

電氣의 質 향상에 대한 조사연구

2

元 晔 喜

전 한국전기연구소 서울사무소장

4. 電氣의 質 向上對策

電力系統에서 電力供給의 신뢰도향상은 정전의 예방과 규정전압, 규정주파수의 유지 등에 달려 있으므로 이에 대한 적극적인 대책이 요구된다. 이를 위하여는 시설에 대한 투자재원의 적기확보와 기술수준의 향상 및 기자재 품질향상 등이 이루어져야 한다.

가. 施設 및 工法の 現代化

(1) 高信賴性 配電方式

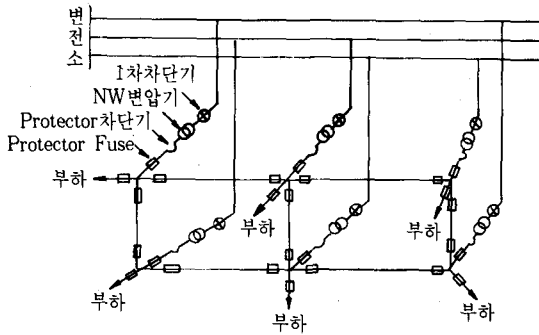
도시의 인구집중과 사회기능의 고도화에 따라 高信賴性 電力供給이 요청되고 있다. 現 配電系統은 가공선이 많고 대부분이 樹枝狀方式으로 되어 있어 전력공급신뢰도가 낮다. 따라서 配電系統의 지중화 및 사고회선의 자동분리와 健全回線의 자동전환기능을 갖는 배전계통을 구성하여야 한다. 그 대표적인 것이 Network 배전방식이다.

Network 配電方式이란 동일변전소를 전원으로 하는 2회선 이상의 고압 또는 특별고압의 Network배전선으로부터 受電하는 2대 이상의 배전용 변압기(Network변압기라고 부른다)의 2차측을

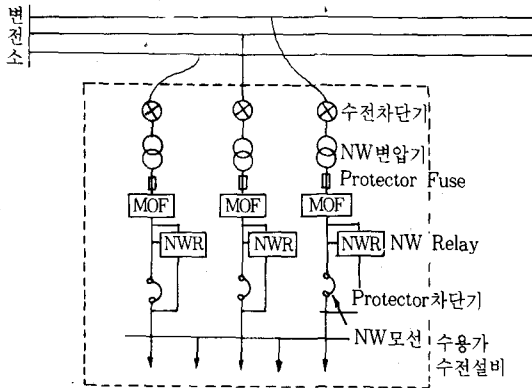
Network Protector라는 각종 動作責務를 가진 자동차단기를 개입시켜 병렬로 접속한 配電方式을 말한다. 외국에서는 일반적으로 22kV급 地中配電方式에 채용되고 있다. Network 配電方式은 일반 저압수용에 공급하기 위하여 전력회사가 Network 機器를 설치하는 Regular Network방식과 大口需用의 Building 등을 대상으로 Network 配電線으로부터 직접 수전하여 수용가가 Network機器를 설치하는 Spot Network방식으로 대별할 수 있다. 이 방식의 예를 그림 8,9에 나타낸다.

이 방식에서는 1회선의 Network 配電線이 사고 또는 작업정전되었을 때, 정전된 회선의 Network Protector가 健全回線으로부터 Network 母線을 통하여 변압기 1차측에 逆流하는 전류를 檢知하여 자동적으로 차단한다. 따라서 이 回線에 접속된 모든 Network변압기는 2차 회로에서 분리되어 다른 回線으로부터 공급이 계속되므로 無停電供給이 가능하다. 또한 Network Protector는 Network 配電線의 사고가 복구되어 線路가 충전되면 자동적으로 투입되는 기능으로 가지고 있다.

Network Protector는 Protector 차단기와 이것을 制御하는 Network Relay로 구성되어 있으며 Network Relay는 다음과 같은 세가지 특성이 있다.



<그림 8> Regular Network 방식



<그림 9> Spot Network 방식

(가) 逆電流 遮斷特性

Network 配電線의 1차측 Cable에서 사고가 발생하든지 또는 공사나 점검을 위하여 Network 線路를 정전하였을 경우 그 回線에 접속된 Network Protector부에는 健全回線으로부터 Network 母線을 통하여 변압기 1차측에 電流가 逆流한다. 이 전류를 검출하여 Protector 차단기를 분리시키는 특성이 있다.

(나) 差電壓 投入特性

1차측 Cable의 사고 또는 Network 配電線路의 정전 등에 의하여 일단 Protector 차단기가 개방된 후 그 사고가 복구되든지 작업이 종료된 線路가 송전되었을 경우, 無負荷의 변압기 2차측과 Network 母線側電壓을 비교하여 자동적으로 投入動作하는 특성이 있다.

(다) 無電壓 投入特性

Network 母線이 無電壓인 상태에서 변압기가 충전되었을 경우에 Protector 차단기를 자동적으로 投入하는 특성이 있다.

(2) 配電自動化

규모가 크고 복잡하게 산재되어 있는 配電設備의 운전효율 제고와 신뢰도 향상을 위한 配電自動化는 보호기기 및 개폐기에 制御機能을 부여하여 선로의 각종 운전정보를 수집하고 中央制御所에서 선로 및 기기운전상태를 集中監視 制御하며 선로 고장시에 고장구간의 自動索出 및 健全區間의 自動轉換도 수행할 수 있는 기능이다.

특히 교통체증이 심각한 상태에서는 선로고장시에 고장구간의 索出 및 系統轉換에 많은 시간과 인력이 소요되고 있으므로, 線路運轉을 自動化하여 고장구간을 신속관리한 후에 보수인력을 현장에 투입할 수 있으므로 장시간 停電되는 수용가가 적어지며 보수인력의 활용도도 제고될 수 있다.

配電自動化를 목적별로 분류하면 다음과 같이 네가지로 나눌 수 있다.

- 전력공급신뢰도, 설비이용률의 향상을 목적으로 한 配電線路機器의 監視·制御
- 負荷電流, 事故情報의 수집 등 配電管理情報의 自動수집
- 負荷率의 향상 등을 목적으로 한 負荷集中制御
- 使用電力量을 遠方計測하여 그 調整을 실시하는 自動檢針

(가) 配電線路機器의 監視·制御

일반적으로 적용되고 있는 樹枝狀方式의 架空配電線이나 π Loop방식의 地中配電線의 유지보수·운용업무로서

- 配電線의 설비증강, 계통변경 등의 작업시에, 작업정전의 범위를 축소하기 위하여 실시하는 系統交替操作(系統을 구분하여 交替하기 위하여 설치된 개폐기의 操作)
- 태풍이나 낙뢰 등에 의한 사고 발생시에 事故區間을 교체하여 사고에 의한 정전구간 외의

健全停電區間에 대한 송전을 위한 系統交替操作(사고구간의 구분과 健全停電區間에 송전하기 위한 개폐기 操作)을 들 수가 있다.

그런데 開閉器의 操作에는 보수인력이 현지에 출동하여야 되기 때문에 사전준비나 현장에 출동하기 위한 시간이 소요된다. 이 시간적손실을 개선하기 위하여 현장에서 개폐기를 조작하지 않아도 되도록 개폐기의 自動化가 채용되고 있다.

① 開閉器의 自動化方式

② 時限順送制御裝置에 의한 事故區間 區分方式: 時限順送制御裝置와 自動開閉器를 조합하여 배전용변전소 차단기의 再閉路方式과 협조시킴으로써, 健全區間의 자동개폐기를 順次投入하여 사고구간을 분리하는 방식으로서 많은 전력회사에서 사용되고 있다.

③ 開閉器의 遠方監視·制御方式: 時限順送制御裝置에 의한 事故區間의 區分方式에서는 사고구간을 분리함으로써, 사고구간으로부터 변전소측에 있는 健全구간에는 송전이 가능하지만 사고구간 다음에 있는 健全區間에 대한 송전을 위하여는 현장에 가서 개폐기 操作을 하여야 한다.

그래서 사고시에 健全區間에 대한 逆送電을 하기 위한 개폐기 操作 또는 停電作業時에 정전구간을 가능한한 축소하기 위한 事前交替操作을 사업소로부터 遠方制御하는 방식이 실용화되고 있다.

