

УДК 681.586

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАДВИЖЕК ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

МАМЕДОВ Г.А., ЗЕЙНАЛОВА Н.С.

Азербайджанский Технический Университет

В данной статье предлагается использование сигнала, поступающего из трубопровода для автоматического включения электропривода с целью закрытия крупногабаритной задвижки. Кроме этого, предлагается электрическая схема для обеспечения ступенчатой скорости закрытия задвижки обеспечивающей предотвращение возможности возникновения гидравлического удара до местонахождения задвижки.

В настоящее время для управления крупногабаритных задвижек на трубопроводах с высоким давлением применяются как гидроприводы с силовыми цилиндрами, так и электроприводы. Схема электроприводной задвижки показана на рис.1.

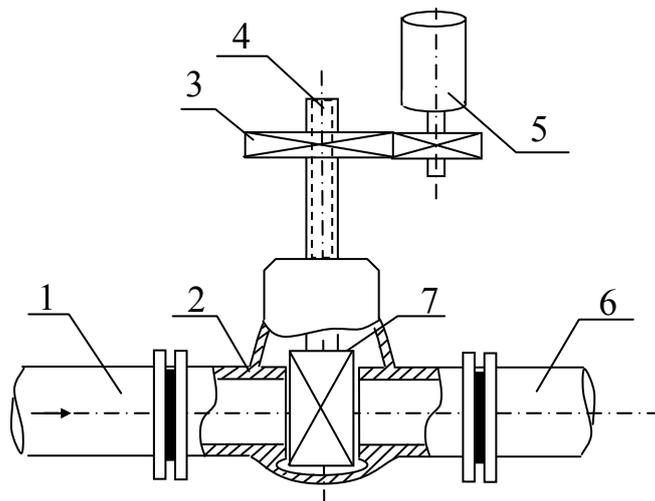


Рис.1. Схема электроприводной задвижки

- 1 и 6 – трубопроводы до и после местонахождения задвижки;
2 – задвижка; 3 – редуктор (шестеренная передача);
4 – винт задвижки; 5 - электродвигатель; 7 - шибер

Принцип работы электроприводной задвижки заключается в следующем. Для закрытия (или открытия) задвижки используется вращательное движение вала электродвигателя. Вращательное движение через редуктор и винт превращается в поступательное движение шибера задвижки.

Данная работа посвящена устранению двух недостатков известной системы управления электроприводом задвижки. Первый недостаток связан с ручным включением электродвигателя при возникновении аварийных ситуаций, а второй с тем, что закрытие задвижки при возникновении аварии происходит с заданной частотой вращения. Притом медленное закрытие с маленькой скоростью может привести к потерям жидкости, а слишком резкое (быстрое) закрытие задвижки может привести к возникновению гидравлического удара, и тем самым возникновению новой аварии до задвижки. Доказано, что [2] для предотвращения эффекта гидравлического удара 70% площади

прохода задвижки можно закрыть как можно быстрее, а оставшиеся 30% со сравнительно маленькой скоростью. Поэтому для обеспечения закрытия задвижек, при возникновении аварий следует применить двухскоростной электропривод.

Для объяснения решения вопроса более корректного автоматического управления крупногабаритных задвижек при возникновении аварийных ситуаций предлагается использовать регулируемый электропривод с тиристорным преобразователем фазового управления (рис.2).

На рис.2 представлена схема автоматического управления задвижками крупного габарита. В качестве исполнительного органа был применен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Бесконтактный пуск, регулирования частоты вращения осуществляется промежуточным преобразователем фазового управления собранный на тиристорах $T_1 - T_6$, реверс двигателя осуществляется на тиристорах $T_5 - T_{10}$, торможение двигателя осуществляется методом противовключения тиристорами $T_5 - T_{10}$.

