



На правах рукописи

БУТАКОВ Сергей Михайлович

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА
ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Специальность 05.09.03 - "Электротехнические комплексы и
системы, включая их управление
и регулирование"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск - 1998

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном
университете

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
ОСИПОВ О.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
КАЗАРИНОВ Л.С.
кандидат технических наук,
ЕФИМОВ В.И.

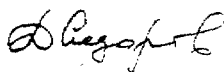
Ведущее предприятие – ОАО "Магнитогорский металлургический
комбинат"

Защита диссертации состоится 8 апреля 1998г.
в 13 ч. 00 м., на заседании диссертационного совета Д 053.13.07
при Южно-Уральском государственном университете
(г. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76, ауд. 244)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Южно-Уральского государственного университета

Автореферат разослан " ____ " _____ 1998 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



А.И.Сидоров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современные прокатные станы являются наиболее мощными и высокопроизводительными технологическими агрегатами в металлургической промышленности и характеризуются высокой сложностью установленного электрооборудования. Так, непрерывный стан 2000 горячей прокатки имеет несколько сотен электрических машин с установленной мощностью в десятки МВт и несколько тысяч километров силовых цепей и проводов связи. В этих условиях весьма остро встает проблема обеспечения работоспособности автоматизированного электропривода (АЭП) прокатных станов в промышленных условиях его эксплуатации. Одним из путей решения этой проблемы является техническое диагностирование (ТД) АЭП.

Теоретические основы диагностирования технических систем весьма полно отражены в трудах П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоняна, А.В. Мозгалевского, Д.В. Гаскарова, Л.П. Глазунова и ряда других авторов. При этом основное внимание, как правило, обращено на решение проблем диагностирования комбинационных и последовательностных дискретных устройств систем автоматики и вычислительной техники.

В электроприводах прокатных станов элементная база отличается насыщенностью аналоговых устройств с различными мощностями входных и выходных сигналов управления, многообразием систем управления, относящихся к классу непрерывных последовательностных объектов диагностирования. Публикации по диагностированию подобных систем весьма ограничены. Многообразие функций устройств диагностирования, необходимость обработки большого числа анализируемых координат, имеющих детерминированный или случайный характер, остро ставят вопрос о разработке конкретных алгоритмов диагностирования АЭП, методов и технических средств, обеспечивающих выделение дефектов как отдельных элементов, так и систем управления АЭП в промышленных условиях их эксплуатации.

Диссертационная работа направлена на создание и совершенствование методов и средств технического диагностирования элементов и систем управления АЭП прокатных станов и в итоге на повышение их эксплуатационной надежности. Она выполнялась в соответствии со следующими координационными планами: комплексным планом КНП-2000 по приказу Минвуза СССР N485 от 6.07.1987г. по проблеме С5.21 - "Разработка методики и средств диагностирования

Исследования выполнено
Гос. университетом
НАУЧНАЯ

разователей и электроприводов технологических объектов и технических средств обучения"; планом НИР и ОКР по автоматизации технологических процессов и управлению производством в черной металлургии на 1987-1988г. по проблеме "Техническое диагностирование вентильных электроприводов прокатных станов с применением внешних автоматизированных средств на ЭЦВМ".

Цель работы - разработка методов, алгоритмов и технических средств диагностирования АЭП постоянного тока прокатных станов, способствующих повышению их работоспособности и эксплуатационной надежности.

Исходя из указанной цели, в работе решались следующие основные задачи:

- разработка математических моделей, методов и алгоритмов тестового диагностирования типовых звеньев электроприводов прокатных станов (аналоговых регуляторов, электрических машин постоянного тока);

- разработка математических моделей, методов и алгоритмов тестового диагностирования многоконтурных систем регулирования АЭП;

- разработка аппаратной части технических средств диагностирования промышленного электропривода и их программного обеспечения;

- экспериментальное исследование и диагностирование промышленных АЭП прокатных станов с использованием разработанных методов, алгоритмов и внешних технических средств диагностирования.

Идея работы заключается в том, что в электроприводах прокатных станов, характеризующихся многосвязностью и многоконтурностью, для достижения высокой эффективности поиска неисправностей целесообразно воспользоваться математическими моделями диагностирования в форме таблиц логарифмических амплитудных частотных характеристик относительных чувствительностей функций передач (ЛАЧХ ТЧФ) замкнутой системы электропривода.

