

# 조류계산을 이용한 변압기 병렬 운전 검토 ②

## (전력계통 해석)

이강완

대화기술단 기술사사무소/기술사

☎ 02)568-5680, daehwaen@unitel.co.kr

강용철

LG-Caltex 정유(주)

☎ 061)280-2651, yok3177@lgcaltex.co.kr

### 2. 실계통 사례검토

#### 다. 2단계, 변압기 4대 병렬 운전

그림 3은 2단계로 변압기 4대 전부가 병렬 운전 할 때의 전력조류 및 전압상태를 나타낸 것으로 기존 변압기 2대와 신설 변압기 2대가 신설공사 진행상 잠정적으로 각각 66kV 1회선씩 별도로 연계선로를 통하여 병렬 운전하는 형태로서 조류계산 결과는 표 2와 같다.

2단계는 TR1, TR2, TR3 및 TR4 4대의 변압기가 병렬운전 되는 형태이다. 표 2에 나타난 것과 같이 2단계의 변압기 병렬운전 전력조류 계산 결과 기존 변압기 부하율과 신설 변압기 TR3 및 TR4 부하율이 유입 자생식인 경우 각각 33.7%, 36.6% 와 36.6% 그리고 유입 풍냉식인 경우 각각 27.0%, 29.2%와 29.3%로 매우 유사하여 바람직한 부하분담이 되고 있으며, 유효전력손실은 기설 변압기와 신설 변압기 TR3 및 TR4가 각각 0.02[MW], 0.06[MW]

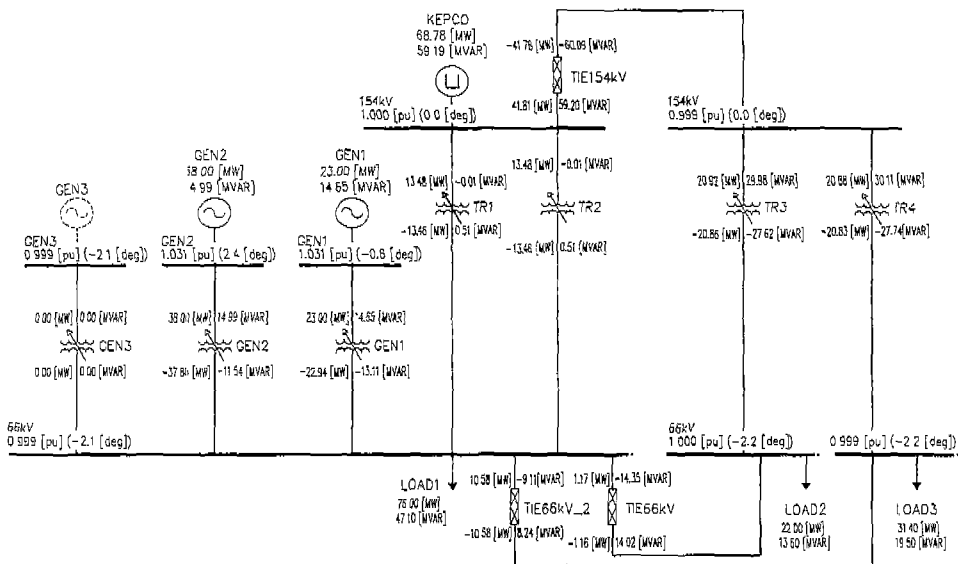


그림 3 2단계, 변압기 4대 병렬운전 전력조류

표 2 2단계, 변압기 4대 병렬운전 전력조류

항 목	TR1	TR2	TR3	TR4
전압(kV)	154/66	154/66	154/70	154/70
조류(MVA)	13.48		36.56	36.64
역률(%)	100	100	57.2	57.0
용량(MVA)	40/50	40/50	100/125	100/125
부담(%)	33.7/27.0	33.7/27.0	36.6/29.2	36.6/29.3
손실(MW)	0.02	0.02	0.06	0.06
손실(MVAR)	0.50	0.50	2.36	2.37
템 비	100.0	100.0	94.7	94.7

