

高調波管理基準과 測定方法

다이리스터應用機器의 大容量化와 應用分野의 擴大와 더불어 이들機器가 原因이라고 생각되는 高調波障害가 配電系統에 發生하는 事態까지 招來케 되었다. 今後도 高調波로 因한 障害가 擴大될 것이 豫見되어 電力의 質이라는 面에서 深刻한 問題가 될 것으로 憂慮된다. 여기에서는 配電系統의 高調波問題에 對하여 高調波障害를 未然에 防止하기 위하여 設定되어 있는 高調波管理基準의 思考方法, 動向 및 高調波電壓, 電流의 測定方法에 對하여 概說코저 한다.

1. 高調波管理基準의 思考方法

電力系統에 過대한 高調波電流가 흐르면 電力用 콘덴서設備의 過負荷 異音發生을 爲始하여 다이리스터制御裝置의 誤動作, 通信線에의 雜音障害, 機器損失의 增加等을 생각할 수 있다. 特히 配電系統에서는 電力用콘덴서設備(力率改善用콘덴서 및 直列리액터)의 障害가 大半을 占하며 또 各種機器의 高調波特性으로 보아 現在로서는 電力用콘덴서設備가 가장 影響을 받기 쉽다고 생각되고 있다.

配電系統에서의 이들 各種機器의 障害를 防止하기 爲하여는 高調波管理를 實施할 必要가 있는데 그 管理基準值의 尺度로서는 다음과 같은 것이 생각된다.

(1) 高調波 電壓

諸外國에서는 電壓歪曲率 D_f (distortion factor)를 基準值尺度로 한 高調波管理가 施行되고 있다.

電壓歪曲率 D_f 는 다음 (1)式으로 定義되고 있으며 各調波에 對하여 웨이트換算의 必要가 없고 取扱이 容易하며 또 系統條件에 左右되지 않으며 管理하는데 實務적이다.

$$D_f = \sqrt{\sum V_n^2} / V_1 \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

다만 V_1 : 基本波電壓

V_n : 第n調波電壓

(2) 高調波電流

機器로부터의 高調波發生量을 的確, 管理하는데는 適切한 尺度이지만 配電系統과 같이 複雜하고

또한 地點에 따라 系統임피던스等 回路條件이 다를 경우는 機器에서 發生하는 高調波電流가 一定하더라도 他機器에 障害를 줄 可能性이 크게 變化하므로 適切하지 못하다.

(3) 콘덴서의 高調波過負荷率

콘덴서過負荷率을 高調波에 對한 基準值 尺度로 하면 當面한 大部分의 障害는 解消되고 他機器에도 障害를 주지않는 레벨로 電氣의 質을 確保할 수 있다고 생각한다. 그러나 콘덴서過負荷率의 定義는 다음式으로 表示되어 各調波電壓에 對한 웨이트換算이 必要하고 取扱面에서도 煩雜하다.

$$\frac{\sqrt{V_1^2 + \sum (n V_n)^2}}{V_1} \times 100 \quad [\%] \quad \text{直列리액터없음} \quad (2)$$

$$\frac{\sqrt{1 + \sum \left(\frac{n V_n}{V_1} \cdot \frac{X_L - X_C}{n^2 X_L - X_C} \right)^2}}{1} \times 100 \quad [\%] \quad \text{直列리액터가 붙어 있음} \quad (3)$$

다만 V_1 : 基本波電壓

V_n : 第n調波電壓

n : 高調波次數

X_L : 리액터의 리액턴스

X_C : 콘덴서의 리액턴스

(4) 노칭電壓

高壓配電系統에서는 一般의으로 問題되지 않는다.

(5) IT積, 等價妨害電流

誘導에 起因되는 障害는 發生되어 있지 않고 또 誘導障害의 程度는 配電系統과의 共架互長이나 裝柱條件에 따라 다르므로 取扱上 大端히 煩雜하다.

