# 비상용 자가발전장치의 종류와 선정상의 주의점

## The Kind of Emergency Private Power System and Caution of Selection

이 현 수

韓管産機(株)技術部長

### 1. 비상용 자가발전장치의 필요성

일반적으로 비상용 자가발전장치는 태풍이나 홍수해 등 천재에 의한 예기치 않았던 정전사고와 기기교체 등 보완작업으로 발생될 수 있는 재산 및 인명피해를 미연에 방지하기 위하여 일반 공공장소 및 방송국, 전화국, 공장, 호텔, 병원 및 일반 빌딩의 비상전원장치로 널리 보급되고 있으며 최근에는 전력비 절감을 목적으로 공장내 부산물(폐열, 폐가스, 저질연료 등)을 이용하는 상용·자가발전장치(열병합발전) 및 첨두부하시에도 사용할 수 있는 비상용 자가발전장치도 점차 증가하고 있다.

또한 각국마다 소방법, 건축법 등을 통하여 예비전원의 설비를 규제하는 실정에 있으며 중요한 시설일수록 이의 설치는 당연시되고 있다.

법규에 의한 예비전원설비로서는 자가용 발전설비, 축전지설비, 비상전용 수전설비 등이 인정되고 있으나 여기서는 비상용 자가발전장치의 종류와 선정상의 주의점에 대하여 기술하고자 한다.

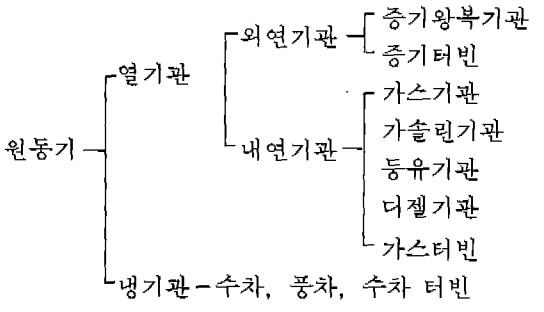
### 2. 비상용 자가발전장치의 종류

#### 가. 원동기형식에 따른 분류

원동기는 특정한 에너지를 기계적 에너지로 변환하여 동력을 얻기 위하여 사용되는 장치로, 표 1과 같이 분류할 수 있다.

이 가운데 열기관은 연료를 연소시켜 얻는 에너지를 기계 에너지로 변환시키는 기관으로, 자가발전설비의 원동기에는 주로 디젤 기관 또는 가스터빈 기관이 사용되고 있다. 이것은 비상용으로서의 필요조건인 시동의 확실성과 보수의 간이성 또한 부대설비를 포함하여 설비비가

〈표 1〉




비교적 저렴하기 때문이다.

본고에서는 내연기관에 주로 사용되는 디젤기관과 가스터빈 기관에 대하여 설명하고자 한다.

### (1) 디젤 기관

비상용 자가발전설비로서는 정전시의 시동을 확실하게 수행하는 데에는 디젤 기관이 우수하며 현재는 대다수가 디젤기관을 사용하고 있다.

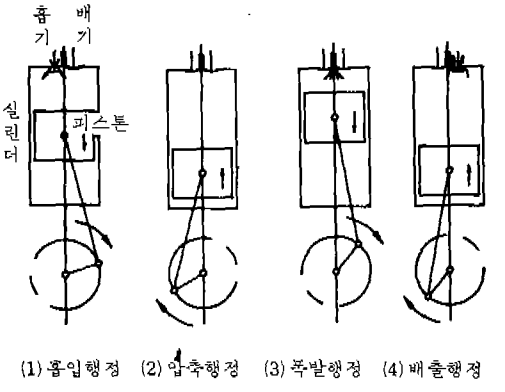
**그림 1**은 디젤 발전장치의 기본구성 예이다.

디젤 기관을 분류하면 다음과 같다.

