

발전소 전동기 모션절환의 적용 방안 ②

글/이 경 재

(주)하이텍 전력기술단

8. 전력회사 적용에 : 문제점과 해결

CASE I

한 전력회사에서 두 가지 종래의 고속과 잔류전압절환 방식이 사용되었다. 대부분의 설비에서 고속, 비감시 절환이 선호되었다. 이 절환은 보통 발전기의 Lockout Relay로 이루어졌다.

고속절환은 대개의 경우 보조 및 기동 차단기에 차단과 투입명령을 동시에 주었다. 이것은 두 개의 차단기가 열리는 시간이 두 사이클(2C/S)로 관측되었다. 고속절환은 시스템 서로간의 위상차를 한정시키는데 매우 성공적이었다.

한 가지 예외가 오래된 전자코일 작동 차단기가 설치된 구형 발전소에 일어났다. 차단기의 투입시간이 개방시간보다 훨씬 길어서 결과적으로 잔류전압 절환이 시도되었다.

1950년대 어느 구형 화력발전소에 먼저 차단하고 투입명령을 주는 방법을 사용하였다. 따라서, “무압” 시간이 보통 6~10사이클 범위가 되고 요구하는 위상차보다 커져서 최근에 무모한 전동기 고장으로 확대된 것으로 믿어지고 있다. 그래서 이 시스템은 “동시” 고속절환 회로로 개조되었다.

다른 고장은 동기 검정계전기로 동작하는 고속절환 회로에서 발생하였다. 345kV 모선에

서 고장이 발생하였는데 모션 차동보호계전기가 정확히 고장을 제거하였고 Lockout의 동작으로 모션 절환이 작동하였다. 그런데 동기검정 계전기가 정확한 동작을 위해 최소한 80% 전압에서 동기검정이 가능하였다. 이때 전압은 고장으로 인해 강하되었고, SAT 투입은 동기검정기로 저지되었다. 이것은 최소 동작 전압을 조정할 수 있는 동기 검정 계전기를 교체함으로써 해결되었다.

CASE II

미국의 A사는 그들의 발전소에 거의 감시 기능이 없는 전동기 모션 자동절환 방법을 성공적으로 사용하고 있다. 동시 차단 및 투입 명령이 Lockout Relay에 의하여 소내 보조 및 기동변압기용 차단기에 주어져 ‘무압시간’이 4사이클 정도로 제한하고 있다.

한 발전소에서 1964년에 운전된 이래, 실수가 발견되었다. 2대의 9500HP Forced Draft Fan Motor(FDFM)의 차단기 형식을 선택할 때 전원측의 차단기는 양측 모두 VCB였고, 남쪽 FDFM의 예비차단기는 압축 스프링 투입구조의 OCB였으나 북쪽 FDFM의 OCB는 솔레노이드형이었다.

이 발전소는 처음 17년간 10번의 FDFM의 고장이 있었다. 1982년 이 고장을 검토할 때 적용방법에 실수가 발견되었다. 남쪽 FDFM

의 “무압시간”은 4사이클이었으나 북쪽 FDFM의 “무압시간”은 28사이클이었다. 솔레노이드 투입형 OCB는 4사이클 절환시간을 갖도록 남쪽 FDFM과 같은 OCB로 교체되었다.

이후로는 FDFM의 고장은 없어졌다. AEP는 또한 UAT와 SAT 차단기의 상대적인 투입시간과 차단시간을 UAT가 정지될 때마다 측정하였다. 이러한 시간은 일상적으로 오실로 그래프에 기록되었다.

CASE III

P사에서는 1970년까지 잔류전압 절환방법이 주류였고 거의 성공적이었다. 대표적인 회로로서 정상전압의 70%로 정정된 반한시형 저전압계전기를 사용하여 기동변압기로 절환을 하였다.

이 계전기가 동작될 때까지(약 5초) 전압은 25%의 전압 수준 이하까지 저하되었다. 동시에 만일 전동기 부하절환이 실패했을 때에 대비하여 정상치의 55%에 정정된 또 다른 반한시형 저전압계전기가 전동기 부하를 차단하는데 사용되었다. 이 두계전기의 협조는 신뢰성이 입증되어 이 회로는 아직도 2차 회로로서 사용되고 있다.

최근에 고속절환 회로가 추가되었다. 가장 보편적인 것은 UAT 차단기의 “b”점점으로 순차적인 절환(Sequential Transfer)을 하는 것이다.