Научные положения, разработанные лично соискателем, и новизна.

1. Математические модели основных непрерывных объектов диагностирования (ОД) электроприводов прокатных станов, позволяющие в логической форме оценить техническое состояние ОД и облегчающие последующее составление алгоритма поиска неисправностей.

2. Методы технического диагностирования многосвязных, многоконтурных электроприводов прокатных станов, позволяющие выделить

место дефекта и его характер без нарушения нормального хода технологического процесса и с минимальными временными затратами. Методы основаны на анализе ЛАЧХ ТЧФД замкнутых систем регулирования электроприводов. Установлена однозначная связь частот тестового гармонического сигнала с обобщенными параметрами замкнутой системы электропривода (постоянными времени звеньев, частотами среза контуров регулирования). Определен минимальный перечень координат диагностируемого электропривода.

3. Алгоритмы поиска неисправностей в сложной многосвязной системе электропривода, в которой с целью достижения наименьшего возможного числа элементарных проверок ОД, впервые предложено дополнить таблицами покрытий общепринятые модели диагностирования электроприводов, которые представлены таблицами логарифмических амплитудных частотных характеристик относительных чувствительностей функций передач объекта диагностирования к отклонению его параметров и таблицами отклонений коэффициентов передаточных функций (ТОКП) ОД на фиксированном наборе частот тестового гармонического сигнала.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются корректным использованием известных методов теории электрических цепей, операторного метода, аппарата передаточных функций и частотных характеристик, функций чувствительностей, аппарата булевой алгебры и методов математической статистики. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена экспериментальными исследованиями на лабораторных стендах и промышленных АЭП при их наладке и эксплуатации.

Значение работы. Научное значение работы заключается в развитии теории и методов технического диагностирования сложных многосвязных непрерывных ОД электроприводов прокатных станов, позволяющих обеспечить их работоспособность и повысить надежность.

Практическое значение работы заключается в разработке инженерных методов и алгоритмов тестового диагностирования типовых аналоговых элементов электроприводов и их систем регулирования; в разработке программного обеспечения и аппаратной части средств технического диагностирования промышленных электроприводов, прокатных станов; в внедрении разработанных методов в практику наладки и эксплуатации ряда предприятий металлургической промышленности.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Основные научные положения и практические рекомендации диссертационной работы внедрены в практику работы наладочных организаций и эксплуатационного персонала энергетических служб промышленных предприятий и установок: пятиклетового стана "630", станов "2500" холодной прокатки и "2000" горячей прокатки Магнитогорского меткомбината (ММК), электроприводов стана "720" холодной прокатки и толстолистового стана "2850" горячей прокатки Ашинского метзавода (АМЗ).

Разработанные средства диагностирования внедрены в практику работы Пуско-наладочного управления треста Южуралэлектромонтаж Минмонтажспецстроя, электротехнических лабораторий ММК, АМЗ, Орско-Халиловского меткомбината (ОХМК), специального конструкторского бюро СКБ "Ротор". Эффективность методики и технических средств диагностирования электроприводов подтверждена соответствующими актами внедрения.

Технические средства и методы диагностирования электроприводов используются на кафедре электропривода и автоматизации промышленных установок Южно-Уральского государственного университета в курсе "Специальные вопросы АЭП" в ходе чтения лекций и при выполнении лабораторных работ.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на XI Всесоюзной научно-технической конференции по проблемам автоматизированного электропривода (Суздаль, 1991); Всесоюзных научно-технических конференциях "Методы и средства технической диагностики высокоавтоматизированного технологического оборудования" (Ленинград, 1989, 1991); Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение качества и надежности продукции, программного обеспечения ЭВМ и технических средств обучения" (Куйбышев, 1989); III Всесоюзной научно-технической конференции "Силовая полупроводниковая техника и ее применение в народном хозяйстве" (Миасс, 1989); Республиканской научно-методической конференции "Применение ЭВМ в учебном процессе высших и средних учебных заведений" (Душанбе, 1987), а также на региональных конференциях, семинарах и совещаниях.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 12 печатных работах, в том числе II статьях и докладах, в авторском свидетельстве.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения, содержит 125 стра-

ниц основного машинописного текста, 75 рисунков, 31 таблицу, список использованной литературы из 133 наименований, 1 приложение.

