

高調波 問題와 그 低減 對策

Harmonic Problems and Countermeasures for Them

具 本 默

韓電 新蔚山電力所 送電部長

1. 序 論

最近 電子分野의 急速한 發展으로 電力 産業分野에도 電力用 Transistor, Thyristor (Diode 包含) 등을 利用한 各種 機器의 普及이 날로 擴大될 뿐만 아니라 1개의 單位容量도 점차 커지고 있어 이들 Thyristor 應用機器에서 發生되는 高調波電流는 系統에서 電壓을 찌그러뜨리고, 電力用 Condenser의 過負荷, 機器의 誤動作, 通信線路의 誘導障害等 各種 障害를 일으켜 電氣事故의 發生, 供給信賴度의 低下等 電氣의 品質을 惡化시키고 있다. 한편 우리社會는 점차 文明水準의 向上과 더불어 電氣에 對한 要求도 定電壓 維持, 定周波數 維持, 無停電供給뿐만 아니라 波形도 歪形없는 電氣의 供給을 願하게 되었다. 그러므로 電氣의 品質向上을 위한 高調波의 研究와 檢討, 그리고 各種 低減對策이 要求되고 있어 本稿에서는 우선 高調波를 發生하는 機器와 高調波에 障害를 받는 機器들에 對하여 알아본 후 이들 障害를 低減시키는 方案에 對하여 간단히 紹介하고자 한다.

2. 高調波의 發生

가. 高調波 發生源

現在 使用되고 있는 機器中 高調波를 發生하는 機器는 大略 Thyristor 應用機器, 變壓器, 回轉機等과 같이 磁氣飽和에 依해 波形의 Distortion을 가져오는 機器, Arc爐等과 같이 非線形特性을 갖는 機器, 그리고 位相制御回路를 갖는 Power-Electronics 機器 등이 있다. 이들 機器에 屬하는 設備로는 化學 또는 製鍊工場等의 大容量整流器, 直流送電用整流器, 製鋼業의 圧延機用 直流電動機의 變換裝置, 地下鐵, 電鐵等의 變換裝置, Arc爐, 電氣爐 等과 家電製器으로는 電氣毛布, 電子렌지, TV 등이 있다.

표 1은 이들 高調波 發生源을 障害件數別로 나타낸 것이며 發生源中 73%가 Thyristor 應用機器에 依한 障害이므로 이에 對한 檢討와 對策이 要求됨을 알 수 있다.

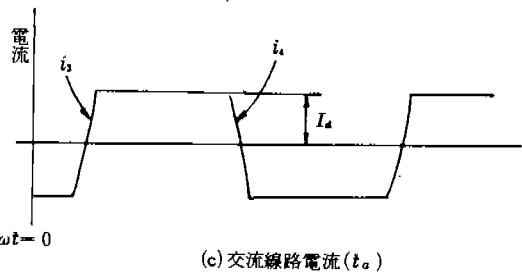
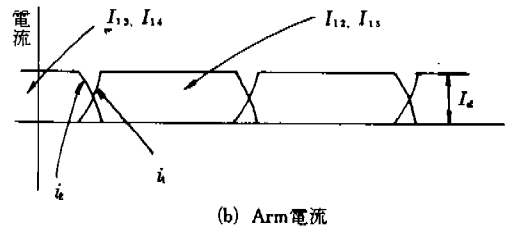
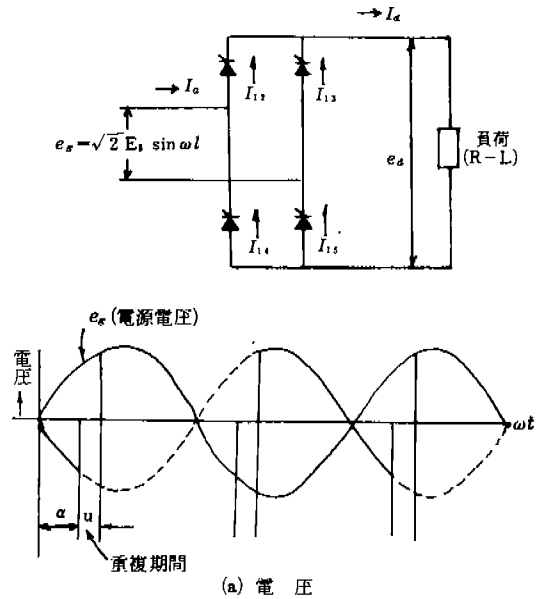
나. 高調波 理論

任意的 周期波形(非正弦波)은 數個의 正弦波形의 合成으로 表示할 수 있으며 이를 Fourier 級數로 展開할 수 있다. 即 波高值가 1인 離形波를 Fourier 級數로 展開하면 아래式과 같다.

$$y = \frac{1 \times 4}{\pi} \left(\underbrace{\sin \omega t}_{\text{基本波}} + \frac{1}{3} \sin 3 \omega t + \frac{1}{5} \sin 5 \omega t + \frac{1}{7} \sin 7 \omega t + \dots \right) \quad \text{高調波}$$

