

Частотный преобразователь в системах регулируемого электропривода насосных установок

***В.В. Пугачёв**, ст. преподаватель, **А.В. Володин**, магистрант, **В.В. Кононец**, магистрант, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ*

В настоящее время в системах электропривода технологических машин все чаще находит применение система управления частотой вращения электрического двигателя, позволяющая снизить потребление электрической энергии и тем самым произвести ее экономию в тех случаях, когда работа привода возможна не в номинальном режиме.

Материалы и методы исследования. Регулируемый электропривод состоит из электрического двигателя (постоянного или переменного тока), передаточного механизма, в роли которого могут

применяться редукторы, муфты, трансмиссии и системы управления. При построении систем регулируемого электропривода технологических машин, в частности насосных агрегатов, могут быть использованы технические средства, позволяющие изменять в широком диапазоне частоту вращения всей системы в целом или же только самого агрегата, оставляя постоянной частоту вращения вала приводного электродвигателя.

При построении систем регулируемого электропривода в качестве приводных электродвигателей находят применение в основном асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Частота вращения вала асинхронного электродвигателя находится по выражению:

$$n = \left(60 \frac{f}{p} \right) (1-s), \quad (1)$$

где f – частота питающей сети, Гц; p – число пар полюсов; s – скольжение.

Из выражения (1) следует, что изменить частоту вращения вала приводного электродвигателя возможно, воздействуя с помощью специальных технических устройств на частоту питающей сети, на скольжение электрической машины и на количество пар полюсов статорной обмотки. Поэтому изменяя один из этих параметров или их совокупность, возможно повлиять на значение частоты вращения вала и соединенного с ним насосного агрегата.

В зависимости от типа изменяемого параметра электродвигателя существуют три типа регулируемого электропривода переменного тока:

1) частотный-регулируемый электропривод, в состав которого входит ключевой силовой преобразователь, изменяющий постоянную частоту подаваемого на электродвигатель напряжения в переменную, с возможностью плавного изменения, частоту, от которой зависит частота вращения вала двигателя;

2) многоскоростной электропривод, имеющий в составе устройство, изменяющее схему соединения обмоток статора электродвигателя и тем самым меняющее число пар полюсов двигателя ($p=1, 2, 3$ и т.д.). Данный тип электропривода будет обеспечивать ступенчатые изменения частоты вращения насосного агрегата;

3) электропривод, в своем составе содержащий устройство, изменяющее скольжение электродвигателя или вариатора, находящегося между валом насосного агрегата и валом электродвигателя [1, 2].

В составе большинства регулируемых электроприводов насосных агрегатов в настоящее время используется частотный преобразователь, который выполняет изменение практически постоянных сетевых параметров напряжения U_1 и частоты f_1 в напряжение U_2 и частоту f_2 , требуемые для системы управления насосным агрегатом. С изменением частоты f_2 происходит и изменение частоты вращения вала электродвигателя (рис. 1) [3, 4].

Результаты исследования. При создании систем с частотно-регулируемым электроприводом необходимо предусмотреть выполнение определенных условий, которые влияют на работу приводного двигателя, а именно его перегрузки по рабочему потребляемому току, создаваемому статорной обмоткой магнитному потоку, а также поддержанию в определенных пределах его энергетических показателей, в частности коэффициента мощности. Для этого необходимо обеспечить выполнение определенных соотношений между электрическими величинами в процессе работы преобразователя, которые, в свою очередь, зависят от вида механической характеристики насосного агрегата. Данные

соотношения описываются уравнениями закона частотного регулирования Костенко [1, 5]:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{f_1}{f_2} \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}, \quad (2)$$

где f_1, f_2 – частоты; M_1, M_2 – моменты времени.

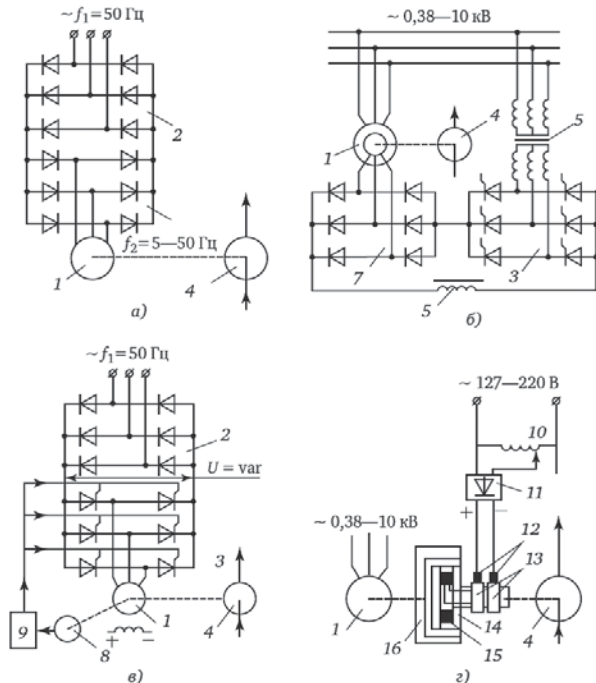


Рис. 1 – Основные виды регулируемого электропривода, используемого в насосных установках: а) – частотный; б) – асинхронно-вентильный каскад; в) – на базе вентильного электродвигателя; г) – с электромагнитной муфтой скольжения:

1 – асинхронный электродвигатель; 2 – управляемый выпрямитель частотного преобразователя; 3 – инвертор; 4 – центробежный насос; 5 – согласующий трансформатор; 6 – сглаживающий дроссель; 7 – неуправляемый выпрямитель; 8 – датчик положения ротора в пространстве; 9 – система импульсно-фазового управления инвертора (СИФУ); 10 – управляемый реостат; 11 – однофазное выпрямительное устройство; 12 – щётки; 13 – контактные кольца; 14 – индуктор; 15 – обмотка возбуждения; 16 – якорь

Если насосный агрегат работает без статического напора и его механическая характеристика описывается уравнением квадратичной параболы, то необходимо выполнение условия:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_2}{f_2^2} = const. \quad (3)$$

Если насосный агрегат работает со статическим напором, то должно выполняться условие:

$$\frac{U_1}{f_1^{1+k}} = \frac{U_2}{f_2^{1+k}}, \quad (4)$$

где k – показатель степени в уравнении механической характеристики насоса.

