(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월17일
(11) 등록번호 10-1989350
(24) 등록일자 2019년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02H 3/05 (2006.01) *G01R 19/02* (2006.01)
G01R 19/06 (2006.01) *G01R 19/165* (2006.01)
H02H 3/033 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02H 3/05 (2013.01)
G01R 19/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0010837
(22) 출원일자 2017년01월24일
심사청구일자 2017년01월24일
(65) 공개번호 10-2018-0087508
(43) 공개일자 2018년08월02일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090119058 A*
KR1020150037266 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
성균관대학교 산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
(72) 발명자
김철환
서울특별시 강남구 삼성로64길 5 대치동 974 대치현대아파트 104동 1601호
부카리 사이드 바시트 알리
경기도 수원시 장안구 화산로125번길 22-1, B03호(천천동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김인철

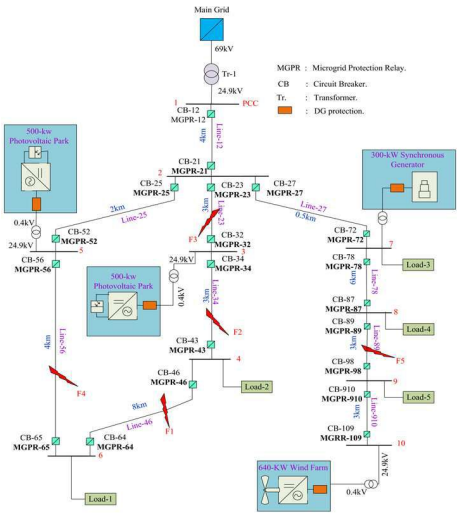
전체 청구항 수 : 총 17 항 심사관 : 정미나

(54) 발명의 명칭 **중첩 무효 에너지 측정을 통한 마이크로그리드 보호계전기 및 그 제어 방법**

(57) 요 약

본 명세서는 전력 계통 연계 및 단독운전 모드 모두에서, 그리고 저저항, 고저항 고장에서 마이크로그리드를 보호할 수 있는 보호계전기를 개시한다. 본 명세서에 따른 보호계전기는 무효중첩에너지를 통해 고장의 발생여부 및 방향을 판단하고, 고장 발생 지역이 자신의 주보호지역이 아닌 후비보호지역인 경우 고장이 발생한 지역의 보호계전기가 먼저 차단 동작을 할 수 있도록 지연 시간 후에 차단 동작을 할 수 있다.

대 표 도 - 도9



(52) CPC특허분류
G01R 19/06 (2013.01)
G01R 19/16571 (2013.01)
H02H 3/033 (2013.01)
Y04S 10/20 (2013.01)
Y04S 10/26 (2013.01)
Y04S 10/522 (2013.01)

(72) 발명자
사이드 우즈 자만 무하마드
경기도 수원시 장안구 화산로 195-5 501호 (율전동,정심스위트빌)
하이더 라자
경기도 수원시 장안구 화산로 213번길 9-21
오윤식
경기도 수원시 장안구 화산로203번길 9-9 306호 (율전동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711044084
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원사업-도약연구지원(전략:연구분야지정)
연구과제명 [EZ]분산전원이 연계된 배전계통의 영향 분석 및 보호 알고리즘 개발
기 여 율 1/1
주관기관 성균관대학교 산학협력단
연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

3상 전류값(iabc)을 이용하여 고장 발생 여부를 판단하고 고장 발생 여부에 따라 고장검출신호(SDet)를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 고장검출유닛;

3상 전압값(vabc)을 이용하여 고장이 발생한 방향을 나타내는 고장방향신호(SDir)를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 방향결정유닛;

상기 다른 보호계전기들이 출력한 고장검출신호(SDet) 및 고장방향신호(SDir)를 수신하여 고장이 주보호지역과 후비보호지역 중 어느 지역에서 발생하였는지 판단하는 고장지역식별유닛;

각 상의 중첩 무효 에너지 계수의 절대값과 미리 설정된 기준값을 비교하여 고장의 종류를 분류하는 고장분류유닛; 및

상기 고장지역식별유닛 및 상기 고장분류유닛에서 출력된 신호에 따라 회로 차단기의 동작을 제어하는 트립핑유닛;을 포함하며,

상기 고장검출유닛은, 고장 발생 이전 전류, 중첩 정상 및 역상분 전류, 시스템 불평형 비율에 기반한 비율에 의해 고장 발생 여부를 감지하는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 시스템 불평형 비율(R_n)은 아래 수식 1에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

<수식 1>

$$R_n = \frac{|I_{0pre}| + |I_{2pre}|}{|I_{1pre}|}$$

R_n: 시스템 불평형 비율

$|I_{0pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 영상분 전류

$|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

$|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

청구항 4

청구항 3에 있어서,

고장 검출 비율(R_{FD})은 아래 수식 2에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

<수식 2>

$$R_{FD} = \frac{|\Delta I_{1f}| + |\Delta I_{2f}|}{|I_{1pre}| + |I_{2pre}|} \Big/ R_n$$

R_{FD}: 고장 검출 비율

R_n: 시스템 불평형 비율

$|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

$|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

$|\triangle i_{1f}|$: 고장 지점의 정상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

$|\triangle i_{2f}|$: 고장 지점의 역상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 고장검출유닛은, 상기 고장 검출 비율의 값이 '0'일 때 (R_{FD}=0) 정상상태로 판단하고, 상기 고장 검출 비율의 값이 일정한 시간 동안 미리 설정된 한계값을 넘을 때 고장 발생으로 판단하는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 방향결정유닛은 아래 수식 3 및 수식 4를 통해 발생한 고장의 종류가 정방향 고장인지 역방향 고장인지 판단하는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

<수식 3>

$$E_{Bq} = -\frac{X_u}{(X_u+X_a)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

X_u: 상류 등가 회로의 리액턴스

X_a: 버스 B와 고장 F1 사이의 리액턴스

Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

<수식 4>

$$E_{Bq} = \frac{X_d+X_{ab}}{(X_{u2}+X_{ab}+X_d)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

X_d: 하류 등가 회로의 리액턴스

X_{ab}: 버스 A와 버스 B 사이의 리액턴스

X_{u2}: 버스 B와 고장 F2 사이의 리액턴스

Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 고장지역식별유닛은, 일 전력라인의 일 보호계전기(D)는 동일 전력라인의 타 보호계전기(U) 및 일 전력라인에 역방향으로 접한 타 전력라인의 일 보호계전기(U)로부터 상기 고장검출신호(SDet) 및 고장방향신호(SDir)를 수신하는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 고장지역식별유닛은, 상기 후비보호지역에 고장이 발생한 것으로 판단할 때 차단 동작 신호를 상기 주보호지역에서 고장이 발생한 것으로 판단했을 때보다 미리 설정된 지연 시간 후에 출력하는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 고장분류유닛은 아래 수식 5에 표현되어있는 계수가 미리 설정된 제한치보다 큰 경우, 해당 상에 고장이 발생한 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 보호계전기.

<수식 5>

$$K_{qa} = \frac{E_{qa}}{E_{qmax}}, \quad K_{qb} = \frac{E_{qb}}{E_{qmax}}, \quad K_{qc} = \frac{E_{qc}}{E_{qmax}}$$

E_{qa}, E_{qb}, E_{qc} : A, B, C상의 중첩 무효 에너지 (SER)

E_{qmax}= Max(|E_{qa}|, |E_{qb}|, |E_{qc}|)

청구항 10

(a) 고장검출유닛이 3상 전류값(i_{abc})을 이용하여 고장 발생 여부를 판단하고 고장 발생 여부에 따라 고장검출신호(S_{Det})를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 단계;

(b) 방향결정유닛이 3상 전압값(v_{abc})을 이용하여 고장이 발생한 방향을 나타내는 고장방향신호(S_{Dir})를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 단계;

(c) 고장지역식별유닛이 상기 다른 보호계전기들이 출력한 고장검출신호(S_{Det}) 및 고장방향신호(S_{Dir})를 수신하여 고장이 주보호지역과 후비보호지역 중 어느 지역에서 발생하였는지 판단하는 단계;

(d) 고장분류유닛이 각 상의 중첩 무효 에너지 계수의 절대값과 미리 설정된 기준값을 비교하여 고장의 종류를 분류하는 단계; 및

(e) 트립핑유닛이 상기 고장지역식별유닛 및 상기 고장분류유닛에서 출력된 신호에 따라 회로 차단기의 동작을 제어하는 단계;를 포함하며,

상기 (a) 단계는, 고장검출유닛이 고장 발생 이전 전류, 중첩 정상 및 역상분 전류, 시스템 불평형 비율에 기반한 비율에 의해 고장 발생 여부를 감지하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 (a) 단계는, 고장검출유닛이 상기 시스템 불평형 비율(R_n)은 아래 수식 1에 의해 산출하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

