

대용량 SWITCHING 전원 장치 기술

禹昇勳, 洪元鎬
(株)東亞電機

개요

본 전원 설비는 전자 교환기 및 주변기기에 양질의 직류전원 공급용으로 전자 교환기에서 요구되는 특별한 조건을 만족하도록 설계, 제작되어 있다. 전자 교환기는 종래의 기계식 교환기와 달라 반응이 빠르며 낮은 신호에서도 동작을 하기 때문에 매우 짧은 기간 동안의 전압 변동이 시스템의 중대한 오동작, 즉 프로그램 또는 기타 축적된 정보의 완전 상실등을 야기시킬수 있으며 반도체 소자를 파괴하게 된다.

따라서 전원 설비는 고감도의 전압조정 능력과 높은 신뢰도를 유지하여야 하며 어떠한 경우에도 전원 설비로부터 공급되는 전원의 중단이 없어야 한다. 전자 교환기에 공급되는 직류전원은 배전선로의 전류가 급변할 경우, 과도 전압이 발생하여 교환기의 관련회로에 장애를 일으킬 수 있다. 본 전원 설비는 이러한 과도현상을 억제하는 고 저항성 배전방식으로 되어 있다. 한편 전원 설비 구성의 일부인 축전지는 교환기에 중단없이 전원을 공급하는데 매우 중요하고, 축전지의 수명은 유지 보수를 얼마나 잘 하느냐에 따라 결정되며 축전지 유지보수에서 가장 중요한 사항은 충전으로서 축전지는 항상 완전 충전상태를 유지 하여야 한다. 축전지의 충전이 부족할 경우에는 전해액 비중이 저하되고 음극판에 황화 현상(극판 표면이 백색으로 변함)을 유발하여 용량을 감소시키는 반면, 과충전은 증류수의 소모를 증가시켜 양극판을 부식하게 하며 온도의 상승을 가져와 결과적으로 축전지가 파괴되는 사태까지 이를 수도 있게 된다.

따라서 축전지의 충전은 수동으로 행할 경우 숙련된 요원이 제조회사의 지침에 따라 조심스럽게 행하

여야 하므로 시간과 경비의 손실이 따른다. 또는 주전원의 정전으로 축전지가 방전을 하다가 주전원이 복전된 경우 즉시 충전을 하여야 하나 전원 설비 운용자가 없는 무인국의 경우 또는 정전상태가 자주 발생하는 지역 등에서는 충전의 관리가 매우 번거롭다. 또한 정류기의 병렬 운전시 각 정류기간의 부하 분담 편차에 의한 스트레스의 편중과 시스템의 불안정 요인이 발생할수 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 본 전원 설비는 항상 축전지 상태를 감지 마이크로 프로세서에 의하여 자동으로 축전지를 충전시키는 자동충전 장치와 전류 밸런스 제어 기능이 포함되어 있다. 시스템의 구성은 전부동 방식으로서 그림 1에 나타난 바와 같이 교류배전반, 정류기 직류제어반, 축전지 및 축전지 자동충전 장치로 구성된다.

시스템 구성도와 같이 정류기는 출력을 직접 부하에 전력을 공급하는 한편 축전지를 충전시키게 된다. 이때 축전지 충전전류는 자동충전 장치에 의해 항상 감시되고 있다. 본 전원 설비에서 전부동 방식을 채택한 이유는 예전과는 달리 근래에는 주전원의 안정적 공급과 비상 발전 시설의 의무화로 정전횟수 및 정전시간의 단축을 가져와 부하에 따른 축전지 용량만 고려한다면 시스템 운용상 별 문제가 없다.

