

(43) 공개일자 2025년02월11일

- (71) 출원인
울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (72) 발명자
김재준
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
조정훈
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
제일특허법인(유)

(54) 발명의 명칭 가스 검출용 임피던스 측정 장치 및 임피던스 측정 방법

본 발명은 가스 센서로부터 가스를 검출하기 위한 임피던스 측정 장치에 관한 것으로, 교류 신호를 상기 가스 센서에 인가하여 상기 교류 신호에 대응하는 상기 가스 센서의 센싱 신호를 검출하는 신호 검출부; 상기 센싱 신호에 대한 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 가스 센서의 임피던스 성분을 판독하는 판독부; 및 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 교류 신호의 위상을 동기화하여 상기 가스 센서의 캐패시턴스 성분이 상쇄된 임피던스 성분이 상기 판독부를 통해 출력되도록 하는 위상 조정부;를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01N 2027/222 (2013.01)

(72) 발명자

편유장

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김용기

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

염준영

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415181703
과제번호	00144157
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	시장선도를위한한국주도형K-Sensor기술개발(R&D)
연구과제명	다중센서의 융복합 및 초소형화를 위한 센서 플랫폼기술 개발
기 여 율	50/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345366496
과제번호	2020R1A6A1A03040570
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	환경감시 자율무인시스템 연구센터
기 여 율	50/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

가스 센서로부터 가스를 검출하기 위한 임피던스 측정 장치에 있어서,
교류 신호를 상기 가스 센서에 인가하여 상기 교류 신호에 대응하는 상기 가스 센서의 센싱 신호를 검출하는 신호 검출부;
상기 센싱 신호에 대한 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 가스 센서의 임피던스 성분을 판독하는 판독부; 및
상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 교류 신호의 위상을 동기화하여 상기 가스 센서의 캐패시턴스 성분이 상쇄된 임피던스 성분이 상기 판독부를 통해 출력되도록 하는 위상 조정부;를 포함하는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 신호 검출부는,
상기 교류 신호로서 의사 사인파(pseudo sin wave) 전류를 생성하여 상기 가스 센서로 인가하고, 상기 의사 사인파 전류를 기초로 감지되는 상기 가스 센서의 전압을 상기 센싱 신호로서 수신하는 의사 사인파 생성부(pseudo sin wave generator)를 포함하는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 위상 조정부는,
상기 의사 사인파 전류의 위상의 트랜지션(transition) 크기를 비교하고, 상기 트랜지션 크기가 임계치를 초과하면 동기화를 개시하는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 위상 조정부는,
최상위 비트(most significant bit)로부터 최하위 비트(least significant bit)를 선택할 때까지 순차적으로 비트를 결정하는 SAR(successive approximation) 로직부; 및
상기 비트를 기초로 상기 트랜지션 크기가 0에 수렴하도록 상기 의사 사인파 전류의 위상을 동기화하는 위상 동기화부;를 포함하는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 전압을 전치 처리(pre-processing)하는 아날로그 프런트 엔드부(analog front end block); 및

상기 아날로그 프런트 엔드부의 전치 처리 결과를 기초로 상기 가스 센서의 전압 변화를 감지하여 상기 전압 변화 감지 결과를 생성하는 아날로그-디지털 변환부;를 더 포함하는

가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 아날로그 프런트 엔드부는,

상기 전압을 증폭하는 증폭부;

상기 증폭부의 증폭 결과를 저역 통과시키는 로우패스 필터(low pass filter); 및

상기 로우패스 필터의 저역 통과 결과를 기초로 상기 전압의 DC 성분 일부를 캔슬링(cancelling)하는 DC 레벨 캔슬링부;를 포함하는

가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 아날로그-디지털 변환부는,

상기 저역 통과 결과를 기초로 상기 전압 변화 감지 결과를 생성하여 상기 판독부로 전달하는

가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 아날로그-디지털 변환부는,

최상위 비트로부터 최하위 비트를 선택할 때까지 순차적으로 전압 변화값을 결정하는 SAR 아날로그-디지털 변환부를 포함하는

가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 의사 사인과 생성부는,

복수의 전류원을 교번되게 스위칭함으로써 기 설정된 범위의 피크값을 갖는 반파(half wave) 전류를 생성하는 전류 생성부; 및

상기 반파 전류를 초핑(chopping)하여 상기 의사 사인과 전류를 생성하는 초핑 회로부;를 포함하는

가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 초핑 회로부는,
변조 과정에 의해 상기 전압으로부터 1차 초핑된 전파(full wave) 전류를 생성하는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 아날로그 프런트 엔드부는,
복조 과정에 의해 상기 1차 초핑된 전파 전류로부터 2차 초핑된 반파 전류를 생성하여 상기 증폭부로 제공하는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
상기 위상 조정부는,
상기 변조 과정의 클럭과 상기 복조 과정의 클럭 간의 위상을 조정하여 상기 의사 사인과 전류의 위상 지연분만큼 상기 초핑 회로부의 초핑 신호를 지연시키는
가스 검출용 임피던스 측정 장치.

청구항 13

가스 센서가 연결되는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법에 있어서,
상기 가스 센서에서 검출되는 센싱 신호에 대응하는 전압 변화 감지 결과를 수신하는 단계;
상기 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신하는 단계;
상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 상기 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하는 단계; 및
상기 위상차가 반영된 상기 센싱 신호의 임피던스 성분을 관측하는 단계;를 포함하는
임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법.

청구항 14

컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서,
상기 컴퓨터 프로그램은,
가스 센서가 연결되는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고,

상기 방법은,
 상기 가스 센서에서 검출되는 센싱 신호에 대응하는 전압 변화 감지 결과를 수신하는 단계;
 상기 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신하는 단계;
 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 상기 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하는 단계; 및
 상기 위상차가 반영된 상기 센싱 신호의 임피던스 성분을 판독하는 단계;를 포함하는
 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 15

컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,
 상기 컴퓨터 프로그램은,
 가스 센서가 연결되는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고,
 상기 방법은,
 상기 가스 센서에서 검출되는 센싱 신호에 대응하는 전압 변화 감지 결과를 수신하는 단계;
 상기 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신하는 단계;
 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 상기 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하는 단계; 및
 상기 위상차가 반영된 상기 센싱 신호의 임피던스 성분을 판독하는 단계;를 포함하는
 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가스 검출용 임피던스 측정 기술과 관련이 있다.