<수식 1>

$$R_n = \frac{|I_{0pre}| + |I_{2pre}|}{|I_{1pre}|}$$

R_n: 시스템 불평형 비율

$|I_{0pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 영상분 전류

$|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

$|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 (a) 단계는, 고장검출유닛이 고장 검출 비율(R_{FD})을 아래 수식 2에 의해 산출하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

<수식 2>

$$R_{FD} = \frac{|\Delta I_{1f}| + |\Delta I_{2f}|}{|I_{1pre}| + |I_{2pre}|} \Big/ R_n$$

R_{FD}: 고장 검출 비율

R_n: 시스템 불평형 비율

$|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

$|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

$|\triangle i_{1f}|$: 고장 지점의 정상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

$|\triangle i_{2f}|$: 고장 지점의 역상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 (a) 단계는, 고장검출유닛이 상기 고장 검출 비율의 값이 '0'일 때 (R_{FD}=0) 정상상태로 판단하고, 상기 고장 검출 비율의 값이 일정한 시간 동안 미리 설정된 한계값을 넘을 때 고장 발생으로 판단하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

청구항 15

청구항 10에 있어서,

상기 (b)단계는, 방향결정유닛이 아래 수식 3 및 수식 4를 통해 발생한 고장의 종류가 정방향 고장인지 역방향 고장인지 판단하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

<수식 3>

$$E_{Bq} = -\frac{X_u}{(X_u+X_a)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

X_u: 상류 등가 회로의 리액턴스

X_a: 버스 B와 고장 F1 사이의 리액턴스

Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

<수식 4>

$$E_{Bq} = \frac{X_d+X_{ab}}{(X_{u2}+X_{ab}+X_d)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

X_d: 하류 등가 회로의 리액턴스

X_{ab}: 버스 A와 버스 B 사이의 리액턴스

X_{u2}: 버스 B와 고장 F2 사이의 리액턴스

Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

청구항 16

청구항 10에 있어서,

상기 (c)단계는, 고장지역식별유닛이 일 전력라인의 일 보호계전기(D)는 동일 전력라인의 타 보호계전기(U) 및 일 전력라인에 역방향으로 접한 타 전력라인의 일 보호계전기(U)로부터 상기 고장검출신호(S_{Det}) 및 고장방향신호(S_{Dir})를 수신하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

청구항 17

청구항 10에 있어서,

상기 (c)단계는, 고장지역식별유닛이 상기 후비보호지역에 고장이 발생한 것으로 판단할 때 차단 동작 신호를 상기 주보호지역에서 고장이 발생한 것으로 판단했을 때보다 미리 설정된 지연 시간 후에 출력하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

청구항 18

청구항 10에 있어서,

상기 (d)단계는, 고장분류유닛은 아래 수식 5에 표현되어있는 계수가 미리 설정된 제한치보다 큰 경우, 해당 상에 고장이 발생한 것으로 판단하는 단계인 것을 특징으로 하는 보호계전기의 제어 방법.

<수식 5>

$$K_{qa} = \frac{E_{qa}}{E_{qmax}}, \quad K_{qb} = \frac{E_{qb}}{E_{qmax}}, \quad K_{qc} = \frac{E_{qc}}{E_{qmax}}$$

E_{qa}, E_{qb}, E_{qc} : A, B, C상의 중첩 무효 에너지 (SER)

E_{qmax}= Max($|E_{qa}|$, $|E_{qb}|$, $|E_{qc}|$)

청구항 19

컴퓨터에서 청구항 10 및 청구항 13 내지 청구항 18 중 어느 한 청구항에 따른 제어 방법의 각 단계들을 수행하도록 작성되어 컴퓨터로 독출 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마이크로그리드 보호 장치 및 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 중첩 무효 에너지 측정을 통한 마이크로그리드 보호계전기 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래의 마이크로그리드 보호 방식들은 적응형 보호, 거리보호, 전압기반 보호, 차동보호 및 외부 에너지 장치를 설치하는 보호, 총 5가지 형태로 분류될 수 있다.

[0003] 적응형 보호 방식들은 전력계통에 현재 사용되는 모든 보호 기기들의 업그레이드에 소요되는 비용으로 인한 단점이 있다. 또한, 단락회로의 계산이 다른 상태에서 운전되는 마이크로그리드에 적용이 어려울 수 있다.

[0004] 거리 보호 방식들은 선로의 어드미턴스를 사용하지만, 마이크로그리드와 같이, 짧은 선로의 어드미턴스를 측정하는 것은 어렵다. 게다가, 거리 보호 방식들은 고저항 고장의 경우 오차들을 발생시킨다.

[0005] 전압 기반 방식들은 단지 저저항 고장을 검출하는데에만 적용 가능하다. 또한, 전압 기반 방식들의 민감도는 계통 연계모드의 동작 도중에 적용하기 어렵다.

[0006] 차동보호 방식은 전력 피더(power feeder)의 양단에서 동기화 된 신호 측정을 필요로 하여, 장치에 높은 투자비용이 요구된다.

[0007] 외부 에너지 장치를 설치하는 보호 방식은 단독운전에서의 고장 발생시 높은 단락회로 전류가 발생하기 때문에, 외부 에너지 저장장치의 사용은 매우 높은 투자비용을 필요로 한다.

[0008] 상기 대부분의 종래 방식들은 저저항 고장을 검출하기 위해서만 적용가능하다. 따라서 이러한 방식들은 고저항 고장의 경우 마이크로그리드를 보호하기 위해 추가적인 접근방법들을 필요로 한다. 나아가, 기존 전력 계통 연계 및 단독운전 모드 모두에서 저저항, 고저항 고장들에 대해 마이크로그리드 계통을 보호할 수 있는 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 KR 10-0920946

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 명세서는 전력 계통 연계 및 단독운전 모드 모두에서, 그리고 저저항, 고저항 고장에서 마이크로그리드를 보호할 수 있는 보호계전기 및 그 제어 방법을 제시하고자 한다.

[0011] 본 명세서에 기재된 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술할 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 보호계전기는, 3상 전류값(iabc)을 이용하여 고장 발생 여부를 판단하고 고장 발생 여부에 따라 고장검출신호(SDet)를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 고장검출유닛; 3상 전압값(vabc)을 이용하여 고장이 발생한 방향을 나타내는 고장방향신호(SDir)를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 방향결정유닛; 상기 다른 보호계전기들이 출력한 고장검출신호(SDet) 및 고장방향신호(SDir)를 수신하여 고장이 주보호지역과 후비보호지역 중 어느 지역에서 발생하였는지 판단하는 고장지역식별유닛; 각 상의 중첩 무효 에너지 계수의 절대값과 미리 설정된 기준값을 비교하여 고장의 종류를 분류하는 고장분류유닛; 및 상기 고장지역식별유닛 및 상기 고장분류유닛에서 출력된 신호에 따라 회로 차단기의 동작을 제어하는 트립핑유닛;을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 고장검출유닛은, 고장 발생 이전 전류, 중첩 정상 및 역상분 전류, 시스템 불평형 비율에 기반한 비율에 의해 고장 발생 여부를 감지할 수 있다.

[0014] 상기 시스템 불평형 비율(R_n)은 아래 수식 1에 의해 산출될 수 있다.

[0015] <수식 1>

$$R_n = \frac{|I_{0pre}| + |I_{2pre}|}{|I_{1pre}|}$$

[0016]

[0017] R_n: 시스템 불평형 비율

[0018] $|I_{0pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 영상분 전류

[0019] $|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

[0020] $|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

[0021] 상기 고장 검출 비율(R_{FD})은 아래 수식 2에 산출될 수 있다.

[0022] <수식 2>

$$R_{FD} = \frac{|\Delta I_{1f}| + |\Delta I_{2f}|}{|I_{1pre}| + |I_{2pre}|} \Big/ R_n$$

[0023]

[0024] R_{FD}: 고장 검출 비율

[0025] R_n: 시스템 불평형 비율

[0026] $|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

[0027] $|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

[0028] $|\Delta i_{1f}|$: 고장 지점의 정상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

[0029] $|\Delta i_{2f}|$: 고장 지점의 역상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

[0030] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 고장검출유닛은, 상기 고장 검출 비율의 값이 '0'일 때 (R_{FD}=0) 정상상태로 판단하고, 상기 고장 검출 비율의 값이 일정한 시간 동안 미리 설정된 한계값을 넘을 때 고장 발생으로 판단할 수 있다.

[0031] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 방향결정유닛은 아래 수식 3 및 수식 4를 통해 발생한 고장의 종류가 정방향 고장인지 역방향 고장인지 판단할 수 있다.

