

# 케이블 중성선 과전류 원인 및 대책

한국전력기술인협회 부설전력기술연구원/ 원장 정 연 해  
 과장 이 기 철  
 (주)피에스디테크 대표이사/ 기술사 강 창 원  
 이사 한 성 배

본 내용은 협회부설 전력기술연구원과 (주)피에스디테크가 에너지관리 공단에서 공모한 “에너지 자원기술개발” 연구과제로 선정되어 2001년 6월부터 공동연구하는 과제”전기 수용설비의 중성선 영상분 고조파 전류 저감장치개발”로서 본 연구를 하면서 우리 협회회원과 전력기술인들이 당면하는 관련 사항을 본 연구에서 발췌하여 게재한 것이오니 많은 참조 바랍니다.

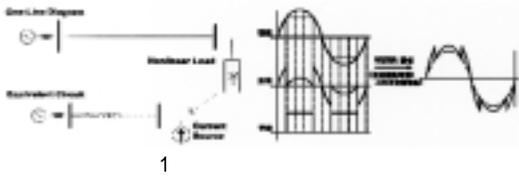
## 1. 서론

## 2. 중성선 과전류 원인 및 현황

1) 고조파 전류는 전원측으로 유출된다.

가  
 가  
 , , , , UPS )  
 Office  
 가  
 , MCCB,

( )  
 ( )  
 가 Power electronics  
 ( , UPS, V.V.V.F, )  
 가  
 1



Power electronics  
가

가

2) 영상분 고조파

4, 7, 10 ...  
2, 5, 8, 11  
3, 6, 9, 12

1

	3N+1 : 4, 7, 10, 13 ...
	3N-1 : 2, 5, 8, 11, 14 ...
	3N : 3, 6, 9, 12, 15 ...

	1 ( )	2	3	4	5	6	7	8	9	~
	+	-		+	-		+	-		~

3) 영상분 고조파의 발생원

$h = nP \pm 1$      $h$  :  
 $n$  : (1, 2, 3, 4, 5, ... )  
 $P$  : ( )  
 $= 2, 6$      $= 6, 12$   
 $= 12$ )

2

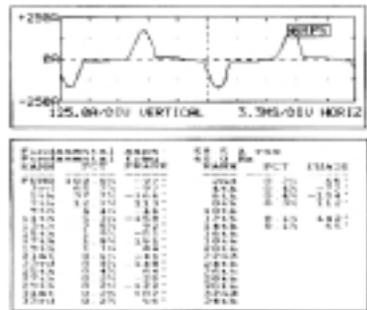
		3	5	7	9	11	13	23	24
(P=2)	$2 \times 2 \pm 1 = 3, 5$ $3 \times 2 \pm 1 = 7$								
6 (P=6)	$1 \times 6 \pm 1 = 5, 7$ $2 \times 6 \pm 1 = 11, 13$	x			x				
12 (P=12)	$1 \times 12 \pm 1 = 11, 13$ $2 \times 12 \pm 1 = 23, 25$	x	x	x	x				

3, 9  
가    6    12

가

3

Data



3

Data

3

가    65.7%,    5    가 37.7%,  
7    가 12.7%

가

3

4) 중성선 과전류 측정사례 및 분석

2

3

4

R

(N)

R

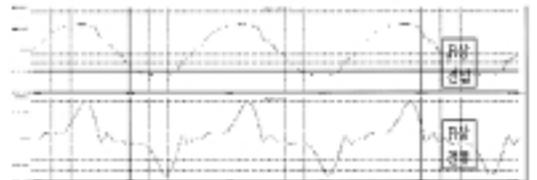
60Hz

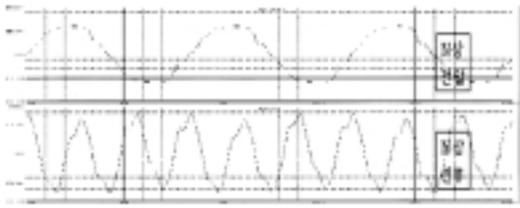
가 N

180Hz( 3

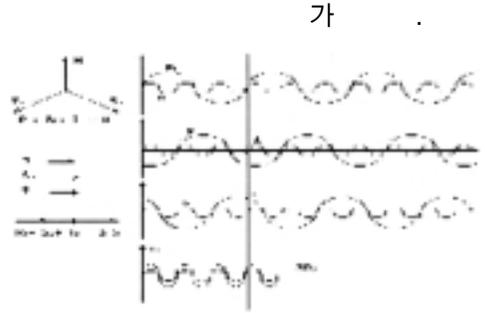
)