表 1 諸外國에서의 高壓配電系統의 高調波管理基準值

英 國	美 國	獨 逸	오스트레일리아
電壓歪曲率 4 %	電壓歪曲率	第 5, 第 7 合計 5 %	電壓 歪曲率 5 %
奇數調波 3 % 偶數調波 1.75 %	一般系統 5 % 電用系統 8 %	第 11, 第 13 合計 3 % 電壓 歪曲率 5.8 % $=\sqrt{5^2+3^2}$	奇數調波 4 % 偶數調波 2 %

表 2 許容高調波電壓

系統種別	各次調波電壓	備 考
150kV 以上の系統	0.5% 以下	電壓歪曲率은約 1% 以下가된다
66kV 以下の系統	1.0% 以下	電壓歪曲率은約 2% 以下가된다

表 3 許容高調波電流

高調波次數 (n)	5	7	11	13	17	19	23	25
許容量 (A)	10.6	5.0	2.6	2.2	1.8	1.7	1.8	1.9

(註) 이 許容値는 $S_r \cdot I_n \leq 1.9(A)$ 로부터 算出되고 있다.
또한 S_r = 雜音評價係數이다.

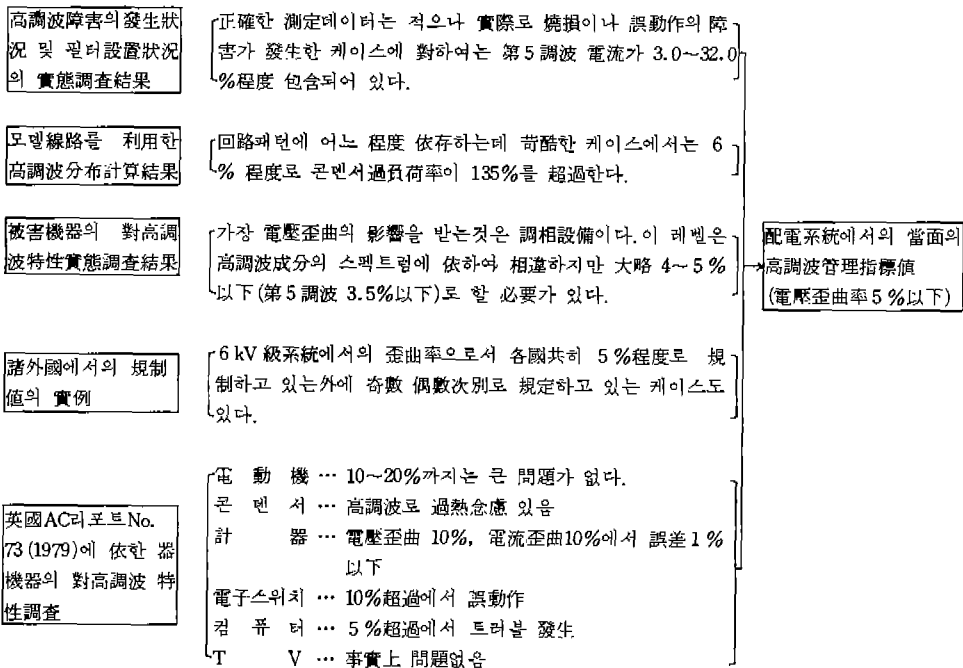
2. 國內外的 高調波管理基準

電力系統에서 高調波障害를 未然에 防止하기 爲하여 諸外國에서는 高調波管理基準値를 設定하고 있으며 高壓配電系統에 焦點을 둔 경우 表1과 같이 電壓歪曲率 D_r 를 基準尺度로 하여 高調波管理를 하고 있다.

表1에서 一般的으로는 電壓歪曲率 4~6 %를 限界値로 하고 있다. 이値는 配電系統에 接續되는 各種機器의 正常動作레벨로서 決定된 것이라고 생각 한다.

表2 및 表3은 어느 電力會社의 高調波基準値案이며 이것은 特高需用家를 對象으로 하여 高調波電流發生機器의 容量許容限度의 基準을 提示한 것을 目的으로 한 것이며 進相用콘덴서를 過負荷로 하지 않을 것과 誘導障害를 이르지 않을 것을 條件으로 하고 있다.

