

제55회 발송배전기술사 문제 해설 ②

◆ 자료제공 : 서울공과대학원

[☎ 02)676 · 1113~4]

글/기술사 용인송담대 교수 유상봉

기술사 두원공대 교수 김세동

본 시험정보는 '98. 7. 12 시행한 국가기술사
격검정 기술사분야에 출제된 1교시 ~ 4교시의
시험문제로서 2교시를 발췌하여 게재합니다.

[출판과]

2 교 시

【문제 1】 변압기의 돌입전류란 무엇이며 발생이
유를 이론적으로 설명하시오.

1. 변압기의 여자돌입전류

변압기의 여자돌입전류는 변압기를 전력회로에
접속하기 위하여 투입하는 경우 및 회로에 접속된
변압기의 전압이 급격하게 변화한 경우에 발생하
는 것으로서 과도여자전류를 가리키는 것이다. 여
자돌입전류는 변압기 철심의 비직선성 자기특성에
의해 발생하는 것으로서 그 크기는 다음의 조건에
따라 변화하며 많은 경우는 변압기 정격전류의 8
~10배가 되기도 한다.

(1) 여자돌입전류의 크기를 변하게 하는 조건

- 변압기 여자시(투입시 또는 전압급변 상승
시)의 전압위상 : 최악의 조건으로서는 전압
이 영위상인 경우에 투입하는데 있다.
- 철심재료 : 사용 철심재료의 포화자속곡선이
크게 경사되어 여자전류를 크게 필요로 하는
특성의 것으로서 상시 철심이 포화에 가까운
자속밀도에서 사용되는 경우에 크게 된다.
- 변압기 철심내 잔류자속의 크기와 +, -의
방향 잔류자속이 큰 경우가 나쁜 조건이 된다.
- 전원의 크기, 회로, 임피던스, 투입전압의 값
등을 생각할 수가 있다.

(2) 여자돌입전류의 파형과 크기

실제의 변압기에서는 권선저항 등에 의한 댐
핑에 의해 제2고조파분은 다소 증가하게 되나
일반적으로는 다음과 같다.

- 기본파분 : 100%에 대해서
- 직류분 : 50~60% 전후
- 제2고조파분 : 30~50% 이상
- 제3고조파분 : 제2고조파분의 1/2정도
- 제4고조파분 이상 : 적다.

여자돌입전류의 크기는 전압 0에서 투입이
시행되고 잔류자속과 벡터적으로 중첩된 경우
최대가 되며 정격전류의 10배 정도에 달하기도
한다.

(3) 여자돌입전류의 계속시간

회로의 저항분, 외전류, 히스테리시스 등에 의한 손실에 따라 서서히 감소하나 대용량의 변압기는 저항분(r)이 인덕턴스분(L)에 비해 적기 때문에 시정수(T)는 커지게 되어 감소시간은 길어지게 된다.

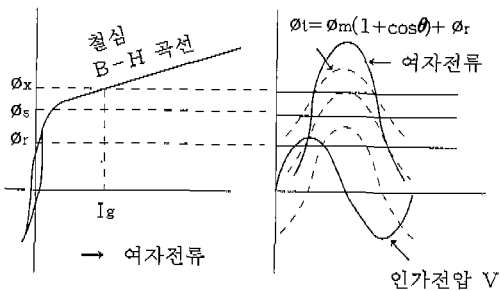
감소시간을 일률적으로 나타내기는 어려우며 짧은 경우는 10사이클 정도, 긴 경우는 1~2분 정도가 되기도 한다.

2. 여자돌입전류의 발생이유

여자돌입전류의 발생현상은 아래 그림에 표시된 바와 같이 철심의 B-H곡선과 투입전압(여자전압)에 대한 철심자속의 관계에서 이해하는 것이 좋다.

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 무부하 변압기 V의 전압을 인가한 경우 ϕ_m 에서 나타난 바와 같은 자속이 ϕ_m' 에 나타난 바와 같이 영 레벨부터 변화한다.

이 ϕ_m' 는 투입전압의 위상각 θ 에 따라 변화하며 $\phi_m' = \phi_m(1 + \cos \theta) + \phi_r$ 의 식으로 나타낼 수 있다.



최대의 여자돌입전류를 발생하는 투입위상(θ) = 0° 잔류자속 정(正)의 경우의 예

그러나 변압기의 철심에는 정지전의 운전에서 발생 한 잔류자속(ϕ_r)이 있기 때문에 전자의 ϕ_m' 은 ϕ_r 과 중첩하여 총합된 자속(ϕ_t)가 되어 여자전류를 발생하게 된다. 그림에서는 잔류자속을 +방향으로 하였으나, -방향의 경우도 있기 때문에 총합자속(ϕ_t)을 나타내는 식은

$$\phi_t = \phi_m(1 + \cos \theta) + \phi_r \text{ 이 된다.}$$

문제의 여자전류는 총합자속(ϕ_t)에 의해 흐르게 된다. 과도기적인 여자돌입전류는 부하를 접속한 채로 변압기를 여자하는 경우나, 값은 적으나 운전중의 변압기가 외부단락사고의 발생 혹은 제거시의 전압 변화에 의해서도 발생하게 된다.