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту доктору технических наук, профессору Ю.С. Усынину за постоянное внимание и поддержку при выполнении работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, сформулированы основные задачи исследования, выделена научная и практическая ценность работы.

В первой главе обоснован выбор математических моделей диагностирования элементов и систем управления электроприводов прокатных станов в виде совокупности таблиц ЛАЧХ относительных чувствительностей передаточных функций ОД к отклонению различных его параметров и логических таблиц отклонений коэффициентов передаточных функций ОД при определенном наборе частот тестового гармонического сигнала.

Для построения ТОКП достаточно для каждой ЛАЧХ чувствительности $S_{b_k}^{W_{1,j}(\omega)}$ передаточных функций $W_{1,j}(\omega)$ ОД и каждого параметра b_k выделить ограниченное число областей F_1, F_2, \dots, F_r частот ЛАЧХ относительных чувствительностей передаточных функций, при которых

$$I \geq S_{b_k}^{W_{1,j}(\omega)}(\omega_p) \geq 0.8 \quad (1.1)$$

$$\text{или} \quad 0.2 \geq S_{b_k}^{W_{1,j}(\omega)}(\omega_p) > 0 \quad (1.2)$$

Обозначив логическим символом "I" событие "отклонение коэффициента передачи $\Delta K_{1,j}(\omega_p)$ передаточной функции $W_{1,j}(\omega)$ объекта диагностирования при воздействии на него тестового сигнала с частотой ω_p существенным, т.е. отвечающим условию (1.1)", а логическим символом "O" - событие "отклонение $\Delta K_{1,j}(\omega_p)$ не существенным, т.е. отвечающим условию (1.2)", можно перейти к логической

форме преобразования чувствительности $S_{b_k}^{W_{1,j}(\omega)}$, представив ее в виде ТОКП. В строках ТОКП в логических символах "I" или "O" указываются проверки $\Pi_{1,d}$, соответствующие отклонениям коэффициента передачи $\Delta K_{1,j}(\omega_p)$ объекта на различных тестовых частотах.

для которых имеют место соотношения (I.1) и (I.2). При индексации проверок $i=1,2,\dots,n$ определяют нумерацию диагностируемых координат ОД, а $d=1,2,\dots,f$ соответствуют номеру выбранной тестовой частоты ОД из числа областей F_1, F_2, \dots, F_f . В столбцах ТОКП указываются параметры b_{ic} ОД.

Чтобы минимизировать число проверок на соответствующих различающему набору частотах тестового сигнала впервые предлагается дополнить таблицы ЛАЧХ ТЧФП и ТОКП таблицей покрытий (таблицей выделения минимальной совокупности элементарных проверок). Эти таблицы позволяют получить логическое уравнение для выделения минимального числа элементарных проверок технического состояния ОД, которое записывается в следующем виде:

$$P_{1,d} \wedge (P_{1,d} \vee P_{1,e}) \wedge (P_{n,d} \vee P_{n,f}) = P_{1,d} \wedge (P_{n,d} \vee P_{n,f}) \quad (I.3)$$

где: $P_{1,d}$ - выделяемая из таблицы покрытий одиночная проверка;
 $(P_{1,d} \vee P_{1,e})$ и $(P_{n,d} \vee P_{n,f})$ - соответственно выделяемые двойные проверки.

В соответствии с соотношением (I.3) получен алгоритм диагностирования непрерывного последовательностного ОД с минимальным числом проверок его технического состояния.

Разработка математических моделей диагностирования и на их основе - методов алгоритмизации поиска дефектов показаны на примере основных типовых элементов (двигателей постоянного тока (ДПТ) с различными способами возбуждения, регуляторов), нашедших наибольшее распространение в промышленных электроприводах прокатных станов.

Во второй главе рассматриваются математические модели и алгоритмы диагностирования разомкнутых, замкнутых одноконтурных и типовых многоконтурных систем регулирования электроприводов прокатных станов, исходя из условий минимизации числа элементарных проверок (контролируемых координат и частот тестового сигнала) технического состояния АЭП, что является одним из важнейших показателей эффективности процедуры диагностирования.

