

불평형 부하 조건을 고려한 무순단 절체 알고리즘

김기룡*, 오창열**, 권민호** 이종필**, 김태진**, 김희제*
 부산대학교 전기공학과* 한국전기연구원 전력변환연구센터**

A Smooth transfer control strategy under unbalanced load condition

Ki Ryong Kim*, Chang Yeol Oh**, Min Ho Kwon**,
 Jong Pil Lee**, Tae Jin Kim**, Hee Je Kim*
 Dept. of Electrical Engineering Pusan National University*
 Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)**

ABSTRACT

신 재생에너지원을 바탕으로 하는 분산 발전이 증가함에 따라 이에 사용되는 PCS 또한 계통연계 및 독립 모드 운전을 해야 한다. PCS는 두 운전 모드 전환 시 발생하는 과도 상태를 최소화하기 위해 무순단 절체 기능이 필요하다. 이 기능은 평형 부하 뿐만 아니라 불평형 부하 상황에서도 이루어져야 한다. 따라서, 본 논문에서는 불평형 부하 조건에서 무순단 절체 기능이 동작하는 것을 보이며, 시뮬레이션을 통해 제어 알고리즘의 타당성을 검증한다.

1. 서론

지난 수세기 동안 전기를 생산하는 자원으로 사용된 화석연료는 그 매장량의 한계가 들어나고 있다. 뿐만 아니라 화석연료의 사용으로 인한 지구 온난화, 대기 환경오염과 같은 문제점에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 따라서 화석 연료사용을 줄이고 이를 대신할 수 있는 태양광과 풍력과 같은 재생 가능한 에너지자원을 이용한 분산 발전이 관심 받게 되었다^[1,2]. 분산발전이 기존 계통과 연결되어 사용되기 위해서는 계통 연계형 PCS가 필요로 하며, 이 PCS는 계통 연계 운전뿐만 아니라, 계통 사고 발생 시에도 부하를 보호하기 위해 독립 운전도 가능해야 한다. 갑작스러운 운전 모드의 전환은 전압이나 전류 스파이크와 같은 원치 않는 현상을 초래할 수 있기 때문에 모드 전환 시 과도 상태를 최소화하는 무순단 절체 알고리즘들이 제안되고 연구되고 있다^[3-5]. 본 논문에서는 불평형 부하 조건을 고려한 무순단 절체 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 제안하는 알고리즘의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 토폴로지 및 제어 알고리즘

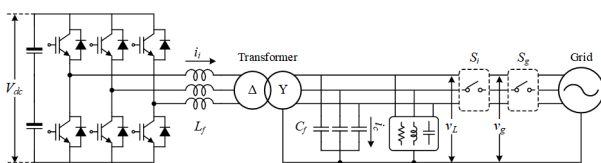


그림 1 3상 계통 연계형 PCS 토폴로지 블록도.

Fig. 2 Block diagram of 3-phase grid connected PCS.

3상 계통연계형 PCS의 토폴로지 구성은 그림 1과 같다. 필터 인덕터와 커패시터, D/Y 트랜스포머, 부하, 인버터 스위치와, 계통 사고 모사를 위한 계통 스위치로 구성된다.

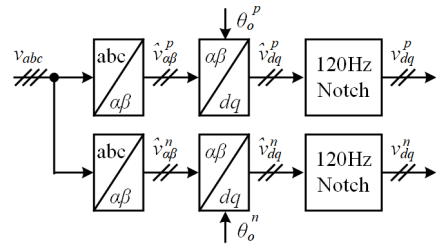


그림 2 정상분 역상분 추출 블록도.

Fig. 2 Positive and negative components extract block diagram.

부하 불평형으로 인한 전압 불평형을 보상하기 위해 그림 3을 이용하여 전압의 정상분과 역상분을 추출한다. 불평형 전압은 3상의 벡터 합이 0가 되지 않기 때문에 역상분이 존재하게 되고, 이를 정지좌표계를 걸쳐 동기좌표계로 변환하면 2고조파 성분이 동기 좌표에 보이게 된다. 따라서 이 성분을 2고조파 노치 필터를 이용하여 제거하여 정상분과 역상분을 추출한다.

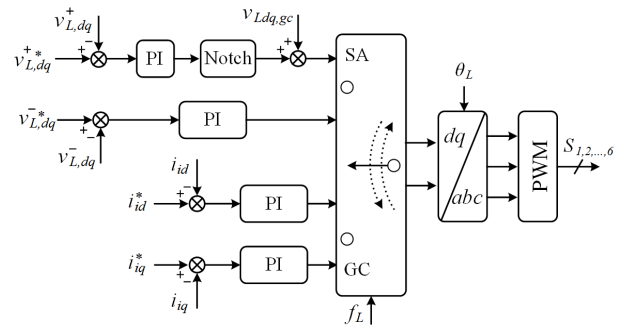


그림 3 제안하는 제어 알고리즘 블록도.

Fig. 3 Block diagram of proposed control algorithm.

그림 3은 제안하는 제어 알고리즘을 보여준다. 계통 주파수가 정상 범위 안에 있을 경우에는 계통 연계 모드로 운전하기

때문에 전류 제어가 동작하게 되고 계통 사고가 발생하게 되면 독립모드로 운전하기 위해 전압 제어가 동작하게 된다. 불평형 부하에서 독립모드로 운전하게 되면 불평형 부하전압이 발생하게 되고, 이를 제어하기 위해서 정상분과 역상분 각각에 따로 제어가 동작한다. 또한 계통 전압을 피드 포워드를 이용하여 과도 전압을 줄이도록 하였다.