표 3 3단계, 변압기 4대 병렬운전 전력조류

항 목	TR1	TR2	TR3	TR4
전압(kV)	154/66	154/66	154/70	154/70
조류(MVA)	13.55	13.55	36.35	36.35
역률(%)	100	100	57.3	57.3
용량(MVA)	40/50	40/50	100/125	100/125
부담(%)	33.9/27.1	33.9/27.1	36.3/29.1	36.3/29.1
손실(MW)	0.02	0.02	0.06	0.06
손실(MVAR)	0.5	0.5	2.33	2.33
템 비	100.0	100.0	94.7	94.7

와 0.06(MW)로 전력조류에 비례하여 발생되고 있으며, 무효전력손실은 각각 0.50(MVAR), 2.36(MVAR) 및 2.37(MVAR)로 나타나고 있으며 이는 실용상 문제가 없는 비교적 정상적인 상태임을 보여주고 있다. 검토 대상 전력계통의 전기적 중심인 66kV 모선 전압의 경우 0.999[p.u.] 또는 1.0[p.u.]로 안정된 전력계통 운전형태를 보여주고 있다.

라. 3단계, 변압기 4대 병렬 운전

그림 4는 3단계의 변압기 병렬운전 전력조류 및 전압 상태를 나타낸 것으로 기존 변압기 2대와 신설 변압기 2대를 연계선로를 통하여 병렬 운전하는 형태로서 조류계산 결과는 표 3과 같다.

3단계는 최종 단계로서 TR1, TR2, TR3 및 TR4 4대의 변압기가 최종 정비된 66kV 1회선의 연계선로를 통하여 병렬운전 되는 형태이다. 전력조류 계산 결과 표 3에 나타난 것과 같이 기존 변압기 부하율과 신설 변압기 부하율이 유입 자생식인 경우 각각 33.9%와 36.3% 그리고

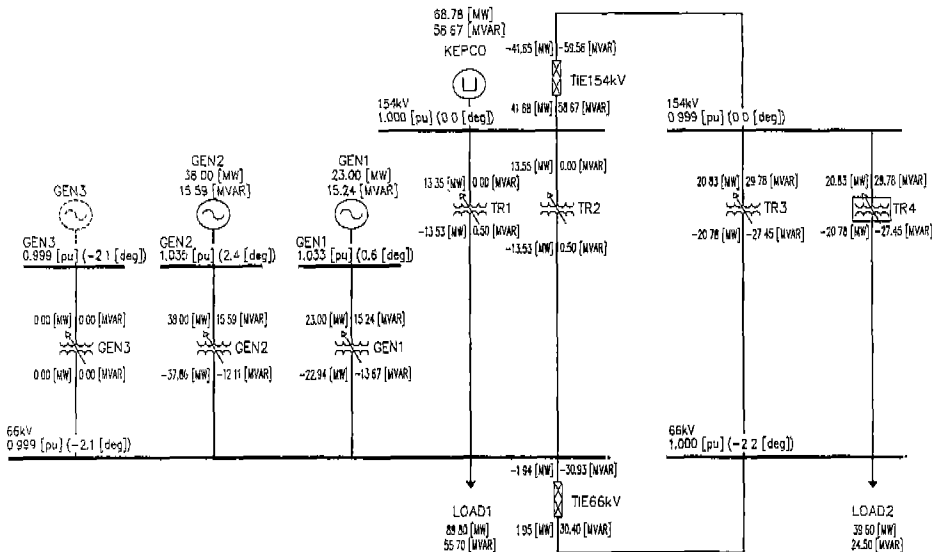


그림 3 2단계, 변압기 4대 병렬운전 전력조류

유입 풍냉식인 경우 각각 27.1%와 29.1%로 매우 유사하여 바람직한 부하분담이 되고 있으며, 유효전력손실은 기설 변압기와 신설 변압기가 각각 0.02[MW]와 0.06[MW]로 전력조류에 비례하여 발생되고 있으며, 무효전력손실은 각각 0.5[MVAR]와 2.33[MVAR]로 나타나고 있어 실용상 문제가 없는 비교적 정상적인 상태임을 보여주고 있다. 검토 대상 전력계통의 전기적 중심인 66kV 모선 전압의 경우 0.999[p.u.] 또는 1.0[p.u.]로 매우 안정된 전력계통 운전형태를 보여주고 있다.