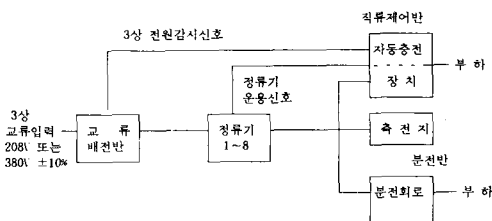


그림 1. 시스템 구성도

1. 정류기

1) 기능

본 정류기는 3상 208V 또는 380V 교류 주전원을 공급받아 정격출력 직류 -48V/400A 를 공급하는 설비이다. 정류기는 제어유니트와 4개의 정류유니트로 구성되어 있으며 제어유니트는 펄스폭변조 (PWM) 방식으로 정류유니트를 동기 병렬 제어, 운전 이상상태 감지 및 정보송출 회로로서 이루어지며, 부동충전과 균등충전 전압의 미세조정이 가능하다. 또한 과전류에 대한 보호기능으로 전류제한 기능이 있으며 본 정류기는 직류제어반에서 각 정류기의 출력전류를 마이크로 프로세서 제어에 의하여 부하가 균등하게 분담되어 부하의 편중으로 인한 특정 정류기의 무리한 운전을 방지하도록 되어 있고, 정류기는 기동시 과도한 전압 상승을 억제하기 위하여 전류 워크인 회로가 내장되어 있다. 본 정류기에는 직류제어반으로 부터 송출되는 자동충전 신호에 의해 축전지를 부동 또는 균등 충전 시킬수 있도록 되어 있으며, 직류제어반 이상 발생시 정류기 자체만으로 수동 운전이 가능하여 정류기의 보호와 함께 항상 안정된 출력을 공급할 수 있도록 설계 제작되어 있다.

2) 회로 설명

정류기는 교류 주전원을 공급받아 3상 전파 정류한 직류전압을 직류/직류로 고주파 변환 하는 TWO TRANSISTOR DOUBLE FORWARD 방식으로 그림 2와 같이 구성되어 있고, 기본적인 동작원리는 다음과 같다.

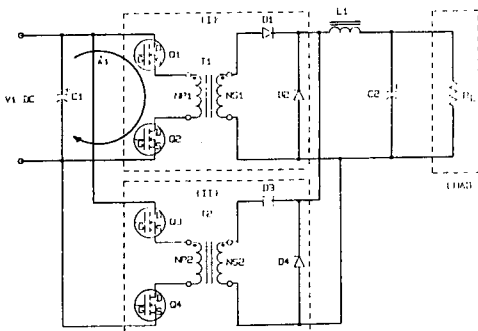


그림 2. TWO TRANSISTOR DOUBLE FORWARD 회로

본 회로방식은 제어유니트의 펄스신호에 의하여 Q1, Q2와 Q3, Q4가 교대로 ON, OFF 하는 방식

으로 Q1, Q2가 동시에 TURN ON되면 그림에서 표시된 II 경로로 C1+ → C로 전류가 흐른다. 이때 변압기 T1의 1차 권선 NP1에는 입력전압 V1DC가 인가되고, 다음에 Q1, Q2가 TURN OFF되면 VOLT-SEC BALANCE 조건에 의하여 NP1에는 역기전력이 인가된다. 이와같이 Q1, Q2가 30KHz의 주기로 스위칭하므로 변압기 1차측에는 교류전압이 발생된다. 이렇게 발생된 교류전압이 변압기 1,2차 권선의 권선비에 따라 2차측에 전압이 유기되고 다시 D1에 의하여 정류된다. 이와같이 동작원리로 (I)과 (II)가 30KHz로 번갈아 스위칭 하며 2차측에서 60KHz로 교류 결합후 L과 C로 구성되는 필터회로에서 여과되어 양질의 직류전원을 출력에 공급한다. 이 회로에서 에너지 전달은 Q1, Q2가 ON과 동시에 에너지를 전달하는 ON-ON 방식이

