



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.
H02J 3/38 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0025269
(43) 공개일자 2007년03월08일

(21) 출원번호 10-2005-0081250
(22) 출원일자 2005년09월01일
심사청구일자 2005년09월01일

(71) 출원인 울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거동 산29

(72) 발명자 김홍근
대구 수성구 지산동 1269번지 동서맨션 106동 1102호
최중우
대구 달서구 도원동 대곡강산타운 412동 1105호
윤중혁
인천 연수구 동춘동 풍림2차아파트 109-704호

(74) 대리인 윤의섭
김수진

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 자동 위상 이동법에 의한 고립운전 검출장치

(57) 요약

본 발명은 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치 및 방법에 관한 것이다.

더욱 상세하게는 태양광 발전 시스템, 풍력발전, 연료전지 발전 등을 포함하는 계통연계형 분산전원의 고립운전을 검출하는 장치와 방법에 있어서, 정현파의 진폭에 따라 펄스폭을 변화시켜 분산전원의 인버터로 전달하는 펄스폭변조(PWM)부와, 분산전원의 인버터 입력단 전압을 일정하게 제어하기 위한 전압 컨트롤러와, 분산전원의 인버터 출력단 전류를 일정하게 제어하기 위한 전류 컨트롤러와, 분산전원의 출력전류 기준치를 연계점에서의 전압과 동상인 정현파를 발생시키는 정현파(sin)부 및 분산전원의 인버터 출력전류를 검출하여 연계점 전압의 위상과 일치하도록 제어하는 위상동기루프(PLL)부를 포함하여 이루어지는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치와 방법에 관한 것이다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

태양광 발전 시스템, 풍력발전, 연료전지 발전 등을 포함하는 계통연계형 분산전원의 고립운전을 검출하는 장치에 있어서,

정현파의 진폭에 따라 펄스폭을 변화시켜 분산전원의 인버터로 전달하는 펄스폭변조(PWM)부;

상기 분산전원의 인버터 입력단 전압을 일정하게 제어하기 위한 전압 컨트롤러;

상기 분산전원의 인버터 출력단 전류를 일정하게 제어하기 위한 전류 컨트롤러;

상기 분산전원의 출력전류 기준치를 연계점에서의 전압과 동상인 정현파를 발생시키는 정현파(sin)부; 및

상기 분산전원의 인버터 출력전류를 검출하여 연계점 전압의 위상과 일치하도록 제어하는 위상동기루프(PLL)부; 를 포함하여 이루어지는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 위상동기루프(PLL)부는

추정한 주파수가 허용범위 59.3Hz~60.5Hz를 벗어나면 고립운전으로 판단하는 것을 특징으로 하는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 위상동기루프(PLL)부는

고립운전 상태가 발생하면 가속이득 K 가 곱하여진 $\Delta\theta$ 에 의해 인버터 출력전류의 기준치를 전압에 비해 뒤지거나 앞서게 함으로써 연계점 전압의 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전을 검출하는 것을 특징으로 하는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치.

청구항 4.

태양광 발전 시스템, 풍력발전, 연료전지 발전 등을 포함하는 계통연계형 분산전원의 고립운전을 검출하는 방법에 있어서,

분산전원의 인버터 출력전류 지령치의 위상에 $\Delta\theta$ 를 더해줌으로써 정상상태에서는 $\Delta\theta$ 가 영이 되고, 고립운전상태가 되면 가속이득 K 값에 의해 분산전원의 인버터 출력전류가 연계점의 전압에 비해 계속 뒤지거나 앞서게 하는 원리를 적용하여 분산전원의 연계점 전압의 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전상태를 검출하는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,

분산전원의 연계점 전압의 추정된 주파수가 허용범위 59.3Hz~60.5Hz를 벗어나면 고립운전으로 판단하는 것을 특징으로 하는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자동 위상 이동법에 의한 고립운전 검출 장치와 방법에 관한 것이다.

