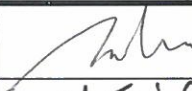
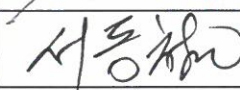
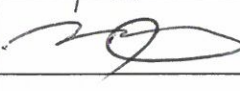
	KSTAR 운영사업	개정번호: 0
	과업설명서	발행일자: '19.04.02 페이지: 1 / 12

제 목 : KSTAR 진단서터 구동시스템의 유지보수 및 시운전


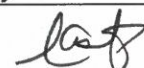
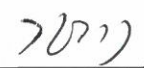
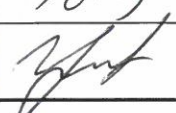
개정 이력

개정번호	개정일자	개 정 사 유
0	2019. 04. 02	최초 발행

관련부서 검토

소속/직책	성 명	서 명	일 자
플라즈마진단연구팀	이 종 하		2019. 4. 4
디버터시스템연구팀	서 동 철		2019. 4. 4.
플라즈마진단연구팀장	남 용 운		2019. 4. 4.

작성, 검토 및 승인

구 분	소속/직책	성 명	서 명	일 자
작 성	통합설비기술팀	김 영 진		'19. 04. 02
검 토	통합설비기술팀장	김 상 태		'19. 04. 04
검 토	토카막장치기술부장	박 갑 래		2019. 4. 4
승 인	고성능플라즈마연구부장	윤 시 우		2019. 4. 4

목 차

1. 목 적	3
2. 용어의 정의	4
3. 과업 범위	4
4. 과업수행 절차	11
5. 과업수행 결과보고서 내용	11
6. 과업기간 및 설치장소	12

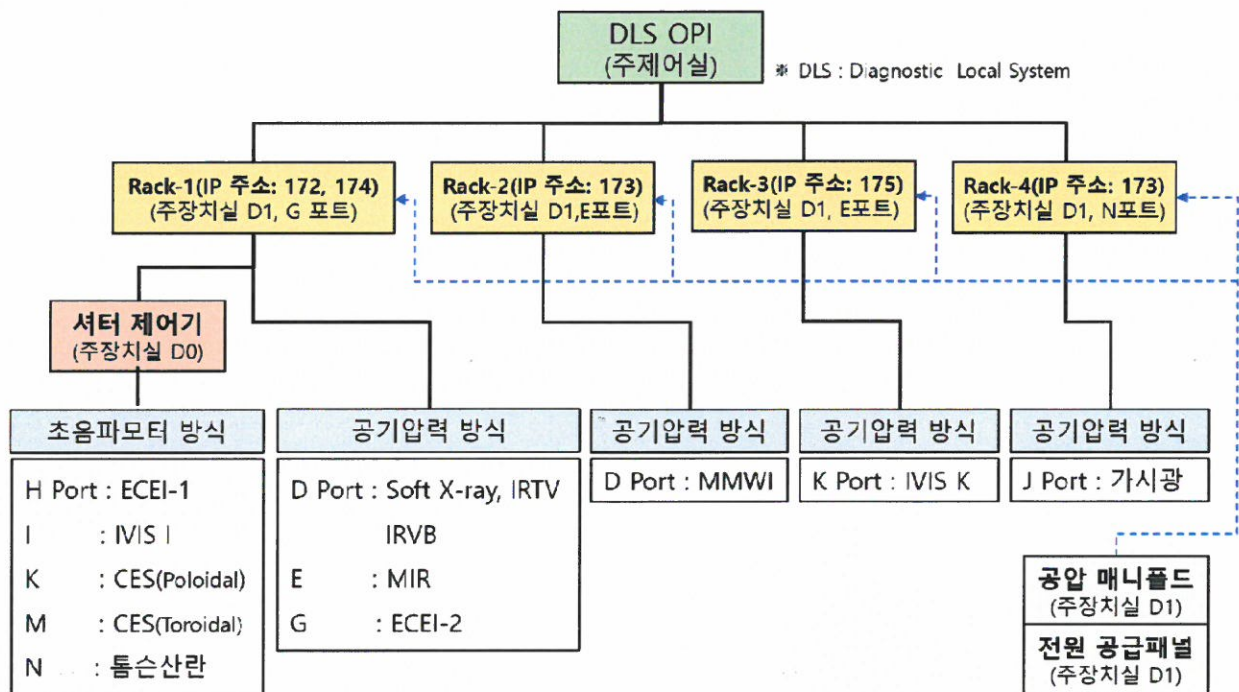
1. 목 적

KSTAR 진단장치가 장착되는 카세트에는 진공용기 내부방향에 진공윈도우가 있고 진공윈도우의 진공용기 내부방향에 진공윈도우를 보호하는 진단서터가 있다.

