

전력보상설비의 상호 협조제어에 따른 운영여유용량의 확보

논문

59-6-1

Securing Operation Margin Capacity as Coordination Control among the Power Compensation Equipments

이상덕* · 백영식†

(Sang-Deok Lee · Young-Sik Baek)

Abstract - It is an important issue to electric power system operations that it can reliably supply large-capacity power to consumption area as due to increasing power demand growth. For this purpose, The FACTS equipment based on Power IT technology with the existing mechanical compensators has been applied to power system. Therefore we suggest on this paper that a plan for coordination control of multiple power compensation equipment in order to increase the utilization of each facility and secure operation margin capacity. As the result of simulation, it is possible to cope actively with a suddenly changed power system. This helps greatly for the voltage stability and supply reliability in a suddenly changed power system.

Key Words : FACTS, Unified Power Flow Controllers(UPFC), Under Load Tap Changer(ULTC), Shunt Compensators, Security Margin, Reactive-Voltage (Q-V) Analysis, Voltage Stability, Python

1. 서론

전력사용량이 고급 에너지로서 사용자의 이용 편의성 때문에 증가하는 가운데 전력IT 분야에서는 에너지 절약형 전력기기 개발 및 대형 광역정전 예방을 위한 전력설비의 고도화 기술에 관심이 높다.

그 중 유연송전시스템의 적용은 전력용 반도체 스위칭 소자 기술과 컴퓨터를 활용한 디지털제어 및 고속 데이터통신 기술을 이용하여 유/무효전력의 능동적인 제어를 통해 전력공급의 유연성을 확보하고, 대용량 전력 수송이 가능하다. 전력계통의 환경변화와 함께 유연송전시스템은 전력설비의 노후로 인한 설비 교체시기에 확대 적용될 것으로 기대된다. 그 과도기에 기존 송/배전 계통에서 널리 운영 중인 기계식 직/병렬 보상설비와의 상호 효율적 운영을 고려할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 전력보상설비의 특성을 고려한 협조제어를 통해 운영여유용량을 확보하는 운전방안에 관한 연구내용을 기술하였다. 사례연구결과 전력보상설비 상호 협조제어를 기반으로 외부로부터 발생하는 다양한 외란에 유연한 대응이 가능하고, 전력시스템의 전압/무효 전력 제어를 통하여 전력품질 유지기준을 만족하는 범위 안에서 운영여유용량을 확보할 수 있다. 이것은 전력보상설비들을 충분히 활용하여 설비의 이용률 및 성능을 향상시켜 설비의 수명연장 및 보수비용의 감소에 도움이 됨을 보였다.

2. 본론

2.1 전력보상설비

전력시스템의 안정도 및 신뢰도 향상을 위해 현재 다양한 전력보상설비들이 전력시스템에 적용되어 운영 중에 있다. 전력보상설비들은 크게 기계식 전력보상설비와 최근 각광 받고 있는 유연송전시스템으로 구분된다. 기계식 전력보상설비로는 전력용 커패시터(Shunt Capacitors), 분로리액터(Shunt Reactors), ULTC(Under Load Tap Changer), AVR(Automatic Voltage Regulator), 동기조상기, 비동기 조상기 등이 있다.

FACTS 설비로는 직렬보상, 병렬보상, 위상보상장치로 구분되는데, TCSC(Thyristor Controlled Series Capacitor), SSSC(Static Synchronous Series Compensator), SVC(Static Var Compensator), STATCOM(Static synchronous COMPensater), UPFC(Unified Power Flow Controller), TCPR(Thyristor Controlled Phase Angle Regulator) 등이 있다.

본 논문에서는 사용빈도가 높고 보상 효과가 큰 UPFC, Shunt elements(Sh. C, Sh. R.), ULTC를 이용하여 논문에 기술한 협조제어 방안을 모의하였다.

2.2 UPFC, Shunt elements, ULTC 협조제어 모델

협조제어 시스템의 구성에 있어서 ULTC가 포함된 UPFC와 Shunt elements 등가회로의 동적해석을 위해 전류주입모델로 구성하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

그림 1에서 보여 지듯이 변압기를 거쳐 모선으로 유입되는 전류 \bar{I}_i 는 식 (1)과 같이 정의되고, \bar{I} 는 UPFC와 Shunt elements로부터 주입되는 전류 \bar{I}_{si}^{UPFC} , $\bar{I}_{sh,elements}$ 로

* 준 회원 : 경북대학교 공대 전기공학과 석사과정

† 교신저자, 펠로우회원 : 경북대학교 공대 전자전기공학부, 정교수

E-mail : ysbaek@mail.knu.ac.kr

접수일자 : 2009년 12월 4일

최종완료 : 2010년 3월 8일

부터 식 (6)과 같이 정의할 수 있다.