더욱 상세하게는 태양광 발전 시스템, 풍력발전, 연료전지 발전 등을 포함하는 계통연계형 분산전원의 인버터 출력전류가 연계점의 전압에 비해 계속 뒤지거나 앞서게 하는 원리를 적용하여 분산전원의 연계점 전압의 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전상태를 검출하는 자동 위상 이동법에 의한 고립운전 검출 장치와 방법에 관한 것이다.

일반적으로 분산형전원이 배전계통에 도입되어 연계운전을 하기 위해서는 전압이나 주파수의 변동, 고조파 성분의 유입, 역률저하, 직류성분 전류 유입, 고립운전방지, 계통차단 및 재연결, 접지, 과도현상 보호 등 여러 가지의 해결해야할 문제가 있다. 계통 연계형 시스템의 경우 계통의 정전이나 각종 사고에 대한 보호 기술이 확보되어야 한다. 계통의 지락 사고나 정전을 인버터 측에서 검출하지 못하면 인명사고가 일어날 수 있으므로 보호 기술은 반드시 필요하다.

특히, 태양광 발전을 포함한 분산전원의 계통 연계를 위해 확보되어야 할 기술은 고립운전 방지기술(Anti-Islanding control)이다. 태양광 발전 시스템 및 기타 분산전원이 정전 혹은 사고 등으로 계통에서 분리되었을 때 태양광 발전 시스템의 출력과 배전선 부하의 소비전력이 균형을 이루면 시스템이 배전선 부하를 떠맡아 운전을 계속한다. 이 현상을 고립운전이라하며 이런 상태가 지속되면 선로 유지보수자의 안전사고를 야기할 수 있으며 전기설비에 나쁜 영향을 줄 수도 있다. 따라서 계통에서 전원공급이 끊겼을 경우 이를 즉각 감지하여 발전을 중단해야 한다.

계통 연계형 분산전원의 고립운전을 검출하기 위해서는 발전 시스템, 수용가, 그리고 계통이 함께 연결된 연계점(PCC : Point of common coupling)에서의 전압 정보가 필수적이다. 연계점의 전압 또는 주파수가 규정된 허용범위(IEEE929-2000)를 벗어나면 고립운전으로 판단하는 방법을 수동법이라 하는데 허용 전압범위 내에서는 고립운전이 발생하더라도 검출할 수 없다. 이를 해결하기 위한 방법으로 몇 가지 능동 검출법들이 소개되었다.

현재까지 개발된 능동검출법에는 주파수 바이어스 방법, 샌디아 주파수 변동 방법, 주파수 점프 방법, 샌디아 전압 변동 방법 등이 있는데, 이들 중에서 샌디아 연구소(SNL : Sandia National Laboratory)에서 개발한 샌디아 주파수 변동 방법과 샌디아 전압 변동 방법이 현재까지 알려진 고립운전 검출방법들 중에서는 검출 불능영역(NDZ : Non-Detection Zone)이 가장 좁아 비교적 효과적이다. 그러나 고립운전을 검출하기 위해서 정상운전상태에서도 인버터 출력전류의 기준치에 왜곡을 두게 되므로 전류의 총 고조파왜곡율(THD : Total Harmonic Distortion)이 증가하고 역률이 저하되는 단점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 정상상태에서는 분산전원의 출력전류 기준치를 연계점에서의 전압과 동상인 정현파로 출력시키다 고립운전이 발생하면 인버터의 출력전류 기준치를 연계점 전압에 비해 뒤지거나 앞서게 함으로써 분산전원의 연계점(PCC) 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전을 검출할 수 있는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치 및 방법을 제공하는 데 그 목적이 있고,

다른 목적으로는, 분산전원의 공통연결점에서의 전압의 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전을 검출하는 자동 위상 이동에 의한 새로운 고립운전 검출장치로서, 검출 불능영역이 존재하지 않으며, 정상상태에서 출력전류의 왜곡이 없이 고립운전이 발생되면 즉시 이를 검출하여 발전을 중단하는 고립운전 검출 장치 및 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

