

## 非常電源用 自家 發展 設備의 出力 算出 方法 (I)

柳 光 熙\*

常用電源의 停電을 對備하여 非常電源으로 設置하는 自家發電設備는 發電機, 原動機 및 附帶裝置로 構成되는데, 그 出力容量은 필요로 하는 出力보다 過多하면 非경제적이 되고, 不足하면 非常時에 그 機能을 發揮할 수 없게 된다.

따라서 適正한 出力容量의 算定은 매우 重要한데, 國內의 規定에는 自家發電設備의 出力容量을 求하는 公式이 定하여진 것이 없으므로, 日本內燃力設備 協會의 規定 NEGA C 201(自家發電設備의 出力算定法)과 日本 消防廳의 消防豫 第100號 通知(昭和 63.8.1.)를 根據로 하여 說明한다.

自家發電設備가 必要로 하는 出力은 다음의 順序에 의하여 選定한다.

- (1) 發電機의 出力을 2.의 方法에 의하여 求한다.
- (2) 原動機의 出力을 3.의 方法에 의하여 求한다.
- (3) 該當 發電機의 出力과 原動機의 出力과의 整合을 4.의 方法에 의하여 求한다.
- (4) 그 結果에 따라 適切한 發電機 및 原動機를 選定한다.

### 1. 用語의 解說

自家發電設備의 出力算出 方法을 理解할 수 있도록 하기 위하여 여기서 사용하고 있는 技術用

語를 解說하면 다음과 같다.

直流: 電壓이나 電流의 크기나 흐르는 방향이 時間에 관계없이 一定한 것을 直流(Direct Current) 라 하는데, 대표적인 電源으로는 蓄電池(Battery)가 있다.

交流: 電壓이나 電流의 크기나 흐르는 方向이 時間에 따라 周期的으로 變化하는 것을 交流(Alternating Current)라 하는데, 國內의 送配電線路는 대부분 交流이며, 大部分의 自家發電設備도 交流用이다.

電壓: 물이 水位가 높은 곳으로 부터 水位가 낮은 곳으로 흐르는 것과 같이, 電流도 電位가 높은 곳으로 부터 電位가 낮은 곳으로 흐른다.

水位의 差를 “水位差”라고 하는 것과 같이, 電位의 差를 “電位差(Electric Potential Difference)” 라 한다.

또한, 물의 壓力을 “水壓”이라고 하는 것과 마찬가지로 電氣의 壓力을 “電壓(Voltage)”이라고 하는데, 이들 電位, 電位差, 電壓의 單位는 Volt [V]를 사용하고, 記號는 E 또는 V를 사용한다.

起電力: 回路에 電壓이 없으면 電流가 흐르지 못하는데, 電壓을 발생하여 電流를 계속흐르게 하는 電氣的인 힘을 起電力(Electro-Motive Force)라 하며, 起電力을 일으키는 裝置를 電源(Electric Source)라 한다.

電流: 물의 흐름을 “水流”라고 하는 것과 같이, 電氣의 흐름을 “電流(Electric Current)”라 하며, 水位差나 水壓에 의하여 水流가 생기는

\* 正會員, (주)정림종합건축사 사무소 이사

것과 마찬가지로 電位差나 電壓에 의하여 電流가 흐른다. 電流의 單位는 Ampere[A]를 사용하고, 記號는 I를 사용한다.

**抵抗**: 一定한 水壓을 가하여 管路에 물을 흐르게 할 때, 管路의 內經이나 內面의 상태에 따라 水流의 흐르는 상태가 달라지는데 水流의 量은 管路의 內經에 比例하며 또한 管路 內部의 매끄러운 程度에 따라 變化한다.

이와 마찬가지로 一定한 電壓을 加하여 電路에 電流를 흐르게 할 때에도, 導體의 直徑이나 材質에 따라 電流의 量이 달라지며, 또한 電流의 量은 導體의 直徑에 比例하며 導體의 材質에 따른 固有 抵抗에 따라 變化한다.

이와같이 導體내에서 電流가 흐르기 힘든 程度를 나타내는 量을 電氣抵抗(Electric Resistance)이라 하는데, 일반적으로 생략하여 “抵抗”이라 하며, 記號는 R을 사용하고, 單位는 1[V]의 單位差에 대하여 1[A]의 電流를 흐르게 하는 抵抗의 값을 單位로 하여 1[Ω]이라 한다.

굵기가 均一한 導線의 斷面積을 S, 길이를 L, 導體의 固有抵抗을 ρ라고 하면,

$$R = \rho * (L/S) \text{ [}\Omega\text{]} \quad (1)$$

로 주어진다.

그러나 ρ, L, S는 溫度에 따라 變化하므로, 抵抗도 溫度에 따라 變化하여

$$R = R_0(1 + \alpha * t) \text{ [}\Omega\text{]} \quad (2)$$

의 관계가 成立하는데, 여기서 R<sub>0</sub> [Ω]는 基準溫度에서의 抵抗을, α는 基準溫度에서의 溫度係數를, t는 基準溫度와 비교하는 溫度와의 差이다.

한편, 交流에서는 電流가 導線의 表面에 가까운 부분으로만 흐르려고 하는 “表皮效果(Skin Effect)” 때문에 導線에 均一하게 電流가 分布하지 않으므로, 交流回路에서의 抵抗은 直流의 경우보다 增加하는데, 이러한 現狀은 周波數가 높을수록 두드러지게 나타난다.

**Inductance**: 導線에 電流가 흐르면 그 주위에 “磁場(Magnetic Field)”이 형성되며, 磁場의 모양을 “磁力線(Magnetic Flux Line)”이라 한다.

어떤 斷面을 통하는 磁力線을 한묶음하여 “磁束

(Magnetic Flux)”이라 하는데, 그 記號는 φ로 표시하며 單位는 [Weber]를 사용한다.

