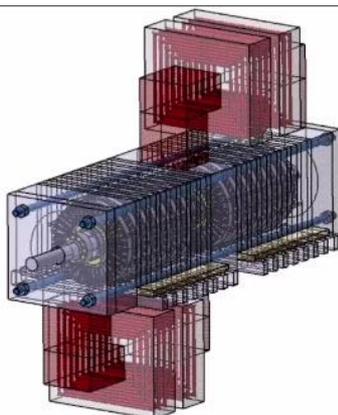


Patents granted:

GE P 2015 6280 B

GE P 2022 7450 B

PCT International publication No: WO/2023/026066



Многодисковые секционные индукторные генераторы с вынесенной обмоткой.

1. Краткое описание

Генератор состоит из статорных (неподвижных) и роторных (вращающихся) дисков, из немагнитного материала. В дисках выточены радиальные, секторные прорезы, в которые вставляется ферромагнитный материал. Диски собираются с чередованием статорного и роторного диска в две секции. На концах секций должны быть статорные диски. Один угол магнитного и немагнитного сектора на диске составляет угловой период генератора. Статорные диски по внешней части скреплены вставками (и могут стягиваться шпилькам). Статорные диски каждой секции смещены относительно другой секции на половину углового периода генератора.

В центре дисков вырезаны круглые отверстия, причём роторные диски имеют меньший диаметр отверстия и в нём вырезана звездочка, в которую вставляется вал тоже с вырезанной звездочкой.

Вал (из немагнитного материала) установлен в подшипниках по краям генератора. Между статорными и роторными дисками устанавливаются фторопластовые шайбы. По краям секций и между секциями устанавливаются кольцевые магнитопроводы, которые объединяются по каждой секции магнитопроводами с двумя обмотками рабочей и обмоткой возбуждения (могут быть дополнительные обмотки для регулирования возбуждения). По расчёту может быть необходимо устанавливать вентилятор для охлаждения. На генераторе также могут быть установлены выпрямители тока рабочих обмоток, выпрямитель для питания обмотки возбуждения с дросселем, автоматика регулирования возбуждения.

2 Анализ параметров генератора и функциональных возможностей.

1) Материалоёмкость на единицу мощности.

Удельная материалоёмкость любой электромагнитной машины зависит от размеров, плотности тока в обмотке, пределов изменения магнитной индукции в магнитопроводе и скорости изменения индукции. При пропорциональном увеличении размеров на некоторый коэффициент при неизменных остальных параметрах мощность увеличивается в четвертой степени (в квадрате увеличиваются сечения сердечника и обмотки), а объём материалов в кубе. Правда при этом увеличивается толщина отвода тепла, что требует увеличивать охлаждение или уменьшать плотность тока. Но в целом удельная материалоёмкость с увеличением размеров падает.

Скорость изменения магнитной индукции (определяет ЭДС в обмотке) зависит от пределов изменения индукции и пропорционально частоте изменения индукции. Для увеличения частоты зазор между статорными и роторными дисками делается максимально малым (при шлифовке поверхности дисков технологически зазор может быть 200-100 микрон). От величины зазора оптимизируются толщина диска, ширина неферромагнитного сектора и ферромагнитной вставки в зависимости от заданного отношения максимального и минимального магнитного сопротивления индуктора, которое определяет пределы изменения индукции в сердечнике. При малом зазоре угловой период генератора получается малым, а частота даже при малых оборотах очень высокой, что значительно увеличивает мощность генератора. При малых зазорах уменьшается минимальное магнитное сопротивление и сердечник или ферромагнитные вставки насыщаются (индукция достигает своего максимального значения) при малых значениях тока возбуждения.

Для того, чтобы генератор мог работать на расчётном рабочем токе возбуждения, необходимо увеличивать число статорных и роторных дисков в каждой секции. По сравнению с генераторами работающими на промышленной частоте (50-60 герц) частота индукторного генератора даже при малых оборотах намного выше, поэтому удельная материалоёмкость и соответственно стоимость получаются меньше.

2) Потери и КПД генератора.

Потери в обмотках зависят только от параметров тока и материала токоведущих элементов и не зависят от частоты. Гистерезисные потери в железе линейно увеличиваются с частотой, а вихревые потери (токи Фуко) увеличиваются в квадрате с увеличением частоты. Для уменьшения

Patents granted:

GE P 2015 6280 B

GE P 2022 7450 B

PCT International publication No: WO/2023/026066



вихревых потерь ферромагнитный сердечник и ферромагнитные вставки на диске собираются из тонких пластин высокоомного железа, разделённых тонким слоем изоляции. Чем тоньше пластины тем в квадрате от толщины уменьшаются вихревые потери. Мощность генератора при неизменности остальных параметров линейно увеличивается с частотой, поэтому при ограничении вихревых потерь в железе отношение мощности генератора к его потерям тоже возрастает, следовательно возрастает и КПД.

3) Питание потребителей и связь с системой.

