

남·북한 철도의 실용주의적 연계를 위한 북한 전철·전력 설비의 평가 및 교체 기술 방안



박철민 선임연구원 (한국철도기술연구원 고속철도인프라연구단TFT)

1. 서론

동북아시아 및 유라시아 대륙의 일부인 한반도는 남북분단 이후 철도망도 함께 분단되어 왔으나, 2007년부터 경의선 철도가 연결됨에 따라 남북 간의 일부 구간에서 철도개통이 이루어지고 있다. 그러나 한반도를 넘어 대륙과의 본격적인 철도연결은 이루어지고 있지 않은 실정이다. 한국은 실질적으로 대륙과의 철도연결로부터 고립된 상황이라 할 수 있다.

현재 추진되고 있는 남북철도의 연결 사업이 원활히 추진되면 중·장기적으로 차별화·특화된 지역을 따라 새로운 수요를 창출하면서 유라시아 지역을 연결하는 국제 화물철도망과 동북아를 통합하는 국제 여객철도망으로 발전할 것으로 예상된다.

향후 남북철도사업 재개에 따라 북한철도 현대화 및 대륙물류사업에 능동적으로 대처하기 위하여 남북 및 남북러·남북중간의 철도협력에 선순환구조 구축이 요구됨은 물론 단계별 북한 철도 현대화와 대륙철도운영의 선순환구조를 창출하여 국제경쟁력을 확보할 수 있는 방안이 필요한 시점이라 할 수 있다.

최근 남북 및 동북아 육상운송 환경은 정치환경 및 시장의 변화, 화주의 니즈변화, 시설과 장비의 변화, 운송기업의 변화 측면에서 급변하고 있으며 대륙철도 노선구축을 대비한



그림 1. 동북아 및 유라시아 철도망 구성도.

핵심 기술개발이 요구되어 지고 있다 [1].

따라서 본고에서는 남북철도 및 대륙철도의 실용주의적 진출을 위한 상호연계기술개발 연구의 일환으로 남·북한 물류 이동의 중심과 대륙철도 노선의 시발점이 될 남북 철도 연계를 위한 북한 전철·전력 설비의 실용주의적 교체를 위한 평가 및 교체 기반 기술에 대해 고찰하고자 한다.

2. 남·북한 철도 연계를 위한 북한의 실태 분석

2.1 남·북한 철도시스템 비교 분석

남북철도 연계를 위한 가장 큰 문제점은 남·북한 철도시스템의 전기방식이 다른 점이다. 남한은 도시철도는 전철화방식을 장거리



표 1. 남·북한 전차선로 사양 비교.

구분	남한	북한
전차선	도시철도 : DC 1,500 V 산업선 (고속철도) : 25,000 V	평양지하철 : DC 750 V 산업선 : DC 3,300 V
변전소 종류	원격제어 변전소	수동, 반자동 변전소
변전소 배치간격	도시철도 : 3~5 km 산업선 (고속철도) : 35~40 km	15, 30, 60 km 경원선 : 50~60 km
급전방식	교류급전방식	직류급전방식
궤간	표준궤 (1,435 mm)	표준궤 (1,435 mm)
운영현황 (표정속도)	70~100 km/h	25~60 km/h

는 디젤방식으로 발전해 왔으나, 북한은 전철화 중심의 철도운행을 추진해 왔다.

또한, 북한은 DC 3,000 V 방식을 남한은 AC 25,000 V 방식을 사용해 왔기 때문에 전력방식의 통합에 막대한 비용과 시간이 필요하다.

남북의 차이는 전력방식 뿐만 아니라 표 1에서와 같이 궤간을 제외한 모든 부분에서 차이를 보이고 있다. 남북철도의 연결 및 직결운영에는 설비의 상이점과 노후화된 북한 설비의 현대화에 소요되는 경제적 부담이 커질 것이다 [1,2].

2.2 북한 전기철도 시설의 현재 상태

전차선로는 전차선과 조가선으로 구분되어 전기철도 차량에 전기를 공급하는 핵심 설비이다. 특히, 차량에 전기를 공급하는 핵심설비로 현재 약 70% 정도가 전철화된 것으로 보고되고 있으며 전철화는 지속적으로 진행되고 고속화도 진행되고 있다.

