



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월30일

(11) 등록번호 10-1505472

(24) 등록일자 2015년03월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 3/38 (2006.01) H02J 3/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0127763

(22) 출원일자 2013년10월25일

심사청구일자 2013년10월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP2007006674 A*

JP2011055599 A*

JP2004222476 A

JP2000004540 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

장길수

서울 중랑구 신내로21길 16, 513동 503호 (목동, 신내대림아파트)

송종석

서울 성북구 안암로9나길 14, 가동 166호 (안암동3가, 대광아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 8 항

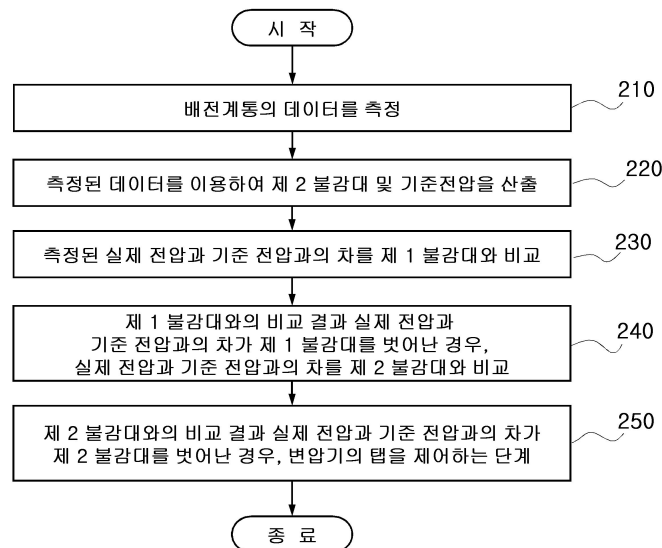
심사관 : 추형석

(54) 발명의 명칭 변압기용 이중 불감대 탭 절환기 및 제어방법

(57) 요약

본 발명은 탭 절환기 제어방법에 관한 것으로서, 배전계통의 데이터를 측정하는 단계, 상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계, 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대와 비교하는 단계, 상기 제 1 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어난 경우, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 2 불감대와 비교하는 단계, 및 상기 제 2 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 경우, 변압기의 탭을 제어하는 단계를 포함함으로써, 계통 및 분산전원 변동에 의해 탭 절환기의 빈번한 동작을 이중 불감대를 적용하여 억제시키며 변압기의 수명을 보장할 수 있다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

배전계통의 데이터를 측정하는 단계;

상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계;

측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대와 비교하는 단계;

상기 제 1 불감대와 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어난 경우, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 2 불감대와 비교하는 단계; 및

상기 제 2 불감대와 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 경우, 변압기의 탭을 제어하는 단계를 포함하고,

상기 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계는,

각 피더별 분산전원이 제외되었을 때의 전압과 상기 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압의 차인 각 피더별 분산전원 전압 차를 산출하고, 상기 산출된 각 피더별 분산전원 전압 차 중 가장 큰 값의 반을 상기 제 2 불감대로 산출하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 배전계통의 데이터를 측정하는 단계는,

각 피더의 전류, 2 차측 버스 전압, 탭 상태, 또는 분산전원의 용량 중 하나 이상을 측정하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계는,

각 피더별 피더 전류 및 피더 보상 임피던스를 이용하여 산출되는 전압 중 가장 큰 값을 상기 기준 전압으로 산출하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인지를 판단하는 단계를 더 포함하고,

상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인 경우에만 상기 탭을 제어하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법.

청구항 6

배전계통의 데이터를 측정하는 측정부;

상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하고, 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대 및 상기 제 2 불감대를 이용하여 이중으로 비교함으로써 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 불감대를 벗어나는지를 판단하는 판단부; 및

상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 불감대를 벗어나는지에 따라 변압기의 탭을 제어하는 탭 제어부를 포함하고,

상기 판단부는,

각 피더별 분산전원이 제외되었을 때의 전압과 상기 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압의 차인 각 피더별 분산전원 전압 차를 산출하고, 상기 산출된 각 피더별 분산전원 전압 차 중 가장 큰 값의 반을 상기 제 2 불감대로 산출하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

측정부는,

각 피더의 전류, 2 차측 버스 전압, 탭 상태, 또는 분산전원의 용량 중 하나 이상을 측정하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 판단부는,

각 피더별 피더 전류 및 피더 보상 임피던스를 이용하여 산출되는 전압 중 가장 큰 값을 상기 기준 전압으로 산출하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 판단부는,

상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인 경우에만 상기 탭을 제어하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은 탭 절환기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 계통 및 분산전원 변동에 의해 탭 절환기의 빈번한 동작을 이중 불감대를 적용하여 억제시키며 변압기의 수명을 보장하는 탭 절환기 및 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

