

단순병렬 자가발전 설비 보호방식 검토 사례

이승재, 김경식, 윤갑구
(주)에이스기술단

A case Study for Protection Relay System of small Cogeneration Intertie

S. J. Lee, K. S. Kim, K. K. Yoon
ACE Engineering, Inc.

Abstract - The Co-Gen System which maximize energy efficiency was installed at the industrial plants at the initial stage. However Small Scale Co-Gen System was expanded even to the general end-users such as housing and building owing to ESCO business recently. For this SSC, inter-connected operation to the utility is desirable due to voltage and frequency fluctuation following to unbalance between power output and load. Then voltage unbalance with utility system, frequency, increase of short circuit capacity, reclosing, and ALTS etc. should be fully considered for the inter-connected operation. Voltage variation, protection coordination, Co-Generators single running, and short circuit capacity should also be solved. To research the method and solve the problems through the field test and application, we study individual customers Co-Gen System as a case study.

전력의 안정공급, 질적향상 및 경제성 유지를 위해, 또한 불의의 사고로 상용 수전계통 또는 열병합발전기가 트립되어 정지될 경우 수용가에 필요한 전력을 신뢰도 높게 공급하기 위해, 전력회사와의 연계가 필수 불가결하다고 할 수 있다. 반면, 열병합 발전설비가 계통에 병입될 경우 단락용량의 증가 문제, 보호협조의 문제, 상시전압 변동 및 조정 문제가 있다.[1][2]

계통에 파급되는 문제에 대비하기 위해 전기사업자는 타사 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무지침을 규정하고 있다. 소형열병합 발전설비의 경우 계통연계시 현행 전기사업자의 지침에 규정된 표준 보호계전방식을 일괄 적용할 경우 계통구성상 설치불가 또는 과도한 공사비로 경제성이 충분하지 못할 경우가 있다. 즉, 자가발전설비 비용 대비 과도한 비용을 발생시켜 열병합발전기의 도입에 어려움을 준다.

본 논문에서는 소형열병합 발전설비의 계통중 대부분을 차지하고 있는 단순병렬 자가발전설비의 보호방식검토 사례들을 통하여 열병합 발전의 보급 확대에 도움이 되고자 한다.

1. 서 론

전력수요가 급격히 증가함에도 불구하고, 수요를 만족시키기 위한 대규모 전력원은 입지적인 제약 및 환경적 제약으로 그 건설에 어려움을 겪고 있다. 또한 기존의 전력원은 소비지와 멀리 떨어진 곳에 위치하여 송전손실과 지역적 전력수급의 불균형 문제가 있어 열병합 발전과 같은 중, 소규모로 소비지에 설치가 가능한 전원의 도입이 요구되고 있다. 열병합 발전설비는 전기사업자의 입장에서 불 때 민자 발전 유치의 효과가 있을 뿐 아니라, 최대 전력(Peak)공급의 분담, 발전소 건설기간을 늦출 수 있음으로 인한투자회피효과 등의 간접적 이익이 있고, 국가적인 측면에서 불 때 에너지 절약과 효율에서 이익이 크다, 수용가의 입장에는 비상발전기의 역할, 발전기 폐열을 회수하여 수용가 열부하 공급, 상시병렬운전에 따른 사용전력량 요금 절감 및 최대수요전력의 감소를 통한 기본요금 절감의 효과가 기대된다.

2. 본 론

2. 보호방식의 적용

2.1 자가용 전기설비측

2.1.1 자가 발전설비

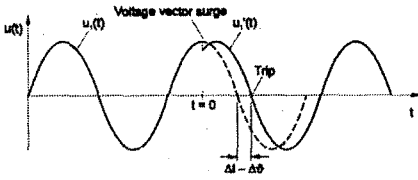
보호계전방식을 유형별로 나누어 보면

가. 유형 I

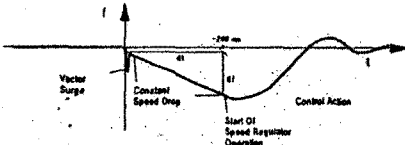
- 1) 27(Under voltage relay) : 전압이 정정치 이하가 되면 동작하는 계전기.
- 2) 50(Overcurrent relay), 50G(Overcurrent ground relay) : ACB에 내장된 계전기.
- 3) 59(Over voltage relay) : 전압이 정정치 이상이 되면 동작하는 계전기.
- 4) 78(Phase jump relay) : Vector surge relay라고도 하며, 발전기의 ACB가 trip되기 위하여 가장 먼저 수십 ms 이내에 동작하는 계전기.
- 5) 81(Frequency relay) : 주파수가 정전치의 범위를 벗어날 경우 동작하는 계전기 등이 설치되며 아울러 decoupling relay도 설치된다.

