

# 중성선 영상고조파전류의 확대현상 및 대책

김세동 | 두원공과대학 교수 (공학박사/기술사)

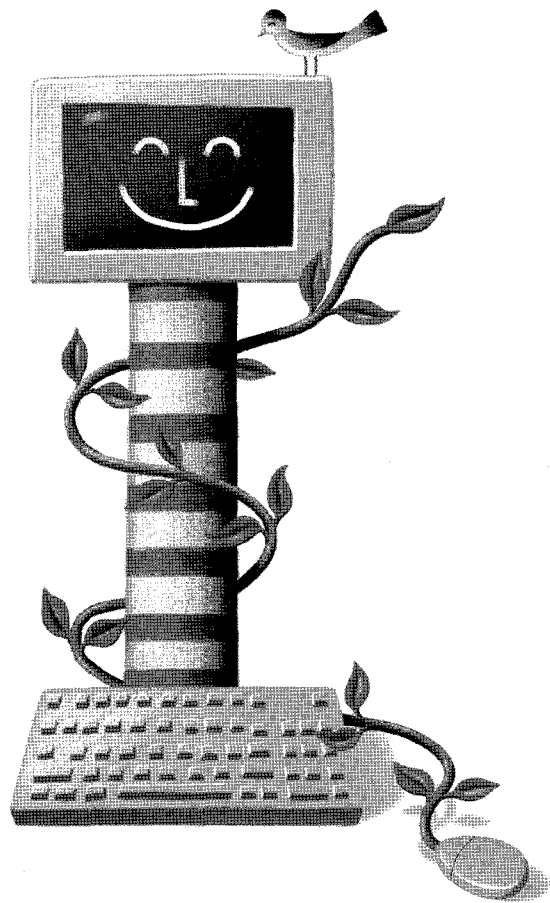
## 1. 개요

근래에 들어 첨단기술의 발전과 아울러 고조파 발생원이라고 할 수 있는 각종 사이리스터 및 반도체 응용기기, 전력전자기술 응용기기의 사용 증가로 인하여 전기수용설비 측에서 고조파로 의한 각종 사고 및 장애 요인이 크게 증가하고 있는 실정이다.

이와같이 전력전자 기술의 다양화와 그 응용 범위의 확대로 고조파 문제가 증대되고 있으며, 고조파가 전기설비에 미치는 영향으로 전력용변압기, 회전기, 콘덴서 등에서의 이상음, 과열, 소손 등의 사고가 발생하고, 지시 계기, 보호계전기 등의 오차, 오동작 등이 발생하고 있는 것으로 지적된다.

또한, 중성선에 흐르는 영상고조파전류로 인하여 중성선의 과열, 배선용 차단기의 과열, 변압기의 절연 열화, 중성선 누출 전류에 의한 전기적 노이즈 발생 및 전력회사의 변전소에서 지락과전류계전기가 동작하여 주차단기가 트립되면서 정전이 발생하는 등의 여러 가지 현상이 초래되고 있다.

본고에서는 중성선에 흐르는 영상 고조파전류의 개념과 확대되는 현상에 대해서 이론적으로 살펴보고, 주요 발생원 및 전기설비에 미치는 영향에 대해



서 알아보려고 한다. 그리고, 중성선의 영상고조파 전류를 저감시킬 수 있는 방안과 중성선 굵기에 대한 관련 규정을 살펴보고자 한다.

## 2. 영상분 고조파의 개념

고조파에 의한 불평형을 이해하기 위하여 정상, 역상, 영상의 개념을 도입하는데 그 구분은 1, 4, 7,



10, ... 으로 나타나는 정상분 고조파와 2, 5, 8, 11, ... 로 나타나는 역상분 고조파, 그리고 3, 6, 9, 12, ... 로 나타나는 영상분 고조파로 나눌 수 있다. 일반적으로 불평형 3상회로는 평형회로와는 달리 개개 그 계산이 복잡하기 때문에 해석이 용이하지 않다. 이러한 경우 비대칭성의 불평형 전압이나 전류를 대칭성의 3성분으로 분해하여 해석하는 대칭좌표법 (method of symmetrical coordinate)를 이용하면 보다 용이하게 회로를 해석할 수 있는 경우가 많다. 표 1은 정상분, 역상분 및 영상분의 벡터도와 고조파 차수를 나타낸 것이다.

### 3. 영상분 고조파전류의 확대현상 및 발생원

#### 3.1 영상분 고조파전류의 확대 현상

우리나라의 경우 저압 표준간선 방식으로는 3상

4선식을 채택하고 있으며, 전압선과 중성선을 사용하고 단상 전압으로 220[V]를 사용하고 있다. 따라서, 부하가 평형일 경우에는 중성선에는 흐르는 전류가 없어야 정상이다. 만약에 부하가 불평형일 경우에는 불평형전류만 흘러야 한다.