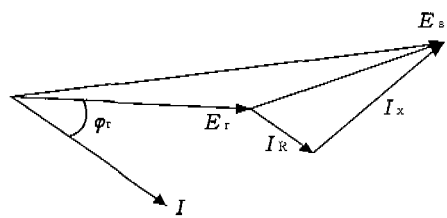
【문제 2】 송전선의 페란티 효과란 무엇이며 발생 효과를 설명하시오.

1. 페란티 현상

장거리 송전선로에서는 분포 정전용량의 영향이 크게 나타난다. 특히 무부하의 송전선로를 충전할 경우에는 문제가 많다.

부하의 역률은 일반적으로 지상 역률이기 때문에 상당히 큰부하가 걸려 있을 때에는 전류가 전압보다 위상이 뒤져 있는 것이 보통이다. 아래 그림처럼 지상전류가 송전선이나 변압기를 흐르게 되면 송전단 전압은 수전단 전압보다도 높아진다.

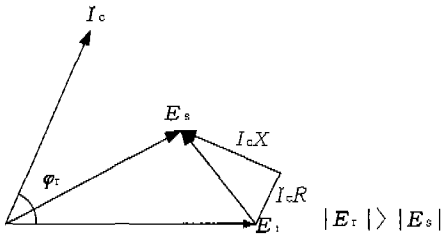
그런데 부하가 아주 작을 경우 특히 무부하의 경우에는 선로의 정전용량 때문에 전압보다 90° 앞선 충전전류의 영향이 커져서 선로를 흐르는 전류가 진상으로 되는 수가 있다.



$$|E_s| > |E_r|$$

즉, 수전단은 개방되어 있으므로 부하전류는 흐르지 않고 송전단으로부터 선로의 충전전류 I_c가 흐른다. 이 전류 I_c와 선로의 자기 인덕턴스에 의한 기전력 때문에 수전단 전압은 송전단 전압보다도 높아진다. 이러한 현상을 페란티현상(또는 효과)이라고 부른다.

이 현상을 벡터도로 살펴보면 다음과 같다.



E_r 은 수전단의 Y전압이다. 충전전류 I_c 는 수전 단 전압 E_r 보다 ϕ_r 만큼 앞서 있다.

선로의 저항에 의한 전압강하($I_c R$)는 I_c 와 평행 이고, 선로의 리액턴스에 의한 전압강하($I_c X$)는 I_c 보다 위상이 90° 앞선다.

E_r , $I_c R$ 및 $I_c X$ 를 합성해서 송전단 전압 E_s 를 구해보면 이것은 그림에서 보는 바와 같이 이러한 경우에는 수전단의 전압이 송전단 전압보다 높아진다.

2. 발생효과

일반적으로 이러한 현상은 송전단의 단위 길이 당 정전용량이 클수록, 또 송전선로의 길이가 길어질수록 현저해진다. 그 결과 선로내의 전압은 송전단이 제일 낮고 송전단으로부터 멀리 떨어질수록 점점 높아지며 수전단의 개방단에서 최고값을 보이게 된다.

또, 장거리 무부하 송전선을 시충전 할 경우에는 E_r 가 정격전압에 같게 되게끔 E_s 로 충전하는 것이 보통인데, 이때 1상당의 충전용량은 $W_s = E_s I_c$ 로 되는데

$$|W_s| = E_s^2 \left| \frac{C}{A} \right| \text{로 계산할 수 있다.}$$

【문제 3】 변류기의 2차측 단자를 운전중에 개방하면 안된다고 한다. 그 이유를 이론적으로 설명하시오.

1. 개요

변류기의 이상현상은 다음과 같은 것이 있다.

(1) 선로 이상전압 내습과 2차측 유도

(2) 2차 개로에 의한 이상현상

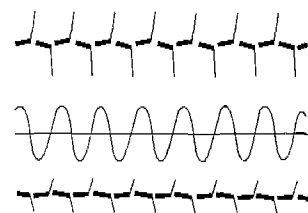
(3) 선로 단락과 전류의 유입에 의한 파괴

이들은 모두 절연을 악화시키고 수명을 단축시키는 원인이 된다. 선로의 상태에 따라 적당한 변류기를 선정하고 필요하다면 보호장치를 병용한다.

이중에서 2차개로시의 이상현상에 대하여 설명하면 다음과 같다.

