



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년06월15일
(11) 등록번호 10-1152211
(24) 등록일자 2012년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 7/00 (2006.01) B60L 7/10 (2006.01)
H02J 3/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0091698
(22) 출원일자 2010년09월17일
심사청구일자 2010년09월17일
(65) 공개번호 10-2012-0029709
(43) 공개일자 2012년03월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020080093177 A
JP2001260719 A
KR100974544 B1
논문: 철도학회

(73) 특허권자
한국철도기술연구원
경기도 의왕시 철도박물관로 176 (월암동)
(72) 발명자
이한민
서울특별시 서초구 서초대로64길 31, 한일아파트
101동 406호 (서초동)
김길동
경기도 용인시 수지구 만현로133번길 33, 만현마
을 LG자이아파트 907동 703호 (상현동)
(74) 대리인
김국진

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 이재훈

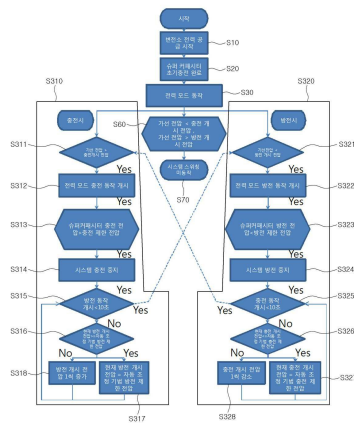
(54) 발명의 명칭 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 관한 것으로; 가선의 가선전압을 측정하는 전압 검출부와 에너지 저장용 슈퍼커패시터의 충전전압 및 방전전압을 측정하는 커패시터 모니터링부와 상기 슈퍼커패시터의 충전 및 방전을 수행하는 양방향 DC/DC 컨버터와 상기 가선전압과 충전전압 및 방전전압을 입력받고 상기 슈퍼커패시터를 충전 또는 방전하도록 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 제어부로 이루어지는 에너지 저장 시스템을 제어함에 있어, 가선 전원의 변동에 따라 저장부 슈퍼커패시터의 과방전 또는 과충전 상태에서 일정시간 동안 충전 또는 방전동작이 개시되지 않을 경우 가선의 Normal 전압이 변동된 것으로 예측 판단하여 충전 및 방전개시전압을 단계별로 상승 또는 하강시켜 충전과 방전을 개시하도록 하는 제어 방법을 제공한다.

그에 따라 결과적으로 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전의 횟수를 증가시켜 에너지 저장 시스템의 이용률을 높여 시스템의 효율을 극대화할 수 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

가선의 가선전압을 측정하는 전압검출부와, 에너지 저장용 슈퍼커패시터의 충전전압 및 방전전압을 측정하는 커패시터 모니터링부와, 상기 슈퍼커패시터의 충전 및 방전을 수행하는 양방향 DC/DC 컨버터와, 상기 가선전압과 충전전압 및 방전전압을 입력받고 상기 슈퍼커패시터를 충전 또는 방전하도록 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 제어부로 이루어지는 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 있어서,

상기 제어부는 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 충전 단계(A)를 수행하고, 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 방전 단계(B)를 수행하되,

상기 충전 단계(A)는, 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크고 슈퍼커패시터의 충전전압이 충전 제한 전압보다 크면 슈퍼커패시터의 충전이 중지되도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어한 후, 설정시간 내에 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 상기 방전 단계(B)로 분기하고, 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 같거나 크면 현재 방전개시 전압과 설정된 방전 제한 전압을 비교하여 현재의 방전개시 전압을 수정하여 설정시간 내에 현재의 가선전압이 수정된 방전개시 전압보다 작으면 상기 방전 단계(B)로 분기하는 단계인 것을 특징으로 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

가선의 가선전압을 측정하는 전압검출부와, 에너지 저장용 슈퍼커패시터의 충전전압 및 방전전압을 측정하는 커패시터 모니터링부와, 상기 슈퍼커패시터의 충전 및 방전을 수행하는 양방향 DC/DC 컨버터와, 상기 가선전압과 충전전압 및 방전전압을 입력받고 상기 슈퍼커패시터를 충전 또는 방전하도록 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 제어부로 이루어지는 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 있어서,

상기 제어부는 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 충전 단계(A)를 수행하고, 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 방전 단계(B)를 수행하되,

상기 방전 단계(B)는, 가선 전압이 설정된 방전개시 전압보다 작고 슈퍼커패시터의 방전전압이 방전 제한 전압보다 작으면 슈퍼커패시터의 충전이 중지되도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어한 후, 설정시간 내에 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 상기 충전 단계(A)로 분기하고 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 같거나 작으면 현재 충전개시 전압과 설정된 충전 제한 전압을 비교하여 현재의 충전개시 전압을 수정하여 설정시간 내에 현재의 가선전압이 수정된 충전개시 전압보다 크면 상기 충전 단계(A)로 분기하는 단계;인 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 충전 단계(A)는,

상기 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 충전개시 전압보다 크면 충전 동작을 수행하도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터를 충전하는 A1단계;

상기 A1단계의 수행하던 중에 커패시터 모니터링부에서 측정되는 슈퍼커패시터의 충전전압이 충전 제한 전압보다 크면 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터의 충전을 중지하는 A2단계;

상기 A2단계 후, 설정시간 내에 가선 전압이 방전개시 전압보다 작으면 상기 방전 단계(B)로 분기하고, 가선 전압이 방전개시 전압보다 크거나 같으면 현재 방전 개시 전압이 설정된 방전 제한 전압보다 크거나 같은지를 비교하는 A3단계;

상기 A3단계 후, 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 크거나 같으면 현재 방전 개시

전압을 설정된 방전 제한 전압으로 수정하고, 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작으면 현재 방전 개시 전압을 일정 값을 증가하는 A4단계;

상기 A4단계 후, 상기 A2단계로 분기하는 A5단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 A4단계는, 현재 방전 개시 전압이 방전 제한 전압보다 작으면 현재 방전 개시 전압을 1V씩 증가하는 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 A3단계의 설정시간은 10초인 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 방전 단계(B)는,

상기 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 방전개시 전압보다 작으면 방전 동작을 수행하도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터를 방전하는 B1단계;

상기 B1단계의 수행하던 중에 커패시터 모니터링부에서 측정되는 슈퍼커패시터의 방전전압이 방전 제한 전압보다 작으면 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터의 방전을 중지하는 B2단계;

상기 B2단계 후, 설정시간 내에 가선 전압이 충전개시 전압보다 크면 상기 충전 단계(A)로 분기하고, 가선 전압이 충전개시 전압보다 작거나 같으면 현재 충전 개시 전압이 설정된 방전 제한 전압보다 작거나 같은지를 비교하는 B3단계;

상기 B3단계 후, 현재 충전 개시 전압이 설정된 충전 제한 전압보다 작거나 같으면 현재 충전 개시 전압을 설정된 충전 제한 전압으로 수정하고, 현재 충전 개시 전압이 설정된 충전 제한 전압보다 크면 충전 개시 전압을 일정 값을 감소하는 B4단계;

상기 B4단계 후, 상기 B2단계로 분기하는 B5단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 B4단계는, 현재 충전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작으면 현재 충전 개시 전압을 1V씩 감소하는 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 B3단계의 설정시간은 10초인 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

