

전기철도 수변전설비의 유지 및 운용 ②

자료제공 / 교육훈련팀



목 차

제3장 변전소의 용량과 간격

- 제1절 전철용 변전소 부하의 특성
- 제2절 직류변전소의 용량
- 제3절 교류급전용 변전소의 용량
- 제4절 직류변전소의 기기수와 예비
- 제5절 변전소의 배치

제4장 변성기기와 변압기

- 제1절 전철용 직류 변성기기가 구비해야 할 성능
- 제2절 변압기 개요
- 제3절 정류기용 변압기
- 제4절 정류기 개요

제5장 직류고속도 차단기와 계측

제3장 변전소의 용량과 간격

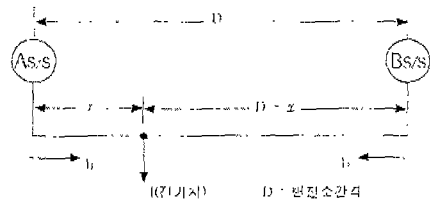
제1절 전철용 변전소 부하의 특성

직류변전소는 양측의 2개 변전소로부터 병렬로 급전되며 이 구간의 선로정수가 동일하다면 각 변전소의 부담전류는 전기차의 위치에 따라 결정되며 다음식과 같이 된다

$$A\text{변전소 } I_1 = I \times (D - x) / D [A]$$

$$B\text{변전소 } I_2 = I \times x / D [A]$$

<그림> 변전소간 전기차의 부하분담



한편, 전기차는 기동가속, 주전동기 특성곡선에 의한 역행, 타행을 하므로 전류파형은 변동이 심하다. 전기차 전류의 크기는 선로상태, 전기차의 출력 및 특성, 운전DIA, 급전회로의 구성 등에 따라 변화한다. 변전소 부하는 이 같은

전기차 부하를 합성시킨 것으로 극히 변동이 심한 특색이 있다. 변전소의 日負荷率은

$$\text{日負荷率} = \frac{\text{1일중의 1시간 평균출력}}{\text{1일중의 1시간 최대출력}} \quad \text{로서}$$

로면전차는 40~70%, 교외철도에서는 25~50%정도, 간선철도에서 60~80%정도이다. 그러나 어느 구간의 운전조건이 정해지면 이상의 변동인자는 거의 일정하다고 간주하고 전기차는 인위적으로 운전하므로 같은 DIA로 운전해도 실제로 일자에 따라 변전소 부하는 다소 다르다. 이같이 많은 변동인자를 갖는 부하특성을 취급하는 데는 통계적 또는 확률적으로 문제를 처리하는 방법이 적당하다. 종래의 연구에 따르면 어느 시간내에 변전소 부하가 어느 전류대에 멈추는 확률은 정규분포를 이룬다. 또 매시간의 1시간 출력과 순시 최대출력은 날자에 따라 다른데 어느 기간내 평균을 취하면 양자간에는 근사적으로 다음관계가 성립한다.

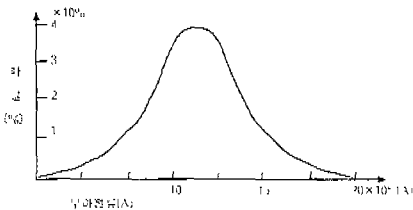
$$z = y + c\sqrt{y}$$

단, z : 1시간최대출력[kW]

y : 1시간출력[kW]

c : 선로에 따른 정수

<그림> 변전소 부하전류 분포예



제2절 직류변전소의 용량

변전소 용량은 예비용량을 제하고 일반적으로 1시간 최대 출력 또는 순시 최대 출력을 기초로 결정된다.

1. 1시간 출력의 산정

1시간출력은 변전소 간격, 전기차의 특성, 선로상태 및 운전DIA로부터 상정, 부하곡선을 구

하고 이것을 이용하여 산출할 수가 있다.

가. 전력 곡선을 이용하는 방법

운전DIA로부터 임의의 시각에서 변전소 급전구간내의 열차량수를 구하고, 전기차의 전력시간곡선에서 그 시각의 각 전기차의 소요전력을 구해 임의의 時刻 함께 소요전력을 산출한다. 같은 방법으로 1일중의 각 시각에 관해 계산하여 부하곡선을 구할 수 있다. 여기에 전기차 부속기기(전동 발전기, 전동공기 압축기)등에 소요되는 전력과 급전회로중의 전력손실을 가산하여 그림과 같은 변전소 부하곡선을 구할 수 있다. 이것에 의해 1시간 최대출력과 그 발생시각 및 1시간 평균출력을 알 수 있다.

나. 전력소비율을 이용하는 방법

전력소비율을 이용하는 방법은 간단하며 변전소부하의 개략치를 구하는데 편리하다.

