

경부선 KTX 추진제어장치(모터블록) 개발

우진산전 기술연구소



목 차

I. 서론

II. 추진제어장치(모터블록) 개요

III. 추진제어장치 (모터블록) 구성

IV. 추진제어장치 (모터블록) 제어

V. 결 과



I. 서론

연구 배경

- 고속철도차량(KTX)의 추진제어장치 원천기술 확보
- 대용량 동기 전동기 제어기술 확보
 - 대용량 전류형 컨버터/인버터 개발에 따른 기술 확보
 - 대용량 IGBT를 활용한 고 신뢰성 구동회로 기술 확보
 - 대용량 추진제어 냉각장치 개발에 따른 기술 확보
 - 견인 전동기인 동기 전동기 구동 알고리즘 기술 확보
- KTX용 추진제어 및 기존 시스템과의 인터페이스 원천기술 확보
 - 시스템간 인터페이스 설계기술 습득
 - 통신 인터페이스 기술
 - 시스템 평가체계 및 성능해석 기법 습득
 - 신뢰성 분석 결과

II. 추진제어장치(모터블록) 개요



■ KTX

2004년 영업운전 개시

20량 1편성, 고속철도 경부선과 호남선에 총 46편성 운행중

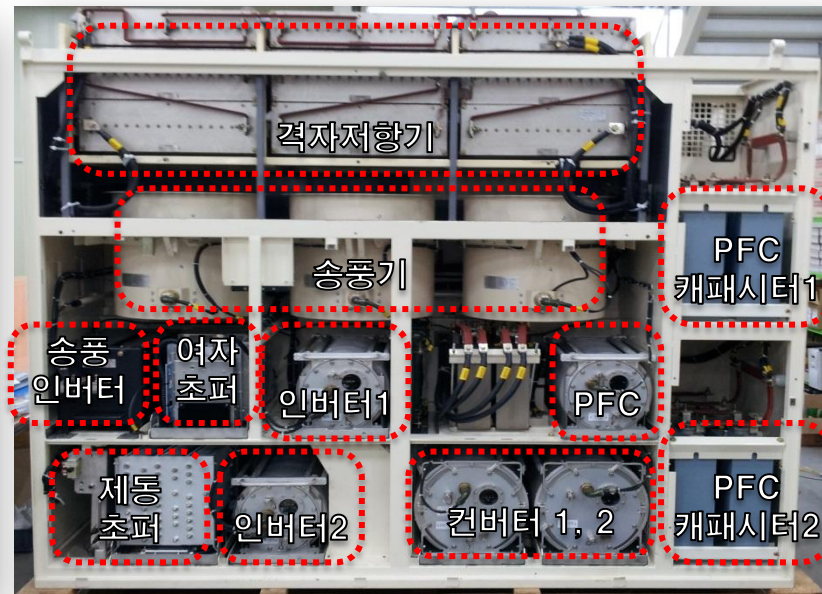
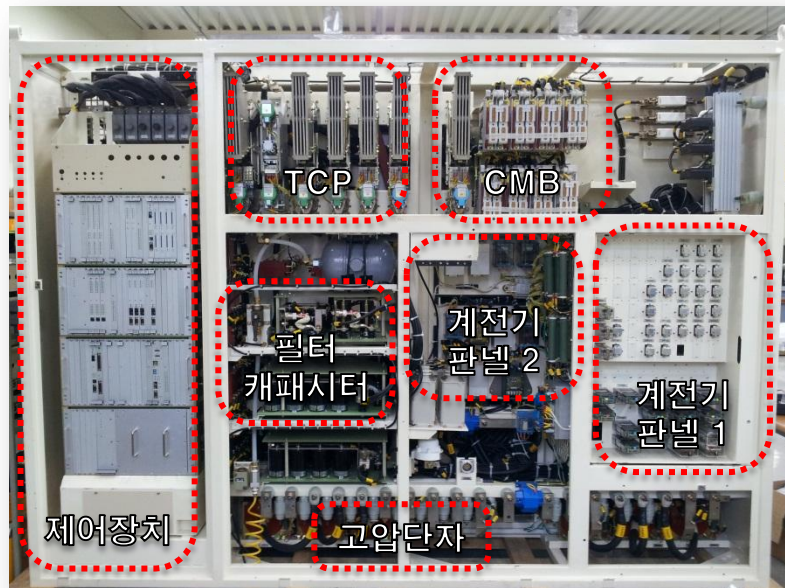
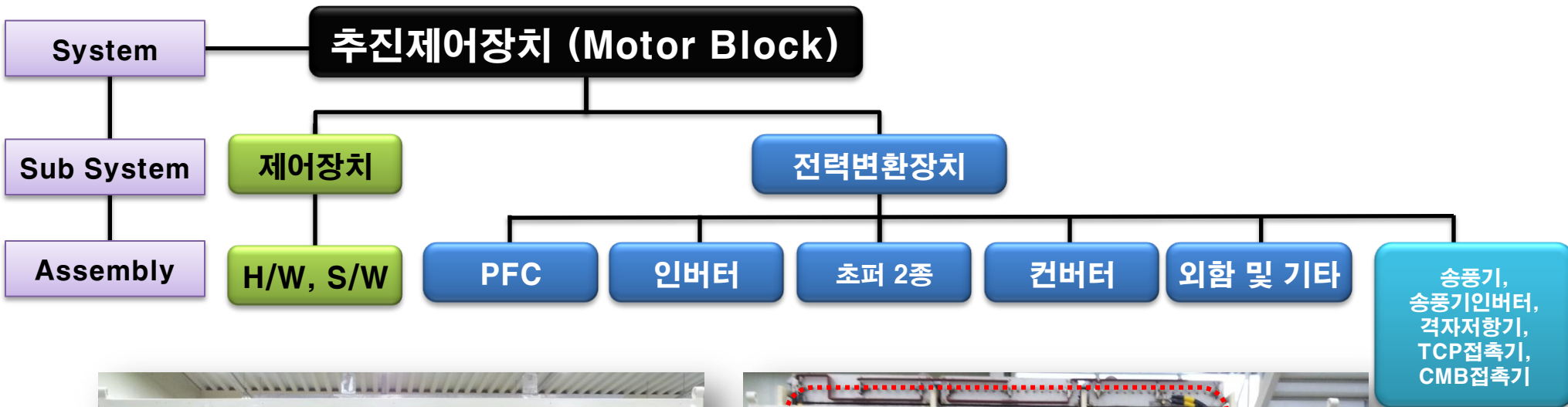
■ 모터블록

1편성에 총 6대의 모터블록으로 구성되어 견인전동기 2대를 제어함



- 중 량 : 3,780 [kg]
- 크 기 : 2,700 × 1,500 × 2,299 [mm]
- 용 량 : 2,600 [kw]

Ⅲ. 추진제어장치(모터블록) 구성



IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

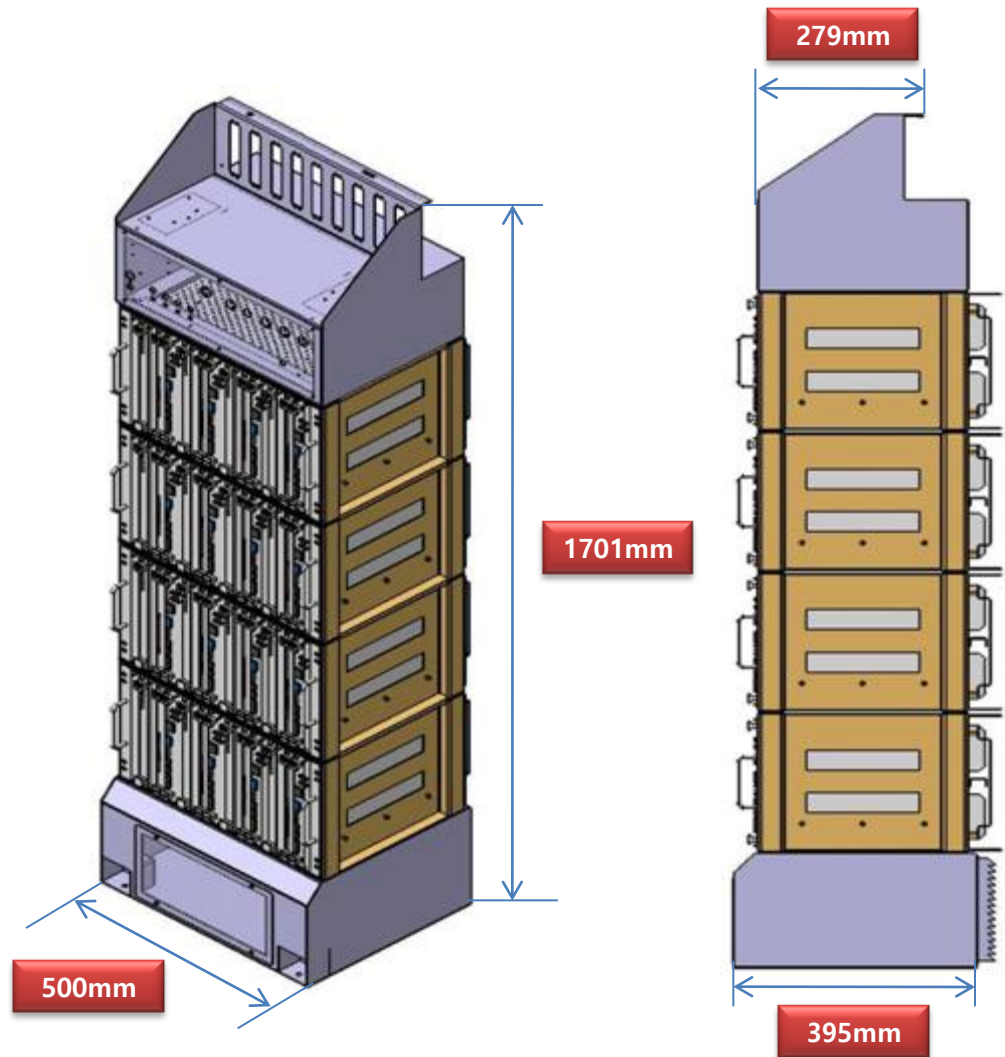
제어장치

● 모터블록 제어장치

[MBU : Motor Block Processing Unit]

