

전원측 전류불평형 감소를 위한 변압기 Y-Tz 결선방식 적용에 관한 연구

A Study on Application for Y-Tz Transformer Winding Method to Decrease the Current Unbalance on the Source Side

이 정 은* · 송 영 주[†] · 최 홍 규 · 김 태 훈 · 김 인 태
(Jung-Eun Lee · Young-Joo Song · Hong-Kyoo Choi · Tae-Hoon Kim · In-Tae Kim)

Abstract - Most LV customers have been applying three-phase four-wire electric distribution system which supplies 1-phase and 3-phase load concurrently. Due to its structural simplicity, This system is easy to run. But it can also cause many problems from the unbalance, such as reduced output, increased loss etc. Also the unbalance in the load side causes the unbalance in the source side; it may lower the stability of the whole power system. In this paper, we propose the Y-Tz transformer winding method to reduce the current unbalance in the source side. Efficiency of this method was proven through the simulation and verification experiment.

Key Words : Current unbalance factor, Y-Tz transformer winding method

1. 서 론

대부분의 저압 수용가는 단상 및 3상 부하를 동시에 공급할 수 있는 장점을 지닌 3상 4선식 배전시스템을 적용하고 있다. 3상 4선식 전원공급 방식은 하나의 변압기 뱅크 구성으로 단상부하와 3상 부하에 모두 전원 공급이 가능한 방식이지만, 전압불평형이 발생할 경우 전류불평형으로 이어져 기기의 출력저하, 손실증가 등 부하 및 전원측에 여러 가지 문제를 발생시킬 수 있다[1-3].

이러한 불평형 현상을 감소시키기 위해 내선규정에서는 중성선과 각 전압측 전선간의 부하가 평형이 되게 하는 것을 원칙으로 하고 배전방식에 따라 설비불평형률을 일정범위 이내로 제한하고 있다[4]. 이에 따라 단상과 3상, 선형과 비선형 부하를 평형에 가깝게 배분하여 설계하고 있지만, 부하의 설비 증설 및 부하의 운전패턴 등에 따라 설계시 분담비율과 달라져 설비불평형률의 허용범위를 초과하는 경우가 발생한다[2,3][5,6].

불평형은 전원측보다 부하측에 의해 발생하는 확률이 높지만 우리나라에서는 저압 수용가들이 22.9[kV] 공통중성선 다중접지방식의 배전계통에 연결되어 있으므로 부하측 전류불평형이 전원측 전류불평형으로 직결되어 전체 계통에 전압불평형을 발생시킬 수 있는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 1차측은 Y결선, 2차측은 Zig-Zag의 변형방식으로 구성된 변압기 결선방식(이하 Y-Tz : Y-transposed ZigZag)을 적용하여 저압 수용가에서 전류불

평형이 발생할 경우 전원측 전류불평형을 감소시키기는 방안은 제안하였다. Y-Tz 결선방식은 고조파 저감장치를 설치하지 않고 변압기 자체적으로 고조파를 저감시키기 위해 영상 고조파전류 저감장치(ZED)와 위상조정 변압기의 원리를 이용하여 선행연구된 결선방식으로 고조파 제거에 관해서는 연구논문이 제시되었지만 전류불평형에 관해서는 검토가 필요하다. 그러므로 PSIM 프로그램을 이용하여 변압기 Y-Tz 결선방식을 적용한 계통과 변압기 Y-Y 결선방식을 적용한 계통을 비교·분석하고, 실증실험을 통해 성능을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 전류불평형률

전압불평형률은 부하의 운전패턴에 따라 큰 차이가 있고, 설비불평형은 전류불평형과 밀접한 관계가 있지만 현재 내선규정에 규정되어 있는 설비불평형률은 운전시간의 변화를 고려하지 않고 있다. 따라서 정확한 설비불평형의 산출을 위해서는 현장의 운전상황을 고려한 전류불평형률의 산출이 필요하다. 상시 변동하는 부하의 운전상황을 고려한 불평형률을 산출할 수 있는 전류 불평형률(CUF : Current Unbalance Factor)은 식 (1)과 같이 산정할 수 있고 δ 는 각 상의 전류로 표현된다[6].

$$CUF = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\delta}}{1 + \sqrt{3 - 6\delta}}}, \quad \delta = \frac{|I_a|^4 + |I_b|^4 + |I_c|^4}{(|I_a|^2 + |I_b|^2 + |I_c|^2)^2} \quad (1)$$

CUF는 불평형의 정도에 따라 0에서 1의 값을 갖는다. 부하가 평형일 경우 CUF는 0이고 불평형이 증가할수록 CUF

[†] Corresponding Author : Dept. of Fire Administration, Dong-Shin University, Korea.

