

# 무효전력 경제급전을 고려한 345kV 송전계통의 기준 전압 설정 방법

## Determining the Reference Voltage of 345 kV Transmission System Considering Economic Dispatch of Reactive Power

황인규\* · 진영규<sup>†</sup> · 윤용태\*\* · 추진부\*\*\*

(In-Kyu Hwang · Young-Gyu Jin · Yong-Tae Yoon · Jin-Boo Choo)

**Abstract** - In the cost based pool market in Korea, there is no compensation of reactive power because the fuel cost for reactive power is relatively low compared to that of active power. However, the change of energy paradigm in the future, such as widespread integration of distributed renewable energy source, will prevent the system operator from mandating the reactive power supply without any compensation. Thus, in this study, we propose the reference voltage of the 345 kV transmission system that minimizes the reactive power supply. This is closely related to the economic dispatch of reactive power aiming at minimizing the compensation cost for the reactive power service. In order to verify the effectiveness of the proposed reference voltage, the simulations are performed using the IEEE 14 bus system and the KEPCO real networks. The simulation results show that a voltage lower than the current reference value is recommended to reduce the reactive power supply and also suggest that the current voltage specification for the 345 kV system needs to be reviewed.

**Key Words** : Reactive power, Reference voltage, Shunt reactor, Power flow

### 1. 서론

2001년 전력산업 구조개편을 통해 국내 전력시장은 6개의 발전사로 분리되어 경쟁 체계를 구축하였고, 전력시장과 전력계통 운영을 담당할 전력거래소를 설립하였다. 이때 무효전력 비용 보상에 관한 연구가 진행되었지만 연료비에 의해 가격이 결정되는 변동비 반영시장(cost based pool, CBP)에서 상대적으로 연료비가 아주 적은 무효전력에 대한 가격이나 보상은 이루어지지 않았다. 하지만 향후의 전력 시스템은 대단위 신재생에너지 확대, 분산형 전원 증가와 같은 에너지 패러다임의 변화로 인해 더 이상 특정 이해관계자에게 무효전력의 공급과 충분한 예비력 확보를 의무적으로 강요할 수 없게 될 것이다. 따라서 전력계통 신뢰도를 유지하고 양질의 전기 품질 유지를 위한 무효전력 공급자들의 무효전력 인프라 구축에 대한 투자 동기 부여와 안정적 공급을 위해 무효전력 서비스 보상 체계와 공정한 거래를 확보할 방안을 모색할 필요가 있다.

해외의 무효전력 서비스에 대한 보상 사례를 보면 전력시장 개방과 자유 경쟁 속에서 자연스럽게 계통 신뢰도와 전압 안정을 유지하기 위해 적용되었다. 미국은 1996년 미연방 에너지 규제위원회(FERC) Order 888을 발표하면서 전압 보상을 위한 발전기 무효전력을 보조서비스(ancillary service)로 지정하고 송전사업자의 요금에 포함되어야 한다고 명시하였다. 이 시기 무효전력 비용 보상을 고려한 이유는 송전망 시장이 개방되고 독립 계통운영자(independent system operator, ISO)가 등장하면서 안정적인 무효전력 공급과 발전사업자의 무효전력 설비에 대한 투자 동기 부여가 필요했기 때문이다[1]. 현재 미국 내 New York ISO (NYISO), California ISO(CAISO), PJM 등 대부분의 ISO가 방식은 다르지만 발전사업자에게 무효전력 비용을 보상하고 있고 캐나다, 영국, 스웨덴, 네덜란드, 호주, 인도, 일본 등도 보상하고 있다.

국내 345 kV 송전계통을 보면 특이점을 발견하게 되는데, 첫 번째는 345 kV 계통 기준전압이 353kV으로 전압조정목표(353-17 kV~353+7 kV)의 중간값보다 8kV 높게 운영하고 있고, 두 번째는 무효전력 보상장치의 대부분이 분로 리액터(shunt reactor)로 전압보상을 하고 있다는 것이다. 분로 리액터의 역할은 무효전력을 흡수하여 전압상승을 억제하고, 특히 경부하 시 수전단 전압 상승을 억제하기 위해 부하 측에 설치하는 게 일반적이지만, 발전 모선이나 발전소 인근 변전소에도 많은 양의 무효전력 보상장치를 운영하고 있다. 분로 리액터와 같은 무효전력 보상장치는 하루에 최소 1회 이상 다빈도로 운전하며 분로 리액터 차단 시 전

<sup>†</sup> Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Jeju National University, Korea.

