

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046571**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.03.27

(51) Int. Cl. **H01F 29/02** (2006.01)

(21) Номер заявки
202391233

(22) Дата подачи заявки
2023.04.21

(54) **ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР**

(43) **2024.03.26**

(56) CN-B-105529165
US-A1-2013043966
CN-U-202093952

(96) **2023/ЕА/0016 (ВУ) 2023.04.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ "МИНСКИЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАВОД
ИМ. В.И. КОЗЛОВА" (ВУ)**

(72) Изобретатель:
**Кочетков Андрей Александрович,
Кривцов Геннадий Александрович,
Лапкин Владислав Игоревич,
Леонова Елена Николаевна, Леус
Юрий Васильевич, Шевчук Андрей
Игоревич (ВУ)**

(74) Представитель:
Беляев С.Б. (ВУ)

(57) Изобретение относится к электрическим трансформаторам, а именно к трехфазным трансформаторам, предназначенным для электроснабжения потребителей электрической энергией промышленной частоты, с источниками первичного напряжения 10 или 6 кВ. Трехфазный трансформатор содержит трехфазный магнитопровод, обмотки первичного напряжения, размещенные на всех стержнях, с соединением в треугольник, по меньшей мере одно переключающее устройство. Обмотка первичного напряжения выполнена в виде катушек, рассчитанных на разное напряжение, которые с помощью переключающего устройства соединены между собой последовательно и/или параллельно. При помощи предлагаемого трехфазного трансформатора возможно осуществлять присоединение к сетям с различным напряжением 6 и 10 кВ посредством изменения схемы соединения катушек первичной обмотки, при этом сохраняя схему и группу соединения треугольник, что обеспечивает его высокую надежность в эксплуатации и широкий спектр задач, где требуется его применение.

B1

046571

046571

B1

Изобретение относится к электрическим трансформаторам, а именно к трехфазным трансформаторам, предназначенным для электроснабжения потребителей электрической энергией промышленной частоты, с источниками первичного напряжения 10 или 6 кВ.

Основной задачей эксплуатации электрических сетей является передача потребителям электроэнергии надлежащего качества и в требуемом количестве при наименьших затратах. Одним из наиболее действенных способов уменьшения затрат на передачу электроэнергии является повышение номинального напряжения сети, приводящее к снижению потерь электроэнергии пропорционально квадрату напряжения. Таким образом, возникает потребность в трансформаторах, которые можно использовать как в существующих электрических сетях напряжения 6 кВ, так и после реконструкции электрических сетей с переводом их на напряжение 10 кВ.

Известен трехфазный регулируемый трансформатор, образованный двумя последовательными трансформаторами, управляемый поочередно в пределах полупериода напряжения коммутацией короткозамкнутых обмоток, осуществляемой тиристорами и коммутирующей емкостью [1]. Трансформатор содержит магнитопровод из трех стержней, имеющих короткозамкнутые обмотки на каждом из них, с соединением обмоток звездой, источник напряжения и нагрузку. При этом короткозамкнутые обмотки каждого последовательного трансформатора соединены звездой и подключены к трехфазной системе выпрямления с нулевым проводом, последовательно с которым включен коммутирующий тиристор, соединенный по катодной цепи с аналогичным тиристором второй короткозамкнутой обмотки. Данный трехфазный регулируемый трансформатор предназначен для использования в системах электроснабжения, в которых предъявляются повышенные требования к регулированию напряжения у потребителей, и позволяет регулировать вторичное напряжение путем совместного действия однофазного регулятора и коммутирующей емкости.

Основным недостатком данного трехфазного регулируемого трансформатора является отсутствие возможности использования в сетях с разным уровнем первичного напряжения вследствие регулирования только вторичного напряжения при повышенной сложности исполнения ввиду применения электронных устройств для регулирования вторичного напряжения, требующих использования отдельного управляющего устройства.

