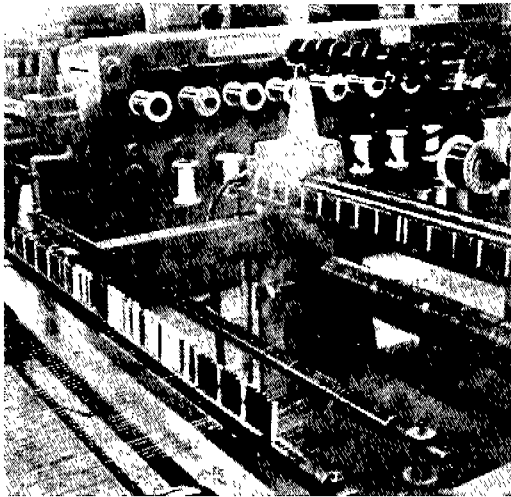


# 停電이 産業体 에 미치는 影響

## The Influence of Power Failure on Manufacturing Industry



申 英 植

鮮京合織(株) 水原工場  
工務部 動力兼 計電課長

볼타의 電池發明(1779年), 에디슨의 白熱電球完成(1879年), 發電機의 實用化(1870年) 등에 이어 우리나라에 電氣가 들어온지(1887年) 100년이 가까워 온다.

1970年代에 들어서서 産業의 高度成長, 産業構造의 重化學化, 輸出産業의 급격한 成長, 石油波動으로 인한 에너지의 高價化 및 國際競争이 치열해짐에 따라 産業活動의 電氣에 대한 依存度는 점차 높아지고 이와 比例하여 停電이 産業体에 미치는 影響도 커지게 되었다. 이 影響은 業種과 業体規模에 따라 큰 차가 있다. 에너지 多消費業種, 連續工程인 重化學工業体 일수록 影響이 크게 된다.

여기서는 化學纖維製造業体를 例로 들어 停電으로 인한 影響과 이의 損失을 줄이기 위한 業体自体로서 対策을 살펴 보고 끝으로 韓國電力公社의 停電減少 対策 및 우리나라의 停電統系를 살펴보도록 하겠다.

### 1. 工場概要

#### 1-1 工場概要

- 所在地: 경기도 수원시
- 生産品: 포리에스틸系, 아세테이트系, 아세테이트綿, 포이系
- 電力設備: 自家發電設備容量; 3.3kV-29,500kW  
受電設備容量; 66kV/3.3kV-5,000kVA
- 電力負荷: 17,500kW (自家發電供給 13,500kW  
+受電供給 4,000kW)
- 賣出額: 約 1,000억원/年
- 종업원: 1,300名

#### 1-2 工程概要

大別하면 포리에스틸原系 製造工程과 아세테이트原系 製造工程 및 上記 工程에 必要한 電力, 蒸氣, 工程水, 匠空, 寮索, 冷水 등의 유틸리티(Utility)를 製造供給하는 유틸리티製造工程으로 區分된다.

#### 1-2-1 포리에스틸原系 製造工程

포리에스틸섬유는 P. E. T (Polythylene Terephthalate)라고 하는 포리에스틸로 제조된 섬유를 말하며, 製造工程은 크게 2段階로 나눌 수 있다.

제 1 단계는 主原料인 T. P. A와 E. G를 化學反應시켜 칩(Chip)이라고 부르는 작은 육면체의 PE

T를 製造하는 重合工程이며 제 2 단계는 綫을 다시 죽여서 요구하는 형태로 變形시키는 成型段階인 製糸工程으로 나눌 수 있으며 최종 製品으로는 延伸糸, 未延伸糸 加工糸가 있다.

### 1-2-2 아세테이트섬유 製造工程

아세테이트섬유는 천연素材인 펄프셀룰로즈(Pulp Cellulose)를 化學處理한 後 溶媒(Acetone)에 溶解시켜 紡糸容液(Dope)을 만들어 그 容液을 노즐(Nozzle)을 통하여 가늘게 뽑아내고 容媒를 脫取하는 방식이며 當工場에서는 織物用 原糸인 아세테이트原糸와 담배필터의 材料가 되는 아세테이트우의 두가지 製품을 製造한다.

