

新技術 研究開發現況과 展望 (配電分野)

Now and Future of Research and Development
on Power Distribution Technology

洪 淳 學

韓電 技術研究院 責任研究員

1. 序 論

配電系統은 수용가설비와 直結되어 電力을 최종사용장소에 공급하는 중요한 역할을 맡고 있다. 社會 모든 機能의 電力에의 의존도가 날로 높아감에 따라서 電力供給信賴度를 높여 나가지 않을 수 없게 되었다. 이를 위하여 많은 투자를 필요로 하며 電力會社는 부담이 加重되게 된다.

그러므로 電力會社로서는 配電系統信賴度를 적정히 유지하기 위하여 최대한의 기존의 技術活用과 더불어 新技術 연구개발에 최선을 다해야 할 것이다. 여기서는 새로운 정세변화에 따라 양질의 전력을 적정값에 공급하고자 電力會社들이 노력하고 있는 新技術研究開發과 活用に 대하여 알아보하고자 한다.

2. 配電技術의 당면과제와 방향

가. 우리나라 配電의 개요

우리나라 配電設備는 1986년말 현재 선로공장 178,293km, 선로변압기 용량 11,918,890kVA, 지지물기수 3,087,118로 구성된 방대한 배전망으로 전판매량의 약 66%의 공급을 맡고 있다. 1차배전전압은 3.3kV, 6.6kV 등에서 22.9kV 전압으로 大部分 승압이 완료된 상태이고 나머지 승압이 추진되어 단일화가 됨으로써 경제적인 配電과 配電維持保守管理가 가능하게 되었고, 供給力 확보, 損失電力 감소 등의 효과를 보게 하였다. 수용가 공급전압도 전등의 경우 100V를 220V로 단계적인 승압을 추진하고 있어 공급손실의 감소, 공급비의 절감, 수용가 시설비의 경제성 제고가 가능하게 되고 있다. 配電線路의 形態는 콘크리트 전주를 主支持物로 한 가공선로로 대부분 구성되어 있으나 大都市 都心地域을 시발로 線路의 地中化도 착수되어 社會要求에 응하고 있다. 서울의 여의도가 대표적인 지중화 지역이고 서울의 명동 일원과 세종로 등 大路邊 配電이 지중선로로 이루어지고 있

〈표 1〉 과제와 방향

과 제	내 용	방 향
1. 공급력 확보	고전압화 전류용량증대화	22.9kV → 34.5kV 승압 전선규격의 증대
2. 고신뢰도화	정전감소 사고정전감소	계통연계강화 설비자동화 설비열화에지관리 사고신속복구 네트워크배전방식 적용
	작업정전감소	공사용개폐기 바이패스공법 하트스틱공법 루프 절체
3. 환경조화	사회안전확보 빌딩화재소방 진축지장해소 환경쾌적화 장주간소화 가로수대책 좁은 도로	네트워크배전방식 적용 가공 케이블화 방호관사용 가로등공용화, 기기 콤팩트화 가공 케이블화 細徑전주
4. 전체적인 경제성 추구	지중화 설비비용절감 전력손실감소	케이블, 기기의 지중화 기기수명확대 저손실변압기
5. 작업환경의 개선	고소, 환선, 지하작업의안전	고소작업화 사다리

다.

나. 配電技術의 당면과제

配電設備와 관련한 최근의 課題와 그 方向性을 요약해 보면 표 1과 같다.

다. 供給力 確保

配電系統의 供給力 確保는 고전압화, 전류용량의 증대로 문제를 풀어나갈 수 있는 바 우리나라는 都市지역에서 배전용 변전소의 증설, 신설이 어려운 점을 감안할 때 장차 단위회선의 電流量을 증대시키는 방안이 연구개발 적용되어야 할 것이며 다음으로 22.9kV 전압의 상위전

압으로의 승압도 먼 장래에는 고려되어야 할 것이다.

都心地의 배전용 변전소 신증설과 병행, 위 문 제에 대한 연구검토가 요구된다 하겠다. 美國의 뉴욕 Manhattan 등 중요 도시 도심지역의 경우 Spot Network 배전, Regular Network 배전 방식의 적용으로 선로의 이용률 증대 등으로 신규 또는 증설수용에 신속히 대처하고 있다.

우리나라도 都心 빌딩 밀집지역 등에 대한 신 배전방식 적용에 대한 연구가 꾸준히 추진되고 있다.