Известен трехфазный трансформатор, содержащий магнитопровод из трех стержней с обмотками первичного напряжения, соединенными по схеме звезда или треугольник, при этом на обмотках выполнены отпайки [2]. Полное количество витков обмотки первичного напряжения соответствует линейному напряжению 10 кВ, а количество витков на отпайке соответствует линейному напряжению 6 кВ (на отпайке количество витков должно быть на 40% меньше полного количества витков). При работе в сети с напряжением 10 кВ обмотку первичного напряжения трансформатора подключают на полное количество витков, а при работе в сети 6 кВ первичную обмотку трансформатора подключают на количество витков отпайки.

Недостатком данного трехфазного трансформатора является то, что витки до и после отпайки выполнены проводами разного сечения, рассчитанными на протекание токов напряжения 10 и 6 кВ. Таким образом при работе данного трансформатора в сети 6 кВ витки первичной обмотки, намотанные после отпайки, не используются, а при работе его в сети 10 кВ витки, намотанные до отпайки, будут иметь избыточное сечение, что приведет к большому расходу проводникового материала и повлияет на массу и размеры магнитопровода, а также трансформатора.

Из уровня техники известен силовой трехфазный понижающий трансформатор с переключением обмоток первичного напряжения без возбуждения, который предназначен для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и снабжения потребителей электроэнергией [3]. Трансформатор содержит трехфазный магнитопровод с обмотками первичного напряжения, размещенными на всех стержнях и соединенными по схеме треугольник (Д/Ун-11) с номинальным напряжением 6 кВ, обмотки низшего напряжения и переключающее устройство. Переключающее устройство трансформатора позволяет изменить схему соединения обмоток со схемы треугольник (Д/Ун-11) на схему звезда (У/Ун-0) путем соединения соответствующих ответвлений обмотки. Таким образом номинальное напряжение обмотки первичного напряжения увеличится в $\sqrt{3}$ и составит $6 \times \sqrt{3}$ кВ.

Основным недостатком данного силового трехфазного понижающего трансформатора является то, что для включения трансформатора в сеть 10 кВ необходимо изменить схему соединения обмоток с треугольника (Д/Ун-11) на звезду (У/Ун-0). При этом трансформатор теряет преимущества схемы треугольник (Д/Ун-11) в решении проблем, связанных с протеканием токов короткого замыкания и несимметричных нагрузок в сети. Кроме того, номинальное напряжение обмотки первичного напряжения трансформатора при переключении не будет точно соответствовать номинальному напряжению сети (10 кВ). Во многих случаях попытка установить наиболее подходящее напряжение, соответствующее напряжению сети 10 кВ в конкретной точке, будет безуспешной.

Таким образом, по результатам проведенного анализа информации, известной из уровня техники, было установлено, что наиболее близким по совокупности общих технических признаков к заявляемому силовому трехфазному трансформатору может быть соответствующий силовой трехфазный понижающий трансформатор, упомянутый выше со ссылкой на источник информации [3].

Технической задачей изобретения является создание трехфазного трансформатора, способного работать на различном первичном напряжении, а именно 6 и 10 кВ, за счет предложенных соединений обмоток первичного напряжения, а также способного обеспечивать регулирование вторичного напряжения переключением ответвлений на обмотке первичного напряжения, и предназначенного для электроснабжения потребителей электрической энергией промышленной частоты.

Поставленная задача решается, и указанные технические результаты достигаются тем, что трехфазный трансформатор содержит трехфазный магнитопровод, обмотки первичного напряжения, размещенные на всех стержнях, с соединением в треугольник, по меньшей мере одно переключающее устройство. При этом обмотка первичного напряжения выполнена в виде катушек, рассчитанных на разное напряжение, которые с помощью переключающего устройства соединены между собой последовательно и/или параллельно.

В предпочтительных формах реализации заявляемого трехфазного трансформатора обмотка первичного напряжения выполнена в виде трех катушек, рассчитанных на напряжение 4 кВ, 4 кВ и 2 кВ.