E-mail: ygjin93@jejunu.ac.kr

\* Regional Headquarter KEPCO Incheon, Korea Electric Power Corporation, Korea.

\*\* Dept. of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University, Korea.

\*\*\*Advisor, PowerNix Co. Ltd., Korea.

Received : January 11, 2018; Accepted : April 24, 2018

류재단 현상(current chopping)에 의한 과도회복전압에 의해 고장이 자주 발생하여 운영에 많은 어려움을 겪고 있다[2].

345kV 계통전압과 유효전력 손실량에 대한 연구 결과에 따르면, 송전전압을 353kV로 설정한 경우에 평균 손실량이 722 MW인데 비해 송전전압을 345kV로 낮추게 되면 평균 손실량이 100 MW 증가한다[3]. 또한 부하 측에 전달되는 전력은 전원 측 전압의 제곱에 비례하여 증가하고, 전압 안정도 여유분도 송전전압이 높을수록 증가한다[4]. 이와 같이 높은 계통전압은 송전손실 저감, 송전용량 증대 및 전압 안정도 측면에서 유리하지만, 전력설비의 열화나 절연에 악영향이 있고 특히 많은 무효전력을 필요로 한다. 계통 기준전압이 제정되고 20년이 지난 지금까지도 송전손실 절감과 발전비용 최소화를 목표로 높은 계통전압으로 운영하면서 무효전력의 비효율성이 발생하였지만, 앞으로의 전력 환경 변화에 맞는 변화가 필요하다[5]. 따라서 본 논문에서는 국내 345kV 송전계통에서의 무효전력 운영 현황을 조사하고, 해외의 무효전력 보상 사례의 검토를 통해 국내 전력시스템에서 적용 가능한 모델을 제시하였다. 또한 본 IEEE 14 표준모선과 한전 실제 계통에 대한 사례 연구를 통해 345kV 계통 기준전압의 재검토 필요성을 검증하였다.

## 2. 무효전력 운영 및 비용 산정

### 2.1 국내 무효전력 운영 현황

1996년 제정한 계통 신뢰도 및 전기품질 유지 기준에서 345 kV 계통의 기준전압을 353kV로 최초로 정하여 현재까지 운영하고 있다. 표 1은 해외 및 국내 계통의 목표전압과 전압유지 범위이다. 대부분의 전력계통은 목표전압을 전압유지 범위의 중간값으로 운영한다. 일본의 경우 주간, 야간에 따라 전압 범위를 다르게 운영하는데, 주간에는 송전손실 경감을 위해 높은 전압을 운영하고, 야간에는 수전단의 전압상승을 억제하기 위해 주간에 비해 낮은 전압으로 운영한다.

국내 무효전력의 운영 현황을 살펴보면 높은 계통전압과는 반대로 송전 계통에는 무효전력을 흡수(소비)하여 전압을 낮추는 분로 리액터만 운영하고 있다. 한전에서 운영하는 무효전력 보상 장치는 2016년 말 기준 전력용 콘덴서 23GVar, 분로 리액터 15.7GVar 운영 중인데, 이 중 345kV 계통에는 순동 무효전력 보

표 1 해외 및 국내 전압유지 범위

Table 1 345 kV reference voltage and its operational range in some countries

국가	계통 운영자	전압유지 범위		목표전압 (kV)
		최소	최대	
미국	NYISO	338	362	345
	PJM	328	362	345
	ERCOT	330	362	345
영국	NGC	380	420	400
일본	구주전력	512(주간)	525	500
		510(야간)		
한국	전력거래소	336	360	353

상장치(SVC, STATCOM)를 제외하면 전량 분로 리액터로 11.1GVar를 운영 중이다[6]. 무효전력 보상장치는 송전손실로 장거리 송전이 어렵고 국지적 성질을 갖고 있어 부하 측이나 필요개소에 설치하는 게 일반적인데, 많은 분로 리액터가 발전단지 인근에서 집중적으로 운영 중이다. 발전단의 높은 345kV 전압을 낮추기 위해 많은 분로 리액터로 무효전력을 보상(소비)하여 전압을 낮추고 경부하 시 수전단의 전압상승을 억제하기 위해 송전단의 분로 리액터로 보상하지만, 그것으로는 부족하여 송전선로를 개방하여 송전선로의 무효전력 공급을 차단하고 있다. 해외 전력사나 ISO의 무효전력 운영 자료를 보면 전력용 콘덴서를 활용하여 전압을 조정하는 것이 대부분인데, 국내처럼 송전 계통에 분로 리액터만으로 전압을 조정하는 경우는 상당히 드문 사례이다.

