

7. 기계·전기시설의 관리

7.1 총설

7.1.1 기본사항

기계·전기설비의 기능을 장기간에 걸쳐 안정적으로 유지하기 위해서는 적절한 운전관리를 실시하고, 설비기기를 항상 합리적으로 보전하는 것이 중요하다. 설비관리에 있어서는 기기의 구조, 성능 및 시스템 전체를 충분히 파악한 후 보전할 필요가 있다.

최근의 기계·전기설비의 이용형태는 시설의 대규모화, 고도화 및 복잡화 등으로 고도로 전자화된 신기술에 의한 자동화가 진행되고 있다. 이로 인해 지금까지의 설비단위 이용형태로부터 상수도 시스템으로서의 종합적 기능을 갖는 형태로 이용되고 안정된 급수를 확보하는 역할이 더욱 크게 증대되고 있다.

이 때문에 기계·전기설비를 최선의 상태로 유지하기 위해서는 설비 또는 기기를 대상으로 세심하게 점검·관리하여야 할 뿐만 아니라 시스템 전체가 과학적이고 체계적으로 운영되는지를 파악하는 것이 중요하다.

또한, 직원의 교육훈련과 전문적인 자격취득을 추진하고 전문기술을 유지하는 직원 육성을 실시하여 안전대책 및 긴급상황에 대비하지 않으면 안 된다.

시설물을 점검·관리하는 자는 담당하는 기계·전기설비의 구조, 기능 및 점검·관리하는 방법을 숙지하고 항상 보수점검을 이행함으로써 사고의 미연 방지에 만전을 기함과 동시에 만약 고장이나 사고가 발생하더라도 그 영향을 최소한도로 줄이기 위해 힘쓰지 않으면 안 된다.

기계·전기설비를 점검·관리함에 있어서 기본적인 일반 사항을 제시하면 다음과 같다.

- ① 기계·전기 기기마다 취급설명서를 숙지하고 적절한 취급관리를 해야 한다.
- ② 기기의 운전, 사고, 수리, 점검 등의 기록, 경력을 포함하여 기기 대장 등을 정리, 보관하여 두어야 한다.
- ③ 운전, 조작, 점검, 수리 등의 기준 및 보수에 관한 규정을 작성하여 담당자 전원이 언제 어디서나 즉시 알 수 있도록 정비하는 것은 매우 필요하며 어느 특정인이 현장에 없어서 그 대책을 세우지 못하는 경우가 있어서는 안 될 뿐만 아니라 특히, 사고시의 조치에 관하여는 완벽을 기할 수 있어야 한다.
- ④ 항상 기기를 청소하고 실내의 청소, 정리정돈에 유의하여야 하며 실내의 바닥 배수가 잘 되게 하여 항상 건조한 상태로 유지하여야 한다.

- ⑤ 기기의 본체가 아닌 부대설비에 관해서도 소홀히 하여서는 안 되며 보수용구, 기기, 기자재, 소모품 등은 항상 필요량을 정비하여 보유토록 하고 정리 정돈함을 잊어서는 안 된다.
- ⑥ 기기가 고장을 일으킬 염려가 있거나 고장이 났을 때는 그 원인을 신속하게 조사하여 보수하여야 하며, 보수작업을 즉시 시행하는 것과 타기기로 교환한 후 수리하는 것 중 어느 것을 택하느냐는 그 때의 상황 판단에 따라야 하지만 중요한 것은 고장을 방치해서는 안 된다.
- ⑦ 시설, 설비 등에 관하여 보안상 관점에서 각종 법규, 규격 등으로 규제되는 사항도 많이 있으므로 이러한 법규 등에 관하여도 숙지하는 것이 중요하다. 여기에 관련된 주요 법규들을 열거하면 다음과 같다.
 - ① 근로기준법, 근로보건관리 규정, 근로안전관리 규정
 - ② 고압가스 안전관리법(1MPa 이상의 압축공기를 제조하는 것)
 - ③ 전기사업법, 전기사업법 시행령, 전기공사업법, 전기공사업법 시행령
 - ④ 전기관계 보고규칙, 전기설비의 기술기준
 - ⑤ 전파관리법, 전파관리법 시행령, 무선종사자 국가시험 및 면허규칙, 무선국 운용규칙, 무선설비규칙
 - ⑥ KS규격, 소방법, 환경보전법 등

특히, 상수도시설의 기계·전기설비는 연속해서 장기간 사용되기 때문에 가동에 의한 마모가 심한 점과 기기, 부품의 평균고장간격(MTBF)을 고려한 적절한 보전을 실시하고 가능한 한 고장이 발생하지 않도록 과학적 관리가 필요하다. 이 때문에 기기 고장이 상수도시스템에 미치는 영향과 중대한 기기 파손의 위험을 파악하기 위해서 빠르게 고칠 수 있는 응급복구방법(MTTR)을 고려한 유용성(availability)이 높은 보전을 실시하지 않으면 안 된다.

- 평균고장간격(MTBF; mean time between failures): 수리하면서 사용하는 기기, 부품 등의 고장이 일어나는 시간 간격의 평균값을 말함.
- 평균수리시간(MTTR; mean time to repair): 기기 등의 응급복구방법에 적용되는 것으로 사후 보전에 필요한 시간의 평균값을 말함.
- 유용성(availability): 수리하면서 사용하는 계기, 기기 또는 부품 등이 어느 특정한 시간 동안 기능을 유지하고 있는 확률 또는 일정 기간 중에 기능을 완수하고 있는 시간의 비율을 말함.

7.1.2 기능평가와 설비진단

기계·전기설비는 운전에 의한 진동, 마모, 부식, 과열, 절연저하 등의 기계적·전기적 스트레스로 인해 성능의 열화가 진행되므로 정기적으로 기기의 기능을 진단하여 정확히 파악하고 평가하는 것이 필요하다. 이를 위한 주요 평가 항목은 다음과 같다.

- ① 펌프 등의 기기에 대한 능력과 효율 등을 나타내는 기기 단위 평가
- ② 설비의 이중화와 예비율 등을 나타내는 설비의 평가

③ 설비단위 평가 및 상수도시스템으로서의 종합적 설비시스템 평가

(1) 기능평가

기계·전기설비의 기능평가는 기기단위, 설비단위, 시설과의 관련 및 상수도시스템 등으로서의 기능이 유지되고 있는가를 평가하는 것으로서 일반적으로 다음과 같은 항목에 대해서 평가를 실시하게 되며, <표 7.1.1>은 기계·전기설비에 대한 기능평가 항목의 예를 여유도와 위험도에 대한 안정성(양적 대응), 안전성(질적 대응) 및 경제성(효율적 운용 및 설비투자)으로 구분하여 제시하였다.

1) 기기단위

① 고장률이 높고 수선비의 증대를 초래하고 있지 않은가?

<표 7.1.1> 기능평가 항목의 예

구분	항 목		안정성(여유·위험)	안전성(여유·위험)	경제성(여유·위험)
			양적 대응(압력·수량)	질적 대응(수질 등)	효율적 운용 및 설비투자
기기 자체의 기능	성능·효율	정수처리 기기	- 정수처리 불량과 체류시간 - 비상용 주입점의 설치	- 정수처리 불량과 수질감시 기능(수질모니터) - 약품주입설비의 누설	- 고효율 운전 - 성능 유지
		송배수 기기	용량분할에 대한 사고	기름 등의 혼입대책	- 고효율 운전 - 성능 유지
		전원기기	- 절연관리, 전원계통의 분할 - 용량관리, 기기의 내설화	비상용 전원의 확보	- 역률 개선 - 디맨드 관리
	제어기기		동작확인(기기단위시험 및 루프시험)	약품주입제어 이상과 수질 감시기능	범용기기의 사용
	감시·관리기기			가이던스 기능	임대 또는 매입
설비로서의 기능	설비 이중화		- 전원계통의 이중화 - 약품배관의 이중화	수질제어기기의 이중화	이중화해야 할 설비항목과 투자효과
	설비 예비율		설비형태에 따라 통일된 예비에 관한 사고	수질변동에 대응할 수 있는 예비사고	고장 및 보수를 고려한 적정한 예비율
	설비개량시의 안전성		개량공사 중의 수량확보(능력저하 대응)	개량시의 안전성 저하에 대한 대책(가설의 필요성)	가설에 대한 비용과 안전성의 비교
	비상안전장치의 기능		- 기계의 접촉사고 방지공간 확보 - 운전사고대책	약품주입제어의 이상에 대한 백업기능	
설비개선	설비개선		- 개설과의 정합성이 있는 정비 - 계획·신기술의 도입	설계조건(기본적 수치 등)의 재평가	- 바유지관리기기의 사용 - 절대적 열화의 파악

구분	항 목	안정성(여유·위험)	안전성(여유·위험)	경제성(여유·위험)
		양적 대응(압력·수량)	질적 대응(수질 등)	효율적 운용 및 설비투자
시설로서의 기능	구조물과의 능력평가	• 구조물과 설비기기와의 여유도 및 분해율	• 교반효과와 침강속도	• 능력증대시의 비교 (구조물 및 기계설비)
	관로의 성능열화	• 관로정수(C값)의 관리	• 배관의 세정계획	• 유수율의 관리 • 펌프성능의 재평가
	유지관리 공간	• 점검통로 및 보수 공간 확보(유지관리 향상)	• 유지관리시 안전성의 확보	• 보수작업효율의 향상
	확장성을 고려한 공간	• 설비개량 및 증설시 공간의 확보	• 능력 저하의 방지	• 장래성을 고려한 비용과 효과의 비교
상수도 시스템으로서의 기능	사고시의 대응	• 정전에 의한 관로 파손 (워터해머 대책)	• 관로내의 탁수대책	• 직원의 출동체제
	정수장의 위험분산	• 능력의 균등분산 • 타계통의 지원가능범위	• 복수 수원에 의한 안전성 향상	• 평상시의 경제적 운용
	송수계통의 루프화	• 루프화에 의한 대응능력파악	• 관망의 유량관리 • 흐름방향관리	• 송수계통의 경제적 운용
	고장이 전체에 미치는 영향도	• 기기의 중요도	• 압력·유량의 변동상황 파악	• 기기의 중요도에 따른 보전체제
	관리능력의 일원화	• 수운용의 일원관리 • 원격제어의 안정성	• 관로 수질의 일원관리	• 원격감시를 위한 회선비교 (유선 또는 무선)
	송수운용계획	• 수요량에 따른 적정한 운용계획 • 수요량 변동에 따른 저수지 운용	• 수요변동에 따른 제어 압력변동에 의한 탁수방지)	• 균등 송·배수에 있어서의 전력관리 • 펌프의 고효율 운전
	운용체제	• 운용체제의 확립	• 비상시의 운용체제 확립	
	보전체제	• 설비진단기술의 도입		• 설비진단기술의 도입

② 능력, 효율 등이 저하되고 안전성, 신뢰성, 경제성의 확보가 어렵게 되지 않았는가?

③ 전체 중에서 균형이 잡혀서 기능 유지를 도모할 수 있는가?

④ 당초의 목적이 달성되고 있는가?

2) 설비단위

① 이중화 등의 대책은 충분한가? 기계·전기설비 및 배관 등의 중요한 부분이 이중화되어 있지 않아 중대한 사고나 고장을 초래할 우려는 없는가?

② 예비율은 적절한가? 예비율이 부족하여 운전과 점검에 지장을 초래하고 있지 않는가? 계획변경에 수반되는 예비율은 적정한가?

- ③ 예비펌프대수, 예비약품저장탱크 등의 상황은 적절히 설치되어 있는가?
- ④ 비상안전장치(failsafe)의 대응은 가능한가?
- ⑤ 설비의 노후화가 진행되고 안전성, 신뢰성이 저하되지 않는가?
- ⑥ 설비의 설치환경(환기, 온도 등)이 나쁘고 고장률의 증대, 수명의 단축, 소음발생 등의 장애는 없는가?
- ⑦ 중요도에 따른 등급 분류는 적절한가?
- ⑧ 설비간의 적합성은 유지되고 있는가?

3) 시설과의 관련

- ① 점검통로, 보수공간 등의 점검·관리를 위한 공간은 확보되어 있는가?

4) 수도시스템

- ① 사고시의 대응책은 준비되어 있는가?
- ② 송수계통의 이중화는 되고 있는가?
- ③ 고장에 수반되는 전체로의 영향은 어떤가?
- ④ 절전형 에너지 대응은 시행되고 있는가?
- ⑤ 수운용시스템의 정비는 시행되고 있는가?
- ⑥ 운용 및 유지관리체제는 적절한가?

(2) 설비진단

1) 설비진단기술

설비진단기술은 일반적으로 「설비상태 즉, 설비에 관계된 스트레스, 고장과 열화, 성능 등을 정량적으로 파악해서 신뢰성과 성능을 진단예측하고 이상이 있으면 그 원인, 위치, 위험도 등을 식별 평가해서 그 수정방법을 결정하는 기술」로 정의할 수 있다.

따라서 설비진단기술은 상태를 파악하기 위한 측정기술, 이상의 유무를 식별해서 그 미래를 예측하기 위한 해석·평가기술, 그리고 가장 적절한 보전 행동을 결정하기 위한 기술로 크게 구별되며 간이진단기술과 정밀진단기술로 구분된다.

간이진단기술은 사람의 건강진단처럼 설비의 상태를 빠르게 효율적으로 파악하는 것으로 다음과 같은 목적을 위해 실시된다.

- ① 설비에 관한 스트레스의 경향 관리와 이상 스트레스의 검출
- ② 설비의 열화, 고장의 경향 관리와 조기 발견
- ③ 설비의 성능, 효율 등의 경향 관리와 이상 검출
- ④ 설비의 감시 및 보호
- ⑤ 문제설비의 유출

정밀진단기술은 간이진단을 통해 이상 징후가 있다고 판단된 설비를 전문적으로 정밀하게 진단하고 대응책을 정하기 위해서 실시하는 기술이며 다음과 같은 요소가 필요하다.

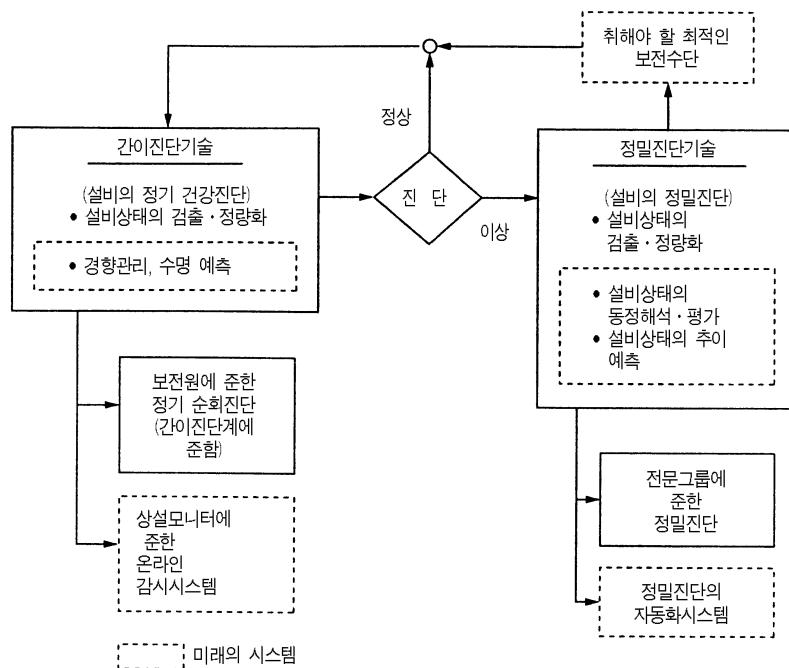
- ① 이상 유형과 종류의 판별

- ② 이상 원인의 확정
- ③ 위험도의 판정과 그 진행 예측
- ④ 수정방법의 검토

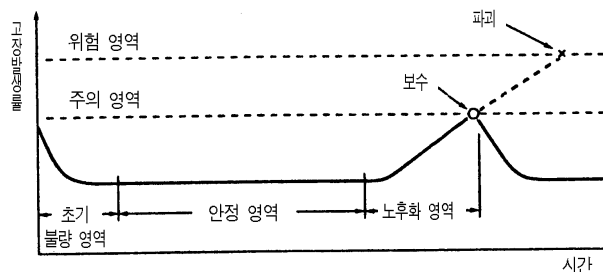
간이진단기술과 정밀진단기술의 관계는 <그림 7.1.1>에 나타내었다.

설비는 설치한 초기에는 고장률이 비교적 높게 발생하고 머지않아 안정적으로 되지만 운전시간의 경과에 따라 서서히 고장 발생률이 증가하게 된다. 특히 회전기계 등 마모계의 설비기기는 이러한 경향이 현저하게 나타난다.

이의 상태를 횡축으로 시간, 종축으로 고장발생률로 하여 도시화하여 보면 <그림 7.1.2>와 같은 육조상 곡선이 그려진다.



<그림 7.1.1> 간이진단기술과 정밀진단기술의 관계도



<그림 7.1.2> 사용년수에 따른 고장발생률

이와 같이 설비의 열화 및 수명은 육조상 곡선과 같이 설비의 운전시간 경과와 함께 설치 당시의 초기 불량기, 안정기, 주의영역을 거쳐 위험영역으로 진행되고 결국 설비의 파손 등의 사고로 연결되기 때문에 주의 및 위험영역에서는 특히 기기설비에 대한 점검·진단을 철저히 하여 보수하는 것이 매우 중요하다.

2) 진단대상설비의 선정조건

상수도시설에 있어서 모든 설비를 대상으로 진단을 실행하는 것은 작업효율, 경제성 및 효과 등의 측면에서 바람직하지 않으며 또한 기술적으로 가능한 것과 그렇지 않은 것이 있으므로 잘 검토해서 대상설비를 선정할 필요가 있다.

진단대상으로 해야 할 설비를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 정수 처리와 물 공급에 있어서의 가장 중요한 설비
- ② 대체설비라도 고장에 의해 설비 전체에 큰 영향을 미치는 설비
- ③ 고장에 의해 이차적 피해가 예측되는 설비
- ④ 유지관리비용이 차지하는 비율이 높은 설비

3) 진단대상 설비사례

상수도사업에 도입되어 있는 설비진단사항은 다음과 같다.

① 회전기계 진단

진동의 주요소로서 신호파형, 주파수 분포 및 이상신호 등의 발생빈도를 해석하고 축수부(베어링 등)의 분해 없이 이상 부위의 판정을 실시하는 진단기술로 주로 펌프, 모터 등의 회전기계 대상이 된다.

펌프 축수부의 진단과 펌프 및 전동기의 신뢰성 평가의 예를 제시하면 <그림 7.1.3>, <표 7.1.2> 및 <표 7.1.3>과 같다.

② 절연진단

절연진단은 모터와 압축기의 코일, 케이블 등 절연의 열화정도를 파악하는 것을 목적으로 하는 진단기술로 주로 모터가 대상이 된다. 모터의 절연진단 예를 <표 7.1.4>에 나타내었다.

③ 배관구조물계 진단

부식과 균열을 초음파탐상, X선 등을 통해 발생상태를 확인하는 진단기술로 주로 염소설비와 약품설비가 대상이 된다.

④ 윤활, 마모계 진단

윤활유성 상태에서 윤활유의 동점도, 수분, 헵잡물, 전산가 등의 분석에 의해 기계설비에 있어서 이상의 유무를 판단하고 마모입자의 분석을 통해 윤활유 관리와 설비이상의 조기검출을 가능하게 하는 진단기술로 펌프, 모터가 주 대상이 된다. 윤활유의 정상진단 예를 <표 7.1.5>에 제시하였다. <그림 7.1.4>는 이상의 각 설비기기의 진단계통에 대해서 나타내었다.

4) 설비진단 기술도입의 과제

- ① 데이터의 축적을 통해 경향관리를 추진한다.
- ② 종래의 보전에서 얻은 데이터와 경향관리의 관련성을 확인한다.

- ③ 데이터의 효율적인 관리가 가능한 시스템을 도입한다.
- ④ 종합적인 설비보전시스템의 확립을 세운다.
- ⑤ 직원의 설비보전에 대한 관심을 높인다.
- ⑥ 설비진단기술을 적용할 수 없는 경우에는 이에 대신할 효율적인 관리수단을 검토한다.

주 파 수 분 석			회 전 주 파 수		맥 동 주 파 수		전 기 적 주 파 수			간 이 진 단						
모 드	측정위치	방 향	실측 1,190rpm		날 개 4장		60 Hz 120 Hz 240 Hz 360 Hz			측정값 그래프 속도관리기준 0.65mm/s를 100%로 한다. 50%						
			fo : 19.8Hz 2fo : 39.6Hz		fx : 79.2Hz 2fx : 39.6Hz											
그래프눈금 →			1 2		1 2		1 2			1 2 3 4 5						
진 동 속 도 mm / s	① 모터 상부측수	A		0.53					0.22	0.53						0.80
		H		1.39						1.39						0.75
	② 모터·요크	H		0.75						0.21						0.51
		A		0.19						0.27						0.53
	③ 모터 하부측수	H		0.13						0.24						0.30
		A		0.58												0.54
mm / s	④ 중간축수 1	A		0.58												0.30
		H														
	⑤ 중간축수 2	A		0.28						0.28						0.55
		H														2.39
mm / s	⑥ 중간축수 3	A		0.21												0.45
		H														1.59

설비 개요	종합 판정 결과
모터용량 160kW 펌프형식 OC.CH 토출량 800m ³ /H 양정 35m 측정포인트 	·전동속도 모터 각 부분에서 회전체의 불균형 양을 나타내는 회전주파수 성분 (fo:19.8Hz)의 증가가 보이고, 간이 진단측정결과도 모터 상부의 각 측정점에서 약간의 증가가 보입니다. 현재로서는 주의영역에 이르지 않고 문제는 없습니다만, 지속적인 관리가 필요합니다. ④중간 축수 1(H)의 간이 진단값이 주의영역에 있습니다. 그러나 과거의 데이터와 비교하면 열화진행은 발견되지 않습니다. ·진동가속도 특히 이상을 나타내지 않습니다.

<그림 7.1.3> 펌프 베어링부의 진단 예

<표 7.1.2> 펌프의 신뢰성 평가의 예

2000년 〇〇월 〇〇일, 날씨 〇〇, 기온 〇〇℃

사업소명: 〇〇〇정수장	시설코드번호: 09P-P-002	평가자: 〇〇〇
신뢰성평가의 대상기기: 제〇〇호 송수펌프	개량페턴: B유형	습도: %
신뢰성평가 트렌드: 제〇〇회	보전관리시스템으로의 입력자: 〇〇〇	평가
제〇〇호 송수펌프의 정격:		

	No.	평 가 항 목	배 점	평가점	비 고
경 과 년 수	A1	36년 이상	10		
	A2	31~35년	7		
	A3	26~30년	5		
	A4	21~25년	3		
	A5	16~20년	2		
	A6	10~15년	1		
열 화 현 상	B1	정밀진동진단의 결과	임펠러에 이상 있다. 축수에 이상 있다.	*25	
	B2	전체의 진동이 증대	10		
	B3	축수부의 이음, 온도상승	*15		
	B4	축수오일의 열화	*15		
	B5	발청에 따른 도장박리	3		
	B6	10년마다 오버홀을 하지 않는다.	*10		
운 전 환 경 조 건	C1	주위 온도가 허용범위를 넘고 있다.	3		
	C2	염해와 염소냄새 등의 부식성 가스에 영향을 받고 있다.	3		
	C3	과부하 상태로서 운전되는 경우가 있다.	3		
	C4	운전·정지와 부하변동이 많다.	2		
	C5	지반침하 등의 레벨변동이 있다.	10		
	C6	운전간격이 길다.	15		
	C7	펌프, 보조기기 등의 일부가 수물되고 있다.	3		수중펌프, 사류펌프는 제외
이 상 현 상	D1	본체 내 이상음(캐비테이션)이 있다.	*25		
	D2		*25		
	D3		*25		
합 계					

	평가점의 합계	필요한 처치	비고
(I)	30점 이상	가능하면 사용을 정지하고 빠르게 정밀점검을 실시	갱신계획작성
(II)	25~30점	빠르게 정밀점검을 실시, 슬슬 갱신을 고려	장기갱신계획
(III)	15~24점	기회를 봐서 정밀점검을 실시	
(IV)	14점 이하	정기정밀점검	

주 1) * 표시는 기기에 이상이 있으므로 보수 등의 대응을 필요로 한다.

주 2) 평가점의 내용을 분석하고 보수·부품교환을 실시해도 평가점이 (I) 및 (II)의 기준점보다 향상되지 않는다고 예측되는 경우에는 갱신의 필요성이 있다고 판단된다.

<표 7.1.3> 전동기의 신뢰성 평가의 예

2000년 ○○월 ○○일, 날씨 ○○, 기온 ○○℃

사업소명: ○○○정수장	시설코드번호: 007-MC-003	평가자: ○○○
신뢰성평가의 대상기기: 제○○호 송수펌프 급전반	개량패턴: A유형	습도: %
신뢰성평가 트렌드: 제○○회	보전관리시스템으로의 입력자: ○○○	평 가
제○○호 송수펌프용 전동기의 정격:		

	No.	평 가 항 목	배 점	평가점	비 고
경 과 년 수	A1	36년 이상	#25		
	A2	31~35년	#20		
	A3	26~30년	15		
	A4	21~25년	8		
	A5	16~20년	4		
	A6	10~15년	2		
열 화 현 상	B1	고정자 권선의 메가측정에 의한 절연저하	8		건조조치로 회복되는 정도
	B2	고정자 권선의 절연진단장치에 의한 진단결과	—		진단내용에 따라 배점
	B3	구출선부의 가열, 변색	*15		
	B4	이차 권선의 인출선 가열, 변색	*15		
	B5	카본브러시의 마모	15		이상마모가 발생함
	B6	슬립링의 거침	*15		
	B7	라디에이터의 물오염	*15		
	B8	축수오일의 열화	*15		열화원인의 분석, 교체
	B9	축수부의 이음, 온도상승	15		
	B10	축수부 등의 진단장치에 의한 진단결과	—		진단결과에 따라 배점
환 경 조 건	C1	운전간격이 너무 길다	15		
	C2	열소냄새의 분위기가 느껴진다.	10		
	C3	부하상태로서는 무겁다.	5		
	C4	온도	3		
이 상 현 상	D1	일차측 전류값이 크게 분산된다.	*15		
	D2	이상한 냄새와 소리가 난다.	*15		
	D3	슬립링부에서 탈락되었다.	*15		
기 타	E1	수물, 침수사고가 있었다.	*15		
	E2				
합 계					

	평가점의 합계	필요한 처치	비고
(I)	30점 이상	#을 포함해서 30점 이상인 경우에는 권선 교체 또는 개량을 계획	정밀진단
(II)	25~29점	종합정밀진단(절연, 축수 등의 종합진단)	
(III)	20~24점	정밀진단	
(IV)	19점 이하	정기진단	

- 주 1) * 표시는 기기에 이상이 있으므로 보수 등의 대응을 필요로 하며 #표시는 노후화 갱신을 준비해 놓는다.
주 2) 평가점의 내용을 분석하고, 보수·부품교환을 실시해도 평가점이 (I)의 기준점보다 향상하지 않는다고 예측되는 경우에는 갱신의 필요성이 있다고 판단된다.

<표 7.1.4> 모터의 절연진단 예

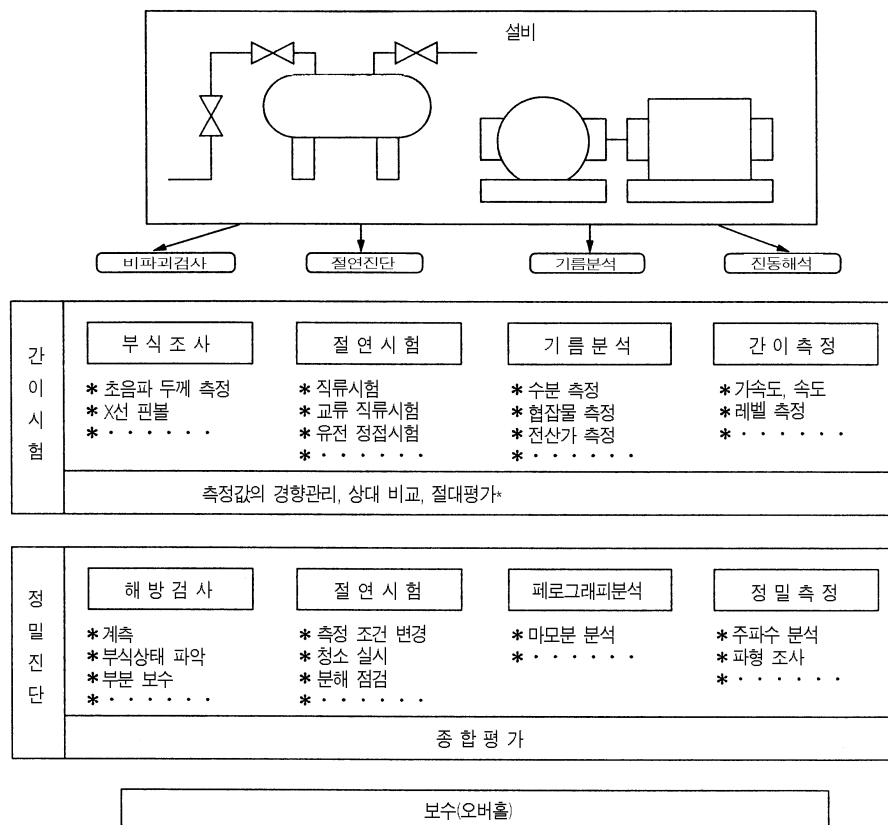
용량	160kW		극수		6P
전압	6,600V		기기종별		카고형
전류	18.3A		절연종별		F중
주파수	60Hz		제조년월		2006년 10월
진 단 항 목			판정기준 (양호영역)	금회진단결과 (측정값)	파라미터 판정
메가테스트 (at 1,000V)	• 진단 전	MΩ	100MΩ 이상	2,000MΩ 이상	양호
	• 진단 전	MΩ	100MΩ 이상	2,000MΩ 이상	양호
직류고압법 (at 1,000V)	• 절연저항값	MΩ	100MΩ 이상	36,364MΩ	양호
	• 성극지수	MΩ	1.50 이상	11.0	양호
	• 절연저항변동비	MΩ	0.2 이상	0.41	양호
직류고압법 (at 4,762V)	• 접지전류값	I(T)mA	측정값	134.0mA	—
	• 접지전류증가율	ΔI%	10% 이하	0%	양호
	• 제1차 전류급증점	PI1 V	3,810V 이상	4,762V 이상	양호
	• 제2차 전류급증점	PI2 V	6,600V 이상	4,762V 이상	—
유전정접법	• 유전정접 베이스($\tan \delta$)	B%	3.0% 이하	2.5%	양호
	• 유전정접 증가폭 $\Delta \tan$	δ %	7.0% 이하	0.1%	양호
	• 유전정접 히스테레시스($\tan \delta$)	h%	1.6% 이하	0.1%	양호
코로나법 (at 4,500V)	• 코로나방전 개시전압	V	3,810V 이상	4,000V	양호
	• 최대방전 전하량	$Q_{\max}^{\text{pc}}$	25,000pc 이하	1,075 ^{pc}	양호
	• 최대방전 펄스량	$Q_{\text{카운트}}^{\text{pps}}$	측정값	100 ^{pps}	—
	• 코로나방전 개펄스폭	%	측정값	44.4	—

<표 7.1.5> 윤활유의 성상진단 예

펌프 명칭		송수 1호	송수 2호
설비 · 장치명		펌프DS	펌프WS
유지 품목		코스모터빈 32	코스모터빈 32
성질 분석	외관	옅은 황색 투명	조금 탁한 황색
	색상(ASTM)	L0.5	L1.0
	동점도 at 40℃(cSt)	31.77	32.71
	전체 산가(mgKOH/g)	0.11	0.05
	수분(%)	<0.01	<0.01
	n-펜탄 불용해량(wt%)	—	—
오염물질 함유량(mg/100m ^l)		5.6	8.9

폐로 분석	Al궂(%)		43.4
	AS궂(%)		16.7
	진단결과		이상

주) 「펌프WS」의 율환상태가 악화되어 있고 오염물질량도 많아지고 있다. 외관상 탁해진 것이 확인되었지만 수분량은 낮은 수준에 있다. 그러나 폐로분석 결과에서는 적색 산화물이 상당히 발생되고 있으므로 계속 율환유 관리를 강화함과 동시에 빨리 교환토록 하는 것이 바람직하다.



주*) 절대평가에 대해서는 그 기기가 이상하다는 기준을 세우고 기기의 평가를 실시하는데, 그 기준은 금후 기기의 규모, 종류, 사양 및 경향관리의 축적으로부터 판별해서 실시할 필요가 있다.

<그림 7.1.4> 설비기기의 진단계통

7.1.3 안전관리

(1) 기계·전기설비의 위험관리

1) 설비의 정지에 의한 손실

정전, 설비의 고장·사고, 수질오염 등은 단수 또는 감수에 의한 손해와 사회생활에 큰 영향을 미치게 된다. 정전, 설비사고의 대응은 다른 계통 변전소에서 이회선 수전, 자가발전설비의 충실, 타수

계로부터의 취수, 타정수장으로부터의 송수, 중요 설비의 복수 분할화, 설비에비력의 확보 등을 생각할 수 있는데, 장시간의 정전과 설비정지에도 충분한 대응이 가능하도록 하며, 고장과 사고를 일으켜도 백업이 가능하고 시설 전체가 정지되지 않도록 하여야 한다.

2) 인적 손실

감전과 회전기계와의 접촉에 의한 사망 사고는 가장 어려운 위험요소이다. 이 외에 주변 주민 등 제3자에게 미치는 피해에 대해서도 절대적으로 피해야만 한다.

따라서 안전대책은 계획, 설계, 시공의 각 단계로부터 충분히 고려함과 동시에 유지관리상 새롭게 발견된 안전상의 문제는 시급히 개선하여야 한다.

예를 들면 감전방지를 위한 안전망, 회전기계의 커프링 덮개, 벨트 커버 등의 보호장치와 높은 작업 장소의 추락방지대책 및 위험지역의 주의표시 등을 설치한다.

또한, 작업 중의 위험방지에는 시공계획서의 작성과 작업개시 전의 세밀한 미팅, 기기의 조작훈련 등의 철저, 피해를 최소화하기 위한 위험예지훈련의 시행 등 안전확보의 훈련을 정기적으로 시행하는 것이 중요하다.

(2) 안전관리

안전관리에는 사고, 고장 등을 일으키지 않기 위한 일상의 훈련을 충분히 실시하는 것이 중요하다. 그러기 위해서는 각 기기의 본 기능을 발휘할 수 있도록 함과 동시에 고장의 영향을 가능한 한 적게 하는 것을 목적으로 한 이상점검, 정기점검정비 및 분해정비를 실시한다.

안전관리상 주의할 점은 일상으로부터 정상적인 설비기기의 운전상황을 충분히 파악하고 이해해 놓는 것이다.

일상점검에서는 통상 운전되고 있는 기기의 운전음, 진동, 온도, 전류값, 유량, 압력 등을 잘 관찰하고 정상적인 기기의 상태를 파악해서 이상이 있는 징후가 나타났을 때 이를 조기발견하기 위해 전류값, 압력 등의 수치로 나타나는 항목은 계기에 정상 값의 범위를 나타내는 표시를 하거나 점검부에 평상시의 지시 값을 기재해 놓도록 한다.

이 외에 고장을 자동적으로 검지하기 위한 각종 센서를 이용할 수 있는 경우에는 이것을 기기에 장착해서 이상점을 설정해서 경보를 울린다는지 기기를 자동 정지토록 하여 손상 등의 사고를 막을 수 있게 한다.

안전관리의 상태로서는 유지관리요원의 숙련된 기술에 의지할 뿐만 아니라 기기의 이상에 대한 보호기능을 설비 자체에 가지게 함으로써 사람의 손을 빌리지 않고 안정된 관리를 실시하는 것이 필요하다.

(3) 사고 및 재해대책

사고와 재해는 적정한 계획, 기기의 성능에 기초한 운전을 실시해도 그 발생을 근본적으로 예방할 수 없다.

그러나 대부분의 고장은 과학적인 관리방법을 적용하는 것으로 돌발적인 사고·고장은 어느 정도

회피할 수 있다.

만일 사고와 재해가 발생한 경우 그에 수반되는 손해와 정수처리, 또는 펌프 정지에 의한 공급기능의 저하를 어떻게 경감할 수 있는가가 중요한 포인트가 된다.

사고 및 재해대책의 예를 <표 7.1.6>에 나타내었다. <표 7.1.6>을 기초로 평상시에 모든 고장을 상정해서 적절한 대책을 강구함에 따라 돌발적으로 발생한 사고 및 재해에 대해서도 전체 기능의 정지를 막을 수 있다.

<표 7.1.6> 사고 및 재해 대책의 예

재해·사고	해 당 대 책
전원의 정전	• 자가발전설비의 설치 • 수전의 이계통화
차단기 등의 고장	• 예비용 차단기의 확보
전력케이블 사고	• 이계통에 의한 수배전 • 중요 계통의 고장을 상정해서 예비케이블의 준비 또는 단시간에 공급 가능여부 확인 • 다른 계통으로부터의 공급이 가능한 연락케이블의 설치
펌프류 등의 기기 고장	• 복수 대수의 분할 및 예비 기기의 확보 • 긴급 수리가 가능한 부품의 확보 • 양수된 물을 저장해 놓는 배수지 등의 적절한 양 확보
밸브류의 고장	• 예비용 밸브의 확보 • 단수가 불가능한 관의 밸브는 무단수 삼입판의 설치

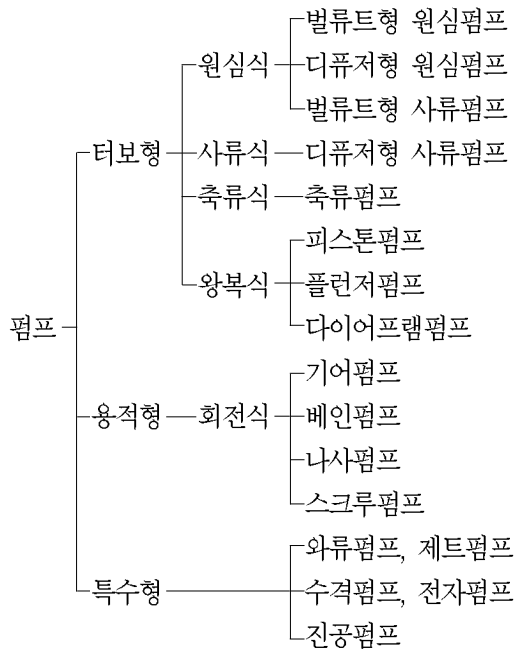
7.2 펌프

7.2.1 총칙

펌프의 갑작스러운 정지는 단수 또는 감수와 수질 이상의 발생을 초래하고 시민생활과 사회활동에 큰 영향을 미치기 때문에 그 관리는 수도시스템의 기능을 유지하기 위한 중요한 작업이다. 따라서 기기의 구조, 능력 및 조작법을 숙지하고 안전하고 효율적인 운전과 점검·정비를 시행해야만 한다.

7.2.2 펌프의 종류

펌프는 원동기로부터 기계적 에너지를 받아 액체를 저압부에서 고압부로 송출하는 기계라고 할 수 있다. 펌프를 작용원리에 따라서 분류하면 다음과 같이 크게 3가지로 나눌 수 있다.



펌프의 종류에는 위와 같이 여러 가지가 있지만, 여기서는 상수도에서 널리 사용되는 터보형에 대해서만 분류하여 설명하기로 한다. 원심펌프와 사류펌프에서 유체가 임펠러(impeller)로부터 직접 벌류트 케이싱으로 송출되는 것을 벌류트형(volute type), 임펠러의 출구측에 가이드 베인 등의 디퓨저가 있는 것을 디퓨저형(diffuser type 또는 turbine type)으로 불러 구분한다. 또한, 터보형 펌프는 그 구조에 따라 입축(立軸), 횡축(橫軸), 편흡입(片吸入), 양흡입(兩吸入), 윤절형(輪切形), 수평분할형(水平分割形), 단단(單段), 다단(多段), 고정익(固定翼), 가동익(可動翼) 등으로 세분할 수 있다. 상수도시설에서 펌프는 주로 취수, 도수, 송·배수설비로 사용되며, 펌프와 관련된 규격은 여러 가지가 있으나, 대표적인 KS규격은 다음과 같다.

- KS B 6301 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프의 시험 및 검사방법
- KS B 6318 양쪽 흡입 벌류트 펌프
- KS B 6319 수봉식 진공 펌프
- KS B 7501 소형 벌류트 펌프
- KS B 7505 소형 다단 원심 펌프

7.2.3 펌프의 운전 특성

펌프의 특성은 펌프 형식과 비속도 및 임펠러의 형상 등에 따라 결정되나, 송출되는 용액의 비중, 점도, 농도 등의 요인에 따라서도 영향을 받는다. 이러한 요소로 결정되는 펌프의 특성은 일정한 회전수에서 측정한 각 송출량에 대응하는 전압정, 축동력, 펌프효율의 관계를 곡선으로 나타낸 특성곡

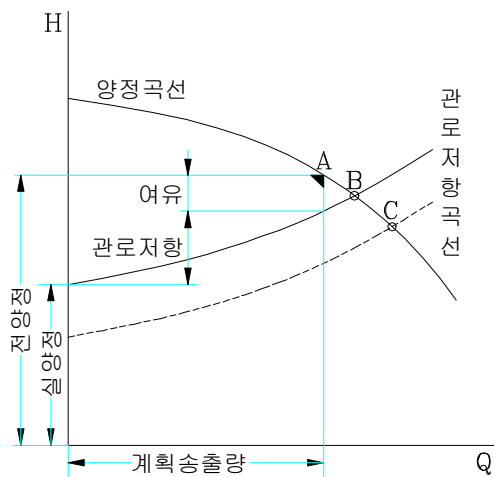
선(또는 성능곡선, characteristic curve)으로 표현한다.

이 펌프를 플랜트나 관로시스템 중에서 운전하였을 경우의 운전상태는 <그림 7.2.1>과 같은 운전 특성곡선으로 표현된다. 즉, 펌프특성곡선 중의 유량-양정 곡선과 플랜트 기기 및 관로 조건으로 결정되는 관로저항곡선(system head curve)과의 교점(운전점)에서 운전되는 것이다.

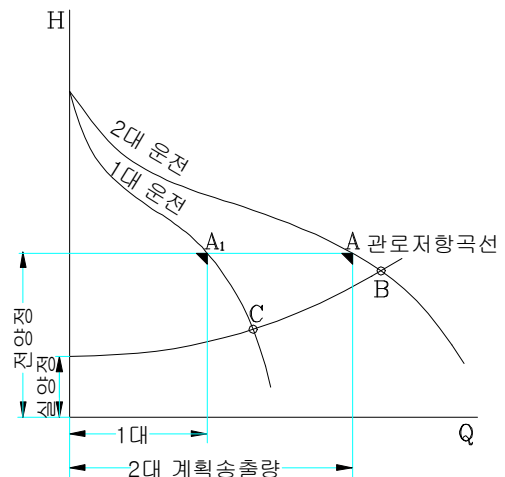
<그림 7.2.1>에서 펌프의 계획점(A점)은 시스템의 유량과 펌프 대수로 결정되는 계획송출량에 대하여 전양정(total head)을 실양정(static head)과 관로 저항에 약간의 여유를 더하여 결정하므로 운전점 B는 A점과 일치하지 않는다. 예를 들면 송출 수위의 변동에 의하여 실양정이 감소될 때에는 관로저항곡선은 점선과 같이 되고 운전점이 C로 이동하여 송출량은 상당히 증가한다.

<그림 7.2.2>와 같은 사류펌프 특성곡선에서 2대 병렬 운전시의 운전특성곡선은 1대를 운전하였을 경우 운전점 C는 계획점 A1보다 상당히 많이 떨어지고 과대 유량이 되어 캐비테이션이 발생할 위험이 있다.

그러므로 펌프의 설계양정을 결정할 때에는 실양정의 최악의 조건만 생각한다는지 관로 저항 산정의 오차나 양정의 여유를 지나치게 많이 잡으면 문제가 발생되므로, 펌프 자체의 특성뿐만 아니라 펌프 장치 전체의 운전특성을 신중히 고려하여야 한다.



<그림 7.2.1> 펌프의 운전특성



<그림 7.2.2> 2대 병렬의 운전특성

(1) 병렬 운전

특성이 다른 2대의 펌프를 병렬로 운전할 경우 종합특성은 <그림 7.2.3>과 같이 동일 양정에 있어서 각각의 펌프 송출량을 합한 것이 된다.

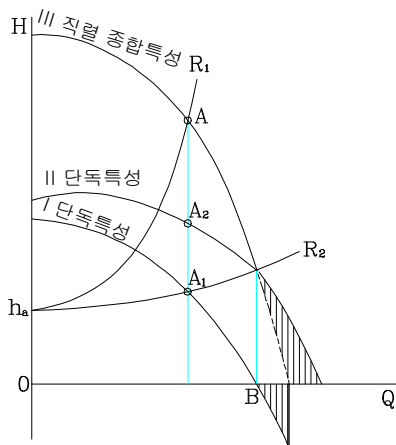
관로저항곡선이 R1인 경우 합성 운전점은 A이고, 펌프 I 및 II의 운전점은 동일 양정상의 B 및 C가 되어 각각 단독운전을 하였을 때의 작동점 B1 및 C1보다 송출량이 적어진다. 즉, 병렬운전에 의하여 얻어지는 송출량은 단독운전 때의 송출량의 합보다 항상 적어진다. 관로저항의 구배가 급할수록 병렬운전에 의한 송출량의 증가 비율은 작아진다. 특성이 같은 2대의 펌프를 병렬로 운전하였

을 때도 이와 동일하다. 저항이 R 보다 커지면 II의 펌프는 양정 부족으로 양수 불능상태가 되고, 펌프 송출측에 역류방지밸브(check valve)가 있을 경우에는 차단 운전 상태로 된다. 역류방지밸브가 설치되지 않은 경우에 펌프는 정방향으로 회전하나 역류가 발생한다. 그러므로 병렬로 운전되는 펌프는 차단양정(shut-off head)에 큰 차이가 없는 것이 바람직하다.

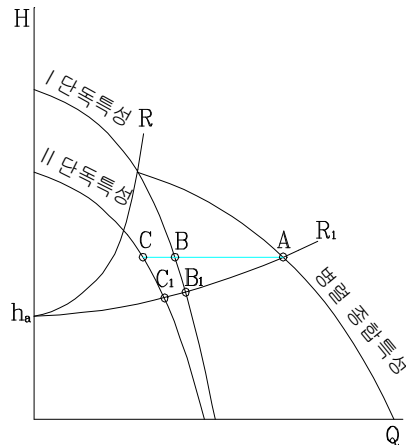
(2) 직렬 운전

특성이 다른 2대의 펌프를 직렬 운전할 때의 운전특성은 <그림 7.2.4>와 같다. 여기서 I과 II는 각각 성능이 다른 펌프의 단독특성이고, III은 직렬운전시의 운전특성으로서 각 송출량에 대한 펌프의 양정을 합한 것에 해당된다.

여기서 관로저항곡선이 R_1 일 때 합성 운전점은 A이고, 각 펌프의 운전점은 각각 A_1 및 A_2 가 된다. 그런데 1대의 양정이 0이 되는 B 이상의 송출량이 되면, 펌프 I을 직렬의 1단에 놓았을 때에는 펌프 II의 흡입측 저항이 되어 흡입조건을 나쁘게 하여 캐비테이션의 원인이 될 우려가 있고, 직렬의 2단에 놓으면 송출측 저항이 되어 양정을 감소시키는 결과를 초래한다. 이와 같은 직렬운전의 경우에는 R_2 이하의 관로저항인 곳에서의 사용을 피하는 것이 바람직하다.



<그림 7.2.3> 특성이 다른 펌프의 병렬운전



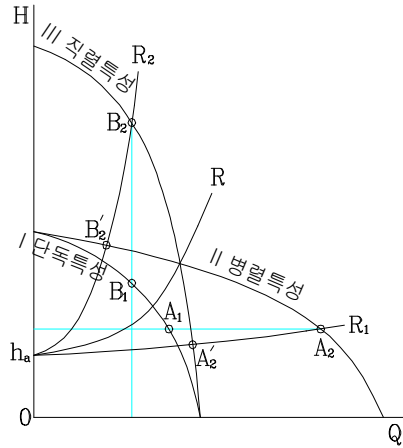
<그림 7.2.4> 특성이 다른 펌프의 직렬운전

(3) 동일 펌프의 직·병렬 운전

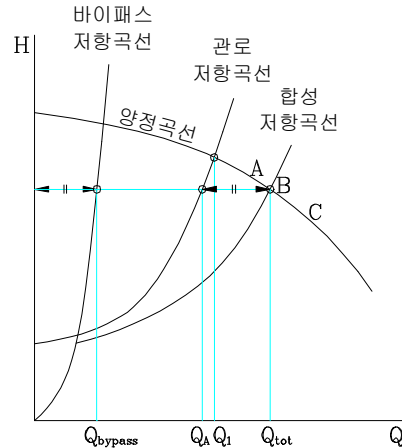
동일 특성이 2대의 펌프를 운전하여 송출량이나 양정을 증가시키고자 할 때는 2대를 병렬 또는 직렬로 운전하는 방법이 있는데, 어느 것이 유리한가는 관로저항곡선에 따라 달라진다. <그림 7.2.5>의 곡선은 이 상태를 나타낸 것이며, 여기서 양정곡선 II는 2대의 병렬운전특성, III은 2대의 직렬운전특성이다. 이 경우 병렬 및 직렬 운전특성곡선의 교점을 통과하는 관로저항곡선 R이 양쪽 운전의 우열 한계이다.

저항 R_1 에서는 병렬운전이 좋고, 운전점은 A_2 가 된다. 저항 R_2 에서는 직렬운전이 좋고, 운전점은 B_2 가 된다. 직렬운전에서 두 번째의 펌프는 압입 운전이 되므로 펌프 케이싱의 내압 및 봉수(封水)

등에 대하여 검토하여야 한다.



<그림 7.25> 동일 특성 펌프의 직병렬운전



<그림 7.26> 바이패스관의 설치에 따른 펌프 제어

7.2.4 펌프 특성의 제어

시스템의 필요 조건에 따라 펌프의 성능(유량, 양정, 동력)을 조절하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 시스템의 특성을 변화시키는 방법이 대부분이며, 펌프의 특성을 변화시키는 방법도 간혹 채택되고 있다.

(1) 펌프 송출측 밸브 제어

펌프가 밸브조작에 의해 제어되는 경우, 시스템의 손실수두는 송출밸브의 개도(開度)에 따라 변한다. 밸브조작시 밸브 교축(throttling)에 의한 에너지 손실이 다르기 때문에 이러한 조작을 연속적으로 하는 것은 비경제적이다. 펌프특성곡선이 평탄한 구배를 가질 때 밸브교축에 의한 손실은 비교적 작다. 따라서 교축에 의한 제어는 주로 원심형 펌프에 응용된다. 원심형 펌프에서는 유량의 감소에 따라 동력도 감소된다. 밸브교축에 의한 제어는 초기투자비용을 고려한 면에서는 좋은 방법이지만, 큰 동력이 요구되는 경우에는 운전비(running costs)가 높을 수 있기 때문에 경제적인 측면에서 검토되어야 한다. 100rpm 이상의 사류형 펌프와 축류형 펌프는 유량의 감소에 따라 소요되는 동력도 증가하게 된다.

특히, 축류형 펌프의 경우는 밸브교축 과정으로 인해 불안정한 운전범위에 들 수 있는데, 이것은 비속도가 큰 펌프의 일반적인 특성으로서 운전조건이 나빠지고 소음도 커지게 된다. 이러한 운전범위는 연속적인 운전을 위해서는 반드시 피해야 한다. 흡입 쪽에서나 펌프 입구측에서의 밸브교축은 유효흡입수두를 감소시켜 캐비테이션을 발생시킬 수 있기 때문에 피해야 하고, 펌프 송출측에서 이루어지도록 한다.

(2) 바이패스관 설치

유량 조절을 위해 바이패스관에 의해 송출되는 유량의 일부가 흡입부로 순환되도록 배관을 설치한다. <그림 7.2.6>을 참조하면 바이패스 특성곡선에 따라 시스템 특성곡선 상에서 펌프유량은 Q_{tot} 까지 증가한다.

$$Q_{tot} = Q_{bypass} + Q_A$$

여기서, Q_{bypass} : 바이패스관을 통한 유량

Q_A : 주관로로 송출되는 유량

결국, 펌프 유량은 Q_1 에서 Q_{tot} 로 증가하게 되고, 시스템의 순유량은 Q_1 에서 Q_A 로 감소하게 된다. 바이패스 유량이 많은 경우에는 유체의 과도한 온도 상승을 방지하기 위해 유체를 흡입배관으로 순환시키지 않고 흡수탱크로 순환시켜야 하고, 경우에 따라서는 흡입온도 상승으로 인한 캐비테이션 발생 가능성에 대해서도 검토해야 한다. 바이패스관을 통한 누출 손실을 고려하면 시스템의 전체 효율은 상당히 떨어진다. 바이패스관을 사용하여 순유량을 감소시키는 방법은 유량의 증가에 따라 펌프의 동력을 감소시킬 수 있는 비속도가 큰 축류형 펌프에 적합하다.

(3) 회전수 제어

펌프의 양정이 주로 마찰 손실을 극복하는데 쓰이는 시스템에서 회전수 제어는 펌프의 성능을 매우 효율적으로 변화시킬 수 있는 방법이다. 회전수의 변화가 작은 경우($\Delta n/n \leq 0.2$)에는 펌프 효율은 거의 변하지 않고 일정하지만, 회전수의 변화가 큰 경우 효율은 다음의 식으로 계산한다.

$$n_1 = 1 - (1 - n) \left(\frac{n}{n_1} \right)^{0.1}$$

회전수 제어는 초기 설비비가 많이 들지만, 펌프와 밸브류의 부드러운 작동을 가능케 하므로 수명을 연장시킨다. 또한, 효율 저하를 최소로 하여 동력 손실을 적게 하므로 운전비가 절감된다. 밸브 교축에 의한 제어와는 달리 속도제어는 시스템 특성을 변화시키지 않고 펌프 성능곡선을 회전수 변화에 따라 상·하로 이동시킨다. 속도 변화에 따른 펌프의 성능곡선은 상사법칙에 의해 아래의 관계식을 만족시키면서 변하게 된다.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2, \quad \frac{NPSH_1}{NPSH_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

회전수 증가에 따라 필요흡입수두도 증가하기 때문에 되도록 큰 유효흡입수두를 갖는 시스템에서 이러한 방식을 적용해야 하며, 회전수의 3승에 비례하여 동력도 증가하기 때문에 회전수를 증가시키기 전에 축의 강도에 대해서도 고려해야 한다. 회전수 제어방법은 운전 조건이 변화하는 경우에도 유용하게 적용될 수 있다.

(4) 임펠러 외경 가공

시스템에서 요구되는 유량·양정이 펌프 최고 효율점에서의 유량·양정 보다 항상 작은 경우, 회전수 제어방식은 적절하지 못하다. 그 대신 임펠러 외경을 가공하여 새로운 조건에 맞도록 하는 것이 일반적이다. 그러나 임펠러 외경 가공방식은 원심형 펌프와 몇몇 사류형 펌프에만 적용이 가능하다.

디퓨저가 없는 벌류트 펌프의 경우는 슈라우드(shroud)와 임펠러 깃(vane)을 같이 가공하지만, 디퓨저 펌프의 경우는 슈라우드 부위 가공은 하지 않고 임펠러 깃만 가공하는 것이 좋다. 디퓨저 펌프와 양흡입 펌프의 경우에는 안정된 특성 곡선을 얻기 위해 비스듬하게 임펠러 가공을 하기도 있다.

비속도가 작은 펌프는 임펠러 외경 가공에 따른 효율 저하가 비교적 작지만, 비속도가 큰 펌프의 경우는 임펠러 외경 가공에 따라 큰 폭의 효율 저하가 발생한다. 또한 가공량이 많으면 깃 길이의 감소에 따라 깃의 부하가 커지고, 임펠러 입구 속도 분포에도 영향을 미치기 때문에 NPSH도 증가하게 된다. 그러나 가공량이 5% 이내인 경우 NPSH의 증가량은 그리 크지 않다. 원심형 임펠러인 경우 다음 관계가 성립한다.

$$Q_1 = Q \left(\frac{D_1}{D} \right)^m, H_1 = H \left(\frac{D_1}{D} \right)^m$$

여기서, $m = 2$, 가공량 $> 6\%$

$m = 3$, 가공량 $< 1\%$

7.2.5 펌프의 효율 점검 및 고효율 운전법

(1) 펌프의 효율 점검법

수돗물 생산원가에 큰 비중을 차지하고 있는 펌프의 운전 동력비(전력요금)를 절감하기 위해서는 펌프의 효율을 정기적으로 측정하고 불량한 곳은 개량하여 에너지 소비를 최소화하는데 노력하여야 한다.

1) 효율 측정시 주의사항

- ① 진공계, 압력계, 전류계, 전압계 등 각종 계기류 중 오차가 심한 것은 반드시 신품으로 교체한다.
- ② 아날로그형 계기는 전체 측정범위의 2/3지점이 정확도가 높으므로 불필요하게 배율이 높은 계기는 적정한 것으로 교체한다.
- ③ 각 배전반의 전압계 및 전류계는 신품일지라도 0점 조정을 정확히 한다.
- ④ 유량계는 위어(weir) 및 배수지, 정수지의 수위와 비교하여 정확도를 조정하고, 효율 측정시에는 초 단위까지 유량을 측정한다.

2) 효율 측정법

① 전양정(total head), $H(m)$

전양정은 송출측 압력계 및 흡입측 진공계(연성계)의 지시값으로 계산한다.

$$H = \frac{p_d - p_s}{\rho g} + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} + z_d - z_s$$

여기서, p : 압력(Pa 또는 mmHg)

v : 유속(m/초)

z : 계기의 위치(m)

아래첨자 d, s : 펌프 송출측, 흡입측

② 수동력(water power), L_w (kW)

$$L_w = 0.163 \gamma Q H$$

여기서, Q : 펌프 유량(m^3 /분)

γ : 물의 단위 체적당 중량(=1kgf/L)

③ 전동기 입력, L (kW)

$$L = \sqrt{3} E I \cos \theta$$

여기서, E : 전압(kV)

I : 전류(A)

$\cos \theta$: 역률(소수)

④ 펌프 효율, η_p

$$\eta_p = \frac{L_w}{L \cdot \eta_m}$$

여기서, η_m : 전동기 효율(소수)

⑤ 종합 효율, η

$$\eta = \eta_p \cdot \eta_m$$

3) 원단위 전력량, B (kWh/ m^3)

원단위 전력량이란 물 $1m^3$ 를 양수하는데 필요한 전력량으로서 펌프 운전의 경제성을 표시하는 단위로 사용된다.

$$B = 0.163 \frac{Q \cdot H}{\eta_p \cdot \eta_m} \frac{1}{60 \cdot Q} = 0.00272 \frac{H}{\eta_p \cdot \eta_m}$$

여기서 알 수 있는 바와 같이 원단위 전력량은 펌프의 양정에 비례하고 효율에 반비례한다.

(2) 펌프의 고효율 운전법

펌프의 성능과 관로 특성 등을 잘 알고 합리적인 펌프의 운전을 함으로써 운전 동력비를 크게 절

감할 수 있다. 따라서 펌프의 운전에 있어서는 단지 펌프를 기계적으로 조작하는데 그치지 말고, 펌프 및 관로를 포함한 설비 전체로서의 운전 효율을 높이도록 하여야 한다. 이를 위해서는 다음 사항에 유의하여야 한다.

- ① 항상 펌프의 운전특성, 관로저항 등에 주의하고, 원단위 전력량을 감소시키도록 노력한다. 즉, 원단위 전력량은 펌프의 양정에 비례하고 효율에 반비례하므로, 흡수정의 수위를 가급적 높게 한다던가, 펌프를 효율이 좋은 범위에서 운전하도록 하여 원단위 전력량을 줄이도록 한다.
- ② 펌프는 전동기의 과부하, 캐비테이션 등을 일으키지 않는 범위에서 될수록 송출측 밸브를 많이 열어 운전하는 것이 바람직하다. 송출측 밸브를 부분적으로 폐쇄하여 운전하는 경우에는 밸브를 일부 폐쇄하는데 따른 손실이 발생하여 설비로서의 운전 효율이 악화된다. 따라서 펌프를 경제적으로 운전하기 위해서는 반드시 정격점에서의 운전을 지킬 필요는 없다.
- ③ 설비로서 운전 효율을 고려할 때는 송출측 밸브를 일부 폐쇄함으로써 발생하는 손실 이외에도, 흡입측에서는 스트레이너, 풋밸브 등에 이물질의 부착, 송출측에서는 관내 물때의 부착, 토사의 퇴적, 공기 정체부의 형성에 의해 운전 효율이 저하한다. 이와 같은 경우에는 평상시부터 진공계, 압력계, 전류계 등의 지시치를 주의하여 기록해 두면 대개 추정하여 발견할 수 있다.
- ④ 2대 이상의 펌프를 병렬 운전하는 경우의 펌프 운전 대수의 선정은 동력비에 큰 영향을 준다. 일반적으로 여러 대의 펌프를 병렬 운전할 경우에는 될수록 적은 수의 펌프를 사용하는 것이 해당 펌프운전효율은 저하하더라도 총동력비가 감소된다. 병렬운전시의 송출 총유량은 펌프가동 대수에 정비례하여서 증가하는 것은 아니며, 가동대수가 증가할수록 1대당의 송출측 유량은 감소하고, 원단위 전력량은 증가하는 것이다.
- ⑤ 회전수 제어방식의 펌프에서는 펌프의 운전점은 관로저항곡선에 따라서 변동하므로 운전대수의 변경은 양수량 뿐만이 아니라 소요 양정도 고려하여 결정할 필요가 있다.

7.2.6 서징 현상

펌프가 운전 중에 한숨을 쉬는 것과 같은 상태로 되어 펌프 입·출구의 진공계 및 압력계의 바늘이 흔들리고 동시에 송출유량이 변화하는 현상을 서징(surging, 또는 맥동) 현상이라 한다. 즉, 송출압력과 송출유량 사이에 주기적($10 \sim 1/10\text{Hz}$)인 변동이 일어나는 현상이다.

일반적으로 서징은 양수량과 관계되는데, 양수량이 규정 값보다 적은 경우 많이 발생한다. 서징은 펌프의 특성, 회전체의 관성모멘트, 회전체의 저항, 관로 내 양액(揚液)의 관성 등이 조합되어 수력학적인 진동을 일으키는 현상이며, 펌프의 운전이 원활하지 않을 뿐만 아니라 운전을 할 수 없을 정도의 위험이 뒤따르는 경우도 있다.

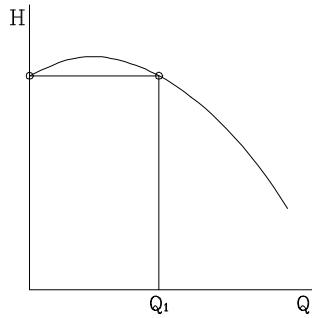
(1) 서징의 발생 원인

서징은 다음 조건이 동시에 갖추어졌을 때 발생한다.

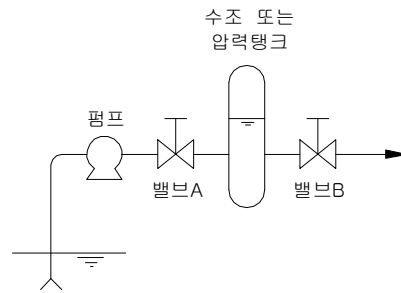
- ① 펌프의 유량-양정 곡선이 <그림 7.2.7>과 같이 오른쪽 위로 향하는 산(山)형 구배 특성을 갖

고 있다.

- ② 펌프의 송출관로가 길고, <그림 7.2.8>과 같이 배관 중간에 수조 또는 기체 상태의 부분(공기가 피어 있는 부분)이 존재할 때
- ③ 기체 상태가 있는 부분의 하류측 밸브 B에서 송출량을 조절할 때
- ④ 송출량 Q_1 이하의 범위에서 운전할 때



<그림 7.2.7> 펌프의 성능 곡선



<그림 7.2.8> 배관 장치도

즉, 펌프가 산형 구배 특성을 갖고 있어도 앞의 조건 중 어느 하나만이라도 조건이 만족되지 않으면 서징은 발생하지 않는다. 예를 들면 펌프 직후의 밸브 A만으로 유량을 조절하는 경우에는 서징은 발생하지 않는다.

(2) 서징의 방지 대책

- ① 펌프의 유량-양정 곡선이 오른쪽 하향 구배 특성을 갖는 펌프를 선정한다.
- ② 배관 중에 수조 또는 공기실과 같은 부분이 없도록 한다.
- ③ 유량을 조절하는 밸브의 위치를 펌프 송출구 직후로 한다.
- ④ 바이패스 관을 사용하여 작동점이 항상 펌프특성곡선의 우향 하강 부분에 있도록 한다.

7.2.7 캐비테이션과 그 대책

펌프는 송출량, 전양정, 회전수에 따라 흡입 실양정에 한계가 있으며, 그 한계 이상이 되면 캐비테이션(cavitation) 현상이 발생한다. 펌프 내에서 캐비테이션 현상이 발생하면 펌프 성능을 현저하게 저하시켜 소음 및 진동이 발생하고, 그 부분의 재료를 침식하게 되므로 반드시 대책을 세워야 한다. 펌프의 흡입 실양정은 가능한 한 작게 하는 편이 좋으므로 원심펌프의 흡입 실양정은 5m 이하를 표준으로 하고, 될 수 있으면 이보다 작게 하는 것이 좋다.

또 사류 및 축류펌프는 원심펌프보다 흡입성능이 떨어지므로 사류펌프에서는 4m 이하, 축류펌프에서는 2m 이하를 표준으로 한다. 펌프가 캐비테이션 현상을 일으키지 않도록 운전하기 위해서는

설비에서 이용할 수 있는 유효흡입수두(available NPSH)가 어느 한도 이상이어야 한다. 설비로부터 이용할 수 있는 유효흡입수두, $h_{sv}(m)$ 는 다음 식과 같다.

$$h_{sv} = H_a - H_p + H_s - h_l$$

여기서, H_a : 대기압을 수두로 나타낸 것(m)

H_p : 수온(水溫)에서의 포화증기압을 수두로 나타낸 것(m)

H_s : 흡입 실양정(m)(흡상인 경우는 -, 압입인 경우는 +)

h_l : 흡입관 내의 손실수두(m)

단, 위 식의 계산에서 흡입 실양정, H_s 은 흡입수면으로부터 임펠러 흡입 최상위까지의 수직거리를 잡는 것이 좋다. 펌프가 캐비테이션 현상에 대해 안전하기 위해서는, 설비로부터 이용 가능한 유효흡입수두, h_{sv} 는 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(required NPSH, H_{sv})보다 커야 한다. 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두라 함은 펌프가 캐비테이션 현상을 일으키지 않으면서 물을 임펠러 입구의 최상위까지 이르게 할 수 있는 최소한의 수두로서 다음 식으로 나타낸다.

$$H_{sv} = \sigma \times H$$

여기서, σ : 토마의 캐비테이션 계수(Thoma's cavitation constant)

H : 펌프의 전양정(다단펌프의 경우는 제1단의 임펠러가 갖는 양정)(m)

캐비테이션 계수, σ 는 일반적으로 펌프의 비속도, N_s 의 함수로 표시된다. 펌프의 전양정, 송출량 및 회전수가 변하면 H_{sv} 값도 변하게 된다. 일반적으로 펌프의 운전은 반드시 계획유량으로만 이루어지지 않고, 계획유량보다 작든지 또는 큰 유량으로 운전하는 경우가 많으므로 실제 계획에서는 1m 정도의 여유를 가지도록 한다.

또한 펌프 임펠러 입구의 형상이 서로 같으면 임펠러 외경이 다른 경우에도 같은 유량에서 캐비테이션 현상이 발생된다고 생각되므로 다음 식에 의해 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두, H_{sv} 를 계산한다.

$$H_{sv} = \left(\frac{N\sqrt{Q}}{S} \right)^{4/3}$$

여기서, S : 흡입 비속도

N : 펌프의 회전수(rpm)

Q : 송출량(m^3 /분)(양흡입의 경우는 유량의 1/2로 한다)

원심펌프의 흡입 비속도는 상수도시설기준(pp.778)이나 펌프 관련 책자를 참조하면 알 수 있으며, 위 식을 사용하여 H_{sv} 를 정하는 경우 역시, 1m 이상의 여유를 두는 것이 좋다.

이상은 주로 펌프를 선정할 때 사용되는 방법이며, 성능을 알고 있는 펌프를 설치하여 운영 중인 사업장에서는 실제로 h_{sv} 와 H_{sv} 를 직접 측정하여 캐비테이션의 발생 유무를 판단할 수 있다. 즉, h_{sv} 는 펌프 입구부에서 측정한 전압력(total pressure, p_t)과 물의 포화증기압, p_v 의 차이에 해당하는 수두이므로, 펌프 흡입부에 설치된 진공계(또는 압력계)와 유량계로부터 직접 $h_{sv}[(p_t - p_v) / \rho g]$ 를

계산할 수 있다. 또한, H_{sv} 는 측정된 펌프유량과 성능곡선도로부터 운전점에 해당되는 곳을 찾아 구할 수 있다. 캐비테이션이 발생하지 않기 위해서는 역시 $h_{sv} > H_{sv}$ 일 것이 필요하다.

한편, 캐비테이션 발생의 방지에 관해서는 다음과 같은 대책을 들 수 있다.

- ① 펌프의 설치위치를 가능한 한 낮추어 h_{sv} 를 크게 한다.
- ② 흡입관의 손실을 가능한 한 작게 하여 h_{sv} 를 크게 한다.
- ③ 펌프의 회전수를 낮게 선정하여 H_{sv} 를 작게 한다.
- ④ 실양정이 크게 변동하여 송출량이 과다하게 되는 경우는 송출밸브를 조절한다.
- ⑤ 동일한 회전수와 송출량이면 양흡입펌프가 편흡입펌프보다 유리하다.
- ⑥ 유량변동이 크고 규정 유량 이외의 점에서 운전되어 부분적으로 캐비테이션이 발생할 소지가 있으면 침식을 방지할 수 있도록 임펠러를 내부식성 재질로 바꾼다.
- ⑦ 흡입측 밸브를 완전히 개방하고 펌프를 운전한다.

7.2.8 펌프관로계의 수격 현상

관로에서 유속의 급격한 변화에 의해 관내 압력이 상승 또는 하강하는 현상을 수격 현상(water-hammer)이라 한다. 정지하고 있는 펌프를 기동시키거나 정상운전 중 정전으로 인하여 갑자기 동력을 잃게 될 때 또는 밸브의 개도를 빠르게 변화시킬 때, 그 순간 관로내의 유속이 급격히 변하면 압력도 크게 상승하거나 강하하게 되어 심한 수격작용이 일어난다. 관로내의 갑작스런 유속변화로 압력파가 펌프장과 배수지 사이를 왕복할 때 관로내의 압력은 관로형상(pipeline profile)에 따라 물의 포화증기압 이하로 떨어져 증기공동(vapor cavity)이 형성되며, 결국 수주분리(column separation) 현상이 발생한다.

관로내의 압력이 대기압 보다 낮아지면 관로에 좌굴(collapse)이 일어날 수 있으며, 증기공동으로 분리되었던 수주가 재결합할 때 높은 압력이 유발되어 관로가 파손될 염려가 있다. 물이 역류하는 동안에는 펌프장 구내 배관의 압력이 비정상적으로 상승하여 펌프나 밸브류, 배관 및 부대시설 등이 파열되어 펌프장 침수사고가 발생하기도 한다. 이러한 수격작용을 피하거나 경감시키기 위한 적절한 방법을 취하는 것은 펌프설비 계획상 중요한 일이다. 펌프관로계의 수격작용에서 가장 문제가 되기 쉬운 것은 동력 급차단 후에 생기는 것으로서 이때의 현상은 대략 다음과 같다.

(1) 펌프 출구측에 밸브가 없는 경우

펌프 출구측에 역류방지밸브나 유량제어밸브가 설치되지 않은 경우 시간에 따른 펌프의 회전수, 양정, 유량의 변동을 <그림 7.2.9>에 나타내었고, 여기서 특성범위를 살펴보면 다음과 같다.

