

변압기 누설전류 통합 감시장치 적용사례

(A study case on application of a total monitoring device of leakage current in transformer)

이정은* · 최홍규 · 김용규 · 박형민 · 송영주 · 유해철

(Jung-Eun Lee* · Hong-Kyoo Choi · Young-Kyu Kim · Hyung-Min Park · Young-Joo Song · Hai-Chool Yoo)
홍익대학교 · 홍익대학교 · 홍익대학교 · (주)하나에이취티 · 동신대학교 · 홍익대학교

요 약

변압기 누설전류 통합 감시 장치는 변압기 중성점 접지선에 흐르는 누설전류를 검출하여 실시간으로 모니터링이 가능한 장치로, 지정 값 이상의 누설전류가 검출되면 관리자에게 경보함으로써 전기적인 사고를 사전에 예방할 수 있다. 본 논문에서는 변압기 누설전류 통합 감시장치에 대해 설명하고, 실제 변압기 누설전류 통합 감시장치가 설치된 수용가의 누설전류량 측정을 통해 안전성 여부를 판단하였다.

Abstract

Total monitoring device of leakage current in transformer can detects the flowing leakage current on the ground wire connected with the neutral point, and that is monitored at real-time by the transfer. If the over-flowing current is detected, Total monitoring device of leakage current in transformer will warn the administrator to prevent electrical accident. In this thesis, we are going to explain about Total monitoring device of leakage current in transformer. Also we measure leakage current and judge safety in customer.

1. 서 론

최근 건축물이 대형화, 초고층화, 최첨단화 됨에 따라 전기에너지의 수요가 급증하고 있으며 이에 따른 전력 설비 용량이 크게 증대하고 있다. 이러한 시기에는 무엇보다 전력설비의 안정적인 구성과 신뢰성 확보가 중요하다. 이러한 안정성을 해치는 요인 중 하나는 누설 전류라 할 수 있다.

현재 우리나라의 변전설비의 대부분이 380/220[V]의 중성점 접지방식으로 구성되어있다. 중성점 접지방식에서는 누설전류 전체가 접지선로를 통하여 대지로 흐르게 되는데 이 때, 누설전류는 전력손실이 되므로 경제적으로 바람직하지 않을 뿐 아니라 누설전류가 크게 흐르면 감전사고와 화재의 원인이 되기도 한다.

또한, 설비의 대용량화로 예기치 않은 사고가 발생하면 막대한 경제적 손실을 유발하고, 심할 경우 인명사고까지 유발하므로 사전에 상시 감시를 통해 이상 유무를 판단함으로써 갑작스런 고장을 방지하는 시스템의 개발이 절실히 요구된다.

본 논문에서 제안한 변압기 통합 감시장치는 변압기 중성점 접지선에 흐르는 누설전류를 검출하여 실시간으로

모니터링이 가능하며, 지정 값 이상의 누설전류가 검출되면 관리자에게 경보함으로써 전기적인 사고를 사전에 예방할 수 있다.

따라서 변압기 누설전류 통합 감시장치를 수용가에 실제 적용하여 실시간으로 누설전류를 감시함으로써 누설전류에 의한 위험성 여부를 판단해 보았다.

2. 본 론

2.1 국내 변전설비의 문제점

국내 변전실에는 ZCT를 각 간선회로에 설치하여 ELD를 통하여 1차 전류 200[mA]이상 검출 시 경보만 하도록 하는 방식을 사용하고 있다. 하지만 이 방식은 누설전류의 정확한 값을 알지 못할 뿐만 아니라 관리비 절감을 명분으로 변전소 관리를 무인화 또는 순회점검으로 실시하는 곳이 대부분이므로 상시 감시에 어려움이 있다. 또한 ELD의 정보가 올리는 즉시 원인을 제거하지 못하는 어려움이 있다.

기존설비의 위험성 중 또 하나는 누설전류에 의한 비

상발전기의 전원공급 중지이다. 비상발전기는 비상시에만 가동되므로 정상시에는 발전기 가동시 누설전류가 어느 정도 흐를지를 확인할 길이 없다. 이와 같은 상황에서 대량의 누설전류가 흐르고 있다면, 비상시 비상발전기가 가동되어도 ACB 차단기가 누설전류로 인해 Trip 될 우려가 있다.

