

Coordinated Control of SVC and ULTC Considering Reactive Power Compensation Margin

文 琮 燮* · 孫 光 明** · 李 泰 基*** · 李 松 根§ · 朴 鍾 根§§

(Kyeong-Seob Moon · Kwang-Myoung Son · Tae-Gi Lee · Song-Keun Lee · Jong-Keun Park)

Abstract - This paper proposes the coordinated control of SVC and ULTC at the distribution substation to get larger operating margin of SVC for the voltage stability control by reactive power compensation. In the conventional method, ULTC doesn't respond to the variation of source voltage, so SVC has the entire responsibility for it. It could cause the lack of operating margin of SVC in some condition. It, however, is important to secure an operating margin for the dynamic stability control in emergency. This paper proposes the coordinated control method that SVC controls the supply voltage and ULTC respond to the SVC compensation value based on the relation between SVC compensation and ULTC tap position. The numerical simulation verifies that the proposed system could increase the operating margin of SVC compared with the conventional system.

Key Words : SVC, ULTC, Coordinated control, Operating margin, Emergency Control

1. 서 론

SVC는 FACTS 기기중 현재 완전 성숙된 단계로 정착된 기술로서 그 특성과 제어에 관한 기술이 CIGRE의 Task Force 팀에 의하여 정리되었고[1], 전력조류계산 및 동특성의 해석을 위한 모델이 IEEE Special Stability Controls Working Group에 의하여 종합적으로 제시되었다[2].

SVC는 모선전압을 연속적으로 제어하는 기기로서, 그 목적상 주로 부하측 모선에 설치되어 운전되어지며, 부하시 탭 절환기(Under Load Tap Changer, ULTC)와 같은 기존의 전압제어 기기들과 상호작용이 이루어 진다. 따라서, SVC의 제어효과를 극대화 하기 위하여는 이들 기기들과의 협조제어가 필요하다. ULTC는 동작속도가 느리고 과도한 탭 동작은 기기의 수명을 단축시킨다. 따라서 ULTC의 제어목표는 전압 품질을 만족하는 기준 범위내에서 탭의 동작 횟수를 최소한으로 감소시키는 것이라고 할 수 있다[3]. 이러한 ULTC는 특정한 조건에서는 역동작이 발생하여 오히려 전압붕괴를 촉진하므로 적절히 제어되어야 한다[4].

다중 ULTC의 협조제어에 관한 연구가 수행된 바 있으며 [5], ULTC의 탭동작을 개선하여 전압오차와 동작횟수를 감

소시키기 위하여 최근 발달한 AI기법을 적용하는 방안이 제시되었다[6~7]. Paserba는 배전계통에서의 연속제어보상기와 기존의 ULTC 및 전력용 콘덴서와의 협조제어를 제안하고, 이를 통하여 전압의 개선과 ULTC 탭 동작의 감소가 가능함을 보였다[8]. Paserba의 연구는 SVC와 ULTC의 협조를 통하여 본래의 제어목적 외에도 부가적인 효과를 거둘 수 있음을 보여주었다.

본 논문에서는 SVC와 ULTC가 함께 설치된 배전용 변전소에서 전압안정도를 고려한 두 기기의 협조제어 시스템을 제안하였다. SVC는 전압제어뿐 아니라 외란이 발생할 경우 안정도 제어에 매우 유용한 중요 기기이다. 그러나, SVC가 비상시 안정도 제어에 참여하기 위해서는 정상운전시 적절한 운전여유를 확보하고 있어야 한다. 기존의 시스템은 ULTC가 전원측의 전압변동에는 동작하지 않고 SVC가 전적으로 송전선로의 무효전력 손실을 부담하므로 전원의 상태에 따라서 SVC의 운전여유가 부족할 경우가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 SVC와 ULTC의 특성과 상호작용을 고찰하여, SVC의 무효전력 보상 여유를 유지하고 전압의 변동을 방지하면서 ULTC의 탭동작을 최소화 하여 고장의 요소를 방지하는 협조제어기를 제안하고 수치모의 실험을 통하여 이의 유용성을 증명하였다.