### 1-2-3 유틸리티製造工程中 熱併合發電

水處理室에서 沈澱, 濾過하여 一次 處理된 工程水를 이온交換樹脂法의 純水製造 裝置에서 純水로 만들어 보일러에 供給되고 보일러에서는 bunker C油를 燃料로 過熱蒸氣(92kg/cm<sup>2</sup>G, 510℃)로 만들어 터어빈에 流込되어 이와 연결된 發電機를 돌려 電力을 發生시키고 나온 抽氣나 排氣(16kg/cm<sup>2</sup>G나 4 kg/cm<sup>2</sup>G)는 蒸氣로 上工程에 送氣된다. 抽氣復水터어빈에서는 一部가 復水器에서 凝縮되어 보일러의 給水로 再使用된다.

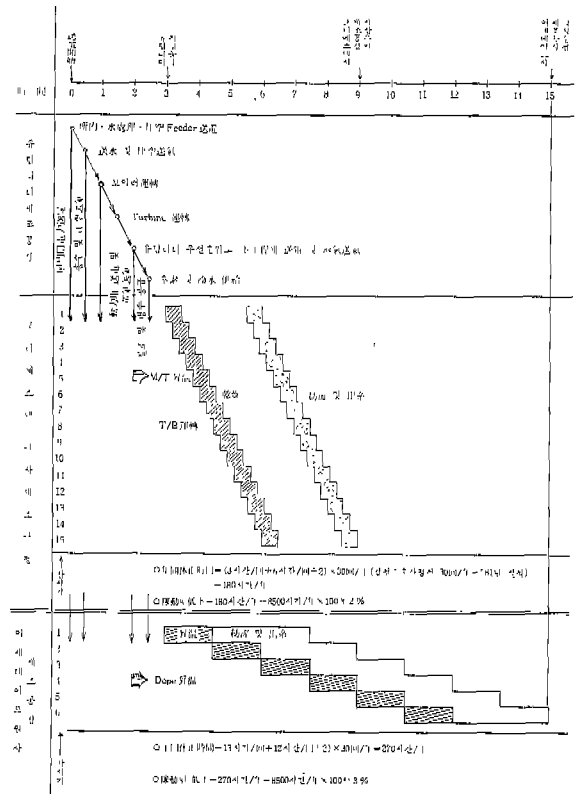
當工場의 復水發電은 熱效率이 낮아 受電이나 디젤發電 單價보다 높게 되므로, 抽氣와 排氣로 發電 送電하고 不足되는 負荷電力은 受電과 디젤發電으로 應당하고 있다.

## 2. 停電이 當工場에 미치는 影響

### 2-1 生産損失額 增大 및 稼動率 低下로 製造原價가 上昇됨

#### 2-1-1 突發停電으로 인한 稼動率 低下

平常運轉員은 運轉中인 機器의 平常運轉 工數에 맞게 配置되어 있어 突發停電後 運轉開始 時에는 作業工數가 大폭 늘어나므로 유틸리티가 全機에 供給可能하여도 同時에 運轉을 할 수 없고 系列別로 점차적으로 運轉을 하게 되어, 10分 以内 停電의 경우 工程全體를 正常으로 살리는데 포리에스텔원사 製조공정은 6시간, 아세테이트섬유製조 공정은 12시간, 유틸리티공정은 3시간이 소요된다. 當工場이 韓電受電에만 依存하였다면 포리에스텔섬유제



〈그림-1〉 各工程의 運轉 順序

조공정이 年間 180時間 休止에 稼動率 低下 2%를, 아세테이트섬유製조 공정이 年間 270時間 休止에 稼動率 低下 3%를 초래하였을 것이다.

各工程의 運轉 順序는 그림 1과 같다.

유틸리티製조공정은 受電하여 水處理 圧空設備를 運轉하여 發電所에 工程水와 計器壓空을 送氣하여 보일러를 點火하고 蒸氣壓力을 높여 터어빈을 돌려 유틸리티 우선 순위에 따라 主工程에 動力用 電力 送電 및 蒸氣를 送氣 개시하고 窒素 冷凍設備를 運轉하여 窒素, 冷水를 供給하므로 運轉이 完了된다.

