

Amplidyne의 飽和現象을 考慮한 直流定電壓系統의 過渡應答 解析

論 文
26~6~3

Transient Response Analysis of DC Voltage Regulating System with Amplidyne Saturation Effect

李 承 院* · 金 南 豪**
(Sung Won Rhee, Nam Ho Kim)

Abstract

This paper deals with the transient analysis of an amplidyne dc voltage regulating system under the following conditions:

- (1) assuming all the components of the system to be linear
- (2) considering the effect of amplidyne saturation. The mathematical technique employed is state variables method. The calculated response curves are compared with the experimental results obtained on a practical system.

The main results can be summarized as follows:

- 1) The effect of amplidyne saturation on the transient response of a dc voltage regulating system is to reduce the overshoot and setting time.
- 2) With the increase in level of the step reference voltage, the system response becomes aperiodic.
- 3) The steady output voltage is reduced appreciably compared to the linear case.

1. 序 論

直流定電壓系統의 過渡應答 解析은 系統의 모든 要素가 線型的이라면 주어진 階段形入力(Step Input)에 對한 過渡應答 解析은 簡單하지만 實際 系統의 各要素는 非線型的이며 特히 負荷의 變動이 轉 境遇 運轉點이 飽和條件下에 있게 되어 非線型特性을 나타내게 되는데 이러한 境遇에도 線型理論을 適用한다면 實際와 相當히 다른 結果를 招來하게 된다.

直流增幅發電機인 Amplidyne은 定電壓系統의 一要素로서 基準電壓과 發電機로부터의 負饋還電壓으로써 勵磁信號系統을 이루고 있는데 이러한 Amplidyne은 磁氣飽和의 影響에 敏感하여⁽¹⁾ 非線型特性을 나타내게 된다.

過去에는 飽和率(Appropriate Saturation Factor)⁽¹⁾을 利用하거나 또는 그래프法(Modified Graphical Field Mapping Method)⁽²⁾으로 飽和現象을 考慮했

으나 近來에 와서 高途 Digital Computer에 의하여 더욱 正確하게, 飽和現象으로 나타나는 非線型特性을 取扱할 수 있게 되었다.^{(3),(4)}

本 論文에서는 그림 1의 直流定電壓系統의 過渡應答 解析을

- (1) 系統의 모든 要素가 線型的이라고 假定한 境遇와
- (2) 系統의 한 要素인 Amplidyne의 飽和現象을 考慮한 境遇에 對하여 狀態變數法(State Variable Met-

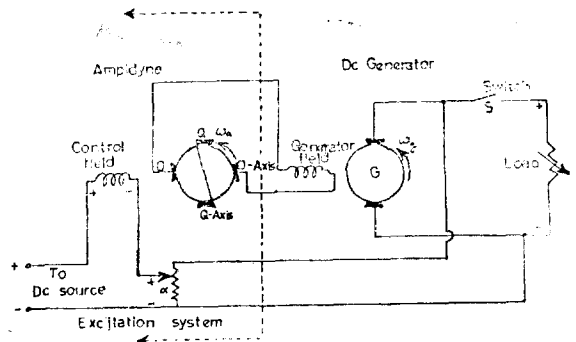


그림 1. 正流定電壓系統
Fig. 1. DC voltage regulating system.

* 正會員: 서울工大 教授 · 工博(當學會 會長)
** 正會員: 韓國電氣機器試驗研究所 研究員
接受日字: 1977年 8月 27日

hod)[5]으로 數學的인 모델을 세워 이를 Digital Computer에 의해 計算하고 實際 實驗結果와 比較함으로써 Amplidyne의 飽和現象이 全系統의 過渡應答에 미치는 影響을 알아 보았다.

2. 線型的인 境遇

直流發電機의 界磁에 印加된 電壓 v_d 와 誘起電壓 v_a 는 다음과 같다.

