

부하차단을 포함한 배전계통 정전복구방안에 관한 연구

(A Study on Outage Restoration Guide Including Load Cutoff in Distribution System)

김세호*

(Se - Ho Kim)

요 약

본 논문에서는 사고나 계획정전 등으로 인한 건전 정전구간에 신속하게 전원을 공급하는 방안을 제시하였다. 제시한 부하복구방안은 연계개폐기로부터 공급피더 방향으로 계통을 역방향으로 탐색하고 탐색시 저장된 경로와의 조합을 이용하여 구해짐으로써 계통의 탐색공간이 대폭 줄어들게 되어 신속한 복구방안의 제시가 가능하다. 또한 공급 여유량을 미리 확보하는 2단계의 부하복구, 모든 구간에 대한 복구가 불가능한 경우 부하를 차단하는 방안 등이 포함되어 있으므로 광역정전이나 다중사고 및 중요수용가를 고려한 부하복구, 배전자동화시스템과 연계된 부하 복구에도 이용할 수 있다.

Abstract

This paper represents the fast and efficient load transfer guide for fault or outage restoration in distribution system. For restoration guide, system trace is performed to reverse direction(source side) from tie breaker in tree-structured distribution network. Search space and breaker's combinational number for restoration guide are greatly reduced. It is proposed the load transfer method including first stage restoration(single load transfer, double load transfer, triple load transfer), second stage restoration(transferring load to neighboring feeder in order to expand the capacity margin) and load cutoff guide. The proposed method can be easily applied to primary customer restoration, multi-fault recovery and distribution automation system.

key words : outage restoration guide, load transfer, load cutoff, primary customer, distribution system

1. 서 론

일반적으로 배전계통의 중앙제어실에서 수행하는 기능은 계통의 현재상태와 밀접한 관련이 있다. 즉 사고로 인하여 일부 부하에 전원이 공급되지 않는다면 가능한 빨리 사고를 복구시키는 것이 계통운용

목적이 되며 계통의 모든 부하에 전력이 공급되고 모든 계통운용 조건이 만족된다면 손실을 줄이는 것이 목적이 된다. 위의 두 가지의 목적은 계통의 현재 상태에 따라 분명히 구분되지만 해결방안은 관련계통을 탐색하여 개폐기들의 개·폐 상태를 결정하는 조합문제(combination problem)로서 개폐기의 조합이 수시로 이루어지며 탐색공간이 광범위하고 조합의 수가 방대하다.

배전계통 운용과 관련하여 Sarfi 등[1]은 소규모로 분할하여 탐색하는 계통분할 탐색기법, Fan 등[2]

* 주저자 : 제주대학교 전기전자공학부 부교수
Tel : 064-754-3675, Fax : 064-756-5281

E-mail : hosk@cheju.ac.kr

접수일자 : 2003년 10월 10일

1차심사 : 2003년 10월 10일

심사완료 : 2003년 12월 10일

은 분기교환법, McDermott 등[3]은 분기한정법, Se-Ho Kim[4]은 조류의 변화량만을 검토하여 신속하게 운용방안을 구하는 방법을 계통재구성에 적용시켰으며 탐색의 효율성을 기하기 위하여 깊이우선탐색[5], 최적우선탐색[6], 너비우선탐색[7]을 이용한 논문들이 발표되어 있다. 또한 인공지능 기법인 퍼지[8] 또는 유전 알고리즘과 타부탐색을 혼합하여 배전계통의 정전복구에 적용[9,10]하고 있으며 피더 부하 균등화지수를 배전계통의 긴급정전복구에 활용하는 방안[11]도 발표되어 있다. 그러나 이러한 방법들은 불필요한 공간을 탐색하거나 탐색공간이 많아지기 때문에 많은 시간이 소요되어 대규모 계통에 적용하기 어려운 단점이 있다. 즉 배전계통의 특징인 트리구조의 계통추적이 공급피더에서 말단방향이면 깊이우선탐색이나 너비우선탐색, 최적우선탐색 등의 방법을 이용하여야 하므로 많은 시간이 소요되지만 말단에서 공급피더방향으로 추적하면 불필요한 공간을 탐색하지 않아 효율적으로 계통을 추적할 수 있다.