〈표-1〉 高調波發生源과 事例件數〔文献가〕

高調波 發生源		事例件數 件(%)
發生器具	機器	
Thyristor 等의 半導體를 使用한 機器의 整流器에서 發生하는 것	Thyristor Leonard裝置	9 (30)
	Cyclo-Converter	3 (10)
	抵抗鎔接器(Thyristor와 Silicon 使用)	3 (10)
	" (Thyristor使用)	2 (6.7)
	靜止型 周波數變換器	2 (6.7)
	Thyristor 整流器	1 (3.3)
	電氣爐附屬制御整(Thyristor使用)	1 (3.3)
	Silicon 整流器	1 (3.3)
水銀 "		
小 計		22 (73.3)
Arc爐等非線形 機器로부터 發生하는 것	Arc 爐	2 (6.7)
不 明		6 (20)
合 計		30 (100)



〈그림-2〉 1φ Bridge 整流器 回路 및 動作波形

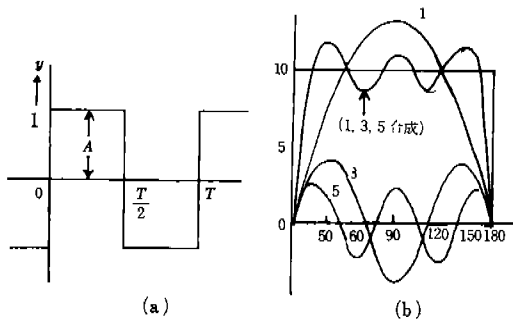
$$i = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_a \left(\cos \omega t \mp \frac{1}{5} \cos 5 \omega t \pm \frac{1}{7} \cos 7 \omega t - \frac{1}{11} \cos 11 \omega t + \frac{1}{13} \cos 13 \omega t \dots \right)$$

가 되며, 이식은 6 pulse 整流器에 對한 理論(特性) 高調波로 5, 7, 11,

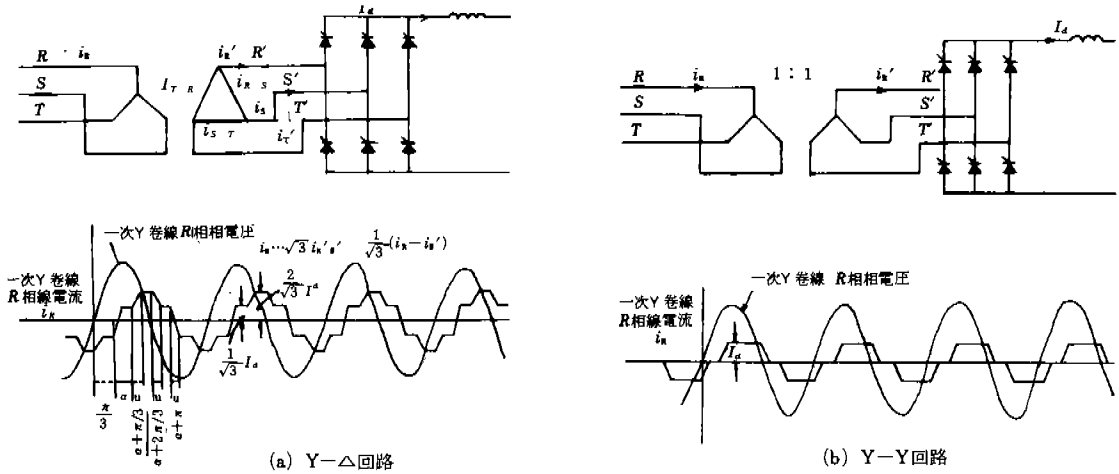
다시 말하면 短形波는 基本波(波高值 $\frac{4}{\pi}$)와 奇數 高調波(波高值는 基本波의 1/3, 1/5, 1/7...等)의 合成으로 되어 있음을 알 수 있다(그림 1)

高調波의 主發生源인 Thyristor 應用機器(1φ, 3φ Bridge 整流器, 多相 整流器, Cycloconverter, 交流電力調整器等)中 代表的인 1φ, 3φ Bridge 整流器의 回路 및 動作波形은 그림 2, 3과 같다.

그림 3의 3φ Bridge 整流回路에서 發生高調波 電流를 Fourier 級數로 展開하면



〈그림-1〉 短形波의 合成



〈그림-3〉 3φ Bridge 整流器의 回路 및 動作波形

13次等이 發生되고 12pulse경우는 11, 13, 23, 25次等의 高調波가 發生된다. 一般的으로 Bridge回路의 高調波 發生次數(n)는 P pulse 整流器 경우 $n = mp \pm 1$ ($m = 1, 2, 3 \dots$)의 式이 成立하며 各次 高調波의 크기는 重複角(u ; Commutating Angle)과 制御遲延角(α ; Firing delay angle)이 없다면 基本波電流(I_1)에 對하여 $I_n = \frac{1}{n} \times I_1$ 의 理論的 크기를 갖는다.