### 2.2 해외 무효전력 비용 보상

New York ISO(NYISO)는 무효전력을 공급하는 발전기에 대해서 보상하지만, 공공 발전사와 민간 발전사에서 운영하는 발전기에 대해 상이한 보상방법을 채택하고 있다. NYISO는 전압 보상서비스에 참여하는 발전기에는 AVR(auto voltage regulator)의 의무적 설치·운영을 지시하고 있다. 공급 발전기 자격을 획득하기 위해 발전기의 무효전력 용량 데이터를 제출해야 하고, 매년 진상 무효전력과 지상 무효전력 용량에 대한 테스트를 실행해야 한다. NYISO는 무효전력 공급 자격이 있는 발전기에 대해 2가지의 방식으로 보상하고 있다. 첫 번째는 전압보상서비스에 대한 연간 보상방법으로 전압보상 서비스에 대한 요금은 전압보상을 위해 무효전력 공급량이 AVR의 보상량과 동일하게 판단하고 AVR 보상에 대해 연간 지불하게 된다. 2014년 기준 \$2,592/MVAr이며 매년 전년도 소비자 물가지수 상승에 따라 변동된다. 두 번째는 무효전력을 공급하기 위해 유효전력 감소에 대한 기회비용(lost opportunity cost, LOC)의 보상으로, 그림 1의 회색 부분이 입찰에 의해 책정된 기회비용이다[7].

캘리포니아 계통에서 전압보상과 무효전력 관리는 CAISO가 책임지고 있다. CAISO는 송전, 배전사업자, 발전사업자의 전압보

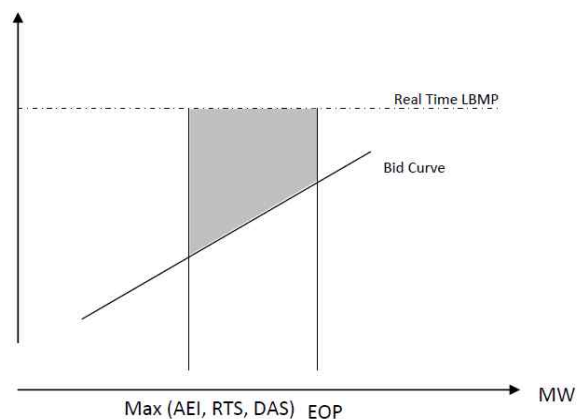


그림 1 NYISO 기회비용 입찰곡선

Fig. 1 Bid Curve Used to Calculate LOC

상 설비들을 조정한다. 예를 들면 배전사업자의 역률이 지상 0.97~진상 0.99 유지하는지, 송전사업자의 전압보상장치(전력용 콘덴서나 리액터)의 제어, 발전기 역률이 지상 0.9~진상 0.95 유지하는지 여부 등을 감시하는 등 전압 스케줄링과 무효전력의 최적화를 관리한다. 전압보상과 무효전력은 신뢰도가 높은 발전기를 통해 조달하고 이에 해당하는 비용을 보상한다[8].

PJM의 발전사는 무효전력 공급과 전압보상에 대한 비용으로 연간 무효전력 수입 요구액의 1/12을 매월 균일하게 보상받는다. 발전사업자는 수입 요구액을 언제든지 FERC에 제출할 수 있다. 무효전력과 전압보상 요금은 지역적으로 영역(zone load)과 비영역(non-zone load)으로 구분하여 별도로 계산된다.

영국에서는 National Grid Company(NGC)가 ISO 역할을 하고 있으며, 무효전력 서비스에 대한 보상은 기본보상과 입찰이다. 기본보상은 NGC에 속한 50MW 이상인 발전기가 공급하는 의무 무효전력 서비스(obligatory reactive power service, ORPS)로서, 지상 0.85 ~ 진상 0.95 범위에서 공급하는 무효전력에 대해 보상한다. 입찰은 확대 무효전력 서비스(enhanced reactive power service, ERPS)로, 최소 무효전력 공급 능력을 초과하는 무효전력을 공급하기 위한 입찰을 통해 공급하게 된다. 입찰은 6개월마다 실시되고 입찰 가격과 발전기의 공급능력으로 평가받는다.