발명의 구성

상술한 본 발명의 목적은, 태양광 발전 시스템, 풍력발전, 연료전지 발전 등을 포함하는 계통연계형 분산전원의 고립운전을 검출하는 장치 및 방법에 있어서, 정현파의 진폭에 따라 펄스폭을 변화시켜 분산전원의 인버터로 전달하는 펄스폭변조(PWM)부와, 상기 분산전원의 인버터 입력단 전압을 일정하게 제어하기 위한 전압 컨트롤러와, 상기 분산전원의 인버터 출력단 전류를 일정하게 제어하기 위한 전류 컨트롤러와, 상기 분산전원의 출력전류 기준치를 연계점에서의 전압과 동상인 정현파를 발생시키는 정현파(sin)부 및 상기 분산전원의 인버터 출력전류를 검출하여 연계점 전압의 위상과 일치하도록 제어하는 위상동기루프(PLL)부를 포함하여 이루어지는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치가 제공되고,

분산전원의 인버터 출력전류 지령치의 위상에 $\Delta\theta$ 를 더해줌으로써 정상상태에서는 $\Delta\theta$ 가 영이 되고, 고립운전상태가 되면 가속이득 K 값에 의해 분산전원의 인버터 출력전류가 연계점의 전압에 비해 계속 뒤지거나 앞서게 하는 원리를 적용하여 분산전원의 연계점 전압의 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전상태를 검출하는 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 방법을 제공함으로써 달성된다.

이하 도면을 참조하여 본 발명에 따른 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출 장치와 방법을 더욱 상세하게 설명한다.

도 1은 본 발명에 따른 계통 연계형 태양광 발전 시스템(분산전원)의 전력흐름을 나타내는 도면이다. 도 1를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

계통에서 전력공급이 중단되어도 수용가로 표현된 RLC병렬 부하에서 LC공진에 의해 연계점(PCC : Point of common coupling) 전압의 크기와 주파수가 유지되어 고립운전이 발생할 수 있다.

인버터의 출력전류는 디지털 PLL을 통해 검출한 연계점(PCC) 전압의 위상과 일치하도록 제어하므로, 연계점(PCC)의 전압을 V_a 라고 하면 계통으로 유입되는 유효전력 ΔP , 무효전력 ΔQ 는 식 각각 아래와 같다.

$$\Delta P = P_{PV} - \frac{V_a^2}{R}$$

$$\Delta Q = V_a^2 \left[\omega C - \frac{1}{\omega L} \right]$$

위 식에서 $\Delta P \neq 0$ 인 상태에서 고립운전이 발생하면 연계점(PCC) 전압의 크기가 변하게 되고, $\Delta Q \neq 0$ 인 경우에는 주파수가 변한다. 그리고 $\Delta P = 0$, $\Delta Q = 0$ 인 경우에는 연계점(PCC) 전압의 크기와 주파수가 그대로 유지된다. 그런데 IEEE929-2000에서 규정하는 계통의 전압, 주파수 허용 변동범위를 적용하면 수동 검출법으로 검출할 수 없는 검출 불능 영역(NDZ : Non Detection Zone)이 나타나게 된다.

도 2는 본 발명에 따른 실험을 위해 구현한 계통 연계형 태양광 발전 시스템(분산전원)의 구성도이다. 도 2를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

도 2에 도시된 I^* 는 인버터 입력단 전압을 일정하게 제어하기 위한 전압제어기 출력으로서 인버터 전류 지령치의 크기이고, i^* 는 인버터 출력전류의 지령치이다.