[0032] <수식 3>

$$E_{Bq} = -\frac{X_u}{(X_u+X_a)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

[0033]

[0034] X_u: 상류 등가 회로의 리액턴스

[0035] X_a: 버스 B와 고장 F1 사이의 리액턴스

[0036] Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

[0038] <수식 4>

$$E_{Bq} = \frac{X_d+X_{ab}}{(X_{u2}+X_{ab}+X_d)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

[0039]

[0040] X_d: 하류 등가 회로의 리액턴스

[0041] X_{ab}: 버스 A와 버스 B 사이의 리액턴스

[0042] X_{u2}: 버스 B와 고장 F2 사이의 리액턴스

[0043] Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

[0044] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 고장지역식별유닛은, 일 전력라인의 일 보호계전기(D)는 동일 전력라인의 타 보호계전기(U) 및 일 전력라인에 역방향으로 접한 타 전력라인의 일 보호계전기(U)로부터 상기 고장검출신호(S_{Det}) 및 고장방향신호(S_{Dir})를 수신할 수 있다.

[0045] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 고장지역식별유닛은, 상기 후비보호지역에 고장이 발생한 것으로 판단할 때 차단 동작 신호를 상기 주보호지역에서 고장이 발생한 것으로 판단했을 때보다 미리 설정된 지연 시간 후에 출력할 수 있다.

[0046] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 고장분류유닛은 아래 수식 5에 표현되어있는 계수가 미리 설정된 제한치보다 큰 경우, 해당 상에 고장이 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0047] <수식 5>

$$K_{qa} = \frac{E_{qa}}{E_{qmax}}, \quad K_{qb} = \frac{E_{qb}}{E_{qmax}}, \quad K_{qc} = \frac{E_{qc}}{E_{qmax}}$$

[0048]

[0049] E_{qa}, E_{qb}, E_{qc} : A, B, C상의 중첩 무효 에너지 (SER)

[0050] E_{qmax}= Max(|E_{qa}|, |E_{qb}|, |E_{qc}|)

[0051] 상술할 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 보호계전기의 제어 방법은, (a) 고장검출유닛이 3상 전류값(i_{abc})을 이용하여 고장 발생 여부를 판단하고 고장 발생 여부에 따라 고장검출신호(S_{Det})를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 단계; (b) 방향결정유닛이 3상 전압값(v_{abc})을 이용하여 고장이 발생한 방향을 나타내는 고장방향신호(S_{Dir})를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력하는 단계; (c) 고장지역식별유닛이 상기 다른 보호계전기들이 출력한 고장검출신호(S_{Det}) 및 고장방향신호(S_{Dir})를 수신하여 고장이 주보호지역과 후비보호지역 중 어느 지역에서 발생하였는지 판단하는 단계; (d) 고장분류유닛이 각 상의 중첩 무효 에너지 계수의 절대값과 미리 설정된 기준값을 비교하여 고장의 종류를 분류하는 단계; 및 (e) 트립핑유닛이 상기 고장지역식별유닛 및 상기 고장분류유닛에서 출력된 신호에 따라 회로 차단기의 동작을 제어하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0052] 상술할 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 보호계전기의 제어 방법은 컴퓨터에서 각 단계들을 수행하도록 작성되어 컴퓨터로 독출 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터프로그램으로 표현될 수 있다.

발명의 효과

[0053] 본 명세서의 일 측면에 따르면, 마이크로그리드가 단독운전 모드와 계통 연계 모드로 동작 중에 고장이 발생하여도 모두 고장을 감지하고 전력망을 보호할 수 있다.

[0054] 본 명세서의 다른 측면에 따르면, 마이크로그리드의 고장이 저저항 및 고저항 고장에 관계없이 모두 고장을 감지하고 전력망을 보호할 수 있다.

[0055] 본 명세서의 또 다른 측면에 따르면, 고장 발생 지역의 분리가 원활하지 않은 경우에도, 고장 발생 지역과 연결된 다른 지역의 차단을 통해 나머지 전력망을 보호할 수 있다.

[0056] 본 명세서에 기재된 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0057] 도 1은 본 명세서에 다른 보호계전기의 구성을 간략하게 도시한 블록도이다.

도 2는 본 명세서에 따른 마이크로그리드의 일부를 개략적으로 도시한 참고도이다.

도 3은 보호계전기-1D를 중심으로 구분된 지역의 참고도이다.

도 4는 라인 1을 중심으로 도시한 참고도이다.

도 5는 정방향 고장에 따른 등가 회로도이다.

도 6은 역방향 고장에 따른 등가 회로도이다.

도 7은 보호계전기의 차단 동작을 위한 구성을 개략적으로 도시한 회로도이다.

도 8은 본 명세서에 따른 보호계전기의 구성을 보다 상세하게 도시한 블록도이다.

도 9는 모의계통도이다.

도 10은 마이크로그리드의 독립모드의 실험결과이다.

도 11은 마이크로그리드의 계통 연계모드의 실험결과이다.

도 12는 고임피던스 고장의 실험결과이다.

도 13은 3개의 커패시터 뱅크(각 500kvar)가 마이크로그리드의 모선 4, 6, 그리고 7에 설치된 실험결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0058] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.

[0059] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.

[0060] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0061] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0062] 이하에서는 도면을 중심으로 본 명세서에 따른 마이크로그리드 보호 장치 및 방법을 설명하고자 한다.

[0063] 본 발명에서는 고장으로 인해 발생하는 중첩 무효 에너지를 이용하여 마이크로그리드 보호계전기 및 그 제어 방법을 제안한다. 고장으로 인해 발생하는 전압, 전류, 에너지 등의 변화를 중첩 성분이라고 부르며, 이 중 에너지의 무효(Reactive) 성분에 대한 변화를 중첩 무효 에너지라고 한다. 중첩 무효 에너지는 고장 혹은 계통의 갑작스러운 변화에 의해 야기되는 무효 전력의 순간적인 변화이다.

[0064] 도 1은 본 명세서에 다른 보호계전기의 구성을 간략하게 도시한 블록도이다.

[0065] 도 1을 참조하면, 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 고장검출유닛(110), 고장방향유닛(120), 고장지역식별유닛(130), 고장분류유닛(140) 및 트립핑유닛(150)을 포함할 수 있다.

[0066] 상기 고장검출유닛(110)은 3상 전류값(i_{abc})을 이용하여 고장 발생 여부를 판단하고 고장 발생 여부에 따라 고장검출신호(S_{Det})를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력할 수 있다. 상기 고장검출유닛(110)은 이하에서 설명할 중첩 성분 및 고장검출 비율을 사용하여 고장 발생 여부를 판단할 수 있다. 상기 고장검출유닛(110)은 계통연계 및 단독운전 모드 모두에서 고저항 고장들을 포함하는 모든 종류의 고장들을 검출할 수 있다.

[0067] 상기 고장방향유닛(120)은 3상 전압값(v_{abc})을 이용하여 고장이 발생한 방향을 나타내는 고장방향신호(S_{Dir})를 동일한 전력라인 및 역방향으로 접한 타 전력라인의 다른 보호계전기들에게 출력할 수 있다.

[0068] 상기 고장지역식별유닛(130)은 상기 다른 보호계전기들이 출력한 고장검출신호(S_{Det}) 및 고장방향신호(S_{Dir})를 수신하여 고장이 주보호지역과 후비보호지역 중 어느 지역에서 발생하였는지 판단할 수 있다. 상기 고장지역식별유닛(130)은 상기 트립핑유닛(150)에게 신호를 출력함에 있어서 고장이 발생한 지역에 따라 고장이 발생한 지역을 주보호 지역으로 가지는 보호계전기가 먼저 작동할 수 있도록 지연을 시간을 두고 신호를 출력할 수 있다. 상기 고장지역식별유닛(130)이 상기 트립핑유닛(150)에게 출력하는 신호 및 시간 지역에 대해서는 이하에서 설명하도록 하겠다.

[0069] 상기 고장분류유닛(140)은 각 상의 중첩 무효 에너지 계수의 절대값과 미리 설정된 기준값을 비교하여 고장의 종류를 분류할 수 있다.

[0070] 상기 트립핑유닛(150)은 상기 고장지역식별유닛(130) 및 상기 고장분류유닛(140)에서 출력된 신호에 따라 회로차단기의 동작을 제어할 수 있다. 상기 트립핑유닛(150)은 고장이 발생한 종류에 따라 3상을 개별적으로 차단시킬 수 있다.

[0072] 이하에서는 본 명세서에 따른 보호계전기(100)가 설치되는 마이크로그리드에 대한 설명이다.

[0073] 도 2는 본 명세서에 따른 마이크로그리드의 일부를 개략적으로 도시한 참고도이다.

