

## 개선된 전압 Sag 및 위상 검출기법에 의한 동적전압보상시스템

이재영<sup>°</sup>, 한운동<sup>\*</sup>, 송양희<sup>\*\*</sup>, 손진근<sup>\*\*\*</sup>, 전희중<sup>°</sup>

<sup>°</sup>충실대학교, <sup>\*</sup>충주대학교, <sup>\*\*</sup>산자부 기술표준원, <sup>\*\*\*</sup>경원전문대학

### Dynamic Voltage Restorers using Improved Voltage Sag and Phase Detection Algorithm

J. Y. Lee<sup>°</sup>, W. D. Han<sup>\*</sup>, Y. H. Song<sup>\*\*</sup>, J. G. Son<sup>\*\*\*</sup>, H. J. Joen<sup>°</sup>

<sup>°</sup>Soongsil Univ., <sup>\*</sup>Choong-Ju Nat'l Univ., <sup>\*\*</sup>KATS, <sup>\*\*\*</sup>Kyungwon College

#### ABSTRACT

The recent growth in the use of impactive and nonlinear loads, electronic devices sensitive to power quality has caused many power quality problems. Dynamic voltage restorers(DVR) are known as the best effective and economic means to compensate for power quality problems (especially, voltage sag and swell). In this paper, we addresses the detecting algorithms of an voltage sag and phase for operating DVR. Experimental results are included to illustrate the efficacy of the proposed algorithm.

#### 1. 서 론

전력계통에서 발생하는 전기품질(Power Quality)의 저하문제는 고조파 등의 문제 뿐 만 아니라 순시적 전압강하(Voltage Sag) 등 전압의 크기문제가 상당부분을 차지하고 있으며, 그 피해 또한 매우 심각하게 나타난다 [1-2].

이러한 전압의 크기문제는 주로 생산라인에서 전기적 외란에 민감한 장비를 가동정지 또는 오동작을 유발시켜서, 생산성 감소는 물론 컴퓨터 데이터 유실 등과 같은 불편을 겪게 한다. 이러한 문제 해결을 위한 효과적인 대안으로써 지금까지는 전력품질에 매우 민감한 부하들을 중심으로 무정전전원장치(UPS)를 설치하는 방안이 보편적으로 사용되어 왔다.

그러나 UPS는 개별 부하별로 설치할 경우 극히 제한적인 범위에 적용되는 등 효율과 비용 및 운영상에 많은 문제점을 안고 있어 최근에는 배전계통의 광범위한 구간에서 순시전압강하 보상 등 전력품질 개선을 위한 대책이 강구되고 있으며, 그 일환으로 직렬보상장치 또는 동적전압보상기(DVR)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[3-4].

이러한 DVR 시스템은 평상시에 대기 상태에 있다가, 순시전압강하 및 순간정전이 발생하는 순간에만 오프라인 방식으로 전압을 보상하는 방식이기 때문에 운전효율이 높은 효과적인 방식이라는 평가를 받고 있다[5-6].

따라서 본 논문에서는 DVR의 시스템을 구성하기 위한 주 구성요소로써 작용하는 순시적 전압강하 및 위상 검출에 대한 개선된 기법을 제시한다. 이는 순시치 이동 평균법 계측에 의한 개선된 실효치 전압검출 및 노이즈에 둔감한 위상 검출기법으로써, 이를 DVR시스템의 시뮬레이션 및 실험회로에 적용하여 그 동작특성 및 제어 성능을 확인·검증 한다

#### 2. DVR시스템의 등가 모델링과 회로구성

전압 Sag는 배전계통의 특정 지점에서의 합성 임피던스에 인가되는 전압이 변동하는 것으로, 그 원인은 인근 지역에서의 사고나 부하변동으로 인하여 특정 지점에서의 합성 임피던스가 변동하기 때문이라 할 수 있다.

