1MVA급 LiB-UPS 안전성 평가시스템
구매 설치 기술규격서

2026. 04.

한국전기안전공사
전기안전연구원

목 차

제 1장 . 일 반 사 항

1. 일 반 사 항

제 2장 . 기 자 재 기 술 규 격 서

1. 설 계 일 반
2. 기 자 재 주 요 기 술 규 격 및 성 능 보 증
3. 기 자 재 기 술 기 준
4. 품 질 보 증
5. 운 송 , 취 급 및 저 장
6. 설 계 도 서 제 출 요 건
7. 하 자 보 증
8. 납 품

제 3장 . 공 사 시 방 서

1. 적 용 범 위
2. 공 사 범 위
3. 일 반 시 방 서
4. 특 기 시 방 서

제 4장 . 테 스 트 운 용 지 침 서

1. 적 용 범 위
2. 테 스 트 운 용 항 목
3. 테 스 트 운 용 지 침

제1장. 일반사항

1. 일반사항

1.1 적용범위

가. 본 기술규격서 및 시방서는 “1MVA급 LiB-UPS 안전성 평가시스템 구매 설치”와 관련된 모든 자재의 설계, 기자재 제작, 납품, 통합설치, 시험 및 검사, 테스트 운용 등에 대하여 적용한다.

나. 본 시험 장치의 구매 설치를 시행함에 있어서 별도 특이한 사항을 제외하고는 설계도서에 따라 제작·납품·설치하여야 한다.

다. 본 사업의 기술규격서 및 시방서에서 정하지 않은 사항은 표준 지침서에 따르며, 설계도서상 누락 사항이 있을지라도 본 사업의 실질적 기능 수행상 필요하다고 판단되는 사항에 대해서는 각 분야별 시방서 기준에 따라 시행하여야 한다.

라. 본 규격서는 한국전기안전공사가 시행하는 당 사업에 적용하며, 시방서 및 도면에 기재되어 있는 사항 외에는 전부 본 규격서에 의한다.

1.2 관련 법규 및 규정

가. 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률, 동법 시행령 및 시행 규칙

나. 기타 수요기관이 필요하다고 인정하는 법규 및 고시

다. 사업시행 중 관계 법령이 개정될 경우 개정법령 및 권고사항에 따라야 한다.

1.3 조문의 해석

본 사업과 관련하여 모든 설계도서에 사용된 용어 문구 해석에 있어 의견이 상이할 경우 발주처의 해석이 우선되나, 필요시 계약상대자와 상호협의 하에 진행할 수 있다.

1.4 계약상대자 준수사항

가. 계약상대자는 본 사업과 관련하여 습득한 기밀 사항 및 모든 정보에 대하여 타인에게 제공 또는 누설되지 않도록 제반 보안 조치를 취하여야 한다.

나. 계약상대자는 현장 종사자에게 안전에 관한 교육을 반드시 실시하여야 하며, 본 사업 중에 발생한 안전 및 재해 사고에 대해 계약상대자 부담으로 원상복구 또는 실액변상 조치하여야 한다.

다. 계약상대자는 공정에 영향을 미치는 사고나 인명의 손상 또는 제3자에게 피해를 미치는 사고가 발생하거나, 혹은 사고 발생의 징조를 발견하였을 때는 즉시 응급조치를 취하고 발주처에 보고하여야 하며, 설치 현장에서 발생하는 일체의 사고 및 피해에 대하여 계약상대자가 책임진다.

라. 계약상대자는 설계도서의 내용이 상세하게 기술되지 않았거나 누락된 부분이 있더라도 시스템 성능을 완전하게 수행하기 위하여 설치에 필요한 사항이 추가 발생할 시 계약상대자 부담으로 공급하여야 한다.

마. 계약상대자는 사업 시행 중 부득이한 사유로 설치가 곤란하거나 기존 시설과 연동이 필요한 경우 발주처와 처리 방법 등에 대해 사전 협의하여 조치하여야 한다.

바. 계약상대자는 설치 작업 중 또는 완료 시 현장을 청결하게 하고 오물 등은 지정된 장소로 반출하여야 한다.

사. 계약상대자는 기자재와 설비들의 공급, 설치 및 현장 시험을 하여야 한다. 또한, 현장 설치, 시험 및 테스트 운용을 수행할 수 있는 기술적인 자질이 있는 현장 책임자를 파견하여야 한다.

1.5 공정관리

가. 계약상대자는 착공 시 관련 공정계획에 의한 예정공정표를 발주처에 제출하여야 한다.

나. 예정공정표에 의한 현장공정이 시행되어야 하며, 예정공정 미달 시에 그 사유를 발주처에 보고하여야 한다.

1.6 위반행위에 대한 조치

다음과 같은 위반행위가 발생하였을 때는 계약 위반행위로 간주하여 관계 규정에 따라 조치할 수 있다.

가. 제반 지시사항을 특별한 사유 없이 기한 내 성실히 이행하지 않을 때

나. 계약기간 내에 완료할 능력이 없다고 인정되거나 현저하게 공정이 미달 될 때

다. 사업을 성실하게 수행하지 못하거나 부주의로 인한 과실이 인정될 때

라. 보안과 관련된 사항을 위반하였을 때

1.7 교육훈련 및 지적재산권

가. 계약상대자는 본 시스템 운용과 유지보수를 위하여 발주처에 시스템 관련 운영자 교육을 시행하여야 한다.

나. 본 사업수행에 따른 지적재산권은 발주처와 계약상대자가 공동으로 소유하며, 별도의 정함이 없는 한 지분은 균등한 것으로 한다.

1.8 하자 및 유지보수

가. 계약상대자의 납품 완료일로부터 3년으로 한다.

나. 하자보증기간 중 하자가 발생한 때에는 천재지변이나 사용자의 부주의로 인한 사고를 제외하고, 계약상대자는 모든 사고에 대한 책임과 즉각 원상복구 또는 교체 의무를 다하여야 한다.

다. 하자보증기간 동안 장애 발생시는 장애 고장 통보를 받은 후 신속히 복구하여야 하고, 8시간(근무 시간) 이내에 처리하여야 하며, 처리할 수 없는 경우는 기자재 납품계약상대자와 협의를 통하여 동종의 장비(부품)로 계약상대자는 대체한다. 단, 기자재의 납기 등의 사유로 인해 8시간 내 처리가 불가한 경우, 발주처에 즉시 통보 후 별도 조치 일정을 확약하여야 한다.

1.9 관계 기관에 대한 인허가 수속

계약상대자는 설치와 관계되는 관련 기관의 인허가에 대한 세부 추진계획서를 작성 및 제출하여 발주처의 승인 후 추진하여야 한다.

1.10 하도급

가. 계약상대자가 계약된 설치, 시공, 설계, 감리 등 업무의 전부 또는 일부를 제3자에게 하도급 할 때는 발주처와 협의를 통해 실적 및 자격조건이 적합한 업체를 선정하여 시행해야 한다.

나. 승인받은 하도급자가 시공한 설치공사에 대한 모든 책임은 계약상대자에게 있다.

다. 계약상대자는 그의 직원의 행위 및 태만에 대해 책임을 지는 것과 같이 하도급자 및 그의 고용인의 행위 및 태만에 대해서도 책임을 져야 한다.

1.11 자재

가. 계약상대자는 발주처의 승인받은 자재만 사업 현장에 반입하여야 하며, 반입 시마다 발주처의 승인을 받아 사용하고 불합격 판정을 받은 자재는 바로 사업 현장 밖으로 반출하여야 한다.

나. 합격 판정받은 자재라 할지라도 보관 중 변질, 변형 또는 오손된 자재는 일체 사용하여서는 안 된다.

다. 모든 자재는 보관관리를 철저히 하여야 하며, 보관관리의 부주의로 자재가 변질, 변형, 오손되었을 때는 발주처(감독관)에게 즉시 알리고 계약상대자 부담으로 교체하여야 한다.

1.12 현장 대리인

계약상대자는 일정한 자격을 가진 자를 현장 책임자로 선임하여야 하고, 발주처의 지시에 따라 현장 관리, 설치, 시험, 교육 등 현장 작업 전반을 책임지며, 발주처의 요구사항 및 각종 회의자료, 보고업무 등을 신속히 처리토록 하여야 한다.

1.13 안전관리

가. 계약상대자는 작업인력에 대한 안전 및 재해 사고에 대한 제반 법규의 준수 및 작업 현장에서 발생하는 모든 행위에 대하여 전적으로 책임을 진다.

나. 계약상대자는 본 사업에 따른 사고나 인체의 손상 또는 제3자에게 피해를 미치는 사고 발생 시에는 즉시 응급조치를 취하고 발주처에 보고함은 물론, 모든 사고 및 피해에 대해서 계약상대자가 민·형사상의 모든 책임을 진다.

다. 계약상대자는 작업 전 작업자에게 필요한 안전관리 수칙을 숙지하도록 충분한 교육을 수행하여야 하고, 안전관리에 만전을 기하여야 한다.

라. 계약상대자는 다음 작업 수행 시 특히 안전에 유의하여야 한다.

1) 본 시험 장치 구축 및 운영을 위한 수변전설비, 케이블, 분전반 설치에 따른 안전 사항

2) 내부 배선 및 이동 전선으로 인한 안전대책

3) 고소작업으로 인한 안전대책

4) 시험(전기통전 및 정전)에 따른 안전 사항

5) 전기 인입 구성에 따른 안전대책

1.14 시공의 점검 또는 입회

시공에 있어서 시설 후 쉽게 점검할 수 없는 전기설비의 시공은 원칙적으로 그 과정에 있어 발주처의 점검 또는 입회를 요한다.

1.15 손상의 복구

시공 중 발주처가 필요하다고 인정하는 손상의 복구작업을 시행함과 동시에 이 공사로 인하여 발생한 기존 건물이나 기타 공작물의 손상은 계약상대자 부담으로 복구 또는 보상한다.

1.16 뒷마무리

계약상대자는 본 사업에 대한 아래 사항을 관리한다.

가. 사업 현장 내의 작업인 출입을 감독하고 위생 및 화재 기타 사고방지에 주의한다.

나. 사업 현장 내에서는 항상 모든 기자재와 기타 정리 및 장내 청소를 한다.

다. 시공 완료 후 폐기물처리 절차에 따라 폐기물을 처리한다.

1.17 공정검사

계약상대자는 발주처와 협의가 이뤄진 공정에 이르렀을 때는 공정검사를 받고 인정이 된 경우 다음 공정을 착수한다.

1.18 책임

가. 계약상대자의 귀책 사유로 인하여 시험설비 구축이 지연되면 발생하는 모든 손실에 대해서는 계약상대자가 부담하여야 한다.

나. 계약상대자는 본 구매 설치에 관하여 취득한 모든 권한과 의무를 제3자에 양도하거나 인계할 수 없다.

다. 계약상대자는 설치과정에서 일체 기술 노무와 안전사고에 대한 민형사상 책임

을 진다.

라. 준공 후, 하자 보증기간 내에 계약상대자가 사용한 기자재 및 공법상 시공 불량이 발견될 때는 계약상대자의 부담으로 완전하게 개수한다.

1.19 비밀유지

가. 계약상대자는 사업수행 중 취득하게 된 산출물 및 기타자료는 발주처의 허락 없이 외부에 유출하거나 타목적으로 사용하지 못한다.

나. 계약상대자는 본 계약기간 전후를 막론하고 본 계약과 관련하여 인지한 발주처의 사업내용에 대한 비밀사항에 대하여 제3자에게 누설해서는 안되며, 발주처가 요구하는 보안사항을 철저히 준수하여야 한다.

다. 계약상대자는 본 계약체결 즉시 참여 직원에게 보안교육을 실시하여 본 계약수행 중에 인지된 정보는 오로지 본 계약수행에 따른 목적에만 사용하도록 하여야 하며, 계약체결 후 착수계 제출 시 대표자 및 사업 책임자의 보안각서를 첨부하여 발주처의 감독자에게 제출하여야 한다.

라. 계약상대자는 발주처의 사전승인 없이는 본 계약에 따라 수행되는 사업에 대한 사항을 광고 또는 홍보하지 못한다.

1.20 기타

설계도서상에 명기되지 않은 사항은 발주처와 계약상대자의 상호협의 하에 진행된다.

제2장. 기자재 기술규격서

1. 설계 일반

1.1 개요

가. 본 시험 장치는 리튬이온배터리 탑재 무정전전원장치(LiB-UPS)의 안전성 평가를 위해 UPS 입력단에 계통 이상 조건을 인가하고, UPS 출력단에 다양한 부하 조건을 적용하여 UPS의 거동을 종합적으로 평가하기 위한 설비이다.

나. 본 시험 장치는 에너지 회생(Regenerative) 방식을 적용하여 시험 중 소비 전력을 계통으로 환원하며, 이를 통해 장시간 연속 시험 시 전력 비용을 절감하고 설비 내부 발열을 저감한다.