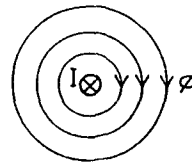


그림1-1

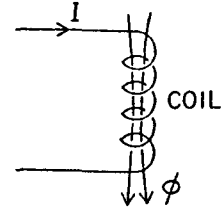


그림1-2

그림1-1과 같이 電流에 의하여 생기는 磁束은 반드시 閉回路를 이루며, 電流와 鎖交(Link)한다. 磁束이 電流와 鎖交하는 數를 “磁束鎖交數”라 하고 單位는 [Weber-Turn]을 사용한다. 코일(Coil)의 감은回數(捲回數)를 n, 磁束을 φ라고 할 때의 磁束鎖交數 λ는

$$\lambda = n \phi \text{ [Weber-Turn]} \quad (3)$$

로서 磁束鎖交數는 코일의 捲回數와 磁束의 積으로서 표시된다.

파라데이의 법칙(Faraday's Law)에 의하면, 磁束鎖交數의 時間적 比率이 起電力이므로

$$e = d\lambda/dt \text{ [V]} \quad (4)$$

이 起電力을 誘起起電力(Induced emf) 또는 誘起電壓(Induced Voltage)이라 한다. 電流에 의하여 磁束鎖交數가 직선적으로 變化하는 범위에서는,

$$\lambda = L * i \text{ [Weber-Turn]} \quad (5)$$

여기서 i는 電流[A], L은 直線부분의 기울기로서 回路의 自己인덕턴스(Self Inductance) 또는 인덕턴스(Inductance)라 부르고, 單位는 Henry[H]를 사용한다.

1[H]는 1[A]의 電流에 의하여 생기는 磁束鎖交數가 1[Wb. T]일 때의 Inductance를 말하며, Inductance 成分을 갖도록 제작한 機器를 Reactor라 한다.

**Capacitance**: 絶緣體를 사이에 두고 서로 마주 보고 있는 두 導體간에 電位差가 존재하면 電位가

높은 導體에 正電位가 축적되고, 電位가 낮은 導體에는 같은 量의 負電位가 축적된다. 이때 축적되는 電荷와 電位差가 比例하는 범위에서는

$$q = C * e [C] \tag{6}$$

의 관계가 성립되는데, 여기서  $C$ 는 직선부분의 기울기이며 두 導體간의 靜電容量, 캐패시턴스(Capacitance) 또는 콘덴서(Condenser)라 부르고, 單位는 Farad[F]이다.  $q$ 는 電荷量[C]이며,  $e$ 는 電位差[V]이다.

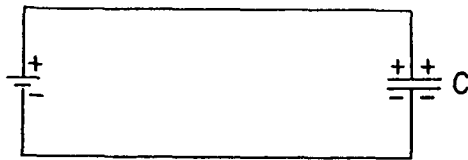


그림1-3

Reactance: 直流에서는 周波數가 零이므로 電流의 흐름을 방해하는 것은 抵抗뿐이나, 交流回路에서는 자체 Inductance  $L$  및 靜電容量  $C$ 에 의한 Reactance가 추가된다.

이중에서  $L$ 에 의한 Reactance를 “誘導 Reactance”라 하고,  $C$ 에 의한 것을 “容量 Reactance”라 한다.

(1) 誘導 Reactance:  $L$ [H]의 自己 Inductance를 周波數  $f$ [Hz]의 交流回路에 사용할 때의 Reactance  $X_L$ 은,

$$X_L = 2\pi f * L = \omega L [\Omega] \tag{7}$$

여기서  $\omega = 2\pi f$

로 표시된다. 따라서 誘導 Reactance는 周波數  $f$ 에 比例한다.

(2) 容量 Reactance:  $C$ [F]의 靜電容量을, 周波數  $f$ [Hz]의 交流回路에 사용할 때의 Reactance는,

$$X_c = 1/(2\pi f * C) = 1/(\omega C) [\Omega] \tag{8}$$

여기서  $\omega = 2\pi f$

로 표시되므로, 容量 Reactance는 周波數  $f$ [Hz]에 反比例한다.

(3) 過度 Reactance: 同期 發電機의 Reactance

는 주로 誘導性 Reactance로서 만일 回轉子가 電機子 電流에 의해 발생하는 回轉起磁力의 最大值와 一致된 位置에서 이와 동일한 同期速度로 回轉할 경우에는, 基本波 磁束의 最大值가 回轉子와 電機子 사이를 鎖交하게 되므로 回轉子の 다른 위치에서 보다도 電機子の Reactance가 커지게 되는데 이를 “同期 Reactance”라고 한다.

그러나 電機子 捲線의 電流가 갑자기 增加하면, 回轉磁束은 增加하지만 回轉子와 電機子 사이의 鎖交磁束은 Constant Flux Theorem에 의해 빠른 增加를 할 수 없게 되어 增加된 磁束의 일부는 Air Cap을 통하여 發散하게 된다.

따라서 이 때의 電機子 Inductance는 작아지므로 Reactance 역시 작은 값을 가지는데 이를 “過度 Reactance”라고 한다.

만일 回轉子가 Damper 捲線 등을 가지게 될 때에는 이러한 現狀이 더욱 두드러져 Reactance가 더욱 작아지게 되는데, 이를 “次過度 Reactance”라고 한다.

Vector 量: 量을 표시하는 방법은 Scalar 量과 Vector 量이 있는데, Scalar 量은 무게, 크기 등과 같이 단순히 크기만을 나타내는 것인 반면 Vector 量은 힘, 速度 등과 같이 크기와 方向을 가지고 있는 量을 말한다.

