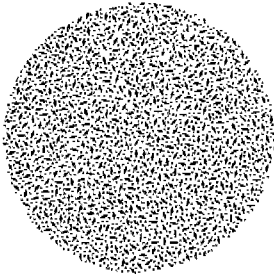


油類火力發電所 日日起動停止運轉方式 採擇에 對하여

Application of Daily Start & Stop Operation on Oil-Fired Power Plant



李 鍾 根

韓國電力公社 發電處長

1. 序 說

가. 長期電源開發 推進의 背景과 展望

지난 20年間 우리나라는 4次에 걸친 電源開發 5 個年計劃의 成功的인 遂行으로 刮目할 成長을 이룩하여 84年11月現在 施設容量 14,190MW의 大規模 電力系統을 갖추게 되었으며,

82年以後의 10年間的 計劃인 第5, 6次 電源開發計劃도 脫油轉換을 目標로 建設이 이루어지고 있다.

60年代 前半까지의 우리나라 電源開發은 國內 賦存資源을 最大로 活用하는데 主眼點을 두어 水力이나 國內無煙炭을 利用하는 發電所 建設에 注力하였다.

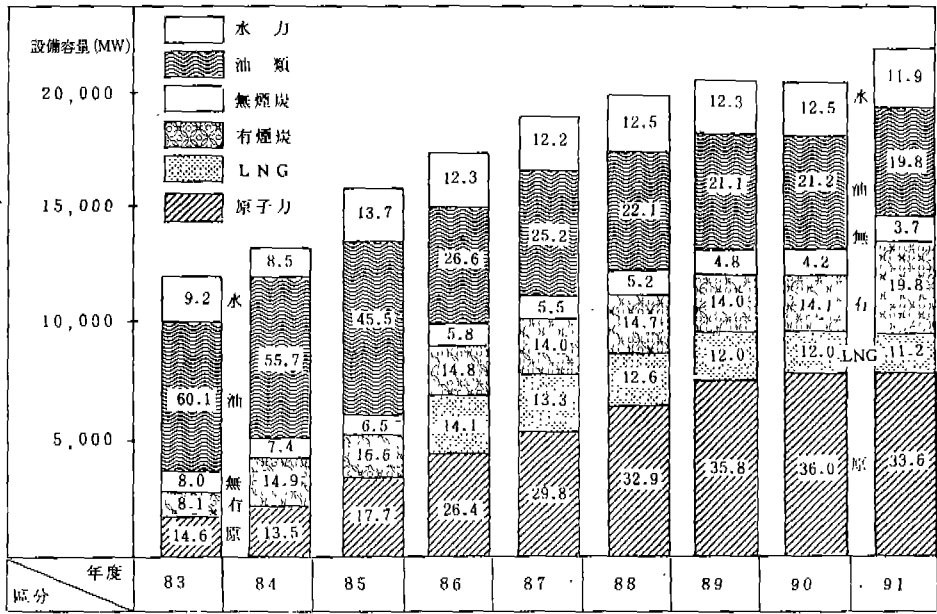
한편, 60年代 後半부터는 經濟成長에 따른 急増하는 에너지需要를 國內에너지源만으로 擔當 할 수 없었기 때문에, 70年代 後半까지의 約10年 동안은 그當時 값싼 輸入石油을 使用하는 油類火力 發電所의 建設에 置重하는 傾向을 보였다.

그러나 70年代의 2次에 걸친 石油波動으로 인하여 油價暴騰과 國際的인 需給事情의 어려움이 겹친 가운데 우리나라는 發電用 燃料에 대한 石油依存度가 높게 되어 電源開發의 方向轉換, 즉 脫油電源開發의 必要性이 絶실한 問題로 擡頭하게 되었다.