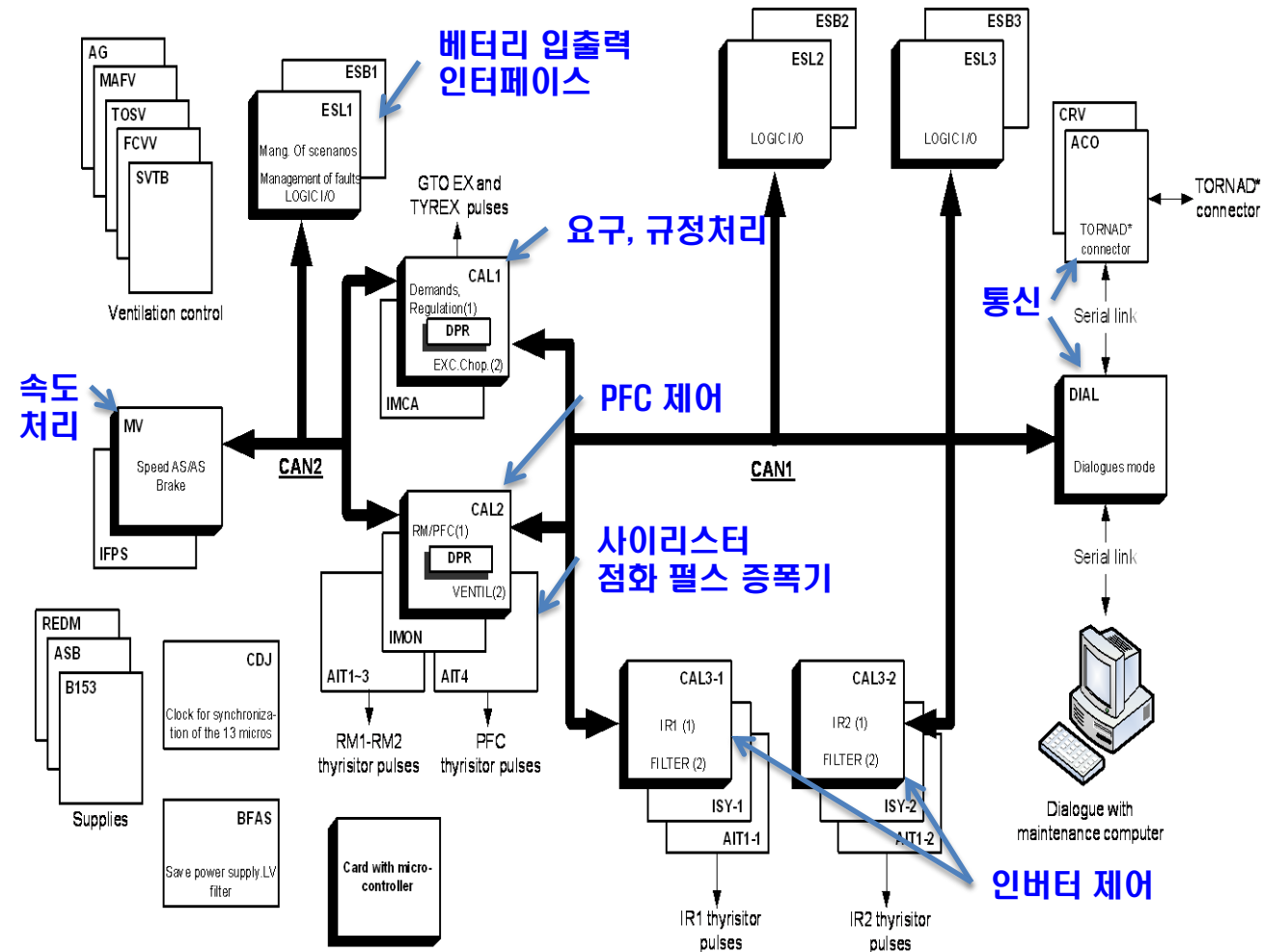
● MBU의 주요 기능

- 견인요구 지령을 처리.
- 제동명령을 가지고 전기 및 공기제동을 분배.
- 전기 제동력을 조절.
- 견인모터의 소모 전력을 제한.
- 팬터그래프 이선발생시 제어.
- 공전 및 활주 방지를 제어.



IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

제어장치(MBU) 블록도



- CPU의 출력신호는 Open collector에 의하여 Wired OR로 연결
- CPU의 입력신호는 Wired OR의 출력을 피드백 하였음
- 각각의 CPU에서 출력된 신호와 입력신호가 다르면 정지상태가 됨
- 총 14개의 CPU가 연결되어 있으며 DIAL Board가 마스터로 동작함

IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

주회로 제어처리

MOTOR BLOCK
주회로 제어처리

MOTOR BLOCK
제어처리 관련 PCB

인버터제어

CAL3-1

CAL3-2

- 인버터 제어
- 활류제어 및 속도제어
- 센서제어
- 동기신호 구성 등

컨버터제어
PFC제어

CAL2

- 컨버터 제어
- CAN 통신 DATA 송수신
- UART 통신 등

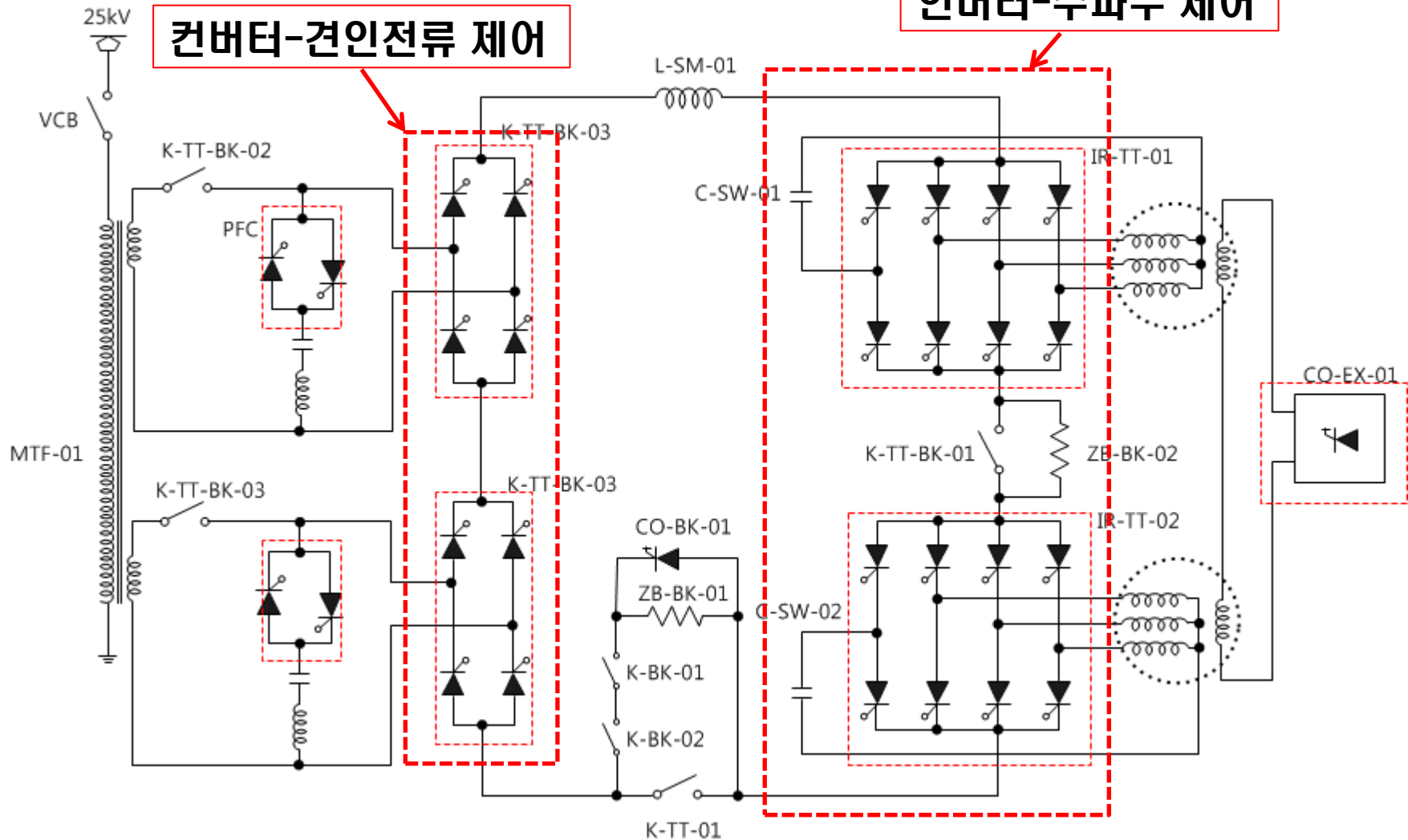
쇼퍼제어

CAL1

- 여자/제동 쇼퍼 제어
- 쇼퍼의 제어 펄스 처리
- 제동쇼퍼 전류 측정
- 발전제동 전압 측정
- 카드전압 측정

IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

모터블록 주회로

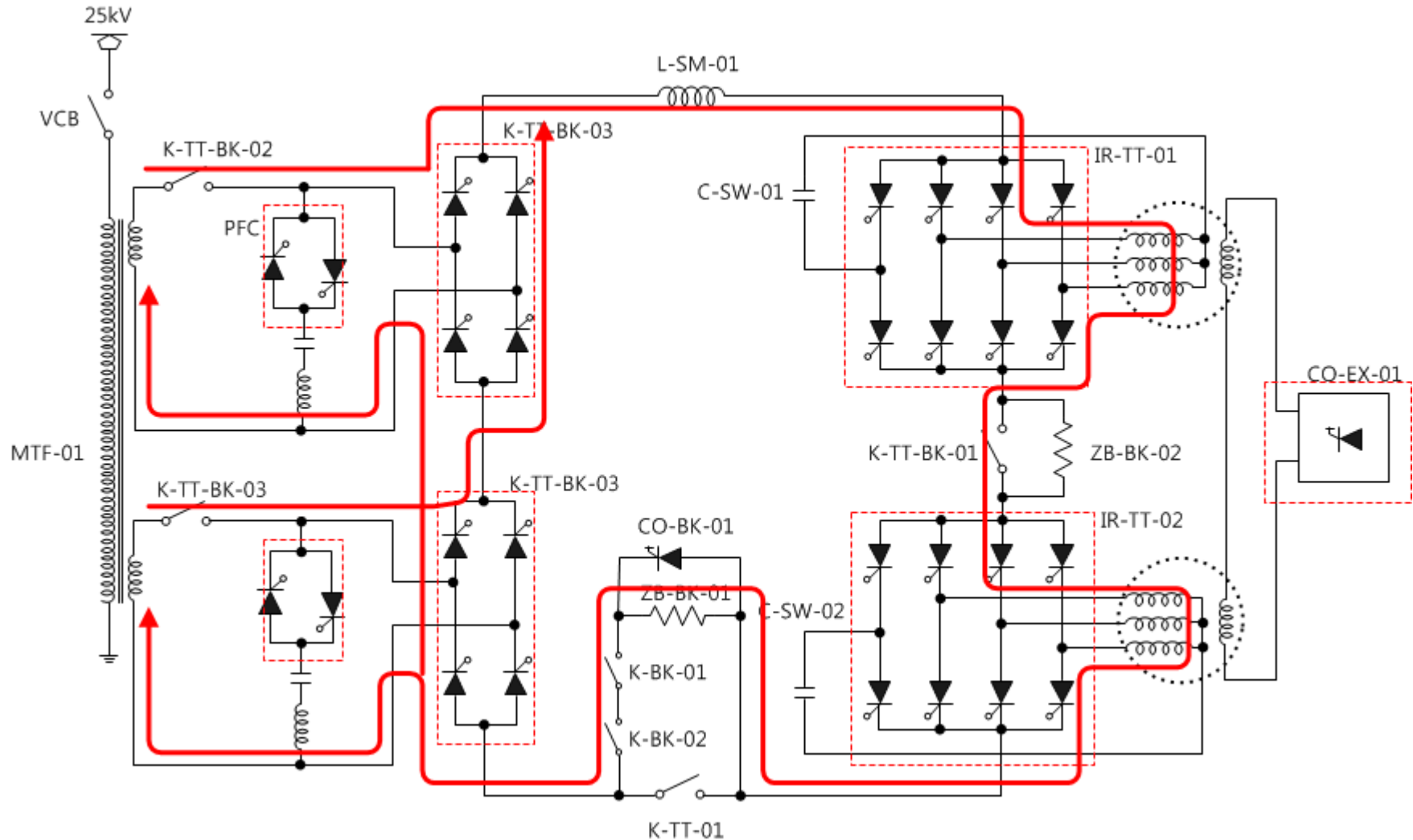


모터블록 동작-견인시

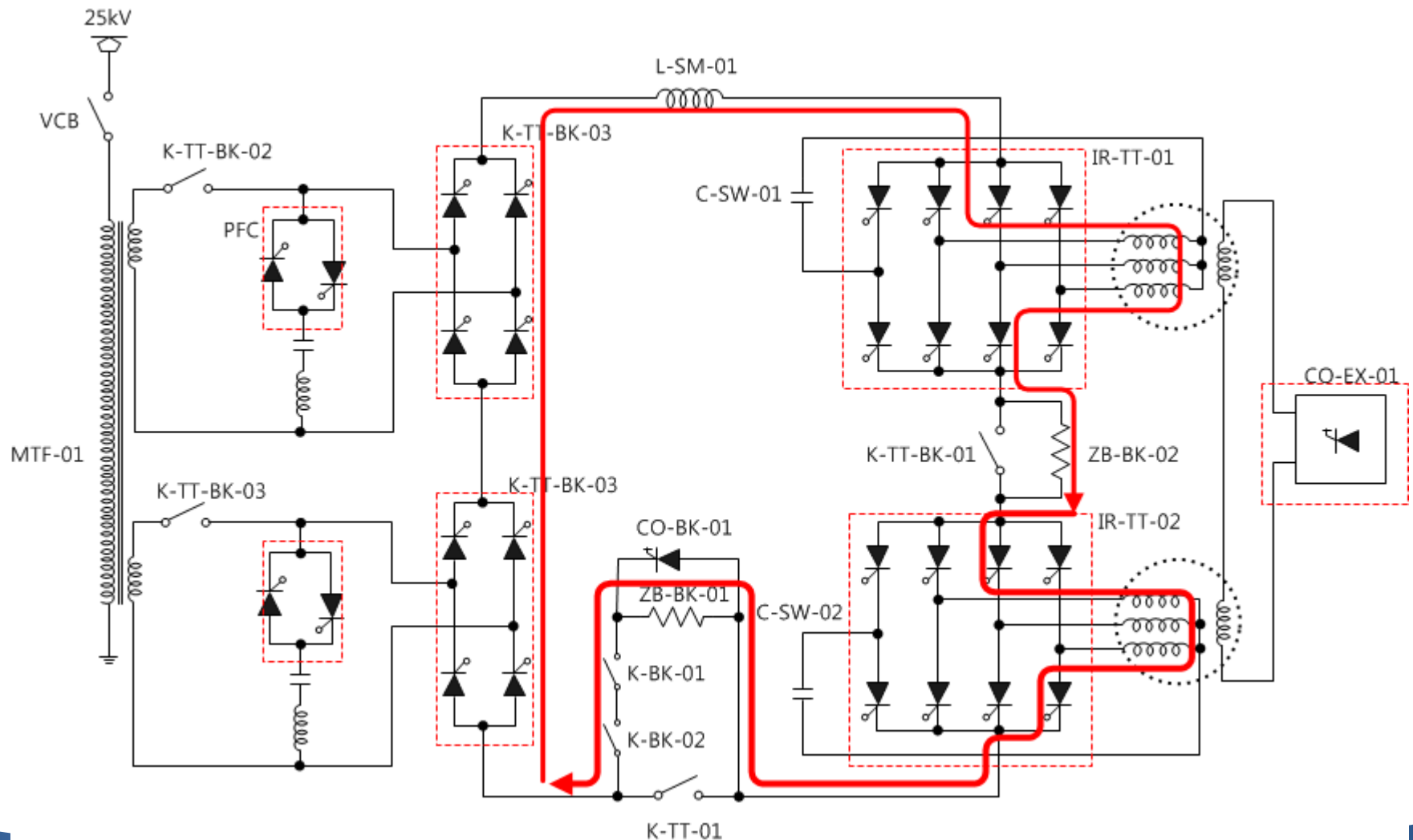


IV 추진제어장치(모터블록) 제어

모터블록 동작 - 회생제동시

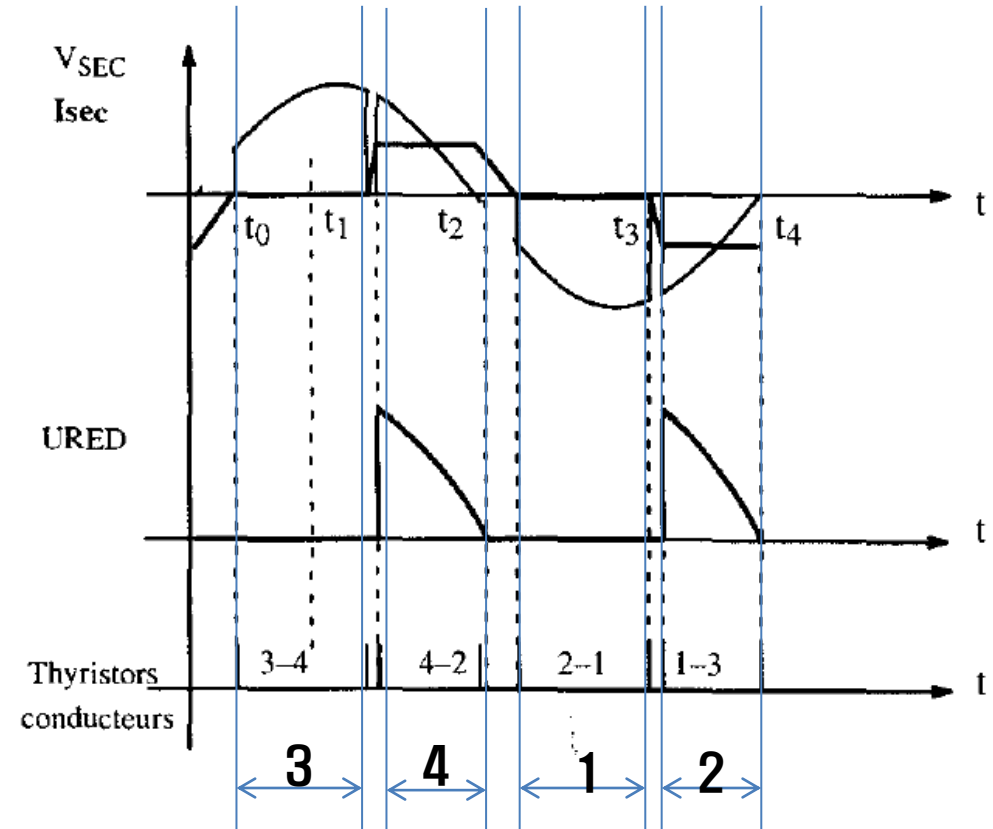
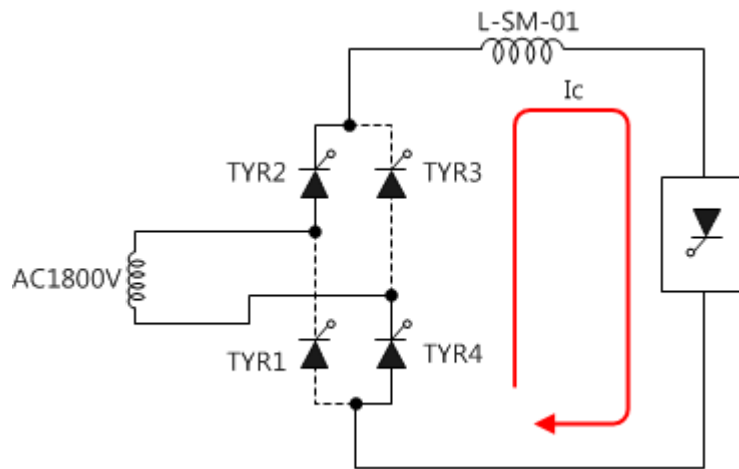


모터블록 동작 - 저항제동시



IV 추진제어장치(모터블록) 제어

■ 컨버터의 제어-견인



➤ 구간1-환류모드

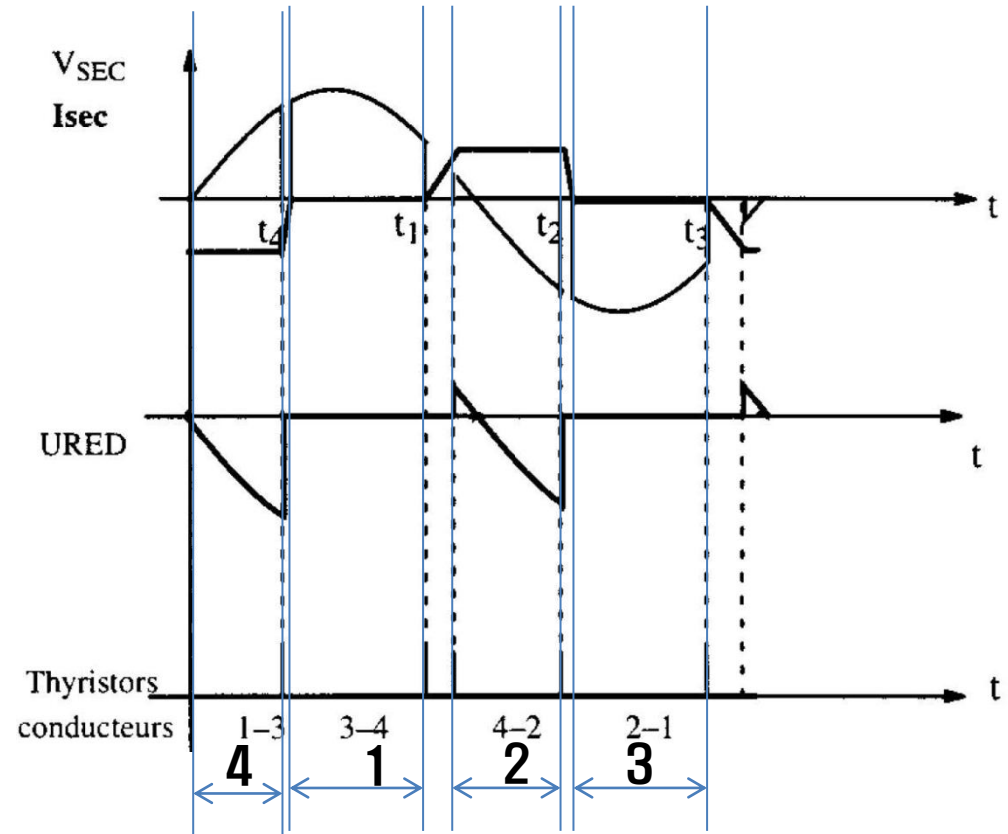
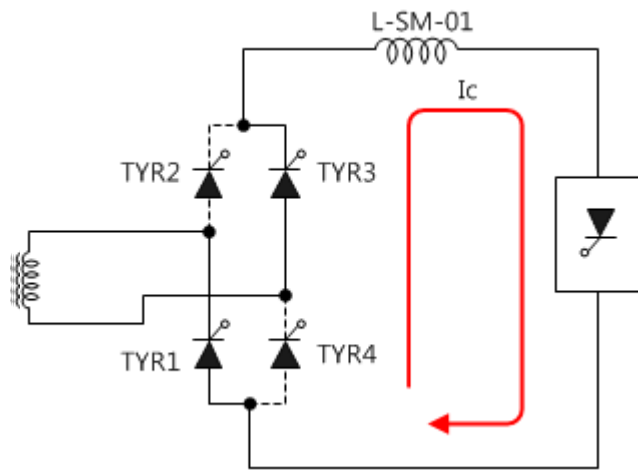
➤ 구간2-음전원 정류

