

하이브리드 ESS를 위한 듀얼코어 DSP TMS320F28377D 기반 제어기 설계

김상진¹, 권민호¹, 최세완¹, 황동옥², 이동주², 백석민²
서울과학기술대학교¹, 국제통신공업(주)²

Controller design for Hybrid ESS using dual core DSP TMS320F28377D

Sang jin Kim¹, Min ho Kwon¹, Se wan Choi¹,
Dong ok Hwang², Dong ju Lee², Seok min Paik²

Seoul National University of Science and Technology¹, KUKJE Electric MFG. Co., Ltd.²

ABSTRACT

최근 초기 투자비용은 큰 반면 에너지 이용률은 낮은 UPS(Uninterruptible power supply)를 ESS(Energy storage system)로서 활용하는 하이브리드 ESS에 대한 관심이 커지고 있다. 하이브리드ESS는 비상시 중요부하에 공급할 최소 전력을 제외한 전력을 수요관리로 활용함으로써 UPS에 저장되어 있는 에너지를 비상전원 기능과 수요관리 기능으로 폭넓게 사용할 수 있는 시스템이다. 이 시스템을 구성하는 3개의 PCS를 통합 제어하기 위해 채택한 듀얼코어 기반의 고성능 MCU TMS320F28377D를 이용하면 많은 PWM, ADC포트는 물론 충분한 연산시간 확보가 가능하다. 본 논문에서는 제안하는 하이브리드 ESS^[1]의 구성에 대해 소개하고 사용된 제어기의 구조, 각 PCS들을 통합 제어하기 위해 사용한 듀얼코어 기반의 DSP TMS320F28377D에 대해 설명하고자 한다.

1. 서론

UPS는 정전 시 예비전력 확보를 위해 반드시 필요한 시설이지만 비상시에만 동작하기 때문에 투자비용 대비 이용률이 매우 낮다. 최근 UPS 배터리에 축적된 에너지의 일부를 침두부하 삭감, 부하 이동 등 수요관리에 사용하는 ESS와 UPS기능을 융합한 하이브리드ESS에 대한 관심이 급증하고 있다. 제안하는 하이브리드ESS는 그림 1과 같이 더블컨버전 방식의 구조로 양방향 AC DC 컨버터와 DC AC 인버터 그리고 양방향 DC DC 컨버터로 구성되어 있다. 이러한 구조는 중요부하에 높은 품질의 전원을 공급할 수 있지만 델타컨버전 방식에 비해 전력변환 효율이 다소 떨어질 수 있다. 제안하는 하이브리드ESS는 전력변환 손실을 줄이기 위하여 3레벨 토폴로지를 적용하였다. 하지만 3레벨 구조는 2레벨 구조에 비하여 제어해야하는 스위치가 2배가 되기 때문에 보다 많은 PWM 신호가 요구된다. 또한 수요관리와 비상발전 기능의 급속 모드전환 뿐만 아니라 저차고조파 보상 및 단독운전 방지 기법 등의 계통연계 기능을 적용하기 위하여 MCU의 충분한 연산시간 확보가 필요하다. TI사의 DSP TMS320F28335는 소수연산이 가능하고 12채널의 PWM과 16개의 ADC를 이용할 수 있어 디지털 모터제어 시스템 및 산업전자 제어분야에 널리

응용되어 왔지만 제안하는 하이브리드ESS 구조와 같이 3상 3레벨 구조에 사용하기에는 PWM과 ADC 채널이 부족하기 때문에 추가적인 포트 확장이 필요하다. PWM이나 ADC같은 경우 추가 회로를 이용하여 포트를 확장할 수 있지만 기존의 DSP 하나로 3개의 PCS를 제어하기에는 연산량에 대한 부담이 따른다. 최근 TI사에서 출시한 TMS320F28377D는 많은 PWM과 ADC포트를 가지고 있으며 코어 2개를 내장하고 있고, 삼각함수 전용 처리 엔진이 각각의 코어에 탑재되어 고속의 연산에 유리하다. 본 논문에서는 제안하는 하이브리드ESS에 듀얼코어 DSP TMS320F28377D를 적용하여 3가지 PCS를 모두 제어하는 통합 제어기 구성에 대해 설명하였다.

