

**실무 및 위기대응훈련 강화를 위한 변전종합실습장 구축**

**정규원, 김도원, 이은혜, 김재곤, 여근택, 이봉희, 박순규**  
한국전력공사

**Establishment of the power substation training center for intensifying executive ability**

Kyuwon Jeong, Dowon Kim, Eunhye Lee, Jaekoon Kim, Geuntaek Yeo, Bonghee Lee, Soonkyu Park  
KEPCO

**Abstract** - 본 논문에서는 지속적으로 발생하는 송변전고장을 효과적으로 대처하기 위한 근원적 고장에방대책으로 실질적인 위기대응훈련과 변전설비운영분야 근무 직원의 역량강화를 위한 실설비와 연계된 옥내·외 변전소 형태의 변전종합실습장을 구축하는 방안을 제시하였다. 이를 토대로 중앙교육원내 정진관을 개보수하여 실변전설비를 활용한 설비점검, 모의고장훈련, 계통시뮬레이터 실습 및 주요 변전설비 전사가 동시에 이루어지도록 변전종합실습장을 구축하였다. 이를 통하여 변전분야 전 교육과정에 실습장을 활용한 실습교육을 도입하여 변전설비운영분야 근무자의 실무능력배양을 위한 변전분야 종합 교육센터로 전환 할 수 있는 계기를 마련하였다.

**1. 서 론**

급격하게 증가하는 전력수요에 맞추어 전력설비는 대용량화, 복잡화되고 있다. 최근의 전력산업환경은 고품질 및 고신뢰도의 전기공급을 요구하고 있는 추세이다. 이러한 전력계통에 사고가 발생하면 그 파급효과는 국가 전산업에 걸쳐 막대한 영향을 미치므로 이를 미연에 방지하기 위한 전문인력 교육, 고장복구훈련 및 처벌 강화, 무결점 설비 구축, 선진 예방기술 도입, 설계운전설비 교체, 설비 제작 및 시공품질 강화, 설비점검기준 개선, 설비기준 강화, 대외협력 강화등과 같은 많은 노력들이 시도되고 있다.

하지만 제주 HVDC 송전선로고장에 의한 제주지역 정전사고, 과전송전선로 고장에 의한 과급고장등과 같은 대형복합고장 재발에 따른 근원적 고장에방대책으로 실질적인 위기대응훈련과 변전분야 근무 직원의 역량강화 필요성이 대두되어 송변전분야 실무교육에 대한 중요성은 날로 확대되고 있다.[1]

그리고 대부분의 변전분야 신입사원의 경우 대학에서 전력분야를 전공하지 않은 경우가 많아 전력설비에 대한 이해도가 낮으며, 급전 및 전력설비운영분야 근무 직원들의 경우 현장배치 후 설비 조작기회가 적어 고장발생시 응급대처능력이 부족한 실정이다.

현재 송변전분야 실무교육의 문제점은 현실적 교육설비 미비로 일회성 실적위주의 모의고장훈련 우려되고, 변전설비가 제작사별로 다양하여 종합적인 실무교육이 곤란한 현실이며, 기존 실습장 설비가 단순 조작시범만 가능할 뿐 설비점검 실습이 불가능하다. 또한, 변전자동화설비와 실설비가 연계된 모의고장 시스템 부재하여 이를 개선하기 위한 노력이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 변전분야 근무자의 위기대처능력과 실무능력 향상을 도모하고자 실설비와 연계된 변전종합실습장을 효과적으로 구축하기 위한 방안과 활용계획을 제시하고자 한다.

**2. 본 론**

**2.1 변전종합실습장 구축 필요성 분석**

송변전 설비고장으로 인한 광역정전이 부산 서면변전소 GIS 고장, 제주연계선 해저케이블 손상으로 제주도 전면정전, 과전, 의왕지역 송전선 단선고장, 안산 반월변전소 변압기 화재 고장등에서처럼 지속적으로 발생함에 따라 송변전 대형고장을 최소화 할 수 있는 예방 체제 구축이 필요하다.

