

도시철도차량용 국내 표준모델의 주제어 S/W 개발(2)

Development of Control Software for KOREA Standard EMU

안태기*, 한성호**, 백종현***, 이수길****, 박현준*****
An, Tae-Ki Han, Seong-Ho Baek, Jong-Hyen Lee, Su-Gil Park, Hyun-Jun

ABSTRACT

This paper is intended to provide a method to design control software for the TCMS, train control and monitoring system. The TCMS with this control software will be applied KOREA Standard EMU. The control software is designed by SCADE Case tool to concern safety and reliability. The function for the EMU is implemented in software easily programmed, using a functional block, graphic programming language. the control software has modular design and each module is tested with SCADE simulator. This time we focus a HVAC(heater, ventilation and air conditioner controller) control module, present a design method and a simulation method for that module.

1. 서론

도시철도차량에 설치되어 있는 냉난방장치는 도시철도 차량을 이용하는 승객에게 쾌적한 실내 환경을 제공하는데 필수적인 장치이다. 특히 여름철이나 겨울철에 냉난방장치가 제대로 동작하지 않을 경우 승객들이 도시철도차량을 이용하는데 많은 불편을 겪게 된다. 또한 지나치게 심한 난방이나, 냉방에 의해 승객들에게 불편을 주는 경우도 있다. 표준전동차에는 각 차량마다 실내 난방을 위한 350W, 700W의 두 종류의 난방기가 설치되어 있다. 또한 각 차량에는 실내 냉방을 위한 2대의 냉방기 유니트가 설치되어 있으며, 각각의 냉방기 유니트는 한 개의 송풍팬과 두 조의 압축기 및 CONDENSOR 팬이 있다. 이러한 냉난방장치의 적절한 제어를 통하여 승객에게 가장 알맞은 실내온도를 제공해주는 기능을 하기 위하여 본 논문에서는 냉난방장치와 관련된 기능에 대해서 기술하고, 기술된 내용을 바탕으로 실제적인 구현에 대한 사례를 보여주고자 한다.

냉난방장치와 관련된 기능은 safety critical 전용 CASE tool인 SCADE를 이용하여 구현하였으며, 이 모듈은 표준전동차의 종합제어장치에 탑재되어 표준전동차 각 차량에 설치된 냉난방기 장치에 대한 제어 및 감시기능을 수행한다.

2. 냉난방 제어 모듈

표준전동차에 적용된 냉난방 및 송풍 시스템은 냉방상태, 난방상태, off상태가 있으며, 이러한 상태들은 다시 세부적인 상태로 나뉘어진다. 냉방상태는 전냉방, 반냉방, 팬의 세 가지 상태가 있고, 난방상태는 1/3난방, 2/3난방, 전난방의 세 가지 상태가 있으며, 냉방 및 난방을 자동으로 제어해주는 자동상태가 있다. 이러한 상태는 운전대에 설치되어 있는 냉난방 스위치에 의해 선택되며,

* 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원
** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
*** 한국철도기술연구원 연구원, 정회원
**** 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원
***** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

현재 표준전동차에 적용된 냉난방 스위치 입력에 따른 냉난방 상태는 표 1과 같이 정해진다.

표 1. 냉난방 스위치 입력에 따른 냉난방 상태

냉난방 스위치 입력			냉난방 상태
SW1	SW2	SW3	
off	off	off	OFF
off	off	on	전난방
off	on	off	전냉방
off	on	on	2/3난방
on	off	off	자동
on	off	on	팬
on	on	off	반냉방
on	on	on	1/3난방

이러한 냉난방상태는 제어권을 가진 차량의 운전실에서만 바꿀 수 있으며, 무인운전모드에서는 그 이전의 설정을 계속 유지하고, 새로운 설정변경은 불가능하도록 한다.

