

LAN을 이용한 분산전원 연계 계통의 보호

LAN-Based Protective Relaying for Interconnect Protection of Dispersed Generators

鄭太永* · 白榮植†

(Tae-Young Jyung · Young-Sik Baek)

Abstract - As dispersed generators was driven in condition interconnecting with utility, it could cause a variety of new effects to the original distribution system that was running as considered only the one-way power flow. Therefore, the protection devices that is built in distribution system should be designed to be able to operate with disposing of not only a fault of the generator, but also utility condition. Especially, the fault of the feeder interconnected with Dispersed Generator can cause the islanding phenomenon of open DG(Dispersed Generators). This phenomenon has many problems such as a machinery damage, electricity quality degradation and a difficulty of the system recovery. In the fault, therefore, we must separate Dispersed Generator from the system quickly. In this paper, for the fault classification of the interconnected DG and the outside feeder we judge the fault of the interconnected DG and the outside feeder in HMI through data provided by IED(Intelligent Electronic Device) on the network and decide whether it operates or not by sending the result to each relay.

Key Words : DG, IED, Protective, HMI, 고립운전, LAN

1. 서 론

최근 경제성장과 산업 활동의 고도화에 따라 전력수요는 급격히 증가하고 있으나 이에 대비하기 위한 대규모 발전 설비 건설은 소요자금과 부지확보의 한계 등으로 어려움을 겪고 있다. 더구나 매장 자원의 고갈과 온난가스 배출을 제한하는 기후변화협약과 같은 여러 문제가 부각되고 있는 시점에서 분산전원의 도입은 에너지원의 다양화와 전력수급의 장기적인 안정을 확보하는 측면에서 고무적으로 받아들여지고 있다.

분산전원은 전력계통과 별도로 분리하여 독립적으로 운용할 수도 있지만, 전력계통과 연계된 상태로 운전함으로써 전력의 안정된 공급과 신뢰도 유지 등 질적 향상과 경제성 확보를 이룰 수 있게 된다. 하지만 분산전원이 계통과 연계된 상태로 운전함에 따라 단방향의 전력 조류만을 고려하여 운영되던 기존의 배전 시스템에 여러 가지 새로운 영향을 미치게 되며 이 영향들은 크게 과도상태시와 사고시로 구분될 수 있다.

과도상태시는 유도발전기의 기동시 돌입전류, 커패시터스윙칭 현상으로 인한 공진현상, 유도발전기의 자기여자 현상, 고립운전 현상, 설비과부하 현상 등으로 나누어 분석할 필요가 있으며, 사고시에는 차단기와 퓨즈간의 보호협조, 1선지락시 공진현상, 단락용량, 분류효과, 타선로 사고시 과전류

계전기의 불필요한 동작등으로 나누어 분석할 필요가 있다.[4]

이중에서 분산전원의 고립운전 현상은 인명피해, 재폐로 계전기의 재폐로시 상 불평형에 의한 기기손상, 전력품질의 저하 및 계통 복구의 어려움 등 많은 문제를 발생시킬 가능성이 있다. 따라서 계통에 사고가 발생했을 때에는 가능한 신속히 분산전원을 계통으로부터 분리해야 한다. 그러나 분산전원이 연계된 배전선이 아닌 타 선로에서의 사고에 대해 분산전원이 불필요하게 계통으로부터 분리되는 것을 예방하고 사고가 계통으로부터 제거될 때까지 정상적으로 동작하도록 해야 할 것이다. 따라서 고립운전 방지와 함께 분산전원이 연계된 배전선에서의 사고와 타 선로에서의 사고를 명확히 구분하는 것은 매우 중요한 과제이고 최근 활발히 연구가 진행되어 왔다.[1-4]

현재 분산전원의 보호를 위하여 널리 사용되고 있는 방식은 분산전원 측에서의 고립운전 검출법(Local techniques)과 변전소 측에서의 고립운전 검출법(Remote techniques)등 크게 두가지 방법으로 나누어진다.[5] 먼저 분산전원 측에서의 고립운전 검출방법은 단독운전 시 전압이상 및 주파수 등의 급변을 검출하는 수동적 방식, 평상시 인위적이며 주기적으로 전원의 제어계에 변동을 주거나 또 회로에 강제로 임피던스를 투입하여 전압과 주파수 변동을 초래하는 능동적 방식으로 나누어진다. 수동적 방식의 경우 일반적으로 신속성은 우수하지만 불감대 영역이 있다는 점과 평상시 급격한 부하변동 등에 의하여 오동작을 일으킬 수 있는 단점이 있고 능동적 방식은 원리적으로는 불감대 영역이 없다는 점에서 우수하지만 일반적으로 검출에 시간이 소요되며 능동적 방식의 보호 시스템이 설치된 타 분산전원이 동일 계통에 다수 연계되어 있으면 유효하게 동작 하지 않을 수 있다.[3]