청구항 10

가선의 가선전압을 측정하는 전압검출부와, 에너지 저장용 슈퍼커패시터의 충전전압 및 방전전압을 측정하는 커패시터 모니터링부와, 상기 슈퍼커패시터의 충전 및 방전을 수행하는 양방향 DC/DC 컨버터와, 상기 가선전압과 충전전압 및 방전전압을 입력받고 상기 슈퍼커패시터를 충전 또는 방전하도록 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 제어부로 이루어지는 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 있어서,

상기 제어부는 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 충전 단계(A)를 수행하고, 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 방전 단계(B)를 수행하되,

상기 제어부는 상기 충전 단계(A) 또는 방전 단계(B)를 수행중에, 가선 전압이 충전 개시 전압보다 작고 방전 개시 전압보다 크면 슈퍼커패시터의 충전과 방전을 중지하도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 C단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 관한 것으로서, 좀더 상세하게는 직류 지하철 급전시스템에서 발생하는 회생전력을 활용하기 위한 회생전력 제어용 DC-DC컨버터를 변전소의 출력변동 및 차량의 운행에 따른 가선변동에 따라 충방전시 자동 튜닝(Auto Level Tuning) 제어를 통해 에너지를 효율적으로 이용할 수 있도록 제어하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 전 세계적으로 기후변화로 상징되는 환경위기와 고유가로 대표되는 자원위기에 동시 직면하고 있고 석유에너지의 고갈과 환경오염에 의한 지구온난화를 방지하기 위한 도쿄의정서가 발효됨에 따라 CO2 배출을 억제하기 위한 신재생에너지의 개발이 시급한 과제로 급부상하고 있다.

[0003] 이에 도시철도 운행전동차(이하, '전기철도 차량'이라 한다.)에도 에너지 저장 시스템을 도입하여 전기철도 차량의 제동시 발생하여 허공으로 사라지는 회생에너지를 낭비하지 않고 에너지 저장매체에 저장한 후, 차량 운행(역행)시 재사용함으로써 전력에너지의 사용량 절감과 CO₂배출가스 저감효과, 환경 친화적이고 효율적인 전력 활용에 이바지할 수 있으며 회생실효율성 및 에너지 절약에 크게 기여할 수 있다.

[0004] 한편, 회생에너지를 효율적으로 활용하기 위해서는 에너지저장시스템의 충, 방전 레벨 값이 중요한 요소로 작용하는데 전철 변전소 출력전압 변동 및 차량운행에 따른 가선 전압의 변동으로 인하여 시스템을 효율적으로 활용하기도 어려운 실정이다.

[0005] 일 예로 직류 전철 변전소의 급전 시스템의 변전설비는 2500kw 12pulse 정류기로 구성되어 있으며, 2500kW 정류기는 교류전원을 직류전원으로 변환하는 기능을 가지며, 변전설비의 정류기 정격은 아래의 표 1과 같다.

표 1

목록	전압
정격 DC전압	1500[V]
정류기용 변압기 2차측 전압	600[V]
3상 전과 정류기 전압계수	1.35
정류기 2차측 전압	810[V]
12pulse 정류기 2차측 전압	1620[V]

[0007] 이와 같은 직류 전철 변전소의 급전 시스템에서 변압기와 정류기를 통한 가선전원은 한전 전원의 변동에 의해 결정이 되며, 전력 공급자(일 예로, 한전)로부터의 공급전원의 변동은 3%까지 허용이 되고, 실제 측정결과 정류기 후단의 가선전압은 일정한 패턴이 없이 1625V를 기준으로 1612 ~ 1640V 범위까지 변동이 있음을 확인한 바 있다.

[0008] 도 1에서와 같이 정류기 후단의 모선을 측정한 결과, 측정라인이 두겹게 유지되는 윤곽을 보면 가선이 열차의

운행에 관계없이 흔들리고 있는 모습을 확인할 수 있는데, 날카롭게 나타나는 측정전압은 열차의 역행과 회생시에 나타나는 전압이다.

- [0009] 그런데, 일반적으로 사용하고 있는 에너지 저장 시스템은 가선의 전압이 일정하다는 전제하에 가선전압보다 일정전압 이상 상승하거나 또는 하강하는 경우 에너지 저장 시스템을 충전 또는 방전하도록 설정하지만, 변전 설비의 용량이 증대됨에 따라 전기철도 차량의 역행시 발생하는 가선전압의 전압강하가 매우 작은 현실에서는 에너지 저장 시스템의 방전을 개시하기 위한 전압을 일정전압으로 설정하는 것이 매우 어렵게 된다.
- [0010] 또한, 이러한 전기철도 차량의 역행시 발생하는 전압강하가 15V 이하인데 반해 가선전압은 30V이상의 변동폭을 가지게 되어 실제 에너지 저장 시스템의 충방전 수행은 원활하게 이루어지지 못할 수 있다.
- [0011] 따라서, 가선전압의 변동에 따른 에너지 저장장치의 충방전 개시전압 및 유지 전압에 변동을 시켜야할 필요성이 있음에도 불구하고, 가선전압의 변동은 어떠한 시간이나 열차의 운행패턴에 의한 일정한 패턴을 가지는 것이 아니므로 가선전압의 변동을 트래킹(tracking)하는 것 역시 매우 어려운 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 따라서, 본 발명은 이러한 제반 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 그 목적은 직류 지하철 급전 시스템에서 발생하는 회생전력을 활용하기 위한 회생전력 제어용 DC-DC컨버터의 제어 알고리즘과 변전소의 출력변동 및 차량의 운행에 따른 가선변동에 따라 시스템의 추종성 및 전력 절감량을 향상시키고자 시스템의 충전 및 방전시 자동 튜닝(Auto Level Tuning) 알고리즘을 적용하여 에너지 저장 시스템을 효율적으로 제어할 수 있는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 이와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해 본 발명은;
- [0014] 가선의 가선전압을 측정하는 전압검출부와, 에너지 저장용 슈퍼커패시터의 충전전압 및 방전전압을 측정하는 커패시터 모니터링부와, 상기 슈퍼커패시터의 충전 및 방전을 수행하는 양방향 DC/DC 컨버터와, 상기 가선전압과 충전전압 및 방전전압을 입력받고 상기 슈퍼커패시터를 충전 또는 방전하도록 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 제어부로 이루어지는 에너지 저장 시스템의 제어 방법에 있어서,
- [0015] 상기 제어부는 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 충전 단계(A)를 수행하고, 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 방전 단계(B)를 수행하는 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법을 제공한다.
- [0016] 여기서, 상기 충전 단계(A)는, 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크고 슈퍼커패시터의 충전전압이 충전 제한 전압보다 크면 슈퍼커패시터의 충전이 중지되도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어한 후, 설정시간 내에 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 상기 방전 단계(B)로 분기하고, 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 같거나 크면 현재 방전개시 전압과 설정된 방전 제한 전압을 비교하여 현재의 방전개시 전압을 수정하여 설정시간 내에 현재의 가선전압이 수정된 방전개시 전압보다 작으면 상기 방전 단계(B)로 분기하는 단계인것을 특징으로 한다.
- [0017] 그리고, 상기 방전 단계(B)는, 가선 전압이 설정된 방전개시 전압보다 작고 슈퍼커패시터의 방전전압이 방전 제한 전압보다 작으면 슈퍼커패시터의 충전이 중지되도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어한 후, 설정시간 내에 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 상기 충전 단계(A)로 분기하고 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 같거나 작으면 현재 충전개시 전압과 설정된 충전 제한 전압을 비교하여 현재의 충전개시 전압을 수정하여 설정시간 내에 현재의 가선전압이 수정된 충전개시 전압보다 크면 상기 충전 단계(A)로 분기하는 단계인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 이때, 상기 충전 단계(A)는; 상기 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 충전개시 전압보다 크면 충전 동작을 수행하도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터를 충전하는 A1단계; 상기 A1단계의 수행하던 중에 커패시터 모니터링부에서 측정되는 슈퍼커패시터의 충전전압이 충전 제한 전압보다 크면 상기 양방향 DC/DC

컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터의 충전을 중지하는 A2단계; 상기 A2단계 후, 설정시간 내에 가선 전압이 방전개시 전압보다 작으면 상기 방전 단계(B)로 분기하고, 가선 전압이 방전개시 전압보다 크거나 같으면 현재 방전 개시 전압이 설정된 방전 제한 전압보다 크거나 같은지를 비교하는 A3단계; 상기 A3단계 후, 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 크거나 같으면 현재 방전 개시 전압을 설정된 방전 제한 전압으로 수정하고, 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작으면 현재 방전 개시 전압을 일정 값을 증가하는 A4단계; 상기 A4단계 후, 상기 A2단계로 분기하는 A5단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 특히, 상기 A4단계는, 현재 방전 개시 전압이 방전 제한 전압보다 작으면 현재 방전 개시 전압을 1V씩 증가하며, 상기 A3단계의 설정시간은 10초인 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 방전 단계(B)는; 상기 전압검출부에서 측정되는 가선전압이 방전개시 전압보다 작으면 방전 동작을 수행하도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터를 방전하는 B1단계; 상기 B1단계의 수행하던 중에 커패시터 모니터링부에서 측정되는 슈퍼커패시터의 방전전압이 방전 제한 전압보다 작으면 상기 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 슈퍼커패시터의 방전을 중지하는 B2단계; 상기 B2단계 후, 설정시간 내에 가선 전압이 충전개시 전압보다 크면 상기 충전 단계(A)로 분기하고, 가선 전압이 충전개시 전압보다 작거나 같으면 현재 충전 개시 전압이 설정된 방전 제한 전압보다 작거나 같은지를 비교하는 B3단계; 상기 B3단계 후, 현재 충전 개시 전압이 설정된 충전 제한 전압보다 작거나 같으면 현재 충전 개시 전압을 설정된 충전 제한 전압으로 수정하고, 현재 충전 개시 전압이 설정된 충전 제한 전압보다 크면 충전 개시 전압을 일정 값을 감소하는 B4단계; 상기 B4단계 후, 상기 B2단계로 분기하는 B5단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 이때, 상기 B4단계는, 현재 충전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작으면 현재 충전 개시 전압을 1V씩 감소하며, 상기 B3단계의 설정시간은 10초인 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 제어부는 상기 충전 단계(A) 또는 방전 단계(B)를 수행중에, 가선 전압이 충전 개시 전압보다 작고 방전 개시 전압보다 크면 슈퍼커패시터의 충전과 방전을 중지하도록 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하는 C단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 직류 도시철도 차량의 회생에너지를 효율적으로 사용하고 가선전압의 안정화를 구현할 수 있는 양방향 DC-DC컨버터를 최적의 에너지 절감량 효과를 얻을 수 있는 충전 및 방전 자동 튜닝(Auto Level Tuning) 알고리즘을 적용하여 제어함으로써 가선변동에 따른 에너지 저장 시스템을 효율적이면서도 안정적으로 운영할 수 있는 장점이 있다.

[0024] 즉, 본 발명은 가선 전원의 변동에 따라 저장부 슈퍼커패시터의 과방전 또는 과충전 상태에서 일정시간 동안 충전 또는 방전동작이 개시되지 않을 경우 가선의 Normal 전압이 변동된 것으로 예측 판단하여 충전 및 방전 개시전압을 단계별로 상승 또는 하강시켜 충전과 방전을 개시하도록 함으로써 결과적으로 충전 및 방전의 횟수를 증가시켜 에너지 저장 시스템의 이용률을 높여 시스템의 효율을 극대화하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 일반적인 전기철도 차량의 운행 시에 정류기 후단의 모션을 측정한 결과 파형도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 제어부의 전력모드 제어기를 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전 제어 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 자동 튜닝 미적용시의 과방전 동작시험 파형도이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 자동 튜닝 미적용시의 과충전 동작시험 파형도이다.