진단서터는 KSTAR 캠페인 중에 GDC, Boronization, Baking 등의 Wall Conditioning 작업 수행 시 진공용기 내부에서 발생하는 Impurity가 진공윈도우에 침착되는 것을 방지하기 위해 필요하다. 진공윈도우에 Impurity가 침착되면 진단장치들이 플라즈마 진단을 할 수 없거나 실험데이터의 신뢰성이 떨어진다. 따라서 진단서터는 Wall Conditioning 시에는 “CLOSE” 상태를 유지하고 플라즈마 실험 등 Wall Conditioning 작업 외에는 “OPEN” 상태를 유지한다.

이와 같이 진단서터는 KSTAR 캠페인 중에 주제어실 OPI 화면에서 Remote로 1일 2회 정도 “OPEN”, “CLOSE”를 반복한다. 따라서 진단서터를 포함한 진단서터 구동시스템의 신뢰성 확보가 매우 중요하다.

[그림 1]은 KSTAR 진단서터 구동시스템의 구성현황(2019.03 기준)이고, [표 1]은 KSTAR 진단서터 구동시스템의 포트별 구동기 수량 현황(2019.03 기준)이다.



[그림 1] KSTAR 진단서터 구동시스템의 구성현황(2019.03 기준)

본 문서는 KSTAR 진단서터 구동시스템의 유지보수 및 시운전을 위한 과업설명서이다. 계약자는 본 문서에서 요구하는 제반 조건 및 기준을 만족시키고 기술능력을 확보하여야 한다.

다. 계약자는 과업수행 시 시스템의 개선방법, 개선 설계도면, 사용 자재에 대해 발주자의 승인을 득한 후 각각의 제반 공정을 진행하여야 하며, 발주자의 기술적인 요구 사항에 대해 적극적으로 협조해야 한다. 또한, 발주자가 요구하는 시기에 작업 및 시운전을 수행하여야 한다.

[표 1] KSTAR 진단서터 구동시스템의 포트별 구동기 수량 현황(2019.03 기준)

포트명칭	진단장치명	구동방식	윈도우 수량	구동기 수량
D	Soft X-ray, IRTV, IRVB	공압	5	1
	MMWI	공압	2	1
E	MIR	공압	1	1
G	ECEI-2	공압	1	1
H	ECEI-1	초음파모터	1	1
I	IVIS I	초음파모터	3	1
J	Visible Spectrometer	공압	5	5
K	CES (Poloidal)	초음파모터	2	2
	IVIS K	공압	1	1
M	CES (Toroidal)	초음파모터	3	1
N	Thomson	초음파모터	2	2

2. 용어의 정의

2.1. 발주자 : 국가핵융합연구소 (NFRI: National Fusion Research Institute)

2.2. 계약자 : 발주자와 용역계약을 체결한 자연인 또는 법인

2.3. KSTAR 장치 : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research 장치로써 NFRI 주관기관으로 연구진행 중인 차세대 초전도핵융합연구장치이다.

3. 과업 범위

과업 범위는 본 시스템의 불안정한 동작 부분의 개선, 안정한 동작 부분의 점검, 전제적인 종합시운전으로 구분한다. 더불어 아래의 수행 내용을 포함한다.

3.1. 불안정한 동작 부분의 개선

3.1.1. D포트 Soft X-ray, IRTV, IRVB

3.1.1.1. 이상 현상

플라즈마 실험단계에서 주제어실의 OPI 화면에 “OPEN”, “CLOSE” 표시가 안되고 “ERROR” 표시가 보였다. 캠페인 종료 후에도 작동이 안 되었었는데, 수 회 작동시험을 한

결과 작동은 되고 있다. 하지만, 작동 시 일정 기간 “드르륵” 하는 큰 소음이 발생하였고 현재는 작은 소음이 발생하면서 불안정한 상태이다. “드르륵” 소음의 정확한 원인은 시스템을 분해 전에 육안 점검으로는 파악이 어렵다. 시스템 전체를 분해하면, 원인과악이 가능할 것으로 판단된다.

