출되리라 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 선복근, 한광록, 임기욱, "PLC 모니터링을 위한 임베디드 HMI 시스템의 개발에 관한 연구", 대한전자공학회논문지, pp. 1-10, 제42권, 4호, 2005.
- [2] 김정렬의 1, 공장자동화를 위한 HMI 시스템 활용, 광문각, 2002.
- [3] 최숙영, 문승진, "오픈 소스 기반의 산업용 터치 패널형 HMI 소프트웨어 모듈 구현", 한국정보과학회 가을 학술 발표논문집 (3), pp.418-420, 2004