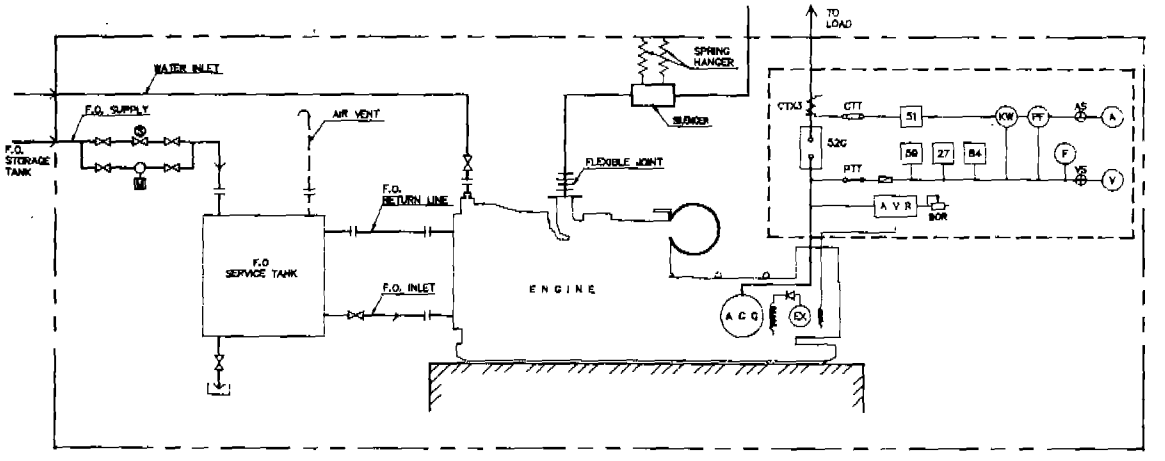
(가) 동작행정

내연기관에는 4사이클과 2 사이클 기관이 있다.

4사이클 기관이란 4행정, 즉 2회전 사이에 흡입, 압축, 폭발(연소), 배기 네가지의 동작을




〈그림 2〉 4사이클 기관의 작동도




〈그림 1〉 디젤 발전장치의 기본구성

하고 1사이클을 완료하는 기관을 말한다. 2사이클 기관은 2행정, 즉 1회전 사이에 상기와 같이 네개의 동작을 완료하는 것이며 처음의 행정에서 흡입, 압축 다음의 행정에서 연소배출을 한다. **그림 2**는 기관의 작동도이다.

(나) 기통의 배열

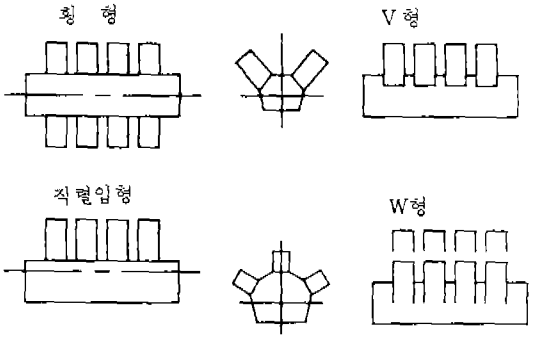
디젤기관은 입형과 횡형기관으로 나누어지며 기통의 배열은 다시 직렬입형 V형, W형 등으로 분류된다. 일반적으로 디젤 발전장치는 직렬입형 및 V형이 많이 사용된다. **그림 3**은 실린더 배열의 예이다.

(다) 연소방식

실린더안에 흡입한 공기를 압축하고 그 압축기에 의해 연소시키는 것이며, 연소되기 쉽도록 공기를 섞어서 분사하는 유기분사식과 연료에 공기를 섞지 않는 무기분사식이 있다.

또한 연료를 직접 실린더 안으로 분사하는 직접분사식과 일단 예연소실로 분사하여 타기 쉬운 가스상으로 하여 분사하는 예연소식이 있다.

