

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ТРАНЗИСТОРОВ КОММУТАТОРА ВЕНТИЛЬНОГО
ДВИГАТЕЛЯ В ШВЕЙНОЙ МАШИНЕ**

Соловьёв В. А., Виниченко С. Н.

*(Московский государственный текстильный
университет им. А. Н. Косыгина)*

На промышленных швейных машинах до относительно недавнего времени устанавливался преимущественно фрикционный электропривод, основу которого составляет асинхронный двигатель с фрикционной муфтой и тормозом. Его основными недостатками являются низкие общие КПД и коэффициент мощности, невысокая точность позиционирования иглы и регулирования частоты вращения, ограниченные возможности автоматизации процесса шитья и необходимость частого технического обслуживания. Многочисленные усовершенствования этого электропривода не привели к существенному уменьшению указанных недостатков. Качественный скачок в этом направлении наметился при установке в швейную машину регулируемого вентильного электропривода (ВД) [1], который может работать как в режиме непрерывного вращения, так и в шаговом режиме [2], позволяющем достаточно просто производить необходимое позиционирование иглы.

Электропривод швейной машины работает в повторно-кратковременных режимах и должен обеспечивать изменение частоты вращения в широком диапазоне. Выполнение последнего условия значительно облегчается при формировании в фазных обмотках ВД синусоидальных токов, которое в подобных электроприводах чаще осуществляется непрерывным способом [2, 3]. Для безотказной работы ВД должны соблюдаться условия безопасной работы силовых транзисторов коммутатора, при которых напряжения на них, токи коллекторов и рассеиваемые в них мощности не должны превышать предельно допустимых значений.

Напряжение на силовых транзисторах коммутатора ВД при его работе не превышает

$$U_{\text{тр}} \leq 2U_{\text{п}},$$

где $U_{\text{п}}$ - напряжение питания ВД.

Предельно допустимое напряжение коллектор-эмиттер используемых силовых транзисторов должно удовлетворять этому условию. Защиту от недопустимых токов технически проще обеспечить при изготовлении коммутатора ВД с обратной связью по фазным токам [3]. Для этого достаточно только ограничить напряжение управления, подаваемое на датчик положения ротора (ДПР) электродвигателя. Критерием, определяющим выбор силовых транзисторов с необходимой допустимой рассеиваемой мощностью, и основой для проектирования их теплоотвода обычно является средняя мощность потерь [2, 4]. Уменьшить диапазон её изменения и энергопотребление ВД при пуске, торможении и в установившемся режиме можно при питании электродвигателя от импульсного регулятора постоянного напряжения (ИРПН), поддерживающего на силовых транзисторах коммутатора минимально необходимое для их работы в активном режиме напряжение [5]. Но если расчёт теплоотвода по средней мощности потерь из-за тепловой инерции радиатора вполне оправдан, то по отношению к транзистору такой подход, как показала практика, нельзя считать верным.

Мощность потерь в силовом транзисторе коммутатора ВД с синусоидальными фазными токами и ЭДС вращения [3]

$$i_c(\alpha) = K_{тп} I_{сн} \sin \alpha, \quad (1)$$

$$e_c(\alpha) = v U_n \sin \alpha \quad (2)$$

при пренебрежимо малой индуктивности фазных обмоток, типичной для электродвигателей с роторами, изготовленными из постоянных магнитов, изменяется по следующей зависимости

$$\Delta P_{тр}(\alpha) = U_n I_{сн} K_{тп} [\sin \alpha - (v + K_{тп}) \sin^2 \alpha], \quad (3)$$

где α - угол поворота ротора ВД, отсчитываемый от момента естественной коммутации фазных обмоток;

$I_{сн}$ = U_n / R_c - пусковой ток фазной обмотки;

R_c - активное сопротивление фазной обмотки;

$K_{тп}$ = $I_{сmax} / I_{сн}$ - коэффициент загрузки ВД по току;

$I_{сmax}$ - амплитуда фазного тока; v - относительная частота вращения ВД.