E-mail : dewangel1@dreamwiz.com

* Dept. of Electrical Engineering, Hong-ik University, Korea.

Received : July 24, 2014; Accepted : August 26, 2014

값이 높아진다.

2.2 전원측 전류불평형 감소를 위한 Y-Tz 결선방식 적용

2.2.1 Y-Tz 변압기 결선

Tz 결선방식은 1차측에 Δ결선을 적용한 D-Tz 결선방식과 1차측에 Y결선을 적용한 Y-Tz 결선방식 2가지가 있으며, Tz 결선방식을 적용할 경우 고조파를 저감시킬 수 있는 장점이 있다[7][8]. 그림 1은 Y-Tz 결선 변압기의 결선도로 1차측은 Y결선, 2차측은 Zig-Zag의 변형방식으로 구성되어 있다. 여기서 V_{R1} , V_{S1} , V_{T1} 은 1차측(전원측) 상전압, V_{R2} , V_{S2} , V_{T2} 는 2차측(부하측) 상전압, $N_1 \sim N_4$ 는 각 코일 권수를 나타낸다. 결선도를 바탕으로 그림 2와 같이 Y-Tz 결선 변압기의 축소형 모델을 제작하였다.

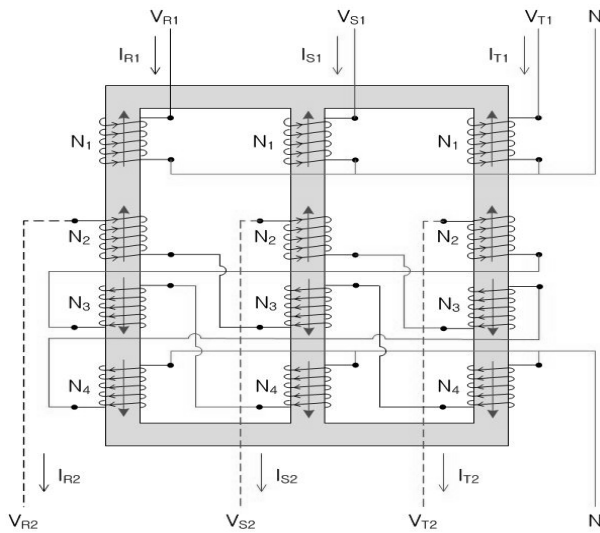


그림 1 Y-Tz 결선 변압기 결선도
Fig. 1 Y-Tz winding transformer diagram

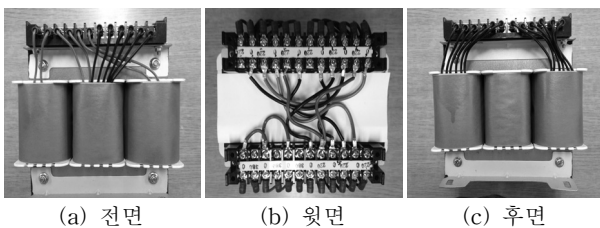


그림 2 Y-Tz 결선 변압기
Fig. 2 Y-Tz winding transformer

2.2.2 전원측 전압과 부하측 전압

부하측 R상의 상전압 V_{R2} 는 Leg 1의 N_2 에 인가되는 전압과 Leg 2의 N_3 에 인가되는 전압, Leg 3의 N_4 에 인가되는 전압이 벡터적으로 합성되어 나타난다. 이와 같은 원리로 전원측 상전압과 부하측 상전압의 관계는 식 (2)와 같고, 이를 벡터도로 나타내면 그림 3과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{V}_{R2} &= \frac{N_2}{N_1} \dot{V}_{R1} - \frac{N_3}{N_1} \dot{V}_{S1} - \frac{N_4}{N_1} \dot{V}_{T1} \\ \dot{V}_{S2} &= \frac{N_2}{N_1} \dot{V}_{S1} - \frac{N_3}{N_1} \dot{V}_{T1} - \frac{N_4}{N_1} \dot{V}_{R1} \\ \dot{V}_{T2} &= \frac{N_2}{N_1} \dot{V}_{T1} - \frac{N_3}{N_1} \dot{V}_{R1} - \frac{N_4}{N_1} \dot{V}_{S1} \end{aligned} \quad (2)$$

