

배전계통 3상 조류계산을 이용한 다중고장복구와 부하균등화

소성민, 김건중, 박철우, 양민욱, 임진혁
충남대학교

Multiple Fault Recovery Using 3-phase Load Flow in Distribution System and Load Balancing

Sung-Min So, Kurn-Jong Kim, Cheol-Woo Part, Min-Uk Yang, Jin-Hyeok Kim
Chungnam National University

Abstract - 배전계통에서 고장발생시 오작동으로 인해 손실이 발생한다. 따라서 신속하고 정확하게 고장을 복구하고 복구한 후 배전계통의 손실을 최소화하고 안전한 운영과 미래 계획을 위해서는 3상 조류계산을 기반한 고장복구 해석과 최적연계를 해석을 수행하는 것이 필요하다. 고장에는 기본적으로 단일 고장발생이 있지만, 다중고장발생도 존재하기에 본문에서는 3상 조류계산을 통해 다중고장 발생 시 고장복구해석과 복구 후 최적연계를 통한 부하균등화를 연구해 보았다.

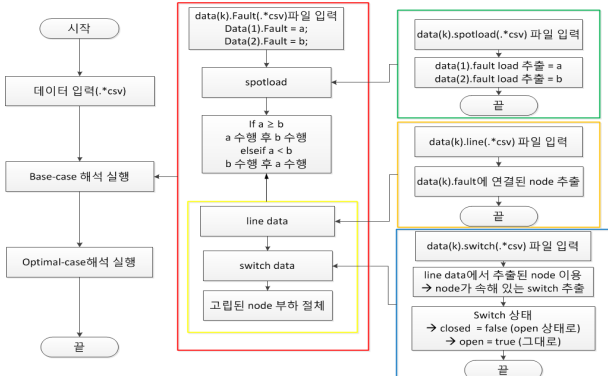
1. 서 론

배전자동화 시스템은 배전선로에 산재되어 있는 자동화개폐기(FRTU: Feeder Remote Terminal Unit)를 원격감시, 제어를 함으로서 배전계통을 효율적으로 운영하기 위한 시스템이다. 전력계통은 고장이 발생되었을 때 이를 신속하게 제거하지 않으면 건전한 설비로 고장이 파급되어 피해 범위가 급속히 확산되므로 보호가 중요하다. 또한 수용가 입장에서는 전력이 공급되지 않는 것이므로 정전구간을 최소화하고 건전한 정전구간에 전력공급을 재개하는 복구가 중요하다. 이에 본문에서는 먼저 고장복구절차에 대해 논하겠다. 현 시점보다 고장인지를 정확히 파악하고 고장지점에 대해 더 신속하고 정확하게 복구할 수 있도록 복구해석을 논하고 복구 후 배전계통의 손실을 최소화하고 안전한 운영을 위해 최적연계해석을 논하겠다. 고장복구와 최적연계를 위해서 sample- 4MTr 12Feeder 계통을 이용해 고장복구를 수행하고 부하배분을 적용한 최적연계 해석을 정리하였다.

2. 본 론

2.1 알고리즘 구현

알고리즘 순서 단일 고장복구 방법을 기초로하여 다중고장시에는 고장점을 어느 곳부터 복구할것지를 추가적으로 알고리즘을 구현하였다. 이 본문에서는 고장지역에서 부하가 가장 큰 곳을 먼저 복구를 한 후 나머지 고장지역에 대해서 복구하는 방법을 채택하였다.



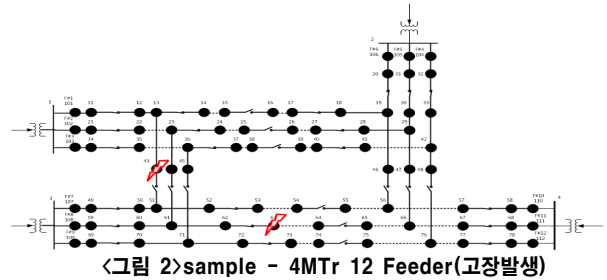
〈그림 1〉 다중고장 알고리즘

Base-case해석은 고장발생시 고장데이터를 받아서 고장복구절차를 수행하는 해석 부분이다. 그리고 Optimal-case해석 실행은 고장복구 절차가 끝나면 고장부분을 제외한 나머지 선로에 대해서 부하균등을 통해 최적연계가 수행되는 부분으로 이와 같은 방법으로 해석하게 된다.

