



## Thyristor 制御 停止型 無効電力 補償器(SVC)의 原理 및 應用

Theory and Application of SVC

尹 晟 炳\*

Yoon, Sung Byoung

### 1. 概 要

電力需要의 急增에 따라 單位機의 容量 및 電力系統의 規模가 大型化되어 持續的인 安全運轉이 系統運用의 最優先 課題가 되었으며, 信賴度 向上 및 系統間電力需給의 원활한 融通을 위하여 系統間의 連系는 물론 多系統間의 多重連系에 이어 國家間의 連系도 이루어지고 있다. 本考에서는 電力系統의 大型化 및 連系化 추세에 따라 系統 無効電力 潮流의 迅速한 調節과 速應電壓調整의 필요성이 增大되어 그 應用이 擴散되고 있는 Thyristor 制御 停止型 無効電力 補償器(이하 SVC라 稱함)의 原理, 特性, 應用 및 系統에 미치는 效果에 대하여 考察하였다.

### 2. 序 論

실제의 系統運轉狀況은 外亂의 連續으로서 이 外亂에 對應하여 電力需要와 供給間 不平衡을 外亂前의 平衡 혹은 새로운 平衡狀態로 迅速히 回復하여 定周波數 定電壓의 安全運轉을 持續하여야 한다. 需要供給의 平衡이란 有效電力은 물론 無効電力의 平衡까지 包含시킬 수 있는 包括的 概念으로서 有效電力의 平衡을 위한 制御는 系統損失을 包含한 有效電力 需要의 變化에 應動하여 定周波數의 電力을 供給하기 위한 必然

的 確定制御인 반면, 無効電力의 制御는 不定無効電力의 任意平衡狀態를 定電壓에서의 새로운 平衡狀態로 移動시키기 위한 條件的 可變制御라는 相異點을 갖고 있다.

有效電力과 相差角, 無効電力과 電壓(電壓의 크기만을 말함) 사이의 密接한 相關關係에 의해 有效電力과 無効電力의 調節은 각각 相差角과 電壓의 變化를, 마찬가지로 相差角과 電壓의 調節은 각각 有效電力과 無効電力의 變化를 일으키게 된다. 반면에 有效電力과 電壓, 無効電力과 相差角 사이의 關係는 相對的으로 微弱하여 定常狀態의 制御에 利用할 수 없으나, 電壓 또는 無効電力調節에 速應性이 주어지는 경우에는 動態 및 過渡領域에서의 有效電力 및 相差角의 變化를 抑制키 위한 補完制御에 利用함으로써 安定度 增進에 크게 寄與케 된다. 이러한 例로서 過渡·動態的 觀點에서의 SVC 및 同期發電機에 사용되는 PSS(Power System Stabilizer) 등이 있으며, PSS는 有效電力의 需要供給間 不平衡의 微小增減信號(電氣의 出力變化와 周波數 또는 回轉速度 變化의 相關關係에서)를 自動電壓調整器의 補完制御用 入力信號로 變換시켜 주는 補助制御器로서 發電機의 動態安定度を 向上 시키는 물론 터빈發電機의 軸비틀림 振動力을 緩衝시키는 段階로까지 應用되고 있다.

\* 電氣技術士(發送配電), 現代엔지니어링(株) 次長

本考에서는 無效電力 또는 電壓信號에 의해 Thyristor의 點弧角을 制御함으로써 並列接續된 리액터·캐패시터組合의 有效리액턴스를 迅速히 進相·遲相의 兩方으로 線形調整하여 系統電壓 또는 無效電力의 連續調節과 有效電力에 대한 動態·過渡의 補完制御 能力을 갖게 되는 SVC에 대해 詳述키로 한다.

### 3. 無效電力源

電力系統은 線路의 電磁氣의 特性에 의해 送電線路의 경우 輕負荷時 無效電力을 供給하고 重負荷時는 無效電力을 吸收하게 되며, 이들 無效電力은 負荷들의 需要電力(有效 및 無效電力)과 합쳐져 系統의 電力潮流를 形成하게 된다. 無效電力의 크기 및 흐름의 方向은 線路의 인덕턴스에 의해 系統母線들의 電壓에 影響을 미치게 되며, 許容電壓하의 電力需給 平衡을 위해서는 無效電力의 追加供給 또는 追加吸收가 必要케 된다.