DECOUPLING RELAY는 27/59/81/(78 또는 df/dt)을 포함하고 있으며 각기능 중 1개 이상이 동작할 경우 바로 발전기를 연계선로에서 분리토록 하고 있다.

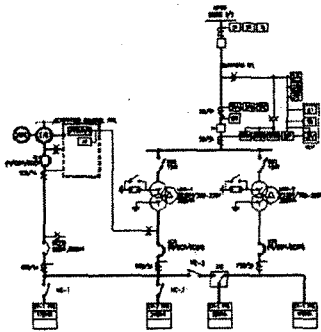
주보호장치는 VECTOR SURGE RELAY(78)의 경우 발전기가 계통에서 분리되었을 때 전압의 위상이 아래와 같이 틀어지는 것을 검출하는 계전기이다.



< 그림1. vector surge relay 동작특성 >



< 그림 2. df/dt 계전기 동작곡선 >



< 그림3. 유형 I 계전기 logic 구성도 >

나. 유형 II

- 1) 27
- 2) 32(Directional power relay) : 역방향 전력계전기로써 단락 또는 지락 사고시 발전기에서 연계 선로 쪽으로 유출되는 전력에 동작하는 계전기
- 3) 46(phase-balance current relay) : 역상 계전기
- 4) 50,50G :ACB에 내장
- 5) 59
- 6) 78
- 7) 81

위 계전기의 기능을 하나의 계전기에 내장한 multi function relay 및 decoupling relay 가 설치된다.

< 그림4. 유형 II 계전기 logic 구성도 >

다. 유형 III

- 1) 발전기제작사에서 공급하는 발전기 보호용 계

전기가 공급 설치됐다. 이 계전기는 MPR(MULTI FUNCTION RELAY)로 27, 59, 50/51, 64, 46, 40, 24, 41, 56, 81, 49, 53, 32, 37등 의 여러가지 RELAY 요소를 가지고 있다. 모선을 기준으로 발전기측 선로는 부하와 마찬가지로 1개의 FEEDER개념이므로 PANEL에 SGR(67G)를 설치하여 64계전기와 같이 AND 조건으로 동작하도록 하였다.

2.1.2 수전설비

가. 유형 I

50/51,51G relay와 27,32Q,32P 및 59,81 relay가 설치된다.

1) 무효전력 계전기(32Q)

연계선로에 단락 또는 지락사고 발생시 병렬운전 발전기로부터 연계선로쪽으로 유출되는 무효전력에 대응하는 계전방식이다. 무효전력방향 계전방식에는 발전기 병렬운전 수용가측의 부하 역률이 진상이 되는 경우에는, 사고가 없어도 오동작될 우려가 있으며 이러한 현상을 방지하기 위하여는 사고를 검출하는 저전압계전기(27)를 설치하여 조합사용한다. 여기서는 역전력 계전기의 CT결선과 PT결선을 조정함으로써 무효전력 계전기의 역할을 할 수도 있다.

2) 역전력 계전기(32P)

평상시 병렬발전기의 유효분전력이 연계선쪽으로 유출되는 것이 허용되지 않는 경우에 한하여 사용되는 보호방식으로 2가지 목적으로 가지고 있다. 첫째 목적은 연계선로의 보수중 발전기측으로부터 가압되어 안전사고가 발생되지 않도록 하는 것과 둘째는 발전기측의 전력이 수용가로부터 전기사업자로 유출되는 것을 방지하기 위함이다.

나. 유형 II

27, 32Q, 32P decoupling relay(27/59/78/81)

다. 유형 III

51, 51N,79, 27

2.2 전기 사업자 설비측

공동적으로 51,51N,79, 27 relay가 설치되며 선로 무전압 확인장치는 생략할 수 있으므로 그 생략방안을 기술한다.

선로 무전압 확인장치의 생략방안

2.2.1 선로 무전압 확인장치 생략조건 I - 능동적방식 계전기 사용

현재 우리가 사용하고 있는 계전기는 대부분이 수동적 방식이며 발전기 보호를 위해 사용하는 Fast Decoupling Relay(27/78/81) 역시 수동적 방식이다. 그러나 Fast Decoupling Relay의 구성요소중 81(위상비교계전기)대신 능동적 방식의 계전기인 df/dt계전기를

사용한다.

2.2.2 선로 무전압 확인장치 생략조건II - 보호계전기 및 차단기의 2계열화

일본의 경우 재폐로 차단기의 재폐로시간이 1초 이상 수 초 이내(각 전력회사마다 다름)로 되어 있기 때문에 32P,32Q로 2계열화 하여 발전기 단독운전으로부터 계통을 보호할 수 있다. 반면, 우리나라의 경우 재폐로 차단기의 1차 재폐로시간이 0.5초이고 32P,Q의 동작시한은 2초이내에 정정하므로 2계열화 구성은 시한협조상의 문제로 의미가 없으며 만일 2계열화를 구성한다면 재폐로 차단기의 동작시간보다 훨씬 빠르게 고속 동작할 수 있는 dt/dt계전기나 dt/df계전기로 선로 무전압확인장치는 생략 가능할 것으로 사료된다.

