

УЛУЧШЕНИЕ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В
АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С АВТОНОМНЫМ
ИСТОЧНИКОМ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

А.А. Шавелкин, Д.Н. Мирошник
Донецкий национальный технический университет

У роботі обґрунтовано схемне рішення силових кіл тягового асинхронного електропривода, що живиться від автономного джерела. Воно дозволяє регулювати частоту обертів асинхронного двигуна без впливу параметрів джерела на характеристики привода. Крім того, рішення дозволяє формувати закон постійності потужності, у тому числі збільшеної за номінальну потужність асинхронного двигуна.

Применение в существующем тяговом приводе (рудничный электровоз, электромобиль и т.д.), который работает от автономного источника постоянного напряжения (аккумуляторная или солнечная батарея) двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТТВ), ухудшает его эксплуатационные характеристики и надежность. Следовательно, задача модернизации тягового электропривода может быть решена путем использования машины переменного тока (более простая и надежная).

При использовании в тяговом электроприводе, работающем от низковольтного источника постоянного напряжения, асинхронного двигателя (АД) возникает ряд задач:

- напряжение двигателя и напряжение источника должны быть согласованы;
- электропривод должен учитывать влияние параметров источника (ЭДС и внутреннего сопротивления) на механические характеристики;
- механические характеристики асинхронного привода должны быть не хуже чем у ДПСРВ.

Целью работы является:

- обосновать схемное решение силовых цепей электропривода с позиций согласования напряжений и влияния параметров источника на характеристики привода;
- обосновать выбор двигателя и закон управления с целью получения улучшенных характеристик привода.

Задача согласования напряжений в литературе решается тремя способами:

- использованием повышающего трансформатора (рис.1,а), или специального вентильно-трансформаторного инвертора [1] (ВТИ - рис.1,б), питающего АД стандартного класса напряжений. В этом случае согласование напряжений осуществляется соответствующим выбором коэффициента трансформации;
- использованием специального Z-инвертора [2], повышающего входное напряжение, за счет короткого замыкания ключей одного плеча (рис.1,в);
- использованием двигателя специального назначения (ДСН - рис.1,г), рассчитанного на пониженное напряжение. Это может быть АД, или вентильно-реактивный двигатель (без учета более высокого КПД перед АД).

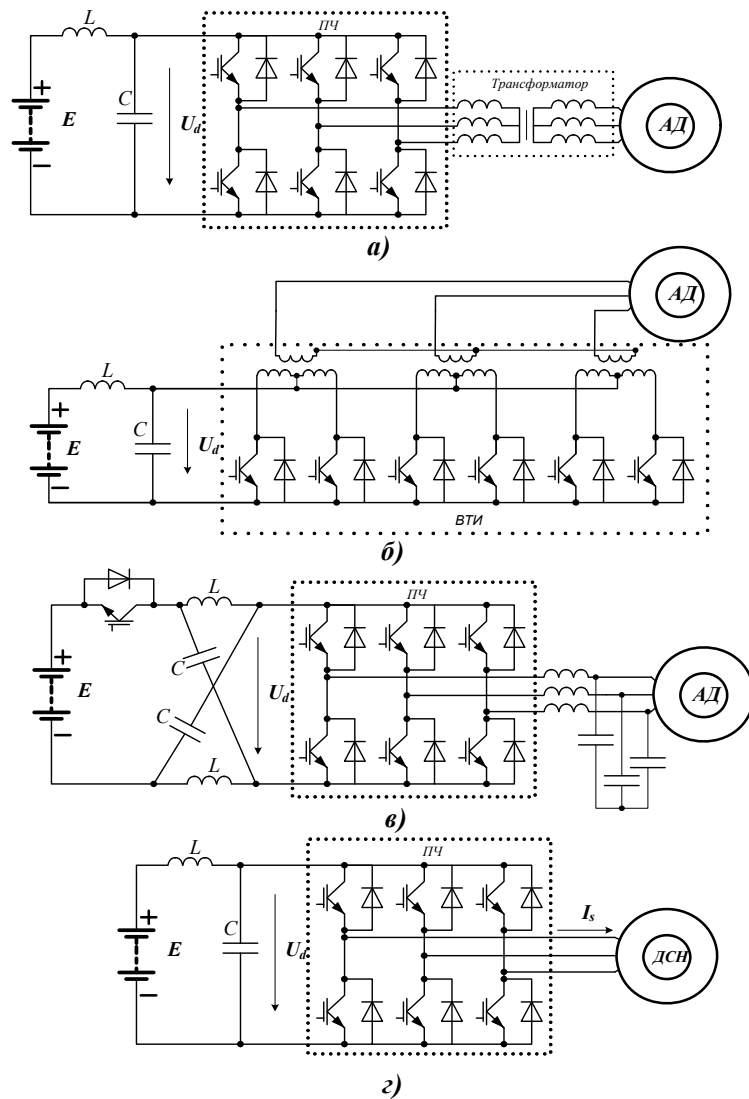


Рис.1. Варианты электропривода переменного тока с низковольтным источником постоянного тока