그러나 實回路에는 u, α 의 相間變化, 供給電壓의 相間 不平衡, 直流出力의 ripple等의 影響으로 非理論(非特性) 高調波가 存在하며 이들 高調波에 對한 次數別 크기는 표 2와 같다.

其他 Arc 爐, 回轉機 및 變壓器等의 高調波 發生

을 살펴보면 Arc 爐는 電極端의 短絡 및 開放으로 電流가 不規則한 動搖를 반복하고 一般的으로 Arc 爐用 變壓器容量의 10~30%程度의 第3 調波를 主成分으로 한 高調波가 發生된다. 第3 調波는 零相分으로 變壓器에 Δ結線을 設置하여 吸收할 수 있다. 一般的으로 Arc 爐에서는 高調波보다는 오히려 Flicker가 問題되고 있어 Flicker 對策을 充分히 遂行하면 高調波는 問題視되지 않는다.

回轉機 경우는 構造上 Slot에 依한 高次 高調波와 鐵心飽和에 依한 것이 있지만 發生量이 적어 問題되지 않는다.

變壓器 경우는 鐵心の Hysteresis 現象 때문에 勵

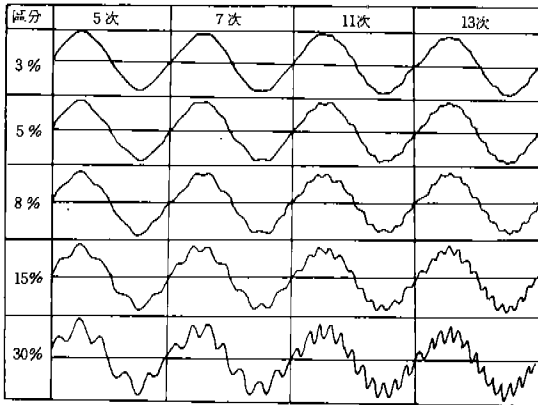
〈표-2〉 高調波 次數別 크기

區 分	$\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$	$\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$	次 數 別 高 調 波 含 有 率 ($I_n/I_1 \times 100\%$)																	
			1	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37	41	43	47	49	
理論最大高調波 電 流	6pulse	104.4	30.0	100	20	14.3	9.1	7.7	5.9	5.3	4.3	4	3.4	3.2	2.9	2.7	2.4	2.3	2.1	2.0
	12 "	101.0	14.2	100	-	-	9.1	7.7	-	-	4.3	4	-	-	2.9	2.7	-	-	2.1	2.0
	18 "	100.43	9.3	100	-	-	-	-	5.9	5.3	-	-	-	-	2.9	2.7	-	-	-	-
	24 "	100.21	6.5	100	-	-	-	-	-	-	4.3	4	-	-	-	-	-	-	-	2.1
ACE Report No.15. 1979	6 "	100.28	21.5	100	17.5	11.0	4.5	3.0	1.5	1.25	0.75	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-
	12 "	100.18	6.1	100	(2.0)	(1.5)	4.5	3.0	(0.2)	(0.5)	0.75	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-
	18 "	100.06	3.6	100	(2.0)	(1.5)	(1.0)	(0.75)	1.5	1.25	(0.1)	(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-
	24 "	100.01	3	100	(2.0)	(1.5)	(1.0)	(0.75)	(0.2)	(0.15)	0.75	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-

()內는 非理論 高調波值임.

磁電流에 많은 奇數高調波를 갖게 되며 高調波의 次數別 크기는 鐵心材質과 磁速密度에 따라 다르지만 普通 第3調波成分이 많으므로 △卷線을 設置하여 吸收토록 한다.

참고로 基本波 波形에 第5~13次 高調波을 各各 數% (基本波에 對한 값)씩 合成한 찌그러진 波形의 變化를 보면 그림 4와 같다.



〈그림-4〉 基本波에 高調波 合成경우 波形의 變化 [文獻다]

다. 高調波 回路의 解析

高調波 發生機器가 系統에 存在할 경우는 高調波에 依한 障害 與否를 檢討하기 爲하여 豫測計算이 必要하나, 實系統경우 高調波 發生源이 多種多樣하고 系統別로 高調波 傳播特性이 다르며, 高調波의

影響을 받는 機器의 種類 및 程度도 多樣하여 精確한 分析은 어렵고, 또한 計算도 複雜하여 Computer에 依한 計算이 要求된다.

高調波 計算時 高調波 發生源은 一般的으로 電源 및 Condenser 등의 機器 Impedance보다 크기 때문에 定電流源으로 取扱하며, 線路 경우도 分布定數로 取扱하여야 하나 간단한 回路에서는 集中定數回路로 計算한다.

