(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0136095
(43) 공개일자 2023년09월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 1/44 (2007.01) *H02M 1/12* (2006.01)
H03F 1/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 1/44 (2013.01)
H02M 1/123 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2023-0122822(분할)
(22) 출원일자 2023년09월15일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2021-0008701
원출원일자 2021년01월21일
심사청구일자 2022년05월02일

(71) 출원인
이엠코어텍 주식회사
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (106동504-1호(울산과학기술원))
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김진국
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
정상영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박준식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인더웨이브

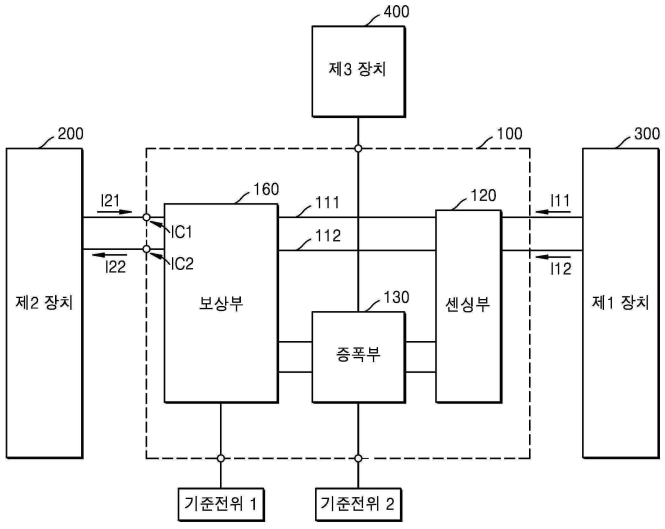
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **능동형 전류 보상 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 제1 장치와 연결되는 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 공통 모드(Common Mode)로 입력되는 제1 전류를 능동적으로 보상하는 전류 보상 장치에 있어서, 제2 장치에 의해 공급되는 제2 전류를 상기 제1 장치에 전달하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로와, 상기 대전류 경로 상의 상기 제1 전류를 센싱하여 제1 전류에 대응되는 출력 신호를 생성하는 센싱부와, 상기 센싱부의 출력 신호를 증폭하여 증폭 전류를 생성하는 증폭부와, 상기 증폭 전류에 기초하여 보상 전류를 생성하고, 보상 전류를 상기 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 흘리도록 하는 보상부와, 상기 보상부에서 상기 제2 장치 측으로의 출력 임피던스가 소정의 조건을 만족하도록 하는 감결합 커패시터부를 포함하는, 전류 보상 장치를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H03F 1/22 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1425165471
과제번호 S3029887
부처명 중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원
연구사업명 창업성장기술개발
연구과제명 지능형 능동 EMI 필터 IC 반도체 설계, 파운드리 제조 및 측정 실험
기 여 율 1/3
과제수행기관명 이엠코어텍 주식회사
연구기간 2020.12.31 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711108156
과제번호 2020R1A2C1005576
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 반도체 내 EMI 노이즈의 관측과 상쇄를 위한 회로 및 시스템 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711116792
과제번호 2020-0-00839-001
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 방송통신산업기술개발(R&D)
연구과제명 초연결 E-Vehicle 전력 및 신호 EMC 고도화 기술 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 한국과학기술원
연구기간 2020.04.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 장치와 연결되는 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 공통 모드(Common Mode)로 입력되는 제1 전류를 능동적으로 보상하는 능동형 전류 보상 장치에 있어서,

제2 장치에 의해 공급되는 제2 전류를 상기 제1 장치에 전달하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로;

상기 대전류 경로 상의 상기 제1 전류를 센싱하여 제1 전류에 대응되는 출력 신호를 생성하는 센싱부;

상기 센싱부의 출력 신호를 증폭하여 증폭 전류를 생성하는 증폭부; 및

상기 증폭 전류에 기초하여 보상 전류를 생성하고, 보상 전류를 상기 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 흘리도록 하는 보상부;

를 포함하는 능동형 전류 보상 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 능동형 전류 보상 장치에 관한 것으로, 두 장치를 연결하는 둘 이상의 대전류 경로 상에 공통 모드로 입력되는 전류를 능동적으로 보상하는 능동형 전류 보상 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 가전용, 산업용 전기 제품이나 전기자동차와 같은 전기 기기들은 동작하는 동안 노이즈를 방출한다. 가령 전자 기기 내에서 전력 변환 장치의 스위칭 동작으로 인해 노이즈가 전력선을 통해 방출될 수 있다. 이러한 노이즈를 방치하면 인체에 유해할 뿐만 아니라 주변 부품 및 다른 전자 기기에 오동작 또는 고장을 야기한다. 이렇듯, 전자 기기가 다른 기기에 미치는 전자 장해를, EMI(Electromagnetic Interference)라고 하며, 그 중에서도, 와이어 및 기판 배선을 경유하여 전달되는 노이즈를 전도성 방출(Conducted Emission, CE) 노이즈라고 한다.

[0003] 전자 기기가 주변 부품 및 다른 기기에 고장을 일으키지 않고 동작하도록 하기 위해서, 모든 전자 제품에서 EMI 노이즈 방출량을 엄격히 규제하고 있다. 따라서 대부분의 전자 제품들은, 노이즈 방출량에 대한 규제를 만족하기 위해, EMI 노이즈 전류를 저감시키는 노이즈 저감 장치(예: EMI 필터)를 필수적으로 포함한다. 예를 들면, 에어컨과 같은 백색가전, 전기차, 항공, 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS) 등에서, EMI 필터가 필수적으로 포함된다. 종래의 EMI 필터는, 전도성 방출(CE) 노이즈 중 공통 모드(Common Mode, CM) 노이즈를 저감시키기 위해 공통 모드 초크(CM choke)를 이용한다. 공통 모드(CM) 초크는 수동 필터로써, 공통 모드 노이즈 전류를 억제하는 역할을 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위해 안출된 것으로, EMI 노이즈가 방출되는 측의 부하의 크기에 관계 없이 보상 전류를 EMI 노이즈가 방출되는 측으로 출력되도록 하는 능동형 전류 보상 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시예에 따른, 제1 장치와 연결되는 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 공통 모드(Common Mode)로 입력되는 제1 전류를 능동적으로 보상하는 능동형 전류 보상 장치는, 제2 장치에 의해 공급되는 제2 전류를 상기 제1 장치에 전달하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로; 상기 대전류 경로 상의 상기 제1 전류를 센싱하

여 제1 전류에 대응되는 출력 신호를 생성하는 센싱부; 상기 센싱부의 출력 신호를 증폭하여 증폭 전류를 생성하는 증폭부; 및 상기 증폭 전류에 기초하여 보상 전류를 생성하고, 보상 전류를 상기 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 흘리도록 하는 보상부; 를 포함할 수 있다.

[0006] 일 실시예에 따르면, 상기 보상부에서 상기 제2 장치 측으로의 출력 임피던스를 조정하도록 구비된 감결합 커패시터부를 더 포함할 수 있다.

[0007] 일 실시예에 따르면, 상기 출력 임피던스는 상기 제2 장치의 임피던스와 상기 감결합 커패시터부의 임피던스의 합성 임피던스일 수 있다.

[0008] 일 실시예에 따르면, 상기 보상부는 보상 커패시터부를 통해 상기 보상 전류를 상기 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각에 흘리고, 상기 감결합 커패시터부는 상기 제2 장치와 상기 보상 커패시터부를 연결하는 상기 적어도 둘 이상의 대전류 경로 각각으로부터 분기되는 경로상에 배치되는 적어도 둘 이상의 커패시터를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따르면, 상기 적어도 둘 이상의 커패시터의 임피던스는, 일정 주파수 대역 내에서 임계 임피던스보다 작을 수 있다.

[0010] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

[0011] 상술한 바와 같이 이루어진 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 고전력 시스템에서도 가격, 면적, 부피, 무게가 크게 증가하지 않는 전류 보상 장치를 제공할 수 있다. 구체적으로, 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, CM 초크를 포함하는 수동 필터에 비하여 가격, 면적, 부피, 무게가 감소될 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 전류 보상 장치는, CM 초크에 기생하지 않고 독립적으로 동작할 수 있는 능동형 전류 보상 장치를 제공할 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, 전력선으로부터 전기적으로 절연되는 능동 회로단을 가짐으로써, 능동 회로단에 포함된 소자들을 안정적으로 보호할 수 있다.

[0014] 이를 통해, 본 발명은, 주변 전기 시스템의 특성에 무관하게 안정적으로 동작할 수 있으며, 독립된 부품으로써 범용성을 가지며, 독립적인 모듈로써 상용화될 수 있는 전류 보상 장치를 제공할 수 있다.

[0015] 이를 통해, 본 발명은, EMI 노이즈가 방출되는 측의 주변 상황의 부하에 무관하게, 전류 보상 기능을 수행할 수 있는 전류 보상 장치를 제공할 수 있다.

[0016] 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100)를 포함하는 시스템의 구성을 개략적으로 도시한다.

도 2는 도 1에 도시된 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A)의 구체적인 일 예를 개략적으로 도시한다.

도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100)를 포함하는 시스템의 구성을 개략적으로 도시한다.

도 4는 도 3에 도시된 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A)의 구체적인 일 예를 개략적으로 도시한다.

도 5는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A-1)를 개략적으로 도시한다.

도 6은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A-2)를 개략적으로 도시한다.

도 7은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A-3)를 개략적으로 도시한다.

도 8은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100C)의 구성을 개략적으로 도시한다.

도 9는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100D)의 구성을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0020] 이하의 실시예에서, 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다. 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다. 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 이하의 실시예에서, 영역, 구성 요소, 부, 유닛, 모듈 등이 연결되었다고 할 때, 영역, 구성 요소, 부, 유닛, 모듈들이 직접적으로 연결된 경우뿐만 아니라 영역, 구성요소, 부, 유닛, 모듈들 중간에 다른 영역, 구성 요소, 부, 유닛, 모듈들이 개재되어 간접적으로 연결된 경우도 포함한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100)를 포함하는 시스템의 구성을 개략적으로 도시한다. 능동형 전류 보상 장치(100)는, 제1 장치(300)로부터 둘 이상의 대전류 경로(111, 112)를 통해 공통 모드(Common Mode, CM)로 입력되는 제1 전류(I11, I12)(예: EMI 노이즈 전류)를 능동적으로 보상할 수 있다.

[0022] 도 1을 참조하면, 능동형 전류 보상 장치(100)는, 센싱부(120), 증폭부(130), 및 보상부(160)를 포함할 수 있다.

[0023] 본 명세서에서 제1 장치(300)는 제2 장치(200)가 공급하는 전원을 사용하는 다양한 형태의 장치일 수 있다. 가령 제1 장치(300)는 제2 장치(200)가 공급하는 전원을 이용하여 구동되는 부하일 수 있다. 또한 제1 장치(300)는 제2 장치(200)가 공급하는 전원을 이용하여 에너지를 저장하고, 저장된 에너지를 이용하여 구동되는 부하(예컨대 전기 자동차)일 수 있다. 다만 이에 한정되지 않는다.