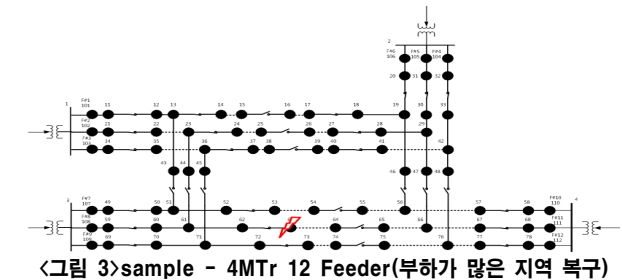
2.2 고장복구절차 [Base -case 해석 실행]

2.2.1 부하중점지역이 있는 경우

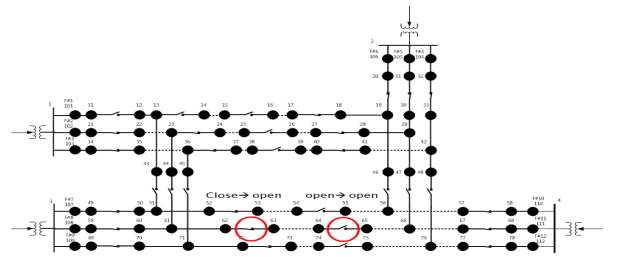
4개의 변전소 변압기와 12개의 배전선로가 있는 샘플 모의용 'sample- 4MTr 12 Feeder'를 사용하기로 한다. 다음 그림은 node43번과 node63번이 고장이 발생했을 경우 고장복구절차이다.



〈그림 2〉sample - 4MTr 12 Feeder(고장발생)

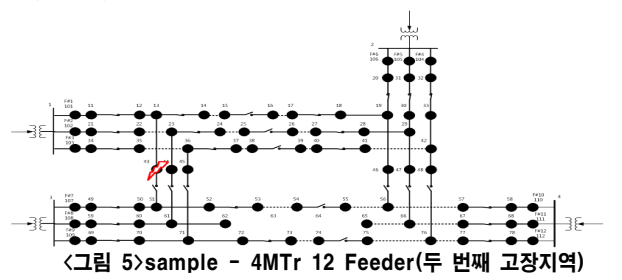


〈그림 3〉sample - 4MTr 12 Feeder(부하가 많은 지역 복구)

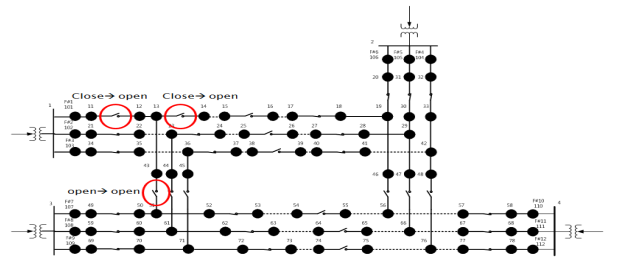


〈그림 4〉sample - 4MTr 12 Feeder(고장지역 switch 조작)

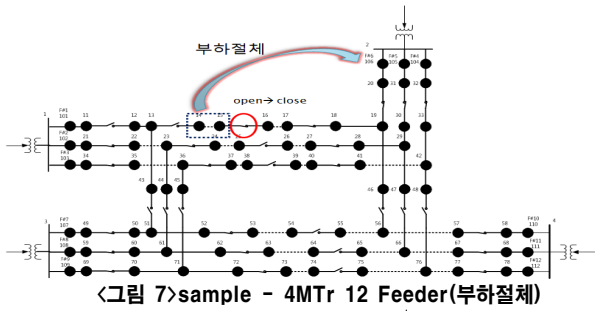
부하가 많은 곳의 고장복구가 완료되었고, 다음 고장지역복구 절차를 수행하면 된다.



