

非常用電源設備의 實態 및 問題點과 改善方案

(3)



白 龍 鉉

仁荷大學校工大 教授

〈承前〉

(3) 엔진出力의 決定

엔진의 出力을 決定하기에 앞서서 먼저 다음과 같은 조건을 만족하도록 배려하여야 한다.

- (a) 全負荷에서 運轉이 可能할 것.
- (b) 유도전동기가 起動할 때의 過負荷에 견딜 수 있을 것

조건 (a) 에서

$$\text{엔진出力} = \frac{\text{全負荷運轉入力 [kW]}}{\text{發電機效率 } \eta} \times 1.36 [\text{PS}] \quad (3)$$

단 1 [(kW) = 1.36 (PS : 마력)]

이 決定된다.

조건 (b) 는 電動機를 起動할 때에 엔진에 가하여지는 負荷 P를 말하면 다음과 같이 구한다.

$$P = \frac{P_0 + (Q) \cos \theta}{\eta} \times 1.36 [\text{PS}]$$

여기서

P_0 : 이미 運轉中에 있는 初期負荷: [kW]

Q : 電動機起動電流의 力率

$\cos \theta$: 電動機의 起動kVA

η : 電動機起動時의 發電機效率 (η 의 값보다 2~5(%) 떨어짐)

그러나 電動機의 起動電流는 電動機가 起動을 完了하기까지의 期間에 限하여 흐르는 것이므로 그 期間은 수초내지 수십秒 정도이다. 엔진은 이 정도의 時間이면 110~120% 정도의 過負荷에 견딜 수 있다. 따라서 이러한 단시간에 대한 엔진의 過負荷耐量을 k라 하면

$$\text{엔진出力} > \frac{P_0 + \theta \cdot \cos \theta}{\eta \times k} \times 1.36 [\text{PS}] \quad (4)$$

이상의 說明에서 안바와 같이 엔진의 出力으로는 (3) 式과 (4) 式으로 計算한 값中 큰 값으로 決定한다.

(4) 發電機 臺數의 決定

發電機 臺數의 決定은⁽¹⁴⁾ 건물이나 施設의 성격 用途 등 모든 요소를 比較 검토한 후에 經濟性에 입각하여 決定하도록 한다.

(a) 1臺로 運轉時의 有利한 점

가) 建設費가 적게 들어 經濟的이다.

나) 設置面積이 적다.

다) 回路구성이 간단하고 運轉保守가 용이하다.

라) 負荷中에 큰 突入負荷가 포함되어 있는 경우 設備容量이 작아지는 경우가 있다.

(b) 2臺 이상으로 運轉時 有利한 점

가) 負荷가 일시에 걸리지 않고 단계적으로 걸리는 경우, 그 사이가 比較的 長時間이 되는 경우에는 發電設備도 2臺 이상으로 하여 단계적으로 증설하는 편이 經濟的인 面에서 有利한 경우가 있다.

나) 非常用 負荷中에는 常用電源이 停電된 경우 반드시 運轉할 必要가 있는 것과, 반드시 그렇지는 않고 특정한 경우에만 運轉할 必要가 있는 것이 있으나 後者가 차지하는 比率이 크고 더욱 全体負荷容量이 比較的 큰 경우에만 運轉경비가 싸지는 경우가 있다.

다) 負荷의 設置場所가 2개소에 산재해 있고 系統구성상 發電設備도 2臺 이상인 경우에 분산 設置하는 편이 有利한 경우가 있다.

라) 發電機室 建物の 구조상 天井 높이, 반입 구의 크기 등의 관계로 大容量機를 設置할 수 없는 경우가 있다.

마) 만일 發電設備中 1臺가 故障난 경우 2臺 이상인 경우에는 나머지 건전한 것으로 일부 給電이 可能하고 信賴性의 면에서 有利하다.

1-1-2 蓄電池設備의 容量算定

變電設備의 操作用 電源으로 蓄電池를 設置해야 하는데, 이것은 電源電壓의 有無를 불구하고 受配電設備를 運營하기 위하는 데 目的이 있으며, 補助目的은 순간 停電時의 運營을 위한 點燈의 目的도 겸하게 되는 것이 一般的이다.

