

$$C = \frac{a \eta_{\Gamma}^2 + b \eta_{\Gamma} + c}{d \eta_{\Gamma}^2 + e \eta_{\Gamma}} \quad (7)$$

Это выражение позволяет найти значение КПД генератора, которое соответствует минимальной себестоимости тонно-километра.

Л и т е р а т у р а

1. Домбровский В.В., Хуторецкий Г.М. Основы проектирования электрических машин переменного тока. - Л.: Энергия, 1974. 2. Электрические машины в тяговом автономном электроприводе/ Под ред. А.П.Пролыгина. - М.: Энергия, 1979.

УДК 621.313.333.07

А.И.Лapidус, Н.А.Каплан

ТИРИСТОРНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Частотный метод регулирования скорости асинхронных электродвигателей является наиболее универсальным методом, однако его реализация требует сложного и дорогостоящего оборудования. Если по условиям работы механизма регулирование скорости электропривода должно быть непродолжительным, предпочтение можно отдать более простому, импульсному способу регулирования. Массовый выпуск тиристоров, способных коммутировать значительные токи с высокой частотой, открывает большие возможности для промышленного использования этого метода регулирования скорости [1, 2].

Метод импульсного регулирования позволяет осуществлять глубокое снижение скорости порядка 1:20 и даже 1:60. При этом электродвигатель работает в режиме ускорений и замедлений, что вызывает колебание угловой скорости ω (относительно среднего значения $\omega_{\text{ср}}$) в пределах от ω_1 до ω_2 (рис. 1). Величина средней скорости $\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ зависит от среднего момента $M_{\text{ср}}$, развиваемого электро-

двигателем за время цикла $t_{\text{ц}} = t_1 + t_2$, где t_1 и t_2 - время ускорения и замедления электропривода.

Значение среднего момента можно определить из уравнения [3]

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_1 t_1 + M_2 t_2}{t_1 + t_2} = M_2 + (M_1 - M_2) \gamma, \quad (1)$$

где M_1, M_2 - моменты, развиваемые электродвигателем соответственно при ускорении и замедлении; $\gamma = \frac{t_1}{t_{\text{ц}}}$ -

скважность импульсов. Если регулирование скорости осуществлять на холостом ходу периодическим включением и выключением электродвигателя, то при этом

$$M_1 = \frac{2M_{\text{к}}}{\frac{S}{S_{\text{к}}} + \frac{S_{\text{к}}}{S}}; \quad M_2 = 0,$$

и уравнение механической характеристики электродвигателя при таком варианте импульсного регулирования скорости примет вид

$$M_{\text{ср}} = \frac{2M_{\text{к}}}{\frac{S}{S_{\text{к}}} + \frac{S_{\text{к}}}{S}} \gamma, \quad (2)$$

где $M_{\text{к}}$ - критический момент, развиваемый электродвигателем; $S_{\text{к}}$ - критическое скольжение.

Режим, соответствующий статическому в системе с непрерывным регулированием, в системе с импульсным регулированием скорости является квазистатическим.

На рис. 2 представлена схема, с помощью которой может быть реализовано импульсное регулирование скорости асинхронного короткозамкнутого электродвигателя. Схема работает следующим образом. При запуске электродвигателя M или в моменты, когда скорость электродвигателя ниже заданной, напряжение рассогласования, поступающее с задатчика скорости - резистора R_5 и датчика скорости - тахогенератора

ТГ на вход тиристора управления ТЗ, не может включить этот тиристор, так как поданное напряжение шунтируется диодом ДЗ. Поэтому первым же импульсом напряжения трансформатора Тр1 силовой тиристор Т1 открывается, мостовой выпрямитель Вп1 замыкается через резистор R1, и начинается разгон электродвигателя.

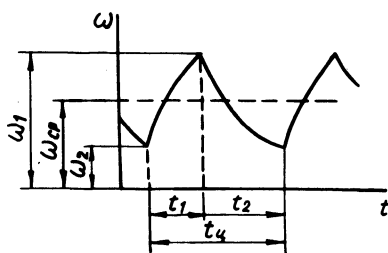


Рис. 1. График изменения скорости при импульсном регулировании.

