

한국형 고속전철의 VCB 제어 알고리즘 검증

°전정우*, 정판규*, 이주훈*, 박도영*, 김용주*, 이병석**
 *한국전기연구소 고속전철 T.F.T. **한국철도차량주식회사

VCB Control Algorithm Verifications of Korean High Speed Train

°J.W.Jeon*, P.K.Jeong*, J.H.Lee*, D.Y.Park*, Y.J.Kim*, B.S.Lee**
 * High Speed Train Task Force Team, Korea Electrotechnology Research Institute
 ** Korea Rolling Stock Corp.

Abstract - This paper presents the control algorithm verification process for VCB (Vacuum Circuit Breaker) of Korean High Speed Train. In order to enhance the reliability of the control algorithm, the verification process must be performed. The verification is conducted by comparing the pre-designed control algorithm with the pre-planned scenario by simulation tools such as SDL and MSC. This verification process will be applied to the other control algorithms of various control units of Korean High Speed Train.

1. 서 론

고속전철의 급전계통을 보면 가선에 흐르고 있는 전력을 전철로 보내주는 판토틀레프, 유입된 전력을 내부의 전력장치로 공급 및 차단하는 VCB, 가선전압을 필요한 전압으로 변환하는 주변압기 등으로 구성된다. 여기서 VCB는 급전계통의 이상 및 운행상의 문제가 발생되면 신속히 가선과 전철을 분리하는 기능을 수행하게 된다. 그러므로 VCB의 투입 및 차단을 위한 제어알고리즘은 많은 장치의 동작 및 그 이상상태 그리고 전체적인 운행 조건에 따라 매우 복잡하게 구성된다. 따라서 실제 시스템을 구축하기 전에 simulation을 통하여 알고리즘을 검증하면 실제 시스템 시험시 발생할 수 있는 알고리즘의 오류를 최소화할 수 있다. 현재 G7 사업의 일환으로 개발중인 한국형 고속전철 시제차 편성에 사용될 VCB 제어 알고리즘 사양과 회로도도 여러 참여기관이 공동으로 작성하였으며, 본 논문에서는 사양 및 회로도도 작성된 제어 알고리즘의 성능향상 및 신뢰도 확보를 위해 CASE Tool을 이용하여 VCB 제어 알고리즘을 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 VCB 제어 알고리즘

경부고속전철에 사용된 VCB 투입을 위한 제어 알고리즘은 relay에 의한 logic으로 처리되며, 1단계인 VCB 제어를 초기화하는 setting up 단계, 2단계인 VCB 투입시 상태를 유지하는 maintaining authorization 단계, 마지막으로 3단계인 VCB를 투입하는 closing 단계로 이루어져 있다. 여기서 1단계와 2단계에서 요구하는 조건을 모두 만족할 때에만 최종적으로 3단계에서 VCB를 투입할 수 있게 된다. 현재 개발중인 한국형 고속전철에도 동일하게 3단계로 구성하였다. 하지만 편성 및 일부 시스템의 변경에 따라 단계별 요구조건이 변경되었으며, relay logic 대신에 열차제어 및 진단처리 unit인 SCU(Supervisory Control Unit)의 내부 프로그램에 의해 알고리즘이 수행된다. 한국형 고속전철 VCB 제어 알고리즘을 위한 단계별 신호들을 그림 1에 간략히 나타내었다.