다. 본 시험 장치는 단일 장비 운전 및 DMPS(Digital Matrix Parallel System) 광섬유/High speed LAN 통신 기반 병렬 운전을 모두 지원하여야 하며, 향후 동일 모델의 추가 병렬을 통해 용량 확장이 가능한 구조이어야 한다.

1.2 설치 위치

가. 한국전기안전공사 전기안전연구원 UPS 안전성 평가센터 내 지정 장소

나. 설치 장소의 세부 위치 및 바닥 하중, 반입 경로 등은 착공 전 현장 실측을 통해 확인하고, 필요시 발주처와 협의하여 조정한다.

다. 설치 공간 조건

1) 설치 공간 : 가로 13.8m × 세로 7m의 2곳에 배치

2) 장비 간 이격거리 (도어 – 도어) : 장비가 마주보는 배치일 경우, 양측 도어 간 최소 1.6m 이상 확보

3) 장비-벽면 이격거리 (도어 – 벽면) : 장비 도어 면과 벽면 간 최소 1.0m 이상 확보

4) 반입 경로 : 계약상대자는 각 장비의 외형 치수 및 중량을 고려하여 반입 경로(출입문, 복도, 양중 장비 등)를 사전에 확인하고, 반입 계획서를 설계도서에 포함하여야 한다.

5) 천장 높이 : 장비 상부에 케이블 트레이, 조명, 환기 덕트 등의 설치 공간이 확보되어야 한다. 계약상대자는 장비 높이와 상부 부대설비를 고려한 단면도를 설계도서에 포함하여야 한다.

6) 계약상대자는 상기 공간 조건을 만족하는 장비 배치도를 설계도서 제출 시 포

함하여야 하며, 발주처의 승인을 받아야 한다.

라. 설치 환경 조건

1) 주변 온도(작동) : 0 ~ 40℃

2) 주변 온도(보관) : −20 ~ 50℃

3) 상대 습도 : 10 ~ 90% (비응결)

4) 고도 : 해발 1,000m 이하

5) 계통 전원 : 380V, 3상 4선식, 60Hz

1.3 설계 조건

가. 모든 기자재는 설치 환경 조건에서 연속 정격 운전이 가능하도록 설계되어야 한다.

나. 각 기자재의 전기적 정격은 공급하는 회로의 최대 부하를 기준으로 산정하되, KEC 및 관련 규정에 따른 안전율을 적용하여야 한다.

다. 동일 회로 내에 설치되는 기자재의 정격 전압, 정격 전류, 절연 등급은 상호 정합성이 확보되도록 설계하여야 한다.

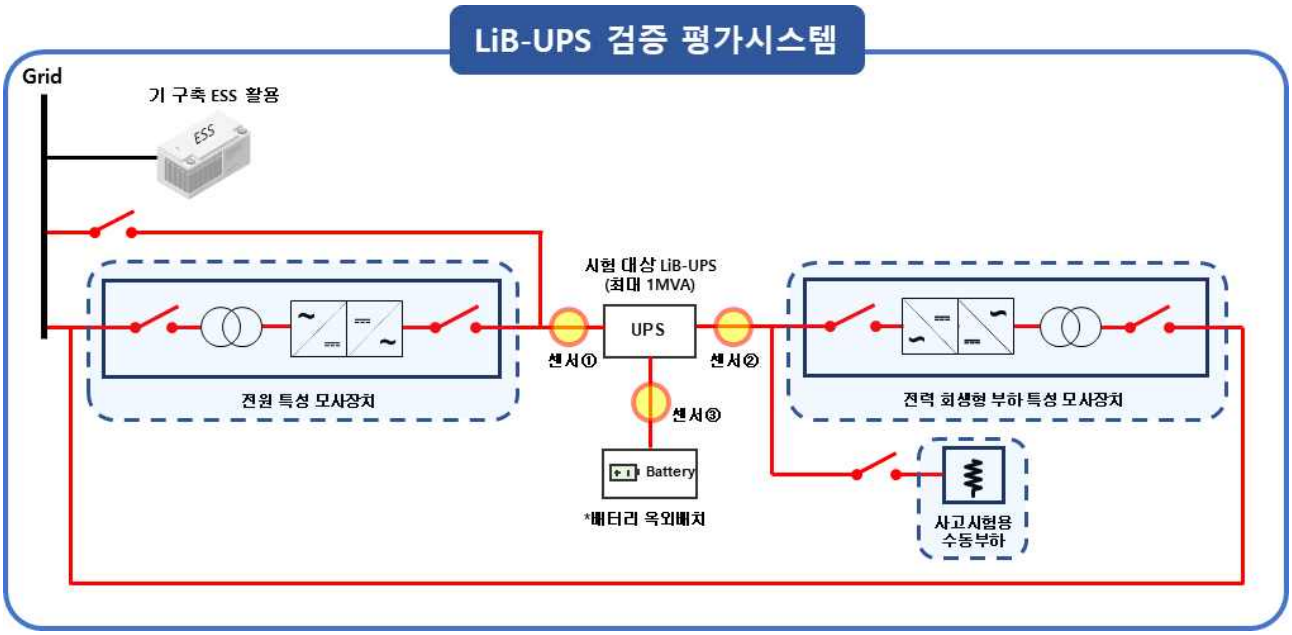
라. 비상 시 안전하게 시험을 중단할 수 있도록, 모든 주요 기자재에는 비상 정지(Emergency Stop) 기능을 구비하여야 한다.

마. 장비 외함 및 도장은 설치 환경의 습도 및 분진 조건을 고려하여 적절한 방식 처리를 하여야 한다.

1.4 공급 범위

가. 본 사업의 공급 범위는 아래 표에 명시된 전 품목의 설계, 제작, 운송, 설치, 테스트 운용, 성능 검증을 포함한 턴키(Turn-Key) 납품으로 한다.

No.	품 명	단 위	수 량	비 고
1	전원 특성 모사장치	식	1	150kVA 이상 병렬 구성 (총 1.5MVA)
2	전력 회생형 전력 회생형 부하 특성 모사장치	식	1	150kVA 이상 병렬 구성 (총 1.2MVA)
3	입력 절연 변압기	식	1	약 1.6MVA급(전원), 약 1.3MVA급(부하)
4	신호 분석 툴	식	1	전력, 파동, 방사노이즈 등 센서류
5	부하 장치 (Load Bank)	식	1	1,000kVA급 저항 부하
6	통합 제어 장치	식	1	DB, HMI 콘솔, 통합 제어 프로그램
7	케이블 및 부자재	식	1	전력 케이블, 제어 케이블, 광섬유, 트레이·덕트 등



<그림1> 1MVA급 LiB-UPS 안전성 평가시스템 구성도

나. 본 시험 장치는 개별 장비가 아닌 통합 시스템으로서의 성능을 보증하여야 하며, 시스템 통합 테스트 운용(Commissioning)을 포함한다.

다. 장비 설치, 전력 배선, 제어 배선, 통신 배선 일체를 포함한다.

라. 설치 완료 후 테스트 운용 검사 중 불만족 사항이 발생하면 수정·보완하여야 하고, 수정·보완 후 재검사를 실시하여야 한다.

마. 공급자는 본 통합시험장치를 구성하고 있는 모든 장비에 대해 유지보수가 용이하도록 상세 회로도 및 치수가 기재된 도면, 운전 매뉴얼 등을 제출하여야 한다.

2. 기자재 주요 기술규격 및 성능보증

2.1 전원 특성 모사장치

UPS 입력단에 전압 변동, 고조파, 주파수 변동, 3상 불평형, 순간정전 등 각종 계통 이상 조건을 인가하여 UPS의 입력전원 품질 저하 시 안전성을 평가하기 위한 전원 특성 모사 공급장치이다. 에너지 회생(Regenerative) 방식을 적용하여 시험 중 소비 전력을 계통으로 환원하여야 한다.

1) 시스템 구성

(1) 구성 : 150kVA 이상 병렬 구성 (총 1,500kVA)

(2) 수량 : 1식

(3) 병렬 방식 : DMPS(Digital Matrix Parallel System) or High speed LAN

(4) 향후 동일 모델 추가 병렬을 통해 용량 확장이 가능하여야 한다.

2) 입력 AC 전원 사양

항 목	규 격
입력 전압	380V ±10% 이상, 3상 + PE
입력 주파수	60Hz
입력 고조파 전류(THD)	5% 이하
입력 역률(PF)	0.98 이상

3) 출력 AC 전원 사양 (전원공급 모드, Source Mode)

항 목	규 격
출력 용량	단위 150kVA 이상 (병렬 시 1,500kVA)
출력 전압 범위 (L-N)	0 ~ 450Vrms
출력 전압 범위 (L-L)	0 ~ 540Vrms
출력 주파수 범위	40Hz ~ 70Hz
최대 출력 전류 (3상)	단위 1,136A (병렬 시 2,272A)
응답 시간 (Response Time)	3ms 이하 (10%~90% Umax)
전압 슬루율 (Voltage Slew Rate)	0.1V/μs 이상

4) 출력 전압 정밀도

항 목	규 격
정확도 (Accuracy)	±0.1% F.S.
분해능 (Resolution)	0.01V
부하 변동률 (Load Regulation)	±0.05% F.S. (선형 부하 시)
전원 변동률 (Line Regulation)	±0.05% F.S. (입력 10% 변동 시)

5) 출력 전압 왜곡률 (THD)

조 건	규 격
50/60Hz, 무부하	0.5% 이하 (220V 이상 기준)
50/60Hz, 선형 부하	1.0% 이하 (220V 이상 기준)
기타 주파수, 무부하	1.0% 이하 (220V 이상 기준)
기타 주파수, 선형 부하	1.5% 이하 (220V 이상 기준)

6) 출력 전류

(1) 정확도 : ±0.2% F.S.

(2) 분해능 : 0.01A

7) 출력 주파수

(1) 범위 : 40 ~ 70Hz

(2) 정확도 : ±0.01%

(3) 분해능 : 0.001Hz

8) 위상각 제어

(1) 범위 : 0 ~ 359.9°

(2) 정확도 : ±0.3°

(3) 분해능 : 0.1°

(4) 제어 모드 : 단상 제어, 3상 동시 제어, 3상 독립 제어

9) 고조파 주입 기능

기본파(60Hz) 대비 최대 50차까지의 고조파를 4개 동시 합성하여 출력할 수 있어야 한다.

항 목	규 격

고조파 차수	50차 이상
동시 합성	4개 고조파 동시 합성
진폭 오차	설정값 대비 ±5%
미리보기 기능	고조파 합성 파형 미리보기 가능
편집 모드	가져오기, 내보내기, 읽기, 저장

10) 전압 Sag/Swell 기능

(1) Sag 범위 : 정격 전압의 0% ~ 100% (전압 강하)

(2) Swell 범위 : 정격 전압의 100% ~ 200% (전압 상승)

(3) 유지 시간 : 0.5 사이클 ~ 연속

(4) 인가 위상각 설정 : 0° ~ 359.9°

(5) 프로그래밍 : 다단계 Sag/Swell 시퀀스 편집 가능

11) 3상 불평형 기능

(1) 각상 독립 전압 설정 가능

(2) 각상 독립 위상각 설정 가능

(3) 불평형률 제어 : 0% ~ 100%

12) 주파수 변동(Sweep) 기능

(1) 주파수 범위 : 40Hz ~ 70Hz

(2) Sweep 모드 : 선형(Linear) 스윕

(3) 프로그래밍 : 시작 주파수, 종료 주파수, 스윕 시간, 유지 시간 설정

13) 프로그래밍 기능 (Source Mode)

(1) 프로그래밍 가능 단계 : 100 단계 이상

(2) 프로그래밍 파라미터 : 전압, 주파수, 위상각, 고조파 함유율, 변화 시간, 유지 시간, 트리거 위상각

(3) 상승/하강 시간 범위 : 1ms ~ 999s

(4) 최소 프로그래밍 시간 단계 : 10ms 이하

(5) 편집 모드 : 추가, 삭제, 저장, 읽기

(6) 동작 모드 : 동작, 정지, 순환

(7) 트리거 모드 : 자동, 수동, 외부(보호값 설정 및 출력제한 설정)

14) 보호 기능

(1) 과전류 보호(OCP)

(2) 과전압 보호(OVP)

(3) 과전력 보호(OPP)

(4) 과열 보호(OTP)

(5) 비상 정지(Emergency Stop) — Mushroom head 스위치

15) 통신 인터페이스

(1) Industrial Ethernet (Modbus TCP) or Ethernet (TCP/IP)

(2) DMPS 광섬유 포트 (병렬 제어용) or LAN(TCP/IP)

16) 기타

(1) 외함 등급 : IP20 이상

(2) 냉각 방식 : 강제 풍냉식

(3) 전압/전류에 대한 프로그래머블(Programmable)한 설정 가능

(4) PC 프로그램 제어를 통한 다양한 규격 시험 지원

(5) 향후 동일 모델의 전원 소스 병렬 결선을 통한 용량 증설 가능

(6) 증설 용량에 대한 PC 프로그램 제어 및 연동 가능

2.2 전력 회생형 부하 특성 모사장치

UPS 출력단에 데이터센터 부하 특성과 유사한 다양한 부하 조건(선형/비선형, 급변, 단계적 변동)을 인가하여 UPS의 출력 전력품질, 배터리 모듈 온도 상승, DC 링크 전압 변동 등 안전성을 평가하기 위한 부하 특성 모사 공급장치(부하 모드)이다.

