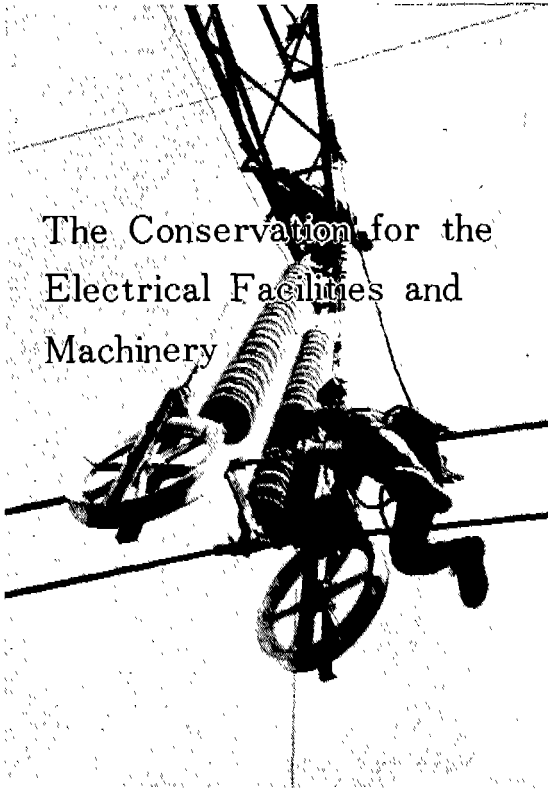


電氣設備 및 機器의 保守에 關하여

The Conservation for the
Electrical Facilities and
Machinery



李 載 仁

漢陽大 工大 教授

1. 電氣設備의 運轉 및 保守의 意義

電氣設備가 그 기능을 충분히 발휘하기 위하여는 각 設備의 設計 및 施工과 機器의 設計나 製作이 양호하여야 함은 물론이고 평상시 操作方法이나 사고시의 처치방법에 관하여도 충분한 檢討가 되어 있어야 하며 點檢巡廻나 손질, 補修에 관하여도 만전을 기하여야 한다.

電氣工作物은 막대한 固定資産의 電氣設備이므로 이 設備를 합리적으로 運轉이나 保守를 하여 그 능력을 충분히 발휘시키는 것이 능력의 維持增進을 도모하는데 중요한 것이다.

또 電氣設備의 耐用年限은 길며, 현재의 運轉이나 保守方法의 양부가 電氣設備의 수명을 더욱 연장시키는데 영향을 미치므로 運轉 및 保守 対策에도 장기적인 計劃性이 필요한 것이다.

또한 電氣는 感電, 電氣火災 등 人命이나 財産에 대한 危險性을 내포하고 있으므로 電氣施設의 健全에 관하여 그 運轉이나 保守方法에 따라서 종업원이나 공중에 대한 危害의 원인이 되기도 한다. 한편 誘導障害, 電波障害 또는 電蝕에 의하여 다른 工作物의 기능에 電氣의이나 磁氣的 障害를 주며 排水나 騒음이 公害의 원인이 되기도 한다.

때로는 電氣事業의 목적에 하나인 良質이며 安全한 電氣의 공급에 있어서도 電氣設備의 運轉이나 保守의 양부는 밀접하게 영향을 미친다.

이상과 같은 이유 때문에 電氣設備의 運轉이나 保守는 保安上이라는 견지에서도 완전한 것이 요망된다.

電氣設備의 運轉이나 保守는 최고의 책임자가 있어 전시설의 운영을 관할하는 것 부터 하나의 設備 하나의 機器의 運轉, 保守를 담당하는 사람까지 여러가지 責任의 범위와 사무 또는 작업 등이 분담되어 있다. 이런것이 모두 일체가 되어 모든 施設을 총괄적으로 운영하여야 한다.

그러므로 運轉이나 保守에 관한 規程을 정하여 업무내용과 책임의 체계를 확립하고 運轉이나 保守의 방법을 통제하여 상호 관련되는 모든 設備의 운영에 있어서 유감이 없게 하여야 한다.

이러한 目的으로 電氣事業法에서는 제39조와 제51조에서 電氣事業者나 自家用 電氣工作物 設置者도 『電氣工作物의 工事, 維持 및 運用에 관한 保

안을 확보하기 위하여 保安規程을 정한다」라고 規定되어 있다.