2.2 변압기 누설전류 통합 감시장치

변압기 누설전류 통합 감시장치는 변압기 전체의 누설전류를 실시간으로 모니터링함으로써 누설전류의 변동을 확인하여 사고 전에 조치가 가능하다. 또한 30[mA] ~ 30[A]의 넓은 범위에서 누설전류 검출이 가능하고 한 대 이상의 변압기에 설치시 누설전류 합계를 나타낼 수 있다.

그림1은 변압기 누설전류 통합 감시장치의 검출부와 감시부의 외관이고, 표 1은 ZCT+ELD 방식과 변압기 누설전류 통합 감시장치를 비교한 표이다.

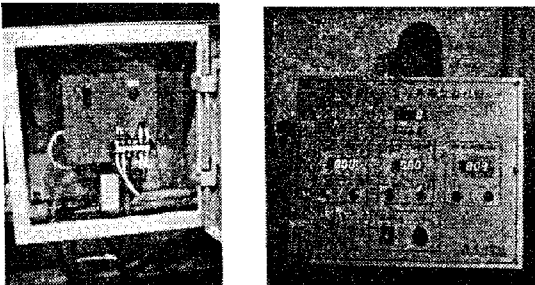


그림 1. 변압기 누설전류 통합 감시장치의 검출부와 감시부의 외관

Fig. 1. A Surface of detection part and monitoring part in Total monitoring device of leakage current in transformer

표 1. 통합 감시장치와 ZCT+ELD 방식의 비교
Table 1. Comparison A Total monitoring device and ZCT+ELD system

ZCT+ELD 방식	통합 감시장치
1. 각 배전선로마다 ZCT를 설치함으로써 영상전류 검출	1. 변압기 전체의 누설전류를 실시간으로 확인
2. 누설전류가 일정치 (200mA) 이상이면 ELD에서 경고	2. 누설전류 변동을 확인하고, 1,2차 경보를 통해 문제 발생 전에 예방이 가능
3. 누설전류의 변동상황을 알 수 없음	3. 다수 변압기의 누설전류 합계를 나타낼 수 있음
4. ZCT없이 추가 설치한 선로의 경우 검출이 불가능	4. 신뢰성, 안전성, 경제성을 보완

2.3 변압기 누설전류 통합 감시장치의 적용 사례

2.3.1 수용가의 단선결선도

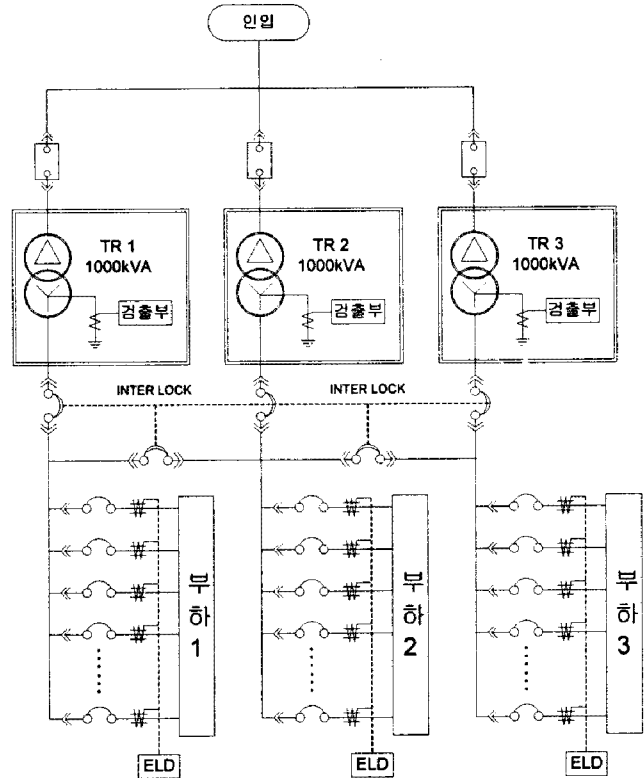


그림 2 통합 감시장치가 설치된 수용가의 단선결선도
Fig. 2. a single line diagram established Total monitoring device in customer.

그림 2는 변압기 누설전류 통합 감시장치를 시설한 수용가의 단선결선도이다. 각각의 변압기에 연결된 부하에는 ELD가 부착되어있어 200[mA] 이상의 누설전류가 흐를 경우 동작하게 되어있다. 여기에 추가하여 각각의 변압기 2차측 Y결선 중성점에 변압기 누설전류 통합 감시장치를 시설하여 각 변압기에 흐르는 누설전류를 감시할 수 있게 하였다.

