

소형 열병합 발전기 계통연계 운전시의 적용 보호지침 개선 제안

윤갑구, 김경식, 현대원
(주)에이스기술단

A case Study for Protection Relay System of small Cogeneration intertie

K. K. Yoon, K. S. Kim, D. W. Hyun
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. For Con-Gen users, the several protection relays are recommended to install at the user's main incoming panel by the guide lines and/or instructions of the interconnected utility. Then user's main CB(Circuit Breaker) have the chance to be tripped by some of this recommended relays and users have to undergo the unexpected blackout. So the circuit breaker trip schemes targeted to trip with these protection relays are reconsidered and the study result is hereunder proposed.

1. 서 론

열병합 발전설비는 전기사업자의 입장에서 볼 때 민자 발전 유치의 효과가 있을 뿐 아니라, 최대 전력(Peak)공급의 분담, 발전소 건설 기간을 늦출 수 있음으로 인한 투자회피 효과 등의 간접적 이익이 있고, 국가적인 측면에서 볼 때 에너지 절약과 효율에서 이익이 크다, 수용가의 입장에는 비상발전기의 역할, 발전기 폐열을 회수하여 수용가 열 부하 공급, 상시병렬운전에 따른 사용전력량 요금 절감 및 최대수요전력의 감소를 통한 기본요금 절감의 효과가 기대된다.

그런데 특히 가스엔진 열병합 시스템은 천연가스에 불꽃점화기로 점화하는 방식을 사용한다. 불꽃 점화 엔진

(Spark-ignition engine)은 4MW 이하의 경우 터빈 발전기보다 효율이 좋지만 단독 운전 시 주파수 변동 폭이 심하다는 단점이 있다. 이러한 문제는 전력회사와 병렬운전을 통해 해결될 수 있다. 즉, 전력의 안정공급, 질적 향상 및 경제성 유지를 위해, 또한 불의의 사고로 상용수전계통 또는 열병합발전기가 트립되어 정지될 경우 수용가에 필요한 전력을 신뢰도 높게 공급하기위해, 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]

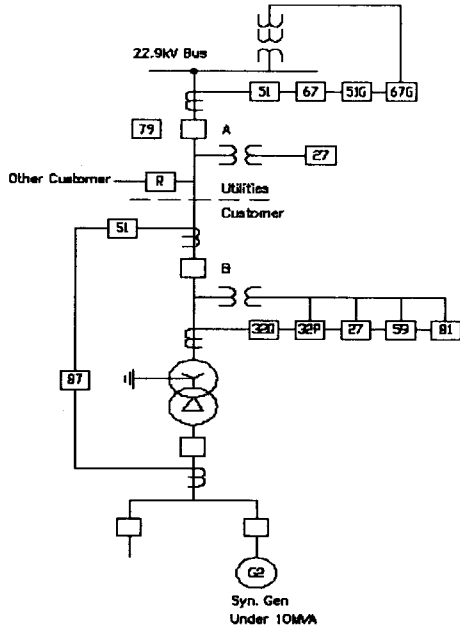
계통에 과급되는 문제에 대비하기 위해 전기사업자는 타사 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 지침을 규정하고 있다. 소형열병합 발전설비의 경우 계통연계시 현행 전기사업자의 지침에 규정된 표준 보호계전방식을 일괄 적용할 경우 계통구성상 설치불가 또는 과도한 공사비로 경제성이 충분하지 못할 경우가 있다. 즉, 자가발전설비 비용 대비 과도한 비용을 발생시켜 열병합발전기의 도입에 어려움을 준다.

또한 전기 사업자측 선로 사고시 사고 전류 유출 방지 목적 상 수용가 내측 정전 범위가 확대 될 수 있는 불합리성이 있어 이의 개선을 제안한다.

2. 본 론

가. 연계선로 보호방식

열병합 발전기를 설치한 수용가가 병렬운전을 하고자 할 경우, 연계선로 보호방식이 결정되어야 하고 발전기 병렬운전조작합의가 체결되어야 한다. 보호계전방식은 병렬운전 요청을 의뢰한 후 전력회사의 계통보호 담당 부서와 협의하여 결정하는데, 전력 회사의 연계선로 표준 보호계전방식 중에서 가장 근사(近似)한 보호방식을 택하되 필요한 보호 장치를 추가할 수 있다. 일반적으로 열병합 발전설비에서 채택되고 있는 발전기의 규모와 발전 방식을 감안하면 표준 보호계전방식은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 연계선로 표준 보호계전방식

나. 기술적으로 고려해야 할 사항

1) 전력회사측 변전소 저전압 계전기 설치

[그림 1]의 A에서처럼 전력 회사 측에 PT 및 27계전기를 설치하여 재폐로 및 비동기 투입을 방지하고 있으나, 특수한 경우 전력회사의 배전선 인출 측에 PT의 설치가 불가능한 경우가 있다. 이러한 경우 열병합발전기가 병입되기 위해서는 PT설치가 가능한 다른 D/L로 이설해야 하며, 공사비 과다로 인한 막대한 초기비용을 유발하기도 한다.