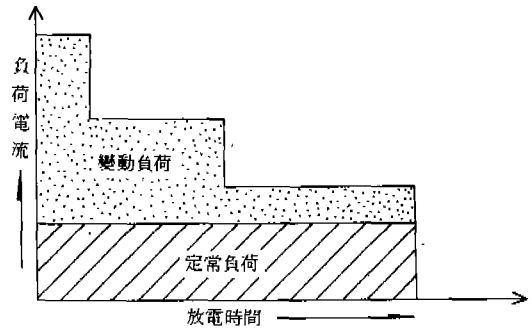
이들의 設置를 法的으로 明確히 定한바는 없고 中規模 以上の 受電設備의 運用의 效率化와 安全性 確保의 自衛上 불가피한 設備이다. 단지 內線規程上 22.9kVY 線路用的 400kVA以上과 11.kVY 線路用的 200kVA以上的의 경우 主遮斷器의 設置를 原則으로 하고 있고 操作電源도 D·C 또는 CTD(Condenser Trip Device) 方式이 바람직하다고 記述¹⁵⁾ 되어 있고 受電電壓 66kV以上은 꼭 D·C方式이어야 한다고 되어 있다.¹⁶⁾

또 常用電源이 停電하였을 때의 負荷는 蓄電池의 放電時間으로부터 다음 두가지로 나눌 수 있으며 停電時間中 連續적으로 蓄電池의 放電을 必要로 하는 非常燈, 制御用 操作回路, 감시장치(파일리트 Lamp류를 포함), 각종 Pump류, 計算器等的의 정상負荷와 遮斷器, 各계통의 Pump류, 電動機 等の 變動負荷로 나누어진다.

이때 容量算定時에는 이러한 負荷를 종합하여 蓄電池의 放電時間과 負荷電流의 合計와의 關係를 구하기에 앞서 그림3·4와 같이 表示할 必要가 있다.

(1) 容量算定時 必要한 條件

(a) 保守率: 蓄電池는 長期間 使用하거나 使用條件等이 變動하면 容量도 變化하게 된다. 이 容量變化를 보상하는 補正值로서 보통 $L=0.8$ 을 使用하고 있다. 設計과정에서 $L=0.9$ 로 잡아 算定容量을 약10%정도 적게 決定하는 경우가 있으나 蓄電池의 保守·信賴性·安全性의 見地에서 본다면 $L=0.8$ 로 하는 것이 타당하다.



〈그림-3·4〉 부하 작성도

따라서 保守率은 安全率과 經濟性을 고려하여 決定한다.

(b) 放電時間과 放電電流: 放電時間에는 예상되는 最大負荷時間을 使用하며 放電電流로는 最大負荷電流值를 使用한다.

放電時間中 放電電流가 증감되는 경우에는 실제로 發生할 것으로 예상되는 범위내에서 加 급 放電말기에 큰 放電電流가 흐르도록 한다.

이것은 放電말기에 큰 放電負荷가 集中된 경우에도 負荷에 부응하는 蓄電池의 容量을 決定하기 위해서다.

(c) 許容最低電壓: 蓄電池의 許容最低電壓은 負荷側 기기에서 要求되는 最低電壓中의 最高值에 蓄電池와 負荷間의 接續線의 電壓降下를 合한 값이 된다. 예를들면 100V정격인 負荷에서 遮斷器의 許容最低電壓은 70V, 非常燈의 許容最低電壓은 80V인 경우 蓄電池의 許容最低電壓의 計算에는 높은 쪽의 80V를 使用한다.

許容最低電壓 V 는 (단위전지의 放電終止電壓)

$$V = \frac{V_a + V_c}{n} \quad [V/\text{cell}]$$

V_a : 負荷의 許容最低電壓 (V)

V_c : 蓄電池와 負荷間의 接續線의 電壓降下 (V) (蓄電池의 열간 혹은 段사이의 接續線의 電壓降下 포함)

n : 直列로 接續한 單電池 개수

(d) 最低電池溫度: 室內에서는 $+5^{\circ}\text{C}$, 寒冷한 곳에는 -5°C 로 하고, 옥외의 庫비庫에 收納하는 경우에는 最低주위溫度에 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 를 가산한 값을 最低電池溫度로 한다. 또한 公조設備에 依하

여 하루종일 室内溫度를 확실하게 보증할 수 있는 경우에는 25℃로 한다.

(2) 蓄電池容量 算定式 ; 容量算出時 使用方法, 供給해야 하는 負荷의 종류와 그의 許容電壓, 最大停電時間(정전시간의 선정), 瞬時最大放電電流, 經年變化에 따르는 容量의 감퇴, 溫度變化에 의한 容量의 감퇴 등을 고려하여야 하는데 이중의 最大停電時間(정전시간의 선정)에 대해서 建築기준법에서는 充電을 하는일 없이 30分間 계속해서 配電設備와 非常用的 照明設備를 作動시킬 수 있는 容量以上으로 하는 것으로 되어 있다.

