
KSTAR NBI 전원 및 전원제어시스템

유지보수 및 성능 안정화 용역

과 업 지 시 서

2025. 04.



한국핵융합에너지연구원
KOREA INSTITUTE OF FUSION ENERGY

1. 과업의 개요

가. 과업명: NBI 전원 및 전원제어 유지보수 및 성능 안정화 용역

나. 과업 대상:

- NBI 운전에 사용되는 전원장치 및 전원제어 시스템에서 발생하는 이상 동작 및 신호 이상에 대한 조치 및 고장 원인 분석
- KSTAR 플라즈마 캠페인 운전 준비 및 플라즈마 캠페인 기간에 발생하는 전원 및 전원제어 장치의 고장 발생에 대한 대응 및 조치

다. 과업 목적:

- KSTAR 중성입자빔 가열장치는 필라멘트 아크 방전을 이용한 플라즈마 발생이 필요하며, 발생된 플라즈마에서 양이온을 인출하여 최대 100keV로 가속을 수행함. 이온원을 중심으로, 이온빔 인출 및 가속을 위한 100kV/60A급 대전력 고전압 전원장치가 사용되며, 플라즈마 발생 전원장치는 가속전원 100kV에 부유 (floating)되어 운전됨. 또한, 중성빔 인출을 위한 각 장치별 연동운전을 위해 각 전원장치와 부대장치는 통합제어시스템에 의해 제어되며, KSTAR 연동 운전 및 실시간 제어 운전에 활용되고 있음
- 이온원 플라즈마 발생 및 가속 전극은 단락 현상 (short-circuit)이 빈번하게 발생하며, 단락 발생에 따른 서지 전류에 의해 각 전원장치와 제어 시스템의 소손이 자주 발생하고 있음. 또한, 고에너지의 중성입자빔 가열장치는 KSTAR에 종속되어 운전되며 플라즈마 성능에 결정적인 영향을 미치므로 장치의 안정적인 운전 및 운영과 함께 신속한 조치를 통해 KSTAR의 안정적인 운전에 반드시 기여하여야 함
- 이에, 본 용역을 통해 NBI 장치의 운전 과정에서 발생할 것으로 예상되는 전원 및 전원제어 제어시스템의 오류 및 소손 발생에 따른 점검 그리고 조치가 필요한 상황에 신속하게 대응하여 장치 운전을 정상화 하는 것을 목표로 한다. 상세 내용은 아래의 과업내용에 기술하며, 본 용역을 통하여 NBI 전원 및 전원 제어 시스템이 더욱 안정적으로 운전될 것으로 기대한다.

2. 과업의 기간

본 계약의 과업기간은 2025년 5월 1일부터 2025년 12월 20일 (7개월)까지로 한다. 단, 계약 과정에서 변동이 필요한 경우, 별도의 계약 문서에 변경 사항을 표시하고 변경할 수 있다.

3. 과업 내용 및 범위

가. 과업 적용 범위

본 과업지시서는 KSTAR 중성입자빔가열장치 (NBI)에 사용되는 모든 전원장치 및 전원장치의 제어 시스템을 대상으로 하며, 장치의 정상 가동에 필요한 조치 및 고장 발생 시 필요한 점검 및 조치에 적용한다. 전원 제어 시스템은, 하드웨어를 우선적으로 포함하고, 필요한 점검 및 실험을 위한 인터페이스 하드웨어를 포함한다. 적용 범위가 불확실할 경우 계약자는 발주처와 협의하여 적용 범위를 확정할 수 있다.

나. 용어의 정의

- 1) “계약자”라 함은 일반용역 계약을 체결한 개인 또는 법인을 말한다.
- 2) “발주처”라 함은 한국핵융합에너지연구원을 말한다.
- 3) “감독원”이라 함은 한국핵융합에너지연구원에서 지정한 담당자를 말한다.
- 4) “운전자”이라 함은 KSTAR 각 장치의 동작을 제어하는 한국핵융합에너지연구원의 인원을 말한다.
- 5) “유지보수”라 함은 과업 대상의 점검, 수정, 변경, 정상 동작이 가능하도록 조치를 실시하여 과업대상이 의도하는 기능을 발휘토록 하고, 의도하지 않은 동작을 하지 못하도록 함을 말한다.