현재 북측의 전철화율은 80%에 약 10여개의 노선을 운영하는 것으로 파악되며 이러한 이유로는 에너지 공급 및 지형적 특성에서 철도 활용성을 높이기 위한 것으로 보인다. 그러나 북한은 심각한 전력난으로 인한 철도 가동능력이 저하되어 있고, 전철설비의 노후화, 통신과 신호설비의 미비 등 전기철도 운영에 대한 총체적인 문제점이 있는 것



그림 2. 북한 전력망 현황 (출처 : 에너지경제연구원).

으로 파악된다.

북한의 전기설비의 개량을 위한 전철·전력설비의 노후도 진단기술, 전압안전성 평가, 상호연계를 위한 시뮬레이션, 안전기준 마련 등 광범위한 분야의 실용적 접근이 필요하다. 특히, 이러한 실용적 접근을 위한 남·북한 건설기술 (철도분야) 표준화 방안 마련은 시급히 수행하여야 한다. 이러한 표준화 방안에서 전철·전력 분야는 전기철도의 운영을 위한 급전방식과 전압레벨은 남한과 차이가 크고 이에 따른 변전소의 중별 및 배치가 상이하하다 [2].

따라서 남·북한 간의 전철·전력 설비의 연계 혹은 개량은 다양한 문제점이 발생할 수 있으며 각종 기준 및 레벨의 차이가 심각하다. 그림 2에 북한의 전력설비도를 나타내었다. 그림에서와 같이 북한의 전력망은 평양을 중심으로 각 공업지구로 세밀하게 분포된 것으로 알려져 있다.

전철 설비의 경우에도 전차선, 가동브래킷, 장력조정장치 등 전철 핵심설비가 북측과 남측이 차이점이 존재한다. 북한의 전기철도의 가장 큰 문제점은 설비의 노후화에 있다. 남·북한의 철도 연계 시 안정적인 전철의 운영을 위해서는 북한의 낮은 전철전력설비의 현재 상태를 정확히 진단하고 개보수 및 전면 교체를 통해 운행 안전성을 확보하

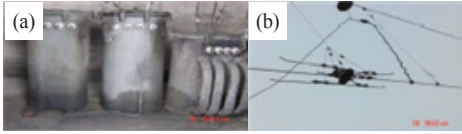


그림 3. 북한의 낮은 전철전력 설비 (a) 변압기, (b) 절연구분장치.



그림 4. 북한전차선로 현장 사진.

여야 한다.

현재 북한과 남한의 전철 시스템은 전압의 레벨 (남 AC 25,000 V, DC 3,000 V) 상이하
나 가공전철 시스템을 동일하게 적용하고 있
으나 그림 3에서와 같이 유지 보수 및 개량
을 하지 않아 상당히 노후화된 상황이다 [3].

3. 국내 및 대륙철도의 전철·전력설비의 실용적 평가 시스템

3.1 열화상 카메라를 이용한 전기설비 진단 기술

북한의 낮은 전철·전력설비의 경제적 교
체를 위해서는 현재 설비의 상태를 파악하는
것이 우선되어야 한다. 북한의 설비를 보다
효율적이고 경제적으로 분석하기 위해서 휴
대와 이동이 가능한 IR 카메라를 이용한 비
접촉식 방식을 도입하여 전철·전력설비의
상태를 판단할 수 있는 진단 프로그램 기술
의 활용이 적합할 것으로 판단된다.

열 감지를 위한 자동온도 보정기능을 통해
주요설비의 온도를 검출하며, 열화상과 실
화상을 동시에 보여줌으로서 이상온도 발생



그림 5. 열화상을 이용한 전력설비 평가 시스템
구성도.

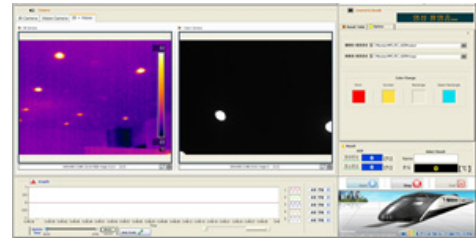


그림 6. 열화상 상태 진단 프로그램 이미지 (열
화상 + 실화상).

