

국내·외 계통계획에 대한 소개

■ 허 돈 / 광운대학교 전기공학과 교수

1. 머리말

발전과 송전이 분리된 새로운 전력산업 환경 하에서 송전회사는 공급능력 적기 확보, 계통기법 선진화, 계통해석기술 능력 향상을 위하여 안정성·신뢰성 및 경제성·효율성을 동시에 추구하기 위해 동분서주하고 있다. 특히 우리나라 전력시장에서는 계통계획과 계통운영의 주체가 구별되어 있어서 전력시장의 효율성 제고를 위해서는 계통운영시 송전혼잡을 고려한 계통계획의 수립은 중요한 문제라고 할 수 있다. 계통계획과 계통운영의 격차를 경감시키고 효율적인 계통운영을 도모하기 위해서는 송전 혼잡으로 인해 발생하는 비용에 대한 정량화 및 예측이 필요하며 이를 고려한 계통계획 기술이 마련되어야 함은 이미 주지하고 있는 사실이다. 정책적 측면에서도 송전회사는 계통계획을 통해 송전망의 성능을 요구수준 이상으로 유지해야 하며 이를 위해 다양한 계통확충 및 보강 방안을 수립할 수 있는데, 경쟁적 전력시장체제에서는 이와 같은 선택의 문제를 객관적이고 투명하게 해결할 수 있는 방안이 절실히 요구되고 있는 실정이며, 구역전기사업자 및 민간발전사업자를 포함한 발전소의 입지 추이 분석, 지역별 수요분석 및 혼잡비용 최소화를 위한 수요재배치 유도정책과 요금정책을 검토하여 전력거래행태 분석과 문제점 도출을 통하여 기존 송·변전설비계획의 개선안을 제시할 필요가 있다. 이와 같은 연유로 본 고에서는 우리나라 계통계획의 절차 및 특징, 설비별 확충기준을 중점적으로 다루고자 한다.

2. 국외 계통계획 현황

송전혼잡을 고려한 계통계획은 외국에서는 보편적인 기술로써 전력시장이 정착되어 있는 미국, 영국, 호주 등에서는 현재까지 이에 대해 많은 연구를 진행하여 왔다.

2.1 영국

NEIA 계획은 송전설비가 NGC에 의해 건설되며 NGC는 송전혼잡비용이 인센티브와 직접 관계되므로 송전혼잡을 줄이도록 송전망을 건설하려는 강력한 인센티브가 존재한다. NGC는 계통운영자로서 외부비용과 내부비용에 대해 각각 인센티브를 받고 있으며 외부비용에는 에너지 수급 비용, 예비력, 주파수 응답, 송전제약, 정전 복구, 무효 전력, 송전손실비용이 포함되므로 송전제약에 의한 비용을 감소시키려는 유인책이 존재한다. 그림 1과 같이 전체 외부비용이 고정되어 있어서 (£416,000k) 효율적인 송전망운영을 통해 비용이 적게 사용될 경우 비용의 50%가 NGC의 이익이 될

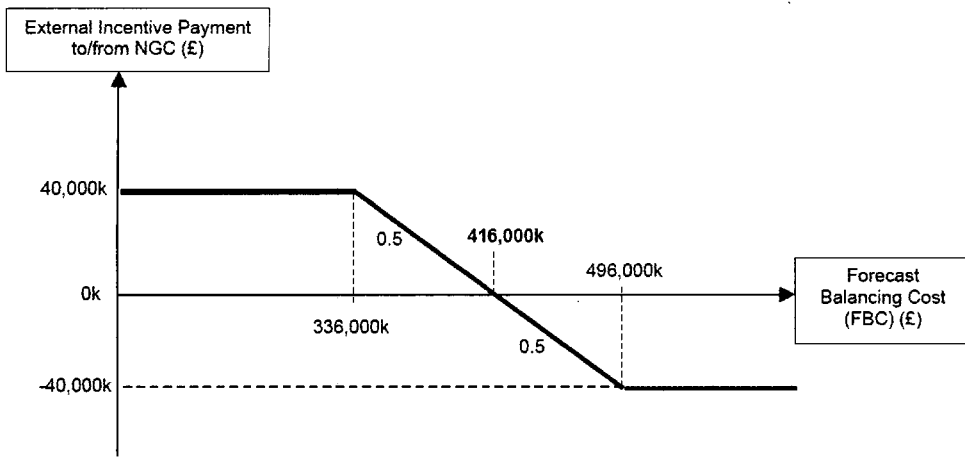


그림 1 NGC의 외부 비용에 대한 인센티브

수 있다. 송전혼잡을 줄이기 위한 과도한 송전망에 대한 투자 역시 송전요금에 대한 RPI-X 규제로 인해 불가능하므로 계통계획과 계통운영 간에 적절한 조화가 이루어지고 있다고 할 수 있다.