본 논문에서는 사고나 계획정전 등으로 인한 건전 정전구간에 신속하게 전원을 공급하는 방안을 제시하고자 한다. 사고복구나 계통 재구성 등 배전계통 운영의 해결방안은 결국 개폐기들의 개·폐 상태를 결정하는 조합문제이므로 조합의 수를 가급적 적게 하기 위하여 탐색범위를 최소한도로 줄이고 탐색방향을 단순화시켜 복구방안을 제시하게 된다. 배전계통의 구조인 수지상 구조의 특성을 살려 해를 구하기 위한 탐색은 역방향(전원측 방향)으로 설정하였으며 탐색경로에 있는 개폐기의 수를 적게 하면 결국 조합의 수가 적어져서 신속하게 복구방안을 제시하게 된다. 각 복구후보방안에 대한 피더용량이나 허용전류, 전압강하 등 계통운전조건은 복구시 변화되는 조류만으로 검토가 가능하며[4], 최종적인 복구방안을 선정하기 위하여 개폐기 조작수, 부하균형, 사고이력, 보호협조, 배전선로 신뢰도, 계통손실 등에 대한 가중치를 고려한 평가지표를 산정하여야 하지만 이러한 평가지표는 복구방안이 구해지면 어렵지 않게 산정할 수 있으며 본 논문은 부하복구방안을 효율적으로 구하는데 중점을 두어 평가지표에 대한 논의는 생략하였다. 또한 제시방안을 중요 수용

가를 고려한 부하복구방안이나 배전자동화시스템에 적용하는 방법에 대해 간략히 서술하였다.

2. 부하복구방안

배전선로에 고장 등 비정상상태가 발생한 경우에는 고장 구간을 검출하여 분리한 후에 고장구간을 제외한 건전구간에 전력을 전송하기 위한 부하복구를 수행하여야 한다. 부하복구는 우선 복구 가능성이 있는 후보방안을 선정하고 각 후보방안에 대하여 계통 운전조건을 검토하여 최종적인 부하복구 방안을 제시하게 되며 복구방안 선정시에는 개폐기 조작 회수의 최소화, 부하 균형 등 여러 조건이 고려되어야 한다.

부하복구방안을 구하기 위해서는 계통의 구성상태를 나타내는 계통 데이터베이스를 탐색하여야 하며 계통 데이터베이스의 구성시 공급피더별로 연계 개폐기와 절체후의 공급피더를 함께 파악하여 복구방안 탐색에 활용하도록 하였으며 공급피더에 대한 연계 정보의 예는 다음과 같다.

피더연계정보

(공급피더명, [[연계개폐기 1, 절체후 공급피더 1],
, . . . , [연계개폐기 n, 절체후 공급피더 n]])

2.1 1단계 부하복구방안

1단계 부하복구는 건전 정전구간의 인접 피더로부터 연계개폐기를 통하여 전원을 공급받는 것으로서 개폐기의 조작 쌍에 의해 1회(single load transfer, 1 switching pair), 2회(double load transfer, 2 switching pair), 3회(triple load transfer, 3 switching pair) 부하복구방안으로 분류된다.

2.1.1 1회 부하복구방안

1회 부하복구는 연계개폐기와 절체 후의 공급피더를 이용하여 1쌍의 스위치 조작으로 건전구간을 복구하는 방안으로 절체 후의 공급피더가 건전구간의 부하를 담당할 정도로 충분할 때에 수행된다. 1회 부하복구방안은 별도의 탐색없이 피더별로 미리 파악한 연계 정보를 이용하면 된다.