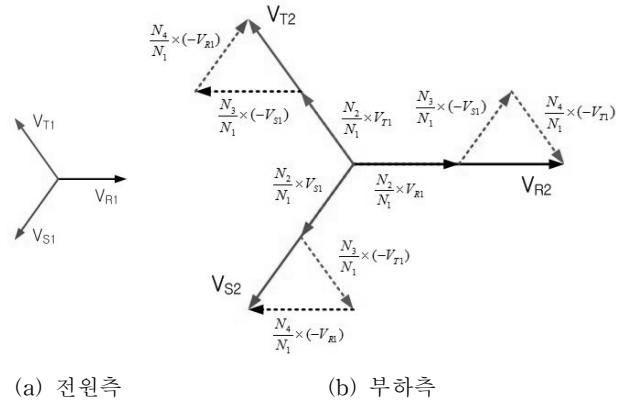


그림 3 Y-Tz 결선 변압기의 전압 벡터도
Fig. 3 Voltage vector diagram of Y-Tz winding transformer

여기서, 코일권수가 $N_2 = N_3 = N_4$ 이고, 전원측 전압이 $\dot{V}_{R1} = V_m \angle 0^\circ$, $\dot{V}_{S1} = V_m \angle -120^\circ$, $\dot{V}_{T1} = V_m \angle -240^\circ$ 라 하면 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{V}_{R2} &= \frac{N_2}{N_1} (V_m \angle 0^\circ - V_m \angle -120^\circ - V_m \angle -240^\circ) \\ &= \frac{N_2}{N_1} (2V_m \angle 0^\circ) = \frac{2N_2}{N_1} \dot{V}_{R1} \\ \dot{V}_{S2} &= \frac{N_2}{N_1} (V_m \angle -120^\circ - V_m \angle -240^\circ - V_m \angle 0^\circ) \\ &= \frac{N_2}{N_1} (2V_m \angle -120^\circ) = \frac{2N_2}{N_1} \dot{V}_{S1} \\ \dot{V}_{T2} &= \frac{N_2}{N_1} (V_m \angle -240^\circ - V_m \angle 0^\circ - V_m \angle -120^\circ) \\ &= \frac{N_2}{N_1} (2V_m \angle -240^\circ) = \frac{2N_2}{N_1} \dot{V}_{T1} \end{aligned} \quad (3)$$

2.2.3 전원측 전류와 부하측 전류

그림 1과 같은 변압기의 각 상에 Z_R , Z_S , Z_T 인 부하를 연결하였을 경우 부하측 상전류는 식 (4)와 같다.

$$\dot{I}_{R2} = \frac{\dot{V}_{R2}}{Z_R}, \quad \dot{I}_{S2} = \frac{\dot{V}_{S2}}{Z_S}, \quad \dot{I}_{T2} = \frac{\dot{V}_{T2}}{Z_T} \quad (4)$$

