특집 : 전력품질개선장치의 기술동향

무-배터리 순간전압강하보상장치의 반도체 생산 FAB공정 설비 적용사례

한 광 호*, 이 춘 서**, 신 태 선***
((주)웨스코 *대표이사, **상무, ***이사)

1. 배 경

지구온난화, 대기오염, 화석연료의 과다한 사용 등으로 인하여 지구의 기후가 변화하고 그로 인하여 발생하는 순간전압강하(Voltage Sag, 이하 V-Sag)의 발생 빈도는 날이 갈수록 점차 높아 가고 있는 추세이다.

V-Sag 란, 주로 낙뢰, 강풍, 폭설 등의 자연현상, 전력공급계통 망의 고장 및 흔들림, 수용가 특수부하 및 인위적 요인에 의해 발생하는 전기품질 장애 현상으로서 산업분야 생산 현장의 자동화 설비 혹은 병원, 데이터센타 및 가정 등에 공급되는 전기의 전압이 일시적으로 떨어지는 현상을 말하며 그 시간과 떨어지는 전압의 폭은, IEEE 규정에 의하면, 0.5 Cycle~1초 이내로 이때 실효치 전압이 0.1~0.9 p.u 이내로 감소하는 현상을 말한다. 실제적으로, 통계에 의하면, 전체 전력품질 관련 장애 사고 요인 가운데 약 90 % 이상이 V-Sag 에 의한 것으로 알려져 있다.

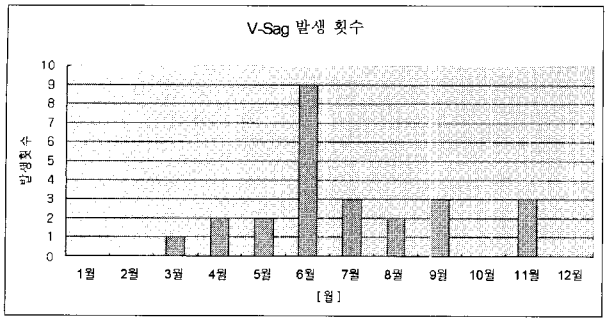
이러한 V-Sag 의 발생으로 인한 사고 비용은 각 분야 별로 상이 할 수 있으나 2005년 한국전력 통계에 따르면, 년간 약 2,700억원~6,300억원의 사고 비용이 발생되는 것으로 추정됨을 볼 수 있다. 불과 몇 년 전만 하여도 V-Sag 에 의한 사고는 관리자의 지식부족이나 V-Sag를 정확히 감지할 만한 Digital Power Quality Meter 부재 등으로 인하여 그 발생 자체에 관한 정보가 미비하였고, 아울러 그에 따른 경제적 피해 손실금액 등을 정확히 산출하기가 어려웠으며 심지어는 천재지변 등의 불가항력적인 요인으로 간주되어 적극적인 대책을 수립하지 못하였던 것이 사실이다.

근래에 들어, V-Sag 에 대한 인식의 확산과 Digital Power Quality Meter를 근간으로 하는 전력감시 SCADA 의 구축으로 V-Sag 에 대한 능동적인 대책이 수립되어 현장에 적용되고 있고 또한 그 효과를 직접 혹은 간접적으로 보고 있다. 본 글에서는 그러한 V-Sag 에 대한 대책중의 하나인 ㈜ WESCO 의 "1초 정전 보상을 위한 Power Vaccine Standard Engineering Solution"를 반도체 생산 FAB 공정에 적용한 성공 사례를 소개하고자 한다.

2. 서 론

2.1 V-Sag 발생 현황 및 피해

아래의 표는 해당 반도체 생산공장의 2005년도 월별 V-Sag 발생 횟수를 보여주고 있다.



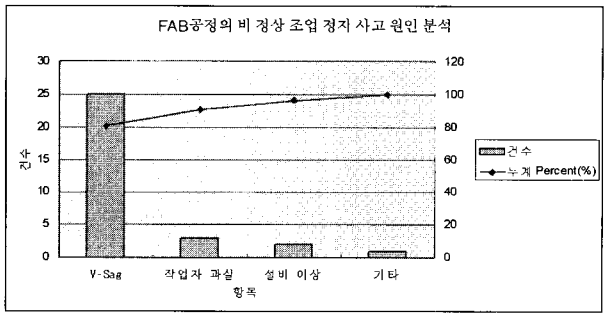
〈2005년도 V-Sag 발생 현황 분석 (Drop율10% 이상)〉

위의 표를 정리하면, 다음과 같다.

