

차세대 전력망·전력기기 산업의 핵심 기술동향과 글로벌 기업전략 - 시장·투자·공급망·정책 및 전망 -

I. 차세대 전력망 산업의 이해와 글로벌 시장동향

1. 차세대 전력망의 이해

- 1) 전력망 개념과 산업적 범위
 - (1) 전력망과 전력계통 개념
 - 1.1) 전력망 정의
 - 1.2) 전력계통과 전력망의 관계
 - 1.3) 전력망의 물리적·운영적 범위
 - (2) 전력망 기본구조
 - 2.1) 발전시스템
 - 2.2) 송전시스템
 - 2.3) 변전시스템
 - 2.4) 배전시스템
 - 2.5) 수요 및 소비시스템
 - (3) 전력망 역할과 중요성
 - 3.1) 전력수급 균형
 - 3.2) 공급신뢰도와 전력품질
 - 3.3) 산업경쟁력과 국가안보
 - 3.4) 에너지전환 기반
- 2) 전력망 발전과 전환
 - (1) 전통적 전력망의 발전
 - 1.1) 중앙집중형 발전체계
 - 1.2) 광역 송전망의 형성
 - 1.3) 대규모 전력계통 확대
 - (2) 전력망 구조의 변화와 차세대 전력망으로의 전환
 - 2.1) 재생에너지 확대
 - 2.2) 분산전원 확산
 - 2.3) 전력수요의 대형화·다양화
 - 2.4) 양방향 전력 및 데이터 흐름
 - 2.5) 지능화·유연화·분산화
 - 2.6) 디지털화와 회복탄력성 강화
- 3) 차세대 전력망 구성과 특성
 - (1) 차세대 전력망 구성체계
 - 1.1) 물리적 전력 인프라
 - 1.2) 정보통신 인프라
 - 1.3) 운영·제어 플랫폼
 - 1.4) 분산자원과 유연성 자원
 - (2) 차세대 전력망 주요 특성
 - 2.1) 실시간성
 - 2.2) 상호운용성

- 2.3) 자율성
- 2.4) 확장성
- 2.5) 보안성과 복원력

2. 전력망 산업의 성장구조

- 1) 전력수요 증가와 전기화
 - (1) 산업·건물·수송 부문의 전기화
 - 1.1) 산업공정의 전기화
 - 1.2) 건물 냉난방의 전기화
 - 1.3) 전기차와 충전 인프라 확대
 - (2) 첨단산업의 전력수요
 - 2.1) AI 데이터센터
 - 2.2) 반도체·디스플레이 공장
 - 2.3) 배터리·첨단소재 공장
 - 2.4) 첨단산업 클러스터
 - (3) 전력수요 구조 변화
 - 3.1) 대규모 집중부하 증가
 - 3.2) 지역별 수급불균형
 - 3.3) 피크수요와 변동성 확대
- 2) 재생에너지와 분산전원 확대
 - (1) 재생에너지 성장
 - 1.1) 태양광 발전
 - 1.2) 육상·해상풍력 발전
 - 1.3) 변동성 전원의 증가
 - (2) 분산형 에너지자원 확산
 - 2.1) 자가발전과 자가소비
 - 2.2) 분산형 에너지저장장치
 - 2.3) 전기차와 유연성 자원
 - 2.4) 에너지 프로슈머
 - (3) 전력망에 미치는 영향
 - 3.1) 계통혼잡과 출력제어
 - 3.2) 전압·주파수 변동
 - 3.3) 양방향 전력흐름
 - 3.4) 계통운영 복잡성 증가
- 3) 노후 전력망 교체와 신규 인프라 확충
 - (1) 노후 송배전 인프라
 - 1.1) 설비 노후화
 - 1.2) 전력손실과 고장위험
 - 1.3) 유지보수 및 교체수요
 - (2) 신규 전력망 확충
 - 2.1) 송전선로 건설
 - 2.2) 변전소 신설·증설
 - 2.3) 배전망 고도화
 - 2.4) 국가·지역 간 전력망 연계
- 4) 성장 제약요인
 - (1) 제도·입지 제약
 - 1.1) 인허가 장기화
 - 1.2) 주민수용성
 - 1.3) 환경·입지 문제
 - (2) 투자·경제성 제약
 - 2.1) 대규모 선행투자
 - 2.2) 장기 투자회수

- 2.3) 전기요금과 투자재원
- (3) 공급망·인력 제약
 - 3.1) 변압기·케이블 공급 부족
 - 3.2) 핵심소재 가격변동
 - 3.3) 생산능력과 납기 문제
 - 3.4) 전문인력과 시공역량 부족

