

상용2회선 수전방식을 적용한 무정전 수변전설비 구축방안 검토 · 제안연구

(Construction of Uninterruptible Power System by Reliable Incoming Dual-Power Line)

최진성* · 이상중**

(Jin-Sung Choi · Sang-Joong Lee)

Abstract

High capacity UPS and emergency generators are commonly employed at facilities where power interruption is not allowed. Nowadays, combinations of existing commercial incoming power and an emergency generator or combination of multiple generators and CTTS(Closed Transition Transfer Switch) is adopted sometimes for more reliable power supply. In this paper, application of CTTS and STS(Static Transfer Switch) to dual-power line is suggested for highly reliable uninterruptible power. By realizing such a system, construction of incoming power facilities, installation of emergency generator and large capacity UPS can be omitted, through which saving of the installation space and corresponding capital investment can be expected.

Key Words : Uninterruptible Power System, Transfer Switch(CTTS, STS), Dual Incoming Line System

1. 서 론

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

변전소 형태별 고장발생 점유율 52[%], 지중배전선로에서 케이블과 접속재의 고장 점유율 79[%], 실계통에서 분석한 신뢰도 분석에서 중앙S/S 22.9[kV] 사

보D/L 인출지점의 신뢰도가 0.796으로 20.4[%]의 정전 가능성이 있음을 알 수 있다[1-3].

수전방식에 따른 신뢰성 성능평가 적용결과 낮은 신뢰성을 나타내고 있는 병원과 전산센터의 전원설비 사례에서 수전선로의 정전대책으로 무정전 전원설비 구축을 위한 대용량의 UPS설비와 비상발전기를 설치하고 있다[4-6].

또한 상용2회선 수전방식적용 사례에서 ALTS(자동부하전환개폐기)와 LBS(부하개폐기)에 인터록을 적용하여 무정전 질체가 불가능한 시스템(system)구축으로 대용량 UPS(무정전전원설비)와 비상발전기를 예비전원설비로 구축하고 있다[7].

본 논문은 CTTS와 STS를 신뢰도 높은 상용2회선 수전방식의 수전변압기 2차 측에 무정전 전환개폐기

* 주저자 : (주)TE컨설팅 대표이사/기술사
** 교신저자 : 서울과학기술대학교 교수
Tel : 02-437-3377, Fax : 02-437-6622
E-mail : cjs0401@paran.com
접수일자 : 2008년 3월 10일
1차심사 : 2008년 3월 14일
심사완료 : 2010년 9월 27일

를 적용한 새로운 전원설비 구축 방안을 제안하였다. 그 결과 수전설비 구성의 간략화와, UPS·비상발전기 최소화설비 구축으로 공간 및 투자비절감 효과를 얻을 수 있다.

2. 본 론

2.1 변전소 및 지중배전선로의 고장 발생 및 공급신뢰도 검토 현황

2.1.1 변전소 형태별 고장발생 현황

표 1에서 보는바와 같이 1997년에서 2006년까지 변전소 형태별 10년간 1,252건 고장발생 중 154[kV]급 옥내 GIS형 변전소에서 657건 고장 발생으로 52[%]를 점유하고 있다[1].

표 1. 변전소 전압계급별 고장발생 통계('97~'06)
Table 1. by voltage level of substation('97~'06)

연도	형태별 345[kV]급 변전소	154[kV] 급 옥외 철구형	154[kV] 급 옥내 (GIS)형	66,23[kV] 변전소	계
1997년 ~ 2006년	224	332	657	39	1,252
점유율	18[%]	27[%]	52[%]	3[%]	100[%]

2.1.2 지중배전선로 고장 발생 현황

표 2는 1997년에서 2004년까지 8년간 지중선로의 설비별 고장발생 현황을 나타낸 것으로, 전체 1,616건의 고장발생 중 케이블과 접속재의 고장 건수가 1,281건으로 79[%]를 점유하고 있다[2].

