

전력계통의 전압안정도향상을 위한 감시제어시스템 개발

A Development of Monitoring and Control System for Improved the Voltage Stability in the Power System

이 현 철* · 정 기 석* · 박 지 호** · 백 영 식†
(Hyun-Chul Lee · Ki-Suk Jeoung · Ji-Ho Park · Young-Sik Baek)

Abstract - This paper was developed a monitoring and control system to use reactive power control algorithm. This algorithm could be improved voltage stability in power system. This method was controlled the voltage for stability improvement, effective usage of reactive power, and the increase of the power quality. PMS(Power Management System) has been calculate voltage sensitivity, and control reactive power compensation device. The voltage control was used to the FACTS, MSC/MSR(Mechanically Switched Capacitors/Reactors), and tap of transformer in power system. The reactive power devices in power system were control by voltage sensitivity ranking of each bus. Also, to secure momentary reactive power, it had been controlled as the rest of reactive power in the each bus. In here, reactive power has been MSC/MSR. The simulation result, First control was voltage control as fast response control of FACTS. Second control was voltage control through the necessary reactive power calculation as slow response control of MSR/MSR. Third control was secured momentary reactive reserve power. This control was method by cooperative control between FACTS and MSR/MSR. Therefore, the proposed algorithm was had been secured the suitable reactive reserve power in power system.

Key Words : Power system, Voltage stability, Monitoring & control system

1. 서 론

국내 전력계통은 원거리 발전단에서 부하 밀집지역인 수도권지역으로 장거리 송전을 하는 구조이다. 이것은 수도권 계통의 부하집중 및 발전력의 부족으로 비수도권계통에서 대전력을 수송하기 때문이다. 그러나 최근 부하의 급격한 증가로 인하여 전력수급이 불안정함으로써 계통의 불안정이 초래되고 있다. 이것은 계통운용계획과 계통의 전압붕괴방지를 위해 전압안정도를 증대시키기 위한 방안을 고려해야 한다. 전력계통에서 전압안정도는 무효전력 수급불균형에 의해 야기되는 현상으로 진행속도가 수분의 특성을 지니고 있다[1-2].

현재 전력계통에 설치된 무효전력보상기기는 FACTS(Flexible AC Transmission System), Shunt elements 및 변압기탭 등이 있으며, 서로 다른 시간응답특성을 가지고 있다. 그러므로 계통의 유연성을 확보하기 위해서는 무효전력 보상설비간의 협조제어를 할 수 있는 제어시스템이 필요하다[3-5]. 그러나 이러한 제어는 변전소내의 무효전력기기를 제어하는데 그치고 있다. 협조제어를 위해서는 무효전력기

기의 응답시간에 따른 운영이 필요하다. FACTS는 계통에서 필요한 무효전력을 빠른응동(수 초내)으로 투입/제거할 수 있다. Shunt는 수분이내에서 계통의 무효전력을 투입/제거하여 계통모선의 전압오차를 회복한다. 이를 통해 무효전력기기의 시간응답특성을 이용한 협조제어를 통해 계통의 전압감시제어시스템을 개발하였다.

본 연구는 전력계통의 전압안정도향상과 순동무효예비력을 확보하도록 하기 위한 무효전력기기의 감시/제어하는 시스템을 구현하였다. 무효전력제어는 계통의 모선전압을 유지하기 위한 동시제어와 순동무효 예비력확보를 위한 순차제어를 하였다. 무효전력의 제어는 이전의 변전소내의 무효전력제어에서 인근의 변전소와의 협조제어를 확대한 시스템을 개발하였다. 감시제어시스템의 모의는 한전계통 2010년도 Peak data로서 PSS/E를 이용하여 계통의 기준유지전압을 초과한 경우에 계통전압을 복구할 수 있는 무효전력기기의 제어 및 순동무효전력의 확보에 대하여 모의를 통해 시스템을 검증하였다. 시스템의 검증을 위한 모의실험은 계통의 해석을 위한 PSS/E와 외부에 모니터링을 하였다.

2. 본 론

2.1 전력계통의 운전

2.1.1 감시제어시스템의 구성

본 연구에서 개발한 감시제어시스템은 전력조류계산과 각 모선의 전압민감도에 기반을 두고 해석하였다. 전력계통의 전압민감도는 각 모선에 존재하는 Shunt기기의 제어에 따른

* Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Kyungpook National University, Korea

** Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Kyungpook National University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Kyungpook National University, Korea

E-mail : ysbaek@knu.ac.kr

Received : December 6, 2012; Accepted : March 5, 2013

전압변화율을 계산한 것이다. 이는 실계통에서 각 모선의 연계에 대한 영향을 프로그램으로 구현할 수 있도록 하였다. 일반적으로 모션전압, 전로전류제어에 사용되는 요소들은 발전기의 유/무효전력, 모선의 무효전력기인 FACTS, Shunts, 변압기 Tap 등이 사용되고 있다.