3. 전력망 산업의 구조와 생태계

- 1) 산업구조와 가치사슬
 - (1) 전력망 산업의 가치사슬
 - 1.1) 기획·설계
 - 1.2) 소재·부품
 - 1.3) 전력기기 제조
 - 1.4) 조달·건설·설치
 - 1.5) 운영·유지보수
 - (2) 관련기관 및 기업
 - 2.1) 정부와 규제기관
 - 2.2) 전력회사와 계통운영자
 - 2.3) 전력기기 제조기업
 - 2.4) EPC·엔지니어링 기업
 - 2.5) 디지털·에너지서비스 기업
 - 2.6) 발전·전기전자·소재산업
 - 2.7) 건설·엔지니어링·ICT 산업
- 2) 전력망 투자와 사업구조
 - (1) 투자주체
 - 1.1) 정부 및 공공부문
 - 1.2) 전력회사
 - 1.3) 민간 인프라 투자자
 - 1.4) 국제개발금융기관
 - (2) 사업유형
 - 2.1) 규제 기반 송배전사업
 - 2.2) 민관협력사업
 - 2.3) 국가·지역 간 공동사업
 - 2.4) 에너지서비스 사업
 - (3) 수익 및 비용구조
 - 3.1) 설비투자과 운영비용
 - 3.2) 송배전요금과 투자보상
 - 3.3) 유지보수·서비스 수익
 - 3.4) 유연성·보조서비스 수익

4. 글로벌 전력망 및 전력기기 시장동향

- 1) 시장 정의와 산정범위
 - (1) 전력망·전력기기 시장범위
 - 1.1) 송전망
 - 1.2) 변전망
 - 1.3) 배전망
 - 1.4) 디지털 전력망
 - 1.5) 변압기·개폐기·차단기
 - 1.6) 전력케이블·전력변환기기
 - 1.7) 계측·제어기기
 - (2) 시장자료 비교·분석
 - 2.1) 기관별 시장범위 차이

- 2.2) 설비투자과 제품시장 구분
- 2.3) 명목금액과 실질투자 구분
- 2) 글로벌 시장규모와 투자동향
 - (1) 전력망 투자동향
 - 1.1) 송전망 투자
 - 1.2) 변전망 투자
 - 1.3) 배전망 투자
 - 1.4) 디지털화 투자
 - (2) 전력기기 수요동향
 - 2.1) 신규설비 수요
 - 2.2) 교체·보수 수요
 - 2.3) 재생에너지 연계수요
 - 2.4) 대규모 전력수요처 수요
 - (3) 공급 및 거래동향
 - 3.1) 생산능력
 - 3.2) 수주잔고와 납기
 - 3.3) 가격과 수익성
 - 3.4) 무역 및 현지생산
- 3) 지역별 시장동향
 - (1) 북미
 - 1.1) 미국
 - 1.2) 캐나다
 - (2) 유럽
 - 2.1) 유럽연합
 - 2.2) 독일·프랑스·영국
 - 2.3) 북유럽
 - (3) 아시아·태평양
 - 3.1) 중국
 - 3.2) 일본
 - 3.3) 인도
 - 3.4) 동남아시아
 - 3.5) 호주
 - (4) 중동 및 기타 지역
 - 4.1) 중동
 - 4.2) 아프리카
 - 4.3) 중남미
- 4) 시장전망
 - (1) 단기·중장기 전망
 - 1.1) 전력망 투자전망
 - 1.2) 지역별 성장전망
 - 1.3) 수요구조 변화
 - (2) 전망 시나리오
 - 2.1) 기준 시나리오
 - 2.2) 투자확대 시나리오
 - 2.3) 투자지연 시나리오
 - (3) 시장전망 영향요인
 - 3.1) 지역별 투자주기 차이
 - 3.2) 명목투자과 실질설비 증가의 차이
 - 3.3) 정책·금리·원자재 변수