포리에스텔원사 製조공정은 受電과 同時에 照明이 켜지고 運轉에 앞서 停電 뒤처리 및 運轉準備를 完了하고 유틸리티 공급과 同時에 系列別로 점차적으로 Dow의 昇溫(150分 240℃ → 290℃), 터보블로워 空運轉(30分 방사통 주위의 溫濕度 正常值 유지), 綫건조(120分), 紡流 및 出糸(30分)를 實施

한다.

아세테이트원사 제조공정도 受電과 同時に 照明이 켜지고 運轉에 앞서 停電되처리 및 運轉準備를 完了하고, 유틸리티 供給과 同時に 系列別로 점차적으로 용액의 昇溫 吸引 및 乾冷블로워, 熱風팬의 運轉에 이어 紡流 및 出糸(3時間)를 實施한다.

### 2-1-2 生産損失發生

生産損失額은 工程에 投入된 原料가 製品이 되지 못한 웨이스트(Waste)損失額, 正常製品이 되지 못한 等級格下 損失額 및 休止期間 동안 製品生産없이 支出된 固定費用인 未生産損失額 등을 合計한 것이다.

이 生産損失額은 當工場의 경우 순간停電이 年間 30回('81年 實績)로 보면 8억 7천만원이 된다. 突發停電이 4時間 以上 長期化될 경우는 各容器 및

配管에 들어 있는 溶液은 응고를 막기 위해 배관을 푸르고 밸브를 열어 모두 빼내야 한다. 이런 경우 送電이 되어 設備를 再稼動시키는데로 2日 所要되고, 生産損失 또한 엄청나게 增加한다(表 1).

### 2-2 品質 및 서어비스 低下

製造業体에서는 가장 좋은 品質의 商品을 가장 싸게 만들어 적절한 P.R로 고객인 消費者에게 판매하고, 自社の 이미지를 부각시키는 것이 企業活動과 밀접한 관계가 있다. 특히 業種이 半以上 輸出에 依存해야 하는 業体는 더욱 그러하다. 요즘과 같이 세계의 經濟活動이 침체되고, 自國産業의 保護를 위해 보호무역 쪽으로 기울어 國際競争이 치열한 時期는 더욱이 良質의 製品과 消費者가 充足할 서어비스가 要求된다.

위에서도 말한 바 停電이 빈번히 발생되면 製造

(表-1) 停電으로 인한 生産損失額 (단위: 원/回)

停電區分	工程區分	損 失 內 容	生産損失額	備 考	
10分以內 停 電	포리에스텔	重合	返応 지연으로 인한 未生産損失	1,000	Waste 發生없음
		紡糸	Waste, 等級格下, 未生産 損失	14,000	
		延伸	"	6,000	
	아세테이트	紡糸	"	5,000	
		延糸	"	1,000	
	유틸리티	Start up時의 電力 및 蒸氣의 大氣放出	2,000		
	合 計			29,000	
1時間 停 電	포리에스텔	重合	반응중인 용액변질로 Waste, 未生産	15,000	C waste 發生急増
		紡糸	Waste, 等級格下, 未生産損失	17,000	C waste 發生多
		延伸	"	6,000	
	아세테이트	紡糸	"	6,000	
		延糸	"	1,000	
	유틸리티	Start up時의 電力 및 蒸氣의 大氣放出	3,000		
	合 計			48,000	

生産損失額 算出方法

$$\begin{aligned} \text{○Waste 損失額} &= (\text{A Waste 제조원가} - \text{A Waste 판매가격}) \times \text{A Waste : 일부 가치가 있는 것} \\ &+ (\text{B Waste 제조원가} - \text{B Waste 원료가격}) \times \text{B Waste : 원료로 再使用可能} \\ &+ (\text{C Waste 제조원가}) \times \text{C Waste : 전혀 가치가 없음} \end{aligned}$$

$$\text{○等級格下 損失額} = (\text{1 A 正價} - \text{格下等級價格}) \times \text{量}$$

$$\text{○未生産 損失額} = \text{固定費(원/kg)} \times \text{未生産時間中 生産可能量(kg)}$$

原價가 上昇되고 格下된 製品이 多量 發生하여 全体的으로 品質이 低下되고, 納期가 길어지고 信用이 떨어져 國際競爭力이 弱화된다.

