

해양금속구조물의 전기방식을 위한 고효율 정류기 개발

°하태현, 김대경, 배정훈, 이현구, 최상봉, 정성환  
한국전기연구소

The Development of the High-efficiency Rectifier on Marine Metallic Structures

°Tae-Hyun Ha, Dae-Kyeong Kim, Jeong-Hyo Bae, Hyun-Goo Lee, Sang-Bong Choi, Seong-Hwan Jeong  
KERI(Korea Electrotechnology Research Institute)

**Abstract** - The Cathodic Protection system which is usually applied to marine metallic structures in domestic is Sacrificial Anode Method. In general, low efficiency rectifiers are using in the field of Cathodic Protection. These rectifiers are not only low efficiency but also manual type which is not able to control remotely.

In this paper we describe the high efficiency rectifier used the high speed switching method for optimum corrosion control of marine metallic structures.

1. 서 론

우리나라가 1970년대 이후 급격하게 경제발전이 이루어짐에 따라 대형화된 국가기간 시설물이 급증하고 있고, 특히 항만을 통한 수출입 물동량이 증가하고 있다. 그러나 이런 중요한 해양구조물(항만, 접안시설, 부두, 해상 다리, 해상 도로, 해저배관, 송유관, 탱크, 해양관련 구조물 등)에 대한 시설물의 관리 기준이나 진단법 등이 소홀히 취급됨에 따라 부식사고가 빈발하고 있으며, 이러한 부식으로 인한 직·간접적인 손실은 '97년 현재 기준으로 연간 16조원에 이르고 있다.

현재 국내에서는 이러한 해양금속구조물이 지역별, 깊이별, 대상물별로 다양한 부식환경에 노출되어 있음에도 불구하고, 해양금속구조물에 대한 전기방식시스템이 표준화되어 있지 않을 뿐만 아니라 음극방식설계에 있어서도 외국의 설계 기준과 방법을 무분별하게 그대로 적용하고 있는 실정이다.

또한 국내 해양금속구조물에 적용하고 있는 전기방식시스템은 대부분 희생양극식이며, 일부에서는 저효율 정류기를 이용한 외부전원법을 적용하고 있다. 그러나 이러한 방식으로는 전기방식시스템의 상태감시나 해양금속구조물의 부식에 따른 최적방식제어가 불가능하여 효율적인 시설물관리를 하지 못하고 있다.

따라서 본 논문에서는 전기방식용 정류기의 현황을 고찰하고, 해양금속구조물에 대한 부식상태와 방식설비의 상태를 우선 원격으로 상시 감시하고 시설물의 최적방식제어가 가능하도록 하는 고속스위칭 방식의 고효율 정류기에 대하여 기술하였다.

2. 전기방식용 정류기 현황

현재 국내 전기방식분야에서 방식대상물(가스배관, 송유관, 상하수도관, Tank, 열교환기, 복수기, 부두강관 파이프, 기타 지하 및 수중 금속매설물 등)을 소유하고 있는 소유자는 방식대상물에 대한 부식방지를 위하여 전기방식을 적용하고 있다. 특히 도시가스사업자는 의무적으로 방식대상물에 대한 전기방식설비를 갖추고 정기적인 방식점검활동 결과를 보고(산업자원부 고시 제1993-44)하도록 되어 있다.

이러한 전기방식시설 중 별도의 전원을 필요로 하는 외부전원식 방법에 정류기가 설치된다. 현재 사용 중인 전기방식용 정류기는 탭 조정 또는 위상제어형 정류기를 사용하고 있으며, 이로 인하여 저 효율에 따른 전력의 낭비가 많고 크기가 크고 중량이 무거워 설치 및 운영에 어려움이 많다. [1][2]

2.1 탭 조정형 정류기

탭 조정형 정류기는 그림 1과 같이 변압기와 정류기로 구성되어 간단하고 매우 견고하다. 출력전압의 조정은 '탭'이라는 변압기의 여러 개 독립권선을 선택하는 스위치를 사용하여 행한다.

변압기로부터 감소된 교류전압은 브리지 회로를 통해 전류가 정류되어 직류출력으로 변환된다. 변압기와 정류기로 구성된 장치로부터 나온 출력은 순수한 직류가 아니라 정류된 교류이므로 매우 낮은 전압에서도 감전의 위험이 있으므로 주의해야 한다.

일반적으로 양극 제철은 리플이 많은 전류를 흘릴수록 손상이 크게된다고 알려져 있다. 따라서 허용 리플의 양은 전기방식용 정류기의 중요한 특성이므로 사양에 명시를 하고 있다.