다. 과업 대상

본 과업지시서는 KSTAR 중성입자빔가열장치 (NBI)에 사용되는 모든 전원장치 및 그 전원장치의 제어 시스템을 대상으로 하며, 장치의 정상 가동 및 고장 발생에 필요한 대응 및 조치를 포함한다. 과업 대상은, 현재 운영 중인 NBI 고전압 전원 및 전원제어시스템의 모든 구성 부품을 대상으로 한다. 운영중인 시스템은 아래 표와 같다.

구분	장치명	장치	위치	수량	연결 장치
고전압 /제어	DC sensing&Cap. tank	NBI-1	Yard 전기실		고전압 프로브 tank 구성 부품
고전압 /제어	HV rectifier	NBI-1	Yard 전기실		tank 구성 부품
고전압 /제어	LV chopper (PSM)	NBI-1	Yard 전기실		tank 구성 부품
고전압 /제어	Damper tank	NBI-1	Yard 전기실		tank 구성 부품
고전압 /제어	PSM module	NBI-2	Yard 전기실		rack 구성 부품
제어	G1 controller	NBI-2	Yard 전기실		rack 구성 부품
고전압 /제어	Yard PLC & PLC rack	NBI-1, 2	Yard 전기실		rack 구성 부품

고전압 /제어	Arc & filament PS Bias PS	NBI-1, 2	주장치실(D0, D3)		rack 구성 부품
제어	controller & optic 중계기	NBI-2	주장치실(D0)		rack 구성 부품 전원장치간 optic cable
고전압 /제어	Bending Magnet PS	NBI-1, 2	주장치실(D1)		rack 구성 부품
고전압 /제어	G3 PS	NBI-2	주장치실(D1)		rack 구성 부품
고전압 /제어	G3 PS	NBI-1	주장치실(D3)		rack 구성 부품
고전압 /제어	G2 voltage divider	NBI-1	주장치실(D3)		tank 구성 부품
고전압 /제어	HVS switch	NBI-1	주장치실(D3)		tank 구성 부품
제어	D3 PLC		주장치실(D3)		rack 구성 부품
제어	Main PLC	NBI-1, 2	(구)제어실		rack 구성 부품
제어	LCS controller	NBI-2	통합제어실		rack 구성 부품
제어	VME main & G1 controller	NBI-1, 2	(구)제어실		rack 구성 부품
제어	OE/EO converter	NBI-1	(구)제어실		rack 구성 부품

라. 과업 기간의 구분

1) 과업 기간

- NBI 운전 기간은 크게, 1)점검 및 유지보수 기간, 2) 장치 재가동 및 커미셔닝 기간, 3) KSTAR 플라즈마 캠페인 기간으로 나눈다.
 - 점검 및 유지보수: '25. 05. 01 ~ '25. 06. 30일 09시-18시
 - 장치 재가동 및 커미셔닝: '25. 07. 01 ~ '25. 09. 30일 08시-18시
 - KSTAR 플라즈마 캠페인 : '25. 10. 02 ~ '25. 12. 31일 08시-18시
 - 운전 시간은, NBI 장치의 운전을 시작하기 전 장치의 준비 시간을 포함한다.
 - 과업 상세 기간은, KSTAR 실험 일정에 따라 변경이 가능하므로 협의
를 통해 상세 일정은 변경될 수 있다.
 - 계약시 협의된 공수에 한해 용역 수행 공수는 유동적으로 관리하며,
특이사항 발생시, 계약자는 발주처는 용역 수행 공수를 합의하에 처리
할 수 있다.
- 2) 상기 일정에 따라 용역의 유지보수 및 조치 방법이 다르다. 이에 대한
내용은 하기 용역의 유지보수 방법 및 용역의 성능향상 방법에 기술한
다.
- 3) 1)의 계획은 KSTAR 또는 NBI 장치의 사정에 의하여 변경될 수 있으
며, 변경 사항이 과업의 수행에 영향을 미치는 경우 계약자와 발주처는

- 과업의 원활한 수행을 위하여 과업의 내용을 협의하여 수정할 수 있다.
- 4) KSTAR 운전기간이 계약기간을 벗어나는 경우, 용역의 수행은 계약기간 내로 한정된다.

