

회전자 삼입 임피던스에 의한 3상 I.M 의 일정 기동토포크 운전해석

백수현·김 용(동국대), 김일남(대우공전)

1. 서 론

종래에 유도전동기의 운전시 적은 기동 전류로 큰 기동 토포크를 얻기 위해 회전자 회로의 각 상에 외부 임피던스를 삼입하거나 saturistor 등을 사용한 여러방법들이^{(1)~(3)} 시도되어 왔다. 아울러 기동시 일정 토포크를 얻기 위해 회전자 삼입 회로의 구성을 적절히 산정하는 연구가 이루어졌다. 이들의 방법들은 삼입회로 소자의 산정에 있어 Graphical Method⁽⁵⁾ 혹은 Error Method 등을 사용하였으나 정확한 소자의 값을 산정하는 데에는 다소 결점이 있었으며 최근에 이르러 Sastry는 등가회로로 부터 최적화 알고리즘을 사용하였으나 계산과정이 매우 복잡할 뿐 아니라 정확한 결과를 얻지 못하였다. 따라서 지금까지 기동 개선에 관한 대부분의 연구들은 등가회로를 근거로 해석하는 데 중점을 두었으므로 좀더 다양하고, 동적 모델(Dynamic Model)을 통한 과도해 처리등의 시도는 미흡한 실정이라고 생각된다.

그러므로 본 연구에서는 권선형 I.M 회전자 회로에 R-L을 삼입하고 삼입회로 소자의 정확한 산정과, 디지털 계산기를 효율적으로 활용할 수 있도록 1차측을 SRRF^{(9)~(11)}로 보아 전압방정식을 세우고 이로부터 삼입회로 소자의 값을 구하였다.

또한 스위칭 과도상태를 해석하기 위해 1차 전류를 직접 얻을 수 있는 SRF에 대한 d-q 변환을 사용하여 동적모형을 유도하여 공급 주파수, 전압 및 삽입회로 소자의 변화에 따른 토오크 및 전류의 과도 응답 특성을 해석하였다.

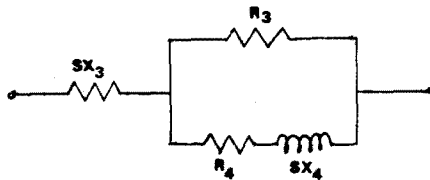
2. 회전자 삽입회로 소자의 산정

이상적인 2극 대칭 유도기의 SRRF에 대한 V-I 방정식 및 정상상태의 발생 토오크는 식(1)과 (2)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} V \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 & X_{11} & 0 & X_{12} \\ -X_{11} & R_1 & -X_{12} & 0 \\ 0 & 0 & sX_{12} & R_2+R \\ -sX & 0 & -s(X_{22}+X) & R_2+R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{1q} \\ I_{1d} \\ I_{2q} \\ I_{2d} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$T = X_{12}(I_{1q}I_{2d} - I_{1d}I_{2q}) \quad (2)$$

그림과 같이 구성된 회로를 2차측에 삽입할 경우 삽입 소자를 변수로 하여 식(3), (4)를 얻을 수 있다.



$$R = \frac{R_3 R_4 (R_3 + R_4) + R_3 S^2 X_4^2}{(R_3 + R_4)^2 + S^2 X_4^2} \quad (3)$$

$$X = X_3 + \frac{R_3^2 X_4}{(R_3 + R_4) + S^2 X_4^2} \quad (4)$$

따라서 식 (1), (2), (3), (4)를 사용하여 외부삽입소자를 산정할 수 있으며 정상상태의 운전특성도 얻을 수 있다.

3. 과도응답 해석

유도전동기의 기동은 실질적으로 전기적 과도현상을 포함하는 동적인 과정이라 할 수 있다. 따라서 기동중의 $T(t)$ 와 $i(t)$ 와 같은 기기의 동적인 면을 고려하였다.