현재 분산전원이 전력계통에 차지하는 비중이 커짐에 따라 계통에 미치는 영향으로 인하여 해결해야 하는 과제 및 문제점들이 다수 발생하고 있고 이를 해결하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이중 계통운영에서 생기는 문제점은 분산전원 출력변동에 의해서 현재 배전계통의 전압변동이 상당한 영향을 미치고 있으며 변전소에서 전압 조정하는 장치인 탭 절환 장치의 빈번한 탭 동작을 야기하고 있다. 이러한 탭 절환장치는 기존의 분산전원이 없는 단방향 계통에 맞춰서 설계 및 운영되고 있으며 수명 또한 대략 20년으로 맞춰서 운영되기 때문에 이러한 빈번한 탭 동작은 변압기의 수명에 악영향을 미치고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 분산전원의 출력변동을 에너지저장장치 및 기타 보상장치를 설치운영해야 하지만 이 또한 상당한 설치운영비가 들기 때문에 경제적인 관점에서는 현실적인 해결책이 되지 않고 있다. 이러한 문제점으로 인해 계통운영자는 현재 탭 절환기의 탭을 고정시켜서 운전하는 사례가 발생하고 있지만 계통의 상황에 맞춰서 전압을 조정해야 하기 때문에 실제 운영상 맞지 않은 방법으로 해당 문제를 근본적으로 해결해야 하는 새로운 방법이 필요하다.

[0003]

본 발명에 대한 선행기술로 '탭 절환기용 유니버설 입력 장치(공개번호: 1020080110582)' 등이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 이중 불감대를 이용하는 탭 절환기 제어방법을 제공하는 것이다.
- [0005] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 이중 불감대를 이용하는 탭 절환기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 배전계통의 데이터를 측정하는 단계; 상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계; 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대와 비교하는 단계; 상기 제 1 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어난 경우, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 2 불감대와 비교하는 단계; 및 상기 제 2 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 경우, 변압기의 탭을 제어하는 단계를 포함하는 탭 절환기 제어방법을 제공한다.
- [0007] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 배전계통의 데이터를 측정하는 단계는, 각 피더의 전류, 2 차측 버스 전압, 탭 상태, 또는 분산전원의 용량 중 하나 이상을 측정하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법일 수 있다.
- [0008] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계는, 각 피더별 분산전원이 제외되었을 때의 전압과 상기 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압의 차인 각 피더별 분산전원 전압 차를 산출하고, 상기 산출된 각 피더별 분산전원 전압 차 중 가장 큰 값의 반을 상기 제 2 불감대로 산출하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법일 수 있다.
- [0009] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계는, 각 피더별 피더 전류 및 피더 보상 임피던스를 이용하여 산출되는 전압 중 가장 큰 값을 상기 기준 전압으로 산출하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법일 수 있다.
- [0010] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인지를 판단하는 단계를 더 포함하고, 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인 경우에만 상기 탭을 제어하는 것을 특징으로 하는 탭 절환기 제어방법일 수 있다.
- [0011] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 배전계통의 데이터를 측정하는 측정부; 상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하고, 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대 및 상기 제 2 불감대를 이용하여 이중으로 비교함으로써 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 불감대를 벗어나는지를 판단하는 판단부; 및 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 불감대를 벗어나는지에 따라 변압기의 탭을 제어하는 탭 제어부를 포함하는 탭 절환기를 제공한다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명에 따르면, 탭의 빈번한 동작을 억제시킬 수 있으며 탭 절환기의 수명을 보장할 수 있다. 또한, 탭 절환을 제어하는데 발생하는 문제점을 근본적으로 해결할 수 있으며 추가 비용 또한 거의 없다는 부분에 기술에 대한 실적용 및 과급효과가 상당하다. 나아가, 기존의 탭 절환 방법에 이중 불감대를 적용하는 방법의 용이성 때문에 추가 제어에 관한 비용 부담이 없다는 장점이 있고 기존 설치 운영 또는 신규 설치되거나 설계될 변압기 전반에 걸쳐 기존의 탭 절환 방법에 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탭 절환기의 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이중 불감대 탭을 제어하는 과정을 도시한 것이다.
- 도 5 및 6은 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법과 기존 방법을 비교한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안