1) 제1단계(펌프 특성범위: 正轉, 正流)

펌프는 동력의 공급이 중단되어도 펌프와 전동기 회전부의 관성에 의해 계속 돌려고 하나, 그 보유하는 에너지는 물을 보내는데 필요한 에너지로 시간이 지남에 따라 점점 소비되어 펌프의 회전수나 양정 그리고 송출량은 급속히 감소된다. 펌프가 감속해서 발생하는 압력이 송출측의 관로 압력과

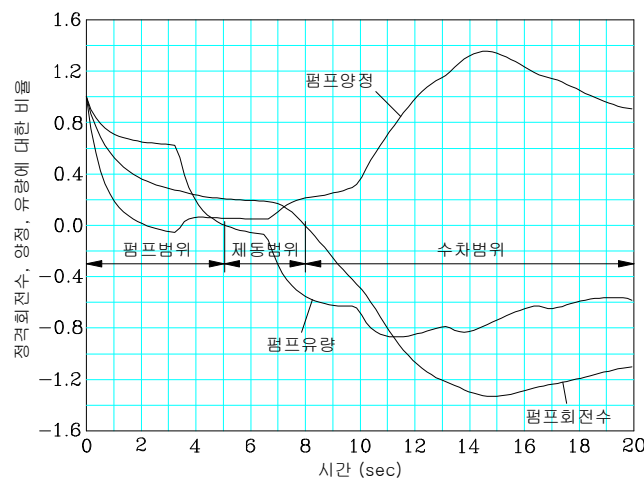
일치된 순간에, 펌프는 정방향으로 회전하면서 물을 보내지 못하게 되며 흐름은 일단 정지된다.

2) 제2단계(제동 특성범위: 正轉, 逆流)

일단 정지한 유동은 다음 순간부터 역류로 바뀌어 펌프의 임펠러는 역류하는 물에 저항이 되어 펌프의 관로측 압력은 상승하기 시작한다. 이 시점에서 제1단계에서 강하한 압력파가 반사해서 반대로 상승압으로 되어 하류로 전파되고, 펌프관로측의 압력은 상승을 계속한다. 한편 펌프는 역류하는 물의 제동작용에 의해 더욱 회전을 감소하고, 나중에는 회전을 멈추게 된다.

3) 제3단계(수차 특성범위: 逆轉, 逆流)

다음 순간부터 펌프는 역류하는 물에 의해 수차가 되어 역전을 시작하고 차차 가속되어서 나중에는 무부하의 수차로서 무구속속도(runaway speed)의 상태에 도달한다.

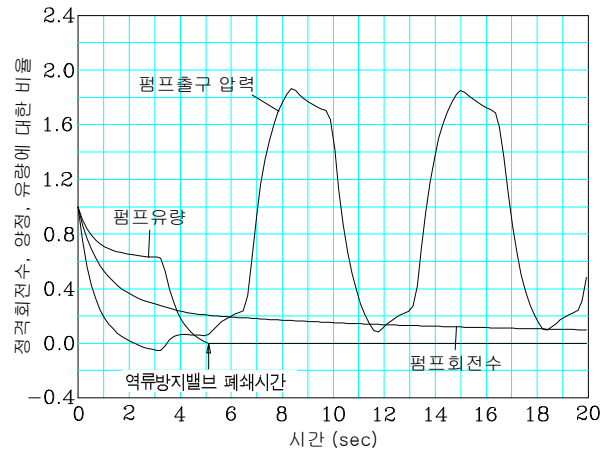


<그림 7.29> 펌프 출구측에 밸브가 없는 경우

(2) 펌프 출구측에 역류방지밸브가 있는 경우

<그림 7.2.10>은 유동이 정지한 순간에 역류방지밸브(또는 풋밸브)가 닫혔을 경우의 수리적인 과도현상(hydraulic transients)을 나타내었다. 역류방지밸브가 있으면, 제2단계에서 물이 역류를 시작할 때 역류방지밸브가 곧바로 닫히므로, 역류는 거의 발생하지 않는다. 펌프는 차단된 물속에서 회전을 계속하나 차차 에너지를 잃고 나중에는 정지한다.

역류방지밸브가 닫힌 순간부터 관로 내 압력은 상승하기 시작한다. 흐름이 멈춘 바로 그 순간에 역류방지밸브가 닫히면 폐쇄지면에 따른 부가적인 압력상승은 방지되나, 역류방지밸브가 닫히기까지의 제1단계에서 생긴 강하압력이 송출수조에서 반사해서 동일양의 상승압력이 되어 역류방지밸브에 되돌아오므로, 정상상태에서 강하한 양만큼은 압력이 상승한다. 그러나 실제로 역류방지밸브는 역류가 시작된 후에 닫히므로 그 역류를 급격히 차단하기 위한 압력상승이 여기에 추가된다. 따라서 역류방지밸브의 상태가 나빠서 역류가 상당히 커진 후 갑자기 물에 유도되어 닫히면, 압력상승은 상당히 커진다. 역류방지밸브가 닫힌 후 관로 내 압력은 일정한 주기로 상승, 하강을 반복하면서 점차로 감쇄된다.

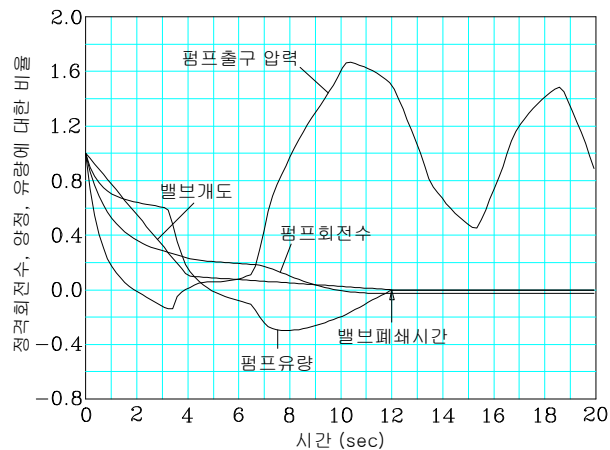


<그림 7.2.10> 펌프 출구측에 역류방지밸브가 있는 경우

(3) 펌프 출구측의 밸브를 제어했을 경우

펌프 출구측에 어떠한 밸브(버터플라이밸브, 볼밸브, 콘밸브, 니들밸브)를 갖고 있을 때에 이것들을 인위적으로 제어하면 과도현상은 변한다. 수격작용 제어의 목표는 될수록 짧은 시간 내에 최소의 압력변화로 가급적 작은 역류, 역전에서 물흐름을 차단하는데 있다. 제1단계의 압력저하는 관로와 펌프에 의해 자동적으로 정해지므로 밸브제어의 목적은 주로 제2단계 이후의 역류를 심하게 증가시키지 않고 천천히 멈추는데 있다.

관로가 짧고 실양정이 큰 경우 유압구동의 유량제어밸브를 사용하여 제1단계에 대부분을 폐쇄하고 제2단계에 나머지를 서서히 폐쇄시켜 적은 역류, 역전을 유지하면서 압력상승을 억제할 수 있다. <그림 7.2.11>은 밸브를 4초 이내에 10%까지 폐쇄하고 나머지 개도(opening)를 12초에 완전 폐쇄했을 경우의 전형적인 예를 나타내었다.



<그림 7.2.11> 펌프 출구측 밸브를 제어했을 경우

(4) 펌프의 정상적인 기동·정지의 경우

정지하고 있는 펌프를 기동시킨다거나 운전되고 있는 펌프를 정지시킬 때는 물이 갖고 있는 관성 때문에 순간적으로 정상의 운전상태 또는 정지상태에 도달하지 않고, 도중에 복잡한 과도현상을 거쳐서 최종상태에 도달한다. 원심펌프의 기동, 정지시 송출측 밸브는 순차적으로 서서히 개폐하도록 제시하고 있다. 이는 펌프의 유량변화에 따른 관로에서의 수격작용을 경감시키기 위한 방안이며, 밸브 개폐시간은 시스템에 따라 달라진다.

즉, 펌프에서 발생한 압력파가 반사되는 지점(관로상의 조압수조나 배수지 등)까지의 거리가 멀수록 밸브개폐시간은 길어야 하며, 관로가 짧은 경우 밸브를 신속히 개폐할 수 있다. 대략 압력과 왕복 주기의 10배 정도로 밸브를 개폐할 수 있으나, 중요한 시스템의 경우 밸브 개폐(valve stroking)에 따른 수격현상을 수치해석한 후 최적의 개폐시간을 정하는 것이 바람직하다.

(5) 관로 통수시의 수격작용

관로의 통수시 송수관내에 물이 없고 기동한 펌프에서의 물 흐름에 따라 관내의 공기를 밀어내면서 송수관 내를 물로 채우는 경우, 송수관의 말단 또는 중간에서 밸브가 조금만 열려 있으면 여기서 심한 압력파가 발생하여 펌프나 송수관의 일부를 파손시킬 수가 있으므로 주의하여야 한다. 이 압력파는 조금만 열린 밸브를 공기가 통과할 때와 물이 통과할 때의 밸브 저항이 달라짐으로써 발생한다. 즉, 유동의 저항은 유체의 밀도에 비례하는데, 표준상태의 공기밀도에 비해 물의 밀도는 약 800배이기 때문에 송수관내의 공기기동이 밀려나와 수주의 앞 끝이 밸브에 도달하는 순간에 밸브의 저항은 약 800배가 되고, 이것에 해당하는 교축 효과가 나타나 유속이 급감해서 압력파가 발생하는 것이다.

이때 생기는 압력상승의 최대값은 송수관의 저항, 말단밸브의 저항 및 펌프의 특성을 알면 도식해법이나 특성곡선법에 의한 수치계산에 의해 추정할 수 있으나 이와 같이 말단밸브 또는 펌프에서 떨어진 위치에 있는 밸브를 반개(半開)상태로 하거나 송수관내를 비운 채로 기동하는 것은 바람직한 방법은 아니며, 펌프의 송출밸브를 조절해서 송수관 내를 낮은 유속으로 충전시킨 후 정규의 운전상태로 들어가는 것이 좋다.

(6) 수격작용에 따른 피해

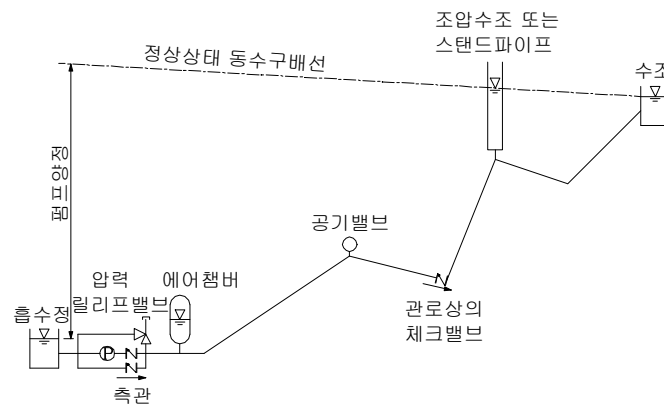
수격작용에 의해 다음과 같은 피해가 발생할 우려가 있다.

- ① 압력강화로 인해 관로가 찌그러지거나 좌굴이 발생한다.
- ② 압력강화에 의해 관로내의 물이 증기압 이하로 되는 부분이 나타나서 수주분리(水柱分離)를 일으키고, 이 공동(空洞) 부분이 다시 물로 채워지게 될 때 격심한 충격압이 생겨 관을 파괴한다.
- ③ 압력상승에 의해 펌프, 밸브 및 관로 등을 파괴한다.
- ④ 펌프 및 원동기가 거꾸로 회전하는데 대한 고려가 없을 때는 이에 따른 사고를 일으킨다.
- ⑤ 주기적인 압력변동 때문에 자동제어계통 등 압력제어를 하는 기기들이 난조를 일으킨다.

(7) 수격작용의 완화설비 및 경감법

펌프의 설비계획에서 수격작용을 충분히 검토하는 것은 중요하며, 이와 관련한 컴퓨터 프로그램이 개발되어 있으므로 편리하게 프로그램을 이용할 수가 있다. 수격작용을 방지 또는 줄이는 데는 다음과 같은 방법이 있지만 수격작용의 정도에 따라 설치하기에 적합한 방법을 선택한다. 수격작용을 완화시켜 주기 위해서는 관로내의 유속변화가 완만하도록 하면 좋지만 그 주된 목적이 부압(수주분리) 발생의 방지에 있는지 또는 압력상승의 경감에 있는지의 상황에 따라 수격완화설비의 종류가 달라질 수 있으며 복잡한 관로시스템에서는 여러 가지 설비들을 조합하여 사용하는 경우가 많다.

<그림 7.2.12>는 주로 펌프관로계에 사용되는 수격완화설비의 종류 및 설치 위치를 나타내었다. 일반적으로 펌프 급정지 후 펌프 송출관로에서의 부압발생을 방지하면 과다한 압력상승도 피할 수 있기 때문에, 수주분리발생의 방지가 수격작용에 의한 피해를 줄이는 최선의 방안이라 할 수 있다.



<그림 7.2.12> 관로시스템에 사용되는 수격완화설비

1) 부압 발생의 방지법

① 펌프에 플라이휠(flywheel)을 설치한다.

펌프에 플라이휠을 설치함으로써 관성 효과를 크게 하고, 펌프 송출압력의 급격한 저하를 완화한다. 소용량의 펌프에는 유리하지만 용량이 큰 펌프나 관로 연장이 긴 경우는 플라이휠이 과대하게 된다. 플라이휠이 클 때에는 그 중량을 고려한 베어링 설계와 기동방법 등을 검토할 필요가 있다.

② 관로에 조압수조(surge tank) 또는 스탠드파이프(stand pipe)를 설치한다.

조압수조에 의하여 그 하류측의 관로는 수격작용으로부터 보호를 받는다. 또한 압력상승을 흡수하고, 압력강하에 대하여는 물을 공급하여 부압을 방지한다. 조압수조는 가장 안전하고 확실한 수격작용 방지책으로서 가능한 한 이를 사용하는 것이 바람직하지만 사용할 때는 다음 조건을 검토해야 한다.

① 펌프 양정이 큰 경우에는 일반적으로 높은 탑으로 해야 한다.

② 조압수조는 펌프 가까운 곳에 설치하는 것이 통상적이나 관로에 따라서는 최대 부압이 발생하는 장소에 설치한다.

- ③ 펌프의 정상적인 기동, 정지 및 운전시의 수량 변화에 대해서 조압수조내의 수면변동을 흡수할 만큼 충분한 수면 면적을 보유해야 한다.
- ④ 대체적으로 조압수조는 철근콘크리트 구조물로 건설되며 어느 정도 조절지의 역할을 한다. 한편, 스탠드파이프는 조압수조와 기능이 유사하나 관로와 같은 관중(강관 또는 주철관)을 사용할 수 있으며, 지표면을 따라 지하에 부설할 수도 있다. 따라서 스탠드파이프는 대체로 길고 저류되는 물의 양도 적으므로 수격현상 해석시 수주의 관성을 고려하여 스탠드파이프를 통한 월류가 발생하지 않도록 조심하여야 한다. 만일 근처에 하천이나 배수로로 방류가 가능한 곳이 있다면 스탠드파이프의 높이를 어느 정도로 제한하여 관로 내 압력이 비정상적으로 상승하였을 때 압력수를 외부로 방출함으로써 수격압을 보다 효과적으로 완화시킬 수도 있다.
- ⑤ 관로에 한 방향 조압수조(one-way surge tank)를 설치한다.
한 방향 조압수조는 압력강하시에 필요한 물을 관로로 충분히 공급하여 부압 발생을 방지하는 것만을 목적으로 하기 때문에 평상시에는 역류방지밸브에 의해 관로로부터 분리된다. 전형적인 조압수조에 비해 일반적으로 소형이지만, 관로의 보호범위가 한정되기 때문에 경우에 따라서는 여러 개를 필요로 하거나 건설용지 확보문제가 생긴다. 또한, 탱크 내부로의 물 보급을 위해서 탱크의 높이를 정수두 이하로 하거나 한랭지에 있어서는 동결방지가 필요하고, 정수의 경우 수질을 확보하기 위해 물갈이를 고려해야 하는 등 건설 및 유지관리에 관하여 충분히 검토하고 결정할 필요가 있다. 그리고 탱크의 수위변화를 기록하기 위한 수위기록계를 관리실 등에 설치하는 것이 바람직하다.
- ⑥ 펌프장에 에어챔버(air chamber)를 설치한다.
에어챔버는 압력용기 내에 적절한 양의 액체와 그 위에 가압된 공기나 기체를 저장해 두어 관로내의 압력이 떨어질 때 관로에 액체를 공급하여 수주분리현상이 발생하지 않도록 하고, 압력이 급격히 상승하는 것도 효과적으로 억제해준다. 또한 에어챔버는 압력파에 대한 적응성이 뛰어나 어떠한 압력변동에도 즉시 반응하며 시스템의 안정성을 크게 향상시키는 장치이다. 이러한 이유로 에어챔버는 펌프장의 수격완화장치로서 다른 설비들과 조합하여 그 사용이 점차 증가되는 추세에 있다.
에어챔버의 설치비는 주로 압축기로부터 얻어야 하는 초기상태 압축공기의 압력과 체적 그리고 에어챔버의 전체 크기에 의해 결정되므로 이들의 값을 적절하게 선택하여야 한다. 그러나 에어챔버는 기기류 및 조작장치가 필요하고 유지관리에 기술이 소요된다.
- ⑦ 관로에 공기밸브(air valve)를 설치한다.
부압 발생지점에 공기밸브를 설치해서 압력강하시에 공기를 불어넣는다. 공기흡입점의 하류측이 자연유하로 되는 경우에는 좋지만 그 이외에서는 공기를 배출시키는데 문제가 따른다. 소용량의 펌프에서 쓰이고 있다.
- ⑧ 관로에 측관(by-pass line)을 설치한다.
흡수정(펌프정)의 수위가 펌프 중심선에 비해 상당히 높거나 펌프가 관로 도중에 직접 설치되는 인라인 펌프장(in-line pumping station)의 경우 펌프장 흡·송출관을 바로 연결하는 측

관을 두고 여기에 역류방지밸브를 설치한다. 이는 펌프 송출측의 압력이 흡입측의 압력보다 떨어졌을 때 측관에 설치된 역류방지밸브가 즉시 열려 물이 공급됨으로써 송출관로에서의 압력강하를 줄이고 흡입관로에서의 압력상승을 완화시켜주는 설비이다.

⑦ 관 내 유속을 낮추거나 관로형상(pipeline profile)을 변경한다.

관의 지름을 크게 해서 관 내 유속을 작게 한다. 이에 따라 관로 내 수주의 관성력이 작아지므로 압력강하도 작아지나, 초기에 투자비가 부담될 수 있으므로 관로 길이가 짧은 시스템에 유효하다. 또한 관로의 노선을 수격작용에 유리하도록 선정하거나 국부적으로 부압 발생이 예상되는 곳은 관을 더욱 깊이 매설하여 수주분리현상을 사전에 방지한다.

2) 압력 상승의 경감법

① 정전시 계속 역류시킨다.

앞에서 설명한 펌프 출구측에 밸브가 없는 경우와 같이 정전시에는 무제한으로 역류시키는 방법으로써 보통 역류방지밸브를 사용했을 때보다는 압력상승이 적으나 회전부를 역회전에 견딜 수 있게 설계하여야 한다. 또한 펌프 흡수정의 월류에 대한 대책도 필요하다. 관로 동결의 위험이 있는 곳에 유효하다.

② 펌프 출구측에 급폐식 역류방지밸브를 설치한다.

보통 역류방지밸브에서는 역류시에 폐쇄가 지연되어 역류가 상당히 커진 후에 밸브가 급히 닫히면 압력상승이 크게 된다. 이를 방지하기 위해 스프링이나 추(weight)에 의해 역류가 생기기 직전에 물 흐름을 견디면서 강제적으로 역류방지밸브가 닫힌다. 이 종류의 밸브는 앞에서 설명한 바와 같이 폐쇄지연에 따른 압력상승만을 방지할 뿐이며 관로에 생기는 본래의 수격작용을 방지할 수는 없다. 그러나 역류방지밸브의 폐쇄지연만이 문제인 관로가 짧고 실양정이 상당한 것, 가령 빌딩용 급수펌프 등에는 대단히 유효하다. 구경 300mm 이하에 흔히 사용된다.

③ 펌프 출구측에 완폐식 역류방지밸브를 설치한다.

역류개시 직후에 역류방지밸브가 급격히 폐쇄되지 않고 역류하는 물을 서서히 차단함으로써 압력상승을 완화시켜준다. 완폐식 역류방지밸브의 종류로는 주밸브 완폐식과 바이패스 완폐식이 있다. 이 밸브는 역류가 순간적으로 발생하지 않고 비교적 한참 후에 발생하는 관로시스템에 적합하며 대구경 역류방지밸브의 경우 급폐식을 사용하면 디스크가 닫힐 때 과도한 충격에 의해 디스크나 시트 등이 손상될 수가 있어 완폐식을 많이 사용한다. 완폐식 역류방지밸브를 사용하는 경우에는 풋밸브와 같은 직폐식 역류방지밸브를 직렬로 설치하여서는 안 된다.

④ 펌프 출구측 밸브를 제어한다.

앞에서 설명한 바와 같이 펌프 출구측에는 역류방지밸브를 설치하지 않고, 정전시는 유량제어 밸브를 자동적으로 서서히 폐쇄시킴으로써 압력상승을 억제할 수 있다. 밸브의 개도는 단계별로 변화시키며 밸브 개도 조작에 따른 수격현상 수치해석을 통하여 최적의 상태로 제어할 필요가 있다. 이는 고양정, 대용량의 펌프에 적합하다.

⑤ 펌프 출구측에 압력릴리프밸브를 설치한다.

압력릴리프밸브(pressure relief valve)는 관로 내 압력이 설정압 이상으로 상승하였을 때 물

을 외부로 방출함으로써 수격작용을 완화시켜주는 설비이다. 안전밸브(safety valve)는 공기를 취급한다는 점에서 압력릴리프밸브와는 구별된다. 압력릴리프밸브의 종류는 크게 두 가지, 즉 직접작동(direct-acting)방식과 파일럿(piloted)작동방식으로 나눌 수 있다. 직접작동방식은 스프링의 장력을 이용하여 디스크를 기계적으로 작동함으로써 디스크의 개폐가 순간적으로 일어나는 방식이며, 관로 내 압력이 떨어졌을 때 곧바로 닫히기 때문에 슬래밍(slamming)이 문제될 수 있다. 파일럿작동방식은 설정압력에서 순간적으로 개방된 디스크를 관로 내 압력이 떨어졌을 때 서서히 폐쇄시킴으로써 부가적인 수격작용을 완화하는 것이다.

파일럿이 부착된 경우에는 이물질이 끼지 않도록 주의하여야 한다. 한편, 관로가 짧은 시스템에서 압력릴리프밸브는 작동에 지연이 생겨 순간적인 압력상승에 대하여는 그 기능을 제대로 발휘하지 못할 때가 있으므로 조심하여야 한다. 이러한 경우에는 펌프의 급정지를 미리 감지하여 관로 상의 압력과는 무관하게 곧바로 디스크를 개방하는 서지예상밸브(surge anticipating valve)를 사용하는 것이 바람직하다.

⑥ 관로상에 역류방지밸브를 설치한다.

관로 상의 저지대부에 역류방지밸브를 설치하고 역류가 발생하면 이 역류방지밸브에 의해 시스템을 양쪽으로 분리시켜 상승압을 완화시킬 수 있다. 관로 상의 역류방지밸브(직폐식)는 펌프장에서부터 멀리 떨어진 곳에 설치하여야 하며, 밸브 상류에 부압이 발생하므로 이에 대한 대책이 필요하다. 또한 관경이 작고 실양정이 비교적 큰 시스템에 적용할 수 있으며 관로상의 역류방지밸브가 이물질로 막히지 않도록 조심할 필요가 있다.

7.2.9 펌프의 유지관리

(1) 일반 사항

적절한 유지관리는 원활한 운전을 지속시키기 위하여 필요불가결 한 것이며 그 상태가 기기의 성능 및 수명에 미치는 영향도 대단히 크다. 펌프의 보수에 있어서는 각자가 펌프의 기능 및 성능을 잘 알고 항상 양호한 상태에서 운전될 수 있도록 하여야 한다. 이를 위하여 일반적으로 갖추어야 할 사항들은 다음과 같다.

- ① 관리대장을 작성하고 주요 점검기록, 수리기록 등을 기입함과 동시에 점검기준을 명확하게 하고, 고장을 사전에 방지하도록 노력하여야 한다.
- ② 운전일지를 작성하고, 필요한 운전기록은 연속 기록해 두어야 한다.
- ③ 도면, 시험기록 등은 항상 정리해 두어야 한다.
- ④ 분해 수리에 필요한 공구, 예비품 등은 항상 점검, 정돈해 두어야 한다.

(2) 펌프의 일상 점검

일상점검은 1일 1회 이상 실시하는 것이 바람직하다. 일상점검에 있어서는 각 항목이 판정 기준치 이내에 있는지를 확인하는 것 이외에도, 항상 추이에 주목하여 변화가 큰 경우에는 그 원인을 규명

하여 대책을 강구할 필요가 있다. 따라서 중요도가 높은 펌프에 대해서는 일상점검 결과를 운전일지에 기록하도록 한다. 일상점검의 항목과 판정기준은 대체로 다음과 같다.

1) 압력계 및 진공계의 지시치

압력계 및 진공계의 지시값과 측정 높이차 등으로부터 얻어진 펌프의 운전양정이 정격점 부근에 있어야 한다.

2) 전류치(구동기가 전동기인 경우)

전동기의 명판 전류치 이하이어야 한다. 다만, 전원 전압이 낮아짐에 따라 전류가 커질 경우에는 +5%까지 운전 가능하다.

3) 글랜드부의 누수 및 온도

글랜드부(축봉부)에서 약간의 누수는 윤활 및 냉각을 위하여 필요하다. 소구경 펌프의 글랜드부에서 적정 누설량은 <표 7.2.1>과 같다. 또한, 대구경 펌프의 축봉수와 수중 베어링 윤활수 그리고 펌프 베어링 냉각수의 소요량 및 압력은 <표 7.2.2>에 나타내었다.

<표 7.2.1> 축봉부의 누설량

축경(mm)	25	30	40	50	60
가동 후 30분간 누설량(mL/분)	24	30	40	48	60
안정 후 표준 누설량(mL/분)	8	10	13	16	20

주 1) 상온, 청수의 0.3MPa(3kgf/cm²), 3,600rpm 펌프사양의 경우임.

주 2) 8mL/분은 물이 1초당 약 2방울씩 떨어지는 정도임.

<표 7.2.2> 축봉수, 윤활수, 냉각수의 소요량 및 압력

용도	소요량 (L/분)	각 공급부 입구 압력 (kgf/cm ²)	비 고
축봉수	0.1d	흡상: 0.5~1.0 압입: 압입압력+0.5 이상	d: 슬리브 외경(mm)
수중베어링 윤활수	0.25d	전양정 $\times k/10 + 1.0$	d: 슬리브 외경(mm) k: 사류펌프의 경우 0.5~2.0
베어링 냉각수	0.06d ^{1.2}	1.0~2.0	d: 베어링 축경(mm) 소요량은 베어링하우징 1개당

4) 진동

손을 대어 보아 이상진동이 느껴지지 않아야 한다. 정확하게는 펌프 및 전동기 베어링부의 진동 진폭을 진동계로 측정한 값이 기준치 이하이어야 한다. 진동 진폭은 보통 횡축펌프에서는 바깥 베어링, 입축펌프에서는 전동기의 상부 베어링에서 가장 크게 나타나며, 여기서 펌프의 진동 기준치는 <표 7.2.3>에 나타내었다.

<표 7.23> 펌프의 진동 기준치

회전수(rpm)	허용-진폭(μ)	회전수(rpm)	허용-진폭(μ)
300까지	71 이하	1,500~2,000	40 이하
300~600	65 이하	2,000~3,000	29 이하
600~1,000	58 이하	3,000 이상	25 이하
1,000~1,500	49 이하		

5) 음향

- ① 베어링부에서 이상음이 발생하지 않아야 한다.
- ② 케이싱부에 캐비테이션, 서징 등에 의한 이상음의 발생이 없어야 한다.

6) 베어링 온도 및 윤활유 량

- ① 베어링부에 손을 대보아 이상 발열이 없어야 한다. 정확하게는 온도계로 측정한 값이 <표 7.24>의 기준치 이하이어야 한다. <표 7.25>는 표면온도와 촉감과의 관계를 개략적으로 나타내었다.

<표 7.24> 베어링 허용 최고 온도 및 허용 온도 상승(KS B 6301)

냉각방식에 따른 윤활유의 종류	허용 온도	허용 온도 상승 $^{\circ}\text{C}$ (주위온도 40°C 이하의 경우. 다만, 허용최고온도를 상회하여서는 안 된다.)		허용 최고 온도 $^{\circ}\text{C}$		
		베어링 표면에서	메탈 온도계 감온부를 삽입 측정한 경우	베어링 표면에서	메탈 온도계 감온부를 삽입 측정한 경우	배유 온도
자연냉각식 보통윤활유		40	45	75	80	—
자연냉각식 내열성윤활유		55	60	90	95	—
수냉식		—	협정에 따름	—	80	—
강제 윤활식 보통윤활유		—	—	75	80	80

<표 7.25> 표면온도와 촉감의 관계

표면온도	느낌	내용
40°C	약간 따뜻하다.	온기를 느낄 정도다.
45°C	따뜻하다.	손을 대고 있으면 따뜻함을 느낀다.
50°C	약간 뜨겁다.	한참 동안 대고 있으면 손바닥이 빨개진다.
60°C	뜨겁다.	3~4초 동안 손을 대고 있을 수 있다.
70°C	매우 뜨겁다.	손가락 하나로 약 3초 동안 대고 있을 수 있다.
80°C	전동기의 소손이 우려된다.	손가락 하나로 약 1초 동안 대고 있을 수 있다.

주) 강판 프레임인 경우에는 이 추정값에서 약 5°C 를 뺀다.

- ② 윤활유나 그리스의 양이 과다하면 과열의 원인이 되므로 주의하여야 한다. 윤활유는 유면이 오일 게이지의 상하한선 내에 들어가도록 하고, 그리스는 베어링 하우스(bearing housing)의 1/3~1/2 정도로 충분하다.
- ③ 오일 윤활의 경우 오일링이 원활하게 회전하도록 한다.

7) 절연 저항

- ① 수중 펌프의 모터절연저항은 1개월에 1회 측정하며, 그 측정값은 1MΩ 이상이어야 한다.
- ② 고정설비가 아닌 것에 대해서는 이동시킬 때마다 측정해야 하며, 사용하기 전에 전원용 누전차단기의 동작시험을 실시한다.

(3) 펌프의 보수·점검

하루 24시간 운전되고 있는 펌프는 1년에 1회 정도 펌프를 분해하여 정비, 점검을 실시하는 것이 바람직하다.

1) 작업 전 준비사항

펌프를 분해하는 경우에는 다음 각 사항에 주의하여 실시하여야 한다.

- ① 전원 스위치를 확실히 내리고 착오로 펌프가 돌지 않도록 하여야 한다.
- ② 미리 분해 부분의 구조를 이해하여 순서가 틀리지 않도록 하여야 한다.
- ③ 패킹류는 새 것을 준비하여 두어야 한다.
- ④ 분해한 부품이 없어지지 않도록 정리함과 동시에 바닥 면에 직접 두지 말고 종이나 천 또는 목재 위에 놓아두어야 한다.
- ⑤ 베어링을 떼어낼 필요가 있을 때에는 나무망치를 사용하거나 목편을 사이에 두고 두들기도록 하고, 직접 쇠파치로 타격을 가해서는 안 된다.
- ⑥ 와이어로프로 끌어올릴 때는 직접 와이어로프가 닿지 않도록 하여야 한다.

2) 분해 점검

펌프를 분해하였을 때는 특히 다음 각 항에 주의하여 점검하고, 필요에 따라서 신품과 교환하든지 조정작업을 하여야 한다.

① 임펠러와 라이너 링(liner ring)과의 간극

마모에 의해 간극(clearance)이 커지면 성능의 저하, 진동의 발생 등의 지장을 초래하게 되므로, 이 간극이 적정치의 약 2~3배 이상이 되면 부분품을 교환하여 조정하여야 한다. 펌프의 종류와 크기에 따라서 간극의 적정값을 일률적으로 정하는 것은 곤란하나 소형 원심펌프 및 양흡입 원심펌프의 개략적인 기준을 표시하면 <표 7.2.6>과 같다.

<표 7.2.6> 임펠러와 라이너 링과의 간극

(단위: mm)

라이너링의 내경	50 이하	63 이하	80 이하	100 이하	125 이하	160 이하	200 이하	250 이하	315 이하	400 이하	500 이하	630 이하	800 이하
최대간극	0.35	0.38	0.40	0.42	0.45	0.50	0.56	0.63	0.71	0.80	0.90	1.00	1.12

② 슬리브의 마모량 및 손상도

이는 축봉부로부터 공기의 유입과 봉수의 누수 및 발열의 원인이 되므로 흠집이 있거나 마모가 3~4mm가 되면 슬리브를 교환하여야 한다.

③ 베어링 메탈의 마모

미끄럼 베어링을 사용하는 경우 베어링 메탈이 마모되어 축과의 간극이 커지면 진동이나 발열의 원인이 된다. 별도의 기준은 없으나 축과 베어링 메탈과의 간극은 <표 7.2.7>의 약 3배 정도가 되면 베어링 메탈을 수리하도록 하여야 한다.

<표 7.2.7> 베어링 메탈과 축과의 간극

(단위: mm)

축경	30 이하	50 이하	80 이하	120 이하	180 이하	250 이하
간극	0.04~0.082	0.05~0.10	0.06~0.12	0.072~0.142	0.085~0.165	0.10~0.192

④ 구름베어링의 교환

구름베어링은 벤젠, 가솔린 등으로 충분히 청소한 다음 베어링의 회전이 원활한지 또는 녹의 발생 유무 등에 관하여 조사하고, 이상이 발견되면 신품과 즉시 교환하여야 한다. 일반적으로 구름베어링의 교환주기는 연속운전의 경우 40,000시간 정도이며, 베어링의 사용시간이 예상 수명시간보다 길어지면 고장 예방 차원에서 무조건 교체하는 경향이 있다.

⑤ 임펠러의 부식, 마모

부식이나 마모의 상태를 조사한다. 이것이 화학적인 부식이나 캐비테이션에 의한 것으로 판명되면, 펌프의 운전방법과 임펠러의 재질에 관하여 재검토할 필요가 있다.

⑥ 기타

녹이나 기타 부착물의 상황을 조사하여 청소하여야 한다. 필요에 따라서는 도장을 적당하게 다시 하여야 한다.

3) 조립

펌프의 조립에 있어서는 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

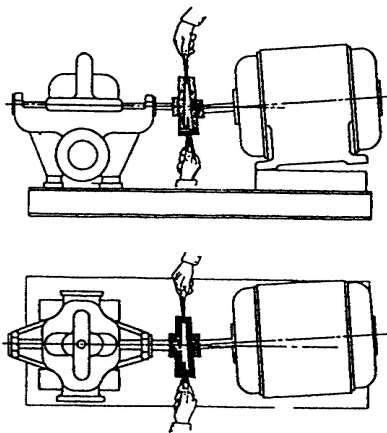
- ① 접착부 및 끼워 맞추는 부분은 잘 청소하고 경우에 따라서는 기름을 바른 다음에 확실하게 조립할 것
- ② 베어링의 조립에 특히 주의하고 이물질이 혼입되지 않도록 할 것
- ③ 조립에 있어서도 될수록 쇠파치로 직접 두드리지 말고 나무망치를 사용하거나 목편을 댄 다음에 쇠파치를 사용할 것
- ④ 조립 후 주축을 손으로 회전시켜 가볍게 돌아가는 것을 확인할 것

4) 중심맞추기(alignment)

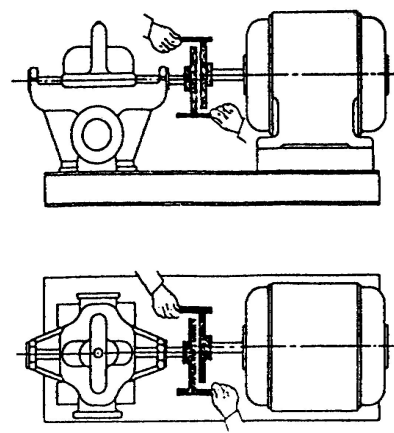
- ① 분해, 점검 후 재조립할 때는 반드시 축 중심을 바로 맞춘다. 분해 점검의 주기가 1년을 넘은 경우에는 1회/년 정도는 직결정도를 점검하여 허용치를 초과하면 교정한다.
- ② 펌프 및 전동기 축의 잘못된 중심맞추기를 보상하기 위하여 플렉시블 축이음(flexible coupling)

을 사용하여서는 안 된다. 플렉시블 축이음의 목적은 전동기로부터 펌프에 동력을 전달하는 동안 온도변화에 대한 보상 및 서로간에 간섭 없이 축의 끝단 이동을 허용하기 위한 것이다.

- ③ 플렉시블 축이음의 중심맞추기를 검사하는데 필요한 공구는 곧은자(straight edge) 및 테이퍼 게이지(taper gauge) 또는 틈새 게이지(feeler gauge) 등이다.
- ④ 일반적으로 널리 사용되고 있는 플렉시블 축이음의 정렬방법은 다음과 같다.
 - ㉠ 중심맞추기의 작업 전에 축이음을 분리한다.
 - ㉡ <그림 7.2.13>과 같이 축이음 면 사이의 4곳에 테이퍼 게이지 또는 틈새 게이지를 끼우고 나서, 축이음 주위에 90° 간격으로 위치한 4곳에서 면 사이의 거리를 비교하여 각도 중심맞추기에 대하여 검사한다.
 - ㉢ <그림 7.2.14>와 같이 곧은자를 정상, 하부 및 양쪽 면에서 양 축이음 림(rim)을 가로질러 위치하게 하여 평행 중심맞추기에 대하여 검사한다. 곧은자가 모든 위치에서 축이음 림 위에 평탄하게 놓여질 때 기기는 평행 중심맞추기가 된 것으로 한다. 곧은자가 축선과 평행하도록 주의하여야 한다. 온도변화와 바깥지름이 다른 축이음 분할에 대하여는 허용 공차가 필요할 수도 있다.
 - ㉣ 각도 및 평행 중심맞추기는 전동기 설치 다리 밑에 췌기를 끼워 넣어 교정한다.
 - ㉤ 중심맞추기가 완전히 끝나면 커플링 볼트를 견고하게 조여주고 흔들림이 없도록 한다.
- ⑤ 커플링 볼트가 휘었거나 고무 부시가 마모된 경우는 이를 교환한다.



<그림 7.2.13> 각도 중심맞추기



<그림 7.2.14> 평행 중심맞추기

5) 베어링 윤활유(그리스)의 교환

- ① 윤활유 량, 기름 누출, 이물질의 혼입, 기름의 열화 등에 항상 주의하여야 한다.
- ② 윤활유가 흑색을 띠고 오염되었을 경우나, 그리스가 백탁(白濁) 또는 흑색으로 변색되었을 경우에는 신품과 전부 교환하는 것이 바람직하다. 그리고 보통 윤활유는 운전시간에 따라서 1~6개월에 1회, 그리스는 운전시간 약 3,000~5,000 시간마다 전량 교환하는 것이 바람직하다.

- ③ 윤활유는 취급액의 온도나 펌프 회전속도에 따라 적합한 것을 사용하여야 한다. 회전수에 따른 윤활유의 종류를 <표 7.2.8>에 나타내었다. 일반적으로 윤활유는 여름철에는 점도가 높은 것을, 겨울철에는 점도가 낮은 것을 선택하는게 좋다. 그리스 윤활에서는 액온이 65℃ 이하인 경우는 커프 그리스를, 65℃ 이상은 파이버 그리스나 리튬 그리스 등을 사용한다.

<표 7.2.8> 회전속도에 따른 윤활유의 종류

회전수(rpm)	종류	KS 규격
50~100	디젤 엔진 오일 SAE30	M2121 3중 3호
	디젤 엔진 오일 SAE40	M2121 3중 4호
100~500	디젤 엔진 오일 SAE20	M2121 3중 2호
	200첨가 터빈유	M2120 첨가 터빈유 4호
500~1,500	140첨가 터빈유	M2120 첨가 터빈유 2호
1,500~1,800	90첨가 터빈유	M2120 첨가 터빈유 1호

6) 글랜드 패킹의 교환

- ① 글랜드 패킹(gland packing)은 운전 중 물이 약간씩 떨어질 정도로 조이고, 패킹 누르개(pack-ing gland)의 조임을 조정하여도 누수가 많을 경우에는 패킹을 교환하여야 한다.
- ② 패킹 누르개를 너무 조이거나 편측 조임이 없도록 충분히 주의하고, 패킹은 반드시 1~3mm 정도 이상 스테핑 박스(stuffing box) 내에 삽입하여 스테핑 박스로부터 빠져나오지 않도록 하여야 한다.
- ③ 패킹은 옆의 패킹과 중복되지 않도록 90°~180° 이동시켜 삽입한다. 또 목면패킹의 경우에는 주축의 회전방향과 패킹의 편직(編織) 방향을 동일한 방향으로 삽입한다.
- ④ 글랜드 봉수의 수압을 스테핑 박스의 입구에서 0.1~0.2MPa(1~2kgf/cm²)이 되도록 조정해야 하며, 너무 높으면 과열이나 슬리브 마모의 원인이 되므로 주의하여야 한다.

7) 기타

펌프에 공급되는 축봉수는 드레인 라인을 설치하여 축봉수 비산(飛散)으로 인한 주변 기기의 부식을 방지토록 한다. 수중모터펌프는 운전상황을 외부에서 직접 관찰할 수 없으므로 일반적인 펌프와는 달리 완전한 보수가 곤란하나, 일상의 운전상태를 확실히 파악함으로써 이상의 조기발견도 가능하므로 항상 관찰을 게을리 하지 않도록 하여야 한다.

(4) 장기간 가동 중단시 펌프의 취급

펌프를 장기간에 걸쳐 가동 중단할 경우 및 가동 중단 후 펌프를 재사용할 경우에는 다음 사항에 대하여 주의하여야 한다.

- ① 예비펌프가 있는 곳에서는 교대로 펌프를 운전하고, 특정한 펌프만을 불필요하게 장기간 가동 중단시키지 않도록 하여야 한다.

- ② 추후 사용에 대비하여 항상 각 부위를 청결한 상태가 유지되도록 하여야 한다.
- ③ 장기간에 걸쳐 펌프를 가동 중단하는 경우는 반드시 펌프 내부 베어링 냉각재킷 내의 물을 빼 두어야 한다. 특히 한랭지의 물이 동결할 염려가 있는 곳에서는 펌프 부속 배관, 수조 등의 물도 배수해 두어야 한다.
- ④ 주축, 축이음, 베어링 등의 표면은 녹슬지 않도록 기름을 바르는 등 충분한 손질이 필요하다.
- ⑤ 장기간 가동 중단한 후에 펌프를 재사용하는 경우에는 각 부위를 충분히 청소한 다음에 먼저 베어링의 급유 상태를 조사하고, 여러 번에 걸쳐서 베어링이나 펌프 내부에 이상이 없는 것을 확인한 후 기동하여야 한다.
- ⑥ 기동의 경우 전동기의 회전방향을 확인할 필요가 있을 때에는 반드시 펌프의 연결을 끊은 후에 하여야 한다.
- ⑦ 정수(淨水)용 펌프는 기동에 앞서서 미리 펌프 내부를 물로 채우고 필요할 때는 적절히 청소한 다음에 수질에 이상이 없는 것을 확인한 후에 운전하도록 한다.

(5) 고장의 원인과 그 대책

펌프도 다른 기계와 마찬가지로 설계, 제작의 불량, 취급의 부주의 등에 의해 고장을 일으키는 수가 있다. 여기서는 몇 가지 주요한 것에 대해서 외부에 나타나는 현상과 원인에 관하여 설명하기로 한다.

1) 과부하

전동기가 과부하되는 원인은 수력적인 원인과 기계적인 원인으로 나눌 수 있다.

첫째, 수력적인 원인으로서는 펌프의 운전점이 어떤 연유로 인하여 시방점(정격점)에서 멀어졌을 경우이다. 이는 펌프의 종류 및 비속도에 따라 그 원인이 다른데, 비속도가 작은 원심펌프에서는 양정 과소에 따른 과대 유량에서, 비속도가 큰 축류펌프에서는 양정 과대에 따른 과소 유량에 의해 과부하가 발생한다. 원심펌프의 유량 과대에 따른 과부하 대책으로는 송출밸브를 닫아 운전점을 시방점에 맞추거나, 펌프의 양정이 실제보다 크게 선정된 경우에는 임펠러의 외경을 필요한 정도로 가공·축소시켜 펌프의 유량 및 축동력을 감소시키는 방법이 있다.

둘째, 기계적인 원인으로서는 임펠러가 케이싱에 닿거나, 임펠러에 각목 등이 걸려있는 경우이다. 또한, 소형펌프에서는 직결 불량에 의해 베어링이나 패킹박스에 무리한 힘이 가해져 과부하될 때도 있다. 이외에도 전원의 주파수 변동에 따른 과대속도와 전압 이상 강하에 따른 과대전류 등이 원인으로 될 수 있다.

2) 양수 불능

펌프가 양수를 못하게 되는 원인으로는 다음과 같은 여러 가지 요인이 있다.

① 실양정 과대

펌프를 잘못 선정함에 따라 관로의 실양정이 펌프의 차단양정 이상인 곳에 사용하면 양수 불능 상태가 된다. 이러한 경우 임펠러를 외경이 큰 것으로 교체하거나, 다른 펌프를 추가해서 직렬로 운전하는 방안으로 해결할 수도 있으나, 때에 따라서는 시스템에 적합한 다른 펌프로 교체

하여야만 한다.

② 특성이 다른 펌프의 병렬운전

한 대의 펌프가 무송수 상태로 되는 경우는 대용량 펌프의 유량 이하로 수요량을 줄였을 때이므로, 이러한 경우 소용량 펌프를 정지시킨다. 또한 특성이 다른 펌프를 병렬로 사용할 경우에는 대용량 펌프와 소용량 펌프의 정격유량을 너무 차이나게 결정하지 말고, 두 펌프의 차단양정을 가급적 가깝게 되도록 선정한다.

③ 역회전

전원을 잘못 결선하여 전동기의 회전방향이 바뀌면 펌프의 성능을 제대로 얻을 수 없으므로 수중모터펌프와 같이 회전부분이 바깥에서 보이지 않는 것에서는 특히 주의하여야 한다. 한편, 펌프의 회전방향은 구동기 측에서 보아 시계방향을 표준으로 하고 있다.

④ 흡입배관의 부적합

흡입배관으로 공기가 유입되어 계속 고이면 관내의 수주가 끊길 수 있으므로, 흡입배관이 길거나 흡상 높이가 클 때에는 특히 주의하여야 한다. 공기주머니는 리듀서 및 배관의 상부에 형성되기 때문에 수평 흡입관에 편심 리듀서를 사용하도록 하고 수평 흡입관은 펌프 쪽으로 점차적으로 상승하여야 한다. 또한, 밸브대가 수직으로 흡입관에 설치되면 패킹부를 통한 공기의 유입이 염려되므로 흡입관에서의 제수밸브는 밸브대가 수평이 되도록 설치하는 것이 바람직하다.

⑤ 캐비테이션

앞 장에서 설명한 바와 같이 유효흡입수두(available NPSH)가 필요흡입수두(required NPSH)보다 작아지면 캐비테이션이 발생하여 펌프의 성능이 급격히 떨어진다. 캐비테이션이 발생하는 경우에는 반드시 이에 대한 방지대책을 세워야 한다. 한편, 흡입관에 스트레이너가 설치된 경우에는 이물질에 의한 유로의 막힘에 특히 주의한다.

3) 펌프의 유량 감소

이 원인은 앞에서 설명한 양수 불능의 경우와 거의 같으나 이외에도 라이너 링이나 임펠러의 마모에 따른 누수량 증가와 흡입, 송출관로의 경과연수 변화에 따른 관로손실 증가 등이 원인이 될 수 있으므로 적절한 대책을 세운다.

4) 기동시의 만수 불능

흡입상태로 사용하는 펌프에서 기동을 위해 진공펌프로 물을 채우려고 해도 채워지지 않을 때가 있다. 이것은 공기가 외부로부터 스며들기 때문이며 흡입관의 접속장소나 차단밸브의 밸브대 등을 조사해서 새는 것을 막아야 한다. 펌프축과 슬리브의 미세 간극을 통하여 임펠러 흡입부로 공기가 유입되는 경우에는 슬리브 단부를 코킹함으로써 이를 해결할 수도 있다.

5) 소음·진동

소음·진동의 원인으로는 수력적인 것과 기계적인 것이 있으며, 각자는 또한 여러 가지 원인으로 나누어지나 발생한 소음·진동은 경우에 따라 두 개 이상의 원인이 복합되어 일어나고 있다. 따라서 그 원인의 규명과 대책에는 어느 정도의 조사와 노력을 필요로 하는 경우가 많다. 진동이 발생하여 문제가 되는 수력적인 원인으로는 임펠러 출구에서의 압력 맥동, 송출량의 변동, 흡입관 주위에서

의 와류, 공기의 흡입, 캐비테이션, 수격작용, 관로계에서의 서징 등이 있다. 기계적인 원인으로는 직결 상태의 불완전, 기초의 불량, 회전체의 불평형, 공진, 베어링의 손상 등이 있다.

6) 베어링 및 스테핑 박스의 과열

베어링이 과열되는 원인으로는 축 중심맞추기의 불량, 윤활유(그리스) 량의 부적당, 베어링 하우징의 정도 불량, 베어링의 파손 등이 있다. 또한, 추력평형장치의 고장에 따른 과다한 추력의 발생, 베어링 내의 이물질 침입, 수냉식 베어링의 냉각수 단절 등이 원인이 될 수 있다. 스테핑 박스도 축의 중심맞추기가 불량하거나 봉수량이 부족할 경우에는 과열될 수 있으므로 조심한다.

7) 고장과 그 원인의 일람표

펌프의 고장과 그 원인은 이외에도 매우 다양하므로 상황에 적절하게 대응할 수 있는 경험과 지식이 필요하다. 여기서 원심펌프에 대한 대표적인 고장과 그 원인의 일람표를 <표 7.2.9>에 정리하여 나타내었다.

7.2.10 유지관리의 진행방향

펌프의 유지관리는 펌프의 용도 및 구조, 취급액의 종류, 운전시간, 예비펌프의 유무 등에 따라 다르므로 각각의 상황에 맞게 실시하여야 한다. 이를 위해서는 취급설명서 혹은 제조자의 의견에 의한 펌프의 수리 상 주의할 점을 이해함과 동시에 사용조건을 고려해서 유지관리방식을 만드는 것이 바람직하다.

(1) 예비품

펌프의 운전현장에 준비할 예비품(소모품)의 최소 수량은 용도, 운전조건, 현장에서의 수리 능력, 펌프의 설치 대수에 따라 결정된다. 그러나 일반적으로 슬리브, 라이너 링, 베어링, 패킹, 개스킷은 적정한 수준을 보유해 두는 것이 좋다. 예비품의 구입은 본체 구입시에 함께 하는 것이 바람직하다.

(2) 유지관리에 필요한 기록류

유지관리 기록카드를 만들어 두고 기계번호, 검사계획일, 개개의 점검 소요항목 전부의 완전한 기록, 주요 기록사항 및 검사원의 관찰결과를 기입하나, 기록카드는 중요한 펌프마다 작성하고 정기검사의 실행계획도 기입해 두어야 한다. 주요 수리 또는 주요 교환부품의 상태, 마모의 정도 및 형상, 수리작업의 방법 등과 이들 기록은 수리작업 그 자체와 마찬가지로 중요하다. 또 기록은 보수작업의 빈도와 비용을 경감시키기 위한 수단을 강구하는데 큰 도움이 된다. 따라서 펌프의 유지관리를 위해서는 아래와 같은 기록을 작성하는 것이 바람직하다.

1) 펌프 시방서

펌프의 사양뿐만 아니라 부품 발주시에 필요한 제작사, 제조번호 등을 기록한다. 또 사용하고 있는 패킹, 구름베어링 등의 시판품에 대해서도 그 모양이나 번호를 기입해 두는 것이 좋다.

2) 펌프 경력표

펌프 사용 개시부터의 주요한 고장, 정기 점검시의 특기사항, 운전시간을 기록한 것이다. 이것으로 점검의 요점을 알 수 있다.

3) 치수 측정 기록

주로 습동부의 틈새에 관한 치수를 기록해 두고 이것으로 부품의 교환시기를 정하기 위한 자료로 활용한다.

<표 7.29> 원심펌프의 고장과 그 원인 일람표

고장 또는 현상 원인	기 동 시 부 하 과 다	부 하 과 소	양 수 량 감 소	양 수 불 능	베 어 링 과 열	클 랜 드 패 킹 과 열	이 상 진 동	만 수 불 능	과 부 하	압 력 계 수 값	진 공 계 수 값	비 고
양정 과다		0	0	0			0			고		
양정 과소							0		0	저	고	
임펠러 역회전		0	0	0						저	저	
회전수 과소		0	0	0						저	저	주파수 저하
회전수 과다									0		약간 저	
전압 강하 또는 전기품 고장									0			
제수밸브 약간 개방	0	0	0							고	약간 저	
패킹누르개 한쪽 조임 또는 과다 조임	0					0						
조립 설치 불량 또는 축 중심 불일치	0			0	0	0						
회전부 마모 또는 눌러붙음	0				0							손으로 돌리기가 어렵고, 정지시 급격히 정지됨
윤활유 부족 및 베어링장치 상태 나쁨					0							
실링 폐쇄 또는 축봉수 불량			0	0		0				저		패킹 박스에서 물이 나오지 않음
흡입관에서 공기 침입		0	0	0		0	0	0		불안정	불안정	수면에 거품이 남
흡입관에 공기주머니 발생			0	0								단속적인 양수
흡입관에 이물질이 걸렸을 때		0	0	0	0		0			저	고	임펠러 입구, 파이프 속
송출관에 이물질이 있을 때		0	0	0								파이프 속
라이너링 또는 임펠러 마모			0							저		

7.3 펌프의 제어

7.3.1 총칙

펌프를 제어하는 목적은 자동운전용 기기를 사용하여 안전하고 원활하게 기동하거나 정지시키고 수요에 따라서 자동적으로 펌프의 토출량과 토출압을 조절하는데 있다.

펌프의 토출량을 제어하는 방법 중 변속시스템은 유지관리를 적절하게 해야만 그 효과를 극대화할 수 있다. 따라서 현장 담당 운영자들이 수리계통 및 용수 수요변화에 따른 최적의 운전을 수행할 수 있도록 변속시스템 적용에 관한 유지관리의 기본사항을 제시하였다. 변속시스템의 유지관리 기준은 유체 커플링과 인버터로 나누어 정리하였다.

7.3.2 펌프의 운전방식과 자동제어

(1) 운전방식의 개요

펌프의 운전방식은 다음과 같이 크게 3가지, 즉 단독운전, 연동운전 및 자동운전으로 나눌 수 있다. 최근에는 조작실의 감시 및 시퀀스(sequence) 제어를 1인 조작 연동방식으로 채용하여 널리 사용하고 있으며, 여기에 피드백(feedback) 제어를 첨가한 방식도 점차로 적용되고 있다.

1) 단독운전

각각의 조작 스위치에 의해 펌프 및 보조 기기를 단독으로 기동·정지시키고 밸브 개폐 조작하는 방식이다.

2) 연동운전

조작 스위치의 1회 조작만으로 펌프와 보조 기기의 기동 및 정지 조작을 정해진 시퀀스대로 자동적으로 수행하는 방식이다. 보통 운전자가 있기 때문에 1인 제어라고도 한다.

3) 자동운전

흡수정이나 배수지의 수위, 송수관의 압력, 송수량 등 제어 대상에서의 신호에 의해 운전과 조절을 자동적으로 하는 방식으로서, 보통 운전원은 개입하지 않는다. 연동운전과의 차이는 기동·정지를 운전원의 판단에 따라 수행하는지, 자동제어계로부터의 지령에 의해 자동적으로 수행하는지 만으로 구분되며, 시퀀스는 동일하다. 두 방식은 기측(機側) 조작과 중앙조작과의 전환이 서로 가능한데, 기측 조작을 우선으로 한다.

(2) 펌프의 자동운전

일반적으로 물을 양수할 때는 펌프의 기동에 필요한 마중물, 축봉수, 냉각, 윤활, 전동기의 기동 및 정지, 송출측 밸브의 개폐 등 일련의 조작을 한다. 종래에는 이들의 조작을 현장에서 개별적으로 수동 조작하여 왔으나, 근래 기술이 진보함에 따라 운전관리를 합리화하기 위해 연동 또는 자동화하

는 것이 일반적이다.

펌프의 운전방식을 선정하는데 있어서는 유량의 변동, 펌프의 형식과 사용빈도, 건설비, 유지관리비, 운전원 수, 기술수준 및 단계적 시공에 따른 초기대책 등을 종합적으로 검토하지만, 제어기술의 진보, 기계화 및 에너지 절약 등에 따라 자동제어방식이 널리 채용되는 경향이다. 그러나 어떠한 경우라도 시운전과 조정을 위해서 현장에는 단독운전을 할 수 있도록 기측반(機側盤)을 설치한다. 또한, 완전하게 자동화한 방식에서도 1인 조작 제어방식으로 운전이 가능하도록 하면 편리하므로 이를 고려한다.

1) 기동 조건

펌프를 연동 또는 자동으로 기동시키기 위해서는 펌프, 전동기, 밸브, 보조 기기 등의 상태를 사전에 점검해야 하는데, 이 때 필요한 주요 항목들을 <표 7.3.1>에 나타내었다.

<표 7.3.1> 펌프의 기동 조건

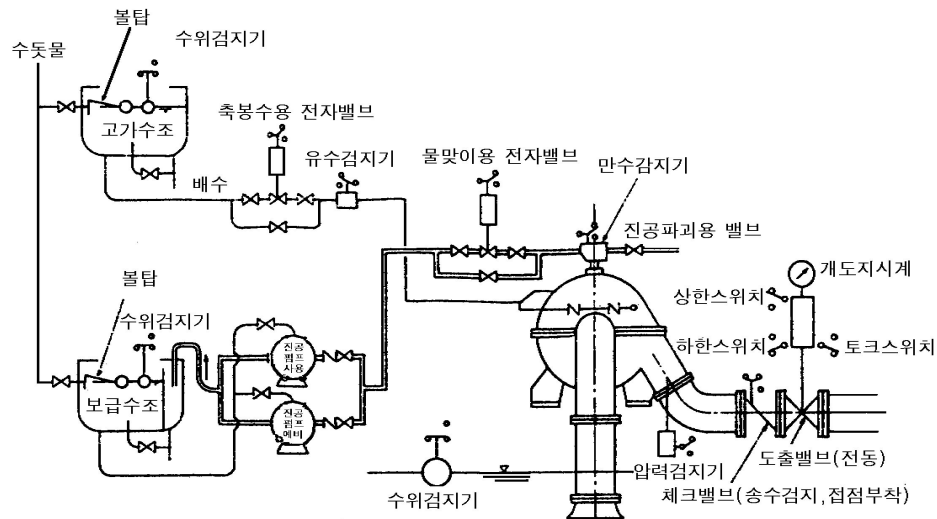
기동 조건 \ 흡입방식	흡상	압입	비 고
흡입수조 수위 정상	○	○	
냉각수조 수위 정상	○	○	
보급수조 수위 정상	○		진공펌프 설치
만수 상태	○	○	
송출밸브 기동 위치	○	○	원심: 전폐, 축류: 전개
브러시 인양장치 기동 위치	○	○	권선형 유도전동기
보호 계전기(relay) 미동작	○	○	
기동기 기동 위치	○	○	
다른 펌프가 기동중이 아님	○	○	동시 기동 방지

2) 동작 순서

펌프의 기동과 정지를 자동적으로 혹은 원격조작(1인 제어의 경우를 포함)할 경우, 펌프의 형식 및 설치방법에 따라 다소 상이하나, 펌프의 물맞이(priming), 전동기의 기동 및 정지, 송출측 밸브의 개폐 등 일련의 과정을 자동적으로 원활하게 이루어지게 하기 위해서는 필요한 장치를 설치하여야 한다.

자동적인 기동과 정지의 한 예로서 <그림 7.3.1>과 같은 보편적인 권선형 유도전동기 직결의 횡축 별류트 펌프에서 진공펌프로 펌프를 만수시키는 경우를 살펴보기로 한다. 주조작(主操作)스위치를 기동 쪽으로 조작하거나 혹은 다른 기동 지령에 의해서 다음 과정이 순차적으로 진행된다.

- ① 펌프의 축봉수용 전자밸브가 열린다. 펌프 및 전동기의 냉각수 전자밸브가 열린다.
- ② 물맞이용 전자밸브가 열린다.
- ③ 진공펌프가 기동한다.



<그림 7.3.1> 횡축 벌류트 펌프의 자동운전

- ④ 만수검지기가 작동한다.
- ⑤ 주전동기의 차단기 투입(펌프 기동 개시)
- ⑥ 주전동기의 2차 저항이 점차 감소되고 최종적으로 단락되어 브러시를 끌어올린다.
- ⑦ 펌프의 송출측 압력검지기가 작동한다(송출압력의 정상 확인).
- ⑧ 진공펌프 정지
- ⑨ 물맞이용 전자밸브가 닫힌다.
- ⑩ 송출측 밸브가 열리기 시작한다.
- ⑪ 송출측 밸브를 서서히 개방한다.
- ⑫ 역류방지밸브의 송수검지기가 점점된다(송수 개시 확인).

단, 흡입수면보다 낮은 위치에 펌프를 설치했을 경우나 입축펌프와 같이 펌프가 항상 만수되어 있을 때에는 물맞이 과정은 불필요하다. 또한, 원격조작의 경우에는 송출측 밸브의 개폐를 앞서 기술한 일련의 과정으로부터 분리하여 진행할 수도 있다. 풋밸브가 설치된 경우에는 보급수조에서 급수하고, 보급수조의 수위로 만수를 검지하는 경우가 많다. 펌프의 정지는 주 조작스위치를 정지측으로 넣거나 또는 다른 정지 지령에 의해 다음의 순서로 진행된다.

- ① 송출측 밸브가 닫히기 시작한다.
- ② 송출측 밸브가 완전히 닫힌다.
- ③ 주전동기의 차단기가 끊어진다.
- ④ 주전동기의 2차 저항 및 브러시가 기동 위치로 복귀한다.

농형 유도전동기의 경우는 전(全)전압 기동과 기동장치에 의한 기동이 있으나 각각 기동방식에 적합한 기동 순서대로 하여야 한다. 그리고 디젤기관의 경우는 전기 기동과 공기 기동이 있으나, 후자의 경우는 기동용 공기 배출관의 전자밸브를 개폐하여 기동하고 회전수의 상승이 확인된 후 공기의

공급을 중지하여야 한다.

최근에는 입축 사류펌프가 가끔씩 사용되고 있다. 입축 사류펌프는 일반적으로 물로 윤활하는 수중베어링을 사용하기 때문에 수중베어링에 급수되는 것을 확인하는데 중점을 두어야 한다. 이 점을 제외하고는 물맞이 과정이 필요 없고, 기동과정이 간단하기 때문에 자동운전이 용이하다.

3) 자동운전용 기기

기동 및 정지를 자동으로 진행하기 위해서 사용되는 기기는 다음과 같으며, 각각 그 설비에 적합한 것을 선택하면 된다.

- ① 펌프의 케이싱 안이 만수된 것을 검지하고, 펌프의 기동과정을 진행시키기 위하여 만수검지기를 설치한다. 만수검지기는 플로트(浮子)식과 전극식이 많이 사용된다.
- ② 펌프의 기동 중 송출압력이 임의의 압력으로 된 것을 검지하고, 송출측 밸브가 열리는 지령을 발신하기 위하여 압력검지기를 설치한다. 그리고 압력검지기는 펌프운전 중 송출압력 또는 베어링 냉각수, 축봉수 등의 급수압력이 이상 저하된 것을 검지하여, 경보 또는 고장표시를 하는 보호장치로도 사용된다.
- ③ 펌프 기동 중 축봉수와 냉각수 및 수중베어링의 윤활수가 흐르고 있는 것을 검지하고, 기동과정을 진행하기 위하여 유수(流水)검지기를 설치한다. 유수검지기는 펌프운전 중 윤활수, 냉각수, 축봉수 등이 단수되었을 때 경보 또는 고장 표시를 하는 보호장치로도 이용된다.
- ④ 마중물, 축봉, 냉각, 윤활용 등의 소비관 도중의 밸브를 전기에 의해 개폐하기 위해서는 전자밸브를 사용한다.
- ⑤ 송출측 밸브를 전개, 전폐 또는 임의의 개도에서 밸브를 정지시키기 위하여 리밋스위치(limit switch)를 설치한다. 전동밸브의 경우는 밸브에 이물질이 끼었을 때의 보호장치로서 토크스위치(torque switch)를 사용하여 밸브 구동용 전동기를 멈추도록 한다. 그리고 전동밸브를 수동으로 조작할 때에는 전동조작이 되지 않도록 하여 조작원의 안전을 기하여야 한다.

(3) 보호장치

펌프를 운전하기 위해서는 펌프가 기동 중 또는 운전 중에 발생하는 이상을 검출해 내어 감시실 등 필요한 장소로 경보 또는 고장표시를 하기 위한 적당한 보호장치를 설치한다. 펌프가 기동 또는 운전 중 일으키는 이상현상은 설비의 내용에 따라 다르지만 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

- ① 주전동기 및 보조전동기의 과부하
- ② 펌프 송출유량의 감소
- ③ 펌프 송출압력의 이상 저하
- ④ 송출수위 및 흡입수위의 이상 상승 또는 저하
- ⑤ 송출측 관로에서 압력의 이상 저하
- ⑥ 베어링의 과열
- ⑦ 축봉수, 냉각수 및 윤활수(또는 윤활유) 압력의 이상 저하와 유량 감소
- ⑧ 보급수조의 수위 이상

⑨ 기동 및 정지의 지체

이들의 이상현상을 검토하는 기기로 압력검지기, 유수검지기, 수위검지기, 온도스위치, 과전류계전기 또는 과부하계전기 등이 있으며, 펌프의 형식, 운전방식 및 사용조건에 따라 필요한 것을 사용한다. 이상의 것 이외에 기동과정에 있어서 정해진 조건을 만족하지 못하는 경우 다음 과정으로 넘어가지 못하도록 연동장치를 설치하고, 또 필요에 따라서는 조작반에 펌프 비상정지용 조작스위치를 둔다.

고장은 그 중요성에 따라 중고장(重故障)과 경고장(輕故障)으로 나뉘고, 중고장의 경우는 펌프를 정지시킴과 동시에 경보 및 고장표시를 하고, 경고장의 경우는 경보 및 고장표시만으로 한다. 고장표시는 조작반 또는 감시반의 집합(集合) 고장표시기에 의해 집중적으로 감시하기 쉽도록 하는 것이 좋다.

(4) 펌프의 자동제어

펌프의 자동제어에는 수위와 관련하여 자동적으로 기동 또는 정지하는 간단한 방법에서부터 대수를 선택하고 송출량을 제어하는 등 복잡하고 다양한 것들이 있으며, 이들을 목적에 따라 크게 나누면 수위제어, 유량제어 및 압력제어로 구분된다. 보다 자세한 내용은 상수도시설기준(환경부, 2004) 8.2 펌프설비 및 8.3 펌프의 제어 부분을 참조하기 바란다.

1) 수위제어

유량의 변동에 따라 흡수정(펌프정)의 수위 또는 그 변화를 검출하고 흡수정의 수위를 일정하게 유지하도록 유량에 비례하여 양수하는 방식이다.

2) 유량제어

흡수정의 수위에 의한 목표 송출량을 수위목표 송출량 관계곡선 및 수위변화 보정률로부터 송출량을 제어하는 방식이다. 이러한 수위 및 유량제어는 다음과 같은 방법으로 이루어진다.

① 펌프의 대수제어

흡수정 수위의 증감에 따라 펌프의 운전대수를 증감하는 것이다. 자동운전에서는 수위의 변동이 심하면 기동 및 정지가 계속 반복되는 난조(hunting)현상이 발생하여 전동기가 과열되거나 밸브 및 기기의 수명이 극히 단축되기 때문에 주의하여야 한다.

② 펌프의 회전수제어

펌프의 회전수를 변화시켜 송출량을 조절하는 방식이다. 건설단계의 일부 통수시 또는 유량이 적은 경우와 유량변화가 현저한 경우 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치하거나 동일 용량의 펌프를 설치하고 회전수를 제어함으로써 처리공정의 안정화 및 기계화를 도모한다.

③ 송출밸브의 제어

펌프의 송출밸브를 조절하여 송출량을 조절하는 방법으로 밸브를 폐쇄시킬 때 손실이 크고 운전 효율이 나쁘므로 기기에 미치는 영향을 적게 하기 위하여 정격 용량 근처에서 유량조절을 하는 것이 좋다. 밸브의 개도 조절은 간단하기 때문에 보통 운전 대수 조절과 병용할 때가 가장 많다.

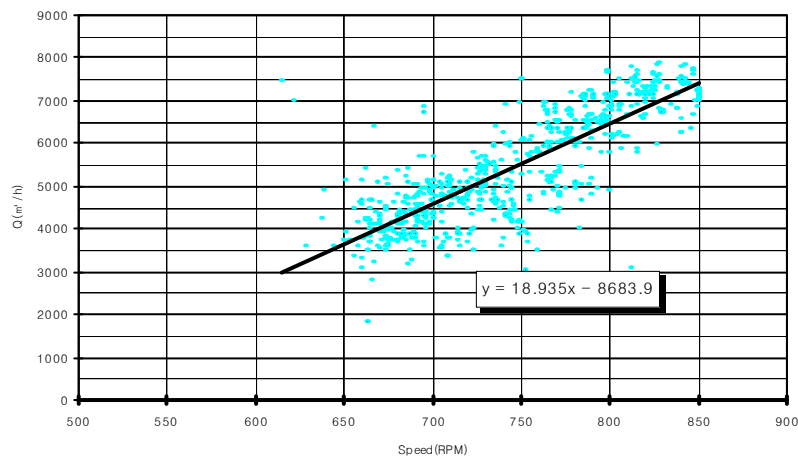
3) 압력제어

압력제어는 급수구역내의 배수관 압력을 균등하게 하고 누수를 사전에 방지할 목적으로 사용된다. 펌프 송출압력 일정제어 및 관로 말단압력 일정제어 등이 있다.

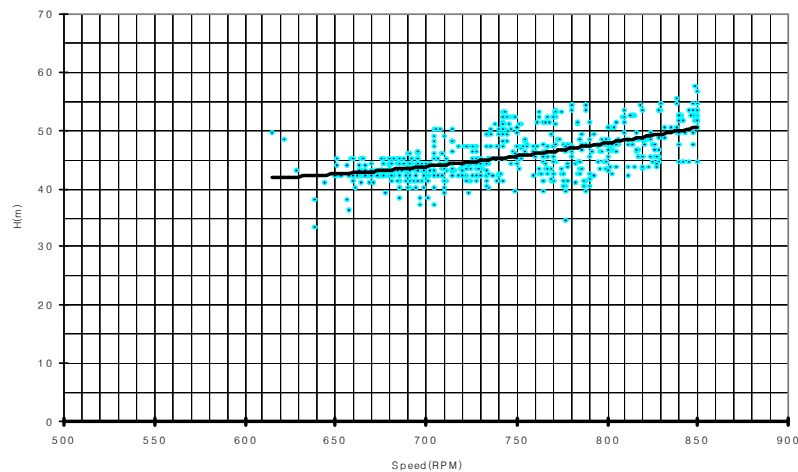
7.3.3 유체커플링의 유지관리

(1) 운영 관리 항목

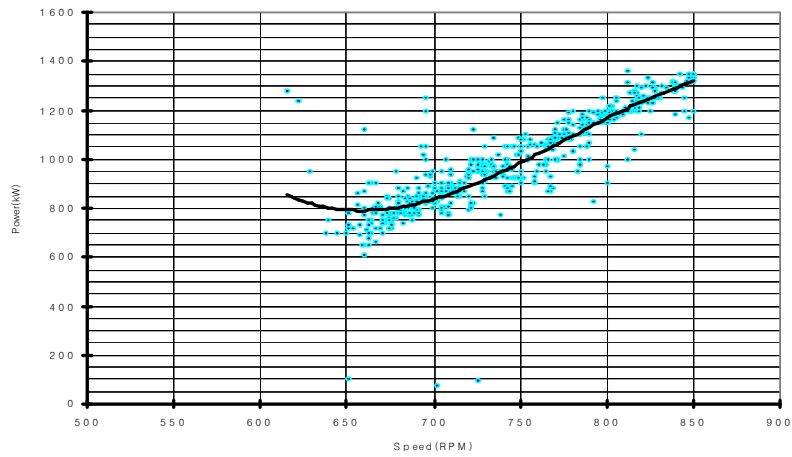
유체커플링은 결정된 운전범위에서 최적 효율로 운전되고 있는지를 확인하기 위하여 운전자료로부터 <그림 7.3.2>와 같이 송수량과 회전속도 특성, 양정과 회전속도 특성, 동력과 회전속도 특성, 스쿱 튜브(scoop tube) 개도에 따른 회전속도 특성을 구하여 아래와 같은 곡선접합방법(curve fitting method)으로 용수 수요량에 따라 적정 회전수를 예측하여 운전하여야 한다.