[0074] 도 2를 참조하면, 도면의 좌측에 도시된 전력 공급원, 컨버터, 변압기로 구성된 전력공급원, 도면의 우측에 도시된 메인 그리드를 확인할 수 있다. 그리고 상기 전력공급원과 상기 메인 그리드 사이를 이어주는 전력 라인을 확인할 수 있다. 그리고 상기 전력 라인은 버스 A, B, C에 의해 라인 1 및 라인 2로 구분된 것을 확인할 수 있다. 그리고 상기 라인 1 및 라인 2 사이에 부하가 연결된 것을 확인할 수 있다. 상기 도 2는 마이크로그리드의 일부로서 다수의 전력 라인 중 하나의 전력 라인을 예시도 도시한 것이다.

[0075] 도 2를 참조하면, 라인 1 및 라인 2 내에 보호계전기-1U, 보호계전기-1D, 보호계전기-2U 및 보호계전기-2D를 확인할 수 있다. 본 명세서에서는 전력공급원에서 부하 또는 메인 그리드로 전류가 흐르는 것을 가정하여, 상기 전력공급원을 '상류'로 설정하고, 상기 메인 그리드를 '하류'로 설정하였다. 따라서, '보호계전기-1U'은 라인 1번 내에서 상류(Upstream)에 설치된 보호계전기를 의미하며, '보호계전기-1D'은 라인 1번 내에서 하류(Downstream)에 설치된 보호계전기를 의미한다.

[0076] 본 명세서에서 마이크로그리드란 소규모의 전력 계통으로서, 기존의 전력망과 연결되어 기존 전력 공급원으로부터 전력을 공급받기도 하지만, 소규모 전력 공급원(예: 태양열 발전기, 풍력 발전기 등)을 갖추고 있는 전력망을 의미한다. 따라서, 마이크로그리드는 전력망 내에 구비된 전력 공급원에 의해서만 전력이 공급되는 단독운전 모드와 기존 전력망으로부터 전력을 공급받는 계통연계 운전 모드가 가능하다.

[0077] 본 명세서에서는 이해 및 설명의 편의를 위해 보호계전기-1D를 중심으로 본 명세서에 따른 마이크로그리드 보호 장치 및 방법을 설명하도록 하겠다.

[0078] 도 3은 보호계전기-1D를 중심으로 구분된 지역의 참고도이다.

[0079] 도 3을 참조하면, 보호계전기-1D를 기준으로 우측 지역은 '정방향 지역'으로 표시되어 있고, 보호계전기-1D를 기준으로 좌측 지역은 '역방향 지역'으로 표시된 것을 확인할 수 있다. 상기 정방향과 역방향은 보호계전기-1D를 중심으로 앞서 설명한 상기 전력공급원을 '상류'로 설정하고, 상기 메인 그리드를 '하류'로 설정한 것을 바탕으로 한다.

[0080] 도 4는 라인 1을 중심으로 도시한 참고도이다.

[0081] 도 4를 참조하면, B, C 사이의 라인 1을 제외한 나머지 구간이 등가 회로로 대체된 것을 확인할 수 있다. 전력공급원과 라인 2가 있던 부분은 상류 등가 회로로, 메인 그리드가 있던 부분은 하류 등가 회로로 대체된 것을 확인할 수 있다. 그리고 본 명세서에 따른 마이크로그리드 보호 장치 및 방법을 설명하기 위해 두 군데에서 고장이 난 것을 가정하도록 하겠다. 첫 번째 고장 위치는 보호계전기-1U와 보호계전기-1D 사이(F1)이며, 두 번째 고장 위치는 상류 등가 회로와 보호계전기-1U 사이(F2)이다. 상기 두 군데 고장 F1 및 F2는 상기 보호계전기-1D를 중심으로 각각 정방향 고장과 역방향 고장을 의미한다.

[0082] 도 5는 정방향 고장에 따른 등가 회로도이다.

[0083] 도 6은 역방향 고장에 따른 등가 회로도이다.

[0084] 도 5 및 도 6에 각 사용된 약어의 의미는 아래와 같다.

[0085] L_u: 상류 등가 인덕턴스

[0086] L_d: 하류 등가 인덕턴스

[0087] L_a: 고장 지점과 버스 B사이의 라인 인덕턴스

[0088] L_b: 고장 지점과 버스 C사이의 라인 인덕턴스

[0089] L_{ab}: 라인 1의 인덕턴스

[0090] i_{Bf1}: 버스 B에서 무효 중첩 전류

[0091] i_{Cf1}: 버스 C에서 무효 중첩 전류

[0092] v_{Bf1}: 버스 B에서 무효 중첩 전압

[0093] v_{Cf1}: 버스 C에서 무효 중첩 전압

[0094] v_{fpre}: 고장 지점에서의 이전 고장 전압

[0095] Δi_f: 고장 지점의 전류

[0096] Δv_{f1}: 고장 지점의 무효 중첩 전압

[0098] 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 고장 발생 이전 전류, 중첩 정상 및 역상분 전류, 시스템 불평형 비율에 기반한 비율에 의해 고장 발생 여부를 감지할 수 있다. 시스템 불평형 비율(R_n)은 아래 수식 1에 의해 주어지면, 고장 검출 비율(R_{FD})에 대한 표현은 아래 수식 2에 의해 주어진다.

[0099] <수식 1>

$$R_n = \frac{|I_{0pre}| + |I_{2pre}|}{|I_{1pre}|}$$

[0100]

[0101] R_n: 시스템 불평형 비율

[0102] $|I_{0pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 영상분 전류

[0103] $|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

[0104] $|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

[0106] <수식 2>

$$R_{FD} = \frac{|\Delta I_{1f}| + |\Delta I_{2f}|}{|I_{1pre}| + |I_{2pre}|} \Big/ R_n$$

[0107]

[0108] R_{FD}: 고장 검출 비율

[0109] R_n: 시스템 불평형 비율

[0110] $|I_{1pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 정상분 전류

[0111] $|I_{2pre}|$: 고장 발생 전 전류로서, 보호계전기에 입력되는 역상분 전류

[0112] $|\Delta i_{1f}|$: 고장 지점의 정상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

[0113] $|\Delta i_{2f}|$: 고장 지점의 역상분 무효 중첩 전류의 RMS(Root Mean Square)

[0115] 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 상기 고장 검출 비율의 값이 '0'일 때는 (R_{FD}=0) 정상상태로 판단하며, 기 고장 검출 비율의 값이 일정한 시간 동안(불필요한 트립 방지) 미리 설정된 한계값을 넘을 때, 고장 발생으로 판단할 수 있다.

[0117] 또한, 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 아래 수식 3 및 수식 4를 통해 발생한 고장의 종류가 정방향 고장인

지 역방향 고장인지 판단할 수 있다. 한편, 수식 3은 도 4에 도시된 고장 F1에 해당하며, 수식 4는 도 4에 도시된 고장 F2에 해당한다.

[0118] <수식 3>

$$E_{Bq} = -\frac{X_u}{(X_u+X_a)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

[0119]

[0120] X_u: 상류 등가 회로의 리액턴스

[0121] X_a: 버스 B와 고장 F1 사이의 리액턴스

[0122] Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

[0124] <수식 4>

$$E_{Bq} = \frac{X_d+X_{ab}}{(X_{u2}+X_{ab}+X_d)^2} V_m{}^2 \frac{\pi}{\omega}$$

[0125]

[0126] X_d: 하류 등가 회로의 리액턴스

[0127] X_{ab}: 버스 A와 버스 B 사이의 리액턴스

[0128] X_{u2}: 버스 B와 고장 F2 사이의 리액턴스

[0129] Vm: 계전기(U) 지점에서의 전압 크기

[0131] 수식 3 및 수식 4는 정방향 고장에 대해 음이며 역방향 고장에 대해 양임을 나타낸다. 따라서, 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 상기 수식 3 및 수식 4의 값이 가지는 부호에 따라 고장의 방향을 판단할 수 있다.

[0133] 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 상술한 내용에 따라 고장검출신호(S_{Det}) 및 고장방향신호(S_{Dir})를 출력할 수 있다. 일 예로, 고장검출신호(S_{Det})는 2진 코드로 고장이 발생했을 때 '1', 고장이 아닌 경우에는 '0'를 출력할 수 있다. 상기 고장방향신호(S_{Dir})는 2진 코드로 정방향 고장일 때에는 '1', 역방향 고장일 때에는 '0'을 출력할 수 있다.

