

문서번호	전기처-5846
등록일자	2020.10.07.
결재일자	2020.10.07.
공개여부	대시민공개
방침번호	본부장-212

과장	팀장	처장	본부장
박동선	송한규	윤재국	10/07 김석태
협조	전기1사업소 소장	정홍영	
	전기2사업소 소장	이태형	
일상감사 NO 1342 / 2020.10.07. / 감사실 / 김영길 /			

## 에너지저장장치(ESS) 재가동 계획(안)

2020.10

전기처

### <사전검토 항목>

<해당 사항에 체크 '■', 비고 : 필요시 검토내용 기재>

구분	사전 검토항목	검토 완료	해당 없음	비고
대내외 관계	■ 대외기관(정부기관, 서울시, 시의회)과 충분한 협의를 거쳤습니까?	■	<input type="checkbox"/>	
	■ 기타 이해당사자 간 갈등발생 가능성을 검토하였습니까?	<input type="checkbox"/>	■	
	■ 직·간접적으로 관련 있는 부서와 충분한 협의를 거쳤습니까?	■	<input type="checkbox"/>	
타당성 검토	■ 추진 상 법령, 조례 등 법적 검토를 하였습니까?(사규 등 내부검토 항목)	■	<input type="checkbox"/>	
	■ 계약관계에서 '갑질' 조항은 없습니까?	<input type="checkbox"/>	■	
	■ 투자심사 등 예산운영의 적정성을 검증하였습니까?	<input type="checkbox"/>	■	
	■ 시민 안전 위험요인과 안전대책을 검토하였습니까?	■	<input type="checkbox"/>	
	■ 일상감사의 범위를 확인하였습니까?	■	<input type="checkbox"/>	
	■ 사업조정(실무)위원회의 검토 사항입니까?	<input type="checkbox"/>	■	
대시민 홍보 및 정보 공개	■ 사업 홍보방안을 검토하였습니까? (보도자료, 설명회, 공청회 등)	<input type="checkbox"/>	■	
	■ 공개여부를 "비공개"로 설정시 법적근거는 명확합니까?	<input type="checkbox"/>	■	

# 에너지저장장치(ESS) 재가동 계획(안)

2017년부터 전국적으로 리튬이온 배터리 Type ESS에서 빈번한 화재가 발생하여 안전을 위해 가동을 잠정 중지했던 우리공사 ESS에 대해 법적 의무사항 및 안전을 고려한 재가동 계획 검토.

## 1 관련근거

- 전기차-24430호(2018.12.24.) 『에너지 저장장치 화재사고 관련 잠정 운영 정지 요청』
- 산업통상자원부 ESS 사고원인 조사결과 및 안전강화 대책 발표(2019.06.11.)
- 산업통상자원부 ESS 추가 안전대책 발표(2020.02.06.)

## 2 현 황

### 가. 설치현황

위 치	을지로3가변전소	서초변전소	쌍문변전소	7호선 상동변전소
타 입	리튬-이온 배터리 (BESS)	슈퍼캐패시터 (CESS)	슈퍼캐패시터 (CESS)	슈퍼캐패시터 (CESS)
용 도	회생에너지를 일차 피크전력으로 사용	회생에너지를 일차 전력으로 사용	회생에너지를 일차 전력으로 사용	회생에너지를 일차 전력으로 사용
설치년월	2013. 12월	2012. 12월	2013. 12월	2012. 10월
용 량	1,000kW(740kWh)	1,390kW(35MJ)	1,390kW(35MJ)	1,350kW(32MJ)
설치수량	528모듈 (22모듈×2팩×12랙)	240모듈 (24모듈×2병렬×5군)	240모듈 (24모듈×2병렬×5군)	192모듈 (24모듈×2병렬×4군)
설치금액	14억 원	13.6억원	12.2억 원	10억원
제 작 사	☞우진산전			

## 나. ESS 가동현황

- 2012~2013년부터 국가 주요정책 동참 및 에너지 절감을 위해 ESS 설치·운영
- 2017.8.~2019.1월 까지 전국적으로 ESS 배터리 화재사고 발생 (21건)
  - ▶ BESS Type(리튬이온 배터리 저장방식)에서 화재발생
- 2018.12.24. ESS 화재사고 관련 우리공사 ESS 4개소 잠정 운영 중지 『에너지저장장치 화재사고 관련 잠정 운영정지 요청』 [전기차-24430(2018.12.24.)]
  - ▶ 전국적으로 발생한 ESS 화재사고는 BESS Type으로 을지로3가만 해당 되나, 지하변전소의 안전 확보를 위해 CESS Type(서초, 쌍문, 상동) ESS도 같이 잠정 가동 중단 시킴.

