

УДК 621.313

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Самарский Г. С., студент, Мирошник Д.Н., ассистент, магистр;
(Донецкий национальный технический университет, г.Донецк, Украина)

В настоящее время более половины электрической энергии, вырабатываемой электрическими станциями, потребляется электроприводами, большая часть которых в своем составе имеет двигатель переменного тока (синхронный или асинхронный двигатель). В связи с быстрым развитием микропроцессорной техники и особенно силовой электроники появилась возможность не только регулировать частоту вращения двигателя, но и при этом потреблять из сети только активную мощность (применение преобразователя частоты со звеном постоянного тока). Далее потребителю больших мощностей нужно было решить одну из наиболее важных проблем отдачи энергии, особенно в приводах, работающих в повторно-кратковременных режимах, а также, что немаловажно при больших мощностях, улучшить форму, потребляемого из сети тока. Чтобы удовлетворить всем требованиям пришлось пойти на усложнение схем силовых цепей преобразователя частоты (рис. 1) [1].

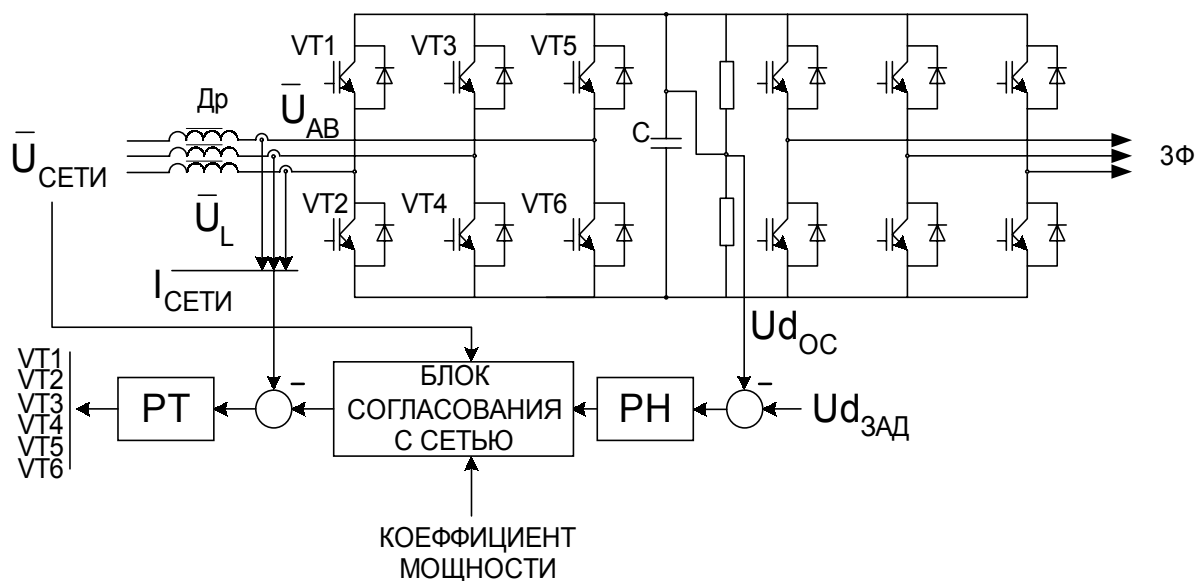


Рисунок 1 – Принципиальная схема преобразователя частоты с активным выпрямителем и его система автоматического регулирования

Здесь необходимо отметить, что альтернативой такому типу преобразователя в настоящее время является матричный преобразователь частоты [2] (непосредственный преобразователь частоты на быстродействующих силовых ключах), преимущество которого в однократном преобразовании энергии и сравнительно небольшой величине используемой на его входе емкости. Однако он вместо 12 ключей использует 18, и система импульсного управления у матричного преобразователя на несколько порядков сложнее, чем у двухзвенного

преобразователя с автономным инвертором напряжения (АИН) и активным выпрямителем (АВ) (рис.1).

В простейшем случае для изучения свойств АВ, АИН можно представить в виде активной нагрузки. Работа АВ основана на работе повышающего импульсного преобразователя постоянного напряжения [3,4], что иллюстрирует рисунок 2.

