

# 고속열차 투입에 따른 AT급전계통의 부하용량증가에 관한 사례연구

A case study on the increasing load capacity of AT Feeder system with speed -up train

나 연 일\*, 한 성 호\*\*

NA, YOUN IL, HAN, SEONG HO

---

## ABSTRACT

전기철도에 있어서 열차의 운행속도향상은 지속적으로 추구해야할 당면한 과제이며, 이를 위해서는 철도시스템 전반에 걸친 검토가 이루어져야 한다. 열차의 고속화는 차량기술 뿐만 아니라, 선로 구조물, 신호시스템, 운영기술, 전차선로, 급전시스템 등이 상호 연계되어 종합적으로 경제성을 고려하여 추진되어야 한다. 특히, 전기철도 급전계통의 경우만 보더라도 고속열차가 기존운영선로에 투입될 경우 차량의 집전성능향상, 전압강하대책, 설비용량대책, 궤도노반, 분기기, 신호의 고속화, 전차선로 구조물 검토 등 여러 가지 기술검토가 반드시 수반되어야 한다. 본 논문에서는 이 가운데 AT급전계통에서의 신규의 고속화 열차 투입에 따른 급전계통의 기술검토에 대한 접근방안을 제시하고 실 계통을 대상으로 부하용량 변화의 정도를 예측함으로써, 향후 국내 노선의 전반에 걸쳐 적용 가능성을 입증할 수 있었다.

The operation speed improvement of the train in electric railway must pursue continuously and need the investigation of whole railway system whole.

The high-speed of the train is related to not only vehicle technique but also the infrastructure, signal system, operation technique, the trolley line and catenary, economical efficiency. Specially, in case of electric railway, we have to consider a technical investigation which is current collection efficiency improvement, voltage drop countermeasure, equipment capacity, track force, signal system. In this paper, we presents the technical investigation of AT feeder system in order to achieve high speed train in exist real railroad. We proved this approach which will use the whole domestic lines in the future.

---

## 1. 서론

철도교통의 경쟁력 확보를 위하여 무엇보다도 중요한 것은 열차의 고속화 달성이다. 일반적인 고속화 열차의 투입을 위해서는 차량최고속도, 곡선통과속도, 분기기속도, 가감속도, 전차선로 속도의 향상이 매우 중요하다. 즉 차량, 선로, 전력, 신호등 각 철도분야의 기반기술들이 상호 유기적으로 연계되어야 하며, 이들 간의 경제성을 고려한 최적 설계를 갖추어야 한다.

그림 1은 기존선 고속화 기술을 위해 필요한 각 철도 기술 분야별 연관성과 영역을 도식적으로 표현한 것이다.

열차의 속도향상 전략에는 크게 두 가지로 구분하여 살펴 볼 수 있는데 첫째는 새로운 선로 즉, 고속 신선철도를 건설하여 이곳에 고속열차 차량을 투입하는 고속철도 기술이며, 둘째는 기존선로를 대상으로 속도향상에 필요한 제약요소를 일부 개량을 통해 극복하여, 그 노선에 적합한 고속화 차량을 투입하는 기존선 고속화 기술이다.

---

\* 서울산업대학교, 철도전문대학원 철도전기신호공학과 석사과정

\*\* 한국철도기술연구원, 책임연구원, 공학박사

해외에서는 국가별 투입대상노선의 주어진 환경여건을 고려하여 이에 적합한 방법을 선택적으로 추진하고 있어 상기의 두가지 접근방법이 동시에 적용되고 있다. 즉 프랑스나 독일등 국토의 면적이 크고, 광활한 평야 지역을 보유하고 있는 국가는 고속철도를 운영하고 있으며, 산악지역에 인접해 있는 이태리, 독일의 동남부, 스웨덴, 영국에서는 기존선의 고속화를 추진하였다.