표 2. 지중배전선로 설비별 고장 발생 현황
Table 2. No of failure of underground power line

년도/원인	케이블	접속재	개폐기	변압기	기타	계
1997년 ~ 2004년	974	307	175	143	17	1,616
평균 점유율	60[%]	19[%]	11[%]	9[%]	1[%]	100[%]

2.1.3 고장률 데이터를 이용한 변전소 신뢰도 분석 연구자료

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

표 3. 실 계통적용 계통구간별 신뢰도 분석통계
Table 3. Statistics of power supply reliability

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

동중계통 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. Reliability Performance evolution according to

구분	항목	성능 레벨			
		1	2	3	4
수전 방식	1회선 전용수전			✓	
	동계통상용·예비선수전				✓
	다른계통 상용·예비선수전			✓	
	소프트 네트워크 수전	✓			
	루프수전		✓		
- 인입수전부터 간선공급계통까지 이중화		✓			
- 각 단위별로 절환가능					

2.2.2 서울A병원의 154[kV]와 22.9[kV] 수전사례

그림 1은 서울A병원의 수전선로 및 개략적인 수·변전 설비와 예비전원설비 현황을 나타내고 있다. 개포 변전소로부터 전용선로 154[kV] 1회선, 22.9[kV] 1회선을 지중배전선로로 수전하고 있다.

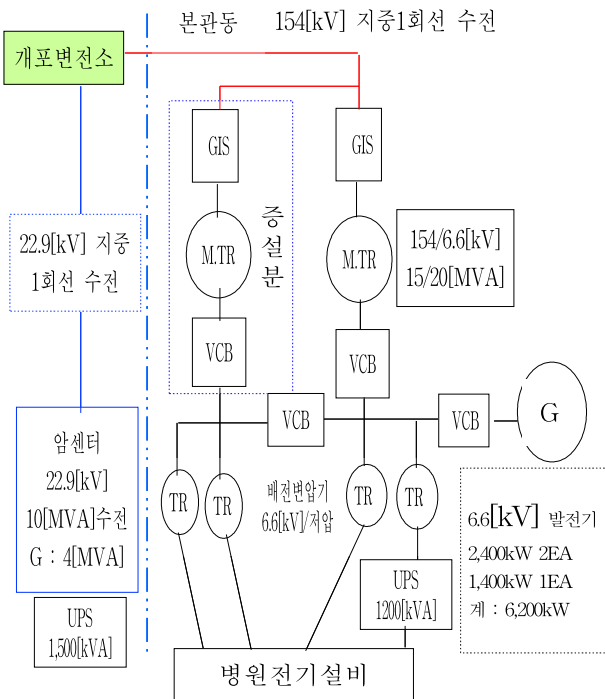


그림 1. 서울A병원 154[kV] 수·변전설비 수전사례
Fig. 1. Example of A hospital, 154[kV] rated

1회선 전용선 수전방식 적용 신뢰성 성능레벨 3등급으로 판단한다[4-5]. 154[kV] 1회선 수전에 대한 신뢰성 향상목적으로 GIS수전설비 1set를 증설하고 154[kV] 1회선을 추가증설을 계획하였으나, 공급여건으로 중지된 사례이다.

2.2.3 과천 D센터 22.9[kV] 수전사례

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

9,900[kVA] 계약전력으로 1차변압기 16,900[kVA], 2차 변압기 12,400[kVA], UPS설비 6,400[kVA], 비상발전기 7,000[kVA] 설비가 이중화되어 있다.

정전에 민감한 대부분 전산부하설비의 정전인식 시간은 4[msec](1/4[Hz])이상 16.67[msec](1[Hz]) 범위에 있다.

CTTS의 절체시간은 4[msec](1/4[Hz])미만으로 전산부하운영 중 UPS사고로 발전기 가동 후 한전전원에서 발전전원으로 무정전 절체 사용이 가능하다.