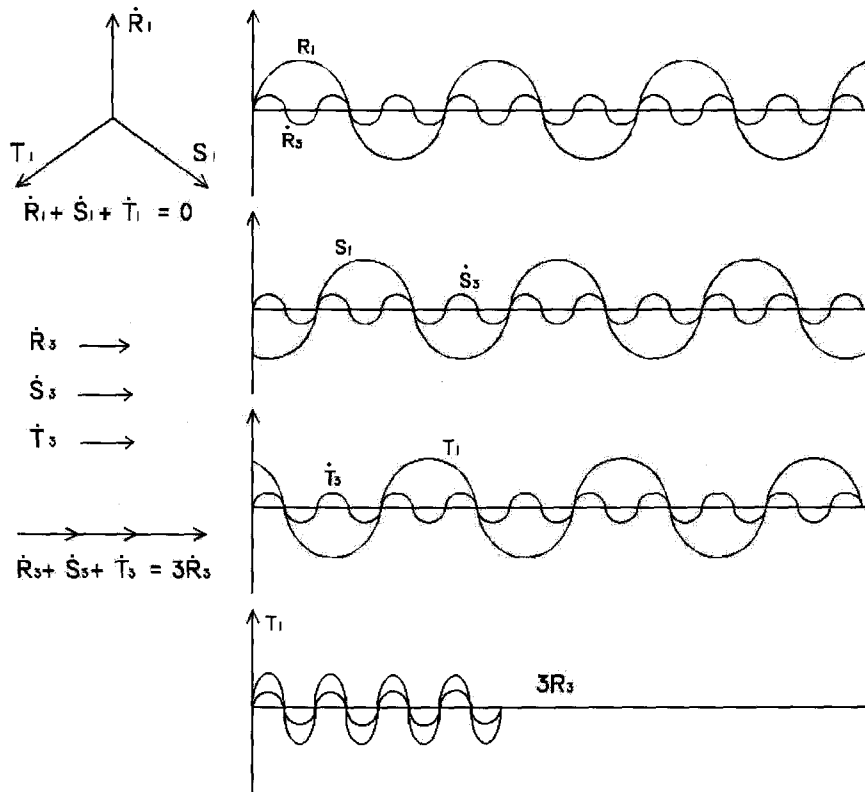
그런데, 3상 전원의 각 상에 1상 SMPS (switching mode power supply) 등 제3조파 발생원 부하가 다수 연결되어 있는 경우 3상 평형이 되었음에도 불구하고 중성선에 상전류보다 큰 전류가 흐르는 것이 종종 관측된다. 이것은 3상의 경우 각 상의 위상차는 120도이기 때문에 각 상의 전류에 포함되어 있는 3배수 조파 전류(3조파, 9조파, 15조파 ... 등)가 중성선에서 서로 상쇄되지 않고 합쳐지기 때문이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 평형 상태의 R, S, T 상은 120°의 위상차를 가지고 있어 그 중성선은 R, S, T 각 상의 벡터 합 즉,  $I_R + I_S + I_T = 0$ 이다. 그러나, R상에 흐르는 제3고조파, S상에 흐르는 제3고조파, T상에 흐르는 제3고조파의 위상이 같기 때문에

표 1 \_ 정상분, 역상분 및 영상분의 벡터도와 고조파 차수

구분	벡터도	고조파
정상분 고조파		$(3N+1) : 4, 7, 10, \dots$
역상분 고조파		$(3N+2) : 5, 8, 11, \dots$
영상분 고조파		$3N : 3, 6, 9, \dots$

그림 1 \_ 중성선의 제3고조파 전류 확대현상



중성선에는 벡터 합이 아니고 각각의 합이 흐르게 된다. 이러한 이유로 중성선에 흐르는 전류는 0이 아니고, 상전류보다 큰 값이 되어 전류가 확대된다.

그림 1를 수식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} I_{R1} &= I_m \sin \omega t \\ I_{S1} &= I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ I_{T1} &= I_m \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned} \quad (1)$$

로 표시되며, 전류의 합은 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} I_{R1} + I_{S1} + I_{T1} \\ = I_m \sin \omega t + I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ + I_m \sin(\omega t - 240^\circ) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

동위상인 제3고조파 전류는 식 (3)과 같이 나타난다.

$$\begin{aligned} I_{R3} &= I_m \sin 3\omega t \\ I_{S3} &= I_m \sin 3(\omega t - 120^\circ) = I_m \sin 3\omega t \\ I_{T3} &= I_m \sin 3(\omega t - 240^\circ) = I_m \sin 3\omega t \end{aligned} \quad (3)$$

따라서, 전류의 합은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} I_{R3} + I_{S3} + I_{T3} \\ = I_m \sin 3\omega t + I_m \sin 3\omega t \\ + I_m \sin 3\omega t = 3 I_m \sin 3\omega t \end{aligned} \quad (4)$$