네덜란드의 경우 송전회사는 발전회사 또는 다른 송전회사와의 계약을 통해 무효전력을 공급받는다. 발전회사는 발전기 무효전력 공급용량에 대해서만 보상받고 공급량에 대해서는 보상받지 못한다. 벨기에의 무효전력 요금은 역률 영역에 차등 요금제를 운영하고 있다. 예를 들면 진상 0.95~지상 0.95에서의 요금은 0.21 Euro/MVAr 정도이지만 이 영역을 벗어날 경우 6 Euro/MVAr 정도를 지불해야 한다. 호주는 발전기와 동기 조상기에 무효전력 서비스를 보상하고 있다. 호주는 일정 역률 영역(진상 0.93~지상 0.9)에서의 의무적 공급을 규정하고 있으며, 그 외 영역에서의 공급에 대해서는 기회비용으로 보상하고 있다.

### 3. 사례 연구

무효전력은 계통전압을 보상하여 계통 신뢰도와 전압 안정도에 기여한다. 전력조류 방정식을 기본으로 부하 모선의 무효전력 필요량과 발전모선의 전압과의 관계식으로 표현하였다. 무효전력 비용은 진상 또는 지상 무효전력 공급량에 대한 함수로서, 일례로 유효전력 발전비용 함수처럼 2차 함수로 지정할 수 있다[9]. 그러나 국내에서는 아직 무효전력 비용을 산정하지 않고 있으므로, 본 연구에서는 무효전력 비용이 진상/지상 무효전력의 공급량에 선형적으로 비례하는 절대값 함수로 가정하고, 무효전력의 공급량 자체를 최소화하는 계통전압을 도출하는 방법을 사용하였다. 제약조건으로는 부하모선의 전압이  $E_{min}(0.95pu)$ 과  $E_{max}(1.05pu)$ 의 계통전압 유지범위를 준수한다는 조건을 적용하였다. 계통 전압의 설정에 따른 무효전력의 최소화 검증을 위해 IEEE 14 모선 시스템과 한전 실제 계통을 PSS/E 프로그램을 사용하였고, 발전모선 전압의 변화에 따른 무효전력량의 변화를 통해 무효전력의 경제급전을 고려한 계통 목표전압을 제시하였다.

### 3.1 IEEE 14 모선계통 적용 사례

그림 2는 IEEE 14 모선 시스템으로 총 5개의 발전모선과 9개의 부하모선으로 구성되어 있다. 모선 1은 슬랙모선으로 설정하고 나머지 4개의 발전모선(2, 3, 6, 8)의 전압 변화에 따른 무효전력 변화량을 조사하였다. 슬랙모선을 제외한 발전모선의 전압 제어에 의해 보상되는 무효전력의 총량을 최소로 하는 발전모선 전압을 구하고자 한다. IEEE 14 모선 데이터를 표 2에 나타냈다.

표 3은 발전모선 전압을 0.01pu씩 저감할 때 발전모선의 무효전력량을 구한 것이다. 모선 1은 슬랙모선으로 송전선로의 무효전력 손실분을 보상한 것으로, 무효전력의 특성상 총량을 계산할