II. 차세대 전력망의 핵심기술 개발과 시스템 발전동향

1. 송전·변전·배전 시스템

- 1) 송전망 기술
 - (1) 교류 송전시스템
 - 1.1) 고압·초고압 송전
 - 1.2) 가공송전과 지중송전
 - 1.3) 송전용량 확대기술
 - (2) 광역 전력망
 - 2.1) 지역 간 전력망 연계
 - 2.2) 국가 간 전력망 연계
 - 2.3) 슈퍼그리드
 - (3) 송전망 운영
 - 3.1) 전력조류 관리
 - 3.2) 송전혼잡 관리
 - 3.3) 송전선로 감시·진단
- 2) 변전시스템
 - (1) 변전소의 구성과 유형
 - 1.1) 변압설비
 - 1.2) 개폐·보호설비
 - 1.3) 계측·감시설비
 - 1.4) 제어·통신설비
 - 1.5) 옥외·옥내 변전소
 - 1.6) AIS·GIS 변전소
 - 1.7) 이동형·모듈형 변전소
 - (2) 차세대 변전소
 - 2.1) 디지털 변전소
 - 2.2) 무인 변전소
 - 2.3) 친환경 변전소
- 3) 배전망 기술
 - (1) 배전망의 구조
 - 1.1) 고압·저압 배전망
 - 1.2) 배전선로와 배전기기
 - 1.3) 배전계통 운영
 - (2) 배전자동화
 - 2.1) 원격감시·제어
 - 2.2) 고장구간 검출·분리
 - 2.3) 배전망 자가복구
 - (3) 능동배전망
 - 3.1) 분산자원 수용
 - 3.2) 양방향 전력흐름 관리
 - 3.3) 배전망 유연성 운영
 - 3.4) 지능형 배전관리시스템

2. HVDC와 차세대 송전기술

- 1) HVDC 이해
 - (1) HVDC 개념과 특성
 - 1.1) HVAC와 HVDC 비교
 - 1.2) HVDC 시스템 구성
 - 1.3) HVDC 적용조건
 - (2) HVDC 기술방식
 - 2.1) LCC-HVDC
 - 2.2) VSC-HVDC
 - 2.3) 기술방식별 특성과 적용분야

2) HVDC 시스템

(1) 변환시스템

- 1.1) 컨버터스테이션
- 1.2) 컨버터 밸브
- 1.3) 컨버터 변압기

(2) 직류 송전시스템

- 2.1) 직류 송전선로
- 2.2) 접지·귀로 시스템
- 2.3) 직류 고장보호

(3) 제어·보호시스템

- 3.1) 전력흐름 제어
- 3.2) 고장검출과 차단
- 3.3) 계통안정화 제어

3) HVDC 적용분야

(1) 장거리·대용량 송전

- 1.1) 육상 장거리 송전
- 1.2) 해저·지중 송전
- 1.3) 비동기 계통연계

(2) 재생에너지 연계

- 2.1) 해상풍력
- 2.2) 대규모 재생에너지 발전기지
- 2.3) 에너지아일랜드

(3) 차세대 직류 전력망

- 3.1) 멀티터미널 HVDC
- 3.2) DC Grid
- 3.3) AC·DC 하이브리드 전력망

3. 스마트그리드와 디지털 전력망

1) 지능형 계량·통신 인프라

(1) 지능형 계량인프라

- 1.1) 스마트미터
- 1.2) 계량데이터 관리
- 1.3) 양방향 통신

(2) 전력망 통신·데이터 인프라

- 2.1) 유선·무선 통신
- 2.2) 전용통신망
- 2.3) 5G·차세대 통신
- 2.4) 시간동기화 기술
- 2.5) 센서와 IoT
- 2.6) 엣지컴퓨팅
- 2.7) 클라우드 데이터 플랫폼

2) 전력망 운영 플랫폼

(1) 계통운영시스템

- 1.1) SCADA
- 1.2) EMS
- 1.3) 광역감시제어시스템

(2) 배전운영시스템

- 2.1) DMS
- 2.2) ADMS
- 2.3) 정전관리시스템

(3) 분산자원 운영시스템

- 3.1) DERMS

- 3.2) 분산자원 감시·제어
- 3.3) 유연성 자원 운영
- 3) AI·디지털트윈 기반 운영
 - (1) AI 기반 예측
 - 1.1) 전력수요 예측
 - 1.2) 재생에너지 발전량 예측
 - 1.3) 전력가격·혼잡 예측
 - (2) AI 기반 설비관리
 - 2.1) 상태진단
 - 2.2) 고장예측
 - 2.3) 예방·예지정비
 - (3) 디지털트윈
 - 3.1) 전력망 모델링
 - 3.2) 실시간 시뮬레이션
 - 3.3) 설비 자산관리
 - 3.4) 투자·운영 시나리오 분석
 - (4) 자율운영 전력망
 - 4.1) 지능형 의사결정
 - 4.2) 자동 복구
 - 4.3) 인간·AI 협업운영