배경 기술

- [0003] 가스 누출 감지의 필요성과 신뢰성은 사회 안전과 관련해 지속적으로 대두되어 왔으며, 실생활에서 많이 사용되는 산업 및 가정용 가스는 반응성이 매우 크기 때문에 누출 발생 시 막대한 인명 및 재산 피해를 초래한다.
- [0004] 또한, 가스 검출 시스템의 높은 가격, 환경 및 노후화에 따른 신뢰성 저하는 향후에도 지속적으로 문제가 제기될 가능성이 높고, 기존의 가스 검출 시스템은 주로 저항을 통한 센싱 방식인데, 가스 농도에 따른 저항 변화가 일정하지 않으며, 다른 가스에도 반응성이 나타나고, 확장성이 제한적이다.
- [0005] 이에, 가스 검출을 위한 다른 방안으로서 임피던스 측정 방식의 가스 검출 기술을 고려할 수 있다.
- [0006] 그런데, 기존의 임피던스 측정 회로는 주로 인체의 생체 정보를 측정하는 것에 국한되어 있으며, 캐패시터가 병렬로 연결된 가스 센서의 경우에는 저항만 연결된 가스 센서와는 달리 캐피시턴스 성분으로 인해 입력 임피던스가 작아지고 신호의 딜레이(delay)가 발생하는 문제가 수반된다.
- [0007] 더욱이, 저항 측정 방식의 가스 센서는 1채널로도 운용이 가능하지만, 임피던스 측정 방식의 가스 센서는 2개의 채널이 필요하기 때문에, 이러한 구조적인 한계도 극복할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 미국등록특허 11635403호 (2023년04월25일 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 실시예에서는, 2채널 이상의 RC 병렬 회로에서 캐패시턴스 성분을 제거하고 신호 딜레이를 최소화할 수 있는, 가스 검출을 위한 임피던스 측정 기술을 제안하고자 한다.

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재들로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에 의해 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 실시예에 따르면, 가스 센서로부터 가스를 검출하기 위한 임피던스 측정 장치에 있어서, 교류 신호를 상기 가스 센서에 인가하여 상기 교류 신호에 대응하는 상기 가스 센서의 센싱 신호를 검출하는 신호 검출부; 상기 센싱 신호에 대한 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 가스 센서의 임피던스 성분을 판독하는 판독부; 및

[0014] 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 교류 신호의 위상을 동기화하여 상기 가스 센서의 캐패시턴스 성분이 상쇄된 임피던스 성분이 상기 판독부를 통해 출력되도록 하는 위상 조정부;를 포함하는 가스 검출용 임피던스 측정 장치를 제공할 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 신호 검출부는, 상기 교류 신호로서 의사 사인파(pseudo sin wave) 전류를 생성하여 상기 가스 센서로 인가하고, 상기 의사 사인파 전류를 기초로 감지되는 상기 가스 센서의 전압을 상기 센싱 신호로서 수신하는 의사 사인파 생성부(pseudo sin wave generator)를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 위상 조정부는, 상기 의사 사인파 전류의 위상의 트랜지션(transition) 크기를 비교하고, 상기 트랜지션 크기가 임계치를 초과하면 동기화를 개시할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 위상 조정부는, 최상위 비트(most significant bit)로부터 최하위 비트(least significant bit)를 선택할 때까지 순차적으로 비트를 결정하는 SAR(successive approximation) 로직부; 및 상기 비트를 기초로 상기 트랜지션 크기가 0에 수렴하도록 상기 의사 사인파 전류의 위상을 동기화하는 위상 동기화부;를 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 임피던스 측정 장치는, 상기 전압을 전치 처리(pre-processing)하는 아날로그 프런트 엔드부(analog front end block); 및 상기 아날로그 프런트 엔드부의 전치 처리 결과를 기초로 상기 가스 센서의 전압 변화를 감지하여 상기 전압 변화 감지 결과를 생성하는 아날로그-디지털 변환부;를 더 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 아날로그 프런트 엔드부는, 상기 전압을 증폭하는 증폭부; 상기 증폭부의 증폭 결과를 저역 통과시키는 로우패스 필터(low pass filter); 및 상기 로우패스 필터의 저역 통과 결과를 기초로 상기 전압의 DC 성분 일부를 캔슬링(cancelling)하는 DC 레벨 캔슬링부;를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 아날로그-디지털 변환부는, 상기 저역 통과 결과를 기초로 상기 전압 변화 감지 결과를 생성하여 상기 판독부로 전달할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 아날로그-디지털 변환부는, 최상위 비트로부터 최하위 비트를 선택할 때까지 순차적으로 전압 변화 값을 결정하는 SAR 아날로그-디지털 변환부를 포함할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 의사 사인파 생성부는, 복수의 전류원을 교번되게 스위칭함으로써 기 설정된 범위의 피크값을 갖는

반파(half wave) 전류를 생성하는 전류 생성부; 및 상기 반파 전류를 초핑(chopping)하여 상기 의사 사인과 전류를 생성하는 초핑 회로부;를 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 초핑 회로부는, 변조 과정에 의해 상기 전압으로부터 1차 초핑된 전파(full wave) 전류를 생성할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 아날로그 프런트 엔드부는, 복조 과정에 의해 상기 1차 초핑된 전파 전류로부터 2차 초핑된 반파 전류를 생성하여 상기 증폭부로 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 위상 조정부는, 상기 변조 과정의 클럭과 상기 복조 과정의 클럭 간의 위상을 조정하여 상기 의사 사인과 전류의 위상 지연분만큼 상기 초핑 회로부의 초핑 신호를 지연시킬 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 가스 센서가 연결되는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법에 있어서, 상기 가스 센서에서 검출되는 센싱 신호에 대응하는 전압 변화 감지 결과를 수신하는 단계; 상기 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신하는 단계; 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 상기 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하는 단계; 및 상기 위상차가 반영된 상기 센싱 신호의 임피던스 성분을 판독하는 단계;를 포함하는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 제공할 수 있다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따르면, 컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 가스 센서가 연결되는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고, 상기 방법은, 상기 가스 센서에서 검출되는 센싱 신호에 대응하는 전압 변화 감지 결과를 수신하는 단계; 상기 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신하는 단계; 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 상기 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하는 단계; 및 상기 위상차가 반영된 상기 센싱 신호의 임피던스 성분을 판독하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예에 따르면, 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 가스 센서가 연결되는 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하고, 상기 방법은, 상기 가스 센서에서 검출되는 센싱 신호에 대응하는 전압 변화 감지 결과를 수신하는 단계; 상기 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신하는 단계; 상기 전압 변화 감지 결과를 기초로 상기 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 상기 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하는 단계; 및 상기 위상차가 반영된 상기 센싱 신호의 임피던스 성분을 판독하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예에 의하면, 임피던스 측정 방식을 통해 가스 센서의 센싱 정보를 검출함으로써, 기존의 저항 측정 방식과 비교하여 선형성과 측정 농도 범위를 증가시키고, 외부 환경 변수에 영향을 덜 받으면서 반복성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 위상 동기화 기능을 갖는 가스 검출용 임피던스 측정 기술을 구현함으로써, 가스 종류에 따라 캐패시턴스 성분이 변경되더라도 적응적인 대처가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치에 대한 기능을 설명하는 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 동작을 구체적으로 설명하기 위한 도면으로서, 도 1의 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 세부 기능 및 회로를 설명하는 도면이다.