一般的으로 停電時間을 30分~60分, 重要한 곳에는 1~3時間, 非常發電設備가 있는 경우에는 10分~30分間의 停電時間을 감안하여 이 時間에 放電시킬 수 있는 蓄電池의 容量을 算定하는데, 계산식은 다음과 같다⁽¹⁵⁾ (그림 3·5참조).

$$C = \frac{1}{L} \{k_1 I_1 + k_2 (I_2 - I_1) + k_3 (I_3 - I_2) \dots kn (I_n - I_{n-1})\} [Ah] \quad (5)$$

C : 25℃에 있어서 定格放電率 換算容量[Ah]

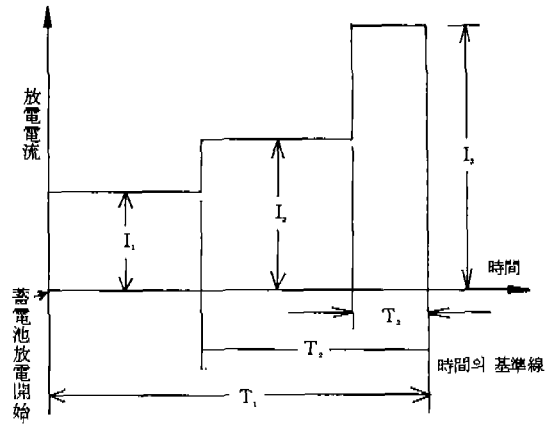
L : 使用中의 經年容量低下率 = 保守率(보통 0·8정도)

I : 放電電流[A]

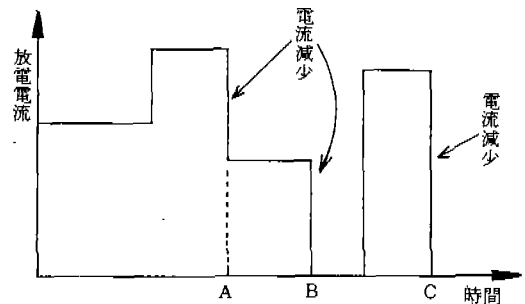
k : 容量換算時間係數는 각 製作者마다 다르며 蓄電池는 溫度가 떨어지면 容量이 低下한다. 그러므로 設置場所의 溫度條件은 重要하다. 最低溫度는 一般的으로 5℃로 보며 이 k는 最低溫度에서의 放電時間과 最低單位, 蓄電池電壓의 標準放電特性에 依하여 決定되는 係數이다.

가령 그림 3·6과 같이 時間의 경과와 더불어 放電電流가 감소하는 負荷特性에서는 電流가 減少하는 직전까지의 負荷特性을 기준으로 必要한 蓄電池容量을 求해야 된다. 이 蓄電池容量中 最大의 것이 全体負荷에 必要한 定格放電率 換算容量이다.

그림 3·7, 그림 3·8, 그림 3·9의 負荷特性에서 A, B 및 C 점에서 電流가 減少되고 있다. 따라서 A점, B점 및 C점까지에 必要한 定格換算容量 Ca, Cb 및 Cc中 가장 큰 값의 容量이 全体負荷에 必要한 定格放電率換算 容量이 되며, 각각의 값은 그림에서와 같이 求해진다.⁽¹⁶⁾



〈그림 3·5〉 축전지 용량 산정도



〈그림 3·6〉 축전지 용량 산정도의 예

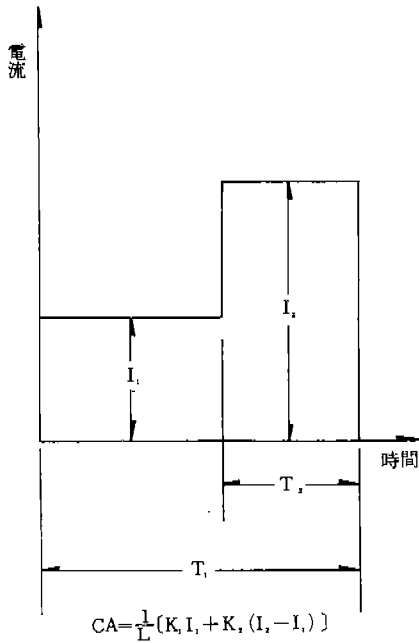
1-1-3 非常專用 受電設備의 容量算定

(1) 變壓器의 容量은 非常時(火災時)를 포함하여 負荷의 需用率을 100%로서 算定한다.

