

입력 전압 센서가 없는 비엔나 정류기 제어 알고리즘 연구

이상리¹, 김학원[†], 조관열¹, 임병국¹
한국 교통대학교¹

A Basic Study on The Vienna Rectifier Control Algorithm without Input Voltage Sensor

Sang Ri Lee¹, Hag Wone Kim[†], Kwan Yuhl Cho¹, Byung Kook Lim¹
¹Korea Nat'l University of Transportation, Dept. of Control & Instrumentation Eng.

ABSTRACT

본 논문은 3상 단방향 전력 변환기인 비엔나 정류기의 입력 전압 센서가 없는 제어 알고리즘 적용 연구에 대하여 기술 한다. 3상 시스템을 제어하기 위해서는 입력 전압과 입력 전류 DC Link 전압을 계측을 하여야 한다. 특히 입력 전압을 계측 시 시스템의 체적이 증가하고 가격이 올라 갈 수 있다는 단점이 있다. 본 논문에서는 입력 전압 센서가 없는 비엔나 정류기 제어 알고리즘을 이용하여 입력 전압 추종 및 역률 보정을 구현 하였다. 모의 해석은 MATLAB/SIMULINK를 사용하여 검증 하였다.

1. 서론

본 논문에서는 입력 전압을 계측하지 않는 비엔나 정류기 제어 알고리즘을 제안 한다. 일반적으로 3상의 시스템은 입력 전압을 계측하여 위치 정보를 추종하며 추종된 위치 정보를 이용하여 입력 전압과 입력 전류의 역률을 보정하여 준다. 일반적인 3상 시스템의 알고리즘을 위해서는 입력 전압 계측이 중요하나 높은 입력 전압을 계측하기 위해서는 저주파 변압기나 고가의 절연이 가능한 OPAMP 등을 사용하여야 한다. 절연이 가능한 OPAMP는 고가이므로 통상적으로 저가의 저주파 변압기를 통하여 입력 전압을 계측하게 된다. 입력 전압을 계측하기 위한 저주파 변압기는 일정 이상의 전압 강하가 생기거나 일정 이상의 전력 넘어 증가된 전류가 변압기를 통해 흐르게 되면 변압기의 온도가 올라가 포화가 될 수 있으며 포화가 되면 선형 특성을 잃게 되어 입력 전압을 왜곡하여 계측 할 수도 있으며 저주파 변압기를 사용하면 시스템의 체적이 증가되는 등의 단점을 가지고 있다. 제안하는 입력 전압을 계측 하지 않는 비엔나 정류기 제어 알고리즘을 사용하게 되면 센서가 없으므로 회로가 저감되어 시스템 체적이 줄어 들고 가격을 낮출 수 있을 것이다. 본 논문에서는 입력 전압을 계측하지 않는 비엔나 정류기 제어 알고리즘을 MATLAB/SIMULINK를 통해 시뮬레이션하여 그 타당성을 입증 하였다.

2. 비엔나 정류기 입력 전압 센서리스

2.1 비엔나 정류기 구성

비엔나 정류기의 구성은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 그림 1과 같이 비엔나 정류기는 3레벨 구조로 인해 스위치 스트레스가 출력 전압의 절반에 해당하며 전류 THD 또한 우수한

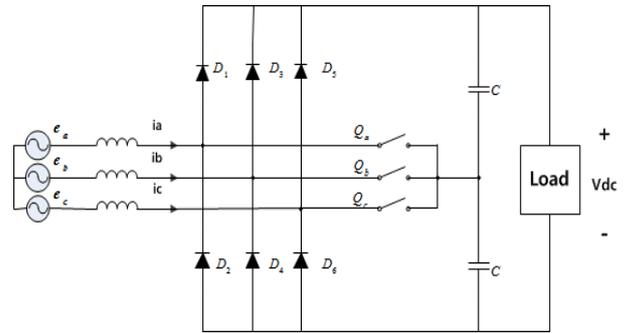


그림 1 비엔나 정류기 회로

Fig. 1 Vienna Rectifier circuit

성능을 가진다. 스위치에 인가되는 전압, 전류에 대하여 4상한 동작이 가능하도록 MOSFET를 이용한 양방향 스위치로 구성하고 Diode는 3상의 일반적인 정류용 다이오드를 의미한다.^[1]

2.2 입력 전압 센서리스 알고리즘

입력 전압 센서가 없는 제어 알고리즘은 전류기반의 MRAS (Model Reference Adaptive system) 기법을 이용하여 입력 전압의 크기와 위치 정보를 검출한다.^[2]

비엔나 정류기의 실제 전압 방정식은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$e_{abc} = L \frac{di_{abc}}{dt} + v_{abc} \quad (1)$$

모델 전압 방정식을 나타내면 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$0 = L_0 \frac{di_{abc}^*}{dt} + v_{abc}^* \quad (2)$$

실제 전류와 모델 전류의 변화율 차를 이용하여 입력 전압의 크기와 위치 정보를 추종할 수 있다. 식(3)은 실제 전류와 모델 전류의 변화율 차에 대한 식이다. 식 (4)는 모델 전류에 관한 식이다.

$$e_{abc}(k) = L \left(\frac{i_{abc}(k) - i_{abc}^*(k)}{T_s} \right) \quad (3)$$

$$i_{abc}^*(k) = -i_{abc}^*(k-1) - \frac{T_s}{L_0} v_{abc}^*(k-1) \quad (4)$$

MRAS 기법을 통해 나온 위치 정보와 입력 전압의 크기는 입력 전압을 추종 할 수 있으며 입력 전압과 입력 전류의 역률을 맞추어주는 역할을 한다. 그림 2는 입력 전압 센서리스 제어

