

# 공모과제 제안요구서(RFP)

|        |   |
|--------|---|
| RFP 번호 | 3 |
|--------|---|

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>G7/GX 분야</b>     | 신재생에너지  |
| <b>연구과제명</b>        | ESS 응용 50kW 양방향 전력변환장치 자성체 설계 최적화   |
| <b>총연구기간</b>        | 2026.06 ~ 2026.12 (총 7개월, 단년과제)   |
| <b>1. 연구과제의 목표</b>  | <p>본 연구의 최종 목표는 ESS(Energy Storage System)에 적용 가능한 50 kW급 양방향 전력변환장치(Bidirectional Power Converter)의 핵심 부품인 자성체(인덕터·변압기)의 최적 설계 기술을 확보하는 것임. 충·방전 운전 조건에서 발생하는 자성체의 전자기적 특성, 손실 특성, 열 특성을 종합적으로 분석하고, 전자기·열 해석 기반의 체계적 설계 방법론을 적용하여 고효율·고전력밀도 운전이 가능한 자성체 설계안을 도출하고자 함.</p>   |
| <b>2. 연구내용 및 범위</b> | <p><b>1) 연구 과제의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>ESS 보급 확대에 따른 양방향 전력변환장치 핵심부품 고도화 필요</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소중립 및 신재생에너지 확대 정책에 따라 ESS 시장이 빠르게 성장하고 있으며, 충전과 방전을 동시에 수행할 수 있는 고효율 양방향 전력변환장치의 수요가 증가하고 있음.</li> <li>- 특히 50 kW급 양방향 전력변환장치에서는 인덕터 및 변압기와 같은 자성체의 손실, 부피, 온도 상승이 전체 시스템의 효율과 전력밀도에 결정적인 영향을 미치므로, 자성체 설계 최적화가 필수적임.</li> </ul> </li> <li>● <b>기존 설계 방식의 한계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 자성체 설계는 경험적 설계와 단순 손실 계산에 의존하는 경우가 많아, 고전력 운전 조건에서 코어 손실, 권선 손실, 포화 특성 및 열적 안정성을 종합적으로 반영하는데 한계가 있음.</li> <li>- ESS 응용 환경에서 안정적인 양방향 전력 전달을 구현하기 위해서는 전자기·열 해석을 기반으로 한 체계적인 자성체 설계 기술이 요구됨.</li> </ul> </li> <li>● <b>고효율·고전력밀도 전력변환장치 개발을 위한 핵심 기반 기술 필요</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자성체는 50 kW급 전력변환장치의 전체 손실 중 큰 비중을 차지하며, 발열·부피·신뢰성을 좌우하는 핵심 부품이므로 손실 저감·소형화·열 안정성을 동시에 만족하는 설계 기술 확보가 시급함.</li> <li>- 본 과제는 50 kW급 ESS용 양방향 전력변환장치에 적용 가능한 인덕터 및 변압기의 설계 기준을 확보하고, 손실 저감, 소형화, 열 안정성 향상을 통해 고효율·고전력밀도 전력변환장치 개발에 기여할 수 있다는 점에서 필요성이 있음.</li> </ul> </li> </ul> |

- **국내 전력변환 산업 경쟁력 강화 및 부품 자립화**

- 국내 ESS 산업에서 핵심 부품인 자성체에 대한 설계·해석·검증 기술의 내재화가 미흡한 실정이며, 본 연구를 통해 확보되는 설계 기술은 참여기업의 양산 적용 및 국내 전력변환장치 산업 경쟁력 강화에 직접 기여 가능함.

## 2) 연구 내용

- **50 kW급 양방향 전력변환장치 운전 조건 분석 및 자성체 사양 도출**

- ESS 충·방전 운전 모드, 입출력 전압 범위, 전류 조건, 스위칭 주파수 등 운전 조건 분석
- 인덕터·변압기의 인덕턴스, 턴 수, 자속 밀도, 전류 밀도 등 기본 설계 사양 도출
- ESS 운전 프로파일(정격·경부하·과도상태) 기반 자성체 운전점 정의

- **인덕터 및 변압기 초기 설계 및 손실 분석**

- 코어 재질, 코어 형상(EE/EI/Toroid/PQ 등), 권선 구조, 턴 수 설계
- 코어 손실(히스테리시스·와전류 손실) 및 권선 손실(표피효과·근접효과) 정량 분석
- 자속 밀도 및 포화 여유도 검토를 통한 설계 안정성 확보

- **전자기장 해석 기반 자성체 특성 분석**

- Ansys Maxwell 등 전자기 해석 소프트웨어를 활용한 자속 분포·누설 자속·포화 특성 해석
- 권선 손실·코어 손실의 해석적 모델과 시뮬레이션 결과의 정합성 검증
- 해석 결과 기반 코어 형상·권선 배치 반복 최적화

