

ATS 기존선 신호 방식과 TVM430 ATC 신호 방식의 속도 profile에 따른 Compatibility

김용규*, 강기석**

* : 한국철도기술연구원, ** : 철도청

Compatibility on Speed profile between ATC Signaling and TVM 430 ATC Signaling

Yong-Kyu KIM*, Ki-Sok KANG**

* : Korea Railroad Research Institute, ** : Korean National Railway

Abstract - 경부고속전철(KTX)의 운행은 서울-동대구간은 고속선에 의한 고속 운행을 실행하는 반면, 동대구-부산간은 기존선 전철화 및 선로 개량 사업을 통해 기존선을 운행한다. 그 결과 남서울, 북대전, 남대전, 및 북대구의 기존선과 고속선 연결부 인터페이스는 가장 중요한 검토 및 연구 대상으로, 기존선과 고속선 간의 속도 형상에 대한 호환성은 KTX 차량의 적절한 운행을 결정하는 기본 요소이며 또한 필수 요소로 작용한다. 따라서 본 연구에서는 기존선과 고속선 신호 시스템의 호환성에 따른 속도 천이를 분석한다.

운속도를 초과하여 운행할 경우 ATS에 의해 5초간 경보후 기관사의 확인 압구 취급이 시행되지 않을 경우 자동적으로 비상제동이 발생한다. 신호현시별 허용 속도 및 제동 속도 형상은 표 1과 그림 1로 주어진다.

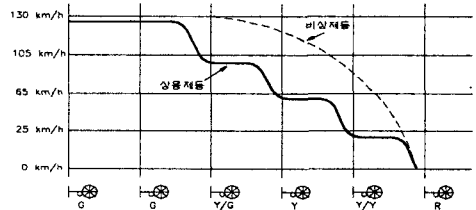
현시방식	신호현시	제어속도
5현시	진행 (G)	Free
	감속 (Y/G)	105km/h
	주의 (Y)	65km/h
	경계 (Y/Y)	25km/h
	정지 (R)	정지

(표 1). 신호현시별 허용속도

1. 서론

기존선 전철화는 신호, 전차선, 전력 공급, 변전소 및 EMI 등 전기 관련 요소의 집합체로 주어지는 대단위 종합 프로젝트로 경제적인 면을 고려하여 기존선 전철화의 형태를 결정해야 한다. 주요 결정 요소는 교통 현황 예측, 동력차 선택, 선로 형상 및 속도 다이어그램 구성, 기존의 전철화 선로와의 결합 등에 따른 선로 환경, EMI, 전인력 형태(1×25000V AC, 2×25000V AC, ...), 변전소 및 기타 신호 기계실 위치, 전차선 선택 등으로 구성된다. 따라서 가장 중요한 요소는 안전에 연관된 신호 시스템으로 규정되지만 실제적인 모든 작업은 전차선 설치에 의해 주어짐에 따라 전철화 구간의 기후, 지리적 조건, 안전 거리 및 판토타프와의 호환성을 충분히 검토해야 한다. 또한 전차선에 에너지를 공급하는 전력은 선로 형상 및 운영의 유연성에 따라 제공되어야 한다[1].

신호 시스템에 대한 연구는 안전성 개념에 따라 충분히 검토되어야 한다. 특히 차량과의 인터페이스는 연결부의 "전력 차단", "판토타프 강화"와 같은 명령의 실행 방법, 고속선 및 기존선 지상신호의 차상 전송 방법 등으로 이에 따른 "폐색 구간"의 자동 또는 수동 진행 등을 설정해야 한다[2]. 그러나 선로 시스템과의 인터페이스는 주로 주변 환경에 대한 궤도 회로의 영향, 쿨선 전류의 영향 및 평형, 이들 두 사항에 대한 기술상의 문제점 검토 등으로 구성되어 작업반 보호를 위한 기본 폐색 구간 연구 및 작업을 위한 안전 신호 설치의 신호 시스템의 필수 사항으로 추가된다.



