

Изобретение относится к электроэнергетике и может найти применение в системах электроснабжения с мощными двигателями переменного тока, на гидроаккумулирующих электростанциях и насосных станциях при пусках электрических машин в двигательный режим на пониженном напряжении.

Наиболее часто используемой системой электроснабжения, обеспечивающей асинхронный пуск на пониженном напряжении, является система электроснабжения, в которой в цепь пуска электрических машин вводят токоограничивающие сопротивления, которые после разворота электрических машин шунтируют посредством коммутационных аппаратов [1].

Особенностью такой системы электроснабжения является необходимость установки в цепи каждой электрической машины токоограничивающего сопротивления и шунтирующего его коммутационного аппарата. Это усложняет систему электроснабжения и повышает ее стоимость.

Известна система электроснабжения [2], принятая в качестве прототипа, в которой пуск электрических машин на пониженном напряжении достигается за счет пофазно-последовательного соединения нулевых выводов электрических машин, на фазные выводы которых подается результирующее напряжение от трансформаторов, группы соединения которых различаются и выбраны так, что результирующее напряжение меньше суммы номинальных напряжений электрических машин. После разворота электрических машин на пониженном напряжении включают закорачивающие коммутационные аппараты, подключенные к нулевым выводам электрических машин.

В известной системе электроснабжения снижается оперативная гибкость из-за отсутствия в ней возможности резервирования электрических машин, например, при выводе одной или нескольких из них в ремонт или по технологическим причинам.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования системы электроснабжения в режимах пуска электрических машин на пониженном напряжении, в которой обеспечивается резервирование при отключении одной или нескольких машин в ремонтных режимах и по технологическим причинам, а за счет этого повышается оперативная гибкость системы электроснабжения.

Поставленная задача решается тем, что в системе электроснабжения, содержащей трансформаторы, подключенные к источнику питания и имеющие отличающиеся группы соединения обмоток, электрические машины, подключенные к каждому из трансформаторов через выключатели, к нулевым выводам электрических машин, пофазно-последовательно соединенных между собой, подключены закорачивающие выключатели, согласно изобретению, по крайней мере, два трансформатора имеют одинаковые группы соединения обмоток, а связь между нулевыми выводами электрических машин выполнена посредством дополнительного введения системы шин, которая с помощью коммутационных аппаратов соединена с точкой соединения закорачивающих выключателей и нулевыми выводами электрической машины.

Кроме того, к дополнительно введенной системе шин подключено токоограничивающее сопротивление с последовательно соединенным с ним выключателем,

Введение дополнительной системы шин с подключением к ней нулевых выводов электрических машин и наличии, по крайней мере, двух трансформаторов, имеющих одинаковые группы соединения обмоток, позволяет включать пофазно-последовательно любую пару электрических машин, что обеспечивает их пуск на пониженном напряжении в различных состояниях системы электроснабжения.

Подключение к нулевой системе шин последовательно соединенных токоограничивающего сопротивления и выключателя позволяет уменьшить скачок тока при переводе электрических машин на полное рабочее напряжение, вследствие чего уменьшается воздействие на питающую сеть и оборудование в пусковой цепи.

На фиг.1 и 2 показаны варианты выполнения систем электроснабжения.

Представленная на фиг.1 система электроснабжения состоит из трансформаторов 1...4, первичные обмотки которых 5...8 с помощью выключателей 9...12 подключены к питающей сети 13, ко вторичным обмоткам 14...17 трансформаторов 1...4 через выключатели 18...21 подключены фазными выводами электрические машины 22...25, к нулевым выводам которых подключены закорачивающие выключатели 26...29, точки подключения которых к нулевым выводам электрических машин посредством коммутационных аппаратов 30...33 связаны с дополнительной системой шин 34. Группы соединения обмоток трансформаторов выбраны отличающимися на 1...5 единиц. Например, трансформаторы 1 и 3 имеют II группу, а трансформаторы 2 и 4 - I группу, т.е. группы, отличающиеся на две единицы.