이에 따라 現在 進行中인 第5, 6次 電源開發事業은 주로 에너지問題에 焦點을 맞추어 經濟性이 有利하며 輸入石油의 輕減 및 에너지 多元化를 圖謀할 수 있는 原子力과 有煙炭火力을 主電源으로 開發하고 있다.

이와같은 脫油電源開發에 힘입어 現在 3基의 原子力發電所와 4基의 有煙炭火力이 稼動中에 있으며, 앞으로 계속 建設될 計劃에 있으므로 그 占有比도 漸增되어 原子力 爲主의 電源構成을 이루게 될 展望이다.

또한 水力 및 揚水發電所의 建設과 既存設備에 대한 LNG, 有煙炭 改造事業도 年次的으로 推進되고 있어 發電設備容量의 構造比는 그림 1에서 보는 바와 같이, 83年末 石油火力의 占有率이 60.1%에서 87년에는 25.2%, 91년에는 19.8%로 急激히 減少되는 반면 原子力은 83年末 14.6%에서 87年 및 91년에는 각각 29.8%, 33.6%로 增加하게 된다.



〈그림-1〉發電設備容量과 源別 構成比 推移

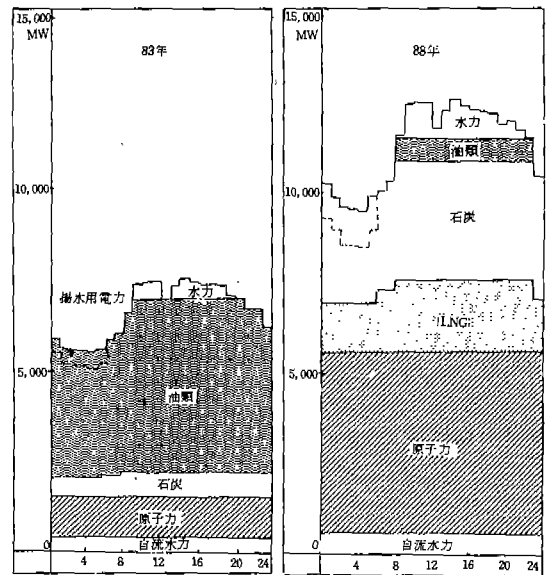
그리고 石炭火力 또한 그 構成比가 增加하게 되므로 發電部分에서의 石油依存度는 대폭 減少되는 한편 燃料費가 비교적 廉 原子力과 石炭火力이 電源의 主流가 될 것으로 展望된다.

나. 日日負荷 Pattern 과 供給分擔 展望

向後 우리나라 電力需要의 傾向은 文化水準의 向上에 따른 冷房需要의 增加等으로 인하여 夏季의 最大電力은 날로 尖銳化될 展望이며 또한 住宅用 및 商業用 需要의 增大等으로 인하여 주·야간은 물론 平日과 休日間 또는 季節間에 따라서도 負荷差異가 점점 深化되어 가고 있다.

이와 같은 需要의 變動에 대응하여 水力, 火力, 原子力等을 그 經濟性이나 適用特性에 따라 組合하여 最適의 系統運用을 하고 있으나 深夜負荷와 尖頭負荷의 差異가 점차 增加하게 됨에 따라 深夜에는 自流水力과 發電原價가 低廉한 原子力 및 有煙炭火力은 最大負荷運轉을 하게 되어 油類火力設備은 深夜에 出力減發이 不可避해치게 되며, 88年以後에는 基底負荷用設備만으로도 深夜 輕負荷를 擔當할 수 있게 된다.

그림 2는 83年 및 88年의 日日負荷曲線 및 供給分擔 Pattern 展望을 나타낸 것이다.