우리나라 계통연계 가이드라인은 열병합 발전설비의 보급 초창기에 제정되었으며 가이드라인 제정 후 보호계전기 분야에 대한 상당한 기술이 발전되어왔다. 따라서 우리나라 역시 일본처럼 새로운 보호계전기를 적용한 계통연계 가이드라인의 개정이 절실한 요구되고 있으며 그 중 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 선로 무전압 확인장치적용의 문제에 대해서는 능동적 방식과 계통 2계열화를 통해 선로 무전압 확인장치를 생략할 수 있도록 계통연계 가이드라인이 개정되어야 될 것으로 사료된다.

3. 보호장치의 정정

3.1 정정 일반

일반적으로 방사상 계통에서는 한전 송전단에서 단락 보호용으로 과전류계전기, 지락보호용으로 지락과전류 계전기 등을 설치한다. 따라서, 계전기의 동작시간은 부하 말단에서 수전점을 향해서 점점 길어지고 수전점 계전기의 동작시간이 가장 길어진다.

양적으로 표시하면 최소고장전류와 최대고장전류 사이에서 전위보호계전기와 후비보호계전기의 동작시간차를 충분히 하여 상호협조되도록 동작시간차를 차단기 동작시간 0.08s, 보호계전기 동작시간 0.10s 그리고 안전시간 0.12s~0.22s를 더해 0.3~0.4s로 보면 바람직하다.

3.2 보호계전기 정정기준

3.2.1 전위 및 후비보호간의 시한협조 기준

가. 한시계전기 : 0.3 ~ 0.4 SEC

CIRCUIT BREAKER OPENING TIME--- 0.08 SEC
RELAY OVERTRAVEL ----- 0.10 SEC
SAFETY FACTOR FOR CT SATURATION,
SETTING ERRORS, ETC-----0.12 ~ 0.22 SEC

나. 순시계전기 : 0.15 ~ 0.25 SEC

INSTANTANEOUS RESET----- 0.03 SEC
VCB OPEN----- 0.05 SEC
SAFETY FACTOR----- 0.07 SEC

4. 결론

소형 열병합 자가 발전설비의 유형별 보호방식을 검토하고 아울러 일본의 "전력계통 연계기술요건 가이드라인 '98"의 기준 중 선로 무전압 확인장치의 생략요건을 참고로 하여 열병합 발전기 연계선로에 대한 선로 무전압 확인장치의 생략방안을 검토했다

연계선로 보호방식은 32P, 32Q, 81 계전기등을 주보호로 하며 이에 대한 2계열화를 할 경우에 선로 무전압확인장치를 생략하고 있다. 그러나 국내의 경우 재폐로시한이 0.5sec로 순시 또는 재폐로 시한보다 빨리 동작할 수 있는 계전기의 적용이 필요하다.

발전기 제작사에서 공급되는 발전기 보호용 계전기(MULTI FUNCTION RELAY)와 더불어 단독운전 검출계전기(DECOUPLING RELAY, 27/59/81/78)는 이러한 연계선로보호를 위해 개발 및 보급된 계전기로 단독운전 검출시 순시로 발전기를 계통에서 분리할 수 있다.

부족전력계전기(32P,UPR)를 추가하여 전력회사측의 연계선로 차단기가 개방되어단독운전이 되면 수전전력은 0이되거나 타수용가로 역송되므로 부족전력계전기가 동작하게된다. 다만 부족전력계전기는 역전력계전기(32P, RPR)보다 예민하게 동작하므로 발전기의 운전조건과 AND조건으로 동작하도록 하여야 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] 윤갑구, 백영기, 한영석 "계통병렬 코제너레이션의 설계고찰" 대한전기학회 추계종합 학술연구 발표회 논문집 pp.79 - 92.
- [2] 김재철, 최준호, 김용상, 김재연, "열병합발전시스템의 배전 계통 도입전망 및 운용대책", 전기학회지, Vol. 48, No. 3, pp 16-23, 1999
- [3] UN, "Guidbook on COGENERATION AS A MEANS OF POLLUTION CONTROL AND ENERGY EFFICIENCY IN ASIA",
- [4] 한국전력공사 계통운영처, "타사 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 지침", 1996
- [5] 한국전기연구소, "소형열병합 발전 계통 연계방안 연구에 관한 최종보고서", 1998
- [6] IEEE Guide for Protective Relaying of Utility-Consumer Interconnections