지점을 빠르고 정확하게 감지할 수 있는 진
단 기술이다.

3.2 Vision 기반 전차선로 상태판단 측정 시스템

북한의 가선상태를 점검하기 위해서 국제
규격인 EN50317과 IEC62486에서 규정하고
있는 전차선 압상량을 북한에서 효율적으로
측정이 가능한 Vision 기반의 전차선로 상태
판단 측정 시스템을 활용하는 것이 북한 전
차선로의 상태 판단을 위해 가장 효과적이
다. Visoin 기반 전차선로 상태판단 시스템
은 마커를 사용하여 열차에 의한 동적특성을
검측 하는 장치로 고속카메라를 이용하여 마
커의 이미지를 분석하여 상하 변위값을 개발
된 프로그램을 이용하여 실시간으로 분석한
다. 실제 KTX 운행 중 전라선 전차선로 인증
시험 현장시험에 활용되었으며, 국내 최초로
터널구간에서 전차선의 동적특성을 측정할
시스템으로 간편하고 정확하게 측정이 가능
하다 [4].

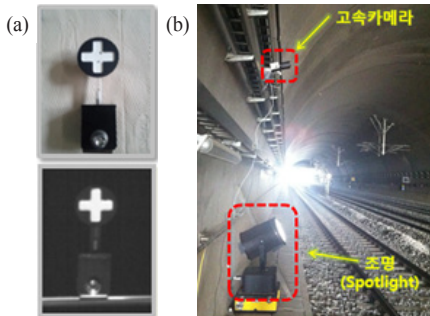


그림 7. Vision 기술을 이용한 전차선로 상태판단 시스템 (a) Marker, (b) 시스템 현장 적용.

를 위해 현재 북한의 전철·전력설비의 상태 진단이 우선되어야 하고, 정확한 진단에 따른 노후 설비의 개보수 및 교체로 이어져야 한다.

그러나 국내에는 DC 3,000 V에 대한 시공 사례 및 부품, 시공실적이 없으므로 유럽의 사례를 획득하여 향후 실용적 교체를 위한 연구결과에 적극 활용할 필요가 있다. 이에 본고에서는 유럽의 선진화된 DC 3,000 V 전철·전력설비 리뉴얼 기술 및 AC 25,000 V로 교체하는 기술에 대해 고찰하였다.

남북 철도의 효율적 연계를 위해서는 북한의 낡은 설비를 DC 3,000 V를 부분교체 및 수리하는 방법과 AC 25,000 V로 전면교체하는 방법이 경제적 요건에 따라 구분되어 연구되고 있으나 국외 사례를 적극 분석하여 DC 3,000 V 선로에 대한 각 부품의 내구연한, 이에 따른 평가 기술 등을 교체 기준에 대한 다양한 기술을 조사한 내용을 기술하였다.

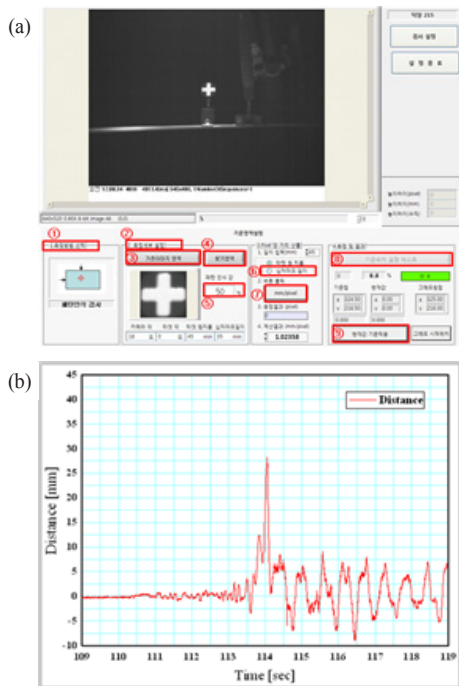


그림 8. Vision 기반 상태판단 측정 시스템 (a) 상태 판단 프로그램 이미지, (b) 상태 판단 측정시험 결과.

