

## 애자 절연 파괴 감시 시스템의 개요

최인선, 양항준, 홍정기, 이준철  
(주)효성 중공업연구소

### Introduction of monitoring system of insulator's dielectric break

IS Choi, HJ Yang, JG Hong, JC Lee  
Power & Industrial Systems R&D Center, Hyosung Co.

**Abstract** - 전력회사는 전력의 안정성과 신뢰도확보를 위해 끊임없이 노력하고 있지만 전력설비의 자그마한 이상에도 그 파급효과는 상당히 클 수 있다. 특히 한국의 전력계통은 복잡한 그물망 구조를 가지고 있어 작은 선로사고가 국가 전체의 대형정전사고로 이어질 가능성을 가지고 있다. 특히 전력산업의 변화에 의해 전력계통의 대형정전사고의 책임 문제도 발생할 수 있다. 전력선의 사고의 대다수가 1선 지락 사고로 발생되며, 그중에 애자의 절연파괴로 인한 사고가 상당수를 차지하고 있다. 그러나 애자의 절연파괴는 가시적으로 발견하기 어려운 것이 사실이다. 그러므로 본 논문은 센서 및 통신 장비를 이용하여 쉽게 애자의 절연 파괴를 감지하고, 이를 신속하게 운영자에게 알릴 수 있는 시스템의 개요에 대하여 논한다.

#### 1. 서 론

현재 산업발달로 인한 전력수요의 증가와 IT 산업의 혁신적인 발달로 고장으로 인한 정전 발생시 사회생활에 미치는 영향이 커지게 되었으며 정전내용에 대한 관심도 증대되었다. 이에 전력회사는 전력의 안정성과 신뢰도확보를 위해 끊임없이 노력하고 있지만 계통의 외부 노출 및 자연재해, 계통의 복잡성 등으로 인해 인력 부족은 어쩔 수 없는 현상이다. 특히 한국의 전력계통은 복잡한 그물망 구조를 가지고 있어 작은 선로사고가 국가 전체의 대형정전사고로 이어질 가능성을 가지고 있다. 특히 전력산업의 변화에 의해 전력계통의 대형정전사고의 책임 문제도 발생할 수 있다. 현재 전력선 사고의 대다수가 1선 지락 사고이며, 그중에서 애자의 절연파괴가 상당수를 차지하고 있다. 그러나 이러한 애자의 절연파괴는 가시적으로 발견하기 어려운 것이 사실이다. 그렇지만 미래 산업의 인력 구조는 인구 감소 및 노령화로 인하여 점점 단순 업무를 줄이고 자동화 시스템을 구축하려고 할 것이다. 이에 가시적으로 찾기 힘든 절연이 파괴된 애자를 찾는 데 많은 시간과 인력을 들이는 데에는 한계가 존재할 수밖에 없을 것이다. 이에 본 논문은 RFID(Radio Frequency Identification)와 통신장비 등을 이용하여 애자의 절연파괴를 감지하고 이를 빠르게 운영자에게 알릴 수 있는 방법을 제안한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 애자의 절연 파괴

전선을 전기적으로 절연시켜 지지물에 취부하기 위해서는 애자가 필요하다. 애자는 선로의 정상전압에 대해서는 물론 지락사고나 선로의 개폐시에 생기는 이상전압에 대해서도 충분한 절연 내력을 지녀야 하며, 비, 눈, 안개 등에 대해서도 필요한 전기적 표면 저항을 갖고 누설전류가 미소해야 한다[1]. 그러나 과전압, 내전압등의 전기적 효과와 섬락전압과 열전 오염등과 같은 자연 현상에 의한 효과로 인하여 애자에 절연파괴가 진행될 수

있다. 애자의 절연파괴에 영향을 주는 이상 전압의 분류는 그림 1과 같다.