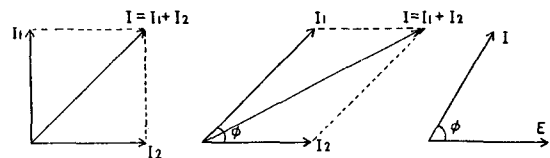


그림1-4

Vector를 그림으로 나타내면, 그림1-4아 같이 그 크기는 線分의 길이로 나타내고, 方向은 晝살표의 方向으로 나타낸다. 이와 같은 그림을 Vector 圖라 한다.

따라서 Scalar 量으로 계산하면 1+1은 반드시 2가 되지만, Vector 量으로 계산하면 1+1은 2가 될 수도 있고, 안될 수도 있다.

왜냐하면 크기가 같더라도 그 方向이 서로 反對이면 그 합은 零이 되기 때문이다.

直流回路의 電流, 電壓, 電力 등은 단순히 Scalar 量으로 계산하여도 되지만, 交流回路인 경우

에는 回路素子에 抵抗 R 뿐만 아니라, 容量 Reactance  $X_c$ 와 誘導 Reactance  $X_L$ 의 작용에 의하여 電流와 電壓간에 位相差  $\phi$ 가 있을 수 있어 Vector量에 의한 計算을 하여야 한다.

交流回路의 回路素子에,

- (1) 抵抗成分 R만 있을 경우에는 그 回路의 電壓과 電流의 位相은 같다.
- (2)  $X_c$ 의 성분만 있을 경우에는 그 回路의 電流의 位相은 電壓보다  $90^\circ$  앞선다.
- (3)  $X_L$ 의 성분만 있을 경우에는 그 回路의 電流의 位相은 電壓보다  $90^\circ$  뒤진다.

따라서 그림1-5와 같은 交流回路의 電流는 그림1-6과 같이 되며, 합성전류  $I=I_L-I_c$ 이다.

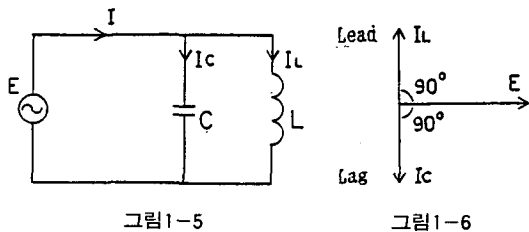


그림1-5

그림1-6

Impedance: 交流回路에서 그림1-7과 같이 어떤 負荷에  $V[V]$ 의 電壓을 加할 때  $I[A]$ 의 電流가 흘렀다고 하면, 이 電壓과 電流와의 比  $V/I$ 를 Impedance라 하고 일반적으로  $Z$ 의 記號를 사용하며 單位는 Ohm  $[\Omega]$ 을 사용한다. 즉

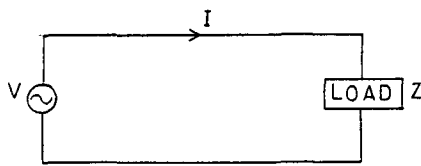


그림1-7

$$Z = V/I \quad [\Omega] \quad (9)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad [\Omega] \quad (10)$$

$$Z = X_L - X_c \quad [\Omega] \quad (11)$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f * L \quad (7)$$

$$X_c = 1/\omega C = 1/(2\pi f * C) \quad [\Omega] \quad (8)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$Z$ : 임피던스(Impedance)  $[\Omega]$

$V$ : 電壓  $[V]$

$I$ : 電流  $[A]$

$X$ : 리액턴스(Reactance)  $[\Omega]$

$X_L$ : 誘導 리액턴스(Inductive Reactance)  $[\Omega]$

$X_c$ : 容量 리액턴스(Condensive Reactance)  $[\Omega]$

$f$ : 周波數  $[Hz]$

$L$ : 인덕턴스(Inductance)  $[H]$

$C$ : 靜電容量(Electrostatic Capacity)  $[C]$

$\omega$ : 各 速度

여기서 式(9)를 옴의 법칙(Ohm's Law)라 한다.

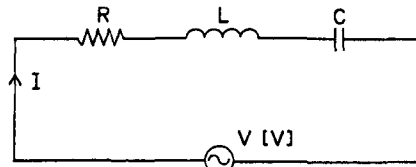


그림1-8

예를 들어, 그림1-8와 같은 RLC(Resistance, Inductance, Capacitance) 直列回路에  $V[V]$ 를 加할 때  $I[A]$ 가 흘렀다고 하면,

$$Z = V/I = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \quad [\Omega] \quad (12)$$

이 된다. 그리고 Impedance의 逆數를 Admittance라 하며 통상  $Y$ 로 표시한다.

直流回路에서는, 周波數  $f=0$ 이므로 리액턴스  $X=0$ 이다.

따라서 直流回路의 임피던스  $Z$ 는 抵抗  $R$ 과 같다.

또한 交流回路에서는, 同一한 인덕턴스와 靜電容量이라 하더라도 回路의 周波數가 變化하면 誘導 리액턴스와 容量 리액턴스의 값이 變化하므로 임피던스  $Z$ 의 값도 變化한다.

力率: 交流回路에서 電壓과 電流와의 사이에 位相差가 있으면, 電力의 값은 電壓의 값과 電流의 값의 積보다 항상 적다. 이때의 電力의 값은 電壓의 값과 電流의 값의 積에 어떤 因數(Factor)를 곱한 것이다.

이 因數는 回路의 種類에 따라서 다른데, 이 因數를 그 回路의 “力率(Power Factor 약해서 PF)이라 한다. 또한 電力을 消費하는 負荷에 대해

서는 負荷의 力率(Power Factor of Load)이라 한다.

