

전기철도 수변전설비의 유지 및 운용 ③

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 구
비해야 할 성능
- 제2절 변압기 개요
- 제3절 정류기용 변압기
- 제4절 정류기 개요

제5장 직류고속도 차단기와 계측

제4장 변성기기와 변압기

제1절 전철용 직류 변성기기가 구비해야 할 성능

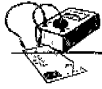
첫째, 전철용 변전소의 부하는 변동이 심하므로 전차선로와 전기차 사고에 따라 큰 단락전류가 흐르는 경우가 많다. 이 때문에 단시간 과부하 耐量을 갖는 것이어야 한다.

둘째, 전철용 변전소는 철도 沿線에 배치되어 그중 어느것이 정지되어도 전압강하로 인해 열차운전에 지장을 주므로 극히 높은 신뢰도가 요구되며 전원전압, 주파수 등의 변동에 대해서도 될 수 있는 한 열차운전에 지장을 주는 영향은 받지 않도록 하여야 한다.

셋째, 비교적 소용량의 변성기기가 1대 또는 수대 병렬로 접속되어 변전소를 구성하므로 운전시의 취급이 간단하고 관리요원을 많이 필요로 하지않는 것이 요망된다.

제2절 변압기의 개요

1. 변압기의 종류



가. 유입 변압기

- ① 가격이 싸고 냉각효과가 우수하다.
- ② 절연유의 상태분석에 의해 변압기 내부고장 검출이 유리하다.
- ③ 설치장소가 옥내·외 등 주변환경의 영향을 비교적 덜 받는다.
- ④ 절연유의 인화, 폭발시 화재의 우려가 높다.
- ⑤ 절연유로 인하여 환경 공해방지 측면에서 불리하다.
- ⑥ 보수점검이나 운반설치가 불편하다.

나. 건식 변압기

- ① 화재의 위험이 없고 내습성 내약품성이 우수하다.
- ② 유입식에 비하여 소형 경량이다.
- ③ 보수점검이 용이하고 설치하기가 편하다.

다. 모듈드 변압기

- ① 경화시에 가스발생이 없고 반응 수축이 작다.
- ② 내약품성, 내수성, 내열성이 좋다.
- ③ 금속에 대한 접착력이 매우 강하다.
- ④ 노출부분이 에폭시로 싸여 있어 감전위험이 적다.
- ⑤ 권선은 내열성 에폭시수지를 몰드하여 난연성이며 자기소화성이 있다.
- ⑥ 절연능력이 좋고 오손 등에 의한 절연성능이 변하지 않는다.
- ⑦ 무부하 손실이 적고 소음이 적다.
- ⑧ 견고하고 외부의 충격에 강하다.
- ⑨ 그러나 유입변압기에 비하여 가격이 2배정도 비싸다.

※ 건식과 모듈드변압기는 유입변압기보다 BIL이 낮으므로 S.A(써지억 서버)를 설치함이 바람직하다.

2. 변압기의 결선방식

가. 일반 전력용 변압기

- ① 단상변압기 3대로 3상전압을 변환하는 방법은 $\Delta-\Delta$, Y-Y, $\Delta-Y$, Y- Δ 결선이 있다.
- ② 단상변압기 2대로 3상전압으로 변환시키는

방법으로 V-V 결선이 있다.

- ③ 단상변압기를 써서 3상으로 하기 위한 조건은
 - ㉠ 용량, 주파수, 전압 등의 정격이 같을 것
 - ㉡ 권선의 저항, 누설 리액턴스, 여자전류 등이 같을 것

(1) $\Delta - \Delta$ 결선방식

(가) 장점

- ① 제3고조파 전류가 Δ 결선내를 순환, 정현파 교류전압을 유지, 기전력의 왜곡이 없다. (유도장애가 없다)
- ② 1상이 고장나면 2대로 V결선하여 사용가능 (부하를 70.7%만 공급가능)
- ③ 각 변압기의 상전류가 선전류의 57.7%가 되어 대전류에 유리

(나) 단점

- ① 중성점을 접지할 수 없어 지락사고의 검출이 곤란
- ② 지락사고시 고장전류가 작아 GPT를 사용
- ③ 변압비가 다르면 순환전류가 발생한다.
- ④ 각 상의 임피던스가 다르면 부하가 평형이 되었어도 변압기 부하전류는 불평형

(2) Y - Y 결선방식

(가) 장점

- ① 중성점을 접지할 수 있으므로 단절연방식을 채택할 수 있다.
- ② 상전압이 선간전압의 $1/\sqrt{3}$ 이되어 고전압의 결선에 적합
- ③ 변압비 권선임피던스가 틀려도 순환전류가 흐르지 않는다.