1단계 (VCB Setting Up)	VCB 투입스위치 1 상태신호 Pantograph 동작상태 ATC 비상제동 제어신호 ATS 비상제동 제어신호 ATC VCB 차단 제어신호	IS-SWVCB01 N_RPT01 IS_RPT01 IS_RATC01 IS_RATS01 IS_RVCB01
2단계 (VCB Maintaining Authorization)	VCB 투입조건 1 제어신호 Pantograph 동작상태 Safety S/W 상태신호 TCU, AUXB 동작 상태신호 25KV 가선전압 정상 상태신호 25KV 가선전압 과전류 검지 상태신호 화재 검지 상태신호 검지고장 검지 상태신호 670VDC Converter 차단 상태신호 670VDC 연상급전용 Contactor 투입신호	OS_RVCB01 IS_RPT01 IS_SWSY04 IS_RVCB11 N_RVCB11 IS_RSE01 IS_RHVOC01 N_RHVOC01 N_RHVOC02 IS_RF101 IS_RER01 N_RISAUX01 N_ISJWHV01
3단계 (VCB Closing)	VCB 투입스위치 2 상태신호 VCB 투입조건 2 제어신호 Pantograph 동작상태 Master Controller 상태신호 ATC에 의한 VCB 재투입 제어신호	IS_PBCSVCB01 OS_MVSL01 IS_RPT01 N_RPT01 IS_MIC01 N_CSVCB1

그림 1. 한국형 고속전철 VCB 제어 알고리즘 단계별 신호

2.2 VCB 제어 알고리즘 설계

VCB 제어알고리즘 설계를 위해 ITU-T(International Telecommunication Union)의 SDL(Specification and Description Language)을 사용하였다. SDL은 시스템의 구성은 물론 내부 알고리즘을 직접 표현할 수 있으므로, real-time 및 분산제어 시스템의 설계가 용이하다. 고속전철 전기시스템 중 VCB 제어 알고리즘 설계를 위해 사용된 단위 제어시스템 간의 인터페이스를 그림 2에 나타내었다.

여기서 시스템 구성을 살펴보면 지상 신호시스템과 차상시스템간의 인터페이스 및 각종 제어를 담당하는 ATC/ATS (Automatic Train Control/Automatic Train Stop), 운전자

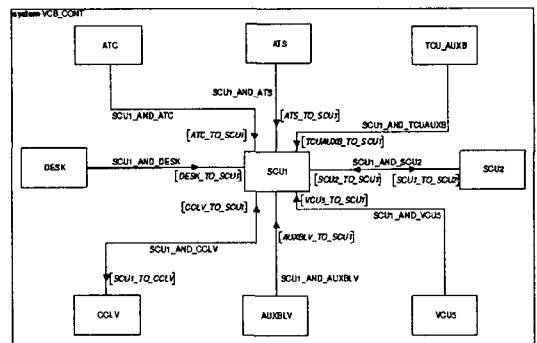


그림 2. VCB 제어알고리즘 설계를 위한 시스템구성

인터페이스를 담당하는 DESK, 제어시스템간의 인터페이스를 담당하는 CCLV(Cab Cubicle Low Voltage) Logic, Pantograph와의 인터페이스를 담당하는 AUXBLV(Auxiliary Block Low Voltage) Logic, 열차추진 및 보조전원공급을 담당하는 TCU/AUXB(Traction Control Unit/Auxiliary Block), 열차제어 및 진단처리를 담당하는 SCU로 구성되어 있다. 여기서 SCU1은 전두부, SCU2는 후두부의 SCU를 나타낸다. 서로간의 인터페이스는 1개의 channel로 이루어져 있으며, 각 channel은 여러개의 신호를 전달하는 통로의 역할을 하게된다.

2.2.1 1단계-VCB Setting Up

1단계는 VCB 제어의 초기부분으로 운전자의 VCB 투입스위치 1의 신호가 입력되면 수행하게되며, 수행조건을 식(1)에 나타내었다.

$$Result1 = \begin{matrix} VCB \text{ 투입스위치1 상태신호} & \text{AND} \\ ATC \text{ 비상제동 제어신호} & \text{AND} \\ ATS \text{ 비상제동 제어신호} & \text{AND} \\ ATC \text{ VCB 차단 제어신호} & \text{AND} \\ Pantograph \text{ 상태신호} \end{matrix} \quad (1)$$

여기서 Result1은 자차의 Pantograph가 상승되어 있으면 자차의 CCLV로 출력되고, 반대편의 Pantograph가 상승되어 있으면 Network를 통해 반대편 SCU2로 송신하여 SCU2에 의해 반대편 CCLV로 출력된다. 1단계에 대한 인터페이스 및 알고리즘을 그림 3에 나타내었다.

