

김 준 현 (한양대)
설 용 태* (호서대)

1. 서론

1974년 서울의 지하철이 처음 개통된 이래 부산지하철에 이르기까지 최근 우리나라에서도 전기철도에 의한 추송방식이 점차 증대되고 있다.

이에 따라서 여러가지 기술적으로 고려해야될 사항이 많으나, 특히 전기적인 측면에서 보면, 누설전류에 의해서 상,하수도관, 전력, 통신 Cable 등 지하에 매설된 금속체에 발생하는 전식현상과 통신선에 대한 유도 장애 현상등이 문제가 되고 있다.

따라서, 이러한 전식과 유도장애에 대한 이론, 측정법 및 방지대책에 대해서 기술하였다.

2. 전식 및 유도장애 현상

2-1. 전식 현상

(1) 전 식

외부전원으로부터 누설된 전류가 지중의 매설금속체에 유출,입되면서 금속체에 부식을 초래하는 현상

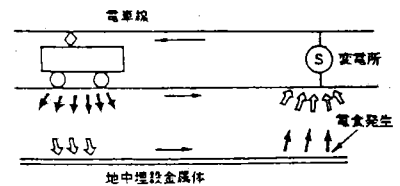


그림 1. 누설전류에 의한 전식현상도

(2) 누설전류의 계산식

$$I_f(K \cdot I \cdot L \cdot R) / R_1 = V / R_1 \quad (1)$$

여기서,

- V : rail 의 대지 전위
- R₁ : 누설저항
- K : 상 수
- I : 부하전류
- L : 부하점과 변전소 간의 거리
- R : rail 의 저항

(3) 전 식 량

Faraday 법칙에 의한 실험식

$$W = K \cdot i \cdot t \quad (g) \quad (2)$$

여기서,

- K : 전기화학 당량 (G/A. sec)
- i : 통과 전류치 (A)
- t : 통전 시간 (sec)

- (4) 허용유출 전류 밀도
연피면적 100 (cm²)당 전식방지를
위한 유출전류의 한계

- I_2 : 누설전류
 K : 입지조건에 의한 계수
 L_p : 전차선과 통신선과의
평행거리

$$i = \frac{100 S \cdot T}{Z \cdot L \cdot \eta \cdot P} \quad (\text{mA}) \quad (3)$$

여기서,

- S : 납의 비중
 T : 연피의 두께
 Z : 1 (mA) 의 전류가 1년간
흐를 경우의 전해량
 L : 시간 (year)
 η : 부식능률
 P : 천공률

(3) 잡음 전압

$$V_n = \sqrt{\sum (S_n \cdot B_n \cdot V_{mn})} \quad (6)$$

여기서,

- V_{mn} : n 차 고조파에 의한 전자유도
전압
 B_n : n 차 고조파에 대한 통신회선
의 평형도
 S_n : n 차 고조파에 대한 잡음평가
계수

2-2. 유도장애

(1) 정전유도

$$V_s = K \cdot V_R \cdot K_s \quad (4)$$

여기서,

- K : 상 수
 V_R : 전차선의 전압
 K_s : 정전 차폐계수

(2) 전자유도

$$V_m = 2 \pi f M (I - I_r) K L_p$$

$$(\approx 2 \pi f M I_2 K L_p) \quad (5)$$

여기서,

- M : 전차선과 통신선과의 상호
인덕턴스
 I : 전차선의 선전류
 I_r : rail 의 전류

3. 조사 및 측정법

3-1. 조사 및 측정사항

(1) 전기 철도

- A . 변전소의 위치 및 기전상태
B . 전차의 운전상태 및 계도의
상태
C . rail 의 상태

(2) 매설금속체

- A . 매설금속체의 전류
B . 매설금속체 대 대지전위
C . 매설금속체 대 레일전위차
D . 배류 전류 및 배류기 단자전압
E . 매설금속체와 레일간의 누설
저항
F . 접지저항 및 대지 비저항
G . 각산화연의 검출
H . 수소 이온농도

(3) 부식환경 (주위환경)

- A. 타 시설의 전기장치 개요
- B. 토양 및 지하수의 상태
(저항률, PH, 분극성 등)
- C. 부식생성물의 분석
(철, 납의 부식생성물 분석 시험)