② 其他機器의 監視制御

開閉器 외에 監視·制御를 실시하고 있는 配電線路機器로서 高壓自動電壓調整器 등을 들 수가 있다.

高壓自動電壓調整器는 長亘長의 高壓配電線의 도중에 설치하여 高壓配電電壓의 변동을 자동적으로 개선하는 裝置이다. 이 調整器가 설치된 配電線을 交替時에 調整器의 전압 Tap을 변경하여야 할 필요가 있을 경우가 생기는데 개폐기의 遠方監視·制御와 함께 Tap 전환을 遠方制御하고 있는 일부 전력회사가 있다.

(나) 配電管理情報의 自動수집

配電管理情報의 자동수집은 배전전압, 부하상황,

사고정보 등으로서 配電系統을 유지보수운용하는데 필요한 제반정보를 자동적으로 수집하는 것으로

○ 情報의 卽應化, 精度의 향상에 의한 設備運用 效率, 投資效率의 향상

○ 情報入力業務의 향상에 따른 업무운영의 효율화 등을 목적으로 하고 있다.

수집하는 情報는 여러 가지 항목들을 생각할 수 있으나

○ 變電所의 차단기, 保護 Relay 등의 상태정보

○ 配電線전류, 전압, 구간전류, 相對態 등의 計測情報

○ 전원측이나 배전선의 事故情報

○ 배전선개폐기의 On-off 情報

등에 관하여는 配電線路機器의 監視·制御 System에 포함된 형태로 자동수집, 활용이 이루어지고 있다.

(다) 負荷集中制御

일반가정에 대한 Room Cooler의 보급 및 OA화의 진전에 따라 Building의 冷房需要가 증가되어 電力需要의 夏期 Peak가 尖銳化되고 연간 평균전력과 최대전력의 比를 나타내는 年負荷率이 매년 저하되어 가고 있다. 이것은 設備綜合效率化의 관점에서도 夏期の 晝間 외의 시간대의 電力需要를 증가시켜 負荷의 平準化를 이룩하는 것이 중요하다. 이에 대하여 전력회사에서는 심야전력요금제도, 시간대별요금제도, 수급조정계약제도 등의 각종 제도를 보급하여 負荷의 平準化에 노력하고 있다. 이 제도들을 볼 때 일반적으로는 전기온수기나 축열식냉온방기 등의 負荷 開閉制御를 Time Switch의 On-Off로 실시하고 있는데, 配電線搬送方式이나 通信線方式을 이용한 負荷集中制御 System이 일부 전력회사에서 적용되고 있다.

(라) 自動檢針

電力使用量의 자동검침 System은 電力量計의 檢針作業을 자동화함으로써 부하실태를 파악하고 지역별, 시간대별, 업종별의 負荷曲線을 그려 需要分析을 통한 수요예측과 설비계획수립 등의 기능

을 갖출 수가 있어, 電力의 합리적이고 효율적인 운영에 크게 이바지할 수 있다. 이 System은 일반적으로 檢針方式, 信號方式, 傳送路로 대별하여 설명할 수 있다.

① 檢針方式

端末Encoder 방식과 中繼Encoder 방식이 있는데 端末Encoder 방식은 각각의 電力量計에 記憶機能을 부과하여 中央處理裝置에 信號를 送受信하는 방식이고, 中繼Encoder 방식은 일정량의 電力量計를 수용하는 中繼器에 記憶機能을 부과시켜 中央處理裝置에 信號를 送受信하는 방식이다.

② 信號方式

傳送路에 관계되며 음성주파전압, 전류신호, 전압변화신호, 상용주파 동기위상 Pulse신호, 고주파신호, 직류신호, 무선신호 등이 있다.

③ 傳送路

傳送路는 고저압 배전선, 전화선, 전용선, 전력선반송, 무선 등이 있다.

(마) 配電綜合自動化 System

線路機器의 감시·제어, 配電管理 情報의 자동수집, 負荷集中制御 및 自動檢針 등의 配電自動化 System에 있어서 필요성 및 Cost Merit 등의 관점에서, 線路機器의 감시·제어와 配電管理情報의 자동수집을 조합한 配電線自動化 System은 실용화되고 있다. 그외의 System에 대하여도 실용화를 위한 연구가 진행되고 있는데 이들의 System은 中央裝置, 信號中繼裝置, 端末裝置 등의 機器類와 信號傳送路, 信號方式 등에 공통된 부분이 많아 共用化에 따른 Cost Merit에 기대를 걸 수가 있다.

그러면 우리나라의 配電自動化 추진현황에 대하여 살펴보기로 한다.

본격적인 국내의 配電自動化는 '79년 11월 동력자원부로부터 配電線 遠方自動化 추진지시가 있은 후 '84년 5월 한전기술연구원과 한국전기연구소의 “配電系統自動化를 위한 遠方監視制御 연구”가 시작됨으로써 출발되었다.

'88년에 경기지사에 配電搬送方式의 實證試驗 System이 도입되어 運用技術蓄積과 配電自動化方

<표 25> 우리나라의 配電自動化 實證試驗 現況

地域	方式	內 容
경기도 (수원)	配電線搬送	配電自動化 System試驗 運用 ○開閉器 監視制御 ○自動檢針 ○負荷制御
서울시내 일부지역	通信線	變電所 SCADA 利用 ○地中開閉器 監視制御

向이 제시되었으며 그 동안의 配電自動化 實證試驗 현황은 표 25 와 같다.

특히 配電自動化 System의 국산화 개발을 위하여 한국전기연구소를 중심으로 효성중공업, 현대중전기, 금성산전, 이천전기, 일진전기, 광명제어 등 6개 중전기업체가 참가하여 '91년부터 '93년까지 KODAS(韓國型 配電自動化시스템)의 1단계 개발을 완료하였다. 앞으로 일정 기간의 實證試驗을 거쳐 실용화될 전망이다.

KODAS의 대표적 기능을 보면 다음과 같다.

- 遠方制御機能: 개폐기의 투입·개방, Fault Indicator의 Reset, Lock/unlock, 단말제어장치의 운영제어 등
- 遠方監視機能: 변전소 Relay감시, 선로故障 認知를 위한 Fault Indicator의 동작유무, CB, Recloser의 투입·개방, 선로 단선/결상, 개폐기 양단 위상각 감시 등
- 遠方計測機能: Fault Indicator의 Counter值, Analog值, 개폐기상대 計測 등
- 端末制御裝置 판독 機能: 개폐기 制御部の 정보 및 점검 수시계측, Analog值 기록 및 갱신 기억, 중앙제어장치의 명령 실행, 통신 異常時 이상 정보 송신 등
- 기록機能: System異常時 자동기록, 조작시 조작내용 기록, 조작순서 기록 등
- 자기진단 機能: 중앙제어장치, 통신제어장치, 단말제어장치, 傳送路 등의 자기진단
- Simulation 機能: 중앙제어장치의 Simulation 다음에 외국의 配電自動化 추진현황을 보면 가장 활발한 국가는 주로 일본과 미국으로서 표 26

<표 26> 外國의 配電自動化 推進現況

國名	內 容
日本	○'70년대말부터 9개 전력회사에서 추진 • 개폐기 감시 제어 • 배전정보 자동수집 • 부하제어 및 수용가 점검
美國	○DOE, EPRI의 후원으로 전력회사별로 '70년대말부터 運用 • Capacitor제어와 자동점검 및 부하제어
구라파	○'60년대부터 부하제어 ○自動檢針 및 개폐기 제어 시험중

과 같다.

東京電力(株)의 경우, 配電自動化 System은 컴퓨터制御에 의한 선로개폐기의 감시·제어를 주된 기능으로 한 것이다.

이러한 System외에 고도정보화 사회에 대응하기 위하여

- 線路管理情報의 수집
- 負荷集中制御
- 自動檢針

등의 System에 관해서도 검토하고 있다.

九州電力(株)는 '70년대부터 선로개폐기 遠方制御 System을 개발하여 도입하는 Pulse Code방식, 郡地域은 Ripple-Control방식(配電線 搬送)으로信號傳送方式을 확립하고 全地域을 대상으로 점진적으로 확충실시해 나가고 있다.

