

무절연 가청주파수(AF) 궤도회로 시험기준 고찰

A review of test norm of Non-insulated AF Track Circuit

장석각* 이창영** 권성태**
Chang, Seok-Gahk Lee, Chang-Young Kwon, Sung Tae

ABSTRACT

Jointless AF(Audio Frequency) Track Circuit is more comfortable than exist joint track circuit. This electrical circuit's function is detection train on rail, and transmit information between wayside and vehicle.

'Korea Railroad Corporation' proposed for revision of the Korean railway standards(KRS SG 0038-06 R, 2006.5.16) "Non-insulated AF Track Circuit". This proposal equipment developed to extend use for station of National Railway exist line. According to test standards Korean railway safety law and its ordinances, which were committed to Korea Railroad Research Institute, the professional committee 'Railway facility sector II' have helded on January in 2007.

In this investigation, the changed test norm will be review the difference of important function test standards of new version to conform effectivity and safety test procedure according to the KS A 1025.

1. 서 론

열차 유무를 검지하고 지상과 차상 정보를 전달하는 전기회로인 궤도회로 중 궤조 절연을 사용하지 않고 가청 주파수(Audio Frequency)를 흘리는 무절연 궤도회로(jointless track circuit)는 열차 주행 시 '덜컹덜컹' 거림을 없애 승차감을 향상케 한다.

영국의 AF궤도회로를 모델로 개발하여 규격을 개정 제안한 이 궤도회로는 제 2차 세계대전 중 레일 절손 여부를 확인하기 위하여 전화선으로 대용하여 사용한 것이 시작이었고, 최초에 일본에서 궤도 회로 장치를 개발한 후 프랑스에서 철도에 사용하기 적합한 형태로 발전하여 왔다.

기존 무절연가청주파수(AF) 궤도회로 장치규격(KRS SG 0038-06 R, 2006.5.16제정 건설교통부고시 제0006-183호)은 국유철도 기존선 폐색구간에 사용하던 것인데, 정거장 구내까지 확대 설치하기 위하여 개발 완료된 제품에 대하여 철도공사가 개정 신청 하므로 2007년 1월에 한국철도표준규격 심의를 통하여 개정하였다.

이에 따라 개발된 제품의 시험 규격과 기존 규격의 다른 점을 검토하여 KS A 1025 기술요구사항 중 시험방법의 유효성 확인과 안정된 시험 절차를 확보하고자 변경된 규격의 주요 성능시험 기준을 고찰하고자 한다.

* 한국철도기술연구원, 철도시험인증연구센터, 정회원, E-mail : sgchang@krri.re.kr

TEL : (031)460-5432 FAX : (031)460-5539

** 한국철도기술연구원, 철도시험인증연구센터, *** 한국철도기술연구원, 철도시험인증연구센터

2. 본 문

열차가 시속 200km/h를 넘어 운행하면 기관사의 투시거리에 한계가 있어 차상신호용으로 적합한 궤도회로 형태인 AF 궤도회로가 발전하였다. 최근에는 디지털 신호 기술의 발달로 열차 운행 및 제어 정보를 코드화하여 차량과 선로변 설비 간에 무선을 사용하여 정보를 전송하는 방식으로 기술이 발전하고 있다.

AF 궤도회로 장치는 주파수 발생부인 송신부, 케이블의 전달 특성 개선을 위한 튜닝 판넬, 해당 궤도회로 주파수 공진 설비인 커플링 유닛, 매칭 트랜스, AF 본드(AC용 임피던스 본드, DC용 미니 본드), 감시부와 수신부로 구성된다.

이번 개정안에서 궤도계전기는 AF궤도회로 전용으로 수입하여 쓰던 바이어스 궤도계전기를 국산화된 무극선조계전기 소형으로 변경 사용하도록 제안 하였고, 감시부인 HMU (Health Monitoring Unit)를 수신부에 함께 수용하여 설비를 간단히 한 반면 선로증폭기는 추가 하였다. 이에 대한 변경된 주요 시험절차와 항목 기준 등을 검토 한다.

2.1 시험업무 절차

고객의 요구사항을 만족시키고, 시험업무를 효과적으로 수행하기 위하여 시험의뢰 검토 및 시험업무에 관한 제반 절차를 규정하는데, 시험방법은 국제규격, 국가규격 또는 고객이 요구한 규격을 이용하여 수행한다.