1t·km정도 또는 1Car-km정도의 전력소비량을 전력소비율 또는 比전력소비량이라 한다. 전력소비율은 속도, 가속도, 역간거리, 선로조건 등에 의해 크게 변하는데 다음표와 같다.

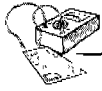
<표> 전력 소비율[Wh/t-Km]

로면전차	40~90
시내 고속 철도	50~100
교외철도	25~70
전기기관차운전	
여객	15~35
화물	10~30
전동차	25~35

<표> 변전소 부하의 계산

열차명	전인중량	주행 연キロ [km]	전력 소비율 [Wh/t-km]
1	W_1	a	W_1
2	W_2	a	W_2
3	W_3	a	W_3
4	W_4	a	W_4
5	W_5	a	W_5

※ D : 변전소 간격



※ a, b : 열차DIA에 따른 열차 주행 Km

전력소비율을 구하는데는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 전기차의 전력시간대 곡선을 열차 종별별로 작성하여 이것에 의해 산출한다.
- ② 유사구간의 사용실적으로부터 추정한다.
- ③ 증기운전의 석탄소비량 등 타 동력 에너지로부터 에너지를 환산한다.

이와같이 하여 구한 전력소비율에 소정의 시간중에 변전소 급전구간내를 주행하는 열차 중량 또는 차량수를 곱하고 여기에 주행키로(Km)를 곱하면 소정의 시간중 평균전력을 구할 수 있다.

<참 고>

운전 DIA로부터 어느시간대의 급전구간내 열차 종별별 전 주행Km를 구해 견인중량, 주행 Km, 전력소비율을 구하면 다음식으로 변전소 부하가 산출된다.

$$P = w_1 \times W_1 \times a + (w_2 \times W_2 + w_3 \times W_3 + w_4 \times W_4) D + w \times W \times b$$

같은 방법으로 1일중의 각 시간대에 관하여 계산하면 부하곡선을 구할 수가 있는데 열차밀도가 최대가 되는 시간대에 대하여 구한 것이 최대부하가 된다.

2. 순시 최대출력의 산출

순시 최대 출력은 유사구간의 실적으로부터 C치(선로정수)를 적당히 선정하여 구하는 방법과 변전소 급전구간내의 각 열차 운전전류를DIA에 의해 각 순시별로 집계하여 그 최대치를 취하는 방법이 있다.

3. 변전소 용량의 결정

이상과 같이하여 구한 1시간최대출력과 순시 최대출력 가운데 기기의 정격과 비교하여 어느 쪽이 제한인자로 되는가를 고려하여 변전소 용량을 결정한다. 통근수송 구간과 같이 열차밀도가 높은 대용량 변전소에서는 순시최대출력과 1시간최대출력비가 비교적 작아 변전소 용량은 1시간최대출력으로 결정되는 경우가 많다. 반면

열차밀도가 적게되면 순시최대출력으로 결정한다. 일반적으로는 정류기 정격으로부터 순시최대출력이 1시간최대출력의 250%를 넘는 경우는 순시최대출력으로 결정하고, 250% 이하인 때는 1시간최대출력으로 결정한다. 이같이 구한 변전소 용량에 장래 부하가 증가되는 것을 고려하여 적당한 증가율을 곱해 변전소 용량을 결정한다.

-변전소 용량 결정 예-

- 선로길이 : 50[km] 차량1량 : 약 5[ton]
- 승객 50[kg] 200명
- 열차운행에 필요한 원단위 : 3.5kWh/car · km 1편성 10량 2분 Head Way

$$10\text{량} \times 5\text{ton} \times \text{승객} (50\text{kg} \times 200\text{명} \times 10\text{량}) = 150\text{ton}$$

$$3,500\text{wh} \div 15\text{ton/car} \cdot \text{km}$$

$$= 233\text{wh/ton} \cdot \text{km}$$

$$150\text{ton} \times 233\text{wh/ton} \cdot \text{km} \times 50\text{km} \times 2\text{왕복} = 3,495\text{kwh}$$

2분간격이므로 시간당 30편성 운행하게 된다.

$$\text{시간당 평균 소요전력} : 3,495 \times 30$$

$$= 104,850 \text{ kw}$$

$$104,850 \times 1.5(\text{form factor: 일반적으로 } 1.2 \sim 1.8) = 157,275\text{kwh}$$

$$\cdot 157,275 \div 4,000[\text{kwh}](\text{정류기1대}) \times 2\text{대} = 19.65\text{개소의 변전소}$$

$$\cdot 157,275 \div 4,000[\text{kwh}] \times 3\text{대} = 13.1\text{개소의 변전소}$$

$$\therefore 50[\text{km}] \div 13\text{S/S} = 3.85[\text{km}] \text{ 마다 1개 변전소 설치}$$

제3절 교류 급전용 변전소의 용량

교류급전용 변전소의 용량도 직류변전소와 같은 방법으로 구하는데 단, 역율을 고려할 필요가 있다. 또 급전용 변압기는 그 용량이 온도상승으로 결정되므로 온도상승의 시정수가 크므로 순시최대출력은 거의 문제되지 않고 변전소

용량은 통상 1시간최대출력으로 결정한다. 이 때 전압강하에 관해 충분한 고려가 필요하다.