이 때 전원측 상전류는 부하측 상전류와 변압기의 권수비에 따라 변화하므로 권수비와 부하측 상전류와의 관계는 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} \dot{I}_{R1} &= \frac{N_2}{N_1} \dot{I}_{R2} - \frac{N_3}{N_1} \dot{I}_{T2} - \frac{N_4}{N_1} \dot{I}_{S2} \\ \dot{I}_{S1} &= \frac{N_2}{N_1} \dot{I}_{S2} - \frac{N_3}{N_1} \dot{I}_{R2} - \frac{N_4}{N_1} \dot{I}_{T2} \\ \dot{I}_{T1} &= \frac{N_2}{N_1} \dot{I}_{T2} - \frac{N_3}{N_1} \dot{I}_{S2} - \frac{N_4}{N_1} \dot{I}_{R2} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, 코일권수가 $N_2 = N_3 = N_4$ 일 경우 전원측 상전류는 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{I}_{R1} &= \frac{N_2}{N_1} (\dot{I}_{R2} - \dot{I}_{T2} - \dot{I}_{S2}) \\ \dot{I}_{S1} &= \frac{N_2}{N_1} (\dot{I}_{S2} - \dot{I}_{R2} - \dot{I}_{T2}) \\ \dot{I}_{T1} &= \frac{N_2}{N_1} (\dot{I}_{T2} - \dot{I}_{S2} - \dot{I}_{R2}) \end{aligned} \quad (6)$$

기존 변압기 결선방식인 Y-Y, Δ-Y 등에서는 식 (7)과 같이 부하측 전류와 권수비에 따라 전원측 전류가 결정되므로 부하측 전류불평형률 CUF_L 과 전원측 전류불평형률 CUF_S 는 동일하게 된다.

$$I_1 = I_2 \times \frac{N_2}{N_1} \quad (7)$$

그러나 Y-Tz 결선방식을 적용할 경우 전원측에 흐르는 전류는 식 (6)과 같이 부하측 R, S, T상의 전류가 벡터적으로 합성되어 나타나므로 부하측에서 전류 불평형이 발생할 경우 전원측에 흐르는 각 상의 전류 편차를 감소시킬 수 있다.

2.3 시뮬레이션

Y-Tz 결선방식을 적용한 계통과 일반적인 Y-Y 결선방식을 적용한 계통을 PSIM 프로그램을 이용하여 시뮬레이션하고, Y-Tz 결선방식의 전원측 전류불평형 감소 효과를 확인하였다.

2.3.1 시뮬레이션 조건

시뮬레이션을 하기 위해 두 가지 결선방식에 공통으로 적용한 변압기의 파라미터는 이상적인 변압기가 되도록 표 1과 같이 선정하였고, Y-Tz 결선방식의 축소형 모델과 변압비 즉 권수비를 같게 시뮬레이션 하기 위하여 두 가지 결선방식의 전원측 전압은 $V_{S_{rms}} = 220[V]$, 부하측 전압은 $V_{L_{rms}} = 254[V]$ 가 나타나도록 표 2와 같이 권수비를 선정하였다.

또한 R상, S상에는 220[V] 60[W]인 부하 1개, T상에는 220[V] 60[W]인 부하 2개를 병렬로 연결하여 불평형부하를 구성한 것으로 가정하고 계산하여 표 3과 같이 저항 값을 선정하였다.

표 1 변압기 파라미터

Table 1 Transformer Parameter

| | |
|--------------------|--------------------|
| 권선 저항 [Ω] | 1×10^{-8} |
| 누설 인덕턴스 [H] | 1×10^{-8} |
| 자화 인덕턴스 [H] | 1×10^4 |

표 2 결선방식별 변압기의 권수비

Table 2 Turn-ratio of transformer according to winding methods

| | Y-Y 결선 | | Y-Tz 결선 | |
|------------|-------------------------|-------|---------|-------|
| | 권수비 | N_1 | 380 | N_1 |
| | | | N_2 | 220 |
| | N_2 | 440 | N_3 | 220 |
| | | | N_4 | 220 |
| 전원측 전압 [V] | $V_{S_{peak}} = 310.27$ | | | |
| | $V_{S_{rms}} = 219.40$ | | | |
| 부하측 전압 [V] | $V_{L_{peak}} = 359.26$ | | | |
| | $V_{L_{rms}} = 254.04$ | | | |

표 3 각 상의 부하저항

Table 3 Load-resistance of each phase

| | |
|--------------------|-----------------|
| 구분 | 저항 [Ω] |
| Load_R | 806.67 |
| Load_S | 806.67 |
| Load_T1 // Load_T2 | 403.335 |

2.3.2 Y-Y 결선 변압기

그림 4는 Y-Y 결선방식을 적용한 계통에서 설비불평형이 발생할 경우 전류불평형률을 해석하기 위한 PSIM 회로도이다.