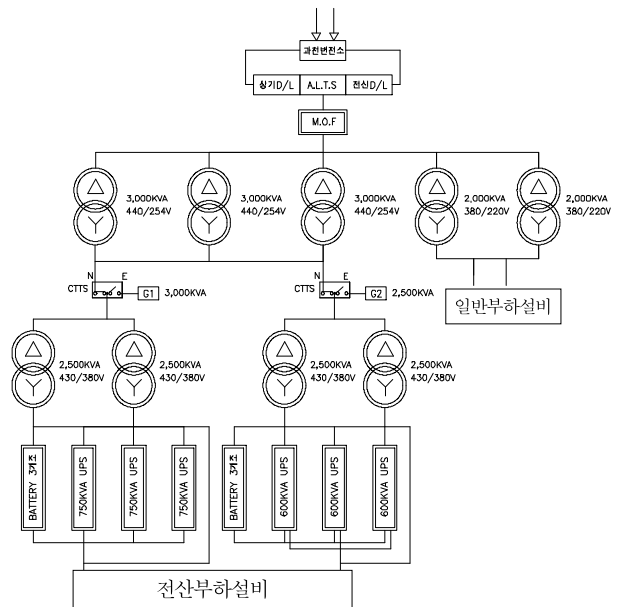


그림 2. 과천 D센터 22.9[kV] 수·변전 설비사례
Fig. 2. Example of Guachun D Center(22.9[kV])

2.2.4 대덕 범정부 001센터 22.9[kV] 상용 2회선 수전사례

그림 3은 범정부 대덕 001센터의 22.9[kV] 상용 2회선 수전방식 적용사례로 덕진S/S와 대덕S/S로부터 상용 2회선 수전방식 사례이다. 다른계통 상용2회선 이상 수전방식 적용으로 신뢰성 평가레벨 1등급으로 공급신뢰도가 높다[4,7].

무정전 전원설비 구축이 가능한 상용2회선 수전을 하고 있지만 두 전원의 무정전 절체가 불가능한 ALTS(절체시간 10[Hz], 167[msec] 이하)와 LBS의 인터록(두 전원 동시투입 금지)을 적용하고 있어 대용량의 UPS와 비상발전기를 설치하여 전원설비를 구축하고 있다.

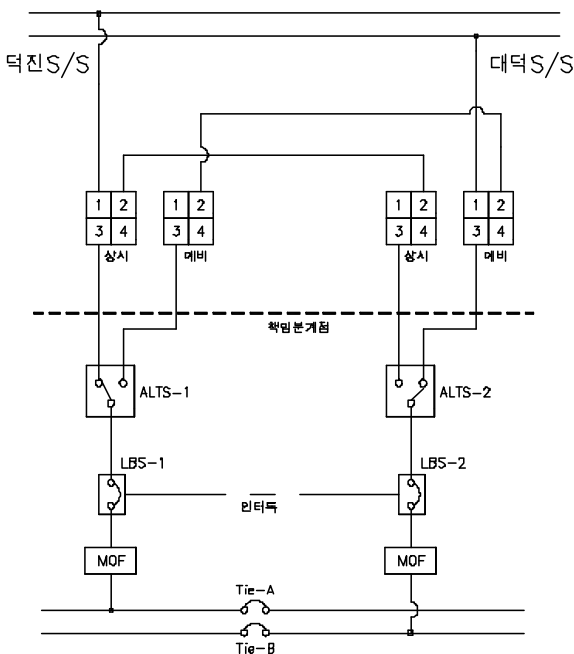


그림 3. 정부 대덕001센터 22.9[kV] 상용2회선 수전사례
Fig. 3. Example of government Daeduk 001 Center(22.9[kV])

국가적 중요 전기설비에서는 상용 2회선 수전방식이 공급규정과 예외적으로 적용되고 있다. 그러나 상용 2회선 수전설비에서 대용량의 발전기와 UPS설비가 설치되어 있다.

