

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Макаров Я.Е.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

В настоящее время на производстве в основном применяются неэкономичные системы дроссельного регулирования расхода воздуха компрессорных установок на стороне нагнетания, КПД турбомеханизма при этом снижается пропорционально регулированию производительности. Наиболее совершенным способом регулирования производительности турбокомпрессоров является изменение скорости их двигателей.

Особенность работы турбокомпрессоров состоит в том, что каждой частоте вращения соответствует определенная критическая подача машины, ниже которой ее работа становится неустойчивой. Причиной неустойчивой работы турбокомпрессоров является повторяющийся срыв потока с рабочих и направляющих лопаток, что приводит к сильным пульсациям давления, открыванию и закрыванию обратного клапана и возникновению аварийных колебаний в системе. Такой режим называется помпажным. Работа турбокомпрессоров в режимах левее границы помпажа (пунктирная линия на рис. 1) недопустима. Отметим, что с уменьшением частоты вращения область помпажных режимов сокращается, вследствие чего при регулировании путем изменения частоты вращения становится возможной работа турбокомпрессора с пониженной подачей.

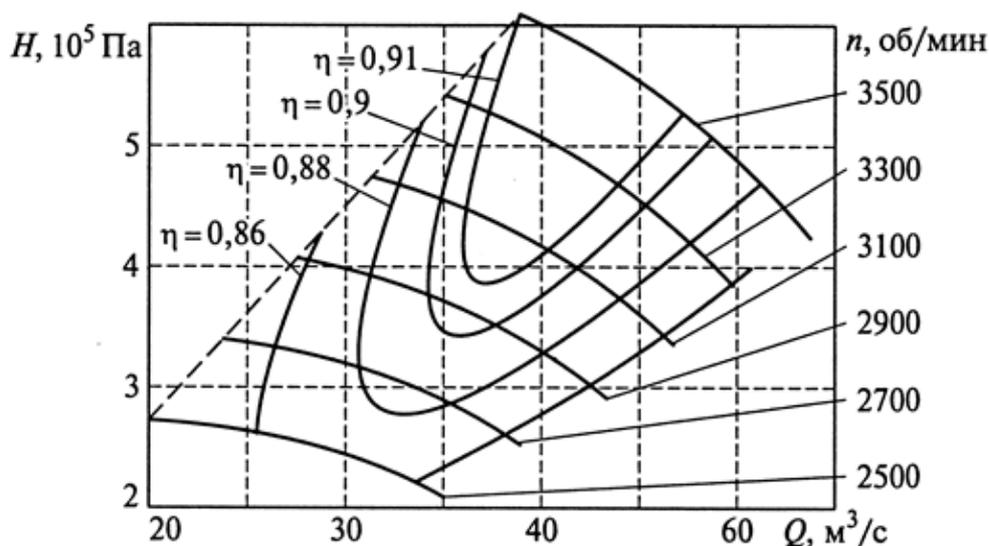


Рисунок 1. Характеристики турбокомпрессора типа К-3250-41-1 при различных частотах вращения.

Технологическая необходимость регулирования подачи турбокомпрессорных машин связана с их назначением. Так, режим работы нагнетателей магистральных газопроводов определяется графиком потребления газа на конце газопровода. Задачей регулирования подачи компрессоров в данном случае является обеспечение транспортирования требуемого количества газа при минимальных энергетических затратах. При сокращении потребления газа необходимо снижение его подачи во избежание излишнего повышения давления в трубопроводах.

Наиболее совершенным способом регулирования производительности турбокомпрессоров является изменение их частоты вращения. На данный момент существует множество вариантов регулирования электропривода компрессорных установок. В зависимости от поставленной задачи и с точки зрения экономической целесообразности существуют свои варианты. Для компрессорных установок мощностью до 50 кВт –

применяют привод с короткозамкнутым ротором, свыше 50 кВт - с фазовым ротором, свыше 100 кВт - синхронные электродвигатели.

В последнее время появилось множество разработок синхронного ЭП с частотным управлением особенно для высокомоощных установок. Существует новая система управления преобразователя частоты (ПЧ) с инвертором тока и с релейным регулятором в котором используются полностью управляемые тиристоры, отличающаяся от известных возможностью работы с минимальной частотой коммутации ключей инвертора, обеспечивая тем самым снижение потерь в ПЧ. Данный частотный ЭП позволяет сократить потребление активной мощности из сети на 20-25%, по сравнению с дроссельным управлением.

Более рациональным и относительно новым вариантом является вентильно-индукторный двигатель (ВИД) – это тип электромеханического преобразователя энергии, который сочетает в себе свойства и электрической машины, и интегрированной системы регулируемого электропривода.

ВИД представляет собой достаточно сложную электромехатронную систему, структурная схема которой приведена на рис. 2.



Рисунок 2. Структурная схема ВИД.

