

순간전압강하에 대한 동적전압보상기

한병문, 한경희, 배정환^o, 김희중
 명지대학교 전기공학과

Dynamic Voltage Compensator for Voltage Sag

Byung-Moon Han, Kyung-Hee Han, Joung-Hwan Bae^o, Hee-Jung Kim.
 Myong Ji University Dept. of Electrical Engineering

Abstract - Computers and automatic equipment are very sensitive to the disturbances such as voltage transients, voltage sag, and harmonics. These disturbances cause them to have a malfunction or fault which brings about damages and losses. UPS(uninterruptible power supply) and SPS(stand-by power supply) have been used to provide the required voltage in a critical load without disturbances. However, UPS has appreciable losses due to the operation of the inverter in full rated power at all times. SPS, although whose inverter losses are smaller than those of UPS, transfers disturbances with a short duration to the load, due to the limited reaction time.

In this research, a dynamic voltage compensator, which can make up for the weakness of UPS and SPS, is proposed. The operation of the proposed system was verified by a computer simulation. A hardware scaled-model was fabricated and tested to conform the feasibility of the actual system development.

1. 서 론

최근 산업사회에서 사용되고 있는 부하들중에는 응답 또는 구동적인 면에서 상당히 민감한 부하들이 많이 사용되고 있다. 이러한 민감한 부하들은 전원의 작은 외란에도 오동작을 하게되므로 안정된 전원전압을 공급하는 UPS 또는 SPS가 사용되고 있다. 그러나 이러한 장치들은 가격, 효율, 응답속도 등에 문제점이 있는 것으로 알려져 있다[1][2].

본 논문에서는 전원의외란중 상당부분이 순간전압강하에 의한것이므로 이를 보상하기 위한 새로운 동적전압보상기를 제안한다. 이 보상기는 누설리액턴스가 적은 변압기를 통해 전원과 민감한 부하 사이에 직렬로 삽입되는데, 전압강하가 발생하게되면 검출과 동시에 보상기의 인버터주입각을 변화시켜 캐패시터 뱅크의 에너지로 부하단에서 필요한 전력을 보충한다. 또한 정상상태에서는 무효전력보상기로 동작하여 전력계통의 역률을 보상한다. 이를 구

현하기위해 보상기의 동작과 성능을 먼저 시뮬레이션에 의해 확인하고, 하드웨어 축소모형을 이용한 실험을 통하여 검증한 결과를 기술하였다.

2. 본 론

2.1 보상기의 원리

그림 1은 동적전압보상기의 전체 시스템 동작회로를 간략히 나타낸 것이다. 정상전압에서 강하된 선로전압에 강하된 양을 보상할 수 있는 반대극성의 전압을 주입하여 정상전압을 만드는 것이 기본 원리이다. 이 시스템은 에너지저장요소, 전력변환기, 결합변압기로 구성된다. 에너지저장요소는 캐패시터 뱅크로 구성되어있다. 전력변환기는 인버터로 구성되며, 인버터의 MI(modulation index)로서 에너지저장요소와 인버터 사이의 전력조류를 조절하여 인버터의 출력전압을 최적상태로 유지시킨다.

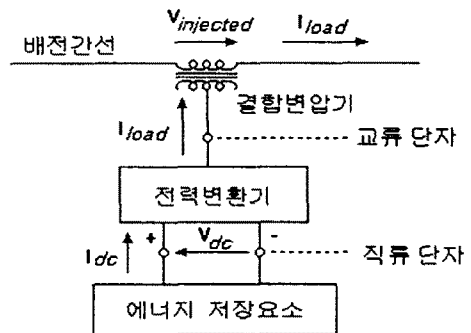


그림 1. 전체 시스템 동작회로

결합변압기는 누설리액턴스가 대단히 적어서 직렬주입시 변압기가 갖는 리액턴스에 의한 효과를 최소화한다.

동적전압보상기는 주입전압이 선전류에 대하여 이루는 각도에 따라 유효전력 및 무효전력을 제어할수 있다. 그림 2는 이러한 원리를 4상한 영역에서 설

명하고있다. 동적전압보상기는 정상상태에서는 무효전력보상기로 순간전압강하시에는 유효전력을 보상하는 기기로 동작할수 있음을 나타낸다[3].