* 正 會 員 : 國立 慶北大 工大 電氣工學科 博士課程

† 교신저자, 正會員 : 國立 慶北大 工大 電氣學科 正教授 · 工博

E-mail : ysbaek@mail.knu.ac.kr

接受日字 : 2006年 9月 1日

最終完了 : 2007年 1月 10日

둘째로 변전소 측에서의 고립운전 검출방법은 선로상의 모든 차단기의 동작을 감지하여 고립운전 현상 발생시 Inter-tie 차단기를 개방시키는 SCADA 시스템 및 배전자동화 시스템 기반의 방법[4], 변전소 인출구 측에서 배전선로를 통해 송신한 미소신호를 분산전원 측에서 수신하여 고립운전의 유무를 검출하는 전력선통신(power line carrier communications)법이 있다. SCADA 시스템 및 배전자동화 시스템 기반의 고립운전 검출방법은 차단기의 동작시간 만큼 동작 시간이 지연되는 단점이 있으며, 전력선통신을 이용한 방법은 다중 분산전원 시스템의 경우 보호 시스템간의 신호간섭에 의하여 유효하게 동작하지 않을 수 있다.[5]

이 논문에서는 과도상태시 분산전원의 고립운전 방지, 외부 선로에서 사고시 분산전원 측 변전소 인출단 과전류계전기의 불필요한 동작 방지를 위해 제안한 LAN(Local Area Network) 기반의 보호 시스템에 대하여 설명 한다. 이 시스템은 변전소 측에서의 고립운전 검출법에 속하지만, 기존 SCADA 시스템 및 배전자동화 기반의 고립운전 방지방법 [4]에 비하여 고속 동작이 가능하고, 고립운전 검출뿐만 아니라 외부 선로 사고시 과전류계전기간의 보호협조 없이 불필요한 동작을 방지한다. 실제 계통 적용의 검토를 위하여 분산전원이 연계된 배전계통을 모델링하고 모의실험을 통하여 시스템의 타당성과 활용가능을 검증하였다.

2. 분산전원 연계 계통보호의 문제점

분산전원의 발전설비에 고장이나 이상 현상이 발생하는 경우 그 영향이 연계 계통으로 파급되어 나쁜 영향을 줄 우려가 있는 경우에는 발전설비를 즉시 계통으로부터 분리하여 계통을 보호하여야 하며 연계선로 또는 계통에 사고가 발생 되었을 때에는 기존 전력 계통 측에서 유입되는 고장전류를 차단함은 물론, 분산전원 측에서 유입되는 고장전류도 차단할 수 있도록 하여야 한다.

2.1 분산전원의 고립운전

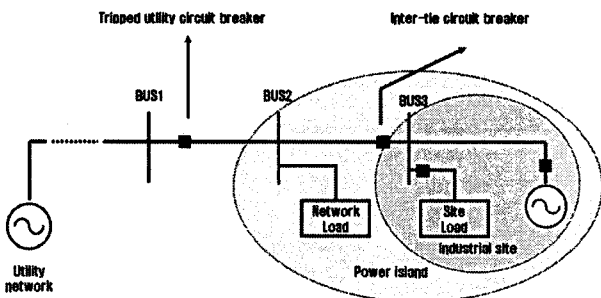


그림 1 분산전원이 연계된 계통에서의 고립운전 현상
Fig. 1 Islanding in utility interconnected DG

고립운전(Islanding)현상이란 그림과 같은 상황에서 어떠한 외란에 의하여 BUS1과 BUS2사이의 차단기가 개방되어 차단기 이하의 계통부하를 분산전원설비가 감당하여 운전하

고 있는 형태를 말한다. 이와 같은 상황에서 부하용량과 분산전원의 용량이 어느정도 평형이 유지되지 않으면 계통의 전압이나 주파수가 한계 허용치에서 벗어나게 되어 고조파, flicker, distortion등의 전력품질 특성상의 문제가 야기된다. 따라서 고립운전현상은 시스템의 수명을 단축시키고 기기의 오동작 및 손상을 초래한다. 또한 부하용량과 풍력발전설비의 용량이 어느정도 평형을 유지할 경우에는 BUS1과 BUS2 사이의 차단기가 비동기 재폐로가 되면 과도한 전류가 발생하여 분산전원설비, 전력설비, 부하기기에 손상을 입히게 되므로 고립운전 방지대책이 필요하다.[4]

2.2 외부선로 사고시 과전류계전기의 불필요한 동작

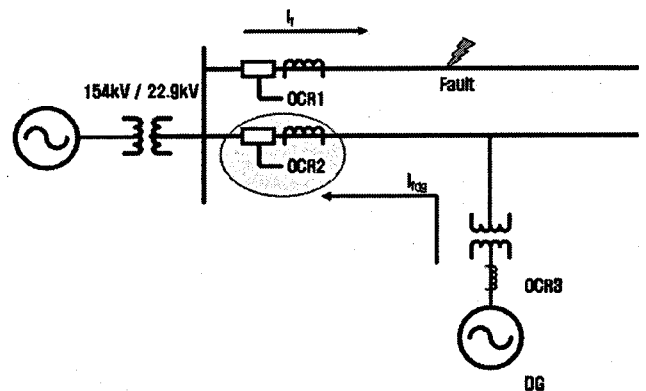


그림 2 외부선로 사고시 OCR의 불필요한 동작
Fig. 2 Unnecessary action of OCR at outside feeder fault

