

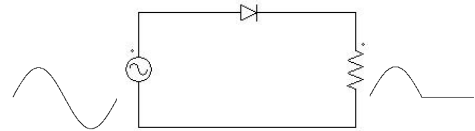
배전계통에서의 3상 반파 컨버터와 전파 컨버터의 모델링

이근형, 푸준, 김철환
성균관대학교

3-Phase Half Wave and Full Wave Converter Modeling in Distribution System

Keun-Hyeong Lee, Fu Jun, Chul-Hwan Kim
Sungkyunkwan University

Abstract - 컨버터는 교류와 직류간의 변환, 교류 주파수의 상호변환, 상수(相數)의 변환 등을 하는 장치를 말하는데 일반적으로는 교류와 직류간의 변환을 의미한다. 송·배전 시스템에서 교류의 형태로 공급되는 전기를 직류가 필요한 곳에서는 컨버터를 이용하여 직류로 변환하여 사용하는데 이를 전력계통의 과도현상 분석용으로 개발된 수치계산 프로그램인 EMTP (Electromagnetic Transient Program)를 사용하여 3상 반파 컨버터와 3상 전파 컨버터를 이용한 시스템을 모델링하고 분석하였다.



〈그림 1〉 반파 정류기와 입출력 전압파형

1. 서 론

현재 우리나라의 전력계통을 통해 생산되고, 전송되어지는 전기의 형태는 교류이다. 제주도의 경우 예외적으로 직류송전을 하지만 이를 제외하면 모두 교류 전기를 발전, 송·배전하고 있다. 교류 전기를 사용하는 이유를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 발전기에서 생산되는 전기가 교류이다.
- ② 교류의 경우 전기의 송압과 강압이 직류보다 자유롭기 때문에 송전 시 효율적이다.
- ③ 직류는 전선의 화학적 부식이 쉽게 일어나지만 교류는 그렇지 않다.

하지만 직류 전기를 사용하는 곳도 있기 때문에 송전되어진 교류 전기를 배전 계통에서 직류 전기로 바꾸는 작업이 필요하다.

교류를 직류로 변환 시 컨버터를 사용한다. 보통 다이오드를 이용한 컨버터로 교류를 직류로 바꾸는데 3상의 경우 3상 반파 컨버터와 3상 전파 컨버터로 나뉘게 된다. 반파 컨버터는 교류 파형의 양의 반주기만을 이용하는 형태이고, 전파 컨버터는 교류 파형의 전 부분을 사용하는 형태이다.

본 논문에서는 EMTP를 사용하여 배전계통을 구성하고 그 계통에 3상 반파·전파 컨버터를 삽입한 모델링을 통해 DC 측과 AC 측의 전류 파형 및 전압 파형을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 직류의 이용

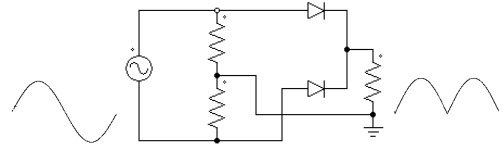
일반적으로 우리나라는 교류를 사용한다. 위에서 언급한 몇 가지 이유와 그 외의 장점들로 인해 발전부터 송·배전까지 교류로 이루어지기 때문이다. 공급되는 전기의 형태가 교류이기 때문에 직류를 사용하는 곳에서는 교류의 직류로의 변환이 필요하다. 가정 내 직류를 사용하는 소형 전자기기들은 자체적으로 정류회로를 내장하여 가정에 들어오는 교류를 직류로 바꾸어 사용하지만, 보다 높은 직류 전압이 필요한 곳에서는 배전계통 내에서 직류로의 변환과 공급이 필요하다. 대표적으로 지하철의 경우 짧은 구간에서는 시설 유지관리 비용이 저렴하고 누전 감전 사고의 위험이 적기 때문에 서울 메트로, 서울특별시 도시철도공사는 직류를 사용한다.

이처럼 배전 계통에서 직류를 공급하여야 할 곳에는 배전 시스템에 3상 반파 컨버터나 3상 전파 컨버터 회로를 연결하여 교류를 직류로 변환하여 공급할 수 있다.

2.2 반파컨버터의 기본동작

반파 컨버터는 다이오드 하나를 이용하여 교류를 직류로 변환하는 기본적인 정류 형태이다. 교류 전원의 사인파가 양의 값일 때에는 다이오드가 순방향으로 바이어스 되므로 회로에 전류가 공급되어 입력 측과 동일한 크기의 전압이 부하 저항에 나타나게 되고, 반대로 입력측이 음의 값일 때에는 다이오드가 역방향으로 바이어스 되므로 회로에 전류가 공급되지 않아 부하 쪽에 전압이 인가되지 않는다. 그림 1을 보면 음의 입력신호는 반파 컨버터를 통과하지 못한다는 것을 알 수 있다.