1) 시스템 구성

(1) 구성 : 150kVA 이상 병렬 구성 (총 1,200kVA)

(2) 수량 : 1식

(3) 병렬 방식 : DMPS(Digital Matrix Parallel System) or High speed LAN

(4) 향후 동일 모델 추가 병렬을 통해 용량 확장이 가능하여야 한다.

2) 입력 사양 (부하 모사 장치 입력측)

항 목	규 격
입력 전압	380V ±10% 이상, 3상 + PE
입력 주파수	60Hz
입력 역률(PF)	0.98 이상

3) 선형 부하 모드

항 목	규 격
부하 모드	CC(정전류), CP(정전력)
부하 전류 범위 (3상)	병렬 시 1,600A 이상
부하 전류 정확도	±0.2% F.S.
부하 전류 분해능	0.01A
전류 왜곡률(THD)	2% 이하 (60Hz, 정격 전압, 전부하)
전류 슬루율	0.25A/μs 이상 (0%~90%, 정격 전류 기준)
동적 응답	1ms 이하 (10%~90%, 정격 전류 기준)

4) 부하 전류 주파수

(1) 제어 범위 : 40.00Hz ~ 70.00Hz 이상

5) 비선형 부하 모드 (Crest Factor)

항 목	규 격
파고율(CF) 범위	1.414 이상

6) 고조파 전류 주입 기능

항 목	규 격
고조파 차수	9차 이상
2~9차 단일 함유율	최대 20%
각 차수 위상각 제어	0° ~ 359.9°

7) 부하 전력

(1) 최대 전력 : 150kVA 이상 (단위), 병렬 시 1,200kVA

(2) 분해능 : 1VA 이하

(3) 정확도 : ±0.5% F.S. (CP 모드) 이하

8) 부하 역률

(1) 제어 범위 : -1 ~ 1

(2) 저항성, 유도성, 용량성 및 전류 방향 설정이 가능하여야 한다.

9) 부하 프로그래밍

(1) 프로그래밍 가능 단계 : 100 단계 이상

(2) 지원 모드 : CC, CP

(3) 필수 프로그래밍 파라미터 : 전류/전력, 역률, 부하 유형, 변화 시간, 유지 시간, 트리거 위상각

(4) 상승 시간 범위 : 1ms ~ 999s

(5) 하강 시간 범위 : 1ms ~ 999s

(6) 최소 프로그래밍 시간 단계 : 10ms 이하

(7) 편집 모드 : 추가, 삭제, 저장, 읽기

(8) 동작 모드 : 동작, 정지, 순환

(9) 트리거 모드 : 자동, 수동, 외부(보호값 설정 및 출력제한 설정)

10) 영전압 기동(Zero Voltage Start-up) 기능

(1) DUT(UPS) 출력이 0V인 상태에서 부하 모사 장치가 사전에 부하 설정을 완료하고 대기할 수 있어야 한다.

(2) UPS 출력 전압이 인가되는 순간부터 즉시 설정된 부하 전류를 흡수하여야 한다.

* 영전압 기동 기능은 UPS 배터리 모드 전환 시험에서 중요하다. 일반적인 전자부하는 입력 전압이 없으면 부하를 설정할 수 없으나, 본 장치는 UPS가 정전 상태에서 배터리로 전환하여 출력이 발생하는 순간부터 즉시 부하가 걸리도록 하여, 실제 데이터센터 환경을 모사한다.

11) 보호 기능

본 규격서 2.1항 15)와 동일한 수준을 만족하여야 한다.

12) 통신 인터페이스

본 규격서 2.1항 16)와 동일한 수준을 만족하여야 한다.

13) 기타

본 규격서 2.1항 17)와 동일한 수준을 만족하여야 한다.

14) Source Mode (전원공급 모드) 사양

(1) 본 장치는 Load Mode 외에 Source Mode(전원공급 모드)를 지원하여야 하며, Source Mode의 AC 출력 전압, 출력 전류, 출력 주파수, 위상각 제어, 고조파 주입, 간고조파, 플리커, 3상 불평형, 전압 라이드 스루, 프로그래밍 기능의 상세 사양은 본 규격서 2.1항(전원 특성 모사장치)의 해당 항목과 동일한 수준을 만족하여야 한다.

(2) 단, Source Mode 병렬 연결시 장비의 최대 출력 전류는 1,680A(3상 기준) 이상

2.3 입력 절연 변압기

시험 설비와 계통 간의 전기적 절연을 확보하고, 시험 중 발생 가능한 고조파, 서지 등의 외란이 계통 측으로 전파되는 것을 억제하기 위한 변압기이다. 본 변압기는 2.1항, 2.2항의 전원/전력 회생형 부하 특성 모사장치 패널 내부에 각각 내장 설치되는 구조로 모사장치 제조사에서 사용하는 제품으로 구축한다. 또한, 여러 대의 장치가 병렬 연결되어 운영될 경우, 각각의 Master 및 Slave 파워 모듈마다 절연변압기를 적용해야 한다.

1) 약 1.6MVA급 변압기 (전원 특성 모사장치)

항 목	규 격
정격 용량	1,600kVA 이상
수량	-
1차/2차 전압	380V, 3상 (1:1 절연 변압기)
결선	Δ-Y 또는 Y-Y (접지 방식 협의)
절연 등급	F종(155℃) 이상
냉각 방식	건식 (AN 또는 AF)

2) 약 1.3MVA급 변압기 (전력 회생형 부하 특성 모사장치)

항 목	규 격
정격 용량	1,300kVA 이상
수량	–
1차/2차 전압	380V, 3상 (1:1 절연 변압기)
결선	Δ-Y 또는 Y-Y (접지 방식 협의)
절연 등급	F종(155℃) 이상
냉각 방식	건식 (AN 또는 AF)

3) 공통 요구사항

(1) 보호 기능 : 과열 보호(OTP), 과전류 보호(OCP)

(2) 온도 감시 : 권선 온도 센서(PT100 등) 내장, 외부 모니터링 단자 제공

(3) 절연 저항 : 1차-2차 간, 1차-철심 간, 2차-철심 간 각각 10MΩ 이상 (DC 500V 메거 기준)

(4) 변압기 외함은 2.1항, 2.2항의 전원/전력 회생형 부하 특성 모사장치 패널 구조에 각각 일체화되어야 하며, 점검 및 유지보수를 위한 접근이 용이하여야 한다.

2.4 신호 분석 툴

UPS 입력측, 출력측 및 배터리측의 전력품질 분석과 과도 현상 포착을 위한 신호 분석 툴이다.

1) 전력 센싱

항 목	규 격
전력 측정 정확도	±0.1% 이내
대역폭	DC 또는 0.1Hz ~ 1MHz 이상
고조파 분석	500차 이상, 개별 차수별 크기 및 위상 제공
측정 항목	전압, 전류, 전력(유효/무효/피상), 주파수, 역률, THD
데이터 로깅	연속 저장 기능 (최소 샘플링 주기 50ms)
통신 인터페이스	GP-IB, USB, Ethernet 등

(1) Main Frame : Main Frame 1대 + Input Module 8개 구성

(2) 입력채널: 각 8채널(전압 8채널, 전류 8채널)로 구성

(3) 입력전압범위: Input Module 구성에 맞춰 1000V, ±2000V peak

대지간 최대 정격전압 600V CATⅢ, 1000V CATⅡ

(4) 입력전류범위: 100mA~2000A(6레인지, 전류 센서에 따라 다름)

(5) 전압과 전류 주파수대역: DC, 0.1Hz~5MHz, 전류는 센서에 따라 다름(DC~1MHz)

(6) 정확도: ±0.01% or reading + 0.02% of range(50/60Hz 전력 기본 정확도)

±0.02% or reading + 0.02% of range(DC 전력 기본 정확도)

±0.05% or reading + 0.02% of range(10kHz 전력 기본 정확도)

±0.15% or reading + 0.02% of range(50kHz 전력 기본 정확도)

(7) 샘플링속도: 18bit, 15MHz

(8) 통신 인터페이스: LAN(100BASE-TX,1000BASE-T), GP-IB, RS232C, CAN/CAN FD

(9) 최대 4대까지 동기화 가능

(10) 디스플레이: 10.1인치 TFT컬러 LCD(터치스크린 기능)

(11) 전류센서: AC/DC 2000A 및 AC/DC 350A 측정이 가능하여야 한다.

- 2000A 전류센서 측정가능 도체경(80mm 이하)
- 350A 전류센서 측정가능 도체경(36mm 이하)
- 별도의 센서 유닛 없이 Main Frame에 연결하여 전원을 공급받을 수 있어야 한다.

(12) 각종 전원 및 연결 케이블은 시스템과 함께 공급하여야 한다.

(13) 해당장치는 한 장소에서 필요한 AC/DC 성분을 모두 측정할 수 있도록 위치해야하며, 설치된 전류센서와 전력분석기 본체를 손쉽게 연결/해체할 수 있도록 구성하여야 한다.

(14) 메인 Busbar에 흐르는 전류를 측정하기 busbar 또는 케이블을 전류센서에 통과하도록 미리 제작하여 박스형태의 Terminal Block을 구성하여야한다.

(15) 전압, 전류, 전력(유효,무효,피상), 역률, 위상각, 전압주파수, 전류주파수, 효율, 손실, 전압 리플률, 전류 리플률, 전류 전산, 전력 적산, 전압 피크, 전류 피크 등 다양한 값을 측정 가능

(16) 결선: 단상2선, 단상3선, 삼상3선, 삼상4선

(17) 데이터갱신율(1ms~200mS)

- 1ms 설정 시 :AVG, 사용자 정의 연산은 사용 불가

(18) 고조파 측정: 500차

(19) 고조파(IEC61000-4-7), 플리커(IEC61000-4-15) 규격에 준거한 측정 기능

(20) 사용자 정의 연산 기능 지원

(21) Can 통신(Output) 통신 기능이 지원되어야 한다.

(22) 원격 및 다중시스템 제어 기능

(23) Data Acquistion, Data Recording, Analysis 기능이 있어야 한다.

2) 파동 센싱

항 목	규 격
대역폭	2.5GHz 이상
샘플링 속도	40GS/s 이상
데이터 저장	내부/외부 저장매체
통신 인터페이스	USB, Ethernet, GP-IB 등

(1) 전력 파형 분석기는 ESS 평가센터 계통에서 발생하는 전압 및 전류 신호의 파형을 실시간으로 측정·저장·분석할 수 있는 고속 전력 분석 장비로서, 전력 품질 분석, 고조파 분석, 효율 분석 및 전력 흐름 모니터링 기능을 제공해야 한다. 또한 고속 샘플링 기반의 파형 분석을 통해 전력 변환 장치 및 전력 계통의 동적 특성을 정밀하게 평가할 수 있어야 한다. 모든 프로브는 전력 파형 분석기와 완전 호환되어야 하며, 자동 인식 기능을 통해 감쇠비, 대역폭 및 측정 범위가 자동 설정되어야 한다. 또한 각 프로브는 동시 측정 환경에서 상호 간섭 없이 안정적으로 동작해야 하며, 고속 샘플링 환경에서도 정확한 파형 재현이 가능해야 한다. 별도의 외부 전력 분석기 또는 추가 소프트웨어 없이 완전 통합형 구조를 제공해야 한다.

(2) 전력 파형 분석기는 15.4인치 이상의 터치 디스플레이 및 Windows 11 기반 운영체제가 탑재된 제품이어야 하며, 원터치 기반의 사용자 인터페이스를 제공해야 한다. 또한 고속 데이터 처리를 위해 Core i3-201E 3.6GHz 이상 수준의 처리 성능을 갖추어야 하며, 최대 40GS/s 이상의 샘플링 데이터 저장이 가능해야 한다. 측정 대역폭은 최대 2.5GHz 이상이어야 하며, 실시간 파형 처리 및 고속 데이터 처리를 위한 전용 소프트웨어 아키텍처 기반 시스템이어야

한다. 최소 12bit 이상의 수직 분해능을 유지하면서 고속 샘플링이 가능한 구조여야 한다.

(3) 전력 파형 분석기는 아날로그 입력 4채널과 디지털 입력 16채널(1.25GS/s) 이상을 지원하는 Mixed Signal 분석 환경 계측 장비로 구성해야 하며, 아날로그 신호, 디지털 신호 및 시리얼 신호 분석 기능이 통합된 일체형 장비이어야 한다.

(4) 전력 파형 분석기의 입력 전압 범위는 고전압 전력 계통의 신호를 안정적으로 측정 할 수 있어야 함으로 다음 조건을 만족해야 한다. 50 Ω 입력: 5 Vrms (±10 V peak) 이상, 1 MΩ 입력: 최대 400 V 이상이어야 한다.

