

디지털방식 다중제어 충전기 개발

변영복*, 구태근**, 김은수*, 조기연*, 김동희**, 변동환***
*한국전기연구원, **영남대학교, ***대원전기

Development of Digital Type Battery Charger based on Milti-Mode Control

Y.B.Byun*, T.G.Koo**, E.S.Kim*, K.Y.Joe*, D.H.Kim**, D.H.Byun***
*KERI, **Yeungnam Univ., ***Daewon Electric Co., LTD.

ABSTRACT

Most of the battery charger for electric powered forklift truck are controlled by the method of 3-phased constant current and constant voltage. However, these chargers have several disadvantages like a large charger capacity, and a short battery life time.

This paper presents a digital type battery charger based on multi-mode control adding a constant power control and several assistant controls in the conventional control. The whole control system is performed by a low cost one-chip micro-controller and completely digitize. So we can get a high precision control and a good reliability.

어에서 정전압 제어로 전환하는 시점의 축전지 전압을 기준하여 정전류 지령치를 설정하여야 함으로써 큰 용량의 충전기를 사용하여야 하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 정전력 제어를 이들 사이에 추가시켰다. 즉, 정전류 제어, 정전력제어, 정전압제어를 축전지의 전압에 따라 전환함으로써 충전기의 용량을 낮출 수가 있으며, 또한 축전지를 최적의 상태로 충전하기 위해 전해물을 Agitate하는 모드, 오랜 시간동안 축전지를 방치하거나 과도한 방전에 따른 축전지 셀 간의 전압 불평등을 균등화시키기 위한 Equalizing모드, 충전완료 후 축전지의 auto-discharge을 보상하기 위한 Trickle모드를 수행하는 다중제어충전기법을 구현하였고, SCR 고장진단, 상용전원 정전감시기능, 3상 상순결선변경 허용기능, 50/60Hz겸용 운전 등 산업현장에서 일어날 수 있는 여러 가지 문제점을 보완할 수 있게 하였다.

이러한 모든 제어 및 감시기능을 저가의 One-Chip Micro-controller를 적용하여 디지털화 시킴으로써 제어정도 및 신뢰성을 향상시켰으며, 제어장치의 소형화와 함께 저가격화를 실현함으로써 선진 외국제품과 경쟁할 수 있는 충전기를 개발하였다.

1. 서 론

최근 산업현장에서는 항상 청결한 상태로 작업을 유지하려는 노력이 증가하고 있으며, 이에 따른 전동차량의 사용이 급증하고 있다. 특히, 전동지게차는 소음 및 진동의 저감으로 생산성증대와 엔진차량에 비해 정비비용과 연료절감 등의 장점을 가지고 있다.

이러한 전동지게차의 충전기는 교류전원전압의 변동이나 축전지의 방전상태와는 관계없이 항상 일정한 설정치로 충전하여, 과충전이나 과방전에 의한 축전지의 손상 없이 축전지를 충전하는 장치이다.

현재 국내에서 사용되고 있는 충전기는 입력 교류전압의 변동에 대응하고 안정된 상태에서 축전지를 충전하기 위해서 정전류, 정전압 방식을 채용하고 있다. 그러나 정전류, 정전압 방식은 정전류 제

2. 다중제어 충전

2.1 모드별 제어방식

본 연구는 기존의 정전류, 정전압 충전방식과는 달리 다중제어 충전방식을 적용함으로써, 충전기의 용량 감소와 축전지의 수명 최적화 등의 장점을 가지고 있으며, 충전전압과 축전지 유입전류는 그림 1과 같이 제어된다.