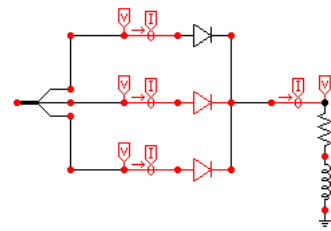
전파정류기는 반파정류기보다 한 단계 발전된 형태로 반파정류기가 하나의 다이오드를 사용하는 것과 달리 두 개의 다이오드를 사용한다. 따라서 교류 전원의 사인파가 음의 값일 경우에도 하나의 다이오드가 순방향으로 바이어스 되게 하여 부하 측에 입력된 값의 반전된 값과 같은 전압이 걸리게 만들어 교류 전원의 사인파가 모두 직류의 형태로 바뀌게 된다. 그림 2를 보면 입력 전압의 양의 값뿐만 아니라 음의 값도 양으로 반전되어 출력 쪽에 나타나는 것을 확인할 수 있다.



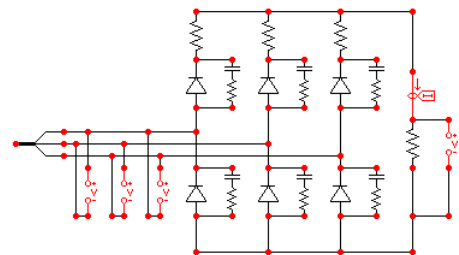
〈그림 2〉 전파 정류기와 입출력 전압파형

2.3 ATPDRAW를 이용한 3상 반파, 전파 컨버터의 모델링

ATPDRAW를 이용하여 구성된 3상 반파, 전파 컨버터의 모델은 다음 그림 3과 그림 4와 같다.



〈그림 3〉 3상 반파 컨버터 모델링



〈그림 4〉 3상 전파 컨버터 모델링

그림 4에서 사용된 소자 값은 다음과 같다.

Value of resistance : R=0.0001 [Ω]

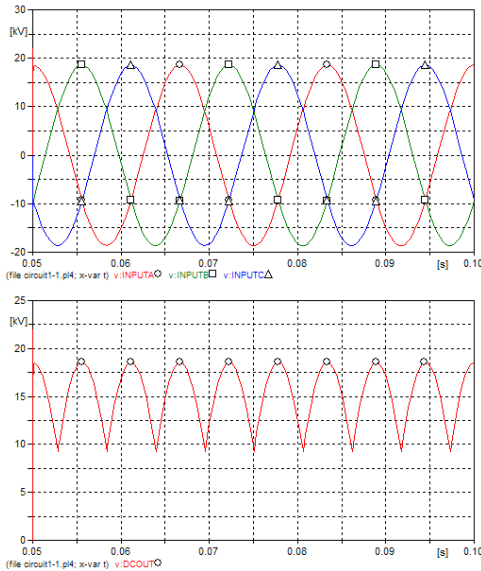
Value of RLC : R=1 [Ω], L=0, C=120[uMho],

컨버터 모델의 부하는 배전계통에서 전류 값이 너무 커지는 것을 막기 위해 큰 저항값(1000Ω)을 사용하였다.

2.4 시뮬레이션 파형의 해석

일반적인 3상 교류 배전 계통에 3상 반파 컨버터와 전파 컨버터를 연결한 뒤 각각의 컨버터에서 변환되는 전압과 전류에 대한 그래프를 확인하였다.

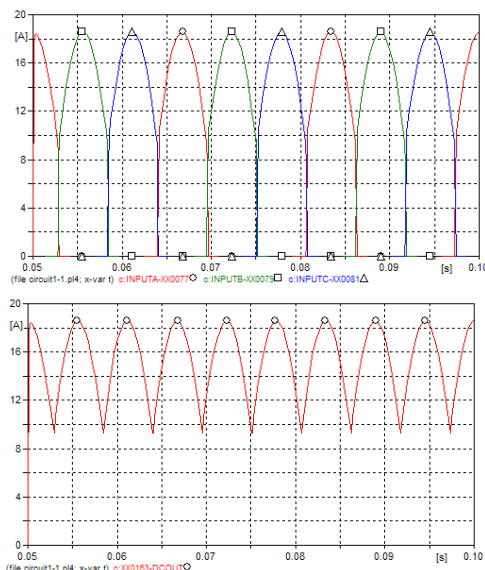
2.4.1 3상 반파 컨버터의 전압 및 전류 파형



〈그림 5〉 3상 반파 컨버터의 전압파형

3상 반파 컨버터의 전압파형은 그림 5에 나타나 있다. 위쪽 파형은 반파 정류기로 들어오는 3상의 교류 전압이고, 아래쪽 파형은 반파 컨버터 부하 측의 직류 전압 파형이다. 부하 측의 전압파형은 입력 측 3상 전압 파형의 최대값들의 합성으로 이루어지고, 진폭의 변화는 크지만 직류와 비슷한 경향을 나타내고 있다.