그림 1은 감시제어시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 감시제어시스템은 On-line을 통해 계통운영자가 운전조건에 따른 계통상황을 감시하고, 발생할 수 있는 위험상태에 안정적으로 운영할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 감시제어시스템은 실계통에서 저장된 데이터를 D.B.(DataBase)에서 읽어 들인 후 전력조류계산 및 모션전압의 유지기준에 대한 초과사항을 체크하여 그에 따라 동시제어/순차제어를 하는 구조로 되어 있다.

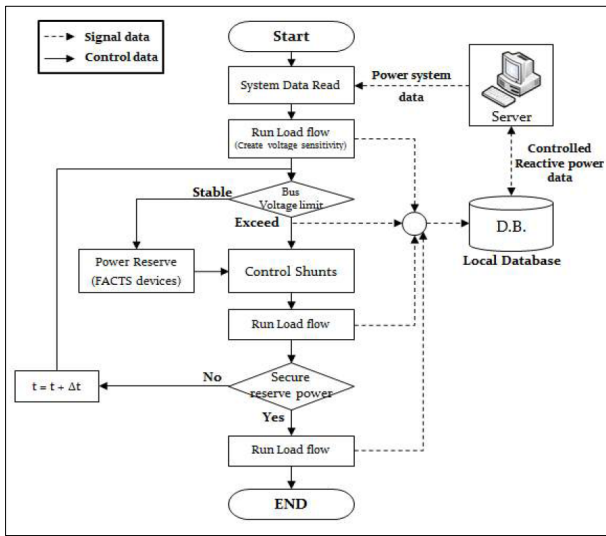


그림 1 전력계통의 감시제어를 위한 시스템 구조
Fig. 1 Structure of Monitoring & Control System in the power system

2.1.2 전력계통의 무효전력에 의한 전압민감도

실시간 감시제어시스템이 이루어지기 위해서는 계통상태에 따른 빠른 조류계산과 감도계산이 필요하다. 감시제어시스템에서 무효전력기기의 제어를 위해 전력계통의 각 모선의 전압감도에 대해 해석하였다[6-7]. 전력계통의 전력량 변화(ΔP_k)는 i 모선과 j 모선사이의 선로조류를 변화시킨다. 이때 선로조류의 변화량을 ΔP_{ij} 라 하면 모선의 민감도(S)는 다음식과 같다.

$$S = \frac{\Delta P_{ij}}{\Delta P_k} = \frac{\partial P_{ij}}{\partial P_k} = \frac{\partial (V_i V_j \sin(\theta_i - \theta_j) / x_{ij})}{\partial P_k} \quad (1)$$

식(1)에서 $|V_i| \cong 1, |V_j| \cong 1, \sin(\theta_i - \theta_j) \cong (\theta_i - \theta_j)$ 이라고 가정하면 위 식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S = \frac{1}{x_{ij}} \frac{\partial(\theta_i - \theta_j)}{\partial P_k} = \frac{1}{x_{ij}} \frac{\partial \theta_i}{\partial P_k} - \frac{1}{x_{ij}} \frac{\partial \theta_j}{\partial P_k} = \frac{x_{kj}}{x_{ij}} - \frac{x_{ki}}{x_{ij}} = \frac{x_{kj} - x_{ki}}{x_{ij}} \quad (2)$$

위 식의 최종형태를 ΔP_{ij} 에 대해 정리하고, 리액턴스부분을 변경하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\Delta P_g = S \Delta P_k = \{ [B']_{jk}^{-1} - B'_{ik} \} b_{ij} \Delta P_k \quad (3)$$

여기서, θ_{bus} 는 모선의 위상각, V_{bus} 는 모션전압, B' 는 서셉턴스($Y_{bus} = G_{bus} + jB_{bus}$ 의 허수부분)이다.

2.2 계통제어를 위한 운전모듈

감시제어시스템을 수행하기 위해서는 계통을 시스템에서 인식을 해야한다. 전력계통의 기본구성으로는 모션, 전로, 변압기, 발전기, 부하등이 있다. 위의 구성들의 실계통의 연결구조가 일치하도록 프로그램 상에서 인식되어야 한다. 복잡한 계통에서 짧은 시간에 판단하기란 매우 어려운 일이며, 상황에 따라 올바르게 못한 결과를 도출할 가능성 또한 배제할 수 없다. 이런 경우, 제대로 된 후속조치를 할 수 없게 되며 계통은 이에 대한 과급효과로 매우 불안정한 상태가 될 것이다. 이에 대한 단점을 보완하기 위해서는 각 모션을 모듈을 이용하여 나타내었다.