2.2 호주

호주의 경우 2002년부터 7개의 송전사업자에게 5개의 항목에 대해 인센티브 제도를 도입하고 있다. 5개의 항목은 송전선로 가용성 (transmission circuit availability), 평균 고장 지속기간 (average outage duration), 공급지장사고의 빈도 (frequency of 'off-supply' events), 지역간 제약 시간 (inter-regional constraints), 지역내 제약 시간 (intra-regional constraints)이며, 지역간 제약 시간과 지역내 제약 시간이 감소할수록 연간 총 송전회수비용이 감소할 것이므로 송전혼잡이 감소하도록 송전망을 건설할 유인이 존재하게 된다.

2.3 미국

미국의 경우 송전망 건설 부족으로 인해 송전혼잡이 가속화되고 있는 상황이며, 그림 2는 미국 동부지역의 상습적인 혼잡 선로를 보여주고 있다. 2000년 뉴욕의 경우 하계기간의 혼잡비용이 7억 달러에 달하며, FERC에서는 송전망 건설의 추진을 위해 2002년 SMD (standard market design)에 송전망의 건설로 이익을 올릴 수 있는 Independent Transmission Company (ITC)를 허용하는 법 개정을 하였다. ITC는 Independent Transmission Provider (ITP)와의 협의를 통해 송전망의 건설을 승인 받을 수 있으며, 송전권 (financial transmission right) 등의 판매를 통하여 자신이 건설한 송전망으로부터 수익을 올릴 수도 있게 되었다.