[0024] 본 명세서에서 제2 장치(200)는 제1 장치(300)에 전원을 전류 및/또는 전압의 형태로 공급하기 위한 다양한 형태의 장치일 수 있다. 가령 제2 장치(200)는 전원을 생산하여 공급하는 장치일 수도 있고, 다른 장치에 의해 생산된 전원을 공급하는 장치(예컨대 전기 자동차 충전 장치)일 수도 있다. 물론 제2 장치(200)는 저장된 에너지를 공급하는 장치일 수도 있다. 다만 이에 한정되지 않는다. 제1 장치(300) 측에는 전력 변환 장치가 위치할 수 있다. 예를 들면 상기 전력 변환 장치의 스위칭 동작에 의해 제1 전류(I11, I12)가 전류 보상 장치(100)에 입력될 수 있다. 즉, 제1 장치(300) 측은 노이즈 소스에 대응할 수 있으며, 제2 장치(200) 측은 노이즈 리시버에 대응할 수 있다.

[0025] 둘 이상의 대전류 경로(111, 112)는 제2 장치(200)에 의해 공급되는 전원, 즉 제2 전류(I21, I22)를 제1 장치(300)에 전달하는 경로일 수 있는데, 예컨대 전력선일 수 있다. 예를 들면, 둘 이상의 대전류 경로(111, 112) 각각은 라이브선(Live line)과 중성선(Neutral line)일 수 있다. 대전류 경로(111, 112)의 적어도 일부는 전류 보상 장치(100)를 통과할 수 있다. 제2 전류(I21, I22)는, 제2 주파수 대역의 주파수를 갖는 교류 전류일 수 있다. 제2 주파수 대역은 예를 들면, 50Hz 내지 60Hz 대역일 수 있다.

[0026] 또한 둘 이상의 대전류 경로(111, 112)는, 제1 장치(300)에서 발생한 노이즈, 즉 제1 전류(I11, I12)가 제2 장치(200)에 전달되는 경로일 수도 있다. 제1 전류(I11, I12)는 둘 이상의 대전류 경로(111, 112) 각각에 대해 공통 모드(Common Mode)로 입력될 수 있다. 제1 전류(I11, I12)는 다양한 원인에 의해 제1 장치(300)에서 의도치 않게 발생되는 전류일 수 있다. 가령 제1 전류(I11, I12)는 제1 장치(300)와 주변 환경 사이의 가상의 커패시턴스(Capacitance)에 의해 발생되는 노이즈 전류일 수 있다. 또는 제1 전류(I11, I12)는, 제1 장치(300)의 전력 변환 장치의 스위칭 동작에 의해 발생되는 노이즈 전류일 수 있다. 제1 전류(I11, I12)는 제1 주파수 대역의 주파수를 갖는 전류일 수 있다. 제1 주파수 대역은 전술한 제2 주파수 대역보다 높은 주파수 대역일 수 있다. 제1 주파수 대역은 예를 들면, 150KHz 내지 30MHz 대역일 수 있다.

[0027] 한편 둘 이상의 대전류 경로(111, 112)는 도 1에 도시된 바와 같이 두 개의 경로를 포함할 수도 있고, 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이 세 개의 경로 또는 네 개의 경로를 포함할 수도 있다. 대전류 경로(111, 112)의 수는 제1 장치(300) 및/또는 제2 장치(200)가 사용하는 전원의 종류 및/또는 형태에 따라 달라질 수 있다.

[0028] 센싱부(120)는 둘 이상의 대전류 경로(111, 112) 상의 제1 전류(I11, I12)를 감지하고, 제1 전류(I11, I12)에 대응되는 출력 신호를 생성할 수 있다. 즉, 센싱부(120)는 대전류 경로(111, 112) 상의 제1 전류(I11, I12)를 감지하는 수단을 의미할 수 있다. 센싱부(120)에는, 제1 전류(I11, I12)의 센싱을 위하여 대전류 경로(111, 112)의 적어도 일부가 통과할 수 있지만, 센싱부(120) 내에서 센싱에 의한 출력 신호가 생성되는 부분은, 대전류 경로(111, 112)와 절연될 수 있다. 예를 들면 센싱부(120)는 센싱 변압기로 구현될 수 있다. 센싱 변압기는 대전류 경로(111, 112)와 절연된 상태에서 대전류 경로(111, 112) 상의 제1 전류(I11, I12)를 감지할 수 있다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 센싱부(120)는 증폭부(130)의 입력단과 차동(differential)으로 연결될 수 있다.

[0030] 증폭부(130)는 센싱부(120)에 전기적으로 연결되어, 센싱부(120)가 출력한 출력 신호를 증폭하여, 증폭된 출력 신호를 생성할 수 있다. 본 발명에서 증폭부(130)에 의한 '증폭'은 증폭 대상의 크기 및/또는 위상을 조절하는 것을 의미할 수 있다. 증폭부(130)는 다양한 수단으로 구현될 수 있으며, 능동 소자를 포함할 수 있다. 일 실시예에서 증폭부(130)는 OP-AMP를 포함할 수 있다. 예를 들면 증폭부(130)는 OP-AMP 이외에 저항과 커패시터 등 복수의 수동 소자들을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 증폭부(130)는 BJT(Bipolar Junction Transistor)를 포함할 수 있다. 예를 들면 증폭부(130)는 BJT 이외에 저항과 커패시터 등 복수의 수동 소자들을 포함할 수 있다. 다만 이에 한정되지 않으며, 본 발명에서 설명하는 '증폭'을 위한 수단은 본 발명의 증폭부(130)로 제한 없이 사용될 수 있다. 증폭부(130)의 기준전위(기준전위 2)와 전류 보상 장치(100)의 기준전위(기준전위 1)는 서로 구분되는 전위일 수 있다.

[0031] 증폭부(130)는 제1 장치(300) 및/또는 제2 장치(200)와 구분되는 제3 장치(400)로부터 전원을 공급받아, 센싱부(120)가 출력한 출력신호를 증폭하여 증폭 전류를 생성할 수 있다. 이때 제3 장치(400)는 제1 장치(300) 및 제2 장치(200)와 무관한 전원으로부터 전원을 공급 받아 증폭부(130)의 입력 전원을 생성하는 장치일 수 있다. 선택적으로 제3 장치(400)는 제1 장치(300) 및 제2 장치(200) 중 어느 하나의 장치로부터 전원을 공급 받아 증폭부(130)의 입력 전원을 생성하는 장치일 수도 있다.

[0032] 보상부(160)는, 증폭부(130)에 의해 증폭된 출력 신호에 기초하여 보상 전류를 생성할 수 있다. 보상부(160)의 출력 측은 대전류 경로(111, 112)에 보상 전류(IC1, IC2)를 흘려주기 위해 대전류 경로(111, 112)와 연결될 수 있지만, 증폭부(130)와는 절연될 수 있다. 예를 들면 보상부(160)는, 상기 절연을 위해 보상 변압기를 포함할 수 있다. 예를 들면 상기 보상 변압기의 1차 측에는 증폭부(130)의 출력 신호가 흐르고, 보상 변압기의 2차 측에는 상기 출력 신호에 기초한 보상 전류가 생성될 수 있다.

[0033] 보상부(160)는 제1 전류(I11, I12)를 상쇄시키기 위하여, 둘 이상의 대전류 경로(111, 112) 각각을 통해 보상 전류(IC1, IC2)를 대전류 경로(111, 112)에 주입(inject)시킬 수 있다. 보상 전류(IC1, IC2)는, 제1 전류(I11, I12)와 크기가 동일하고 위상이 반대일 수 있다.

[0034] 도 2는 도 1에 도시된 실시예의 보다 구체적인 일 예를 도시한 것으로,본 발명의 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A)를 개략적으로 도시한 것이다. 능동형 전류 보상 장치(100A)는 제1 장치(300A)와 연결되는 두 개의 대전류 경로(111A, 112A) 각각에 공통 모드로 입력되는 제1 전류(I11, I12)(예: 노이즈 전류)를 능동적으로 보상할 수 있다.

[0035] 도 2를 참조하면, 능동형 전류 보상 장치(100A)는, 센싱 변압기(120A), 증폭부(130A), 및 보상부(160A)를 포함할 수 있다.

[0036] 일 실시예에서, 전술한 센싱부(120)는 센싱 변압기(120A)를 포함할 수 있다. 이 때 센싱 변압기(120A)는 대전류 경로(111A, 112A)와 절연된 상태에서 대전류 경로(111A, 112A) 상의 제1 전류(I11, I12)를 감지하기 위한 수단일 수 있다. 센싱 변압기(120A)는 제1 장치(300A) 측으로부터 대전류 경로(111A, 112A)(예: 전력선)로 입력되는 노이즈 전류인 제1 전류(I11, I12)를 센싱할 수 있다.

[0037] 센싱 변압기(120A)는, 대전류 경로(111A, 112A) 상에 배치되는 1차 측(121A), 및 증폭부(130A)의 입력단과 차동(differential)으로 연결된 2차 측(122A)을 포함할 수 있다. 센싱 변압기(120A)는 대전류 경로(111A, 112A) 상에 배치되는 1차 측(121A)(예: 1차 권선)에서, 제1 전류(I11, I12)에 의해 유도되는 자속 밀도에 기초하여 2차 측(122A)(예: 2차 권선)에 유도 전류를 생성할 수 있다. 상기 센싱 변압기(120A)의 1차 측(121A)은, 예를 들면

하나의 코어에 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)가 각각 감겨있는 권선일 수 있다. 다만 이에 한정되지 않으며, 상기 센싱 변압기(120A)의 1차 측(121A)은, 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)가 상기 코어를 통과하는 형태일 수도 있다.

[0038] 구체적으로, 제1 대전류 경로(111A)(예: 라이브선) 상의 제1 전류(I11)에 의해 유도되는 자속 밀도와, 제2 대전류 경로(112A)(예: 중성선) 상의 제1 전류(I12)에 의해 유도되는 자속 밀도가 서로 중첩(또는 보강)되도록 구성될 수 있다. 이 때, 대전류 경로(111A, 112A) 상에는 제2 전류(I21, I22)도 흐르는데, 제1 대전류 경로(111A) 상의 제2 전류(I21)에 의해 유도되는 자속 밀도와, 제2 대전류 경로(112A) 상의 제1 전류(I22)에 의해 유도되는 자속 밀도는 서로 상쇄되도록 구성될 수 있다. 또한 일 예를 들면, 센싱 변압기(120A)는 제1 주파수 대역(예를 들어 150KHz 내지 30MHz의 범위를 갖는 대역)의 제1 전류(I11, I12)에 의해 유도되는 자속 밀도의 크기가 제2 주파수 대역(예를 들어 50Hz 내지 60Hz의 범위를 갖는 대역)의 제2 전류(I21, I22)에 의해 유도되는 자속 밀도의 크기보다 크도록 구성될 수 있다.