3.1.1.2. 점검 사항 및 절차

1) 시스템을 작동하여 문제점 및 불안정성을 확인 후 다음 분리단계를 착수한다. 시스템 전체의 분해 및 재조립을 원칙으로 한다. 분해 시에 육안 점검과 볼트의 풀림 등 이상 현상의 원인을 찾는다.

2) 랙 및 피니언을 보호하는 커버를 분리한 후 랙 및 피니언의 오염상태, Motion의 축에 랙을 고정하는 볼트와 서터 블레이드 축에 피니언을 고정하는 볼트가 풀렸는지 확인한다.

3) 위 2)번 항목의 구성품이 육안 점검으로 문제가 없다면, 공압으로 동작하여 불안정성을 확인한다. 이때 서터 블레이드의 소음으로 불안정성을 확인하기 어려우면, 가능한 서터 블레이드를 탈거 후 점검한다.

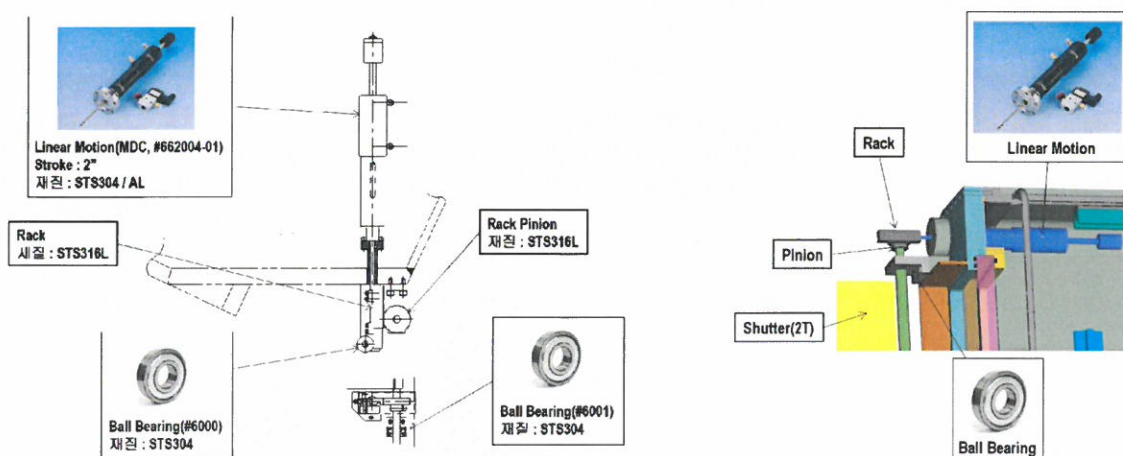
4) Motion의 축에 랙을 고정하는 볼트를 풀어서 Motion 부분과 진공용기 내부의 서터부분을 분리한다. Motion은 공압으로 작동시험을 하고, 서터부분은 수동으로 동작하여 베어링 등의 작동상태를 확인한다. 또한, 베어링의 오염상태도 점검한다.

5) 개별적인 동작 점검과 아래의 보수 사항을 완료하고 시스템 전체를 조립한 후 시스템이 안정적으로 작동하도록 Alignment를 실시한다.

6) Alignment와 동시에 리밋스위치와 리밋스위치 터치바의 위치를 선정하고 고정한다.

7) 점검과 보수, Alignment를 완료하면, 랙 및 피니언을 보호하는 커버를 설치한다.

8) 아래 [그림 2]는 D포트 진단서터 구동시스템(Soft X-ray, IRTV, IRVB)의 구성현황이며 부품의 사양은 현재와 다를 수 있으므로 분해 시 확인한다. 자료에 의하면, 랙 가이드 베어링과 서터 축의 상부 베어링은 세라믹 재질이다. 서터 축의 하부 베어링은 육안상 일반 베어링으로 확인된다.



[그림 2] D포트 진단서터 구동시스템(Soft X-ray, IRVB)의 구성현황

3.1.1.3. 보수 사항

1) 랙 및 피니언을 보호하기 위한 커버가 현재 용접고정으로 되어 있는데 탈착 가능하도록 볼트 고정으로 수정한다. 커버의 크기 및 커버의 볼트 위치는 진공용기 내에서 공구를 사용할 수 있도록 제작한다. 커버 모양은 발주자와 협의하여 H 포트와 같이 전면이 밀폐되도록 다시 제작한다. 그리고 커버 고정용 볼트는 볼트의 낙하를 방지하기 위하여 커버 볼트를 적용한다.