### ◎ ESS 운영 에너지 절감실적

장 소	전력 절감량(kWh)		절감요금(백만 원)	비 고
	월 평균	년 평균	년 평균	
서 초	78,000	936,000	125	13년~18년 가동 (72개월 가동)
쌍 문	38,000	456,000	61	14년~18년 가동 (60개월 가동)
상 동	44,400	532,800	71	12.10월~18년 가동 (74개월 가동)
을지로3가	530(kW)	530(kW)	60	14년~18년 가동 (60개월 가동)

※ 을지로3가 ESS는 매년 여름철 7~9월에 피크전력을 낮추는 용도로 사용  
→ 연간 평균 530(kW) 절감 (기본요금 단가 8,320원, 1년간 기본요금)

## 다. ESS(BESS Type 한정) 사고원인 조사 결과 및 안전대책 (민관합동조사단)

### ○ 사고원인

- ① 1차 조사 ('19.6.11)
  - 화재발생 원인은 배터리 단독 원인이 아닌 복합적인 원인으로 판단 (보호시스템 미흡, 운영환경 미흡, 설치부주의, 통합보호·관리체계 미흡)
- ② 2차 조사 ('20.2.6)
  - 화재발생 주된 원인은 “배터리 이상” 추정 → 해당 업체 반발 심함 (“배터리 단락”으로 추정되는 저전압 및 이상고온 신호 발생)

○ **안전대책** (산업통상자원부 ESS 안전관리 강화 대책 시행)

① **공통조치사항** ('19.6.11)

- 전기적 이상 보호장치(과전류, 과전압, 지락) 설치
- 비상정지장치 설치 및 관리자 경보 시스템 구축
- 온도, 습도, 수분(결로, 누수), 분진 등 운영환경의 철저한 관리 조치
- 배터리 과충전 방지 : 배터리 만(滿) 충전 이후 추가 충전 금지

② **추가 안전조치 사항** (1차 '19.6.11 / 2차 '20.2.6)

• ESS실 외부를 방화구획에 준하는 내화구조물(방화벽)로 변경 (이격거리 확보(벽에서 1m, 타 설비와 1.5m, 대피시설과 3m))

- 감종 방화문 설치
- 자동 소화장치 보강(고체 에어로졸, 분말소화장치)

- 충전을 제한조치 시행(옥내 80%, 옥외 90%) → 신규 : 의무, 기존 : 권고
- 옥내설비의 재사용을 통한 옥외 이전 추진
- 사고원인 규명을 위한 운영데이터 보관(블랙박스) → 신규 : 의무, 기존 : 권고
- 인명피해 예방을 위한 철거·이전 등 긴급명령제도 신설

**3 재 가동 방안 검토**

**가. 추진사항**

○ 제작사 합동 현장점검

- ▶ 일시 및 장소 : 2020. 7. 3. 을지로3가 변전소
- ▶ 참가업체 : 제작사(우진산전) 및 배터리업체(피엠그로우)
- ▶ 내용 : 정부 안전조치 이행 가능여부, 철거·이전 등 대안 논의

○ 자산운영(철거 및 이설 등)에 대한 질의·회신 ('20.7.13.스마트그리드사업단)

- ▶ 질의 : 스마트그리드사업단에 을지로3가S/S BESS를 공사에서 이전 및 철거 가능여부 문의
- ▶ 답변 : 을지로3가 BESS설치는 “스마트그리드 보급지원 사업”으로 정부 75% (10.5억원), 공사 25% (3.5억원)으로 진행된 사업으로 의무 운영기간(협약종료일로부터 5년) 종료되었음. 공사가 이전 및 철거 등 후속조치를 하여도 협약에 위배되지 않음

○ CESS에 대한 안전진단(점검) 가능여부 질의·회신 ('20.7.14. 전기안전공사)

- ▶ 질의 : 우리공사에 설치된 CESS에 대한 안전진단(점검) 가능여부
- ▶ 회신 : 한국전기안전공사는 CESS에 대한 전문 검사장비 및 인력의 부재로 안전진단 시행이 어렵다는 답변 받음(붙임#2참조)