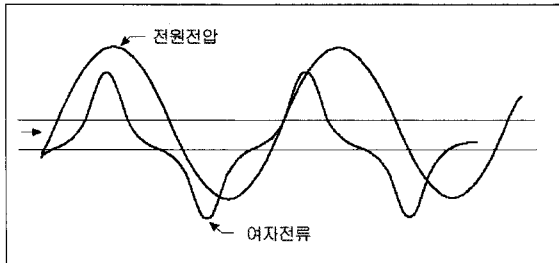


### 3.2 영상분 고조파전류의 발생원의 종류

#### 1) 변압기 여자 전류

변압기 철심의 자화 특성은 직선성이 아니며, 또한 히스테리시스 현상으로 인하여 변압기에 정현파 교류전압이 인가되면 여자전류는 많은 기수 고조파를 포함한 왜형파가 된다. 그림 2는 변압기의 대표

■ 그림 2 \_ 변압기의 대표적인 여자전류 파형



■ 표 2 \_ 변압기 여자전류 중의 고조파전류의 비율

고 조 파	열간 압연규소강판	냉간 압연규소강판
기본파	1	1
제3고조파	0.15 ~ 0.55	0.4 ~ 0.5
제5고조파	0.03 ~ 0.25	0.10 ~ 0.25
제7고조파	0.02 ~ 0.10	0.05 ~ 0.10
제9고조파	0.005 ~ 0.02	0.03 ~ 0.06
제11고조파	0.01 이하	0.01 ~ 0.03

■ 표 3 \_ 아크로의 고조파 측정 사례

ARC Furnace Load(Typical)		ARC Furnace Load(Typical)(Maximum)	
고조파 차수	% of (기본파)	고조파 차수	% of (기본파)
제1고조파	100	제1고조파	100
제3고조파	18	제3고조파	29
제5고조파	5	제5고조파	7.9
제7고조파	2	제7고조파	3.1
제9고조파	1.2	제9고조파	2

적인 여자전류 파형을 나타낸 것이며, 각 고조파의 크기는 철심의 재질과 자속밀도에 따라 다르지만 일반적인 사용 조건에서는 표 2와 같다.

#### 2) 용접기, 아크로, 유도로 등

철을 생산하기 위해 사용되는 아크로에 의해 발생되는 고조파는 가공하는 철의 종류에 따라, 아크의 사이클 변화가 발생하므로 그것을 예측하기는 매우 어렵다. 이러한 아크 전류는 비주기성을 띠며, 그것을 분석해 보면, 정수 및 비정수 차수의 고조파 주파수를 가진 연속적인 스펙트럼을 발견할 수 있다.

아크로의 운전 중에는 전극단에서 단락, 개방이 불규칙하게 연속, 반복되어 아크 전류는 불규칙한 동요를 반복하고, 제3차 고조파를 주성분으로 하는 고조파 전류가 아크로용 변압기의 기본파 전류의 10 ~ 30% 수준으로 나타나며, 표 3은 아크로에서 측정된 고조파 전류의 발생 예를 나타낸 것이다. 아크로의 고조파 발생원은 전류 성분이 크기 때문에 다른 기기나 선로에 미치는 영향이 대단히 크며, 비교적 넓은 영역에 걸쳐 고조파가 존재하므로 고조파 저감 대책 또한 용이하지 않은 특징이 있다.

#### 3) 단상 정류기

중성선 전류는 부하 불평형 전류와 3배수 고조파

전류로 이루어져 있다. 중성선 전류의 원인이 되는 3배수 고조파 전류는 단상 비선형 부하가 사용하는 단상 정류회로에 기인하며, 기기별로 다소의 차이는 있지만 그림 3과 같은 형태가 일반적으로 사용된다.

■ ■ 그림 3 \_ 단상 전파 정류회로

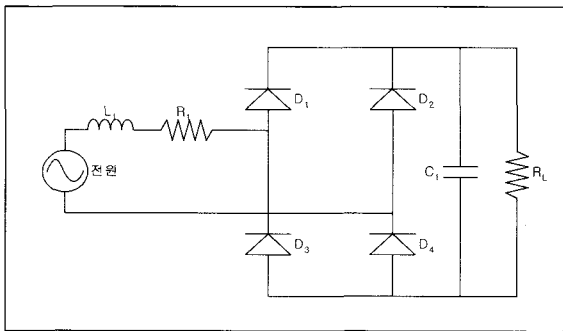


그림 3의 단상 전파 정류회로는 콘덴서 입력형 정류회로로 불리는데 교류전압을 정류할 때 생기는 직류 전압의 맥동분을 줄이기 위해 직류부에 평활용

콘덴서를 설치한다. 그림 3에서 전원전압이 콘덴서 전압보다 클 경우 다이오드가 도통이 되어 전류가 흐르고, 전원측 전압이 콘덴서 전압보다 낮을 경우 다이오드에 역전압이 가해지므로 전원전류가 0이 되면서 콘덴서에서 부하측에 전류가 흐른다. 따라서, 교류 전원측에서 보면 접속하고 탈락하기를 반복하는 비선형 부하로 되어 있으므로 사인파와는 다른 고조파 성분을 다량으로 포함하는 파형이 된다. 표4는 단상 기기의 차수별 고조파 함유율을 나타낸 것이며, 3배수 고조파 전류는 3차가 기본파 전류의 67%, 9차가 기본파 전류의 22%의 크기를 갖는다.