즉 電力  $P[W]$ , 電流  $I[A]$ , 電壓  $E[V]$ 라 하면,

$$\text{力率 } PF = P/(EI) \quad (13)$$

$$\text{또는, } PF = \{P/(EI)\} * 100[\%] \quad (14)$$

正弦波 電流와 電壓 사이의 位相差(또는 相差라 한다.)를  $\theta$ 라 하면,

$$P = EI \cos \theta [W] \quad (15)$$

$$PF = P/(EI) = EI \cos \theta / EI \\ = \cos \theta \quad (16)$$

따라서 電流와 電壓이 正弦波인 경우 力率は 그 사이의 相差角의 餘弦으로 표시된다. 이와같은 이유로  $\theta$ 를 그 回路 또는 負荷의 力率角(Power Factor Angle)이라 한다. 力率は 일반적으로 Percentage [%] 또는 小數로 나타낸다.

力率は 負荷에 따라 다른데, 일반 誘導電動機와 같이 電機 Energy를 動力 Energy로 변환하는 負荷이거나 螢光燈의 力率は 遲相(Lag)으로서 보통 1보다 적고, 電熱器, 白熱燈 등과 같이 電氣 Energy를 熱 Energy로 변환하는 負荷의 力率は 보통 1이다. 또한, 콘덴서의 力率は 進相(Lead)으로서 1이다.

일반적인 負荷의 力率は 대개의 경우 遲相으로서 1보다 적는데, 이것을 1에 가까워지게 끌어올리는 것을 “力率改善”이라 하며, 일반적으로 Condenser를 사용하여 力率改善을 하는데, 이러한 用途로 사용하는 Condenser를 “力率改善用 Condenser”라 한다.

**電力**: 電流回路의 電力은 電壓과 電流의 積이며, 그 單位는 Watt[W]이다. 그러나 交流回路의 電力은 다음의 3가지 種類로 區分된다.

交流回路의 電壓을  $V[V]$ , 電流를  $I[A]$ , 力率을  $\cos \theta$ 라 하면,

- (1) 有效 電力: 電壓과 電流의 相差는  $\theta$ 인데, 電流를 電壓의 洞相成分과 直角成分으로 分解하였을 때, 洞相成分에 해당하는  $I * \cos \theta$ 를 有效電力(Active Power)이 되는 의미로 有效電流(Active Current)라 하고, 有效電力은 電壓  $V[V]$ 와 有效電流  $I * \cos \theta [A]$

의 積이며, 單位는 [W]이다.

$$\text{有效 電力 } P = V * I * \cos \theta [W] \quad (17)$$

일반적인 負荷(電動機, 照明器具 등)의 電力容量은 대부분 有效電力 [W] 또는 [kW]로 표시된다.

- (2) 無効 電力: 電流의 直角成分인  $I * \sin \theta$ 는 有效電力이 되지 않는다는 의미로 無効電流(Reactive Current)라 하는데, 無効電力(Reactive Power)은, 電壓  $V[V]$ 와 無効電流  $I * \sin \theta [A]$ 의 積이며, 單位는 [Var] 또는 [KVar]를 사용한다.

$$\text{無効電力 } P_r = V * I * \sin \theta [\text{Var}] \quad (18)$$

- (3) 皮相 電力: 交流回路에서의 皮相電力은 直流回路의 電力과 마찬가지로 電壓  $V[V]$ 와 電流  $I[A]$ 의 積이지만, 直流回路의 電力의 單位와는 달리 [VA] 또는 [kVA]를 사용한다.

皮相電力, 有效電力, 無効電力의 관계는 다음과 같다.

$$\text{皮相電力 } P_a = V * I [VA] \quad (19)$$

$$= \sqrt{P^2 + P_r^2} \\ P_a^2 = P^2 + P_r^2 \quad (20)$$

$$\text{또한, 有效電力 } P = P_a * \cos \theta [W] \quad (21)$$

$$\text{無効電力 } P_r = P_a * \sin \theta [\text{Var}] \quad (22)$$

式(17), (18), (19)는 單相回路의 電力에 관한 것인데, 3相回路의 電力은 式(17), (18), (19)에  $\sqrt{3}$ 배를 해주면 된다.

變壓器의 出力容量은 皮相電力 [kVA]로 표시되는데, 그 이유는 變壓器가 製造工場에서 出荷될 때 負荷로 어떤 것이 接續될지를 알 수 없기 때문이다.

**入力**: 電源으로부터 負荷로 供給되는 電力을 말하는데, 負荷로 供給되는 負荷電流를 求할 때에는 入力電力에서 求하여야 한다.

**出力**: 負荷가 電源으로부터 電力을 供給받아 外部로 낼 수 있는 힘을 말하는데, 일반적으로 負荷의 出力은 負荷의 入力보다 적으며, 變압기,

電動機 等의 容量은 出力으로 표시된다.

効率: 대개의 負荷機器의 內部에서는 電力損失이 발생하므로, 負荷機器의 出力은 入力보다 損失만큼 적게되는데, 出力과 入力과의 比를 効率이라 한다.

$$\eta = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} = \frac{\text{入力} - \text{損失}}{\text{入力}} \quad (23)$$

電壓降下率: 導體에 電流가 흐르면 導體의 Impedance 에 의하여 電壓降下가 생기게 되는데, 導體에 흐르는 電流를  $I[A]$ , 導體의 Impedance 를  $Z [\Omega]$ 이라 하면 導體에서의 電壓降下  $Ed[V]$ 는,

$$Ed = I * Z[V] \quad (24)$$

電壓降下率이란, 電壓降下の 定格電壓에 對한 比를 말하는데,

定格電壓을  $E[V]$ 라 하면 다음과 같이 표시된다.

$$\text{電壓降下率} = \frac{Ed}{E} * 100[\%] \quad (25)$$

單相交流: 相(Phase)이 하나인 交流를 單相交流(Single Phase AC)라 하는데, 家庭에서 사용하는 大部分의 電氣使用 機械器具는 單相交流用이다.