도 7은 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 자동 튜닝 적용시의 동작시험 파형도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 제어 방법을 첨부한 도면을 참고로 하여 이하 상세히 기술되는 실시 예에 의하여 그 특징들을 이해할 수 있을 것이다.
- [0027] 도 2는 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 구성도이고, 도 3은 본 발명에 따른 제어부의 전력모드 제어기를 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전 제어 흐름도이고, 도 5는 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 자동 튜닝 미적용시의 과방전 동작시험 파형도이고, 도 6은 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 자동 튜닝 미적용시의 과충전 동작시험 파형도이고, 도 7은 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 자동 튜닝 적용시의 동작시험 파형도이다.
- [0028] 먼저, 도 2에 의하면, 본 발명의 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템은 전기철도 차량에 탑재되는 것으로, 전기를 공급하는 경로인 가선(1)으로부터 팬토그래프(미도시됨)를 통해 공급받는 가선전원의 고주파 성분을 제거하는 필터부(10)와, 전기적 에너지를 저장하는 커패시터로 이루어지는 저장부(20)와, 상기 필터부(10)와 저장부(20)의 사이에 전기적으로 연결되어 제어신호에 따라 제1트랜지스터(32)와 제2트랜지스터(33)를 개폐함으로써 제어되는 양방향 DC/DC 컨버터(30)와, 상기 양방향 DC/DC 컨버터(30)와 상기 저장부(20) 사이에 전기적으로 연결되어 고주파 노이즈를 제거하는 DC/DC 필터(40)와, 상기 필터부(10)의 가선전압을 검출하는 전압 검출부(50)와, 상기 전압검출부(50)에서 검출된 가선전압을 판단하여 상기 양방향 DC/DC 컨버터(30)의 제1 및 제2트랜지스터(32,33)의 각각에 개폐 제어신호를 출력하는 제어부(60)로 구성된다.
- [0029] 이때, 상기 제1 및 제2트랜지스터(32,33)는 절연 게이트 양극성 트랜지스터(Insulated gate bipolar transistor; IGBT)를 사용한다.
- [0030] 한편, 상기 팬토그래프와 필터부(10) 사이에는 상기 필터부(10)를 구성하는 커패시터(12)의 충전시 과전류를 방지하는 충전부(70)가 전기적으로 연결된다.
- [0031] 그리고, 상기 필터부(10)로 유입되는 전류량을 검출하여 상기 제어부(60)로 출력하는 전류검출부(80)가 더 포함되고, 상기 충전부(70)는 충전부(70)와 팬토그래프의 전기적 연결을 개폐하는 차단스위치(72)가 더 구비된다. 이와 같은 구성에 의해 상기 제어부(60)는 상기 전류검출부(80)로부터 과전류가 검출되는 경우 상기 차단스위치(72)를 개방시킨다.
- [0032] 한편, 상기 저장부(20)의 충전전압, 방전전압 및 전력을 측정하여 상기 제어부(60)로 출력하는 커패시터 모니터링부(90)가 더 구비된다.
- [0033] 이하, 본 발명을 구성하는 각부의 구성을 좀 더 구체적으로 설명한다.
- [0034] 먼저, 가선(1)은 전기철도 차량에 전기를 공급하는 경로로서, 가선(1)으로부터 공급되는 가선전원은 전기철도 차량의 팬토그래프를 통해 양방향 DC-DC 컨버터(30)를 거치게 된다. 이때, 상기 양방향 DC-DC 컨버터(30)는 기본적으로 내부에서 수십㎐ ~ 수백㎐로 발진시켜 승압 및 강압을 시키는 장치이므로 내부에서 트랜지스터나 FET 등과 같은 스위칭소자의 스위칭 동작에 의해 발생하는 고주파 노이즈가 입력 및 출력단을 통해 나가는 것을 막기 위하여 필터가 필요하다. 이를 위해 팬토그래프와 양방향 DC-DC 컨버터(30)의 사이에는 고주파 노이즈를 제거하기 위해 필터부(10)가 구비된다.
- [0035] 이와 같은 필터부(10)는 직렬 연결된 인덕터(11)와 병렬로 연결된 커패시터(12)로 이루어져 고주파 노이즈를 제거하지만, 고주파 노이즈를 제거하기 위한 것으로서 다른 등가 회로 등으로 치환이 가능하다.
- [0036] 이때, 상기 필터부(10)를 구성하는 커패시터(12)의 용량이 작은 경우에는 커패시터(12)가 충전하는 데까지 걸리는 시간이 짧기 때문에 큰 문제가 되지 않으나, 커패시터(12)가 대용량인 경우에는 충전이 어느 정도 진행되어 전류량이 감소하기 전까지는 단락되어 있는 상태와 마찬가지로 과전류의 위험이 존재한다.
- [0037] 특히, 상기 필터부(10)의 과전류는 주변 시스템에 큰 문제를 일으킬 수 있으므로 보호회로가 구비되어야 하며, 이는 팬토그래프와 필터부(10) 사이에 충전부(70)를 구비하여서 이루어진다.

- [0038] 이와 같은 충전부(70)는 회로의 임피던스 매칭을 하기 위한 임피던스(74)와, 충전부(70)내로 투입되는 전원을 차단하기 위한 차단스위치(72)와, 필터부(10)의 커패시터(12)의 충전을 온오프하기 위한 충전스위치(76)로 구성된다.
- [0039] 상기 구성에 의한 충전부(70)는 상기 충전스위치(76)가 오프(Off) 상태가 되면 충전부(70)의 저항(78)에 의하여 과전류가 흐르는 것을 방지하게 되며, 필터부(10)의 커패시터(12)가 충분히 충전되고 난 뒤에 충전스위치(76)를 온(On) 상태로 하게 된다.
- [0040] 한편, 상기 임피던스(74)는 회로의 임피던스 매칭을 하기 위한 것으로 필요에 따라 선택적으로 적용할 수 있으며, 상기 차단스위치(72)는 독립적으로 전력을 차단하기 위해 구비된다.
- [0041] 그리고, 상기 양방향 DC/DC컨버터(30)는 PWM(Pulse width modulation) 제어에 의하여 턴온(Turn On) 또는 턴 오프(Turn Off)되는 제1 및 제2트랜지스터(32,33)로 구성되어 제1 및 제2트랜지스터(32,33)가 스위칭되면서 양방향으로 DC 전압을 특정 DC전압으로 변환시킨다.
- [0042] 이때, 상기 제1 및 제2트랜지스터(32,33)의 제어신호는 제어부(60)로부터 인가되며, 상기 제어부(60)의 제어 신호에 의하여 제2트랜지스터(33)가 오프(Off)되고 제1트랜지스터(32)가 온(On) 상태로 스위칭하면 Buck Converter로서 작동하게 된다.
- [0043] 한편, 제1트랜지스터(32)가 오프(Off)되고 제2트랜지스터(33)가 온(On) 상태로 스위칭 되면 Boost Converter로서 작동하게 되지만, 양방향 전력흐름을 제어하기 위해서는 제1트랜지스터(32)와 제2트랜지스터(33)를 180° 위상차를 두어 제어하는 것이 바람직하다. 이 경우 주된 스위칭 역할은 제2트랜지스터(33)가 하게 된다.
- [0044] 또한, 상기 양방향 DC/DC 컨버터(30)와 상기 저장부(20) 사이에 구비되는 DC/DC 필터(40)는 상기 필터부(10)와 동일하게 고주파 노이즈가 주위의 장치들로 흘러들어가 여러 가지 문제를 일으키는 것을 방지하기 위해 인덕터(41)로 구성되며, 이는 다른 등가 회로 등으로 치환이 가능하며, 이는 모두 동일한 기술적 범주에 속하는 것이다.
- [0045] 다음으로 상기 저장부(20)는 슈퍼커패시터(22)로 구성되어 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 통하여 전달받은 회생 전력을 저장하게 된다. 이때 슈퍼커패시터(22)의 용량에 따라 저장 시간이 결정된다.
- [0046] 한편, 상기 저장부(20)는 상기 슈퍼커패시터(22)의 충전 전원을 인위적으로 방전하도록 하기 위한 방전스위치(24)와 저항(26)이 구비된다.
- [0047] 또한, 상기 전류검출부(80)는 필터부(10)로 유입되는 전류를 측정하여 상기 제어부(60)로 출력하며, 상기 전압검출부(50)는 필터부(10)의 커패시터(12) 양단의 전압을 검출하여 제어부(60)로 출력하며, 상기 커패시터 모니터링부(90)는 저장부(20)의 슈퍼커패시터(22)의 전압 및 충전량 등을 측정하여 제어부(60)로 출력하게 된다.
- [0048] 그리고, 상기 제어부(60)는 마이크로프로세서 또는 일반 컴퓨터시스템으로 구성할 수 있는 것으로, 에너지저장 시스템의 제어부(60)는 저장부(20)의 슈퍼커패시터(22)의 초기 정전류 충전을 위한 초기충전 제어기와 초기 충전완료 후 전기철도 차량의 역행, 제동시 발생하는 회생 에너지를 이용하여 가선전원을 안정화시키기 위한 전력모드 제어기로 구성하고, 그 초기충전 제어기 및 전력모드 제어기의 구조는 PI-PI의 2중 루프 제어기로 설계한다.
- [0049] 이때, 초기충전 제어기는 초기 슈퍼캐시터(22)를 충전하기 위한 제어기로서, 슈퍼캐시터(22)가 완전 방전되었을 때에 성분에 의한 돌입전류 방지를 위한 소프트 스타트 제어기와 정전류 제어를 위한 전류제어기 그리고 전류제어기의 출력 값에 따라 듀티비를 제어하기 위한 전압제어기로 구성한다.
- [0050] 그리고, 전력모드 제어기는 도 3에 도시된 바와 같이 전력모드로 운영시에 내부 루프인 전류제어기(62)는 초기충전모드인 때와 달리 내부루프에 위치하게 되어 외부루프인 전력제어기(61)의 절점주파수보다 빠른 절점주파수를 가지게 된다. 전력모드에서 외부루프인 전력제어기(61)는 DC링크단의 전력을 제어하는 것으로 DC링크단의 임피던스는 추종값과 실제값이 항상 같게 됨으로 결국에 에러값을 보상하는 결과와 동일하게 계산된다. 이와 같은 전력제어기에 있어서 시스템 전달함수는 식(1)의 관계에 의해 식(2)과 같은 시스템 전달함수로 계산된다.

