

유한요소법을 이용한 동기발전기의 부하특성 해석
The Analysis of The Load Characteristics of Synchronous
Generator Using The Finite Element Method

우 광 방	연 세 대
안 민 옥	대 립 공 전
이 석 진	연 세 대
김 유 남	연 세 대

1. 서 론

유한요소법이 전기기계체에 적용되어 온 이래 2차원적인 단면적을 극수만큼 분할하여 해석해 왔다. 그러나 부하시에는 분할경계면에 있어서 유한요소법의 경계조건을 만족하지 못하기 때문에 부하시의 자속 분포 해석에는 곤란한 점이 있었다.

이것을 해결하기 위하여 주기조건을 유한요소법에 적용하였다. 주기조건은 분할 경계면에 있는 어떤 절점 자기벡터포텐셜의 값은 극간격만큼 떨어져 있는 다른 절점의 값과 크기는 같고 부호는 반대가 되는 것을 의미한다.

본 논문에서는 이 주기조건을 이용하여 동기발전기의 여러가지 역률 부하시 자속분포를 해석하여 부하특성연구에 도움이 되고자 한다.

2. 유한요소법의 주기조건 대입

(1) 기본방정식

맥스웰 방정식에서 유도되는 포아손 편미분 방정식 (1)은 일반적인 전기기계에서의 자기장을 지배하는 식이다.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial A}{\partial y} \right) = J \quad \text{----- (1)}$$

식 (1)을 단순화시키기 위하여 여러 가정 아래에서 유한요소법에 적용하면 하나의 요소에 성

립하는 요소행렬 방정식은 식 (2)와 같다.

$$[S_{ij}] \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{Bmatrix} = [F] \quad \text{----- (2)}$$

$$[F] = \frac{J \cdot \Delta}{3} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

$$S_{ij} = \frac{J}{4\Delta} (b_i b_j + c_i c_j)$$

(2) 주기조건 적용

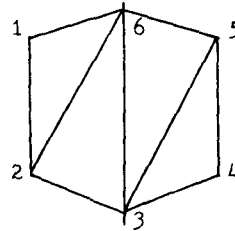


그림 1. 4개의 삼각요소 모델

그림 1에서 절점 1과 5, 2와 4가 각각 주기조건에 관계, 즉 벡터포텐셜의 절댓값은 같고 부호가 반대인 값을 가진다고 가정하면 식 (3)과 같은 관계를 가질 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_6 \end{Bmatrix} \quad \text{----- (3)}$$

$$[K] = [C] \cdot [A]$$

결합 행렬의 각 요소는 주기조건 관계에 있는지 여부에 따라서 ± 1 또는 0의 값을 갖는다.

어떤 한 순간에 임의의 영역에서 계산한 에너지의 합은 같은 순간에 A'' 로써 계산한 것과 같아야 하므로

$$\iiint J \cdot A \, du = \iiint J'' \cdot A' \, du \quad \text{----- (4)}$$

가 성립한다. 전류밀도 J'' 대신에 강제항 F'' 를 대입하면 식 (5)와 같다.

$$F \cdot A = F'' \cdot A' \quad \text{----- (5)}$$

식 (3) 과 식 (5) 에서

$$F \cdot A = F \cdot C_t \cdot A' = F'' \cdot A'$$

그러므로

$$F'' = C_t \cdot F \quad \text{----- (6)}$$

여기에서 F'' 와 A' 의 관계를

$$S'' \cdot A' = F'' \quad \text{----- (7)}$$

라 하면 식 (3), (6) 을 대입하여

$$\begin{aligned} F &= C_t \cdot F = C_t \cdot S \cdot A \\ &= C_t \cdot S \cdot C \cdot A' \quad \text{---- (8)} \end{aligned}$$

를 얻는다. 그러므로

$$S'' = C_t \cdot S \cdot C \quad \text{----- (9)}$$

가 된다. 이 관계를 이용하여 그림 1의 모델에 적용하여 정리하면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$S'' = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{16} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{26} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{36} \\ s_{61} & s_{62} & s_{63} & s_{66} \end{bmatrix}$$

$$- \begin{bmatrix} s_{51} & s_{52} & s_{53} & s_{56} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{46} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$- \begin{bmatrix} s_{15} & s_{14} & 0 & 0 \\ s_{25} & s_{24} & 0 & 0 \\ s_{35} & s_{34} & 0 & 0 \\ s_{65} & s_{64} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} s_{55} & s_{54} & 0 & 0 \\ s_{45} & s_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{--- (10)}$$

$$F = C_t \cdot F = \begin{bmatrix} F_1 - F_5 \\ F_2 - F_4 \\ F_3 \\ F_6 \end{bmatrix} \quad \text{----- (11)}$$

(참고 문헌)

- 1) P. Silvester, M.V.K. Chari, " Finite element Analysis of Magnetically Saturated D.C. Machines ", IEEE Trans. on PAS-90, pp 2362-2372, 1971.
- 2) P. Silvester, M.V.K. Chari, " Analysis of Turboalternator Magnetic Fields by Finite Elements ", IEEE Trans. on PAS-90, pp 454-464, 1971.
- 3) O. C. Zienkiewicz, " The Finite Element Method ", William Clowes & Sons, Limited, London, 1977
- 4) 이석진, 유한요소법을 이용한 동기발전기의 포화곡선 해석, 연세대학교 대학원 전기공학과, 1981.