

'98 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

축전지 증류수 자동 주입장치 An Automatic Topping Up Apparatus for Battery

배상민, 이영희, 이강무, 김길정, 이기순
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요약

축전지는 무정전전원장치, 철도 기관차, 전기설비, 통신설비, 비상등의 에너지 저장 수단으로 산업체에서 광범위하게 사용되고 있다. 축전지의 에너지를 최대로 유지시키기 위하여 가장 중요한 인자는 전해액의 준위이다. 방사성폐기물처리시설에는 방사선감시장치의 연속적인 전원공급을 위한 무정전전원장치의 에너지 저장 수단으로 174개의 불투명한 축전지가 설치되어 있다. 축전지의 에너지의 저장 효율을 유지시키기 위하여 전해액을 일정준위로 유지시켜야 함에도 축전지가 불투명하므로 증류수의 보충에 어려움이 많았다. 축전지의 전해액은 이온성분이 포함되어 전류가 흐르고, 증류수는 이온성분이 없어 전류가 흐르지 않으므로 이를 이용하여 전해액의 준위를 감지하고 자동으로 증류수를 주입할 수 있는 장치를 고안하여 특허를 출원한 결과 국내와 일본에 등록되었다. 증류수 자동 주입장치를 국내에 소개함으로써 시간과 비용이 많이 소요되는 축전지의 유지보수 작업에 도움이 되리라 기대한다.

Abstract

The battery is widely used in industrial area as a energy storage device for uninterruptible power supply, railroad service, switchgear operation, telecommunication, and emergency lighting. A most important factor to maintain the maximum energy of battery is the level of electrolyte. There are 174 numbers of opaque batteries as the energy storage device of uninterruptible power supply to supply continuous power to radiation monitoring system in radioactive waste treatment facility. The level of

electrolyte must be maintained above adequate level to keep the energy capacity of batteries. Because the batteries are opaque, it is difficult to supplement distilled water in batteries. Current flows in the electrolyte because of presence of ionic materials, but current does not flow in the distilled water because of absence of ionic materials. An automatic topping up apparatus is designed by using this property, is applied for patent, and is registered as a patent in Korea and Japan. To introduce this apparatus in Korea will help maintenance work which consumes a lot of time and cost.

1. 서론

모든 대형건물에는 정전시의 전기설비의 작동을 위하여 DC110V용 축전지를 다량으로 설치하여 운영하고 있다. 또한 전화국이나 기지국에는 정전시의 전화 통신을 위하여 대용량의 축전지를 다량으로 설치하여 운영하고 있다. 은행에는 정전시의 금융 정보의 처리를 위하여 무정전전원장치와 축전지를 설치하고 운영하고 있다. 이들 설비에는 축전지가 직렬 다단으로 수백개 설치되어 있다. 축전지는 전기 에너지를 전극으로 수용하여 전해액내의 화학 에너지로 변환시켜 저장하고 전해액 내의 화학 에너지를 다시 전기에너지로 사용하는 장치이다. 전기 에너지는 축전지내의 전해액에 저장되므로 축전지의 에너지를 최대로 유지하기 위하여 전해액의 준위를 일정하게 유지하는 것이 중요하다. 이러한 관계로 ANSI/IEEE Std. 450-1987과 ANSI/IEEE Std. 1106-1987은 “축전지에 있어 적기의 증류수 보충작업은 축전지의 유지보수에 필수적인 것이다” 라고 기술하였다. 수백개의 대용량의 축전지가 직렬 다단으로 설치되었을 경우 축전지의 에너지를 최대로 유지하기 위하여 즉 전해액의 준위를 일정하게 유지하기 위하여 증류수를 보충하는 보수작업은 시간과 인력이 많이 소요된다. 또한 많은 축전지가 밀집되어 있어 축전지가 투명하더라도 전해액의 준위를 적정하게 유지시키는 작업의 품질은 일정하게 유지할 수 없다. 특히 축전지가 불투명할 경우 전해액의 준위를 적정하게 유지시키는 것은 거의 불가능하다. 이 경우 전해액의 적정 준위를 감지하는 것이 필수적이다. 물리적으로 전해액은 이온성분을 포함하고 있으므로 전류가 흐르지만, 증류수는 이온성분을 포함하지 않으므로 전류가 흐르지 않는다. 이를 이용하여 전해액의 적정 준위를 검출하여 증류수를 적정준위까지 자동으로 보충할 수 있는 장치를 고안하였다. 이에 대하여 Handbook of Batteries and Fuel Cells, 1984에서 David Linden은 “자동화된 증류수 주입장치와 신뢰성 시험장치가 축전지의 유지보수의 비용을 크게 절감시킬 수 있다”라고 기술하였다.