설정된 냉난방 상태에 따라 실제적으로 각 차량에서는 해당되는 모드에 따른 출력을 생성한다. OFF상태인 경우 실내난방장치 및 냉방장치를 가동하지 않으며, 이에 관련된 출력신호를 전부 off로 한다. 난방상태인 경우 난방의 세기에 따라 1/3난방, 3/2난방, 전난방이 가능하며, 난방모드에 따라 350W 및 700W 난방기의 출력을 제어한다. 1/3난방인 경우 350W 난방기에 해당하는 출력만 on시키고, 2/3난방인 경우는 700W 난방기에 해당하는 출력만 on시킨다. 전난방인 경우 350W 및 700W 난방기에 해당하는 출력을 모두 on시켜 1050W의 난방 효과를 낸다. 냉방상태인 경우 냉방의 세기에 따라 팬, 반냉방, 전냉방이 가능하며, 냉방모드에 따라 각 팬, 압축기에 대한 출력 제어를 한다. 자동 냉난방상태인 경우 외부온도와 내부온도로 구성되는 매트릭스에 의해 난방 2개 상태(2/3난방, 전난방), 냉방 3개 상태(팬, 반냉방, 전냉방) 중 하나의 상태를 선택하게 된다. 표 2는 실내온도와 외부온도에 따른 냉난방상태를 나타낸 것이다.

표 2. 실내온도와 외부온도에 따른 냉난방상태

	외부온도 < 15 °C	외부온도 ≥ 15 °C
실내온도 < 20 °C	전난방	2/3난방
20 °C ≤ 실내온도 < 26 °C	팬	팬
26 °C ≤ 실내온도 < 27.2 °C	팬	반냉방
27.2 °C ≤ 실내온도	팬	전냉방

냉방기의 압축기 기동시에 보조전원장치에 과전류가 흐르는 것을 방지하기 위하여 압축기 기동시에 일정한 규칙에 따라 제어하는 기능을 가져야 한다. 압축기 기동은 표 3과 같은 타이밍에 따라서 순차로 기동한다. 이러한 압축기 기동은 4량 편성의 경우 8초의 주기를 갖는다. 압축기의 정지는 보조전원장치에 영향이 없으므로 필요한 시점에 언제든지 정지할 수 있다.

표 3. 냉방장치의 압축기 기동 타이밍

	1호차	2호차	3호차	0호차
압축기 1	0	4	5	1
압축기 2	2	6	7	3

냉난방기에 대한 제어 및 감시기능을 수행하기 위해서 필요한 입출력신호는 표 4와 같다.