그 결과 개폐기 遠方制御率은 '92년말에 90.3%가 되었고 '93년말에는 거의 100%가 완료되었다.九州電力의 配電自動化는 개폐기제어를 위주로 한 自動化 System이지만 관련 技術開發 추진도 병행하여 自動化 System 전체의 기능향상을 계속적으로 도모하여 왔다. 또한 고도정보화시대의 본격적인 도래를 염두에 두고, 보다 향상된 供給信賴度, 配電業務의 자동화, 효율화 등을 목표로 配電綜合 自動化 System의 개발과 시험에도 착수하여 이미 일부 System을 개발하고 실증시험을 개시하고 있다.

미국의 경우는 DOE(미국 에너지성)의 정책과제로 채택되어 EPRI(미국 전력연구소)가 후원함

으로써 전력회사별로 각종 方式을 개발 실용화하였으며 '90년대 配電綜合 自動化의 구축을 목표로 하고 있다.

외국의 配電自動化 System의 技術開發背景을 고찰하면 공통적으로 自國의 전력회사에 적합한 System개발을 장기간에 걸쳐 추진하여 실용화하고 있다.

(3) 無停電工法の 開發 適用

고도정보화사회의 발전으로 電氣에 대한 의존도가 점점 높아지고 있는 가운데 配電線路作業이라 하여도 停電시키는 것은 허용되지 않는 현실에 있다. 活線作業은 고무장갑을 착용한 直接活線工法으로부터 Hot Stick를 사용하여 活線에 직접 대지 않고 작업할 수 있는 間接活線工法으로 확대되고 있다.

일본에서는 많은 전력회사들이 無停電工法을 개발하여 적용하고 있는 실정인데 그 장점을 살펴보면 다음과 같다.

- 生産性的 向上: 需用에 대응한 설비확충, 개 보수 등 증가하는 配電工事に 대하여 1인당 노동생산성이 향상되어 종합적으로는 Cost Down됨.
- 夜間工事的 감소: 都市化, 工事環境의 惡化, 工事量의 증가에도 無停電工法을 적용함에 따라 야간공사가 대폭 감소됨.
- 活線作業의 감소: 無停電工法の 도입단계에서는 일시적으로 活線作業이 증가하는 추세였으나 無停電機資材의 배치, 지침서의 정비, 기술습득 등 여건이 조성된 후에는 감소하는 추세임.
- 感電災害의 감소: 無停電工法の 적용에 따라 活線作業이 감소되고 정전상태에서 작업이 시행되므로 感電災害가 대폭 감소됨.
- 異常電壓, 逆回轉 등 需用家機器의 被害 감소: 引込線整備, 電力量計 교체를 정전공사로 시행하였을 경우에는 誤結線 異常電壓, 逆回轉 등이 발생하여 수용가기기가 피해를 보는 경우가 있었으나 無停電作業 이후에는 그러한

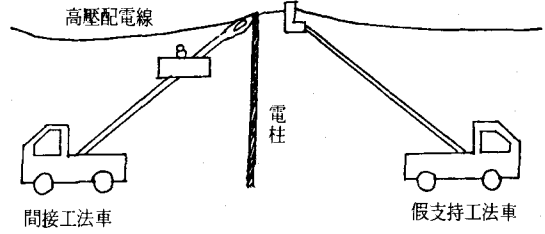
문제가 발생되지 않음.

九州電力(株)의 경우를 보면 기동차工法, By-Pass工法, 발전기工法の 주요 3工法을 공사장소와 공사내용에 따라 적당히 조합하여 사용하고 있다.

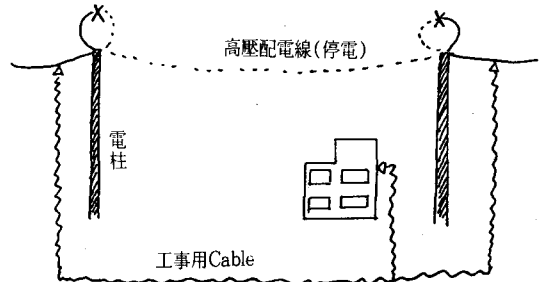
○기동차工法 : 이 工法은 그림 10 과 같이 수용가에는 送電한 채로 間接工法車와 假支持工法車를 조합시켜 공사하는 방법이다.

○By-Pass工法 : 이 工法은 그림 11 과 같이 工事用 Cable이나 移動變電車 등을 사용하여 수용가에게 假送電하고 공사장소는 정전하여 작업자의 안전을 확보하는 공사방법이다.

○발전기 工法 : 이 工法은 그림 12 와 같이 需用家에는 發電機車로 假送電하고 공사장소는 정전하여 작업자의 안전을 확보하는 공사방법으로서 주로 配電線路 末端에서 적용된다.



<그림 10> 기동차 工法



<그림 11> By-Pass 工法

나. 停電, 電壓 및 周波數

電力系統의 供給信賴度를 결정하는 주요인으로는

○사고정전

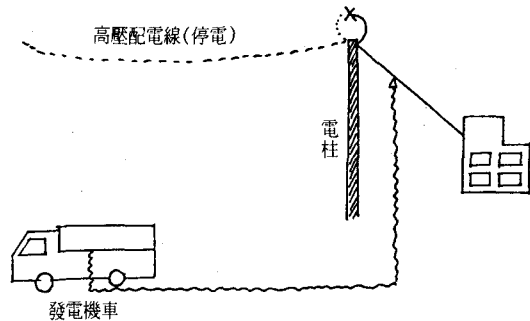
○작업정전

을 들 수 있다. 이들에 대한 線路設計面에서 본 供給信賴度 향상대책으로는 주로

○사고발생의 방지

○정전범위의 축소

등이 있는데 事故의 특성을 충분히 파악한 다음에 적절한 대책을 강구하지 않으면 안된다.



<그림 12> 발전기 工法

(1) 事故發生의 防止

(가) 發電設備

① 整備品質을 향상시키기 위하여 예방정비의 계획단계로부터 내실·기하도록 하며 정비완료후에도 이를 종합평가하여 미흡한 부분은 次期 豫防整備때 철저히 반영토록 管理體制를 과학적이고 체계적으로 강화해 나간다.

② 設備의 예방진단 및 지원활동을 강화하는 일이다. 발전설비에 대한 技術点檢을 계절적, 주기적으로 시행하여 문제점을 보완하며 主要機器에 대

하여는 비파괴검사를 주기적으로 시행하는 등 예방진단을 강화한다.

③ 老朽 및 脆弱設備에 대한 교체 및 보강이다. 長期使用 老朽設備의 교체를 적기에 실시하고, 기동정지가 빈번한 발전소 또는 열악한 환경에서 가동되는 機器에 대한 보강을 강화하며 특히 고장빈도가 높은 老朽 電子카드류 및 電氣設備 등에 대한 精密点檢을 실시하여 취약부분을 교체·보강하고 電子制御室의 주변환경 개선에 역점을 둔다.

④ 발전요원 및 정비요원에 대한 교육훈련의 강화이다. 사람에 의한 과실을 예방하기 위하여 발전운전원과 정비원에 대한 教育體制를 직무별, 설비별로 세분화, 전문화하고 教育內容도 사례발표 및 토의 위주로 개선하여 보다 실질적인 교육이 되도록 노력한다.

(나) 送變電設備

① 設備의 순시 및 점검을 강화하는 일이다. 送電線路의 경우에는 Helicopter 및 도보순시, 필요시에는 특별순시 등을 실시하여 異常有無를 조기 발견하여 조치토록 하고 落雷事故를 방지하기 위하여 鐵塔의 過渡接地抵抗을 측정한다. 變電設備의 경우는 매일 4회 구내순시를 실시하고 기기제작회사의 점검기준과 전력회사의 보수기준에 의하여 定期點檢을 실시한다.

② 送電線路는 특수한 경우를 제외하고는 自動再閉路 운전을 하여 전체사고의 65~70% 정도를 감소시키고 있으며 운전중인 發電系統의 脫落으로 인한 系統脫調를 방지하기 위하여 저주파계전기를 설치하여 周波數 帶域別로 선별 차단하고 있다. 345kV선로 및 154kV 지중선로의 증가로 進相 無效電力이 증가하여 輕負荷時에는 系統電壓의 상승 및 발전기를 進相 운전시켜 系統安定度를 크게 위협하므로, 345kV 변압기 3차측에 Shunt Reactor를 설치하여 과전압으로 인한 機器의 열화를 방지하며 安定度를 높인다. 154kV 변전소에는 Sta-Con을 無效電力 消費地點의 부근이나 역를개선효과가 큰 개소 또는 放射狀系統으로 規定電壓 維持가 어려운 개소에 설치하여 계통 低電壓補償과 電力損失輕減 및 安定度를 향상시킨다.

