

고속철도 전력유도 장애대책

한국고속철도건설공단 전기시설본부 통신국

1. 머릿말

우리나라는 1960년대 부터 산업의 공업화에 따른 전력수요의 증가와 1970년대 이후의 산업선과 수도권의 전철화에 의해 그 시설에 근접한 통신선에 대하여 전력유도문제가 대두되어 각 부처가 공동으로 대처한 경험이 있다.

송·배전 계통과 전기철도 등에 흐르는 대전류, 고조파 및 누설전류는 통신선에 위험전압, 유도잡음 등을 일으키어 정보통신 회선에 심각한 피해를 일으킬 수 있는바, 이 문제에 대하여 고속철도에 의한 통신선의 유도현상과 그 대책을 위한 계산을 중심으로 기술하고자 한다.

2. 전력유도 현상

전력유도란 통신선로와 전력선이 근접하여 병행하고 있을때 전기의 정전적·전자적인 유도현상으로 전력선측의 큰 전기적 세력이 통신선에 유겨되어 통신설비나 인명에 피해를 주거나 통신품질을 악화시키고 통신소통에 지장을 주는 현상을 말한다.

전력유도 현상에는 정전유도 작용에 의한 것과 전자유도 작용에 의한 것이 있다. 정전유도란 고압의 전력선에 통신선이 접근되어 정전유도에 의하여

다른 부호의 전하가 대전되어 전압이 발생하는 현상을 말하며, 이 유도전압은 금속차폐케이블의 경우 차폐체를 접지하여 효과적으로 방지할 수 있다. 전자유도란 강전류전선에 교류 또는 과도전류가 흐를때 그 주변에 자력선이 발생되고, 그 자력선이 근접의 통신선과 쇠교하여 유도에 의한 기전력이 통신선에 유겨되는 현상으로서, 일반적으로 유도전압은 정전유도보다 전자유도가 더 크게 문제가 된다.

3. 전철시설에서의 유도장애 대책

전차선 등 전력시설에 의한 통신선의 전력유도 장애대책은 두가지 방안, 즉, 유도현상을 일으키는 쪽인 전철시설측과 그 피해를 받는 통신시설측에 수립될 수 있다.

전기철도 차량을 포함한 전철시설측에 세울 수 있는 대책으로는 차량의 동력장치와 전차선의 급전 방식 등의 전기적 특성을 개선할 수 있을 것이며, 이중 기유도전류의 크기와 특성을 결정짓는 고속철도 차량의 견인전동기 및 제어시스템은 소위 등가 방해전류 등의 기술제원이 상당히 개선된 상태이다. 또한 전기철도 급전방식으로 AT방식을 사용함으로써 타 방식에 비하여 유도역제 효과가 매우 크므로 널리 사용되고 있다. 그러나 차량제원과 전

차선시설의 설계에서 전력유도 문제를 전체적으로는 고려한다 하더라도, 통신선 개개의 조건에 대한 유도대책으로는 완전하지 못할 수 밖에 없으므로 일반적으로는 주어진 전철시설의 제원을 이용하여 유도장애 피해를 예측 계산한 결과에 따라 통신선의 개체 또는 설치조건을 적절히 변경시키는 조치를 취하게 된다.

4. 유도전압 예측계산의 필요성

최첨단 기술에 의한 고속철도 건설은 경제적 기술적으로 많은 잇점을 제공하게 되나, 큰 에너지를 가지는 고속전기철도시설이 인접된 통신선에 유기기시키는 전·자기적 에너지 결합에 의한 통신선 전력유도장애 대책이 심각한 문제로 대두된다.

이러한 장애에 대하여 양호한 정보통신회선을 확보하고 경제적이고 합리적인 전력유도 경감대책을 수립하기 위하여는 우선 예상되는 유도전압의 크기를 정확히 예측하는 것이 중요하다. 고속철도에서 사용할 단권변압기(AT) 급전방식은 다른 교류급전방식에 비해 우수한 유도경감 효과를 가지는 반면, 기유도전류의 계산이 매우 복잡할뿐더러 통신선에 유기되는 피유도전압의 크기도 급전구간내의 열차위치, 부하의 변동, 레일전류 분포 등과 관련하여 그 최대치가 되는 조건과 정확한 값을 계산하기가 매우 복잡하다.