분산전원이 연계된 선로가 아닌 외부선로에 사고가 발생 하였을 경우 분산전원이 연계된 선로의 OCR2에는 분산전원 으로부터 타 선로에 공급되는 고장전류가 감지되므로 OCR2 가 불필요하게 동작할 가능성이 높다. 그 전류의 크기는 분산전원 위치에 따른 고장점까지의 임피던스에도 관계되지만 분산전원의 특성에도 상당히 좌우된다. 즉, 전류제어 형 인버터방식의 경우에는 사고가 발생하더라도 그 공급고장전류는 거의 정격전류에 가깝지만, 전압형 인버터, 동기발전기, 유도발전기 등의 경우에는 고장전류가 정격전류의 4~5배에 달한다.[4]

3. LAN 기반의 분산전원 보호 시스템

제안된 LAN 기반의 분산전원 보호 시스템에서 변전소 인출부 배전선에 설치되어있는 IED(Intelligent Electronic Device)는 사고를 판단하지 않고 전류의 크기만 Main HMI 로 전송한다. 사고 발생시 측정된 고장전류 값은 HMI Server로 보내지고 Main HMI에서 제안된 알고리즘에 따라 사고위치 판단 후 지정된 IED로 Trip 신호를 보내 차단기를 동작시킨다.

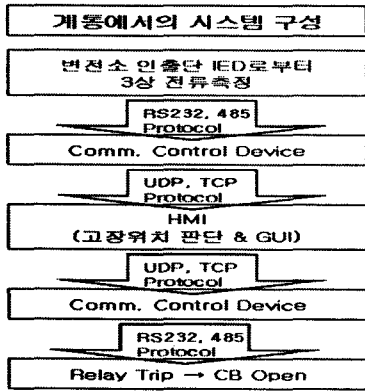


그림 3 시스템 구성도
Fig. 3 System diagram

위의 시스템은 Clock rate가 수 Ghz인 PC를 HMI server로 사용한다면 아래 식(1)[9]에 의하여

$$\text{Execution time} = \frac{\text{Instruction count} \times \text{CPI(Clock cycle per instruction)}}{\text{Clock rate}} \quad (1)$$

$E_{tI} \approx E_{tL} + E_{tH}$ 가 성립하므로 0.1초(6cycle)이내에 동작해야하는 순시 계전기에도 적용 가능하다고 가정하고 제안한 시스템이다.

E_{tI} : IED 내부 마이크로프로세서의 고장판단에 걸리는 시간

E_{tL} : LAN을 통하여 Data를 전송하는데 걸리는 시간 (3×10^8 m/s[4])

E_{tH} : HMI Server에서의 고장판단에 걸리는 시간

3.1 보호 시스템의 구성요소

3.1.1 IED

시스템 구성에 사용된 IED(Intelligent Electronic Device)의 구조는 그림 4와 같다.

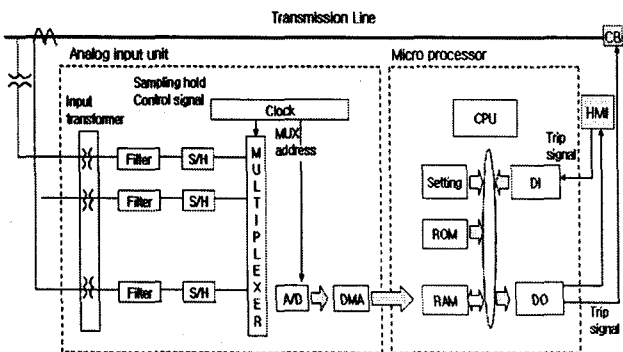


그림 4 보호 시스템을 위한 IED 구조
Fig. 4 Structure of IED for protection system

계통의 PT(Potential Transformer), CT(Current Transformer)를 통해 전압과 전류의 아날로그 신호가 IED의 입력으로 들어가고, IED 내부의 Input Transformer에 의해 A/D 변환을 위한 알맞은 값으로 신호의 크기가 조정된다. 아날로그 필터에 의해 고조파 성분들이 제거된 후 S/H(Sampling Holder), Multiplexer를 거쳐 A/D 변환이 되

면 마이크로프로세서가 사용할 수 있는 디지털 신호로 바뀐다. 디지털 신호로 변환된 전압, 전류는 LAN을 통하여 HMI server로 전송이 가능하며 Main HMI에서는 고장유무를 판단하여, 고장이라고 판단하면 IED의 DI(Digital Input)에 차단기 동작 명령을 보내고 IED는 다시 DO(Digital Output)에 명령을 보내 차단기를 동작시킨다.