2005년도 년간 총 V-Sag 발생횟수	25회
평균 전압강하율	25.03%
최고 전압강하율	76.7%
V-Sag 피해	FAB 공정 생산장비 오 동작 및 Shutdown으로 인한 조업정지로 제품 훼손 및 생산 기회손실의 막대한 경제적 피해가 발생 특히, 월말에 발생하는 V-Sag는 출하 물량에 큰 영향을 미침.

2.2 FAB공정의 비 정상 조업 정지 사고 원인 분석

항목	V-Sag	작업자 과실	설비 이상	기타
건수	25	3	2	1
누계 Percent(%)	80.6	90.3	96.8	100



위의 표에서 보는 바와 같이 2005년도 반도체 FAB 공정에 있어서 생산장비가 정상적으로 작동하지 않고 문제를 일으켜 비 정상적으로 조업이 정지된 사고요인들 중에 V-Sag 에 의한 전력 품질 저하에 의하여 발생되는 건수가 전체의 80%를 차지하고 있다. 이로 인하여 생산장비의 Shut down 현상이 발생하여 생산에 막대한 지장을 초래하였다.

2.3 고 품질 전력공급의 요구

Wafer Size 의 증가 및 Chip Size 의 소형화 그리고 더욱더 치열한 시장경쟁과 이에 따른 생산 제품 품질의 향상 등이 요구되는 환경 가운데, 반도체 FAB 공정 생산장비가 요구하는 전력 사용량은 꾸준히 증가하고 있다. 따라서고 품질 전력공급 인프라의 구축은 생산 제품의 시장 경쟁력 확보를 위한 필수 불가결의 요인이 되었다.

이상의 자료에서 보는 바와 같이

1) 전력품질 장애 요인의 90% 이상 대부분이 V-Sag로 인한 것이고
2) V-Sag로 인한 직접 피해 손실금액은 Wafer 의 Movement 감소로 인하여 연간 5 억 원을 초과하고 있으며 이는 Movement 가 증가할수록 피해금액은 더욱더 증가 할 것 이며 또한 이에 따른 간접 피해 손실금액은 실로 추정하기 어려울 정도 이다.
3) 또한 향후 FAB 생산장비에 요구되는 고품질 전력공급 인프라는 절대적으로 필요한 상황이다.
4) 결론적으로, V-Sag의 사전 예방대책을 통한 FAB생산장비의 오 동작 및 Shutdown 율을 감소시키는 것이 매우 시급한 과제이다.

3. 본 론

3.1 V-Sag Shutdown 사고 예방 대책

V-Sag로 인한 FAB생산장비의 Shutdown 율을 감소 시키기 위해 반도체 생산 FAB공정의 실무 담당자 들은 다음의 가능한 3 가지 방안을 검토 하였고 아래의 표에서 보는 바 와 같이 3 가지 방법 중 제3안의 폐사 "1초 정전 보상을 위한 Power Vaccine Standard Engineering Solution" 이 가장 실질적이고 경제적인 방안으로 검토되어 채택 적용하였다. 【참고 1】

3.2 개선방향 및 세부 개선방안 수립

V-Sag 에 대한 구체적인 보상 대책의 방향은 Battery 축전 보상방식의 기존 UPS를 사용하지 않고도 각 제어장치를 1 초간 100 %의 순간전압강하에서 정상 조업을 유지시킬 수 있는 Power Vaccine Standard 를 적용하고 각 장비 별 특성 및 구성회로의 속성을 감안하여

