▨ 技術解說

極數變換誘導電動機의 循環電流判別에 對한 理論的考察

李 聖 坤*

——차 례——

1. 序 言

誘導機의 使用環境이나 機器應用範圍의 擴大에 따라 需要者의 要求仕様이 多樣化하며 專用化하는 경우가 뚜렷하여 지고 있다. 그로인하여 極數變換을 하는 誘導電動機에 있어서도 同一鐵心에 極數가 다른 두개 以上의 卷線을 挿入하는 경우가 많다. 이때 運轉中인 한쪽 卷線에 의한 磁束이 다른 卷線에 鎖交되어 電壓이 誘起될 경우가 있다. 이 誘起電壓은 두 coil의 卷線極數比의 따라 卷線內에서 相殺되던가 아니면 相殺하고자 卷線內에 循環電流가 흐른다. 이 循環電流의 흐름을 判別하려면 개개의 coil誘起電壓을 vector合成하여 檢討하여 보면 알수 있다. 이 vector合成 結果에 따르면 誘起電壓 相殺與否는 卷線의 種類가 定하여 지면 一般的으로 極數比에 따라 一義的으로 定하여 지는 性質을 가지고 있다. 그러므로 極數變換誘導電動機를 多角度로 分析檢討하여 各種卷線에 따른 循環電流의 問題를 理論的으로 解析한 結果로 循環電流判別法을 說明하고자 한다.

2. 循環電流의 種類

誘導電動機의 固定子鐵心의 極數 P_1, P_2가 되도록 두개의 卷線으로 winding하여 이 電動機가 P_2의 卷線으로 運轉하면 P_2卷線의 磁束으로 인하여 P_1의 卷線에 誘起電壓이 作用한다. 이때 P_1의 卷線이 人結線인 경우에는 電壓을 誘起하더라도 電流를 흘릴 수가 없기 때문에 問題가 되지 않는다. 그러나 그림 1과 같이 △結線인 경우나 그림 2와 같이 並列回路로 하는 경우에는 電動機內에 第3回路를 形成하고 있으므로 誘起電壓에 의한 循環電流가 흐를 可能性은 충분히 있게 된다. 만약 循環電流가 흐를수 있는 條件이 된다면 그것을 制限하는 것은 Impedance 뿐이므로 過大한 短絡電流가 흘러 電動機는 過熱되어 使用不可能하게 된다. 그러므로 二重卷線의 경우에는 結線의 種類를 決定할 때는 循環電流가 흐를 수가 있는지 與否를 檢討하는 것을 잊지 말아야 한다. 그러므로 그 判別法은 △結線의 경우와 並列回路의 경우가 다르므로 說明의 便利上 △結線內의 循環電流를 먼저 考察하고 그후 並列回路內의 循環電流를 考察하도록 한다.

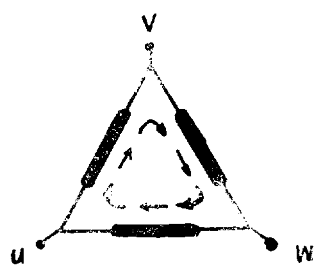

그림1. Delta connection

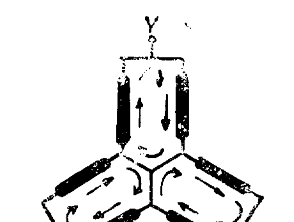

그림 2. Parallel circuit(2人)

*正會員 : 大宇重工業 精密機械事業本部製造部 生產2課長

3. △結線內의 循環電流

前述한 바와 같이 卷線이 △結線의 第3回路를 形成하고 있는 경우에 이 回路에 循環電流가 흐르는지 與否는 各 coil의 誘起電壓 vector合이 零이 되는지 아닌지로 定한다. 그러므로 各 coil의 電壓位相差는 卷線의 極數比의 函數가 되므로 總合成誘起電壓과 極數比의 函數로서 求하면 된다.