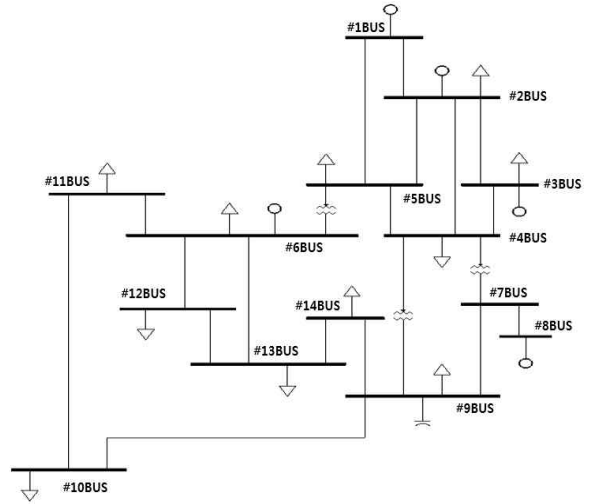


그림 2 IEEE 14 모선 시스템

Fig. 2 One-line diagram for the IEEE 14 bus system

표 2 IEEE 14 모선 데이터

Table 2 Parameters for the IEEE 14 bus systems

모선	전압 크기 (pu)	발전기				부하	
		$P_G$	$Q_G$	$Q_{max}$	$Q_{min}$	MW	MVAr
1	1.06	232.4	-16.6	0	0	-	-
2	1.045	40	43.6	50	-40	21.7	22
3	1.01	0	25.1	40	0	94.2	19
4	1.0117	-	-	-	-	47.8	-3.9
5	1.0195	-	-	-	-	7.6	1.6
6	1.07	0	12.7	24	-6	11.2	7.5
7	1.0615	-	-	-	-	-	-
8	1.09	0	17.6	24	-6	-	-
9	1.0559	-	-	-	-	29.5	16.6
10	1.0510	-	-	-	-	9.0	5.8
11	1.0569	-	-	-	-	3.5	1.8
12	1.0552	-	-	-	-	6.1	1.6
13	1.0504	-	-	-	-	13.5	5.8
14	1.0355	-	-	-	-	14.9	5.0

때는 합산하는 방식으로 무효전력 총량을 구하였다. 발전모선 전압이 0.99pu 이하에서 부등식 제약조건을 초과하는 저전압 개소가 발생하기 시작하였다. 345kV 계통 목표전압인 353kV(1.02pu)을 계통 목표전압을 1.0pu로 변경하는 경우 무효전력 총량은 37% 감소하였다. 0.97pu 부근에서 무효전력이 최저가 되었고 이후 다시 증가하였다.

3.2 한전 실제 계통 적용 사례

국내 실 계통을 활용하여 345kV 계통전압 변화에 따른 무효전력 보상 추이를 살펴보기 위해 인천 지역의 발전기 단자전압에 대해 전압유지범위(1.05pu~0.95pu)를 0.01pu씩 조정하면서 발전기의 무효전력 공급량의 변화를 살펴보았다. 부하 데이터는 한전

표 3 IEEE 14 모선의 전압에 대한 무효전력(MVAr) 변화  
Table 3 Reactive power (MVAr) with respect to the system voltage for the IEEE 14 bus system

발전모선 전압	모선					무효전력 합계
	1	2	3	6	8	
1.05	-39	50	40	24	18	172
1.04	-36	50	40	24	16	166
1.03	-35	50	40	22	17	164
1.02	-30	50	40	19	15	154
1.01	-24	50	40	18	11	142
1.00	-19	50	40	15	9	133
0.99	-14	50	40	12	8	125
0.98	-3	43	40	10	7	104
0.97	17	25	40	10	7	99
0.96	37	7	40	10	7	101
0.95	57	-10	40	10	7	124

2016년 동계 최대부하 자료(16.1.21 11시)를 이용하였다. 인천 지역을 선택한 이유는 발전단이 밀집해 있고 송전선로 지중화가 70% 이상이며 부하에 따른 무효전력량의 변화가 심한 곳이기 때문이다. 인천 지역 총 발전량은 8238MW이고, 345kV 분로 리액터 2,100MVAr을 운영하고 있다.

그림 3은 인천지역 발전소와 연계 계통 변전소, 분로 리액터 설치 현황이다. 발전소 공용 모선에 있는 일부 분로 리액터는 상시 운전 중임에도 불구하고 발전모선의 전압은 353kV 이상을 항상 유지하고 있어 본 연구에 가장 적합한 실제 계통이라고 할 수 있다. PSS/E 조류계산 시 모드 설정은 변압기 탭운전 고정, 무효전력 보상장치는 Lock 으로 설정하였고 서인천 복합 모선에 연결된 분로 리액터(500MVAr)를 운전, 정지로 구분하여 사례 연구를 진행하였다. 인천 지역의 서인천 복합 발전모선과 신인천 복합 발전모선에 연결된 발전기 12대의 단자전압을 1.05pu부터 0.01pu씩