電氣協同研究(日本)에서는 高調波障害의 實態 地域別로 配電系統에 依한 高調波障害計算 結果 障害를 받을 것으로 豫測한 機器의 對高調波 特性, 諸外國에서의 管理레벨의 實態等을 綜合的으



(그림 - 1) 管理指標値의 檢討스텝

로 判斷하여 檢討 結果 그림 1 과 같이 高壓配電系統의 管理레벨의 目標値를 電壓歪曲率 5 %로 하였다. 그러나 高調波의 現象은 複雜하며 이 目標値를 下廻하면 絶對로 障害가 發生하지 않는 것도 아니며 또 이것을 超過한 경우도 반드시 障害가 發生한다고 할 수 없기 때문에 今後 이實態를 잘 觀察하여 効

表 4 高調波電壓歪曲率의 限界値

次 數	3	5	7	9	11	13	15,17 ...39	2,4,6, ...40
高調波電壓[%]	0.85	0.65	0.60	0.40	0.40	0.30	0.25	0.2

(註) 標準임피던스와 發生高調波電流에 依하여 生기는 電壓歪曲率 [%]의 限界

表 5 測定項目과 測定패턴

		發生源이 明確한 경우	發生源이 不明인 경우
測定項目	高調波發生需用家	發生機器接續點의 電壓·電流의 歪曲率(發生機器가 複數台인 경우는, 個個의 機器 및 合成地點에서 實施)	—
	障害의 發生需用家	—	電力用콘벤서設備等, 障害機器의 電壓·電流의 歪曲率
	近接需用家	電力用콘벤서設備의 電壓·電流의 歪曲率	—
	配電用變電所	配電線引出口의 電壓·電流의 歪曲率	配電線引出口의 電壓·電流의 歪曲率
測定패턴		<ul style="list-style-type: none"> 發生機器가 複數台인 경우에는 交代로 稼動시킨 狀態의 測定도 實施한다. 直列리액터의 投入, 切離狀態에서의 測定에 對하여는 豫測計算結果等에 따라 檢討한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間(隨時) 自動測定을 施行함 障害發生需用家의 高調波電流와 配電用變電所 引出口의 高調波電流의 位相等을 比較하여, 高調波發生源箇所의 究明을 한다.

果의인 管理指標値의 設定에 對하여 檢討함이 바람직하다 할 것이다.

한편 다이리스터應용家電器具에 對하여는 CENELEC (歐州電氣規格委)가 EN50006에서 低壓回路의 電壓歪曲率의 限界値에 對하여 表 4 와 같이 設定하고 있으며 오스트레일리아에서도 거의 같은 限界値를 適用하고 있다. 우리나라에서도 量産家電器具에서 發生하는 高調波와 그 影響度에 對하여 檢討할 必要가 있다.

3. 高調波管理順序

(1) 高調波레벨의 日常管理

現在의 技術레벨로서는 全配電線의 高調波 레벨을 常時監視한다는 것은 到底히 不可能하다. 따라서 現在로서는 大容量의 다이리스터機器等이 接續되어 있는 特定配電線에 重點을 두고 高調波레벨의 日常管理를 할 수 밖에 없다.

이경우 變電所母線뿐만 아니라 어느程度 高壓配電系全体에 걸쳐 電壓波形의 品質管理를 할 必要가 있고 特히 高調波發生機器가 接續되어 있는 高壓配電系統의 分岐點의 波形에 對하여 注意하여야 한

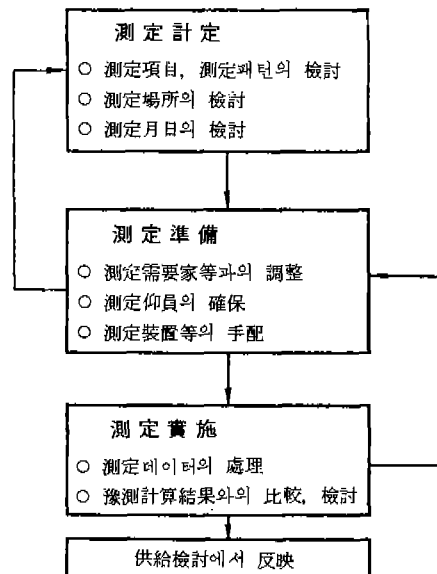


그림 2 高調波의 測定の 進行方法

다.

(2) 高調波發生機器가 新規로 系統에 接續되는 경우의 供給檢討프로세스例

常時 特定配電線에 對하여는 高調波레벨을 把握

함과 동시에 다이리스터應用機器가 새로히 配電系統에 接續되는 경우 高調波레벨의 推移와 障害의 有無를 事前에 檢討함이 必要한데 그 檢討프로세스의 一例를 보이면 다음과 같다.