### 2-3 設備投資費 增大

業種에 따라 한 業体에서도 工程에 따라 다르지만, 停電時 損失이 많은 個所를 重要負荷, 損失이 적은 個所를 非重要負荷로 電力系統을 二元化하고 非常發電機를 設置하거나 自家用 發電所를 設置하여 停電時 또는 日常時에 重要負荷에 電力을 供給하게 된다.

그런가 하면 變電所로 부터 工場에 이르는 送配電系統의 他線路에서 發生된 事故로 波及되는 停電回數를 줄이기 위해 投資費가 많이 드는 單獨 送配電線路를 設置하기도 한다.

### 2-4 産業災害의 要因增大

가정에서 저녁에 갑자기 정전이 되고 어두운데 옆 방에라도 가려면 문설주나 의자에 걸려 넘어지는 일이 흔히 있다. 또 전열기를 켜고 쓰다 갑자기 정전이 되고 오래 지나 다시 전기가 들어왔을 때, 갑박잇고 빼놓지 못한 전열기가 原因이 되어 火災를 당하는 경우도 있다.

工場에서도 마찬가지다. 煙이나 지붕으로 둘러 쌓인 當工場 内部는 낮에도 정전이 되면 비상등 및 誘導燈이 있어도 平常時 보다는 照度가 훨씬 낮아 安全事故의 原因이 되고 送電이 되면 미처 꺼두지 못한 電熱器가 燒損되거나 停電時間을 利用 補修中인 機械를 무심코 돌려 事故가 發生하는 일이 흔히 있다.

또 아세테이트 방사공정과 같이 용액이 노출되는 곳에서는 용액으로 부터 아세톤가스가 氣化되어 室內空氣에 混入되고 이 混合氣體를 吸引블로워로 빨아 모아 蒸溜하여 아세톤을 回收하는데 갑자기 停電이 되면 空氣의 循環이 停滯되어 아세톤 농도가 上昇되고 경우에 따라서는 室內에 發火源이 있으면 폭발하게 된다. 그러므로 停電이 되면 外部와 접한 門을 열어 환기를 시켜 주어야 한다.

### 2-5 設備의 劣化 촉진

設備가 高度化되고 自動化된 設備中에는 停止시킬 때에도 시이퀀스(Sequence)의 順序에 따라 停止시켜야 된다. 그렇지 않고 突發停電과 같이 停止

될 경우에는 퓨즈가 熔斷되고 S.C.R, Selen Arester 등 素子가 燒損되는 일이 많다(列: 靜止形 周波數可變電源裝置等). 그리고 大電流의 순간 遮斷이나 投込時에는 平常電壓의 2~3 배에 달하는 써지電壓이 發生되고 起動電流의 過多로 投入순간에 絶緣이 破壞되거나 保護繼電器가 作動하는 일이 있고 大形電動機의 경우는 반복 起動시간을 制限하기도 한다.

### 2-6 從業員의 意欲 低下

22.9kV 配電線路 특히 配電線路의 條件이 나쁘고 길어, 하루에도 3~4回 停電이 빈번한 경우 從業員의 勤務意欲을 감퇴시켜 生産性을 低下시킨다. 日常運轉에서 보다 停電後 處理나 運轉 初期에는 作業條件이 나쁘고 힘든 경우가 많다. 管理者나 作業者側에서는 일의 成果는 적고 힘은 많이 들어 人身이 피로하고 나태해져 意欲이 低下된다.

## 3. 停電으로 인한 損失을 줄이기 위한 業体 自体로서의 対策

業種, 受電規模, 工場位置, 損失額 程度에 따라 다르겠지만 參考로 몇가지 例를 들어 보겠다.

### 3-1 非常發電機 設置

電力系統을 重要負荷와 非重要負荷로 二元化로 設計하여 停電時 非常發電機를 運轉하여 重要負荷에 供給한다.