표 4. 냉난방제어/감시 관련 입출력 신호

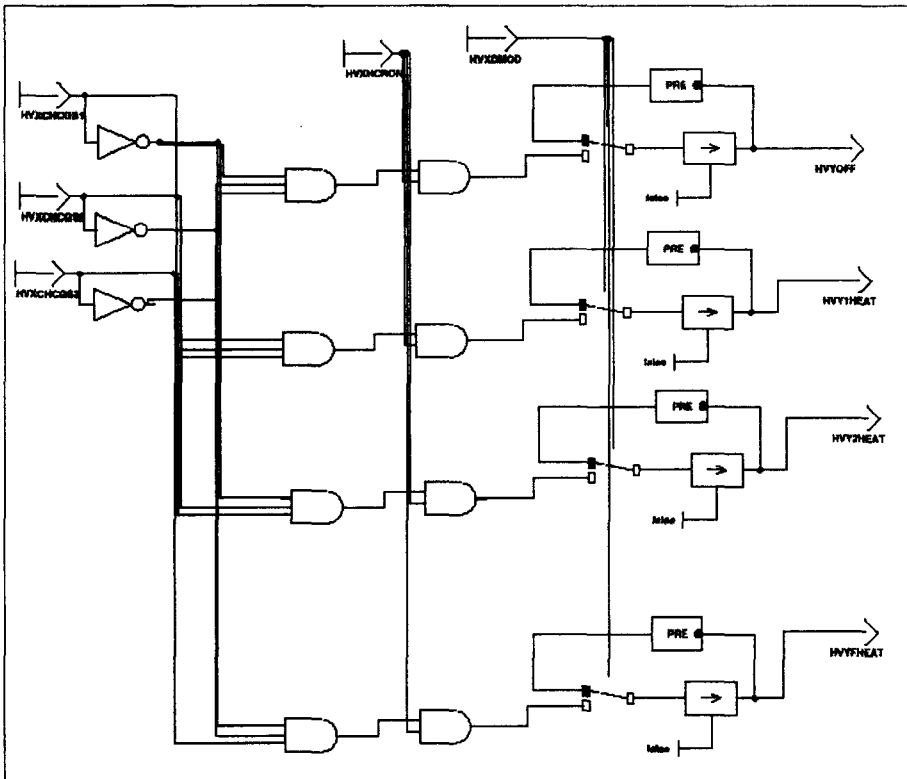
입출력	신호명	신호내용	on	off
입력	ATH	외부온도센서	15.0 ℃	14.0 ℃
	RHTH	실내온도센서	19.0 ℃	20.0 ℃
	THR11	에어컨 유니트1 온도센서1	26.0 ℃	24.9 ℃
	THR21	에어컨 유니트1 온도센서2	27.2 ℃	26.1 ℃
	THR12	에어컨 유니트2 온도센서1	26.0 ℃	24.9 ℃
	THR22	에어컨 유니트2 온도센서2	27.2 ℃	26.1 ℃
	RHEK1C	난방기 접촉기(350W)	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	RHEK2C	난방기 접촉기(700W)	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	MK31C	에어컨 유니트1 EVAPORATOR FAN 접촉기	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	ACSTS31	에어컨 유니트1 EVAPORATOR FAN 상태접촉기	상태 정상	상태 비정상
	MK11C	에어컨 유니트1 압축기 /CONDENSER FAN 1 접촉기	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	ACSTS11	에어컨 유니트1 압축기 /CONDENSER FAN 1 상태 접촉기	상태 정상	상태 비정상
	MK21C	에어컨 유니트1 압축기 /CONDENSER FAN 2 접촉기	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	ACSTS21	에어컨 유니트1 압축기 /CONDENSER FAN 2 상태 접촉기	상태 정상	상태 비정상
	MK32C	에어컨 유니트2 EVAPORATOR FAN 접촉기	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	ACSTS32	에어컨 유니트2 EVAPORATOR FAN 상태접촉기	상태 정상	상태 비정상
	MK12C	에어컨 유니트2 압축기 /CONDENSER FAN 1 접촉기	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	ACSTS12	에어컨 유니트2 압축기 /CONDENSER FAN 1 상태 접촉기	상태 정상	상태 비정상
	MK22C	에어컨 유니트2 압축기 /CONDENSER FAN 2 접촉기	접촉기 닫힘	접촉기 열림
	ACSTS22	에어컨 유니트2 압축기 /CONDENSER FAN 2 상태 접촉기	상태 정상	상태 비정상
출력	RHEK1	난방기 계전기(350W)	계전기 여자	계전기 소자
	RHEK2	난방기 계전기(700W)	계전기 여자	계전기 소자
	MK31	에어컨 유니트1 EVAPORATOR FAN 접촉기	FAN ON	FAN OFF
	MK11	에어컨 유니트1 압축기 /CONDENSER FAN 1 접촉기	FAN ON	FAN OFF
	MK21	에어컨 유니트1 압축기 /CONDENSER FAN 2 접촉기	FAN ON	FAN OFF
	MK32	에어컨 유니트2 EVAPORATOR FAN 접촉기	FAN ON	FAN OFF
	MK12	에어컨 유니트2 압축기 /CONDENSER FAN 1 접촉기	FAN ON	FAN OFF
	MK22	에어컨 유니트2 압축기 /CONDENSER FAN 2 접촉기	FAN ON	FAN OFF

