

# 신뢰도 높은 수전방식에 의한 無정전 전원설비 구축방안

( Construction Of Uninterruptible Power System by Reliable Incoming Power Method )

최진성\*·이상중

(Jin-sung Choi, Sang-Joong Lee )

## 요 약

無정전을 요구하는 특정대상의 중요 전기시설에서, 신뢰도 낮은 수전방식의 정전 가능성 대책으로 대용량의 UPS와 비상발전기를 설치 운영 중에 있다. 근래에 와서 상용전원과 발전기 또는 복수의 발전기에 CTTS (Closed Transition Transfer Switch)를 無정전 전환개폐기 전용으로 사용하고 있다. 본 논문에서 CTTS를 신뢰도 높은 상용2회선 수전방식의 수전변압기 2차 측에 적용한 새로운 無정전 전원설비 구축 방안을 제안하였다. 그 결과 수전설비 구성 간략화와, UPS·비상발전기 설치 최소화로 공간 및 투자절감 효과를 얻을 수 있다.

## Abstract

Large capacity UPS and emergency generators are being installed and operated at the specific target of important electric facilities that need uninterruptible power supply by the method of countermeasure against power failure for the less reliable incoming power method. Recently, CTTS(ClosedTransitionTransferSwitch) is being used as uninterruptible power transfer switch at the common sources of electricity, generator and multiple generators. In this paper, construction plans for uninterruptible power supply system has been suggested in which CTTS has been applied to the secondary of incoming power generator for reliable common dual system method. By briefing the construction of incoming power facilities, large capacity UPS, emergency generator installation space and investment saving effects can be achieved.

## 1. 서론

반도체공장, 화학플랜트 등 첨단화된 대형사업장과 전산센터, 대형병원 등 특정대상의 중요 전기시설은 無정전 전원공급을 요구하고 있다.

변전소 형태별 고장발생 점유율 52%, 지중배전선로 고장사고 1997년 188건에서, 2001년 242건으로 점차 증가추세, 실 계통에서 분석한 신뢰도 분석에서 중앙S/S 22.9kV 사보D/L 인출지점의 신뢰도가 0.796으로 20.4%의 정전발생 가능성 등으로 인하여 수용가 전기설비에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다. [1,2,3]

서울 00병원과 과천 00센터는 변전소 및 배전선로의 고장발생과 공급신뢰도 저하를 고려하여 無정전 전원설비 구축을 위한 대용량의 UPS설비와 비상발전기를 설치하고 있다. 또한 배전선로 고장

대책으로 2회선 수전을 적용하고 있으나 수전방식에 따른 신뢰성 성능평가 사례에서 낮은 신뢰성을 나타내고 있다. [4,5,6]

상용2회선 수전방식적용 사례에서 ALTS(자동부하전환개폐기)와 LBS(부하개폐기)의 인터록 적용으로 無정전 절체가 불가능하여 대용량의 UPS(무정전전원설비)와 비상발전기를 설치 전원설비를 구축하고 있다. [7]

본 논문은 CTTS를 신뢰도 높은 상용2회선 수전방식의 수전변압기 2차 측에 無정전 전환개폐기로 적용한 새로운 無정전 전원설비 구축 방안을 제안하였다. 상용 2회선 수전방식 적용을 위하여 전력공급약관 개선도 제안하였으며, 그 결과 수전설비 구성 간략화와, UPS·비상발전기 설치 최소화로 공간 및 투자절감 효과를 얻을 수 있다.

## 2. 본론

### 2.1 변전소 및 지중배전선로의 고장 발생 및 공급신뢰도 검토 현황

#### 2.1.1. 변전소 형태별 고장발생 현황

우리나라의 송·배전 계통은 765/345/154/22.9kV이며, 변전소의 대용량화, 용지 구입난, 민원의 최소화 및 환경성, 경제성, 신뢰성, 안전성 등을 고려하여 옥내 GIS 변전소가 많이 건설되고 있다. 그러나 표 1과 그림 1에서 보는 바와 같이 변전소 등의 시설에서 고장정전이 발생할 경우 수용가 전기설비에 미치는 영향이 큼을 알 수 있다.[1]

표 1. 변전소 형태별 고장발생 통계('97~'06)