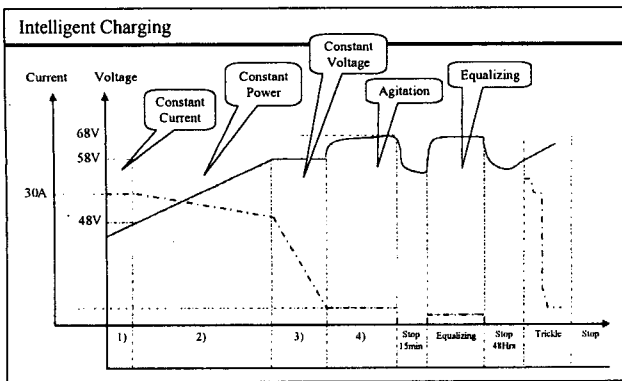


그림 1 다중제어 충전
Fig. 1 Multi-mode control Charging

2.1.1 정전류제어 모드

이 모드는 축전기의 유입되는 전류를 축전기의 정격전류로 제어하는 구간으로서, 유입전류는 일정하게 제어되며, 축전기 전압은 계속 증가하게 된다. 본 연구에서 축전기의 정격전류를 30A로 설정하였으며, 축전지의 전압이 정격전압(48V)에 다다르게 되면, 다음 모드로 전환하게 된다.

2.1.2 정전력제어 모드

이 모드는 축전기를 정격전류와 정격전압의 곱으로 계산되는 정격전력으로 제어하는 구간으로서, 유입전류는 감소하고, 축전기 전압은 증가하게 된다. 축전지의 전압이 58V(정격전압의 120%)에 다다를 때까지 이 모드는 계속된다.

2.1.3 정전압제어 모드

이 모드는 축전기의 전압을 일정전압으로 제어하는 구간으로서, 축전기의 전압은 58V(정격전압의 120%)로 일정하게 유지되고, 유입전류는 감소하게 된다. 이 모드동안에 유입되는 전류(AH)가 앞의 두 모드인 정전류와 정전력모드에서의 유입된 전류의 양의 1/18에 되는 시점에서 다음 모드로 전환하게 되며, 이때의 전류값이 다음 Agitation 모드의 기준값이 된다.

2.1.4 Agitation 모드

이 모드는 축전지를 최적의 상태로 충전하기 위해 전해물을 Agitate하기 위한 모드로써, 앞의 정전압 모드에서 결정된 기준값으로 정전류 제어를 함으로써 축전지에 유입되는 전류는 일정하며, 축전지의 전압은 증가한다. 이 모드가 끝나면 실제적인 축전기의 충전은 완료된다.

이 모드가 끝나는 시점은 이 모드 동안에만 유입된 전류(AH)가 앞의 3모드인 정전류, 정전력, 정전압 모드 동안에 유입된 전류(AH)의 17%가 되는

시점이며, 이 모드의 전류 기준값의 1/2이 다음 Equalizing 모드에서의 기준값이 된다.

2.1.5 Stop 모드

이 모드는 15분 동안 축전지를 충전하지 않는 구간으로서 실제적인 충전은 완료된 상태가 된다.

2.1.6 Equalizing 모드

이 모드는 매 충전때마다 수행하는 것은 아니며, 장기간 축전지를 방치하거나, 과도한 방전에 따른 축전지 셀 간의 전압 불평등을 균등화시키기 위한 것으로 축전지의 전압을 안정화시키기 위한 모드이다. 앞의 Agitation 모드의 기준값의 1/2로 정전류 제어를 하며, 축전지 전압의 변동이 시간당 60mV 이하가 될 때, 전압이 안정화된 것으로 간주하여, 이 모드는 끝난다.

2.1.7 Trickle 모드

이 모드는 충전 완료 후 축전지가 충전기에 연결된 상태에서 auto-discharge를 보상하기 위해 충전이 끝난 상태에서 매 48시간마다 다시 충전하는 모드이다.

3. 시스템 구성

전체 시스템 구성은 그림 2와 같이 3상 입력전원부, Converter부, Controller부로 나눌 수가 있다.