본 발명에서 제안하는 검출장치는 정상상태에서는 인버터 출력전류의 기준치를 연계점(PCC) 전압과 동상이 되도록 하여 총고조파왜형율(THD)이 증가하는 문제를 해결하면서, 고립운전 상태가 발생하면 인버터 출력전류의 기준치를 전압에 비해 뒤지거나 앞서게 함으로써 결과적으로 연계점(PCC) 전압의 주파수가 발산(수렴)하게 하여 고립운전을 검출하는 방법이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출장치의 알고리즘 구성도이다. 도 3을 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

인버터의 출력지령이 $i_{PV}^* = I_{PV}^* \sin(\theta + \Delta\theta)$ 이라고 하면 $\Delta\theta$ 에 의해 인버터 출력 전류지령은 앞서거나 뒤진 전류지령을 내보내게 된다. 이때의 $\Delta\theta$ 는 다음과 같다.

$$\Delta\theta = K(\omega_a - \omega_{lin})$$

여기서 ω_a 는 연계점의 추정 각주파수이고 ω_{lin} 은 계통주파수로 고정된 각 주파수이며 K 는 가속이득이다.

고립운전 상태가 발생되면 인버터 출력 전류지령 i_{PV}^* 에 의해 RLC 병렬부하에 나타나는 연계점의 전압은 $v_a = V_m \sin(\omega_a t + \Delta\theta + \phi)$ 이며 이때의 ϕ 는 식 아래와 같다.

$$\phi = \tan^{-1} \left[R \left(\frac{1}{\omega_a L} - \omega_a C \right) \right]$$

$\omega_a = \omega_{lin}$ 이면 $\Delta\theta = 0$ 이고, $\omega_a \neq \omega_{lin}$ 이면 $\Delta\theta \neq 0$ 이므로 연계점(PCC)의 주파수 ω_a 가 증가(감소)한다. 결국 $\Delta Q \neq 0$ 일 경우 가속이득 K 에 의하여 주파수는 계속 증가(감소)하므로 변동 한계치를 넘는 순간 인버터를 정지시킨다.

즉, 도 3은 고립운전 검출을 위한 전류 지령치 발생도이며, 고립운전이 발생되어 연계점(PCC) 전압 주파수가 발산(수렴)하게 되어 위상동기루프(PLL : Pharse Locked Loop)로 추정된 주파수가 허용범위(59.3~60.5[Hz])를 벗어나면 즉각 고립운전으로 판정한다.

자동 위상 이동법에 의한 고립운전 검출 방법을 더욱 상세하게 설명하면,

분산전원의 인버터 출력지령전류는 $i_L^* = I_L^* \sin(\theta + \Delta\theta)$ 로 표현되고, 고립운전이 발생하게 되면 $\Delta\theta = K(\omega_a - \omega_{lin})$ 에 의하여 $\Delta\theta \neq 0$ 이 되어 인버터 출력 지령전류는 연계점(PCC)의 전압보다 위상이 앞서거나 뒤진 전류를 출력하게 된다.

고립운전 상태가 발생되면 전류원 i_L^* 에 대하여 RLC 병렬회로 의한 연계점(PCC) 전압 $v_a = V_m \sin(\omega_a t + \Delta\theta + \phi)$ 이 된다.

$$\phi = \tan^{-1} \left[R \left(\frac{1}{\omega_a L} - \omega_a C \right) \right]$$

여기서 이다.

그런데, 연계점(PCC)에서 검출되는 전압 위상 $\theta = \omega_a t$ 이므로 $\Delta\theta + \phi = 0$ 이 된다.

$$\Delta\theta = -\phi = \tan^{-1} \left[R \left(\omega_a C - \frac{1}{\omega_a L} \right) \right]$$

따라서 이 되므로 ω_a 에 대한 2차방정식으로 나타내면 다음과 같은 식이 된다.

$$\omega_a^2 - \frac{1}{RC} \tan(\Delta\theta) \omega_a - \frac{1}{LC} = 0$$

이것을 $\tan(\Delta\theta)$ 로 나타내면,

$$\tan(\Delta\theta) = \frac{RC}{\omega_a} \left(\omega_a^2 - \frac{1}{LC} \right) \quad \text{이 되며,}$$

따라서 $\Delta\theta = 0$ 이면 $\omega_a = \omega_0$ 이고 $\Delta\theta \neq 0$ 이면 ω_a 가 발산(수렴)되는데 그 방향은 $\Delta\theta$ 의 부호와 같다.