라. 高信賴度化

停電은 事故停電과 作業停電으로 크게 구분되며 이를 감소하기 위한 방안으로 新配電方式의 적용, 設備의 자동화, 설비열화 豫知管理, 사고 신속복구, 공사용 개폐기 적용, 신공법의 적용 등에 관하여 연구개발이 꾸준히 추진되고 있다.

(1) 事故停電

사고정전 현상을 살펴 보면 뇌격(Lightning Stroke)으로 인한 사고, 塩진해로 인한 절연파괴사고, 風雨수해로 인한 사고, 설비성능의 저하, 자가용 수용가사고 파급사고 등이 각각 停電의 原因으로 나타나고 있는데, 이에 대한 보호대책으로 系統의 강화대책, 설비기기 개개의 品質向上 대책, 設備劣化 豫知관리대책으로 사고발생시 進전구간 송전의 自動化, 사고구간 내의 사고점 신속발견과 복구대책에 대한 課題가 제기되고 있다. 그림 1은 配電系統의 連系方式의 예를 보인 것이다.

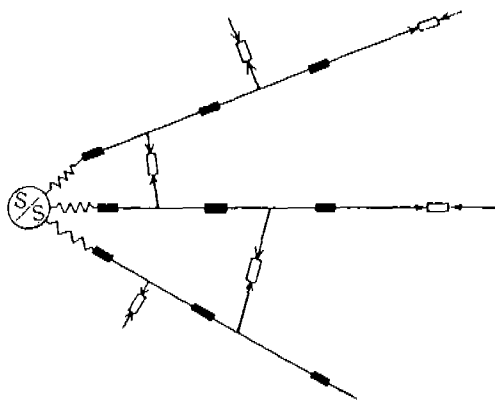
우리나라는 배전선로에 22.9kV-Y 다중접지 방식을 적용하여 Recloser 및 Sectionalizer로 고장구간 차단에 의해 사고시 고장으로 인한

정전지역이 대폭 감소되었다. 그러나 절연 전선 적용으로 인한 高抵抗地絡감지 불능에 따른 고장구간 차단을 용이하게 할 수 있도록 하기 위하여 새로운 保護方式을 연구개발하여 實系統적용을 목전에 두고 있다.

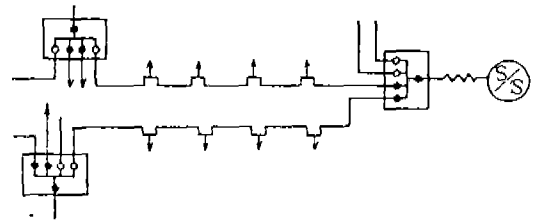
또한 塩害地域에서의 배전선로의 塩害사고 대책으로 耐塩碍子의 개발연구, COS의 개선보강, 주상변압기 Bushing의 耐塩化에 대한 연구로 COS Coupler, 완금 tube 등이 시험 적용 중에 있으며, 雷多發地域에 대한 架空地線 설치효과 확인, Lightning Arrester의 효과적인 적용에 대한 研究開發을 추진하고 있고, 제작상의 결함을 보완하기 위한 機資材 經年변화 특성확인을 위한 시험 조사 연구도 추진하고 있다.

(2) 作業停電

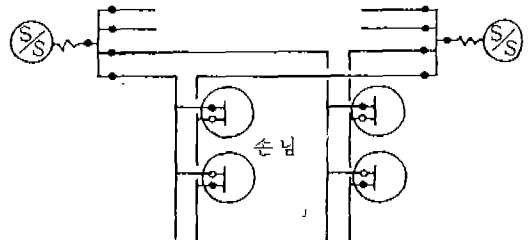
배전설비에 대한 공사빈도가 계속 증가하고 있으며, 활선작업 수행에 많은 人力과 장비가



(a) 다분할 다연계 가공계통예

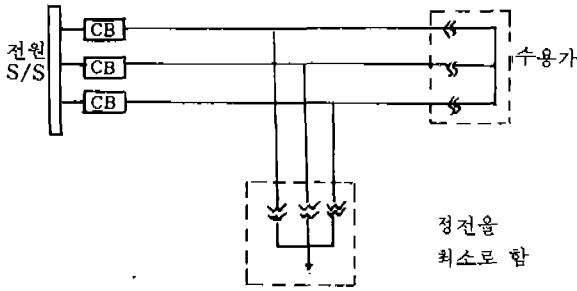


(b) π 루프공급방식 지중계통예



(c) 본예비공급방식 지중계통예

〈그림 1〉 배전계통 연계방식



〈그림 2〉 Spot Network 계통도

소요되고 都市過密化로 인한 배전전주가 복잡하게 됨으로써 活線作業도 곤란도가 커지고 있다. 高所作業車에 의한 새로운 기동력의 활용, 정전 범위와 시간을 最大로 극소화 하기위한 여러 대책, 효과적인 無停電工法 개발, 導入에 관한 적극적인 연구개발이 이루어져 작업정전을 감소시켜 주고 있다.