2.1.2 2회 부하복구방안

한 개의 피더로 건전구간의 부하를 모두 담당할 수 없을 때 두 개의 피더를 이용하여 부하를 2개로 분담해서 복구하는 방안으로서 두 피더 사이의 부하 절분점을 결정하여야 한다.

부하 절분점은 선정된 두 개의 연계 개폐기로부터 최상위의 건전구간까지 역으로 계통을 탐색함으로써 결정될 수 있으며 공유되지 않는 경로에 있는 개폐기가 부하절분점이 된다.

부하 등분을 위한 부하 절분점 탐색 과정을 그림 1에 표시하였다.

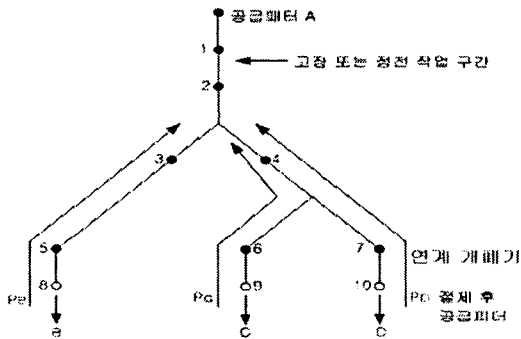


그림 1. 부하절분을 위한 계통 탐색 예
Fig. 1. Example of network search for load section

그림 1에서 1과 2의 구간에서 사고 또는 정전작업이 예정되어 있는 경우 2의 부하측 건전구간을 복구하기 위한 방안은 연계점으로부터 역방향(전원측 방향)으로 탐색한 경로집합으로 구해진다.

연계점으로부터 역방향으로 탐색한 경로집합 PB, PC, PD는 다음과 같다.

$$P_B = \{5,3,2\}, P_C = \{6,4,2\}, P_D = \{7,4,2\}$$

부하절분점은 경로집합으로부터 다음과 같이 구해진다.

$$P_{B \cap C} = P_B \cap P_C = \{2\}$$

$$P_{B \cap D} = P_B \cap P_D = \{2\}$$

$$P_{C \cap D} = P_C \cap P_D = \{4,2\}$$

공급피더 B,C 선택시 부하절분점 :

$$(P_B - P_{B \cap C}) \cup (P_C - P_{B \cap C}) = 5,3 \cup 6,4 = 5,3,6,4$$

공급피더 B,D 선택시 부하절분점 :

$$(P_B - P_{B \cap D}) \cup (P_D - P_{B \cap D}) = 5,3 \cup 7,4 = 5,3,7,4$$

공급피더 C,D 선택시 부하절분점 :

$$(P_C - P_{C \cap D}) \cup (P_D - P_{C \cap D}) = 6 \cup 7 = 6,7$$

그림 1에 대한 2회 부하복구방안은 다음과 같다. (개폐기 켜는 (off,on)의 순서)

공급피더 B, C 선택시 :

$$\{(5,8), (2,9)\}, \{(3,8), (2,9)\},$$

$$\{(6,9), (2,8)\}, \{(4,9), (2,8)\}$$

공급피더 B, D 선택시 :

$$\{(5,8), (2,10)\}, \{(3,8), (2,10)\},$$

$$\{(7,10), (2,8)\}, \{(4,10), (2,8)\}$$

공급피더 C, D 선택시 :

$$\{(6,9), (2,10)\}, \{(7,10), (2,9)\}$$

2.1.3 3회 부하복구방안

3회 부하복구는 2회 부하복구 방안이 존재하지 않고 절체 후의 공급피더가 3개 이상인 경우 건전구간의 부하를 3등분하여 3개의 피더로 부하를 분담하게 하는 3쌍의 스위칭 조작이 행해진다.

부하를 3등분하기 위해서는 2개의 절분점이 필요하며 부하 절분점 개폐기는 연계개폐기로부터 계통을 역방향으로 탐색한 경로집합으로부터 구해진다.