국내에서는 2004년에 개통을 한 300km/h KTX 고속차량이 경부고속철도에 투입됨으로써 고속철도 기술을 성공적으로 추진하였으며, 현재는 고속철도 비수혜지역의 지역간 불균형 해소 및 주요간선의 고속철도 연계를 위하여 기존선의 복선화, 전철화 사업을 추진하고 있다. 최고운행속도가 140 km/h급인 디젤 동차(새마을호)의 경우, 2010년까 노후수명기간이 도래하고 있어 이를 대체할 전기 열차방식의 고속화 열차모델의 투입이 요구되고 있다.

본 연구는 이러한 철도산업의 전반적인 필요성을 감안하여, 향후 기존선에 고속화 열차가 투입될 경우를 대비하여 필요한 전철전력설비의 부하용량 변화 예측기술을 실 계통을 대상으로 연구함으로써 이 분야의 기술정립과 보다 효율적이면서도 경제적인 열차의 고속화 달성을 이룩하고자 한다.

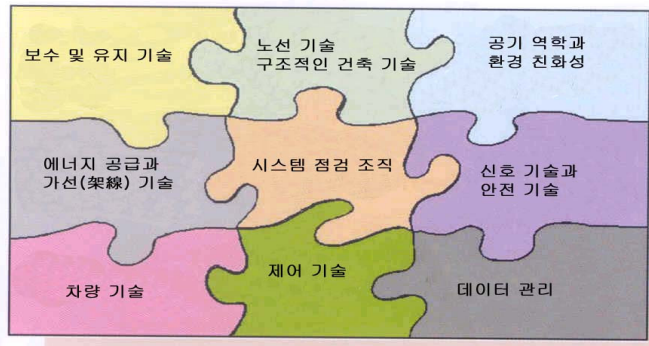


그림 1. 기존선 고속화 차량투입에 따른 기술연계 개념도

## 2. 고속화 열차 기존선 투입에 따른 부하용량 변화예측 기술

기존선로에 고속화 열차 투입에 따른 전력계통 해석은 신규 차량모델에 대한 편성제원과 운영조건을 고려하여 열차 투입에 대한 차량성능시물레이션(TPS)를 수행하게 되며, 여기서 얻어진 차량의 소비전력 부하량을 토대로 전력망 해석을 수행하게 된다. 그림 2는 이러한 일련의 해석 절차를 개념적으로 나타낸 것이다.

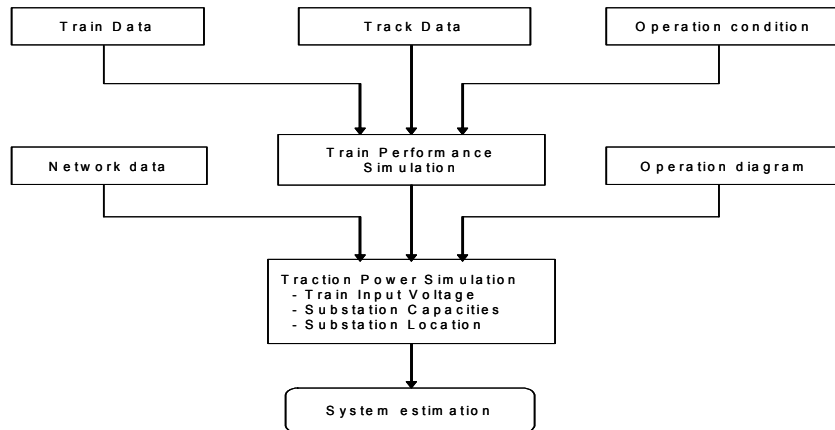


그림 2 고속화 차량투입에 따른 부하용량 계산 절차 개념

### 3. 사례연구 결과 분석

#### 3.1 사례연구를 위한 시뮬레이션 조건

국내 기존선 실 노선(경부선) 서울↔ 부산간 441.7 km를 대상으로 고속화 전기열차를 투입하였을 경우에 대한 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 투입열차의 제원 및 운영조건에 대한 검토와 선로구축물, 신호, 전차선 조건의 검토가 우선적으로 수행되어야 한다. 본 사례연구에서 가정한 고속화 열차는 동력분산식 전기열차로서 특징으로는 최고운행속도를 현재의 140km/h에서 160km/h로 속도향상을 시키는 것으로 가정하였다. 차량은 동력분산식으로서 4M2T로 편성되며, 차량의 최대축중은 15 톤이고, 열차의 견인력과 제동력은 IGBT VVVF 제어방식의 회생제동을 갖추고 있다. 특히 곡선부 주행시에는 차체를 선로 내측으로 기울여 줌으로써 제한속도를 20% 정도 향상시킬 수 있는 것으로 고려하였다.