의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법은 배전시스템의 데이터를 측정하는 단계, 상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계, 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대와 비교하는 단계, 상기 제 1 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어난 경우, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 2 불감대와 비교하는 단계, 및 상기 제 2 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 경우, 변압기의 탭을 제어하는 단계를 포함한다.
- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.
- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탭 절환기의 블록도이다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 탭 절환기(100)는 측정부(110), 판단부(120), 및 탭 제어부(130)로 구성된다.
- [0020] 측정부(110)는 배전시스템의 데이터를 측정한다.
- [0021] 보다 구체적으로, 변압기의 탭을 조정할 지 여부를 판단하기 위해, 변압기를 포함하고 있는 배전시스템의 데이터를 측정한다. 측정부(110)는 각 피더의 전류, 2 차측 버스 전압, 탭 상태, 또는 분산전원의 용량 중 하나 이상을 측정할 수 있다. 이외 탭을 조절하는데 필요한 데이터들을 측정할 수 있다.
- [0022] 판단부(120)는 상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하고, 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대 및 상기 제 2 불감대를 이용하여 이중으로 비교함으로써 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 불감대를 벗어나는지를 판단한다.
- [0023] 보다 구체적으로, 판단부(120)는 탭을 조절함에 있어서, 불감대를 이중으로 적용함으로써 불필요한 탭 동작을 줄이기 위하여, 실제 전압과 기준 전압의 차를 제 1 불감대 및 제 2 불감대를 이용하여 불감대를 벗어났는지를 판단한다. 상기 제 1 불감대는 미리 설정된 불감대일 수 있으며, 기존 탭 절환기에서 이용되는 불감대일 수 있다. 상기 제 2 불감대는 측정부(110)에서 측정된 피더의 전류 및 분산전원을 이용하여 산출되는 피더 별 상황에 따라 달라지는 불감대로써 실질적인 탭 동작 필요여부를 판단하는데 이용된다. 아울러, 상기 기준전압 또한, 피더의 전류와 같이, 피더 별 상황에 따라 달라지는 전압으로, 실시간으로 산출된다.
- [0024] 판단부(120)는 각 피더별 분산전원이 제외되었을 때의 전압과 상기 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압의 차인 각 피더별 분산전원 전압 차를 산출하고, 상기 산출된 각 피더별 분산전원 전압 차 중 가장 큰 값의 반을 상기 제 2 불감대로 산출하며, 각 피더별 피더 전류 및 피더 보상 임피던스를 이용하여 산출되는 전압 중 가장 큰 값을 상기 기준 전압으로 산출한다. 상기 제 2 불감대 및 기준 전압은 각 피더별 상황에 따라 달라지는 값인바, 판단부(120)는 상기 제 2 불감대 및 기준 전압을 이용하여 실제 전압이 불감대를 벗어났는지를 판단하기 위하여, 실시간 또는 주기적으로 상기 제 2 불감대 및 기준 전압을 산출한다. 제 2 불감대를 산출하기 위하여, 배전시스템의 각 피더별 분산전원이 제외되었을 때의 전압과 상기 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압의 차인 각 피더별 분산전원 전압 차를 산출한다. 상기 산출된 각 피더별 분산전원 전압 차 중 최대값의 반을 제 2 불감대로 산출한다. 이는 다음 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0025]
$$DB_D = 0.5 \cdot \max(\Delta V_i) = V_{noDG,i} - V_{DG,i} \text{ for } i = 1, \dots, n$$

[0026] 여기서, DB_D 는 제 2 불감대, ΔV_i 는 i 피더에서의 분산전원 전압의 차, $V_{noDG,i}$ 는 분산전원이 제외되었을 때의 전압, $V_{DG,i}$ 는 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압이다. 상기 $V_{noDG,i}$ 는 다음 수학식 2에 의해 산출될 수 있다.

수학식 2

[0027]
$$V_{noDG,i} = V_{cen} + Z_{comp,i} I_i(t)$$

[0028] 여기서, V_{cen} 은 부하 중심점 전압이고, $Z_{comp,i}$ 는 계산된 피더 보상 임피던스이고, $I_i(t)$ 는 최대부하조건에서의 전류이다. 상기 $I_i(t)$ 는 파워팩터가 적용된 $I_{0.9,i}(t)$ 일 수 있다.

[0029] 상기 $V_{DG,i}$ 는 다음 수학식 3에 의해 산출될 수 있다.

수학식 3

[0030]
$$V_{DG,i} = V_{cen} + Z_{comp,i} I_{net,i}(t)$$

[0031] 여기서, $I_{net,i}(t)$ 는 분산전원 총 용량이 반영된 전류이다. $I_{net,i}(t)$ 는 다음 수학식 4에 의해 산출될 수 있다.