➤ 구간3-환류모드

➤ 구간4-양전원정류

IV 추진제어장치(모터블록) 제어

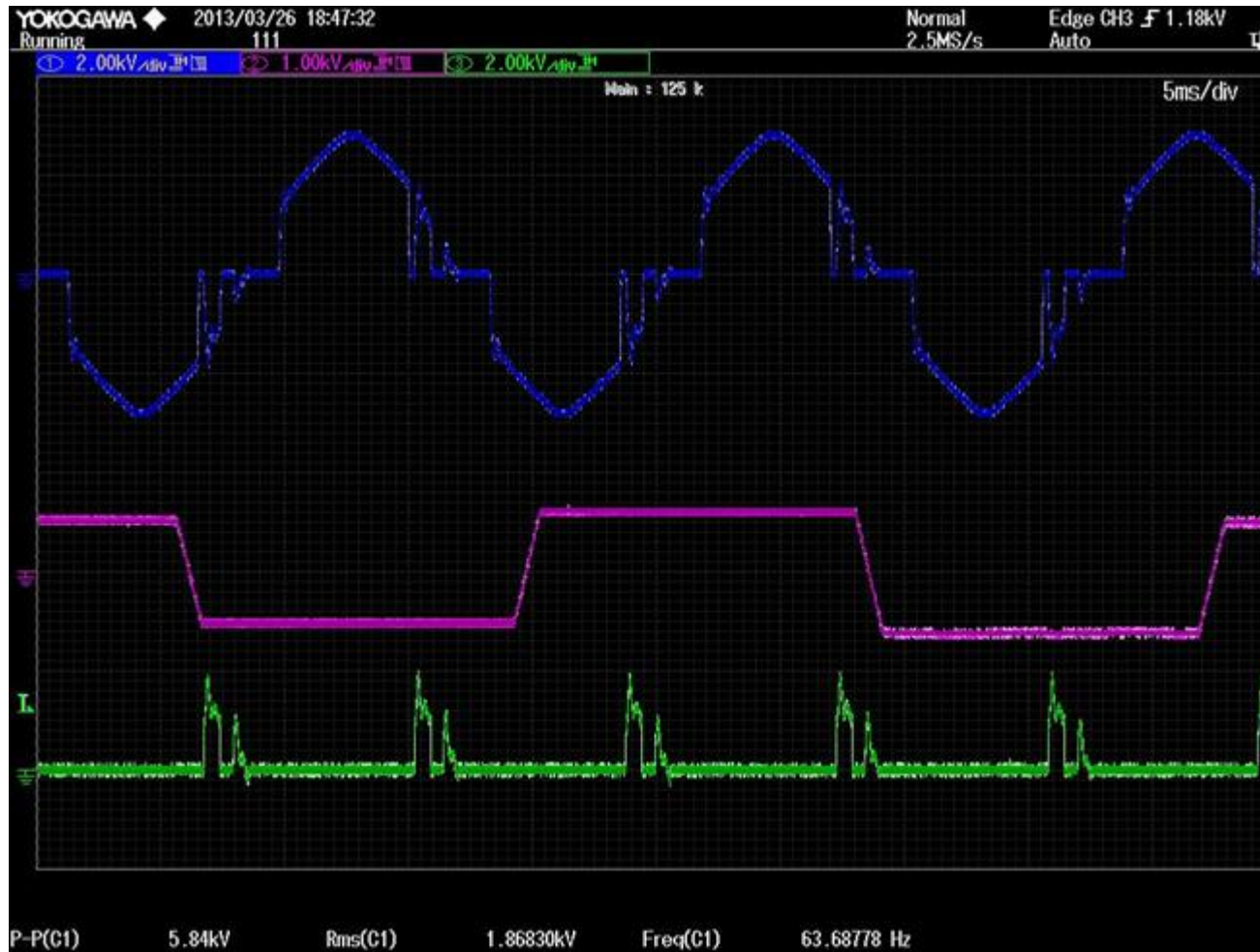
■ 컨버터의 제어-제동



- 구간1-환류모드
- 구간2-음전원 정류
- 구간3-환류모드
- 구간4-양전원정류

IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

■ 컨버터 동작파형

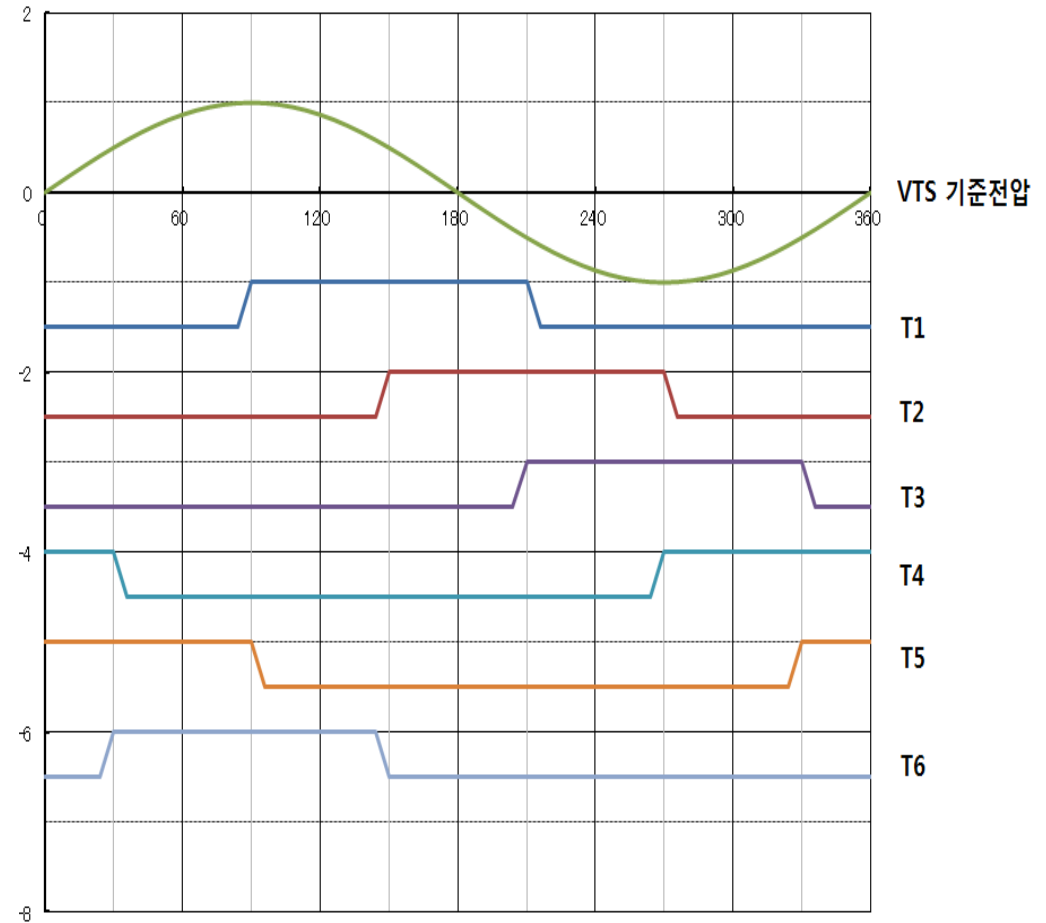
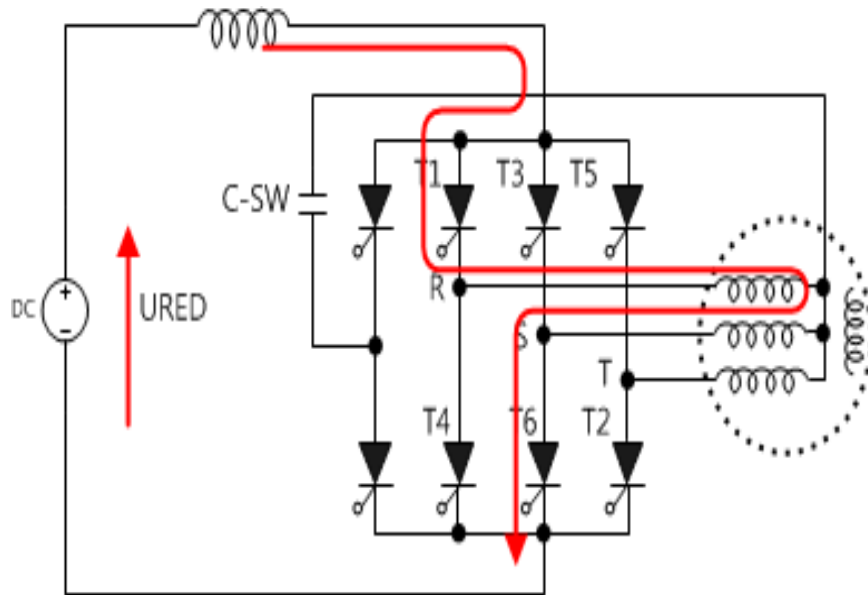


입력전압
[AC 1800V]

컨버터 출력전압

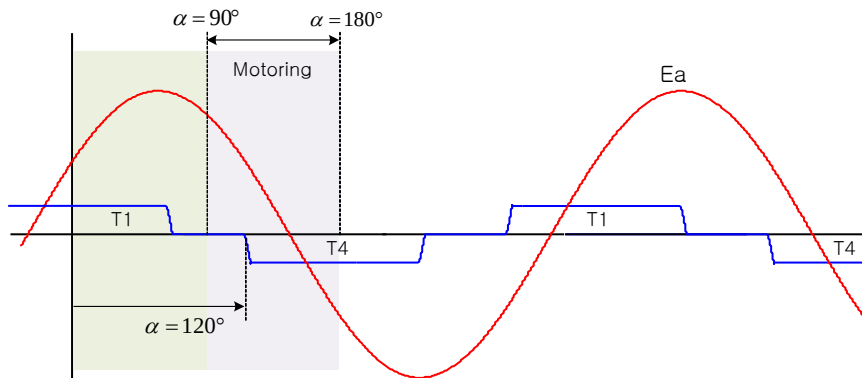
IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

인버터 스위칭



IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

인버터 제어 알고리즘-견인



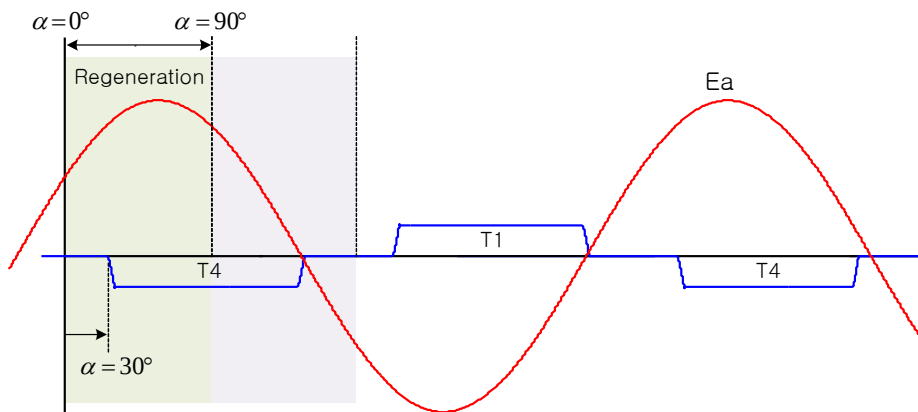
-동기 전동기의 출력전압의 각도에 따라 견인과 제동의 동작이 나뉘어진다.

- 인버터는 견인모드에서 최대 파워링을 할 수 있는 각도로 고정되며 견인전류는 컨버터에서 제어.

- 회생 제동에서 최대 브레이킹을 할 수 있는 각도로 고정.