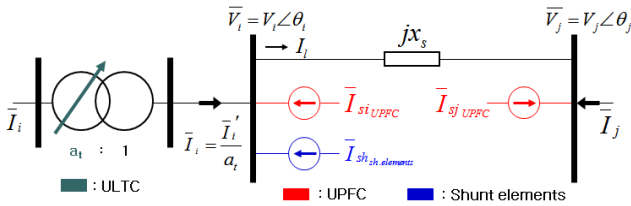


그림 1 UPFC, Shunt elements, ULTC의 구성
Fig. 1 Configuration of UPFC, Shunt elements, ULTC

$$\bar{I}'_i = \frac{\bar{I}'_i}{a_t} \quad (1)$$

$$\bar{I}'_{si_UPFC} = \bar{I}'_{sh_UPFC} - \bar{I}'_{inj_UPFC} \quad (2)$$

여기서, $a_t = Turns\ ratios$

여기서 \bar{I}'_{si_UPFC} , $\bar{I}'_{sh_sh_elements}$ 를 다시 정의하면 식 (3), (4)와 같다.

$$\bar{I}'_{si_UPFC} = \bar{I}'_{sh_UPFC} - \bar{I}'_{inj_UPFC} \quad (3)$$

$$\bar{I}'_{sh_sh_elements} = -jb_{s_sh_elements} \times \bar{V}'_i \quad (4)$$

여기서, $b_s = \frac{1}{x_s}$

식 (4)에서 \bar{I}'_{inj_UPFC} 는 식 (5)로 나타내고, \bar{I}' 는 식 (6)과 같이 정리된다.

$$\bar{I}'_{inj_UPFC} = \bar{I}'_{sj_UPFC} = -jb_{s_UPFC} \bar{V}'_{se} = -jb_{s_UPFC} \bar{V}'_i e^{j\gamma} \quad (5)$$

$$\bar{I}'_i = \bar{I}'_l - (\bar{I}'_{sh_UPFC} - \bar{I}'_{inj_UPFC}) - (jb_{s_sh_elements} \times \bar{V}'_i) \quad (6)$$

이로서 \bar{V}'_i 모선의 전압 및 무효전력제어를 위해 UPFC와 Shunt elements를 통해 주입되는 전류에 의해서 모선의 전압을 제어할 수 있고, 또한 ULTC의 Tap Ratios에 의해 모선의 전압제어가 가능함을 알 수 있다. [1][5]

2.3 효과적인 협조제어를 위한 고려사항

효과적인 계통운동을 위한 협조제어 시스템에서 다음과 같은 주요 고려사항에 따라 운영한다.

- 전력보상설비는 각 장치의 특징을 고려해 계통변화에 따라 우선적으로 적용되어야 할 설비를 정해야 한다.

- UPFC는 유효전력손실의 감소를 위한 P 기준값을 결정하고, 계통의 변화에 항상 대응할 수 있도록 Shunt elements 또는 ULTC와 협조제어를 통해 운영여유용량을 확보하도록 한다. [2][3]

- Sh. C와 Sh. R는 기계식 전력보상설비의 특성상 가능한 बैं크 투입횟수를 최소화하도록 해야 한다. 그러므로 Shunt elements 투입용량 Q_{shunt} 를 결정하여 ULTC Tap과 함께 부득이 발생할 수 있는 투입횟수를 제거하여야 한다.

- 전력계통의 부하사용량에 따른 경부하시간 및 중부하시간 그리고 첨두부하시간을 고려하여 각 부하시간에 유효한 전압 변위를 두어 전압유지기준을 만족하도록 운영한다.

그 결과 전력계통의 유효전력 손실을 최소화하고, UPFC는 항상 운영여유용량을 확보할 수 있어 계통변화에 능동적으로 대처할 수 있고, 기계식 전력보상설비의 스위칭 횟수를 감소하여 기기의 성능향상을 기대할 수 있다. 더하여 부하시간대를 고려한 운영방안을 기준으로 모선전압에 변위를 두면 경부하시간대에 페란티효과에 의한 전압상승에 대비하고 부하증가분에 대한 최대부하일 때 안정적으로 계통을 운영할 수 있다.