2. 運轉 및 保守規程

(1) 運轉 및 保守規程의 目的

電氣設備의 運轉 및 保守에 있어서 그 방법을 적절하게 하기 위하여 運轉 및 保守規程을 정하여 運轉과 保守의 체계를 확립하고 運轉, 保守의 방법을 통제하여 서로 관련이 있는 전체의 設備 즉 電力系統의 運轉 保守에 유감이 없게 한다.

電氣事業法에서는 이러한 것을 保安規程이라 부르고 있으나 다음과 같은 목적들이 있는 것이다.

- ① 電氣設備의 기능을 충분히 발휘시키며, 그 기능을 유지하여 가는 것
- ② 사고의 미연방지 및 사고가 발생하였을 때 피해를 最小限度로 억제하는 것
- ③ 運轉 및 作業에 관한 지휘명령체통을 확립하고, 그 명령의 원활, 확실하게 함으로써 安全을 기하는 것
- ④ 기록 및 보고가 적절한 것이며 상급자의 保守管理의 자료로 삼으며 장래의 자료로도 하는 것

(2) 保安規程에 規定할 항목

保安規程에 規定할 項目은 電氣事業法 施行規則 제 45조에 의하면 다음과 같다.

- ① 電氣工作物의 工事, 維持 및 運用에 관한 업무를 관리하는 사람의 職務 및 組織에 관한 것
- ② 電氣工作物의 工事 維持 및 運用에 종사하는 사람에 대한 保安教育에 관한 것
- ③ 電氣工作物의 工事, 維持 및 運用에 관한 保安을 위한 巡視, 點檢 및 檢査에 관한 것
- ④ 電氣工作物의 運轉 또는 操作에 관한 것
- ⑤ 發電所의 運轉을 상당한 기간 정지하는 경우 保全의 방법에 관한 것
- ⑥ 災害나 그외 비상시에 취하여야 할 조치에 관한 것
- ⑦ 電氣工作物의 工事, 維持 및 運用에 관한 保安에 대한 기록에 관한 것
- ⑧ 그외에 電氣工作物의 工事, 維持 및 運用에 관한 保安에 필요한 사항 등

3. 電氣設備의 修理

電氣設備은 전반적으로 耐用年數가 길으나 耐用期間中 건설시의 능력을 維持하여 安全하게 運轉하기 위해서는 施設의 運轉, 保守에 만전을 기하는 것은 물론이나 적시에 적당한 修理를 항상 하는 것이 필요하다.

이 修理가 적절하게 되면 耐用年數에 도달하여도 건설시의 능력을 유지할 수 있으며 예를 들어 水力發電所나 送電線은 耐用年限을 넘어도 運轉하고 있는 設備도 많이 볼 수가 있다.

이에 반하여 修理가 적절하게 이루어지지 못하는 경우는 設備가 보유하고 있는 능력을 발휘할 수도 없으며, 그 設備의 사고에 원인이 되고, 이 원인은 電力系統의 전체에 사고를 유발시키는 예도 볼 수가 있다. 그러므로 修理는 施設의 능력을 維持하는데 있어서 定期的인 工事が 된다.

이 修理에 필요한 경비를 修理費라 부르며, 修理費는 耐用年數 기간에 매년 같은 경비가 필요한 것은 아니며 施設의 특성 및 運轉의 상황에 따라서 적시에 적절한 修理를 하여야 하나 平均的으로 매년 平均한 標準인 修理費를 산정할 수가 있다.

이 修理費의 標準額을 單位物量에 대한 修理單價로 정한 것을 標準修理費率이라 하며, 電氣設備의 각 부분마다 자세히 결정되어 있다.

표 1은 修理費와 再建設費의 비를 修理費率로 본 것이다. 再建設費는 어떤 設備를 현재에 건설하는 경우 필요한 建設費이다.

(표-1) 年間 修理費率

| 設 備 別 | 年間修理率[%] (修理費 / 再建設費) |
|-------|--------------------------|
| 水力發電所 | 0.74 |
| 火力發電所 | 1.10 |
| 送電線路 | 0.82 |
| 變電所 | 0.85 |
| 配電線路 | 6.73 |
| 업 무 외 | 2.61 |
| 計 | 1.90 |

4. 다른 工作物에 미치는 障害와 防止對策

電氣設備은 電氣事故로 인하여 感電이나 火災 등의 피해를 주나 運轉을 할 때는 항상 人畜 또는 다른 工作物에 피해를 주는 경우가 있다.