수학식 4

[0032]
$$I_{net,i}(t) = I_i(t) - I_{DG,i}(t)$$

[0033] 상기 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 산출하기 위한 기준전압은 각 피더별 피더 전류 및 피더 보상 임피던스를 이용하여 산출되는 전압 중 가장 큰 값으로 산출된다. 상기 기준전압은 다음 수학식 5와 같이 산출될 수 있다.

수학식 5

[0034]
$$\max V_{sr,i}(t) = V_{cen} + Z_{comp,i} I_{net,i}(t)$$

[0035] 상기와 같이, 산출된 제 2 불감대와 기준전압, 및 제 1 불감대를 이용하여 측정된 실제 전압이 불감대를 벗어났는지를 판단한다.

[0036] 우선, 측정된 실제 전압과 상기 산출된 기준 전압의 차를 제 1 불감대와 비교한다. 상기 측정된 실제 전압은 변압기 2차단에서 측정되는 전압이다. 상기 제 1 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어나지 않은 경우, 탭을 동작시키지 않는 것으로 판단한다. 상기 제 1 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어난 경우, 바로 탭을 동작시키지 아니하고, 이중으로 제 2 불감대와 비교함으로써, 탭을 동작시킬지를 판단한다. 이를 위하여, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 2 불감대와 비교한다. 상기 제 2 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압

의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 경우, 탭을 동작시킬 필요가 있다고 판단한다. 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어나지 않은 경우, 탭을 동작시키지 않는 것으로 판단한다. 상기 탭을 동작시킬것인가를 판단하는 비교는 다음 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$e(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } \Delta V > DB/2, \Delta V - DB/2 > DB_D/2 \\ -1, & \text{if } \Delta V < -DB/2, \Delta V + DB/2 < -DB_D/2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0037]

[0038]

즉, 상기 측정된 실제 전압과 상기 산출된 기준 전압의 차가 제 1 불감대와 제 2 불감대로 형성되는 이중 불감대를 벗어나면서, 상기 실제 전압이 기준 전압보다 큰 경우, 탭을 증가할 필요가 있다고 판단하고, 상기 측정된 실제 전압과 상기 산출된 기준 전압의 차가 제 1 불감대와 제 2 불감대로 형성되는 이중 불감대를 벗어나면서 상기 실제 전압이 기준 전압보다 작은 경우, 탭을 감소시킬 필요가 있다고 판단한다. 하지만, 상기 측정된 실제 전압과 상기 산출된 기준 전압의 차가 이중 불감대를 벗어나지 않은 경우, 탭을 동작시키지 않는 것으로 판단한다.

[0039]

상기 측정된 실제 전압과 상기 산출된 기준 전압의 차는 다음 수학식 7로 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\Delta V = V_s(t) - V_{sr}(t)$$

[0040]

[0041]

여기서, $V_s(t)$ 는 변압기 2차측에서 측정된 전압이고, 이는 다음 수학식 8로부터 산출될 수 있다.

수학식 8

$$V_s(t) = V_{tap}(t) - Z_{MTR} \cdot I(t)$$

[0042]

[0043]

여기서, $V_{tap}(t)$ 는 변압기 결선에 의해 생성되는 2차 전압이고, Z_{MTR} 은 변압기 임피던스이다.

[0044]

상기 측정된 실제 전압과 상기 산출된 기준 전압의 차가 이중 불감대를 벗어난 것으로 판단한 이후, 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인 경우에만 상기 탭을 동작시키는 것으로 판단할 수 있다. 일시적으로, 이중 불감대를 벗어난 경우에는 탭을 동작시키는 것이 불필요할 수 있는바, 이중 불감대를 벗어난 시간이 일정 시간이 이상일 때, 탭을 동작시킬 필요가 있다고 최종적으로 판단할 수 있다. 이는 다음 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\Delta n(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } t > T_D, e(t) = 1 \\ -1, & \text{if } t > T_D, e(t) = -1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0045]

[0046]

여기서, T_D 는 탭 절환기의 시간 지연으로, 해당 시간이 넘는 경우에만 탭 동작을 수행하도록 할 수 있다.

[0047]

탭 제어부(130)는 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 불감대를 벗어나는지에 따라 변압기의 탭을 제어한

다.