그림 5와 표 4는 Y-Y 결선방식을 적용한 계통에 표 3과 같은 부하를 사용하여 설비불평형이 발생한 경우 부하측 전류의 결과 값을 나타낸 것이고, 그림 6과 표 5는 전원측 전류의 결과 값을 나타낸 것으로 부하측 전류와 권수비 관계에 의해 전원측 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있다.

또한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 식 (1)을 이용하여 부하측 전류불평형률 $CUF_{L_{Y-Y}}$ 와 전원측 전류불평형률 $CUF_{S_{Y-Y}}$ 를 산출하였다. 그 결과 부하측과 전원측 전류불평형률이 1로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

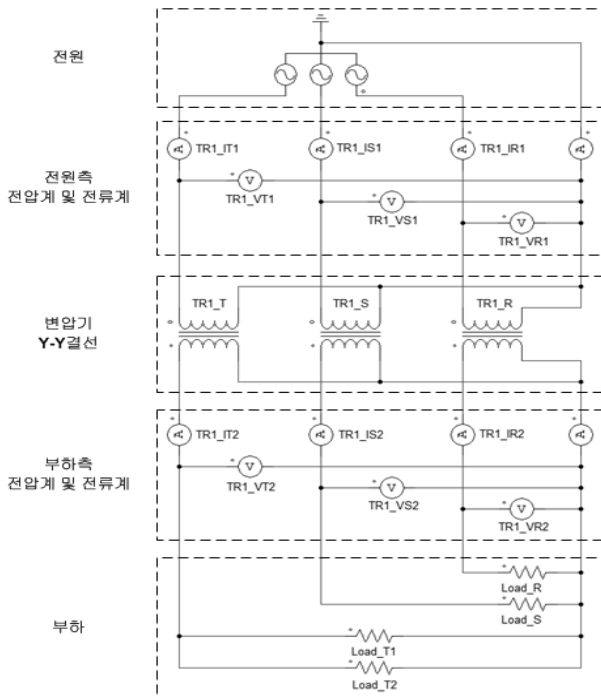


그림 4 PSIM 회로도(Y-Y 결선)
Fig. 4 PSIM circuit diagram(Y-Y winding)

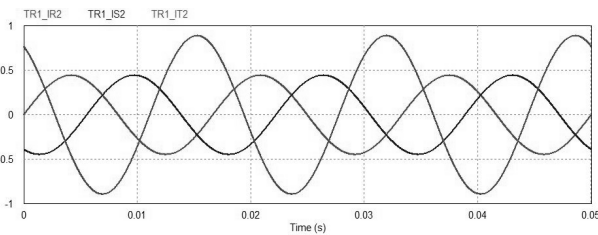


그림 5 부하측 전류 파형(Y-Y결선)
Fig. 5 Current wave form on the load side(Y-Y winding)

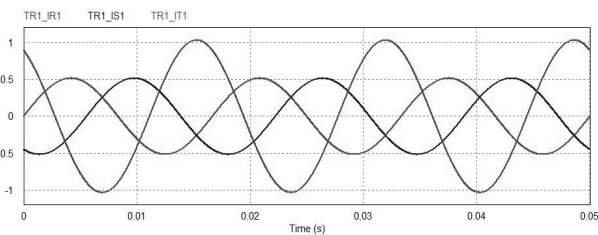


그림 6 전원측 전류 파형(Y-Y결선)
Fig. 6 Current wave form on the source side(Y-Y winding)

표 4 부하측 전류와 전류불평형률(Y-Y결선)
Table 4 Current and CUF on the load side(Y-Y winding)

| | $I_{peak} [A]$ | $I_{rms} [A]$ | CUF_{LY-Y} |
|-----|----------------|---------------|--------------|
| R 상 | 0.4454 | 0.3149 | 1 |
| S 상 | 0.4454 | 0.3149 | |
| T 상 | 0.8908 | 0.6298 | |

