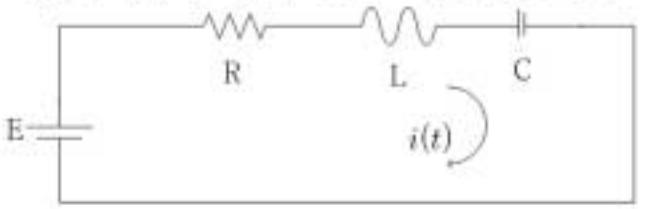
발·송·배전기술사 실력배양 문제

이귀일 | 유석산업(주) 대표이사(lki@unitel.co.kr)

[문제1] R-L-C 직렬회로에서 과도전류 $i(t)$의 흐름을 기술 하시요



[풀이]

(1) 과도전류 $i(t)$에 의한 R-L-C 회로의 전압방정식은,

$$R\,i(t)+L\frac{di(t)}{dt}+\frac{1}{c}\int i(t)\,dt = E$$

(2) 초기조건이 없는 경우 Laplace변환은,

$$RI(S)+LS\,I(S)+\frac{1}{CS}\,I(S) = \frac{E}{S}$$

$$I(S)\left(R+LS+\frac{1}{CS}\right) = \frac{E}{S}$$

$$I(S) = \frac{E}{S\left(R+LS+\frac{1}{CS}\right)} = \frac{E}{LS^2+RS+\frac{1}{C}} = \frac{E/L}{S^2+\frac{R}{L}\cdot S+\frac{1}{LC}}$$

여기서, 분모 $S^2+\frac{R}{L}S+\frac{1}{LC}=0$ 에서 2차방정식의 근은 $\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$이므로,

$$S_1, S_2 = \frac{-\frac{R}{L}\pm\sqrt{\left(\frac{R}{L}\right)^2-4\cdot1\cdot\frac{1}{LC}}}{2} = -\frac{R}{2L}\pm\sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2-\frac{1}{LC}}$$

S_1 ,S_2 의 해는 Root내 실,허수를 결정하는 판별식 $D=\left(\frac{R}{2L}\right)^2-\frac{1}{LC}$에 따라 라프라스 과도전류 I(S) 흐름이 정의 된다.

① D > 0 이면, 과도전류는 비진동

② D < 0 이면, 과도전류는 진동

③ D = 0 이면, 과도전류는 임계진동이 된다.

① $\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC} > 0$ 인 경우 : 비진동

$\left(\alpha = \frac{R}{2L},\ \beta = \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}\right)$ 라 하면 $S_1, S_2 = -\alpha \pm \beta$

$$I(S) = \frac{E/L}{\{(s+\alpha)+\beta\} \cdot \{(s+\alpha)-\beta\}} = \frac{E/L}{(S+\alpha)^2 - \beta^2} = \frac{E}{L} \cdot \frac{\beta}{(s+\alpha)^2 + \beta^2} - \frac{1}{\beta}$$

∴ 순시전류는 역 Laplase로 변환하면,

$$i(t) = \mathcal{L}^{-1}[I(S)] = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{E}{L} \cdot \frac{\beta}{(s+\alpha)^2 - \beta^2} \cdot \frac{1}{\beta}\right] = \frac{E}{\beta L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sinh \beta t$$

즉, 회로내 과도순시전류는 지수감쇠 쌍곡선정현파의 비진동 감쇠전류가 되며 급속하게 Zero에 수렴하게 된다.

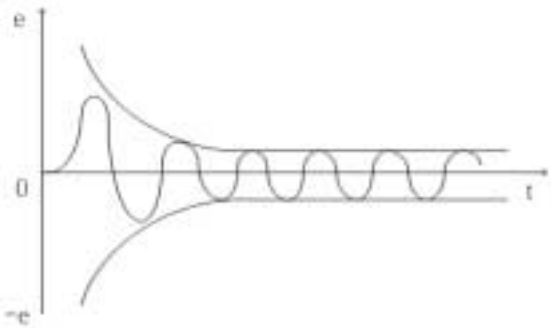
참고 : $e^{-\alpha t} \cdot \sinh \beta t = \frac{\omega}{(s+\alpha)^2 - \omega^2}$

② $\left(\frac{E}{2C}\right)^2 - \frac{1}{LC} < 0$ 인 경우 : 진동

라프라스 과도전류 $I(S)$의 판별식이 허수가 되므로 $S_1, S_2 = -\alpha \pm j\beta$

$$I(S) = \frac{E/L}{\{(S+\alpha)+j\beta\}\{(S+\alpha)-j\beta\}} = \frac{E/L}{(S+\alpha)^2 + \beta^2} = \frac{E}{L} \frac{\beta}{(S+\alpha)^2 + \beta^2} \frac{1}{\beta} = \frac{E}{\beta L} \frac{\beta}{(S+\alpha)^2 + \beta^2}$$

$\therefore i(t) = \mathcal{L}^{-1}[I(S)] = \frac{E}{\beta L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t$ 즉, 순시과도전류는 감쇠진동전류가 된다.



