

배전 자동화 시스템에서 효율적인 감시를 위한 회선별 단선도 자동 생성 알고리즘 개발

김영인, 이승재, 최면송
명지대학교

임성일
경남대학교

김필석
LS산전

A Single line diagram automation create development for efficiency observation in Distribution Automation System

Young In Kim, Myeon Song Choi, Seung Jae Lee
Myongji Univ.

Sung Il Lim
Kyungnam Univ.

Pil Suk Kim
LS Industrial System Co.

Abstract - 현재의 배전자동화 시스템에서는 빠르게 계통의 변화를 이해하고 변화에 대한 대응을 할 수 있도록 전압·손실계산, 공급예비력 확보, 부하용량 방안수립 등을 주 업무로 하는 회선별 단선도를 가지고 있다. 또한 부하밀집 지역 같은 경우는 다수의 설비 symbol이 매우 근접하게 배치되어 있지만 단선도를 통해 계통을 단순화시켜 계통의 연결 관계를 쉽게 파악하고 운영한다. 하지만 도시가 점점 발전함에 따라 배전자동화 시스템의 단선도 화면에 symbol이 많아져 계통이 크고 복잡해 졌을 때 단선도가 화면을 넘어가는 현상과 선로의 중복 현상이 나타난다. 본 논문에서 제안하는 배전자동화 시스템의 회선별 단선도 자동 생성 알고리즘은 계통이 크고 복잡해 저도 autodrawing기법을 통해 한 화면에 모두 보여 주고, 중복 현상을 없애기 위한 선로의 구성과 중복 현상 발생 때에도 좌표를 재배치 하는 알고리즘을 제안한다. 알고리즘을 통해 해결하며 또한 제안한 알고리즘을 검증하기 위해 VC++6.0을 기반으로 구현하였고, 이를 배전 자동화 시스템의 데이터베이스를 이용한 단선도와 비교를 통해 검증하였다.

1. 서 론

배전계통은 부하의 증가에 따라 설비가 신증설되거나, 공급용량, 전압, 손실 등 운전조건에 따라 상시 개방점을 변경하므로 단선도 모양도 계속 변화된다.

수작업으로 단선도를 작성하게 되면 선로가 변경될 때마다 일일이 새로 그려야하는 불편함이 있고 이것은 결국 회선별 단선도와 현장기기간의 데이터 불일치를 가져오므로 도면을 신뢰 할 수 없게 되는 결과를 낳게 되고 배전 자동화 시스템의 계통도는 국가 기본 지형도상에서 계통상의 실제 위치에 대응되도록 전력 설비 symbol을 그려 넣은 것인데 선로의 경과, 설비와 수용의 위치파악에는 용이하나 전압·손실계산, 공급예비력 확보, 부하용량 방안수립 등을 주 업무로 하는 배전운영에는 적합하지 않다.

특히 관로나 부하밀집 지역 같은 경우는 다수의 설비 symbol이 매우 근접하게 배치되어 계통의 연결 관계를 파악하기 어려운 점들을 배전 자동화의 회선별 단선도를 통해서 해결해왔다.[1].

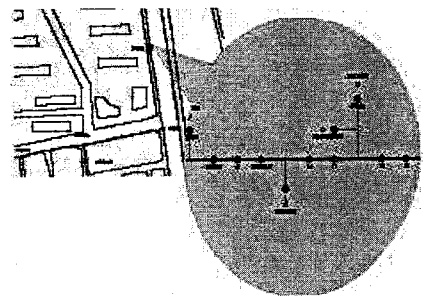
하지만 도시화가 진행되면서 배전계통도 복잡해지고 밀집되어 진다. 이에 따라 화면에 node가 많아지고 선로가 복잡해짐으로써 회선별 단선도가 화면을 넘어가는 현상과 선로가 중복되는 현상이 몇몇 부분에서 나타난다.

본 논문에서는 배전자동화 시스템을 보다 효율적이고 정확하게 사용하기 위한 새로운 알고리즘의 선로의 구성 방법을 통한 autodrawing 기법과 각각의 node의 좌표값을 취득하여 중복 현상이 발생했을 때 중복 현상을 제거 하는 재배치 알고리즘을 제안한다.

