

## 자가용 전기설비의 비상용 예비발전설비 사고사례 분석

최명일\*, 배석명\*, 유재근\*, 전정채\*, 임용배\*  
한국전기안전공사 전기안전연구원\*

### The Analysis of Accidents on an auxiliary power system in case of a blackout

Myeong-il Choi\*, Suk-Myeong Bae\*, Jae-Geun Yoo\*, Jeong-Chay Jeon\*, Yong-Bae Lim\*  
Korea Electrical Safety Corporation\*

**Abstract** - 비상용 예비발전설비는 정전이 되었을 경우 건축물의 기능 유지나 영업을 위해 최소한의 방재와 비상전력을 확보하기 위한 설비이다. 그러나 최근 부하운전시험으로 발전기 가동시 부하단의 콘덴서, 고조파, UPS와 같은 SCR 부하의 영향으로 발전기 전원측에서 이상전압이 발생하여 과전압이 부하에 공급되어 기기가 소손되는 사고가 빈번히 발생하고 있다. 본 논문에서는 국내의 국내 예비발전설비의 운용 현황과 발전기 보호시설 유무에 대한 실태조사를 하였고, 최근 10년간 발전기 관련 사고 사례를 조사하여 사고의 원인을 분석하였다. 또한 발전기의 부하운전시 발전전원측의 전원품질을 측정하여 향후 사고해석 SW를 이용하여 시뮬레이션 및 사고재연 실증시험을 통해 보다 정확한 사고원인 및 사고발생 대책을 제시하는데 자료로 이용 될 것이다.

#### 1. 서 론

최근의 건축물은 예전의 건축물에 비해 대형화, 고층화, 인텔리전트화로 변화되어 가는 추세와 함께 IT산업의 발달로 인해 신뢰성 높은 전원설비가 요구되고 있다. 자가용 전기설비 수용가에서는 한전 계통이 정전이 되었을 경우 건축물의 기능유지와 최소한의 보안전력을 확보하기 위한 비상용 예비발전설비가 보편적으로 설치되고 있는 상황이고 이러한 예비전원은 국내의 경우 건축법의 「예비전원」과 소방법의 「비상전원」 및 전기사업법의 「비상용 예비전원」으로 규정되어 있다.[1]

전기안전공사는 전기사업법 제63조 및 65조에 의거 자가용 전기설비의 사용점검사와 정기점검사를 수행하고 있으며 비상용 예비발전기의 검사는 발전기 용량 75kw이상인 경우 검사 대상이 된다. 발전기의 정기검사이 부하운전시험을 위해 상용전원을 정전하고 비상발전기를 가동하여 발전기가 부하상태에서 출력과 전압, 회전수, 주파수 등이 정격상태로 운전되는지를 확인하는 중에 발전기 출력전압 상승에 따른 설비손상 사고가 발생하였다. 이러한 사고는 예전부터 있어왔으나 정확한 원인 및 대책마련이 미흡하여 현재까지 유사사고에 의한 피해가 지속되고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 국내의 예비 발전설비의 운용현황을 파악하고 지속적으로 발생하고 있는 발전기의 부하운전시 사고사례를 조사하고 분석하였다. 또한 비상발전기의 부하운전시의 전원품질에 대한 현황 측정으로 발전기의 이상전압 발생 등의 사고 대책을 제시하는데 자료로 이용될 것이다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 발전설비 운용 현황

비상용 예비발전설비란 상용 전원의 정전시를 대비하여 자가용 발전설비, 축전지 설비, 무정전 전원장치(UPS) 등을 말하며, 발전시스템은 발전기, 원동기, 조정·제어장치 및 보호기기로 이루어져 있다.[2] 그림 1은 자가용 수용가 건축물 지하에 설치되어 있는 디젤발전기 세트로 발전기와 발전기 제어반으로 구분되어지고 발전기 제어반은 발전기의 보호를 위한 VCB, 보호계전기, AVR(자동전압조정기)로 구성되어 있다.