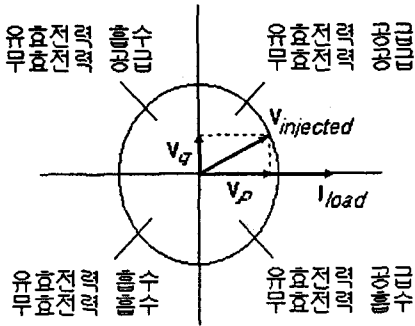


그림 2. 교류단자 유·무효전력 출입

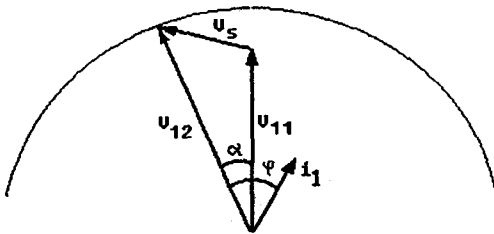


그림 3. 동작해석 벡터 다이어그램

그림 3은 동적전압보상기의 동작을 해석하기위한 벡터다이어그램을 보이고있는데, 부하전압 V_{12} 와 직렬주입전압 V_s , 그리고 선로전압 V_{11} 과의 상호관계를 나타내고있다. 그림 3에서 선로전압 V_{11} 은 임의의 값으로 대응시켰고, 부하역률 φ 는 지상이며, 일정한 값으로 가정하였다. 부하전압의 크기 $|V_{12}|$ 를 일정값으로 유지하는 것이 목적이므로 벡터 V_{12} 는 반지름이 $|V_{12}|$ 인 원주상에 V_{11} 으로부터 α 의 각도를 갖는 위치에 놓이게 된다. 따라서 주어진 V_{11} 에 대해 어떠한 V_s 를 주입하느냐의 문제는 어떻게 $|V_{12}|$ 와 α 를 설정하는가이다

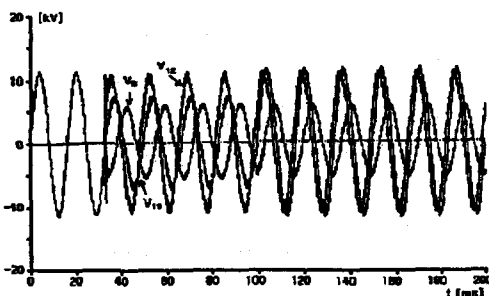


그림 4. 시뮬레이션 파형

그림 4는 시뮬레이션결과로서 배전선이 $t = 33.3\text{ms}$ 에서 고장을 일으켜 $t = 100\text{ms}$ 에서 이 고장을 제거했을 경우 동적특성을 보인 것이다[4].

선로 전압은 고장시 1.0pu에서 0.6pu로 강하하였다가 다시 $t = 100\text{ms}$ 에서는 1.0pu로 회복하는 것을 보인다. 이 시뮬레이션 결과에서 보상된 전압 V_{12} 는 선로전압 V_{11} 과 주입전압 V_s 의 벡터합이 됨을 알수있다.

2.2 실험

동적전압보상기, 사고모의장치, 부하장치를 제작하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 동적전압보상기의 회로정수는 표1에 나타나있다. 그림 5는 동적전압보상기의 전체회로도를 보이고 있다.

풀 A와 C, B와 D는 전류고조파를 줄이기 위해 180° 캐리어위상차를 보이는 스위칭을 한다. AC 단자측에는 LC필터를 두어 PWM스위칭의 기본파 전압만 계통에 인가할 수 있게 하였다.

표 1. 동적전압보상기의 회로정수

주파수	60Hz
스위칭주파수	3060Hz
필터용 C	$50 \mu\text{F}$
필터용 L	1.2mH
결합용 변압기	1:1
캐패시터 뱅크	0.1008F

표 2. 부하조건과 전원조건

부하 조건	20Ω + 37.5mH		
	역율 0.81		
전원 조건	100 V		
	60Hz		
	사고시	t	0.5s
		강하	40V

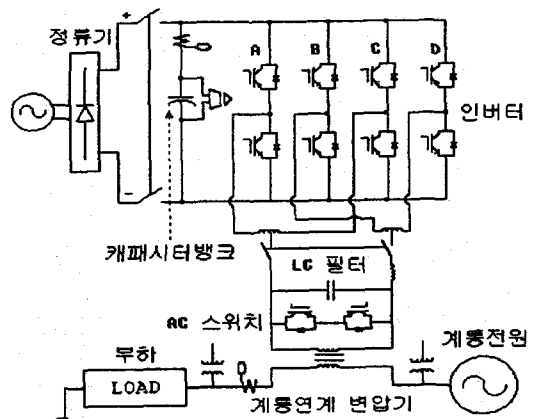
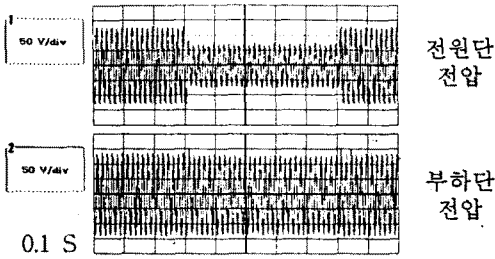
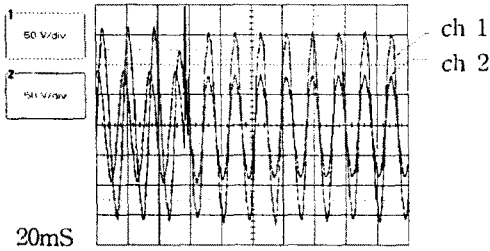