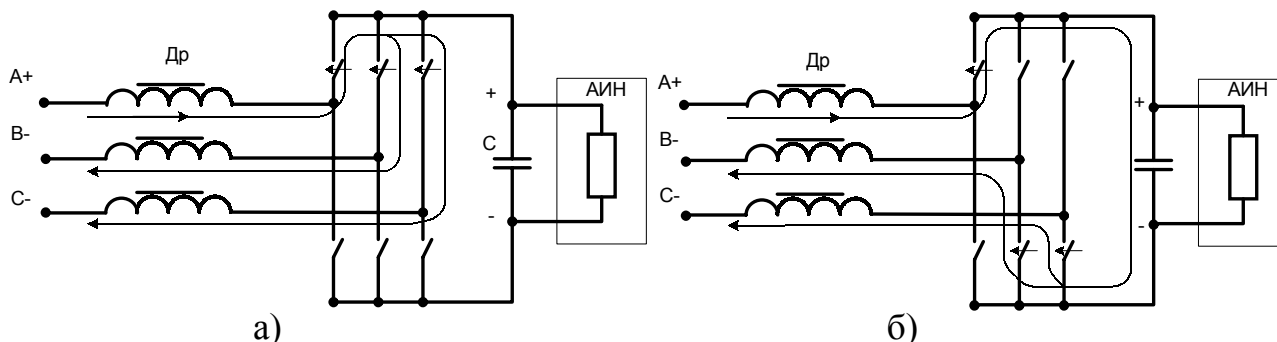


Рисунок 2 – Работа активного выпрямителя: а) накопление энергии в дросселях; б) заряд конденсатора в звене постоянного тока

При коммутации транзисторных ключей VT1-VT6 (рис.1) образуются кратковременные короткозамкнутые контуры (КЗК) во всех фазах (рис.2,а). В этот интервал времени накапливается энергия в дросселях Др на входе АВ, а абсолютное значение входного тока увеличивается. Когда же КЗК (рис.2,б) размыкаются, на конденсатор С, который находится в звене постоянного тока, прикладывается напряжение сети и ЭДС, накопленной в ДР, а абсолютное значение входного тока - уменьшается.

Система автоматического регулирования АВ (рис.1) построена в соответствии с [5]. Она представляет собой двухконтурную систему регулирования, с внешним контуром регулирования напряжения на конденсаторе и внутренним регулированием входного тока преобразователя. Ее особенностью является возможность регулирования фазы входного тока (блок согласования с сетью имеет внешний сигнал управления коэффициентом мощности), как в двигательном, так и в генераторном режимах работы электропривода, что позволяет рассматривать АВ как энергосберегающий элемент, с возможностью генерирования реактивной мощности. Кроме того, регуляторы напряжения (РН) и тока (РТ) можно подобрать таким образом, чтобы передаточная функция преобразователя с системой автоматического регулирования от трехфазного напряжения, являющегося возмущающим воздействием [6], по напряжению в звене постоянного тока U_d – оказалась фильтром низких частот. Такое построение регуляторов позволит подавить частоту 300 Гц на напряжении в звене постоянного тока, которое является входным для АИН, а значит и будет влиять на спектр напряжения, подаваемого на статор машины переменного тока (потери, колебания момента). Следует отметить, что при таком построении системы управления, регулирование получается несколько инерционным, что подтверждает рисунок 3.