При диагностировании разомкнутых систем регулирования АЭП рассматриваются наиболее часто встречающиеся в электроприводе комбинации типовых динамических звеньев, (апериодических, интегральных, дифференциальных). На основе математических моделей в форме ЛАЧХ ТЧФП и ТОКП определяется минимально необходимое число контролируемых координат и частот тестового гармонического сигнала при заданном числе диагностируемых параметров системы.

Анализ математических моделей диагностирования замкнутых одноконтурных систем регулирования в форме их ЛАЧХ ТЧФП и ТОКП показывает, что для выделения в них дефекта наряду с проверками выходных координат звеньев прямого канала системы требуются проверки сигналов ошибки δ системы. При этом результаты проверок $R_{D_{1,d}}$ на выходе звена в цепи обратной связи системы практически не отличаются между собой и мало информативны для составления алгоритма диагностирования. Они фиксируют лишь факт наличия или отсутствия дефекта в системе.

Многообразие систем управления электроприводов прокатных станов, построенных по принципам подчиненного регулирования, с параллельными, переключаемыми связями и т.п., поставило задачу сравнительного их анализа с позиций диагностирования подобных систем (определения степени общности алгоритмов выделения дефектов электропривода, оценки минимального числа контролируемых координат, необходимых и достаточных для выделения дефектов с требуемой глубиной диагностирования). Решение проблем их технического диагностирования в реальных условиях эксплуатации представляет наибольший практический интерес.

На рис.1 представлена структурная схема электропривода постоянного тока с переключаемыми по току и скорости двигателя обратными связями. Переключение обратных связей обеспечивается ключами К1 (в контуре регулирования тока якоря двигателя) и К2 (в контуре регулирования скорости двигателя). Подобная структура системы регулирования отличается высокими динамическими свойствами и простотой (независимостью) настройки контуров регулирования электропривода. Передаточные функции отдельных звеньев системы регулирования представлены на рис.1 и являются типовыми для подобных структурных схем. В табл.1 представлена ЛАЧХ ТЧФП системы электропривода для параметров T_d , Φ_c , R_A , $R_{яп}$, L_A , $L_{яп}$, $K_{п}$, $T_{п}$, $\tau_{п}$ при работе лишь обратной связи по скорости. Здесь и в последующих системах регулирования параметры для составления ЛАЧХ чувствительностей приняты равными: $T_1=0,4с$; $T_2=0,25с$; $T_{п}=0,005с$; $\tau_{п}=0,004с$; $T_A=0,028с$; $T_{яп}=0,028с$; $T_d=0,1с$; $T_{дс}=0,1с$; $K_A=12,4$; $K_{яп}=3,66$; $K_{дт}=0,5$; $K_{дс}=1$ ($T_2=L_A/R_A$; $T_{яп}=L_{яп}/R_{я}$; $K_A=1/R_A$; $K_{яп}=1/R_{яп}$). Указанные параметры соответствуют устойчивой и быстродействующей системе регулирования электропривода. В пределах анализируемых частот звено чистого запаздывания тиристорного