2. 배전 자동화 시스템의 회선별 단선도 HMI 개발

2.1 배전 자동화 시스템의 회선별 단선도

<그림 1>에서 보는 것과 같이 경과도와 단선도간의 하이브리드 운전을 통하여 보다 효율적으로 배전계통을 관리, 운전 할 수 있도록 배전 자동화 시스템의 회선별 단선도는 구성되어 있다[2]. 즉, 고압경과도상에서 공급구역을 살펴보다가 임의의 개폐기나 구간을 선택하고 회선별 단선도로 전환하면 선택된 설비가 포함된 단선도가 펼쳐져지므로 회로의 구성을 쉽게 파악할 수 있고, 다시 고압경과도로 전환하면 설비의 실제위치를 알 수 있다.

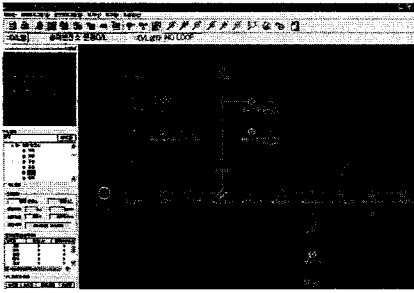


<그림 1> 계통도와 단선도의 하이브리드 운전

2.2 배전 자동화 시스템의 선로 구성 방법과 autodrawing 기법

배전자동화의 단선도는 선로 (케이블, 가공전선), 전주, 변압기(지상, 주상), 부하(중요, 일반), 개폐기(자동, 수동, PAD), 분기점, 보호기기(OCR, 리클로워저) 등으로 다양하게 구성되어 있다. 이러한 구성요소를 모두 node와 branch로 변환하여 저장한다. 이렇게 함으로서 전체 리 과정을 거쳐 내부 데이터가 생성되면 모두 같은 형태를 다루므로 안정적인 탐색이 가능하며 새로운 기기가 도입되더라도 그것으로만 변환되면 내부탐색 모듈을 수정할 필요가 없다[3]. 이러한 선로의 구성 방법을 통하여 계통의 선로를 구성하고 있는 symbol들을 구성하게 되고 선로 symbol들 사이에 길이를 화면에 픽셀 수에 맞게 늘리거나 줄여서 화면상에 가득 차게 그리므로 축척이 없는 도면 위에 회선별 단선도를 구성한다[4].

배전자동화 시스템에서는 autodrawing 기법[5]을 사용하고 있기는 하지만 <그림 2>에서 보여주는 계통에서 확인 할 수 있듯이 계통이 크면 화면을 넘어간다.



<그림 2> 배전 자동화 시스템에서의 단선도 화면

그리고 <그림 2>의 중앙 부분을 확대해서 보면 <그림 3>과 같이 선로의 중복 현상을 발견 된다.



<그림 3> 단선도에서의 node의 중복 현상

선로의 구성에서 배전 계통의 전력공급의 측면에서는 방사상이므로 이론적으로 선이 중복 없이 표현이 가능하지만 선로의 연결 관계 자체는 루프이므로 선로의 중복이 불가피한 경우도 있다. 본 논문에서는 선로의 중복이 불가피한 경우에도 선로의 중복을 방지하는 단선도 알고리즘을 제안한다.

3. 선로 구성을 고려한 회선별 단선도 자동 생성 알고리즘

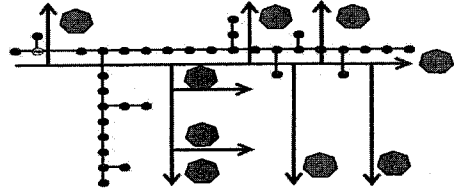
3.1 선로 구성 방법 알고리즘

배전 자동화 시스템에 포함 되어 있는 회선별 단선도 알고리즘에서 선의 겹치는 현상을 최소화하기 위해 선을 방향을 정해주어 중복을 최소화 한다. <그림 4>는 본 논문에서 제안하는 중복 현상을 최소화 할 수 있는 선로의 구성 방법이다.

알고리즘 상에서 각 방향의 node의 개수를 체크하게 된다. 그 후에 node의 개수가 가장 많은 선로를 <그림 4>와 같이 정 가운데 가로로 배치한다. 그 선로에 연결된 다른 선로들은 위 방향과 아래 방향으로 순차적으로 배치를 한 후 나머지 선로들은 시작점의 오른쪽 방향으로 모두 배치한다. 이 논문에 선로의 구성방법을 통하여 최소한 하나의 node는 건너서 같은 방향으로 연결된다. 그러므로 선로의 중복을 최소화 시키고 있다.