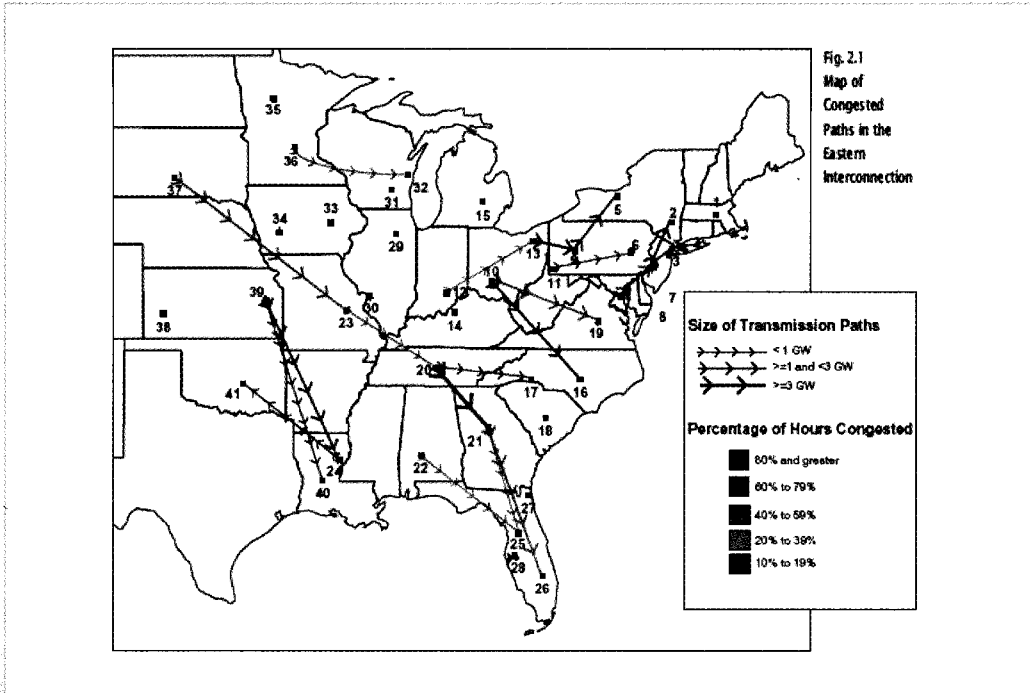


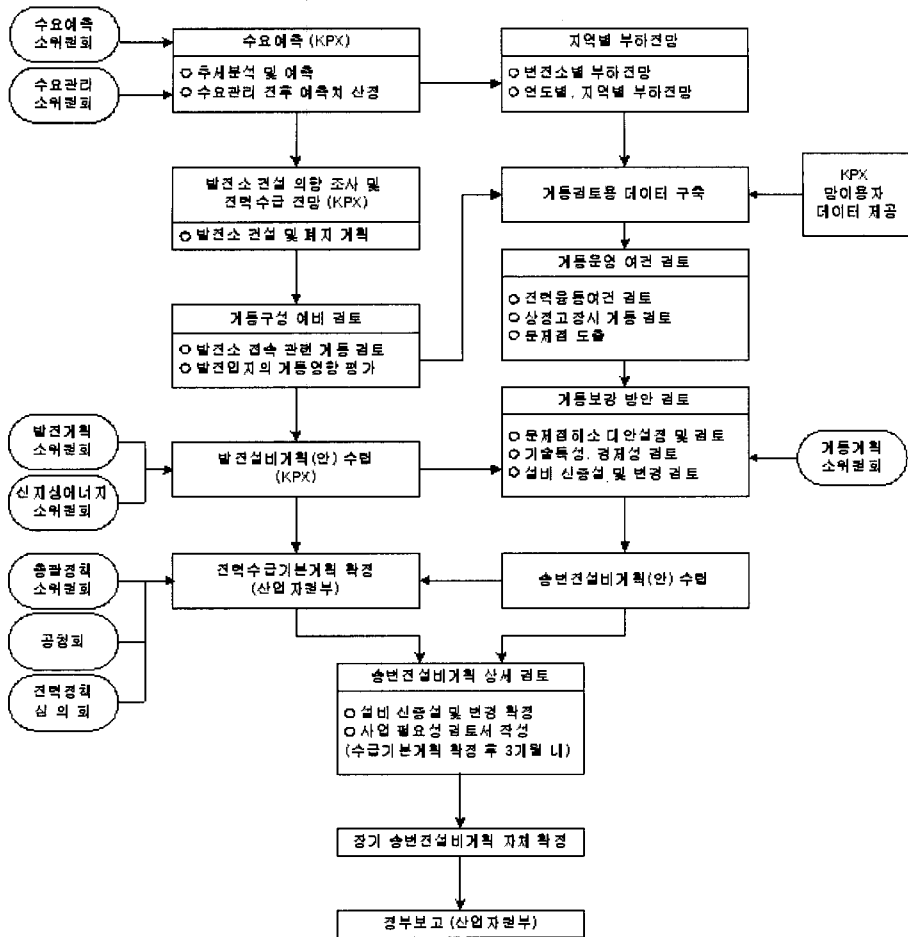
그림 2 미국 동부지역의 주요 혼잡선로

3. 국내 계통계획 현황

우리나라의 장기 송·변전 설비계획은 장기적으로 예측된 전력수요와 발전설비계획 및 전원입지 계획과의 합리적 조화를 통하여 전력계통의 공급 신뢰도 향상은 물론 투자비용 최소화 및 환경 친화적 송·변전 설비 건설 추구를 목적으로 하고 있다. 구체적인 송·변전 설비계획의 수립방향을 살펴보면 먼저 송·변전설비의 적기 확충, 신뢰도 및 계획기준 준수, 수도권과 제주지역 공급안정 도모 등의 전력수급기본계획의 방침을 적극 수렴하고, 송전전압별 역할을 분담하는 장기 계통구성 목표를 설정하고, 적정 공급안정성과 경제성이 조화를 이루게 하며, 고객중심의 계획을 수립하고, 송전망 접속 및 보강사업의 효율적 추진에 중점을 두고 있다. 그림 3에는 우리나라 계통계획 수립 절차가 일목요연하게 정리되어 있다.

송·변전 설비계획의 확충기준을 살펴보면 아래와 같다.