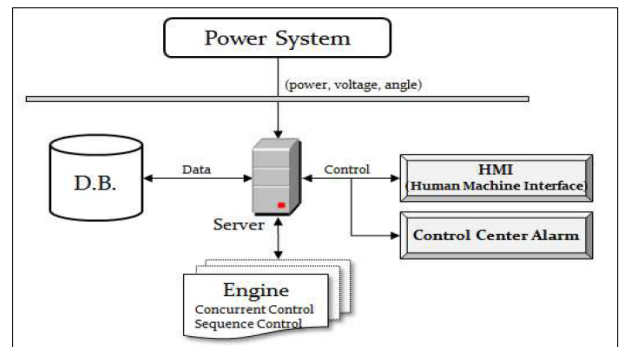


그림 2 전력계통의 시스템 구성
Fig. 2 Configuration in power network system

2.2.1 전력계통의 조류계산 및 무효전력제어기의 전압감도 모듈

그림 3에 표시된 화면은 감시제어의 송·수신시스템의 모듈화면이다. 온라인상에서 계통의 조류 및 무효전력량에 의한 모션전압 민감도에 대한 결과를 D.B.에 저장한다.

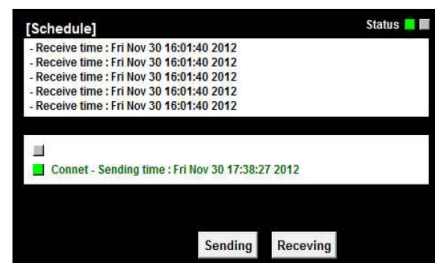


그림 3 Data의 송·수신 모듈
Fig. 3 Sending and Receiving Module of Data

2.2.2 계통의 모션 전압감시 및 무효전력 모듈

그림 4와 5는 관심전력계통의 모션전압감시와 무효전력량

을 D.B.에 저장된 값을 표시하도록 한 것이다. 각 모선의 전압감시는 한전의 전압유지기준인 1.01 ± 0.02 [p.u.]의 범위 초과대상을 확인하도록 하였다.

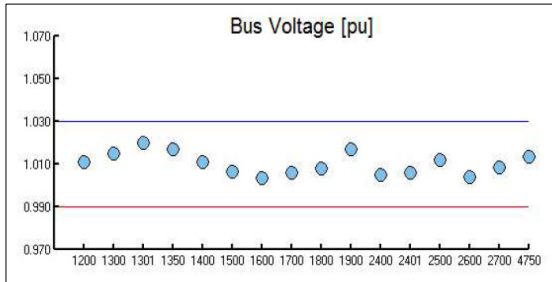


그림 4 관심전력계통의 전압감시
Fig. 4 Voltage Monitoring of interested power system

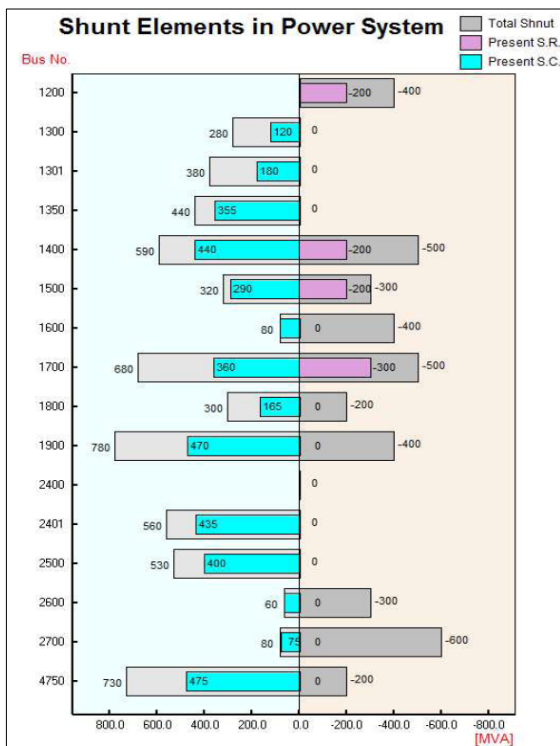


그림 5 관심전력계통의 무효전력량
Fig. 5 Reactive power Monitoring of interested power system

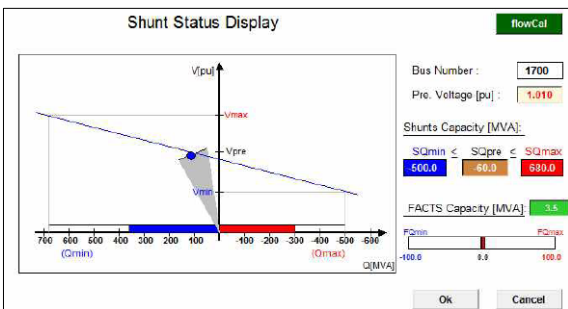


그림 6 모선의 부하곡선 및 제어가능한 무효전력량
Fig. 6 Load curve and controllible reactive power Monitoring of the 1700(Mi-gum) bus

