

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

УДК 621.314.64

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА

Е. В. Аристов, аспирант каф. ЭАГП

Пермский государственный технический университет

В статье рассматривается анализ основных режимов работы асинхронного вентильного каскада.

Двигательный режим при скорости ниже синхронной является основным режимом работы привода АВК. Характерные условия, определяющие этот режим, следующие. В статорной цепи поток энергии имеет направление от сети к двигателю, в роторной цепи – от двигателя в сеть.

Мощность, потребляемая двигателем из сети $P_{\text{потр}}$, за исключением потерь в статоре $\Delta P_{\text{ст}}$, передается ротору двигателя как электромеханическая мощность $P_{\text{эм}}$. В двигательном режиме асинхронная машина работает как двигатель и как трансформатор. При неподвижном роторе вся электромеханическая мощность трансформируется в ротор в виде электрической и расходуется во вторичной цепи двигателя. При работе асинхронного двигателя с малыми скольжениями почти вся электромеханическая мощность передается ротору в виде механической и идет на совершение полезной работы. При работе двигателя скольжением $0 < s < 1$ часть мощности $P_{\text{эм}}s$ (мощность скольжения) трансформируется в ротор

и расходуется в цепи ротора, другая же часть $P_{эм}(1-s)$ затрачивается на совершение полезной работы. Мощность скольжения, за исключением потерь в роторе $\Delta P_{рот}$, вентильях ΔP_v и трансформаторе $\Delta P_{тр}$, рекуперируется в сеть.

Таким образом, при работе в схеме асинхронного вентильного каскада асинхронный двигатель потребляет из сети больше энергии, чем необходимо для совершения полезной работы, и остаток возвращает в сеть. Благодаря этому КПД асинхронного вентильного каскада существенно не снижается при работе с пониженными скоростями вращения.

Работа вентильного каскада в режиме противовключения (режим торожения) характеризуется теми же условиями, что и для двигательного режима при подвсинхронной скорости.

Мощность, потребляемая двигателем из сети $P_{потр}$, за исключением потерь в статоре, передается в виде электромагнитной мощности $P_{эм}$ ротору, в котором выделяется в виде электрической. Механическая энергия, передаваемая рабочим органом вала двигателя, превращается в роторе в электрическую энергию. Таким образом, роторную цепь асинхронного двигателя в режиме противовключения можно рассматривать как вторичную цепь трансформатора и как нагрузочную цепь генератора. Суммарная мощность, трансформируемая $P_{эм}$ и генерируемая $P_{эм}(s-1)$, за исключением потерь в роторе $\Delta P_{рот}$, вентильях ΔP_v и трансформаторе $\Delta P_{тр}$, возвращается обратно в сеть. При работе в режиме противовключения, когда скольжение $s > 1$, противо-ЭДС в цепи ротора в 2 раза больше, чем при работе в двигательном режиме, что приводит к значительному увеличению мощности трансформатора и вентильного преобразователя.

В схеме вентильного каскада генераторное торможение возможно в двух режимах: при скорости выше синхронной и при скорости ниже синхронной.

Для осуществления режима динамического торможения обмотка статора отключается от сети трехфазного переменного тока и подключается к источнику постоянного тока. Постоянный ток, проходя по обмоткам статора, создает неподвижный в пространстве магнитный поток. При вращении ротора в его обмотках наводится ЭДС переменной частоты, зависящей от скорости вращения ротора. Таким образом, в этом режиме асинхронный двигатель работает как неявнополюсный синхронный генератор, возбуждаемый постоянным током со стороны статора. Механическая энергия, поступающая на вал двигателя, преобразуется в электрическую энергию переменного тока и за вычетом потерь в приводе передается в питающую сеть.

В режиме генераторного торможения, при скорости выше синхронной, поток активной энергии в статорной цепи направлен от двигателя в сеть, а реактивной мощности – от сети в двигатель. В роторной цепи энергия направлена от двигателя в сеть.

Механическая мощность $P_{\text{мех}}$, поступающая на вал двигателя со стороны приводного механизма, преобразуется в электрическую. Часть этой мощности, пропорциональная разности между скоростями вращения ротора и электромагнитного поля статора (мощность скольжения), генерируется в обмотках ротора Ю, преобразуется вентильным преобразователем и за вычетом потерь поступает в питающую сеть. Другая часть, пропорциональная синхронной скорости двигателя, отдается в статорную цепь двигателя в виде электромагнитной мощности $P_{\text{эм}}$, и за вычетом потерь в статоре, рекуперируется в сеть.

Следует иметь в виду, что при работе в режиме генераторного торможения двигатель отдает в сеть только активную

мощность. Для создания магнитного поля статора и компенсации потоков рассеивания необходима циркуляция реактивной мощности в статорной цепи двигателя. Поэтому электродвигатель должен быть подключен к питающей сети и не может работать как автономный генератор.

Генераторный режим асинхронного двигателя обусловлен тем, что ЭДС ротора меняет свой знак на противоположный по сравнению с двигательным режимом. В режиме генераторного торможения привода АВК, при скорости ниже синхронной, это достигается введением противо-ЭДС, превосходящей по величине ЭДС ротора. При этом ток в обмотках ротора изменяется по фазе на $(90-100^\circ)$, т. е. будет направлен против ЭДС ротора. Это означает, что роторная группа вентилялей должна работать в инверторном режиме. При этом энергия от сети поступает в двигатель со стороны ротора. В приводе асинхронного вентиляльного каскада вентили роторной группы должны быть управляемыми и работать в режиме зависимого инвертора. При этом управление вентилями должно осуществляться с переменной частотой, соответствующей частоте тока ротора. Трансформаторная группа вентилялей работает в выпрямительном режиме.

Направление потока энергии в этом случае противоположно тому, которое имеет место в двигательном режиме, т.е. мощность из сети через трансформатор и вентиляльные преобразователи передается в ротор двигателя. Механическая мощность $P_{\text{мех}}$, получаемая валом двигателя при торможении, и электрическая мощность, получаемая ротором из сети в виде электромагнитной $P_{\text{эм}}$, передаются статору и, за вычетом потерь в нем, рекуперировываются в сеть.

Двигательный режим при скорости выше синхронной является не свойственным асинхронному двигателю, но возможен в каскадных схемах асинхронного привода. При этом режиме скольжение отрицательно, вследствие чего и ЭДС ротора имеет обратный знак, противоположный знаку в дви-

гательном режиме. Для того чтобы активная составляющая тока и приведенная ЭДС ротора совпадали по знаку с напряжением сети (что характеризует двигательный режим), в цепь ротора должна быть подана добавочная ЭДС, направленная навстречу приведенной ЭДС ротора и превосходящая ее по величине. При этом, несмотря на отрицательное значение ЭДС ротора, активная составляющая тока, проходящая под действием добавочной ЭДС, будет положительной, и асинхронная машина будет развивать двигательный момент.

В этом режиме энергия должна поступать в роторную цепь из сети, вследствие чего трансформаторная группа вентиля должна работать в выпрямительном режиме, а роторная – в инверторном режиме и управляться с частотой скольжения (вентиля роторной группы управляемые).

В данном режиме двигатель потребляет мощность как со стороны статора, так и со стороны ротора, которую преобразует за исключением потерь, в механическую мощность. Практически такой режим работы асинхронного вентиляльного каскада аналогичен режиму работы машин двойного питания*.

Получено 08.12.06.

* Онищенко Г. Б. Асинхронный вентиляльный каскад. – М.: Энергия, 1967.