* 정류기 스위칭 전압 및 전류파형

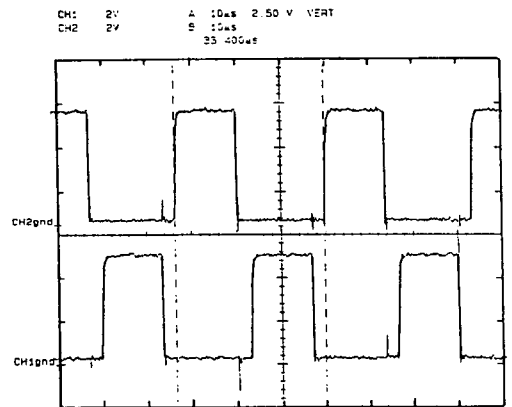


그림 3. Q1, Q2와 Q3, Q4의 펄스파형

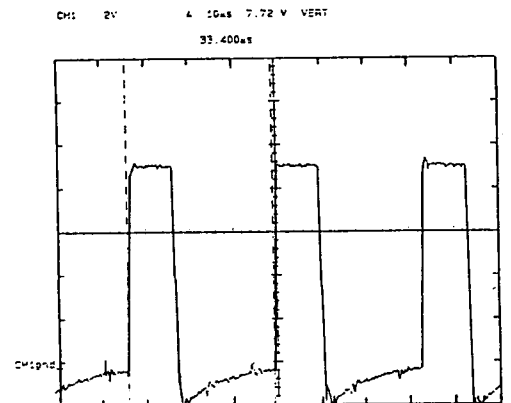


그림 4. FET의 VGS 파형

며 Q1, Q2가 OFF 일때는 D2를 통하여 L에 축적된 에너지를 출력으로 보내준다. 각부의 전압, 전류 파형은 그림 3, 4, 5, 6, 7, 8과 같다.

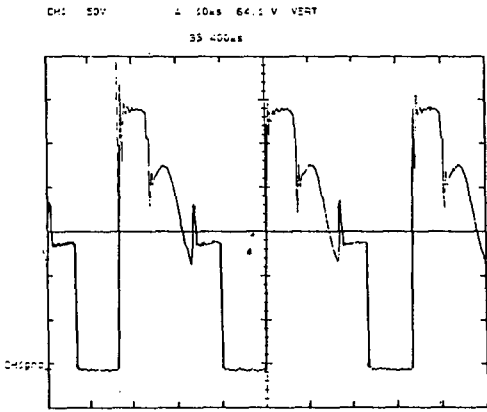


그림 5. FET의 VDS 파형

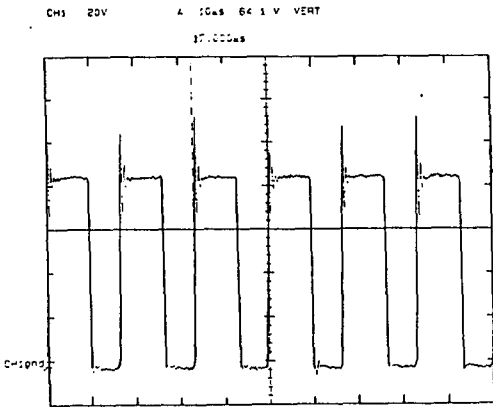


그림 6. 트랜스 2차측 전압 파형 (L 전단)

