

# 무순단 절체 기능에 적합한 PLL 알고리즘 비교

김기룡\*, 이종필\*\*, 김태진\*\*, 유동욱\*\*, 김희제\*  
 부산대학교 전기공학과\* 한국전기연구원 전력변환연구센터\*\*

## Comparison of PLL Algorithms Suitable for the Seamless Transfer Control

Kiryong Kim\*, Jong Pil Lee\*\*, Tae Jin Kim\*\*, Dong Wook Yoo\*\*, Hee Je Kim\*  
 Dept. of Electrical Engineering Pusan National University\*  
 Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)\*\*

### ABSTRACT

분산 발전에 사용되는 PCS는 계통연계 운전 및 독립 운전을 할 수 있어야 한다. 운전 모드 전환 시 발생하는 과도 상태를 최소화하기 위해 무순단 절체 기능이 필요하다. 이 기능을 위해서 계통 이상 유무에 대한 검출이 빠르게 이루어져야 하기 때문에 PLL 알고리즘이 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 운전 모드 전환 시 무순단 절체 관점에서 PLL 알고리즘들을 시뮬레이션을 통해 비교하고 이를 바탕으로 적절한 PLL 알고리즘에 대해 고찰한다.

### 1. 서론

신 재생에너지원을 바탕으로 하는 분산 발전이 증가함에 따라 이에 사용되는 PCS 또한 계통연계 및 독립 모드 운전을 해야 한다. 이러한 UPS 기능을 가지는 PCS에서 계통 이상을 4ms 이내에 빠르게 인식하고 동작모드를 변경해야 하므로, PLL 알고리즘이 중요한 역할을 한다. 다양한 PLL 알고리즘들이 조사되고 널리 사용되고 있다<sup>[1-3]</sup>. 본 논문에서는 SRF PLL, MRF PLL, MAF PLL를 각각 이용하여 고조파가 섞인 계통에서 PCS가 계통 이상을 인식하고 동작 모드를 변경하는 데 걸리는 시간을 시뮬레이션을 통해 비교하고 무순단 절체기능에 적합한 PLL 알고리즘을 고찰하고자 한다.

### 2. PLL 비교

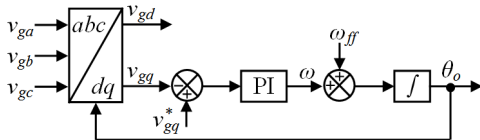


그림 1 SRF를 이용한 PLL 블록도  
 Fig. 2 Block diagram of SRF-PLL

PLL은 3상 계통연계 인버터의 제어에 있어서 Unity PF, 주파수, phase와 같은 정보를 얻는 데 필수적인 역할을 한다. 더욱이 제안하는 알고리즘에 계통 사고 정보를 얻는 데 주파수

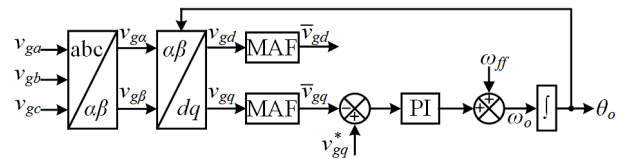


그림 2 MAF를 이용한 PLL 블록도  
 Fig. 2 Block diagram of MAF-PLL

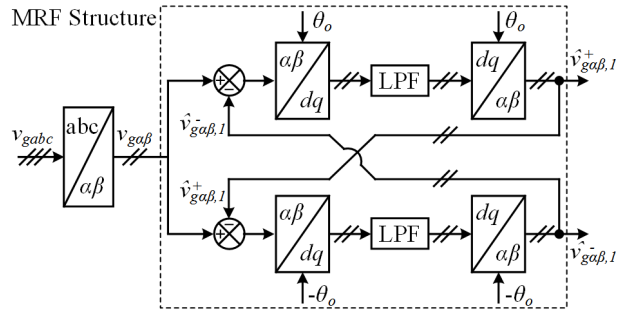


그림 3 MRF 구조 블록도  
 Fig. 3 Block diagram of MRF structure

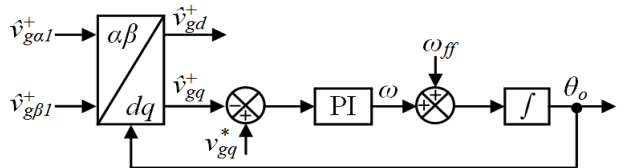


그림 4 MRF를 이용한 PLL 블록도  
 Fig. 4 Block diagram of MRF-PLL

성분을 이용하기 때문에 외부 왜란에 강인하고 응답성이 빠른 PLL이 필요하다. 그림 1은 일반적으로 많이 사용되는 SRF PLL의 블록도를 나타낸다. 구형의 용이성 및 빠른 응답 특성을 가지고 있는 PLL 알고리즘이다. 그림 2는 이동평균필터를 이용한 PLL을 보여준다. 이동평균필터의 특징으로 특정 주파수에 대한 높은 감쇄율을 가지는 데 이를 이용하여 외부 왜란을 효과적으로 감쇄시킬 수 있다. 그림 3은 MRF 구조를 나타내는 블록도이다. 그림 4는 MRF를 구조를 이용해 PLL 하

는 블록도를 보여준다. 정상분만 이용하여 PLL 하기 때문에 외부 왜란에 강한 특징을 보여준다.

