

통일 독일의 전력사업 재편과정

김 광 인

한국전력공사 전원계획처

1. 머리말

이 자료는 1990년에 이루어진 독일 통일 전후에서의 전력사업의 재편과정에 대하여 기술한 것이다. 이와 관련하여 통일 당시의 전력사업 구조, 전력계통 운용상황 및 특성, 독일 전력사업 재편 내용 및 전력계통 연계과정 등을 살펴보았다. 특히, 사회주의 체제 아래에서의 舊東獨地域 전력사업을 자유시장경제 체제로 전환하는 과정에서의 사업구조 개편 및 동독지역 전력계통을 서독지역과 연계시키는 과정과 그에 따르는 문제에 대하여 중점을 두었다.

향후, 우리 나라가 統一 또는 南北韓間 經濟交流가 활발히 추진될 때, 현재 극심한 어려움을 겪고 있는 것으로 알려진 북한 전력부문에 대한 지원대책 마련이 필수적으로 이루어져야 한다. 이와 관련된 독일의 경험에 비추어 볼 때, 북한의 전력부문을 정상화 시키기 위해서는 장기간에 걸친 투자와 연구가 필요할 것으로 전망된다. 또한 이를 위해서는 統一獨逸 電力事業 再編過程에 대한 깊은 이해가 반드시 수반되어야 할 것으로 판단된다.

2. 독일 전력사업 구조와 전력계통 특성

가. 전력사업 체제

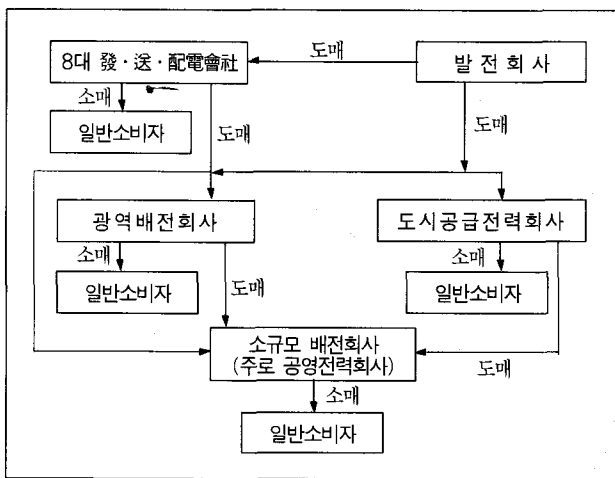
(1) 舊西獨 전기사업 형태

舊西獨의 電力事業은 일반전기사업자, 산업체 자가발전, 연방 철도 및 다수의 소규모 개인발전사업자(주로 수력발전)로 구성되어 있다. 이러한 전기사업자 가운데 발전만을 담당하는 회사는 52개사이며, 발전, 송전 및 배전을 모두 담당하는 전기사업자는 364개사, 配電만을 담당하는 전기사업자도 264개사 등 전체적인 전력회사의 수는 약 1,000개사에 이른다. 이 가운데, 라인베스트파렌에너지(RWE), 바이엘전력(BAG), 프로이센電力(PE)을 3대전력회사라고 부르며, 이밖에 슈바텐에너지(EVS), 함부르크電力(HEW), 베스트파렌합동電力(VEW), 베를린電力(BEWAG), 바덴電力 등을 포함하여 8대 전력회사라고 한다. 통일 당시 舊西獨의 8대 전력회사는 구서독 전체발전량 가운데 80%를 점유하였다.

독일의 전력회사는 대부분 公營이나 公·私 혼합형으로 운영된다. 여기에서 公營이란 公共機關(聯邦, 州, 都市 등)에 의한 자본참여 비중이 95% 이상을 의미하고, 公·私 혼합형이란 공공기관의 자본참여 비중이 25~95% 범위에 해당되는 것을 의미한다. 또한 私營 電力會社는 공공기관의 자본 비율이 25% 미만인 경우이다. 8大電力會社 가운데 슈바벤에너지(EVS)는 公營이고, 프로이센電力은 私營으로 운전되며 나머지 6개 전력회사는 公·私 혼합형으로 운전되고 있다.

