



전력시스템의 계통보호와 진단기법에 관한 연구

전 명 수, 정 언 해, 정 형 용, 전 용 주

1. 서론

산업설비가 대형 정밀화되고 컴퓨터 산업이 발달함에 따라 잠시의 정전도 불허됨은 물론이고 일정전압, 일정주파수의 유지, 고조파나 써지가 없는 좋은 품질의 전력이 요구되고 있다. 그러나 전력계통의 보호 및 신뢰도 향상 관련 연구인력은 전력회사의 설비에 치중되어 있으며 전력설비의 측면에서 공급설비(전력회사)보다도 사용설비(산업설비 등)가 더 큰 비중을 차지함에도 불구하고 산업설비의 계통사고 분석이나 보호방법의 연구기관 및 연구인력은 극히 미미한 실정이다.

그러므로 산업설비는 동일사고가 재발되고 전력회사 계통으로 파급되거나 전력회사의 인접계통 사고가 타 수용가에 저전압 또는 과전류의 원인으로 작용하여 Trip하는 경우도 상당수 발생하고 있으나 상호 보완적인 연구대책이 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 산업설비의 계통보호 및 계통상의 문제점을 진단하여 전력사와의 상호 파급사고를 예방하고 양질의 전력을 공급할 수 있도록 보다 높은 관심과 참여가 필요할 것이다.

본 연구는 산업설비의 파급사고에 대한 진단과 보호에 관한 내용을 주로 하였다.

2. 본론

2.1 전력계통보호와 진단목적

전력설비의 고장을 100% 예방할 수는 없으며 발생한 고장은 신속 정확하게 최소의 정전구간으로 고장점을 제거하여야 하며 전력계통의 문제점을 진단분석하고 예측되는 사고의 파급 및 확산을 예방하는데 목적이 있다.

2.2 전력계통의 고장종류와 진행 상태

고장의 종류로는 3상단락, 1선지락, 선간 단락, 3선지락단선 등을 들 수 있으나 이들 중 가장 가혹한 것은 3상단락이고 발생빈도가 가장 높은 것은 1선지락 고장이며 전체 고장건수의 80~90%에 해당한다.

또한 1선지락 고장을 신속하게 제거하지 못하면 단락사고로 발전하거나 또는 건전상의 이상전압 발생으로 2상 또는 3상지락 및 단락사고가 동시 다발적으로 발생하게 되며 이 같은 현상은 고 저항접지 또는 비접지 계통에서 현저하게 나타난다. 또한 이 경우 지락전류는 수[A] ~ 수백[A] (직접 접지계통 제외)정도이므로 지락과 전류에

의한 기기의 손상은 발생하지 않으나 2상 또는 3상지락 및 단락으로 발전하게 되면 정격전류의 수십배의 단락전류가 흐르게 되므로 공급변압기 차단기 케이블 등 고장점을 기준으로 전원측에 직렬로 연결된 전기설비에는 열적, 기계적 Stress를 받게 되며 누적되면 작은 충격에도 파손되는 원인이 된다.

따라서 전력계통의 신뢰도를 높이고 전력설비의 수명을 지키기 위하여 지락고장초기에 계통을 차단할 수 있는 보호 System의 확실한 선정과 과부하 및 단락전류보호의 목적을 분명히 하여 주보호 또는 후비보호 System의 구축이 양질의 전력공급에 필수적인 것이다.

2.3 전력계통진단 주요 항목

전력설비의 진단은 system 차원에서 검토 분석하는 계통진단과 설비 각각의 성능 및 열화상태를 진단하는 설비진단(안전점검) 등으로 대별할 수 있으며 본문에서는 전력계통진단의 주요 항목을 열거한다.