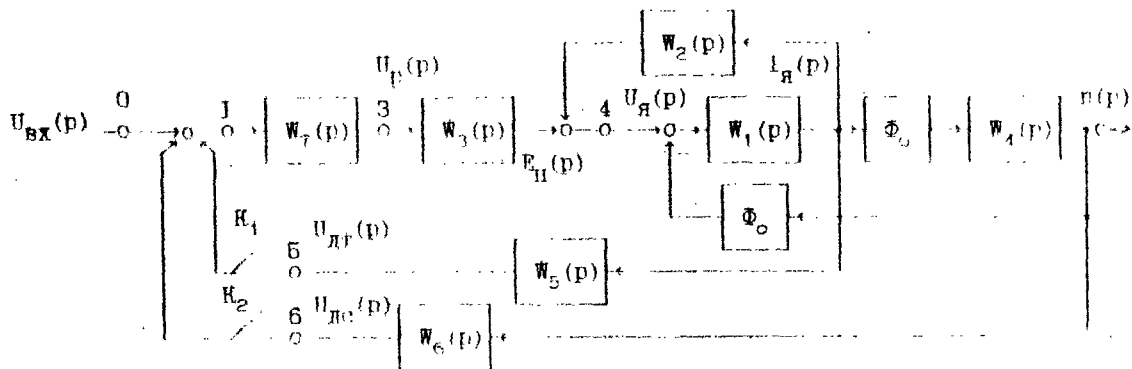


Рис.1. Структурная схема системы регулирования с переключаемыми связями

Здесь: $W_1(p) = \frac{K_{Я}}{T_{Я}p+1}$; $W_2(p) = \frac{T_{Я\Pi}p+1}{K_{Я\Pi}}$; $W_3(p) = \frac{K_{\Pi}}{(T_{\Pi}p+1)(\tau_{\Pi}p+1)}$; $W_4(p) = \frac{I}{T_{Д\Pi}}$; $W_5(p) = K_{ДТ}$;

$W_6(p) = \frac{K_{ДС}}{T_{ДС}p+1}$; $W_7(p) = \frac{T_1p+1}{T_2p} \cdot \frac{R_2(p+1)}{R_{11}C_1p}$.

ЛАЧК ТЧФП системы АЭП с переключаемыми связями (ООС по п)

$W_{i,j}^{(0)}(\omega)$ S_{b_k}	Γ_{II}	Φ_0	$R_{Я}, R_{ЯП}$	$L_{Я}, l_{ЯП}$	K_{II}	τ_{II}, τ'_{II}
$lg \left \frac{W_{0,1}(\omega)}{S_{b_k}} \right $						
$lg \left \frac{W_{0,3}(\omega)}{S_{b_k}} \right $						
$lg \left \frac{W_{0,4}(\omega)}{S_{b_k}} \right $						
$lg \left \frac{W_{0,5}(\omega)}{S_{b_k}} \right $						
$lg \left \frac{W_{0,6}(\omega)}{S_{b_k}} \right $						

преобразователя можно представить как аperiodическое с постоянной времени τ_{Π}

В соответствии с условиями (1.1) и (1.2) в табл.2 дана ТОКП системы регулирования (рис.1) при работе только отрицательной обратной связи по скорости. Здесь в качестве диагностируемых параметров приняты постоянные времени двигателя T_D , поток двигателя Φ_0 , сопротивление цепи якоря двигателя R_A , внутреннее сопротивление $R_{\text{вн}}$ цепи тиристорного преобразователя, индуктивности цепей якоря двигателя L_A и тиристорного преобразователя $L_{\text{ДП}}$, коэффициент передачи K_{Π} и постоянные времени T_{Π} , τ_{Π} преобразователя, резисторы в цепях обратных связей регулятора R_2 и контура регулирования скорости двигателя R_{11} , конденсатор C , регулятора скорости, коэффициенты усиления датчиков тока $K_{\text{ДТ}}$ и скорости $K_{\text{ДС}}$, постоянная времени $T_{\text{ДС}}$ датчика скорости.

Проверки $\Pi_{i,d}$, где $i=1,3,4,5,6$ - номер выходной координаты по рис.1; $d=1,2,3,4$ - номера частот, соответственно равные 1, 8, 128, 1024 1/с, выбраны для значений относительных чувствительностей при отклонениях вышеуказанных параметров таким образом, чтобы выполнялись условия (1.1) и (1.2). Для определения минимального числа элементарных проверок была определена таблица покрытий (пример таблицы покрытий для выделяемых одиночных и двойных проверок представлен в табл.3). На ее основании в качестве обязательных и минимально допустимых проверок были выбраны проверки $\Pi_{1,1}$, $\Pi_{1,2}$, $\Pi_{4,3}$, $\Pi_{4,4}$, $\Pi_{5,1}$, $\Pi_{5,4}$, $\Pi_{6,4}$. Проверки выполнены на частотах ω_d ($d=1,2,3,4$) тестового сигнала и соответствуют координатам 1, 4, 5, 8. Логическое выражение для системы регулирования с переключаемыми связями при работающей обратной связи по скорости имеет следующий вид -

$\Pi_{1,1} \wedge \Pi_{1,2} \wedge \Pi_{4,3} \wedge \Pi_{5,1} \wedge \Pi_{6,4} \wedge (\Pi_{4,4} \vee \Pi_{5,4})$. В соответствии с ним на рис.2 представлен алгоритм диагностирования электропривода позволяющий выделять дефект одного из параметров системы регулирования в одноконтурной системе регулирования скорости, используя минимальное число элементарных проверок. Исключение составляет постоянные времени преобразователя T_{Π} , τ_{Π} и сопротивления R_A и $R_{\text{вн}}$, которые попарно не разделяются между собой.

