

DSP를 기반으로한 DVR의 전압제어기 구현

이원선, 김수곤, 임병국*, 전희종
충주대학교, 송실대학교

Design of Voltage Controller of DVR based on DSP

Lee won-sun, Kim soo-gon, Lim Byung-Kuk*, Jeon hee-jong
Choong-Joo Univ*, Soongsil University

ABSTRACT

The recent growth in the use of impactive and nonlinear loads, electronic devices sensitive to power quality has caused many power quality problems. Recently, in power system, not only the reliability of the power supply but also the DVR(Dynamic Voltage Restorer) are being studied more and more. The DVR is a series compensator which can instantaneously compensate a voltage variation in supply side, and is a more effective than a existing UPS(Uninterruptible Power Supply) which can be only used in limited range of loads such as single load. Hence, in this paper, a study of inverter side L-C filter output Voltage for DVR is discussed.

1. 서 론

현대의 산업의 발달에는 무엇보다도 전기 에너지가 밑바탕이 된다. 그러나 산업의 발달로 발생하는 많은 문제점이 야기되고 있다. 그 중 최근 심각한 수준에 이르고 있는 것이 전력품질의 문제이다.

전력품질의 현상으로는 순간정전, 순간전압강하, 순간정전, 전압플리커, 고조파등 그 분류도 상당히 많다. 그 중에서도 순간전압강하가 산업라인 및 정보화 시스템에 주는 경제적 피해는 가장 직접적이면서도 심각한 수준에 이르러 있다.^{[1][2]}

이로인해, 전력품질의 향상을 위한 연구가 활발히 이루어 지고 있는데, APF (Active Power Filter), UPS (Uninterruptible Power Supply), DVR(Dynamic Voltage Restorer)등은 전력품질 현상의 대책으로써 연구의 대상이 되고 있는 보상장치들이다. 이 중 DVR은 효율이 좋은 점등을 들어

최근 가장 많은 연구의 관심이 되고있고, 본 논문에서도 DVR을 중심으로 보상장치에 관한 연구를 수행하였다.

DVR의 구성은 UPS나 APF와 마찬가지로 인버터를 사용한 전압 보상형식을 취한다. 그러나 인버터의 출력단에 흔히 쓰이는 L-C필터의 사용으로 인해 출력전압은 크게 왜곡이 된다. 전압을 보상하는 보상장치로써 이러한 왜곡 현상은 오히려 좋지 못한 결과를 가져올 수 있다.^[3] 출력전압의 왜곡현상을 제어하기 위한 기존의 PID 제어방식은 시간 지연 현상등과 같은 문제로 개선이 요구되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 전압과 전류를 예측해 이중 루프의 형태로 보상하는 제어기를 구현함으로써 인버터 출력전압의 왜곡현상을 제어하고, 또한 실제 보상시 현상을 연구하기 위해 지락사고 모의 실험을 구현하여 순간전압강하 발생시 보상장치에 의한 전압왜곡 현상을 제어기를 통해 그 성능을 입증하였다.

2. 전력품질의 현상과 대책

2.1 전력품질 현상

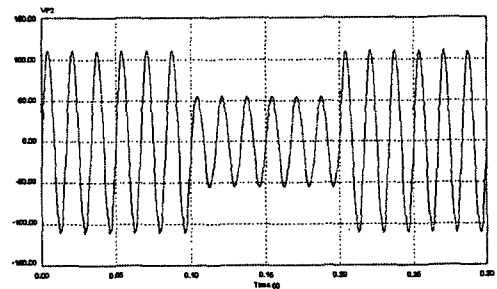


그림 1 순간전압강하 파형
Fig. 1 Waveform of voltage sag

그림 1은 최근 가장 심각한 피해를 주고 있는 순간전압강하 파형이다. 순간전압강하는 계통상의 지락사고나 부하의 과도 변화, 대용량의 전동기 기동시 순간 전압강하 현상이 발생하게 된다. IEEE 에서는 이와 같은 순간전압강하현상을 자세히 규정하고 있다.

2.2 전력품질 보상장치

그림 2는 전력품질 현상으로부터 민감한 부하 및 수용가의 전력품질을 개선시키기 위해, 선로에 직렬로 연결된 변압기를 통해 전압을 주입함으로써 보상장치의 기능을 담당하는 직렬 주입 보상장치, 즉 DVR의 개념도이다.