다른 방법으로 UAT와 SAT 차단기를 동시에 차단과 투입신호를 사용하는 것이 역시 적용되었다. 이 경우 별도의 Timer가 가동되었다. 이것은 만일 UAT 차단기가 두 번의 정상적인 개방 주기 안에 열리지 않으면 기동전원을 차단하는 것이다.

상술한 고속절환은 동기이탈이나 보호계전기나 보조계전기로 감지된 고장상태에서는 허용되지 않았다. 자동절환은 오직 Unit를 Lockout Relay를 통하여 기동전원으로 공급하기 위해 작동하였다.

CASE IV

T 전력회사는 몇 가지 다른 방식을 도입했다. 두 가지의 가장 보편적인 것은 고속 “정전”절환과 병렬(활선)절환이다. 고속절환은 일반적으로 UAT와 SAT 차단기에 동시에 신호를 보내는 것으로 구성되어 있다. SAT 차단기의 투입은, 어찌 되든지 UAT 차단기로부터 “b” 점점에 의하여 감시제어 된다.

또 다른 형태는 UAT가 차단되지 않으면, 별도의 Timer를 사용하여 SAT로 가는 투입신호가 15사이클 동안 제거된다.

동시-검출계전기는 고속절환을 감시하기 위해 사용된다.

병렬절환 기준은 UAT와 SAT 차단기에 동시차단 및 투입신호를 보내는 고속절환과 유사하다. 이 경우 SAT 투입은 UAT “a” 점점으로 감시된다.

만일 UAT 차단기가 15사이클에서 차단이 실패한다면 투입신호는 SAT로부터 제거된다.

부가해서 만일 SAT 차단기가 투입되지 않는다면 제2의 Timer는 UAT 차단기를 30사이클 안에 차단할 것이다.

SAT “a” 점점은 일반적으로 SAT가 투입되면 UAT 차단기를 차단하도록 되어 있다. 잔류전압 절환은 사용하지 않으며 전압이 정상치의 50% 이하로 떨어지면 사실상 모든 전동기는 저전압계전기로 차단된다.

자동절환은 전기적인 고장에서만 수행되고 Lockout Relay로 이루어진다. 기동 및 정지절환은 동기 검정 계전기에 의하여 수동으로 수행된다. 구형차단기로서 동작시간이 부정확(부동시간이 7사이클 이상)할 때에는 상일치절환이 검토 되어야 한다.

CASE V

한 전력회사의 사고방식은, 1970년 후반까지는 잔류전압 저전압 자동절환 회로를 사용하

였다.

어떤 경우에는 절환이 감시되지 않고 수행된다. 수동절환은 보통 전자식 동기검정 계전기로 감시되면서 수행된다. 한 사건에 관련된 기기 파손으로 전력회사에 사고방식의 큰 절환이 생겼다. 사건은 중압모선(4160V)에 전동용 변압기 고장에서 발생되었다.

차단기가 고장제거에 실패하여 4kV 모선 고장으로 발생되었다. 그 고장전류는 UAT의 과전류 계전기를 동작시켰으나, 모선 저전압 계전기(70%에 정정, V=0일 때 20사이클)가 이어서 동작했다. 이것은 자동 모선절환을 유발시켰다.

자동절환 회로는 UAT 차단기를 차단시켰고 SAT 차단기를 투입시켰으므로 고장을 재발시켰다. 이 고장은 SAT의 과전류계전기로 제거되었으나 수분후 운전원이 보조전력에서 상실에 이은 소내 정전으로 정보상 혼란을 일으켜, 부주의로 제어실에 있는 SAT Lockout Relay를 Reset 시키고 SAT 차단기를 수동으로 투입했다. 이 동작으로 제3의 고장을 일으켜 다른 계전기도 동작하여 Lockout 되었다.

불행히도 9개의 4kV 차단기가 파손되었다.

이 사건과 다른 여러 가지 경험으로 자동절

환 회로는 종래의 설계상 문제가 들어났다.

1. 보호계전기의 협조부족
2. 잔류전압 감시의 결함은 전동기 스트레스 파손을 충분히 제한하지 못한다.
3. 부적절한 Lockout은 제어실에서 전원 Lockout을 리셋트 시키는 것을 허용했다.
4. 부적절한 전기기계식 동기 검정계전기 적용은 감시되지 않은 절환이 허용되었다.

