

# 비접지계통의 영상전압 발생현상과 이상전압

전 명 수 [No. 45]  
 (주)신우디엔시  
 부설일렉연구소 고문  
 TEL. (02)554-8787  
 018-212-4848

김 정 철 [No. 24156]  
 한국전기철도기술(주)  
 TEL. (02)525-6473



## 목 차

### 1. 현상

- 1) Panel 12 TR #2 1500KVA  
3.3KV / 220V
- 2) Panel 13 TR #3 1500KVA  
3.3KV / 220V

### 2. 원인분석

### 3. 대책

### 4. 참고기술

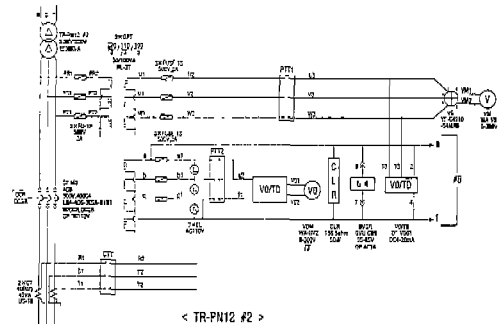
L공장은 3.3KV 비접지 계통으로 3.3KV/220V  $\Delta \cdot \Delta$ 결선으로 공급되는 저압측(220V)에 정상 상태에서는 영상전압이 "0"이 되어야 전력설비의 안정적인 운전이 가능하게 될 것이나, 영상전압이 100V~230V 정도 나타나므로 대지전위 상승으로 인한 전력설비의 파손우려 등 신뢰성 있는 전력 공급 운용에 어려움이 있는 것으로 나타나고 있었음

### 1. 현상

- 1) Panel 12 TR #2 1500KVA 3.3KV/220V

가) 영상전압 ( $f_1 - f_2$ ) = 102.7 V

나) 현재 도면상 GPT 결선도



다) 전압측정현황

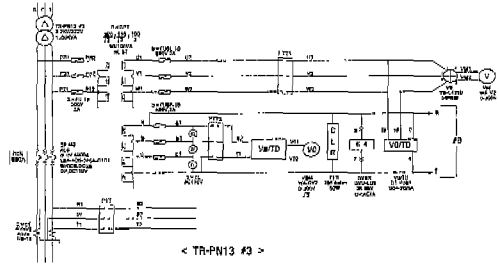
Pan 12 #12 TR MAIN GPT

측정지점	측정값(V)	기대값(V)	비고
N-2U <sub>1</sub>	110	63.3	GPT 2차 상전압
N-4V <sub>1</sub>	5.6	63.3	GPT 2차 상전압
N-6W <sub>1</sub>	111	63.3	GPT 2차 상전압
2U <sub>1</sub> -4V <sub>1</sub>	116.6	110	GPT 2차 선간전압
2U <sub>1</sub> -6W <sub>1</sub>	0	110	GPT 2차 선간전압
4V <sub>1</sub> -6W <sub>1</sub>	116	110	GPT 2차 선간전압
a <sub>2</sub> -f <sub>1</sub>	102.7	0	GPT 3차 영상전압
표시등인가전압			
T상	113	63.3	GPT 3차 상전압
S상	5.26	63.3	GPT 3차 상전압
R상	10.1	63.3	GPT 3차 상전압
N-1PR <sub>1</sub>	227.2	110	GPT 1차 FUSE R상 (FUSE 용단)
N-1PR <sub>2</sub>	20.1	110	
N-3PS <sub>1</sub>	10.3	110	GPT 1차 FUSE S상
N-4PS <sub>2</sub>	10.3	110	
N-5PT <sub>1</sub>	223.4	110	GPT 1차 FUSE T상
N-6PT <sub>2</sub>	223.4	110	
N-1U <sub>1</sub>	10.2	63.3	GPT 2차 FUSE R상 (FUSE 용단)
N-2U <sub>2</sub>	112.7	63.3	
N-3V <sub>1</sub>	5.2	63.3	GPT 2차 FUSE S상
N-4V <sub>2</sub>	5.2	63.3	
N-5W <sub>1</sub>	112.7	63.3	GPT 2차 FUSE T상
N-6W <sub>2</sub>	112.7	63.3	
N-1a	104.4	63.3	GPT 3차 FUSE R상
N-2a <sub>1</sub>	104.4	63.3	
N-3b	109.5	63.3	GPT 3차 FUSE S상
N-4b <sub>1</sub>	109.5	63.3	
N-5c	113.8	63.3	GPT 3차 FUSE T상
N-6c <sub>1</sub>	113.8	63.3	
GPT 제작사 : 경보전기 TYPE : NL3T 정격전압 220/√3 : 110/√3 : 190/3			