Варианты на рис.1,а-б,г для согласования напряжений источника и АД требуют специального оборудования: в первом случае специального трансформатора, во втором случае ДСН, выбор которых будет зависеть от напряжения источника. Кроме того, при уменьшении напряжения на 21%, эти дополнительные устройства не компенсируют влияние источника на характеристики двигателя (пусковой момент уменьшится на 38%). Эти варианты имеют увеличенный выходной ток (I_s) пропорционально величине согласований напряжений источника и двигателя. Поэтому при использовании преобразователя частоты (ПЧ) стандартного класса напряжений 400-500В, его мощность определяется выходным током и будет завышена. Следовательно, вместе с мощностью увеличиваются и габариты и стоимость ПЧ.

Вместе с тем, использование схем, которые содержат трансформатор, рассчитанный на полную мощность двигателя – решение громоздкое и практически неприменимое.

Использование в электроприводе Z-инвертора компенсирует недостатки, связанные с компенсацией падения напряжения, вместе с тем, имеет недостатки, связанные с увеличением полупроводниковых устройств, использованием пяти дросселей (увеличение массогабаритных показателей). Кроме того, ток через полупроводниковые ключи ПЧ также будет увеличен, что требует увеличения его паспортной мощности.

Решение может быть достигнуто при использовании промежуточного повышающего импульсного преобразователя постоянного напряжения (ИППН). Такое построение схемы (рис.2) дает возможность уменьшить ток преобразователя частоты, снизить стоимостные и габаритные показатели ПЧ, а также компенсировать снижение напряжения источника.

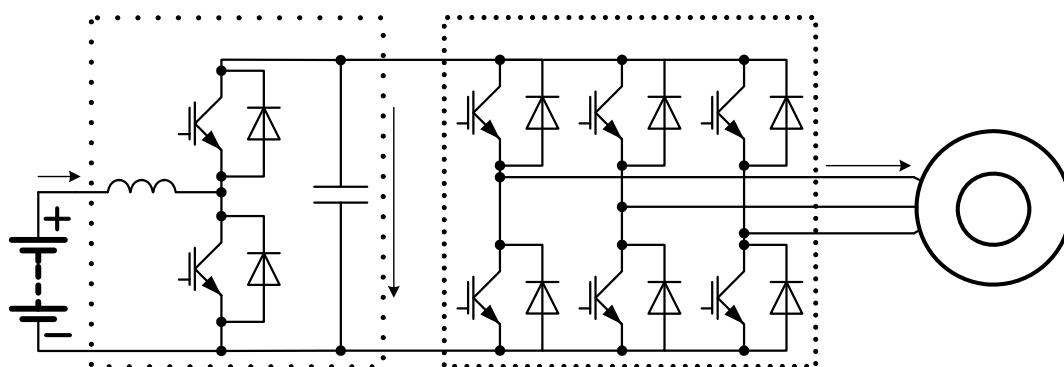


Рис.2. Принципиальная схема силовых цепей электропривода с промежуточным ИППН

Обоснование выбора АД и закона управления удобно показать на примере модернизации электропривода шахтного электровоза с ДПТПВ ДРТ-13 (рис.3).