〈그림-2〉日日負荷曲線과 供給分擔 展望

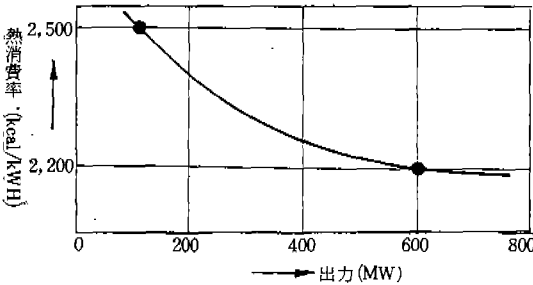
다. 日日起動停止 運轉의 必要性

以上에서 본 바와 같이 向後 우리나라의 日日負荷 Pattern은 負荷率의 減少에 따라 深夜負荷와 尖頭負荷의 隔差가 점점 增加될 展望이며, 이와 併行하여 基底負荷에 適合한 大容量 原子力, 有煙炭火力 등의 占有率이 해마다 높아지고 있어 大部分의 中

間負荷를 擔當하는 油類火力은 出力減發이 不可避해지게 된다.

그러나 火力發電所가 低負荷로 運轉하게 되면 그림 3에서 보는 바와 같이 熱消費率(Heatrate)이 增加하게 되어 發電原價 上昇要因이 發生하게 되며, 深夜에는 負荷追從에 鈍感한 基底負荷用設備는 最大運轉을 하는 반면 系統 周波數調整用인 中間負荷用 油類發電所는 最低負荷로 運轉 또는 停止하게 되어 精密한 周波數 維持가 어렵게 된다.

日日起動停止運轉은 一部 中間負荷用 油類火力發電所를 深夜에 停止하였다가 다음날 새벽에 다시 起動함으로써 深夜輕負荷時 他 油類火力 및 低原價設備의 出力低下를 抑制하여 發電原價의 節減을 圖謀함은 물론 円滑한 系統運用에 寄與코자 하는 運轉方式으로서, 先進諸國에서는 이미 實用化 段階에 있으며 우리나라는 1985年을 起點으로 段階的으로 擴大 實施해 나갈 方針이다.



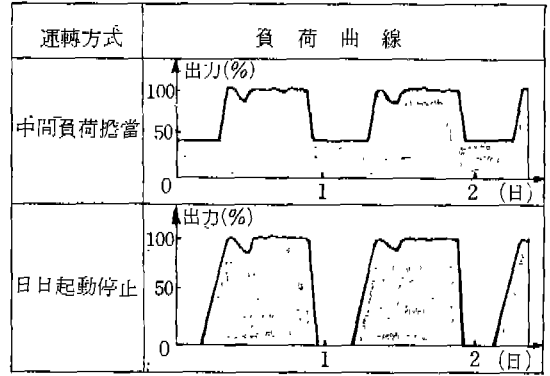
〈그림-3〉出力對熱消費率曲線

2. 日日起動停止運轉方式의 內容

가. 日日起動停止運轉의 內容

日日起動停止運轉(DDS: Daily Start & Stop 또는 Two Shift Operation)이란 電力系統 源別 構成比 및 日負荷 Pattern變化에 對處하기 위한 效率의 系統運用方法의 하나로써, 中間負荷用인 油類火力發電所를 深夜 輕負荷時 停止시켜 熱間保存(Bottle up)시켜 두었다가 負荷가 增加하는 이튿날 새벽에 다시 起動시켜 中間負荷를 擔當케 함으로써 燃料費 原價節減을 도모하는 運轉方法을 말하며, 그 典型的인 日負荷曲線은 그림 4에 나타나 있다.

나. 日日起動停止의 運用方法



〈그림-4〉典型的인 日日起動停止 運轉 Pattern

日日起動停止運轉의 運用方法에는 그 目的에 따라 여러가지 形態가 있을 수 있으나 大略 아래와 같은 3가지로 大別할 수 있다.

(A) 低效率 火力과 新規火力과의 出力 代替

既存火力과 新規火力間에는 熱消費率에 있어서 相當한 差異가 있으므로 前者를 深夜停止하여 그만큼 後者の 出力減發을 抑制시킴으로써 原價差에 따른 利得을 얻코자 하는 運轉方式을 말한다.