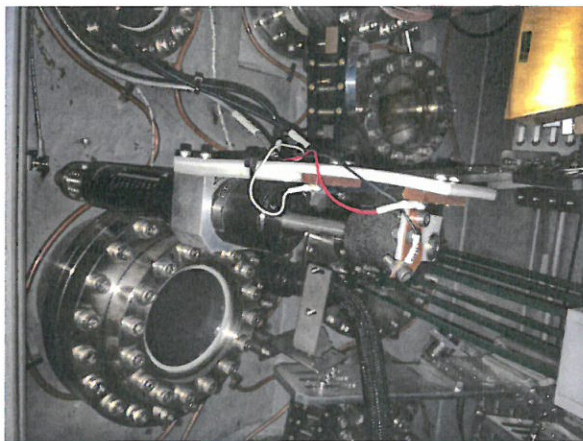
2) 서터 블레이드의 작동이 고속으로 불안정하게 작동하면서 Motion의 축에 랙을 고정하는 볼트가 풀렸다면, 플립방지 와셔 등을 사용하여 철저히 고정한다.

3) 서터 블레이드의 축을 고정하는 볼베어링은 발주자가 요구하는 세라믹 베어링으로 교체한다. 그리고 세라믹 베어링의 볼이 노출되는 부분은 커버를 설치한다. 가이드 베어링은 별도의 커버가 있으므로 설치하지 않는다.

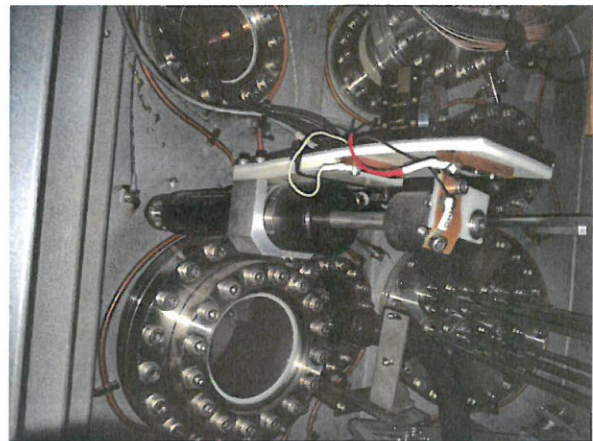
4) 시스템에 충격 등 볼트의 풀림을 방지하기 위해 공압라인에 Speed Control을 설치하고 Regulator를 제거한다.

5) 아래 [그림 3]과 같이 리미트스위치 지지대가 휘어지고 리미트스위치와 리미트스위치 터치바의 고정이 불안정한 상태이다. 리미트스위치 지지대를 견고한 재질로 변경하고 지지대의 위치를 현재 상부에서 오른쪽 측면으로 변경 설치한다. 오른쪽 측면으로 변경하면 Motion의 공압포트와 간섭이 있으므로 Motion을 탈거하여 재설치한다.

6) 리미트스위치를 금속조각에서 마이크로 스위치로 변경하고 감시케이블을 일부 변경한다. 또한, 리미트스위치 터치바를 Motion의 Adjustable Stop에 나사로 고정하지 말고 Adjustable Stop에 클램프 형태로 하여 완전하게 고정한다. 참고로, Motion(MDC)의 “Adjustable Stop” 머리 부분의 육각 나사는 인치 렌치로서 규격은 5/64“이다.



(D 포트의 리미트스위치 지지대 현황-1)



(D 포트의 리미트스위치 지지대 현황-2)

[그림 3] D포트 진단서터 구동시스템의 Limit Sensor 현황

3.1.2. E포트 MIR

3.1.2.1. 이상 현상

서터 블레이드의 작동은 현재 안정적으로 잘 되지만, 고속으로 작동하여 추후 불안정한 상태가 될 수 있다.

