

배전선로 무정전 공법의 현장 적용상의 문제점과 전망

박중신, 권오형 한국전력 공사 서울연수원  
이재관 한국전력공사 전남지사

Application of outage-free work techniques to distribution lines

Jung- shin Park, Oh-hyung Kwon, Jae-kwan Lee,

**Abstract** - Our country is still suffering from much work outage, nearly 80% of total outage time, in 22.9kV-Y multi-grounded distribution lines. Therefore, KEPCO which is the sole utility owned by the Korean government has developed outage-free work techniques to improve the reliability of power supply in Our country. This paper is to introduce the developing process and good effects of outage-free work techniques, and the equipment developed and applied in Our country. This paper will aid many utilities to try to reduce the work outage.

1. 서 론

고도 정보화시대, 산업의 고도화, 자동차 등 사회환경의 변화와 국민생활의 전력 의존도가 증가하면서 전력에너지 공급의 신뢰도 확보에 커다란 변화를 요구하게 되었다. 즉, 고품질의 전력공급을 요구받게 된 것이다. 뿐만아니라 노동집약형 업종인 전력에너지 유통설비의 건설은 3D 업종으로 인식되어 지속적인 젊은 인력의 확보가 점점 어려워져 지고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 미래지향형 기계화 공법의 구축은 필연적으로 구현되어야 한다.

이러한 요구를 실천하기 위하여 현재 특고압(22.9kV-Y) 배전선로의 작업을 정전없이 시행할 수 있는 무정전공법을 도입하여 실시하고 있다. 이 공법은 인축 및 전기적 안전성이 확보되고, 주일작업의 확보가 가능하다. 그러나 무정전공법의 완성을 위해서는 많은 문제점을 해결해야 한다. 인력소비형 공법의 탈피, 장비 및 장구의 안전에 대한 제도적 장치, 도시환경에 적합한 공법의 개발, 안전관리 문제, 저소를 차량의 개발 등이다. 이러한 문제가 해결이 되면 작업환경이 개선되어 젊은 인력의 저변확대 뿐만아니라 여성인력의 활용도 가능할 것으로 본다. 또한 정교한 기계작업을 통하여 시공품질의 극대화도 실현될 것으로 생각된다.

본 논문에서는 배전선로 무정전 공법의 현장 적용상의 문제점을 보다 구체적으로 기술하고 앞으로 시행될 공법에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본 론

전력계통은 장기전망에 바탕을 두고 오랜 기간에 걸쳐 구축되는 복합적 시스템으로서 합리적인 발전과 구성을 위해서는 시대의 흐름과 변화 등 상황을 사전에 검토하여 미래의 변화 및 여건에 적절한 대응할 수 있는 융통성 있는 시스템을 이룩하여야 한다. 특히, 우리나라의 경우 모든 곳이 도시화되고 있어 도시환경에 적합한 배전설비 형태로 변화가 요구되고 또한 전력유통설비의 유지 보수 및 시공방법도 첨단장비를 이용하여 정전이 없이 작업이 가능하여야 한다. 따라서 전력수요의 증대와 전기품질을 높이기 위하여 무정전 공법을 도입 시행하고 있다. 이 공법의 작업환경과 문제점에 대한 대책을 논하고자 한다.

2.1 배전공사의 작업환경

배전공사의 작업환경의 특징은 설비가 산재되어 있어 작업장소가 방대하고 작업의 형태가 지역 특성과 작업장소의 여건에 따라 매우 다양한 공법을 적용하여야 한다. 특히, 우리나라의 경우 도심지역의 고밀화 고도화에 의한 도로 교통의 악화로 교통장애 유발을 최소화 할 수 있는 소형 다기능 및 고 능률의 장비

및 공구 개발이 요구된다. 또한 취급의 간편성, 수송의 편의성, 에너지 변환의 다양성 등으로 전기에너지의 의존도가 증대되어 장시의 정전도 허용되지 않는 방법으로 배전설비의 유지 보수 및 신설을 요구하고 있다. 정리하면 예전의 사전작업에서 무정전작업의 일반화를 추구하고 있다.

