

Б. 108
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

ЛЕИН Леонид Анатольевич

УДК 687.053.5

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИВОДА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ШВЕЙНЫХ МАШИН

Специальность 05.02.13 – "Машины и агрегаты
легкой промышленности"

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 1988

Работа выполнена в Московском ордена Трудового Красного
Знамени технологическом институте легкой промышленности на
кафедре электротехники.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Грищенко-Меленевский А.А.

Научный консультант: доктор технических наук, профессор
Лопандин И.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Карамышкин В.В.

кандидат технических наук, доцент
заведующий кафедрой энергетики и
механики института повышения ква-
лификации руководящих работников
Минлэгпрома СССР Красник В.В.

Ведущее предприятие - МПОО "Заря"

Автореферат разослан "15" апреля 1988 г.

Защита состоится "18" мая 1988 г. в 12 час. 45 мин.
на заседании специализированного Совета Д 053.32.02 при Мос-
ковском ордене Трудового Красного Знамени технологическом ин-
ституте легкой промышленности по адресу: 113806, Москва, ул. П. Оси-
пенко, 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МТИШ.

Ваши отзывы и замечания в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять в Ученый Совет института.

Ученый секретарь
специализированного Совета
канд. техн. наук, доцент

 Гришин В.В.

- I -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основными направлениями экономического и социального разви-
тия СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года предусматри-
вается повысить производительность труда в легкой промышленности
на 24-26%, снизить себестоимость продукции на 3-4%. Эти задачи
должны выполняться путем осуществления комплекса мер, включающих
в себя выпуск нового более совершенного технологического обору-
дования и значительным повышением надежности существующего.
Соответствующие требования предъявляются к технологическому об-
орудованию легкой промышленности.

Актуальность темы. В настоящее время по данным Управления
энергетики и механики Министерства легкой промышленности СССР в
швейной промышленности на промышленных швейных машинах установ-
лено более 800 тыс. фрикционных приводов. Ежегодно до 20%
установленных приводов выходят из строя. Причем основную массу
отказов - 90% от общего их числа составляют отказы по вине
электродвигателей. Аналогичные данные по аварийности фрикционных
приводов представили Росшвейпром II и Мосшвейпром. Так на пред-
приятиях Росшвейпрома II установлены электродвигатели мощно-
стью 0,25 и 0,37 кВт серии 4А и 0,27 и 0,4 кВт серии АОЛ, из
которых ежегодно 19% выходят из строя. На предприятиях Мосшвей-
прома аварийность таких же электродвигателей составляет 16% в
год. Стоимость ремонта таких приводов относительно высока, и
часто превышает стоимость новых приводов.

Таким образом, выявление и устранение причин, приводящих
к массовой аварийности фрикционных приводов позволит значитель-
но повысить их работоспособность, резко снизить затраты на ремонт

существенно улучшить производительность труда.

Состояние вопроса. Фрикционный привод швейных машинных агрегатов работает в сложных условиях.

Он должен обеспечить безотказную работу при частоте включения 500-1200 в час, максимально возможное угловое ускорение при конечной угловой скорости вращения главного вала швейной машины до 700 с^{-1} . Высокие угловые скорости и ускорения фрикционных приводов налагают повышенные требования к точности динамических расчетов, как механической части привода, так и его электрической части. Причем с увеличением частоты включения фрикционного привода на отдельных технологических операциях до 1200 в час динамические нагрузки резко возрастают. Поэтому недоучет их при проведении экспериментальных и теоретических исследований ведет к существенному снижению достоверности расчетов и как следствие к неверному определению причин, вызывающих массовый преждевременный выход из строя приводов. Исследование вопросов динамики фрикционных приводов швейных машин посвящены работы ученых МТИЛП Дамаскина Б.И., Андреенкова Е.В.; ВНИИЛТЕКМАШ Полухина В.П., Хавкина В.П., Блехермана Е.Х., Бродягина В.Х., Якимишина Ю.В.; ХТИБО Конюшка В.А.; ВЗИТЛП Левина В.И., Поболя О.Н.; Подольскойшвеймаша Поливанова С.Ю.

Большой вклад в исследование вопросов надежности приводов швейных машин внесли Красник В.В., Шмелев А.Н., Шипло К.С., Репетин А.П.

Вместе с тем необходимо отметить, что динамика фрикционного привода с точки зрения взаимосвязи его механических, электрических и тепловых параметров исследована недостаточно.

Так, например, до настоящего времени не анализировались

частотные свойства элементов привода, недостаточно исследовались тепловые режимы работы электродвигателей фрикционного привода, не оценивались переходные электромагнитные процессы при его пусках, не исследовалась защита от ненормальных режимов работы электродвигателя.

Таким образом, целью настоящей работы является:

- исследование причин, приводящих к массовой аварийности фрикционных приводов швейных машин, разработка рекомендаций по ее устранению;

- разработка, исследование и создание устройств защиты электродвигателей промышленных швейных машин от ненормальных режимов работы.

Для достижения указанной цели было необходимо:

- провести анализ динамических характеристик фрикционного привода швейной машины;

- исследовать тепловые режимы работы электродвигателей промышленных швейных машин, оценить их перегрузочную способность в различных режимах работы;

- исследовать возможность создания защитного устройства от ненормальных режимов работы электродвигателя;

- создать и внедрить в производство устройства защиты электродвигателей швейных машин от ненормальных режимов работы.

Методы исследования. Работа базировалась на материалах соответствующих теоретических и экспериментальных исследований.

Теоретическими исследованиями охвачены следующие вопросы:

- частотные свойства фрикционного привода;

- вопросы динамики тепловых процессов электродвигателей

швейных машин;

- тепловая модель разработанного защитного устройства.