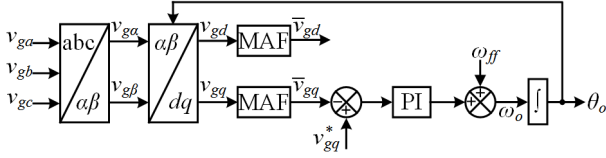


그림 4 이동 평균 필터를 이용한 PLL 블록도

Fig. 4 Block diagram of MAF-PLL

그림 4는 제어 알고리즘에서 주파수 및 정상분 및 역상분 위상을 추출하는 데 사용한 이동 평균 필터 PLL을 나타낸다.

3. 시뮬레이션

표 1 시뮬레이션 제한.

Table 1 Simulation parameters.

제한	표기	값
정격전력	P_{rate}	5kW
계통 전압	$V_{g,ph}$	220V
계통 주파수	f_g	60Hz
DC 전압	V_{dc}	400V
스위칭 주파수	f_{sw}	10.8kHz
필터 인덕턴스	L_f	800uH
필터 커패시턴스	C_f	60uF

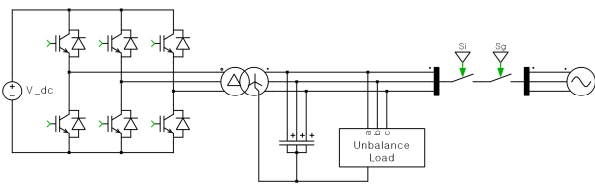


그림 5 시뮬레이션 구성도.

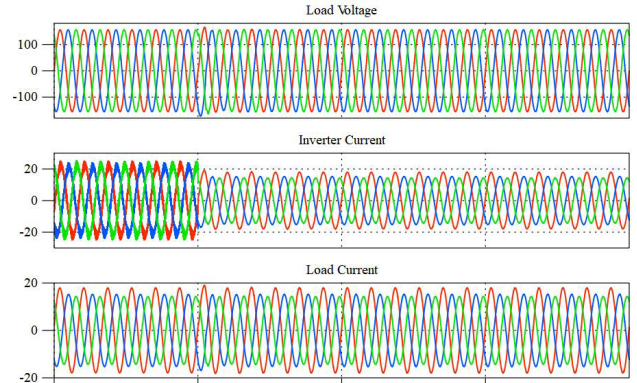
Fig. 5 Simulation setup.

그림 6 제안하는 알고리즘이 적용된 시뮬레이션 결과파형.

Fig. 6 Simulation result waveform with proposed algorithm.

제안하는 알고리즘을 확인하기 위해 그림 5처럼 시뮬레이션을 구성하였다. 그림 6은 제안한 알고리즘이 적용된 시뮬레이션 결과 파형을 나타낸다. 계통 사고가 0.4초에 일어났다고 가정하였다. 0.4초 이전에는 PCS는 계통 연계 운전을 하고 있으며, 사고 발생 후에는 독립모드로 운전을 하고 있다. 시뮬레이션 결과는 각각 부하 전압, 인버터 출력전류, 부하 전류를 보여 준다. 부하는 불평형 부하이기 때문에 부하 크기에 따라 서로 다른 부하 전류를 값을 공급받고 있는 것을 확인 할 수 있다.

계통 연계운전에서 독립 운전으로 전환 될 때에도 전압 스파



이크 없이 무순단 전환이 이루어지고 있는 것을 확인 할 수 있으며, 불평형 부하에 따른 부하 전압 불평형도 제어가 되고 있는 것을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 불평형 부하 조건을 고려한 무순단 절체 알고리즘을 제안하였으며, 시뮬레이션 결과를 통해 알고리즘에 대한 타당성을 검증하였다. 불평형 부하 조건에서 계통연계 운전에서 독립 운전으로의 전환이 부드럽게 이루어지고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 부하 전압 또한 제어가 잘 되어 전압 불평형이 일어나지 않는 것을 확인 하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20171210201100)

참고 문헌

- [1] Olivares, D. E., Mehrizi Sani, A., Etemadi, A. H., Canizares, C. A., Iravani, R., Kazerani, M., Hatziargyriou, N. D. (2014). Trends in Microgrid Control. *IEEE Trans. Smart Grid*, 5(4), 1905-1919.
- [2] Guerrero, J. M., Loh, P. C., Lee, T. L., & Chandorkar, M. (2013). Advanced Control Architectures for Intelligent Microgrids Part II: Power Quality, Energy Storage, and AC/DC Microgrids. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(4), 1263-1270.
- [3] Hwang, T. S., & Park, S. Y. (2013). A Seamless Control Strategy of a Distributed Generation Inverter for the Critical Load Safety Under Strict Grid Disturbances. *IEEE Trans. Power Electron*, 28(10), 4780-4790.
- [4] Liu, Z., & Liu, J. (2014). Indirect Current Control Based Seamless Transfer of Three phase Inverter in Distributed Generation. *IEEE J_PWRE*, 29(7), 3368-3383. doi:10.1109/tpe1.2013.2282319
- [5] Kim, K., Shin, D., Lee, J., Lee, J. P., Yoo, D. W., & Kim, H. J. (2015). A Seamless Transfer Algorithm Based on Frequency Detection with Feedforward Control Method in Distributed Generation System. *J. POWER ELECTRONICS*, 15(4), 1066-1073.