

태양광 발전 송전설비 설계



글 이 현 화 (회원 No.8532)
한빛디앤에스(주) 대표이사/공학박사, 기술사

II 송전용 변압기 용량 선정 및 결선방식 선정

1. 변압기효율과 부하율의 관계

변압기 효율은 전압변동률과 함께 변압기의 특성을 나타내는 중요한 요소이다. 전동기와 같은 회전기에는 변압기의 여러 손실들 외에 회전자찰손실 등의 기계손이 있는 반면 정지기인 변압기에는 기계손이 없기 때문에 같은 유도기인 유도 전동기 보다 효율이 훨씬 더 높아서 전력용 변압기의 경우 적어도 97[%] 이상이 된다.

1) 규약효율

① 기기에서 효율이란 입력과 출력의 비로써 직접 측정하여 나타내는 것이 보통인데 이를 실측효율이라 한다.

$$\text{실측효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$$

② 한편 직접 측정이 곤란한 경우에는 입력을 출력과 손실의 합으로 나타내는 방법을 채택하는데 이를 규약효율이라 한다.

$$\bullet \text{ 규약효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$$

$$\bullet \eta = \frac{P_o}{P_o + P_i} \times 100 = \frac{P_o}{P_o + P_i + P_c} \times 100 [\%]$$

여기서 부하전류 I_b 일 때

$$- \text{출력 } P_o = V_2 I_b \cos\theta [W] \langle \text{단상} \rangle$$

$$P_o = \sqrt{3} V_2 I_b \cos\theta [W] \langle 3\text{상} \rangle$$

$$- \text{손실 } P_i = P_i + P_c [W]$$

$$- \text{철손 } P_i [W] \langle \text{단상 혹은 3상} \rangle$$

$$- \text{동손 } P_c = R I_b^2 [W] \langle \text{단상} \rangle \quad P_c = 3 R I_b^2 [W] \langle 3\text{상} \rangle$$

2) 최대 효율 조건

① 일반적으로 변압기는 전부하로 운전하는 경우보다는 그보다 낮은 부하율에서 운전되는 것이 보통이다. 따라서 해당 변압기의 평균적인 부하율에서 효율이 최대가 되도록 하는 것이 변압기 운전에서는 중요한 요소가 된다.

② 정격전류를 I_n , 현재의 부하전류를 I 라 하면 부하율은

$$m = \frac{I}{I_n} \times 100 [\%] \text{이다.}$$

③ 철손은 부하율에 관계없이 항상 일정하고 동손은 부하율의 제곱에 비례한다.

$$P_i = \text{일정}$$

$$P_m = R I_n^2$$

$$P_c = R I^2 = R I_n^2 \times 100 \sqrt{\frac{P_c}{P_m}} \times 100 [\%] \text{이다.}$$

즉, 부하율은 $m = \frac{I_2}{I_{2n}} \times 100 = \sqrt{\frac{P_c}{P_m}} \times 100[\%]$ 이다.

④ 부하율일 m 일 때의 효율은 다음처럼 표현된다.

$$\eta = \frac{mP_{on}}{mP_{on} + P_i + m^2P_{on}} \times 100$$

$$= \frac{V_2I_2\cos\theta}{V_2I_2\cos\theta + P_i + RI_2^2} \times 100$$

단, $P_{on} = V_2I_{2n}\cos\theta[W]$ 는 정격출력

⑤ 부하율을 변수로 할 때 효율이 최대가 되는 부하율을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{d\eta}{dI_2} = \frac{d}{dI_2} \cdot \frac{V_2I_2\cos\theta}{V_2I_2\cos\theta + P_i + RI_2^2} \times 100$$

$$= \frac{V_2\cos\theta \times [V_2I_2\cos\theta + P_i + RI_2^2] - V_2I_2\cos\theta \times [V_2\cos\theta + 2RI_2]}{[V_2I_2\cos\theta + P_i + RI_2^2]^2}$$

$$\times 100 = c$$

여기서 분자를 0으로 두면

$$[V_2I_2\cos\theta + P_i + RI_2^2] - I_2 \times [V_2\cos\theta + 2RI_2] = 0$$

$$P_i - RI_2^2 = 0$$

즉, $P_i = RI_2^2 = P_c$ 로서 철손과 동손이 같아질 때에 효율이 최대가 됨을 알 수 있다.