2. SVC 와 ULTC의 제어특성 및 모델

2.1 SVC의 제어특성 및 모델

SVC의 기본적인 제어원리는 측정된 제어대상 전압과 기준전압의 차이에 대응하여 사이리스터(Thyristor)를 제어함으

* 正 會 員 : 韓 國 電 力 公 社 課 長

** 正 會 員 : 東 義 大 電 氣 電 子 工 學 部 助 教 授

*** 正 會 員 : 東 義 大 電 氣 電 子 工 學 部 教 授

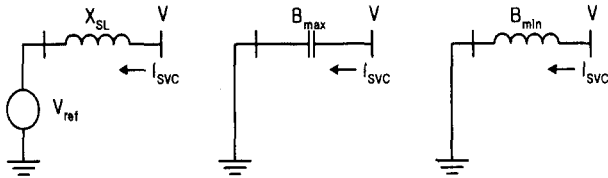
§ 正 會 員 : 全 州 大 電 氣 電 子 工 學 部 專 任 講 師

§§ 正 會 員 : 世 京 大 電 氣 工 學 部 教 授

接 受 日 字 : 1998년 6월 30일

最 終 完 了 : 1999년 3월 18일

로써 전압유지에 필요한 보상전류를 흐르게 하는 것이다[1]. SVC는 제어범위내에서는 내부 인덕턴스를 가지는 전압원으로 동작하며 유효전력은 공급하지 않는 것으로 표현될 수 있으며, 제어범위를 벗어나게 되면 고정된 용량을 가지는 커패시터 또는 리액터로 표현되게 된다. 이러한 특성을 반영한 조류계산을 위한 SVC의 등가회로는 그림 1과 같다.



(a) Control Range (b) Capacitive limit (c) Inductive limit
그림 1 정상상태의 SVC 등가회로

Fig. 1 Steady state equivalent circuit of SVC

정상상태에서 SVC 경우의 제어특성은 보상전류의 크기에 따라 모선전압이 약간의 차이를 보이도록 설계되어 있으며, 이러한 SVC의 특성은 아래의 식으로 표현될 수 있다.

- 1) 제어범위 내
 $(I_{min} \leq I_{SVC} \leq I_{max}, V \geq V_{min}, B_{min} < B < B_{max})$
 $V = V_{ref} - X_{SL} I_{SVC}$ (1)
- 2) Capacitive Limit ($V < V_{min}$)
 $B = B_{max}$ (2)
- 3) Inductive Limit ($I_{SVC} < I_{max}$)
 $B = B_{min}$ (3)

여기서 V_{ref} : SVC의 제어 기준전압
 X_{SL} : 제어계 특성 리액턴스
 I_{SVC} : SVC 보상전류
 I_{max} : SVC 허용전류
 B : 제어한계에서의 SVC 등가 서셉턴스

여기서 X_{SL} 는 요구되는 전압변동의 크기, 다른 보상기들과의 분담 및 기타 전력계통에서의 요구 등을 고려하여 선택되어지며 보통 1-5%정도의 값을 가진다.

2.2 ULTC의 제어특성 및 모델

일반적인 ULTC 제어시스템의 동작원리는 그림 2와 같이 전압편차가 불감대 경계값보다 크면 카운터가 작동하기 시작하고, 지연시간 이내에 전압편차가 불감대 경계값보다 작아지면 카운터는 리셋이 되며 지연시간 이상 전압편차가 경계값 이상으로 지속이 되면 탭이 동작하고 카운터가 리셋되어 다음 동작을 준비한다[3]. 이러한 ULTC 제어 시스템이 가지고 있는 특징은 불감대를 가지는 불연속제어와 순시 전압변동에 따른 빈번한 탭동작을 방지하기 위하여 시간지연요소를 가지고 있는 것이다.

ULTC 제어의 목표는 수전단의 전압의 품질을 만족시키는 범위내에서 최소한으로 동작횟수를 작게하는 것이라고 할 수 있으며, 이를 위한 불감대의 조정범위는 0.6~6% 정도이고,

지연시간의 조정범위는 10~180초 정도이며, 계통조건에 따라서 적절한 값으로 조정한다.

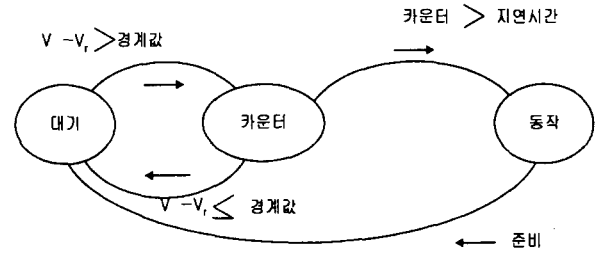


그림 2 ULTC 제어시스템의 동작 설명

Fig. 2 Details of the operation of the ULTC control system

ULTC의 제어구조는 비교적 간단하나, 비선형성, 불연속성, 시간지연 등으로 그 특성을 수식으로 표현하는 것은 매우 복잡하다. 다음의 식(4)-(8)은 ULTC의 제어특성을 이산시스템식으로 표현한 것이다.

$$n(t+1) = n(t) + d \cdot f(e(t), \tau(t)) \quad (4)$$

$$\tau(t+1) = g(e(t), \tau(t)) \quad (5)$$

$$f(e, \tau) = \begin{cases} 1 & \text{if } e > \epsilon \text{ and } \tau > T \\ -1 & \text{if } -e < \epsilon \text{ and } \tau < -T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$g(e, \tau) = \begin{cases} \tau + 1 & \text{if } e > \epsilon \text{ and } \tau \geq 0 \\ \tau - 1 & \text{if } -e < \epsilon \text{ and } \tau \leq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