3. 사례연구

3.1 KEPCO 강진계 전력계통

국내에서는 한국전력공사 주도로 154kV 강진변전소에 UPFC를 병렬측은 154kV 강진에 직렬측은 강진-장흥의 선로에 설치하여 운영 중에 있다. 그림 2는 전라남도 지역에 존재하는 강진계 전력계통도를 UPFC를 포함하여 나타내었고, 협조제어를 통해서 UPFC는 인접한 모선의 전압과 선로의 조류를 제어하게 된다.[4]

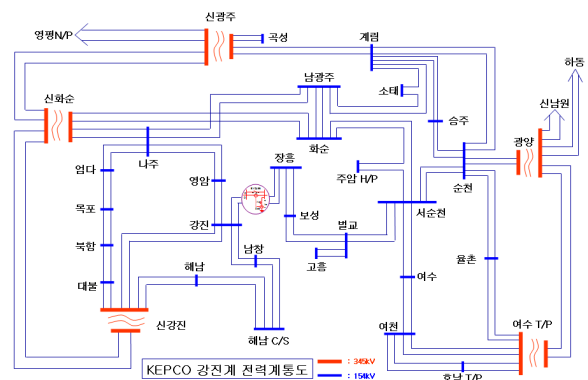


그림 2 UPFC를 포함한 전라남도 지역의 계통연계방식
Fig. 2 System Interconnection of Kangjin UPFC

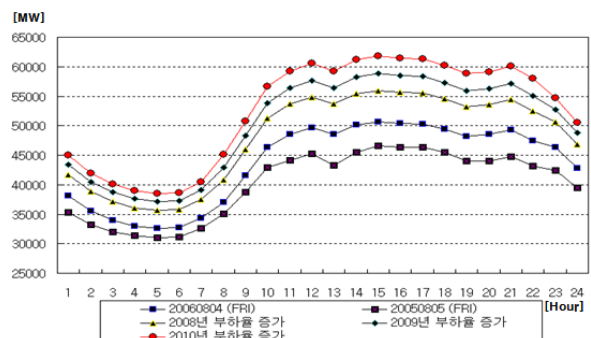


그림 3 연도별 전력수요량에 따른 일일부하곡선
Fig. 3 Daily Load Curve as the Power demand energy

시뮬레이션에서 전력계통에 가중 될 부하를 고려하기 위해 『제3차 전력수급계획』에 따른 부가증가율을 근거로

2010년까지의 예상 전력수요량을 그림 3에 나타내었다. 예측된 국내 전체 계통의 전력수요량을 PSS/E Data로 작성한 다음 UPFC가 설치된 지역계통 내의 부하가 시간에 따라 변화할 때 협조제어 운영방안의 타당성을 검토하여 보았다.

3.2 조상설비의 운영 우선순위의 결정

현재 전력계통에서 공급신뢰도와 안정도를 만족시키기 위해 사용하는 전력보상설비를 다양하게 적용하여 운영 중이다. 그 중 차세대 전력전송시스템인 FACTS 기기와 기존에 전력계통에 적용하여 사용빈도가 높은 Shunt elements와 ULTC 등을 운영 중에 있다. 다양한 전력보상설비들의 협조제어시스템을 구현함에 있어서 계통변화에 따라 우선적으로 적용되어야 할 설비를 정하는 것이 필요하다. 각 장치의 특징을 살펴보면 FACTS 기기는 기계적 스위칭을 하지 않아 고속으로 계통제어가 가능하지만 기계적인 관성을 가지고 있지 않아 동작범위 밖에서는 전압유지특성이 급격하게 떨어진다. Shunt elements와 ULTC는 계통을 제어함에 있어 기계식 스위칭으로 인해 능동적인 제어가 이루어지지 않는 한계를 보인다.

그러므로 그림 4와 같이 먼저 전력계통을 능동적으로 제어 가능한 FACTS 기기 중 UPFC를 우선적으로 전력계통에 적용시키고 만약 UPFC가 제어범위 밖일 경우 UPFC와 상관관계가 큰 Shunt elements를 적용하고, ULTC는 Tap 변화에 대한 기계적 마모를 최소화하기 위해 마지막으로 적용하는 것이 바람직하겠다.

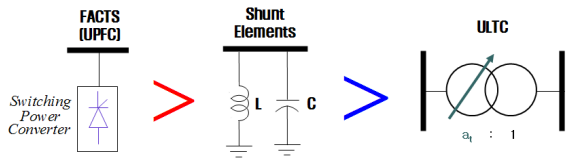


그림 4 각 조상설비의 우선순위
Fig. 4 The priority order among facility

3.3 UPFC, Sh, elements, ULTC 협조제어 시뮬레이션 결과 및 해석

전라남도 강진계 전력계통에 UPFC와 Shunt elements 그리고 ULTC 사이의 협조제어를 적용하여 계통변화에 따른 협조제어 효과를 검토해보았다. 시뮬레이션에서 조상설비들이 다양하게 존재하므로 UPFC의 병렬인버터는 총 40[MVA]에서 비상시 여유용량을 제외한 20[MVA]로 설정하고, Shunt elements는 UPFC가 제어용량을 벗어나게 될 때 보상이 가능하도록 각각 20[MVar] 그리고 -20[MVar]로 두어 무효전력을 공급 또는 흡수하며, 신강진변전소에 ULTC가 존재한다. 강진계 전력계통 내에서 전력보상설비의 상호협조제어 운영방안을 적용한 결과를 그림 5, 6, 7, 8, 9, 10에 나타내었다.