가





2 R, N



3 3

	3		5		7		9		THD	I <sub>rms</sub> [A]		
	%	A	%	A	%	A	%	A				
R	100	130.6	52.8	68.9	30.7	40.1	12.2	15.9	7.4	9.6	63.9	155.0
N	100	22.4	938.4	210.1	14.1	3.2	32.2	7.2	125	71.8	950.9	214.0

- R 가 130.6A 가  
3 가 52.8%  
68.9A가 N  
가 22.4A 3  
938.4% 210.1A

- R 가 130.6A가  
N 0A가  
22.4A

- R 3 68.9A N 3  
3 210.1A가  
214A가

- R  
155A가 N  
214A가

$$i_{R1} = I_m \times \sin \omega t$$

$$i_{S1} = I_m \times \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_{T1} = I_m \times \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$i_{R1} + i_{S1} + i_{T1} = I_m \sin \omega t + I_m \sin(\omega t - 120^\circ) + I_m \sin(\omega t - 240^\circ) = 0$$

3

$$i_{R3} = I_m \times \sin 3\omega t$$

$$i_{S3} = I_m \times \sin 3(\omega t - 120^\circ) = I_m \times \sin 3\omega t$$

$$i_{T3} = I_m \times \sin 3(\omega t - 240^\circ) = I_m \times \sin 3\omega t$$

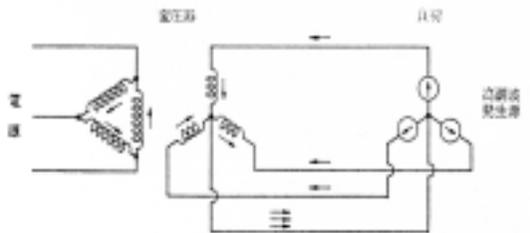
$$i_{R3} + i_{S3} + i_{T3} = I_m \sin 3\omega t + I_m \sin 3\omega t + I_m \sin 3\omega t = 3 \times I_m \sin 3\omega t$$

### 6) 중성선 영상분 고조파전류의 영향

가. 변압기 과열

4

1



4 1

### 5) 영상분 고조파전류와 중성선 과전류와의 관계

R, S, T 120°

가 R, S, T

$$i_R + i_S + i_T = 0$$

R 3, S

3, T 3

0

가 ( )

$$V_{TIF} = \frac{\sum_{h=1}^H (T_h \times Z_h \times I_h)^2}{V_1}$$

$V_1$  : ( - rms)

$I_h$  :

$Z_h$  :

$T_h$  : 가

$H$  : 5,000[Hz]

, 가 .

나. 중성선케이블 과열

5 가

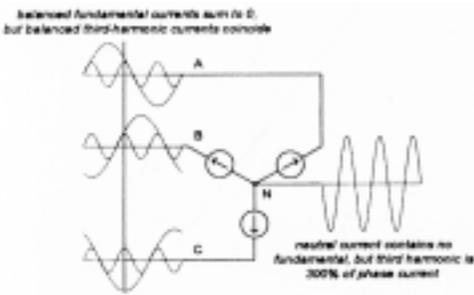
마. 역률 저하

PF = cos

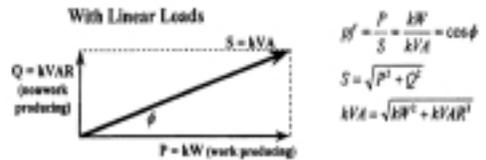
, 3 3 180Hz

가 가 .