Table 1. Statistics of failure incidents by the substation types (97~06)

형태별 연도별	345kV급 변전소	154kV 급 옥외 철구형	154kV 급 옥내 (GIS)형	66.23kV 변전소	계
1997년	2	10	20	-	32
1998년	5	6	11	-	22
1999년	5	4	10	1	20
2000년	22	48	68	7	145
2001년	31	39	69	7	146
2002년	26	69	106	9	210
2003년	43	50	98	10	201
2004년	26	36	89	3	154
2005년	21	33	89	1	144
2006년	43	37	97	1	178
계	224	332	657	39	1,252
점유율	18 %	27 %	52 %	3 %	100%

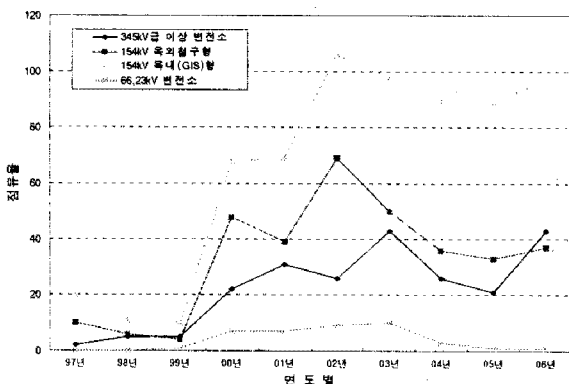


그림 1. 변전소 형태별 고장발생 추이('97~'06)

Fig. 1. Trends of failure incidents by the type of substations(97~06)

#### 2.1.2. 지중배전선로 고장 발생 현황

표 2는 지중선로의 설비별 고장발생 현황을 나타낸 것이며, 1997년 188건에서 2001년 242건으로 점차 증가 추세를 나타내고 있으며, 이로 인하여 수용가 전기설비의 정전을 발생할 수 있다는 것을 알 수 있다.[2]

표 2. 지중배전선로 설비별 고장 발생 현황

Table 2. Number of failures : underground power line

년도/원인	케이블	접속재	개폐기	변압기	기타	계
1997년	118	42	8	18	2	188
1998년	97	45	16	11	3	172
1999년	117	43	12	15	3	190
2000년	139	39	25	20	4	227
2001년	153	45	20	22	2	242
평균 점유율	61%	21%	8%	8.4%	1.6%	100%

#### 2.1.3. 고장률 데이터를 이용한 변전소 신뢰도 분석 연구자료

표 3은 그림2의 시 계통에서 분석한 신뢰도 분석이며[3], 전력계통이 전원단 으로부터 접속단계가 많을수록 공급신뢰도가 점점 떨어지고 있음을 확인할 수 있다. 중앙S/S 22.9kV 사보D/L 인출지점의 신뢰도가 0.796으로 20.4%의 정전발생 가능성을 보여주고 있다.

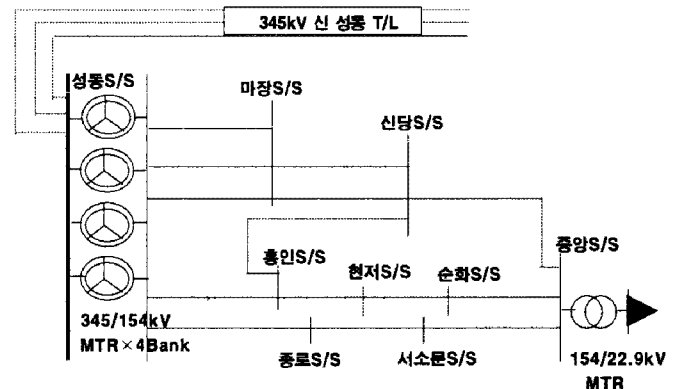


그림 2. 변전소 신뢰도 분석 실 계통 적용사례

Fig. 2. Analysis of substation reliability and real system adaptation examples

표 3. 실 계통적용 계통구간별 신뢰도 분석결과

Table 3. Analysis of power supply reliability: example

계통 구간 from ~ to	신뢰도	비고
전원단 ~ 성동S/S 345kV 모선점	0.999991	
전원단 ~ 성동S/S 345kV Mtr	0.9746	
전원단 ~ 성동S/S 154kV 모선점	0.9375	
전원단 ~ 중앙S/S 154kV 모선점	0.9281	
전원단 ~ 중앙S/S 22.9kV 모선점	0.8779	
전원단 ~ 중앙S/S 사보D/L 인출점	0.796	
전원단 ~ 신당S/S 154kV 모선점	0.936	
전원단 ~ 서소문S/S 154kV 모선점	0.932	