При аварии, возникающей на трубопроводе после местонахождения задвижки, давление в трубопроводе до задвижки падает до определенного уровня. В результате выходной сигнал датчика давления уменьшается. Этот сигнал подается на блок сравнения (БС). Выходной сигнал БС подается на управляющие электроды тиристоров $T_1 - T_6$, они отпираются, и к двигателю подается 3-х фазное напряжение. Ограничение пускового тока осуществляется выбором угла (α) отпирания тиристоров. Вращательное движение электродвигателя через редуктор передается винту задвижки, где превращается в поступательное движение последнего. Поступательное движение винта и шибера начинает закрывать проход задвижки. Это продолжается до тех пор, пока шибер не переместится на расстояние равное $0,7D$ (D – диаметр прохода). При этом за счет контакта 3 срабатывает ключ КВ1, меняется угол α и частота вращения двигателя уменьшается. Значение времени перемещения шибера (соответственно частота вращения электродвигателя) от расстояния $0,7D$ до конца закрытия прохода определяется из расчетов с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения гидравлического удара. В том момент, когда задвижка полностью закрывается, за счет контакта 4 срабатывает ключ КВ2 и электродвигатель останавливает свою работу. После ликвидации аварии для открытия задвижки подаются управляющие сигналы на тиристоры $T_5 - T_{10}$.

Использование тиристоров для коммутации статорных цепей асинхронного двигателя (АД) расширяет его управляемость, так как при фазовом управлении тиристоры выполняют функции не только бесконтактных пускателей, но и регуляторов переменного напряжения, подаваемого к двигателю, что позволяет получить ряд регулировочных характеристик и регулировать пуско – тормозные и регулировочные режимы асинхронного двигателя в разомкнутых и замкнутых системах управления.

Таким образом, фазовое управление означающее изменение угла α открытия вентиля по отношению к синусоидам питающего напряжения, где угол α отсчитывается от момента прохождения через нуль фазового напряжения сети, представляет собой разновидность параметрического, в данном случае амплитудного управления, определяющих вид механических характеристик. Для рассмотренного привода требуется исследовать гармонический состав токов и напряжений, питающих двигатель, искажение их форм, определение действующих значений токов и напряжений, энергетических показателей электропривода (коэффициент мощности, дополнительных потерь, нагрев обмоток) при питании несинусоидальных напряжений.

При определении величины напряжения питания двигателя с тиристорным управлением, представляет определенные трудности, связанные с записью и решением системы нелинейных дифференциальных уравнений, отражающих работы системы тиристорного регулятор – асинхронного двигателя в установившихся и переходных режимах. Действительно, направленное воздействие на АД и получение нужных режимов осуществляется за счет изменения временно проводящего и не проводящего состояния

тиристоров, коммутирующих цепи двигателя, питающего в этом случае прерывистым несинусоидальным током.

При исследовании управления электроприводом сводится к непрерывному изменению схемы включения машины, вследствие чего режимы ее работы представляют собой последовательность переходных процессов, вызванных переключением вентиля. Расчет должен быть произведен с учетом несимметрии включения обмоток АД, ее многофазности, взаимной связи между фазами и влияния частоты вращения на характер электромагнитных явлений.

Система дифференциальных уравнений, записанных в относительных единицах в обобщенной трехфазной системе координат, облегчающей расчет переходных процессов и отыскания граничных условий, имеет вид [3]:

$$\begin{aligned}
 \frac{d\psi_{ca}}{d\tau} &= U_{ca} - r_c i_{ca} - \frac{\omega_k}{\sqrt{3}} (\psi_{cc} - \psi_{cb}); \\
 \frac{d\psi_{cb}}{d\tau} &= U_{cb} - r_c i_{cb} - \frac{\omega_k}{\sqrt{3}} (\psi_{ca} - \psi_{cc}); \\
 \frac{d\psi_{cc}}{d\tau} &= U_{cc} - r_c i_{cc} - \frac{\omega_k}{\sqrt{3}} (\psi_{cb} - \psi_{ca}); \\
 \frac{d\psi_{Pa}}{d\tau} &= U_{Pa} - r_p i_{Pa} - \frac{\omega_k - \omega}{\sqrt{3}} (\psi_{Pc} - \psi_{Pb}); \\
 \frac{d\psi_{Pb}}{d\tau} &= U_{Pb} - r_p i_{Pb} - \frac{\omega_k - \omega}{\sqrt{3}} (\psi_{Pa} - \psi_{Pc}); \\
 \frac{d\psi_{Pc}}{d\tau} &= U_{Pc} - r_p i_{Pc} - \frac{\omega_k - \omega}{\sqrt{3}} (\psi_{Pb} - \psi_{Pa}); \\
 \psi_{ca} &= \ell_c i_{ca} + m_c i_{cb} + m_c i_{cc} + m_i i_{Pa} - 0,5 m_i i_{Pb} - 0,5 m_i i_{Pc}; \\
 \psi_{cb} &= m_c i_{ca} + \ell_c i_{cb} + m_c i_{cc} - 0,5 m_i i_{Pa} + 0,5 m_i i_{Pb} - 0,5 m_i i_{Pc}; \\
 \psi_{cc} &= m_c i_{ca} + m_c i_{cb} + \ell_c i_{cc} - 0,5 m_i i_{Pa} - 0,5 m_i i_{Pb} + m_i i_{Pc}; \\
 \psi_{Pa} &= m_i i_{ca} - 0,5 m_i i_{cb} - 0,5 m_i i_{cc} + \ell_p i_{Pa} + m_p i_{Pb} + m_p i_{Pc}; \\
 \psi_{Pb} &= -0,5 m_i i_{ca} + m_i i_{cb} - 0,5 m_i i_{cc} + m_p i_{Pa} + \ell_p i_{Pb} + m_p i_{Pc}; \\
 \psi_{Pc} &= -0,5 m_i i_{ca} - 0,5 m_i i_{cb} + m_i i_{cc} + m_p i_{Pa} + m_p i_{Pb} + \ell_p i_{Pc}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь $U_{ca}, U_{cb}, U_{cc}, i_{ca}, i_{cb}, i_{cc}, \psi_{ca}, \psi_{cb}, \psi_{cc}$ - преобразованные фазные напряжения, токи, потокосцепления статора; $U_{Pa}, U_{Pb}, U_{Pc}, i_{Pa}, i_{Pb}, i_{Pc}, \psi_{Pa}, \psi_{Pb}, \psi_{Pc}$ - преобразованные напряжения, токи, потокосцепления ротора; ℓ_c, ℓ_p - индуктивность фазы статора и ротора; m - максимальная взаимная индуктивность между фазами статора и ротора; m_c, m_p - взаимная индуктивность между фазами статора (ротора); r_c, r_p - активное сопротивление статора (ротора); ω_k - частота вращения осей координат; ω - частота вращения ротора; τ - время, выраженное в относительных единицах.

Решение вышеприведенных уравнений позволяет определить гармонический состав напряжений, питающих двигатель при разных углах открытия тиристорov, особенно в переходных режимах и вид механической характеристики двигателя в этих случаях.

Решение (1) требует в конкретном случае расчета электропривода использование ВТ, составления разветвленных, специальных алгоритмов.

Для преодоления трудности расчета предлагается приближенный метод. Такой подход не полностью отражает реальную картину процесса, так как не учитывает э.д.с. взаимной индукции между фазами статора и ротора и влияния э.д.с. вращения на характер протекания электромагнитных явлений, однако значительно упрощает исследования.

В основе этого метода лежит теория работы управляемых вентилях на активно-индуктивную нагрузку.

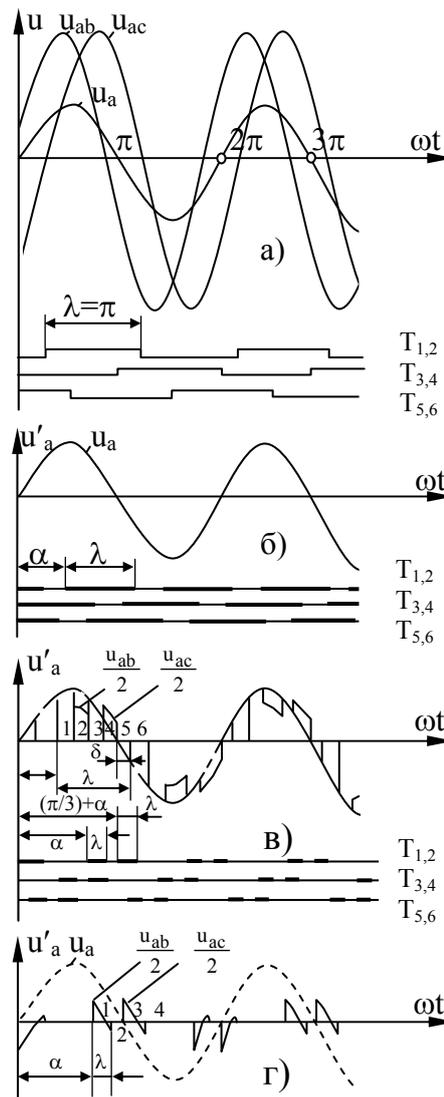


Рис.3. Диаграмма работы тиристоров и формы напряжения на активно-индуктивной нагрузке