또한 대도시 도심지역에 대한 기존 배전방식의 개선과 신배전방식 적용을 위한 연구가 추진되고 있다(그림 2).

마. 環境調和

都市의 복잡화에 따라 環境의 調和가 새로운 課題로 등장하게 되었다. 社會安全의 확보, 쾌적한 生活환경에의 기여와 地中化가 要點이 된다. 日本의 경우 장주 간소화로 강관주 사용, 전선의 架空 Cable설치, 수직배열, 수용가 인입의 Cable화, 인입 Cable의 전주내부시설 등을 研究적용하고 있다. 또한 Color 전주가 실용 또는 검토되고 있으며 또한 都市전체조화에 맞는 색조나 굵기에 대한 검토연구가 고려되고 있다.

다음으로 선로의 地中化문제이다. 地中化 추진에는 여러 부분에 있어 技術的으로 어려운 사항이 많기 때문에 課題로서의 검토가 요구된다. 系統構成方法, 특히 對象地域이 都心地로 重要

地域인고로 장래의 자동화 적용을 고려한 系統構成이 필요시되고 있다. 더불어 지중배전 기자재, 지중공법 등에서 費用節減에 대한 問題가 課題로 되고 있다.

바. 高度情報化

다음으로 고도정보화에 따른 課題라 하겠다. 우리나라도 變電所 開閉장치를 대상으로 한 원격감시제어와 함께 配電線開閉器에 대한 원격감시제어를 고려하고 있으며 서울전력관리처 관내 22kV 선로의 구분개폐기와 수용가負荷개폐기의 원격감시제어를 위해 서울전력 SCADA에 수용, 운전하여 큰 효과를 보고 있다. 또한 연구시험 계통을 수원에 구성하였다.

이와 같은 개폐기 원방감시제어 전송 시스템을 이용하여 부하제어, 자동검침, 설비열화 예지, 감시 등 多樣한 목적의 기능을 부가한 종합 시스템의 구성도 이후의 研究개발 과제라 하겠다.

사. 종합경제성의 요구

配電線 高度化를 위한 투자증대로 인한 電力事業體의 내부능률면에서 비용절감이 요청된다 하겠다. 비용절감 방안으로 지중배전에 소요공사가 전체 배전공사에 대해 큰 比重을 차지하게 될 것이므로 이 부문에서의 비용절감 문제가 큰 課題로 된다 하겠다. 즉 종래의 樞樞이나 강관대용으로 값싼 경량 합성수지계 관재를 사용한다든가 機材를 Compact化 하여 설치공간의 축소와 도로 포장재활용 문제면에서 기술개발로 실용하는 문제들이 課題로 제기되고 있다.

3. 事故停電防止對策을 위한 신기술

개발현황과 전망

사고정전을 방지하기 위한 대책으로 事故未然

방지대책과 사고시 조기송전대책을 들 수 있다. 새로운 雷害防止對策, 自家用수용가 사고과급 방지對策, 劣化豫知기술이 마련 또는 개발단계에 있다. 또한 配電自動化적용이 연구되고 있다.

가. 事故未然防止對策

(1) 設備의 強化

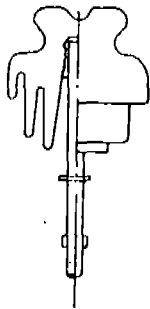
배전선로의 雷 Surge 전압을 억제하기 위한 선로말단과 중요기기柱에 Arrester를 설치하고 가공지선을 설치한다. 다음으로 塩害防止를 위해 塩分附着量이 경감될 수 있는 耐塩機材 개발, 예로서 塩風침입이 용이치 않은 구조로 된 핀애자의 모양은 예로서 그림 3와 같다. 亂着雪絶연 전선, 절연커버가 개발되어 사용되고 있다.

絶緣電線탐상기, 케이블의 누설전류 측정기등을 이용, 열화의 정량적인 豫知로 不良設備발견에 활용되고 있다.

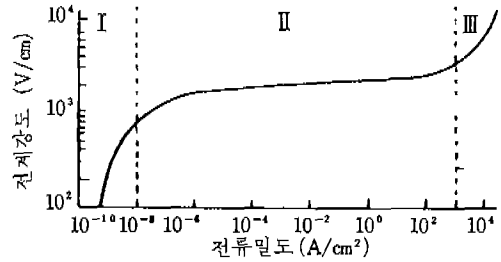
(2) 雷害防止對策

새로운 뇌해방지대책으로 新機材를 이용한 피해방지대책을 들 수 있다. 그중 ZnO 소재를 사용한 Arrester를 들 수 있다.