舊西獨의 전력사업 특징은 8개의 대규모 전력회사가 시장의 중심지배자로서 자치단체경영사업자, 광역배전사업자 등에 자본참여를 허용하는 상호 관련 체제를 유지하고 있었다. 이것은 대규모 전력회사간의 資本結合이 간접적으로 행해지고 있다는 것을 의미한다. 法人 사이의 자본 참여에 의한 결합을 통하여 거래관계의 강화, 또는 상호 경영권지배 등을 목적으로 하는 株式의 공유 형태를 취하기도 하였다.

그림 1은 구서독의 전력공급 구조를 보여준다.



(그림 1) 구서독의 전력공급 구조

(2) 舊東獨

舊東獨의 전력사업 체제는 다른 舊COMECON 국가

와 마찬가지로 강력한 중앙집권 아래에서 운영되었다. 즉, 전력의 공급은 다른 경제분야와 마찬가지로 舊東獨 政府의 경제계획 아래에서 조정되었다. 舊體制에서의 전력사업 부문은 갈탄발전 콤비나트, 원자력발전 콤비나트, 송전 콤비나트 및 15개의 지역단위 에너지배급 콤비나트(전기, 가스, 지역난방) 등, 18개의 콤비나트로 구성되어 있었다.

나. 전력계통의 특성

舊東獨과 舊西獨의 전력계통 운용 체제는 통일 시점인 1990년까지 크게 달랐다. 舊西獨 系統은 서유럽의 UCPT¹⁾ 系統에 연계되어 있었고, 舊東獨은 구소련을 중심으로 한 IPS²⁾ 계통의 일부로서 운용되었다. 여기에서는 舊西獨 및 舊東獨의 전력계통 특성을 이해하기 위하여 통일 당시의 발전설비 및 송전계통의 특성에 대하여 살펴보았다.

(1) 발전설비

舊東獨 및 舊西獨의 電力系統 규모를 살펴보면, 통일전인 1989년의 舊東獨 발전설비 용량은 1989년말 기준 24,199MW로서 舊西獨의 104,212MW에 비하면 1/4 이하이다. 또한 舊東獨 대부분의 발전소는 갈탄화력발전소이며, 통일 이후에는 가동을 중지하였지만 구소련형 원자력 발전소도 1,830MW가 운전되고 있었다. 그러나 통일 이후에는 舊東獨의 원자력 발전소가 안전상의 문제로 모두 운전이 중지되고 폐지됨에 따라 설비용량의 격차는 더욱 크게 벌어졌다. 통일 직전 및 직후인 1989년과 1990년 말의 舊東·西獨의 발전설비 현황을 표 2에 나타냈다.

(2) 송전계통

독일 전력계통은 초고압 송전선로가 網(Network) 형

1) UCPT : 西유럽 發送電 協同 聯盟

2) IPS : 東유럽 統合電力系統

〈표 2〉 독일 발전설비 내역

(단위:MW)

구분	통일전('89. 12)		통일 후('90. 12)		
	구서독	구동독	구서독	구동독	통일독일
수력	6,891	1,747	6,880	1,747	8,627
원자력	23,946	1,830	23,655	-	23,655
갈탄	12,370	18,296	12,315	18,056	30,371
석탄	34,275	95	34,130	↑	↑
석유	9,578	1,165	9,500	2,416	63,261
가스	15,997	578	16,015	↓	↓
기타	1,155	488	1,200	↓	↓
계	104,212	24,199	103,695	22,219	125,914

태로 구성되어 있고, 이러한 송전선로는 독일 내의 각 전력회사 사이에 상호 연계되어 있다. 계통의 전압은 基幹系統이 380kV, 220kV인 超高壓으로 이루어져 있고, 그밖에 110kV, 20kV, 0.4kV 등이 있지만(110kV 이하는 배전 전압), 9대 전력회사에 의해 운용되고 있는 전압은 서로 다르다.

