



전압조정장치(Sh.C) 자동운전 System 확대 구축

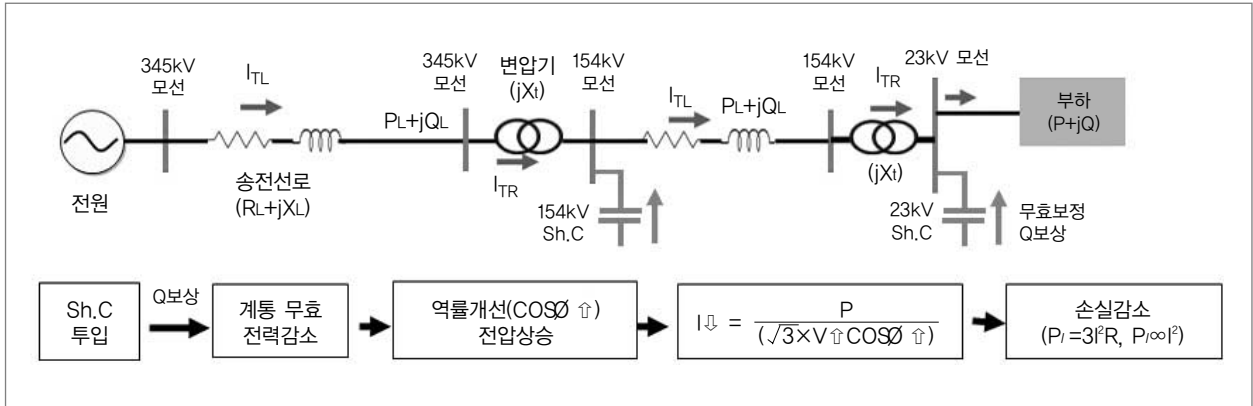


박 정 호
KEPCO 송변전운영처 계통운영팀 차장

1. 개 황

전압조정장치(Sh.C)는 전력수요 증가 등으로 계통전압이 저하되면 이를 보상하는 설비이다. 즉 전력수요가

증가하면 이에 비례하여 무효전력이 증가되는데 이때 무효전력을 보상하는 Sh.C를 투입한다. 전압과 전력손실 관계를 살펴보면 그림 1과 같다.



[그림 1] 전압과 전력손실 관계

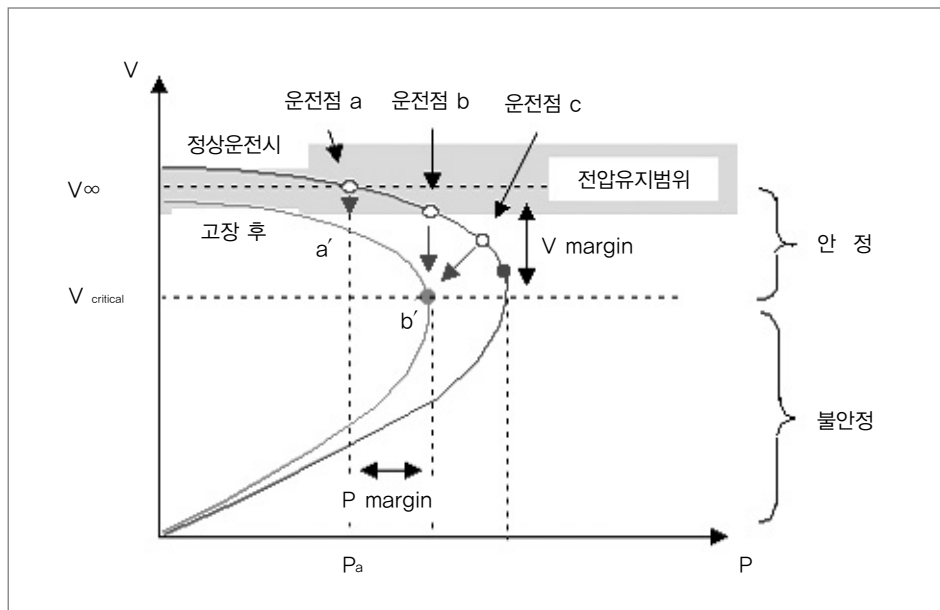
Sh.C를 투입하여 전압이 상승되면 전류가 감소되어 전력손실이 감소된다. 전압과 안정도의 관계는 그림 2와 같다.