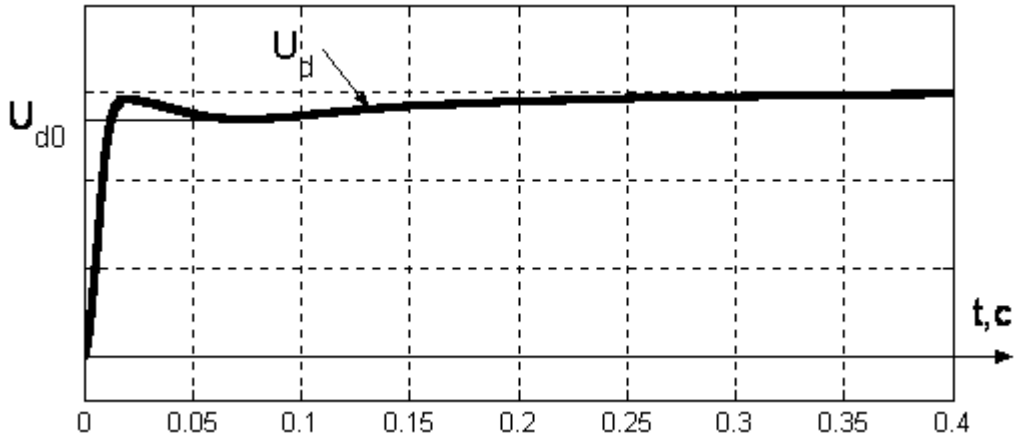


Рисунок 3 – Осциллограмма напряжения в звене постоянного тока

Векторные диаграммы, иллюстрирующие работу АВ без учета активного сопротивления дросселей, представлены на рисунке 4.

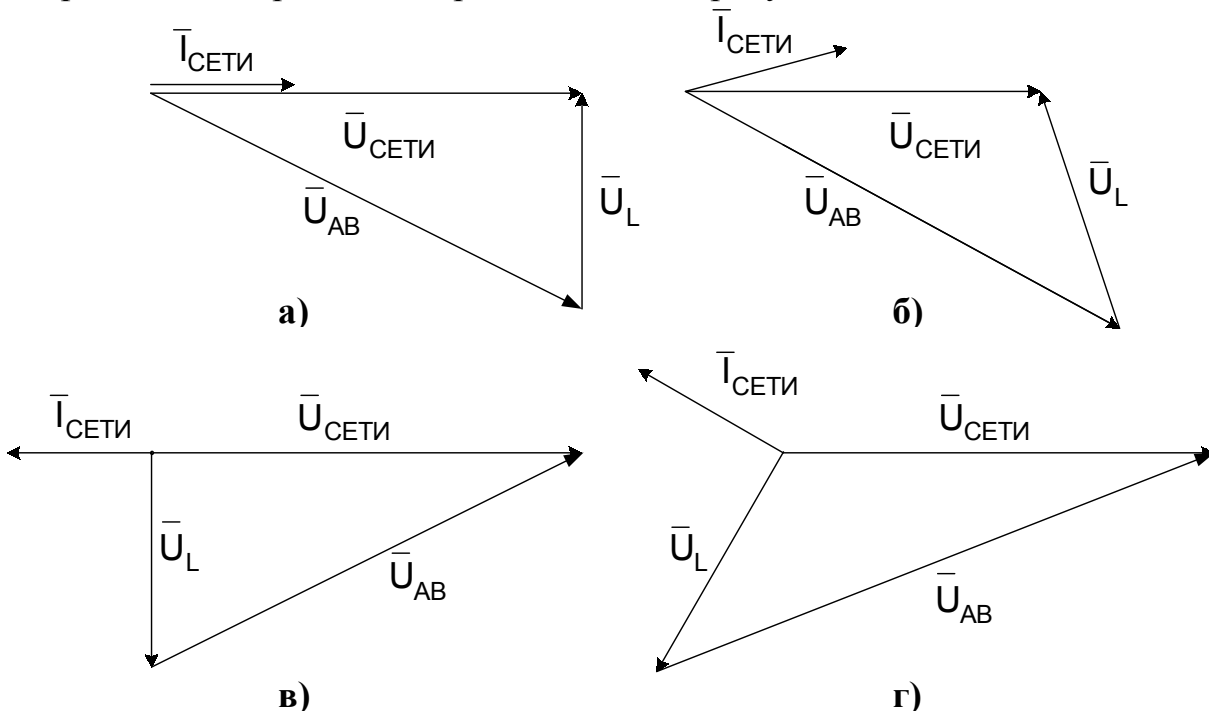


Рисунок 4 – Векторные диаграммы работы АВ: а) $\cos\varphi=1$; б) $0 < \cos\varphi < 1$, $\varphi < 0$; в) $\cos\varphi=-1$; г) $0 > \cos\varphi > -1$, $-\pi/2 > \varphi > -\pi$.