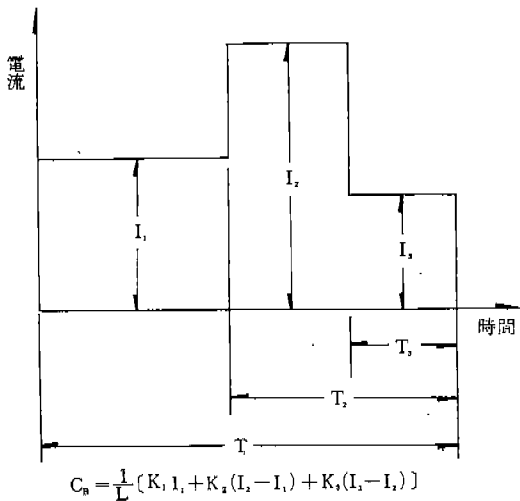
(2) 遮斷器의 容量은 電動機等の 初特性에 있어서 遮斷되지 않도록 設置되어야 한다.

1-2 非常電源設備의 System

非常電源System에는 靜止形 供給方法과 回轉形 供給方法이 있는데, 靜止形 供給方法에는 整流設備에 의한 蓄電池 施設(그림 3·10참조)이 대표적인 예⁽²⁵⁾이고, 回轉形에는 發電機 設備가(그림 3·11참조)⁽²⁶⁾ 있는데, 從來에는 手動起動方式에 依存해 왔으나 최근에는 無停電起動裝置나 Computer Power等에는 U.P.S(Uninterruptible Power System)方式 등이 채택되고 있다. 靜止形 供給은 充電容量의 制限때문에 小容量은 供給이



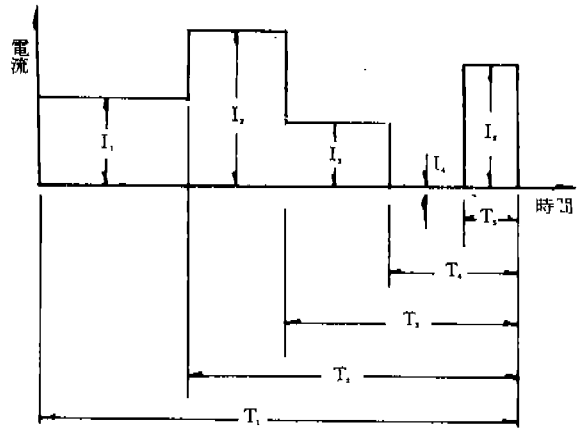
〈그림-3·7〉 축전지 용량 산정도의 예



〈그림-3·8〉 축전지 용량 산정도의 예

가능하나 大容量은 施設面에서 經濟的으로 施設費가 매우 크게 드는 것과 限定된 時間 밖에는 使用할 수 없다는 缺點이다.

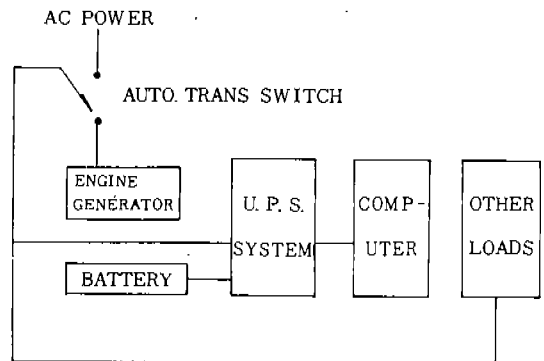
그러나 回轉形은 大容量 電力供給에 많이 使用되나 U.P.S設備 자체가 高價이기 때문에 經濟性을 考慮하여 手動操作하는 事例가 있다. 그러나 최근에는 産業의 高度化로 인하여 化學 Plant 設備, 軍事施設, 通信施設, 重工業分野



$$C_c = \frac{1}{L} [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_1) + K_4 (I_4 - I_1)]$$

〈그림-3·9〉 축전지용량 산정도의 예

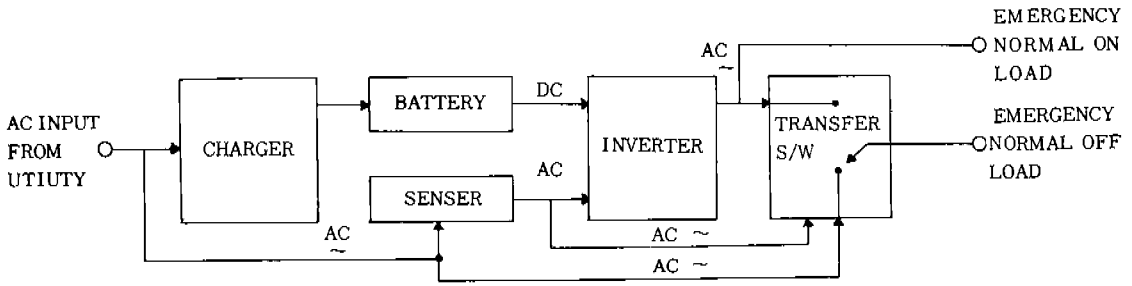
의 爐 및 Computer設備의 電力等에서 U.P.S. 設備를 하는 것이 우리 주위에서도 生活化되어 있다.