재 검토된 설계가 그림 8과 9에 나타나 있다. 43CS는 자동절환을 선택하는데 사용되었다. 186은 UAT가 Lockout 되었을 때 자동절환을 보류한다. 152/a는 모선연결 차단기 접점이며 모선 연결차단기가 보호계전기로 동작되면 자동절환을 방지한다. 127R은 기동전원이 정전되면 투입을 방지한다. 162T는 단 한번의 자동절환이 시도되게 한다(Timer가 한번의 동작을 위해 한 개의 윈도우를 허용한다).

9. 기타 사례

한 발전소가 정확한 절환에 차질이 생겼다.

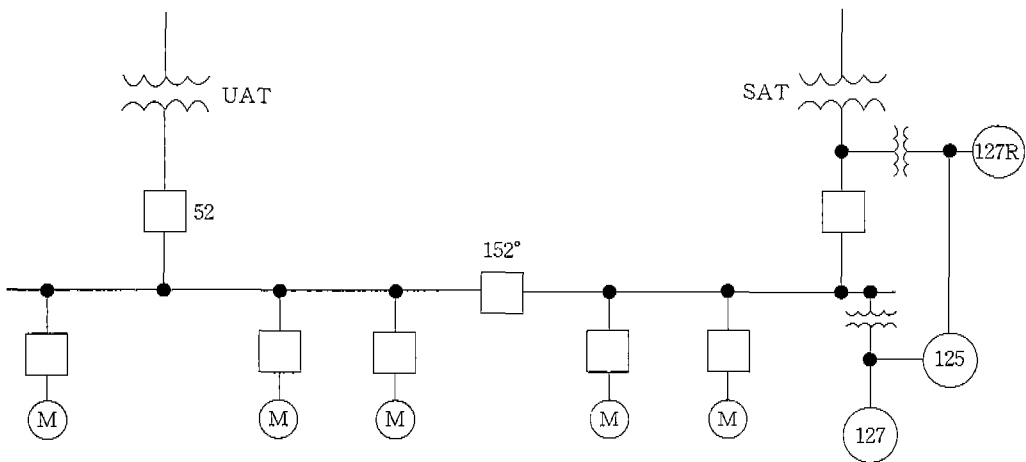


그림 8 소내 보조전력 절환 단선도

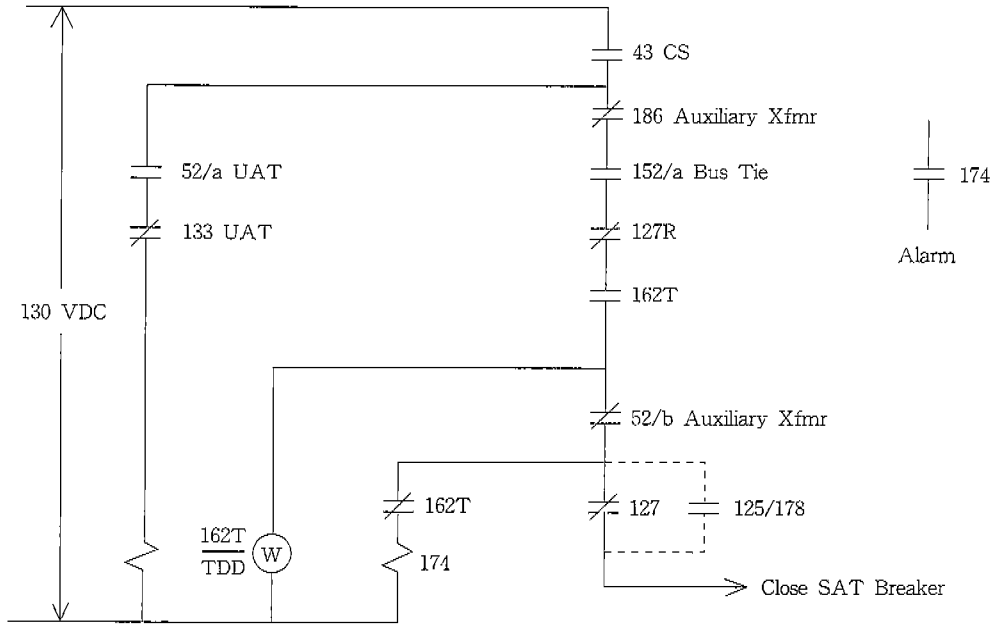


그림 9 보조기 전력 절환회로

소내 보조전력 절환회로 범례

- 52/a = UAT 차단기 투입시 닫는 접촉자
- 133 = UAT 차단기 운전위치에서 닫는 스위치
- 43CS = 자동위치에서 닫는 스위치
- 186 = UAT 저압측 과전류 고장시 붙는 Lockout Relay (과전류 계전기가 186 코일을 여자시 접촉자 개방됨)
- 152/a = BUS TIE가 투입되면 접촉자는 닫힘(BUS TIE가 없는 곳도 있음)
- 127/R = 예비 모선 전압이 정상이면, 접촉자 닫힘
- 162T = 타이머 접점, 소내 모선이 UAT로 공급되면 닫히고 UAT 차단기가 개방된 10초 후 열림
- 52/b = UAT 차단기가 개방시 접촉자가 닫힘(가장 빠른 "b"접점이 요구 됨)
- W = 절환 허용 정상상태 표시등(백색)
- 174 = 절환조건 표시용 경고 보조계전기
- 127 = 잔류 절환저압 레벨 감시용 전압계전기
- ※ 125 = 안정상 잔류전압 절환보다 빠른 절환이 요구될 때 또는 돌입전류 사유나 모선연락 차단기 투입시간이 5사이클을 초과시 요구되는 정지형 동기 검정기
- 178 = 안정상 잔류전압 절환보다 빠른 절환이 요구될 때 또는 돌입전류 사유나 모선연락 차단기 투입시간이 5사이클을 초과시 요구되는 상일시 절환계전기
- ※ 기존의 설비는 전기기계식 동기 검정계전기이나 정지형으로 교체함



이 사례는 강제 압입통풍기(Forced Draft Fan Motor) 고장에서 시작되었다. 고장전류가 너무커서 보호계전기가 정확하게 동작했으나 UAT가 같이 정전되었다. 이때 230kV 모선 고장으로 유닛트 차동 계전기가 230kV 모선 고장을 제지시켰다. 이것은 기동 전원으로 자동절환 되도록 작용하였다.