2. 변류기 2차개로시의 이상현상

정상시의 변류기 2차측은 전류계와 같은 낮은 임피던스로 단락되어 있다. 그러므로 2차유기전압은 수십V 정도로 낮으므로 거기에 필요한 1% 정도의 여자 암페어턴을 남기고, 대부분 2차암페어턴에서 1차암페어턴을 상쇄하고 있다. 그런데, 1차전류가 흐르고 있는 상태에서 2차측을 개방하거나, 만일 1차측의 임피던스가 높아지면 (실험실 이외의 선로에 접속되어 있는 상태는 대체로 적합하다) 결국 같은 1차전류가 계속 흐르게 되므로, 2차의 역기자력은 0이 되어 1차암페어턴은 전부 여자 암페어턴이 된다. 이 경우에는 2차측 유기전압이 아주 커지게 되고 철심은 극도로 포화한다. 2차를 개로한 경우의 전압, 전류의 파형의 일례를 아래의 그림에 나타냈다.



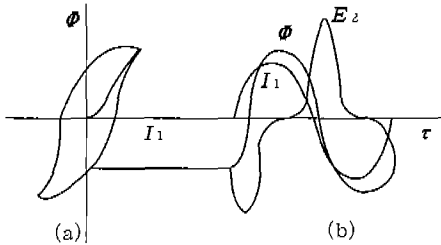
변류기 2차 개로 파형

1차전류가 I_1 인 경우, 2차전압 V_2 와 1차전압 V_1 은 뾰족한 파형이 된다. 지속 ϕ 와 1차전류 I_1 과의 관계를 아래 그림(a)로 하면, ϕ 는 철심포화 때문에 그림(b)와 같은 편평한 파형이 된다. 2차유기전압 E_2 는 ϕ 의 시간적 변화에 비례하고,

$$E_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \text{ 이기 때문에 (b)의 곡선과 같이}$$

극히 뾰족한 파형의 이상 고전압을 유기하게 된

다. 이 때문에 철손이 증대하고, 철심은 현저하게 온도가 상승하고, 2차권선 자체나 계기의 절연을 파괴하여 위험하게 된다.

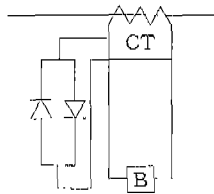


변류기 2차개로

사실 실효치나 평균치는 그다지 크지 않으나 ϕ 가 구형파에 가깝고 $\frac{d\phi}{dt}$ 는 ϕ 의 영 부근에서 대단히 크고, 파고치는 아주 높아진다. 절연파괴는 이 파고치로 결정된다. 정격전류에서 2차를 개방하면 실효치는 250V정도 되고, 700V을 넘는다. 변류기에 따라서는 3,000V 이상 되는 것도 있다.

변류기의 2차측은 1차전류가 흐르고 있는 상태에서 절대로 개로되지 않도록 주의하여야 한다.

따라서 2차개로전압을 억제하기 위해서는 적당한 보조장치가 필요하다. 아래의 그림은 셀렌 정류기를 사용한 경우를 나타낸다. 비직선저항으로 이용하고 있는 것이 있고, 500~1000V의 전압을 완전하게 방류한다. 변류기는 통상 2차측을 개방한 상태에서 1차측에 정격전류를 60초간 통하여도 그것에 의한 기계적 및 전기적으로 아무런 손상을 발생하지 않는 것을 보증하고 있다. 실수로 2차를 개로하고 곧바로 폐로했을 때는 그대로 사용해도 지장이 없다고 생각한다. 그러나 그 때문에 잔류자기를 발생시키므로 오차는 큰 것으로 보아야 한다. 2차를 개로한 때는 감자(減磁)하여 잔류자기를 제거하는 것이 필요하다.



서어지방류 또는 2차개로 보호용 비직선 저항요소

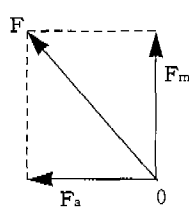
【문제 4】 동기기에서 발생하는 전기자반작용이란 무엇이며 발전기 운전중 그 역할에 따라 발전기에 어떤 영향을 주는지 대해 논하시오.

동기 발전기에 부하전류가 흐르면 전기자기자력이 주자속에 작용하여 유도기전력을 변화시켜 단자전압에 영향을 미친다. 이러한 현상을 전기자반작용이라 한다.

이것은 직류기의 전기자반작용과 거의 같지만 동기기의 경우는 유도기전력과 전기자 전류의 위상 즉, 역할에 따라 다르다.

- ① $\cos \phi = 1$: 횡축반작용 또는 교차자화작용
- ② $\cos \phi = 0$ (지역률) : 직축반작용 또는 감자작용
- ③ $\cos \phi = 0$ (진역률) : 자화작용

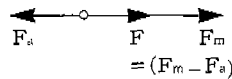
(1) 유도기전력과 전기자 전류가 동상인 경우



그림과 같이 이때의 전기자 기자력 F_a 는 제자기전력 F_m 과 직교되기 때문에 이것을 교차자화작용 또는 횡축반작용이라 한다. 합성기자력 F 는 그림과 같이 공극의 자속 분포는 회전 방향의 반대쪽으로 치우친다.

또 자극의 끝부분의 자기 포화에 의하여 감자작용이 생겨서 유도기전력은 약간 감소된다.