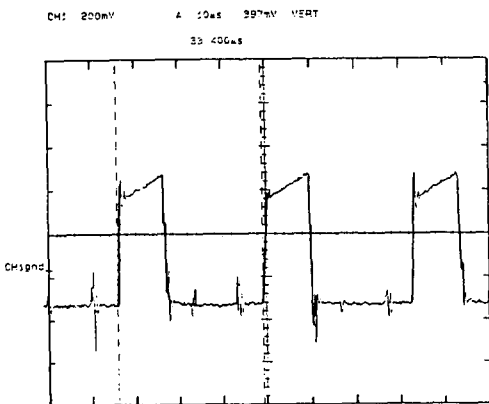


그림 7. 트랜스 1차측 전류 파형

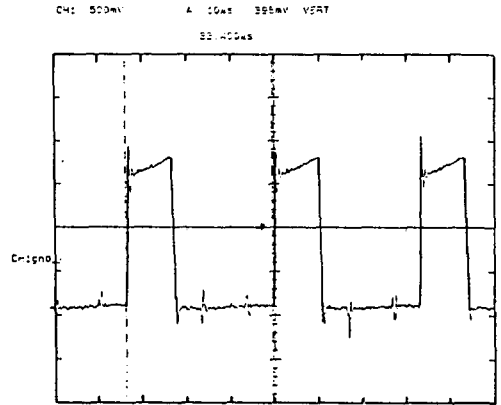


그림 8. 트랜스 2차측 전류 파형

펄스폭 변조(PWM) 회로의 원리

직류/직류 변환에서 출력전압은 회로의 손실분에 의하여 출력전류의 증가에 따라 감소하는 수하특성을 보이게 된다. 따라서 이 감소분을 보상하여 출력전압을 안정화 시켜주기 위하여 PWM 제어회로를 사용한다. PWM 방식의 특징은 그림 A1에 표시하는 것처럼 출력전압의 오차분을 오차증폭기 (ERROR AMP)에 의해 증폭한 다음 이를 비교기 (COMPARATOR)에서 삼각파와 비교하여 구형파 펄스를 출력하여 스위칭 소자 (FET)를 구동하며, 출력전압의 변동을 보상한

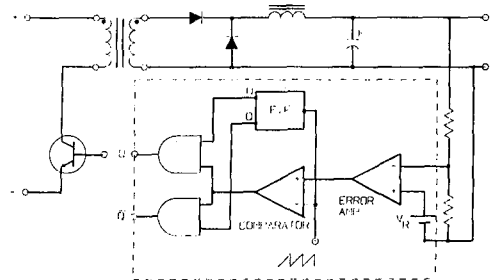


그림 9. PWM 제어부

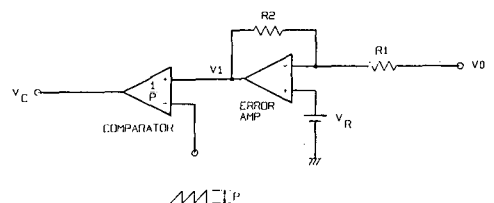


그림 10. PWM 제어 회로

다. 즉 출력이 낮은 경우는 펄스폭을 넓히고, 출력전압이 높은 경우는 펄스폭을 좁혀 출력전압을 안정화하는 회로이다. 아래 그림에서 PWM 제어원리와 전달특성을 나타낸다.

그림 11는 PWM 제어회로의 전달특성을 나타내고 있으며 출력전압의 변화에 따른 펄스폭의 변화를 잘 설명해 주고 있다.

오차 증폭기의 출력전압 V_1 은 다음과 같다.

$$V_1 = -(R_2/R_1)VO + (1+R_2/R_1)V_r$$

여기서 V_r 은 기준전압을 표시한다. 또한 비교기에 있어서 출력의 표현식은

$$V_c = (\frac{1}{P})V_1 \text{ 가 된다.}$$

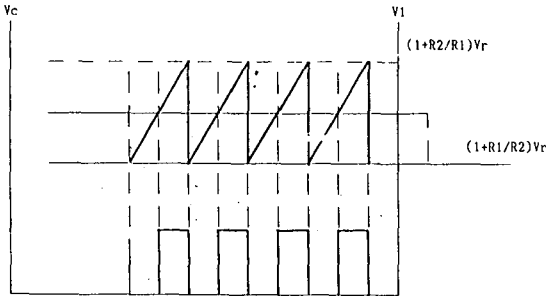


그림 11. 제어회로의 전달특성

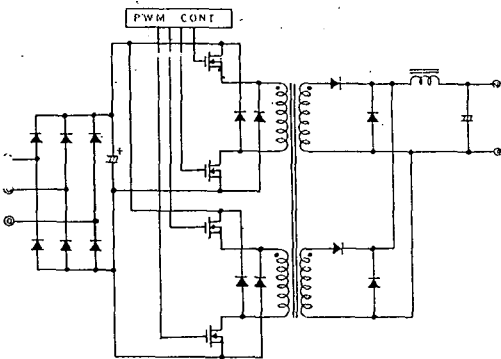


그림 12. 정류유닛 주 회로도

2. 직류제어반

1) 기능

(1) 직류제어반은 정류기와 축전지의 직류전원을 부하에 순단없이 공급한다.