예를 들면 火力發電所의 排氣에 의한 煤煙害, 排水에 의한 漁業 등의 영향, 水力發電所의 水利에 의한 관계, 漁業 등에 영향, 도시의 變電所에서 발생하는 騒音, 送配電線路의 通信線에 미치는 誘導 障害, 送配電線路 또는 電氣機器에 의한 電波障害, 電氣鐵道 등 直流設備에 의한 電蝕障害 등 많은 문제가 있다.

이러한 障害나 公害는 電氣事故와 달리 상당히 광범위하게 영향을 미치며 正常的인 運轉時에도 발생하는 것이다. 그러므로 電氣設備의 건설 또는 運轉이나 保守에 있어서는 이런 障害나 公害를 최소로 하기 위한 對策이 강구되어야 한다.

그러나 電氣設備 및 電氣機器의 특성상 障害나 公害를 전혀 없게 한다는 것은 불가능하므로 電氣設備의 所有者와 피해자측은 障害 및 公害의 방지 대책에 관한 協調를 하여 合理的이며 경제적인 방법으로 방지의 效果를 얻는 것이 필요하다.

(1) 誘導 障害

送配電線路가 通信線路와 병행 또는 접근하는 경우, 送配電線路의 3相이 通信線路에 대하여 非對稱이 되므로 通信線路에 대하여 靜電誘導를 발생시키며 또 送配電線路의 고장시에 零相電流 등에 의하여 通信線路에 電磁誘導를 발생시켜서 通信機能에 障害를 주거나 通信機器에 피해를 발생시키며 때로는 人畜에 危害를 주는 경우가 있다.

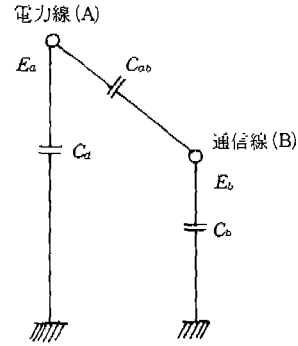
(1) 靜電誘導 障害

i) 通信線에 미치는 靜電誘導 障害

그림 1과 같은 상태에서 電力線으로부터 通信線에 誘導되는 靜電誘導電壓은 다음 식으로 구할 수가 있다.

$$\dot{E}_b = \frac{C_{ab}}{C_{ab} + C_b} \dot{E}_a$$

通信線에 대한 靜電誘導 障害는 保安問題의 이전에 通信障害이므로 위의 식의 電壓值보다도 이 電壓으로 인하여 通信線路에 흐르는 電流值가 문제가



(그림-1)

된다.

이때 通信線路(回路)의 임피던스 및 \$C_{ab}\$의 값은 대단히 복잡하므로 일반적인 實用式으로 靜電誘導電流를 계산하여 그 값이 표 2의 制限值 이하가 되도록 조치를 취하여야 한다.

이 靜電誘導 障害의 防止 또는 輕減對策은 電氣設備 技術基準令 제 71조, 제 113조에 規定이 있으나 다음과 같은 對策이 있다.

- ① 遮蔽線을 設置한다
- ② 通信線에는 接地한 금속피복을 한 케이블을 사용한다
- ③ 電力線과 通信線을 架裝한다
- ④ 電力線과 通信線의 이격거리를 크게 한다

ii) 人體의 電擊

送電線의 바로 밑을 우산을 쓰고 지나가는 경우 금속부에 피부가 접촉되거나 送電線 밑에 자동차를 주차하고 비가 내리는 경우 차체에 접촉되면 우산이나 自動車에 帶電되었던 靜電電荷가 人體를 통하여 放電하게 되어 순간적으로 電擊을 받는 경우가 있다.