우선 공급받을 3개의 피더를 선택한 후 그 중 1개의 피더에 대한 연계개폐기로부터 역방향으로 처음의 분기를 만날 때 까지 탐색하면서 구해진 개폐기가 첫번째 절분점이 되며 두번째 절분점은 나머지 두 개의 피더에 대한 2회 복구방안을 통하여 알 수 있으며 첫 번째와 두 번째 절분점에 대한 조합으로부터 3회의 복구방안을 얻을 수 있다.

그림 1에서 피더 B, C, D 중 우선 피더 B를 선택한 후 부하 절분점과 복구방안을 구하면 다음과 같이 표현되며 어떤 피더를 우선적으로 선택하여도 부하복구방안은 동일하게 된다.

첫 번째 부하절분점 : {5,3}

두 번째 부하절분점 : {6,7}

3회 부하복구방안 :

$$\{(5,8), (6,9), (2,10)\},$$

$$\{(5,8), (7,10), (2,9)\},$$

$$\{(3,8), (6,9), (2,10)\}, \{(3,8), (7,10), (2,9)\}$$

2.2 2단계 부하복구방안

2단계 부하복구는 1단계에서 복구방안이 존재하지 않아 인접 피더(1차 공급피더)의 부하를 일부분 다른 피더(2차 공급피더)로 절체시켜 여유용량을 확보한 후에 다시 1단계 부하복구를 수행하여 방안을 찾는 것으로서 개폐기의 조작횟수가 증가하더라도 정전구간을 최소화하기 위하여 수행하는 복구방안이다. 2단계 부하복구는 정전구간의 최소화가 주목적이므로 공급 여유량이 적은 피더가 우선적으로 여유량을 확보하도록 여유량이 적은 순서대로 1차 공급피더의 부하를 2차 공급피더로 가급적 많이 절체시키도록 하며 절체방안은 연계개폐기로부터 계통의 역방향 탐색을 통하여 파악된다.

예를 들어 그림 1에서 피더 A가 1차 공급피더, 피더 B가 건전정전구간을 포함하는 것으로 가정하고 피더 A의 공급 여유량을 확보하기 위해 인접 2차 공급피더인 C, D로 부하를 절체시키기 위한 절분개폐기는 다음과 같이 결정된다.

① 1단계의 연계개폐기(그림 1에서 8)로부터 1차 공급피더까지 계통을 역방향으로 탐색하면서 경로를 저장한다.(그림 1에서 {5,3,2,1})

② 2차 연계개폐기(그림 1에서 9, 10)로부터 역방향으로 ①의 경로에 있는 개폐기를 만날 때 까지 탐색하면서 경로를 저장한다.(개폐기 9의 경우 {6,4}, 개폐기 10의 경우 {7,4})

③ ②에서 저장된 경로가 2차 공급피더로 부하를 절체시킬 수 있는 절분점이 된다.

④ 2차 공급피더별로 부하를 차례로 절체시키면서 다른 경로에 있는 개폐기를 만나면 (그림 1의 경우 개폐기 4) 공급 여유량이 많은 2차 공급 피더로 부하를 가능할 때 까지 절체시킨다.

⑤ 모든 2차 공급피더로 부하를 절체시킨 후 계통을 재구성하고 1 단계 부하복구방안을 수행하여 최종 부하복구방안을 구한다.

그림 1에 대한 2단계 부하복구방안은 다음과 같다.

개폐기 6 : 피더 C로 부하절체

개폐기 7 : 피더 D로 부하절체

개폐기 4 : 피더 C와 D에서 여유량이 큰 피더로 부하절체

2.3 부하차단방안

2단계 부하복구를 수행하여도 복구방안이 도출되지 않을 경우에는 부하차단을 실시하여 최대한도로 건전 정전구간을 복구하여야 한다. 부하차단은 2단계 부하복구방안의 2차 공급피더로 부하를 절체시키는 과정과 유사하게 계통을 역방향으로 탐색하면서 수행하게 된다.