2. 본론

2.1 기존 장치

축전지에 적정량의 증류수를 공급시키는 종래의 장치는 다음과 같다. 러시아(특허 SU 1261529)에는 파이프, 계전기, 밸브로 구성되어 계전기 전선의 감는 횟수에 따라 밸브가 작동되어 전해액을 보충하는 방식으로 계전기 전선의 인덕턴스가 노후화에 의하여 변하면 주입량이 변하는 단점과 적정높이를 감지하는 피이드백이 없다는 단점이 있다. 독일(특허 DE 3430681)은 튜브, 저장조, 부표식 스위치로 구성되어 사이폰의 원리에 의하여 전해액이 주입되고 저장조는 부표식 스위치에 의하여 작동되는 방식으로, 튜브내에 공기가 들어가면 전해액의 주입이 되지 않는다는 단점과 이동식은 불가능하다는 단점이 있다. 미국(특허 US4,833,047)은 튜브, 얇은 막, 밸브로 구성되어 전해액의 주입시 얇은 막의 상승에 따라 연결된 밸브를 작동시키는 방식인데, 얇은 막의 구조변화 및 위치 이탈 시에 전해액이 넘치는 단점과 적정 높이를 감지하는 피이드백이 없다는 단점이 있다. 또 하나의 미국 장치(특허 US 4,386,14)는 부표와 밸브를 포함한 플러그로 구성되어 증류수 주입시 부표의 상승에 따라 연결된 밸브를 작동시키는 방식으로, 소형밸브가 고장이 나기 쉬우며 부표의 동작시간 동안 증류수가 주입되어 증류수 주입의 오차가 크다는 단점과 전해액의 적정 준위를 감지하는 피이드백이 없다는 단점이 있다.

2.2 설계개념

전해액과 증류수의 전기 전도도의 차이를 전해액의 적정위치를 감지하는 수단으로 사용하고 수백개의 축전지를 위하여 이동식으로 설계하였다. 포장의 편리성을 위하여 하나의 상자에 모든 부품이 구역을 나누어 포함되도록 하였다. 전해액의 적정 준위는 축전지마다 다르므로 전해액의 적정 준위를 조절할 수 있는 구조가 필요하였다. 구조와 제어원리는 가정용 진공 청소기와 가습기를 참고로 하였다. 진공 청소기처럼 손잡이를 작업자가 잡고, 손잡이에 전원 스위치를 설치하여 작동시키는 방법을 채택하였다. 전해액의 적정 준위의 조정은 는 원통형 암나사가 슛나사 산을 이동하는 구조로 하였다. 증류수 저장조는 가정용 가습기의 물탱크 구조로 하여 쉽게 증류수를 보충할 수 있도록 하였다. 축전지가 다단으로 설치된 곳이 많으므로 소형펌프를 내재하여 증류수의 주입이 신속하도록 설계하였다. 소형 펌프의 전원은 일반 AC110V/220V의 일반 교류전원과 축전지에서 쉽게 조합하여 얻을 수 있는 DC12V로 하였다. 제어원리는 작업자가 손잡이를 들고 주입구를 축전지 내에 삽입하여 작동 스위치를 누르면 증류수가 부족 시 펌프의 가동으로 자동으로 증류수가 주입되고 증류수가 전해액의 적정위치에 도달하면 자동으로 펌프의 동작을 중단시키는 것으로 하였다.

2.3 설계내용

2.3.1 구성

그림 1은 축전지 증류수 자동 주입장치의 구성도로 전체적인 형상은 바퀴가 달린 직육면체 박스 형태를 나타낸다. 이 직육면체의 박스에는 증류수 저장조(1), 내부 부품함(2), 제어전선 및 주입호스용 리턴릴(3), 주입기 보관대(4), 전원전선용 리턴릴(4), 연결단자함

(6)으로 나누어져 구성되어 있다.

