

# 經濟成長에 따른 停電效果分析 및 對策

(2)

宋 吉 永

高麗大學校 工科學 教授

徐 完 錫

韓電 技術研究院 首席專門員

### 3. 停電의 現況 및 發生要因

#### 가. 停電의 現況

##### (1) 年度別 戶當停電時間 推移

戶當停電時間은 매년 팔목할만한 時間短縮을 거듭하여 왔으며 1988년에는 相當한 水準에 도달함으로써 앞으로의 改善은 先進各國의 水準과 國內與件으로 보아 크게 鈍化될 것이 확실시되고 있다.

표 5에서 보는 바와 같이 高壓配電線은 1978년에 비하여 10年間에 약 2倍가 增加한데 대하여 需用家戶數는 1.6倍가 됨으로써 戶當 高壓配電線도 꽤 增加하는 중에 停電時間은 1978年の 2,728分에서 1989年の 308分으로 약 1/9로 감소하였고 配電線 100km當 故障件數는 1978年の 3.24件에서 1988年の 0.58件으로 大幅 줄어 停電이 획기적으로 改善되었음을 알 수 있다.

1988年の 總 停電時間에 對한 故障停電과 作業停電의 比率을 살펴보면 故障停電이 44分으로 13%를 占有하고 作業停電은 287分으로 87%를 점유하여 作業停電이 훨씬 많다.

그 理由로서는 他國에 비하여 급속한 電力 需要成長이 代辯하여 주듯이 우리나라는 需用家設備의 新增設이 상대적으로 빈번하고 또 都市 再開發 및 道路擴張으로 인한 設備 移設이 상대적으로 많다. 그리고 配電設備가 그동안의 投資不振으로 취약하여 設備補強 및 改善을 위한 工事가 많은 것을 들 수 있다.

##### (2) 外國의 停電時間

###### (가) 日 本

日本의 戶當 停電時間은 표 6에서 보는 바와 같이 1986年 이후에는 無停電工法을 採擇 實施하여 왔고 設備運轉 自動化를 促進함으

〈表 5〉 年度別 戶當停電時間 推移

(單位: 分)

區 分	'78	'80	'82	'84	'86	'88	'89	
停電 時間	故障	531	272	146	100	78	44	50
	作業	2,197	862	587	467	376	287	258
	計	2,728	1,134	733	567	454	331	308
高壓配電線 (千km)	154	178	202	219	244	295	311	

〈表 6〉日本の戸當 停電時間 推移

(單位:分)

年度別 區分	'78	'80	'82	'83	'84	'85	'86	'87
故障停電	55	60	37	25	15	39	10	19
作業停電	187	177	144	137	113	89	59	33
計	242	237	181	162	128	128	69	52

로써 급속히 減少하였으며 1987년에는 戸當 停電時間을 52分으로 短縮하여 世界 最高의 記錄을 수립하였다.

(나) 美國 및 西歐

美國 및 西歐의 停電時間에 있어서는 表 7에서 보는 바와 같이 故障停電이 作業停電보다 길다. 이는 深夜의 故障停電時에 즉시 復舊를 하지 않고, 電力設備補強을 적극적으로 하지 않는데 기인한다.

나. 停電의 發生要因

(1) 급격한 電力需要 成長率

높은 電力需要 成長率 水準은 需用家設備 新增設 및 配電線路의 補強과 關聯되어 作業停電에 큰 영향을 미치고 있으며 發電設備에 關聯된 停電은 電力需給不均衡이 深化될 경우 심각하게 될 수 있다.

電力需要 成長率이 높으면 높을수록 電力需要 豫測誤差가 커질 可能性이 있어 過多過小의 需要豫測을 야기시키면서 發電設備 建設期間의 長期性을 통하여 過剩發電設備 또는 發電設備의 過不足을 용이하게 만들 수 있다.

〈表 7〉美國 및 西歐의 1987年

戸當停電時間

(單位:分)

國家別 區分	美國	英 國		佛蘭西
	(F. P. L.)	(全體)	(NSHEB)	(E. D. F)
故障停電	58	71.8	131.7	274
作業停電	6	24.0	73.8	75
計	64	95.8	205.5	349

〈表 8〉各國의 1980年代 電力需要 成長率

國 名	期 間	成長率(%)	備 考
美 國	1981-87	2.0	消費電力量
英 國	〃	1.4	〃
佛 蘭 西	〃	3.9	〃
西 獨	〃	1.8	〃
伊 太 利	〃	3.0	販賣電力量
日 本	1981-88	3.3	消費電力量
台 灣	〃	7.0	販賣電力量
韓 國	〃	10.8	〃

우리나라는 表 8에서 보는 바와 같이 世界에서 가장 높은 電力需要 成長率을 보여 주고 있는 國家이기 때문에 더 큰 需要豫測 誤差의 可能性이 크다.