(라) 냉각방식




〈그림 3〉 실린더의 배열

〈표 2〉 디젤 기관과 가스 터빈과의 비교

| 기 관 | 가 스 터 빈 | 디 젤 기 관 |
|---|---|---|
| 작 동 원 리 | 연속연소하고 있는 연소 가스의 열에너지를 회전운동으로 변환(회전운동) | 폭발하는 연소 가스의 열 에너지를 피스톤을 거쳐 크랭크 축의 회전운동으로 변환(왕복운동→회전운동) |
| 출 력 | 흡입공기의 온도상승으로 출력감소 배기관 저항을 작게 한다 | 주위조건은 통상의 사용조건에서는 출력을 감소하는 일은 없다 |
| 연료소비량 (g/ps·h) | 많다 (디젤기관의 약 2배) 300~370 | 160~230 |
| 사 용 연 료 | 등유, 경우, A중유, 천연 가스 | 경유, A중유 (등유) |
| 공기량 (연소용) | 디젤 기관의 약 3배 | |
| 윤활유소비량 (g/ps·h) | 0.4~0.5 | 1~3 |
| 부 하 투 입 | 1축식의 경우 100% 투입 가능 | 평균 유효압력이 높은 것을 2에 적합한 투입률이 된다 |
| 시 동 시 간 (S) | 30~60 | 10~40 |
| 진 동 | 회전기관이므로 진동이 적다 | 왕복운동 기관으로 진동은 있으나 방진장치로 감소 가능 |
| 설 치 | 설치면적 작고 기초는 거의 필요없다. 흡배기의 처리가 크다 | 설치면적이 크고 기초가 필요 흡배기 처리가 작다. |
| 냉각수 (ℓ /ps·h) | 불필요하다 | 필요하다. 30~40 |

기관의 냉각방식에는 수냉식과 공냉식이 있고 수냉식에는 라디에이터 순환식과 유출식이 있다.

(마) 시동방식

디젤 기관의 시동방식에 압축공기에 의한 공기시동방식과 셀모터에 의한 전기시동 방식이 있다. 공기시동방식은 중·고속의 직접분사식디젤 기관에, 전기시동방식은 고속의 예연소실 디젤기관과 비상용발전기관에 많이 사용되고 있다.

### (2) 가스터빈 기관

가스터빈의 원리는 날개에 고온 고압 가스를 적용시켜서 가스가 보유하고 있는 열 에너지를 회전동력으로 변환하는 원리로 오픈 사이클과 클로즈 사이클이 있다. 최근에는 100~500kW급 소형의 가스터빈 발전장치가 개발되었고 또한 1,000kW급까지 사용되고 있다.

**표 2**는 디젤기관과 가스터빈 기관의 비교표이다.

## 나. 사용목적에 따른 분류

사용목적에 따라 정치용(定置用)과 이동용으로 대별된다.

정치용이란 발전설비가 실내에 설치하여 사용되는 것으로 빌딩, 공장, 방송설비, 통신설비등의 보안용 또는 비상용 전력의 공급설비로서 사용된다.

이동용은 차량용 또는 산업기계용 디젤기관등과 함께 구성한 소용량, 경량의 것이 많고 토목공사용, 건축공사용, 도로공사용 등의 가설전원으로 사용된다.

## 다. 제어방식에 따른 분류

제어방식에는 전자동식, 반자동식, 수동식 등이 있는데, 방재 전원용으로서의 범용성(汎用性)을 갖기 위하여 최근에는 전자동식이 많이 사용되고 있다.

## 라. 발전기 형식에 따른 분류

디젤 발전장치에서는 일반적으로 다음의 사용조건을 표준화하고 있다.