(B) 新規火力 相互間의 出力代替

熱消費率面에서 큰 差異가 없는 新規火力 中에서 어느 한편을 深夜停止시킴으로써 他設備의 出力低下를 防止시켜 綜合 熱消費率을 改善시키는 運轉方式을 말한다.

(C) 水力, 原子力과 火力의 出力代替

深夜에 自流式 水力 또는 原子力の 出力減發을 抑制하는 대신 火力發電所를 停止시켜 原價節減을 꾀하는 運轉方式을 말한다.

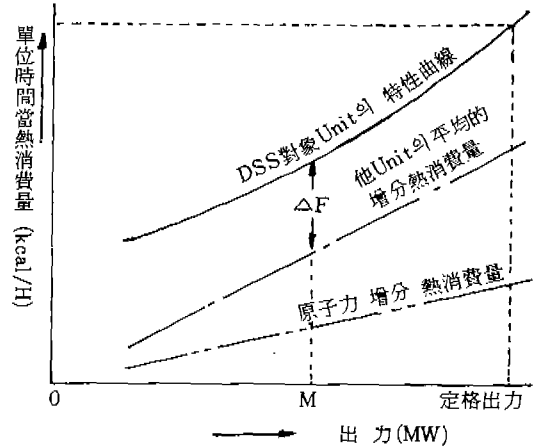
向後 日日起動停止의 運用形態는 源別構成比의 變化 및 最大負荷와 深夜負荷의 隔差의 增加趨勢에 따라 (A)의 形態로부터 (C)의 形態로 移行될 것으로 展望된다.

다시 말하자면 初期段階에서는 深夜에도 相當部分의 負荷를 油類發電所가 擔當하기 때문에 優先的으로 低效率 設備를 深夜停止시켜 高效率 火力設備의 出力을 增加시킴으로써 發電原價 節減을 圖謀하게 된다.

그러나 中間負荷用 設備가 擔當할 深夜負荷가 더욱 減少하게 되면 低效率 油類火力은 全部 停止하게 됨은 물론, 高效率 新規火力의 出力減發도 不可避하게 되는 바, 이 境遇 系統의 綜合 熱效率 向上

을 圖謀할 수 있도록 一部 新規設備을 深夜停止시켜 他 新規設備의 出力을 增加시켜주게 된다.

또한 原子力, 有煙炭等 基底負荷用 設備가 繼續적으로 增加하여 이들로만 深夜負荷를 감당하게 될 境遇, 原價가 低廉한 基底負荷用 設備의 出力減發을 抑制하기 위하여 大部分 火力發電所가 停止되어야 하는 바, 原價面에서는 最上의 效果를 기대할 수 있으나 이 境遇 系統의 周波維持問題가 發生될 소지가 있으므로 이에 대한 對策을 講究하지 않으면 안된다. 따라서 實際의 運用에 있어서는 油類火力中 어느 程度의 Unit을 深夜停止할 것인가 하는 問題는 電力系統의 事情, 設備의 特性, 經濟性등을 考慮하여 適宜 運用하여야 할 것이다.



〈그림-5〉 設備別 熱消費量 曲線

다. 日日起動停止運轉의 效果

(1) 經濟的 效果

油類火力를 深夜停止하게 되면 燃料費 原價面에서는 利得이 있는 반면, 起動停止에 따른 損失費用의 發生, 補修費用의 增加等 損失이 따르게 된다.

따라서 日日起動停止를 行하려면 事前에 上記와 같은 利得과 損失을 면밀히 檢討하여 經濟性을 評價한 後 施行하지 않으면 안된다.

○燃料費 利得

油類火力를 深夜停止할 境遇, 그 利得은 그것을 實施하지 않을 境遇와 比較한 機會利益으로 評價된다.