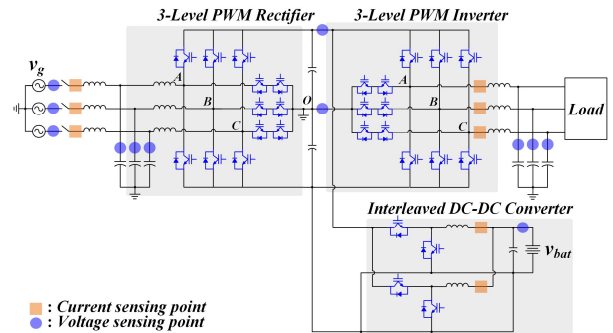


그림 1. Hybrid ESS 전체 구성도

2. TMS320F28377D의 특징

TMS320F28377D는 24개의 PWM포트, 20개의 ADC, 2개의 CPU를 내장하고 있으며 CPU와 독립적으로 알고리즘들을 처리하거나 주변회로를 제어할 수 있는 두 개의 병렬코어 CLA(Control Law Accelerator)를 가지고 있다. 칩의 기능별 블록다이어그램은 그림 2에서 확인할 수 있다.^[2] TMS320F28377D는 최대 200MHz의 속도로 동작할 수 있는 CPU와 CLA를 탑재하고 있어, 이를 모두 활용할 경우 최대 800MIPS 까지 명령어를 처리할 수 있는 능력을 갖춘 고성능 듀얼코어 MCU이다. 또한 FPU와 TMU(Trigonometric Math Unit)을 탑재하고 있어 복잡한 삼각함수 연산, 나누기 및 제곱근 연산 등을 한 명령어에 처리할 수 있어 고속연산에 유리하다. 구동 온도에 대한 신뢰성도 높아져 40°C~105°C의 온도에서 동작 가능하다. 또한, 표 1에서 볼 수 있듯이 TMS320F28377D는 TMS320F28335

와 비교하여 이용 가능한 PWM신호가 2배 많고 ADC는 4개를 더 사용할 수 있다는 장점을 갖고 있다. TMS320F28377D에는 ADC모듈이 4개가 내장되어 있는데, 각각이 병렬로 동작하기 때문에 4개의 ADC모듈이 동시에 샘플링이 가능하다. 3개의 PCS를 제어하기 위한 연산에서 최신데이터를 사용하기 위해서는 각 모듈의 EOC(End of conversion)신호를 확인한 후 인터럽트를 발생시켜 연산이 진행되어야 한다. 하지만 병렬로 동작하는 ADC 모듈은 PWM 동기신호를 이용하여 SOC(Start of conversion)신호는 동시에 발생시킬 수 있지만 모듈 간 채널수가 다르고 포트마다 변환 시간오차가 발생할 수 있기 때문에 각각의 모듈 간 EOC신호가 발생하는 시간은 다르다.^[3] 때문에 그림 3과 같이 인터럽트루틴에서 모든 EOC를 확인될 때까지 대기하는 작업이 필요하다.

표 1. TMS320F28377D와 TMS320F28335의 차이점

구분	TMS320F28377D	TMS320F28335
CPU	2개	1개
System clock	200MHz	150MHz
CLA	2개	0개
ADC	20개	16개
PWM	24개	12개

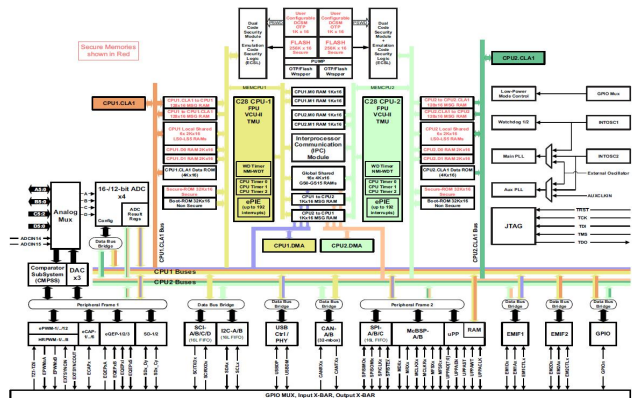


그림 2. TMS320F28377D 블록다이어그램^[2]