이를 위해 송변전 고장에방 능력 배양 및 사전 예방체제를 시스템화 하고, 설비운전 요원 교육을 전문화하는 것은 매우 중요하다. 따라서 신입 직원이 송변전분야 실무부서에서 근무하기 위해 필요한 실무교육 체계를 수립하고 교육경력을 시스템적으로 관리하여 기술력을 체계적으로 양성시키는 Career Track 기본방향 수립은 필수적이다.

또한, 단편적으로 진행되어온 집체교육을 임무별 전문교육으로 변화하여야 하며, 특정 시간에 지정된 교육에서 근무 시간 중 상시 훈련 체제로 바뀌어야 하고, 가상적 Cyber 교육에서 운휴(훈련)설비를 이용하는 실 조작 훈련으로 전환하는 것이 요구된다.

현재 교육용 Simulator 설비는 전력관리처별 1개소(제전전력 2개소), 제주지사 1개소, 중앙교육원 1개소 등 총 14개소 설치되어 있다. 운휴설비를 활용한 실 조작훈련장 구축개소는 남서울전력, 광주전력, 대구전력, 창원전력 등 4개소가 운영중이며, '07년에 서울전력, 인천전력, 수원전력, 제천전력 훈련장을 구축하였다.

모의고장 교육훈련은 시뮬레이터 교육 1회/반기, 개인별모의훈련 1회/

주 실시되고 있으며, 신설변전소를 활용한 부정기적인 현장설비 교육훈련이 진행되고 있다. 그러나 현실적 교육설비 미비로 일회성 실적위주의 모의고장훈련 우려되고 있으며, 종합적인 실무교육에 한계가 있다. 또한, 현재 운영중인 조작훈련장은 설비가 단순 조작시범만 가능하며, 설비점검 실습은 불가능하다. 그리고 변전자동화설비와 연계되지 않아 실제적인 실습에는 한계가 있다.

따라서 옥내·외 변전소 형태의 변전종합실습장을 구축하고, 실습설비가 변전자동화 설비와 연계되어 실제와 같은 고장상태를 재현하는 모의고장 실습실과 변전기기 정비가 동시에 이루어지는 변전종합실습장 구축은 절실하다.

중앙교육원은 접근성이 우수하고 숙식시설 및 교육설비가 골고루 갖추어져 있다. 그러므로 기존에 사용되고 있는 정진관(송변전실습 및 전시공간)을 개보수하여 구축하면, 이를 통해 예산절감을 실현할 수 있고 변전종합실습장 구축 후, 변전분야 전 교육과정에 실습장을 활용한 실습교육을 도입하여 체계적인 변전실무교육과 교육의 효율성을 도모할 수 있다. 따라서 종합적인 변전실무교육을 위해 중앙교육원내에 실습장으로 사용되고 있는 정진관에 실설비와 연계된 변전종합실습장을 구축하는 것이 타당하리라고 생각한다.

**2.2 변전종합실습장 설비 구축 방안**

실설비와 연계된 변전종합실습장을 구축하기 위해서는 변압기, 차단기, 보호계전기 등의 실설비와 다양한 실습을 위해 필요한 교육용 부대설비가 필요하다. 효과적으로 실습환경을 구축하기 위해 옥외변전실습장과 옥내실습장을 인근에 별도로 구축하였다. 옥내실습장에는 그림 1, 그림2와 같이 모의고장 실습실, 강의실, 변전설비실, 소방방재실습실, 보호계전실습설비, 전력계통시뮬레이터, 전원공급설비, 변전자동화설비 등을 구비하여 변전분야 뿐만 아니라 계통, 소방안전분야의 교육도 동시에 이루어지도록 하였다. 또한, 주요기기 부품을 전시하여 기기에 대한 이해도를 높이고자 하였다. 구축