(5) 전력 파형 분석기의 샘플링속도는 분해능 8Bit, 40Gs/s/채널당이며, 인터페이스는 2.5Gbps 이더넷 인터페이스 1개, 1Gbps 이더넷 인터페이스 1개 지원, 4측 USB 3.2 Gen2 Port, 전면 USB 20.0 포트 1개는 window 호환 장치 지원 가능해야 한다. 또한 외부 monitor Port HDMI 2.0b port 1개, HDMI 1.4a port 1개가 지원되어 ESS 평가센터의 모니터링 시스템과 연계 될 수 있도록 네트워크 기반 제어 기능을 지원해야 한다.

(6) 장비의 화면은 내장형 Touch Panel LCD로 구성되어야 하며, 고속 파형 캡처 시에도 전체 메모리 영역 활용 할 수 있어야 한다. 또한 측정된 데이터를 내부 저장장치 또는 외부 저장장치에 저장할 수 있어야 하며, 사용자는 언제든지 측정 데이터를 조회 및 출력할 수 있어야 한다.

(7) 전력 파형 분석기는 스마트 그리드 환경을 고려한 전력 흐름 모니터링 기능을 제공해야 하며, 전력 계통의 상태 및 에너지 흐름을 실시간으로 분석할 수 있어야 한다.

(8) 전력 파형 분석기의 각종 전원 케이블 및 신호 연결 케이블은 시스템과 함께 공급되어야 하며, 설치 현장에서 계측 시 발생할 수 있는 노이즈 성분을 확인하고 이를 최소화할 수 있도록 구성되어야 한다.

(9) 전력 파형 분석기의 계측 시 연결 케이블은 전류 1000A 전압 약 ±8~9V (≈ 18 Vpp) 측정대역은(500MHz, 1GHz, 1.5GHz)를 계측하고 성분을 최소 확인 할 수 있도록 구성해야 하며, 고정밀 업그레이드 용 케이블은 측정대역 350MHz, 700MHz, 1.0GHz를 계측 할 수 있도록 구성해야 한다. 또한 Power Analysis 옵션 추가 시 자동 고조파 분석 기능을 지원해야 하며 전압/전류 고조파 분석, THD(Total Harmonic Distortion), 고조파 스펙트럼 분석, 국제 규격 기반 전력 품질 분석 등이 가능해야 한다. 측정방식은 비접촉 방식을 지원하며, 대전류 환경에서도 회로 절연을 유지하면서 안전 계측이 가능해야 한다. 고전압 환경에

서 접지 루프 및 공통 모드 노이즈를 제거하고, 안전한 절연 측정을 지원해야 한다. 다양한 입력 범위에 대응할 수 있도록 교체형 팁 구조를 제공해야 하며, 측정 대상에 따라 최적의 임피던스 및 대역 특성을 유지해야 한다.

(10) 전력 파형 분석기의 소프트웨어는 고속 샘플링 상태에서도 메모리 영역 전체를 활용할 수 있는 구조여야 하며, 저장된 파형 데이터를 기반으로 다양한 수학 연산 및 재연산 기능을 수행할 수 있어야 한다. 또한 250 Mpts 이상의 파형 메모리를 기반으로 고대역폭 환경에서도 넓은 주파수 범위를 분석할 수 있어야 한다.

(11) 전력 파형 분석기는 전력품질 분석을 위해 전압 및 전류의 RMS 값, 기본파 성분 및 대칭 성분의 유·무효전력, 복소전력, 에너지에 대한 측정을 할 수 있어야 한다. 또한 4개 채널 모두 동일한 다양한 파형에서 동시에 측정이 가능해야 한다.

(12) 전력 파형 분석기는 전력효율 측정, 고조파 분석(최대 500차 이상), 2~9kHz 대역 고조파 분석 기능을 제공해야 하며, 이를 통해 전력 변환 장치 및 ESS 시스템의 전력 품질을 정밀하게 분석할 수 있어야 한다. 또한 파형 분석 시 다수의 분석 창을 동시에 구성할 수 있는 멀티 레이아웃 분석 화면을 제공해야 하며, 파형 분석을 위해 다중 분석 레이어 기반의 시각화 기능을 제공해야 한다.

2.6 부하 장치 (Load Bank)

전력 회생형 부하 특성 모사장치와 병행하여, 순수 저항성 부하 시험 또는 모사장치 미사용 시 독립적으로 UPS 출력 부하를 흡수하기 위한 저항 부하 장치이다.

1) 주요 사양

항 목	규 격
정격 용량	1,000kVA급
정격 전압	380V, 3상 4선식, 60Hz
부하 유형	저항성 (역률 ≈ 1.0)
부하 단계 제어	최소 10% 단위 단계 조절 가능
냉각 방식	강제 풍냉식
저항 온도 상승에 따른 용량 변화	±5% 이내 (최대 부하 기준)

2) 기타

(1) 외함 등급 : IP21 이상

(2) 부하 개별 Step On/Off 선택 가능

(3) 비상 정지(Emergency Stop) 스위치 구비

(4) 통합 제어 장치 부(HMI)에서 원격 부하 단계 제어가 가능하여야 한다.

(5) 과열 보호(OTP) 기능 구비 — 냉각 팬 고장 또는 과부하 시 자동 차단

2.7 통합 제어 장치

본 평가시스템을 구성하는 모든 장비(전원/전력 회생형 부하 특성 모사장치, 신호 분석 툴, 부하 장치)를 하나의 운전자 인터페이스에서 통합 제어하고, 시험 데이터를 수집·저장·분석하기 위한 장치이다.

1) 시험 시퀀스 편집기

(1) 사용자가 시험 시나리오를 타임라인 기반으로 편집할 수 있는 비주얼 시퀀스 편집기를 제공하여야 한다.

(2) 시퀀스 편집기에서 각 장비의 설정값(전압, 주파수, 부하량, 차단기 동작 등)을 시간 축 상에 배치하고 편집할 수 있어야 한다.

(3) 편집된 시퀀스는 저장, 불러오기, 수정이 가능하여야 한다.

2) 장비 통합 제어

(1) 전원/전력 회생형 부하 특성 모사장치를 포함한 전 시험장비 간 통합 제어 솔루션을 제공하여야 한다.

(2) 각 장비의 운전 상태(정상/이상/대기)를 통합 관제 화면에서 실시간 모니터링할 수 있어야 한다.

3) 입·출력 차단기 제어

(1) 평가시스템에 설치하는 입·출력 차단기에 대해 원격 On/Off 제어가 가능하여야 한다.

(2) 차단기 상태(On/Off/Trip)를 실시간으로 표시하여야 한다.

(3) 인터락(Interlock) 조건 설정 및 강제 차단 기능을 제공하여야 한다.

(4) 차단기 제어는 시험 시나리오 또는 사용자 명령에 의해 수행될 수 있어야 한다.

(5) HMI의 설비 회로도 화면에서 그래픽 형태로 차단기 상태를 확인하고 제어할

수 있어야 한다.

4) 계측 및 데이터 수집

(1) 시험설비의 주요 계측 포인트에 대해 외부 계측기 또는 센서를 연동할 수 있어야 한다.

(2) 수집 항목 : 전압(V), 전류(A), 전력(kW), 전력량(kWh), 주파수(Hz), 역률(PF), 온도, 상태 신호 등

(3) 다채널 계측 구성이 가능하여야 하며, 채널 확장이 용이하여야 한다.

5) 계측 데이터 모니터링

(1) 계측 데이터를 수치(Display), 트렌드 그래프(시간 축 기반) 형태로 제공하여야 한다.

(2) 샘플링 주기 및 저장 주기를 설정할 수 있어야 한다.

6) 데이터 저장 및 관리

(1) 모든 시험 계측 데이터 및 제어 이력은 데이터베이스(DB)에 자동으로 저장되어야 하며, 저장 대상에는 다음이 포함되어야 한다.

a) 시험 ID 및 시험 일자

b) 계측 데이터 로그

c) 시험 중 알람 및 이벤트 이력

(2) 저장된 데이터는 시험별/기간별/계측 항목별로 조회할 수 있어야 한다.

(3) 데이터 자동 백업 시스템을 갖추어야 한다.

(4) 시험 결과 리포트 자동 생성 기능을 제공하여야 한다.

7) 사용자 인터페이스(UI) 요구사항

(1) 직관적인 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 제공하여야 한다.

(2) 시스템 상태를 한 화면에서 확인할 수 있는 대시보드 형태를 제공하여야 한다.

(3) 사용자 인터페이스 및 기능의 구체적인 요구사양은 협의 후 변경할 수 있다.

8) 통신 프로토콜

(1) Industrial Ethernet (Modbus TCP) or Ethernet (TCP/IP)

(2) 계측기 연동 통신 (GP-IB, CAN 등)

* 공급자는 통합 제어 및 모니터링의 기능 구성, 화면 설계 및 운용 방안을 제안하고, 발주처의 승인을 득한 후 제작에 착수하여야 한다.

9) 기 보유 BESS 설비 연동

(1) 본 통합 제어 장치는 전기안전연구원 ESS 안전성 평가센터에 기 구축된 에너지저장장치(BESS)의 EMS와 Modbus/TCP 또는 TCP/IP을 통해 통신 연동이 가능하여야 한다.

(2) BESS의 충·방전 상태, SOC, 가용 충전 전력 등의 정보를 수신하고, 충전 전력 지령(kW)을 송신할 수 있어야 한다.

(3) 연동에 필요한 통신 프로토콜 맵(Register Map) 및 I/O 정의서는 발주처와 협의하여 확정한다.

10) UPS 배터리 공급 모드 시 ESS 전력 흡수 연계 제어

(1) DUT(UPS)가 배터리 공급 모드로 전환되어 UPS 입력단이 계통에서 분리된 상태에서는, 전력 회생형 부하 특성 모사장치의 회생 전력으로 인한 계통 역전력이 발생하지 않도록 기 보유 BESS를 충전 부하로 활용하는 연계 운전 모드를 지원하여야 한다.

(2) 연계 운전 시, 통합 제어 장치는 부하 모사 장치의 실시간 흡수 전력에 상응하는 충전 지령을 BESS에 전송하여 양측 전력의 밸런싱을 유지하여야 한다.

(3) BESS의 SOC 상한 도달 등 충전 불가 상태 발생 시, 시험을 안전하게 정지시키거나 부하를 Load Bank로 절체하는 보호 로직을 구비하여야 한다.

(4) 일반 회생 모드(계통 회생)와 ESS 충전 흡수 모드를 시험 시나리오에 따라 선택·전환할 수 있어야 한다.

2.8 케이블 및 부자재

본 평가시스템을 구성하는 모든 장비 간의 전력 공급, 제어 신호 전달, 통신 연결에 필요한 케이블 및 부대 자재 일체를 포함한다.

1) 전력 케이블

(1) 각 장비 간 전력 연결에 사용되는 케이블은 회로의 최대 전류에 적합한 허용 전류 용량을 갖추어야 하며, KEC에 따른 전압 강하 허용치 이내이어야

한다.

(2) 케이블 종류 : 0.6/1kV XLPE 절연 전력 케이블 (FR-CV 또는 동등 이상)

(3) 난연 등급 : KS C IEC 60332-3 (수직 트레이 연소 시험) 적합

(4) 케이블 양단에는 케이블 마크(Cable Tag)를 부착하여야 한다.

2) 제어 케이블

(1) 통합 제어 장치와 각 장비 간 제어 신호 전달에 사용되는 케이블은 차폐(Shield) 처리된 것을 사용하여야 한다.

(2) 케이블 종류 : 0.6/1kV CVV-S (차폐 제어 케이블) 또는 동등 이상

3) 광섬유 케이블

(1) 병렬 제어용 광섬유 케이블은 장비 제조사가 지정하는 사양 이상이어야 한다.

(2) 광 커넥터 접속 부위는 먼지 및 물리적 손상으로부터 보호될 수 있도록 보호 캡 또는 커버를 설치하여야 한다.

4) 통신 케이블

(1) Ethernet 통신용 : Cat.6 UTP 케이블 이상

(2) 계측기 연동 통신용 (GP-IB, CAN 등) 케이블

5) 케이블 트레이 및 덕트

(1) 전력 케이블과 제어/통신 케이블은 전자기 간섭(EMI)을 최소화하기 위해 별도의 경로로 포설하여야 한다.

(2) 케이블 트레이 및 덕트는 케이블 하중을 지탱할 수 있는 재질 및 규격이어야 하며, 접지 본딩(Bonding)을 실시하여야 한다.

(3) 케이블 트레이의 점적률(케이블 단면적 합계 / 트레이 유효 단면적)은 KEC 규정에 따라 적정 수준 이하로 유지하여야 한다.

6) 기타 부자재

(1) 케이블 터미널(단자), 케이블 글랜드, 전선관, 접속함 등 설치에 필요한 일체의 부자재를 포함한다.

(2) 접지용 도체 및 접지 단자대를 포함한다.