[0134] 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 인접한 다른 보호계전기(100)와 통신이 가능하다. 바람직하게, 일 전력라인의 일 보호계전기(D)는 동일 전력라인의 타 보호계전기(U) 및 일 전력라인에 역방향으로 접한 타 전력라인의 일 보호계전기(U)로부터 상기 고장검출신호(SDet) 및 고장방향신호(SDir)를 수신할 수 있다(도 7 참조). 그리고 상기 보호계전기(100)는 다른 보호계전기로부터 수신한 고장검출신호(SDet) 및 고장방향신호(SDir)를 이용하여 고장이 발생한 지역을 판별할 수 있다.

[0135] 한편, 본 명세서에 따른 보호계전기(100)에게는 주보호 지역(Main Protection Zone)과 후비보호 지역(Backup Protection Zone)이 주어진다. 일 예로, 도 3에 도시된 보호계전기-1D에게 정방향 지역이 '주보호 지역'이고, 역방향 지역이 '후비보호 지역'으로 주어진다. 상기 보호계전기(100)는 주보호 지역에서 고장이 발생했을 때 즉시 차단 동작(차단 동작 신호(FF trip 신호) 출력)을 하며, 후비보호 지역에서 고장이 발생했을 때 일정 지연 시간 이후에 차단 동작을 한다. 상기 지연 시간은 고장이 발생한 해당 지역을 주보호 지역을 가지는 보호계전기가 차단 동작을 먼저 하도록 시간을 주는 것이며, 고장이 발생한 해당 지역을 주보호 지역을 가지는 보호계전기가 차단 동작을 하지 못한 경우, 후비보호 지역에 있는 보호계전기가 동작하도록 하기 위함이다. 상기 지연 시간은 주보호 지역에 고장이 발생했을 때 차단 동작이 이루어지기 까지 걸리는 시간보다 커야한다.

[0136] 도 7은 보호계전기의 차단 동작을 위한 구성을 개략적으로 도시한 회로도이다.

[0137] 도 7을 참조하면, 보호계전기-1D를 기준으로 작성된 회로도이다. 일 전력라인의 일 보호계전기(D)는 동일 전력

라인의 타 보호계전기(U) 및 일 전력라인에 역방향으로 접한 타 전력라인의 일 보호계전기(U)로부터 고장검출신호(SDet) 및 고장방향신호(SDir)를 수신할 수 있다.

[0139] 한편, 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 수식 5를 통해 다양한 종류의 고장들을 분류할 수 있다.

[0140] <수식 5>

[0141] $$K_{qa} = \frac{E_{qa}}{E_{qmax}}, \quad K_{qb} = \frac{E_{qb}}{E_{qmax}}, \quad K_{qc} = \frac{E_{qc}}{E_{qmax}}$$

[0142] E_{qa}, E_{qb}, E_{qc} : A, B, C상의 중첩 무효 에너지 (SER)

[0143] E_{qmax}= Max($|E_{qa}|$, $|E_{qb}|$, $|E_{qc}|$)

[0145] 본 명세서에 따른 보호계전기(100)는 상기 계수 중 어느 계수가 미리 설정된 제한치보다 크면, 그 상은 고장으로 판단할 수 있다.

[0147] 도 8은 본 명세서에 따른 보호계전기의 구성을 보다 상세하게 도시한 블록도이다.

[0149] 이하에서는 본 명세서에 따른 보호계전기(100)를 모의계통에서 MATLAB/SIMULINK에서 구현한 실험예에 대해서 설명하도록 하겠다.

[0150] 도 9는 모의계통도이다.

[0151] 도 9를 참조하면, 모의계통의 모든 위치에 대한 고장 분석이 시행된다. 상기 고장 분석에서 고려된 고장 종류는 단상 지락고장, 선간 단락고장, 2선 지락고장, 3상 고장, 그리고 고임피던스 고장이다. 또한, 주보호지역의 보호계전기가 차단 동작에 실패 상황을 고려하여 후비보호지역의 보호계전기가 차단 동작을 수행하는지 여부를 확인하였다.

[0152] 도 10은 마이크로그리드의 독립모드의 실험결과이다.

[0153] 도 10에 도시된 표는 보호계전기(MGPR), 주보호지역의 보호계전기 및 후비보호지역의 보호계전기의 동작시간, 고장 검출 비, 그리고 마이크로그리드의 독립모드 시, 다양한 고장 위치에 대해 선택된 시나리오에 대한 SRE 계수를 나타낸다. 도 10에 도시된 표에서 제안된 고장 검출 비 R_{FD}가 설정된 임계값 (2.5)를 초과하여 고장이 성공적으로 검출됨을 확인할 수 있다.

[0154] 도 11은 마이크로그리드의 계통 연계모드의 실험결과이다.

[0155] 도 11에 도시된 표는 보호계전기(MGPR), 고장 검출 비, SRE 계수, 그리고 마이크로그리드의 계통 연계모드 시에 주보호지역의 보호계전기 및 후비보호지역의 보호계전기의 동작시간을 나타낸다. 독립모드에서와 마찬가지로, 주보호지역의 보호계전기(MGRP)가 고장의 격리에 실패한다면, 후비모호지역의 보호계전기(MGPR)들이 적절한 후비보호를 제공함이 확인할 수 있다.

[0156] 도 12는 고임피던스고장의 실험결과이다.

[0157] 도 12에 도시된 표는 계통 연계모드 및 독립모드 모두에 대해 선택된 시나리오에서의 고임피던스고장 결과이다. 본 명세서에 따른 보호계전기가 고임피던스고장을 효과적으로 검출하지만 독립 모드와 계통 연계모드를 비교함으로써 상대적으로 느린 것을 확인할 수 있다. 그러나 본 명세서에 따른 보호계전기의 동작 속도는 여전히 0.1초 이하이며, 이는 배전 계통 보호에 효율적이다.

[0158] 도 13은 3개의 커패시터 뱅크(각 500kvar)가 마이크로그리드의 모선 4, 6, 그리고 7에 설치된 실험결과이다.

[0159] 본 명세서에 따른 보호계전기는 고장 위치 및 고장 종류에 대해 SRE의 양방향 특성을 사용한다. 그러므로 본 명세서에 따른 보호계전기는 무효 전력 보상장치를 갖는 계통에서도 실험할 필요가 있다. 도 13에 도시된 표에서 본 명세서에 따른 보호계전기가 무효 전력 보상 장치가 있을 때 안정적인 SRE 방향을 제공하는 것이 확인할 수 있다.