- [0048] 보다 구체적으로, 판단부(120)가 탭을 동작시킬 것으로 판단하는지 여부에 따라 탭을 증가시키거나 감소시킴으로써 탭을 제어한다.
- [0049] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0050] 210단계는 배전계통의 데이터를 측정하는 단계이다.
- [0051] 보다 구체적으로, 각 피더의 전류, 2 차측 버스 전압, 탭 상태, 또는 분산전원의 용량 중 하나 이상을 측정한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 측정부(110)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 측정부(110)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0052] 220단계는 상기 측정된 데이터를 이용하여 제 2 불감대 및 기준전압을 산출하는 단계이다.
- [0053] 보다 구체적으로, 미리 설정된 제 1 불감대 이외에 이중으로 제 2 불감대를 적용하여 탭을 동작시킬지를 판단하기 위한, 제 2 불감대와 기준전압을 산출한다. 상기 제 2 불감대와 기준전압은 피더 별 상황 및 특성에 따라 달라질 수 있다. 이를 위하여, 210단계에서 측정된 데이터를 이용하여 실시간 또는 주기적으로 제 2 불감대 및 기준전압을 산출한다. 상기 제 2 불감대에 대해서, 각 피더별 분산전원의 총 용량이 적용되었을 때의 전압과 상기 분산전원이 제외되었을 때의 전압의 차인 각 피더별 분산전원 전압 차를 산출하고, 상기 산출된 각 피더별 분산전원 전압 차 중 가장 큰 값의 반을 상기 제 2 불감대로 산출할 수 있다. 상기 기준 전압에 대해서, 각 피더별 피더 전류 및 피더 보상 임피던스를 이용하여 산출되는 전압 중 가장 큰 값을 상기 기준 전압으로 산출할 수 있다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0054] 230단계는 측정된 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 1 불감대와 비교하는 단계이다.
- [0055] 보다 구체적으로, 측정된 실제 전압과 220단계에서 산출된 기준전압의 차를 제 1 불감대와 비교하여, 제 1 불감대를 벗어났는지를 판단한다. 상기 제 1 불감대는 미리 설정되어 있을 수 있으며, 기존 단일 불감대의 불감대를 이용할 수 있다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0056] 240단계는 상기 제 1 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 1 불감대를 벗어난 경우, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 제 2 불감대와 비교하는 단계이다.
- [0057] 보다 구체적으로, 단일 불감대의 불필요한 탭 동작을 줄이기 위하여, 제 1 불감대를 벗어난 경우에, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차를 이중으로 제 2 불감대와 비교한다. 이중으로 불감대를 적용함으로써 불필요한 탭 동작을 줄일 수 있다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0058] 250단계는 상기 제 2 불감대와의 비교 결과 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 경우, 변압기의 탭을 제어하는 단계이다.
- [0059] 보다 구체적으로, 240단계의 비교결과, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 제 1 불감대 및 제 2 불감대, 즉 이중 불감대를 벗어난 경우, 변압기의 탭을 동작시킬 필요가 있는바, 그 결과에 따라 탭을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 탭 제어부(130)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 탭 제어부(130)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0060] 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인지를 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0061] 보다 구체적으로, 일시적으로 이중 불감대를 벗어난 경우, 탭 동작을 방지하기 위하여, 상기 실제 전압과 상기 기준 전압의 차가 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인지를 판단할 수 있다. 상기 제 2 불감대를 벗어난 시간이 기준 시간 이상인 경우에만 상기 탭을 제어하도록 할 수 있다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 판단부(120)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0062] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법을 나타낸 흐름도이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이

중 불감대 탭을 제어하는 과정을 도시한 것이다.

[0063]

310단계에서 배전계통의 데이터를 측정하고, 321단계에서 이중 불감대인 제 2 불감대를 산출하고, 322단계에서 기준전압을 산출한다. 상기 산출된 결과를 이용하여, 330단계에서 실제 전압과 기준전압의 차가 제 1 불감대 내 인지를 판단한다. 제 1 불감대 내인 경우, 탭을 동작시키지 않고, 제 1 불감대를 벗어나는 경우, 340단계에서 제 2 불감대 내인지 판단한다. 제 2 불감대 내인 경우, 탭을 동작시키지 않고, 제 2 불감대를 벗어나는 경우, 350단계에서 그 결과에 따라 탭을 동작시킨다. 도 4를 참조하면, 410단계에서 배전계통에 연결된 피더들의 데이터를 측정하고, 420단계에서 제 2 불감대를 산출하고, 430단계에서 전압이 이중불감대를 벗어나는지를 판단하고, 그 결과에 따라 440단계에서 탭 절환을 수행한다.

[0064]

도 5 및 6은 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법과 기존 방법을 비교한 것이다.