○ 전력설비의 진단 구분

전력계통진단	
주요 내용	효 과
1. 합리적인 전력계통의 구성 및 검토 - 전력계통과 변압기, Cable 등 전력설비 적합성 - 각종 보호계전기 선정의 적합성	1. 적절한 기기의 선정으로 경제적인 운용 2. 불필요한 설비무차호 인한 예산절감 3. 화재, 폭발 등 전기사고의 예방 및 최소화
2. 고장전류의 계산 - 고장전류 분포도 - 차단기, Cable, 변압기 등의 폭발가능성	4. 유사사고의 재발 방지 5. 사고범위의 축소 및 정전범위 최소화
3. 발생사고의 분석 - 사고의 원인을 분석하고 대책 수립	6. 보호계전기의 오동작, 부동작 방지 7. 고조파로 인한 각종 장밀 기기의 손상
4. 전력계통 보호협조 - 정정값 선정 - 지락, 단락 보호협조	8. 전력설비 이중 투자 방지
5. 고조파 해석 - 발생원인 및 대책제시	

안전진단(설비진단) 등	
주요 내용	효 과
1. 각 개별전기설비의 유지 상태확인 - 주어진 정정값에서 보호계전기 작동작 확인 - 차단기 특성시험 - 기타부대설비 특성시험 - 접지저항 측정	1. 전력설비의 과열개소 발견으로 기기수명을 연장하고 사고 예방 2. 기기의 열화상태 검출로 잔여수명의 예측
2. 각 개별 기기의 열화 상태 확인 - 절연유 열화상태 - 차단기 열화상태 - 부분방전 시험 - Cable 등의 Tan δ 측정 - 절연저항 측정 - 방열상태 측정	3. 전기설비의 합리적인 보전계획 수립 4. 보호계전기의 오·부동작 방지

2.3.1 전력계통의 구성 및 보호

전력계통은 중성점의 접지방식에 따라 보호방식 및 설비의 절연 Level, 아레스타 등의 정격이 정해지므로 접지방식과 보호계전방식의 적합성 검토가 필요하며 다음과 같은 방법으로 보호하는 것이 일반적이다.

○ 설비보호

설비명	주보호	후비보호	기타
모터	49, 46	51	27, 37, 66 등
변압기	87	51, 50	26, 63 등
콘덴서	51	50	

○ 전력계통

계통 단락	주부호	후비보호	기타
	51, 50	51, 50	
지락 보호	적절접지	51G, 50G	51G, 50G
	저저항접지	51G, 50G	51G, 50G
	고저항접지	67	64

2.3.2 단락용량 검토

- 고장전류 분포
- 차단용량 검토
- 케이블 용단 가능성

2.3.3 C.T의 특성 검토

- 과전류정수
- 과전류강도
- 정격부담
- 변류비
- 극 성

T-R : 442V T 상 190A
정격전류 422A
∴ 451-440=11V ∴ 190-114 = 76A

2.3.4 보호협조

주보호와 후비보호, 과부하보호, 단락보호의 보호목적을 확실히 하고 하위 Bus와의 동작시간 간격은 0.2~0.3sec 정도이던 된다.

- 문제점

전압이 2.5% 불평형일 때 전류는 18%의 불평형(역상전류)이 발생한다.

역상전류는 모터의 토크를 떨어뜨리고 회전자 표면을 과열시켜 소손하는 원인이 된다.

기동전류 600% 모터의 경우 5%의 전압 불평형이 되면 30%의 역상전류가 흐른다.

2.4 전력계통 파급 사례

2.4.1 66kV 송전선이 단선되어 22.5kV 전철선에 낙하한 사례

- 상황

S 공사의 수전용 MOF 부상이 파손되고 OCR의 고장으로 수전용 CB가 Trip 안됨 또한 전력사로부터의 66kV 송전선(△계통)이 단선되어 22.5kV 철도선로에 낙하되어 큰 피해 발생

- 문제점

보호계전기 고장 및 송전선 단선

- 기술적인 분쟁 내용

MOF 부상이 먼저 파손되고 OCR 고장으로 송전 선로가 단선 - 전력사 주장

송전선이 단선(비접지계통)되어 ARC 지락이 발생하므로 전전상에 전위상승으로 MOF 부상이 파손된 것임 - S 공사 주장

2.4.2 전압불평형과 역상전류

- 현 상

전압측정치 350HP 모터 무부하전류
R-S : 440V R 상 114A
S-T : 451V S 상 177A

2.4.3 22.9kV 수전측 COS 1상의 접촉불량과 부하단 전압

B 천문대 및 S 섬유공장에서 발생되었던 내용으로 COS 1상이 육안으로는 발견할 수는 없으나 접촉불량으로 개방된 상태였으며 부하단 에서는 표1과 같이 전압이 불평형 되나 경부하로 가동중인 모터는 계속 가동되어 발견하기 곤란한 경우가 있다.

