

논문 01-02-04

선로 전압 조정을 위한 DSTATCOM 제어

Control of DSTATCOM for Line Voltage Regulation

鄭秀永*, 金台鉉**, 文承逸*

(Soo-Young Jung*, Tae-Hyun Kim**, Seung-II Moon*)

요약

본 논문에서는 배전 계통에서 전압 파형 개선을 위하여 배전용 정지형 보상기(DSTATCOM)의 제어 기법 2가지를 보였다. 1선 지락 사고 시에 제시한 방법을 이용한 시뮬레이션을 통해 선로 전압 파형이 개선됨을 알 수 있다. 또한 비제어 및 PI 제어와 LQR 제어를 비교하였다. 요구되는 응답 특성 및 제어 효과에서 LQR 제어가 우수함을 보이고 PSCAD/EMTDC를 이용하여 검증하였다.

Abstract

Two control techniques - PI and LQR(Linear Quadratic Regulator) - of DSTATCOM (Distribution Static Synchronous Compensator) for line voltage regulation in distribution system are presented. It is shown that the voltage waveform is improved if the proposed methods are applied in IEEE 13 radial distribution system using PSCAD/EMTDC package in case of single line-to-ground fault. The three cases - without control, with PI control and with LQR control - are compared. The LQR control is shown to be best in respect of response profile and control effort required among them.

Key words : Distribution System, Power Quality, DSTATCOM (Distribution Static Synchronous Compensator), Voltage Regulation, PI control, LQR(Linear Quadratic Regulator) control

1. 서론

전력 계통의 전력 품질 문제에 대한 관심이 높아지면서, 여러 가지 대비책의 하나로서 배전 계통에 보상 기기를 부착하는 방법이 연구되고 있다[1-4]. 이러한 보상 기기는 3가지로 구분되며, 병렬 보상 기기인 DSTATCOM(Distribution static synchronous compen-

sator), 직렬 보상 기기인 DVR(Dynamic voltage restorer), 직병렬 보상 기기인 UPQC(Unified power quality conditioner)로 이러한 배전용 보상 기기를 CPD(Custom power device)라고 부른다.

그 중 DSTATCOM이 최근에 많이 연구되고 있다. 이 기기는 기본적으로 전압을 전원 전압에 병렬로 전압을 연결하는 장치로, 빠르게 제어되는 크기와 위상

* 서울대학교 電氣工學部
(School of Electrical Engineering, Seoul National Univ.)

** 木浦대학교 電氣制御工學部

接受日: 2001年 7月20日, 修正完了日: 2001年11月26日

(School of Electrical Engineering, Mokpo National Univ.)

※ 본연구는 서울대 기초전력공학공동연구소의 지원 (과제번호: 제 00-21호)에 의하여 수행되었음

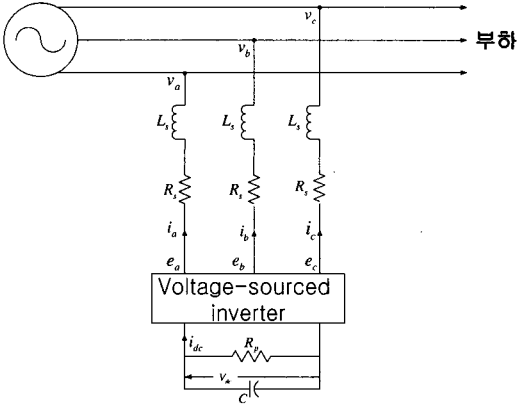


그림 1. DSTATCOM의 등가 회로
Fig. 1. Equivalent circuit of DSTATCOM

각과 함께 기본 주파수에서 평형 3상 정현파 전압을 발생한다. 다상 회로에서 IGBT를 사용하는 전압원 인버터는 현재 배전계통에서 널리 사용되고 있다.

본 논문에서는 이러한 배전 계통에서의 전압 보상을 위해서 IEEE 13모선 계통에서 DSTATCOM의 선형 모델을 이용하여 2가지 제어 방식을 적용하였다. 동적 특성 및 전압 파형 개선 면에서 LQR 제어 방식이 PI 제어보다 우수함을 PSCAD/EMTDC로 확인하였다.