4. 분산에너지와 유연성 자원

- 1) 분산에너지 시스템
 - (1) 분산에너지 개념과 구조
 - 1.1) 분산에너지 정의
 - 1.2) 중앙집중형 시스템과의 차이
 - 1.3) 분산에너지 시스템 구성
 - (2) 분산전원 유형
 - 2.1) 태양광·풍력
 - 2.2) 연료전지
 - 2.3) 열병합발전
 - 2.4) 소규모 에너지저장장치
 - 2.5) 자가발전 및 비상발전
 - (3) 분산전원 계통연계
 - 3.1) 계통연계 기준
 - 3.2) 계통접속 절차
 - 3.3) 출력제어
 - 3.4) 전압·주파수 관리
 - 3.5) 보호·계측 및 전력품질
- 2) 마이크로그리드
 - (1) 마이크로그리드 개념과 역할
 - 1.1) 마이크로그리드 정의
 - 1.2) 기존 배전망과의 차이
 - 1.3) 적용목적과 효과
 - (2) 마이크로그리드 구성
 - 2.1) 분산전원
 - 2.2) 에너지 저장장치
 - 2.3) 부하와 수요자원
 - 2.4) 에너지관리시스템
 - 2.5) 계통연계 및 보호장치
 - (3) 마이크로그리드 유형
 - 3.1) 계통연계형

- 3.2) 독립형
- 3.3) 하이브리드형
- 3.4) 이동형 마이크로그리드
- (4) 마이크로그리드 운영·제어
 - 4.1) 계통연계 운전
 - 4.2) 독립운전과 도서운전
 - 4.3) 계통 분리·재연계
 - 4.4) 블랙스타트와 계통복구
- 3) 가상발전소
 - (1) 가상발전소 개념과 구조
 - 1.1) 가상발전소 정의
 - 1.2) 가상발전소 구성
 - 1.3) 마이크로그리드와의 차이
 - (2) 분산자원 통합기술
 - 2.1) 분산자원 연결·집합
 - 2.2) 실시간 데이터 수집
 - 2.3) 발전량·수요 예측
 - 2.4) 자원 최적화 및 제어
 - (3) 가상발전소 유형
 - 3.1) 공급형 가상발전소
 - 3.2) 수요형 가상발전소
 - 3.3) 혼합형 가상발전소
 - 3.4) 상업형·기술형 가상발전소
 - (4) 전력시장 유형과 수익구조
 - 4.1) 전력·용량시장
 - 4.2) 보조서비스시장
 - 4.3) 유연성시장
 - 4.4) 수익모델과 정산체계
- 4) 수요반응과 에너지 프로슈머
 - (1) 수요반응 개념과 유형
 - 1.1) 가격기반 수요반응
 - 1.2) 인센티브 기반 수요반응
 - 1.3) 비상 수요반응
 - (2) 지능형 수요관리
 - 2.1) 자동 수요반응
 - 2.2) 실시간 요금제
 - 2.3) 수요예측과 부하제어
 - (3) 에너지 프로슈머
 - 3.1) 자가소비와 잉여전력 판매
 - 3.2) 개인 간 전력거래
 - 3.3) 지역에너지 거래
 - (4) 수요자원 시장
 - 4.1) 수요자원 집합과 기준부하
 - 4.2) 감축실적 측정·검증
 - 4.3) 중개사업자와 애그리게이터
 - 4.4) 보상 및 정산체계