이제 그림 5와 같은 간단한 回路에서 基本波와 高調波 回路의 各 枝路의 電流分布를 求하면 아래와 같다.

$$I_{11} = \frac{E}{Z_1 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3}}, \quad I_{12} = I_{11} \left(\frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} \right),$$

$$I_{13} = I_{11} \left(\frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \right), \quad I_{n1} = I_n \left(\frac{Z_{n3}}{Z_{n1} + Z_{n3}} \right)$$

$$I_{n3} = I_n \left(\frac{Z_{n1}}{Z_{n1} + Z_{n3}} \right)$$

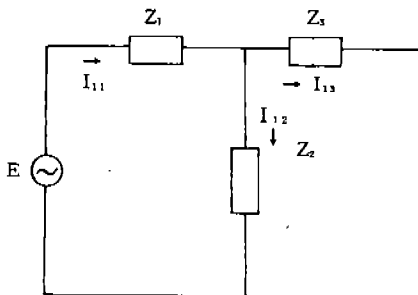
上記電流值를 利用하여 回路 各 Node에서의 基本波 電壓 및 高調波電壓을 求할 수 있어

$$\text{高調波含有率} \left(\frac{I_n}{I_1} \times 100\%, \frac{E_n}{E_1} \times 100\% \right),$$

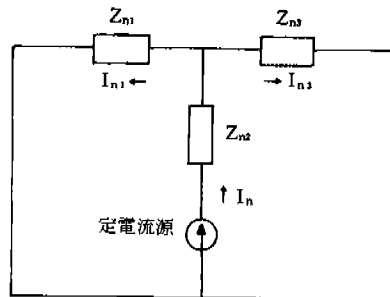
電壓綜合 歪形率 (DF (distortion factor))

$$= \frac{\sqrt{E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2}}{E_1} \times 100\%$$

等價妨害電流 ($J_p = \sqrt{\sum (S_n \cdot I_n)^2}$, S_n ; 等價妨害係數) 및 I·T積 (IT積 = $\sqrt{\sum (TIF \cdot I_n)^2}$, TIF; TIF係數) 등의 高調波 豫測計算이 可能하다.



(基本波 回路)



(高調波 回路)

〈그림-5〉 等價回路

3. 高調波 障害의 種類 및 障害를 받는 機器

高調波 障害의 形態로는 大略

(i) 過大한 高調波 電流의 流入으로 機器의 過負荷, 過熱, 騒音, 振動 및 電磁作用에 依한 通信線 誘導障害

(ii) 電壓波形的 찌그러짐에 依한 計裝, 制御裝置 等의 影響 및 繼電器의 誤動作 等이다. 表 3은 이들 障害를 받는 機器들을 障害種類와 함께 表로 만든 것이다.

또한 이들 障害를 받는 機器別 障害件數를 要略 하려면 表 4와 같으며 이들 中 電力用 Condenser 및 Reactor의 事故 點有率이 71%로 높게 나타나고 있

어 이들에 對한 集中 分析이 要求된다.

가. 電力用 Condenser 의 對高調波 特性

電力用 Condenser의 障害는 燒損, 過負荷, 過熱, 異常音, 振動等으로 나타나고 있으며, 構造上으로 Condenser의 連續許容限界(高調波를 包含한 電流實 効值가 定格電流의 135%以內)는 低次(3~5次)경 우에는 耐電壓面에서, 그보다 큰 高次에 對하여는熱 破壞面에서 制限을 받는다. 또한 直列 Reactor의 連續使用限界(5次電流의 含有率이 基本波 電流의 35% 以內에서 合成 電流值가 定格電流의 120% 以內)는 一般的으로 熱的인 制限을 받는다.

Condenser 및 Reactor 障害中 騒音은 騒音의 種類, 周圍環境, 設置位置, 製器의 構造, 發生條件等 에 따라 變化하여 正確한 糾明은 곤란하지만 騒音

〈표-3〉 機器別 高調波 障害의 種類

機器名	障害의 種類	機器名	障害의 種類
Condenser. 또는 Reactor	○高調波電流에 對하여 回路의 Impedance가 共振現象等으로 減小하여 過大한 電流가 流入하게 되어 過熱 燒損, 振動 또는 騒音의 發生	積算電力計	○電壓, 電流 有交磁束이 非線形特性에 依해 磁束變化가 完全히 對應하지 않아 測定 誤差 ○高調波電流의 過大한 流入에 依한 電流Coil의 燒損
		音響機器 (TV, Radio, 앰프)	○高調波電流, 電壓에 依한 Diode, Transistor, Condenser 等 部品の 故障, 壽命의 低下, 性能의 劣化 ○雜音, 映像의 잡박임
變壓器	○高調波電流에 依해 磁束의 찌그러짐이 생기고 騒音의 發生 ○高調波電流, 電壓에 依한 鐵損, 銅損의 增加로 容量減少	電子計算機	計算機動作에 惡影響
螢光燈	○高調波電流에 依해 Impedance가 減少하여 過大한 電流가 力率改善用 Condenser나 安定器 Coil에 흘러 過熱, 燒損	整流器等의 各種制御裝置	制御信號의 位相의 어긋남에 依한 誤制御等
Cable	○三相 4線式回路의 中性線에 高調波電流가 흘러 中性線의 過熱	負荷集中 制御裝置	制御信號의 混亂에 依한 受信器의 誤不動作
通信線	○電磁誘導에 依한 雜音電壓의 發生	繼電器	高調波電流 또는 電壓에 依한 整定 Level의 超過 또는 位相變化에 依한 誤不動作
誘導電動機	○高調波電流에 依한 定常振動 Torque의 發生에 따른 回轉數의 周期的 變動 ○鐵損, 銅損等의 損失增加	電力 Fuse	過大한 高調波電流에 依한 熔斷
計器用 變成器	○計器用變成器에 初期 位相 誤差가 있는 경우는 $\pm \delta \tan \phi$ (ϕ 는 Thyristor 位相制御等의 制御電流의 位相角)의 影響에 依한 測定精度의 惡化	NFB	過大한 高調波電流에 依한 誤動作

