

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ**

**Майшев Константин Александрович**

студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, РФ, г. Пермь

**Жалко Михаил Евгеньевич**

научный руководитель, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, РФ, г. Пермь

### **Обоснование применения автоматизированного измерительного комплекса**

Задачей модернизации является внедрение в процесс испытаний автоматизированного измерительного комплекса на базе микропроцессорных средств измерения, который соответствует современному этапу развития измерительной техники. Процесс проведения испытаний АД производится в несколько этапов. На первом этапе происходит подготовка к проведению необходимых испытаний: ознакомление с программами и методикой испытаний для данного двигателя, сборка силовых и измерительных схем, подготовка источников питания.

На втором этапе производятся непосредственно испытания с записью измеряемых величин в протокол. После чего данные, полученные при проведении испытаний, заносятся в ПК, где при помощи специальных программ подвергаются обработке и анализу.

Применение автоматизированного измерительного комплекса позволит ускорить процесс испытаний, благодаря автоматическому проведению измерений и представлению результатов испытаний в электронном виде, удобном для их дальнейшей обработки. Также применение микропроцессорных измерительных устройств повысит качество результатов измерений, так как полностью исключит влияние человеческого фактора на результаты измерений.

### **Исходные данные для проектирования автоматизированного измерительного комплекса**

Исходными данными для проектирования автоматизированного измерительного комплекса являются:

- технические условия на двигатель ВАО-5000;
- программа и методика испытаний двигателя ВАО-5000;
- нормативные документы, указанные в программе и методике испытаний двигателя ВАО-5000;
- техническая литература по АД и их испытаниям.

Объектом проектирования является измерительная система для проведения процесса испытания двигателя ВАО-5000. Объектом измерения являются электрические величины, определяемые в процессе испытаний двигателя.

Основной функцией измерительного комплекса является автоматическое измерение электрических величин, расчет, построение зависимостей и характеристик, отображение на экране монитора в реальном времени, а также формирование итоговых документов по результатам испытаний.

## **Основные технические решения по измерительному комплексу**

Рабочее место для испытаний двигателя ВАО-5000 включает в себя:

- распределительные устройства 0,4 кВ, 6 кВ и 10 кВ. Назначение распределительных устройств – коммутация испытательных напряжений постоянного и переменного тока, поступающего от агрегатов машинного зала;
- щит управления и контроля стенда и пульты. Назначение щита управления и пультов – контроль и управление источниками испытательного напряжения;
- измерительный комплекс электрических величин на основе микропроцессорных средств измерений. Назначение измерительного комплекса - измерение действующих значений токов, действующих значений напряжений и углов сдвига фаз между током и напряжением в цепях питания электродвигателя.

Данным проектом в дополнение к измерительному комплексу предлагается дополнительное программное обеспечение на основе программы *LabView*, которая обладает возможностями сбора и обработки данных, полученных при испытаниях. Также данная программа обладает функциями хранения и предоставления информации для ее дальнейшего анализа.

## **Состав и структура измерительного комплекса**

Состав измерительного комплекса

Измерительный комплекс содержит две группы измерительных каналов – группу каналов А и группу каналов Б. Группа каналов А предназначена для измерений при проведении испытаний электродвигателя с использованием измерительных приборов в диапазоне частот 5...20 Гц. Группа каналов Б предназначена для контроля за электрическими параметрами электродвигателя и регистрации электрических параметров в диапазоне частот 5...50 Гц .

Для регистрации электрических параметров используется

АЦП *E-14-440* фирмы «*L-Card*» и персональный компьютер.

Регистрация результатов измерений осуществляется на основе программы «*PowerGraph V3.3 professional*», фирмы «*DiSoft*».

Группа каналов А состоит из следующих измерительных каналов:

- измерительные каналы действующего (среднеквадратичного) значения тока, для каждой из трех фаз;
- измерительные каналы действующего (среднеквадратичного) значения напряжения, для каждой из трех фаз;
- измерительные каналы для измерения разности фаз между напряжением и током, для каждой из трех фаз;
- измерительный канал частоты.

Состав измерительных каналов группы Б:

- измерительные каналы действующего (среднеквадратичного) значения тока, для каждой из трех фаз;

- измерительные каналы действующего (среднеквадратичного) значения напряжения, для каждой из трех фаз.

Каналы измерения состоят из:

1) каналы измерения тока, содержащие следующие элементы:

- шунты 75ШИСВ.1, 75мВ,  $I_n = 2000\text{А}$ , класс точности 0,2;
- модули нормализации аналоговых сигналов с гальванической изоляцией ADAM-3014A фирма "Advantech";
- мультиметр цифровой *Keithley* -2000, комплектно со сканирующей картой;

2) каналы измерения напряжения содержат следующие элементы:

- резистивные делители ( $UR1$ ,  $UR2$ ,  $UR3$ ) напряжения МД3010;
- модули нормализации аналоговых сигналов с гальванической изоляцией ADAM-3014A.
- мультиметр цифровой *Keithley* -2000, комплектно со сканирующей картой.