II. DSTATCOM 모델링

그림 1은 DSTATCOM의 기본적인 등가 회로를 나타낸다.

DSTATCOM은 IGBT를 이용한 자력식 인버터 뒤에 DC 전압원과 결합 변압기로 이루어져 있다. 배전 계통 또한 전압원으로 모델링될 수 있다. 두 전압원은 변압기의 누설 리액턴스로 나타내는 리액터에 의해 연결되어진다. 여기서 R_s 는 인버터 전도 손실과 변압기 권선 저항 손실의 합이고 L_s 는 변압기의 누설 인덕턴스이고 R_b 는 인버터의 스위칭 손실 및 커패시터의 전력 손실을 말한다. 그리고 전압원 인버터 블록은 이상적인 손실 없는 전력 변압기로서 가정하였다[5]. 전압원 인버터는 다중권선 변압기에 의해 배전 계통과 연결되어진다. 여러 개의 인버터의 사용은 출력전압의 고조파 왜곡을 감소시킨다. IGBT 인버터

들은 DC 전압을 운반하는 커패시터에 연결되어진다.

DSTATCOM 출력 전류 I 는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$I = \frac{E - V}{R_s + j\omega L_s} \quad (1)$$

여기서 V 는 계통 3상 전압(v_a, v_b, v_c)의 실효값, E 는 인버터의 3상 출력 전압(e_a, e_b, e_c)의 실효값, $R_s + j\omega L_s$ 는 리액턴스(변압기 누설 리액턴스 및 시스템 단락 전류 리액턴스의 합)이다.

그림 1에서 E 와 V 가 같다면 무효전력은 계통에 전달되지 않는다. 그러나 만일 E 가 V 보다 크다면 I 는 계통에 진상 전류를 공급하고 E 가 V 보다 작다면 I 는 계통에 지상 전류를 공급하게 된다. 이때 무효전력의 흐름은 E 와 V 의 차이에 비례한다.

그림 1에서 교류측 회로 방정식은 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \frac{di_a}{dt} \\ \frac{di_b}{dt} \\ \frac{di_c}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_s}{L_s} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_s}{L_s} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{R_s}{L_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{1}{L_s} \begin{bmatrix} e_a - v_a \\ e_b - v_b \\ e_c - v_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 Per-unit 개념을 도입하여 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} L'_s &= \frac{\omega_b L_s}{z_{base}}, & C' &= \frac{1}{\omega_b C \cdot z_{base}}, & R'_s &= \frac{R_s}{z_{base}}, & R'_p &= \frac{R_p}{z_{base}} \\ i'_{abc} &= \frac{i_{abc}}{i_{base}}, & v'_{abc} &= \frac{v_{abc}}{v_{base}}, & e'_{abc} &= \frac{e_{abc}}{v_{base}} \\ v_{base} &= \frac{V_l}{\sqrt{3}}, & z_{base} &= \frac{V_l^2}{S_{base}}, & i_{base} &= \frac{v_{base}}{z_{base}} \end{aligned} \quad (3)$$

그렇다면 식 (2)는 다음 식과 같다.

$$\begin{bmatrix} \frac{di'_a}{dt} \\ \frac{di'_b}{dt} \\ \frac{di'_c}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i'_a \\ i'_b \\ i'_c \end{bmatrix} + \frac{\omega_b}{L'_s} \begin{bmatrix} e'_a - v'_a \\ e'_b - v'_b \\ e'_c - v'_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

동기 좌표 변환을 사용하면 다음 식으로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} \frac{di'_d}{dt} \\ \frac{di'_q}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} & \omega \\ \omega & -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i'_d \\ i'_q \end{bmatrix} + \frac{\omega_b}{L'_s} \begin{bmatrix} e'_d - |v'| \\ e'_q \end{bmatrix} \quad (5)$$

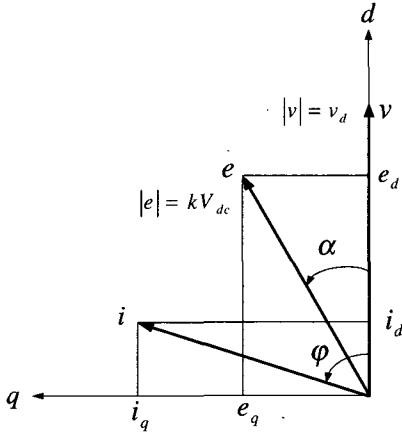


그림 2. 동기 좌표계에서 벡터도
Fig. 2. Vector diagram in synchronous frame

여기서 $\omega = d\theta/dt$ 이다. 그림 2는 동기 좌표계에서 교류측 회로 벡터를 해석하였다.

i'_q 가 음이면 선로에서 용량성 부하로 보이고 i'_q 가 양이면 유도성 부하로 보인다.

