

열차자동정지시스템(ATS)의 과속방지장치 개발

Improvement of Overspeed Protection for Automatic Train Stop System

정 락 교* · 김 백 현* · 강 석 원* · 서 문 석**

(Rag-Gyo Jeong · Baek-Hyun Kim · Seok-Won Kang · Moon-Seog Seo)

Abstract - Automatic Train Stop (ATS) is a device that automatically stops or decelerates a train when the train exceeds the permitted speed limits or violates the signal regulations. The railway signaling system has been evolved to an automatic train control system (ATC), and is being developed into Distance-to-Go and Communication Based on Train Control (CBTC). In spite of that, the ATS system is currently being operated in Seoul Metro (line 1 and 2) and most of railway lines in Korea as well as overseas. In this study, we presents the technical methodology to prevent human errors in order to secure the safety in operation of the ATS system.

Key Words : ATS(Automatic Train Stop), ATC(Automatic Train Control), CBTC(Communication Based on Train Control)

1. 서 론

1899년 9월18일 철도가 처음 개통된 이후 신호설비는 주로 열차를 안전하게 운행하는 것을 최우선으로 하였으며[1], 열차의 충돌 또는 충돌을 방지하기 위해 일정한 간격유지를 위한 원천적인 기능으로부터 열차운행의 감시 및 제어를 위해 다양한 형태로 발전되어 왔으며, 효율적 운영을 위하여 자동운전기능을 추가하고 유지보수성을 극대화할 수 있는 시스템으로 발전되어 왔다. 전통적인 지상신호에 의하여 수동으로 열차를 제어하는 자동열차정지(ATS: Automatic Train Stop)방식은 컴퓨팅, 제어 기술의 발달로 차상을 기반으로 열차를 제어하는 자동열차보호/자동열차운전(ATP/ATO : Automatic Train Protection/Automatic Train Operation)방식의 자동열차제어(ATC : Automatic Train Control) 시스템으로 발전하였다. 또한 궤도회로를 기반으로 하여 열차를 제어하는 고정폐색방식에서 통신을 기반으로 하는 이동폐색방식의 CBTC(Communication Based Train Control) 열차제어시스템이 등장함으로써 신호시스템은 철도에서 마치 인체의 신경조직과도 같은 역할을 하게 이르렀다[2].

신설 노선과 내구연한이 도래하여 개량이 이루어지는 노선은 운영목적과 노선 특성에 적합한 최신의 시스템을 채택하여 고도의 안전성과 운영효율성 확보를 추구하고 있다. 그러나 이러한 신호시스템의 비약적인 발전에도 불구하고 1969년 서울~부산간

(경부선) 444km에 처음 설치되기 시작하여 당시에 열차의 안전성을 대폭적으로 향상시키는 계기가 되었던 ATS 시스템은 아직도 일반철도 78개 노선과 서울지하철 1,2호선에서 운영되고 있으며 열차안전운행을 위한 소기의 역할을 충실히 수행하고 있다[1, 9]. 그러나 ATS시스템은 수동운전방식으로 지상의 신호현시조건에 따라 기관사의 조작에 의해 운전함으로써 악천후인 경우, 안전운전을 확보하는데 어려움이 있고, 기관사의 신호현시 확인이 어려운 경우에는 열차속도를 낮추어 운전하여야 하며 기관사의 돌발적인 육체적인 결함 등으로 신호 확인의 누락이나 착오로 인한 사고가 발생하는 경우가 있다[1].

본 논문에서는 ATS 시스템으로 운영중인 서울 2호선에서 ATS 방호 기능이 없는 45 km/h 이상 운행구간에서 안전운행에 대한 문제점을 분석하고, ATS 지상 신호설비 제어회로 개선을 통한 인적오류 방호방안을 도출하였으며, 이를 검증하고 속도제어 체계를 개선하기 위해 시험품을 설치하여 시험하였고, 그 결과를 바탕으로 ATS시스템에 대한 안정적인 운영기반을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 ATS시스템(Automatic Train Stop)

열차운행의 안전을 확보하기 위한 신호시스템은 취급자 혹은 관제정보의 운전 설정의지를 신호기를 통해 기관사에 지시하는 장치로서 기관사는 그 신호의 지시를 절대 엄수하여 운행하여야 한다. 신호기내방이 위험구간일 때 운전자의 실수로 그 구간을 진입하거나 지시속도를 초과하여 운행하게 되면 기관사에게 주의를 환기시키고 자동적으로 열차를 안전하게 정지시키는 안전설비가 ATS 시스템이다. ATS 시스템은 신호기가 지시하는 속도, 특

† Corresponding Author : Metropolitan Transportation Research Center, Korea Railroad Research Institute, Korea
E-mail: rgjeong@krrri.re.kr