정류기는 펄스 수에 따라서 발생하는 고조파 차수와 고조파 전류의 크기가 다르다. 일반적으로 p 펄스 변환기에서 발생하는 고조파 전류의 차수 및 이론 최대치는 다음과 같다.

고조파 발생차수를 나타내는 식은 다음과 같다.

$$h = np \pm 1 \quad (5)$$

여기서, h : 고조파 발생 차수

■ ■ 표 4 \_ 단상 기기의 차수별 고조파 함유율

차수	3	5	7	9	11	13	15
%	67	40	29	22	18	15	13

■ ■ 표 5 \_ 정류기 상수별 발생 고조파 차수

상 수	식	발 생 차 수							
		3	5	7	9	11	13	23	24
단상 (P=2)	$2 \times 2 \pm 1 : 3, 5$	○	○	○	○	○	○	○	○
	$3 \times 2 \pm 1 : 7$								
6상 (P=6)	$1 \times 6 \pm 1 : 5, 7$		○	○		○	○	○	○
	$2 \times 6 \pm 1 : 11, 13$								
12상 (P=12)	$1 \times 12 \pm 1 : 11, 13$					○	○	○	○
	$2 \times 12 \pm 1 : 23, 25$								



n : 정수 (1, 2, 3, ...)  
 p : 정류기 상수 (단상 : 2, 6상 : 6, 12상 : 12)  
 위의 식에서 정류기 상수별 발생하는 고조파 차수는 표 45 같으며, 3 $\phi$  4 부하에 단상 부하 추가 사용시에 영상 고조파가 발생함을 알 수 있다.

#### 4. 중성선 영상 고조파전류의 영향

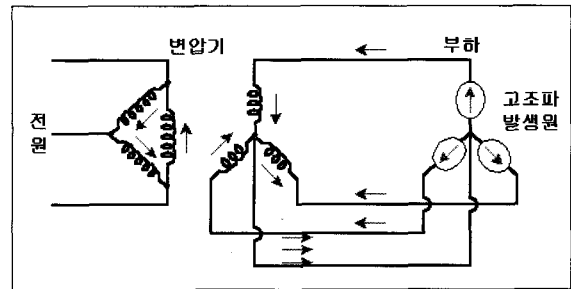
##### 4.1 변압기의 권선 온도 상승 및 손실 증가

비선형 부하에서 발생하는 고조파는 그림 4에서 보는 바와 같이 전원측으로 유출되며, 유출되는 영상분 고조파는 변압기 1차로 변환되어  $\Delta$ 권선 내를 순환하게 된다. 이 순환하는 전류가 열로 바뀌게 되어 열이 발생하게 된다.

근래에 들어 고도정보화 사회의 진전으로 사무자동화용 기기(단상 정류기)의 사용이 증가하고 있고,

이로 인하여 영상 고조파전류가 많이 발생하게 되고, 변압기의 와전류 손실 및 표피효과에 의한 영향이 증폭되어 변압기의 열화를 초래할 수 있다.

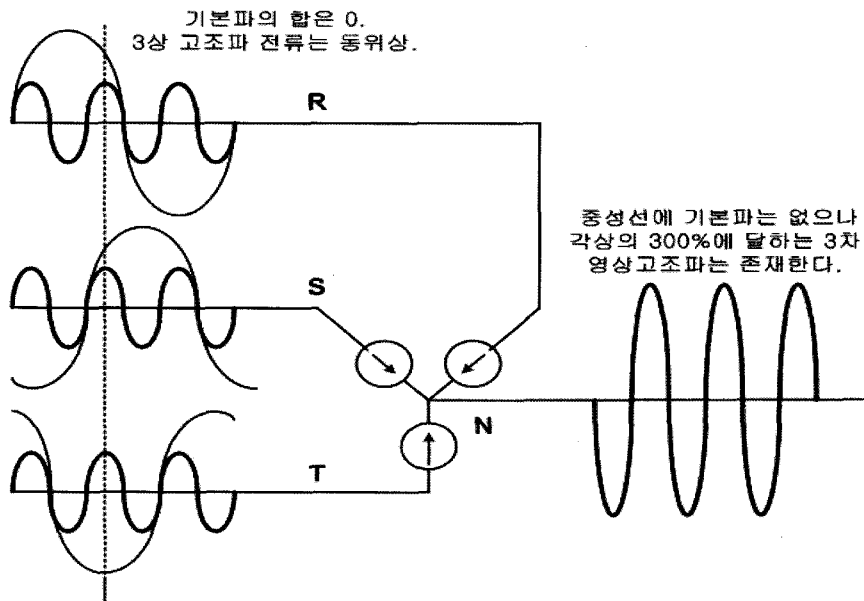
■ 그림 4 \_ 변압기  $\Delta$ 권선을 순환하는 영상분 고조파전류



##### 4.2. 중성선 케이블의 과열

일반적으로 중성선의 굵기는 다른 상에 비하여 같거나 가늘게 선정하고 있는데, 그림 5와 같이 영상분 고조파에 의하여 중성선에 많은 전류가 흐르게

■ 그림 5 \_ 중성선에 흐르는 전류



되면 케이블이 과열된다. 또한, 제3고조파는 기본파의 3배인 180Hz의 주파수 성분을 갖기 때문에 표피 효과에 의해 케이블의 유효단면적을 감소시켜 저항의 증가현상으로 과열 현상은 더욱 크게 된다.