## 2.2. 수전방식 신뢰성 성능레벨과 수전사례

### 2.2.1. 수전방식의 신뢰성 성능 레벨

표 4는 수전방식에 따른 신뢰성 성능평가 레벨로 가장 신뢰성 레벨이 높은 수전방식은 스포트네트워크 방식이다.

동계통 상용·예비선수전과 이중계통 상용·예비선수전방식의 수전방식은 성능레벨이 4등급과 3등급으로 낮다. 수용가시설의 공급신뢰도 향상 방안으로는 인입수전부터 간선공급 계통까지 이중화하는 방법이 있다. [4]

대전의 정부3청사 등 일부 주요기관에서 스포트네트워크 수전방식을 적용하고 있지만, 공급적용 대상지역의 제한으로 거의 적용되지 않고 있다.

표 4. 수전방식에 따른 신뢰성 성능 레벨  
Table 4. Evaluation of Reliability Performance by the Incoming Power types.

구분	항 목	성능 레벨			
		1	2	3	4
수전방식	1회선 전용수전			✓	
	동계통상용·예비선수전				✓
	다른계통 상용·예비선수전			✓	
	스포츠 네트워크 수전	✓			
	루프수전		✓		
-인입수전부터 간선공급계통까지 이중화		✓			
-각 단위별로 절환가능					

### 2.2.2 서울A병원의 154kV와 22.9kV 수전사례

그림 3은 서울A병원의 수전선로 및 개략적인 수변전 설비와 예비전원설비 현황을 나타내고 있다. 개포변전소로부터 전용선로 154kV 1회선, 22.9kV 1회선을 지중배전선로로 수전하고 있다. 1회선 전용선 수전방식 적용 신뢰성 성능레벨 3등급으로 판단한다[4,5]. 154kV 1회선 수전에 대한 신뢰성 향상목적으로 GIS수전설비 1set를 증설하고 154kV 1회선을 추가증설을 계획하였으나, 공급여건으로 중지된 사례이다.

### 2.2.3 과천 00센터 22.9kV 수전사례

그림 4는 과천 00센터의 수·변전 설비사례로 동일한 과천변전소에서 전산D/L과 상가D/L로 상용 및 예비 2회선을 수전하고 있다. 동계통 상용·예비선수전적용 신뢰성 성능레벨은 4등급으로 위에 제시한 병원의 사례보다 공급 신뢰도가 낮다[4,6].

9,900kVA 계약전력으로 1차변압기 16,900kVA, 2차변압기 12,400kVA, UPS설비 6,400kVA, 비상발전기 7,000kVA설비가 이중화되어 있다.

정전에 민감한 대부분 전산부하설비의 정전인식

시간은 4msec(1/4Hz)이상 16.67msec(1Hz) 범위에 있다.

CTTS의 절체시간은 4msec(1/4Hz)미만으로 전산부하 운영 중 UPS사고로 발전기 가동 후 한전전원 에서 발전전원으로 無정전 절체 사용한 사례가 있다.