도 3 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 동작을 예시적으로 설명하는 도면으로서, 위상 조정이 적용되지 않은 경우의 임피던스 측정 과정을 설명하는 도면이다.

도 9 및 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 동작을 예시적으로 설명하는 도면으로서, 위상 동기화가 적용된 임피던스 측정 과정을 설명하는 도면이다.

도 11은 도 2의 위상 조정부의 위상 동기화부의 위상 동기화를 예시적으로 설명하는 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 예시적으로 설명

하기 위한 파형도이다.

도 13은 도 12의 임피던스 측정 방법에서 위상 지연값이 계산되는 과정을 예시적으로 설명하는 파형도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명의 범주는 청구항에 의해 정의될 뿐이다.
- [0034] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어 실제로 필요한 경우 외에는 생략될 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0035] 기존의 임피던스 회로들은 4개의 입력단을 사용하거나, 2개의 복조 회로를 주로 사용하고 있다.
- [0036] 일부 공개된 논문에서는 2개의 입력단과 1개의 복조 회로만 사용하여 임피던스를 측정하는 경우도 있으나, 위상 동기화 기능이 없기 때문에 가스 종류에 따라 캐패시턴스 성분이 변화할 때 마다 위상을 동기화시켜야만 하는 번거로움이 있다.
- [0037] 이에 본 발명의 실시예에서는, 2채널 이상의 RC 병렬 회로에서 캐패시턴스 성분을 제거하면서 위상 동기화를 자동으로 구현하여 신호 딜레이를 최소화할 수 있는, 가스 검출을 위한 임피던스 측정 장치를 제안하고자 한다.
- [0038] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치(100)에 대한 기능을 설명하는 블록도이다.
- [0040] 도 1에 도시한 바와 같이, 가스 검출용 임피던스 측정 장치(100)는 신호 검출부(200), 아날로그 프런트 엔드부(300), ADC(analog-digital converter)(400), SPI(serial-to-parallel) 판독부(500), 제어부(600), SPI 기록부(700) 및 위상 조정부(800)를 포함할 수 있다. 이러한 가스 검출용 임피던스 측정 장치(100)는 가스 센서(10)를 더 포함할 수 있다.
- [0041] 신호 검출부(200)는 교류 신호를 가스 센서(10)에 인가하여 교류 신호에 대응하는 가스 센서(10)의 센싱 신호를 검출할 수 있다.
- [0042] 아날로그 프런트 엔드부(300)는 가스 센서(10)의 전압을 전치 처리(pre-processing)할 수 있으며, ADC(400)는 아날로그 프런트 엔드부(300)의 전치 처리 결과를 기초로 가스 센서(10)의 전압 변화를 감지하여 전압 변화 감지 결과를 생성할 수 있다.
- [0043] SPI 판독부(500)는 가스 센서(10)의 센싱 신호(전압)에 대한 전압 변화 감지 결과, 즉 ADC(400)로부터 제공되는 전압 변화 감지 결과를 기초로 가스 센서(10)의 임피던스 성분을 판독할 수 있다.
- [0044] 제어부(600)는 SPI 판독부(500)의 임피던스 성분 판독 결과를 수신하고, SPI 판독부(500)를 통해 제공되는 위상 조정부(800)의 위상, 즉 가스 센서(10)의 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신할 수 있다.
- [0045] 임피던스 성분 판독 결과와 위상 정보는 SPI 기록부(700)에 제공될 수 있으며, 이들 정보는 신호 검출부(200)와 위상 조정부(800)에 피드백될 수 있다.
- [0046] 위상 조정부(800)는 전압 변화 감지 결과를 기초로 교류 신호의 위상을 동기화하여 가스 센서의 캐패시턴스 성분이 상쇄된 임피던스 성분이 SPI 판독부(500)를 통해 출력되도록 조정할 수 있다.
- [0047] 따라서, SPI 판독부(500)는 ADC(400)로부터 제공되는 전압 변화 감지 결과를 기초로 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하게 되고, 위상차가 반영된 가스 센서(10)의 센싱 신호의 임피던스 성분을 판독할 수 있게 된다.
- [0048] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치(100)의 동작을 구체적으로 설명하기 위한 도면으로서, 도 1의 가스 검출용 임피던스 측정 장치(100)의 세부 기능 및 회로를 설명하는 도면이다.