4.1 DC 3,000 V 전차선로 리뉴얼

전차선로의 상태를 판단하여 교체를 요하는 경우 다음과 같은 DC 3,000 V를 부분교체 및 수리하는 방법을 적용할 수 있다. 스페인의 경우 다음과 같은 절차로 운행 철도의 전차선로 설비 등을 리뉴얼 및 재활용하고 있다 [5].

4. 남·북한 전기철도 연계를 위한 핵심기술

대륙 및 남북 간의 효율적 전기철도 연계

- (1) 재설계
- (2) 기둥 인양
- (3) 터널 브래킷 설치
- (4) 기둥 Plates 및 고가교 Tie 설치
- (5) 리턴라인 터널 및 옥외 설치
- (6) 부 급전선 터널 및 옥외 설치
- (7) 앵커 타이 설치
- (8) 보상 장치 및 고정점 사전 어셈블리
- (9) 급전선 설치, 적하 및 보강재 설치
- (9) Sectioning 및 Air Section 설치
- (10) Overhead Switching Device 설치



- (11) 차단기 및 구분 애자 설치
- (12) 터널, 고가교, 철도 기둥 접지
- (13) 교체 작업 완료 후 복귀

4.2 DC 3,000 V에서 AC 25,000 V 교체

남·북한의 철도 연계 시 안정적인 전철의 운영을 위해서는 북한의 낮은 전철전력 설비의 수리 및 교체가 절실한 상황에서 DC 3,000V 설비의 개보수가 아닌 남한의 AC 25,000 V와의 호환을 위해서 AC 25,000 V로의 교체기술에 대해 조사하였다. DC 3,000V 설비의 개보수는 초기 투입 비용은 적을 수 있으나 전철의 고속화 등 장기적인 관점에서 AC 25,000 V로 변경하는 것이 중복 투자를 줄일 수 있어 보다 경제적인 수도 있다.

스페인의 경우 최근 Maride-seville 노선을 DC 3,000 V에서 AC 25,000 V로 교체하여 고속철도 노선으로 운행 중에 있다. 스페인의 CA220 급전 방식은 기본적으로 DC 3,000 V 기준으로 설계되었으나, 일부 세세한 수정을 통해 동작 전압을 AC 25,000 V로 지정하였다. 이러한 절연은 절연 거리에만 영향을 미치며, AC 25,000 V로 교체 시 일부 변경 사항들을 제외한 모든 기하학적 사양은 DC 3,000 V의 값을 그대로 유지한다. 그리고 스페인의 경우 역사에서 속도가 낮은 대역에서는 지지애자의 전압레벨 변경만으로도 충분히 사용이 가능하기 때문에 역내 구간에서는 전차선을 이중으로 사용하여 그대로 두고 단지 지지용 애자만을 변경하고 나머지 DC 3,000 V는 모두 그대로 사용하는 것을 권장하였다.

4.3 초기 북한 철도 연계 시 차량 및 전력 설비 상호 운영 기술

남북철도 및 대륙철도 연계를 위한 전철·전력 설비의 실용주의적 교체기반 기술을 개발하기 위해서 경제적인 연계방법으로 AC/DC 연계 운영기술의 활용이 필요하다.

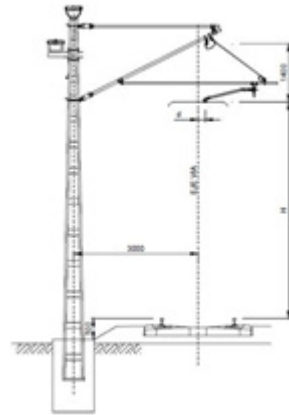


그림 9. DC 3,000 V용 전철주 및 관련 금구.

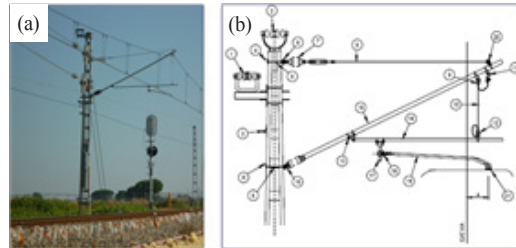


그림 10. AC 25,000 V 급전체계 (a) 전차선로, (b) 조립식 가동브라켓.