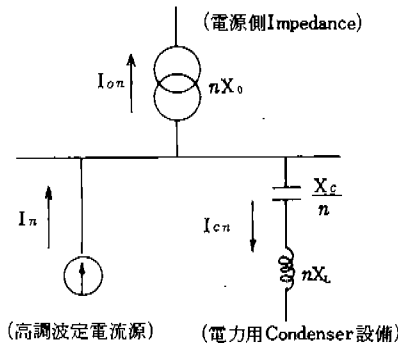
〈丑-4〉 高調波 障害를 받는
機別發生件數 [文獻마]

影響을 받는 機器		件數 (%)
調 相 用 機 器	電力用 Condenser	Reactor 有 11 (24) Reactor 無 7 (16)
	Condenser用 Reactor 14 (31)	
	小 計 32 (71)	
其 他	過電流 繼電器	3 (7)
	Radio, TV, 無線	3 (7)
	X線 Micro Analyzer	1 (2)
	電力 Fuse	2 (5)
	低周波 誘導爐	1 (2)
	Motor	1 (2)
	積算電力計	1 (2)
	Pocket Bell	1 (2)
小 計 13 (29)		
合 計 45 (100)		

이나 振動이 性能上 큰 問題는 되지 않는다. 그렇지만 이 경우 端子나 Case의 溫度上昇, 流入電流等을 調査하여 規格의 許容限度內에 있는가를 確認할 必要가 있다.

그림 6은 電力用Condenser를 高調波 發生源과 並列로 電源에 連結한 簡單한 回路이다.

그림 6의 等價回路에서 電源側 및 Condenser回路에 흐르는 高調波 電流를 求하면



$$I_{cn} = I_n \frac{nX_o}{nX_o + \left(nX_l - \frac{x_c}{n} \right)}$$

$$I_{on} = I_n \frac{nX_l}{nX_o + \left(nX_l - \frac{x_c}{n} \right)}$$

여기서 $A = nX_l - \frac{X_c}{n}$ 로 놓고 式을 整理하면

$$I_{cn} = I_n \frac{1}{1 + \frac{A}{nX_o}}, \quad I_{on} = \frac{\frac{A}{nX_o}}{1 + \frac{A}{nX_o}}$$

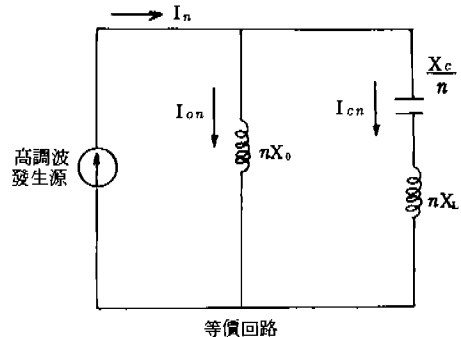
그러므로 上記式에서 $A (= nX_l - \frac{X_c}{n})$ 가 負(容量

性)가 되면 I_{cn} 또는 I_{on} 이 I_n 보다 커진다. 即 回路條件에 따라서는 發生 高調波보다도 더 큰 高調波電流가 系統 또는 Condenser에 흐를 수 있음을 나타내며 이를 高調波 擴大現象이라 한다. 各 回路條件에 對한 高調波電流의 分流樣相을 보면 표 5와 같다.

따라서 電力用Condenser設備 運用時 留意할 點 몇가지를 살펴보면 아래와 같다.

1) 直列Reactor有 또는 無인 Condenser를 並列로 섞어 運轉할 때는 直列reactor有쪽에 高調波가 擴大된다. 그러므로 直列 Reactor有 Condenser群을 新, 增設하는 경우에는 過負荷等에 對한 檢讨가 要求되며, 反對로 直列Reactor無 Condenser群을 新, 增設하는 경우에는 既設 直列Reactor有 Condenser群의 電流 耐量을 檢讨해야 한다.