3.1.2 Protocol

IED와 통신제어장치간의 통신연결은 RS485 Multi-Drop 방식을 이용함으로 통신선로 중간에서 다른 기기로의 연결이 가능하다. 분산전원 보호 시스템에서는 RS485를 사용하여 연결하였고 RS232나 RS422와 달리 Half Duplex전송방식만 지원하기 때문에 버스의 접속과 단락을 제어하기 위하여 RTS나 DTS 핀을 추가로 사용하였다.

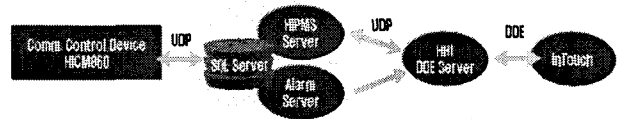


그림 5 통신제어장치와 주 HMI간의 통신
Fig. 5 Data interchange between CCD and Main HMI

HMI 서버는 통신제어장치와 통신하기 위해 UDP(User Datagram Protocol)을 사용한다. UDP는 TCP(Transmission Control Protocol)와 같은 OSI(Open System Interconnection) 7계층 모델의 전송계층 프로토콜이다. TCP가 복잡하지만 신뢰성이 있는 반면 UDP는 단순하지만 신뢰성이 떨어진다[7]. 이 시스템에서는 데이터가 목적지로 정확하게 전송되는 것을 보장하기 위하여 UDP에 응답처리, Timeout등의 추가적인 작업을 한 통신제어장치를 사용한다. 이것은 TCP의 오버헤드로 인한 네트워크 병목현상을 방지하여 계통에서 사고 발생시 보호 시스템의 빠른 동작을 보장해 준다.

3.1.3 HMI

분산전원 보호 시스템에 사용된 HMI(Human-Machine Interface) 개발 툴은 Wonderware사의 InTouch를 사용하였다. InTouch는 Server와 연결된 외부 기기의 메모리 값을 읽어 각종 기기 및 센서의 동작 상태를 쉽게 표현해 주고, 현장의 기기모습이나 모니터링 하고자하는 개체에 태그를 연결하여 실행하면 해당 개체는 현장의 상태를 보여준다.

3.2 보호 시스템의 물리적 연결

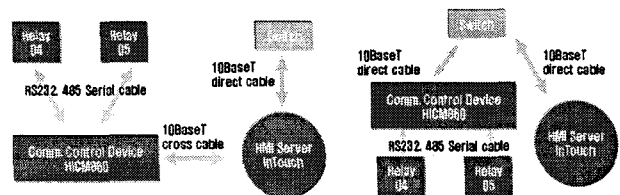


그림 6 보호 시스템의 물리적 연결
Fig. 6 Physical connection of protective system

보호 시스템은 그림 6과 같이 서로 물리적으로 연결되어 분산전원의 보호를 수행한다. 전력계통의 아날로그 신호는 CT, PT를 통해 IED로 들어가 디지털신호로 변환되고 RS232, 485 시리얼 케이블을 통해 통신제어장치로 전송된다. 통신제어장치는 10baseT 케이블을 통해 컴퓨터 네트워크와 연결되어 HMI Server에 디지털 신호로 변환된 계통의 데이터를 전송한다.

3.3 보호 시스템의 동작 알고리즘

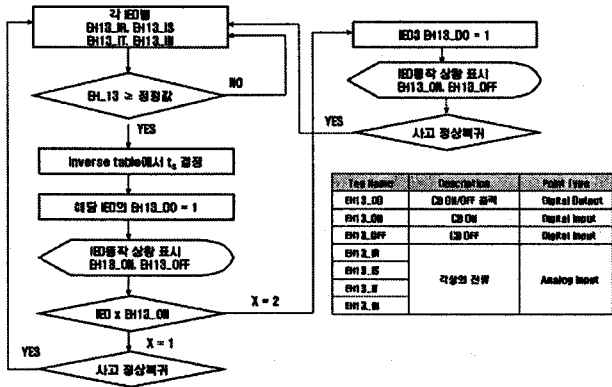


그림 7 차단기 동작을 위한 HMI 알고리즘
Fig. 7 HMI Algorithm for operating CB(Circuit Breaker)

그림 7에 사용된 X는 IED의 번호를 나타낸다. X=1은 분산전원이 연계되지 않은 외부선로의 변전소 측에 설치된 IED를 나타내고, X=2는 분산전원이 연계된 선로의 변전소 측에 설치된 IED를 나타낸다. EH13_IR, EH13_IS, EH13_IT, EH13_IN, EH13_ON, EH13_OFF, EH13_DO 등은 외부 장치들과 통신하기 위한 HMI 태그명이며, IED로부터 측정된 각상의 전류는 그림 8의 알고리즘을 통하여 사고발생시 해당 차단기의 조작시간과 조작여부를 결정한다.

