

계통 연계형 태양광 발전 시스템의 주파수 변동을 통한 단독운전 검출 기법 분석

조영민*, 최주엽*, 최익*, 이영권**, 조상윤***

광운대학교*, 금비전자**, 다한테크***

Anti-islanding Detection using Frequency Drift of Grid-connected PV PCS Analysis

Yeong-Min Jo*, Ju-Yeop Choi*, Ick Choy*, Young-Kwon Lee**, Sang-Yoon Cho***

Kwangwoon University*, Keumbee Electronics**, Dahan Tech***

ABSTRACT

계통이 차단되었음에도 태양광 발전 시스템이 발전을 지속하는 상황을 단독운전이라 하는데, 이런 단독운전은 배전 설비의 손상, 선로 유지 및 보수자의 감전사고 우려가 있으므로 이를 신속히 인지하여 시스템을 정지시켜야 한다. 본 논문에서는 최악의 상황에서도 단독운전 현상을 신속히 검출하여 시스템을 정지시킬 수 있도록 주파수 변동을 통한 단독운전 검출 기법에 대하여 새롭게 제안하고, 이를 시뮬레이션과 실험을 통해 단독운전 검출 성능 및 정상 상태 시 PCS 출력 전력의 품질에 대하여 분석하도록 한다.

1. 서론

계통 연계형 인버터의 성능 중 단독운전 검출 기능은 계통과의 보호 협조 및 계통 측 유지 보수 인명의 안전사고 방지 등에 필수 기능으로 Fig.1과 같이 다양한 단독운전 검출 기법이 존재한다.

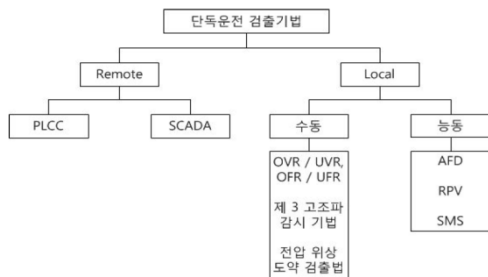


Fig.1 Existed anti-islanding schemes

Fig.1에 보이듯이 크게 Remote기법과 Local기법으로 나뉘는데, Remote기법은 별도의 통신용 송/수신기를 필요로 하므로 Local기법에 연구가 집중되어있고, 그 중 수동적 기법은 단독운전 발생 시 급변하는 파라미터들을 센싱하여 검출하는 방법으로 폭넓은 불검출영역(None Detection Zone)이 존재하는 단점이 있어 주로 능동적 기법으로 연구가 진행

중이다. 기존의 능동적 기법의 원리는 주기적으로 어떠한 외란을 인가하여 단독운전 상황에서 전압 및 주파수 정상범위 밖으로 유도하는 것인데, 이에 따라 정상상태에서 PCS의 전력 품질에 악영향을 미치게 된다.

그래서 본 논문에서는 별도의 외란을 인가하지 않고도 최악의 상황에서도 단독운전을 검출할 수 있는 검출 기법을 제안하고, 시뮬레이션과 실험을 통해 이를 검증하도록 한다. BPF(Band Pass Filter), Gain, Limiter를 포함하는 Positive-feedback을 가지는 주파수 변동 기법에 대한 설계 방법과 결과를 분석하여 단독운전 검출 성능을 보증하기 위한 기초 자료로 제시하고자 한다.

2. 제안하는 검출 알고리즘

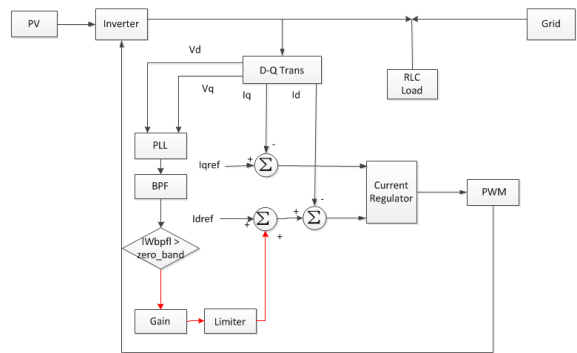


Fig.2 Proposing anti-islanding algorithm

Fig.2와 같이 단독운전을 검출하기 위해 단상 인버터 출력을 D-Q 변환 후 Digital PLL을 이용해 w 를 BPF를 통과시킨 후 그 값이 미리 설정된 Zero_Band보다 클 경우 Gain으로 증폭 그리고 Limiter로 제한한 후 무효전류 지령치 I_{dref} 에 더해 주어 무효전력을 증가시켜 결국 주파수가 정상 범위를 벗어나게 하여 단독운전을 검출하는 방식이다.

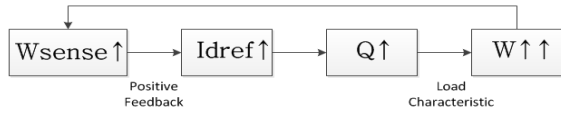


Fig.3 Frequency drift with reactive power variation

3. Positive-feedback loop 설계

3.1 BPF 설계

BPF는 노이즈의 주입을 피하고(LPF) DC offset에 의한 정상상태의 에러 제거(HPF)를 위해 사용하며, 국내 검출 기준인 0.5초 이내에 단독운전 검출을 위해 4~20Hz로 대역폭을 설정하였고, 이 특성을 보기 위한 보드선도는 Fig.4와 같다. BPF를 사용하면 다양한 노이즈 상황에 강인한 특성을 가지는 장점이 있다.