높게 운전하여야 전력손실, 계통안정도 측면에서 유리하다.

평시 전압이 높은 a지점에서 운전 시 고장이 발생하여도 a' 지점에 이동하면 전력계통이 안정되지만, 전압이 낮은 c지점에서 운전 시 고장이 발생하면 전압붕괴점 b' 미만으로 전압이 낮아져 전력계통 붕괴가 발생된다. 평상시 전압을 기기 손상이 발생하지 않는 범위 내에서

2. 변전소에서의 전압관리 현황

전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준, 전력시장 운영 규칙에서 계통압 조정목표를 규정하고 있는데 345kV 계통은 336~360kV, 154kV 계통은 중부하시 156~



[그림 2] 전압과 안정도의 관계

[표 1] 급전분소(43개소) 154kV 변전설비 조작개소

구 분	합 계	평균	최 대(신성남)	최 소(청양)	비 고
변전소(개소)	565	13	24	5	2011. 12 기준
변압기(대)	1,752	41	75	13	

[표 2] 무인변전소 휴전 및 Sh.C 조작시간 비교

구 분	154kV 휴전	23kV 휴전	Sh.C	계
조작건수(건)	88	186	7,326	7,849
조작시간(h)	44(7%)	93(14%)	488(76%)	642(100%)

164kV, 부하변동 시 153~161kV, 경부하시 152~160kV 이다. 또한 계통전압 조정은 모선전압을 기준으로 변전소에서 자율적으로 조정하되 필요 시 거래소에서 급전지시하며, 기준전압 허용범위를 유지하도록 운전하되, 조상 설비는 급격한 전압변동이 없도록 단위용량별로 나누어 단계적으로 조작한다.

한국전력공사에서 무인변전소를 조작하는 급전분소 별 변전소 개소 및 변압기 대수, 휴전 및 Sh.C 조작시간은 표 1, 2와 같다.

급전분소별 조작대상이 많고 Sh.C 수동조작에 많은 시간이 소요되며, 근무자 임의로 계통전압 유지 범위 내에서 Sh.C를 조작하고 있으나, 전압유지 범위가 넓어 Sh.C 투입량이 무효전력 소비량 대비 부족한 현상이 발생할 수 있다.

또한 현재 Sh.C 운전은 근무자가 수동운전하고 있으나, Sh.C 조작 시간대가 대부분 휴전시간 또는 교대근무 전·후 시간으로 중첩되어 상시 감시가 곤란하여 Sh.C를 적정하게 투입하지 못하는 사례가 발생할 수 있으며, Sh.C 조작업무 및 무인 변전소 과다로 급전분소 근무자의 업무 부담이 증가되고 있다.

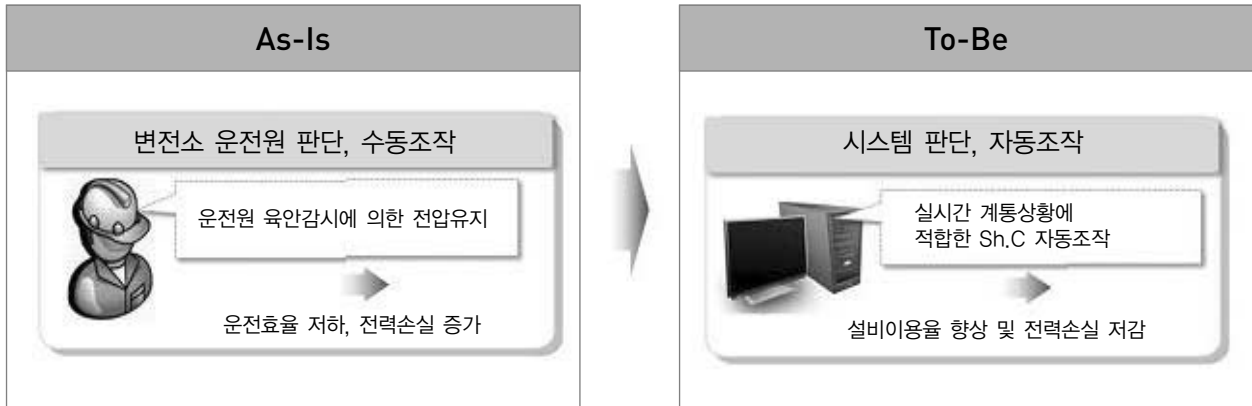
전압을 실시간으로 적정하게 유지하고, 급전분소 근무자의 Sh.C 조작업무를 경감하여 전력공급과 직결된 조작업무에 좀 더 충실하게 할 수 있도록 전압조정장치(Sh.C) 자동운전 System을 확대 구축하게 되었다.