[0065]

기존의 탭 절환 방식(LDC, line drop compensation) 같은 경우에는 어느 특정 불감대(dead band)를 벗어나는 전압에 대해서 벗어나는 순간 탭이 다음의 해당 탭으로 위치가 변경되는 방식으로 구동되고 있다. 하지만 부하의 변동 또는 분산전원 변동에 의해서 전압이 변하게 되는데 전압 변동이 불감대 경계선 주변에 형성되면 불감대 경계선을 지나갈 때 마다 탭 동작이 발생하게 된다. 본 발명의 실시예에 따르면 이러한 빈번한 탭 동작을 방지하기 위해서 불감대 경계선에 또 하나의 불감대(double dead-band)를 적용하여 불감대 경계선 주변에 생기는 전압 변동에 의한 탭 절환을 억제할 수 있다.(굵은 점선-불감대 경계선, 얇은 점선-이중 불감대 경계선) 도 6(A)는 LDC 방식에 따른 탭 절환 방식으로 불감대를 벗어나는 경우, 바로 탭을 동작시키는 것에 반해, 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환 방식은 도 6(B)에서 보이는 바와 같이, 이중 불감대를 두어, 불 필요한 탭 동작을 방지할 수 있다. 즉, 불필요한 탭 동작을 이중 불감대를 통해 오버라이딩(overriding) 함으로써 탭 동작을 최소화 하면서 탭 절환기 본래의 전압 조정 역할을 보장할 수 있고, 탭 동작 최소화를 통한 탭 절환기 탭 수명 보장할 수 있다.

[0066]

아래 표 1의 시스템 파라미터를 갖는 조건에서 기존 방법들과 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법을 수행한 결과는 표 2와 같다.

표 1

	Feeder 1	Feeder 2	Feeder 3	Feeder 4
Max/min load (MVA)	10/5	8/4	10/3.5	8/3.65
Total bus number	50	20	30	30
Feeder length (km)	20 (0.0347+j0.0746 [p.u./km])	20 (0.0347+j0.0746 [p.u./km])	30 (0.0347+j0.0746 [p.u./km])	20 (0.0347+j0.0746 [p.u./km])
Node interval (km)	0.4	1	1	0.4-0.8
Load per bus (MVA)	0.2 (peak, 0.9 lagging)	0.4 (peak, 0.9 lagging)	0.25~0.5 (peak, 0.9 lagging)	0.25~0.5 (peak, 0.9 lagging)

[0067]

표 2

Scenario		No. of operations							
		Total	Mon	Tues	Wed	Thurs	Fri	Sat	Sun
Conventional LDC Method	No DG	143	24	18	24	24	28	8	28
	5MVA DG (Feeder 3)	155	18	8	26	18	44	18	32
	5MVA DG (Feeder 1, 3)	177	22	24	6	30	44	26	25
MLDC Method	No DG	153	23	14	8	34	32	24	7
	5MVA DG (Feeder 3)	163	21	12	14	34	38	24	11
	5MVA DG (Feeder 1, 3)	173	21	8	28	18	44	22	32
Double dead-band method	No DG	37	6	8	4	6	6	3	4
	5MVA DG (Feeder 3)	51	8	6	4	4	14	5	10
	5MVA DG (Feeder 1, 3)	63	8	6	6	6	16	9	12

[0068]

[0069]

표 2에서 보이는 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 탭 절환기 제어방법(Double dead-band method)의 탭 동작 숫자가 기존 방식(LDC 및 MLDC)에 비하여 현저히 적다는 것을 알 수 있다.

[0070]

본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0071]

이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0072]

따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

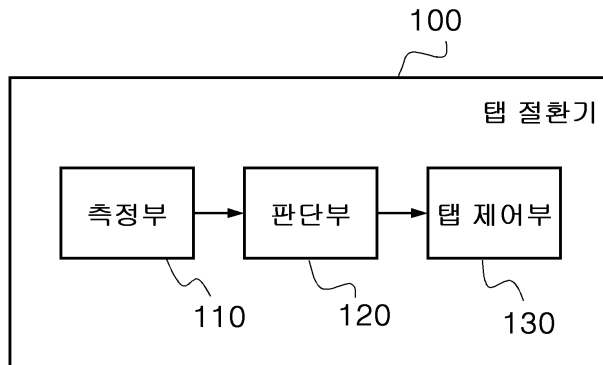
부호의 설명

[0073]