* Metropolitan Transportation Research Center, Korea Railroad Research Institute, Korea

** Signaling System Department, Seoul Metro, Korea

Received : November 6, 2017; Accepted : December 1, 2017

히 정지나 45 km/h 이하의 저속도 구간을 초과하여 운전할 경우 차내 경보로 표시등 혹은 벨, 차임으로 기관사에 경고하고 열차를 자동 정지시키는 장치로서 이 장치의 특징은 어떠한 상황으로 지상신호기의 지시속도를 위반할 시에 기관사의 운전행위 부담을 경감하는 지원 설비이므로 해당 열차에 관한 운전주체는 어디까지나 기관사에게 있다.

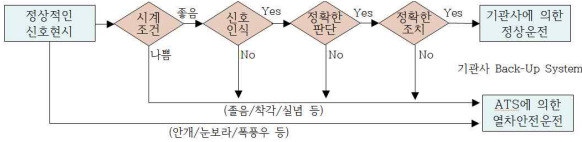


그림 1 기관사와 ATS장치의 관계

Fig. 1 Relationship between engineer and ATS equipment

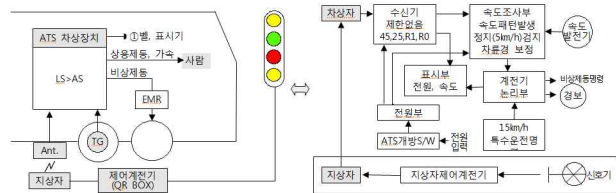


그림 2 ATS 장치 구성도 및 동작구조

Fig. 2 Configuration and operation structure of ATS equipment

2.2 ATS 시스템 동작구조

ATS시스템은 기본적으로 지상에 설치되는 지상장치와 이와 응동하여 지시속도를 조사하여 열차를 제어하는 차상장치로 구성되어 있으며, 동력차 하부에 설치되어 있는 차상자가 궤도내에 설치되어 있는 지상자를 통과할 때 폐색구간 통과속도 정보(5가지 신호별 주파수 98kHz~130kHz)를 접재어 다현시 변조방식으로 차상자에서 감응하여 열차가 안전하게 운행되도록 하며 ATS 장치의 기본조건은 열차를 정지신호가 현시된 신호기 앞에 정지시켜야 한다[7]. 서울지하철 2호선 ATS 운행구간에 4현시 전용으로 사용중인 차상연속 속도조사방식의 구성도는 그림 2와 같다. 동작구조를 살펴보면 차상장치는 지상으로부터 정해진 다양한 주파수 정보(130, 122, 114, 106, 98 kHz)를 수신하는 차상자, 정보를 해석하여 경보기와 제동장치의 회로를 제어하는 수신기, 속도조사부, 계전기 논리부, 운전실내에 설치된 경보기, 표시기, 전원부 및 기타 부속품 그리고 차량의 실제속도를 감지하는 속도발전기 등으로 구성되어 있다. 지상장치는 경보지점의 궤도사이에 설치되어 그 지점을 통과하는 열차에 정보를 보내는 지상자와 이것을 신호기의 현시에 따라 제어하는 지상자제어계전기(QR BOX) 및 케이블로 구성되어 있다[2, 3].

제한속도 이하의 운전에 대해서 ATS 차상장치는 출력신호를 발생하지 않으며, Y, YY 현시에 대하여 제한속도를 초과한 경우, ATS 경보신호를 발생하며, 이때 3초 이내에 기관사가 제한속도 이하로 감속시키면 ATS차상장치는 경보신호의 동작을 멈추게 한다. 만약 기관사가 상용제동 핸들을 조작하지 않을 경우, 3초 후

에 비상제동을 작동한다. Y, YY 현시에서 비상제동 작동에 따른 열차 정지 후 재운전 방법은 제동핸들을 비상위치로 하여 신호현시의 제한속도 이내에서 운전이 가능하다. R 현시일 경우에는 ATS 차상장치가 즉시 비상제동 체결신호를 제어기(EMR)에 전달하여 열차를 비상 제동시키며, R현시에서 비상제동 작동에 따른 열차정지후 재운전 방법은 종합관제센터로부터 승인을 받아 제동핸들을 비상위치로 하고 표시장치의 특수운전스위치를 조작하여 15km/h 이하로 운전이 가능하도록 설계되어 있다.

2.3 ATS장치의 신호현시와 조사속도

4현시 ATS장치의 기본 동작원리는 지상장치로부터 정해진 속도에 따른 변주신호를 차상장치로 전송하며, 차상장치에서는 실제속도와 제한속도를 비교하여 열차를 안전하게 제어한다[2]. 표 1은 4현시 때 ATS 지상 장치의 공진주파수와 차상장치의 제한속도 및 조사속도이며, 이때의 신호등 표시방법은 표 2와 같다.