주위온도 : −10~40℃ 이내

상대습도 : 30~85% 이내

설치장소 : 원칙적으로 표고 1,000m 이하의 옥내 수적(水滴), 모래, 먼지 등이 없는 곳

표준시방

극 수 : 4극

정격전압 : 208, 380, 440, 3,300, 6,600V

주 파 수 : 50Hz, 60Hz

상 수 : 3상 3선식, 3상 4선식

역 률 : 0.8(지체)

절연종류 : B종 또는 F종

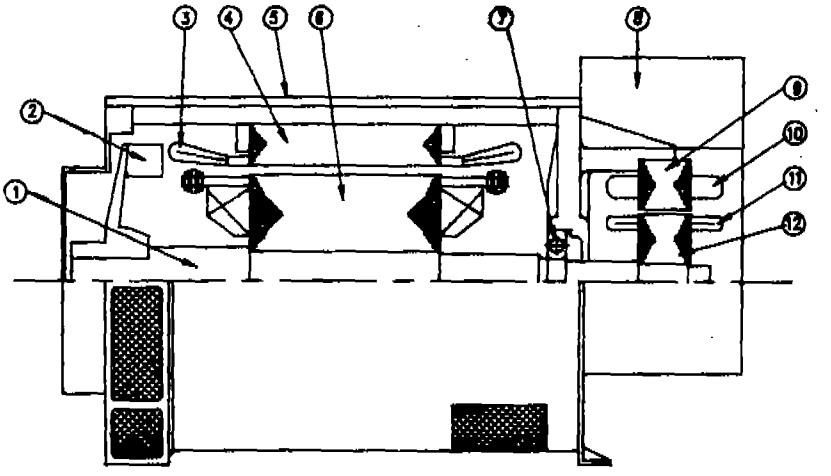
효 율 : 표 3 참조(JEM 1354의 보증치)

발전기는 일반적으로 개방보호형으로 회전계

〈표 3〉 발전기 효율(2~8극)

| 정격출력 | | 효율 [%] |
|---|---|---|
| kVA | kW | |
| 200 | 160 | 88.9 |
| 250 | 200 | 89.5 |
| 300 | 240 | 90.0 |
| 375 | 300 | 90.6 |
| 500 | 400 | 91.3 |
| 625 | 500 | 91.9 |
| 750 | 600 | 92.3 |
| 800 | 700 | 92.5 |
| 1050 | 800 | 92.8 |
| 1200 | 1000 | 93.2 |
| 1500 | 1200 | 93.4 |
| 2000 | 1600 | 93.8 |
| 2500 | 2000 | 93.9 |

1. 축
2. Fan
3. 고정자 권선
4. 고정자 철심
5. Frame
6. 회전자
7. Bearing
8. 단자 Box
9. 교류여자기 고정자
10. 교류여자기 고정자권선
11. 교류여자기 회전자권선
12. 교류여자기 회전자



〈그림 4〉 회전계자 돌극형 교류발전기 예

자형이 사용된다. 계자의 형상은 원통형과 돌극형이 있고 회전수, 용량에 따라 그 특징을 살린다.

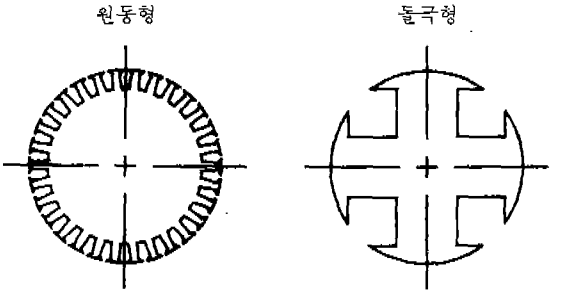
**그림 4**는 회전계자 돌극형의 예이다.

회전계자 원통형은 열이 균일화하고 또 높은 원심력이라도 돌극계자형과 같이 응력집중 부분이 없기 때문에 고속기에 적합하며 회전계자 돌극형은 계자권선이 자극철심(磁極鐵心)에 집중해서 감겨져 있는 것으로 대다수의 디젤 발전기에 사용된다.

발전기의 보호형식은 개방보호형, 방적보호형, 전폐 내냉형의 3종류를 표준으로 하며, 특수한 장소 이외에는 일반적으로 개방 보호형이 많이 쓰인다.