2) Condenser群의 一部를 撤去하거나 他 直列



〈그림-6〉 高調波의 分類

〈丑-5〉 高調波電流의 分類形態

形態	分流的 樣相	Impedance 條件	備考
擴大 없음		誘導性 $nX_{L1} - \frac{X_{C1}}{n} > 0$	X_{L1} 을 크게 할수록 Condenser의 過負荷 條件을 더 輕減시킬 수 있다.
直列共振 (Filter)		$nX_{L1} - \frac{X_{C1}}{n}$	直列共振이 되고, Condenser는 Filter에 對한 仕様을 滿足할 必要가 있다.
高調波擴大	Condenser 側擴大	容量性 $-\frac{1}{2} < \frac{nX_{L1} - \frac{X_{C1}}{n}}{nX_{S1}} < 0$	Condenser 設備側의 電流가 擴大된다.
	並列共振	容量性 $-2 \frac{nX_{L1} - \frac{X_{C1}}{n}}{nX_{S1}} \leq -\frac{1}{2}$	並列共振이 되고 各電流도 極端의으로 擴大되기 때문에 絶對로 避해야 된다.
	電源側擴大	容量性 $\frac{nX_{L1} - \frac{X_{C1}}{n}}{nX_{S1}} < -2$	電源側의 電流가 擴大되고 母線電壓의 歪가 增加한다.

Reactor를 組合하는 경우, 그리고 1台的 直列Reactor에 接續된 數群의 Condenser群을 可變調整하는 경우에는 系統Reactance와 共振與否를 檢討하여야 한다.

3) 6%直列Reactor付 Condenser에서도 第3調波에 對하여는 全体Reactance가 容量性이기 때문에 系統定數에 따라서는 第3調波에 共振하는 경우가 있다. 그러므로 Arc爐 等과 같이 第3調波 電流를 發生하는 負荷 隣近에 設置하는 Condenser 設備는 Condenser 容量의 13%直列 Reator를 設置하여 共振現象을 防止하여야 한다. (第3調波 直列 Reactor의 %値는 $\sqrt{\frac{1}{\alpha}} = 3$ 에서 $\alpha \approx 0.11$ (11%)이나 裕度를 考慮하여 13%로 함)

4) 混合Bridge (Thyristor와 Diode의 組合Bridge) 回路方式은 偶數次 高調波電流를 發生하기 때문에 特히 6% 直列Reactor付 Condenser의 共振을 일으킬 수 있다 (6% 直列Reactor의 共振點은 4.1次로서 第4調波에 注意를 要함)

5) 直列Reactor는 經濟性 등의 理由로 鐵心을 넣어 製作하는 것이 普通이다.

이 경우 高調波를 包含한 全流入 電流가 許容限度를 넘으면 鐵心의 磁速密度가 飽和領域에 達하여 直列Reactor의 Reactance 값이 低下되어 共振現象을 일으킬 경우도 있다.

나. 計裝設備의 對高調波 特性

計器의 變成器, 電力量計, 指示型計器, 配線用遮

器, 漏電遮斷器等은 高調波를 含有하면 動作特性에 어느 程度의 變化는 있지만 含有率이 極端의 으로 크지 않으면 實用上 特히 問題는 되지 않는다.

다. Relay設備의 對高調波 特性

靜止型 및 電磁型의 過電流Relay, 過電壓Relay, 不足電壓Relay에 對하여는 電磁型에 比하여 靜止型이 高調波에 對하여 誤動作할 可能性이 크지만 波形이 極端의 으로 찌그러지지 않으면 實用上 問題가 되지 않는다.

라. 電力量計의 對高調波 特性

誘導型 電力量計에 高調波電壓, 電流가 印加된 경우에 誤差特性은 實驗結果 第5調波 含有率3.5%에 對하여 誤差가 -0.1% 以下(읽을 수 없는 水準)로서 問題가 되지 않는 것으로 나타났다.

4. 高調波 低減對策

高調波 低減對策은 原則的으로 高調波 發生源에서 抑制하여야 하나 現在의 技術水準으로는 完全히 抑制할 수 없으므로 高調波 發生 原因者側, 被害機器側, 電力供給者側에서 아래의 各種 對策中 效果

〈표-6〉 高調波障害防止 對策

對策例所 對策方法	發生機器	配電系統	被害機器
高調波發生量의 低減	<ul style="list-style-type: none"> · pulse數의 增加 · 制御延角의 低減과 電流reactance의 增加 · PWM 制御方式에 따른 搬送周波數의 高周波化 	<ul style="list-style-type: none"> · 配電線相間電壓의 평형화 	
Impedance의 變更	<ul style="list-style-type: none"> · 交流filter의 設置 	<ul style="list-style-type: none"> · 短絡容量의 增加 · 供給配電線의 電容化 · 系統의 切替 · 交流filter의 設置 	<ul style="list-style-type: none"> · 進相콘덴서의 直列리액터附加 · 運用에 의한 對策 · 交流filter의 設置
機器의 耐量 強化			<ul style="list-style-type: none"> · 位相制御回路의 filter挿入 · 特殊耐品의 設置

的이고 經濟的인 方法을 檢討 施行하여야 할 것이다.