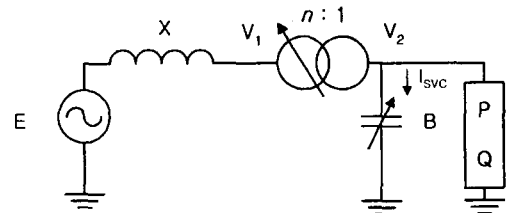
$$e = V - V_{ref} : \text{전압편차} \quad (8)$$

여기서 n : 탭위치 V : 제어전압 V_{ref} : 기준전압
 ϵ : 불감대 d : 탭의 크기 τ : 카운터 T : 지연시간

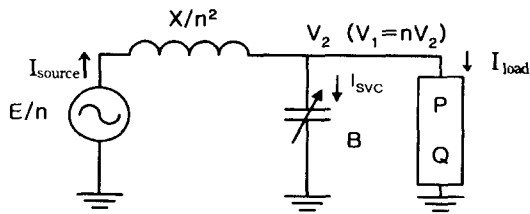
3. SVC와 ULTC의 상호작용

본 연구에서는 SVC, ULTC, 그리고 부하의 상호작용을 분석하기 위하여 그림3과 같은 시스템모델을 이용하였다. SVC는 변압기 1차측인 고압모선의 전압을 일정하게 유지하기 위하여 주로 이용되지만, 절연등 기기제작상의 어려움과 경제적인 문제로 인하여 그림과 같이 주로 변압기 2차측 모선에 설치되어 있다.

부하측 변전소에서는 변압기 2차 전압(V_2)을 제어하는 것이 전압제어의 목적이므로, 이를 일정하게 유지하기 위한 보상전류의 변화를 살펴본다. 그림 3(b)에서 $I_{source} = I_{SVC} + I_{load}$ 임을 이용하면 다음과 같이 필요한 보상전류의 크기를



(a) 전력계통 모델



(b) 등가회로

그림 3 전력시스템 및 등가회로
Fig. 3 Power system and its equivalent circuit

구할 수 있다. 이때, δ 는 전원과 변압기 모선 사이의 위상차이고, V_2 를 기준 페이서로 한다. 그리고 E 는 전원 전압의 크기이고, I_{svc} 는 진상 보상전류의 크기이다.

$$\frac{\frac{E}{n}(\cos \delta + j \sin \delta) - V_2}{j - \frac{X}{n^2}} = \frac{P - jQ}{V_2} + j I_{svc} \quad (9)$$

식(9)를 풀이하여 안정영역에서의 해를 구하면 다음식 (10)과 같이 구할 수 있다.

$$I_{svc} = \frac{Q}{V_2} + \frac{n^2 E}{X} - \sqrt{\left(\frac{nE}{X}\right)^2 - \left(\frac{P}{V_2}\right)^2} \quad (10)$$

SVC가 2차측 전압을 일정하게 유지하고 있는 경우 진상 보상전류는 식(10)에 의해 탭의 위치가 높을수록 증가하고, 탭의 위치가 낮으면 감소하는 것을 알 수 있다. 그런데, SVC의 진상 보상전류가 제어한계에 가깝게 되면, SVC는 제어 여력의 부족으로 추가적인 무효 전력 보상을 통한 전압안정도 제어 특성을 발휘하기가 어렵게 된다.

이러한 문제점을 해결하는 방법은 SVC의 진상 보상전류 값이 적정 범위 이상인 경우(B가 capacitive)는 ULTC의 n 을 작게하여 진상 보상전류를 감소시키고, 역으로 SVC의 지상 보상전류 값이 적정 범위 이상인 경우(B가 inductive)는 n 을 크게하여 지상 보상전류를 감소시키는것이 적절하다.

4. 제안된 SVC와 ULTC의 협조제어 시스템

SVC의 보상전류가 진상일 경우에 SVC의 운전여유가 부족한 경우 갑작스런 외란이 인가되는 경우 SVC의 대처 능력이 상실된다. 그런데, 그림 4와 같은 기존의 제어시스템에서 SVC는 변압기 1차측 전압을 제어하고, ULTC는 SVC 전류의 크기와는 무관하게 부하전류의 크기에 의하여 제어되므로 운전여유를 고려한 협조제어를 할 수 없다.

이러한 문제점들을 해결하기 위하여는 3절에서 관찰한 사실로부터 SVC의 진상보상전류가 클 경우에는 탭위치가 낮은 위치에 위치하는 것이, SVC의 지상보상전류가 클 경우에는 탭위치를 높은 위치에 두도록 제어하는 것이 무효전력 보상 여유 확보를 위하여 필요하다.