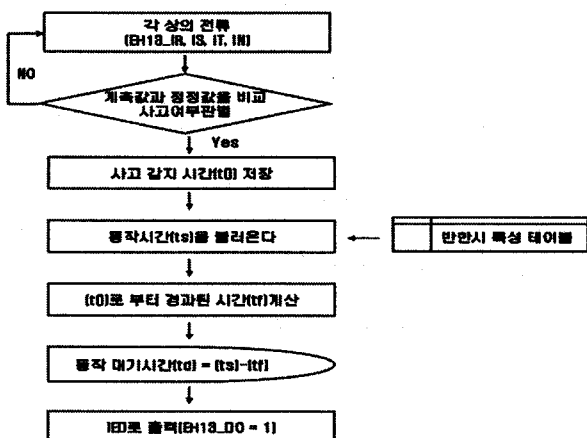


그림 8 보호 시스템의 반한시 동작 알고리즘
Fig. 8 Inverse time algorithm of protection system

4. 전체 배전계통 시뮬레이션을 위한 시스템

보호 시스템의 배전계통 적용을 검증하기 위하여 그림 9와 같이 시뮬레이션 시스템을 구성하였다.

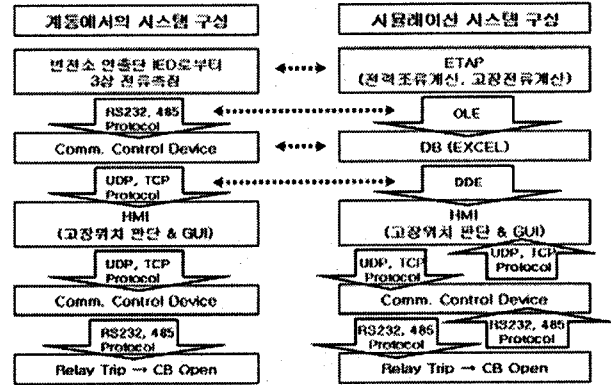


그림 9 시뮬레이션 시스템 구성도
Fig. 9 Simulation system diagram.

변전소 인출단의 IED가 측정하는 3상 전류값은 ETAP의 고장전류 계산과 전력조류해석 결과를 이용하였다. ETAP에서 계산된 고장전류 계산, 전력조류해석 결과는 Main HMI에서는 전송되어진 각 선로별 전류 값을 통하여 고장위치를 판단하고 IED를 Trip시킨 후 릴레이 정보를 Main HMI에 나타내 준다.

4.1 분산전원 연계계통 모델링

이 논문에서는 전력계통시스템의 설계 및 해석 프로그램인 ETAP을 이용하여 분산전원이 연계된 배전계통을 모델링 하였다. 분산전원은 풍력발전형태인 회전기로 모델링하였고, 분산전원이 연계 운전될 계통은 22.9kV 배전계통, 배전선은 일반적인 ACSR 160mm², 95mm²로 구성하였다. 계통과 연계된 모선은 서로 다른 부하용량을 가진 2개의 간선들로 이루어져 있다. 그리고 외부 배전선 고장과 연계배전선 고장 특성을 분석하기 위해 그림 10에서와 같이 간선1과 간선2에 임의의 고장지점을 선정하였다.

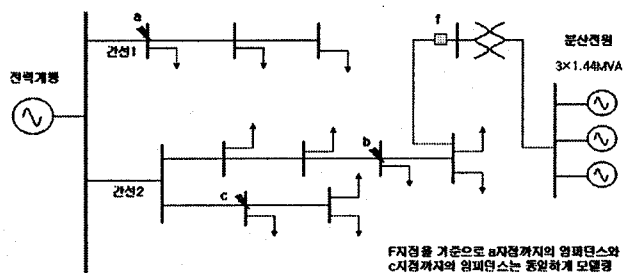


그림 10 분산전원이 연계된 계통 모델
Fig. 10 Utility interconnected dispersed generator

4.2 분산전원 연계 배전선 사고 시뮬레이션

분산전원이 연계되지 않은 변전소 인출부 배전선에 설치되어 있는 IED RN과 분산전원이 연계된 변전소 인출부 배전선에 설치되어 있는 IED RD에서 측정되는 IL(부하전류)와 IF(고장전류)는 표 1과 같다.

표 1 IED에서 측정되는 전류의 크기

Table 1 Size of current that is measured in IED

Relay	정상시	연계선로사고	외부선로사고
RN	IL	IL+IF(0)	IF(↑)
RD	IL	IF(↑)	IL+IF(-)

분산전원이 연계된 배전선 사고의 경우 고장전류 IF(↑)는 Main HMI로 전송되고 HMI는 설정되어 있는 동작시간-전류 특성에 따라 IED RD에 차단기 동작 신호를 보내 분산전원이 연계된 변전소 인출부 차단기를 개방한다. 이때 분산전원의 고립운전 방식을 위하여 변전소 인출부 차단기의 개방과 동시에 분산전원 측 IED에도 트립 신호를 보내 분산전원을 차단 분리시킨다.