〈그림-3·11〉 回轉形 非常電源設備의 System

1-3 非常電源設備의 Inter-Lock裝置

非常電源에 依해서 供給하는 負荷의 設備가 停電이 되었을 때 其他負荷와의 區分을 明確히 하여 원활한 切換이 되어 問題가 發生하지 않도록 設計되어야 하며, 이 경우 非常電源에 依한 供給回路와 其他回路와의 인터록 裝置를 確實하게 할 必要가 있다. 常用電源回路 및 常用電源과 非常電源과는 並列運轉을 하지 않는 것이 原則이며, 受電用차단기와 非常發電機用차단기에는 반드시 기계적 Inter-Lock 혹은 操作回路에 電氣的인 Inter-Lock를 設置하여 事故發生을 미



〈그림-3·10〉 靜形 非常電源設備 System

연에 방지하여야 한다. 系統구성에 따라 Inter-Lock 裝置는 다음과 같다.

(1) 單一母線方式 ; 常用電源의 遮斷機(52R)와 非常發電機回路의 遮斷器(52G)와는 어느 것이든 한쪽이 투입되어 있는 경우에는 다른 遮斷器는 투입될 수 없도록 각각의 遮斷器 操作回路에 電氣的으로 Inter-Lock를 設置한다(그림3·12 참조).

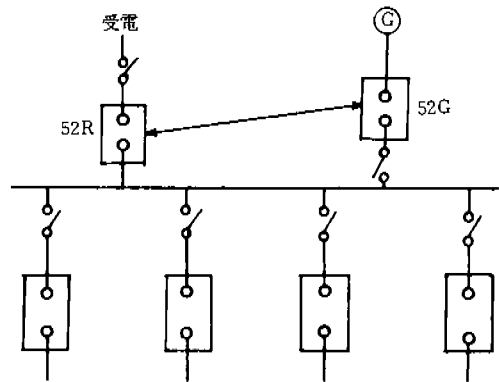
(2) 單一母線區分方式 ; 常用電源의 遮斷器(52R), 非常發電機回路의 遮斷器(52R) 및 母線區分 遮斷器(52B)中 어느 것이든 2臺의 遮斷器가 투입되어 있는 경우에는 나머지 1臺의 차단기는 투입될 수 없도록 각각의 차단기 操作回路에 電氣的으로 Inter-Lock를 設置한다(그림 3·13참조).

(3) 二重母線方式 ; 配電線의 母線切換用 단기기는 構造的으로 兩母線에 同時에 接續할 수 없는 3極 쌍투의 단로기를 使用하든가 혹은 3極 단역의 단기로⁽¹⁷⁾ 2臺를 조합해서 使用하고 2臺가 同時에 投入할 수 없도록 機械的 또는 電氣的 Inter-Lock를 設置한다(그림 3·14참조).

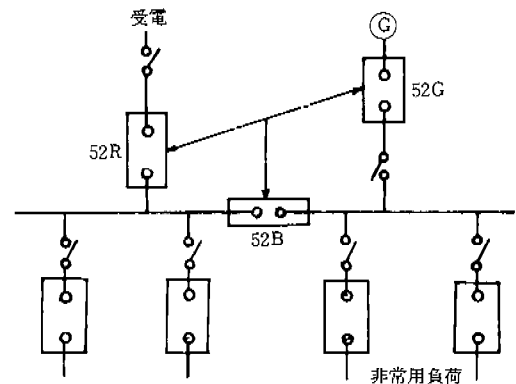
그리고 그림3·15의 경우는 配電線의 遮斷器는 配線用 遮斷器와 같이 構造的으로 機械的 Inter-Lock裝置의 設置가 可能한 경우에는 機械的 Inter-Lock를 設置한다. 그러나 차단기의 設置方法 등과의 관계로 機械的 Inter-Lock를 設置하는 일이 不可能한 경우가 많다. 더우기 動力操作의 경우에는 兩遮斷器中 어느 것이든 한쪽이 投入中이면 다른 차단기는 投入될 수 없도록 각각의 遮斷器 操作回路에 電氣的으로 Inter-Lock를 設置한다.

