

조상설비 조합에 따른 정태적 특성 및 동태적 특성 비교

Dynamic Performance Comparison of Various Combination of Reactive Power Compensators

姜尚均[†] · 張吉洙^{*} · 李炳峻^{**} · 權世嫻^{***}

(Sanggyun Kang · Gilsoo Jang · Byongjun Lee · Sae-hyuk Kwon)

Abstract - Various compensators are installed into the power system to operate the system economically and stably by maximizing the availability of utilities and power transmission capability. Fixed Capacitor(FC), Mechanical Switched Capacitor(MSC), and FACTS(Flexible AC Transmission Systems) are used to regulate voltage and power flow of the system. When a disturbance occurs in the power system, the Fixed Capacitor operates dependently on the voltage of the power system and cannot change the amount of installation automatically. But compared to other equipment, the Fixed Capacitor is more economical due to its low cost. Since MSC can change the amount of installation according to the state of the power system, operates more effectively than the Fixed Capacitor. FACTS have fast dynamic performance for the transient condition, but the cost is high. Therefore, it is needed to develop an optimized installation planning for the reactive power compensators by considering their dynamic performance and cost. In this paper, an optimized compensator combination and the proposed scheme is proposed and it is applied to KEPCO system in order to show its capabilities.

Key Words : SVC, STATCOM, Dynamic Performance, FACTS

1. 서 론

전력계통을 운영하는 측면에서 두 가지 주요 관심사로 안전도와 경제성이 있다. 전력시장이 개설되지 않았던 상황에서는 지속적인 부하성장에 따른 시스템의 안전도 유지가 주요 관심사항이었다. 하지만 전력시장 체제에서 경제성에 대한 중요성이 보다 중요한 이슈가 되었다. 안정적이고 경제적인 운영을 위해서는 기존의 설비 이용율을 극대화하는 것은 필수적이다.

우리나라의 경우 남부지역의 바닷가에 발전소가 집중적으로 편재되어 있고 수도권 지역에 부하가 집중되어 있다. 부하집중지역과 발전소간의 원격화에 따른 근본적인 복상조류의 제약문제 및 사고 발생시 계통의 불안정성 문제 등 여러 가지 계통운용 측면에서의 어려운 점을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안으로는 새로운 선로를 설치하거나 FACTS기기와 같은 조상설비를 투입이 있다[1]. 선로를 새로 설치하는 것은 매우 어렵고, 값이 비싸며 시간이 많이 소요된다는 단점이 있기 때문에 FACTS기기를 투입하는 것이 보다 효과적인 해결책이 될 수 있을 것이다[2].

FACTS(Flexible AC Transmission Systems)는 부하단 전압의 보상 및 전력조류를 자유로이 조절함으로써 송전망 수송능력과 설비 이용율을 향상시켜 전력 시스템을 안정하게 운영하는데 큰 도움이 될 수 있다. 병렬형 FACTS제어기는 어느 특정모선의 전압을 일정하게 유지시키는데 효과적이고 대표적으로 SVC(Static Var Compensator), STATCOM(Static Synchronous Controller)이 있다.

무효전력은 크게 동적 무효전력과 정적 무효전력으로 나누어 생각할 수 있다. 정적 무효전력원으로 커패시터나 리액터가 있고, 이는 계통에 고정된 진상 및 지상 무효전력을 공급해준다. 또한 커패시터나 리액터를 개폐시킴으로써 가변적으로 계통에 무효전력을 보상하는 방법도 있다. 그러나 기계적인 스위치는 응답이 매우 느리기 때문에 사고시 일반적인 무효전력 보상장치의 투입은 계통의 붕괴를 막는데 기여할 수 없다. 사고 발생시 계통은 매우 빠르게 동요하며 빠른 시간 안에 붕괴하게 된다. 정적인 무효전력원은 동작하는데 오랜 시간이 걸리기 때문에 효과를 보기에 현실적으로 불가능하다. 따라서 순시적으로 동작가능한 FACTS기기와 같은 설비의 투입이 필요하다.