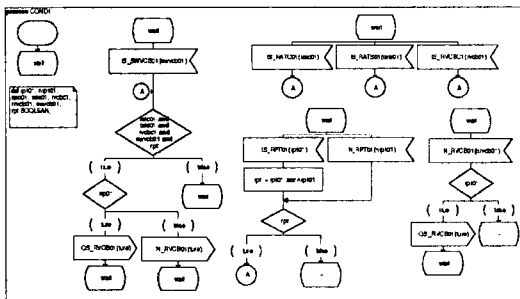
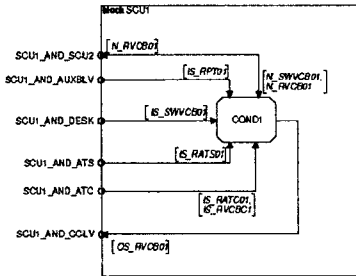


그림 3. 1단계-VCB Setting Up

2.2.2 2단계-VCB Maintaining Authorization

2단계는 VCB가 투입되었을 경우 이를 유지하는 단계로서 1단계 출력이 나오면 자동적으로 수행하게되며, 수행조건은

$$Result2 = \begin{matrix} VCB \text{ 투입조건1 제어신호} & \text{AND} \\ Pantograph \text{ 동작상태} & \text{AND} \\ Safety S/W \text{ 상태신호} & \text{AND} \\ TCU, AUXB \text{ 동작 상태신호} & \text{AND} \\ 25KV \text{ 가선전압 정상 상태신호} & \text{AND} \\ 25KV \text{ 가선전압 과전류 검지 상태신호} & \text{AND} \\ 화재검지 상태신호} & \text{AND} \\ 점치고장검지 상태신호} & \text{AND} \\ 670VDC \text{ Converter 차단 상태신호} & \text{AND} \\ 670VDC \text{ 연장급전용 Contactor 투입신호} & \text{AND} \end{matrix} \quad (2)$$

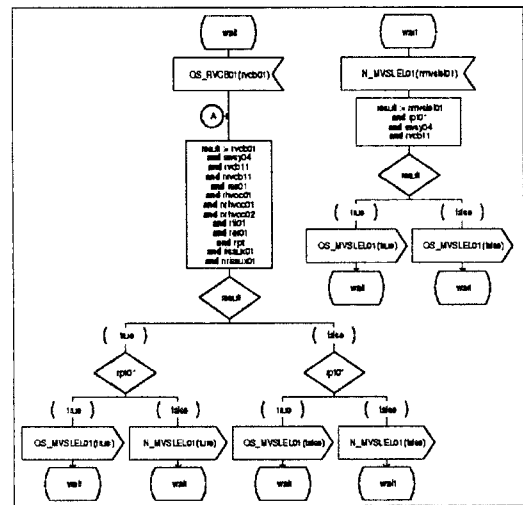
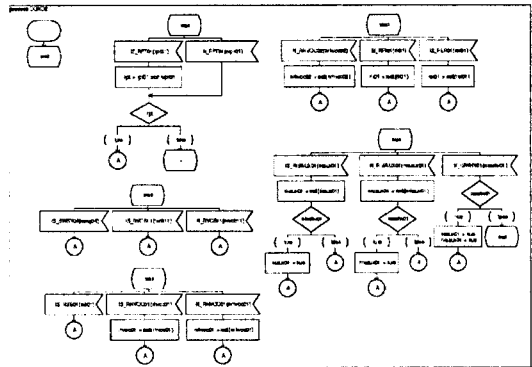
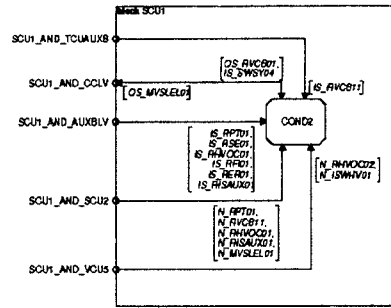


그림 4. 2단계-VCB Maintaining Authorization

식 (2)와 같다. Result2의 출력도 1단계와 마찬가지로 Pantograph의 상승 위치에 따라 제어된다. 2단계에 대한 인터페이스 및 알고리즘을 그림 4에 나타내었다.