또 卷線의 種類에 의하여 電壓의 合成方法이 다르므로 그 總合成誘起電壓의 式을 各種卷線에 따라 求해야 한다. 그러므로 主로 使用하는 二重卷線의 一般的인 경우와 特殊한 경우를 區分하여 考察하여 본다.

3.1 一般一層卷의 경우

前記에서와 같이 P_1을 誘起되는 卷線의 極數, P_2를 勵磁極數로 하고 極數比를 v라면 $v=P_2/P_1$이 되고 그림 3의 各誘起電壓位相差는 다음과 같이 된다.

slot間의 電壓位相差 :

$\alpha=\pi v/mq$

一相內의 group間의 電壓位相差 :

$\beta=\pi v$

coil兩邊間의 電壓位相差 :

$\gamma=\pi vt$

여기서 m : 卷線의 相數

q : group coil數

t : coil pitch

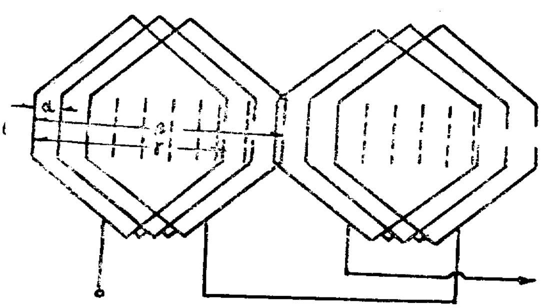

그림 3. Ordinary double layer winding

지금 coil內의 導體數를 Z, 1個의 導體가 誘起하는 電壓을 E_0라면 coil의 誘起電壓은 ZE_0가 되고 이것을 group內 合成을 求하면 다음式과 같이 된다.

$$e=ZE_0[1+\varepsilon^{j\alpha}+\varepsilon^{j2\alpha}+\cdots\cdots\cdots+\varepsilon^{j(q-1)\alpha}]$$

$$=ZE_0\cdot\frac{(1-\varepsilon^{jq\alpha})}{(1-\varepsilon^{j\alpha})} \quad (1)$$

가 되므로 e가 零이 되는지 與否는 判別이 容易이다. 이것을 다시 一相內의 合成을 求하려면, 二層卷에서 正負의 順序가 되므로 이 總合成誘起電壓中 上層의 것은 다음과 같이 된다.

$$E_u=e[1-\varepsilon^{j\beta}+\varepsilon^{j2\beta}-\varepsilon^{j3\beta}+\cdots\cdots\cdots-\varepsilon^{j(P_1-1)\beta}]$$

$$=e\cdot\frac{(1-\varepsilon^{jP_1\beta})}{(1+\varepsilon^{j\beta})} \quad (2)$$

같은 方法으로 下層의 一相內의 誘起電壓 E_l 는E_u보다 γ의 位相差를 가지면서 負의 方向으로 되므로 다음과 같이 된다.

$$E_l=-e\cdot\varepsilon^{j\gamma}\frac{(1-\varepsilon^{jP_1\beta})}{(1+\varepsilon^{j\beta})} \quad (3)$$

그러므로 一相內의 總合成誘起電壓 E_{ph}는 (2)式과 (3)式의 合成이 되므로

$$E_{ph}=E_u+E_l=e\cdot\frac{(1-\varepsilon^{jP_1\beta})}{(1+\varepsilon^{j\beta})}(1-\varepsilon^{j\gamma})$$

$$=ZE_0\frac{(1-\varepsilon^{jq\alpha})}{(1-\varepsilon^{j\alpha})}\cdot\frac{(1-\varepsilon^{jP_1\beta})}{(1+\varepsilon^{j\beta})}(1-\varepsilon^{j\gamma}) \quad (4)$$

윗式에서 E_{ph}가 零이되면 誘起電壓은 相內에서 相殺되어 循環電流는 흐르지 않으므로 問題가 생기지 않으나 E_{ph}가 零이 되지 않으면 他相에도 이와 같은 電壓을 誘起하게 되므로 相間에 서로 相殺시키기 위하여 循環電流가 흐르게 된다. 그러므로 循環電流가 흐르지 않도록 하려면 E_{ph}가 零이 될수 있는 조건을 만족해야 한다. 고로 (4)式의 一相內의 誘起電壓 $E_{ph}=0$되는 條件을 各因數別로 求하여 본다. 이때 各因數가 零이되면 E_{ph}는 물론 零이 된다.