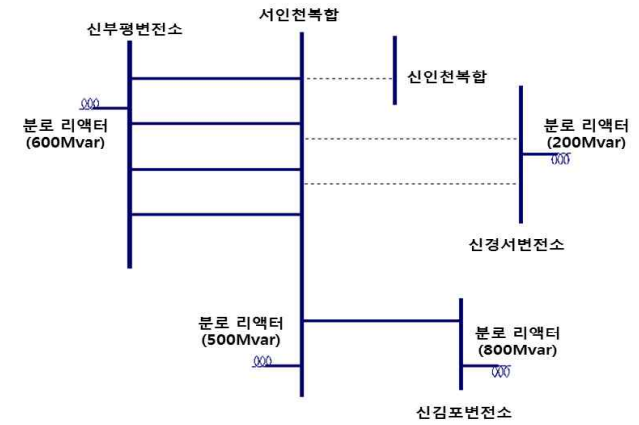


그림 3 인천 지역 발전단지 계통도  
Fig. 3 Structure of the power networks in Incheon area

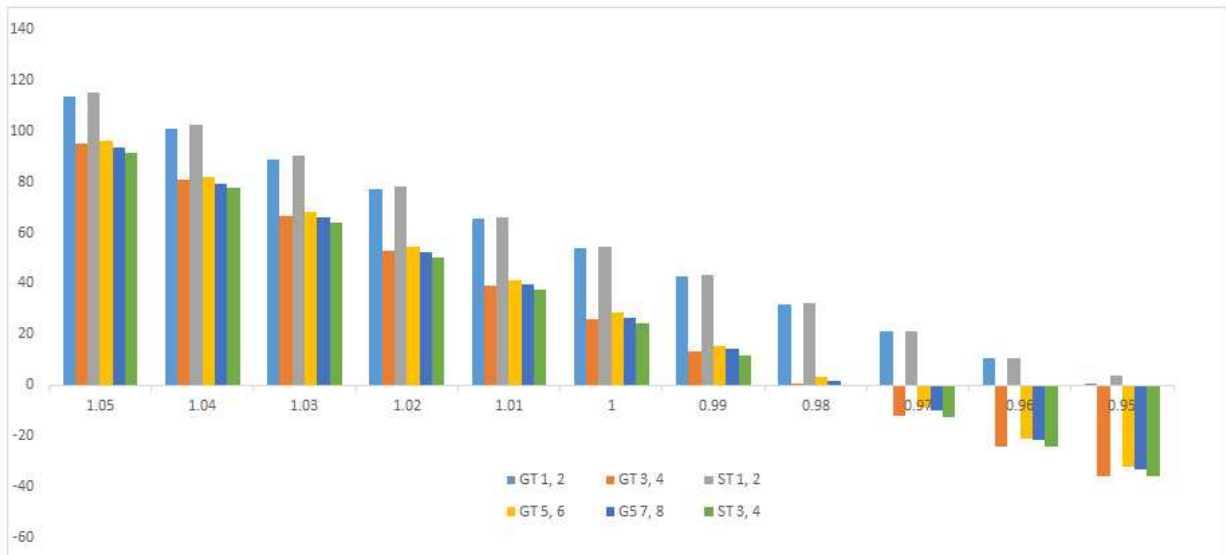


그림 4 발전기 무효전력 응답 (분로 리액터 운전)  
Fig. 4 Reactive power supply of generators when the shunt reactor is on

감소시키면서 무효전력 공급 혹은 소비량을 측정하였다.

분로 리액터를 운전했을 때의 발전기 무효전력 응답과 무효전력 총량을 각각 그림 4와 그림 5에 나타냈다. 단자전압 변화에 따른 발전기 무효전력 최소 보상으로 예측했던 1.0pu에서 최소의 무효전력량이 나오지 않고, 오히려 0.98pu 부근에서 무효전력량이 최소가 되었다. GT1, 2와 ST1, 2는 서인천 복합 모선에 연결된 발전기로서, 분로 리액터 운전으로 전압보상을 위해 더 많은 무효전력을 공급하고 있다. 발전기의 총 무효전력량도 발전기 단자전압 0.98pu 부근에서 최소화되며 높은 발전기 단자전압에서 다량의 무효전력을 보상하고 있음을 알 수 있다.

분로 리액터를 운전하지 않았을 때의 발전기 무효전력 응답과 무효전력 총량을 각각 그림 6과 그림 7에 나타냈다. 분로 리액터

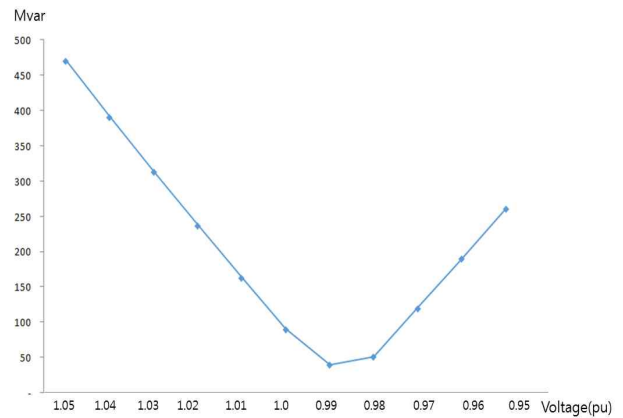


그림 7 발전기 무효전력 총량 (분로 리액터 정지)