인버터에 의해서 야기되는 전압 고조파를 무시하면 다음 식과 같다.

$$e'_d = kv'_{dc} \cos \alpha \tag{6}$$

$$e'_q = kv'_{dc} \sin \alpha \tag{7}$$

여기서 k는 DC측 전압과 AC측 상전압의 최대 크기와 관계되는 계수이고 α 는 인버터 출력단 전압과 선로 전압과의 위상차이다. 인버터의 교류와 직류측 양 단자에서의 순간 전력은 동일하므로 다음 식으로 표현된다.

$$v'_{dc}i'_{dc} = \frac{3}{2}(e'_d i'_d + e'_q i'_q) \tag{8}$$

직류측에 키르히호프의 전류 법칙을 적용하며 다

표 1. 전형적인 시스템 변수[pu]
Table 1. Typical system parameter[pu]

L'_s	0.15	R'_s	0.01
C'	0.88	R'_p	100/k
k	4/π	ω_b	377

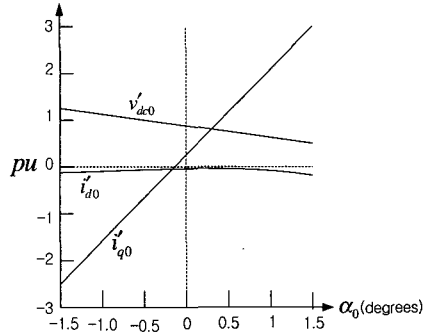


그림 3. 정상상태 운전점에서 출력 전압 각
Fig. 3. output voltage angle on steady-state operating points

음 식과 같다.

$$\frac{dv'_{dc}}{dt} = -\omega_b C' \left(i'_{dc} + \frac{v'_{dc}}{R'_p} \right) \tag{9}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{di'_d}{dt} \\ \frac{di'_q}{dt} \\ \frac{dv'_{dc}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} & \omega & \frac{k\omega_b \cos \alpha}{L'_s} \\ \omega & -\frac{R'_s \omega_b}{L'_s} & \frac{k\omega_b \sin \alpha}{L'_s} \\ \frac{3}{2}kC'\omega_b \cos \alpha & -\frac{3}{2}kC'\omega_b \sin \alpha & -\frac{\omega_b C'}{R'_p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i'_d \\ i'_q \\ v'_{dc} \end{bmatrix} - \frac{\omega_b}{L'_s} \begin{bmatrix} \psi \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{10}$$

식 (10)에 보인 상태 방정식은 위상차 α 를 입력 변수로 할 때 비선형 특성을 갖는다. 표 1을 이용하여 식 (10)의 α_0 (첨자는 정상상태 값)에 대한 정상상태 해를 구하면 그림 3과 같다.

α_0 가 $-1.5^\circ \sim 1.5^\circ$ 사이에서 i'_{q0} , i'_{d0} , v'_{dc0} 는 거의 직선으로 변하고 i'_{q0} 가 $-1 \sim 1$ [pu]사이에서의 변화는 매우 적다. 손실을 무시하면($R'_s=0$, $R'_p=\infty$) 정상상태 해는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_b, i'_q = i'_{q0}, |v'| = v'_0 \\ \alpha_0 &= 0, i'_{d0} = 0, v'_{dc0} = \frac{1}{k}[v'_0 - i'_{q0}L'_s] \end{aligned} \tag{11}$$

에 의해서 구할 수 있다.