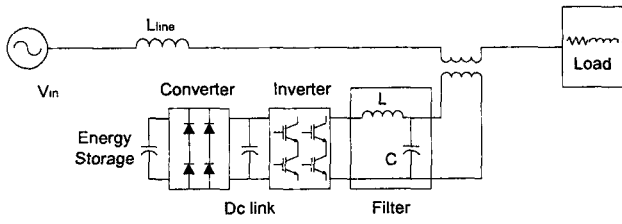


그림 1. DVR의 전형적인 개념도
Fig. 1. A typical configuration of the DVR

DVR의 가장 큰 장점은 항상 정격으로 동작하는 UPS에 비해 보상분 만큼의 동작을 수행함으로써 효율이 높다는 것이다. 이와같은 이유로 최근 가장 많은 연구가 수행중에 있다.

3. 전압제어기

인버터 출력전압의 왜곡을 방지하기 위한 연구로써 주로 PID 제어기를 많이 사용해왔다.

PID 제어기는 시간지연 요소가 존재하고, 정상 상태의 시간지연과 과도상태의 전압 제어의 연관성으로 인해 제어기의 이득을 결정이 어려운 점을 갖고 있다. 그림 3은 본 논문에서 수행한 이중루프제어기의 개념을 보이고 있다.

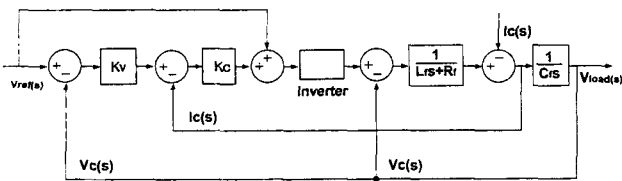
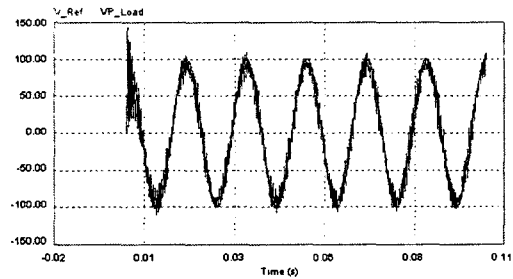


그림 3 이중루프제어기의 블럭도
Fig. 3 Block diagram of double loop controller

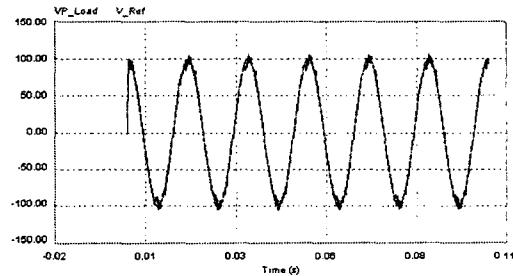
그림 3에서 보는바와 같이 이중루프제어기는 전압 제어기 안에 전류제어기를 포함하는 형태를 가지고 있어 전류의 대역폭으로 인한 제어특성의 한계를 갖는 단점이 있으나, 제어가 간단한점등 많은 장점을 포함하고 있어 본 논문에서는 이와 같은 방법으로 제어기를 구성하였다.

4. 시뮬레이션

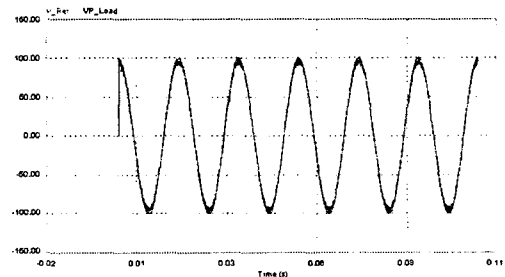
본 논문의 시뮬레이션의 구현을 위한 소프트웨어는 PSIM을 사용하였다.



(a) 제어되지 않은 출력전압



(b) PID제어 출력전압



(c) 이중루프제어 출력전압

그림 4. 인버터 출력전압의 시뮬레이션 파형
Fig. 4. Simulation waveform of inverter output voltage

그림 4는 인버터 출력전압의 파형과 제어파형을 PSIM 시뮬레이션을 이용한 파형이다.

그림에서와 같이 제어되지 않은 파형은 인버터 동작시 많은 왜곡현상을 보이고 있으며, PID제어기를 통한 제어 파형 역시 약간의 왜곡현상을 보이고 있다. 그림 4. (c)의 파형에서는 PID제어 파형보다 훨씬 기준 파형에 가까운 모습을 보이고 있다.