3. 기자재 기술기준

3.1 일반사항

가. 본 시험 장치에 사용되는 기자재는 아래와 같이 구분하여 적용한다.

1) 현장 제작·설치 기자재 (케이블, 케이블 트레이, 덕트, 접지 자재 등 현장에서 조달·시공하는 품목) : KS 규격품 또는 동등 이상의 제품을 사용하여야 한다.

2) 완성품 장비 (전원/전력 회생형 부하 특성 모사장치 등 일체 제작되어 완성품으로 납품되는 장비) : 해당 제품이 원산지국의 공인시험기관 또는 국제공인시험기관(IEC, IEEE 등)의 인증을 취득한 것이어야 하며, 완성품 내부에 사용된 주요 부품(차단기, 퓨즈, 계전기 등)은 제조사의 품질관리 체계에 따라 검증된 것이어야 한다. 계약상대자는 발주처 요청 시 주요 부품의 제조사 및 규격 정보를 제출하여야 한다.

나. 동일 기능의 기자재가 여러 규격에 의해 적용될 수 있는 경우, 보다 엄격한 기준을 적용한다.

다. 기자재의 정격 사양은 본 규격서에 명시된 조건 이상이어야 하며, 설치 환경(온도, 습도, 고도)에 따른 디레이팅(Derating)이 필요한 경우 디레이팅 적용 후에도 본 규격서의 요구 성능을 만족하여야 한다.

라. 외국산 기자재를 사용하는 경우, 해당 제품이 원산지국의 공인시험기관 또는 국제공인시험기관의 시험성적서 또는 인증서를 보유하고 있어야 하며, 발주처 요청 시 이를 제출하여야 한다.

마. 모든 기자재는 관계 법규 및 규정에 저촉되지 않도록 설계, 제작, 시험 및 검사를 시행하여야 하며, 시험 및 검사에 관한 시험품목, 적용 규정 및 규격, 시험방법 등이 표시된 절차서를 제출하여야 한다.

바. 본 기술규격서에 특별히 규정하지 않은 사항은 아래의 규격을 적용한다.

1) KS (Korean Industrial Standards) / IEC (International Electrotechnical Commission)

2) IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

3) NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

4) ANSI (American National Standards Institute)

3.2 전원/부하 특성 모사장치 공통사항

가. 외함

1) 각 전력 변환기기 및 모든 부속설비는 동일 제어반(Cubicle) 내에 수용되도록 설계·제작되어야 한다.

2) 각 제어반 외부 치수 및 외형은 승인된 도면에 따라야 한다.

3) 향후 설비의 증설이나 변경을 고려하여 설계되어야 한다.

4) 각 외함은 수직자립형으로 설계하여야 하며, 전면과 후면은 도어식 개폐를 구비하여 내부의 보수 및 점검이 용이하고 방열, 통풍이 잘 되도록 한다.

5) 외함 전면에는 장비의 운전 상태 감시 및 조작이 가능한 표시장치(LCD 터치스크린 또는 동등 이상)를 구비하여야 한다.

6) 각 제어반 재질은 강판 1.6mm 이상으로 결함이나 흠이 없고 평탄하게 제작하여야 한다.

7) 계장, 계측기류 및 내부 배선 등의 하중에 의하여 변형되지 않도록 하여야 한다.

8) 제어반 내부는 내부배선, 인입케이블, 전선, 단자대, 기타장치를 지지하기 위한 브래킷이나 지지대를 구비하고 케이블 연결작업이 용이하도록 충분한 공간을 확보해야 한다.

9) 제어반 하부에는 케이블 인입구를 구비하여 케이블이 인입될 수 있도록 한다.

10) 패널 문짝은 휘거나 움푹 들어가지 않도록 견고한 부재를 사용하고, 절곡 부분은 충분한 각도로 절곡하고 손잡이 및 잠금장치를 구비하여야 한다.

11) 외부에 노출된 금속 표면 및 부품은 방청도장 및 마감도장을 하여야 하며, 설치 환경의 습도 및 분진 조건을 고려하여 적절한 방식 처리를 하여야 한다.

12) 외함 상단에 운반용 인양고리를 부착하고 하단에 접지선 접속 터미널을 부착하며, 기초볼트로 고정할 수 있는 구조로 한다.

13) 외함 보호등급 : 옥내 설치 기준 IP21 이상

14) 외함의 전선 관통구에는 전선의 손상 방지 및 먼지 유입 방지를 위한 부싱(Bushing), 그로멧(Grommet) 또는 케이블 글랜드(Cable Gland)가 구비되어야 한다.

나. 계전기

1) 제어용 계전기는 설비 진동 등에 의한 오동작을 방지할 수 있는 구조로 하여야

한다.

2) 보조계전기는 제어 및 경보회로에 따라 충분한 접점을 가져야 한다.

3) 모든 제어용 계전기는 먼지 등에 의한 접속 불량을 방지하기 위하여 커버를 갖추어야 한다.

다. 스위치

1) 본 제품에 사용되는 스위치류는 정격 동작상태에서 아크(Arc)가 발생하지 않는 제품을 사용하여 개폐를 용이하게 하여야 한다.

2) 각종 스위치는 아크(Arc) 발생 시 파손 우려가 생기므로 납품 시 각각 1개씩의 예비품도 함께 제출하도록 한다.

라. 경보장치 및 운전상태 표시

1) 모든 경보장치는 경보정지(Silence), 복귀(Reset), 시험(Test) 기능을 구비해야 한다.

2) 비정상 운전상태가 감지되면 경보 표시창이 켜지고 경보음이 울리며 표시창이 계속 켜지게 하여야 한다.

3) 경보장치는 고장상태 확인 전에는 실제 그 고장 상태 해소 여부와 관계없이 계속 그 상태를 표시하여야 한다.

4) 트립 경보와 경고경보는 서로 다른 색상으로 구분한다. (트립: 적색/벨, 경고: 황색/부저)

마. 배선

1) 주회로 배선의 단말부는 압착 단자로 견고히 부착하고, 단말부 양단에 선번호 등의 영구적인 표식을 부착하여 회로의 식별이 용이하도록 한다.

2) 케이블은 전원, 위상, 극성, 용도에 따라 그룹으로 묶어 배선하고 색상 구분을 하여 식별이 쉽도록 해야 한다.

3) 제어회로의 배선은 분리 후 재접속 시 상호 선이 바뀌지 않도록 하며 접속이 쉬운 구조이어야 한다.

4) 유도장애, 고주파 유입 등 외란이 우려되는 배선은 차폐용 전선을 사용한다.

바. 단자대

1) 단자대는 채널(Channel)에 설치되는 구조이어야 한다.

2) 단자대는 최소 20% 예비단자를 구비하여야 하며, 단자대별로 대략 비례적으로 예비 단자를 가져야 한다.

3) 단자대는 회로전압, 용도 등에 따라 개별 또는 연합되도록 한다.

4) 한 단자에는 한 선만 접속하도록 단자 배치를 하여야 한다. (더블 접속 불가)

사. 접지

1) 모든 계측기, 계전기, 스위치들은 반 내에 유효하게 접지되어야 한다.

2) 접지는 개별적으로 접지모선에 연결하며, 시험 교체 시 쉽게 분리할 수 있어야 한다.

3) 각 제어반은 2개의 30mm × 3mm 이상의 동대 접지모선을 구비하고 그 중 하나는 차폐 케이블용이나 계장용으로만 사용하여야 한다.

4) 접지모선은 반 내부 하단부에 볼트로 고정하여야 한다.

5) 접지모선 끝단에 원형 압착형 단자를 설치하여 접지선을 연결할 수 있도록 하여야 한다.

아. 명판

1) 각 장비에는 명판을 부착하여야 한다.

2) 명판에는 장비명, 정격, 제조사, 모델명, 일련번호, 제조일, 중량 등을 명기한다.

3) 고전압 부위 등 감전 위험이 있는 곳에는 경고 표지를 부착하여야 한다.

자. 냉각 및 환기

1) 냉각 팬은 정상 운전 조건에서 장비 내부 온도를 허용 범위 이내로 유지할 수 있는 풍량을 확보하여야 한다.

2) 냉각 팬 고장 시 과열보호(OTP)가 동작하여 장비를 안전하게 정지시켜야 한다.

3) 공기 필터가 적용되는 경우 정기 교체가 용이한 구조이어야 한다.

차. 전력용 반도체 소자

1) 인버터 및 정류기에 사용되는 전력용 반도체(IGBT, 다이오드 등)는 정격 조건에서 충분한 열적 여유(Thermal Margin)를 갖도록 선정하여야 한다.

2) 전력용 반도체 소자의 방열판(Heat Sink)은 연속 정격 운전 시 접합온도(Junction Temperature)가 제조사 권장 최대값의 80% 이내가 되도록 설계하여야 한다.

카. 예비품

1) 계약상대자는 장비의 정상 운전 및 돌발 고장 시 교체가 필요한 예비품을 추천·공급하여야 한다. 예비품 목록에는 아래 항목을 포함한다.

- 제어회로 기판
- 보조 계전기, 제어용 계전기 및 타이머
- 퓨즈류
- 전력용 반도체 소자
- 서지보호기(SPD)
- 냉각 팬
- 기타 소모성 부품

2) 모든 예비품은 장기간 저장할 수 있도록 포장하여야 한다.

3.3 입력 절연 변압기 기술기준

가. 변압기는 IEC 60076(전력 변압기) 시리즈 또는 동등 이상의 규격에 따라 설계·제작·시험하여야 한다.

나. 변압기는 전원 특성 모사장치, 전력 회생형 부하 특성 모사장치의 패널 내부에 내장 설치되는 구조이며, 여러 대의 장치가 병렬 연결되어 운영될 경우 각각의 Master 및 Slave 파워 모듈마다 절연변압기를 적용하여야 한다.

다. 변압기는 모사장치 제조사에서 사용하는 제품으로 구축한다.

라. 변압기에 내장된 온도 센서(PT100 등)의 계측값은 장비의 제어 시스템과 연동되어, 과열 시 출력 제한 또는 보호 차단 동작에 활용되어야 한다.

마. 절연 등급은 F종(155℃) 이상으로 하되, 연속 정격 운전 시 권선 온도 상승이 절연 등급의 허용 온도 이내이어야 한다.

바. 변압기 외함은 패널 구조에 일체화되어야 하며, 점검 및 유지보수를 위한 접근이 용이한 구조이어야 한다.

사. 진동 및 소음은 정격 부하 운전 시 1m 거리에서 65dB 이하이어야 한다.

3.4 신호 분석 툴 기술기준

가. 전력, 오실로스코프 등 계측기는 해당 제품의 제조사가 공급하는 최신 교정 기술에 따라 교정된 것이어야 하며, 유효한 교정성적서(Certificate of Calibration)를 보유하여야 한다.

나. 센서류(Flux-gate CT, Differential Probe, Rogowski Coil 등)는 측정 대상 신호의 대역폭과 정확도를 만족하는 것을 사용하여야 하며, 정기 검교정이 가능한 구조이어야 한다.

다. 계측 데이터의 통합 제어 장치와의 연동을 위한 통신 인터페이스(GP-IB, USB, Ethernet 등)를 구비하여야 한다.

라. 계측기 부속품(프로브, 리드선, 어댑터, 전원 케이블 등) 일체를 포함하여 공급하여야 한다.

3.5 부하 장치 (Load Bank) 기술기준

가. 저항소자 지지용 프레임은 아연도 강판을 사용하며, 절연은 열에 강한 세라믹 재질로 구성한다.

나. 온도상승에 따른 저항값 변화는 설계값의 ±5% (주변 온도 20℃ 기준) 이내이어야 한다.

다. 부하 장치 전면에 전압, 전류, 전력, 주파수 등 시험에 필요한 계측값을 디지털 미터로 표출할 수 있어야 한다.

라. 부하 용량 제어 방식은 통신을 활용하여 부하 단계 원격 제어가 가능하여야 하며, 역상방지 기능을 보유해야 한다.

마. 냉각팬은 정격 부하 조건에서 저항체 온도를 허용 범위 이내로 유지할 수 있는 풍량을 확보하여야 하며, 냉각팬 고장 또는 온도 과부하 시 자동 차단(OTP) 기능을 구비하여야 한다.

바. 납품 과정에서 운반 도중 파손되거나 저항기에 이물질이 있거나 보관 실수로 인해 녹 또는 습기가 발생한 경우 교체하여야 한다.

3.6 통합 제어 장치 기술기준

가. 통합 제어용 컴퓨터(PC) 및 HMI 콘솔은 산업용 등급 이상의 신뢰성을 갖춘 제품을 사용하여야 한다.

나. 통합 제어 프로그램은 모두 정품이어야 하며, 불법 복제품 또는 저작권으로 인하여 발생하는 모든 문제는 계약상대자의 책임으로 한다.

다. 정전 등 전원 이상 시 제어 데이터 및 시험 이력이 유실되지 않도록 UPS 또는 이와 동등한 무정전 전원장치를 제어용 PC에 적용하여야 한다.