2.2 무정전공법의 일반화

이미 서두에서 언급한 것 처럼 무정전공법의 일반화를 요구하고 있는 것은 컴퓨터 사용의 급증, 고정밀 기기의 대중화, 고도 정보화 시대의 정착 등이 일상 생활 범주로 확대되고 있고 산업의 고도화, 자동차, 사회생활의 다양화 등 사회환경 변화에서 오는 전력공급의 고급화를 충족하여야 한다. 따라서 이전 배전공사는 필연적으로 정전이 수반되지 않는 무정전 공법이 일반화되어야 한다.

2.3 무정전 공법의 개요

배전분야의 무정전 공법은 특고압 배전선에서 저압인선까지 무정전 작업의 대상이 되고 있다. 그러나 현재 시행되고 있는 무정전 공법의 내용은 그림1과 같다. 장래의 배전작업은 그림2와 같이 이루어 질 것으로 예상된다.

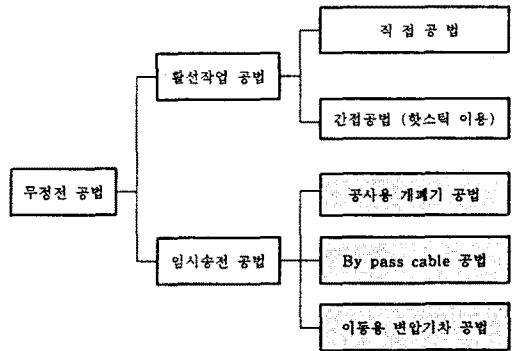


그림1 현재 시행하고 있는 무정전공법

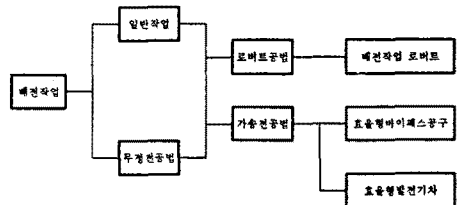


그림2 미래에 시행 예정되는 무정전공법

2.4 무정전 공법의 현장 적용상의 문제점

2.4.1 전력선의 절단과 연결

전력계통에 발생하는 서어지전압에는 뇌에 의한 것, 계통조각에 의한 것, 계통사고에 의한 것으로 대별할 수 있다. 무정전 작업과 관련되는 서어지는 개폐

서어지에 해당한다. 무정전 작업은 활선상태에서 전력선의 절단과 연결이 수시로 이루어진다. 절단 및 연결의 경우 수는 표1과 같다.

번호	상황	전압변화	전류	위해도	무정전 공법	비고
1	절단	V→V	부하전류, 패스	안전	적용	B
2	연결	V→V	부하전류, 패스	안전	적용	B
3	절단	V→0	부하전류, 패스없음	위험	적용(×)	
4	연결	0→V	부하전류, 패스없음	위험	적용(×)	
5	절단	V→0	무부하전류	요주의	적용	A
6	연결	0→V	무부하전류	요주의	적용	A
7	절단	0→0	전류 무	안전	사선작업	
8	연결	0→0	전류 무	안전	사선작업	

표1 무정전공법에서의 절단과 연결의 경우 수

표1에서 5,6의 상황은 무정전 공법의 절차에 필연적으로 시행해야 할 과정이다. 이 과정을 위해서 작업구간에 있는 모든 부하를 바이패스시켜 무부하 상태가 되도록 한다. 절단된 전선의 양단 전압 또는 연결하고자하는 전력선의 양단의 전압이 같은 경우에는 큰 문제가 없으나, 양단의 전위차가 있는 곳의 연결과 절단은 작업자의 안전에 문제를 일으킬 수 있다. 표1에서 5,6의 경우는 그림 3의 A