1) ODR (Off Delay Timer Relay) 회로 설치
2) 기존 UPS 공급 Line 의 부하 분리,

【참고 1】

개선안	실행방법	소요금액	소요기간	비고
제1안 : Total Power의 배터리 UPS 공급	FAB 생산장비의 별도 부하 분리 없이 배터리 UPS를 이용한 3상 전원의 일괄보상	● 약 6500kW의 배터리UPS필요 ● 320kW 20Set 분 ● UPS 320kW: 20억원 ● Battery: 0.7×20=14억원 ● T/R, Panel:0.8×20=16억원 ● 1차 공사 : 0.6×20=12억원 ● 2차 공사 : 0.4×20=8억원 〔TOTA금액〕 약 70억원 소요	12개월	1초 이상 20분 까지도 정전 보상이 가능하나 소요예산 금액 및 소요시간이 매우 과다함
제2안 : 생산장비Maker 의뢰	생산장비 제작Maker별도 각각 1초 정전 보상 성능 개선 의뢰	● Photo공정 A장비의 경우1Set당 약 2500만원소요 ● 타 장비의 경우 1Set당 9000만원을 요구하는 Maker도 있음 ● 전체 대상 장비 중 Photo공정 A장비와 유사한 개선사양방비 100Set, 각 2500만원 ● 이 보다 간단한 장비 80Set로 각 1500만원을 고려할 때 : (0.25×100)+(0.15×80) = 〔TOTAL금액〕 약 32억원 소요	10개월	장비 성능 보장의 장점은 있으나 금액 및 소요시간 과다함
제3안 : Power Vaccine Standard Engineering 적용	각 공정 별 FAB 장비 전기도면 분석 후 Critical Target Sequence를 선별하고 그에 대한 최적의 무-배터리 순간정전보상장치 Sag-PROTECTOR를 적용함.	● 각 장비 별 PVSE 시방서에 따른 Sequence부하 분리 및 해당 용량의 Power Vaccine Standard Engineering H/W Sag-PROTECTOR를 적용 설치함. 〔 TOTAL금액〕 약 7억원 소요	7개월	타 반도체 FAB 공정생산장비 시공 D/B로 최저비용의 최대효과창출 : ㈜웨스코

3) 부하 분리 후, Power Vaccine Standard Engineering H/W 무-배터리 순간정전보상장치 "Sag-PROTECTOR" 시공

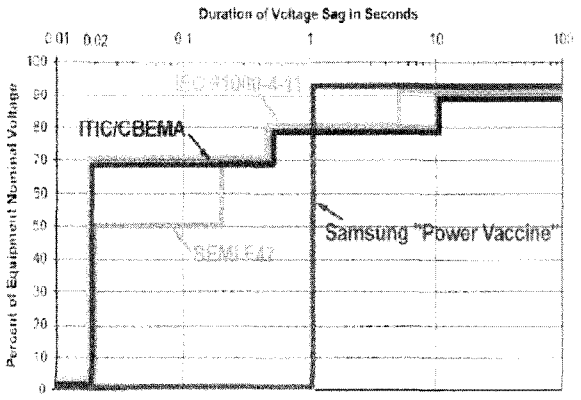
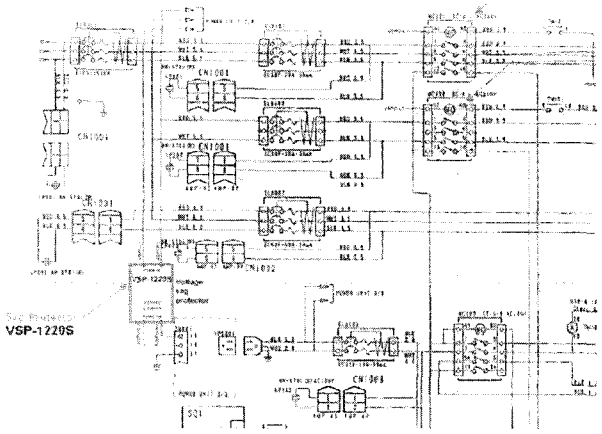


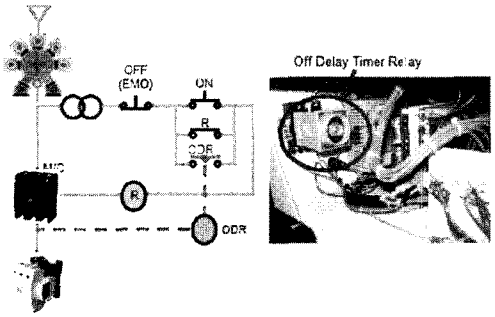
그림 1 세그에 대한 내선곡선(Depth-duration curve for voltage sag immunity)