(2) 직류제어반은 정류기를 최대 8대까지 병렬운전할 수 있다.

(3) 직류제어반은 축전지의 충전전류를 감지할 수 있어야 하며 다음의 경우 균등충전 한다.

① 축전지의 충전전류가 조건전류 설정치 (축전지 용량 × (15~30mA/AH)) 초과하였을 경우

② 주기적인 균등충전으로서 균등충전 종료후 1개월~3개월 (설정가능)이 경과 하였을 경우

③ 수동으로 충전스위치를 조작하였을 경우

(4) 균등충전은 다음의 경우에 종료된다.

① 충전전압이 설정치 (-51~-56V)이상 올라가고 말기전류가 설정치 (축전지 용량 × (1~5mA/AH)) 이하로 떨어진 후 1~5시간 (시간단위로 설정가능) 경과하였을 경우

② 균등충전이 32시간 이상 경과하였을 경우

③ 수동으로 충전스위치를 조작하였을 경우

(5) 직류제어반에는 다음과 같은 경보회로가 있다.

① 정류기 이상 (R1~R8): 정류기 이상 발생시 해당 정류기 이상표시등(LED)을 점등하고 경보를 발생한다.

② 직류출력 고, 저전압 (OV, UV): 직류출력전압이 설정된 고, 저전압 범위를 벗어났을 경우 이상발생 표시등(LED)을 점등하고 경보를 발생한다.

③ 축전지 과방전 (BE): 축전지의 전압이 과방전 전압 설정치 이하가 되면 직류제어반 전면판넬의 이상 표시등(LED)을 점등하고 경보를 발생한다.

④ 퓨우즈 이상 (LF, BF): 배전회로에 있는 배전퓨우즈가 용단되면 경보 표시등(LED)을 점등하고 경보를 발생한다.

2) 회로설명

(1) 회로구성

직류제어반은 정류기 출력 및 축전지등과 결선하기 위한 (-L), (-B), (GND)등의 단자가 설치되어 있으며, 정류기 출력은 (-L) 단자와 (GND) 단자에, 축전지는 (-B) 단자와 (GND) 단자에 연결된다. (-B) 단자에는 축전지의 충전전류를 측정하기 위한 충전전류 검출기와 축전지 퓨우즈가 설치되어 있고, (-L) 단자에는 총부하 전류를 측정하기 위한 전류 검출기와 고저항성 배전 방식의 배전용 퓨우즈가 설치되어 있다. 이상과 같은 주 전력 배전회로외에 정류기의 병렬운전, 정류기의 출력상태, 정지등의 감시와 축전

지의 충전상태를 감지하여 자동충전하기 위한 자동충전 장치 회로가 구성되어 있어 항상 축전지가 최적상태를 유지할수 있도록 설계, 제작되어 있으며 직류제어반의 계통도는 그림 13과 같다.