(1) 機器容량의 체크 — 供給檢討를 하는 第1스텝으로서는 다이리스터應用機器의 容량을 우선 最初로 체크하는 것이 重要하나,

(2) 高調波發生機器仕様の 情報蒐集—需用家로부터의 新設申込段階에서 容量이 50kVA를 超過하는 경우는 機器의 펄스數, 容量, 制御角 및 供給變壓器의 結線等の 發生高調波電流值의 데이터蒐集에 努力한다.

(3) 配電線路의 電壓歪曲率의 現場測定 — 供給前後에서의 高壓配電系統의 電壓歪曲率을 確認하여 두

表 6 測定場所의 檢討

檢討項目	檢 討 內 容
電壓歪曲率, 콘덴서過 負荷率	豫測計算의 結果, 電壓歪曲率, 콘덴서過負荷率이 높아질 것이 豫測되는 需用家의 選定
測 定 條 件	測定에 適合한變壓室(充分한 스페이스, 雨天의 測定이 可能, PT-CT端子가 設置되어 있다. 測定對象콘덴서에 專用의 CB(PC)가 있다)이 있을 것.

는것이 바람직하다.

(4) 高調波分布狀況의 체크—高調波 發生機器가 系統上에 接續된때의 系統各地點의 高調波分布狀況을 (3)의 데이터등이 計算等に 依하여 把握한다.

表 7 各測定器의 原理, 特徵, 特性上의 問題點

	原 理	特 徵	特性上의 問題點
A/D샘플링·푸우리에 解析方式	入力信號(1~十數)로서 取入한 被測定波中을 所定의 時間間隔으로 샘플링하여 이것을 記憶장치에 取入하여 內藏의 計算機로서 푸우리에 解析하므로써 被測定波에 包含된 各高調波의 크기, 位相, 임피던스 및 歪曲率을 測定한다.	① 被測定波의 測定結果를 디지털 프린터에의 打出이 可能하다. ② 補助機能을 附加하면 數回線의 同時測定이 可能하다. ③ 一定時間間隔으로 自動測定이 可能하다.	① 샘플메이터長이 1~十數이며 測定時間이 짧다. ② 샘플數에 따라 高次高調波의 解析範圍가 限定된다. ③ 샘플링이 基本波와 同期化가 되어있지 않으면 解析誤差가 생긴다.
헤테로다인 方式	被測定波(構成周波數 f_1, f_2, \dots, f_n)와 參照信號(f_r)와를 變調器로 合成하므로써 이들의 差의 周波數($f_1, f_2, f_r - f_1, \dots, f_r - f_n$)가 出力으로 出될 수 있다. 이差의 周波數를 一定한 周波數範圍($f \pm \Delta f$)만 通過시키는 필터에 通케하므로써 特定周波數成分以外는 出力으로서 出되지 않는다. 이 原理에 따라 參照信號(f_r)를 變化시켜 被測定波에 包含되는 各調波의 크기를 測定하는方式이다	① 測定結果를 펜·레코오더나 오실로스코프 위에 周波數對振幅의 關係圖를 그림으로서 各高調波의 含有實態를 視覺的으로 判定할 수 있다. ② 發信器의 參照信號(f_r)를 固定하므로써 밴드패스필터方式과 같이 使用할 수 있다.	① 各調波의 測定에 時間差가 있다 ② 測定精度를 높으려면 測定에 長時間이 必要하다.
밴드패스필터 方式	被測定波를 單一波만 通過시키는 밴드패스필터(BPF)에 通케하므로써 必要한 調波만을 出시켜내어 그 크기를 測定하는 方式이다.	① 各調波用밴드패스필터를 設置하므로써 各調波의 變動狀況, 크기가 連續的으로 記錄可能하다. ② 積分器를 接續하므로써 一定時間(例: 1分間)의 平均値로 測定可能하다.	① 高次高調波까지 測定하는에는多數의 밴드패스필터가 必要하다. ② 高次高調波밴드패스필터는 隣接次數와의 分難度가 나빠진다.(現在 13~15次까지의 것이 一般的으로 使用되고 있다.)
歪曲率計	被測定波를 基本波成分만 出시켜내는 밴드패스필터(BPF)에 依해 分離시켜 各成分의 크기를 檢出하여 이것을 內藏한 計算器에 依해 比率(基本波成分以外의 크기)를 測定하는 方式이다.	① 高調波의 總量을 直接測定할 수 있기 때문에 高調波의 總量의 管理用測定器로서 適合하다. ② 高調波의 總量의 變動狀況이 連續的으로 記錄可能하다.	① 特定高調波에 依한 共振現象等의 詳細데이터가 얻어지지 않는다.