이러한 이유로 일반적으로 사고발생시 이를 대처하기 위한 방안으로는 동작특성이 빠른 순동무효전력원인 FACTS를 투입하고, 정적인 상태에서 부하단에서의 전압보상을 위한 방안으로는 동작특성이 느린 정적무효전력원인 MSC를 투입한다. 한편 실계통에서 사고발생시 계통이 안정화 될 수 있도록 하기 위하여 수백 MVA이상의 대용량 FACTS가 투입되어야 한다. 대규모 용량의 FACTS를 투입하는 것에 따른 경제적 인 부담이 매우 크다[1]. 본 논문에서는 투입할 FACTS의 용

[†] 교신저자, 學生會員 : 高麗大學 工科學科 博士課程

E-mail : riversg78@korea.ac.kr

^{*} 正會員 : 高麗大學 工科學科 副教授 · 工博

^{**} 正會員 : 高麗大學 工科學科 教授 · 工博

^{***} 正會員 : 高麗大學 工科學科 教授 · 工博

接受日字 : 2004年 10月 29日

最終完了 : 2005年 3月 4日

량을 줄이기 위해서 FACTS와 MSC를 조합해서 투입하는 경우를 고려하였다. 두 기기를 조합해서 설치하는 경우 값이 비싼 FACTS기기의 투입용량이 감소할 수 있기 때문에 보다 경제적이지만 FACTS기기만 투입한 것보다 안정도 측면에서 성능이 떨어질 것이다.

본 논문에서는 FACTS를 단독으로 투입하는 경우와 FACTS와 MSC를 조합하여 설치하는 경우에 대한 특성을 고려하고 우리나라 계통에 적용함으로써 보다 경제적으로 계통의 안정도를 유지하는 방안에 대해서 논의하고자 한다.

2. 본 론

FACTS기기는 제어하는 방법에 따라 가변 임피던스 형태와 스윗칭 컨버터 형태로 나눌 수 있다[3]. 가변 임피던스 형태는 여러 개의 리액터나 커패시터에 제어 가능한 스위칭 소자가 연결되어 계통의 상태에 따라서 리액터와 커패시터 뱅크를 "on" 또는 "off" 시킨(연속적 또는 계단형태로 제어)으로써 모선의 전압을 일정하게 유지시켜줄 수 있고 대표적으로 SVC가 있다. 가변 임피던스 형태의 경우 정상상태에서 스위칭 동작을 고려하지 않는다면 SVC는 수동 소자인 커패시터나 리액터와 유사한 성능을 갖는다. 스윗칭 컨버터 형태는 AC 커패시터 또는 리액터의 사용 없이 다양한 스위칭 전력용 컨버터를 이용하여 무효전력을 제어한다. 대표적으로 STATCOM이 있다. SVC와 STATCOM에 대한 특성과 커패시터를 조합해서 투입하는 경우에 대한 특성은 다음과 같다.

2.1 SVC(TCR+TSC)의 특성

SVC는 가변 임피던스 형태로 무효전력 성분의 출력 전류는 $I=V/Z$ 관계에 의하여 전압에 의존한다. 따라서 버스의 전압이 기준 전압보다 낮은 경우 SVC의 출력 전류는 전압에 비례해서 감소하게 되고 계통에 투입되는 무효전력 용량은 $Q_{comp}=VI^*$ 관계에 의하여 그림 1과 같이 전압의 제곱에 비례해서 감소하게 될 것이다. SVC의 출력 전류에 대한 손실 곡선은 그림 2와 같다. SVC의 출력 전류가 0인 경우 사이리스터는 "off" 상태이고 커패시터와 리액터가 계통에 투입되지 않은 상태가 되므로 손실이 매우 작게 될 것이다. 커패시터 출력이 증가할수록 손실은 계단 형태로 증가하고 리액터의 출력이 증가할수록 손실은 연속적으로 증가하게 된다.

커패시터가 스위칭 되는 경우 순시 과전압이 발생하게 되는데 이는 사이리스터를 적절하게 동작("transient free" switching)시킴으로써 미연에 방지할 수 있다. 과전압 발생을 피하기 위한 스위칭 동작 때문에 TCR+TSC의 이론적인 최대 지연은 1주기가 된다[3].