그림 6은 모선번호에 따른 부하곡선과 제어가능한 무효전력량을 표시하였다. 그림 6에서 변전소내의 제어가능한 최대/최소무효전력량과 무효전력량 변화에 따른 최대/최소전압을 나타낸 것이다.

2.2.3 순동무효예비력 확보를 위한 모듈

그림 7은 순동무효 예비전력의 확보를 위해 운전 중인 FACTS기기의 무효전력량을 확인하고 필요한 무효예비력을 선정하는 것이다. 이때, 모선의 제어시의 무효전력량이 부족할 경우 인근의 무효전력량을 제어하여 예비력을 확보하도록 하였다.

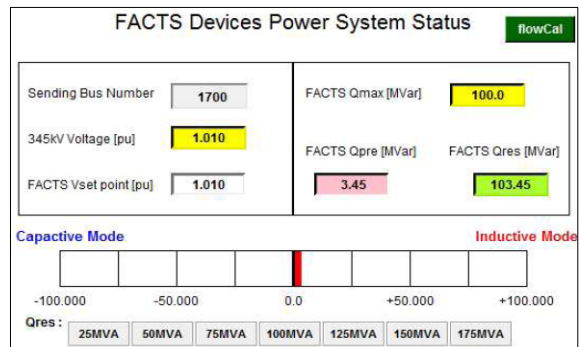


그림 7 FACTS기기의 무효전력량과 예비력 확보를 위한 모듈
Fig. 7 Module of secured reactive power reserve and monitoring reactive power

2.3 전력계통의 감시시스템의 구현 및 시뮬레이션 결과

전력계통의 모선전압을 적정수준으로 유지하기 위해서는 무효전력의 수급조건을 만족시켜야 한다. 이러한 무효전력기기의 제어는 각 모선의 전압을 변화시킬 수 있으므로, 무효전력기기의 동작에 따른 각 모선의 전압민감도를 계산하여 효율적으로 기기를 제어하도록 한다. 감시제어시스템의 입력데이터는 운영되고 있는 실계통에서 위반상태의 조건을 나타내기 위해 임의로 계통을 조작하였다.

2.3.1 계통의 전압민감도해석

전력계통의 전압민감도를 해석하기 위해서는 각 모선에 존재하는 무효전력기기의 종류 및 용량을 확인하고, 무효전력량의 변화량에 따라 모선의 전압변화를 통해 민감도를 계산하였다. 표 1은 전력계통에서 각 모선의 무효전력량의 변화에 따른 민감도([pu]/[MVA])에 대한 결과를 표로 나타낸 것이다. 해석결과, 전압 민감도는 무효전력기기동작에 따라 근접한 모선이 전압민감도가 가장 크게 나타났다.

2.3.2 모선감시 및 무효전력제어

전력계통의 모선감시는 전압유지기준(1.01 ± 0.02 [pu])에 대해 전압이 초과할 경우에 전압을 제어하기 위해 감시한다. 그림 8은 관심전력계통의 각 모선의 전압을 나타내고, 무효전력을 제어하는 전력계통의 감시제어 HMI system이다.

그림 8에서 모의실험을 위해 모선의 부하증가와 선로의 탈락에 의해 각 모선의 전압을 낮추었다. 그 결과 전압이 낮게 나타나는 모선(빨간색의 모선)을 감시하였다.