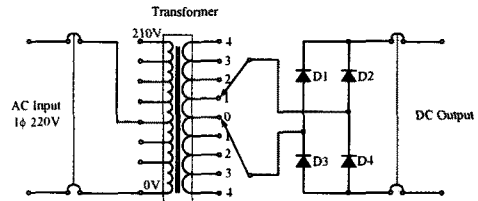


그림 1 탭 조정형 정류기 회로도

2.2 위상제어형 정류기

현재 가장 일반적으로 사용되는 전기방식용 정류기는 위상을 제어하는 방식이며, 이러한 위상제어형 정류기는 전기방식 시스템에 공급하는 전류와 전압을 조정하기 위하여 피드백 제어가 가능하다. 또한 위상제어형 정류기에 일반적으로 사용되는 반도체 소자로는 SCR(Silicon Controlled Rectifier)이며 위상을 제어하는 데 있어서 SCR은 스위치 역할을 한다. SCR이 정류기의 입력단자와 출력부단자 사이에 삽입되어 부하에 공급되는 에너지량은 임의의 설정 값으로 공급되도록 하며, 부하에 공급되는 에너지량은 SCR이 도통되는 시간에 비례하므로 SCR의 게이트 신호를 위상에 따라 변화시키면 부하에 공급되는 전력 또는 에너지량은 변화한다.

위상제어형 정류기는 그림 2와 같이 입력전원은 변압기를 거쳐 일정 전압으로 강압된 후 SCR과 Reactor를 통하여 직류출력으로 변환된다.

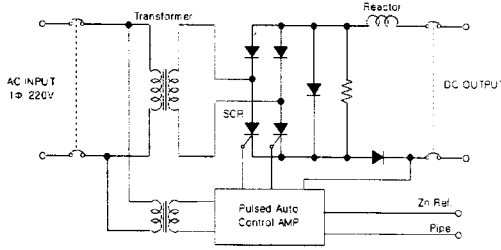


그림 2 위상제어형 정류기 회로도

위상제어형 정류기가 가지는 중대한 결점으로써, 도통 시간이 길 때 펄스는 깨끗하게 필터링 되어지지만 도통 시간이 짧을 때는 펄스가 깨끗하게 필터링 되어지지 않는다. 따라서 필터가 정상적으로 동작하면서 원하는 직류출력전압을 얻기 위해서는 입력전압이 높아야되고 한정한 제어범위를 가질 수밖에 없다. 결국 전압이 높아야 피드백제어가 안정화되므로 이러한 위상제어형 정류기는 낮은 전류와 전압을 제어하는 데는 적절하지 않다.

위상제어형 정류기의 장단점은 다음과 같다.

**<장점>**

- ① 수 백 kW 용량까지 제작이 가능하며 대용량에 유리하다.
- ② 일반적으로 널리 보급된 기술로 범용화되어 제작이 용이하다.

**<단점>**

- ① 외형이 커서 기기 설치공간이 많이 소요되며 중량이 무거워 취급 시 많은 인력과 장비가 소요되고 설치비용도 많이 든다.
- ② 대용량의 기기는 비교적 효율이 높으나 소용량에 맞는 기기는 효율이 낮다.
  - 단상 : 60% 이하
  - 삼상 : 75% 이하
- ③ 역률이 낮다.
  - 단상 : 90% 이하
  - 삼상 : 90% 이하
- ④ 소자 및 제어특성에 한계가 있어 정밀도가 낮다.
- ⑤ DC 출력 형태가 맥류에 가까워 양질화에 한계가 있다.
- ⑥ 주파수 및 소재에 한계가 있어 소형화가 불가능하다.
- ⑦ 발열과 저 효율로 인한 전력소모가 많다.
- ⑧ 기술개발에 한계가 있다.

**2.3 고속 스위칭형 정류기**

스위칭모드 전원공급장치는 지난 20년 이상 모든 컴퓨터, 텔레비전, 육군, 항공 및 전자장비에 사용되어 광범위하게 발전되었고 정밀해졌다. 현재 변압기의 코어 재료는 200kHz 이상의 주파수에도 동작되도록 만들어져 있다. 고주파를 사용하는 변압기는 60kHz를 사용하는 변압기보다 크기가 작고 무게도 상대적으로 매우 작다(전력 대비 약 1/10 이하) 고주파를 사용하는 고속 스위칭형 정류기는 이러한 점에서 유리하다.

스위칭 기술은 본래 DC 축전지 공급으로 작동되고 태양열, 바람 및 열에 의해서도 작동되므로, 선박에서 사용하는 24V DC 시스템에도 작동하고 선박이 항구에 정박하여 엔진이 꺼졌을 때에도 전기방식을 할 수 있다.

고속 스위칭형 정류기의 장단점은 다음과 같다.