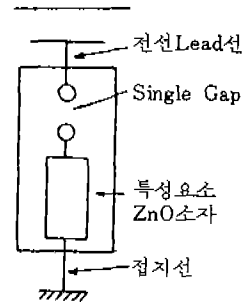
ZnO소재는 雷Surge와 같이 높은 電壓영역에



〈그림 3〉 내염고압 핀애자 구조에



〈그림 4〉 ZnO 소자 V - I 특성



〈그림 5〉 ZnO 소자를 이용한 피뢰기

서는 電流가 쉽게 흐르고 반대로 普通電壓과 같이 낮은 電壓영역에서는 電流를 저지하는 非直線性抵抗特性을 가지고 있고 종래의 Arrester에 비하여 ZnO形은 속류를 극소로 할 수 있다. 또한 制限電壓을 낮게 할 수 있으며 構造를 간단히 할 수 있는 장점이 있다(그림 4, 그림 5).

(3) 自家用需用家 事故波及 防止對策

자가용 과급사고원인을 살펴 보면 自然 열화, 타물접촉, 雷雨, 보수불량이 전체의 큰 비중을 차지하며 피해공작물별로는 Cable, 개폐기, 계기용변압기로 전체의 약 반수정도를 차지한다. 사고발생 개소로는 전원측이 62%로 전체의 약

2/3를 차지한다. 타물접촉에 대해서는 충전부의 비노출기기의 사용, 시공시 절연처리의 철저를 기해야 한다. 뇌해대책에 대하여는 Arrester를 취부, Cable 絶緣劣化에 대하여는 열화진단을 하여 발견된 불량설비를 조기에 개수한다. 사고의 대부분이 차단기를 포함한 전원측 사고이고 지락사고가 대부분이므로 區分開閉器에 地絡保護裝置를 취부하는 것이 좋은 대책이다. 또한 보호장치의 동작을 보장기 위해 Relay, 개폐기 동작시험을 확실히 하는 것이 중요한 과제라 할 수 있겠다.

나. 早期送電對策

사고가 발생하면 가공선로인 경우 배전용 변전소의 CB Recloser, Sectionalizer가 협조하여 고장구간을 검출하여 차단하며, 지중선로인 경우 사고점 이후의 事故探查方法으로는 수동개폐기를 끊어(서울시내 22kV 계통은 원격개폐도 있음) 절연저항을 측정 직류 Pulse전압을 인가하여 찾는 방법 등을 이용한다.

다. 襲雷時 복구체제

襲雷時 복구체제에 대하여는 雷害事故 Weight가 대단히 높을 뿐만 아니라 短時間에 集中發生하므로 대단히 重要하다. 그러므로 雷事故에 대비 早期送電을 확실히 하기 위해 습뇌예지를 하고 복구체제를 갖추어 雷가 지난뒤 순시·복구를 效率的으로 하는 것이 중요한 과제라 하겠다.

라. 配電自動化

현시점에서 配電技術에서 가장 각광을 받는 과제는 무엇보다도 配電自動化라 하겠다. 종래의 배전용변전소의 CB의 원방감시제어화로부터 시발한 것이 최근 配電自動化로 불리는 配電線路 區分開閉器의 원방감시제어 시스템이 급속히 보급될 展望에 있다. 이는 첨단電子技術의 발달로

좁은 장소에 설치 가능하게 器機를 소형 경량화할 수 있게 되었고 배전선이 광범한 지역에 걸쳐 있어 개폐기의 대단히 많은 수가 넓은 지역에 분산되어 있어 다량의 정보를 고속처리할 필요가 있는데 이것이 가능하게 되었기 때문이다. 그리고 기기가 柱上에 대부분 설치되므로 옥외의 기후조건에서도 사용할 수 있는 수준으로 기기신뢰도가 대단히 향상된 점과 自己診斷機能을 부가할 수 있음으로써 Maintenance가 대단히 쉽게 됐기 때문이다.