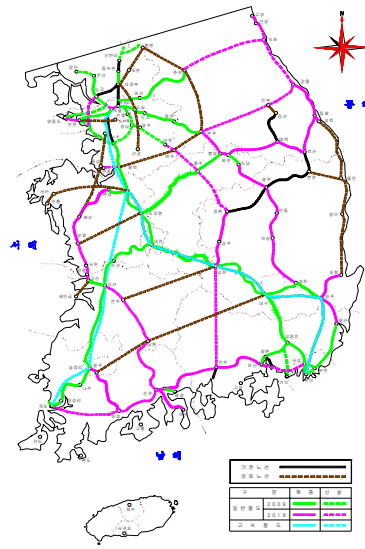


그림 2 국가기간교통망상의 간선철도 노선계획 (2000~2019)

#### 3.2 기존선 고속차량 투입 운영시뮬레이션(TPS) 결과

앞절의 시뮬레이션 전제조건을 토대로 경부선에 대한 열차성능시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 운행시간은 기존 운행에 비해 약 26% 정도 향상되고 있으며, 평균속도는 현재 96 km/h에서 약 120 km/h로 향상되는 것으로 산출되었다.

소비에너지는 5543.42 [kwh]로서 기존선의 열차운행시 소요되었던 5293.28[kwh]에 비해 95% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 다음 표 1은 서울에서 부산으로 하행에 따른 고속화 차량의 운행 성능시뮬레이션 분석결과를 나타낸 것이다.

표 1. 실 노선(경부선)에 대한 고속화 차량운행 TPS 분석 결과

구간	거리 [km]	운행시간 [Min]	열차속도 [km/h]	소비에너지 [Kwh]	회생에너지 [Kwh]
서울-용산	3.2	2.43	78.94	75.08	77.79
용산-영등포	5.9	3.69	95.91	115.66	102.17
영등포-수원	32.4	13.57	143.22	389.6	327.85
수원-평택	33.4	14.39	139.29	353.24	328.98
평택-천안	21.7	9.1	143.12	266.71	200.8
천안-조치원	32.7	14.45	135.75	457.82	412.56
조치원-신탄진	22.6	10.6	127.97	310.8	267.59
신탄진-대전	14.4	7.3	118.36	212.41	185.4
대전-영동	45.3	20.21	134.49	584.92	447.69
영동-김천	42.2	20.29	124.82	419.37	419.21
김천-구미	22.9	10.82	126.98	294.94	282.11
구미-왜관	19.3	8.96	129.29	241.37	230.46
왜관-대구	27.1	12.43	130.83	332.97	291.14
대구-동대구	3.2	2.43	79.02	80.6	62.58
동대구-청도	35.5	15.94	133.64	406.58	332.46
청도-밀양	19.8	9.23	128.76	248.4	260.27
밀양-구포	43.6	17.93	145.87	517.65	474.28
구포-부산	16.8	8.28	121.79	235.29	214.1
계	442	219.03	121.08	5543.42	4917.43

### 3.3 부하용량 증가 변화 예측 결과

앞절의 TPS 산출결과를 토대로 경부선의 임의의 AT급전계통 변전소를 기준으로한 각 상에 대한 각각 전압과 전류의 변화를 예측하였으며 그림 3과 그림 4는 M좌에 대한 전압, 전류산출 값을 각각 나타낸 것이다.