## 3. 비상용 자가발전장치의 선정

비상용 전원의 출력, 용량의 산정은 법령에 의한 비상용부하의 공급전원을 제 1조건으로 한 후에 공급대상 부하, 시설전체의 운영조건및 공




〈그림 5〉 회전자

급전력의 정전에 의해서 받는 피해를 어느 정도 경감하는가에 따라서 설비용량을 결정하도록 하여야 한다.

또한 정전시 출력전압의 부족으로 비상전원을 공급할 수 없는 경우, 또는 과다한 용량산정으로 경제성에 결여되는 문제가 발생치 않도록 신중히 고려하여야 한다.

비상용 자가발전설비의 부하를 선정하는 경우의 주의사항

1) 건물이나 시설의 성격, 부하의 용도, 성질, 사용자의 의향을 충분히 고려하여야 한다.

2) 사용빈도가 적은 것을 고려하여 불필요한 부하를 줄인다.

3) 경제성을 잘 검토한다.

4) 디젤엔진 구동인 예비전원은 수십초간의 정전은 피할 수 없음을 잘 고려한다.

(단, 무정전 전원장치를 시설하는 경우는 제외한다).

5) 유도전동기와 같은 시동전류가 큰 부하가 있는 경우는 시동방법을 고려하지 않으면 전원용량이 커지므로 특히 주의하여야 한다.

### 가. 발전기 용량의 산정

#### (1) 부하가 필요로 하는 입력

전동기류 및 조명, 전열기구등의 부하를 합계하여 설비부하로서의 총정격 입력을 산출한다.

발전기용량〔kVA〕=부하입력의 합계×수용률

이 때에 수용률은 일반적으로

- 동력의 최대입력이고 최초의 1대에 대하여는 100(%)
- 기타 동력의 입력은 80(%)
- 전등, 전열기구등은 100(%)를 적용한다.

#### (2) 유도전동기 직입기동에 의한 돌입부하

유도전동기의 기동전류는 한전 전원에서는 전원용량이 큰 관계로 별로 문제되는 것이 없지만 자가발전설비에서는 전동기를 시동할 때 큰 부하가 갑자기 걸리게 되므로 발전기의 단자전압이 순간적으로 저하하여 전압동요의 발생, 계전기의 트립 또는 엔진정지 등이 야기되는 수가 있다.

이 때의 발전기 정격은

$$\text{발전기용량〔kVA〕} > \left(\frac{1}{\text{허용전압강하}} - 1\right) \times xd' \times \text{기동〔kVA〕} \quad (1)$$

여기서

$xd'$ : 발전기의 과도리액턴스(20~30%)

허용전압강하 : 20~25% 정도

$$\text{기동〔kVA〕} = \sqrt{3} \times \text{정격전압} \times \text{기동전류} \times 1/1{,}000$$

#### (3) 발전기 용량의 결정

발전기 용량을 결정할 때에는 (1), (2)에서 다룬 사항을 고려하여야 한다.

즉 1) 전부하 운전입력을 충분히 공급할 수 있는 출력일 것

2) 유도전동기를 기동할 때 일어나는 돌입부하에 견딜 수 있을 것

위의 1), 2) 조건을 동시에 만족할 수 있는 용량이 필요하다.

1)의 조건에 만족한 용량은

$$\text{발전기용량〔kVA〕} > \text{전부하 입력〔kW〕}/0.8 \quad (2)$$

2)의 조건은 순시전압강하를 20~30(%) 이내로 억제할 필요가 있으며 이로부터 발전기용량을 역산할 수 있다.

즉 기동전류가 흐를 때 순간적 돌입부하 때문에 발생되는 발전기의 순간전압강하 $\Delta E$는

$$\Delta E = \frac{xd'}{xd' + \frac{\text{발전기정격〔kVA〕}}{\text{돌입부하〔kVA〕}}} \times 100〔\%〕$$

여기서 $xd'$는 발전기의 직축 과도 리액턴스이고 보통 0.2~0.3이다. 위에서 다룬 바에 따라 필요한 발전기용량은 (1), (2)식에서 구한 값 중 큰 쪽을 채용하도록 한다.