Дисковые генераторы выдают постоянное напряжение и ток. Поэтому здесь не применима классическая схема прямого подключения потребителей или системы, которые работают на промышленной частоте переменного тока. При наличии нескольких генерирующих установок с индукторными дисковыми генераторами, выдающими постоянное напряжение то вначале они объединяются в единую сеть. В этом есть свои преимущества, так как генераторы подключаются без точной синхронизации, при связи с другими генераторами не возникает статической и динамической неустойчивости, нет значительного падения напряжения на длинных расстояниях (нет реактивного сопротивления) и потери энергии при передаче мощности на постоянном токе при том же уровне напряжения меньше, чем на переменном. Если генератор выходит из строя до своего выпрямителя это не сказывается на работоспособности остальной сети. Есть один недостаток при большой и мощной сети.

Токи короткого замыкания в сети постоянного напряжения велики (нет реактивного сопротивления) и их труднее погасить в выключателе (дуга не проходит через ноль) и шины необходимо рассчитывать на динамическую устойчивость при действии значительных сил. Тем не менее этот недостаток устраняется резким уменьшением возбуждения на всех генераторах при коротком замыкании (другие методы, это предварительное включение параллельно гасительных сопротивлений перед отключением, установка предохранителей) В дальнейшем сеть постоянного напряжения подводится к подстанции, где постоянный ток преобразуется тиристорным инвертором в переменный трехфазный и подключается в систему и если есть питает потребителей.

Для гашения гармоник кратных трём применяется трёхфазная система с изолированной нейтралью, остальные гармоники хорошо гасятся подключением параллельно синхронного компенсатора с мощными демпферными обмотками (гармоники создают в компенсаторе магнитное поле, вращающееся с другой скоростью, чем ротор).

Patents granted:

GE P 2015 6280 B

GE P 2022 7450 B

PCT International publication No: WO/2023/026066

**4) Режим работы установок с индукторными дисковыми генераторами.**

Обороты установок, работающие с синхронными генераторами, связанными с энергосистемой, жёстко связаны с промышленной частотой системы и не могут изменять число своих оборотов в единицу времени (если только не применять редукторы с изменяемым коэффициентом редукции). Индукторные дисковые генераторы связаны с системой напряжением. С изменением возбуждения на них меняется их выходное напряжение и соответственно их выходная мощность .

Следовательно меняется тормозной момент в установке и меняется его скорость вращения и отбираемая у энергоносителя мощность. Все эти параметры стабилизируются при новом балансе входящей и выходящей мощности и новом значении скорости вращения. Регулируя возбуждение индукторного генератора можно менять не только мощность, но и скорость вращения в зависимости от характеристик энерговырабатывающего устройства в комбинации с устройством регулирующим (если оно есть) параметры энергоносителя.

Работа индукторных дисковых генераторов в энерговырабатывающих устройствах возобновляемой энергии.

Иногда эту группу устройств называют альтернативной энергетикой и считают её не очень рентабельной не учитывая, что затраты на выработку энергии определяются не сиюминутными денежными затратами, а необходимо дополнительно учитывать совокупный вред, которая эта выработка приносит природе, обществу и человечеству в целом. Осознание этого факта позволит по новому оценить многие направления по использованию природных ресурсов, дающих практически бесплатную энергию. К этим направлениям можно отнести использование энергии ветра, использование энергии морских волн, использование энергии приливов, использование тепловой энергии геотермальных источников и использование гидроэнергического потенциала рек малыми низконапорными плотинными ГЭС, не создающих большого затопления территории, а также малыми деривационными ГЭС с небольшим бассейном и напорным трубопроводом , которые по ряду причин в своё время были признаны нерентабельными. В основном эти установки обладают небольшой мощностью и их необходимо объединять в группы для связи с энергосистемой более высоковольтными кабелем или ЛЭП (через повышающий трансформатор).

Patents granted:

GE P 2015 6280 B

GE P 2022 7450 B

PCT International publication No: WO/2023/026066



Передача малой мощности через трансформатор и высоковольтную линию не рентабельно. Для этого очень хорошо подходят индукторные дисковые генераторы, которые позволяют создавать группы объединённые постоянным напряжением (не требуется синхронизация при подключении) с последующим преобразованием инвертором в переменный. Другой особенностью устройств этой группы, это небольшое число оборотов вращающего выходного вала. И здесь тоже наиболее подходящим является индукторный дисковый генератор, который при малых оборотах имеет достаточно высокую частоту в магнитопроводе и малую удельную материалоемкость и стоимость, что позволяет в установке отказаться от дорого редуктора. Для большинства устройств с этой группы природный энергоноситель имеет переменный по времени параметр интенсивности. Это скорость ветра в ветроустановках, высота волны в волноустановках, напор воды на малых ГЭС и на приливных ГЭС. Для получения оптимального КПД в различных режимах этим установкам необходимо регулировать частоту вращения своего вала, а это можно сделать применяя именно индукторный дисковый генератор. Так ветроустановки могут иметь более высокий КПД при различных ветрах. На малых и приливных ГЭС можно заменить поворотные лопастные турбины на пропеллерные с тем же регулированием по напору. Из предыдущих рассуждений можно сделать вывод, что индукторные дисковые генераторы просто необходимы для повышения рентабельности устройств альтернативной возобновляемой энергетики. Их масштабное производство значительно ускорит развитие экологически чистой отрасли энергетики.