

현장전원을 고려한 지능형 위상제어 전압-PWM 테이블 생성 알고리즘

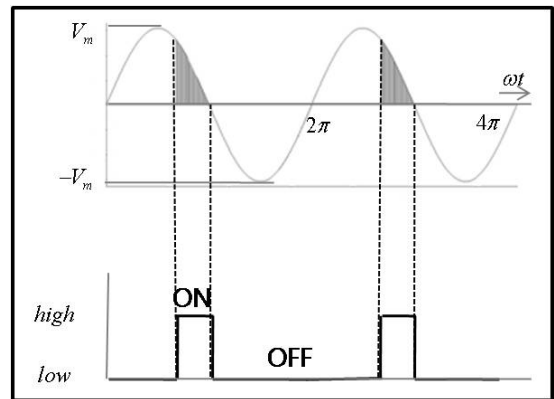
송민영, 이건영
 광운대학교 전기공학과

The Algorithm to Produce an Intelligent Phase Control Voltage-PWM Table Considering Field Power

Min Young Song, Keon Young Yi
 Dept. Electrical Eng. Kwang Woon University

Abstract - 보급형 전력제어 기기는 휴대성과 경제성을 위해 소형·경량·저렴화가 필요하고 이를 만족하기 위해 스위칭 소자를 이용한 위상 제어 기법이 이용된다. 위상 제어기법은 전원 사정에 따라 출력전압이 영향을 받으므로 전압 변동이나 파형 왜곡 등이 상존하는 현장 전원 사정을 고려하여 전압을 제어해야 한다. 본 연구에서는 현장 전원을 감지하여 제어에 적합한 전압-PWM 테이블을 생성하는 알고리즘을 설명하고 실험을 통해 이 알고리즘의 정확도와 속도를 검증해본다.

<그림 1>은 PWM 신호에 의해 출력전압의 위상제어가 이루어짐을 보여주고 있다.



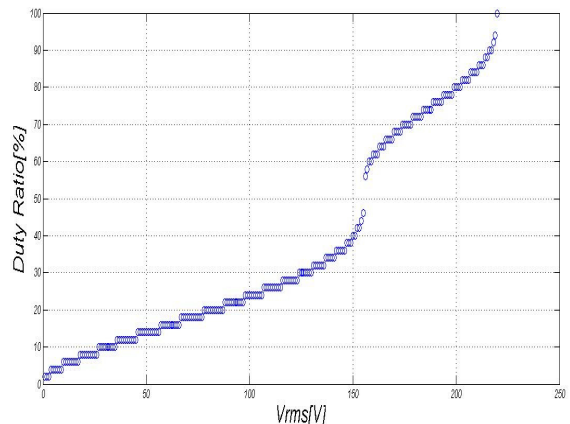
<그림 1> PWM-출력전압

1. 서 론

최근 산업시설에서 저가의 전기기기에 이르기까지 전력 외란에 민감한 장비가 급증하고 있다. 이에 반해 전력품질에 영향을 주는 문제점은 다수 존재하고 있으며, 전압 불평형(unbalance), 순간 전압 상승(voltage swell) 및 순간 전압 강하(voltage sag) 등을 들 수 있다.[1] 실제로 대부분의 현장전원은 불안정하다. 이러한 이유로 전력제어 기기는 입력 전원을 고려하여 설계돼야 하며, 기기 대형화의 직접적인 원인이다. 휴대용 전력제어 기기는 안정된 전원의 공급뿐만 아니라 기기의 소형·저렴화가 요구된다. 이에 스위칭 소자를 이용한 구조적인 변화를 통해 휴대성을 높이고 원가를 절감할 수 있다. 스위칭 소자는 소자의 도통시간을 가변함으로써 출력전압을 제어하는데 이때 PWM(Pulse Width Modulation) 기법을 이용한다. 입력전원에 따른 출력전압을 결정하기 위해 전압을 PWM으로 매칭 시켜야 한다. 이 때 입력전원이 변동하면 입력전원에 따라 PWM을 매칭시켜야 하는데 이는 상당한 연산량과 많은 메모리를 필요로 한다. 즉, 기기는 고가화되고 대형화된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사전에 입력전원에 따른 PWM 테이블을 생성하여 기기를 운영할 때 이 테이블을 이용한다.

<그림 2>와 <그림 3>은 샘플링 주기에 따른 PWM-출력전압 테이블을 그래프로 보여주고 있다.