표 1 전력계통의 모선전압 민감도 해석결과

Table 1 Simulaton result for analyzed voltage sensitivity in the power system

		신가평3 1200	양주 1400	의정부 1500	성동 1600	미금 1700	중부 1800	동서울 2500	신양재 2700
base	pu	1.0293	1.0273	1.0298	1.0270	1.0284	1.0262	1.0284	1.0216
신가평 1200	pu 변화율	1.0244 0.0049	1.0242 0.0031	1.0259 0.0039	1.0232 0.0038	1.0246 0.0038	1.023 0.0032	1.0252 0.0032	1.0191 0.0025
	민감도	4.9.E-05	3.1.E-05	3.9.E-05	3.8.E-05	3.8.E-05	3.2.E-05	3.2.E-05	2.5.E-05
양주 1400	pu 변화율	1.0263 0.0030	1.0217 0.0056	1.0257 0.0041	1.0239 0.0031	1.0253 0.0031	1.0204 0.0058	1.0258 0.0026	1.0196 0.0020
	민감도	3.0.E-05	5.6.E-05	4.1.E-05	3.1.E-05	3.1.E-05	5.8.E-05	2.6.E-05	2.0.E-05
의정부 1500	pu 변화율	1.0255 0.0038	1.0232 0.0041	1.0241 0.0057	1.0228 0.0042	1.0242 0.0042	1.0220 0.0042	1.0249 0.0035	1.0190 0.0026
	민감도	3.8.E-05	4.1.E-05	5.7.E-05	4.2.E-05	4.2.E-05	4.2.E-05	3.5.E-05	2.6.E-05
성동 1600	pu 변화율	1.0256 0.0037	1.0242 0.0031	1.0256 0.0042	1.0216 0.0054	1.0234 0.0050	1.0230 0.0032	1.0243 0.0041	1.0186 0.0030
	민감도	3.7.E-05	3.1.E-05	4.2.E-05	5.4.E-05	5.0.E-05	3.2.E-05	4.1.E-05	3.0.E-05
미금 1700	pu 변화율	1.0256 0.0037	1.0242 0.0031	1.0256 0.0042	1.0220 0.0050	1.0234 0.0050	1.0230 0.0032	1.0243 0.0041	1.0186 0.0030
	민감도	3.7.E-05	3.1.E-05	4.2.E-05	5.0.E-05	5.0.E-05	3.2.E-05	4.1.E-05	3.0.E-05
중부 1800	pu 변화율	1.0262 0.0031	1.0215 0.0058	1.0256 0.0042	1.0238 0.0032	1.0252 0.0032	1.0177 0.0085	1.0257 0.0027	1.0195 0.0021
	민감도	3.1.E-05	5.8.E-05	4.2.E-05	3.2.E-05	3.2.E-05	8.5.E-05	2.7.E-05	2.1.E-05
신포천 1900	pu 변화율	1.0254 0.0039	1.0234 0.0039	1.0260 0.0038	1.0216 0.0054	1.0250 0.0034	1.0221 0.0041	1.0254 0.0030	1.0193 0.0023
	민감도	3.9.E-05	3.9.E-05	3.8.E-05	5.4.E-05	3.4.E-05	4.1.E-05	3.0.E-05	2.3.E-05

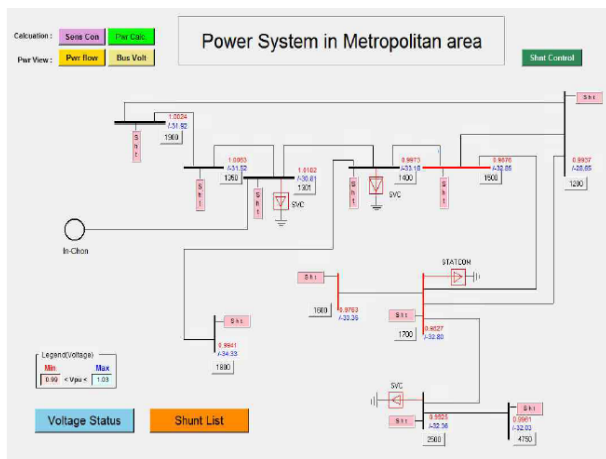


그림 8 관심전력계통의 각 모선전압 및 무효전력기기
Fig. 8 Display each Bus voltage and reactive power compensation devices in the interested power system

그림 9는 모선의 부하증가 및 선로탈락에 의한 초기상태의 관심전력계통의 각 모선전압이다. 계통의 모선감시에서의정부(1500), 성동(1600), 미금(1700)의 모선전압이 기준전압의 유지범위를 초과하였다. 그림 9에서 계통의 기준전압을 위반한 모선에서 최대로 전압을 초과한 모선인 성동(1600)의 모선전압(0.9736[pu])을 제어하기 위해 무효전력을 계산하여 제어하도록 한다.

표 2는 모선전압을 회복하기 위한 무효전력량을 계산한 것으로 민감도에 의해 계산하였다.