다음 그림 6은 3상 반파 컨버터의 입력과 출력 전류파형이다. 부하측 출력 전류파형의 값은 입력되는 3상의 전류 파형의 값을 모두 합한 것과 동일하다.



〈그림 6〉 3상 반파 컨버터의 전류파형

〈표 1〉 3상 반파 컨버터 전압 및 전류 파형의 최대값

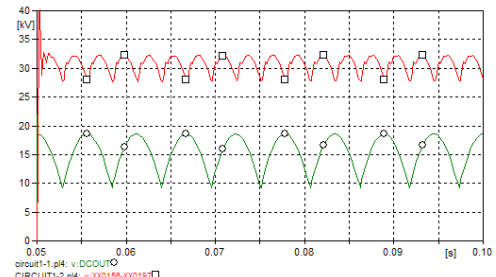
	전압 [V]	전류 [A]
입력 측 최대값	18580	18.579
부하 측 최대값	18580	18.579

2.4.2 3상 전파 컨버터의 전압, 전류 파형

3상 전파 컨버터의 경우, 전압과 전류의 파형이 3상 반파 컨버터와 비교해 보면 큰 차이를 보이지 않는다. 부하측 전압은 3상의 입력 전압의 최대값의 합성으로 나타나고, 출력 전류는 입력 전류 3상의 합과 같다는 점은 반파 컨버터와 동일하다. 차이점은 전압 파형의 경우 부하 측의 전압은 입력 측의 양의 최대값 뿐만 아니라 음의 최대값도 부하를 반전하여 고려하여야 한다는 점이다. 입력 측 전압 파형의 음의 최대값도 부하측 전압 파형에 나타나게 되고, 그 결과 전파 컨버터를 통과한 전압 파형에서 최대값 사이의 간격은 반전된 음의 최대값을 포함하기 때문에, 반파 컨버터를 통과하여 양의 값만이 부하측에 나타나는 전압 파형의 최대값 간격보다 작아지게 되는 것이다.

다음 그림 7은 반파 컨버터와 전파 컨버터의 부하 측 전압파형을 비교한 것이다. 높은 전압 값을 갖는 파형은 전파 컨버터의 부하 측 전압 파형이고 낮은 전압 값을 갖는 파형은 반파 컨버터의 부하 측 전압파형으로, 앞서 설명한 것과 같이 전파 컨버터의 전압 파형의 피크 사이의 간격이 반파 컨버터의 전압 파형에서 피크 사이의 간격보다 약 절반정도 작다는 것을 알 수 있다.

반파 컨버터와 전파 컨버터가 같은 계통에 연결되었음에도 전압파형의 최대값이 다른 것은 전파컨버터는 선간 전압 값을 측정했고, 반파컨버터는 상전압 값을 측정했으므로 전파컨버터 전압 파형의 최대값이 $\sqrt{3}$ 배 더 크게 나타나기 때문이다.



〈그림 7〉 3상 반파, 전파 컨버터의 전압파형 비교

3. 결 론

본 논문은 EMTP를 이용하여 배전 계통에서의 3상 반파 컨버터와 전파 컨버터를 모델링 하고 계통과 부하측의 전압과 전류 값을 분석하였다.

다이오드를 이용한 컨버터 모델의 시뮬레이션 결과 컨버터를 배전 계통에 연결하였을 때 배전 계통에 흐르는 3상 교류 전기의 전압, 전류 값이 부하 측에서 직류의 성질로 바뀌는 것을 파형을 통해 확인할 수 있었다. 또 반파 컨버터와 전파 컨버터의 원리를 살펴보고 각 컨버터를 배전 계통에 연결했을 때의 파형 비교를 통해 두 컨버터의 특징을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, "Fundamentals of power electronics, 2nd ed.", 인터비전, 2006
- [2] James W. Nilsson, Susan A. Riedel, "Electric circuits, 7th ed.", 파워스에너지교육출판사, 2005
- [3] 대한전기학회, "최신배전시스템공학", 북스힐, 2006
- [4] 정동화, "실무와 연구 활동을 위한 전력전자 및 전동기 제어", 인터비전, 2005
- [5] 이종범, 유인근, 설용태, 황갑주, "최신전력전송공학", 淸文閣, 2007