В предпочтительных формах реализации заявляемого трехфазного трансформатора одна из катушек первичной обмотки дополнительно содержит регулировочные секции с ответвлениями в диапазоне не более $\pm 10\%$ от номинального напряжения. При этом трансформатор содержит два переключающих устройства, первое из которых предназначено для переключения соединений катушек первичной обмотки последовательно и/или параллельно, а второе - для регулирования напряжения без возбуждения.

Способность трехфазного трансформатора работать при подключении к сетям первичного напряжения 6 кВ и 10 кВ осуществляется благодаря специальной конструкции обмотки первичного напряжения, выполненной в виде катушек, рассчитанных на разное напряжение, и способных с помощью переключающих устройств соединяться последовательно и/или параллельно, при этом сохраняя схему и группу соединения обмоток треугольник, что позволяет оптимально использовать материалы. Способность трехфазного трансформатора осуществлять регулирование вторичного напряжения достигается возможностью переключать ответвления регулировочных секций, входящих в состав одной из катушек первичной обмотки трансформатора, тем самым изменяя коэффициент трансформации.

Настоящее изобретение далее поясняется предпочтительной, но не ограничивающей объем притязаний формой реализации со ссылками на позиции фигур чертежа, на которых схематично представлена схема соединения обмоток первичного напряжения к переключающим устройствам.

На фигуре изображена схема соединения обмоток первичного напряжения с переключающими устройствами трансформатора для работы с первичным напряжением 6 и 10 кВ. Схема соединения обмоток первичного напряжения трехфазного трансформатора содержит трехфазный магнитопровод (на чертеже не указано), на каждом стержне которого расположены обмотки 1 первичного напряжения, соединенные по схеме треугольник (Д/Ун-11), два переключающих устройства 2, 3 (П1, П2). Обмотка 1 первичного напряжения выполнена в виде трех катушек 4, 5, 6 с ответвлениями 7. Катушки 4, 5, 6 обмотки 1 первичного напряжения рассчитаны на напряжения 4 кВ, 4 кВ, 2 кВ соответственно. Катушка 6 имеет в своем составе регулировочные секции 8 с ответвлениями 9.

Переключающие устройства 2, 3 (П1, П2) предназначены для переключения и регулирования напряжения без возбуждения. Конструктивно переключающие устройства 2, 3 представляют собой две рейки (на чертеже не указано), на одной из которых закреплены неподвижные контакты 10, 10', а на другой подвижные контакты 11, 11', с присоединенными к ним ответвлениями 7, 9 обмотки 1 первичного напряжения соответственно. Переключающее устройство 2 (П1) предназначено для переключения соединений катушек 4, 5, 6 обмотки 1 первичного напряжения последовательно и/или параллельно. Переключающее устройство 3 (П2) предназначено для регулирования вторичного напряжения за счет переключения ответвлений 9 регулировочных секций 8 на катушке 6 обмотки 1 первичного напряжения в диапазоне не более $\pm 10\%$ от номинального напряжения, переключение осуществляется по пяти ступеням регулирования. Переключающие устройства 2, 3 располагаются одно над другим на общей оси и являются общими для всех трех фаз.

Трехфазный трансформатор при подключении к источнику питания с напряжением 6 или 10 кВ работает следующим образом. На чертеже переключающее устройство 2 показано в положении I, что соответствует параллельному соединению катушек 4, 5 обмотки 1 первичного напряжения, а катушка 6 соединена последовательно к катушкам 4 и 5. Таким образом номинальное напряжение на первичной обмотке 1 составит 6 кВ, при неизменном вторичном напряжении.

Положение II переключающего устройства 2 соответствует последовательному соединению катушек 4, 5, 6 обмотки 1 первичного напряжения. Таким образом напряжение на первичной обмотке 1 составит 10 кВ при неизменном вторичном напряжении.