따라서 본 논문에서는 휴대용 기기와 같이 제한된 상황(소형·경량·저렴화)에서 효과적인 전압-PWM 테이블 생성 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘에서 전압-PWM 테이블은 입력전원을 고려한 PWM 듀티비에 따른 출력전압을 의미한다.



<그림 2> 50번 샘플링한 전압-PWM 그래프

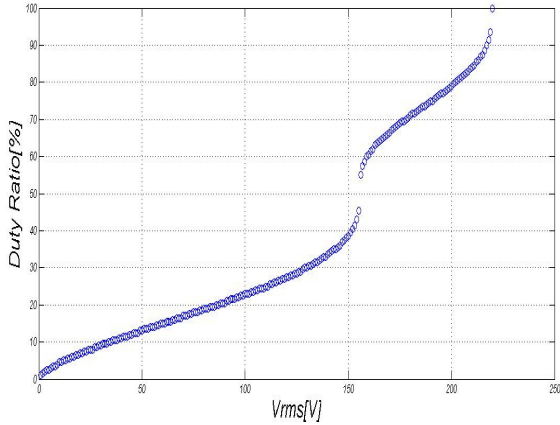
2. 본 론

본 논문에서는 스위칭 소자를 사용한 전력제어 기기의 효과적인 개발을 위해 고속의 전압-PWM 테이블 생성 알고리즘을 제안 한다. 본론에서는 구현된 알고리즘을 설명하고, 계측에서 흔히 사용되는 True RMS [2]을 이용한 단순 계산 알고리즘을 살펴본다. 또한 실험을 통해서 구현된 알고리즘에 처리속도·정확도를 비교하여 본다.

<그림 2>는 220V, 60Hz 입력전원의 한 사이클을 328[usec]주기로 샘플링(Sampling)하였으며, PWM-전압 테이블은 1[V] 간격으로 생성 하였다. <그림 3>은 220V, 60Hz 입력전원의 한 사이클을 81[usec]주기로 샘플링(Sampling)하였으며, PWM-전압 테이블은 1[V] 간격으로 생성 하였다. 시뮬레이션 결과 정밀한 출력전압을 요하는 전력제어 기기에는 많은 샘플링이 요구됨을 확인할 수 있다.

$$v(t) = V_m \sin \omega t \tag{2-1}$$

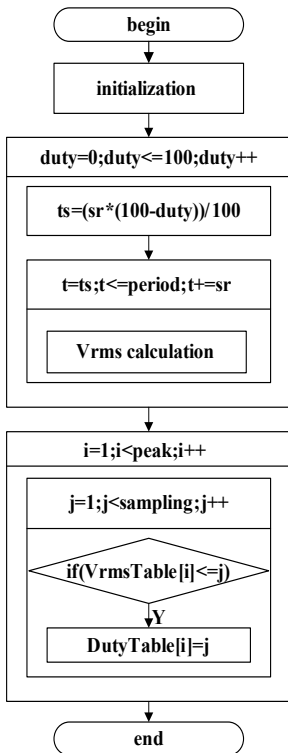
$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \tag{2-2}$$



<그림 3> 200번 샘플링한 전압-PWM 그래프

2.2 단순 계산 알고리즘

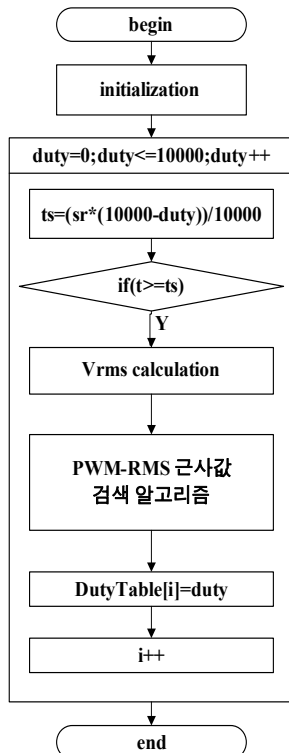
전압-PWM 테이블 생성을 위하여 식(2-1)과 (2-2)를 바탕으로 Vrms를 계산한다. PWM 듀티비를 샘플링 간격으로 메인루프를 구성하며, Vrms는 각 샘플링 구간에서의 식(2-2)를 구현하여 계산한다. 출력전압의 분해능에 따라 계산된 Vrms와 듀티비를 매칭하는 검색(search) 알고리즘을 수행한다. <그림 4>의 단순 알고리즘은 식(2-2)를 이용해 듀티 0%인 시간에서 목표 듀티 x%인 시간까지의 Vrms를 구한다. 이를 0~100%까지 듀티의 분해능에 따라 반복 수행하게 하게 되어 계산된 구간을 다시 계산하는 오버헤드가 발생한다. 테이블 생성에 필요한 검색 알고리즘을 분리하여 처리한다.