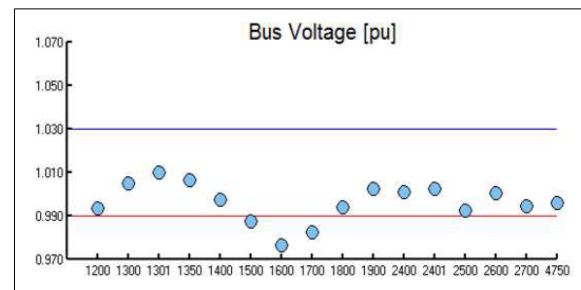


그림 9 초기상태 관심전력계통의 각 모선전압
Fig. 9 Each Bus voltage in the interested power system of initial state

표 2 계통의 전압유지를 위한 무효전력량의 계산

Table 2 Reactive power calculation to maintain the Bus voltage

모선 번호	모선전압 (pu)	전압오차(pu)		필요무효용량 (MVA)		민감도 (pu/MVA)
		최대	최소	최대	최소	
1600	0.9763	0.0537	0.0137	994	254	5.4×10^{-5}

표 2에서 계통의 전압을 위반한 모선이 전압을 유지하기 위한 무효전력량 계산을 통해 성동(1600)에서 제어할 수 있는 무효전력량을 확인한다. 제어 가능한 무효전력량은 345kV에 연결된 무효전력(-400MVA)와 154kV에 연결된 무효전력(+40MVA)이다. 모선의 전압유지를 위한 무효전력량은 624[MVA]이지만 최소 무효전력량은 254[MVA]이므로

모선에서 민감도의 계산을 통해 440[MVA]의 용량을 제어하여 성동(1600)의 모선전압을 높이도록 하였다. 표 3은 무효전력의 제어를 한 결과를 나타낸 것이다.

표 3 무효전력계산을 통한 제어용량

Table 3 Controlled capacity by calculating the reactive power

전압 (kV)	모선 번호	운영전력(MVA)		비고	
		제어전	제어후	단위용량	Bank
345	1600	0	-400	-200	2
154	1675	40	0	5	8
	1980	0	0	5	8

그림 10은 무효전력의 제어를 통해 모선의 전압이 회복되는 것을 확인하기 위해 전체계통의 화면으로 모선이 정상상태(검은색 모선)로 나타났다.

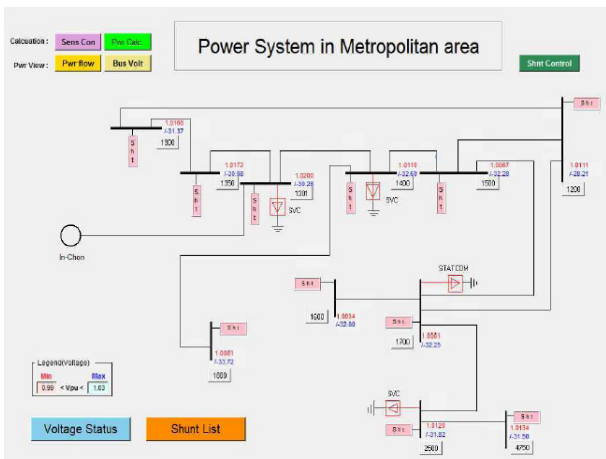


그림 10 무효전력 제어후의 전력계통 HMI

Fig. 10 Power system HMI following to the simulation result

그림 11은 계통의 기준전압을 위반한 모선에서 최대로 전압을 초과한 모선인 성동(1600)의 모선전압(0.9736[pu])을 회복하기 위한 무효전력을 제어 후의 결과이다. 관심계통의 모든 모선이 유지전압으로 회복되는 것으로 나타났다.

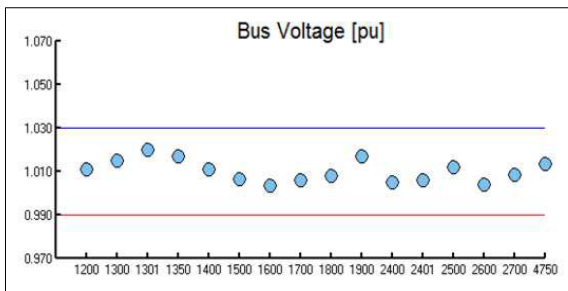


그림 11 무효전력제어 이후의 관심전력계통의 각 모선전압

Fig. 11 Each Bus voltage in the interested power system after reactive power control

2.3.3 순동무효예비전력 확보

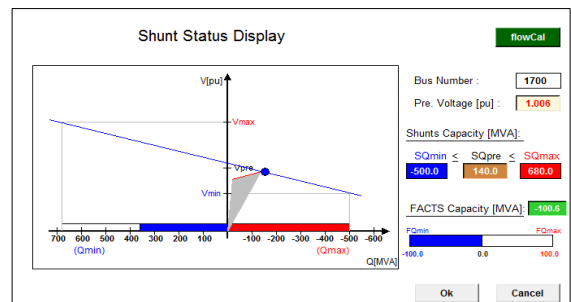
순동무효예비전력을 확보를 위해서는 상대적으로 느린 응답특성과 큰 용량인 MSR/MSC와 같은 기계적인 무효전력보상기기를 제어하여 빠른 응답특성을 가진 FACTS의 무효전력을 draw-back하는 것이다. 다음 표 4는 미금(1700)의 FACTS의 순동무효예비전력의 확보를 통해 제어하는 무효전력량이다.