즉, 고립운전이 발생되면 초기 주파수 추정 값이 $\omega_a = \omega_0$ 일때, $\omega_0 < \omega_{lin}$ 이면 $\omega_a < \omega_{lin}$ 되고, $\Delta\theta < 0$ 이 되므로 $\omega_a \ll \omega_0$ 이되어 계속 감소하게 되고,

$\omega_0 > \omega_{lin}$ 이면 $\omega_a > \omega_{lin}$ 되고 $\Delta\theta > 0$ 이 되므로 $\omega_a \gg \omega_0$ 이 되어 계속 증가한다.

따라서, 고립운전이 발생하여 추정 주파수가 계통 주파수보다 낮으면 주파수는 점점 감소하며, 추정 주파수가 계통 주파수보다 크면 연계점(PCC) 전압 주파수는 점점 증가한다.

[실시예]

IEEE929-2000에서 규정된 고립운전 검출 실험 조건에 맞추어 양호도(Quality Factor)를 Q=2.5인 조건에서 시뮬레이션과 실험을 하였다.

이때의 양호도는 아래와 같이 규정되어 있다.

$$Q = \frac{\sqrt{P_{qL} \times P_{qC}}}{P}$$

이때 태양광 발전 시스템(분산전원)의 인버터 출력을 $P_{PV} = 2[kW] = P_{load}$ 로 하면 다음과 같은 부하조건이 나온다.

$$R = \frac{220^2}{2000} = 24.2 \Omega$$

공진주파수 [Hz]	C [uF]	L [mH]
59.3	272	25.44255
60	274.0336	25.6763
60.5	272	26.48268

위와 같은 부하조건에서 $\Delta P = 0$, $\Delta Q \neq 0$ 인 경우 제안된 고립운전 검출법의 우수성과 타당성을 시뮬레이션과 실험을 통해 검증하였다.

도 4는 본 발명에 따른 고립운전시 자동 위상 이동법에 의한 연계점(PCC)의 주파수 및 인버터 출력 전류지령 변환을 나타내는 시뮬레이션 결과이다. 도 4를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

도 4의 (a)는 0.5초 이후 정현파에서 오른쪽은 원래의 전류지령이고, 왼쪽은 실제 전류지령이다. 고립운전시 상용 주파수인 60[Hz]보다 높은 주파수를 갖는 LC부하인 경우 위상이 앞선 전류지령을 출력하게 된다. 이때는 전자와 반대로 가속이득 K의 영향으로 주파수는 계속 증가하게 되고 인버터는 고립운전으로 판단하여 발전을 중단한다.

도 4의 (b)는 0.5초 이후의 정현파에서 왼쪽은 원래의 전류지령이고, 오른쪽은 실제 전류지령이다. 고립운전시 상용주파수인 60[Hz]보다 낮은 주파수를 갖는 LC부하인 경우 위상이 뒤진 전류지령을 출력하게 된다. 이때 가속이득인 K의 영향으로 주파수는 계속 감소하게 되고 태양광 발전 시스템의 인버터에서는 고립운전으로 판단하여 발전을 중단한다.

도 5는 본 발명에 따른 계통주파수 변화 및 고립운전시의 자동 위상 이동법의 특성을 나타내는 도면이다. 도 5를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

0.6초까지 정상 운전시 계통의 주파수가 허용범위 내인 59.7~60.3[Hz]의 변동이 있을 경우 제안된 고립운전 검출 알고리즘이 안정적으로 동작함을 보여주며 0.6초에서 고립운전이 발생하면 가속이득 K의 영향으로 주파수가 계속 증가하게 됨을 보여주는 시뮬레이션 결과이다.