Fig. 7 Total reactive power supply with respect to the voltage when the shunt reactor is off

를 운전했을 경우와 비교했을 때, 전압별 평균 130MVar 정도 무효전력을 덜 보상해도 동일한 전압을 유지할 수 있었다. 서인천 복합 발전모선의 분로 리액터의 운전에 따라 GT1, 2와 ST1, 2의 무효전력 변화량이 크게 감소하였다. 분로 리액터의 운전과 관계없이 무효전력 최소량은 0.99~0.98pu 사이에서 나타남을 확인하였다.

#### 4. 결 론

본 연구는 무효전력의 효율적 운영을 위해 계통의 무효전력 보상장치의 불균형을 바로 잡고, 또 경제급전을 위해 345kV 계통 기준전압을 재검토해야 한다는 관점에서 시작하였다. 본 연구는

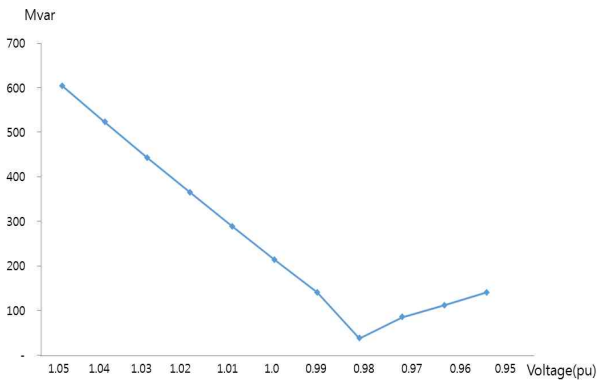


그림 5 발전기 무효전력 총량 (분로 리액터 운전)

Fig. 5 Total reactive power supply with respect to the voltage when the shunt reactor is on

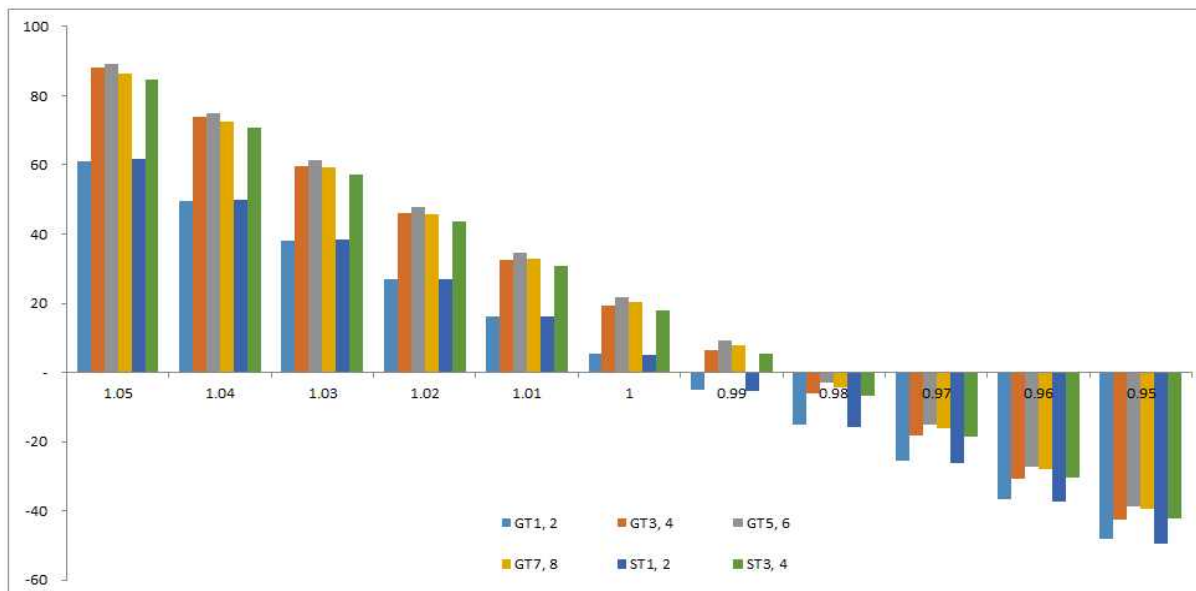


그림 6 발전기 무효전력 응답 (분로 리액터 정지)