На разработанных, в ходе выполнения диссертации, стендах экспериментально исследованы следующие вопросы:

- динамические характеристики фрикционного привода швейных машин;
- тепловые режимы работы электродвигателя фрикционного привода;
- токо-временные характеристики устройств защиты электродвигателей фрикционного привода.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное исследование электромеханических параметров швейного машинного агрегата, позволившее рассматривать как единую систему электродвигатель, передачу и швейную машину.

Предложены способы и средства исследования крутильных колебаний в системе привод-швейная машина.

Выявлены закономерности изменения крутящего момента главного вала в функции угловой скорости и времени.

Определены частоты собственных крутильных колебаний системы. Оценено влияние изменения скольжения на переходные процессы при включении фрикциона.

Проанализированы тепловые режимы работы электродвигателей швейных машин.

Оценена их перегрузочная способность.

Выявлены причины, вызывающие массовую аварийность электродвигателей швейных машин.

Исследовано и разработано устройство защиты электродвигателей швейных машин от ненормальных режимов работы.

Практическая значимость. Рекомендована методика исследова-

ния динамики фрикционных приводов швейных машин.

Даны рекомендации по определению перегрузочной способности электродвигателей швейных машин.

Разработана методика теплового нестационарного расчета устройства защиты электродвигателей промышленных швейных машин от ненормальных режимов работы.

Разработана и изготовлена опытная серия защитных устройств в количестве 100 штук, которая успешно прошла промышленные испытания на головной фабрике "Парижская Коммуна" МПТОО "Заря", после чего Рижским ПО ВЭФ изготовлена промышленная серия защитных устройств для защиты электродвигателей швейных машин в количестве 5000 штук.

Промышленная серия защитных устройств была размещена для эксплуатации на следующих производственных объединениях:

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| - МПТОО "Заря" (3000 шт.) | - МПОГУ "Зарница" (1000 шт.) |
| - ДПШО "Юность" (500 шт.) | - МПШО "Смена" (500 шт.) |

Работы по созданию устройств защиты для электродвигателей швейных машин и исследование их тепловых режимов работы, выполнены в соответствии с планом научно-исследовательских работ Минлэгпрома РСФСР на кафедре электротехники МТИШ с участием автора. Экономический эффект от внедрения 3000 шт. защитных устройств на МПТОО "Заря", рассчитанный по форме Р-10, составил 19,456 тыс. рублей в год за счет резкого снижения аварийности электродвигателей швейных машин, значительного уменьшения затрат на их капитальный ремонт.

Аппробация работы. Основное содержание диссертации опубликовано в пяти печатных работах и доложено на Всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизация технологических процессов легкой промышленности" (1982 г.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения по работе, библиографии и приложения.

Работа изложена на 217 страницах машинописного текста, включая 59 страниц с рисунками и таблицами. Библиография включает 112 наименований отечественных и зарубежных источников. Приложение представлено на 35 страницах.

Для проведения экспериментальных исследований была использована выпускаемая Оршанским производственным объединением "Легмаш" универсальная швейная машина класса I022 М.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и основные задачи исследования.

В первой главе проведен анализ современного состояния экспериментальных и теоретических исследований в области динамики приводов промышленных швейных машин, рассмотрены методы тепловых расчетов электромеханических систем, исследованы причины ненормальных режимов работы асинхронных электродвигателей и существующие средства защиты от них, поставлена задача исследования.

Показано, что работоспособность фрикционного привода в основном определяется: динамикой электромагнитных, электромеханических и тепловых процессов асинхронного электродвигателя, характеристиками трения фрикционной муфты, упругими свойствами клиновременной передачи и крутящим моментом на главном валу швейной машины.

Вторая глава посвящена комплексному исследованию динамики швейного машинного агрегата как единой электромеханической системы

в нестационарных режимах работы.

Динамика нагружения системы "педаль управления - рычаг - контрпривод - маховик" в переходных режимах является важной для оценки перегрузочной способности электродвигателя. Условия нагружения электродвигателя определяются в первую очередь максимальной амплитудой крутящего момента на главном валу швейной машины и скоростью нагружения системы. Эти факторы выделены нами в качестве доминирующих при анализе работоспособности привода. На первом этапе исследования динамические характеристики швейного машинного агрегата (угловые скорости ротора, контрпривода, главного вала; ток и потребляемая электродвигателем мощность; усилие нагружения муфты сцепления) регистрировались быстродействующим 6 канальным самопищущим прибором. Для фиксации усилия нагружения фрикциона на рычаг привода наклеивались тензодатчики, поступающий от них полезный сигнал усиливался тензоусилителем.

Анализ экспериментальных данных представленных на рис. I,2 показывает, что падение скорости электродвигателя $\dot{\pi}_d$ начинается при силе нажатия на педаль $F_p = 10 \text{ Н}$ для всех возможных законов изменения силы нажатия. При "мгновенном" приложении силы нажатия (кривая I) скорость электродвигателя резко падает до $\dot{\pi}_d = 2250 \text{ об/мин}$ (кривая IV) (скольжение $S = 0,25$) и наблюдается "бросок" тока статора (кривая X) до величины $I = 5,85 \text{ А}$. С увеличением времени нагружения фрикциона (кривые II и III) экстремальные значения тока статора (кривые XI и XII), скольжения ротора (кривые Y, YI) меньше, чем в случае "мгновенного" приложения нагрузки. Между тем, во всех случаях экстремальные значения тока статора и скольжения ротора не превосходят паспортных данных.