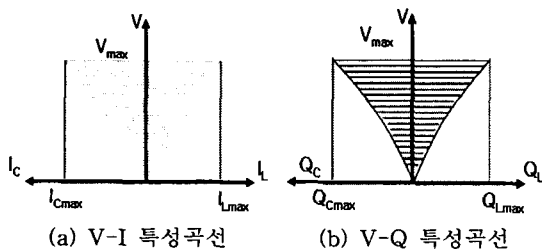


그림 1. SVC의 V-I, V-Q 특성곡선
Fig. 1 V-I, V-Q characteristic of the SVC

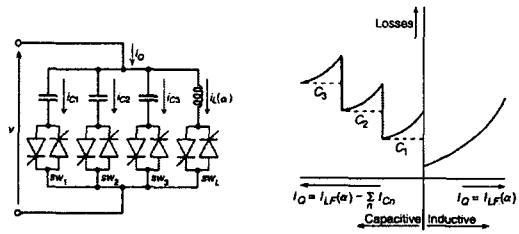
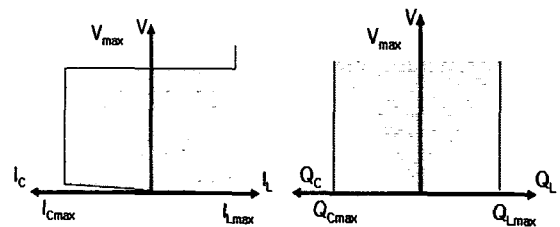


그림 2. SVC의 손실곡선
Fig. 2 Loss curve of the SVC

2.2 STATCOM의 특성

STATCOM은 스윗칭 컨버터 형태로 제어되는 FACTS 설비로써 dc 커패시터와 컨버터로 구성된다. ac 커패시터나 리액터가 없기 때문에 컨버터의 손실이 없다고 가정한다면 STATCOM은 출력 전류 I_{comp} 의 최대값은 전압의 크기와 무관하다. (I_{max} 는 일정) 따라서 그림 3에 주어진 대로 STATCOM이 계통에 공급하는 무효전력 용량은 $Q_{comp}=VI^*$ 에서 I 가 일정하므로 Q_{comp} 는 전압에 비례한다.

STATCOM의 출력 전류에 대한 손실곡선은 그림 4와 같다. STATCOM의 손실 발생 원인으로는 STATCOM에 연결되어 있는 변압기에 걸리는 고전압 때문에 발생하는 손실 및 "snubber" 회로의 손실, 도통시 컨버터에 걸리는 손실 등이 있다. 컨버터로 스위칭이 이루어지기 때문에 최대지연은 0에 가깝다. STATCOM은 컨버터로 구성되어 있기 때문에 고조파의 발생이 필연적이지만 다중펄스(multi-pulse) 또는 다중레벨 컨버터(multi-level converter)기법을 이용함으로써 고조파 발생을 감소시킬 수 있다.



(a) V-I 특성곡선 (b) V-Q 특성곡선
그림 3. STATCOM의 V-I, V-Q 특성곡선
Fig. 3 V-I, V-Q characteristic of the STATCOM

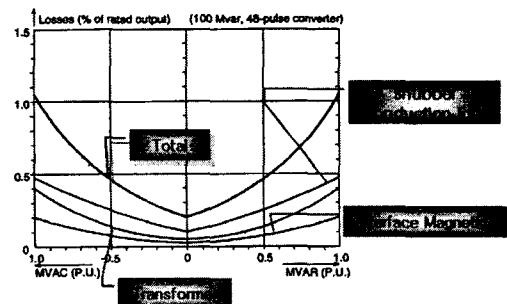


그림 4. STATCOM의 손실곡선
Fig. 4 Loss curve of the SVC

2.3 TCS의 특성

저전압문제를만 고려하기 위해서 TSC를 투입하는 경우를 고려하였다. TSC는 SVC를 진상출력을 담당하고 있는 구성 성분중의 하나이다. 빠른 스위칭 동작이 가능하다는 점을 제외하고는 그림 5(a)의 일반적인 커패시터와 유사한 특성을 갖는다. TSC는 "on" 또는 "off" 두 가지 상태만 가능하기 때문에 그림 5(b)와 같이 커패시터가 on이 되는 구간은 손실이 일정하다.

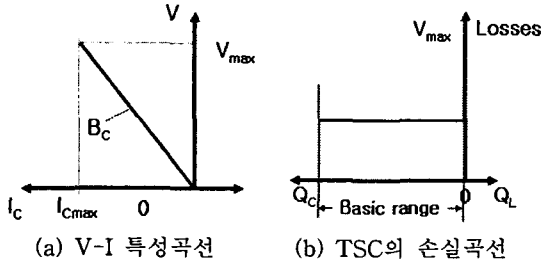


그림 5. TSC의 V-I 특성곡선 및 손실곡선
Fig. 5 V-I characteristic and loss curve of the TSC

2.4 TCR과 커패시터 조합의 특성

TCR과 커패시터를 조합해서 설치하는 경우 그림 6(a)와 같이 정상상태에서의 특성이 TSC와 거의 유사하다. TSC는 커패시터가 "on" 또는 "off" 둘 중의 하나의 상태로만 동작하기 때문에 연속적으로 진상 출력을 제어할 수 없다는 단점이 있는 반면 TCR과 커패시터를 조합하는 경우 리액터가 연속적으로 제어가 가능하기 때문에 원하는 출력을 얻을 수 있다[3]. 여기에서는 커패시터의 출력값을 연속적으로 제어하기 위해서 TCR을 동일한 양으로 투입하였다.

