

전지이용 전력저장장치 기술개발

황 용 하^o
이화전기공업주식회사 부설 연구소

이 근 섭
이화전기공업주식회사 부설 연구소

A Study on the Development of Battery Energy Storage System

Yong - Ha Hwang
HWA ELECTRICAL IND.CO.,LTD.

Keun - Seob Lee
E-HWA ELECTRICAL IND.CO.,LTD.

Abstract

Demand for electricity is increasing annually. Especially, the daytime demand growth shows higher than any other time period. So the big difference between maximum and minimum electrical demand becomes another important problem to be solved. The Battery Energy Storage System is chosen as one of the solutions among the several methods. The purpose of utilization of Battery Energy Storage System is to improve the daily load factor. Also, Battery Energy Storage System may be used for the load levelling or the load shifting as well as the spinning reserve.

Up to now, only the pumped hydro power plant system has been operated on the commercial basis, but this system has so many constraints such as site, environmental effects, construction period, ect.

Being considered current electrical power situation the development of electric storage system is in need lately. Among the various electric storage systems, Battery Energy System is chosen with the top priority because it has several merits to cover such as the short construction period, the demand site installation, and the good environmental characteristics.

1. 서 론

최근 전력수요가 매년 증가하고 있는 가운데 특히, 가정용, 업무용, 산업용등 각 부문에서 주간대 전력수요가 큰 폭으로 증가해 가고있어, 주간간 최대 최소비를 개선을 위한 전력계통 운용상 심야부하 활용문제가 주요과제로 등장하게되었다. 이러한 과제해결중의하나가 적절한 전력저장장치를 이용하여 일부하 곡선상에 부하평준화(Load levelling or Load shifting) 효과를 도모하는 것인데, 이렇게 될경우 년중 최대부하시기에 peak clipping 및 spinning reserve 여력확보,그리고

기저부하용 대용량 전원인 원자력,석탄 화력발전소의 일정출력 유지 등의 실질적인 잇점을 얻을수 있게된다.

현재까지 실용화 되고있는 전력저장기술로서는 양수발전소가 있으나, 건설공기,입지조건,환경등의 측면에서 많은 제약이있어,전력수요지 근처에 단기간내에 설치가능하고 소음,공해 관련 환경특성이 우수한 전력저장장치의 개발이 요구되고 있다.

이와같은 장점을 지닌 전력저장장치중에서 비교적 가까운 시일내에 그 실현가능성이 높은것이 바로 전지에의해 구성되는 저장시스템인데, 이는 충방전이자유로운 2차전지를 이용하여 심야 경부하시에 전력을 저장하여 두었다가 피크시나 필요한시기에 전력을 방출하는 장치이다. 현재 미국,서독,일본등의 선진국에서 1970년대부터 범 국가적 사업으로 국가기관이 주도가 되어 관련업체 및 전력회사와 공동으로 기술개발하고 있으며,국내에서는 1991년도부터 1992년도까지한국전기연구소(20KVA) 및 한국에너지기술연구소(270KW)와이화전기(주)가 공동개발하여 실증 시험운전준한 실적이 있다.

2. 전력저장장치의 기본구성

전력저장장치는 축전지부, 직교변환부, 계통연계부로 나눌 수 있다. 그림1에 전력저장장치의기본구성도를나타내었다.

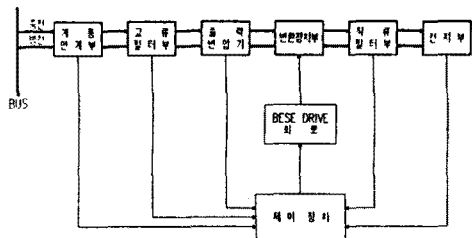


그림1. 전력저장장치의 기본구성

3. 직교 변환장치의 기본 동작원리

전력저장시스템의 구성요소에 직교변환시스템은 전지부와 전력계통을 연결하는 장치로서 그 구성 및 특성에 따라 저장시스템의 성능 및 운전특성이 크게 좌우된다.

(1) 전압형 인버터

신뢰성이 높고 구동회로가 비교적 간단한 자기소호형 소자인 파워 트랜지스터를 사용하였다.