〈그림 1〉 옥내변전실습장 평면도



〈그림 2〉 옥내변전실습장 주요 실습설비 현황

154kV 변압기는 3상 일괄형 철거품을 활용하였으며, 크기가 커서 교육장내에 설치가 곤란하여 옥내실습장 주변에 설치하였다. 교육에 적합하도록 사다리차와 같은 승하설비를 구비하도록 하였다. 변압기의 주요 부속인 OLTC(On Load Tap Changer)를 전문적으로 정비하고, 구동원리를 이해할 수 있도록 하는 실습시스템을 구축하였다.

170kV차단기는 송전선로용, 주변압기용, 모선연결용, 모선(모선PT, ES 포함)이 각각 필요하다. 제작사별로 차단기를 설치하여 각 기기별로 연결되도록 하는 것이 교육효과상 좋지만, 많은 추가 비용이 예상되어 철거품을 확보할 수 있는 효성중공업 제품으로 설치하였다. 170kV차단기 동작시 발생하는 소음과 진동을 대비하여 각 기기에 대하여 별도로 기초 보강공사를 수행하였다.

25.8kV차단기는 모선연결용 1대, 모선구분개폐기 2set, 주변압기용 1대, 배전선로용 1대를 각각 설치하였다. 25.8kV차단기는 현재 10여개 이상의 제작사 제품이 설치되어 운영중이며, 각 제작사별 기계적특성과 설비운전조건이 상이하여 설비운전원이 설비운영에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 각 제작사별로 차단기를 설치하여 각 제작사별 특성을 비교하면서 실습하는 것이 효과적이다. 하지만 이들 전체를 다 수용하기에는 비용과 공간의 무리가 있어 광명전기제품을 재활용하였다.

설설비를 이용한 모의고장훈련 시뮬레이터설비는 4Bank기준의 실설비 모의고장훈련이 가능하도록 하였으며, 집감반, RTU, 축소형 모타이크로 구성되고 있다. 서면변전소 고장사례와 같이 다양한 케이스의 고장조건을 개발하여 데이터 베이스화 한 후, 실습교육을 통하여 고장원인과 대처방안을 스스로 생각하고 분석할 수 있도록 교육프로그램을 개발하였다.

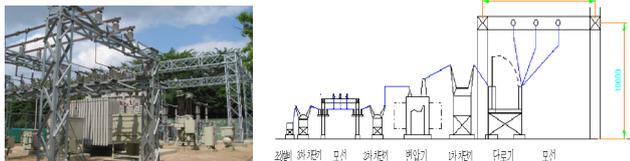
그리고 변전자동화 실무교육이 원활히 추진되도록 각 제작사별 집감반설비를 별도로 구비하여 제작사별로 비교하면서 집감반 데이터 수정, RTU 연결등을 수행하여, 체계적인 변전자동화 교육이 이루어지도록 하였다.

계통시뮬레이터 실습설비는 모의고장실습용 보호계전 PNL과 계통보호실습용 PNL이 서로 연계되도록 하여 시뮬레이터 설비의 효용성을 극대화하도록 하였다.

안정적인 조작전원과 보호계전시스템의 안정성을 도모하고자 IGBT형 충전기를 설치하였으며, 주요 변전기기에 대하여 접지를 수행하였고, 각 기기에 대한 조작전원은 케이블 트레이로 연결하여 결선 및 미관을 고려했다.

소방방재 실습장의 소방교육용 시뮬레이터는 P형 복합화재수신반, R형 복합화재수신반, 가스계 소화설비 작동현황반, 가상 MTR실 소화표시반과 소화가스용 기계기구 장치, 원격수동조작함, 질소시험장치, 전력용 방화문과 같은 부대설비를 구성하였다.