그림5에서 알 수 있는 바와 같이 어느 對象Unit를 深夜停止한 境遇, 需要는 이것에 영향이 없다고 한다면 그 出力減少分은 比較的 原價가 低廉한 다른 火力 또는 基底負荷用 設備가 補充하게 되므로 따라서 時間當 ΔF (時間當熱消費量差)만큼의 熱量節減을 기할 수 있게 된다.

이것이 日日起動停止의 基本的인 에너지節約利得이 되며 아래의 式으로 表示될 수 있다.

$$\text{燃料費利得} = \Delta F \times (\text{發電停止時間})$$

○損失

上記 燃料費 利得은 運轉과 停止가 아무런 損失 없이 서로 移行하는 것을 前提로 한 것이나 實際에 있어서는 起動停止 過程에서 燃料, 電力, 用水, 藥品等의 相當한 損失이 發生하게 되며 이것을 起動停止損失이라고 한다.

〈表-1〉 日日起動停止 效果의 評價例 (200MW, Drum型Unit)

	內 容	單 位	算 式	效 果
原價利得	○熱消費量差(ΔF)	10 ⁴ kcal/H	①	37.7
	○發電停止時間	Hr	②	8
	○DSS 1回當利得 (金額換算利得)	10 ⁴ Kcal 千圓	③=①×② ④=(③÷9870) Kcal / 2 × 159 원/2	301.6 4,863
損 失	(起動停止 損失)			
	○起動燃料 損失	10 ⁴ Kcal	⑤	77.4
	○起動停止 電力損失	"	⑥	32.4
	○藥品 및 用水等損失	"	⑦	5.0
	○DSS 1回當 起動停止 損失 (金額換算 損失)	千 圓	⑧=⑤+⑥+⑦ ⑨=(⑧÷9870) × 159	114.8 1,851
	○補修費 增加損失	千 圓	⑩=年間補修費× 0.02%×200MW× 1回	100
	總 損 失	千 圓	⑪=⑧+⑩	1,951
DSS利得 (1回當)	○原價利得-損失	千 圓	⑫=④-⑪	2,912

또한 設備로 빈번하게 起動停止하게 되면 機器의 劣化가 促進되며 따라서 잦은 補修와 必要 Spare Part確保를 위한 補修費 損失이 發生하게 되는 바 以上 두가지 損失을 합친 것이 日日起動停止에 따른 損失이 되는 것이다.

○經濟性 評價

이상에서 본 바와 같이 日日起動停止에는 利得과 損失이 同時에 發生하게 되므로 經濟性 評價를 위한 DSS 利得은 아래의 式으로 表示되어진다.

$$\text{DDS 利得} = \text{燃料費利得} - (\text{起動停止損失} + \text{補修費損失})$$

따라서 日日起動停止를 實施하기 위하여는 事前에 上記의 方法에 의거 充分한 經濟性을 檢討하여 對象設備의 選定 또는 設備補完을 行해야 할 것이다.

표 1은 日日起動停止 效果의 評價例를 나타낸 것으로서 200MW Drum型 Unit를 1回 DSS 運轉할 境遇 약 300萬원의 利得이 있음을 보여주고 있다.

(2) 無形效果

深夜 輕負荷時 他設備의 最低負荷 運轉을 抑制하고 高負荷 運轉을 行하게 함으로써 周波數 調整을 可能케하여 良質의 電力供給을 도모할 수 있으며, 아울러 基底負荷用 設備를 高出力으로 運轉케 하므로써 設備의 安定化를 기할 수 있게 된다.

3. 日日起動停止 設備의 要求機能 및 特性

가. 要求機能

日日起動停止 運轉을 行하는 中間負荷用火力에서는 다음과 같은 機能을 가질 것이 要求된다.

- ① 頻繁한 起動停止에 견딜 것
- ② 起動停止時間이 짧을 것
- ③ 負荷追從性이 良好할 것
- ④ 最低負荷가 낮을 것
- ⑤ 低負荷 領域에서 效率低下가 적을 것
- ⑥ 起動停止時 運轉操作이 容易할 것.

