

배전계통의 정전복구 시스템에 관한 연구

이 흥재 이 철균

광운대학교 전기공학과

A Study on the Restoration System for Distribution Network

Heung-Jae Lee Chul-Kyun Lee

Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University

Abstract - As the power system network is enlarged and complicated gradually, the automation of power system network is essential to enhance the reliability and performance of the operation of power system. Distribution restoration is a major part of the automation. This paper proposes a new distribution restoration system to restore healthy blackout regions by the hierarchical cooperation with the substation automation systems. In proposed system, the range of restoration is extended to substations and the performance as well as the switching efficiency of restoration system is enhanced.

델링 기법(interactive modelling technique)을 이용하여 수치적인 방법으로 복구하는 방안을 제안[3]하였다. Yuan-Yih Hsu는 main support feeder와 lateral을 구분하여 스위칭 횟수를 줄이는 방안[4]를 제시 하였으며 N. D. R. Sarma는 망 축소 기법을 이용하여 전체 배전 시스템을 보다 축소된 시스템으로 재구성하여 복구를 수행[5]하였다. V. Susheela Devi[6]은 너비 우선 탐색을 이용하여 이진 트리 방법을 개선 시켰다.

1. 서 론

오늘날의 전력 시스템은 지속적인 전력 수요의 증가 추세에 따라 점점 대규모화되어 가고 있으며 이러한 대규모 전력 시스템의 효율적인 운용과 사고 대처 능력 향상을 위해서 전력 시스템의 자동화는 필수적인 과제라 할 수 있다. 배전계통의 정전 복구는 이러한 전력시스템 자동화의 한 분야로서 특히 배전계통의 사고 시 수용가에게 신속하고 안정적으로 전력을 재공급 하는 측면에서 상당히 중요하다. 배전 사고 복구는 배전계통내의 적절한 스위칭 조작을 통하여 수행 되므로 복구 문제는 필요한 조건을 만족하는 최적의 스위칭 조합을 탐색하는 문제로 귀결된다. 사고 복구 문제에 관한 국내외의 연구 동향은 수학적인 알고리즘을 이용하여 해석적으로 최적해를 구하는 방법[2][3]과 휴리스틱적인 지식을 이용한 전문가 시스템적 접근 방법 [1][4]-[6]등의 두 가지 분야로 대별 할 수 있으며 이에 관련된 구체적인 연구 동향은 다음과 같다. C. C. Liu는 정전 구역을 분할하여 각각의 피더로 복구하는 방안[1]을 제시하였으며 K. Aoki는 최급 강하법(gradient method)에 의한 해석적인 복구 방안 [2]를 제안하였고 E. N. Dialynas는 인터랙티브 모

델링 기법(interactive modelling technique)을 이용하여 수치적인 방법으로 복구하는 방안을 제안[3]하였다. Yuan-Yih Hsu는 main support feeder와 lateral을 구분하여 스위칭 횟수를 줄이는 방안[4]를 제시 하였으며 N. D. R. Sarma는 망 축소 기법을 이용하여 전체 배전 시스템을 보다 축소된 시스템으로 재구성하여 복구를 수행[5]하였다. V. Susheela Devi[6]은 너비 우선 탐색을 이용하여 이진 트리 방법을 개선 시켰다.

그러나 현재까지 제안된 복구 방안들은 배전 네트워크의 피더 용량만을 고려하고 있으며 실제 피더에 전력을 공급하고 있는 변압기 뱅크의 용량은 고려하지 못하고 있기 때문에 배전계통상에서 복구가 완료되어도 배전 변전소 내 변압기 뱅크의 용량이 부족한 경우는 복구를 수행할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 배전 변전소와의 협조를 통하여 배전계통의 사고 복구를 수행하는 정전 복구 시스템을 제안하였으며 제안된 시스템을 모의 배전계통에 적용하여 변압기 뱅크의 용량을 초과하는 중부하에 대한 복구가 가능함을 실증하였다.

2. 본 론

배전계통에서의 사고 복구는 사고 구간 분리 시 배전 네트워크의 방사상 구조에 기인한 건전 정전 구역에 대한 복구 문제가 되며 정전 복구를 위한 제약 조건은 다음과 같다. 첫째는 배전계통의 방사상 구조를 유지할 수 있는 범위 내에서 복구가 수행되어야 하고 둘째는 피더의 용량과 변압기 뱅크의 용량의 한도 내에서 모든 복구가 수행되어야 하며 셋째는 스위칭 횟수나 부하의 균형, 수행 시간 등을 고려하여야 한다.

본 논문에서는 위에서 언급한 여러 가지 제약 조건들 중에서 첫 번째와 두 번째 제약 조건을 모두 만족하고 세 번째의 제약 조건 중 스위칭 횟수와 부하의 균형도 고려하였다.