그림 5는 신강진모선의 기준 전압값 Vref.를 일일부하곡선의 부하변위에 상관없이 일정한 값이 유지되도록 고차시켰다. 일부하곡선을 처리하는 동안 신강진모선의 전압수준

을 각 조상설비의 협조제어를 통해 일정하게 유지할 수 있었고 조상설비의 스위칭 횟수는 4회로 나타났다.

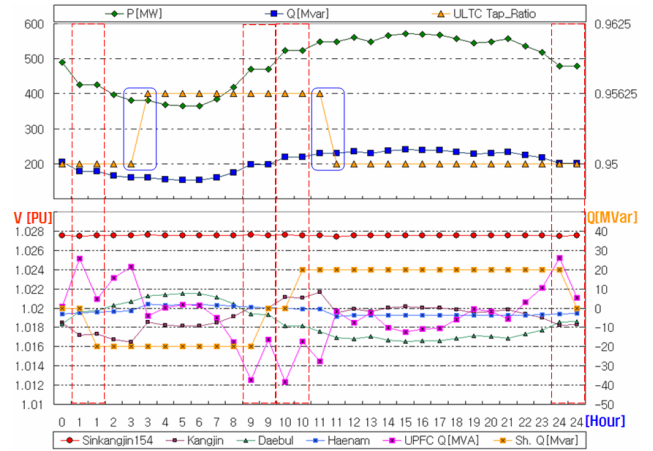


그림 5 신강진 154kV Vref. 고정
Fig. 5 Sinkangjin 154kV Vref. Fixed
□ : Shunt elements 스위칭 □ : ULTC Tap Position 변화

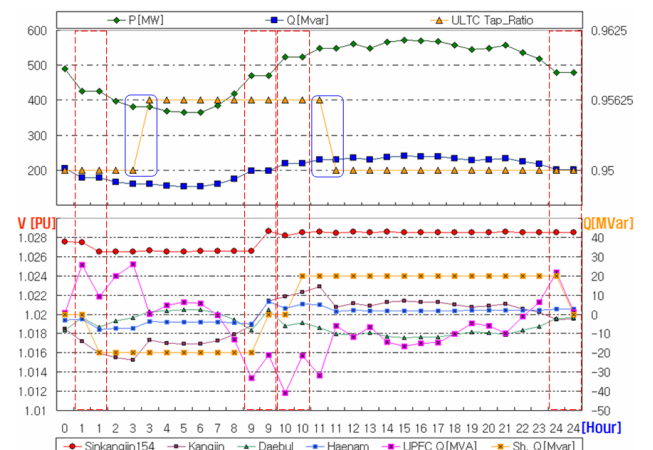


그림 6 Vref. 변화(0.001[PU])
Fig. 6 Vref. Variation (0.001[PU])

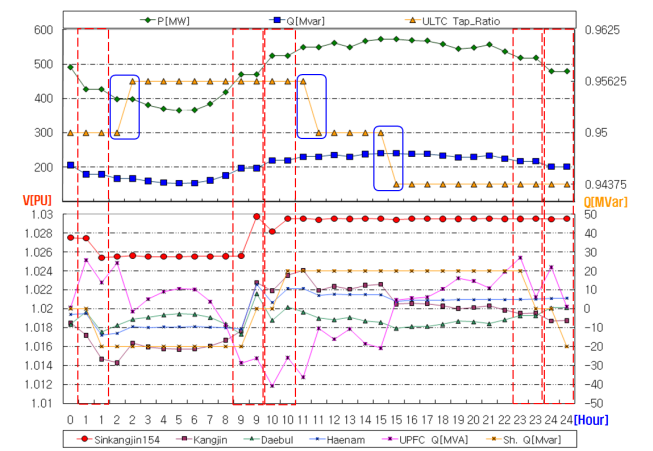


그림 7 Vref. 변화(0.002[PU])
Fig. 7 Vref. Variation (0.002[pu])

그림 6, 7은 일일부하곡선의 부하시간대를 고려하여 전압 변위를 각각 0.001[PU]와 0.002[PU]로 설정하여 모의 실험하였다. 여기서 신강진 모선의 기준전압 Vref.를 UPFC가 제어 가능한 용량 범위 안에서 부하시간대를 고려해 모선전압에 변위를 두고 시스템을 운영하게 되면 경부하시간과 침두부하시간에 따른 계통의 전압강하 및 상승에 대해서 효과적으로 대처할 수 있다.