표 1 신호현시별 공진주파수 및 조사속도

Table 1 Resonance frequency and speed limit depending on signal display

구분	진행 (G)	경계 (YG)	주의 (Y)	감속 (YY)	정지 (R1)	절대 정지 (R0)
4 현 시	공진주파수(kHz)	98	106	144	122	130
	제한속도(km/h)	Free	65	45	25	0(15)
	조사속도(km/h)	(없음)	(없음)	45	25	0(15)

표 2 신호현시에 따른 신호등 표시방법

Table 2 Traffic lights according to signal display

신호현시	진행 (G)	경계 (YG)	주의 (Y)	감속 (YY)	정지 (R)	비고
4현시						지상 구간
						지하 구간

2.4 ATS 속도제어

그림 3은 ATS 장치의 운전제어 속도곡선을 나타낸 것으로, 현재 서울2호선 ATS 방식은 Speed Step 열차속도제어방식을 사용하고 있다. 이 방식은 폐색구간 마다 신호기를 설치하고 기관사에게 직접 전방 신호현시를 확인하도록 하면서 해당구간을 운전하며 열차의 가·감속 또는 제동을 운전자의 판단에 의하여 운전하는 방식이다[2]. 이는 각각의 폐색구간에서 신호현시별 제한속도에 맞추어 단계별로 열차의 속도를 수동으로 제어한다. 이를 정리하여 표현하면 그림 3의 하단부와 같이 나타낼 수 있다.

그림 3에서 선행열차가 1T에 위치하고 있을 때에는 1T의 방호구간 신호기는 R0(절대정지)가 되고, 2T에는 R1(정지), 3T에는

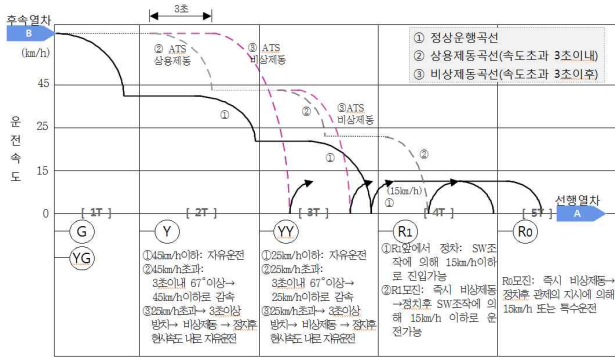


그림 3 ATS 운전제어 속도곡선
Fig. 3 Speed curve for ATS operation

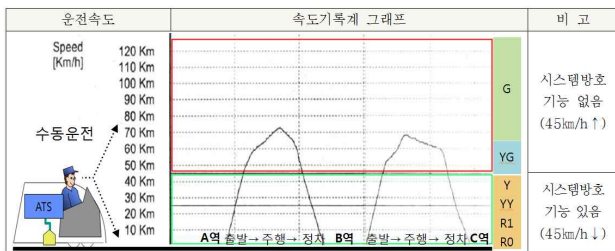


그림 4 ATS 속도 그래프(운전방식)
Fig. 4 ATS Speed graph(operation method)

YY(경계), 4T에는 Y(주의), 5T에는 G(진행)신호로 점차 제한속도가 상승하여 현시되고 있고 신호기 마다 부족된 ATS는 지시 내용에 맞추어 변조한다. 이와 같은 경우, 후속열차는 각 신호기 방호구간 내 진입시 제한속도 이하로 진행하면 정상운행인 ① 프로파일을 따라 운행하게 되나, 제한속도를 초과하고 3초이내(벨 울림) 상용제동으로 속도를 하향하면 ②와 같이 운행되고, 3초 이내 제동조작을 못하게 되면 ③과 같은 ATS비상제동으로 급정지한다[7].

2.5 ATS시스템 문제점

그림 4는 서울 2호선에서 운용중인 속도조사식 4현시 ATS차량 속도기록계 그래프로서, 역A(또는 역B)에서 열차가 출발하고 가속 주행하여 시스템 방호 기능이 없는 70 km/h 전후까지 속도가 도달한 후 감속하여 다음 역B(또는 역C)에 도착하는 동안의 열차운행속도 패턴을 나타낸다.

