

고조파 전류에 의한 변압기 온도상승

김 낙 응 / 건축전기설비기술사
문 병 주 / 건축전기설비기술사

1. 개요

UPS
가
IEEE Std C57.110-
1998(ANSI Std C57.110-1998)

가
(가) 가
가

(, ,)

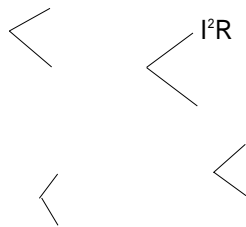
2.1 와류손

- 1) = 0.67 x
()
- 2) = 0.33 x
()

2.2 권선의 와류손 분류

- 1) 60%,
40%
- 2) 가 4:1 ,
1000A
70%,
30%

2. 기본사항



2.3 권선의 와류손 특성

가
(hottest spot)
400%

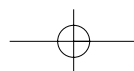
3

$$P_{TSL-R} = P_{LL-R} - (I_R + I_R) \text{ (watt)}$$
 2.1

$$P_{EC-R} = 0.67 \times P_{TSL-R} \text{ (watt)}$$

$$P_{EC-R} = 0.33 \times P_{TSL-R} \text{ (watt)}$$

$$P_{OSL-R} = P_{TSL-R} - P_{EC-R} \text{ (watt)}$$



2.2 ()
 $0.6 P_{EC-R}$ $0.7 P_{EC-R}$

2.3
 400% 3
 I_R

$$P_{EC-R}(pu) = \frac{2.4 \times P_{EC-R}}{3 \times (I_{2-R})^2 \times R_2} (pu)$$

$$P_{EC-R}(pu) = \frac{2.8 \times P_{EC-R}}{3 \times (I_{2-R})^2 \times R_2} (pu)$$

()

IEEE Std C57.110-1998 (21) 가
 (hottest spot)

$$g1 = g1-R \times ((1 + 2.4 \times F_{HL} \times P_{EC-R}(pu)) / (1 + 2.4 P_{EC-R}(pu))^{0.8} ()$$

$$g1 = g1-R \times ((1 + 2.8 \times F_{HL} \times P_{EC-R}(pu)) / (1 + 2.8 P_{EC-R}(pu))^{0.8} ()$$

3. 건식 변압기(물드 변압기 포함)

3.1 사양

- 1) 정격사항
 3, 1000kVA, 22.9kV/380-220V, Delta/Wye,
 , 1 (I_{1-R}) = 14.56A, 2
 (I_{2-R}) = 1519A

2) 상세특성

	99.0%	
(P _{NL})	3030Watt	
(P _{LL-R})	7575Watt	
R ₁	6.047ohm	1
R ₂	0.000371ohm	1
	104:1	= 22900 / 380 / √3
(I _{1-R}) ² R ₁	1282Watt	
(I _{2-R}) ² R ₂	856Watt	
P _{TSL-R}	1161Watt	= 7575 - 3 × (1282 + 856)
P _{EC-R}	778Watt	= 0.67 × 1161
Max. P _{EC-R}	0.848	= 2.8 × 778 / (3 × 856)

3.2 고조파 전류

h	1	2	3	4	5	6	7
I _h /I ₁	1.00	0.04	0.092	0.022	0.412	0.018	0.199
h	8	9	10	11	12	13	
I _h /I ₁	0.010	0.018	0.015	0.046	0.010	0.048	

(60Hz) 1.00

h	I _h /I ₁	(I _h /I ₁) ²	h ²	(I _h /I ₁) ² h ²
1	1.000	1.000	1	1.000
2	0.044	0.00194	4	0.00776
3	0.092	0.00846	9	0.07614
4	0.022	0.00048	16	0.00765
5	0.412	0.16974	25	4.24350
6	0.018	0.00032	36	0.01152
7	0.199	0.03960	49	1.9404
8	0.010	0.00010	64	0.0064
9	0.018	0.00032	81	0.02592
10	0.015	0.00023	100	0.02300
11	0.046	0.00212	121	0.25652
12	0.010	0.00010	144	0.01440
13	0.048	0.00230	169	0.38870
	-	1.226	-	8.002

3.3 정격 전류의 변화

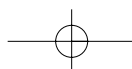
I(pu) 1.107
 $I = \sqrt{1.226} = 1.107(pu)$
 IEEE Std C57.110-1998 (16)

가 (local loss density)

$$F_{HI} = (I_h / I_1)^2 h^2 / (I_h / I_1)^2 = 8.002 / 1.226 = 6.528$$

$$P_{LL}(pu) = I(pu)^2 \times (1 + F_{HL} \times P_{EC-R}(pu)) (pu) = 1.226 \times (1 + 6.528 \times 0.848) (pu) = 8.013(pu)$$

RMS IEEE Std C57.110-1998 (17)



$$I_{Max}(pu) = \left(\frac{P_{LL-R}(pu)}{1 + F_{HL} \times P_{EC-R}(pu)} \right)^{1/2} (pu)$$