### 3. 시뮬레이션

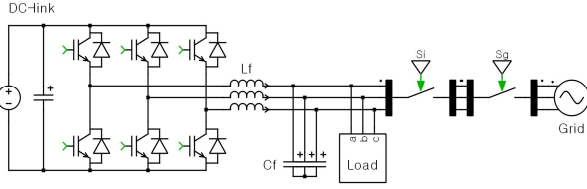


그림 5 시뮬레이션 구성도  
Fig. 5 Block diagram of simulation setup

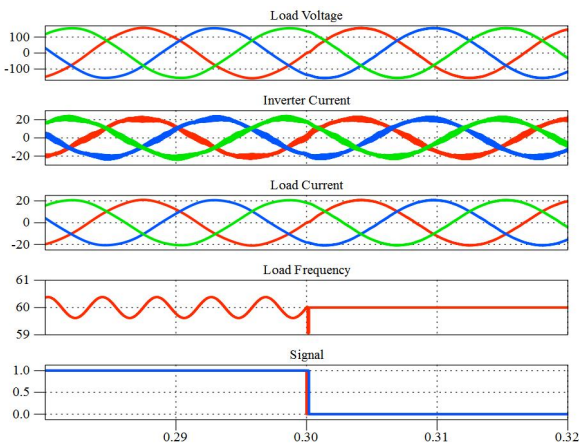


그림 6 SRF-PLL 시뮬레이션 결과  
Fig. 6 Simulation result using SRF-PLL

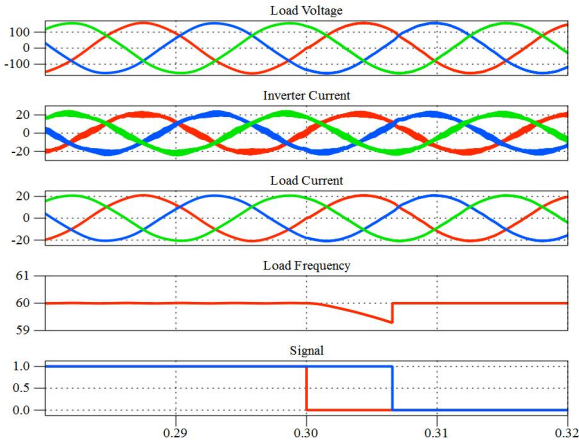


그림 7 MRF-PLL 시뮬레이션 결과  
Fig. 7 Simulation result using MRF-PLL

그림 5는 시뮬레이션 구성을 나타내고 있다. 시뮬레이션은 5차 고조파가 섞인 계통 상태에서 계통 사고가 발생했을 때, PCS가 이를 인지하고 동작 모드를 전환하는 것을 나타낸다. 그림 5는 SRF PLL을 사용했을 때 결과로써 고조파에 의해 부하 주파수가 많이 흔들리는 것을 확인 할 수 있다. 그림 6은 MRF PLL을 이용한 결과로 SRF PLL보다 부하 주파수의 변동이 적은 것을 확인 할 수 있으나 긴 전환 시간을 가진다.

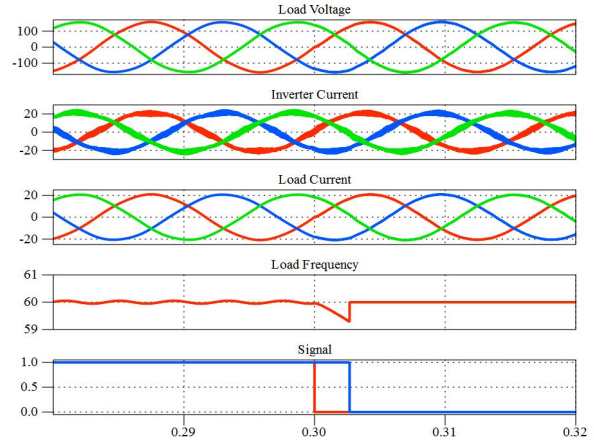


그림 8 MAF-PLL 시뮬레이션 결과  
Fig. 8 Simulation result using MAF-PLL

표 1 PLL 별 시뮬레이션 성능

Table 1 Performance comparison of PLLs simulation

	SRF PLL	MRF PLL	MAF PLL
주파수 변동	큼	적음	보통
전환 시간	빠름	느림	보통

그림 8은 MAF PLL을 사용한 결과로써, MRF PLL 보다 주파수 변동이 있으나, SRF PLL보다 주파수 변동이 작다. 전환 시간 또한 SRF PLL과 MRF PLL의 중간 정도의 결과를 보인다. 표 1은 시뮬레이션 결과를 정리한 표를 나타낸다.

### 4. 결론

본 논문에서는 무순단 절체 기능을 가지는 PCS에서 고조파가 섞인 계통에서 PLL에 따라 계통 사고를 인식하는 데 걸리는 시간을 비교하여 PCS가 무순단 절체 기능에 적절한 PLL 알고리즘을 고찰하였다. SRF PLL의 경우 전환 시간은 빠르나 계통 왜곡에 따른 주파수 변화가 심하며, MRF PLL의 경우 전환 시간은 느리나, 주파수 변동은 덜한 것을 확인 할 수 있었다. MAF PLL의 경우 두 PLL의 중간 성능을 얻을 수 있었다. 시뮬레이션 결과로 계통 상황에 맞게 적절한 PLL을 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] G. C. Hsieh and J. C. Hung, "Phase locked loop techniques. a survey," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 43, no. 6, pp. 609–615, Dec. 1996.
- [2] S. Golestan, M. Ramezani, J. M. Guerrero, F. D. Freijedo, and M. Monfared, "Moving average filter based phase locked loops: Performance analysis and design guidelines," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 6, pp. 2750–2763, Jun. 2014.
- [3] P. L. Chapman and S. D. Sudhoff, "A multiple reference frame synchronous estimator/regulator," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 15, no. 2, pp. 197–202, Jun. 2000.