#### (4) 특수부하에 대한 검토

일반적으로 비상용 디젤 발전기의 부하는 전동기, 조명, 전열기 등이 있고 발전기용량은 전술한 계산에 의하여 구해진다. 이 외에 특수부하로 다이리스터, 레오나드, 전해설비용 정류

기, 크레인, 엘리베이터, 아크로 등의 부하는 고조파 전류, $GD^2$에 대한 속도상승에 따른 발전기의 소손, 과열 등을 일으킨다. 이에 대한 발전기 용량은 전문 메이커와의 협의가 필요하다.

### 나. 엔진 출력의 결정

엔진 출력의 결정에 앞서 다음 사항의 조건을 만족토록 하여야 한다.

1) 전부하에서 운전이 가능할 것

2) 유도전동기가 기동할 때에 과부하에서 견딜 수 있을 것

1) 조건에서

$$\text{엔진출력 } P_E = \frac{P_G \times Pf_G}{\eta_G \times 0.736} \text{〔PS〕} \quad (3)$$

단 $\eta_G$ : 발전기 효율

$Pf_G$ : 발전기 역률≒역률

1〔PS〕: 0.736〔kW〕

2) 조건에서는 전동기를 기동할 때 엔진에 가하여지는 부하 P는

$$P = \frac{P_0 + Q \cdot \cos\theta}{\eta_{G'} \times 0.736} \text{〔PS〕}$$

여기서 $P_0$ : 운전중에 있는 초기부하〔kW〕

Q : 전동기의 기동 kVA

$\cos\theta$ : 전동기의 기동전류의 역률

$\eta_G'$ : 전동기 기동시의 발전기 효율 ($\eta_G$ 값보다 2~5% 떨어짐)

엔진의 과부하 내량을 k라 하면

$$\text{엔진출력} > \frac{P_0 + Q \cdot \cos\theta}{\eta'_G \times K \times 0.736} \text{〔PS〕} \quad (4)$$

K : 1.1~1.2정도

이상에서 설명한 바와 같이 엔진의 출력은 (3)식과 (4)식에서 큰 값으로 결정한다.

## 4. 제어장치의 선정

제어장치는 발전기반과 자동시동반 등의 배전반에 의해 구성되며 배전반의 형식은 탑재형, 벽치형 등이 있으며 소용량에는 탑재형이 많이 쓰인다.

### 가. 배전반의 부착계기

발전기의 운전상황과 출력을 감시하기 위한 계기는 표 4와 같다.

### 나. 보호장치

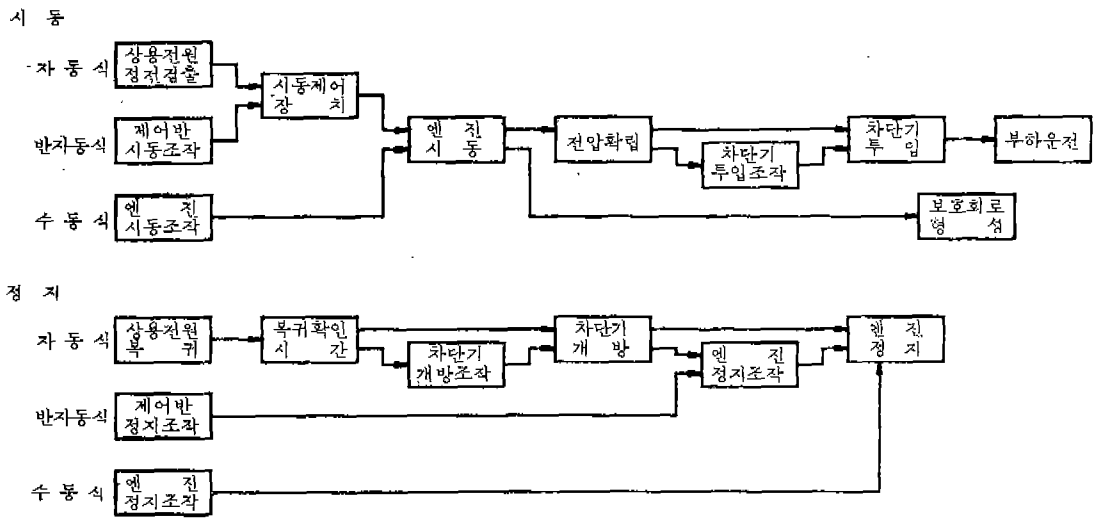
비상용 자가발전장치의 운전중 이상 현상이 발생되었을 때 엔진, 발전기 및 사용자의 전기기기를 보호하기 위해 일반적으로 표 5와 같은 보호장치가 사용되고 있다. 표시는 작동상황을