알고리즘상에서 계통을 구성하면서 각 node의 개수를 체크 하면서 선택된 계통에 연결된 node중 가장 node의 수가 많은 곳을 선택한다. <그림 4>의 ㉠번과 같이 가장 긴 node가 화면의 중앙에 가로로 배치되어 한 화면에 계통의 모든 node가 나올 수 있는 화면을 구성한다. 그 후 가운데 선로를 중심으로 왼쪽에서 오른쪽으로 나아가면서 연결된 선로를 체크하고 ㉡과 같이 위쪽으로 하나 ㉢과 같이 아래쪽으로 하나 이런식으로 연결 선로를 배치하게 된다. ㉣~㉦번 선로까지의 배치를 위와 아래, 이렇게 순차적으로 하게 된다. 이렇게 가운데 선로와 그에

연결된 선로들을 구성한 후, 나머지 그 연결된 선로에 연결되어 있는 선로를 붙인다. 이때는 지그재그 식이 아닌 연결된 선로의 오른쪽 방향으로 ㉧, ㉨번과 같이 선로를 배치한다. 이렇게 구성하므로 계통이 커지고 복잡해지면 선로의 중복을 피할 수는 없지만 중복이 될 가능성을 최소한으로 만든다.



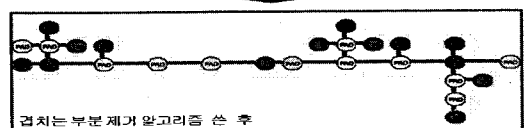
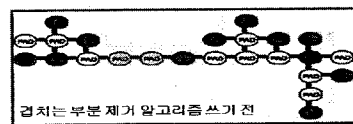
<그림 4> 선로의 중복을 최소로 하기 위한 선로 배치

3.2 선로의 재배치를 통한 중복제거

3.1절과 같이 회선별 단선도의 선로를 구성하고 중복 현상을 최소화하는 알고리즘을 거쳤음에도 불구하고 중복되는 부분이 발생 하였을 때는 알고리즘 자체에서 각 node들의 좌표를 단선도에 하나의 node를 그림과 동시에 그 node의 좌표를 가지고 있게 한다. 그 후에 전체 좌표를 모두 시스템은 가지게 되고 그 이후에 동일한 좌표값이 있는지 확인하게 된다.

만약 동일한 좌표 값이 존재한다면 그 동일한 좌표의 나중 좌표 값의 x축만을 고려하여 x축을 한 단계 늘려 주고 그 뒤에 배치된 모든 좌표 값을 한 단계씩 늘려 다시 단선도 그림으로써 중복이 해결된 단선도를 볼 수 있다. <그림 5>에서와 같이 중복된 선로에서 좌표계산 후 재배치 알고리즘을 통해 중복이 없어진 화면을 보인다. node 하나의 좌표를 가지고 오는 방법은 화면상에 node를 하나 배치하게 되면 그것이 기준이 되어 일정한 거리를 두고 다음 node를 찍게 된다. 이를 통해 각 node들 사이에 거리는 항상 일정하게 되므로 화면상에 보이는 픽셀좌표를 가지고 오는 방법이 있다.

또한 기준이 되는 node를 (0,0)으로 하고 오른쪽으로 하나씩 늘려 갈 때 마다 x값이 1증가하고 node가 위로 가면 y값이 1증가, 밑으로 가면 -1로 주어지게 된다. 이를 통해 각각의 node가 위치하는 좌표를 쉽게 구할 수 있다. 여기서 구해진 좌표를 통해 중복을 분석하고 중복된 부분의 x축만을 늘려 하나의 node의 연계된 선로 전체가 같이 이동을 하게 된다.



<그림 5> 중복 부분 제거 알고리즘 적용

<그림 5>을 통해 이를 확인한다. 알고리즘을 쓰기 전에는 각각의 몇몇의 node들이 겹쳐서 하나의 연결된 선로로 보이고 있다. 이는 사용자에게 잘못된 정보를 제공함으로써 잘못된 판단을 하게 될 우려가 있다. 하여 <그림 5>의 아래 그림을 보면 알고리즘을 통해 중복을 제거 하여 선로의 본래의 계통 연결 정보를 제공함을 볼 수 있다.