第1因數 : $e=ZE_0\frac{(1-\varepsilon^{jq\alpha})}{(1-\varepsilon^{j\alpha})}$가 零이 되려면

$q\alpha=2\pi,\ 2\pi,\ 6\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ v=2m,\ 4m,\ 6m\cdots\cdots\cdots$가 되고

또 $\alpha\neq2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ v\neq2mq,\ 4mq,\ 6mq\cdots\cdots\cdots$가 필요하게 된다.

예를 들면 三相에서 $q=3$의 경우

$v=6,\ 12,\ 18,\ 24,\cdots\cdots\cdots$중에서

$v\neq18,\ 36\cdots\cdots\cdots$이므로

결국 $v=6,\ 12,\ 24\cdots\cdots\cdots$가 되어야 e가 零이 된다.

第2因數 : $\frac{(1-\varepsilon^{jP_1\beta})}{(1+\varepsilon^{j\beta})}$가 零이 되려면

$P_1\beta=2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ P_2=2,\ 4,\ 6\cdots\cdots\cdots$가 되어야 하고

$\beta\neq\pi,\ 3\pi,\ 5\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ v\neq1,\ 3,\ 5\cdots\cdots\cdots$가 필요하게 된다.

즉 P_2는 一般的으로 偶數이므로 이 條件을 滿足시키고 있으나 極數比가 奇數인 경우에는 第2因數가 零이 되지 않는다.

第3因數 : $(1-\varepsilon^{j\gamma})$가 零이 되려면

$\gamma=2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ vt=2,\ 4,\ 6\cdots\cdots\cdots$

예를 들면 $v=3$의 경우에는 第2因數가 零이 되지 않으므로 coil pitch $t=2/3$으로 하면 第3因數가 零이 된다.

그러므로 一般的으로 誘起電壓이 零이 되지 않는 경우는 위와 같이 各因數別로 求하여 본 結果에 의하면 極數比가 奇數일 경우 임을 알수가 있다.

또 他相에도 같은 모양으로 電壓이 誘起 된다. 그 相電壓의 位相差를 θ라 하면 $\theta=2\pi v/m$가 되고 各相이 直列로 形成되므로 第3回路의 誘起電壓은 各相電壓의 vector合이 된다

$$E=E_{ph}[1+\varepsilon^{j\theta}+\varepsilon^{j2\theta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(m-1)\theta}]$$

$$=E_{ph}\cdot\frac{(1-\varepsilon^{jm\theta})}{(1-\varepsilon^{j\theta})} \qquad (5)$$

지금 (5)式이 零이 되려면 前과 같은 方法으로 求하면

$m\theta=2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ v=1,\ 2,\ 3,\cdots\cdots\cdots$가 되고

$\theta\neq2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots\cdots$

$\therefore\ v\neq m,\ 2m,\ 3m\cdots\cdots$가 되어야 한다. 그러므로 三相의 경우 E가 零이 되지 않으려면 v가 3, 6, 9,⋯⋯의 경우이나, E_{ph}가 零이 되지 않으려면 奇數이므로 結局 △結線에서는 $v=3,\ 9,\ 15\cdots\cdots$가 되어야 E가 零이 되지 않으므로 全誘起電壓을 相殺하고자 循環電流가 흐르게 된다. 그러나 이 경우에도 第1因數 e가 零이 되던가 第3因數의 vt가 偶數가 되는 條件이 滿足되며는 물론 誘起電壓은 零이 된다.