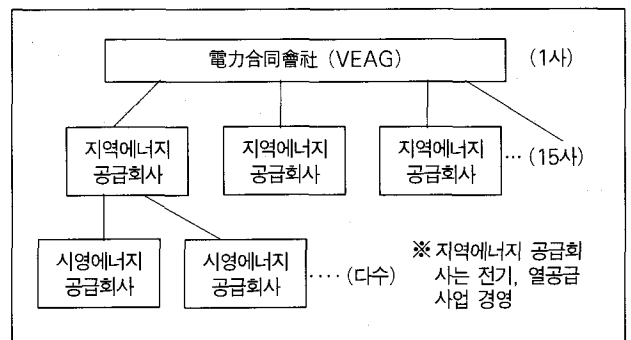
독일은 1990년 10월에 정치적으로 통일을 하였지만 電力系統은 본격적인 전력계통 연계운전이 이루어질 때까지 한동안 ① 서유럽 발전전협동연맹(UCPTE)에 속해 있는 舊西獨系統, ② 동유럽통합전력계통(IPS)에 속해 있는 舊東獨系統, ③ 서베를린 단독계통 등, 3종류의 서로 다른 전력계통으로 존재하였다. 이러한 3종류의 전력계통은 각각의 규정주파수가 모두 50Hz이지만 그 품질은 상호 현저하게 달랐다.

3. 구동독 전력사업 재편성 및 민영화 과정

독일은 통일 2개월 여 앞선 '90년 8월에 舊西獨의 3대 전력회사와 舊東獨 정부간에 구동독지역 전력사업 재편성에 관한 계약을 체결하고 민영화를 추진하였다. 이의 주요 내용은 다음과 같다.

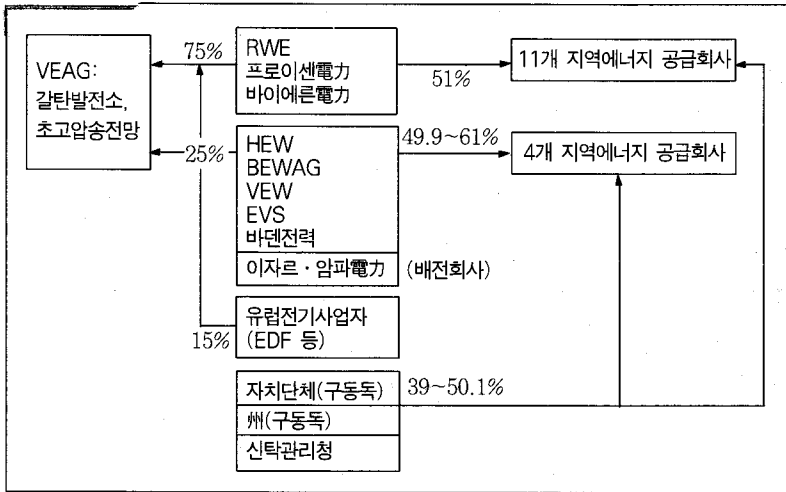
- 구서독의 3대전력회사가 舊東獨地域 공동 관리(긴급)

- 3대전력회사가 구동독 전력사업 합병(즉시)
 - 3대전력회사가 전력합동회사(VEAG)에 75% 자본 참여('91. 1)
 - 지역 에너지회사에 전력수요의 70% 이상을 장기 공급
 - 舊COMECON, 오스트리아에 대한 의무 이행
 - 舊東·西獨 사이의 전기요금 수준 균일화
 - VEAG社에 대한 잔여 25%의 자본참여비율을 타전력회사에 부여
 - 바이에른電力, 프로이센電力에 의해 舊東獨 전력사업의 再建(가능한 조속히)
 - 公害物質 排出量 삭감(1991년부터)
 - 舊西獨 대규모전력회사의 자금 투자(VEAG社에 6억 마르크, 지역 에너지공급社에 13억 마르크)
- 이러한 舊東獨地域 전력사업 재편성에 따라 동독지역에는 갈탄발전 콤비나트, 원자력발전 콤비나트, 송전 콤비나트가 통합되어 민간회사인 電力合同會社(VEAG)가 설립되고, 15개의 지역단위 에너지배급 콤비나트는 민영화되어 지역에너지공급회사로 남게 되었다. 이러한 동독지역전력공급 체계를 나타내면 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 舊東獨의 전력사업 형태