$$v_d = R_g(1 + T_g P) i_g \quad (1)$$

$$v_a = K_g i_g = (R_a + L_a P) i_a + v_c \quad (2)$$

Amplidyne의 傳達函數⁽⁶⁾는

$$\frac{v_d}{v_f} = \frac{K_f K_g}{R_f R_g (1 + T_f P) (1 + T_g P)} \quad (3)$$

系統의 모든 要素가 線型的이라고 假定한 境遇 全系統의 블럭線圖는 그림 2와 같다. 系統의 過渡現象은

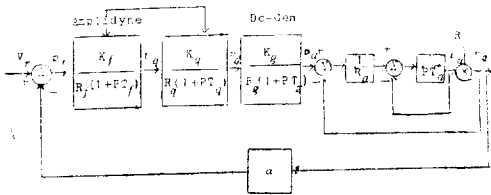


그림 2. 선형계통의 Block선도

Fig. 2. Block diagram of linear system

任意的 負荷를 걸고 그림 1의 스위치 S를 短絡하여 定常狀態에 到達할 때까지의 過渡應答과 定常運轉時 負荷變動에 의한 過渡應答으로 2가지 観点에서 알아본다

그림 2에서

$$\dot{v}_q = \frac{1}{T_f} \left(\frac{K_f}{R_f} v_f - v_q \right) \quad (4)$$

$$v_f = V_f - \alpha v_c \quad (4)$$

$$\dot{v}_d = \frac{1}{T_g} \left(\frac{K_g}{R_g} v_d - v_a \right) \quad (5)$$

$$\dot{v}_a = \frac{1}{T_a} \left(\frac{K_a}{R_a} v_d - v_a \right) \quad (6)$$

$$\dot{v}_c = \frac{1}{T_c} \left\{ \frac{R_c}{R} (v_d - v_c) - v_c \right\} \quad (7)$$

1.5kW, 125V, 1800r.p.m, Amplidyne과 1.5kW, 125V, 1750r.p.m. 直流發電機에 對한 定數値는 다음과 같으며 測定은 ^{(7),(8)}

$$R_f = 980[\Omega], R_g = 1.5[\Omega], R_a = 141[\Omega],$$

$$R_c = 0.62[\Omega]$$

$$T_f = 0.032[s], T_g = 0.076[s], T_a = 0.074[s],$$

$$T_c = 0.084[s]$$

$$K_f = 530[V/\Lambda], K_g = 41[V/\Lambda]$$

3. Amplidyne의 飽和現象을 考慮한 境遇

그림 3에서

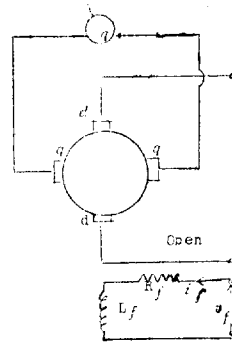


그림 3. Amplidyne의 제어-횡축회로도

Fig. 3. The control-quadrature axis circuit of amplidyne

$$v_f = (R_f + L_f P) i_f \quad (8)$$

$$v_q = K_f i_f \quad (9)$$

윗 式에서 電壓利得 및 界磁인덕턴스로 K_f 와 L_f 를 사용했는데 이들은 非飽和條件을 表示한다. 그러나 飽和條件에서는 K_f 와 L_f 가 常數가 아니고 勵磁電流 i_f 의 函數가 된다. 飽和函數 S를 定義하여⁽⁵⁾

$$S = \frac{K_{f_s}}{K_f} (i_f) = \frac{L_{f_s}}{L_f} (i_f) \quad (10)$$

(但 添字 "fs"는 飽和領域을 나타낸다) 結局 飽和를 考慮한 境遇 式(8), (9)는

$$v_q = SK_f i_f \quad (11)$$

$$v_f = (R_f + SL_f P) i_f \quad (12)$$

윗 式에서

$$v_q = \frac{SK_f v_f}{R_f(1 + ST_f P)} \quad (13)$$

式 (13)을 블럭線圖로 表示하면 그림 4와 같으며 ϕ_1 이 非線型要素이다.

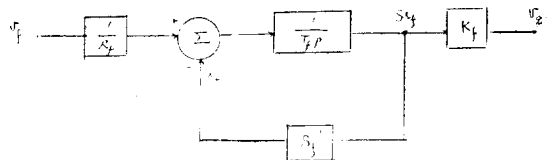


그림 4. 포화 고려시 제어-횡축 Block선도

Fig. 4. The block diagram of the control-quadrature axis circuit on saturation effect

여기서

$$S_f^{-1} = 1, 0 \leq i_f \leq i_{f0}$$

$$S_f^{-1} > 1, i_{f0} < i_f$$

(但 i_{f0} 는 線型部分 臨界電流值)

같은 方法으로 Amplidyne의 直軸飽和를 取扱할 수 있으며 全系統의 블럭線圖는 그림 5와 같으며 블럭 ϕ_1

(2) 基準電壓이 增加함에 따라 Amplidyne의 飽和 效果가 두드러지며 定常狀態 出力電壓도 線型的인 境遇에 比하여 相當히 減少되었다.