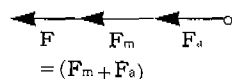
(2) 전기자 전류가 유도 기전력보다 $\pi/2$ (rad) 뒤지는 경우(지상 $\cos \phi = 0$)



전기자 자속은 제자 자속과 반대 방향으로 되어 전기자반작용은 감자작용을 하여 공극

의 자속을 감소시키는 결과 유도 기전력을 감소시켜 단자전압을 현저하게 저하시킨다.

(3) 전기자 전류가 유도 기전력보다 $\pi/2$ (rad) 앞서는 경우(진상 $\cos \phi = 0$)



전기자 자속과 제자 자속의 관계는 그림



과 같이 되고 전기자반작용은 자화작용을 하여 공극의 자속을 현저하게 증가시키게 된다.

그 결과 유도 기전력을 증가시켜 단자전압을 현저하게 상승시킨다.

(4) 임의의 뒤진 역률(또는 앞선 역률)인 경우

이 경우에는 전기자 전류의 유효분 $I \cos \theta$ 는 교차자화작용, 무효분 $I \sin \theta$ 는 감자작용 또는 자화작용을 한다. 즉, 뒤지는 전류에 의한 전기자반작용은 계자자속을 감소시켜서 유도 기전력을 작게 하고, 앞선 전류에 의한 전기자반작용은 계자자속을 증가시켜 유도 기전력은 크게 한다.

[문제 5] 대형 증기터빈발전기와 수차발전기의 차이점을 5가지 이상 항목을 선정하여 설명하십시오.

(1) 수차발전기의 회전수는 이용하는 수력지점의 낙차에 응해서 수차의 특유속도에 한계가 있어, 그 한계내에서 되도록 높게 잡지만, 대체로 150~1500[rpm] 정도이다. 이에 대하여 터빈발전기는 터빈 최종단의 동익(動翼)과 발전기 회전자의 기계적강도에서 결정된다. 터빈발전기에 채용되는 극수는 4극 또는 2극이므로 회전수는 60[Hz]의 경우 1,800[rpm]과 3,600[rpm]이다. 최근의 터빈발전기는 2극기가 많다. 증기터빈의 효율은 고속일수록 높고 발전기도 고속일수록 소형경량이 된다.

(2) 수차발전기는 극수가 많기 때문에 회전자의 구조가 돌극형이다. 돌극형은 설치가 용이하고 경제적일뿐 아니라, 필요한 축세륜 효과를 갖게 할 수 있다. 반면, 원심력에 대하여 강도가 낮고, 풍손이 크므로 고속기에는 적합하지 않다.

터빈발전기는 고속기이므로 원심력에 대하여 충분한 강도를 필요로 하기 때문에 원통형이 적당하다. 터빈발전기는 직경이 작고 축장(軸長)이 길다.

(3) 수차발전기는 저속기이므로 수소냉각의 채

용은 경제적이 아니다. 터빈발전기는 고속기이므로 수소냉각을 채용함으로써 풍손을 1/10로 감소시켜 발전기 손실중 가장 큰 비중을 점하는 풍손, 마찰손의 경감에 의하여 발전기의 효율은 0.75~1.0[%]정도 향상한다.

또, 수소가스는 열전도율, 표면 열전달율이 좋기 때문에 유효 재료의 단위중량당의 출력이 증가하고, 단기출력한도를 크게 잡을 수 있어 대용량의 제작이 가능하다. 수소냉각 외에 물, 기름을 사용한 직접 냉각방식의 채용은 이 효과를 더욱 크게 하고 있다.

(4) 수차발전기는 종축, 또는 횡축의 양자가 채용된다.

대용량 수차발전기는 유효낙차의 이용, 설치 면적의 저감 등 점에서 종축을 채용하는 경우가 많다. 터빈발전기는 구조상 일반적으로 횡축기가 채용된다.

(5) 터빈발전기는 단위 용량이 크다.

수차발전기의 단위 용량의 최대출력은 터빈발전기의 그것보다 훨씬 작다.

(6) 전기적 계통성에도 양자간에는 상당한 차이가 있다.

① 단락비

수차발전기는 일반적으로 장거리 송전선에 접속되는 경우가 많다. 선로의 충전 등 관계 때문에 단락비를 크게 잡고 있다. 보통 0.9~1.2 정도이다. 터빈발전기의 단락비는 보통 0.5~0.64 또는 이 이하로 하는 것이 많다. 단락비가 큰 기체는 크기가 크고 중량, 가격 등이 크고, 효율도 약간 떨어지지만, 전압변동률이나 안정도가 좋고 또 충전용량이 크다.

② 진상 운전 (저여자 운전)

저여자 운전에 의한 영향은 터빈발전기 쪽이 가혹하다. 주로 문제되는 점은, 안정도의 저하와 고정자 단부의 과열이다. 그러나, 최근의 터빈발전기는 계통 전압의 조절을 위하여 부득이 저여자 운전을 하지 않으면 안되는 경우가 있다. 이에 대하여는 과열방지나 고성능 자동 전압조정기의 사용 등으로 대처하고 있다. 수차발

전기에서는 진상 운전에 대하여는 터빈발전기 만큼 문제점은 없다.

