

순간전압품질이 저압 전기기기 운전한계에 미치는 특성연구

박인덕*, 정성원**, 김재현**, 이근준***
 *그린넷파워, **순천대학교, ***충북과학대학

The study on the characteristics of operating limit of low voltage electric machine under the effects of voltage quality

Indeok Park* Sungwon Jeong** Jaehyeon Gim** Geunjoon Lee***
 *GreenNetPower **Sunchon University ***Chungbuk Provincial College of Science&Technology

ABSTRACT

This paper studies on operating limit curve of low voltage electric machinery with respect to source voltage variation or sag. Also, it discusses electric machine and compensation equipment design methodology based on voltage quality effect assessment technology. Voltage quality standards, such as SEMI47, CBEMA, ITIC curve are regarded to examine the relation between time constants of load and sagging time of sag generator, the load(low voltage electric machinery) study. Voltage sag characteristics of loads, time constant and sag relation voltage-time operating limits are tested and verified.

1. 서 론

21C 전력전자 기술발전은 고정밀, 소형화, 안정화, 다양한 인터페이스 지원 등 직접적인 연관을 갖는 DSP (Digital Signal Processor) 와 전력용반도체소자의 도입에 따른 발전의 성과였다. 그러나, 이러한 소자들은 안정된 전원공급이 지원되었을 때 전기적, 기계적으로 안정적인 동작을 한다. 이러한 DSP 와 전력용반도체소자로 이루어진 산업용, 가정용, 의료용 기기들은 순간전압강하(Voltage Sags)와 순간정전현상(Interrupt ions)등 외부외란에 의한 이상전압발생시 취약점을 가진다. 외부 외란에 의한 이상전압 발생에 따른 전압저하, 고조파의 영향에 배제되었던 대다수 산업현장의 모터, 계전기, 고압방전등, 컴퓨터, 인버터 등 저압 전기기기는 전압품질에 따라 민감하게 동작을 하는 전기장치 및 전기기기이다 [1]. 이렇게 민감한 부하의 전압변동에 따른 저압전기기기의 전압품질의 영향평가에 대해 연구는 수행된 바가 없다. 본 연구는 기존까지 전압변동에 따른 전력품질에 대해 문제가 되지 않았던 전압, 전류의 순간정전(Sag) 발생시 전

압품질이 부하의 운전한계에 미치는 특성을 시험, 검토 하였다. 따라서 전압품질이 저압전기기기 및 보호제어장치의 설계방법에 전압 변동간 특성 시험, 전압-시간 특성 조사, 전원의 취약성이 부하탈락에 미치는 영향의 정량화를 정립하며, 전압품질이 저압전기기기 운전한계에 미치는 부하의 운전특성을 결정하는 방법을 제시하고자 전압저하 영향에 따른 전력품질 시험 하였다.

2. 저압 전기기기의 전압품질시험 시스템

그림 1은 본 연구에 사용된 저압전기기기의 전압품질시험 시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 시스템 구성도는 AVR(Automatic Voltage Regulator), Sag Generator, Load (저압전기기기, 컨버터, 개인용 컴퓨터, 고압수은등, 계전기, 유도전동기)로 구성 되어있다. Bypass S/W는 AVR의 단락 사고시 또는 용량 초과시 안정적인 계통의 전원을 Sag generator에 공급해줌으로써 Sag 시험을 원활하게 하기 위함이다. AVR은 부하 시험을 하는데 있어 Sag generator에 전압변동없이 일정 전압을 공급함으로써 부하의 Sag 발생시 정확한 데이터를 취득할 수 있다. Sag generator는 부하에 따른 일정시간에 Sag를 발생함으로써 부하에 미치는 영향을 측정 할 수 있다.

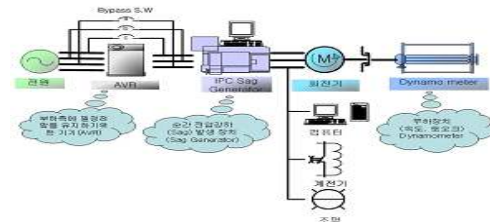


그림 1 전력품질 부하시험 시스템 구성도
 Fig. 1 Power Quality load test system

2.1 부하시험 종류

전압품질의 국제적인 규격으로는 IEEE std [2~3] 1159, 1346, SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International) 47 등이 있으며, 전원의 정밀기기에 대한 영향 평가 및 기준설정의 CBEMA(Computer Business Equipment Manufacturers Association) 곡선, ITIC(Information Technology Industry Council) 곡선 [4] 으로 규정하고 있으며, 표1에 나타내었다. 순간전압 강하 부하시험에 따른 순간전압강하를 정량적으로 표현하기 위해서는 실제 수용가의 기기들은 제조자나 모델에 따라 표준과 다소 다를 수 있으므로, 더욱 안정성을 보장하기 위해서는, 순간 전압강하에 대한 기기의 특성곡선의 산출이 필요하다.