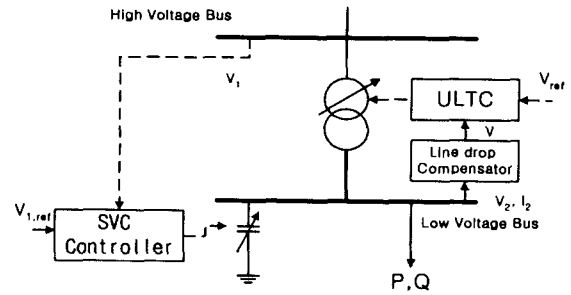


그림 4 기존의 제어시스템
Fig. 4 Conventional control system

이러한 필요성을 반영하여 본 논문에서는 그림 5에서와 같은 SVC와 ULTC의 협조시스템을 제안하였다. 본 시스템은 부하에 전력을 공급하는 배전용 변전소에서 SVC가 직접 부하측의 전압 변동을 제어하고, ULTC는 SVC의 보상전류의 크기에 따라서 탭위치를 변경하도록 동작하게 함으로써, 전원측과 부하측의 무효전력 변화에 SVC가 우선적으로 대응하고, ULTC는 SVC의 운전여유도를 확보하도록 협조하는 시스템이다. 제안된 협조 제어시스템을 상태방정식으로 표현하면 식(4)-(7)까지는 동일하고 오차 신호를 발생시키는 식(8)만 다음 식(11)로 바뀌게 된다. 여기에서 n_0 , K 는 결정되어야 하는 상수이다

$$e = B - K(n - n_0) \quad (11)$$

제안된 시스템에서 제어상수 n_0 는 ULTC 탭의 기준위치를 결정하며, K 는 ULTC의 동작속도 및 SVC의 정상 상태 운전 여유와 연관되어 있다. 제안된 방식에서 n_0 , K 는 정상 상태 운전 여유 확보의 관점에서 결정하며, ULTC의 지연시간은 동적인 특성의 개선을 통한 신속한 운전여유 확보와 탭동작 횟수 감소의 관점에서 결정된다.

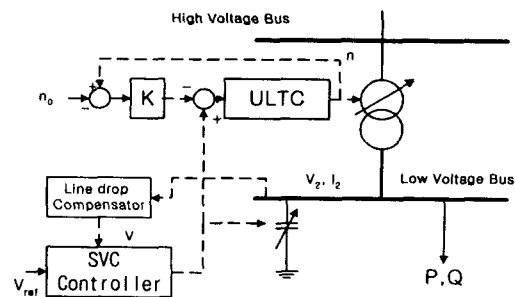


그림 5 제안된 협조제어 시스템
Fig. 5 Proposed coordinated control system

4.1. 제어상수 n_0 , K 의 결정

위의 식(11)을 이용하여 정상상태의 두가지 경계 운전 조건을 만족하도록 한다. 즉, ULTC의 탭위치가 1pu에 있을 때

SVC의 Susceptance(또는 보상전류)가 중간값을 갖도록 한다. 이것을 식으로 나타내면 ULTC단으로 입력되는 오차신호는 정상상태에서 0이 되어야 하므로 (12)와 같다.

$$B_{mid} - K(1 - n_0) = 0, \text{ 여기서 } B_{mid} = \frac{B_{max} + B_{min}}{2} \quad (12)$$

그리고, 정상상태에서 탭의 위치가 최대 위치 (즉, $n=n_{max}$) 일 경우 SVC는 2차 전압을 유지하기 위하여 운전 여유 확보를 위한 부분을 제외한 최대한의 보상전류를 내도록 결정한다. 이를 식으로 나타내면 다음식 (13)과 같다.

$$\alpha B_{max} - K(n_{max} - n_0) = 0 \quad (13)$$

여기서 α (0~1)는 SVC의 운전여유를 확보하기 위한 상수로, α 가 작으면 SVC의 운전여유는 많아지나, 특히 B_{mid} 부근에서 부하변동이 심한 경우 탭의 동작횟수가 많아지는 단점이 있으므로 시스템의 특성을 고려하여 적당한 값을 선정한다.

위의 식(12)와 (13)을 이용하면 제어 상수 n_0 , K 를 결정할 수 있다. 일반적으로 전압의 제어에 있어서 중부하시 진상보상전류의 부족으로 인한 전압안정도 문제가 중부하시의 지상 보상전류의 부족으로 인한 과전압 현상보다도 중요한 비중을 차지하므로 n_0 는 위에서 구한 값보다도 약간 작은 값을 선택하는 것이 유리하다.

4.2. ULTC 지연 시간의 연동

제안된 시스템은 SVC의 운전여유를 확보하기 위하여 기존의 방법에 비하여 탭의 사용범위가 증가하게 되므로 탭의 동작횟수가 증가하는 경향이 있다. 그런데, 전술한 바와 같이 탭의 동작횟수가 증가하면 바람직하지 않으므로, ULTC의 탭 동작을 감소시킬 수 있는 대책이 요구되는데 본 논문에서는 지연시간을 SVC의 보상치와 증감 방향에 연동하여 제어하는 알고리즘을 제안하였다.