(나) 단점

- ① 제3고조파 발생한다. (통신선에 유도장애)
- ② 기전력의 파형은 제3고조파를 포함한 왜형파가 된다.

(3) $\Delta - Y$ 결선방식

- ① 2차 권선의 전압이 선간전압의 $1/\sqrt{3}$ 이고 승압용에 적당

- ② 즉 Δ - Δ 결선과 Y-Y결선의 장점을 갖음
- ③ 30° 의 위상변위로 1대가 고장이 나면 전원 공급이 불가능

(4) Y- Δ 결선방식

- ① 강압 변압기에 적당하고 1차권선의 전압은 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이다. 즉 높은 전압을 Y결선으로 하므로 절연이 유리하다.
- ② Δ - Δ , Y-Y결선의 장점이 있음

(5) V-V결선방식

- ① Δ - Δ 결선에서 2대의 변압기로 운전 가능
- ② 이용율 $\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.866$ 으로 떨어져서 3상 부하의 배의 설비용량이 필요하다.

나. 전철용 변압기

- ① 전철용변압기는 전기차의 운전용전력을 공급하기 위한 것으로서 부하의 변동이 극심하며 급전회로의 사고시 대단히 큰 단락전류가 흐르는 등 일반 전력용변압기에 비하여 가혹한 사용을 하게되는 특이성이 있다.
- ② 전철용 변압기는 전화방식에 따라 교류를 직류로 변환하여 전기차에 공급하는 직류변전소용과 교류를 직접 전기차에 공급하는 교류변전소용으로 구별된다.

(1) 직류변전소 정류기용 변압기

(가) 3상 전파정류(6 pulse)용

- ① Δ - Δ 결선방식
 - ㉠ 서울지하철 1,2호선에서 채용한 방식으로 가장 간단한 구조
 - ㉡ 2차측 대전류 공급에 적합한 방식이다.
- ② Δ -Y 또는 Y- Δ 결선방식
 - ㉠ 2차측 Y결선방식은 수은정류기를 사용하는 3상 반파정류 방식에서 중성점을 부극(-)으로 사용하기 위한 방식이었으나 3상 전파정류 방식에서는 변압기 중성점의 접지가 불가능하여 잘 사용되지 않는다.
 - ㉡ 1차측 Y결선방식은 우리나라 지하철에 적용사례 미확인

(나) 6상 전파정류(12 pulse)용

- ① 4권선(Δ - Δ , Y- Δ) 방식
 - ㉠ 특고압 1차전원 입력을 변압기 내부에서 Δ - Δ 와 Y- Δ 로 된 2뱅크의 변압기로 각기 분리하여 변성하면 변압기에서의 2차출력은 2뱅크 상호간 30° 의 위상차를 갖는다.
 - ㉡ 2뱅크의 변압기 2차출력을 각각 3상 전파정류하여 직류측 출력을 직렬 또는 병렬로 합하면 6상 전파정류의 출력파형과 같은 위상차 30° 인 12pulse의 맥동을 가진 직류가 얻어진다.
 - ㉢ 서울지하철 3,4호선에서 채용하고 있는 방식이다.
 - ㉣ 2차전압은 대략 직류 표준전압의 110[%]를 1.35로 나눈값 정도로 되며 2뱅크인 정류기 직류출력측을 직렬로 하여 사용하는 시스템에서는 그 1/2이 된다.
- ② 3권선(Δ - Δ , Y)방식
 - ㉠ 특고압인 1차권선을 Δ 결선으로 하고 선간전압과 임피던스를 갖게한 Δ 결선인 2차권선, Y결선인 3차권선을 갖추면 3차권선은 2차권선과 30° 의 위상차를 갖게된다.
 - ㉡ 2차권선과 3차권선의 출력을 각각 3상 전파정류하여 정류기 출력을 서로 합하면 결국 6상 전파정류의 출력파형과 같은 12pulse의 맥동을 가진 직류가 얻어진다.
 - ㉢ 4권선방식과 비교시 변압기가 단일체로 되고 1차권선을 공유하게 되므로 경량, 소형화할 수 있는 장점이 있다.
 - ㉣ 최근 건설되는 도시철도는 2뱅크의 정류기 출력을 직렬로 하여 정류기의 절연에 보다 유리한 3권선 변압기방식이 주로 채용되고 있다.
 - ㉤ 2뱅크의 정류기 출력을 병렬로 하는 경우는 2차권선과 3차권선간의 임피던스 차이에 의하여 내부순환 전류가 발생, 변압기를 과열시킬 우려가 있어 리액터를 통하여 결합하여야 하는 등 설계상 세심한 주의를 기울여야 한다.