Fig. 6 Reactive power supply of generators when the shunt reactor is off

송전망의 무효전력 보상장치의 비정상적 운영에 대한 의구심에서 출발하여 345kV 계통 기준전압의 재검토까지 이르게 되었고, 345 kV 계통전압의 비효율성을 입증하기 위해 무효전력 공급량 측면에서의 최적화 문제를 활용하였다. 일반적인 전력시스템의 최적화나 전압보상 문제에서는 무효전력과 유효전력에 영향을 받지만, 유효전력은 상대적으로 영향이 적어 본 연구의 목적인 계통 기준전압 재검토의 필요성을 부각하기 위해 무효전력에만 초점을 맞추었다.

기본 전력조류 방정식을 활용하여 발전모선 전압을 무효전력 조정변수로 사용하여 IEEE 14 모선과 한전 실제 계통을 활용한 사례 연구로 무효전력 경제급전을 고려한 계통전압 재검토에 대한 근거를 제시하였다. IEEE 14 모선과 한전 실제 계통 사례 연구에서 무효전력 경제급전 구간은 0.98pu 부근이 최적 전압으로 확인되었다. 그러나 다른 연구결과에 따르면 송전계통의 전압을 낮추게 되면 송전손실 증가, 송전용량 감소 및 전압 안정도 여유분 축소와 같은 부정적 영향이 발생할 수 있다. 따라서 적정 송전계통 전압을 현재의 값보다 낮추되, 본 연구의 정량적 결과로 산출된 0.98pu 대신 해외 전력사의 사례와 같이 1.0pu의 기준전압으로 변경하는 것도 좋은 대안이 될 수 있을 것이다.

### References

- [1] Federal Energy Regulatory Commission, Principles for Efficient and Reliable Reactive Power Supply and Consumption, Staff Report, pp. 46-47, 2005.
- [2] IEEE Power and Energy Society, IEEE Guide for Application of Shunt Reactor Switching, IEEE Std. C37.015-2009, 2010.
- [3] KEPCO Research Institute Study on Establishment of Optimum Operating Standard for 345kV Line Voltage, KEPRI Technical Report, 2016.
- [4] K.Y. Song, Power System Engineering: New Edition, Dongil, 2011.
- [5] K.Y. Hwang et al., "A study on 345kV power system reference voltage considering economic dispatch of reactive power", Proceedings of KIEE Summer Conference, pp. 445-446, 2017.
- [6] Korea Power Exchange, Power System Operation Record in 2016, KPX Report, 2017.
- [7] New York Independent System Operator, NYISO Tariffs, 2017.
- [8] A.D. Papalexopoulos, G.A. Angelidis, "Reactive Power Management and Pricing in the California Market", IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, 2006.
- [9] N.H. Dandachi, M.J. Rawlins, O. Alsac, M. Prais, B. Stott, "OPF for Reactive Pricing Studies on the NGC System", Proceedings of Power Industry Computer Applications Conference, 1995.

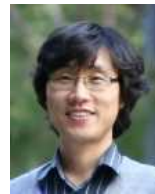
## 저 자 소 개



### 황 인 규 (In-Kyu Hwang)

2001년 인하대학교 전기공학과 졸업, 2018년 서울대학교 공학전문대학원 응용공학과 졸업(석사), 2001년~2002년 삼성SDI 근무, 2003년~2004년 현대제철 근무, 현재 한국전력공사 근무

E-mail : swain7824@kepcoco.kr



### 진 영 규 (Young-Gyu Jin)

1999년 서울대학교 전기공학부 졸업, 2001년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 졸업(석사), 2002년~2010년 KT 근무, 2014년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박사), 현재 제주대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 조교수

E-mail : ygjin93@jejunu.ac.kr



### 윤 용 태 (Yong-Tae Yoon)

1995년 MIT 수학과 졸업, 1997년 MIT 전기컴퓨터공학부 졸업, 2001년 MIT 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박사), 2002년~2003년 Oklahoma 대학 조교수 근무, 현재 서울대학교 전기정보공학부 교수

E-mail : ytyoon@snu.ac.kr



### 추 진 부 (Jin-Boo Choo)

1977년 서울대학교 전기공학과 졸업, 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1977년~2008년 한국전력공사 전력연구원 근무(소장), 2008년~2015년 충남대학교 초빙교수 등 근무, 현재 (주)파워닉스 근무(기술고문)

E-mail : cinsege@hanmail.net