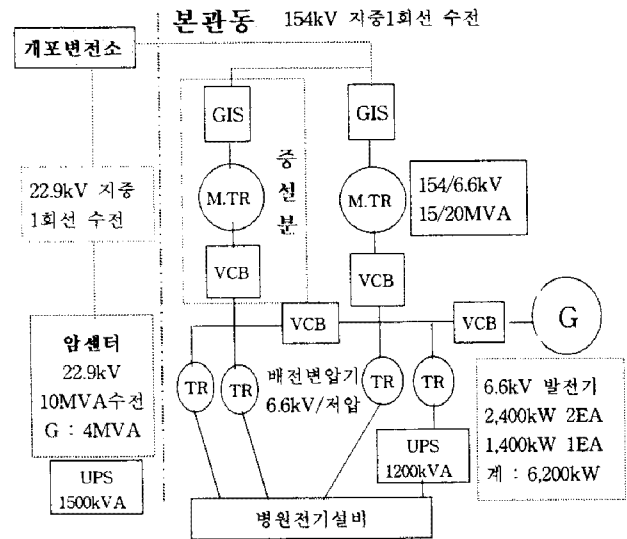
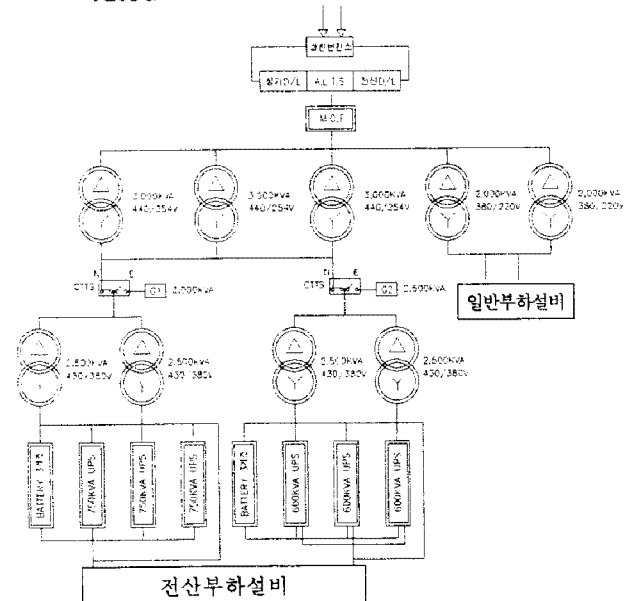


그림 3. 서울A병원 154kV 수·변전설비 수전사례  
Fig. 3. Example: A hospital, 154kV rated

### 그림 4. 과천 00센터 22.9kV 수·변전 설비사례

Fig. 4. Example: Guachun 00 center, 22.9kV rated



### 2.2.4. 대덕 범정부 001센터 22.9kV 상용 2회선 수전 방식 수전사례

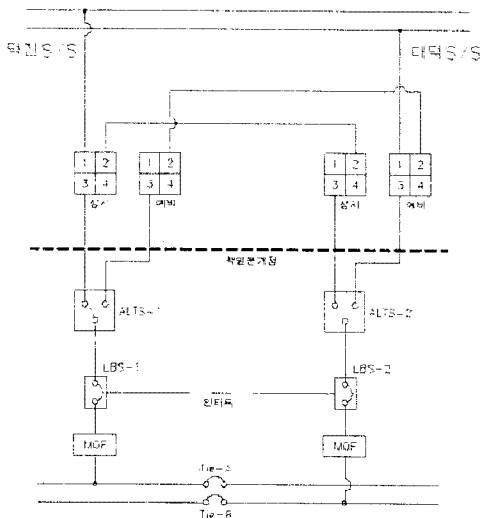
그림 5는 범정부 대덕 001센터의 22.9kV 상용 2회선 수전방식 적용사례로 덕진S/S와 대덕S/S로부터 상용 2회선 수전방식 사례이다. 다른계통 상용2회선 이상 수전방식 적용으로 신뢰성 평가레벨 1등급

으로 공급신뢰도가 높다. [4,7]

無정전 전원설비 구축이 가능한 상용2회선 수전을 하고 있지만 두 전원의 無정전 절체가 불가능한 ALTS와 LBS의 인터록을 적용하고 있어 대용량의 UPS와 비상발전기를 설치하여 전원설비를 구축하고 있다.

정부 특수기관 또는 중요 전기설비 에서 상용 2회선 수전방식이 공급규정과 예외적으로 적용되고 있다. 상용 2회선 수전설비에서 대용량의 발전기와 UPS설비가 설치되어 있다.

그림 5.범정부 대덕001센터 22.9kV 상용2회선 수전사례  
Fig. 5.Example: government Daeduk 001 center, 22.9kv rated



2.3. 상용 2회선 수전방법 적용 無정전 전원설비 구축(안)

표 5에서 상용 2회선 수전방식 경제성 비교를 제시하였다. 22.9kV 동종전압 상용 2회선 수전방식이 가장 경제적이며, 22.9kV 동종전압 수전보다 신뢰성 성능 향상을 요구할 경우 154kV 동종전압 수전방식보다 154kV와 22.9kV 이중전압 수전방식이 가장 효율적이라고 판단한다.