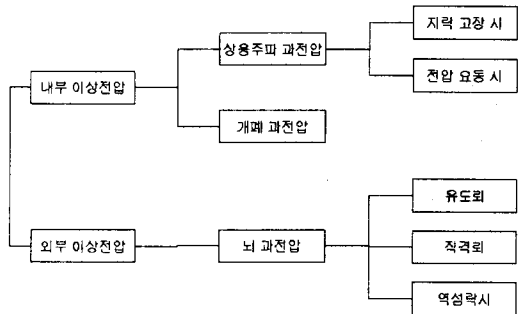


그림 1 이상 전압의 분류

이러한 애자의 절연 파괴는 일선 지락 사고를 유발시키지만, 가시적으로 발견하기가 쉽지 않기 때문에 애자 절연파괴가 일어난 경우에 조치를 빠르게 진행하기 어렵다.

##### 2.2 RFID 시스템의 구성

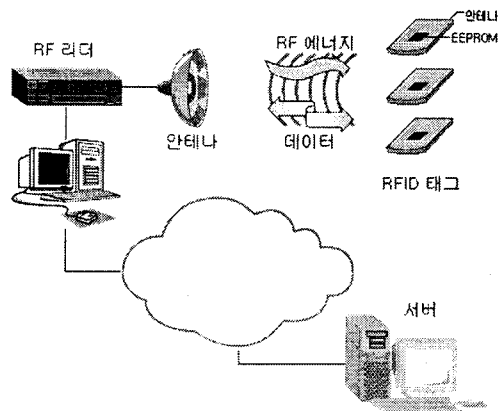


그림 2 RFID 시스템의 구성

RFID(Radio Frequency Identification)는 초소형 반도체에 식별정보를 입력하고 무선주파수를 이용하여 이 칩을 지닌 물체나 동물, 사람 등을 관측, 추적, 관리할 수 있는 기술이다. 이는 유비쿼터스 컴퓨팅 기반 기술의 하나로 중요성을 인정받고 있다. RFID 시스템은 그림 2에서 보는 바와 같이 반도체 칩과 주변에 안테나를 결합한 태그(RFID Tag), 태그와 통신하기 위한 안테나와

RFID 리더(RFID Reader), 그리고 이러한 시스템을 제어하고 수신된 데이터를 처리하는 서버(Server)군으로 구성되어 있다. RFID 태그 안에 내장된 안테나가 리더의 안테나에서 발산된 전파를 수신하면 RFID 태그의 칩(Chip)이 안테나로부터 공급되는 미세 전류로 기능하여 칩 안의 정보를 신호화한다. 이 신호는 태그의 안테나로부터 리더의 안테나에게 다시 재 전송한다.[2-5]

### 2.2.1 RFID 태그

RFID 태그는 반도체 칩과 주변에 안테나를 결합한 것으로, 자체 전원으로 배터리가 존재하는 형태의 능동형(Active)과 자체 전원이 없는 수동형(Passive)으로 구분한다. 능동형은 자체 전원을 사용하므로 매우 먼 거리에서도 인식이 가능하고 환경적인 영향을 적게 받는다. 그러나 태그의 수명이 전원에 종속되는 문제가 있다. 또한 각 태그의 크기가 전원의 크기 때문에 줄이는데 한계가 있으며, 가격 또한 매우 비싸다.

수동형 태그는 값이 싸고 제조 형태에 구애받지 않는다. 전원이 포함되지 않으므로 반영구적인 수명을 지닌 장점이 있지만 태그 인식거리가 짧고 주변 환경의 영향을 많이 받는 점이 약점이다. 이러한 능동형과 수동형을 결합한 반능동형(Semi-Active) 형태가 있다. 이 형태는 능동형 태그처럼 배터리를 내장했지만 리더로부터 동작 명령을 받았을 때만 동작한다.

RFID는 여러 대역의 주파수에서 사용되고 있는데 표 1에서 보는 바와 같이 주파수 대역에 따라 RFID 특성과 적용분야가 달라진다. 일반적으로 주파수 대역이 낮을수록 인식 속도가 느리고 짧은 거리에서 동작하지만 환경의 영향을 적게 받으며 고주파에 가까울수록 그 반대의 특성을 갖는다.