При соединении обмоток статора в звезду для протекания по нагрузке токов необходимо одновременное открытие тиристоров в двух или трех фазах. На рис.3 приводятся диаграммы работы тиристоров и форма напряжения на активно-индуктивной нагрузке, включенной в фазу при соединении обмоток статора в звезду без нулевого провода. Коммутация фазы можно разбить на 3 характерных режима, в зависимости от соотношения α и φ (здесь $\varphi = \arctg \frac{\omega L_H}{R_H}$):

1) $\alpha < \varphi$ - по нагрузке течет непрерывный синусоидальный ток (рис.3б). В этом случае

$$U_a = \sqrt{2} U_{\text{оф}} \sin \omega t; \quad I = \sqrt{2} \frac{U_{\text{оф}}}{z} (\omega t - \varphi). \quad \text{Здесь } z = \sqrt{R_H^2 + (\omega L_H)^2}.$$

2) $\alpha < \alpha_{\text{зр}}$ (рис.3в), где $\alpha_{\text{зр}}$ - некоторый граничный угол открытия тиристоров, разрешающий возможные режимы.

3) третий режим соответствует $\alpha > \alpha_{\text{зр}}$. Максимальный угол открытия тиристоров т.е. третий режим реализуется при $\alpha_{\text{зр}} < \alpha < 150^\circ$.

Таким образом, процесс регулирования напряжения от номинального до нулевого значения соответствует пределу $\varphi < \alpha \leq 150^\circ$.

Токи и напряжения для фазы разных режимов могут быть определены:

а) для открытия вентилях всех трех фаз:

$$U_a = \sqrt{2}U_{\text{оф}} \sin \omega t = \omega L_H \frac{di_a}{d\omega t} + i_a R_H \quad (2)$$

б) для открытых вентилях в фазах А и Б:

$$U_{ab} = \sqrt{1,5}U_{\text{оф}} \sin(\omega t + 30) \quad (3)$$

в) для открытых вентилях в фазах А и С:

$$U_{ab} = \sqrt{1,5}U_{\text{оф}} \sin(\omega t - 30) \quad (4)$$

г) для закрытых вентилях в фазе А:

$$U_a = 0 \quad (5)$$

Здесь i_a – ток в фазе А.

Аналогично формулам (2) и (4) определяются токи и напряжения участков для второго и третьего режимов.

Составленные математические модели этих режимов позволили определить гармонический состав кривых токов и напряжений. Здесь постоянные составляющие и четные гармоники, а также гармоники кратных трех отсутствуют.

Вывод. Предлагается электрическая схема для автоматического управления с применением тиристоров для коммутации статорных цепей асинхронного двигателя. Приводится система дифференциальных уравнений, облегчающих расчет переходных процессов и отыскание граничных условий.

-
1. Задвижки параллельные с выдвижным шпинделем чугунные с электроприводом. $P_y = 10 \text{ кг/см}^2$, $D = 50 \div 400 \text{ мм}$. Изд. Стандартов, М. 1963, 91 стр.
 2. Гусейнов С.О., Ахундов Э.Ф. Расчеты пневмо-гидроприводов задвижек. Изд. АзГУ, Баку – 1998, 60 стр.
 3. Лысцов А.Я. Разработка методов расчета и анализа переходных и установившихся режимов асинхронных электроприводов при вентильном управлении. Екатеринбург. Диссертация, УПИ, 1987, 176 с.

QƏZA ZAMANI ELEKTROİNTİQALLI BÖYÜK QABARİTLİ SİYİRTMƏLƏRİN İDARƏ OLUNMASI

MƏMMƏDOV H.Ə., ZEYNALOVA N.S.

Məqalədə böyük qabaritli elektroiqtıqallı siyirtmələrin qəza zamanı idarə olunmasına həsr olunmuşdur. Həmçinin hidravlik zərbənin qarşısını almaq üçün siyirtmələrin bağlanmasını dəyişən sürəti ilə təmin olunması məsələsinə baxılmışdır.

MANAGEMENT THE ELECTRIC DRIVE LARGE-SIZED LATCHES AT OCCURRENCE EMERGENCIES

MAMEDOV H.A., ZEYNALOVA N.S.

In given article use of the signal acting from the pipeline for automatic inclusion of the electric drive with the purpose of closing of a large-sized latch is offered. Besides the electric scheme for maintenance of step speed of closing of a latch of an opportunity of occurrence of hydraulic impact providing prevention up to a site of a latch is offered.