(4) 電源 直接切換方式 ; 電源切換用 개폐기는 兩電源에 同時에 接續할 수 없는 3極 쌍투의

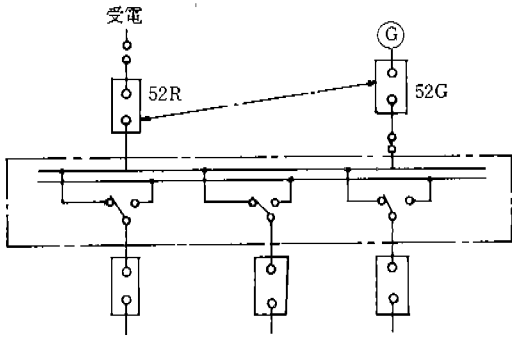
것을 使用한다. 動力조작에서는 기계적 Inter-Lock, 조작회로에는 電氣的 Inter-Lock를 設置한다(그림 3·16참조).



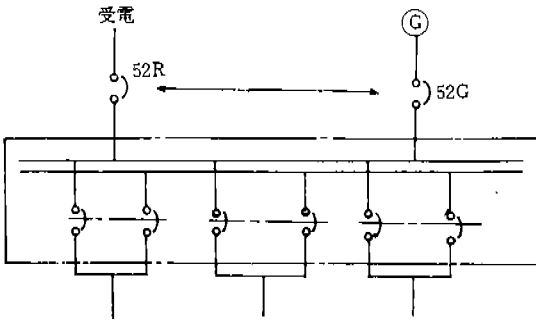
〈그림-3·12〉 단일모선방식



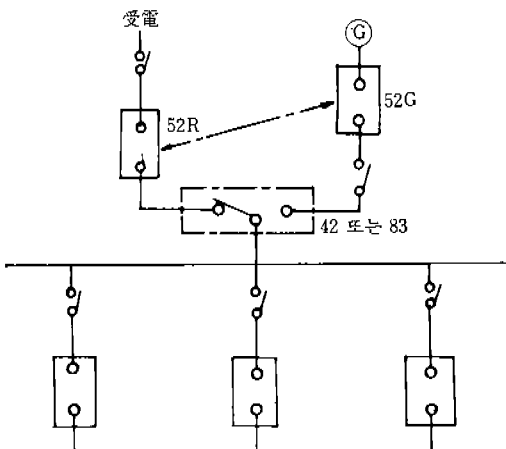
〈그림-3·13〉 단일모선 부분방식구



(그림 - 3 - 14) 2중모선방식



(그림 - 3 - 15) 2중모선방식



(그림 - 3 - 16) 전원 직접절환방식

1-4 디젤발전기의 자동起動

常用電源의 停電時 常用電源에서 非常用電源 回路로 切替되는 동시에 비상발전기는 自動으로 起動되어 신속히 停電된 負荷를 供給하여야 하며, 축전지는 비상발전기를 起動하는 始動電動

機의 電源供給(電氣始動式) 및 제어회로계통, 조작전원, 非常燈 등의 非常用 負荷에 전력을 供給하도록 設비되어 있어야 한다.

그러나 工場, 빌딩, 百貨店 등에 設置된 非常發電機가 自動起動設備를 갖추지 않았을 때 정전이 發生되면 現場에 가서 非常發電機를 運轉可動 시키는데, 이는 수분 내지 수십분간의 停電이 豫想된다. 또 自動起動設備가 되어 있더라도 自動運轉을 하지 않고 手動으로 發電機를 起動하는 事例는 設備의 이용률을 저하시키고 이 停電으로 막대한 經濟的 손실을 가져오게 된다.

그러므로 非常電源設備의 自動起動設備를 갖춘 業体에서는 특별한 경우를 제외하고 필히 自動運轉을 要하며, 自動起動設備가 없는 業体에서는 停電으로 인한 손실과 經濟性을 비교·검토한 후에 非常發電機가 自動으로 起動되는 設備로 改善할 필요가 있다.

1-4-1 非常發電機의 起動方式

常用電源의 정전시 비상발전기의 起動方式에는 自動式, 半自動式, 手動式의 3種類가 있다.