비용을 절감하고 비동기 투입을 방지하기 위해 열병합 발전설비가 설치된 연계선로의 재폐로에 대한 재고찰이 있어야겠다. 뿐만 아니라 고장 등이 원인에 의해 계통과 열병합 발전기가 분리될 때 이를 감지하여 수용가 측에서 발전기를 분리시킬 계전기의 적용이 필요하다.

2) ALTS에 따른 비동기 투입 우려

병원, 호텔, 백화점 등 중요설비의 수용가들 중 일부는 상시공급설비로부터 공급되는 전력의 중단 시 대체전력을 확보하기 위하여 예비전력을 공급받을 수 있도록 자동부하전환개폐기(ALTS, AutoLoad Transfer Switch)등을 사용하여 전원을 절체하는 경우가 있다. ALTS는 내부 TIMER에 의해 전원 정전 시 자동으로 상시전원에서 예비전원으로 절체되며 또한 상시전원의 복전시 TIMER에 의해 상시전원으로 절체되도록 동작한다. 따라서 전력회사의 연계선로 재폐로전에 따른 비동기 투입문제 뿐만 아니라 공급선로절체 시 ALTS에 의한 계통과 열병

합 발전기 사이에 비동기 투입문제가 발생할 수 있다.

이에 대한 대책으로는 발전기의 Decoupling 계전기와 ALTS의 Timer간에 적절한 시한협조를 통해 가능하나 Timer 및 ALTS의 동작시한의 고신뢰도가 요구된다. 아울러 상시 전원복전에 따른 절체는 ALTS와 발전기의 상호 투입 방지하는 로직의 적용이 가능하나 ALTS조작 회로의 개선이 필요하다. 이 경우 순간 정전에 대한 수용가 정전시간이 길어진다.

또한 상시공급선로 및 예비선로의 구분이 없이 수전을 받을 수 있도록 협약을 하면 상시전원 복전 시 ALTS에 의한 선로절체를 안해도 됨으로 비동기 투입을 방지할 수 있다. 계통의 순간 정전 발생이나 이에 따른 ALTS의 선로절체 시에 수용가측은 최대수요전력상승의 문제가 발생한다.

3) 유효접지권

소형 열병합 발전기를 수용하고자하는 수용가는 대부분 22.9kV로 수전을 받고 있으며 국내 22.0kV계통은 유효 접지계통의 일종인 중성점 다중접지계통을 채택하고 있다. 전력회사의 연계선로 표준보호계전방식에는 1선지락 시 단독운전에 따른 건전상의 전위상승억제 등을 목적으로 발전기가 연계된 수전변압기를 직접 접지하도록 하고 있으나[그림 1] 대부분의 22.9kV 수용가는 수전변압기를 $\Delta-\Delta$ 또는 $\Delta-Y$ 로 결선하여 사용하고 있어 기존수용가가 소형열병합발전설비를 도입하고자 할 경우 전력회사의 표준보호계전방식과 상이하여 병렬운전계약을 체결하기가 곤란하다.

이 경우 주변압기를 Y-Y- Δ 로 교체하거나 별도의 발전기 승압용 변압기를 신설하여 상기조건을 만족할 수 있다. 그러나 기설수용가일 경우 주변압기 교체에 따른 정전문제 및 변전실 공간확보 등이 필요하여 열병합발전기의 설치비용이 과다하게 상승하는 문제가 있다. 또 다른 방법으로는 단독운전 시 유효 접지권으로 만족할 수 있는 적절한 용량의 직접접지용 접지변압기(Y- Δ , 또는 ZIG-ZAG)의 설치를 고려할 수 있다. 특히 기설 수용가일 경우 주변압기 용량의 일부용량으로 설치하여 설치비용을 절감할 수 있다.

4) 역방향 유효/무효전력계전기

평상시 병렬발전기의 유효분 전력이 연계선 쪽으로 유출되는 것이 허용되지 않는 경우에 한하여 사용되는 보호방식으로, 첫째 목적은 연계선로의 보수중 발전기 측으로부터 가압되어 안전사고가 발생되지 않도록 하는 것과 둘째는 발전기 측의 전력이 수용가로부터 전력회사로 유출되는 것을 방지하기 위하여 역방향 유효전력계전기(32P)를 설치하고 있다.