가. 高調波 發生源부터 低減시키는 方法(原因者側 對策)

高調波가 發生되지 않는 機器의 使用 또는 高調波 發生量을 줄이는 方法等 發生量을 1/2로 하면 機器 接續點에서의 찌그러짐도 1/2로 된다.

나. 對象回路의 Impedance를 變更하는 方法(原因者側, 被害側, 電力供給者側의 對策)

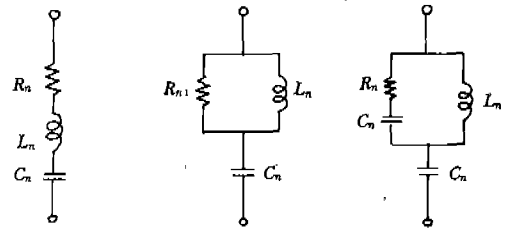
高調波의 分類條件을 變更하는 方法으로서 障害事例를 보면 該當回路가 並列 共振에 가까워 高調波의 異常擴大을 일으키는 경우가 많다. 이는 Impedance가 容量性이 되기 때문에 이것을 誘導性으로 바꾸어 주면 被害를 大幅줄일 수 있다.

다. 機器의 高調波 耐量을 強化시키는 方法(被害者側 對策)

機器의 高調波 耐量을 強化함이 바람직하나 이 方法은 特히 位相制御를 行하는 精密機器에 對하여 必要한 手段이다. 그러나 一般機器에 廣範圍하게 障害가 豫想되는 경우에는 該當 系統의 찌그러짐을 根本的으로 改善함이 바람직하다. 以上 이들 對策을 簡單히 表로 만들면 표6과 같다.

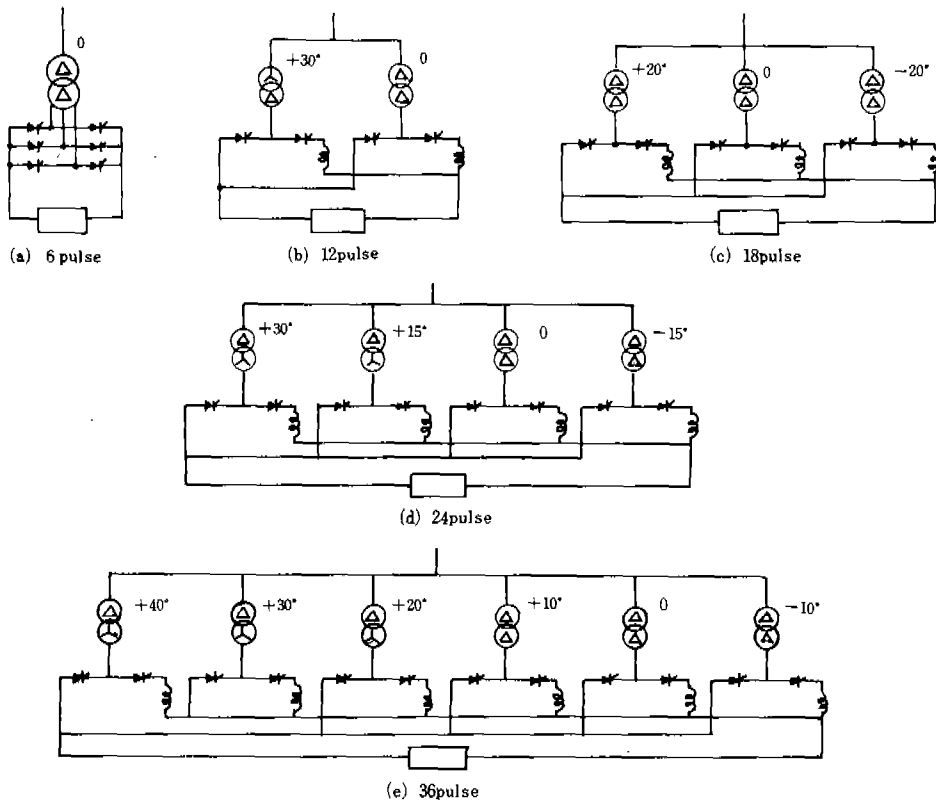
표6 중에서 效果가 比較的 큰 몇가지 方法을 要約하면 다음과 같다.

그림7은 交流Filter의 基本回路로서 L과 C의 組合回路로 發生源 인근에 設置하여 필요한 次數의 高調波電流를 Filter로 吸收시켜 系統 또는 他 機器로 의 流出을 防止시키는 方法이다. 그러므로 Filter 設



(a) 共振分路 Filter (b) Bypass Filter

〈그림-7〉 交流Filter의 種類



〈그림-8〉 變壓器結線 變更에 依한 pulse 數 增加例

計時는 電源側 條件, 負荷側 條件, Filter의 機器製 作 條件等을 綜合的으로 檢討하여 設置하여야 한다.

또한 發生源의 低次高調波를 줄이기 위하여 pulse 數를 增加시키는 方法중 그림 8은 移相變壓器의 組 合으로 pulse 數를 增加시키는 方法을 보여주고 있다.