HMI에 설정된 동작시간-전류 특성은 IEC60255-3에서 제안한 식(2)에 의해서 계산되어진다.

$$t = TMS \frac{K}{\left(\frac{G}{G_s}\right)^\alpha - 1} \quad (2)$$

t : 동작시간 계산치, TMS : 시간 설정 변수,
 K : 계전기 특성 상수 G : 입력치
 G_s : 설정치, α : 특성곡선 지수

표 2 상수 K와 α값에 따른 반한시 정의

Table 2 inverse time definition by K and α

구분	K	α
반한시	0.14	0.02
강반한시	13.5	1.0
초반한시	80.0	2.0

표 2의 상수 K와 α 값에 의하여 시간-전류 특성곡선은 반한시(normal inverse), 강반한시(very inverse), 초반한시(extremely inverse)로 정의된다.

4.3 외부선로 사고 시뮬레이션

분산전원이 연계되지 않은 외부 선로 사고의 경우 RD에서 측정되는 전류는 상시 역조류가 있는 분산전원 연계 계통일 경우 IL(-) + IF(-)가되어 기존의 과전류계전기에서는 IF(-)를 감지하여 오동작하는 경우가 발생할 수 있다. 하지만 제안된 시스템에서는 HMI에서 직접 계전기의 동작을 제어함으로써 분산전원이 연계된 변전소 인출부 차단기의 오동작을 방지한다. 시뮬레이션 시스템에서외부 선로 단락 사고시 동작은 다음과 같다. IED RN에서 측정되는 전류는 IF(↑)가 되고 고장전류 IF(↑)는 Main HMI에 전송되고 HMI는 세팅되어 있는 순시특성이나 한시요소에 따라 지정된 IED RN에 차단기 동작 신호를 보내 차단기를 개방한다.

5. 사례 연구

5.1 실증 시험 장비를 이용한 검토

실증 시험 장비는 크게 전압전류 인가장치, IED, 통신제

어장치, HMI server와 Main HMI를 구동시키기 위한 PC로 이루어져있다. 계통의 정상시 전압, 전류와 사고시 전압 전류를 인가하기 위하여 아날로그형의 3상 전압·전류 계전기 시험 장치를 사용하였다. 실증 시험에서는 Main HMI에 설정된 동작 설정치 이하의 전류를 계전기 시험 장치를 사용하여 IED에 인가하고, 동작 설정치를 초과하도록 전류를 증가시켜 보호 시스템이 순시동작과 한시동작에 소요되는 시간에 동작 하는가를 확인하고 Main HMI에 사용한 분산전원 보호 알고리즘의 올바른 동작 여부를 확인하였다.

5.1.1 분산전원이 연계된 내부 계통 사고

분산전원이 연계된 내부 계통 사고시 보호시스템의 동작 시험을 위하여 그림 11에서와 같이 IED에서 출력하는 차단기의 동작 신호를 받아 HMI 화면에 차단기의 동작유무를 표시하였다. HMI화면에서 차단기는 사고발생 이전에는 녹색 사각형으로 표시되고 사고 발생 후 차단기가 동작하였을 경우 붉은 사각형으로 표시하도록 설정 하였다.

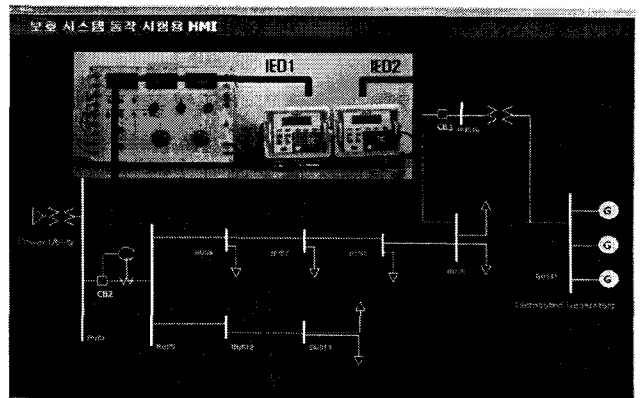


그림 11 분산전원이 연계된 내부 계통 사고 시험
 Fig. 11 Simulation at inner fault in interconnected DG

분산전원이 연계된 내부 계통사고를 시뮬레이션하기 위하여 IED1에 1~20P.U의 전류를 인가하였다. 보호 시스템에 동작 설정치 이상의 전류를 인가한 경우 그림 11에서처럼 IED1의 동작과 동시에 IED2가 동작함으로 정상적으로 분산전원이 계통으로부터 분리된 것을 보여주었다.

5.1.2 외부선로 사고

분산전원이 연계되지 않은 외부선로 사고를 시험하기 위하여 그림 12에서와 실제로 IED1은 외부선로 측 차단기인 CB1과 연결되고 IED2는 분산전원이 연계된 선로의 측 차단기인 CB2와 연결 되었다고 가정하고 IED1에 1~20P.U의 전류를 인가하고 IED2에 외부선로 사고시 역조류를 가정하여 0.1~5P.U[4]의 전류를 인가한다.

외부선로 측 IED1에 보호 시스템에 동작 설정치 이상의 전류를 인가하면 Main HMI의 보호 알고리즘에 의해서 정상적으로 외부선로가 계통으로부터 분리되고 분산전원이 연계된 계통의 차단기는 동작하지 않는 것을 그림 12의 HMI 화면을 통해 알 수 있었다.