$$P_{dc} \approx P_{sc} = \frac{1}{2} C_x V_{sc}^2 = V_{sc} I_{sc} \quad (1)$$

$$G(s) = \frac{P_{dc}(s)}{I_{sc}(s)} = V_{sc}(s) = \frac{1}{sC_x} \quad (2)$$

[0051]

[0052]

이와 같은 에너지저장 시스템의 제어부(60)는 변동성이 있는 가선(1)의 가선전압과 저장부(20)의 슈퍼커패시터(22) 충전전압 또는 방전전압을 감시하고 이를 이용해 저장부(20)의 충전 및 방전을 제어한다.

[0053]

이 경우 에너지저장 시스템의 구성 및 제어부(60)의 설계는 가선전원이 일정한 환경이라는 가정에서부터 설계되지만, 실제 상황에서는 이와 같은 이상적인 환경의 가선은 존재하지 않는다.

[0054]

즉, 에너지저장 시스템의 저장부(20)를 구성하는 슈퍼커패시터(22)의 충전과 방전을 시행하는 경우 가선의 변동폭 및 그에 따른 슈퍼커패시터(22)의 충전과 방전의 개시, 유지전압의 변동 사항들은 반드시 고려되어야 한다.

[0055]

따라서, 에너지 저장 시스템은 변전소 정류기 출력전압의 유동을 면밀하게 분석하여 시스템 충전시 변전소 전원으로 충전되면 안 되고, 방전 개시전압을 너무 높게 선정하여 상시방전 체계로 선정해서도 안 된다. 따라서, 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전 개시전압을 고정하게 되면 변전소 전원의 변동 및 열차운행에 따라 슈퍼커패시터(22)는 충전량에 비해 방전량이 많아지거나 방전량에 비해 충전량이 많아져 과충전 또는 과방전상태에 머물게 되므로 에너지 절감율은 떨어질 수 밖에 없다.

[0056]

이를 해소하기 위해 도 4에 도시한 바와 같은 자동 튜닝(Auto Level Tuning) 알고리즘에 따라 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전을 제어한다.

[0057]

이에 의하면, 시스템이 시작되면 변전소에 전력이 공급되기 시작하면서(S10), 가선(1)을 거쳐 전기철도 차량의 에너지 저장 시스템에 가선전원이 투입되고 이로 인해 저장부(20)의 슈퍼 커패시터(22)가 초기충전된다.(S20)

[0058]

이와 같이 슈퍼 커패시터(22)의 초기충전이 완료되며, 제어부(60)는 전력 모드(S30)로 동작하게 된다.

[0059]

즉, 전기철도 차량의 에너지 저장 시스템의 제어부(60)는 전력 모드 단계(S30)에서 시스템 내부 설정치인 충전 개시 전압과 방전 개시 전압 조건에 따라 충전 단계(S310)와 방전단계(S320)를 선택적으로 수행하게 된다.

[0060]

먼저, 상기 충전 단계(S310)는 가선(1)의 가선 전압이 설정된 충전개시 전압보다 클 경우 수행되는 단계로서, 커패시터 모니터링부(90)에서 측정되는 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 충전전압이 충전 제한 전압(예를 들어, 1050V)보다 커지게 되면 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 충전 동작을 멈추도록 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어한 후, 설정시간인 10초 이내에 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 작으면 방전 단계(S320)로 분기하여 슈퍼커패시터(22)를 방전하고 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압이 설정된 방전개시 전압보다 같거나 크면 현재 방전개시 전압과 설정된 자동 조정 기법의 방전 제한 전압을 비교하여 현재의 방전개시 전압을 수정하며, 수정된 방전 개시 전압을 10초 이내에 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압과 반복적으로 비교하며 방전 단계(S320)로 분기여부를 결정한다.

[0061]

이때, 방전 개시 전압의 자동 조정을 위해 현재의 방전개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 크거나 같으면 현재의 방전개시 전압을 자동 조정 기법의 방전 제한 전압값으로 설정하고, 현재의 방전개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작으면 현재의 방전개시 전압을 일정 값인 1V씩 증가시켜 다시 10초 이내에 가선전압이 방전개시 전압보다 작은지 여부를 비교한다.

[0062]

상기 충전 단계(S310)는 단계(S311) 내지 단계(S318)의 단계로 세분화되어 수행된다.

[0063]

즉, 충전시 제어부(60)는 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압이 충전개시 전압보다 큰지를 비교하고

(S311), 가선전압이 충전개시 전압보다 크면 전력 모드의 충전 동작을 수행하도록 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어하여 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)를 충전한다.(S312)

[0064] 상기 단계(S312)를 수행하던 중, 커패시터 모니터링부(90)에서 측정되는 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 충전 전압이 충전 제한 전압보다 큰지를 비교하고 (S313), 충전전압이 충전 제한 전압보다 크면 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어하여 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 충전을 중지한다.(S314)

[0065] 상기 단계(S314)를 수행하여 슈퍼커패시터(22)의 충전을 중지한 순간부터 10초 이내에 가선 전압이 방전개시 전압보다 작은지를 비교하여(S315), 가선 전압이 방전개시 전압보다 작으면 방전단계(S320)를 수행하고, 가선 전압이 방전개시 전압보다 크거나 같으면 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 크거나 같은지를 비교한다.(S316)

[0066] 상기 단계(S316)를 수행하여 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 크거나 같으면 현재 방전 개시 전압을 자동 조정기법의 방전 제한 전압과 같도록 수정하고(S317), 상기 단계(S316)를 수행하여 현재 방전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작으면 현재 방전 개시 전압을 1V씩 증가한다(S318). 이때, 상기 단계(S317) 또는 단계(S318)를 수행한 후에는 단계(S315)로 분기하여 가선 전압이 방전개시 전압보다 작은지를 비교한다.