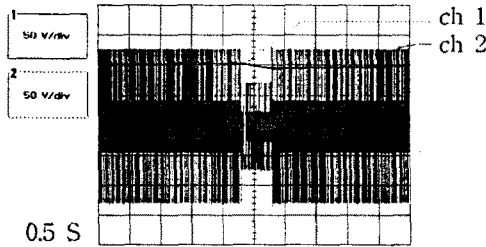
그림 5. 동적전압보상기 전체 회로도



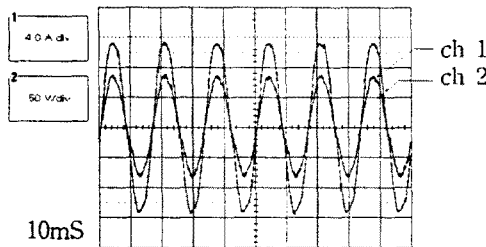
(a) 사고 전구간의 전원전압과 부하전압



(b) 사고발생시의 부하장치에 인가되는 전압(ch 1)과 동적전압보상기 전압(ch 2)



(c) 전원의 사고구간(ch 2)과 캐패시터뱅크전압(ch 1)



(d) 전원단의 전류(ch 1), 전압(ch 2)

그림 6. 실험결과

사고모의장치로 가상의 전력계통을 만들어 놓은 후, 동적전압보상기를 직렬로 삽입한다. 순간적인 전압강하가 발생하였을 경우 부족분의 전압을 동적전압보상기가 보상한다. 사고모의장치가 발생하는 사고는 0.5초동안 0.6pu로 강하게 된다.

그림 6-a는 0.5초동안 사고 전구간의 부하측전압

과 전원측전압을 보이고 있는데 전원사고 전구간에 서 부하측에 순간전압강하의 영향을 거의 주지않는 것이 파형에서 확인된다.

그림 6-b는 전원측에 순간전압강하가 발생하였을 경우의 동적전압보상기전압과 부하전압을 나타내었다. 동적전압보상기가 순간전압강하를 포착한 직후 부터 동적전압보상기의 인버터주입각을 일정각도로 변화시킨다. 부하단으로 동적전압보상기의 캐패시터뱅크 에너지를 주입하여 부하단 전압을 일정하게 유지시키는 파형이다.

그림 6-c는 전원측에 발생하는 사고와 캐패시터뱅크의 전압을 측정된 것이다. 사고로 인해 발생하는 부하단의 부족분에너지를 캐패시터뱅크의 에너지로 보상함으로써 생기는 캐패시터뱅크의 전압강하를 보이고 있다.

그림 6-d의 파형은 전원측의 전압과 전류파형이다. 전원측의 전압과 전류가 동상을 이루는것으로 무효전력이 보상됨을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 배전선로에서 발생하는 순간전압강하를 연속적으로 보상하는 동적전압보상기를 제안하고 그 동작원리와 제어방식을 이론적으로 분석하였으며, 시스템의 동작과 성능을 시뮬레이션으로 검증하였다. 또한 제안된 시스템의 타당성을 하드웨어적으로 검증하기 위해 축소모형으로 제작하여 실험을 실시하였다. 이런 실험결과와는 이론적으로 예측했던 결과와 시뮬레이션을 통해서 얻은 결과가 일치하는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 한국과학재단 1995년도 핵심전문연구비 지원에 의하여 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Kawabata, et al. "Three Phase Parallel Processing UPS using Multi-Functional Inverters" IEEE/TAS Annual Meeting, pp. 982-987. 1989.
- [2] N. Mohan, et al. "Stand-by Power Supply with Load Current Harmonics Neutralizer", Proceedings of EPE Conference, Firenze, September, 1991.
- [3] B. Ooi, et al. "Solid-State Series Capacitive Reactance Compensator" 12th IEEE/PES T/D Conference, Dallas, Sept, 1991.
- [4] 한 병문, "순간전압강하에 대한 동적전압보상기", 대한전자학회 하계종합학술대회 논문집, 제 19 권 제 1호, pp 737-740, 1996.