[0039] 이와 같이 센싱 변압기(120A)는 제2 전류(I21, I22)에 의해 유도되는 자속 밀도가 서로 상쇄될 수 있게 구성되어, 제1 전류(I11, I12)만이 감지되도록 할 수 있다. 즉, 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A)에 유도되는 전류는, 제1 전류(I11, I12)가 일정 비율로 변환된 전류일 수 있다.

[0040] 예를 들어, 센싱 변압기(120A)에서, 1차 측(121A)과 2차 측(122A)의 권선비가 1:N_{sen}이고, 센싱 변압기(120A)의 1차 측(121A)의 셀프 인덕턴스가 L_{sen}이라고 하면, 2차 측(122A)은, $N_{sen}^2L_{sen}$의 셀프 인덕턴스를 가질 수 있다. 이 때, 2차 측(122A)에 유도되는 전류는, 제1 전류(I11, I12)의 $1/N_{sen}$ 배이다. 예를 들어 센싱 변압기(120A)의 1차 측(121A)과 2차 측(122A)은, k_{sen}의 결합 계수(coupling coefficient)로 결합될 수 있다.

[0041] 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A)은, 증폭부(130A)의 입력단에 연결될 수 있다. 예를 들면 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A)은, 증폭부(130A)의 입력단과 차동으로 연결되어, 증폭부(130A)에게 유도 전류를 공급할 수 있다. 또는, 증폭부(130A)의 구성에 따라, 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A)은 증폭부(130A)의 입력단과 증폭부(130A)의 기준전위(기준전위 2)를 연결하는 경로상에 배치될 수도 있다. 즉, 2차 측(122A)의 일 단은 증폭부(130A)의 입력단과 연결되고, 2차 측(122A)의 타 단은 증폭부(130A)의 기준전위(기준전위 2)와 연결될 수 있다.

[0042] 증폭부(130A)는, 전술한 증폭부(130)에 상응할 수 있다. 증폭부(130A)는, 센싱 변압기(120A)에 의해 감지되어 2차 측(122A)에 유도되는 전류를 증폭시킬 수 있다. 예를 들면 증폭부(130A)는, 상기 유도 전류의 크기를 일정 비율로 증폭시키거나, 및/또는 위상을 조절할 수 있다.

[0043] 보상부(160A)는, 전술한 보상부(160)에 상응할 수 있다. 보상부(160A)는, 보상 변압기(140A)및 보상 커패시터부(150A)를 포함할 수 있다. 전술한 증폭부(130A)에 의해 증폭된 증폭 전류는, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A)으로 흐른다.

[0044] 보상 변압기(140A)는, 능동 소자를 포함하는 증폭부(130A)를 대전류 경로(111A, 112A)로부터 절연시키기 위한 수단일 수 있다. 즉 보상 변압기(140A)는 대전류 경로(111A, 112A)와 절연된 상태에서, 증폭 전류에 기초하여 대전류 경로(111A, 112A)에 주입하기 위한 보상 전류를 (2차 측(142A)에) 생성하기 위한 수단일 수 있다.

[0045] 보상 변압기(140A)는, 증폭부(130A)의 출력단과 차동(differential)으로 연결되는 1차 측(141A), 및 대전류 경로(111A, 112A)와 연결되는 2차 측(142A)을 포함할 수 있다. 보상 변압기(140A)는 1차 측(141A)(예: 1차 권선)을 흐르는 증폭 전류에 의해 유도되는 자속 밀도에 기초하여 2차 측(142A)(예: 2차 권선)에 보상 전류를 유도할 수 있다.

[0046] 이 때 2차 측(142A)은 후술하는 보상 커패시터부(150A)와 전류 보상 장치(100A)의 기준전위(기준전위 1)를 연결하는 경로상에 배치될 수 있다. 즉, 2차 측(142A)의 일 단은 보상 커패시터부(150A)를 통해 대전류 경로(111A, 112A)와 연결되고, 2차 측(142A)의 타 단은 능동형 전류 보상 장치(100A)의 기준전위(기준전위 1)와 연결될 수 있다. 한편, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A), 증폭부(130A), 및 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A)은 능동형 전류 보상 장치(100A)의 나머지 구성요소들과 구분되는 기준전위(기준전위 2)와 연결될 수 있다. 전류 보상 장치(100A)의 기준전위(기준전위 1)와 증폭부(130A)의 기준전위(기준전위 2)는 구분될 수 있다.

[0047] 이와 같이 본 발명은 보상 전류를 생성하는 구성요소에 대해서 나머지 구성요소와 상이한 기준전위를 사용하고, 별도의 전원을 사용함으로써 보상 전류를 생성하는 구성요소가 절연된 상태에서 동작하도록 할 수 있으며, 이로써 능동형 전류 보상 장치(100A)의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0048] 보상 변압기(140A)에서, 1차 측(141A)과 2차 측(142A)의 권선비가 1:N_{inj}이고, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A)의 셀프 인덕턴스가 L_{inj}이라고 하면, 2차 측(142A)은, $N_{inj}^2L_{inj}$의 셀프 인덕턴스를 가질 수 있다. 이 때, 2차 측(142A)에 유도되는 전류는, 1차 측(141A)에 흐르는 전류(즉, 증폭 전류)의 $1/N_{inj}$ 배이다. 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A)과 2차 측(142A)은, k_{inj}의 결합 계수(coupling coefficient)로 결합될 수 있다.

[0049] 보상 변압기(140A)를 통해 변환된 전류는, 보상 커패시터부(150A)를 통해 대전류 경로(111A, 112A)(예: 전력선)에 보상 전류(IC1, IC2)로써 주입될 수 있다. 따라서, 보상 전류(IC1, IC2)는, 제1 전류(I11, I12)를 상쇄시키기 위해, 제1 전류(I11, I12)와 크기가 같고 위상이 반대일 수 있다. 따라서, 증폭부(130A)의 전류이득의 크기는 $N_{sen}N_{inj}$가 되도록 설계될 수 있다.

[0050] 보상 커패시터부(150A)는 전술한 바와 같이 보상 변압기(140A)에 의해 생성된 전류가 두 개의 대전류 경로(111A, 112A) 각각으로 흐르는 경로를 제공할 수 있다.

[0051] 보상 커패시터부(150A)는, 일 단이 보상 변압기(140A)의 2차 측(142A)과 연결되고, 타 단이 대전류 경로(111A, 112A)와 연결되는 두 개의 Y-커패시터(Y-capacitor, Y-cap)를 포함할 수 있다. 상기 두 Y-cap 각각의 일 단은 보상 변압기(140A)의 2차 측(142A)과 연결되는 노드를 공유하며, 상기 두 Y-cap 각각의 반대 단은 각각 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)와 연결되는 노드를 가질 수 있다.

[0052] 보상 커패시터부(150A)는, 보상 변압기(140A)에 의해 유도된 보상 전류(IC1, IC2)를 전력선에 흘려줄 수 있다. 보상 전류(IC1, IC2)가 제1 전류(I11, I12)를 보상(또는 상쇄)함으로써, 전류 보상 장치(100A)는 노이즈를 저감시킬 수 있다.

[0053] 한편, 보상 커패시터부(150A)는, 보상 커패시터를 통해 두 개의 대전류 경로(111A, 112A) 사이에 흐르는 전류(IL1)가 제1 임계 크기 미만이 되도록 구성될 수 있다. 또한 보상 커패시터부(150A)는 보상 커패시터를 통해 두 개의 대전류 경로(111A, 112A) 각각과 기준전위 1 사이에 흐르는 전류(IL2)가 제2 임계 크기 미만이 되도록 구성될 수 있다.

[0054] 능동형 전류 보상 장치(100A)는, 보상 변압기(140A) 및 센싱 변압기(120A)를 이용함으로써, 절연형(isolated) 구조를 실현할 수 있다.

[0055] 도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100)를 포함하는 시스템의 구성을 개략적으로 도시한다. 도 3을 참조하면, 전류 보상 장치(100)는, 도 1에 도시된 전류 보상 장치에, 감결합 커패시터부(170)를 더 포함할 수 있다. 도 1에 도시된 실시예와 중복되는 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0056] 감결합 커패시터부(170)는 전술한 보상부(160)에서 제2 장치(200) 측으로의 출력 임피던스가 소정의 조건을 만족하도록 하는 수단일 수 있다. 바꾸어 말하면, 감결합 커패시터부(170)는 보상 전류가 적어도 둘 이상의 대전류 경로(111, 112)를 따라 제2 장치(200)측으로 출력되도록 하고, 다시 능동형 전류 보상 장치(100)측으로 돌아오지 않도록 하는 수단일 수 있다.

[0057] 예를 들어 능동형 전류 보상 장치(100) 는, 보상부(160)에서의 출력 임피던스가 보상부(160) 자체의 임피던스 이하인 조건을 만족하는 경우, 제1 장치(300)에 의해 생성된 제1 전류의 보상 효과를 높일 수 있다. 상기 일 실시예에 따르면, 보상 전류의 적어도 일부가 상기 제2 장치(200D) 측으로 흐르는 양이 보상 전류의 적어도 일부가 둘 이상의 대전류 경로(111, 112) 각각을 따라 전류 보상 장치(100)의 내부 측으로 흐르는 양보다 큰 조건을 만족할 수 있다.

[0058] 제2 장치(200) 측의 임피던스는 전력 시스템과 필터의 주변 상황에 따라 임의로 달라질 수 있다. 예를 들어, 가전 제품의 경우 그 구성 요소(예컨대 전동기, 전열기, 발광소자 등)에 따라 다양한 임피던스 값을 가질 수 있다.

[0059] 감결합 커패시터부(170)는 능동형 전류 보상 장치(100)의 보상 전류의 출력 성능이 제2 장치(200)의 임피던스 값의 변화에 따라 크게 변동되지 않도록 하여, 다양한 시스템에서 적용될 수 있도록 한다.

[0060] 능동형 전류 보상 장치(100)는, 제1 장치(300) 측으로부터 입력되는 노이즈를, 전원 측인 앞 단에서 보상하는, 피드포워드(Feedforward) 타입의 보상 필터일 수 있다. 즉, 능동형 전류 보상 장치(100)에서, 센싱부(120)가 노이즈 소스인 제1 장치(300) 측에 배치되고, 보상부(160)가 전원 측인 제2 장치(200) 측에 배치될 수 있다.

[0061] 도 4는 도 3에 도시된 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A)의 구체적인 일 예를 개략적으로 도시한다. 도 4를 참조하면, 능동형 전류 보상 장치(100A)는, 도 2에 도시된 능동형 전류 보상 장치에, 감결합 커패시터부(170B)를 더 포함할 수 있다.