도 6은 본 발명에 따른 자동 위상 이동법에 의한 고립운전이 검출됨을 보여주는 실험결과이다. 도 6를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

$\Delta Q < 0$ 인 경우와 $\Delta Q > 0$ 일때의 각각의 조건에서 연계점의 주파수가 허용 범위를 초과하여 고립운전이 검출됨을 보여주는 실험결과이다.

도 7은 본 발명에 따른 종래의 샌디아 주파수 변동법과 자동 위상 이동법에 의한 정상운전시 계통 주파수가 60.5Hz일때 출력전류를 비교한 결과이다. 도 7을 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

정상 운전시 계통의 주파수가 60.5[Hz]로 상승 했을 경우 기존의 고립운전 검출방법 중 가장 우수하다는 샌디아 주파수 변동법과 비교하여 제안된 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출법은 출력전류지령에 왜곡이 없음을 보여주는 결과이다.

도 8은 종래 기술의 고립운전시 샌디아 주파수 변동법에 의한 연계점(PCC)의 주파수 및 인버터 출력 전류지령 변화를 나타내는 도면이다. 도 8을 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

$\Delta Q < 0$ 인 경우와 $\Delta Q > 0$ 일때의 각각의 조건에서 샌디아 주파수 변동법은 출력전류 i_{PV} 에 고립운전 검출시 왜곡이 나타남을 보여주는 결과이다.

도 9는 본 발명에 따른 고립운전시 자동 위상 이동법에 의한 연계점(PCC)의 주파수 및 인버터 출력 전류지령 변화를 나타내는 도면이다. 도 9를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면,

$\Delta Q < 0$ 인 경우와 $\Delta Q > 0$ 일때의 각각의 조건에서 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출법은 출력전류 i_{PV} 에 왜곡이 없이 고립운전 검출이 가능함을 보이는 결과이다.

이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 특허 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명인 자동 위상 이동법에 의한 고립운전 검출 장치와 방법은, 다양한 분산전원의 발전 시스템에 적용하여 고립운전을 검출하면 기존 방법으로는 검출이 불가능했던 영역도 검출 가능하기 때문에 신뢰성이 높은 시스템의 구현이 가능한 효과가 있고,

다른 효과로는, 기존 방식은 고립운전이 아닌 정상상태에서도 혹시 발생하게 될 고립운전을 검출하기 위해서 출력전류의 지령치가 정현파가 아닌 왜곡된 파형이 나타나기 때문에 전류의 총고조파왜형율(THD : Total Harmonic Distortion)이 증가하고, 역률이 낮아지는 단점이 있지만, 본 발명에 따른 검출법은 정상상태에서는 전류 지령치를 정현파로 하기 때문에 전류의 총고조파왜형율(THD : Total Harmonic Distortion)가 낮으며, 역률은 단위 역률로 높고, 고립운전상태가 발생되면 연계점(PCC)의 전압 주파수가 발산(수렴)하게 되어 신속히 고립운전상태를 검출할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 계통 연계형 태양광 발전 시스템(분산전원)의 전력흐름을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 실험을 위해 구현한 계통 연계형 태양광 발전 시스템(분산전원)의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 자동 위상 이동법을 이용한 고립운전 검출장치의 알고리즘 구성도이다.

도 4는 본 발명에 따른 고립운전시 자동 위상 이동법에 의한 연계점(PCC)의 주파수 및 인버터 출력 전류지령 변환을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 5는 본 발명에 따른 계통주파수 변화 및 고립운전시의 자동 위상 이동법의 특성을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 자동 위상 이동법에 의한 고립운전이 검출됨을 보여주는 실험결과이다.