3.2 中間磁極卷線의 경우

二層卷의 特殊한 경우에서는 中間磁極卷線이 될때가 있다. 이것은 그림 4와 같이 한개의 group이 두개의 磁極을 作用하는 卷線으로 이 單一卷線을 切替함으로 2:1의 速度比를 容易하게 얻을수 있으므로 二段速度以上의 極數變換機에서는 이 卷線을 使用 한다. 이 卷線의 高速度側에서는 3.1의 경우와 同一하게 되나 低速度側에서는 中間磁極이 作用하여 多少 다르게 된다 이 中間磁極이 作用하는 경우는 group數가 3.1의 경우의 折半이 되므로 group間의 電壓位相差는 $\beta=2\pi v$가 되고 또 各 group의 電壓은 正方向으로만 되므로 一相의 總合成誘起電壓中 上層의 것은 다음과 같이 된다

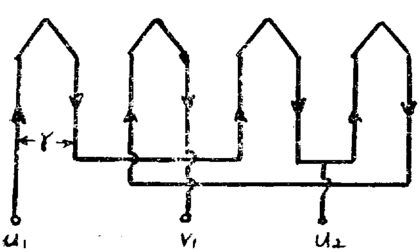

그림 4. Consequent-pole winding

$$E_u=e\cdot[1+\varepsilon^{j\beta}+\varepsilon^{j2\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{P_1}{2}-1)\beta}]$$

$$=e\cdot\frac{(1-\varepsilon^{j\frac{P_1}{2}\beta})}{(1-\varepsilon^{j\beta})} \qquad (6)$$

같은 方法으로 下層의 一相內의 誘起電壓 E_l는 E_u보다 γ의 位相差를 負의 方向으로만 되므로 다음과 같이 된다.

$$E_l=-e\cdot\varepsilon^{j\gamma}\frac{(1-\varepsilon^{j\frac{P_1}{2}\beta})}{(1-\varepsilon^{j\beta})} \qquad (7)$$

고로 一相內의 總合成誘起電壓 E_{ph}는 (6)式과 (7)式의 合이 되므로

$$E_{ph}=E_u+E_l=e\cdot\frac{(1-\varepsilon^{j\frac{P_1}{2}\beta})}{(1-\varepsilon^{j\beta})}(1-\varepsilon^{j\gamma}) \qquad (8)$$

따라서 (8)式이 (4)式과 다른 것은 第2因數이며 其他의 條件은 3·1의 경우와 同一하게 된다.

그러므로 第2因數가 零이 되려며는 前과 같은 方法으로

$\frac{P_1}{2}\beta=2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots$

$\therefore\ P_2=2,\ 4,\ 6\cdots\cdots$가 되고

$\beta\neq2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi\cdots\cdots$

$\therefore\ v\neq1,\ 2,\ 3\cdots\cdots$가 된다.

즉 P_2는 一般的으로 偶數이므로 이 條件을 滿足하나 極數比가 整數의 경우에 限하여 零이 되지 않을 수가 있다. 또 相間의 電壓位相差는 3.1의 경우와 같으므로 結局 三相△結線에 電壓이 誘起되어 循環電流가 흐르려면 $v=3,\ 6,\ 9,\ 12,\cdots\cdots$가 되어 3.1의 경우보다 흐르는 경우가 많다. 其他附帶條件은 3.1과 同一 하다. 주로 이 二段速度는 卷線에는 定出力과 定回轉力의 二種類가 많이 使用 된다. 定出力의 結線은 △/2⅄로 △結線은 高速側에 있으므로 3.1의 경우에 屬하고, 定回轉力의 結線은 2⅄/△이므로 △結線이 低速度側에 있으므로 3.2의 경우에 屬한다. 其他遞減回轉力에서는 2⅄/⅄의 結線을 주로 하므로 이러한 結線에서는 循環電流는 問題가 되지 않으나 2⅄의 並列回路에서는 問題가 될 우려성이 있으므로 一般的으로 切替開閉器로 이 卷線을 使用할 때는 並列이 되게 하고 使用하지 않을 때는 그림 5와 같이 U_1, V_1, W_1을 開放하여 第3回路를 形成하지 않도록 하는 構造로 하면 循環電流는 흐르지 않는다. 또 上記의 條件에 의하여 △結線內에 循環電流가 흐를 경우에는 그림 6과 같이 △結線의 一角을 開路하여 그 線線을 使用할 때만 閉路가 되게끔 하면 된다.