На фиг.2 представлен вариант выполнения системы электроснабжения, которая в дополнение к элементам фиг.1 содержит токоограничивающее сопротивление 35 с последовательно соединенными с ним выключателем 36, подключенные к дополнительной системе шин 34.

Представленная на фиг.1 система электроснабжения работает следующим образом. При всех работоспособных электрических машинах, пуск их выполняется в следующем порядке. Предположим, что перед началом пуска все коммутационные аппараты и выключатели отключены. Для пуска электрических машин 22 и 23 включают коммутационные аппараты 30 и 31, выключатели 9 и 10, а затем 18 и 19. При этом на последовательно соединенные через систему шин 34 электрические машины 22 и 23 подается результирующее напряжение вторичных обмоток трансформатора 1 и 2, которое, вследствие того, что их группы отличаются на две единицы, равно  $U_2$ , где  $U_2$  - напряжение вторичных обмоток трансформаторов. При этом электрические машины запускаются, как и в схеме прототипа, на пониженном напряжении, а пусковой ток при  $X_c = 0$  составит:

$$I_n = U_2 / 2 \cdot (X_T + X''d),$$

где  $X_c$  - сопротивление системы,  $X_T$  - сопротивление трансформатора,

$X''d$  - сверхпереходное индуктивное сопротивление электрической машины.

После разворота электрических машин включают закорачивающие выключатели 26 и 27, при этом электрические машины подключаются на полное напряжение. После этого отключают коммутационные аппараты 30 и 31, и для пуска электрических машин 24 и 25 включают коммутационные аппараты 32 и 33, затем выключатели 11, 12 и 20, 21. После разворота электрических машин 24 и 25 включают закорачивающие

выключатели 28 и 29 и отключают коммутационные аппараты 32 и 33.

Если одна из электрических машин, например, 22, выведена в ремонт, то для реализации резервирования могут быть использованы следующие варианты.

Предполагая, что перед началом пуска все коммутационные аппараты и выключатели отключены, для осуществления пуска электрических машин необходимо выполнить следующие операции: включить выключатели 10, 11, 12, коммутационные аппараты 31, 32, 33, затем выключатели 19 и 21 трансформаторов 2 и 4 с одинаковыми группами и после этого - выключатель 20. При этом пусковой ток в цепи электрической машины 24 будет равен:

$$I_n = U_2 / 1,5 \cdot (X_T + X''d),$$

а в цепях электрических машин 23 и 25 составит:

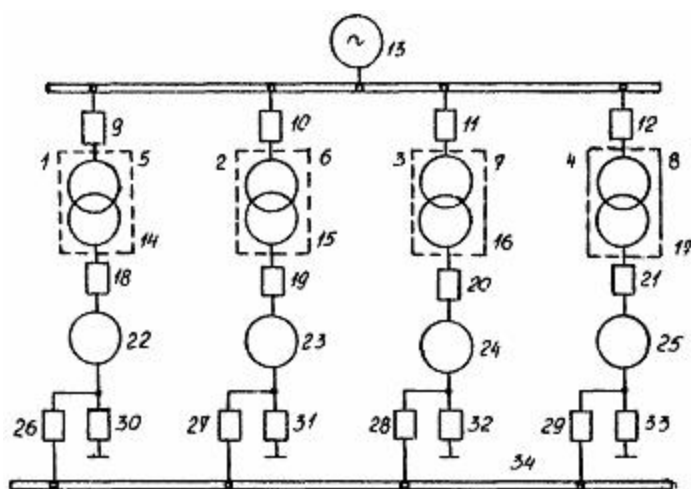
$$I_n = 0,5U_2 / 1,5 \cdot (X_T + X''d),$$

Поскольку пусковой момент электрических машин пропорционален квадрату напряжения на их обмотках, то очевидно, что электрическая машина 24 наберет подсинхронные обороты раньше, чем электрические машины 23 и 25. По факту набора подсинхронной скорости одной из электрических машин включает ее закорачивающий выключатель (в рассматриваемом примере 28), затем закорачивающие выключатели других электрических машин и отключают коммутационные аппараты 31, 32, 33. Поскольку электрические машины 23 и 25 будут иметь скорость, отличную от подсинхронной, то при включении закорачивающего выключателя 28, пусковой ток в цепях электрических машин 23 и 25 будет незначительно меньше начального пускового тока при прямом асинхронном пуске. Однако, поскольку электрические машины 23 и 25 будут иметь к моменту включения закорачивающего выключателя определенную скорость, то длительность набора ими подсинхронной скорости будет меньше, чем при прямом асинхронном пуске.