3. 냉난방 모듈 구현 및 결과

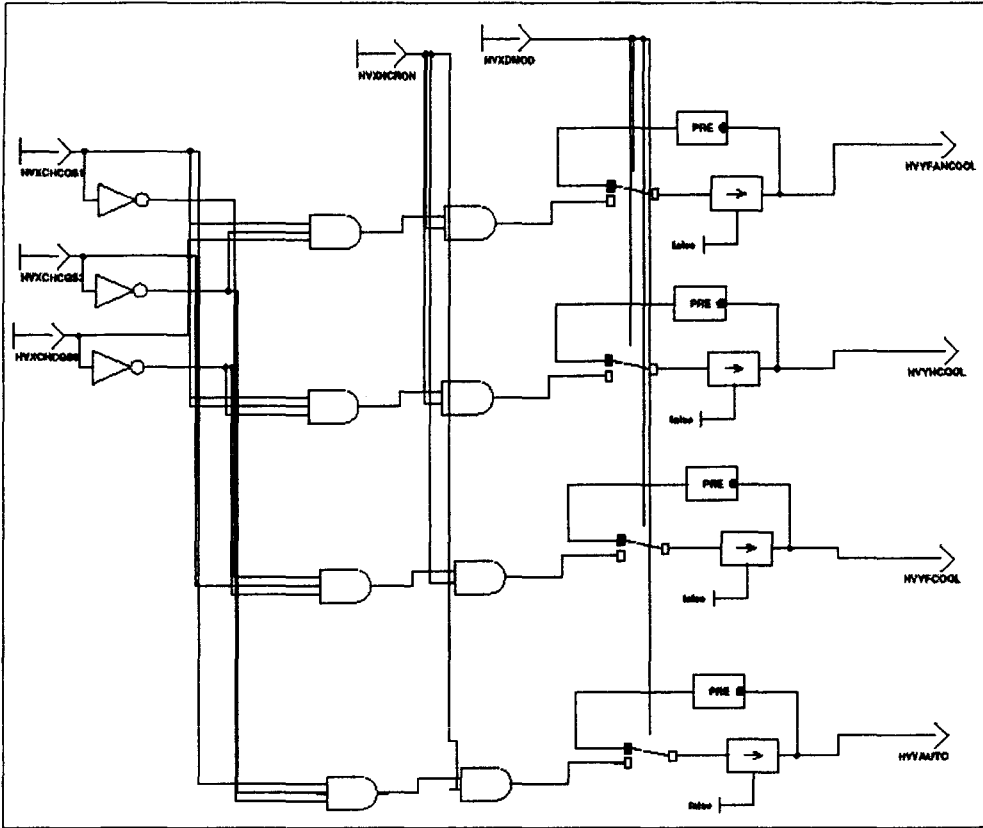
3.1 냉난방 모드 선택 상세모듈

냉난방 모드 선택 상세모듈은 운전대에 설치되어 있는 냉난방 스위치의 입력신호와 다른 모듈에서 발생한 입력신호를 이용하여 적절한 냉난방 상태를 출력한다. 냉난방 모드 선택 상세모듈에는 냉난방 스위치에서 발생하는 스위치 입력 신호가 세 개(HVXCHCGS1, HVXCHCGS2, HVXCHCGS3), 무인운전모드 내부 입력 신호(HVXDMOD) 및 제어권을 가진 차량이라는 내부 입력신호(HVXHCRON)가 필요하다. 이러한 입력신호에 의해 출력되는 신호는 냉난방 모드 상태출력이며 OFF상태(HVYOFF), 1/3난방상태(HVY1HEAT), 2/3난방상태(HVY2HEAT), 전난방상태(HVYFHEAT), 팬상태(HVYFANCOOL), 반냉방상태(HVYHCOOL), 전냉방상태(HVYFCOOL), 자동상태(HVYAUTO)의 8가지 출력신호가 있다. 그림 1은 냉난방 모드 선택에 대한 SCADE 구현 결과를 나타낸 것이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 제어권을 가지고 있는 운전실의 운전대에 설치되어 있는 냉난방 스위치에서 나오는 스위치 입력에 따라 냉난방 모드가 정해진다. 그리고, 무인운전모드인 경우에는 이전에 선택된 냉난방모드가 선택된다.



(a) 냉난방 모드 선택(OFF, 1/3난방, 2/3난방, 전난방) 구현 결과



(b) 냉난방 모드 선택(팬, 반냉방, 전냉방, 자동) 구현 결과

그림 1. 냉난방 모드 선택 상세모델 구현결과

3.2 냉난방제어 상세모델

각 차량에 설치된 냉난방장치를 제어하기 위해서는 운전실에서 선택된 모드에 따라 적절한 출력을 생성해야 한다. 난방장치제어에 관련된 출력 신호는 350W 난방기를 on/off 시키기 위한 출력신호(RHEK1)와 700W 난방기를 on/off 시키기 위한 출력신호(RHEK2)가 있으며, 이 출력신호들은 각 모드에 맞게 출력된다. 그림 2는 난방제어에 관련된 구현결과를 나타낸 것이다. 350W 출력신호(RHEK1)는 전난방인 경우 또는 1/3 난방인 경우에 on 되며, 350W 출력신호(RHEK2)는 전난방인 경우 또는 2/3 난방인 경우에 on 된다. 자동모드인 경우는 실내온도 관련 입력신호(RHTH)와 외부온도 관련 입력신호(ATH)에 따라서 두 출력신호의 on/off를 결정한다.