즉, SVC의 보상전류가 중간값 근처이거나, 한계값에서 중간값으로 이동중에는 탭을 최대한 늦게 동작시켜도 운전여유를 확보하는데 지장이 없거나 오히려 도움이 되므로 지연시간을 최대한 크게 설정토록 하였고, SVC의 보상치가 한계값으로 접근할 경우에는 SVC의 운전여유를 확보하기 위하여 지연시간을 단축하도록 하였다. 이 알고리즘을 시각화하여 그림 6에 나타내었다. 즉, 식(6)에서 지연시간 T 는 그림 6과 같이 정의된다. 그림 6에서 B_U 와 B_L 은 각각 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$B_U = \beta B_{max}, \quad B_L = \beta B_{min} \quad (14)$$

여기서 β 는 지연시간이 감소되기 시작하는 시점을 설정하기 위한 상수로서 0에서 1사이의 값을 가진다. ULTC의 탭 동작이 과도할 경우에는 이 값을 감소시키고, 탭 동작의 여유가 있어서 SVC의 운전여유 확보를 위하여 탭 동작을 증가시킬 필요가 있을 경우에는 증가시킨다.

제안된 시스템을 채택함으로써 예상되는 장점은 ULTC가

SVC의 보상전류의 크기에 의하여 동작함으로써 SVC의 운전 여유도를 확보하는데 있어서 기존의 방법에 비하여 유연성을

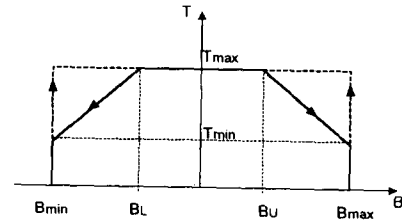


그림 6 B의 함수로 나타낸 ULTC의 시간지연
Fig. 6 Time delay of ULTC as a function of B

가질 수 있고, 부하측 공급전압이 SVC에 의하여 제어됨으로 ULTC의 근본적인 문제점인 전압오차와 전압변동을 제거할 수 있어서 고품질의 전기를 소비자에게 공급할 수 있는 것이다. 대신, 이 경우 변압기 1차측 고압모선에서 부하측 대신 전압의 변동이 일어나게 되나, 사고나 부하의 비정상적인 증가와 같은 무효전력의 극단적 부족상태가 아닌 정상시의 전압제어 운전시 배전용 변전소의 1차측 전압 변동이 계통에 미치는 영향은 미약하므로 부하측의 전압 품질 개선이라는 측면에서 본 시스템의 유용성을 기대할 수 있다.

4.3. Flowchart

이상의 설계과정을 Flowchart로 표현하면 그림 7과 같다. 여기서 제어파라미터 α 와 β 는 각각 탭의 지연시간과 SVC의 운전여유와 밀접하게 관련되어 있는 상수로서 부하와 운전조건에 따라서 적당한 값을 초기값으로 사용한다.

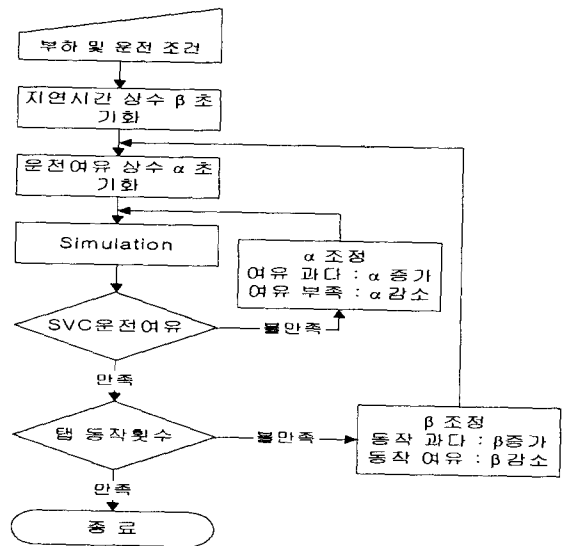


그림 7 설계과정의 Flowchart
Fig. 7 Flowchart of the design process

5. 사례 연구

제안된 시스템의 효과를 검증하기 위하여 수치모의를 통한 사례연구를 시행하였다. 사례연구에는 그림3의 시스템이 이

용되었고 각 사례연구에 공통적으로 적용되는 시스템의 정수는 아래와 같은 값을 적용하였다.

- 선로정수 : $X = 0.2 \text{ pu}$
- SVC의 제어범위 : $B_{\max} = 0.9 \text{ pu}$, $B_{\min} = -0.5 \text{ pu}$
- ULTC의 제어 범위 : $1.0 \pm 16 \times 0.1/16$ (상하 각 16 탭)
- 공급전압의 제어기준 : $V_{\text{ref}} = 1.0 \text{ pu}$

5.1 규칙적인 전력수요 변동곡선을 이용한 사례연구

제안된 제어시스템과 기존의 제어시스템의 동작을 살펴보기 위하여 그림 8과 같은 전력수요 변동곡선을 이용하여 보상전류의 크기와 탭의 동작을 살펴보았다. 사례연구에 이용한 기존의 시스템과 제안된 시스템의 제어 조건은 표 1과 같다. 전원의 입력전압이 1.0 pu, 1.1 pu인 두가지 경우에 대하여 모의실험을 실시하였으며 모의결과는 그림 9와 그림 10, 그리고 표 2와 같다.