또한, 남·북한 철도의 연계를 위해서는 북한 철도를 남한과 같이 AC 25,000 V로 전면 교체를 통해 북한 철도의 안전성과 고속화를 확보할 수도 있으나 이를 위해서는 천문학적 비용이 소요됨은 물론이거니와 북한의 반대에도 부딪힐 수 있다. 남북 철도의 초기 단계에는 북한의 노후화된 DC 3,000 V 라인의 개보수 및 리뉴얼을 통해 연계 비용을 최소화하기 위해 남한의 AC 25,000 V와 북한의 DC 3,000 V 라인에서 모두 운행이 가능한 전동차를 도입함으로써 비용 감소와 북한의 호응을 유도할 수 있을 것이다.

이를 위해 차량의 경우 북한의 전철설비의 보수를 통해 DC 3,000 V를 유지하고, 국내 철도 AC 25,000 V와 병행하여 운영하기 위해서는 DC 3,000 V - AC 25,000 V 가변하



그림 11. AC/DC 겸용 전동기관차 (SKODA社).

여 운행할 수 있는 차량 기술이 필요하다. 그림 11은 체코에서 개발된 AC/DC 겸용 전동 기관차의 외관이다.

남북 철도 연계 초기에는 화물운송을 위해 AC/DC 겸용 전동기관차를 수입/제작하여 운행하는 것이 실용적일 것으로 생각된다.

5. 결론

남·북한의 철도가 연계될 경우 북한 전기 철도는 남한과 달리 DC 3,000 V로 운행되고 있어 국내의 기술만으로는 북한 전철설비의 교체나 보수가 불가능한 상황이다. 북한의 낡은 전차선로 시스템을 고려하여 사용 가능한 일부 시설물을 재사용하고 부분적으로 리뉴얼을 진행하는 방식과, 구간별로 상태를 파악하여 일부 구간 전체를 리뉴얼하는 방식, 마지막으로 DC 3,000 V를 AC 25,000 V로 교체하는 방안이 연구되고 있다.

본고에서는 북한과 남한의 철도시스템이 차이 북한의 설비 상태 자료를 참고하였으며, 북한의 전차선로 의 정확한 상태 분석을 위한 전차선로 상태 평가 시스템을 소개하였으며, 스페인에서 DC 3,000 V를 AC 25,000 V로 교체 경험이 있는 업체에서 상기 기술에 대하여 조사한 내용을 정리하였다.

마지막으로, 초기 남북철도를 효과적이고 경제적으로 연계하기 위해서 AC/DC 겸용 전동기관차의 활용에 대해서도 제안하였다.

실용주의적 남북철도 및 대륙철도 연계를 위해서는 본고에서 기술한 전기철도의 상태 판단 시스템과 전철·전력설비 리뉴얼 및 교체 기술과 같은 신기술의 활용이 필요할 뿐만 아니라, 남·북한의 정치적/경제적인 노력이 있어야 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 나희승 외 "남북 및 대륙철도의 실용주의적 진출을 위한 상호연계기술 개발" 한국철도기술연구원, 2012.
- [2] 김상균, "남북철도 현대화를 위한 남·북한 철도건설기준 비교 분석", 한국철도학회 논문집, 제12권 제6호, pp. 1011-1017, 2009.
- [3] 박철민, 박영, 나희승, 박정준, "DC 3kV에서 AC 25kV로의 전차선로 교체 기술 분석", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2012.
- [4] 박영, 조용현, 이기원, 김형준, 김인철, "고속카메라를 이용한 전차선 압상량 검측 시스템 개발", 전기전자재료학회논문지, 제 22 권, 10호, pp. 864-869, 2009.
- [5] 박철민, 박영, 김형철, 나희승, 박정준, "DC 3,000V 전차선로 리뉴얼 경제성 분석", 한국전기전자재료학회 추계학술대회 논문집, 2012.

제자약력



성 명 : 박철민

◆ 학 력

- 2002년
성균관대학교 공과대학
전자공학과 공학사
- 2004년
성균관대학교 대학원
전기전자 및 컴퓨터공학부
공학석사

◆ 경 력

- 2004년 - 2008년 삼성종합기술원 전문연구원
- 2008년 - 2011년 삼성전자 반도체사업부 책임연구원
- 2011년 - 현재 한국철도기술연구원 고속철도인프라연구단 TFT 선임연구원