G · PH 계 : 지하수, 토양의 PH

(3) 측정 방법의 예

A. 연피전류 측정

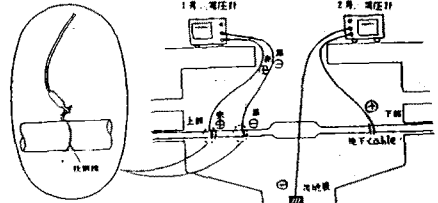


그림 2. 관로 Cable 의 연피 전류 측정 구성도

B. 누설저항 측정

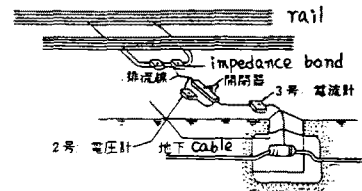


그림 3. Cable 과 rail 간의 누설저항 측정구성도

3-2 측정기기 및 방법

(1) 표준형 측정기

- A. 1호 millivolt 계: 매설금속 체 및 레일전류 (전압강하법)
- B. 2호 전압계
4호 기록전압계
7호 고온저항전압계
(매설금속 체 대 대지전압 레일 대 대지전압)
- C. 3호 전류계 } 매류 전류
5호 기록전류계
- D. 6호 수은전량계 : 매설금속 체 대 대지전압의 평균치, 레일 대 대지전압의 평균치

(2) 기타 측정기

- A. Cambridge 전류계 : 매설 금속체의 저항 및 전류
- B. 마쓰 메루 무 씨 전류계 : 유출, 입 전류 밀도
- C. 접지저항계 : 금속체의 접지 저항
- D. 대지 비저항측정기 : 대지 비 저항
- E. Bond Tester : rail bond 의 저항
- F. Cable 매설 심도 측정기 : 지중 매설금속체의 위치

4. 방지대책

4-1. 전 식

(1) 전기철도

- A. 전차선 전압의 승압
- B. 변전소 간격의 단축
- C. 귀선로의 저항을 적게한다.
- D. Ballast의 누설저항을 크게한다.
- E. 귀선의 곡성을 격일제로 한다.

(2) 매설금속체

- A. 금속체 직접매설 방식도

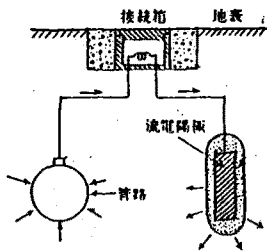


그림 4. 금속체 직접 매설방식 구성도

B. 외부전원 방식

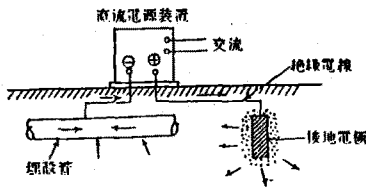


그림 5. 외부전원방식 구성도

C. 배류법

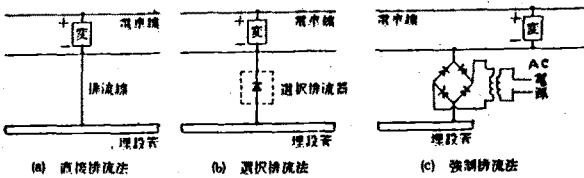


그림 6. 배류방식 구성도

4-2 유도장애

- (1) 통신선 양단에 배류 Coil 설치
- (2) 통신선과 전차선의 간격 넓게
- (3) 직류기전위로 방식 채택
- (4) 유도 차폐방식 채택
- (5) 기기의 중심점 접지
- (6) 음성, 단편변압기 설치(고류방식)

4-3. 전식 및 유도장애에 대한 관계법령

- (1) 일본, 미국, 독일, 등등의 자체 규정
- (2) 국제전기전압 자문위원회 (CCITT) 권고규정

5. 결 론

- (1) 우리나라 지하철, 전철에 대한 정확한 조사, 연구를 통한 전기적, 화학적 특성 파악
- (2) 이에 근거한 전식, 유도장애에 대한 관계법령 규정
- (3) 이들 사항을 근거로 기술적, 경제적 효과를 얻기위한 전철과 매설시설물 사업자 (상, 하수도, 도시가스, 전력, 통신) 간의 협력방안 모색

References

1. 日本電食防止研究委員會, "電食防止操典" (1936)
2. 中川雅夫, "電氣防食法の實際", 地人書館 (1967)
3. 日本電信電話公社, "電食および化學腐食", 電氣通信協會 (1970)
4. 日本電食防止研究委員會・日本電氣學會, "電食・土壤腐食ハンドブック", 電氣學會 (1977)
5. 日本電氣學會, "電氣鐵道", 電氣學會 (1982)