여기에서 고조파전류에 대한 케이블의 저항비를 알아보면 다음과 같다. 도체 온도를 일정하게 할 경우 교류 도체 저항은 식 (6)과 같이 나타낸다.

$$\text{교류저항} : R_{AN} = R_D \times (1 + \lambda_S + \lambda_P) \quad (6)$$

여기서,  $R_D$  : 특정 온도에 있어서의 직류 도체 저항[Ω],  $\lambda_S$ : 표피효과 계수,  $\lambda_P$ : 근접효과 계수를 나타낸다.

동일 온도 조건에서 기본파 전류에 의한 교류 도체 저항  $R_{A1}$ 과 고조파 전류에 의한 도체 저항  $R_{An}$ 의 비를  $\beta_n$ 이라 하면, 식 (7)과 같이 나타낸다.

$$\beta_n = \frac{R_{An}}{R_{A1}} = \frac{1 + \lambda_{Sn} + \lambda_{Pn}}{1 + \lambda_S + \lambda_P} \quad (7)$$

따라서, 고조파 성분으로 인해서 케이블의 저항값이 조금 커지기 때문에 케이블의 허용전류가 감소하게 된다. 표 5는 고조파 전류에 대한 교류 도체 저항

비를 나타낸 것이다.

☞ 보충 설명

◎ 표피 효과(Skin effect) : 전선에 교류가 흐를 경우에는 전선 내의 전류밀도의 분포는 균일하지 않고 중심부는 작고 주변부에 가까워질수록 전류밀도가 커지고 있다. 이것은 전선의 중앙부에 흐르는 전류는 전류가 만드는 전자속과 쇄교하므로 전선 단면내의 중심부일수록 자력 선 쇄교수가 커져서 인덕턴스가 커지기 때문이다. 그 결과 전선의 중심부일수록 리액턴스가 커져서 전류가 흐르기 어렵고, 전선 표면으로 갈수록 전류가 많이 흐르게 되는 경향을 지니게 된다. 이것을 표피효과라 한다. 표피효과는 주파수가 높을수록, 전선의 단면적이 클수록, 도선 길이 클수록 그리고 비투자율이 클수록 커진다.

◎ 근접 효과(Proximity effect) : 두 개의 평행으로 위치한 원형 전선에 교류 전류가 흐를 때, 교류 전류는 도선의 주위를 균일하게 분포되어 흐르지 않는다. 각 전선의 자계는 다른 전선의 전류 흐름에 영향을 미치며, 이것은 전류의 흐름이 도선 내에서 균일하지 않게 만들 뿐만 아니라 도선의 저항을 증가시킨다. 평행하게 놓인 원형의 전선에서 나타나는 현상이다.

표 6 \_ 고조파 전류에 대한 교류 도체 저항비

도체종류	직류 도체 저항	기본파(60Hz)			제3조파(180Hz)			제5조파(300Hz)		
		표피효과 계수	근접효과 계수	교류도체 저항	표피효과 계수	근접효과 계수	교류도체 저항	표피효과 계수	근접효과 계수	교류도체 저항
600V CV 100mm <sup>2</sup> 1C	0.233	0.00217		0.234	0.0193		0.237	0.0521		0.245
600V CV 100mm <sup>2</sup> 3C	0.238	0.00208	0.0022	0.239	0.0185	0.0188	0.247	0.05	0.047	0.262



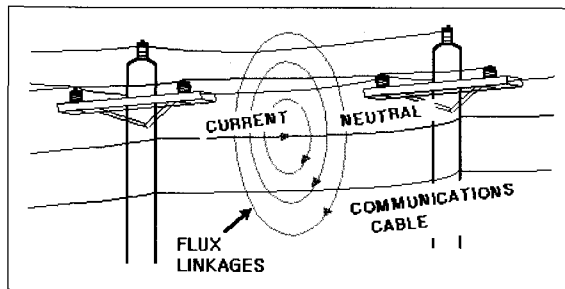
### 4.3 중성선 대지전위 상승

중성선에 제3고조파 전류가 많이 흐르면 중성선과 대지간의 전위차는 중성선전류와 중성선 리액턴스의 3배의 곱  $V_{N-G} = I_n \times (R + j3X_L)$ 이 되어 큰 전위차를 갖게 된다. 이 전위차로 인해서 기기의 오동작 등을 초래할 수 있다.

### 4.4 통신선의 유도장해

그림 6에서 보는 바와 같이 중성선에 전류가 흐르게 되면 중성선 부근의 통신선로에 유도장해를 일으킬 수 있다.