그림 5는 2호선 내선(안쪽 순환선)구간 낙성대역에서 서울대입구역까지 6개 궤도회로에 대한 신호기, 곡선과 구배, ATS 열차운행패턴(내선)이다. 낙성대역을 출발한 열차는 ① 동력운전으로 내 2(폐색)신호기(28k700지점)부근까지 50km/h로 가속주행 후 출력을 단속시키어 ② 무동력운전으로 1R(1장내) 신호기(29k050)까지 60km/h 속도에 도달한 후 ③ 초기제동을 거쳐 2RB(3장내)신호기(29k450) 지점에서 45km/h로 감속 후, 다음 역인 서울대입구역에 정차를 위한 ④ 정차제동이 이루어지기까지의 기본운전법을 표시하고 있다. 내림기울기가 27%지점(28k619)의 제한속도는 운전취급

규정에 따라 29k010 지점에서 65km/h로 제한하고 있으며, 곡선 400R(29k412) 지점의 제한속도는 29k395 지점에서 50km/h로 제한하고 있다. 이는 운전취급규정상 제한속도가 75km/h이나 서울대입구역에 정위치정차를 위한 승강장 진입속도를 45km/h 이내로 제한하기 위해서이다.

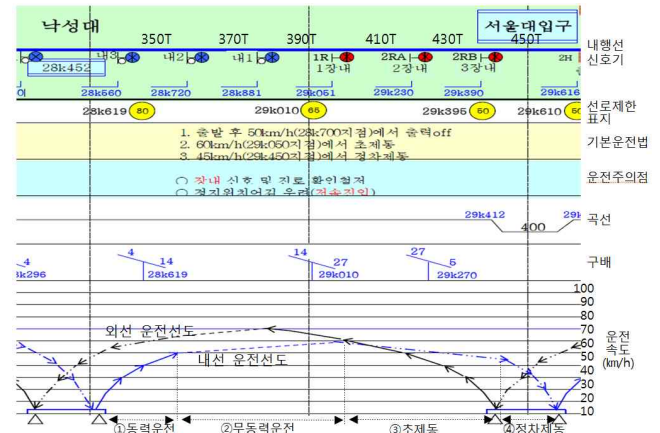


그림 5 2호선 열차운행패턴(낙성대→서울대입구 내선 구간)
Fig. 5 Train operation pattern

표 3에서 6개 궤도회로의 신호기 현시조건에서 여유(안전)거리 내에 선행열차가 없을 경우 각각의 신호기는 G를 현시하게 되고 ATS열차는 기관사의 속도제어에 따라 운행하게 된다.

표 3 ATS 신호기 지시속도(낙성대→서울대입구역)
Table 3 ATS signaling speed

구분	신호기	궤도명	심볼	지시속도				비고 (신호기 심볼)
				YY	Y	YG	G	
신호 현시	내3 (3폐색)	350T	⊗	×	○	○	○	
	내2 (2폐색)	370T		×	○	○	○	
	내1 (1폐색)	390T		×	○	○	○	
	1R (1장내)	410T	⊗	×	○	○	○	
	2RA (2장내)	430T		×	○	○	○	
	2RB (3장내)	450T	⊗	○	○	×	○	

서울 2호선은 시청역을 기점으로 한강을 남북으로 순환하는 중부하 노선으로서 본선(시청~시정)구간은 총500개(내/외선 각 250개)의 궤도회로로 ATS열차를 운영중이다. 표 4에 나타난 바와 같이 제한속도가 50km/h 이상으로서 과속운전이 가능한 개소는 493개소로 98.6%이며, 그림 6에 그래프로 표시하였다.

그림 6에서 2호선 ATS 열차운행은 최고 80km/h로 속도제한이 이루어지고 있다. 그러나 전동차의 차량설계 최고속도는 1호선

표 4 서울 2호선 본선구간 속도제한 현황

Table 4 Speed limit of seoul metro line 2

구 분	합계	속도 제한현황										50km/h 이상
		40	45	50	55	60	65	70	75	80		
합계	500	4	3	7	21	59	33	19	52	302	493	
내선	250	2	0	4	12	31	15	7	20	159	248	
외선	250	2	3	3	9	28	18	12	32	143	245	
비율(%)	100	0.8	0.6	1.4	4.2	11.8	6.6	3.8	10.4	60.4	98.6%	