[0062] 감결합 커패시터부(170B)는 전술한 보상부(160A)에서 제2 장치(200A) 측으로의 출력 임피던스가 소정의 조건을 만족하도록 하는 수단일 수 있다. 바꾸어 말하면, 감결합 커패시터부(170B)는 보상 전류가 적어도 둘 이상의 대전류 경로(111A, 112A)를 따라 제2 장치(200A)측으로 출력되도록 하고, 다시 능동형 전류 보상 장치(100A)측으로 돌아오지 않도록 하는 수단일 수 있다.

[0063] 제1 장치(300A) 측의 임피던스(Z_n) 및/또는 제2 장치(200A) 측의 임피던스(Z_{line})는, 전력 시스템과 필터의 주변 상황에 따라 임의로 달라질 수 있다. 예를 들어, 가전 제품의 경우 그 구성 요소(예컨대 전동기, 전열기, 발광 소자 등)에 따라 다양한 임피던스 값을 가질 수 있다.

[0064] 감결합 커패시터부(170B)는 능동형 전류 보상 장치(100A)의 보상 전류의 출력 성능이 제2 장치(200A)의 임피던스 값의 변화에 따라 크게 변동되지 않도록 하여, 다양한 시스템에서 적용될 수 있도록 한다.

[0065] 이와 같은 감결합 커패시터부(170B)는 제2 장치(200A)와 보상 커패시터부(150A)를 연결하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로(111A, 112A) 각각으로부터 분기되는 경로상에 배치되는 적어도 둘 이상의 커패시터를 포함할 수 있다.

[0066] 도 4를 참조하면, 감결합 커패시터부(170B)에 포함된 두 커패시터 각각의 일 단은 능동형 전류 보상 장치(100A)의 기준전위(기준전위 1)에 연결될 수 있고, 상기 두 커패시터 각각의 반대 단은 각각 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)와 연결될 수 있다. 감결합 커패시터부(170B)는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 전원측(즉, 제2 장치(200A) 측)에 연결될 수 있다. 이에 따라 제2 장치(200A) 측의 보상 정확도를 더욱 높일 수 있다. 다만 이에 한정되지 않는다.

[0067] 감결합 커패시터부(170B)의 임피던스(Z_Y)는, 노이즈 저감의 대상이 되는 제1 주파수 대역에서 충분히 작은 값을 가지도록 설계될 수 있다. 예를 들면, 감결합 커패시터부(170B)의 임피던스 Z_Y는, 수학식 1을 만족할 수 있다.

수학식 1

[0068] $$Z_{line} \parallel Z_Y \approx Z_Y$$

[0069] 수학식 1을 참조하면, 전류 보상 장치(100A)에서 제2 장치(200A) 측으로 바라본 임피던스 $Z_{line} \parallel Z_Y$는, 감결합 커패시터부(170B)로 인해 임의의 Z_{line} 값과 상관없이 설계된 Z_Y의 값을 가질 수 있다. 예를 들어 감결합 커패시터부(170B)의 임피던스 Z_Y는, 지정된 주파수 대역(예: 제1 주파수 대역) 내에서 지정된 값보다 작은 값을 가지도록 설계될 수 있다. 감결합 커패시터부(170B)의 임피던스(Z_Y)가 노이즈 저감의 대상이 되는 제1 주파수 대역에서 충분히 작은 값을 가짐으로써, 전류 보상 장치(100A)가 제2 장치(200A) 측 임피던스(Z_{line})에 상관없이 정상적으로 동작할 수 있다.

[0070] 감결합 커패시터부(170B)의 결합으로 인해, 능동형 전류 보상 장치(100A)는, 어떤 시스템에서든 독립적인 모듈로써 이용될 수 있다.

[0071] 본 발명의 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A)는, 공통 모드(Common Mode, CM) 초크(choke)를 포함하지 않을 수 있다. CM 초크는 수동 필터의 기능을 하므로, 제1 전류(I11, I12)(예: 노이즈 전류)가 새어나가는 것을 억제하기 위해 매우 큰 인덕턴스를 가져야 한다. 따라서, CM 초크는 권선 횟수도 많아지고, 코어의 크기도 매우 커진다. 이러한 CM 초크와 달리, 본 발명의 일 실시예에 따른 전류 보상 장치(100A)에 포함되는 센싱 변압기(120A)는, 노이즈 제1 전류(I11, I12)를 센싱하려는 목적이므로, 큰 임피던스를 가질 필요가 없다. 센싱 변압기(120A)는, CM 초크의 임피던스의 천분의 일 내지 백분의 일의 임피던스를 가질 수 있다. 따라서 센싱 변압기(120A)의 크기는, CM 초크의 크기보다 훨씬 작아질 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A)는 CM 초크에 기생하지 않고 독립적으로 동작할 수 있다. 경우에 따라 능동형 전류 보상 장치(100A)가, 능동형 전류 보상 장치(100A)와 독립된 외부의 별도의 CM 초크와 결합하여 동작할 수 있는 것은 물론이다.

[0072] 도 5는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A-1)를 개략적으로 도시한다. 도 5에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A-1)는, 도 4에 도시된 전류 보상 장치(100A)의 일 예시이다. 일 실시예에서, 능동형 전류 보상 장치(100A-1)에서 감결합 커패시터부(170A)를 생략하면, 도 2에 도시된 전류 보상 장치(100A)의 일 예시일 수 있다. 능동형 전류 보상 장치(100A-1)에 포함된 증폭부(130A-1)는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 증폭부(130A)의 일 예시이다.

[0073] 능동형 전류 보상 장치(100A-1)에서는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 증폭부(130A)가, Op-amp를 포함하는 비반전 증폭기 구조를 가지는 증폭부(130A-1)로 구현되었다. 증폭부(130A-1)에서는, 제3 장치(400A)로부터 OP-amp에 기준전위 2를 기준으로 Vcc 및 -Vcc의 전원이 공급될 수 있다. 증폭부(130A-1)에 포함된 R_1, R_2, R_{f1}, C_{f1}, R_{f2}, 및 C_{f2}는, 비반전 증폭기의 이득(gain)을 주파수에 따라 조절하기 위한 소자들이다. 구체적으로, 제1 주파수 대역(예: 150KHz 내지 30MHz) 내에서 전도성 방출(CE)의 제한 규격을 만족하기 위해, R_1, R_2, R_{f1}, C_{f1}, R_{f2}, 및 C_{f2}의 값들이 결정될 수 있다. 예를 들면, 제1 전류(I11, I12)와 보상 전류(IC1, IC2)가 서로 크기가 같고 위상이 반대가 되도록, R_1, R_2, R_{f1}, C_{f1}, R_{f2}, 및 C_{f2}의 값들이 결정될 수 있다.

[0074] 예를 들면, 센싱 변압기(120A)에서, 1차 측(121A)과 2차 측(122A)의 권선비가 $1:N_{sen}$이면, 2차 측(122A)에 유도되는 전류는, 제1 전류(I11, I12)의 $1/N_{sen}$ 배이다. 또한, 보상 변압기(140A)에서, 1차 측(141A)과 2차 측(142A)의 권선비가 $1:N_{inj}$이면, 2차 측(142A)에 유도되는 전류는, 1차 측(141A)에 흐르는 전류(즉, 증폭 전류)의 $1/N_{inj}$ 배이다.

[0075] 따라서, 제1 전류(I11, I12)를 상쇄시키기 위해, 제1 전류(I11, I12)와 크기가 같고 위상이 반대인 보상 전류(IC1, IC2)를 생성하려면, 증폭부(130A-1)의 전류이득의 크기는 $N_{sen}N_{inj}$를 만족해야할 수 있다. 따라서, R_1, R_2, R_{f1}, C_{f1}, R_{f2}, 및 C_{f2}의 값들은, 증폭부(130A-1)의 전류이득의 크기가 $N_{sen}N_{inj}$이 되도록 만족시킬 수 있다.

[0076] 증폭부(130A-1)는, 하이 패스 필터(high pass filter)(401)를 포함할 수 있다. 하이 패스 필터(401)에 포함된 소자 R_0 및 C_0는, 노이즈 저감의 대상이 되는 제1 주파수 대역 이하의 저주파에서 증폭부(130A-1)가 동작하는 것을 차단할 수 있다.

[0077] 일 실시예에 따라, 능동형 전류 보상 장치(100A-1)의 출력 측(즉, 제2 장치(200A) 측)에, 감결합 커패시터부(170A)가 배치될 수 있다. 즉 감결합 커패시터부(170A)는, 제2 장치(200A)와 보상 커패시터부(150A)를 연결하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로(111A, 112A) 각각으로부터 분기되는 경로상에 배치되는 두 개의 커패시터를 포함할 수 있다. 상기 두 커패시터 각각의 일 단은 전류 보상 장치(100A-1)의 기준전위(기준전위 1)에 연결될 수 있고, 상기 두 Y-cap 각각의 반대 단은 각각 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)와 연결될 수 있다.

[0078] 일 실시예에 따르면, 능동형 전류 보상 장치(100A-1)에서 감결합 커패시터부(170A)는 생략될 수 있다.

[0079] 도 6은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A-2)를 개략적으로 도시한다. 도 6에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A-2)는, 도 4에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A)의 일 예시이다. 일 실시예에서, 능동형 전류 보상 장치(100A-2)에서 감결합 커패시터부(170A)를 생략하면, 도 2에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A)의 일 예시일 수 있다. 능동형 전류 보상 장치(100A-2)에 포함된 증폭부(130A-2)는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 증폭부(130A)의 일 예시이다.

[0080] 능동형 전류 보상 장치(100A-2)에서는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 증폭부(130A)가, npn BJT 및 pnp BJT를 포함하는 push-pull 증폭기 구조를 가지는 증폭부(130A-2)로 구현되었다.

[0081] 센싱 변압기(120A)에 의해 2차 측(122A)에서 유도된 유도 전류는, 증폭부(130A-2)에 차동(differential)으로 입력될 수 있다. 증폭부(130A-2)의 입력단에는, 저항 R_{in}이 2차 측(122A)에 병렬 연결될 수 있다. R_{in}은, 증폭부(130A-2)의 입력 임피던스를 조절할 수 있다. C_b 및 C_e는 AC 신호만 선택적으로 결합시킬 수 있다.

[0082] 제3 장치(400A)는, 증폭부(130A-2)를 구동하기 위하여, 기준전위 2를 기준으로 하는 DC 저전압(V_{DC})을 공급한다. C_{DC}는 DC용 감결합 커패시터로, 제3 장치(400A)에 병렬 연결될 수 있다. C_{DC}는 npn BJT 및 pnp BJT의 양 콜렉터 사이를 AC 신호만 선택적으로 결합시킬 수 있다.