〈Power Vaccine Standard Engineering 시방도〉

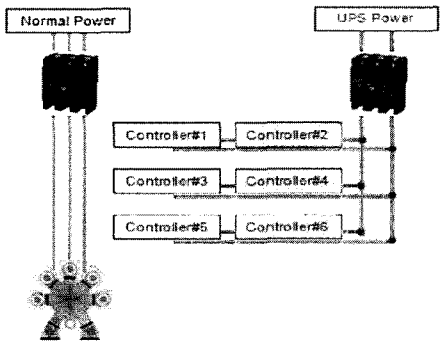
3.2.1 ODR (Off Delay Timer Relay) 설치

: Non Trip Source: Timer에 설정된 시간 후에 Trip되는 Relay를 병렬로 설치하여 Shut Down 방지



3.2.2 기존 UPS 공급 Line의 부하 분리

: Normal로 공급된 제어전원의 부하분리 후, 기존 UPS Line에 연결하여 Shut Down 방지

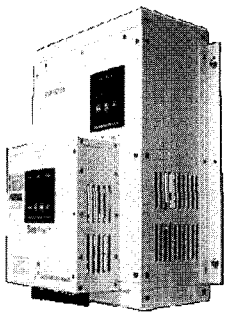


3.2.3 부하 분리 후, Power Vaccine Standard Engineering H/W 무-배터리 순간정전보상장치 "Sag-PROTECTOR" 시공

: Normal로 전체 공급된 장비의 경우 제어 전원의 부하 분리 후 Sag-PROTECTOR를 설치하여 Shut Down 방지

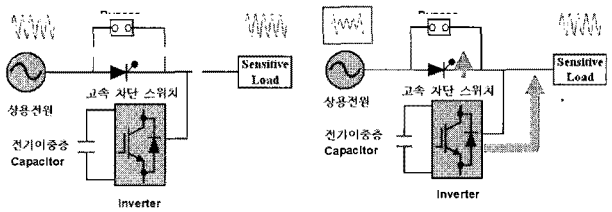
구분	Sag-PROTECTOR	CVT	UPS
에너지 축전매체	EDLC (전기이중층커패시터)	-	배터리
유지보수 필요성	No	Yes	Yes
Off-Line 보상	Yes	Yes	No
초 고속 Transfer Time	Yes	N/A	No
가변부하 적합성	Yes	No	No
Cycles에서 초까지의 Ride Through	Yes	No	Yes
Ride Through Control의 정확성	Yes	No	No
V-Sag 및 순간 정전 대비 지원	Yes	No	Yes
V-Sag Event Logging	Yes	No	Some

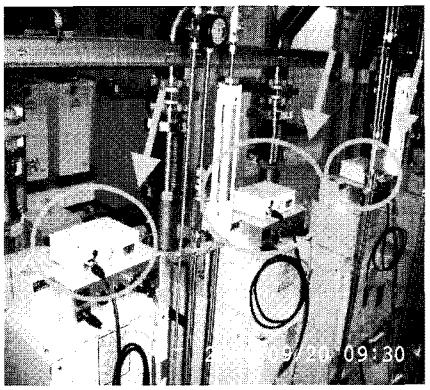
〔 무-배터리 순간정전보상장치 : Sag-PROTECTOR 〕

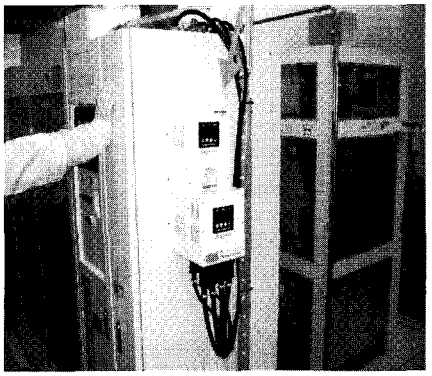


- No Battery
- No Cooling Fan
- No Maintenance
- Sine wave Output
- Emergency Bypass Switch
- Off-Line Compensations
- Industrial Standards
- Long lifetime EDLC (Electric Double Layer Capacitor)
- Sag Event Logging