[0067] 다음으로, 상기 방전 단계(S320)는 가선(1)에서 공급되는 가선 전압이 설정된 방전개시 전압보다 작을 경우 수행되는 단계로서, 커패시터 모니터링부(90)에서 측정되는 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 방전전압이 방전 제한 전압(예를 들어, 450V)보다 작아지게 되면 방전 동작을 멈추도록 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어한 후, 동작을 멈춘 순간부터 설정시간인 10초 이내에 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 크면 충전 단계(S310)로 분기하여 슈퍼커패시터(22)를 충전하고 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압이 설정된 충전개시 전압보다 같거나 작으면 현재 충전개시 전압과 설정된 자동 조정 기법의 충전 제한 전압을 비교하여 현재의 충전개시 전압을 수정하며, 수정된 충전개시 전압을 10초 이내에 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압과 반복적으로 비교하며 충전 단계(S310)로의 분기여부를 결정한다.

[0068] 이때, 충전 개시 전압의 자동 조정을 위해 현재의 충전개시 전압이 자동 조정 기법의 충전 제한 전압보다 작거나 같으면 현재의 충전개시 전압을 자동 조정 기법의 충전 제한 전압값으로 설정하고, 현재의 충전개시 전압이 자동 조정 기법의 충전 제한 전압보다 크면 현재의 충전개시 전압을 일정 값인 1V씩 감소시켜 다시 10초 이내에 가선전압이 충전개시 전압보다 작은지 여부를 비교한다.

[0069] 상기 방전 단계(S320)는 단계(S321) 내지 단계(S328)의 단계로 세분화되어 수행된다.

[0070] 즉, 충전시 제어부(60)는 전압검출부(50)에서 측정되는 가선전압이 방전개시 전압보다 작은지를 비교하고 (S321), 가선전압이 방전개시 전압보다 작으면 전력 모드의 방전 동작을 수행하도록 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어하여 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)를 방전한다.(S322)

[0071] 상기 단계(S322)를 수행하던 중, 커패시터 모니터링부(90)에서 측정되는 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 방전 전압이 방전 제한 전압보다 작은지를 비교하고 (S323), 방전전압이 방전 제한 전압보다 작으면 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어하여 저장부(20) 슈퍼커패시터(22)의 방전을 중지한다.(S324)

[0072] 상기 단계(S324)를 수행하여 슈퍼커패시터(22)의 방전을 중지한 순간부터 10초 이내에 가선 전압이 충전개시 전압보다 큰지를 비교하여(S325), 가선 전압이 충전개시 전압보다 크면 충전단계(S310)를 수행하고, 가선 전압이 충전개시 전압보다 작거나 같으면 현재 충전 개시 전압이 자동 조정 기법의 방전 제한 전압보다 작거나 같은지를 비교한다.(S326)

[0073] 상기 단계(S326)를 수행하여 현재 충전 개시 전압이 자동 조정 기법의 충전 제한 전압보다 작거나 같으면 현재 충전 개시 전압을 자동 조정기법의 충전 제한 전압과 같도록 수정하고(S327), 상기 단계(S316)를 수행하여 현재 충전 개시 전압이 자동 조정 기법의 충전 제한 전압보다 크면 현재 충전 개시 전압을 일정 값인 1V씩 감소한다(S328). 이때, 상기 단계(S327) 또는 단계(S328)를 수행한 후에는 단계(S325)로 분기하여 가선 전압이 충전개시 전압보다 작은지를 비교한다.

[0074] 한편, 제어부(60)는 전력 모드(S30)로 동작 중에 가선 전압이 충전 개시 전압보다 작고 방전 개시 전압보다 큰지를 비교하여(S60), 가선 전압이 충전 개시 전압보다 작고 방전 개시 전압보다 크면 저장부(20) 슈퍼캐패시터(22)의 충전과 방전을 중지하도록 대기 상태로 머무르도록 양방향 DC/DC 컨버터(30)를 제어하여 시스템 스위칭 미동작 상태를 수행한다.(S70)

[0075] 물론, 상기 단계(S70)를 수행중에 지속적으로 가선 전압을 측정하고, 측정된 가선전압을 충전 개시 전압 및 방전 개시 전압과 비교함으로써 다음 동작을 수행하게 된다.

[0076] 즉, 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전을 모션인 가선(1)의 가선전원 변동에 따라 슈퍼캐패시터(22)의 과방전 또는 과충전 상태에서 일정시간 동안 충전 또는 방전동작이 개시되지 않을 경우 가선의 Normal 전압이 변동된 것으로 예측 판단하여 충전개시전압 및 방전개시전압을 단계별로 상승 또는 하강시켜 충전과 방전을 개시하여 충전 및 방전 횟수를 증가시켜 줌으로써 에너지 저장 시스템의 이용율을 높이고 시스템의 효율을 극대화할 수 있다.

[0077] 상기 제어 흐름에 따라 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템을 시험한 결과는 다음과 같으며, 시험 조건은 아래의 표 2에서와 같다.

[0078] 즉, 표 2는 시험에 적용한 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전조건과 슈퍼캐패시터(22)의 충,방전 제한용량에 대하여 나타내며, 슈퍼캐패시터(22)에 흘릴 수 있는 전류는 200[A]로 제한하였다.

표 2

구분	Auto Level Tuning 미적용	Auto Level Tuning 적용
충전개시전압	1660[V]	1645[V]~1660[V]
방전개시전압	1615[V]	1615[V]~1624[V]
슈퍼캐패시터 과충전 제한전압	1050[V]	1050[V]
슈퍼캐패시터 과방전 제한전압	450[V]	450[V]
슈퍼캐패시터 충,방전 전류제한	200[A]	200[A]

[0080] 이와 같은 조건하에서 자동튜닝(Auto Level Tuning)의 미적용시의 시험 파형은 도 5 및 도 6이다.

[0081] 즉, 도 5에 의하면 에너지 저장 시스템에 자동튜닝을 미적용한 경우 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전 파형을 살펴보면 가선전압이 전체적으로 낮아 슈퍼캐패시터(22) 측에서는 과방전 영역에서 동작하게 된다. 확대된 파형에서 알 수 있듯이 슈퍼캐패시터의 과방전 레벨(450[V])에 도달 후부터 가선전압이 방전개시전압인 1615[V]가 되어도 방전을 해주지 못하고 있다. 이는 가선전압의 Normal 전압이 낮아진 상태에서 동작하고 있을 때 발생된다.

[0082] 또한, 도 6에 의하면 자동튜닝을 미적용시 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전파형을 살펴보면 가선전압이 전체적으로 높아 슈퍼캐패시터(22) 측에서는 과충전영역에서 동작하게 된다.

[0083] 즉, 확대된 파형에서 알 수 있듯이 가선전압이 충전개시전압인 1660[V] 이상되는 순간 충전을 시작한다. 그런데, 가선의 Normal 전압이 높아진 상태이므로 슈퍼캐패시터(22)의 과충전 레벨(1050[V])에 도달 후부터 전기철도 차량의 역행시에도 가선전압이 방전개시전압인 1615[V] 이하가 되지 못하므로 방전을 해주지 못하는 현상이 발생한다.

[0084] 따라서, 차량운행 및 변전소 출력변동에 따른 가선전압이 방전개시전압 이하로 떨어지기 전까지는 회생전력이 발생하여도 이를 충전하지 못하게 됨을 알 수 있다.