- [0049] 도 2에 도시한 바와 같이, 가스 검출용 임피던스 측정 장치(200)는 신호 검출부(200), 아날로그 프런트 엔드부(300), ADC(400), SPI 관독부(500), 제어부(600), SPI 기록부(700) 및 위상 조정부(800)를 포함할 수 있다.
- [0050] 신호 검출부(200)는 교류 신호를 가스 센서(10)에 인가하여 교류 신호에 대응하는 가스 센서(10)의 센싱 신호를 검출할 수 있다.
- [0051] 이러한 신호 검출부(200)는, 예를 들어 의사 사인과 생성부(pseudo sin wave generator)를 포함할 수 있다. 의사 사인과 생성부는 교류 신호로서 의사 사인과(pseudo sin wave) 전류를 생성하여 가스 센서(10)로 인가하고, 의사 사인과 전류를 기초로 감지되는 가스 센서(10)의 전압을 센싱 신호로서 수신할 수 있다.
- [0052] 이러한 의사 사인과 생성부는, 복수 개의 전류원을 교번되게 스위칭함으로써 기 설정된 범위의 피크값을 갖는 반파(half wave) 전류를 생성하는 전류 생성부(210)와, 반파 전류를 초핑(chopping)하여 의사 사인과 전류를 생성하는 초핑 회로부(220)를 포함할 수 있다.
- [0053] 아날로그 프런트 엔드부(300)는 가스 센서(10)의 전압을 전치 처리할 수 있으며, 가스 센서(10)의 전압을 증폭하는 증폭부(310, 320), 증폭부(310, 320)의 증폭 결과를 저역 통과시키는 로우패스 필터(low pass filter)(330), 로우패스 필터(330)의 저역 통과 결과를 기초로 가스 센서(10)의 전압의 DC 성분 일부를 캔슬링(cancelling)하는 DC 레벨 캔슬링부(340)를 포함할 수 있다.
- [0054] ADC(400)는 아날로그 프런트 엔드부(300)의 저역 통과 결과를 기초로 가스 센서(10)에서 생성된 전압의 전압 변화 감지 결과를 생성하여 SPI 관독부(500)로 전달할 수 있다. 이러한 ADC(400)는, 예를 들어 SAR(successive approximation) ADC를 포함할 수 있다. SAR ADC는, 예를 들어 최상위 비트(most significant bit)로부터 최하위 비트(least significant bit)를 선택할 때까지 순차적으로 전압 변화값을 결정할 수 있다.
- [0055] SPI 관독부(500)는 가스 센서(10)의 센싱 신호(전압)에 대한 전압 변화 감지 결과, 즉 ADC(400)로부터 제공되는 전압 변화 감지 결과를 기초로 가스 센서(10)의 임피던스 성분을 관독할 수 있다.
- [0056] 제어부(600)는 SPI 관독부(500)의 임피던스 성분 관독 결과를 수신하고, SPI 관독부(500)를 통해 제공되는 위상 조정부(800)의 위상, 즉 가스 센서(10)의 센싱 신호에 대응하는 전압의 위상 정보를 수신할 수 있다.
- [0057] 임피던스 성분 관독 결과와 위상 정보는 SPI 기록부(700)에 제공될 수 있으며, 이들 정보는 신호 검출부(200)와 위상 조정부(800)에 피드백될 수 있다.
- [0058] 위상 조정부(800)는 전압 변화 감지 결과를 기초로 교류 신호의 위상을 동기화하여 가스 센서의 캐패시턴스 성분이 상쇄된 임피던스 성분이 SPI 관독부(500)를 통해 출력되도록 조정할 수 있다. 이러한 위상 조정부(800)는 의사 사인과 전류의 위상의 트랜지션(transition) 크기를 비교하고, 트랜지션 크기가 임계치를 초과하면 동기화를 개시할 수 있다. 이러한 위상 조정부(800)는 최상위 비트로부터 최하위 비트를 선택할 때까지 순차적으로 비트를 결정하는 SAR 로직부(810)와, SAR 로직부(810)의 비트를 기초로 트랜지션 크기가 0에 수렴하도록 의사 사인과 전류의 위상을 동기화하는 위상 동기화부(820)를 포함할 수 있다.
- [0059] 따라서, SPI 관독부(500)는 ADC(400)로부터 제공되는 전압 변화 감지 결과를 기초로 전압을 변조하는 과정에서의 클럭과, 전압을 복조하는 과정에서의 클럭 간의 위상차를 반영하게 되고, 위상차가 반영된 가스 센서(10)의 센싱 신호의 임피던스 성분을 관독할 수 있게 된다.
- [0060] 한편, 신호 검출부(200)의 초핑 회로부(220)는 변조 과정에 의해 가스 센서(10)의 전압으로부터 1차 초핑된 전파 전류를 생성할 수 있고, 아날로그 프런트 엔드부(300)는 복조 과정에 의해 1차 초핑된 전파 전류로부터 2차 초핑된 반파 전류를 생성하여 증폭부로 제공할 수 있다. 따라서, 위상 조정부(800)는 변조 과정의 클럭과 복조 과정의 클럭 간의 위상을 조정하여 의사 사인과 전류의 위상 지연분만큼 초핑 회로부(220)의 초핑 신호를 지연시킬 수 있다.
- [0061] 도 3 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 동작을 예시적으로 설명하는 도면으로서, 위상 조정이 적용되지 않은 경우의 임피던스 측정 과정을 설명하는 도면이다.
- [0062] 먼저, 도 3에 도시한 바와 같이, 신호 검출부(200)의 의사 사인과 생성부는 복수 개의 전류원으로 구성될 수 있으며, 예를 들어 전류의 피크를 20nA~400nA까지 발생시킬 수 있다. 의사 사인과 생성부에서 생성되는 피크 전류는 반파 전류이며, 이러한 반파 전류는 가스 센서(10)에 인가될 수 있다.
- [0063] 도 4는 가스 센서(10)에 피크 전류가 인가되었을 때의 전압 파형을 예시한 것이다.

[0064] 의사 사인과 생성부를 통해 발생된 전류는 한쪽의 공통 전압(V_{CM})과 연결되어 있는 가스 센서(10)의 저항에 인가될 수 있고, 이 경우의 입력 전압은 아래 [수학식 1]과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$V_{INP} = I * R + V_{CM}$$

[0065]

[0066] 도 5는 초핑 동작을 통해 사인파를 형성한 경우를 예시한 도면이다.

[0067] 이때, 일반적인 가스 센서는 캐패시터가 병렬로 연결되어 있기 때문에, 도 6과 같이 위상 지연이 발생할 수 있고, 입력 임피던스가 감소할 수 있다.

[0068] 이후, 도 7에서는 초핑 동작을 다시 한번 수행하여 하프 사인파 형태의 반파 전류를 생성할 수 있다. 초핑 동작 없이 풀 사인파 형태의 전과 전류를 저역 통과시켜 필터링을 진행하는 경우에는 공통 전압만 생성되기 때문에 가스 센서(10)의 센싱 신호를 감지할 수 없게 된다.

[0069] 즉, 도 8에 도시한 바와 같이, 처음 사용했던 초핑 클럭을 통해 복조 과정을 진행하였으나, 마찬가지로 위상이 일치하지 않게 되고, 이러한 상태에서 로우패스 필터(330)를 통해 저역 통과 필터링 과정을 거치게 되면 가스 센서(10)의 전압이 공통 전압(V_{CM})과 일치하게 되어 신호 감지 기능을 수행할 수 없게 된다.

[0070] 도 9 및 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 동작을 예시적으로 설명하는 도면으로서, 본 발명의 실시예에 따라 위상 동기화가 적용된 임피던스 측정 과정을 설명하는 도면이다.

[0071] 임피던스 측정을 위한 가스 센서(10)에서, 가스 센서(10)의 캐패시터로 인해 위상 지연이 발생할 수 있으며, 이 경우 변조 과정에서의 클럭과 복조 과정에서의 클럭 간의 차이가 발생할 수 있다.

[0072] 본 발명의 실시예에서는 도 9에 도시한 바와 같이, 위상이 지연된 만큼 초핑 신호를 지연시켜 복조 과정을 진행하게 되면, 온전한 하프 사인파를 얻을 수 있다.