이번에 개정 심의한 국가규격 ‘무절연 AF 궤도회로’에 대하여 수정된 주요 성능기준을 검토하여 유효성(KS A ISO 5725)이 보장된 시험을 진행하기 위하여 연구원 시험절차를 간략히 살펴보고자 한다.

고객(신청자, 제작사)이 시험신청서를 작성 접수담당자에게 fax 등으로 의뢰하면 시험담당자는 시험항목과 검증되고 적절한 시험방법을 협의 결정하여 시험수수료를 신청자에게 통보 한다. 시험수수료를 납부하면 시험이 진행되어 고객은 최종시험결과를 시험성적서로 통보 받는다.

2.2 시험항목 검토

개정된 무절연 AF 궤도회로 장치의 검사 및 시험항목은 단위장치별 성능시험, 절연저항 및 절연내력 시험 등 크게 달라진 것은 없으나 전자파적합성시험, 환경시험과 종합모의시험의 검사수준을 도표1과 같이 낮추었다. 성능시험은 단위장치 중 감시유닛은 수신 모듈에 기능을 수용하므로 장치가 간소화 되었으나, 종단 튜닝유닛과 선로증폭기는 추가 되어 시험대상은 늘어났다.

기존규격의 가조립 모의시험은 구성도만 제시되었지만, 개정안의 종합모의시험에서는 회로를 변경한 시험장비 구성도(도표7)와 함께 정류기 DC24V, 송신모듈출력전압, 송신궤도전압, 수신궤도전압, 수신튜닝유닛 T1,T2전압, 수신입력전류, 계전기 전압, 궤도단락저항, 궤도회로장치 감시기능, 감도조정기능 10개의 시험항목으로 세분하여 명시하였다.

도표1. 시험항목

검사 및 시험의 종류	검사수준	검 토
단위장치별 성능시험	10조당 1개로 동일	중단튜닝유니트 및 선로증폭기 추가 감시유니트 삭제 ; 수신모듈에 기능 수용
전자파적합성시험	10조당 1개 => 1조(랙)	외부공인시험기관 추가
절연저항 및 절연내력 시험	전량 동일	
환경시험	10조당 1개 => 1조(폐색 용)	
종합모의시험	50조당 1개 => 1조(구내 용) 4 조 (폐 색 용)	

도표2. 종합모의시험장치 시험항목

구 분	가조립 모의시험 구성도	종합모의시험장치 시험항목
구성도 및 시험항목		<ol style="list-style-type: none"> 1 정류기 DC24V 2 송신모듈출력전압 3 송신케도전압 4 수신케도전압 5 수신튜닝유니트 T1,T2전압 6 수신입력전류 7 계전기 전압 8 케도단락저항 9 케도회로장치 감시기능 10 감도조정기능

2.3 시험기준 검토

무절연 구간에서 AF 케도회로는 케도 경계 지점에서 송수신을 위하여 임피던스 본드, 케이블, 커플링 유니트, 튜닝 유니트 등을 두 개의 케도회로가 공유하도록 설계되어 있다. 이들 케도회로 송수신 분리 및 간섭 배제는 커플링 유니트와 수신 PCB의 여파기가 담당한다.

이번 개정안의 시험기준 중에서 주요 변경사항을 살펴보면, 정류기 및 전원모듈의 입력전원차단 시간은 기존 100ms에서 약 50ms로, 수신모듈의 소비전류는 0.5 A 이하에서 1A 이하로, 임피던스본드의 임피던스는 7.0 Ω/430 A에서 5.0 Ω이상/500A로 그리고 케도회로 단락감도는 0.1 Ω 이상 에서 0.1 Ω ~ 1.7 Ω으로 범위를 한정했다.

가 정류기 및 전원모듈

정거장 구내용 정류기는 역간 자동 폐색장치용과 구분하여 출력을 공유하도록 2중화로 구성하여 부하분담에 의한 무순단 절체가 가능하도록 하고 모듈형태로 개발된 정류기 입력전원의 차단시간이 100ms이하에서 개정안은 약 50ms가 순간 정전 되더라도 케도계전기가 낙하하지 않도록 기준을 신호전원 공급 장치의 특성을 반영 하여 현실화 하였다. 또한 1차측에 유도되는 이상전압으로 출력에 영향을 주지 않도록 하였다. 맥동률 및 잡음전압 측정은 Oscilloscope Bandwidth vs. Amplitude Accuracy를 고려 3~5% 대역을 사용한다.