**<장점>**

- ① 외형이 작아 기기 설치공간이 적게 소요되며 중량이 가벼워 취급 시 적은 인력과 장비가 소요되고 설치비용도 적게 든다.
- ② 효율이 높다

- 단상 : 80% 이상
- 삼상 : 80% 이상
- ③ 역률이 높다.
  - 단상 : 90% 이상
  - 삼상 : 90% 이상
- ④ 소자 및 제어특성이 우수하여 정밀도가 높다.
- ⑤ 출력파형이 평탄한 직류에 가깝다.
- ⑥ 주파수 선택이 용이하며, Packing화 및 Module화로 위상제어형에 비해 1/10까지 소형화가 가능하다.
- ⑦ 발열이 작고 고효율로 인하여 전력소모가 적다.
- ⑧ 지속적인 기술개발 가능성이 있다.

**<단점>**

- ① 대용량 제작시 비용이 많이 상승하며 소재가 보편화 되어 있지 않아 대용량에는 부적합하다.
- ② 특정분야 기술로 전문성이 요구된다.

**3. 해양고속구조물용 고효율 정류기**

우리나라의 해양구조물의 경우 과거 한때 외부원법을 희생양극법과 함께 사용한 곳이 있었으나 전원공급장치와 불용성 양극 등 방식설비의 관리가 적절히 이루어지지 않아 고장이 잦았으며 운전 또한 원활하지 못하여 대부분 희생양극법으로 교체되었다.

그런데 최근 자료에 의하면 국내 해양구조물에 설치된 희생양극의 수명이 설계시의 예상 수명보다 월등히 단축되는 문제가 지적되었다.[3]

그래서 한국전기연구소에서는 해양고속구조물에 대한 부식상태와 방식설비의 상태를 무선 원격으로 상시 감시하고 시설물의 최적방식제어가 가능하도록 하는 고속스위칭 방식의 고효율 정류기를 개발하였으며, 그림 3은 개발한 정류기의 회로도를 나타낸 것이다.

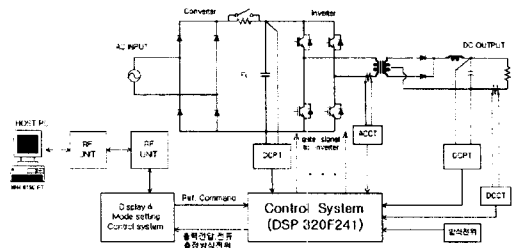


그림 3 해양고속구조물용 고효율 정류기 회로도

고효율 정류기의 사양은 다음과 같다.

- ① 사용 조건
  - 주위온도 : -20℃ ~ +60℃
  - 표 고 : 해발 1000M 이하
  - 설치장소 : 옥외
  - 1회로당출력 : 3.6kW
- ② 상세 사양
  - 교류입력측 정격 : 1φ 220V±10%, 60Hz
  - 직류출력측 정격 : 전압 0 ~ 30V, 전류 0 ~ 100A
  - 효율 : 90% 이상
  - 역률 : 99% 이상
  - 출력 RIPPLE : ±2% 이내
- ③ 제어범위의 설정
  - REF. 전압 조정 방식 : 자동 및 수동
  - 방식 전위 입력 범위 : -10,000mV ~ +10,000mV
  - 방식 전위 자동 조정 범위 : 자연전위에서 -1,999mV ~ +350mV

- 출력 전압 수동 조정 범위 : DC 0V ~ 30V  
( 연속가변 )
- 출력 전류의 수동 설정 범위 : DC 0A ~ 100A

④ Remote Control 기능

- Remote 또는 Local 제어
- Remote 또는 Local시 자동 및 수동 제어
- 현재 출력전압, 전류, 방식전위 및 각종 설정값은 통신포트를 이용하여 원격으로 제어 가능

⑤ 통신 Data

- Monitoring 항목 : 입력 전압/전류, 출력 전압/전류, 방식전위
- Control 항목 : 방식전위 설정값(자동), 출력전압 설정값(수동), 전압/전류 Limit, 전원 On/Off
- Alarm 항목 : 과방식 경고, 미방식 경고, 전압/전류 Limit 경고, +10V 경고, -10V 경고
- Fault 항목 : Fuse 단선, Module 통신 불능, System Fault

#### 4. 결 론

본 논문에서는 현재 사용되고 있는 각종 전기방식용 정류기에 대한 특성과 장단점을 비교하여 제시하였으며, 또한 해양금속구조물에 대한 부식상태와 방식설비의 상태를 무선 원격으로 상시 감시하고 시설물의 최적방식제어가 가능한 고속스위칭 방식의 고효율 정류기의 특성과 사양에 대하여 기술하였다. 개발한 정류기는 향후 해양 환경에서 현장적용을 통해 계속 보완해 나갈 계획이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] John Morgan, "Cathodic Protection", NACE, January 1993.
- [2] 중소기업청, "전기방식 최적제어장치 개발", (주)삼공사, 1998.
- [3] 김기준, 문경만, 이명훈 등, "해양환경하 강구조물의 최적음극방식에 관한 연구", 한국해양대학교 연구보고서, 1998.