

정류기 부하와 무정전전원장치 사이에 발생하는 Current Harmonic 저감

곽철훈, 반한식, 최규하, 목형수
건국대학교 전기공학과

Reduction of Current Harmonic Occurred form between Uninterruptible Power Supply and Rectifier Load

Cheol-hun Kwak, Han-sik Ban, Gyu-Ha Choe, Hyung-soo Mok
Dept. of Electrical Eng. Konkuk University

Abstract

The main purpose of the UPS is to supply independent and stable power to connected equipment. In installing and operating the UPS system, single module, three phase UPS in more benefit than multi module, single phase UPS in the point of volume and cost.

However, when supplying Rectifier with output power form three phase UPS, by connecting auto-transformer, occurred harmonic and ripple current makes output filter damaged and leads to nonlinear current coasted by unbalance load.

Therefor, in this paper the aim of concentring compound-wound transformer and harmonic filter is supplying liner current by reducing harmonic and ripple current and improving unbalance in voltage and distortion in current wave.

1. 서론

UPS를 사용하는 산업용 설비 전원 공급 System에서 UPS의 사용 목적은 통신 설비, 발전 설비, 플랜트 등에 정전시 혹은 전원 문제가 발생시 전원을 안정적으로 공급하는 것으로 여러 분야에 적용되고 있다. 3상 단일 Unit의 대용량 무정전전원장치(UPS)를 일반적으로 설치·운용하는데 이는 단상 소용량 UPS를 여러대를 병렬로 설치하여 운용할 때 보다 부피나 비용 절감의 잇점이 있기 때문이다.

이때 UPS의 출력측 부하 조건이 3상의 출력 전압을 발생하고 통신용 정류기의 입력측 조건이 단상 입

력을 사용하는 관계로 UPS의 출력측에서 발생하는 고조파 전류가 부하측의 전원 공급 장하다 유입되어 UPS 제어와 출력 필터에 손상을 가져오고, 또한 정류기의 Remote 기능에서 오동작 현상이 발생을 야기 하는데, 이는 UPS의 출력단에서 단권변압기에 의해 정류기의 입력을 단상으로 사용할 경우 N상(중성점)과 R상에 부하를 사용할 때 불평형 전류로 인해 발생하는 고조파 성분이 UPS의 출력 필터 및 통신 장비에 영향을 미쳐 비선형 정현파 발생 및 고조파가 발생하기 때문이다.

본 논문에서는 UPS의 출력측에 Y-Y 결선의 복권 변압기와 고조파 필터를 사용하여 1차측과 2차측의 절연시킴으로서 2차측 전류의 고조파 성분의 통신용 전원 공급 장치 유입을 방지하고 UPS 출력측 부하 전류가 Feedback 되는 현상을 방지하는 대책에 대해 연구하였다. 이를 통하여 UPS의 필터를 보호 및 통신용 정류기의 부하 전류의 고조파 왜율의 감소로 Remote기능, 고조파가 발생이 감소하여 상 불평형 및 전류 파형에 의한 왜곡이 개선됨을 확인하였다.

2. 단권 변압기를 이용한 3상 UPS와 단상 부하의 Interface

2.1 3상 UPS와 단상 부하 시스템

3상 UPS 75KVA의 용량과 단상용 통신용 정류기와 Interface부분에 사용되고 있는 Y결선의 단권변압기의 출력 전압은 중성점을 기준으로 하여 단상 120V, 선간 전압은 208V로 출력 전압이고 통신용 정류기 조건은 입력은 단상 120V, 용량은 52V 100A와

연결부분에 사용되는 조건입니다.

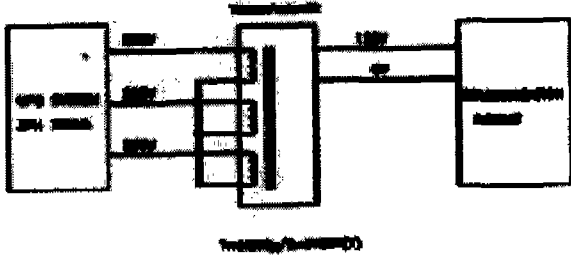


그림 1 현재 회로의 구성도

2.2 Interface시의 문제점

3상 75KVA를 설치·운영하는데 단상 소용량 UPS를 여러 대를 병렬로 설치하여 사용할 때 부피나 비용 절감을 할 수 없으나 대부분 비용 절감 목적으로 통신 전원 공급 장치(단상 100A)와 UPS의 출력측과 Interface 부분의 단권변압기를 사용하고 있다.