〈표 4〉 발전기반의 설치계기

| 계 기 명 | 기본 | 일반적 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 교류 전압계 | ○ | ○ | 발전기 출력전압감시 |
| 교류 전류계 | ○ | ○ | 발전기 출력전류감시 |
| 주 파 수 계 | ○ | ○ | 발전기 주파수감시 |
| 전 력 계 | | ○ | 발전기 출력감시 |
| 전 력 량 계 | | ○ | 발전기 출력량감시 |
| 운전시간기록계 | | ○ | 보수점검시 필요 |
| 역 률 계 | | | 두가지중 한가지 선택 |
| 무효 전력계 | | | |

〈표 5〉 보호장치의 종류(반자동, 자동식)

| 명 칭 | 기관정지 | 차단기 | 경보 | 램프 |
|---|---|---|---|---|
| 윤활유압력저하 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 냉각수 온도상승 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 엔 진 과 속 도 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 시 동 실 패 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 발전기 저전압 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 발전기 과전압 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 발전기 과전류 | × | ○ | ○ | ○ |




〈그림 6〉 발전기 Block Diagram

나타내는 별개의 표시등에 의하여 표시하며 음향에 의한 경보(벨 또는 버저)를 말하는 것이 보통이며 벨 및 버저는 반면에서 1m 떨어진 곳에서 70폰 (A) 이상으로 한다.

보호장치는 정하여진 것 이외에 원동기의 종류, 사용방법, 사용목적 등에 따라 여러가지로 생각할 수 있는데 비상용의 경우 가급적 단순한 형으로 하는 것이 보수상으로나 사용상으로 바람직하다.

### 다. 시동 시퀀스

정전시에는 비상용 발전장치를 자동 시동시켜 필요부하에 전력을 공급한다. 건축기준법에 의한 비상조명용의 축전지 설비에 대신하는 것으로 인정되는 비상용 발전장치는 10초 이내에 전압을 확립하여 부하에 전력을 공급한다.

시동의 조건은 사용하는 원동기에 따라 다소 다르게 채택할 수 있으며 비상발전기 기동방식에는 자동식, 반자동식, 수동식의 3종류가 있다. 그림 6은 발전기 Block Diagram이다.

#### (1) 자동 기동방식

정전시 자동으로 기관을 시동운전시켜 발전기 전압을 확립한 후에 차단기를 투입, 비상부하에 전력을 공급한다. 또 상용전원이 복귀 하였을때에는 자동적으로 기관의 운전을 정지시키고 비상전원이 상용전원으로 절체된다.

#### (2) 반자동 기동방식

발전장치의 조작중 일부는 자동, 일부는 수동인 병용방식이며 자동식의 기동명령, 차단기를 조작하고 상용전원의 복귀후 기관정지 등 자동식일부를 운전자가 확인후에 수동조작하는 방식을 말한다.

#### (3) 수동 기동방식

상용전원의 정전시 운전자가 직접 현장에 가서 디젤 기관을 기동운전시켜 발전기 전압을 확립한 후에 차단기를 투입하는 발전장치로 운전에 관계되는 일련의 주요조작을 모두 수동으로 하는 방식을 말한다.