В отличие от большинства традиционных электрических машин современная конструкция этого двигателя имеет магнитную систему с явно выраженной двойной зубчатостью, причем число зубцов на статоре и роторе различно (рис. 3). Благодаря этому при протекании тока по катушкам одной фазы, находящимся на диаметрально расположенных зубцах статора, ближайшие зубцы ротора притягиваются к зубцам возбужденной фазы, и ротор поворачивается в так называемое согласованное положение. При этом зубцовые пары соседней фазы оказываются в частично рассогласованном положении, т.е. подготовлены к тому, чтобы при ее включении и отключении предыдущей повернуть ротор на угол шага, равный разности полюсных делений статора и ротора. Последовательное переключение фаз позволяет повернуть ротор на заданное число шагов.

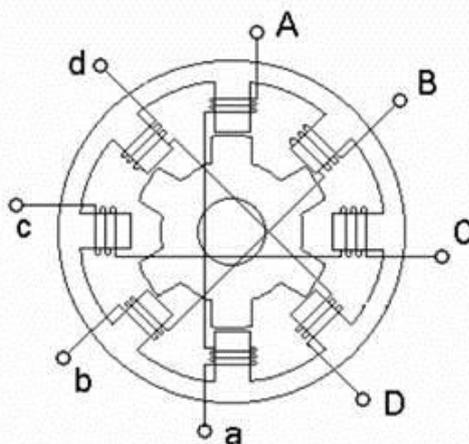


Рисунок 3. Поперечное сечение 4х-фазной индукторной машины конфигурации 8/6.

Потенциальными преимуществами ВИП по сравнению с ПЧ-АД это предельно простая, технологичная, дешевая и надежная конструкция собственно двигателя. В нем отсутствуют существенно усложняющие технологию производства постоянные магниты, цена которых иногда составляет до половины цены всего электропривода. Отсутствует операция заливки ротора, неизбежная при производстве асинхронных двигателей. Обмотки (катушки) статора хорошо приспособлены к машинному производству, проста сборка и, что важно при массовых применениях, разборка для ремонта или утилизации. Пропитка осуществляется только собственно катушек, а не статора в целом, как у других типов машин, что также снижает долю технологических затрат. Так, как сила притяжения ферромагнитного якоря в электромагните не зависит от направления тока в катушке, фазы вентильно-индукторной машины (ВИМ) питаются однополярными импульсами тока, что позволяет выбрать более надежную конфигурацию силовой схемы в сравнении с преобразователем частоты для асинхронного электропривода. Применение схемы несимметричного моста устраняет принципиальную возможность возникновения сквозных коротких замыканий в плече инвертора, не требует введения так называемого «мертвого времени» и компенсации его влияния на форму выходного напряжения, характерного для типовой трехфазной мостовой схемы инвертора, формирующего синусоидальные напряжения и токи за счет высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) интервалов работы силовых ключей. Питание фаз ВИМ прямоугольными импульсами напряжения устраняет необходимость в ШИМ, что уменьшает динамические потери в силовых транзисторах, улучшает условия их охлаждения, увеличивает КПД статического преобразователя. Также на основании теоретических расчетов, так и на сравнении конкретных образцов двигателей, ВИП по основным массогабаритным и энергетическим показателям не уступает и даже превосходит частотно-регулируемый асинхронный привод.

Наконец, ВИП имеет уникальную устойчивость к отказам отдельных элементов. Ни одна из традиционных электрических машин не может работать (по крайней мере, долго) с оборванной или закороченной фазой, поскольку в них существуют сильные магнитные связи между фазами статора, а отклонения от кругового вращающегося магнитного поля вызывают резкую асимметрию и возрастание токов в работающих фазах. Отсутствие магнитной связи между фазами ВИП позволяет работать каждой фазе независимо от других. Отключение одной и даже нескольких фаз приводит только к пропорциональному снижению выходной мощности и возрастанию пульсаций момента, но сохраняет привод в рабочем состоянии. Потеря мощности частично может быть компенсирована увеличением нагрузки на оставшиеся фазы, если имеется надлежащий запас по допустимым токам фаз и силовых ключей. Выход из строя одного из силовых транзисторов в плече типового инвертора вызывает «сквозное» короткое замыкание источника питания, защитой от которого может быть только отключение привода. Поскольку в ВИП используется несимметричная мостовая схема, в плечах которой включены транзистор и диод, при отказе любого из них токовая защита по току источника может заблокировать работу неисправной фазы через отключение оставшегося работоспособным ключа, а ВИП будет продолжать работать.

Литература

1. Энергосберегающий асинхронный электропривод // И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
2. Использование частотно-регулируемого электропривода в насосных станциях // Ежемесячная газета «Новости приводной техники». – М.: 2002.
3. Вентильно-индукторные двигатели // Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А.: Учеб. Пособие. - М.: Издательство: МЭИ, 2003