여기서의 電力需要 成長率은 2次石油危機 이후인 1980年代의 것으로서 1981년부터 1988년까지(또는 1987년까지)의 것이다.

그런데 發電設備의 不足에 對備하는 負荷管理은 우리나라의 경우 日別, 月別 및 年負荷率 水準이 他國에 비하여 매우 높아 負荷管理效果를 크게 기대하기는 어렵게 되었는데도 불구하고 높은 電力需要成長率로 인하여 豫測誤差는 크게 발생할 可能性이 있어 電力需給計劃에서 이에 대한 配慮가 要望된다.

가령 負荷管理의 最大效果가 最大需要의 5~6%일때 同量만큼의 電力需要 誤差가 2年 사이에 발생하느냐, 3年사이에 발생하느냐 또는 4年사이에 발생하느냐는 電力需要成長率의 水準과 밀접한 관계에 있는 것으로서 負荷管理로서 停電에 對備할 수 있는 期間을 보여 주고 있다.

(2) 電力設備別 停電發生要因

(가) 發電設備

發電設備의 供給力不足이 深化되어 갈 때 初期단계에서는 電壓이 降下하고 周波數가 低下하는 즉 電力의 品質이 惡化되는 Brown Out 단계를 거쳐 停電被害를 最少化하고 어느 基準 이상으로 電力의 品質을 유지하기 위하여 一部需用家에게 電力의 供給을 遮斷함으로써

停電(Black Out)이 발생하게 된다.

發電設備에 의하여 발생하는 停電은 주로 發電設備 建設의 長期性으로 인하여 상당기간 電力需要를 過小 豫測하게 되면 電源開發의 機會를 喪失하게 되는데 이에 따른 供給力 不足에 기인한다.

최근에는 發電所의 立地確保가 매우 어렵고 環境規制強化로 發電所 建設이 遲延될 것이며 이는 電力의 供給力 不足을 深化시킬 것이다.

다음은 發電設備의 供給力 不足에 영향을 미치는 事項이므로 停電發生要因으로도 作用할 수 있다.

供給力 不足에 영향을 주는 事項

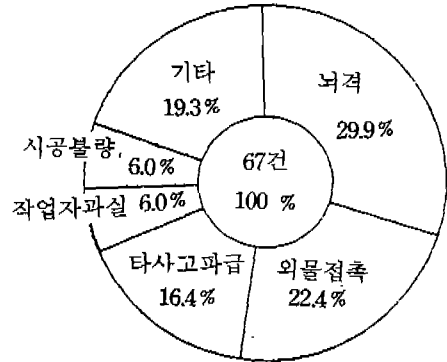
- ① 過小 電力需要豫測
- ② 發電所 建設 遲延
  - 發電所 立地確保 困難
  - 環境規制強化와 이의 對處能力 不足
  - 勞動環境變化로 作業時間延長 困難
- ③ 發電所事故 및 性能低下
  - 建設期間, 補修期間 短縮 등으로 不實 工事일 경우
- ④ 發電所 補修
  - 發電所의 大容量化로 補修期間 增大
  - 合理的 補修計劃
- ⑤ 旱魃 등에 의한 水位低下
- ⑥ 피크設備 過多時 發電設備의 緊急擴充 困難

(나) 送變電 設備

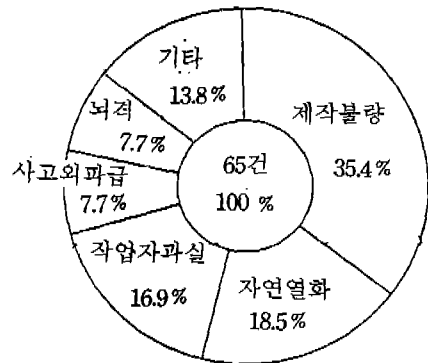
送變電設備의 停電發生要因은 同設備의 事故에 기인하지만 送電線의 2回線化 및 Loop 化 등으로 이러한 停電을 크게 감소시킬 수 있다. 送變電設備은 配電設備에 비하여 事故件數는 훨씬 적지만 事故에 의한 停電領域은 配電設備보다 훨씬 크다.