3.2

$$I_{Max}(pu) = \sqrt{\frac{1 + 0.848}{1 + 6.528 \times 0.848}} (pu)$$

$$= 0.532 (pu)$$

RMS

$$I_{Max}(A) = 0.532 \times 1519 = 808A$$

가 가

4. 유입변압기

4.1 사양

1) 정격사항
 3 , 2500kVA^{NL}, 22.9kV/380-220V, Delta / Wye, 1, (I_{1-R}) = 36.39A, 2 (I_{2-R}) = 3798 A

2) 상세특성

	(P _{NL})	99.1%	
	(P _{LL-R})	3784Watt	
		18920Watt	
	()	55	
		55	Top oil rise
		65	Hot spot
R ₁		2.252ohm	1
R ₂		0.0001378ohm	1
		104:1	= 22900/ 380/
			√3
(I _{1-R}) ² R ₁		2982Watt	1
(I _{2-R}) ² R ₂		1988Watt	1
	(P _{TSL-R})	4010Watt	
	(P _{EC-R})	1323Watt	= 4010 × 0.33,
	(P _{OSL-R})	2687Watt	= 4010 × 0.67

4.2 고조파 전류

h	1	3	5	7	9
h/h ₁	1.00	0.453	0.267	0.186	0.0915
h	11	13	15	17	19
h/h ₁	0.0712	0.0512	0.0425	0.0402	0.0387

(60Hz) 1.0

h	h/h ₁	(h/h ₁) ²	h ²	(h/h ₁) ² h ²	h ^{0.8}	(h/h ₁) ² h ^{0.8}
1	1.00	1.000000	1	1.000000	1.000000	1.000000
3	0.453	0.205209	9	1.846881	2.408225	0.494189
5	0.267	0.071289	25	1.782225	3.623898	0.258344
7	0.186	0.034596	49	1.695204	4.743276	0.164098
9	0.0915	0.008372	81	0.678152	5.799546	0.048555
11	0.0712	0.005069	121	0.613402	6.809483	0.034520
13	0.0512	0.002621	169	0.443023	7.783137	0.020403
15	0.0425	0.001806	225	0.406406	8.727161	0.015763
17	0.0402	0.001616	289	0.467036	9.646264	0.015589
19	0.0387	0.001498	361	0.540666	10.54394	0.015792
	-	1.332077	-	9.472996	-	2.067254

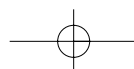
3 RMS
 I(pu) 1.15
 I = 1.332077 = 1.15(pu)
 5

factor
 F_{HL} 7.11
 F_{HL} = 9.472996 / 1.332077 = 7.11
 7

factor
 F_{HL} 1.55
 F_{HL} = 2.067254 / 1.332077 = 1.55
 75% ()
 가

$$P_{LL}(pu) = 1.15^2 \times 0.75^2 = 0.744(pu)$$

	(watt)	(watt)	F _{HL}	(watt)
I ² R	3784	3784	-	3784
	14910	11093	-	11093
	1323	984	7.11	6996
	2687	1999	1.55	3098
	22704	17860	-	24971



4.3 온도 상승

() IEEE Std C57.110-1998 (18)

$$T_{0} = 55 \times \left(\frac{24971}{22704} \right)^{0.8} = 59.4$$

$$(I_{2-R})^2 \times R_2(3) = 3 \times 1988 = 5964 \text{ watt}$$

$$I_2^2 \times R_2(3) = 5964 \times (1.15 \times 0.75)^2 = 4437 \text{ watt}$$

2.2 2) 가 104:1
가 3798A
70%, 30%
4
IEEE Std C57.110-1998 (20)
(21) ()

$$g = (65-55) \times \left(\frac{4437 + 6996 \times 2.8}{5964 + 1323 \times 2.8} \right)^{0.8}$$

$$= 10 \times \left(\frac{24026}{9668} \right)^{0.8}$$

$$= 20.7$$

$$59.4 + 20.7 = 80.1$$

$$80.1 \times 86\% = 65 \times 15.1$$

RMS

5. 기호의 의미

F_{HL} : factor

(harmonic loss factor)

h :
 I : RMS (A)
 I_1 : (60Hz)
RMS (A)
 I_{1-R} : (60Hz)
(A)
 I_2 : (60Hz)
RMS (A)
 I_{2-R} : (60Hz)
(A)
 I_h : h RMS (A)
 P_{EC-R} : (watt)
 P_{LL-R} : (watt)
 P_{NL} : (watt)
 P_{OSL-R} : (watt)
 P_{TSL-R} : (watt)
 R_1 : (1) (ohm)
 R_2 : (1) (ohm)
 g : ()
()
 g :
()
 g_{1-R} :
()
 T_0 : ()

“나무에 가위질을 하는 것은 나무를 사랑하기 때문이다.
부모에게 꾸지람을 듣지 않고 자란 아이는 똑똑한 사람이 될 수 없다.
겨울에 추위가 심할수록 오는 봄의 나뭇잎은 한층 푸르다.
사람도 역경에 단련되지 않고서는 큰 인물이 될 수 없다.”

-B.
(가, 가, , 가, 1706~90)-