이때 UPS의 3상 출력 전원을 사용할 때는 고조파 성분에 의한 영향이 크게 나타나지 않으나 단상의 부하를 R, S, T상과 N(Neutral)상과 연결하여 통신용 전원 공급 장치를 사용할 경우 Noise 및 고조파 성분이 통신 장비에 유입으로 UPS의 출력 필터 손상과 통신 장비의 Remote 기능에서 오동작 현상이 나타난다.

또한 통신 장비의 입력측 전원은 선형적인 정현파가 발생하여야 하나 R-N상을 사용하였을 고조파 성분과 N상을 통하여 유입된 고조파 전류가 생성하여 왜곡된 정현파 발생한다.

이때 3상 UPS의 출력측 전류 파형이 서로 상쇄되지 못하기 때문에 UPS의 출력측 선로를 통하여 고조파가 포함되어 고조파용 필터 콘덴서가 충·방전시 전류가 과도하게 유입되어 위상간의 불평형이 발생하여 콘덴서의 제 역할을 하지 못하고 쉽게 소손된다. 이 시스템에서 UPS의 3상 출력에 단상의 부하를 사용하는 관계로 발생하는 문제점이다. 현행 시스템을 계속하여 운용시 UPS 내부 필터 성능 저하로 고조파가 발생량이 크기 때문에 내부 열의 많이 발생하여 R, S, T 전류 및 고조파 왜율은 다음과 같다.

실험 조건은 IEEE 946 규격에 의한 정격 고조파 성분은 5%이내의 범위이고, 출력 전압의 안정도는 2%이내에서 측정한다. 이때 측정 장비는 전류 메타, 전압 메타, Clamp on tester, Memory Hi-coder distortion meter 등을 사용한다.

표1 UPS의 출력측 전압 및 전류

출력 전압	R-S	S-T	T-R
	204.8V	206.7V	206.5V
	R-N	S-N	T-N
	119.8V	120.1V	115.5V
출력 전류	R-N	S-N	T-N
	52A	50A	46.5A

표2 각 상별 고조파 왜율

	R상	S상	T상
3고조파	63.59%	37.63%	66.12%
5고조파	39.04%	32.82%	37.88%

이때 출력측의 고조파 왜율이 정격에 비하여 과도하게 발생하므로 UPS 출력 필터측의 콘덴서 내부의 열의 발산으로 콘덴서 정격 리플값(4A)를 초과할 수 있으므로 손상이 쉽게 된다. 이때 각 상별 출력 전류값은 다음과 같다.