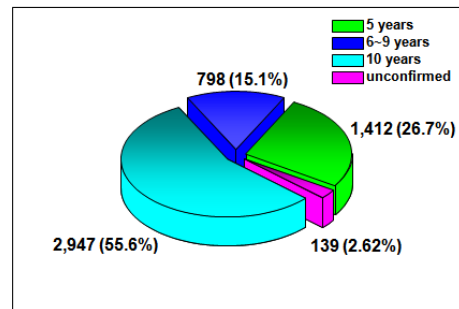


〈그림 1〉 비상용 디젤발전기 세트

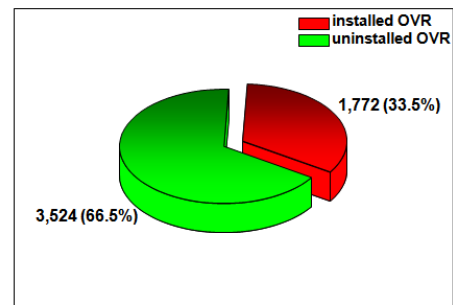
국내 자가용전기설비 중에서 비상용 발전설비 보유실태를 조사한 결과 2008년 1월 현재, 전체 비상용 발전설비 48,433기에서 한국전기안전공사 안전관리대행 수용가의 비상용 발전설비는 5,296기로 조사되었고 이는 전체의 10.9%였다. 전기안전공사 통계에 따르면 안전관리대행 수용가의 예비발전설비 중 발전설비의 용량별 현황은 표 2와 같이 75kw~300kw 미만 용량인 발전기가 2,975대로 56.2%점유하고 있고 있다. 발전설비의 시설상태를 조사한 결과 그림 2와 같이 비상용 예비발전설비의 제작연수에 따라 10년이상(1998년 이전)된 설비가 55.6% 점유하고 있고, 비상발전기를 가동할 때 부하에 일정한 전압이 공급되도록 하는 AVR(Automatic Voltage Regulator)의 경과연수도 10년이상 연수가 51.3% 점유하고 있다. 그리고 그림 3과 같이 과전압 보호장치가 없는 설비는 전체의 66.6%로 점유하여 비상발전기 가동시 이상전압 발생에 대한 사고가 항상 잠재되어 있는 것으로 조사되었다.

〈표 1〉 발전설비 운용 현황

구분	용량별 현황				
	10kw이하	75kw미만	300kw미만	500kw미만	합계
합계(대)	30	2,115	2,975	176	5,296



〈그림 2〉 비상용 예비발전기 경과연수(제작년도)



〈그림 3〉 비상용 예비발전기 과전압 보호장치(OVR)

##### 2.2 발전기 사고사례 분석

2000년 이후 2008년 1월까지 비상용 예비발전설비에서 발생한 사고 현황을 나타낸 표 2를 보면, 발전설비의 사고 유형 중에 과전압 발생으로 인한 사고가 가장 많이 발생하였으며, 과전압 사고원인을 분석해 보면 역률보상용 콘덴서가 ATS(Automatic Transfer Switch) 발전측에 접속 등 발전기 가동시 과전압 사고가 발생하였고, 고조파의 전압파형왜곡 및 결상으로 인하여 AVR로 전압을 제어되지 않아 발전기의 출력이 550[V]까지 상승한 하였고, 또한 한전 상용전원에서 ATS 절체 순간 이