5. ESS와 전략망 안정화

- 1) 전력망용 ESS의 이해
 - (1) ESS 구성
 - 1.1) 배터리스istem
 - 1.2) PCS

1.3) BMS

1.4) EMS

(2) 전력망 적용기능과 설치유형

2.1) 주파수조정

2.2) 피크저감

2.3) 재생에너지 출력 안정화

2.4) 송배전망 투자 지연

2.5) 비상전력 및 계통복원

2.6) 발전단·송전망 연계

2.7) 배전망·수요처 연계

2) 에너지저장기술

(1) 전기화학적 저장

1.1) 리튬이온 배터리

1.2) 나트륨이온 배터리

1.3) 레독스 흐름전지

(2) 기계적 저장

2.1) 양수발전

2.2) 압축공기저장

2.3) 중력저장

(3) 기타 저장기술

3.1) 열에너지 저장

3.2) 수소 기반 저장

3.3) 슈퍼커패시터와 플라이휠

3) ESS 안전성과 사업성

(1) 안전관리

1.1) 열폭주와 화재위험

1.2) 감시·진단기술

1.3) 소화·확산방지기술

1.4) 안전기준과 인증

(2) 경제성 및 운영관리

2.1) 설치·운영비용

2.2) 수익모델

2.3) 수명과 성능저하

(3) 자원순환

3.1) 재사용

3.2) 재제조

3.3) 재활용

6. 전력계통 안정성·보호 및 보안

1) 전력계통 안정도

(1) 계통 안정도 유형

1.1) 주파수 안정도

1.2) 전압 안정도

1.3) 과도 안정도

(2) 재생에너지와 계통관성

2.1) 인버터 기반 자원

2.2) 관성 저하

2.3) 동기조상기와 관성보완

(3) Grid-following 과 Grid-forming

3.1) Grid-following 인버터

3.2) Grid-forming 인버터

3.3) 적용영역과 기술과제

- 2) 보호·제어 및 전력품질
 - (1) 보호·제어기술
 - 1.1) 보호계전
 - 1.2) 고장검출
 - 1.3) 고장구간 분리
 - 1.4) 광역감시제어
 - (2) 전력품질 관리
 - 2.1) 전압 및 주파수 관리
 - 2.2) 고조파 관리
 - 2.3) 무효전력 보상
 - 2.4) 순간정전과 전압강하 대응
- 3) 전력망 보안
 - (1) 사이버·물리·공급망 보안
 - 1.1) 제어시스템 보안
 - 1.2) 통신·데이터 보안
 - 1.3) 설비 및 시설보안
 - 1.4) 하드웨어·소프트웨어 공급망
 - 1.5) 외부사업자와 원격접속
 - 1.6) 취약점·패치 관리
 - (2) 재난대응 방안
 - 2.1) 기후재해 대응
 - 2.2) 비상운영과 계통복구
 - 2.3) 블랙스타트
- 4) 표준과 상호운용성
 - (1) 국제표준
 - 1.1) IEC 표준
 - 1.2) IEEE 표준
 - 1.3) 통신·데이터 표준
 - (2) 시험·인증
 - 2.1) 전력기기 시험
 - 2.2) 계통연계 인증
 - 2.3) 상호운용성 검증

III. 전력기기 핵심소재·부품 기술동향과 수요 산업별 적용전략

1. 변압기 산업

- 1) 변압기 구조와 유형
 - (1) 변압기 원리·구성·성능
 - 1.1) 철심과 권선
 - 1.2) 절연·냉각시스템
 - 1.3) 부식과 탭절환기
 - 1.4) 용량과 전압등급
 - 1.5) 효율·손실·열관리
 - 1.6) 절연·소음·환경성
 - (2) 변압기 유형
 - 2.1) 전력용 변압기
 - 2.2) 배전용 변압기
 - 2.3) 건식 변압기
 - 2.4) 특수 변압기
- 2) 차세대 변압기 기술
 - (1) 초고압·고효율 변압기
 - 1.1) 초고압 변압기

- 1.2) 저손실 변압기
- 1.3) 친환경 절연유 변압기
- (2) 디지털 변압기
 - 2.1) 센서 기반 상태감시
 - 2.2) 고장진단과 예지정비
 - 2.3) 자산관리와 디지털트윈
- (3) 용도별 변압기
 - 3.1) 재생에너지용 변압기
 - 3.2) 데이터센터용 변압기
 - 3.3) HVDC 용 컨버터 변압기
- 3) 변압기 시장과 생산동향
 - (1) 시장 및 수요동향
 - 1.1) 전력회사 수요
 - 1.2) 재생에너지 수요
 - 1.3) 데이터센터·산업체 수요
 - 1.4) 지역별 수요
 - (2) 생산·경쟁구조와 공급계약
 - 2.1) 글로벌 생산거점
 - 2.2) 생산능력과 가동률
 - 2.3) 수주잔고와 납기
 - 2.4) 초고압 변압기 생산능력
 - 2.5) 장납기 핵심부품
 - 2.6) 시험설비와 품질인증

2. 개폐기·차단기 및 변전기기 산업

- 1) 개폐기와 차단기
 - (1) 개폐기 구조·유형·설계요건
 - 1.1) 저압·고압 개폐기
 - 1.2) 금속폐쇄형 개폐장치
 - 1.3) AIS 와 GIS
 - 1.4) 정격전압·절연성능·신뢰성
 - (2) 차단기 구조와 유형
 - 2.1) 진공차단기
 - 2.2) 가스차단기
 - 2.3) 직류차단기
 - 2.4) 고속차단기
- 2) 친환경·디지털 변전기기
 - (1) 친환경 절연기술
 - 1.1) SF₆ 대체가스
 - 1.2) 고체·진공 절연
 - 1.3) 환경규제 대응
 - (2) 디지털 변전기기
 - 2.1) 전자식 변성기
 - 2.2) 디지털 보호계전기
 - 2.3) 상태감시기기
 - 2.4) 통합제어기기
- 3) 시장 및 공급동향
 - (1) 주요 수요시장
 - 1.1) 송변전시장
 - 1.2) 배전시장
 - 1.3) 산업·상업용 시장
 - 1.4) 재생에너지시장