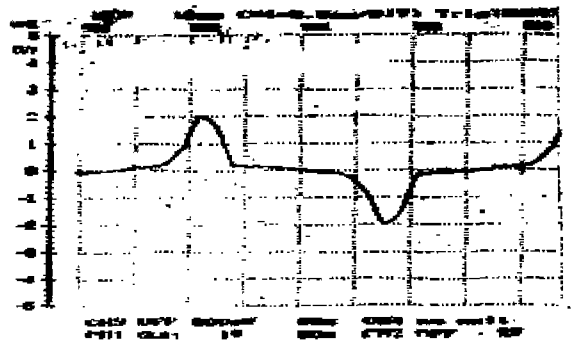


그림2 R상의 출력 전류 파형

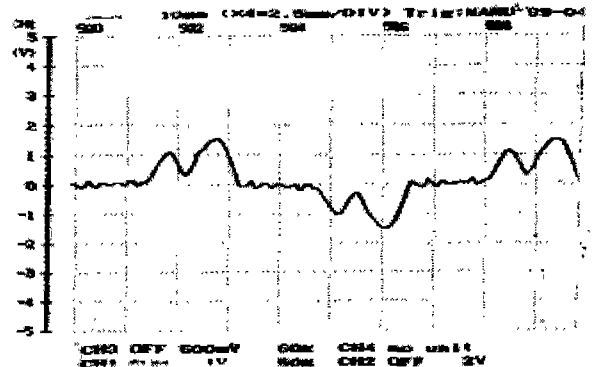


그림3 S상의 출력 전류 파형

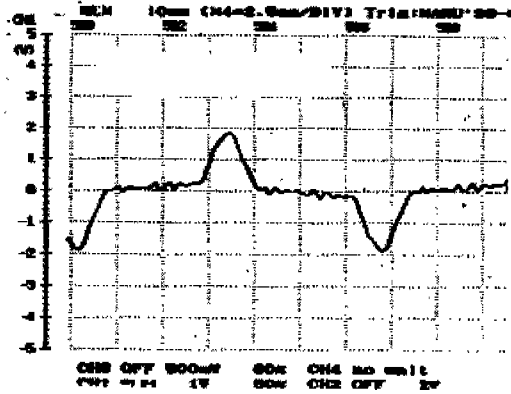


그림4 T상 출력 전류 파형

위에서 R, S, T상에서 보여주고 있는 출력 전류 파형 다음과 같이 출력 전류의 과도성분이 발생하여 고조파 성분 및 리플 성분이 발생하였다. 3상 UPS의 출력측 전류 파형이 서로 상쇄하여야 하나 UPS의 출력측 선로에 고조파가 포함되어 고조파 필터용 콘덴서가 충·방전시 전류가 과도하게 유입되어 위상간의 불평형이 존재한다. 이 시스템에서 UPS의 3상 출력에 단상의 부하를 사용하는 관계로 문제점이 발생한다

3. 개선된 System과 3상 복권 변압기를 이용한 3상 UPS와 단상 부하의 Interface

UPS와 통신용 전원 공급 장치 사이에 기존의 단권 변압기 대신 복권의 변압기와 3, 5고조파 필터를 사용하여 측정된 결과 출력 전류에 발생하는 고조파 왜율을 보여주고 있다.

이때 변압기 용량 설계에 있어서 중요한 것은 단면적 계산에 있어서 Core의 가상 단 면적을 계산하고

$$C/S' = C \times KVA \times \left(\frac{STD\%IZ}{\%IZ} \right)^{0.44} \times 2.54^2 (Cm^2)$$

단 Gauss는 17200으로 기준으로 하고, %IZ는 당사의 규격에 정한다.

V/T를 결정 (Volt per Turn)

$$V/T = 4.44 \times B' \times C/S \times 10^{-8} \text{ 결정하고}$$

$$\text{자속 밀 } B' = \frac{V/T \times 10^8}{4.44 \times f \times C/S} (\text{Gauss}) \text{ 도를 구한다.}$$

1차 권수를 결정한다.

$$N_1 = N_2 \times \frac{E_1}{E_2} (T) \text{ 을 구하고}$$

1,2차 전류 및 층간 절연 간극을 선정하여 평균값으로 설계한다.

고조파 필터 설계 출력측의 불평형 부하의 위상 편차를 줄이고자 3, 5고조파 필터를 사용하여 출력 파형의 안정화되고 고조파 성분의 감소 효과를 가져오게 된다. 이때 고조파 필터를 선정하기 위해서는 먼저 C값을 기준으로 하고 다음과 같이 주어진 식 주파수 f_0 일 때

$$2\pi f_0 - \frac{1}{2\pi f_0 L} = 0 \text{ 에서 } f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \text{ 값을 구한다.}$$

UPS의 출력 역률이 지상 0.8이상이므로 UPS 회로의 용량성 값이 60%로 되어야 full 부하시 UPS의 최적 조건이 될 수 있다.

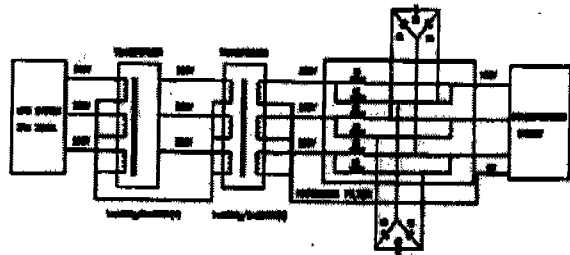


그림6 개선된 시스템의 구성도

표3 설계 사양

항 목	용 량	기 호
UPS	3상 75KVA	UPS
통신용 전원장치	단상 100A	RECTIFIER
복권 변압기	3상 50KVA	TR
3고조파 (L)	1.63 mH	L
3고조파 (C)	535V 92 μ F	C
5고조파 (L)	1.86mH	L
5고조파 (C)	400V 300 μ F	C