В системах регулируемого электропривода насосных агрегатов при их практическом применении выполняется условие:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_2}{f_2} = const. \quad (5)$$

На рисунке 2 представлены механические характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении частотного регулирования и выполнении условия выражения (5). При изменении частоты f_2 изменяется не только вид механической характеристики, но и происходит снижение максимального момента, развиваемого электродвигателем, при уменьшении f_2 .

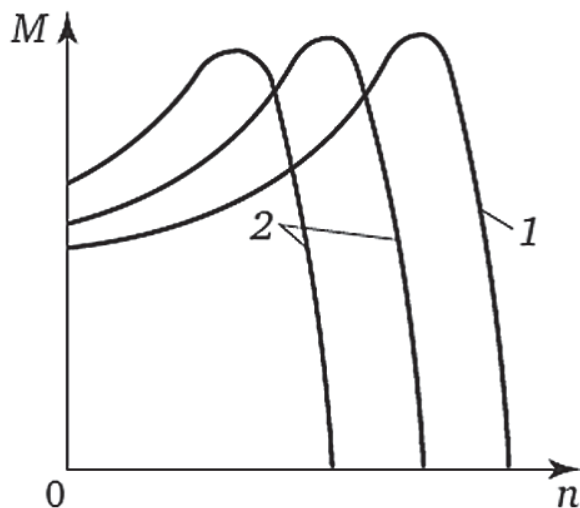


Рис. 2 – Механическая характеристика частотного регулируемого электропривода при максимальных (1) и пониженных частотах (2)

Элементная база современных преобразователей частоты основана на применении биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), на базе которых изготавливают силовые ключевые модули, обладающие малым падением напряжения, высокой скоростью переключения, а также допускающие коммутацию больших токов при высоких рабочих напряжениях [6, 7].

Построенные на основе IGBT-модулей преобразователи частоты на базе автономного инвертора напряжения с векторным алгоритмом управления и широтно-импульсной модуляцией характеризуются высоким значением коэффициента мощности во всем диапазоне изменения выходной частоты. Функциональная схема преобразователя, построенного по такому принципу, представлена на рисунке 3.

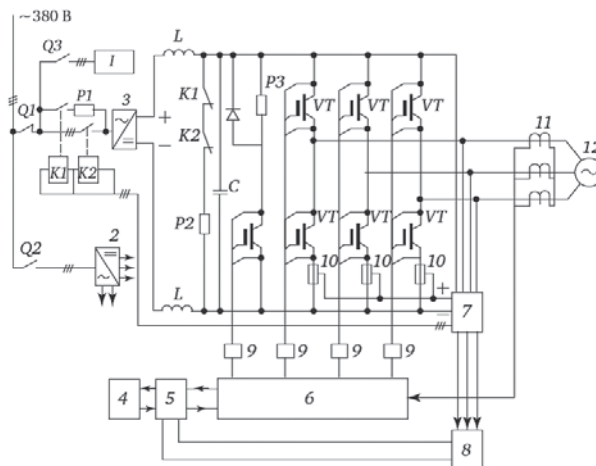


Рис. 3 – Схема частотного регулируемого электропривода на IGBT-модулях:

1 – блок вентиляторов; 2 – источник питания; 3 – выпрямитель неуправляемый; 4 – панель управления; 5 – плата пульта управления; 6 – блок широтно-импульсной модуляции; 7 – блок преобразования напряжения; 8 – плата системы регулирования; 9 – драйверы; 10 – предохранители блока инвертора; 11 – датчики тока; 12 – асинхронный короткозамкнутый двигатель; Q1-Q3 – выключатели силовой цепи, цепи управления и блока вентиляторов; K1, K2 – контакторы заряда конденсаторов и силовой цепи; C – блок конденсаторов; R1-R3 – резисторы ограничения тока заряда конденсаторов, разряда конденсаторов и узла слива; VT – силовые ключи инвертора (IGBT-модули); L – дроссель

Вывод. В результате рассмотрения вариантов построения систем регулируемых электроприводов мы пришли к выводу, что наиболее перспективным и широко применяемым типом является частотно-регулируемый электропривод, преобразователь в системе которого строится на современной силовой элементной базе, в частности на IGBT-модулях.

Литература

1. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. М.: Машиностроение, 2013.
2. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. М.: Издательский центр «Академия», 2006.
3. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2006.
4. Перельмутер В.М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. Харьков: Издательство «Мова рос», 2004.
5. Масандилов Л.Б., Москаленко В.В. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство «Энергия», 1978.
6. Епифанов А.П., Гушинский А.Г., Малайчук Л.М. Электропривод в сельском хозяйстве. СПб.: Издательство «Лань», 2016.
7. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: учеб. пособие для вузов. Л.: Издательство «Энергоиздат», Ленинградское отделение, 1982.