도 7은 본 발명에 따른 종래의 샌디아 주파수 변동법과 자동 위상 이동법에 의한 정상운영시 계통 주파수가 60.5Hz일때 출력전류를 비교한 결과이다.

도 8은 종래 기술의 고립운전시 샌디아 주파수 변동법에 의한 연계점(PCC)의 주파수 및 인버터 출력 전류지령 변환을 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 고립운전시 자동 위상 이동법에 의한 연계점(PCC)의 주파수 및 인버터 출력 전류지령 변환을 나타내는 도면이다.

*** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ***

20 : DC-DC컨버터 30 : 인버터

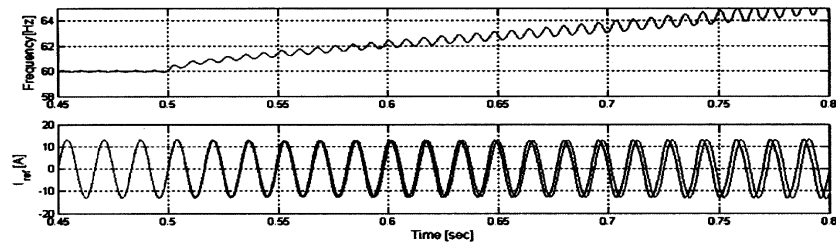
32 : 펄스폭변조(PWM)부 34 : 전류 컨트롤러

36 : 전압 컨트롤러 38 : 정현파(sin)부

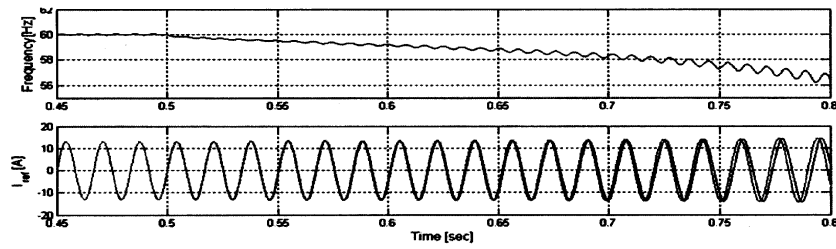