그림 1의 경우를 예를 들어 부하차단을 수행하는 과정은 다음과 같다.

① 연계개폐기(그림 1에서 8, 9, 10)로부터 최상위의 건전 정전구간까지 계통을 역방향으로 탐색하면서 경로를 저장한다.(8의 경우 {5,3,2}, 9의 경우 {6,4,2}, 10의 경우 {7,4,2})

② ①에서 저장된 경로가 인접 공급피더로 부하를 절체시킬 수 있는 절분점이 된다.

③ 연계개폐기별로 부하를 차례로 절체시키면서 다른 경로에 있는 개폐기(그림 1의 경우 2 또는 4)를 만나면 공급 여유량이 큰 공급 피더로 절체가 가능할 때 까지 부하를 절체시킨다.

④ 모든 연계개폐기에 대해 부하를 절체시키면 절체점이 부하차단점이 된다.

2.4 부하복구방안의 선정 및 적용방안

2.4.1 부하복구방안의 선정

부하복구방안을 제시하기 위한 과정은 다음과 같이 표현되며 복구방안 흐름도를 그림 2에 표시하였다.

① 사고나 계획된 정전구간을 입력한다.

② 정전구간의 부하측 건전구간을 복구하기 위한 1단계 부하복구를 수행하여 복구방안이 존재하면 방안을 제시한다.

③ 1단계 복구방안이 존재하지 않으면 2단계 부하복구를 수행하여 인접한 피더의 공급 여유량을 확보하도록 계통을 재구성한다.

④ 다시 1단계 부하복구를 수행하여 복구방안이 존재하면 방안을 제시한다.

⑤ 복구방안이 존재하지 않으면 정전구간을 최소화하기 위해 부하차단을 실시한다.

그림 2의 부하복구방안 흐름도에서 “복구방안의 존재?” 항목은 복구방안에 대한 조류계산을 수행하여 계통운전 제한조건의 만족여부를 파악하는 과정과 제한조건을 만족하는 방안에 대해 개폐기 조작 회수의 최소화, 부하 균형 등을 포함하는 평가지표를 산정하는 과정이 포함되어 있지만 본 논문은 부하복구방안을 효율적으로 구하는데 중점을 두어 이러한 과정은 생략되어 있다.

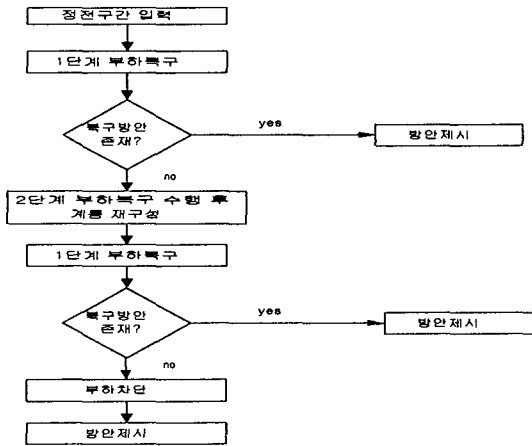


그림 2. 부하복구방안 흐름도
Fig. 2. Flowchart for load restoration guide

2.4.2 적용방안

그림 2의 부하복구방안은 중요수용가를 고려한 부하복구, 다중사고 및 광역정전사고시의 부하복구 등에 적용이 가능하며 배전자동화시스템과 연계하여 신속하게 사고복구를 수행할 수 있다.

① 중요수용가를 고려한 부하복구

관공서나 병원, 은행, 국제회의 등 중요한 행사와 관련된 중요 수용가에는 우선적으로 전원이 공급되어야 하며 중요 수용가를 고려한 부하복구 과정을 그림 3에 표시하였다.