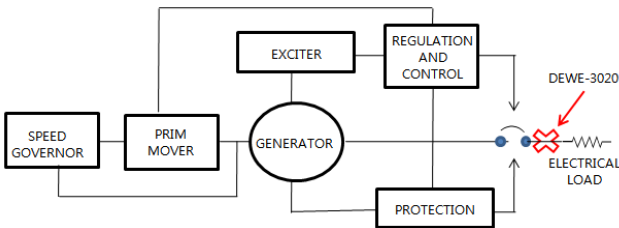
상전압 발생 또는 투입 위상 불일치로 AVR이 소손되어 과전압 사고가 발생되었다. 이와 같이 동기발전기에 정전용량 부하를 접속하면 전기자에 단자전압보다 90°앞선 진상전류가 흐르며 무부하 전압보다 단자전압이 높게된다. 즉, 발전기 자기회로의 잔류자속에 의하여 근소한 전압이 유도되어 진상전류가 흐르고, 이것이 자화작용에 의하여 점차 유도 전압이 증가하고 따라서 단자전압을 상승시켜서 이상전압을 발생하는 자기여자현상이 발생한다. 이와 같이 자기여자현상이 발생하면 직류 여자전류의 조정에 따라서 발전기 전압을 정격전압으로 유지할 수 없게 된다.[3] 이러한 과전압 발생으로 인한 사고는 과전압보호계전기(OVR)가 설치되어 있어도 계전기 동작특성곡선이 반한시인 경우 계전기는 최소 탭, 최소레바로 설정하더라도 차단기 동작시간이 0.05~0.08초 (3~5 Cycle)동안 과전압이 공급되면 부하설비의 전기기계기구는 보호가능하나, 전자부품의 경우 완전한 보호는 불가능하다. 그 밖의 사고 유형들은 예비발전설비가 노후되고 발전기실이 대부분 지하에 시설되어 습한 환경 속에서 안전관리 부실과 함께 발생하게 된다.

〈표 2〉 예비발전설비의 사고 유형

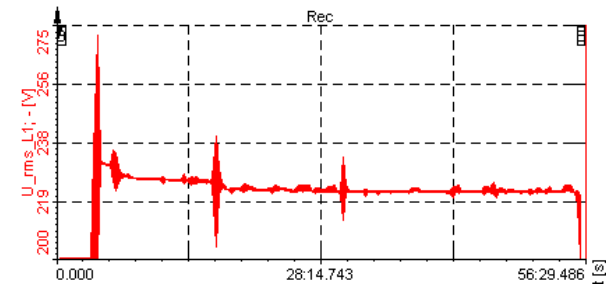
구분	원인	
발전설비 사고 유형	과전압 소손	AVR 소손 및 결상, 콘덴서의 진상전류, ATS절환시 이상전압, 고조파의 전압왜곡
	배터리 소손	축전지 과충전, 배터리 불량
	엔진 소손	냉각수 검출장치 고장, 헤드가스켓 파손
	MG 소손	Mg S/W 접촉 불량
	씨지 소손	차단기 개폐 서지 투입
	오동작	상용전원시 발전기 가동
	저주파	주파수 조정 불가로 원인추정

### 2.3 발전기 부하운전시 전력품질 분석

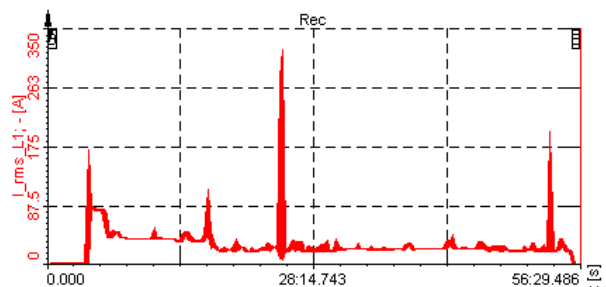
정기검사시 발전기에 부하를 투입하여 운전시 발전기 전원에서 나타나는 현상을 정밀하게 측정하였다. 측정은 그림 4와 같이 DEWE-3020을 사용하여 발전기 제어반내 차단기 2차측에서 측정하고 발전기 전원설비에서 나타나는 전압, 전류, 고조파 등의 발생 패턴을 분석하였다.