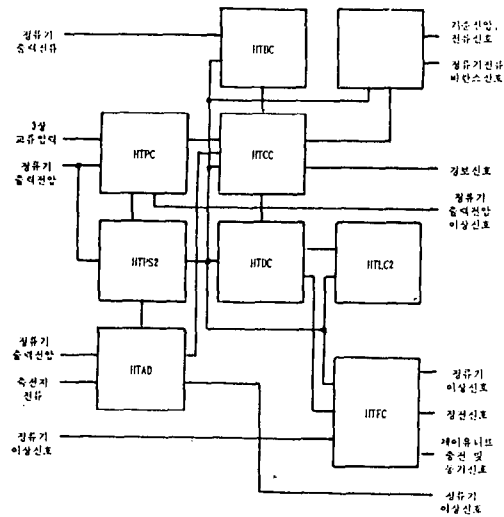


그림 13. 직류제어반 계통도

(2) 지시계기 및 전압감시 회로

① 지시계기

직류제어반 전면 판넬에는 직류 출력 전압계와 축전지 전류계 및 총부하 전류계가 부착되어 있다. 전압계는 평상시 정류기의 출력전압을 지시하게 되고, 축전지 전류계는 축전지의 충전, 방전시의 전류치를 표시하며, 총부하 전류계는 축전지의 충전전류와 외부로 공급하는 부하전류의합을 나타낸다.

② 전압감시 회로

이 회로는 정류기의 출력전압을 감시하는 회로이다. 회로의 동작원리는 3개의 비교기를 이용하여 고전압, 저전압, 과방전전압 상태를 판정하며 고전압, 저전압, 과방전전압 경보 및 해당 적색 표시등을 점등한다. 또 이러한 경보상태를 마이크로 프로세서로 전달하여 프로세서로 하여금 적절한 조치를 취하도록 한다.

(3) 부하분담 회로

이회로는 각 정류기의 출력 전류치를 검출하여 이를 디지털 변환 한뒤, 이 데이터를 프로세서에서 산술평균하여 각 정류기의 해당 기준 데이터를 산출하며, 이 기준 데이터를 각 정류기로 전송한다. 각 정

류기에서는 이 기준 데이터를 수신하여, 수신된 디지털 데이터를 아나로그 신호로 변환 한뒤, 이를 기준 단자에 인가하여 부하 10~100% 사이에서 각 정류기가 10% 이내의 편차를 유지시킨다.

(4) AD, DA 변환

다음에 PROCESSOR가 각 RACK의 전류값을 읽고, REFERENCE DATA를 송출하는 A/D, D/A 변환의 원리를 나타냄

① ANALOG / DIGITAL 변환

아래 그림 (14)에서 Vin 0V에서 1V 사이에만 COMPARATOR A1, A2, A3의 출력은 모두 LOW LEVEL이 되고, Vin 1~2V 이면 COMPARATOR A1의 출력은 HIGH LEVEL, A2, A3의 출력은 LOW LEVEL, Vin이 2~3V 이면 COMPARATOR A1, A2는 HIGH LEVEL, A3는 LOW LEVEL이 되고 Vin이 3V 이상이면 COMPARATOR A1, A2, A3는 모두 HIGH LEVEL이 된다.

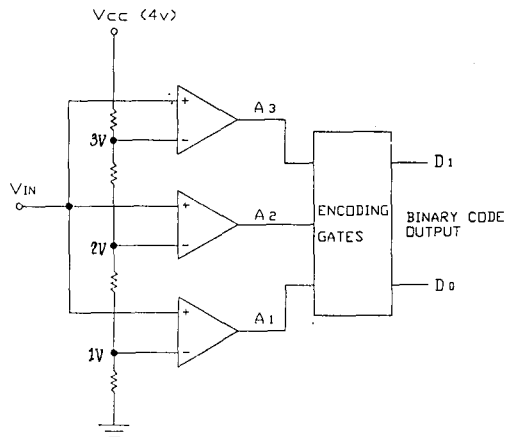


그림 14. Analig / Dlgital (2 bit) 변환

이 경우에 각 COMPARATOR의 입력 분해도는 1/4 Vin이 되며 이것은 2진 2 BIT와 같은 분해도가 된다. 따라서, 더 정밀한 분해도가 필요한 경우 더 많은 COMPARATOR가 필요하다. 그 예로, 3 BIT의 분해도는 7개의 COMPARATOR가 4 BIT의 분해도는 15개의 COMPARATOR n BIT의 분해도는 2ⁿ-1 개의, COMPARATOR가 필요하며, 8 BIT의 분해도가 필요한 경우 255개의 COMPARATOR가 소요된다.