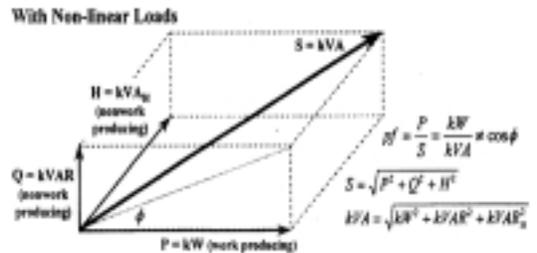
3



5



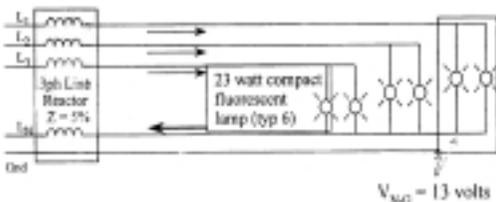
다. 중성선 대지전위 상승 3 가



3  $V_{N-G} = I_n(R + j3X_L)$

Data (dPF: ) 100%

가 83% (PF) 76%



라. 통신선 유도장해 증가 3 가

					(PF)	(dPF)		
376.7V	214.9A	61.74kW	80.93kVA	6.33kVAR	76%	100%	3.9%	83%

```

L11          Oct 28 2008 (Fri)
METERS      11:56:56 AM

Voltage 270.7 V rms
Phase (L-N) 0.00 deg
Phase (L-L) 0.00 deg
Unbalance 0.7%

Current 216.9 A rms
Phase (L-N) 0.00 deg
Phase (L-L) 0.00 deg
Unbalance 0.0%

Power 61.76 kW
Watt-Rated 80.00 kW
Watt-React 0.00 VAR
Power Factor 0.76 PF
Displacement Factor 1.00 dPF

Voltage THD 1.8% THD
C-N Volt: 4.25% THD
L-N Volt: 4.25% THD
C-N Volt: 4.25% THD

Current THD 97.8% THD
C-Current: 94.25% THD
L-Current: 94.25% THD
C-Current: 94.25% THD
    
```

Non-Linear( )  
(H)

- 77%( ) 99%( )

ALL CHANNELS SUMMARY REPORT f=60.03hz (A)					
	A	B	C	D	ABC
V	216.7	217.7	217.0	0.101	216.7
I	72.53	76.45	75.52	0.000	72.53
PF	0.776	0.781	0.776	0.000	0.766
lthd	74.75	73.30	73.35		

ALL CHANNELS SUMMARY REPORT f=60.03hz (A)					
	A	B	C	D	ABC
V	216.7	217.9	217.3	0.107	216.9
I	59.59	63.01	61.68	0.000	59.59
PF	0.998	0.988	0.984	0.000	0.988
lthd	6.388	6.033	5.737		

바. 변압기 손실 증가

가

가 가

$$W = W_R + W_E (W_R: \quad W_E: )$$

$$W = \sum_{n=1}^n I_n^2 R (1 + n^m)$$

가 가 가

사. 케이블 손실 증가

가, 가

$$R_{AN} = R_D \times (1 + s + p)$$

R<sub>D</sub> :

s :

p :

가

$$(Watt) = (I_N^2 \times R_{AN})$$

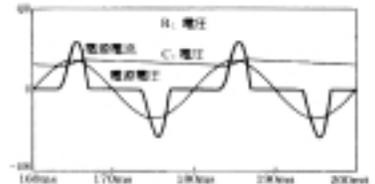
아. 변압기 출력감소

가

( )

50-60%

< >



$$THDF = \frac{2 I_{ture}}{rms}$$

THDF : Transformer Harmonics Derating Factor

<3 (ANSI/IEEE C57-110)>

$$THDF = \sqrt{\frac{P_{LL-R}(pu)}{P_{LL}(pu)}} \times 100[\%]$$

- \*  $P_{LL-R}(pu) = 1 + P_{EC-R}(pu)$
- \*  $P_{LL}(pu) = 1 + K\text{-Factor} P_{EC-R}(pu)$
- \*  $P_{EC-R}$  :
- K-Factor 13 (Mold TR)