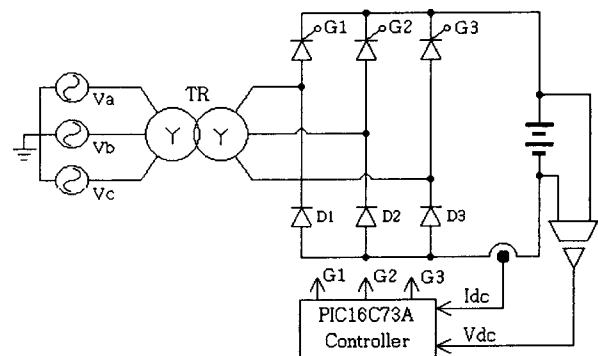


그림 2 전체 시스템 구성
Fig. 2 System configuration

3상 전원부에서는 입력 변압기의 1차측을 Y 혹은 Δ로 결선함으로써 220V나 380V를 겸용으로 사용할 수 있게 하였다.

Converter부는 Semi-Converter로 구성되어 있으며, 스위칭 소자로 SCR을 사용하여, 3상 AC를 DC로 변환한다. 그림 3은 각각의 SCR이 Turn-on될 수 있는 범위(A-, B-, C-phase)를 나타내며, 이 범

위의 시작점에서 외부 인터럽트를 발생시켜 3상 게이트신호의 기준이 되게 하였다.

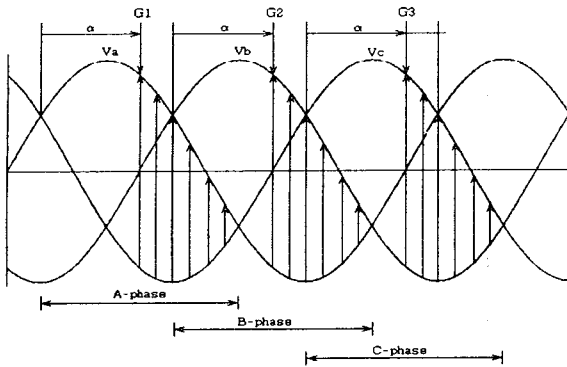


그림 3 Semi-converter trigger 범위
Fig. 3 The Range of semi-converter trigger

Controller부에서는 축전지의 전압과 유입전류를 따라 각 제어모드를 결정하며, 3상 입력전원과 동기되어 발생하는 외부 인터럽트를 기준으로 3상의 점호각(α)을 계산하여 SCR을 Trigger시킨다. 제어보드는 저가의 One-Chip Micro-controller (PIC16C73A)를 적용하여 디지털화 시킴으로써 제어정도 및 신뢰성을 향상시켰으며, 또한 저가이면서 AD Converter, Timer, PWM 등의 Controller의 기본기능을 갖추고 있어, 제어장치의 소형화와 함께 저가격화를 실현하였다.

4. 실험

실험에서 사용한 사양은 아래와 같다.

- 배터리 : 48V/210AH
- 변압기 : 2KVA, 220,380V/30V
- 주파수 : 50/60Hz
- SCR : PD55FG80
- Controller : PIC16C73A

그림 4는 외부인터럽트와 3상 동기신호를 나타낸다. 3상 동기신호들로부터 SCR를 Trigger할 기준이 되는 외부인터럽트를 Hardware적으로 발생시키며, Software적으로 Turn-on될 상을 결정한다.

그림 5는 각 상의 Gate 신호를 나타내는 것으로 A, B, C상이 120° 간격으로 순차적으로 Trigger됨을 알 수 있다.

그림 6은 점호각이 90° 에 있을 경우 축전지의 전압과 유입되는 전류 파형을 나타낸 것으로서, 유입되는 전류파형의 Peak 전류는 100A이상으로 상당히 크지만, 실제 평균값은 정격전류인 30A를 넘어서지는 않는다.