[0073] 도 9에서 생성된 하프 사인파를 로우패스 필터(330)를 통해 저역 통과시키게 되면, 가스 센서(10)의 캐패시터 및 저항에 따른 임피던스의 크기를 측정할 수 있게 된다. 이러한 결과는 도 10의 파형도에서 확인이 가능하다.

[0074] 도 11은 도 2의 위상 조정부(800)의 위상 동기화부(820)의 위상 동기화를 예시적으로 설명하는 도면이다.

[0075] 위상 동기화부(820)는 변조 클럭인 CLK_chop_I와 복조 클럭인 CLK_chop_syncn, 두 개의 신호를 출력하며, 두 개의 신호보다 512배 빠른 속도의 신호를 입력으로 받는다.

[0076] 두 개의 출력 신호는 가스 센서(10)의 캐패시터의 영향에 따른 위상 지연을 반영하여, 주파수는 동일하지만 위상이 서로 상이하다.

[0077] 또한, 변조 과정에서의 클럭은 1부터 256 클럭까지 고정되어 출력되며, 복조 과정에서의 클럭은 계산된 디지털 비트에 기초하여 출력될 수 있다. 예를 들어, 위상 지연이 3일 경우에 3부터 259까지 복조 클럭이 출력될 수 있다.

[0078] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 가스 검출용 임피던스 측정 장치의 임피던스 측정 방법을 예시적으로 설명하기 위한 파형도이다.

[0079] 도 2의 위상 조정부(800)에서 비교기의 입력 전압을 V_{COMP_IN} , 출력 전압을 V_{COMP_OUT} 으로 각각 가정하면, 캐패시터 전하 공유(charge sharing) 방식을 통해 입력 전압은 다음 [수학식 2]와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$V_{COMP_IN} = \frac{(V_{S1} - V_{S2})}{2} + V_{CM}$$

[0080]

- [0081] 비교기의 입력 전압($V_{\text{COMP.IN}}$)이 공통 전압(VCM)보다 클 경우에는 바이너리 검색(binary search) 방식을 통해 다음 사이클에서는 비트를 내리게 된다.
- [0082] 위상 조정부(800)는 SAR 동작과 유사하게 SAR 로직부(810)를 통해 순차적으로 다음 자리의 비트를 결정해 간다.
- [0083] 최종적으로, 도 12의 상단 파형도와 같은 위상 지연(D_{phase})을 계산할 수 있다. 예를 들어, $D_{\text{phase}}=43$ 으로 계산할 경우, 바이너리 값은 000101011로 표현될 수 있다.
- [0084] 도 12의 하단 파형도는 본 발명의 실시예에 따라 위상 조정부(800)가 위상 동기화 과정을 수행하는 경우의 파형 변화를 예시적으로 나타내고 있다.
- [0085] 도 12의 하단 파형도에서 알 수 있듯이, 처음에는 위상 지연이 커서 트랜지션(transition)이 크게 발생하였지만, 자동 위상 동기화 동작이 끝나감에 따라 트랜지션 크기가 점진적으로 0에 수렴하게 된다.
- [0086] 이때, 위상 조정부(800)는 신호 검출부(200)의 의사 사인과 전류의 위상의 트랜지션 크기를 비교하고, 트랜지션 크기가 임계치를 초과하게 되면 자동 이상 동기화 동작을 실행할 수 있다.
- [0087] 도 13은 도 12의 임피던스 측정 방법에서 위상 지연값이 계산되는 과정을 예시적으로 설명하는 파형도이다.
- [0088] 본 발명의 실시예에 따른 임피던스 측정 방법은 바이너리 검색 방식이 적용될 수 있으며, 이러한 바이너리 검색 방식을 통해 위상 지연값이 계산되어 출력될 수 있다.
- [0089] 이상 설명한 바와 같은 본 발명의 실시예에 의하면, 임피던스 측정 방식을 통해 가스 센서의 센싱 정보를 검출함으로써, 기존의 저항 측정 방식과 비교하여 선형성과 측정 농도 범위를 증가시키고, 외부 환경 변수에 영향을 덜 받으면서 반복성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 위상 동기화 기능을 갖는 가스 검출용 임피던스 측정 기술을 구현함으로써, 가스 종류에 따라 캐패시턴스 성분이 변경되더라도 적응적인 대처가 가능하도록 구현하였다.
- [0090] 한편, 첨부된 블록도의 각 블록과 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다.
- [0091] 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방식으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 기록매체(또는 메모리) 등에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 기록매체(또는 메모리)에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다.
- [0092] 그리고, 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 블록도의 각 블록에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.
- [0093] 또한, 각 블록은 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 적어도 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시 예들에서는 블록들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

부호의 설명

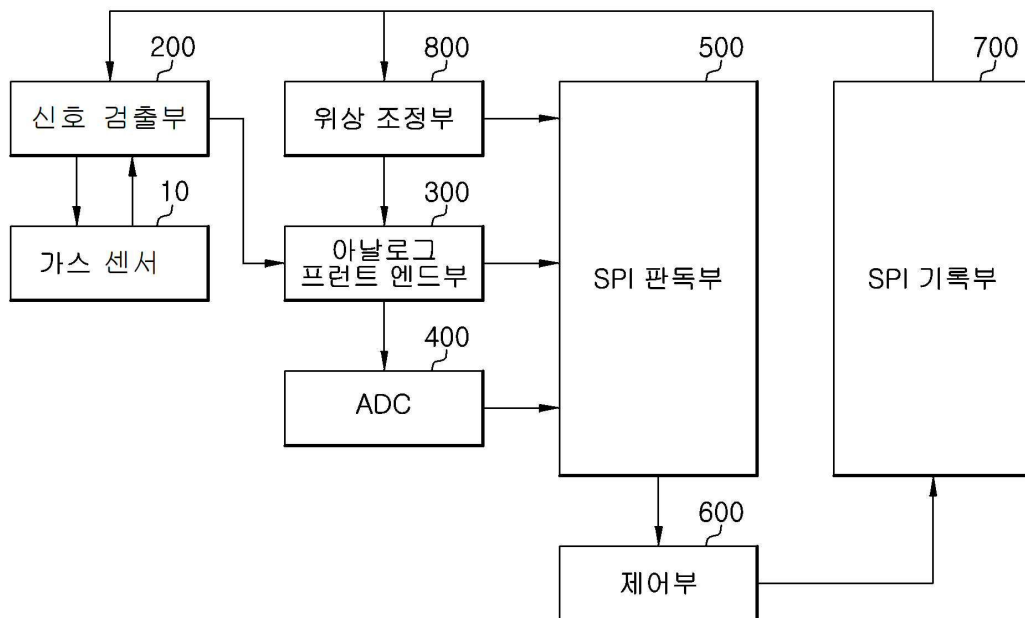
- [0095] 100: 임피던스 측정 장치
200: 신호 검출부

- 210: 전류 생성부
- 220: 초핑 회로부
- 300: 아날로그 프런트 엔드부
- 310, 320: 증폭부
- 330: 로우패스 필터
- 340: DC 레벨 캔슬링부
- 400: ADC
- 500: SPI 판독부
- 600: 제어부
- 700: SPI 기록부
- 800: 위상 조정부
- 810: SAR 로직부
- 820: 위상 동기화부