В процессе исследования для регистрации статического и динамического моментов на главном валу швейной машины, был разработан

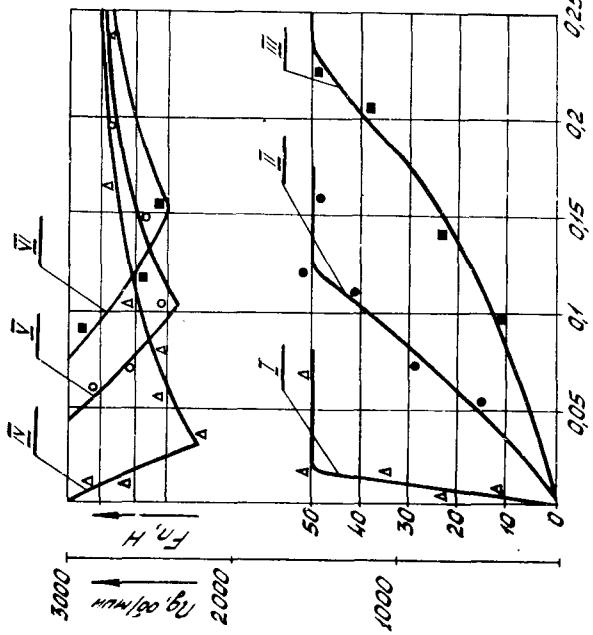


Рис. 1. Динамические характеристики трения-доминантного привода при различных скоростях нагружения системы I, II, III - усилие нагружения, IV, V, VI - скорость электродвигателя.

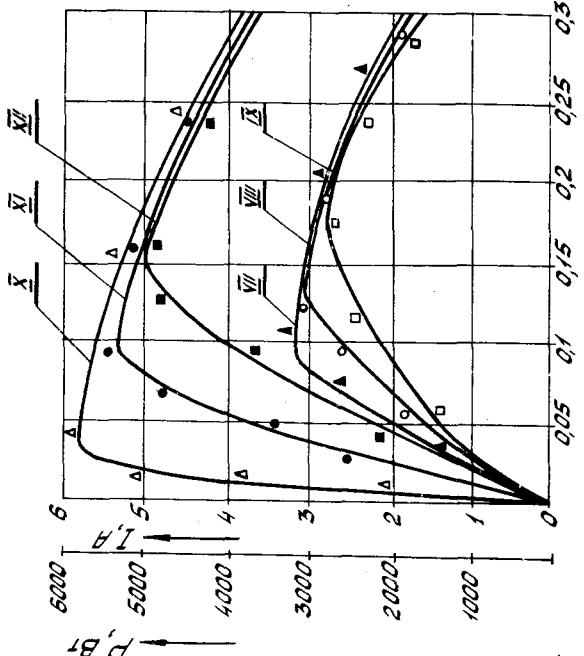


Рис. 2. Электрические характеристики трения-доминантного привода при различных скоростях нагружения системы VII, VIII, IX - потребляемая мощность, X, XI, XII - ток статора.

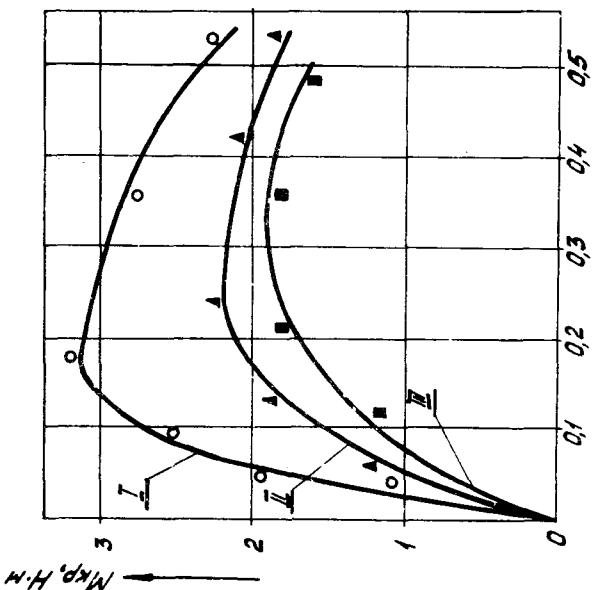


Рис. 3. Зависимости амплитуды кругящего момента на валу швейной машины от времени при различных скоростях нагружения системы.

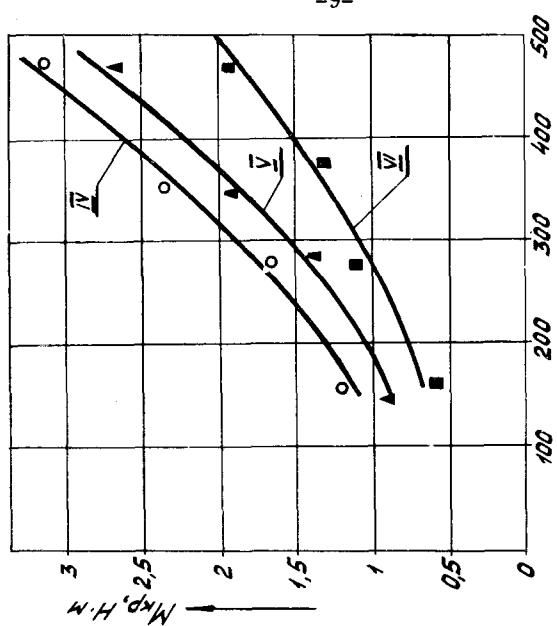


Рис. 4. Зависимости амплитуды кругящего момента от угловой скорости главного вала при различных скоростях нагружения системы.

специальный шкив, трехбалочная конструкция которого, обеспечила достаточную жесткость и независимость деформации наклеенных на балочки тензодатчиков от натяжения ремня.

Эксперименты, по определению крутящего момента на главном валу швейной машины, проводились при различных угловых скоростях главного вала 466, 348, 273, 155 с^{-1} .

Анализ результатов экспериментальных исследований, представленных на рис. 3,4, показывает, что с увеличением угловой скорости главного вала и уменьшением времени нагружения фрикциона, происходит резкое нарастание амплитуды крутящего момента

M_{kp} . Наибольшее значение амплитуда крутящего момента принимала при "мгновенном" включении фрикциона и наибольшей угловой скорости. В тоже время, приведенное к валу электродвигателя максимальное значение крутящего момента, не превосходит критического момента электродвигателя. Увеличение угловой скорости главного вала сопровождается нарастанием циклической частоты колебаний крутящего момента при установившемся движении. При достижении главным валом рабочей угловой скорости $\omega_0 = 466 \text{ с}^{-1}$, циклическая частота колебаний крутящего момента принимает значение $f_p \approx 148 \text{ Гц}$.