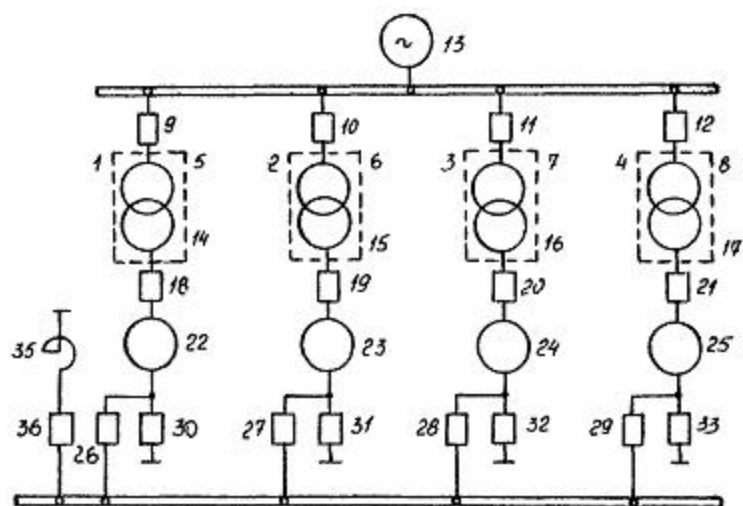
Другой вариант резервирования состоит в следующем. При выведенной в ремонт электрической машине 22 и при отключенном состоянии всех выключателей и коммутационных аппаратов выполняют следующие операции: включают выключатели 10 и 11, коммутационные аппараты 31 и 32, затем выключатели 23 и 24. Так как трансформаторы 2 и 3 имеют отличающиеся группы соединения обмоток, то электрические машины 23 и 24 запускаются на пониженном напряжении. После набора ими подсинхронной скорости включают закорачивающий выключатель 27 и отключают выключатель 20 электрической машины 24, которая с течением времени останавливается. Электрическая машина 23 работает на полном напряжении от трансформатора 2. Для пуска электрических машин 24 и 25 отключают коммутационный аппарат 31 и включают 33, затем включают выключатели 12, 20, 21. Электрические машины 25 и 24 запускаются на пониженном напряжении и после набора ими подсинхронной скорости включают закорачивающие выключатели 28 и 29 и отключают коммутационные аппараты 32 и 33.

Представленная на фиг.2 система электроснабжения работает аналогичным образом. Отличие состоит в том, что после первого этапа пуска электрических машин на пониженном напряжении включают выключатель 36. При этом токоограничивающее сопротивление 35 включается последовательно в нулевые выводы электрических машин, что ограничивает пусковые токи тех электрических машин, которые не набрали подсинхронной скорости. После набора подсинхронной скорости электрическими машинами включаются их закорачивающие выключатели.

Цепочка токоограничивающее сопротивление 35 и выключатель 36, присоединенная к системе шин 34, может быть использована для индивидуального пуска на пониженном напряжении любой электрической машины. Допустим, надо запустить электрическую машину 24 при неработающих электрических машинах 22, 23, 25. Предположим, что перед началом пуска все коммутационные аппараты отключены. Включают выключатель 11, коммутационный аппарат 32, выключатель 36 и затем выключатель 20. Электрическая машина 24 за счет включенного в ее цепь токоограничивающего сопротивления 35 запускается на пониженном напряжении. После набора ею подсинхронных оборотов включают закорачивающий коммутационный аппарат 28 и отключают коммутационный аппарат 32 и выключатель 26. Аналогичным образом могут быть запущены электрические машины 22, 23 и 25.



Фиг. 1



Фиг. 2