표 5 전원측 전류와 전류불평형률(Y-Y결선)
Table 5 Current and CUF on the source side(Y-Y winding)

| | $I_{peak} [A]$ | $I_{rms} [A]$ | CUF_{SY-Y} |
|-----|----------------|---------------|--------------|
| R 상 | 0.5156 | 0.3646 | 1 |
| S 상 | 0.5156 | 0.3646 | |
| T 상 | 1.0314 | 0.7293 | |

2.3.3 Y-Tz 결선 변압기

그림 7은 Y-Tz 결선방식을 적용한 계통에서 설비불평형이 발생할 경우 전류불평형률을 해석하기 위한 PSIM 회로도이다. 그림 4의 회로도나 같은 조건에서 변압기 결선방식만 Y-Tz결선으로 변경하여 시뮬레이션 하였다.

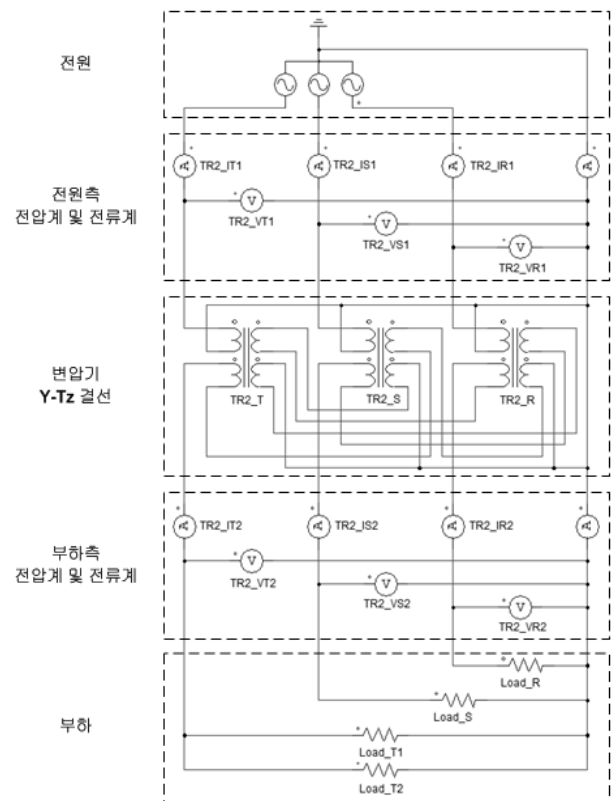


그림 7 PSIM 회로도(Y-Tz 결선)
Fig. 7 PSIM circuit diagram(Y-Tz winding)

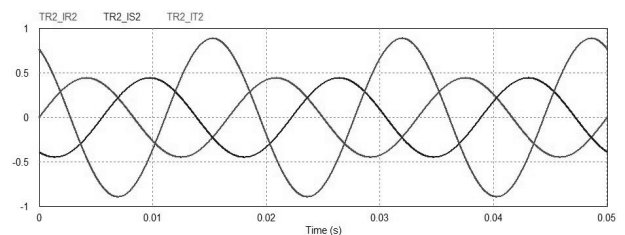


그림 8 부하측 전류 파형(Y-Tz 결선)
Fig. 8 Current wave form on the load side(Y-Tz winding)

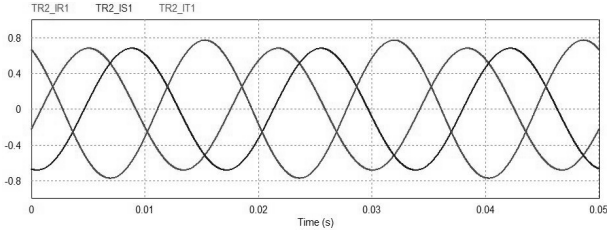


그림 9 전원측 전류 파형(Y-Tz 결선)
Fig. 9 Current wave form on the source side(Y-Tz winding)