無效電力調節이 가능한 無效電力源(遲相 無效電力을 基準키로 하며 이를 供給하는 경우를 正, 吸收하는 경우를 負로 한다)에는 同期發電機, 同期콘덴서, 變壓器, 리액터 및 캐패시터가 있다. 同期콘덴서는 進相·遲相의 無效電力補償이 가능한 반면, 系統內 分散配置가 어렵고 單相補償能力이 없으며 運轉·維持費가 停止器에 비해 많이 들고 系統故障容量을 增加시키는 短點이 있다. 同期發電機의 경우 無效電力 供給에 대한 持續 安全運轉 範圍가 進相領域에서 定態安定運轉 限界線 內部로 한정되어 이 範圍를 벗어난 不足勵磁 持續運轉은 自勵磁現狀에 의한 異常過電壓 발생 또는 外亂時 脫調에 이르는 不安定요인이 常存하게 된다. 따라서 進相領域에서는 PSS를 이용한 動態的 自動補償運轉 이외의 持續運轉은 制限되며, 調節效果도 發電母線에 偏重되기 때문에 系統補償에 이용되지 않는다. SVC에서는 다음과 같은 停止型 無效電力源들이 組合되어 사용된다.

#### 變壓器

二次電壓을 系統電壓보다 낮추어 二次側에 接

續되는 리액터, 캐패시터 및 Thyristor의 定格電壓 선정에 餘裕를 주게 되며, 탭切換器(機械式 또는 Thyristor 制御式)에 의한 탭調整으로 SVC의 電壓/電流特性을 電壓軸으로 上下移動시켜 基準電壓을 調整하는 役割을 한다. 定格선정시 最大進相電流가 흐를 때의 二次側電壓 및 系統의 最大許容電壓이 동시에 考慮되어야 하며 二次側 短絡을 許容하는 制御方法에서는 短絡容量도 檢討되어야 한다.  $3N$ 調波( $N$ 은 正數) 電流除去를 위해  $\Delta$ 結線의 安定捲線을 갖는 것이 一般의이며  $6N \pm 1$ 調波( $N$ 은 奇數) 電流除去를 위해서는  $Y\Delta$  및  $YY$ 의 二重結線으로 하여 12 펄스 制御를 하게 된다.

#### 可飽和 리액터

磁性鐵心の 飽和領域에서 有效리액턴스가 急激히 減少하는 磁性體의 磁氣飽和特性을 이용한다. 따라서 外部의 制御 없이도 過電壓에 대한 補償能力 및 短時間 過負荷耐力이 양호하고 應答速度가 매우 빠르기 때문에 SVC 要素로서 널리 사용된다. 有效리액턴스의 調節은 前端에 直列로 接續되는 變壓器의 탭 調整 또는 後端에 多數 直結되는 相異한 特性의 可飽和리액터 各各에 並列接續되는 分路 Thyristor로 制御되며, 二次捲線을 設置하여 Thyristor 制御 補助線形리액터를 接續하면 SVC의 電壓/電流 特性의 기울기를 調節할 수 있다. 奇數次 高調波電流의 發生源으로 作用하므로 이의 除去를 위해  $\Delta$ 結線 또는 多心多捲線 構造의 特殊結線(Treble Tripler 등)이 사용되기도 한다.

#### 線形 리액터

引加電壓에 關係없이 리액턴스가 一定한 空心 리액터가 利用되며 直結되는 Thyristor의 點弧角制御에 의해 可飽和리액터에 버금가는 迅速한 應答特性을 얻을 수 있다. 點弧角의 制御範圍는 引加電壓의 波形이 零인 位置를 基準으로 電氣角  $\pi/2$  부터  $\pi$ 까지의 區間으로서 이에 의해 有效通電電流가 調節되며, 點弧角  $\pi/2$ 에서만 連續電流가 흐르게 되어 奇數次 高調波電流를 發生시킨다. 過電壓에 대한 短時間 過負荷特性이 없는 점을 容量選定시 考慮하여야 하며 極甚한

過電壓의 경우 前端에 直結되는 變壓器의 飽和 效果에 의해 過負荷 程度가 輕減된다.