〔 정상 전압 공급 시 〕 〔 순간전압강하 발생 시 〕







〈Power Vaccine Standard Engineering H/W (Sag-PROTECTOR) / DC & AC〉

구분			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	TOTAL
2005년	V-Sag	V-Sag 발생횟수	0	0	1	2	2	9	3	2	3	0	3	0	25
		전압강하율(%)	0	0	11.80%	12.90%	17.70%	39.60%	50.90%	27.70%	77%	0	19.50%	0	-
		전압강하 시간(mS)	0	0	73mS	87mS	53mS	110mS	180mS	90mS	213mS	0	200mS	0	-
	조업정지 시간 (Hr)		0	0	24	150	96	456	1054	681	1609	0	188	0	4,261
	FAB 장비 Shutdown 수량 (대)		0	0	1	13	4	129	277	181	173	0	19	0	797
2006년	V-Sag	V-Sag 발생횟수	0	0	0	2	3	5	6	3	0	0	2	1	22
		전압강하율(%)	0	0	0	31.80%	26.60%	27.80%	38.30%	49.70%	0	0	12.70%	13.00%	-
		전압강하 시간(mS)	0	0	0	120mS	120mS	95mS	250mS	115mS	0	0	60mS	95mS	-
	조업정지 시간 (Hr)		0	0	0	8	0	21	25	70	0	0	0	0	124
	FAB 장비 Shutdown 수량 (대)		0	0	0	7	0	8	11	28	0	0	0	0	52
			0	**0**	**-24**	**-145**	**-96**	**-435**	**-1029**	**-611**	**-1609**	**0**	**-188**	**0**	**-4137**
개선 효과			2006년 12월 20일까지 V-Sag 총 22회 발생, FAB 생산장비 가동률 Data를 비교 할때: 2005년 대비Down 수량 745대 감소 (93.5% 개선) Down Time 4137Hr 감소 (97.1% 개선) **[금액 효과] : 직접 피해 손실금액 793,320,260원 비용 사고 예방**												

3.3 Power Vaccine Standard Engineering Solution 시공 후의 개선효과

2005년 대비 V-Sag 보상 대책 구축 후 2006년 V-Sag 에 의한 장비 Shutdown율을 비교하여 개선효과를 산정 하였음.

4. 결 론

본 Project 의 성공적인 수행을 통하여 그간 천재지변으로 여기어 졌던 V-Sag Shutdown 피해 사고에 대한 실질적이고 경제적인 예방 대책을 제시할 수 있었고, 기존에 보편적인 전압 안정화 솔루션으로 사용되어 온, 배터리 축전 방식의 On-Line UPS의 배터리 딜렘마를 해결하고 나아가 반도체 생산공정의 FAB 장비 설계 및 발주 사양에 "순간전압강하 보상에 관한 전력품질 관리규정"을 제도화 하는 등의 근본적인 해결 방향을 제시하였다.

본 글을 통하여 보다 많은 산업분야의 담당자들의 V-Sag Shutdown 사고에 대한 인식이 고취되고, 사고 예방 대책의 확산으로 이른바 "조업 정지사고 ZERO 목표"가 실현되고 막대한 경제적 피해 손실 피해가 사전에 방지되어 대외 시장 경쟁력 확보 및 기업 총괄 수지 개선에 일조 할 수 있기를 진심으로 기원합니다.

〈필 자 소 개〉

한광호(韓光鎬)

1960년 2월 25일생. 한양대 대학원 산업공학과 졸업. 2001년~현재 (주)웨스코 대표이사.

이춘서(李春瑞)

1959년 4월 21일생. 한양대 대학원 전자계산과 졸업. 1988년~1998년 로크웰오토메이션 코리아 마케팅 부장. 1998년~2005년 Cognex Korea 한국 지사장. 2005년~현재 (주)웨스코 상무이사.

신태선(辛泰善)

1961년 4월 27일생. 1988년~1991년 삼성코닝 부속연구소 압전세라믹 필터 Pilot 총괄. 2007년~현재 (주)웨스코 기술이사.