각 차량마다 냉방장치 한 대를 제어하기 위해 evaporator fan 관련 출력신호(MK31), 압축기 기동에 관련된 출력신호(MK11, MK21)가 있으며, 다른 한 대의 냉방장치를 위해 출력신호(MK32, MK12, MK22)가 한 쌍 더 있다. 그림 3은 냉방제어에 관련된 구현결과를 나타낸 것이다. 팬모드인 경우에는 evaporator fan 관련 출력신호가 모두 on 되며, 전냉방모드인 경우에는 압축기 기동에 관련된 출력신호가 모두 on 된다. 반냉방인 경우 압축기 기동에 관련된 출력신호가 번갈아가며 on 되도록 구성되어 있다. 자동모드인 경우 냉방장치는 실내온도와 관련된 입력신호(THR21, THR11, THR22, THR12)와 외부온도와 관련된 입력신호(ATH)에 의해서 표 2에 따라 적절한 냉방모드를 선택하여 해당 출력신호를 출력하게 된다.

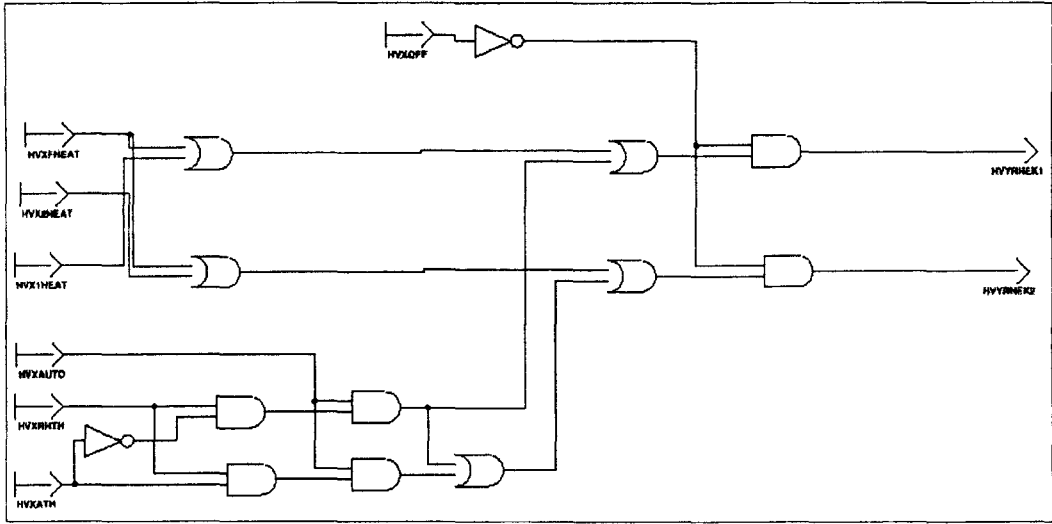


그림 2. 난방제어 상세모듈 구현결과

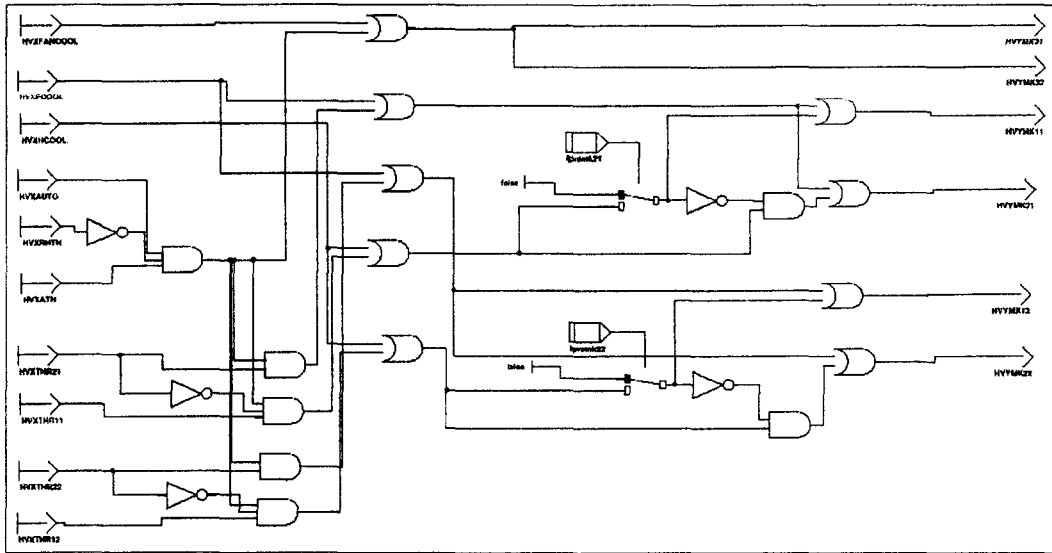


그림 3. 냉방제어 상세모듈 구현결과

그림 4는 현재 냉난방장치와 관련된 접촉기의 상태를 받아서 출력하며, 또한 falling_edge 검사와 SR latch를 통하여 현재 가동하는 냉방기를 기억하여 반냉방모드인 경우 다음 냉방기의 순서를 정할 수 있게 한다.

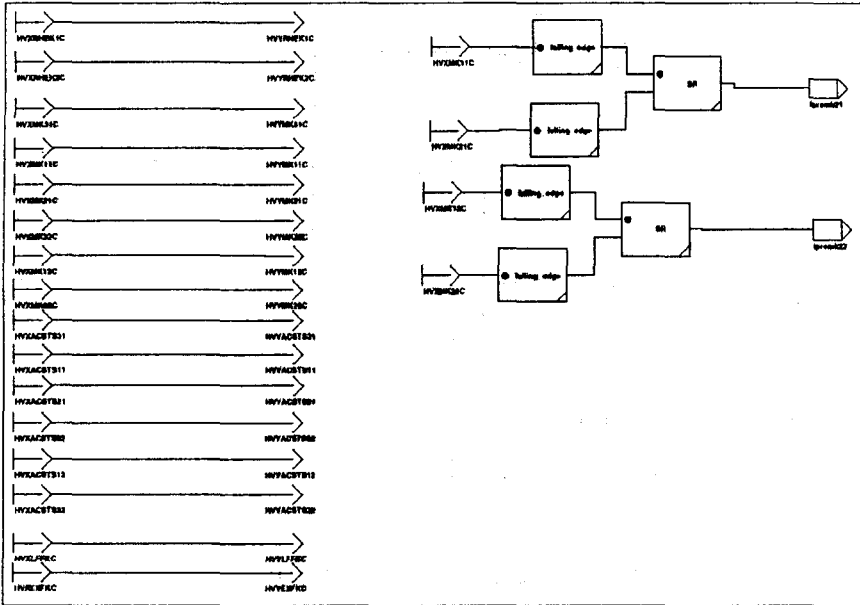
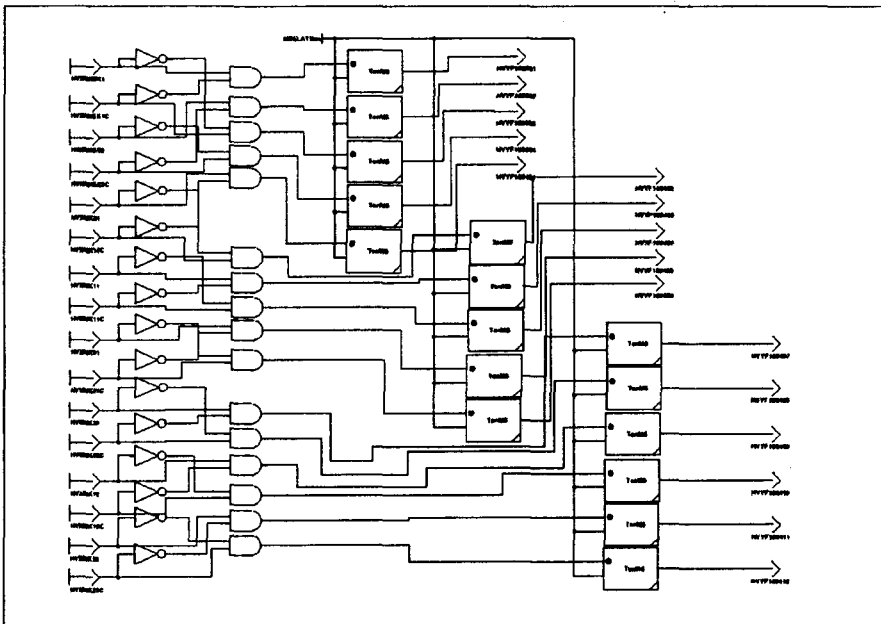