표 1. 사례연구의 조건

Table 1. Condition of the case study

제어방식	사 례	조 건
기존의 제어방식	Case 1	$V_{1,\text{ref}} = 1.1$
	Case 2	$V_{1,\text{ref}} = 1.0$
제안된 협조제어 시스템	Case 3	$\alpha = 0.8, \beta = 0.5$ 최대지연시간:180초
	Case 4	$\alpha = 0.5, \beta = 0.5$ 최소지연시간: 20초

표 2. 모의실험결과(I)

Table 2. The results of the simulation(I)

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	
E=1.0	SVC의 보상값 (B, pu)	최대	0.8653	0.5087	0.5675	0.4981
		최소	0.5305	0.0672	0.1633	0.1620
	탭동작횟수 (24시간,회)		23	22	20	29
E=1.1	SVC의 보상값 (B)	최대	0.3737	0.0573	0.3016	0.2890
		최소	-0.0015	-0.4109	0.1633	-0.0302
	탭동작횟수 (24시간,회)		21	22	21	26

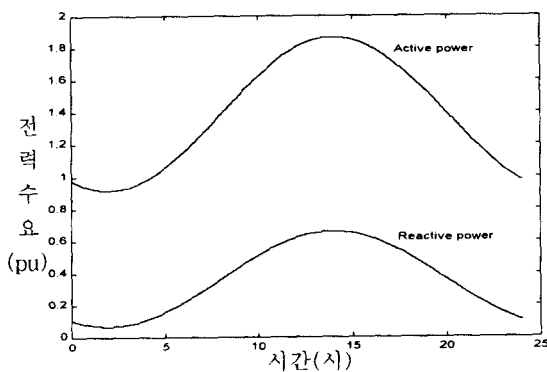
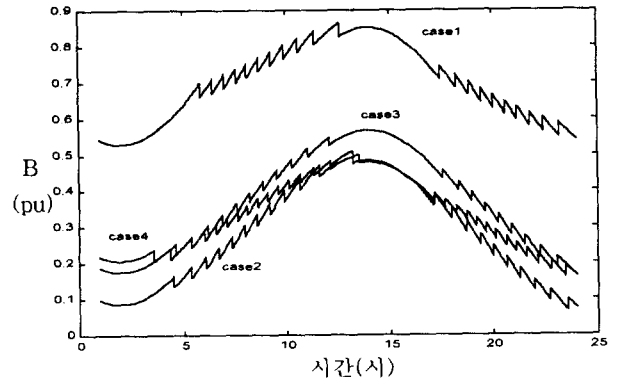
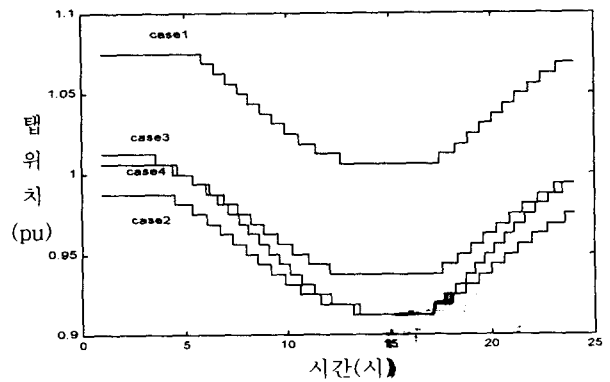


그림 8. 전력수요 변동곡선
Fig. 8. Load variation curve

모의실험결과를 살펴보면 기존의 제어방법은 전원측의 조건에 따라서 SVC의 운전여유가 매우 작아지나, 제안된 협조 제어 시스템에서는 전원의 조건이 변동하여도 SVC가 운전여유를 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 그리고, 제안된 시스템에서 제어상수 α 를 작게하는 것이 SVC의 운전여유를 확보하는 데는 유리하나 탭의 동작횟수가 늘어나는 것을 확인할 수 있었다.