**나. BESS Type ESS (을지로3가) 재사용 검토 ⇒ 이설 또는 철거**

변환장치 등 예비자재로 활용, 지상부 변전소 노후 개량 시 이설·철거 여부 재검토

구 분	계속 사용	슈퍼캐패시터 방식으로 변경	이설 또는 철거
		[리튬배터리 → 캐패시터]	[이설·철거 전까지 예비자재 활용]
장 소	을지로3가S/S	을지로3가 S/S	개량 예정인 차량기지변전소 (지상변전소)
방 법	정부 안전조치 요구사항 이행 후 재가동	▶ 리튬이온배터리 철거 후 캐패시터 설치 ▶ 기존 PCS 등 제어, 변환장치 재사용	▶ 이설 전까지 BESS의 PCS 등 제어, 변환장치 등을 CESS 용 예비자재로 활용 ▶ 개량 예정인 차량기지변전소 실시설계시 이설계획 종합재검토
비 용 (경제성)	-	약 5억	약 6.6억원(이설 시)
법 적 사 항	<b>법적 요구사항 이행 불가</b> (이격 거리 등)	법적사항 없음	실시설계 시 ESS 설치공간이 확보될 경우 법적요건 충족가능
기 타 고 려 사 항	-	채투자금 회수기간 약 10년 소요예상	배터리 재사용 시 안전성의 보장 및 잔존수명 (가치) 평가 어려움
적 용	-	-	◎

○ 계속사용: 법적사항을 충족할 수 없음 (붙임#1참조)

- ▶ 현재 을지로3가 변전소 내에 법적기준을 충족시키는 이격거리 확보 및 내화구조물·감종방화문·자동소화장치 설치 불가

○ 캐패시터(CESS)방식으로 변경 사용

- ▶ 재 투자비용 5억(회수기간 10년) 및 안전성 고려 ⇨ 적용 어려움

○ 이설 · 철거

- ▶ 이설 · 철거 전까지 PCS(변환장치), 제어장치를 CESS용 예비자재 활용
- ▶ 기지(지상)변전소 노후 개량을 위한 실시설계 시 종합적 재 검토
  - 수서기지변전소 노후개량공사 2021년 실시설계, 2022년 공사 예정
- ※ 을지로3가 BESS 현 잔존가치 9.5[억원]
  - 총 설치비 14억원 중 우리공사 자체예산 3.5억원(정부지원 10.5억원)
- ※ BESS의 PCS · 제어반은 CESS 시스템과 동일 ⇒ 예비자재 사용가능
  - 배터리 재사용 시 성능 및 안전성 보장이 관건(붙임#3참조)

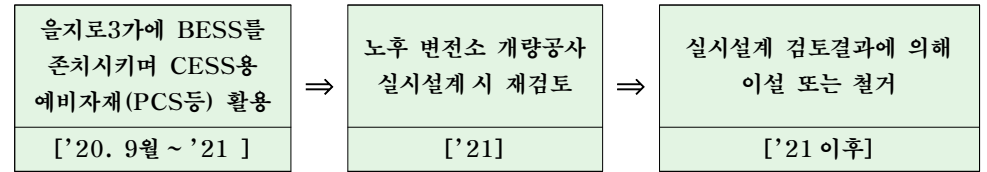
**다. CESS Type ESS (서초, 쌍문, 상동 S/S) 검토 ⇒ 안전조치 후 재가동**

- 슈퍼캐패시터 공인기관 성능인증 시험 및 정밀점검(오버홀)
- 판넬 소화설비 부착 필요한 안전조치 시행
- 정기적인 정밀진단 및 오버홀 시행(제작사 의뢰)

