

보호기기를 고려한 배전계통 복구방안

이승재* 김태형 윤진영
명지대학교 전기공학과

김국헌 김학무
한국전기연구소 효성중공업(주)

SERVICE RESTORATION OF POWER DISTRIBUTION SYSTEM IN CONSIDERATION OF PROTECTIVE DEVICES

Lee Seung Jae Kim Tae Hyung Yoon Jin Young Kim Kuk Hun Kim Hak Moo
Myong Ji University KERI Hyosung Ind.Co.Ltd

Abstract

One of the most important functions in the distribution automation is the service restoration. This paper proposes the new method which considers not only constraints of voltage, line current and bank capacity but also the operating characteristics of protective devices such as OCR and reclosers.

1. 서론

배전계통의 일반적인 1차 피더계통은 그림 1에 보이는 바와 같은 구조를 갖고있다. 고장 발생시 고장구간을 줄이기 위해 OCR, 리클로우져등의 보호기기와 구간 개폐기가 설치되어 정상시는 방사상계통으로 운전되고 있다. 일반적으로 리클로우져는 피더당 2-4 개가 설치되어 있으며 일정 방향에 대해서만 동작하도록 운용되고 있다. 사고 발생시 정전구역 복구를 위한 고려 조건으로 종래에는 전압, 선로 전류, 병크 용량 만이 고려되어 왔다. OCR및 리클로우져는 일정 동작 전류치로 정정되어 있어 복구계획 수립시에는 담당 부하전류가 이들값 이하로 유지되도록 해야한다. 본 논문에서는 종래의 운전 조건외에 다음과 같은 보호기기 조건을 고려한 효율적 복구방안을 제시한다.

- OCR TAP > 1.5 * 최대 부하 전류
- 리클로우져 최소 동작 전류 > 1.4 * 최대 부하 전류

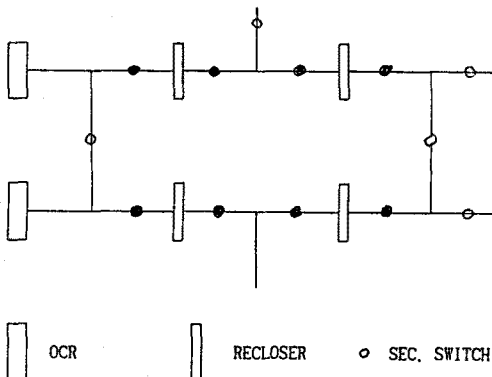


그림 1. 기본 시스템

II. 보호기기 고려 복구 방안

고장 발생시 정전구역은 그림 3에서 보는바와 같이 리클로우져를 포함하지 않은 타입 (고장 F1)과 리클로우져를 포함한 타입 (고장 F2)등 두가지로 분류된다. 전자의 경우 종래의 복구 방안 [1]을 그대로 적용할 수 있으나 후자의 경우 그림 2에 보이는 바와 같은 순서도에 의하여 복구 계획을 수립한다.

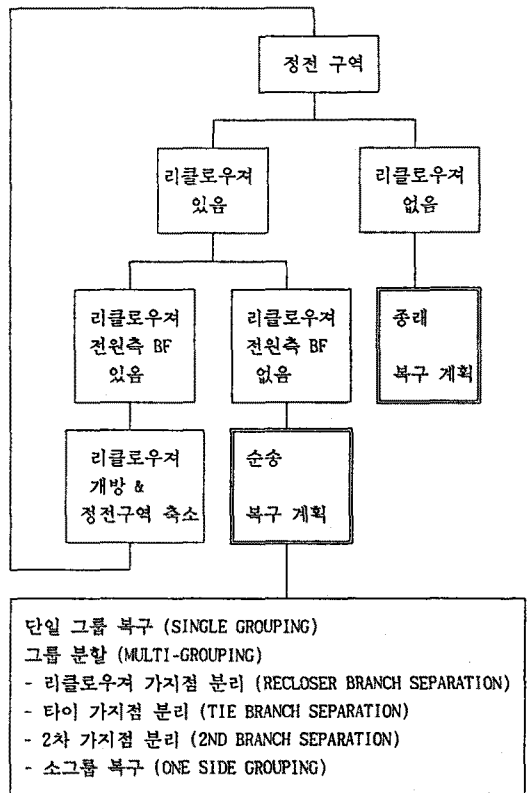


그림 2. 순서도

각 단계에 있어서 주요 세부방안을 살펴보면 다음과 같으며 이들은 물 형태로 구성되어 있다.