그림2는 전압형인버터의 기본회로이며, 그림3에 동작파형을 나타내었다.

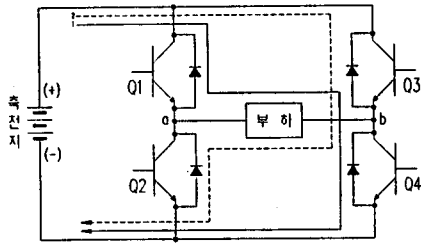


그림2. 전압형인버터의 기본구성

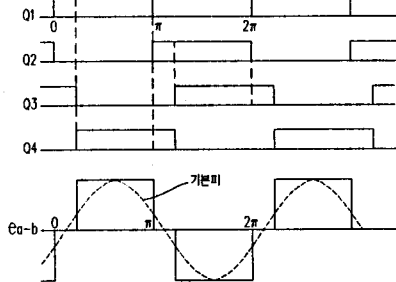


그림3. 전압형인버터의 동작파형

(2) 대용량 다중인버터의 동작원리

전력저장장치는 MW 급의 양수발전규모를 목표로하고 있으므로 대용량 다중인버터 방식의 적용이 불가피하게되었다. 그림4에 12펄스 다중인버터의 구성을 간략하게 나타내었다.

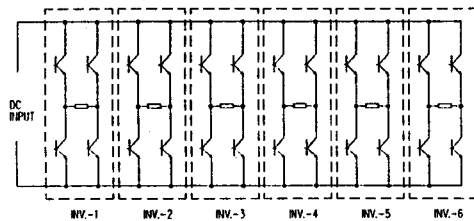


그림4. 12펄스 다중인버터의 구성

여기서 각 인버터(INV1 - INV6)의 출력단자는 그림5와 같이 특수 변압기의 1차 권선에 연결되며 1차에 각각의 위상차를 갖는 준 구형파전압은 2차측에서 그림6과같은 결선에 의하여 그림8과같은 계단파형의 전압을 만든다.

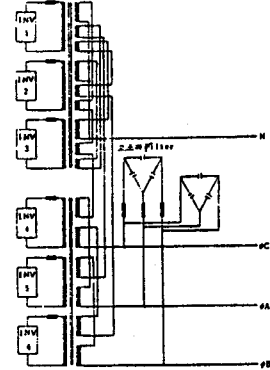


그림5. 다중인버터의 출력 접속도

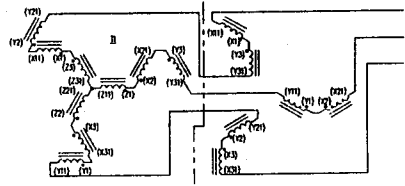
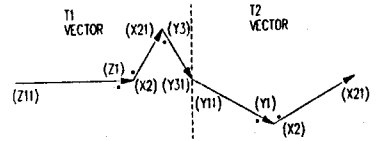


그림6. 2차측의 실제결선도



$$\begin{aligned} \text{벡터합성계수 } K_n &= \frac{N_1 N_2(t)}{N_1 N_2} + \left[2 \times \frac{N_1 N_2(t)}{N_1 N_2} \cos \frac{n\pi}{3} \right] + \left[2 \times \frac{N_1 N_2(t)}{N_1 N_2} \cos \frac{n\pi}{6} \right] \end{aligned}$$

그림7. A 상의 벡터도

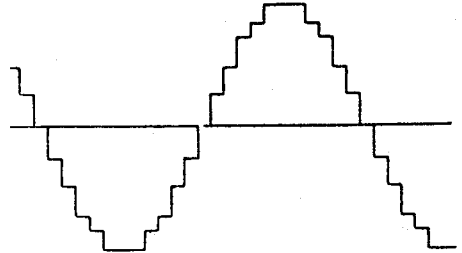


그림8. 출력전압 파형

그림8과 같은 전압파형을 주리에급수로 전개하면 3고조파는 전혀 발생되지않고 5,7고조파도 미세하게 나타난다. 이에 대비해서 11,13고조파가 가장많이 나타나는 것을 볼 수 있다 표1에 각차수에 대한 고조파량을 나타내었다.