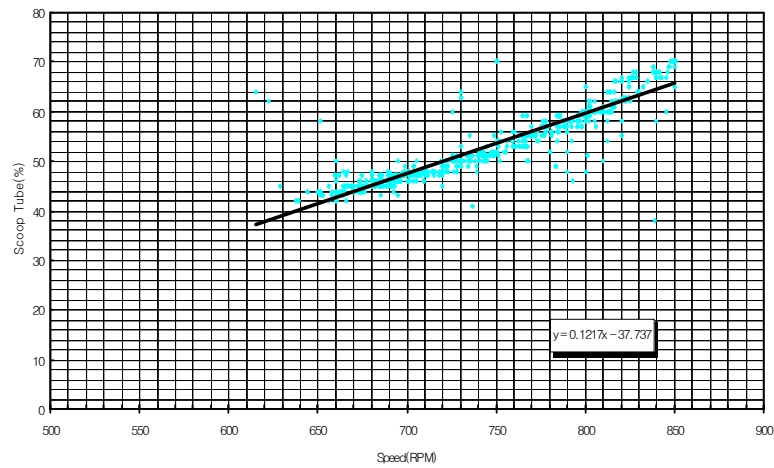
(가) 유량 대 회전속도 곡선



(나) 양정 대 회전속도 곡선



(다) 동력 대 회전속도 곡선



(라) 스쿠프튜브 개도 대 회전속도 곡선

<그림 7.3.2> 펌프특성 인자와 회전속도와의 관계

(2) 유체커플링의 구조 및 기능

1) 구조

속도 제어 유체 커플링은 일체형으로 외형을 이루고 있으며, 출력 축 부분만 볼트로 조립되어 회전체 전체의 분리가 가능한 구조이다. 스쿠프 튜브 하우징은 커플링의 출력축에 위치하고 있으며, 회전체로부터 오일을 회송한다. 커플링의 입력축과 출력축은 볼과 롤러 베어링으로 지지되며, 일차 축과 일차 회전체는 커플링과 스쿠프 튜브 하우징에 원주 방향으로 지지된다.

2차축과 2차 회전체는 비마찰(anti-friction) 베어링에 의하여 스쿠프 튜브 하우징과 1차축에 대하여 지지되며, 자동조심 롤러 베어링은 2차축을 1차축에 대하여 지지한다. 유체 커플링 하우징 입력 축 아래의 오일펌프는 커플링에 오일을 공급한다. 이 펌프는 기계적으로 1차축과 기어로 연결되

어 동력을 전달받고, 스쿠프 튜브는 오일을 커플링에서 오일탱크로 이송하며 커플링 내의 오일 양을 조절한다. 액추에이터는 유체 커플링 외부에 설치되어 스쿠프 튜브를 조절한다.

2) 기능

구동 기계의 토크는 유체커플링 1차 회전체 내부의 오일을 가속하며, 오일은 2차 회전체에서 감속된다. 이와 같이 토크는 2차축에 전달된다. 오일은 양쪽 회전체의 압력 차이에 의하여 순환하게 되며, 이것이 바로 1차 회전체와 2차 회전체의 속도 차이인 슬립이다.

유체커플링의 크기는 정격에서의 슬립이 2~3% 유지되도록 크기가 설정된다. 출력 축 속도는 1차 회전체와 2차 회전체 사이의 동력 전달 공간에 있는 오일의 양을 조절함으로써 슬립을 변화시켜 무단의 가변속을 얻을 수 있다. 즉, 스쿠프 튜브의 위치 조절에 따라 요구되는 속도를 얻을 수 있다.

3) 작동유 및 윤활유 회로

설치된 오일 공급 펌프는 오일을 탱크로부터 이송하여 오일 쿨러를 거쳐 작동유 오리피스를 지난 후 1차 회전체의 오일 채널 관으로 이송된다.

1차 회전체의 원심력은 오일을 구멍을 통하여 동력 전달 공간으로 이송한다. 이 공간은 스쿠프 튜브실과 연결되어 있으며, 원심력에 의하여 오일링이 구성된다. 이 오일링의 두께는 스쿠프 튜브의 위치에 의하여 결정되며, 오일은 자체 압력을 이용하여 스쿠프 튜브를 통하여 오일 탱크로 회송된다.

2개의 퓨저블 플러그(fusible plug)는 1차 회전체에 장착되어 있어, 오일 공급에 이상이 있을 경우에 대비하여 오일의 과열을 방지한다. 퓨저블 플러그는 160℃에서 녹으며, 이때 퓨저블 플러그의 구멍이 열리게 되고, 오일은 이 구멍을 통하여 방출된다.

방출된 오일은 유체커플링 하우징 내부에 비산되며, 오일 탱크로 회송된다. 만약 퓨저블 플러그가 오일 공급 이상으로 녹았을 때 회전체 내부의 오일은 모두 빠져 나오게 되며, 유체커플링의 동력 전달은 자동으로 차단된다.

또한, 오일 공급에는 이상이 없으나 유체커플링 오일이 과부하나 냉각수 공급 차단으로 인하여 과열되었을 때는 오일 온도 스위치에 의하여 오일 온도는 감지되고, 트립 신호에 의하여 모터가 정지되어 전체 시스템이 정지하게 된다.

베어링과 기어는 오일에 의하여 윤활되며, 이 오일은 작동유의 오리피스 판전에 파이프를 연결되어 공급되고, 필터를 거쳐 적절한 윤활 오일 압력으로 조정된 후 파이프를 통하여 각각의 윤활 개소로 이송된다.

모터나 펌프 베어링 윤활을 위한 오일 공급도 유체커플링 윤활유 회로와 연결 가능하다.

4) 운전 점검사항

위에서 언급한 바와 같이 가변속 유체커플링은 작동유 공급에 이상이 있을 경우 퓨저블 플러그에 의하여 과열을 방지한다.

튜브 오일(lube oil) 압력은 제작 중 필터 출구 쪽에 있는 오리피스 판을 조정함으로써 결정되며 점도에 따라 차이가 있으나 적은 운전시 0.3bar이며 압력이 낮을 경우 필터를 교환하여야 한다.

윤활 오일의 압력이 비정상적으로 높을 경우 입력축과 출력축의 라비린스(labyrinths)에 누유가 생길 가능성이 있다.

유체커플링의 윤활유 압력을 관찰하기 위하여 2개의 압력스위치가 장착되어 있으며 압력이 0.6bar 미만일 경우 정지신호를, 0.8bar 미만일 경우 경고신호를 보낸다. 압력계 설치점은 상기 윤활 압력을 확인하기 위하여 필터 위에 위치하고 있는 측정점에 0~6bar까지 측정 가능한 압력계를 장착하여 확인할 수 있으나 일반적으로는 확인할 필요가 없다. 커플링 오일 온도계가 110℃ 이상일 경우 모터를 정지시킨다.

차압스위치는 필터가 막혔을 때를 판단하기 위하여 설치하므로 0.6bar 이상에서 경보를 울리도록 한다. 이때는 필터를 청소하여야 한다.

(3) 운전 준비 사항

1) 작동 오일

만약 사용하고자 하는 오일이 명시되어 있는 오일 목록에 대한 것이 아닐 경우 보호용 오일(shell ensis motor oil 20)과 비교하고, 유체커플링 전체를 플러싱(flushing)하여 사용하여야 한다.

오일의 점도는 유체커플링 효율을 보장하기 위하여 가능한 낮아야 하며 방기성이 좋아야 한다. 또한 베어링과 기타 부분을 윤활하여야 하므로 윤활 특성도 우수하여야 한다. 특히 방기성은 가장 필요한 오일 특성의 하나이다. 금속에 대한 보호 성분과 인간에 해가 없는 오일 성분이어야 한다.

오일 내 산화도가 높아야 하며, 수명이 길어야 한다. 연결 커플링과 액추에이터 등 기타 설비에 대하여 시운전 전 확인되어야 한다.

2) 작동유 보급(filling)

배관의 산세 및 유체커플링 플러싱(flushing) 이후 오일은 가급적 신속히 채우는 것이 필요하다. 오일을 채울 때 30μ의 필터를 사용하여 불순물을 거르며 채워야 한다. 오일 탱크와 열 교환기 배관을 규정된 오일 양만큼 채워야 한다.

3) 오일의 양 확인

유체커플링이 운전 상태일 때 0% 스쿠프튜브 위치에서 보급 범위(filling range)의 중간 지점까지 채운다. 만약 필요하다면 운전 중 오일을 더 채울 수 있다.

운전 중 오일 레벨(level)은 0% 스쿠프튜브 위치에서 최대값을 넘지 않아야 하며, 100% 위치에서는 최소값보다 낮지 않아야 한다. 오일의 수위는 운전 중 0~100% 위치 변경시 크게 변화하게 되며, 이는 오일이 회전체 공간 내부로 이송되었기 때문이다. 정확한 오일량은 운전 중 0% 스쿠프튜브 위치에서만 측정 가능하다.

4) 전기설치

모든 측정 계기류는 터미널 박스에 배선되어 있다. 공급된 각 계기류에 대한 시방은 첨부된 각 계기류 시방서를 참조한다.

모든 모터에 대한 회전 방향 확인과 부드러운 기동, 그리고 모터 보호를 위하여 전류 소모량을 확인한다.

잘못 연결된 파워 서플라이를 확인해야 한다. 유체커플링에 잘못 연결된 동력은 기어 및 베어링을 손상시킨다.

(4) 운전시 주의사항

시운전 전 모든 유체커플링 계기류 연결 및 기타 장비와 운전 준비 상태를 확인한다. 유체커플링 기동시 오일의 점도는 400cSt를 넘지 않아야 하며, ISO VG32 오일이 0℃ 이하가 되지 않도록 하여야 한다. 시운전 중 오일 레벨은 확인하여야 하며, 필요시 작동유 보급방법에 따라 수정되어야 한다.

커플링을 운전하기 전 수냉식 오일 냉각기(cooler)의 경우 냉각수 밸브가 있을 경우 열어서 통기 시키며, 흐름을 확인한다. 필요시 작동유 온도를 냉각수 흐름을 조정하여 조절할 수 있다. 오일에 공기가 포함되어 있어 약간의 속도 변화가 발생될 수도 있으며, 이는 오일 온도를 45℃ 이상 유지함으로써 해결이 된다.

열교환기 내부의 냉각수 흐름은 최소 0.8m/s 이상을 유지하여야 한다. 오일의 온도를 관찰하여 안정화될 때까지 관찰한다.

시운전 기간 중 전 속도 범위에 대하여 운전을 관찰하고, 또한 측정 계기류의 지시값을 기록한다.

정상 운전시 출력 축 속도가 60~70%일 때 최대 열부하가 발생된다. 작동유 입구 오리피스는 실제 운전조건이 예상된 조건과 다를 경우 조정하여 맞춘다.

1) 기동시

0% 스쿠프튜브 위치에서 기동하도록 권장한다.

이 경우 모터는 무부하 상태에서 기동하게 되며 커플링은 매우 낮은 0% 스쿠프튜브 위치에서의 토크를 전달한다. 커플링의 기동은 물론 모든 스쿠프튜브 위치에서 가능하다.

2) 정격 운전시

구동 모터는 정격 속도에서 회전하며 출력 축 속도는 스쿠프튜브 위치를 변경시킴으로써 무단으로 변속이 가능하다. 오일 온도와 압력 등 제작자가 제출한 P&I 자료에 명시된 값을 지키면서 운전되어야 하며, 경고 및 트립에 의하여 인터록(interlock)이 구성되어야 한다.

3) 정지시(shutdown)

원칙적으로 유체커플링은 스쿠프튜브가 어떠한 위치에 있어도 트립(trip)이 가능하다. 그러나 스쿠프튜브가 0%에서 트립할 때 무부하 상태에서 모터를 트립시키는 것이 좋다.

4) 펌프 관성 운전

펌프의 장시간 관성 운전은 피하여야 한다. 윤활유 압력에 따른 장치가 고려되지 않을 경우 모터가 정지된 상태에서의 장시간의 관성 운전은 유체커플링의 베어링 윤활을 보장하지 못한다. 속도 및 시간에 따라 베어링은 기계적 접촉을 하게 된다. 이때에는 모터를 2분간 회전시켜 오일을 공급하게 함으로써 해결한다. 기어 펌프와 평면 베어링(plain bearing)과 함께 역회전은 불가하다.

(5) 정지시 주의사항

만약 펌프가 장기간 정지 상태이어야 한다면 수분이나 습기에 의한 부식을 막아야 한다. 또한 폐인트가 없는 부분에 대한 방청도 하여야 한다.

내부 부품의 부식을 방지하기 위하여 매 1~2개월마다 짧은 기간 동안 내부 부품이 기름에 젖도록

기동하는 것이 필요하다. 이 때 유체커플링의 온도가 높아질 때까지 운전해서는 안 된다. 온도 차이에 의한 응축 수분이 생기게 된다.

(6) 기록관리

1) 운전 중 확인하여야 할 사항

① 시운전 기간 중

- ① 모든 온도계와 압력계의 지시값을 읽고 기록한다.
- ② 만약 차압 스위치가 경보를 울린다면 필터를 교체하고 청소한다.
- ③ 운전 중에는 필터 사용을 교체 레버(lever)로 바꿀 때 천천히 조작하여야 한다.
- ④ 만약 오일 수위가 너무 높다면 오일 속의 수분량을 확인하여야 한다.

② 100시간 운전 후

모든 온도계와 압력계의 지시값을 기록하고 비교한다.

③ 500시간 운전 후

- ① 소음의 정도와 부드러운 운전(진동)에 대하여 측정하고 기록한다.
- ② 규정된 온도 및 압력으로 운전하지 않을 경우 혹은 축 정렬이 제대로 되어 있지 않을 경우 베어링에 손상을 주게 된다.

2) 커플링의 정지 중 조치

① 100시간 운전 후

- ① 벤트(vent) 필터 청소
- ② 액추에이터(actuator)의 부드러운 운전 확인, 리밋 스톱(limit stop) 확인 및 작동 부분의 그리스 도포
- ③ 필요시 오일 쿨러 분해 청소, 배관 점검, 연결커플링의 그리스 점검, 오일의 점검

② 500시간 운전 후

배관 및 연결커플링 점검

③ 1,000시간 운전 후

100시간 운전 후에 대한 모든 점검 사항 재점검

④ 6,000시간 운전 후(최소한 1년에 한 번)

- ① 오일에 대한 산화도 측정(정유회사와 협조하여 점검)
- ② 연결커플링에 대한 점검 및 보수
- ③ 유체커플링의 축 정렬 재점검
- ④ 기초의 견고함에 대한 재점검
- ⑤ 육안 점검(부식 일반 조건 등)
- ⑥ 하우징을 열고 기어의 물림 상태에 대한 점검
- ⑦ 퓨저블 플러그(fusible plug) 이상 유무 점검

(7) 보수 점검사항

최대 7년간의 운전 후 유체커플링은 오버홀(overhaul)을 하여야 한다. 오버홀 기간 중의 지연을 피하기 위하여 필요한 부품을 확보하기를 추천한다.

점검 시작 전 갑작스런 기동이나 기타 먼지 및 불순물이 점검장소에 발생되지 않도록 점검한다.

1) 윤활 오일 필터를 열고 청결 상태를 점검한다.

- ① 연결커플링을 분해하고 검사한다.
- ② 입력 축과 출력축의 축 정렬을 측정한다.
- ③ 액추에이터를 분리하고 스쿠프튜브를 분해한다.
- ④ 오일을 빼내고 오일 탱크에 수집하여 둔다.
- ⑤ 커플링으로부터 쿨러 배관을 분리한다.
- ⑥ 오일이 기초에 스며들지 않도록 주의

2) 오일 공급 펌프를 분리한다.

- ① 오일 공급 파이프와 분사 파이프를 분해한다.
- ② 유체커플링 하우징으로부터 회전체와 스쿠프튜브 하우징을 통체로 분리한다. 이와 같이 하기 위하여 유체커플링 입력 축을 밀어낸다.

3) 모든 회전체의 조립 상태에 대한 사전 표시(marking)를 한다.

이것은 밸런싱 마킹(balancing marking)이 아니며, 분해하기 전 최초의 위치에 대한 표시이다. 회전체를 분해하고 새로운 베어링으로 교체한다. 회전체 날개의 청결 상태를 점검한다(날개의 공명음 확인).

4) 회전체를 새로운 와셔(washer)를 사용하여 재조립한다.

5) 유체커플링 하우징을 청소하고 오일 찌꺼기와 실링 컴파운드를 제거한다. 필요시 오일 쿨러를 청소하며, 수압 테스트를 한다. 최대 테스트 압력을 넘지 않아야 한다.

6) 회전체를 조립하고 오일 공급 파이프와 주입 배관(injection pipe) 그리고 펌프를 조립한다. 모든 실링 부분을 새로운 실링 컴파운드로 실링한다. 볼트와 스크루를 원래대로 조립한다.

7) 유체커플링을 기초 위에 재설치하고 축 정렬한 후 연결커플링을 조립한다. 배관을 오일 쿨러에 연결하고, 유체커플링과 오일 쿨러를 오일로 채운다. 스쿠프튜브를 재설치하고 액추에이터를 장착한다. 연결 부위 등 밝은 부분에 대하여 그리스를 도포한다.

8) 전기적 연결을 한다.

시운전을 하며 계기류에 대한 점검을 한다.

7.3.4 인버터의 유지관리

펌프장에 사용되는 인버터는 소형인 경우보다는 대형이면서 고압을 많이 사용한다. 따라서 인버터의 유지관리는 고압 인버터를 기준으로 설명하고자 한다.

(1) 유지 및 점검

고압 인버터의 기능을 완전히 사용하려면 이 부속품들이 정상적으로 동작해야 한다. 그러므로 그 구성품이 오동작을 일으킬만한 어떤 증상을 발견하기 위해서는 주기적으로 점검을 수행해야 하며 가능한 한 빨리 적절한 조치를 취해야만 한다. 정상적인 동작 조건에서도 구성품들은 주어진 기간이 지나면 그 특성이 변하거나 고장을 일으키기도 한다. 이러한 부품들이 명시된 기간이 지나도록 교체되지 않으면 고압 인버터의 특성이 변하거나 오동작하는 것을 방지할 수 없다.

그러므로 다음과 같이 고압 인버터를 오랜 기간 동안 안전하게 동작시키기 위해 필요한 항목은 다음과 같다.

- ① 고압 인버터는 고전압을 사용한다. 그러므로 1차 전원(AC3300V 또는 6600V)이 차단된 후에도 적어도 5분 동안은 패널 전면 커버를 여는 것을 주의해야 한다.
- ② 셀 내부 커패시터의 충전 전압이 완전히 방전된 것을 확인하기 전에는 어떠한 동작도 실행하지 말아야 한다.
- ③ 오로지 고압 인버터 설치 및 회로에 익숙한 전문가만이 유지 및 점검 혹은 부속품 교체를 하도록 한다.
- ④ 동작을 마친 후에는 어떤 도구도 제어 패널 내에 방치하지 않는다.
- ⑤ CMOS IC와 같이 정전기에 매우 약한 많은 부속품들이 제어보드에 사용되고 있으므로 이러한 부속품들은 매우 주의하여 다루도록 한다(맨손으로 직접 부속품을 만져도 손상을 가져올 수 있다).
- ⑥ 고전압용으로 제작된 절연되고 접지된 기기(오실로스코프 등)만을 사용한다.

(2) 일일 점검 및 정기적 점검

고압 인버터의 문제 발생을 방지하고 오랜 기간 동안 높은 신뢰성으로 구동하기 위해서는 다음과 같이 점검을 수행한다.

인버터가 동작 중에도 수행할 수 있는 일일 점검, 즉 <표 7.3.2>와 인버터 동작을 정지시킨 다음 전원을 차단해놓고 수행하는 정기적 점검, 즉 <표 7.3.3>과 같은 2가지 형태의 점검이 있다. 정기적 점검을 할 때에는 전원이 완전히 소등되었는지 확인하고 전기 쇼크를 방지하기 위해 점검을 하기 전에 전원 유무를 확인한다.

다음은 정기점검의 세부사항이다.

1) 절연저항 측정

① 인버터 1차측 절연저항 측정

1,000V의 절연 테스터를 사용한다. 저항값은 시스템에 맞는 저항 이상이 되어야 한다. 테스터는 입력 전압을 감지하기 위해서 높은 저항으로 접지되어 있으므로 전압감지와 제어보드에 연결된 신호 라인을 감지하는 접지 케이블을 분리한 후에 저항 값을 측정한다.

② 인버터 2차측(모터) 절연저항 측정

1,000V의 절연 테스터를 사용한다. 저항값은 시스템에 맞는 저항 이상이 되어야 한다. 테스터

<표 7.32> 일일 점검 항목

기기 명	점검 항목	점검 내용
전체시스템	주위 온도	주위온도, 습도, 먼지, 유해가스 또는 누유를 점검한다.
	유닛(unit)	과도한 진동이나 소음이 발생하는지 점검한다.
	전원 전압	주회로 전압이나 제어 전압이 적정하게 공급되는지 확인한다.
주회로	변압기	냄새나 과도한 소음이 발생하는지 점검한다.
냉각시스템	냉각 팬	과도한 진동이나 소음이 발생하는지 점검한다. 공기필터가 깨끗한지 점검한다.
디스플레이	디스플레이류	모든 표시등이 정확하게 동작하는지 점검한다.
	미터(meter)류	정확한 값이 표시되는지 확인한다.

<표 7.33> 정기 점검 항목

기기 명	점검 항목	점검 내용
주회로	전체	절연 점검(주 회로단자와 접지단자 간) 나사, 볼트 또는 커넥터가 풀렸는지 점검한다. 과열되는 소자가 없는지 확인한다. 패널의 내부가 청결한지 확인한다.
	케이블	케이블의 외장이 파손이나 열화가 되었는지 점검한다.
	변압기	1, 2차측 전압이 정확한지 측정한다.
	전력 셀(cell)	커패시터 내부에 누설이 발생하는지 확인한다. 커패시터의 안전밸브가 돌출되었는지 확인한다. 커패시터가 블록하게 된 것이 있는지 확인한다. 콘덴서의 정전 용량 값을 측정한다. 나사나 볼트가 풀렸는지 확인한다. 주회로나 제어 회로의 퓨즈가 정상인지 확인한다. 먼지나 더러운 이물질이 히트 싱크에 쌓여 있는지 확인한다.
제어 회로	동작 상태	보호회로나 디스플레이 회로 동작 레벨값이 부족하지 않은지 확인한다.
	릴레이	동작시에 채터링 소음이 없는지 확인한다. 타이머 동작 시간이 정확한지 확인한다. 접촉부에 드라이 스팟(dry spot)이 있는지 확인한다.
	보드	냄새가 나거나 변색이 되었는지 확인한다. 전원이 정확하게 공급되는지 확인한다.
냉각시스템	냉각 팬	과도한 진동이나 소음이 발생하는지 점검한다. 베어링이 이상이 없는지 확인한다.

는 입력 전압과 접지를 감지하기 위해서 높은 저항으로 접지되어 있으므로 고전압 케이블과 출력 단자에 연결된 전압 감지용 파워셀 출력 케이블을 분리한 후에 저항 값을 측정한다(인버터 2차측 패널이 있으면 커넥터를 오픈하거나 2차측 패널 출력의 저항을 측정하기가 매우 수월할 것이다).

2) 나사 및 볼트, 커넥터 점검

느슨한 입출력(input/output) 단자의 볼트나 보드 커넥터는 동작 실패나 오동작을 야기할 수 있다. 주기적 점검에서 나사나 볼트 혹은 재부착한 커넥터가 확실하게 조여지고 부착되었는지 확인하고 다음 부분을 꼭 체크한다.

- ① 고전압 입출력 단자
- ② 전압 감지 회로(고 저항부)
- ③ 변압기 입출력 단자, 1차측 전압 탭 단자
- ④ 파워셀 입출력 단자 터미널, 광케이블 커넥터
- ⑤ 제어전원 입력 단자
- ⑥ 냉각 팬 입출력 단자
- ⑦ 나사 볼트 혹은 각 제어보드의 커넥터
- ⑧ 기타 외부 입출력 단자

3) 변압기 점검

- ① 변압기의 외관을 검사한다.
- ② 변압기 입출력 단자와 1차측 전압 탭 단자를 다시 조인다.
- ③ 변압기 2차측 전압을 측정한다.
- ④ 전력셀 입력부의 전압을 측정하기 위해 입력 고압을 투입하고 디지털 멀티미터를 AC 범위로 놓은 다음 모든 전력셀의 입력전압을 측정한다(R-S, S-T, T-R 사이의 전압을 측정한다). 정격전압(635VAC)의 $\pm 10\%$ 의 전압 값을 허용한다. 전압이 허용값을 초과하면 1차측 전압 탭을 조정한다.

4) 전력셀 점검

- ① 전력셀의 외관을 점검한다. 탭거나 평활 커패시터의 누설 혹은 안전밸브나 표면에 변색이 없는지 검사한다.
- ② 입력단자(R, S, T)의 볼트를 다시 조인다.
- ③ 출력단자(A와 B)의 볼트를 다시 조인다.
- ④ 광케이블 커넥터를 재부착한다.
- ⑤ 전력셀의 나사와 볼트를 다시 조인다.
- ⑥ 주회로의 퓨즈가 정상인지 검사한다.
- ⑦ 변색이나 부분적으로 느슨해진 곳이 없는지 검사한다.
- ⑧ 히트 싱크를 깨끗이 닦는다. 먼지나 이물질이 쌓여 있으면 $4\sim 6\text{kgf/cm}^2$ 압력의 드라이 에어로 히트 싱크를 불어낸다.

5) 전력 셀의 탈착

다음과 같이 전력 셀을 분리점검 및 부착을 한다.

- ① 입력단자 R, S, T의 3상 입력 결선을 분리한다.
- ② 출력단자 A, B의 결선을 분리한다.
- ③ 셀 컨트롤 보드에 연결된 광케이블을 분리한다.
- ④ 전력 셀에 고정되도록 부착한 볼트를 풀어낸다.
- ⑤ 전력 셀 아래 부분에 있는 손잡이를 잡고 당겨서 전력 셀을 분리한다(당길 때 전력 셀에 손상을 주지 않도록 한다).
- ⑥ 전력 셀을 패널에서 뺄 때 리프터(lifter)를 사용한다.

점검과 교체 후 다시 전력 셀을 조립하려면 분리할 때의 역순으로 차례로 절차를 밟아 조립한다.

6) 에어필터 점검

에어필터에 먼지가 있거나 막혀 있다면 고압 인버터의 냉각 용량이 저하되며 온도가 부정확하게 측정될 수 있다. 매일 에어필터가 깨끗한지 체크하고 주기적으로 합성세제를 사용하여 닦는다.

7) 보드 점검

다음과 관련하여 제어보드 세트를 육안으로 검사한다.

- ① 보드의 냄새나 변색
- ② 나사나 커넥터의 풀림

8) 냉각 팬 점검

다음과 관련하여 냉각 팬을 점검한다.

- ① 과도한 진동이나 소음
- ② 체결볼트를 다시 조임
- ③ 냉각팬 모터의 절연저항
- ④ 모터 베어링(베어링의 수명은 대략 10,000시간 정도)

(3) 부속품 교체 지침

소모품은 장기간 안전하게 작동시키기 위해서 교체한다.

1) 부속품 교체 지침

2) 예비품

고압 인버터가 사용되는 장비를 중요하게 고려해서 완벽히 점검하기 전에 여분의 부속품을 준비해 둔다.

7.4 밸브

7.4.1 총칙

일반적으로 밸브란 유체를 통과, 정지 및 제어하기 위하여 통로를 개폐할 수 있는 가동(可動) 기구를 가진 기기의 총칭으로 정의할 수 있다. 상수도시설에서 밸브와 관로는 서로 밀접한 관련이 있으며, 관로에 설치되는 밸브의 종류는 매우 다양하다. 여기서 밸브의 기능은 유량, 압력, 수위의 제어와 관로의 통수 및 차단 그리고 역류 방지 등을 들 수 있다. 밸브 선정시에는 이러한 기능 이외에도 계획유량, 지형조건 등을 충분히 고려한 후, 관로의 수리조건에 가장 적합한 특성을 갖는 밸브를 선정하여야 한다. 또한, 장기간에 걸쳐 밸브의 기능이 유지될 수 있도록 밸브의 설치조건과 밸브의 구조 및 재질 등에도 유의하여야 한다. 밸브의 조작에 있어서는 각각의 특성을 충분히 숙지한 다음 가장 적절한 방법으로 양호한 유지관리를 수행할 수 있도록 주의해야 한다. 상수도시설용으로서 규격이 정해져 있는 밸브류는 다음과 같다.

수도용 제수밸브(슬루스밸브)	KS B 2332
수도용 버터플라이밸브	KS B 2333
수도용 공기밸브	KS B 2340
수도용 급속공기밸브	KWWA B 100
수도용 소프트 실 제수밸브	KWWA B 102

7.4.2 밸브의 종류와 특징

밸브나 수문(또는 게이트, gate라고도 함)은 각 유체의 성질과 특성에 적합한 여러 종류의 것이 사용되고 있는데, 여기서는 상수도시설에서 널리 사용되고 있는 밸브, 수문 그리고 공기밸브의 종류와 특징에 대하여 기술하기로 한다.

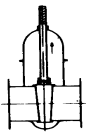
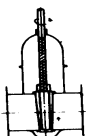
(1) 밸브의 종류와 특징

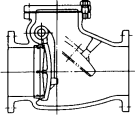
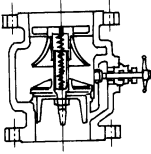
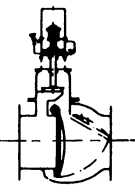
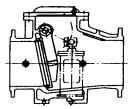
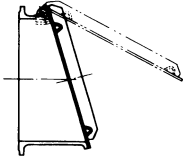
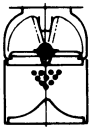
밸브의 용도는 차단용, 제어용, 역류방지용, 방류용, 감압용 등으로 크게 분류할 수 있으며, 밸브의 종류 또한 매우 다양하므로 밸브의 선정시에는 용도에 적합한 특성을 지닌 것을 선택해야만 한다. <표 7.4.1>은 밸브의 종류를 사용 목적에 따라 용도별로 분류하였고 그에 따른 특징을 나타내었다.

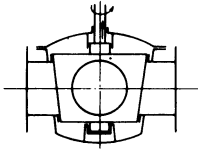
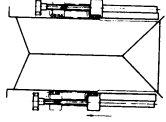
(2) 수문의 종류와 특징

수문의 종류와 특징을 <표 7.4.2>에 나타내었다.

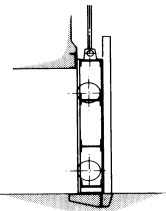
<표 7.4.1> 밸브의 종류와 특징

종 류		구 조	장 점	단 점	용 도
제 수 밸 브	공통사항	• 디스크를 밸브몸통 내로 이동시켜 개폐하는 형식	• 전개시 압력손실이 작다. • 유체의 차단성이 좋다.	• 반개시 배면에 와류가 생겨 침식이나 진동이 일어나기 쉽다. • 개폐 시간이 길다. • 개도를 약 80%까 지 폐쇄하지 않으면 그다지 효과가 없다. • 높이가 크다.	• 중저양정의 펌프송출밸브 • 관로의 연락 및 차단용 • 유량조절에는 부적합
	외부 나사식 	• 밸브대 나사부가 밸브몸통의 외부에 있고, 밸브대가 디스크와 함께 이동하는 형식	• 나사부의 마모·부식에 대해서 우수하다.	• 높이가 내부 나사식에 비해 크다.	• 부식성 유체 • 개폐 빈도가 큰 것 • 전동식의 경우
	내부 나사식 	• 밸브대 나사부가 밸브몸통의 내부에 있고, 밸브대 자체는 상하로 움직이지 않는 형식	• 외부 나사식에 비해 높이가 낮다.	• 나사부가 유체와 접촉해 있으므로 마모·부식이 쉽다.	• 개폐빈도가 적은 것 • 깨끗한 물
버 터 플 라이 밸 브	공통사항	• 디스크를 밸브대에 고정시켜, 밸브대의 회전에 따라 개폐되는 형식	• 콘밸브, 제수밸브보다도 소형·경량이다.	• 콘밸브, 제수밸브에 비해 전개시의 압력 손실이 크다.	• 유량조절용 • 펌프송출밸브
	수밀형 	• 밸브몸통 고무장착 : 밸브몸통내면에 고무시트를 설치하고, 디스크 외주를 경질 크롬 도금한 것	• 수밀성은 제수밸브와 같은 성능을 기대할 수 있다.	• 고무의 부착이 복잡하다.	• 일반적으로 10kg/cm² 이하에 사용
	비수밀형	• 디스크 고무 장착 : 디스크에 고무를 부착한 것	• 구조가 간단하다.	• 약간의 누수가 있다.	• 밸브몸통 고무장착에 비해 고압으로 사용 가능
		• 밸브몸통과 디스크 양측 모두 특별한 시트를 설치하지 않는 구조(금속시트)	• 구조가 간단하다.	• 수밀에 대해서는 기대할 수 없다.	• 유량 및 압력 조절용

종 류		구 조	장 점	단 점	용 도
체 크 벨브	공통사항	흐름이 한 방향으로만 가능한 벨브로 동작은 스윙식이 많다.	차압에 의해 자동적으로 개폐된다.	- 압력 손실이 비교적 크다. - 완전 수밀은 곤란하다.	펌프 정지시의 역류 방지
	스윙식 	소구경(50mm 이하)에서는 스윙식 외에 리프트식도 있다.	구조가 간단하다.	펌프 비상 정지 직후의 폐쇄시 충격이 있다.	스윙식은 구경 500mm 이하를 1매 600mm 이상을 2매 이상으로 분할한다.
	자폐식 	- 스윙식 역류방지벨브의 벨브대에 코일 스프링을 부착한 구조 - 스프링 위치에 따라 코일 스프링 내장형과 외장형으로 나누어진다.	벨브에 자폐력을 갖게 해서 폐쇄 지연에 의한 압력 상승을 방지한다.	벨브 폐쇄시 실양정의 약 2배의 압력 상승은 피할 수 없다.	- 고압에 사용 가능 - 벨브의 자중을 크게 한 것만으로도 급폐 효과를 거둘 수 있다.
	바이패스 완폐식 	스윙식 역류방지벨브에 바이패스벨브를 설치하고, 여기에 대시포트를 붙여 바이패스 벨브를 완폐로 한 것	펌프가 급정지하여 역류가 시작되면 주벨브는 바로 닫히는데, 바이패스 벨브는 대시포트의 작용에 의해 완만히 폐쇄된다.	완폐벨브의 작동은 역류가 일어나지 않으면 확인할 수 없다.	- 역류시의 수격방지용 - 일반적으로 실양정이 약 10~75m에 사용
	주벨브 완폐식 	스윙식 역류방지벨브의 주벨브에 대시포트를 부착하여 완폐 동작으로 한 것	역류발생시 대시포트에 의해 주벨브가 완만히 폐쇄되어 충격을 완화한다.	상동	일반적으로 저양정에서 사용한다.
	플랩 벨브 	디스크가 관측 수직 단면에 대해 약 15°의 경사각으로 부착되며, 구경에 따라 1매에서 여러 매로 분할되어 있다.	- 역류방지의 역할을 한다. - 역류방지벨브 보다 압력 손실이 작다.	역압에 대해 수밀성은 좋지 않다.	- 저양정, 대용량의 펌프 송출관 말단에 부착된다. - 플랩벨브 내의 통과유속은 1.5m/s 정도로 한다.
	풋 벨브 	펌프 흡입구에 설치하는 역류방지벨브의 일종으로, 하부에 스트레이너를 부착하고 있다.	펌프가동시 프라이밍용으로 사용한다.	흡입수조 내에 있으므로 점검 및 취급이 불편하다.	중소형 펌프의 프라이밍용

종 류	구 조	장 점	단 점	용 도
콘 밸브 	원추대 모양의 디스크 안에 관로와 동일한 형상의 유로를 설치하고, 이것을 밸브몸통 안에서 회전시켜 개폐하는 형식	- 전개시에 완전한 원통형 유로가 되어, 압력 손실이 작다. - 전폐시에는 완전 밀폐가 가능하다. - 유량조절이 우수하다. - 개폐시간을 짧게 하는 것이 가능하다.	다른 밸브에 비해 값이 다소 비싸다.	- 펌프송출밸브 - 차단 및 유량조절용 - 긴급폐쇄밸브로 사용 - 고압에도 사용 가능
고정형 콘 밸브 또는 하우엘 병커 밸브 	- 원통형 케이싱과 방사형 리브로 고정된 역원추 모양의 덮개로 구성됨. - 개도조절용 슬리브(게이트)는 원통형이며, 케이싱 외주와 리브는 가이드를 따라 축방향으로 움직인다.	- 조작력이 매우 작고, 일정하다. - 방류특성이 좋고 유량 제어에 적합하다. - 에너지를 절약할 수 있다.	구조상 관로 말단에 설치할 수 있다.	- 방류용 밸브 - 수동조작은 구경 1,000mm 이하 - 높은 차압으로 2차측 압력이 낮을 때의 유량조절용
감압 밸브	다이아프램을 사용하여 유량의 변화나 1차측 압력의 변화에 관계없이 2차측 압력을 설정된 값으로 일정하게 지속시킨다.	- 유체의 수압만으로 작동한다. - 광범위한 압력변화에도 대응한다.	파일렛 밸브가 이 물질로 막히기 쉽다.	- 광범위한 압력변화에 대응한다. - 사용압력범위 1차 압력, $p_1=0.8\sim10 \text{ kg/cm}^2$ 최대 16kg/cm^2 - 설정 2차압력 p_2 =최소 0.5kg/cm^2 최대 $p_1-0.3\text{kg/cm}^2$

<표 7.42> 수문의 종류와 특징

종 류	구 조	특 징	용 도
롤러 수문 	수밀 고무를 내장한 문체 양측에 여러 개의 롤러를 부착하여 습동면을 상하로 움직인다.	조작 수심이 크더라도 비교적 작은 동력으로 원활하게 개폐할 수 있다.	- 대형 배수펌프의 송출측 차단 - 배수관의 출구 - 자연 배수로의 차단

종 류	구 조	특 징	용 도
슬루스 수문 	• 습동면은 금속 사용 • 수밀 고무 병용도 있으며, 스핀들 개폐식이 많다.	• 조작시 마찰력이 크고, 구동력이 필요하다. • 주철제도 있다.	• 수로 차단

(3) 공기밸브

관로 내의 배기 및 흡기를 위한 상수도용 공기밸브에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 금속공기밸브

플로트(float) 자체의 부력에 의해 작동하고 다량급속배기, 다량급속흡기 및 압력하 배기를 하는 밸브이다. 여기서 압력하 배기란 급수 중에 관의 상부에 모여 있는 공기를 작은 공기구멍을 통하여 자동적으로 배기시키는 것을 말한다. 또한 한랭지용으로 동결 파손 방지용 공기밸브가 있는데, 이 밸브는 금속공기밸브의 덮개 내부에 피스톤 및 평 스프링에 의한 동결 파손 방지장치를 부가한 것이다. 동결에 의한 물의 체적 증가를 흡수하고, 밸브몸통 및 내부 부품의 파손을 방지하는 구조이다.

2) 단일구멍형 공기밸브

플로트에 의해 열리거나 닫히고 배기, 흡기 및 압력하 배기를 하는 밸브이다.

3) 쌍구멍형 공기밸브

플로트에 의해 열리거나 닫히고 다량배기, 다량흡기 및 압력하 배기를 하는 밸브이다.

7.4.3 밸브의 선정법

각각의 밸브는 고유한 특성을 가지고 있으므로 밸브 본래의 성능을 제대로 발휘시키기 위해서는 차단 및 제어 등 각 용도에 따라 구해진 수리조건, 사용조건을 조사한 후, 그들 조건을 만족하는 손실계수, 용량계수, 유량특성 등 밸브의 기본특성을 지닌 것을 올바르게 선정하는 것이 중요하다. 그리고 상수도시설의 전체 배치, 시설간의 수위 관계 등을 충분히 조사하고 필요에 따라서 현지조사를 수행한 후, 용도에 적합한 형식의 밸브를 적당한 위치에 설치할 필요가 있다. 또한 설치공사, 동력원 확보의 용이성, 유지관리의 난이도 등에 대하여도 병행하여 검토할 필요가 있다. 각 밸브에 공통된 중요 검토사항을 열거하면 다음과 같다.

- ① 수량, 압력의 파악
- ② 관로의 수리조건에 대한 적응성
- ③ 설치장소 및 환경조건 등에 대한 적응성
- ④ 캐비테이션

- ⑤ 수격작용
- ⑥ 구동방식 및 구동장치
- ⑦ 경제성 비교

밸브를 선정하는데 있어서 각종 용도마다 이와 같은 사항의 검토가 필요하다. 특히, 유량 조절 기능이 요구되는 제어용 밸브, 방류용 밸브, 감압용 밸브에 대하여는 조건에 많은 요소를 포함하므로 밸브의 기본특성을 충분히 이해한 다음 선정할 필요가 있다. 예로써 제어용 밸브의 선정은 아래에 나타난 순서에 따라서 실시하며, 구체적인 방법은 상수도시설기준(p.816)이나 밸브 설계지침서를 참조하기 바란다.

- ① 밸브가 제어하는 최대유량과 구경을 가정하고 유속을 구한다.
- ② 유속이 사용하려는 밸브의 한계유속(밸브에 따라 정해지는 값으로 버터플라이 밸브의 경우 6m/s) 이하가 아닌지를 확인한다.
- ③ 최대유량 및 최소유량시 밸브 상·하류의 각종 손실수두 및 최고, 최저압력 등을 계산한다.
- ④ 밸브에 요구되는 최대, 최소 용량계수를 계산하고, 밸브의 유량 특성도로부터 밸브의 최대개도와 최소개도를 읽어 알아낸 후 이 개도가 밸브로 제어 가능한 범위에 포함되는지를 확인한다.
- ⑤ 캐비테이션 발생 유무를 검토한다.
- ⑥ 이상의 계산 과정에서 ②, ④, ⑤의 조건이 만족되지 않을 경우에는 밸브의 구경 또는 종류를 변경하고, 계산을 다시 수행하여 상기 조건이 만족되는 밸브의 종류와 구경을 선정한다.

7.4.4 밸브의 구동장치

상수도시설을 관리, 운영하고 있는 경우에 있어서는 수요자에게 양질의 물을 안정적이고 충분하게 공급하는데 그 사명이 있다 하겠다. 따라서 이들 수요자에 원활하게 물을 공급하기 위해서는 관이나 관거에 설치하여 유량, 압력, 흐름의 방향을 제어하는 각종 밸브의 구동장치 및 제어방식을 충분히 이해하고 밸브의 설치위치, 밸브의 설치목적, 밸브의 운영방식 등을 잘 파악하여 운영하지 않으면 안 된다. 특히 자동화시스템을 도입, 운영하고 있는 사업장에서는 하부 기계설비인 밸브를 제어하는 방식 등에 관심을 가짐으로써 자동화 운전의 안전을 기할 수 있으리라 생각된다. 한편, 밸브의 구동장치는 수동식, 전동식 및 유체식의 3 종류로 크게 나뉜다. 또한, 유체식은 유압식, 공기압식, 수압식으로 분류된다. 이들 방식에 따른 장치의 예를 간단히 기술하면 다음과 같다.

(1) 수동식 구동장치

소구경의 제수 밸브, 버터플라이 밸브 등 조작력이 작아도 되는 경우에는 직접 핸들식이 사용된다. 또한, 구경이 크거나 유체압이 높으면, 개폐 토크도 커지므로 감속기를 사용한다. 일반적으로 수동 조작 토크는 20kgf·m(196N·m)가 최대이며, 감속기는 이 토크를 효율적이고 원활하게 밸브 키(key)에 전달하는 역할을 한다. 감속기는 평 기어, 베벨 기어 및 워 기어 등의 기어류로 구성된다. 평 기어 및 베벨 기어는 감속비가 1/1~1/6 정도의 중간급 하중용으로 사용되는데, 상수도용 제수

밸브의 경우 입형 600mm 이상의 밸브에는 평 기어가, 횡형 400mm 이상의 밸브에는 베벨 기어가 감속기에 주로 사용되고 있다. 워 기어는 감속비를 1/10~1/60 정도로 크게 하는 것이 가능하며, 큰 토크를 얻기 쉬워 중(重)하중용의 대형 밸브에 많이 사용된다.

(2) 전동식 구동장치

최근 상수도시설에 있어서는 자동화의 도입이 점차로 증가하여 복잡한 과정의 제어에 적용시키기 위한 전동식 밸브의 제어수단이 많아지는 경향이 있다.

1) 밸브의 개폐장치

일반적으로 많이 사용되는 각종 밸브, 수문 등의 개폐장치는 보통 다음과 같이 구성되어 있다.

- ① 전동기
- ② 감속기
- ③ 스트로크 리밋스위치
- ④ 토크 리밋스위치
- ⑤ 전동·수동 전환 및 인터로크스위치
- ⑥ 조작회로

2) 취급상의 주의

- ① 수동핸들을 막대기 등으로無理하게 돌리지 않는다.
- ② 전동기는 단시간 정격이 일반적이므로 정·역 운전을 연속해서 교대로 하지 않는다.
- ③ 밸브의 파손 방지를 위해 정지 위치를 초과해서 작동하지 않는다.
- ④ 리밋스위치의 조정시에는 반드시 전원 및 제어회로를 끈다.
- ⑤ 리밋스위치의 조정을 확인하지 않고는 절대로 전동기를 운전하지 않는다.
- ⑥ 토크 리밋의 조정은 규정 최고값의 이상으로는 하지 않는다.
- ⑦ 각종 리밋스위치류의 접점은 흠집이 생기지 않도록 청소하여야 한다.
- ⑧ 구동장치의 이상으로 분해 조립시 밸브 개도율에 변화가 없는지 확인 후 작동시킨다.

3) 보수·점검

전동밸브의 보수·점검은 설치장소의 주위환경, 기기의 시방 및 사용빈도 등에 따라 차이가 있으며, 일반적으로 <표 7.43>과 같다.

<표 7.43> 전동식 구동장치의 보수·점검

점검부위	내 용	주기	판 정 기 준	조 치
전체	도장	1년	녹, 벗겨짐이 없을 것	도장
	유지류의 누설	1개월	누설, 번짐이 없을 것	조임, 패킹 교환
	개폐 조작	1년	정상적으로 작동할 것	조사
개도지시계	커버의 균열	1개월	눈금판 커버의 균열이 없을 것	교환

점검부위	내 용	주기	판 정 기 준	조 치
개도지시계	지침의 느슨함	1년	지침이 느슨하지 않을 것	조임
	개도의 확인	보수시	2차 감속기와 개도가 맞을 것	수정
스위치커버	패킹의 경화, 파손, 이탈	1년	경화, 파손, 이탈이 없을 것	교환
배선	히터, 스위치류와의 접촉	1년	스페이스 히터와 접촉 없을 것 스위치류의 작동 방해 없을 것	조정
리밋스위치	작동 확인	1년	정상적으로 작동할 것	교환
테스트 스위치	작동 확인	1년	조작회로가 끊기지 않을 것	교환
전·수동 전환기구	작동 확인	1년	전동, 수동의 전환이 잘 될 것	조정
전기회로	절연 측정	1년	규정값 이상일 것	교환
전동기	진동·소음	1개월	진동, 이상음이 없을 것	분해 수리, 교환
	절연저항	1년	규정값 이상일 것	교환

4) 고장의 원인과 그 대책

전동식 구동장치의 고장과 그 대책은 <표 7.4.4>와 같다.

<표 7.4.4> 전동식 구동장치의 고장과 그 대책

고 장	원 인	대 책
전동기가 기동되지 않는다.	전동기의 고장	수리 또는 교환
	인터로크 스위치가 켜져 있음	인터로크스위치를 끄
	조작 전원이 끊어져 있음	전압 점검, 수리
	전자개폐기의 코일이 단선되어 있음	전자개폐기 교환
	제어회로 시퀀스의 불량	회로 조사
온도 계전기(thermal relay)가 동작한다.	단상 운전	전자개폐기 교환 또는 사이리스터 스위치 교환
	전동기 내부 외에서 단락함	수리 또는 교환
	온도 계전기의 설정 불량	재설정
	토크 리밋의 조정 불량	재조정
	브레이크가 늘어져 있다	정비
리밋스위치가 동작한다.	시트에 이물질이 끼어 있음	이물질 제거
	스트로크 리밋의 조정 불량	재조정
	글랜드 패킹의 과다 조임	패킹을 적당하게 조임
	벨브 베어링의 불량	베어링 교환

고 장	원 인	대 책
리밋스위치가 동작한다.	압력차가 규정 이상	수동으로 제어
전개 또는 전폐로 되어 있어도 전 동기가 정지하지 않는다.	리밋스위치의 불량	교환
	카운트의 조정 불량	재조정
	카운트 기어의 파손	교환
	역상 운전	배선을 수정
	제어회로 시퀀스의 불량	회로 조사
	주회로 전자개폐기의 접점 용착	전자개폐기 교환
현장 개도계가 작동하지 않는다.	전달 기어 세트 스크루가 느슨함	수동으로 밸브를 조작하여 전달계의 어느 부분이 움직이지 않는지 점검 해서 조이거나 정비
	축이 녹슴	
원격 개도계의 지시가 흔들린다.	위치지시계(potentiometer) 내부의 접촉 불량	위치지시계를 회전시킴 또는 교환
토크스위치가 작동하여도 전동기가 정지하지 않는다.	역상 운전	배선을 수정
	조작선의 접지	
절연 불량	빗물의 침입 및 침수	침수 장소를 찾아 수리, 경우에 따라 기기를 건조
	기기 및 배선의 열화, 손상	수리 또는 교환

(3) 유압식 구동장치

1) 밸브의 기본 구조

유체식 구동장치의 기본 구조는 실린더 및 피스톤으로 구성되며, 유압, 공기압 또는 수압으로 피스톤을 왕복 운동시켜 밸브를 제어하는 것이다. 유압식에서는 임의의 개도 조절 및 비상시의 급폐쇄 등을 하는 것이 용이하다. 이 장치는 각종의 제어에 사용되고 있다.

2) 취급상의 주의(유압식의 경우)

- ① 작동유를 충전할 때에는 공기빼기를 충분히 한다.
- ② 콘 밸브를 수동으로 개폐하는 이외에는 수동핸들을 쓰지 말고 항상 자동으로 해 둔다.
- ③ 오일탱크는 깨끗하게 유지토록 한다.
- ④ 오일은 규정품을 사용한다.

3) 보수·점검

유압식 구동장치의 보수·점검은 다음 사항에 유의하도록 하고, 일반적으로 <표 7.45>를 참조한다.

- ① 기어장치에 그리스를 가끔씩 바른다.
- ② 압유탱크의 유면 및 유압이 일정하게 유지되는 것을 확인한다.

- ③ 여과기는 정기적으로 점검, 청소한다.
- ④ 안전밸브는 정기적으로 동작을 확인한다.
- ⑤ 오일탱크의 유면을 점검한다.

<표 7.45> 유압식 구동장치의 보수·점검

점검부위	내 용	주기	판 정 기 준	조 치
전체	도장	1년	녹, 벗겨짐이 없을 것	도장
	작동유의 오염	1년	혼탁, 이물질의 혼입이 없을 것	오일 교환
배관	오일 누설	1개월	누설, 번짐이 없을 것	조임, 실 교환
유압펌프	작동 확인	1개월	이상음이 없을 것, 작동이 부드러울 것 발열이 없을 것	보수, 스트레이너 청소, 오일 조정
	오일 누설	1개월	누설이 없을 것	오일 실 교환
냉각기	누수	1개월	누수가 없을 것	보수
밸브류	작동 확인	1년	정상적으로 작동할 것	청소, 교환
오일탱크	오일 누설	1개월	누설이 없을 것	보수
	오일량	1개월	기준량 이상일 것	오일 보급
스트레이너	막힘	1년	막힘이 없을 것	청소
공기압축기	작동 확인	1개월	이상음이 없을 것	보수
	공기 누설	1개월	공기 누설이 없을 것	조임, 패킹 교환

4) 고장의 원인과 그 대책

유압식 구동장치의 고장과 그 대책은 <표 7.46>과 같다.

<표 7.46> 유압식 구동장치의 고장과 그 대책

고 장	원 인	대 책
펌프에서 오일이 송출되지 않는다.	회전방향이 틀림	구동기를 정지시켜 회전을 역으로 한다.
	유면이 낮음	오일 보급
	흡입관 또는 스트레이너가 막혀 있음	관 세척, 스트레이너 청소
	흡입관으로 공기가 빨려 들어감	탱크 규정 유면을 확인함, 관접속 부분 의 개스킷 보수 또는 조임
	펌프의 글랜드부(오일실)로 공기가 흡입됨	오일실 교환
	펌프가 마모해 흡상 능력이 저하됨	마모부분의 보수, 부품의 교환, 펌프를 신품으로 교환

고 장	원 인	대 책
압력이 올라가지 않는다.	릴리프 밸브의 작동 불량	분해, 수리
	유압 회로 계통내의 누설이 많음	오일 교환, 패킹 교환, 실면, 오링의 수정
	기기의 작동 불량	수리 또는 교환
	펌프 자체의 파손	수리 또는 교환
	기기의 마모, 패킹의 파손	수리 또는 교환
펌프에서 이상음이 발생한다.	탱크내의 작동유가 공기와 접촉하여, 기포가 혼입됨	습기가 많은 장소에서는 공기와 접하는 부분을 가급적 적게 함
	과부하, 가동부의 늘어짐	고장 부분의 수리
이상 발열	습동부 및 베어링부의 마모	마모 부분의 수리, 교환
	스트레이너 또는 출구측의 막힘	스트레이너의 청소 또는 배관의 세척
	오일량 부족	오일량 증가
압유의 누설	오일의 점도가 낮음	점도가 높은 오일로 교환
	패킹의 파손	교환
	실면 및 오링 불량	수정
파일럿 작동밸브, 유량조절밸브, 압력스위치의 작동 불량	이물질로 막혀 있음	분해 청소

7.4.5 밸브의 유지관리

(1) 밸브 취급상의 주의사항

1) 일반적인 주의사항

① 제수 밸브

- ㉠ 밸브 개폐를 급속하게 하지 않는다. 급격한 개폐는 수격작용의 원인이 되며, 관로, 펌프 등에 악영향을 미친다.
- ㉡ 밸브를 전개 또는 전폐할 때에는 개도계에 주의하여 과도한 개폐를 피하여야 한다. 과도한 개폐는 밸브대 및 시트면의 손상, 기어 및 디스크의 파손 등을 일으키므로 특히 주의를 요한다.
- ㉢ 밸브의 개폐시는 회전방향을 확인하여야 한다. 방향을 알 수 없어서 역 조작을 할 때가 있으므로 충분히 주의를 요한다.
- ㉣ 개폐시에 움직임이 갑자기 둔해진 때에는 그 조작을 중지하고 2~3회 역 조정시켜 조작을 반복한다.

- ⑤ 특수한 용도를 제외하고는 유량조절용 밸브로서 사용하는 것은 피하는 것이 바람직하다. 제수 밸브의 디스크는 흐름에 수직 방향으로 유동을 차단 또는 통과시키므로, 반개(半開)의 상태에서 사용하면 디스크의 배면에 와류를 발생하고, 이는 디스크에 진동과 침식을 일으키는 원인이 된다. 진동이 클 때에는 밸브가 파손될 수도 있다.

② 버터플라이 밸브

- ① 밸브를 전폐하였을 때 과도하게 돌리면 버터플라이 밸브가 스톱퍼(stopper) 장치로 제어되고 있어, 그 스톱퍼를 파손하거나 기어를 파손시키는 원인이 된다.
- ② 밸브를 유량조절용으로 사용할 때는 개도가 작은 경우 캐비테이션 현상에 의하여 국부적인 피식, 또는 밸브시트 고무부의 영향, 진동 등이 발생할 경우가 있으므로 이와 같은 사용 상태에서는 특히 주의를 요한다.

③ 체크밸브

완폐형에 있어서의 급유, 완폐 동작의 조정 등을 할 때에는 각각의 과정에 따라 제작자의 취급 설명서를 기준으로 한다.

④ 볼 밸브 및 콘 밸브

- ①의 제수밸브를 참조할 것

⑤ 수문

정기적으로 수문의 개폐를 실시하고 원활히 동작하는 것을 확인하여 두어야 한다. 조작에 있어서는 과도한 힘을 가하지 않도록 유의한다.

⑥ 공기밸브

- ① 플로트와 원추상 시트에 흠집이 생기지 않도록 주의한다.
- ② 한랭지 또는 겨울철에는 공기밸브(특히 단일구멍형)의 뚜껑이 동결에 의하여 파손될 염려가 있으므로, 대기와 접촉되지 않도록 반드시 방호 조치를 취한다.
- ③ 밸브의 회전방향을 확인한다.
- ④ 충수시에는 플로트의 공기압에 의한 압착에 유의한다.

2) 캐비테이션과 그 대책

① 캐비테이션 현상

송수관 또는 수로의 도중에 있는 밸브나 수문에 의해 유체의 흐름을 제한하면, 밸브의 앞쪽에서는 압력이 상승하고, 뒤쪽에서는 압력이 저하하는 부분이 발생한다. 이 부분의 압력이 그 온도에서의 유체의 포화증기압 부근이 되면, 유체는 기체와 액체의 혼합체로 변화한다. 따라서 액체 중에 기포가 나타나기 시작하고, 이 기포가 성장하면 공동(空洞)이 형성되는데, 이 공동은 압력이 회복될 때 붕괴한다. 이와 같은 현상을 캐비테이션이라 하며, 이에 따른 문제점은 다음과 같다.

- ① 충격음이 발생하고 공기전파음, 고체전파음 또는 유체전파음이 유발되어 주위로 전파된다.
- ② 진동이 발생하고 기초나 지반을 통하여 주위로 전파된다.
- ③ 금속면과 측벽의 재료면에 피식이 발생한다.

② 캐비테이션 발생의 원인

캐비테이션 발생의 주된 원인에는 다음의 2가지 형태가 있다.

- ① 벽면 상에서 유속이 빨라지면 측벽면의 자그마한 요철에서도 국부적으로 압력이 낮아져 그 온도에서의 포화증기압 부근이 되면 수중에 용해되어 있던 공기나 가스체의 입자가 기포로 되어 나타나고, 결국 물도 기체로 변화해 기포가 형성된다.
- ② 디스크나 게이트 혹은 수로의 돌기물 뒤쪽에서 유동의 편류, 분류 등의 불연속면에서 발생하는 와류가 원인이 되는 것으로써 디스크 등을 조작할 때에 발생하는 캐비테이션이 이 경우에 해당된다.

③ 캐비테이션 대책

- ① 캐비테이션 발생 정도의 확인: 캐비테이션이 발생하더라도 단기간인 경우이거나, 개폐 동작 중 과도적으로 발생하는 경우에는 밸브가 구조적으로 충분히 견딜 수 있지만 그 사용 한계에 대해서는 각 제작사의 기술 자료를 참고토록 한다.
- ② 여러 개의 밸브 채용: 밸브가 1개만 설치되어 캐비테이션이 발생하는 경우에는 상황에 따라 밸브 2개를 직렬로 설치하여 첫 번째 밸브에서 소요 압력의 반 정도를 조절하고, 나머지 반은 두 번째 밸브로 조절하는 방식을 채용함으로써 캐비테이션을 경감시킬 수 있다.
- ③ 오리피스 설치: 항상 일정한 유량을 조정지나 탱크에서 취수하는 것처럼 유량의 변화가 적은 경우에는 오리피스 판을 밸브의 하류측이나 상류측 혹은 양측에 끼워 넣어 어느 정도 압력을 감압시킴으로써 캐비테이션의 발생을 방지할 수 있다.
- ④ 공기의 혼입: 캐비테이션의 발생을 설비상으로 피할 수 없는 경우에는 밸브 또는 수문의 뒤쪽에 공기를 혼입시킴으로써 충격음이나 진동을 경감시킬 수 있다.
- ⑤ 충분한 강성을 가진 밸브 또는 수문을 선정한다.
- ⑥ 주요 부품은 내(耐)피식성 재료를 사용한다.
- ⑦ 주요 몸체 부위를 기초 토목 구조물에 고정시킨다. 즉, 밸브의 사용 빈도가 적고 단기적으로 사용되는 경우에는 밸브몸체를 콘크리트 등으로 견고하게 고정시켜 발생 진동을 몸체에서 기초로 전달, 흡수토록 한다.

3) 밸브류의 한랭지 대책

한랭지에서 밸브류는 내부 액체의 동결에 의한 파손, 구동부 유지류의 응고에 의한 동작 불능의 사고가 발생하는 일이 있으므로 다음 사항에 주의하지 않으면 안 된다.

- ① 구동부에 사용하는 유지는 저온용을 사용한다.
- ② 전열 히터, 적외선 히터 등을 사용하여 국부적으로 가열시킨다.
- ③ 사용하지 않는 경우에는 물을 빼둔다.
- ④ 하천 등에서 취수하는 시설에서는 수문의 내빙시설 또는 보온설비를 정비함과 동시에 결빙을 제거하기 위한 공구에 대해서 충분히 점검한다.

(2) 밸브의 보수·점검

1) 제수 밸브

- ① 기어의 청소 및 주유(그리스)는 적시에 한다.
- ② 글랜드 패킹의 체결 조정 또는 교환은 적절히 한다.
 - ⓐ 글랜드 패킹은 규격 및 품질이 적정한 것을 사용한다.
 - ⓑ 패킹은 균일하게 조여야 한다.
 - ⓒ 패킹은 여러 겹으로 끊어서 삽입하지 말고 한 장씩 절단하여 삽입하고, 미리 링 모양으로 정형한 것을 절단면이 중복되지 않도록 삽입하여야 한다.
- ③ 밸브의 개폐시에 동작이 갑자기 둔해지거나, 개폐가 곤란하게 되든지 또는 전폐하였는 데도 누수가 심할 때에는 밸브대의 손상, 디스크의 파손, 또는 시트의 손상 등이 원인일 수 있으므로 밸브를 분해하여 수리하도록 한다.
- ④ 밸브를 분해 수리할 때에는 밸브 본체를 분해하기 전에 미리 표시를 하여 조립할 때 착오가 없도록 주의하여야 한다.
- ⑤ 수리 후 시트 누수시험에서 필요 이상의 고압으로 수압시험을 하는 것은 바람직하지 않다.

2) 버터플라이 밸브 및 콘 밸브

버터플라이 밸브 및 콘 밸브의 보수·점검은 제수 밸브에 준해서 실시한다.

3) 체크밸브

- ① 동작 중 소음, 진동에 주의한다.
- ② 정기적으로 분해, 점검, 청소를 실시한다.
- ③ 스프링이 있을 때는 그 강도를 점검하고 역류방지밸브가 원활하게 동작하는 것을 확인한다.
- ④ 장기간에 걸쳐 사용하지 않는 경우에는 고착물이 원인이 되어 원활히 동작되지 않는 일이 있으므로 재사용 전에는 반드시 이를 확인한다.

4) 수문

시트 면의 청소, 토사의 제거 및 스펀들의 청소, 마모도의 점검, 급유(그리스) 등을 실시한다.

5) 공기밸브

- ① 가끔씩 공기밸브실 내의 배수를 실시한다.
- ② 플로트와 시트의 압착, 고착에 주의한다.
- ③ 누수를 점검한다.

(3) 고장의 원인과 그 대책

밸브의 고장이 발생한 경우는 조속하게 복구하는 것은 물론, 원인 조사를 병행하는 것도 중요하다. 밸브의 종류별 고장과 그 대책을 <표 7.4.7>~<표 7.4.10>에 나타내었다.

(4) 밸브의 수리공사

밸브의 수리공사는 신설공사보다도 제약 조건이 많고 간단한 고장이라면 밸브를 떼어 낼 필요는 없지만, 거의 대부분은 시트의 마모, 밸브의 일부 또는 본체, 주변 배관 등이 대상이므로 밸브를 떼

<표 7.4.7> 제수 밸브의 고장과 그 대책

고 장	원 인	대 책
밸브의 개폐 불능	시트에 이물질이 끼어 있음	이물질 제거
	밸브몸통의 가이드부, 디스크, 밸브대, 암나사의 마모, 손상	교환
밸브의 조작 토크가 비정상적으로 크다.	시트면, 밸브대 등에 이물질이 끼어 있음	이물질 제거
	밸브를 너무 조여 시트가 깊이 파인 탓에 밸브가 잘 열리지 않음	밸브의 개폐는 개도계를 참조하고, 너무 심하게 죄지 않도록 함
	밸브 개폐대의 중심맞추기가 완전하지 않음	중심맞추기(centering)
	패킹 누르개를 너무 조임	누수가 없을 정도로 조정
	사용 압력차가 높음	규정 압력차로 조작
	개도지시계가 오물로 막힘	개도지시계 청소
글랜드부에서의 누수	밸브대의 노출부에 토사 등이 붙어, 밸브대에 손상이 생김	밸브대 교환
	패킹의 마모	패킹 교환
	패킹의 조임이 약함	패킹 누르개를 더욱 조임
	패킹 누르개의 조임 불균형	볼트, 너트를 균등하게 조임
개도계가 진폐를 나타내고 있는데 시트에서 물이 샌다.	시트의 마모 및 손상	시트 교환 또는 재조합
	배관 등의 외력에 의해 시트 면이 어긋남	배관을 조사해 무리한 외력 제거
	개도계의 고장	개도계 조사
소음, 진동	캐비테이션 발생	캐비테이션이 발생하지 않는 개도에서 사용

<표 7.4.8> 버터플라이 밸브의 고장과 그 대책

고 장	원 인	대 책
밸브의 개폐 불능	시트에 이물질이 끼어 있음	이물질 제거, 고무 시트 교환, 디스크 보수
	감속기의 고장	분해 청소, 부품 교환
밸브의 조작 토크가 비정상적으로 크다.	베어링의 불량	베어링 교환
	설치시 밸브 개폐대의 중심맞추기가 완전하지 않음	중심맞추기
	디스크가 내려가 있음	조정볼트로 조정
	시트면에 디스크가 깊이 박혀 있음	개도 조정
전폐 부근에서의 조작력 이상으로 시트에서 물이 샌다.	고무 시트의 이탈	고무 시트 교환
	이물질의 혼입	이물질 제거

고 장	원 인	대 책
개도계가 전폐를 나타내고 있는데 시트에서 물이 샌다.	고무 시트면의 손상	고무 시트 교환
	개도계의 고장	조사
	디스크와 개도계의 지시가 일치하지 않음	재조정
소음, 진동	2차 감속기 기어의 백 러시(back rush)	기어 교환
	캐비테이션 발생	캐비테이션이 발생하지 않는 개도에서 사용

<표 7.4.9> 체크 밸브의 고장과 그 대책

고 장	원 인	대 책
시트에서의 누수 또는 디스크가 밸브대에서 이탈	세트 볼트가 느슨함	세트 볼트를 조임
	키(key)가 변형됨	밸브대 교환
디스크의 작동 불량	베어링부에 물찌꺼기가 부착	베어링부 분해, 청소
글랜드부에서의 누수	패킹의 마모	패킹 교환
	패킹의 조임 불량	패킹 조임
	패킹 누르개의 조임 불균형	패킹 누르개용 볼트를 균등하게 조임
	슬리브의 마모	슬리브 교환
(부속장치) 완폐 역류방지밸브의 대시포트		
오일 누설	개스킷의 열화	개스킷 교환
	개스킷의 조임 불량	개스킷 조임
실린더의 작동 불량	역류방지밸브의 밸브대가 비틀림	밸브대 교환

<표 7.4.10> 공기밸브의 고장과 그 대책

고 장	원 인	대 책
공기 구멍에서의 누수	공기구멍 시트의 열화	교환
	플로트에 물찌꺼기 부착	플로트 세척
	플로트의 손상	플로트 교환
관로의 충수시 배기가 잘 안 된다.	충수 유량의 과대	충수 유량을 줄임
	플로트가 대(大)공기구멍 시트를 막고 있음	배기량을 적게 함
관로의 배수시 흡기가 잘 안 된다.	플로트가 대공기구멍 시트에 눌러붙어 있음	분해 청소

어 내야 한다. 따라서 밸브를 쉽게 떼어낼 수 있도록 조인트 링, 신축관 등을 설치하면 편리하지만, 이 이음부는 상대적으로 약한 부위가 될 수 있기 때문에 강도나 설치장소를 충분히 검토할 필요가

있다.

1) 수리공사에 따른 주의사항

① 일반 관로에서의 수리

일반 관로에서의 밸브의 수리는 거의가 시트의 마모, 밸브 본체, 주변 배관을 포함하는 것이며 구경이 커지면 공사가 대규모가 된다. 게다가 대부분이 공공 도로상에 매설되어 있고, 특히 교통량이 많은 주요 도로에서의 수리는 그 시기를 잘못 택하면 누수에 의해 지중에 공동(空洞)이 발생하여 노면의 함몰 사고를 일으키기도 한다. 기타 구조물의 기초나 지하 매설물의 손상 등 많은 2차 피해를 유발하여 그 영향은 매우 크므로, 수리시에는 밸브 전후의 기설 배관 등을 조사, 확인한 후에 신속하게 수리작업을 실시할 필요가 있다.

② 하천 표류수 등을 취수원으로 하는 밸브

취수구의 제수 밸브나 수문은 설치 조건에서 밸브 본체와 전동 개폐대의 거리가 상당히 떨어져 있을 때, 중간 로드와 진동 방지용 브래킷을 끼워 전달시키는 경우가 많다. 그 때문에 밸브와 상부 전동 개폐대의 설치 정밀도에 주의하지 않으면 중간 로드와 무리가 생겨 과다한 토크가 발생할 위험이 있다. 보수에 있어서도 진동 방지용 브래킷과 중간 로드와 무리가 갈 염려가 있으므로 급유나 청소 작업을 실시할 필요가 있다. 또한, 작업환경도 위험하기 때문에 내식성의 타랩이나 중간작업대 등의 설비가 필요하다.

③ 배수지 등에 설치하는 밸브

밸브 개폐대의 오일 누출 사고로 인해 배수지 내로 오일이 유입되지 않도록 각별한 주의가 필요하다. 보편적으로 밸브를 수리하는 경우에는 정수 공정에 지장을 주기 때문에 침전지, 배수지 등의 청소 작업 공정을 이용해서 하는 것이 바람직하다.

2) 밸브 디스크의 수리

밸브의 수리공사에서는 구경이 커질수록 밸브를 빼내는 것이 곤란하게 되므로, 밸브몸통을 관로에서 들어올리지 않고 디스크만을 떼어내는 것이 좋다. 버터플라이 밸브는 구조상 전체를 들어올릴 필요가 있지만, 디스크 이탈형 버터플라이 밸브라면 디스크만을 떼어낼 수도 있다. 각 밸브의 디스크 수리는 다음과 같다.

① 제수 밸브

덮개를 떼어냄으로써 디스크, 암나사, 밸브대, 패킹을 수리할 수 있다. 그러나 디스크 시트의 수리시는 밸브몸통과 시트의 맞춤이 필요하여 관로에서 끌어올리는 경우가 많다.

② 버터플라이 밸브

디스크 이탈형 버터플라이 밸브 이외에는 디스크를 떼어낼 수 없으므로, 밸브 본체를 들어올릴 필요가 있다.

③ 콘 밸브

상부 덮개를 떼어냄으로써 디스크가 쉽게 제거된다. 콘 밸브의 수리 부분은 주로 복잡한 상부 개폐기구, 디스크 상하 부시의 뒤틀림, 마모 등이며, 시트 누설의 수리는 거의 필요 없으므로 관로에서 들어올리는 경우는 그다지 많지 않다.

④ 볼 밸브

디스크에 볼을 부착한 볼 밸브는 버터플라이 밸브처럼 디스크를 따로 떼 낼 수는 없지만 콘 밸브 대체용으로 개발된 시트부 구면(球面)의 볼 밸브는 콘 밸브처럼 디스크만을 떼어내는 것이 가능하다.

7.4.6 유지관리의 진행방향

밸브의 기능을 정상적으로 발휘시키기 위해서는 유지관리 계획서에 기초하여 보수·점검을 실시할 필요가 있다. 유지관리 계획의 작성에는 밸브의 운전상황, 일상점검, 정기점검 등 평상시의 유지관리 내용의 파악은 물론, 밸브의 구조나 특성에 대해서도 충분한 지식을 갖는 것이 필요하다. 계획서는 작업내용, 수량, 대수, 빈도, 작업시기, 작업시간, 작업구분 등을 포함하도록 작성함이 바람직하다. 또한, 밸브의 점검을 실시함에 있어서도 과거의 실적이나 제작사의 취급설명서 등을 참고로 하여 효과적이며 낭비 없는 항목에 대해서 검토하고 밸브의 기능 보수 및 사고의 미연 방지에 도움이 되는 통일적 기준을 갖는 보수·점검 요령을 작성할 필요가 있다. 여기서 일상점검은 간단하며 그다지 고도의 기술을 필요로 하지 않지만, 이를 게을리 하면 설비의 안전 운전이나 열화 방지에 악영향을 미칠 수도 있으므로 결코 경시해서는 안 된다. 따라서 평소의 점검과 올바른 운전 조작의 습관이 중요하며, 그 사이에 정기적인 보수·점검과 각종 시험을 실시하는 것이 필요하다. 유지관리의 계획은 다음 항목들을 고려하여 작성하도록 한다.