③ 불평형 전류에 대한 허용도

터빈발전기에서는 불평형 부하계통의 2선단락, 2선지락, 1선지락, 단락 등의 불평형 고장에 대하여 역상 전류가 흘러 회전자 표면에 과전류를 흘리고 단부에서는 극부과열을 발생하여 기계적강도를 위협한다. 또 기계적진동을 일으키는 일이 있다.

수차발전기에서도 불평형 전류에 대해서는 같은 문제가 있지만, 터빈발전기 보다는 가혹하지 않다.

불평형 부하가 걸렸을 경우의 과도 온도상승을 수차발전기에서는 약 40[°C]로 터빈발전기에서는 약 30[°C](직접 냉각에서는 10[°C]) 이내로 눌러야 한다고 한다. 또, 장시간에 걸쳐서 불평형 부하를 거는 경우에는 그 허용할 수 있는 한도를 보통 구조의 수차발전기에서는 역상분을 15~25[%] 터빈발전기에서는 6~8[%] 이하로 억제할 것이 필요하다.

(7) 기 타

수차발전기와 터빈발전기의 상이점은 과속도의 점에 있어서는 전자가 종합 무구속 속도, 후자는 정격속도의 115[%]이며 단위 관성정수에 대하여는 전자는 10~16, 후자는 2~4이다.

[문제 6] 우리나라 345kV 초고압 변압기를 단상 단권변압기를 채용하고 있다. 이런 채택 근거에 대해 논하시오.

초고압 송전계통에서는 중성점 직접접지방식을 채용하고, 특히 1차, 2차의 양권선이 중성점 직접접지식인 경우에는 345kV 초고압 변압기로 단권변압기가 많이 사용되고 있다.

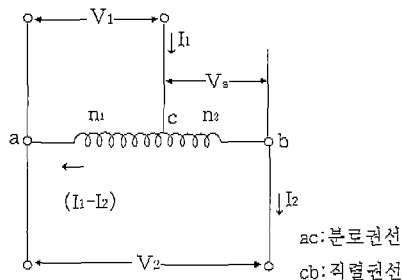
그 유리한 점을 들면 다음과 같다.

- (1) 권선을 생략하여 동선을 절약할 수 있으므로 중량, 가격이 감소하고, 또 조립수송이 간편하다.
- (2) 분로권선에는 1차와 2차의 차전류가 흘러

서, 동손이 작기 때문에 효율이 높다.

- (3) 분로권선에는 누설자속이 없으므로 리액턴스가 작아서, 전압변동률이 작고 따라서 계통의 안정도가 증가한다.
- (4) 단권변압기의 고유용량(또는 자기용량)은

$$\begin{aligned} \text{고유용량} &= \frac{\text{고압측 전압} - \text{저압측 전압}}{\text{고압측 전압}} \\ &= \text{부하용량} \times \frac{\text{직렬권선의 전압}}{\text{직렬권선의 전압} + \text{분로권선의 전압}} \\ &= \text{부하용량} \times \frac{V_s I_2}{V_2 I_2} = \text{부하용량} \times \frac{V_s}{V_2} \end{aligned}$$



$V_s < V_2$ 이므로, 부하용량(또는 선로용량)은 변압기의 고유용량보다 크다, 즉, 소용량의 변압기로서 큰 부하를 걸 수 있다.

- (5) 안전한 운전을 하기 위하여 % 임피던스를 2권선 변압기와 같이 10[%]정도로 하면, 동기가 되고 철심치수가 적어지기 때문에 아주 소형으로 된다.
- (6) 1차, 2차측 사이가 보통 변압기와 같이 절연되어 있지 않으므로, 저압측과 거의 같은 정도의 절연을 하지 않으면 안되지만, 계통연계용 변압기의 권선비가 보통 1에 가깝고, 또 중성점을 직접 접지방식에 의한 것일 때는, 저압측의 절연문제도 별로 문제가 되지 않는다.

◆ 참고로 유리한 점을 들면 다음과 같다.

- (1) 임피던스가 작기 때문에, 단락전류가 크고, 따라서 열적 기계적강도를 크게 할 필요가



있다.

(2)충격전압은 거의 직렬권선에 가해지므로, 이에 대한 적절한 절연 설계가 필요하다.

(3) 1차, 2차가 직접접지 계통이 아니면 안된다.

【문제 7】 차단기의 조작회로에는 자유인의(trip free)회로와 반복투입방지회로(anti pumping)가 포함되어 있다. 그 이유는 무엇인가?

1. 트립자유(Trip Free)

Trip free란, 최소한 접촉자의 접촉 또는 접촉자간이 arc에 의하여 주회로가 통전상태가 되었을 때, 설사 투입지령중이라 할지라도 trip장치의 동작에 의하여 그 차단기를 trip할 수 있으며, 또 trip 완료후라도 연속투입지령에 재차 투입동작을 하지 않고 일단, 투입지령을 해제한 후 다시 투입지령을 주었을 때에 비로서 투입동작이 행해지는 것을 말한다.