TCR과 커패시터를 조합해서 투입하는 경우 출력전류가 0인 경우 정상상태에서 손실이 크다는 단점이 있다[3]. 이론적인 최대치연은 TCR에 의해 결정되며 1/2주기이다.

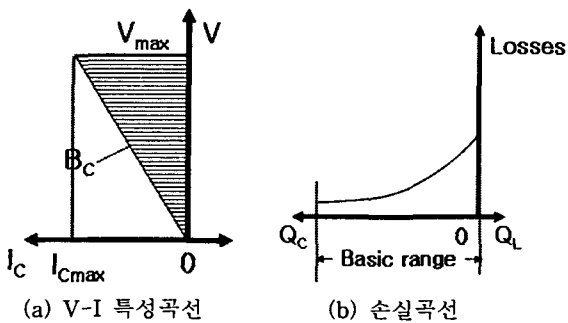


그림 6. TCR과 커패시터를 조합해서 투입한 경우 V-I 특성 곡선 및 손실곡선
Fig. 6 V-I characteristic and loss curve of the TCR-FC

2.5 STATCOM과 커패시터 조합의 특성

STATCOM과 커패시터를 각각 0.5pu씩 조합하여 설치하는 경우 V-I 특성곡선은 그림 7(a)와 같다. STATCOM만 투입한 경우 그림 3(a)와 비교하면 진상출력의 저전압부분의 성능이 조금 떨어지지만, 그림 1(a)에 주어진 SVC 보다 나은 특성을 가짐을 알 수 있다. 이 조합의 경우 과전압 문제 발

생시 효과적으로 대응할 수 없다는 단점이 있지만 FC의 투입용량이 0.5pu보다 적게 투입함으로써 지상 출력 요구에 보다 능동적으로 대처할 수 있을 것이다. STATCOM과 커패시터의 조합 비율은 투입 목적에 따라 달라질 수 있고 본 논문에서는 임의로 조합 비율을 각각 0.5pu씩 투입하는 경우에 대하여 고려하였다. 만일 과전압이 주로 발생하여 FACTS를 투입해야 하는 경우라면 STATCOM과 리액터를 적절한 비율로 조합하여 설치하는 방법도 고려할 수 있을 것이다.

STATCOM을 투입한 경우 정상상태에서 무효전력 출력이 0인 경우 손실이 최소이지만 STATCOM과 커패시터를 조합하여 설치하는 경우 손실이 최대가 되는 것을 볼 수 있다.

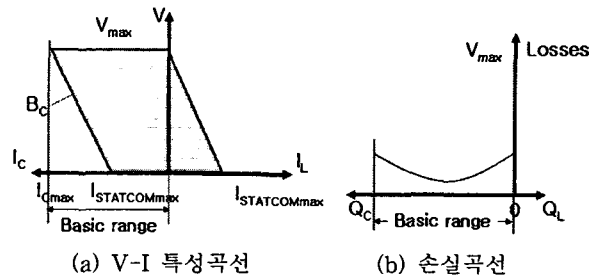


그림 7. STATCOM+FC의 V-I 특성곡선 및 손실곡선
Fig. 7 V-I characteristic and loss curve of the STATCOM-FC

2.6 STATCOM과 TSC 조합의 특성

STATCOM과 커패시터를 조합해서 설치하는 경우 계통의 순간적인 과전압문제에 능동적인 대처를 할 수 없다는 단점이 있는데 STATCOM에 커패시터대신 TSC를 조합해서 설치하는 경우 이러한 단점을 극복할 수 있다. TSC의 경우 커패시터를 빠르게 "on" 또는 "off" 시킬 수 있기 때문에 과전압 발생시 TSC를 "off" 시킴으로써 STATCOM만 계통에 투입되고 과전압에 능동적으로 대처할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 TSC가 커패시터보다 비싸다는 단점이 있다. 또한 손실곡선은 그림 8(b)에 나와 있다.