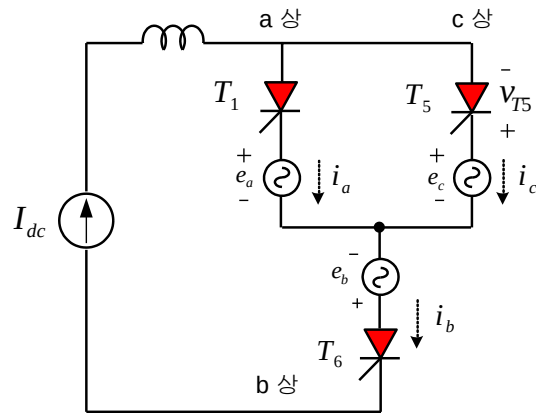
- 발전제동에서는 제동 각도를 제어함으로써 제동력을 제어한다.

인버터 제어 알고리즘-제동



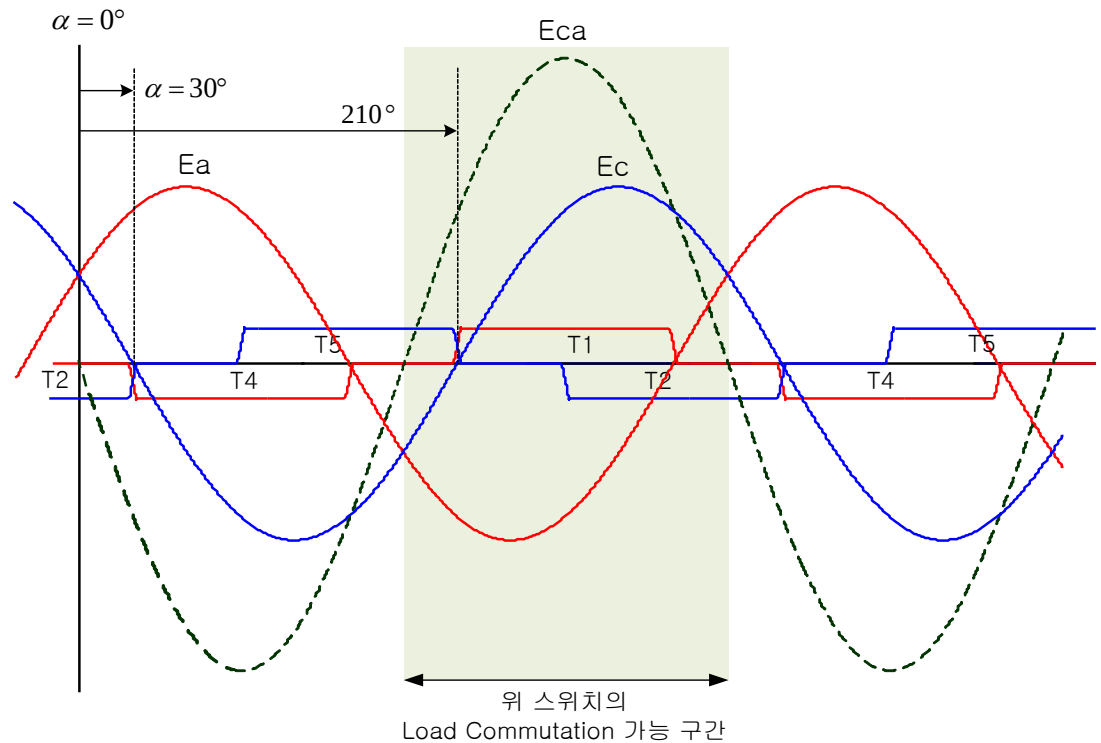
IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