표 6 부하측 전류와 전류불평형률(Y-Tz 결선)
Table 6 Current and CUF on the load side(Y-Tz winding)

| | I_{peak} [A] | I_{rms} [A] | $CUF_{L Y-Tz}$ |
|-----|----------------|---------------|----------------|
| R 상 | 0.4454 | 0.3149 | 1 |
| S 상 | 0.4454 | 0.3149 | |
| T 상 | 0.8908 | 0.6298 | |

표 7 전원측 전류와 전류불평형률(Y-Tz 결선)
Table 7 Current and CUF on the source side(Y-Tz winding)

| | I_{peak} [A] | I_{rms} [A] | $CUF_{S Y-Tz}$ |
|-----|----------------|---------------|----------------|
| R 상 | 0.6823 | 0.4825 | 0.0875 |
| S 상 | 0.6821 | 0.4823 | |
| T 상 | 0.7735 | 0.5469 | |

그림 8과 표 6은 부하측 전류의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로 Y-Y 결선방식을 시뮬레이션 한 그림 5, 표 4와 같은 것을 확인할 수 있고, 그림 9와 표 7은 전원측 전류의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로 T상의 전류와 R상, S상 전류의 차이가 감소한 것을 확인할 수 있다.

또한 부하측 전류불평형률 $CUF_{L Y-Tz}$ 와 전원측 전류불평형률 $CUF_{S Y-Tz}$ 를 산출한 결과 $CUF_{L Y-Tz}$ 는 $CUF_{L Y-Y}$ 와 동일하게 1로 나타났지만, $CUF_{S Y-Tz}$ 는 0.0875로 불평형률이 개선된 것을 확인할 수 있다.

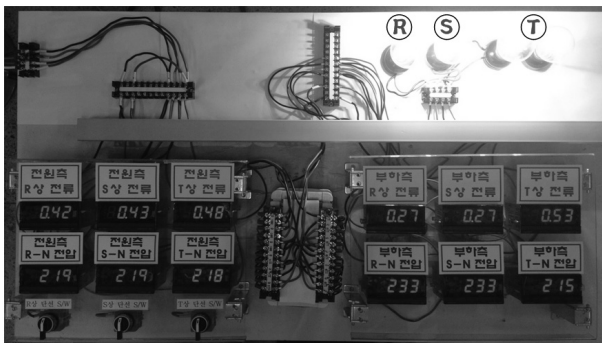


그림 10 Y-Tz 결선 변압기 실증실험을 위한 회로
Fig. 10 Circuit for verification experiment of Y-Tz winding transformer

2.4 Y-Tz 결선 변압기 실증실험

그림 10과 같이 Y-Tz 결선 변압기의 축소형 모델에 불평형 부하를 연결하여 전류불평형률을 측정하였다. 부하는 PSIM으로 시뮬레이션한 부하와 동일한 220[V] 60[W] 백열전구를 사용하였다. 부하측 R-N과 S-N에는 각각 백열전구 한 개씩을 연결하고 T-N에는 백열전구 두 개를 병렬로 연결하였다.

표 8 실증실험 결과

Table 8 Verification experiment result (a) Current (b) Voltage

(a) 전류 측정결과

| | I_{Rrms} [A] | I_{Srms} [A] | I_{Trms} [A] | CUF |
|-----|----------------|----------------|----------------|--------|
| 전원측 | 0.42 | 0.43 | 0.48 | 0.0856 |
| 부하측 | 0.27 | 0.27 | 0.53 | 0.7975 |

(b) 전압 측정결과

| | V_{Rrms} [V] | V_{Srms} [V] | V_{Trms} [V] |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 전원측 | 219 | 219 | 218 |
| 부하측 | 233 | 233 | 215 |

표 8은 전원측 전류 및 전압, 부하측 전류 및 전압의 측정결과를 나타낸 것이다. 결과를 바탕으로 식 (1)을 이용하여 전류불평형률 CUF 를 계산한 결과 부하측은 0.7975, 전원측은 0.0856으로 설비불평형에 의해 부하측에서는 전류불평형이 발생하지만 Y-Tz 결선방식을 적용하면 전원측에서는 전류불평형이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

3상 4선식 배전시스템을 적용하는 저압 수용가에서는 부하의 운전패턴 변화 또는 간헐적으로 사용되는 단상부하로 인해 설비불평형률이 규정치를 초과하는 경우가 많이 나타난다. 이로 인해 부하측에 전류불평형이 발생하고 전압측 전류불평형으로 이어져 여러 가지 문제점이 발생한다.