표 4 예비전력확보를 위한 무효전력의 제어용량

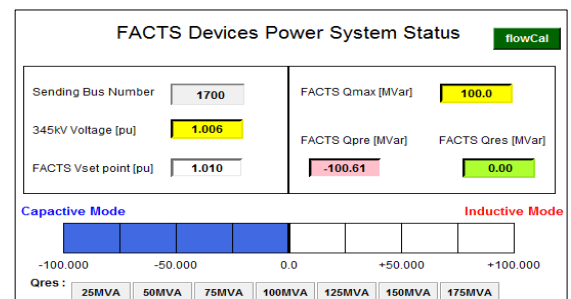
Table 4 Controlled reactive power capacity for secured reactive power reserve

전압 (kV)	모선 번호	운영전력(MVA)		비고	
		제어전	제어후	단위용량	Bank
345	1700	-500	-300	-100	5
154	1730	40	40	5	8
	1790	50	50	5	10
	1775	50	50	50	1
		5	12		
	1725	20	20	5	4
	1710	50	8		
5		12			

그림 12는 미금(1700)의 부하특성곡선과 운영되는 무효전력량을 표시한 것이다. 그림 12(a)는 모선의 부하특성곡선을 나타낸 것으로 FACTS가 최대무효전력으로 운영되고 있다. 그림 12(b)에서 모선전압이 1.006[pu]로서 계통의 전압을 유지하고 있으나 FACTS가 제어하는 유지전압 1.010[pu]보다 작아 FACTS가 capacitive mode로 무효전력을 -100[MVA]으로 운영하고 있다.



(a) 모선의 부하특성곡선

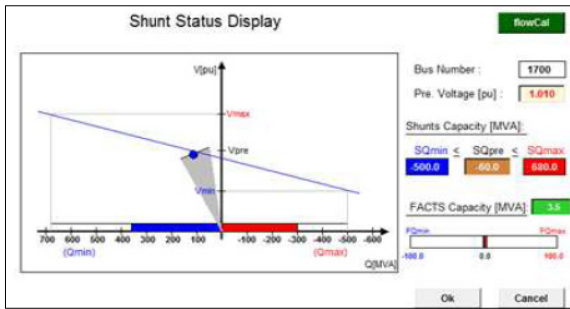


(b) FACTS의 무효전력 운영

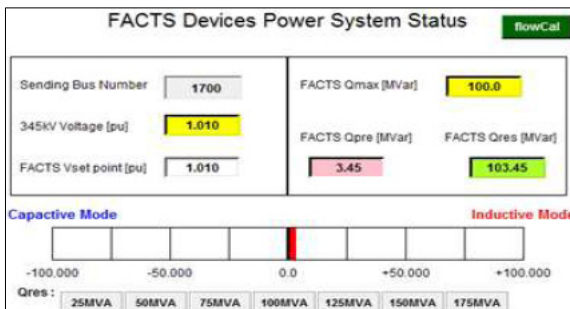
그림 12 순동무효예비전력을 확보전의 부하곡선 및 FACTS 기기

Fig. 12 Load Curve and FACTS device in the previous securing of momentary reactive power reserve

그림 13(a)는 무효전력예비력을 확보후의 모선의 부하특성곡선을 나타낸 것으로 특성곡선에서 무효예비전력을 확보하는 것으로 보인다. 그림 13(b)는 FACTS의 무효전력으로 표 4에서 순동무효예비전력의 확보를 위해 모선(1700)의 Shunt를 +200[MVA] 동작하여 FACTS의 제어 가능한 용량을 확보하는 것을 나타내었다.



(a) 모선의 부하특성곡선



(b) FACTS의 무효전력 운영

그림 13 FACTS의 순동무효예비전력을 확보후의 부하곡선 및 FACTS 기기

Fig. 13 Load Curve and FACTS device after securing of momentary reactive power reserve

3. 결 론

본 논문은 관심전력계통의 모선을 감시하고 무효전력설비의 협조제어를 하는 제어시스템을 구축한 것이다. 전력계통의 모선전압을 안정하게 유지하기 위해 각 모선에 설치되어 있는 무효전력기기를 제어한다. 이 제어시스템은 인근변전소의 무효전력을 제어할 수 있다. 경제적이고 효과적인 제어를 위해 전압민감도를 이용하여 협조제어를 하도록 하고, 또한 FACTS의 순동무효예비력을 확보하여 전력계통의 무효전력의 빠른응답으로 전압안정도를 향상시키는 시스템이다. 이러한 시스템을 구현은 다음과 같은 방법으로 한다.

