

УДК 621.313

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ПРИВОДА С ПИТАНИЕМ ОТ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Мирошник Д.Н., магистрант, Шавелкин А.А., доцент, к.т.н.
*(Донецкий национальный технический университет,
г.Донецк, Украина)*

Создание компактных высококачественных и надежных преобразователей частоты на IGBT-транзисторах в сочетании с современными принципами векторного управления, прямого управления моментом снимает практически все границы возможного применения асинхронного электропривода. Это относится и к тяговому электроприводу, где традиционно используется привод постоянного тока. При этом, что именно ДПТ является основной причиной низкой эксплуатационной надежности. Поэтому перспективы совершенствования тягового электропривода связывают с использованием АД с к.з. ротором [1] либо вентильного двигателя.

Успешное решение этого вопроса связано с обеспечением совместимости напряжений низковольтной аккумуляторной батареи АкБ и АД.

Согласование АкБ с АД осуществляется посредством автономного инвертора напряжений (АИН). При этом возникает задача правильного выбора параметров всей силовой установки.

При выборе АД возможен ряд решений, связанных в основном с выбором номинального напряжения двигателя. Наиболее простым вариантом является выбор специальной электрической машины, рассчитанной на пониженное напряжение, которое выбирается исходя из того, какое напряжение может обеспечить АИН, питающийся напрямую от АкБ.

При питании АД с номинальным напряжением 660В от АИН класса напряжений (400В), очевидно, что ток, потребляемый двигателем, будет значительно меньше в сравнении с током специального двигателя. А если учесть, что при работе двигателя, рассчитанного на пониженное напряжение, предполагается ис

пользование АИН того же класса напряжений (400В), то его мощность будет определяться током, потребляемым электрической машиной. Следовательно, вариант с использованием стандартного АД является более предпочтительным потому, что мощность преобразователя будет приблизительно равна мощности двигателя. В то время как при использовании специального АД мощность АИН будет, в соответствии с током, завышена примерно в 4.4 раза.

Однако в связи с тем, что напряжение АкБ $E=130В$ не достаточно для питания АД класса напряжений 660В, в настоящее время решение проблемы связывают с применением трансформатора на выходе АИН или специального вентильно-трансформаторного инвертора (ВТИ) [1]. Однако наличие трансформатора, рассчитанного на полную мощность привода, ухудшает его массогабаритные свойства.

Кроме того, все вышеописанные решения предполагают работу инвертора напрямую от АкБ. При этом ток, потребляемый от батареи, имеет явно выраженный импульсный характер, что негативно отразится на ее тепловых процессах. Следовательно, в таких схемах необходима установка сглаживающего LC-фильтра для улучшения формы кривой входного тока АкБ.

По мнению авторов, трансформатор в схеме можно исключить при некотором усложнении схемы фильтра. Так введением двух IGBT-транзисторов со встречно-включенными обратными диодами, можно получить схему импульсного преобразователя (ИП), регулирующего напряжение на входе АИН (рис.1)

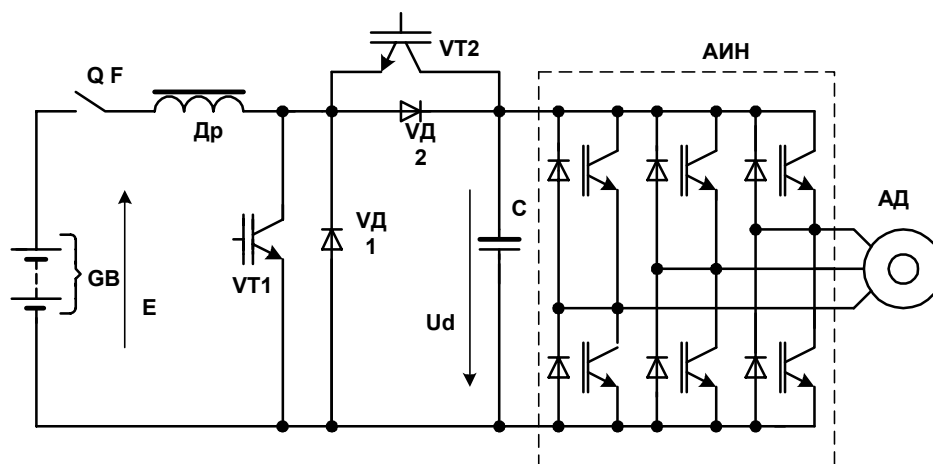


Рисунок 1 – Схема силовых цепей электропривода

Схема (рис.1) обеспечивает работу привода, как в двигательном, так и в генераторном режимах. В двигательном режиме ИП

работает на повышение напряжения U_d на входе АИН. Для этого используется ключ VT1 с диодом VD2, а ключ VT2 - заперт. Во время открытого состояния транзисторного ключа (VD2-заперт), ток через дроссель (Др) нарастает, и энергия накапливается в катушке индуктивности L , а во время закрытого состояния передается через диод VD2 на нагрузку.