3. 전압조정장치(Sh.C) 자동운전 System 개요

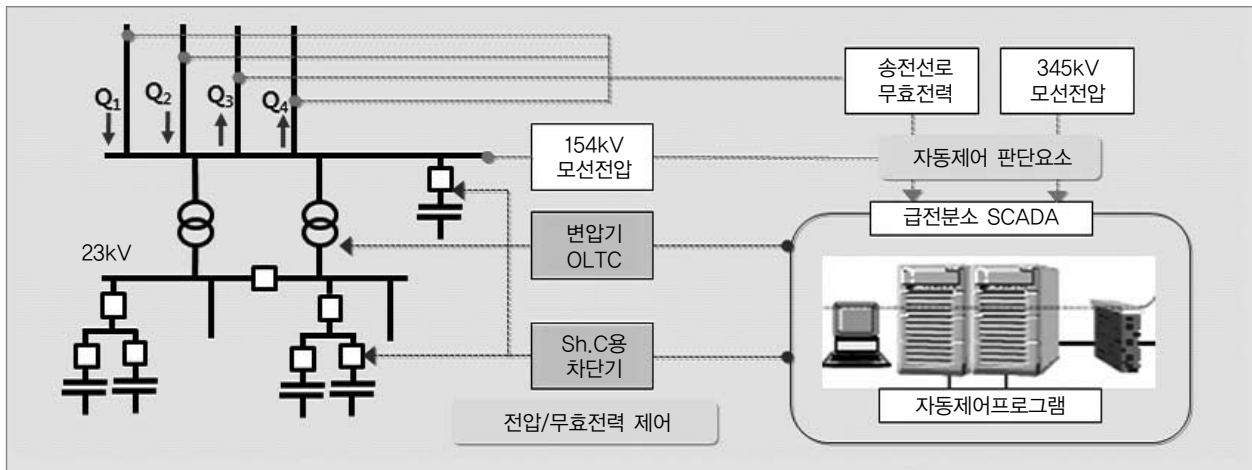
Sh.C 자동운전 시스템의 도입목적 및 효과는 그림 3과 같다.

Sh.C 자동운전 시스템은 변전소 감시·제어 시스템인 SCADA(Sub-Station Control And Data Aquisition)에서 전압 및 송전선로 무효전력 값을 취득, 연산하여 Sh.C를 자동제어 하며, 23kV Sh.C 제어 전 154kV 변압기 OLTC가 자동 하강(상승)하고 제어 후에는 OLTC를 수동에서 자동으로 전환한다.

Sh.C 자동운전 시스템 제어방법은 모선전압, 무효전력, 모선전압+무효전력 3종류가 있으며, 표 3에서 방법 및 목적을 간략하게 설명하였다.



[그림 3] Sh.C 자동운전 시스템의 도입목적 및 효과



[그림 4] Sh.C 자동운전 시스템 개요도

[표 3] Sh.C 자동운전 시스템 운전모드

운전 모드	동작 방법	목적
모선전압	Sh.C 설치변전소 154kV 모선전압을 적정범위 내 유지하도록 Sh.C 자동 투입/개방	최적 전압유지
무효전력	Sh.C 설치변전소의 송전선로 무효전력 값을 합산하여 적정범위 내에서 유입 및 유출되도록 Sh.C 자동 투입/개방	최적 역률 관리
모선전압+무효전력	모선전압과 송전선로 무효전력 값 합의 OR조건으로 Sh.C 자동 투입/개방	전압유지 및 역률 관리

Sh.C 자동운전 시스템 주요기능은 다음과 같다.