라. 데이터베이스(DB)는 최소 5년 이상의 시험 데이터를 저장할 수 있는 용량을 확보하여야 하며, 데이터 자동 백업 시스템을 갖추어야 한다.

마. 사용자 접근 권한 관리 기능(관리자/운전원 등급 구분)을 갖추어야 한다.

바. 기 보유 BESS와의 통신 연동을 위한 Modbus TCP 클라이언트 기능을 내장하여야 하며, BESS EMS와의 통신 두절 시 이를 감지하여 경보를 발생시키고 해당 시험 모드를 안전하게 정지시키는 Fail-Safe 로직을 구비하여야 한다.

사. ESS 충전 흡수 연계 운전 모드에서, 부하 모사 장치의 흡수 전력과 BESS 충전 전력 간의 밸런싱 제어 주기는 제어 통신 응답 지연을 고려하여 설정하되, 계통 역전력이 수전단 보호계전기 설정치를 초과하지 않도록 하여야 한다. 구체적인 제어 주기 및 전력 추종 오차 허용 범위는 발주처와 협의하여 확정한다.

3.7 케이블 및 부자재 기술기준

가. 전력 케이블

1) 전력 케이블은 0.6/1kV XLPE 절연 케이블(FR-CV) 또는 동등 이상의 난연 케이블을 사용한다.

2) 케이블 도체 단면적은 KEC에 따라 회로 최대 부하전류, 허용 전류, 전압 강하, 단락 전류 내량을 고려하여 산정하되, 모든 부하 회로용 도체 각각은 전부하 정격의 125% 전류를 부담할 수 있는 굵기로 한다.

3) 난연 등급 : KS C IEC 60332-3 (수직 트레이 연소 시험) 적합

나. 제어 케이블

1) 제어 케이블은 0.6/1kV CVV-S (차폐 제어 케이블) 또는 동등 이상을 사용한다.

2) 제어용 케이블의 도체 굵기는 최소한 1.5mm² 이상을 사용하여야 한다.

3) 절연 및 외장재료는 난연 성능을 가진 재질이어야 한다.

다. 계측제어 신호 케이블

1) 아날로그 및 디지털 계측용 케이블은 다심형, 꼬임(Twisted) 및 차폐형이어야 한다.

2) 아날로그 계측제어 신호용 도체의 굵기는 0.5mm² (20 AWG) 이상의 꼬임 및 차폐형이어야 한다.

라. 케이블 트레이 및 덕트

1) 전력 케이블과 제어/통신 케이블은 전자기 간섭(EMI)을 최소화하기 위해 별도의 트레이에 포설하여야 한다.

2) 트레이의 재질은 용융 아연도금 강이어야 한다.

3) 전력용 케이블 트레이는 사다리형(Ladder Type), 계측제어용 케이블 트레이는 바닥이 막힌 형(Solid Bottom Type)으로 하고 덮개를 하여야 한다.

4) 케이블 트레이 설치를 위한 바닥 및 벽 관통 부분에는 난연성 물질로 된 방화재질(Fire Stop)로 마감 처리해야 한다.

4. 품질보증

가. 계약상대자는 품질관리 체계를 수립하고, 설계, 제작, 검사, 시험의 전 과정에 걸쳐 품질을 보증하여야 한다.

나. 주요 기자재에 대하여 FAT(Factory Acceptance Test)를 실시하여야 하며, 발주처가 FAT 입회를 요청할 경우 이에 협조하여야 한다.

다. FAT 항목에는 외관 검사, 절연 저항 측정, 내전압 시험, 동작 시험, 보호 기능 시험 등이 포함되어야 한다.

라. 계약상대자는 시험 및 검사에 사용하는 모든 계측 장비에 대해 유효한 교정성적서(Certificate of Calibration)를 보유하고, 발주처 요청 시 제출하여야 한다.

마. 계약상대자는 제작 완료 후 FAT 결과보고서를 발주처에 제출하고 승인을 받은 후 출하하여야 한다.

5. 운송, 취급 및 저장

가. 운송 중 기자재의 손상, 오염, 변형이 발생하지 않도록 적절한 포장 및 고정 조치를 취하여야 한다.

나. 중량물 운송 시에는 양중 장비 사양, 운송 경로, 반입 동선을 사전에 확인하고, 필요시 발주처와 협의하여야 한다.

다. 현장 도착 후 설치 전까지 기자재의 보관이 필요한 경우, 습기, 분진, 직사광선으로부터 보호될 수 있는 조건에서 저장하여야 한다.

라. 기자재의 인수 시 외관 상태를 확인하고, 운송 중 손상이 발견될 경우 즉시 발주처에 통보하고 교체 조치하여야 한다.

6. 설계도서 제출요건

가. 계약상대자는 아래의 설계도서를 착공 전 발주처에 제출하고 승인을 받아야 한다.

1) 전체 시스템 구성도 (Single Line Diagram)

2) 각 기자재 상세 사양서 및 도면 (외형도, 배치도)

3) 전력 배선도 (Power Wiring Diagram)

4) 통신 네트워크 구성도

6) 접지 계통도

7) 테스트 운용 계획서

8) 품질관리 계획서

9) 안전관리 계획서

나. 설계도서는 제작 착수 전에 발주처의 승인을 득하여야 하며, 미승인 상태에서 제작에 착수하여서는 안 된다.

7. 하자보증

가. 제1장 1.8항(하자 및 유지보수)에 따른다.

8. 납품

가. 납품기한 : 계약 체결 후 180일 이내

나. 납품 장소 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 UPS 안전성 평가센터 내 지정 장소

다. 납품 시 제출 서류

1) 납품서

2) FAT 결과보고서

3) 각 장치의 교정성적서

4) 상세 회로도 및 치수가 기재된 도면

6) 운전 매뉴얼

제3장. 시방서

1. 공사범위

가. 본 시방서는 '1MVA급 LiB-UPS 안전성 평가시스템'의 현장 설치공사에 적용하며, 그 범위는 다음과 같다.

1) 기자재의 반입, 거치, 고정 및 앵커링

2) 전력 케이블 포설 및 접속(전기설비공사)

3) 제어·통신 케이블 포설 및 접속(통신설비공사)

4) 접지 설비 공사

5) 케이블 트레이·덕트 설치공사

6) 열관리 설비 공사(강제 배기 및 환기 설비)

7) 테스트 운용 및 성능 검증

나. 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 일반시방서 및 관련 표준에 따르되, 시스템 기능 구현에 필요한 사항은 계약상대자의 책임 하에 시공한다.

2. 일반시방서

2.1 일반사항

가. 본 공사에 적용되는 일반시방서는 한국전기설비규정(KEC), 「전기설비기술기준의 판단기준」, 「내선규정(KECG)」을 기본으로 하며, 관련 법규 및 규격에 따른다.

나. 본 시방서에 명시되지 않은 세부 시공 방법은 관련 표준시방서(건축·전기·통신·소방)를 따른다.

다. 시방서의 내용이 설계도면과 상이할 경우 발주처의 해석에 따른다.

라. 본 시방서에 사용되는 단위는 국제단위계(SI)를 기본으로 한다.

2.2 공사관리

가. 계약상대자는 착공 전에 공사 시공 계획서를 발주처에 제출하여 승인을 받아야 한다. 시공 계획서에는 시공 순서, 공법, 투입 인력, 장비 계획, 가설 계획을 포함한다.

나. 공사 중 중요 개소 또는 은폐 부위의 시공 시에는 발주처의 확인 검사를 받아

야 하며, 확인 검사 이전에 후속 공정을 진행하여서는 안 된다.

다. 기록 사진은 시공 전·중·후에 촬영하고, 은폐 부위는 특히 상세하게 기록하여 준공 서류에 포함한다.

라. 타 공종(건축, 기계 등)과 간섭이 예상되는 경우, 사전에 발주처와 협의하여 공정 조율을 하여야 한다.

마. 시공 과정에서 발생하는 폐자재, 잔재물은 관련 법규에 따라 계약상대자가 처리한다.

2.3 자재관리

가. 공사에 사용하는 모든 자재는 KS 규격품 또는 동등 이상이어야 하며, 자재 반입 시 발주처의 검수를 받아야 한다.

나. 자재의 보관은 습기, 분진, 직사광선으로부터 보호되는 장소에서 하여야 하며, 특히 전자 장비 및 센서류는 정전기 방지 포장 상태를 유지한다.

다. 자재 검수 시 규격서와 상이하거나 손상된 자재가 발견될 경우, 즉시 교체하여야 한다.

라. 모든 자재는 추적이 가능하도록 입고 대장을 작성·유지하여야 한다.

2.4 안전관리

가. 안전관리에 관한 사항은 제1장 1.10항에 따른다.

나. 활선 작업은 원칙적으로 금지하며, 불가피하게 활선 근접 작업이 필요한 경우 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에 따라 안전조치를 취하여야 한다.

다. 고소 작업, 중량물 취급, 밀폐 공간 작업 시에는 해당 작업에 대한 별도의 안전작업 계획서를 작성하고 발주처의 승인을 받아야 한다.

라. 시험실 내 작업 시 전력 장비의 잔류 전압에 주의하여야 하며, 작업 전 검전기로 무전압 상태를 확인한 후 작업에 착수하여야 한다.

2.5 품질관리

가. 계약상대자는 품질관리 계획서를 착공 전에 제출하여야 하며, 주요 공종별 검사 항목, 검사 기준, 검사 방법, 합격 기준을 명시하여야 한다.

나. 주요 검사 항목은 다음을 포함한다.

1) 자재 수입 검사

2) 배선 시공 중간 검사 (절연 저항, 접속부 상태)

3) 접지 저항 측정

4) 케이블 메거 시험 (절연 저항)

5) 차단기 동작 시험

6) 통전 시험 및 극성 확인

7) 통신 배선 도통·절연 시험

다. 각 검사 항목에 대해 검사 기록부를 작성하고, 준공 서류에 첨부한다.

2.6 공사 검사 및 인수인계

가. 시공 완료 후 계약상대자는 발주처에 준공 검사를 요청하며, 발주처의 준공 검사에 합격하여야 한다.

나. 준공 검사 시 제출 서류는 다음과 같다.

1) 준공 도면 (As-Built Drawing)

2) 시험 성적서 (절연 저항, 접지 저항, 차단기 시험, 통전 시험 등)

3) 기록 사진첩

4) 자재 입고 대장 및 검수 기록

5) 품질 검사 기록부

6) 안전관리 활동 기록

다. 인수인계 시에는 장비 운전 매뉴얼, 회로도, 배선도, 유지보수 매뉴얼, 예비품 목록을 함께 인계하여야 한다.

3. 특기시방서

3.1 전기설비

3.1.1 전력 배선 공사

가. 적용 범위

본 항은 전원 인입점으로부터 각 시험 장비(전원 특성 모사장치, 전력 회생형 부하

특성 모사장치, 부하 장치, 차단기)까지의 전력 케이블 포설 및 접속에 적용한다.

나. 케이블 선정

1) 전력 케이블은 0.6/1kV 가교 폴리에틸렌 절연 케이블(FR-CV) 또는 동등 이상을 사용한다.

2) 케이블 도체 단면적은 KEC에 따라 회로 최대 부하전류, 허용 전류, 전압 강하, 단락 전류 내량을 고려하여 산정한다.

3) 전압 강하는 간선에서 3% 이내, 분기 회로에서 2% 이내로 한다.

* KEC 232.51 (전기 배선의 전압 강하)에 따르면, 저압 간선의 전압 강하는 인입점으로부터 최원단 부하까지 공칭전압의 4% 이내를 권장한다. 본 시험 장치는 MVA급 대전류가 흐르므로, 간선 3% + 분기 2% = 합산 5% 이내를 목표로 설정하였다. 다만, 실제 케이블 길이가 짧은 시험실 내부 설치이므로 이 기준은 충분히 만족할 수 있을 것으로 판단된다.

다. 케이블 포설

1) 케이블은 케이블 트레이 또는 덕트 내에 포설하며, 바닥 직접 포설은 원칙적으로 금지한다.

2) 케이블의 곡률 반경은 제조사가 지정하는 최소 곡률 반경 이상으로 하여야 한다. 일반적으로 외경의 6배 이상으로 한다.

3) 케이블 포설 시 과도한 장력을 가하여서는 안 되며, 케이블 제조사의 허용 장력 이내로 포설한다.

4) 수직 구간의 케이블은 적절한 간격으로 케이블 클리트(Cleat)로 고정하여 자중에 의한 처짐 및 외피 손상을 방지한다.

5) 전력 케이블과 제어·통신 케이블은 전자기 간섭(EMI)을 방지하기 위해 별도의 트레이 또는 분리 격벽을 설치하여 포설한다. 이격 거리는 최소 300mm 이상으로 한다.

* 전력 케이블과 신호 케이블의 이격 거리 300mm는 KEC 및 일반적인 시공 관행에 근거한다. 본 시험 장치에서 계통 외란 발생 장치는 최대 50차 고조파(60Hz 기준 3kHz)까지 출력하므로, 고주파 전류에 의한 EMI가 제어·계측 신호에 영향을 줄 가능성이 있다. 분리 포설은 이러한 간섭을 저감하기 위함이다.