하지만 그림 7과 같이 UPFC의 제어용량을 고려하지 않고 전압변위를 두게 되면 각 기계식 조상설비의 스위칭 횟수가 증가됨을 알 수 있다. 각 조상설비를 운영할 때 스위칭 횟수가 늘어나는 것은 기기의 성능 및 효율의 저하를 가져올 뿐만 아니라 잦은 스위칭으로 인해 전력계통에 악영향을 미칠 수 있다. 그러므로 그림 6과 7을 비교하였을 때는 전력계통의 적절한 해석을 통해서 각 조상설비의 제어용량을 고려하여 기기의 스위칭 횟수가 감소하는 전압변위 방식의 협조제어 운영방안을 선택하는 것이 전력계통을 제어하는 데 효과적이다. 또한 그림 6과 7에서 조상설비의 스위칭 횟수는 4회로 동일하게 나타났다. 하지만, 전력계통을 운영 하는 동안 전압수준의 변위가 가능하다는 것은 전력계통 제어를 보다 유연하고 효율적으로 운영 할 수 있음을 의미하므로 그림 5과 6의 협조제어 방안에서는 그림 6과 같이 협조제어를 하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

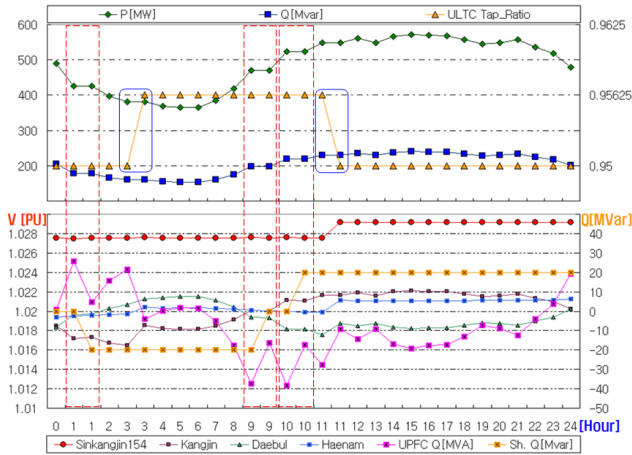


그림 8 Tap 변화 시 Vref. 상승
Fig. 8 Vref. rising as Tap changes

그림 8, 9, 10은 ULTC가 동작할 때 신강진모선의 Vref.의 수준을 상승 또는 하강시켜 모의 실험하였다. 여기서, 그림 8은 ULTC의 Tap Changer가 변화 후 초기상태로 돌아올 때 피크부하시간대를 고려하여 전압을 상승시켜 협조제어 하였고, 그림 9은 ULTC의 Tap Changer가 변화할 때 경부하시간대를 고려하여 전압을 상승시켜 협조제어 운영을 하였다. 더하여 그림 9는 ULTC의 Tap Changer가 변화할 때 경부하시간대와 피크부하시간대를 고려하여 전압수준을 0.001[PU] 만큼 하강 및 상승시켜 협조제어 운영방안을 적용하였다.

그 결과 그림 8에서 ULTC의 Tap Changer가 변화 후 초기상태로 돌아올 때 부하시간대를 고려하여 신강진모선의 기준전압 Vref.를 상승시켜 운전할 때 Shunt elements의 뱅

크-스텝 스위칭 횟수는 3회와 ULTC의 Tap Changer 변화가 2회로 나타나 조상설비의 스위칭 횟수를 최소화 할 수 있었다. 하지만 그림 9처럼 경부하시간대만 신강진모선의 기준전압 Vref.를 감소시켜 운영하고 부하시간대가 중부하 및 피크부하수준이 되어도 Vref.를 상승시켜 운전하지 않게 되면 Shunt elements의 뱅크-스텝의 스위칭 횟수가 그림 8에 비해 1회 증가하는 결과를 가져온다. 참고할만한 내용으로 그림 10과 같이 신강진모선의 기준전압 Vref.를 ULTC의 Tap Changer가 변화할 때 마다 조상설비를 통해 제어 가능한 전압변위 0.001[PU] 만큼 변화하도록 구성하게 되면 그 결과 그림 7과 유사한 상황에서 스위칭 횟수는 감소되지 않는 수준으로 전력계통을 제어할 수 있다.