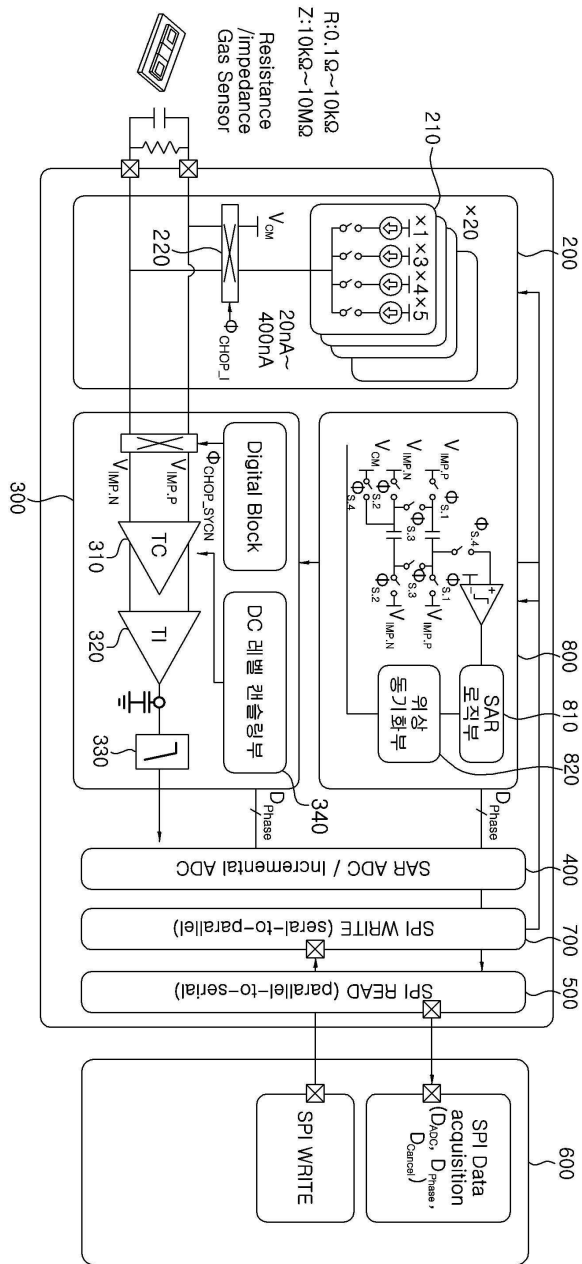
도면

도면1

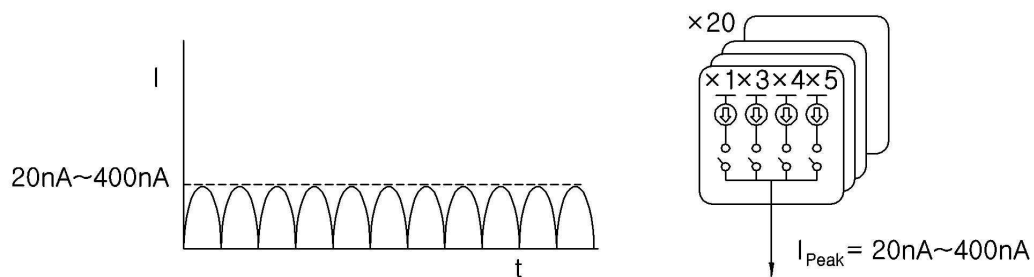
100



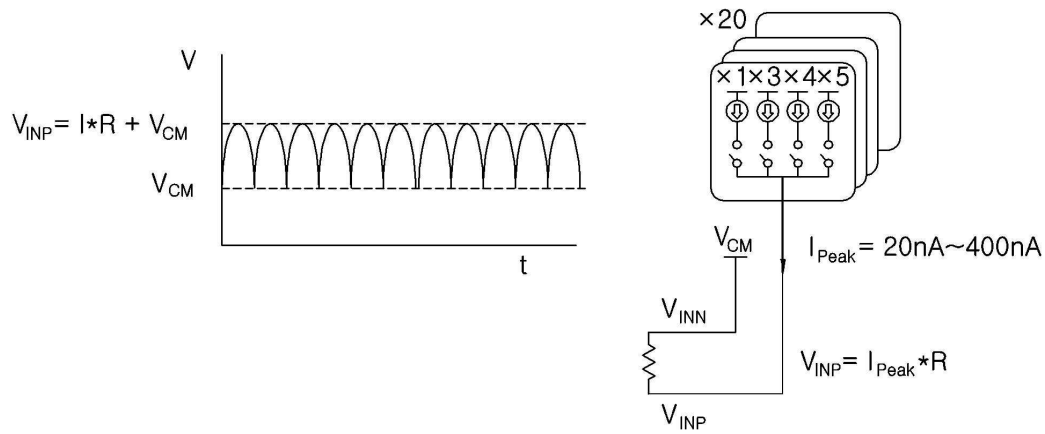
도면2



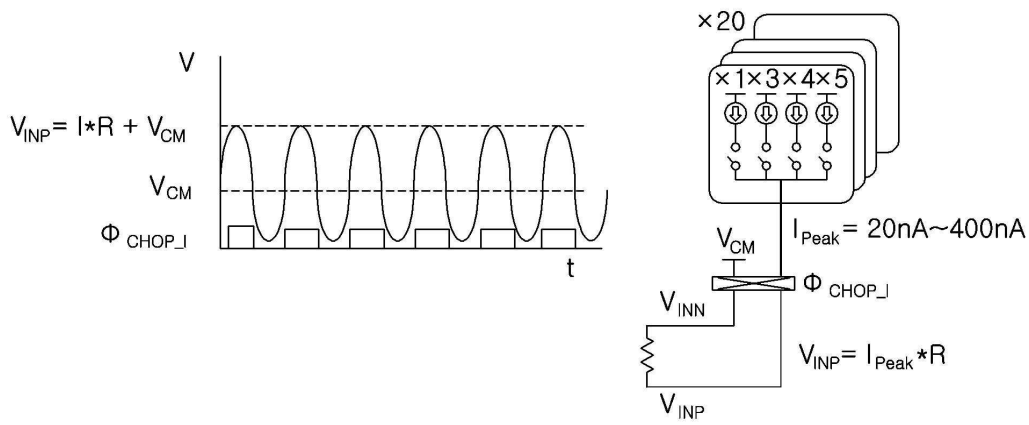