При переключении положения переключающего устройства 2 подвижные контакты 11 замыкают неподвижные контакты 10 с присоединенными к ним ответвлениями 7 катушек 4, 5, 6 обмотки 1 первичного напряжения, таким образом, что катушки 4, 5, 6 обмотки 1 первичного напряжения оказываются соединены последовательно и/или параллельно, в зависимости от положения переключающего устройства 2 (П1).

Переключающее устройство 3 (П2) позволяет регулировать напряжение трехфазного трансформатора в диапазоне не более $\pm 10\%$ от номинального напряжения и поддерживать его на необходимом уровне за счет переключения по ступеням регулирования (I, II, III, IV, V с заданным шагом). При переключении положения переключающего устройства 3 подвижные контакты 11' замыкают неподвижные контакты 10' с присоединенными к ним ответвлениями 9 регулировочных секций 8 на катушке 6 обмотки 1 первичного напряжения, таким образом проводят регулирование напряжения по пяти ступеням.

В таблице, в качестве примера, представлены напряжения ступеней регулирования с заданным шагом 250 В при различном положении переключающих устройств 2, 3.

Таблица

Номинальное напряжение обмотки, кВ	Номинальное напряжение ответвлений обмотки первичного напряжения при холостом ходе трансформатора для положений переключающего устройства, В				
6 кВ	Положение переключающего устройства П1 - I				
	Положение переключающего устройства П2				
	I	II	III	IV	V
	6500	6250	6000	5750	5500
	Положение переключающего устройства П1 - II				
10 кВ	Положение переключающего устройства П2				
	I	II	III	IV	V
	10500	10250	10000	9750	9500
	Положение переключающего устройства П1 - II				
	Положение переключающего устройства П2				

Таким образом, при помощи предлагаемого трехфазного трансформатора возможно осуществлять присоединение к сетям с различным напряжением 6 и 10 кВ посредством изменения схемы соединения катушек первичной обмотки, при этом сохраняя схему и группу соединения треугольник (Д/Ун-11), что обеспечивает его высокую надежность в эксплуатации и широкий спектр задач, где требуется его применение.

Источники информации

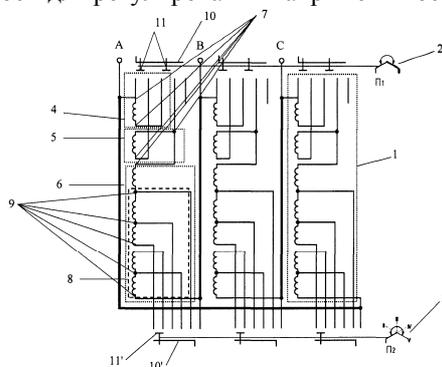
1. Авторское свидетельство SU 485535, (2000/01).
2. Петров Г.Н. Электрические машины ч. 1 - М.: Государственное энергетическое издательство, 1956.
3. Руководство по эксплуатации Трансформатора ТМГ32, Открытое акционерное общество "Минский электротехнический завод имени В.И. Козлова".

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Трехфазный трансформатор, содержащий трехфазный магнитопровод, обмотки первичного напряжения, размещенные на всех стержнях, с соединением в треугольник, по меньшей мере одно переключающее устройство, отличающийся тем, что обмотка первичного напряжения выполнена в виде катушек, рассчитанных на разное напряжение, которые с помощью переключающего устройства соединены между собой последовательно и/или параллельно.

2. Трансформатор по п.1, отличающийся тем, что обмотка первичного напряжения выполнена в виде трех катушек, рассчитанных на напряжение 4 кВ, 4 кВ, 2 кВ.

3. Трансформатор по пп.1, 2, отличающийся тем, что по меньшей мере одна из катушек первичной обмотки дополнительно содержит регулировочные секции с ответвлениями в диапазоне не более $\pm 10\%$ от номинального напряжения, при этом трансформатор содержит два переключающих устройства, первое из которых предназначено для переключения соединений катушек первичной обмотки последовательно и/или параллельно, а второе - для регулирования напряжения без возбуждения.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2