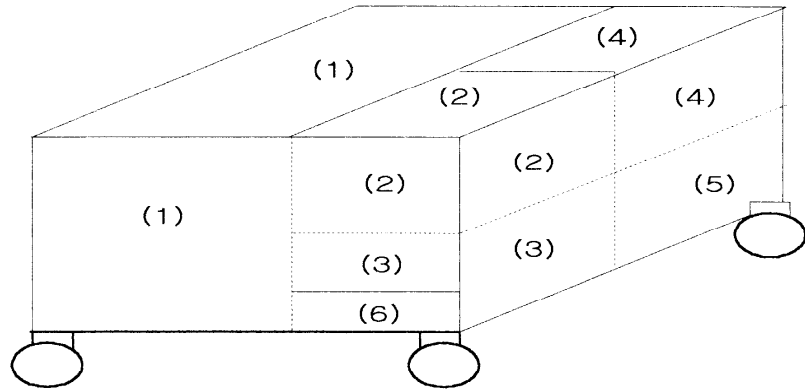


그림 1. 구성도

2.3.2 증류수 저장조

그림 2는 증류수 저장통(30)의 구조를 나타내며 증류수 저장통은 마개(8), 마개 개폐봉(9), 부표 센서(10), 그리고 증류수 저장통을 운반하기 위한 운반 손잡이로 구성되어 있다. 운반 손잡이가 달린 증류수 저장통은 마개가 하단에 위치하며, 마개는 고무판 스프링식 체크 밸브 구조로 이루어져 마개 개폐봉에 의하여 개폐가 된다. 리드스위치를 구동시키는 영구자석의 부표 센서는 증류수 보충 신호를 발생하도록 한다.

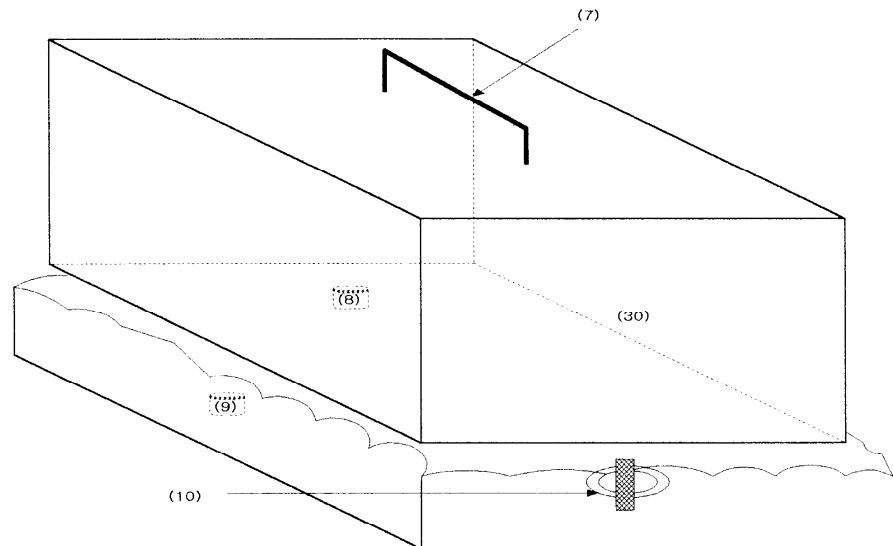


그림 2. 증류수 저장조 구조

2.3.3 증류수 주입기

그림 3은 증류수 주입기의 구조로 대략 일자형의 몸체(40)에 제어전선 커넥터(11), 주입호스 퀵커플링(12), 스위치 및 지시램프(13), 조정링(14), 주입구(15)로 구성되어 있다. 본체 박스의 연결단자함을 열어 제어전선과 주입호스를 꺼내어 증류수 주입기의 제어전선 커넥터와 주입호스 퀵커플링에 연결한다. 제어전선은 총 8선으로 주입펌프 구동, 솔레노이드 밸브 구동, 부표 센서 출력, 제어전원으로 사용한다. 주입구에는 5mm 간격으로 가로로 다수의 원형홈이 있고, 세로로는 V홈이 있다. 주입구의 상측에는 조정링이 있으며, 조정링에는 주입구의 V홈과 대향하여 반대로 돌출한 V돌기가 형성되어, 조정링이 주입구를 따라 대향하는 V홈과 V돌기를 따라서 승강을 하고, 일정 위치에서 조정링을 원형홈을 통하여 회전시켜줌에 따라서 어느 일정위치로의 위치가 결정된다. 주입구의 내부로 두선의 전해액 준위 감지용 전선이 위치하며 주입구 말단에서 1mm 정도 노출되어 감지용 전선이 전해액과 닿으면 적정 준위가 되고 전해액과 닿지 않으면 전해액의 용량 부족이 된다. 전극은 대부분의 경우 이온성분이 없는 증류수가 통과하므로 전선의 부식은 거의 발생하지 않는다. 증류수 주입기의 사용법은 증류수 주입기 손잡이를 손으로 잡고 주입기를 축전지에 넣은 다음 엄지손가락으로 주입 주입치를 누르면 증류수가 축전지의 적정 준위까지 주입된 후 자동으로 주입이 멈춰진다. 이와 같이 계속하여 인접 축전지에 적정량의 증류수를 주입한다.