이러한 구동독지역 전력사업 민영화에 대한 舊西獨 전력회사의 진출은 특히 舊西獨의 3대 전력회사가 舊東獨의 송전망과 갈탄화력발전소의 75%, 1989년 전력 공



〈그림 3〉 구서독 전력회사의 구동독 전력사업 진출 상황

4. 전력계통 연계

가. 전력계통 연계 과정

(1) 긴급전력공급

통일 당시 舊西獨 系統은 서유럽의 UCPTE 系統에 연계되었고, 舊東獨은 동유럽전력계통(IPS)에 연계되었으므로, 舊東·西獨 전력계통은 상호 연계되지 못하고 별개의 계통으로 運用되었다. 그러나 독일이 통일된 이상 상호간의 전력 융통을 하기 위한 전력계통 연계가 필요하게 되었다. 특히, 통일 이후

급량의 86.3%를 점유하게 됨을 의미한다.

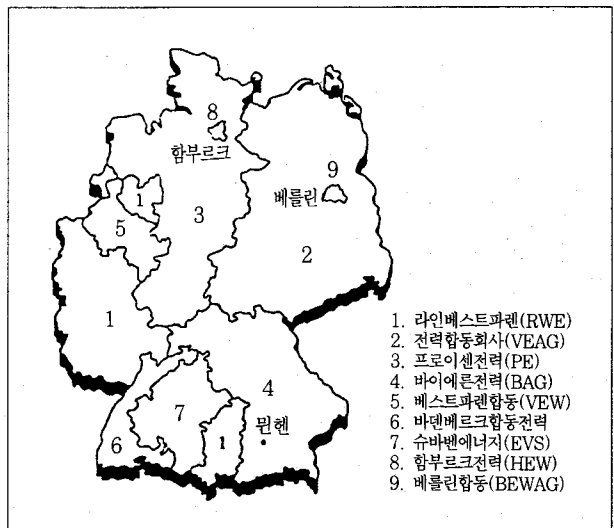
동독지역의 電力合同會社(VEAG)나 15개 지역에너지공급회사에 대한 지분참여 관계는 그림3에 나타났다.

한편, 15개 지역에너지 공급회사는 발전능력이 181만 kW(1989년)로서 49억 9천kWh의 電力量을 생산(총발전량의 4.2%)하고 있는데, 발전량 측면에서는 舊東獨 전체에서 적은 양에 불과하지만 이들 지역전력회사도 판매전력량의 60%를 3대전력회사가 관리하게 될 것으로 보인다. 즉, 3대 전력회사는 이들 지역전력회사의 관리 회사를 만들고 그 주식의 다수를 취득함으로써 이를 지배할 예정이다.

현재 독일은 舊西獨 8사, 舊東獨 1사 등, 도합 9개사의 대규모 전력회사 및 다수의 지역전력회사 체제로 구성되었다. 이러한 독일 전력사업의 형태는 垂直的 및 水平的으로 구분할 수 있는데, 垂直的인 사업의 형태는 발전분야, 송전분야, 배전분야로 구분이 되고 수평적인 사업형태는 지역적 구분과 전기와 가스, 지역난방, 수도 등의 결합 형태로 나타난다.

그림 4는 독일 9대 전력회사(구동독지역 포함)의 전력공급지역을 나타낸 것이다.

에 舊東獨의 전력수급 상황이 매우 어렵게 되었는데, 이것은 통일 이전부터 전력수요에 비하여 발전설비가 부족한 형편이었던 점 이외에 통일 이후에 기존의 원자력발전소가 안전상의 이유로 폐쇄되었기 때문이다. 따라서 통일 시점에서 동·서독 사이의 電力 融通을 위한 계통연계는 매우 시급한 문제로 대두되었다.



〈그림 4〉 독일 전력회사의 공급 구역

그러나 兩系統의 연계를 추진하는데 있어서 法, 制度 및 정치적인 조정작업이 필요했을 뿐만 아니라 특히 기술적인 문제가 내재되어 있었다. 주요 기술적인 문제로서는 통일 당시에 구서독 및 구동독은 전력을 상호 융통 할만한 충분한 송전망을 가지고 있지 못한 점이다. 이에 따라 구서독의 전기사업연합회(VDEW)는 구동독지역에 대한 신속한 전력 공급을 위하여 다음과 같은 3가지 방안에 대하여 검토하였다.

