

네트워크 최적화 기법에 의한 고압지중배전계통 계획

최 상봉, 김 대경, 정 성환, 김 병 숙
한국전기연구소, 한전전력연구원

A planning on the high voltage underground distribution line using opti- technique

Choi Sang Bong, Kim Dae Kyeong, Jeong Seong Hwan, Kim Byung Suk
KERI, KEPRI

Abstract - This paper presents development of practical and universal program that is applied to π loop system which is based on basic algorithm of network optimization for reduction investment cost and rationalization of underground plan.

This system is ease to input and modify about information of powerline drawing, that is, can input easily condition of their calculation referring to candidate of underground apparatus under using digitizer.

성을 반영하고 입출력 데이터도 가능한한 도형적으로 처리하였다. 본 프로그램은 π 루우프 계통에 한하여 적용되었지만 π 루우프 계통이외에 T 분기를 주체로 상예비계통과 각종 저압분기방식에도 적용할 수 있는 가능성을 보였다. 또한 검토대상지역의 고유한 조건을 지정할 수 있는등 보다 실용성을 높이는 방향으로 작성되었다.

2.2.1 계획기법의 개요와 적용방법

본절에서는 네트워크 최적화 계획기법의 개념 그리고 주요 입출력 데이터의 내용과 적용등 기본적인 내용을 기술하였다.

1. 서 론

최근들어 배전선 지중화에 대한 사회적 관심이 높기 때문에 전력회사에서는 이에 대응하기 위한 노력을 시도하고 있지만 지중화에 따른 건설비가 높고 수요 변동에 대하여 유연하게 대처하지 못하는 단점을 가지고 있다. 이와같은 이유 때문에 본 연구에서는 매설공법, 기자재의 코스트 절감과 지중화계획의 합리화를 위한 프로그램을 설계하고자 한다. 본 연구는 지중화대상지역의 시기와 합리적인 선정, 계통의 최적설계에 투자하기 위하여 최적화 계획 기법의 기본적인 알고리즘을 근거로 π 루우프 계통구성 방식에 적용할 수 있는 범용적, 실용적인 프로그램의 개발을 그 목적으로 하였다.

가.적용방향과 적용범위

지중화계획을 책정하기 위한 단계를 크게 보면 그림 2.1과 같이 첫째 지중화대상지역과 지중화년도의 결정 둘째 적용할 배전전압과 계통구성방식의 결정 그리고 지중케이블 루우트와 지중화 기기의 설치 장소 등을 위한 상세설계의 3단계로 구분할 수 있다. 그러나 어떤 경우에도 최종적으로는 계획자의 종합적인 판단이 필요하다. 본 프로그램의 이용은 다양한 조건의 다수의 케이스에 대해서도 모두 검토가 가능할 뿐만 아니라 예러가 없는 판단을 하기위한 자료를 제공한다 것이다. 본프로그램에서는 검토대상지역에 대한 도로조건과 수요조건을 입력하고 계통구성방식등 주요한 설계 파라미터를 지정하면 소정의 조건을 만족하는 지중계통을 자동적으로 설계할 뿐만 아니라 이에 필요한 소요 기자재의 량을 예측, 평가할 수 있다.

2. 본 론

최근들어 배전선의 지중화에 대한 사회적 관심이 높기 때문에 전력회사에서는 이에 대응하여 계획적으로 지중화를 추진하고 있는 상황이다. 일반적으로 지중계통은 가공계통과 비교하여 건설비가 매우 높기 때문에 본 연구에서는 합리적인 지중화 대상지역과 시기의 선정, 계통의 최적설계에 투자하기 위한 계획기법을 한데 모은 것이다. 즉, 배전선 지중화에 필요한 건설비는 그 지역의 도로와 건물의 조건에 크게 의존하기 때문에 이와같은 지역의 특

2.2.2 프로그램의 전체구성

금번 개발된 프로그램은 전산기에 의한 고속 정보처리 능력과 설계자에 의한 고도 판단능력을 조합함으로써 보다 합리적인 지중계통의 설계법을 구하는 대화형 시스템으로 구성되어 있다. 본 프로그램은 주요 공급 루우트와 지중화 기기의 설치장소 등의 정보를 간편하게 입력하여 도형처리할 수

있는 기능을 갖추고 있다. 본 프로그램의 전체구성은 다음 그림 2.2 와 같다.