이를 설명하기 위하여 그림 2.1과 같이 등가모델로 표현할 수 있다. 부하 측에서 본 계통의 전압을  $v_s$ 라하고, 전송 선로 및 부하 임피던스는  $Z_{Line}$  및  $Z_{Load}$ , 부하 인근의 합성 임피던스를  $Z_D$ 라 정의할 때, 정상적인 상태에서는  $Z_D$ 와  $Z_{Load}$ 가 적절한 균형을 이루며  $Z_{Load}$ 의 양단전압  $v_{Load}$ 가 공칭 전압을 유지하게 된다.

그러나 사고가 발생하게 되면  $Z_D$ 가 짧은 시간 동안 급격하게 변화하므로  $v_{Load}$ 가 변화하게 되며, 전압 Sag는  $Z_D$ 가 정상상태에 비하여 작아지는 경우로  $Z_D \ll Z_{Load}$ 와 같은 관계가 성립되고 많은 전류가  $Z_D$ 를 통하여 흐르게 되어 부하에 공급되는 전력이 감소하고 결과적으로 부하에 인가되는 전압이 낮아지게 된다.

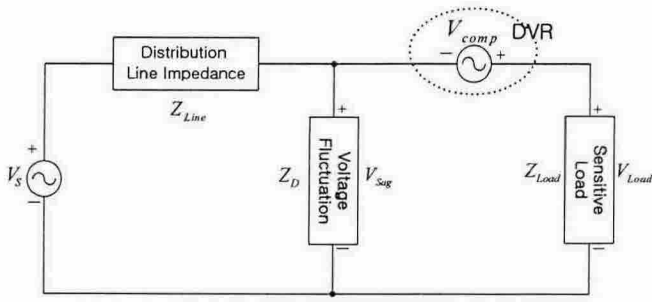


그림 2.1 전압 Sag와 DVR의 등가회로

이러한 전압 Sag현상을 방지하기 위하여 동적전압보상장치 즉 DVR을 도입하게 되는데, 이는 부하와 계통전원 사이에 직렬로 보상전압  $v_{comp}$ 을 주입하여 전압을 보상하는 것이다. 즉 외란에 의하여 부하에 전압 Sag가 발생하였을 때에  $v_{Load} = v_{Sag}$ 이며, 보상전압이 존재하는 경우(DVR 투입)에는 부하전압이  $v_{Load} = v_{sag} + v_{comp}$ 가 된다.

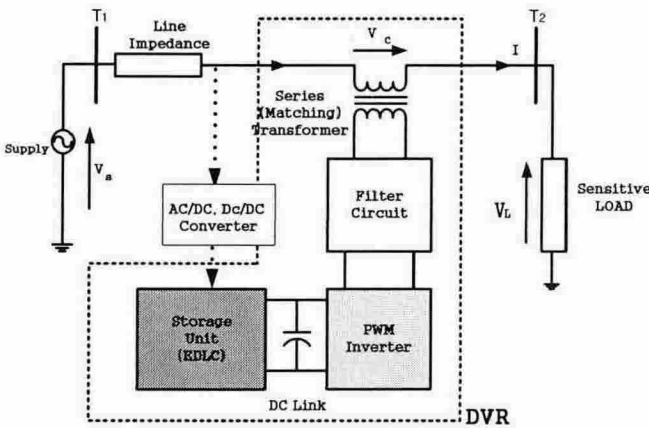


그림 2.2 DVR시스템의 구성

따라서 전압 Sag로부터 민감한 단위부하를 보상하기 위하여 배전계통과 직렬로 연결되어 사용DVR은 그림 2.2와 같이 부하에 대해 직렬 전압원으로 동작하게 되며, 부하전압을 항상 일정하게 유지하기 위해 전원전압의 부족분을 보상해 주는 장치이다. 이러한 DVR의 전력회로 주된 구성은 1) 필터를 포함한 DC/AC 에너지 변환 부분(인버터 회로) 2) AC/DC 에너지 변환 부분 및 에너지 저장 디바이스 3) 전력계통과 연결시켜주는 커플링부분(직렬 또는 매칭변압기)으로 크게 나눌 수 있다.