트립자유 방식에는 기계적 트립자유, 전기적 트립자유, 공기적 트립자유 등의 세가지 종류가 있다.

(1) 기계적 트립자유

투입기구가 전기적으로 투입측에 놓여져 있어도, 트립기구가 부세하면 차단기를 트립시킬 수 있는 것을 말한다.

즉, 차단기의 가동 접촉부를 움직이는 조작로드와 투입기의 피스톤, 플런저, 전동기 등의 연결기구를 풀어서, 접촉부가 투입동작을 하지 못하도록 한 것이다.

(2) 전기적 트립자유

전기적 투입조작의 차단기에서 투입조작회로가 부세되어 있어도, 트립기구가 부세하면 차단기를 트립시킬 수 있고, 또 투입조작회로를 그대로 닫아둔 채로 있어도 재투입하지 않는 것을 말한다.

즉, 투입회로의 부세와 동시에 트립회로의 부세가 행하여졌을 경우, 투입회로는 트립자

유 계전기 등에 의해서 개로되도록 되어 있는 방식이다.

(3) 공기적 트립자유

압축공기 투입방식으로서, 압축공기에 의한 트립자유 기구를 가진 것이다.

투입의 전자밸브 외에 트립자유 밸브가 있어, 트립기구의 부세가 행하여지면 트립자유 밸브가 동작하여, 제어밸브의 피스톤에 대하여 투입의 경우와 반대쪽으로 압축공기를 보내서, 피스톤은 동작하지 않게 하고, 주실린더의 피스톤을 누르고 있는 압축공기는 외부로 방출하도록 되어 있는 것이다.

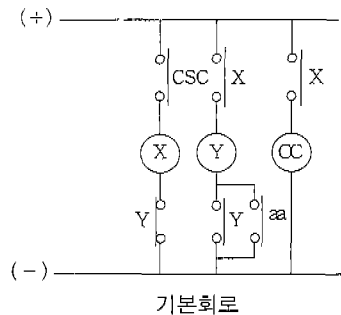
2. 펌핑 방지장치(Anti - Pumping)

트립완료한 후 계속해서 투입지령을 가하였을지라도 일단 이 투입지령을 해제하고 다시 투입지령을 가하지 않는한 투입되지 않도록 하는 장치를 말한다.

ESB 150에서는 차단기는 다음과 같이 2종류의 Trip free 장치를 갖추도록 규제하였다.

즉, trip 우선장치와 pumping 방지장치를 갖추도록 규제되어 있으며, 여기에서 trip 우선장치란 투입지령중이라 할지라도 그 차단기를 trip할 수 있는 기계적(유체압력을 이용한 것도 포함)장치를 말하며, pumping 방지장치란 일명 anti - pumping 이라 하며 이는 차단기의 trip이 완료한 후 계속해서 투입지령을 가하였을지라도 일단 이 투입지령을 해제하고 다시 투입지령을 가하지 않는한 투입되지 않도록 하는 장치를 말한다.

3. 동작설명



전기적 trip free의 기본회로는 그림과 같다. 이것은 pumping 방지 역할도 동시에 하고 있다. 그림에서 투입용 control switch (CSC)를 닫으면 차단기가 투입완료하여 보조점접aa(차단기의 동작과 기계적으로 연결된 점접 SW)가 붙는다.

aa점접에 의해서 pumping 방지계전기 ㉠가 동작하여 투입계전기 ㉡를 소세시켜 closing coil ㉢를 끊는다. 이때 차단기가 trip 동작을 하면 aa점접이 다시 열리지만 aa점접과 병렬의 Y점접이 붙어있기 때문에 CSC가 닫혀 있는 동안은 ㉠가 계속해서 여자되어 X점접이 떨어져 있다. 따라서 CC에 전류가 흐르지 않는다.

만일 Y점접이 없으면, aa가 열려 계전기가 끊어지므로 계전기에 전류가 흘러 다시 CC가 동작하고 차단기를 투입한다. 즉 투입, trip 신호가 동시에 들어갈 때 계전기가 없으면 투입, trip의 동작을 반복해서 하게 된다. 이 동작을 pumping이라 하는데 trip free는 차단기로서는 투입에 이어 바로 trip이라는 가혹한 동작을 요하지만, 실용상 투입이나 trip과 마찬가지로 전압이나 기압의 규정된 변동범위내에서 확실하게 이루어질 수 있도록 하는 것이 필요하다.

구식의 차단기는 전기적 trip free 즉, trip 신호가 오면 전기적으로 투입회로를 끊도록 되어 있지만, 현재는 기계적 trip free, 즉, 투입기구와 기계적으로 떨어져서 trip동작이 이루어지는 기구가 일반적으로 쓰여진다. 이외에 공기적 trip free나 유압 trip free도 사용된다. 이들은 대개 전기적 trip free와 함께 사용되는 것이 보통이다.