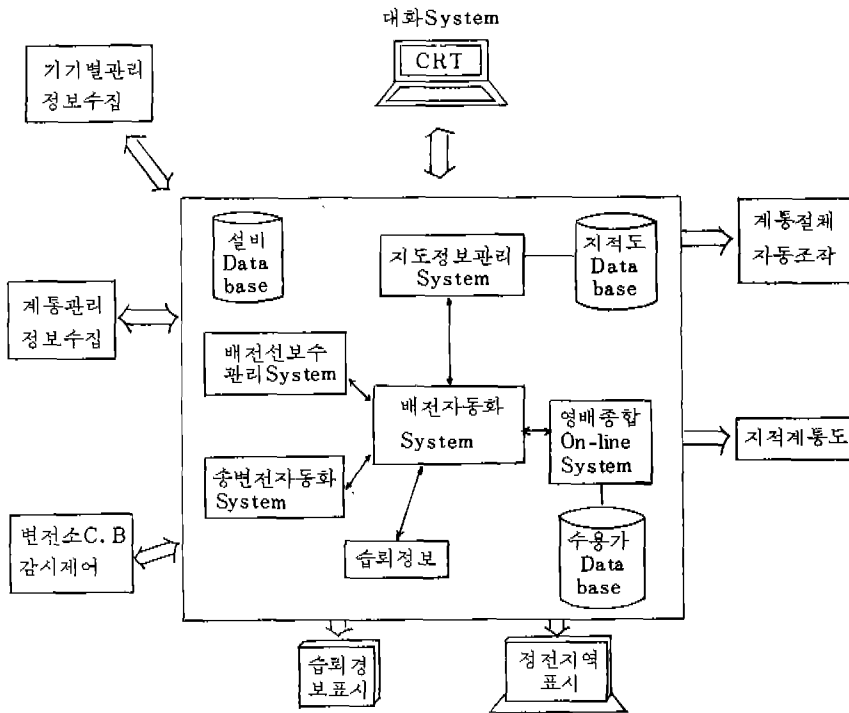
따라서 自動化보급이 빠른 속도로 추진될 것이 전망되는데 사고정전에 대비, 조기송전의 필요성이 높아지고 있어 이 System의 필요성과 유용성이 인정되고 있다.

配電自動化로 정전시간의 단축, Maintenance의 現代化뿐만 아니라 선로의 전압, 전류 등 配電線 管理정보수집이 용이하게 되고 기타 配電 업무에 확대적용할 수 있는 시스템으로 발전할 것으로 전망된다. 그림 6은 배전자동화 시스템 구성예를 보이고 있다.

마. 器機品質의 高度화와 故障豫知

애자, 개폐기, COS, 변압기, 피뢰기, 전선 등의 품질향상을 위해, 오손, 雷Surge, 熱 등에 견딜 수 있는 素材, 構造, 제작방법 등의 개선이 여러가지로 연구개발되고 있는 바 예로서 Ceramic소재와 Fine Ceramic 소재를 들 수 있다.

애자의 오손과 절연열화가 고장원인에 큰 비중을 차지하고 있는데 오손에 대하여는 초음파 세정식 오손검출기와 가슴식 염분부착량 측정기의 개발을 들 수 있고 절연열화예지에는 직접방식과 간접방식이 연구개발되고 있는데 간접방식은 충전부에 접촉없이 열화예지가 가능한 바 고주파잡음방식, 초음파방식, 熱画像방식이 연구개발 적용되고 있다.



〈그림 6〉 배전자동화 시스템 개요도

바. 作業停電 減少對策

作業停電 수용가수 감소, 무정전 절체, 工具, 공법의 개발, 개선 등으로 작업정전시간을 감소시키고 있다.

장시간 작업정전 수용가 감소를 위한 작업정전 범위축소점토 순서표준화, 활선작업에 전선 접속공법 개량, 가공지선 설치시 활선상부 가선 공법 개발과 함께 안전작업을 위한 간접활선공구개발이 요구되고 있다.

또한 무정전 작업을 위한 기재공구개발이 예상되고 by-pass 공사차, 변압기차 개발이 전망되고 있다.

4. 配電設備의 고신뢰도화 기술

육의용 Mold 변압기 개발, 단락전류 억제기술의 개발, 설비진단의 자동화, 무정전공사를 위한 Robot적용의 연구개발 등이 配電設備 高信賴度化 研究開發分野라 하겠다.

5. 結 論

위에서 본 바와 같이 오늘날 配電技術이 당면한 과제라 할 수 있는 것은 무엇보다도 어떻게 하면 경제적으로 社會要求에 대하여 적정하게 配電系統의 信賴도를 向上시켜 나가느냐 하는 데 있다고 하겠다. 따라서 연구개발의 方向은 配電設備의 고품질화, 운전의 自動化, 작업정전의 減少를 위한 분야가 되리라 展望된다.