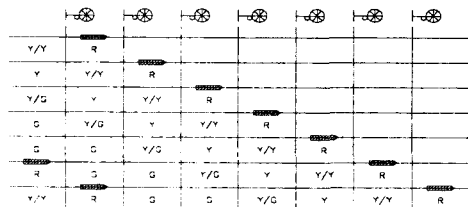
(그림 1). 제동 속도 곡선

자동폐색장치의 송·수신 주파수는 625±20 ~ 7125±20Hz대의 가청주파수를 사용한다. 이는 60V의 입력 전압에 의해 송신 계전기가 동작하고, 이에 따라 송신 카드의 발진기 회로를 통해 f₁ ~ f₁₈까지의 해당 주파수를 송신한다. 수신카드에 수신되는 주파수는 대역 필터에 의해 해당 주파수 통과시 정류된 전압이 수신 계전기를 동작시킨다. 이러한 경우, f₁ ~ f₁₈까지의 주파수를 하나의 전송회선을 사용함에 따라 한 구간에 동일한 주파수가 중복 사용되지 않도록 주의해야 한다. f₁ ~ f₁₈에 대한 각각의 송·수신 카드는 각각 하나의 주파수가 고정되며, 송·수신 카드별 사용주파수와 5현시 자동폐색구간의 선형열차 운전상황에 따른 후속열차의 신호현시계통은 다음과 같이 표 2, 그림 2로 주어진다.

2. ATS 및 TVM 430 ATC 원리 분석

2.1 ATS 기존선 신호 방식

현재 경부선에서 사용되는 자동폐색장치(ABS)는 선형 열차 운전 상황에 따라 후속 열차의 운전 조건을 지시하는 신호 현시가 자동으로 제어되는 5 현시용으로, 폐색 구간내의 궤도회로 조건에 따라 자동폐색 신호기를 제어한다. 자동폐색장치는 자동열차제어장치(ATS)와 연결되어 신호 현시 조건에 의한 과속 주행을 방지하는 기능을 수행한다. 만약 진행중인 열차가 해당 신호의 허



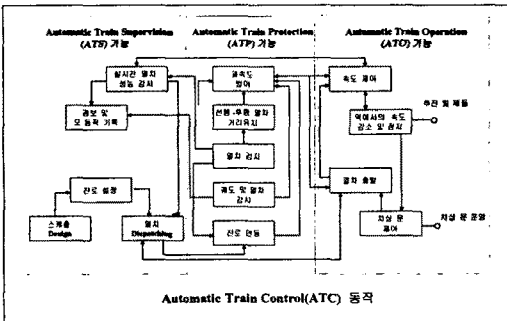
(그림 2). 신호 현시 계통도

주파수명	송신 카드	수신 카드	정격 주파수 (Hz)	허용주파수(Hz)	
				최대	최소
f1	T101	R101	625±20	645	605
f2	T102	R102	875±20	895	855
f3	T103	R103	1,125±20	1,145	1,105
f4	T104	R104	1,375±20	1,395	1,355
f5	T105	R105	1,625±20	1,645	1,605
f6	T106	R106	1,875±20	1,895	1,855
f7	T107	R107	2,125±20	2,145	2,105
f8	T108	R108	2,375±20	2,395	2,355
f9	T109	R109	2,625±20	2,645	2,605
f10	T110	R110	3,125±20	3,145	3,105
f11	T111	R111	3,625±20	3,645	3,605
f12	T112	R112	4,125±20	4,145	4,105
f13	T113	R113	4,625±20	4,645	4,605
f14	T114	R114	5,125±20	5,145	5,105
f15	T115	R115	5,625±20	5,645	5,605
f16	T116	R116	6,125±20	6,145	6,105
f17	T117	R117	6,625±20	6,645	6,605
f18	T118	R118	7,125±20	7,145	7,105