2.1 배전계통 사고 복구문제의 표현

본 논문에서는 그림 2와 같이 사고 복구 문제를 부문제로 표현하여 각각의 부문제를 해결함으로써 해를 도출하도록 하였다.

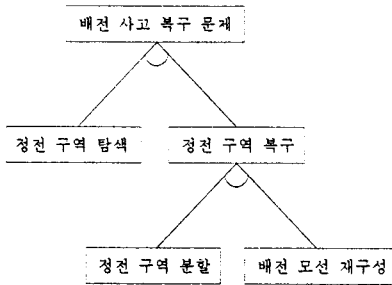


그림 1. 복구문제의 표현

정전 구역의 분할은 이용 가능한 피더 용량에 따라서 적절히 정전 구역을 여러 개의 그룹으로 나누는 문제이다. 배전 모선의 재구성은 이용 가능한 피더에 연결된 변압기 뱅크의 용량에 따라서 배전 변전소내의 변압기 뱅크 재구성이다.

2.2 정전 부하 분할 기법

정전 구역의 복구는 피더를 통해서 이루어지므로 피더의 용량에 따라 전체 정전 구역을 몇 개의 부그룹으로 분할하고, 분할된 부그룹을 하나의 피더에 연결하여 정전 복구를 수행하여야 한다. 본 논문에서는 다음과 같은 3단계의 과정으로 정전 부하를 분할한다.

단계 1: 피더 선택

정전 부하 복구 시 이용가능한 피더 중에서 현재 여유 용량이 가장 큰 피더를 선택한다.

단계 2: 대상 선택

단계 1에서 선택한 피더에 대해 부그룹에 포함할 대상을 선택한다. 선택할 대상으로는 가 지나 절점이 된다.

단계 3: 부그룹 형성

단계 2의 선택 대상을 부그룹에 포함시킨다.

2.3 배전 모선의 재구성 기법

정전 구역 분할이 완료되면 스위치 조작에 의하여 복구를 수행 할 수 있다. 그러나 경우에 따라서는 피더에 연결된 배전 변전소의 변압기 뱅크의 용량 부족으로 인하여 복구를 수행 할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 배전 변전소와의 협조를 통한 배전 모선 재구성 기법을 사용하여 변압기 뱅크의 필요한 용량을 확보하였고 배전 모선의 재구성에 관한 규칙은 다음과 같다.

규칙 1: 같은 변전소내에 충분한 용량을 가진 변압기뱅크가 있다면 변압기 뱅크의 절환을 통하여 필요한 용량을 확보한다.

규칙 2: 충분한 용량을 가진 변압기 뱅크가 없다면 변압기 뱅크에 연결된 건전 피더들을 절

환시킴으로써 필요한 용량을 확보한다.

2.4 추론

본 논문에서는 해의 도출을 위한 추론 방식과 탐색법으로 전방향 추론 방식과 깊이 우선 탐색법을 이용하였고 전체적인 추론 과정은 그림 3과 같다.

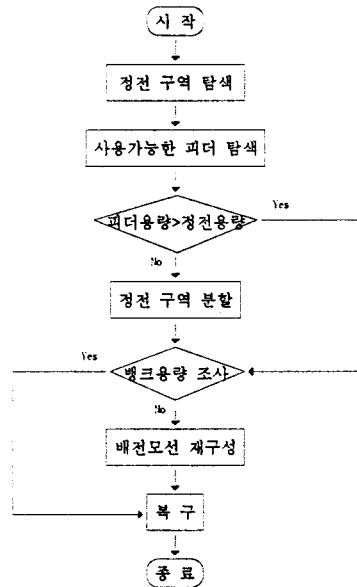


그림 2. 정전 복구의 흐름도

그림 3의 사용가능한 피더는 구분 스위치에 의해서 전체 정전 구역과 연결 가능한 피더를 뜻하며 이렇게 탐색된 피더가 여유 용량이 충분하여 전체 정전 구역을 모두 복구할 수 있는 경우에는 정전 구역을 분할하지 않고 복구를 수행하도록 하였다.

3. 사례 연구

본 논문에서 제시한 배전계통 정전 복구 시스템의 검증을 위해 그림 4와 같은 모의 배전계통에 적용하였고 모의 배전계통은 3개의 배전 변전소와 연결되어 있으며 각각의 배전 변전소의 초기 구성은 그림 5와 같다.