- ① 각 밸브의 사용조건, 관리체제, 제어방법, 형식, 구조 등을 감안해서 가장 적절하고 실행 가능한 보수·점검요령을 작성해야만 한다.
- ② 보수·점검요령에 기초해서 연간의 유지관리 계획을 취수·도수, 정수, 송·배수 등의 시설마다 당해 연도 초에 작성하여 실행한다.
- ③ 유지관리 계획은 시설의 운영 및 밸브의 운전 실태를 충분히 고려하여 무리가 없도록 한다.
- ④ 평소 고장 내용을 잘 파악하고 그 내용에 따라 동종의 다른 기기에 대해서도 미리 보수·점검을 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 유지관리를 수행함에 있어서는 인원, 공구, 기기(예를 들면 산소농도계, 펌프, 송풍기, 발전기 등), 부품(패킹, 웨스, 유지류 등), 도서(圖書), 자동차(작업차) 등이 기재된 구체적인 작업 계획을 작성한다.

7.5 유압기기

유압기기는 유압 조작의 대상이 되는 부하측 기기의 종류와 규모에 따라서 각기 차이가 있으며 다양하나, 근래 펌프의 송출측 밸브를 유압으로 제어하는 예가 많으므로 이를 대상으로 취급한다. 유압기기는 약간의 부주의 또는 관리상의 소홀로 그 기능을 완전히 발휘할 수 없는 경우가 많으므로 다

음의 사항을 잘 이해하여 유지관리에 임하여야 한다.

7.5.1 유압기기의 정기 점검

유압계통에 속하는 기기는 자동운전방식에 의한 것이 보통이므로 자동운전 중에 경보관리를 하는 것은 물론이나, 또 전 계통에 걸쳐 <표 7.5.1> 유압기기 점검 항목 표에 제시된 점검을 행하는 것이 바람직하다.

<표 7.5.1> 유압기기 점검 항목

구분	점검 부위	점검 항목	주 기	비 고
유 압 공 급 부	집유조	유면(油面)	1일	유면계로 규정 범위 내에 있는지 확인하고 부족하면 동질 작동유 보충, 유면 확인시는 유압펌프가 운전 중인가에 주의를 요한다.
		기름의 상태	7일	소량의 작동유를 빼내서 색, 탁도, 조내 과도(過度)를 확인
		공기청정기	7일	내부를 조사하여 너무 더러울 때는 여재(濾材) 또는 흡착제 교환
	유압펌프	펌프 상태	1일	운전 중 음향, 진동조사, 송출압력 확인
	축압조	유면	1일	유면이 설정 범위내인지 확인
		압력	1일	조내 압력이 설정 범위내인지 확인
		작동 상태	30일 또는 유면 압력 이상시	설정 유면에서 유압펌프 작동여부, 설정유면과 압력에서 공기압축기 작동여부 조사, 이상시는 액면개폐기, 압력개폐기 또는 릴리프밸브를 조정 또는 교환
	공기압축기	상태	1일	운전 중의 음향진동 조사, 송출압력 확인
		윤활유의 양과 상태	1일	윤활유 보충은 정지 중에 하고 보충 후 시운전하고 자동회로에서 떼어서 운전할 때는 축압조 내의 유면 상한을 유지하면서 운전하고 상한 이상으로 오르지 않도록 한다.
		공기청정기	7일	내부가 심하게 더러울 때는 여재나 흡착제 교환
		릴리프밸브, 안전밸브	30일	설정압력에서 작동하는가를 확인하고 떼어내서 단독 시험하는 것이 좋다.
제 어 부	교체용 밸브	작동 상태	7일 또는 조작에 이상이 있을 때	교체동작의 원활도, 내부누설 유무조사, 이상시 분해청소 또는 교환(제어 밸브류는 조작부에 들어가 있는 것도 있다.)
	기타 밸브	작동 상태	30일	압력제어밸브: 부압(負壓)측 압력이 설정범위 내인지 조사 유량제어밸브: 부하측 기기의 동작속도로 설정유량범위 내인지 확인하고 이상시는 설정부 재조정, 분해청소 또는 교환한다.

구분	점검 부위	점검 항목	주 기	비 고
조 작 부	유압실린더	내부누설 유무	7일	동작상태를 조사하고 필요시는 실 패킹 교환
		외부누설 유무	1일	글랜드부·뚜껑조임부로부터의 누설유무 조사, 필요시 패킹 교환, 조임볼트의 재조임
	기계적 연동기구	동작 상태	7일	동작의 원활도(圓滑度) 조사
기 타	각부 배관	누설 유무	7일	특히 접속부의 나사, 플랜지, 신축관에 주의
	필터	내부 상태	1일 또는 7일	복식 필터는 절체(切替) 조작 후 내부의 먼지나 눈막힘을 조사하고 특히 기기의 동작빈도가 높거나 동작시간이 긴 것을 매일 점검할 필요가 있다.

7.5.2 유압기기의 정기 분해 수리

기기를 항상 최상의 상태로 유지하기 위해서는 앞 항에 의한 점검 이외에도, 1년 이내의 일정 기간 내에 1회씩 다음 각 항에 관하여 분해 수리를 행하는 것이 바람직하다. 외부에 위탁하는 경우에는 다음 각 항에 관하여 감독하여야 한다.

1) 작동유를 빼는 것

유압 계통의 전체에 걸쳐서 가능한 한 작동유를 빼낸 후 청정하고 건조한 용기로 옮긴다. 이 때 작동유의 상태가 양호하면 재사용해도 좋으나, 집유조의 저부(底部)에 가까운 약 10% 정도의 기름은 폐기한다.

2) 집유조

내부의 침전물 및 이물질질을 제거하고, 내면의 상태를 조사하여 필요에 따라 녹을 떼고 재도장 한다. 공기청정기, 유면계 등의 부속품은 분해 세정한다.

3) 유압펌프

분해 세정한 다음에 기어, 베어링, 케이싱의 내면 등 마찰부분의 마모 및 흠집의 유무를 조사하고 불량품은 필요에 따라 교환한다.

4) 축압조(蓄壓槽)

조 내를 점검하고 침전물, 이물질이 있으면 제거하고 세정한다. 필요에 따라 조 내부의 녹을 떼어내고 재도장 한다. 부속품인 유면계, 안전밸브 등을 점검한다. 압력 개폐기, 액면 개폐기에 관하여는 전기적 개폐시험을 하는 것이 바람직하다. 또 압력계는 별도의 시험장치에 의하여 검사하거나 또는 검정필의 것으로 교체하는 것이 바람직하다.

5) 기름 여과기

유압회로에 삽입된 기름 여과기(집유조 내의 흡입기 포함)는 분해 세정하고 여재(濾材)의 불량품은 교환한다.

6) 실린더

실린더 피스톤 및 여기에 연결된 전동 부분을 분해 세정한다. 구동 부분의 마모나 흠집의 유무를 조사하고 필요에 따라서 연마 등의 수리를 한다. 실린더의 실 패킹, 글랜드 패킹류를 점검하고 필요에 따라서 수리한다. 단, 피혁재 패킹류는 미리 24시간 정도 사용하는 작동유와 동질의 기름에 침유 시킨 것을 사용하는 것이 바람직하다.

7) 밸브류

밸브류는 분해 세정하고 패킹류, 스프링, 밸브본체, 밸브시트의 마모, 흠집의 유무를 조사하고 불량품을 교환한다. 세정에 있어서는 단면 축소부 등의 통유세공(通油細孔)에 관하여 특히 주의해야 한다.

8) 고정 철물류

배관 밸브류의 지지 고정 철물 및 설치용 볼트 등을 점검하고 필요에 따라 완전하게 조인다.

9) 작동유의 침전

앞의 각 항에 의하여 분해 수리를 끝내고 유압계통 전체를 조립한 후 집유조에 작동유를 충전한다.

- ① 사용하는 작동유는 유압설비의 설치 당초에 지정된 것을 사용해야 되나 작동유의 질을 변경할 필요가 있을 경우에는 적합성에 관하여 충분히 검토하여야 한다.
- ② 유압 계통을 운전하지 않는 상태에서 집유조에 작동유를 충전할 때는 유면계의 상한까지 주입한다. 유면계의 상한은 유압계통의 모든 기름을 집유한 경우에 넘쳐흐르지 않는 한계이다. 또 하한은 유압펌프에 공기를 흡입하지 않는 한계이다.
- ③ 공기압축기에 관하여는 다른 일반적 용도의 경우와 같으며, 특히 유압장치용으로는 특수성이 없다.
- ④ 공기압축기에 의하여 압축된 공기의 압력이 10kgf/cm^2 (게이지 압력) 이상의 경우에는 모든 「고압가스관리법」의 적용을 받고 공기압축기에 의하여 처리할 수가 있다. 가스의 용적(온도 0°C , 압력 0kgf/cm^2 의 상태로 환산한 값)이 1일 30m^3 이상인 설비를 사용하는 경우에는 「제1종 제조자」로서 규제를 받는다. 또 공기압축기의 처리 용적의 산정은 설비의 공칭능력, 설계능력 등 각 목적인 능력에 의하는 것이 아니며, 전력사정, 원료사정, 가동상황, 기타 외적조건과는 무관하고 실제 1일(24시간) 가동할 경우의 능력에 의해야 한다.

7.5.3 유류에 의한 세척(플러싱)

앞에서 정한 바에 따라 분해 수리하기가 대단히 곤란할 때나 작동유의 질을 변경하는 경우 등에는 유압계통을 분해하지 않고 유압펌프로써 유류를 순환시켜서 유로 내에 있는 이물질을 분해시키거나 흘러내리게 하여 배출하는 방법이다.

(1) 플러싱시의 순서

- ① 이물질이나 작동유를 배제하고 집유조 등 손질이 가능한 부분을 청정하게 한다.
- ② 실린더 등의 기름의 사단(dead end)이 되는 부분 또는 플러싱(flushing)에 의하여 악영향을

줄 염려가 있는 부분은 배관으로부터 분리시켜 배관의 개구부에 맹판을 붙인다. 단, 플러싱 회로를 갖는 유압계통에서는 이 플러싱 회로를 사용한다.

- ③ 플러싱용의 기름을 집유조에 충전한다. 플러싱용 기름의 양은 유압펌프의 공기를 흡입하지 않은 정도로 한다. 이 경우에 집유조를 사용하지 않고 별도 용기를 사용하여도 된다.
- ④ 유압펌프를 무부하로 연속 운전한다. 단, 자동에서 수동으로 교체 개폐기가 있는 경우에는 수동 운전도 한다.
- ⑤ 플러싱 작업 중 유로에 삽입된 기름 여과기의 여재를 빈번하게 점검하고, 필요에 따라 세정 또는 교환한다. 기름여과기는 플러싱용으로서 복식 여과기를 가설하는 것이 바람직하다.
- ⑥ 플러싱 작업 중 노출 배관 부분을 연질 재료제의 해머로 가볍게 타격하고, 관 내면의 부착물을 떨어뜨린다.
- ⑦ 기름여과기의 여재에 이물질이 전부 없어진 다음에 유압펌프를 정지시켜 오염된 플러싱 기름을 완전히 배제한다.
- ⑧ 사용하는 작동유와 동질의 기름을 유압펌프에 공기를 흡입하지 않는 정도로 집유조에 충전하고 유압펌프를 무부하로 연속 운전한다. 이때에 운전 시간은 가능한 한 길게 하는 것이 바람직하다.
- ⑨ 전향에서 순환시킨 작동유를 완전히 배제한다.
- ⑩ 가설한 기름여과기, 맹판 등 플러싱용으로 특설한 부분을 뜯어내고 다시 기기를 접속한다.
- ⑪ 작동유를 집유조에 상용량(常用量) 충전하고 자동운전으로 복귀한다.

(2) 플러싱용 기름

플러싱용으로 사용하는 기름은 작동유와 동질의 것도 좋으나 약간 경질의 것을 사용하는 것이 더욱 좋으며, 유로에 산화 부착물이 많을 때 등에는 용제(溶劑)를 첨가한 것을 사용하면 효과가 있다. 그러나 유압계통의 설치 당초에 지정된 것 이외의 기름을 사용할 때는 기기의 접액부 재질과 도료 등의 적합성에 관하여 충분히 검토할 필요가 있다.

7.5.4 작동유의 간단한 시험방법

현장에서 행하는 간단한 시험방법을 다음에 기술한다.

(1) 외관시험

별도의 시험관에 각기 사용 중인 작동유와 새로운 작동유를 넣고 비교하여 <표 7.5.2>에 의하여 판정한다.

(2) 침전시험

사용 중의 작동유를 투명한 용기에 취하여 정치(靜置)시키고 침전물, 수분의 분리 유무를 관찰한다.

<표 7.5.2> 작동유의 외관시험 판정기준

외 관	판 정
색채에 변화가 없고 투명하다.	양호
색채에 변화는 없으나 탁하다.	수분을 포함하고 있다. 기름을 청정하게 하여 수분을 배제한다.
흑색을 띠고 탁하며 악취가 있다.	불량하며 교환할 필요가 있다.
투명하나 색채가 변하고 있다.	다른 종류의 기름이 혼입되고 있다. 별도의 상세한 검사를 필요로 한다.

(3) 여과시험

사용 중의 작동유를 별도의 용기에 취하여 시험용 여과지 상에 떨어뜨려서 여과지에 퍼지는 기름의 색, 여과지 상에 남는 반점 등을 관찰한다. 흑색을 띤 반점이 남을 때는 고형물이 기름 속에 존재하는 것이다.

(4) 열철판시험

사용 중의 작동유를 별도의 용기에 취하여 뜨거운 철판 상에 떨어뜨려서 수분이 포함되어 있는가를 조사한다. 수분을 포함하고 있을 때는 특수한 소리가 난다.

7.5.5 예비 부품

정기 점검에 있어서 판명된 불량 부품의 교환용 또는 고장시의 교환용 부품으로서 다음의 예비 부품을 비치하여 두는 것이 바람직하다. 단, 상비 수량은 설비의 규모 및 실적에 따라 고장빈도 등을 고려하여 정해야 한다.

- ① 실린더 및 밸브류의 실 패킹
- ② 유압펌프를 포함한 각 기기의 글랜드 패킹
- ③ 신축관(양단에 접속 철물이 붙은 적당한 길이로 완성된 것)
- ④ 여과기 또는 여과기 내의 여재 흡착재
- ⑤ 배관재(관재 또는 접속 철물)
- ⑥ 밸브류 또는 밸브류의 내부 부품품(니들, 볼, 스프링 등)
- ⑦ 계기류(압력계 등)
- ⑧ 작동유

7.6 공기압축기

공기압축기에는 여러 가지가 있으나, 여기에서는 상수도시설에 가장 많이 사용되고 있는 왕복동식

으로 주로 5~7kgf/cm²으로 승압할 수 있는 범용 공기원 장치의 것 및 제어계측용에 많이 사용되고 있는 무급유식 압축기와 제습장치의 유지 관리에 관하여 기술한다.

7.6.1 왕복동식 압축기의 취급

공기압축기는 자동운전방식에 의한 것이 보통이다. 자동운전 중의 경보관리는 물론이고, 필요에 따라서 행하는 수동조작의 방식, 일상의 점검, 고장 대책 등에 관하여도 아래에 기술한다.

(1) 시동 준비 및 시동시에 있어서의 조치

압축기를 시동하는 경우에는 시동될 수 있는 상태에 있는가를 확인함과 동시에 시동에 있어서 취할 조치가 완전히 실시되어야 한다. 만약 부적당하면 운전은 정상적이지 못하고, 계속하여 운전할 수 없게 될 뿐더러 시동시에 사고 발생의 위험도 있다.

- 1) 장비품의 완비 상태를 확인할 것
- 2) 압축기 내의 압력이 대기 상태에 있는가를 확인할 것
- 3) 윤활유조의 유면 실린더 주유기의 유면을 확인할 것
- 4) 각 밸브의 상황을 확인할 것
- 5) 실린더 주유기를 수동(또는 전동)으로 가동시켜 실린더 내에 주유한다(실린더 주유기 사용의 압축기).
 - ① 주유기가 완전히 기름을 보내고 있는가를 확인한다.
 - ② 주유기의 핸들을 20~30회 정도 회전시킨다.
- 6) 시동용 윤활유 펌프를 수동(또는 전동)으로 가동시켜 윤활 계통에 급유한다(윤활유 펌프 사용 압축기).
 - ① 베어링 둘레의 외부 기름 계통의 사전 급유
 - ② 기타 활동(活動)부의 윤활유 필요 개소의 사전 급유
- 7) 터닝(turning)
 - ① 일반적으로 2왕복 정도 행하고 각부에 이상이 없는 것을 확인한다.
 - ② 터닝 후는 터닝장치를 원위치에 완전히 로크한다(터닝 장치를 사용하는 압축기).
- 8) 앞의 각 항을 확인하고, 전원을 넣어 정규 회전이 되면 블로 밸브를 닫으면서 최종 스톱 밸브를 전개(全開)한다.
 - ① 압축기 송출공기는 블로 밸브로부터 방출 또는 순환시킨다.
 - ② 압축기에 이상이 발견되지 않으면 블로 밸브를 닫으면서 송출압력을 규정 압력으로 상승시키며 송출밸브를 조용히 열어서 전개한다.
 - ③ 송출측에 완전한 역류방지밸브가 있을 경우에는 최종 스톱 밸브를 처음부터 전개하여 시동하여도 지장이 없다.
- 9) 각 단 실린더 드레인 밸브, 세퍼레이터 드레인 밸브를 1단부터 순차적으로 닫는다(다단 압축기).

그리고 드레인이 완전한가를 확인한다.

10) 바이패스 밸브를 고압 단부터 순차적으로 닫는다(다단 압축기).

11) 정상 전(全)부하 운전 상태를 확인한다.

(2) 정지 준비 및 정지시에 있어서의 조치

압축기를 정지하는 경우에는 정지 과정에서의 무리가 기구 각부에 미치지 않도록 정지 후 차기 운전까지의 사이에 기계 내부가 녹슬거나 그 외의 이상이 일어나는 원인을 남기지 않도록 조치를 행한다.

1) 블로 밸브를 전개한다(다단 압축기의 경우는 최종 단 블로 밸브). 고압측으로부터 순차적으로 압력을 빼고, 될수록 내부의 압력을 저하시켜 저(低)부하 정지를 행한다.

2) 바이패스 밸브를 저압 단부터 순차적으로 전개한다(다단 압축기).

① 저부하 정지의 목적으로 바이패스 밸브를 개방한다.

② 고압 단의 바이패스 밸브를 먼저 개방하면 순환 공기가 돌아가는 쪽에 급격한 이상 압력의 상승을 일으킬 염려가 있다.

3) 각 단 실린더 드레인 밸브, 세퍼레이터 드레인 밸브를 순차적으로 전개한다(다단 압축기는 고압 단부터 순차 전개).

① 운전 중 실린더 내의 드레인을 남겨둔 채로 두면 내벽에 녹이 생기기 쉬우므로 정지시는 될수록 완전히 배제하여야 한다.

② 내부의 압력이 완전히 없어진 다음에는 잘 흐르지 않으므로 스위치를 끄기 전에 이를 배출시킨다.

③ 이 개방은 시동의 경우와 반대로 고압 단부터 순차로 행하고 고압 단에서 저압 단으로의 역 유입을 방지한다. 특히 1단은 대부분의 압력이 대기압에 가까워진 다음에 개방한다.

4) 전동기 스위치를 끈다.

5) 최종 스톱 밸브를 닫는다.

회전의 정지를 확인하여 송출 스톱 밸브를 닫는다.(다단 압축기는 최종 스톱 밸브 폐쇄)

6) 주흡입밸브를 폐쇄한다(주흡입밸브가 있는 압축기).

7) 냉각수 주밸브를 폐쇄한다.

① 압축기가 정지 후 냉각수도 정지한다.

② 각 지관의 스톱밸브는 각기 정지하지 않고 주밸브를 폐쇄하여 차기 통수의 경우 조정을 절약한다.

(3) 장시간 정지했을 때에 정지 후의 조치

1) 공기 계통의 드레인 끝 부분의 콕을 전부 개방한다.

① 세퍼레이터 실린더 등의 드레인 밸브는 정지시에 개방하여 배출하나, 이외의 배관 계통 일부 등에 정체 부분이 있어 소량이나마 드레인의 물받이가 생기고 장시간 정지하면 녹슬거나 동결

등을 일으키는 원인이 된다.

② 이 조치는 내부에 압력을 유지하고 있을 때 실시하는 것이 바람직하다.

③ 배출구는 배출 완료 후 각기 전부 폐쇄하여 외부로부터 이물질의 유입을 방지한다.

2) 냉각수 계통의 물빼기 콧을 전부 개방 배수한다.

① 일시 정지의 경우 일반적으로 냉각수는 주 밸브를 폐쇄하여 통수만을 정지하고 내부는 물이 들어 있는 상태로 유지하여 두나, 장시간 정지의 경우에는 일단 전체의 압축기와 압축기 직속 배관 중의 물은 전부 빼내고 건조 상태로 만든다.

② 전부를 배수한 후에는 콧을 완전히 폐쇄한다.

③ 특히 한랭지에 드레인 또는 물 계통이 단시간에 동결하는 위험이 있을 경우에는 잔류 드레인을 신속하고 완전하게 배출하여야 한다.

3) 정지 후 개방한 드레인 밸브, 블로 밸브는 완전 배출 후 전부 폐쇄한다.

일시 정지의 경우에는 다음 시동시 다시 개방하여야 하므로 개방한 상태로 놓아두는 것이 보통이나, 장시간 정지할 경우에는 밸브도 정지 중 외부로부터 이물질의 유입을 방지하기 위하여 완전 배출 후 전부 폐쇄한다.

4) 작으로 시동하는 일이 없도록 전원 스위치를 끈다.

(4) 장시간 사용하지 않는 경우의 정지 후의 조치

일반적으로 소위 휴전(休轉)에 있어서는 휴전 기간 중이라도 운전 중과 거의 동일한 감시 및 주위 환경의 관리가 이루어질 수 있어야 하나, 장시간 사용하지 않는 경우에는 흔히 관리가 태만해지기 쉽고 환경이 나빠지기 쉽다. 이와 같은 일이 없도록 충분한 방법을 강구하는 것이 필요하다.

① 기계 각부는 먼지 및 비에 맞지 않도록 필요한 곳은 커버를 씌운다.

② 계기류 등이 파손 분실의 염려가 있는 경우에는 분해하여 별도로 보관한다.

③ 흡입 및 송출 주 폐쇄 밸브는 전폐하여 핸들을 빼놓거나 열리지 않도록 잠근다.

④ 전원의 주 결선은 스위치가 들어가지 않도록 잠근다.

⑤ 기계 각부(내외)의 녹슬기 쉬운 장소는 방청 그리스를 바른다.

⑥ 휴전 중에는 1개월에 1회 정도 내부 주유를 하고, 터닝함과 동시에 방청에 유의한다.

7.6.2 왕복동식 압축기의 운전 중에 발견되는 이상 현상과 원인 및 대책

운전 중에 발견되는 이상 현상에는 흡입 압력의 변화, 흡입 온도의 변화, 냉각 효과의 변화, 압축 비의 변화(다단 압축기), 압력 누출 등 여러 가지가 있으며, 원인별로 그 이상 현상(부분품의 이상 소모, 파손 사고도 포함)과 원인 및 대책에 관하여 기술한다.

(1) 이상 현상과 원인 및 그 대책

이상 현상과 원인 및 그 대책을 표시하면 <표 7.6.1>과 같다.

<표 7.6.1> 왕복동식 공기압축기의 이상 현상과 원인 및 그 대책

1) 흡입, 송출 압력의 이상

현상	원인	대책
흡입압력의 이상 상승	흡입밸브 불량에 의한 역류	① 흡입밸브의 플레이트(plate) 파손수리 변형수리 ② 밸브시트의 접촉불량 개조수리, 이물질이 걸리는 곳 수리 ③ 밸브스프링 작동불량 개조수리 ④ 밸브와 실린더, 밸브와 밸브가이드 등의 접촉불량 수리
	흡입관 계(系)로의 고압 유입	유입원을 정지시킴
	흡입 기체의 가압	과부하(overload)에 주의
중간 단 흡입압력의 이상 상승	중간 흡입밸브 불량에 의한 역류	흡입밸브 불량에의 항 참조
	중간 단 간의 바이패스 순환	바이패스 밸브 폐쇄를 완전하게 한다.
	전 단 냉각기의 능력 저하	냉각기 분해, 점검
	피스톤링부(部)로부터 중간 단으로 고압 누출	피스톤링 교환 또는 실린더 내경을 개작한다.
	실린더 라이너의 이면을 통하여 중간 단으로 고압 누출	실린더 라이너를 조이고 점검한다.
송출압력의 이상 상승 (다단 압축기의 경우는 일단 송출압력의 이상 상승)	흡입 기체 온도 저하	과부하에 주의
	흡입관계 고압 유입	누출 개조 수리
	흡입기체의 가압	과부하에 주의
	기주(氣柱) 공진에 의한 흡입압 상승	과부하에 주의
	1단 냉각기의 능력 저하	냉각기의 분해 점검
	2단 흡입밸브 불량에 의한 역류	흡입밸브 불량에의 항 참조
	1, 2단 연결 관로의 저항 과대	관로 점검 청소
	송출밸브 저항 과대	리프트(lift)와 스프링의 강도 점검
흡입압력의 이상 저하	흡입관로의 저항 과대	관내(管内), 밸브 점검
중간 단 흡입압력의 이상 저하	전단 송출 후 기외(機外) 누출	누출 개조 점검, 누출 개조 수리
	전단(前段) 냉각기 과냉각	지장 없음
	1, 2단 연결관로의 저항 과대 (2단 흡입압 저하시에 한함)	관내 점검, 청소
송출압력의 이상 저하 (다단 압축기에서는 일단 송출압력 저하)	흡입관로 저항 과대	관내, 밸브 점검
	흡입밸브 불량에 의한 역류	흡입밸브 불량에의 항 참조
	냉각기(cooler) 과냉각	지장 없음

현 상	원 인	대 책
송출압력의 이상 저하 (다단 압축기에서는 일단 송출압력 저하)	피스톤 링으로부터의 누출	피스톤 링 교환, 실린더 내경 개삭
	드레인 밸브의 불완전 폐쇄	드레인 밸브의 폐쇄를 완전하게 한다.
	바이패스 밸브의 불완전 폐쇄	바이패스 밸브의 폐쇄를 완전하게 한다.

2) 흡입 송출 온도의 이상

현 상	원 인	대 책
흡입온도 이상 상승	흡입밸브 불량에 의한 역류	1) 흡입, 송출 압력의 이상의 항 참조
	바이패스 밸브에 의한 순환	바이패스 밸브 폐쇄를 완전하게 한다.
	흡입관로에서의 가열	가열 원인 제거, 가능하면 보냉(保冷)
중간 단 흡입온도의 이 상 상승	중간 단의 흡입밸브 불량에 의한 역류	1) 흡입, 송출 압력의 이상의 항 참조
	중간 단 바이패스 밸브의 순환	바이패스 밸브 폐쇄를 완전하게 한다.
	전단 냉각기의 능력 저하	냉각기 분해 점검
송출온도의 이상 상승 (다단 압축기의 경우는 일단 송출온도 이상 상 승)	송출밸브의 저항 과대	리프트와 스프링의 강도 점검
	송출밸브 불량에 의한 역류와 2단 흡입밸브 불량에 의한 압력상승	1) 흡입, 송출 압력의 이상의 항 참조
	1, 2단 연결관로의 저항 과대	관내 점검 소재
	2단 송출관로 기주 공진에 의한 압축비의 증대	관로 길이의 변경
	2단 바이패스 밸브에 의한 순환	바이패스 밸브 폐쇄를 완전하게 한다.
흡입온도 저하	흡입관로의 과냉(過冷)	가열한다.
중간 단 송출온도의 이 상 저하	전단 냉각기 과냉	지장 없음
	중간 단 냉각기의 과냉으로 압력 저하	지장 없음
	다음 단 흡입전 기외 누출	누출 개소 점검, 누출 개소 수리
중간 단 송출온도의 이 상 상승	중간 단 송출밸브의 저항 과대	리프트와 스프링의 강도 점검
	전단 냉각기와 중간 단 냉각기의 능력 저하에 의한 승압	냉각기 분해 점검
	중간 단 송출밸브와 다음 단 흡입밸브 불량에 의한 승압	1) 흡입, 송출 압력의 이상의 항 참조
	다음 단과의 연락관로 저항 증대	관내 점검 소재
	중간 단 바이패스 밸브의 순환	바이패스 밸브의 폐쇄를 완전하게 한다.
중간 단 흡입온도 이상 저하	전단 냉각기의 과냉각	지장 없음
	드레인 밸브의 불완전 폐쇄	드레인 밸브의 폐쇄를 완전하게 한다.

3) 운동(運動)에서의 음향의 이상

현 상	원 인	대 책
프레임(frame)과 크랭크 케이스(crank case)에 주로 반향(反響)하는 노크 음	주축 베어링의 간극	베어링 간극(clearance) 조정
	주축 베어링 스러스트(thrust)의 간극	스러스트의 간극을 없앤다.
	크랭크 메탈(crank metal), 크로스 메탈(cross metal)의 간극	베어링 간극 조정
	볼에 달구어 낀 크랭크축과 크로스 핀의 느슨함	축을 도금하여 보수, 다시 달구어 낀다.
	크랭크축과 피스톤 축심(軸心)의 직각 불량	크랭크 핀 개삭, 직각으로 한다.
	크로스 핀과 피스톤 축심의 직각 불량	크로스 헤드 핀(cross head pin)을 직각으로 한다.
	크랭크축과 피스톤 축심의 직각 불량	주축 베어링을 조정하여 직각으로 고친다.
	크랭크 핀 볼트의 느슨함	적정하게 조인다.
	주축 베어링 조정 코터, 크로스 메탈 조정 코터의 느슨함	적정하게 조인다.
	피스톤 로드와 크로스 연결부, 피스톤 체결부의 느슨함	적정하게 조이고 회전 방지를 완전하게 한다.
프레임과 크랭크 케이스가 동시에 특정 실린더에 특히 반향하는 노크 음	크로스 슈와 가이드의 간극 과대	간극을 조정
	크로스 가이드의 편측 마손(磨損)	개삭
	피스톤 링이 라이너 구동면 외부로 돌출하여 걸릴 때	간극 조정으로 안 될 때는 수리시까지 피스톤 링 1본을 떼어 놓는다.
	피스톤 간극 과소로 인한 가벼운 충돌	간극 조정
	피스톤 체결 볼트류의 탈출 충돌	탈출 볼트를 완전하게 조인다.
	실린더 내로 이물질 낙하	제거
	드레인 장치 불량으로 인한 수격현상	드레인을 완전하게 하고 냉각수 누출 개소 점검, 흡기 드레인 세퍼레이터 점검
	실린더 라이너의 느슨함	적정하게 조인다.
	모터 축 키의 느슨함	키의 느슨함을 시정
압력, 온도 이상으로 프레임, 크랭크 케이스 실린더의 반향 노크 음, 실린더 부근에서만 나는 노크 음	피스톤 링과 홈과의 간극 과대	홈에 맞는 링과 교환, 한쪽 마손시 개삭
	실린더 라이너 파손	라이너 교환
	안전밸브를 설치한 디퍼렌셜 피스톤의 로드(rod) 관통부 누출	패킹 교환
	실린더 각지(脚支) 높이 유지 조정 불량	지지 간극을 라이너로 조정

현 상	원 인	대 책
흡입, 송출밸브실에서 나는 이상음	흡입, 송출밸브의 작동 정체음	플레이트에 걸리는 부분 보수
	흡입, 송출밸브 불량에 의한 누출	플레이트 교환
	하류기(unloader) 밸브의 작동 불량	하류기 밸브의 작동 조정
기어 펌프 이상음	윤활유 점도 과대	적정 윤활유로 교환

주) 크랭크, 연결 로드, 피스톤 로드와 계통에서 일어나는 노크 음은 압축기의 전체에 반향 전달되므로 운전 중에 음향에 따라 정확하게 그 원인 장소를 판단하는 것은 대단히 곤란할 때가 많다. 따라서 정지시켜 터닝을 하면서 점검하여야 한다.

4) 배관계에서의 이상 음향

현 상	원 인	대 책
세퍼레이터 노크음	기주 공진의 노킹	배관 길이 변경
세퍼레이터 내 금속음	세퍼레이터 내 이물질 혼입	내부 소제
배관 노크음	단면 급변부의 기주 공진의 노킹	단면 급변부 제거 또는 위치 변경
	분기(分岐)부에서 일어나는 기주 공진에 의한 노킹	분기부 형상을 매끄럽게 하거나 분기부의 위치 변경
배관 진동에 따른 이상음	배관의 공진	지지점 추가 보강
	배관의 지지 불량 및 노크음에 따른 진동 접촉음	지지 강화
역류방지밸브 작동 불량음	밸브의 개폐 정체	밸브에 걸리는 부분을 제거
과관(葉管) 냉각기의 이상음	관이 느슨하여 소리나는 경우	연결을 견고하게 함
	냉각관이 관에 충돌하는 음	냉각기의 진동을 정지시킨다.
사관(蛇管) 냉각기의 이상음	사관 공진에 의한 진동음	사관 권수(卷數) 또는 관경 변경
	지지 철폐물이 탈리하여 사관 접촉음	지지 강화
	사관 파손으로 분출	용접 보수, 사관 교환
배관 및 사관 이음으로 부터의 누출음	관의 파손	용접 보수 또는 교환
	플랜지의 조임 불량	다시 조인다.
	패킹 파손	패킹 교환
	순환밸브, 드레인밸브, 방출밸브의 누출	밸브를 조이고 보수한다.
기름 릴리프 밸브(relief valve)의 이상음	리프트의 부적정	밸브 치수를 적정하게 한다.
안전밸브의 이상 분출	이상 압력 상승	밸브 작동 불량의 원인 제거
	안전밸브 분출 후의 폐쇄 불량	밸브 지지 개선, 다시 끼운다.
	밸브에 이물질이 끼었을 때	소제 후 이물질 침입 방지 장치
	밸브가 걸렸을 때	밸브 지지법 개선

5) 기계 전체 및 각부 진동 이상

현 상	원 인	대 책
압축기 전체의 이상 진동	회전수 과대로 불평형력 증대	회전수 감축
	기초와 기계 결합 불량 또는 기계 각부 결합 불량	완전하게 조인다.
	플라이휠의 불평형	평형을 취한다.
	베어링의 진동으로 전체적 진동	베어링을 전면적으로 조정 보수
실린더 안전밸브 등의 부분적인 이상 진동	배관에 의한 강제 진동	배관의 중간 지지 추가
	배관의 지지 불량에 의한 진동	지지 강화
	부착물의 과대한 돌출	돌출물의 지지 추가
	부착물의 지지 불량	연결부 강화
벨트의 이상 진동	오버 스피드	주속(周速) 하강 조치
	풀리(pulley)의 심(心) 불량	심 조정
	벨트 홈의 피치경 불균일 또는 홈의 각도 불량	홈의 개삭
	벨트의 장력 부족	전동기를 이동

6) 송출용량, 소비마력 이상

현 상	원 인	대 책
소비마력 감소와 함께 송출용량이 이상 감소하였을 때	흡입밸브 개도 부족	흡입밸브 전개(全開)
	흡입관로가 너무 길거나 소구경시	흡입관경을 크게 한다.
	흡입관로의 저항 증가	흡입관로의 이상 저항을 제거
	흡입온도 상승	용량 감소는 부득이 함
	흡입관로에서 가열	가열원인 제거가능하면 보냉(保冷)
	흡입밸브 불량에 의한 역류	1) 흡입, 송출 압력의 이상의 항 참조
	흡입밸브 스프링의 과대 강도	적정 강도의 것으로 교환
	흡입밸브 리프트 과소	밸브 판 두께 변경 또는 밸브 가이드 삭정(削正)
	송출밸브 불량에 의한 역류	1) 흡입, 송출 압력의 이상의 항 참조
	송출밸브 스프링 과대 강도	적정 강도의 것과 교환
	송출밸브 리프트(lift) 과소	밸브 판 두께 변경 또는 밸브 가이드 삭정
	피스톤링 누출	피스톤 링 교환 또는 실린더 내경 삭정
	바이패스 밸브로부터의 순환	바이패스 밸브를 완전하게 조인다.

현 상	원 인	대 책
소비마력 감소와 함께 송출 용량이 이상 감소하였을 때	드레인 배출밸브로부터의 누출	드레인 밸브를 완전하게 조인다.
	하류기 밸브의 불완전	하류기 밸브가 완전 작동하도록 보수
소비마력은 별 변동이 없으나 송출용량이 이상 감소할 때	피스톤 링으로부터의 누출	피스톤 링 교환 또는 실린더 내경삭정
	외기로의 누출	누출 개소 점검 보수
	냉각수량 부족	급수량 증가
	냉각기 저항 증가	냉각기 내부 점검 소제
	흡입, 송출 연결관의 저항 증가	연결관 내부 점검 소제
	흡입, 송출밸브 스프링의 강도과대	적정 강도의 것과 교환
	흡입, 송출밸브 리프트 과소	밸브 판 두께 변경 또는 밸브가이드삭정
소비마력 증대와 함께 송출용량 증대	흡입 기압에 의한 흡입압력 상승	과부하 주의
	흡입압력 자체의 증대, 흡입관로에서의 냉각 및 흡입관로 기주 공진으로 흡입밸브의 압력 증대	과부하에 주의하면서 운전
송출 용량 증대	냉각수온 저하	그대로 운전한다.
송출용량은 거의 일정하나 소비마력 증대	각 구동부의 마찰 증대	적정한 윤활유를 사용하고 심 조정
	윤활유 점도 과대	적정 윤활유로 교체
	피스톤링측의 중간 단간(段間)의 누출 순환	피스톤링 교환 또는 실린더 내경삭정
	바이패스 밸브측의 중간 단간의 누출 순환	바이패스 밸브를 완전하게 조인다.
	흡입, 송출밸브 스프링의 강도 과대에 의한 저항 증가	적정 강도의 것으로 교환
	흡입, 송출밸브 리프트 과소로 인한 저항 증대	밸브 판 두께 변경 또는 밸브가이드삭정, 리프트 증대
	냉각기 능력 저하	냉각기 소제 또는 냉각기 능력검사
	냉각 배수량 부족	냉각수량 증가

7) 냉각기 냉각 효과의 이상

현 상	원 인	대 책
냉각수량에는 상관없이 냉각효과가 나쁘다.	냉각수 관의 이물질 부착	내부 소제
	냉각수 관실(管室)에 이물질 퇴적	내부 청소, 이물질 침입 방지 조치
	냉각수 온도 상승	냉각수 냉각설비 개선
	냉각수의 분배 불균일	평균 배분용 판 등을 설치한다.
	냉각관 기체측의 이물질 부착	내부를 청소한다.

현 상	원 인	대 책
냉각수량에는 상관없이 냉각효과가 나쁘다.	냉각관 핀의 탈락량	다시 부착시킨다.
	냉각기내의 바이패스 과대	차단관의 간극 밀폐
밸브 조정 효과가 없다.	냉각수압 부족	냉각수 펌프를 수리한다.

8) 내부 윤활유 계의 이상

현 상	원 인	대 책
주유관이 더워진다.	역류방지밸브의 폐쇄 불량	역류방지밸브 수리
	주유 펌프의 승압 불량	펌프 부품 교환
	역류방지밸브의 연결 위치가 실린더로부터 너무 멀리 있다.	연락 위치를 될수록 실린더에 가깝게 한다.
주유된 펌프에서 기포가 나온다.	역류방지밸브 폐쇄 불량 또는 주유펌프 승압 불량	역류방지밸브와 펌프 승압의 점검 수리
	주유 펌프 흡입 불량	펌프의 부분품 점검
	주유기 내 기름 부족	유량(油量) 점검 보급
실린더 내부 또는 흡입, 송출밸브가 건조	주유량 부족 또는 역류방지밸브 불량	역류방지밸브와 펌프 승압 점검 수리
	주유 위치 불량	주유공을 바이패스 되지 않는 위치로 재 배치
	라이너 단 연결부 누출	다시 끼운다. 또 패킹 교환
	흡입구에서 기름이 없어진다.	흡입측에 주유한다.
	주유기 불량	주유기 수리, 부분품 교환
흡입, 송출밸브에 카본 부착	압축비 과대	압축비가 내려가도록 고치고 밸브판 저항을 적게 한다.

9) 외부 윤활계의 이상

현 상	원 인	대 책
각 베어링의 온도 이상 상승	윤활유의 급유량 부족	유압 점검, 필터 점검
	윤활유관의 일부 폐쇄	유압 점검, 배관 내 점검, 청소
	베어링의 기름이 너무 많이 흐른다.	기름의 배분 점검, 누출 개소 조정
	윤활유 점도 부적당	적정 윤활유와 교환
	이물질의 유입으로 소결 발생 중	윤활유를 정화
	베어링 압력 과대	부하 경감(가능하면 설정값을 내린다)
	기름 냉각기 능력 저하	냉각기 청소, 수량(水量) 조정
	베어링 간극 과소	베어링 조정

현 상	원 인	대 책
크랭크실의 온도 이상 상승	크랭크 메탈의 윤활 불량, 소결(燒結) 발생 중	전항을 전면 점검하고 보수, 조정한다.
	전반적인 기름온도 상승	냉각기 청소
크로스 헤드의 온도 이상 상승	크로스 메탈의 윤활 불량	활동(滑動)이 잘되게 한다.
	피스톤 로드로부터의 전열	심할 때는 로드 냉각을 고려
오일링 베어링의 온도 이상 상승	기름 부족	윤활유 보급, 적정 유면(油面) 유지
	기름 점도 부적정	적정 윤활유와 교환
	오일링이 걸려서 돌아가지 않을 때	교환
윤활유압 부정(不定) 반송유(返送油)에 기포	흡유관 계로부터 공기 흡입	흡입 개소의 누출 정지
	기름이 순환 불량 유조 흡유구 부근의 기포 발생	유조의 유면 유지 흡유 위치 변경
	기어펌프로부터 공기 흡입	기어펌프 내부 점검, 보수
윤활유의 이상 소모	기름의 기외(機外) 누출	누출 방지설비
	피스톤 로드로부터 실린더 내 침입	로드의 기름을 적절하게 하고 로드에서 기름이 들어가지 않도록 하여야 한다.
윤활유에 물 혼입	냉각관의 파손 냉각관 신축부의 느슨함	파손관 수리 또는 교환, 신축부를 조인다.

10) 패킹 글랜드부의 이상

현 상	원 인	대 책
공기 누출이 많다.	기름이 충분히 확산되지 않을 때	급유량을 일시적으로 증대시킨다.
	패킹이 제대로 끼워지지 않았거나 패킹 불량	다시 끼운다. 편심 수정, 패킹 교환
	케이스 상호간에 제대로 끼워지지 않았을 때	다시 끼운다.
	체결 불량	완전하게 조인다.
	케이스 외측으로 누출 로드 먼의 마모	재삽입한다. 양(兩)연마(라핑)
	로드의 불평형	심의 조정
피스톤 로드와 과열	과대한 조임 윤활 불량	적당하게 조인다. 급유량 증가
	내부 공기 온도가 너무 높을 때	흡입 온도 인하, 로드를 냉각시킨다.
	패킹 운동 부자유	편심 수정
피스톤 로드 표면의 마손(磨損)	윤활유 불량	윤활유를 충분히 보급한다.

현 상	원 인	대 책
피스톤 로드 표면의 마손(磨損)	기름 중에 고형 이물질 혼입	기름을 청정하게 한다.
	공기 중 고형물 혼입	공기를 청정하게 한다.
외부 기름을 실린더 내로 흡입	주유 불량	정비
	로드에 기름이 흐를 때	정비
패킹 변형 소모	윤활유 불량	윤활유를 완전 보결(補結)
	패킹 부적당	재질을 선정하고 교환

11) 공기배관의 온도 이상

현 상	원 인	대 책
흡입, 흡출관 일부의 이상 과열	윤활유 분해에 의한 관내 퇴적 카본의 자연 발화	적정 윤활유로 변경, 카본 발생 원인과 윤활유 성분을 검토하여 송출 온도를 내리도록 한다.

12) 냉각수 계통의 이상

현 상	원 인	대 책
냉각수가 흐르지 않는다.	급·배수밸브 폐쇄 또는 급·배수 냉각수관에 이물질이 끼었을 때	급·배수 밸브를 점검하여 조정, 분해 청소한다.
냉각수가 더워지지 않는다.	냉각기 효율 저하	냉각기 청소
	냉각수의 바이패스	바이패스의 원인을 제거한다.
	냉각 급수 과다	급수량 조절
냉각수 과난(過暖)	냉각수량 부족	급수량 조절
냉각기로부터 기포 분출	급수펌프로부터 공기 흡입	펌프 흡수계의 공기 누출 방지
	냉각기로부터 공기 누출	냉각기 보수
	실린더로부터 가스 누출	누출부 보수
배수계 월류(over-flow)	배수관의 폐쇄 급수량 과다	배수관 청소 급수량 조정
기름 혼입	기름 냉각기 누출	냉각기 보수

13) 드레인 배관계의 이상

현 상	원 인	대 책
소리가 난다.	드레인 밸브의 불완전 폐쇄	폐쇄부 수리
	드레인 밸브 누출	다시 잘 끼운다.

현 상	원 인	대 책
드레인 밸브를 개방하여도 무방출	드레인밸브에 이물질이 끼었을 때	청소
	드레인 관 폐쇄	청소하고 가능하면 대구경 관 사용
	역류방지밸브가 녹슬었을 때	청소하고 손질한다.
드레인 내에 금속분 혼입	실린더 내 이상 마모	내부 윤활 개선
드레인에서 누유 과다	외부로부터 글랜드를 통하여 기름 유입	글랜드의 주유 상태를 완전하게 함
드레인 양 과다	냉각수를 실린더 내로 유입	누출 개소 조절, 보수

14) 안전밸브의 이상

현 상	원 인	대 책
전혀 동작하지 않는다.	밸브와 시트가 녹슬어서 붙었을 때	분해하고 손질한다.
	스프링의 과다 조임	조정
	밸브리프트가 없다.	리프트 조정
분출 압력 이상	스프링 조정 불량	재조정
	스프링 파손, 피로	스프링 교환
분출 정지(停止) 불량	밸브가 제대로 끼워지지 않았을 때와 심(心) 불량	밸브의 심을 맞춰서 다시 끼운다.
	밸브의 지지 불완전	지지 보강
분출 후에도 승압 계속	배관이 막혔을 때	관내 청소
	스프링 과대 강도	적당한 것으로 교체
	리프트 과소	리프트 조정
작동시의 진동음	밸브 가이드 불안정	밸브체(體) 교체
	밸브 구경 과대 또는 배관경 과소	적당한 크기의 밸브와 교체하거나 또는 배관 교체
	스프링 강도 과대	적당한 것으로 교체

15) 언로더 밸브의 이상

현 상	원 인	대 책
작동하지 않거나 작동 중 소리가 난다.	압력 부족 또는 밸브가 느슨해졌을 때	견고하게 고정, 밸브 작동압 누설 방지 작동압 상승
	파일럿 밸브 불량	보수
	작동압 부족	작동압을 높이거나 피스톤을 그 작동압에 맞추어 재제작

현 상	원 인	대 책
작동시 중간압 상승	저압밸브의 작동 지연	원인 조사 후 수리
작동시 중간압 하강	고압밸브의 작동 지연	원인 조사 후 수리
개폐 압력차 범위가 크다.	파일럿 밸브의 작동이 둔하다.	파일럿 밸브 조정

(2) 부품의 이상 소모 원인과 대책

이상 소모의 원인과 대책은 <표 7.6.2>와 같다.

<표 7.6.2> 왕복동식 공기압축기의 이상 소모의 원인과 대책

부 품	현 상	원 인	대 책
밸브 플레이트	플레이트의 파손 또는 변형	리프트 과대	적당한 리프트로 한다.
		기류(氣流) 통과속도과대	포트 면적을 넓힌다.
		가이드가 걸렸을 때	적정 가이드로 한다.
		이물질이 끼었을 때	흡기 및 배관을 청정하게 한다.
	플레이트의 부식	가스에 의한 부식	적당한 재질의 것으로 교환
		드레인에 의한 부식	드레인의 분리를 완전하게 한다.
밸브 스프링	스프링 절손(折損)	가이드 모서리에 걸릴 때	가이드를 조정
		고유 진동으로 부상(浮上)하여 충돌	고유 진동수가 다른 것으로 교체
		리프트 과대	리프트 조정
	스프링 부식	가스에 의한 부식	적정 내식 재료로 교환
피스톤 로드 패킹	패킹 마모 또는 변형	<표 7.6.1> 10. 참조	
피스톤 링	링 마모	링의 재질 불량 또는 장력 과대	적정품으로 교환
		실린더 내면 불완전	래핑을 한다.
		윤활 불완전	적정한 윤활로 함
		드레인에 의한 마모	드레인 분리를 완전하게 한다.
		가스 중에 고형물 혼재	적정 필터를 사용
		윤활유에 고형물 혼재	청정한 윤활유를 사용
	링 절손	실린더 내에 걸린다.	적정 간극으로 조정
		실린더 홈의 부적정	홈을 수정 또는 홈에 맞는 링으로 교체
베어링 메탈	메탈의 마모, 소손과 파손	급유 불충분	급유량과 그 배분량을 적정하게 한다.

부 품	현 상	원 인	대 책
베어링 메탈	메탈의 마모, 소손과 파손	윤활유 중 고형물 혼재	적정 필터 사용
		윤활유 부적정	적정유로 교체
		유조(油槽) 부적정	적정유조로 바꿈
		심 불량에 의한 압측(壓側) 접촉	심의 조정
		베어링 압력 과대	베어링 압력 제한
		전동기 축 전류에 의한 전식	어스를 충분히 한다.
		베어링 화이트 메탈의 손상	화이트 메탈을 다시 끼운다.
V 벨트	V 벨트가 뛰거나 슬립에 의한 신장(伸長)과 마모	주속(周速)의 과대	주속을 제한 내로 하강시킨다.
		한 개당 인장력 과대	벨트 개수를 적정하게 한다.
		벨트 바퀴의 효과 부족	벨트 바퀴의 효과를 높인다.
		부하의 급도(急度)	변조 하중을 걸지 말 것
		흙 중심경 불일치	흙을 개삭
베어링 윤활유	윤활유 소모 과다	기외 누출	누출 방지
		로드를 거쳐 실린더 내에 침입	피스톤 로드와 주유를 완전히 함
	윤활유의 열화	베어링 온도의 과다 상승	적정한 윤활유로 하고 냉각을 완전하게 함
		기외로부터의 먼지 혼입	먼지 침입 방지
		수분 흡수	물의 혼입을 없애고 습기 흡수를 방지한다.

(3) 파손 사고의 원인과 대책

파손 사고의 원인과 대책은 <표 7.6.3>과 같다.

<표 7.6.3> 왕복동식 공기압축기의 파손 사고의 원인과 대책

사 고	원 인	대 책
크랭크 볼트, 커넥팅 로드, 피스톤 로드와 절손	각 볼트류의 느슨함으로 인한 반복 충격 또는 과도한 조임으로 인한 파손	파손분을 교체하고 적정하게 조인다.
	너트의 강도 부족 또는 접촉 불량	적정 너트로 교환
	피스톤력 과대	과부하에 주의
	수격작용	드레인의 침입에 주의
	송출의 막힘	막힘 제거
	실린더 내 이물질 낙하	낙하하지 않도록 함.
	각 부분품의 연결과 조립 불량	평행, 직각, 동심이 되도록 한다.

사 고	원 인	대 책
크로스 헤드 파손	크로스 가이드 면에 이물질 낙하	이물질 유입 방지
	크로스 슈 파손	균등하게 조일 것.
실린더 파손	실린더 내 이물질 유입	이물질 유입 방지
	간극 파손	필요 간극 유지
	수격작용	드레인 침입 방지
	너트류의 느슨함과 탈출	회전방지를 완전하게 한다.
	맵플러그 탈출	완전한 코킹
	동결	정전시 완전 배수

7.6.3 왕복동식 압축기의 정기 검사 점검 항목

비교적 간단히 분해할 수 있는 부분의 정기 분해 검사를 정기 점검이라 칭하고, 비교적 대규모의 정기 분해 검사를 정기 개방 점검이라고 한다. 전자는 보통 2~3개월에 1회, 후자는 1~2년에 1회 정도의 비율로 실시한다. 이와 같은 경우에 단지 점검 외에 보수 및 예비품의 교환 등도 동시에 행한다. 다음에 일반적인 점검 개소를 열거하는데 그 외에도 운전 중 다소라도 이상이 있는 개소가 있으면 그 부분도 점검하여 두는 것이 당연하다.

(1) 정기 점검 항목

- 1) 각 흡입, 송출 밸브를 뜯어내서 그 내부의 상황을 점검한다.
- 2) 밸브로부터 실린더 내부 점검
- 3) 터닝에 의하여 각 베어링에 행정 끝(stroke end) 부근에 있어서의 음의 점검
- 4) 터닝에 의하여 피스톤 로드와 운동의 점검함과 동시에 로드 면의 속이나 흠집 등의 발생 유무의 점검
- 5) 크랭크 커버를 개방하여 그 내부의 상황 점검
- 6) 크로스 헤드의 각 부분에 있어서의 점검

(2) 정기 개방 점검 항목

이 정기 개방 점검은 앞의 정기 점검에 있어서의 점검 항목도 동시에 행한다.

- 1) 크로스 헤드의 분해 점검
- 2) 커넥팅 로드(connecting rod) 분해 점검
- 3) 프레임(frame)의 각부 점검
- 4) 패킹 글랜드의 분해 점검
- 5) 실린더의 분해 점검

- 6) 피스톤 로드와 분해 점검
- 7) 실린더 라이너의 분해 점검
- 8) 기초 콘크리트의 표면 상태의 점검
- 9) 수냉 재킷 커버의 분해 점검
- 10) 냉각기의 분해 점검
- 11) 안전밸브의 분해 점검(고압가스 안전관리법이 적용되는 안전밸브는 제외된다)
- 12) 역류방지밸브의 분해 점검
- 13) 드레인밸브, 블로밸브(blow valve)의 분해 점검
- 14) 필터(filter)류의 분해 점검
- 15) 윤활유 기어펌프의 분해 점검
- 16) 배관계통의 내부 점검
- 17) 그 외의 부속품의 분해 점검

7.6.4 무급유식 압축기

무급유식 압축기는 소형이 많고 일반용 공기압축기와 비교하여 구조 및 기능의 차이가 있으며 일상의 취급 정비가 일반적인 압축기보다 간단하게 행할 수 있으므로 전술한 바 일반용 압축기 및 <표 7.6.4>를 참조하여 간단한 고장의 보수를 할 수 있도록 일상 그 취급에 관하여 유의하여야 한다.

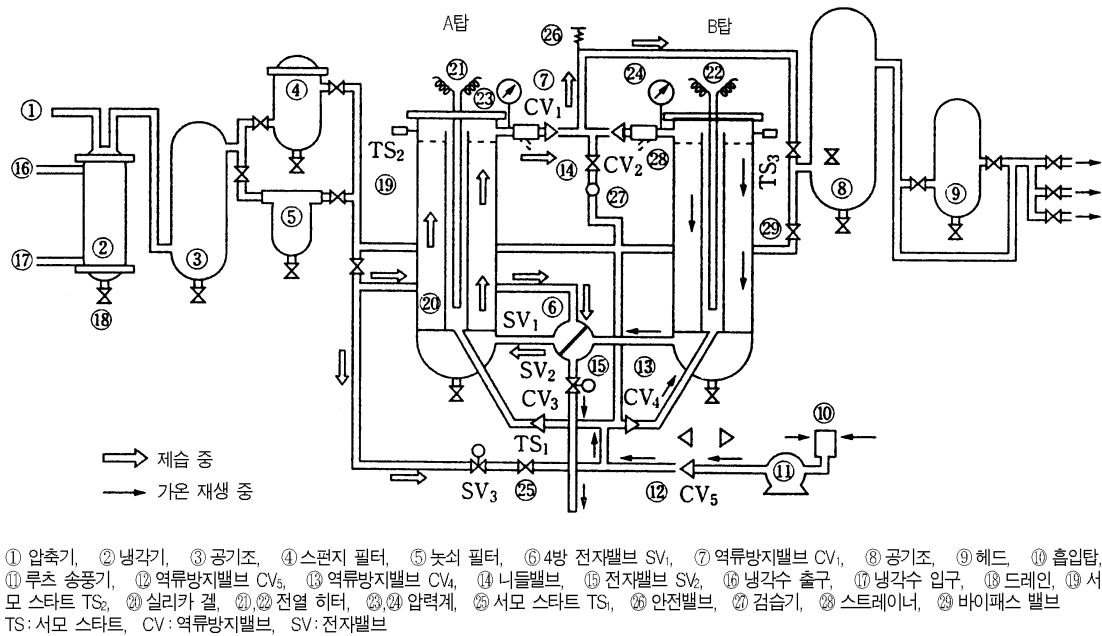
<표 7.6.4> 무급유식 압축기 정기 점검표 예

점 검 개 소		작 업 내 용	점 검 시 간 (시)						
			8	60	250	1,000	2,000	3,000	8,000
실 린 더	흡입밸브	분해 소제					○		
	흡출밸브	분해 소제					○		
	실린더 내면	마모 상태 점검							○
	메인 재킷	물때 소제							○
	피스톤 링	이상 유무 점검						○	
	드레인 탱크	드레인 배출	○						
윤 활 유	유면계	유량(油量) 점검	○						
	크랭크 케이스 유조	윤활유 교환							○
기 타	글랜드 패킹	흡집, 마모 점검						○	
	와이퍼 링	흡집, 마모 점검						○	
	흡입 스트레이너	소제			○				
		제2층				○			

점 검 개 소		작 업 내 용	점 검 시 간 (시)						
			8	60	250	1,000	2,000	3,000	8,000
기 타	파일럿 밸브	분해, 소제, 작동 확인				○			
	V 벨트	장력 조정		○			○		
	리시버	드레인 배출	○						
	에프터 냉각기(after cooler)	드레인 배출	○						
	안전밸브	작동 확인			○				
	각 베어링 기타 전체	오버 홀(over haul)							○

7.6.5 제습장치

앞의 공기압축기 설비에 의하여 압축공기를 공기조에 채우는 방법이 있으나, 압축공기에 수분이 포함되어 있으므로 계측제어용 기기에 공급하기 위해서는 제습(除濕)을 해야 한다. 여기서는 보통 상수도시설에 사용되는 흡착법에 의한 제습장치의 운전 및 보수 점검 등에 관하여 기술하기로 한다. 일반적으로 사용되고 있는 흡착법에 의한 제습장치로서 흡착젤을 2탑(塔)에 채워 한 탑에서 제습하면 다른 탑에서 재생하고 이것을 교대(보통 6~8시간마다)로 연결 운전한다. 흡착 젤(gel) 2탑식의 일례를 <그림 7.6.1>에 의하여 설명하면 다음과 같다.



<그림 7.6.1> 공기 제습장치 흐름도의 예

(1) 운전

1) 경로

① 제습 경로

압축기로부터 송출된 공기는 먼저 냉각기 → 공기조 → 필터 → 4방 전자밸브(SV₁) → A탑(하부로 부터 상부로 통과 중 제습) → 스트레이너 → 역류방지밸브(CV₁) → 공기조 → 헤드 → 건(乾)공기

② 가열 재생 경로

흡입 소음기(silencer) → 송풍기(blower)(히터 전원 동시 접속) → 역류방지밸브(CV₅) → 역류 방지밸브(CV₄) → B탑(하부로부터 B히터에 도입 상부로 통과 중 열풍이 되어 겔(gel) 층을 상 부로부터 하부에 통과 중 가열) 재생 → 4방 전자밸브(SV₁) → 전자밸브(SV₂) → 대기 배출

③ 냉각 재생 경로(상기 2)가 종료된 다음) 건공기의 일부 → 니들밸브 → 검습기(檢濕器) → 역류방 지밸브(CV₄) → B탑 냉각 → 4방 전자밸브(SV₁) → 전자밸브(SV₂) → 대기 배출

위 경로에 의하여 제습 및 재생이 행하여진다. A탑 제습 중에는 B탑이 가열 재생되고 가열 재생 완료 지시 서모스탯에 의하여 송풍기가 정지하고 히터 전원이 차단되어 가열 재생이 완료하고 냉각 경로에서 냉각된다. 제습 개시와 동시에 작동하는 타이머는 설정시기에 도달하면 충전용 전자밸브(SV₃)가 작동하고 B탑에 충전된다(탑 교환시에 있어서 2차측 공급압력의 극심한 압력 저하의 방 지). 또 계측제어용 공기원 장치로서의 제습장치는 대개 자동식이다.

2) 조작 주의사항

- ① 수동에 있어서의 스위치 등이 꺼져 있는 것을 확인한 다음 조작한다.
- ② 송풍기는 시동 전에 충분히 그리스 펌프로 베어링 그리스 등을 주입하고, 윤활유가 규정량이 들어 있는가를 확인한다.
- ③ 각 경보용 및 가열 재생 완료 지시 서모스탯은 설정 온도를 충분히 검토하여 조정할 것.
- ④ 바이패스 밸브 제습탑(除濕塔)의 드레인 밸브는 주 1회 정도 개방하고, 보통 때는 닫아 둔다.
- ⑤ 운전의 경우 먼지에 의한 역류방지밸브의 작동 불량에 있는 경우에는 청소하여야 한다.
- ⑥ 가열재생은 기온, 습도에 따라 변화가 있으며 따라서 재생시간도 차이가 있으나 가열 재생 시 간과 냉각시간의 합계가 다른 탑의 제습시간으로 되므로 이것을 고려하여 교체시간을 설정한다.
- ⑦ 송풍기의 V벨트가 느슨하여 히터가 연소됨으로써 과열, 단선의 원인이 되므로 벨트의 점검은 월 1회 정도 하여야 한다.

(2) 보수 점검

1) 겔(gel)의 교체시기

- ① 급유식의 경우는 1~2년 정도에 교체한다.
- ② 무급유식의 경우는 2~3년 정도로 교체한다(규소 겔의 교체는 압축기의 형식이나 공기의 오염 도 등에 따라서 크게 차이가 있다).
- ③ 겔을 꺼내는 방법은 구내의 전기 소제기(1~2 마력 정도, 없는 경우에는 가정용이라도 가능하 다) 등으로 빼낸다. 또 겔을 충전하는 경우에는 히터통(筒) 중에 겔을 넣지 않도록 주의하여야

한다.

2) 히터

- ① 절연 저항 측정을 한다(관내에는 절연물로서 일렉트로 마그네시아 분말 등이 충전되어 있다).
- ② 과열 단선에 주의하여야 한다.

3) 송풍기(blower)

- ① 송풍기의 윤활유를 점검한다.
- ② 베어링 케이스 등의 그리스를 점검한다.

4) 검습기

보통 청색 젖을 사용, 청색 젖이란 백색 젖에 염화 코발트를 흡착시킨 것

- ① 청색 젖의 변화 정도를 점검한다.
- ② 담홍색으로 변색되었을 경우에는 건조한 공기를 통과시켜도 즉시 청색이 되지 않으므로 주의를 요한다.
- ③ 청색 젖의 양을 점검한다.

5) 가열, 재생 완료 지시 서모스탯(thermostat)

- ① 재생의 정도에 따라서 점검한다.
- ② 서모스탯의 작동 설정 온도를 점검한다.

6) Y형 스트레이너(strainer)의 점검, 세정(洗淨)을 한다.

7) 4방 전자밸브

- ① 작동 점검을 한다.
- ② 뚜껑을 벗기고 밸브 막대를 1~3개월에 1회 잘 청소한다.

8) 탑 상부 가열 경보 지시 서모스탯

이것은 경보장치이므로 월 1회 정도 점검한다.

(3) 고장의 원인과 그 대책

조작 잘못으로 인한 고장 대책에 관해서는 생략하고, 전기 조작의 경우만을 표시하면 <표 7.6.5>와 같다.

<표 7.6.5> 제습장치의 고장 원인과 대책

이상 현상 및 사고	원 인	대 책
히터 단선	장기간 사용 중 절연저하에 의한 불량 수명은 정상운전시 약 3,000시간으로 본다)	히터 전류를 확인하고 히터를 교환한다.
	역류방지밸브(CV ₁ ~CV ₅)의 작동불량에 의한 재생공기가 히터통 내에 정체하고 있다.	역류방지밸브의 캡을 뜯어내고 밸브시트와 디스크를 청소하고 또 히터를 교환한다.
	재생 풍량 부족	송풍기 점검, 송풍기용 퍼지밸브(purge valve)를 전폐, 히터 교환, 벨트의 느슨함을 조정

이상 현상 및 사고	원 인	대 책
송풍기 역부하	송풍기 기름 부족 또는 기계 고장	주유, 베어링에 그리스 주입
	역류방지밸브(CV ₁ ~CV ₅)의 작동불량	역류방지밸브 점검, 청소
입구압력과 출구압력의 차가 크다(압력의 저하).	역류방지밸브의 작동불량으로 배기구로부터 다량의 공기 누출, Y형 스트레이너가 막히고 흡착제의 분말화로 저항 증대	역류방지밸브 점검, 보수 Y형 스트레이너의 하부 캡을 뜯어내고 스트레이너의 철망을 기솔런으로 세척, 흡착제 교환
검온기의 청색 겔이 적색으로 변색	가열재생이 불충분하거나 규정의 제습시간을 연장하여 사용하였을 때	증(增)을 교체하여 가열 재생한다. 충분히 가열재생이 이루어지도록 검토(온도, 시간)

(4) 정기 점검

정기 점검 항목을 표시하면 <표 7.6.6>과 같다.

<표 7.6.6> 제습장치의 정기 점검 항목

명 칭	점 검 개 소	점 검 횟 수			비 고
		일	월	3개월	
필터	드레인 배출	2			냉각기 드레인도 같다.
	엘리먼트(element) 교환 세척			1	정기점검 외에도 수시로 시행
제습장치	Y형 스트레이너			1	
	역류방지밸브			1	
	송풍기 오일 게이지		2		
	송풍기 및 히터 전류계	1			시동시에 정격을 확인한다.
	가열재생의 타이머		2		정상운전인지를 확인한다.

주) 송풍기 벨트는 3개월에 1회 정도 다시 조이고, 1~3개월마다 내부를 청소한다.

7.7 크레인 · 호이스트

상수도시설에는 크레인(crane), 호이스트(hoist), 체인블록(주 참조) 등이 사용되나 일반적으로는 천장 주행식의 크레인이 많으므로 이에 대한 관리에 관하여 기술한다. 또 호이스트, 체인블록 등의 관리에 관하여도 아래에 준하여 행하는 것으로 한다.

상수도시설에 사용되는 크레인은 제조공업 등 일반 산업에 비교하여 사용빈도가 극단적으로 적으므로 이의 관리에 관하여는 특히 태만하기 쉽다.

일단 대형의 전동기, 펌프, 밸브류 등의 거치나 철거 등의 필요가 생겼을 때는 완전히 정비된 크레

인을 사용하여 안전하게 운전하지 않으면 작업에 위험을 수반할 염려가 있으며, 또 크레인이 사용불능의 상태에 있으면 작업이 곤란하거나 여러 운반용 기계 및 많은 시간과 노력을 필요로 하고 결국에는 다른 설비에 손상을 줄 가능성도 있다. 그러므로 크레인의 사용과 정비에 있어서는 아래 기술한 바에 따라 충분히 주의하여야 한다. 또한, 다른 곳에 위탁하여 작업할 경우에도 크레인을 사용할 경우에는 감독을 하여야 한다.

(주) 「크레인」이란 하물을 동력을 사용하여 끌어올리고 이것을 수평으로 운반하는 것을 목적으로 한 설비 중 「이동식 크레인」 또는 「데릭」에 해당하는 것 이외의 것을 말한다.

「수평으로 운반하는 것」에는 동력을 사용하지 않는 경우도 포함된다. 「이동식 크레인」이란 하물을 동력을 사용하여 끌어올리고 이것을 수평으로 운반하는 것을 목적으로 하는 설비로서 레일에 의하지 않고 육상에서 이동시킬 수 있는 방식의 것을 말한다.

「데릭」이란 하물을 동력을 사용하여 끌어올리는 것을 목적으로 하는 설비로서 주주(主柱) 또는 붐과 끌어올리는 기구 및 여기에 부속된 설비에 의하여 구성되는 것을 말한다.

또 일반적으로 말하는 「호이스트」란 동력부, 구동부 등을 일체로 한 구조의 것을 말하나 수평으로 이동시킬 수 있는 것은 「크레인」에 포함된다.

7.7.1 크레인의 사용

크레인을 사용할 때는 안전규칙을 준수하고, 다음 각 항에 의하여 작업을 하여야 한다.

(1) 작업자

크레인을 사용하여 작업을 할 때는 크레인 조작신호를 하는 자(이하 지휘자라고 한다), 크레인을 운전하는 자(이하 운전원이라고 한다), 하물을 크레인에 거는 자(이하 작업자라고 한다)를 미리 지명하고, 지명한 자 이외에는 각기 해당하는 작업을 시키면 안 된다.

지휘자는 같은 종류의 작업에 충분한 경험을 가진 자라야 한다.

운전원은 크레인 운전사 면허를 갖춘 자로 한다. 단, 크레인의 정격하중이 5톤 미만의 것, 정격하중이 5톤 이상이라도 바닥 위에서 운전하고 운전하는 자가 하물의 이동과 함께 이동하는 방식의 것과 끌어올리고 끌어내리는 데에 동력을 사용하지 않을 경우에는 기능을 고려한 다음의 지명한 자에게 운전시킬 수가 있다.

작업자는 다음 각 항의 하나에 해당하는 자이어야 한다.

1) 정부기관에서 행하거나 또는 정부기관에서 지정한 크레인 작업 기능 강습을 수료한 자로서 그 수강 전 다음 ① 또는 ②에 해당하였던 자

① 하중이 3톤 이상의 크레인(이동식 크레인, 양하(揚荷)장치를 포함) 또는 소형 데릭(derrick)의 작업자 보조작업의 업무에 6개월 이상의 경험을 가진 자

② 하중이 3톤 미만의 크레인(이동식 크레인, 양하장치를 포함) 또는 소형 데릭의 작업 업무에 6개월 이상의 경험을 가진 자

2) 크레인 운전사(테릭 운전사, 양하장치 운전사를 포함) 단, 하중 3톤 미만의 경우에는 기능을 고려한 후 지명된 자가 작업업무에 종사할 수가 있다.

(2) 지휘자

지휘자는 미리 일정한 신호를 정하고 이것을 운전원 및 작업자에게 잘 알린 다음 작업을 시작해야 한다.

운전원은 미리 지명된 지휘자 이외의 자의 신호에 의하여 운전하여서는 안 된다. 단, 운전원이 단독으로 작업할 경우에는 그러하지 아니한다.

(3) 작업 개시 전의 확인사항

운전원은 크레인을 사용하는 작업을 개시할 때는 적어도 다음 사항을 확인하기 전까지 운전하여서는 안 된다.

- ① 작업시간 중에 일어날 정전의 예고
- ② 크레인 또는 크레인 주행 범위에 접촉할 수 있는 장애물의 유무
- ③ 주행 차륜의 정지장치 상황
- ④ 급유의 상태
- ⑤ 와이어로프(wire rope)가 통하고 있는 장소의 상태
- ⑥ 전원전압의 상태
- ⑦ 소용돌이 방지 등을 위한 제한 스위치, 브레이크 클러치 및 제어기의 상태(무부하로 시험 운전하여 확인할 것)

(4) 작업의 실시

1) 운전원은 다음 각 항을 준수하여 크레인을 운전하여야 한다. 또한, 작업 중 하물을 끈 채로 운전 위치를 이탈하면 안 된다. 그리고 운전 중에 이상을 발견하였을 때는 즉시 운전을 중지하고 신속하게 수리에 대한 조치를 하여야 한다.

① 끌어올림

- ⓐ 끌어올리는 하물 위에 사람이 타고 있을 때는 끌어올리면 안 된다.
- ⓑ 2방향 동시조작으로 끌어올리면 안 된다.
- ⓒ 하물 적재 방법이 불안할 때는 운전을 하면 안 된다.
- ⓓ 신호가 불명확할 때는 운전을 하면 안 된다.
- ⓔ 끌어올릴 때 주변의 사람과 물체의 안전을 확인하여야 한다.
- ⓕ 하물의 중량이 정격하중을 초과한다고 생각될 때는 운전을 하여서는 안 된다.
- ⓖ 훅(hook)이 하물 위에 위치하도록 하여 정지시킨다.
- ⓗ 점차로 와이어가 팽팽하게 위치하도록 하여 정지시킨다.