라. 케이블 접속

1) 케이블 양단에는 압축 단자(Compression Lug)를 사용하여 접속하며, 접촉 면적이 충분하도록 적정 규격의 단자를 선택한다.

2) 케이블 접속부는 절연 테이프 또는 열수축 튜브로 절연 처리하며, 절연 처리

후 절연 저항을 확인한다.

3) 케이블 양단에는 회로명, 상(Phase) 표시, 케이블 번호를 기재한 케이블 마크(Cable Tag)를 부착한다.

4) 버스바 접속부의 볼트 체결은 규정 토크로 체결하고, 토크 렌치 사용 기록을 남긴다.

마. 시험 및 검사

1) 케이블 포설 완료 후 통전 전에 각 회로별 절연 저항을 측정한다. 절연 저항 판정기준은 KEC에 따르며, 0.6/1kV 케이블의 경우 DC 1,000V 메거 기준 최소 1MΩ 이상이어야 한다.

2) 3상 회로의 상순(Phase Sequence) 및 극성을 확인한다.

3) 각 회로의 차단기 정격 및 보호 협조를 확인한다.

3.1.2 접지공사

가. 적용 범위

본 항은 시험 장비의 보호 접지(PE), 기능 접지(FE) 및 계측용 신호 접지(SE)에 적용한다.

나. 접지 방식

1) 보호 접지(PE)는 건물 기존 접지 계통에 연결하되, 접지 저항이 KEC 기준을 만족하는지 확인한다.

2) 기능 접지(FE)는 시험 장비 제조사의 권고에 따라 설치하며, 보호 접지와 분리 또는 공용 여부는 발주처와 협의하여 결정한다.

3) 계측용 신호 접지(SE)는 전력 접지 계통과 분리하여 구성하며, 접지 노이즈가 계측 데이터에 영향을 미치지 않도록 한다.

* 본 시험 장치에서 전력(±0.1% 정밀도)와 Flux-gate CT 등 고정밀 센서를 사용하므로, 신호 접지(SE)의 노이즈 관리가 중요하다. 전력 접지와 신호 접지를 별도 도체로 구성하되, 최종적으로 한 점(Single Point)에서 접속하는 방식이 적합하다.

다. 접지 도체

1) 접지 도체는 KEC에 따라 보호 도체(PE)의 최소 단면적을 산정한다.

2) 접지 도체의 접속은 압착, 용접 또는 기계적 체결에 의하며, 접촉 면적이 충분하도록 한다.

3) 케이블 트레이, 덕트, 판넬 외함 등 금속 구조물에는 접지 본딩(Bonding)을 실시한다.

4) 접지 도체의 식별은 녹색-황색 줄무늬(Green-Yellow)로 한다.

라. 등전위 본딩

1) 시험실 내 모든 금속 노출부(장비 외함, 트레이, 덕트, 배관 등)는 등전위 본딩을 실시한다.

2) 본딩 도체의 단면적은 보호 도체 단면적의 1/2 이상으로 한다.

마. 시험 및 검사

1) 접지 저항을 측정하고, KEC에서 요구하는 접지 저항 기준을 만족하는지 확인한다.

2) 등전위 본딩의 연속성을 확인한다.

3) 접지 저항 측정 성적서를 준공 서류에 포함한다.

3.1.3 배전반(차단기) 설치 공사

가. 차단기 판넬은 바닥면에 견고하게 고정하며, 수평·수직 정렬을 확인한다.

나. 판넬 간 연결 버스바의 접속 시에는 접촉면을 청결히 하고, 규정 토크로 체결한다.

다. 판넬 전면 및 후면에 KEC에서 요구하는 유지보수 공간을 확보한다. 전면 최소 1,000mm, 후면 최소 600mm를 확보하되, 차단기 인출형인 경우 인출 공간을 추가로 확보한다.

라. 판넬 설치 후 각 회로의 차단기 동작 시험(수동 투입·차단, 전동 투입·차단, 트립 동작)을 실시한다.

마. 인터락(Interlock) 기능의 정상 동작을 확인한다.

바. 비상 정지(Emergency Stop) 버튼의 동작을 확인한다.

3.1.4 변압기 설치 공사

가. 절연 변압기는 양방향 가변 전원공급장치 판넬 내부에 내장 설치되며, 설치 시 변압기 중량을 고려하여 바닥 하중을 확인한다.

나. 변압기 1차·2차 단자 접속은 규정 토크로 체결하고, 접속부 접촉 저항을 확인

한다.

다. 변압기 설치 후 다음 시험을 실시한다.

1) 절연 저항 시험 : 1차−2차 간, 1차−철심 간, 2차−철심 간 각각 DC 1,000V 메거 기준 500MΩ 이상

2) 권선 저항 측정

3) 변압비 시험 (Turns Ratio Test)

4) 온도 센서(PT100) 동작 확인

라. 변압기 냉각에 필요한 환기 공간이 확보되었는지 확인한다. 건식 변압기의 경우 제조사 권장 이격 거리 이상을 유지한다.

3.2 통신설비

3.2.1 제어 배선 공사

가. 적용 범위

본 항은 통합 제어 장치(HMI 콘솔)와 각 시험 장비 간의 제어 신호, 상태 감시 신호, 인터락 신호 배선에 적용한다.

나. 케이블 선정

1) 제어 케이블은 0.6/1kV 차폐 제어 케이블(CVV−S) 또는 동등 이상을 사용한다.

2) 차폐(Shield)의 접지는 일측 접지(Single−End Grounding)를 원칙으로 하되, 장비 제조사의 권고가 있는 경우 이를 따른다.

* 차폐 케이블의 일측 접지는 저주파(60Hz) 환경에서 접지 루프에 의한 노이즈 유입을 방지하는 데 적합하다. 양측 접지는 고주파 노이즈 차폐에 유리하지만, 본 시험 장치의 제어 신호는 대부분 디지털(Modbus TCP, 디지털 I/O) 방식이므로 일측 접지로 충분하다.

다. 배선 시공

1) 제어 케이블은 전력 케이블과 별도의 트레이 또는 분리 격벽을 통해 포설한다.

2) 제어 케이블의 굽힘 반경은 외경의 6배 이상으로 한다.

3) 단자 접속 시 배선 번호표(Wire Marker)를 부착하여 추후 유지보수에 용이하도록 한다.

4) 판넬 내부에서의 제어 배선은 덕트 또는 타이 밴드를 이용하여 정리하며, 여유 길이를 확보한다.

라. 시험 및 검사

1) 도통 시험 (Continuity Test) : 모든 제어 배선의 양단 도통을 확인한다.

2) 절연 시험 : DC 500V 메거 기준 1MΩ 이상을 확인한다.

3) 인터락 신호 동작 확인 : 각 인터락 조건에 대해 정상 동작을 확인한다.

3.2.2 통신 배선 공사

가. 적용 범위

본 항은 통합 제어 장치, 계측 장비(전력, 오실로스코프), 각 시험 장비 간의 데이터 통신 배선에 적용한다.

나. Ethernet 배선

1) Cat.6 UTP 케이블 이상을 사용한다.

2) 케이블 길이는 단일 구간 최대 90m를 초과하지 않도록 한다. (TIA/EIA-568 기준)

3) 커넥터는 크림핑 후 케이블 테스터로 도통 및 페어링을 확인한다.

4) 네트워크 스위치 및 패치 패널을 사용하는 경우, 포트 번호와 연결 장비를 기재한 배선표를 작성한다.

다. 시리얼 통신 배선

1) 차폐 트위스트 페어(STP) 케이블을 사용한다.

2) 통신 시 종단 저항(120Ω)의 설치 여부는 통신 구간 길이 및 장비 사양에 따라 결정한다.

3) 통신 케이블은 전력 케이블과 분리 포설한다.

라. 모사장치 병렬 제어용

1) 커넥터 접속부는 청결하게 유지하고, 미사용 시 보호 캡을 장착한다.

2) 포설 시 최소 곡률 반경을 준수하며, 과도한 장력을 가하지 않는다.

3) 포설 완료 후 광 손실(Optical Loss)을 측정하고, 제조사 기준치 이내임을 확인한다.

마. 계측기 연동 (GP-IB, CAN 등)

1) 통신 연결 시 데이지 체인(Daisy Chain) 또는 스타(Star) 토폴로지를 사용할 수 있으며, 전체 케이블 길이가 규격 제한(총 20m, 장비 간 4m)을 초과하지 않도

록 한다.

바. 시험 및 검사

1) Ethernet : 케이블 테스터를 이용하여 각 포트의 링크 상태, 속도, 페어링을 확인한다.

2) 시리얼 통신 : 루프백 테스트(Loopback Test)를 실시하여 통신 정상 여부를 확인한다.

3) 광섬유 : OTDR 또는 광 파워 미터를 이용하여 광 손실을 측정하고, 측정 성적서를 준공 서류에 포함한다.

4) 모든 통신 채널에 대해 통합 제어 장치에서 데이터 송수신이 정상적으로 이루어지는지 확인한다.

3.3 열관리설비

3.3.1 적용 범위

본 항은 시험실 내 시험 장비로부터 발생하는 열의 배출 및 시험실 내부 온도 유지를 위한 환기·배기 설비에 적용한다.

3.3.2 발열량 산출

가. 계약상대자는 각 장비의 손실(효율로부터 산출)에 기반하여 시험실 내부의 총 발열량을 산출하여야 한다.

나. 발열량 산출 결과는 열관리 계획서에 포함하여 발주처에 제출하고 승인을 받아야 한다.

* 회생형 장비의 효율은 일반적으로 90% 이상이며, 나머지가 열로 방출된다. 예를 들어 1.5MVA 계통 외란 발생 장치의 전력 변환 손실이 10%라 하면 약 150kW의 열이 발생한다. 이는 실제 부하율, 시험 지속시간, 실내 체적에 따라 달라지므로, 계약상대자가 구체적으로 산출하여 환기 설비를 설계하여야 한다.

3.3.3 환기 및 배기 설비

가. 시험 장비(특히 Load Bank 및 변압기)의 배열이 실내에 축적되지 않도록 강제 배기 팬을 설치한다.

나. 배기 덕트는 알루미늄 또는 아연도금 강판 재질을 사용하며, 내열 온도가 장비 배기 온도 이상이어야 한다.

다. 배기 팬의 풍량은 발열량 산출 결과에 근거하여 설계하되, 시험실 내부 온도가 장비 동작 온도 범위(0~40℃) 이내로 유지될 수 있는 용량이어야 한다.

라. 흡기구 및 배기구의 위치는 실내 공기 순환이 원활하도록 배치한다. 일반적으로 흡기는 하부, 배기는 상부에 배치한다.

마. Load Bank는 특히 발열량이 크므로(최대 1,000kW급), 배열을 직접 외부로 배출할 수 있는 전용 배기 경로를 구성하거나, 실외에 설치하는 것을 우선 검토한다.

* Load Bank는 흡수한 전력을 100% 열로 변환하는 장치이므로, 정격 1,000kVA(역률 1.0) 운전 시 약 1,000kW의 열이 발생한다. 이를 실내에서 처리하려면 대규모 환기 설비가 필요하므로, 실외 설치가 가장 현실적인 방안이다. 실외 설치가 불가한 경우, 전용 배기 덕트를 통해 직접 외부로 배출하는 방안을 적용한다.

바. 배기 팬 및 관련 설비의 전원은 시험실 분전반으로부터 별도 회로로 공급한다.

사. 배기 팬의 운전은 온도 센서 연동에 의한 자동 운전을 기본으로 하되, 수동 운전도 가능하여야 한다.

3.3.4 시험 및 검사

가. 배기 팬의 풍량 및 정압을 측정하고 설계값과 비교한다.

나. 온도 센서의 동작을 확인하고, 설정 온도에서 팬의 자동 기동·정지가 정상 동작하는지 확인한다.

다. 전 장비 정격 운전 조건에서 시험실 내부 온도 분포를 확인하고, 모든 지점에서 장비 동작 온도 범위 이내인지 확인한다.

제4장. 테스트 운용 지침서

1. 적용범위

가. 본 지침서는 “1MVA급 LiB-UPS 안전성 평가시스템”의 제작 완료 후 공장 시험(FAT) 및 현장 설치 후 현장 인수 시험(SAT)에 적용한다.

나. 테스트 운용은 FAT(Factory Acceptance Test) → SAT(Site Acceptance Test)의 순서로 진행한다.

1) FAT : 메인 장비(전원/전력 회생형 부하 특성 모사장치)에 대한 단품 성능 시험을 공장에서 실시

2) SAT : 현장 설치 완료 후 전체 시스템 통합 시험 및 성능 검증을 실시

다. 테스트 운용은 발주처 입회 하에 실시하며, 각 시험 항목에 대한 시험 성적서를 작성한다.