③ 主變壓器의 신뢰도를 향상시키기 위하여 OT를 주기적으로 측정하여 可燃性 Gas가 현저히 증가할 경우 현장 또는 제작소에서 内部 精密點檢을 실시하며 절연불량, 권선 층간단락, 권선 용단 등 각종 사고를 미연에 방지한다.

④ 線路에 Line Fault Locator, Fault Recorder 등을 설치하여 고장지점의 신속확인 및 고장시 각종 動作資料(Relay, CB, 계통전압 변동, 고장전류

의 흐름)를 검토하여 사고원인을 철저히 분석한다.

⑤ 사고 발생시 供給을 신속하게 재개하기 위하여 移動變電車, 移動開閉裝置 등의 移動用 裝備를 갖추고, 사고대비용 資材를 확보한다.

⑥ 送電線路의 無停電 補修 및 供給能力향상을 위하여 主要系統의 1회선 線路를 2회선화 또는 Loop화한다. 無停電 供給을 위하여 주변압기를 2 Bank화하고 母線의 二重化 및 分割運轉을 한다.

(다) 配電設備에 있어서는 사고방지대책을 항목별로 정리하여 보면 表 27과 같다.

① 雷對策에 대하여는 시범線路에 대한 雷放電電流, 誘導雷의 관측부터 誘導雷 Surge의 발생기기에 대한 분석, 基本的 耐雷設計 등이다. 여기에 의거 雷害對策은 지역구분을 정한 다음에 避雷器 부착과 架空地線의 설치를 본격적으로 실시하도록 한다.

특히 일본의 東京電力(株)에서는 변압기 및 개폐기 등의 配電用機器에 ZnO 避雷素를 내장하여 機器保護의 효과를 한층 더 높이는데 이용하고 있다. 변압기에 대하여는 '86년부터 계획적으로 교체를 시행하고 있는데 이로 인하여 雷에 대한 耐雷變壓器의 고장사례는 없으며 큰 효과를 거두고 있다. 碍子部分에서는 전선으로부터 방전된 異

<표 27> 配電設備 事故防止 對策

事故防止對策		目標
項目	對策內容	
① 高壓充電 部은폐化	○ 電壓電線의 絶緣化 ○ 充電部露出個所에 Cover부착	過失 異物接觸
② 耐雷	○ 架空地線, 避雷器 ○ 高絶緣 Level機器의 사용	雷
③ 耐鹽塵害	○ 耐鹽機器, 부싱의 사용 ○ 耐張碍子の 増結 및 2個連化 ○ 耐鹽用 Cover부착	鹽, 塵, Gas
④ 耐風雨水 氷雪害	○ 支持物 強化(支線強化) ○ 電線太線化, 難着雪電線의 사용	風雨, 水害 氷雪
⑤ 高信賴度 機器 사용	○ 真空開閉器의 사용 등	自然劣化

常電壓이 발생할 경우에도 碍子部分에 방전 Champ를 설치하여 여기로부터 방전되는 Arc에 의한 絶緣電線의 斷線을 방지시키고 있다. 원리적으로는 送電線에서 사용하고 있는 Arc Horn과 동일한 것이다.

② 鹽害對策의 設計에 있어서는 사고발생이 많은 해안지방을 지역적으로 구분하여 汚損의 程度, 鹽害事故率 등에 의하여 이에 적합한 대책을 수립하기 위한 地域設定이 선결사항이며, 이에 의거하여 각종 機材의 대책을 강구하는 것이 중요하다. 配電用機材는 鹽害의 관점에서 漏洩電流가 극히 적어야 하지만 가격이 염가이고 소형이며 취급이 용이하여야 하기 때문에 다음 사항을 고려하여 이에 적합한 設計製作을 하여야 한다.

⑦ 過絶緣: 過絶緣이란 絶緣物의 漏洩距離를 표준치보다 크게 설계하여 汚損으로 절연저항이 저하되어도 필요한 絶緣을 유지할 수 있도록 한 것으로서 過絶緣의 방법으로는

- 漏洩距離를 길게 하는 방법
 - 絶緣物에 적당한 形狀의 삿갓을 설치하는 방법
 - 注水 Flash Over 거리를 크게 하는 방법
- 등이 있지만, 配電用 耐鹽機材에서는 過絶緣만으로는 부적당하며 차라리 후자와 같이 절연물의 형상에 따라 漏洩電流를 차단하는 방법에 중점이 두어지고 있다.

④ 表面抵抗을 크게 할 것: 절연물의 누설전류를 적게 하기 위하여 그 형상에 따라 表面抵抗을 크게 하는 것이 바람직하다.

⑤ 遮蔽: 遮蔽는 絶緣物의 표면 일부에 鹽水나 水分 등이 침입하기가 어려운 부분을 만들어 이 부분에서 누설전류를 차단하는 방식으로서 配電用機材에서 중점이 두어지고 있다.

⑥ 密閉: 作動部分이 있는 機材 또는 材料의으로 약한 絶緣物이 있는 機材에 있어서 그 부분을 耐鹽施設하기가 곤란한 경우, 그 부분을 別個의 材料로 밀폐하여 여기에 耐鹽性能을 부여하는 방법이다.

③ 雪害가 많은 경우에는 이것이 광범위하게 波

<표 28> 雪害事故 原因別 對策

原因	對策	目的
着雪 着氷	○ 難着雪線의 사용 ○ 電線의 太線化	着雪·着氷방지 機械力 증가
Sleet Jump	○ Line Spacer의 설치 ○ 電線의 被覆化 ○ 電柱基礎強度의 증가	混觸 방지 " 機械力 증가
冠雪	○ 支持物頭部 및 腕金上部의 면적을 작게 한다. ○ 支持物頭部를 둥그렇게 한다. ○ 腕金の 강화	冠雪 방지 " 機械力 증가
積雪 沈降力	○ 耐雪支線에 의한 支線補強	機械力 증가

狀으로 발생하여 架空配電線사고와 동시에 陸上 輸送機能도 장애를 받기 때문에 복구작업 및 인원, 자재의 수송이 곤란하게 되어 광범위하고 장시간의 정전사고가 발생하게 된다. 따라서 雪害 대책은 공급 신뢰도 향상면에서 대단히 중요하다. 일반적으로 표 28 과 같은 대책들이 강구된다.

(라) 그 외에 停電事故發生 방지를 위한 주된 대책을 살펴보면 다음과 같다.

① 전력유통설비의 投資規模를 확대하여 供給安定性을 확보하여야 한다. 예를 들면 변전소간 送電線路의 2회선화, 배전선로의 多重 Loop화로 공급안정성을 향상시키고, 또한 사고발생확률과 정전지역은 배전선로 平均巨長에 거의 비례하기 때문에 線路巨長을 단축시켜야 한다. 배전노선 平均巨長은 '92년에 34C-km인데 이를 2001년에는 26C-km로 단축시킬 계획이다. 그리고 裸電線 絶緣化의 확대를 들 수 있다. 電線을 절연화함으로써 異物接觸, 混觸 등의 사고를 방지할 수 있다. 배전선의 絶緣化率은 '92년에 67%인데 이를 2001년에 거의 100%로 올릴 계획으로 있다.

② 設備 診斷技術을 개발하여 肉眼點檢을 診斷裝備에 의한 진단으로, 停電診斷을 無停電診斷으로, 靜止 및 人力診斷을 移動 및 車輛搭載診斷으로 점차 개선하여야 한다. 綜合設備 診斷車輛을 개발하여 신속·정확한 無停電診斷을 실시할 필요가 있으며 診斷裝備는 대체적으로 다음과 같다.