② 하물의 이동

- ㉠ 궤도상의 안전을 확인한 다음에 운전을 한다.
- ㉡ 3방향 동시조작의 운전을 하여서는 안 된다.
- ㉢ 급격한 운전 및 브레이크의 조작을 하여서는 안 된다.
- ㉣ 위험한 때에는 운전을 정지한다.
- ㉤ 이동할 때의 끌어올리는 높이는 원칙적으로 2 m 이상으로 한다.
- ㉥ 이동은 하물의 진동이 정지한 다음에 행한다.
- ㉦ 원칙적으로 통로상을 운행한다.
- ㉧ 원칙적으로 사람의 머리 위를 피한다.
- ㉨ 경보장치가 있을 때는 원칙적으로 운전 전에 경보장치를 울린다.

③ 끌어내림

- ㉠ 끌어내릴 때도 서서히 내린다.
- ㉡ 일단 정지를 확실히 행한다.
- ㉢ 끌어내리는 중에는 하물로부터 눈을 떼어서는 안 된다.
- ㉣ 하물 아래에 사람이 있을 때는 운전을 정지한다.

2) 지휘자 및 작업자는 다음 각 항을 준수하고 작업해야 한다.

① 신호와 확인

- ㉠ 신호는 결정된 방법으로 정확하게 행할 것
- ㉡ 신호는 지명된 자 1인이 행한다.
- ㉢ 신호는 주변의 안전과 하물 상태의 양부를 확인하여서 행한다.
- ㉣ 일단 정지의 신호는 반드시 행한다.
- ㉤ 혹과 하물의 중심을 확인하여 신호를 행한다.
- ㉥ 하물 아래에 사람이 있을 때는 대피시킨 다음에 신호를 행한다.
- ㉦ 하물을 완전히 필요한 위치에 내릴 때까지 눈을 떼어서는 안 된다.
- ㉧ 신호는 운전사 및 하물을 잘 볼 수 있는 안전한 위치에서 행한다.
- ㉨ 신호는 먼저 호르라기를 분 다음에 행한다.

② 하물 끄는 방법

- ㉠ 중량은 실측 또는 육안으로 될 수 있는 한 정확하게 측정한다.
- ㉡ 하물을 끄는 기구는 하물에 적합한 것을 선정한다(주 참조).
- ㉢ 일점(一點) 끌어올림은 원칙적으로 행해서는 안 된다(부득이하여 행할 때는 필요한 조치를 취하여야 한다).
- ㉣ 끌어올리는 기구와 하물을 손상하기 쉬운 곳에는 목편(木片) 등을 대야 한다.
- ㉤ 정격하중 이상을 올려서는 안 된다.
- ㉥ 2점(二點) 이상 끌어올림에서는 각 점에 평균적으로 하중이 걸려야 한다.
- ㉦ 끌어올리는 각도는 원칙적으로 60° 이내로 한다.
- ㉧ 부득이하여 하물 위에 다른 물건을 올릴 경우에는 낙하 방지의 조치를 하여야 한다.

- ① 적은 물체는 용기 상자 등을 사용하여야 한다.
- ① 여러 개의 물체를 동시에 끌어올릴 때는 일부가 떨어지지 않도록 하여야 한다.
- ③ 하물의 이동
 - ① 이동경로가 있는 곳에는 통행금지 조치를 하여야 한다.
 - ② 하물의 이동은 원칙적으로 2m 이상의 높이에서 한다.
 - ③ 원칙적으로 통로 상을 이동시킨다.
 - ④ 이동할 경우 도중의 장애물에 주의하고, 통로상의 사람을 대피시킨다.
 - ⑤ 긴 물체는 유도 로프를 붙인다.
- ④ 끌어내림
 - ① 하물이 불안정한 경우에는 넘어지지 않고 미끄러지지 않도록 조치를 취하여야 한다.
 - ② 하물의 안정을 확인한 다음에 갈고리를 빼낸다.
 - ③ 작업자 및 부근의 사람과 물체의 안전을 확인한다.
 - ④ 거치 장소를 미리 선정하여 둔다.
 - ⑤ 침목(枕木)은 하물에 적당한 것을 선정한다.

(주) 끌어올리는 기구의 안전계수는 하중(각도의 영향을 고려한 수치)에 대하여 다음 값을 사용하여야 한다.

와이어로프	6 이상
체인	5 이상
훅, 새클(shackle)	5 이상

(5) 작업 종료시의 확인사항

운전원은 크레인을 사용하는 작업을 종료하였을 때는 다음 사항을 준수하여야 한다.

- ① 크레인을 소정의 위치에 둔다.
- ② 제이기, 접촉기, 집전(集電)장치, 전자브레이크 및 작업 중 이상이 있다고 생각한 곳은 반드시 점검하고 수리한다.
- ③ 주유를 한다(일반적으로 작업개시시보다도 종료시에 주유하는 것이 기름이 제대로 먹힌다).
- ④ 각 부를 청소한다.
- ⑤ 스위치를 끄고, 자물쇠 장치가 있는 부분은 자물쇠로 잠근다.
- ⑥ 고정장치가 있는 것은 고정한다.
- ⑦ 소정의 운전일지 및 발송대장에 기입한다.

7.7.2 크레인의 점검

크레인의 사용 전후에는 크레인 운전원이 행하는 일상 점검 이외에도, 다음 각 항에 관하여 정기 점검을 하지 않으면 안 된다. 또한, 점검시에 발견된 이상 및 고장은 되도록 빨리 수리하여야 한다 (주 참조).

(1) 월간 점검

1개월을 넘지 않은 일정 주기마다 다음 사항에 관하여 점검을 하여야 한다. 단, 1개월 이상을 사용하지 않은 크레인에 관하여는 반드시 그렇게 하지 않아도 된다. 또 1개월 이상 사용하지 않은 크레인을 재사용할 경우도 같은 점검을 행하여야 한다. 또 크레인을 사용하는 작업 예정이 결정되었을 때는 미리 시운전하는 것이 바람직하다.

- ① 소용돌이 방지장치 등의 안전장치, 과부하 경보장치 등의 경보장치, 브레이크 및 클러치의 이상 유무
- ② 와이어로프 및 체인의 손상 유무
- ③ 혹 등의 기구 손상 유무
- ④ 배선, 집전장치, 배전반 개폐기 및 제어기의 이상 유무

(2) 연간 점검

1년을 넘지 않은 일정 주기마다 다음 각 부분의 이상 유무에 관하여 점검 및 정하중시험을 행하여야 한다(주 참조).

- ① 구조 부분
- ② 기계 부분
- ③ 전기 부분
- ④ 와이어로프 또는 체인
- ⑤ 끌어올리는 기구 및 기초

(주 1) 마찰부분의 마모한도는 크레인의 제적소가 지정하는 값으로 한다.

(주 2) 정하중시험은 정격하중에 상당하는 중량의 하물을 적재하고 끌어올려서 주행 트롤리(trrolley)의 횡행(橫行) 등의 작동시 정격속도에 의하여 행한다.

(3) 성능시험

동력에 의하여 하물을 끌어올리는 것으로써 하중이 3톤 이상의 크레인의 경우 크레인 검사증(檢査證)의 유효기간(보통은 2년)을 경과하였을 때는 소관관청 또는 성능검사 대행자가 행하는 성능검사를 받고, 여기에 합격한 것이 아니면 사용하여서는 안 된다.

(4) 하물을 끄는 용구

일반적으로 하물을 끄는 용구는 크레인으로부터 끌려내서 별도로 보관시키는 일이 많으며, 취급에 신중하지 않은 경우가 많다. 크레인 관련 사고에서는 용구의 준비 부족에 의한 일이 많으므로, 이에 대해 특히 관심을 갖지 않으면 안 된다.

1) 하물 전용의 끌어올림 철물을 사용할 경우를 제외하고 끌어올리는 철물은 와이어로프 또는 체인을 사용할 것(원칙적으로 섬유로프 및 섬유벨트는 사용하지 않는다)

2) 이음매 없는 와이어로프, 체인에 관하여는 양단에 환상부분 혹, 새클 또는 링을 구비한 것을 사용할 것.

3) 다음 각 항과 같은 부적당한 와이어로프를 사용하지 말 것

- ① 와이어로프 소선(素線, 필러선을 제외) 수의 6% 이상이 단선되고 있는 것
- ② 직경의 감소가 공칭경의 7%를 넘는 것(주 1 참조)
- ③ 결절(結節)한 것(주 2 참조)
- ④ 현저하게 형태가 이상하거나 심하게 부식된 것(주 3, 주 4 참조)
- ⑤ 기름이 말라버린 것

(주 1) 직경의 감소는 무부하 상태에서 직경을 3방향으로부터 측정한 평균값과 공칭경과를 비교하여 산출한다.

(주 2) 와이어로프가 꼬여서 결절되거나 또는 이에 가까운 상태를 말한다.

(주 3) 현저하게 형태가 이상해진 것이란 스트랜드(strand, 가는 철사)가 깊이 들어가거나 중심선이 빠져 나온 것, 1본(本) 이상의 스트랜드가 느슨해진 것 등을 말한다.

(주 4) 현저한 부식이란 소선의 표면에 발생하고 있는 것, 와이어로프의 내면까지 부식이 되고 있는 것 등을 말한다.

4) 다음 각 항과 같은 부적당한 체인을 사용하지 말 것

- ① 길이가 제조시 길이의 5% 이상 길어진 것
- ② 링 단면의 직경 감소가 제조시의 10%를 초과하는 것
- ③ 균열이 있는 것

(주 1) 가장 길어진 부분의 5링의 길이와 제조시의 임의의 5링의 길이와를 비교하여 산출한다.

(주 2) 직경의 감소는 가장 마모된 부분이 횡단면에 관하여 그 직경이 최소가 되는 방향으로 측정한 것과 제조시의 값을 비교하여 산출한다.

(주 3) 균열이란 육안으로 발견할 수 있는 정도로 진행된 상태를 말한다.

7.8 전기설비 일반

7.8.1 개요

전기설비는 일부분의 사고나 고장이 그 부분에 한정되는 것이 아니고 다른 계통에도 파급될 수 있어 말단 계통이라도 가볍게 볼 수 없으며, 전기사업법과 그 관련규정을 준수해야 하고 한국전력공사의 전기공급약관 및 한국전기안전공사의 전기안전관리업무지침에 대한 수검사항 등을 숙지하고 관리하여야 한다.

7.8.2 법정관리

(1) 안전관리자 선임

전압이 600V를 초과하거나 수용용량이 75kW 이상의 수용가는 자가용 전기설비로 전력을 수용하도록 규정되어 있으며 상수도 전기설비는 대다수가 이에 해당되며, 전기설비 운영 중 공사·유지 및 운용에 관한 안전을 확보하기 위하여 전기안전관리자를 선임하여 전기설비의 안전관리업무를 수행토록 해야 한다(전기사업법 제2조, 73조, 동법 시행규칙 40조).

(2) 전기설비의 검사

자가용 전기설비를 시설할 경우 발주자는 전력시설물 감리업무의 등록을 한 자에게 감리를 발주해야 하며, 감리원 배치 확인서를 첨부하여 공사계획신고서와 함께 한국전기안전공사에 신고해야 한다. 또한 시설 완공 후 사용 전 검사를 득한 후에 전력을 수전하여 사용할 수가 있으며, 사용 중에도 정기적으로 안전검사를 받아야 한다. 상수도시설의 고압이상의 수전설비, 75kW 이상의 비상용 예비발전설비는 3년마다 수검해야 된다(전기사업법 34조, 제65조, 제37조).

7.8.3 전력요금관리

(1) 계약전력 및 요금적용전력의 결정

1) 계약전력 선정

계약전력의 선정은 「사용설비에 의한 방법」과 「변압기설비에 의한 방법」으로 구분되며, 두 가지 중 작은 것으로 선정한다. 다만, 사용설비 또는 변압기설비의 변경 없이 최대수요전력이 계약전력을 초과하였을 경우에는 최대수요전력을 계약전력으로 할 수 있다(전기공급약관 제19조).

<사용설비에 의한 계약전력>

한전과 계약체결시 산출은 설비용량의 75kW까지는 100%를 적용하며 이를 초과할 경우는 75kW를 단위로 하여 처음에는 85%, 다음에는 75%, 65%를 적용하고 300kW를 초과한 시설은 60%를 적용하여 계산한 합계를 계약 용량으로 한다(전기공급약관 제20조).

<변압기설비에 의한 계약전력>

변압기설비에 의한 계약전력은 한전으로부터 전기를 공급받는 1차변압기 표시용량의 합계(1kVA를 1kW로 봄)로 한다(전기공급약관 제20조).

2) 요금적용전력 결정

상수도용 전력은 산업용으로 적용받고, 전력사용 요금계산은 검침당월을 포함한 직전 12개월 중 (최대수요전력계 설치기간이 12개월 미만인 경우는 그 기간 중) 7월, 8월, 9월 및 검침당월중의 최대수요 전력을 요금적용 전력으로 산정하므로 연중 최대수요전력을 효율적으로 관리하여야 한다. 또한 7월, 8월, 9월 및 검침당월의 기간 계산은 전기공급약관 제70조(요금의 계산기간) 제1항 검침기

간을 기준으로 하며, 다만 최대수요전력이 계약 전력의 30%에 미달되는 경우에는 계약전력의 30%에 해당하는 전력을 요금적용전력으로 한다(전기공급약관 제68조).

또한 산업용 갑(광업 및 제조업은 4~300kW, 기타사업은 4kW 이상 고객 요청시 적용)은 선택요금을, 산업용 을(광업 및 제조업은 300kW~1,000kW, 기타사업은 300kW 이상 고객 요청시 적용)과, 산업용 병(광업 및 제조업은 1,000kW 이상, 기타사업은 1,000kW 이상으로 고객이 요청하는 경우 적용)은 심야시간대 요금적용 규정이 있으므로 시간대 구분 계량기를 설치하면 전력요금 절약에 대한 혜택을 받을 수 있다(전기공급약관 제59조).

(2) 역률 관리

역률 유지는 에너지절약과 전력요금에 관련되는 사항으로 역률이 90%에 미달할 경우는 매 1%에 대하여 기본요금의 1%씩 추가 부담하고, 90%를 초과하는 경우에는 95%까지 매 1%에 대하여 기본요금에서 1%씩 감액 혜택이 있으므로 역률개선설비 등을 운영하여 적정 역률을 유지할 수 있도록 관리해야 한다(전기공급약관 제43조).

7.8.4 전력사용량 관리

(1) 변압기 이용률 및 전력사용량 관리

전력수요는 계절별, 시간대별로 차이가 발생하며, 동력부하를 주로 사용하는 시설은 설비 가동시와 정지시의 전력사용량 차이가 크게 발생한다. 또한 수도시설의 경우 용수수요량이 연차별로 증가할 경우 반드시 전력사용량 변화추이를 자료화하여 관리해야 하며, 전력사용량 증가시 변압기 용량의 적정성, 계약전력의 적정성 등을 종합적으로 검토하여 운영해야 한다.

7.9 수변전설비

7.9.1 개요

한전 전선로와 고객 전기설비와의 수전점에서 변압기 1차측까지의 기기 구성을 수전설비라 하고 변압기에서 배전반까지를 변전설비라 하고 전력부하설비에 대해 충분한 공급능력이 있어야 하며 신뢰성과 안전성이 확보되어야 한다.

7.9.2 인입설비

(1) 인입개폐기

인입지점에서 수용가 변전소까지 거리가 멀거나 특별히 필요할 경우 수용가입구에 인터럽터 스위

치 및 가스개폐기 등을 설치하며 용량이 작은 것은 선로 개폐기나 컷아웃 스위치가 사용되고 있다. 인입구에 파워퓨즈나 컷아웃 스위치만을 시설할 경우 1개 퓨즈의 단선으로 인한 결상사고가 발생할 수 있으므로 결상계전기 등의 설비보완이 필요하다.

또한, 수용가 구내 사고발생시 배전계통에 연결된 타수용가의 피해를 방지하기 위해 공급변전소의 차단기와 배전선로에 설치된 리클로저(recloser)와 협조하여 고장구간만을 신속, 정확하게 차단 혹은 개방할 수 있도록 300kVA 초과 1,000kVA 이하의 약식수전설비는 인입개폐기로 자동구분개폐기(ASS)를 사용해야 한다.

(2) 인입선로

일반 배전선로는 특별고압인 22.9kV-Y 배전이 주가 되며, 인입선은 가공으로 시설하기도 하지만 주위 여건상 가공 인입이 어렵거나 미관이나 인접 수용가에 지장을 피하기 위해 FR-CN/CO-W 또는 FR CN/CV-W케이블을 이용하여 지하매설로 인입하는 경우가 많다.

또한 인입선의 보수가 어려운 장소에서는 고장시를 대비해서 2개의 선로로 구성하여 1회선을 예비로 사용하는 것이 운영 및 유지관리에 바람직하다.

(3) 인입설비의 유지관리

인입설비의 사고방지와 수명연장을 위하여 정기적인 점검이 바람직하며, 점검항목으로는 육안검사(부식, 애자, 단자, 외함 등), 동작검사(자동구분 개폐기 등의 수동동작), 보호계전기와 연동검사, 동작횟수, 배터리 상태 등의 점검을 실시하여야 한다.

7.9.3 개폐기

(1) 일반사항

전기회로를 차단, 투입 또는 절체 시키는데 사용되는 기구 또는 스위치로써 종류로는 자동고장구분개폐기(ASS), 자동부하절체개폐기(ALTS), 고압컷아웃스위치(COS), 단로기(DS), 부하개폐기(LBS) 등이 있으며, 주로 수전설비의 인입구측에 설치하여 사용하고 있다.

(2) 개폐기의 종류 및 특징

1) 자동고장구분개폐기(ASS)

우리나라 배전전압은 22.9kV-Y 다중접지방식으로써 지락사고시 지락전류가 너무 커서 단락사고시와 같이 한국전력공사 배전선로에 설치된 리클로저나 차단기가 동작하여 1개 수용가의 사고가 많은 수용가에 피해를 유발시킨다. 따라서 건전 수용가의 피해를 최소화하기 위한 방안으로 300kVA 이상 1,000kVA 이하 특별고압 간이수전설비에 대해 자동고장 구분개폐기를 설치하도록 의무화하고 있다.

<표 7.9.1> 자동구분개폐기 정격

공칭전압(kV)	정격전압(kV)	정격전류(A)	정격차단전류(A)	정격차단용량(MVA)
22.9	25.8	200	900	40

<표 7.9.2> 자동구분개폐기 조작방법

구 분		조작방법
수동형	투입	수동 투입고리를 십 수회 당긴다.
	개방	수동 개방고리를 1회 당긴다.
자동형	투입	제어함 스위치를 누르면 5초 이내에 투입된다.
	개방	제어함 스위치를 누르면 즉시 개방된다.

2) 자동부하절체개폐기(ALTS)

자동부하절체개폐기는 22.9kV-Y 접지시스템에 사용되는 개폐기로 중요시설(국가공공기관, 병원, 인텔리전트빌딩, 군사시설, 수처리시설 등)의 정전시에 큰 피해가 예상되는 수용가에 이중전원을 확보하여 주전원 정전시나 기준전압 이하로 떨어질 경우 예비라인으로 순간 자동 전환되어 무정전 전원공급을 수행하는 3회로 2스위치의 개폐기이다.

또한, 예비전원으로 전환된 후 주전원이 정상적으로 복구되면 원상태인 상시전원으로 복구되며, 조작 회로 전원(DC24V)용의 배터리는 주기적으로 점검하여 자동절체 조작에 이상이 없도록 하여야 한다.

3) 고압컷아웃스위치(COS)

고압컷아웃스위치는 변압기의 과전류에 의한 보호와 선로의 개폐를 위해 설치하며, 퓨즈 용단시 링크만 교환하여 다시 사용할 수 있다.

COS의 동작원리는 퓨즈링크에 용단되면서 발생하는 아크열에 의해 퓨즈홀더 내벽의 물질이 분해되어 절연성 가스가 발생되며, 이 가스는 아크의 지속을 억제시키고 열에 의해 팽창되어 외부로 방출되면서 아크를 소멸하는 것으로 선로용 퓨즈의 연속정격전류는 정격전류의 1.5배이며, 최소동작전류는 정격전류의 2배이다.

또한, 퓨즈용량은 변압기 1차측 정격전류의 1.5~2배로 선정하여 사용한다.

4) 단로기(DS)

단로기 종류는 극수에 따라 단극과 3극이 있으며 전환에 따라 전환 유무로 구별되며, 조작방식은 폭발에 의한 조작, 원격조작 등이 있다. 수동조작은 거의 삼극 삼투로서 조작방식은 폭발 조작이며, 원격조작은 삼극 단투 조작이 채용되고 있다.

단로기는 사용 중인 회로의 부하상태에서 개방하면 발생하는 아크로 인하여 조작자가 화상 등 부상을 당하거나 기타 구조물에도 화재 등 상당한 피해가 발생할 수 있다. 단로기는 부하 차단이 불가능하므로 차단기 1차측에 설치하여 회로 보수시에 선로를 개방함으로써 안전사고 방지에 필요한 기기이므로 운영 중에 급하다고 실수하는 예가 없도록 항상 사용에 주의해야 한다. 또한 사용 중에 칼날과 칼받이의 접촉불량으로 고장발생이 잦으므로 특별히 점검해야 한다.

<표 7.9.3> 개폐기 기능 비교

구 분	단로기	부하 개폐기	퓨즈달린 부하 개폐기	차단기
부하전류 통전	○	○	○	○
회로분리(무부하)	○	○	○	○
부하전류 개폐	×	○	○	○
단락 전류의 투입	×	○	○	○
단락 전류의 차단	×	×	○	○

※ ○:가능, ×:불가능

5) 부하개폐기(LBS)

부하개폐기는 수전선로의 인입구 개폐기로 주로 사용되며 부하전류를 개폐할 수 있으나 고장전류를 차단할 수 없어 한류퓨즈와 직렬로 사용한다. 또한, 퓨즈장착형의 경우 스트라이커핀 트립방식을 사용하므로 퓨즈가 용단될 때 동작표시장치가 튀겨 나오는 에너지에 의해 개폐기 래치를 트립시키므로 3상을 동시에 개로하여 결상을 방지한다.

6) 인터럽트 스위치(interrupter switch)

인터럽트 스위치는 22.9kV-Y 선로의 책임분계점 개폐기로 수전용량 300kVA 이하의 인입개폐기로 ASS 대신 주로 사용된다.

<표 7.9.4> 소호 매질에 의한 비교

구 분	기중개폐기 (개방·폐쇄형)	유입개폐기 (폐쇄형)	진공개폐기 (폐쇄형)	가스개폐기 (폐쇄형)
절연 매질	대기(공기)	절연유	진공	SF ₆ 가스
소호방법	소호실의 공기 스프레이 효과	기름의 절연성 냉각 작용	진공중의 높은 절연회복 특성, 진공 중 아크 확산효과	가스의 높은 절연, 높은 소호 특성에 의함
단로부 확인 가부	확인 가능한 것 불가능 한 것	불가능함	불가능함	불가능함
차단 능력	작다.	작다.	크다.	크다.
차단시의 과전압	낮다.	낮다.	높다.	낮다.
고속 개폐	불가	불가	가능	가능
보수, 점검	접속부나 소호실이 보이게 되며 간단함	복잡, 기름의 내압, 산가의 변화를 외부에서 볼 수가 없다	불필요(불가능) 진공도 감시가 불가능, 진공도 측정이 곤란	불필요(불가능) 가스 누설의 감시, 보충이 곤란
접점부품의 교환	교환이 용이	기름을 교환하면 가능	고가이며 어렵다.	용기마다 교환, 고가이며 어렵다.
가격	저가	보통	고가	이주 고가

7) 전력퓨즈

① 특징

전력 회로에 사용하여 전선로나 기기의 과부하, 단락시에 보호용으로 사용되며 차단방식에 따라 한류퓨즈와 비한류퓨즈로 구분되며, 한류퓨즈는 아크 전압을 높임으로써 단락전류를 억제하여 차단하는 방식으로 밀폐한 절연통의 양단을 막은 퓨즈 통속에 엘리먼트를 접속하고 규사 등의 소호제를 충전한 것이다. 비한류퓨즈는 한류 이외의 퓨즈를 총칭한다.

㉠ 특징과 이점

- 가격이 저가이며 릴레이나 변성기가 필요 없다.
- 소형 경량으로 설치가 용이하고 유지관리가 간단하다.
- 밀폐형은 단락시 소리가 없고 가스 방출도 없다.

㉡ 단점과 주의사항

- 재투입이 불가능하며 보호특성이 일정하여 조정이 안 된다.
- 열화 혹은 과도전류에 의해서 잘못된 차단 등 특성의 변화가 있다.
- 일정 전류 이하에서 엘리먼트가 녹으면 차단 불능이 되는 예가 있다.
- 3상중 1상 단락으로 단상 운전의 우려도 있다.

② 점검·정비

㉠ 설치 조작

- 퓨즈는 일정한 상간거리를 두지 않으면 플래시 오버를 일으킬 위험이 있으므로 관련규정 및 제작회사에서 제시하는 이격거리를 유지해야 한다.
- 단로기형 퓨즈는 힌지측을 부하측에 접속시키는 것이 표준이며 혹조작이 편리하도록 설치해야 한다.
- 비한류성 퓨즈가 용단되면서 발생하는 가스에 피해가 없도록 부착해야 한다.
- 단상변압기로 Δ 결선의 경우 고압 컷아웃 스위치를 4개 사용하면 퓨즈 1개가 끊어져 모르는 사이에 V결선이 되는 일이 있으므로 이와 같이 설치하지 않는 것이 좋다.
- 단로기형 퓨즈를 조작할 경우 부하상태에서는 개폐가 불가능하므로 무부하에서 개폐해야 한다.
- 개폐시 필요 이상의 힘을 가하면 충격으로 파손될 우려가 있다.
- 퓨즈 설치나 차단 후에는 바르게 설치되어 있는가를 철저히 확인해야 한다.

㉡ 점검·정비

- 퓨즈는 사용상태에 따라 오손과 열화정도가 동일하지 않아 점검정비의 빈도를 일률적으로 정할 수는 없으나 연 1회 정도는 점검을 실시해야 한다.
- 필요시에 신속히 대처하기 위해서 예비품을 확보해야 한다.
- 점검시 지지애자에 금이 간 것은 없는가, 먼지 등 이물질 부착은 없는지 확인하고 청소를 실시해야 한다.
- 퓨즈 링크 부분의 오손이 없는지, 열화되어 있지 않은지 조사하고 이상이 발견되면 교환

해야 한다.

－ 접촉부 조임의 이완여부, 과열 등을 점검한다.

<표 7.95> 퓨즈류 점검내용

구 분	대 상	집 검 항 목	점검주기	비 고
일상 점검	전력용 퓨즈	에자류의 균열 및 파손	7일	교체
		퓨즈와 링크 접촉부의 과열상태	7일	이상시 교체
		발열 여부, 접속 상태	6개월	교정 및 교체
		퓨즈 링크 접속 이완 여부	6개월	교정 및 교체

(3) 개폐기의 유지관리

일상 사용상태에서 육안이나 청각 등 외관적으로 이상 유무를 감시하기 위해 설비전반을 순찰하는데 이상이 발견될 시는 내용에 따라 즉시 관계 부서와 협의하고 특별점검을 하거나 조치를 취해야 한다.

점검항목으로는 기기류의 파손, 오손, 변색, 명판 탈락유무, 지지애자의 상태와 안전 클러치, 잠금 장치, 외부인의 출입으로 인한 위험요소 발생 여부 및 옥외 전주에 설치된 지지 애자류의 이상유무와 조류로 인한 문제는 없는가, 지선의 노후 등 전기적인 것뿐만 아니라 부수적인 주위환경과 영향을 미치는 수목 등 전반적인 부분을 점검한다.

<표 7.96> 개폐기, 접속기의 순찰 점검내용

구분	대 상	집 검 항 목	점검주기	비 고
일상 점검	특고압 및 고압개폐기	외관상 불결, 녹발생 여부	7일	청소한다.
		에자류의 균열 파손	7일	교환, 수리한다.
		칼날부의 접촉불량 및 과열	7일	연마, 조정한다.
	저압개폐기	외관상 불결, 변형 등의 이상 유무	7일	청소, 수선, 교환한다.
		칼날 접속부와 칼받이부의 변색	7일	연마, 조정한다.
		퓨즈류의 정상 유무	7일	적정품으로 교환한다.
		외관상 변형, 균열 또는 이상소음 발생 유무	7일	청소, 수선, 교환한다.
정밀 점검	특고압 및 고압개폐기	아크에 의한 접촉부의 표면 손상여부 확인	1년	연마, 조정한다.
		스프링 강도의 열화, 녹발생, 흠집발생여부	1년	교환, 수리한다.
		도체 접속부의 느슨함 여부	1년	조인다.
		에자류의 균열, 파손 여부	1년	교환, 수리한다.
		조작 핸들장치 정상 여부	1년	조정 및 교체한다.

구분	대 상	점 검 항 목	점검주기	비 고
정 밀 점 검	특고압 및 고압개폐기	개폐기의 동작 시험	1년	교체한다.
		절연저항 측정	1년	교체한다.
	저압개폐기	퓨즈의 정상여부	1년	교환한다.
		절연저항 측정	1년	교체한다.
	접속기	철심에 부식발생 여부	1년	연마, 조정한다.
		스프링 강도의 열화, 흠집 유무	수시	교환, 수리한다.
		릴레이 보조점점의 정상여부	1년	연마, 조정한다.
		절연저항 측정	1년	교체한다.

<표 7.9.7> 전기설비의 순차 점검표

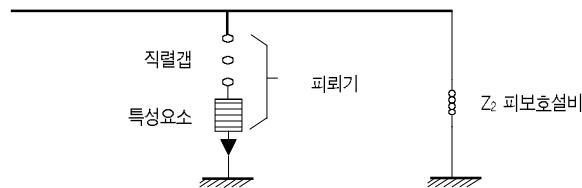
점검 개소	점검 항목	점검방법	판정 기준
지지 애자 부식 절연물	파손, 상처, 오손, 습기, 적설 코 로나 발생	육안 점검 청각	파손, 상처, 오손, 결로가 없을 것 코로나 방전이 없을 것
통전 접속부 플레이트부 단자부	접촉 상태 조임 상태	육안 점검 취각	변색, 과열이 없을 것 냄새가 없을 것 정규 위치에 투입될 것
조작 장치	연결기구 맞물림 장치	육안 점검	핀의 탈락 유무, 부식, 오손이 없을 것 레버의 변형, 파손이 없을 것
개폐 표시장치	표시명판 표시등	육안 점검	명판, 지침이 탈락되어 있지 않을 것 개폐상태가 정확히 표시되어 있을 것
소호실(부하개폐기)	파손, 상처, 오손, 유량, 가스량	육안 점검	파손, 상처, 오손, 손실이 없을 것
접지선 접속부분	조임 상태	육안 점검	이완, 부식, 단선이 없을 것
기 타	철재부품, 볼트, 너트, 핀류	육안 점검	부식, 도료의 벗겨짐이 없을 것 이완, 파손, 탈락이 없을 것
안전 클러치	클러치 상태	육안 점검	완전히 걸려 있을 것
조작장치	연결기구, 맞물림장치	육안 점검	핀의 탈락 유무, 부식, 오손이 없을 것 레버의 변형, 파손이 없을 것
개폐 표시장치	표시명판, 표시등	육안 점검	명판, 지침이 탈락되어 있지 않을 것 개폐상태가 정확히 표시되어 있을 것
소호실(부하개폐기)	파손, 상처, 오손, 유량, 가스량	육안 점검	파손, 상처, 오손, 손실이 없을 것
접지선 접속부분	조임 상태	육안 점검	이완, 부식, 단선이 없을 것
기 타	철재부품, 볼트, 너트, 핀류	육안 점검	부식, 도료의 벗겨짐이 없을 것 이완, 파손, 탈락이 없을 것

7.9.4 피뢰기

(1) 일반사항

피뢰기는 낙뢰 또는 개폐 서지(surge) 등의 이상전압을 일정값 이하로 저감시켜 전기기기의 절연 파괴를 방지하는 한편 이상전압의 대지 방전 후 상용주파전압에 흐르는 속류를 신속히 차단하고 계통을 정상적인 상태로 유지시키는 기능을 가진 장치이다.

1) 피뢰기의 구조 및 특징



<그림 7.9.1> 피뢰기 구조도

이상전압 내습으로 피뢰기의 단자전압이 어느 일정값 이상으로 상승하면 즉시 방전을 해서 전압상승을 억제함으로써 기기를 보호하며, 이상전압 후 단자전압이 일정값 이하가 되면 즉시 방전을 정지해서 원래의 송전상태로 되돌아가게 한다. 피뢰기는 직렬 갭으로 통상의 전압, 즉 상용주파수의 상용전압에 대해서는 대지간에 절연을 유지하고 있지만 이상전압이 내습하면 갭이 방전을 개시해서 특성요소를 통하여 도전로를 형성함으로써 전압의 상승을 방지하도록 하고 있다.

① 충격 내 전압(impulse withstand voltage)

규정조건하에서 행한 시험에서 기기가 견디어야 할 표준파형의 충격전압파고값을 말한다. 즉 BIL이라고도 하며 절연레벨의 기준이 된다.

이 시험은 표준충격전압파형($1.2 \times 50 \mu\text{sec}$): $1.2 \rightarrow$ 파두시간, $50 \rightarrow$ 반파고 시간의 전압을 대지간에 양음 각 3회 인가해서 실시한다.

② 충격방전 개시전압(impulse spark over voltage)

피뢰기의 양단자 사이에 충격전압이 인가되어 피뢰기가 방전하는 경우 그 초기에 방전 전류가 충분히 형성되어 단자간 전압강하가 시작하기 이전에 도달하는 단자전압의 최고전압

③ 제한전압

충격전류가 방전으로 저하되어서 피뢰기의 단자간에 남게 되는 충격전압, 즉 뇌 서지(surge)의 전류가 피뢰기를 통과할 때 피뢰기의 양단자간의 전압강하로서 단자전압의 파고값으로 표시한다.

④ 속류(follow current)

피뢰기의 속류란 방전현상이 실질적으로 끝난 후 계속하여 전력계통에서 공급되어 피뢰기에 흐르는 전류

⑤ 방전내량

피뢰기가 방전했을 때 피뢰기를 통해서 흐르는 전류가 너무 대전류이면, 그것만으로도 피뢰기

는 파괴되며, 파괴까지는 안 된다 해도 일정한도를 넘는 전류가 반복 흐르면 열화 손상을 초래하게 된다. 이 한도를 방전내량이라 한다.

⑥ 정격전압(rated voltage)

피뢰기의 정격전압이란 그 전압을 선로단자와 접지단자에 인가한 상태에서 소정의 단위 동작책무를 소정의 횟수로 반복수행할 수 있는 정격주파수의 상용주파전압 최고한도를 규정한 값(실효값)을 말한다. 즉, 속류를 끊을 수 있는 최고의 교류전압을 피뢰기의 정격전압이라고 하며 보통 실효값으로 나타내고 있다.

⑦ 상용주파방전 개시전압(power-frequency spark over voltage)

피뢰기의 상용주파방전 개시전압이란 선로단자와 접지단자 간에 전압 인가시 파괴값 부근에 있어서 직렬갭에서 불꽃방전을 발생하는 등 실질적으로 피뢰기에 전류가 흐르기 시작한 최저의 상용주파전압을 말하며 실효값으로 표시한다(피뢰기 정격전압의 1.5배).

2) 피뢰기의 종류

① 갭형 피뢰기

(a) 직렬갭(series gap)

피뢰기의 직렬갭이란 특성요소와 직렬로 연결되는 하나 또는 수개의 저항을 직렬로 겹쳐 조합한 불꽃갭을 말하며, 평상시 피뢰기 회로를 열고(open) 과전압이 인가될 때 불꽃방전에 의해 그 회로를 닫으며(close) 그 후 특성요소로 제한하여 속류 차단작용을 하는 피뢰기의 구성부분이다.

(b) 특성요소

탄화규소를 주성분으로 하고 결합재와 수분을 균등하게 혼합하여 프레스로 압축 성형시킨 것을 보통 1,200~1,300℃ 정도에서 10시간 내지 40시간 동안 소성하여 제작한 일종의 저항이며, 비직선형 전압, 전류특성에 따라 방전할 때는 대전류를 통과시키고 단자간 전압을 제한하여 방전 후에는 속류를 실질적으로 정지 또는 직렬갭으로 차단할 수 있는 정도로 제한하는 부분이다.

(c) 병렬저항: 속류 크기의 제한을 돕고 아크를 소호하는 역할을 하며 저항을 적게 함으로서 누설 전류를 적게 하는 역할도 한다. 병렬저항을 적게 하면 이 저항으로 흐르는 전류가 증가해서 애관표면으로 흐르는 누설전류의 영향을 적게 하여 갭간의 전압분담을 균일하게 유지한다.

(d) 병렬콘덴서

애관과 내부와의 절보기상의 정전용량의 영향을 받을 수 없게 되며 전압분담을 균일하게 유지하는데 목적이 있다. 또 직렬갭을 둘러싸도록 콘덴서를 설치하면 직렬갭의 분포대지 정전용량의 용량을 보정하고 오손으로 인한 직렬갭의 전압분담의 흐트러짐을 방지한다.

② 갭레스형 피뢰기

산화아연(ZnO) 소자를 소정수 겹쳐서 절연봉으로 고정시키고 내부 유닛을 스프링으로 견고히 눌러 애관 또는 탱크 내에 밀봉시켜 수납하고 있으며, 방전특성이 속류가 거의 발생하지 않으므로 직렬갭이 필요 없다.

- ㉑ 밀봉구조: 일반적으로 자기애관에 플리지를 시멘트로 붙이고 밀봉고무(개스킷)를 통하여 금속뚜껑을 볼트로 고정하는 방식이 많이 사용된다. 또 2,500A 피뢰기는 애관에 밀봉 고무를 통하여 금속뚜껑을 직접 압착시키는 방식등 각각의 피뢰기에 적합한 방식이 채용되고 있다. 한편 밀봉구조 함으로서 내부봉입가스, 예를 들면 질소가스, SF₆ 가스를 봉입하여 안정된 특성을 장기간 보유하고 있다.
- ㉒ 방압장치: 피뢰기는 밀봉구조로 되어 있기 때문에 내부의 요소가 파괴되어 단락아크가 생기면 피뢰기 내부의 압력이 급격히 상승하고 애관이 폭발하여 광범위하게 비산할 위험성이 있다. 이 때문에 피뢰기 규격에서는 공칭방전전류가 10,000A 이상인 피뢰기에 대해서만 방압 시험을 부과하고 있다.

3) 피뢰기의 접지

피뢰기는 뇌, 기타 서지(surge)가 침입한 경우 방전해서 서지전류를 접지선을 통해서 대지로 흘려 이상전압의 상승을 제한하여 계통에 연결되어 있는 기기를 보호하는 역할을 하는 것으로 피뢰기의 접지는 단독 또는 연결지로 하며 제1종 접지공사(10Ω 이하)로 해야 한다. 접지저항도 매설점에 있어서 도선의 접촉풀림, 부식, 전식에 의한 손상, 매설체 부근의 토양의 변화, 특히 접지저항 저감제를 이용해서 접지저항을 내리고 있을 때 저감제의 유출, 변질등도 있기 때문에 적어도 연 1회는 저항값을 측정해서 관리해야 한다.

① 접지선 선정

수배전설비에 설치되는 전력기기 보호용 피뢰기 2차측 접지선의 굵기 산정은 다음과 같은 기준으로 한다.

$$S = \frac{\sqrt{t}}{282} \cdot I_s$$

여기서, S : 접지선 굵기[mm²]

I_s : 고장전류, 낙뢰전류[A]

t : 고장계속시간[sec](22kV급 선로에서 1.1로 적용)

<표 7.98> 피뢰기 정격전압 및 도체의 굵기

피뢰기 정격전압[kV]	도체의 굵기[mm ²]	피뢰기 정격전압[kV]	도체의 굵기[mm ²]
144	100~150	24 및 21	22~38
75	38~60	18	14~22

4) 피뢰기의 선정

기기의 절연에 관련해서 피뢰기를 선정하고 설치하는 일반적 순서는 다음과 같다.

- ① 피뢰기 설치장소에서의 최대 상용주파대지전압 결정
- ② 가장 심한 피뢰기 방전전류의 크기 및 파형 추정

- ③ 피보호 기기의 충격절연내력 결정
- ④ 피뢰기의 정격전압 및 공칭방전전류의 선정
- ⑤ 피뢰기의 보호 레벨 결정
- ⑥ 피보호 기기에 가능한 근접한 곳에 피뢰기를 설치
- ⑦ 이격거리 및 기타관계 요소를 고려하여 피뢰기로 제한된 피보호 기기에서의 전압 결정
 - ㉠ 정격전압의 결정

<표 7.9.9> 전력계통별 피뢰기 정격전압(kV)

전 력 계 통		피뢰기 정격전압(kV)	
전압(kV)	중성점접지방식	변 전 소	배 전 선 로
345	유효접지	288	18
154	"	138(144)	
66	PC 또는 비접지	75(72)	
22.9	3상 4선 다중접지	21	

※ 피뢰기 정격전압 산정식

$$E_r = \alpha \times \beta \times V_m$$

- α (접지계수)
3상 전력계통의 1선 지락시 피뢰기 설치점의 건전상의 대지전압이 도달할 수 있는 최고의 실효 값을 사고가 제거된 후의 선간전압의 비(%)로 표시한 것으로 100% 전후 적용한다.
- β (유도계수)
부하차단 등에 의한 발전기의 전압상승을 고려한 여유도로써 1.15 정도, 유효접지계통에서는 1.1 정도이다.
- V_m (최고허용전압)
절연설계상 고려해야 할 최고 상용주파 전압($V_m = \text{공칭전압} \times 1.2/1.1$)
- ㉠ 공칭방전전류의 결정

<표 7.9.10> 설치장소별 피뢰기 공칭방전전류

공칭방전전류	설치장소	적 용 조 건
10,000A	발전소	전 발전소
	변전소	1. 154kV 이상계통 2. 66kV 및 그 이하 계통에서 bank용량이 3,000kVA를 초과하거나 특히 중요한 곳 3. 단거리 송전선 케이블 및 정전축전기 bank를 개폐하는 곳 4. 배전선로 인출측(배전 “취다” 인출용 장거리 케이블은 제외)
5,000A	변전소	66kV 및 그 이하 계통에서 bank용량이 3,000kVA 이하인 곳
2,500A	선로	배전선로

㉔ 피뢰기의 최대 유효이격거리

피뢰기는 가능한 기기의 가까운 곳에 설치해야 하며, 거리가 멀수록 피보호기기의 단자에 가해지는 이상전압의 값은 피뢰기 방전중의 제한 전압에 비해서 크게 되므로 기기 보호효과가 감소한다.

<표 7.9.11> 피뢰기 제한전압과 피보호기기 단자전압 및 허용접속거리 관계식

공 식	기호	내 용
$E_X = E_A + 2 \times \frac{de}{dt} \times \frac{L}{V}$	E_X	피보호기기 단자전압
	E_A	피뢰기 제한전압
	de/dt	침입파의 파두 기준도[kV/ μ s] 보통 500 이하
	V	침입파의 전파속도 [300m/s] (가공선: 300, 케이블: 150)
	L	피보호 기기와 피뢰기간의 거리[m]

<표 7.9.12> 유효이격거리

선 로		변압기 BIL(kV)	피뢰기		유효이격거리
전압(kV)	예자수		정격전압(kV)	공칭방전전류(A)	
345	20	1,050	288	10,000	85
154	10	650	138(144)	10,000	65
66	4	350	75	10,000	45
22.9	2	150	21(24)	10,000	20

(2) 피뢰기의 점검보수

점검보수는 피뢰기 형식에 따라 다르며 그 특이점은 각 제작사들이 제공하므로 사용자는 그 사양에 따르며, 일반적인 공통사항 다음과 같다.

1) 피뢰기 점검

피뢰기의 애관표면이 오손되면 직렬갭의 전위분포가 변화되어 방전개시전압이 변동된다. 피뢰기의 열화 원인에는 애관용기에 습기침입, 상시가압전압에 의한 누설전류에 의한 것 또는 피뢰기 작동에 의해 과대한 방전전류가 흐르는 경우 등이 있으므로 외견상 이상이 없어도 뇌우철 전후 및 피뢰기 동작 직후에는 점검하는 것이 바람직하다.

2) 피뢰기 외관 이상시 조치사항

① 자기에관에 균열이 있는 경우

자기 표면에 균열이 있거나 부식 또는 변색된 경우에는 정전작업 후 피뢰기를 교체한다.

② 자기외관 표면이 오손된 경우

오손시 청소방법으로는 정전해서 수세하는 것이 좋고 활선수세는 피하는 것이 좋다. 특히 염분

<표 7.9.13> 피뢰기 점검사항

종류	주 기	점 검 항 목	비 고
보통점검	1년 1회	1. 누설전류 측정 2. 애관의 균열, 오손여부 점검 및 청소 3. 접속부 볼트조임 4. 가대 및 기초 볼트 조임 5. 부속장치 동작상태 점검 및 청소 6. 절연저항 측정 7. 보호철책 및 자물쇠 점검 8. 절연열화(doble)측정	○ 점검항목 1은 산화아연형에서만 실시 ○ 점검항목 2~6은 정지시에 실시한다.
초기점검	운전개시 후 1년 이내	보통점검에 준한다.	

및 진해등의 장소에 설치된 피뢰기는 정기적으로 청소하며, 염해 지역에서는 자기에관에 실리콘을 바르거나 세정을 한다. 활선세정을 하는 경우 고전압의 피뢰기는 다단검이 되어 있어 세정함으로서 더욱 전압분포를 나쁘게 하고 방전개시전압의 저하에 따른 피뢰기의 방전 또는 외부 플래시오버 사고등을 일으킬 위험이 있어서 주의하여야 한다.

3) 피뢰기의 열화검출

비교적 간단히 실측할 수 있으나 열화판정기준의 절연저항값이 제작사 및 피뢰기 형식에 따라 상당히 다르므로 제작사가 지시한 값을 기초로 점검하는 것이 필요하다.

① 누설전류 측정시험(누설전류 측정기)

산화아연형 피뢰기는 갱형 피뢰기 소자보다 우수한 산화 아연소자로 구성된다. 산화아연형 피뢰기의 누설전류, 전력손실 혹은 누설전류의 저항분을 측정하여 산화아연형 피뢰기의 열화상태를 진단한다.

② 방전특성 시험

과대한 방전전류 또는 속류에 의해 직렬갭이 손상될 때가 있으며, 이 때문에 방전특성이 저하하게 된다. 현장에서 간단히 점검할 수 있는 이동식 충격전압 발생장치로 임펄스 방전개시 전압시험을 할 수 있다.

③ 접지저항의 측정

피뢰기의 접지저항은 장기간 일정한 것은 아니며 토양의 습윤상태에 따라 다르므로 매년 뇌우기 전후에는 접지저항을 측정해서 이상유무를 검사해야 한다.

(3) 서지 압소버(surge absorbor)

SA는 피뢰기와 같은 구조로 일종의 옥내용 피뢰기로 개폐서지와 같은 과도 이상전압에 의한 기기의 악영향을 방지하기 위해 건식 변압기나 전동기 등 내전압이 낮은 기기보호를 위해 설치된다.

1) SA의 특징

서지 크기는 기기 BIL의 85% 이하가 되도록 하며 15% 여유를 합하여 방전개시전압은 기기의

BIL×0.85×0.85[kV] 정도로 선정한다.

<표 7.9.14> 공칭전압별 피뢰기 정격

공칭전압[kV]	3.3	6.6	22.9-Y
정격전압[kV]	4.5	7.5	18
공칭방전전류[kA]	5	5	5

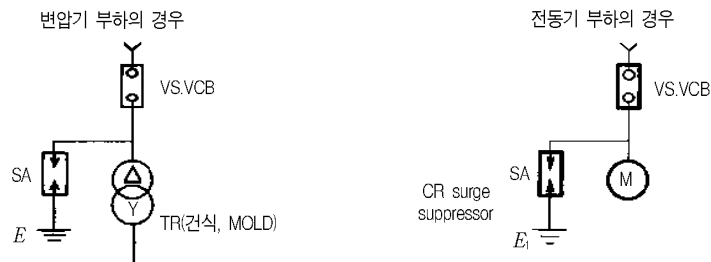
<표 7.9.15> 뇌서지(surge)와 개폐서지(surge) 비교

구 분	파고값	파두장 × 파미장
뇌서지(surge)	높다	1.2×50[μs] 정도(짧다)
개폐서지(surge)	낮다	250×2,500[μs] 정도(길다)

2) 설치위치 및 설치대상

① SA 설치위치

피보호기기 전단 또는 개폐서지 발생차단기 2차 각상전로와 대지에 설치한다.



<그림 7.9.2> 서지 압소버의 설치위치

<표 7.9.16> 서지 압소버 설치 대상

차단기종류 전압등급		VCB				
		3kV	6kV	10kV	20kV	30kV
2차보호기기						
전동기		적용	적용	적용	—	—
변압기	유입식	불필요	불필요	불필요	불필요	불필요
	몰드식	적용	적용	적용	적용	적용
	건식	적용	적용	적용	적용	적용
변압기와 유도기기 혼합사용		적용	적용	—	—	—

② 설치 대상

차단기 개폐시 발생하는 서지에 의해 기기의 절연성능 저하 및 악영향을 미칠 수 있는 변압기, 전동기를 주대상으로 설치한다.

7.9.5 계기용 변성기류

계기용 변성기란 고전압, 대전류를 계측하거나 보호용 계전기를 직접 제어할 수 없으므로 저전압, 소전류로 강하시켜 계측하거나 제어해야 하므로 전압 측정용인 계기용 변압기(VT), 전류 측정용인 계기용 변류기(CT), 대전류 회로 측정(계량)용인 계기용 변압변류기(MOF) 등이 사용된다.

(1) 계기용 변압기(voltage transformer)

고압 회로의 고전압을 저전압으로 낮추기 위해서 회로에 사용되는 변압기로써 종류로는 건식, 몰드형, 유입형, 가스형 등이 사용되고 있으며, 1차 및 2차가 모두 권선으로 제작되어 권수비에 따라 변압비가 결정된다.

1) 비오차(ratio error)

변압비는 1차전압에 대한 2차전압 크기의 비를 말하며, 공칭변압비와 측정변압비 사이에서 얻어진 백분율 오차를 비오차라 하고 다음 식에 의해 구해진다.

$$\text{비오차} = [(\text{공칭 변압비} - \text{측정 변압비}) / \text{측정 변류비}] \times 100$$

2) 2차 부담

2차회로에 오차범위를 유지할 수 있는 부하임피던스를 VA로 표시하며 이를 2차 부담이라 한다.

$$VA = (V_2)^2 / Z$$

3) 극성

1차 전압의 방향에 대해 2차전압의 방향을 나타내는 특성이며, 감극성은 1차 U단자에 +측이 가해지면 2차 U단자에 +측이 된다. 가극성은 이와 반대이며, 우리나라는 감극성을 표준으로 한다.

4) 계기용 변압기의 퓨즈

1차측 퓨즈는 VT의 자체고장 및 2차측의 오결선, 과부하에 의한 2차측 단락사고 발생시 1차측 기기의 파괴, 손상을 막는 역할을 한다. 고압 이상에서는 VT전단에 PF, COS를 사용할 때 퓨즈용량은 1A 퓨즈를 주로 사용한다.

(2) 계기용 변류기(current transformer)

고압 회로의 대전류를 소전류로 낮추기 위해서 회로에 직렬로 접속하여 사용하는 장치로 배전반의 전류계, 전력계의 전류코일 및 과전류계전기의 트립코일의 전원으로 사용되며, 종류로는 권선형, 봉형, 관통형, 부상형 등이 있다. 주의 할 것은 변류기 1차 코일에 전류가 흐르는 상태에서 2차측을

개방하면 2차 단자에 고압이 발생하여 손상 또는 감전사고를 유발하므로 유의하여야 한다. 이유는 CT 역시 일종의 변압기 이므로 1차측 코일에 발생하는 자속과 2차측 코일에 발생하는 자속이 서로 쇄교되어 더 이상 포화 상태로 되지 않지만 2차측을 개방해 놓으면 1차측 자속이 2차측과 쇄교되지 않아 계속 맴돌이 자속이 되어 포화 상태가 일어나 나중에는 폭발, 소손되는 것이다.

1) 정격 1차전류

- ① 변류기의 정격1차 전류값은 그 회로의 최대부하전류를 계산하여 그 값에 여유를 주어 결정한다.
- ② 수용가의 인입회로나 전력용 변압기의 1차측에 설치하는 것은 최대부하전류의 120~150% 정도로 선정
- ③ 전동기 등 기동전류가 큰 부하는 전동기의 정격 입력값의 200~250% 정도 선정

2) 정격 2차 전류

- ① 변류기의 정격 2차 전류는 변류기에 접속되는 부하의 정격입력 전류를 검토하여 결정한다.(보통 5A임)
- ② 변류기의 2차 권선에 여러 개의 부하가 연결될 경우 이들은 모두 직렬로 연결하여야 하므로 이들 부하의 정격입력전류와 변류기의 정격 2차전류를 일치시켜야 한다.

3) 정격부담

- ① 변류기의 2차단자간에 접속되는 부하가 정격주파수의 2차 전류하에서 소비하는 피상전력을 말한다.
- ② CT의 2차측에 연결될 계기와 보호계전기 등의 총 부담보다도 CT의 정격부담이 반드시 커야 한다.

4) 과전류 강도

- ① 변류기에 정격부담, 정격주파수에서 1차 정격전류의 어떤 배수만큼의 전류를 1초간 흘려서 열적, 기계적으로 손상되지 않을 때 1차 정격전류에 대한 이 전류의 배수를 과전류강도라 한다.
- ② 전력회로에 단락사고가 발생하면 주 회로에 접속된 변류기의 1차 권선에도 큰 고장전류가 흐르게 되어 그 과전류에 의하여 권선의 온도가 상승하여 권선이 용단되거나, 강력한 전자력에 의하여 권선이 변형 될 경우가 있다. 따라서 고장전류가 변류기 1차권선에 흐를 경우 그 변류기의 정격 1차 전류값의 몇 배의 고장전류까지 견딜 수 있는가를 정한 것을 변류기의 과전류강도라 한다.
- ③ 변류기의 과전류 강도는 40, 75, 150, 200 등이 있다.

<표 7.9.17> 변류기의 정격과전류 부담

정격 과전류 강도	보증하는 과전류
40	정격 1차 전류의 40배
75	정격 1차 전류의 75배
150	정격 1차 전류의 150배

5) 과전류 정수

- ① 과전류 범위에서의 비오차 특성
- ② 과전류영역에서는 전류가 어느 한도를 넘어서면 비오차가 급히 증대하게 되는데 비오차가 -10% 될 때의 1차 전류를 정격 1차 전류로 나눈 값을 과전류 정수라 함.
- ③ 과전류 정수는 n 으로 표시하며 연결 사용하는 보호계전기의 요구에 따라 $n>5$, $n>10$, $n>20$, $n>40$ 등이 사용되고 있다.

과전류정수 = 비오차가 -10% 될 때의 1차전류/정격 1차 전류

6) 비오차(ratio error)

- ① 실제의 변류비가 공칭변류비와 얼마만큼 다른가를 나타내는 것
- ② 변류기의 1, 2차 전류의 변류비에 대한 오차의 표시방법으로 공칭변류비에서 실제의 변류비를 뺀 값을 실제 변류비에 대한 백분율로 나타낸 것을 말한다.

비오차 = [(공칭 변류비 - 실제 변류비) / 실제 변류비] × 100

7) 점검방법 및 대책

현장의 CT단자에서 전압을 측정하는 방법이다. 이 전압은 CT케이블 저항과 내부저항을 포함하는 전체교류저항(임피던스)값에 변류된 CT 2차회로의 전류값을 곱한 전압값이 나타날 것이다. 이 전압은 수[V]가 되는데 A-N, B-N, C-N 각 상의 전압이 모두 같아야 되며 이 전압이 현저히 낮다든가 높다면 점검을 시행해야 한다.

(3) 전력수급용 계기용 변압변류기

계기용 변압변류기는 VT와 CT를 조합, 하나의 외함에 넣어 결선되어 있는 계기용 변성기로, 전력수급용 계기용 변압 변류기는 전력수급용 전력량계, 무효 전력량계, 최대 수요 전력량계와 조합하여 사용하는 삼상 계기용 변압 변류기이며, 종류로는 유입형과 몰드형이 있다.

7.9.6 차단기(CB: circuit breaker)

(1) 일반사항

차단기는 회로에 전류가 흐르고 있는 상태에서 그 회로를 개폐한다든지 차단기 부하측에서 단락사고 및 지락사고가 발생했을 때 신속히 회로를 차단할 수 있는 능력을 가지는 기기로써 과전류, 부족전압, 지락, 단락 등 계통고장시에 보호계전기와 협조하여 고장전류를 차단하는 기능을 주목적으로 하며 부하전류를 개폐할 수 있고 신속히 회로를 차단하여 계통에 접속된 기기 및 전선을 보호하기 위한 장치이다. 고장전류를 차단한다는 것은 아크를 소호하는 일이다. 차단기의 종류는 주로 소호방식에 따라 분류된다.

(2) 차단기의 종류

차단기의 종류에는 유입차단기(OCB), 공기차단기(ABB), 자기차단기(MBB), 진공차단기(VCB), 가스차단기(GCB), 기중차단기(ACB) 등이 있다. 차단기의 주회로에 접속된 변류기의 2차 전류에 의하여 차단기가 트립되는 방식을 말하며, 변류기의 2차 전류로 트립 코일(trip coil)을 상시 여자하여 두는 것을 상시여자방식이라 하며, 보호 계전기를 통하여 동작시에만 순시 여자되는 것을 순시여자방식이라 한다.

<표 7.9.18> 차단기 특성 비교

구 분		유입차단기 (OCB)	공기차단기 (ABB)	자기차단기 (MBB)	진공차단기 (VCB)	가스차단기 (GCB)
소호방식		절연유의 절연성능과 발생가스의 냉각효과에 의한 소호	강력한 압축공기를 불어 넣어 소호	자력, 타력, 혼합 아크 자체작용에 의한 아크 전압 소호	아크 생성물을 진공 중으로 급속한 확산을 이용하여 소호	소호능력이 뛰어난 불활성가스인 SF ₆ 가스를 뽑아 소호
전압(kV)		3.6~300	12~36	3.6~12	3.6~84	3.6~168
전류(A)		400~3,000	600~7,000	600~3,000	400~3,000	600~4,000
차단전류(kA)		8~50	16~100	12.5~50	8~40	12.5~40
차단 성능	단락전류	대전류차단에 적합	대전류차단에 적합	대전류차단에 적합	소전류차단에 적합	중전류차단에 적합
	전차단시간	5, 8사이클	3, 5사이클	5, 8사이클	3, 5사이클	3, 5사이클
	탈조상태	보통 불기능	보통 불기능	보통 불기능	가능	가능
	특징	극간 플래시오버, 외외에 강함. 차단전류의 초과에 대해 성능이 저하되기 쉽다.	재기전압의 상승률에 따른 불안정	전압에민형. 회복전압의 효과로 성능이 떨어지기 쉽다.	재기전압의 상승률에 대한 성능 안정. 정격전압 전류 한계 있음	재기전압, 회복전압에 대한 성능 안전. 근거리차단에도 우수. 온도저하시 액화방지대책 필요
차단기 소음		크다	매우 크다	크다	작다	작다
보수점검		번잡	번잡	약간번잡	용이	용이
서지전압		약간 높다.	낮다.	낮다.	매우 높다 보호 필요	매우 낮다.
화재의 위험도		가연성	난연성	난연성	불연성	불연성
개폐 수명	보수 기준	6개월마다	2년마다	2년마다	없다	2년마다
	기계적 수명	1만회	1만회	1만회	1만회	1만회
	전기적 수명	보통	보통	아주 길다.	보통	길다.
경제성		염가	고가	고가	고가	아주 고가

1) 진공차단기(VCB: vacuum circuit breaker)

진공차단기는 진공상태에서의 높은 절연내력과 아크 생성물이 진공 중으로 급속히 확산하는 성질을 이용하여 소호하는 차단기이다. 매우 높은 절연내력을 가지고 있고, 차단기의 형태가 소형이고 가벼우며, 기름을 사용하지 않으므로 화재의 위험이 없이 최근에 많이 채용되고 있다. 그러나 동작시 높은 서지 전압을 발생시키는 단점이 있다.

2) 가스차단기(GCB: gas circuit breaker)

가스 차단기는 공기나 절연유 대신에 절연능력과 소호능력이 뛰어난 불활성 가스인 SF₆ 가스를 이용한 차단기로 개폐시에 발생한 아크를 SF₆ 가스를 분사하여 소호하는 방식이다. SF₆ 가스는 무취, 무해, 무독, 불연성, 비폭발성의 성질을 가지고 있다. 가스차단기는 차단성이 좋을 뿐만 아니라 소음이 작다. 가격이 고가이고, 설치 면적이 커서 대부분 초고압 계통의 차단기로 많이 사용된다.

3) 기중차단기(ACB: air circuit breaker)

기중 차단기는 자연 공기 중에서 개방될 때 접촉자가 떨어지면서 발생하는 아크를 자연 소호에 의해 소호시키는 방식의 차단기로서 교류 또는 직류 차단기로 많이 사용된다.

4) 저압차단기 형식선정

회로중의 기기와 도체의 열적·기계적인 손상이 최소가 되도록 협조가 필요하며 차단전류, 회로조건, 동작책무 등의 차단조건을 고려하여 최적의 것을 선정한다.

저압차단기로는 기중차단기, 배선용 차단기, 한류형 퓨즈 등이 있으며, 선정시에는 다음 표를 고려한다.

<표 7.9.19> 저압차단기 특성비교

항 목		기중차단기(ACB)	배선용차단기(MCCB)	한류형 퓨즈
소호방식		자기궤소 소호실 냉각	자기궤소 소호실 냉각	급사 중에 있어서(내압 상승을 수반) 아크 냉각 한류소호
정격 범위	정격전류(A) 차단용량(kA)	600~4,000 22~85	5~1,200 2.5~50	1~1,000 6~200
구조		소호실, 주회로로 구성 반 수납은 2단 또는 3단적도 가능함	프레임을 수지로 몰드, 소호실 갖으며 제어반과 같이 다단적이 가능함	수지 또는 자기 원통 내에 가 용체 및 모래를 채움
수명		개폐용으로는 부적합 단락보호용	ACB보다 개폐수명이 길다	1회 차단 후 교환
조작반		투입: 전동, 수동 또는 전자력 개방: 전자력	투입: 수동 개방: 전자력	투입: 수동으로 삽입 차단: 완료 후 수동으로 교환
보수		소호실, 점접 점검요	소호실, 점접 점검을 요 하나 용이	회로의 통상개폐를 위해서 부 하개폐기 등을 직렬로 필요로 함
안전성		충분한 아크 공간을 필요로 함	MCCB에 따라 보호협 조가 가변적임	무발화로 안정성이 높으나 결 상의 가능성 있음

(3) 차단기의 정격

1) 정격전압

차단기의 정격전압이란 규정한 조건에 따라 그 차단기에 부과될 수 있는 사용회로 전압의 상한값을 말하며 계통의 공칭전압에 따라 다음 표를 기준으로 한다.

<표 7.9.20> 차단기 정격전압

공칭전압(kV)	정격전압(kV)	공칭전압(kV)	정격전압(kV)
3.3	3.6	66	72
6.6	7.2	154	169
22	24	345	361
22.9	25.8		

차단기의 정격전압은 규정한 조건에 따라 그 차단기에 인가할 수 있는 사용 회로 전압의 상한값을 말하며, 다음 식으로 낼 수 있다.

$$\text{공칭전압} \times \frac{1.2}{1.1}$$

2) 정격전류

차단기의 정격전류는 정격전압 및 정격 주파수에서 규정의 온도상승 한도를 초과하지 않고 차단기에 연속적으로 흘릴 수 있는 전류의 상한값을 말한다. 정격전류의 선정은 부하전류에 의하여 결정되지만, 장래의 증설 계획을 고려하여 여유있게 선정하여야 한다. 정격전류는 보통 400A, 600A, 800A, 1,200A, 1,600A, 2,000A, 2,500A, 3,000A, 4,000A, 5,000A, 6,000A가 있으며 정격전류는 다음 식으로 구한다.

$$\text{정격 전류} = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \theta} [A]$$

여기서, P: 설비 입력용량[kW], V: 정격 전압[V], $\cos \theta$: 역률[%]을 의미한다.

3) 정격차단용량

정격전압, 정격주파수 및 규정한 회로 조건 하에서 규정의 표준동작 책무와 동작상태에 따라 차단할 수 있는 지상 역률의 차단 전류의 한도를 말한다. 차단 전류는 장래의 전력계통을 고려하여 선정하며, 다음의 값으로 한다. 1kA, 1.25kA, 1.6kA, 2kA, 3.15kA, 4kA, 5kA, 6.3kA, 8kA이 이상의 경우에는 $\times 10$ 배로 정한다. 차단기의 정격차단용량 일반적으로 50MVA, 100MVA, 200MVA, 500MVA 등과 같이 MVA단위로 나타내고 다음 식으로 구하여 참고값으로 하고 있다.

$$\text{정격 차단 용량[MVA]} = \sqrt{3} \times \text{정격 전압[kV]} \times \text{정격 차단 전류[kA]}$$

$$\text{또는 차단용량[MVA]} = \frac{\text{기준용량[MVA]}}{\%Z} \times 100$$

<표 7.921> 차단기 용량별 정격사항

정격전압(kV)	정격전류(실효값/A)	정격투입전류 (최대값)[kA]	정격차단전류 (실효값)[kA]	정격차단시간[Hz]
7.2	600	31.5	12.5	8
	600, 1,200, 2,000	63	25	
	1,200, 2,000, 3,000	80	31.5	
	1,200, 2,000, 3,000, 4,000	100	40	
25.8	600, 1,200	31.5	12.5	8
	600, 1,200, 2,000, 3,000	63	25	
	2,000, 3,000	100	40	

* 출처: 교류차단기의 정격전압별 정격사항(한전 변전설계기준-2511)

4) 정격 차단 전류

정격 차단 전류란 모든 정격 및 규정된 회로조건에서 규정된 표준 동작 책무와 동작상태에 따라 차단할 수 있는 지상 역률인 차단 전류의 한도를 말하며 직류 비율이 20% 또는 그 이하인 때의 교류 성분인 대칭분 실효값을 말하며, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 100A 등의 정격이 있다.

5) 정격 단시간 전류

정격 단시간 전류란 그 전류를 1초간 흘려도 차단기에는 이상이 없는 전류의 한도를 말한다. 대체로 단시간 정격은 차단 전류와 같으며 그 값은 실효값이다.

6) 정격 차단시간

정격 차단시간이란 정격 차단전류를 모든 정격 및 규정된 회로조건에서 규정된 표준 동작책무에 따라 차단하는 경우 차단시간의 한도를 말하는데 VCB와 GCB의 경우는 대략 3~5 사이클이다.

7) 정격 투입 및 트립 조작전압

차단기의 전기 투입 및 트립장치의 설계 전압을 말한다.

8) 조작 압력

차단기를 조작하기 위한 유체 조작장치의 설계된 압력을 말하며 그 압력은 보통 0.5~4MPa이다.

9) 정격 재기전압

차단기가 정격 차단 전류 이하의 전류를 차단하는 경우에 일어나는 고유 재기전압의 한도를 말한다.

10) 차단기의 절연강도

차단기의 절연 강도는 정격 뇌충격 전압에 대한 내전압을 파고값으로 표시한 것과 1분간 상용주파수에 대한 내전압을 실효값으로 표시한 것의 두 가지가 있다.

(4) 차단기 트립방식

차단기의 트립방식은 에너지원에 따라 다음과 같이 분류된다.

1) 직류전압 트립방식

별도로 설치된 축전지 등에 제어용 직류 전원의 에너지에 의하여 트립되는 방식이다.

2) 과전류 트립방식

차단기의 주회로에 접속된 변류기의 2차 전류에 의하여 차단기가 트립되는 방식을 말하며, 변류기의 2차 전류로 트립코일(trip coil)을 상시 여자하여 두는 것을 상시 여자방식이라 하며, 보호계전기를 통하여 동작시에만 순시 여자되는 것을 순시 여자방식이라 한다.

3) 콘덴서 트립방식

충전된 콘덴서의 에너지에 의하여 트립되는 방식인데, 콘덴서 트립 전원장치를 일반적으로 콘덴서 트립 디바이스(condenser trip device)라고도 하며, 이것은 정류기, 콘덴서 등으로 구성되어 있다.

4) 부족전압 트립방식

부족 전압 트립장치에 인가되어 있는 전압의 저하에 의하여 차단기가 트립되는 방식을 말하며, 트립 코일이 직접 제어 전원에 접속되는 것을 직접식이라 하고, 보호계전기를 통하여 제어 전원에 접속되는 것을 간접식이라 한다. 또, 간접식에는 개방식과 단락식이 있다.

(5) 차단기류 유지보수 및 관리

상간 단락사고 등의 정격차단전류에 가까운 고장전류를 규정차단횟수(보통 유입차단기로 차단횟수 4회 정도, 제조자의 취급설명서 참조)로 차단하였을 때 실시하는 점검과 시험은 다음과 같다.

1) 유입차단기(O.C.B)

① 관찰점검

외관점검에 의하여 부상, 단자 등의 이상 유무를 확인한 다음에 기름탱크를 제거하고 소호실, 접촉부 등의 상태를 침착하게 점검하고 이상 유무를 확인한다.

② 개폐조작시험

주회로를 정전시킨 후에 수동으로 차단기를 개폐 조작하여 기구부의 부자연한 동작, 이상음의 발생 등을 확인한 다음 개폐조작 스위치로 5회 정도 개폐조작을 반복하여 이상이 없는 것을 확인한다.

③ 절연저항측정

아래 표의 측정개소의 각각에 대하여 절연저항을 측정하고, 절연저항값 이상인가를 확인한다. 절연저항은 기상조건 등에 따라 변화하는 경우도 있으므로 판정에는 신중을 기하여야 한다.

④ 절연내력시험

차단기의 정격전압별 절연내력 정상여부를 측정 및 확인한다.

⑤ 개폐특성시험 및 3상 불균형 시간측정

보통의 조작회로 전압으로 투입시간 및 개극시간을 밀리세컨드미터, 오실로그래프 또는 사이클 카운터로 측정하고 제조자의 인도시험시의 값과 비교를 한다. 3상 불균형시간은 오실로그래프로 측정하고, 차단기의 정격전압마다 3상 불균형 시간값 이하인가를 확인한다.

<표 7.9.22> 절연저항 측정기준

측 정 개 소	절 연 저 항	절연저항계 정격전압
주도전부 - 각 상 대지간 - 이상간 - 개극위치의 동상 단자간	7.2kV 미만의 경우 500MΩ 7.2kV 이상의 경우 1,000MΩ	1,000V
제어회로	2MΩ	500V

<표 7.9.23> 차단기 정격 및 절연내력

차단기의 정격전압	절연내력
고압차단기	15kV 이상
특별고압차단기	25kV 이상

<표 7.9.24> 차단기 전압별 개폐특성

차단기의 정격전압	3상 불균형시간
120kV 미만	0.006초 이하
120kV 이상	0.004초 이하

2) 자기차단기(M.B.B)

① 관찰점검

자기차단기는 일부의 부품을 제거하면 상당한 부분의 내부점검이 가능하며 단로부, 아크 접촉자 및 주접촉자의 상태와 소호판의 균열, 파손 등의 상태를 확인한다. 그러나 소호실은 재조립이 곤란하므로 분해하지 않도록 한다.

② 개폐조작시험

주회로를 정전시킨 다음에 수동으로 서서히 개폐하여 조작기구부와 접촉부의 동작상태가 원활하게 동작하는가를 확인한 다음 수동 개폐조작을 2~3회 반복하면서 손바닥을 공기가 빨리 들어가는 방향으로 대고 공기 흡기구로부터의 흡기상태를 확인한다. 그리고 개폐조작 스위치로 5회 정도 개폐조작을 하면서 정상적으로 동작하는가를 확인한다.

③ 내전압시험

소호실을 점검하여 먼지나 아크 가스로 인한 오손이 심한 경우에는 필요에 따라 소호실 양단(아크 폰간)에 정격전압마다 인가전압의 상용주파 1분간 내전압시험을 하여 절연상태를 확인한다.

<표 7.9.25> 차단기 내전압시험

정격전압(kV)	인가전압(kV)
3.6	10
7.2	15

④ 절연저항측정

절연저항측정은 유입차단기에 준하여 측정하고, 절연저항값 이상인가를 확인한다.

3) 진공차단기(V.C.B)

- ① 개폐조작시험 : 주회로를 정전시킨 다음 개폐조작 스위치로 이상없이 동작하는가를 확인한다.
- ② 절연저항 측정 : 절연저항 측정은 유입차단기에 준하여 측정하고 절연저항값 이상인가를 확인한다.
- ③ 접점소모량의 확인 : 접점의 소모량은 기준선의 위치를 변화하면서 확인하며 소모량이 규정값 이상이 됐을 경우는 진공밸브를 교환한다. 일반적으로 소모량의 허용량은 2~3mm로 되어 있다.
- ④ 진공도의 판정 : 진공차단기를 개방상태로 하고 진공밸브의 전극간 정격전압이 6kV인 경우는 상용주파 22kV를 인가하여 이 전압에 10초 이상 견디면 진공도가 양호하다고 판정한다.