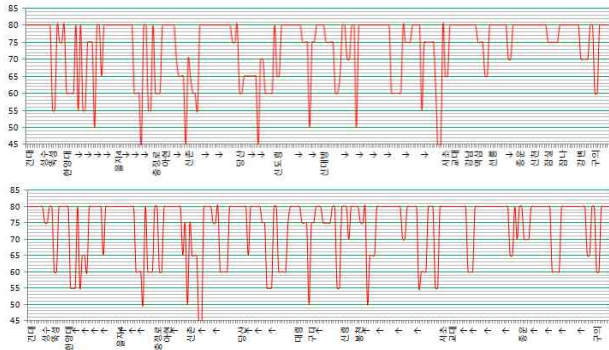


그림 6 속도제한 그래프
Fig. 6 Speed limit graph

표 5 ATS 과속 운행시 위험구간

Table 5 Danger zone of ATS over-speed operation

연 번	ATS 신호	역 구간		내림기울기 속도제한		곡선반경 속도제한		비고
		출발역	도착역	%	km/h	R	km/h	
1	YG	방배	서초역	35	60	200	55	외선
2	YG	신촌	홍대역	32	65	200	55	외선
3	YG	잠실나루	잠실	33	60	450	75	내선
4	YG	역삼	강남	35	60	-	-	내선
5	YG	서초	방배	33	60	200	55	내선
6	G	낙성대	서울대입구	27	65	400	50	내선
7	YG	대림	신도림	34	60	300	60	내선
8	YG	당산	합정	34	60	540	60	내선
9	YG	충정로	시청	33	60	250	60	내선
10	YG	낙성대	사당	35	60	600	60	외선
11	YG	신대방	신림	32	60	246	55	외선
12	YG	이대	신촌	30	50	300	65	외선
13	YG	당산	영등포구청	35	60	310	65	외선

교·직류전동차는 110km/h, 기타의 전동차는 100km/h로서 2호선 ATS열차는 100km/h까지 운행할 수 있다[4]. 표 5는 역간 운행 중 45km/h 이상 운행구간 중에서 내림기울기에 따른 제한속도가 60~65km/h(26% 이상)인 개소와 곡선반경에 따른 제한속도가 55~75km/h인(200~449m)개소로서 두 가지 속도제한 조건이 중첩

또는 혼재하는 구간으로 열차가 과속운행시 제한속도 대비 25~45km/h까지 과속 운행할 수 있는 구간들이다.

2.6 지상설비를 활용한 과속방지 방호

그림 7은 2016년 6월에 발생한 2호선 내선구간 낙성대역에서 서울대입구역까지 6개 궤도회로(350T~450T) 1,048m 구간을 과속 운전한 사례에 대한 열차의 속도그래프이다. 과속열차는 속도 제한(②)에 따라 가속 주행하여 2개의 궤도회로 구간을 통과하여 70km/h 속도에 도달한 후, 390T구간에서 선로제한속도(①) 65km/h이하로 감속 운행해야 하나, 계속 가속 주행하여 430T에서 최고 96km/h까지 속도 변화 없이 역행(Motoring)하였음을 보여준다. 이 열차는 이후 정차를 위한 제동을 취급하였으나, 과속도에 따른 제동거리 부족으로 서울대입구역 정차지점을 과주하여 정차하였다. 이 열차는 450T 진입시 89km/h의 속도로 선로제한속도 50km/h보다 39km/h를 초과하여 운행한 결과를 보여주고 있다.

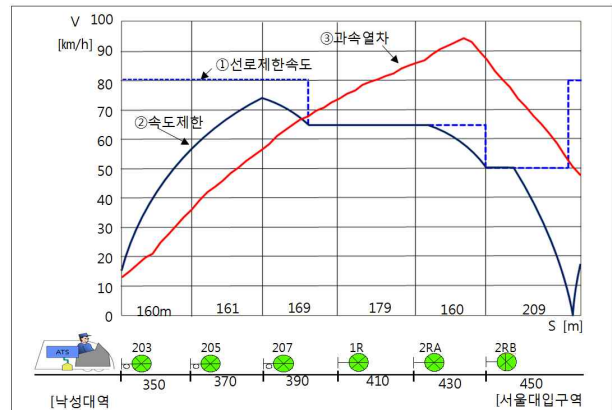


그림 7 과속열차 운행 속도(낙성대역→서울대입구역)
Fig. 7 Operating speed graph of overspeed train

그림 7에서 열차 과속운행시간에 대한 분석은 표 6과 같으며, 390T궤도 이후 4개 궤도회로 구간에서 ②속도제한 패턴에 따라 정상주행시 소요되는 기준시간 보다 운행시간이 13.7초 짧게 소요되어 열차가 과속 운행하였음을 보여주고 있다.