2.3.2 수용가의 누설전류 측정 장비

변압기 누설전류 통합 감시장치의 측정치와 각 부하군의 누설전류를 비교하기 위해 누설전류계와 클램프를 사용하여 누설전류를 직접 측정하였다.

그림 3은 각 부하군의 누설전류를 측정하기 위해 사용한 누설전류계와 멀티클램프 8008이고, 그림 4는 누설전류계와 멀티클램프 8008을 연결하여 사용하는 방법을 나타내었다. 누설전류계의 직경이 작아 배전선의 전선을 모두 통과시키기 어려워 멀티 클램프 8008를 연결하여 측정하였다.



그림 3 누설전류계와 멀티 클램프 8008
Fig. 3. A leakage amperemeter and multi clamp 8008

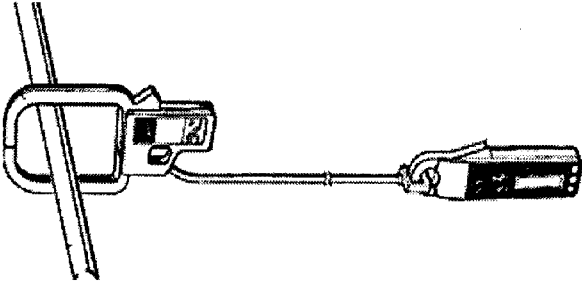


그림 4 누설전류계와 멀티클램프 8008의 연결
Fig. 4. A connection of A leakage amperemeter and multi clamp 8008

2.3.3 수용가의 누설전류 측정

TR1의 2차측 Y결선 중성점에 연결되어있는 변압기 누설전류 통합 감시장치에서 검출하는 누설전류의 양과 각각의 부하에서 흐르는 누설전류의 값을 비교하였다. TR1에 연결되어있는 부하군은 크게 32개로서 표2에 그 측정값을 나타내었다.

표 2. TR 1의 부하별 누설전류 측정값
Table 2. A leakage current of each load in TR1

부 하 명	누설전류 [mA]	부 하 명	누설전류 [mA]
부하 1-1	32.1	부하 1-17	0.7
부하 1-2	3.3	부하 1-18	1.9
부하 1-3	0	부하 1-19	7.3
부하 1-4	0.8	부하 1-20	10.6
부하 1-5	30.7	부하 1-21	5.7
부하 1-6	21.6	부하 1-22	9.3
부하 1-7	9.12	부하 1-23	3.3
부하 1-8	4.2	부하 1-24	9.9
부하 1-9	3.4	부하 1-25	4.1
부하 1-10	3.7	부하 1-26	4.2
부하 1-11	2.4	부하 1-27	5.7
부하 1-12	4.9	부하 1-28	7.8
부하 1-13	17.8	부하 1-29	3.2
부하 1-14	13.1	부하 1-30	9.2
부하 1-15	7.8	부하 1-31	1.5
부하 1-16	4.6	부하 1-32	3.6
합	247.5 [mA]		

누설전류는 순간순간마다 계속 변화함으로써 측정에 어려움이 있었다. 그 결과 변압기 누설전류 통합 감시 장치에서 측정된 값과, 부하군 별 누설전류의 합에 약 37.5[mA]의 차이가 있었다.

TR2와 TR3역시 위의 방법과 같이 측정된 결과를 아래 표로 나타내었다.

표 3. 통합감시장치에 표시된 TR 1의 값과 실제 측정값의 비교
Table 3. Comparison A Total monitoring device and test in TR1

부하 1에서의 누설전류 측정치 합	247.5[mA]
통합감시장치(TR1)	210[mA]
차이 값	37.5[mA]

표 4. TR 2의 부하별 누설전류 측정값
Table 4. A leakage current of each load in TR2

부 하 명	누설전류 [mA]	부 하 명	누설전류 [mA]
부하 2-1	0.8	부하 2-9	1.38
부하 2-2	28.3	부하 2-10	1.1
부하 2-3	8.5	부하 2-11	1.3
부하 2-4	10.5	부하 2-12	0.87
부하 2-5	23.8	부하 2-13	2.4
부하 2-6	16.7	부하 2-14	0.86
부하 2-7	16.4	부하 2-15	1.3
부하 2-8	2.2		
합	116.41[mA]		