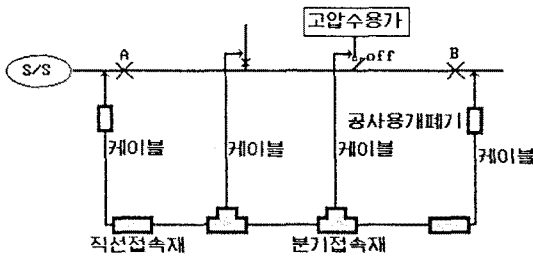


그림3 무정전공법 시행시 절단 및 연결 개소

지점을 절단 및 연결하는 경우이다. 이 경우를 고찰하면 다음과 같다. 선로의 A 지점을 절단 또는 연결하는 것은 선로상에서 발생하는 개폐서어지와 동일한 현상을 야기시킨다. 이러한 행위는 어느 경우나 선로의 전압에 급격한 변화를 주며, 때로는 큰 이상전압을 일으킨다. 일반적으로 회로를 투입할 때 보다 무부하회로를 개방하는 쪽이 높은 이상전압을 발생시킨다. 그 이유는 무부하 배전선로의 충전전류를 차단할 때 충전전류가 전압보다 90도 위상이 앞서 있기 때문에 차단된 전류가 0으로 되는 순간에 전압이 최대가 되기 때문이다(그림4). 이 때문에 차단기의 개폐시간이 충분히 빠르지 않으면 차단기의 양 점접점간의 전압에 의해서 점접점 절연이 파괴되어 다시 아크로 연결. 재접촉되는 것과 같이 무정전작업시 선로의 연결 및 절단된 양단의 전선에서 아크를 발생시킬 수 있다. 또한 차단기에서 개폐서어지 전압의 크기는 실부하 선로의 개방 또는 무부하선로의 투입시 개폐서어지는 상규 대지전압의 약 2배 이하가 많고, 무부하선로의 충전전류를 차단할 때는 4배 이하가 되는 경우가 많은 것으로 관측되고 있다. 이러한 현상은 무정전 공법에서 절단과 연결 과정에서도 아크가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 아크의 발생은 작업자의 안전과 직결된다. 절단 또는 연결되는 순간 서로 양단의 전위차가 순간적으로 상승 또는 강하되는 무부하 차단개소의 연결과 절단에 각별히 주의할 요한다. 그러므로 작업자의 안전을 위하여 소화장치가 달린 절단기 및 연결기 등의 공구 개발이 필요하다.

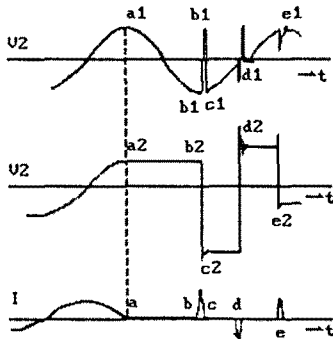


그림4 차단 및 연결시 발생할 수 있는 서어지파

## 2.4.2 작업공간의 확보

활선작업은 작업자의 안전과 선로의 전기적 안전을 위하여 작업공간을 확보하는 것이 매우 중요하다. 그러나 도심지역의 고밀화로 작업공간의 확보는 생각처럼 쉽지 않다. 따라서 그림 5와 같이 장주형태를 보통장주에서 편출장주로, 수평배열에서 수직배열의 형태로 또는 그림 6과 같이 Armless형태의 장주로 변화해야 할 것이다.

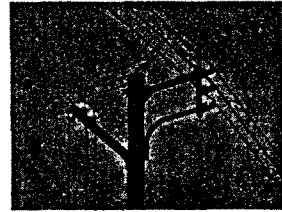


그림5 편출수직 장주



그림6 Armless 장주

## 2.4.3 공법별 시공절차에 대한 고찰

무정전 공법은 절차가 매우 중요하다. 절차가 바뀌거나 생략되면 전기적 또는 인체에 지대한 위험을 야기할 수 있다. 따라서 절차의 속지와 절차를 지키는 것은 필연적이다. 그러나 현장에서 이루어지는 작업은 그 배전공사의 특성상 매우 다양하여 그 순서를 일일이 기술하거나 표현할 수 없다. 따라서 무정전 공법의 절차는 무정전 공법의 원리를 숙지하여 작업전에 충분히 절차를 현장 여건에 따라 정확하고 미흡한 곳이 없는지 사전에 검토하여야 한다. 그러나 작업의 편의성만을 고려하여 절차를 정하는 경우 제방에 지대한 영향을 주는 경우가 있고 또한 공법 원리의 잘못 이해로 작업자의 안전 등에 오류를 범하기 쉬운 부분이 있어 공법별로 논하고자 한다.