정상상태 평형점에 대한 해를 구하는 것이 가능하고, 선형화 과정에 의해 전개하고 미소 변화의 2차 항을 무시하여 상태 방정식을 구하면 다음 식과 같다.

$$\begin{bmatrix} \frac{d\Delta i'_d}{dt} \\ \frac{d\Delta i'_q}{dt} \\ \frac{d\Delta v'_{dc}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R_s \omega_b}{L'_s} & \omega_b & \frac{k\omega_b}{L'_s} \cos\alpha_0 \\ -\omega_b & \frac{R_s \omega_b}{L'_s} & \frac{k\omega_b}{L'_s} \sin\alpha_0 \\ \frac{3}{2}kC'\omega_b \cos\alpha_0 & \frac{3}{2}kC'\omega_b \sin\alpha_0 & \frac{\omega_b C'}{R'_p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta i'_d \\ \Delta i'_q \\ \Delta v'_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\omega_b}{L'_s} & \frac{k\omega_b v'_{d0}}{L'_s} \sin\alpha_0 \\ 0 & \frac{k\omega_b v'_{d0}}{L'_s} \cos\alpha_0 \\ 0 & \frac{3}{2}kC'\omega_b (i'_{d0} \sin\alpha_0 - i'_{q0} \cos\alpha_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v \\ \Delta \alpha \end{bmatrix} \quad (12)$$

위의 식 (12)에서 α_0 의 변화가 범위에 있으므로 $\alpha_0 \approx 0$ 이라고 가정하고 손실을 무시한다. ($R'_s = 0$, $R'_p = \infty$) 또한 DSTATCOM의 특성에 직접 관여되는 것은 i'_{q0} , v'_{d0} 이다. 따라서 아래 식을 사용하여도 오차는 적을 것이다.

$$\begin{bmatrix} \frac{d\Delta i'_d}{dt} \\ \frac{d\Delta i'_q}{dt} \\ \frac{d\Delta v'_{dc}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_b & \frac{k\omega_b}{L'_s} \\ -\omega_b & 0 & 0 \\ \frac{3}{2}kC'\omega_b & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta i'_d \\ \Delta i'_q \\ \Delta v'_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\omega_b}{L'_s} & 0 \\ 0 & \frac{k\omega_b v'_{d0}}{L'_s} \\ 0 & \frac{3}{2}kC'\omega_b i'_{q0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v \\ \Delta \alpha \end{bmatrix} \quad (13)$$

식 (13)에 의해 출력 성분 $\Delta v' = V_s - V_{ref}$ 을 분리하면 식 (14) 및 식 (15)로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \frac{dj}{dt} \\ \frac{d\Delta i'_d}{dt} \\ \frac{d\Delta i'_q}{dt} \\ \frac{d\Delta v'_{dc}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega_b & \frac{k\omega_b}{L'_s} \\ 0 & -\omega_b & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3}{2}kC'\omega_b & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j \\ \Delta i'_d \\ \Delta i'_q \\ \Delta v'_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{k\omega_b v'_{d0}}{L'_s} \\ \frac{3}{2}k\omega_b C' i'_{q0} \end{bmatrix} \Delta \alpha \quad (14)$$

$$\Delta v' = \begin{bmatrix} -\frac{L'_s}{\omega_b} & 0 & L'_s & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j \\ \Delta i'_d \\ \Delta i'_q \\ \Delta v'_{dc} \end{bmatrix} \quad (15)$$

단, $j = \frac{d}{dt} \Delta i'_d$ 이다.

III. 배전 계통 모형

위의 DSTATCOM의 동적 모델을 포함한 배전 계통 모형은 다음 3가지 모델로 구성할 수 있다.

- 부하의 모델

$$\dot{x} = f(x, z) \quad (16)$$

- DSTATCOM의 동적 모델

$$\dot{y} = g(y, z) \quad (17)$$

- P, Q 흐름을 제어하는 네트워크의 제약조건

$$h(x, y, z) = 0 \quad (18)$$

여기서 x 는 계통의 부하의 상태이고 y 는 DSTATCOM의 상태(i'_d , i'_q , v'_{dc})이고 z 는 선로 전압의 크기와 각을 말한다. 이 시스템을 동작점에 대해서 선형화하면 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{x} \\ \Delta \dot{y} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{load} & 0 & B_{xz} \\ 0 & A_{dstat} & B_{yz} \\ C_{xz} & C_{zy} & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ E \\ 0 \end{bmatrix} \Delta \alpha \quad (19)$$

여기서 E는 식 (14)에 의해서 다음식과 같다.

$$E = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{k\omega_b}{L'_s} v'_{d0} \\ \frac{3}{2}k\omega_b C' i'_{q0} \end{bmatrix} \quad (20)$$

네트워크 방정식이 해가 존재하고 가역적 (invertible)이라고 가정하면 다음과 같이 축소 차수 선형 시스템으로 표현 가능하다[6].