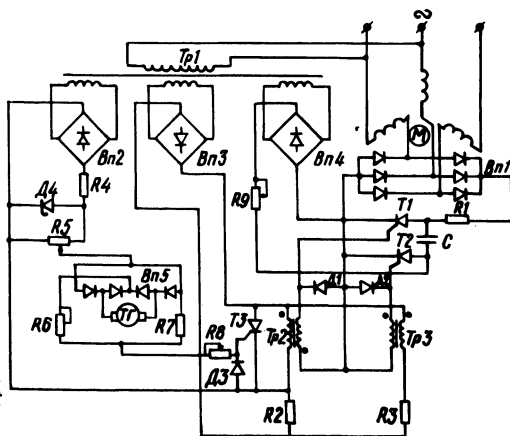


Рис. 2. Схема управления электродвигателем.

Обмотки трансформаторов Тр2 и Тр3 сфазированы так, чтобы импульсы вторичного напряжения, поступающие на управляющие электроды тиристоров Т1 и Т2, находились в противофазе. Вследствие этого импульс на включение вспомогательного тиристора Т2 подается с некоторым сдвигом во времени по отношению к импульсу напряжения, поступившему на управляющий электрод тиристора Т1. Тиристор Т2 включается с частотой пульсаций напряжений вспомогательного источника Вп4 и трансформатора Тр3, т.е. 100 раз в секунду. Столько же раз в секунду он закрывается, так как ток тиристора Т2 во время снижения напряжения источника Вп4 становится меньше тока удержания. Когда открыт силовой тиристор Т1 и закрыт тиристор Т2, емкость С заряжается током вспомогательного источника пониженного напряжения Вп4 через резистор R9 и тиристор Т1, в результате чего при очередном открывании тиристора Т2 заряженная положительным потенциалом обкладка конденсатора подсоединяется к катоду

тиристора Т1 и последний закрывается. Если электродвигатель к этому моменту не успел достигнуть заданной скорости и, следовательно, напряжение датчика скорости не достигло величины, снимаемой с резистора R5, то тиристор Т3 остается закрытым, а на тиристор Т1 вновь поступит включающее его напряжение – и скорость электродвигателя будет продолжать увеличиваться. Когда напряжение тахогенератора превысит заданное, то тиристор Т3 откроется, зашунтирует первичную обмотку трансформатора Тр2 и силовой тиристор Т1 отключится, звезда обмоток статора окажется разомкнутой. Скорость электродвигателя будет снижаться до тех пор, пока напряжение датчика скорости не станет меньше напряжения, снимаемого с задатчика скорости – резистора R5. В результате таких последовательных включений и отключений электродвигателя скорость его поддерживается на заданном уровне.

Для включения силового и вспомогательного тиристоров здесь не нужен формирователь управляющих импульсов. Это сильно упрощает схему. Включение тиристов Т1 и Т2 обусловлено тем, что выпрямленные по двухполупериодной схеме и совпадающие по фазе напряжения одновременно подаются как на входные, так и на выходные цепи тиристов [4]. Причем на выход тиристора Т2 напряжение подается непосредственно, а на выход Т1 – через последовательно включенную емкость С. Входная цепь тиристора Т1 подключена к трансформатору Тр2, управляемому только одним тиристором Т3, а входная цепь Т2 – к неуправляемому трансформатору Тр3. Таким образом, используется скорость нарастания прямого напряжения и соответственно требуется во много раз меньшая амплитуда тока управляющего электрода при включении тиристора. Поэтому цепь управления маломощна и экономична, несмотря на относительно пологий фронт управляющего импульса. По той же причине вспомогательный источник для принудительной коммутации нужен значительно меньшей мощности и габаритов, чем при условии, когда он выполнен для постоянного фильтрованного напряжения.

Конденсатор С заряжается от выпрямителя Вп4 через тиристор Т1 постепенно, постоянная времени заряда τ зависит от величины емкости С и сопротивления R9. И тиристор Т1 закрывается не при первом же включении тиристора Т2, а когда становится достаточной для этого энергия, накопленная в конденсаторе. В результате класс тиристов мо-

жет быть выбран меньшим, чем обычно при коммутации звезды статора через трехфазный мостовой выпрямитель [5].