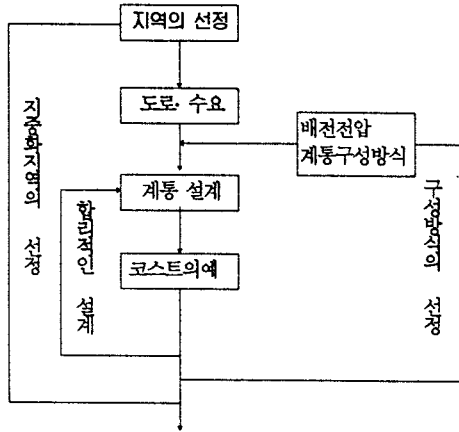


그림 2.1 지중화계획 기법의 목적

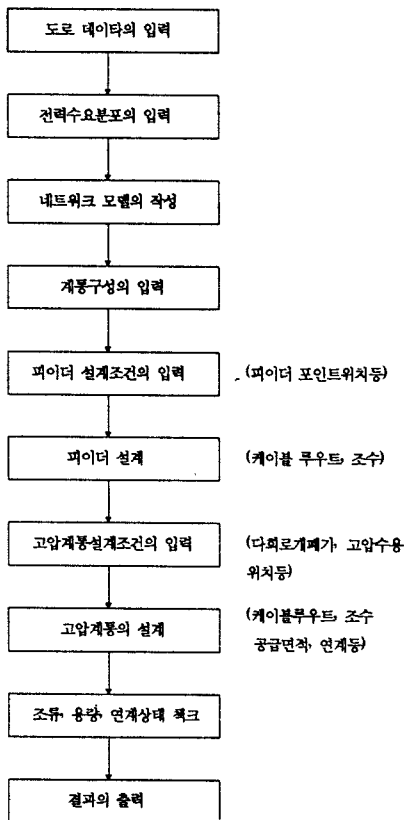


그림 2.2 프로그램의 전체구성

2.2.3 입력조건과 계산결과

본 프로그램에 필요한 입력 데이터의 주요 내용은 다음과 같다. 도로에 대한 순위는 보도의 유무와 보도폭에 따른 도로의 중별을 분류하였기

때문에 이에 대응한 케이블 매설, 기자재의 설치방법과 코스트가 다르다.

(a) 도로데이터

① 도로 루우트와 순위 : 도로지도를 5 m 정도의 매시(mesh) 로 분할하여 도로 루우트에 연결한 각 매시점에 도로순위를 디지털이저를 이용하여 도형적으로 입력

② 도로블록데이터 : 주변을 도로로 점유하고 있는 블록간선도로에 대하여 그 블록번호(A~Z 까지)의 알파벳을, 블록내부도로(순위 4) 에 대해서는 - (횡방향), | (종방향), + (교차점)을 입력한다. 단, 지중화대상이외의 지역은 빈칸으로 처리한다.

③ 도로횡단 데이터 : 도로순위 1 또는 2 와 도로순위 4 의 교점에 * 인을 도형입력, 그리고 블록간에 걸치는 도로횡단 후보지에 대하여 양단(x,y)의 좌표, 실행단길이, 증분공사 단가(도로횡단부 관로공사 표준단가의 증분값)을 디지털이저를 통하여 입력한다.

(b) 계통데이터

① 계통구성 데이터 : 2분할 2연계 또는 4분할 2연계로 구분

② 케이블 데이터 : 피더, 고압간선케이블 타입

③ 인입데이터 : 도로 순위별 평균인입길이(보차도와 직각방향의 길이)

④ 변전소 데이터 : 변전소 설치 위치(x,y) 좌표, 변전소 용량등

⑤ 가공연계점 데이터 : 가공계통과의 연계점(x,y) 좌표

(c) 수요전력

고압1호당 계약전력과 수용율, 피크시 부하전력, 부하역률

(d) 주요기기 설치점 데이터

피더 포인트, 변압기(x,y) 좌표점에 적용할 다회로 개폐기의 타입번호를 도형입력

2.2.4 지역특성 데이터 입력

본절에서는 지중화 대상지역에서의 도로와 전력수요 데이터의 입력방법 및 컴퓨터에서 데이터 처리방법에 대하여 기술하였다.

(a) 도로모델의 네트워크 표현

보차도를 포함하여 일반적으로 도로는 전기에너지의 공급루우트가 되기 때문에 도로의 정비상황이 지중화 기기의 시설방법과 공사비에 큰 영향을 미친다. 따라서 지중화 계통계획 기법을 개발하기 위해서는 도로의 조건에 맞는 계통설비의 형성을 어느정도 모의할 수 있는나가 중요한 요소가 된다.

① 도로순위와 루우트

도로순위는 도로의 조건에 대응하여 주로 케이

블의 포설상황과 공사단가를 자동적으로 결정하기 때문에 표 2.1 을 근거로 하여 결정한다.