單相交流에는 單相 3 線式과 單相 2 線式이 있다.

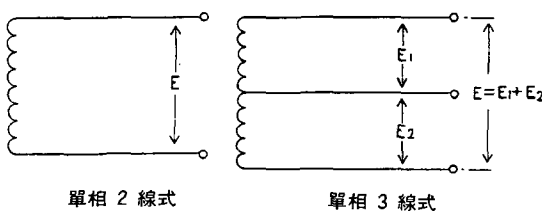
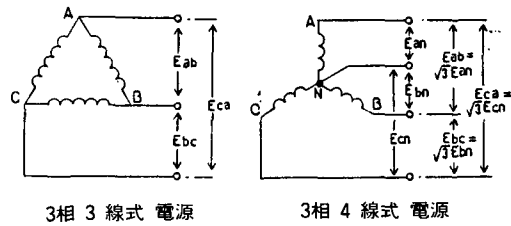


그림1-9

多相交流: 同一周波數이고 位相이 다른 2개 以上의 起電力을 하나로 사용할 때 이것을 多相起電力(Poly-phase Electromotive Force)이라 하며, 이런 接續方式을 多相方式(Poly-phase System)이라 한다. n개의 起電力의 크기가 같고 位相差가 차례로  $2\pi/n$ 만큼씩 다를 때, 이러한 交流를 對稱 n 相交流(Symmetrical n-phase AC)라 하고, 그렇지 않을 때는 非對稱 n相 交流라 한다.

가장 대표적인 多相 交流가 3相交流인데, 3相 交流回路(Three-phase AC Circuit)에서 각 相의 起電力과 電流의 크기가 같고 相差만  $2\pi/3$ 일 때 이를 平衡 3 相回路(Balanced Three-phase Circuit)라 하며, 그렇지 않을 때를 不平衡 3 相回路(Unbalanced Three-phase Circuit)라 한다.



3相 3 線式 電源      3相 4 線式 電源

그림1-10

3相 交流回路의 電源에는 3相 3線式과 3相 4線式이 있는데, 大部分의 3相 負荷는 3相 3線式이며 負荷가 大容量일 때에는 3相을 사용한다.

平衡負荷: 多相 交流回路에 있어서 각 相에서 均等하게 電力을 消耗하는 負荷를 平衡負荷라 한다.

예를 들면, 3相 交流回路의 接續된 3相 誘導電動機는 平衡負荷이다.

不平衡負荷: 多相 交流回路에 있어서 각 相에서 均等하게 電力을 消耗하지 않는 負荷를 不平衡負荷라 한다.

예를 들면, 3相 交流回路에 接續된 單相 電動機, 照明器具, 單相 콘센트 等은 不平衡 負荷이다.

高調波: 대체적으로 交流는 正弦波(Sinusoidal Wave)와 非正弦波(Non-Sinusoidal Wave)의 두가지로 區分할 수 있다.

일반적인 交流理論은 電壓과 電流를 모두 理想的인 正弦波로 간주하여 解析하지만, 엄밀히 따지면 交流波形은 多少 찌그러진 交流波, 즉 非正弦波가 많다.

非正弦波가 발생되는 原因은 發電機의 電機子 反作用, 鐵心の Hysteresis現狀, 磁氣飽和現象, Transister 增幅器의 非線形 特性, 整流作用 等 여러가지 現狀에 의해 여러 모양의 非正弦波가 발생한다.

周期가  $T$ 인 非正弦波  $y(t)$ 를 Fourier 級數로

展開하면,

$$y(t) = b_0 + \sum_{n=1}^{\infty} An * \sin(n\omega t + \Theta_n) \quad (26)$$

$$T = 1/f \quad \omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

$$b_0 = (1/T) \int_a^T y(t) * dt$$

$$An = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$\Theta_n = \tan^{-1} \frac{b_n}{a_n}$$

$$a_n = (2/T) \int_a^T y(t) * \sin(n\omega t) * dt$$

$$b_n = (2/T) \int_a^T y(t) * \cos(n\omega t) * dt$$

이 되는데, 위의 식에서  $b_0$ 는 非正弦波  $y(t)$ 의 한 周期( $T$ )에 대한 平均值이므로 이것은 直流分을 의미한다.

$A_1 \sin(\omega t + \Theta_1)$ 은 非正弦波와 同一한 周波數  $f$ 를 가지고 純正弦波로서 基本波(Fundamental Wave)라 하며,  $2f, 3f, \dots$ 의 周波數의 純正弦波들을 차례로 제2 高調波(Second Harmonics), 제3 高調波(Third Harmonics)···라 하는데, 基本波를 제외한 交流分을 原 波形의 高調波(Higher Harmonics)라 한다.

그러나 對稱波에서는 Fourier 級數 展開時 寄數 波만이 存在하게 되는데, 이 중 특히 제3 및 제5 高調波는 線路의 不平衡 및 電氣機器의 發熱等의 原因이 되므로 이의 發生을 加급적 抑制하여야 한다.

**需要率**: 어느 期間중에 있어서 需要家の 最大 需要電力과 電氣使用 機器의 定格容量의 合計와의 比를 需要率이라 한다.

$$\text{需要率} = \frac{\text{最大 需要 電力[kW]}}{\text{電氣使用 機器의 定格容量의 合計[kW]}} * 100(\%) \quad (27)$$

대개의 경우 需要家の 負荷設備은 여유가 있으므로, 모든 負荷設備가 定格出力으로 同時에 모두 사용되는 일은 거의 없다. 따라서 대부분의 需要家の 需用率은 100[%] 以下이다.