⑥ 한편 최대효율시 $P_c = P_i$ 이므로 이때의 부하율은

$$m = \frac{I_2}{I_{2n}} \times 100 = \sqrt{\frac{P_c}{P_m}} \times 100 = \sqrt{\frac{P_i}{P_m}} \times 100$$

$$= \sqrt{\frac{\text{철손}}{\text{정격부하시의 동손}}} \times 100$$

⑦ 정격부하시의 동손과 철손과의 비를 손실비라 하는데 대략 다음과 같다.

$$\text{손실비(Loss ratio) } LR = \frac{P_m}{P_i} = \frac{1}{m^2} = 1.6 \sim 6$$

따라서 손실비에 의하면 최대효율이 되는 부하율은 대략 아래와 같이 된다.

$$m = \sqrt{\frac{P_i}{P_m}} = \sqrt{\frac{1}{LR}} = \sqrt{\frac{1}{1.6 \sim 6}} = 46 \sim 86[\%]$$

3) 변압에 용량의 선정

① 건설비 절감과 경제성을 고려하여 일반적으로 m 계수를 0.8~0.85%가 적당하다.

② 태양광발전소에서 일부 설계자는 모듈의 용량과 변압기의 용량을 1:1로 선정하는 경우가 있는데 이는 효율저하와 변압기 과부하로 인하여 수명단축가능성이 있다.

③ 전라남북도와 경상남도 지역에서는 맑은 봄날에는 일사량이 1400W/m²까지도 2~3시경 경우도 있어 25~30% 정도의 변화 용량은 크게하여야 한다.

4) 변압기별 특성(물드형)

구분	물드변압기			
	일반 물드 변압기	아몰퍼스 물드 변압기	고효율 물드 변압기	
권선절연물	B종(130℃) Epoxy Resin	B종(130℃) Epoxy Resin	B종(130℃) Epoxy Resin	
온도 상승	유 온 권선온도	-	-	
절연특성	안정	안정	안정	
사용장소	육내	육내	육내	
철심재질	규소강판(G-11)	아몰퍼스	규소강판(HGO)	
1,750kVA 기준	무부하손실	4,800W	1,150W	2,800W
	부하손실	14,500W	13,000W	12,600W
	총전력손실	크다(19,300W)	보통(14,150W)	작다(15,400W)
상대적인가격(%)	100	170	140	
소음	보통(66)	높다(68)	작다(56)	
충격내전압(24KV급)	95kV	95kV	95kV	

2. 변압기뱅크 방식의 선정

1) 1대의 변압기에 의한 송전방식

• 변압기 1대에 의해 공급하는 방법이 가장 많이 채용되고 있다.

• 이 방식은 가장 경제적이지만 변압기의 고장이 생겼을 때 송전의 정전시간이 길어지는 단점이 있다.

• 발전용량 1000kva 이하 일 때 많이 사용되고 있다.

2) 2대의 변압기에 의한 송전 방법

• 2대의 변압기를 사용하여 송전의 신뢰도를 향상 시키는 방법이다.

• 이 방식에서는 각 변압기의 단독운전과 병렬운전의 두 가지 운전방식이 채택되고 있고 병렬운전 경우의 단락전류는 단독운전 경우의 2배가 된다.

- 발전용량 1000kva 이상인 경우

3. 결선방식

1) Δ - Δ 결선방식

- 장점
 - 제3조파 전류가 Δ 결선 내를 순환하므로 정현파 교류 전압을 유지하여 기전력이 왜곡을 일으키지 않는다(유도장해 없음).
 - 1상분이 고장나면 나머지 2대로 V결선할 수 있다.(부하를 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 로 줄여서 공급가능)
 - 각 변압기의 상전류가 선전류의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이 되어 대전류에 적당하다.
- 단점
 - 중성점을 접지할 수 없으므로 지락사고의 검출이 곤란하다(비 접지 방식이므로 고장전류 적음).
 - 변압비가 다른 것을 결선하면 순환전류가 흐른다.
 - 각 상의 권선 임피던스가 다르면 3상 부하가 평행 되어도 변압기의 부하전류는 불평형이 된다.

2) Y-Y 결선 방식

- 장점
 - 중성점을 접지할 수 있으므로 단절연방식을 채택할 수 있다.
 - 상전압이 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이 되어 고전압의 결선에 적합한다.
 - 변압비, 임피던스가 서로 틀려도 순환전류가 흐르지 않는다.
 - 제3조파 여자전류의 통로가 없으므로 유도기전력이 제3조파를 함유하여 중성점을 접지하면 통신선에 유도장해를 준다.
 - 기전력 파형은 제3조파를 포함한 왜형파가 된다.

3) Δ -Y 결선방식

- 2차 권선의 정압이 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이고 승압용에 적당하다.
- 즉 Δ - Δ 결선과 Y-Y결선의 장점을 갖고 있음
- 30° 의 위상변위가 있어서 1대의 고장이 나면 전원 공급 불가능
- 태양광발전 및 분산형 전원 시스템에서는 이 방식을 사용한다.

4) Y - Δ 결선방식

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

다음호에 계속 ◆◆