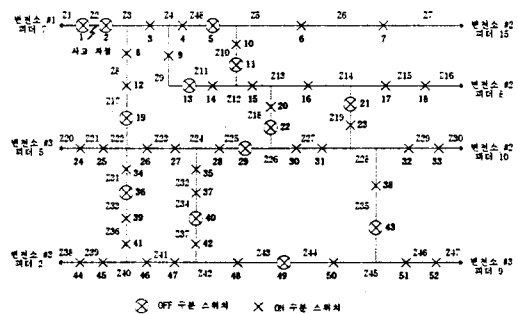


그림 3. 배전계통의 구성

4. 결 론

본 논문에서는 배전계통의 정전 복구를 위하여 배전 변전소와의 협조를 도모한 정전 복구 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 배전 변전소와의 협조를 통하여 전체 정전 복구 범위를 배전 변전소까지 확대하였고 그 결과 중부하 복구시의 문제점을 극복하였다. 그리고 제안된 시스템을 모의 배전계통에 적용하여 본 결과 기존의 방법으로는 복구가 불가능한 중부하의 경우에 대해서도 복구를 수행할 수 있음을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] C.C.Liu, et. al, "An Expert System Operation Aid for Restoration and Loss Reduction of Distribution Systems", IEEE Trans. on PWRD, Vol.3, No.2, pp.619-626, May 1988
- [2] K. Aoki, et. al, "A New Algorithm for Service Restoration in Distribution Systems", IEEE Trans. on PWRD, Vol.4, No.3, pp.1832-1839, July 1989
- [3] E.N. Dyalynas, et. al, "Interative Modeling of Supply Restoration Procedures in Distribution System Operation", IEEE Trans. on PWRD, Vol.4, No.3, pp.1847-1854, July 1989
- [4] Y. Y. Hsu, et. al, "Distribution System Service Restoration Using A Heuristic Search Approach", IEEE Trans. on PWRD, vol.7, No.2, pp.734-740, April 1992
- [5] N. D. R. Sarma, et. al, "A New Network Reconfiguration Technique for Service Restoration in Distribution Networks", IEEE Trans. on PWRD, Vol.9, No.4, pp.1936-1942, October 1994
- [6] V. Susheela Devi, et. al, "Optimal Restoration of Power Supply in Large Distribution Systems in Developing Countries", IEEE Trans. on PWRD, Vol.10, No.1, pp.430-438, January 1995
- [7] A. L. Morelato, et. al, "Heuristic Search Approach to Distribution System Restoration", IEEE Trans. on PWRD, Vol.4, No.4, pp.2235-2241, October 1989

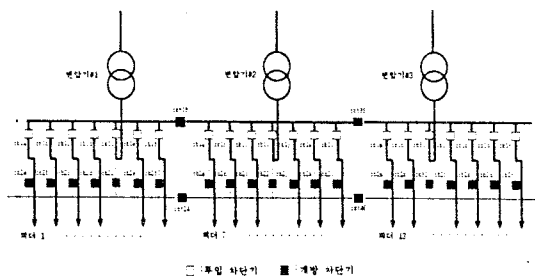


그림 4. 배전 변전소의 초기 구성

적용된 사례는 배전계통내의 "Z2"에서 사고가 발생하였고 각각의 피더에 연결된 변압기뱅크의 용량이 충분하지 못한 경우이다. 다음 그림 6, 7, 8은 제안된 시스템의 복구결과에 따른 배전계통의 구성과 배전 변전소의 구성을 나타낸다.

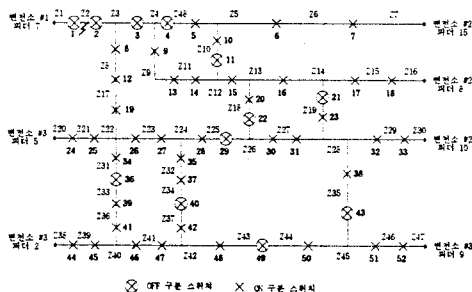


그림 5. 복구 후의 배전계통의 구성

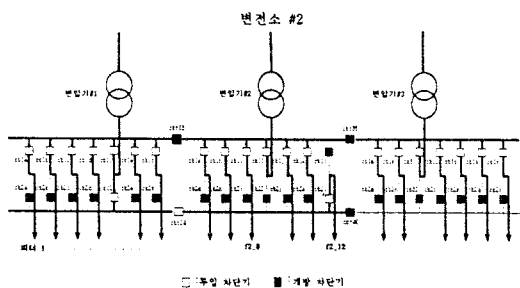


그림 6. 복구 후의 배전 변전소 2의 구성

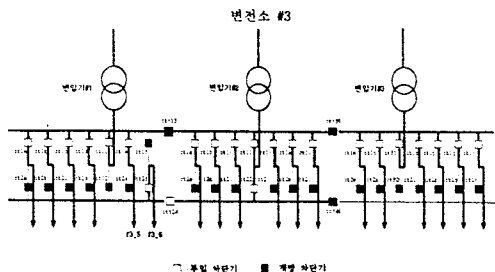


그림 8. 복구 후의 배전 변전소 3의 구성