- (2) 공급구조와 시장전환
 - 2.1) 주요 생산지역
 - 2.2) 핵심부품 공급망
 - 2.3) 생산능력과 납기
 - 2.4) 친환경·디지털 제품 전환
 - 2.5) 직류 전력망 수요

3. 전력케이블과 전선산업

- 1) 전력케이블 구조와 유형
 - (1) 전력케이블 구성
 - 1.1) 도체
 - 1.2) 절연체
 - 1.3) 차폐·보호층
 - 1.4) 접속재와 종단재
 - (2) 전력케이블 유형
 - 2.1) 가공전선
 - 2.2) 지중케이블
 - 2.3) 해저케이블
 - 2.4) 초전도케이블
- 2) 초고압·HVDC 케이블
 - (1) 초고압 케이블
 - 1.1) AC 초고압 케이블
 - 1.2) HVDC 케이블
 - 1.3) 절연 및 접속기술
 - (2) 해저케이블 시스템
 - 2.1) 설계·제조
 - 2.2) 포설과 매설
 - 2.3) 케이블 설치선
 - 2.4) 유지보수와 고장복구
 - (3) 차세대 케이블 기술
 - 3.1) 고용량·저손실 케이블
 - 3.2) 동적 해저케이블
 - 3.3) 초전도케이블
- 3) 시장과 생산·시공동향
 - (1) 주요 수요시장
 - 1.1) 해상풍력
 - 1.2) 국가 간 연계망
 - 1.3) 지중 송배전망
 - 1.4) 산업단지와 대규모 수요처
 - (2) 생산·시공구조와 공급제약
 - 2.1) 생산설비
 - 2.2) 시험·인증
 - 2.3) 포설·시공역량
 - 2.4) 초고압·해저케이블 생산능력
 - 2.5) 케이블 설치선과 시공인력
 - 2.6) 장거리 프로젝트 수행역량

4. 전력변환기기와 전력반도체

- 1) 전력변환 및 전력품질 기기
 - (1) 전력변환장치
 - 1.1) 컨버터
 - 1.2) 인버터

- 1.3) 정류기
- 1.4) PCS
- (2) 전력품질 기기
 - 2.1) FACTS
 - 2.2) STATCOM
 - 2.3) SVC
 - 2.4) 무효전력 보상장치
- 2) 전력반도체
 - (1) 전력반도체 유형
 - 1.1) 다이오드·사이리스터
 - 1.2) IGBT
 - 1.3) Power MOSFET
 - (2) 차세대 전력반도체
 - 2.1) SiC
 - 2.2) GaN
 - 2.3) 초고전압 전력소자
 - (3) 전력모듈과 패키징
 - 3.1) 전력모듈
 - 3.2) 패키징
 - 3.3) 열관리
 - 3.4) 신뢰성 평가
- 3) 시장과 산업구조
 - (1) 수요시장
 - 1.1) HVDC·FACTS
 - 1.2) 재생에너지
 - 1.3) ESS
 - 1.4) 전기차·산업기기
 - (2) 공급망
 - 2.1) 웨이퍼와 소재
 - 2.2) 소자 제조
 - 2.3) 모듈·패키징
 - 2.4) 장비 및 생산기반

5. 계측·보호·통신기기 및 전력망 소프트웨어 산업

- 1) 계측·감시기기
 - (1) 전력계측·상태감시기기
 - 1.1) 전압·전류 계측
 - 1.2) 스마트미터
 - 1.3) 전력품질 계측기
 - 1.4) 온도·진동·부분방전 감시
 - 1.5) 가스·절연상태 감시
 - (2) 광역감시기기
 - 2.1) PMU
 - 2.2) 시각동기화 장치
 - 2.3) 광역감시 네트워크
- 2) 보호·제어기기
 - (1) 보호계전기
 - 1.1) 거리·과전류 보호
 - 1.2) 차동보호
 - 1.3) 디지털 보호계전기
 - (2) 제어기기
 - 2.1) 변전소 제어장치

- 2.2) 배전자동화 단말장치
- 2.3) 분산자원 제어장치
- 3) 전력망 통신·소프트웨어
 - (1) 통신장비와 네트워크
 - 1.1) 전력선통신
 - 1.2) 광통신
 - 1.3) 무선통신
 - (2) 전력망 소프트웨어
 - 2.1) 계통해석 소프트웨어
 - 2.2) 운영·관제 소프트웨어
 - 2.3) 자산관리 소프트웨어
 - 2.4) 에너지거래 플랫폼
 - (3) 시장 및 산업구조
 - 3.1) 하드웨어·소프트웨어 융합
 - 3.2) 구독·서비스형 사업모델
 - 3.3) 데이터 소유권과 상호운용성