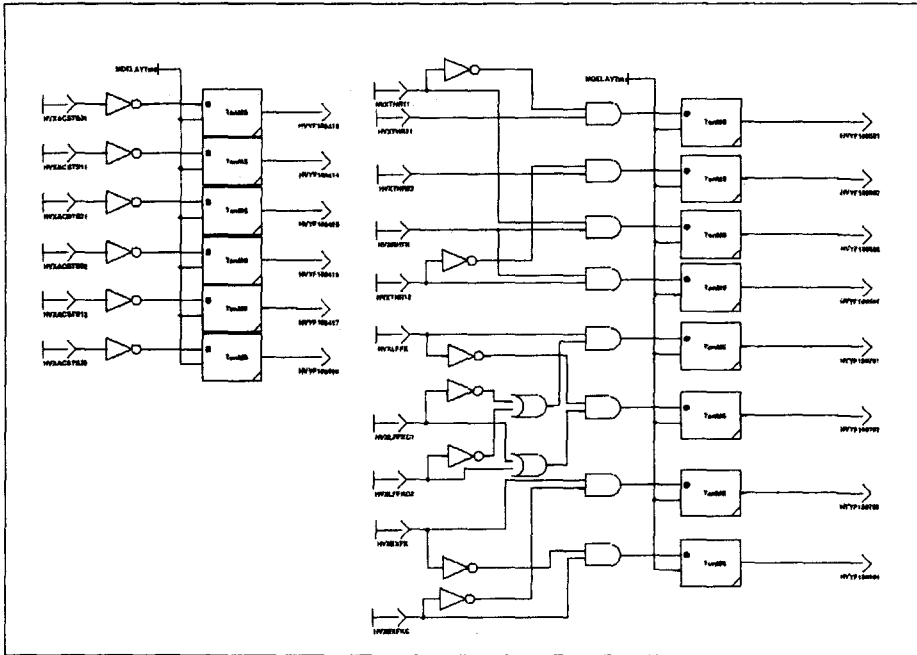
그림 4. 각 접촉기 상태 및 냉방기 보조 모듈 구현결과

3.3 냉난방감시 상세모듈

그림 5는 냉난방장치를 감시하기 위한 상세모듈 구현결과를 나타낸 것이다. 출력신호에 대한 결과를 감시하기 위하여 냉난방장치는 각 출력신호에 대한 피드백신호를 주기 위해 접촉기를 가지고 있다. 냉난방감시 모듈에서는 이러한 피드백 입력신호를 통하여 출력신호에 대한 검증을 실시하며, 출력신호에 대한 입력신호가 일정시간 입력되지 않을 때 해당 고장신호를 발생시킨다.



(a) 냉난방장치 접촉기 감시모듈



(b) 냉난방장치상태, 온도센서, line flow fan, exhaust fan 접촉기 감시모듈
 그림 5. 냉난방 감시 상세모듈 구현 결과

4. 결론

본 논문에서는 현재 개발중인 국내 표준전동차에 적용하기 위한 종합제어장치의 주제어 소프트웨어의 구현 방법 및 시뮬레이션 방법을 냉난방장치제어를 중심으로 기술하였다. 냉난방장치제어에 대한 기능을 하나의 모듈로 구현함으로써 기능의 수정 및 소프트웨어의 관리가 용이하여 경전철과 같은 유사한 모든 시스템에 쉽게 적용할 수 있다. 또한 Case tool을 이용하여 그래픽형식의 언어를 사용함으로써 소프트웨어의 독해성을 높였으며, 사람에 의한 잘못된 코드작업을 최소화 하여 안전성과 신뢰성을 높였다.

참고문헌

1. 한성호, 안태기, 김원경, 최규형(1997년), "CASE tool을 이용한 전동차 제어감시장치(TCMS)의 소프트웨어 설계기법", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, A권 pp303-360.
2. 안태기 외 4명(1999년), "도시철도차량용 국내 표준모델의 주제어 S/W 개발(1)", 한국철도학회 춘계 학술대회 논문집, pp259-266.
3. 한국철도기술연구원, 건설교통부(1998), "'98 종합제어장치 연구개발 보고서"