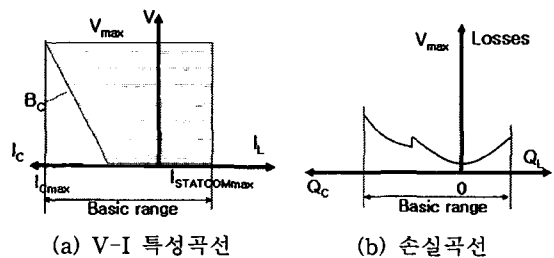


그림 8. STATCOM+TSC의 V-I 특성곡선 및 손실곡선
Fig. 8 V-I characteristic and loss curve of the STATCOM-TSC

2.7 FACTS기기의 전달함수

FACTS기기의 블록 다이어그램은 그림 9와 같다. 그림 9의 블록 다이어그램은 단자전압을 지속적으로 측정하는 부분과 PI 제어기부분과 무효전력 보상기기(Var Generator) 부분으로 나누어 생각할 수 있다.

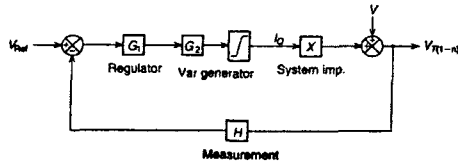


그림 9. Basic transfer function block diagram
Fig. 9 Basic transfer function block diagram

그림 9의 전달함수는 식 (2.1)과 같다. 계통의 전압이 변화에 따라 단자전압이 얼마나 잘 제어되는가를 알아보기 위해 $V_{ref}=0$ 이라 하고 ΔV 가 충분히 작다고 하면 식 (2.2)로 표현할 수 있다. T_1 과 T_d 는 무효전력 보상기의 종류에 의해서 결정된다. 투입되는 보상기는 위에서 고려한 여러 보상기기가 될 수 있다. 일반적으로 정적 무효전력원은 기계적으로 동작하기 때문에 동작속도가 상당히 느리다. TCR의 transport lag는 일반적으로 2.5ms, TSC는 5.0ms, STATCOM은 0.2~0.3ms이다. STATCOM이 TSC보다 훨씬 동작속도가 빠르다. 만일 두 개 이상의 보상기기를 조합해서 설치하는 경우 transport lag는 더 늦게 동작하는 기기에 의해서 결정된다.

$$V_r = V \frac{1}{1+G_1G_2HX} + V_{ref} \frac{G_1G_2X}{1+G_1G_2HX} \quad (2.1)$$

$$\frac{\Delta V_r}{\Delta V} = \frac{1}{1+G_1G_2HX} = \frac{1}{1+GHX} \quad (2.2)$$

$$G_1 = \frac{1/k}{1+T_1s} \quad G_2 = e^{-T_d s}$$

$$H = \frac{1}{1+T_2s}$$

- T1 : PI controller의 time constant
- T2 : measuring circuit의 time constant
- Td : Var generator의 transport lag
- X : system impedance의 reactive 부분
- k : regulation slope

3. 사례연구

본 논문에서는 한전 침두부하계통에 대하여 모의하였다. 한전계통은 수도권 지역에 집중되어 있고 발전기는 남부지역 해안가에 집중되어 있다. 765kV 선로 2개를 포함하여 총 6개의 북상선로가 있고 이를 통해 유효전력이 남부발전 지역에서 수도권지역으로 전송된다. 북상선로에 3상 사고발생시 많은 양의 유효전력이 다른 선로를 경유하여 전송되기 때문에 발전단에서의 위상각 발산 및 부하단에서의 전압붕괴 현상이 야기될 수 있다. 이를 방지하기 위해 다양한 조상설비를 투입해야 한다. 조상설비 투입효과를 보기 위한 모의환경은 다음과 같다.

- 사고 유형 : 신안성-신서산 765kV route 사고
- 사고 지속시간 : 5cycle(0.08333sec)
- 조상설비 투입 위치 : 아산3 (6950)
- 계통의 spinning reserve : 1349.92 MW
- 사고시 탈락 발전기 : 당진 2기(#1, #2)
- 한전 침두부하계통 ZIP 모델

| 구 분 | Constant I | Constant G | Constant P |
|----------------|------------|------------|------------|
| Real Power | 13 | 35 | 52 |
| Reactive Power | 8 | 56 | 36 |

사고는 765kV 3상 2회선 지락사고이고, 이는 매우 가혹한 상정사고 중의 하나이다. 조상설비를 투입하지 않는 경우 대부분의 발전기의 위상각이 발산하였다.(대표적으로 당진, 울진) 매우 심각한 사고이기 때문에 발전기의 위상각을 수렴시키기 위해서 투입해야 하는 FACTS기기의 용량은 매우 크다. 이를 모두 FACTS기기에 부담시키는 것은 거의 현실적이지 못하기 때문에 계통의 운전예비력을 고려하여 당진 발전기 2기(2×500MW)를 탈락시켰다. 사고 시나리오는 그림 11과 같다. FACTS기기 투입시 기준 전압은 정상상태에서의 전압으로 하였고 FACTS기기 투입 용량은 600MVar로 하였다.