【문제 8】 수차의 캐비테이션 현상 발생원인과 방지 대책을 논하라.

(1) 캐비테이션의 발생원인

운전중인 수차 또는 펌프 수차 각 부분의 유속 및 압력은 각각 다르다. 지금 어느 부분에서의 압력이 그때의 수운의 포화 증기압 이하로 저하하면 그 부분의 물은 증발해서 수증기로 됨으로 유수중에 미세한 기포가 발생한다.

이 기포가 주위의 물과 함께 흐르게 되는데

이것이 압력이 높은 곳에 도달하면 더이상 기포 상태를 유지하지 못하고 갑자기 터져서 그 순간에 매우 높은 압력이 발생되어 부근의 물체에 큰 충격을 주게 된다. 이 충격이 되풀이 되면 드디어는 수차의 각 부분 특히 그중에서도 러너나 버킷 등을 침식하게 된다.

이 현상을 캐비테이션이라고 한다.

(2) 캐비테이션의 장애

캐비테이션이 발생하면 이로 인해 다음과 같은 장애를 일으키게 된다.

- ① 수차의 효율, 출력, 낙차가 저하된다.
- ② 유수에 접한 러너나 버킷 등에 침식이 일어난다.
- ③ 수차에 진동을 일으켜서 소음을 발생한다.
- ④ 흡출관 입구에서 수압의 변동이 현저해진다.

여기서 가장 주의하지 않으면 안 되는 것은 ②의 침식으로서 이것은 펠톤 수차에서는 너들 텃과 버킷, 프란시스 수차에서는 러너 날개 출구의 이면, 프로펠러 수차에서는 날개 바깥, 주변 끝의 이면 및 노즐텃 등에 많이 발생하고 있다.

(3) 캐비테이션의 방지대책

캐비테이션의 발생은 수차의 비속도 N_s 와 그 수차의 사용장소에서 조건과의 관계에 의한 것이 많아, 일반적으로는 N_s 의 값이 큰 형식의 수차쪽에 더 많이 발생한다. 캐비테이션의 발생을 방지하기 위해서는 다음과 같은 대책을 취하고 있다.

- ① 러너 표면을 미끄럽게 가공 정도를 높일 것
- ② 침식에 강한 재료(예, 스테인레스강)로 러너를 제작하든지 부분적으로 보강할 것
- ③ 수차의 비속도를 너무 크게 잡지 않을 것
- ④ 흡출관의 높이(흡출 수두)를 너무 높게 취하지 않을 것
- ⑤ 과도한 부분 부하, 과부하 운전을 가능한 한 피할 것

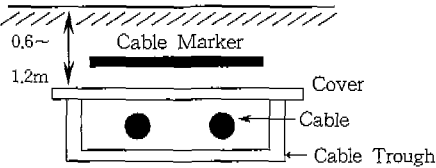
캐비테이션 이외에 러너날개나 안내날개가 부식되는 원인으로는 유수 중에 포함되는 토사나 산에 의한 부식이 있다.



【문제 9】 초고압 CV케이블을 계통에 사용할 때 포설방식에 대하여 자세히 설명하시오.

1. 직접 매설식

(1) 매설방법



직매식은 그림과 같이 지하 0.6~1.2m의 깊이에 케이블 트러프를 묻고 그 안에 케이블을 포설한후 모래로 채우고 뚜껑을 덮고 흠을 되메운다. 나중에 다른 굴착공사를 할 때 케이블을 손상 시키지 않게 하기 위해서 케이블 마커를 동시에 포설한다.

(2) 장 점

- ① 공사가 간단하고 건설비가 싸다.
- ② 온도 상승이 적어서 전류 용량이 크다.

(3) 단 점

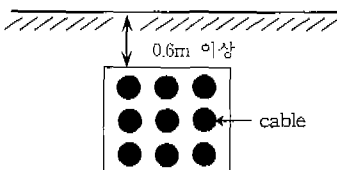
- ① 케이블이 손상되기 쉽다.
- ② 사고시에 수리하기가 매우 어렵다.

(4) 사용장소

회선수가 작고 장래 부하증가의 가능성이 없는 배전 선로에 과거에는 사용했었으나 현재는 이 방법을 거의 사용하지 않는다.

2. 관로 인입식

(1) 포설방법



관로식은 적당한 간격마다 맨홀을 만들고 그 사이에 만든 관로에 케이블을 끌어 넣는 방식이다. 관로로는 철관, 콘크리트관, 경질비닐관 등이 쓰이며 관로의 수는 보통 16 이하로 한다. 맨홀은 케이블을 넣고 뺄 때의 작업장소인 동시에 케이블의 접속 장소로도 사용되며 보통 50~200m 마다 설치한다.

맨홀의 크기는 보통 2×2×2m 정도이다.