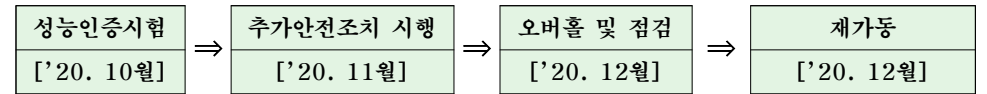
- 운휴 중인 슈퍼캐패시터 성능 인증시험
  - ▶ 캐패시터 샘플 → 내부임피던스 및 용량, 잔존수명 진단
- 추가 안전조치 시행
  - ▶ 판넬 소화설비 보강 필요시 시행
- 재가동을 위한 사전 제작사 의뢰 점검 및 오버홀 시행
  - ▶ 제작사에 시스템 전반에 대한 점검 및 오버홀 의뢰(수의계약)
    - ※ 오버홀 비용 : 1,500만 원(개소 당 500만원)
- 정기적인 정밀점검 시행(제작사 년 1회)
  - ▶ 직원 점검의 한계 (CESS는 신기술로 일반적인 전기기술로 점검 어려움)
  - ▶ CESS에 대한 실질적인 안전점검을 위해 전문 인력과 장비를 갖춘 제작사에 의뢰하여 년 1회 정밀점검 및 오버홀 시행(수의계약)
- ※ 한국전기안전공사 점검의뢰 문의결과 점검이 어렵다는 회신 받음
  - 현실적으로 슈퍼캐패시터[SC]에 대한 전문 점검업체 부재

**4 추진계획**

**가. BESS Type ESS(을지로3가)**



**나. CESS Type ESS(서초, 쌍문, 상동)**



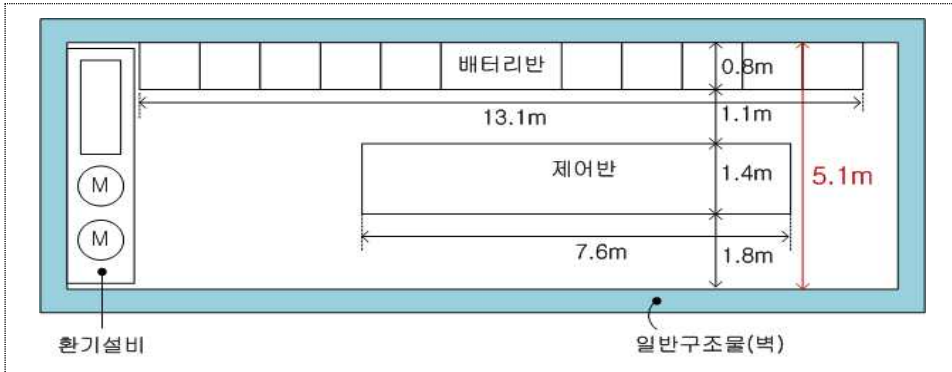
**5 결론**

- 을지로3가에 설치된 BESS는 노후 차량기지(지상)변전소 개량공사 전까지는 CESS용 예비자재로 활용하고, 실시설계 시 ESS 이설 공간 확보여부, 법적 사항 준수 및 안정성, 경제성 등을 종합적으로 재 검토하여 그 결과에 따라 이설 또는 철거하고,
- 서초, 쌍문, 상동 변전소에 설치된 CESS는 성능 인증시험 등 안전성 강화 조치를 시행 후 재가동하며, 연 1회 정밀점검 및 오버홀을 제작사에 의뢰하여 ESS를 안전하게 운영하고자 함.

- 붙임 : 1. 을지로3가 변전소 법적기준(안전사항 이행) 검토 1부.  
 2. 에너지 저장장치 검사여부 질의 회신(한국전기안전공사) 1부.  
 3. 배터리 운영방안에 대한 제작사 질의 · 회신 1부.  
 4. 철도운영기관 ESS 운영현황 1부.  
 5. 에너지 저장장치 검사 항목 및 주기 1부. 끝.