도면3



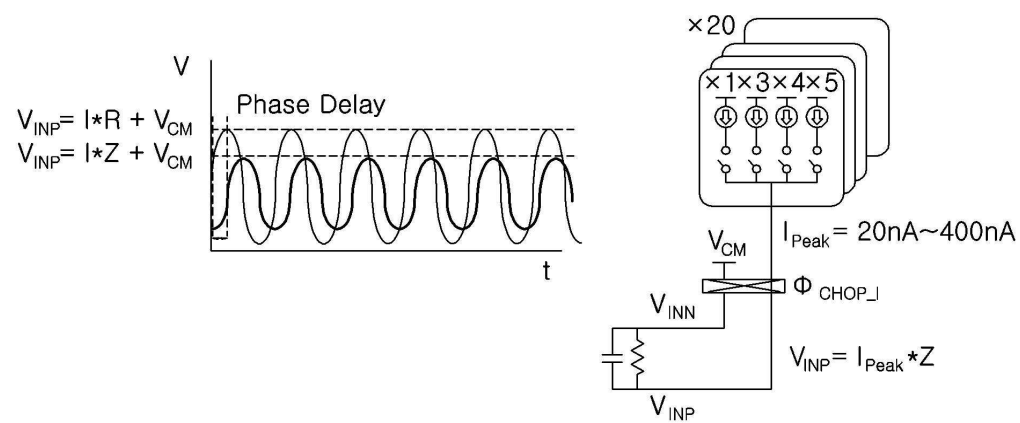
도면4



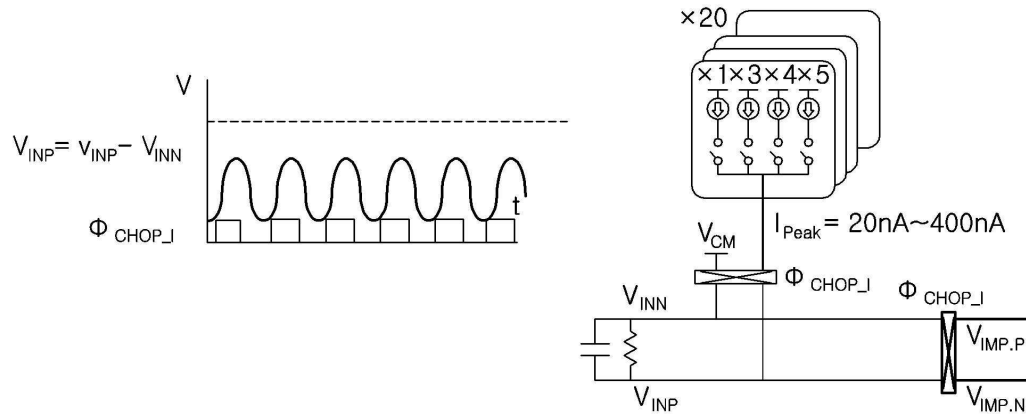
도면5



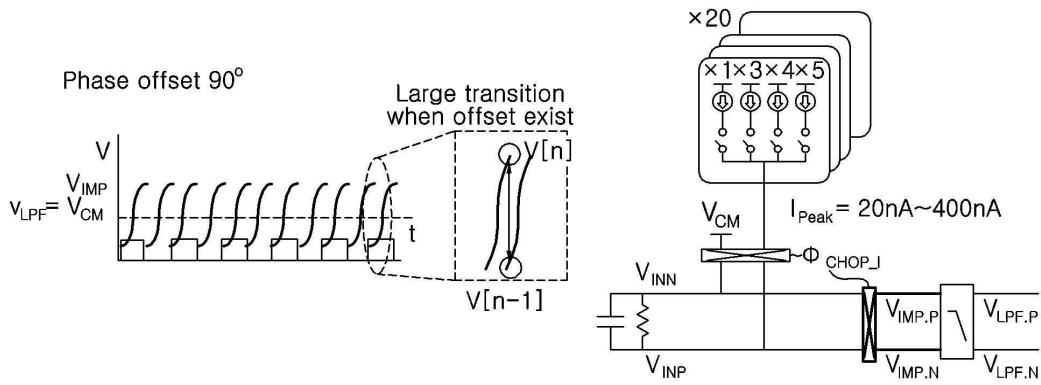
도면6



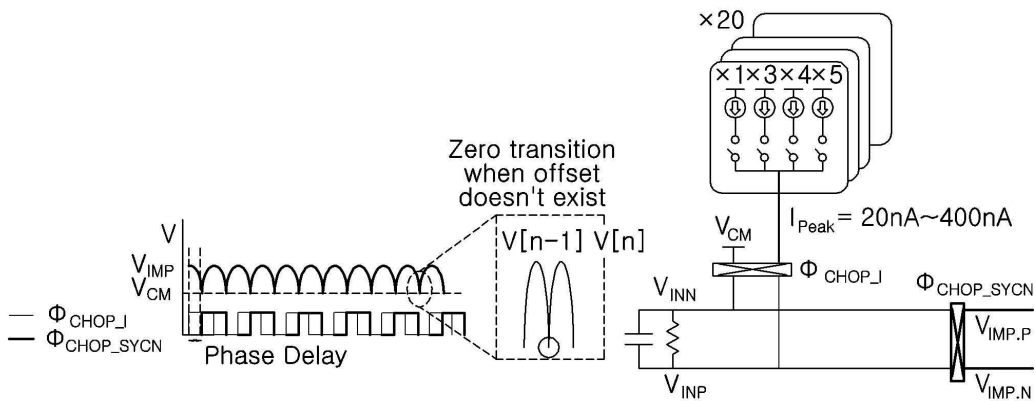