### 2.2.2 RFID 리더

RFID 리더는 RF 에너지를 수동형 RFID 태그에 공급하여 활성화하고, 이 활성화된 태그로부터 전송된 정보를 받아들이는 역할을 한다. RF 전송부는 안테나 회로와 동조 회로, RF 캐리어 제너레이터(Carrier generator)를 포함한다. RF 리더는 PDA 등에 탑재하여 이동하면서 사용하는 이동형 리더와 고정된 장소에 설치하여 사용하는 고정형 리더로 나뉜다.

이동형 리더는 이동형 장비의 특성상 배터리 용량의 한계를 보이며, 인식 거리도 일반적으로 1.5m 이내에 불과하고 초당 동시 인식 수도 15개 미만이다. 그러나 고정형 리더는 태그 종류나 주변 환경에 따라 다르지만, 보통 3~7m 정도의 거리에서 인식할 수 있으며 초당 인식 수도 50개 이상이다. 또한 고정형 리더는 주로 패치형으로 안테나를 제공하고 있다.

표 2 주파수 대역별 RFID의 특성[2]

주파수	저주파	고주파	극초단파		마이크로파
	12.5, 13.4KHz	13.56MHz	433.92MHz	660~960MHz	245MHz
인식거리	60cm 미만	60cm 미만	50~100m 까지	3.5~10m 까지	1m 까지
일반적 특성	비교적 고가 환경에 의한 성능 저하가 거의 없음	저주파보다 저가 짧은 인식거리와 대중 태그 인식이 필요한 응용 분야에 적합	긴 인식거리 실시간 추적 및 컨테이너 내부 습도, 충격 등 환경 센싱	IC 기술 발달로 저가로 생산 가능 다중 태그 인식 거리와 성능이 가장 뛰어남	900MHz 대역 태그와 유사한 특성 환경의 영향을 가장 많이 받음
동작방식	수동형	수동형	능동형	능동/수동형	능동/수동형
적용분야	공정자동화 출입 통제/보안 동물관리	수확물 관리 대여물품관리 교통카드	컨테이너 관리 실시간 위치 추적	공급망 관리 자동 통행료 징수	위조 방지
인식 속도	저속				고속
환경 영향	강인				민감
태그 크기	대형				소형

### 2.2.3 안테나

RFID를 적용하여 성공하기 위해서는 안테나 기술의 비중이 크다. 왜냐하면 RFID 리더에서 데이터를 읽어 들일 때 매우 중요한 요소로서는 충돌방지(Anti-Collision) 기술인데 이러한 기술의 핵심은 안테나에 있기 때문이다.

리더에 부착되는 안테나는 리더에서 보내온 신호를 공간으로 방사하는 역할과 태그에서 보내온 신호를 수신하여 리더에 보내는 역할을 수행한다. 안테나는 전파를 방사하는 패턴에 따라 선형(Linear) 안테나와 원형(Circular) 안테나로 나뉘고 제조 당시의 형태에 따라 다이폴 안테나, 야기우다 안테나, 평판 안테나, 슬롯 안테나, 터널형 안테나 등의 많은 종류가 있다.

### 2.3 애자 절연 파괴 감시 시스템

애자 절연 파괴를 감시하기 위하여 먼저, RFID 태그를 애자에 삽입하여 제작, 설치한다. 이를 RFID-애자라고 하며, 이 애자의 특징은 애자가 절연파괴가 되면 RFID 태그도 같이 파괴되어야 한다. 그러므로 RFID 리더에서 평상시에는 태그가 파괴되지 않아 태그 정보가 읽히게 되고 이를 통하여 애자가 정상임을 판명한다. 그러나 애자의 절연파괴가 일어나면 높은 전압과 전류의 도통으로 애자 안에 삽입된 RFID 태그는 파괴되므로 RFID 리더에서 태그 정보를 읽지 못하게 될 것이다. 그러므로 RFID 리더에서 RFID 태그를 읽지 못하게 되면 이를 통신장치를 통하여 운영자에게 알려지게 된다. 이를 통하여 애자의 절연파괴를 감시할 수 있다.