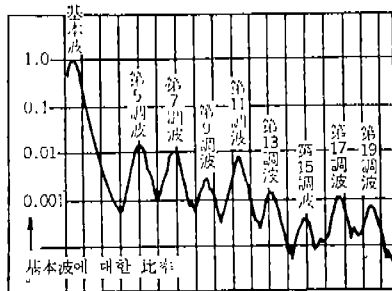
CH-1 ← 電力回線電壓
 TIME: 17:00 ← 測定時刻
 FREQ: 59.95112 ← 基本波周波數
 SYNC: INT ← 同期方式
 CH V INT X2 ← 電壓測電選定
 CH-A INT X0.1 ← 電流測電選定

各調波의 크기
 基本波의 크기

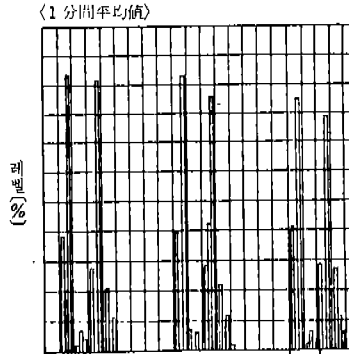
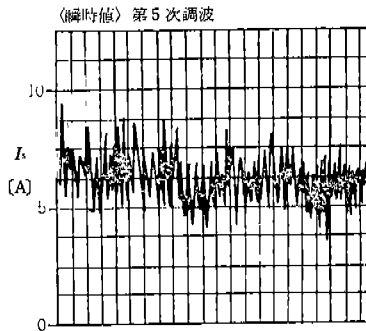
次數	CH-A NO	크기	CH-A CN/G1	PHASE	위치
		C1 = +3.337 - I(A)			
1		+1.000 + 0	328		
2		+3.255 - 3	234		
3		+2.978 - 2	311		
4		+8.218 - 4	026		
5		+2.307 - 2	024		
6		+1.225 - 3	263		
7		+1.69 - 2	204		
8		+2.725 - 4	134		
9		+1.163 - 2	050		
10		+3.528 - 4	200		
11		+6.113 - 3	247		
12		+1.730 - 4	033		
13		+2.052 - 3	060		
14		+1.614 - 4	256		
15		+0.383 - 4	335		

(電流)

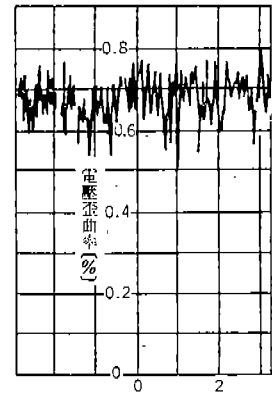
(a) A/D 샘플링 · 푸리에 解析方式



(b) 헤테로다인 방식



(c) 밴드패스 필터 방식



(d) 歪曲率計

〈그림-3〉 各測定器의 測定結果例

(5) 系統의 베이스高調波와 發生高調波의 加算—高調波가 實在하는 高壓配電系統에 高調波發生機器가 接續된 경우의 合成高調波量을 計算하는 單純한 方法은 現在는 없으나 英國電力廳技術勸告에는 다이리스터 整流器의 合成高調波算出式으로서 暫定的으로 合成低減係數 0.5~0.75를 採用하고 있다.

(6) 供給可否의 判定—高調波發生器機에 依하여 發生하는 電壓歪曲과 配電系統에 實在하는 既存의 電壓歪曲의 合成值가 管理指標值以下가 되는 것을 供給可否를 判斷하는 條件의 하나로 한다.

4. 高調波의 測定方法

配電系統에 包含되는 高調波의 狀況을 的確하게 把握管理하기 爲하여는 高調波의 次數 및 그 크기를 正確하게 測定할 必要가 있다. 配電線에 測定되는 高調波는 基本波에 比하여 그 크기가 작고 끊임 없이 變動하고 있다. 그리하여 高調波의 測定에 있

어서는

- (1) 測定計劃, 測定準備
 - (2) 測定回路와 測定上의 注意事項
 - (3) 測定데이터의 處理
- 等に 對하여 充分한 理解와 習得下에 實施하여야 한다.