6. 핵심소재·부품과 공급망

- 1) 전력기기 핵심소재
 - (1) 전도·자성소재
 - 1.1) 전기강판
 - 1.2) 구리
 - 1.3) 알루미늄
 - 1.4) 희소금속
 - 1.5) 자성소재
 - (2) 절연·구조·보호소재
 - 2.1) 절연유
 - 2.2) 고분자 절연재
 - 2.3) 세라믹 소재
 - 2.4) 철강·합금
 - 2.5) 복합소재
 - 2.6) 방열·난연소재
- 2) 핵심부품과 제조기반
 - (1) 핵심부품
 - 1.1) 부싱
 - 1.2) 탭절환기
 - 1.3) 절연·차단부품
 - 1.4) 케이블 접속재·중단재
 - 1.5) 전력모듈과 냉각·열관리 부품
 - (2) 제조·시험 기반
 - 2.1) 생산설비
 - 2.2) 고전압 시험설비
 - 2.3) 품질관리와 인증
- 3) 공급망 위험과 대응
 - (1) 공급망 위험요인
 - 1.1) 원자재 가격변동
 - 1.2) 특정국·기업 의존
 - 1.3) 생산능력 부족
 - 1.4) 물류·납기 불확실성
 - (2) 공급망 대응전략
 - 2.1) 장기구매계약
 - 2.2) 공급업체 다변화

- 2.3) 현지생산 확대
- 2.4) 재활용과 순환공급망

IV. 글로벌 기업전략과 주요국 정책 및 산업전망

1. 글로벌 경쟁구도와 산업재편

- 1) 글로벌 경쟁구도
 - (1) 제품별 경쟁구도
 - 1.1) 변압기
 - 1.2) 개폐기·차단기
 - 1.3) 전력케이블
 - 1.4) HVDC·전력변환기기
 - 1.5) 디지털 전력망
 - (2) 지역별 경쟁구도
 - 2.1) 북미
 - 2.2) 유럽
 - 2.3) 중국·일본
 - 2.4) 한국
 - (3) 경쟁요인 변화
 - 3.1) 가격과 납기
 - 3.2) 고전압·대용량 기술
 - 3.3) 친환경성
 - 3.4) 디지털 서비스
- 2) 산업 재편과 진입장벽
 - (1) 기업구조와 사업재편
 - 1.1) 대형기업 중심의 수주구조
 - 1.2) 사업재편과 포트폴리오 조정
 - 1.3) 인수합병과 합작투자
 - (2) 시장 진입장벽
 - 2.1) 기술·품질 요구수준
 - 2.2) 시험·인증과 납품실적
 - 2.3) 생산설비와 장기투자
 - 2.4) 고객 승인과 장기 신뢰관계
 - (3) 경쟁구조 변화
 - 3.1) 생산능력 경쟁
 - 3.2) 현지생산 요구 확대
 - 3.3) 제품·소프트웨어·서비스 결합
 - 3.4) 공급망 안정성의 경쟁요인화

2. 유럽·미국 주요 기업전략

- 1) Hitachi Energy
 - (1) 사업구조와 주요 제품
 - (2) HVDC·변압기·디지털 전력망 전략
 - (3) 생산능력 및 공급망 전략
- 2) Siemens Energy
 - (1) 전력망 사업구조와 제품군
 - (2) HVDC·친환경 개폐기·해상풍력 전략
 - (3) 생산투자 및 지역별 수주전략
- 3) GE Vernova
 - (1) Grid Solutions 사업과 제품군
 - (2) HVDC·FACTS·디지털 전력망 전략

- (3) 지역별 사업 및 생산전략
- 4) Schneider Electric·ABB·Eaton
 - (1) Schneider Electric
 - (2) ABB
 - (3) Eaton
- 5) Prysmian·Nexans
 - (1) Prysmian
 - (2) Nexans

3. 일본·중국 주요 기업전략

- 1) 일본 주요기업
 - (1) Mitsubishi Electric
 - (2) Toshiba Energy Systems
 - (3) Fuji Electric·Nissin Electric
 - 3.1) Fuji Electric
 - 3.2) Nissin Electric
 - 3.3) Fuji Electric 과 Nissin Electric 의 전략 비교
- 2) 중국 주요기업
 - (1) State Grid Corporation of China
 - 1.1) 산업 생태계에 미치는 영향
 - 1.2) 해외사업 전략
 - (2) China XD Electric·TBEA
 - 2.1) China XD Electric
 - 2.2) TBEA
 - 2.3) China XD Electric 과 TBEA 의 비교
 - (3) CHINT 및 기타기업
 - 3.1) CHINT
 - 3.2) 생산·해외전략
 - 3.3) 기타 중국 기업
 - 3.4) 중국 기업의 글로벌 경쟁전략