마. 용역의 유지보수 방법 - 일상 점검 및 주간 보고서 작성

- 1) 본 용역의 유지보수는 NBI 전원 및 전원 제어 시스템의 이상 동작 원인을 사전에 감지하고 제거하는 작업을 포함하며 이를 일상 점검이라 한다.
- 2) 일상 점검은 과업 대상에 포함된 제어 관련 하드웨어 및 소프트웨어의 건정성 정도를 파악하는 작업을 포함한다.
- 3) 장치 별 일상 점검 완료 후 별첨 양식의 [일상 점검 보고서]를 감독원에게 제출하고 승인받는다.
- 4) 계약자는 계약 즉시 [일상 점검 계획서]를 작성하여 감독원에게 제출하고 승인받는다. (별도 양식 없음)
- 5) 계약자는 매주 별첨 양식의 [주간 보고서]를 감독원에게 제출하고 승인받는다.

바. 용역의 유지보수 방법 - 이상 동작 처리

- 1) 본 용역의 유지보수는 NBI 전원 및 전원제어 시스템의 운전 중 발생한 이상 동작을 수정 처리하여 운전자가 의도하는 대로 동작되도록 하는 것을 포함한다.
- 2) NBI 장치 운전자는 이상 동작이 발생하거나, 발생이 예상되는 경우 즉각 구두 또는 통신 또는 문서를 통하여 계약자에게 이를 통보한다.
- 3) 계약자는 2)의 통보를 받는 즉시 이상 동작의 점검을 준비하기 시작하여, 해당일 이내 이상 동작이 발생한 장치의 점검에 착수한다.
- 4) 필요에 따라 장치의 점검 및 조치는 일과시간 후 야간시간이나 휴일에 처리 될 수 있으며, 야간 및 휴일 업무에 대한 업무계획은 감독원에게 보고하여 진행하여야 한다. 소비공수에 대해서 반드시 사전 협의가 이루어져야 한다.
- 5) 3)의 점검 결과를 운전자 및 감독원과 공유하고, 계약자는 적절한 처리 방법을 제안한다. 운전자 및 감독원이 처리 방법을 제안하는 경우 계약자는 이를 적극적으로 검토한다.
- 6) 5)에서 도출한 처리 방법에 따라 이상 동작을 처리한다.
- 7) 이상동작에 대한 점검 후 장치의 정상동작 확인을 위한 출력 성능 확

인 시험을 진행해야만 하며, 전반적인 출력 확인 시험에 대한 운전 방안 수립 및 장치의 출력 확인을 위한 운전 수행은 계약자가 진행하여야 한다. 또한, KSTAR 데이터 시스템에 저장되는 장치의 운전 결과 파형을 분석 후 감독원에게 보고하여야 한다.

- 8) 정상동작시험 방안 수립시 반드시 감독원과 운전방안을 공유하여 감독원의 승인 후 진행하도록 한다.
- 9) 이상 동작의 처리 후 즉시 별첨 양식의 [이상 동작 처리 보고서]를 작성하여 감독원에게 제출하고 승인받는다.

사. 용역의 성능향상 방법

- 1) 본 용역의 성능향상은 하드웨어 등 보조적인 수정을 통하여 보다 안정적이고 효율적으로 NBI 장치가 운전될 수 있도록 하는 것이다.
- 2) 성능향상은 본 지시서에 명기된 계획성능향상과, 계획되지 않았으나 과업 기간중 발생하는 수시성능향상 요구를 포함한다.
- 3) 수시성능향상 요구는 운전자, 감독자 및 계약자가 제기할 수 있다.
- 4) 수시성능향상 요구가 발생하면 감독자와 계약자는 해당 요구가 본 과업의 범위에 속하는 것인지 협의한다.
- 5) 본 과업의 범위에 속하려면 해당 장치가 [과업대상]에 명시된 장치의 하드웨어에 속하는 것이어야 하고, 필요 공수가 계약시 첨부한 견적서에서 제시한 총공수에서 차감된 공수의 내에 있어야 한다. 차감된 공수는 기 발행된 [주간 보고서]에서 참조할 수 있도록 한다.
- 6) 수시성능향상은 계획-실행-점검-적용의 과정을 따르며, 점검은 감독자의 입회하에 감독자와 계약자가 함께 실시한다.