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{x} \\ \Delta \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} \\ A_{yx} & A_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ E \end{bmatrix} \Delta \alpha \quad (21)$$

여기서

$$A_{xx} = A_{load} - B_{xz} D^{-1} C_{xz} \quad A_{xy} = -B_{xz} D^{-1} C_{zy}$$

$$A_{yy} = A_{dstat} - B_{yz} D^{-1} C_{zy} \quad A_{yx} = -B_{yz} D^{-1} C_{xz}$$

이다.

IV. 제어 기법

식 (21)에서 주어진 선형화된 방정식은 식 (22)의 상태 피드백 제어를 설계하는데 사용될 수 있다.

$$\Delta y = -K_f \Delta \alpha \quad (22)$$

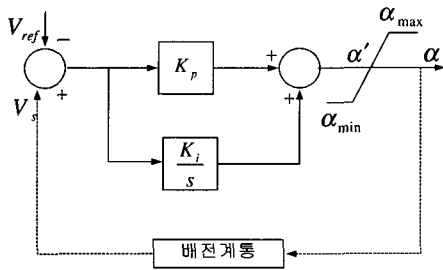


그림 4. PI 제어 블록 다이어그램
Fig. 4. PI control block diagram

이를 이용하여 상태 피드백 페루프 제어 시스템은 다음 식과 같다.

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{x} \\ \Delta \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} \\ A_{yx} & A_{yy} - EK_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (23)$$

4.1 PI 제어

기존의 PI 제어는 전압 응답의 전행적인 제어 방식으로 사용되어 왔다 [7-8]. 블록 선도는 그림 4와 같다.

여기서 K_p , K_i 는 제어기의 비례 요소 및 적분 요소를 가르킨다. 또한 α_{min} , α_{max} 는 DSTATCOM의 커패시터의 용량 및 무효전력 공급 능력에 의해 제한 되어지는 최소 및 최대 각이다. PI 제어는 상태 피드백 형태로 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega = V_s - V_{ref} \quad (24)$$

여기서 상태 변수 ω 를 오차 전압의 적분으로 정의하자. 그렇다면 제어각 α 는 다음 식과 같다.

$$\alpha = K_p(V_s - V_{ref}) + K_i\omega \quad (25)$$

위 모델을 위한 제어기 조정 방법으로 Ziegler와 Nichols에 의한 조정을 기초로 하여 제어기 변수를 선정하였다[9].

4.2 Linear Quadratic Regulator 제어

이 방법에서는 성능 척도(performance measure)를 최소화함에 의해 간접적으로 시스템의 극점을 이동시킬 수 있다. 이때 성능 척도는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{2} \int_0^{\infty} [(V_s - V_{ref})' Q (V_s - V_{ref}) + \Delta \alpha' R \Delta \alpha] dt \\ &= \frac{1}{2} \int_0^{\infty} [(cx)' Q (cx) + \Delta \alpha' R \Delta \alpha] dt \end{aligned} \quad (26)$$

여기서 R은 양의 반한정(Positive semi-definite) 대칭 행렬이고 Q는 양의 한정(Positive-definite) 대칭 행렬이고, c는 다음 식과 같이 주어진다.

$$c = \begin{bmatrix} -\frac{L'_s}{\omega_b} & 0 & L'_s & k \end{bmatrix} \quad (27)$$

식 (26)의 주어진 목적 함수는 기준 전압 V_{ref} 와 배전 선로의 전압 V_s 의 차를 최소화하도록 됨으로써 식 (22)의 상태 피드백 이득 행렬 K_f 을 최적화 할 수 있다. 본 논문에서는 최적 제어 $\Delta \alpha^*(t)$ 를 해밀턴-자코비-벨만(Hamilton-Jacobi-Bellman) 방정식을 사용하여 리카티(Riccati) 미분 방정식으로 풀었다[10].