### 캐패시터

SVC에 使用되는 有一한 無效電力 供給源으로서 SVC의 進相運轉을 主導하게 된다. SVC의 線形電壓調整區間中 小區間的 調整範圍를 超過하는 電壓變動하에서 投入 혹은 除去되므로 極히 迅速한 補償이 要求되지 않는 系統에서는 Thyristor 대신 遮斷器를 使用하기도 한다. 可飽和리액터 또는 線形리액터에 直結될 경우엔 SVC의 電壓電流特性의 기울기를 調節할 수 있으며, 高調波電流 除去用的 濾波로 接續되는 캐패시터는 基本波에 대한 無效電力 供給源으로도 作用하게 된다.

## 4. SVC의 原理

그림 1에 例示된 無效電力源의 組合들이 SVC의 基本構成 例로서 系統特性, 補償目的, 補償範圍, 操作頻度, 應答速度 등 必要에 따라 여러 가지의 多樣한 構成으로 應用된다. 이들 構成은

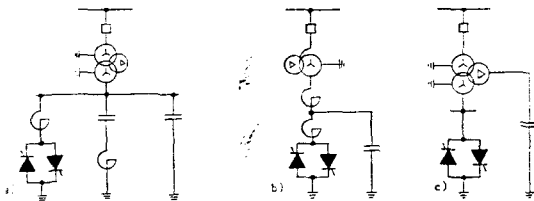


그림 1. SVCS의 구성도

그림 2와 같은 等價回路로 표시할 수 있으며, 接續母線에서 본 有效어드미턴스(純저셉턴스로 假定)의 크기 Y는 式 1)로 표시된다.

$$Y = \frac{Y_1(Y_2' - Y_C)}{Y_1 + Y_2' - Y_C} \dots\dots\dots 1)$$

이 式에서  $Y_1 = 1/\omega L_1$ ,  $Y_C = \omega C$ 이며  $Y_2'$ 는 Thyristor에 의한 點弧角  $\alpha$ 에서의  $Y_2 = 1/\omega L_2$ 에 대한 有效어드미턴스이다.

리액터  $L_2$ 에 대한 Thyristor의 點弧角  $\alpha$ 의 制御範圍는  $L_2$  接續端의 電壓 ( $V_t = \hat{V}_t \sin \omega t = \hat{V}_t \sin \theta$ ) 瞬時值 零點으로부터 電氣角으로  $\pi/2$ 와

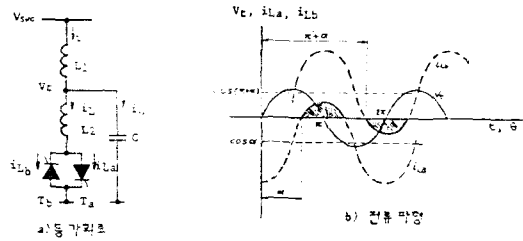


그림 2. VC의 등가회로 및 전류파형

$\pi$  사이 ( $\pi/2 \leq \alpha \leq \pi$ )로서 任意  $\alpha$ 에서 點弧時 [그림 2의 通電電流  $i_{La}$ 는;

$$i_{La} = \frac{\hat{V}_t}{L_2} (\cos \alpha - \cos \theta) \dots\dots\dots 2)$$

이며 通電區間은 點線을 除外한 實線만의 短續 電流가 된다. 이 波形을 Fourier 級數로 展開하면;

$$i_{La} = \frac{I_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos n\theta \dots\dots\dots 3)$$

여기서,

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{2\hat{V}_t}{\pi L_2} \{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha\} \\ I_1 &= \frac{\hat{V}_t}{\pi L_2} \left\{ (\alpha - \pi) - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right\} \\ I_n &= \frac{\hat{V}_t}{\pi L_2} \left\{ \frac{\sin(n-1)\alpha}{n(n-1)} - \frac{\sin(n+1)\alpha}{n(n+1)} \right\} \end{aligned}$$

따라서,

$$\begin{aligned} i_{La} &= \frac{\hat{V}_t}{\pi L_2} \left\{ \{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha\} \right. \\ &\quad \left. + \left\{ (\alpha - \pi) - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right\} \cos \theta \right. \\ &\quad \left. + \sum_{n=2}^{\infty} \left\{ \frac{\sin(n-1)\alpha}{n(n-1)} - \frac{\sin(n+1)\alpha}{n(n+1)} \right\} \cos n\theta \right\} \dots\dots\dots 4) \end{aligned}$$