그림 3에서 보는 바와 같이 1단계에서 부하복구방안이 존재하지 않는다면 중요수용가를 우선적으로 복구하여야 한다. 중요 수용가를 우선 복구하기 위해서는 중요 수용가가 있는 구간을 정전구간으로 입력하여 부하복구를 수행하고 나머지 건전구간에 대해 복구를 행하게 된다.

② 다중사고나 광역정전 시의 부하복구

그림 2에서 제시하는 부하복구는 연계개폐기로부터 역방향(전원측 방향)으로만 계통을 추적함으로써 신속하게 방안을 구할 수 있으며 공급 여유량을 미리 확보하는 2단계의 부하복구, 모든 구간에 대한 복구가 불가능한 경우 부하를 차단하는 방안 등이 포함되어 있으므로 광역정전 시 부하를 복구하는 데에도 활용할 수 있으며 다중사고의 경우 구간부하의 중요도나 크기 등에 따른 복구의 우선순위를 부여함으로써 적용이 가능하다.

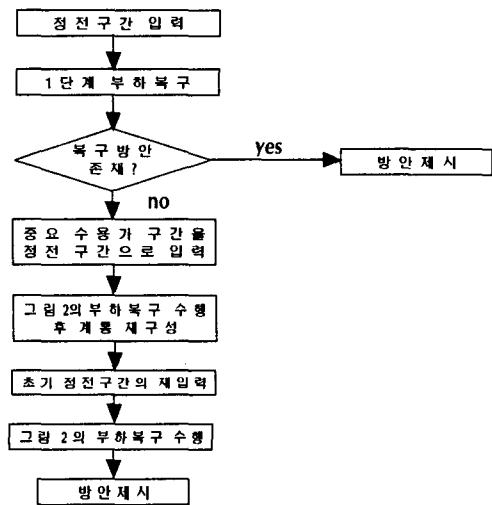


그림 3. 중요 수용가를 고려한 부하복구
Fig. 3. Load restoration considering primary customer

③ 배전자동화시스템과의 연계

계통을 구성하는 데이터베이스의 개폐기 정보에 자동과 수동 항목을 포함시킨 후 부하복구방안의 탐색시 우선 자동화 개폐기만을 대상으로 복구방안을 도출하여 건전구간의 일부라도 신속하게 복구를 시킨 후 다음으로 자동개폐기와 수동개폐기를 모두 고려하는 복구방안을 구하도록 하면 배전자동화시스템의 효율적인 운영에 이바지할 수 있게 된다.

3. 사례연구

사례연구를 위한 50모선의 모델 배전계통을 그림

4에 표시하였다.

그림 4에서 1과 2 사이의 구간에서 사고가 발생한 경우 전전구간에 전원을 공급하는 1차 공급피더는 B, C, D로서 연계개폐기는 6, 14, 11이며 1차 공급피더와 연계개폐기를 이용한 1단계 부하복구방안은 표 1과 같다.

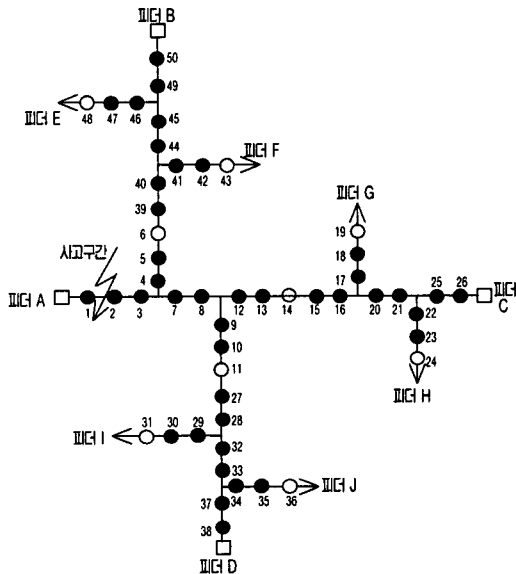


그림 4. 모델 배전계통
Fig. 4. Model distribution system

1단계의 부하복구방안이 존재하지 않는 경우 인접 피더의 공급여유량을 확보하기 위해 2차 공급피더로 부하를 절체하게 되며 절체방안을 표 2에 표시하였다.