표 2.1 도로조건과 기기의 포설조건

	순위 1	순위 2	순위 3	순위 4
지중관로와 케이블	보도밀 (양측)	보도밀 (양측)	차도밀 (양측)	차도밀 (편측)
수용가 인입케이블	보도횡단	보도횡단	차도횡단	차도횡단
다회로 개폐기	노상	인공함	인공함	인공함
저압공급용 변압기	노상	인공함	인공함	인공함
저압용 분기상	노상	노상	핸드홀	핸드홀

표 2.1에서 알 수 있듯이 순위 1 과 2 는 다회로개폐기와 변압기가 노상설치나 보도밀 매설설치나가 다르고 순위 3 과 4 는 케이블 매설이 차도밀 양측이나 혹은 편측이나의 차이가 있다. 한편, 도로 루우트는 검토대상 모델을 5 m 정도 간격의 메시로 분할한 (x,y) 좌표를 사용하여 표현한다. 순위 1~3 은 도로양측위치 좌표 그리고 순위 4 는 도로중앙위치 좌표로 표현한다. 다음 그림 2.3 은 도로 데이터의 도형입력방법을 도시하였다.

② 블록과 도로횡단

전술한바와 같이 도로순위 1,2,3 은 도로양측의 보도밀이나 혹은 차도밀에 지중케이블을 포설하느냐 하는 것으로서 이도로에서 상대편 도로까지의 도로횡단은 특별히 지정하여 입력한다. 이때 도로순위에 관계없이 주변도로를 블록이라 부른다. 또한 블록을 구성하는 도로(순위 1,2,3)를 블록 간선도로라 칭하며 블록 내부도로(순위 4) 와 구별하여 입력한다.

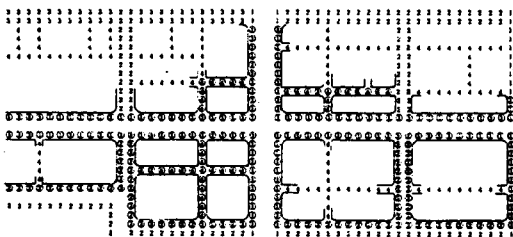


그림 2.3 도로조건을 도형입력

③ 도로 루트와 네트워크 표현

도로연변에 지중케이블로 매설가능한 전체 후보 루트를 노드와 브랜치로 네트워크 표현한다. 여기서 노드는 검토대상 지역을 5 m 단위의 메시로 분할하여 교차점을 선정하고 브랜치는 노드간에 다음

조건을 만족하는 것을 대상으로 한다.

- ▲ 동일 블록간에 속하고 상호 인접한 노드
- ▲ 동일 블록의 내부도로에 속하고 상호 인접한 노드
- ▲ 동일 블록의 간선도로와 블록내부도로를 연결한 노드
- ▲ 입력데이터에서 지정하여 다른 블록간을 연결한 노드

2.2.4 고압 π 루우프 계통의 최적화 기법

본 절에서는 π 루우프 계통을 검토할 경우에 주요 설계조건의 도형입력 방법과 이에 기초한 네트워크 최적화 기법을 적용하여 자동적으로 계통의 상세설계를 행하는 방법에 대하여 기술하였다.

(a) 네트워크 모델과 최적화 기법

보차도를 포함하여 일반적으로 도로는 전기에너지의 공급루우트가 되기 때문에 그 정비상황이 지중화기기의 시설방법 및 공사비에 큰영향을 미친다. 따라서 지중계통계획기법을 개발하기 위해서는 도로의 조건 및 그에따른 설비 형성법을 어느정도 잘 모의하느냐가 중요하다. 여기서는 네트워크 모델의 성질 즉, 노드 및 브랜치의 속성과 적용할 네트워크 최적화 기법에 대하여 기술하였다.

① 노드의 속성

각 노드는 그 위치(X,Y) 좌표, 도로순위, 블록번호 그리고 그 노드를 급전점으로 하는 건물이 있는 경우는 고압건물 수, 계약전력, 피크부하전력 등의 부하조건을 가지고 있으며 또한 피이더 포인트용 다회로 개폐기가 있는 경우는 그기기에 관련된 타입을 소유하게 된다.

② 브랜치 속성

각 브랜치는 양단의 노드번호, 브랜치 길이 및 브랜치 종별(블록간선도로, 블록내부도로, 간선도로에서 블록내부도로의 진입, 도로횡단여부의 구별) 등이 자동적으로 할당된다.