그림 6 - 중성선에 흐르는 전류에 의한 유도 장해 현상



### 4.5 보호계전기(OCGR)의 오동작

#### 1) 유도형 계기의 구동 토크

유도형 계기(반한시형)의 구동 토크(T)는 식 (8)과 같이 나타내며, 지락과전류계전기는 이에 의해 동작한다.

$$T = K \omega \phi_1 \phi_2 \sin \theta - K_s \quad (8)$$

여기서, T : 회전 토크

K : 상수

$\omega$  :  $2\pi f$ (차수가 높은 고조파가 유입되면  $\omega$ 는 증가

한다)

$\phi$  : 입력전류에 의해 발생된 자속

$\theta$  : shading ring을 통과하는 자속과 shading ring이 없는 자로를 통과하는 자속과의 위상차각

$K_s$ : 스프링의 억제력

#### 2) 고조파로 인한 계전기의 응동 여부

식 (8)에서 보는 바와 같이 계기의 구동 토크는  $\omega$ 에 비례하며, 차수가 높은 고조파가 유입되면 구동 토크가 증가되어 민감하게 반응하게 되며, 실제로 영상 고조파 전류의 유입에 의해 계기의 최소 응동치가 정상 Tap 전류보다 낮은 값에서 계전기가 응동하게 된다.

유도 원판형 지락 과전류 계전기(OCGR)는 그림 7과 같은 구조로 되어 있으며, 식 (8)과 같이 구동 토크로 동작된다. 구동 토크는 2개의 자속의 상승적(積)과 그들의 위상각  $\theta$ 의 정현값에 비례하며, 고조파 전류가 있을 때에는 주파수가 클수록  $\omega (= 2\pi f)$ 가 커져 구동 토크는 증가하여 실제 설정치(Tap) 이하의 값에서도 동작된다. 즉, 고조파 성분이 함유된 전

그림 7 - 유도 원판형의 원리(shading형)

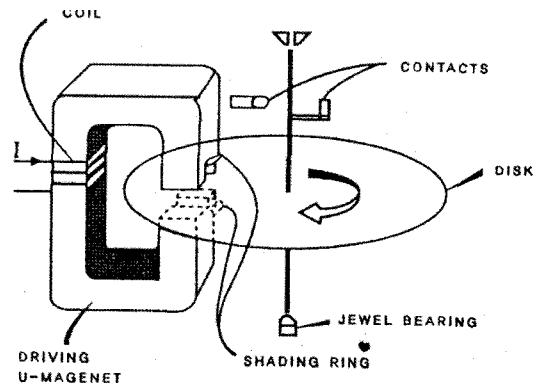




표 7 \_ Doble 계전기 테스트기 동작 실증시험(시험시 계전기 Lever=2.5)

항목	C.T (600/5A)	고조파 차수별 전류(A)					I <sub>rms</sub> (A)	동작 결과
		기본파	3차	5차	7차	9차		
주입 전류	2차	0.80					0.80	서서히 구동 시작
			1.00				1.00	동작
		0.38	0.48	0.01		0.05	0.61	동작
		0.38	0.48			0.05	0.61	동작
			0.48			0.05	0.48	동작
			0.53				0.53	서서히 구동 시작
						0.51	0.51	서서히 구동 시작
		20차 고조파(1,200Hz) 주입시						

류에 의해 유도원판형 계전기의 경우, 최소 응답치가 정상 Tap 전류보다 낮은 값에서 계전기가 응답한다.

표 6은 Doble 계전기 테스트기 동작 실증시험 결과를 나타낸 것이며, 정정값 이하에서 고조파로 인해 동작하는 OCGR을 재현하기 위해 Doble 계전기 테스트기(F6150)과 고조파 측정기(BMI 3030A)를 이용하여 실험한 결과이다.

Doble 계전기 테스트기로부터 OCGR에 기본파(정격주파수) 전류를 서서히 증가시켜 주입하니 0.8A에서 서서히 구동하기 시작하였다. 탭이 0.7A에 Setting 되어 있으므로 0.7A에서 동작하여야 하지만 Doble Relay Tester-F6150가 전자식 계전기 시험용이고 OCGR의 부담이 17VA로 커서 오차가 발생한 것으로 예상된다.

정전사고 발생시의 전류를 기본파 전류(0.38A), 3차 고조파전류(0.48A), 5차 고조파전류(0.01A), 9차 고조파전류(0.05A)를 주입하면 RMS전류는 0.61A이지만 OCGR은 동작한다. 정전사고 발생시의 전류를 기본파전류는 0A, 3고조파전류(0.48A),

9고조파 전류(0.05A)를 주입하면 RMS전류는 0.48A이지만 OCGR은 동작 하였다. 결과적으로 OCGR은 고조파전류에 의하여 탭의 정정값 이하에서 동작함을 알 수 있다.

## 5. 중성선 영상고조파전류의 저감 대책

### 5.1 변압기 여자전류에 대한 대책

표 2에서 보는 바와 같이 제3조파 성분이 가장 크고, 제5, 7조파 순으로 되지만, 제3조파 및 그 배수 조파는 영상성분으로 변압기에 4권선을 설치함으로써 4권선 내를 순환하기 때문에 제3조파 및 그 배수 고조파는 흡수되고 회로에 나타나지 않는다.