이는 모터의 권선을 통해 단선된 상에도 전압이 유기 되기 때문이며 특고압 측에서도 용융되지 않은 상태로 접촉불량이 되어 개방상태(육안으로는 정상)로 될 수 있고 부하단에는 부하(모터 등)에 의해 불평형 전압이기는 하나 개방상에도 전압이 걸리는 것을 알 수 있다.

표 1 무부하시 전압 구분

구 분		Va (a-N)	Vb (b-N)	Vc (c-N)
정상상태	상 전 압	220	220	220
	선간전압			
A상결상	상 전 압	110	220	110
	선간전압			

구 분		Vab (a-b)	Vbc (b-c)	Vca (c-a)
정상상태	상 전 압			
	선간전압	380	380	380
A상결상	상 전 압			
	선간전압	330	330	0

표 2 부하(동력 및 전등)시 전압 분포

구 분		Va (a-N)	Vb (b-N)	Vc (c-N)
정상상태	상 전압	226	223	226
	선간전압			
	위상각			
A상결상	상 전압	256	268	202
	선간전압			
	위상각			

구 분		Vab (a-b)	Vbc (b-c)	Vca (c-a)
정상상태	상 전압			
	선간전압	390	390	390
	위상각	120°	121°	119°
A상결상	상 전압			
	선간전압	470	406	354
	위상각	123°	119°	113°

3. 결론

전기고장은 초기에 신속하게 사고지점을 제

거하면 경미한 피해로 끝날 수 있으나 그렇지 못할 경우 전 공장이 Shut-Down되거나 전력사 계통으로 과급되게 되므로 각각 부하특성에 적합한 계통구성과 보호설비의 구축이 필요하다.

앞으로는 전력설비의 고장과급 사고에 대한 책임이 자체설비는 물론 그 책임 소재를 가려 보상하여야 할 것이 예상되며 수용가 사고가 전력사에 과급되거나 전력사의 계통사고 및 저품질(전압변동, 전압불평형)에 의한 피해를 상호 보상하는 문제가 발생할 것이므로 전력 계통의 보호 및 이상 징후의 진단 발생사고의 확실한 원인분석에 의한 대책이 요구된다.

따라서 산업설비의 계통과급연구 및 계통진단 또한 전력회사계통의 일부로 간주하여 국책연구기관 또는 전력회사의 자체연구가 필요할 것으로 판단된다.

전기절약을 생활화 합시다!

- ★ 쓰지 않는 가전기기는 플러그를 빼 전력손실을 방지하자.
- ★ 출근할 시간을 알기 위해서 TV를 켜지 말자.
- ★ 냉장고는 가족 수에 맞는 용량을 선택해 구입하자.
- ★ 냉장고는 통풍이 잘 되는 곳에 두고 사용하자.
- ★ 전력절감을 위해 냉장고 문은 자주 여닫지 말자.
- ★ 냉장고에 음식물을 가득 채우지 말자.
- ★ 냉장고에 음식물 넣을 때에는 반드시 식혀서 넣자.
- ★ 냉장고 구입시에는 반드시 전력소비 용량을 확인하자.
- ★ 세탁기 1회 사용할 때 세탁시간(탈수시간 제외)은 10분 이내로 하자.
- ★ 세탁물은 모아서 세탁하자.
- ★ 전력소비가 많은 시간을 피해서 다림질하자.
- ★ 다림질은 한번에 모아서 하자.
- ★ 고효율 형광등기구를 사용하자.
- ★ 실내에는 자연조명을 적극 활용하자.
- ★ 백열등을 전구식 형광등기구로 교체하자.
- ★ 빈방 등 쓰지 않는 곳과 외출시에는 반드시 소등을 확인하자.
- ★ 조명기기 및 반사판을 자주 닦자.
- ★ 복도, 현관 등에는 타임 스위치를 설치하자.

-에너지관리공단-