[0160] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명

하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0161] 100 : 보호계전기

110 : 고장검출유닛

120 : 고장방향유닛

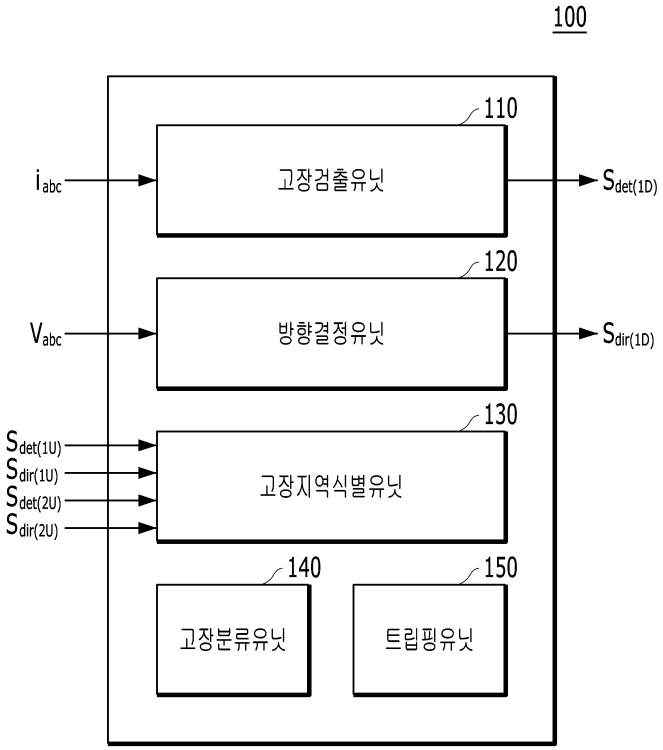
130 : 고장지역식별유닛

140 : 고장분류유닛

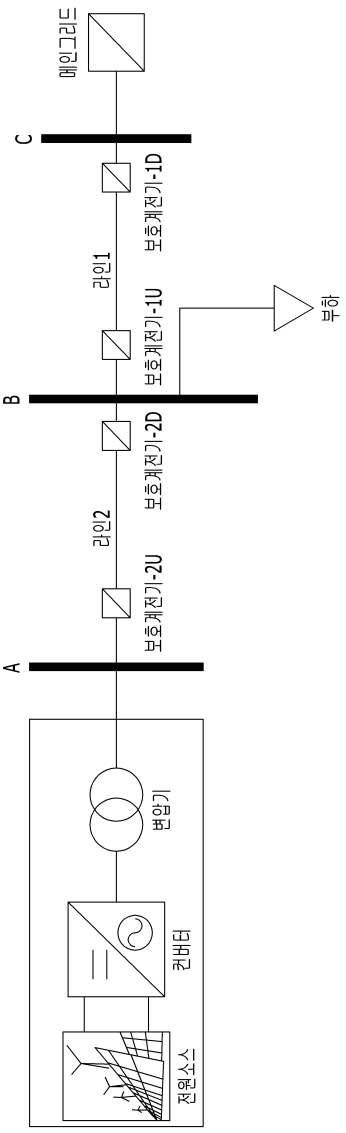
150 : 트립핑유닛

도면

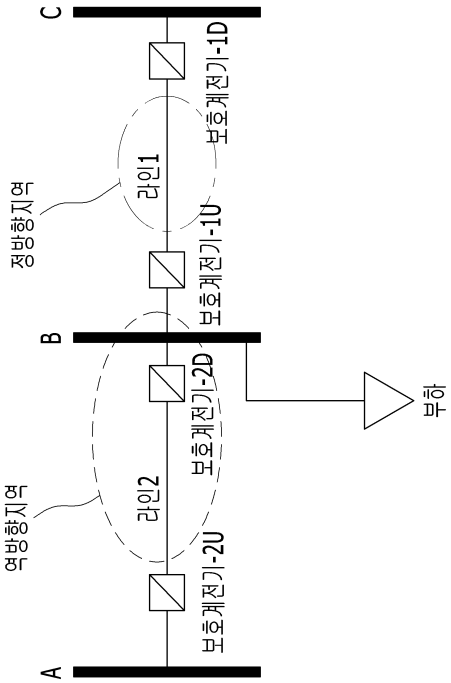
도면1



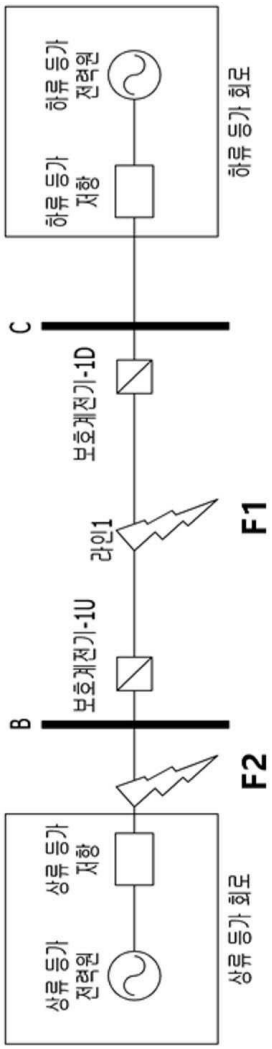
도면2


메인그리드
C
보호계전기-1D
라인1
보호계전기-1U
부하
B
보호계전기-2D
라인2
보호계전기-2U
A
변압기
컨버터
전원소스

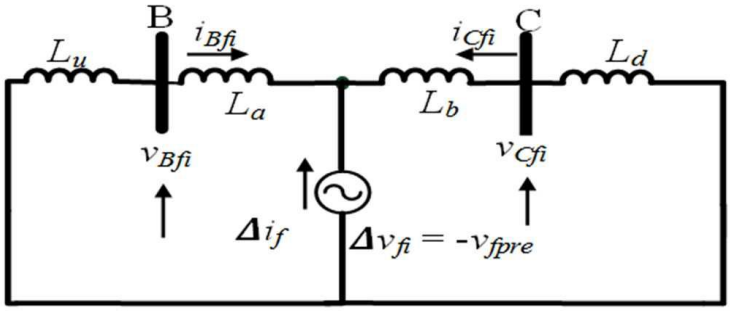
도면3



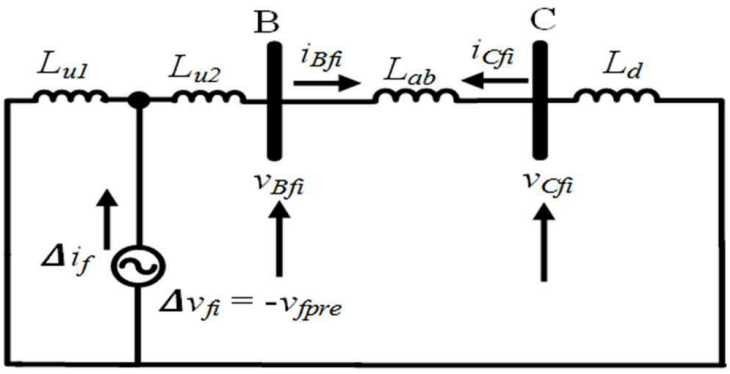
도면4


하류 등가 회로
하류 등가 전력원
하류 등가 저항
C
보호계전기-1D
라인1
F1
보호계전기-1U
B
F2
상류 등가 회로
상류 등가 전력원
상류 등가 저항

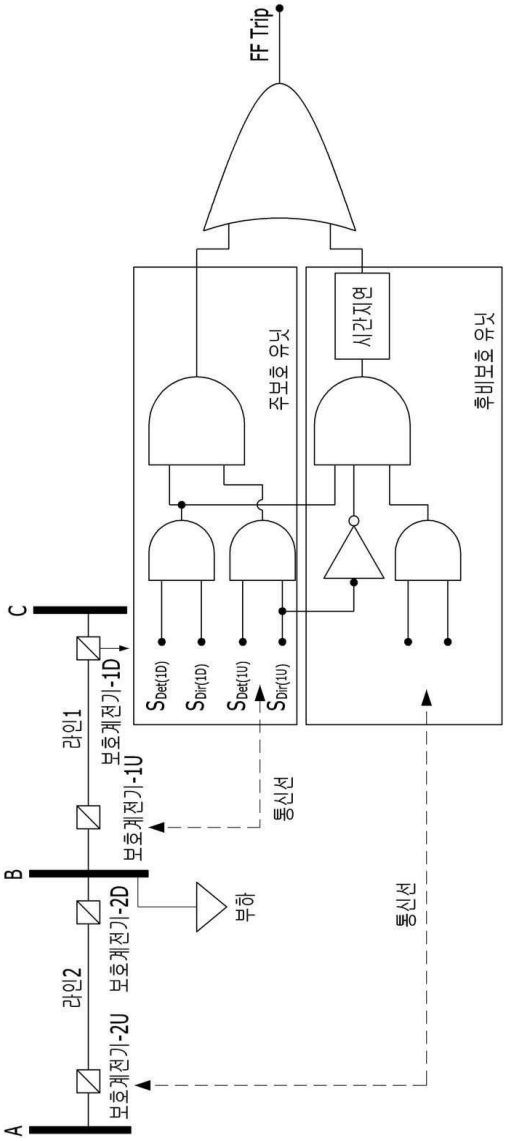
도면5


B
C
L_u
i_{Bfi}
i_{Cfi}
L_d
L_a
L_b
v_{Bfi}
v_{Cfi}
Δi_f
$\Delta v_{fi} = -v_{fpre}$