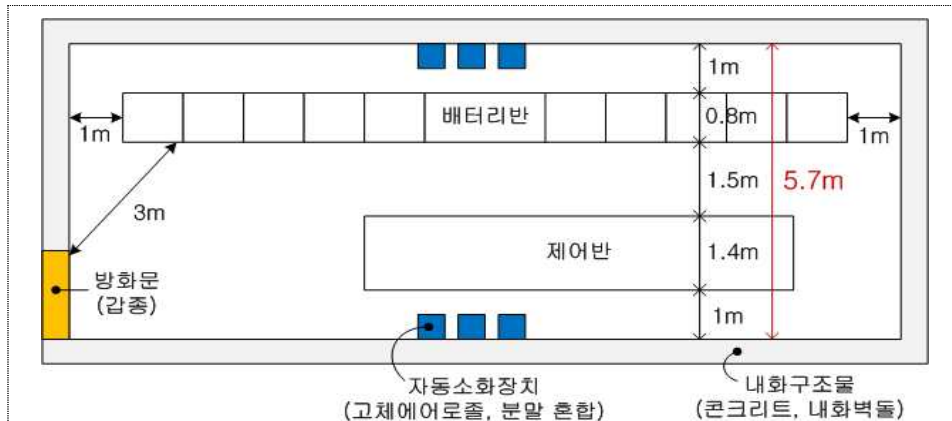
## 붙임 #1) 을지로3가 변전소 법적기준(안전사항 이행) 검토

### ○ (현재) 기기 배치상태



- ① ESS실 상·하 일반 구조물(벽) 설치  
(배터리반은 벽과 붙어 있어 이격 거리 없으며 제어반과는 1M 이격)
- ② 갑종 방화문 미설치
- ③ 자동 소화장치 미설치

### ○ 법적기준 준수 시 기기 배치상태 ⇒ “설치 불가”



- ① ESS실 외부를 방화구획에 준하는 내화구조물(방화벽)로 변경  
(이격거리 확보[대피시설과 3m, 타 설비와 1.5m])
- ② 갑종 방화문 설치
- ③ 자동 소화장치 보강(고체 에어로졸, 분말소화장치)

## 붙임 #2)

### 에너지 저장장치 검사여부 질의 회신 (한국전기안전공사)

에너지저장장치 안전진단(점검) 가능 여부

이름   박동선	작성일   2020.07.10	조회수   10
사업소   서울남부지사	담당부서   검사부 이영우 부장	진행사항   답변 완료

안녕하세요.  
저는 서울교통공사 전기처에 근무하는 박동선입니다.  
다름이 아니라 저희가 에너지 저장장치 4개소를 운영하는데(배터리 타입 1곳, 슈퍼캐패시터 타입3곳) 18년도 화재 사고로 모두 중지 상태입니다.  
그 중 슈퍼캐패시터 타입은 정부의 안전조치사항이 아니어서 재가동을 준비중인데 재가동전에 전문점검기관에 점검을 받아볼 계획에 있습니다.  
궁금한 사항은 KESCO에서 슈퍼캐패시터 타입의 에너지 저장장치에 대한 안전진단(점검)이 가능한지 여부입니다.  
저희가 운영하고 있는 에너지저장장치는 열차 회생전력을 이용한 DC-DC 컨버터 방식입니다.  
개요도를 첨부하겠습니다.

첨부파일 | 에너지저장장치(CESS)주회로도.pdf (85,648KB)

> 처리사항

담당부서   검사부	담당자   부장 (02-6488-6620)
접수번호   2020AB1259179	접수일   2020.07.10
답변작성일   2020.07.14	처리결과   답변 완료

우리 공사 홈페이지를 방문하여 주셔서 감사드립니다.  
질의 하신 내용은 우선으로 설명 드립니다.  
기타 궁금하신 사항은 02)6488-6620 으로 문의 하시면 답변하여 드리겠습니다.

■ 전기안전공사와 유선통화 결과 CESS 점검(진단)에 대한 검사장비 및 전문 인력 부재로 정밀안전진단 어렵다는 답변 받음  
[한국전기안전공사 남부지사 검사부 이영우 부장]

### 붙임 #3)

#### 배터리 운영에 대한 제작사 질의 · 회신

##### 1) (현시점에서)중고배터리의 매각 가능 여부 및 매각시 예상금액

- ▶ 잔존가치 평가결과에 따라 매각 가능여부 및 금액 등을 산정할 수 있으나 오래된 배터리의 특성상 아래의 사유로 매각 가능성은 떨어질 것으로 예상됩니다.
  - 오래된 배터리 일수록 셀간의 성능편차가 더욱 많아지게 되어, 셀간 전압편차 및 과전압 등의 오류가 자주 발생되어 정상적인 운영이 어려운 경우가 많음
  - 사용 가치가 떨어진 리튬이온배터리는 폐기시에 특수 화학물질로 분류되어 폐기비용이 발생하므로(Kg당 1,600~2,000원 비용형성) 오래된 배터리를 구매하려는 구매자를 찾기는 어려울 것으로 판단됨