또 送電線의 活線作業이나 變電所의 母線에 접근하여 작업을 하는 경우, 作業員이 電線의 근방에 형성된 高電界내에 들어가게 되므로 帶電하게 되고 신체의 일부가 鐵塔이나 機器의 외함에 접촉하게

(표-2) 靜電誘導電流의 制限值

| 送電線路의 使用電壓 | 靜電誘導電流制限值 |
|---------------|--------------------------|
| 15[kV] 이하 | 電話線路의 길이 4[km]마다 1.5[μA] |
| 15[kV]~60[kV] | 電話線路의 길이 12[km]마다 2[μA] |
| 60[kV] 이상 | 電話線路의 길이 40[km]마다 3[μA] |

되면 帶電電荷가 放電되며 電擊을 받게 된다.

이런 電擊은 人体에 대하여 위험성은 별로 없으나 무의식중에 電擊을 받게 되므로 2次的인 事故의 원인이 될 가능성이 있다. 이런 현상은 장차 500 [kV]급의 送電線路의 建設이나 運轉, 保守에 있어서 더욱 더 주의하여야 한다.

電線에 근접하는 경우의 靜電誘導電壓에 의한 電擊을 일으키는 等價回路는 그림 2와 같이 표시할 수 있다.

가령 그림 (a)와 같이 超高压 送電線 밑에 大地로부터 絶緣된 物体(自動車나 우산)을 놓으면 物体의 각 부분은 그 부분의 電界의 세기에 따라서 靜電誘導電壓이 帶電된다.

이때 人体의 일부가 物体에 접촉되면 그림에서 스위치 S를 닫은 것과 같은 상태가 되며 人体抵抗 R_M 을 통하여 物体에 帶電電荷는 大地로 흐른다. 이때 人体에 흐르는 電流는

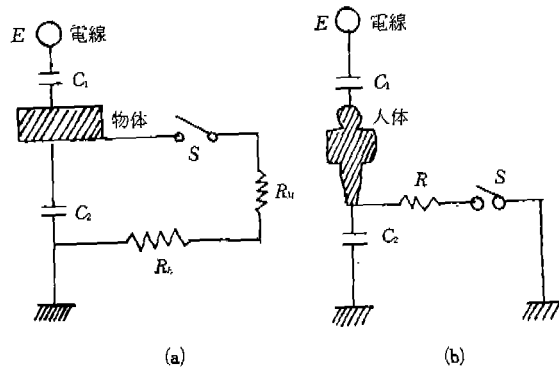
$$I_M = \frac{V}{R_M + R_E} e^{-\frac{t}{C_1(R_M + R_E)}}$$

의 過渡電流가 되며 접촉시 짧은 시간에 波高值가 높은 펄스모양의 電流가 흐르며 C_1 을 통하여 정상적인 交流電流가 흐른다.

다음은 送電線路의 철탑 위에서 活線作業이나 機器위에서 作業時 絶緣된 人体가 接地된 物体에 접촉되면 그림 (b)와 같이 人体에 誘導된 帶電電荷가 接觸抵抗 R 을 통하여 大地로 放電된다. 人体가 완전히 絶緣되어 있을 경우의 誘導電壓은

$$V = \frac{C_1}{C_1 + C_2} E$$

로 표시되며 손 등이 摺地된 物体에 접촉되었을 경우의 放電電流는



(그림-2) 電擊等價回路

$$I_M = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{C_1 R}}$$

로 표시되며 역시 펄스형의 電流와 定常電流로 형성되어 있다. 이상의 2가지 電擊現象은 그 원인이 각각 다르나 항상 人体에 흐르는 같은 性質을 갖게 된다.

C. F. Dalziel의 實驗에 의하면 衝擊電壓의 電擊에 대한 電流波高值와 通過電氣量이 위험도를 표시하는 因子가 되며 人体에 대하여는 電流 3.7 [A], 45 [ms]를 心室細動(血液의 순환작용이 상실되며 수분내에 사망)의 限界值라 하고 있다.

그러나 靜電誘導電流의 定常電流는 0.4 [mA]~1 [mA] 정도로 생각되므로 人体에는 아무런 危險은 주지 못하나 不快感을 억제하려면 다음과 같은 對策이 생각된다.

- ① 電力線의 地上高는 될 수 있으면 높게 한다.
- ② 電力線은 될 수 있으면 逆相配置로 한다.
- ③ 保護線이나 遮蔽線을 설치하여 空間電位를 저하시킨다.

④ 自動車의 車체에 체인을 연결하여 帶電 電荷를 大地로 放電시킨다.

⑤ 우산의 金屬部分을 잡아서 人体抵抗을 통하여 항상 放電시킨다.