4. 국내 주요 기업전략

- 1) HD 현대일렉트릭
 - (1) 사업구조와 주요 제품
 - (2) 지역별 시장 및 수주전략
 - (3) 생산능력 및 공급망 전략
- 2) 효성중공업
 - (1) 초고압 전력기기와 시스템 사업
 - (2) ESS·STATCOM·디지털 전력솔루션
 - (3) 글로벌 생산 및 시장전략
- 3) LS ELECTRIC
 - (1) 전력·자동화 사업
 - (2) 스마트에너지·데이터센터 전략
 - (3) 글로벌시장 및 생산전략
- 4) LS 전선·대한전선
 - (1) LS 전선
 - (2) 대한전선
- 5) 기타 국내 기업
 - (1) 일진전기
 - (2) 산일전기
 - (3) 전력기기·부품 중소기업

5. 국가별 정책과 투자전략

- 1) 미국
 - (1) 전력망 현대화
 - (2) 전력기기 공급망과 지역·시장별 투자
- 2) 유럽연합
 - (1) 전력망 통합정책
 - (2) 에너지전환 정책
 - (3) 산업·환경 정책
- 3) 중국
 - (1) 전국 통합 전력망과 신형 전력시스템
 - (2) 전력기기 산업정책과 해외진출
- 4) 일본
 - (1) 전력망 개편과 에너지전환 정책
 - (2) 전력기기·에너지산업 육성정책
- 5) 한국
 - (1) 전력망 확충정책
 - (2) 분산·지능형 전력망 정책
 - (3) 전력기기 산업정책
 - (4) 정책과제

6. 산업전망과 국내 기업의 대응전략

- 1) 차세대 전력망 발전전망
 - (1) 전력망 구조의 전환방향
 - 1.1) 중앙집중형·분산형 전력망의 결합 확대
 - 1.2) AC·DC 하이브리드 전력망으로의 전환
 - 1.3) 자율운영 전력망의 단계적 확산
 - 1.4) 국가·지역 간 전력망 연계 확대
 - (2) 핵심기술의 상용화 전망
 - 2.1) 멀티터미널 HVDC의 상용화
 - 2.2) Grid-forming 기술의 적용 확대
 - 2.3) 디지털트윈·AI 운영의 현장 확산
 - 2.4) 초전도·직류 배전망의 실증과 상용화
 - (3) 기술확산의 산업적 영향
 - 3.1) 전력망 투자방식 변화
 - 3.2) 제품·소프트웨어 융합
 - 3.3) 운영·서비스 시장 확대
 - (4) 전력시장 변화
 - 4.1) 분산자원 시장참여
 - 4.2) 유연성·보조서비스시장
 - 4.3) 지역·개인 간 전력거래
- 2) 산업구조와 경쟁구도 변화
 - (1) 제조·공급구조 변화
 - 1.1) 생산거점 현지화
 - 1.2) 장기 공급계약 확대
 - 1.3) 공급업체 다변화
 - 1.4) 소재·부품 내재화
 - (2) 사업모델 변화
 - 2.1) 제품과 서비스의 결합
 - 2.2) 유지보수·자산관리 확대
 - 2.3) 데이터 기반 수익모델
 - 2.4) 전력망 플랫폼 사업
 - (3) 경쟁구도 전망

- 3.1) 글로벌 기업의 과점화
- 3.2) 중국 기업의 해외진출
- 3.3) 국내 기업의 시장확대
- 3) 국내 기업 성장기회와 대응전략
 - (1) 국내 기업 성장기회
 - 1.1) 초고압 전력기기 수출
 - 1.2) 해저·HVDC 케이블
 - 1.3) 북미·유럽·중동시장 확대
 - 1.4) 디지털 전력망 신사업
 - (2) 경쟁력 강화방향
 - 2.1) 핵심소재 의존
 - 2.2) 생산능력과 전문인력
 - 2.3) 디지털·소프트웨어 역량
 - 2.4) 국제표준과 인증
 - (3) 국내 기업 대응전략
 - 3.1) 고부가가치 제품확대
 - 3.2) 글로벌 생산기지 구축
 - 3.3) 기술·서비스 융합
 - 3.4) 수출시장 다변화
 - 3.5) 산업생태계 협력