1988년의 送電事故를 原因別로 살펴보면 그림 2에서 보는 바와 같이 첫째, 送電設備가 長距離에 걸쳐 外部에 露出되었기 때문에 雷擊에 의한 것이 20件(29.9%), 外物接觸 15件(22.4%)으로 總事故件數의 절반 이상을 占有하고 있으며 他事故 波及은 11件(16.4%)이다.

이에 대하여 變電設備의 事故件數를 原因別로 보면 그림 3에서 보는 바와 같이 製



<그림 2> 원인별 송전사고('88)



<그림 3> 원인별 변전사고('88)

작不良 23件(35.4%), 自然劣化 12件(18.5%), 作業者過失 11件(16.9%), 事故의 波及 및 雷擊이 각각 5件(7.7%)의 順으로 나타났다.

變電設備의 事故는 製作不良과 自然열화 등 同設備의 性能不良에 기인하는 것이 절반이 상을 차지하고 있다.

(다) 配電設備

配電設備에 의한 停電 發生要因은 故障停電과 作業停電으로 나누어 考察하고자 한다.

○ 故障停電

우선 故障停電內譯을 표 9에서 관찰하여 보면 故障件數가 해마다 減少趨勢를 보이고 있으며 1988년의 內容을 살펴보면 設備의 性能과 관계되는 資材不良 10.9%, 自然劣化가 10.4%로 총 21.3%를 占有하고 있으며 外物接觸 23.7%, 氣象關係 18.8%(風雨 7.3%, 雷擊 5.7%, 氷害 1.1%, 염진해 4.7%) 및 顧客設備

〈表 9〉故障 停電內譯

(單位：件)

區分 年度	全體	資材 不良	自然 劣化	外物 接觸	施工 不良	顧客 設備	其他
'78	4,987	229	588	645	207	405	2,913
'80	3,924	313	476	637	150	368	1,980
'82	4,377	499	621	690	148	455	1,964
'84	3,215	496	451	493	121	280	1,374
'86	2,326	221	265	466	100	203	1,071
'88	1,705	186	178	404	76	110	751
占有率(%) (1988)	100.0	10.9	10.4	23.7	4.5	6.4	44.1

6.4%로 同設備의 環境과 관련된 것이 42.5%를 占有하여 제일 큰 比重을 나타내고 있으며 工事不良 7.1%(施工不良 4.5%, 補修不良 2.6%), 他事故 波及이 7.2% 기타 15%로 되어 있다.

故障停電原因을 分析하여 보면 다음과 같다.  
故障停電原因

- ① 80年代 初까지 電源開發投資에 置重하여 配電設備投資의 상대적 低調
- ② 農漁村 電化事業時 最低基準의 設備로 施設
- ③ 配電 機資材 品質不良
  - 國產資材의 品質不良
  - 全 開發業體를 대상으로 한 團體的 隨意契約 締結과 中小企業 育成施策으로 良好한 製品選擇不可能
- ④ 施工不良
  - 영세한 多數의 施工業體間 過當競爭으로 不實施工要因 內在
  - 工事業體의 영세성으로 裝備不足 등 工事의 質低下 招來
- ⑤ 顧客設備의 故障 波及

顧客設備 故障으로 인한 事故波及은 1988年 110件으로 變壓器에 關聯된 故障이 6.4%를 占有하고 있으며 MOF, 開閉器 引込線의 관련 事故가 고객설비 故障의 60.9%를 占有하였다.

- 顧客設備 故障發生要因
  - 一 施設當時부터 값싼 機資材 使用

〈表 10〉顧客設備 故障 內譯('88)

(單位：件)

計	引入線	開閉 器類	M.O.F	碍子	L.A	變壓器	其他
110	25	23	19	13	8	7	15
100%	22.7%	20.9%	17.3%	11.8%	7.3%	6.4%	13.6%

- 一 電力設備에 대한 投資忌避
- 一 設備 豫防補修 및 點檢 소홀

⑥ 長距離 配電시스템(22.9kV-Y)化로 故障區 間 增大

22.9kV-Y 配電方式은 經濟開發에 따른 電力供給能力을 確保하고 電力損失을 減少(6.6kV의 1/12)시키며 散在된 農漁村地域 電化事業에 適合하여 1965년부터 採擇하였다. 이로 인하여 6.6kV 配電方式보다 回線當 故障要因은 2.5倍로 增加하였다.