이중전압 수전방식에 無정전 절체기술 적용 시 수전변압기 2차 위상각의 일치가 중요하므로 설계 단계에서 신중한 검토가 필요하다.

그림 6은 상용 2회선 수전적용 인입수전부터 간선공급 계통까지 이중화하고 CTTS를 조합한 無정전 전원설비 구축방안(예)을 제안한다. [8]

전력공급 회사의 원활한 회계업무 수행을 위하여 합성 계량 방식을 적용하였다.

전원설비 구축(안)은 아래와 같다.

1) 수전 전압은 경제성과 중요도를 고려하여 표 5의 수전방식을 적용한다.

2) 수전설비는 전압의 구분에 따라 GIS설비와 22.9kV 정식 수전 설비를 적용한다.

3) 수전 변압기는 수전전압 또는 규모를 고려하여 고압에 의한 2단 강압방식과 저압의 직접강압 방식을 적용한다.

표 5. 상용 2회선 수전방식 경제성 비교  
Table 5.Comparison of Economics by the incoming power type of the commercial dual lines

구분	수전전압 (kV)	전원설비 구성	2 차 전압	수전선로 투자규모	전원설비 투자규모	신뢰 성능
동종 전압	22.9	직접강압	저압	小	小	기준
	22.9		고압		中	
	154	2단 강압	고 압	大	大	
	154		고 압	大	大	
이중 전압	22.9	2단 강압	고 압	中	中	中
	154		고 압	中	中	中
비 고	다른 변전소	전원설비 이중화	고압 CTTS 저압 CTTS, STS			

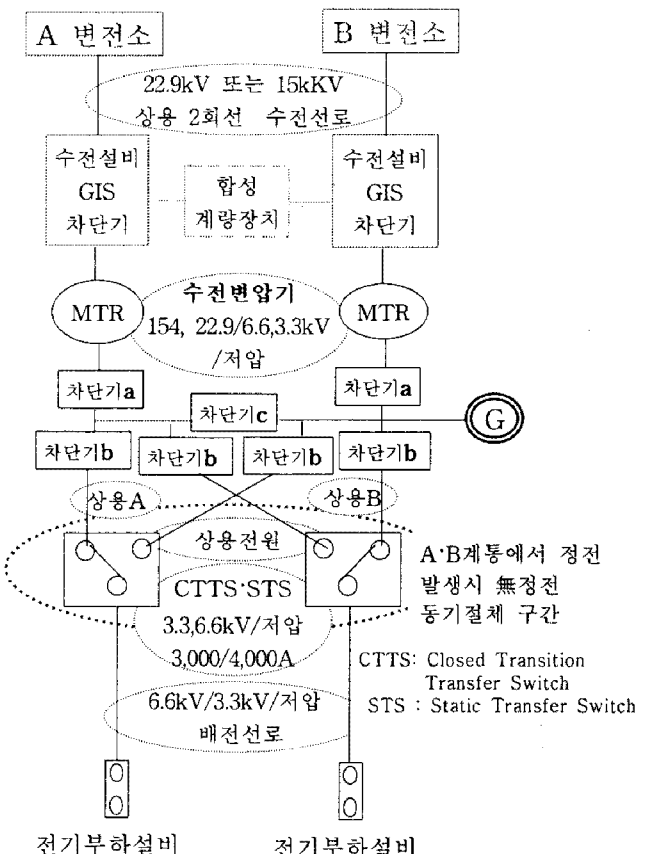


그림 6.상용 2회선 수전 無정전 전원설비 구축방안(예)  
Fig. 6.Suggested system of commercial 2 line non-interruptible power supply(example)

4) 수전변압기 2차 차단기는 MAIN차단기(a), 배전용 차단기(b), 모선연락 유지보수용 차단기(c)로 구성한다.

5) 수전변압기 2차 전압의 종류를 구분하여 고압 계통 CTTS, 저압계통 CTTS 또는 STS적용한다.