[0085] 이에 반해 도 7은 본 발명에 따른 전기철도 지상용 에너지 저장 시스템의 충전 및 방전시 자동 튜닝(Auto Level Tuning) 제어 알고리즘을 적용한 파형이다. 이에 의하면, 확대된 파형에서 알 수 있듯이 전기철도 차량의 운행 및 변전소 출력변동에 따라 슈퍼캐패시터(22)의 과방전 상태에서 일정시간 동안 충전동작이 이루어지지 않을 경우 가선의 Normal 전압이 낮아진 것으로 판단하여 충전개시전압을 단계별로 상승시켜 충전을 개시하도록 하고, 과충전 상태에서 일정시간 동안 방전동작이 이루어지지 않을 경우 가선의 Normal 전압이 높아진 것으로 판단하여 방전개시전압을 단계별로 상승시켜 방전을 개시하도록 한다.

[0086]

이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 실시 예와 실질적으로 균등한 범위에 있는 것까지 본 발명의 권리범위가 미치는 것으로 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능한 것이다.

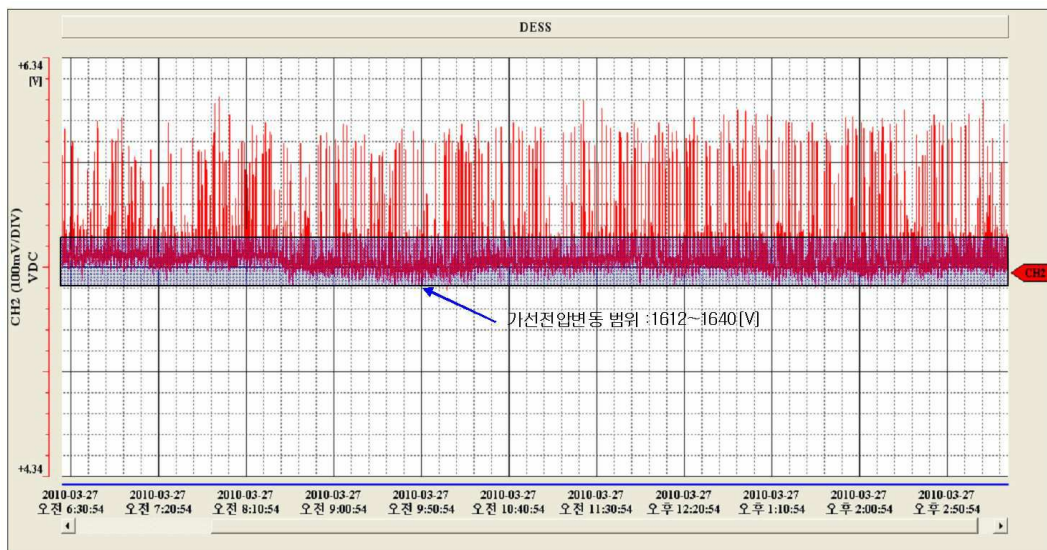
부호의 설명

[0087]

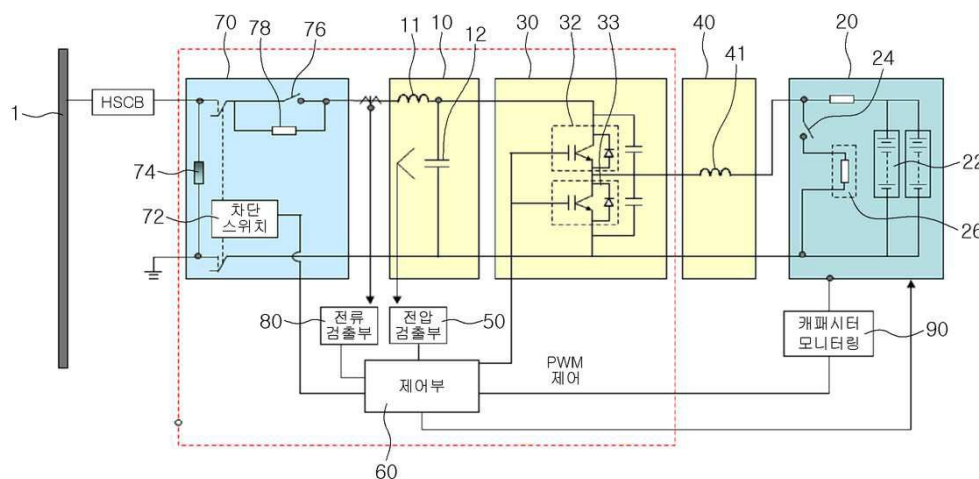
- | | |
|-------------------|--------------|
| 1: 가선 | 10: 필터부 |
| 20: 저장부 | 22: 슈퍼커패시터 |
| 30: 양방향 DC/DC 컨버터 | 40: DC/DC 필터 |
| 50: 전압검출부 | 60: 제어부 |