- ① 지역간 용통전력이 345kV 송전선로의 건설로 대처가 불가능하거나 345kV 송전선로 건설보다 유리할 경우에는 765kV 송전선로로 보강을 한다. 단, 1회선 고장만 고려하여 성능을 유지토록 확충한다.
- ② 154kV 송전선로의 건설로 대처가 불가능하거나 154kV 송전선로 건설보다 유리할 경우에는 345kV 송전선로로 보강을 한다. 2회선 건설을 원칙으로 하되 향후 여건을 감안하여 인출부분 지지물은 대용량 다회선으로 건설한다. 특히 고장전류 억제와 계통신뢰도 유지를 위한 송전선로 확충을 고려하고, 간선계통은 루트고장, 방사상 및 지중계통은 1회선 고장을 고려하여 성능



주) 발전사업자 및 적기대고객 접수 신청시 관련 규정과 절차에 따라 검토

그림 3 계통계획 수립절차

을 유지토록 확충한다.

- ③ 발전소, 345kV 및 154kV 변전소의 송전망 연결이 필요한 경우라든지 기설 선로가 발전설비 및 수요 증가로 인하여 적정 수준을 유지할 수 없는 경우에는 154kV 송전선로로 보강한다. 345kV 변전소 인출 선로 등 주요 선로는 루트고장, 기타 선로 및 지중계통은 1회선 고장을 상정하여 성능 유지토록 확충한다.
- ④ 초고압 변전소 최종규모는 4Bank가 원칙이며, 초기 Bank 수는 부하공급, 경제성을 고려하여 결정한다. 하위전압 공급이 곤란하거나 대규모 전력유통 필요시 765kV 변전소를 신설한다. 기존 3Bank 설치 변전소에 추가 증설이 요구되는 지역이라든지 과도안정도 불안정 해소 등 전력계통 성능 개선이 필요한 경우 또는 발전제약이나 송전망 혼잡 해소 등 경제적인 전력계통 운영에 필요하다고 판단될 경우에는 345kV 변전소를 신설한다. 변압기 1Bank 고장시 건전 Bank

용량이 100%를 초과할 경우에는 초고압 변압기를 증설한다.

- ⑤ 154kV 변전소 규모는 4Bank 규모가 원칙이며 초기 2Bank 건설 및 3Bank 건설까지 증설이 고려될 수 있다. #4 변압기는 부하급증, 신규변전소 건설지연 등 향후 불확실성에 대비한다. 산업단지 및 신도시 조성 등 대규모 신규부하 공급이 예상되는 지역이라든지 기존 66kV 공급지역에 부하가 급증하여 154kV 승압이 바람직하다고 판단되는 지역 또는 22.9kV 배전선로 과부하, 저전압 등 배전계통 제약이 예상되는 지역에는 154kV 변전소를 신설한다. 변압기 1Bank 고장시 건전 Bank 용량이 100%를 초과할 경우에는 154kV 변압기를 증설한다. 단, 배전선로 부하절체가 용이한 지역은 부하 절체량을 감안하여 결정한다.

기간별 송·변전 설비물량은 표 1, 2, 3과 같다. 2020년 송전선로 총 공장은 2005년 대비 1.36배이며, 지중선 점유비도 2005년에 8.3%이었던 것이 2020년에는 12.3%까지 증가할 것이며, 단위수요당 선로공장은 0.51 C-km/MW에서 0.53 C-km/MW로 상승할 것으로 보인다. 2020년의 총 변전소 수는 914개소로 2005년 대비 약 1.48배이다. 2020년 총 변전용량은 3억 kVA를 초과할 것으로 보이며, 2020년 초고압 변전설비 점유율도 50%를 넘어설 것으로 예상된다. 변전설비 역시 2020년에는 2005년에 비해 약 1.46배 정도 증가할 것이다.

345kV 이상 초고압 설비계획 계통도가 그림 4에 나타나 있다.