<그림 4> 단순 계산 알고리즘

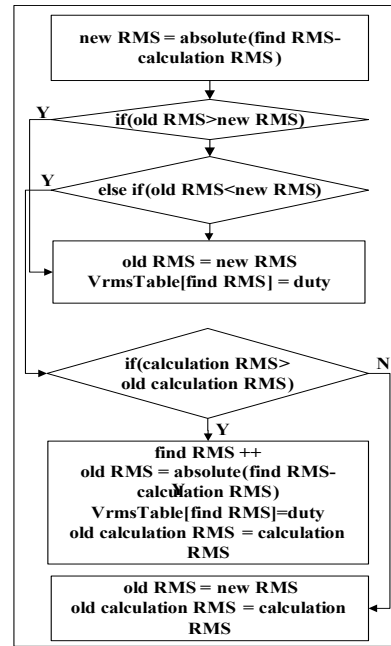
2.3 제안된 고속 알고리즘

제안된 알고리즘은 단 한번 만 Vrms를 계산하고 검색 알고리즘에 의해 전압에 해당하는 듀티를 찾는 방법이다. <그림 5>의 제안 알고리즘은 PWM 듀티비를 줄여나가는 메인루프에서 샘플링주기가 듀티비 간격보다 커지는 경우에만 실효값 계산을 수행하여 이전 Vrms와 합하는 방식으로 Vrms를 계산한다. <그림 6>의 검색 알고리즘은 계산된 Vrms를 이전의 값과 실시간으로 비교하여 테이블을 생성하며 메인루프에서 처리된다.



<그림 5> 제안된 알고리즘

<그림 5> 제안 알고리즘의 검색 루프



2.4 제안된 알고리즘에 대한 성능 비교

제안된 고속의 전압-PWM 테이블 생성 알고리즘의 처리 속도 향상을 검증하기 위하여 visual studio와 Atmel사의 Atmega128을 이용하였다. 실험은 동일한 조건에서 수행되었고, 테이블 생성에 있어 단순 계산 알고리즘과 제안된 알고리즘을 비교한다. <표 1>은 visual studio를 이용한 실험 데이터이며, 샘플링 횟수에 따른 처리 속도 비교를 나타낸다. 성능비교 단위는 루프 카운트와 제어 가능한 전압의 분해능이다. 정밀한 제어를 위해서는 샘플링 횟수를 늘려야 하며 1000회 샘플링 하였을 경우, 전압제어 분해능은 0.3[V]이며, 루프카운트는 19993이다. Atmega128(8비트, 16MIPS(million instruction per second)의 프로세서)을 이용한 실험에서는 200샘플링 횟수 기준으로 테이블 생성에 단순 계산 알고리즘은 16.6초, 제안된 알고리즘은 2.04초의 처리 속도를 확인 하였다. 이는 단순 계산 알고리즘에 비해 약 8.1배의 성능향상을 보였다.

<표 1> 단순 계산 알고리즘과 제안된 알고리즘 비교

샘플링 횟수	단순 계산 알고리즘		제안된 알고리즘	
	루프카운트	분해능[V]	루프카운트	분해능[V]
50	23852	10	10510	10
100	47452	5	11032	4
150	71027	4	12072	3
200	94601	3	13472	2

3. 결 론

본 논문에서는 제한된 환경(소형, 경량, 경제성)에서 효과적인 고속의 전압-PWM 테이블 생성 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 실효값 계산에 있어 불필요한 연산량을 줄여 단순계산 알고리즘보다 전압-PWM 테이블을 빠르게 생성하게 되었다. 제안된 알고리즘은 시뮬레이션 실험을 통해 처리 속도의 향상을 확인 하였다. 제안된 전압-PWM 알고리즘은 변동하는 현장 전원에서 사용하는 저가의 전력제어 기기에 적용하면 효과적일 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이상준, “순간 전압 강하 보상용 직렬 보상을 위한 새로운 PLL 및 전압 제어기에 관한 연구”, 서울대학교 전기·컴퓨터 공학부, 공학박사학위논문, August, 2003
- [2] 서용원, 연준상, 양오, “Microprocessor를 이용한 AC Current, AC Voltage의 계측 알고리즘에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2106-2108, 2003