이러한 것은 초고압 대형 변압기의 Y-Y인 경우에는 3차 권선을 4로 설치하고 보통 변압기 권선의 하나는 반드시 4결선으로 하여 제3조파의 순환회로로 이용한다. 또, 제7조파 이상은 그 양이 미소하기 때문에 거의 문제되지 않고 현실적으로 문제되는 것은 제5조파이다. 제5조파에 대한 대책은 계통의



선로정수를 고려하여 직렬리액터를 설치하는 것을 검토한다.

따라서, 변압기 여자전류에는 고조파 성분이 포함되어 있으므로 변압기 단자로부터 계통을 본 고조파 임피던스에 비례한 고조파 전압이 변압기 단자에 나타난다. 이와 같이 변압기 여자전류에 의한 고조파가 발생하면 계통 조건(공진)에 따라서는 고조파가 확대되는 현상이 발생할 수 있으므로 유의할 필요가 있다.

### 5.2 영상 고조파전류 저감장치의 설치

3상 4선식 배전방식에서 상기와 같은 문제 해결을 위해 영상분 임피던스가 낮은 영상고조파전류 저감장치(Zig-Zag TR : 동일 Core에 각기 다른 상 [R+S, S+T, T+R]의 코일을 상호 반대 방향으로 감아서 영상 고조파를 상쇄시키는 장치이다. 즉, 영상고조파분의 임피던스가 계통보다 낮게 제작하여 영상 고조파전류가 중성선을 통하여 계통으로 흐르지 않고 ZED로 유입하게 한다)를 개발하여 기기에

서 발생하는 영상분 고조파 전류가 계통으로 흐르지 않고 영상고조파전류 저감장치(여기서는 ZED : zero-current eliminating device라 함)로 By-Pass하도록 하여 중성선에 과전류가 흐르지 않도록 하는 장치가 개발되어 보급되고 있다. 그림 8은 3상 4선식 배전방식에서 영상 고조파전류 저감장치(ZED)를 설치한 경우의 회로 연결 구성도를 나타낸 것이다.

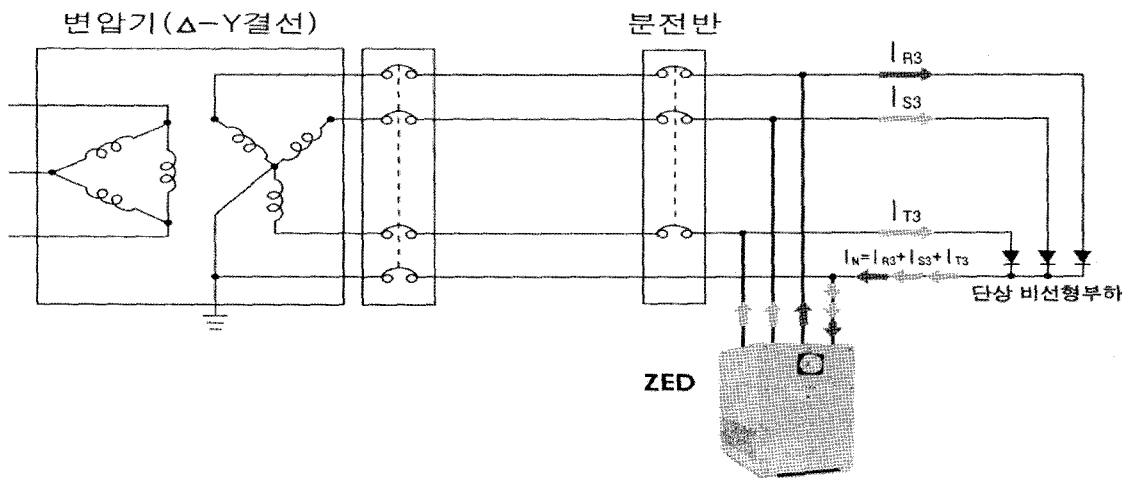
### 5.3 중성선 굵기의 조정

중성선 굵기의 선정에 있어서는 관련 규정에서 정하고 있는 사항을 참고하여 선정하는 것이 바람직하며, 간선에 연결되어 있는 사용부하의 특성을 고려하여 종합적으로 검토할 필요가 있다. 다음은 관련 규정에서 정하고 있는 사항을 정리한 것이다.

#### 1) 내선규정 제205-9절(간선의 굵기 및 기구의 용량)

(1) 직류 3선식, 교류 단상2선식, 3상 4선식, 2상식 계통의 간선 중 중성선은 최대불평형전류가

그림 7 \_ 유도 원판형의 원리(shading형)



200A를 초과하는 전류에 한하여 70% 이상으로 한다. 다만, 고조파가 발생하는 장소에서는 중성선의 굵기는 전압선과 동일하게 하여야 한다. 예, 최대 불평형전류가가 300A시 200A는 100%, 나머지 100A는 70%, 즉 70A가 되므로 중성선의 허용전류는 270A 이상이어야 한다.

(2) 전기방전등이나 데이터처리장치(Data Processing) 또는 이와 유사한 기구에 공급되는 전원이 3상 4선식 Y결선인 경우의 간선중 중성선은 줄여서는 아니된다.