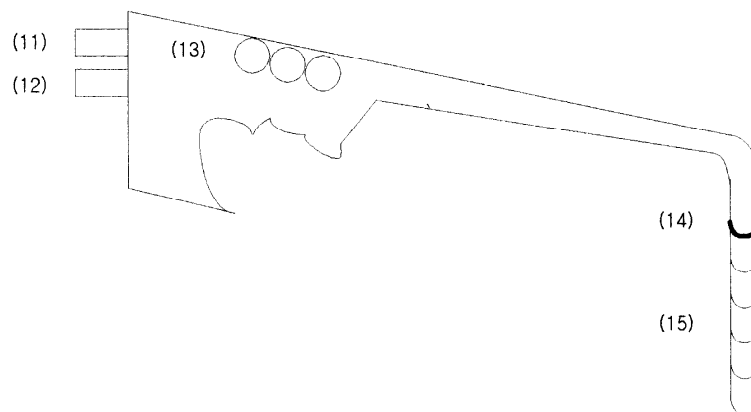


그림 3. 증류수 주입기의 구조

2.3.4 제어흐름

그림 4는 축전지 증류수 자동 주입기의 제어 흐름도로 주입 스위치를 작업자가 ON시키는 상태에서 증류수 저장조의 증류수량을 영구 자석 리드 스위치에 의하여 감지하여

증류수의 유무에 따라 조건이 주어진다. 증류수 저장조의 증류수가 있다면 증류수의 지시 램프가 녹색으로 점등되고, 증류수 저장조의 증류수가 없다면 증류수의 지시 램프가 적색으로 점등되고 축전지 증류수 자동 주입 장치는 동작되지 않는다. 증류수 저장조의 증류수가 있다면 주입구의 감지전극에 의하여 전해액의 적정준위가 검출되어 축전지 전해액의 준위가 조정링의 적정 준위보다 낮으면 전해액 지시 램프가 적색으로 점등되고, 솔레노이드 밸브가 열리고, 주입펌프가 동작되고, 증류수 주입 지시 램프가 녹색으로 점등된다. 축전지 전해액의 준위가 조정링의 적정 준위보다 높으면 전해액 지시 램프가 녹색으로 점등되고, 솔레노이드 밸브가 닫히고, 주입펌프는 멈추고, 증류수 주입 지시 램프가 적색으로 점등된다.