**電動機**: 電動機의 種類는 대단히 많은데, 電源의 種類로 分類하면 直流用과 交流用이 있으며, 交流用은 單相交流 電動機와 3相交流 電動機가 있다. 3相交流 電動機는 動作原理에 따라 同期 電動機와 誘導 電動機로 分類되며, 3相交流 誘導 電動機는

構造에 따라 捲線型가 籠型으로 分類된다.

捲線型은 構造가 복잡한 短點이 있으나, 起動時 起動電流를 抑制하면서도 큰 起動 Torque를 발생 하는 長點이 있다. 일반적으로는 構造가 간단하여 價格이 低廉하면서도 特性이 優秀한 籠型이 사용 되는데, 우리가 흔히 3相 電動機 또는 3相 Motor라 부르는 電動機는 3相交流 籠型 誘導 電動機라고 하여도 過言이 아니다. 消防 設備用 加壓 送水 裝置에 사용되는 電動機도 대부분 3相交流 籠型 誘導 電動機가 사용된다.

**起動電流**: 電動機를 停止狀態에서 起動시키면, 定格回轉數에 도달할 때까지 定格電流보다 큰 電流가 흐르는데, 이와같이 起動時에 흐르는 電流를 起動電流라 하며, 이 起動電流는 電力系統에 惡影響을 미치게 되므로 加급적 起動電流의 값을 抑制시켜야 할 需要가 있다.

3相 籠型 誘導電動機의 起動方式은 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 全 電壓 起動方式(直入 起動方式: Line Start 方式)
- (2) 減 電壓 起動方式
  - ① Y-△ 起動(Star-Delta 起動)
  - ② Reactor 起動
  - ③ 起動 補償器 起動(單捲 變壓器 起動)
  - ④ Kondorfar 起動
  - ⑤ 特殊 Kondorfar 起動
  - ⑥ VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 起動

(1) 直入 起動(Line Start) 方式

起動時 電動機의 端子에 直接 定格電壓을 加하여 起動하는 방식인데, 起動方法이 간단하여 널리 사용되고 있다. 그러나 直入 起動時 定格電流의 7~8倍의 起動電流가 흐르므로 電源容量이 이에 견딜 수 있는 것이 필요하다.

電源容量이 충분히 크다면 數 1000(kW)의 大容量 電動機도 直入 起動이 가능한데, 일반적으로 電源容量의 1/10 以下の 容量은 直入 起動 方式에 의할 수 있다.

(2) Y-△(Star Delta) 起動

이 起動方式은 開閉器(Switch)를 사용하여, 電動

機의 外部에서 電動機의 固定子 捲線의 結線을 바꾸어서 起動하는 方法이다. 즉, 起動時에는 Y 結線으로 하여 각 相에 印加되는 電壓을 定格電壓의  $1/\sqrt{3}$ 으로 減壓하여 起動하고, 起動完了後에  $\Delta$ 結線으로 轉換하여 각 相에 定格電壓을 印加하는 方法이다.

따라서 電動機는 A, B, C 각 相의 兩端의 端子를 外部로 끌어낼 수 있는 構造이어야 하므로 電動機의 製作에 큰 制限을 받게될 뿐만 아니라, 開閉器도 直入起動時보다 많이 필요하게 되므로 開閉器의 價格이 저렴한 低壓範圍(600V 이하)에서 많이 사용한다.

이 起動方式으로 起動하면, 起動電流와 起動 Torque가 모두 直入起動時의 1/3값으로 감소된다.

### (3) Reactor 起動

電源과 電動機사이에 直列로 Reacter를 接續하여, 起動時 減壓된 電壓을 電動機의 端子에 印加하여 起動하는 方式인데 高壓 電動機의 起動에 많이 사용한다.

이 方式의 起動特性은, 直入起動時의 起動電流를  $I_s$ , 起動 Torque를  $T_s$ 라 하고 起動用 Reacter에 흡수된 電壓이 定格電壓의  $\alpha(\%)$ 라 하면, 다음 式과 같다.

$$\text{起動電流} = [1 - (\alpha/100)] * I_s \quad (28)$$

$$\text{起動 Torque} = [1 - (\alpha/100)]^2 * T_s \quad (29)$$

吸收電壓의 比率  $\alpha(\%)$ 를 Reacter의 Tap 값이라 하는데, 이 값은 20%, 35%, 50%가 표준이다.

이 起動方式은 起動電流의 減少率다 起動 Torque 의 減少率이 크므로, 필요한 起動 Torque가 작은 負荷(Fan, Compressor, Pump 等)의 起動에 적합하다.

### (4) 起動 補償器 起動

이 起動方式은 單捲 變壓機(또는 起動 補償器라고도 부른다.)의 中間 Tap에 電動機를 接續하여 起動하고, 起動完了後 單捲 變壓器를 回路에서 分離시키는 方式인데, 이 방식은 단권 變압기를 回路에서 分離시킬 때 순간적으로 電動機에 電源

의 공급이 중단되므로 過渡現狀이 생기는 단점이 있다.

單捲 變壓器의 Tap 값은, 起動用 Reactor와 달리 電動機에 印加되는 電壓의 크기를 定格電壓의 比率(%)로 나타낸다.

起動特性은 直入起動時의 起動電流를  $I_s$ , 起動 Torque를  $T_s$ , 起動時 電動機에 印加되는 電壓의 定格電壓에 대한 比率를  $\alpha(\%)$ 라 하면,

$$\text{起動電流} = \alpha^2 * I_s \quad (30)$$

$$\text{起動 Torque} = \alpha^2 * T_s \quad (31)$$

이 起動方式은 위의 式에서와 같이 起動電流와 起動 Torque의 低減率이 같다는 특징이 있어, 電源容量이 적거나, 큰 起動 Torque를 필요로 하는 負荷의 起動에 적합하다.