### 3. 개선된 전압 Sag 및 위상검출 기법

#### 3.1 전압 Sag의 검출

전압 Sag를 디지털로 처리하기 위한 일반적인

기법은 평균치를 이용한 검출 방법이 있을 수 있다. 이 방법은 정해진 매 주기마다 샘플링 값을 얻어 전압을 계산하는 방식으로 정확한 검출과 잡음에는 강인한 특성을 가지지만 검출시간이 비교적 길다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 개선된 검출기법 즉, 순시치(Instantaneous value) 이동평균 기법에 의한 전압 실효값의 검출 기법을 생각할 수 있다.

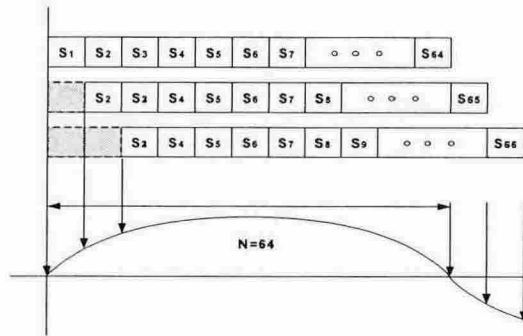


그림 3.1 순시적 이동평균 기법의 개념도

그림 3.1은 이에 대한 개념도를 나타낸 것으로 입력전압 최초의 반주기동안은 정해진 샘플링 수만큼의 정보를 저장하여 계산하게 되고, 이후의 계산은 하나의 샘플링 값을 취할 때 마다 계산이 이루어지는 방식을 갖고 있는데, 이는 처음의 반주기 동안은 식(1)을 수행하도록 하고, 이후에는 식(2)와 식(3)을 차례로 수행하도록 하면 된다.

이러한 계측기법은 링버퍼의 개념이라 할 수 있으며 최초의 샘플링 값이 가장 먼저 삭제되면서 실효치의 계산이 이동하게 된다. 그림 3.2는 이와 같이 순시적 이동평균기법에 의한 파형검출의 결과를 평균치 기법과 비교한 것으로 DVR에서 중요한 요소로 차지하고 있는 순간 전압강하 발생시의 교류/직류 변경파형이 매우 빠름을 확인할 수 있다.

$$V_1 = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots + S_N^2}{N}} \quad (1)$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{S_2^2 + S_3^2 + S_4^2 + \dots + S_{N+1}^2}{N}} \quad (2)$$

$$V_3 = \sqrt{\frac{S_3^2 + S_4^2 + S_5^2 + \dots + S_{N+2}^2}{N}} \quad (3)$$

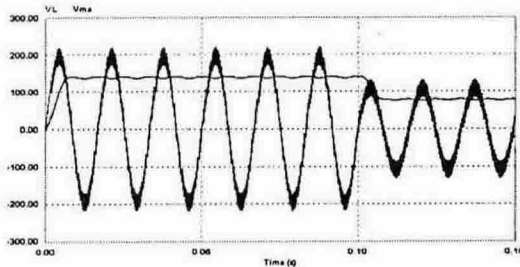
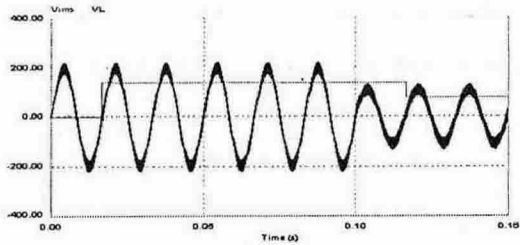


그림 3.2 평균치(위) 및 순시치(아래) 기법에 의한 전압 Sag의 파형비교

### 3.2 개선된 전압 위상의 검출

전력 품질 보상용 전력 변환 장치에 있어서 전원단 전압의 정확한 위상각 정보는 필수적이다. 왜냐하면 역률 제어나 유효전력과 무효전력의 제어, 고조파 전류의 보상 등에서 전류나 전압의 지령치는 전원단 전압의 위상각과 동기 되어야만 그 의미가 있기 때문이다. 따라서 DVR시스템은 전압 Sag의 검출 알고리즘 및 입력전압의 동기화에 대한 정확한 위상각의 투입이 무엇보다 중요하다 할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 그림 3.3과 같은 개선된 알고리즘을 사용하였는데, 이 방식은 위상각  $\theta$ 가 0도, 180도, 360도에서 단순히 전압의 크기만을 비교하여 제로 크로싱을 하는 방식을 탈피하여 그림의 오른쪽과 같이 위상각  $\theta$ 가 에지의 순간에 상승 및 하강의 논리를 추가하여 비교하도록 함으로써, 노이즈 등으로 인한 계측에러 즉 여러 개의 영전압 검출 등의 오류를 현저히 감소하도록 하였다.

