

Ниже кратко рассмотрены особенности и возможности удовлетворения указанным требованиям трех основных типов двигателя: асинхронного, синхронного и коммутаторного на постоянном токе.

В схеме асинхронного двигателя для приведения в движение ротора ОТС статор, включающий сердечник с многофазной обмоткой, закрепляется на оболочке.

На роторе устанавливается вторичная обмотка, выполненная или в виде шины из металла с высокой электрической проводимостью, или в виде замкнутых по торцам проводников.

Сила, действующая на обмотку ротора, может создаваться лишь в том случае, если скорость его перемещения меньше скорости перемещения волны магнитной движущей силы. Таким образом, при увеличении скорости ротора должна увеличиваться и скорость волны, что можно достигнуть, увеличивая частоту питающего напряжения. Синхронизация для этой цели большого числа параллельно работающих преобразователей частоты весьма сложна.

Мощность асинхронного двигателя ОТС чрезвычайно велика, и пусковой ток при прямом пуске вызовет недопустимо большое падение напряжения в сети. Кроме того, при пуске в обмотке ротора выделяется тепловая энергия, равная кинетической энергии приводимого в движение ротора. Выделение энергии в первичной цепи обычно несколько больше, чем во вторичной, что может привести к перегреву двигателя. Поэтому прямой пуск невозможен и следует применять пуск при пониженном напряжении. Общий КПД двигателя невысок, достигая 0,2–0,25.

Требования 2 и 3 недостижимы при использовании асинхронного двигателя. Безоговорочно выполняется лишь требование 2 об исключении передачи электроэнергии на ротор гальваническим путем.

Таким образом, особенности схемы и работы асинхронного двигателя вряд ли позволяют использовать его в качестве двигателя для ротора ОТС.

В схеме синхронного двигателя для ускорения ротора многофазная обмотка закреплена на оболочке, а обмотка возбуждения индуктора – на роторе. Обмотка возбуждения при этом – сверхпроводящая, работающая в режиме замороженного потока, поэтому нет необходимости передавать электрическую энергию на ротор после запитки обмотки и ее закорачивания.

Пусковые свойства синхронного двигателя требуют регулирования частоты подводимого к обмотке якоря тока от нулевых значений до номинальных, однако проблема регулирования, особенно в диапазоне низких частот, в настоящее время не решена.

С другой стороны, применение сверхпроводящей обмотки возбуждения индуктора позволяет отказаться от ферромагнитного сердечника

на якоре, поэтому расположенные на оболочке обмотки и проводящие элементы можно комбинировать так, чтобы они помимо тяги обеспечивали и функции системы электродинамического подвеса. При этом КПД синхронного двигателя значительно выше. Таким образом, существенным препятствием при использовании синхронного двигателя для ускорения ротора ОТС является лишь проблема пуска и регулирования частоты питающего тока.

Схема коммутаторного двигателя аналогична схеме синхронного: сверхпроводящая обмотка индуктора, работающего в режиме замороженного потока, фиксируется на роторе, а обмотка якоря закреплена на оболочке. Секции обмотки якоря питаются от сети переменного тока, работающей на выпрямителе, через тиристорный коммутатор. Его назначение – переключать секции обмотки якоря по сигналам от специальных датчиков в зависимости от расположения полюсов индуктора. В результате возникает сила тяги постоянного направления, зависящая от подаваемого на обмотку якоря напряжения, что намного упрощает проблемы пуска и регулирования скорости ротора. КПД такого двигателя выше, чем у синхронного; выполняются также п. 1, 2 требования многофункциональности, т. е. помимо ускорения он может выполнять также функцию левитации ротора.

В отчете [IV] предпочитается асинхронный двигатель без использования сверхпроводимости, но при этом только в качестве ускорителя ротора; КПД такого двигателя может быть доведен до 0,9.

Таким образом, из трех систем магнитного подвеса и трех типов электродвигателя для ускорения ротора ОТС с учетом приведенных выше требований к таким системам предпочтительна электродинамическая система подвеса, а в качестве ускорителя – двигатель постоянного тока с тиристорными коммутаторами, сочетающий обе функции. При этом эффективная работа систем подвеса и ускорения будет в том случае, когда в качестве источника постоянного магнитного поля используются сверхпроводящие обмотки возбуждения, исключающие необходимость подвода электроэнергии к ротору в процессе его движения.

Элементы рассмотренных систем, предназначенных для подъема и разгона ротора массой в 1–4 млн тонн, располагаются на самом роторе и вакуумируемой оболочке, которая также поднимается на этапе движения в атмосфере, что является существенным недостатком этих систем. Такое расположение элементов приводит к значительному снижению доли полезного груза, поднимаемого ротором, и к увеличению массы оболочки. Кроме того, на левитацию, разгон и подъем самой ТЛС требуются значительные дополнительные расходы энергии, что приведет к снижению общего КПД системы.