⑥ 活線作業時에는 絶緣抵抗이 높은 신발 대신에 抵抗值가 적은 導電性 신발을 신는다.

(2) 電磁誘導障害

送電線路의 中性點을 接地하므로써 異常電壓이 발생하는 것을 억제할 수 있으며 接地故障時에 故障點의 선택遮斷을 하여 送電의 安定을 도모할 수 있는 이점은 있으나 반면에 故障이 발생하였을 때 地絡電流나 不平衡電流에 의한 電磁誘導作用 때문에 근접된 通信線에 有害한 誘導電壓이 발생하고, 人命이나 機器에 障害를 주며 電話線에 잡음 등의 通信障害를 발생시키는 경우가 있다.

이 誘導電壓의 許容值는 研究結果 故障 電流가 0.1 [s] 이내에 제거될 수 있게 유지되는 110 [kV] 이상의 高安定度 送電線路에 있어서는 430 [V], 그 외의 送電線路에서는 300 [V]이하가 바람직하다고 보고 있다.

電磁誘導障害의 對策은 일반적으로 電氣設備技術基準令 제 71조에 規定되어 있으나 보통은 다음과 같다. 또 技術基準令 제 259조, 제 276조에서는 電

車線路로 인한 誘導障害의 防止施設에 關하여 規定되어 있다.

i) 誘導現象을 일으키는 電流를 감소시키기 위하여 保護繼電器의 感度를 저해시키지 않는 범위내에서 中性點의 接地場所를 감소시키나 抵抗値를 크게 한다. 또한 같은 接地系統을 분할한다. 負荷의 3相平衡 등의 대책을 강구한다.

ii) 電力線과 通信線의 이격거리를 크게 한다.

iii) 電力線과 通信線에 遮蔽線을 施設한다.

iv) 通信線에 避雷器와 같은 적당한 保安器를 설치한다.

v) 通信線에는 금속피복을 한 케이블을 사용한다.

vi) 通信線에 絶緣變壓器나 中繼코일을 삽입한다.

vii) 高速度 遮斷器를 사용하여 故障를 짧은 시간에 제거한다.

현재 電磁誘導電壓의 계산에는 Carson Pollaczek 式이 사용되고 있다.

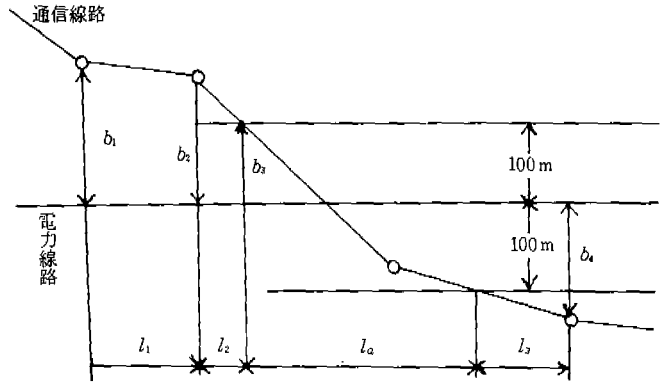
$$V = kf \left[\sum \frac{l_1}{\frac{1}{2}(b_1 + b_2)} + \sum \frac{l_2}{100} \right]$$

여기서 V : 誘導電壓[V/A]

f : 地絡電流의 周波數[Hz]

b_1, b_2 : 送電線과 通信線과의 수평거리[m]
(보통 5km까지를 영향범위로 본다)

l_1, l_2 : b_1, b_2 간 및 b_2, b_3 간의 送電線



(그림-3)

의 長[m]

k : 定數(山岳地에서는 0.0008, 平地에서는 0.0004로 본다)

5. 맺는 말

電氣設備의 運轉이나 保守는 電氣事業法에서 保安規程을 規定할 때 電氣設備技術基準令에서 規制하는 이상으로 강화하여 자체로 安全度를 向上시켜야 하며 耐用年限을 연장시키기 위한 修理費는 전자산에 대하여 1.9[%] 정도이므로 큰 比重을 차지하지 않으므로 修理費에 투자하는 것이 바람직하며 誘導障害로 인한 人命의 피해는 문제가 되지 않으나 2차적인 被害対策이 강구되어야 하며 다만 通信線에 대한 障害対策을 강구하면 되겠다.