Для оценки возможных резонансных явлений в зоне рабочих скоростей швейной машины, были исследованы частоты собственных крутильных колебаний системы, образуемой элементами клиноременной передачи (рис. 5 а,б,в). Уравнения движения для этой системы в отсутствии внешних сил записаны в виде:

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 = -C(\varphi_1 - \varphi_2); \quad (I)$$

$$J_2 \ddot{\varphi}_2 = C(\varphi_1 - \varphi_2).$$

где J_1 и J_2 - соответственно момент инерции контрпривода с маховиком и суммарный момент инерции швейной машины, приведенный к главному валу $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; C - приведенный коэффициент

крутильной жесткости - $\text{Н}\cdot\text{м}$; φ_1, φ_2 - угловые перемещения приведенных масс. Отсюда, собственная циклическая частота определяется в виде:

$$f_{C_1} = \frac{\rho_1}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C(J_1 + J_2)}{J_1 \cdot J_2}} \approx 111 \text{ Гц}. \quad (2)$$

В случае возникновения свободных крутильных колебаний, при которых один из шкивов остается неподвижным, собственные частоты определяются следующим образом:

$$f_{C_2} = \frac{\rho_2}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{J_1}} \approx 26 \text{ Гц}; \quad (3)$$

$$\text{или } f_{C_3} = \frac{\rho_{C_3}}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{J_2}} \approx 108 \text{ Гц}.$$

Таким образом частоты собственных крутильных колебаний клиноременной передачи достаточно удалены от вынужденной частоты в зоне рабочей скорости. Поэтому, вероятность проявлений резонансных явлений при рабочих скоростях невелика. При наиболее тяжелом нагружении системы "мгновенным" включением фрикциона, электродвигатель работает в области критического скольжения.

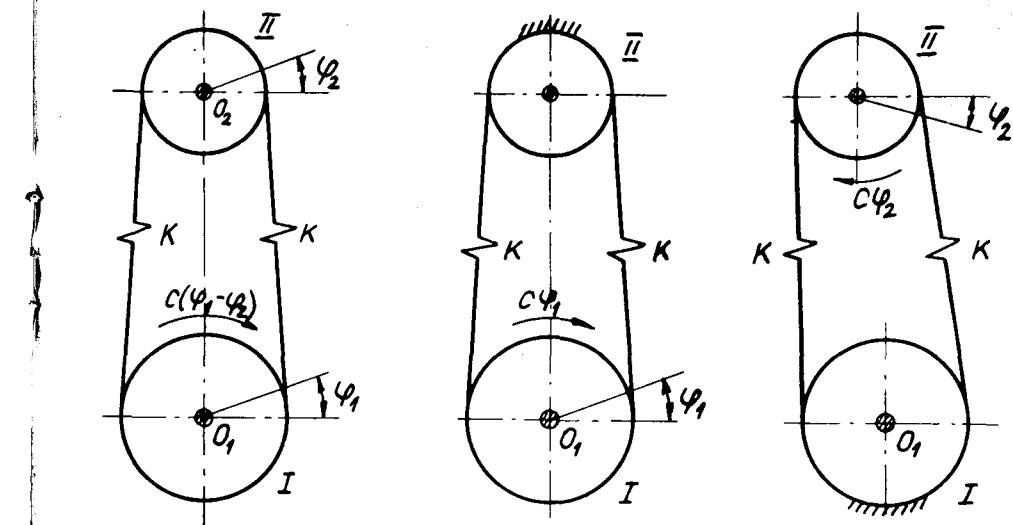


Рис. 5 а,б,в. Исследование собственных частот колебаний системы.

Нарастание скольжения s тогда имеет линейный характер

$$s = 2\alpha t, \quad (4)$$

где $\alpha = \text{const}$, с^{-1} .

В этом случае влияние скорости изменения скольжения на момент асинхронной машины принято оценивать с помощью критерия Иванова-Смоленского А.В.

$$K_m = \frac{T_s' 2\alpha}{S_m} \approx \frac{2\alpha}{S_m^2 \omega_0},$$

где T_s' - постоянная времени обмотки статора при коротко-замкнутой обмотке ротора, с;

$S_m = \frac{x_k}{x_k}$ - скольжение, соответствующее максимальному значению статического момента;

ω_0 - синхронная угловая частота, с^{-1} ;

x_k, z_k - индуктивное и активное сопротивление короткого замыкания.

Разность между статическими и динамическими моментами с помощью критерия K_m в нашем случае определяется следующим образом

$$\frac{\Delta M_m}{M_{sm}} = 0,7\sqrt{K_m} \approx 0,4, \quad (5)$$

где M_{sm} - максимальный статический момент; $\Delta M_m = [M_d - M_s]$ абсолютное значение максимальной разности динамического и статического моментов; постоянная α - определена в результате обработки экспериментальных данных.

Следовательно, при "мгновенном" включении фрикциона расчет переходных процессов с помощью статической механической характеристики может привести к ошибке в определении максимального момента до 40% от максимального момента.

В результате исследований установлено, что даже при наиболее тяжелых условиях нагружения, основные электрические и электромеханические параметры электродвигателя не превосходят предельно допустимых по ГОСТ.

Кроме того, при "мгновенном" включении фрикциона, существенно проявляются электромагнитные переходные процессы, недоучет которых, может привести к значительным ошибкам в расчетах.

В третьей главе проводятся теоретические и экспериментальные исследования тепловых нагрузок электродвигателей швейных машин в динамических режимах работы.

Работоспособность электродвигателей швейных машин во многом определяется его перегрузочной (по температуре) способностью.