약 30초 후에 처음 고장때 FDF Motor 차단기가 과열된 상태이므로 자동절환시 다시 아아크 고장으로 확대 되었다.

다른 사례가 발전기 정지 중에 발생하였다.

4160V 모터 모선이 SAT 전원 차단기에서 공급되었다. UAT 차단기는 보수중이었고 DC회로는 끊어져 있었다. 평상시 개방되었던 모선 연결차단기(152)는 4160V 모선의 제2의 예비전원으로서 투입되고 있었다. 가데에서 인출된 그(UAT)차단기가 부주의로 투입되었다. 이것으로 전동기 모선이 UAT 차단기를 통하여 발전기를 가압하게 되었다. SAT가 과전류 계전기의 정확한 동작으로 차단되었다. 이 사건은 과전류계전기의 모선 연결 차단

기를 차단할 수초동안 발전기를 가압했다. 다행히 발전기에는 피해가 없었다.

다른 큰 고장이 원자력 발전소에서 있었다. 동기 검정계전기가 부적절하게 바이 패스되어 있어서 연료 재 장진후 수동/자동 스위치가 “수동”으로 남아 있었다.

10. 결론

전동기 모선절환 적용이 논의 되었고, “정전”상태에 전압과 위상차 특성의 개략적인 분석이 포함 되었다.

각각의 절환 방식에서 장점과 단점이 논의 되었다. 보호계전기와 함께 전력계통 자체뿐만 아니라, 전력회사 개인이 개발한 운전경험에 따라 각 회사의 사고방식이 나름대로 적용되어 왔으나 이 논문의 최종 부분에는 발생된 문제점과 개선된 해결방안을 제시하였다.

○ '99. 11월호 협회지 p8의 “구미주요국의 전기보완규제 개요” 의 별지 1: 각국 법 체계의 대상 범위가 누락되어 게재합니다.

- 각국의 법체계의 대상범위 -

구 분	전기사업용 설비			자가용상당설비		일 반 용 상당설비	비 고
	화 력	수 력	송배변전	발 전	수용설비		
미 국	① 주 법						
	② 연방동력법						
	③ 연방직장안전법	보일러등			보일러등		
	④ 지방조례						
영 국	① 전 기 법				열주파		수요차비에 대해서는 BS15에 상위의 준수안 허가, 검사 등의 규정 없음
	② 작업시간건강안전법						
	③ 공 장 법	보일러등			보일러등		
	④ 환경보호법				화 력		
	⑤ 도시지방계획법						
분 란 서	① 배 전 법						
	② 수력이용법						
	③ 압력용기법	보일러등			부일리		
	④ 노 동 법						
	⑤ 환경보호를 위한 공장 분류법						
	⑥ 건축물주거법						
독 일	① 에너지사업법						
	② 기기안전법	보일러등			보일러		
	③ 연방환경보호법				화 력		