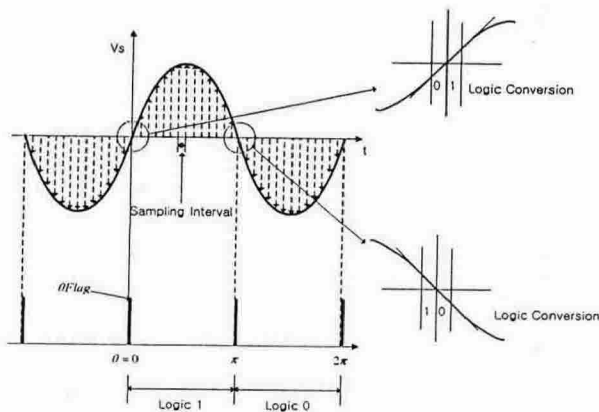


그림 3.3 개선된 위상각 검출알고리즘의 개념도

## 4. DVR의 실험 및 결과 고찰

본 논문에서는 그림 2.1의 DVR 등가회로에 근거하여 그림 2.2와 같이 시스템을 구성한 후 제 3장에서 제시된 개선된 전압 Sag 및 위상검출 기법의 타당성을 확인하기 위하여 실험을 수행하였으며, 이의 실험 결과를 그림 4.1과 그림 4.2에 각각 나타내었다.