### (5) Kondorfar 起動

起動 補償器를 사용한 起動方式의 단점을 보완한 것인데, 이 경우에는 起動이 완료되더라도 單捲 變壓器가 回路에서 分離되지 않은채로 電動機와 電源이 직접 接續되므로 運轉중 電源의 供給이 중단됨이 없으므로 불필요한 過渡現狀이 발생하지 않는다. 기타의 사항은 起動補償器 起動方式과 같다.

### (6) VVVF 起動

VVVF란, Variable Voltage Variable Frequency 의 略字인데, 電動機에 공급하는 電壓과 周波數를 半導體 回路로 變化시키는 방식이다. 電動機에 印加되는 電壓이 변화하면 電流와 Torque가 變하며, 電動機의 回轉速度는 周波數에 比例한다는 原理를 이용하여 電動機를 制御한다.

電動機를 VVVF로 制御하면 Energy의 절약이라는 긍정적인 면도 있으나, VVVF裝置에서 高調波가 발생하여 發電機 等に 惡影響을 미치는 경우가 있으므로 주의하여야 한다.

다이오드(Diode): 半導體 素子の 일종으로서, 整流作用을 하는 部品이다. 이것은 Radio, TV 等의 家電機器와 Computer, 整流器, 自動制御機器 等의 産業用 機器의 部品으로 매우 광범위하게 쓰인다.



**整流品** : 整流品(Rectifier)란, 교류(AC)를 직류(DC)로 變換하는 장치를 말하며 이용범위가 매우 넓은 기기이다. 최근에 제작되는 整流器는 대부분 半導體(Transistor, Thyristor 等)를 사용하기 때문에 高調波가 발생하여, 整流品の 容量이 클 경우에는 동일한 電源에 接續된 다른 負荷와 電源設備에 惡影響을 준다.

**充電裝置** : 蓄電池(Battery)를 充電하기 위한 裝置인데, 주요 部品은 整流器이다.

**CVCF** : CVCF란, Constant Votage Constant Frequency의 略字인데, VVVF와 反對되는 것이다. 通信裝備, Computer 等에는 安定된 動作을 위하여 一定한 電壓과 周波數를 供給해 줄 필요가 있는데, 이와같이 一定한 電壓과 周波數를 負荷에 供給시키기 위한 裝置가 CVCF이며, 한순간이라도 停電을 허락하지 않는 負荷에 電源을 中斷됨이 없이 供給시켜 주는 裝置를 UPS(Uninterrupter Power Supply)라 한다.

**MG Set** : MG Set란, Motor-Generator Set를 말하는데, 일반적으로 3相交流 誘導電動機(AC Motor)와 直流 發電機(DC Generator)를 軸(Shaft)으로 直結하여 사용한다. 이것의 용도는 變化하는 電壓의 直流電源이 필요할 때 사용하는 것인데, 그 대표적인 例가 直流用 昇降機이다.

誘導電動機에 定格電壓을 加하면, 電動機는 一定한 回轉速度로 回轉하는데, 이때, 電動機에 直結된 直流發電機도 誘導電動機와 같은 速度로 함께 回轉한다.

直流發電機의 出力電壓은, 回轉速度와 界磁電流에 比例하여 變化하므로, 發電機의 回轉速度를 一定하게 한채로 界磁電流를 變化시키면 發電機의 出力전압을 零에서 부터 定格電壓까지 變化시킬 수 있으며, 한편, 直流電動機의 回轉速度는, 供給電壓에 比例하여 變化하므로 供給電壓을 零에서 부터 定格電壓까지 變化시키면 回轉速度를 零에서 부터 定格回轉速度까지 부드럽게 變化시킬 수 있다.

이와같이 M-G Set를 사용하여 直流電動機에 공급되는 電壓을 變化시키므로서, 直流電動機의 回轉速度를 制御하는 것을 Ward-Leonard 制御方式이라 한다.

한편, 回轉機인 M-G Set를 대신하여 半導體素子의 일종인 Thyristor 回路를 이용한 停止機를 사용하므로서 運轉效率를 改善시킨 것을 Thyristor-Leonard 制御器라 하는데, 이것은 運轉效率를 改善시킨 반면에 高調波를 발생하므로 동일한 電源에 接續된 다른 負荷와 電源設備에 惡影響을 미치는 문제가 있다.

昇降機에는 昇降車(Cage)를 驅動하는 捲上機用 電動機의 電源種類에 따라 直流用과 交流用으로 分類되는데, 交流用 電動機는 速度變換 特性이 좋지 않으므로 低級型 昇降機에 사용되고 直流用 電動機는 速度特性이 매우 좋아 高級型 昇降機에 사용된다.

그러나 일반적인 常用電源은 交流이므로 直流用 昇降機를 사용하기 위해서는 별도의 支流電源(필요에 따라 電壓이 變할 수 있는 直流電源)이 필요하게 되는데, 이러한 때 MG Set나 Thyristor-Leonard 制御器를 사용하면 쉽게 해결할 수 있다.

**回轉子와 固定子** : 發電機나 電動機에는 固定된 틀(Frame)에 설치된 固定子 捲線과 回轉할 수 있는 틀에 설치된 回轉子 捲線이 있는데, 交流用 發電機는 固定子を 電機子라 하고, 交流用 誘導 電動機는 回轉子を 電機子라 한다.

**制動捲線** : 發電機의 回轉子에 抵抗이 적은 短絡 捲線을 설치한 것인데, 制動捲線(Damper Winding)은 마치 誘導電動機의 籠型 捲線과 같으며 이것은 發電機의 負荷가 갑자기 變動할 때 發電機의 回轉數가 不安定해지는 현상(이런 현상을 亂調 Hunting이라 한다.)과, 高調波共振을 防止하기 위한 것이다.