- ① 구서독에 의한 전력 직접공급(구서독의 연료 이용)
- ② 구서독의 발전소에서 구동독의 갈탄을 이용하여 발전한 전력의 공급
- ③ 기존 발전소의 개량과 신규 원자력발전소 및 갈탄 발전소 건설에 대한 지원

이러한 3가지 방안은 이미 통일 이전부터 부분적으로 시행되고 있었다. 이 가운데 향후 동·서독 전력계통 연계와 관련이 큰 것은 첫째방안인 구서독에 의한 전력 직접공급방안으로서 여기에서는 이에 대하여 좀더 자세히 나타내기로 한다.

구서독에 의한 구동독지역 전력직접공급 방안은 다음의 두 가지로 나뉘어진다.

첫째, 구동독 系統分害에 의한 일부계통 연계방안이다. 구동독의 전력계통은 동유럽전력계통(IPS)에 연계되어 있어서 구서독 전력계통에 비해 주파수의 변동에 대한 허용 폭이 매우 크다. 따라서 구서독 및 구동독의 송전 계통을 단순히 1~2개의 경로를 통하여 연계시킬 경우, 송전선로의 과부하, 주파수 저하, 전력계통 안정도 문제가 야기될 것으로 예상된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 구서독의 전기사업연합회(VDEW)는 舊東·西獨 송전 계통을 즉시 연계하는 대신, 우선 국경 근처 구동독 송전망 일부를 구동독의 타 송전망과 분리한 후 이를 서독의 송전망과 연계하는 방안이다.

둘째, 구서독의 일부 발전소를 서독 전력계통에서 분리하여 구동독지역에 전력을 공급하는 방안이다. 이 방

안은 이미 프로이센電力(Preussen Elektra)에 의해 통일 이전부터 일부 시행되고 있었다. 즉, 프로이센 전력은 설비용량 320MW인 갈탄화력발전소 오프레벤C를 서독의 송전망에서 분리하여 舊東獨 專用의 電力供合源으로 하였으며, 여기에서 발전하는 전력을 구동독지역으로 송전하였다. 이것은 구서독 프로이센전력과 구동독의 INTRAC, 베를린전력(BEWAG)과의 사이에 체결된 東·西獨간의 電力融通 協定에 근거한 것이다. 이 협정에 따라 舊西獨의 헬름슈테트 발전소에서 舊東獨의 마그데부르그에 있는 보르밀슈테트 발전소로 380kV 2회선 송전선로 50km가 1989년 10월 4일에 정식으로 운전 개시되었으며, 이를 통하여 연간 약 10억kWh의 전력 공급을 시작하였다. 그러나 이 방식으로는 두 계통의 전면적인 연계라고는 할 수 없고, 따라서 독일 국내에서 전력의 자유로운 상호 융통이 안 된다는 근본적인 문제는 그대로 남아 있었다.

(2) 동서독 전력계통의 연계

통일 이후에도 독일에는 한동안 전기의 품질이 다른 3개의 전력계통이 존재하였고, 이들을 연계하여 통합시키는 것이 주요 과제였다. 구서독계통(용량 : 60,000MW)과 서유럽의 UCPTE와, 구동독계통(용량 : 11,000MW)은 IPS와 연계되어 병렬운전을 하고 있었다. 구서베를린계통은 '92년 12월 말까지 용량 약 2,000MW의 독립계통이었다. 1993년에 긴급시의 예비력 확보방안으로 구동베를린측과 110kV 송전선에 접속하였다. 또한 1994년 12월 7일에는 구서베를린과 마그데부르그 근교의 보르밀슈테트 발전소간에 380kV 송전선의 운용이 시작되었고, 이에 따라 구서베를린계통은 IPS에 연계되었다.

동서독간의 전력계통 동기연계의 당초 계획으로서는 ① 뉘베~규스도로우(북부독일), ② 헬름슈테트~보르뮤슈테트, 보르뮤슈테트~베를린, ③ 메크랄~웨젤마하,

④ 레도웨츠~렌프텐도르프의 4개 루트에 의한 연계운전이 1994년 말에 개시될 예정이었으나, 메크랄~웨켈바하간의 송전선로가 통과하는 州의 인허가가 지연됨에 따라 동서계통 연계의 완성이 늦어지게 되었다.