- Sh.C 연속제어 시 / Bank간 시 지연 설정 ⇒ Sh.C Cell 파손 방지
- Sh.C용 차단기 최소 동작 ⇒ 차단기의 빈번한 동작에 의한 고장발생 방지
 - 전압 및 무효전력 동작 경계점에서 Pumping 방지
 - 빈도가 낮은 차단기 우선 동작
- 과·저전압 발생 시 강제 투·개방 ⇒ 345kV 및 154kV 모선과 저전압 방지
- Sh.C 자동운전으로 인한 고장파급, 오조작 방지
 - Sh.C 보호계전기 동작 등 이상 상황 발생 시 자동 → 수동 자동절체
 - 변전소 운전조건(154kV 및 23kV 모선) 변경 시 판단기능

- 차단기 오조작 방지(SC가 들어있는 CB만 자동 제어)

- 부하 시간대별(평일, 휴일 및 중·경 변동부하) 계통 특성에 맞게 제어설정

4. 전압조정장치(Sh.C) 자동운전 System 시범운전

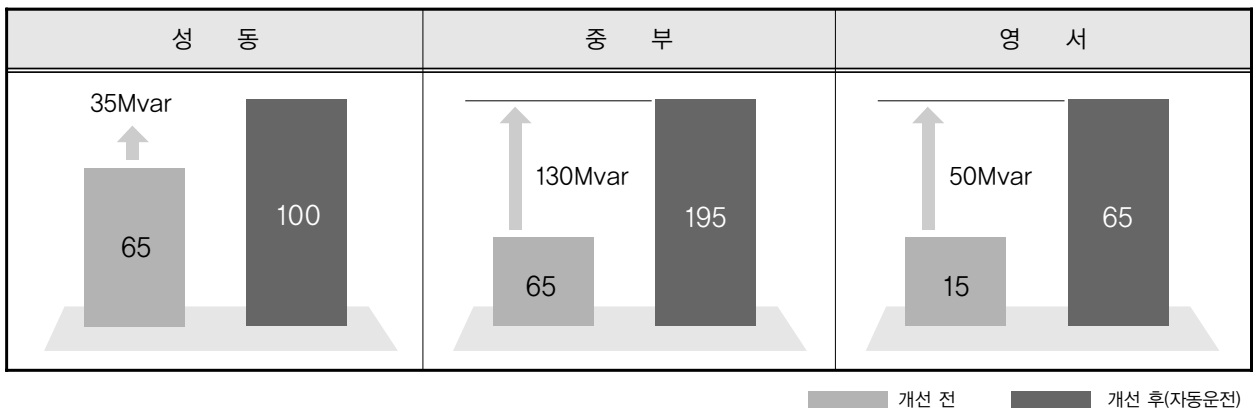
Sh.C 자동운전 System의 성능검증 및 개선사항 도출을 위하여 3개소에 시범운전을 하였는데 대상은 표 4와 같다.

시범운전 중 기대효과로는 Sh.C 투입량 증대에 따라 평일 평균 17.9MWh 전력손실이 저감되어 월간 약 3천 만 원을 절감하였으며, Sh.C 자동운전으로 수동조작이 Zero화되어 업무효율성이 향상되었다.

[표 4] 시범운전개소 및 기간

구분	급전분소	기간	Sh.C 설치 S/S	Sh.C 용량	비고
서울	성동	2010. 6 ~ 2012. 8	3개소	130Mvar	한전KDN(주) SCADA
	중부	2011. 6 ~ 2012. 8	4개소	240Mvar	
남서울	영서	2011. 6 ~ 2012. 8	8개소	230Mvar	