앞의 검토 사례에서 단계별로 실시한 조류계산 결과 병렬운전 되는 변압기들의 부하분담은 비교적 근사한 값으로 자기 용량에 비례하고 있어 바람직한 형태가 되고 있으며, 손실의 경우 비교적 정상적인 상태를 보여주고 있다. 반면에 역률의 경우 기존 변압기와 신설 변압기간에 차이가 있으나 무효전력이 병렬회로를 순환하는 정도는 아니므로 실용상 문제가 없다. 전압의 경우 대부분 목표 값인 1.0[p.u.]에 근접하여 안정된 전력계통 운전이 가능하게 나타났다.

전기적 특성이 다른 부하시탭전환장치(OLTC: On-Load Tap Changer)가 있는 변압기들을 병렬운전 할 경우 이들 부하시탭전환장치들 간에 목표 전압조정을 선점하기 위해 충돌(Fighting)하게 될 소지가 있다. 더욱이 앞에서와 같이 자가발전기가 있는 전력계통에서는 발전기의 전압조정장치인 여자기까지 전압제어에 가세하게 되어 충돌의 가능성이 더욱 높아지게 된다. 따라서 부하시탭전환장치가 설치되어 있는 특성이 다른 변압기들을 병렬운전 하고자 할 경우는 전압제어 특성을 분석하여 충돌을 필할 수 있도록 부하시탭전환장치의 제어 변수들을 반드시 조정하여 불필요한 탭 전환을 억제하여 전체 조정로직의 안전성을 증진시켜야 한다. 특히 최초 변압기 병렬운전의 경우 전력조류 계산 및 안정도 해석 소프트웨어를 이용하여 설비 조작에 따른 전력계통의 정적 및 동적인 상태를 해석 및 분석하여 이를 근거로 설비점검 및 조작 절차서를 작성하여 활용하는 것이 바람직하다.

### 3. 결론

전력계통에서 변압기들은 전력설비 이용 효율 증진과 전력공급 신뢰성을 높일 수 있도록 가능하면 병렬 운전하는 것이 바람직하다. 일반적으로 변압기를 병렬 운전하기 위해서는 반드시 지켜야할 필수 조건과 지키는 것이 바람직한 조건, 즉 일정 오차범위 이내로 지켜야할 조건이 있다. 이와 같이 어느 정도 오차범위가 허용되는 권장 조건은 전력조류계산을 이용하여 이의 적정성을 입증할 수 있는 사례를 제시하였다.

산업현장에서 생산공정의 신설 또는 증설의 경우 전력계통 규모 확대가 수반되며 이 경우 변압기 신 증설이 있게 된다. 변압기를 신 증설하여 기존 변압기와 병렬운전하기 위해서 변압기 1차, 2차 극성이 같을 것, 상회전의 방향 및 위상 변위가 같을 것 등은 반드시 지켜야할 필수 조건에 따라야하고 그 외에 지키는 것이 바람직한 권장 조건은 조류계산을 이용하여 이의 오차 한계를 소프트웨어적으로 사전에 분석 및 검토할 수 있다. 따라서 전력조류 계산을 이용하여 특성이 다른 변압기들의 병렬운전 가능성을 전력계통 설계 단계에서 그리고 변압기 구매 이전에 충분히 검토하게 됨으로서 효과적인 변압기 병렬운전 보장은 물론 효율적인 최적 전력계통 구성 및 운전이 가능토록 함으로서 양질의 전력을 높은 신뢰성을 유지하며 공급할 수 있게 된다.

산업체 현장에서는 전력계통 신 증설시 중단 없이 생산공정을 가동 상태로 유지하면서 전력계통을 변경 또는 증설하는 것이 매우 중요한 사항이다. 따라서 앞에서 보여준 사례와 같이 전력계통의 신 증설 단계별 전력계통의 정적 및 동적인 특성을 조류계산, 고장전류 계산 및 안정도 해석 등으로 사전에 분석하여 조직적이고 체계적인 전력계통 변경 및 증설 계획을 수립함으로써 효과적이고 안정된 건설업무 추진은 물론 전력공급의 신뢰성을 높게 되어 생산성 제고에도 기여하게 될 것이다.

나옴호에 계속됩니다