V. 시뮬레이션

제안한 제어기를 PSCAD/EMTDC를 이용하여 그림 5에서 보여준 IEEE 13버스에 적용하였다.

그림 5에서 150번 버스가 중부하이오 전원측으로부터 거리가 멀다. 따라서 전압 문제에 민감하다. 그러므로, 본 논문에서는 150번 버스 앞단에 DSTATCOM을 두었다. 그리고 32번 버스 전단에 1선 지락 사고를 모의 하였다.

여기서 사고 지속시간은 0.3초로 두었고 원하는 초기 전압 동작점은 0.985[p.u.]로 두었다.

그림 6은 DSTATCOM 제어 전의 3상 전압의 실

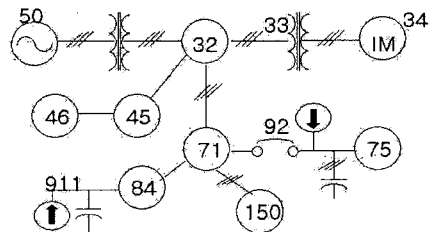


그림 5. IEEE 13버스 방사형 배전 계통
Fig. 5. IEEE 13 bus radial distribution system

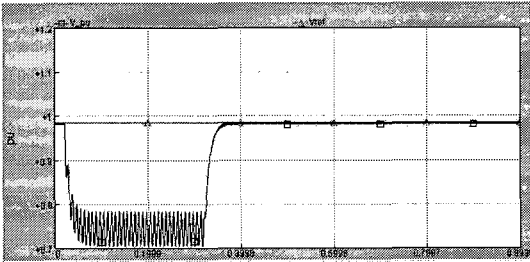


그림 6. 제어전의 전압 응답
Fig. 6. Voltage response without control

효값의 전압 sag 파형을 나타낸다. 이 그림에서 정상 상태 전압이 거의 70% sag가 발생함을 알 수 있다.

PSCAD/EMTDC를 이용하여 PI 제어에 의한 시뮬레이션 결과 그림 7와 같다.

PI 제어기의 비례 이득 K_p 는 0.5, 적분 이득 K_i 는 32.34로 두었다.

LQR 제어에서는 R의 가중치를 40, Q의 가중치는 50,000으로 두었을 때 만족할 만한 성능함수를 얻을 수 있었다. LQR 제어의 크기에 대한 응답은 그림 8에 나타내었다.

PI 제어에 비교하여 LQR 제어기의 과도 응답 특성이 우수함을 알 수 있고 PI 제어의 높은 진동 응답과 비교하여 LQR 제어기의 보다 완만한 궤도는 전력 전자 소자의 보다 좋은 성능 및 제어각의 감소를 기대할 수 있다. 또한 제어각의 감소는 낮은 전도 손실 및 낮은 정격의 전력전자 기기를 기대 할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 배전 계통에서 전압 파형 개선을