[0083] 증폭부(130A-2)에서, R_{npn}, R_{pnp}, R_{bb}, 및 R_e는, BJT의 동작점을 조절할 수 있다. R_{npn}, R_{pnp}, R_{bb}, 및 R_e는, BJT의 동작점에 따라 설계될 수 있다. R_{npn}은, npn BJT의 콜렉터(collector) 단이자 제3 장치(400A) 단과, npn BJT의 베이스(base) 단을 연결할 수 있다. R_{bb}는, npn BJT의 베이스(base) 단과, pnp BJT의 베이스 단을 연결할 수 있다. R_{pnp}는, pnp BJT의 콜렉터(collector) 단이자 기준전위 2와, pnp BJT의 베이스 단을 연결할 수 있다.

[0084] 한편, 센싱 변압기(120A)에서, 1차 측(121A)과 2차 측(122A)의 권선비가 $1:N_{sen}$이면, 2차 측(122A)에 유도되는 전류는, 제1 전류(I11, I12)의 $1/N_{sen}$ 배이며, 보상 변압기(140A)에서, 1차 측(141A)과 2차 측(142A)의 권선비가 $1:N_{inj}$이면, 2차 측(142A)에 유도되는 전류는, 1차 측(141A)에 흐르는 전류(즉, 증폭 전류)의 $1/N_{inj}$ 배이다. 따라서, 제1 전류(I11, I12)를 상쇄시키기 위해, 제1 전류(I11, I12)와 크기가 같고 위상이 반대인 보상 전류(IC1, IC2)를 생성하려면, 증폭부(130A-2)의 전류이득은 $N_{sen}N_{inj}$가 되도록 설계될 수 있다.

[0085] 한편, BJT의 베이스(base)-이미터(emitter) 사이에 인가되는 전압에 따라 콜렉터(collector)-이미터(emitter)에 흐르는 전류가 달라진다. 노이즈로 인한 증폭부(130A-2)의 입력 전압이 0보다 큰 포지티브 스윙(positive swing)의 경우, npn BJT가 동작할 수 있다. 이 때 동작 전류는 제1 경로(501)를 통해 흐를 수 있다. 노이즈로 인한 증폭부(130A-2)의 입력 전압이 0보다 작은 네거티브 스윙(negative swing)의 경우, pnp BJT가 동작할 수 있다. 이 때 동작 전류는 제2 경로(502)를 통해 흐를 수 있다.

[0086] 한편, BJT 소자의 트랜스컨덕턴스(transconductance)(BJT의 입력 전압에 대한 출력 전류의 비)를 $g_{m,BJT}$라고 하면, 증폭부(130A-2)의 전체 트랜스컨덕턴스(transconductance) $g_{m,amp}$는 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0087]
$$g_{m,amp} = \frac{I_{out}}{V_{sen}} = \frac{g_{m,BJT}}{1 + g_{m,BJT}R_e}$$

[0088] 수학식 2에서, I_{out}은, 증폭부(130A-2)의 출력 전류로써, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A)에 흐르는 전류이다. V_{sen}은, 증폭부(130A-2)의 입력 전압으로써, 증폭부(130A-2)의 차동 입력단 양단의 전위차, 즉, 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A)에 유도되는 전압이다. $g_{m,BJT}$는, 상술한 바와 같이, BJT가 피드백 루프 없이 스스로 가지는 트랜스컨덕턴스(입력 전압에 대한 출력 전류의 비)를 나타낸다.

[0089] 따라서, 증폭부(130A-2)의 전류이득은 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

[0090]
$$A_{i,amp} = \frac{I_{out}}{I_{sen}} \approx g_{m,amp}R_{in} = \frac{g_{m,BJT}}{1 + g_{m,BJT}R_e}R_{in}$$

[0091] 수학식 3에서 $A_{i,amp}$는, 증폭부(130A-2)의 전류이득을 나타낸다. I_{sen}은 증폭부(130A-2)의 입력 전류로써, 센싱 변압기(120A)에 의해 2차 측(122A)에 유도되는 전류이다. I_{out}은, 증폭부(130A-2)의 출력 전류로써, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A)에 흐르는 전류이다.

[0092] 이로부터, 증폭부(130A-2)의 전류이득은, 수학식 4와 같이 근사될 수 있다.

수학식 4

[0093] $$A_{i,amp} \approx \frac{R_{in}}{R_e}$$

[0094] 한편, 상술한 바와 같이, 증폭부(130A-2)의 전류이득 $A_{i,amp}$이 $N_{sen}N_{inj}$가 되도록 설계함으로써, 보상 전류(IC1, IC2)와 제1 전류(I11, I12)의 크기가 같아질 수 있고, 보상 전류(IC1, IC2)로 제1 전류(I11, I12)를 상쇄할 수 있다.

[0095] 보상 전류(IC1, IC2)로 제1 전류(I11, I12)를 상쇄시키기 위해, 증폭부(130A-2)의 전류이득 $A_{i,amp}(\approx R_{in}/R_e)$은, $N_{sen}N_{inj}$가 되도록 설계될 수 있다.

[0096] 일 실시예에 따라, 능동형 전류 보상 장치(100A-2)의 출력 측(즉, 제2 장치(200A) 측)에, 감결합 커패시터부(170A)가 배치될 수 있다. 즉 감결합 커패시터부(170A)는, 제2 장치(200A)와 보상 커패시터부(150A)를 연결하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로(111A, 112A) 각각으로부터 분기되는 경로상에 배치되는 두 개의 커패시터를 포함할 수 있다. 상기 두 커패시터 각각의 일 단은 전류 보상 장치(100A-2)의 기준전위(기준전위 1)에 연결될 수 있고, 상기 두 Y-cap 각각의 반대 단은 각각 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)와 연결될 수 있다.

[0097] 일 실시예에 따르면, 능동형 전류 보상 장치(100A-2)에서 감결합 커패시터부(170A)는 생략될 수 있다.

[0098] 도 7은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A-3)를 개략적으로 도시한다. 도 7에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A-3)는, 도 4에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A)의 일 예시이다. 일 실시예에서, 능동형 전류 보상 장치(100A-3)에서 감결합 커패시터부(170A)를 생략하면, 도 2에 도시된 능동형 전류 보상 장치(100A)의 일 예시일 수 있다. 능동형 전류 보상 장치(100A-3)에 포함된 증폭부(130A-3)는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 증폭부(130A)의 일 예시이다.

[0099] 능동형 전류 보상 장치(100A-3)에서는, 능동형 전류 보상 장치(100A)의 증폭부(130A)가, npn BJT 및 pnp BJT를 포함하는 push-pull 증폭기 구조를 가지는 증폭부(130A-3)로 구현되었다.

[0100] 센싱 변압기(120A)에 의해 2차 측(122A)에서 유도된 유도 전류는, 증폭부(130A-3)에 차동(differential)으로 입력될 수 있다. 증폭부(130A-3)는, 도 4의 증폭부(130A-2)와 달리, 저항 R_{in}을 포함하지 않을 수 있다. C_b 및 C_e는 AC 신호만 선택적으로 결합시킬 수 있다.

[0101] 제3 장치(400A)는, 증폭부(130A-3)를 구동하기 위하여, 기준전위 2를 기준으로 하는 DC 저전압 V_{DC}를 공급한다. C_{DC}는 상기 V_{DC}에 대한, DC용 감결합 커패시터로, 제3 장치(400A)에 병렬 연결될 수 있다. C_{DC}는 npn BJT 및 pnp BJT의 양 콜렉터 사이를 AC 신호만 선택적으로 결합시킬 수 있다.

[0102] 증폭부(130A-3)에서, R_{npn}, R_{pnp}, R_{bb}, 및 R_e는, BJT의 동작점을 조절할 수 있다. R_{npn}은, npn BJT의 콜렉터(collector) 단이자 제3 장치(400A) 단과, npn BJT의 베이스(base) 단을 연결할 수 있다. R_{bb}는, npn BJT의 베이스(base) 단과, pnp BJT의 베이스 단을 연결할 수 있다. R_{pnp}는, pnp BJT의 콜렉터(collector) 단이자 기준전위 2와, pnp BJT의 베이스 단을 연결할 수 있다.

[0103] 한편, 일 실시예에서 센싱 변압기(120A)의 2차 측(122A) 측은, 두 BJT의 베이스와 에미터 단에 연결될 수 있고, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A) 측은 두 BJT의 콜렉터와 베이스에 연결될 수 있다. 증폭부(130A-3)는, 출력 전류를 BJT의 베이스로 다시 주입시키는 회귀 구조를 가질 수 있다. 회귀 구조로 인해, 증폭부(130A-3)는, 능동형 전류 보상 장치(100A-3)의 동작을 위한 일정한 전류 이득을 안정적으로 얻을 수 있다.

[0104] 노이즈로 인한 증폭부(130A-3)의 입력 전압이 0보다 큰 포지티브 스윙(positive swing)의 경우, npn BJT가 동작할 수 있다. 이 때 동작 전류는 제1 경로(601)를 통해 흐를 수 있다. 노이즈로 인한 증폭부(130A-3)의 입력 전압이 0보다 작은 네거티브 스윙(negative swing)의 경우, pnp BJT가 동작할 수 있다. 이 때 동작 전류는 제2 경로(602)를 통해 흐를 수 있다.

[0105] 한편, BJT 소자 자체가 가지는 전류 이득 β는, 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

[0106] $$\beta = \frac{I_{out,BJT}}{I_{sen} + I_{out,BJT}}$$

[0107] 수학식 5에서, β는 BJT 소자 자체가 가지는 전류 이득을 나타내고, I_{sen}은, 센싱 변압기(120A)에 의해 유도되는, 2차 측(122A)에 흐르는 전류이고, $I_{out,BJT}$는, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A)에 흐르는 전류이다. I_{sen}을 $I_{out,BJT}$ 의 함수로 나타내면 수학식 6과 같다.

수학식 6

[0108] $$I_{sen} = \frac{I_{out,BJT}}{\beta} - I_{out,BJT} = \frac{(1-\beta)}{\beta} I_{out,BJT}$$

[0109] 따라서, 증폭부(130A-3)의 전류이득 $A_{i,amp}$는 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

[0110] $$A_{i,amp} = \frac{I_{out,BJT}}{I_{sen}} = -\frac{-\beta}{1 + (-\beta)} \approx -1$$

[0111] BJT의 전류이득 β는 1보다 매우 큰 값(예: 100 이상)을 가지므로, $A_{i,amp}$는 -1로 근사될 수 있다. 따라서, 능동형 전류 보상 장치(100A-3)의 경우, $N_{sen}N_{inj}$ = 1을 만족하도록 설계함으로써, 보상 전류(IC1, IC2)로 제1 전류(I11, I12)를 상쇄할 수 있다. 즉, 센싱 변압기(120A)의 1차 측(121A) 대 2차 측(122A)의 권선비와, 보상 변압기(140A)의 1차 측(141A) 대 2차 측(142A)의 권선비가 역수를 만족하도록 설계할 수 있다.