2. FAT (Factory Acceptance Test – 공장 인수 시험)

2.1 FAT 개요

가. FAT는 메인 장비의 출하 전 공장에서 실시하며, 장비 고유의 출력 정밀도, 응답 속도, 주요 기능의 동작 여부를 확인하는 것을 목적으로 한다.

나. FAT 대상 장비

1) 전원 특성 모사장치 (총 1.5MVA)

2) 전력 회생형 부하 특성 모사장치 (총 1.2MVA)

다. 신호 분석 툴은 별도의 FAT 시험을 실시하지 않으며, 유효한 교정성적서(Certificate of Calibration)의 제출로 대체한다.

라. 입력 절연 변압기, Load Bank, 통합 제어 장치, 케이블 및 부자재는 FAT 대상에서 제외하며, SAT에서 통합 시험으로 확인한다.

마. FAT 실시 전 계약상대자는 FAT 계획서(시험 항목, 시험 방법, 판정 기준, 사용 계측기 목록)를 발주처에 제출하고 승인을 받아야 한다.

바. 발주처가 FAT 입회를 요청할 경우, 계약상대자는 일정을 조율하여 이에 협조하여야 한다.

2.2 FAT 시험 항목 – 전원 특성 모사장치

각 장비(150kVA 이상 단위)에 대해 다음 항목을 시험한다.

No.	시험 항목	시험 내용	판정 기준
1	출력 전압 정확도	정격 전압(220V, 380V) 설정 후 무부하 및 선형 부하(50%, 100%) 조건에서 출력 전압을 측정한다.	정확도 ±0.1% F.S. 이내
2	출력 전압 왜곡률 (THD)	정격 전압, 60Hz, 무부하 및 선형 전부하 조건에서 출력 전압 THD를 측정한다.	무부하 0.5% 이하, 선형 전부하 1.0% 이하
3	출력 주파수 정확도	50Hz, 60Hz, 40Hz, 70Hz 설정 후 출력 주파수를 측정한다.	정확도 ±0.01% 이내
4	전압 응답 속도	출력 전압을 0%→100%(또는 100%→0%)로 급변시키고, 10%~90% 도달 시간을 측정한다.	3ms 이하
5	전압 슬루율	전압 급변 시 전압 변화율(V/μs)을 오실로스코프로 측정한다.	0.18V/μs 이상
6	Sag/Swell 기능	전압 Sag(0%, 40%, 70%) 및 Swell(120%, 150%) 조건을 설정하고, 인가 전압 및 유지 시간이 설정대로 출력되는지 확인한다.	설정 전압 대비 오차 ±0.1% F.S. 이내, 인가 위상각 오차 ±1° 이내
7	고조파 주입 기능	3차, 5차, 7차, 9차 고조파를 각각 단독 및 복합 합성하여 출력하고, 전력으로 각 차수의 함유율 및 위상을 확인한다.	진폭 오차 설정값 대비 ±5% 이내, 합성 파형 미리보기 기능 정상 동작
8	3상 불평형 기능	각상 독립 전압을 A상 100%, B상 80%, C상 60%로 설정하고, 각상 출력 전압이 설정대로 출력되는지 확인한다.	각상 설정 전압 대비 오차 ±0.1% F.S. 이내
9	각상 위상각 제어	3상 위상각을 기본(0°, 120°, 240°)에서 임의값(예: 0°, 110°, 250°)으로 변경 설정하고, 실측 위상각을 확인한다.	설정 위상각 대비 오차 ±0.3° 이내
10	주파수 변동(Sweep) 기능	50Hz→70Hz 선형 스윕(10초간)을 실행하고, 주파수 변화가 설정대로 이루어지는지 확인한다.	스윕 궤적이 설정과 부합, 주파수 오차 ±0.01% 이내
11	보호 기능 동작	과전류(OCP), 과전압(OVP), 과열(OTP) 보호 동작을 확인한다. 비상 정지(E-Stop) 버튼 동작을 확인한다.	각 보호 기능 설정 조건에서 정상 차단

2.3 FAT 시험 항목 – 전력 회생형 부하 특성 모사장치

각 장비(150kVA 이상 단위)에 대해 다음 항목을 시험한다.

No.	시험 항목	시험 내용	판정 기준
1	부하 전류 정확도	CC 모드에서 정격 전류의 25%, 50%, 75%, 100%를 설정하고, 실측 전류를 확인한다.	정확도 ±0.2% F.S. 이내
2	부하 전류 왜곡률(THD)	CC 모드, 60Hz, 정격 전압, 전부하 조건에서 부하 전류 THD를 측정한다.	2% 이하
3	전류 응답 속도	부하 전류를 0%→100%(또는 100%→0%)로 급변시키고, 10%~90% 도달 시간을 측정한다.	1ms 이하
4	전류 슬루율	전류 급변 시 전류 변화율(A/μs)을 오실로스코프로 측정한다.	0.25A/μs 이상
5	파고율(Crest Factor) 제어	CF = 1.414(정현파)를 설정하고, 출력 전류 파형을 오실로스코프로 확인하여 실측 CF를 산출한다.	설정 CF 대비 편차 ±0.05 이내
6	역률(Power Factor) 제어	역률 = 1.0(저항성), 0.8 지상(유도성), 0.8 진상(용량성)을 설정하고, 전력으로 실측 역률을 확인한다.	설정 역률 대비 편차 ±0.02 이내
7	고조파 전류 주입 기능	3차, 5차, 7차 고조파 전류를 단독 및 복합 합성하여 출력하고, 전력으로 함유율 및 위상을 확인한다.	진폭 오차 설정값 대비 ±5% 이내
8	영전압 기동 기능	입력 전압 0V 상태에서 부하 조건(CC, 50%)을 사전 설정한 후, 전압 인가 시 즉시 부하 전류 흡수가 시작되는지 확인한다.	전압 인가 후 설정 전류 도달까지 1s 이내
9	부하 프로그래밍 기능	다단계 부하 시퀀스(예: 0%→50%→100%→50%→0%, 각 단계 1초 유지)를 프로그래밍하고, 설정대로 자동 실행되는지 확인한다.	각 단계 전환 시 설정 시간 편차 ±10ms 이내
10	보호 기능 동작	과전류(OCP), 과전력(OPP), 과열(OTP) 보호 동작을 확인한다. 비상 정지(E-Stop) 버튼 동작을 확인한다.	각 보호 기능 설정 조건에서 정상 차단

2.4 FAT 판정 및 출하

가. 위 2.2항 및 2.3항의 모든 시험 항목이 판정 기준을 만족하는 경우, FAT 합격으로 판정한다.

나. 불만족 항목이 발생한 경우, 원인을 분석하고 시정 조치를 실시한 후 해당 항목에 대해 재시험한다.

다. 계약상대자는 FAT 결과보고서(시험 성적서, 사용 계측기 교정성적서, 불만족 항목 시정 조치 내역 포함)를 발주처에 제출하고, 승인을 받은 후 출하한다.

3. SAT (Site Acceptance Test – 현장 인수 시험)

3.1 SAT 개요

가. SAT는 전 장비의 현장 설치 및 배선 공사가 완료된 후 실시하며, 전체 시스템의 통합 기능, 보호 협조, 데이터 수집, 성능 검증을 확인하는 것을 목적으로 한다.

나. SAT 실시 전 다음 사항이 완료되었는지 확인한다.

1) 제3장 시방서에 의한 모든 설치공사(전기, 통신, 열관리) 완료 및 공사 검사 완료

2) 각 회로 절연 저항 측정 결과 기준치 이상

3) 접지 저항 측정 결과 기준치 이내

4) 모든 비상 정지(Emergency Stop) 버튼 동작 확인

5) 계측기 교정성적서 유효 기간 확인

6) FAT 합격 확인 (계통 외란 발생 장치, 부하 모사 장치)

3.2 SAT 시험 항목 – 시스템 통합 시험

No.	시험 항목	시험 내용	판정 기준
1	병렬 운전 시험	전원 모사 장치 (1.5MVA) 및 부하 모사 장치 (1.2MVA) 동기 운전 확인.	병렬 장비 간 전류 분배 편차 ±5% 이내
2	차단기 인터락 시험	시험 모드별 차단기 인터락 시퀀스가 설계대로 동작하는지 확인	모든 인터락 조건에서 정상 차단 동작
3	비상 정지 시험	어느 한 장비의 비상 정지 버튼 작동 시, 전체 시스템이 안전하게 정지하는지 확인	전 장비 즉시 정지, 잔류 전압 안전 방전

4	통합 제어 연동 시험	HMI에서 전 장비의 원격 제어(기동/정지/설정 변경), 상태 모니터링, 데이터 수집이 정상적으로 이루어지는지 확인	모든 제어 명령 및 데이터 수집 정상 동작
5	데이터 저장 시험	시험 중 계측 데이터가 DB에 자동 저장되고, 시험별/기간별 조회 및 리포트 생성이 가능한지 확인	데이터 누락 없이 저장, 조회 기능 정상
6	보호 협조 시험	과전류, 과전압, 과열 등 이상 조건 모사 시 보호 장치가 설계된 순서대로 동작하는지 확인	보호 장치 정상 동작, 시스템 안전 정지

3.3 SAT 시험 항목 – 성능 검증 시험

시스템 통합 시험 완료 후, 실제 DUT(UPS)를 연결하여 본 시험 장치의 운용 목적에 부합하는 성능을 검증한다.

No.	시험 항목	시험 내용	판정 기준
1	입력 전원 품질 시험 구현 확인	DUT(UPS) 입력단에 전압 Sag/Swell, 고조파 주입, 주파수 변동, 3상 불평형 조건을 인가하고, 설정값 대비 실측값의 정합성 확인	각 항목 설정값 대비 오차 본 규격서 제2장 2.1항 기준 이내
2	비선형 부하 변동 시험 구현 확인	DUT(UPS) 출력단에 0~100% 부하 급변, 단계적 부하 변동, CF 변동을 인가하고, 설정값 대비 실측값의 정합성 확인	각 항목 설정값 대비 오차 본 규격서 제2장 2.2항 기준 이내
3	종합 계측 정합성 확인	시험 중 전력, 오실로스코프, 센서의 측정 데이터가 설정 조건과 정합하는지 확인	측정값과 설정값 간 편차 계측기 정확도 이내
4	시험 시퀀스 자동 운전 확인	HMI 시퀀스 편집기에서 설정한 시험 시나리오가 자동으로 수행되는지 확인	시퀀스 전 과정 자동 수행, 설정대로 동작
5	연속 운전 시험	정격 부하 조건에서 4시간 이상 연속 운전을 실시하고, 장비 이상(과열, 보호 동작, 오류 등) 발생 여부 확인	4시간 연속 운전 중 이상 미발생

4. 테스트 운용 지침

4.1 테스트 운용 절차

가. FAT(2항) → 현장 설치공사 → SAT 시스템 통합 시험(3.2항) → SAT 성능 검증 시험(3.3항) 순서로 진행한다.

나. FAT 합격 후 출하하고, 현장 설치공사 및 제3장 시방서에 의한 공사 검사가 완료된 후 SAT에 착수한다.

다. 각 단계의 시험이 완료된 후 시험 성적서를 작성하고, 발주처의 확인을 받은 후 다음 단계로 진행한다.

라. 시험 중 불만족 항목이 발생한 경우, 원인을 분석하고 시정 조치를 실시한 후 재시험한다. 재시험 시에는 시정 조치 내용과 재시험 결과를 별도 기록한다.

4.2 테스트 운용 안전수칙

가. 테스트 운용 중에는 관련 자격 및 경험을 갖춘 계약상대자 기술자가 반드시 입회하여야 한다.

나. 테스트 운용 전에 시험 구역을 구획하고, 관계자 외 출입을 통제한다.

다. 고전압·대전류 시험 시에는 차단기 투입 전 관계자 전원에게 구두 또는 방송으로 통보하고, 안전 확인 후 투입한다.

라. 비상 시에는 가장 가까운 비상 정지(Emergency Stop) 버튼을 조작하여 즉시 시험을 중단한다.

마. 테스트 운용 중 이상 소음, 이상 발열, 이상 냄새가 감지될 경우 즉시 시험을 중단하고 원인을 파악한다.

바. 시험 종료 후 잔류 전압이 안전하게 방전된 것을 검전기로 확인한 후 장비에 접근한다.

4.3 테스트 운용 결과 보고

가. 계약상대자는 테스트 운용 완료 후 다음 서류를 포함한 테스트 운용 결과 보고서를 발주처에 제출한다.

1) 테스트 운용 총괄 보고서

2) FAT 결과보고서

3) 교정성적서 (신호 분석 툴, 계통 외란 발생 장치, 부하 모사 장치)

4) SAT 시스템 통합 시험 성적서

5) SAT 성능 검증 시험 성적서

6) 불만족 항목 시정 조치 내역 (해당 시)

7) 테스트 운용 기록 사진

나. 발주처는 제출된 테스트 운용 결과 보고서를 검토하고, 모든 항목이 기준을 만족하는 경우 테스트 운용 완료를 승인한다.

다. 테스트 운용 완료 승인일은 하자담보책임기간의 기산일이 된다.