② DIGITAL / ANALOG 변환

그림(15)의 4BIT DIGITAL / ANALOG 변환회로와 식(1)에 의하여 D/A 변환된 결과를 표(1)에 나타내었으며, 16 BIT DIGITAL / ANALOG 변환 결과를 표(2)에 나타내었다.

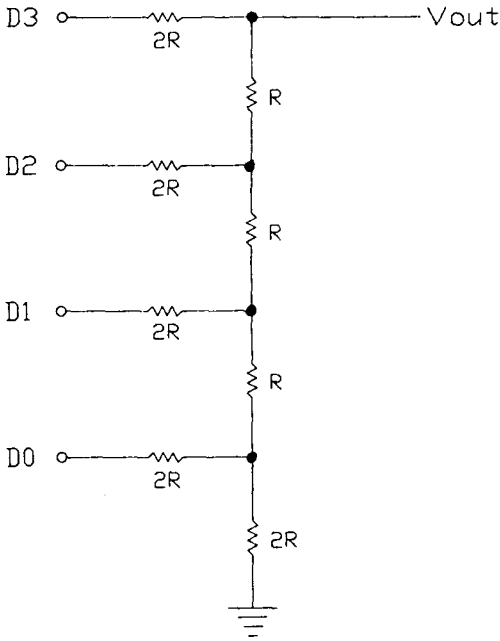


그림 15. Digital / Analog 변환

$$V_{out} = \frac{D3}{2} + \frac{D2}{4} + \frac{D1}{8} + \frac{D0}{16} \quad (1)$$

표 1. 4 BIT DIGITAL 분해

Dec	D3	D2	D1	D0	VORT (V)
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0.3125
2	0	0	1	0	0.625
3	0	0	1	1	0.9375
4	0	0	0	0	1.25
5	0	1	0	1	1.5625
6	0	1	1	0	1.875
7	0	1	1	1	2.1875
8	1	0	0	0	2.5
9	1	0	0	1	2.8125
10	1	0	1	0	3.125
11	1	0	1	1	3.4375
12	1	1	0	0	3.75
13	1	1	0	1	4.0625
14	1	1	1	0	4.375
15	1	1	1	1	4.687

* 1 = 5V 0 = 0V

표 2. 16 BIT DIGITAL 분해도

Dec	Vout (V)
0	0
1	0.00007629
2	0.0001526
3	0.00022888
⋮	⋮
16(2 ⁴)	0.0012207
⋮	⋮
256(2 ⁸)	0.019530
⋮	⋮
65533	4.9997711
65534	4.999847412
65535	4.999923706
65536(2 ¹⁶)	5.0

그림(16)의 입력과 출력이 최대인 점 A와 그래프의 점 0을 잇는 직선이 이상적인 D/A 콘버터의 입력 특성이라 할 수 있다. 실제의 D/A 콘버터에서는 비트의 제한 때문에 그림(16)의 점선과 같은 특성이 된다. 이 점선의 계단 폭은 DIGITAL 신호의 BIT를 늘림으로써 줄일 수 있다.