[0112] 도 6의 능동형 전류 보상 장치(100A-2)의 증폭부(130A-2)와 달리, 능동형 전류 보상 장치(100A-3)의 증폭부(130A-3)는, 입력단에 R_{in}이 없으며, 보상하는 출력 전류($I_{out,BJT}$)를 다시 입력단으로 귀환시키는 피드백 구조를 가질 수 있다. 따라서, 증폭부(130A-3)는 전류 이득에 제한적인 대신, 증폭부(130A-2)보다 안정적으로 전류 이득을 얻을 수 있다.

[0113] 일 실시예에 따라, 능동형 전류 보상 장치(100A-3)의 출력 측(즉, 제2 장치(200A) 측)에, 감결합 커패시터부(170A)가 배치될 수 있다. 즉 감결합 커패시터부(170A)는, 제2 장치(200A)와 보상 커패시터부(150A)를 연결하는 적어도 둘 이상의 대전류 경로(111A, 112A) 각각으로부터 분기되는 경로상에 배치되는 두 개의 커패시터를 포함할 수 있다. 상기 두 커패시터 각각의 일 단은 전류 보상 장치(100A-3)의 기준전위(기준전위 1)에 연결될 수 있고, 상기 두 Y-cap 각각의 반대 단은 각각 제1 대전류 경로(111A) 및 제2 대전류 경로(112A)와 연결될 수 있다.

[0114] 일 실시예에 따르면, 능동형 전류 보상 장치(100A-3)에서 감결합 커패시터부(170A)는 생략될 수 있다.

[0115] 도 8은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100C)의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 이하에서는 도 1 내지 도 7을 참조하여 설명한 내용과 중복되는 내용의 설명은 생략한다.

[0116] 도 8을 참조하면 능동형 전류 보상 장치(100C)는 제1 장치(300C)와 연결되는 대전류 경로(111C, 112C, 113C) 각각에 공통 모드로 입력되는 제1 전류(I11, I12, I13)를 능동적으로 보상할 수 있다.

[0117] 이를 위해 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100C)는 세 개의 대전류 경로(111C, 112C,

113C), 센싱 변압기(120C), 증폭부(130C), 보상 변압기(140C), 보상 커패시터부(150C)를 포함할 수 있다.

[0118] 도 2 내지 도 7에서 설명한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A, 100B)와 대비하여 살펴보면, 도 8에 도시된 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100C)는 세 개의 대전류 경로(111C, 112C, 113C)를 포함하고, 이에 따라 센싱 변압기(120C) 및 보상 커패시터부(150C)의 차이점이 있다. 따라서 이하에서는 상술한 차이점을 중심으로 능동형 전류 보상 장치(100C)에 대해 설명한다.

[0119] 능동형 전류 보상 장치(100C)는 서로 구분되는 제1 대전류 경로(111C), 제2 대전류 경로(112C) 및 제3 대전류 경로(113C)를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 제1 대전류 경로(111C)는 R상, 상기 제2 대전류 경로(112C)는 S상, 상기 제3 대전류 경로(113C)는 T상의 전력선일 수 있다. 제1 전류(I11, I12, I13)는 제1 대전류 경로(111C), 제2 대전류 경로(112C) 및 제3 대전류 경로(113C) 각각에 공통 모드로 입력될 수 있다.

[0120] 센싱 변압기(120C)의 1차 측(121C)은 제1 대전류 경로(111C), 제2 대전류 경로(112C) 및 제3 대전류 경로(113C) 각각에 배치되어, 2차 측(122C)에 유도 전류를 생성할 수 있다. 세 개의 대전류 경로(111C, 112C, 113C) 상의 제1 전류(I11, I12, I13)에 의해 센싱 변압기(120C)에 생성되는 자속 밀도는 서로 보강될 수 있다.

[0121] 한편 능동형 전류 보상 장치(100C)에서 증폭부(130C)는, 증폭부(130A-1), 증폭부(130A-2), 증폭부(130A-3)를 포함하는 증폭부 중 하나로 구현될 수 있다. 다만 이에 한정되는 것은 아니다.

[0122] 한편 보상 커패시터부(150C)는 보상 변압기에 의해 생성된 보상 전류(IC1, IC2, IC3)가 제1 대전류 경로(111C), 제2 대전류 경로(112C) 및 제3 대전류 경로(113C) 각각으로 흐르는 경로를 제공할 수 있다.

[0123] 이와 같은 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100C)는 3상 3선의 전력 시스템의 부하에서 전원으로 이동하는 제1 전류(I11, I12, I13)를 보상(또는 상쇄)하기 위해 사용될 수 있다.

[0124] 능동형 전류 보상 장치(100C)는, 출력 측(즉, 제2 장치(200C) 측)에, 감결합 커패시터부(170C)를 더 포함할 수 있다. 감결합 커패시터부(170C)는 세 개의 커패시터를 포함할 수 있다. 상기 세 개의 커패시터 각각의 일 단은, 각각 제1 대전류 경로(111C), 제2 대전류 경로(112C) 및 제3 대전류 경로(113C)에 연결될 수 있다. 상기 세 개의 커패시터의 반대 단은, 전류 보상 장치(100C)의 기준전위(기준전위 1)에 연결될 수 있다.

[0125] 감결합 커패시터부(170C)의 임피던스(Z_Y)는, 노이즈 저감의 대상이 되는 제1 주파수 대역에서 지정된 값보다 작은 값을 가지도록 설계될 수 있다. 감결합 커패시터부(170C)의 결합으로 인해, 전류 보상 장치(100C)는, 어떤 시스템(예: 3상 3선 시스템)에서든 독립적인 모듈로써 이용될 수 있다.

[0126] 일 실시예에 따르면, 능동형 전류 보상 장치(100C)에서 감결합 커패시터부(170C)는 생략될 수 있다.

[0127] 도 9는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100D)의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다. 이하에서는 도 1 내지 도 7을 참조하여 설명한 내용과 중복되는 내용의 설명은 생략한다.

[0128] 도 9를 참조하면 능동형 전류 보상 장치(100D)는 제1 장치(300D)와 연결되는 대전류 경로(111D, 112D, 113D, 114D) 각각에 공통 모드로 입력되는 제1 전류(I11, I12, I13, I14)를 능동적으로 보상할 수 있다.

[0129] 이를 위해 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100D)는 네 개의 대전류 경로(111D, 112D, 113D, 114D), 센싱 변압기(120D), 증폭부(130D), 보상 변압기(140D), 보상 커패시터부(150D)를 포함할 수 있다.

[0130] 도 2 내지 도 7에서 설명한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100A, 100B) 및 도 8에서 설명한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100C)와 대비하여 살펴보면, 도 9에 도시된 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100D)는 네 개의 대전류 경로(111D, 112D, 113D, 114D)를 포함하고, 이에 따라 센싱 변압기(120D) 및 보상 커패시터부(150D)부 상의 차이점이 있다. 따라서 이하에서는 상술한 차이점을 중심으로 능동형 전류 보상 장치(100D)에 대해 설명한다.

[0131] 능동형 전류 보상 장치(100D)는 서로 구분되는 제1 대전류 경로(111D), 제2 대전류 경로(112D), 제3 대전류 경로(113D) 및 제4 대전류 경로(114D)를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 제1 대전류 경로(111D)는 R상, 상기 제2 대전류 경로(112D)는 S상, 상기 제3 대전류 경로(113D는 T상, 상기 제4 대전류 경로(114D)는 N상의 전력선일 수 있다. 제1 전류(I11, I12, I13, I14)는 제1 대전류 경로(111D), 제2 대전류 경로(112D), 제3 대전류 경로(113D) 및 제4 대전류 경로(114D) 각각에 공통 모드로 입력될 수 있다.

[0132] 센싱 변압기(120D)의 1차 측(121D)은 제1 대전류 경로(111D), 제2 대전류 경로(112D), 제3 대전류 경로(113D) 및 제4 대전류 경로(114D) 각각에 배치되어, 2차 측(122D)에 유도 전류를 생성할 수 있다. 네 개의 대전류 경로

(111D, 112D, 113D, 114D) 상의 제1 전류(I11, I12, I13, I14)에 의해 센싱 변압기(120D)에 생성되는 자속 밀도는 서로 보강될 수 있다.

[0133] 한편 능동형 전류 보상 장치(100D)에서 증폭부(130D)는, 증폭부(130A-1), 증폭부(130A-2), 증폭부(130A-3)를 포함하는 증폭부 중 하나로 구현될 수 있다. 다만 이에 한정되는 것은 아니다.

[0134] 한편 보상 커패시터부(150D)는 보상 변압기에 의해 생성된 보상 전류(ID1, ID2, ID3, ID4)가 제1 대전류 경로(111D), 제2 대전류 경로(112D), 제3 대전류 경로(113D) 및 제4 대전류 경로(114D) 각각으로 흐르는 경로를 제공할 수 있다.

[0135] 이와 같은 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치(100D)는 3상 4선의 전력 시스템의 부하에서 전원으로 이동하는 제1 전류(I11, I12, I13, I14)를 보상(또는 상쇄)하기 위해 사용될 수 있다.

[0136] 능동형 전류 보상 장치(100D)는, 출력 측(즉, 제2 장치(200D) 측)에, 감결합 커패시터부(170D)를 더 포함할 수 있다. 감결합 커패시터부(170D)는 네 개의 커패시터를 포함할 수 있다. 상기 네 개의 커패시터 각각의 일 단은, 각각 제1 대전류 경로(111D), 제2 대전류 경로(112D), 제3 대전류 경로(113D), 및 제4 대전류 경로(114D)에 연결될 수 있다. 상기 4 개의 커패시터의 반대 단은, 전류 보상 장치(100D)의 기준전위(기준전위 1)에 연결될 수 있다.

[0137] 감결합 커패시터부(170D)의 임피던스(Z_Y)는, 노이즈 저감의 대상이 되는 제1 주파수 대역에서 지정된 값보다 작은 값을 가지도록 설계될 수 있다. 감결합 커패시터부(170D)의 결합으로 인해, 능동형 전류 보상 장치(100D)는, 어떤 시스템(예: 3상 4선 시스템)에서든 독립적인 모듈로써 이용될 수 있다.

[0138] 일 실시예에 따르면, 능동형 전류 보상 장치(100D)에서 감결합 커패시터부(170D)는 생략될 수 있다.

[0139] 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, 장착되는 전기 시스템의 특성에 무관하게 안정적으로 동작할 수 있다. 따라서, 능동형 전류 보상 장치는, 각각의 회로 또는 시스템마다 반복 테스트를 통해 맞춤 설계될 필요가 없으며, 독립된 부품으로써 범용성을 가질 수 있다. 능동형 전류 보상 장치는, 독립적인 모듈로써 상용화될 수 있다.