5. 실험 및 결과

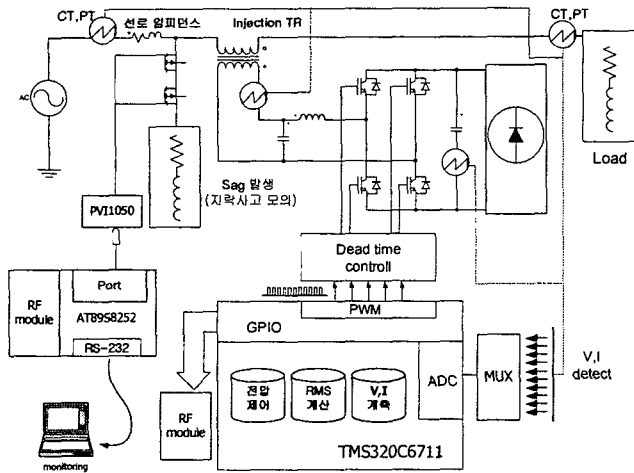
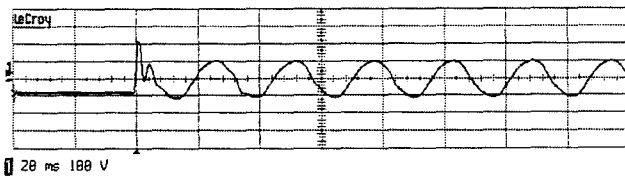


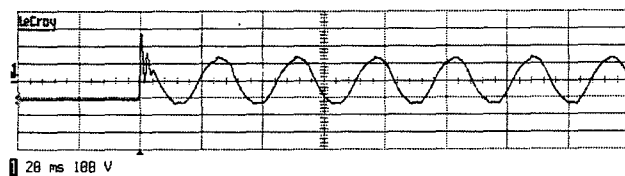
그림 5. 실험을 위한 전체 구성도
Fig. 5. Configuration of the total system

실험의 구현을 위한 전체 시스템의 구성을 그림 5와 같이 구성하였다.

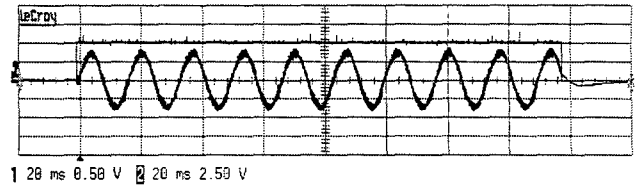
메인 프로세서는 TI사의 TMS320c6711을 사용하였다. 계측 및 제어의 정확한 실험을 위해서는 빠른 속도의 마이크로 프로세서를 사용하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 150MHz의 DSP전용 마이크로프로세서를 사용하여 매 반주기 64 샘플링을 통한 전압과 전류의 계측과 GPIO 포트를 사용하여 제어를 수행하였다.



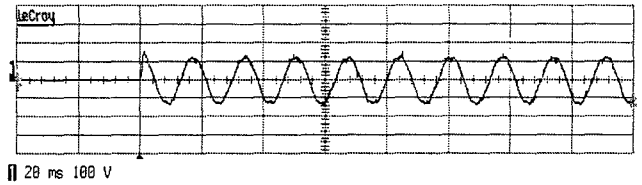
(a) 인버터 출력전압



(b) 인버터 출력전압



(c) 인버터 투입 및 차단 제어



(d) 제어된 인버터 출력전압

그림 6. 인버터 출력전압의 실험파형

Fig.6. Experimental waveform of inverter output voltage

그림 6. (a)와 (b)의 파형은 인버터 출력측의 L-C 필터의 파라미터 값에 따른 출력전압에서 나타나는 왜곡현상을 측정된 파형이다. (c)의 파형은 인버터의 투입과 차단을 결정하기 위한 제어 파형이고, (d)는 이중루프제어기를 통해 인버터 출력전압을 제어한 파형이다. (d)의 모습에서 투입시의 높은 피크값과 진동현상이 제어되었음을 알 수 있다.

이와같은 전압형태를 DVR등과 같은 보상장치가 주입시에 부하에 오히려 순간적인 큰 전압의 상승과 전압의 진동현상등에 의한 부하의 오동작 및 파손이 나타날 수 있다.

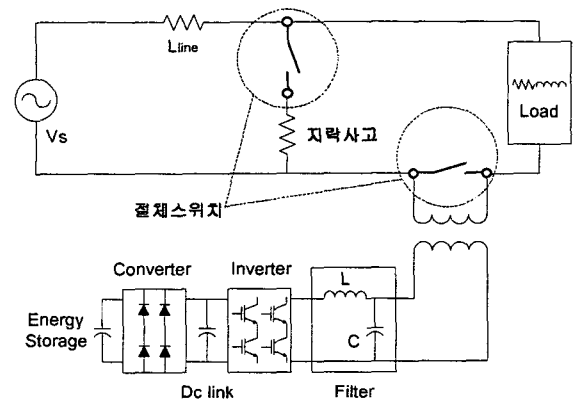


그림 7. 지락사고 모의 실험 구성도

Fig. 7. Experimental configuration of voltage sag

그림 7은 순간전압강하 파형의 발생을 위한 지락사고 모의 실험의 전체 구성도이다.