2) Panel 13 TR #3 1500KVA 3.3KV/220V

가) 영상전압(f<sub>1</sub>-f<sub>2</sub>) = 84.6 V

나) 현재 도면상 GPT 결선상태: TR#2 BANK와 동일



다) 전압측정현황

Pan 13 #3 TR MAIN GPT

측정지점	측정값(V)	기대값(V)	비고
N-2U <sub>1</sub>	11.2	63.3	GPT 2차 상전압
N-4V <sub>1</sub>	64.3	63.3	GPT 2차 상전압
N-6W <sub>1</sub>	76.3	63.3	GPT 2차 상전압
2U <sub>1</sub> -4V <sub>1</sub>	72.5	110	GPT 2차 선간전압
2U <sub>1</sub> -6W <sub>1</sub>	71.5	110	GPT 2차 선간전압
4V <sub>1</sub> -6W <sub>1</sub>	117.3	110	GPT 2차 선간전압
a <sub>2</sub> -f <sub>1</sub>	84.6	110	GPT 3차 영상전압 (1차측 R상퓨즈용단)
	12.8	0	GPT 3차 영상전압 (FUSE 교체 후)
표시등인가전압			
T상	77	63.3	GPT 3차 상전압
S상	64.7	63.3	GPT 3차 상전압
R상	11.39	63.3	GPT 3차 상전압
N-1PR <sub>1</sub>	131.4	110	GPT 1차 FUSE R상 (FUSE 용단)
N-1PR <sub>2</sub>	22.2	110	
N-3PS <sub>1</sub>	138	110	GPT 1차 FUSE S상
N-4PS <sub>2</sub>	138	110	
N-5PT <sub>1</sub>	152.6	110	GPT 1차 FUSE T상
N-6PT <sub>2</sub>	152.6	110	
N-1U <sub>1</sub>	11.28	63.3	GPT 2차 FUSE R상
N-2U <sub>2</sub>	11.28	63.3	
N-3V <sub>1</sub>	64.8	63.3	GPT 2차 FUSE S상
N-4V <sub>2</sub>	64.8	63.3	
N-5W <sub>1</sub>	77.2	63.3	GPT 2차 FUSE T상
N-6W <sub>2</sub>	77.2	63.3	
N-1a	84.8	63.3	GPT 3차 FUSE R상
N-2a <sub>1</sub>	84.8	63.3	
N-3b	78	63.3	GPT 3차 FUSE S상
N-4b <sub>1</sub>	78	63.3	
N-5c	77.7	63.3	GPT 3차 FUSE T상
N-6c <sub>1</sub>	77.7	63.3	
GPT 제작사 : 경보전기 TYPE : NL3T 정격전압 220/√3 : 110/√3 : 190/3			



## 2. 원인분석

비접지계통은 전력설비에서 70~80%의 비중을 차지하는 지락고장시 지락 전류값이 경미하고 대지전위 상승 범위가 적으며, 유도장해의 영향이 감소 등 장점이 많은 반면 지락 보호방식이 직접 접지 방식에 비해 복잡하며, 1선지락시 건전상의 전위가 상승하여 동시 다발적인 절연 파괴 사고가 발생할수 있는 단점도 있다. 따라서 정전의 경우 생산 손실이 막대하거나 부하설비가 특별하여 지락시 지락전류값(영상전류)이 어느 값 이상 흐르는 것을 불허할 경우 비접지 계통이 사용되며, 초기 지락 고장시 영상전압이 수 볼트에서 수십볼트 정도 발생하는 경우 강행송전하며, 지락 개소를 찾아 조치하므로써 생산 활동에 지장이 없도록 하는 경우 유리할 수 있다.