표 1. 부하의 순간전압 강하 특성

Table 1. Sag characteristics of loads

설비구분	적용개소	영향
전자개폐기	인버터, 컨버터	50%정도 이상의 전압저하가 0.005~0.02s 계속하면 전자개폐기가 동작 전동기 정지를 초래
가변속전동기	일반산업용전 동기(0.5 ~ 4 HP)	20% 이상의 전압 저하가 0.005~0.02s 계속하면 전동기 정지를 초래
고압 수은등 (램프)	400 ~ 1000 [W]	20~30% 이상의 전압 저하가 0.05~1s 이상 계속되면 소등

2.2 순간전압강하의 정량적 평가기법 [5]

2.2.1 Voltage-sag energy의 해석

공칭 전압 V_{nom} 에 유효전력 P_o 를 가진 임피던스 부하를 고려해보면 전압이 sag 발생기간 동안 V만큼 떨어졌을 때의 전력의 감소는 식(1)과 같다.

$$\Delta P = P_o \left\{ 1 - \left(\frac{V}{V_{mon}} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

식(1)을 기간 T로 적분하면 식(2)과 같은 에너지의 변화량으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta E = \int_0^T \Delta P dt = P_o \int_0^T \left\{ 1 - \left(\frac{V(t)}{V_{mon}} \right)^2 \right\} dt \quad (2)$$

식(2)에서 전압의 실효값이 이벤트 기간 동안에 일정하다고 가정하면, 그 결과 식(2)는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{VS} = \left[1 - \left(\frac{V}{V_{mon}} \right)^2 \right] \times 100 \times T \quad (3)$$

예를 들면, 공칭전압 0.5pu의 크기와 10사이클(0.1667초,

60Hz) 기간 동안 전압강하 에너지 변화량은

$$E_{VS} = [1 - 0.5^2] \times 100 \times 0.1667 = 12.5 \text{ 가 된다.}$$

전압강하에너지 변화량 E_{VS} 는 또한 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$E_{VS} = \int_0^T \left[1 - \left(\frac{V(t)}{V_{mon}} \right)^2 \right] dt \quad (4)$$

식(4)에서 전압강하에너지 변화량은 기존의 전압과 이벤트의 기간을 이용함으로써 식(4)은 식(5)로 나타낼 수 있다.

$$E_{VS} = \left[1 - \left(\frac{V}{V_{mon}} \right)^2 \right] \times T \quad (5)$$

예를 들어, 공칭전압 0.5pu의 크기와 10사이클(0.1667초, 60Hz) 기간 동안 전압강하는

$$E_{VS} = [1 - 0.5^2] \times 0.1667 \text{ sec} = 0.125 \text{ or } 12.5\text{ms or } 7.5\text{cycle 이 된다.}$$

Voltage-sag energy는 전압강하와 같은 임피던스 부하에 대한 에너지의 동일 손실을 유발하여 정전 기간만큼 해석할 수 있다.

2.2.2 전압품질 저압 전기기기 일반적 시험조건

순간정전 전압의 크기와 지속시간에 대한 저압 전기기기에 대한 영향 한계의 시험조건은

- ① 공칭 주파수 조건
- ② 공칭전압
- ③ 순간정전전압(Dips or Sag)
 - 반주기 RMS 값 측정
 - 공칭전압의 90% 보다 낮은 RMS값.
- ④ 순간정전기간
 - 공칭전압에 1%보다 작은 RMS 값을 갖는 주기.
- ⑤ 불평형전압
 - $V_{unbal\%} = \frac{\text{낮은 전압}}{\text{높은 전압}} [RMS]$
- ⑥ 고조파전압

$$THD_U = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}{U_1}}$$

U_1 = 기본파 전압, U_h = n차고조파 전압의 실효치

h = 고조파 차수

본 연구에서는 고조파 전압 측정을 제외한 1~5 조건으로 실험하였다.

3. 실험 결과

고압나트륨등의 사용은 산업시설 및 터널, 도로 등 전반적인 곳에서 사용되며 순간정전에 민감한 부하중 하나이다. 고

압나트륨등의 순간전압강하에 발생되어지는 고압나트륨등의 한계전압을 그림 2에 나타내었으며, 전압한계 출력전압, 전류파형을 그림 3,4에 나타내었다.