(표 2) ABS 장치 송·수신 주파수

2.2 TVM 430 ATC 고속선 신호 방식

자동열차제어장치(ATC)는 열차 이동, 열차 안전, 열차 운영 명령을 자동 실행하는 장치로 자동열차보호장치(ATP), 자동열차운행장치(ATO) 및 자동열차감시장치(ATS) 등의 하부 시스템 기능을 갖는다. 이는 선형 열차의 위치, 운행 진로 등 선로의 제반 조건에 따른 정보 코드가 차상으로 전송되고, 차상에서는 지상에서 전송된 정보를 표시장치를 통해 인지시킨다.



(그림 3) ATC의 구조

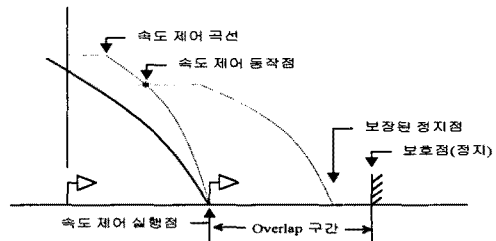
ATC는 고속열차를 안전하고 효율적으로 이동시키기 위해 사용하며 그림 3과 같은 기능을 갖는다. KTX에서 사용하는 ATC인 TVM 430(3)은 프랑스에서 개발된 ATC의 가장 진보된 형태로 프랑스 TGV 북대서양선에서 현재 사용 중이다. TVM 430은 1500m의 고정 폐색 구간을 가지며 폐색 구간은 열차의 제동 거리보다 짧고 제동 순차는 여러 개의 폐색 구간을 이용한다. 이는 운전 시각 감소뿐 아니라 열차의 제동 성능을 향상함 없이 고속선 용량을 증가할 수 있는 장점을 갖는다.

	TVM300	TVM300	TVM430	TVM430
운행 노선	동남선	대서양선	북유럽선	차세대TGV
최대 속도	270km/h	300km/h	300km/h	360km/h
폐색 구간길이	2100m	2000m	1500m	1500m
제동profile (폐색 수)	4	5	5	6
최소운전 시각 (분)	5	4	3	3

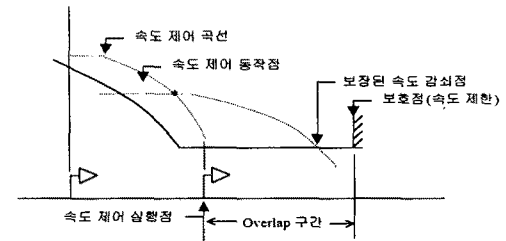
(표 3) TVM 종류에 따른 비교

TVM 430의 특징은 크게 차상 신호 표시(기관실에서 다양한 속도 정보 표시), 지상/차상간의 연속 데이터 전송(안전 운행에 필요한 정보를 궤도 회로 전류의 변조에 의해 연속적으로 지상에서 차상으로 전송), 속도제어(지상에서 전송된 정보에 따라 차상 속도 곡선 생성 : 그림4, 그림 5 참조) 및 지상/차상간의 불연속 데이터 전송(시스템에서 필요한 부수적인 정보를 전송함으로써 연속 정보 전송을 보완) 등으로 구분되며 이와 연관된 TVM 430 시스템의 주요 기능은 다음과 같다:

- 열차 운행 정보 표시 및 속도 제어
- 열차 감지
- 열차 상태 및 선로변 환경 감시
- 인접 ATC 센터와의 통신
- 유지보수시스템으로 유지보수 관련 데이터 전송
- 역 및 CTC로 열차 운영 정보 전송