표 5. 통합 감시장치에 표시된 TR 2의 값과 실제 측정값의 비교
Table 5. Comparison A Total monitoring device and test in TR2

부하 2에서의 누설전류 측정치 합	116.4[mA]
통합감시장치(TR2)	60[mA]
차이 값	56.4[mA]

표 6. TR 3의 부하별 누설전류 측정값
Table 6. A leakage current of each load in TR3

부 하 명	누설전류 [mA]	부 하 명	누설전류 [mA]
부하 3-1	12.9	부하 3-6	32.9
부하 3-2	12.7	부하 3-7	5.4
부하 3-3	34.2	부하 3-8	4.2
부하 3-4	20.8	부하 3-9	3.8
부하 3-5	4.2		
합	131.1[mA]		

표 7. 통합 감시장치에 표시된 TR 3의 값과 실제 측정값의 비교
 Table 7. Comparison A Total monitoring device and test in TR3

부하 3에서의 누설전류 측정치 합	131.1[mA]
통합감시장치(TR3)	150[mA]
차이 값	21.1[mA]

2.3.4 수용가의 누설전류 위험성 검토

누설전류의 위험성 판단은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째로 비상발전기가 가동되어도 ACB 차단기가 Trip되지 않을 정도의 누설전류가 흐르고 있는지 확인해야 하고, 둘째로 일반 수용가의 최대허용 누설전류의 크기로서 정격전류의 $\frac{1}{2000}$ 을 넘지 않도록 해야 하는 것이다.

2.3.3절의 수용가의 통합감시장치가 검출한 누설전류 측정값을 보면 3대의 변압기 누설전류의 합이 420[mA]로서 비상발전기 가동시 ACB 차단기에 문제가 되는 20[A] 이하이므로 안전하다고 볼 수 있다.

또한 누설전류의 크기가 식 (1)과 같이 정격전류의 $\frac{1}{2000}$ 을 넘지 않으므로 안전하다고 볼 수 있다.

$$\text{누설전류} \leq \frac{P}{\sqrt{3} V} \div 2000 \quad (1)$$

P : 부하설비용량 [KVA], V : 전압 [V]

하지만 시간이 지나고 현장 수용가 측에서 부주의에 의한 사고 및 설비 노후가 되어 변압기 누설전류가 커져 사고의 위험이 생기게 될 경우, 변압기 누설전류 통합 감시장치를 통해 확인 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서 제시한 변압기 누설전류 통합 감시장치란 변압기 2차측 중성점 접지선에 흐르는 누설 전류를 검출하는 장치로서 지정 값 이상의 누설전류가 유입되면 경보를 하여 사고를 사전에 방지하는 것이다.

누설전류는 전기설비의 경제성과 안전성을 해치는 요인으로 작게는 기기의 고장 및 전력손실의 증가를 가져오고, 크게는 비상상황에서 비상발전기의 전원공급을 방해하여 비상전원을 마비시킬 수 있다.

이를 방지하기위해 변압기 누설전류 통합 감시장치를 통해 누설전류의 변화를 모니터링하여 비상발전기가 무용지물화 되는 것을 예방하고 감전사고 및 전기화재를 방지하여 전력공급의 안정성과 신뢰성을 확보하였다.

본문에서와 같이 실제 수용가에서는 누설전류에 대한 위험성을 ELD를 통해 대비하고 있지만, 수용가 내의 전체 누설전류의 크기는 표시하지 못하므로 비상발전시의 기동불가, 전력손실 등의 문제점을 발생시킬 수 있다. 그러므로 수용가의 변압기 중성점 접지선에 흐르는 누설전류를 변압기 누설전류 통합 감시장치를 통해 감시해야 한다.

누설전류의 증가는 큰 위험성을 동반하는 만큼 국내 법·규정을 통해 지속적인 누설전류 변화의 감시를 강화하는 방안이 마련되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- (1) 최홍규 외 6인, “전력 사용 시설물 설비 및 설계”, 성안당,
- (2) 최홍규, 강태은, “전원설비 및 설계”, 성안당
- (3) 전기설비 기술기준 제 16조 2항
- (4) 한국전기안전공사 내부규정