(1) 自動起動方式: 手動起動方式과는 달리 入力으로 操作하지 않고 停電時 自動으로 機關을 始動運轉시켜 發電機電壓을 확립한 후에 遮斷器를 投入, 非常負荷에 電力을 供給한다. 또 電力會社供給電源(常用電源)이 복귀하였을 때는 自動的으로 機關의 運轉을 停止하고 非常電源이 常用電源으로 切替되어야 한다. 停電時의 運轉에서 부터 복귀시의 기관 停止때까지 일체 自動으로 되기때문에 機關, 發電機故障等の 확대를 방지하기 위하여 보호장치를 設置할 必要가 있다.

(2) 半自動起動方式: 發電裝置의 操作中 일부는 自動, 일부는 手動인 並用方式이며 自動式의 起動명령, 차단기의 操作, 常用電源의 복귀후의 기관 停止 등 自動式操作일부를 Operator가 확인한 후에 操作하는 方式을 말한다. 가령 始動操作信號는 물론 常用電源의 停電 혹은 異狀 低電壓信號도 自動的으로 부여되며, 負荷給電을 위한 常用 非常用母線切換操作 혹은 非常用 回路의 주차단기 投入操作은 自動的으로 실시된다.

그러나, 常用電源의 복귀시 主遮斷器의 開閉

操作 혹은 母線切換의 常用側에의 복귀조작 및 機關停止操作의 3操作에 對해서는 自動, 手動 어떤 것으로 할 것인지는 각각의 경우에 따라 決定된다. 보통 복귀시에는 非常用電源에서의 負荷給電狀況과 복귀상태를 확인한 후 發電裝置를 停止하는 것이 바람직하며 따라서 위 세 가지 복귀조작을 手動으로 하는 경우도 많다.

(3) 手動起動方式: 常用電源의 停電時 Operator가 直接 現場에 가서 디젤기관을 起動運轉시켜 發電機電壓을 確立한 後에 遮斷器를 投入하는 등 發電裝置運轉에 관계되는 일련의 주요조작을 모두 手動으로 하는 方式이며, 완전한 手動方式은 실제로 使用되지 않는다. 오히려 自動方式에서의 自動-手動切換時의 操作方式이 일시적으로 使用되는 수가 많다.

1-4-2 디젤機關의 始動方式

디젤기관의 始動方式에는 蓄電池를 電源으로 始動電動機(Cell motor)에 의해서 始動시키는 電氣始動式과 壓縮空氣를 利用해서 하는 空氣始動式의 두 種類가 있으나 電氣始動式은 Cell motor의 容量, 蓄電池容量 등으로 中, 小容量 機關에 적용되고, 空氣始動式은 그 이상의 大容量機에 使用된다.

(1) 空氣始動方式: 空氣壓縮機(Air Compressor)에 의해 空氣 Tank에 壓縮된 30 kg/cm² 程度의 壓縮空氣를 利用하여 機關을 始動시키는 方式이며 Air motor式, Air 直入式이 있다.

Air motor式은 電氣方式의 Cell motor를 Air motor로 대체한 것이며 거의 같은 動作을 한다. Air 直入式은 壓縮空氣를 始動전자변을 통과시킨 후 機關실린더의 착화순서에 따라 기관 始動에 適當한 시기를 始動분배변에 의하여 制御하고 실린더 내에 直接壓入하여 기관의 始動을 하는 것이다. 그리고 공기 Tank의 容量은 始動可能回數로 決定되며, 自動始動方式은 반드시 豫備空氣 Tank를 준비해 두어야 한다.

(2) 電氣始動方式: 蓄電池를 電源으로 하는 始動電動機(Cell motor)의 回轉軸에 가동 피너온을 부착하여 이것을 기관 Flywheel의 링기어에 맞물리게 하고 電動機의 回轉力을 기관에 전달하여 기관의 시동을 보조하는 것이다. 이

方式의 始動電動機(Cell motor) 電源인 蓄電池는 수시 始動에 대비하여 항상 適當한 充電상태를 유지할 必要가 있으며, 특히 非常用發電裝置에서는 充電電源에 機關驅動的 充電發電機를 利用하지 않으며 常時에는 外部常用電源에 의하여, 常用電源, 停電時에는 非常用發電裝置를 利用하여 항상 浮動, 均等充電의 完全自動 充電을 한다. 그리고 이 蓄電池容量은 充電裝置를 使用하지 않고 6回以上 始動할 수 있어야 한다.