電氣學會誌 第27卷 第6號 1978年 11～12月

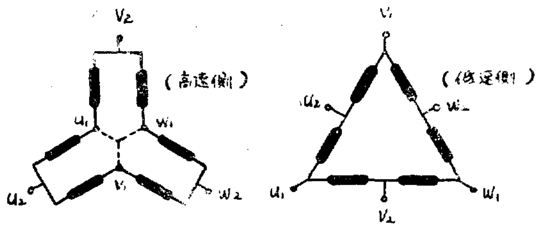

그림5. Constant torque winding

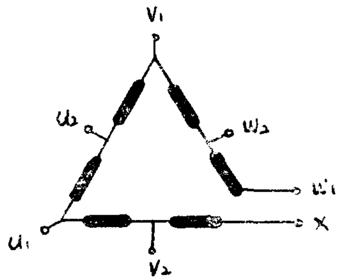

그림 6. Open-delta connection

4. 並列回路內의 循環電流

지금까지 考察한 △結線內의 循環電流에 대한 極數比가 주된 條件으로 단지 附帶的인 group內의 coil數 및 coil pitch을 考慮하였을 뿐 並列回路內의 循環電流에 대해서는, 極數比는 물론 並列回路數나 接續의 種類도 重要한 條件이 된다. 그러므로 이 附帶的條件까지도 考慮하지 않으면 안 된다. 순서로 우선 隣極接續의 경우, 다음에 隔極接續의 경우를 考察한 다음 最後에 中間磁極卷線의 경우를 考察하기로 한다.

4.1 隣極接續의 경우

그림 7과 같이 並列回路數를 n로 하면 P_1/n가 偶數의 경우와 奇數의 경우는 各回路의 誘起電壓의 式이 差異가 있으므로 이것을 分類하여 考察하여 보기로 한다.

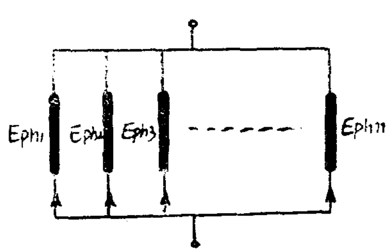

그림 7. Parallel circuit

偶數의 경우와 奇數의 경우 各並列回路의 誘起電壓의 式을 前과 같은 方法으로 求하면 다음과 같다.

1) P_1/n가 偶數의 경우

$$E_{ph1}=e\cdot[1-\varepsilon^{j\beta}+\varepsilon^{j2\beta}-\cdots\cdots-\varepsilon^{j(\frac{P1}{n}-1)\beta}]$$

$$=e\cdot\frac{[1-\varepsilon^{j(\frac{P1}{n}))\beta}]}{[1+\varepsilon^{j\beta}]}$$

$$E_{ph2}=e\cdot[\varepsilon^{j(\frac{P1}{n}\beta}-\varepsilon^{j(\frac{P1}{u}+1)\beta}+\cdots\cdots-\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n}-1)\beta}]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{P1}{n})\beta}$$

$$E_{ph3}=e\cdot[\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n})\beta}-\varepsilon^{j)\frac{2P1}{n}+1)\beta}+\cdots\cdots-\varepsilon^{j(\frac{3P1}{n}-1)\beta}]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n}\beta)}$$

$$E_{phn}=e\cdot[\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1)\beta}-\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1+1)\beta}+\cdots\cdots-\varepsilon^{j(P_1-1)\beta}]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1)\beta} \tag{9}$$