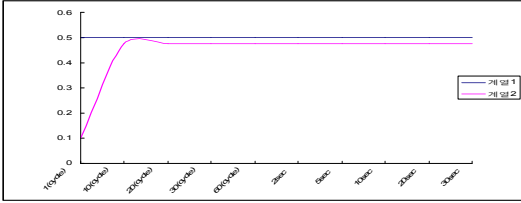


그림 2. 고압나트륨등 220V 400W
Fig. 2. High natrium lamp 220V 400W

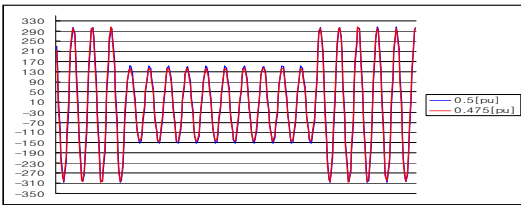


그림 3. 0.5,0.475pu 부하 전압파형
Fig. 3. 0.5,0.475pu Loads voltage waveform

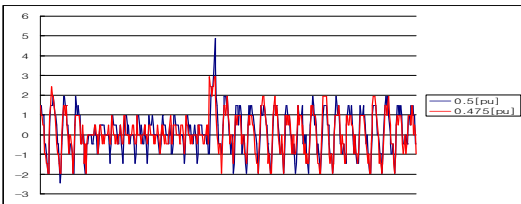


그림 4. 0.5,0.475pu 부하 전류파형
Fig. 4. 0.5,0.475pu Loads current waveform

전압 0.5pu에서는 점등된 상태를 나타내었으며 0.475pu에서는 소등되었다. 그러므로 나트륨등의 동작한계 전압은 0.5pu(110V)이며 이때의 전압강하에너지 변화량은 12.5에 7.5cycle동안이며, 0.475pu에서의 전압강하에너지 변화량은 12.9이며 8.14cycle 동안 생긴다.

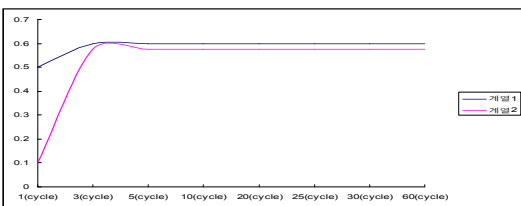
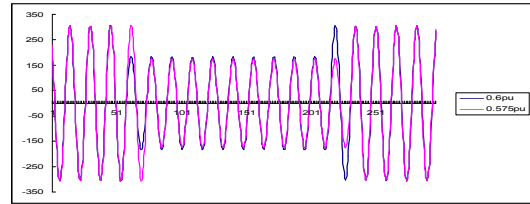


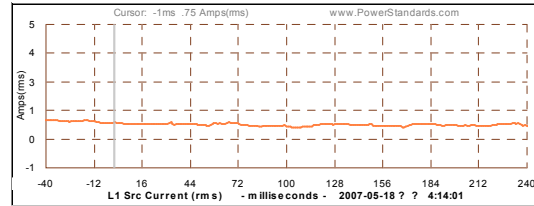
그림 5. 전자접촉기 220V 4KW
Fig. 5. Contactor 220V 4KW

그림 5는 전자접촉기의 0.6pu에서 동작영역전압을 나타내며, 0.575pu에서는 동작영역을 벗어난 전압을 나타낸다. 전자접촉기의 0.6pu에서 전압강하에너지 변화량은 10.67에 6.4cycle동안이며, 0.575pu에서의 전압강하에너지 변화량은 11.17이며 6.7cycle 동안 생긴다. 그림 6은 0.6pu

일때 Sag전압, 전류파형을 나타낸다.



(a)전압파형



(b)전류파형

그림 6. 0.6pu 출력전압(a) 출력전류(b)
Fig. 6. 0.6pu Output voltage(a) and current(b)

4. 결론

본 연구를 통해 고압나트륨등의 동작영역의 한계전압은 0.5pu이며, 전자접촉기의 동작영역의 한계전압은 0.6pu임을 알 수 있었다. 앞으로 진행 되어야 할 연구는 민감부하 중 PC, 모터, 인버터 등 산업전반에서 사용하고 있는 민감부하의 동작영역 한계전압을 측정하여 정량화 정립에 있다.

본 연구는 2006년도 전력산업 연구개발 사업 전력 기술기초연구에 의해 이루어진 연구로서 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Luis Guasch, Felipe Corcoles, Joaquin Pedra " Effects of Symmetrical and Unsymmetrical Volatge Sags on Induction Machines", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 19, No. 2, April 2004.
- [2] IEEE Standard 1159-1995, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. This standard defines power quality terms and phenomena
- [3] IEEE Standard 1346-1998, Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment. This standard provides financial procedure.
- [4] ITIC(CBEMA) Curve, www.itic.org
- [5] Bollen, M.H.J.; Sabin, D.D.; Thallam, R.S., Voltage-sag indices - recent developments in IEEE PI564 task force, Quality and Security of Electric Power Delivery Systems, 2003. CIGRE/PES 2003. CIGRE/IEEE PES International Symposium 8-10, Oct. 2003 Page(s):34-41