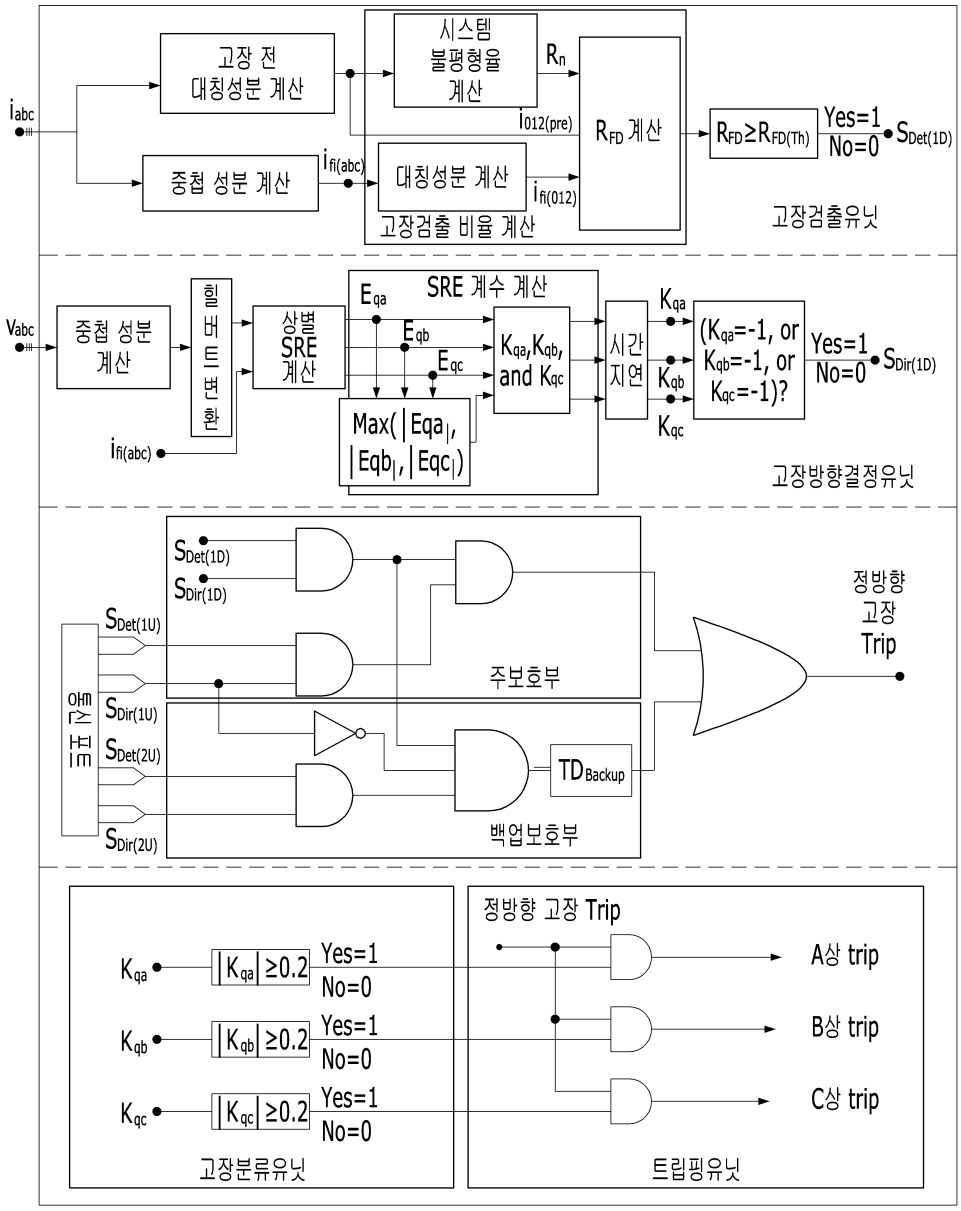
도면6


B
C
L_{u1}
L_{u2}
i_{Bfi}
L_{ab}
i_{Cfi}
L_d
v_{Bfi}
v_{Cfi}
Δi_f
$\Delta v_{fi} = -v_{fpre}$

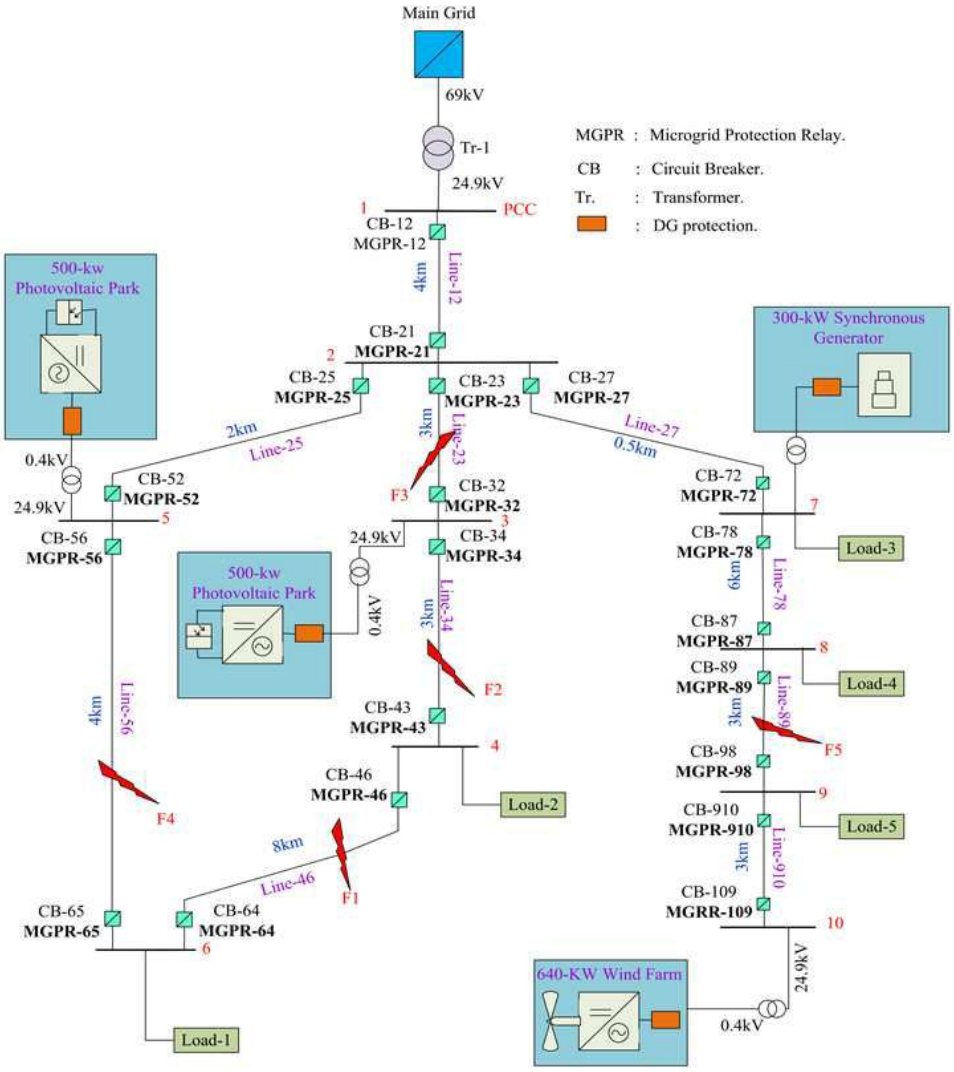
도면7


FF Trip
주보호 유닛
시간지연
후비보호 유닛
$S_{Det(1D)}$
$S_{Dir(1D)}$
$S_{Det(1U)}$
$S_{Dir(1U)}$
C
라인1
보호계전기-1D
보호계전기-1U
통신선
B
부하
통신선
라인2
보호계전기-2D
보호계전기-2U
A

도면8


고장 전
대칭성분 계산
시스템
불평형율
계산
Rn
i012(pre)
RFD 계산
RFD≥RFD(Th)
Yes=1
No=0
SDet(1D)
iabc
중첩 성분 계산
ifi(abc)
대칭성분 계산
ifi(012)
고장검출 비율 계산
고장검출유닛
Vabc
중첩 성분
계산
힐버트변환
상별
SRE
계산
Eqa
Eqb
Eqc
SRE 계수 계산
Kqa,Kqb,
and Kqc
Max(|Eqa|,
|Eqb|,|Eqc|)
시간
지연
Kqa
Kqb
Kqc
(Kqa=-1, or
Kqb=-1, or
Kqc=-1)?
Yes=1
No=0
SDir(1D)
ifi(abc)
고장방향결정유닛
SDet(1D)
SDir(1D)
SDet(1U)
SDir(1U)
SDet(2U)
SDir(2U)
버퍼
주보호부
TDBackup
백업보호부
정방향
고장
Trip
Kqa
|Kqa|≥0.2
Yes=1
No=0
Kqb
|Kqb|≥0.2
Yes=1
No=0
Kqc
|Kqc|≥0.2
Yes=1
No=0
고장분류유닛
정방향 고장 Trip
A상 trip
B상 trip
C상 trip
트립핑유닛