이와 같은 AT급전방식에서의 통신선에 대한 전력유도전압을 효율적으로 정확히 예측하는 방법이 없으면 시설자는 개략산출법과 비과학적 수단을 사용하여서라도 법정 의무조치인 유도대책을 시행할 수 밖에 없으며, 그 대책의 적정성 여부는 고속철도 운행개시 이후에나 판단가능하여 시행착오에 이르기 쉽다. 즉, 정확한 예측계산기술을 개발하는 것이 과다 또는 과소 대책으로 인한 예산낭비없이 유

도전압으로 인한 위험을 사전에 예방하는데 불가결한 과제이기에 한국고속철도건설공단은 건설중인 경부고속철도의 전기철도로 인한 전력유도전압 예측계산방법과 그 연산프로그램개발을 추진하게 되었다.

5. 유도전압 예측계산기술과 표준

한국고속철도건설공단은 지난해 국내·외 유도전압예측계산 기술을 조사·연구하여 체계적으로 정리 보고하고 이를 토대로하여 개발한 예측계산용 컴퓨터프로그램을 발표 하였다.

이는 AT급전방식의 전기철도로부터 유도되는 유도전압을 예측계산하기 위한 것으로서 이를 위한 사전작업으로 전력유도현상, 예측, 대책 등에 관한 광범위한 국내·외 자료를 검토 분석하고 체계적으로 정리하였다. 이들 분석자료에는 체신부 고시 제 72호를 비롯하여 CCITT 지침서, IEC의 표준서 초안, 그리고 고속철도운용 또는 계획중인 나라를 방문하여 수집한 프랑스 SNCF자료, 일본 NTT자료, 이탈리아 신표준서 등이 있다.

한국과학기술원 전기 및 전자공학과 연구진의 공헌으로 이루어진 이 유도전압 예측기술의 연구 및 컴퓨터프로그램 개발결과를 이미 대외에 발표한 바 있으나 여기에 그 주요 내용을 간추려 소개한다.

○ 전력유도전압 계산 기본식

$$V = j\omega \cdot M \cdot I \cdot K [V]$$

ω : 각 주파수[rad/s]

M : 전차선로와 전기통신선간의 상호인덕턴스 [H/m]

l : 전차선로와 전기통신선간의 병행거리 [m]

I : 기유도전류 [A]

K : 총합 차폐계수(AKm을 포함)

○ 법정 유도전압 산출

전력유도전압은 최대가 되는 유도전압을 산출하되 그것은 차량의 정상운전 상태에서 운전조건, 부하조건 등에 따른 실제 발생가능한 경우 중에서 최대 유도전압을 산출하며 합성방법은 정부고시의 방법과 CCITT지침 등의 방법 모두를 사용하되 그중 최대로 되는 전압값을 취한다.

다음은 전기통신설비의 기술기준으로 정한 3가지 제한값 별로 AT 급전방식 전철시설에서의 유도전압을 예측계산하는 식으로서 각각에 적용하는 계수는 합리적이고 보편화된 과학적 산출값이나 실험값, 실험값 등을 사용한다. 이 중 차폐계수 K(또는 Kn)는 통신회선의 차폐계수(K3), 터널의 차폐계수(K4), 고가의 차폐계수(K6), 전기통신선의 케이블 조수에 의한 유도경감 계수(K7), 타케조효과(K8), 도시차폐효과(Kx)의 적으로 결정된다.

(1) 지락시 유도위험전압 : Va[V]

$$Va = \sum \{j\omega \cdot AKm \cdot Ia \cdot M \cdot \ell \cdot K\} \times 10$$

단, AKm는 유도전압이 최대로되는 지점의 전차선 지락시에 대하여 구한값.