마찬가지 方法으로 通電電流  $i_{Lb}$ 는;

$$\begin{aligned} i_{Lb} &= -\frac{\hat{V}_t}{\pi L_2} \left\{ \{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha\} \right. \\ &\quad \left. - \left\{ (\alpha - \pi) - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right\} \cos \theta \right\} \end{aligned}$$

$$+ \sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \left\{ \frac{\sin(n-1)\alpha}{n(n-1)} - \frac{\sin(n+1)\alpha}{n(n+1)} \right\} \cos n\theta \dots\dots\dots 5)$$

가 되어  $L_2$  를 흐르는 基本波단의 電流  $i_{L(1)}$  은 ;

$$\begin{aligned} i_{L(1)} &= i_{La(1)} + i_{Lb(1)} \\ &= \frac{\hat{V}_t}{\pi L_2} (2\alpha - 2\pi - \sin 2\alpha) \cos \theta \\ &= -\frac{\hat{V}_t}{L_2} \cos \theta \left( 2 - \frac{2}{\pi} \alpha + \frac{1}{\pi} \sin 2\alpha \right), \\ &\quad \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi \dots\dots\dots 6) \end{aligned}$$

이므로  $L_2$  接續端에서 본  $L_2$  의 有效어드미턴스  $Y_2'$  는 ;

$$Y_2' = Y_2 \left( 2 - \frac{2}{\pi} \alpha + \frac{1}{\pi} \sin 2\alpha \right) \dots\dots\dots 7)$$

로 表示된다. 따라서 그림 2의 等價 SVC가 系統에 供給하는 無效電力  $Q$  는 ;

$$\begin{aligned} Q &= -V^2 Y \\ &= -V^2 \frac{Y_1 \left\{ Y_2 \left( 2 - \frac{2}{\pi} \alpha + \frac{1}{\pi} \sin 2\alpha \right) - Y_C \right\}}{Y_1 + Y_2 \left( 2 - \frac{2}{\pi} \alpha + \frac{1}{\pi} \sin 2\alpha \right) - Y_C} \dots\dots\dots 8) \end{aligned}$$

가 된다. 여기서 (-)符號는 遲相無效電力을 系統에 供給하는 경우를 (+)로 하기 위한 것이다. 式 8)은 SVC의 點弧角, 補償範圍, 回路構成 및 機器定數간의 相關關係를 나타내는 基本式으로서 실제의 應用에서는  $Y_1 > Y_C$  및  $Y_2 > Y_C$  의 條件이 따르게 된다. 이 條件에서  $Y_2' > Y_C$  면 系統으로부터 無效電力을 吸收하게 되고  $Y_2' < Y_C$  면 系統에 無效電力을 供給하게 된다.

### 5. SVC의 特性

SVC의 母線電壓  $V_{svc}$  는 系統의 常數(定常狀態) 또는 變數(過渡 및 動態)와 SVC의 有效어드미턴스  $Y_{svc}$  의 函數로서 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$V_{svc} = f(V, G, B, R, X, Y_{svc}) \dots\dots\dots 9)$$

여기서  $V$  는 發電母線의 電壓,  $G$  및  $B$  는 각각 負荷母線의 콘덕턴스 및 썬셉턴스,  $R$  및  $X$  는 系統線路의 抵抗 및 리액턴스를 나타낸다.  $Y_{svc}$  의 微小變化  $\Delta Y_{svc}$  에 대한  $V_{svc}$  의 微小變化  $\Delta V_{svc}$  는 ;

$$\begin{aligned} \Delta V_{svc} &= \frac{d}{dY_{svc}} f(V, G, B, R, X, Y_{svc}) \cdot \Delta Y_{svc} \\ &= \frac{d}{dY_{svc}} f(V, G, B, R, X, Y_{svc}) \cdot \frac{d}{d\alpha} f(\alpha) \Delta \alpha \dots\dots\dots 10) \end{aligned}$$

로서 SVC의 點弧角  $\alpha$  의 制御에 의한 SVC 母線 電壓變化  $\Delta V_{svc}$  는 系統定數( $R, X$ ) 및 變數( $V, G, B$ )의 影響을 받게 됨을 알 수 있다. 따라서 SVC의 容量, 補償範圍, 應答速度 및 瞬間過補償 特性이 주어진 系統에 適合하도록(電壓調節, 過電壓抑制, 安定度 등) Digital Program 또는 TNA(Transient Network Analyzer)를 이용한 模擬試驗에 의해 制御系의 數值精定 및 補完技能이 追加되기도 한다.