표 6 과속열차 운행시간 분석

Table 6 Analysis of the overspeed train operation data

구 분	합계	낙성대(출발) ⇒ 서울대입구(도착)						
		6T	350T	370T	390T	410T	430T	450T
선로 Data	궤도명 (T)	6T	350T	370T	390T	410T	430T	450T
	궤도길이(m)	1,048	160	161	169	179	160	219
운행 Data	기준시간(sec)	73.1	15.1	8.7	9.0	9.9	9.8	20.6
	운행시간(sec)	59.4	15.2	9.0	8.1	6.9	6.2	14.0
	시간차이(sec)	-13.7	0.1	0.3	-0.9	-3	-3.6	-6.6
	평가	-	정상	정상	과속	과속	과속	과속

선로제한속도를 초과하는 과속운행은 안전에 중대한 위협요인으로서 이에 대한 시스템적 방호방안에 대한 검토가 제기되었으나 실효성 있는 방호방법에 대한 성과는 최근까지 부진하다. 열차안전운행을 확보하기 위한 최상의 방법은 차상설비에 Y나 G 현시 속도조사에 대응하는 백업기능을 부가하여 인적오류에 대한 방호기능을 갖추도록 차상설비를 개선이 필요하나, 비용, 시간, 안전성 검증 등에 대해 현실적 접근이 어려운 것으로 판단되었다. 따라서 지상설비에서 시스템적으로 보호할 수 있는 방법을 검토하였다.

ATS시스템은 신호 현시별 속도조사기능이 있음에 따라 궤도 회로 통과시에 소요되는 시간을 검출하고 정상운행시에 소요되는 기준시간과 비교하여 기준 시간 이내에 도착하는 열차는 과속으로 판정하여 다음 신호기에 Y신호 현시를 연동조건으로 부가하여 시스템에 의한 열차방호가 가능하다는 점을 착안하여 다음과 같이 제시하였다.

- ① 각 궤도회로의 과속판단 기준시간을 산정하였다. 예를 들어 410T 궤도길이 179m를 제한속도 65km/h로 주행할 경우 9.9 sec가 소요된다.
- ② 각 궤도별 기준시간 미만으로 운행하는 열차는 과속으로 판정하고, 기준시간 이상으로 운행하는 열차는 정상운행열차로 판정한다. 표 7에서 350T와 370T는 정상운행, 390T, 410T, 450T 구간은 과속 운행하였음을 알 수 있다.
- ③ 각 궤도회로별로 열차가 주행(점유)하는 시간을 카운트하여 정해진 과속판단 기준시간 동안에는 다음 궤도의 ATS지상자 제어계전기를 Y신호로 연동하도록 구성한다. 즉 410T의 기준시간 9.9초 이상으로 궤도회로를 통과하는 열차는 다음 430T 궤도회로에서 정상운전으로 판단되어 속도제한을 받지 않고 운행하게 되지만, 기준시간 미만으로 410T를 통과하는 열차는 ATS 속도계에 45 지시등이 점등되고 ATS 경고벨이 동작하게 된다. 이때 기관사가 3초 이내에 제동취급하고 제한속도 이내로 속도가 떨어지면 45 지시등은 소등되고 경고벨은 멈추게 된다. 그러나 기관사가 경고 시간 이내(3sec)에 적절한 제동취급을 못하는 경우에는 비상제동이 체결되어 열차는 안전측(fail-safe)으로 멈추게 된다.

이와 같이 지상설비를 통하여 과속운행을 시스템적으로 방호할 수 있는 개념은 그림 8 및 9와 같다.