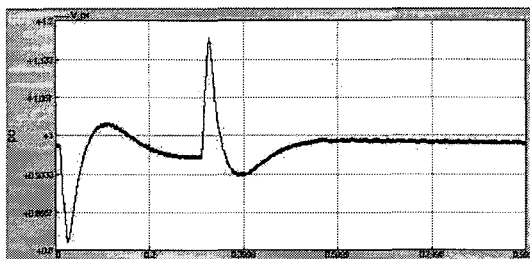


그림 7. PI제어에 의한 전압 응답
Fig. 7. Voltage response with PI control

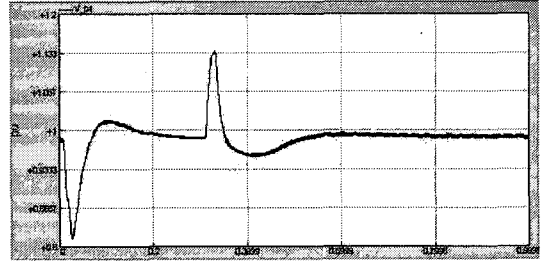


그림 8. LQR제어에 의한 전압 응답
Fig. 8. Voltage control with LQR control

위하여 배전용 정지형 보상기(DSTATCOM)의 선형 모형을 제안하여 전력 품질 향상을 위하여 제어 기법 2가지를 보였다. 1선 지락 사고시에 본 논문에서 제시한 방법을 이용한 시뮬레이션을 통해 선로 전압 파형이 개선됨을 알 수 있다. 또한 비제어 및 PI 제어와 LQR 제어기의 3가지 경우를 비교하였다. 요구되는 응답 특성 및 제어 효과에서 LQR 제어가 우수함을 보이고 PSCAD/EMTDC를 이용하여 검증하였다.

참 고 문 헌

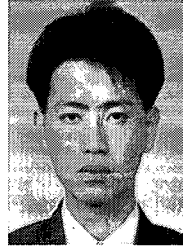
- [1] K. Chan, and A. Kara, "Voltage sags mitigation with an Integrated Gate Commutated Thyristor based Dynamic Voltage Restorer," Harmonics and Quality of Power Proceedings, Proceedings. 8th International Conference On Volume:1, 1998, pp.561-565
- [2] Sang-Yun Yun, Jung-Hwan Oh, Seong-Jeong Rim and Jae-Chul Kim, "Mitigation of Voltage Sag Using Feeder Transfer in Power Distribution System," Proceedings of IEEE Power Engineering Society Summer Meeting Conference, vol 3. July 2000, pp.1421-1426
- [3] M. Vilathgamuwa, A. A. D Ranjith Perera, S.S.Choi and K.J.Tseng, "Control of Energy Optimized Dynamic Voltage Restorer," Industrial Electronics Society, IECON Proceedings The 25th Annual Conference of the IEEE Volume: 2, 1999, pp 873-878 vol.2
- [4] 정수영, 문승일, 김태현, 한병문, "직접 출력 전압 제어 기술을 이용한 DSTATCOM의 제어," 대한

전기학회 하계학술대회 논문집, A권, pp.81 ~ pp.83, 2001년

- [5] C. Schauder and H. Mehta, Vector analysis and control of advanced static VAR compensator, IEE Proceedings-C, vol 140, no. 4, July 1993
- [6] Chi - Tsong Chen, Linear System Theory and Design: Oxford University Press, 1999
- [7] K. R. Padiya and A. L. Devi, Control and simulation of static condenser, in Proceedings of 1994 IEEE Power Electronics Conference and Exposition, 1994
- [8] S.Mori et al., Development of a large static var generator using self-commutated inverters for improvement power system stability, IEEE Trans. On Power Systems, vol. 8, no.1, Feb.1993
- [9] Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, Feedback control of Dynamic systems: Addison Wesley, 1994
- [10] Donald E. Kirk, Optimal Control Theory: Prentice Hall, 1970

저 자 소 개

鄭 秀 永 (學 生 會 員)



1993년 2월 : 서울대학교 전기 공학과 (공학사)
 2002년 2월 : 서울대학교 전기 공학부 졸업예정 (공학 석사)
 [주 관심 분야] 전력시스템 모델링 및 제어, 전력 품질, 전력선 통신

金 台 鉉 (正 會 員)



1986년 2월 : 서울대학교 전기 공학과 (공학사).
 1988년 2월 : 서울대학교 전기 공학과 (공학 석사).
 1999년 2월 : 서울대학교 전기 공학부 (공학 박사).
 2000년 3월 ~ 현재 : 목포대학교 전기제어공학부 전임강사.

[주 관심 분야] 유연 송전 시스템(FACTS), 전력 품질, 전력 경제

文 承 逸 (正 會 員)



1985년 2월 : 서울대학교 전기 공학과 (공학사)
 1989년 2월 : 오와이오 주립대학교 전기공학과 (공학석사)
 1993년 2월 : 오와이오 주립대학교 전기공학과 (공학박사)
 1993년 3월 ~ 1997년 2월 : 전북대학교 전기공학과 부교수

1997년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 전기공학부 부교수
 [주 관심 분야] 전력시스템 모델링 및 제어, 유연 송전 시스템(FACTS), 전력 품질