Для электропривода постоянного тока с переключаемыми связями при числе диагностируемых параметров $\Pi=13$ достаточно иметь 6 (при работе обратной связи по частоте вращения электродвигателя) и 7 (при работе обратной связи по току якоря двигателя, элементарных

Таблица 3

Таблица покрытий АЭП с переключаемыми
связями (ООС по n)Таблица 2
ТОСН АЭП с переключаемыми связями (ООС по n)

П _{1,а} b _к	Т _д	Ф _о	Р _{я'}	Л _я	Л _{яп}	К _п	Т _п	R ₁₁	R ₂	C ₁	K _{дт}	K _{дс}	T _{дс}
			Р _{яп}	Л _{яп}	К _п	Т _п							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
П _{1,1}		I				I		I		I		I	
П _{1,2}						I		I	I			I	
П _{1,4}													
П _{6,1}								I					
П _{6,4}	I	I		I	I	I		I				I	I
П _{5,1}	I	I						I			I	I	
П _{5,4}				I	I	I		I		I			
П _{3,1}	I					I		I				I	
П _{3,4}									I				
П _{4,1}	I							I				I	
П _{4,3}			I	I	I				I				
П _{4,4}			I	I	I	I			I				

П _{1,а} b _к	U													
	P _{U,1..j}													
	1	1	1	1	2	3	3	4	5	5	7	8	10	12
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	2	3	11	13	12	10	13	5	7	9	13	12	13	13
П _{1,1}	I					I							I	I
П _{1,2}					I				I					I
П _{1,4}														
П _{6,1}													I	
П _{6,4}	I	I					I	I				I	I	
П _{5,1}	I		I											I
П _{5,4}		I						I		I				
П _{3,1}	I													I
П _{3,4}											I			
П _{4,1}	I													I
П _{4,3}											I			
П _{1,4}												I		

проверок. При этом число тестовых частот равно $d=4$, число контролируемых координат $K=4$, а максимальная длина шага алгоритма диагностирования не превышает 6.

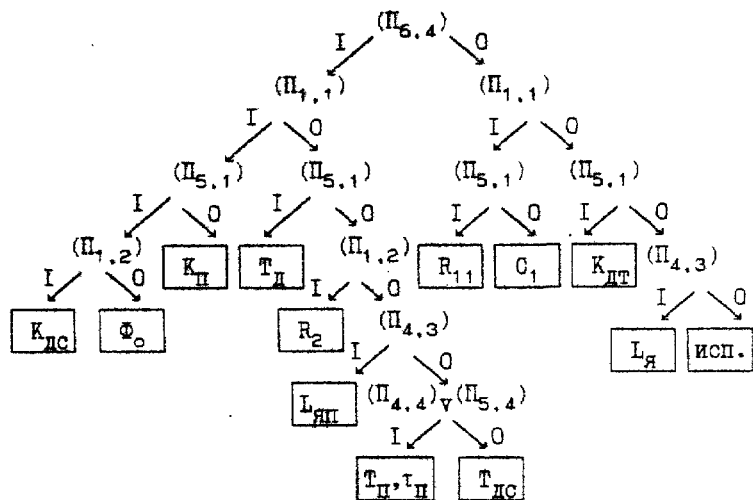


Рис.2. Алгоритм диагностирования контура регулирования скорости

В третьей главе обоснованы технические требования к внешним устройствам и средствам диагностирования электропривода, представлены разработанные при участии автора технические устройства диагностирования [1, 2, 7, 9, 10].

Определен основной перечень исследуемых характеристик, обеспечивающих требуемую глубину и полноту диагностирования электропривода как в статических, так и динамических режимах его работы, при сохранении простоты технической реализации средств диагностирования. К числу таких характеристик относятся: реализации (осциллограммы), гистограммы, функции распределения, корреляционные функции, статические и динамические характеристики. Обоснованы требования к диапазону изменения частоты тестового сигнала средств диагностирования и его уровню исходя из условия минимального воздействия на выходные технологические параметры электропривода.