#### 2.3.1 시스템의 기본 구성

시스템은 그림 3과 같이 애자에 RFID 태그가 삽입된 RFID-애자와 RFID 리더와 안테나 그리고 상위단과 통신을 진행할 통신 장치로 이루어져 있다.

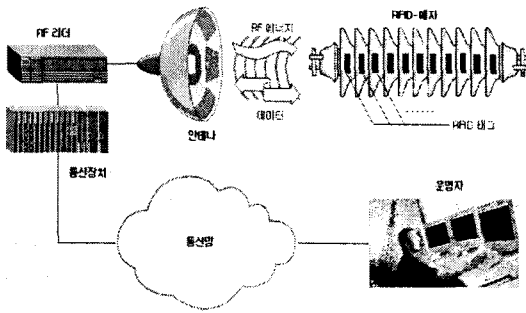


그림 3 애자 절연 파괴 감시 시스템

### 2.3.1.1 RFID-애자

애자는 절연을 목적으로 하므로 전기가 도통하지 못하는 사기 및 유리와 같은 비금속성 물질로 이루어져 있다. 우리나라에서는 66kV 이상의 모든 선로에서는 거의 현수 애자를 사용하고 있다. 현수 애자는 한개 단독으로 사용하는 경우도 있으나 일반적으로는 수 개 내지는 수십 개를 쇠사슬 상태로 연결하고 이것을 첩탑의 환공으로부터 현수해서 그 최하단에 전선을 고착시키고 있다.[6] 그러므로 한 라인에 여러 개의 RFID 태그가 삽입될 것이며, 이는 시스템의 신뢰도 향상에 도움을 줄 수 있다.

RFID 애자에 삽입되는 RFID 태그는 시스템의 특성상 다음과 같은 특징을 지니고 있어야 한다. 먼저, RFID 태그는 애자 안에 삽입되므로 주파수가 애자의 구성 물질을 투과할 수 있어야 한다. 두 번째로, 측면 인식의 문제로서, 첩탑과 같은 경우 금속성 물품이 가리는 경우 저해 요소가 존재할 수 있으므로 각도확보가 중요하다. 또한 전력선은 각종 노이즈로 인해 각종 대역폭의 주파수가 나타나고 있다. 그러므로 활성 상태 시 노이즈 등으로 인한 주파수 충돌 방지 기술이 필요하다. 마지막으로 활성 상태에서 양단의 전압에 영향을 받지 않고 태그의 성능을 유지하는 칩 및 안테나 기술이 필요하다.

### 2.3.1.2 RFID 리더

RFID 리더는 애자에 설치된 많은 RFID 태그를 인식해야 하므로 애자의 숫자에 따라 그 리더의 성능도 바뀔 것이다. 송전선의 경우는 현수애자의 숫자도 많고, 애자와 리더의 거리도 길 것이며, 첩탑으로 인한 저해 요소와 고주파수 발생으로 인한 영향 발생으로 높은 기술의 RFID 리더가 필요하다. 그러나 배전선의 경우는 애자의 숫자가 적으며, 애자와 리더의 거리도 매우 짧다. 또한 저해 요소도 적을 것이다. 그러므로 RFID 리더는 고주파(13.56MHz) 대역에서 극초단파(433.92MHz) 대역의 주파수를 필요에 따라 사용할 수 있을 것이다.

### 2.3.1.3 통신장치

애자 감시 시스템은 정보의 상시성에 따라 통신장치의 구성이 달라질 수 있다. 먼저 데이터를 주기적으로 상위 단으로 올려 운영자에게 알려야 할 필요가 있다면, 통신 단가가 저렴한 유선망에 연결하여 데이터를 올려야 한다. 이 경우는 통신망을 구축해야 하므로 초기 투자비용이 많이 들 수 있다.