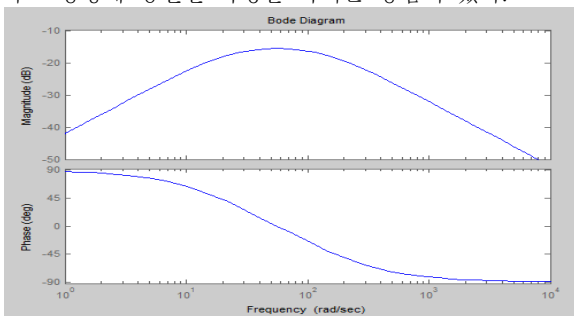


Fig.4 Bode plot of band pass filter(4~20Hz)

3.2 Gain 설계

Gain을 사용하는 이유는 단독운전 발생 시, 미소한 주파수의 변화를 더욱 증가시켜 단독운전 검출 성능을 향상시키기 위해 사용한다. Gain 값이 클수록 단독운전 검출 성능은 우수해지지만 시스템의 안정성을 위해서 단독운전 검출 성능이 보장되는 한 최소값으로 설계하여야 한다.

3.3 Limiter 설계

Limiter는 허용 가능한 전류의 제한을 위하여 사용하며, 즉 인버터의 over-current 용량에 맞추어 사용하며, 순간적으로 너무 많은 전류를 가하여 전체 용량을 넘지 않도록 제한한다.

4. 시뮬레이션

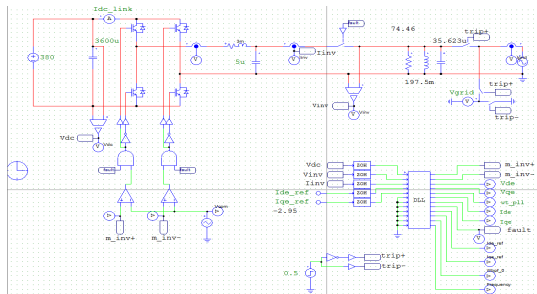


Fig.5 AI simulation circuit in PSIM

PSIM을 사용하여 Fig.5와 같은 회로로 시뮬레이션을 수행한 결과 Fig.6과 같이 계통이 차단되었을 때, 주파수의 미소한 변화가 미리 설계한 Positive feedback loop를 통해 Idref에 더해져서 결국 주파수가 정상범위를 벗어나 PCS의 운전을 정지하는 것을 확인할 수

있다.

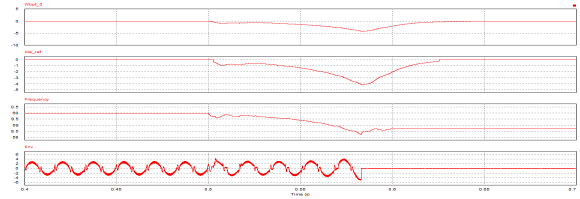


Fig.6 Simulation result of AI

5. 실험

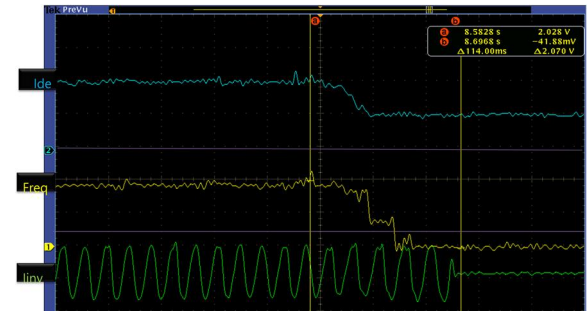


Fig.7 Experiment result of AI

Fig.7에 보이듯이 계통이 차단되었을 때 주파수가 정상범위 내에서 흔들리게 되는데, BPF를 통과한 $\Delta\omega$ 를 적절한 Gain으로 증폭시킨 후 무효전류 지령치에 더해 주어 결국 주파수 정상범위 밖에서 운전하게 하여 단독운전을 검출하는 것을 확인할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 기존의 단독운전 기법과 달리 별도의 외란을 인가하지 않고도 최악의 상황에서 단독운전을 검출할 수 있는 기법을 설계하고, 이를 시뮬레이션과 실험을 통해 검증하였다. 시뮬레이션과 실험 결과를 통해 국내 단독운전 검출 기준 시간인 500ms에 충분히 부합되는 100ms의 시간에 단독운전을 검출하는 것을 통해 검출 성능을 확인할 수 있었다.

또한 단독운전 검출을 위한 외란을 인가하지 않으므로, 정상 상태 시 PCS의 전력품질은 좋아지게 되는데, 이를 향후 실험을 통해 정량적으로 구할 계획이다.

본 연구는 미래창조과학부에서 지원하는 학연 공동 기업부설연구소 연계 후속 연구개발 지원 사업에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Z. Ye, R. Walling, L. Garces, R. Zhou, L. Li, and T. Wang, "Study and Development of anti-islanding control for grid-connected inverters" General Electric Global Research Center Niskayuna, New York, May, 2004.
- [2] Ward Bower and Michael Ropp, "Evaluation of islanding detection methods for photovoltaic utility-interactive power systems" IEA-PVPCS Reports, IEA-PVPCS, 2002, T5-09