'95년 9월에는 위에서 기술한 4개 루트 중에서 뤼백~규스도로우 구간을 제외한 3개 루트에서 380kV에 의한 구동독계통과 구서독계통에 연계되었다. 구동독의 초고압송전선을 소유·운전하는 합동전력회사(VEAG)는 안정된 계통운동을 위해서는 4개 루트 8회선이 필요하다고 전망하였다. 따라서, 현재의 뤼백~규스도로우 선로는 슈레스비히·홀슈타인州 규제당국의 허가가 이루어지지 않은 상황에 있어서 이의 운전개시는 지연될 전망이다.

나. 전력계통 연계(병렬운전)시의 주요 검토사항

(1) 단락용량

독일 계통은 우리 나라 전력계통과 같이 網狀(Network)으로 되어 있기 때문에 단락용량이 문제가 된다. 獨逸 각 회사에 있어서 단락용량은 최대 50~60kA 정도이고 차단기 용량을 초과하는 변전소는 없다. 東·西獨의 연계 이후의 단락용량에 대하여 舊東獨의 電力合同會社(VEAG), 舊西獨의 프로이센전력(PE), 바이엘전력(BAG) 등도 모두 문제점이 없는 것으로 나타났다.

(2) 보호계전기(Protective Relay)

독일 전력계통은 中性點接地方式을 채택하고 있으며 380kV 및 220kV는 직접접지방식이고, 110kV는 각 회사마다 다른데 직접접지 또는 PC접지 방식으로 되어 있다. 각 회사별 보호계전기(Relay) 적용 방식은 대부분 거리계전기(Distance Relay)를 사용하고 있으며, 일부 회사에서는 위상비교계전기(Phase Comparison Relay)를 거리계전기와 병용하기도 한다.

380kV, 220kV 계통에서 再閉路 방식은 1線地絡事

故의 경우만 單相再閉路를 하고 2상단락/지락, 3상단락 사고시는 再閉路를 하지 않는다.

(3) 주파수 유지

周波數 低下時의 조치로서 負荷制限(부하차단, Load Shedding)을 한다. UCPTE 계통은 계통 용량이 크기 때문에 전원 탈락에 의한 주파수 저하는 거의 없다. 그러나 만일의 경우를 고려하여 각국 모두 주파수 저하를 대비한 부하제한치를 설정하고 있다.

한편, 구동독이 속하여 있는 IPS는 舊코메콘계통에 속해 있어서 東시베리아까지 交流로 연계되어 있다. IPS 系統은 전반적으로 전력수요에 비하여 발전설비가 적고 周波數 조정능력이 부족하여 晝間時間帶 및 저녁시간대에 주파수가 심하게 저하된다. 따라서 구서독의 전력업계는 독일 계통의 주파수가 모두 동일하고 안정적인 50Hz를 유지할 수 있도록 舊東獨系統을 IPS와 분리하여 UCPTE에 연계시키는 작업을 시행하였다.

(4) 안정도 유지

구서독의 전력계통은 基幹系統이 網狀(Network)으로 구성되어 있고 수요지와 공급지가 비교적 인근에 위치해 있기 때문에 통상 電力系統 安定度는 문제가 되지 않는다. 바이엘전력(BAG)은 최근 수년간 자사계통에 대한 안정도 검토는 하지 않았다. 프로이센電力(PE)의 경우에도 자사 내에는 문제가 없으며, 덴마크 등 다른 나라와 장거리 연계선에서는 검토를 필요로 하고 있으며, 다른 전력계통과의 연계나 대용량 신규발전소가 접속되는 경우에도 안정도 검토를 하고 있다.