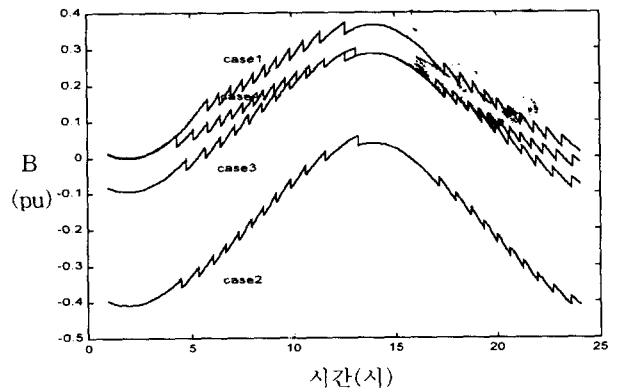
(a) SVC의 보상값(B)



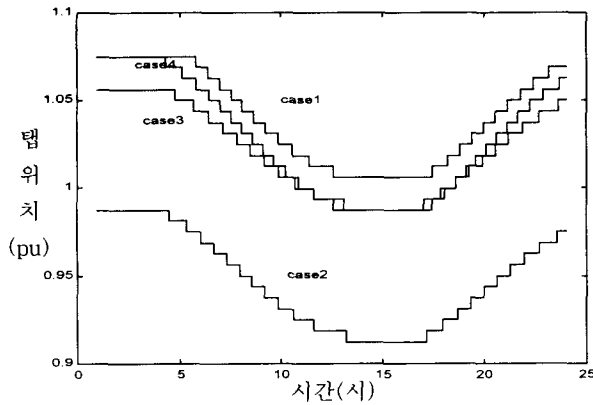
(b) 탭 위치

그림 9. 모의실험 결과 (E=1.0pu)

Fig. 9. Simulation results (E=1.0pu)



(a) SVC의 보상값(B)



(b) 탭 위치

그림 10. 모의실험 결과 (E=1.1pu)

Fig. 10. Simulation results (E=1.1pu)

5.2 불규칙한 전력수요 변동곡선을 이용한 사례연구

제안된 시스템에서 탭의 동작횟수의 변화를 확인하기 위하여 실제상황과 유사하게 그림11과 같은 전력수요 변동곡선을 발생시켜 모의실험을 수행하였다. 각 사례별 제어조건은 앞서 시행한 모의실험의 경우와 같고 전원의 입력전압은 1.05 pu로 하였다. 모의실험의 결과는 표3, 그림 12와 같다.

불규칙 수요변동시에도 제안된 시스템은 효과적으로 SVC의 운전여유를 확보함을 볼 수 있었고 탭의 동작횟수도 기존의 방법에 비하여 약간 감소하였다. 그러나, 탭의 동작횟수의 감소를 확인하기 위하여는 다양한 조건에서 실제의 전력수요 변동자료를 이용하여 모의실험을 실행하여야 객관적인 결론을 얻을 수 있을 것이다. 단, 본 논문에서 제안된 방식이 SVC의 운전여유 확보를 위하여 탭의 위치를 폭넓게 이용하면서도 불필요한 탭의 동작을 억제하여 기존의 방법에 비하여 탭의 동작횟수가 크게 증가하지 않음을 알 수 있었다.

또한 제안된 시스템은 현실적으로 적용되는 1일 최대 작동제한 횟수인 약 20회/일을 만족함을 알 수 있다.

표 3. 모의실험결과(II)

Table 3. The results of the simulation(II)

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
E = 1.05	SVC의 보상값				
	(B, pu)	최대 0.6331	0.2702	0.4394	0.3920
		최소 0.2942	-0.1653	0.0607	0.0905
	탭 동작 횟수				
	(1~24시, 회)	21	15	14	19

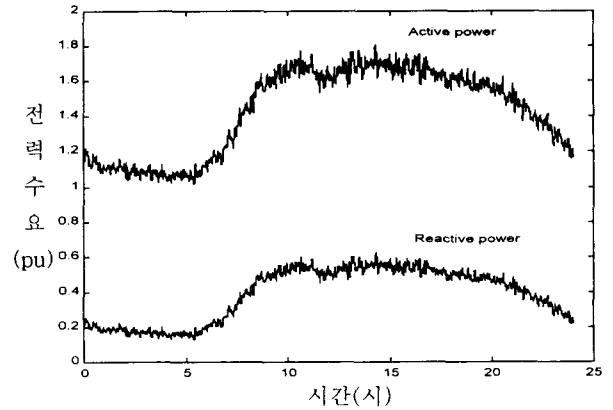
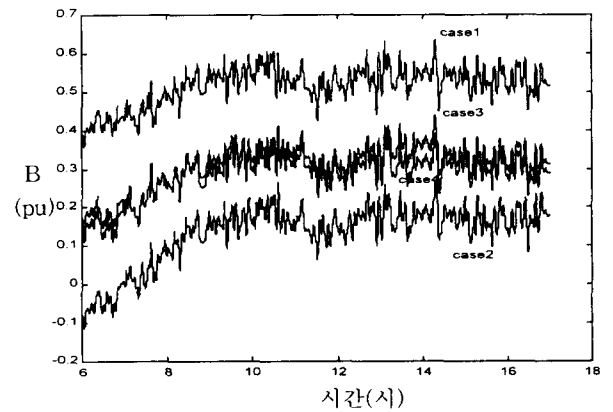
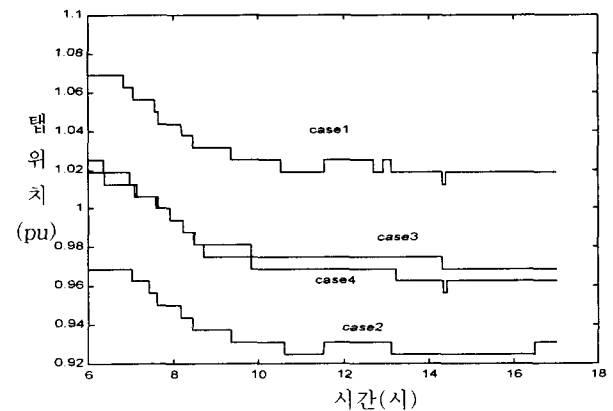


