

송전과 변압

발전소의 발전기는 용량에 따라 차이는 있지만 10~20 kV 정도의 전압으로 전력을 생산한다. 그리고 발전소 근처의 변전소에서 전압을 154 kV, 345 kV, 765 kV로 높여 송전한다. 전압을 수백 kV로 높여서 보내는 까닭은 무엇일까?

☞ 좋은 수업을 위한 제안

실제 적외선 사진기로 전류의 열 작용을 직접 보여 주어 학생들의 이해를 도울 수 있다.

● 적외선 사진

물체가 내는 적외선의 온도를 감지하여 온도에 따라 여러 가지 색으로 나타나는 사진

⊕ 보충 고전압으로 송전하는 까닭

① 송전 과정에서 발생하는 손실 전력은 송전선의 저항에 비례하고, 전류의 제곱에 비례하므로 손실 전력을 줄이려면 전선의 저항이나 전류의 세기를 줄여야 한다.

② 송전선의 전기 저항은 송전선이 굵을수록 작아지는데, 송전선이 굵어지면 송전선의 무게가 무거워져 송전탑을 설치할 때 드는 비용이 늘어난다. 따라서 전기 저항보다는 전류의 세기를 감소시켜 전력 손실을 줄이는 방법이 더 효율적이다.

③ 전력이 일정할 경우 전압을 높이면 전류의 세기가 감소한다. 송전 전압을 높이면 송전할 수 있는 전력을 증가시키면서도 송전선에 흐르는 전류가 작아져 송전선에서 발생하는 열을 줄여 손실 전력을 감소시킬 수 있다. 따라서 전력 손실을 줄이기 위해서는 높은 전압으로 송전해야 한다.

손실 전력($P_{\text{손실}}$)

$$P_{\text{손실}} = I^2 R = \left(\frac{P_0}{V} \right)^2 R$$

생산 전력: P_0

송전 전압: V

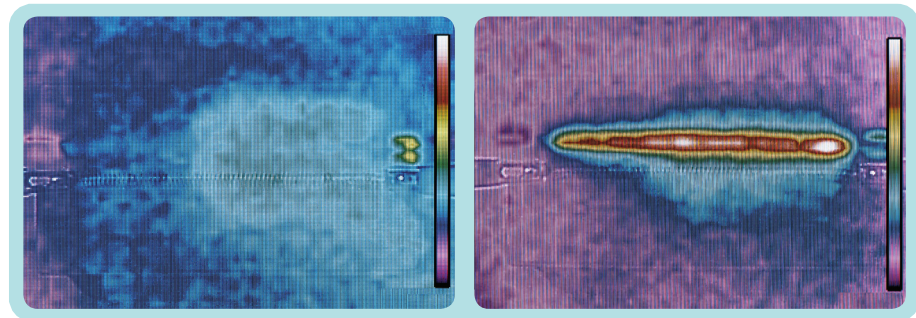
송전 전류: I

전선 저항: R

해 보기

전선에서 발생하는 열

그림 (가), (나)는 니크롬선에 전지를 연결한 후 스위치를 닫기 전과 후의 모습을 촬영한 적외선 사진을 나타낸 것이다. (단, 보라색에서 빨간색으로 갈수록 온도가 높다.)



(가) 스위치를 닫기 전

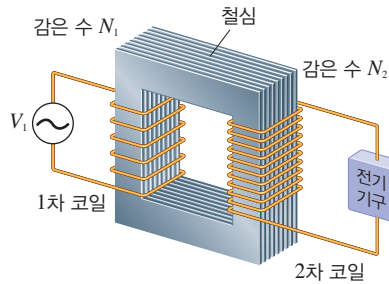
(나) 스위치를 닫은 후

- 그림 (가), (나)를 보고 니크롬선의 색이 달라진 까닭을 설명해 보자.
 - ➡ (가)는 전류가 흐르지 않기 때문에 원래 니크롬선의 낮은 온도인 푸른색을 나타내고, (나)는 전류가 흘러 니크롬선의 저항
 - 니크롬선에서 에너지는 어떻게 전환되었는가? 에 의해 열이 발생하여 높은 온도인 빨간색을 나타낸다.
 - ➡ 전기 에너지의 일부가 열에너지로 전환되었다.

니크롬선에 전류가 흐르면 니크롬선의 저항에 의해 열이 발생하여 전기 에너지의 일부가 열에너지로 전환된다. 이때 니크롬선에 흐르는 전류의 세기가 클수록 열이 많이 발생한다. 마찬가지로 수십 km에 달하는 송전선에 수십만 kW의 전력을 보내는 경우에도 전류에 의해 송전선에서 열이 발생한다. 이때 손실되는 전력은 전류 세기의 제곱에 비례하므로 전류의 세기가 클수록 많은 양의 전력이 열로 손실된다. 따라서 손실되는 전력을 줄이기 위해서는 송전선에 흐르는 전류의 세기를 작게 해야 한다. 일정한 전력을 송전하는 경우 전압을 높이면 전류의 세기를 작게 할 수 있다. 즉, 전력 손실을 줄이기 위해서는 높은 전압으로 송전하는 것이 필수적이다.