소방교육용 시뮬레이터는 복합화재수신반을 중심으로 가스계 소화설비 작동계통도에 의한 동작상황과 작동원리를 체계적으로 설명하도록 하였으며, 가상 MTR실에 화재발생 조건을 설정하여 실내온도에 따라 화재감지기 A, B, C 중 1개 감지기가 동작시는 경보음을 발생하고 2개 감지기가 동작시는 소화가스가 방출될 수 있도록 비상방송과 함께 타임스위치가 동작하여 가상 MTR실의 화염농도에 의하여 O/H, FAN 등 방재설비를 동작시켜 화재수신반 동작상황과 소화가스 방출계통을 설명하는 등 직접 변전소 화재사항을 구현하고 이에 대한 대처방안을 강구하도록 하였다.



(a) 옥외실습장 전경 (b) 옥외실습장 기기배치

<그림 3> 옥외변전실습장 주요 설비

옥외변전실습장은 그림 3에서와 같이 옥외모선, 단로기, 1차 차단기, 변압기, 2차 차단기, 조상설비등으로 구성되어 있다. 변압기는 내부구조를 볼 수 있게 절개된 형태로 구축하였다. 본 실습설비를 통하여 옥외기기를 직접 조작하고, 진단을 할 수 있도록 구축하였다. 또한, 362kV차단기를 별도로 설치하여 362kV설비의 이해도를 확대하도록 하였다.

## 2.2 변전종합실습장 활용 방안

설설비와 연계된 변전종합실습장을 효과적으로 활용하기 위해서는 실습설비를 상시로 유지 관리할 수 있는 시스템을 구축하고, 실습교육에 적극 활용하는 것이 필요하다. 따라서 변전실습분야에 경험이 많은 강사를 발굴·양성하고, 실습장을 활용하여 실무위주로 교육과정을 개편하는 것이 우선적이다.

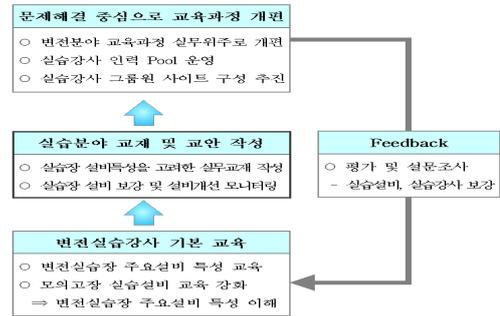
### 2.2.1 변전실습강사 양성

변전종합실습장을 활용한 실습교육이 활성화되기 위해서는 실습설비를 운영하고, 실습교육에 적합한 시스템을 갖추도록 실습강사양성은 절실하다. 실습강사는 실습분야를 세분화하고 그에 따라 별도로 실습강사 풀을 구축하는 것이 실습교육의 효율화를 위해 필요하다.

본 논문에서는 보호계전 및 계통시뮬레이터실습을 담당하는 전력계통분야, 변압기 차단기 등 변전설비의 정비를 담당하는 변전정비분야, 모의고장훈련 및 변전자동화분야를 담당하는 모의고장 시뮬레이터분야, 소방 및 방재설비를 담당하는 방재실습분야, 절연열회 측정 및 진단설비를 담당하는 변전설비진단분야 등 총 5개 분야로 세분화 하였다. 실습강사는 해당분야 근무 3년차 이상을 대상으로 하여, 3배수 이상을

선발하여 인력풀을 구성하였다.

그림 4는 변전실습강사 양성을 위한 다이어그램으로 지속적인 변전실습강사 교육과 실습강사를 해당분야 실습교재 작성, 교육과정 개편, 실습기자재 정비 및 보수, 실습장 설비 개선을 도출하도록 하여 실습운영의 내실화를 도모하는 것이 필요하다.