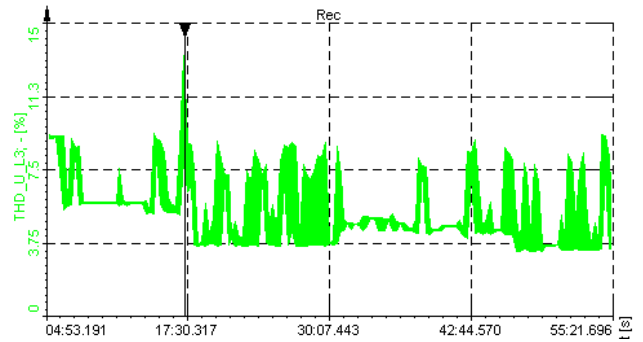
〈그림 4〉 발전설비의 전원품질 측정 위치



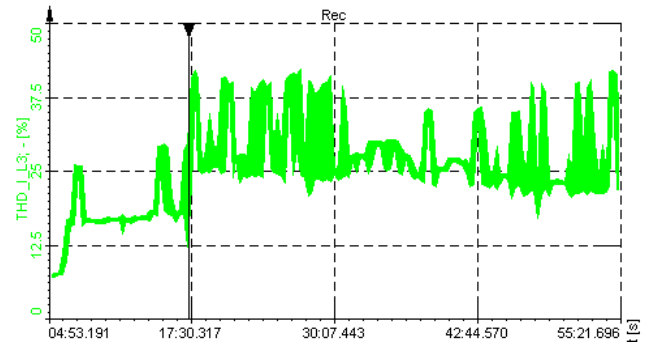
〈그림 5〉 R상 전압 RMS 변화



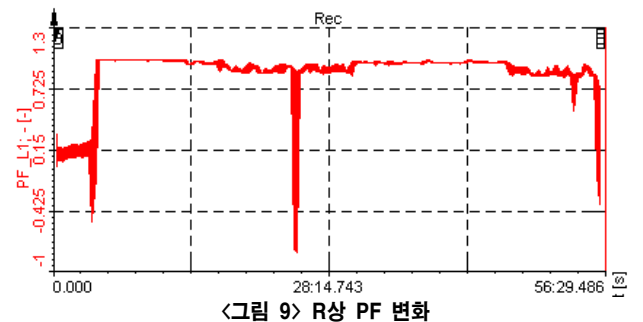
〈그림 6〉 R상 전류 RMS 변화



〈그림 7〉 T상 전압 THD 변화



〈그림 8〉 T상 전류 THD 변화



〈그림 9〉 R상 PF 변화

그림 5와 6은 발전기 부하운전시 R상의 전압 및 전류 RMS 값의 변화 양이고 그림 7과 8은 전압 및 전류의 고조파 외형률(THD)의 변화를 측정하였다. 이는 발전기의 AVR이 단자전압을 검출하여 전압의 제어를 함으로써 고조파의 파형왜곡은 파형의 평균값과 실효값이 달라져 AVR의 오차가 커질 수 있다. 그림 9는 R상의 역률 변화를 나타내고 있다.

### 3. 결 론

한전의 정전 등에 대비하여 신뢰성 높은 전원설비의 요구로 건물 내 예비발전설비가 증가하고 있지만, 안전관리의 부실과 콘덴서 및 SCR, 고조파 부하의 영향으로 발전기의 부하운전시 이상전압이 발생하는 사고가 최근 발생하였다. 본 논문에서는 국내 예비발전설비의 운용 현황과 발전기 보호시설 유무에 대한 실태조사를 하였고, 최근 10년간 발전기 관련사고 사례를 조사하여 사고의 원인을 분석하려고 하였다. 향후 사고 사례 및 부하운전시 발전전원의 전력품질을 활용하여 사고해석 SW를 이용하여 시뮬레이션 및 사고재연 실증시험을 실시하여 사고발생에 대한 메커니즘을 규명할 예정이다. 또한 발전기 사고방지를 위한 표준화된 안전관리 매뉴얼 개발과 발전기 보호시설에 대한 규정을 제시하여 사고 대책을 제시 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 조성훈, "자가발전설비의 설계 및 시공 핸드북", 신기술, 2003.
- [2] 최홍규 외, "전원설비 및 설계", 성안당, 2007.
- [3] 고태곤 외, "전기기기", 북스힐, 2005.