Исследование этой функции на экстремум показывает, что в двухфазном ВД на межкоммутационном интервале $\alpha_k = \pi / 2$ максимальная мощность потерь в транзисторе коммутатора будет при критическом угле поворота ротора

$$\alpha_{кр} = \arcsin \frac{1}{2(v + K_{тп})}, \quad (4)$$

а если $2(v + K_{тп}) < 1$, то при $\alpha_{кр} = \pi / 2$. Подставив (4) в (3) и принимая во внимание, что в ВД $v + K_{тп} \leq 1$, получим для $v + K_{тп} \geq 0,5$ локальное значение максимальной мощности потерь в силовом транзисторе коммутатора

$$\Delta P_{тр,max}(K_{тп}) = \frac{U_n I_{сн}}{4} \cdot \frac{K_{тп}}{v + K_{тп}}, \quad (5)$$

которая будет наибольшей при максимальном коэффициенте загрузки электродвигателя $K_{тп} = 1 - v$ и равна

$$\Delta P_{тр,max} = \frac{U_n I_{сн}}{4} \cdot (1 - v). \quad (6)$$

Сравнение $\Delta P_{тр,max}$ с максимальным значением средней мощности потерь $\Delta P_{к,max}$ во всех четырёх транзисторах исследуемого ВД [3] показывает, что $\Delta P_{тр,max}$ меньше $\Delta P_{к,max}$ только на 9%, то есть максимальная мощность потерь в силовом транзисторе коммутатора при полной загрузке ВД по току почти в 4 раза больше среднего значения этих потерь. Из этого следует, что для повышения надежности коммутатора ВД необходимо ограничить не только амплитуду коллекторных токов силовых транзисторов, но и максимальную мощность, рассеиваемую в каждом из них. Наиболее простым техническим решением этой задачи может быть отсечка синусоиды фазного тока при достижении заданного допустимого значения рассеиваемой в транзисторе мощности $\Delta P_{тр,доп}$ [6]. Углы поворота ротора электродвигателя, при которых $\Delta P_{тр}(\alpha) = \Delta P_{тр,доп}$, находим решением уравнения (3)

$$\alpha_{\text{отс}} = \arcsin \left[\frac{1}{2(v + K_{\text{тп}})} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4\Delta P_{\text{тр.доп}}(v + K_{\text{тп}})}{U_{\text{п}} I_{\text{сп}} K_{\text{тп}}}} \right) \right]. \quad (7)$$

Определив из (7) угол $\alpha_{\text{отс}}$, соответствующий нижней границе области изменения α , в которой $\Delta P_{\text{тр}} > \Delta P_{\text{тр.доп}}$, по формуле (1) можно найти ток отсечки коммутатора ВД.

Выводы

В ВД электропривода швейной машины для обеспечения безопасных режимов работы силовых транзисторов коммутатора он должен быть выполнен с обратной связью по фазным токам и токовой отсечкой, ограничивающей рассеиваемую в них мощность до допустимого значения.

Литература:

1. Шибата Н., Неки Ш., Дохи Т. Система электропривода Papa-Servo AC для промышленных швейных машин. - Национальная технология, 1987, №5, с.574-583.
2. Беленький Ю.М., Микеров А.Г. Выбор и программирование параметров бесконтактного моментного привода - Л.: ЛДНТП, 1990. - 24 с.
3. Соловьёв В.А. Вентильный электродвигатель с обратной связью по токам фазных обмоток. - Электричество, 1995, №1, с.56-61.
4. Уильямс Б. Силовая электроника: приборы, применение, управление. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 240 с.
5. Пат. № 2142193 (РФ). Реверсивный вентильный электропривод (варианты) / В.В. Соловьёва, В.А. Соловьёв. - Оpubл. в Б.И., 1999, №33.
6. А.с. № 1429241 (СССР). Коммутатор вентильного электродвигателя / В.А. Соловьёв. - Оpubл. в Б.И., 1988, №37.