○ 作業停電

앞서 表 5의 戶當 停電時間에서 본 바와 같이 우리나라에서는 故障停電보다 作業停電이 훨씬 많은 편이다. 가령 1989년의 實績에 따르면 故障停電 16%(50分)에 비하여 作業停電은 84%(258分)나 되고 있다.

전체 停電時間中 80% 이상을 점유하는 作業停電은 外國에 比해서도 월등히 높은 水準인데 이처럼 우리나라에서의 作業停電이 많은 事由로서는 다음과 같은 原因을 열거할 수 있다.

- (1) 急速한 需要成長에 따른 設備 新·增設
- (2) 都市再開發 등으로 인한 設備移設(配電設備 投資豫算中 10%차지)
- (3) 電氣品質向上을 위한 設備補強 및 改善
- (4) 無理한 農漁村事業 推進에 따른 配電設備補強 및 代替不振.

〈表 11〉22.9kV 配電方式과 6.6kV 配電方式 比較

區 分	回線當 供給能力(kW)	回線當 亘長(km)
22.9kV-Y	10,000	50
6.6kV	3,000	20

〈表 12〉外國의 電力需要 成長率 比較  
(’88年度 基準)

國家別	韓國	日本	台灣	佛蘭西	美國
需要成長率(%)	15.8	-0.4	12.3	5.7	2.0
GNP成長率(%)	12.1	4.3	11.9	2.1	3.4

〈表 13〉休電作業 內譯

(單位:件)

年度	全體	設備補強	新規需用	設備移設	線路昇壓
’78	7,394	3,264	1,496	1,361	1,273
’80	3,990	1,712	908	799	571
’82	6,094	3,313	1,533	792	456
’84	6,030	3,576	1,152	884	418
’86	8,003	5,008	1,522	1,073	400
’88	8,964	4,911	1,764	2,119	170
占有率(%) (1988)	100.0	54.8	19.7	23.6	1.9

다음 표 13에서 休電作業을 살펴 보면 1988년의 경우 設備補強이 54.8%로 절반 이상을 점유하고 新規需用에 따른 것이 19.7%, 設備移設이 23.6%, 線路昇壓이 1.9%를 점유하고 있다.

이것은 아직 우리나라에서는 線路工事を 대부분 休電作業에 依存하고 있는데 起因한다고 볼 수 있으며 앞으로 停電時間을 획기적으로 減少시키기 위해서는 우선 이러한 作業停電時間을 大幅 줄일 수 있는 方案이 강구되어야 할 것이다.

#### 다. 瞬間電壓 降下問題

##### (1) 瞬間電壓降下の 發生要因

電力系統에 電氣事故가 발생하면 故障電流가 흘러 瞬間的인 電壓降下가 발생한다. 近來하이 테크노로지(High technology)를 중심으로 한 技術開發, 技術革新으로 이른 바 하이테크 機器가 증가하고 있는데 이들 機器中에는 극히 적은 電壓變動이나 瞬間電壓降下로도 影響을 받는 것이 적지 않다.

이와 같은 하이테크화 및 産業構造의 變化는

모든 分野에서 電氣에의 依存度를 높이고 있을 뿐만 아니라 電氣의 品質에 대한 要求는 한층 더 高級化되고 있다. 이중에서도 특히 瞬間電壓降下는 그 原因의 대부분이 送電線에의 落雷에 依한 것으로 판명되어 오래전부터 문제가 되어 왔던 것이다. 瞬間電壓降下는 순간적으로 電壓이 떨어지는 것을 말하는데 이것은 電力系路의 故障外에도 近接한 需用家의 負荷變動이나 電力供給地域內의 큰 負荷變動, 電力供給 設備不良 등으로 발생하며 극히 짧은 시간동안(0.07~0.2초 정도) 지속되는 것이다.

이상의 현상은 停電과 구별해서 瞬間電壓降下라고 부르고 있는데 일반적으로 다음과 같이 定義하고 있다.