При этом значение напряжения на выходе ИП определяется по формуле:

$$U_d = \frac{E}{1-D},$$

где $D = t_{on} f_k$ - коэффициент заполнения импульсов, изменяющийся теоретически от 0 до 1;

t_{on} - продолжительность времени включенного состояния транзистора VT1;

f_k - частота коммутации транзистора VT1.

В генераторном режиме напряжение на емкости возрастает до некоторого порогового значения, ключ VT1-запирается, а VT2 работает в сочетании с VD1, образуя схему понижающего ИП.

Работа понижающего ИП осуществляется следующим образом, при отпирании VT2 энергия накопленная в емкости C отдается в АКБ, осуществляя таким образом ее заряд. При запираии ключа VT2 энергия накопленная в Др стремится поддержать ток в том же направлении заряда АКБ и замыкается в контуре Др-АКБ-VD1. Таким образом, обеспечивается отдача энергии в батарею.

Как уже отмечалось выше, при непосредственном питании АИН от АКБ, входной ток носит импульсный характер, в то время как в предложенной схеме, потребляемый от АКБ ток, практически постоянный. Пульсации входного тока АКБ могут быть определены для достаточно больших частот переключений транзистора VT1:

$$\Delta I = \frac{E t_{on}}{L} = \frac{D(1-D)U_d}{L f_k}.$$

Частота коммутации f_k не должна превышать 5-10кГц, поскольку при ее значении большем 10кГц, значительно возрастают потери переключения в транзисторе. Чтобы не увеличивать габариты дросселя, его индуктивность L выбирается не более 1-2мГн.

Этого достаточно, чтобы уровень пульсаций тока (в долях от номинального значения) не превышал 5-10%.

Аналогично можно определить значение пульсаций напряжения ΔU на конденсаторе C , исходя из того, что накопленная энергия в дросселе переходит в виде заряда Q в емкость, а затем, когда батарея зашунтирована ключом VT1, этот же заряд потребляется нагрузкой из емкости.

$$\Delta U = \frac{I_o DT_s}{C(1-D)}; \quad (1)$$

- где I_o – среднее значение входного тока АкБ, в номинальном режиме работы электропривода.

Из формулы (1) можно сделать вывод о том, что для обеспечения требуемого значения пульсаций напряжения выходе ИП на уровне 5-10 % достаточно емкости 60 –100 мкФ.

Переходные процессы работы повышающего ИП представлены на рис.2.

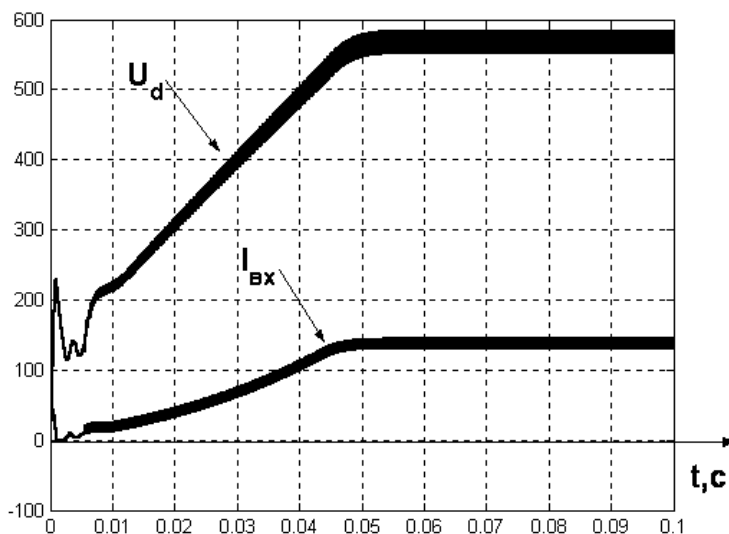


Рисунок 2 – Переходные процессы работы ИП

Из рисунка видно, что напряжение на выходе ИП можно не просто увеличить, но изменять во времени. Применительно АИН последнее обстоятельство позволяет успешно сочетать достоинства амплитудного регулирования выходного напряжения ИП с возможностями широтно-импульсной модуляции.

Перечень ссылок

1. К.Н. Маренич, В.Н. Ставицкий, А.И. Самойлов. Обоснование технических решений для создания асинхронного частотно-регулируемого электропривода шахтного аккумуляторного электровоза. //Донбас-2020: наука і техніка – виробництву: Матеріали науково-практичної конференції. м. Донецьк, 05-06 лютого 2002 р. - Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки, 2002.-700 с.