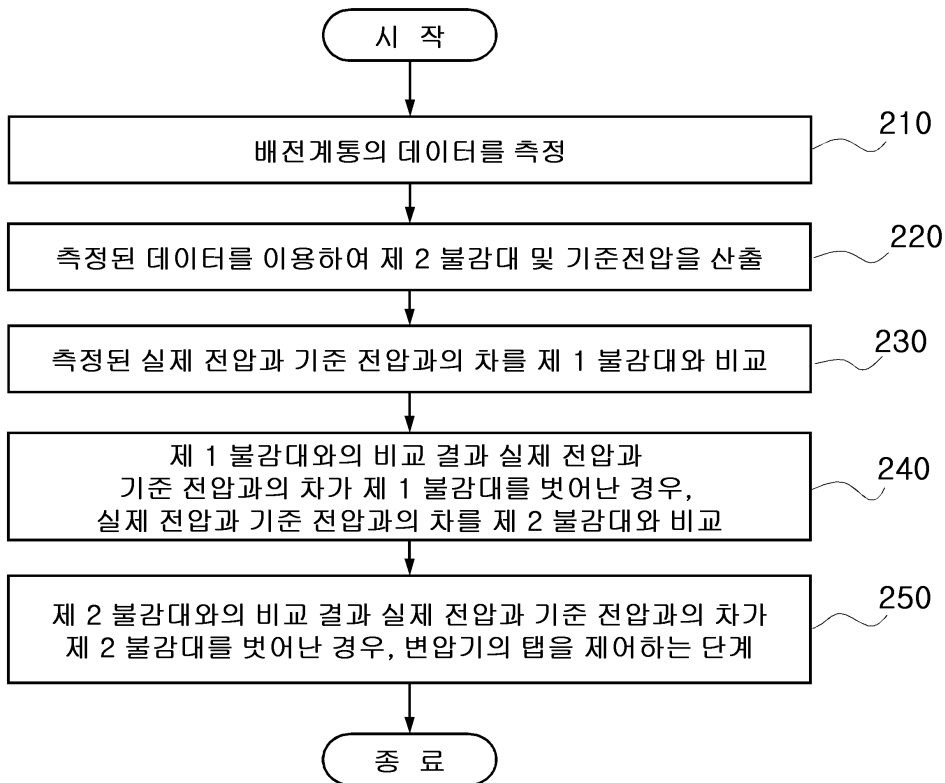
- 100: 탭 절환기
- 110: 측정부
- 120: 판단부
- 130: 탭 제어부