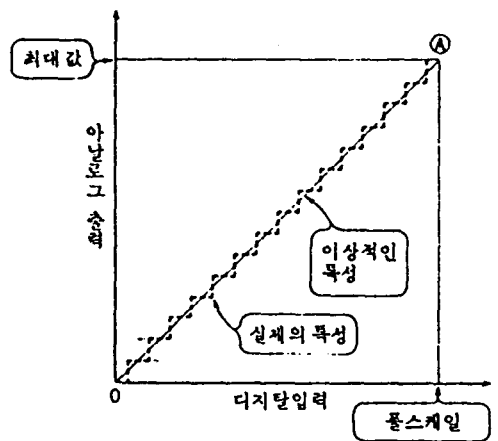
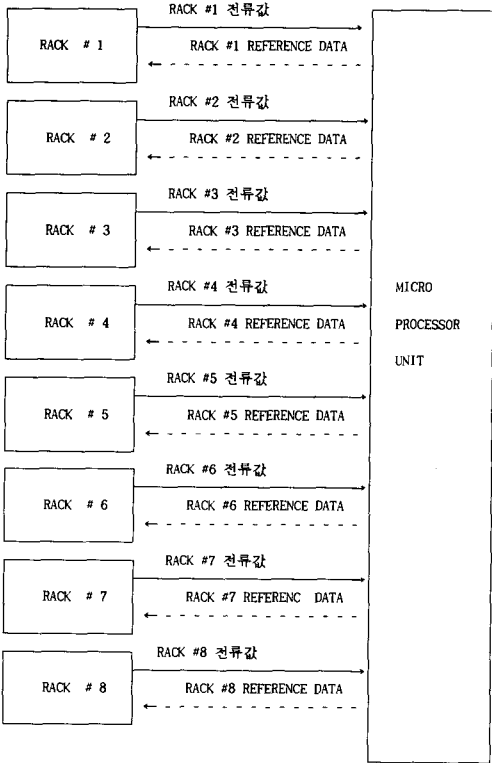


그림 16. Digital 입력과 Analog 출력의 비교표

(5) HFCR의 전류 BALANCE 보상원리
본 SYSTEM은 전류의 BALANCE를 유지시키기 위하여 각 RACK의 전류값이 특정치 이상 차이가 날

때에, PROCESSOR가 각 RACK의 전류값을 읽어 들여 이를 산술평균 한 후 그 전류값이 평균치와 차이가 나는 RACK에 그에 상응하는 REFERENCE DATA를 송출하여 전류 BALANCE를 유지시킴

(6) 병렬 운전회로의 BLACK DIAGRAM



(7) 정보회로 및 이상신호 송출

① 정류기 이상 (R1~R8)

정류기 이상 발생시 해당 정류기 이상 표시등 (LED)을 점등하고 경보음을 발생한다.

② 직류 출력 고, 저전압 (O.V. U.V)

직류 출력 전압이 설정된 고, 저전압 범위를 벗어났을 경우 이상발생 표시등 (LED) 점등하고 경보를 발생한다.

③ 축전지 과방전 (B.E)

축전지의 전압이 과방전 전압 설정치 이하가 되면 직류제어반 전면 패널의 이상발생 표시등(LED)을 점등하고 경보가 발생한다.

④ 퓨우즈 이상 (L.F. B.F)

배전 회로에 있는 축전지 퓨우즈 및 배전 퓨우즈가 용단되면 경보 표시등 (LED)을 점등하고 경보를 발생한다.

상기와 같은 원리를 기초로하여 48V/3200A의 대용량 고주파 변환 정류기를 제작, 완성할 수 있었으며, 그 사용 예를 사진 1에 나타내었다.



사진 1

앞으로 전원시스템의 조기경보화, 지난시간에 대한 시스템 운용상태의 정보축적기능, 전원 시스템 이상 발생시 운용자의 호출기능 등 새로운 기술을 개발하여, 전원시스템에 적용시키면 더욱 더 안정화된 전원 시스템이 개발되어질 것으로 사료됨

筆者紹介



禹昇勳

1956年 9月 1日生

1978年 2月 홍익 공전 전자과 졸업

1982年 7月 ~ 현재 (주)동아전기 부설 전원연구소 책임연구원

주관심 분야 : SMPS



洪元鎬

1957年 1月 26日生

1986年 2月 명지 대학원 졸업

1985年 3月 ~ 1986年 2月 명지대 공과대학 전산실

1986年 11月 ~ 1989年 2月 (株)東洋電源

1989年 3月 ~ 현재 (株)東亞電機 부설연구소 선임연구원

주관심 분야 : MICRO - PROCESSOR