Минимальная величина необходимой емкости коммутирующего конденсатора C может быть определена [5] по формуле

$$C = \frac{I_{d \max} \cdot t_{в \max}}{0,7 U_C}, \quad (3)$$

где $I_{d \max}$ - максимальное значение выпрямленного тока в момент коммутации; $t_{в \max}$ - максимально возможное время восстановления управляющих свойств тиристора; U_C - напряжение на обкладках конденсатора.

Для того чтобы управляющий импульс действовал в момент наибольшей скорости нарастания прямого напряжения на тиристорах, здесь в качестве трансформаторов $Tr1$ и $Tr2$ использованы не насыщающиеся импульсные, а оконечные для транзисторных схем типа ТОТ-173.

Исследовался электродвигатель АОЛ2-21-4 мощностью 1,1 кВт, работающий в импульсном режиме без нагрузки на валу. Для уменьшения нагрева электродвигателя и ослабления вращающего момента, а следовательно, ускорения ротора, последовательно с тиристором $T1$ включено сопротивление

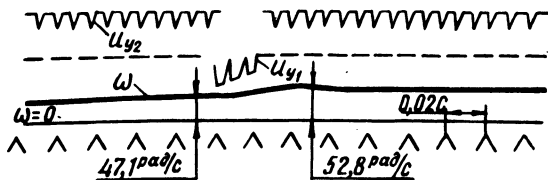


Рис. 3. Осциллограмма процесса регулирования скорости электродвигателя типа АОЛ2-21-4.

$R1=30$ Ом. На рис. 3 представлена осциллограмма, на которой записана скорость ротора ω и напряжения U_{y1} и U_{y2} на управляющих электродах тиристоров $T1$ и $T2$. Из осциллограммы видно, что при замыкании звезды статора на время $t = 0,03$ с скорость рывком увеличилась с $\omega = 47,1$ рад/с до $\omega = 52,8$ рад/с. Такой бросок скорости объясняется главным образом отсутствием нагрузки на валу. При наличии нагрузки пульсации резко уменьшаются. Для исследуемого электродвигателя с указанными параметрами схемы приведены амплитуды пульсации скорости, которые получены при различных средних скоростях вращения:

$\omega_{\text{ср}}$, рад/с 15,7 26,2 41,9 54,4 69 86,9 115,1 130,8

$\pm \Delta \omega$, рад/с 2,6 4,1 5,2 7,3 8,3 10,5 15,7 20,9

Л и т е р а т у р а

1. Зимин Е.Н., Илеусузова Р.Б. О применении тиристоров для импульсного регулирования скорости асинхронного электродвигателя. - Вестник АН Казахской ССР, 1967, № 5.
2. Танатар А.И. Методы регулирования скорости асинхронных двигателей. - Киев: Техника, 1968.
3. Голован А.Г. Основы электропривода. - М. - Л.: ГЭИ, 1959.
4. А.с. 598206 (СССР). Устройство для импульсного регулирования скорости трехфазного асинхронного двигателя/ Н.А. Каплан, А.А.Крупчук. - Опубл. в Б.И., 1978, №10.
5. Импульсный регулируемый электропривод с фазными электродвигателями/ Э.В.Шикуть, М.И. Крайцберг, П.А.Фукс, А.Э.Газганов. - М.: Энергия, 1972.

УДК 621.315.616.97:537.226

Г.М.Гордеев, А.В.Сотникова

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОЙ ПЛЕНКИ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РАЗРЯДАМ

Полимерные пленки помимо традиционного применения в качестве диэлектрика электрических конденсаторов в последнее время широко используются в электрической изоляции токопроводящих элементов КРУ, высоковольтных кабелей, обмоток трансформаторов и электрических машин. Во всех этих устройствах изоляция находится в условиях воздействия однородного или слабо неоднородного электрического поля при оптимальных значениях рабочей напряженности.

Стойкость электроизоляционных материалов к электрическим разрядам является важным критерием для оценки надежности и долговечности электрической изоляции. Под действием электрических разрядов, которые могут возникнуть при неблагоприятных условиях в различного рода газовых включениях и прослойках внутри изоляции или на поверхности изоляции, происходит разрушение диэлектрика. Это ведет к снижению электрической прочности и в конечном счете к пробое изоляции.