그런데 고전압으로 송전된 전력을 그대로 사용하면 위험하므로 낮은 전압으로 바뀌어야 한다. 따라서 가정이나 사업장에 가까운 곳에는 전압을 낮추는 변전소가 필요하다.

변전소에서는 변압기를 이용하여 필요에 따라 전압을 높이거나 낮춘다. 변압기는 |그림 IV-35|와 같이 얇은 철판 여러 장을 붙인 모양의 철심 양쪽에 코일을 감은 구조로 되어 있다. 변압기에서 교류가 입력되는 부분을 1차 코일이라 하고, 전기 기구가 연결되어 사용되는 부분을 2차 코일이라고 한다. 1차 코일에 교류가 입력되면 자기장의 변화가 생겨 철심을 통해 2차 코일에 전류가 유도된다. 이때 1차 코일에 걸리는 전압과 2차 코일에 유도되는 전압의 비는 1차 코일의 감은 수와 2차 코일의 감은 수의 비와 같다.



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$V_2 \rightarrow$ 2차 코일이 1차 코일보다 많이 감기면 승압 변압기이고, 2차 코일이 1차 코일보다 덜 감기면 감압 변압기이다.

|그림 IV-35| 변압기의 구조

확인 변압기의 역할은 무엇인가?

→ 높은 전압을 낮은 전압으로 바꾸는 역할을 한다.

➤ 보충 변압기의 종류

변압기는 용도와 구조에 따라 여러 가지가 있다. 송전용 변압기와 배전용 변압기 외에도 안정성이 높아 병원, 호텔, 극장, 학교 등의 실내에서 사용하는 건식 변압기가 있다. 또 지하에 절연 케이블을 이용하여 전기를 공급하는 패드 변압기는 주택 지역, 상가, 병원, 공장 지대에 설치되며 기후의 영향을 적게 받는다.

➤ 보충 변전소의 기능

변전소는 전력 수송 과정의 중간에 위치하여 송전 전력의 집중과 배분, 전압 조정, 그밖에 송전에 필요한 각종 기기들을 보호하는 중요한 역할을 수행하고 있다.

➤ 보충 교류 송전

발전소에서는 전압을 쉽게 변화시킬 수 있는 교류로 송전한다. 교류는 가정의 콘센트 구멍에서 (+), (-)를 구분하지 않아도 되므로 사용이 편리하다. 그러나 실제 전기 제품은 교류가 아닌 직류가 공급되어야 안전하게 작동하기 때문에 교류를 직류로 바꾸어 주는 전기 소자인 정류자가 내장되어 있다.

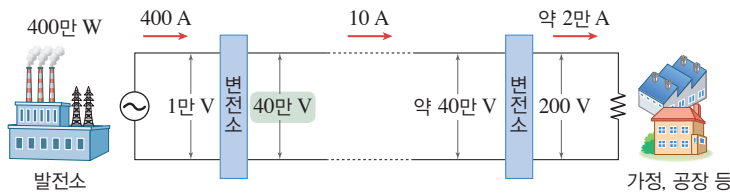


자료실

송전 전압에 따른 전력 손실

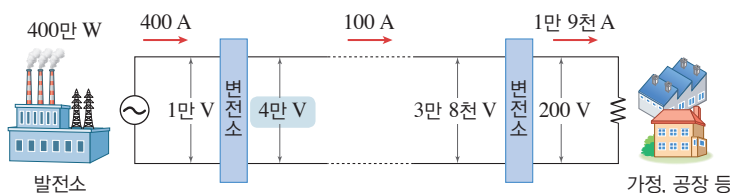
발전소에서 1만 V의 전압으로 생산한 전력이 400만 W로 일정하고, 송전선의 저항은 총 20 Ω이라고 하자. (가)와 (나)에서 손실되는 전력을 비교하면 40만 V로 높여 송전한 경우가 4만 V로 높여 송전한 경우에 비해 송전선에서 손실되는 전력이 $\frac{1}{100}$ 로 작다.

(가) 송전 전압이 40만 V인 경우



송전선에 흐르는 전류는 $\frac{400\text{만 W}}{40\text{만 V}} = 10\text{ A}$ 이다.
이때 손실 전력은 $(10\text{ A})^2 \times 20\ \Omega = 2000\text{ W}$ 가 된다. 따라서 손실 전력은 송전 전력 400만 W의 0.05 %에 해당하므로 거의 손실이 없다.

(나) 송전 전압이 4만 V인 경우



송전선에 흐르는 전류는 $\frac{400\text{만 W}}{4\text{만 V}} = 100\text{ A}$ 이다.
이때 손실 전력은 $(100\text{ A})^2 \times 20\ \Omega = 200000\text{ W}$ 가 된다. 따라서 손실 전력은 송전 전력 400만 W의 5 %이다.