(3) 그림 8은 定常運轉時 負荷變動으로 因한($\Delta V = 30V$) 세 境遇의 比較曲線이다.

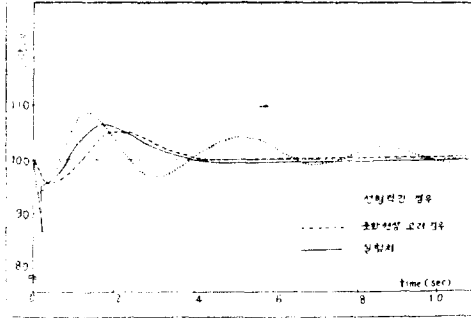


그림 8. $V_r=100[V]$, $\alpha=0.5$ 부하변동 30[V] 일 때의 과도응답 곡선 비교도

Fig. 8. Transient response curves when $V_r=100[V]$, $\alpha=0.5$, $\Delta V=30[V]$

(4) 實驗値와 計算値사이의 差異는 系統의 定數測定 및 假定에서 提示한 效果들을 考慮하지 不함으로써 나타난 誤差이다.

5. 結 論

直流增幅發電機로서 定電壓系統의 한 要素인 Amplidyne의 磁氣飽和 現象이 全系統의 過渡應答에 미치는 影響을 알아 보았으며 結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) Amplidyne의 飽和現象은 Overshoot와 Setting time을 減少시킨다.

(2) Rise Time은 線型的인 境遇가 飽和를 考慮한 境遇보다 짧다.

(3) 基準電壓이 增加함에 따라 Amplidyne의 飽和 效果가 顯著하며 定常狀態 出力電壓도 線型的인 境遇에 比하여 相當히 減少되었다.

이와 같이 Amplidyne의 飽和效果가 直流定電壓系統의 過渡應答에 미치는 影響을 알아 보았으며 實際에 더욱 가까운 解析을 期할 수가 있었다.

참 고 문 헌

1. A.E. Fitzgerald, C. Kingsley, A. Kusko, "Electric Machinery" (Book), Mcgraw Hill, 1971, pp. 460-463

2. Poritsky, H., "Graphical Field Plotting Methods in Engineering", AIEE Trans., Vol. 70, PtI, 1951, pp.309-319

3. F.C. Trutt, E.A. Erdelyi, R.E. Hopkins, "Representation of the Magnetization Characteristic of DC Machines for Computer Use" IEEE Trans., Vol. PAS-87, 1968, pp.665-669

4. Yu, Yao-Nan, and G.E. Dawson, "Modeling a Four Electric Machine System on Analog Computer Using Parameters Directly Determined From Tests, "IEEE Trans, Vol. PAS-87, 1968, PP. 632-640.

5. B.C. Kvo., "Automatic Control Systems" Prentice-Hall, Inc., 1975.

6. S.A. Nasar., "Electromagnetic Energy Conversion Devices and Systems", Prentice-Hall, Inc 1970.

7. J.L. Bower, "Fundamentals of the Amplidyne Generator". AIEE Trans., Vol, 64, 1945.‡

8. R.M. Saunders, "Measurement of DC Machine Parameters" Electrical Engineering, New York, Vol. 70, 1951. p.787.

<記 號>

- K_f : Amplidyne의 橫軸電壓利得[V/A]
- K_g : Amplidyne의 直軸電壓利得[V/A]
- K_g : 直流發電機의 電壓利得[V/A]
- R_f, T_f : Amplidyne의 制御捲線의 抵抗 및 時定數[Ω][sec]
- R_g, T_g : Amplidyne의 橫軸回路의 抵抗 및 時定數[Ω][sec]
- R_r, T_r : 直流發電機의 界磁捲線의 抵抗 및 時定數[Ω][sec]
- V_r : 基準電壓[V]
- v_f : 制御捲線에 印加된 電壓[V]
- v_g : Amplidyne의 橫軸에 誘起되는 電壓[V]
- v_d : Amplidyne의 直軸에 誘起되는 電壓[V].
- v_a : 直流發電機의 誘起電壓[V]
- v_c : 直流發電機의 端子電壓[V].
- R : 純抵抗負荷[Ω]
- α : 饋還利得
- $P = \frac{d}{dt}$
- i_a : 負荷電流[A]