(그림 4) 제동 속도 곡선 예

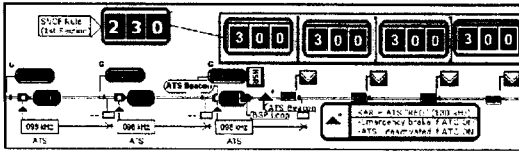


(그림 5) 속도 제한 곡선 예

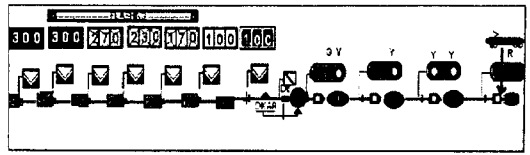
3. Signaling Transition

3.1 기존선에서 고속선으로의 신호 천이

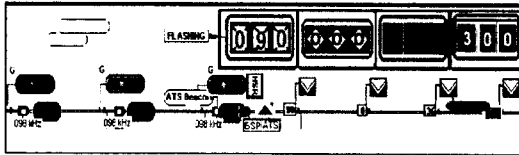
2장에서 언급된 기존선과 고속선 신호 시스템의 상호 호환성은 기존선에서 고속선으로의 신호 천이와 고속선에서 기존선으로의 속도 천이의 2가지 경우로 분류된다. 기존선에서 고속선으로의 속도 천이는 그림 6에서 처럼 주어진 속도 코드에 따라 각각 4가지 경우로 분류된다. 그림 6a와 같이 선형 열차가 없는 경우, KTX는 각각 150km/h와 300km/h로 주어지는 기존선과 고속선 최대운행속도에 따라 기존선 신호는 G를, 고속선은 300을 현시한다(G-G-G-300-300-300). 이러한 경우, 선로허용속도는 고속선의 경우, 320km/h까지 주어진다. 선형열차가 인터페이스 구간에서 고속선 방향의 세 번째 폐색구간에 존재할 경우(그림 6b), 기존선 신호는 G를 현시하지만 고속선 신호는 열차 안전 규정상 90-0-정지-300의 속도를 현시하며, 선로 속도는 100-0-35-320까지 허용된다. 선형열차가 구간에서 고속선 방향의 네 번째 폐색구간에 존재할 경우(그림 6c), 기존선 신호는 G-YG-Y-0-정지-300-300과 YG-Y-YY-0-정지-300-300의 두 가지 경우가 가능하다. 같은 방법으로 선형열차가 인터페이스 구간의 첫 번째 폐색 구간에 존재할 경우, 속도 천이는 고속선 진입시 무조건 정지신호를 현시하며 관련 속도 천이는 Y-YY-R-정지-0-300-300으로 주어진다.