### 2.4.3.1 공사용 개폐기 공법

그림 7의 경우 작업순서는 일반적으로 다음과 같다. 공사구간의 부하측에 공사용 개폐기의 설치(1) → 공사용 개폐기와 본선 연결(공사용개폐기 OFF 상태)(2) → 점상(3) → 선로용 개폐기의 투입(4) → 공사용 개폐기의 투입(5) → 점퍼선의 절단(6) → 공사용개폐기 개방(7) → 전원측 본선 점퍼선 절단(8) → 시공(9)의 순이다.

이 과정에서 8번의 과정 즉, 전원측 본선이 무부하가 된 상태에서 본선을 절단하는 경우 아크가 발생하므로 아래와 같은 절차를 정하여 시행하는 경우가 있다. 즉, (4) → (8) → (5) → (6) → (7)의 순으로 작업을 한다. 이 경우 선로가 3상이면 8번 과정에서 1 상이 절단되는 순간 A D/L과 B D/L의 나머지 상이 부하 불평형이 되어 변전소의 차단기가 선로고장으로 오인하여 차단되는 경우가 있다. 따라서 작업절차를 정할 때에는 선로의 부하가 불평형이 되는 일이 없도록 정하여야 한다.

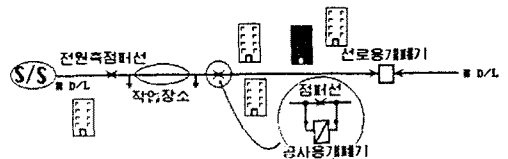


그림7 공사용개폐기공법의 개념도

2.4.3.2 바이패스 케이블 공사

그림 8(a)는 바이패스케이블 공법이 적용되는 일반형이다. 이 경우 바이패스 케이블 철거 절차는 다음과 같다. 검전 및 선로단락 검지의 철거(1) → 공사구간의 전원측 본선 접퍼선 연결(2) → 공사구간의 부하측본선 접퍼선 연결(3) → 각 부하측 선로 접분점 연결(4) → 공사용 개폐기의 개방(5) → 각 케이블 헤드의 분리(6) → 방전(7) → 케이블 자체의 분리 및 수납(8) → 작업완료(9)의 절차가 일반적이다. 그러나 그림 8(b)는 분기선로가 없는 선로에 바이패스공

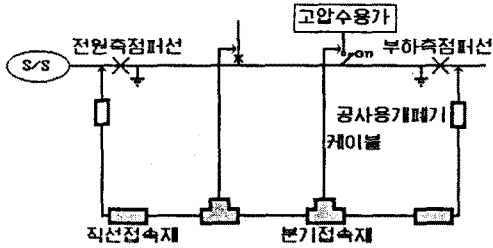


그림 8(a) 바이패스 케이블 공법 적용의 일반형

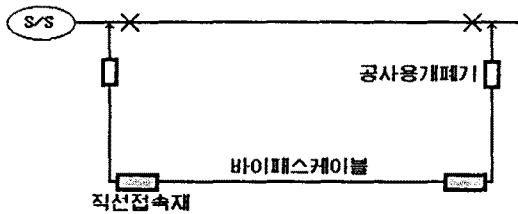


그림 8(b) 분기선로가 없는 경우

법을 적용한 경우인데 이 경우 일반적인 순서를 따르면 (7)번 과정에서 문제가 발생한다. 즉 공사용개폐기가 개방된 상태에서 케이블의 헤드를 방전시키면 공사용 개폐기 이후와 접속된 케이블 내에는 잔류전하가 그대로 남아 있어 직선접속재를 분리하는 작업자의 안전을 해칠 수 있다. 따라서 케이블의 헤드가 본선과 분리된 상태에서 공사용개폐기를 무입하고 방전을 실시하여야 한다.