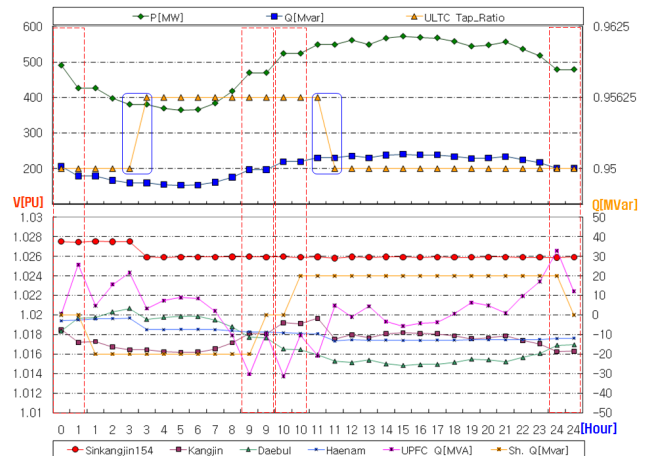


그림 9 Tap 변화 시 Vref. 하강
Fig. 9 Vref. falling as Tap changes

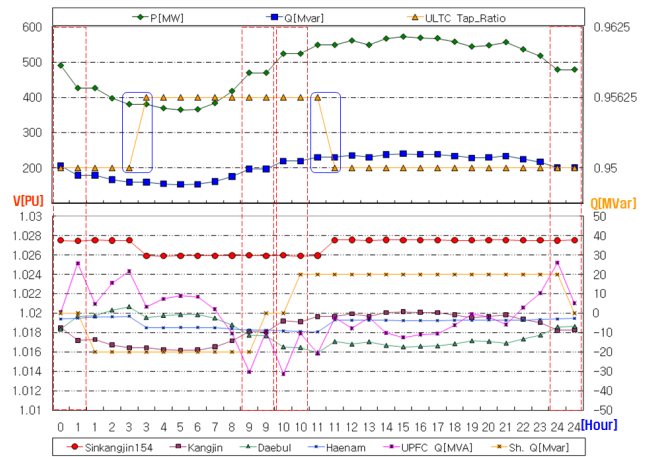


그림 10 Tap 변화 시 Vref. 하강 그리고 상승 (0.001[pu])
Fig. 10 Vref. rising and falling as Tap changes (0.001[pu])

더하여 일일부하곡선을 처리하는 동안 각 기계식 조상설비의 스위칭 횟수를 종합하여 표 1에 나타내었다. 표 1에서 알 수 있듯이 빈번히 변화하는 전력계통의 운영은 계통상황과 각 조상설비의 특성을 바탕으로 먼저 협조제어 적용을 위한 적절한 전력계통의 해석 필요로 하며, 본 논문에서 제안한 협조제어 방안의 적용은 기계식 조상설비들의 스위칭

횟수를 감소시켜 전압보상설비를 충분히 활용하고 각 설비의 효율과 성능을 향상 시킬 수 있다.

표 1 각 장치의 스위칭 횟수

Table 1 Switching number of each equipment

Equipment	Vref. 고정	Vref. 변화 0.001[PU]	Vref. 변화 0.002[PU]	Tap 변화 시 Vref. 상승	Tap 변화 시 Vref. 감소	Tap 변화 시 Vref. 상승 & 감소
Sh. Elements	4	4	5	3	4	4
Tap Ratio	2	2	3	2	2	2

3.4 Reactive-Voltage 해석

논문에서 제시한 전력보상설비의 상호 협조제어 방안으로 전력계통을 운영할 경우 UPFC 병렬인버터의 여유용량 확보가 전력시스템 전체 무효전력 마진 확보에 어떤 효과를 주는지 검토하기 위하여 전압범위(0.5[PU]~1.1[PU])안에서 강진부하모선(7420)에 대한 Q-V 해석을 수행하였고, 그 결과를 그림 11과 표 2에 나타내었다.

그림 11에서 0.95[PU]일 때 필요한 무효전력량은 Vref.를 변화시킬 때 더 높은 음의 값을 가지게 된다. 그것은 동일한 전압에서 Vref.를 특정 값으로 고착시켜 운전하는 것 보다 Vref.를 변화시켜 운영하는 것이 더 많은 무효전력의 소비가 가능하다는 것이다. 무효전력 마진의 확보는 전력계통 운용에 있어 전압안정도와 공급신뢰도 향상에 크게 기여 할 것으로 기대된다. 표 2는 각각의 외란에 대한 무효전력 마진을 정리하였다.