도표3. 정류기 및 전원모듈

구 분	조건 및 기준	
	정거장 구내용	자동폐색구간 및 중계용
정격입력전압	AC 220V/60Hz, 단상	AC 110V/220V/60Hz, 단상
입력전압 허용범위	AC 176V ~ 264V	AC 88V~132V/176V~264V
정격 출력전압 및 전류	DC 24V/30A	DC 24V/8A
입력전압에 대한 출력안정도	설정된 출력전압의 1% 이내	설정된 출력전압의 2% 이내
출력부하에 대한 안정도	설정된 출력전압의 1% 이내	설정된 출력전압의 2% 이내
맥동률 및 잡음전압	정격부하에서 480mV 이하 (최고치와 최저치간)	정격부하에서 2V 이하 (최고치와 최저치간)
출력전압 조정범위	-10% ~ +15%	-10% ~ +15%
효율	80% 이상	80% 이상
절연저항	100M(DC 1000V 절연저항계)	100M(DC 1000V 절연저항계)
절연내력	1차측 : AC 2,000V 1분간 (누설전류 3mA이하) 2차측 : AC 1,500V 1분간 (누설전류 3mA이하)	1차측 : AC 2,000V 1분간 (누설전류 0.5mA이하)

나 수신모듈

기존의 성능감시유닛(HMU ; Health Monitoring Unit)을 수신기에 통합하여, 튜닝유니트로부터 수신한 주파수에서 해당 주파수를 선택 증폭하여 궤도계전기 동작전원을 생성하는 수신모듈의 소비전류는 0.5A 이하에서 1A 로 상향 조정 개정하였다. 또한 수신감도는 아래 표와 같이 세분화 하여, 수신감도 13번에서 계전기 동작에 필요한 수신모듈의 최소입력전류는 14~16 mA(± 0.1 mA) 범위로 최대 입력전류는 60 mA 이상으로 하였다.

도표4. 수신입력전류

수신감도	입력전류	비 고
1	172 mA 이상	기준안 : 입력감도는 15 mA 이하
2	86 mA 이상	
3	57 mA 이상	
6	28 mA 이상	
9	19 mA 이상	
13	14 mA 이상	

다 임피던스본드(B1) ; 공칭임피던스 7.0Ω/430A => 5.0Ω이상/500A

궤도회로를 구분하는 각 절연 개소의 임피던스 본드는 전차선의 귀선전류를 흐르게 하고, 인접 궤도 회로에 신호 전류의 흐름을 막는 역할을 하는데, 전철 구간에서 전기차 전류는 임피던스 본드의 중성선을 통하여 변전소로 귀환되므로 신호 전류에는 아무런 영향을 끼치지 않는다. 전차선 귀선전류의 허용 범위는 평상시 200A, 피크시 800A를 흘릴 수 있는 구조로 되어 있다.

개정안의 건식형 임피던스본드의 달라진 특성은 해당 궤도회로 주파수에서 임피던스는 기존 7.0Ω 이상에서 5.0Ω 이상으로, 궤도회로 전원 주파수 임피던스 DC에서 1/2코일당 0.75mΩ에서 1.5mΩ이하로 그리고 정격전류는 430A 이상에서 연속정격전류 500A 이상, 2분간 정격전류 800A 이상으로 수정하였다.

라 궤도회로 길이와 케이블 길이

궤도회로에 있어서 궤도회로의 거리 및 전송거리는 가장 중요한 성능요인이다. AF궤도회로의 특성상 케이블의 길이는 궤도회로의 길이와 케이블의 형식과 밀접한 관련이 있는데, 이번 개정안은 영국 BT(Bombardier Transportation)社 「Audio Frequency Track Circuit Style TI21」 을 국산화 개발한 것

으로, 검토한바 기준규격(KRS SG 0038- 06)과 BT의 것과 거의 동일함을 알 수 있다. 궤도회로는 레일을 직접 전기회로의 일부로 사용함에 따라 현장의 궤도여건 즉 레일, 침목, 자갈, 습도 등과 케이블 설치 상태에 많은 영향을 미친다. 전송거리는 궤도조건이 양호할 경우 더 길어질 수 있다.