3.1.2.2. 점검 사항 및 절차

- 1) 랙 및 피니언을 보호하기 위한 커버를 분리하여 랙과 피니언의 오염상태를 확인한다.
- 2) Motion의 축에 랙을 고정하는 볼트와 서터 블레이드 축에 피니언을 고정하는 볼트의 조임 상태를 확인한다.
- 3) 서터 축의 상하부 베어링의 상태를 육안 점검하고 베어링의 재질을 확인한다.
- 4) E포트의 진단서터 구동시스템의 구성현황은 [그림 2]와 거의 유사하다.

3.1.2.3. 보수 사항

- 1) 랙 및 피니언을 보호하기 위한 커버가 현재 용접고정으로 되어 있는데 탈착 가능하도록 볼트 고정으로 수정한다. 커버의 크기 및 커버의 볼트 위치는 진공용기 내에서 공구를 사용할 수 있도록 제작한다. 그리고 커버 고정용 볼트는 볼트의 낙하를 방지하기 위하여 커버 볼트를 적용한다.
- 2) 시스템에 충격 등 볼트의 풀림을 방지하기 위해 공압 라인에 Speed Control을 적용하고 Regulator를 제거한다.

3.1.3. I포트 IVIS I

3.1.3.1. 이상 현상

서터 작동 시에 서터 블레이드의 OPEN/CLOSE 위치가 작동할 때마다 다르고, 서터 블레이드의 회전이 버거우며 불안정한 상태이다. 또한, 서터 블레이드를 구동하는 Link들이 플라즈마의 직접적인 충격과 열충격 등에 노출되어 있다.

3.1.3.2. 점검 사항 및 절차

- 1) 시스템을 작동하여 문제점 및 불안정성을 확인한 후 다음 분리단계를 착수한다.
- 2) 시스템의 분리는 다음과 같이 3부분으로 한다. 초음파모터와 감속기 부분, Motion, 구동축과 진공용기 내부의 링크이다. 초음파모터와 감속기는 필요한 경우를 제외하고 분리하지 않는다.
- 3) 동작 확인 방법은 초음파모터와 감속기 부분의 동작상태 확인은 서터제어기를 통해서 하고, Motion은 수동으로 확인하며, 링크들의 유격도 수동으로 동작하면서 점검한다.
- 4) 개별적인 동작 점검을 종료하고 시스템 전체를 조립한 후 시스템이 안정적으로 작동하도록 Alignment를 실시한다.

- 5) Alignment와 동시에 리밋스위치와 리밋스위치 터치바의 위치를 선정하고 고정한다.
- 6) 초음파모터에서 링크까지의 부품은 초음파모터, 연결아답터, 감속기, 커플링, 리밋스위치 터치바, 리밋스위치 및 리밋스위치 지지대, Rotary Motion, 진공관, 구동축, Claw Clutch, 구동축지지 베어링, 유니버설 조인트, 링크들, 셔터 등이다.

3.1.4. N포트 EDGE & CORE

3.1.4.1. 이상 현상

작동은 되는데 열림/닫힘 상태가 불안정하다. 불안정 원인은 셔터와 링크 부분의 트러블, 구동축의 유니버설 조인트의 유격, 구동축의 지지대 부족 문제 등으로 추정한다.

3.1.4.2. 점검 사항 및 절차

1) 시스템을 작동하여 문제점 및 불안정성을 확인한 후 다음 분리단계를 착수한다. 시스템 전체의 분해 및 재조립을 원칙으로 한다. 분해 시에 육안 점검과 볼트의 풀림 등 이상 현상의 원인을 찾을 수 있도록 노력한다.

2) 우선, 점검을 위해 포트 내부의 CORE와 EDGE 부분을 분리하는 철판을 분해하여 Deck로 이동한다. 분리한 철판은 발주자의 요청 시 재설치하거나 발주자가 정하는 장소에 보관한다.

3) 다음, 감속기 후단의 커플링의 볼트를 풀어서 초음파모터 및 감속기 부분과 구동축 및 셔터 부분으로 분리한다. 구동축을 수동으로 작동하여 구동축의 휨 정도, 유니버설 조인트의 유격, 기어의 작동상태, 셔터의 작동상태 및 끼임 현상을 점검한다.

4) 시스템의 개별 부품의 분리 항목은 다음과 같다. 초음파모터와 감속기 부분, 구동축과 유니버설 조인트, 기어, Motion, 진공용기 내부의 링크, 셔터이다. 시스템 분리할 때 각 부품의 볼트 조임상태를 확인한다. 초음파모터와 감속기는 필요한 경우를 제외하고 분리하지 않는다. 또한, 리밋스위치 부분도 분리하지 않는다.