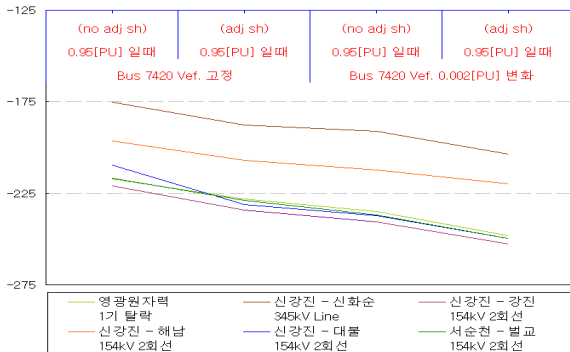


그림 11 무효전력의 마진

Fig. 11 Margin of Reactive Power Using Q-V Analysis

표 2 Q-V Analysis 결과 Data

Table 2 Results Data of Q-V Analysis

Q-V Analysis Fault	[MVar]			
	Bus 7420 Vref. 고정 0.95[PU] 일때 (no adj sh)	Bus 7420 Vref. 고정 0.95[PU] 일때 (adj sh)	Bus 7420 Vref. 0.003[PU] 변화 0.95[PU] 일때 (no adj sh)	Bus 7420 Vref. 0.003[PU] 변화 0.95[PU] 일때 (adj sh)
영광원자력 1기 탈락	-205.95	-226.09	-233.03	-253.16
신강진 - 신화순 345kV Line	-164.98	-181.84	-192.06	-208.91
신강진 - 강진 154kV 2회선	-187.89	-203.31	-214.66	-230.39
신강진 - 해남 154kV 2회선	-207.95	-225.97	-235.02	-253.05
신강진 - 대불 154kV 2회선	-207.26	-224.51	-234.33	-251.59
서순천 - 벌교 154kV 2회선	-211.83	-229.42	-238.90	-256.50

전력보상설비의 상호 협조제어에 따른 운영여유용량의 확보

3.5 PSS/E Python 및 협조제어 흐름도

PSS/E 프로그램은 기본 전력계통 정보를 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)상에서 해석이 가능하다. 또한 고급 프로그래밍 언어인 Python을 IPLAN과 Fortran과 함께 스크립트 언어로서 지원하고 있다. 본 논문에서는 그림 12와 같이 국내 전체 계통데이터를 이용하여 강진변전소 인근 전력계통을 그래픽적인 요소로 구성하였다. 제안된 협조제어 방안은 Python 알고리즘을 통하여 외부로부터 발생하는 다양한 외란을 제어한다. 그림 12와 같이 윈도우 창을 통해 사용자가 원하는 다양한 결과와 데이터 등을 얻을 수 있다. [5]

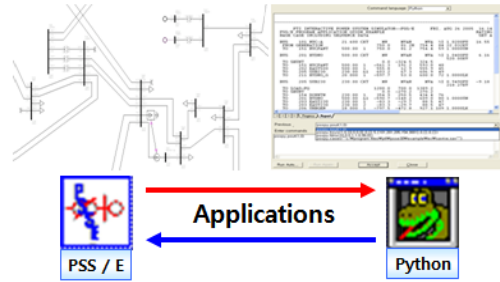


그림 12 PSS/E 에서의 Python

Fig. 12 Python in PSS/E

정상상태에서 전력보상설비 상호 협조제어 흐름도를 그림 12와 같이 표현하였다. UPFC, Shunt elements, ULTC의 상호 협조제어에서 일일부하곡선을 처리하는 동안 ULTC 보상지점에서 보상 당시 계통 상태의 파악과 해석을 통하여 부하시간대를 감안한 전압변위에 따라 Shunt elements의 뱅크-스텝과 ULTC 투입 횟수를 감소할 수 있는 유연한 계통제어를 하는 것이다.

결과적으로 그림 13의 흐름도는 먼저 전력보상설비의 초기 상태를 확인한 후 각 장치의 초기치 설정을 기억한다. 그 후 계통상황의 변화에 따라 모선의 기준전압인 Vref.의 전압에 오류가 발생할 경우 정상상태 협조제어 운영방안에 따라 각 전압보상설비로 하여금 전력계통에서 발생하는 무효전력 제어를 통해 일정수준의 전압을 유지하게 된다. 또한 UPFC는 항상 제어 가능한 여유용량을 확보하여 계통변화에 능동적으로 대처하고, 계통변화에 유연하게 대응한다.