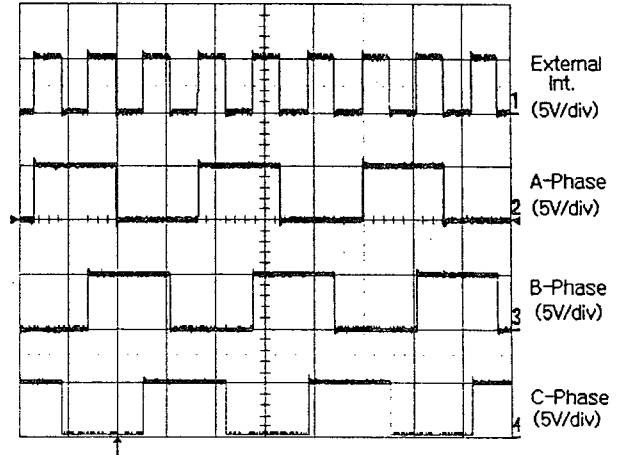


그림 4 외부 인터럽트와 3상 동기신호
Fig. 4 External interrupt and 3-phase synchronous signals

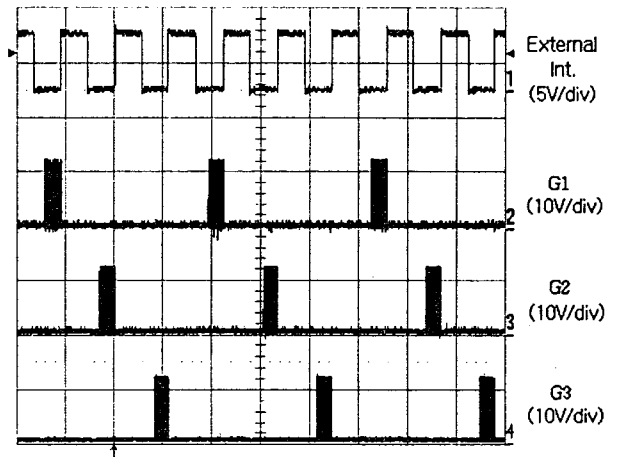


그림 5 각 상의 Gate 신호
Fig. 5 Gate signals of each phase

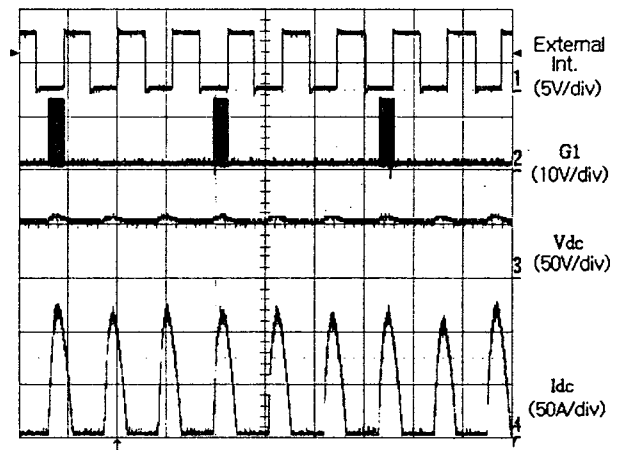
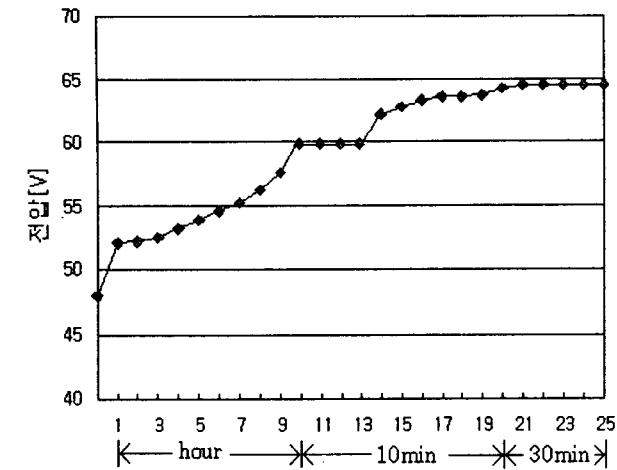
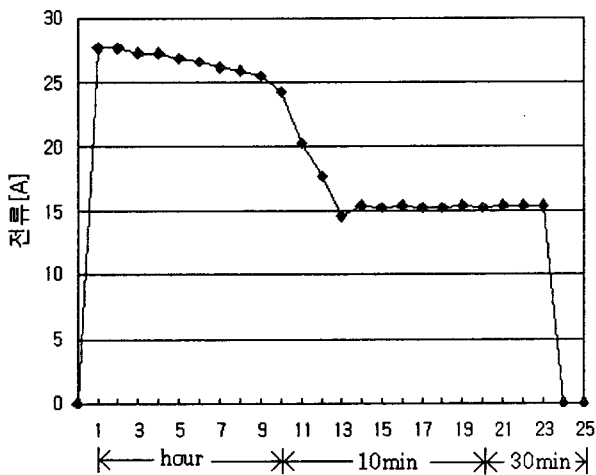