아. 용역의 특기사항

- 1) 계약자 또는 계약자가 정한 기술자는 신속한 이상 동작 처리 요구 대응을 위하여 한국핵융합에너지연구원에 상주할 수 있으며, 이 경우 감독자는 상주 공간 등 편의를 제공할 수 있다.
- 2) 용역의 수행을 위하여 NBI 장치에 투여되는 재료가 필요한 경우 계약자는 발주처에 이의 공급을 요청할 수 있다.
- 3) 용역의 수행을 위하여 소요되는 도구, 공구 등의 경비와 일반 경비는 계약자가 부담한다.

4. 위험부담

- 가. 계약자는 과업을 수행함에 있어 각종 위험으로부터 생명과 재산을 보호하여야 한다.
- 나. 위험 발생이 예견될 경우 계약자는 즉시 발주처에게 시정을 요구하여야 하며, 시정을 요구하지 않고 발생한 재해로 인한 손해는 발주처에 민.형사상 책임을 물을 수 없다.
- 다. 업무 수행 과정에서 계약자의 고의 또는 과실로 인한 사고로 발주처에 손해가 발생했을 경우 계약자는 손해에 대한 배상의 책임을 다하여야 한다.

5. 보안사항

- 가. 계약자는 업무 수행 중 습득한 발주처의 정보나 기밀을 제3자에게 누설하여서는 안 된다.
- 나. 발주처의 허락 없이 관련 자료 및 기기를 임의로 소유하거나 교체 또는 외부로 유출할 수 없다.
- 다. 기타 보안규정 불이행으로 발생하는 모든 책임은 계약자가 진다.
- 라. 발주처는 NBI를 포함하여 KSTAR에 속하는 장비, 공구, 부품, 자재와 기술정보, 관리자료, 회로도 등이 계약자의 소유임을 인정하고 비밀 사항임을 고려하여 외부에 누설, 노출되지 않도록 하여야 한다.

6. 기타사항

- 가. 계약자는 운전자 및 감독자와 상호연락 체계를 위한 비상망을 구축하여야 한다 (휴대전화기 또는 일반 전화번호, 차량확보).
- 나. 계약자는 점검 및 보수에 필요한 공구 및 자재를 항상 확보하여야 하며 각 점검 시 해당 점검자는 점검에 임하기 전에 감독원으로부터 필요한 작업지정 및 안전 교육 등을 이수하고 점검(작업)에 임하여야 한다. 단, 기 운전중인 부품의 교체가 필요한 경우, 발주처에 지급 요청을 하여 진행할 수 있다.
- 다. 발주처는 아래와 같은 조건일 때 일방적으로 계약을 해약할 수 있다.
 - 1) 정당한 사유 없이 과업을 이행하지 않거나 중지할 때
 - 2) 계약자 또는 계약자가 지정한 기술자가 감독원의 정당한 지시에 따르지 않거나 직무집행 방해 또는 부정한 행위가 있을 때
 - 3) 계약상 의무를 이행하지 않아 계약목적을 달성할 수 없다고 인정할 때
 - 4) 기타 계약조건을 위반할 때
- 라. 계약자는 용역업무 중 시행착오로 인한 발주처의 소유시설 및 물품 망실 또는 훼손,

직원 및 종사원의 신상에 피해를 입히는 경우 등에 대하여 피해배상 책임을 진다.

마. 계약자는 천재지변 등 불가항력의 요인에 연유한 계약의 불이행 지연 또는 중단에 대하여 책임을 지지 않는다. 불가항력의 요인이라 함은 천재 지변, 전염병 방역상 출입제한, 전쟁 등의 불가항력이라고 인정되는 사항을 말한다.

바. 작업도중 제3자에게 손해를 끼쳤을 경우 계약자가 배상책임을 진다.

사. 계약자가 계약기간 만료 후 본 시스템에 관한 일체의 사항을 협의 없이 외부에 누설하여서는 안된다.

아. 본 과업지시서에 명시되지 않은 경미한 사항은 감독원의 지시에 따라 계약자 부담으로 시행하며, 경미하지 않은 사항에 대해서는 협의하여 진행한다.