[0140] 또한, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, CM 초크에 기생하지 않고 독립적으로 동작할 수 있으며, CM 초크를 포함하는 수동 필터에 비하여 면적, 부피, 무게를 줄일 수 있다.

[0141] 또한, 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, CM 초크와는 달리, 고전력용으로 이용되더라도, 크기의 증가 정도나 가격의 증가 정도가 미미하다. 구체적으로, CM 초크를 포함하는 수동 필터는, 자기 포화 현상 때문에 고전력 시스템에서 이용되려면 크기, 가격, 무게가 급격히 증가하게 된다. 하지만 능동형 전류 보상 장치에 포함된 증폭부(130A, 130A-1, 130A-2, 130A-3)는, 전력량 변화에 큰 영향을 받지 않는다. 능동형 전류 보상 장치에서 전력량 증가에 따른 센싱 변압기(120A)의 부피 증가율은, CM 초크의 부피(예: 크기 및/또는 개수) 증가율에 비해 훨씬 작을 수 있다. 따라서, 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, 고전력 시스템에서 수동 필터보다 가격, 부피, 무게 면에서 훨씬 유리할 수 있다.

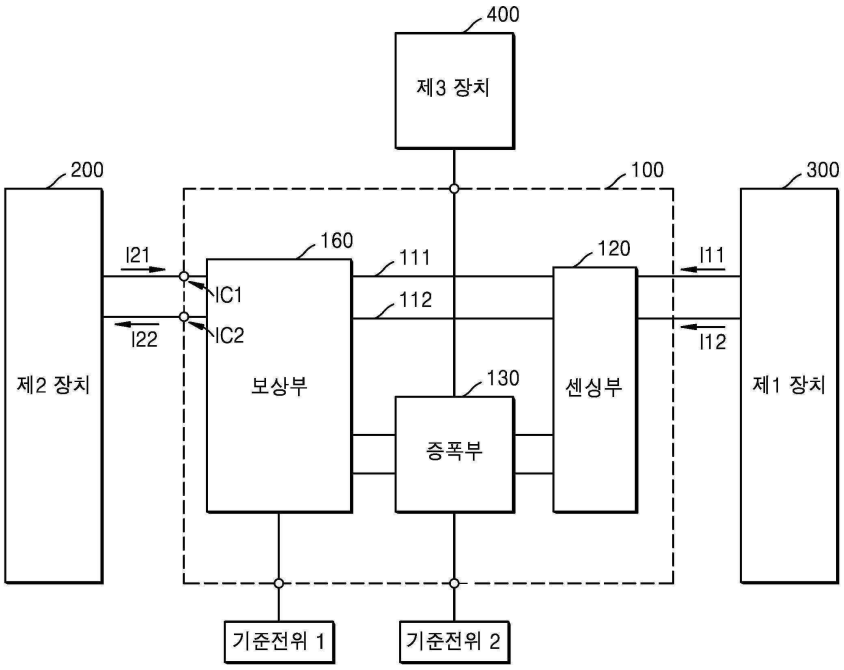
[0142] 또한, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, 대전류 경로(예: 전력선)로부터 전기적으로 절연되는 구조이므로, 증폭부(130A)에 포함된 소자들을 EOS(electrical overstress)로부터 보호할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 증폭부(130A)는, 전력선으로부터 절연되므로, 제어 보드에 사용되는 DC 저전압(예: 제3 장치(400), 15V 이내)을 이용할 수 있다. 따라서, 증폭부(130A)는, 별도의 전력 변환 회로가 필요하지 않다. 또한, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 능동형 전류 보상 장치는, 전원 공급 장치(예: 제2 장치(200))의 기준전위(기준전위 1)와 상관없이, 증폭부(130A)를 구성하기 위해 정격 전압이 낮은 소자들을 사용할 수 있다.

[0143] 본 발명에서 설명하는 특정 실행들은 일 실시 예들로서, 어떠한 방법으로도 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다. 명세서의 간결함을 위하여, 종래 전자적인 구성들, 제어 시스템들, 소프트웨어, 상기 시스템들의 다른 기능적인 측면들의 기재는 생략될 수 있다. 또한, 도면에 도시된 구성 요소들 간의 선들의 연결 또는 연결 부재들은 기능적인 연결 및/또는 물리적 또는 회로적 연결들을 예시적으로 나타낸 것으로서, 실제 장치에서는 대체 가능하거나 추가의 다양한 기능적인 연결, 물리적인 연결, 또는 회로 연결들로서 나타내어질 수 있다. 또한, "필수적인", "중요하게" 등과 같이 구체적인 언급이 없다면 본 발명의 적용을 위하여 반드시 필요한 구성 요소가 아닐 수 있다.

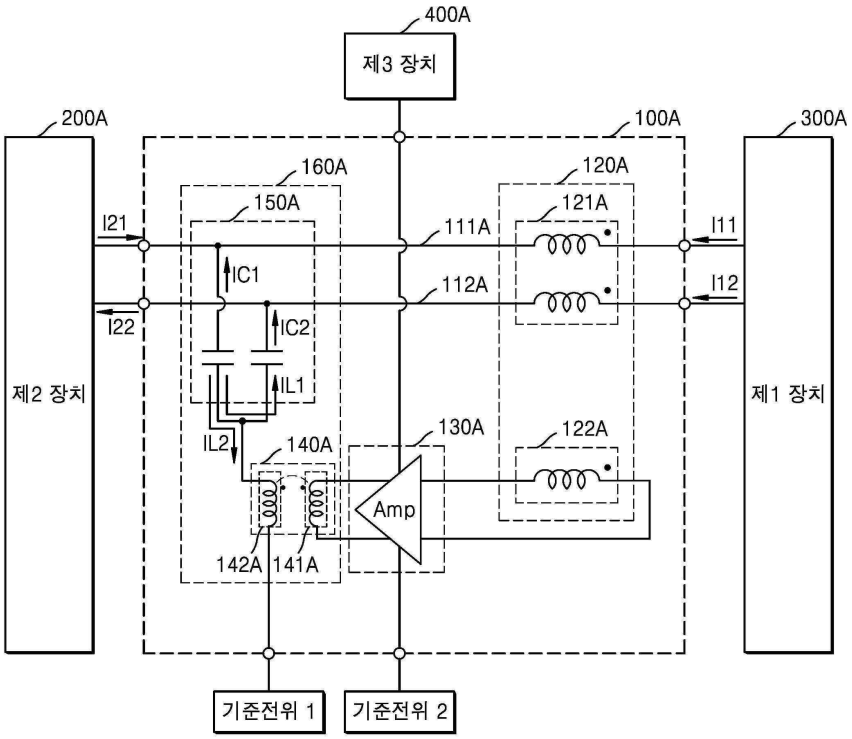
[0144] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 또는 이로부터 등가적으로 변경된 모든 범위는 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

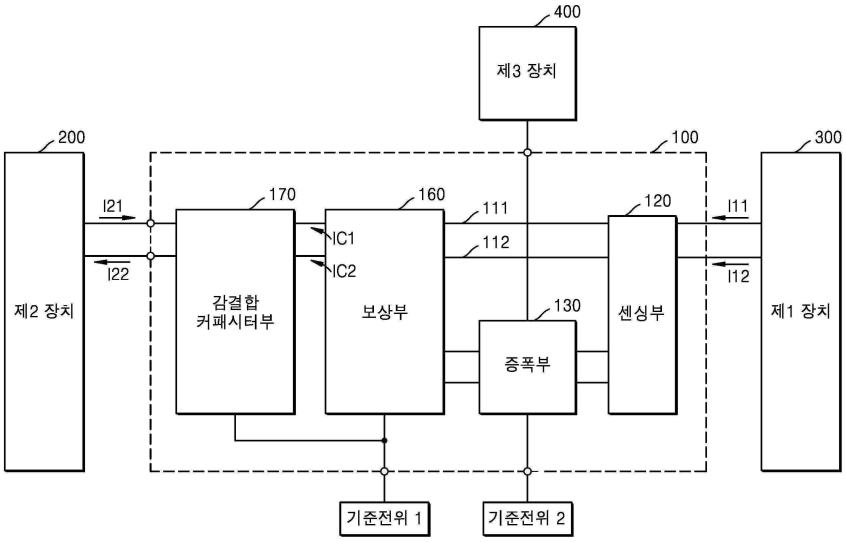
도면1



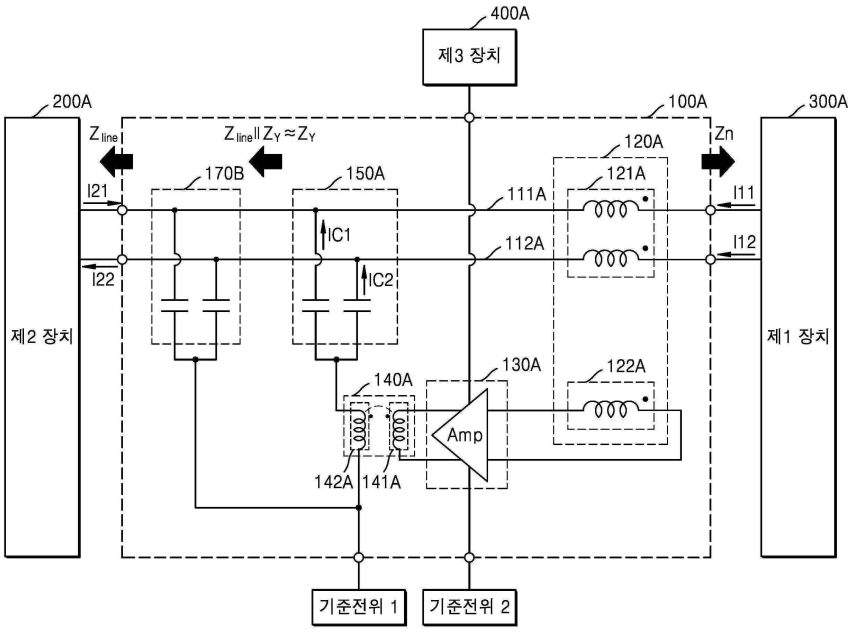
도면2



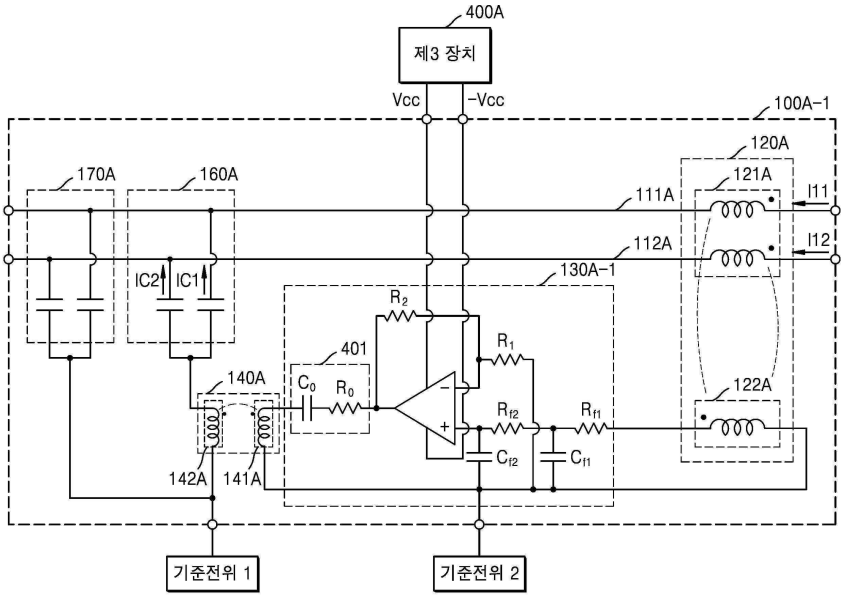
도면3


400
제3 장치
200
100
300
I21
I22
170
160
111
120
I11
I12
IC1
IC2
112
130
제2 장치
감결합
커패시터부
보상부
증폭부
센싱부
제1 장치
기준전위 1
기준전위 2