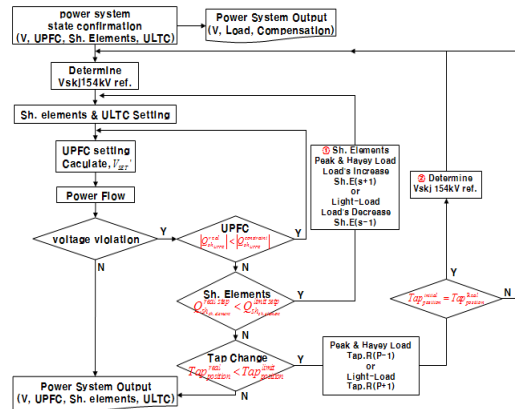


그림 13 정상상태에서 협조제어 운영방안

Fig. 13 Control Scheme of Coordination Control

여기서 V'_{SET} 는 신강진모선의 전압을 제어하도록 식 (7)에 의해 결정된다.[6] Shunt elements와 ULTC의 제어특성은 부하시간대와 각 장치별 한계용량을 근거로 이산시스템 형태로 구성하여 상호협조 운영한다.

$$V'_{SET} = \begin{cases} V_{KJ} - S_V (V_{SKJ} - V_{SKJ,ref}) \cdots Q_{sh,UPFC}^{real} \leq Q_{sh,UPFC}^{constraint} \\ V_{SET} \cdots Q_{sh,UPFC}^{real} > Q_{sh,UPFC}^{constraint} \end{cases} \quad (7)$$

여기서, $S_V = \frac{\Delta V_{KJ}}{\Delta V_{SKJ}} \approx 1.3$

4. 결 론

본 논문에서는 각 전력보상설비의 특성을 고려한 UPFC와 Shunt elements 그리고 ULTC 사이의 상호 협조제어 운영방안을 제안하였다. 협조제어 운영방안에 있어 고려한 중요한 목적은 먼저 전력계통의 유효전력손실의 최소화와 효과적인 협조제어 즉, UPFC는 항상 제어 가능한 여유용량을 확보할 수 있도록 Shunt elements와 ULTC의 Tap Changer는 UPFC의 부족한 무효전력을 보상하는 것이다. 또한 ULTC의 Tap Changer를 변화시킬 때 부하시간대를 고려한 운영방안으로부터 기준전압 V_{ref} 를 변화시켜 Shunt elements의 뱅크-스텝 투입 횟수 및 ULTC의 Tap Changer 변화를 최소화 하는 것이다.

사례연구에서 『제3차 전력수급계획』에 따른 연도별 부하증가율을 고려한 계통 데이터를 강진계 전력계통에 적용하여 일일부하곡선의 변화에 부하시간대를 감안한 협조제어 운영방안을 적용하였다. 전력보상설비의 협조제어 결과 전력계통의 부하가 변화하는 동안 모선의 전압을 허용범위 안으로 유지 가능하다. 그리고 UPFC는 여유용량을 확보하여 다양한 외란에 노출된 전력계통시스템을 항상 능동적으로 대처한다. 더하여 전력계통의 유연한 제어는 전력보상설비의 사용빈도 감소를 가져온다. 모선의 기준전압 V_{ref} 를 변화시켜 UPFC를 충분히 활용하였고, 지역계통의 Q-V 해석을 통해 V_{ref} 변화로부터 계통의 무효전력 마진을 확보할 수 있다.

이는 각 전력보상설비의 효율적인 협조제어 운영을 의미한다. 그것은 UPFC의 이용률을 극대화 하는 것이고, 전압보상설비의 사용빈도 감소에 따른 서비스 시간의 감소와 기기의 수명연장 및 보수비용의 절감에 도움이 된다. 더하여, 수시로 변화하는 전력계통에 있어 협조제어를 통해 전압유지 기준을 만족함에 따라 전압안정도와 공급신뢰도 향상을 기대할 수 있어 전력계통의 신뢰도 및 전력품질을 충족시킬 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Sadikovic, Single-machine infinite bus system, internal report, July 2003internal report, July 2003
- [2] YAU, K.Y., 2003, The Hints in Organising a Good Conference, HKIE Visionary Journal, HKIE, 2003: p99-100.]
- [3] B. H. Chang, "Steady-state Operational Strategies of UPFC in the KEPCO" KIEE International Transactions on PE, Vol. 3-A No.3. pp. 161-167, 2003
- [4] "강진변전소 80MVA UPFC 시스템 소개" 전기설비지, 2003년 03월호
- [5] 이상덕, 백영식, "Python을 이용한 전압보상설비의 상호 협조제어 및 시뮬레이션" 대한 전기학회 논문지, 1호 59권, 2010, 1.
- [6] Seon-Ju Ahn, "Automatic and Supervisory Control System for KEPCO UPFC" PS1-PR1-08 002-000045, ICEE 2006, July 2006

저 자 소 개



이 상 덕 (李 相 德)

1978년 6월 29일생. 2005년 경일대학교 공대 전기공학과 졸업. 2006년 경북대학교 대학원 전기공학과 재학(석사).
Tel : (053) 940-8802
E-mail : jamdongsan@naver.com



백 영 식 (白 榮 植)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1977년 명지대 전기공학과 조교수. 현재 경북대 전자전기공학부 교수.
Tel : (053) 950-5602
E-mail : ysbak@mail.knu.ac.kr