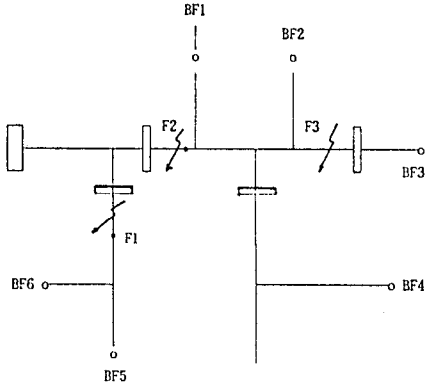


그림 3. 일반화된 계통

(1-1) 단일 그룹 복구 (SINGLE GROUPING)

리클로우저 전원측 정전구역 (Upper Outage Area)내 즉 리클로우저의 부하 측 정전구역을 제외한 나머지 정전구역 내에 BF (Backup Feeder)가 있는 경우, UOA 연결 BF중 전 정전구역을 담당할 수 있는 BF를 선정하여 복구한다.

(예 : 그림 2에서 F2 고장시 BF1 또는 BF2로 복구)

(1-2) 정전 구역 축소 (OUTAGE AREA REDUCTION)

리클로우저 전원측 정전구역 내 BF가 없는 경우, UOA는 순송 복구가 불가능하므로 UOA 리클로우저를 개방하고 부하측 정전구역에 대하여 새로이 복구를 시도한다.

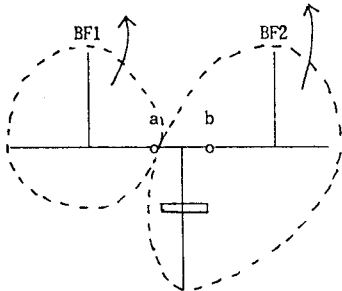
(예 : 그림 2에서 F3 고장시)

(2-1) 그룹 분할 (MULTI-GROUPING)

단일 그룹 복구 (SINGLE GROUPING)가 안되고 리클로우저 전원 측 정전구역 내에 2개 이상의 BF가 있을때는 UOA를 다음과 같은 방법을 적용하여 이분한다.

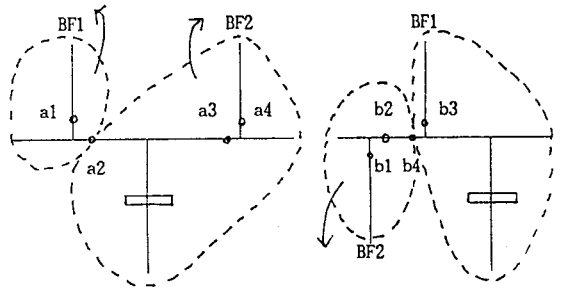
가. 리클로우저 가지점 분리 (RECLUSER BRANCH SEPARATION)

리클로우저 분기점 양쪽에 BF가 있는 경우, 리클로우저가 달린 가지가 분리되는 지점에서 정전구역을 둘로 분리하고 각각에 대하여 적절한 BF를 배정한다.



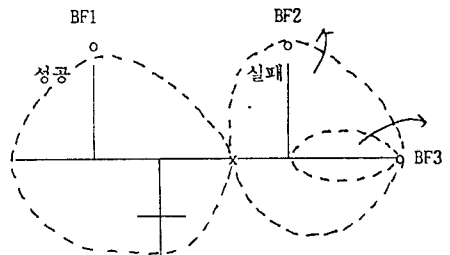
나. 타이 가지점 분리 (TIE BRANCH SEPARATION)

리클로우저 가지점 분리에 의한 그룹 분할이 실패했을 경우 또는 리클로우저 분기점 한쪽에 BF가 있는 경우, 타이 스위치 달린 가지가 분리되는 지점에서 정전구역을 이분하고 각각에 대하여 적절한 BF를 배정한다.



다. 2차 가지점 분리 (2ND BRANCH SEPARATION)

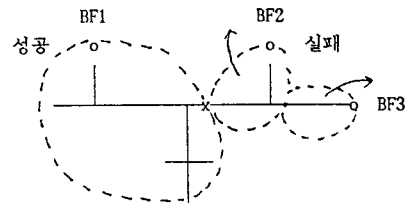
리클로우저 가지점 분리 혹은 타이 가지점 분리에 의한 그룹 분할시 두개의 분리 대상 소그룹중 하나만 적절한 BF 선정이 가능할 경우, 다른 소그룹에 대하여 소속 BF의 타이 가지점에서 다시 이분한다.



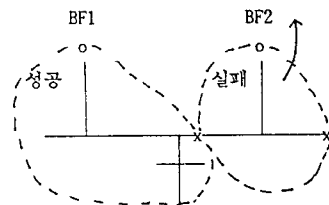
라. 소그룹 복구 (ONE SIDE GROUPING)

2차 가지점 분리에 의해 소그룹의 재분할이 안될 경우 실패한 소그룹에 대하여 다음 룰을 적용하여 복구를 시도한다.

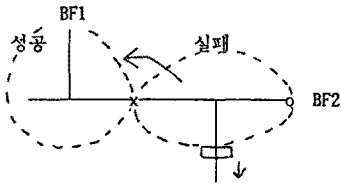
- 리클로우저가 없고 BF가 둘 이상인 경우, 최대 부하 균등 분할점에서 소그룹을 강제로 이분한다.



- 리클로우저가 없고 BF가 하나인 경우, 소그룹 전 구역을 그 BF에 강제 배정한다.