Перегрузочная способность электродвигателя в каждом конкретном режиме работы может быть определена по тому, насколько температура обмотки превышает предельно допустимую для данного класса изоляции.

Электродвигатели приводов промышленных швейных машин работают в непрерывно-периодическом режиме - тип S 6. Для определения срока службы обмоток электродвигателей швейных машин в таком режиме работы необходимо знать допустимое время работы их с перегрузкой по току в зависимости от частоты включения фрикциона. Указанное время было определено при анализе зависимостей температуры нагрева электродвигателей от времени для трех типов включения фрикциона при различных значениях тока нагрузки, которые составили 120, 150, 175, 200, 300, 700% от номинального тока электродвигателей.

Температура обмоток электродвигателей регистрировалась в соответствии с рекомендациями Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) методом сопротивлений.

В экспериментах исследовалось десять электродвигателей 4ABA7IA2ШУ4. Статистическая обработка результатов экспериментов

проводилась с использованием распределения Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$. Температурно-временные характеристики были перестроены в зависимости (рис.6) допустимого времени работы электродвигателей от перегрузки по току при допустимом значении превышения температуры обмотки статора при разных частотах включения фрикциона.

Анализ указанных зависимостей (рис. 6) показывает, что при перегрузках по току, составляющих 120% от номинального тока электродвигателя, в зависимости от частоты включения фрикциона электродвигатель может работать без повреждения изоляции 2300 - 4100 с.

С увеличением перегрузки по току до 3,5 от номинального значения при включении фрикциона двигатель переходит из режима холостого хода в режим заторможенного ротора. Тогда по его обмоткам течет пусковой ток. При таких токах предельно допустимая температура обмоток достигается за 6-8 с.

Полученная характеристика допустимого времени работы электродвигателей с перегрузкой по току (рис.6) необходима не только для оценки работоспособности электродвигателей в разных режимах работы, но и для исследования и разработки устройств защиты этих электродвигателей с требуемой защитной характеристикой.

Работа электродвигателя швейной машины при частоте включения фрикциона 1000 вкл./час и максимальной скорости нагружения системы "швейная машина - фрикцион" сопровождается повторяющимися электромагнитными и механическими переходными процессами. При этом выделяющиеся за цикл включения фрикциона электрические и магнитные потери сопоставимы с соответствующими потерями в установленвшемся режиме. Это было нами учтено при проведении исследований тепловых нагрузок электродвигателей швейных машин

в указанном режиме.

Мощности тепловыделения в элементах электродвигателя были найдены при совместном решении уравнения движения швейного машинного агрегата (6) и уравнения электромагнитного состояния электродвигателя (7)

$$M_3 - M_C = J_{\Sigma}(\varphi) \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_{\Sigma}(\varphi)}{dt}; \quad (6)$$

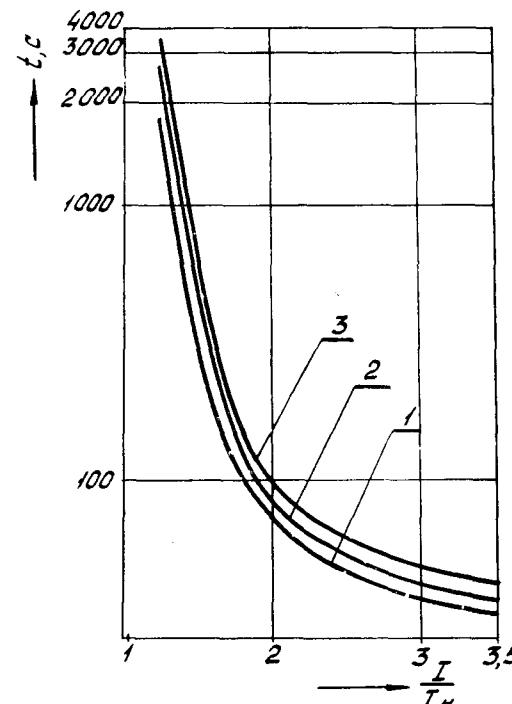


Рис. 6. Допустимое время работы электродвигателей швейных машин с перегрузкой по току.

$$\frac{d\bar{\psi}}{dt} = \bar{u} - [R]\bar{i}; \quad (7)$$

где M_3 - электромагнитный момент двигателя, M_C - приведенный к ротору момент сопротивления швейной машины; J_{Σ} - суммарный момент инерции; \bar{u} , $\bar{\psi}$, \bar{i} - мгновенные значения

пространственных векторов напряжений, потокосцеплений и токов; $[R]$ - матрица активных сопротивлений обмоток.

Анализ выполненных на ЭВМ ЕС 1032 расчетов показал, что даже при наиболее тяжелых условиях нагружения системы - максимальной скорости нагружения, температура статорной обмотки не превышает предельно допустимого значения по условию нагрева для данного класса изоляции.

В результате проведенных на предприятиях легкой промышленности исследований было установлено, что основной причиной, приводящей к массовой аварийности электродвигателей швейных машин, является превышение температуры обмотки сверх предельно допустимой для данного класса изоляции при длительной работе электродвигателя в ненормальном режиме из-за отсутствия защиты. Такие режимы могут возникнуть в процессе эксплуатации и вызываются обычно перегрузкой, работой на двух фазах, повреждением подшипников электродвигателей.

Четвертая глава посвящена исследованию и разработке устройств защиты электродвигателей промышленных швейных машин от ненормальных режимов работы. В качестве токочувствительного элемента в устройствах защиты были использованы термические катушки типа ТК-1, серийно выпускаемые Рижским производственным объединением ВЭФ для средств АТС.

Возможность использования разрабатываемого устройства для защиты любых электродвигателей от ненормальных режимов работы определяется прежде всего токо-временной (защитной) характеристикой. Указанные характеристики и номинальные токи термических катушек были определены на разработанном стенде. В каждом опыте были использованы 20 новых термических катушек. Эксперименты проводились при температуре окружающей среды 19-21 °C.