(1) 高調波의 測定의 進行方法 (例)

配電系統의 實在高調波를 定期的으로 測定하여 電壓歪曲率을 常時 管理하는 것은 困難하며 以下 新增設供給檢討時에 供給前과 供給後, 其他障害가 發生 또는 發生이 豫測되는 경우의 高調波電壓, 電流의 測定에 對하여 記術한다.

(a) 高調波의 測定의 進行方法

그림 2에 高調波의 測定의 進行方法概要를 表示한다.

(b) 測定計劃

(1) 測定項目 및 測定패턴에 對하여는 表5와 같이 發生源이 明確한 경우, 不明確 경우의 區分에 따라 檢討할 必要가 있다.

(2) 供給檢討에 따라 高調波發生機器를 使用하는 需用家 및 近接需用家에서 測定하는 경우는 表6에 測定場所를 選定한다.

(3) 測定月日의 決定에 있어서는 事前測定(高調波 分布의 豫測計算等の 仮檢討後에 施行함), 事後測定(送電後 即時 實施한다)의 타이밍 등에 對하여 需用家와 充分히 協議한다.

(c) 測定準備

測定準備로서 需用家와의 調整, 打合을 爲始하여 測定要員의 確保, 測定裝置의 手配等 充分한 準備가 必要하다.

(2) 測定器의 種類와 機能

高調波測定器로서 實用化되고 있는 것을 大別

하면 高調波의 크기, 位相等을 各調波마다 測定하는 測定器와 高調波의 全体的인 量을 表示하는 歪曲率을 測定하는 測定器의 2 種類가 있다. 表7은 各測定器의 原理, 特徵과 特性上의 問題點의 概要이며 그림3에 各測定器의 測定結果例를 表示한다.

5. 今後의 課題

配電線의 高調波障害를 未然에 防止하기 爲하여는 高調波의 的確한 管理를 하여야 되는데 今後 一需用家에 許容되는 高調波레벨, 小容量다이리스터機器의 製造動向과 對應策, 配電系統의 高調波레벨의 推移와 抑制策, 電力系統에서의 高調波레벨의 分擔方法, 高調波發生機器가 새로히 系統에 接續될 때의 檢討体制等에 對하여 詳細한 檢討, 調整이 必要하며 實情에 符合한 對應策을 講求하지 않으면 안 된다.

• 支部消息 • ◇ 忠南支部 ◇

電氣의 날 懇談會 개최

충남지부는 4월 9일 11시30분 중앙관광호텔 회의실에서 전기의 날을 맞아 한전, 전기공사협회, 전기안전공사 등 전기관계기관 대표 15명을 초청한 가운데 간담회를 가졌다.

이날 간담회에서 이재혁 지부장은 「전기의 날이 부활된 것은 매우 뜻깊은 일이며 전기의 날을 통해 전기의소 중합과 전기인들의 사명감을 재인식해야 할 것이라」고 말하고 「앞으로 전기기술인들의 권익옹호와 전기인의 지역사회 봉사를 위해 유관기관과의 적극적인 협조가 이루어져야 한다」고 강조했다.

또 간담회는

- ① 전기의 날 행사의 적극 강화
- ② 전기인의 정기적인 모임을 통한 유관기관의 협의와 유대강화
- ③ 한전의 전기관계 행사의 적극 참여
- ④ 전기안전에 대한 일반인의 관심을 높이기 위한 계몽.
- ⑤ 전기제조업체의 전기협회 가입을 적극 권장
- ⑥ 전기기술인의 기능향상과 우대받는 사회풍토의 조

성에 노력

- ⑦ 전기사업법에 의한 입회검사의 강화와 전기안전관리 강화.
- ⑧ 무면허 전기공사업자의 단속등 전기관계 관심사에 대한 여러가지 유익한 토의가 있었다.

副支部長에 姜明植씨 選出

충남지부는 4월 9일 운영위원회를 소집하고 대전공업전문대학 姜明植 교수를 부지부장으로 선출하였다. 강명식 부지부장은 강영수 전부지부장(사망)의 잔여 임기를 맡게 되었다.