Как видно из рисунка напряжение активного выпрямителя U_{AB} больше, чем напряжение сети $U_{сети}$. Обеспечивается это именно за счет схемы повышающего импульсного преобразователя, при этом напряжение в звене постоянного тока $U_d > U_{d0}$ (U_{d0} – амплитуда выпрямленного напряжения мостовой схемы), что подтверждает рисунок 3. Кроме того, АВ может не просто обеспечить $\cos\varphi=1$ (рис.4, а), но и генерировать реактивную (рис.4,б) или активную мощность (рис.4,в), а кроме того может одновременно совмещать генерацию активной и реактивной мощности (рис.4,г). Однако в режиме генерации реактивной мощности АВ потребляет из сети полный ток I больше (добавляется реактивная составляющая тока), что видно из величины падения напряжения на индуктивности U_L , если сравнить рисунки 4,а и 4,б.

Осциллограммы фазных напряжения U_ϕ , тока I_ϕ и мощности P_ϕ при работе АВ в двигательном и генераторном режимах, а также в режиме генерации реактивной мощности, полученные путем моделирования в программном пакете MATLAB 6.1, с использованием его приложений SIMULINK и POWERSYSTEM BLOCKSET - подтверждают теоретические положения статьи и представлены на рисунке 5.

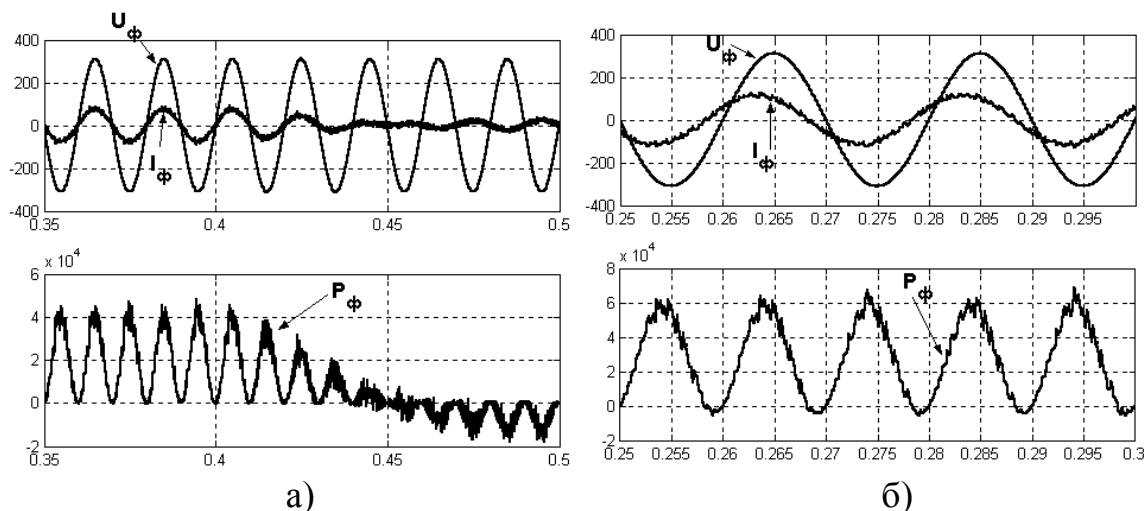


Рисунок 5 – Осциллограммы работы АВ P_ϕ – фазная мощность, I_ϕ – фазный ток сети, U_ϕ – фазное напряжение сети: а) двигательный режим с переходом в генераторный; б) режим генерации реактивной мощности $\varphi=30^\circ$

Перечень ссылок

1. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты, Екатеринбург, УРО РАН, 2000. 654 с.
2. Ishiguro A., Okuma S. A novel method for force commutated cicloconverters using instantaneous values of input line-to-line voltages, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 38, no. 3, pp. 166-172, june 1991.
3. Malesani L., Rossetto L., Tenti P. AC-DC-AC PWM converter with reduced energy storage in the DC link, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 31, no. 2, pp. 287-292, march/april 1995.
4. Dixon J.W., Ooi B.-T., Indirect current control of a unity power factor sinusoidal current boost type three-phase rectifier, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 35, no. 4, pp. 508-515, november 1988.
5. Аванесов В.М., Релейное управление следящими преобразователями. Ч.1, Структуры систем управления: анализ и синтез. – Электричество, 2000, №10.
6. Гринкевич Д.Я., Симаков Г.М., Троицкий А.В. Микроэлектропривод постоянного тока с повышающим DC-DC преобразователем.// Тем. Выпуск. Силовая электроника та енергоефективність.- Ч.2.- 2003.- стр. 92-97.