2.4.3.3 이동용변압기차 공법

그림 9의 경우 이동용변압기차 공법의 순서는 일반적으로 차량에 내장된 개폐기의 개방 확인(1) → 록고 및 저압케이블의 접속(2) → 공사용개폐기의 무입(3) → 접속(4) → 저압차단기의 무입(NFB)(5) → 주상변압기 2차 인하선 분리(6) → COS 개방(7) → 공사시행 이 과정에서 만일 (6)과 (7)이 (7)과 (6)으로 시공절차가 바뀌면 매우 위험한 상태가 발생한다. 즉, COS가 off된 상태에서 주상변압기의 2차 인하선이 분리되면 주상변압기 2차 인하선을 통하여 흐르는 여자전류를 차단하는 결과를 가져오게 된다. 따라서 인하선이 단선되는 순간 아크가 발생할 수 있고, 작업자의 안전에 문제가 발생할 수 있다. 이 아크의 크기는 여자전류의 양과 관계되고 이 양은 변압기의 용량의 크기에 따라 증가되므로 큰 용량의 주상변압기일수록 그 위험도는 증가하게 된다. 따라서 COS가 off된 상태에서 변압기 2차 인하선을 분리하거나 역으로 연결하는 작업순서를 정하는 일이 없도록 각별히 조심하여야 한다.

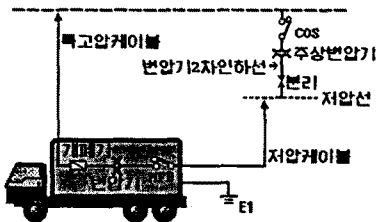


그림 9 이동용변압기공법의 개념도

2.5 무정전 공법의 향후 전망

현재는 사전작업, 환선작업 그리고 무정전작업으로 구분하여 시행되고 있지만 향후 배전공사는 무정전공사가 일반화될 것이다. 따라서 작업경전의 감소, 작업자의 안전 확보, 작업환경의 개선, 작업의 효율화 증대 및 작업품질의 향상을 기대할 수 있다. 현재 일본에서 개발하여 사용하고 있는 환선작업용 로봇의 종류에는 Phase I, Phase II가 있다. Phase I(그림10)은 Bucket Operation 방식이고 Phase II는 Ground Operation 방식이다. 작업자의 안전 측면에서 Phase II가 유리하다. 우리나라의 환선작업 로봇도 Phase II 방식이 될 전망이다 크다.



그림 10 Phase I COS 교환하는 장면

3. 결 론

현재 적용중에 있는 배전선로의 무정전 공법은 전력공급의 신뢰도 향상 측면에서 사회적으로 많은 공헌을 하고 있는 것은 분명한 사실이다. 그러나 이러한 공법은 특수한 공법으로 취급되는 것이 아니라 배전공사는 모두 무정전으로 유지·보수되고 신규로 인한 전력유동량이 신설되는 경우에도 적용되어야 한다. 무정전 작업의 일반화를 위해서는 제도적인 측면에서는 무정전 공법의 안전관리 기준의 합리적인 조정 보완이 선행되어야 하고, 하드웨어적인 측면에서는 장비의 소형화 및 각종 접속재의 조작성이 이루어져야 한다. 또한 현재 적용하지 못하고 있는 저압 및 인입선 부분에 대한 무정전 공법의 개발과 작업준비 과정을 단축시킬 수 있는 발전기차 공법 및 작업자의 안전성을 높일 수 있는 로봇 공법의 도입이 요구된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한전 배전처, "배전신기술정보", pp15.-27 91.8
- [2] 한전 배전처, "무정전배전공사 관리 지침" 94. 5
- [3] 한전 서울 연수원 "한전 실무 교육교재" 95
- [4] 한전 배전처 "무정전 공법 연구집" 91. 10
- [5] T. Kato, S. Kuroiwa, K. Tokumaru, and T. Hasegawa, "Development of by pass cable", 1991 IEEE.
- [6] Y. Maruyama, K. Maki, H. Mori, "A hot - line manipulator remotely operated by the operator on the ground", 1993 IEEE