2) 내선규정 제880-4절(특별고압 중성선의 가선) 및 한국전력공사의 배전(가공) 설계기준 3300(전선과 가선)

(1) 중성선의 최소 굵기는 ACSR 32mm<sup>2</sup> 이상으로서 전압선과 같은 굵기의 전선을 사용하여야 하며, 최대 굵기는 ACSR 95mm<sup>2</sup>로 한다.

[주 1] 통신선의 유도 장애 경감대책으로 중성선을 굵게할 경우에는 그러하지 아니하다.

[주 2] 장경간 또는 특수지역에서 기계적 강도가 필요할 경우에는 그러하지 아니하다.

3) IEC 60364에서 정하고 있는 사항

가) 회로에 중성선이 있는 경우, 그 단면적은 다음 경우에는 선도체와 같을 것.

- 단상 2선식 회로의 모든 부분
- 다상 및 단상 3선식 회로에서 선도체가 동선 16mm<sup>2</sup> 또는 알루미늄선 25mm<sup>2</sup> 이하인 경우

나) 다상회로의 각 상도체가 동선 16mm<sup>2</sup> 또는 알루미늄선 25mm<sup>2</sup>를 초과하는 다음의 모든 조건에 적합한 경우에는 그 중성선의 단면적을 선도체보다 작게 해도 된다.

- 통상적인 공급 시 중성선에 고조파 전류가 있는 경우에는 그것을 포함한 예상 최대전류가 작은 단면적의 중성선 허용전류를 초과하지 않을 것.
- 중성선은 905-2의 5.②(중성선의 보호) 규정에 따라 과전류 보호가 이루어져 있을 것.
- 중성선의 굵기는 동선 16mm<sup>2</sup> 또는 알루미늄선 25mm<sup>2</sup> 이상일 것.

6. 맺음말

기술한 바와 같이 중성선에 흐르는 3배수 조파의 고조파 전류로 인하여 수용가 내의 간선에 설치되는 분전반과 배전계통에서 실제로 문제가 발생한 예가 많이 있다.

가정에서도 대용량의 가전기기의 보급 증가 및 Home Office 개념으로 변화되면서 각종 사무자동화기기(OA) 기기의 사용 급증으로 중성선에 흐르는 전류로 인해서 중성선의 발열 현상 등의 사례가 발생되고 있다.

뿐만 아니라 업무용 건물과 공장 등에서 비선형 부하 기기의 사용이 급증하면서 중성선에 영상분 고조파 전류가 급증되고 있으며, 전원 주파수의 3배수에 해당하는 고조파 전류가 중성선에 흐르게 되어 전력 손실의 증가 및 변압기 발열과 같은 문제가 발생하여 수변전 설비의 문제점이 심각하게 제기되고 있다.

부하 불평형 전류만을 고려하여 중성선 도체를 상도체보다 작거나 같게 사용할 경우, 업무용 빌딩과 같이 컴퓨터 등의 OA 기기와 전자식 안정기를 사용하는 형광등이 많이 설치된 곳에서는 상전류의 2배 가까운 전류가 중성선에 흘러 과열로 인한 피해가



발생되고 있다.

배전계통의 중성선 전류 또한 각 수용가의 3배수 고조파에 의해서 심각한 문제로 대두될 수 있다. 지금까지 배전계통에서 중성선 전류에 의한 문제가 많이 발생하지 않은 이유는 빌딩, 아파트, 지상형 패드 변압기 등의 변압기 결선이  $\Delta-Y$ 가 많기 때문에 3배수 고조파가 변압기를 넘어가지 못한 이유가 크다.

또한, 단상 비선형 부하는 수가 많고 부하율도 다양하기 때문에 수용가 또는 변대 단위에서 서로 상쇄되는 양이 상당히 존재하기 때문이다.

고도정보화사회의 진전으로 비선형 부하는 계속 증가하고 있으며, 같은 기기라도 인버터 에어컨과 같이 3배수 고조파를 더욱 많이 발생시키는 기기의 보급이 늘고 있어 관련 기준의 정비가 요구된다.

#### 참고문헌

1. 이광섭 외, 저압다중선로의 중성선 굵기 선정기준 개선에 관한 연구, 대한전기협회/산업자원부, 2004
2. 신종린 외, 고조파 저감기술 현황과 전망, 대한전기학회, 1993
3. 박지현 외, 전기사용장소의 고조파 장애 분석 연구, 한국전기안전공사, 1995
4. 전기설비기술계산 핸드북, pp. 1-203~235, 1995
5. 김승호, 고조파에 의한 장애 및 대책, 전기안전, No. 3, 1992
6. 강창원, 고조파SOLUTION, (주)피에스디테크, PSD-H12, 2000
7. 김하연 외, 고조파사용실태조사 및 개선방안 연구, 한국전력공사, 2002
8. 堀越俊夫, 高調波發生のメカニズムとその障害対策, 電氣と工事, 1994
9. 竹谷是幸, 高調波とは, 日本電氣設備學會誌, Vol. 16, No. 4, 1996