본 논문에서는 SRF^{9)~(11)}의 방정식을 d - q 변환하여 스위칭과도 현상을 분석하며 SRF의 동적모델은 식(5)로 표현한다.

$$\begin{bmatrix} p i_{1q} \\ p i_{1d} \\ p i_{2q} \\ p i_{2d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11}/\omega_s & 0 & X_{12}/\omega_s & 0 \\ 0 & X_{11}/\omega_s & 0 & X_{12}/\omega_s \\ X_{12}/\omega_s & 0 & (X_{22}+X)/\omega_s & 0 \\ 0 & X_{12}/\omega_s & 0 & (X_{12}+X)/\omega_s \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
& V_{1q} - R_1 i_{1q} \\
& V_{1d} - R_1 i_{1d} \\
& X_{12} (W_r/W_s) i_{1d} - (R_2 + R) i_{2q} + (X_{22} + X) (W_r/W_s) i_{2d} \\
& - X_{12} (W_r/W_s) i_{1d} - (R_2 + R) i_{2d} - (X_{22} + X) (W_r/W_s) i_{2q}
\end{aligned} \tag{5}$$

SRF에 대한 직·횡축 전압은

$$\begin{aligned}
V_{1q} &= V \cos(\omega_s \cdot t) \\
V_{1d} &= V \cos(\omega_s \cdot t + \pi/2) \\
T &= X_{12} (i_{1q} i_{2d} - i_{1d} i_{2q}) \\
P(W_r/W_s) &= (T - T_i)/2H \\
P &= d/dt
\end{aligned} \tag{6}$$

H : 관성 정수

T : 부하 토크

W_r : 회전자 속도

W_s : 동기 각속도

위의 비선형 미분 방정식 (5), (6)은 R.K.G^{(6)~(8)}를 사용하여 해결할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 종래의 최적기법이나 도식적 기법과는 달리 동적 모델을 유도하여 일정 기동토크를 얻을 수 있는 삼입회로 소자값을 산출하였고 직'병렬의 4개 소자로 구성된 회로망을 2차측에 삼입함으로써 얻고자 하는 일정 기동 토크를 얻을 수 있었다. 또 스위칭 과도 응답분석을 위하여 SRF에 대한 동적모형을 유도하였으며, 삼입 임피던스를 가하는 경우 회전자 회로 단락의 경우보다 과도 전류의 동요가 현저히 감소하였고, 비교적 넓은 기동 영역에 걸쳐 일정한 토크를 얻을 수 있었다.

일반적으로 위에서 산정한 소자를 삼입함으로써 정상상태나 과도상태에서 매우 양호한 운전특성이 얻어짐을 알 수 있었다.

REFERENCES

- 1) P.L. Alger, G.Angst and W.M. Schweder, IEEE Trans., vol. PAS-82, 1963, p291.
- 2) P.L. Alger, W.A. Couho and M.R. Patel, IEEE Trans. vol. IGA-4, 1968, p477.
- 3) G.K. Dubey and GC De Proceedings of IEE, vol. 120, 1973, p.491.
- 4) W. Shepherd and G.R. Slemon, IEEE Trans., PAS, Oct. 1959, p.807.

- 5) L.Y.M. Yu, IEEE Trans., vol. Pas 89, April 1970, p.646.
- 6) P.J. Lawrenson and J.M. Stephenson, Proceedings of IEE, vol. 113.
- 7) H.E. Jordan, IEEE Trans., vol. PAS 86, June 1967, p.722.
- 8) B.G. Desai and M.a. Mathew, IEEE, vol. PAS 90, 1971, p.484.
- 9) P.C. Krause and C.H. Thomas, IEEE Trans., vol. PAS 84, 1965, p1038.
- 10) A.C. Fitzgerald and C.Kingsley, 2nd. Edition, McGraw-Hill Book Co. New York, 1961.
- 11) R.H. Nelson, Ieee Trans., vol. PAS 88, 1969, p1719.
- 12) Paul C. Krause, IEEE Trans., vol. PAS 87, 1968.
- 13) 백수현, 김 용, 제 14 회 전기기기 연구회, 1981.