60 : 위상동기루프(PLL)부

도면

도면4

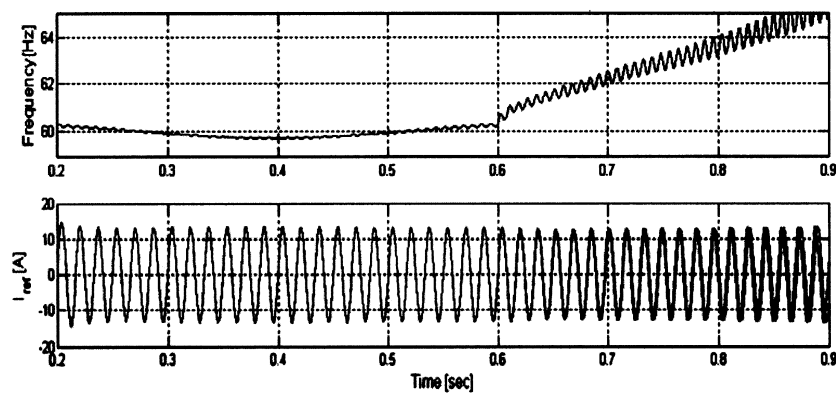


(a) $\Delta Q < 0$

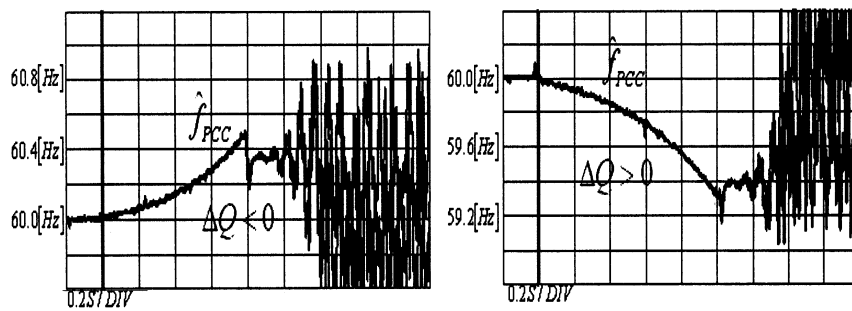


(b) $\Delta Q > 0$

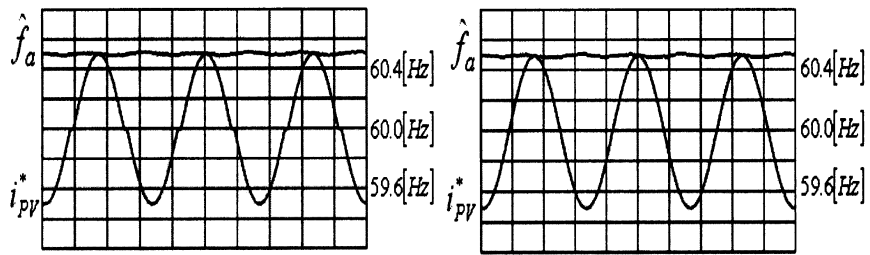
도면5



도면6



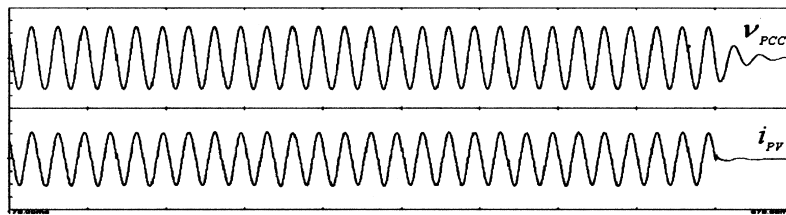
도면7



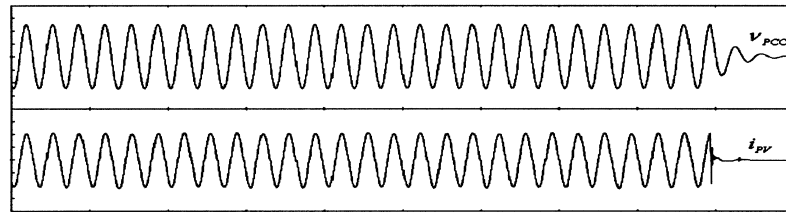
(a) 샌디아 주파수 변동법

(b) 자동 위상 이동법

도면8

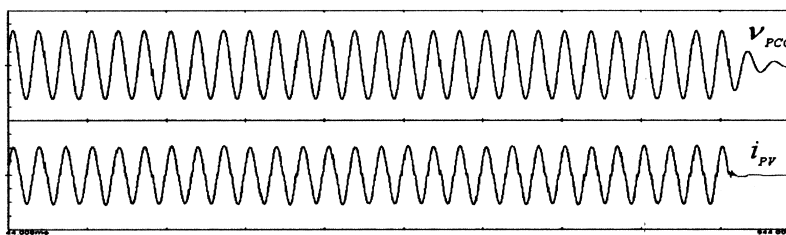


(a) $\Delta Q < 0$

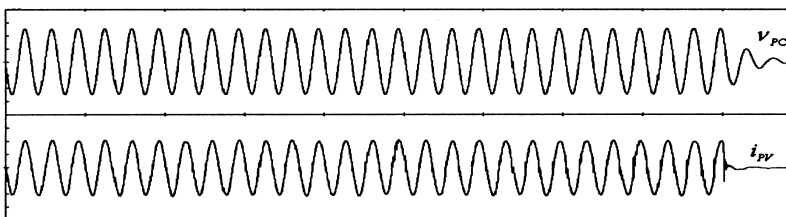


(b) $\Delta Q > 0$

도면9



(a) $\Delta Q < 0$



(b) $\Delta Q > 0$