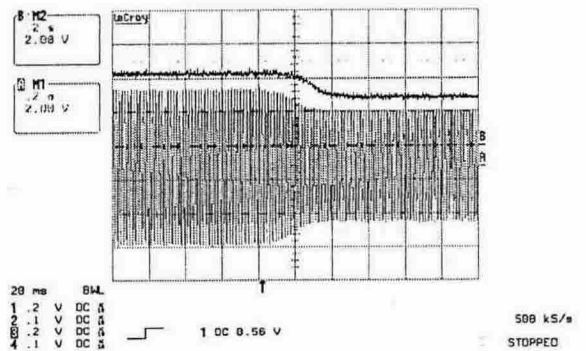


그림 4.1 입력전압 가변에 따른 순시치 RMS값의 검출

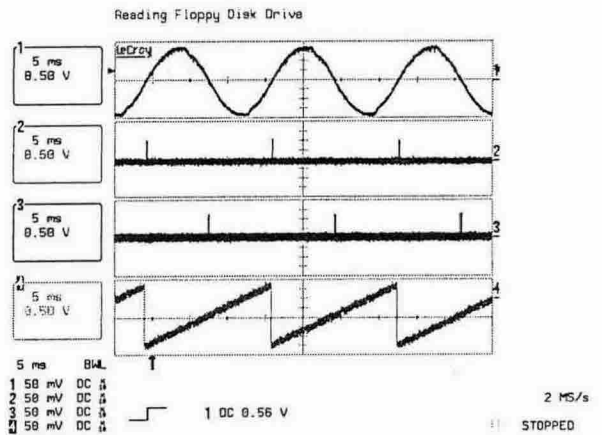


그림 4.2 입력전압과 위상검출의 신호플래그

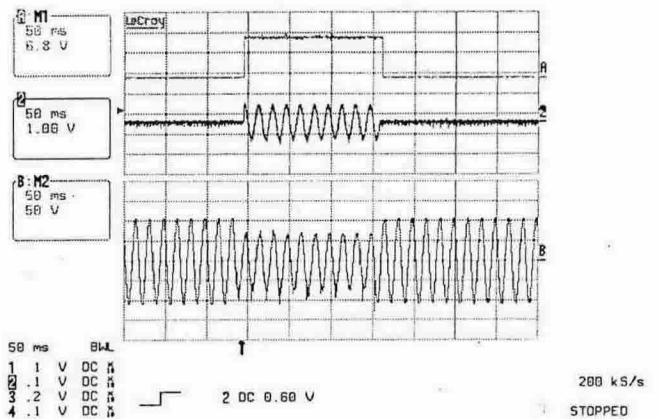


그림 4.3 지락사고에 따른 보상전압 지령과 전압 Sag

## 참 고 문 헌

- [1] Eric John, "Experience with a Static Series Compensation Device(DVR) at a Semiconductor Facility", ABB Power T&D Company Inc., April 1999.
- [2] D. Mahinda Vilathgamuwa *et al*, "Voltage Sag Compensation With Energy Optimized Dynamic Voltage Restorer", IEEE Trans., POWER DELIVERY, Vol.18, NO.3, pp.928-936, July 2003.
- [3] Y.Sekine *et al*, "Present state of momentary voltage dip inferences and the countermeasures in Japan", CIGRE 36-206, September 1992.
- [4] W.E.Kazibwe *et al*, "Power quality : A Review", IEEE Computer Applications in Power, Vol.3, No.1, pp.39-42, January 1990.
- [5] Math H. J. Bollen, 'Understanding Power Quality Problems', IEEE Press, 1999.
- [6] Mark F. McGranaghan *et al*, "Voltage Sags in Industrial Systems", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.29, No.2, pp.397-403, March/April, 1993.

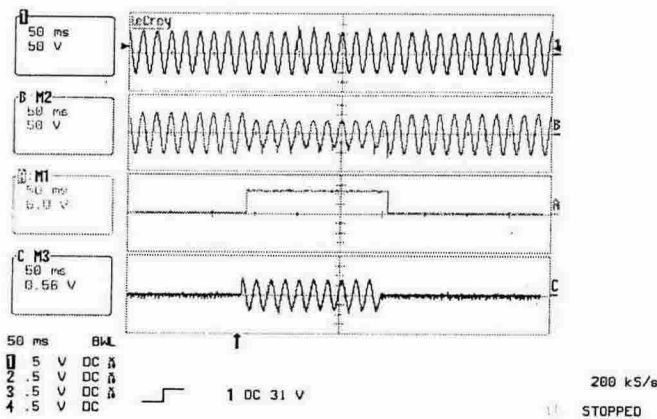


그림 4.4 DVR의 전압 Sag와 보상전압 파형

그림 4.3은 지락사고의 모의에 따른 강제적 전압 Sag의 스위칭 신호(채널 A) 및 보상해야할 전압의 신호 지령(채널 B)에, 입력전압의 Sag(채널 C)를 각각 나타낸다. 그림 4.4는 그림 4.3과 같은 조건하에서 전압 Sag(채널 C)에 따른 보상 후의 부하전압 파형을 채널A에 나타낸 것이다. (지락사고 신호 ; 채널A, 보상전압 지령 ;채널C).

## 5. 결 론

본 논문에서는 전기품질의 문제에 의해서 발생하는 생산 활동의 경제적 피해를 차단하기 위한 수단으로 최근에 연구되고 있는 DVR에 대하여, 이의 전압 Sag 및 위상검출 기법의 개선된 알고리즘을 제시하였다.

전압의 Sag에 대해서는 순시치 이동평균 계측 기법을 사용하여 기존에 사용되었던 평균치 기법보다 검출의 시간을 단축하였고, 위상검출 기법에 대해서는 기존에 사용된 제로크로싱 방법에 논리 변환기법을 추가하여 검출 노이즈에 둔감하도록 하였다.

단락사고의 모의 스위칭회로 구성에 의한 실제의 DVR시스템을 구성하여 실험을 수행하였으며, 그 결과 제시된 알고리즘의 타당성을 확인하였고 DVR의 전반적인 제어특성이 우수함을 검증하였다.

이 논문은 산업자원부의 '전력산업연구개발사업'(R-2004-0-033)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음