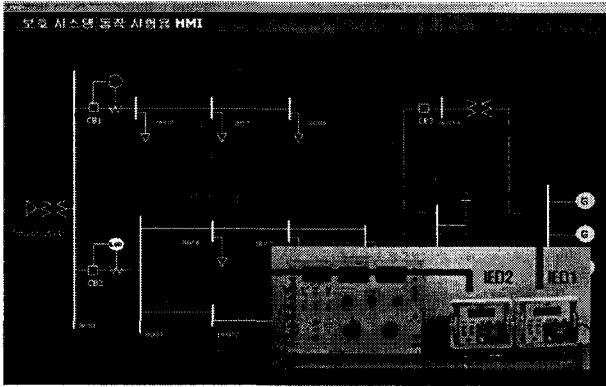


그림 12 외부선로 사고 시험
Fig. 12 Simulation at outside feeder fault

5.2 시뮬레이션 시스템을 이용한 검토

시험 장비를 이용한 실증 시험 내용을 바탕으로 보호시스템을 실제 계통에 적용하게 될 경우 보호시스템의 올바른 동작 여부를 알아보기 위하여 ETAP을 이용하여 분산전원과 배전계통을 모델링하고 사고해석 결과를 IED에서 측정되는 데이터로 이용하였다.

평상시 IED에서 측정되어지는 전류 IL은 $|V_{BusN} - V_{BusN+1} / Z_{LineN_N+1}|$ 이므로 전력조류계산으로 구할 수 있다. 그리고 사고시 고장전류 IF(↑)는 고장전류계산으로 구해진다. ETAP에서 계산된 결과는 OLE를 통하여 DataBase 또는 Excel 문서로 저장 가능하데, Main HMI에서는 DDE를 통하여 Excel 문서에 저장된 IL, IF를 불러온다.

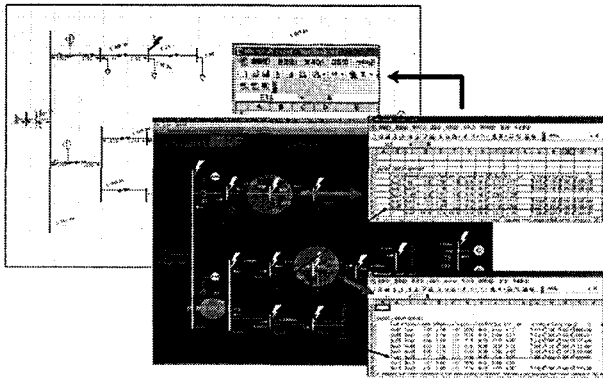


그림 13 ETAP 사고 시뮬레이션 결과를 이용한 시험용 HMI 화면
Fig. 13 ETAP fault simulation result Excel output

그림 13은 ETAP으로 모델링한 분산전원이 연계된 배전계통의 외부선로 사고를 시뮬레이션 하여 고장전류를 구하는 것을 보여준다. 여기서 구해진 고장전류는 Excel file로 저장되고 제안된 시스템의 검증을 위한 시뮬레이션에서 실제 고장전류를 대신한다.

5.2.1 분산전원이 연계된 내부 계통 사고

사고는 분산전원의 변압기 2차 측에서 변전소 측 IED사

이의 각 노드에서 3phase fault, single line to ground, line to line, double line to ground를 각각 모의 하였다. 아래 그림 14는 ETAP에서 분산전원이 연계된 계통 내부 사고를 상정하여 만들어진 데이터를 바탕으로 시뮬레이션을 수행한 결과 HMI화면이다.

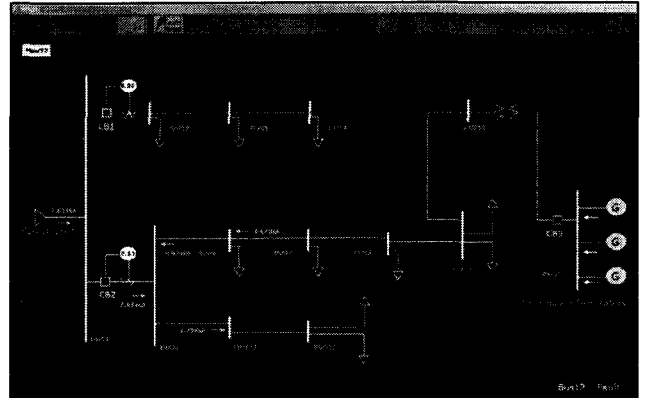


그림 14 분산전원이 연계된 계통 내부 사고시 HMI
Fig. 14 HMI at inner fault in interconnected DG

분산전원이 연계된 계통내부 사고시 사고위치와 상태에 관계없이 시뮬레이션한 고장전류 값에 의해 분산전원이 연계된 변전소 인출부의 차단기를 동작시키고 고립운전을 방지하기 위해 정상적으로 분산전원을 계통에서 분리된 것을 보여준다.