2.3 상용 2회선 수전방법 구성방안

상용 2회선 수전방식은 일반적인 전기사용 시설에서 고 비용의 과투자가 될 수 있지만, 중요 전기시설에서 정전으로 발생할 수 있는 막대한 정전피해 손실을 경제성 측면에서 고려할 경우 상용2회선 수전방식이 절실하게 요구된다.

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

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

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	2단강압	고압	小	中	
이종 전압	154	2단강압	고압	大	大	大
	22.9					
비교	다른 변전소	전원설비 이중화	고압	CTTS		
				저압	CTTS, STS	

표 6은 상용 2회선 수전방식 실현을 위한 전력공급 약관개선 조항 및 내용을 표현한다[9].

표 6. 전력공급약관 개선(안)
Table 6. Suggested revision of supply community with electricity

1. 18조 1전기사용장소 2이상 전기사용계약 체결.
2. 63조 예비전력 공급규정 2회선 이상 상용공급.
3. 제3절 14조 22.9[kV] S.N.W(스포츠네트워크)방식 공급대상 지역 확대 등 전력공급 구조개편.

2.4 CTTS 및 STS를 적용한 무정전 전원 설비 구축방안

2.4.1 Transfer Switch 절체방식

기계적 구동방법에 의한 Transfer Switch 전환방법은 OTTS, DTTS, CTTS방식으로 분류할 수 있다.

OTTS : Open Transition Transfer Switch
(일반 ATS)

DTTS : Delayed Transition Transfer Switch
(지연전환 ATS, Center-off)

CTTS : Closed Transition Transfer Switch
(무정전 ATS)

그림 4에서 각각의 전환방법을 도시하였다.

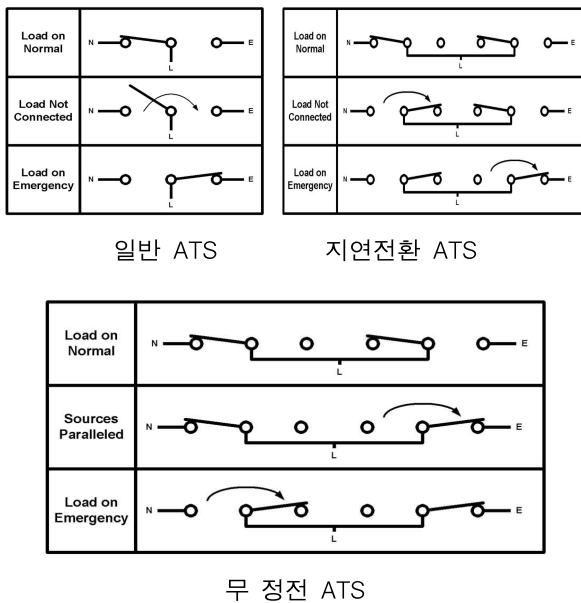


그림 4. Transfer Switch 전환방식
Fig. 4. Types of Transfer Switching

2.4.2 CTTS의 개선방안 도출

표 7은 대표적인 Transfer Switch 특성 비교를 나타내고 있다. 무 정전 절체 신뢰성이 가장 높은 것은 STS이나 사용전압이 저압으로 제한되어 있어 고압에서 사용이 가능한 CTTS의 개선이 필요하다.

표 7. Transfer Switch 특성 비교
Table 7. Comparison of Transfer Switch Characteristics

구 분	ATS	CTTS	STS	비 고
1. 동작원리	기계적 솔레노이드 장치		반도체 소자	
2. 절체시간	20~90 [msec]	무정전 절체 20~90[ms] (한진, 발전)	4[ms] (무 정전)	수 동 자 동
3. 사용전압	저압	저압, 고압	저압	
4. 무 정전 절체조건	해당 없음	위상차 5도, 주파수0.2[Hz], 전압차5[%]미만	전압, 위상각, 주파수(자동)	CTTS 수동절체
5. 한진 불시정전	정전 발생	정전발생	무 정전	부하전원
6. 한진 예고정전	정전 발생	무 정전	무 정전	

CTTS는 한진과 발전전원이 동시에 공급되는 조건에서 수동으로 절체 할 경우 0.1초(100[ms])이내시간 동안 동기되기 위하여 Overlap Time이 필요하다.