2.7 과속방지 방호 시뮬레이션

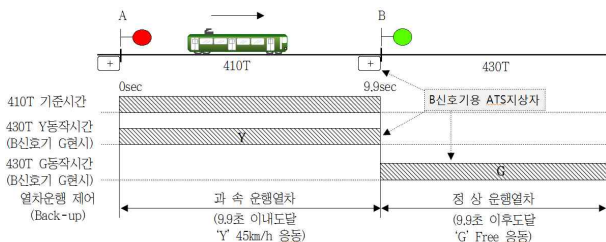


그림 8 과속방지 방호 개념도
Fig. 8 Concept of overspeed protection concept

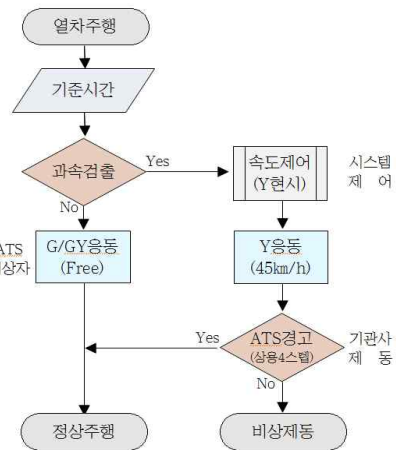


그림 9 과속방지 방호 제어흐름도
Fig. 9 Flow chart of overspeed protection control

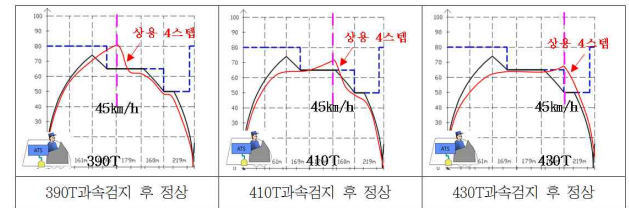


그림 10 과속방지 방호 시뮬레이션
Fig. 10 Simulation of overspeed protection

낙성대역과 서울대입구역간 390T~430T 3개 궤도에 대하여 기준시간 이내로 과속운행한 운행 데이터를 가정하여 시뮬레이션을 시행한 결과, 과속이 이루어진 다음 궤도회로의 지상자가 45km/h로 제어됨에 따라 차상설비에서 비상경보가 울리고 기관사가 적시에 제동조치를 시행하여 정상운행이 가능하게 되는 결과를 확인하였다. 이때 기관사의 인적오류로 시간내 상용제동이 이루어지지 않으면 즉시 비상제동이 체결되어 열차가 멈추게 된다. 따라서, 45km/h이상의 ATS 운행구간에서 과속상태는 1개의 궤도회로 이내에서만 이루어지게 되고 과속이 검지된 열차는 다음 궤도에서는 즉시 제한속도 이내로 복귀 또는 비상정지하여 열차의 안전운행을 확보한다.

2.8 과속방지 방호 현장시험

시뮬레이션 결과를 바탕으로 현장시험을 위해 2호선 성수 신호기계설 제어구간내 성수역에서 건대역 내선구간 19(490T), 21(510T)신호기현시 구간을 시험구간으로 선정하였으며, ATS 신호제어에 대한 운전선도는 그림 11과 같다.

신호현시에 따른 ATS지상자를 제어하는 하는 제어회로를 그림 12와 같이 구성하였다. 각 신호기에 대응하는 지상자 제어계전기중 G신호에 대응하는 GCR계전기 회로에 반응계전기 GCRP를 결선하고 열차가 주행(점유)하는 궤도의 GCRP 계전기의 낙하

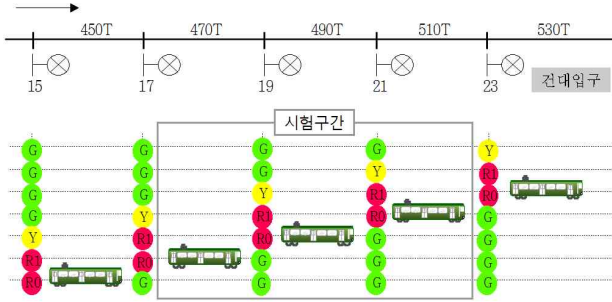


그림 11 과속방지 방호 시험구간 운전선도
Fig. 11 Operation diagram of overspeed protection

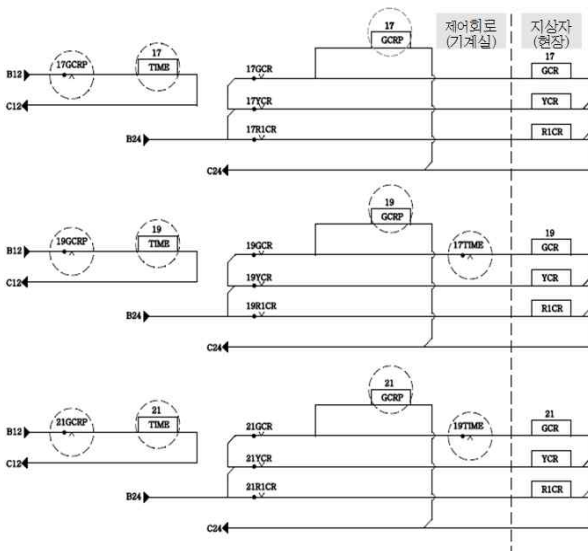


그림 12 ATS 지상자 제어회로 구성도
Fig. 12 Control circuit diagram of ATS ground equipment

접점을 통하여 해당 신호기에 대응하는 지연타이머가 동작하고 설정된 기준시간을 카운트한다. 다음 궤도의 GCR계전기 동작조건에 열차가 점유한 전 궤도의 타이머 조건을 직렬로 결선하여 타이머가 카운트하는 동안 다음 궤도의 GCR은 낙하하게 되고 설정된 기준시간 동안 YCR이 동작하게 된다. 타이머가 설정된 기준시간 이내로 다음 궤도에 진입하는 열차는 과속으로 판단하여 45km/h이하의 YCR로 응동하게 되어 열차의 과속을 원천적으로 방호하게 된다. 또한, 열차가 점유한 전 궤도의 설정된 기준시간 이후에는 타이머 계전기가 낙하되어 다음 궤도의 GCR이 동작함에 따라 기준시간 이후에 도착한 열차는 연속적 G신호에 따른 Free 속도로 열차가 운행 하게 된다.