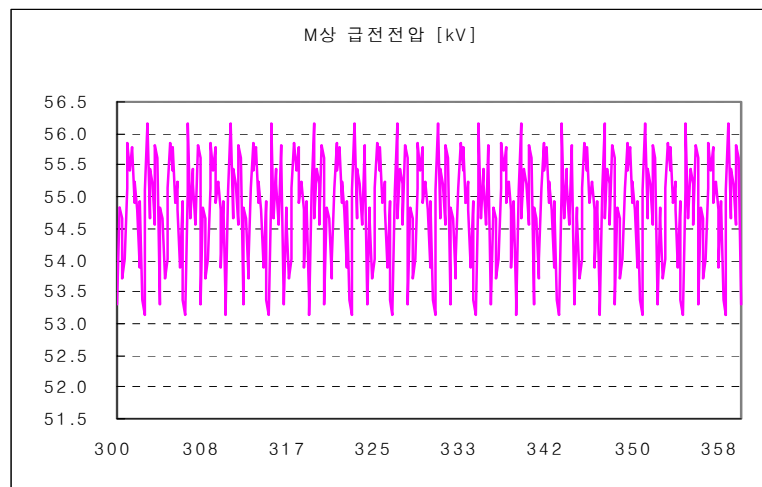


그림 3. M좌에 대한 급전전압 산출결과

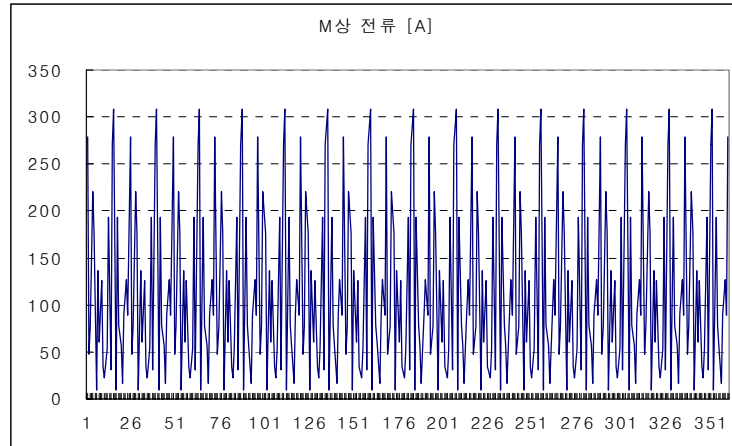


그림 4. M좌에 대한 전류 산출결과

#### 4. 결 론

기존선의 고속화 열차 운영을 위하여는 선형개량, 전기신호개량, 차량성능 향상 등 다양한 분야에 대한 속도향상 방안을 고려해야 한다. 특히, 기존선의 인프라 개량비용을 최소화하면서 속도향상의 제약요인들을 점차적으로 제거함으로써 고속화를 달성하기 위해서는, 시설투자비용과 속도향상의 최적점을 찾는 것이 매우 중요하다.

본 논문은 이러한 기존선의 최적화 개량방안을 수립하기 위해 필요한 부하용량 변화예측 시뮬레이션을 실 계통을 대상으로 사례연구 하였다. 이러한 연구결과는 설비의 개량이 불가피한 개소를 파악하게 해주며, 개량비용을 상정할 경우 경제성 분석을 토대로 한 고속화 추진 전략을 수립하는데 중요한 데이터로 활용될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 2004년 전기업무자료, 철도청
2. 호남선 전철화 타당성조사 및 기본계획(제1권 타당성조사), 2001, 한국철도기술연구원
3. 기존선의 고속화를 위한 시스템에 관한 연구, 1997 ~ 2000, 한국철도기술연구원
4. 장항선 고속철도 직결운행과 틸팅열차 운행타당성 기초조사, 2000, 한국철도기술연구원
5. 기존선 전철화에 따른 중장거리 전기차량 운행방안 연구, 2000, 한국철도기술연구원
6. 철도기술연구개발사업 년차보고서, “ 시스템통합 및 연계기술개발 ”, 한국철도기술연구원