- **열 해석 기반 온도 상승 및 열 안정성 검토**

- Ansys Icepak 등 열 해석 도구를 활용한 자성체 발열 분포 및 온도 상승 예측
- 자연 냉각·강제 공냉 조건에서의 정상상태 온도 분석
- 코일 온도 상승 105 °C 이하, 코어 온도 상승 100 °C 이하의 열 안정성 목표 달성

- **연구실 보유 장비 기반 실험 검증**

- AC/DC 전원장치, 60 kW급 양방향 부하기를 활용한 ESS 충·방전 조건 모사
- 전력분석계, 오실로스코프, 열화상 측정기, 온도 계측기를 통한 효율·손실·온도 상승 정량 평가
- 전자기·열 해석 결과와 실험 결과의 비교 검증을 통한 설계 타당성 확인

- **자성체 최적 설계안 및 설계 기준 도출**

- 손실 저감·소형화·열 안정성을 동시에 만족하는 최적 설계안 확정
- ESS 응용 50 kW급 양방향 전력변환장치를 위한 자성체 설계 기준 및 설계 데이터 정량화
- 향후 ESS용 전력변환장치 양산 적용 가능성을 고려한 설계 가이드라인 도출

### 3. 개발성과의 활용방안

#### 1) 활용 방안

- 본 연구에서 도출되는 자성체 최적 설계안 및 설계 기준은 ESS용 50 kW급 양방향 전력변환장치 자성체 설계 자료로 직접 활용 가능하며, 참여기업의 ESS용 전력변환장치 개발에 즉시 적용 가능함.
- 인덕터 및 변압기 설계 최적화 기준 확보를 통해, 향후 참여기업의 신규 전력변환장치 모델 개발 및 양산 설계 단계에서 표준 설계 절차로 활용 가능함.
- 도출되는 전자기열 해석 기반 설계 절차와 실험 검증 결과는 고효율·고전력밀도 전력변환장치 개발에 적용 가능하며, ESS뿐만 아니라 전기차 충전기, 신재생에너지 연계 PCS, 산업용 양방향 DC-DC 컨버터 등 다양한 응용 분야로 확장 활용 가능함.
- 시뮬레이션·실험을 통해 검증된 설계안은 시제품 제작 및 성능 검증을 위한 기초 설계 데이터로 활용되어, 후속 시제품 제작 단계 및 양산화 단계로의 연계가 용이함.
- 산학협력 기반의 연구 수행을 통해 도출된 설계 기술은 RISE 사업단의 기술이전·산학협력 체계를 통해 경기 지역 전력전자 중소·중견 기업으로 확산 가능하며, 지역 산업체의 핵심 부품 내재화 역량 강화에 기여 가능함.

#### 2) 기술개발의 기대효과

- 전력변환 효율 향상: 자성체 손실 저감을 통해 ESS용 양방향 전력변환장치의 효율을 향상시키고, ESS 시스템 운영 비용 절감 효과 기대.
- 시스템 전력밀도 증대: 자성체 소형화·고전력밀도 설계를 통해 동일 용량 대비 전력변환장치의 부피·중량을 저감하여, ESS 설치 공간 제약 및 시스템 경량화 요구에 대응 가능.
- 장치 신뢰성 향상: 열 해석 기반 자성체 열 안정성 확보를 통해 고온·고부하 운전 조건에서의 장치 신뢰성과 수명을 향상시켜, ESS 운용 안정성 강화에 기여.
- ESS 전력변환장치 설계 경쟁력 강화: 체계적인 전자기열 해석 기반 설계 기술 확보를 통해 참여기업의 글로벌 시장 경쟁력 강화 및 국내 전력변환장치 산업의 부품 자립화에 기여.
- 인력양성 효과: 참여 학생의 전력전자, 자성체 설계, Ansys 기반 전자기열 해석, 전력시험 장비 운용 및 실험 데이터 분석 전 과정 참여를 통해, ESS 전력변환장치 및 고전력 자성체 설계 분야의 실무형 전문 연구인력 양성(목표 1명)이 가능하며, 지역대학 중심의 산학연계 생태계 활성화에 기여 가능.
- 정량적 성과: 국문 논문 1편 게재를 통해 연구 결과의 학술적 가치를 확보하고, 도출된 설계 기준은 향후 지식재산권 확보의 기반 자료로 활용 가능.

#### 4. 지원기간/예산/추진체계

- 기간: 7개 월 (단년과제, 2026.06.01. ~ 2026.12.31.)
- 연구개발비 (국고지원금): 총 1500만원
- 주관연구개발기관: 명지대학교 (경기 RISE 사업단)
- 기타 관련 사항은 공고문 및 첨부 파일들 참조