2단계를 통해 공급 여유량을 확보한 후에 다시 표 1에 표시한 복구방안으로 계통운전조건을 검토하여 복구방안의 존재여부를 파악하게 되며 존재하지 않을 경우 부하차단을 위한 절분개폐기를 탐색하게 된다. 절분개폐기를 나타내는 부하차단방안을 표 3에 표시하였다. 표 3의 절체받는 피더항목에서 C or D는 절체받을 수 있는 부하의 여유가 큰 피더를 선택하여 부하를 절체한다는 것을 의미한다.

표 1-3의 복구방안은 연계개폐기로부터 공급피더 방향으로 계통을 역방향으로 탐색하고 탐색시 저장된 경로와의 조합을 이용하여 구해짐으로써 계통의

탐색공간이 대폭 줄어들게 되어 신속한 복구방안의 제시가 가능하다.

각 복구후보방안에 대한 피더용량이나 허용전류, 전압강하 등 계통운전조건은 복구시 변화되는 조류만으로 검토가 가능하며[4], 최종적인 복구방안을 선정하기 위하여 개폐기 조작수, 부하균형, 사고이력, 보호협조, 배전선로 신뢰도, 계통손실 등에 대한 가중치를 고려한 평가지표를 산정하여야 하지만 이러한 평가지표는 복구방안이 구해지면 어렵지 않게 산정할 수 있으며 본 논문은 부하복구방안을 효율적으로 구하는데 중점을 두어 평가지표에 대한 논의는 생략하였다.

표 1. 1단계 부하복구방안(off,on)의 조합
Table 1. First stage load restoration guide

1회 복구방안	(2,6), (2,14), (2,11)
2회 복구방안	{(5,6), (2,14)}, {(4,6), (2,14)}, {(13,14), (2,6)}, {(12,14), (2,6)}, {(8,14), (2,6)}, {(7,14), (2,6)}, {(5,6), (2,11)}, {(4,6), (2,11)}, {(10,11), (2,6)}, {(9,11), (2,6)}, {(8,11), (2,6)}, {(7,11), (2,6)}, {(10,11), (2,14)}, {(9,11), (2,14)}, {(13,14), (2,11)}, {(12,14), (2,11)}
3회 복구방안	{(5,6), (10,11), (2,14)}, {(5,6), (9,11), (2,14)}, {(5,6), (13,14), (2,11)}, {(5,6), (12,14), (2,11)}, {(4,6), (10,11), (2,14)}, {(4,6), (9,11), (2,14)}, {(4,6), (13,14), (2,11)}, {(4,6), (12,14), (2,11)}

표 2. 2단계 부하복구방안(off,on)의 조합
Table 2. Second stage load restoration guide

공급 여유량 확보대상 피더	방 안
B	{(47,48), (42,43)}, {(47,48), (41,43)}, {(46,48), (42,43)}, {(46,48), (41,43)}
C	{(18,19), (23,24)}, {(18,19), (22,24)}, {(17,19), (23,24)}, {(17,19), (22,24)}
D	{(30,31), (35,36)}, {(30,31), (34,36)}, {(29,31), (35,36)}, {(29,31), (34,36)}

표 3. 부하절분점을 나타내는 부하차단방안 ((off,on)의 조합)

Table 3. Load cutoff guide representing isolation point

절체받는 피더	방안
B	(5,6), (4,6)
C	(13,14), (12,14)
D	(10,11), (9,11)
C or D	{(8,14) or (8,11)}, {(7,14) or (7,11)},
B or C or D	{(3,6) or (3,14) or (3,11)}, {(2,6) or (2,14) or (2,11)}

4. 결론

본 논문에서는 사고나 계획정전 등으로 인한 건전 정전구간에 신속하게 전원을 공급하는 방안을 제시하였다.