표 1 송전선로 총 공장

(단위 : C-km)

전 압	2005년 (실적)	2010년	2015년	2020년
765kV	662	1,005	1,005	1,005
345kV	7,990	9,126	9,772	9,787
154kV	19,191	22,790	25,147	27,085
합 계	27,843	32,921	35,924	37,877

주) 발전소 스위치야드 포함

표 2 변전소 수

(단위 : 개소)

전 압	2005년 (실적)	2010년	2015년	2020년
765kV	5	7	8	8
345kV	77	92	106	107
154kV	537	652	743	799
합 계	619	751	857	914

주) 발전소 스위치야드 포함

표 3 변전설비용량

(단위 : MVA)

전 압	2005년 (실적)	2010년	2015년	2020년
765kV	21,111	25,211	31,111	31,111
345kV	84,381	105,886	121,389	124,890
154kV	102,168	125,978	141,058	148,318
합 계	207,660	256,975	293,558	304,319

주) 발전소 스위치야드 포함

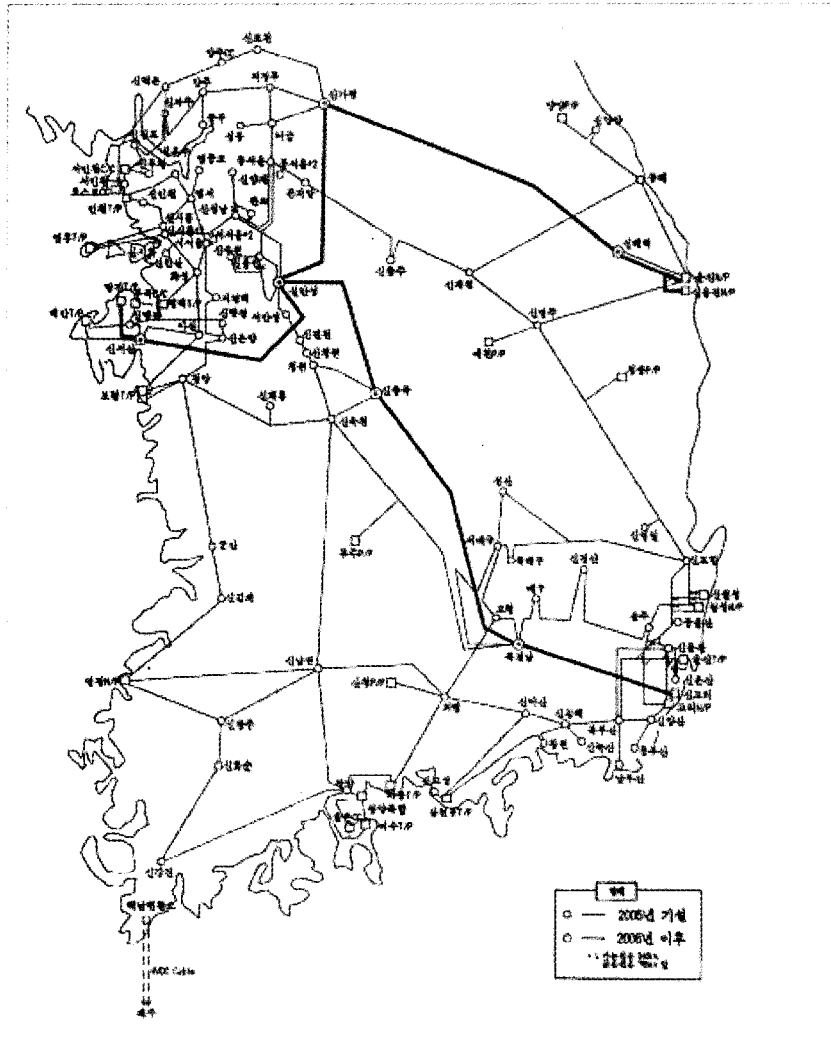


그림 4 초고압 설비계획 계통도
(출처: 장기 송변전 설비계획, 한국전력공사 계통계획처, 07년 1월)

4. 맺음말

본문에서 서술한 바와 같이 계통의 신뢰도를 향상시키고, 송전 혼잡 해소를 포함한 계통의 효율성 및 유연성을 확보하기 위한 목적으로 수립되는 계통계획은 불규칙성 (very lumpy), 비배제성 (non-excludability), 긍정적 외부효과 (many positive externalities)를 특징으로 하고 있다. 실제 송·변전 설비계획의 경우 발전입찰 처리방안, 미래의 불확실성 처리방안, 발전과 송전 결합성 평가, 경제성 평가, 각종 제약조건의 처리 등 해결되어야 할 문제가 상당히 많은 분야로서 우리나라 고유의 계통 특성을 충분히 반영한 전산 모형의 구현이 시급하다고 할 수 있겠다.