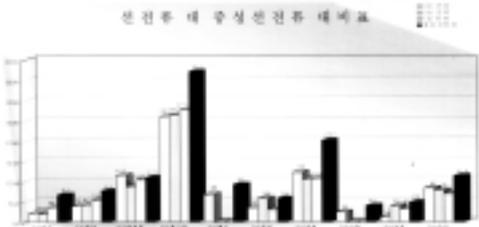
$$THDF = \sqrt{\frac{1 + 0.14}{1 + 13 \times 0.14}} \times 100 = 64[\%]$$

64%가

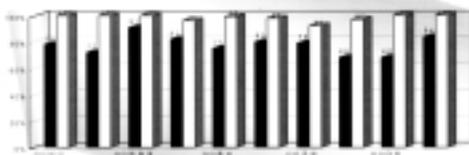
자. 발전기 출력저하

가

### 7) 수용가별 중성선 과전류 현황



고조파에 의해 저감된 역률-리코프



고조파로 인한 부하의 실제 역률률(THDF, %)



### 3. 영상고조파전류 저감장치(ZED:Zero harmonic Eliminating Device)

#### 1) 영상고조파전류 저감장치 원리

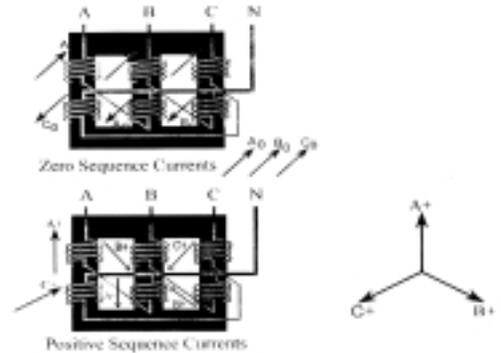
2

6

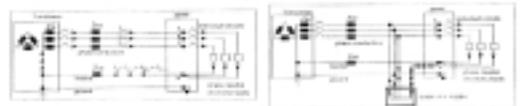
Cancel

ZED

가 ZED



6 ZED



7 ZED

7 ZED

ZED

가

ZED

ZED

#### 2) 영상고조파전류 저감장치 설치 후 영상분 전류 개선사례

(ZED)

4

4 (ZED)

N	208A	25A	183A
	3V	0.25V	2.75V
	5.3%	4.9%	0.4%
	66.3%	31.7%	34.6%
	80%	96%	16%
	97.3kVA	80.8kVA	16.5kVA
	77.9kW	75.7kW	2.2kW
	57.6kVAr	18.8kVAr	38.8kVAr

- (N ) 208A가  
25A

- 25A

- 가 3V 0.25V

- 가

- MCCB

5

2

5 (ZED)

N	643.0A	310.8A	332.2A
	9.3V	3.5V	5.8V
	10.0%	3.4%	6.6%
	46.4%	25.2%	21.2%
	97.5%	98.4%	0.9%
	885.3kVA	867.3kVA	18.0kVA
	878.7kW	859.7kW	19.0kW
	107.9kVAr	114.6kVAr	6.7kVAr

- 2 (N )

332A

- 18F 가 9.3V

3.5V

- ZED

가

- MCCB

6

6 (ZED)

N	911.5A	851.4A	60.1A
	5.6%	2.7%	2.9%
	66.1%	57.2%	8.9%
	96.9%	97.1%	0.2%
	1086.9kVA	1077.6kVA	9.3kVA
	1052.7kW	1046.4kW	6.3kW
	270.5kVAr	257.4kVAr	13.1kVAr

- 2 ZED 1  
ZED 가

가

- 2 (N )

60A

- ZED

가

- MCCB

< >

가

( )

1 223-

12 1 304

TEL : 031-737-9290, FAX : 031-737-9298

E-mail : psdtech@psdtech.com

http://www.psdtech.co.kr

10 32-8

TEL : 02-875-6524, FAX : 02-888-4473