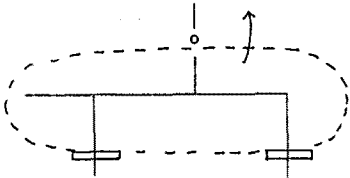


- 리클로우저가 있고 BF가 하나인 경우, 리클로우저 전원측 구역을 그 BF에 강제 배정하고 리클로우저를 개방하여 부하측 정전구역에 대하여 새로이 복구를 시도한다.



(2-2) 전원측 정전 구역 배정

단일 그룹 복구가 안되고 UOA 내에 단지 1개의 BF가 있을 경우, 먼저 UOA 전부하를 BF에 배정하고 부하측 리클로우저를 개방한 후 리클로우저 부하측 정전구역에 대하여 새로이 복구를 시도한다.



III. 실행 결과

제시된 방안은 물로 형성되어 기존 시스템의 물 베이스에 추가되었으며 그림 4에 보이는 계통에 대하여 효율성 검증을 실행하였다. 실행 결과중 일부를 살펴보면 다음과 같다.

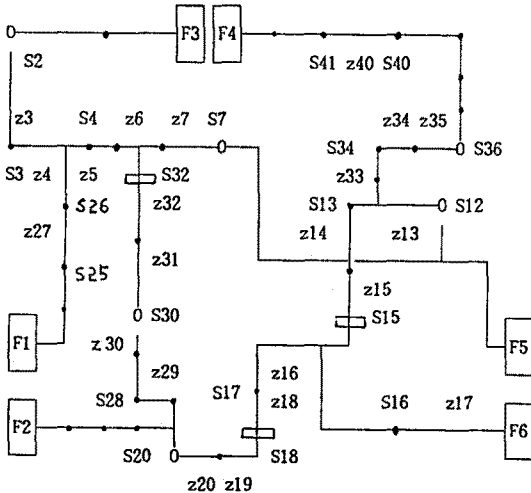


그림 4. 예제 계통

표 1. 스위칭 결과

- 고장위치 z16

Fault Isolation	Open S16, S17, S15	
Tripped CB	Leave F6 Close	
Outage	Open S18 Close S20	z20, z19
Restoration	Open - Close S36	z34, z35, z33 z13, z14, z15

z16에 고장이 발생한 경우 먼저 정전구역에 연결된 가장 마진이 큰 피더인 F4에 의하여 (z34, z35, z33, z13, z14, z15)가 복구되고 나머지 정전구역을 피더 F2에 의하여 복구를 하나 이때 방향성을 가진 리클로우저 스위치 S18 의하여 z18을 제외한 그룹 (z19, z20)이 형성된다. 결국 z18은 복구에서 제외된다. 이에 대한 스위치 결과는 표 1과 같다.

표2. 스위칭 결과

- 고장 위치 z27

Fault Isolation	Open S25, S26	
Tripped CB	Leave F1 Close	
Outage	Open S4 Close S2	z3, z4
Restoration	Open S32 Close S7	z5, z6, z7
	Open - Close S30	z31, z32

z27에 고장이 발생한 경우 정전구역에 BF가 둘 이상 있고 리클로우저를 가진 가지가 있으므로 리클로우저 가지점 분리를 시도하나 각 BF의 마진이 충분하지 않기 때문에 실패하고 이번에는 타이 가지점 분리를 시도하여 그룹(z3, z4)이 피더 F3에 의해 복구되고 나머지 그룹은 리클로우저(S32) 전원측 정전 구역에 연결된 피더 F5에 의해 그룹(z5, z6, z7)을 이루고 부하측 (z32, z31)은 피더 F2에 의해 복구되어 세 그룹으로 분할된다. 이에대한 스위칭 결과는 표 2와 같다.

IV. 결론

배전계통 사고발생시 정전구역의 복구는 배전 자동화에 있어서 가장 중요한 기능중의 하나이다. 본 논문에서는 리클로우저 및 과전류계전기등의 보호기기 고려시의 효율적 복구 방안을 제시하고 있다. 제시된 방법은 계통 정보 - 타이 스위치 및 리클로우저의 위치에 근거한 가지점 분리를 이용하여 물로 형성되었으며 이로부터 물베이스 시스템으로 구성되었다. 개발된 시스템은 다양한 예제 계통에 적용을 통하여 그 효율성을 보이고 있다.

참고 문헌

- [1] K. Aoki, K. Nara, M. Itoh, T. Satoh, H. Kuwabara, "A New Algorithm for Service Restoration in Distribution Systems", IEEE Tr. Power Delivery, Vol.4, No.3, July 1989.
- [2] C.C. Liu, S.J. Lee, S.S. Venkata, "An Expert System Operational Aid for Restoration and Loss Reduction of Distribution Systems", IEEE Tr. Power Systems, Vol.3, No.2, May 1988.
- [3] S.Kato, T.Naito, H.Kohno and et. al, "Computer-Based Distribution Automation", Proc. IEEE 1985 PICA Conference, pp. 374-380.