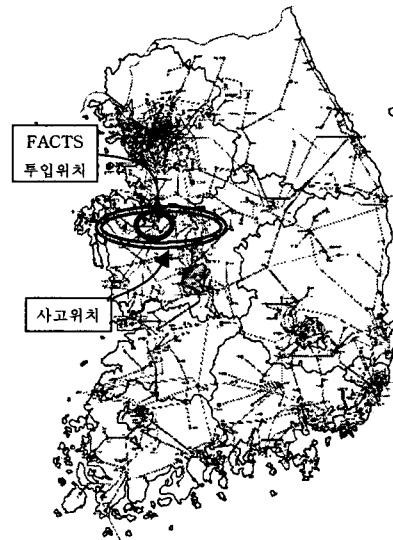


그림 10. 한전 침두부하계통
Fig. 10 The KEPCO system

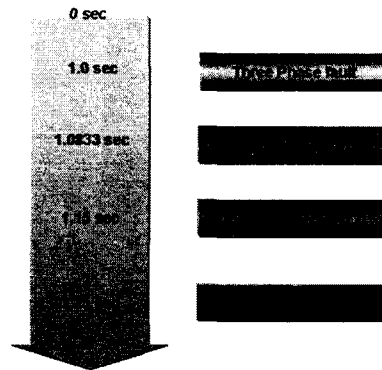
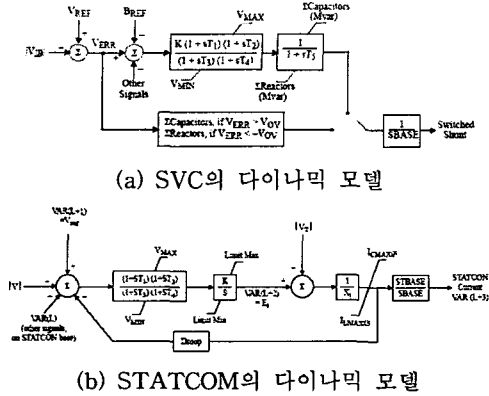
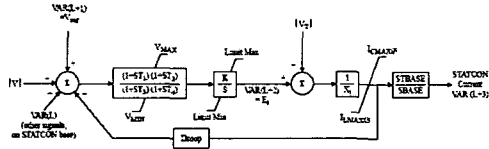


그림 11. 사고 시나리오
Fig. 11 The fault scenario

SVC의 다이내믹 모델은 그림 12(a)이고, STATCOM의 다이내믹 모델은 그림 12(b)와 같다.



(a) SVC의 다이내믹 모델



(b) STATCOM의 다이내믹 모델

그림 12. FACTS 다이내믹 모델

Fig. 12 Dynamic models of the FACTS

3.1 시뮬레이션 결과

발산하는 경우가 아무런 FACTS설비를 투입하지 않은 경우이고 STATCOM을 600MVar 투입하는 경우 가장 빠르게 위상각의 발산을 저지함을 확인할 수 있었다. 그 다음으로 STATCOM 300MVar+Capacitor 300MVar를 투입하는 경우이고, 나머지 SVC는 같은 특성을 보였다. 그림 13에서는 사고 직후 발전기의 위상각에 대한 그래프를 좀 더 확대하였다. 그림 14는 동서울3 버스의 전압을 나타내고 그림 15는 FACTS설비가 투입된 아산3 버스의 전압이다.

아무런 조상설비도 투입하지 않은 경우 위상각이 발산하였고, SVC, TCR+FC, TSC를 투입하는 경우 유사한 결과가 나왔고, STATCOM만 투입하는 경우 가장 뎀핑 효과가 좋게 나왔고, STATCOM+FC의 경우 SVC와 STATCOM의 중간 정도의 효과를 확인할 수 있었다.