두 번째로, 데이터가 주기적으로 필요하지 않고 이상이 생긴 경우에만 데이터를 올려야 한다면, PCS와 같은 무선 통신을 사용할 수도 있다. 이 같은 경우는 통신비용은 비싸지만 통신망이 필요 없으므로 초기 투자비용이 작다는 장점이 있다.

### 2.3.2 송전 시스템

송전 시스템의 경우 애자의 숫자가 많으며, RFID-애자와 RFID 리더간의 거리가 길다. 그러므로 통신 거리

가 길고, 노이즈에 강하며, 많은 RFID 태그를 인식할 수 있어야 한다. 또한 첩탑에 설치되므로 금속성 물품에 의한 저해 요소가 나타나므로 각도 확보가 아주 중요할 것이다. 이에 RFID 태그는 능동 방식을 사용해야 하며, 주파수 대역대는 극초단파인 433.92MHz를 사용해야 될 것이다. 또한 RFID 리더의 경우는 안테나를 설치해야 할 것이며, 많은 RFID를 읽으면서 주위의 노이즈에 영향을 받지 않는 충돌 방지 기술이 필요 할 것이다.

### 2.3.3 배전 시스템

배전 시스템의 경우는 송전 시스템의 경우보다 애자의 숫자가 적으며, RFID-애자와 RFID 리더간의 거리도 매우 짧고, 금속성 물질의 방해를 많이 받지 않을 것이다. 그러나 통신 주파수 등의 많은 주파수의 충돌이 예상될 수 있으므로 송전 시스템에 비해 더욱 정밀한 주파수 충돌 방지 기술의 개발이 필요하다.

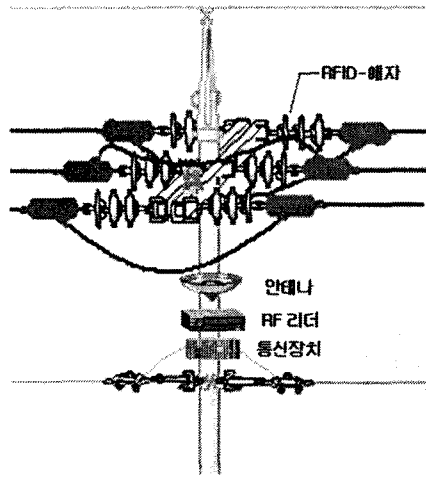


그림 4 배전용 애자 감시 시스템의 구성

## 3. 결 론

RFID(Radio Frequency Identification)은 태그 내에 칩을 내장하여 무선 주파수를 이용, 리더에서 자동 인식하는 기술이다[7]. 본 논문은 이 RFID 기술을 이용하여 운영자가 애자의 절연파괴를 빠르게 알 수 있도록 하는 애자 절연파괴 감시 시스템에 대하여 논하였다. 이 기술을 현실화하기 위해서는 인식거리 확보, 측면인식 기술, 충돌방지(Anti-Collision) 기술 등 기술적인 부분과 RFID 태그 및 RFID 리더의 가격 등에 따른 경제적인 문제를 해결해야 할 것이다. 그러나 미래 산업의 인력 구조는 인구 감소 및 노령화로 인하여 점점 단순 업무를 줄이게 될 것이며, 자동화 시스템의 구축이 필요할 것이다. 이에 RFID를 이용한 자동화 기술은 앞으로 유비쿼터스 시대에 꼭 필요한 기술이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 중앙교육원, "신입승전진 기초", 1권
- [2] 한재중, "RFID 시스템의 구성과 원리", 마이크로소프트웨어, 275, p.118, 2006년 9월
- [3] 한국 RFID/USN 협회 홈페이지, <http://www.karus.or.kr>
- [4] ETRI 홈페이지, <http://etri.re.kr>
- [5] 한국전산원 홈페이지, <http://www.nca.or.kr>
- [6] 송길영, "송배전공학", p.58, 1999년
- [7] 정기욱, "RFID 시스템의 인식률과 오차범위", 마이크로소프트웨어, 275, p.152, 2006년 9월