표1 라조파별 분석

라조파수	전압 (V)	기본파에 대한 %
N = 1	V1 = 213.4555	100
N = 3	V3 = 1.065605E-05	4.992164E-06
N = 5	V5 = 0.0282695	1.792856E-02
N = 7	V7 = 1.495887E-02	7.007955E-03
N = 9	V9 = -1.617201E-05	7.576288E-06
N = 11	V11 = 7.914567	3.70783
N = 13	V13 = -21.74277	10.19609
N = 15	V15 = -2.978959E-06	1.395587E-06
N = 17	V17 = -1.333878E-02	6.248975E-03
N = 19	V19 = 5.203361E-04	2.437679E-04
N = 21	V21 = 1.735472E-05	8.130367E-06
N = 23	V23 = 2.724442	1.276351
N = 25	V25 = 11.04479	5.174282
N = 27	V27 = -6.698585E-06	3.138164E-06
N = 29	V29 = 6.945664E-03	3.253916E-03
N = 31	V31 = -3.925664E-03	1.838989E-03
N = 33	V33 = -1.005189E-05	4.709124E-06
N = 35	V35 = -5.568293	2.61806
N = 37	V37 = -5.286422	2.476592
N = 39	V39 = 1.713247E-05	8.026247E-06
N = 41	V41 = -2.97844E-03	1.395344E-03
N = 43	V43 = 4.669512E-03	2.187581E-03
N = 45	V45 = 5.342082E-06	2.502668E-06
N = 47	V47 = 5.874831	2.752251
N = 49	V49 = 1.278909	0.5991453

총합리율 THD = $\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + \dots + V_{49}^2} \times 100$
 = 12.91618 %
 11.13 조파 Filter 사용시 THD = 7.023%

따라서 11.13 고조파용 필터를 설치 하므로써 파형의을을 계통연계점을 기준으로하여 약2% 이내로 개선시킬 수 있다.

3. 전력계통 연계시의 중방전전력의 제어원리

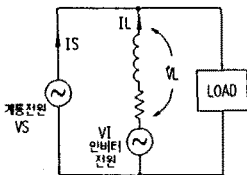


그림9 등가회로

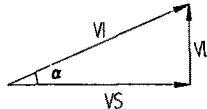


그림10 벡터도

그림10 에서 VI 가 VS 보다 α만큼 진상으로 될때 연 계리액터 양단에 VL 이 발생되며 이에따라 아래식과 같 이 충전 전력을 구할 수 있다.

$$VI = VS(\cos \alpha + j \sin \alpha)$$

$$IL = \frac{VS(\cos \alpha + j \sin \alpha) - VS}{jX}$$

$$= \frac{VI - VS}{jX}$$

$$= \frac{jX}{VL}$$

$$= \frac{jX}{jVS \sin \alpha} + \frac{VS \cos \alpha}{jX}$$

$$= \frac{VS \sin \alpha}{X} - \frac{jVS(\cos \alpha - 1)}{X}$$

$$= \frac{kVS^2 \sin \alpha}{X} - j \frac{VS^2 (k \cos \alpha - 1)}{X}$$

$$\text{따라서 유효전력 } P = \frac{VS^2 \sin \alpha}{X}$$

로 나타낼 수 있으며 여기서 VS 가 VI 보다 진상으로 동 작할때는 IL 의 방향이 충전모드로 되며 VS 가 VI보다지 상으로 동작 할때는 IL 의 방향이 방전모드가 됨을 알수 있다.

또한, VS 와 VI 의 전압차에 의한 무효전력 발생 으로 조상이 가능함을 알 수 있다.

$$\text{무효전력 } Q = \frac{VS^2 (k \cos \alpha - 1)}{X} \quad (k = \frac{VS}{VI})$$

로 나타낼 수 있다.

4. 결 언

전지이용 전력 저장장치는 분산형 전원 (연료전지발전, 풍력발전, 태양광발전 등) 의 특성을 가지고 있기 때문 에 본 시스템에서 개발된 전력변환장치 기술이나, 계통연 계 기술등이 장래의 효과적인 부하관리용 시스템 으로서 활용이 기대된다.