5) 개별 부품들의 동작 확인 방법은 초음파모터와 감속기 부분의 동작상태 확인은 셔터 제어기를 통해서 한다. 구동축과 유니버설 조인트, 기어, Motion, 링크들의 유격은 수동으로 동작하면서 점검한다.

6) 개별적인 동작 점검을 종료하고 시스템 전체를 조립한 후 시스템이 안정적으로 작동하도록 Alignment를 실시한다.

7) Alignment와 동시에 리밋스위치와 리밋스위치 터치바의 위치를 선정하고 고정한다.

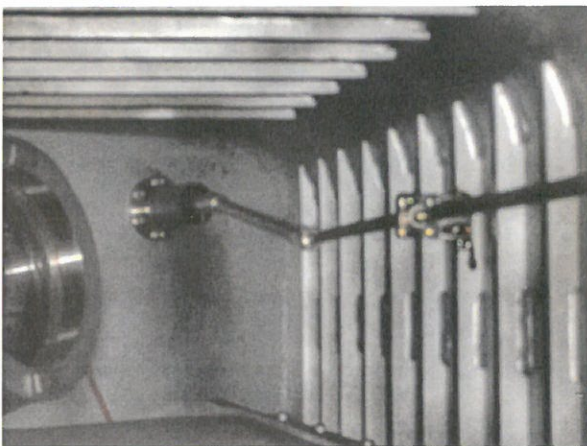
8) 초음파모터에서 링크까지의 부품은 [그림 4]와 같이 초음파모터, 연결아답터, 감속기, 커플링, 리밋스위치 터치바, 리밋스위치 및 리밋스위치 지지대, 구동축, Claw Clutch, 구동축지지대 및 베어링, 유니버설 조인트, 기어(CORE 부분만), Rotary Motion, 링크들, 셔터, 셔터 커버 등이다.



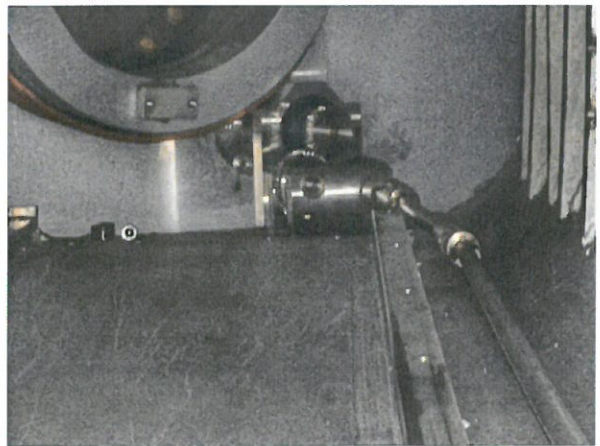
(EDGE 진단서터 구동시스템 구동부-1)



(CORE 진단서터 구동시스템 구동부-1)



(EDGE 진단서터 구동시스템 구동부-2)



(CORE 진단서터 구동시스템 구동부-2)

[그림 4] D포트 진단서터 구동시스템의 Limit Sensor 현황

3.1.4.3. 보수 사항

1) 구동축에서의 유격을 최소로 하기 위해 유니버설 조인트를 일반 타입에서 헬리컬 타입으로 변경한다. 헬리컬 타입의 수량은 5개이고, 사양은 Torque 50 kgf-cm 이상이며 기타 치수 등은 현장 상황에 따라 발주자와 협의하여 정한다.

2) 구동축의 휨을 방지하기 위해 지지대 및 베어링을 추가 설치하며, 지지대 추가 설치 수량은 4개이며, 간격은 발주자와 협의하여 정한다. 유니버설 조인트가 있는 곳은 지지대를

유니버설 조인트에 최대한 가까이 설치한다.

3) 플라즈마의 열충격 등으로 부터 서터 블레이드와 링크들을 보호하기 위한 커버가 설치되어 있는데 이 커버의 고정볼트를 낙하 방지토록 조치한다.

3.2. 안정한 동작 부분의 점검

3.2.1. 점검항목.

위의 "3.1의 불안정한 부분의 개선"에 나열한 시스템을 제외한 점검시스템은 아래 [표 2]와 같다.