하지만 한진전원과 한진전원이 위상차 5도미만, 주파수 0.2[Hz] 전압차이는 5[%]이내 조건을 충족한다면 동기가 되었다고 볼 수 있으며 Overlap Time은 불필요하게 된다. 따라서 한진 불시정전 발생시 CTTS에서 STS 성능수준의 무 정전 절체를 실현하기 위하여 STS의 제어기능인 주전원 계통의 전압, 위상각, 주파수 3가지 요소 중 어느 한 요소라도 부하에서 요구하는 Data와 차이가 발생할 경우 자동으로 다른 전원 계통에 Transfer 할 수 있는 개선된 제어기능의 적용이 필요하다.

2.4.3 상용 2회선 수전방법 적용 무정전 수변전설비 구축방안

그림 5는 상용 2회선 수전방식 적용 인입수전부터 간선공급 계통까지 이중화하고 CTTS 및 STS를 조합한 무정전 전원설비 구축방안(예)을 제안한다.

이중전압 또는 동중 전압의 상용2회선 수전방식에 무정전 절체기술 적용 시 수전변압기 2차 위상각의 일치가 중요하므로 설계단계에서 신중한 검토가 필요하다.

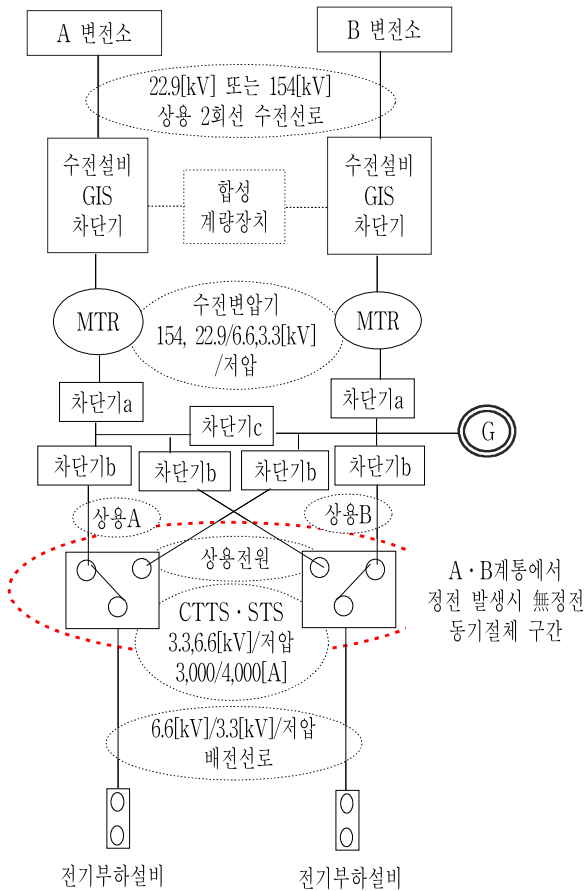


그림 5. 상용 2회선 수전 무정전 전원설비 구축방안(예)
 Fig. 5. Suggested non-interruptible power supply using dual incoming line system

그림 7 상용 2회선 수전 무정전 전원설비 구축(안) 설명은 아래와 같다.

전력공급 회사의 공급약관 충족을 위하여 합성 계량 방식을 적용하였다[9].

- 1) 수전 전압은 경제성과 중요도를 고려하여 표 5의 수전방식을 적용한다.
- 2) 수전설비는 전압의 구분에 따라 GIS설비와 22.9[kV] 정식 수전 설비를 적용한다.
- 3) 수전 변압기는 수전전압 또는 규모를 고려하여 수전변압기 2차측 전압에 따라 2단 강압방식과 직접강압 방식을 선택 적용한다.
- 4) 수전변압기 2차 차단기는 MAIN차단기(a), 배전용 차단기(b), 모선연락 유지보수용 차단기(c)로 구성한다.