③ $\left(\frac{E}{2L}\right)^2 \cdot \frac{1}{LC} = 0$ 인 경우 : 임계진동

라프라스 과도전류 $I(S)$의 판별식이 음수가 되므로 $S_1, S_2 = -\alpha$ $(-\alpha \pm \beta$에서, $\beta = 0$ 이므로)

$$I(S) = \frac{E/L}{\{(S+\alpha)+\beta\} \cdot \{(S+\alpha)-\beta\}} = \frac{E/L}{(S+\alpha)^2}$$

$$\therefore i(t) = \mathcal{L}^{-1}[I(S)] = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{E}{L} \cdot \frac{1}{(S+\alpha)^2}\right] = \frac{E}{L} \cdot t \cdot e^{-\alpha t}$$

즉, 회로내 과도순시전류는 비진동 지수감쇠전류가 되며 진동과 비진동의 경계에 따라 서서히 감소 한다.

[문제2] 동기발전기의 운전한계를 결정하는 요인을 들고 그것들이 운전한계를 결정하는 이유를 설명하시오. (근거식 및 P-Q 영역에서의 그림을 그리고 설명하시오)

과년도 문제 : 38회 2교시

[요약 풀이]

1. 발전기의 가능출력곡선의 개요

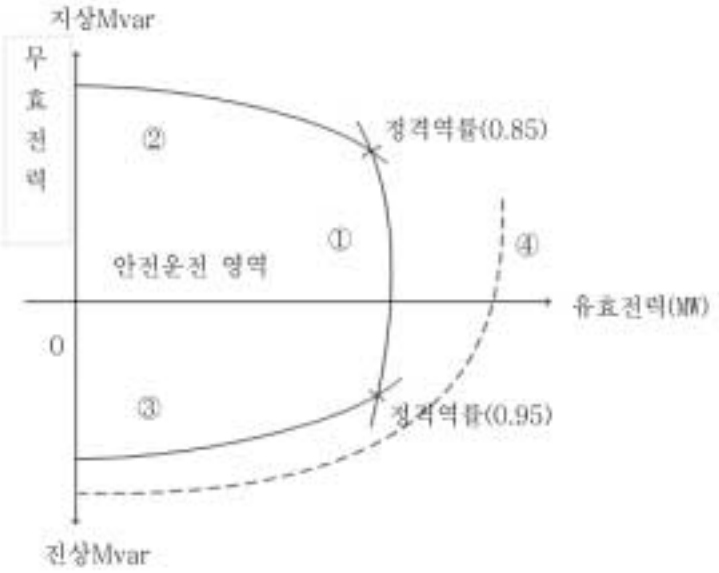
발전기를 구성하는 도체, 절연물 및 기타 구조물은 정해진 온도상승한도가 있어 운전은 이 범위 내에 제한된다.

1) 정격출력 부근에서의 운전

2) 지상 영역에서의 운전

3) 진상 영역에서의 운전 등을 고려하지 않으면 안되고, 각기 운전 조건에 대한 발전기의 열적 영향개소도 달라진다. 그러므로 각 운전영역에 있어서의 한계를 종축에 무효분, 횡축에 유효분을 취해서 표시한 것을 동기발전기의 운전한계를 결정하는 가능출력곡선이라고 한다.

2. 발전기의 출력가능곡선



3. 발전기의 정격출력에 의한 제한

정격역률 부근 운전에서는 전기자 전류에 의한 전선 온도상승이 발전기 출력에 제한을 받는다. 역률의 범위는 발전기의 정격역률(지상 0.85)에서 역률 100%를 통하여 진상역률 95%까지의 범위이며 곡선 ①로 나타낸다.

4. 발전기의 지상 무효전력에 의한 제한

발전기의 정격역률 0.85이하의 지상역률 운전범위에서는 발전기 계자전류가 증가하여 계자권선의 온도가 상승한다. 이 온도상승에 의하여 발전기의 지상 무효출력이 제한을 받으며 계자전류를 공급하는 여자기의 출력에 의해서도 제한을 받는다. 곡선 ②로 표시된다.

5. 발전기의 진상 무효전력에 의한 제한

역율이 95%를 넘는 진상 영역에서는 계자전류가 감소하기 때문에 고정자 단부의 누설자속의 자로에 포화가 없어져 누설자속이 증가한다. 이 누설자속은 동기속도로 회전하므로 고정자단부에 와류손과 히스테리손이 발생하여 온도가 상승한다. 이 온도상승에 의하여 발전기의 진상무효전력출력이 제한받으며, 단부구조, 재료 등에 따라 발전기 마다 다르며, 곡선 ③으로 표시된다.

6. 정태 안전도에 의한 제한

발전기를 송전계통에 연계해서 운전하는 경우 발전기의 동기 리액턴스 및 계통의 리액턴스에 의하여 정해지는 정태안정도에 한계가 있으며, 이 한계를 넘어서 운전 할 수 없다.

이 정태 안전도 곡선이 종축과 교차하는 점은 동기 리액턴스의 역수 $\frac{1}{xd}$와 같은 거리를 통하므로 진상영역에 있어서 여유가 작다. 계통의 안전도 한계에 의하여 제한을 받는 범위를 곡선 ④로 표시된다.

7. 기 타

발전기의 정상운전에서는 열적인 제한을 받으므로 발전기의 냉각방법에 따라 가능출력이 변화한다. 특히 수소 냉각방식의 경우는 수소압력에 따라 냉각능력이 변화하므로 가능출력 범위도 변한다.