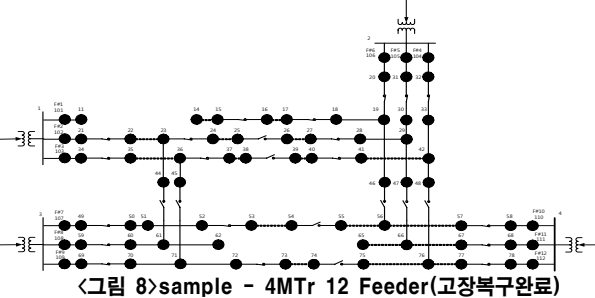
〈그림 5〉sample - 4MTr 12 Feeder(두 번째 고장지역)



〈그림 6〉sample - 4MTr 12 Feeder(고장지역 switch 조작)



〈그림 7〉sample - 4MTr 12 Feeder(부하절제)

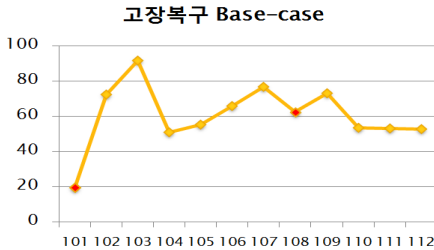


〈그림 8〉sample - 4MTr 12 Feeder(고장복구완료)

2.2.1 Base-case 수행 결과

〈표 1〉 고장복구 Base-case 부하량과 부하분담률

배전선로	고장 Base-case	
	부하량 [kVA]	부하 분담률 [%]
101	7258	19.8
102	26570.7	72.5
103	33702.7	91.9
104	18749.5	51.1
105	20353.8	55.5
106	24237.3	66.1
107	2817.3	76.8
108	22998.7	62.7
109	26835.6	73.2
110	19705.7	53.7
111	19462	53.1
112	19306.2	52.7

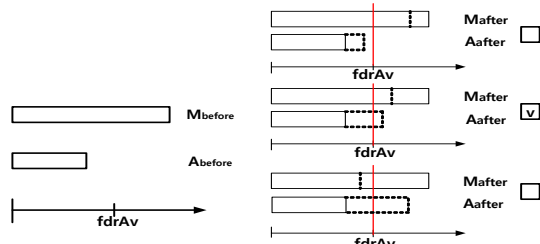


〈그림 9〉고장복구 Base-case 부하분담률 그래프

2.3 최적 연계 수행 [Optimal-case 해석 실행]

2.3.1 부하이동량

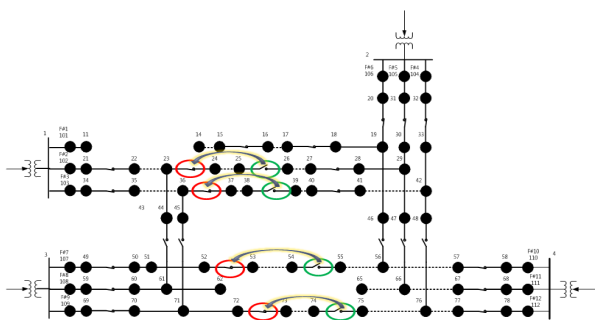
고장구역이 복구가 되면 고장지역을 제외한 나머지 feeder의 부하균등화작업을 수행한다. 나머지 feeder의 부하이동량은 다음과 같은 형태로 이어진다.



〈그림 10〉 부하이동량 결정

2.3.2 부하균등화 수행

위와 같은 형태로 최적 연계 수행을 했을 때의 그림이다.