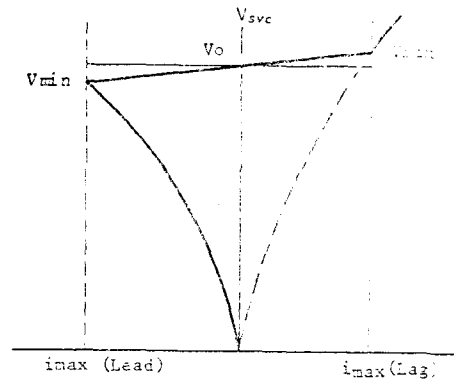


그림 3. SVC의 전압/전류특성

定常狀態의 SVC 電壓/電流特性은 그림 3과 같으며, 線形 電壓調整 範圍가 系統電壓의 許容範圍보다 작아서는 안된다. SVC의 運轉點은 SVC 및 系統의 電壓/電流特性이 만나는 點으로서 系統變化(線路切替, 故障遮斷, 負荷變動 등)에 의한 系統特性變化에 따라 이 線形特性상

의 한 점으로 移動하게 된다. SVC의 電壓/電流特性的 기울기가 작을수록 系統電壓은 基準電壓  $V_0$ 에 가깝게 調整되며 이를 위해서는 SVC의 容量이 커져야 한다. 容量增加없이 基準電壓에 接近시키기 위해 SVC용 變壓器에 Thyristor 制御 탭切換器가 設置되기도 하나 損失이 增加하고 制御가 複雜한 短點이 있다.

系統의 外亂에 의해 SVC의 線形調整範圍를 벗어난 過電壓은 可飽和리액터 또는 變壓器의 飽和리액터스 特性을 따라 迅速히 線形調整範圍안으로 復歸하게 된다. 이때 定常制御用的 上下限制回路는 過補償을 위해 By-pass 되거나 補完回路로 切換된다.

### 6. SVC의 應用 및 制御

廣義의 SVC는 無效電力 또는 電壓과 關聯된 系統特性 및 現狀을 制御·改善키 위해 使用하는 停止型 無效電力 補償器를 總稱하는 것으로 이를 應用上的 主要技能에 따라 電壓調整器, 無效電力調整器, Flicker Suppressor로 大別할 수 있다.

電壓調整器(本考의 主題인 SVC는 이에 속함)는 送電系統의 母線에 設置되어 定態 電壓調整, 電力潮流調節, 外亂에 對應한 過渡·動態의 電壓動搖의 制動을 主目的으로 하며 制御用 入力信號로서 母線電壓이 利用된다. 無效電力調整器는 産業設備(Arc 爐, 壓延設備, Lift 등)의 無效電力變動 및 不平衡 負荷를 補償키 위한 것으로 無效電力調節에 의해 電壓調整 및 電壓變動抑制의 附隨의 效果를 얻게 된다. 不平衡負荷의 補償을 위해 各相別 制御가 必要하며 入力信號로서 設備母線의 無效電力을 利用한다. 入力信號에 有效電力 또는 力率信號를 追加하여 比較·演算技能을 附與하면 力率調整器로도 使用된다. Flicker Suppressor는 穿孔機, Spot 熔接機 등 連續間歇負荷에 의한 電壓動搖로 發生하는 Flicker의 抑制를 目的으로 設置되며  $\frac{1}{2}$  cycle 程度의 매우 迅速한 應答을 必要로 한다. 入力信號로서 設備幹線의 無效電力을 利用한다.