(2) 장 점

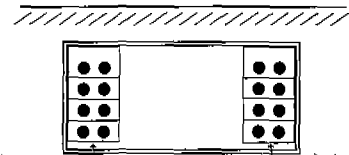
- ① 고장시 일부 구간의 케이블 교체 용이
- ② 케이블이 손상될 우려가 적다.

(3) 단 점

- ① 케이블이 밀집되어 있으므로 직매식에 비해 온도 상승이 심하고 전류 용량이 작다.
- ② 직매식 보다 공사비가 비싸진다.
- ③ 맨홀이 침수되지 않도록 주의해야 한다.

3. 암거식

(1) 방 법



초고압케이블 저압케이블

이 방식은 완전히 지하터널을 만들고 터널벽에 Cable Hanger, Cable Tray 등을 설치해서 여기에 Cable을 포설하는 방식이다. 여기도 관로식에서와 같이 사람이 드나들 수 있는 Man-Hole을 설치한다.

(2) 장 점

- ① 케이블이 손상될 우려가 없다.
- ② 관로식 보다 전류 용량이 크다.
- ③ 고장시 케이블의 교체가 용이하다.

(3) 단 점 : 공사비가 매우 비싸다.

(4) 사용장소 : 주로 밭, 변전소의 구내에서 사용

<포설방식에 따른 비교>

포 설 방 식	장 점	단 점
직 매 식	1. 포설 공사비가 적다. 2. 다소의 굴곡부는 포설에 지장 없음 3. 열방산 양호 4. 공사기간 최단	1. 외상(外傷)에 노출 2. 보수점검 불편 3. 증설, 철거에 불리
관 로 식	1. 증설, 철거에 편리 2. 외상이 적음 3. 보수점검이 용이	1. 공사비 과다 2. 다 회선시 송배전을 저하 3. 신축, 진동시 시이즈 열화 4. 관로 곡률반경의 제한 5. 활락 위험
암 거 식	1. 열방산 양호 2. 다회선 포설이 편리	1. 사비 최대 2. 공기기간이 길다.

4.공동구식

공동구식도 암거식의 일종인데 이것은 같은 도로상에 상하수도, 가스, 전화선, 전력선 등이 동일 장소에 시설될 때 이들을 동일한 암거내에서 서로

분리하여 함께 매설하는 방식으로 도시 계획상 요망되는 방법이다.

○ 다음호에 계속 됩니다

전 기 기 술 사 소 방 강 좌

■ 교육부 지정교육기관 ■ 노동부 지정교육기관 ■ 서울시 지정교육기관

“전기에 관한 한 최고의 명운임을 자부합니다”

1964년 국내최초로 설립한 이래 -34년간 150,000여명의 전기기술자를 배출한 최고의 명문!!

- ▶ 전기공사기사, 2급 반
- ▶ 전기기사, 2급 반
- ▶ 전기공사기능사, 2급 반
- ▶ 소방설비기사(전기&기계) 반
- ▶ 강의시간 • 요전반 10:00~12:30
- ▶ 야간반 7:00~9:30
- ▶ 개강 • 정규반 • 매월10일
- ▶ 필기/실기특강 • 공단원서접수 첫날
- ▶ 각 과정 교대근무자 수강가능
- ▶ 학원 자가발당으로 최고의 시설완비
- ▶ 기초부터 상세히 책임지도
- ▶ 최고의 권위를 자랑하는 전임강사진

발 송 배 전 건 축 전 기 기 술 사

개 강 수요일 10월13일 ■ 강의시간 • 수요일 19:00 ~ 22:00
 일요일 10월11일 ■ 일요일 10:00 ~ 15:00
 ■ 각 반별 정원제 ■ 학원제작 특수교재

• 강 사 진 : 분야별, 과목별로 세분화된 최고의 권위강사진
 - 유 상 료 : 국내최다 5종목(기술사/발송배전/건축전기/전기안전/전기응용소방설비/원, Y대교수)
 - 김 세 동 : 기술사/한전,한국건설기술연구소 수석연구원 역임/원, D대교수
 - 임철교 : 기술사/경영지도사 - 전명수 : 기술사/경영지도사 외 3인

실업자 무료교육

■ 모집대상 : 전기공사기사, 전기기사1·2급 및 전기기능사1·2급을 취득하고자 하는 실업자 또는 실직자
 ■ 모집인원 : 000명(전액 국비지원) ■ 교육기간 : 3~6개월
 ■ 제출서류 : 주민등록등본, 통장 사본(수당 입금용), 사진, 구직표 각 2부
 ■ 특 전 : ●수강료, 교재비, 실습비 등 일체무료
 ●교육중 교육수당, 교통비 및 가족수당 지급(전액 국비지원)
 ●노동부 전산망을 통한 취업알선·노동부인정 수료증 발급

■ 서신강좌 : 지방거주자 및 직접수강이 어려운 분 대상 • 실시종목 : 전기기사, 전기공사기사, 소방설비기사, 2급 (필기/실기)

서울공과학원 676 - 1113~5

서울 영등포구 당산동(지하철 2,5호선 영등포구청역 하차, 5번출구에서 80m)