被害機器의 運用對策으로서는 Condenser 設備의 設置位置 變更, Condenser 投入 容量調整, Condenser 設備의 高調波 過電流Relay設置 等의 方法이 있다.

以上 各種對策의 效果 및 費用面에서 比較하면 표 7 과 같고 波形의 綜合歪率 變化에 따른 波形變化의 例는 그림 9 와 같다.

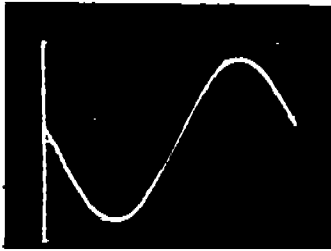
5. 高調波의 管理

高調波 管理는 系統의 障害를 減少시키기 爲하여 基準를 定하여 發生源인 需用家 設備의 新, 增設時

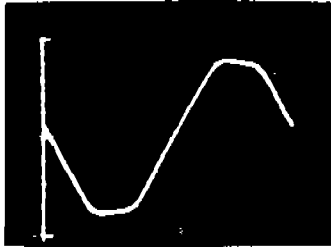
〈표-7〉 低減 對策別 效果 및 費用比較 [文獻바]

低 減 對 策	高調波電流의 低減 效果	費用
交流Filter의 設置	數10%以上	高
pulse 數의 增大 (新設時는 多pulse 變 換裝置의 採用, 增設時는 變換裝置用 變壓器의 結線變更)	數10%程度	中
特殊回路의 使用 回避 (混合Bridge 回 路을 純Bridge等으로 함)	10數%	中
制禦角 α 를 平衡化함	數%以下	中
轉流 Impedance를 크게 함	數%以下	中
高調波를 發生하지 않는 機器 (MG 等) 의 採用	數10%	高

適用 또는 既設系統의 高調波 水準等을 管理하는데 適用한다. 外國의 경우는 10餘年에 걸쳐 各種 委員



(a) 綜合重率 0.8%의 電流波形



(b) 綜合歪率 3.5%의 電流波形

〈그림-9〉 綜合 歪率別 波形的 찌그러짐

會 등에서 檢討하여 왔으나 統一된 基準을 定하지는 못하고 단지 各 電力會社別로 管理基準을 定하여 運營하고 있는 實情이다. 이는 高調波 問題가 多樣하고 複雜하여 一律적으로 規制하기가 곤란하기 때문이다.

우리나라에서는 82. 6부터 표8의 高調波 許容基準을 制定하여 大容量 需用家에 對하여 暫定 運用하고 있으며 83年度에는 高調波의 實態과악을 爲하여 全國 45個 需用家(電壓別, 業種別)에 對하여 高調波를 測定하였고 또한 研究課題로 選定하여 계속 研究中에 있다.

참고로 外國의 管理基準을 要略하면 表9, 10과 같다.

6. 結 論

電力系統에 Thyristor 應用機器 등의 高調波 發生機器가 급속히 增加하므로 이들 機器로 부터 發生되는 高調波는 各種 障害를 일으키고 있으며 특히 電力用 Condenser에 被害를 주고 있어 이를 減小 시

〈표-8〉 韓電의 管理基準 (暫定)

電壓 項目	系統 地中線路가 있는 S/S에서 供給되는 需用		系統 架空線路만 있는 S/S에서 供給되는 需用	
	電壓D.F	等價妨害電流	電壓D.F	等價妨害電流
66KV이하	3%		3%	-
154KV이하	1.5%	3.8A	1.5%	-

〈표-9〉 外國의 管理基準

英 國	美 國	西 獨	오스트레일리아
電壓歪率 4% (奇數調波 3%) (偶數調波 1.75%)	電壓歪率 一般系統 5% 專用系統 8%	電壓歪率 5.8% (第5, 第7 合計 5%) (第1, 第13合計 3%)	電壓歪率 5% (奇數調波 4%) (偶數調波 2%)

〈표-10〉 日本 Z 電力의 管理基準

區 分	各次高調波 電壓含有率	備 考
154KV이상의 送電系統	0.5%	D.F가 약 1.0%이하
66KV이하의 送電系統	1.0%	D.F가 약 2.0%이하

키기 爲한 低減對策이 필요하다. 交流Filter의 設置 pulse數의 增加等 發生源에서 減小시키는 方法이 效果의이나 高調波를 完全히 抑制할 수는 없으므로 高調波 發生 原因者側, 被害側 및 供給者側 등이 서로 協力하여 各種 低減 對策을 推進해야 할 것이다.

특히 供給者側面에서는 高調波에 對한 繼續的인 研究와 技術蓄積이 이루어져야 할 것이며, 需用家 및 高調波 發生機器 製作會社 등에 對하여도 充分한 啓蒙과 案內가 필요할 것이다.

또한 適切한 管理基準의 運用으로 高調波에 依한 障害抑制, 事故의 減小와 豫防 그리고 電力供給 信賴度의 向上을 도모함으로써 電氣의 品質改善에 이바지 할 수 있을 것으로 思料된다. *