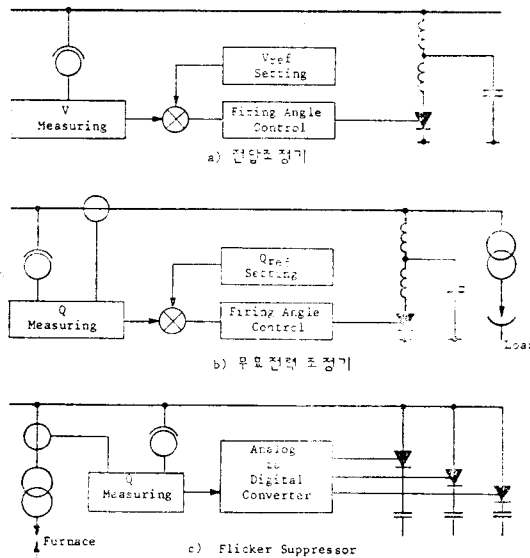


그림 4. SVC의 Block Schematic Diagram

그림 4는 이들의 簡略한 構成을 나타내며, 送電系統에 設置되는 電壓調整용 SVC의 制御브럭線圖를 그림 5에 例示하였다. 式 10)으로부터 그림 5의  $\Delta Y_{svc}$  變化는  $V_{svc}$ 의 變化를 일으키며 그 變化量  $\Delta V_{svc}$ 는  $\Delta Y_{svc}$ 는 물론 系統變化의 影響을 받게 됨을 알 수 있다. 따라서 그림 5의 傳達函數에 包含된 利得  $K$ 는 豫想되는 系統變化들을 模擬試驗(Digital Computer, TNA 또는 Hybrid Analyzer 利用)하여 모든 變化狀態에 共通으로 適用可能한 값으로 選定하는 것이 一般的이나, On-Line Real Time 情報를 利用하여 Computer에 事前 記憶시킨 多數의 系統狀態 各各에 대한 最適의  $K$ 값에 精定시킴으로써 더욱 效果的인 調整·制動特性을 얻을 수 있다. 이를 適應制御라 하며 다음과 같은 利得值 算定技法을 利用한다.

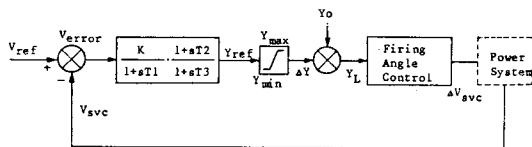


그림 5. 전압조정용 SVC의 Control Block Diagram

그림 5의 SVC 母線을 包含한 系統을 狀態方程式으로 表示하면 式 11)과 12)로 나타낼 수 있다.

$$\dot{X}_{(s)} = AX_{(s)} + BU_{(s)} \dots\dots\dots 11)$$

$$Y_{(s)} = CX_{(s)} \dots\dots\dots 12)$$

여기서  $X$ 는 狀態 Vector로서  $X = [\Delta P, \Delta Q, \Delta \theta, \Delta V, R, X]^T$ 이며,  $Y = \Delta Y_{SVC}$ 로서 SVC의 出力信號이고  $U = V_{SVC}$ 로서 制御信號이다. 式 11)과 12)를 Laplace 變換하면 ;

$$sX_{(s)} = AX_{(s)} + BU_{(s)} \dots\dots\dots 13)$$

$$Y_{(s)} = CX_{(s)} \dots\dots\dots 14)$$

따라서,

$$X_{(s)} = (sI - A)^{-1}B \cdot U_{(s)}, \quad I \text{는 單位 matrix} \dots\dots\dots 15)$$

이고 制御信號  $U_{(s)}$ 는 ;

$$U_{(s)} = H_{(s)} Y_{(s)} \\ = \frac{K}{1+sT_1} \cdot \frac{1+sT_2}{1+sT_3} Y_{(s)} \dots\dots\dots 16)$$

가 되어 式 14), 15)와 16)에서

$$X_{(s)} = (sI - A)^{-1}BH_{(s)}CX_{(s)}, \dots\dots\dots 17)$$

또는

$$[I - (sI - A)^{-1}BH_{(s)}C]X_{(s)} = 0 \dots\dots\dots 18)$$

$\lambda$ 를 特性解라 하면

$$\det[I - (sI - A)^{-1}BH_{(s)}C] = 0 \dots\dots\dots 19)$$

$$\text{즉, } 1 - C(sI - A)^{-1}BH_{(s)} = 0 \dots\dots\dots 20)$$

따라서,

$$H_{(s)} = \frac{1}{C(sI - A)^{-1}B} \\ = \frac{K}{1+sT_1} \cdot \frac{1+sT_2}{1+sT_3} \dots\dots\dots 21)$$

가 된다. 式 21)로부터 系統各狀態의 最適  $\lambda$ 값에 대한 利得  $K$ 를 찾을 수 있다.