따라서 본 논문에서는 Y-Tz 변압기 결선방식을 적용하여 전원측 전류불평형을 저감시키는 방안을 제시하였다. Y-Tz 변압기 결선방식의 효과를 입증하기 위해 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 Y-Y 결선방식을 적용한 계통과 비교 분석하였으며 분석한 결과 Y-Y 결선방식을 적용한 경우 부하측 전류불평형이 전원측으로 전달되는 반면 Y-Tz 결선방식을 적용하면 전원측 전류불평형이 감소하는 것을 확인하였다. 또한 Y-Tz 결선 변압기 축소형 모델을 사용하여 실증실험을 한 결과 시뮬레이션과 동일하게 전원측 전류불평형률이 개선된 것으로 나타났다.

단상 부하가 3상 부하보다 많을 경우 부하의 변화가 심해 전류불평형률의 변화가 크므로 Y-Tz 결선방식을 적용하면

부하의 운전패턴이 변화하여도 전원측 전류불평형률을 저감시켜 계통의 안정성을 향상시킬 수 있다.

References

- [1] Jong-Gyeum Kim, Young-Jeen Park, "The Measurement & Analysis of Voltage Unbalance Factor at LV Customer of Three-Phase Four-Wire System", Journal of the KIEE, Vol. 18, No. 6, pp. 91-99, November 2004.
- [2] Jong-Gyeum Kim, "A New Analysis for Load Unbalance Factor", The Transactions of the KIEE, Vol. 55P, No. 2, pp. 67-72, June 2006.
- [3] Jong-Gyeum Kim, Young-Jeen Park, Eun-Woong Lee, "The Comparison Study for Voltage, Current and Load Unbalance Factor", The Transactions of the KIEE, Vol. 54P, No. 2, pp. 88-93, June 2005.
- [4] Consumer's Electrical Installation Guide, Korea Electric Association, pp. 42-43, 2013.
- [5] Jong-Gyeum Kim, Young-Jeen Park, Eun-Woong Lee, "Comparison of Voltage Unbalance Factor for Line and Phase Voltage", The Transactions of the KIEE, Vol. 54B, No. 9, pp. 403-407, September 2005.
- [6] Jong-Gyeum Kim, Young-Jeen Park, Eun-Woong Lee, "Analysis on the Characteristics of Voltage Unbalance Factor by Load Variations", The Transactions of the KIEE, Vol. 54P, No. 1, pp. 47-52, March 2005.
- [7] Tae-Hoon Kim, Jun-Yeal Park, "Winding Method of Transformer for Zero-Sequence and Negative-Sequence Harmonic Elimination", The Transactions of the KIEE, Vol. 63, No. 7, pp. 896-902, July 2014.
- [8] Chairul Gagarin Irianto, Rudy Setiabudy, Chairul Hudaya, "Design of Delta Primary - Transposed zigzag Secondary (DTz) Transformer to Minimize Harmonic Currents on the Three-phase Electric Power Distribution System", International Journal on Electrical Engineering and Informatics, Vol. 2, No. 4, 2010.

저 자 소 개



이 정 은 (李 政 垠)

1983년 5월 7일생. 2008년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정 수료.



송 영 주 (宋 榮 柱)

1970년 11월 21일생. 1992년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 동신대학교 소방행정학과 교수.



최 홍 규 (崔 洪 圭)

1950년 1월 7일생. 1975년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977년 연세대학교 전기공학과 졸업(석사). 1993년 홍익대학교 전자정보통신공학과 졸업(박사). 현재 홍익대학교 전자·전기공학과 교수.



김 태 훈 (金 泰 勳)

1983년 7월 27일 생. 2008년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정 수료.



김 인 태 (金 仁 泰)

1964년 12월 26일 생. 2007년 한국산업대학교 기술경영자 수료. 현재 한국전기신기술협동조합 기술전문.