### 가. 영상전압 발생원인

- 1) 1선에 지락이 발생할 경우 나타나게 되며, 지락점의 지락 저항값에 따라 영상 전압의 크기가 0~190V 까지 나타날 수 있으며,
- 2) 전력계통이 정상적인 운전상태(지락사고 없음)에서 GPT의 오결선 또는 GPT의 1선의 단선
- 3) 전로의 선로정수 불평형

### 나. #2 TR MAIN FEEDER (Panel 12)

- 1) 위 전압 측정결과 GPT 1차측 R상과 2차측 R상에 FUSE가 용단된 상태이며,
- 2) GPT의 결선도면이 바르게 구성되지 않았으며,
- 3) 용단된 FUSE의 교체를 시도하였으나 재차 용단됨. 오결선 되었거나 단락된 상태임.
- 4) GPT의 결선도면이 잘못 작성 되어도 실제로는 정결선(Y-Y- $\Delta$ ) 될 수도 있겠으나 현재의 측정값으로는 상당한 부분이 오결선 된 상태임.
- 5) GPT 1차(실제 220V 계통) 중성점 위치 (전력 분석계로 측정 결과)  
 $V_a = 223 \angle 31.07$

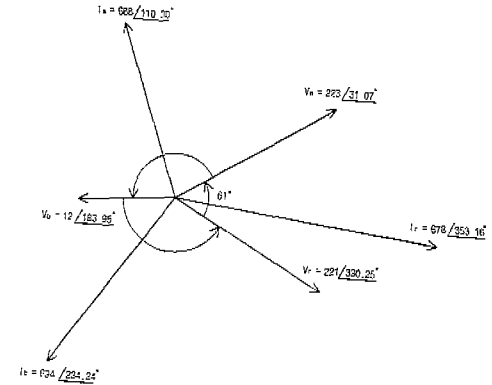
$$V_b = 12 \angle 183.95$$

$$V_c = 221 \angle 330.25$$

로 나타났으며, 이결과는 b상이 접지(지락, 고장 등)된 상태이며, b상이 완전지락되면  $V_b = 0$ ,  $V_a = \sqrt{3}V_b = 220$ ,  $V_c = \sqrt{3}V_c = 220$  (선간전압 220V 경우) 로 된다.

### (<#2 TR BANK>

15시 00분 20초



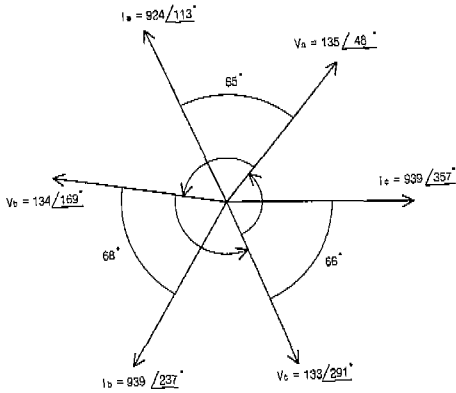
※ b상이 완전지락되면  $V_b = 0$ 이 되고,  $V_a = 220$ ,  $V_c = 220$ V로 되고 상차각이 60도로 되지만 선로정수의 불평형 등으로  $V_b = 12$ V가 되고  $V_a$ 와  $V_c$ 의 위상차가 61도로 나타난다.

### 다. #3 TR MAIN FEEDER (Panel 13)

- 1) 전압 측정결과 GPT 1차측 R상 FUSE가 용단된 상태이며,
- 2) GPT의 결선도면이 바르게 구성되지 않았음.
- 3) R상 FUSE를 교체하고 영상전압을 측정한 결과 84.6V에서 12.8V로 감소됨
- 4) GPT의 결선도면은 잘못 결선 되었으나 실제의 결선은 정결선(Y-Y- $\Delta$ ) 된 것으로 판단됨.
- 5) R상 FUSE가 용단되므로 영상전압이 110V가 나타나고 FUSE를 교체하였음. 이때는 0V가 되어야 하나 12.8V가 발생하는 것은 선로 정수의 불평형 및 전원전압의 불평형에 기인한 것으로 사료됨.