## 7. 結 論

SVC는 系統內 適定個所의 中間母線 또는 制

御母線에 設置되는 多技能的 無效電力源으로서 進相·遲相 兩方의 無效電力 各相에 대해 任意의 線形·速應補償 能力이 뛰어난 特性을 갖고 있다. 兩方 無效電力의 精密制御가 可能的 特長으로 精密補償 目的에서 機械式(遮斷器 또는 開閉器) 制御停止型 補償器에 優位를 차지하였던 同期콘덴서에 비해 SVC는 運轉損失이 적고 系統의 故障容量을 增加시키지 않으며, 設備費(同期콘덴서의 設備費에는 附隨의으로 따르는 리액터 및 캐패시터도 包含) 및 運轉·維持費用이 적게 들고, 設備增設이 손쉬운 長點이 있다.

既存의 機械式制御 停止型 補償器에 의한 效果로는 定常狀態의 電力需要와 供給間 平衡維持, 電壓調整, 損失減少, 送電容量 增大와 過渡狀態의 無負荷 線路開閉 및 故障遮斷時의 過渡回復 電壓 上昇率緩和, 故障期間 및 除去後의 安定度 向上 등을 들 수 있으며 이들 過渡·動態의 效果를 얻기 위해서는 定常運轉時 리액터·캐패시터에 대한 制御가 制限되어지는 短點이 있다. SVC의 경우 速應特性에 의해 事故發生 등 非定常時의 過渡·動態의 效果를 얻기 위한 制御가 迅速히 自動的으로 이루어지므로 定常時의 리액터·캐패시터에 대한 常時制御가 자유롭다. 따라서 機械式制御에서의 定態效果보다 한층 良好한 結果를 얻게 되며 機械式制御로는 얻지 못하는 微小電壓動搖의 抑制, 不平衡 事故時의 過電壓制限, 相電壓의 對稱調節, 高調波電流의 補償, 有效·無效電力의 相間平衡調節, Flicker 抑制 등의 效果를 얻을 수 있다.

## 參 考 文 獻

1. B. Scott, E. Hobson, "Power Systems Security Control using Linear Programming, Part I & II", IEEE Trans., PAS-Vol. 97, pp.1713~1731, Sep./Oct. 1978.
2. A.E. Hammad, R.M. Mathur, "A New Generalized Concept for the Design for Thyristor Phase-Controlled VAR Compensators, Part I & II", IEEE Trans., PAS-Vol. 98, pp.219~233, Jan./Feb. 1979.
3. Arrillaga, R.M. Duke, "A Static Alternative

- to the Transformer On-Load Tap-Changer", IEEE Trans., PAS-Vol. 99, pp. 86~91, Jan./Feb. 1980.
4. H.L. Thanawala, W.O. Kelham, "Static Compensators using Thyristor Control with Saturated Reactors and with Low Reactance Linear Reactors", IEE Conf. Pub. 205, pp. 80~85, Nov./Dec. 1981.
  5. B.T. Ooi, M.H. Banakar, "Co-ordination of Static Var Compensators with Long Distance Radial Transmission System for Damping Improvement", IEEE Trans., PAS-Vol. 103, pp. 265~274, Feb. 1984.
  6. A. Gohsh, G. Ledwich, O.P. Malik, "Power System Stabilizer Based on Adaptive Control Techniques", IEEE Trans., PAS-Vol. 103, pp. 1983~1989, Aug. 1984.
  7. A.H.M.A. Rahim, I.M. El-Amin, "Stabilization of a High Voltage ACDC Power System-Evaluation of Control Strategies", IEEE Trans., PAS-Vol. 104, pp. 3084~3091, Nov. 1985.
  8. M.A. El-Kady, B.D. Bell, V.F. Carvalho, "Assessment of Real-Time Optimal Voltage Control", IEEE Trans., PWRS-Vol. 1, pp. 98~107, May, 1986.
  9. J. Qiu, S.M. Shahidehpour, "A New Approach for Minimizing Power Losses and Improving Voltage Profile", IEEE Trans., PWRS-Vol. 2, pp. 286~295, May, 1987.

과학하는 생활속에

번영하는 우리 생활