도면

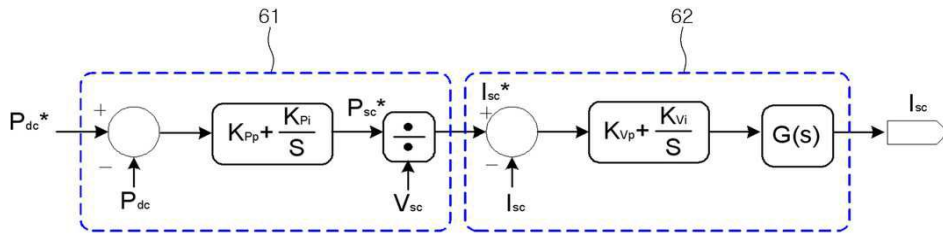
도면1



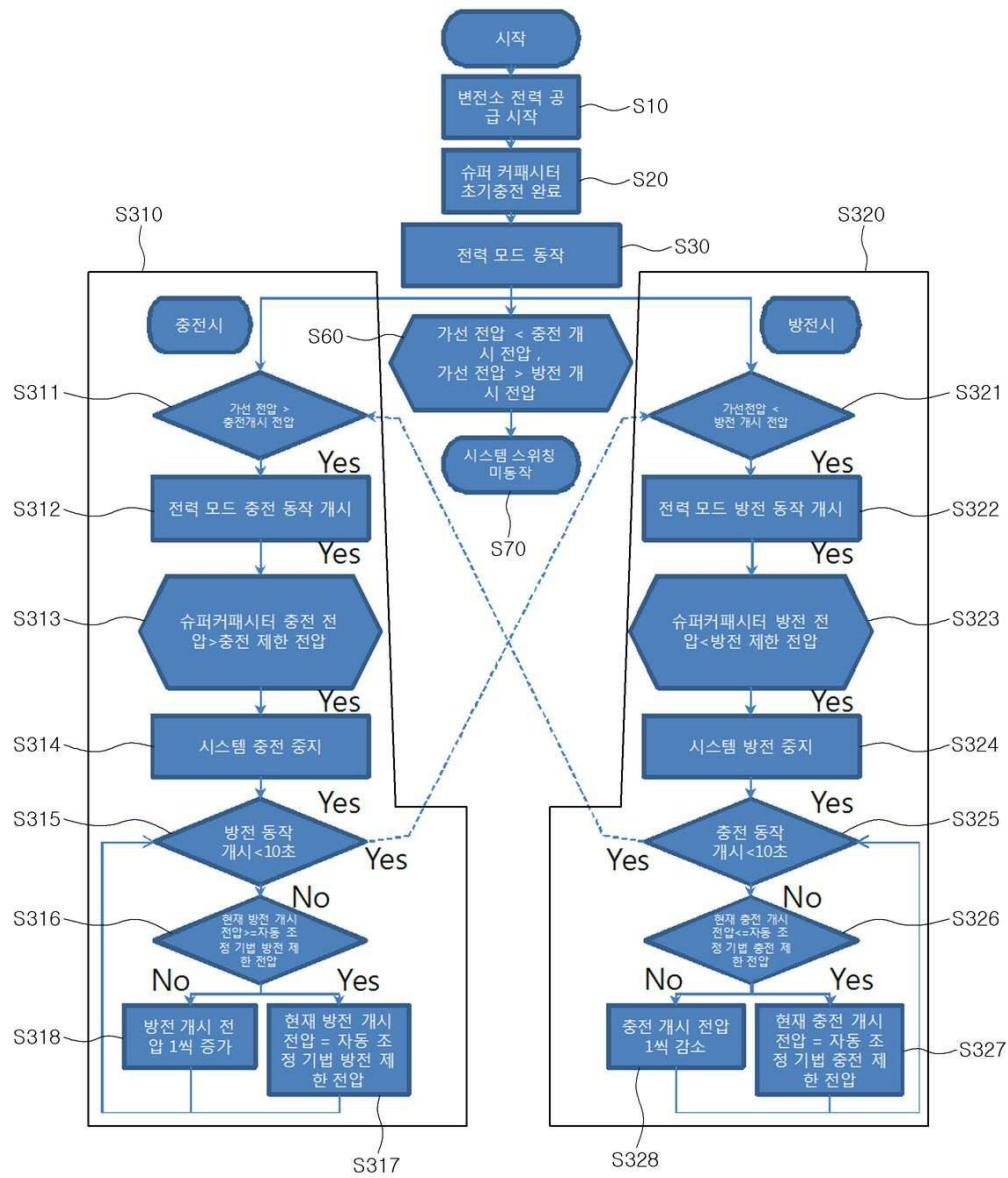
도면2



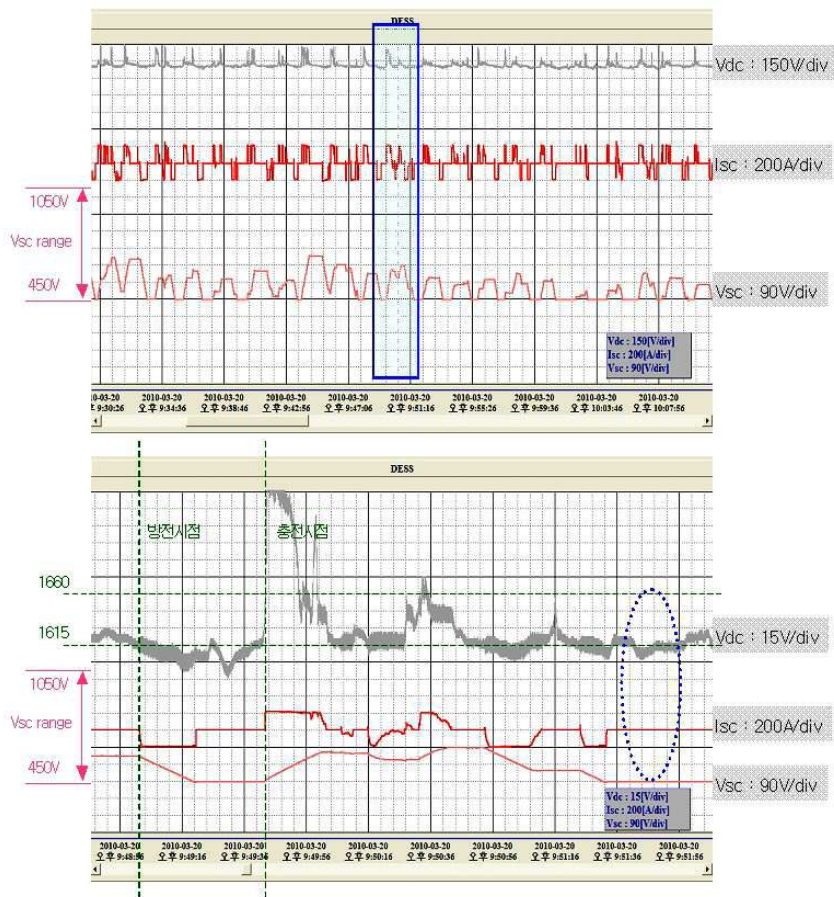
도면3



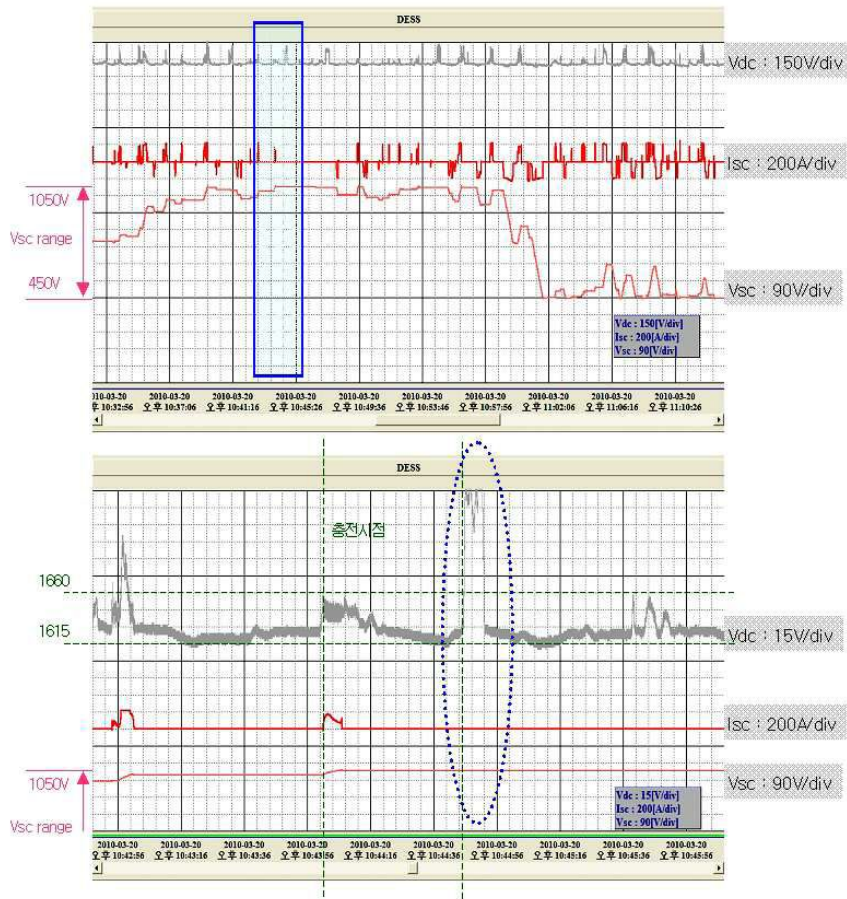
도면4



도면5



도면6



도면7