Для диагностирования промышленного электропривода предложена система технического диагностирования с использованием внешних средств. Для диагностирования разработаны устройства:

-цифровой магнитограф, выполненный на базе магнитофонной приставки "Нота-304", обеспечивающий регистрации 30 аналоговых сигналов в цифровом коде на магнитную ленту, снятие частотных характеристик электропривода;

-микропроцессорный комплект диагностирования (МПКД), который сначала осуществляет быстросействующую регистрацию событий, по предложенным алгоритмам вычисляет амплитудно-фазочастотные характеристики (АФЧХ) и производит обработку случайных процессов.

В четвертой главе сформулированы требования к программному обеспечению внешних микропроцессорных средств диагностирования, разработаны программные сети микропроцессорного комплекта диагностирования, предлагается алгоритм его работы при определении амплитудно-фазочастотных характеристик в замкнутой системе регулирования с использованием принципа синхронного детектирования. Разработана программа определения АФЧХ ОД и приведены алгоритмы ее основных модулей (подпрограмм).

Для устройств диагностирования АЭП прокатных станов на основе микропроцессорных систем автором предложены и разработаны следующие базовые программы:

-определения плотности распределения до 15 информационных сигналов ОД, регистрации до 15 аналоговых сигналов ОД с усреднением одной реализации за 20 мс, регистрации мгновенных амплитудных значений трех аналоговых и 24 дискретных сигналов ОД с периодом дискретизации от 100 мс до 8с, вывода результатов диагностирования на электронный осциллограф и графопостроитель, переписи информации из МПКД в ЭВМ (типа IBM);

- вычисления функции распределения; минимальных, средних, максимальных, среднеквадратичных значений реализаций на заданном интервале, авто-взаимкорреляционных зависимостей;

- программа определения амплитудно-фазочастотных характеристик ОД, которая позволяет формировать тестовые гармонические сигналы различной амплитуды (0...3 В) в диапазоне частот 2...512 рад/с, поступающие с периферийного устройства связи на вход ОД; расчет амплитудных и фазовых частотных характеристик в указанном диапазоне частот с воспроизведением результатов обработки на пульте дисплея МПКД. АФЧХ ОД определяются при заданных коэффициентах усиления амплитуды тестового сигнала и сигналов ОД или при их автоматическом изменении с учетом зоны колебаний по контролируемой переменной и без учета ее.

В пятой главе приводятся примеры технического диагностирования промышленных электроприводов станов холодной прокатки 2500 Магнитогорского (ММК), 720 Ашинского металлургических комбинатов и отводящих рольгангов 2000 горячей прокатки ММК с использованием разработанных средств диагностирования.

Представлена система технического диагностирования (СТД), предназначенная для определения возможных дефектов в электроприводах отводящих рольгангов стана 2000 горячей прокатки ММК. Она осуществляет: выделение уровня нагрузки двигателей по току; выявление наиболее нагруженного по току двигателя; выявление наименее нагруженного по току двигателя; выявление двигателей, имеющих недопустимые по току кратковременные перегрузки; выделение причин возникновения недопустимых перегрузок двигателей по току. СТД на нижнем уровне выполняет сбор и буферизацию информационных сигналов электроприводов. На верхнем уровне ЭВМ (типа IBM) осуществляется алгоритмическая обработка полученной информации, выделение и распознавание вида дефекта, выдача листинга расшифровки вида дефекта. Разработаны алгоритмы диагностирования электроприводов и их программное обеспечение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение актуальной научно-технической задачи - диагностирование промышленных АЭП прокатных станов, обеспечивающей повышение их работоспособности и эксплуатационной надежности. На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований можно отметить следующие основные результаты и сделать выводы:

1. Доказано, что с целью минимизации числа проверок технического состояния АЭП прокатных станов как объектов технического диагностирования целесообразно общепринятые математические модели диагностирования непрерывных последовательных ОД электропривода (таблицы ЛАЧУ относительных чувствительностей передаточных функций ОД, логические таблицы отклонения коэффициентов передаточных функций ОД на фиксированном наборе частот тестового гармонического воздействия на входе ОД по отношению к возможным отклонениям параметров электропривода) дополнить таблицами покрытий. Это позволяет непосредственно указать необходимое и минимально достаточное число диагностируемых координат и тестовых частот.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Автоматизация экспериментальных исследований электромеханических систем с использованием микропроцессорной техники / Г.В. Суворов, О.И. Осипов, В.П. Мацин, С.М. Бутаков, С.В. Гербер // Тез. докл. науч.-методического семинара "Внедрение микропроцессорных средств в машиностроении" - Челябинск: ЧПИ, 1987. - С. 67.