인버터 스위칭-자연정류



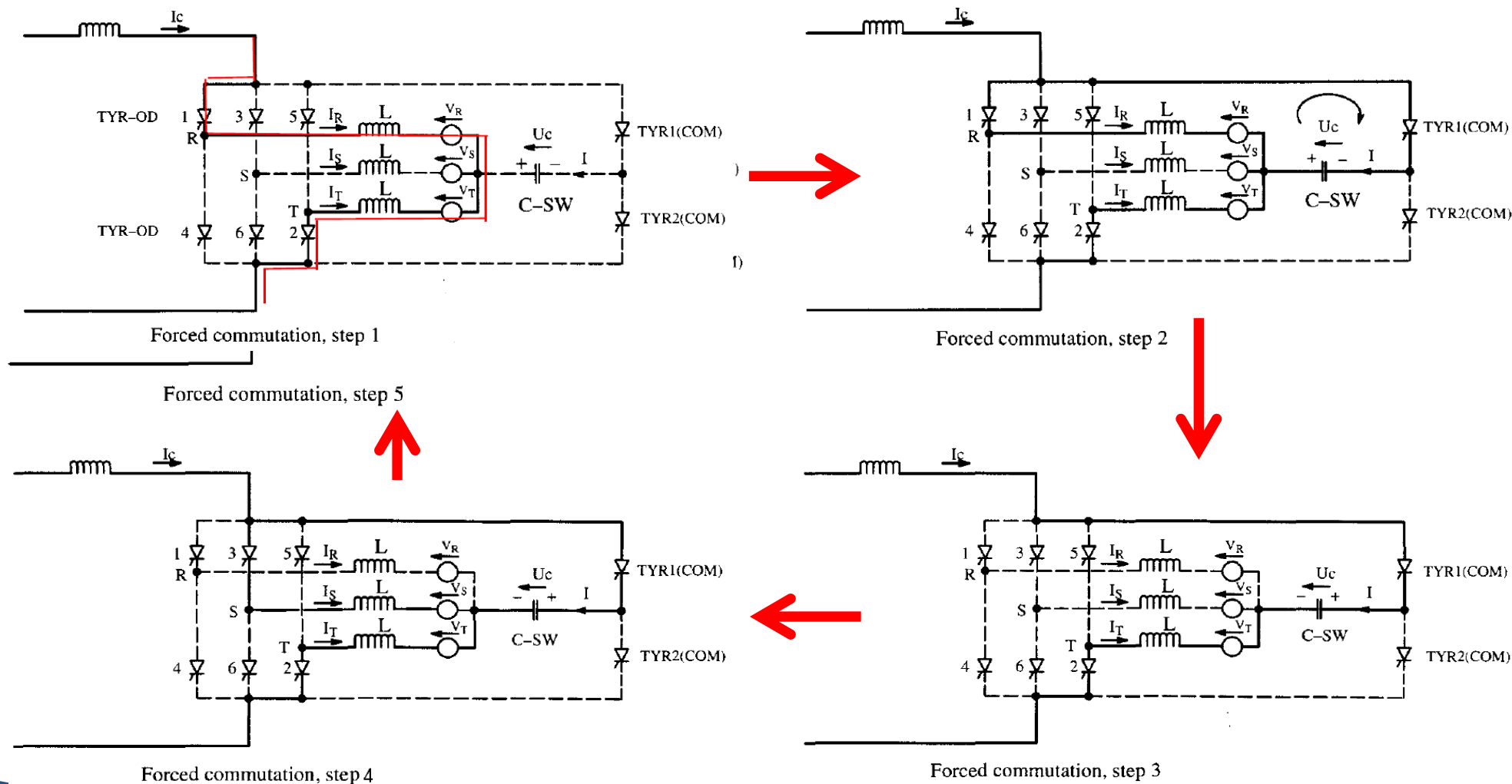
-T5 OFF후 T1 ON 하는 경우

➤ $e_c > e_a$ 의 구간에서만 T5 off 가능



IV. 추진제어장치(모터블록) 제어

인버터 스위칭-강제정류



IV 추진제어장치(모터블록) 제어

인버터 스위칭의 문제점-동기화

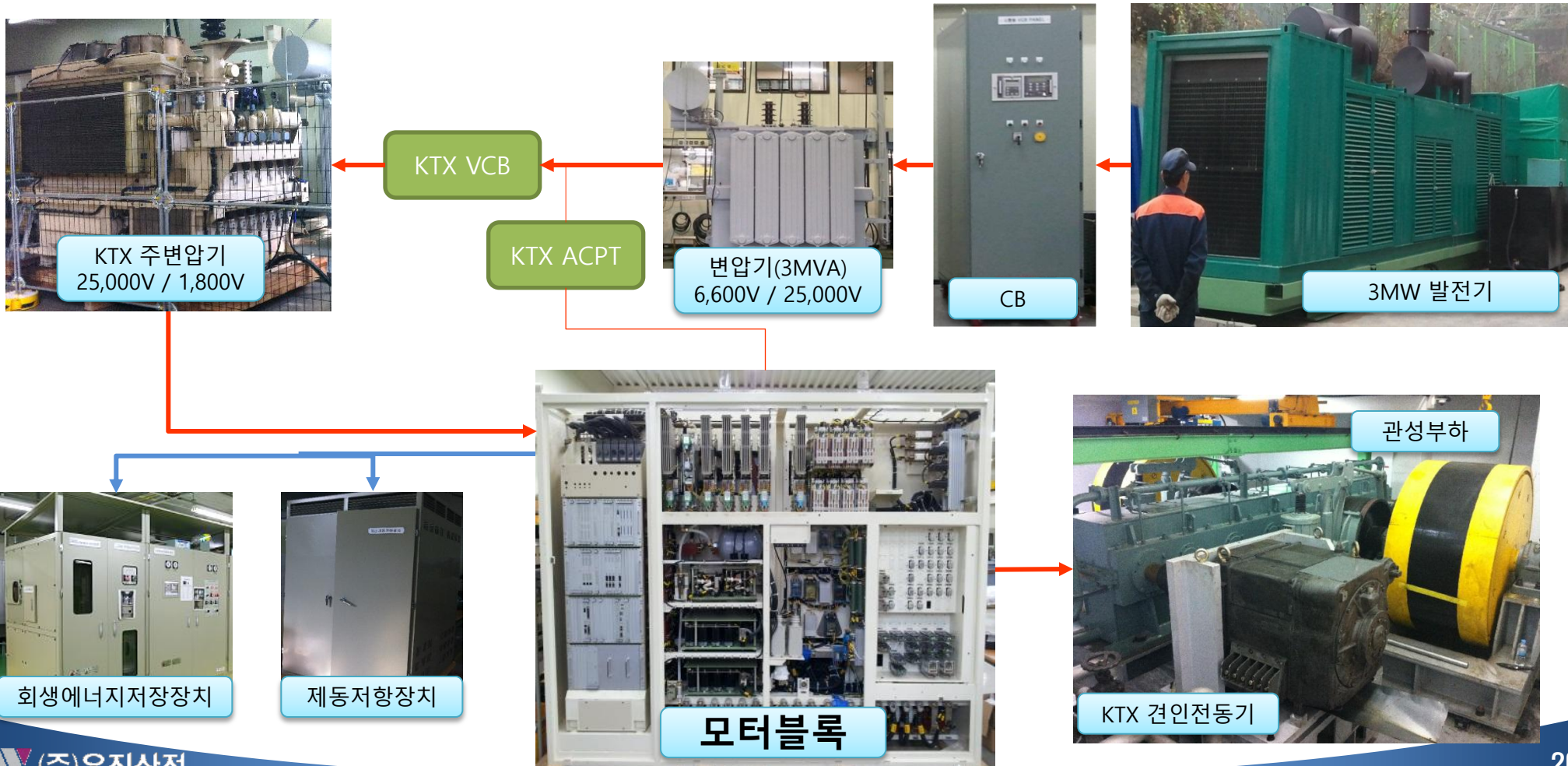


- 강제정류시-위치센서 사용 (저속영역)
- 자연정류시-출력전압 사용 (고속영역)
- 고속영역에서 동기화가 틀어지며 전류가 튀는 현상

V. 결과 (조합시험)

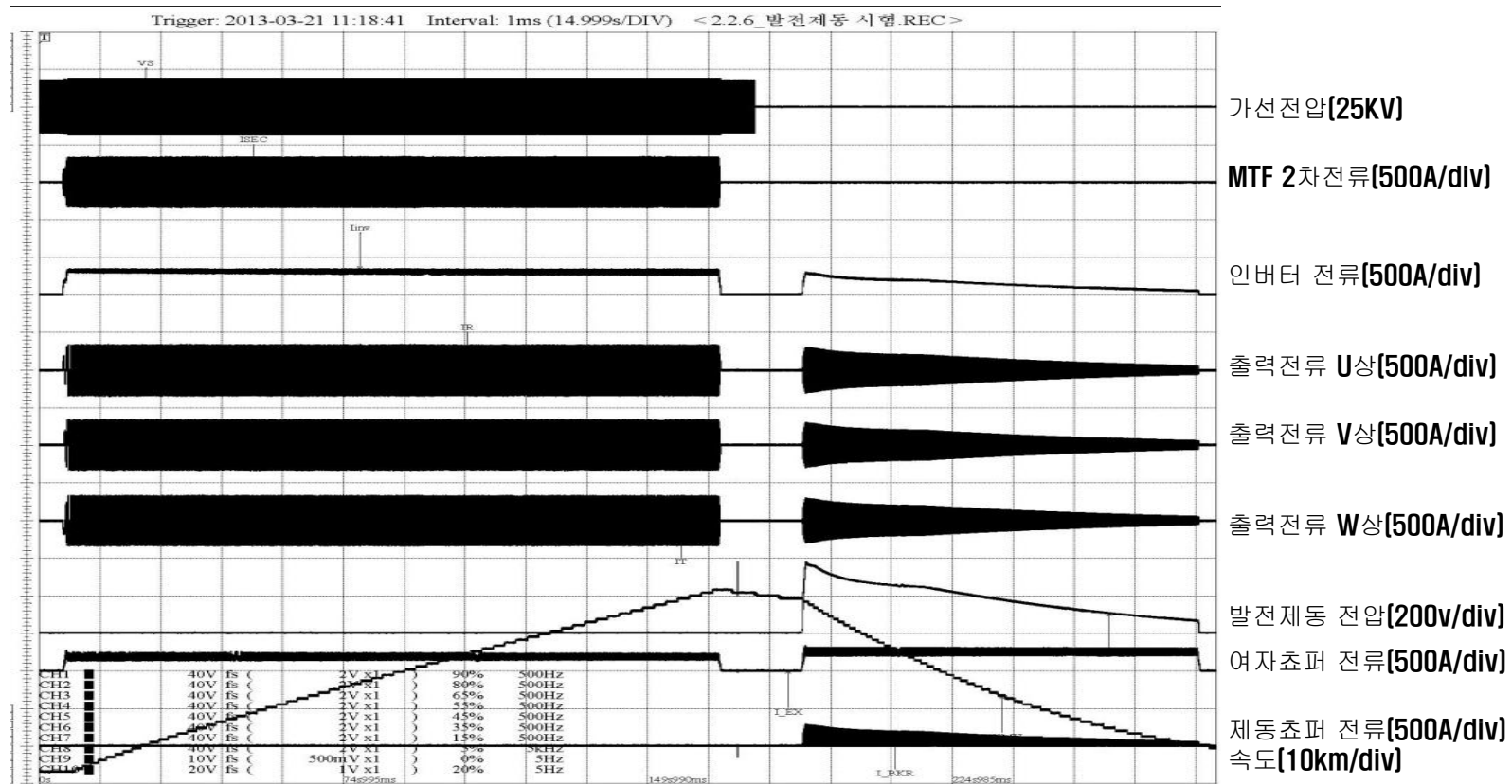
■ 조합시험 Layout

- KTX 차량과 최대한 동일하게 만들기 위해 조합시험용 물품 임대
- 품목 : MTF(주변압기), ACPT(가선전압검출기), VCB(진공접촉기), TM(견인전동기)