- 적외선카메라 : 測定對象物의 상태를 적외선으로 진단
- 可視카메라 : 測定對象物의 상태를 육안으로 볼 수 있도록 촬영
- 컨트롤러 : 赤外線카메라의 電氣信號를 溫度로 변환하여 熱畫面 처리
- TV 모니터 : 赤外線카메라 및 可視카메라 영상을 TV화면으로 표시
- 리모컨 : 赤外線카메라 및 可視카메라의 방향과 초점 등을 遠隔 調整

③ 工事施工品質의 향상이 중요하다. 機資材의 品質이 좋다고 하여도 공사시공을 부실하게 하면 사고를 유발하게 된다. 工事業體의 인력, 장비를 강화하고 시공부실요인의 事前豫防을 위한 감독의 강화 등이 필요하다.

④ 國產機資材品質의 향상을 기하여야 한다. 국산기자재품질의 향상에 관하여는 조사연구보고서 등이 많이 다루고 있지만 機資材品質의 향상을 위하여 多事故機資材의 품질평가 및 優秀製品 생산 유도에 힘을 기울여야 할 것이다.

(2) 停電範圍의 縮少

作業停電時에 정전구간을 축소하기 위한 대책으로서 개폐기를 선로의 적절한 위치에 시설하여 효과를 거둘 수가 있다. 배전선로의 사고발생점은 태풍 등의 재해를 제외하고는 거의 1개소이다. 따라서 배전선로에서는 종전부터 고장구간을 자동적으로 분리하여 健全部分의 장시간정전을 회피하는 방식이 채택되고 있다. 이를 위하여 操作線이나 搬送波信號에 의한 遠方制御開閉器와 時限制御에 의한 自動開閉器가 사용되고 있다.

(가) 自動區分開閉器의 설치효과

① 樹枝狀 配電線

區分開閉器를 설치한 配電線에 사고가 발생시, 사고구간으로부터 전원측에 있는 구간은 短時間停電은 있지만 송전이 된다. 이 때의 短時間停電을 停電回數에 넣지 않을 경우 n 개의 개폐기를 설치하면 $(n+1)$ 구간이 생기므로 각 구간의 事故停

電確率을 균등하게 $1/(n+1)$ 이라고 하면 그 配電線의 송전가능한 부분의 비율은 $n/2(n+1)$ 로 되어 구분개폐기 설치에 따른 停電回數의 감소율은 n 을 무한히 크게 잡아도 50% 이상은 될 수가 없다.

② Loop 配電線

㉞ 故障區間 極限效果

Loop狀 配電線에서는 사고구간외의 구간은 모두 送電이 된다. 개폐기의 대수를 n 이라고 하면 $(n+1)$ 구간이 되어 송전가능한 구간은 n 구간이 된다. 따라서 송전가능한 부분의 비율은 $n/n+1$ 로 되어 공급신뢰도가 향상된다.

㉟ 潮流平均化에 의한 效果

1회선 Loop 및 常閉形 2회선 Loop의 경우에 潮流가 평균화되어 여러 가지 효과가 기대된다.

○ 融通電流 : 그림 13 과 같이 常時閉路炯形 2회선 Loop에서 Loop點 N을 開放하였을 경우의 電壓差를 Impedance로 나눈 값만큼 融通電流가 흐른다. 즉, 融通電流는

$$I = \frac{I_a Z_a - I_b Z_b}{Z_a + Z_b}$$

로 된다.

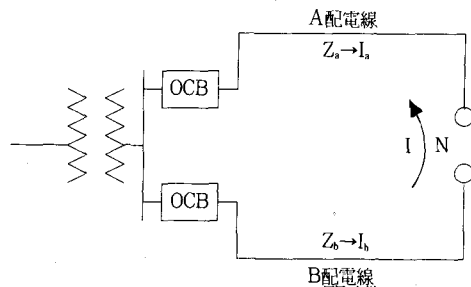
여기에서 I_a, I_b : A 및 B 配電線의 負荷電流

Z_a, Z_b : A 및 B 配電線의 線路 Impedance

○ 電壓改善 : 負荷力率 및 線路의 Impedance가 같을 경우에는 전압강하는 평균화된 電壓降下가 컸던 쪽의 配電線의 Loop에 따른 전압개선(선간 전압) ΔV 는 다음 식으로 표시된다.

$$\Delta V = \sqrt{3} I Z_a$$

○ 配電容量의 증가 : Loop 結合點을 투입하여



<그림 13> 2회선 Loop配電의 融通電流

상시 各配電線을 병렬운전하면, 負荷가 均등화되기 때문에 과부하의 전류가 감소되어 系統全體로서 配電容量이 증가된다.

○電力損失의 輕減: 負荷力率 및 線路 Impedance角이 같을 경우에 電力損失의 輕減量 L은 다음 식으로 표시된다.

$$L=I^2(R_a+R_b)$$

이것은 融通電流가 Loop를 環流하였을 경우의 電力損失量과 같다.

(나) 高信賴性 配電方式의 採用

우리나라의 配電系統은 가공선이 많고 樹枝狀方式 운전이 많아 전력공급신뢰도가 낮기 때문에 配電系統의 지중화 및 사고회선의 자동분리와 健全回線의 자동전환기능을 갖는 配電系統이 필요하다. 그 대표적인 것이 Network 配電方式이다.

(다) 配電自動化

配電自動化는 선로사고시에 사고구간을 신속·정확하게 분리하여 단시간에 健全區間에 송전할 수 있도록 자동개폐기의 설치와 그 遠方制御를 중심으로 추진하고 있다. 또한 개폐기의 遠方制御化가 정착됨에 따라 계통의 定量的 파악의 필요성에서 변전소의 計測情報 集中處理機能도 내장하고 있다.

(라) 無停電作業의 施行

活線作業 또는 無停電工法の 개발 및 적용으로 무정전작업을 시행하여 공급신뢰도를 향상시켜야 한다. 특히 전력회사뿐만 아니라 공사업체의 活線作業도 확대하기 위하여 活線 單價契約業體의 증가 및 공사업체 活線電氣員의 교육을 강화하여야 한다.

(마) 停電作業의 효율적인 施行

休電作業 계획시에 活線作業 가능개소는 최대한 活線工法으로 시행토록 하고 개폐기설치 확대로 정전범위를 축소하고, 공사업체裝置의 현대화로 작업시간을 단축하도록 한다.

(3) 規定電壓 維持를 위한 對策

(가) 送變電設備

① ULTC 自動運轉

ULTC(Under Load Tap Changer)를 자동운전하는 경우, 변전소 母線電壓의 변동에 따른 ULTC의 빈번한 동작으로 인한 고장발생이 우려되어 時間帶別로 手動操作을 하여 왔으나 關聯機器의 성능향상과 電氣品質 향상에 대한 사회적 욕구증대에 따라 '80년부터 자동운전으로 전환한 이후 매년 확대 시행하여 왔으며 현재는 ULTC가 부착된 주변압기는 모두 자동운전하고 있다.

② 調相設備 운전

㉞ 電力用 Condenser(Static Condenser): 重負荷時에 受電端의 전압강하를 보상하기 위하여 345kV 변전소 주변압기 3차측(23kV級), 154kV 변전소의 154kV 母線(154kV級) 및 주변압기 2차측(23kV級)에 설치 운용하고 있다.

㉟ 分路 Reactor(Shunt Reactor): 超高壓送電系統과 地中送電系統의 지속적 확충에 따라 輕負荷時 受電端 전압상승이 심화되고 있으므로 이를 보상하기 위하여 345kV 변전소 주변압기 3차측(23kV級)에 설치 운용하고 있으나, 電壓抑制效果의 제고를 목적으로 향후 345kV급 分路 Reactor를 개발하여 345kV 母線에 설치할 것을 검토중에 있다.

(나) 配電設備

設備新設時에 각부의 電壓降下値는 각각 허용한 도내에 있어도 수요증대에 따라 전압강하가 증대되는 것이기 때문에 적절한 電壓改善對策을 실시할 필요가 있다.

① 高壓線

高壓線에 있어서 전압개선대책으로는

○電線의 電流密度 감소책

- 配電線 新設에 의한 負荷分割
- 電線張替
- 電壓格下

○電壓調整裝置의 설치

등의 방법이 있다.

工事實施에 있어서는 당초의 投資額에만 집착할 것이 아니라 當該工事を 실시함에 따라서 그후 적당한 기간(예를 들면 10년간)에 발생하는 영향을 생각하여 이 採算期間의 均等年經費가 최소로 되는 방법을 택할 필요가 있다.