제시한 부하복구방안은 연계개폐기로부터 공급피더 방향으로 계통을 역방향으로 탐색하고 탐색시 저장된 경로와의 조합을 이용하여 구해짐으로써 계통의 탐색공간이 대폭 줄어들게 되어 신속한 복구방안의 제시가 가능하다. 또한 공급 여유량을 미리 확보하는 2단계의 부하복구, 모든 구간에 대한 복구가 불가능한 경우 부하를 차단하는 방안 등이 포함되어 있으므로 광역정전 시 부하를 복구하는 데에도 활용할 수 있으며 다중사고의 경우 구간부하의 중요도나 크기 등에 따른 복구의 우선 순위를 부여함으로써 적용이 가능하고 중요수용가를 고려한 부하복구, 배전자동화시스템과 연계된 부하복구에도 이용할 수 있다.

이 논문은 1999년도 제주대학교 발전기금 국외파견 연구지원계획에 의하여 연구되었다.

References

- [1] R. Sarfi, M.M. A. Salama, A. Y. Chikhani, " Distribution System Reconfiguration for Loss Reduction : An Algorithm Based on Network Partitioning Theory", IEEE Trans. Power Systems, Vol. 11, No. 1, pp. 504-510, Feb., 1996.
- [2] J-Y Fan, L. Zhang, J. D. McDonald, " Distribution

- Network Reconfiguration : Single Loop Optimization", IEEE Trans. Power Systems, Vol. 10, No. 3, pp. 1643-1647 Aug., 1996.
- [3] T.E. McDermott, I. Drezga, R.P. Broadwater, " A Heuristic Nonlinear Constructive Method for Distribution System Reconfiguration", IEEE Trans. Power Systems, Vol. 14, No. 2, pp. 478-483, May, 1999.
- [4] Se-Ho Kim, " Distribution Network Reconfiguration Expert System for Loss Reduction", Trans. KIEE, Vol. 46, No. 5, pp. 656-663, May, 1997.
- [5] A. L. Morelato, A. Monticelli, " Heuristic Search Approach to Distribution System Restoration ", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7, No. 2, pp. 2235 - 2241, October, 1989.
- [6] T. Taylor, D. Lubkeman, " Implementation of Heuristic Search Strategies for Distribution Feeder Reconfiguration ", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 5. No. 1, pp. 239 - 246, Jan. 1990.
- [7] V. S. Devi, G. Anandalingam, " Optimal Restoration of Power Supply in large Distribution Systems in Developing Countries ", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 10, NO. 1, pp. 430-437, Jan. 1995.
- [8] Seung-Jae Lee, Seong-II Lim, Bok-Shin Ahn, "Service Restoration of Primary Distribution Systems Based on Fuzzy Evaluation of Multi-criteria", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 13, No. 3, August 1998, pp. 1156-1163.
- [9] Y. T. Hsiao, C. Y. Chien, " Enhancement of Restoration Service in Distribution Systems using a Combination Fuzzy - GA Method ", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.15, No. 4, pp. 1394 - 1400, November, 2000.
- [10] Chul-Hee Cho, Dong-Joon Shin, Jin-O Kim, "A Service Restoration and Optimal Reconfiguration of Distribution Network using Genetic Algorithm and Tabu Search", Trans. KIEE, Vol. 50A, No. 2, pp. 76 - 82, Feb. 2001.
- [11] Sang-Yule Choi, Ho-Sung Jung, Myong-Chul Shin, "Emergency Service Restoration and Load Balancing in Distribution Networks using Feeder Loadings Balance Index", Trans. KIEE, Vol. 51A, No. 5, pp. 217-224, May, 2002.

◇ 저자소개 ◇

김세호 (金世鎬)

1961년 2월 18일생. 1983년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1992년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1999년-현재 제주대학교 전기전자공학부 부교수. 첨단기술연구소 연구원.