(다) 실리콘정류기용 변압기의 정격



- ① 전철부하는 그 변동이 매우 심하며 전차선로나 전기차의 고장시 매우 큰 단락전류가 흐를 수 있는 기회가 많고 이에 견디어야 하기 때문에 단시간 과부하내량이 필요하다.
- ② 정류기와 변압기를 조합하여 사용하기 때문에 변압기의 용량은 정류기와의 협조에 따라 달라진다.
- ③ 사이리스타 변환장치를 사용하는 경우는 JEC 188 (일본전기학회·전기규격조사회에서 제정한 규격)에서 D, E종 정격을 전철부하의 특수성에 비추어 가장 적절한 정격으로 보고 있다.

④ 표준정격의 종류 (JEC 188)

정격의종류	시험조건
C	정격출력 연속 100% 인가하여 온도상승이 멈추어진 후 정격 직류전류의 150% 2시간 및 200% 1분간
D	정격출력 연속 100% 인가하여 온도상승이 멈추어진 후 정격 직류전류의 150% 2시간 및 300% 1분간
E	정격출력 연속 100% 인가하여 온도상승이 멈추어진 후 정격 직류전류의 120% 2시간 및 300% 1분간

- ⑤ 위 표 이외의 시험조건을 요하는 특수한 정격을 구별할 필요가 있을 때에는 S라는 기호를 사용한다.
- ⑥ A~E종 정격에서는 정격출력의 100%를 연속부하하여 더 이상 온도상승이 증가하지 아니하는 때 과부하정격의 시험을 행하게 되어있다.

(2) 교류변전소 급전용 변압기

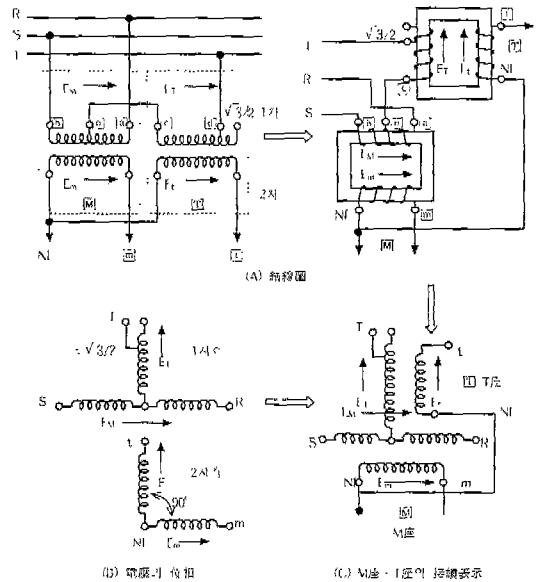
단상교류 전철의 급전회로는 레일을 도체로 사용하므로 전기차의 귀선전류가 레일로부터 대지로 누설되어 철도선로와 병행한 통신선로에 유도장애를 준다. 이를 해결하기 위해 통신선은 케이블화하고 起誘導측은 누설전류가 경감되도록 급전회로를 구성한다.

당초에는 흡상변압기(BT : Booster Transformer)

와 급전선(Negative Feeder)으로 구성된 [흡상 변압기 급전방식(BT방식)]으로 출발(中央線 電 鐵化)하였으나 지금은 단권 변압기(AT : Auto Transformer)를 사용하여 변전소 급전전압을 2배로하고, 고신뢰도, 대용량 부하와 고속에 적합한 [단권 변압기 급전 방식(AT방식)]이 표준으로 쓰이고 있다.

(가) 스코트결선 변압기

(그림) 스코트 결선 변압기의 회로



① 원리

- ① 3상에서 큰 단상전력의 부하를 필요로 하는 경우 3상전원의 1상에만 부하가 걸려 3상전원의 불평형이 생기게 된다.
- ② 이러한 경우 단상변압기를 2대 사용하여 3상에서 2상으로 변환하여 3상회로의 전원에 평형부하가 되도록 하는 방식으로 스코트결선이 있다.
- ③ 2개의 단상변압기를 써서 변압기 1차권선의 중점에서 리드선을 인출하여 변압기 1차권선단자에 연결
- ④ 변압기 1차권선 권선의 $\sqrt{3}/2=0.866$ 이 되는 점에 단자를 설치

다음호에 계속됩니다.