6) CTTS 또는 STS 2차는 간선계통의 사고과급 방지를 위하여 2중화 및 최적의 보호방식을 적용한다.

7) A, B 두 계통의 상용전원에서 A 또는 B의 어느 한쪽계통이 정전되어도 CTTS나 STS에 의하여 전원이 공급되는 계통으로 無정전 동기절체 되어 부하설비에 無정전 공급이 가능하다.

표 6은 상용 2회선 수전방식 실현을 위한 전력공급약관개선 조항 및 내용을 표현 한다. [9]

표 6 . 전력공급약관 개선(안)

Table 6. Suggested rules for improved power supply reliability

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 18조 1전기사용장소 2이상 전기사용계약 체결.</li> <li>2. 63조 예비전력 공급규정 2회선 이상 상용공급.</li> <li>3. 22.9KV S.N.W(스포트네트워크)방식 공급대상 지역 확대 등 전력공급 구조개선.</li> </ol> |
|--|

## 2. 4 결과 고찰

특정대상의 중요 전기시설은 無정전 전원공급을 요구하고 있다.

### 1) 문제점 제시

- 변전소 등 전력공급설비 고장발생과 공급신뢰도 저하로 정전발생 가능성을 확인.
- 서울 A병원과 과천 00센터의 수전방식 신뢰성 성능레벨 3,4등급으로 낮은 신뢰성 확보.
- 대용량 비상전원 설치 대규모 투자비, 설치 공간 대형화 필요.
- 신뢰도 높은 수전방식에서 無정전 절체가 불가능한 수전설비 적용 .

### 2) 개선방안 도출

- 신뢰도 높은 상용2회선 수전방식의 수전변압기 2차 측에 CTTS를 적용 새로운 無정전 전원설비 구축.
- 상용 2회선 수전방식 적용을 위한 전력공급약관 개선제안.

### 3) 기대효과

- 수전변압기 2차 측에 CTTS적용 간략화 된 無정전 전원설비 구축.
- 대용량 UPS와 비상발전기의 설치 최소화로 공간 및 투자절감 효과발생 .

## 3. 결론

천재지변, 자연재해와 변전소·배전선로, 수·변전설비의 고장·유지보수 등으로 無정전 전력공급은

불가능하다. 하지만 서로 다른 변전소에서 동시에 고장이 발생할 확률은 극히 적다.

본 논문에서 상용2회선 수전의 신뢰도 높은 수전방식과 간선공급 계통을 이중화하고, CTTS를 적용한 無정전 전원설비 구축 방안을 최초로 제안하였다. 상용 2회선 수전방식 적용을 위하여 전력공급약관 개선도 제안하였으며, 수전변압기 2차 측에 CTTS 또는 STS설치로 수전설비 구성 간략화와, UPS·비상발전기 설치 최소화로 공간 및 투자절감 효과를 얻을 수 있다.

국가적인 차원에서 반도체공장, 화학플랜트 등과 같은 첨단화된 대형사업장과 전산센터, 대형병원 등 중요성 있는 전기시설물은 공급규정이 포함된 제도개선을 통하여 高신뢰성의 전원설비 구축 노력을 적극 지원하여야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 07년9월 고장발생 통계('97~'06)
- [2] 김보경,목영수,박대희,이관우, “고압및 특고압 전력케이블의 절연진단 및 유지보수 관리방법”, 전력기술인 협회지 2003년 11월호
- [3] 이용희,백두현,장석한, 한국전력공사, “설비의 고장율 데이터를 이용한 변전소 신뢰도 분석연구”(06하계 학술대회),
- [4] 김세동, “전기설비의 성능중심 설계 및 시공기술”,2007년 제1회 전국기술사 대회 건축전기설비 Session교재
- [5] 서울 A병원 154kV 수전선로 수전사례
- [6] 과천 00 전산센터 Transfer Switch기술 활용사례
- [7] 범정부 대덕 00 1센터 22.9kV 수·변전 설비 수전사례
- [8] 송승준, “무정전 자동전환 개폐기 (CTTS)”대한전기학회 전기설비위원회 2005년
- [9] 전기공급약관 및 시행세칙, 2007년. 산업부장관 개정인가 (15차)