2) P_1/n가 奇數의 경우

$$E_{ph1}=e\cdot[1-\varepsilon^{j\beta}+\varepsilon^{j2\beta}-\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{P1}{n}-1)\beta}]$$

$$=e\cdot\frac{[1+\varepsilon^{j(\frac{P1}{n})\beta}]}{[1+\varepsilon^{j\beta}]}$$

$$E_{ph2}=e\cdot[-\varepsilon^{j(\frac{P1}{n}\beta}+\varepsilon^{j(\frac{P1}{n}+1)\beta}-\cdots\cdots-\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n}-1)\beta}]$$

$$=-E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j\frac{P1}{n}\beta}$$

$$E_{ph3}=e\cdot[\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n})\beta}-\varepsilon^{(\frac{2P1}{n}+1)\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{3P1}{n}-1)\beta}]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j\frac{2P1}{n}\beta}$$

$$E_{phn}=e\cdot[-\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1)\beta}+\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1+1)\beta}-\cdots+\varepsilon^{j(P_1-1)\beta}]$$

$$=-E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1)\beta} \tag{10}$$

(9), (10)式에서 並列回路에 循環電流가 흐르지 않으려면 E_{ph1}이 零이 되어야 한다. E_{ph1}이 零이되면 E_{ph2}, E_{ph3}, ……E_{phn}도 역시 零이되며 같은 位相임을 알수 있다. 이것을 前과 같은 方法으로 求하면 이 並列回路에 循環電流가 흐르지 않는 條件은 P_1/n가 偶數이면 P_2/n에도 偶數, P_1/n가 奇數이면 P_2/n도 奇數가 되어야 한다. 즉 隣極接續을 할 때 卷線의 極數 P_1, 勵磁數 P_2를 並列回路數 n로 나누어서 兩便 共히 偶數가 되거나 奇數가 되며는 循環電流가 흐르지 않고 그렇지

않으면 循環電流가 흐름을 알수가 있다.

4.2 隔極接續의 경우

並列回路로 卷線을 隔極接續을 하려면 結線의 性質上 制限을 받게된다. 즉 n가 奇數이거나 P_1/n가 1일 때는 隔極接續은 不可能하다. 그러므로 이 以外의 並列回路에 의한 誘起電壓의 式은 一般的으로 다음과 같이 된다.

$$E_{ph1}=e\cdot\left[1+\varepsilon^{j2\beta}+\varepsilon^{j4\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n}-2)}\right)$$

$$=e\cdot\frac{\left[1-\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n})\beta}\right]}{\left[1-\varepsilon^{j2\beta}\right]}$$

$$E_{ph2}=e\cdot\left[-\varepsilon^{j\beta}-\varepsilon^{j3\beta}-\varepsilon^{j5\beta}-\cdots\cdots-\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n}-1)\beta}\right]$$

$$=-E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j\beta}$$

$$E_{ph3}=e\cdot\left[\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n})\beta}+\varepsilon^{j(\frac{2P1}{2}+2)\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{4P1}{n}-2)\beta}\right]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{2P1}{n})\beta}$$

$$E_{phn}=e\cdot\left[-\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1+1)\beta}-\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1+3)\beta}-\cdots\cdots\cdots\cdots\right.$$

$$\left.-\varepsilon^{j(P_1-1)\beta}\right]=-E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{n-1}{n}P_1)\beta} \qquad (11)$$

그러므로 이 並列回路에 循環電流가 흐르지 않으려면 E_{ph1}이 零이 되어야 한다. E_{ph1}이 零이되면 E_{ph2}, E_{ph3}, ……E_{phn}도 역시 零이되며 같은 位相이 된다. 結局 隔極接續의 並列回路에 循環電流가 흐르지않는 條件은 P_2/n가 整數가 되며 v가 偶數로 되지않는 경우이다.