도표5. 궤도회로 길이와 송신케이블 길이

궤도회로길이	송신케이블길이	선로증폭기사용시 송신케이블길이	비 고
50~300	950	1600	수신케이블 길이 : 480m 사용케이블 : 2.5mm ² 의 경우 표준수 치로서 현장조건에 따라 달라질 수 있음.
300~600	480	1000	
600~800	220	700	
800~900	120	500	
900~1,000	30	300	

도표6. BT Cable Length

Track Circuit Length (meter max)	Cable Length TX to TU (meter max) Without LMU	Cable Length TX to TU (meter max) With LMU	Cable Length Rx to TU (meters)	Remark
	900	120	500	
800	220	700	480	Cable type : 2 core 50/0.25 mm copper (2.5sq.mm)
600	480	1000	480	
300	950	1600	480	

마 종합모의시험

이번 개발품에 대해 2005년 11월부터 현재까지 충북선 오근장역에 시험 설치하여, 궤도길이와 케이블길이 그리고 단락저항 등 시험을 실시한 자료를 검토한 바, 51BT는 궤도회로 길이가 짧은 구간에서 사용하는 저출력 궤도전압은 주파수유형 E 시험주파수 1,549Hz에서 궤도전압이 0.6V~1.3V가 기준이나 수신 궤도 전압 측정치가 0.5 V로 부족하여 조정이 필요하다. 모의 시험환경에서 최대 전송거리 시험을 시행한 결과, 선로증폭기 사용시 송수신 케이블의 길이 약 3,000 ~ 5,000m에서 궤도회로는 정상동작 함이 검토되었다.

도표7. 시험장비 목록 및 구성도

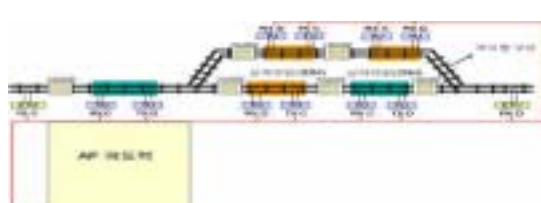
시험장비 구성도	시험장비 목록			
	품 목	규격	수량	비고
	궤도회로	20 m	2	
	의사궤도회로	600 m	6	
	의사궤도회로	20 m	3	
	궤도회로측정기	AF 용	1	
	단락저항기	0~9.9 Ω	1	

도표8. 궤도길이 및 단락저항 (오근장역)

궤도회로길이(m)		케이블길이(m)		단락저항(Ω)	비 고
		송신	수신		
YT	43.6	410	372	0.8	
21BT	42.5	743	698	1.0	
21BT1T	119.4	918	746	0.9	
XT	114.2	755	885	1.3	LMU 사용
7T	500	114	550	0.9	
51BT	54	224	423	1.3	수신궤도전압 0.5V 입력전류15mA

3. 결 론

2007년 1월 개정된 무절연가청주파수(AF) 궤도회로(KRS SG 0038-07)는 수입용 궤도계전기를 국산 소형 무극선조계전기로 바꾸고, HMU를 수신부에 통합하는 등 장비를 개발하고, 영국 BT사(社)의 「Audio Frequency Track Circuit Style TI21」 자료를 참조 개선하여 기존선 폐색구간에 사용하던 장치를 역구내까지 확대 설치할 수 있도록 한 장치이다.

이에 개정된 궤도회로 케이블의 길이와 정류기 및 전원모듈 등의 변경된 규격의 주요 성능시험기준을 비교 검토하였고, 1년여 현장시험을 통한 자료를 참고하여 상당한 기준을 현실에 맞게 수정하였음을 살펴봄으로써 시험방법의 유효성 확인과 안정된 시험 절차를 확보하는 첫걸음을 하였다. 앞으로 시험기준이 변경되므로 철도 운영 현장에 미치는 영향과 산업체의 발전에 기여하는 측면의 효과 검토는 지속적으로 연구 발전시켜야 하리라 사료된다.

참고문헌

1. 한국철도표준규격 무절연 가청주파수(AF) 궤도회로 장치 (KRS SG 0038-07 R-2007.1.26).
2. Bombardier Transportation doc. RefTI21/JR1/12/03, 「Applying TI21-4 Joint-less Track Circuits in KNR Station Areas」, Technical Manual M6/5/21-4/118931, Issue2, October 2003.
3. 철도신호공학, 박재영, 홍원식, 전병록(2001), 동일출판사.
4. 역 구내 무절연 AF궤도회로장치, (주)혁신전공사(2006), 중소기업청 구매조건부 신제품 개발사업 최종보고서.