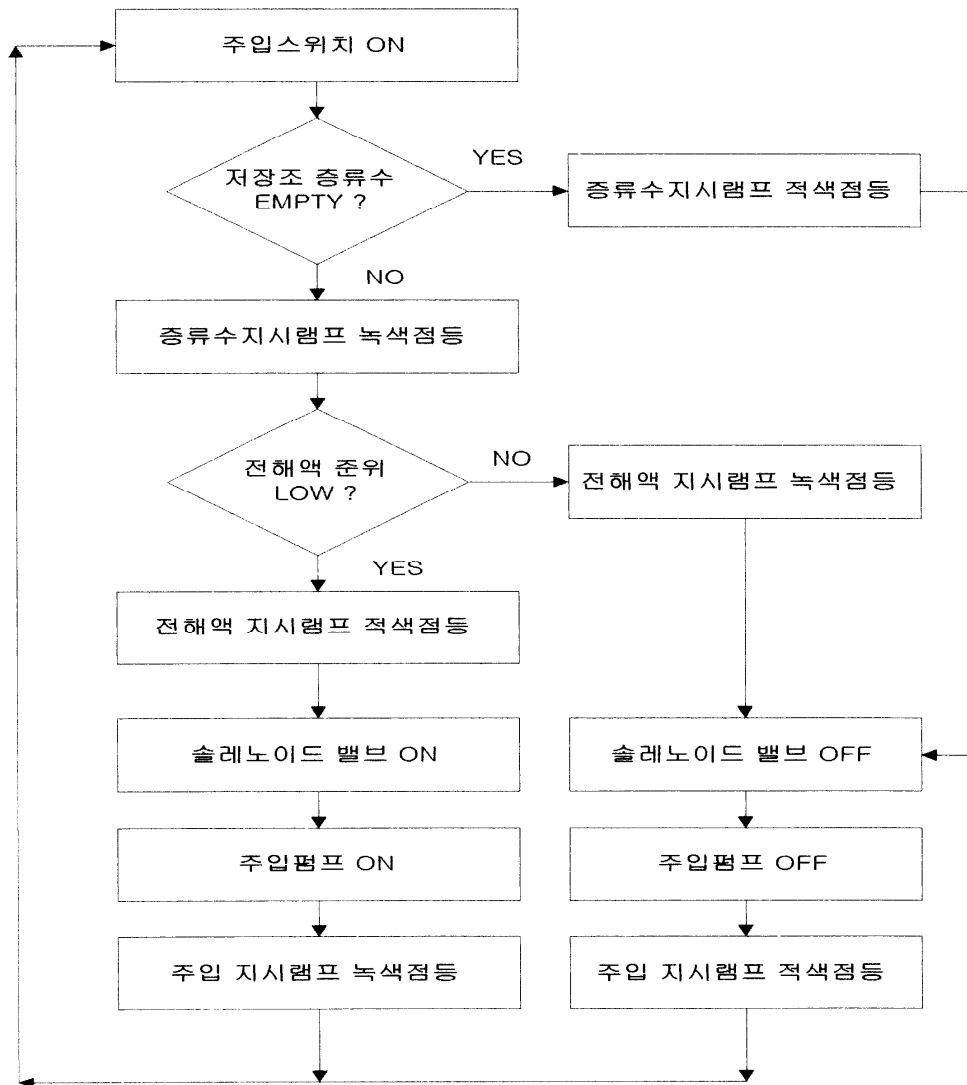


그림 4 제어 흐름도

3, 결론

축전지 증류수 주입기의 장점은 독특한 구조의 주입구와 조정링을 설계함으로 인하여 축전지의 종류에 관계없이 적용 가능한 점이다. 둘째, 전원으로 교류전원 AC 220V/110V 와 축전지의 조합으로 쉽게 얻을 수 있는 DC 12V의 이중으로 사용 가능하다는 것이다. 셋째, 전해액과 증류수의 가장 기본적인 물리적 성질의 차이인 전기 전도도의 차이를 전해액의 준위의 감지원리로 채택하여 구조가 간단하고 고장이 없다는 것이다. 넷째, 증류수의 유무를 감지하는 영구 자석 부표를 채택하여 기존의 부표스위치와 같은 고장이 없다는 것이다. 여섯째, 작업자의 작업 흐름과 일치하도록 주입기의 구조와 제어회로를 채택하였으므로 사용시간이 단축된다는 것이다. 무엇보다도, 축전지의 내구연한에 가장 중요한 전해액의 적정 준위를 일정하게 유지시킴으로 값비싼 축전지의 수명을 연장시켜 감가상각비를 감소시키고, 축전지의 유지보수에 소요되는 시간과 인원을 대폭 단축할 수 있다.

참고문헌

1. US-NRC, "Nuclear Plant Aging Research Program" NUREG-1114, 1985
2. Jerald I. Edison, "Aging of Class 1E Batteries in Safety System of Nuclear Power Plant", NUREG/CR-4457, 1987.
3. Lloyd L. Bonzon et al, "Age-related Degradation of Naturally-aged Class 1E Battery Cells, NUREG/CR-4099, SAND84-2632, 1986
4. David Linden, "Handbook of Batteries and Fuel Cells", 1984
5. ANSI/IEEE Std 1106-1987
6. ANSI/IEEE Std. 944-1986
7. 배상민, Japanese Patent 2815564, 1998
8. 배상민, 한국특허 139244, 1998