線路用 電壓調整裝置에 관하여 살펴보면 다음과 같다.

㉞ 高壓自動電壓調整器 : 고압자동전압조정기(SVR)는 高壓配電線路 도중에 설치하여, 負荷電流의 변동에 응하여 자동적으로 변압기 Tap을 선택함으로써 적절한 送出電壓을 얻는 기기인데 電壓降下值가 그 허용치를 초과한 高壓配電線의 電壓改善對策으로는 母線을 일괄적으로 한 變電所 送出電壓 調整으로 많이 해결하고 있다.

그리고 電壓降下가 커서 SVR 1단으로 조정이 불가능한 경우에는 직렬로 多段使用이 가능하지만 다음 사항에 주의를 하여야 한다.

- 末端에 가까운 SVR 일수록 動作回數가 증가되어 수명이 단축된다.
- 配電線 自動區分 開閉裝置가 있는 配電線에서는 送電시에 全區間送電이 완료될 때까지 높은 電壓이 송출될 가능성이 있다.
- 電力損失이 증가한다.

㉟ 高壓 Condenser : Condenser에 의한 電壓改善方法으로는 線路에 Condenser를 직렬로 삽입하는 방법과 병렬로 삽입하는 방법이 있다. 직렬 Condenser의 경우는 배전선로의 Reactance를 감소시켜 전압강하를 경감하는 것인데 이것은 負荷電流의 增減에 卽應하여 효과를 나타내지만 배전선사고시에 사고전류에 의하여 過電壓이 발생하며 抵抗分에 따른 전압강하도 補償時 고압유도전동기의 自己勵磁現象이 발생할 우려가 있어 對象線路의 조건을 면밀히 검토할 필요가 있다. 또한 並列 Condenser의 경우는 遲相의 無效電力을 相殺함으로써 전압강하를 경감하는 것인데, 이것은 電壓改善效果가 그리 크지는 않지만 電力損失輕減이 기대되고 設置點으로부터 電源側의 電壓도 개선되는

<표 29> 低壓線 電壓改善對策

改善方法	概要
變壓器 移設	變壓器의 위치를 가급적 負荷 중심부로 이설
低壓線 分割	變壓器 Bank를 신설하여 負荷를 분할
低壓線의 張替	低壓線을 上位의 굵은 電線으로 張替
Balancer 設置	低壓線 미間に Balancer를 설치

<표 30> 引込線 電壓改善對策

改善方法	概要
단상 3선식 화	단상 2선식 引込線에 1線 신설
分 割	單獨引込線을 신설하여 負荷를 분할
張 替	引込線을 上位의 굵은 電線으로 張替

특징을 가지고 있다.

㉞ 柱上變壓器의 Tap 調整 : 高壓配電線의 電壓降下에 따라 적당한 電壓 Tap으로 轉換함으로써 주상변압기 2차측의 電壓을 조정하는 것이다.

② 低壓線 및 引込線

低壓線 및 引込線에 있어서는 표 29, 표 30 과 같은 電壓改善對策들이 있다.

(4) 規定周波數 維持를 위한 對策

우리나라와 같이 지역적인 제한성 때문에 發電設備과 負荷中心이 일정한 거리를 가질 수밖에 없는 현실에서는 規定周波數 범위내의 운전이 매우 중요하다. 그리고 工業設備의 地域的 또는 時間的 偏重으로 常時管理가 필요하다. 規定周波數 유지를 위한 개선방안을 보면

(가) 計劃豫防整備를 철저히 시행하여 발전기 고장정지를 예방하여야 한다.

(나) 발전소의 Governor Free운전의 확대 등 設備運用의 기술향상에 노력하여야 한다.

(다) 自動周波數 制御裝置의 설치, 發電機 制御設備의 현대화 등 設備改善이 필요하다.

다. Flicker 및 瞬間電壓降下

(1) Flicker 對策裝置

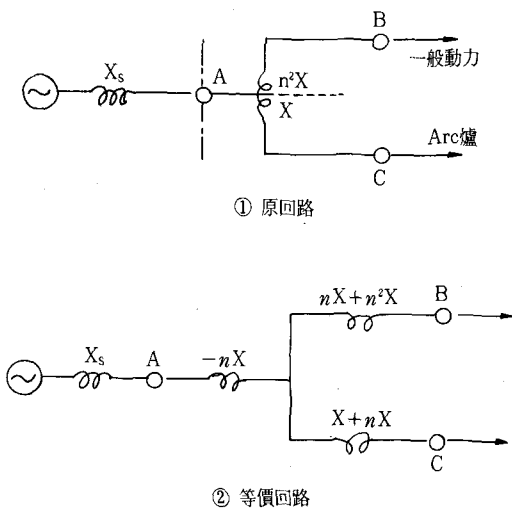
Arc爐의 Flicker대책으로서 專用線供給 등 系統

變更이 효과적이거나 그것이 쉽지 않기 때문에 Flicker 대책 裝置를 설치하여 해결하고 있다. 그 대책장치로서는 同期調相機가 실용화되고 있었으나 시대의 요청은 운전이 용이한 靜止器化에 있다고 판단된다. 그 중 3방식을 살펴보면 다음과 같다.

(가) 相互補償 Reactor 방식

그림 14와 같이 Arc爐 負荷와 動力負荷의 共通母線 수전점으로부터 전원측의 Impedance를 X_s 라고 할 때, Arc爐와 직렬로 삽입한 Reactor의 Reactance를 X , 이 Coil에 결합된 捲線比 1:n인 Coil을 그림과 같은 極性으로 하여 動力回路에 직렬로 접속하였을 경우에 그림과 같은 等價回路를 얻을 수 있다. 따라서 $nX = X_s$ 되게 만들면, 電源 Reactance X_s 는 相互 Reactor에 의한 負의 Reactance에 의하여 相殺되어 C점에 연결되는 Arc爐 負荷의 변동에 관계없이 B점의 電壓은 안정된다.

捲數比 n 를 Arc爐 回路의 정격전류와 動力回路의 정격전류의 逆比로 선정할 때는 相互補償 Reactor의 용량은 최저로 된다. 이 방식은 變動에 대한 應答性이 양호하므로 개선효과가 대단히 높은 데도 불구하고 電力供給系統의 Flicker 대책으로는 설치장소의 제약 및 장래 증설시의 제약 등이 있어 공장내 Flicker 대책 외에는 실시례가 적다.



<그림 14> 相互補償 Reactor

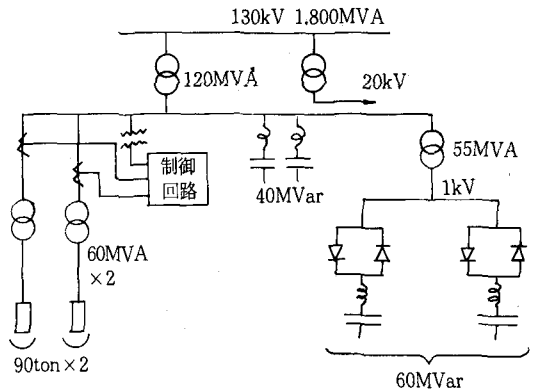
(나) Thyristor를 이용한 Condenser 開閉方式

그림 15에 補償裝置의 接續系統圖의 일례를 표시한다. Condenser는 爐用變電器의 고압측에 접속되는 것이 보통이며, 이 接續은 공통의 母線에 수대의 爐가 연결되었을 경우에 특히 유효하다. 爐의 無效電力을 각 相마다 검지하여 Condenser를 이것에 상응하게 Thyristor에 의하여 高速開閉한다.

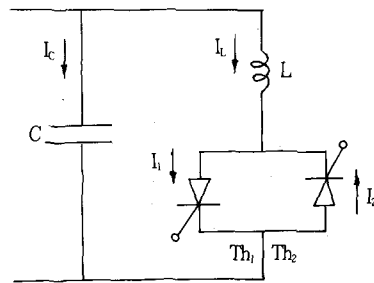
Condenser의 투입시에는 過渡現象이 발생하지 않도록 할 필요가 있으며, 交流電壓의 波高值로 사전에 충전한 다음에 交流電壓의 Peak시에 투입토록 한다. Thyristor에 의한 차단도 電流零일 때에 시행하면 過渡現象이 발생하지 않는다.