1) 계통해석을 통해 각 변전소에 설치된 무효전력제어기기의 전압민감도를 계산한다.

2) 관심전력계통의 모선전압상태에 따라 전압유지 또는 예비력확보를 위한 제어방법을 선택한다.

3) 계통의 모선전압을 유지하기위해 정상/비상상태를 판단할 수 있는 기능을 설정하고, 정상상태에서는 무효전력의 확보를 위한 제어, 비상상태에서는 계통의 최대안정성을 위

해 제어하도록 한다.

4) FACTS의 순동무효예비력 확보기능과 순시전압응동능력을 이용하기 위해 계통외란의 정도에 따라 draw-back운전을 통해 순동무효예비력을 확보하도록 설정 구현하였다.

사례연구는 PSS/E의 실제통 데이터를 이용하여 무효전력의 협조제어에 따른 각 모선전압의 유지와 전력계통의 순동무효전력예비력확보에 대하여 모의실험을 하였다. 그 결과, 실제통의 각 모선의 전압감시를 통해 전압보상설비의 효율적인 협조제어를 하여 전압유지기준을 만족하였으며, 순동무효예비력(FACTS기기의 빠른 무효전력제어응답)의 확보를 위해 상대적으로 느린 응답특성을 가진 무효전력기기를 제어하여 예비력을 확보하였다. 이는 실제통에서 본 연구에서 제안된 무효전력 협조제어알고리즘을 이용하여 전압안정도의 향상, 순동무효예비력의 확보를 통한 공급신뢰도가 향상되는 것이라 사료된다. 이를 통해 전력계통의 효율적/경제적인 운용을 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 한국연구재단의 지원에 의하여 이루어진 연구(과제번호:20120007257)로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] Z.Gajic,B.Hillstrom,F.Mekie,"HV SHUNT REACTOR SECRETS FOR PORTECTION ENGINEERS", 30th Western Protective Relay Conf., Oct.21-23, 2003.
- [2] Chang-Han Ahn, Sang-Deok Lee, Ji-Ho Park, Byung-Hoon Jang, Geun-Joon Lee, Hyun-Chul Lee, Young-Sik Baek,"InTouch HMI Deveolpment to Real-Time Power System Analysis",Trans. KIEE, Vol.58, No.2, Feb. 2009.
- [3] Hyun-Chul Lee, Ji-Ho Park, Tae-Young, Ki-Seok Jeoung, San-Duk Lee, Young-Sik Baek, "A Study of Reactive Power Control for vottage stability enhancement in power system", KIEE Conf., 2011.07, pp.191-192.
- [4] Sang-Deok Lee, Young-Sik Baek, Gyu-Seok Seo, "Coordinated Control Modeling and Simulation among the Voltage Comensation Equipemnts Using Python", Trans. KIEE, Vol.59, No.1, Jan. 2010.
- [5] Park Chul-Woo, Kim Kyun-Joong, Eom Jae-Sun, Park Hun-Kyoung, "A case Study on Secure Dynamic Reactive Power in Kyung-In and Nearby Area", KIEE Conf. 2002.07. pp.35-37.
- [6] G.Andersson, "Modeling and Analysis of Electric Power System", EEH-Power System Lab., Sep. 2008.
- [7] P.Kundur, "Power System Stability and Control", McGraw-Hill, 1994.

저 자 소 개



이 현 철 (李賢哲)

1979년 12월 13일생. 2002년 원광대 전기공학과 졸업. 2004년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년~2005년(주)네스랩 연구원, 2007년~2009년 (주)그린넷과워 연구원. 2009~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 박사과정

Tel : 053-940-8602

E-mail : oneye1@naver.com



정 기 석 (鄭基石)

1985년 3월 30일생. 2008년 경북대 전자전기컴퓨터공학과 졸업. 2010년 동대학원 전자전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 현재 경북대 전자전기컴퓨터공학부 박사과정

Tel : 053-940-8602

E-mail : biotronic@naver.com



박 지 호 (朴志皓)

1967년 9월 14일생. 1991년 경북대 전기공학과 졸업. 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 시간강사

Tel : 053-940-8602

E-mail : pjh@ee.knu.ac.kr



백 영 식 (白榮植)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1977년 명지대 전기공학과 조교수. 현재 경북대 전자전기컴퓨터공학부 교수

Tel : 053-950-5602

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