4.3 中間磁極卷線의 경우

極數가 많은 大型의 極數變換電動機에 있어서는 中間磁極卷線을 使用하며 並列回路로 한다. 이경우에도 그 判別法을 前과 같은 方法으로 求한다. 물론 (6)式의 경우와 같이 $\beta=2\pi v$이므로 各並列回路의 誘起電壓의 式은 一般的으로 다음과 같이 된다.

$$E_{ph1}=e\cdot\left[1+\varepsilon^{j\beta}+\varepsilon^{j2\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{P1}{2n}-1)\beta}\right]$$

$$=e\cdot\frac{\left[1-\varepsilon^{j(\frac{P1}{2n})\beta}\right]}{\left[1-\varepsilon^{j\beta}\right]}$$

$$E_{ph2}=e\cdot\left[\varepsilon^{j(\frac{P1}{2n})\beta}+\varepsilon^{j(\frac{P1}{2n}+1)\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{2P1}{2n}-1)\beta}\right]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{P1}{2n})\beta}$$

$$E_{ph3}=e\cdot\left[\varepsilon^{j(\frac{2P1}{2n})\beta}+\varepsilon^{j(\frac{2P1}{2n}+1)\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{3P1}{2n}-1)\beta}\right]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{2P1}{2n})\beta}$$

$$E_{phn}=e\cdot\left[\varepsilon^{j(\frac{n-1}{2n}P_1)\beta}+\varepsilon^{j(\frac{n-1}{2n}P_1+1)\beta}+\cdots\cdots+\varepsilon^{j(\frac{P1}{2}-1\beta}\right]$$

$$=E_{ph1}\cdot\varepsilon^{j(\frac{n-1}{2n}P_1)\beta}$$

이 式에서 並列回路內에 循環電流가 흐르지 않는 條件을 前과 같은 方法으로 求하면 P_2/n가 偶數의 경우가 된다. 예를 들면 6/8/12/16極의 4段速度에서 8/16極의 卷線을 4人/2△로 하면 16極의 並列回路에 6極勵磁時는 循環電流가 흐르고 12極勵磁時는 흐르지 않는다.

5. 結 論

以上과 같이 循環電流의 判別法을 三相의 경우에 있어서 종합하여 法則化하면 다음과 같이 된다.

5.1 △結線內의 循環電流 判別法

1) 普通의 二層卷線에서는 極數比가 3, 9, 15……로 3의 奇數倍 時

2) 中間磁極卷線에서는, 極數比가 3, 6, 9……로 3의 倍數 時

以上의 경우에 △結線內에 循環電流가 흐르고 其他의 경우에는 循環電流가 흐르지 않는다.

5.2 並列回路內의 循環電流 判別法

1) 隣極接續의 경우에는 卷線의 極數 및 勵磁極數를 並列回路로 나누어 다같이 偶數가 되거나 아니면 다같이 奇數가 되며는 循環電流가 흐르지 않고 其他의 경우는 흐른다.

2) 隔極接續의 경우는 勵磁極數를 並列回路數로 나눈數가 整數가 되며 極數比가 偶數가 아닌 경우에는 循環電流가 흐르지 않고 其他의 경우에는 흐른다.

3) 中間磁極卷線이 並列回路로 되는 경우에는 勵磁極數를 並列回路로 나눈 數가 偶數時에 循環電流는 흐르지 않고 其他의 경우에는 흐른다.

그러나 5.1과 5.2의 判別法에 의하여 循環電流가 흐르는 경우에도 다음의 條件에 適合할때는 循環電流가 흐르지 않는다.

a) 極數比가 6, 12, 18,……의 3의 偶數倍中에서도 $6q$, $12q$, $18q$, $24q$……와 같은 값이 아닌 경우(단‥q는 group內의 coil 數 이다).

b) 極數比와 coil pitch의 積이 偶數의 경우

以上의 判別法은 三相誘導電動機內 高周波時에도 역시 適用되나 高調空間波에는 適用되지 않는다.

이 判別法은 極數變換誘導電動機의 設計 및 卷線修理時에 參考가 될수 있으리라 筆者는 믿는다.

參考文獻

1) 峰野：極數變換三相誘導電動機，安川電機，昭和10年 7月

2) T. Schmitz : E.T.Z. 55, 1024 (1934)

3) Richter : Elektrische Maschinen I.S. 122.