<표 7.9.26> 진공차단기 점검표

기기명	정기점검 주기년수										정기점검			교체추천 시기
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	특별	보통	정밀	
OCB		○		○		◎		○		○	이상차단	2년	6년	15~20년
VCB			○			◎			○		이상차단	3년	6년	20~25년
GCB			○			◎			○		이상차단	3년	6년	20~25년
ACB			◎			◎			◎		이상차단	-	3년	20~25년
VCS		○		◎		○		◎		○	찾은 개폐	2년	4년	15~20년
누전차단기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	1년	-	10~15년
특고단로기			○			◎			○		-	3년	6년	15~20년
기중부하개폐기			○			◎			○		-	3년	6년	10~15년
전자접촉기			◎			◎			◎		찾은 개폐	-	3년	10~15년
배선용차단기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	1년	-	10~15년

☞ 점검구분: 보통점검(○), 정밀점검(◎)

7.9.7 변압기

(1) 일반사항

변압기는 전력회사에서 수전받은 전원을 부하기기에 맞게 전압을 변화시켜 공급하는 전기설비로서 절연재료에 따라 유입식 및 건식, 몰드식, 가스절연식 변압기로 분류할 수 있다. 변압기는 사용장소, 용도 등에 따라 적합한 종류를 결정하며 특히 수도사업장과 같이 설비의 중요도가 큰 곳에는 예비뱅크를 구성하는 경우가 일반적이다.

변압기는 전동기, 발전기 등과 달리 정지기이므로 흔히 보수점검에 태만하기 쉽다. 그러나 변압기의 고장은 공장 전체가 정전되는 등 중대한 사고를 일으키며 다른 장소까지 정전사고가 파급될 염려

가 있으므로 변압기의 점검을 철저히 해야 한다.

삼상 전원은 주로 삼상변압기를 사용하며 중요시설에는 예비뱅크를 설치하든가 예비변압기를 확보하여 설비운영의 신뢰성을 향상시켜 수돗물의 안정적인 공급에 최선을 다하는 추세이다.

단상변압기를 이용하여 삼상전원을 공급시는 변압기 3대로 외부에서 삼각결선(Δ) 또는 성형결선(Y)하여 사용하며, 1대가 고장시는 단상변압기 2대로 V결선으로 삼상전원 확보가 가능하나 이때 변압기 대당 이용률은 86.6 %이지만 고장전의 전체 부하에 대해 57%의 부하만을 감당할 수 있는 점을 고려하여야 한다.

(2) 변압기의 종류 및 특성

1) 유입 변압기

유입변압기는 철심에 감은 코일을 절연유에 함침하여 절연 및 냉각하는 방식의 변압기로 현재 중대형부분에서 가장 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 최근 절연기술의 발달과 전력설비 설치환경의 변화 등으로 몰드변압기 또는 가스절연변압기로 교체되고 있는 추세이다.

유입변압기는 냉각방법에 따라 수냉식과 공냉식 등이 있으나 상수도에서는 주로 공냉식 변압기를 사용되고 있다. 성능이나 가격면에서 무난하며 대다수가 권선온도는 55℃(측정값에서 주위온도를 빼면 실제 권선온도임)까지 허용되며 강제송풍 냉각시에는 정격용량보다 20~30%까지 부하를 증가시켜 사용할 수 있다. 절연유는 절연뿐만 아니라 냉각효과에 중요한 역할을 하므로 관리를 철저히 해야 한다.

○ 특징

- 소용량에서 대용량, 저전압에서 고전압까지 사용범위가 넓다.
- 옥외설치에 적합하다.
- 소음, 진동이 적고 서지에 강하다.
- 점검에 의해 수명 예측이 가능하다.
- 절연유를 사용하므로 화재의 우려가 있다.
- 정기적인 절연유 보수가 필요하다.

2) 건식 변압기

절연재료가 대부분 H종으로 실리콘 등 불연성 재료로 제작되어 소형, 경량이며 대용량은 사용이 곤란하며 구내가 소용량일 경우에 주로 이용되고 있다.

○ 특징

- 절연능력의 한계에 따라 고압이하 소용량에서 주로 사용된다.
- 절연유를 사용하지 않으므로 화재의 위험이 없다.
- 소음, 진동이 크고 서지에 약하다.

3) 몰드 변압기

충전부를 전기적 절연특성이 큰 에폭시계열의 합성수지로 함침하여 절연하고 몰당한 변압기로서 일반 건식변압기에 비하여 절연특성이 우수하고 유입변압기에 비하여 작고 가볍게 생산이 가능하나

가격은 고가이다. 특히 유입변압기는 사고시 화재 또는 절연유의 누유 등으로 환경오염의 피해가 우려되거나 몰드변압기는 이러한 위험성을 많이 낮출 수 있어 최근 수도사업장에 많이 사용되고 있다.

○ 특징

- 절연물로 난연성 에폭시 수지를 사용하므로 화재의 우려가 없다.
- 무부하 손실이 적어 에너지 절약에 기여한다.
- 소음이 크고 기중절연이므로 옥외설치시 전용함이 필요하다.
- 무보수화가 가능하나 수명 예측이 곤란하다.

4) 아몰퍼스 변압기

아몰퍼스변압기는 철심소재를 기존의 방향성 규소강판 대신 아몰퍼스 메탈(amorphous metal)을 사용하여 무부하손(철손)을 기존 규소강판변압기 대비 75% 이상 절감한 고효율 변압기이다. 아몰퍼스 메탈은 철(Fe), 붕소(B), 규소(Si) 등의 혼합물을 이용하여 용융, 급속냉각 등으로 만들어진 비정질 자성재료로써 원자가 규칙적으로 배열되기 전에 고체화되어 불규칙한 배열상태를 가진 0.0025mm의 합금박판을 사용한다.

○ 특징

- 유입변압기에 비해 소형 및 경량화
- 효율이 좋고 기기수명이 길다.
- 가격이 고가이다.

5) 가스절연 변압기

변압기를 제작시 절연유 대신에 불연가스로서 충전함으로써 유입 변압기에 비하여 냉각효과가 좋고 화재의 위험성이나 내부권선의 절연열화 우려가 없어 특수한 장소에 주문, 생산, 사용되고 있다.

○ 특징

- 불연성이고 전기적 특성이 우수하다.
- 가격이 고가이고 정기적인 보수가 필요하다

(3) 변압기의 운전 및 유지관리

1) 설치 및 운전

① 설치 점검

변압기는 특별한 지정이 없는 한 표준규격에 의한 정상운전 상태에서 사용할 수 있도록 설계되어 있으므로 조건이 만족되는 환경에 설치해야 한다.

② 시운전 및 운전

운전에 앞서 소정의 외관시험을 실시한다. 변압기의 부하와 전압의 기록대로 규정된 정격 내에서 정상적으로 운전되고 있는가를 조사한다. 운전 중의 온도와 주위온도, 부하 및 전압은 자세히 기록 유지한다. 만약 온도가 최초에 설치된 때와 동일한 조건에서 5℃ 이상 높은 값을 보였을 때는 제조회사에 문의하여야 한다.

질소 봉입형 변압기는 유량, 기름온도 및 질소 가스 누설 유무를 조사해야 하며, 변압기 운전

중의 기름온도는 표준규격에 정해진 값(주위온도 40℃, 개방형 변압기의 절연유 온도는 90℃ 이하)을 넘지 않도록 하여야 한다.

<표 7.927> 변압기 설치시 점검사항

항 목	점 검 사 항
설치 장소	1. 기기의 옥내용, 옥외용을 확인한다. 2. 주위온도가 요구되는 온도 유지가 가능한가? 3. 과도한 먼지나 부식 가스, 염해(鹽害)는 없는가? 4. 외부로부터 충격이나 진동은 없는가? 5. 통풍, 절연 및 보수에 지장은 없는가?
외관 검사	1. 명판 기입사항을 확인하여 요구한 것과 일치하는가? 2. 탱크, 부속품 등의 파손, 변형이나 녹슨 것은 없는가? 3. 조임부의 이완, 부품 탈락은 없는가?
설치방법	1. 기초 치수, 형상은 외형도에 맞게 되어 있는가? 2. 기초 레벨은 정확히 되어 있는가? 3. 본체는 기초 볼트로 튼튼히 고정되어 있는가?

<표 7.928> 변압기의 시운전 검사

항 목	점 검 사 항
외관 검사	1. 접속부분은 이상이 없는가? 2. 접속부의 조임상태는 완전한가?
전기시험	1. 절연 저항 측정 2. 권선비 측정(공장 검사) 3. 권선저항 측정(공장 검사) 4. 극성, 상회전시험(공장 검사) 5. 내전압시험(공장 검사) 6. 보호계전기의 동작시험
운전 직후의 점검	1. 소음이나 진동이 이상하게 크지 않은가? 2. 이상음은 발생하지 않고 있는가? 3. 이상한 냄새나 국부 과열이 발생하는 곳은 없는가? 4. 부속계기의 동작은 정상인가?

③ 소리(이상음)

변압기의 운전 중에 이상음은 귀에 습관이 되어 있으므로 소리에 변화가 있을 때는 쉽게 알 수가 있다. 사고발생의 원인을 속히 감지할 수 있도록 평소에 주의할 필요가 있으며, 주된 원인은 다음과 같다.

㉠ 전원주파수의 대폭적인 변화로 인한 탱크, 라디에이터 등의 공진

- ⑥ 철심의 자기 왜곡현상에 기인하는 구조적 결함
- ⑦ 철심의 이음새 및 성층간에 작용하는 자기력
- ⑧ 접지 불안전과 비접지 금속체가 생겼을 때 정전 방전에 의한 이상음
- ⑨ 조임부의 이완
- ⑩ 명판, 흔들림 방지 기초볼트의 이완에 의한 진동
- ④ 절연유 및 가스 누설

절연유 누설은 변압기의 외관을 현저하게 오손시키므로 밸브류의 부착개소, 패킹부분에 대한 점검을 해야 하며 대책은 다음과 같다.

 - ① 용접부에서의 누설

절연유 누설이 약간인 경우 에폭시계의 접착제를 도포하여 간단히 수리할 수 있으며, 용접 수리는 화재예방 조치를 취한 다음에 행하여야 한다.
 - ② 패킹부분의 누설

패킹부분에서 절연유의 누설은 패킹의 열화로 접합부에서 누설되는 것이 대부분이다. 이 경우는 더 조이면 일시적으로 누설을 막거나 줄일 수는 있지만 완전하지 못하므로 기회를 보아서 패킹을 교환하여야 한다.
 - ③ 나사부분의 누설

누설이 약간일 경우는 누설개소의 페인트나 녹을 제거하고 시너, 알코올 등으로 기름기를 제거 한 후에 납땀이나 접착제를 나사부에 충전하여 누설을 막을 수가 있으나 심할 경우는 나사부를 풀어내고 기름기를 제거한 다음에 다시 완전히 조인다.
 - ④ 질소 누설의 관리

질소 봉입식 변압기에서는 질소 누설관리가 제일 중요하며 압력계에 이상이 없고 다음 사항의 상태를 나타낼 때는 일단 이상이 있는 것으로 간주하여 용접부, 패킹의 조임부, 밸브 등을 점검해야 한다.

 - 압력계가 0kg/cm^2 을 지시한다.
 - 온도변화 범위를 현저하게 벗어난다.
 - 질소가스의 산소량 증가가 현저하다.
- ④ 질소의 순도관리

질소 내에 포함되는 산소량은 3% 이하로 유지되는 것이 바람직하며, 6개월에 1회 정도 정기적으로 측정한다. 측정결과 질소가스가 95% 이하가 되었을 경우는 원인을 조사하여 보수하고 질소 가스를 교체한다.

2) 절연열화 원인

- ① 열 열화

변압기의 설계결함 또는 과부하 운전으로 발생하는 열 그리고 부적합한 설치로 변압기 주위 온도의 상승은 절연물의 수명을 급격히 단축시켜 절연물의 내압 및 기계적 강도의 하락을 초래한다. 과부하 운전을 피하고 냉각방법을 개선하여 절연물의 열화를 방지하여야 한다.

② 흡습으로 인한 열화

절연유가 대기 중의 수분을 흡수하면 절연내력이 저하하고 고체 절연물의 기계적 강도가 저하한다. 따라서 절연유와 공기 중의 수분이 접하지 않도록 질소봉입장치 또는 흡습제등의 관리를 철저히 하고 절연유의 주기적인 관리도 필요하다.

③ 부분방전으로 인한 열화

절연물에 가해진 전계의 세기가 한도를 초과 했을 때 부분적인 방전으로 발생하는 열화로 절연내력과 기계적 강도의 저하를 가져온다. 주로 제작 당시에 절연물에 기포 등의 이물질이 혼입되어 이 부분에 전계가 집중하여 부분방전이 발생한다.

3) 절연열화진단

변압기의 절연진단방법에는 크게 전기적 진단법과 비전기적 진단법으로 분류할 수 있다.

<표 7.9.29> 변압기 진단방법 분류

구분	진단방법
전기적 진단법	절연저항측정, 권선저항측정, 여자전류측정, 전선비 측정, 부분방전시험, 누설전류측정, 유전정접시험
비전기적 진단법(절연유 진단법)	유중가스분석, 내전압시험, 고유저항률, 수분량측정, 전산가

① 절연저항 측정

메가테스터로 권선과 권선간 및 권선과 대지간의 절연저항을 측정한다. 이때 측정되는 절연저항값은 온도상승과 함께 급격히 감소하는 경향이 있음에 따라 변압기의 온도-절연저항 곡선을 참조하여 검사하여야 한다. 절연저항은 주변 환경에 따라 그 값의 차이가 큼에 따라 절연물의 양호를 직접적으로 판정하는 기준보다는 부분방전 또는 유전정접시험 등 고전압시험의 적용가능을 판단하는 사전시험으로 주로 활용되고 있다.

② 산가도 측정

유입변압기의 경우 절연유 산가도는 기름 1l 중에 포함되는 산성성분을 중화하는데 요하는 수산화칼륨 (KOH)의 mg수로 표시한다. 측정방법은 시료유 5cc에 산 추출액을 일정량 넣고 혼합한 후에 중화액(KOH)을 주사식 뷰렛으로 서서히 주입해 가면서 중화시켜 용액이 청색에서 적갈색으로 변화했을 때의 중화액의 사용량이 산가도를 나타낸다. KS규격에서 신유의 경우 산가도는 0.02 이하로 되어 있다. 산가도가 0.2~0.4이면 요주의 상태이며 0.4 이상이 되면 불량이다.

③ 절연유 내압시험

유입변압기의 절연유는 광물계의 것이 일반적으로 사용되고 그 절연성능은 공기의 4~6배 정도이다. 그러나 장시간 사용하면 산화 생성물, 수분, 먼지 등이 혼입해서 절연내력이 저하한다. 시험방법은 지름 12.5mm의 구상 전극을 갭이 2.5mm가 되도록 유중에 20mm 깊이에 담그고 전압을 3kV/sec의 비율로 상승시켜 가다가 절연이 파괴되어 breaker가 동작했을 때의 전압을

읽는다. 절연유의 절연파괴 전압은 신유의 경우 30kV 정도이고 사용 중인 기름의 경우는 20kV 이상이면 양호하고, 15~20kV 이면 요주의, 15kV 미만이면 교체해야 한다.

<표 7.9.30> 절연유 내압시험 판정기준

구 분	절연파괴전압	판 정	
		50kV 미만 기기	50kV 이상 기기
신유	30kV 이상 KSC-2301	적합	적합
사용 중의 절연유	20kV 이상	적합	적합
	15kV 이상 20kV 미만	적합(요주의)	부적합
	15kV 미만	부적합	부적합

<표 7.9.31> 절연유 산가도 판정 기준

구분	산가도 mgKOH/g	판정
신유	0.02 이하(KS C-2301)	적합
사용 중의 절연유	0.2	적합
	0.2 초과 0.4 미만	적합(요주의)
	0.4 이상	부적합

※ 참고: 요주의-판정은 적합으로 하나 가급적 빨리 여과 교체토록 요청

④ 유전정접시험

유전정접시험은 절연물의 절연상태 및 그 정도를 가늠할 수 있는 기준으로 가장 신뢰성 있는 결과를 제시하는 시험이다. 웨링 브리지를 이용한 $\tan \delta$ 측정기로 피측정기기의 $\tan \delta$ 를 측정한다. 절연상태가 양호하면 피측정기기는 완전한 콘덴서로 되어 전류가 전압보다 위상이 90° 앞서야 한다. 그러나 절연이 열화 되어 갈수록 이 위상각은 90° 보다 작은 각으로 변해간다. $\tan \delta$ 의 값은 온도에 따라 크게 변화한다. 즉, 30°에서는 $\tan \delta$ 의 값이 변압기의 경우 4%까지는 양호하다고 보나 40°가 되면 6%까지도 양호하다고 본다.

⑤ 부분방전시험

유전정접시험과 함께 고전압시험의 대표적인 시험이다. 부분방전시험은 초음파 센서 또는 부분방전 검출기로 변압기 내부에서 발생하는 미소 코로나를 측정하여 절연의 열화 정도를 예지하는 것이다.

⑥ 기타검사

유입변압기는 절연유의 시료검사를 통하여 절연상태의 건전유무를 검사하고 있으나 몰드변압기

는 특별한 정밀진단기술이 보편화되어 있지 않아 사고의 사전 예방에 어려운 점이 있다. 특히 몰드변압기는 대용량화 되고 있는 추세임에 따라 절연상태를 판단할 수 있는 기술개발이 요구되고 있다. 현재로서는 내압시험, 부분방전시험, 유전정접시험 등 회전기시험방법에 근거하여 시험하고 있으나 정확한 특성을 분석하는데 한계가 있다. 따라서 절연물에 대한 검사를 매년 실시하여 경년변화추세로 절연물의 건전유무를 판단할 수도 있다. 또한 최근 적외선 열화상 진단 및 자외선 진단 그리고 열적분석에 의한 진단 등 다양한 진단기법들이 제시되고 있다.

4) 유증가스 분석

유입변압기는 절연유를 일정량 채취하여 용해된 가스를 분석함으로써 변압기 내부의 이상 상태 및 그 정도를 분석할 수 있다. 변압기 내부에서 국부발열, 부분방전 등의 이상이 발생하면 절연유 또는 절연물의 열적 변화로 인하여 각종 가스가 발생되고, 이를 역으로 분석하는 것이 유증가스분석법이다.

<표 7.9.32> 유증가스분석표

발생가스	원 인
H ₂ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₃ H ₈ , C ₃ H ₆	도체의 국부적 과열
H ₂ , C ₂ H ₂	국부적 절연파괴에 의한 부분방전
CO, CO ₂	절연물의 과열로 인한 분해

5) 변압기 냉각방식

일반적으로 변압기는 유입식, 건식으로 대부분 자연식이며, 특히 변압기 용량을 2중 정격으로 하려고 할 때에는 송풍기를 설치하여 강제송풍 냉각방식을 채택하는데 이때 자연식의 경우 정격의 20~30% 정도의 용량을 증가시켜 사용할 수 있다.

<표 7.9.33> 변압기 냉각방식 분류

냉각방식	표시기호	변압기 내부 냉각 매질		변압기 외부 냉각 매질	
		냉각매질	순환방식	냉각매질	순환방식
건식자연식	AN	공기	자연 순환	—	—
건식풍냉식	AF	공기	강제 순환	—	—
유입자연식	ONAN	절연유	자연 순환	공기	자연 순환
유입풍냉식	ONAF	절연유	자연 순환	공기	강제 순환
송유자연식	OFAN	절연유	강제 순환	공기	자연 순환
송유풍냉식	OFOAF	절연유	강제 순환	공기	강제 순환

6) 변압기 온도상승

변압기는 매시간마다 온도를 측정하고 기록해야 하는데 이때에 변압기의 온도상승을 알기 위하여 주위온도를 함께 측정하고 기록할 필요가 있다. 변압기 허용온도를 높게 운영할 경우는 절연물의 수명이 단축되므로 주위온도가 일평균 35℃ 이하, 연평균 20℃ 이하로 유지하는 것이 바람직하다. 주위 온도가 40℃ 이상시는 대책을 강구해야 하며 온도변화에 따라 유면계의 지시가 맞는지 확인해야 한다.

① 유입 변압기

표준 주위 온도 40℃, 표고 해발 1,000m 이하에서 변압기의 온도 상승 허용값은 유입 자냉식 및 유입 공냉식의 경우는 55℃이며, 송유 공냉식은 65℃이다(저항법에 의한 측정임). 질소봉입 변압기는 5년 정도의 주기로 가스를 교체해야 수명을 늘릴 수 있고 안전관리에 바람직하며 소방법에 의해 시설을 적법하게 설치 운영해야 한다.

절연유는 변압기의 온도변화에 따라 호흡작용이 발생하는데 이때 습기침투로 절연유가 열화되는 것을 방지하기 위해서 용기에 흡습제를 넣은 브리지를 부착해야 하고 흡습제가 변색시는 즉시 교체하여 습기침투를 방지해야 한다.

변압기의 절연유 실험을 행할 경우 그 시료는 배출구로부터 채취한다. 절연유의 순환여과를 행할 경우에는 절연유와 권선과의 마찰에 의하여 정전기를 발생할 경우가 있으므로 여과작업을 할 때는 변압기 단자를 확실히 접지하여 전하를 방전할 필요가 있다.

② 건식 및 몰드 변압기

건식 변압기는 실리콘계 와니스로 함침 처리한 실리콘 건식 변압기와 에폭시계 레진으로 몰드 처리한 레진 몰드 변압기가 있다. 실리콘은 H중 절연이며 레진 몰드는 B중에서 H중까지 다양하며 모두가 난연성이고 소형 경량이며 노출되어 있는 부분이 많아서 점검정비가 유입변압기에 비하여 용이하다. 일상점검은 기름관리를 제외하면 온도, 소리, 냄새, 손상 등 유입 변압기와 동일하며 송풍식의 경우는 공기필터의 오손에 주의하고 심하면 교체해야 한다.

건식 변압기는 건조하고 통풍이 잘되며 먼지 등의 오손될 곳은 피하고 환기를 잘 시켜 주어야만 냉각에 도움이 된다. 건식 변압기의 절연종류별 온도상승 허용값은 차이가 있으며 대다수 H절연 제품이 많다.

<표 7.9.34> 건식 및 몰드변압기 허용온도

절연 종류	A	E	B	F	H
권선 온도 상승	50℃	75℃	80℃	100℃	125℃
허용 최고 온도	105℃	120℃	130℃	155℃	185℃

7) 고장과 대책

변압기의 고장분류는 크게 내부고장과 외부고장으로 구분할 수 있다. 변압기는 정지기기로서 내부부속품에 의한 고장발생이 주가 되고 있으므로 절연유의 누유, 절연유 가스분석결과, 온도상승, 몰드 변압기의 국부적 발열 등에 대해서는 근본적인 원인을 발견하여 조치함으로써 사고를 미연에 방지하

여야 한다. 변압기의 내부점검은 전문업체에 의해 주기적으로 시행되어야 하며, 이상발생시 예비변압기로 교체 운전 혹은 단상변압기 사용시는 V결선으로 응급조치 후 근본적인 대책을 시행하여야 하겠다.

<표 7.9.35> 유입 변압기 고장 내용

구분	개소	고장 내용	대 책
내부 고장	권선	1. 절연 파괴 2. 권선의 단선 및 변형 3. 국부 과열	- 권선 교환 또는 보수를 해야 하므로 제작 공장 수리 의뢰
	철심	1. 철심 적층간 절연파괴 발생 2. 철심 소음 및 진동 발생	- 원인을 확실히 파악해야 한다. - 공장에 수리 의뢰
	인출선	1. 접속부 이완 및 녹발생으로 접속 불량 2. 부식 파손(균열 발생)	- 현장 실험으로 원인부터 파악 - 공장에 의뢰 수리
외부 고장	탱크	1. 기름 누설 2. 녹슬음 3. 라디에이터 상호간에 온도 차이 발생	- 상황에 따라 현장 보수 가능하나 제작 회사와 협조 필요함
	부속품	1. 부속품의 파손 2. 동작 불량 3. 보호릴레이 고장 발생시	- 동일제품 구입 교체 및 보수 - 자체보수

<표 7.9.36> 전기적인 시험

측정 항목	측정방법	판정방법
절연 저항	변압기 단자를 분리하여 대지간 권선 측정	혼촉의 경우 절연저항이 0MΩ이 된다.
권선비 측정	고압측에서 저압 인가하여 저압측 전압 측정	권선 레어쇼트의 경우 발견이 어렵다.
여자 전류	정격전압의 1/10~1/3의 전압을 인가하여 측정한다.	레이쇼트가 있는 경우 여자 전류가 증가한다 (초기 성적표와 비교 필요).
임피던스 전압	저압측 단락하여 고압측 전압인가 후 측정	1차권선 혹은 2차권선 단락시 전압 변형
절연유의 특성	일반 특성을 측정한다.	가연성 가스(메탄) 등이 포함된 경우 소손여부 판정에 도움이 된다.
유전정접($\tan \delta$)	$\tan \delta$ 미터 또는 캐퍼시턴스에 의한 $\tan \delta$ 측정	$\tan \delta$ 값은 운전 중 변압기의 절연상태 점검에 사용

<표 7.9.37> 건식 변압기의 점검내용

점검항목	점검요령
먼지의 제거 청소 상태	- 권선, 철심, 애자, 송풍덕트 등에 먼지가 끼었는지 조사한다. - 압축공기 또는 진공청소기로 청소한다.

점검항목	점 검 요 령
부식 상황	- 철심, 클램프, 인출선, 노출부의 부식여부를 조사하고 부식이 많을 때는 습도, 먼지, 공기 등 주위 여건을 조사하여 조치한다.
절연 열화	- 와니스가 벗겨진 것, 절연물의 변색, 균열이 없는지 조사하여 청소 보수하고 절연 저항값이 다음과 같도록 유지해야 한다. - 20kV→50MΩ, 10kV→30MΩ, 6kV→20MΩ, 3kV→20MΩ, 1kV→5MΩ
도전부의 점검	- 인출선의 접속, 탭전환기의 점검, 도전부의 과열, 부식, 조임상태 등을 점검해서 원인별로 보수한다.
냉각장치	- 송풍식의 경우는 냉각기 각 부를 점검하여 윤활유를 주유한다. - 온도계의 이상유무 및 온도계에 의한 확인, 점검 정비한다.
폴림의 점검	- 조임부의 풀림이 없는가를 조사하고 조인다. 특히 권선에 대해서는 스페이서의 풀림, 이 굿납이 없는가를 점검한다.

<표 7.9.38> 변압기의 순찰점검 내용

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일 상 점 검	변압기 전반	외관상의 오손 여부 및 방치	1일	청소한다.
		소동물 서식 여부	1일	소동물 침입방지 조치한다.
		온도의 이상 상태 발생 여부	1일	부하조정, 냉각기 조사
		이상한 소리 발생	1일	내부 점검
		이상 진동 발생 여부	1일	내부 및 내진장치 조사
	유입 변압기	누유되는 곳은 없는가?	7일	패킹교환, 탱크수리
		흡습제 변색 여부	7일	재생, 교체
		기름탱크의 유량 적정 여부	7일	보충한다.
		가스압 적정여부	7일	가스보충 혹은 교체한다.
	건식 변압기	통기공의 오손	7일	청소한다.
		냉각팬이 정상인가	7일	팬 및 전기부 회로 조사
정 밀 점 검	변압기 전반	단자부분이 느슨한가?	1년	연마하고 조인다.
		절연유중 가스분석	1년	결과조치
		$\tan \delta$ 측정	3년	결과조치
		질소 순도 측정(질소봉입용)	6개월	결과조치
		질소 봉입장치 측정	1년	보충 및 교체
		유면계, 온도계, 비압, 경보장치	1년	보수, 교체
		보호장치 회로 점검	1년	보수 교체

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
정 밀 점 검	변압기 전반	각 부가 녹슬거나 오손	1년	청소하고 도장한다.
		애자류의 균열 파손	1년	교환한다.
		접지선 접속부의 느슨함	1년	조인다.
		온도 계측상의 이상	1년	조정한다.
		내진장치의 이상	1년	조인다.
		내부 배선 코일의 이상	5~10년	교환, 수리한다.
		철심의 느슨함	5~10년	조이고 수리한다.
		내부 조인 곳의 느슨함 여부	5~10년	니스처리, 절연유 교환
		절연 저항 측정	1년	
		접지 저항 측정	1년	
	유입 변압기	부호홀스 계전기 이상 유무	1년	분리, 조정, 수리한다.
		각부 벨브의 이상유무	1년	조정, 교환한다.
		절연유 내압시험	1년	
		절연유 산가 측정	2년	
	건식 변압기	코일에 먼지의 퇴적은 없는가?	1년	청소한다.
		공기 필터의 막힘 여부	3개월	청소, 교환한다.

<표 7.9.39> 변압기의 일상점검(예)

구분	제조회사:	제작번호:		제작:		년	월	일		
	점검	년	월	일	년	월	일	년	월	일
변압기 본체	외관상 오손 여부									
	소동물 침입 서식 여부									
	이상한 소리, 냄새, 유무									
	변형, 손상, 도장, 이상유무									
	누유 여부									
	진동 , 소음									
	유량의 적정 여부									
	온 도									
	통기공 오손여부(건식용)									
	가스봉입 적정유무(질소봉입)									

구분	제작회사:	제작번호: 제작: 년 월 일					
	점검 년 월 일	년 월 일		년 월 일		년 월 일	
		기온	습도	기온	습도	기온	습도
본체 부속	기름 관련 밸브류의 이상 유무						
	앵커볼트 이완여부						
	접지선의 부식, 단선, 단자이완						
	손상, 누유, 도장						
	라디에이터 온도 균일 여부						
	부싱 단자 과열여부						
	대지간 절연저항						
콘서베이터	접속관의 변형, 손상, 부식 여부						
	유량 적정 여부						
	흡습장치의 흡습제 이상 유무						
	호흡 상태						
냉각장치	냉각팬의 변형 손상						
	냉각팬의 베어링부						
	냉각팬의 전동기						
	전원 및 제어						
	공기필터의 이상 유무(건식)						
	먼지의 퇴적은 없는가(건식)?						
기타	보호계전기 손상여부						
	경보장치의 이상 유무						
	부호홀스 계전기의 이상 유무						
	기타 특기사항						

7.9.8 역률 개선설비

(1) 일반사항

역률은 에너지 절감 및 전력요금과 연관되므로 규정대로(역률 90% 이상 유지) 설치관리를 철저히 하여야 한다. 대용량 수용가에서 종합 콘덴서를 설치하는 것은 시설비는 저렴하나 운영이 어렵고 이와 반대로 부하별로 개별 설치시는 시설비가 다소 많이 투자되지만 유지관리는 용이하다.

중합콘덴서를 설치했을 때는 경부하시 진상 역률이 되어 연결부하에 무리한 영향을 미치므로 이러한 사태의 발생방지를 위해서도 개별설치가 바람직하다. 또한 설비운영 패턴 등을 고려하여 자동역률제어장치의 설치도 고려할 필요가 있다.

(2) 역률 개선설비의 유지관리

1) 모선전압

콘덴서 접속 모선전압, 콘덴서 전류, 주위온도 등을 확인하고 각 기기의 허용한계를 넘는 조건은 조기에 개선해야 한다.

허용전압은 다음 표와 같으며 특히 야간 등의 경부하시에 운전되는 콘덴서는 주의가 필요하다. 또한 직렬 리액터가 설치된 경우는 리액터로 인한 전압이 상승하기 때문에 접속모선에 상승분을 감안한 값을 설정해야 한다.

$$L: \text{직렬 리액터}, \quad L = \frac{X_L}{X_C} = 6\% \text{의 경우임}$$

<표 7.9.40> 전력용 콘덴서 접속모선의 허용전압

직렬 리액터 유무	유	무
저압 회로용(600V 이하)	정격의 104%	정격의 110%
고압 회로용(7,000V 이하)	최고: 정격의 109% 24시간의 평균: 정격의 104%	최고: 정격의 115% 24시간의 평균: 110%
특별고압 회로용(7,000V 초과)	정격의 104%	정격의 110%

(근거: KS C 4801, 4802, 4804, 4806)

2) 콘덴서의 허용전류

콘덴서 전류는 다음과 같으며 삼상 전원의 기기는 각 상의 전류가 균형을 유지토록 하는 것이 원칙이며, 콘덴서의 경우도 각 상의 전류가 균형을 유지하는지 확인해야 한다.

<표 7.9.41> 콘덴서 허용전류

직렬 리액터 유무	유	무
저압 회로용(600V 이하)	제5고조파가 기본파의 35% 이하로 합성값이 정격의 120%	정격의 13%
고압 회로용(7,000V 이하)	위와 같음	정격의 135%
특별고압 회로용(7,000V 초과)	위와 같음	정격의 135%

(근거: KS C 4801, 4802, 4804, 4806)

3) 주위 온도

주위 온도는 KS 규격에 $-20\sim+40^{\circ}\text{C}$ 로 정해졌으며 기기의 온도를 측정하여 기록하면서 비교 검토하면 이상온도를 확인하는데 도움이 되며 측정과 기록시에는 주위온도를 같이 측정 기록해야 한다.

<표 7.9.42> 콘덴서의 주위 온도

기 기	규 격	규격값 온도	점검 허용값
저압 진상 커패시터	KS C 4801	주위온도 40°C 기기외부 25°C	65°C 이하는 정상 단, 정상시의 온도상승을 크게 넘 어 변화한 경우는 정밀점검 실시
고압 및 특별고압 진상 커패시터	KS C 4802	주위온도 35°C 기기외부 30°C	70°C 이하는 정상 단, 정상시의 온도상승을 크게 넘 어 변화한 경우는 정밀점검 실시
고압 및 특고압 진상 커패시터용 직렬 리액터(유입식)	KS C 4806	상승값 - 권선 55°C - 개방형 50°C - 절연유 밀폐형 55°C	90°C (직렬 리액터에서는 85°C) 이 하는 정상 단, 정상시의 온도상승을 크게 넘 어 변화한 경우는 정밀점검 실시
고압 및 특고압 진상 커패시터용 방전코일(유입식)	KS C 4804		

4) 양부 판정 기준

콘덴서의 점검은 정기점검과 특별점검으로 구별하며, 정기점검은 1~2년마다 실시하고 특별점검은 고장시 또는 장기간 사용하지 않다가 사용하고자 운전 개시할 때 실시하며 특별점검 항목에는 당연히 정기점검 항목도 포함한다. 점검에 있어서는 다음과 같은 예비지식이 필요하다.

① 콘덴서 절연저항

단자 상호간의 절연저항은 정전용량이 크기 때문에 현장에서 정확한 절연저항 측정이 곤란하며 방전저항이 내장된 콘덴서에서는 유전체만의 절연저항 측정은 불가능하다.

② 정전용량

정전용량 측정에 의해서 콘덴서 내부소자의 단선 절연파괴 등과 같은 이상을 확인할 수는 있으나 특성자체의 열화는 검지할 수 없다. 이때는 동일시기에 사용한 제품의 측정값의 변화 정도와 비교한다.

③ 손실

측정결과에 의한 양부판단은 곤란하지만 이상 열화는 검지할 수 있다.

④ 통형 콘덴서의 외함 팽창

통형 콘덴서는 원래 정상시에도 외함이 어느 정도 팽창하도록 되어 있다. 그러므로 이상 팽창을 알려면 정상시의 팽창이 어느 정도인가를 분명히 확인해 둘 필요가 있다.

5) 직렬 리액터

보수내용은 일반 변압기와 동일하지만 콘덴서의 개폐에 따라 전부하, 무부하 운전을 반복하기 때문에 변압기보다 호흡작용이 심하다. 특히 유입식 직렬 리액터와 같이 기름의 열화방지장치가 없는 구조는 점검주기 결정에 주의해야 하며, 유입 밀폐식의 경우 절연유의 점검교체는 일체 불필요하다.

6) 방전 코일

일반 변압기와 동일한 방법으로 운용되므로 방전코일도 직렬 리액터와 마찬가지로 기름 열화방지 장치가 부착되어 있지 않은 구조에서는 점검주기를 단축하고 일반적인 점검 즉, 온도의 변화 등에 중점을 둘 필요가 있다.

7) 유닛형 콘덴서 장치

유닛형 콘덴서(콘덴서, 직렬 리액터, 방전장치가 일체 구조로 됨) 장치에서는 일체화된 상태에서 각 기기의 특성 측정은 불가능하다. 따라서 보통 절연저항시험, 정격 주파수에 있어서의 정전 용량 측정 등을 행하며 기름 열화방지장치가 부착되어 있지 않은 구조의 경우는 정기적인 절연유 점검이 필요하다.

8) 보호장치

콘덴서 보호방식으로는 자체보호방식과 시스템보호방식으로 나눌 수 있다. 시스템보호방식은 통상 파워 퓨즈와 보호계전기 등 보호기기를 통한 콘덴서설비의 보호방식이고, 자체보호방식은 콘덴서 내부에서 이상발생시 콘덴서 자체가 이를 판단하여 차단하는 형식이다. 고전적인 방법으로 내부소자 단락시 콘덴서 내부압력이 팽창하여 외함이 부푸는 현상을 감지하여 보호하는 암(arm) 스위치방식과 내부 퓨즈 보호방식 등이 있으며, 근래에는 NVS(neutral voltage sensor)와 NCS(neutral current sensor)등 내부소자 이상시 Y결선의 중성점 이동에 따른 전압 또는 전류를 감지하여 사고의 확대를 방지하는 방식들이 도입되고 있다.

9) 점검사항

콘덴서는 완전 밀폐형으로 내부점검이 불가능하고 기름이 새거나 부싱 혹은 접점부분이나 몸통의 열 발생 유무가 주된 점검대상이 된다. 저압콘덴서는 온도 40℃~65℃, 고압콘덴서는 35℃~70℃, 직렬 리액터는 권선온도 55℃ 이상시에는 특별점검을 실시하고, 기기가 정상이면 주위온도에 의한 것이므로 냉각대책을 강구해야 한다.

<표 7.9.43> 역률 개선설비의 순차 점검 수리기준

구분	대 상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일 상 점 검	역률 개선 설비 전반	단자의 과열에 의한 변색	7일	연마 조임
		외함, 방열기의 기름이 새는지 여부 확인	7일	수리한다.
		방열기의 오손, 변형, 녹발생 여부, 먼지부착 등 확인	7일	녹발생 제거, 청소한다.
		이상한 소리와 냄새	7일	내부 분해 수리한다.
		애자류의 오손, 균열	7일	교환 수리한다.
정 밀 점 검	역률 개선 설비 전반	도체 접속개소의 느슨함	1년	조인다.
		애자류의 균열, 파손	1년	교환 수리한다.
		접지선 접속개소의 느슨함, 접촉 불량여부 확인	1년	조인다.
		절연 저항 측정	1년	

콘덴서 등 역률 개선설비를 점검, 측정할 때는 그 전후에 반드시 잔류전하를 확실히 방전시키고 접지한 후에 점검해야 한다.

<표 7.9.44> 직렬 리액터 점검항목

구분	점검항목	방 법	판정기준	비 고
정 기 점 검	누설 유무	콘덴서와 동일	콘덴서와 동일	콘덴서와 동일
	단자의 과열			
	용기에 녹발생			
	기타 외관점검			
	절연저항 측정	메가	단자와 외함간 20~500MΩ 이상	내부 온도에 의해서 절연저항이 변한다. 40℃ : 150MΩ 이상 70℃ : 50MΩ 이상
	절연유시험 (보통식만)	오일테스트	30kV/2.5mm	
특 별 점 검	직류 저항	저항계	제작값에 대해서 ±10% 이내	온도보증이 필요함
	리액턴스 측정	전압전류계법 이용	제작값에 대해서 ±10% 이내	10V 정도의 삼상 교류를 사용하여 측 정함
	내전압시험	교류 내전압계 세트	최대사용전압의 1.5배(교류)의 가에 이상 없을 것	전압값을 단자와 외함간에 10분간 인

<표 7.9.45> 콘덴서 점검항목 양부 판정

구분	점검 항목	방 법	판정기준	비 고
정 기 점 검	누유 유무 점검	육안점검	누설이 없을 것	누설의 가능성이 있는 개소는 용접부 애 자의 상부, 하부, 유량조정 장치부이다.
	단자의 풀림 과열의 유무	조임 육안점검	단자의 느슨함 및 과열로 인 한 변색이 없을 것	단자부의 최고 온도는 90℃ 이하(주위 온도 40℃)로 한다.
	용기 부식 유무	육안점검	녹슬음이 없을 것	
	기타 외관 점검	육안점검	애자 파손, 용기 이상, 변형	내부고장 검출장치부의 콘덴서로 인해 동작한 것은 재사용 곤란
	용기의 이상 팽창 유무 (유닛형)	육안점검 측정	한쪽편의 팽창이 비고관의 수 치 이하일 것	10~30kVA : 15mm 50kVA : 20mm 75~100kVA : 25mm 150kVA 이상 : 30mm
	절연저항 측정	메가로 측정	단자와 외함 1,000MΩ 이상	병렬 접속시는 1,000MΩ/태수 이상 애 자를 잘 청소하고 측정할 것

구분	점검 항목	방 법	판정기준	비 고
정 기 점 검	용량 측정	C 측정, 전압전류계법	정격값에 대해 -5%~+10%	삼상콘덴서의 경우는 임의의 2차자간에 용량이 평균값의 $\pm 3\%$ 이내일 것, 전압 은 100V 정도를 사용
	손실 측정	쉐빙브리지	제작값에 대해 +20% 이내	측정용 리드선의 저항, 접촉 저항의 영 향을 받을 수 있어 주의할 필요가 있다.
	내전압시험	교류내전압기	최대사용 전압의 1.5배(고압)의 전압값을 단자와 외함간에 가하여 10 분간 이상 없을 것	

<표 7.9.46> 방전코일의 점검

구분	점검 항목	방 법	판정 기준	비 고
정 기 정 검	누설유무, 단자 과열, 용기 녹슬음, 절연저 항 측정, 절연유시험	콘덴서와 동일	콘덴서와 동일	콘덴서와 동일
특 별 점 검	직류저항 측정	저항계	제작값에 대해 $\pm 10\%$ 이내	온도보정을 필요로 한다.
	내전압시험	교류 내전압계	최대사용 전압의 1.5배 전압을 단자와 외함간 인가 10분간 유지하여 이상 없어야 한다.	2차코일이 붙은 것은 3 차회로 외함간에 2kV, 1분간 유지
	변압비시험, 여자전류 측정(2차코일 붙은 것)	2대의 방전코일을 사용 1차측을 병렬 접속하고 1대의 2차에 전압 인가 하여 측정한다.	변압비와 정격의 3% 이내 여 자전류는 전압에 비례	

7.9.9 수·배전반의 유지관리

(1) 일반사항

전기관리에서 중심역할을 수행하는 것이 수·배전반이 있는 전기실이다. 이들의 유지관리에 있어서는 수전반에 설치된 개별 기기의 유지관리에 필요한 각 항목의 점검을 완전히 실시함과 동시에 종합적인 문제를 검토해서 시행하여야 한다.

종류를 구분하면 다양하지만 옥내형과 옥외형으로 구분되며 상수도시설에서는 염소가스에 의한 피해를 줄이고 사람의 접촉을 방지하기 위하여 폐쇄형을 사용하는 것이 효과적이며 이면배선 및 릴레이 접점 등의 관리를 중요시해야 한다.

전압이 높은 것은 안전과 신뢰도를 높이기 위해서 기기 전부를 금속용기 속에 장치하고 밀폐한 후에 가스를 충전하는 가스절연 개폐장치를 사용하는데 이는 안전하며 유지관리도 용이하지만 고가이

므로 154kV급에 주로 사용한다. 또한 점검은 빗물의 침입상태, 벌레나 작은 동물의 서식을 방지하고 폐쇄형이라 해도 염소가스로 인한 외부 도장상태와 각종 접점부분의 부식 등을 주의하여 관리해야 한다.

(2) 수·배전반의 종류

수·배전반은 감시기구, 보호계전기, 차단기 등을 조합한 것이며, 중앙에서 원격조작을 위한 중앙 감시반, 모터 기동반 등이 총칭되기도 한다.

1) 수전반

한전 전기를 수전하는데 주된 반으로 단로기, 차단기를 비롯해서 전압계, 전류계, 역률계, 전력계가 부착되며, 보호장치로서 접지계전기, 저전압계전기, 과전류계전기, 이에 따른 변성기가 부착되고 투입과 차단을 조작할 수 있는 조작스위치, 계기용 절체스위치류가 부착된 종합반이다.

2) 배전반

고압반과 저압반으로 분류가 되는데 고압에서는 배전반의 차단기 규격과 용량에 차이가 있을 뿐 구조와 내용, 회로에 부착되는 기기는 수전반과 동일하다.

3) 기동반

동력 기동반은 기동 보상기, 차단기, 전류계, 과전류 계전기가 부착되며 이에 따른 변류기와 조작스위치, 계전기, 절체 스위치, 타이머가 부착된다. 차단기의 허용전류는 부하에 따라 정해지지만 차단용량은 주 차단기와 동일하게 선정해야 한다.

4) 릴레이반

자동운전을 위해서 자동 제어시설을 할 경우는 릴레이반이 별도로 설치된다. 릴레이반은 각종 릴레이, 타이머가 설치된다.

5) 중앙 감시제어반

배전반과 동력반 등을 설치하고 부하에 전력공급을 위한 분기반을 설치하여 직접 배전반에서 조작하기도 하나 규모가 조금 커지면 인력절감과 신속 정확한 운전을 위해서 종합 조작반을 설치하여 운영한다. 종합 조작반에서는 수전반, 배전반, 기동보상기반에서 조작선과 감시계통을 연결하여 전부 이곳에서 각종 제어 및 감시기능을 수행할 수 있도록 설치된 것이다.

전기의 수전 및 배전계통의 전기회로를 표시하고 회로별 차단, 투입, 운전을 표시램프에 의해 1인 조작이 가능하도록 한 것이다. 또한 전류계, 전압계, 표시등을 설치하여 항상 감시가 용이하도록 되어 있으며 고장 발생 등 이상시는 경보가 발생하도록 되어 있다.

6) 전자화배전반

보호, 계측, 제어, 표시, 통신 기능이 일체화된 digital형 집중표시, 감시제어 장치를 사용한 것으로 주회로를 제외한 모든 부분을 전자화함으로써 설비의 간소화 및 중앙 감시제어시스템의 신뢰성을 대폭 향상시킨 배전반을 칭하며 기존 일반형 배전반과의 비교결과는 다음 표와 같다.

<표 7.9.47> 전자화 배전반과 일반형 배전반 비교

항 목	전자화 배전반	일반형 배전반
외관 (간소화)	• 각종 계측기, 조작 switch, 계전기 등을 일체화하여 배전반 door 전면의 폐소에서 집중표시 및 제어하여 외관이 간단하고 내부회로의 조작, 관리가 용이	• 각종 panel meter, 유도형 보호계전기, 조작 및 절환 switch, 상태 및 고장표시 lamp 등 배전반 구성시 각종 기기들의 사용으로 복잡
안전성 및 신뢰성	• 전자식으로 진동등 충격에 안전 • 통신선로 내부회로를 절연하여 noise, surge 침입을 억제	• 각종 계전기는 기계식이므로 진동 등의 충격에 의한 오동작 가능성이 큼. • 감시반 구성시 RTU, T/D 등 연계구성으로 인한 noise, surge 침입 우려가 많음.
차단기의 원방조작 및 감시	• 통신기능을 내장하고 있어 감시반 종류에 따라 일부 구성의 변경이 요구되나 통신 인터페이스 장치에 의해 감시반에서 원방 감시 제어 가능	• 감시반에서 원방으로 차단기의 ON/OFF 조작 또는 상태감시를 위해서는 별도 system을 구성하거나 부품을 추가 사용하여야 함.
System 설계	• 계측기, 계전기, 조작 S/W 등의 기능이 일체형으로 system 설계 및 도면작성이 간단하고, 배선이 간단하다.	• 계측기, 계전기 요소별로 개별 작성하여야 하므로 배선이 복잡하고 system 구성이 완성되면 변경이 어려움.
사후관리 및 유지보수 (A/S)	• 완전한 digital 전자식으로 반영구적인, 안전하며 고장빈도가 적음. • 배선단순화로 보수유지가 용이하고 고장원인 파악이 신속하여 정전 복구시간 단축 가능함.	• 각종 계측기 및 조작, 제어 switch류가 기계식으로 되어 있어 사용 연한에 따라 고장빈도가 높음. • 계측장치의 고장시 보수 점검시간 과다 소요
유연성 (setting)	• 상/선식 CT비, PT비 변동에 DIP switch로 간단히 조작 가능	• 상/선식 CT비, PT비 변동에 meter 교체가 필요함.

(3) 수·배전반의 유지관리

1) 개요

수·배전반의 순찰점검시 개방형의 경우는 각 기기 상태를 볼 수 있기 때문에 점검이 용이하나 폐쇄형의 경우는 점검하기가 매우 곤란하므로 점검 항목을 정하고 신중하게 대처해야 하며 설치장소와 환경에 따라 생략 또는 보완해야 하나 전기안전관리 규정에 부합하여야 한다. 보수점검시는 기기상태의 외부점검과 전기적시험에 의한 검사 등으로 양부를 판단하여야 한다.

2) 운영보수

전기시설은 종합적인 중앙운영으로 일체 기기의 기능 저해요인을 감시해야 하고 수·배전반, 기기 고장 발생시는 사업장 전체에 전기공급이 중단되므로 사전에 시설의 운영교육과 훈련을 실시하여 대책을 수립하여야 한다. 고장으로 인한 정전시는 한전 전기 공급계통의 이상 유무를 우선 확인해야 하며 기기의 고장 발생시는 명판, 형식, 현 상태, 예상 피해를 파악하여 유관부서에 연락하여 응급조치와 보수방침을 결정하고 업무에 임해야 한다.

<표 7.9.48> 배전반의 순찰점검 내용

구분	대 상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일 상 점 검	중앙 감시반	각종 릴레이 타이머 조작기구의 작동	7일	이상발생 개소 교체
		배선 접속 상태	7일	보수
		표시등 및 계기류 점등 및 지시상태 정상여부 확인	7일	교체
	수·배전반 전반	외관상 변형, 녹슬음 등 이상 유무	7일	염소가스 영향 점검
		조작개폐기, 절체개폐기 등 이상	7일	청소, 조정, 수리
		내외부 소리와 냄새 여부	7일	청소, 조정, 수리
		자물쇠장치 이상 유무	7일	조정, 수리
		습기 다량 침투 여부	7일	방습 조치
		외부의 충격, 진동 등 영향 여부	7일	주위작업 등 영향 배제
		스페이스 히터 동작 상태	7일	보수 교체
		팬 동작 상태	7일	보수교체
		모선 접속부의 이완 및 발열	6개월	교정 및 교체
		자동 조작회로 점검	6개월	교정 및 교체
정 밀 점 검	수·배전반 전반	이면배선 조작선의 손상 여부	1년	배선 교환
		배선의 상호접촉 이상 유무	1년	정비한다.
		지지 애자, 부상류의 균열	1년	교환한다.
		볼트류의 느슨함은 없는가?	1년	조인다.
		소동물의 서식 여부	1년	청소, 패킹 정비
		내부 청소상태 확인	1년	청소, 패킹 정비
		절연저항 측정	1년	
		접지저항 측정	1년	

3) 점검시 주의

배전반을 점검할 때에는 릴레이에 영향이 없도록 유의하여 문을 여는 등 주의하여 실시해야 한다. 내부 기기, 배선의 점검은 사소한 것도 주회로의 전원 차단없이 시행하는 것은 절대 금지해야 한다. 주로 변색, 소리, 냄새, 열, 빗물, 소동물 등이 침입하지 않은가를 일상점검으로 실시한다. 정밀 점검시는 모선을 정전하고 실시하여야 하며 고압선로를 점검 보수시는 안전을 위해서 반드시 접지를 하고 시행해야 한다.

① 일상점검

- ① 육안에 의한 기기의 변화, 변색 등과 부하에 대한 검토 판단
- ② 이상한 소리에 의한 기기의 이상 여부 확인, 정밀조사 여부 결정
- ③ 이상한 냄새에 의한 과열, 소손 등의 판단

④ 기기 접촉 부분 및 외함의 과열, 변색, 변형 등에 의한 판단

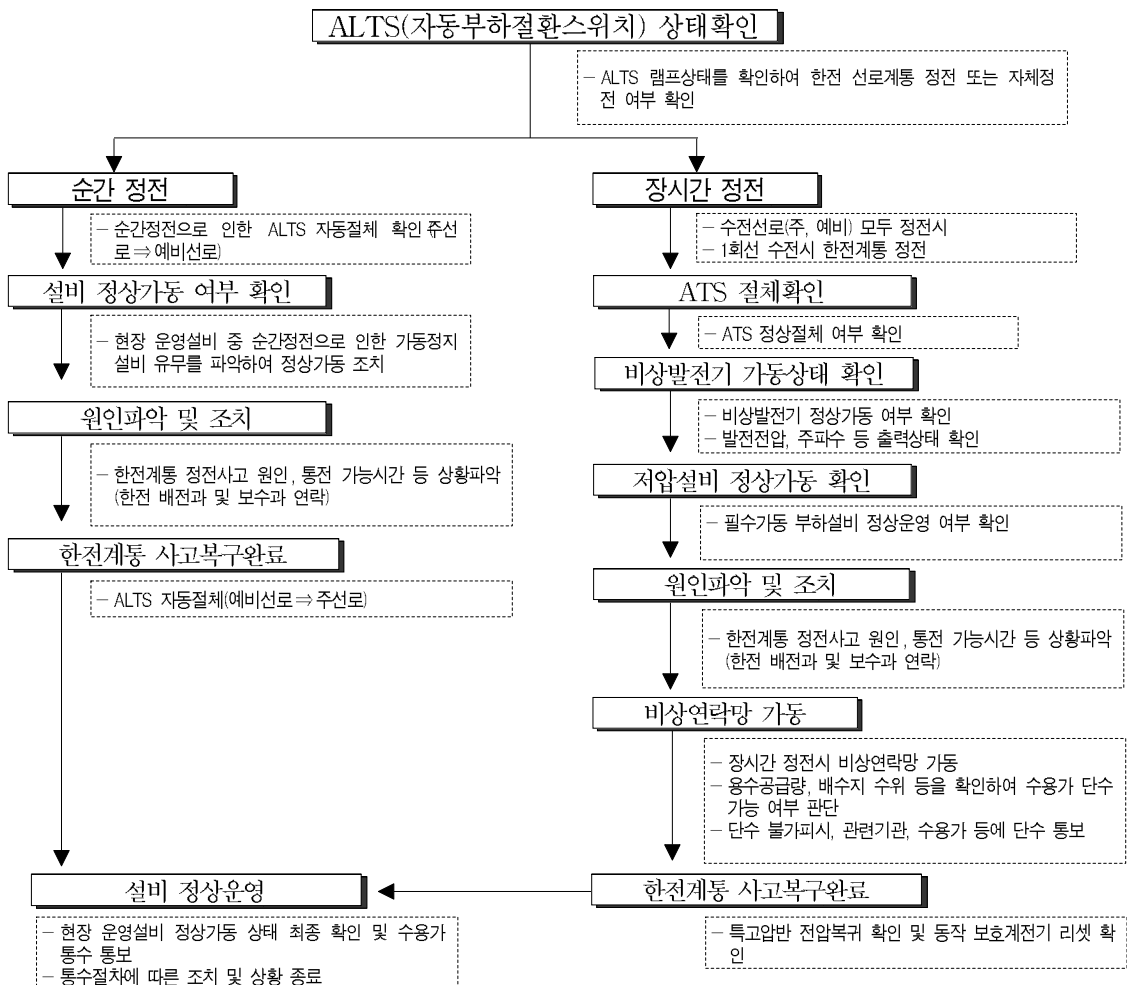
4) 점검후의 조치

작업이 완료되면 작업자에 대한 이상유무를 확인하고 작업을 위한 임시 가설물 철거, 볼트 조임 등 이상유무, 공구 등이 버려진 것은 없는가를 확인한 다음 접지한 것을 제거하고 수전절차를 이행한다.

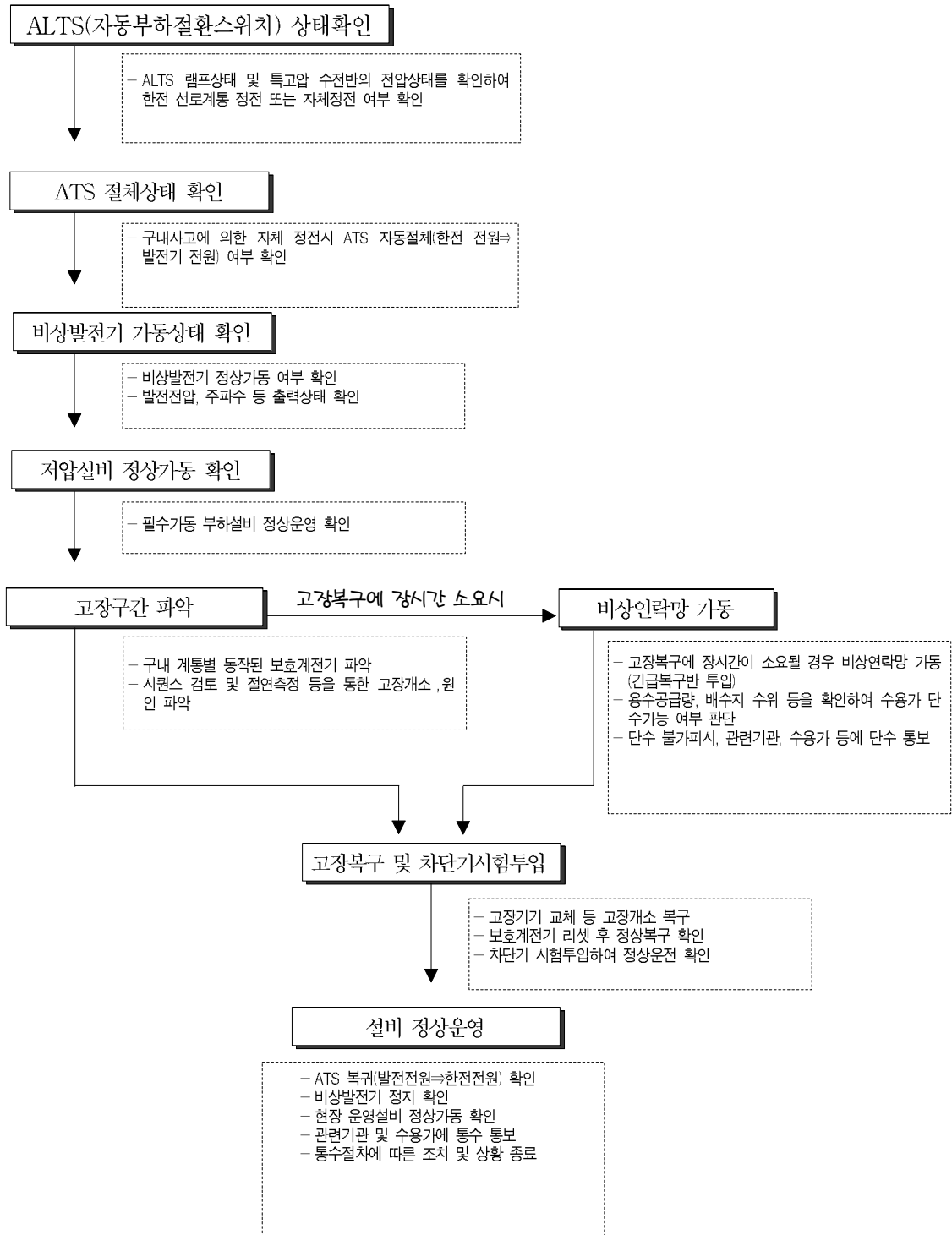
7.9.10 정전시 조치요령

취수장, 정수장, 가압장 등 수도시설물 운영 중 예상치 못한 정전사고 발생시에 대비하여 대처방안 수립 및 신속한 대처능력 향상을 위해 주기적인 모의 훈련을 실시하여야 한다. 또한, 전기설비 정기 검사 등 정밀점검 필요시 계획정전을 실시하여 안정적으로 관리함으로써 용수공급의 안정성 확보에 만전을 기하여야 한다.

(1) 한전선로 계통 정전시 조치요령

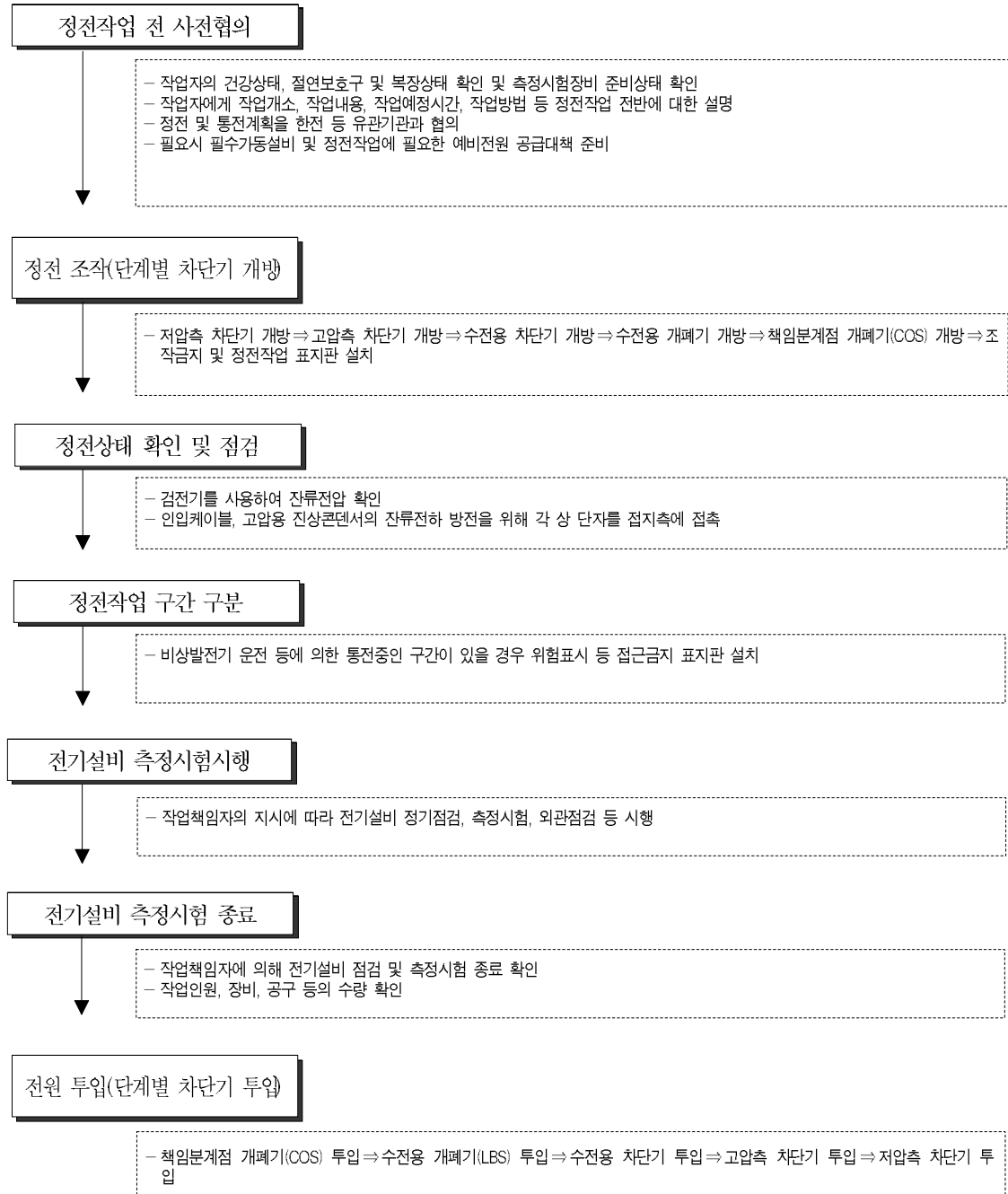


(2) 수·배전반 전력사고에 의한 정전시 조치요령



(3) 계획 정전시 조치요령

전기설비는 『전기사업법』 제65조에 의해 고압 이상의 수전설비에 대해 정기검사를 실시하도록 규정하고 있으며, 정기검사 여부와 관계없이 시설노후화로 인한 위험성 존재시 정전계획을 수립하여, 계획정전을 통한 전기설비 정밀점검을 실시하여야 한다.



7.9.11 감전사고 방지대책

통계에 따르면 연간 전기안전사고의 약 65%가 장마철인 6월에서 9월 사이에 집중적으로 발생하며, 이는 주변에 습기와 물기가 많아 감전을 쉽게 유발할 수 있는 환경이고, 간편한 복장에 의한 신체의 노출범위가 증가하기 때문이다.

따라서 이 시기에 집중적으로 발생하는 감전재해 예방을 위하여 안전재해 예방대책의 철저한 이행과 사고시 대처방법의 숙지가 필요하다.

(1) 감전재해의 주요유형 및 예방대책

- 1) 특별고압 환선, 근접작업시 안전조치 미흡 및 안전장구 미착용으로 인한 감전
 - － 접근 한계거리를 유지하여 작업하되, 안전장구(전기안전모, 고압 및 저압 고무장갑, 고무장화 등)를 착용한 상태로 작업하도록 한다.
- 2) 정전 작업시 잔류전하 방전 미실시 상태에서 작업 중 감전
 - － 충전된 전력기기의 잔류전하 방전조치 후 작업
 - － Bus-bar에 통전표시기 설치
- 3) 전동기계기구 사용 및 작업시 안전조치 미흡으로 인한 감전
 - － 침수된 배수펌프실 등 수중 작업시 절연장화 등 안전보호구 착용
- 4) 배선, 이동전선 등 작업시 안전조치 미흡으로 인한 감전
 - － 장마철 전에 가로등 누전차단기 고장개소 교체
 - － 전력케이블 누전시 누전구간 교체
- 5) 일상 육안점검시 안전거리 미확보로 인한 감전
 - － 수배전반 육안점검시 내부를 들여다 볼 수 있도록 패널 내부 door에 투명 아크릴판을 이용한 점검창 설치

(2) 감전사고시 응급조치요령

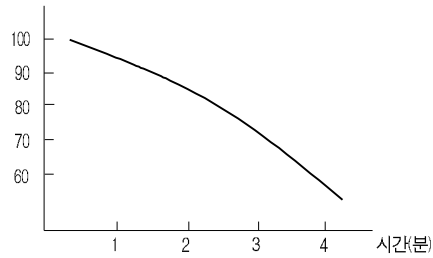
1) 응급처치의 효과

감전쇼크에 의하여 호흡이 정지되었을 경우 혈액중의 산소 함유량이 약 1분 이내에 감소하기 시작하여 산소결핍 현상이 나타나기 시작한다. 그러므로 단시간 내에 인공호흡 등 응급조치를 실시하면 감전사망자의 96% 이상을 소생시킬 수가 있다.

근무자 중 일정인원은 응급조치가 가능하도록 교육시켜 사업장에 배치하고, 단위 작업장별로 응급조치요령, 응급조치용구, 응급조치 가능자의 연락처 등을 비치 및 게시하여 운영하는 것이 바람직하다.

2) 감전사고시 조치방법

- － 사고구간 전원차단 및 사고자를 안전한 장소로 구출
- － 사고자를 안락하게 눕히고, 호흡장애 요인이 될 수 있는 넥타이, 신발 등을 제거 또는 느슨하게 함



<그림 7.9.3> 사고 후 응급조치 시간에 따른 소생률

- 의식이 없는 사고자에게 물 또는 음료수를 공급하지 않도록 함
- 옆으로 눕히고 머리를 뒤로 제쳐 기도 확보
- 호흡 정지시 인공호흡 등 심폐소생술 시행
- 위 조치와 동시에 119등에 사고발생 신고 등 조치

7.10 동력 · 제어설비

상수도시설에는 펌프구동 또는 밸브 조작용으로 주로 삼상 유도전동기가 사용되며 이는 고장이 작고 성능이나 효율면에서 우수하다. 그 외에 직류기의 경우는 정류자나 브러시의 유지관리에 특히 주의해야 하고 카본먼지의 제거, 정류자면 흠집의 진행상황 등에 주의하고 매월 1회는 정기 점검을 행하는 것이 바람직하다.

7.10.1 전동기의 종류 및 특성

(1) 농형 유도 전동기의 특성

펌프 구동용으로 권선형이 사용되었으나 근래는 구조가 단순하고 가격이 저렴하며 기동방식이 간편하고 유지관리가 용이한 농형 유도전동기가 전압이나 용량에 관계없이 널리 사용되고 있다.

(2) 권선형 유도 전동기의 특성

권선형 유도전동기는 전원 용량이 작거나 기동전류를 작게 해야 할 경우 또는 연속적으로 속도제어를 행하는 송풍기 등에서 사용되며 상수도시설에서 속도조절이 필요한 약품 투입기, 슬러지 컬렉터, 응집기 등에는 주로 가변전압 주파수 제어방식이 이용된다.

관압 자동조정이나 유량조절을 필요로 하는 장소에서는 가변전압 주파수 제어방식이 효율적이며 전력이 절감되고 기존 농형모터를 그대로 이용 가능하므로 시설비의 추가부담이 없다.

<표 7.10.1> 농형 유도전동기 특성

전동기 형식		보통농형	특수농형 1종	특수농형 2종	2중농형	고저항농형
기동토크		120%	100%	150%	200%	150~300%
기동전류		450~700%	450~700%	450~600%	450~600%	350~500%
슬립		5~7%	3~5%	3~5%	3~5%	7~13%
적 용 부 하	기동빈도	적음	적음	적음	적음	크다
	기동토크	적음	적음	큼	큼	대개는 크다
	시간정격	연속	연속	연속	연속	단시간, 연속
	부하변동	적음	적음	적음	적음	크고 자주 발생
비고		소출력인 것	대출력인 것	펌프용으로는 일반적으로 사용되지 않음		

7.10.2 전동기의 기동방식

유도전동기의 기동방식은 전동기의 용량, 부하의 종류 및 상태, 전원의 용량 및 기동장치 등 여러 가지 조건에 의해 결정된다. 단자 전압을 저하시키면 시동전류는 작아지지만 시동토크는 전압의 2승에 비례하여 감소되므로 큰 시동토크를 요구하는 부하에는 적당하지 않다.

(1) 전전압 기동방식

대체로 소용량일 경우에 배전선에 대한 영향이 적으면 별도의 기동장치가 없이 직접 전전압을 공급해서 기동한다. 기동방법이 간단하고 설치비가 적게 들지만 용량이 큰 전동기에 정격전압을 갑자기 가하게 되면 정격전류의 5~6배의 시동전류가 흐르므로 전압강하를 일으킨다.

대용량에 있어서도 전원의 모선 용량이 충분하고 큰 기동 회전력을 요구하는 부하에 사용되고 있다. 내선규정에 의하면 전원변압기의 용량이 10배 이상이면 직접기동 할 수 있다고 규정되어 있다.

(2) Y-Δ 기동

전자개폐기를 이용하여 전동기의 인출선을 기동시 Y결선이 되도록 하고 속도가 상승하여 전류가 감소하면 Δ결선으로 변환 시키는 방식으로 기동 전류 및 기동 회전력이 직접 기동시의 1/3이 된다. 이 방식은 Y에서 Δ결선으로 전환되는 순간(무전압 상태)에 전류 및 회전력의 충격이 발생한다. Y결선 상전압은 델타접속의 $1/\sqrt{3}$ 로 되므로, 기동전류 및 기동토크는 전전압의 1/3이 된다. 즉 시동전류의 200~250% 정도가 되며, 시동토크는 전부하 토크의 30~40%가 된다.

(3) 리액터(reactor) 기동법

전동기 기동 회로에 직렬로 리액터를 삽입하여 기동하고 속도가 어느 정도 가속되어 전류가 감소하면 리액터를 단락시키는 방식으로 기동회전력은 기동전류(또는 전압)의 2승에 비례하기 때문에 직

입 기동방식에 비하여 기동 회전력이 떨어진다.

기동시 리액터의 50, 65, 80% tap이 있어 전동기에 가해주는 전압을 떨어뜨려 기동시킨다. 기동 전류는 % tap에 비례하여 감소하나 역시 토크는 % tap의 2승에 비례하여 감소한다. 고압 전동기 기동에 많이 사용된다. 예를 들면 tap 65%를 선정할 경우 시동전류는 초기값이 직입기동의 65%, 토크는 인가전압의 제곱에 비례하므로 42.2%로 작아진다.

그러나 전동기가 가속됨에 따라 전류가 감소되어 리액터 단자에 걸리는 전압이 줄어들기 때문에 전동기의 단자 전압은 상승하여 가속이 빨라지고 따라서 회전력도 커지는 이점이 있다. 삽입리액터와 전동기의 임피던스비로 결정되는 단자전압이 시동 중 전동기에 인가되므로 시동순간 단자전압이 작으나 슬립의 감소 즉 가속에 따라 커지므로 기동시간 동안의 최대토크는 각종 감압 시동방식 중에서 가장 크다. 부하토크가 회전속도의 2승에 비례하는 팬, 펌프 등이나 부하에 미치는 시동충격을 경감하고 싶을 때 사용하면 유리하다.