### (<#3 TR BANK>

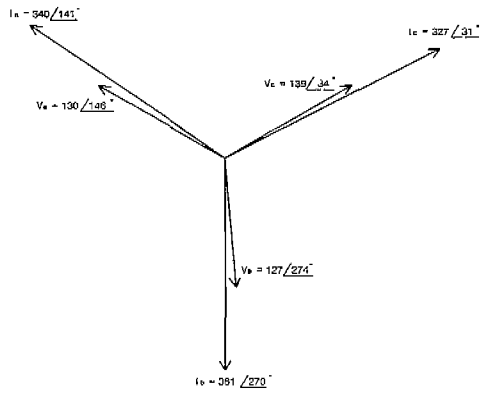
15시 31분 40초 PT 1차 AR-5 콘덴서 연결 300KVA



역률 :  $\cos\left(\frac{65+66+68}{3}\right) = -40\%$

즉, 전상 40%

15시 34분 40초 PT 1차 콘덴서 제거 300KVA



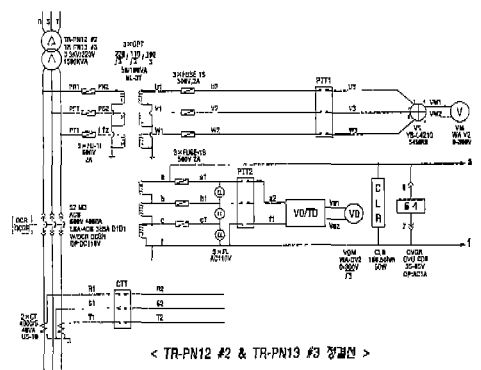
### 3. 대책

가. #2 TR BANK

GPT의 결선을 아래 도면과 같이 정결선하고 b상 접지된 곳을 검출하여 제거하여야 함.

나. #3 TR BANK

#3 TR BANK는 FUSE 교체후 정상 상태이 나 콘덴서가 너무 과대(전상 역률 40%)하므로 적정용량의 콘덴서가 필요하다. 콘덴서가 과대 할 경우의 단자 전압의 상승, 전력손실의 증가 등 나쁜 영향이 있을 수 있다. 또한 결선도는 아래 도면과 같이 수정이 요망됨.



### 4. 참고기술

가. 1선 지락시의 특징

1) 고임피던스접지의 경우

발전기(변압기)의 중성점을 발전기(변압기) 임피던스에 비해 충분히 큰 임피던스  $Z_N$ 으로 접지할 경우 a상 지락시 중성점이 a상으로 이동하게 되며 그 결과

- ① a상 지락전류는 고장시의 a상 전압을 중성점 임피던스  $Z_N$ 으로 나눈 것과 같다.
- ② b,c상의 대지 전압은 고장전의 값에  $\sqrt{3}$ 배로 상승한다.
- ③ 영상전압은 고장전의 a상 전압과 크기가 같고 역위상이다.
- ④ 각선간 전압은 고장전의 값과 변함이 없다. (역상전압은 거의 영으로 전압 삼각형  $\triangle abc$ 의 크기는 고장전과 거의 변함이 없다.

2) 직접접지의 경우

발전기의 중성점을 직접접지한 경우. 발전기의 영상, 정상, 역상 임피던스의 크기에 의해 전압, 전류는 변하지만, 대표적인 예로  $Z_0 = Z_1 = Z_2$ 인 경우는 다음과 같다. a상 지락시 a상 전압이 중성점으로 이동하게 되며 그 결과

- ① a상 지락전류는 3상 단락전류와 거의 같다.
- ② b,c상의 대지 전압은 고장전과 거의 변함이 없다.
- ③ 영상전압은 고장전의 a상의 전압의 1/3정도로 작다.
- ④ ab, ca 선간 전압은 고장전의 1/√3정도로 감소한다. <끝>