V. 결과 (조합시험)

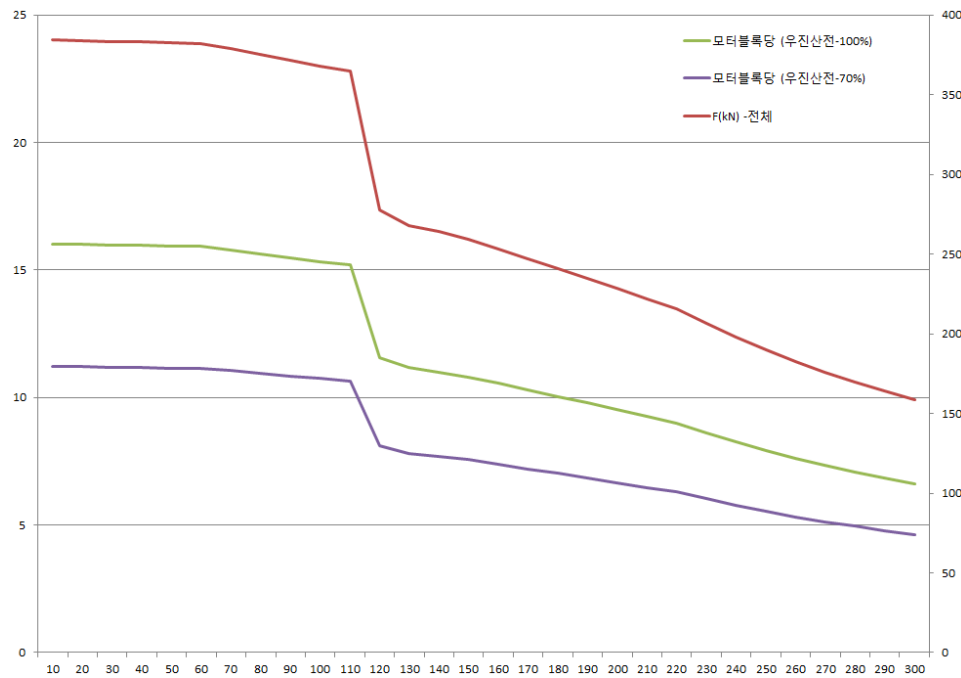
발전제동 시험



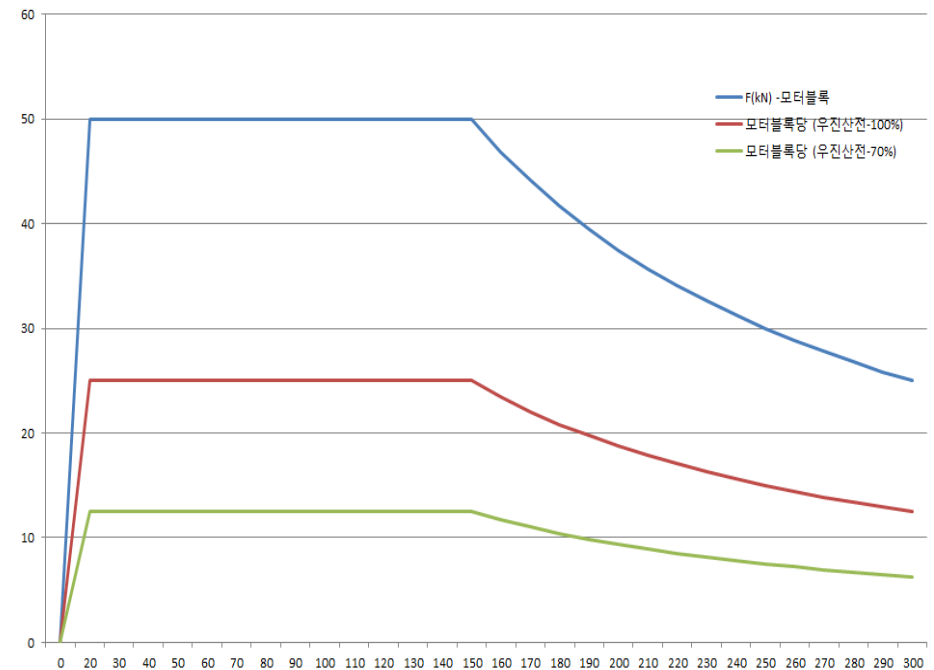
발전제동 시험

V. 결과 (조합시험)

토크특성 시험-KTX 모터블록 토크특성곡선



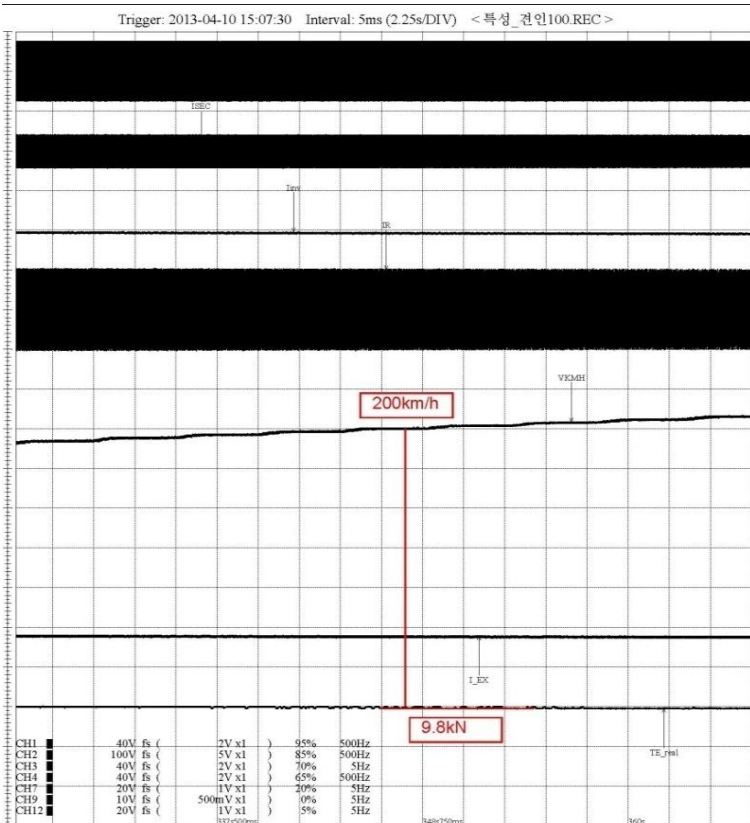
역행 토크 곡선



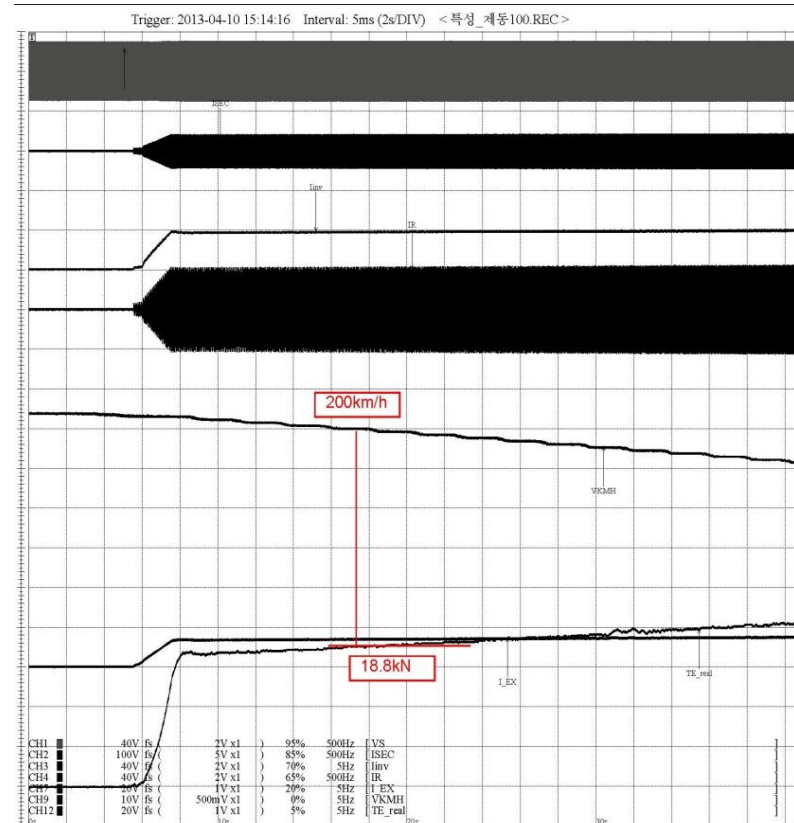
제동 토크 곡선

V. 결과 (조합시험)

토크특성 시험



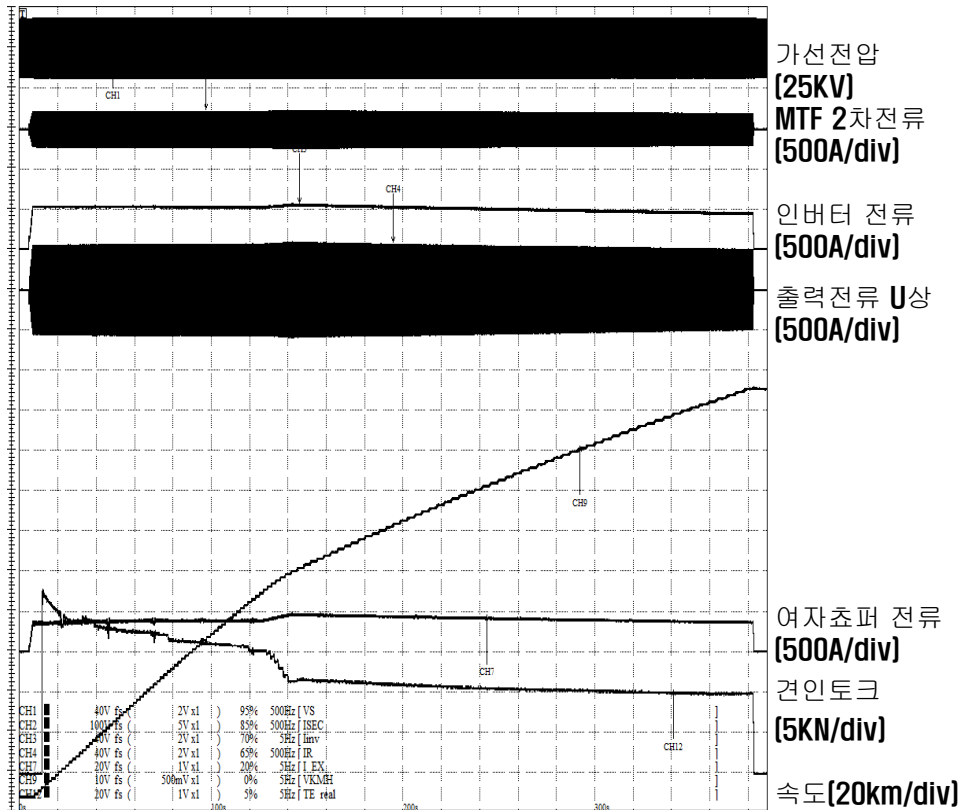
역행 토크 시험 - 최대출력 100% 200km/h



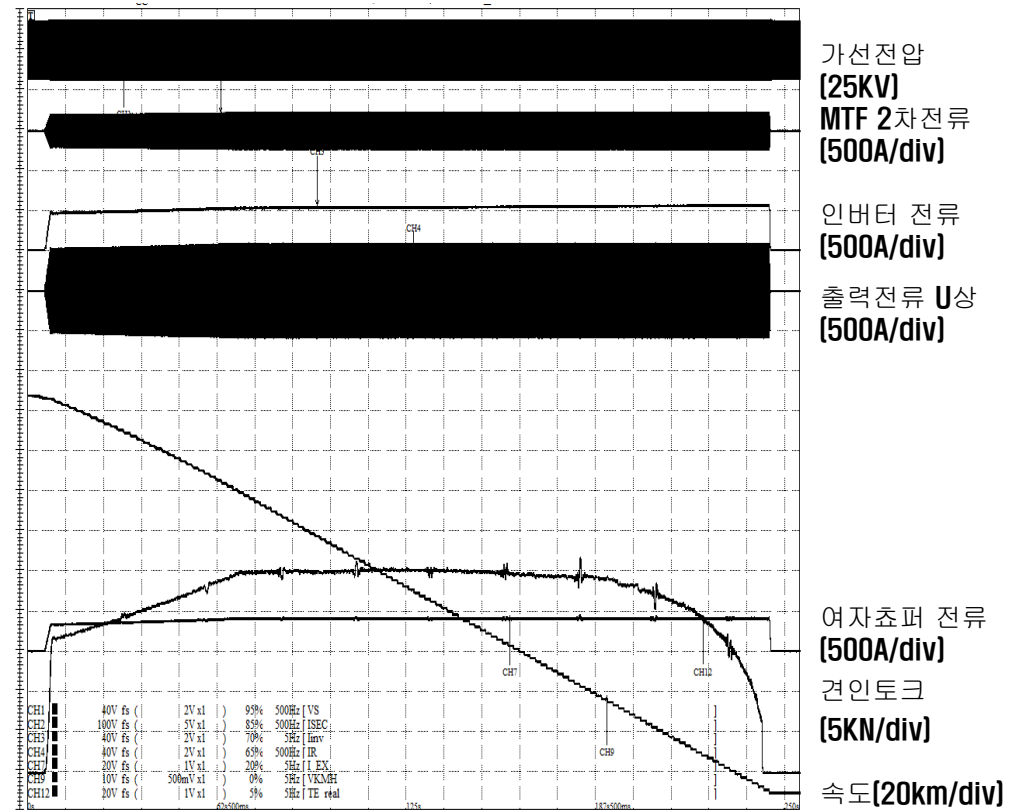
제동 토크 시험 - 최대요구 100% 200km/h

V. 결과 (조합시험)

역행 및 제동 시험



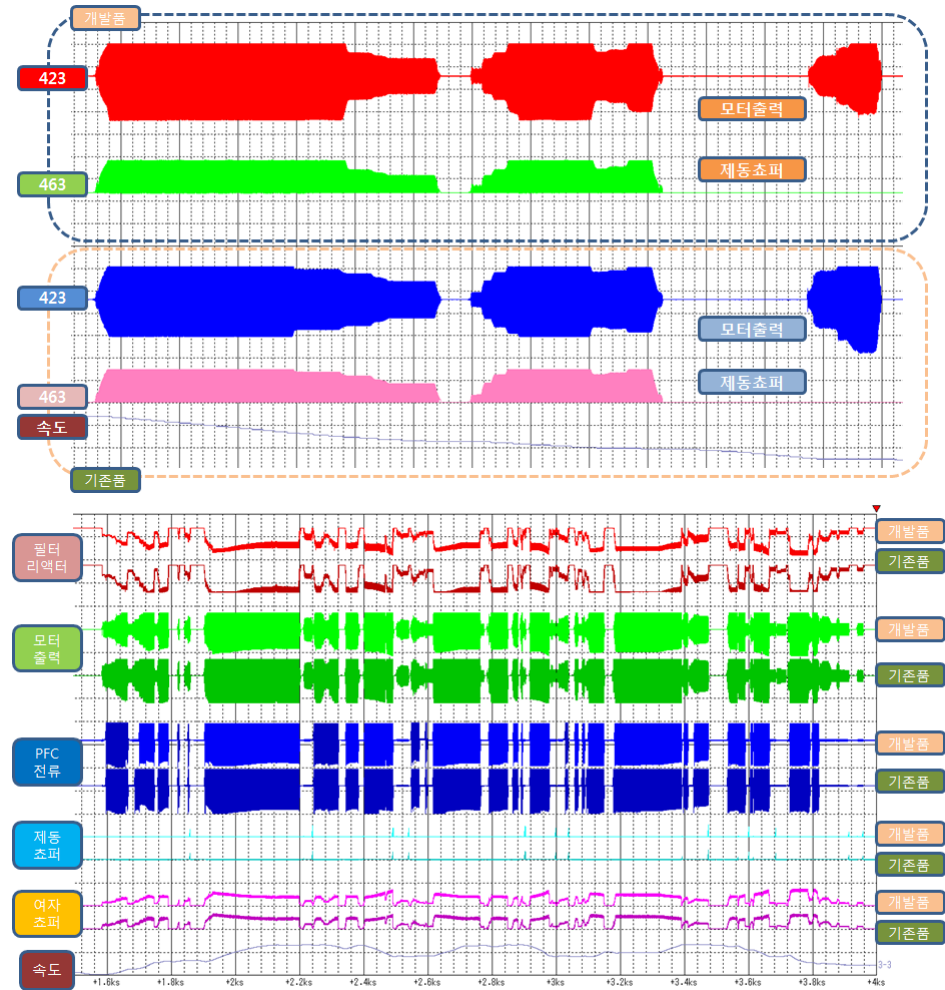
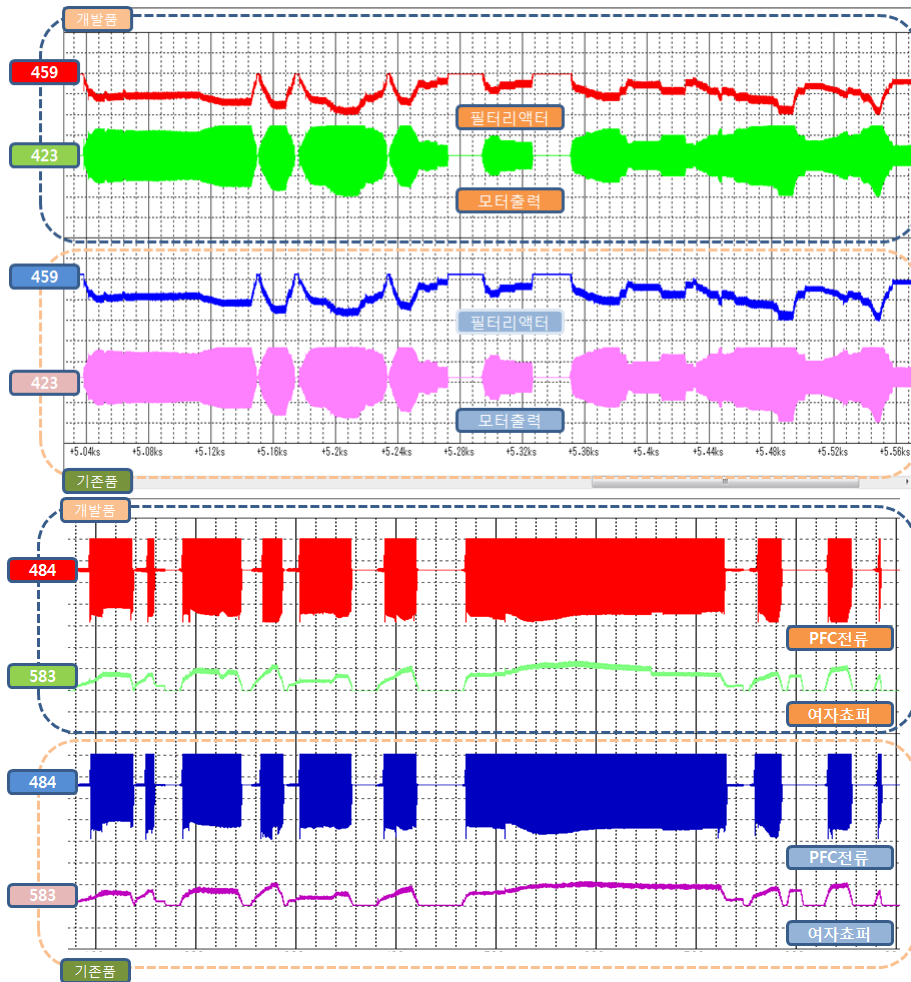
역행 시험 - 최대출력 100% 210km/h