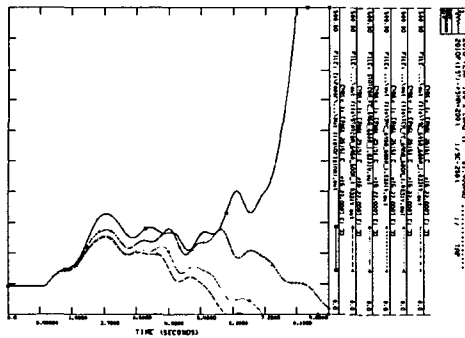


그림 13. 울진발전기의 위상각

Fig. 13 Angle of the UI-jin unit

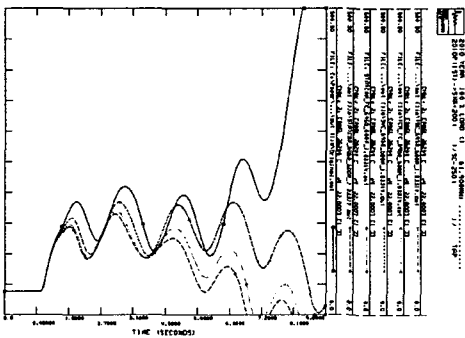


그림 14. 당진발전기의 위상각

Fig. 14 Angle of the Dang-jin unit

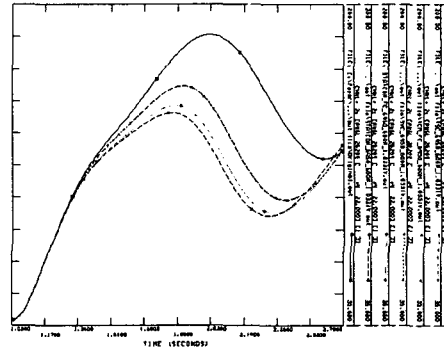


그림 15. 당진발전기의 위상각(확대)

Fig. 15 The voltage waveforms of A-san bus

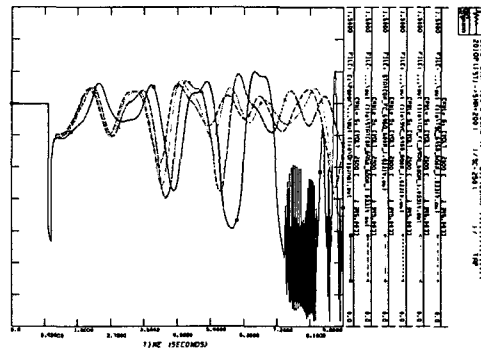


그림 16. 동서울(2500) 버스 전압

Fig. 16 Angle of the Dang-jin unit(enlarged)

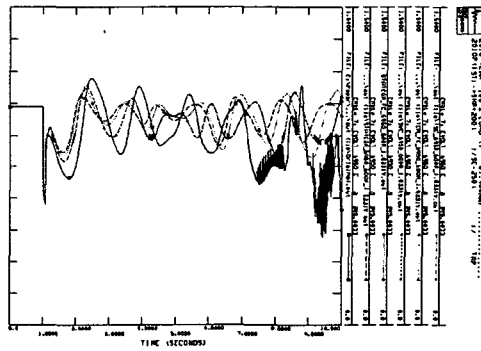


그림 17. 아산3(6950) 버스 전압

Fig. 17 The voltage waveforms of A-san bus

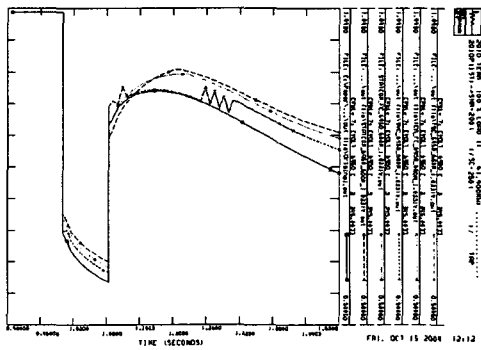


그림 18. 아산3(6950) 버스 전압(확대)

Fig. 18 The voltage waveforms of A-san bus(enlarged)

4. 결 론

위에서 모의한 사고는 3상 지락사고이기 때문에 사고 발생 시 모선의 전압이 떨어지게 된다. 전압이 낮아짐에 따라 발전기의 전기적인 출력 값이 감소하게 되고 이는 발전기 위상각이 발산하게 되는 원인이 된다. 따라서 위에서 모의한 결과는 보상기기의 진상출력(capacitive output)에 의해 성능이 결정되었다. 저전압에서 진상출력 특성은 2절에서 살펴보았듯이 STATCOM이 가장 좋고, SVC, TCR+커패시터, TSC는 매우 유사하다. STATCOM+커패시터의 경우 STATCOM과 SVC와의 중간의 성능을 보여주었다. FACTS를 계통에 투입하는 목적이 무엇인가에 따라서 STATCOM과 커패시터의 비율을 적절하게 조절하여 투입하는 방법(STATCOM과 리액터를 적절하게 조절할 수도 있다) 안정도를 유지하면서 보다 경제적인 계통을 운용하는 하나의 방법이 될 수 있을 것이다