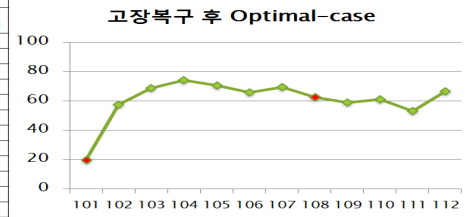


〈그림 11〉sample - 4MTr 12 Feeder(부하균등화 수행)

2.3.3 Optimal-case 수행 결과

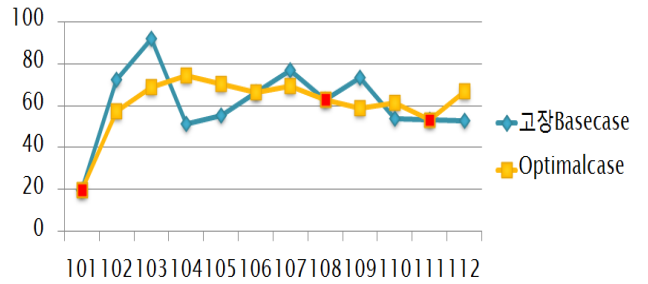
〈표 2〉 고장복구 Optimal-case 부하량과 부하분담률

배전선로	고장 Optimal-case	
	부하량 [kVA]	부하 분담률 [%]
101	7258	19.8
102	21084.1	57.5
103	25224	68.8
104	27228.1	74.3
105	25840.4	70.5
106	24237.3	66.1
107	25479.7	69.5
108	22998.7	62.7
109	21650.5	59
110	22399	61.1
111	19462	53.1
112	24491.3	66.8



〈그림 12〉고장복구 Optimal-case 부하분담률 그래프

2.4 부하균등화에 따른 해석 결과



〈그림 13〉 Base-case와 Optimal-case 비교

2.5 계통 손실 변화

〈표 3〉 Base-case와 Optimal-case 계통 손실

배전선로	고장복구 Base-case 손실		고장복구 Optimal-case 손실	
	kW	kVAr	kW	kVAr
101	2.34	4.8	2.34	4.8
106	66.9	90.2	66.9	90.2
102	95.3	86.7	46.6	48.9
105	48.9	102.5	102.9	189.6
104	38.9	54.3	138.9	151.9
103	341.7	261.3	115.8	103.9
107	53.3	108.4	37.9	77.6
108	26.8	55.3	26.8	55.3
109	40.4	80.6	23.5	49.3
110	27.9	35.5	41.8	49.2
111	25.1	35.5	25.1	35.5
112	21.4	31.1	52.8	58.2
합계	788.9	946.2	681.3	914.4

3. 결론

본 연구에서는 'sample - 4MTr12 Feeder' 샘플 계통을 이용하였다. 빠르고 정확한 고장복구와 계통의 손실을 저감할 수 있는 최적연계를 적용해 현 상태보다 개선된 최적의 상태를 정량적 해석으로 제시하였다. 먼저 3상 조류계산을 수행함으로써 고장점에 대해 보다 빠르고 정확하게 고장복구를 수행하는 Base-case 해석법을 보였다. 고장복구 완료 후 손실을 최소화하기 위해 최적연계를 통해 부하를 균등하게 하기 위해 Optimal-case 해석법도 보였다. 그 결과 계통 전체의 손실이 유효전력은 약 14%정도 개선되었으며, 무효전력은 약 4%정도 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 샘플계통인 'sample - 4MTr12 Feeder'만 가지고 수행했을 때의 결과가 유,무효전력이 개선되는 결과가 확인되었다. 이 해석법이 실 계통에 적용이 된다면 배전계통의 손실이 감소될 것이라 생각한다. 이에 실 계통에 적용을 시켜 얼마나 효율적으로 고장복구가 이루어지며 전체 손실이 얼마나 개선이 되는지 실 계통에 적용해 연구해 보겠다.

[참고 문헌]

- [1] 신만철, "배전계통 3상 조류계산을 이용한 배전선로 최적연계", 2010
- [2] 임일형, 임성일, 최민승, 이승재, 신창훈, 하복남, "배전자동화 시스템에서 전력설비 부하균등화를 고려한 피더간 연계점 최적위치선정", 대한전기학회논문지, 56권5호, 2007년5월
- [3] 배전자동화 기반의 배전계통 최적운전기법 개발 (최종보고서), Kepco, 2005년 3월
- [4] 신만철, 오성균, 김건중, 허성일, 김선규, "K-EMS용 상정고장해석을 위한 계통상태 판정", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2009년 7월
- [5] 장정태, "다연계 배전계통의 상시개로 스위치의 최적 운용", 충남대학교 박사학위논문, 1997년 8월