그러나 舊東獨의 경우에는 수요지는 서쪽, 공급지는 동쪽에 있어 東·西獨의 계통 연계시 安定度를 검토할 필요성이 있으며 이에 따라 東·西獨의 계통 연계시의 安定度 상황에 대한 검토가 수행되었다. 검토 조건으로서는 구동독계통(VEAG)의 전력수요를 13,000MW(1996년 冬季에 상당)로 가정하고, 부하변동, 발전기 탈락, 계

통사고(변전소 인근의 삼상단락사고) 등을 상정하였다. 검토 결과로서는 東·西獨間的 계통 연계시 최소한 3경로(Route) 6회선이 필요하며, 안정 운용을 위해서 4경로(Route) 8회선이 필요하다는 결론을 얻었다.

(5) 수급운용, 전압, 전력조류

독일 국내의 주파수 조정은 각 회사가 책임을 지고 조정하는 것이 원칙으로서, 이 周波數 調整에서는 1次制御를 원칙으로 한다. 여기에서 주파수의 1차제어란 발전소 터빈의 조속기 자동응동운전(Gov. Free운전)을 의미하며, 2次制御란 부하차단과 같은 부하주파수제어 방식이다.

자사내의 발전기 탈락사고 등에 의해 공급력이 부족할 경우, 15분 이내에 수급 균형을 회복시키지 않으면 벌과금이 부과된다. 그래서 인접 회사와 전력용통계약을 맺고 있는 경우가 많다. 바이엘전력(BAG)의 경우, 계통운용시 순동예비력(Spinning Reserve) 확보는 最大單位機의 1/2 정도를 확보하고 있고, 나머지 1/2은 용통전력으로 충당한다.

현재 추진중인 東·西獨의 계통 연계 후 전력조류 측면에서는 각 송전선 모두 여유가 있어 문제가 없으나 舊 東獨系統의 수요 감소(89년 대비 30%)로 전압상승 문제가 발생된다. 따라서 현재의 북부 장거리 선로는 가능한 일부 송전선로를 정지하고 1,200MVA의 분로리액터(Shunt Reactor)를 설치하여 운전한다('93년 설치).

5. 맺음말

독일의 통일에 따라 구동독의 전력사업 발·송전부문에서 민영인 電力合同會社(VEAG)가 설립되고, 배전부문은 15개의 민영 지역에너지공급회사로 신속하게 재편되었다. 그러나 동서독 전력계통 연계는 여러 가지 문제

로 인하여 예상보다 크게 늦어져서 통일된지 5년 후어나 이루어지게 되었다. 이러한 통일독일의 전력사업 재편은 구서독 전력회사 및 자본에 의한 흡수통합의 형태로 이루어졌으며 이를 위해 독일 통일 이전부터 많은 준비를 하고 있었다.

이러한 독일의 경험에 비추어 볼 때 전력사업의 구조 개편이나 전력계통의 연계작업은 제도적·기술적으로 매우 어려운 작업이며, 이를 위해서는 장기간에 걸친 막대한 투자와 연구를 필요로 한다. 향후 우리 나라에서도 남북한 통일 또는 경제협력 과정에서 남북한 전력사업 투자부문 협력이나 전력계통 연계운전의 시대가 멀지 않은 장래에 도래할 것으로 전망된다. 이러한 시대적 변화에 적절히 대처하기 위해서는 사전에 충분한 연구와 준비가 필요하며, 여기에는 본 독일의 경험이 중요한 참고자료가 될 것이다. ■

〈參考文獻〉

1. "Investment Delays in East Germany", Power in Europe, Sep. 1991
2. 丸井清司, "東·西ドイツ統一と 東ドイツのエネルギー市場", 國際エネルギー動向分析, 日本エネルギー經濟研究所, 1990. 11
3. 加藤敬三, 宮本 彰, "昏迷する EC統合と歐州エネルギー市場の行方(下)", 國際エネルギー動向分析, 日本エネルギー經濟研究所, 1993.3
4. 伊勢公人, "旧東ドイツ地域における電氣事業の現狀", 海外電力, JEPIC, 1983.8
5. 伊勢公人, "主要國電氣事業における最新の動向", 海外電力, JEPIC, 1996. 1
6. 弘山雅夫, "ドイツ電氣事業の再編動向", 海外電力, JEPIC, 1993.10
7. 한국전력공사, "독일의 전력계통 운용현황", 해외전력정보, 1993.9
8. 김광인, "통일독일의 전력사업", 전력경제 제4집, 한전 전력경제처, 1995. 12