油類發電所에 대하여 日日起動停止方式을 採用하려면 上記와 같은 機能을 가질 것이 要求되나 大部分의 既存油類發電所는 基底負荷用으로 設計되어 있어 中間負荷用으로서의 役割을 擔當하기 위해서는 上記 機能에 適合한 形態의 設備로 改造 또는 補完하지 않으면 안된다.

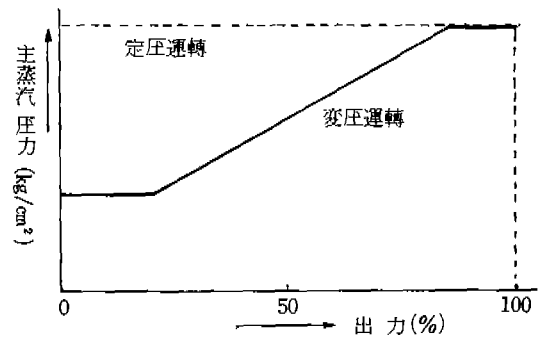
나. 設備特性

中間負荷用 設備를 新規 建設하거나 또는 既存油類火力을 日日起動停止運轉方式으로 運用할 경우에는 上記 要求機能에 適合한 設備特性을 가질 수 있도록 設計 또는 改造·補完해야 하는 바, 그 主要 設備特性은 아래와 같다.

(1) 變壓運轉(Sliding or Variabqe Pressure Operation)

變壓運轉이란 定壓運轉(Constant Pressure Operation)에 대응되는 概念으로서 從來의 定壓運轉이 發電機 出力을 一定한 蒸汽壓力下에서 터빈에 流入되는 蒸汽量을 터빈 Control Valve 로서 制御하는데 대하여 變壓運轉은 터빈 Control Valve를 一定負荷 以上에서 全開狀態로 놓고 發電機 出力을 蒸汽壓力으로 調節하는 運轉方式을 말한다.

變壓運轉을 하게되면 低負荷時 效率改善, 給水 Pump의 動力節減, 再熱蒸汽의 溫度向上을 기할 수 있으며, 負荷變動時 또는 起動停止時 熱應力을 減少시켜 起動時間을 短縮할 수 있음은 물론 機器壽命도 延長시킬 수 있는 利點이 있다.



(그림-6) 定壓運轉과 變壓運轉

(2) 터빈 By-pass System

이것은 急速起動을 위하여 採用되는 System의 하나로써 本System을 採用하면 早期에 必要한 蒸汽條件을 맞추어 蒸汽溫度와 터빈 Metal 間의 均衡을 이루게 함으로써 신속한 起動이 可能하도록 하는 한편, 正常運轉中 壓力上昇에 대하여 保安裝置로서의 役割도 하여 준다.

그림 7은 터빈 By-pass System을 나타낸 것이며 一般적으로 高壓터빈과 中·低壓터빈을 By-pass 시키는 2段 By-pass System이 採用되고 있다.

(3) 設備 自動化 및 遠隔 調整化

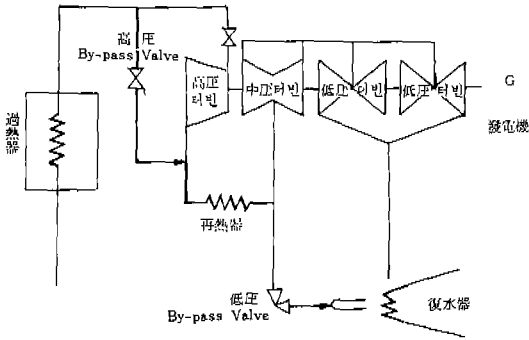
起動停止, 負荷變動等 一連의 運轉操作을 自動化 함으로써 円滑한 日日起動停止에 寄與할 수 있는바 예를 들면 起動停止 Program 을 完全 自動化하고 現場의 各種機器(例 Valve類等)를 Motor驅動 遠隔調整化함으로써 頻繁한 起動停止에 따른 入力浪費 및 誤操作 防止와 신속한 起動停止를 할 수 있으며, 變壓運轉, 負荷追從性等에 대한 自動化를 行함으로써 效率的인 DSS 運轉에 寄與할 수 있게 된다.