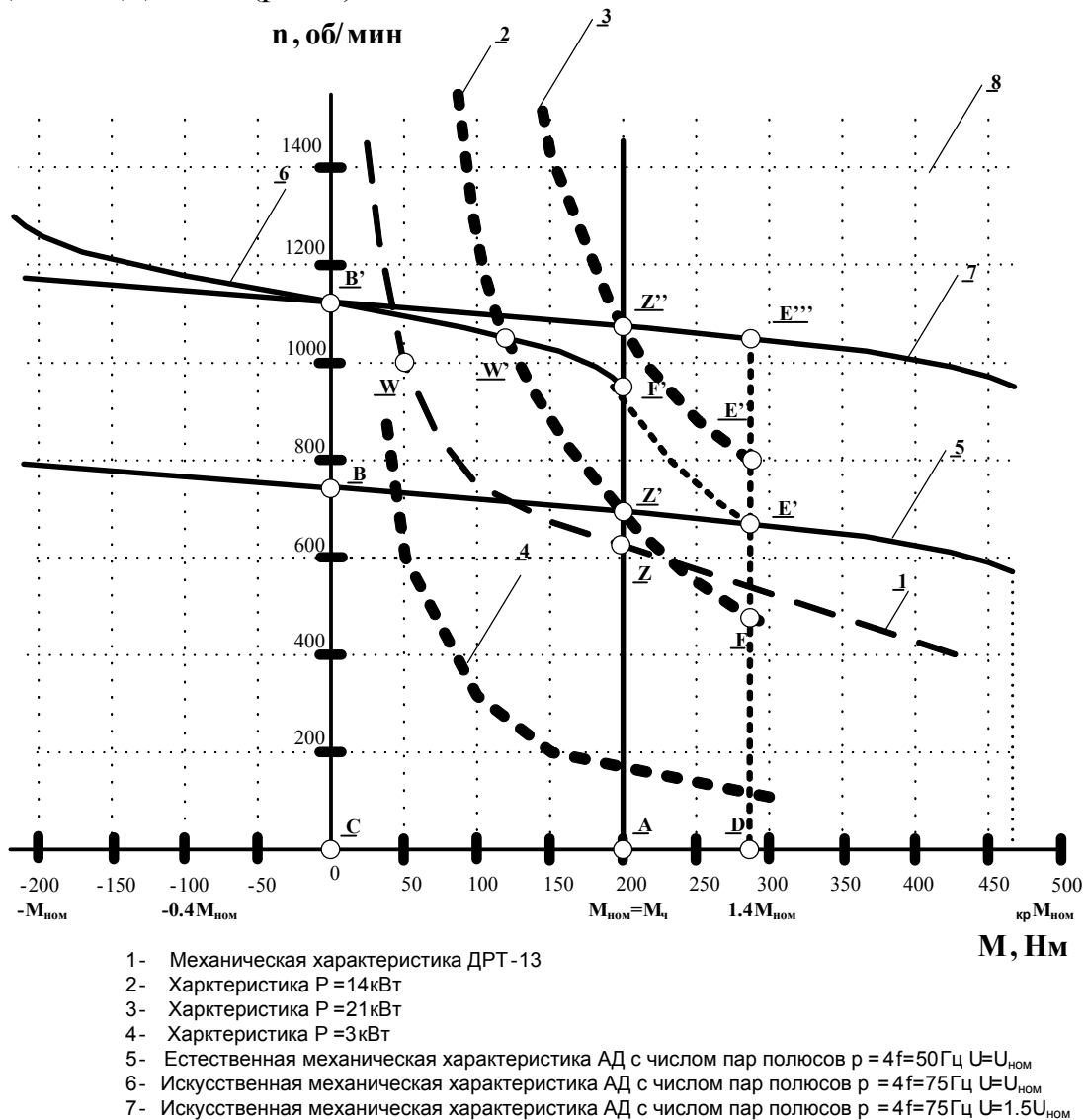


Рис. 3. Механические характеристики привода

Механическая характеристика ДРТ-13 (1, рис.3) характеризуется двумя точками: часовой режим $t.Z$ и продолжительный режим $t.W$. Следовательно, при модернизации электропривода, наиболее близким по характеристикам является АД с числом пар полюсов $p=4$, естественная механическая характеристика 5 (рис.3). При регулировании с постоянством мощности $P=14\text{ кВт}$ (характеристика 2, рис.3) необходимо чтобы критический момент не был меньше номинального момента сопротивления. В противном случае двигатель опрокинется и сработает тепловая защита. Если кратность максимального момента 2.5 значит, верхняя граница характеристики 2 определяется характе-

ристикой 6. Если анализировать механические свойства привода, то в диапазоне статических моментов $[0.2...1]M_{ном}$, скорость асинхронного двигателя выше скорости ДРТ-13. Тогда в статических режимах механические свойства привода ограничены т.А-D-E-Z'-W'-B'-C, в динамических - т.А-D-E'-F-W'-B'-C.

Создание больших тяговых моментов не является необходимым, так как их предел ограничен сцеплением. В этом случае максимальный момент, развиваемый АД определяется уставкой тепловой защиты преобразователя. При перегрузке в 40% ток равен 1.5 от номинального значения, и может быть учтен при формировании системы регулирования скорости.

Поскольку в схеме рис.2 есть возможность регулировать напряжение U_d на входе ПЧ, следовательно, может быть реализована возможность управления частотой вращения без ослабления поля (характеристика 7). Такой подход возможен за счет увеличения напряжения на входе ПЧ и частоты на выходе.

Тогда при регулировании с $P=21кВт$ есть возможность дополнительного увеличения тяговых характеристик привода за счет увеличения скорости вращения. Этот режим возможен только при способности источника отдавать требуемую мощность (источник большей мощности либо в начале разряда).

Кроме того, когда источник разряжен, можно использовать привод в режимах дотягивания $P=3кВт$ (характеристика 4).

Выводы

В работе обосновано схемное решение силовых цепей тягового асинхронного электропривода, работающего от автономного источника питания. Оно позволяет регулировать частоту вращения асинхронного двигателя без влияния параметров источника на характеристики привода. Кроме того, данное решение позволяет формировать закон постоянства мощности, в том числе постоянство мощности, которая больше паспортной мощности асинхронного двигателя.

Библиографический список

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.
2. Хлебников А.С.,Харитонов С.А. Применение Z-инвертора в статическом преобразователе частоты в автономных системах генерирования. // Научно-прикладный журнал «Технічна електродинаміка» тем. вип. Силова електроніка та енергоефективність, 2008р., ч.1, сс.36-41.