본 논문에서는 한전 실제계의 data 여건상 PSS/E로 모의를 하였다. FACTS기기 투입에 따라 부하단에서의 효과를 보기 위해서는 한전계통의 ZIP 모델로는 한계가 있었다고 본다. 보다 상세한 모의를 위해서는 부하에 대한 보다 상세한 다이내믹 모델이 필요하다. 또한 PSS/E에서는 FACTS기기가 너무 간단하게 모델링 되어 있기 때문에 실제로 EMTP나 PSCAD/EMTDC로 모의한 경우와 비교시 순간적인 변화에 대하여 정확한 결과를 얻을 수는 없지만 대체적으로 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 이 논문에서는 비록 한전 실제계에 대하여 EMTP급의 순간적인 변화에 대한 정확한 모의는 할 수 없었지만 3상 지락사고 시 여러 종류의 조상설비 조합 동특성을 확인할 수 있었다. 추후 STATCOM과 커패시터를 조합해서 설치한 경우 커패시터의 특성상 발생할 수 있는 공진 및 순시 과전압문제에 대한 검토가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성 지원사업에 의해 작성되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전기연구원, "수도권 전력계통 안정도 향상을 위한 FACTS설비 설치 타당성 연구", 최종보고서, 2003년 9월
- [2] John J. Paserba, "How FACTS Controllers Benefit AC Transmission Systems", Power Engineering Society General Meeting, 2004. IEEE, pp.1257 - 1262. 6-10 June 2004
- [3] Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi, "Understanding FACTS", IEEE Press
- [4] Gyugyi, L., Taylor, E. R., "Characteristics of Static Thyristor. Controlled Shunt Compensators for Power Transmission system Applications," IEEE Trans. PAS, vol. PAS-99, no. 5, pp. 1795-1804, September/October 1980
- [5] Laszlo Gyugyi, "Converter-Based FACTS Controllers", IEE Colloquium, 23 Nov. 1998
- [6] Erinmez, I.A., and Foss, A. M., eds., "Static Synchronous Compensator(STATCOM)," Working Group 14.19, CIGRE Study Committee 14, Document No. 144, August 1999
- [7] Kimbark, E. W., "How to Improve System Stability without Risking Subsynchronous Resonance," IEEE

Trans. PAS-96, no. 5, September/October 1977

- [8] Narain G. Hingorani, "FACTS technology and opportunities", IEE, Savoy Place, London WC2R OBL, UK, 1994
- [9] Gyugyi L., "Power electronics in electric utilities static VAR compensators", Proceeding of the IEEE, Vol 76, No. 4, April 1988
- [10] Sen, K. K., "STATCOM-STATIC synchronous COMPensator: Theory, Modeling, and Applications," 99WM706, Proceedings of IEEE/PES Winter Meeting, New York, 1999
- [11] John J. Grainger, "Power System Analysis"

저 자 소 개



강 상 군(姜尙均)

1978년 11월 5일 생. 2003년 고려대 공대 전기전자전공학과 졸업. 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : (02) 3290-3697

E-mail : riversg78@korea.ac.kr



장 길 수(張吉洙)

1967년 10월 26일 생. 1991년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 Iowa 주립대 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학). 2000년 3월-현재 고려대학교 전기공학과 부교수

Tel : (02) 3290-3246

E-mail : gjang@korea.ac.kr



이 병 준(李炳峻)

1961년 7월 16일 생. 1987년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 미국 Iowa 주립대 졸업(석사), 1994년 미국 Iowa 주립대 졸업(공학), 현재 고려대학교 전기공학과 교수

Tel : (02) 3290-3242

E-mail : leeb@korea.ac.kr



권 세 혁(權世熾)

1949년 5월 14일 생. 1974년 서울대 공대 공업교육과(전기전공) 졸업. 1976년 서울대 교육대학원 공업교육과 졸업(석사). 1980년 미국 Iowa 주립대 졸업(석사). 1984년 미국 Iowa 주립대 졸업(공학), 현재 고려대학교 전기공학과 교수

Tel : (02) 3290-3220

E-mail : shkwon@korea.ac.kr