**Base 負荷** : 어떤 負荷가 運轉이 開始되기 前에 이미 電源에 連結되어 運轉중인 負荷를 Base 負荷라 한다.

**PU** : 單位法(Per Unit)를 말하는 것인데, 이것은 어떤 量을 표시할 때 이 量의 基準值 또는 標準值를 1로 하고, 이것에 대한 比로 표시하는 것이다.

예를 들면, 單位法으로 표시된 電壓이 0.3이면 이것은 定格電壓의 30(%)임을 표시하는 것이며, 發電機의 Reactance가 0.15라 함은 定格電流에

대한 Reactance 降下가 定格電壓의 15(%)임을 의미하는 것이다.

**機器의 定格**: 機器의 定格이란, 그 機器에 대하여 지정된 條件下에서 機器의 使用限度를 말한다. 指定 條件이란, 定格出力을 발생시키기 위한 回轉速度, 電壓, 周波數 등을 말하고, 이들을 각각 定格速度, 定格電壓, 定格 周波數 등이라 한다. 機器의 使用限度는 보통의 機器에서는 出力으로 표시하고, 이것을 定格出力이라 한다.

定格의 종류에는 連續定格, 短時間定格, 公稱定格이 있는데, 定格에 대하여 특히 指定 또는 표시가 없는 機器는, 이것을 連續定格으로 본다.

**對稱 座標法**: 電氣回路의 線路事故時 回路는 非對稱으로 되는 경우가 보통인데, 非對稱 回路인 경우 對稱回路에 대한 定數를 사용하여서는 정확한 결과를 얻을 수 없다. 따라서 이러한 경우는 對稱座標法을 사용하는 것이 가장 편리하다.

對稱座標法이란, 不平衡 3 相回路를 對稱인 3개의 平衡回路로 分解해서 그 각 平衡回路에서 電壓과 電流를 다룬 후 이것을 겹쳐서 실제의 回路의 풀이를 얻는 것인데 이것을 설명하면 다음과 같다.

3相 不平衡 回路의 A相, B相, C相의 電流,  $I_a, I_b, I_c$ 에 대하여 다음과 같은 Vector를 생각한다.

$$\left. \begin{aligned} I_0 &= (1/3)(I_a + I_b + I_c) \\ I_1 &= (1/3)(I_a + aI_b + a^2I_c) \\ I_2 &= (1/3)(I_a + a^2I_b + aI_c) \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

여기서  $a$ 는 Vector Operator로서 다음의 값을 가지는 것이다.

$$a = \epsilon^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = \epsilon^{j\frac{4\pi}{3}} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^3 = 1$$

$$1 + a + a^2 = 0$$

위의 式(33)에서  $I_0, I_1, I_2$ 를 알고  $I_a, I_b, I_c$ 를 구하면 다음과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} I_a &= I_0 + I_1 + I_2 \\ I_b &= I_0 + a^2I_1 + aI_2 \\ I_c &= I_0 + aI_1 + a^2I_2 \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

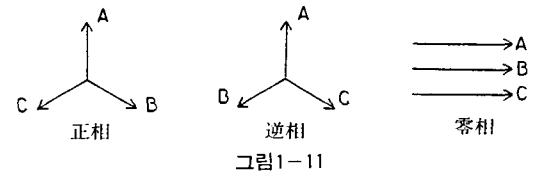
따라서 어떤 방법으로  $I_0, I_1, I_2$ 를 알면  $I_a, I_b, I_c$ 는 위의 式에서 쉽게 계산할 수 있으며,  $I_a, I_b, I_c$ 는  $I_0, I_1, I_2$ 에 관한 Component로 分解해서 생각할 수 있다.

위의 式(34)의 右邊 제1항은, Component가 A, B, C相에 공통으로 들어있는데, 이것은 각 相에 동일한 單相電流로서 零相電流라 한다.

제2항은 A相에  $I_1$ 이 있고, B相에는  $I_1$ 보다  $240^\circ$  앞선, 즉  $120^\circ$  늦은  $a^2I_1$ 이 있으며, C相에는  $I_1$ 보다  $120^\circ$  앞선  $aI_1$ 이 있다. 즉 제2항은 對稱 3 相電流를 이루는데, 이것을 正相電流라 한다.

다음 제3항에 대하여 생각하면, A相에는  $I_2$ 가 있고, B相에는  $I_2$ 보다  $120^\circ$  앞선  $aI_2$ 가 있고, C相에는  $I_2$ 보다  $120^\circ$  늦은  $a^2I_2$ 가 있다.

즉 제3항은 相回轉이 反對인 對稱 3 相電流를 이루고 있는데, 이것을 逆相電流라 한다. 이상의 관계를 그림으로 나타낸 것이 그림1-11이다.



이상은 電流에 대한 것인데, 電壓에 대하여도 똑같이 생각할 수 있다.

**回生制動**: 電動機의 制動(Breaking) 方式중의 하나인데, 일반적으로는 電動機가 負荷를 驅動시키지만, 負荷의 驅動을 멈추고져 電動機에 供給되는 電壓을 減少시키면 이번에는 慣性에 의하여 負荷가 電動機를 驅動하게 된다.

이렇게 되면 電動機가 發電作用을 하게되므로 電動機에서 發生된 電力을 電源으로 返還하므로서 制動效果가 생기는데, 이러한 制動作用을 回生制動이라 한다.

참고적으로 알아둘 것은 電動機와 發電機는 그 構造原理가 같다. 따라서, 電動機를 機械的인 힘에 의해 強制로 回轉시키면 發電作用을 하게 되고, 또한 發電機의 出力端子에 電源을 供給하면 發電機에서 回轉力이 發生한다.

(다음 호에 계속)