2.2.3 3단계-VCB Closing

3단계는 최종적으로 VCB를 투입하는 단계로 운전자에 의한 VCB 투입스위치 2의 조작에 의해 수행되며, 식 (3)에 나타내었다.

$$Result3 = \begin{matrix} VCB \text{ 투입스위치2 상태신호} & \text{AND} \\ MasterController \text{ 상태신호} & \text{AND} \\ VCB \text{ 투입조건2 제어신호} & \text{AND} \\ Pantograph \text{ 동작상태} & \text{AND} \\ ATC \text{ 에 의한 VCB 재투입 제어신호} & \text{AND} \end{matrix} \quad (3)$$

Result3의 출력도 1,2 단계와 마찬가지로 Pantograph의 상승 위치에 따라 제어된다. 2단계에 대한 인터페이스 및 알고리즘을 그림 5에 나타내었다.

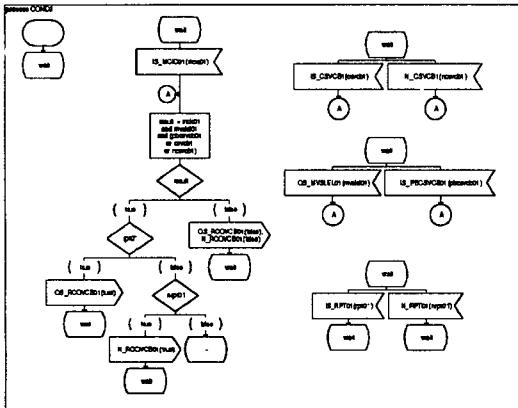
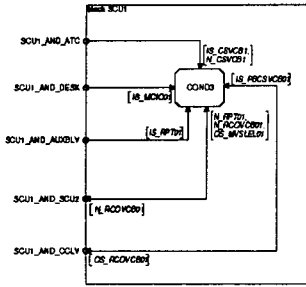


그림 5. 3단계-VCB Closing

2.3 VCB 제어 알고리즘 검증

VCB 제어알고리즘 검증을 위해 ITU-T의 MSC(Message Sequence Chart)를 사용하였다. MSC는 각 분산된 System 서로간의 신호 흐름을 순서대로 표현할 수 있으므로 알고리즘의 시나리오를 구현하기가 용이하다. 그러므로 SDL로 표현된 알고리즘과 MSC로 표현된 시나리오를 상호 비교함으로써 알고리즘을 검증할 수 있게된다. 검증용 시나리오는 필요에 따라 여러 개를 사용할 수 있다.

2.3.1 1단계-VCB Setting Up 검증

1단계-VCB Setting Up 검증용 시나리오를 그림 6에 나타내었다. 먼저 운전자 Desk에서 VCB 투입스위치1을 ON(true)하면, 자차의 Pantograph 상태가 ON(true), 반대편의 Pantograph 상태는 OFF(false), ATC/ATS의 비상제동 OFF(false), ATC VCB 차단요청 OFF(false) 신호들이 입력되므로, SCU1은 1단계 제어알고리즘에 의해 VCB 투입조건 1 ON(true)을 출력하게 되어 알고리즘이 검증된다.