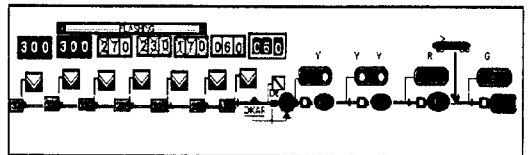
(a) 선행 열차가 없는 경우



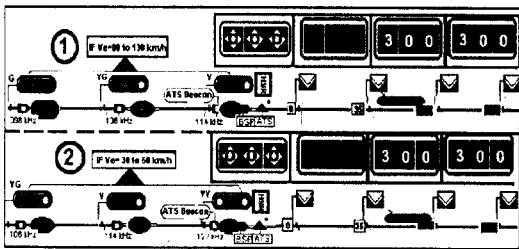
(b) 기존선의 네번째 폐색에 있는 경우



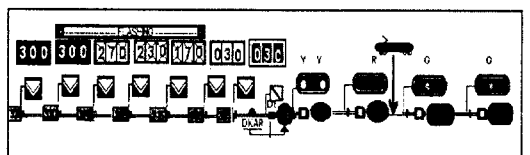
(b) 고속선의 네번째 폐색에 있는 경우



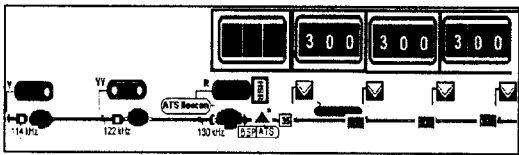
(c) 기존선의 세번째 폐색에 있는 경우



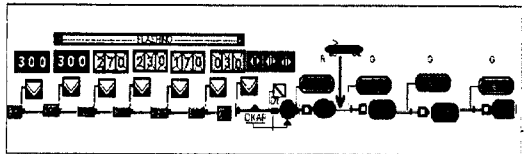
(c) 고속선의 세번째 폐색에 있는 경우



(d) 기존선의 두번째 폐색에 있는 경우



(d) 고속선의 두번째 폐색에 있는 경우



(e) 기존선의 첫번째 폐색에 있는 경우
(그림 7). 고속선에서 기존선으로의 신호 천이

(그림 6). 기존선에서 고속선으로의 신호 천이

6. 결론

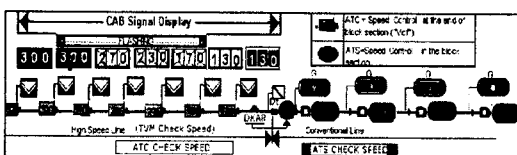
3.2 고속선에서 기존선으로의 신호 천이

고속선에서 기존선으로의 속도 천이는 고속선의 정상적인 제동 순차가 300-270-230-170-130-0로 주어짐에 따라 신호 천이는 최소 열 개의 폐색 구간을 이용한다. 그림 7a의 경우, 운행 열차 전방에 선행 열차가 없는 경우, 속도 천이는 300-270-230-170-130-130-130-130-G-G-G-G의 순으로 주어지며, 이에 따른 선로 허용 속도는 310-285-245-185-140-130-130-130-130-150-150으로 구성된다. 그러나 그림 7b와 같이 선행 열차가 인터페이스 구간에서 기존선 방향으로 네 번째 폐색 구간에 위치하는 경우에는 300-270-230-170-100-100유지-GY-Y-YY-R로 현시되며, 연관 선로 허용 속도는 310-285-245-185-110-100유지-105-65-25-정지를 허용한다. 같은 방법으로 그림 c, d, e의 경우에는 각각 300-270-230-170-60-60유-Y-YY-R-G, 300-270-230-170-30-30유지-YY-R 및 300-270-230-170-30-정지-R-G-G-G로 현시된다.

본 논문에서는 기존선 전철화 구간의 ATS 신호 시스템과 ATC 고속선 신호 시스템 사이의 속도 형상 호환성, 특히 ATC에서 주어진 속도 코드에 따른 ATS 신호와의 호환성, ATS 신호에 따라 주어진 속도에 대한 ATC 신호 호환성에 대해 논의하였다.

인터페이스 구간의 속도 변화는 기존선 조건에 따라 주로 고속선의 두 번째 폐색 구간에서 속도 천이가 발생할 수 있다(130-130유지, 100-100유지, 60-60유지, 30-30유지). 이는 현존하는 기존선 최대 허용 속도에 따른 분석 결과로, 기존선 속도 향상을 실행할 경우 이들 속도 천이는 더욱 더 고속선 속도 천이에 근접할 수 있음을 의미한다.

각각의 기존선과 고속선 연결부에 따라 주어지는 실제 속도 형상에 대한 호환성은 신호 형태, 신호기 위치, ATS 및 ATC의 신호 현시, 분리구간 신호 정보 전송, 판토품하강 하강 및 전류 차단 등과 같은 부수적인 사항이 구체적인 연구를 위해 부가적으로 추가되어야 한다.



(a) 선행 열차가 없는 경우

[참고 문헌]

- [1] SNCF Division VZC, "25000 Volt Electrification overhead line equipment", SNCF, France, 1990.
- [2] SNCF Direction de l'infrastructure, "Ligne a grande vitesse Signalisation de cabine TVM 430 : Principes de signalisation", SNCF, France, 1992.
- [3] Alstom "The TGV Signaling system", Alstom, France, 1998, France
- [4] LG 산전(주), "자동열차제어장치 기술개발에 관한 연구", 1997.