도면7



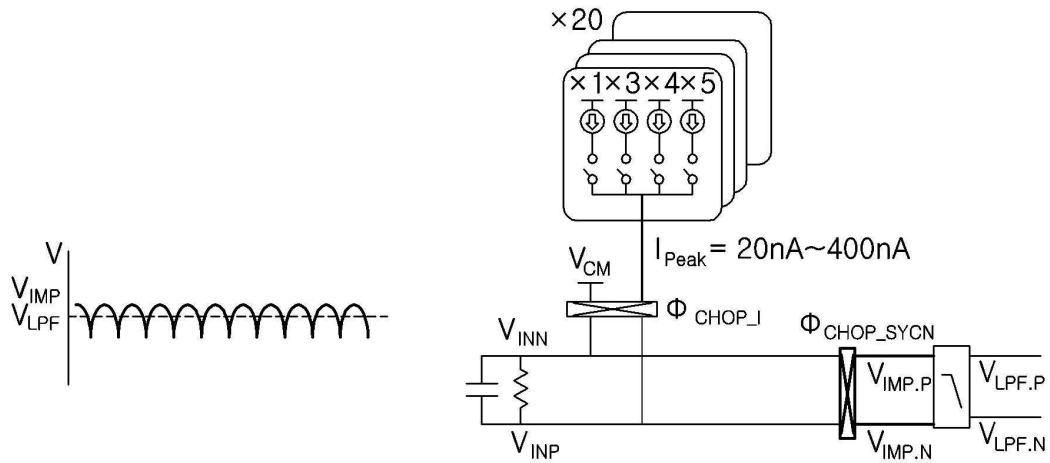
도면8



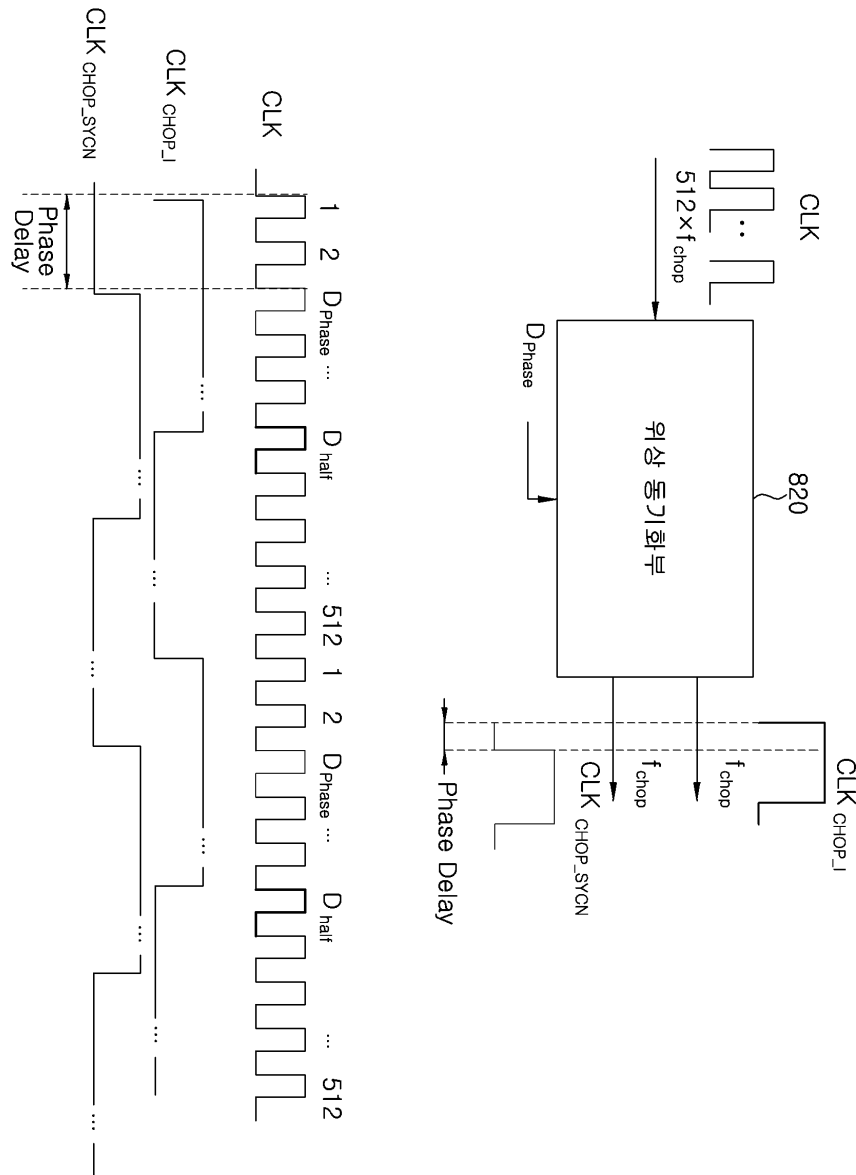
도면9



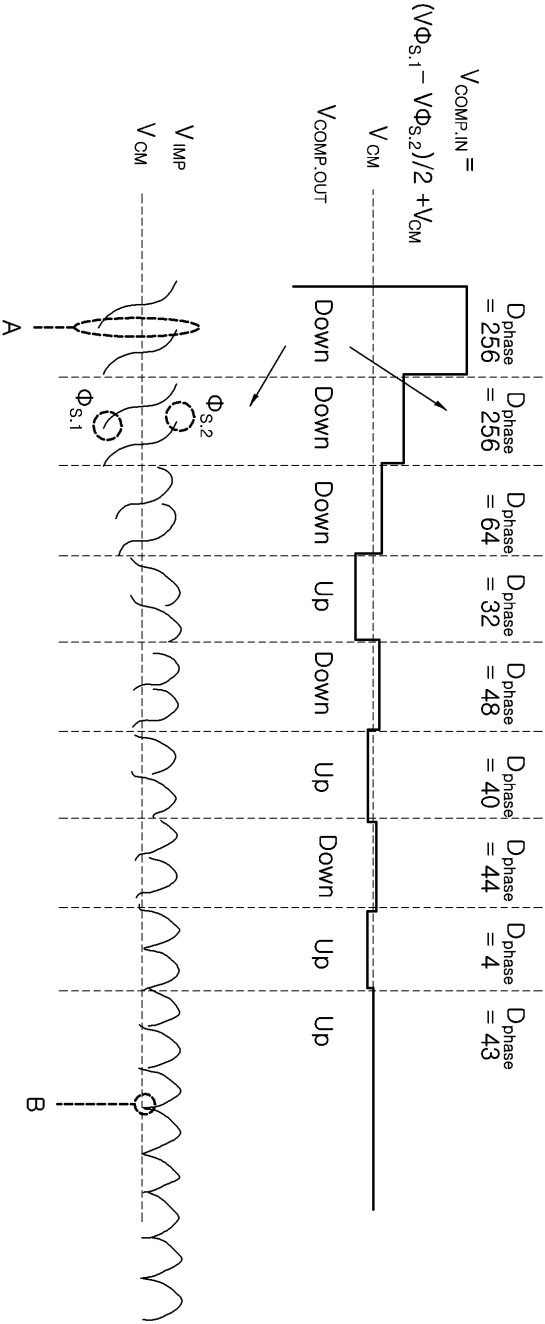
도면10



도면11



도면12



도면13