<그림 4>. 변전실습강사 양성 체계

### 2.2.2 실무위주 교육과정 개편

변전운영분야 교육전반을 실무형 교육과정에 부합하도록 설설비와 연계된 모의고장 시뮬레이터 실습장비를 구축하여 다양한 고장사항을 연출하고, 이에 대한 문제점과 대처 방안을 스스로 찾도록 하는 문제해결형 교육을 시행하여야 한다. 이를 위해 급전운영분야, 변전소 조작분야 근무 직원에 대한 교육시 변전종합실습장을 활용한 모의고장훈련을 8시간 배정하였고, 소방방재 안전실습 교육, 도면작성 실습을 신규로 배정하는 등 실습 및 현장위주의 교육을 전교육시간의 60%이상으로 개편하였다.[2]

또한, 변전정비분야 교육시, 휴전조작기사 작성 및 실습, 변압기 보통점검, 차단기 보통점검, 케이블리스트 작성, 보호계전기 정정, 변전자동화 DB편집등을 신규로 배정하여 실습교육을 80% 이상 되도록 하여 실무 현장기술 습득을 위한 교육으로 재편하였다.

신입직원에 대한 설비이해와 안전의식을 고취하고자 옥내·외 기기접지훈련과 휴전조작훈련을 지속적으로 수행하도록 하여 인적실수를 최소화하도록 할 예정이다.

### 2.2.3 송변전분야 홍보설비구축

한국전력공사 직원은 송변전분야뿐만 아니라 사무, 배전, 통신, 토목 등 다양한 분야를 전공한 직원들로 구성되어 있다. 그러나 자신의 업무의 타 분야에 대한 관심도 부족으로 내부적으로 업무연계가 잘되지 않는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 5와 같이 송변전설비 견학을 위한 전시, 홍보설비를 별도로 구비하여 타 직군교육에 활용하여 송변전설비 이해도를 증진시키고, 해외교육과 연계하여 한전의 선진기술 및 진보된 운영능력을 교육 및 홍보하고자 한다.



<그림 5>. 옥내외 홍보설비

## 3. 결 론

산업구조가 고도화되고 정보화 사회가 급속히 확산됨에 따라 양질의 전기품질에 대한 사회, 경제적 요구는 계속 증가할 전망이다. 이에 따라 전력공급의 신뢰도 향상을 위하여 변전 및 급전분야근무자들의 실무능력과 고장시 대처능력향상은 절실하다.

따라서 본 논문에서는 변전분야 근무자들의 위기대처능력과 현장실무능력을 강화하고자 변전분야 실습교육이 한 장소에서 설설비와 연계되는 변전종합실습장을 구축과 활용방안에 대하여 논하였다. 효과적으로 실습장을 활용하기 위해서는 변전실습강사를 발굴·양성하고, 실습장을 활용한 실무 및 현장위주로 교육과정을 개편하며, 타 직군 직무 교육에도 활용하여야 한다.

앞으로 신이사원 및 변전분야 실무 교육과정에 실습장을 활용한 실습교육을 도입할 예정이다. 이를 토대로 변전설비운영분야 근무자에 대한 체계적 실습교육으로 고장대처능력이 향상되고, 실제적인 모의고장훈련으로 인적실수가 최소화되어 고객신뢰도 향상 및 한전이미지 제고를 이룰 수 있을 것이다.

그리고, 한전의 미래 성장동력을 창출하기 위해 추진하고 있는 해외교육 프로그램(ATT)과 연계하여 한전의 선진기술, 변전설비운영능력, 다양한 실무위주 교육프로그램을 홍보하고 교육하는 변전분야 종합 교육센터로 전환 할 수 있을 것이다. 이를 위해 가장 중요한 것은 실습장 구축을 위한 관심과 지속적인 설비개선을 위한 예산지원 등과 같은 전폭적인 지원이 시급하다.

### [참고 문헌]

- [1] 정규원의 “변전분야 실무능력 제고를 위한 교육과정 개편 방안” 전기학회 2007년 하계학술대회 논문지, 2007.7
- [2] “2008년도 교육훈련시행계획”, 한국전력공사 중앙교육원, 2008. 3