제4절 직류 변전소의 기기수와 예비

직류변전소의 용량은 변성기기 용량 × 설비 대수이다.

대당용량이 커서 설비수가 적은 또는 kW당 가격은 저렴하지만 변동이 급격한 부하에 대해 항상 효율을 높게 유지하기는 곤란하며 고장시와 점점시 정지하면 열차운전에 지장을 주고, 기기 보수등에도 불편하다.

대신 기기대수를 많게하면 설비비가 증가하고 운전조작과 보수에도 많은 비용이 든다. 따라서 변성기기의 대당용량과 대수의 조합은 설비비와 운용면에서 가장 유리하도록 선정하고 변전소의 성격에 맞춰 예비기를 갖출 필요가 있다. 대개 변성기기의 대당용량은 실리콘 정류기를 기준으로 직류1,500[V] 구간에서는 3,000[kW], 4,000[kW], 6,000[kW]가 표준이다.

대당용량은 이 표준 가운데서 선정하고 각 변전소를 통해 가능한한 통일시키는 것이 유지 보수상 편리하다. 변전소 용량이 커서 변전소 정지에 따른 열차운전에 지장을 주는 중요한 변전소에는 예비기기를 준비한다.

단위 변전소 방식에서는 예비용량으로서의 변성기기 없이 변전소 단위로 상호 예비운용하는 것이 원칙이다.

제5절 변전소의 배치

변전소의 배치는 철도의 종류, 전기방식, 전기차 출력, 선로조건, 운전상황 등에 의해 다른데 일반적으로 다음 요건을 만족하도록 위치, 간격,용량을 선정해야 한다.

- ① 변전소의 기기용량과 전차선로의 전류용량은 전기차 부하에 충분히 견딜 수 있을 것.
- ② 전압강하가 열차 운전에 지장을 주지 않을 것.
- ③ 전차선로와 차량 사고에 의해 급전회로에 단락사고 등이 발생한 경우 신속 정확히 이를 검출하여 단전가능할 것.

1. 변전소의 위치

변전소의 위치를 선정할 경우에 고려할 요건은 다음과 같은 점이다.

- ① 급전구간내의 부하 중심에 가능한한 근접할 것.
- ② 적당한 전원을 인접에서 수전가능하고 소요 변전소 간격을 유지, 전압강하의 지장이 없을 것.
- ③ 기기 운반이 편리할 것.
- ④ 지반이 견고하고 수해와 토사유입 등의 위험이 없을 것.
- ⑤ 지가가 낮고 장래 증설시등에 여유를 갖을 것.
- ⑥ 인근에 소음 등의 영향이 적을 것.
- ⑦ 화학공장 배기 가스와의 염해 등의 영향이 적을 것.
- ⑧ 교류구간에서는 변전소앞에 설치하는 무가압 섹션(section)때문에 전기차 운전조작상 지장이 없을 것(무가압 섹션에서는 notch off하게 되기 때문임)

2. 변전소 간격

변전소 간격을 결정하는 최대요건은 전압강하가 허용범위내에 있는 것이다. 때문에 변전소 간격을 짧게하는 것이 요망되나 변전소 수가 증가하게 된다. 변전소 간격을 단축하는데는 다음과 같은 장 단점이 있다.

- ① 전압강하, 전력손실이 적어진다.
- ② 부급전선로의 누설전류가 저감된다.
- ③ 급전회로의 보호도 일반적으로 용이하다.
- ④ 동일 전압강하로 하면 전차선로의 전류용량이 적어도 되므로 전차선로의 건설비가 저감된다.

한편, 변전소의 수가 증가되므로 그 건설비가 커지고 또 일반적으로 기기의 단위용량도 적어지므로 효율이 저하되어 손실도 증가하며 유지보수와 운전 등의 경비도 증가하게 된다.

따라서 변전소 간격과 수는 변전소와 전차선로의 건설비, 변전소의 운전 및 보수 등의 유지비, 전력손실 등을 종합적으로 비교·검토하여 가장 경제적이 되도록 선정할 필요가 있다.

단위 변전소 방식에서는 완전 무인화시키고 소내 기기 설비도 극히 간략화하여 변전소 간격 단축을 경제적으로 실현한 것이라 할 수 있다.

다음호에 계속됩니다