(다) Thyristor를 이용한 Reactor 制御方式

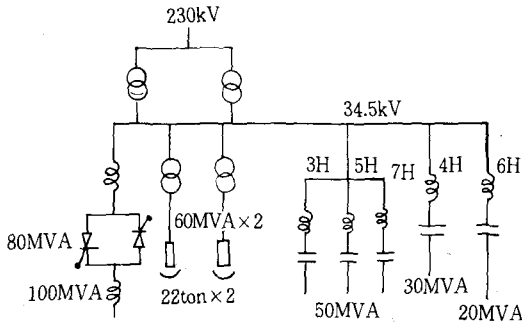
基本回路는 그림 16에 표시한 것과 같이 Condenser, Reactor와 Thyristor-Switch로 구성된



<그림 15> 單線結線圖 例



<그림 16> 基本回路



<그림 17> 單線 結線圖 例

다. 最大進相補償이 필요할 경우에는 Thyristor는 開로 되어 전 Condenser電流가 電源에 유입한다.

補償要求가 零일 때는 Thyristor는 Reactor의 정격전류를 흘리는 點弧角으로 導通하여 Condenser전류를 相殺시킨다. 이 兩범위내를 Thyristor에 의한 位相制御로 연속적으로 보상한다. 즉, 線路電壓의 Peak 位相基準에서의 點弧角 β 를 변화시켜 Reactor전류를 調整한다. 이와 같이 位相制御 Switch附 Reactor는 半 Cycle마다 각도 β 가 설정되는 가변 Reactor로서 작용한다.

(2) 瞬間電壓降下 對策

電力供給者로서는 무엇보다도 먼저 전기사고를 경감토록 하여 이에 수반되는 순간전압강하를 감소시키고 불가피하게 사고가 발생할 경우에는 그의 영향정도와 범위 및 시간을 단축하도록 하여야 한다. 이에 대한 구체적인 방안에 대하여는 本章 下項에서 설명하였다. 수용가로서는 수용가자체내의 전기사고를 감소시킴으로써 스스로의 피해를 줄이고 다른 수용가에 대한 파급도 경감시켜야 한다. 그러나 불가피한 사고에 대비하여 瞬間電壓降下에 민감한 電壓機器에 적합한 대응책을 강구하는 것이 합리적이다.

수용가 구내의 受電設備는 적정하게 설계함으로써 電力의 瞬間電壓降下로 인한 민감한 機器에 대한 많은 문제들을 예방할 수 있다. 構內 受電設備의 설계시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

(가) 專用配線

민감한 電氣機器 설치장소에 대한 電力供給 配線은 어떤 다른 負荷와 공동으로 사용하도록 設計하여서는 안된다. 專用配線함으로써 동일 構內의 다른 電氣機器의 기동시의 영향을 최소화 할 수가 있으며, 또한 當該機器에 대하여 추가적인 電壓 및 負荷調整이 가능하게 된다. 그리고 當該機器에 대한 계획된 전력공급중단이 다른 機器에 영향을 주지 않을 뿐 아니라 다른 機器에의 전력공급중단도 當該機器에 영향을 주지 않으므로 當該機器에 대한 維持補修가 용이하다.

(나) 變壓器

敏感한 機器에 接續되는 配線의 電源側의 變壓器 사용은 다음과 같은 두가지 이점이 있다.

- 컴퓨터나 HID燈과 같은 민감한 機器는 瞬間電壓變動에 있어서 높은 편의 범위쪽에 여유가 있기 때문에 변압기 Tap을 電壓이 높게 조정 사용할 수 있다. 그러나 적정한 비용으로 정상적인 전압강하의 영향을 최소화 하기 위하여는 변압기의 kVA 銘板容量의 50%를 초과하지 않도록 負荷를 걸어야 한다.
- 變壓器는 短時間 지속되는 어떤 電壓變動에 대하여는 緩衝裝置 역할을 하게 된다.

(다) 電壓降下の 最少化

컴퓨터용 配線에서는 電壓降下를 최소화 하기 위하여 電源連結設備에 低 Impedance 機器를 사용하는 것이 좋다.

(라) 機器의 接地

機器의 적정한 接地는 機器의 내부 또는 외부로부터 발생되는 Noise로부터의 영향을 감소하는데 필수적이다.

(마) 100% 負荷率

모든 機器는 負荷率 100% 基準으로 구입함이 좋다.

(바) 機器 機能中斷 影響의 最少化

電力供給系統은 한 개의 機器에 電力供給이 중단되더라도 系統에 연결된 나머지 부분에 대한 영향을 최소로 하도록 설계하여야 한다.

(사) 機器 補修

민감한 機器는 신뢰도 향상을 위하여 豫防補修를 필수적으로 하여야 한다. 컴퓨터와 컴퓨터 전력공급설비에 대한 계획적인 補修는 컴퓨터의 機能中斷을 획기적으로 감소시킨다. 그리고 컴퓨터 構成品에 대한 補修는 瞬間電壓變動 발생시 이를 극복하는 능력을 증대시켜 준다. HID燈은 使用年數가 길어짐에 따라 瞬間電壓變動에 대하여 더욱 민감해진다. 그러므로 오래 사용한 電燈의 적정한 交換計劃은 電壓으로 인한 不點燈 事故를 감소시켜 준다.

(아) 緩衝機器

민감한 機器설비에 사용할 수 있는 緩衝機器에는 여러 가지 종류가 있다. 이들 緩衝機器는 瞬間電壓變動의 영향을 감소시켜 준다. 각기 설치장소에 따라 거기에 필요한 緩衝機器는 相異하다. 需用家は 緩衝裝置의 가격과 성능에 대해서 뿐만 아니라 緩衝裝置의 수전전력의 특성과 신뢰도에 대해서도 잘 알아야 한다. 이와 같은 여러 가지 사항을 근거로 하여 사용하려는 緩衝機器를 선택할 수 있다. 어떤 電子機器에 어떤 종류의 緩衝機器가 적합한 것인지 확인하기 위하여 製造會社에 문의하여야 한다. 컴퓨터도 종류에 따라 供給電力의 瞬間電壓變動을 극복할 수 있는 能力에 차이가 있기 때문에 컴퓨터 종류에 따라 각기 다른 종류의 緩衝機器를 필요로 하게 된다.

우리나라의 전력소비 증가추이

(단위 : 백만kWh)

구 분	1984년	1990년	1991년	1992년	1993년	10년간 평균증가율
가 정 용	8,756(13.1)	17,735(16.9)	19,481(9.8)	21,795(11.9)	23,916(9.7)	12
공 공 용	1,721(9.7)	3,291(11.6)	3,431(4.2)	3,611(5.3)	3,980(10.2)	9.8
서 비 스 업	5,750(15.1)	14,108(21.8)	16,277(15.4)	19,331(18.8)	23,312(20.6)	16.7
농 립 어 업	526(25.3)	1,458(-0.4)	1,778(22.0)	2,156(21.3)	2,220(2.9)	18.9
광 업	830(8.1)	1,010(3.8)	1,004(-0.6)	923(-8.1)	867(-6.0)	1.4
제 조 업	29,466(8.6)	56,779(13.4)	62,400(9.9)	67,425(8.1)	73,436(8.9)	10.5
식 료 품	1,911	3,539	3,784	4,035	4,100	
섬 유	6,273	9,505	9,905	10,410	10,016	
제 재 · 목 재	357	622	686	753	809	
제 지 · 인 쇄	1,888	3,877	4,230	4,661	5,106	
화 학 공 업	5,452	10,922	12,828	14,469	16,248	
요 업	3,365	5,633	6,544	7,159	7,935	
철 강 · 금 속	6,017	10,063	10,439	10,767	12,596	
기 계 · 장 비	3,980	12,090	13,390	14,441	15,994	
기 타 제 조 업	219	524	589	725	627	
합 계	47,051(10.4)	94,383(14.8)	104,374(10.6)	115,243(10.4)	127,733(10.8)	11.6

주) ()내는 수요성장율임.

(자료 : 1994년도 한전 경영통계)

그리고 HID燈의 일반적인 電壓變動에 대한 민감도가 燈의 종류에 따라 다르며, 또한 燈의 사용 기간에 따라서도 다르게 된다. 그리고 再點燈에 소요되는 시간도 燈型的 기능에 따라 상이하다.