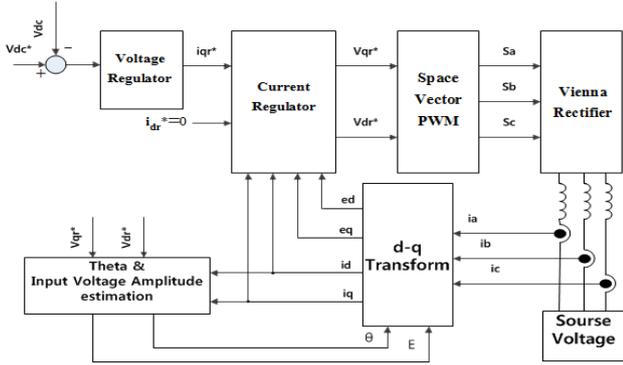


그림 2 비엔나 정류기의 입력 전압 센서가 없는 제어 알고리즘
Fig. 2 The Vienna Rectifier Control Algorithm without Input Voltage Sensor

알고리즘으로 기존의 알고리즘과 유사한 성능으로 제어할 수 있다.

3. 시뮬레이션

표 1은 입력 전압 센서가 없는 비엔나 정류기 제어를 위한 시뮬레이션 파라미터이다. 본 논문에서는 MATLAB/SIMULINK를 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

표 1 비엔나 정류기 시뮬레이션 조건
Table 1 Condition for MATLAB simulation

Rated Power	10 kW
Rated Input Voltage	220 Vrms/ 60 Hz
DC Link Voltage	680 V
Input Inductance	1 mH
Out Capacitance	2200 μ F
Switction Frequency	50 kHz

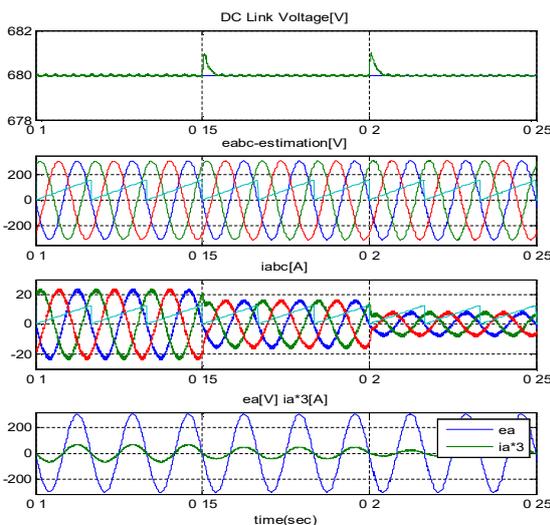


그림 3 DC 링크 전압과 입력 전압, 전류 파형
Fig. 3 DC Link Voltage, Input Voltage and Input Current Waveform

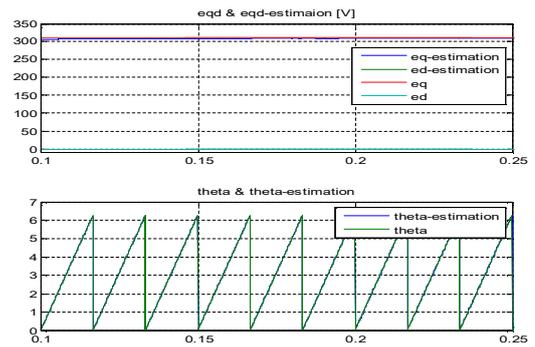


그림 4 입력 전압 크기와 위치 정보 추종 파형
Fig. 4 Input Voltage amplitude and Theta estimation

표 1의 시뮬레이션 조건을 이용하여 부하를 각각 100%, 66%, 30%로 변경하여 시뮬레이션을 하였다. 입력 전압 센서리스 제어 방법으로 하였을 때 그림 3과 같이 입력 전압을 잘 추종하였으며 부하 변동 조건에서도 DC 링크 전압과 입력 전류 제어가 되는 것을 볼 수 있다. 또, 입력 전압과 입력 전류의 역률이 제어 되는 것을 확인 할 수 있다. 그림 4에서는 실제 e_{dq} 전압과 위치 정보 추종에 대한 파형을 나타낸다. 실제 e_{dq} 전압과 위치 정보에서 약간의 오차를 볼 수 있지만 오차가 작은 값이므로 무시할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 입력 전압 센서가 없는 비엔나 정류기 제어 알고리즘에 대한 연구를 진행 하였다. 시뮬레이션을 통하여 기존의 입력 전압 센서가 있는 비엔나 정류기 제어 알고리즘과 동일한 제어가 가능한 것으로 확인을 하였으며 부하 변동 조건에서도 제어 가능하였다. 시뮬레이션 검증으로 추후 실험에 적용할 수 있을 것으로 기대 된다.

본 연구는 2013년도 산업자원통신부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20114010203030)

참고 문헌

- [1] Sang Ri Lee, Byong Chul So, Hag Wone Kim, Kwan Yuhl Cho, Ho Chul Jeong, "Vienna Rectifier for PMSG Wind Power Generator", Annual Conference of the KIPE, pp. 309-310, 2012, July.
- [2] Hee Keun Shin, Byoung Woong An, Hag Wone Kim, Kwan Yuhl Cho, and Shin Myung Jung, "Switch Open Fault Detection and Tolerant Operation Method for Three Phase PWM Rectifier", The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 17, No. 3, June 2012.
- [3] Keun Woo Han, Xiao Dong Qiu, Young Gook Jung, Young Cheol Lim, "Source Voltage Sensorless Three Phase Z source PWM Converter", Annual Conference of the KIPE, pp. 115-116, 2012, Nov.