(4) 단권변압기 기동방식

기동전류를 낮추기 위해 단권변압기 tap을 설치하여 50, 60, 80%이 있어 전동기에 가해 주는 전압을 떨어뜨려 기동시킨다. 보상기의 1차 전압을 $E_1[V]$, 2차 전압을 $E_2[V]$ 라 하면 보상기의 1차측 기동전류와 전동기의 기동 회전력은 직입 기동시의 $(E_2/E_1)^2$ 가 된다. 토크는 역시 % tap의 2승에 비례하여 감소한다. 예를 들면 80% tap에서 기동시 전류 및 토크가 64%까지 감소한다. 특히 전원 변압기의 그러나 전원에 끼치는 영향이 리액터 기동방식에 비하여 적어서 수전전원용량이 작은 경우 유리하다. 이 방식 역시 전압 tap을 두어 임의의 조정이 가능하다.

(5) Kondorfer 기동방식

단권변압기 시동에 있어 운전으로 변환할 때 보상기 코일의 일부를 일단 리액터로 이용하고 변환을 원활하게 하는 방식이다.

(6) Reacon 기동방식

리액터의 각상 권선에 2차 권선을 시행하여 일정속도로 상승시킨 후 2차 권선을 단락시키는 방식이며 리액터 기동방식보다 원활한 회전력 특성을 얻을 수 있다. 리액터방식의 경우 단락용 스위치가 투입될 때 전동기의 역유기전압과 인가전압의 각상이 중첩되면 기동전류의 2배에 가까운 이상 돌입 전류가 흘러 단락상태와 같은 과전류가 흘러 보호장치의 오동작을 일으켜 오히려 기동전류 억제 효과를 잃게 되는 경우가 발생한다. 그러나 운전 중 권선에 전류(부하전류)가 계속 흐르기 때문에 손실이 발생되는데 현재는 거의 채택되지 않고 있다.

(7) Soft starter 기동방식

Thyristor 점화각을 제어하여 전동기 기동전류를 조정하는 소프트 스타트방식은 별도의 개폐기 설치가 필요 없어 기존의 기동방식이 갖은 설치공간 문제 및 기동시 전동기 등에 가해지는 전기적,

기계적 충격이 적다. 초기 설치비용이 적으나 운전비용(에너지 세이브 측면)이 적게 들고 유지보수 비용도 저렴한 장점들이 있어 오늘날 이의 적용이 점진적으로 확대되고 있는 추세이다. 반면에 비선형 특성인 사이리스터에 의한 고조파가 발생하는 단점이 있다.

7.10.3 전동기의 제어방식

(1) 전동기의 운전

송수시설은 급수수요에 따라 다소 부하가 변동이 있으나 보통 일정한 부하로 운전되므로 효율적으로 운영하면 기계의 수명도 길어지며 에너지 절감에도 기여할 수 있다. 배수지시설을 확보하게 되면 더욱 효과적이다.

(2) 회전 제어

1) 농형전동기

유도전동기는 고정자 권선의 접속을 변화시킴으로써 극수를 바꾸어 속도를 변화시킬 수 있으나 연속적인 회전속도 변화는 할 수 없고 세부적인 회전수 제어도 할 수 없다. 그러나 최근 가변전압주파수 제어(VVVF)방식이 널리 사용되고 있으며, 이는 상용전압으로부터 교류를 직류로 변환한 후 다시 교류로 역변환하면서 주파수와 전압을 변환하여 농형 유도전동기에 공급하면서 회전수를 변화시킨다. 이는 컨버터와 인버터부를 합해서 인버터(또는 드라이버)라고 통칭하며 관계공식은 다음과 같다.

$$\begin{array}{ll} \text{회전수} & N = \frac{120f}{P} \times (1-S) \quad \text{자속} \quad \phi = k_1 \times \frac{V}{f} \\ \text{전류} & I = k_2 \times \frac{V}{f} \times (S \times f) \quad \text{토크} \quad T = k_3 \times \left\{ \frac{V}{f} \times f \right\} \times (S \times f) \\ \text{전력} & P_w = k_4 \times V \times I \end{array}$$

여기서, 회전수: N , 자속: ϕ , 전류: I , 토크: T , 출력: P_w , 주파수: f

극수: P , 슬립: S , 상수: $k_1 \sim k_4$

이것은 일반 범용모터에 그대로 사용할 수 있어 시설의 교체나 특별히 보완할 필요가 없으며 효율이 높고 고속운전 등에 사용이 가능하여 자동화 등에 널리 사용되고 있다.

2) 권선형전동기

권선형은 회전자 제어회로에 직렬로 저항을 넣는 방법으로 여기에 토크와 속도곡선이 변하고 부하 토크와의 균형점에서 운전되며 이때의 손실은 대부분 저항기에서 열로 발산되는데 이것을 2차 저항법이라고 말한다.

(3) 전동기 정지

유도전동기의 정지는 전원을 단절하는 것이다. 그러나 대동력의 전체부하 운전중에 전원 단절은 차단기나 기계에 무리를 일으키며 송수계통에 충격으로 밸브나 배관의 파열이나 기타 기기에 무리가

가해지므로 정지시는 밸브를 닫고 부하를 줄여서 무부하 상태에서 전원을 단절해야 한다.

권선형 유도전동기를 정지할 경우에는 전원을 차단하는 것은 농형의 경우와 같으나 그 외에 수동식의 경우에는 브러시 전원을 단절하고 반드시 단락장치의 개방과 브러시의 인하조작, 그 외에 기동저항기 또는 기동제어기가 기동위치에 고정되고 있는 것을 확인하여야 한다.

7.10.4 전동기의 절연시험

고장자권선 절연진단은 회전기의 제작시와 사용 중으로 나눌 수 있는데, 제작시 절연진단은 정격전압에서 아무런 고장 없이 사용 가능한가의 여부를 판정하기 위해 정격전압보다 높은 전압을 인가하는 고전압절연내력시험이고, 사용 중 절연진단은 회전기 사용 중에 절연상태를 판정하는 방법으로 절연저항시험, 직류전류시험, 교류전류시험, 유전정접시험 및 부분방전시험 등이 있다. 위에 2가지 절연진단방법 중에서 설비 운영과 관련된 사용 중 절연진단방법은 다음과 같다.

(1) 절연저항시험

절연저항시험은 절연물의 흡습이나 오손상태를 파악할 수 있으며, 회전기 운전에 필요한 충분한 절연저항을 가지고 있는가 여부, 운전에 따른 절연저항 저하의 정도를 점검하는 시험으로 정격전압 1kV 이상의 기기에는 1,000V 절연저항계를, 1kV 미만의 기기에는 500V 절연 저항계로 측정한다.

1) 측정 개소

- ① 전기자 권선: 교류기, 조상기 및 전동기에서는 전기자 권선과 대지간을 측정한다. 직류전동기는 정류자 면상의 브러시를 올려 정류자 및 정류자 권선과 대지간을 측정한다.
- ② 계자 권선: 교류기, 조상기의 경우에는 슬립링 상에 브러시를 올려 계자권선과 대지간을 측정하며 직류기에서는 권선과 회로를 분리하여 측정한다.
- ③ 기동 보상기

1차 및 2차측의 차단기를 개방하고 보상 권선과 외함 간을 측정한다.

2) 양부의 판정

절연 저항값은 온도, 청결도 등의 인자에 의해서 좌우되므로 단순히 절연 저항값만으로는 양부를 판정할 수는 없으나 권선의 최고온도에서 다음 식으로 산출한 수치 이상이 필요하다.

- ① 회전속도를 고려하지 않을 경우

$$R = \frac{\text{정격전압(V)}}{\text{정격출력(kW 또는 kVA)} + 1,000} (\text{M}\Omega)$$

- ② 회전속도를 고려한 경우

$$R = \frac{\text{정격전압(V)} + \text{분 당회전속도/3}}{\text{정격출력(kW 또는 kVA)} + 2,000} + 0.5 (\text{M}\Omega)$$

또한 계자권선이나 여자기의 절연저항이 1MΩ 이상이면 지장이 없는 것으로 생각할 수 있다.

3) 절연 내력

절연의 양부는 일반적으로 절연 저항 측정으로 판별하나 여러 가지 인자에 의해서 좌우되므로 확실하지 않고 개략적인 목표에 불과하다.

사용전압이 높아지면 절연저항 측정만으로는 충분하지 않으므로 절연 내력시험을 실시하여 절연의 이상 유무를 판정하는 것이 효과적이며, 시험 전압을 10분간 가하여 이상이 없으면 양호한 것으로 판단할 수 있다(전기설비기술기준 제17조).

<표 7.10.2> 절연 내력 시험전압

종 류	시험 전압
최대사용전압이 7,000V 이하의 것	최대 사용전압의 1.5배의 전압(500V 미만인 경우 500V)
최대사용전압이 7,000V를 초과하는 것	최대 사용전압의 1.25배의 전압(10.5kV 미만인 경우는 10.5kV)

(2) 직류전류시험

직류전류시험은 직류전압을 인가했을 때의 전류-시간 특성으로부터 절연물의 흡습, 도전성 불순물의 흡입, 생성, 오손과 절연물의 결합 등 절연물의 상태를 판정하는 시험으로 성극지수시험이라고도 한다. 전류의 크기는 시료의 형태와 크기에 따라 변하기 때문에 전류의 크기만으로 판단할 수는 없다. 절연물이 열화되거나 흡습되면 누설전류가 증가하므로 전류-시간 특성곡선에서는 누설전류의 상승으로 전류의 감쇄율이 낮아지게 된다. 이러한 특성을 이용하여 전류의 시간 변화를 나타내는 지표로서 다음식과 같은 성극지수(P.I.: polarization index)를 이용하여 절연물의 흡습과 오손을 판정한다.

$$\text{성극지수(P.I.)} = \frac{\text{전압인가 1분 후의 전류}}{\text{전압인가 10분 후의 전류}} = \frac{\text{전압인가 10분 후의 절연저항}}{\text{전압인가 1분 후의 절연저항}}$$

절연상태는 성극지수가 2보다 큰 경우 권선상태가 건조하고 깨끗하며, P.I값이 1에 접근할수록 권선표면에 습기가 많고 오손상태가 심하여 고정자 권선 표면의 절연상태가 불량하다고 판정한다.

(3) 교류전류시험

절연물에 교류전압을 인가했을 때 흐르는 전류와 전압과의 관계, 즉 I-V 특성으로부터 절연상태를 평가하기 위한 시험으로 교류전압을 절연물에 인가하면 전압상승에 비례하여 충전전류가 증가하며, 이때 절연층 내에 결함이 존재하여 부분방전 현상이 발생하게 되면 미소공극을 단락시켜 충전전류가 급격히 증가한다. 이러한 전류 급증전압 및 전류 급증률로부터 절연물의 흡습 및 열화의 정도를 알 수 있다.

교류전류 시험에서의 전류-전압 특성에 있어서 절연진단시험에 사용되는 파라미터는 다음 식과 같이 정의되는 전류증가율(ΔI)을 사용한다.

$$\Delta I = \left(\frac{I - I_0}{I_0} \right) \times 100 (\%)$$

여기서, I: 정격(단자)전압(E) 인가시 흐르는 전류

I_0 : 전류가 직선적으로 증가한다고 가정한 경우 정격전압에서의 전류

(4) 유전정접($\tan \delta$)시험

절연물에 교류전압을 인가하면 일반적으로 전압에 대하여 90° 위상이 앞선 충전전류와 전압과 동상인 누설전류가 흐른다. 유전정접은 충전전류를 누설전류로 나눈 값으로 절연물에 교류전압을 인가하여 측정되는 $\tan \delta$ 로부터 흡습, 건조, 오손, 미소공극 유무 등의 절연상태 및 열화정도를 측정할 수 있다.

$\tan \delta$ 는 절연물의 특성값으로서 전기적 손실 정도를 나타내며, 절연재료가 매우 양호할 경우 인가 전압이 증가하여도 $\tan \delta$ 는 증가하지 않으나 고정자 권선의 주절연 혹은 주절연과 철심 사이에 공극이 존재할 때 고전압이 인가되면 이들 공극에서 부분방전이 발생하여 열과 빛을 생성하기 때문에 에너지를 소비하며 이로 인하여 권선 내 전기적 손실이 증가한다. 그 결과 전압이 증가함에 따라 $\tan \delta$ 도 증가하며 $\Delta \tan \delta$ 가 증가하게 되면 부분방전도 증가하게 되므로 $\tan \delta$ 시험은 부분방전의 발생상태를 간접적으로 나타내는 척도가 된다.

(5) 부분방전시험

대형 고전압회전기 고정자 권선의 경우 사용시간의 증가로 인해 권선이 열화되어 절연물에 미소공극, 균열, 박리 등이 생기면 이 결함부에서 부분방전 펄스 전류가 발생하는데 이 부분방전을 검출하여 전기적인 절연물의 열화상태 뿐만 아니라 과열이나 주기적 응력에 의한 권선 단말부에서의 표면방전, 웨지 이완 그리고 슬롯방전 등의 이상상태도 신뢰성 있게 판별할 수 있다고 알려져 있다. 절연물내의 국부적인 열화를 검출하는 수단으로서는 최대부분방전 전하량(Q_m)을 사용하고 일반적으로 절연열화가 진행되면 방전전하가 커지고 방전발생개수(빈도) 또한 증가하여 Q_m 이 커지면 절연 파괴 전압이 저하되는 관계를 이용해서 절연열화의 정도를 판단한다.

7.10.5 동력설비의 유지관리

(1) 개요

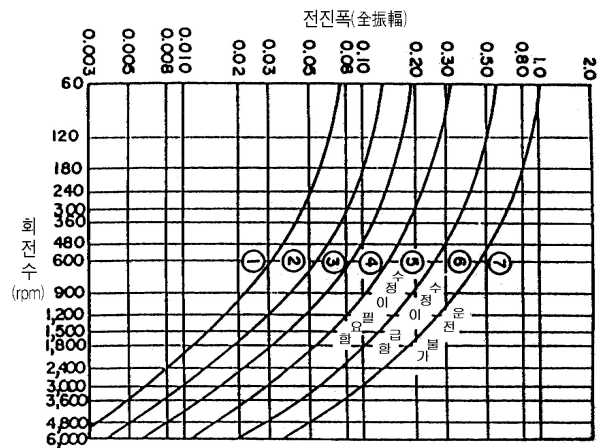
고장발생은 주로 절연 열화와 베어링 노후 및 펌프 가동 중에 흡입측으로 이물질(각목 등) 유입, 과부하 및 저전압운전 등에 있으며 권선형은 여기에 고장개소가 슬립링이나 브러시의 고장이 추가된다.

(2) 이상음

이상음의 발생원인은 주로 다음 표와 같다. 따라서 이상음이 발생한 경우에는 그 원인을 조사하고 이를 제거하기 위한 대책을 강구해야 한다.

<표 7.10.3> 진동기의 이상음의 발생

종 류	주 발 생 원 인
전기적	절연물이 표면오손, 열화 등에 의한 코로나 방전 발생
	브러시나 접촉부의 접촉불량에 의한 불꽃 발생
	결상, 단락으로 단상 공급시
	전기자 권선의 단선
	자동 절체 스위치의 접촉불량으로 전원접속이 불안전할 때
	절연물 열화 코일의 느슨해짐과 갈라짐
기계적	회전체의 평형이 불량할 때
	절연물이 열화하여 코일이 느슨해지거나 절연물이 변색될 때
	기초 지지물의 고정이 잘못 되었을 때
	흡입구나 토출구 밸브 조작이 잘못 되었을 때
	철심이나 커버의 조임 볼트가 불량할 때
	축받이가 불량할 때, 베어링의 이상 발생시
	부하의 결합이 불량할 때
	볼트의 느슨함, 회전체에 부딪침
	펌프 흡입구로 임펠러에 이물질 유입시



<그림 7.10.1> 진동 허용한도

(3) 진동

회전기이므로 다소의 진동을 수반하는 것이 보통이나 경미한 진동은 운전에 지장이 없지만 진동이 심한 경우에는 진동측정을 행하고 대책을 강구해야 된다. 운전시의 진동은 다음 항목에 따라 계측

기록하여 변화의 기준으로 할 필요가 있다.

원인으로는 여러 가지가 있으나 회전자의 불평형, 축받이 불량, 기초 불량, 간극 불평형, 계자 권선의 단락, 고정자 권선의 층간단락 또는 상간단락, 원동기로부터의 진동 등이 그 주된 원인이다.

- 1) 회전수 변동에 의한 진동의 변화
- 2) 전압 변화에 의한 진동의 변화
- 3) 부하 변동에 의한 진동의 변화
- 4) 부하 차단시에 있어서의 진동의 변화

① 운전 및 기동

<표 7.10.4> 삼상 유도전동기의 이상과 대책

이 상	원 인	대 책
기동 및 운전 중 발생	브러시의 접속불량(권선형)	접속을 완전하게 한다.
	회전자 회로의 1상단선(권선형)	회전자나 저항기중 하나를 수리
	고정자와 회전자 간의 간격 불균형	축받이 금속 교환 또는 공장수리
	기동기 접속 불량(과전류 발생)	접속을 확인, 정상적인 접속을 한다.
	각종 계전기의 복귀상태 확인	계기가 정상값으로 지시되도록 조치
	전압계 지시가 정상인가	저전압 및 과전압 여부 확인
	케이블의 접속부분 이상유무	접속 불량시 열 발생 사전 확인
	전류의 적정값 유무	정격 부하의 이하값으로 운전
	과전류 계전기(OCR) 연결 상태	과부하시 원판이 작동 트립된다.
	모터의 이상한 소음 발생	원인 규명 조치
	주위 온도의 상승이 기기온도에 영향 여부	주위온도 35℃ 이상시 강제통풍 조치
	베어링 윤활유 주입 상황	잡음발생시 윤활유 주입 후 재점검
	권선 온도의 규정값 이상 유무	계기판의 측정값 정확 여부 확인 후 대책을 세운다.
	기동장치(리액터, 기동기) 이상 유무	운전 중에 소음 발생 여부
	조작 스위치 정상여부	자동 혹은 수동 위치를 확실히 확인
	고압 콘덴서의 과열 상태 팽창 여부	콘덴서는 사용 중에 다소 팽창되므로 팽창 과열시 통풍냉각 필요
	관압에 의한 소음 발생 여부	외부관압이 높을 경우 소음이 발생하므로 관압 조정이 필요
	관압이 낮을 경우 과부하로 소음 발생	밸브를 닫아 부하를 조정
	배관의 신축관에 의한 진동 소음	신축관의 고정장치 제사공, 펌프의 기초진동 확인

이상	원 인	대 책
퓨즈 단절	리드선의 탈락	점검 교환
	고정자 권선의 단락	수리 공장에 의뢰
	브러시간의 단락(권선형)	정규 위치로 설치
	슬립링의 단락 (권선형)	단락용 핸들의 기동위치 확인
	저항기 단락 (권선형)	절연물 등의 부분품 교체
	기동기와 전동기간의 접속불량	접속을 완전하게 한다.
저항기	저항기 회로 단선(권선형)	저항기 수리
축반이 소음	축반이 윤활유 부족	점검하고 정규유량으로 주입
회전방향	전원선의 상회전 반대	전원선의 2분을 교체 결선

② 기동 후 운전 이상 발생

<표 7.105> 전동기 기동 후 이상과 대책

이 상	원 인	대 책
속도 급강하 가열	과부하 여부	규정부하로 내린다.
	전압 강하 이상 유무	전력회사에 문의
	기동기의 접촉 불량 여부	접촉을 완전하게 한다.
부하 무변동 전류계 지침 진동	단락장치의 접촉단자 불량 여부(권선형)	접촉을 완전하게 한다.
	전원 전압의 변동 여부	전력회사에 문의
퓨즈단절 스위치 가열	과부하 여부	규정 부하로 내린다.
	스위치 퓨즈 용량 부족 여부	적정한 것으로 교환
	스위치 퓨즈 접속 불량	접촉을 완전하게 한다.
벨트가 벗겨진다.	과부하 여부	규정 부하로 내린다.
	피 구동기의 고장 여부	기계를 조사한다.
	벨트가 벗겨지거나 잘못 걸었을 때	정규상태로 고친다.
운전 중 소음발생	단상 운전 여부 확인	전원 조사한다.
	스위치 접촉불량 또는 고정자 권선 단락	접촉부 점검 조사
갑작스런 정지	전원 차단, 퓨즈 절단, 축반이 파손	릴레이 등 전원 계통 확인조사 및 축반이 수리 공장에 의뢰

③ 무부하로도 기동 불능

<표 7.10.6> 무부하시 기동불량 및 대책

구 분	원 인	대 책
소리가 나지 않는다.	정전시	전원 조사
	저항기의 단선, 퓨즈 용단, 스위치류의 접촉 불량, 기동기 접촉 불량	저항기, 퓨즈, 스위치류를 조사하고 수리 또는 조정한다.
쿵쿵 소리가 난다.	축반이가 마모하여 고정자와 회전자 접촉불량	축반이 교환 또는 수리, 공장의뢰
	브러시와 슬립링과의 접촉 불량	완전히 접촉하도록 조정
빠~ 소리가 나며 회전중단	고정자 권선의 단선, 1차 퓨즈 단선 및 스위치류의 접촉불량	완전히 접촉되도록 수리, 단선의 수리, 퓨즈 교환

— 브러시의 압력은 강하면 마모가 증가하고 약하면 진동에 슬리핑이 생긴다. 보통 100~200g/cm²가 적당하며, 감각에 의한 열감지는 손으로 5초 정도 견디면 60℃, 10초 견디면 50℃ 정도로 본다.

7.11 보호계전기, 방재설비

7.11.1 개요

보호계전기는 전선로, 기기 등에 과부하, 과전압, 단락 또는 지락사고 등 이상상태 발생시 신속히 이를 검출하여 사고피해 확산을 방지하여 고장기기나 설비의 손상을 최소한으로 억제하는데 있으며, 보호계전방식의 시스템 구성은 다음과 같다.

(검출부)－변압·변류기

(판정부)－보호계전장치

(동작부)－차단기

변성기로 전압, 전류 등을 검출하여 보호계전기에 신호가 입력되면 판정부에서 설정값 이상이라고 판단되면 차단기, 알람 등을 동작시켜 보호기능을 달성하도록 되어 있다.

(1) 검출부

검출부는 계기용 변압기(VT, GVT)나 변류기(CT, ZCT)등으로 대표되며 주회로의 전압, 전류를 검출하여 판정부의 계전기에 알맞은 값(통상 110V, 5A)으로 변성한다.

(2) 판정부

판정부는 보호계전기(relay)로 대표되며 검출부에서의 전압, 전류 등의 신호를 받아 그 크기의 시간적 변화, 상호간의 위치관계 등으로써 사고의 유무와 동작의 필요성 유무를 판정하여 필요시한에 동작부에 지시를 내린다.

(3) 동작부

동작부는 차단기(CB)로 대표되며 판정부의 지시로서 전로를 차단하고 사고부분을 분리한다. 또한 전력퓨즈(PF)나 기중차단기(ACB), 배선용 차단기(MCCB) 등은 검출부, 판정부, 동작부를 겸한 것이라고 할 수 있다.

7.11.2 보호계전기의 종류 및 특성

상수도시설에 주로 사용하는 계전기에 대하여 기술한다.

(1) 보호계전기의 종류

1) 동작 구조별

① 유도형

유도형 계전기는 교류 전용의 계전기이다. 현재 단일계전기, 방향계전기, 거리계전기 등이 교류 보호계전기로서 널리 사용되고 있다. 유도형의 종류는 유도원판형, 유도원통형, 유도원환형 등이 있으며 동작원리는 이동자계에 의해 도체에 발생하는 와전류와의 상호작용으로 도체가 회전한다.

② 정지형

트랜지스터로 전류계전기와 같은 단일량 계전기를 만들 경우, 가장 간단하고 널리 쓰이는 방법은 정류형이며, 레벨검출회로와 입력변환회로 등 약간의 부가 회로 등으로 구성된다(정지형 계전기는 정류형과 위상검출형의 둘로 나눈다).

③ 디지털형

아날로그/디지털 신호를 변환하여 디지털 연산처리부로 입력되면 설정값에 의해 계전기가 동작하는 형태로 여러 종류의 계전기 특성을 하나의 계전기에 실현하는 복합 기능의 설정을 할 수 있는 장점이 있다.

2) 전류계전기

① 과전류 계전기(OCR, 51/51N)

계약분기점 및 수용가 구내 분기점에 설치하여 한시요소로 과부하를, 순시요소로 회로의 단락 사고 보호를 목적으로 사용되며, 사용법에 따라 상시 개로식과 상시 폐로식으로 나뉜다.

② 지락과전류계전기(OCGR, 51G)

직접 접지 및 저항접지 계통의 지락 사고시에 지락보호를 목적으로 사용된다.

3) 전압계전기

① 과전압계전기(OVR, 59)

지락사고, 전동기와 진상콘덴서가 동시에 개방될 경우의 이상현상(자기여자현상), 역률 과보상, 기타의 원인에 의하여 회로에 지속성 과전압이 생겼을 때 동작한다.

－ 정정범위: 정격전압(VT 2차 전압)의 110~130[%]에서 1~2초로 정정한다.

② 부족전압계전기(UVR, 27)

－ 단락사고 또는 전원의 정전 등에 의하여 회로의 전압이 정정값 이하로 내려갔을 때 동작한다.

－ 단락시 후비보호용, 정전시의 전동기 또는 콘덴서 분리용, 비상용 발전설비의 시동용으로 사용한다.

－ 정정범위: 정격전압(VT 2차 전압)의 70~80[%]에서 정정한다.

③ 지락과전압계전기(OVGR, 64)

－ 비접지 계통의 지락사고시 주차단기반 후비보호

4) 기타

① 선택지락 전류계전기(SGR, 67)

영상전압, 영상전류, 동작시간 등을 설정할 수 있어서 지락과전압 계전기와 보호협조가 용이하다.

② 비율차동계전기(87)

보호하고자 하는 기기의 입력전류와 출력 전류간 일정비율 이상일 때 동작한다.

(2) 설비에 따른 보호계전기 적용

<표 7.11.1> 설비별 보호계전기 권장 설치 예

사고별 \ 설비별	수전단	주변압기	배전선	전력콘덴서	전동기
과전류(과부하 또는 단락)	OCR	OCR	OCR	OCR	OCR
과전압			OVR	OVR	
저전압			UVR	UVR	
접 지			GR(SGR, DGR)		SGR
변압기 내부고장		DFR			

7.11.3 보호계전기의 유지관리

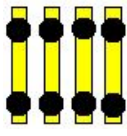
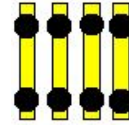
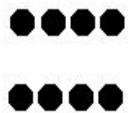
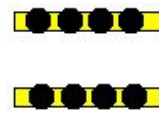
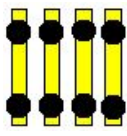
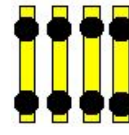
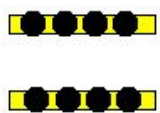
(1) 유지관리

1) 접점 청소, 주기적 보호계전기시험 관리

2) PTT, CTT 단자의 plug가 패널에 꽂혀 있는 상태로 가동되면 근무자등 인축의 접촉으로 인한

감전사고의 우려와 단자 이완으로 접촉 불량시 CT의 소손이 우려되므로 플러그는 패널에서 해제하여 사용하는 것이 바람직하다.

<표 7.11.2> 보호계전기 유지관리

구분	테스트 플러그 제거상태	테스트 플러그 삽입상태	테스트 플러그의 common bar 제거상태	테스트 플러그의 common bar 단락상태
PTT	테스트 플러그를 빼낸 것이 정상적이고 기본적인 상태	테스트 플러그를 꽂은 상태이며 PT전압에 인체 접촉우려가 있음	계기교체나 수리를 위해 테스트 플러그의 common bar를 제거한 상태이며 PTT의 2차측은 무전압 상태	테스트 플러그를 꽂은 채 common bar로 단락한 상태이며, PT의 회로가 단락되므로 위험
	 (내부단자 접속상태)			
CTT	테스트 플러그를 빼낸 것이 정상적이고 기본적인 상태	테스트 플러그를 꽂은 상태이며 단자이완으로 접촉불량의 우려가 있음	계기교체나 수리를 위해 테스트 플러그의 common bar로 단락한 상태이며 CT의 2차측 계기는 개방되어도 무방함	테스트 플러그를 꽂은 상태로 common bar를 제거한 상태이며 CT의 2차측 회로가 개방되어 위험
	 (내부단자 접속상태)			

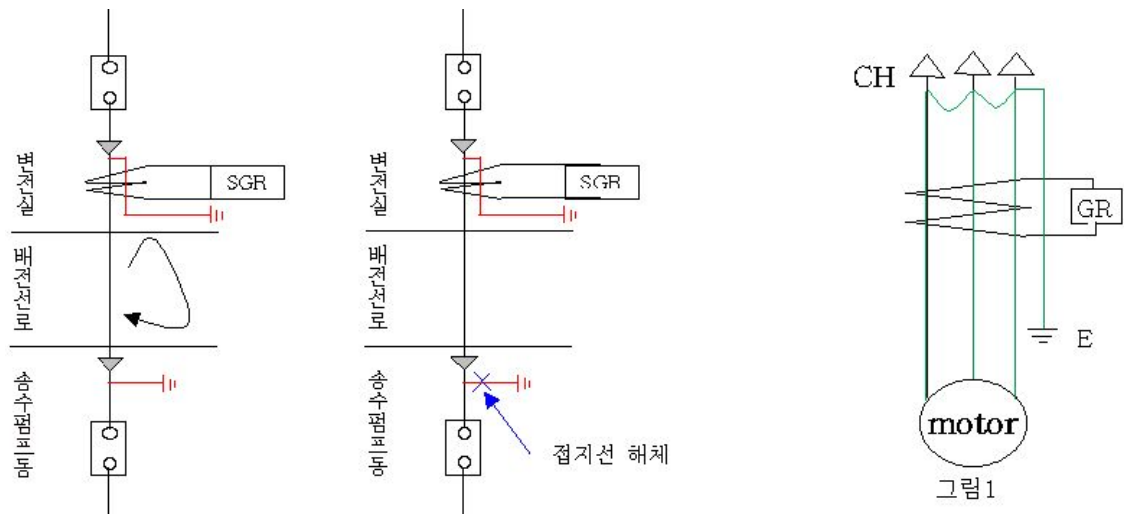
(2) 유의사항

1) 계전기 교체시 고려사항

유도 원판형계전기와 보조릴레이를 조합하여 사용하는 경우의 계전기 교체시에는 ICS코일이 전류형인지 전압형인지 꼭 확인하여 type을 구분하여 설치할 수 있도록 하고, 만약 ICS 코일형을 바꾸어 설치하고자 할 때에는 저항의 삽입여부 및 결선 등을 검토한 후 계전기를 교체해야 함.

2) 영상변류기로의 케이블 실드 접지선 관통사항

영상변류기 부분에 그림과 같이 케이블 실드를 접지하였을 때 정상시에도 순환전류가 흘러 계전기 오동작의 원인이 되므로 계전기의 올바른 동작을 위해 송수펌프동의 케이블 실드 접지선은 해제하도록 한다.

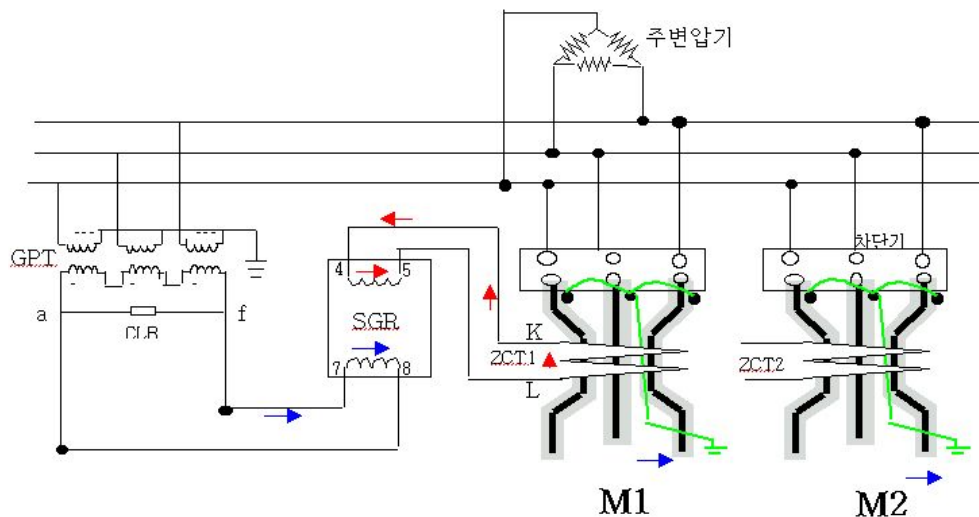


<그림 7.11.1> 영상변류기 케이블 실드 접지선 위치

3) 지락 과전압계전기(OVGR) 동작회로

과전압계전기(OVGR)는 선택접지계전기(SGR)와 직렬로 구성하여 차단기 trip 회로에 연결하여 동작하도록 한다.

4) 비접지방식에서 지락사고를 검출하기 위하여 많이 사용하는 지락선택계전기(SGR)에 방향특성을 고려하여 ZCT 2차측 단자 결선을 그림과 같이 한다.



<그림 7.11.2> 비접지계통의 ZCT 2차측 단자결선도

5) 콘덴서 보호용 차단기는 VCS(VC+PF)로 구성하도록 하며, 과전류보호 및 단락보호와 차단기능

을 가지고 있고, NCS(중성선에 흐르는 전류를 감지하여 보호하는 기능)를 설치한다.

6) 모터 순시 보호기능 추가

기동반의 펌프모터 보호계전기가 3E일 경우 순시사고를 보호할 수 없으므로 순시 보호 기능이 있는 보호계전기를 설치한다.

7) 인입반에 설치되어 있는 대부분의 유도형 저전압계전기(UVR)는 R-T상 사이의 전압을 검출하여 보호하는 단상용이므로 S상 저전압이 되면 검출할 수 없으므로 삼상용 UVR 또는 POR을 설치하도록 한다.

7.11.4 피뢰 및 접지설비(KS C IEC 61024-1)

전기설비는 화재나 지진, 침수 등에 대한 방재대책이 필요하다. 화재는 소방관련 법규에 의해 일정 이상의 면적에 소화설비 설치를 의무화 하고 있으며 내진 관련 내용은 최근 발생한 인근 국가 지진과 해일 피해를 교훈삼아 기준 등을 수립 중에 있다.

(1) 피뢰설비의 종류 및 특성

뇌격이 피보호범위 내로 침입할 확률은 수뢰부시스템을 적절하게 설계함으로서 상당히 감소된다. 수뢰부시스템은 돌침, 수평도체, 메시도체 등으로 조합되어 구성하며 수뢰부의 배치는 보호각방법, 회전구체법, 메시 크기법 등으로 개별 또는 조합하여 사용한다.

보호범위에서 화재, 폭발위험, 인명피해의 위험을 감소시키기 위해 등전위 본딩의 등전위화가 매우 중요하다. 등전위는 뇌보호시스템, 금속제 구조체, 설비, 계통외 도전부분 그리고 피보호 공간 내의 전원과 통신용 설비를 본딩용 도체나 서지역계기로 접속함으로서 목적을 이룰 수 있다.

(2) 접지설비

위험한 과전압을 발생시키지 않고 뇌전류를 대지로 방류하기 위해서는 접지시스템의 형상과 크기, 낮은 접지 저항값을 권장한다.

뇌보호의 관점에서 구조체를 사용한 통합 단일의 공통접지시스템이 바람직하며, 모든 접지목적(뇌 보호, 저압전력시스템, 통신시스템)에도 적합하다.

접지극은 복수의 환상 접지극, 수직 또는 경사 접지극, 방사형 접지극 등을 사용하며, 지하 심부층에 저 저항률이 나타나는 장소는 심타 접지극이 효과적이거나 심타 접지극 설치시는 화학적 접지저항 저감제 등에 의한 주변 지하수의 오염 여부를 사전에 검토하도록 한다.

(3) 피뢰 및 접지설비의 유지관리

전기적 응력이나 우발적 기계력에 의해서 도체의 단선이나 느슨함이 생기지 않도록 수뢰부와 인화 도선을 견고하게 고정한다.

도체의 접속부의 나사 조임이나 볼트 조임 등이 주기적으로 점검하여 이완되지 않도록 하며, 주기

적으로 접지저항을 측정하여 접지 저항값을 관리하도록 한다.

7.11.5 소화설비

상수도시설의 전기설비는 예전의 유입기기에서 건식 및 몰드형으로 많이 변화하여 화재의 위험 요소는 감소하였으나 취·가압장의 무인 원격운전 등으로 화재 발생시 초기 감지 및 진화에는 미흡한 실정이다.

(1) 소화설비의 종류

소방시설은 소화설비, 경보설비, 피난설비 등으로 구분할 수 있으며, 소화설비는 소화기, 옥내소화전, 스프링클러, 이산화탄소소화, 할로겐화합물소화, 분말소화설비 등이, 경보설비는 자동화재탐지설비, 비상방송설비 등이, 피난설비는 피난기구, 유도등, 비상조명설비 등이 있다.

1) 전기패널용 자동소화설비

건축물 등은 소방설비는 소방관련 법규에 의해 규제를 하고 있으나 전기화재가 많이 발생하고 있고, 무인원격운영사업장 증가로 수배전반 내에서의 화재사고는 기존의 건물보호용 소화설비로는 화재의 조기 발견과 진화에 한계가 있으므로, 최근 들어 수배전반 패널 내부에 감지기와 소화약제를 설치하여 화재의 조기 발견과 진화에 큰 효과를 보고 있다. 또한 소화활동에 필요한 소화약제는 청정 소화약제를 사용하여야 하며 소화활동 후 복구가 용이한 종류로 소화약제를 선정하는 것이 바람직하다.

2) 비상조명설비

수도사업장에서의 정전사고 발생시 설비의 응급조치를 위하여 제어실(운영실) 및 사업장 중요 장소에 일정 이상의 조도가 확보되는 비상조명등을 설치하여 관리 하도록 한다.

(2) 소화설비의 유지관리

소화설비등은 행정자치부장관이 정하여 고시하는 화재안전기준에 따라 유지·관리하여야 한다.

7.12 예비 전원설비

7.12.1 개요

순간의 전압변동에 민감한 전력기기나, 정보통신기기, 컴퓨터와 시시각각으로 데이터를 교신하는 온라인시스템에서는 전원이 매우 안정되어야 하나 전원측의 전압변동에 영향을 받아 한순간에 사회적으로 중대한 사태를 일으킬 수가 있음을 쉽게 상상할 수가 있다. 이러한 사항들을 고려하여 신뢰성을 높여주는 전원설비가 필요한데, 이 설비를 예비 전원설비라 한다.

7.12.2 비상용 발전기

(1) 발전기 용량 계산 및 선정

발전기용량은 다음의 4가지 사항을 고려하여 그 중에서 최대값을 만족하는 용량을 선정한다.

- 부하의 정상운전에 대하여 충분한 용량을 가질 것(P_{g1})
- 시동시 순간전압 강하가 허용값 이하일 것(P_{g2})
- 발전기 과부하 내량을 고려한 용량(P_{g3})
- 고조파 부하를 고려한 용량(P_{g4})

1) 전부하 정상 운전에 필요한 용량(P_{g1})

$$P_{g1} = \sum \frac{\text{부하출력}}{\text{효율} \times \text{역률}}$$

$$P_{g1} = \left(\frac{P_1}{\eta_1} + \frac{P_2}{\eta_2} + \dots + \frac{P_n}{\eta_n} \right) \times \alpha \times \frac{1}{\text{PF}_g}$$

여기서, P_{g1} : 발전기 용량[kVA]

P_n : 부하의 출력[kW]

η_n : 부하의 효율(0.8~0.93)

α : 부하율, 수용률, 여유 등을 고려한 계수(0.9~1.1) $\Rightarrow$ 통상 1.0 적용

PF_g : 발전기 역률(표준은 0.8)

발전기의 정격 출력은 일반적으로 연속 정격이기 때문에 계획에 대한 여유는 필요치 않다. 장래 부하의 증설이 있는 경우에만 고려한다.

2) 부하의 시동에 의한 순간 전압강하를 고려할 경우의 용량(P_{g2})

$$P_{g2} = (P_{\max}) \times (X_d''') \times \frac{1 - \Delta V}{\Delta V}$$

여기서, P_{g2} : 발전기 용량[kVA]

$P_{\max}$: 부하 시동용량 = $P_m \times Q \times C$ [kVA]

P_m : 부하중 가장 큰 motor 출력[kW]

Q : 부하 1[kW]당 기동 입력[kVA](<표 7.12.1> 참조)

C : 기동방식에 의한 계수(<표 7.12.2> 참조)

$$X_d''' = \frac{1}{2} (X_d' + X_d'')$$

$$= \frac{1}{2} \{ (15 \sim 30) + 15 \} = 15 \sim 23\%$$

X_d' : 발전기의 직축 과도 reactance(15~30%)

X_d'' : 발전기의 직축 차과도 reactance(15% 정도)

$$\Delta V: \text{허용 순시 전압강하} = \frac{X_d'''}{X_d''' + X_1}$$

$$X_1 := \frac{\text{발전기 용량}}{\text{투입 부하의 시동 용량}} = \frac{Pg_2}{P_{\max}}$$

ΔV 값은 보통 0.15~0.3(15~30%)이 적절하나 순시 전압강하의 허용값은 부하 조건에 따라 결정되므로 그 주요 내용은 다음과 같다

- Motor를 이상 없이 기동하려면 무부하 상태에서 기동
- 투입된 차단기, 전자 개폐기(접촉기) 등이 트립되지 않으려면 정격 전압의 85~110% 범위가 좋으며, 보통 순간 전압강하는 25~30%로서 안정성을 고려 25% 정도가 적당

<표 7.12.1> 농형 전동기의 kW당 시동용량[kVA]의 개략 특성

전동기 출력 kW	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55
구분														
출력 1kW당 기동 kVA(Q)	10			8				7.5				7		
효율(%)	80	82		85		88		90				91		
역률(%)	80	83		86				88				90		

<표 7.12.2> 농형 전동기의 기동계수

기동방법		기동 전류	기동 kVA	기동 torque	기동 계수
전전압 기동		100%	100%	100%	C=1.0
Y-Δ 기동	시동시	33%	33%	33%	C=0.25
	Δ 전환시	67%	—	—	C=0.67
리액터 기동	50% tap	50%	50%	25%	C=0.50
	65% tap	65%	65%	42%	C=0.65
	80% tap	80%	80%	64%	C=0.80
보상기 기동	50% tap	25%	25%	25%	C=0.25
	65% tap	42%	42%	42%	C=0.42
	80% tap	64%	64%	64%	C=0.64

3) 발전기의 과부하 내량을 고려할 경우의 용량(P_{g3})

$$Pg_3 = \frac{P_0 + P_{\max}}{G_w}$$

여기서, P_{g3} : 발전기 용량[kVA]

$P_{\max}$: 투입 부하 중 최대 시동 용량[kVA]

P_0 : $P_{\max}$ 부하 기동전에 기존에 투입되어 있는 부하

Base load(기저부하)[kVA]

Gw : 발전기 과부하 내량 = 1.5(JEM 1354: 1.5배, 15초)

4) 부하의 고조파 성분을 고려할 경우의 용량(Pg4)

부하중에서 고조파를 포함한 경우의 고조파분의 전류를 구하여 이 전류에 대해 충분한 용량을 갖는 발전기 용량을 선정한다.

<표 7.12.3> 발전기 출력과 효율(JEM-1354)

정격출력		효율(%)		정격출력		효율(%)	
[kVA]	[kW]	2~8극	10~18극	[kVA]	[kW]	2~8극	10~18극
20	16	79.0	—	375	300	90.6	—
37.5	30	82.5	—	500	400	91.3	—
50	40	84.3	—	625	500	91.9	—
62.5	50	85.2	—	750	600	92.3	91.9
75	60	85.7	—	875	700	92.5	92.0
100	80	86.7	—	1,000	800	92.8	92.3
125	100	87.6	—	1,250	1,000	93.2	92.8
150	120	88.1	—	1,500	1,200	93.4	93.1
200	160	88.9	—	2,000	1,600	93.8	93.5
250	200	89.5	—	2,500	2,000	93.9	93.7
300	240	90.0	—	3,125	2,500	94.0	93.8

5) 엔진 용량 계산

① 정상운전하의 필요용량(Pe1)

$$Pe_1 = \frac{Pg \times PFg}{\eta_g \times 0.746} [HP]$$

여기서, Pe1 : 디젤 기관의 출력[HP]

Pg : 발전기 용량[kVA]

PFg : 발전기 역률 ⇒ 표준 0.8

ηg : 발전기 효율

② 디젤기관의 과부하 내량을 고려한 용량(Pe2)

$$Pe_2 = \frac{P_0 + P_{\max} \times \cos \theta}{\eta' \times Ew}$$

여기서, Pe2 : 디젤 기관의 출력[HP]

Pmax : 투입 부하중 최대 시동용량[kVA]

P0 : Pmax 부하 기동 전에 기존에 투입되어 있는 부하

Base load(기저부하)[kW]

$\cos \theta : P_{\max}$ 부하의 역율
 η' : 기동시 발전기 효율
 E_w : 엔진 과부하 내량(1.2)

<표 7.124> 발전기 용량과 기관의 출력

발전기 용량		기관출력 (HP 이상)	규약효율 (% 이상)	발전기 용량		기관출력 (HP 이상)	규약효율 (% 이상)
[kVA]	[kW]			[kVA]	[kW]		
5	4	10	74.9	150	120	180	88.1
10	8	15	75.7	200	160	240	88.9
15	12	20	76.8	250	200	300	89.5
20	16	25	79.0	300	240	360	90.0
37.5	30	50	82.5	375	300	450	90.6
50	40	60	84.3	500	400	600	91.3
62.5	50	80	85.2	625	500	750	91.9
75	60	100	85.7	750	600	900	92.3
100	80	130	86.7	875	700	1,050	92.5
125	100	150	87.6	1,000	800	1,200	92.8

☞ 일본 전기설비공사 기자재 표준 참조

6) 회전속도

고속기와 저속기의 장단점 비교하면 다음과 같다.

<표 7.125> 디젤 엔진 속도별 형식 비교

구분	저속기	고속기
회전수	900rpm 이하	1,200rpm 이하
연속운전	적부	저속기보다 상등
치수	대형	소형
중량	무겁다	가볍다
소음, 진동	적다	크다
고장	적다	저속기보다 상등
건설비	고가	저가

7) 소요 급기량

- ① 실내 온도상승을 억제하기 위한 환기량
 - ㉠ 기관의 복사열

$$\begin{aligned}
Q_a &= \frac{HL \times be \times fr \times Le}{60 \times \Delta t \times C_p \times r} \text{ (m}^3\text{/min)} \\
&= \frac{10,300 \times 0.2 \times 0.15 \times 130}{60 \times \Delta t \times 0.241 \times 1.165} \\
&= \frac{219.4}{\Delta t} \text{ (m}^3\text{/min)}
\end{aligned}$$

여기서, HL : 연료의 발열량. 약 10,300(kcal/kg)

be : 연료의 소비율(kg,ps.h) = 0.2

fr : 복사 계수 = 0.0138

Cp : 공기의 비열(kcal/kg. °C) = 0.241

r : 공기의 밀도(kg/m³) = 1.165

Δt : 실온과 외기 온도차(°C)

Le : 기관 출력(Ps) = 130

⑥ 발전기 방열에 의한 실외온도 상승을 억제하기 위한 환기량

$$\begin{aligned}
Q_b &= \frac{K \times (1 - \eta_g) \times Le}{60 \times \Delta t \times C_p \times r} \\
&= \frac{632.5 \times (1 - 0.867) \times 130}{60 \times \Delta t \times 0.24 \times 1.165} \\
&= \frac{649.2}{\Delta t} \text{ (m}^3\text{/min)}
\end{aligned}$$

여기서, K: 632.5kcal/ps.h

ηg : 발전기 효율 = 0.867

⑦ 종합

$$\begin{aligned}
Q_c &= \frac{K \times Le \times f}{60 \times \Delta t \times C_p \times r} \\
&= \frac{632.5 \times 130 \times 0.15}{60 \times 10 \times 0.241 \times 1.165} \\
&= \frac{732.15}{\Delta t}
\end{aligned}$$

따라서, Δt=10인 경우 Qc=73.22[m³/min]

Δt=15인 경우 Qc=48.81[m³/min]

Δt=20인 경우 Qc=36.61[m³/min]

⑧ 엔진 연소(Qd)

$$\begin{aligned}
Q_d &= \frac{\mu \times \lambda \times be \times Le}{60 \times r} \text{ (m}^3\text{/min)} \\
&= \frac{14.2 \times 1.5 \times 0.2 \times 130}{60 \times 1.165}
\end{aligned}$$

$$= 7.93[\text{m}^3/\text{min}]$$

μ : 연료 1kg을 연소하는데 필요한 최저 공기량 = 14.2

λ : 공기 과잉률 = 1.5

<표 7.126> 공기 과잉률

	무과급	보통과급	고과급
직접 분사식	1.7~2.0	1.6~1.8	1.5~1.8
예열 소실식	1.3~1.5	1.3~1.5	1.3~1.5

b_e : 연료 소비율(kg/PS.h) = 0.2

r : 공기 밀도(kg/m³) = 1.165

Le : 기관의 출력

③ 운전원(Q_e)

1인당 필요 공기량 = 0.5[m³/min]

5인 기준

$$Q_e = 0.5 \times 5 = 2.5[\text{m}^3/\text{min}]$$

따라서, 총환기량은

$$\begin{aligned} Q &= Q_c + Q_d + Q_e \\ &= 73.22 + 7.93 + 2.5 \\ &= 83.65[\text{m}^3/\text{min}] \end{aligned}$$

8) 냉각설비

① 냉각수 취급

냉각수 순환계통의 어느 부분에서나 스케일(scale)을 형성하거나 또는 부식이 발생하면 안 되며, 광물질(Mineral)이 없는 것이 좋으며 소금(salt) 성분은 0.4g/l 이하가 되도록 한다.

② 냉각수 수량

냉각수 수량은 보통 1.3/PS.min ~ 1.5/PS.min이 되어야 한다.

$$\text{수량(L/sec)} = \frac{\text{발열량(kcal/min)}}{\Delta t \times 0.9946 \times 60}$$

Δt : 냉각수 온도차(°C)

0.9946 : 물의 밀도(kg/l)

③ 냉각수방식 비교

<표 7.127> 디젤 엔진 냉각방식 비교

구분	라디에이터방식	저수조방식	청수냉각기방식	냉각탑방식
설치조건 (위치)	소용량, 이동식 단시간 비상운전용에 채택	빌딩 등 지하실에 설치 하는 발전기에 채택	하천수 부근에 설치하 는 발전기에 채택	주위 여건이 타방각방식 을 채택하기 곤란한 경우
특징	물의 소비율이 적다. 부동액 사용 용이 급배기 덕트 설치필요	충분한 저수필요 수질대책 필요 (수설비 설치필요)	충분한 양의 청수 필요 수질대책 필요 (수설비 설치필요)	냉각탑 설치공간 필요
냉각수 소비수량		1,000kW 10시간 운전 시 500m ³ 정도 필요	4~5M ³ /100Ps 필요	75~100l/100Ps 정도 필요

9) 연료설비

① 개요

저장탱크는 주탱크(주유류 저장소)와 소출탱크로 분류하는데 주탱크는 발전기의 운전시간, 운전빈도, 기간의 연료 소비량 등에 의하여 탱크용량을 결정한다. 주탱크 설치위치는 옥외지상, 건축물 내부, 지하탱크에 설치하는 방식이 있으며 탱크 설치시 소방법등을 고려하여 정한다.

② 연료 소비량

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{kVA \times Pf}{0.736 \times \eta_g} \times \frac{b}{1,000 \times a} \\
 &= \frac{100 \times 0.8}{0.736 \times 0.867} \times \frac{165}{1,000 \times 0.84} \\
 &= 24.8 \text{kg/h} = 24.8/\text{h}
 \end{aligned}$$

여기서, kVA: 발전기 정격 출력

η_g : 발전기 효율

Pf : 발전기 역률

b : 연료 소비율(190~165g/ps.h)

고속 소형기관: 170~190(g/ps.h)

중속 소용량: 160~170(g/ps.h)

중속 대용량: 150~160(g/ps.h)

저속 대용량: 145~160(g/ps.h)

a : 비중 0.84

③ 탱크용량 산정

발전기용 연료탱크(소출탱크)는 소방용 설비의 부하가 있는 경우 최저가 2시간분을 확보함이 원칙이다.

실내에 위치하게 될 소출탱크는 소방법에 의한 규제에 따라 990/로 선정하며 990/ 이상의 주탱크가 필요시에는 옥외 또는 옥외지하 저장탱크를 설치토록 한다.

$$248(l/h) \times 30(h) = 744l$$

주탱크 : 불요

소출탱크: 990l

10) 발전기실 기획

① Foundation

㉠ 발전기실 넓이 및 높이

발전기와 이를 운전하는데 필요한 설비등을 설치하여야 하고, 발전기의 조작 및 유지보수에 필요한 면적을 산출하여야 하며, 일반적으로 발전기실 면적은 다음과 같이 산출한다.

- 권장 면적(S) = $3\sqrt{Ps} = 3\sqrt{130} = 34.2(m^2)$

Ps: 엔진 출력

- 발전기실 높이(H) = $(8 \sim 17)D + (4 \sim 8)D$
 $= 1,457 \sim 3,025(mm)$

D: 실린더 지름(mm)(=121 가정)

㉡ 발전기 기초

건축물 내부에 설치하는 경우로서 엔진 부분과 발전기 부분을 직결시킨 공통대상인 철재 채널 등의 밑 부분에 방진용 특수 고무장치나 스프링장치를 설치하여 발전기에서 발생하는 소음, 진동을 가능한 한 적게 한다.

- 발전기 기초 중량(W) = $0.2 \times w \times \sqrt{N} (kg)$

w: 발전기 중량(kg)

N: 회전속도(rpm)

● 방법 1

기초의 폭(B) $\geq 2.5 \times b$ (b: 기관대판의 폭)

기초의 길이(L) $\geq 20 \times l$ (l: 기관의 전체 길이, 발전기 길이 제외)

기초의 두께(H) $\geq (2 \sim 3.5)$ (d: 실린더의 직경)

● 방법 2

기초폭(B), 기초길이(L)는 발전기의 dimension에 30cm를 더한 값으로 하고

$$\begin{aligned} \text{깊이}(W) &= \frac{W}{2,402.8 \times B \times L} \\ &= \frac{2,920}{2,402.8 \times 2.1 \times 4.0} = 0.145(m) \end{aligned}$$

W: 발전기(설비) 총중량(2,920kg)

2,402.8: 콘크리트 밀도(kg/cm^3)

B: 기초(토대)의 폭($1.5 + 0.6 = 2.1m$)

L: 기초(토대)의 길이($3.4 + 0.6 = 4.0m$)

② 배치

홍수시 침수될 경우 운전이 가능하고 소음 및 진동에 의한 근무 환경 개선방안을 고려 지상 1층에 발전기 전용 건물에 설치하는 것이 바람직하다.

7.12.3 무정전 전원설비

(1) 일반사항

1) 특징

무정전 전원설비는 전자계산기, 컴퓨터 및 자동제어, 계측제어설비에 전원공급을 위하여 교류전력을 정전없이 공급하는 것으로 정지형과 회전형이 있다. 정지형은 사이리스터(thyristor) 등 반도체를 이용하고 회전형은 유도전동기, 직류전동기, 발전기 등을 이용하여 전력을 변환한다. 유지관리면에서 회전형은 브러시 교체가 주가 되며(3~5년), 정지형은 계기류 점검 및 축전지 관리만으로 유지보수가 가능하다.

교류입력 전원을 컨버터부에서 직류로 공급되면 이를 인버터에서 교류로 역변환하여 부하에 공급하면서 축전지에 항상 부동 충전상태를 유지하다가 정전시에는 축전지에서 인버터에 직류전력을 공급하여 부하에 중단없이 전력을 공급한다.

2) 구성

컨버터는 교류에서 직류로 변환하는 것으로 순변환기이며, 인버터는 직류를 교류로 변환하는 것으로 역변환기이다. 컨버터부는 주로 다이오드 정류기로 구성되며 교류인 3상 전원이 직류로 정류되어 트랜지스터와 다이오드로 구성된 인버터부에 가해지면 정방향으로만 흐를 수 있는 트랜지스터를 거쳐 정현파 펄스폭 변조방식(PWM)인 주파수 스위칭에 의해 교류로 전환 공급된다. 부하성격상 전력 공급에 짧은 시간(150 μ s)의 중단이 허용될 때는 전자 접속기류의 종류를 사용하며, 순간적인 시간도 허용되지 않을 때는 사이리스터를 이용한다.

한전 전기가 정전되고 발전기를 가동하여 장시간 공급할 때는 고조파의 영향으로 인하여 발전기의 과열이 발생할 수 있으며 이때는 자동 전압조정 회로에 영향을 주어 불안정한 발전이 될 수도 있어 용량의 여유가 있어야 한다. 설치장소는 습도, 온도, 유해가스 및 외부진동 영향이 없는 곳이 좋으며, 집적회로(IC), 트랜지스터 등 온도에 민감한 전자부품이 많이 부착되므로 환기설비 및 공조시설 등이 완비되면 더욱 효과적이다(8℃가 최적임).

3) 정격용량

무정전 전원설비는 컴퓨터용 전원으로 주로 사용되고 있으며, 정격용량의 산정은 실부하용량 이상으로 산정하고 부하의 기동 돌입 전류나 허용 전압 변동, 추후 증설 등을 고려할 필요가 있다. 전용 변압기 및 발전기일 경우 정격용량의 200% 이상으로 충분히 계산하여 여유를 두어야 하며 계측제어 설비의 증설 등 장차 부하의 증가와 고조파 발생에 대한 대비로 전선류도 정격 부하의 2배 정도로 충분하게 시설할 필요가 있다. 검토항목은 다음과 같다.

① 부하용량을 충분히 만족할 것

- ② 부하 기동시 무정전 전원장치 출력 한계값을 초과하지 않을 것
- ③ 순차 기동할 경우에는 나중에 투입된 부하의 허용값을 넘지 않을 것
- ④ 장치 부하 용량의 증가를 고려할 것
- ⑤ 제작사의 표준용량으로 선정할 것

(2) 축전지의 선정과 용량 계산

축전지의 용량은 방전전류, 방전시간, 허용되는 최저전압(방전 종지전압), 축전지액, 온도 등에 의해서 결정된다. 방전 종지 전압은 인버터의 출력을 정해진 범위내로 유지하기 위해서 필요한 최저 전압을 축전지의 직렬 개수로 나눈 값이 된다. 축전지는 온도에 의한 영향이 크며, 연축전지의 경우 1℃ 변하는데 약 1%의 용량이 변화한다.

방전 전류의 계산

$$I = P \times 1,000 \times \frac{PF}{E \times N \times \eta \times k}$$

P: 무정전 전원장치 출력

PF: 부하율

E: 방전 종지 전압

N : 축전지의 직렬 개수

η : 인버터의 역변환(직류-교류) 효율

7.12.4 직류 전원설비

(1) 직류 전원설비의 특징

직류 전원설비에는 주동력원의 전원으로 사용되는 것과 계전기, 계기, 보조기기, 비상등 등에 사용되는 조작용이 있으나 여기에서는 후자에 대하여 기술한다. 조작용 직류설비는 충전장치와 축전지로 구성되며 주로 부동충전방식이 사용된다.

종류로는 납축전지와 알칼리계 축전지로 대별되며 무보수형으로 제조되어 일상점검만으로도 사용에 별 지장이 없다. 그러나 부동 충전방식이므로 전원 전압의 변동이나 장시간의 정전으로 인한 과충전 또는 과방전시는 축전지의 전극이 파손되거나 용량감소와 수명단축 등 치명적인 영향을 미치게 되므로 정전시는 이러한 일이 없도록 직류전원을 단절해서라도 보호해야 하며, 주기기의 운영에 지장을 주는 일이 없도록 유지관리에 만전을 기해야 한다.

1) 연축전지

연축전지는 방전시에는 화학에너지를 전기에너지로 바꿔 외부에 공급하고, 충전시에는 외부에서 전기에너지를 받아 이것을 화학 에너지형으로 저장하는 장치로써 묽은 황산(H_2SO_4) 속에 이산화연(PbO_2)을 양극으로 하고 납(Pb)을 음극으로 서로 격리시켜 침전하면 약 2V의 전압이 발생한다.

연축전지는 사용하는 양극판의 종류에 따라 클래드식과 페이스트식으로 분류되며 특징은 다음 표와 같다.

<표 7.12.8> 연축전지의 특징

극판의 중별		클래드식	페이스트식	비 고
형식	벤트형	CS	HS	
	실형	CS-F	HS-E	
용량(Ah)	범위	15~2,200	30~2,500	
	정격	10시간율		
전압(V/셀)	공정	2		
	부동충전	2.15	2.18	
	균등충전	2.30		
최대방전전류(A)		1.5C	3C	
용도		일반용	고율 방전용	

2) 알칼리 축전지

알칼리계 축전지의 특징은 납 축전지에 비하여 방전 특성이 우수하며 과충전 및 과방전에 대한 장점이 있다. 부동전압의 감시에 있어서 1초당 전압을 1.45V를 기준으로 하여 충전기 전압을 조정하며 1.5V 이상이 되지 않도록 주의해야 한다. 전류의 감시에 있어서 알칼리 축전지의 자기방전은 납 축전지보다 더 작으므로 충전전류도 10시간율 전류의 0.7% 정도로 가능하다.

또한, 알칼리계 축전지와 납 축전지를 혼합 설치하든지 동일장소에 설치하지 않는 것이 좋으며 전해액 취급시 동, 황동, 아연, 주석, 알루미늄, 나무 등 알칼리에 부식되는 재료의 사용은 금지한다.

축전지를 6개월 이상 사용하지 않을 경우는 자기방전되므로 완전 방전시키고 전해액을 제거한 다음 온도가 낮은 곳에 보관했다가 재사용시 초기와 동일하게 처리해야 한다. 납 축전지와 알칼리 축전지의 전해액은 성질이 정반대이므로 보수용품을 절대로 혼용해서는 안 된다.

3) 충전장치

① 사이리스터 정류기

일명 실리콘 정류기라고도 한다. 실리콘 정류소자에 제어기능을 부가한 것으로 볼 수 있으며 자동 전압조정 및 전류제한 기능을 보유하고 있으나 과전압, 과전류에 대하여 고장의 요소가 많으므로 주의를 하여야 한다.

정류기에 교류 입력 전압, 주파수 또는 부하전류가 변동하면 직류 출력 전압도 변동하므로 자동전압 조정장치가 있어 정류기 출력이 정격 전류 이내에서는 자동적으로 전압을 조정하여 정전압을 유지한다. 또한 방전된 때나 과부하로 부하 전류가 증대될 때에는 과전류로 파손될 우려가 있어 출력전류가 정격값을 초과하면 과전류 보호장치가 동작하여 출력전압을 낮게 하여 출력전류를 제한한다.

② 수은 정류기

수은 정류기는 장시간의 과부하에 견딜 수 없으므로 사용 중 과부하가 되지 않도록 하여야 한

다. 단, 순간적 과부하에는 3~5배까지 견딜 수 있는 특징이 있다.

7.12.5 예비 전원설비의 유지관리

(1) 디젤 발전기의 고장원과 대책

고장상태	원 인	대 책
엔진시동 불능	제어 회로 고장	릴레이, 타이머, 전자접촉기 등의 해체 점검
	시동기의 고장	브러시의 마모, 코일의 단선 등을 점검, 보수, 교환
	예열 저항기 단선	교환
	축전지의 충전부족	방전시 충전, 축전지액의 비중측정 및 충전장치 점검
	공기조의 압력 부족	압력릴레이, 공기 압축기 등의 점검수리
	전자밸브의 고장	면지에 의한 막힘, 코일의 단선 등을 수리 또는 교환
	엔진의 정지 솔레노이드 미복귀	링크장치 수리
	연료가 분사되지 않는다.	공기가 혼입된 경우는 프라이밍 실시, 파이프 또는 연료 필터 청소
	연료 분사시기 조정필요	분사기 조정
	연료 분사 밸브의 분사불량	밸브의 분해 청소, 분사압 조정, 또는 교환
	압축력이 낮다.	흡배기 밸브의 가스 누설시는 수리, 교환
발전기 출력 불량	윤활유의 점도가 높다.	저점도 윤활유로 교환, 보온 히터 가동
	여자회로 고장	회로의 단선, 접촉 불량 등을 점검, 수리한다.
	전압 조정기 불량	점회회로 점검 및 교환
	브러시의 접촉 불량	브러시 마모, 스프링 압력조절, 슬립링 면의 오손점검 브러시 교환
과전압, 전압변동	계자 권선의 단락 또는 단선	권선저항 측정, 절연 저항시험, 제작회사에 수리의뢰
	자동전압조정기의 검출회로 불량	회로 단선, 부품불량 점검수리, 제동특성 조정
엔진 노킹현상	연료 분사가 빠르다.	분사기 조정
	분사 밸브가 나빠다.	밸브 청소, 분사압 조정, 불량시 교환
	엔진이 냉각되어 있다.	냉각수 조정, 서머스터트 점검
배기가스가 검고 출력 불충분	연료 분사가 너무 늦다.	분사기 조정
	분사기 밸브가 나빠다.	분해 청소, 분사압 조정, 불량시 교환
엔진 과열	윤활유 불량	윤활유 교환, 필터 청소, 유압계 확인 조정
	냉각수계의 불량	팬벨트 점검, 냉각수 계통점검, 라디에이터 청소
권선의 과열	권선의 단락	권선의 저항 측정, 절연 저항시험

고장상태	원 인	대 책
베어링 온도 상승	그리스의 과다	여분의 기름을 제거한다.
	윤활유 등의 열화	변색이 심할 때는 교환
	베어링 물림, 부작 불량	베어링 물림을 수정하여 재조립한다.
슬립링에서 불꽃 발생	브러시 마모, 접촉 불량	압력 조정, 유지기 함 내부 청소, 브러시 교환
	슬립링면 오손	청소, 경미한 것은 샌드페이퍼로 청소
진동 증폭	중심이 틀린다.	베이스의 수평을 점검
	볼트, 너트 이완	볼트, 너트 정비
	커플링 볼트 및 고무 마모	볼트 또는 고무 교환
	발전기의 균형 붕괴	절연물 파괴로 인한 계자코일의 손상 점검
	엔진 연소 불균형	배기온도 측정, 연료 분사량 조정
엔진이 돌연 정지	연료공급 정지	연료 공급 확인, 물의 혼입 확인 분사펌프 점검
	보호계전기 동작	유압저하, 수온상승, 계전기 오동작 등 점검
엔진이 정지 불능	제어회로 고장	릴레이, 타이머, 전자접속기 등을 점검
	정지 솔레노이드 고장	코일의 단선, 링크기구의 조임, 이완, 마모 점검

(2) 발전기의 정비 점검 및 순찰점검

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일상 점검	발전기 전반	축전지 충전 상태	7일	충전 및 교체
		전압, 회전수, 주파수 적정 여부	7일	교정 및 교체
		각 계기류 이상 유무	7일	보수 및 교체
		팬 벨트 상태 확인	7일	교체
		엔진 오일 상태 확인	7일	보충 교환
		냉각수 및 부동액	7일	보충 교환
		운전 상태 확인	7일	정비 및 교체
정밀 점검	발전기 전반	자동 절체 스위치 동작 상태	6개월	보수 교체
		보호 계전기의 동작 상태	6개월	교정 및 교체
		집지저항 절연 저항 측정	1년	결과조치
		보호계전기 연동시험	6개월	조정 및 교체
		자동 투입 운전 상태	6개월	조정 및 교체
일상 점검	외부	외피 온도 상승	1일	실제온도 확인, 통풍조치
		점검 뚜껑의 파손	1일	수리 또는 교환

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일상 점검	외부	축받이 온도 상승 및 기름 불결	1일	윤활유 주입 및 교환
		유량 부족	1일	보충
		오일링의 회전상태	1일	조사, 수리
		급유 구멍 플러그 파손	1일	수리, 교환
		기름 계측기 손상, 오손	1일	수리
		이상 진동 발생	1일	관압 이상, 기초볼트 조사
		전류가 정격 운전이 안 될 때	1일	발전기 정비 점검표 참조
		인출선 손상 여부	1일	수리
	내부	전선과열, 피복손상 여부(리액터)	7일	보수 및 교체
		이상한 소리, 냄새, 진동 여부(리액터)	7일	해당부분 교체
		절연 저항 측정(리액터)	1년	결과조치
		과부하, 이상음 발생 여부	7일	분해, 해당부분 교체
		베어링 이상 상태 발생(과열, 소음, 진동)	7일	결과 조치
		절연물 권선 철심 오손	7일	청소, 수리
		볼트류 절연물의 불결 손상	7일	청소, 수리
		도체 접속부 느슨함, 과열, 변색	7일	조이고 수리
		브러시 가루의 퇴적	7일	청소, 수리
		브러시 보존기의 연결이 정상인가?	7일	조정
		브러시 마모 손상, 변색, 소손 등	7일	수리 또는 조정
		스프링 마모 변형, 요철 발생	7일	수리, 교환
		이상한 소리와 냄새 발생	7일	위치 확인, 원인 조사
정밀 점검	발전기 전반	자동 절체 스위치 동작 상태	6개월	보수, 교체
		보호 계전기의 동작 상태	6개월	교정, 교체
		접지저항 절연 저항 측정	1년	결과조치
		보호계전기 연동시험	6개월	조정, 교체
		자동 투입 운전 상태	6개월	조정, 교체
	외부	냉각장치의 필터 오손, 막힘	3일	청소, 교환
		축받이 기름, 오손	3일	교환
		단자 및 볼트의 느슨함	6일	다시 조인다.
		축의 밀림이 없이 정상인가?	6일	조사, 조치
		진동 발생	6일	조정, 수리

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
정밀 점검	외부	제어장치 이상 발생	6일	조사, 수리
		부하 전류의 불평형	6일	조사, 수리
	내부	브러시 연결 부분의 느슨함	3일	다시 조인다.
		스프링 압력이상 및 편심발생 여부	3일	조정
		브러시가 제대로 동작하는가?	3일	수리 교환
		브러시의 리드선의 손상, 느슨함, 변색	3일	수리 교환
		간극이 기준값 이내인가?	6월	조정

(3) 무정전 전원장치의 유지관리

무정전 전원장치의 입력측에 설치된 정류기에서 발생하는 고조파는 발전기 등 전력계통 전반에 전력품질을 저하시키는 요인으로 작용하므로 수동 고조파필터 또는 고품질의 전력을 요하는 사업장의 경우 능동형 고조파필터를 설치하여 운영하여야 한다.

점 검	점 검 항 목	주기	조 치
일상 점검	계기류 지시 이상 유무	1일	조사하고 조정
	이상한 냄새, 소리가 나지 않는가?	1일	조사하고 수리
	주위 온도가 40℃ 이하인가?	1일	환기 조치
정기 점검	각 부의 손상, 오손은 없는가?	1년	조사, 수리
	단자의 느슨함과 탈락은 없는가?	1년	조인다.
	다이오드 저항선의 부식은 없는가?	1년	조사 후 교환
	서지 옵서버에 방전 흔적은 없는가?	1년	흔적이 심하면 교환
	냉각팬의 이상 유무	1년	조이고 수리
	프린트 기판 접속 단자부의 이상 유무	1년	조사, 교환
	접속기, 계전기의 점접에 손상은 없는가?	1년	연마조정, 수리
	회로점검, 출력 파형은 정상인가?	1년	조사 조정, 수리
	절연 저항 측정	1년	20MΩ 이상 유지
	각 부의 변색은 없는가?	1년	청소, 수리

(4) 직류전원설비의 유지관리

1) 납축전지

부동 전압값은 축전지의 상태에 따라 다소의 차이가 나며, 일반적으로 비중 1.215(20℃)의 축전지에서는 개당 2.15V를 기준으로 하며 2.15~2.2V가 적당하다. 부동전류의 값은 전지의 자기방전

의 정도 및 전지에 접속되는 부하의 조건에 따라 차이가 있으나 보통 10시간을 전류의 0.3~2.0% 정도가 적당하다.

비중, 온도 등을 감시하는 경우 각 전지를 일상 점검하는 것이 바람직하나 점검을 간단히 하기 위하여 전체 중에서 몇 개를 선정하여 점검함으로써 전지 상태를 추정한다. 이것을 표시전지라고 하며 일반적으로 2개 정도로 하는데 1개는 열의 중앙부에서, 1개는 말단부에서 선정하여 비중, 온도, 액면을 측정 감시한다. 또 표시전지는 초기 충전부터 일관하여 같은 것을 사용하고 고장이나 기타 특별한 이유가 없는 한 변경할 필요가 없다. 전해액의 비중은 축전지의 상태를 표시하는 것이므로 완전 충전 상태에서 대개 20℃에서 1.215를 유지하는 것이 좋고 온도상승에 대한 한계는 40℃로 하고 있다.