5.2.2 외부선로 사고

외부 선로사고는 변전소 측 IED에서 외부 선로 말단 부하사이의 각 노드에서 3phase fault, single line to ground, line to line, double line to ground를 각각 모의 하였다. 그림 15는 ETAP에서 외부 선로 사고를 상정하여 만들어진 데이터를 바탕으로 수행한 결과 HMI화면이다.

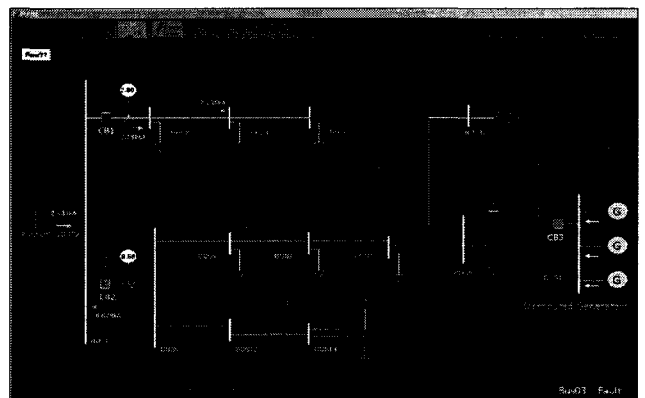


그림 15 외부 선로 사고시 HMI
Fig. 15 HMI at outside feeder fault

시뮬레이션 데이터에 의해 Main HMI는 사고가 발생한 선로를 계통으로부터 분리하고 분산전원이 연계된 계통의 차단기는 동작하지 않는 것을 HMI화면을 통해 알 수 있다.

6. 결 론

이 논문은 IT기술을 전력계통에 적용하여 분산전원이 연계된 배전계통의 새로운 보호 방법에 관한 연구이다. 분산전원이 연계된 배전계통에서 사고 발생시 분산전원의 고립 운전 현상 방지와 외부 선로 사고시 분산전원이 연계된 변전소 인출단 과전류계전기의 불필요한 동작을 방지하기 위해서 HMI, IED, LAN을 이용한 보호 시스템을 제시하고 시스템의 검증을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 이 논문에서 제시된 보호 시스템은 시험기기를 이용한 실증 시험을 통하여 순시동작과 한시동작에 소요되는 시간에 동작하는 것을 확인 할 수 있었다.

둘째, 분산전원이 연계된 계통 내부 사고시 HMI에서 변전소 측 차단기와 분산전원 인출부 측 차단기에 올바르게 동작신호를 보내는 것을 확인하였고, 분산전원이 연계되지 않은 외부선로 사고시 해당 선로 측 차단기에만 동작신호를 보내는 것을 확인하였다.

셋째, 전체 계통의 적용을 검증하기 위하여 ETAP에서 분산전원과 계통을 모델링하고 시뮬레이션 하여 계통 내 사고위치에 따라 보호 시스템이 올바르게 동작하는 것을 확인하였다.

따라서 이 논문에 제시한 보호시스템을 실제 분산전원이 연계된 계통에 적용한다면 계통의 효율적이고 안정적인 운전에 기여 하게 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 경북대학교 BK21 정보기술연구 인력양성 사업단의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Tales M. de Brito, "Distributed Generation Impacts on the Coordination of Protection Systems in Distribution Networks", 2004 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference & Exposition, pp.623-628, 2004
- [2] Michael T. Doyle, "Reviewing the Impacts of Distributed Generation on Distribution System Protection", IEEE, pp103-105, 2002
- [3] KEPRI "계통연계운전형 신에너지전원의 표준화 및 보급체제정비" 2000

- [4] KEPRI "풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구" 2004
- [5] Jun Yin, "Recent developments in islanding detection for distributed power generation" IEEE Power Engineering, pp124-128, July 2004.
- [6] Bin Qiu "LAN-Based Control for Load Shedding" IEEE Computer Applications in Power pp38-43, 2001
- [7] James F.Kurose, Keith W. Ross, "Computer Networking", Second Edition, 2003, Addison Wesley, pp.35-38
- [8] 이창호, "과부하상태의 변동을 고려한 디지털보호계전기의 보호알고리즘 연구" 2005
- [9] John L. Hennessy "Computer Organization & Design : The Hardware/Software Interface" 1994
- [10] M.A Redfern, J. I Barrett, and O. Usta, "A New microprocessor based islanding protection algorithm for dispersed storage and generation units, "IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 10, no, 3, pp. 1249-1245, July 1995.

저 자 소 개



정 태 영 (鄭 太 永)

1976년 4월 23일생. 2004년 경북대학교 공대 전자전기공학부 졸업. 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (053)940-8802

E-mail : sempee94@hotmail.com



백 영 식 (白 榮 植)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1977년 명지대 전기공학과 조교수. 현재 경북대 전자전기공학부 교수.

Tel : (053)950-5602

E-mail : ysbaek@mail.knu.ac.kr