(2) 상시 유도종전압 : V [V]

(가) 단선 전철시설

$$V = \sum \{j\omega \cdot AKm \cdot I \cdot M \cdot \ell \cdot K\} \times 10$$

단, AKm는 유도전압이 최대로 되는 지점에 열차가 위치하는 조건에 대하여 구한값.

(나) 복선 전철시설

$$V = V + V$$

단, V 또는 V는 단선전철시설의 계산식에 의하여 계산한 상/하행선에 의한 상시유도 종전압[V]을 말한다.

(다) 2이상의 전차선로를 가진 전철시설

주어진 복수의 전차선로 조건에 대하여 과학적 해법을 사용하여 포괄적으로 계산하는 수단이 있을 경우 그 계산법. 다만, 이 계산법은 (가)의 단선전철시설의 계산식에 기초하여야 한다.

(3) 유도잡음전압 : Vn[mV]

(가) 단선 전철시설

$$Vn = \sum \{j\omega \cdot AKmn \cdot Ip \cdot Mn \cdot \ell \cdot Kn \cdot \lambda\} \times 10$$

(나) 복선 전철시설

$$Vn = Vn + Vn$$

단, Vn 또는 Vn은 단선전철시설의 계산식에 의하여 계산한 상/하행선에 의한 유도잡음전압[mV]을 말한다.

(다) 2이상의 전차선로를 가진 전철시설에 대하여는 상시유도 종전압의 경우와 같다.

(4) 각종 적용계수

- 상호인덕턴스(M) : Carson-Pollaczek 공식으로 산출한다.
- 기유도전류(I) : CCITT DIRECTIVES VOL.Ⅲ-5.3절의 다도체계산법에 의하여 산정한다.
- 차폐계수(K) : 고시로 정한 모든 차폐계수에 추가로 CCITT DIRECTIVES 에서 정하고 있는 차폐효과(Kx)를 적용한다. CCITT DIRECTIVES VOL.Ⅶ에 의하면 도시지역에서 구체적으로 밝혀지지 않은 접지된 각종 금속구조물 등에 의한 소위 도시차폐효과는 매우 큰 영향을 주며, 그 값은 도심지역은 0.1~0.2, 교외지역은 0.4~0.6, 촌락지역은 0.8

~1.0을 경험치로서 지역별로 제시하여 적용할 것을 권장하고 있다.

6. 유도전압 예측계산 컴퓨터프로그램

앞에서 말한 유도전압 예측계산식에 의한 계산업무를 전산화하기 위하여 컴퓨터프로그램의 요구조건을 정의하고 S/W 요구사항과 H/W 사양을 고려하여 Amp·Km계산부분과 유도전압 계산부분으로 구분설계하여 프로그램을 개발하였다.

이 프로그램은 급전회로 계통을 등가화하여 총 12도체까지 계산할 수 있도록 하였으며, 기유도값은 100개소의 급전구간까지 연속하여 처리할 수 있고, C 언어를 사용한 약 2만 LINE 정도의 방대한 과학계산용 컴퓨터프로그램이다.

7. 맺는말

지금까지 과학기술처에 등록된 통신선 유도전압

의 예측계산기술과 한국고속철도건설공단의 업무개발현황에 대하여 간략하게 살펴보았으며, 특히 예측계산 컴퓨터프로그램은 이미 고속철도 기술을 보유한 유럽 여러나라에서도 미완성에 머물 정도로 매우 복잡한 과학계산 소프트웨어로써 이는 유도대책 시행을 위한 설계비용의 절감, 관련산업 기술발전, 최적 설계에 의한 대책비절감 등 큰 효과를 가져올 것이며, 나아가 외국의 고속철도 건설시장 진출시 우리의 기술이 독자적으로 참여할 수 있는 유력한 분야가 될 것이다.

공단은 급년부터 이 프로그램을 사용하여 경부고속철도 전 구간에 걸쳐 전력유도 환경피해 대책을 철저히 시행하여 정보화 사회의 국가적 요청인 정보통신회선 품질확보와 합리적이며 경제적인 장애 대책을 동시에 추구하고자 한다.