전해액은 항상 상판에서 15~20mm 정도로 유지하는 것이 바람직하며, 극판이 양호한 상태일 때의 색은 음극판에서는 회색이고 양극판에서는 초콜릿색 또는 흑갈색을 띄는 것이 정상이다.

2) 알칼리 축전지

알칼리계 전지의 각 cell당 개방전압은 1.3~1.5V이나 공칭전압은 1.2V/cell로서 비상등 및 조작용으로 사용되는 전지를 계속 정격부하로 사용할 때 5시간 정도 지나면 1.06V가 되어 더 이상 사용은 곤란하다.

초기충전은 20시간 정도 해야 하며 충전 중에 전해액의 온도가 45℃ 이상이 되면 무리가 가므로 35℃ 이하로 내려갈 때까지 중지해야 한다. 초기충전은 성능과 관련되므로 시간별 전체 전압, 각 셀의 전압, 전해액의 비중, 온도, 실내 온도를 매시간 측정 기록하면서 시행해야 한다.

전해액은 극판 상단과 최고 높이 사이(상판에서 15~20mm)를 유지하고 제작회사의 공급분을 사용함이 좋다. 비중 1.21/20℃이며, 온도 1℃ 차에 0.0005의 변화를 나타내며 이때 1.23/20℃를 넘

<표 7.129> 축전지의 고장 원인과 대책

구분	현상	원인	대책
초기 고장	접속부 이상 온도상승	접속부 조임 불완전	조인다.
	전압 비중 차이가 크다.	사용 개시시에 보충 부족	균등충전 실시
	전지 전압차이 현저하다.	설치시 역으로 접속	전지 교환
사용중 고장	충전중 비중 저하	균등 충전 부족	균등충전 실시
	어느 셀만 비중이 낮다.	극판 단락	수리, 교환
	비중은 낮고 전압은 높다.	충전부족, 극판노출, 불순물 혼입	교환
	전해액 변색, 비중 저하	불순물 혼입	전해액 분석, 교환
	접속부의 온도 상승	접속부의 접속 불량	조임 또는 교체
	전해액의 감소가 빠르다.	실내 온도, 충전 전압이 높다.	환기, 충전전압 보정
열화	양극주 부근의 뚜껑 파손	극주 부식, 극주 관통부 기밀 불량	내부점검, 수리, 교환

※ 이상이 발생되어 정상 회복이 안 될 경우는 제작회사와 협의하여 보수함이 바람직하다.

으면 셀이 손상을 입고 1.16/20℃이면 용량이 저하되므로 전해액을 교환하고 초기충전과 같은 방법으로 충전해야 한다.

전해액으로 납 축전지에서는 묽은 황산을 사용하고 알칼리 축전지에는 수산화칼륨 수용액을 사용하고 있기 때문에 혼용은 불가하며, 이러한 문제로 설치시 혼용도 불가하고 같은 장소에 설치하는 것도 바람직하지 않다. 전해액 용액이 피부에 닿으면 염증이 생기고, 기기에 접촉되면 부식이 발생하므로 주의해야 한다.

알칼리계 축전지와 납 축전지를 혼합 설치하든지 동일장소에 설치하지 않는 것이 좋으며 전해액 취급시 동, 황동, 아연, 주석, 알루미늄, 나무 등 알칼리에 부식되는 재료의 사용은 금지한다.

<표 7.12.10> 충전장치의 고장 원인과 대책

현 상	원 인	대 책
정류체 보호용 퓨즈용 단, NFB 차단	실리콘 정류체의 불량	정·역 저항 측정 정방향 저항이 작고 역방향 저항이 크면 양호 정·역 모두 저항이 작거나 큰 것은 불량, 교체 요함
	사이리스터(SCR)의 불량	게이트 한 선을 벗기고 정·역저항 측정, 정·역 공히 저항이 크면 양호
	회로의 단락	회로 조사
	축전지의 과방전	직렬로 저항을 삽입 충전
직류 출력전압 불량	교류 입력 전압 이상 결상운전	각 상전압, 퓨즈, 접촉 상태 조사, 출력 파형 측정
	회로의 접촉 불량	가변 저항기류의 접촉 불량이 없는지 조사
	게이트 제어장치 불량	제조회사에 의뢰
직류 출력전압이 고, 저 중 어느 한쪽으로 편중	회로의 접촉 불량	가변 저항기 등의 불량단선은 없는지 조사
	SCR 불량	출력 파형 측정
	게이트 제어장치 불량	제조회사에 의뢰
전압, 전류 변동(헨팅)	게이트 제어장치의 조정 불량	헨팅 방지용 조정기로 조정
	SCR 불량	출력 파형 조사
	교류 입력 파형이 크다.	파형 조사
전류 제한 불능	교류 입력 파형의 이상	전압, 파형 조사
	전류 검출 회로의 접촉 불량	가변 저항기 등 조사
	게이트 제어장치 불량	제조회사에 의뢰
	변류기 불량	제조회사에 의뢰
부동, 균등충전 동작불량	회로의 부품 불량	회로 조사

※ 일상적인 점검보수로 고장 상태가 정상 회복이 안 될 경우는 제조회사와 협의하여 보수함이 바람직하며, 각종 계기의 설정값은 임의로 조정이 곤란하므로 실수가 없도록 주의해야 한다.

3) 직류 전원설비의 순찰 점검

절연 저항은 회로 상호간과 회로 대지간에 2MΩ 이상을 유지해야 한다. 직류 전원설비의 순찰 점검 수리기준을 표시하면 다음 표와 같다.

<표 7.12.11> 직류 전원설비의 점검

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일 상 점검	납축 전지	부동전압, 전류의 표준값 유지	7일	충전기 조정 및 그 외 부분 점검
		표시전지의 비중과 온도 적정	7일	조정한다.
		전해액의 변색, 비중 저하가 발생하고 있는지 여부	7일	원인 조사 후 교환하거나 새로운 액으로 교체하여 초기 충전한다.
		극판 균열 단락 여부	7일	교환한다.
		액면이 적정한가?	7일	취급설명서에 따라 액면 조정
		단자 도체의 부식은 없는가?	7일	청소, 수리, 교환한다.
		호흡구 마개의 이상 유무	7일	청소, 수리한다.
		작용물질의 탈락 유무	7일	양 극판 교환 및 초기 충전하고 세퍼레이터도 교환
		각 셀별 전압측정	7일	단선 등 확인, 교환한다.
		지지에자 등의 균열 여부	7일	교환한다.
		목대 파손, 산침 유무		수리, 물을 뺏는다.
		방전 후 회복 충전하였는가?	수시	장시간 방전하였을 때 충전
검	알칼리계 축전지	부동전압, 부동전류의 표준값 유지 여부	1개월	납 축전지와 같음
		외부상자 도료의 벗겨짐 녹발생 여부(셀카바 외관)	3개월	보수한다.
		외함에 부착된 알칼리액 제거 여부	1개월	청소, 보수한다.
		단자접속선 불량 및 녹발생 여부	3개월	납 축전지에 준한다.
		전해액 높이, 비중 확인	2개월	보충 조정한다.
		균등 충전, 전압 여부 확인	6개월	충전기를 균등위치에 놓고 충전한다.
		충전 및 사용시 온도 45℃ 이하 유지	수시	많은 전류사용 후 특히 주의
	충전 장치	수은 정류기의 아크색 정상 여부	1일	전기적 조건의 보통상태 여부 조사
		정류기 전압 정상 여부	1일	전원전압 조정한다.
		각 단자 개폐접속부에 과열, 손상, 마모 여부	7일	수리 또는 교환한다.
		자동 전압조정장치의 동작 여부	7일	수리 또는 교환한다.
		부속 설비기구 등에 먼지 부착 여부	7일	청소한다.

구분	대상	점 검 항 목	점검주기	비 고
일 상 점 검	충전 장치	정류기의 출력 저하 여부	7일	전기적인 조사한다.
		정류기의 전극 합금 용출은 없는가?	7일	수리 또는 교환한다.
		실리콘, 사이리스터 정류기의 정류체 온도가 허용값 이내인가?	7일	수리 또는 교환한다.
		절연 저항 측정	6개월	
정 밀 점 검	납축 전지	액면은 적정한가?	1개월	취급 설명서에 따른다.
		단자 접속선 등의 녹발생	1개월	녹슬음이 심하면 교환
		모대 접속선 부식	3개월	청소, 교환한다.
		뚜껑위치의 양부(개방형)	3개월	정규 위치로 한다.
		균등 충전시의 가스발생 상태 각 셀의 전압이 균일 여부	3개월	전압이 불균일할 때는 균등충전을 1~2시간 계속한다.
		전해액의 비중의 이상 저하	3개월	원인 조사 후 적절한 조치
		전압 조정 범위 회로 점검	1년	조사해서 조정한다.
		용량이 정격값을 유지하는지의 여부	6개월	균등 충전하여야 한다.
		목대의 내산 도로의 벗겨짐	6개월	재도장 및 보수한다.
		절연 저항 측정 2MΩ	1년	
	알칼리 축전지	보충전압의 부동전압은 적정한가?	3개월	충전기 조정한다.
		액면의 양부, 냄새, 접속부의 변형	3개월	산성 없는 정류수를 보충
		유닛의 전지전압이 균일한가?	3개월	취급 설명서에 따른다.
		전해액 비중의 이상 저하	3개월	납 축전지에 준한다.
	충전 장치	정류기 도장에 변색이 없는가?	1개월	제거하고 도장한다.
		충전장치의 역류방지 동작 여부	1개월	원인을 확인하고 조치한다.
		충전장치의 회로 이상 유무 확인 접점부분 이상 발생 여부	6개월	원인을 조사하고 수리한다.
		충전장치의 냉각장치, 경보기 동작상태 점검	6개월	원인을 조사하고 수리한다.
		조명기구 배선 접속 볼트 등의 부식 녹 발생	6개월	전지에 준하며 심하면 교체한다.
		사이리스터, 다이오드, 실리콘 등의 열 발생 여부, 흔적 등 확인	6개월	원인 확인, 보수한다.
		직사광선 방지, 방충, 환기장치 등 파손	6개월	수리한다.
	실내 부속 설비	조명기구, 배선접속, 볼트 등 부식발생 여부	6개월	전지에 준하나 심하면 교환한다.
		바닥이나 벽에 산의 부착이 없는가?	6개월	청소, 보수한다.
		일광 직사광선 방지, 방충, 환기장치 등의 파손이 없는가?	6개월	수리한다.

7.13 관 부식 방지시설

7.13.1 개요

상수관로의 부식은 시설의 수명단축을 야기하여 보수 및 교체 등에 따른 엄청난 경제적인 손실이 발생한다. 또한 수도물 중 적수, 탁수발생, 맛, 냄새유발 등 심미적인 요인뿐만 아니라 실제로 인체에 유해한 중금속이 기준값 이상으로 용출될 우려가 있다.

지하매설 상수도용 강관은 매설토양의 부식환경 및 미주전류 등에 의해 부식이 진행되며 관의 부식에 영향을 미치는 부식인자들은 수분, 통기성, 비저항, pH, 이온농도, 미생물의 활동성, 전철 등으로 부터의 미주전류 등으로 이러한 부식 인자들이 상호 복합적으로 작용하여 지하매설강관의 부식이 진행되며, 부식형태가 주로 국부부식으로 진행되어 관누수 및 파열의 직접적인 원인이 된다.

7.13.2 부식방지대책

상수관로의 부식을 방지하는 기법으로는 전기방식법, 배류법, 피복 또는 도장(lining, coating, painting)제 선정, 방식을 고려한 관망설계, 수질인자조절, 부식억제제주입 등이 있다.

7.13.3 전기방식의 적용

(1) 전기방식의 개념

- 1) 토양에 매설된 상수용강관은 매설환경에 따라 고유의 전위를 갖게 되며, 이 전위차로 인하여 양극과 음극이 형성되고 양극과 음극 사이 전류가 흐르게 된다. 전류는 관의 음극에서 양극으로 흐르며 양극부근의 토양으로 유출되어 관의 음극으로 유입된다. 이때 관의 전류유출부에 부식이 발생하며, 부식을 방지하기 위해 매설 상수용강관의 전위를 인위적으로 동일하게 유지하는 것이 전기방식의 기본 개념이며, 지하매설 상수관의 부식방지를 위해 가장 널리 적용되고 있는 방법이다. 또한 전기방식은 피복과 병행하여 적용함으로써 부식방지효과를 극대화할 수 있다.
- 2) 전철 레일로부터 누설된 전류는 근접된 수도관 등 매설금속체에 유입되고, 변전소 부근에서 유출되어 레일로 들어가며, 전류가 유출되는 부분의 수도관 등 매설금속체는 심한 전식을 일으킨다. 이러한 누설전류에 의한 부식을 예방하기 위해서 유입된 전류가 지중에서 유출되지 않도록 레일과 금속체간에 배류기를 설치하는 방법을 배류법이라 한다.

(2) 전기방식의 선정

- 1) 토양에 매설된 상수용 강관에 외부 인가전원의 유무에 따라 외부전원법 및 희생양극의 전기방식법, 전철 등으로부터 누설되는 전류에 의한 간섭영향이 있는 경우 부식방지 대책으로 적용하는 배

류법 등이 있다.

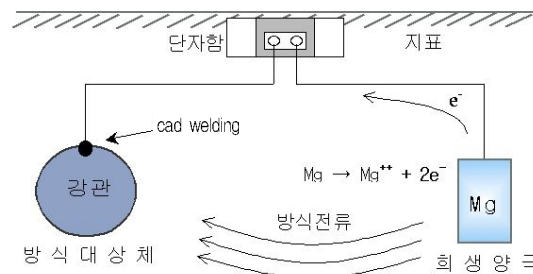
- 2) 전기방식을 하지 않은 기존의 상수용 강관에 전기방식을 할 경우 또는 전기방식을 하고 있는 상수용강관의 방식전위를 개선하기 위한 경우, 기존 상수용강관의 전위, 기설치된 전기방식시설의 가동상황, 방식의 효과범위 및 능력 등을 검토하여 외부전원법, 희생양극법 등을 선정한다.
- 3) 신규관로는 예비조사를 한 자료를 기초로 전기방식법을 선정하며, 신규관로의 피복재 종류 및 길이에 따라 방식에 필요한 전류가 크기가 달라지며 소요전류의 크기 등에 따라 희생양극법 또는 외부전원법으로 전기방식을 선정한다.
- 4) 전철 레일로부터 흘러나오는 누설전류에 의한 매설관로의 전식방지를 목적으로 흘러나온 누설전류를 다시 레일로 흘러 들어가게 하는 방법이 선택배류법, 직류전원을 인가하여 흘러나온 누설전류를 강제적으로 전철레일(전철변전소)로 회귀하도록 하는 방식이 강제배류법이라 한다.

(3) 전기방식의 종류

1) 전기방식법

① 희생양극법

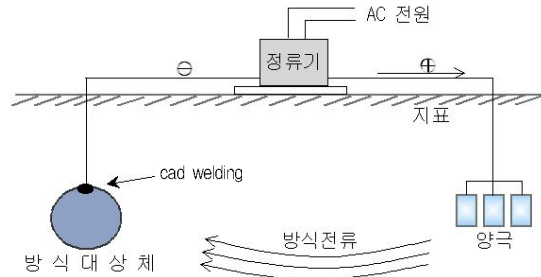
상수용 강관이 토양에 매설되어 있을 경우 매설환경에 따라 고유의 전위를 갖게 되며, 매설강관의 전위보다 낮은 전위를 갖는 금속(Mg, Al, Zn 등)을 매설 강관에 직접 연결하여 금속간 전위차(갈바닉 효과)에 의한 방식전류(저전위 금속⇒상수용 강관)로 강관의 부식을 방지하는 방법이다.



<그림 7.13.1> 희생양극을 이용한 방식 사례

② 외부전원법

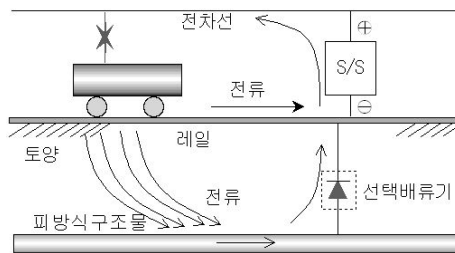
방식전류가 크게 필요한 지하매설 상수용 강관의 부식을 방지하기 위해 소모율이 적은 내소모성 금속(Mg, HCSI 등)의 양극을 DC전원장치(정류기)의 (+)극에 접속하여 토양 내 매설하고, (-)극에 지하매설 상수용 강관에 연결하여 전압을 인가하면 양극에서 강제로 전류를 발생시켜 그 전류가 토양을 통해 매설강관으로 유입, 관의 부식을 방지하는 방법으로 양극의 매설 방법에 따라 천매법과 심매법이 있다.



<그림 7.132> 외부전원에 의한 음극방식법

2) 배류법

전철을 가동하기 위해 공급되는 전류의 일부가 레일로 부터 토양으로 누설되어 인근의 상수용 강관 등으로 유입될 경우 상수용강관은 전류의 유출부에서 부식이 진행되는데, 이 누설전류를 토양으로 통하지 않고 직접 레일 또는 전철변전소로 귀환시켜 매설상수도 강관의 부식을 방지하는 방법을 배류법이라 한다. 전류의 크기, 방향 등에 따라 선택배류법 또는 강제배류법 등으로 분류된다.



<그림 7.133> 배류법 중 선택배류법

(4) 전기방식 기준

전기방식 기준은 관중, 토양환경, 관망설계 등 설계, 시공 및 유지관리를 고려하여 다음의 기준을 적용할 수 있으나, 일반적으로 유지관리를 고려하여 1) 방식전류 인가시 $-850\text{mV}[\text{CSE}]$ 전위기준을 적용한다.

1) 방식전류 인가시 $-850\text{mV}[\text{CSE}]$ 전위

충분한 방식이 되고 있다는 가정하에 방식전류 인가시 배관의 전위는 CSE(황산동기준전극)을 기준으로 -850mV 이하(단, 미생물이 서식하는 환경에서는 -950mV 이하)를 유지하여야 하며, 방식된 시설물이 과방식되지 않도록 $-2,500\text{mV}$ 이상으로 유지하여야 한다.

2) $-850\text{mV}[\text{CSE}]$ 분극전위 기준

CSE(황산동기준전극)을 기준으로 분극전위가 -850mV 이하를 유지하여야 한다. 여기서 분극전위는 모든 전류를 순차 차단하고 측정한 값으로 관로와 토양의 계면에서 측정한 전위를 말한다.

3) 100mV 분극전위 변화 기준

관로의 자연전위로부터 음극분극량이 최소한 100mV 이상이어야 한다.

7.13.4 간섭에 의한 전식유형과 대책

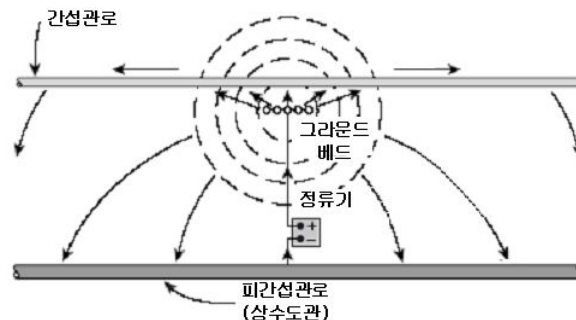
간섭이란 어떠한 시설물의 전위분포가 주변에 있는 다른 시설물의 전위분포에 영향을 주어 전위를 변화시키는 것을 말하는데, 미주전류가 장거리 배관의 한쪽 끝에서 유입되어 배관을 따라 흐르다가 다른 지점에서 유출되어 토양 내로 빠져 나가서 전원으로 회귀하는 폐쇄회로가 형성될 때 미주전류가 유출되는 지점에 부식이 발생한다.

(1) 타시설물(배관)의 방식시스템에 의한 간섭

외부전원법 전기방식시스템은 양극 및 배관 위치, 방식설비의 운전조건에 따라서 미주전류에 의한 간섭영향을 유발할 수 있다.

1) 양극간섭

외부전원법을 이용하여 어떤 구조물을 방식시키기 위해 설치한 양극으로 인하여 주변토양에 전위 구배가 형성되고, 그 결과 다른 구조물이 음극화되는 현상이 양극간섭이며 전류유입부에는 과방식이 발생하고 전류유출부에는 부식이 발생할 우려가 있다.

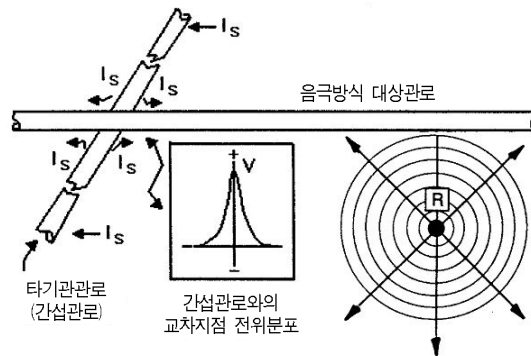


<그림 7.13.4> 전형적인 양극간섭의 예

양극간섭에 대한 대책으로는 간섭원 제거, 전기적 차폐법, 전기적 차폐법과 배류의 병용, 피복강화 등의 방법이 있다.

2) 음극간섭

방식으로 인하여 음극화된 구조물 주변에 다른 구조물이 있을 때, 이 구조물이 방식 구조물의 영향을 받아서 양극화되는 현상을 말한다. 이 경우 미주전류는 두 배관의 교차지점에서 다소 떨어진 지점으로 유입되고 교차지점에서 다시 방식배관으로 유입되어 정류기로 회귀한다. 피간섭 배관에서 전류가 유출되는 면적이 양극간섭에 비해 아주 작기 때문에 교차지점에서의 전위는 급격하게 상승하고 부식이 발생한다.

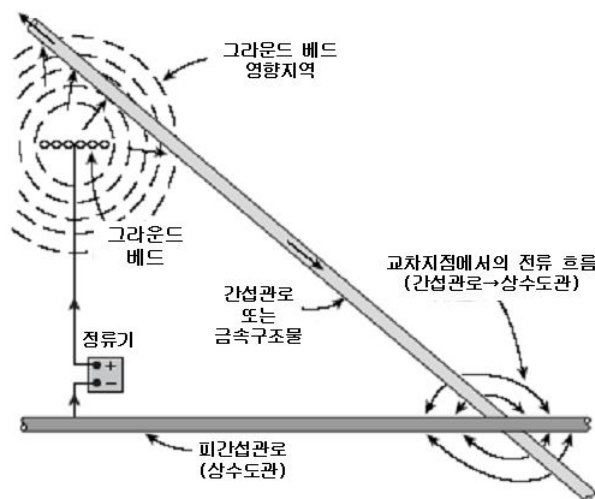


<그림 7.13.5> 전형적인 음극간섭의 예

음극간섭에 대한 대책으로는 저항연결법, 희생양극의 설치, 피복강화 등의 방법이 있다.

3) 합동간섭

양극간섭과 음극간섭이 동시에 일어나는 간섭을 합동간섭이라 한다. 합동간섭은 교차지점에서 많은 전류가 유출될 가능성이 있으므로 이 경우 매우 빠른 속도로 부식이 진행된다.



<그림 7.13.6> 전형적인 합동간섭의 예

합동간섭에 대한 대책은 양극, 음극간섭에 대한 대책과 동일하다.

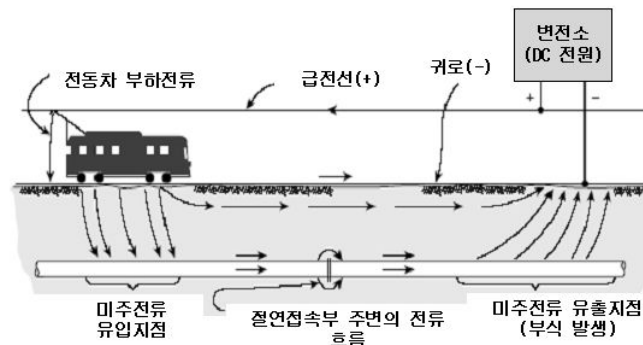
(2) DC간섭(전철 등에 의한 미주전류)

지하철 등 전철이 운행되는 지역에서는 지하철 등의 레일로부터 유출되는 미주전류가 토양을 통해 인근 지하매설 상수용 관에 유입되어 전류가 유출되는 곳에 부식이 발생하는 부식유형이다.

즉, 다음 그림의 미주전류 유입부에서와 같이 R/P전위차(rail to pipe voltage)가 양이면 레일의

전위가 높아서 전류가 레일에서 토양을 통해 상수용관으로 유입되며, 미주전류 유출지점과 같이 R/P 전위가 음이면 배관의 전위가 높으므로 전류가 상수용관에서 토양을 통해 레일로 유입된다.

이때 R/P전위가 크다고 해서 상수용 관으로 유입되는 전류가 많은 것은 아니다. 즉, 전류량을 결정하는 요인으로 배관과 레일 사이의 저항이 존재하므로 R/P전위가 크더라도 배관과 레일 사이의 저항이 크면(절연이 잘 되어 있으면) 레일에서 빠져나와 배관으로 유입되는 전류는 작을 것이다. 따라서 지하철의 영향으로 인한 전류의 유출입 유무를 알 수 있는 변수는 R/S전위(rail to soil potential)이며, R/S전위에 대한 정확한 측정 및 평가가 이루어져야 지하철 영향에 대한 정확한 대처방안을 강구할 수 있다.



<그림 7.13.7> DC 지하철시스템에 의한 간섭의 예

DC간섭에 대한 대책으로는 토양 및 레일간의 절연, 배관의 절연조인트 설치, 배류법, 외부전원법 적용 등이 있다.

(3) AC간섭(교류간섭)

송배전선로, 변전소, 철도, 지하철, 기타 산업설비 등에서 유입, 유출되는 전류가 자계와 상호인덕턴스에 의해 자기적으로 결합된 주변의 매설배관에 유도되거나, 중성선 접지식 전력계통에서 불평형 전류가 흘러서 접지점에서 토양을 통해 주변 매설물로 전류가 유입되어 부식을 유발하는 것이 AC 간섭이다.

AC간섭에 대한 대책으로는 희생양극 설치, 집중 또는 와이어 접지 적용, 차폐선, 보호철판 설치 및 기타 보호장치를 이용하여 매설관에 유도되는 전압을 저감시키는 방법이 있다.

7.13.5 관 부식 방지시설의 유지관리

(1) 주기적 점검

정류기, 배류기 등 방식설비의 적정 유지관리를 위해 아래 표에 의해 점검을 실시하여야 하며, 점검결과 고장 등 이상 설비에 대해서는 유지보수를 통해 최적 방식전위가 유지될 수 있도록 하여야

한다.

<표 7.13.1> 방식시설 점검주기 및 내용

구분	순시점검	정기점검				특별점검
설비별	측정합, 정류기 배류기	정류기	배류기	측정합	절연 및 간섭	
점검주기	주간	분기 1회	분기 1회	반기 1회	2년 1회	이상시
점검내용	- 측정합: 손상·매몰여부 - 정류기, 배류기 : 동작상태 (전압계, 전류계)	- 입·출력 전압 및 전류 - 부품의 이상 유·무 (온도, 진동, 이취음 등) - 저항박스(shunt) 전위측정	- 입·출력 전압 및 전류 - 부품의 이상 유·무 (온도, 진동, 이취음 등)	- 방식전위 측정 - 측정합 유지상태(리드선 접속상태) - 발생전류량 기록(측정기능T/B적용) - 절연플랜지 및 구간 절연설비 전위 및 전류 측정	- 절연저항 측정 - 설비의 손상 유·무 - 간섭현상 조사 (40~50m 간격 전위 측정, 분석)	전철의 운행상태 변경이나 방식대상 매설물의 증감, 기상이변폭우, 낙뢰 등의 변화가 있을 시 방식설비 손상 또는 소모 유·무
비고	순시점검은 관로점검과 병행하고 그 결과를 방식 담당자에게 제출					

(2) 방식전위 유지

전기방식설비가 시설된 시설물의 방식전위는 방식전류가 흐르는 상태에서 황산동(Cu/CuSO_4) 기준전극을 사용하여 -850mV (아연기준전극으로 250mV) 이하를 유지하여야 한다. 다만, 황산염 환원박테리아가 서식하는 환경에서는 -950mV (대지고유저항이 $30,000\Omega\text{-cm}$ 를 초과하는 지역에 설치된 방식설비는 -750mV) 이하를 유지하도록 한다.

또한, 방식된 시설물은 과방식되지 않도록 $-2,500\text{mV}$ 이상으로 유지하여야 하며, 매설기준전극은 시설물로부터 중앙 직상부 10cm 이내에 설치하고 측정하여야 한다.

위에서 제시한 방식유지전위를 만족시키지 못하는 경우라도 분극전위의 크기가 100mV (황산염 환원박테리아가 서식하는 환경에서는 200mV) 이상 음분극이 된 경우에는 방식상태인 것으로 판정하고, 방식전위가 시간의 경과 및 주위환경의 변화에 따라 다소 차이가 있으므로 계절적인 영향과 환경의 변화에 따라서 방식전위 측정시기를 주기적으로 확인하고 조정하여야 한다.

(3) 방식전위 측정

1) 측정방법

전기방식설비 점검시 황산동 기준전극 또는 현장 특성에 적합한 기준전극과 고내부저항 전압계나 방식전위 연속측정장치(휴대용 기록계 또는 데이터로거) 등의 측정장비를 이용하여 방식전위를 측정

하여야 하며, 지하철 운행구간이나 외부간섭이 우려되는 구간에서는 방식전위 연속측정장치 사용을 권장한다.

전위측정은 기준전위 측정을 실시한 위치와 측정장비를 동일하게 하여 측정오차를 최대한 줄여야 하며, 측정값, 일시 및 측정위치를 기록하여야 한다.

기준전극의 위치는 측정하고자 하는 배관의 직상부 토양에 설치하되, 도로포장 등으로 설치가 곤란할 경우에는 가능한 한 배관에서 가장 가까운 곳에 설치하여야 한다.

기준전극과 접촉되는 토양은 가능한 습한 부분을 선택하고 건조한 땅에 설치할 경우에는 물을 뿌려 대지와와의 접촉저항을 줄여야 한다.

2) 측정결과 관리

방식전위 측정 결과는 관로의 방식상태를 알 수 있도록 기록 관리하여야 하며, 관로의 방식전위 변화 추이분석이 용이한 방식전위 연속측정장치를 사용하는 구간은 전산 출력된 양식을 보관하여야 한다.

측정함의 유실 또는 매몰시에는 즉시 조치계획을 수립, 실시하고 필요시 관련업체와 협의하여 조치하여야 한다.

(4) 정류기 유지관리

방식전위 측정 후 방식전위가 최적운영상태가 되도록 전압 탭을 조정하여 관리하여야 하며, 아래 세부점검표에 따라 점검하도록 한다.

<표 7.132> 방식설비 세부 점검내용

설비별	점 검 내 용
교류측	- 전원전압 측정 및 변압기 이상유무 - 접속단자 접속상태 및 배선연결부의 점검 - 차단기 이상유무 및 1, 2차 접속상태 - 퓨즈의 용단 및 접속상태 - 보조회로 부품의 온도상승과 변색유무 - 계기 및 표시등의 동작상태 - 전압조정기(fine/coarse tap selector)의 tap 접속상태 확인
직류측	- 출력측 단자의 접속상태 - 각 계기 및 표시등의 동작상태와 배선 연결부분의 점검확인 - 다이오드 등 정류소자와 피뢰기 등 보조회로의 각 부품에 대한 온도상승, 변색여부 확인 - 배선의 단선, 손상 및 접속상태 확인 - 주위 시설물로부터의 유도현상에 의한 영향 유무 확인 - 각 접속부분의 절연 및 접속상태 확인
방식전위 미달시	- 정전여부 확인 - 정류기 출력전류 감소여부 확인

설비별	점 검 내 용
방식전위 미달시	- 타시설물에 의한 간섭현상 유무 확인 - 간섭현상 없고 정류기 직류전압이 DC 60V 이하일 경우는 DC 60V 이내에서 직류전압을 증가
방식전위 과방식시	- 정류기의 출력전류 감소 - 정류기의 출력전류를 감소시킴으로서, 부분적으로 방식전위에 미달되는 범위가 있으므로 모든 방식구간의 방식전위를 고려하여 정류기의 출력전류를 신중히 조정
전위가 심하게 변동될 때	- 주위에 있는 다른 직류전원(용접기 또는 발전기)이 피방식체에 영향을 미치고 있으므로 이를 제거 - 모든 정류기의 전원을 차단시킨 다음 피방식체의 자연전위를 측정하여 자연 전위가 변동하는지 확인. 이때 자연전위가 변동하면 그 원인이 외부에 있으므로 이를 제거하여야 하고 자연전위가 변동하지 않으면 그 원인이 방식회로 내부에 있으므로 그 원인을 점검 수리

1) 정류기 운영방법

- ① 정류기의 전원 및 출력스위치를 차단시키고, 전압조정기를 “0” 위치로 한다.
- ② 정류기의 전원스위치를 투입위치로 전환하여 정류기에 입력전원을 공급한 다음 입력전압계의 지시값과 전원표시램프의 점등을 확인한다.
- ③ 정류기의 출력 스위치를 투입시켜서, 직류전압, 전류계가 최소값을 지시하는지 확인한다.
- ④ 직류출력전압은 전압조정기로서 0~60V까지 단계적으로 조정할 수 있으나 이때는 정류기에 연결되어 있는 부하조건에 따라서 조정하여야 한다. 즉, 피방식체의 과방식 영향을 고려하여 반드시 피방식체의 방식전위 이내에서만 조정하여야 한다. 다만, DC 60V를 초과하여서는 안 된다.
- ⑤ 각 항의 순서에 따라 피방식체의 방식전위가 양호하게 되면 그때의 상태를 기록 보관하여 정류기의 보전업무에 활용하여야 한다.
- ⑥ 전극의 저항기합(Shunt)의 전위를 측정하여, 천공된 홀간에 매설된 양극이 균일하게 소모될 수 있도록 조정, 관리하여야 한다.

2) 정류기 이상시 점검방법

- ① 직류 출력 전압, 전류가 발생하지 않으면 교류입력 전원의 공급상태와 과부하 상태를 점검한다.
- ② 직류 출력전압은 발생하지만 직류 출력전류가 발생하지 않으면 직류측의 배선과 접속부분을 점검하고 또한 직류전류계의 이상유무를 확인한다.
- ③ 직류 출력전류는 발생하지만 직류 출력전압이 발생하지 않으면 직류 전압계와 전압계 회로를 점검한다.
- ④ 최대 출력전압에서 최대 출력전류가 발생하지 않으면 직류 전류회로(shunt 및 전류계)를 점검한다.
- ⑤ 정류소자와 저항 등 부품의 소손 상태와 변압기 등의 이상유무를 확인한다.
- ⑥ 각 단자의 조임상태를 확인한다.
- ⑦ 퓨즈 및 표시램프의 용단여부를 확인하여야 하며 예비품도 가능한 한 필요수량을 비치한다.

(5) 배류기 유지관리

1) 배류기 운영방법

- ① 전원스위치와 출력스위치를 차단시키고, 직류측 전압조정기를 “0”위치로 한다.
- ② 전원을 투입시키기 전에 배류기의 인입점까지 배선을 확인한다.
- ③ 배류기 외부의 누전차단기를 투입하고 배류기 내부의 전원램프가 점등되는지 확인한다.
- ④ 교류측 차단기(MCCB)를 투입하고 교류 각상의 전압이 정상인가를 교류전압계와 선택스위치(selector S/W)로써 확인한 다음 직류전압조정기를 서서히 조정하여 60V가 되게 한다.
- ⑤ 직류측 차단기(MCCB)를 투입한 다음 직류전류 조정기를 서서히 양(+) 방향으로 조정하여 출력 전류가 정격의 1/2이 되게 한다.
- ⑥ 배류점에서의 관대지 전위(P/S)를 측정하여 $-2,500\text{mV}$ 이상 유지하도록 한다.
- ⑦ 측정시에 직류측 계기가 hunting을 하는 경우에는 배류기 작동을 중지시킨 후 배류기의 상태를 확인, 조정하고 ① 내지 ⑥항의 운전 절차를 재 실시 한다.
- ⑧ ① 내지 ⑦항의 순서를 점검하여 운전이 정상이면 전 배류구간의 전위를 측정하여 배류기 효율의 정상여부를 분석한다.

2) 배류기 이상시 점검방법

- ① 교류입력 전압이 정격전압의 10% 이상 증감이 있을 때 누전차단기와 교류 입력 스위치를 차단한 후, 한전 관할지점에 통보하여 교정을 의뢰한다.
- ② 직류출력전압이 0V 이하이며 동시에 전류가 정격전류 이상인 시간이 20% 이상일 때 타도체(레일 등) 대 관로전위(R/P)가 (-)인 시간이 20% 이상이므로 과전류에 의한 퓨즈의 용단 또는 차단기(MCCB)의 트립이 예상되므로 (-)측에 저항을 삽입하여야 한다(저항을 삽입할 경우 배류 효율이 감소하고 전력비가 증가한다).
- ③ 직류 출력전류가 0A이며, 전압은 조정된 전압에 고정되어 있을 때
 - ① 직류 출력전류 차단기(MCCB)의 트립이 있을 때는 퓨즈 및 차단기(MCCB)를 확인 후 재 투입시킨다.
 - ② 직류출력 차단기(MCCB)가 트립이 안되었을 때에는 직류배선에 단선이 발생된 것이므로 이를 확인, 보수한다.
- ④ 교류전압은 정상인데 직류 전압계 및 전류계가 작동하지 않을 경우
 - ① 변압기와 SCR 사이에 있는 퓨즈가 용단되어 있으므로 교체하여야 한다.
 - ② 퓨즈를 교체하여 ③항의 경우가 빈번하게 발생할 경우 ③항의 1 내지 2호의 점검을 재 실시 하여야 한다.

(6) 희생양극 유지관리

설치된 양극이 타공사 등에 의해 손상받지 않도록 관리하여야 하며, 정기점검 및 특별점검시 방식 전위가 미달되는 경우에는 그 결과를 토대로 외부의 전원 유입, 지하철의 영향 또는 양극의 파손 유무 등을 판단하며, 판단자료가 미흡한 경우에는 종합적이고 상세한 설비 전반에 대한 점검을 실시하

여 정확한 원인을 규명하여야 한다.

1) 이상시 점검 및 보수

① 외부전원의 유입으로 판명시

외부전원의 유입을 차단하거나 차단이 불가능한 경우에는 희생양극을 방식전위 미달 지점에 집중 매설하여 보완하거나 외부전원식을 적용하여 보완한다.

② 지하철의 영향으로 판명시

지하철에 의한 방식전위 미달로 판단되는 경우에는 선택배류 또는 강제배류시험을 실시하여 적절한 방법으로 대책을 강구한다.

③ 양극의 소모로 판명시

양극 소모에 의한 방식전위 미달로 판단되는 경우에는 희생양극의 추가 설치가 가능한 지점은 희생양극을 추가로 설치하고 추가설치가 불가능한 경우에는 부분적인 외부전원식을 적용하여 보완한다.

7.14 조명설비

7.14.1 개요

조명이란 인공광원에 의한 밝기와 태양광선에 의한 밝기를 합하여 조명이라 하며 조도는 단면적에 대한 광속의 밀도를 말한다. 적절한 조도를 얻기 위해서는 광원으로부터 방사되는 광속과 표면에 직접 입사한 광속 및 반사에 의한 광속을 생각하여야 한다. 조도는 밝기에 대한 감각이며 어떤 물체에서 나오는 광속의 양으로 나타낸다. 광속에 의해서 일어나는 시각은 세 가지 특성 즉, 색조, 포화도, 밝기를 갖는다.

7.14.2 조명설비의 종류 및 특징

(1) 광원

1) 방전램프

기체, 금속증기 또는 그들의 혼합기 중의 방전에 의해 발광하는 램프를 말한다.

① 메탈할라이드 램프

발광관내 수은, 아르곤외 할로겐 금속(메탈할라이드)을 봉입, 5,000~6,000K의 수은 아크 중에서 분해한 금속원자의 발광을 이용한 램프이다.

② 나트륨램프

점등중인 증기부분이 10^4Pa 정도인 나트륨 증기 중의 방전에 의해 발광하는 고휘도 방전램프이다.

③ 수은 램프

점등중인 증기압이 10^5Pa 이상인 수은증기 중의 방전에 의해 발광하는 고휘도 방전램프이다.

④ 할로겐램프

진공 상태의 유리구 안에 할로겐 물질을 주입시켜 발광하는 방전램프이다.

2) 형광램프

① 전구식 형광램프

색온도가 약 $2,800\text{K}$ 로서 발광관, 스타터 및 안정기 등이 일체화된 나사박기 베이스를 사용한 형광램프를 말하며, 청, 녹, 적의 3파장 협대역의 발광스펙트럼을 가진다.

② 일반 형광램프

점등중인 증기분압이 $0.6\sim 0.8\text{Pa}$ 인 수은증기로부터의 방사와 발광의 주요부분이 자외방사에 의해 여기하는 형광체로서 열음극의 저압 수은증기에 의한 방전램프를 말한다.

③ 고효율 형광램프: 램프의 단위 길이당 전력을 크게 하고, 전광속을 증가시킨 형광램프를 말한다.

3) 무전극램프

무전극램프는 페라이트코어 1차 코일에 고주파(250kHz)를 인가하면 자기장이 코일 주위에 발생하게 되는데, 이 자기장이 2차 회로에 해당하는 방전관을 통과하면서 2차 회로에 기전력이 발생하게 된다.

발생한 기전력에 의해 방전관 내에 전자가 가속되어 플라즈마가 발생하게 되며, 플라즈마에서 나온 자외선은 유리관 내부에 도포된 형광체를 통과하면서 가시광선을 방출하게 된다.

4) LED램프

LED는 light emitting diode의 약자로 화합물 반도체를 이용하여 전기적 에너지를 빛 에너지로 변환시켜 빛을 방출시키는 반도체를 이용한 조명을 말합니다. 반도체 조명은 다양한 색감(따스한 색상, 차가운 색상, 부드러운 색상, 정렬적인 색상)을 자연스럽게 표현할 수 있는 장점을 가지고 있습니다.

(2) 조명기구

1) 등기구

① 형광등기구: 사무실, 중앙조종실, 전기실, 공용장소 등에 적용하며, 형광등 및 안정기는 고효율, 고역률 조명시스템을 적용하도록 한다. 또한 눈부심(휘도) 등을 고려하여 적정 장소에 고조도 반사갓을 적용하도록 한다.

② 전구식 형광등기구: 점멸빈도가 잦은 장소로서 백열등을 대신하여 적용한다.

③ 방전등(나트륨, 메탈할라이드 등)은 도로 등 옥외 및 5m 이상 고천정의 펌프실, 발전기실, 탈수기동 등 시설공간의 조명설비로 적용하며, 유지관리 등을 고려하여 벽부형, 릴타입 등을 검토, 적용하도록 한다.

④ 방습등기구(고효율 형광등, 전구식 형광등)

수분 등 습기가 많은 지역인 여과지, 지하공동구, 관랑실 등에 탈착식 방습커버장치가 부착된 등기구를 조명설비로 적용한다.

⑤ 방폭등기구(할로겐등, 메탈등기구)

염소, 불소 등 부식성 또는 폭발성가스를 사용하는 염소저장실, 염소투입, 불소투입실 등의 조명설비로 적용한다.

⑥ 방진등기구

분말활성탄, 소석회, 고체황산알루미늄 등 분말약품을 처리하는 약품투입실 등의 조명설비로 적용한다.

⑦ 일반등기구

특수목적의 시설공간이 아닌 사무실, 변전실, 중앙조정실 등의 지역에는 공간목적에 부합되는 일반형 등기구를 조명설비로 적용한다.

⑧ 무전극 램프

다중이 많이 출입하는 현관, 중앙제어실 및 유지보수가 어려운 장소에 사용하며, 기타 가로등 및 특수목적의 시설공간에 적용한다.

⑨ LED

중앙제어실 또는 인테리어설비 등 특수목적의 용도 및 시설공간에 적용한다.

⑩ 가로등

① 일반가로등주

사업장 진입로, 단지 구내, 외 시설물 및 울타리 주변 등의 조명에 적용되는 등주를 말한다.

2) 안정기

① 형광등용 안정기

① 초크코일형, 래피드 스타트형, 인스턴트 스타트형, 전자식안정기 등이 있다.

② 안정기는 상용주파수(60Hz)를 고주파 변환회로를 사용 20~60kHz의 고주파로 변환시켜 형광램프를 점등시키는 전자식 고효율안정기를 적용하여야 한다.

③ 형광램프의 음극부근에서 발생하는 무선주파수에 의한 라디오 등 수신장애(잡음 등)를 방지하는 구조의 안정기이어야 한다.

② 형광램프용 전자식 안정기

변압기, 초크코일, 커패시터 등으로 구성되며, 형광램프의 시동 및 점등시 반도체 소자에 의해 교류상용주파를 고주파로 변환하여 램프를 적정하게 동작시키는 장치를 말한다.

③ 방전등용 안정기

① 메탈할라이드, 나트륨, 수은램프용 등의 안정기로 구분된다.

② 나트륨램프용 안정기

변압기, 초크코일, 커패시터 등으로 구성되며 나트륨램프를 적정하게 동작시키는 장치를 말한다.

③ 메탈할라이드 램프용 안정기

변압기, 초크코일, 커패시터 등으로 구성되며 메탈할라이드 램프를 적정하게 동작시키는 장치를 말한다.

㉔ 수은램프용 안정기

변압기, 초크코일, 커패시터 등으로 구성되며 수은램프를 적정하게 동작시키는 장치를 말한다.

3) 조명설비 점멸장치

- ① 무인사업장 조명설비의 점멸방식은 자동조명 제어시스템 또는 감시·제어가 원활한 조명점멸시스템을 적용한다.
- ② 정수장 등 유인사업장의 경우 CCTV에 의한 시설물 점검 또는 순회점검 및 유지보수가 용이하도록 점멸시스템을 계획하여야 한다.
- ③ 여과지 지하 관랑실, 공동구 등 외부에서 점등상태를 확인할 수 없는 장소에는 타임스위치 기능과 장시간 점등이 필요할 경우를 대비한 by-pass 스위치 기능을 갖도록 하여야 한다.
- ④ 여과지, 대형 펌프실 등 출입구가 2개 이상인 시설에는 출입구마다 점멸이 가능하도록 계획하여야 한다.
- ⑤ 국부조명설비는 그 조명대상에 마다 점멸할 수 있도록 시설하여야 한다.
- ⑥ 중앙조정실, 사무실 등 주간에 사람이 상주하는 장소의 조명설비는 자연채광을 활용하고 부분조명이 가능하도록 등기구수 6개 이내의 전등군으로 구분하여 전등군마다 점멸이 가능하도록 회로를 구성한다.

다만, 자연채광을 이용한 창가의 전등군이 6개 이상으로 2개의 회로로 구성하기 곤란한 경우 1개의 회로로 구성하여 자연채광활용 또는 동시 점멸이 가능하도록 회로를 구성한다.

7.14.3 조명설비의 유지관리

<표 7.14.1> 공정별 조명설비 적용

적용공간	공간 특징	적용등기구	적용램프	설치방법	비 고
펌프실	보조조명	형광등(방습)	고효율 형광램프	천정	
	주 조명	방진등(방습)	메탈할라이드	벽부등	
	보조조명	진구식(방습)	삼파장	벽부등	
발전기실	보조조명	형광등(방습)	고효율 형광램프	벽부등	
	주 조명	방진등(방습)	메탈할라이드	천정	
	보조조명	진구식(방습)	삼파장	벽부등	
수차실	보조조명	형광등	삼파장	바닥등	
	주조명	형광등(방습)	고효율 형광램프	벽부등	
중앙조정실	Panel	진구식, LED	할로겐램프, LED	천정	건축화조명
	사무공간등	형광등	고효율 형광램프	천정	건축화조명

적용공간	공간 특징	적용등기구	적용램프	설치방법	비 고
여과지	통로공간	형광등(방습)	고효율 형광램프	천정	
	여과지	방전등(방습)	메탈할라이드	벽부	
전기실	주조명	형광등	고효율 형광램프	천정	
	비상조명	충전식		벽부	
약품투입실	고체약품	형광등(방진)	고효율 형광램프	천정	
	액체약품	형광등(내산)	고효율 형광램프	천정	
염소투입실	주조명	형광등(내산)	고효율 형광램프	천정	
사무실	주조명	형광등	고효율 형광램프	천정	건축화조명
탈수기동	보조조명	형광등(방습)	고효율 형광램프	천정	
	주조명	방전등(방습)	메탈할라이드	벽부	
	보조조명	전구식	삼파장	벽부	

(1) 공정별 조명설비

1) 침전지 조명

- ① 침전지 말단부근의 플록 침강상태를 감시할 수 있는 조명시설을 설치하여야 한다.
- ② 플록감시용 조명시설은 등주높이 1m 미만의 메탈할라이드등으로 침전지 수면 아래를 투사하는 구조이어야 한다.
- ③ 조명시설 주위에 모여든 곤충들이 침전지 등에 빠지는 것을 예방하기 위해 침전지 주위에 곤충 제거시설(포충등)을 설치하여야 한다.
- ④ 조명등 및 가로등 타입은 램프 교체 및 안전사고 예방 등 유지관리 측면을 고려하여 굴절형 등 주 등의 적용을 검토하도록 한다.

2) 가로등 조명

- ① 가로등의 점검구는 지표상 1m 이상으로 점검 및 유지보수에 원활한 높이로 하여야 한다.
- ② 등주 내 전원케이블의 접속부위 및 안정기의 설치높이는 점검구의 위치를 고려하여 침수시 안전사고 예방 및 유지보수에 원활한 위치로 계획한다.
- ③ 에너지절약을 위하여 태양광 및 풍력을 이용한 가로등주로 계획할 수 있다.

3) 여과지 조명

- ① 여과지조명은 순회점검용 조명과 역세척 및 여과지 보수 등 운영관리용 조명으로 구분, 시설하는 에너지 절약형 형식으로 시설하여야 한다.
- ② 순회점검용 조명의 점멸장치는 입구와 출구의 거리를 고려하여 양쪽에서 점멸이 가능한 구조로 계획하여야 한다.
- ③ 역세척시 주조명은 벽체조명으로 하고 순회점검 조명을 천정조명으로 하여 운영 및 유지관리에 용이한 형태로 하여야 한다.

4) 펌프실 조명

- ① 펌프실 조명은 3중 조명으로 천정크레인을 비롯한 천정부분의 유지보수시 조명, 운영관리시 벽체 방전등의 조명, 사각지역에 대한 보조조명으로 전구식 형광등을 조합한 조명설비로 구성되도록 하여 시설운영특성에 적합하도록 하여야 한다.
- ② 펌프실 조명은 유지관리시 안전사고 방지 및 유지보수의 편리성 등을 고려하여 벽부형, 릴타입 등을 검토, 적용하도록 한다.

5) 중앙조정실

- ① 중앙조정실의 조도는 사무공간의 조명과 display panel용 조명등으로 조명설비를 조합한 구조로 계획하여야 한다.
- ② 중앙조정실의 조명설계는 공간전체의 균등조명을 탈피하여 기기의 배치나 근무자의 거주성 등을 고려하여 조도 및 등기구를 계획하여야 한다.
- ③ 눈부심제거 등 시환경 개선을 위한 친 인간적인 광천정조명 또는 루버 천정조명 등 건축화 조명설비의 설치를 계획하여야 한다.

6) 탈수기실 조명

탈수기실 조명은 천정높이 및 설비의 위치를 고려하여 3중 조명으로 하되 설비 운영관리를 위한 주조명은 벽체 방전등 조명으로 구성하고, 조명 사각지역에 대한 보조조명은 전구식 형광등으로 구성하는 조명형식으로 계획하여야 한다.

7) 경관조명

휴식공간 등으로 시설한 공원이나 정원등은 환경 친화적인 측면에서 수목이나 주위 구조물과 조화롭게 등기구의 높이, 재질, 형식 등을 계획하여야 한다.

8) 도로조명

- ① 차량 및 사람의 통행을 목적으로 하는 도로(담진입 도로 포함) 및 인도 등에 설치하는 조명시설은 이용목적에 충분히 고려하여 배치 및 구성을 계획하여야 한다.
- ② 안전한 운행 및 통행을 위하여 눈부심이나 조명사각지대가 없도록 계획하여야 한다.
- ③ 등주의 배열을 주위경관 및 안전통행을 고려하여 등간거리, 재질, 광원, 높이 등을 결정하여야 한다.
- ④ 점멸장치는 자동조명제어시스템 또는 감시, 제어가 원활한 점멸시스템을 적용하되 자연조도에 의해 점멸되는 방식을 겸하여 계획하여야 한다.
- ⑤ 도로폭과 도로선형이 급변하는 지점은 물체의 식별이 용이하도록 조명설비를 계획하여야 한다.

9) 발전기실 조명

발전기실은 top cover가 설치된 개방공간의 고천정으로 3중조명으로 구성하되 주조명은 천장의 메탈할라이드 조명, 사각지역 등에 대한 보조조명으로 고효율 형광등, 삼파장 등의 벽부형으로 계획하여야 한다.

10) 기타사항

- ① 기타 공간의 조명설비는 등기구 선정의 일반적인 경우를 적용한다.

- ② 중앙조정실, 사무실 등 근무자가 거주하는 공간은 루우브등에 의한 조명방식을 적용할 수 있다.
- ③ 식당, 상황실, 로비 등은 공간의 목적에 맞게 인테리어 조명을 적용할 수 있다.
- ④ Gallery실, 공동구 등은 습기 등을 고려하여 방습형 고효율 형광램프 등으로 계획하여야 한다.
- ⑤ 중앙조정실, 전기실, 공동구, 터널, gallery실 등 정전시 긴급조치가 필요한 장소의 비상용 조명설비는 비상발전기로 전원을 공급받거나 또는 충전식 축전지 내장형 조명설비를 계획하여야 한다.

(2) 기준 조도

- 1) 조도는 시(視) 작업면(특별히 시작업면의 지정이 없는 경우에는 바닥 위 85cm, 앉아서 하는 경우에는 바닥 위 40cm, 복도, 옥외등은 바닥면 또는 지면)의 수평면 조도를 나타내지만 작업내용에 따라서는 수직면 또는 경사면의 조도를 표시할 수 있다.
- 2) 기준조도는 조명설비 설치시의 초기값이 아니라 보수율 등을 적용한 수명 연한 동안 항상 유지하여야 하는 조도값을 말한다.
(보수율은 램프자체의 사용시간에 따르는 효율저하, 조명기구 자체의 사용시간에 따르는 효율저하, 오염과 먼지로 인한 램프, 조명기구의 효율저하 등을 감안한 계수로 제시된 보수율표에 따라 적용하여야 한다.)
- 3) 인접한 공간, 공간과 공간사이의 조도차, 시설물에 의한 반사등으로 인한 눈부심이 일어나지 않도록 조명설비를 계획하여야 한다.

4) 보수율

<표 7.14.2> 조명설비 보수율표

기 구 형 식		일반적인 경우	오염되기 쉬운 장소	비 고
형광등	반매입, 반사갓, 하면루버, 루버형	0.70	0.65	
	플라스틱, 아크릴, 유리등 커버부착형	0.66	0.63	
방전등	나트륨	0.75	0.65	
	메탈할라이드	0.62	0.57	
백열등		0.75	0.70	

5) 옥내시설의 기준조도

<표 7.14.3> 공정별 적용조도

수용장소	기준조도	
	조도범위(Lux)	조도분류
펌프실	60-100-150	E
약품투입실	150-200-300	F

수용장소	기준조도	
	조도범위(Lux)	조도분류
염소투입실	150-200-300	F
여과지	150-200-300	F
중앙조정실	600-1,000-1,500	H
탈수설비실	150-200-300	F
발전기실	150-200-300	F
수질시험실	600-1,000-1,500	H
사무실	300-400-600	G
수차실	150-200-300	F
지하관량실	60-100-150	E
비상발전기실	150-200-300	F
공동구	30-40-60	D
창고	150-200-300	F
복도(계단)	150-200-300	F
식당	150-200-300	F
휴게실	300-400-600	G
전기실, 축전지실	150-200-300	F
화장실	60-100-150	E

6) 옥외시설의 기준조도

<표 7.14.4> 옥외시설 조도기준

적용장소	기준조도	
	조도범위	조도분류(Lux)
진입로, 울타리	15-20-30	C
옥외 변전소	30-40-60	D
수문(취수탑 포함)	30-40-60	D
응집, 침전지 주위	30-40-60	D
침전지 내 투사	300-400-600	G
옥외설비	60-100-150	E
도로, 구내 통로	30-40-60	D
공원, 정원, 담마루	15-20-30	C

7.15 진단 및 측정시험

7.15.1 개요

전기설비의 시험은 기기의 건강을 진단하는 것과 같으며 내부의 상태를 확인하는 것이므로 중요하며 시험으로서는 신설시 실시하는 완성시험, 수리 및 고장시 실시하는 임시시험, 안전을 목적으로 하는 정기시험으로 구분할 수 있다. 시험의 결과는 기기의 성능을 판단할 수 있는 자료가 되므로 확실히 정리하고 기록, 유지하여야 한다.

7.15.2 절연저항시험

절연저항시험은 모든 전기설비 및 정보통신설비에 있어서 필수적인 시험으로 피측정물의 절연 상태와 열화상태를 파악하기 위하여 실시한다. 동일 조건에서 측정한 결과를 과거 측정값과 비교하여 현저한 차이가 있으면 보다 정밀한 조사를 하여 절연상태에 대한 조치를 취해야 한다.

측정시의 유의사항은 측정하기 전에 먼저 피측정기기 또는 피측정 회로의 내용을 충분히 이해해야 하며 측정범위를 결정해 두어야 한다. 테스터를 사용할 때도 측정기기의 취급설명서를 잘 읽어 사용방법에 차질이 없어야 한다.

<표 7.15.1> 절연저항시험전압 기준

권선 정격전압(V)	직류시험전압(V)	권선 정격전압(V)	직류시험전압(V)
<1,000	500	5,001~12,000	2,500~5,000
1,000~2,500	500~1,000	>12,000	5,000~10,000
2,501~5,000	1,000~2,500		

7.15.3 절연내력시험

전선로와 기기는 원칙적으로 대지로부터 완전 절연되어야 한다. 절연내력시험은 기기 등을 신설하거나 수리한 후에 실시한다. 특히 특고압기기는 절연저항시험만으로는 양부의 판단이 어려워 절연내력시험을 실시하는데 본 시험에 대해서는 전기설비기술 기준 제16조, 제20조에 인가전압과 인가시간이 종류에 따라 규정되어 있다.

시험방법은 절연내력시험장치를 사용하는데 시험을 행할 때는 안전을 위해서 작업범위를 명확히 구분해 두어야 한다. 특히 절연내력시험은 절연물에 대하여 과도한 전압을 가하는 것으로 절연의 열화를 촉진시킬 수도 있다.

7.15.4 절연유시험

절연유의 시험항목은 KS C 2101(전기절연유시험방법)에 다음과 같이 정해져 있다. 즉 외관, 색, 비중, 점도, 유동성, 인화점, 연소성, 증발량, 및 비분산 반응, 전산가, 부식성, 산화 안정도, 수분, 절연 파괴전압, 유전정접 및 비유전율, 체적저항률 등의 시험항목이 있다. 이와 같이 시험항목은 많지만 시험을 전부 현장에서 실시하는 것은 불가능하므로 중점적인 시험을 실시함으로써 절연유의 양부를 판정할 수 있다.

절연파괴시험은 기름 중에 수분, 먼지 또는 도전성의 입자가 있으면 절연 파괴전압이 저하되므로 불순물의 유무 판정과 그 기름을 재생처리로 재사용이 가능한가를 판정하는 기준이 된다.

전산가 측정은 기름의 열화정도를 파악하는데 중요하다. 실리콘유의 경우는 습기 흡수성이 강하여 수분의 측정이 필요하지만 현장에서 측정은 곤란하고 절연 파괴전압의 측정으로 양부를 판정하여도 된다.

7.15.5 보호계전기시험

(1) 보호계전기 정정 예

Type		0000				
종류	설정모드	설정값	정정범위			
OCR	한시전류(I>)	1.0	L 0.01~5.0(0.5~25A), H 0.01~10.0(0.5~50A)			
	순시전류 (I≫)	5.0	0.1~32(0.5~160A), 0(순시 lock)			
	동작시간특성(CV)	VI	정한시(0.05~300 Sec), 반환시(SI, VI, EI, LI)			
	동작시간(TD>)	0.30	0.05~1.20			
	동작시간 (t≫)	50	30~250ms			
OVR	동작전압(OV)	1.10	0.8~1.60(88~176V)			
	동작시간(TD>)	2	0.05~10.00			
	동작시간특성(CV)	definite time	정한시(0.05~10.00 Sec), 반환시(SI, VI)			
UVR	동작전압(UV)	0.8(88V)	0.20~1.00(22~110V)			
	동작시간(t)	2	0.05~10.00(정한시)			
	동작시간특성(CV)	definite time	정한시(0.05~10.00 Sec), 반환시(SI, VI)			
OVGR	한시전압(V>)	0.2(38V)	L 0.05~0.2(9.5~38V), H 0.05~0.8(9.5~152V)			
	순시전압(V≫)	미설정	0.05~0.8(9.5~152V), 30~250ms			
	동작시간특성(CV)	SI	정한시(0.05~300 Sec), 반환시(SI, VI, EI)			
	동작시간(TD>)	0.12	0.05~1.0			
SGR	동작전류(I0)	미설정	0.6~3.6(0.9~5.4mA)			
	동작전압 (V0)	미설정	0.10~0.40(19~76A)			
	동작시간(t)	미설정	0.05~1.0			
제작년도	2003			변류비	50	(250/5)
제 작 자						

1) OCR 정정

① 한시요소

정격전류의 130%에 setting(기동전류에 pick up되지 않도록 정정한다).

구 분	단위	100% 부하	계약전력	비 고
변압기용량 or 부하	kVA		1,080	300kW×2대, 600kVA TR×1대
전압	kV		3.3	
전류	A		189.0	
적용배수	배		1.3	계약최대전력의 130%
정정값 계산			4.9	변압기 1차 전류×1.3×(1/변류비)
Tap 설정			5.0	
설정값			1.0	

② 동작시간

① 조건

- － 최대부하에 가장 큰 모터 기동전류에 동작하지 않으며, 주변압기의 2차 3상 단락전류가 흐를 때 정정 tap에 대한 기동전류의 비율이 픽업[PU] 배수에서 0.4초에 동작하는 lever를 선정한다.
- － 한전측 보호계전기 및 하위 계전기와 보호협조 가능 범위 내에서 최대한 단축 조정한다.

② 계전기 정정방법

- － Relay pick up 배수 = (주변압기 2차 3상 단락전류)/(탭×CT비)
(1차측에서는 변압기 2차 단락전류를 1차측으로 환산요, 주변압기 2차 3상 단락전류×2차전압/1차전압)
- － 변압기 2차 3상 단락시 몇 초 이내에 동작하는지 동작시간 설정(0.6초)
- － Pick up 배수와 동작시간에서 한시 정정값 “lever” 설정

구 분	단위	100% 부하	계약전력	비 고
F4 3상 단락전류	A		7,104.1	
적용탭			5.0	
Relay pick up 배수	배		28.4	[변압기 2차측 3상 단락전류/(Tap×CT비)]
－ TR 2차 단락시 동작 시간 설정(t)	초		0.4	2차 단락사고시 0.4초 이내 동작
Lever 선정계산			0.81	$t=13.5/[(I/I_s)-1] \times \text{tap}$ (강반한시, VI)
Lever 선정값			0.30	

③ 순시요소

- 변압기 여자돌입 전류에 동작하지 않으며, feeder에 흐르는 최대부하에 가장 큰 모터 기동전류에 동작하지 않고, 수전변압기 2차 3상 단락전류의 150%에 정정한다.
- Feeder에 흐르는 최대부하에 가장 큰 모터 기동전류 2배가 흘러도 동작하지 않음.

구 분	단위	100% 부하	계약전력	비 고
전동기 부하전류	A		123.0	300kW×2대
변압기 부하전류	A		84.0	$[(400) \times 0.8] / (\sqrt{3} \times 6.6)$
최대용량 전동기 기동전류	A		425.6	600kW 1대 기동전류(327.41×0.65)의 2배
순차기동시 합계전류	A		632.6	전동기부하전류+변압기부하전류+전동기 기동전류
정정값 계산			12.7	합계전류×(1/변류비)
정정(Tap)값			5.0	

2) 부족전압계전기(UVR) 정정

- 정격전압의 80%에 정정한다.
- 탭전압인 80%로 급변할 때 2초에 정정

3) 지락과전압계전기(OVGR)

- 정정기준 정격전압의 20%에 정정한다.
- 간선의 후비보호를 위하여 분기회로(SGR) 동작 후 0.4~0.5초 후에 동작하도록 정정한다.

4) 과전압계전기(OVR)

- 정격전압의 110%에 정정한다.
- 탭전압의 150%로 급변할 때 2초로 정정한다.

(2) 시험시트(예)

○○ 정수장				SHEET. NO		2	
				DATE		2006.	
OVER CURRENT RELAY							
DEV. NO	51	TYPE	GCO—CHMD4	제작사	경보	제작년월	96
정격전류	AC 5A	주파수	60Hz	Auxiliary Power	DC 0.5—2.0A	IIT	20
TAP	4.0A	Time Lever	5.0	TRIP CB	VCB	Time Curve	NI
설치장소	22.9kV 주차단기반			설치목적	과부하 단락보호		
TAP RANGE		Overcurrent(4—5—6—7—8—10—12A), Instantaneous(20—40—60—80)					

1. 최소동작시험

상별	Serial No	CT Ratio	한시요소		순시요소		Target		비고
			TAP	P.U	TAP	P.U	정격값	시험값	
R상	IG6031	30/5A	4.0A	3.91	20A	20			
S상	IG6026	30/5A	4.0A	3.87	20A	20			
T상	IG6027	30/5A	4.0A	3.9	20A	20			

2. 한시특성시험

상별	TAP	Time Lever	200%(8A)	300%(12A)		비고
R상	4.0A	5.0	3.69	—		
S상	4.0A	5.0	3.48	—		
T상	4.0A	5.0	3.34	—		

3. 판정기준

최소동작시험	한시요소	4.0A ± 5%
	순시요소	20.0A ± 5%
한시특성시험	200%(10A)	2.91sec—4.15sec—5.4sec(±15%)
	300%(15A)	

4. 시험결과: 양호

- 1) 과전류시험
- 2) 과/부족전압시험
- 3) 방향성 계전기시험
- 4) 디지털보호 계전기시험

7.15.6 접지저항 측정

접지저항은 계산에 의해 구할 수 있으나 실제로 미지 인자가 많아서 참된 값은 측정에 의할 수밖에 없으며 측정에도 저항의 수치가 낮아 오차발생이 많이 생긴다. 오차의 범위를 10% 이내에서 행하여도 무방하다.

오차의 원인은

- 1) 접지선의 저항
- 2) 접지극의 저항
- 3) 접지극과 주위 흙 사이의 접촉 저항
- 4) 접지극 근처의 흙의 저항, 떨어진 곳의 흙의 저항 등이다.

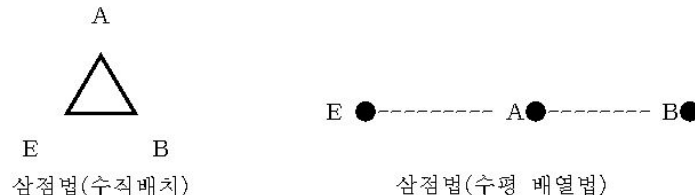
단독접지로 매설이 깊지 않은 곳은 접지저항의 대부분이 접지극 가까운 곳에 집중되어 있으며, 직경 20mm의 접지봉 1본을 1m 타입했을 때에는 접지봉을 중심으로 해서 반경 2m의 흙에 접지저항의 약 90%가 존재한다. 그러나 변전소의 접지와 같이 접지봉을 타입하고 망상의 도체를 매설하는 등 대규모 접지공사에서는 그 중심에서 300m 정도 떨어진 곳에 90%에 미달하는 접지저항이 있다. 접지봉이 보조 접지봉과 겹칠 때에는 정확한 측정이 어렵기 때문에 변전소의 접지저항을 측정할 때에는 겹침을 막기 위해서 보조 접지극을 변전소로부터 원거리에서 구하는 경우도 생긴다.

(1) 삼점법

목적하는 접지극 외에 보조접지극을 2개 마련하여 각 접지간에 접지저항을 측정하고 계산에 의하여 접지저항을 구하는 방법이다. 접지봉 배열을 수직배열 혹은 수평배열로 하며 전기저항의 측정에는 코올라쉬 브리지, 전압계, 전류계를 사용한다.

정확한 결과를 얻기 위해서는 접지시설과 보조 접지봉이 겹치지 않도록 하며 전기저항을 측정하면서 접지극간의 거리를 넓혀 가다가 저항의 값이 일정해지면 겹쳐지지 않았다고 보아도 무방하다. 단독접지 현장에서는 10m 이상이면 측정 가능하다.

$$E = \frac{1}{2} (R_{AE} + R_{AB} - R_{EB}) (\Omega)$$



<그림 7.15.1> 접지저항 측정법

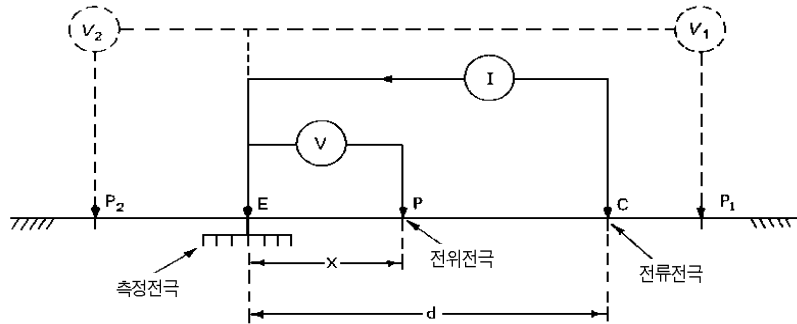
(2) 전압강하법

접지저항 측정방법에서 가장 신뢰성이 높은 것은 전압강하법(fall of potential method)이다. 이 방법은 IEEE Std 81-1983에서 규격으로 정할 정도로 그 정확성을 인정할 수 있으며 어떤 형태의 대지 임피던스도 측정할 수 있다. 대단위 접지시스템은 임피던스가 0.5Ω 이하일 때 임피던스에 상당한 리액턴스 성분이 포함되므로 측정값은 임피던스이며, 보통 저항이라는 용어가 사용되지만 실제로는 임피던스 성분으로 고려되어야 한다.

이 방법은 측정대상 전극에 전류를 주입시켜 이 전류가 측정하고 있는 대지와 측정전위전극 사이

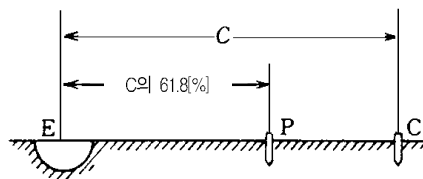
의 전압에 영향을 끼치는 것을 측정하는 방식이다.

측정원리는 다음 그림과 같으며, 시험전류 전극은 측정할 전극에 전류를 흘리기 위해 사용된다.

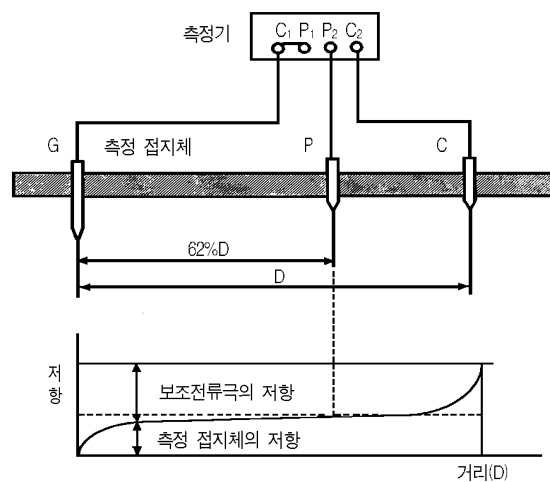


<그림 7.15.2> 전압강하법 측정원리

접지전극의 접지저항을 측정할 때 다음 그림처럼 EC간 거리의 61.8%의 곳에 전위전극을 박으면 정확한 값을 얻을 수 있다는 뜻을 나타내고 있다.



<그림 7.15.3> 전압강하법에서 61.8%의 법칙



<그림 7.15.4> 전압강하법을 적용한 접지저항 측정

또한, 측정시 이격거리에 대한 기준점이 결정되어야 한다. 반구상 접지극에 있어서 그 기준은 접지극의 중심점이다. 대단위 접지시스템에서 안정적이고 신뢰성 높은 접지저항값을 얻기 위해서는 전류전극을 무한 이격시키는 것이 중요하다. 메시 접지망을 대상으로 실험한 결과 메시망 대각선 길이의 5배 이상을 이격하였을 경우 평활 부분을 쉽게 찾을 수 있다.

<그림 7.15.4>는 전압강하법을 이용하여 접지저항을 측정하는 방법을 나타내고 있다.