위와 같이 시험구간의 기계실에 ATS제어회로를 구성하고 이에 따른 시험품을 구성·결선하여 현장시험을 시행하였고 시물레이션 결과에 상응하는 결과를 그림 13과 같이 얻었다.



그림 13 과속방지 방호 ATS 지상장치의 작동 모니터링 및 주파수 측정

Fig. 13 Frequency measurement of ATS overspeed protection

3. 결 론

ATS 시스템을 운영하고 있는 서울지하철 1,2호선에서 차량가속이 용이한 30%이상 내림기울기 구간의 YG, G현시 Free속도 운행구간은 인적오류에 의한 과속주행 여건이 상존하고 있음에 따라, ATS열차의 과속주행을 방지하여 열차안전운행을 담보할 수 있도록 시스템적으로 대처하는 방안을 확보하였다. 서울지하철은 과중한 수송수용에 부응하기 위하여 그 동안 정시운행에 역점을 두고 운영을 하였으나 최근 2호선 상왕십리 열차추돌사고 및 구의역 스크린도어(PSD) 사고 등이 발생하였고 안전을 중요시하는 사회적 패러다임의 변화 요구에 부응하기 위하여 열차안전운행을 우선으로 하는 정책을 펴고 있으며 안전을 위협할 수 있는 모든 여건을 해소하기 위해 노력중이다.

본 논문에서는 ATS시스템에서 태생적으로 속도제한이 없는 Free 속도구간(GY, G)에 대한 안전성을 확보하기 위한 시스템적 방호방안을 강구하여 실현하였다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Jae-Young Park et al., "Railway Signalling Engineering", Dongilbook, 2009.
- [2] Rag-Gyo Jeong et al., "Prevention of the Malfunction of the ATS Signaling System by Parallel Operation with ATC," Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 63, No. 8, pp. 1019-1025, 2015.
- [3] Ju-Hun Park et al., "A Study on the Definition of Terms for Domestic Train Control System", Autumn Conference of the Korean Society for Railway, 2015.
- [4] Railway Safety Implementation Plan, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016.
- [5] Byung-Chul Yoo, "Study on enhancing safety of train control system by parallel driving : mainly ATS of 2nd line and ATP/ATO system", Hanyang University, 2013.
- [6] Doo-Gyum Kim, "The Analysis of Operation Characteristic according to Distance between ATP and ATS Antenna in Combined On-Board Signalling System", Seoul National University of Science and Technology, 2013.
- [7] Automatic Train Stop(ATS), KR S-07020 Rev. 6, Korea Rail Network Authority, 2014.
- [8] Railway Glossary, Korea Rail Network Authority, 2013.
- [9] Young-Tae Kim, "Signalling Control System", Techmedia, 2006.
- [10] Mung-Hee Lee, "A Study on ATS System Cab Coil/Way Side Coil Interface Improvement," Seoul National University of Technology, 2002.
- [11] Rag-Gyo Jeong et al., "Study on the Design of Operation Scenario for Replacement of a Railway Signaling System," Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 63, No. 8, pp. 1064-1069, Aug. 2014.
- [12] Rag-Gyo Jeong et al., "Complement of the Interlocking Logic of ATS for Heterogenous Railway Signaling Systems," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17, No. 10, pp. 702-708, 2016.

저 자 소 개

**정 락 교 (Rag-Gyo Jeong)**

1991년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업.
1999년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
2005년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).
1990년 12월~1994년 12월 한진중공업 사원.
1995년 1월~현재 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 책임연구원
Tel : 031-460-5725, Fax : 031-460-5036
E-mail : rgjeong@krri.re.kr

**김 백 현 (Baek-Hyun Kim)**

1994년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업.
1996년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(석사).
2003년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사).
2003년 3월~현재 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 책임연구원.
Tel : 031-460-5443, Fax : 031-460-5036
E-mail : bhkim@krri.re.kr

**강 석 원 (Seok-Won Kang)**

2005년 2월 한양대학교 기계공학부 졸업.
2007년 2월 KAIST 기계항공시스템학부 졸업(석사).
2012년 5월 Texas A&M Univ. College Station 기계공학과 졸업(박사).
2007년 1월~2008년 7월 르노삼성자동차 사원.
2012년 5월~현재 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 선임연구원
Tel : 031-460-5673, Fax : 031-460-5036
E-mail : swkang@krri.re.kr

**서 문 석 (Moon-Seog Seo)**

1997년 한국방송통신대 행정학과 졸업(학사).
2017년~현재 서울과학기술대 대학원 철도전기신호공학과 재학 중.
1993년~현재 서울교통공사 신호처 차장
E-mail : sms007@seoulmetro.co.kr