В результате статистической обработки экспериментальных данных было установлено, что распределение времени срабатывания термических катушек можно отнести к нормальному закону. На основании проведенных расчетов определены доверительные границы для средних значений времени срабатывания и средней квадратичной погрешности.

Полученные токо-временные характеристики (рис. 7) позволяют определить время срабатывания защитного устройства при заряде заданном неизменном значении тока перегрузки.

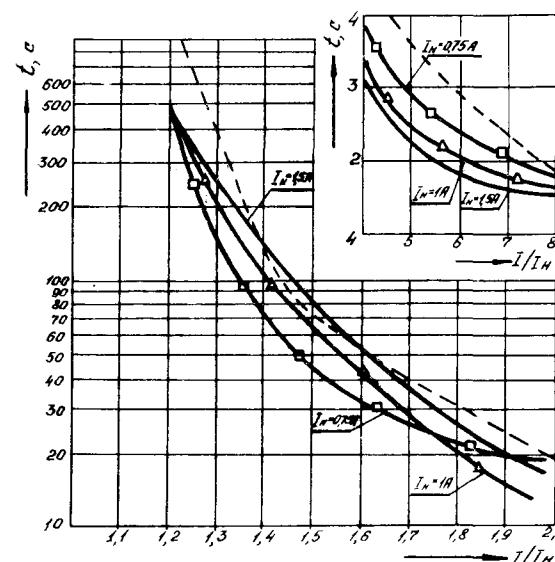


Рис. 7. Токо-временные характеристики разработанного устройства защиты: \square экспериментальные, — расчетная.

Исследование зависимости токо-временных характеристик устройств защиты от температуры окружающей среды показали, что с увеличением температуры окружающей среды на 10°C токо-временные характеристики сдвигаются на 15-20%.

Проведенные исследования позволили разработать физическую тепловую модель защитного устройства (рис. 8) и на ее основе теоретически и экспериментально обоснованную математическую модель в виде системы дифференциальных уравнений (8), коэффициенты которых задаются соотношениями масс (m_{ij}), теплоемкостей (C_i), сопротивлений теплопередачи от элемента к элементу (R_{ij}) и условиями теплоотдачи на свободных поверхностях; возмущение P_{ij} соответствует мощности тепловыделения в элементах конструкции (частях) электрической обмотки с заданными индексами ($i = 0, 1, 2 \dots; j = a, b$).

В результате решения на ЭВМ системы дифференциальных уравнений (8) получен комплекс взаимосвязанных экспериментальных и расчетных токо-временных характеристик, позволяющих определять время срабатывания защитного устройства с известными конструктивными теплофизическими параметрами при любых вариантах изменения нагрузки. Это дает возможность рекомендовать разработанную математическую модель для расчетов подобных устройств.

Сравнение теоретических результатов полученных при решении на ЭВМ системы дифференциальных уравнений с экспериментальными данными показало адекватность предложенной математической модели защитного устройства; расхождение между расчетными и экспериментальными данными лежит в пределах 10-15%, что допустимо при тепловых расчетах токо-временных характеристик защитных устройств.

Исследование физической и математической моделей защитного устройства позволило разработать и создать опытные термические катушки на номинальные токи 2; 2,5; 3 А. Это значительно расширило диапазон возможного применения защит с термокатушками для электродвигателей.

В лабораторных условиях были проведены экспериментальные

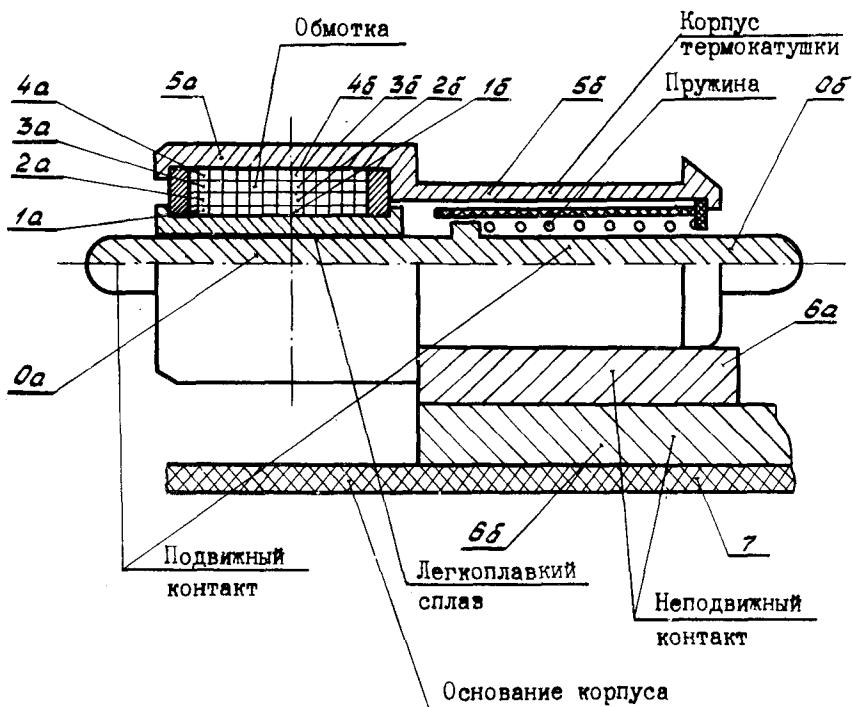


Рис. 8. Физическая тепловая модель защитного устройства.