또한 연계선로에 단락 또는 지락사고 발생시 병렬운전 발전기로부터 연계선로 쪽으로 유출되는 무효전력에 응동하는 계전기(32Q)를 설치하도록 되어있다. 무효전력방향계전방식에는 발전기 병렬운전 수용가 측의 부하 역률이 진상이 되는 경우에는 사고가 없어도 오동작될 우려

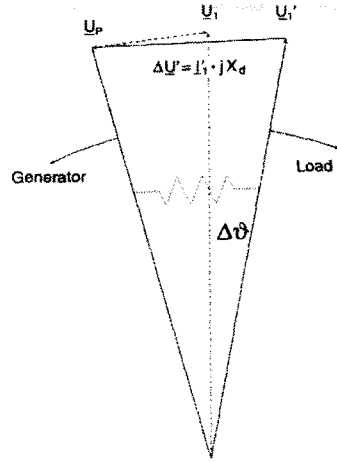
가 있으며, 이러한 현상을 방지하기 위하여는 사고를 검출하는 저전압계전기(27)를 설치하여 조합 사용한다.

5) PT설치위치문제

전력회사에서 추천하는 DC Sequence는 32Q와 27계전기가 AND 조건으로 되어있어 32Q오동작에 대비하고 있고, 또한 32Q의 부동작에 대비하여 27계전기가 t초 후 단독 동작하도록 하고 있다. 하지만 PT가 수전 차단기의 2차측에 위치하고 있으면 계통 정전 후 복귀 시 복귀 여부를 확인할 수 없고, 수전차단기의 복귀를 위해 별도의 로직을 적용해야 하는 단점이 있다.

6) 새로운기술의 계전기의 도입

어떤 원인에 의해 순전정전 또는 정전이 발생했을 경우 발전기는 주 계통과 고속으로 분리되어 수용가의 중요부하까지 정전이 파급되는 것을 막아야 하고, 추후 계통이 복귀되었을 때 비동기 투입되는 것을 방지해야 한다. 근래에는 새로운 기술이 도입되어 계통에 정전이 발생하였을 경우 수용가의 부하 균형지점을 신속하게 분리하는 계전기가 개발되어 적용되고 있다. 이러한 계전기는 계통이 분리될 때 나타나는 특징인 주파수의 변화(dF/dt)가 급격할 때 동작하는 방식 혹은 위상각의 변화에 동작하도록 하는 방식을 적용하고 있다.

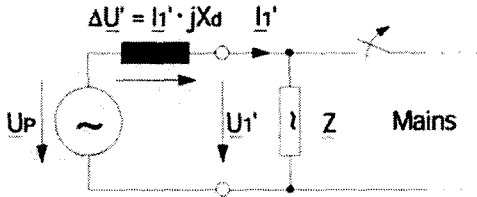


[그림 2-2] 계통의 고장 전후의 전압 Vector도

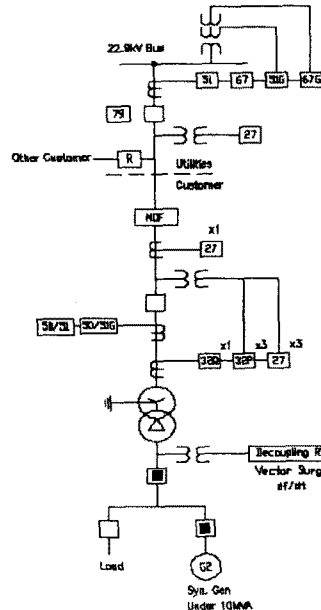
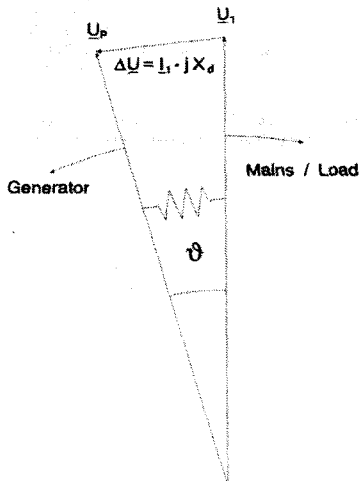
[그림 2-1]처럼 발전기와 계통이 병렬운전 시 발전기 유효기전력과 부하는 어떤 상차각 근처에서 운전하지만, 계통에 고장이 발생한 경우 상차각이 만큼 변할 것이다 [그림 2-2]. 따라서 계전기의 Δθ를 정해주면 계통에 고장이 발생했을 경우 신속하게 발전기를 계통으로부터 분리할 수 있다.