도면

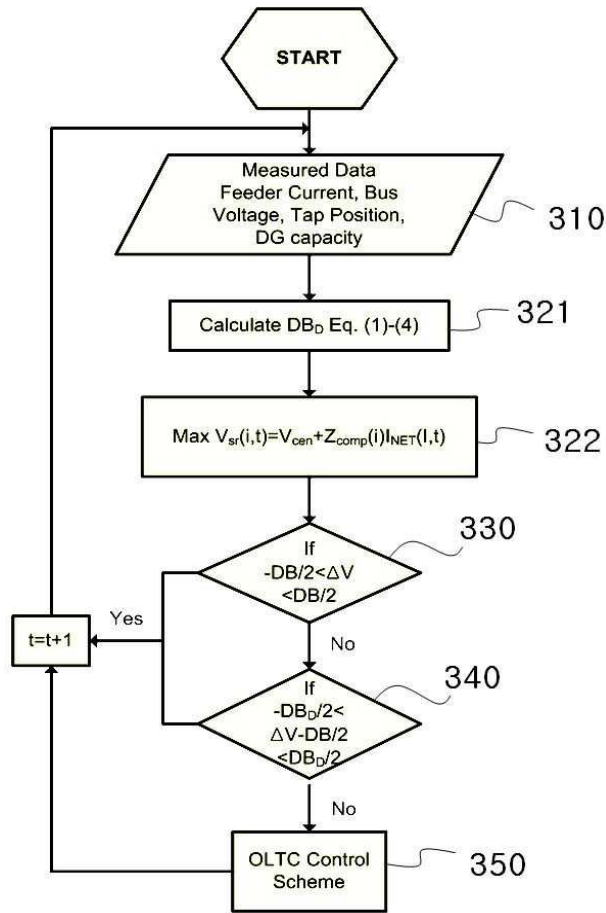
도면1



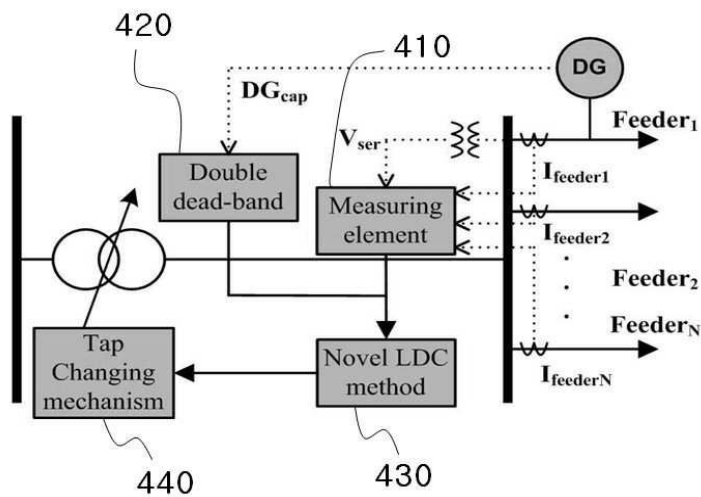
도면2



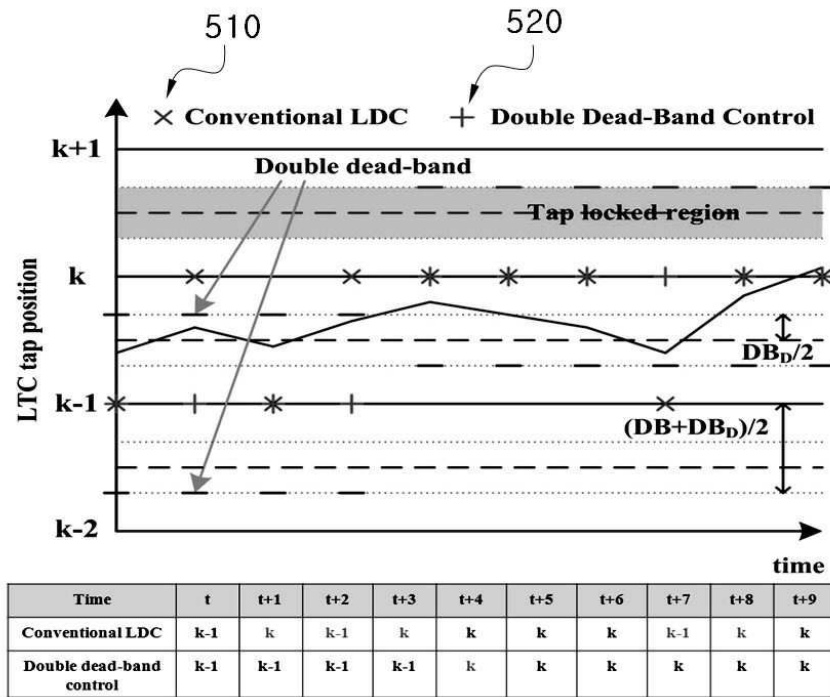
도면3



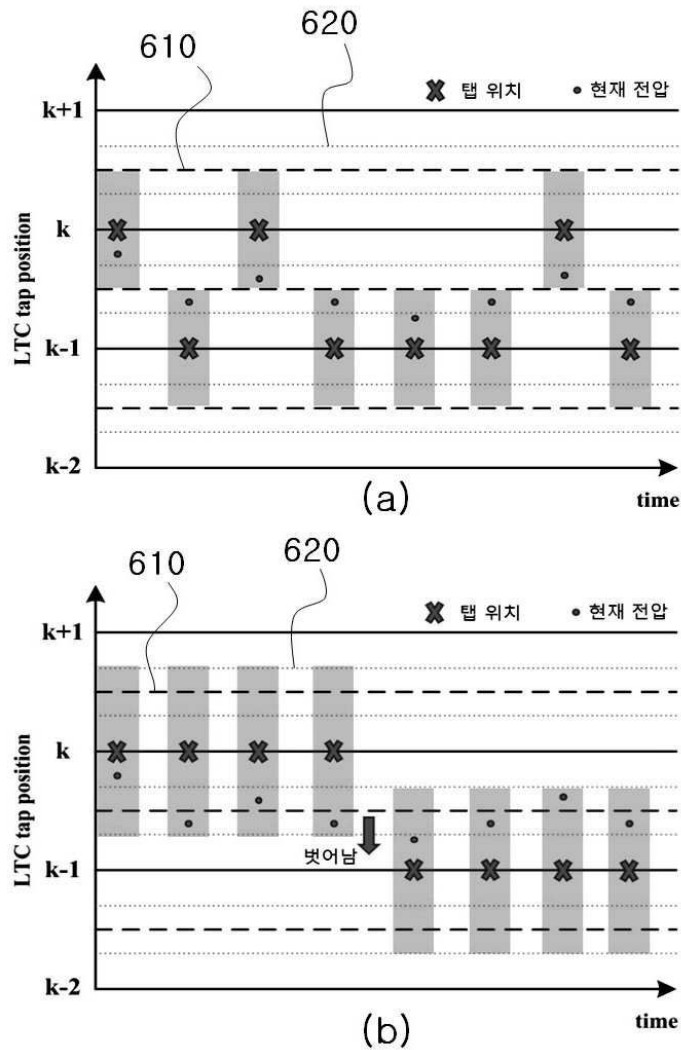
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 명세서

【보정세부항목】 식별번호:63, 줄 수:1

【변경전】

배전계도

【변경후】

배전계통