[표 2] KSTAR 진단서터 구동시스템의 점검항목

포트 명	진단장치 명	구동기 방식	비 고
D	MMWI, U	공압	Viewport Shutter
	MMWI, D	공압	Viewport Shutter
H	ECEI-2	초음파모터	
J	Vis. 01	공압, Speed Control 설치	Viewport Shutter
	Vis. 02	공압, Speed Control 설치	Viewport Shutter
	THa01	공압, Speed Control 설치	Viewport Shutter
	PHa01	공압, Speed Control 설치	Viewport Shutter
	PHa02	공압, Speed Control 설치	Viewport Shutter
K	CES(Poloidal) Up	초음파모터	
	CES(Poloidal) Down	초음파모터	
	IVIS K	공압	
M	CES(Toroidal)	초음파모터	

3.2.2. 점검 및 유지보수 내용

위 3.2.1의 점검 및 유지보수 내용은 다음과 같다.

1) 진공용기 내외부에 전체 시스템의 볼트너트 조임 상태 체크한다. 특히, 커플링 및 유니버설 조인트의 고정볼트 조임상태 체크하고 볼트 조임에서 풀림방지 와셔 사용이 가능한 부분은 반드시 사용한다.

2) 베어링 작동상태, 링크의 유격, 랙 및 피니언 기어의 오염상태를 체크한다.

3) 초음파모터, 감속기, Motion 작동상태 체크한다,.

4) M포트의 서터 및 링크의 커버를 고정하기 위한 볼트를 조작할 때 진공용기 하부로 볼트의 낙하를 방지하기 위해 커버의 뒷면에 너트를 체결한다. 또한, 기존 볼트의 길이가 짧을 경우 볼트를 교체한다.

5) A포트의 카세트를 관련부서에서 철거하여 주장치실의 D0층에 놓으면, 진공관, 구동축,

링크, 서터 등을 분해하여 발주자가 지정하는 장소에 보관한다.

3.3. 종합시운전 수행

불안정한 부분을 개선하고 유지보수를 완료한 후에 Local, Remote(주제어실) 작동점검을 수회 실시한다. 진단서터 구동시스템을 최적운전 상태로 유지한다.

3.4. 기타 유지보수

3.4.1. 모든 전원공급, 압축공기, Control 및 Limit Switch 등의 계장라인을 정리정돈하고 표시 라벨을 부착하여 누구든 라벨을 통해 시스템을 쉽게 이해할 수 있도록 한다.

3.4.2. 계약자는 KSTAR 캠페인 기간 동안 본 시스템이 기계적, 제어적인 비정상 작동 시 적극적으로 점검 등의 협조를 한다.

4. 과업수행 절차

4.1. 과업착수 전

4.1.1. 계약자는 발주자에게 과업착수 전 과업수행 일정을 발주자와 협의하고 일정표를 제출한다.

4.1.2. 계약자는 발주자에게 설치되는 제품의 제조사 및 사양에 대한 자료의 제출 및 설명을 하고 승인을 득한다.

4.1.3. 계약자는 발주자에게 압축공기, 전원, 계장라인의 설치경로를 설명하고 승인을 득한 후 구축을 시행한다.

4.2. 과업 진행 중

4.2.1. 계약자는 발주자에 승인을 득한 압축공기, 전원, 계장라인의 설치경로를 변경하고자 할 경우에는 발주자에게 재승인을 득하고 시행한다.

4.2.2. 계약자는 발주자와 함께 시운전을 실시하여 발주자의 확인을 득한다.

5. 과업수행 결과보고서 내용

5.1. 과업수행 결과보고서는 과업수행 결과를 보고서 양식으로 작성하며 양식은 발주자와 협의하여 결정한다.

5.2. 과업수행 결과보고서는 과업수행 내용을 상세히 기술하여 추후 당 시스템의 이력관리 및 유지관리 통계분석에 이용할 수 있도록 작성한다.

5.3. 과업수행 결과보고서의 내용은 계약자와 협의하여 발주자가 추가로 정할 수 있다.

6. 과업기간 및 설치장소

6.1. 과업 수행기간은 계약 후 4개월이며 계약 후 발주자와 협의하여 가능한 발주자의 일정을 따른다.

6.2. 납품 및 설치장소는 KSTAR 주장치실이며 발주자와 협의하여 정한다.