그림 6 축전지의 전압 및 유입 전류 파형
Fig. 6 Waveforms of battery voltage and current

그림 7 (a)와 (b)는 실제 실험에서 측정된 축전지 전압과 유입전류를 그래프로 나타낸 것이다.



(a)



(b)

그림 7 실험에서 측정된 축전지의 전압(a)과 유입전류(b)
Fig. 7 Battery voltage
(a) and current (b) by experiment

실험에 앞서 축전지는 완전히 방전된 상태였으며, 측정시간은 정전력모드에서는 1시간 간격, 정전압모드는 10분 간격, 그리고 Agitation모드는 초기 1시간동안은 10분간격으로, 그 이후에는 30분 간격으로 측정하였다.

충전시작 3분이내에 정전류모드에서 정전압모드로 전환되며, 정전력모드는 약 8시간, 정전압모드는 약 30분, Agitation모드는 약 3시간이 소요되었다.

실제 충전정도는 전해물의 비중을 측정함으로써 알 수 있으며, Agitation모드에서 1시간정도 지났을 때 충전이 완전히 되었음을 확인할 수 있었으며, 결국, 본 실험에서 완전히 충전하는데 소요시간은 약 10시간 정도였다.

그림 8은 개발된 충전기외관을 나타낸다.

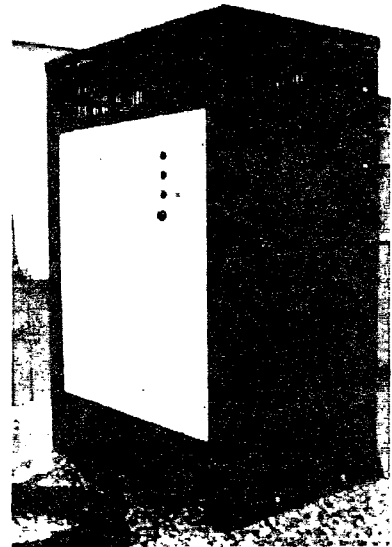


그림 8 충전기 외관
Fig. 8 Appearance of the battery charger

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 정전류, 정전압방식의 축전지 충전에서의 문제점인 정격보다 큰 충전기 용량의 사용과 축전지 수명단축 등을 보완하기 위한 다중제어방식을 저가의 Micro-controller를 적용하여 디지털화 시킴으로써 제어정도 및 신뢰성을 향상시켰으며, 제어장치의 소형화와 함께 저가격화를 실현하였다.

또한, SCR 고장진단, 상용전원 정전감시기능, 3상 상순결선변경 허용기능, 50/60Hz 겸용 운전 등 산업현장에서 일어날 수 있는 여러 가지 문제점을 보완할 수 있게 하였다.

참 고 문 헌

- [1] P. C. SEN, " Thyristor DC Drives ", 1981.
- [2] Microchip Users Manual, PIC16c73a