##### 2) 배터리 SOH 평가를 위한 기간 및 (추정)금액

- ▶ 배터리의 정확한 SOH의 평가는 어려운 실정이나 전압/절연 체크 및 로그 분석 등의 절차를 통해 어느 정도의 잔존가치를 판단할 수 있으며, 자세한 방법/절차 및 비용(약 1천만원)은 별도 첨부하였으니 참고해 보시기 바랍니다.
  - 현재, 을지로3가 ESS의 SOH정보는 BMS화면에서 실시간 확인 가능하나 배터리셀 제조업체에서 참고용 제공되는 자료로써 신뢰성이 떨어짐

##### 3) 배터리 보관 방법 및 2년 후 재사용 시 사용가능 여부

- ▶ 일정수준 이상의 SOC를 유지하도록 지속적인 충전 관리를 한다면 2년 후에도 사용 가능하나 오래된 배터리의 특성상 운영중 단발적인 문제 발생가능
  - SOC 수준이 최소 20%~30%이상 유지되도록 지속적인 충전관리 필요
  - 배터리 셀의 수명 그래프 특성상 시간이 오래될수록 성능 저하가 급격히 떨어지는 구간이 존재하며 오래된 배터리 일수록 일부 셀의 급격한 성능 저하로 인한, 셀 전압 언발란싱 등 기술적 문제 발생 가능성이 높음 (불량셀이 발생한 모듈 교체 또는 제거 등의 꾸준한 관리 필요)

### 붙임 #4)

#### 철도운영기관 ESS 운영 현황

항목	노선	설치변전소	저장매체 타입	용량	설치년도	운영여부
1	대전1호선	시청	Super Capacitor	21.0 [MJ]	2010년	운영
2	대전1호선	갑천	Super Capacitor	21.0 [MJ]	2010년	운영
3	서울7호선	상동	Super Capacitor	28.0 [MJ]	2011년	정지
4	서울2호선	서초	Super Capacitor	35.0 [MJ]	2012년	정지
5	인천1호선	테크노파크	Super Capacitor	35.0 [MJ]	2012년	운영
6	대구2호선	죽전	Super Capacitor	21.0 [MJ]	2013년	운영
7	서울4호선	쌍문	Super Capacitor	35.0 [MJ]	2013년	정지
8	서울9호선	봉은사	Super Capacitor	28.0 [MJ]	2015년	운영
9	인천2호선	남동구청	Super Capacitor	10.5 [MJ]	2014년	운영
10	인천2호선	석천사거리	Super Capacitor	10.5 [MJ]	2014년	운영
11	인천2호선	완정	Super Capacitor	10.5 [MJ]	2014년	운영
12	인천2호선	왕길	Super Capacitor	10.5 [MJ]	2014년	운영
13	인천2호선	운연	Super Capacitor	10.5 [MJ]	2014년	운영
14	인천2호선	검단오류	Super Capacitor	10.5 [MJ]	2014년	운영
15	인천IAT	T2	Super Capacitor	7.0 [MJ]	2017년	운영
16	서울9호선	한성백제	Super Capacitor	28.0 [MJ]	2018년	운영
17	서울9호선	보훈병원	Super Capacitor	28.0 [MJ]	2018년	운영
18	서울3호선	원당	Battery	520 [kWh]	2013년	정지 (이설예정)
19	서울3호선	백석	Battery	520 [kWh]	2013년	정지
20	서울2호선	을지로3가	Battery	740 [kWh]	2013년	정지

**붙임 #5)**

**에너지 저장장치 검사항목 및 검사 주기**

(\*출처: 서울교통공사 전기설비 관리예규. 2020.4.29.)

설비명	검 사 항 목	검 사 주 기				비 고	열화상
		1일	6월	1년	3년		
18. 에너지 저장장치	1) 외부 일반						
	가) 계기의 동작상태 이상 유무	○				서식 6-1	
	나) 표시등 및 표시기 이상유무	○				서식 6-1	
	다) 이상음 발생유무	○				서식 6-1	
	라) FAN 동작상태	○				서식 6-1	
	2) 조작장치						
	가) 차단기 동작상태		○			서식7-7	
	나) 차단기 주접점 및 아크슈트 손상여부		○			서식7-7	
	다) 충방전장치 손상여부 (SC,FL,FC,BL)		○			서식7-7	
	라) 점검용 방전장치 정상동작여부		○			서식7-7	
	마) 수냉각장치 누수 및 액위적정여부		○			서식7-7	
	3) 기타사항						
	가) 절연저항 측정			○		서식8-5	
	나) 저항기 저항치 측정				○	서식9-11	
다) 보호계전기 연동시험				○	서식9-11		