2. А.с. 1597755 СССР, МКИ G 01 R 19/20. Трансформатор постоянного тока / Г.В. Суворов, О.И. Осипов, С.В. Гербер, С.М. Бутаков (СССР). - N4453148/24-2I; Заявлено 01.07.88; Опубл. 07.10.90, Бюл. N 37.

3. Диагностирование вентильного преобразователя постоянного тока / Г.В. Суворов, О.И. Осипов, С.В. Гербер, С.М. Бутаков // Тез. докл. "Силовая полупроводниковая техника и ее применение в народном хозяйстве". - Миасс, 1989. - С. 40.

4. Диагностирование вентильного электропривода внешними микропроцессорными средствами / Г.В. Суворов, О.И. Осипов, С.М. Бутаков и др. // Исследование автоматизированных электроприводов, электрических машин и вентильных преобразователей: Сб. науч. тр. - Челябинск: ЧПИ, 1990. - С. 68-75.

5. Диагностирование тиристорного электропривода внешними микропроцессорными средствами / О.И. Осипов, Г.В. Суворов, С.М. Бутаков, С.В. Гербер // Тез. докл. XI Всесоюз. науч.-техн. конф. по проблемам автоматизированного электропривода. - М., 1991. - С. 73,74.

6. Методы и технические средства диагностирования электромеханических систем / О.И. Осипов, Г.В. Суворов, С.М. Бутаков, В.П. Мацин // Тез. докл. Всесоюз. науч. - техн. конф. с международным участием "Методы и средства технической диагностики высокоавтоматизированного технологического оборудования". - Л., 1991. - С. 42,43.

7. Микропроцессорная система для лабораторных исследований вентильных электроприводов / Г.В. Суворов, О.И. Осипов, С.М. Бутаков, С.В. Гербер, В.П. Мацин // Применение ЭВМ в учебном процессе высших и средних специальных учебных заведений: Тез. докл. республиканской конф. - Душанбе: "Дониш", 1987. - С. 34.

8. Микропроцессорный комплект диагностирования электро-механических систем / Г.В. Суворов, О.И. Осипов, С.М. Бутаков, С.В. Гербер, В.П. Машин // Тез. докл. Всесоюз. науч. - техн. конф. "Методы и средства технической диагностики высокоавтоматизированного технологического оборудования". - Л., 1989. - С. 98,99.

9. Суворов Г.В., Бутаков С.М. Многоканальное портативное устройство магнитной записи аналоговых сигналов.// Исследование автоматизированных электроприводов, электрических машин и вентиляльных преобразователей: Сб. науч. тр. - Челябинск: ЧПИ, 1987. - С. 79-82.

10. Суворов Г.В., Осипов О.И., Бутаков С.М. Микропроцессорный комплект диагностирования электропривода.// Тез. докл. Всесоюз. науч. - техн. конф. "Повышение качества и надежности продукции, программного обеспечения ЭВМ и технических средств обучения". - Куйбышев, 1989. - С. 247,248.

11. Экспериментальное определение частотных характеристик электропривода с применением микропроцессорных устройств.// Г.В. Суворов, О.И. Осипов, С.М. Бутаков, М.Н. Криков // Экспресс-информация. Сер. Монтаж и наладка электрооборудования. - М. 1990. Вып. 5. - С. 16-20.

12. Осипов О.И., Бутаков С.М. Диагностирование непрерывных последовательностных объектов электропривода.// Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. - Магнитогорск: МГМА, 1996. Вып. I. - С. 65-75.



Издательство Южно-Уральского государственного
университета

ЛР N 020364 от 10.04.97. Подписано в печать 02.03.98. Формат,
60*84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,97.
Тираж 80 экз. Заказ 93/102.

УОП Издательства. 454080, г.Челябинск пр. им. Ленина, 76.