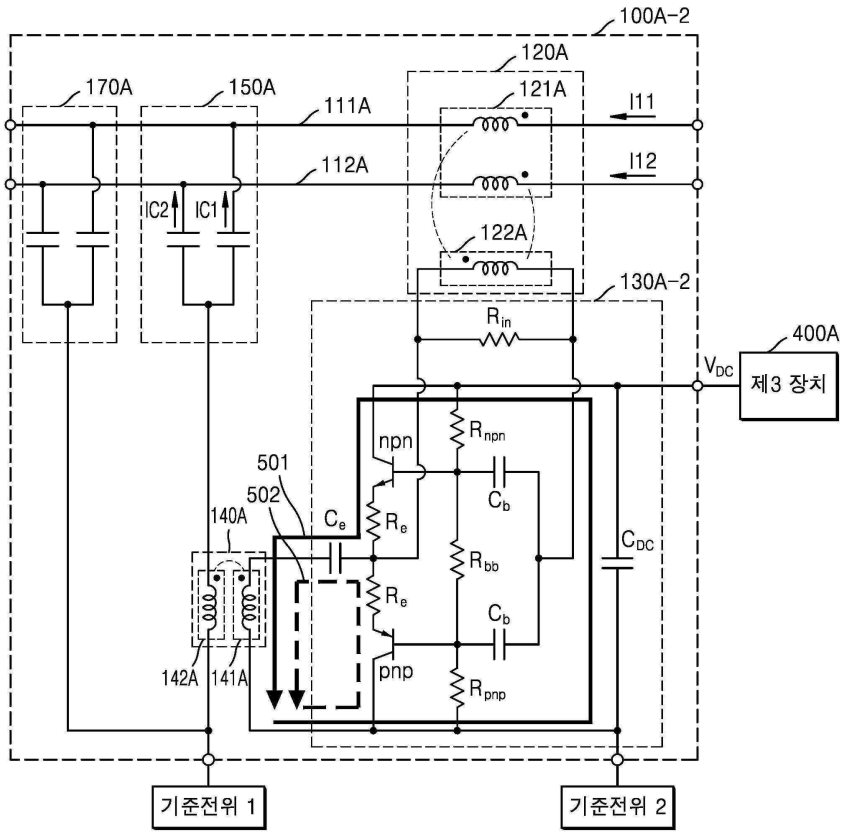
도면4


400A
제3 장치
200A
100A
300A
Zline
Zline||ZY≈ZY
Zn
120A
121A
170B
150A
I21
I22
111A
112A
I11
I12
IC1
IC2
제2 장치
제1 장치
130A
122A
140A
Amp
142A
141A
기준전위 1
기준전위 2

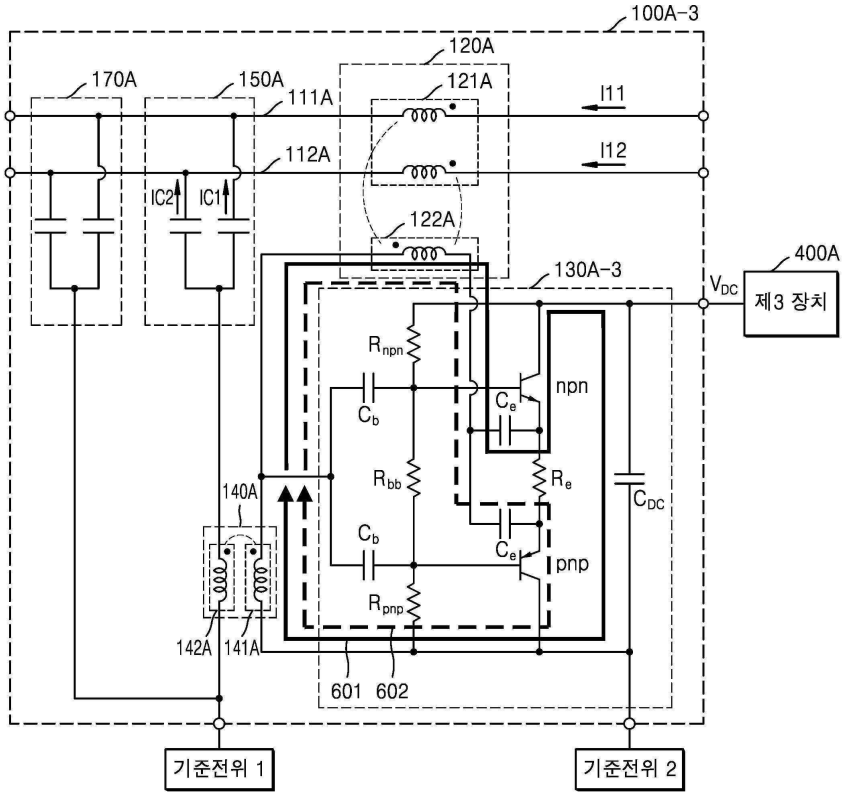
도면5


400A
제3 장치
Vcc
-Vcc
100A-1
120A
121A
111A
I11
112A
I12
170A
160A
IC2
IC1
130A-1
R2
R1
401
C0
R0
140A
Rf2
Rf1
Cf2
Cf1
122A
142A
141A
기준전위 1
기준전위 2

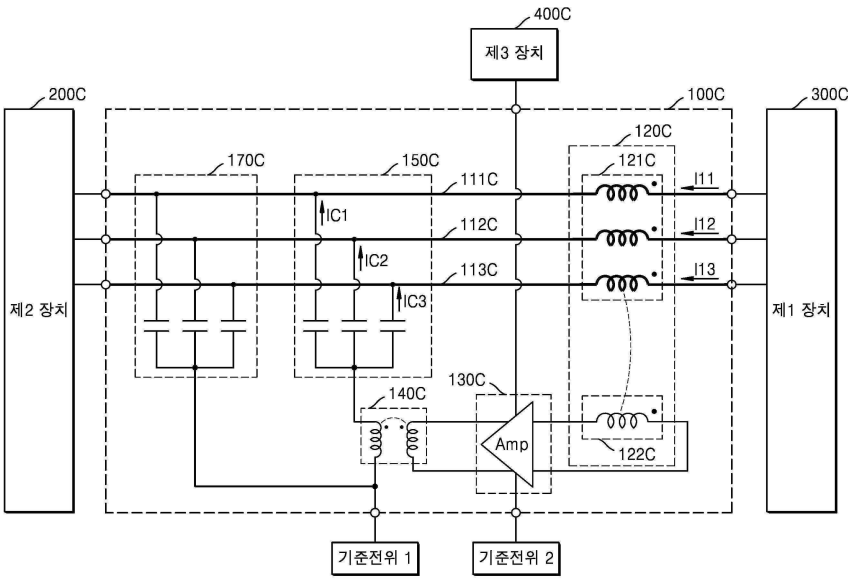
도면6


100A-2
120A
121A
170A
150A
111A
I11
112A
I12
IC2
IC1
122A
130A-2
Rin
400A
VDC
제3 장치
npn
Rnpn
501
502
Ce
Re
Cb
140A
Rbb
CDC
Re
Cb
142A
141A
pnp
Rpnp
기준전위 1
기준전위 2

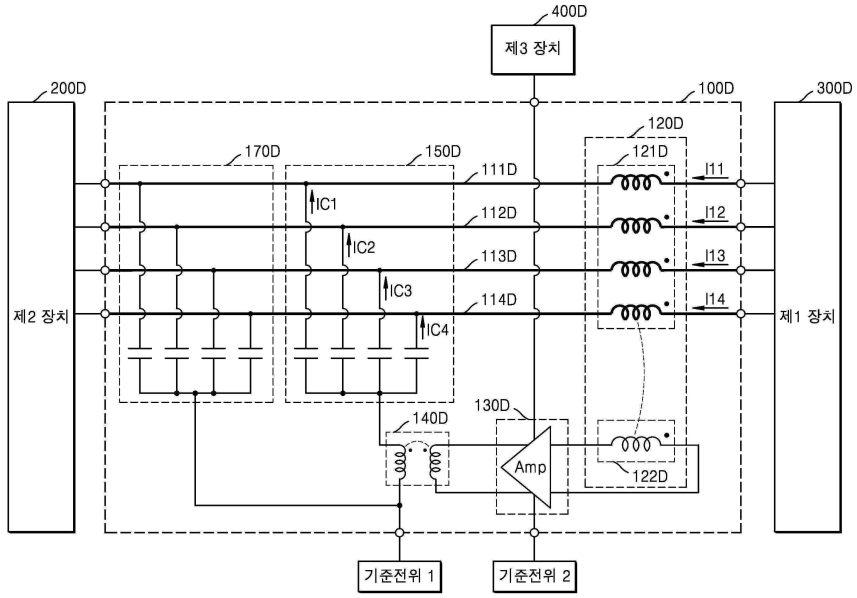
도면7


100A-3
120A
170A
150A
111A
121A
I11
112A
I12
IC2
IC1
122A
130A-3
400A
V_{DC}
제3 장치
R_{npn}
C_b
C_e
npn
R_{bb}
R_e
C_{DC}
140A
C_b
C_e
pnp
R_{pnp}
142A
141A
601
602
기준전위 1
기준전위 2

도면8


400C
제3 장치
200C
100C
300C
120C
170C
150C
111C
121C
I11
IC1
112C
I12
IC2
113C
I13
IC3
제2 장치
제1 장치
130C
140C
Amp
122C
기준전위 1
기준전위 2

도면9


400D
제3 장치
200D
100D
300D
120D
121D
170D
150D
111D
112D
113D
114D
I11
I12
I13
I14
IC1
IC2
IC3
IC4
제2 장치
제1 장치
130D
140D
Amp
122D
기준전위 1
기준전위 2