緩衝機器의 예와 각기 機器의 평균 또는 瞬間電壓變動에 대한 克服能力에 대하여 기술하여 보면 다음과 같다.

① 過渡電壓 制御器 : 固體型 過渡電壓 制御器가 단시간의 큰 순간 과전압을 극복하는데 사용되고 있다. 이와 같은 장치가 순간과전압을 억제하는 평균시간은 약 25ms이다.

② 線路電壓調整器(LVR) : 이 장치는 비교적 가격이 저렴한 방안으로서 構內配線에 설치한다. LVR는 정격에 있어서는 일정전압을 유지한다. 이 電壓調整器는 단시간의 瞬間電壓變動 발생시에 이를 극복할 수 있도록 역할을 하게 된다. 이와 같은 장치가 瞬間電壓變動을 극복하는데 소요되는 평균작동시간은 약 100ms이다.

③ 電動-發電機세트(M-G세트) : M-G세트는 回轉 플라이·휠에 저장하였던 Energy를 공급하여 주는 장치이다. 어떤 M-G세트는 약 1/3초~1초가 초과되는 짧은 停電時 이를 극복할 수 있다. 어떤 M-G세트는 거기에 사용된 플라이·휠의 크기에 따라서는 상당히 긴 시간의 電壓降下도 극복할 수가 있는 것이다.

(자) 無停電電源裝置(UPS)

이 장치는 M-G세트의 장점을 모두 갖춘 외에 Battery의 용량에 따라서는 보다 긴 克服時間을 지속시킬 수 있다. 전형적인 UPS장치는 電源側 停電時에 15분간의 電力供給能力을 가지고 있다. 수용가가 電源側 電力供給 중단시에 계속해서 작동하기를 원하는 경우에는 UPS에 비상용 발전기를 연결하여 사용할 수 있다.

라. 高調波 電磁波

(1) 高調波 抑制對策

電力系統에는 다양한 負荷들이 연결되어 있어

負荷特性이 非線型性이면 그 負荷에 흐르는 電流는 非正弦波로 된다. 이 때 나타나는 高調波電流가 다른 設備에 나쁜 영향을 미치게 된다. 근래에는 각종 半導體 電力變換裝置를 채택한 전기설비가 급속히 증가함에 따라 개개의 設備에 의한 高調波 發生可能性이 높아지고 있다. 高調波를 억제하기 위하여는 高調波 發生源 자체에서 최대한 억제하도록 하여야 한다. 高調波 억제대책을 살펴보면 다음과 같다.

(가) Pulse數의 增大

整流器로 사용되는 電力變換裝置의 경우는 1차측의 Pulse數(整流相數)를 증대시켜 低次 高調波成分의 발생을 억제하는 것이다. 이러한 Pulse數를 증대시키려면 서로 다른 結線方式의 變換器用 變壓器를 組合하여야 한다.

(나) 入力側 交流 Reactor 추가

콘덴서 入力型 Inverter의 경우, 電源側에 交流 Reactor를 추가하여 電流波形을 개선하고 高調波電流를 억제한다.

(다) PWM方式의 채택

無停電電源供給裝置의 Inverter의 경우, PWM(Pulse幅變調) 制御方式을 채택하여 高調波를 대폭 제거할 수 있고, 특정 高調波를 선택 제거할 수 있다.

(라) 降壓變壓器에 의한 位相移動

電力變換裝置에 공급하는 電壓母線을 그룹으로 나누고 각각에 공급하는 降壓變壓器를 다른 結線方式의 組合으로 하여 전체적으로 多Pulse화하여 正弦波형에 가깝게 함으로써 高調波를 억제하는 효과를 얻을 수 있다.

(마) 短絡容量의 增大

전원측으로 흘러간 高調波電流는 전원계통의 高調波 Impedance에 의한 電壓降下로 발생할 수 있다. 電壓의 저그러짐을 적게 하려면 電源의 Impedance를 작게 하여 短絡容量을 증대하여야 한다.

(바) 進相 Condenser에 직렬 Reactor 추가

Condenser회로가 있으면 Reactance가 周波數에 반비례하므로 高調波 電流의 흐름을 좋게 하는 작용을 하게 된다. Condenser회로에 직렬Reactor를 추가하여 高調波 電流의 확대를 방지하고 또한 흡수하는 효과도 얻을 수 있다.

(사) 交流 Filter의 설치

交流 Filter는 Condenser, Reactor, Resistor로 분로를 설치하여 特定高調波를 제거하는 受動型과 發生高調波電流에 대한 逆位相의 電流를 주입하는 能動型으로 나눌 수 있다.

(2) EMI 抑制對策

고도정보화 및 자동화 사회로의 발전으로 電磁 雜音 公害가 사회적인 문제로 대두되고 있다. 이 문제는 더이상 방치할 수 없는 지경에 이르고 있으며 그 부작용은 우리를 위협하고 있다.

EMI(Electro Magnetic Interference)는 불필요한 電磁波에 의한 간섭 또는 방해라는 말로 설명되는데 한 機器에서 잡음(Noise)이 발생하여 다른 機器에 영향을 미치는 것을 말한다.

EMC(Electro Magnetic Compatibility)는 外部 雜音에 어떤 機器가 얼마나 견디는가 하는 말로 설명된다.

EMI/EMC는 종전에는 각종 電子機器의 電源回路로부터 발생하는 電波 등이 주요 원인으로 지적되어 왔는데, 최근에는 情報化技術의 진전에 따라 Digital機器로부터 나오는 광범위한 電磁波에 의한 障害가 큰 문제로 대두되고 있다. 電波障害의 문제는 잡음에 의하여 컴퓨터가 誤動作하거나 Data가 소멸되는 등 외적인 문제가 있지만 내적으로도 이러한 不要電磁波가 인체에 치명적인 영향을 미친다는 점에서 경계의 대상이 되고 있다.

EMI를 억제하는 길은 EMI의 要素 자체를 無力化시키는 것이다. 이는 送信源에서 보내는 信號中의 外部로 복사가 많이 일어나는 高調波 成分을 미리 제거하거나 導線과 같은 送受信端 役割을 하는 부

분이 Antenna와 같은 역할을 못하도록 하거나 負荷側으로 들어오는 雜音을 除去 또는 相殺시키는 것이며, 근원적으로는 EMI의 電波經路를 金屬板 등으로 차단하는 일이다.

이러한 EMI 억제방안들을 실제 상황에서 구현할 수 있도록 개발한 대표적인 技術들에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

(가) 遮蔽

EMI문제를 해결하는 가장 간단한 방법은 EMI를 발생하는 裝備나 EMI를 받아들이는 裝備 자체를 金屬케이스에 넣어서 주위의 電磁波의 伝과經路를 차폐시키는 일이다. 일반적으로 金屬板으로 電磁波를 차폐할 경우의 遮蔽效果는 金屬 자체의 固有抵抗에 의한 내부 감쇠(Absorption Loss)와 金屬표면에서의 反射에 의한 감쇠(Reflection Loss) 및 金屬板내부의 다중반사에 의한 감쇠(Correction Loss)의 합으로 표시된다.

(나) Filtering

信號源들이 Digital소자로 되었거나 負荷의 變動이 급격할 경우 導線에 많은 高周波 成分의 불필요한 전류가 흐르게 되어 이들이 導線으로부터 복사하여 周邊機器들에게 EMI의 原因을 제공하게 된다. 그런데 裝備 자체의 電源 또는 信號源이 負荷로부터 멀리 떨어져 있을 경우, 裝備 전체를 導電性 케이스로 차폐시키기는 곤란하다.

이러한 경우에는 高周波 成分의 電流가 導線까지 도달하지 못하도록 미리 적절한 高帶域 抵止 Filter를 설치하여 이를 제거하는 것도 EMI를 억제하는 기본 방안이 될 수 있다.

(다) 配線 및 接地

電界에 의한 결합으로 EMI가 발생할 경우 두 導線間의 간격을 멀리하여야 EMI의 영향을 적게 받는다. 또한 接地는 電氣回路의 설계시 電流가 電源側으로 되돌아갈 수 있도록 낮은 Impedance의 통로를 만들어 주는 것으로서 EMI抑制을 위하여도 중요하다.

(다음호에 계속)