- 5) 수전변압기 2차 전압의 종류를 구분하여 고압계통에 CTTS, 저압계통에 CTTS 또는 STS 적용한다.
- 6) CTTS 또는 STS 2차는 간선계통의 사고파급 방지를 위하여 2중화 및 최적의 보호방식을 적용한다.
- 7) 현재 CTTS의 Transfer Switch 기술로 A, B 두 계통의 상용전원에서 A 또는 B의 어느 한쪽계통의 예 고정전이 발생될 경우 정전이 발생하지 않는 전원계통으로 무정전 동기절체를 통하여 부하설비에 무정전 공급이 가능하다.
- 8) 저압 계통에 STS를 적용하면 A, B 두 계통의 상용전원에서 A 또는 B의 어느 한쪽계통의 불시정전이 발생하여도 정전이 발생하지 않는 전원계통으로 무정전 동기절체를 통하여 부하설비에 무정전 공급이 가능하다.

3. 결 론

천재지변, 자연재해와 변전소·배전선로, 수·변전설비의 고장·유지보수 등으로 무정전 전력공급은 불가능하다. 하지만 서로 다른 변전소에서 동시에 고장이 발생할 확률은 극히 적다.

본 연구에서 상용2회선 수전의 신뢰도 높은 수전방식과 간선공급 계통을 이중화하고, CTTS와 STS를 적용한 무정전 전원설비 구축 방안을 최초로 제안하였다. 무정전 전원설비 구축을 위하여 상용 2회선 공급이 가능하도록 전기 공급약관 개선과 CTTS의 성능 개선 방향을 제안하였다.

상용2회선 수전방식에 CTTS 또는 STS설치로 수전설비 구성 간략화와, UPS·비상발전기 최소화 설비 구축으로 공간 및 투자절감 효과를 얻을 수 있다

국가적인 차원에서 반도체공장, 화학플랜트 등과 같은 첨단화된 대형사업장과 전산센터, 대형병원 등 중요성 있는 전기시설물은 전기공급약관이 포함된 전력산업 분야의 제도개선을 통하여 고 신뢰성의 전원설비 구축을 하여야 한다.

References

- [1] 2007.9 Korea Electric Power Corporation 고장발생 통계 ('97~'06).
- [2] 2003년 11월호 전력기술인 협회지 김보경, 목영수, 박대희, 이관우, "고압 및 특고압 전력케이블의 절연진단 및 유지보수 관리방법", 월간전기 2005년 11월호 P56~P59 이재봉 "지중배전 케이블의 고장분석 및 품질향상".
- [3] 2006. Korea Electric Power Corporation 추계논문, Y.H Lee · D.H Baek · S.H Jang, "Reliability analysis for substation based on the failure rate data the facilities".
- [4] 2007.9 SD Kim, "Performance based Construction Specifications and Design Criteria",.
- [5] Example of A hospital, 154[kV] rated.
- [6] Example of Guachun D Center (22.9[kV]).
- [7] Example of government Daeduk 001 Center(22.9[kV]).
- [8] Closed Transition switching of Essential loads - IEEE Conference Paper.
- [9] "한국전력공사 홈페이지" <http://www.kepco.co.kr/>.

◇ 저자소개 ◇



최진성(崔鎭成)

1965년생. 서울북공업고등학교 전기과 졸업. 서울과학기술대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 건축전기설비 기술사. 1992~2007년 삼성에버랜드 근무. 현재 (주)TE컨설팅 대표이사. 경북 전문대학 겸임교수.



이상중(李尙中)

1955년생. 부산공업고등전문학교 전기과 5년 졸업. 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1988년 GE PSEC 수료. 충남대학교 대학원(박사). 1995년 한국전력공사 전력연구원부장. 1996년 한국전력공사 보령화력본부 부장. 1998년~현재 서울과학기술대학교 전기공학과 교수.