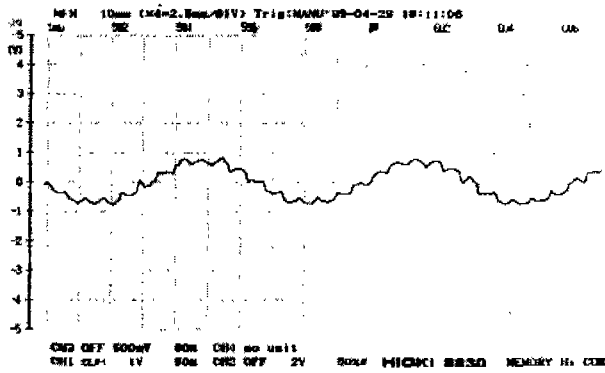


그림7 R상 출력 전류 파형

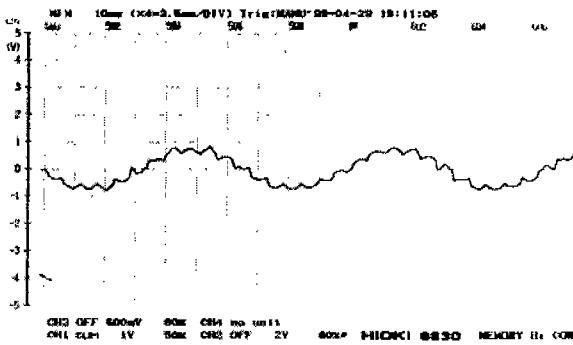


그림8 S상 출력 전류 파형

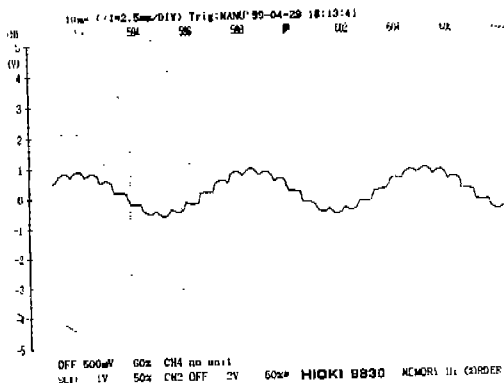


그림9 T상 출력 전류 파형과 고조파 성분

표4 개선된 각 상별 고조파 왜율

	R상	S상	T상
3고조파	2.68%	2.84%	2.05%
5고조파	2.66%	2.24%	1.09%

위의 표4에서와 같이 고조파 성분이 규정치의 5%이내의 범위로 감소되므로 UPS의 출력측 필터 보호기능과 복권 변압기를 이용함으로 1차-2차간의 중성점을 분리하여 사용함으로 고조파 성분의 차단으로 2차측에서 단상의 전압을 정류기에 공급시 안정된 전원 공급으로 전류의 불평형을 방지함으로 시스템이 안정된 동작한다.

4. 결 론

본 논문의 대책으로서는 사용 중인 UPS 출력측과 통신용 정류기 사이에 Y-Y결선의 복권 변압기와 3, 5고조파 필터를 사용하여 UPS의 출력측으로부터 부하 전류가 Feedback하여 UPS의 출력 필터를 보호하고, 통신용 정류기의 부하 전류의 발생시 고조파 성분의 감소와 Noise로부터 보호하고 부하 측에 발생하는 상 불평형 및 전류 파형에 의한 왜곡을 개선됨을 확인하였다

참고문헌

- [1] H. Akagi. "The State-of-the-art of Power Electronics in Japan" IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 13, no. 2 pp. 345-356, March, 1998
- [2] R. D. Middlebrook. "Input filter considerations in design and application of switching regulators." IEEE In dusty Application Soc. conf. proc. pp. 94-107, 1976
- [3] Mark J. Nave. Power Line Filter Design for Switched Mode Power Supplies, New York: Van Nostrand Reinhold, 1991
- [4] K. Ngo. Topologies and Analysis in PWM Inversion, Rectification and Cycloconversion, Ph. D Dissertation, Power Electronics Group, Caltech, 1984
- [5] IEEE 944 IEEE Recommended Practice for the Application and Testing of Uninterruptible Power Supplies for Power Generating Stations pp7-19, Jun 1986
- [6] T. Kawabata et al. "Digital Control of Three-phase PWM Inverter with LC Fiter" IEEE Transaction Power Electronics. vol 6. pp62-72 Jan 1991