③ 최단경로문제(The Shortest Path Problem)

최단경로문제는 그림 2.3과 같은 네트워크에 대하여 출발점 노드와 종단점 노드가 부여될때 최단거리의 경로를 구하는 문제로서 네트워크의 최적화 기법의 한례이다. 본 최적화에서는 브랜치 속성으로서 거리대신에 코스트가 부여되어 출발점 노드에서 종단점 노드까지의 브랜치 코스트의 총합이 최소가 되는 경로를 구하는 문제로 해석하였다. 본 프로그램에서의 브랜치 속성은 (브랜치 종별에 따른 우선순위) x (브랜치 거리) 로 선정하였다. 여기서 브랜치 우선순위는 간선도로, 내부도로, 도로횡단개소의 순으로 선정하였으며 선정 사유는 지중관

로공사단가에 대응하여 고려하였다.

(b) 계통의 개요

일반적으로 π 루우프 계통에서도 약간의 변이가 있지만 다음 그림 2.4 는 4분할 2연계 방식의례를 도시하였다. 그림 2.4 에서는 피이더포인트에 5회로 개폐기를 설치하여 그 개폐기로부터 4회선의 고압간선케이블이 인출되고 중간에 2 개의 서로 다른 5회로 개폐기가 연계된다. 이계통에 관련된 주요 설계조건(입력데이터)의 종류와 입력방법, 계산수순은 다음과 같다.

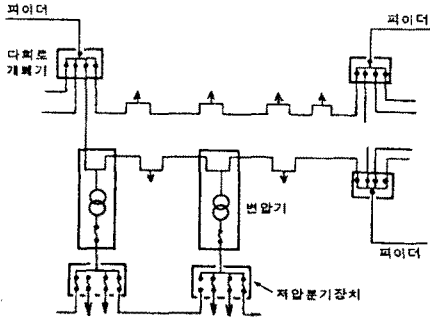


그림 2.4 π 루우프 계통의 구성례

(c) 인출피이더의 계획

변전소에서 피이더포인트(다회로개폐기)까지의 인출 피이더의 계획을 위한 흐름도는 다음 그림 2.5 와 같다. 즉, 프로그램 흐름도에 따라 최적경로를 사용하여 변전소에서 피이더포인트(다회로개폐기)까지의 피이더 케이블 루우트가 결정된다.

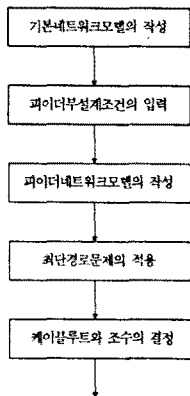


그림 2.5 인출피이더의 검토수순

d) 고압계통의 계획

피이더포인트(다회로개폐기)에서 고압수요 및 저압공급용변압기를 연결하는 고압 공급 케이블의

계획은 다음과 같다.

단계 1 저압공급용변압기의 지정

지정변압기를 설치할 위치와 변압기의 종별을 지정하여 디지털타이저를 통하여 도형입력한다.

단계 2 최단경로문제의 적용

피이더포인트에서 고압수요 또는 변압기가 있는 모든 노드를 연결하여 최단경로를 구한다. 최단경로문제의 해는 트리문제로 해석할 수 있다.

단계 3 다회로개폐기의 케이블 루우트 결정

상기에서 구한 최단경로의 해를 이용하여 다회로개폐기간에 연계된 고압케이블 루우트를 구한다. 단, 다회로개폐기에서 인출된 케이블 수(회로수)는 입력데이터에서 지정한 수 이내로 지정한다.

단계 4 공급용량의 체크

이상의 수순에 의해 구해진 고압케이블 계통에 대하여 각회로마다 조류를 계산하여 케이블용량을 체크한다.

단계 5 상시개방점의 결정

손실이나 부하평준화를 선택사항으로 선정하여 고압수요가 있는 노드에 대하여 연계점을 수정하고 그결과를 도시한다.

3. 결 론

- 계통구성방식에 대한 범용성이 있다. 즉, 우리나라에서 일반적으로 실시되거나 검토중인 π 루우프 계통구성방식에 대하여 적용가능한 기법이다.
- 도형정보의 입력, 수정이 용이하다.
 - ◆ 도로맵, 수요분포, 지중화 기기의 설치후보군에 대한 계산조건을 디지털타이저를 이용하여 용이하게 입력할 수 있다.
 - ◆ 케이블 루우트의 기설 공간관로를 이용하는 등 대상지역의 고유한 조건에 대해서도 입력이 용이하다.
 - ◆ 계산상의 조건은 디지털타이저 및 ASCII 파일로 화면상에서 간편하게 수정할 수 있기 때문에 설계자와 대화방식으로 보다 합리적으로 해석이 가능하다.
- 네트워크 최적화 기법을 적용하였다.

[참고 문헌]

[1] "네트워크 최적화수법에 의한 고저압지중배전계통의 계획수법", 일본전력중앙연구소, 1987.8.
 [2] 최상봉외, "창원시 배전계통 중장기 계획에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회, 1995, 7., p565~567