4. 結 語

以上에서 본 바와 같이 우리나라는 向後 基底負荷用 設備의 增加와 尖頭負荷와 深夜負荷의 隔差 增加에 따라 油類發電設備의 日日起動停止方式의 採擇이 不可避하게 될 展望이므로, 韓國電力公社에서는 DSS 運轉에 따른 損失을 檢討, 經濟性を 評價하여 適合한 對象設備을 選定하고 있으며,

또한 大部分의 既存 油類火力은 當初 基底負荷用으로 設計되어 있어 DSS 運轉을 위한 中間負荷用 特性을 가지고 있지 않기 때문에 年次的인 設備의 改造 또는 補完을 推進하고 있으며,

經濟給電 效果의 極大化를 위하여 日日起動 停止 運用 電算化Program 開發도 併行 推進함으로써 向後 電力系統의 與件變化에 效率的으로 對處해 나가 고자 한다. *



(그림-7) 터빈By-pass System의 概略圖

(4) 其 他

上記 以外에도 設備의 高效率化 改造, 물처리設備의 補強, 經濟給電을 위한 日日起動停止運用 電算化 Program 等도 要求特性의 하나로 된다.

• 案 內 •

大型火災 취약대상물 電氣安全點檢에 關하여

최근 소방관서 주관으로 대형화재 취약대상물 전기안전 점검을 시행함에 있어 자가용 전기공작물중 일 부업체에 대하여 모기관이 안전점검을 받게 하고 점검수수료를 납부케 하는등 자가용 전기공작물업체의 전기보안담당자 업무와 혼선을 빚게 하는등 사례가 발생하고 있어 1984. 11. 2 내무부장관에게 이의 시 정을 요구하는 공문을 발송, 同11. 15일자로 부당함이 명시된 회신을 받았으므로 지상을 통하여 전기보 안담당자 여러분에게 알려 드립니다.

1. 협조요청 : 본협회에서 '84. 11. 2 내무부장관에게
 2. 회신일자 : '84. 11. 15 내무부장관 (예방2082-4834호)
 3. 회신내용
 - 가. 자가용전기공작물 점검 (75kW이상 보안담당자 선임대상)
 - (1) 자가용 전기공작물 전기점검 결과 불량사항에 대하여
 - (가) 보안담당자 선임수용가 : 년 2회 보안담당자가 소방서에 점검결과 제출
 - (나) 보안대행 수용가 : 년 2회 소방서에 통보
 - ※ 년 2회 점검은 내무부에서 동자부와 협의한 내용임
 - (2) 소방서의 조치
 - (가) 1차 : 소방법 제 7조 적용 개수명령
 - (나) 2차 : 미개선시 입건 및 시·군·구에 사용제한 요구
4. 관련소방법 (참고)
 - 가. 소방대상물의 개수명령등 (제 7조)

시장 또는 군수는 소방대상물의 위치, 구조 설비 또는 관리의 상황에 관하여 화재예방상 필요하거나 또는 화재가 발생하면 인명에 위험이 미칠 것으로 인정될때에는 그 원인을 가진 관계자에 대하여 당 해소방대상물의 개수, 이전, 제거 사용의 금지 또는 제한 공사의 정지나 중지 기타 필요한 처치를 명할 수 있다.
 - 나. 벌칙 (제 74조) 제 7조 규정의 명령에 위반자는 1년이하의 징역, 100만원 이하의 벌금에 처한다.