2.3.2 2단계-VCB Maintaining Authorization 검증

2단계-VCB Maintaining Authorization 검증용 시나리오를 그림 7에 나타내었다. 1단계의 출력인 VCB 투입조건1 ON(true) 결과가 CCLV로부터 SCU1로 입력되면, 자차의 Pantograph 상태 ON(true), Safety Key 상태 ON(true), 자차 TCU 및 AUXB 정상(true), 반대편차 TCU 및 AUXB 정상(true), 25KV 가선전압 정상(true), 25KV 가선전압 과전류 미검지(false), 화재 미검지(false), 접지 미고장(false) 신호들이 입력되므로, SCU1은 2단계 제어알고리즘에 의해 VCB 투입조건 2 ON(true)을 출력하게 되어 알고리즘이 검증된다.

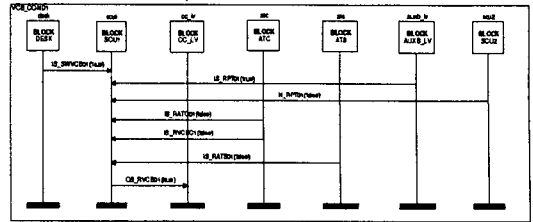


그림 6. 1단계-VCB Setting Up 검증용 시나리오

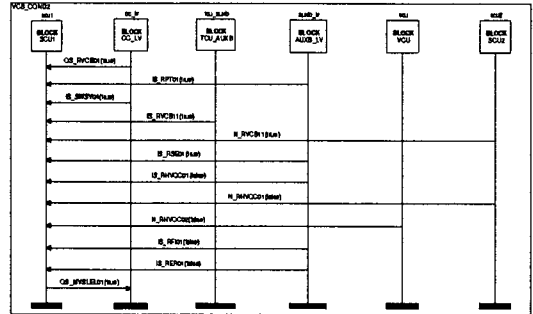


그림 7. 2단계-VCB Maintaining Authorization 검증용 시나리오

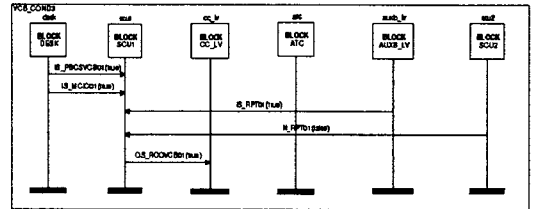


그림 8. 3단계-VCB Closing 검증용 시나리오

2.3.3 3단계-VCB Closing 검증

3단계-VCB Closing 검증용 시나리오를 그림 8에 나타내었다. 운전자는 2단계 출력인 VCB 투입조건2 ON(true)을 DESK상에서 확인 후 VCB 투입스위치2를 ON(true) 하면, Master Controller OFF(true), 자차의 Pantograph 상태 ON(true), 반대편의 Pantograph 상태 OFF(false) 신호들이 입력되므로, SCU1은 3단계 제어알고리즘에 의해 VCB 투입제어 ON(true)을 출력하게 되어 알고리즘이 검증된다.

3. 결론

현재 G7의 일환으로 개발중인 한국형 고속전철 시제차 편성에 사용될 VCB 제어 알고리즘은 3단계로 설계되어 있으며, 여러 참여기관이 공동으로 사양과 회로도를 작성하고 있다. 본 논문에서는 사양 및 회로도도 작성된 제어 알고리즘의 성능향상 및 신뢰도 확보를 위해 CASE Tool을 이용하여 VCB 제어 알고리즘을 검증하였다. 이러한 검증방법은 개발중인 시제차의 열차제어에 적용된 통합 알고리즘을 검증하는데 사용할 예정이다.

(참고 문헌)

- [1] F.Belina, D.Hogrefe and A.Sarma, "SDL with APPLICATIONS FROM PROTOCOL SPECIFICATION", Prentice Hall, 1991.
- [2] 전정우, 이재덕, 이주훈, 박도영, 김용주, "차상제어시스템의 알고리즘 검증 (I)", 한국철도학회 춘계학술대회, pp.292-299, 2000.