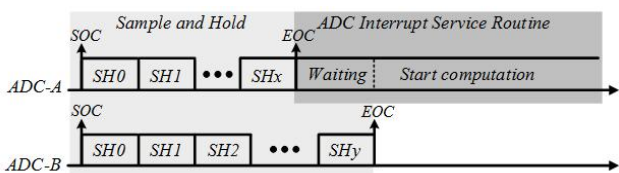


그림 3. TMS320F28377D ADC 타이밍도

3. 듀얼코어 DSP를 이용한 제어기 설계

제안하는 하이브리드ESS는 3상 3레벨 T type AC DC 컨버터, DC AC 인버터 그리고 2상 인터리빙 하프브릿지 DC DC 컨버터로 구성되어 총 28개의 PWM신호와 20개의 ADC포트가 필요하기 때문에 PWM포트 확장이 필요하다. 그림 4는 TMS320F28377D와 CPLD를 이용하여 PWM을 3개의 PCS에 할당한 PWM 구성을 보여준다. TMS320F28377D의 24개의 PWM중 12개는 AC DC 컨버터에, 4개는 인터리빙 DC DC컨버터에 사용되고, DSP의 6개의 PWM 신호를 CPLD를 통해 상보적인 12개의 PWM신호로 만들어 DC AC 인버터에 사용했다. 그림 5는 TMS320F28377D를 이용하여 단일코어로 제작

한 제안하는 하이브리드ESS용 제어보드 제작사진이다.

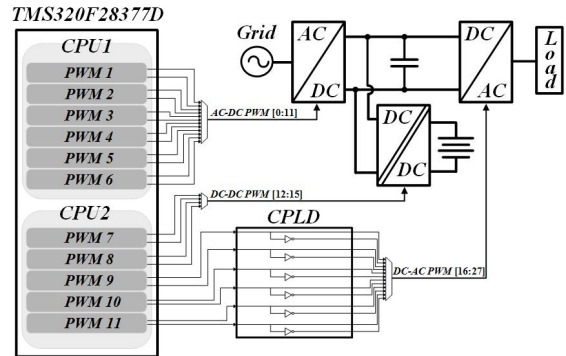


그림 4. TMS320F28377D와 CPLD를 이용한 PWM 구성

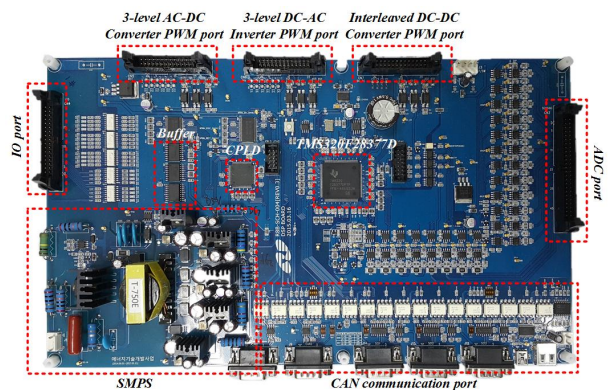


그림 5. 하이브리드ESS를 위한 통합 제어보드 제작 사진

4. 결론

고성능의 듀얼코어 MCU TMS320F28377D는 많은 PWM과 ADC포트를 내장하고 있고, 두 개의 코어, 높은 시스템 클럭, TMU등을 활용하여 이로 구동되어 고속의 연산에 유리하여 제안하는 하이브리드ESS를 구성하는 3개의 PCS를 통합 제어하는데 유리하다. 본 논문에서는 제안하는 하이브리드ESS에 사용한 듀얼코어 기반의 DSP TMS320F28377D를 소개하고, 병렬 동작하는 4개의 ADC모듈 간 변환종료 시간을 동기화 하는 방법 및 TMS320F28377D와 CPLD를 이용한 PWM포트 확장 방법을 제안하였다.

이 논문은 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20142010102600)

참고 문헌

- [1] 권민호, 양석현, 김효준, 최세환, 황동욱, 이동주, 백석민 “비상전원 기능을 갖는 하이브리드 ESS를 위한 PCS 제어전략,” 전력전자학술대회논문집, 2015.7, pp. 403 404
- [2] Texas Instruments, “TMS320F2837xD Dual Core Delfino Microcontrollers Technical Reference Manual: SPRUHM8D,” Texas Instruments, June 2015.
- [3] 싱크웍스, “듀얼코어 MCU 활용예제 1집(TMS320F28377D 중심),” 싱크웍스, pp. 132 153.