### 3-2 工場을 工業園地內로 移轉한다

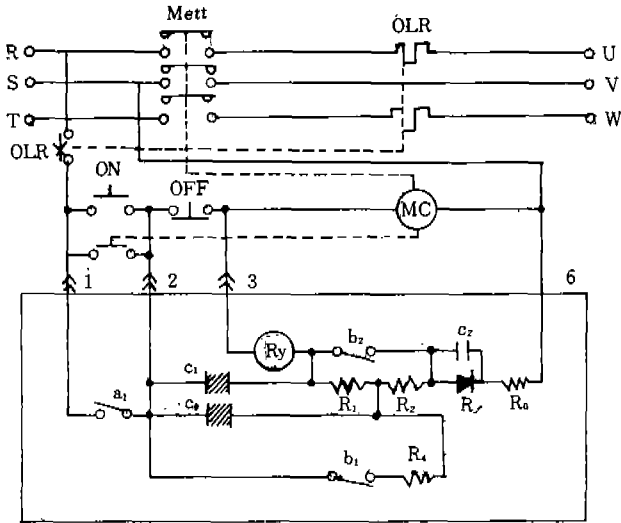
停電回數는 地域에 따라 큰 差가 있다. 工團의 경우는 154kV에서 바로 22.9kV 220V로 變壓하여 各 業体에 配電되므로 一般地域에 比해 停電回數가 훨씬 적다.

### 3-3 變電所로 부터 專用配電線 設置

22.9kV 配電線路의 경우는 긴 配電線路와 線路上的의 電氣工作物 및 需用家の 電氣工作物 등에서 發生되는 波及事故, 補修作業, 増設作業 등으로 停電回數가 잦다. 이 경우 變電所에서 工場까지 專用線을 設置하면 大中으로 停電이 줄게 된다.

### 3-4 瞬間停電이나 瞬間電壓降下時 電動機 Trip防止

製造工程의 特性에 따라 瞬間停電이나 電壓降下



〈그림-2〉 再閉合 Ry 結線圖

時 Trip이 되주어야 損失이 적은 경우도 더러 있으나 Trip이 안되면 損失이 거의 發生하지 않는 경우가 많다.

순간정전시 回轉機가 Trip되는 것은 電磁接觸器나 繼電器의 界磁코일이 無勵磁가 됨과 同時에 自己保持回路가 떨어져 手動으로 投入스위치를 눌러 주어야 다시 回轉하게 된다. 순간정전이나 순간電壓降下時 Trip이 안되는 것이 바람직한 設備에는 다음의 그림 2와 같이 再閉合릴레이를 設置하므로써 1.5초 또는 3.0초 이내의 순간정전이나 電壓降下時 Trip을 防止할 수 있다.

### 3-5 停電時作業 標準化

突發停電 計劃停電 瞬間電壓降下等 停電 分野에 따라 各作業員이 措置해야 할 點檢順序, 措置項目, 措置方法等を 標準化 하여 익혀 둬므로, 停電時 혼란이나, 잊고 조치가 안된다던지, 作業手順이 바뀌어짐으로써 發生하는 生産損失이나 災害를 最少限으로 줄일 수 있다.

## 4. 韓國電力의 供給信賴度 向上 對策

끝으로 앞에서 말한 産業體의 막대한 損失을 줄여 需用家가 要求하는 供給 信賴度 向上을 위한 韓國의 對策을 “韓國電力 20年史”에서 발췌하여 소개한다.

### 動作

1. 投入

電磁開閉器 R-ON-Off-(MC)-S

再閉合 Ry R-ON-Off-(Ry)-R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub>-R<sub>3</sub>-R<sub>4</sub>-S

2. 運轉中

電磁開閉器 R-a<sub>1</sub>-Off-(MC)-S

再閉合 Ry R-a<sub>1</sub>-Off-(Ry)-R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub>-R<sub>3</sub>-R<sub>4</sub>-S

3. 開放

R-a<sub>1</sub>-c<sub>1</sub>-(Ry)-(MC)-S

### 4-1 停電減少對策

#### 4-1-1 需用法 供給信賴度 基準設定

配電線路의 일체의 停電(不點事故, 線路事故 및 作業停電)實績과 電源側의 停電까지도 電算化하여 需용가 1戶當 停電時間(分/年)을 基準으로 設定한다.