исследования отключающей способности защитных устройств. Анализ результатов исследований показал, что разработанные защитные устройства разрывают электрическую цепь при токах до 50 А, без повреждения своих контактов. Причем при протекании через защитные устройства токов, превышающих номинальный до 5-6 раз, термические катушки срабатывают, оставаясь годными к дальнейшему использованию. Если же ток, превышает указанное значение, то нагревательная обмотка термических катушек сгорает и они становятся непригодными к повторному применению.

$$\begin{aligned}
 \frac{d\theta_{0a}}{dt} &= \frac{\theta_{1a} - \theta_{0a}}{C_0 M_{0a} R_{0a}} - \frac{\theta_{0a} - \theta_{0b}}{C_0 M_{0a} R_{0a} b} - \frac{\theta_{0a}}{C_0 M_{0a} R_{0a} c}; \\
 \frac{d\theta_{0b}}{dt} &= \frac{\theta_{1b} - \theta_{0b}}{C_0 M_{0b} R_{0b}} + \frac{\theta_{0a} - \theta_{0b}}{C_0 M_{0b} R_{0a} b} - \frac{\theta_{0b}}{C_0 M_{0b} R_{0b} c}; \\
 \frac{d\theta_{1a}}{dt} &= \frac{P_{1a}}{C_1 M_{1a}} + \frac{\theta_{2a} - \theta_{1a}}{C_1 M_{1a} R_{12a}} - \frac{\theta_{1a} - \theta_{0a}}{R_{0a} C_1 M_{1a}} - \frac{\theta_{1a} - \theta_{1b}}{C_1 M_{1a} R_{1ab}}; \\
 \frac{d\theta_{1b}}{dt} &= \frac{P_{1b}}{C_1 M_{1b}} + \frac{\theta_{2b} - \theta_{1b}}{C_1 M_{1b} R_{12b}} - \frac{\theta_{1b} - \theta_{0b}}{C_1 M_{1b} R_{0b}} + \frac{\theta_{1a} - \theta_{1b}}{C_1 M_{1b} R_{1ab}}; \\
 \frac{d\theta_{2a}}{dt} &= \frac{P_{2a}}{C_2 M_{2a}} + \frac{\theta_{3a} - \theta_{2a}}{C_2 M_{2a} R_{23a}} - \frac{\theta_{2a} - \theta_{1a}}{C_2 M_{2a} R_{12a}} - \frac{\theta_{2a} - \theta_{2b}}{C_2 M_{2a} R_{2ab}}; \\
 \frac{d\theta_{2b}}{dt} &= \frac{P_{2b}}{C_2 M_{2b}} + \frac{\theta_{3b} - \theta_{2b}}{C_2 M_{2b} R_{23b}} - \frac{\theta_{2b} - \theta_{1b}}{C_2 M_{2b} R_{12b}} + \frac{\theta_{2a} - \theta_{2b}}{C_2 M_{2b} R_{2ab}}; \\
 \frac{d\theta_{3a}}{dt} &= \frac{P_{3a}}{C_3 M_{3a}} + \frac{\theta_{4a} - \theta_{3a}}{C_3 M_{3a} R_{34a}} - \frac{\theta_{3a} - \theta_{2a}}{C_3 M_{3a} R_{23a}} - \frac{\theta_{3a} - \theta_{3b}}{C_3 M_{3a} R_{3ab}}; \\
 \frac{d\theta_{3b}}{dt} &= \frac{P_{3b}}{C_3 M_{3b}} + \frac{\theta_{4b} - \theta_{3b}}{C_3 M_{3b} R_{34b}} - \frac{\theta_{3b} - \theta_{2b}}{C_3 M_{3b} R_{23b}} + \frac{\theta_{3b} - \theta_{3b}}{C_3 M_{3b} R_{3ab}}; \\
 \frac{d\theta_{4a}}{dt} &= \frac{P_{4a}}{C_4 M_{4a}} + \frac{\theta_{5a} - \theta_{4a}}{C_4 M_{4a} R_{45a}} - \frac{\theta_{4a} - \theta_{3a}}{R_{34a} C_4 M_{4a}} - \frac{\theta_{4a} - \theta_{4b}}{C_4 M_{4b} R_{4ab}}; \\
 \frac{d\theta_{4b}}{dt} &= \frac{P_{4b}}{C_4 M_{4b}} + \frac{\theta_{5b} - \theta_{4b}}{C_4 M_{4b} R_{45b}} - \frac{\theta_{4b} - \theta_{3b}}{C_4 M_{4b} R_{34b}} + \frac{\theta_{4a} - \theta_{4b}}{C_4 M_{4b} R_{4ab}}; \\
 \frac{d\theta_{5a}}{dt} &= \frac{\theta_{4a} - \theta_{5a}}{C_5 M_{5a} R_{45a}} - \frac{\theta_{5a} - \theta_{5b}}{C_5 M_{5a} R_{5ab}} - \frac{\theta_{5a}}{C_5 M_{5a} R_{5ac}}; \\
 \frac{d\theta_{5b}}{dt} &= \frac{\theta_{4b} - \theta_{5b}}{C_5 M_{5b} R_{45b}} - \frac{\theta_{5b} - \theta_{5a}}{R_{56} C_5 M_{5b}} + \frac{\theta_{5a} - \theta_{5b}}{C_5 M_{5b} R_{5ab}}; \\
 \frac{d\theta_{6a}}{dt} &= \frac{\theta_{5b} - \theta_{6a}}{C_6 M_{6a} R_{56}} - \frac{\theta_{6a} - \theta_{6b}}{C_6 M_{6a} R_{67a}} - \frac{\theta_{6a}}{C_6 M_{6a} R_{6ac}}; \\
 \frac{d\theta_{6b}}{dt} &= \frac{\theta_{5a} - \theta_{6b}}{C_6 M_{6b} R_{56b}} - \frac{\theta_{6b} - \theta_7}{C_6 M_{6b} R_{67b}} - \frac{\theta_{6b}}{C_6 M_{6b} R_{6b} c}; \\
 \frac{d\theta_7}{dt} &= \frac{\theta_{6b} - \theta_7}{M_7 C_7 R_{67}} - \frac{\theta_7}{M_7 C_7 R_g}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Исследования показали, что для предотвращения повреждения контактов защитных устройств следует устанавливать их последовательно с используемыми в настоящее время на предприятиях швейной промышленности предохранителями с плавкими вставками на 6 и 10 А. Последовательное включение защитных устройств с указанными предохранителями позволило осуществить избирательное действие защиты для отстройки от пусковых токов.