간단한 지락사고를 모의하기 위한 절체스위치로는 MOSFET 소자인 IRFP450을 사용하여 구현하였다.

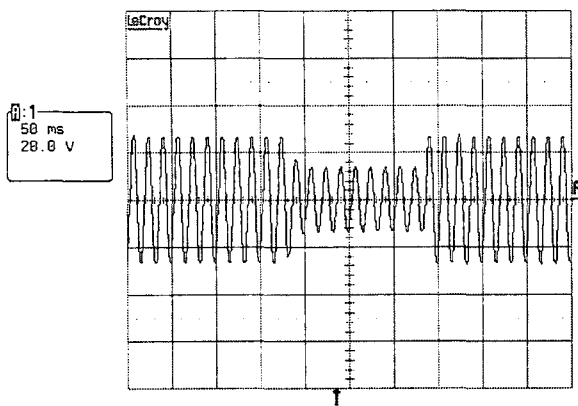


그림 8. 순간전압강하의 실험파형

Fig. 8. Experimental waveform of voltage sag

그림 7.과 같은 구현을 통해 순간전압강하의 파형을 그림 8과 같이 발생시켰다.

메인 프로세서를 통한 제어 신호를 통해 그림 8의 순간전압강하 발생시 인버터의 출력전압이 부하에 보상되며, 보상을 위한 투입시점에서 전압의 왜곡현상을 제어하게 된다.

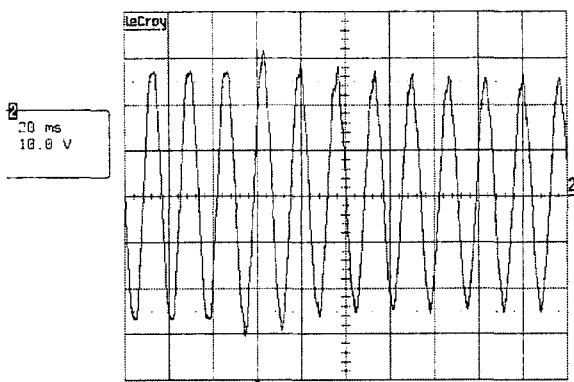


그림 9. 순간전압강하 발생시 보상 및 제어된 파형

Fig. 9. Compensated and controlled voltage waveform when voltage sag

그림 9는 순간전압강하 발생시 인버터의 투입으로 보상된 전압을 나타내고 있는 파형이다. 그림에서 보는 바와 같이 인버터 투입시 큰 피크 전압과 진동현상이 잘 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 최근 연구가 활발히 진행중에 있는 전력품질의 저하문제에 있어서, 보상장치로써 인버터 시스템을 사용하여 전압을 보상할 경우, 인버터 출력 전압의 왜곡현상을 논의 하였다.

또한, DSP를 사용하여 왜곡된 전압파형을 제어하여 개선된 성능의 전압 제어를 실험을 통해 입증하였으며, 순간전압강하 발생시 인버터를 통한 전압 주입 실험을 통해, 향후 전력품질 개선을 위한 DVR 시스템에 적용이 가능함을 보였다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00497-0(2003))지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Math H. J. Bollen, "Understanding Power Quality Problems", *IEEE Press*, 1999.
- [2] D.Mahinda, Vilathgamuwa, "Voltage Sag Compensation With Energy Optimized Dynamic Voltage Restorer", *IEEE Trans*, vol.18, no.3, 2003.
- [3] S.S.Choi, "Design and Analysis of the Inverter-Side Filter used in the Dynamic Voltage Restorer", *IEEE, Trans*, vol.17, no.3, 2002.
- [4] Arindam Ghosh, "Compensation of Distribution System Voltage using DVR", *IEEE, Trans*, vol.17, no.4, 2002.
- [5] Changjiang Zhan, "Dynamic Voltage Restorer Based on Voltage-Space-Vector PWM Control", *IEEE, Trans*, vol.37, no.6, 2001.
- [6] John Godsk Mielson, Michael Newman, "Control and Testing of a Dynamic Voltage Restorer(DVR) at Medium Voltage Level", *IEEE, Trans*, vol.19, no.3, november, 2004.
- [7] 정영국, 김우용, 임영철, "DSP기반 3상 전력품질 분석시스템", *전기학회 논문집*, 6권, 제4호, 2001.
- [8] Math H. J. Bollen, "Understanding Power Quality Problems", *IEEE Press*, 1999.