도면9



도면10

Fault Type	Fault Location	Fault Inception Angle (Degree)	Main Protection Operation						Back up operation	
			Operating Relays	R_{FD}	SRE Coefficients			Oper. Time (ms)	Operating Relays	Oper. Time (ms)
					Kqa	Kqb	Kqc			
AG	F1	0	MGPR-46	24.01	-1	-0.0034	-0.0041	72.2	MGPR-34	372.2
			MGPR-64	14.72	-1	-0.0038	-0.0021	72.5	MGPR-56	372.5
	F3	30	MGPR-23	26.50	-1	-0.0044	-0.0032	72.0	MGPR-12	372.0
			MGPR-32	12.50	-1	-0.0054	-0.0067	72.6	MGPR-43	372.6
BG	F5	90	MGPR-89	21.67	-0.001	-1	-0.0021	72.3	MGPR-78	372.3
			MGPR-98	24.40	-0.003	-1	-0.0025	71.3	MGPR109	371.3
BCG	F4	120	MGPR-56	37.10	-0.0042	-0.90	-1	71.2	MGPR-25	371.2
			MGPR-65	11.20	-0.0012	-0.88	-1	72.7	MGPR-46	372.7
ABG	F2	150	MGPR-34	26.91	-0.825	-1	-0.0033	72.0	MGPR-23	372.0
			MGPR-43	10.54	-0.824	-1	-0.0031	72.8	MGPR-64	372.8
ACG	F5	210	MGPR-89	37.42	-0.94	-0.0045	-1	71.2	MGPR-78	371.2
			MGPR-98	34.45	-0.93	-0.0032	-1	71.5	MGPR109	371.5
BC	F1	90	MGPR-46	34.75	-0.0046	-0.959	-1	71.5	MGPR-34	371.5
			MGPR-64	20.13	-0.0039	-0.958	-1	72.4	MGPR-56	372.4
AB	F3	0	MGPR-23	38.45	-0.95	-1	-0.0018	71.1	MGPR-12	371.1
			MGPR-32	10.50	-0.94	-1	-0.0021	72.8	MGPR-43	372.8
ABC	F4	60	MGPR-56	47.80	-0.9	-0.97	-1	70.8	MGPR-25	370.8
			MGPR-65	11.49	-0.91	-0.99	-1	72.6	MGPR-46	372.6
ABCG	F1	210	MGPR-46	38.50	-0.864	-0.96	-1	71.1	MGPR-34	371.1
			MGPR-64	24.00	-0.862	-0.959	-1	72.2	MGPR-56	372.2
	F3	120	MGPR-23	11.50	-0.90	-0.96	-1	72.6	MGPR-12	372.6
			MGPR-32	42.40	-0.89	-0.94	-1	70.9	MGPR-43	370.9

도면11

Fault Type	Fault Location	Fault Inception Angle (Degree)	Main Protection Operation						Back up operation	
			Operating Relays	R_{FD}	SRE Coefficients			Oper. Time (ms)	Operating Relays	Oper. Time (ms)
					Kqa	Kqb	Kqc			
AG	F1	0	MGPR-46	170.94	-1	-0.0042	-0.0025	68.6	MGPR-34	368.6
			MGPR-64	187.72	-1	-0.0012	-0.0020	68.5	MGPR-56	368.5
	F3	30	MGPR-23	205.1	-1	-0.0044	-0.0053	68.0	MGPR-12	368.0
			MGPR-32	22.25	-1	-0.0014	-0.0009	72.3	MGPR-43	372.3
BG	F5	90	MGPR-89	317.3	-0.0500	-1	-0.028	68.0	MGPR-78	368.0
			MGPR-98	54.90	-0.0180	-1	-0.016	70.6	MGPR109	370.6
BCG	F4	120	MGPR-56	297.84	-0.0012	-0.640	-1	68.1	MGPR-25	368.1
			MGPR-65	58.25	-0.0015	-0.610	-1	70.5	MGPR-46	370.5
ABG	F2	150	MGPR-34	156.8	-0.525	-1	-0.0009	68.9	MGPR-23	368.9
			MGPR-43	46.09	-0.515	-1	-0.0012	70.8	MGPR-64	370.8
ACG	F5	210	MGPR-89	515.0	-1	-0.002	-0.630	67.5	MGPR-78	367.5
			MGPR-98	99.40	-1	-0.004	-0.940	69.5	MGPR109	369.5
BC	F1	90	MGPR-46	325.8	-0.0036	-1	-0.955	67.9	MGPR-34	367.9
			MGPR-64	359.0	-0.0045	-1	-0.950	67.7	MGPR-56	367.7
AB	F3	0	MGPR-23	410.0	-0.980	-1	-0.0030	67.5	MGPR-12	367.5
			MGPR-32	41.84	-0.970	-1	-0.0017	70.9	MGPR-43	370.9
ABC	F4	60	MGPR-56	315.45	-0.840	-1	-0.988	68.0	MGPR-25	368.0
			MGPR-65	67.80	-0.820	-1	-0.850	70.0	MGPR-46	370.0
ABCG	F1	210	MGPR-46	378.95	-0.823	-1	-0.992	67.6	MGPR-34	367.6
			MGPR-64	344.45	-0.820	-1	-0.937	67.7	MGPR-56	367.7
	F3	120	MGPR-23	425.85	-0.850	-1	-0.940	67.5	MGPR-12	367.5
			MGPR-32	45.35	-0.870	-1	-0.950	70.7	MGPR-43	370.7

도면12

Fault Location	Fault Type	Resistance (ohms)	Oper. Relays	Grid connected mode					Islanded mode				
				R_{FD}	SRE coefficients			Oper. Time (ms)	R_{FD}	SRE coefficients			Oper. Time (ms)
					K_{qa}	K_{qb}	K_{qc}			K_{qa}	K_{qb}	K_{qc}	
F1	AG	50	MGPR-46	35.85	-1	-0.007	-0.004	71.4	13.30	-1	-0.001	-0.005	72.6
			MGPR-64	39.38	-1	-0.008	0.003	71.1	9.25	-1	-0.001	-0.002	72.8
		100	MGPR-46	19.55	-1	-0.009	-0.008	72.4	8.78	-1	-0.001	-0.001	72.9
			MGPR-64	20.49	-1	-0.009	-0.009	72.3	6.40	-1	-0.001	-0.001	73.0
		200	MGPR-46	11.23	-1	-0.002	-0.008	72.7	5.18	-1	-0.002	-0.002	73.1
			MGPR-64	11.23	-1	-0.003	-0.006	72.8	4.05	-1	-0.002	-0.001	73.2
F5	BCG	50	MGPR-89	124.62	0.004	-0.700	-1	69.4	20.04	-0.005	-0.880	-1	72.3
			MGPR-98	23.42	-0.002	-0.910	-1	72.3	23.05	-0.002	-0.820	-1	72.3
		100	MGPR-89	69.79	0.002	-0.750	-1	68.4	12.40	-0.006	-0.870	-1	72.6
			MGPR-98	13.10	-0.005	-0.800	-1	72.6	13.10	-0.005	-0.880	-1	72.5
		200	MGPR-89	36.65	-0.006	-0.750	-1	71.4	7.02	-0.004	-0.850	-1	73.0
			MGPR-98	08.02	-0.004	-1	-0.820	72.9	8.02	-0.005	-0.820	-1	73.0
F3	ABCG	50	MGPR-23	41.67	-0.839	0.938	-1	70.9	22.90	-0.800	-0.917	-1	72.3
			MGPR-32	10.25	-0.852	0.948	-1	72.8	10.40	-0.821	-0.934	-1	72.8
		100	MGPR-23	26.45	-0.848	-1	-0.935	72.0	14.88	-0.788	-0.908	-1	70.8
			MGPR-32	07.25	-0.863	-1	-0.940	72.9	5.98	-0.812	-0.922	-1	73.1
		200	MGPR-23	15.45	-0.850	-1	-0.936	72.5	8.65	-0.800	-0.920	-1	72.9
			MGPR-32	04.23	-0.820	-1	-0.931	73.2	3.18	-0.810	-0.922	-1	73.3

도면13

Fault Type	Fault Location	Fault Inception Angle (Degree)	Main Protection Operation						Back up operation	
			Operating Relays	R_{FD}	SRE Coefficients			Oper. Time (ms)	Operating Relays	Oper. Time (ms)
					Kqa	Kqb	Kqc			
AG	F4	0	MGPR-56	173.45	-1	-0.007	-0.009	68.6	MGPR-25	368.6
			MGPR-65	36.70	-1	-0.005	-0.006	72.0	MGPR-46	372.0
BG	F5	90	MGPR-89	288.5	-0.010	-1	-0.008	68.1	MGPR-78	368.1
			MGPR-98	56.90	-0.018	-1	-0.012	70.5	MGPR109	370.5
BC	F2	150	MGPR-34	188.12	-0.005	-1	-0.950	68.5	MGPR-23	368.5
			MGPR-43	53.00	-0.007	-1	-0.935	70.7	MGPR-64	370.7
ACG	F5	210	MGPR-89	523.2	-1	-0.003	-0.590	67.5	MGPR-78	367.5
			MGPR-98	103.5	-1	-0.007	-0.985	69.5	MGPR109	369.5
ABG	F1	90	MGPR-46	365.5	-0.480	-1	-0.009	67.7	MGPR-34	367.7
			MGPR-64	359.0	-0.485	-1	-0.007	67.7	MGPR-56	367.7
ABC	F4	60	MGPR-56	352.45	-0.825	-1	-0.832	67.7	MGPR-25	367.7
			MGPR-65	74.35	-0.826	-1	-0.845	70.0	MGPR-46	370.0
ABCG	F1	210	MGPR-46	370.9	-0.819	-1	-0.932	67.6	MGPR-34	367.6
			MGPR-64	338.7	-0.815	-1	-0.937	67.9	MGPR-56	367.9