그림 11. 1일 전력수요 변동곡선 (불규칙 수요)

Fig. 11. Load variation curve for a day



(a) SVC의 보상값(B)



(b) 탭 위치

그림 12. 모의실험 결과 (E=1.05pu, 불규칙 수요곡선 이용)

Fig. 12. Simulation results (E=1.05pu)

6. 결 론

본 논문에서는 SVC가 변압기 2차측 저압모선의 전압의 제어를 담당하고 ULTC가 SVC의 보상치에 의하여 동작하도록 함으로써 기존의 방법보다 SVC의 운전여유의 확보가 유리한 제어시스템을 제안하였다. 또한, 이 경우 발생할 수 있는 ULTC의 탭 동작횟수의 증가를 방지하기 위한 알고리즘도 제시되었다. 제안된 협조제어 시스템의 효과를 검증하기 위하여 수치모의 실험을 실시하였고, 제안된 시스템이 기존의 제어방식에 비하여 SVC의 운전여유 확보에 유리하며 탭의 동작횟수도 증가하지 않음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음(관리번호 97-지-08)

참 고 문 헌

- [1] CIGRE Working Group 38-01; Task Force No. 2 on Static Var Compensators, Static Var Compensators, 1986.
- [2] IEEE Special Stability Controls Working Group, "Static Var Compensator Models for Power Flow and Dynamic Performance Simulation", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.9, pp.229-240, 1994. 2.
- [3] M. S. Calovic, "modeling and Analysis of Under-Load Tap-Changing Transformer Control System", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.103, No. 7, pp.1909-1915, 1984. 1.
- [4] H. Othzuki, A. Yokoyama and Y. Sekine, "Reverse Action of On-Load Tap Changer in Association with Voltage Collapse", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.6, No. 1, pp.157-166, 1991. 2.
- [5] 김홍균, "다중 부하시 탭 절환기의 협조제어", 서울대학교 전기공학부 석사학위 논문, 1997.
- [6] Y. Kojima, Y. Izui, S. Kyomoto and T. Goda, "Voltage and Reactive Power Control using Recurrent Neural Networks", T. IEE Japan, Vol. 113-C, No. 6, pp.424-429, 1993.
- [7] Hong-Gyun Kim, Hong-Shik Cho, Sung-Soo Kim and Jong-Keun Park, "ULTC Control of Substation using Fuzzy Logic", in Proc. of ISAP, pp.317-321, 1996. 7.
- [8] J. J. Paserba, D. J. Leonard, N. W. Müller, S. T. Naumann, M. G. Lauby, F. P. Sener, "Coordination of a Distribution Level Continuously Controlled Compensation With Existing Substation Equipment For Long Term VAR Management", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.7, pp.1034-1040, 1994. 4.
- [9] P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill Inc., 1994.

저 자 소 개



문 경 섭(文 琮 燮)

1964년 9월 1일생. 1986년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학부 졸업(석사). 1988년-현재 한국 전력공사 전력산업 구조 조정실 과장.

Tel : (02) 3456-6122
E-mail : moonkys@dava.kepco.co.kr



손 광 명(孫 光 明)

1966년 9월 6일생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1997년-현재 동의대 전기전자공학부 조교수.

Tel : (051) 890-1671, Fax : (051) 890-1619
E-mail : kmson@hyomin.donggeui.ac.kr



이 태 기(李 泰 基)

1938년 4월 19일생. 1964년 한양대 공대 원자력공학과 졸업(학사). 1980년 동의대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 경남대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1984년-현재 동의대 전기전자공학부 교수.

Tel : (051) 890-1610
E-mail : tglee@hyomin.donggeui.ac.kr



이 송 근(李 松 根)

1962년 8월 29일생. 1987년 상파울로대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1997년-현재 전주대 전기전자공학부 전임강사.

Tel : (0652) 220-2723
E-mail : songklee@www.jeonju.ac.kr



박 중 근(朴 鍾 根)

1952년 10월 21일생. 1973년 서울대 전기공학과 졸업. 1979년 일본 동경대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년 일본 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 서울대 전기공학부 교수

Tel : (02) 880-7247
E-mail : parkjk@plaza.snu.ac.kr