제동 시험 - 최대요구 100% 210km/h

v. 결과 (현차시험)

고속선 시운전 측정파형(부산-서울)



V. 결과

▣ KTX 추진제어장치를 위한 컨버터 및 인버터 제어기술

- 전류형 컨버터 제어기술 개발
 - * 2중 단상 컨버터 제어기술
 - * 대용량 컨버터의 스위칭 제어
- 전류형 인버터 시스템의 제어기술 개발
 - * 보조 사이리스터를 이용한 강제정류
 - * 3상 대용량 전류형 인버터 제어기술
 - * 동기회로를 이용한 견인 동기전동기의 제어기술 개발
- 전류형 컨버터와 인버터를 이용한 동기전동기의 벡터제어
 - * 인버터 전류 및 주파수를 개별제어
 - * 여자초퍼를 이용한 독립적인 자속제어
- 사내 조합시험을 통한 제어이론 확인

모터블록 국산화 개발 경과

모터블록 국산화 개발 현황

국책연구과제

- 최신 반도체 소자를 이용한 고속철도 차량용 추진제어 기술개발
- 연구과제기간 4년 3개월 (09.03.31 ~ 13.06.30)

모터블록 검증시험 및 신뢰성 시험

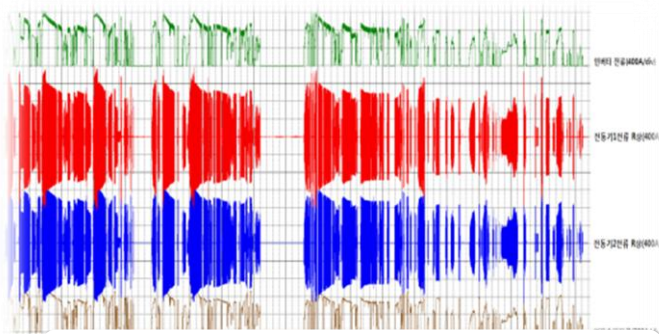
- 기술협력 증진 협약서 체결 (15.04.21)
- 자기진단시험 (15.04.07 ~ 15.04.30)
- OBCS통신시험 (15.05.07 ~ 15.05.21)
- MBU 인터페이스 시험 (15.06.01 ~ 15.07.24)
- 구내시운전 (15.07.28 ~ 15.10.19)
- 본선시운전, 최고속도시험 (15.09.20~15.12.30)
- MBU 제어유닛 신뢰성 시험조사 (16.03.10 ~ 17.05.09)
- K36편성 PC1MB3에서 14개월 영업운전



첨부: 모터블록 현차 적용시험

■ 시험기간 2015. 4. 07. ~ 2017. 5. 10 (현차적용 상용화 시험:한국철도공사 공동)

일 정	주 요 추 진 내 용 (모터블록 조립체)
2015. 7. 8. ~	➢ 모터블록 조립체 탑재 준비
2015. 07.10. ~ 07.11.	➢ 조립체 배선 확인시험
2015. 07.23. ~ 07.24.	➢ MBU와 개발 조립체 기능시험
2015. 09. 01. ~ 09. 02.	➢ HLO 차량인 KTX 35편성 PC2 MB3에 취부
2015. 10.14. ~ 10.16.	➢ 모터블록 조립체 구내 시운전 및 본선 시운전
2015. 10.17.~ 2017. 02.21.	➢ 모터블록 조립체 신뢰성시험(영업운행) 완료



모터블록 각부 출력 파형



구내시운전

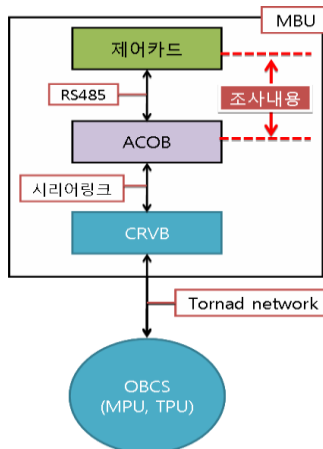
첨부: 모터블록 현차 적용시험

■ **시험기간** 2015. 4. 07. ~ 2017. 5. 10 (현차적용 상용화 시험 : 한국철도공사 공동)

일 정	주 요 추 진 내 용 (MBU: 제어장치)
2015. 04.07. ~ 04.30.	➤ MBU 자기진단 시험
2015. 5.7. ~ 05.21.	➤ MBU와 OBCS 통신시험
2015. 06.01. ~ 07.22.	➤ MBU 인터페이스 및 KTX 현차 확인 (보호동작시험) 시험
2015. 07.28. ~ 10.19.	➤ MBU 구내시운전 (견인, 회생제동, 발전제동 확인)
2015. 09.20. ~ 12.30.	➤ MBU 본선 시운전, 최대속도 300km/h (12월 8일)
2016. 03.10. ~ 2017.05. 09.	➤ MBU 신뢰성 시험 (14개월: 영업운전)



통신 시험



제어장치(MBU)

첨부: 모터블록 현차 적용시험

■ 자가진단 시험

개발된 MBU를 TEST ADAPTATION OF THE MOTOR BLOCK CONTROL CABINET과 우진산전 자체 개발 프로그램인 DIAL Console을 이용하여 자가진단 시험 실시

○ 시험내용 :

- 전원 연결 확인
- 우진산전 자체 개발 자가진단 시험용 프로그램 연결 확인
- 각 단계별 시험 및 확인(54단계)
- 각 운영별 시험 및 확인(0 ~ 742번)

■ OBCS 통신 시험

개발된 MBU를 KTX 차상컴퓨터 시뮬레이터와 연결하여 통신 시험 실시

○ 시험내용 :

- 기본 통신 프로토콜 정의 및 RES count 확인(1회/1초)
- 기본정보(시간,편성번호,MB번호) 확인(버전은 전송 안함)
- 고장코드 확인 (고장 : 129 ea, 고장별 Context 유형 : 9 종)
- 통신 데이터 최대 전송 부하량 확인
(OBCS 시뮬레이터가 최대한 전송 가능한 고장개수를 측정)



첨부: 모터블록 현차 적용시험

■ 보호동작 확인 시험

개발품 MBU를 연장 제어케이블을 이용하여 KTX PC1 모터블록에 연결하여 시험.

○ 시험내용 :

- 고장코드 확인시험 (129ea)
- 컨텍스트 확인시험
- 정차상태 제동시험
- 정차상태 견인시험



고장코드 및 컨텍스트 확인

■ 구내시운전

개발품 MBU를 연장 제어케이블을 이용하여 KTX PC1 MB3모터블록에 연결하여 시험.

○ 시험내용 :

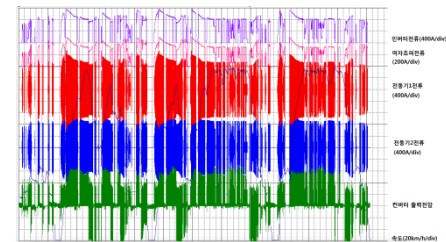
- 견인 확인시험 (최소견인력 ~ 최대견인력)
- 회생제동 확인시험
- 발전제동 확인시험

■ 본선시운전

개발품 MBU를 연장 제어케이블을 이용하여 KTX PC1 MB3모터블록에 연결.

○ 시험내용 :

- 최고속도 견인 확인시험
- 최대 제동 (발전, 회생, 비상) 확인시험



300km/h 운전

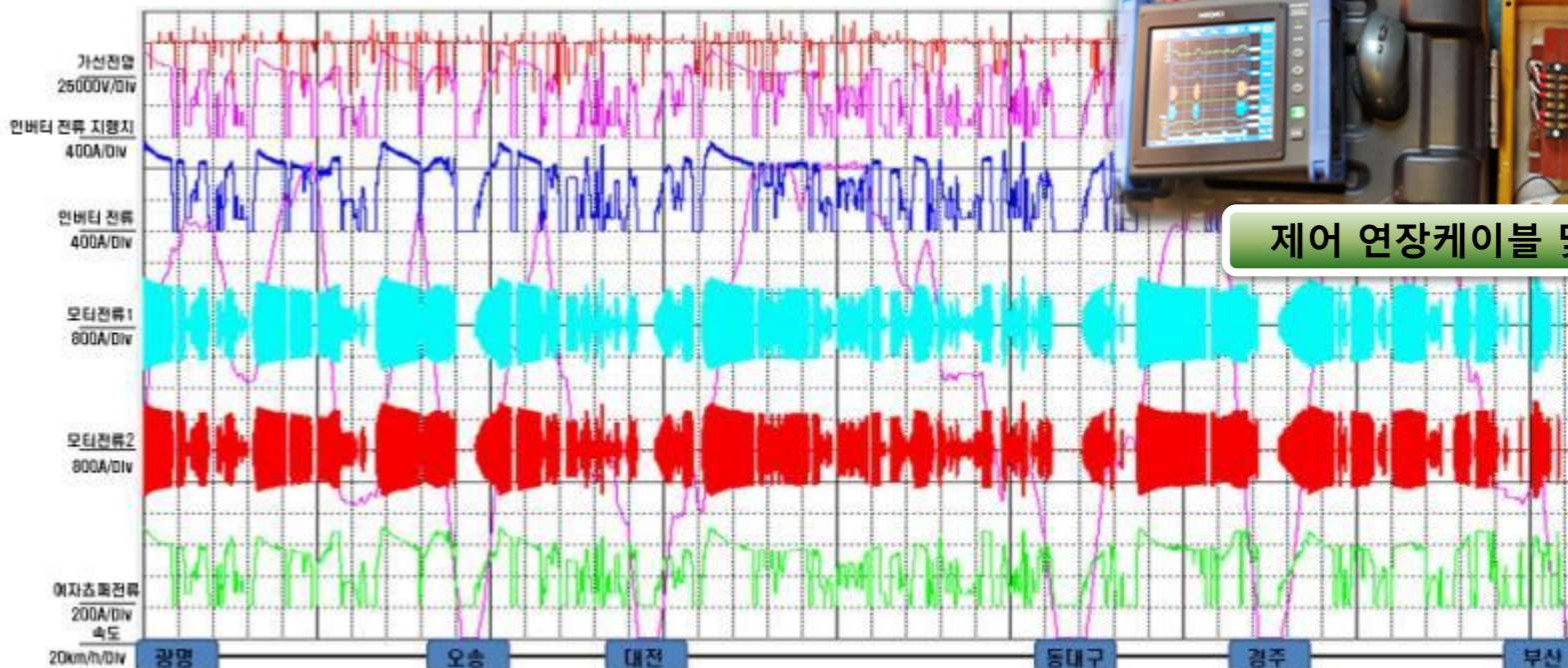
첨부: 모터블록 현차 적용시험

신뢰성 시험

- 목적 : KORAIL의 신뢰성 요구조건이 만족되는 현차시험 시행
- 모터블록 MBU 신뢰성시험

장소 : 한국철도공사 고속철도 본선(경부선 및 호남선)

대상 : 모터블록 MBU



제어 연장케이블 및 계측장비 연결

모터블록 각부 출력파형