#### 4-1-2 設備事故 減少

停電實績의 電算統系를 分析하여 發生 추세에 따라 對策을 강구한다.

供給設備擴充	{	配電電壓의 昇壓(3.3kV 또는 6.6kV→22.9kV)
		供給餘力確保 및 連結線 構成
供給設備 補強	{	接續金具類 補強
		碼子類 補強
		外物 接觸事故 防止

#### 4-1-3 作業停電 減少

線路의 維持補修, 新·增設工事に 수반하여 發生한다.

- 休電審議 強化
- 深夜作業 施行
- 活線作業 擴大施行(1980~ )

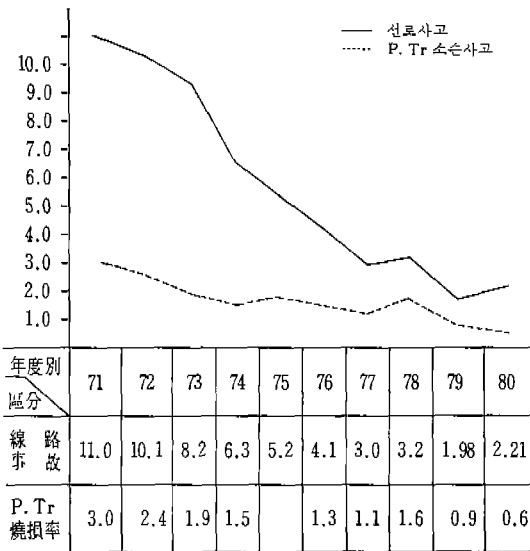
### 4-2 事故 迅速復舊(停電時間 단축)

- 事故處理 目標策定
- 遠距離地域 移動補修車 運用

〈表-2〉需用家 停電事故 集計

業体	電力設備容量	計劃停電	突發停電	瞬間電壓下降	合計	月平均件	備考
A社	自發 29,500kW 自發	0	1	0	1	0.1	'81年 實績
水原	受電 66kV 5000kW 송전선로 9km 受電	11	9	10	30	2.5	
울산	自發 11000kW 自發	0	0	0	0	0	自發만 運轉 순간전압강하미집계됨
	受電 66kV 8000kW 송전선로 13km 受電	0	6	?	6	0.5	
B社 천안	22.9kV 4500kW 一般 배전선로 길이 18km '82年 7月末 專用線으로 함 專用	5	25	32	62	15.5	'82年 4月~7月실적 '82年 8月~10月실적
		1	2	14	17	5.7	

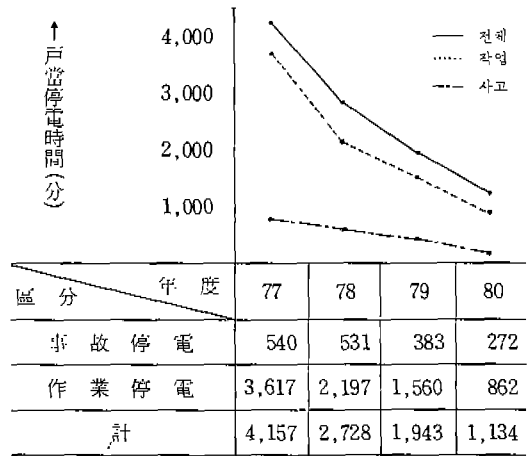
(註) 순간전압강하 "Motor가 Trip된 경우만 집계했음.



선로사고(件/ 고압연장 100km)

〈그림-3〉年度別 配電線路 事故發生 趨勢

- 緊急機動補修班 設置運營
- 電氣員 人力活用
- 線路開閉器 擴大附設, 故障表示器 附設



〈그림-4〉供給信賴度 趨勢

4-3 規定電壓維持

- 配電線補強
- 靜電蓄電器 附設
- 變壓器 Tap調整