「電力系統을 구성하는 送電線 등에 落雷 등으로 設備故障이 발생하였을 경우 故障點을 保護繼電器로 검출해서 遮斷器로 그것을 系統으로부터 除去하기까지의 짧은 기간 동안 故障點을 中心으로 電壓이 低下하는 現象」을 말한다.

일반적으로 系統의 安定度面에서의 要求에 따라 電壓階級이 높을수록 高度한 보호계전기과 차단기를 채용하게 되므로 瞬間電壓降下の 接近時間은 짧아진다.

표 14는 電壓階級別로 瞬間電壓降下の 持續時間을 나타낸 것이다.

##### (2) 瞬間電壓降下の 영향

먼저 負荷機器의 停電에 대한 特性에 관해서 조사한 결과에 의하면 실사 순간적인 停電이라 하더라도 시스템 停止 등 큰 影響을 받는 기기가 많다는 것이 확인되고 있다. 표 15는 그

〈表 14〉系統電壓別 瞬間電壓降下 持續時間

사고발생 전력계통	순간전압강하 지속시간 (고장제거시간) (s)
345 kV	0.07~0.4
154 kV	0.07~0.33
66 kV	0.10~2.0
22.9 kV	0.10~2.0
6.6 kV	0.17~2.0

〈表 15〉 代表的인 負荷機器의 電壓에 대한 特性

機 器	不動作 基準	발생하는 현상	對 象
컴 퓨 터	10~15%의 전압강하 수 ms 정도	시스템정지	정전검출후의 데이터 보호의 인터럽트 처리
전 동 기	10~30% 정도의 전압강하 수 10ms 정도	기능정지	순시 자동 재시동회로 등의 장비
에 어 콘	0V, 수 10ms정도 계속	운전정지	
溫 水 器	20% 정도의 전압강하 0.1초 정도	通電금지	콘덴서로 유지할 수 있는것도 있다.
調 理 用 品 (마이컴 付)	0V 수초~수 10초	기능정지	마이컴 기능의 것은 콘덴서로 back up

〈表 16〉 瞬間電壓 降下에 예민한 機器에 대한 영향

機 器	적용장소의 예	영향이 발생하는 영역	영향의 정도
컴 퓨 터	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場등의 프로세스제어 로봇</li> <li>사무소등의 오피스컴 퓨터, 팩시밀리</li> <li>의료기기</li> </ul>	전압강하량 : 5-10% 정도 계속시간 : 10ms정도 오피스컴퓨터 의 계속시간 : 10-20ms정도	<ul style="list-style-type: none"> <li>메모리의 消失</li> <li>프로그램의 暴走</li> <li>그릇된 제어</li> </ul>
마그네트스위치를 사용하고 있는 전동기	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場전동기의 대부분</li> </ul>	전압강하량 : 40~60% 정도 계속시간 : 10~50ms정도	팬, 펌프, 콤파렉터등의 驅動전원에 많이 사용되고 있기 때문에 생산품의 질적 저하, 생산량의 감소 등 치명적인 결함을 줄수있다.
사이리스터 등을 사용하고 있는 可變速전동기	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반산업용 전동기</li> <li>엘리베이터</li> <li>揚水場, 下水처리장 의 펌프전동기</li> </ul>	전압강하량 : 15% 정도 계속시간 : 10~15ms정도	
高壓放電램프	<ul style="list-style-type: none"> <li>회관, 스포츠시설의 조명</li> <li>도로, 터널의 조명</li> </ul>	전압강하량 : 20% 정도 계속시간 : 70~100ms정도	消燈후 再點燈까지 수분~수10분정도 소요해서 활동에 지장을 준다.

대표적인 부하기기의 電壓에 대한 特性을, 그리고 表 16은 瞬間電壓降下에 대해서 예민한 反應을 보인 기기의 代表例를 보인 것이다. 이에 따르면 특히 컴퓨터, 마그네트 스위치를 사용하고 있는 電動機에 대해서는 메모리의 消失, 製造不良의 發生 등 이용자에게 치명적인 손실을 주고 있다는 것을 알수 있다.

더욱이 컴퓨터는 앞으로 OA, HA, FA 등으로 그 普及이 확대됨에 따라 그 영향범위도 넓어질 전망이다. 또한 마그네트 스위치도 幅넓은 사용실적을 바탕으로 앞으로도 계속 증가될 것이 예상되므로 이에 대한 대책이 시급하다 하겠다.

(다음 호에 계속)