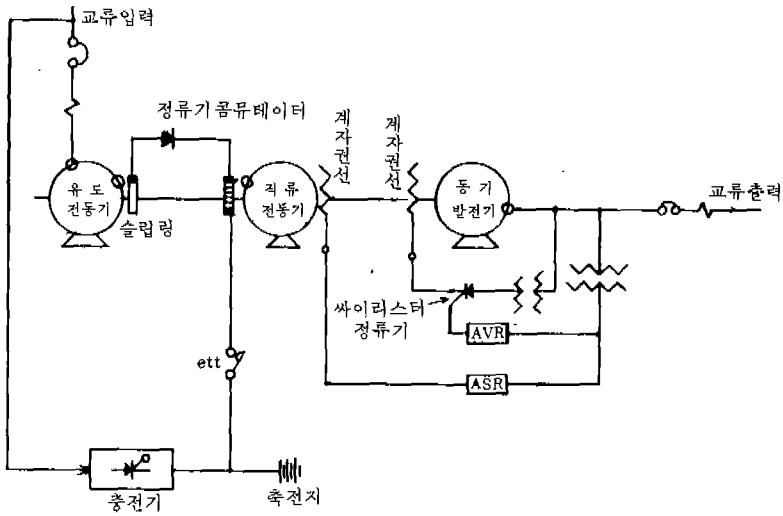
1-5 無停電 電源設備의 變換

無停電運轉을 위하여 無停電電源裝置(Uninterruptible Power Supply)가 設置되어 重要 負荷를 공급하고 있는데, 오래전부터 使用中인 回轉形을 섬유, 석유화학 및 重工業 등의 大容量 無停電電源設備를 제외하고 制御가 쉬운 반도체 變換장치를 利用한 靜止形 無停電電源裝置設備로 改善되어야 할 것이다.

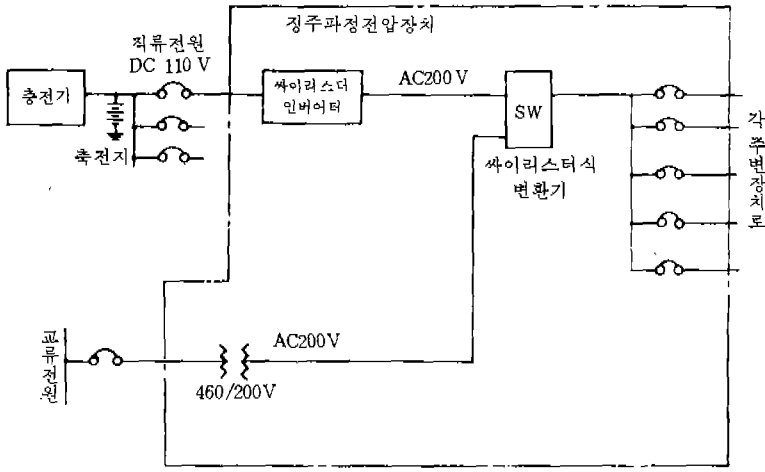
1-5-1 無停電 電源設備의 改善

(1) 改善前: 回轉形은 電氣 Energy → 기계 Energy → 전기 Energy로 變換하기 때문에 變換損失이 클뿐만 아니라 많은 자재가 들고 기계 고유의 문제로서 Bearing 및 Brush 등의 소모부분이 있으므로 信賴性 保障을 위하여 막대한 運轉費用, 保全費用 등을 필요로 한다. 無停電設備의 경우 性能 및 그 信賴度는 극히 重要한 사항인데, 回轉形으로서는 充足시킬 수 없는 상황이 많다 (그림 3·17참조).

(2) 改善後: 근래 Power Semi-Conductor의 기술 및 制御技術의 발달은 효율적인 無停電電源을 얻을 수 있는 단계에 이르게 되었다. 즉 靜止形은 電氣 Energy 간에 直接變換을 하게 되므로 變換效率도 回轉形에 비하여 5~10% 정도 높고 소형이며 保守도 간단하고 수명도 길어 여러가지 利點이 있다. 특히 信賴性의 관점에서 볼 때 System으로서 수10만시간 이상의 평균고장간격(Mean Time Between Failure)을 기대할 수 있어 社會的要求에 부응할 수 있는 높은 信賴性과 性能을 갖는 無停電電源裝置의 實現을 가능케 한다.



〈그림 - 3·17〉 회전형 무정전 장치



〈그림 - 3·18〉 정지형 무정전장치

단 靜止形은 반도체장치의 固有의 問題點으로서 過負荷耐量의 側面에서 볼때는 回轉形에 比하여 많이 떨어지나 신속한 制御에 의한 負

荷단락 영역에 까지의 電流制限制御가 可能하므로 實用上 別問題가 없다(그림3·18참조).

(다음號에 계속)