Координация перегрузочной способности электродвигателя швейной машины и токо-временной характеристики разработанного устройства защиты была исследована нами с помощью критериев, предложенных Кузнецовым Р.С. Исследования показали, что условия защищенности электродвигателей выполняются в режимах малых перегрузок и заторможенного ротора, что является достаточным для выполнения условий координации указанных характеристик.

Промышленные испытания опытной партии защитных устройств, которым было присвоено наименование устройства защиты электродвигателей УЗД-1, показали, что они надежны и просты в эксплуатации.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Для определения причин, приводящих к массовой аварийности фрикционных приводов необходимо проведение комплексного исследования динамики системы швейная машина - электропривод, как единой электромеханической системы в нестационарных режимах работы.

2. Применимые в настоящее время на предприятиях легкой промышленности средства защиты электродвигателей по различным причинам не обеспечивают защиту электродвигателей швейных машин от ненормальных режимов работы.

3. Показано, что амплитуда крутящего момента при пуске швей-

ной машины, а также ток статора и потребляемая электродвигателем мощность зависят от закона движения рычага управления фрикционного привода. Наибольшие значения указанные величины принимают при скачкообразном характере приложения усилия на рычаг управления.

4. Анализ результатов расчета собственных частот элементов привода показал малую вероятность перегрузки системы вследствие резонансных явлений в зоне рабочих скоростей швейной машины.

5. Оценено влияние скорости изменения скольжения на момент электродвигателя швейной машины. Найдена основная частота колебаний крутящего момента на главном валу швейной машины, превышающая в два раза частоту вращения главного вала. Установлено, что при резком включении фрикциона расчет момента электродвигателя по статической механической характеристике приводит к ошибке (до 40%) в определении максимального момента.

6. Установлено, что основной причиной, приводящей к массовой аварийности указанных электродвигателей, является превышение температуры обмотки сверх предельно допустимой для данного класса изоляции вследствие длительной работы электродвигателей в ненормальных режимах, из-за отсутствия у них надежной защиты.

7. Выявлена зависимость температуры нагрева обмоток электродвигателя при частотах включения фрикциона 500, 700 и 1000 в час, от изменений нагрузки по току в пределах 1,2; 1,5; 1,75; 2; 3 от номинального тока двигателя.

Определено допустимое время срабатывания разработанной защиты двигателя от перегрузки при различных сверхточках по условию допустимого перегрева двигателя.

8. Экспериментально и теоретически доказана возможность применения термических катушек типа ТК-І в качестве токочувстви-

тельного элемента защитного устройства от ненормальных режимов работы электродвигателей. Установлена зависимость времени срабатывания разработанной защиты от температуры окружающей среды, при изменении которой токо-временные характеристики сдвигаются.

9. Разработана и исследована на ЭВМ тепловая модель защитного устройства с термическими катушками, что позволило не только оценить влияние различных факторов на положение защитных характеристик, но и разработать, исследовать и изготовить опытные термические катушки на номинальные токи 2; 1,5; 3 А. Это значительно расширило диапазон возможного применения защит с термокатушками для электродвигателей.

10. Показано, что совместная работа разработанного защитного устройства типа УЗД-І и плавких предохранителей ПРС обеспечивает избирательную и надежную защиту от ненормальных и аварийных режимов работы электродвигателей швейных машин.

Разработана и изготовлена опытная серия защитных устройств в количестве 100 штук, успешно прошедшая промышленные испытания на МПТОО "Заря". К настоящему времени Рижским ПО ВЭФ изготовлена промышленная серия защитных устройств в количестве 5000 штук, которые внедрены и эксплуатируются на предприятиях г.Москвы.

Основное содержание диссертации опубликовано в
работах:

1. Грищенко-Меленевский А.А., Пятов Л.И., Лейн Л.А., Першин Ю.С. Неstationарный тепловой расчет защитного устройства с термическими катушками типа ТК. Сборник научных трудов МТИПП "Автоматизированные системы управления технологическими процессами в легкой промышленности", М.; 1985 с. II8-II2I.
2. Грищенко-Меленевский А.А.. Лизогубов А.Н.. Лейн Л.А.. Першин

- Ю.С. Сравнительная оценка токо-временных характеристик устройств автоматической защиты для электродвигателей малой мощности. Сборник научных трудов МТИШ. Автоматизация и комплексная механизация производственных процессов легкой промышленности. - М., 1982, с.39-42.
3. Грищенко-Меленевский А.А., Першин Ю.С., Лейн Л.А. Разработка автоматической защиты электродвигателей мощностью до 1 кВт. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизация технологических процессов легкой промышленности" - М., 1982, с.109-110.
4. Грищенко-Меленевский А.А., Лейн Л.А., Привалов А.А. Статистическая оценка результатов эксперимента по определению токо-временных характеристик устройств защиты для электродвигателей малой мощности. Сборник научных трудов МТИШ "Совершенствование техники и технологии и улучшение качества изделий легкой промышленности. - М., 1986, с. 23-27.
- 5..Грищенко-Меленевский А.А., Лейн Л.А., Першин Ю.С., Хлусов Д.М. Координация перегрузочной способности электродвигателей промышленных швейных машин и токо-временных характеристик защитных устройств с термическими катушками. Сборник научных трудов МТИШ "Автоматизация и комплексная механизация производственных процессов легкой промышленности", М., 1988, с.91-96.

Л.83300.Подписано к печати 4.04.1988.Зак.№10713.Тир.100 экз.
Ротапринт "МИЭ"