[표 5] 급전분소별 개선 후 Sh.C 투입 증가량



[표 6] 개선 전·후 시간대별 전력손실량

시간	3개 급전분소 시범운전 개선 전·후						전사확대 시	
	개선 전		개선 후		증감량		전력 손실 (MW)	개선 전 대비 증감량 (MW)
	Sh.C 투입량 (Mvar)	전력 손실 (MW)	Sh.C 투입량 (Mvar)	전력 손실 (MW)	Sh.C 투입량 (Mvar)	전력 손실 (MW)		
7	40	664.9	65	664.7	25	0.2	659.2	5.7
8	55	698.1	135	697.8	80	0.3	689.8	8.3
9	75	777.9	220	776.9	145	1	768.2	9.7
10	95	849.9	260	848.8	165	1.1	833.6	16.3
11	110	904.2	300	903.3	190	0.9	888.9	15.3
12	120	916	355	914.1	235	1.9	899.3	16.7
13	120	886.2	360	884.3	240	1.9	873.4	12.8
14	125	887.8	360	885.9	235	1.9	873.1	14.7
15	145	962.4	360	961.1	215	1.3	940.8	21.6
16	145	914.2	360	912.6	215	1.6	899.5	14.7
17	145	918	360	916.8	215	1.2	903.8	14.2
18	140	899	360	897.3	220	1.7	884.3	14.7
19	140	870.9	360	869.3	220	1.6	856.8	14.1
20	130	867.2	255	866.2	125	1	848.5	18.7
21	135	863.2	180	862.9	45	0.3	850.4	12.8
계	-	-	-	-	-	17.9	-	210.3

[표 7] 개선 전 일별 수동조작 횟수

성 동	중 부	영 서	계
26회	26회	6회	58회

시범운전 중 개선된 사항은 다음과 같다

- 154kV Sh.C 자동운전 Logic 추가 개발
- 자동운전 운전모드 적용범위 세분화 (급전분소 전체 → 변전소 단위)
- 무효전력 모드 운전 시 전압과 무효전력조건 불일치로 인한 반복동작 방지
- Sh.R 투입 시 Sh.C 자동운전 방지 기능 추가

시범운전 중 개선이 필요한 사항을 도출하였는데 그 내용은 다음과 같다.

- 154kV 변압기 Tap 제어 시 SCADA상 Tap 위치 소수점 표시로 Tap 위치 불인지로 인한 제어실패 현상 개선
- 자동운전 프로그램 운전 여부 감시기능 추가
- Sh.R 투입 시 Sh.C 자동개방 및 345kV 과전압시

Sh.C 강제 개방기능 추가

- 154kV 변압기 Tap 수동운전 시 154kV Sh.C 자동 운전 가능 기능 추가
- 자동운전 정정 값 파일로 Upload 및 Download 가능 기능 추가

설치하여 모든 급전분소가 Sh.C 자동운전을 할 예정이며, (주)비츠로시스와 LS산전(주)의 SCADA는 별도의 프로그램 개발과제로 각각 1개소씩 시범운전 후 전국적으로 자동운전이 실시될 예정이다.

시범운전 개소 선정 시 고려사항은 다음과 같다.

5. 향후 계획

시범운전 후 성능이 입증되었으며, 효과도 있어 전국 무인변전소에 설치된 Sh.C는 모두 자동운전 될 예정이다. 한전KDN(주)의 SCADA는 미설치된 3개 급전분소에

- Sh.C 자동운전 조기 정착 및 업무편중 방지를 위한 한전KDN(주) SCADA 미운전 본부
- 시행효과 분석을 명확하게 하기 위한 Sh.C 설치량이 전국 평균에 비해 많은 개소
- 타 지역에 비하여 전압이 낮게 운전되는 개소 KEA

[표 8] 한전KDN(주) SCADA 추가설치 개소

본부명	급전분소	Sh.C 설치 S/S	Sh.C 용량	
			154kV	23kV
경기	직할	6개소	100Mvar	230Mvar
	군포	6개소	-	150Mvar
대구경북	달성	11개소	-	460Mvar

[표 9] (주)비츠로시스, LS산전(주) SCADA 시범운전 개소

본부명	급전분소	SCADA	Sh.C 설치 S/S	Sh.C 용량	
				154kV	23kV
경기북부	의정부	비츠로	11개소	100Mvar	320Mvar
대전충남	아산	LS산전	7개소	250Mvar	230Mvar