4. 사례연구

본 논문의 사례연구는 배전 자동화 시스템의 데이터베이스 안에 존재하는 거마 지역의 데이터의 정보를 통해 하나의 DL구간의 계통 단선도를 그린다. 그리고 VC++을 이용하여 데이터베이스안의 데이터를 이용하여 거마 지역의 회선별 단선도 자동생성 알고리즘을 통해 단선도를 나타낸다. 거마 계통과 비교함으로써 데이터베이스에 있는 데이터들이 알고리즘에 적용되어 계통을 구성 하는 것이 정확한지 확인하였다. 계통의 시작은 circuit breaker을 시작점으로 하여 구성한다. circuit breaker의 번호인 265를 시작으로 계통을 구성하게 된다. 그 후에 265를 가지고 있는 구간정보를 통해 다음에 연결 될 구간과 스위치를 찾게 된다.

1	구간번호	앞스위치	뒷스위치
		1523	265 1671

<그림 6> 거마 지역 circuit breaker와 연결 스위치

circuit breaker와 연결된 다음 스위치의 번호를 찾고 이제 스위치정보를 통해 그 스위치의 open/close 상태를 파악하게 된다. open 상태이면 그것으로 계통의 연결이 끝이 난 상황이고 close이면 계속해서 다음 구간을 찾아 간다.

1	스위치 번호	상태
	1671	0

<그림 7> 스위치 번호 1671의 정보

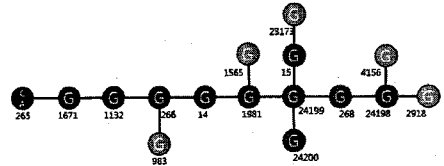
스위치 번호 1671에 상태가 0으로 나와 있다. 이 데이터베이스 안에서 open/close 상태는 0이면 close를 나타내고 3이면 open을 나타낸다. 여기서는 0을 나타내므로 close로 계통이 계속 존재함을 보여준다.



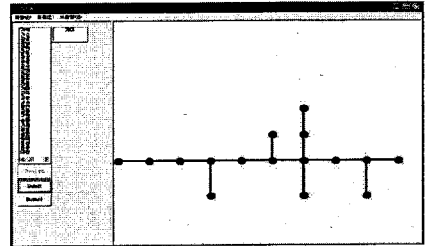
<그림 8> 1번째 연결

이런 방법으로 스위치 상태가 open의 상태일 때 까지 선로를 찾아 내려가면 하나의 circuit breaker를 시작으로 구성된 하나의 계통을 확인할 수 있다.<그림 9>는

이렇게 따라가서 구성된 거마 지역 계통을 보여주고 있고 알고리즘을 통해 <그림 10>에서 확인한 계통과 동일함을 확인한다.



<그림 9> 거마 지역 데이터베이스 통해 구성된 계통



<그림 10> autodraining 기법을 통한 거마 지역 단선도

5. 결론

본 논문에서는 현재의 배전 자동화 시스템에 있는 회선별 단선도의 선로의 구성을 방향 지시와 좌표 값을 얻어 선로의 중복 현상을 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 본 알고리즘을 통해 좀 더 나은 배전 자동화 시스템을 구현하고자 하는데 목적이 있고 계통에서 중복을 제거 하고 선로의 구성을 일정한 방식으로 구현함으로써 operator가 계통의 변화를 쉽게 볼 수 있고 전력계통을 운영하는데 있어서 손쉽게 업무를 볼 수 있게 해줌으로써 보다 빠르고 효율적인 자동화를 이룰 수 있을 것이라고 생각하고 현재 배전자동화 시스템에 있는 데이터베이스의 데이터를 통해 VC++6.0을 통해 알고리즘을 구현하여 시각적으로 보여줌으로써 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

6. 감사의 글

본 연구는 에너지자원 인력양성 사업의 전력IT 인력양성사업 지원으로 수행되었으며(전력IT 인력양성 사업 센터),과학기술부/한국과학재단 우수연구센터 육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

[참 고 문 헌]

[1] 하복남, 윤태상, 임성일, 강문호, "대규모 배전자동화 시스템의 응용프로그램 개발 방향", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2000. 11.
 [2] 하복남 "최적화 운전을 위한 배전자동화 응용프로그램" 박사학위논문 2004.02
 [3] 하복남 "배전자동화용 응용프로그램 개발 및 시스템간 연계에 관한연구 전력연구원 연구 보고서 제 3 절, 2002.12
 [4] 강문호, 하복남, 임성일, "배전자동화 적용선로 보호기기 자동설정 프로그램 개발", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, 2001. 5
 [5] 하복남, 오재형, 임성일, 강문호, "대규모 배전자동화 시스템의 데이터베이스 구축을 위한 시스템 연계 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2001.7