다. 추천 보호계전 방식

위에서 언급한 기술적인 사항을 전력회사에서 요구하는 연계선로 표준 보호계전방식에 적용하여, 병렬운전으로 인해 요구되는 계전기를 중심으로 다시 그리면 [그림 3]와 같다.



[그림 2-1] 계통과 병렬 운전발전기의 등가회로

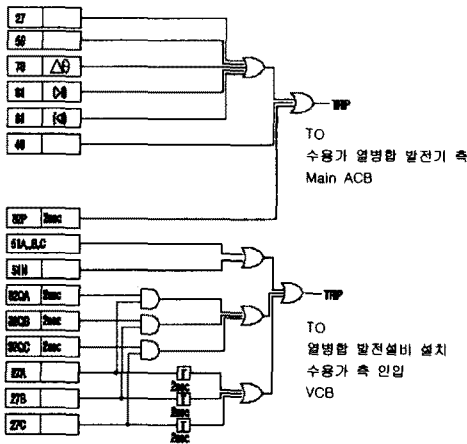


[그림 3] 추천 보호계전 방식

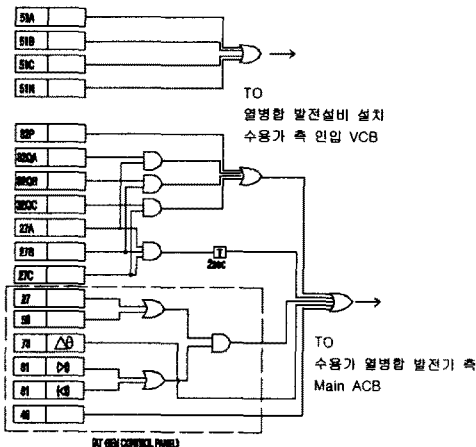
라. 운전상황에 따른 열병합 발전기 해열 방법 및 개선대책

연계선로 보호지침에 따르면 전기사업자측 배전선로 사고시 열병합 발전 수용가로부터 사고전류 유출방지 목적상 수용가 내측 수전용 배전반에 32Q 무효역전력 계전기를 설치하고, 단순병렬운전 시 전기사업자 측 선로 방향으로 잉여 유효전력의 유출방지 목적으로 32P 역전력 계전기를 설치하도록 하고 있으나, 이럴 경우 열병합 발전기 설치 운전으로 인해 여하튼 수용가 측에 원치 않는 정전 사고가 발생 할수 있고 정전범위가 해당 열병합 발전설비 설치 수용가 전역에 확대될 가능성이 있으므로, 이의 개선대책으로 32P, 32Q 계전기는 수전용 배전반 VCB를 Trip케 하는 대신에 수용가 열병합 발전기 측 저압 main ACB에 Trip 지령하여 어떤 상황 발생 시 발전기만을 계통에서 해열시키도록 제안하는 바이다.

그러므로서 수용가에 불필요한 정전의 불편을 주지 않고 안전하게 발전기를 계통에서 해열함으로써 소기의 목적을 완수 할 수 있을 것이다.



[그림 4] 1개열 표준 Trip Logic (현재)



[그림 5] 1개열 표준 Trip Logic (개선안)

3. 결 론

소형 열병합 발전설비가 계통에 연계될 때 발생할 수 있는 기술적 고려사항에 대해 살펴보았다. 소형 열병합 발전설비의 경제적 안정적인 계통연계를 위해 현재의 가이드라인의 수정 및 추가에 대한 연구가 필요함을 아 수 있다. 뿐만 아니라 에너지 절감을 위한 열병합 발전설비의 보급을 높이기 위하여 외자로 도입되는 열병합 발전설비 및 계통연계를 위한 보호설비의 국산화가 시급하며 차단기 Trip Logic의 개선으로 가능한 범위 내에서 열병합 발전설비 설치 수용가에 정전을 최소화 할 수 있는 방안 강구가 절실하여 한 가지 개선을 제안하였다.

아울러 이와 관련 제도적 지원뿐 만아니라 관련 기술 기준의 구체화, 현실화가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 윤갑구, “전력계통연계와 보호방식”, 공업단지 열병합발전 도입에 의한 에너지이용 효율화, pp27-58, 1991
- [2] 김재철, 최준호, 김웅상, 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] 백영기, 윤갑구, 한영석, “계통병렬 코제너레이션의 설계고찰”, 대한전기학회 추계종합학술연구 발표회 논문집, pp140 ~ 144, 1988
- [7] IEEE Guide for Protective Relaying of Utility-Consumer Interconnections
- [8] SEG MRN3 Manual