자. 용역비 지급은 전체 계약금액을 월별 분할 지급한다. 단, 상호간의 협의에 의해 분할 지급 방법을 변경할 수 있다.

차. 보고사항

1) [일상 점검 계획서] 계약 후 즉시 일상 점검 계획을 보고한다.

2) [일상 점검 보고서] 장치별 1회 일상 점검 결과를 보고한다.

3) [주간 보고서] 과업수행 내용을 주 1회 보고한다.

4) [이상 동작 처리 보고서] 이상 동작 처리 완료 후 처리 내용을 보고한다.

5) 본 과업지시서에 포함되거나 포함되지 않은 특이사항 발생 시 감독원에 보고한다.

6) 모든 보고서는 전자파일 형태(PDF)로 작성한다.

7. 붙임

별첨 1. 일상 점검 보고서

별첨 2. 주간 보고서

별첨 3. 이상 동작 처리 보고서

[별첨 1]

일상 점검 보고서

점 검 일 시		승 인	감 독 원	확 인
업 체 명				
점 검 장 소				
위치 및 수량				

장치명	특이사항	조치

비 고 (특이 사항)	- 사진 자료 등 첨부 -
----------------	-------------------

[별첨 2]

주간 보고서

용역명			
업체명		담당자	
처리기간	년 월 일 ~ 년 월 일		

승인	감독원	확인

처리 내역

NO	구분	일시	처리 내용	처리 공수(MD)	비고
1	점검, 이상동작처리, 성능향상			특급기술자: 초급기술자:	
2					
3					
4					
5					
특이사항					
계획사항					
기타					

[별첨 3]

이상 동작 처리 보고서

용역명				승인	감독원	확인
업체명		담당자				
처리기간	년 월 일 ~ 년 월 일					

처리 내용

장치명/ 처리 내용	
증상: 원인: 조치: 결과:	
특이사항	
계획사항	
생산문서	
기타	

별첨 4. 안전·보건에 관한 사항

안전·보건에 관한 사항

- (안전보건교육) 발주기관은 계약상대자가 요청할 경우 계약상대자 소속 근로자의 안전보건 교육에 필요한 장소 제공, 자료 제공 등 필요한 조치를 하여야 한다.
- (위험성평가) 계약상대자는 작업 시작 전에 위험성평가를 실시한 후 미리 위험성을 감소시키고, 그 결과를 발주기관 감독원에게 확인받아야 한다.
- (안전보건 점검) 계약상대자는 발주기관이 실시하는 작업장 순회점검, 안전보건 시정요구에 적극 협조하여야 한다.
- (위생시설 등의 협조) 발주기관은 계약상대자 소속 근로자의 건강을 보호하기 위하여 위생시설을 제공하거나 자신의 위생시설을 이용할 수 있도록 적절한 협조를 하여야 한다.
- (안전보건 법령 준수) 계약상대자는 산업재해 예방과 근로자의 건강관리를 위하여 산업안전보건법과 발주기관의 안전관리규정을 준수하고, 의무와 책임을 성실히 이행해야 한다.
- (안전보건정보 제공) 발주기관은 유해·위험 물질 및 설비의 작업을 실시하고자 할 때, 해당 작업의 안전보건에 관한 정보(유해물질의 명칭·유해성·유해성, 안전보건상의 주의사항, 사고 발생시 필요한 조치 등)를 작업이 시작되기

전까지 제공하여야 하며, 해당 근로자가 제공된 정보에 따라 필요한 조치를 받고 있는지 발주기관은 확인하여야 한다.

- (공사기간 등 준수-공사계약에 한함) 계약상대자가 안전보건 확보를 위해 공법 변경, 가시설 설계의 보강 등을 요청할 경우 발주기관은 이에 적극 협조하여야 하며, 이에 따라 증가된 비용에 대해서 계약금액에 반영하여야 한다.
- (공사 기간의 연장) 폭염, 한파 등의 사유로 안전보건상 계약이행이 어려울 경우 산업재해 예방을 위하여 계약기간을 요청하는 경우에는 특별한 사유가 없으면 계약기간을 연장하여야 한다.