3) Каналы измерения фазы и частоты.

Измерение разности фаз между током и напряжением производится при помощи измерителя разности фаз Ф2-34 с пределом измерения разности фаз  $0...360^0$ .

Измерение частоты производится при помощи мультиметра цифрового *Keithley*-2000, комплектно со сканирующей картой на 10 каналов *Model*-2000-SCAN с диапазоном измерения частоты от 3 Гц до 500 кГц.

4) Дополнительное оборудование.

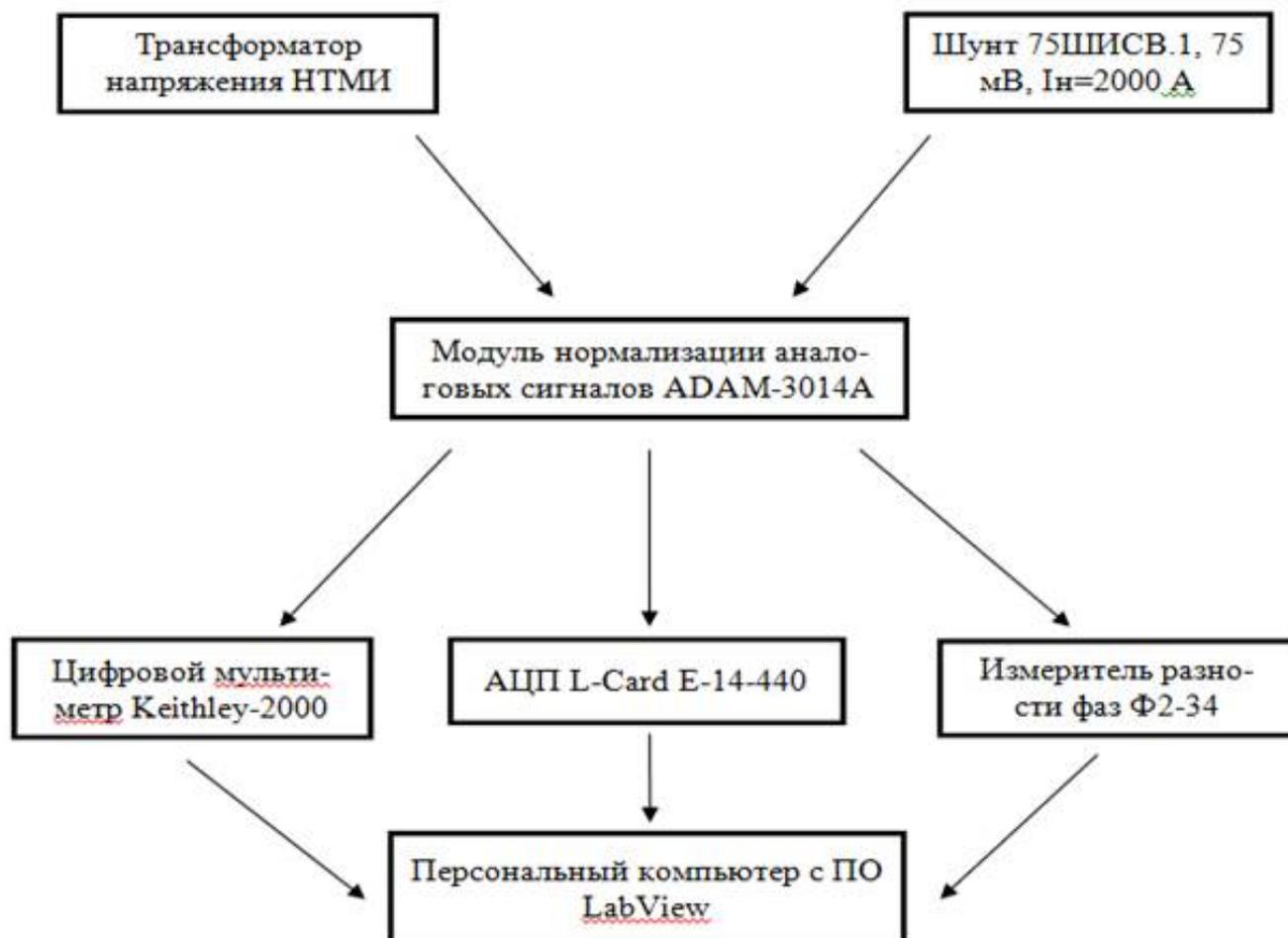
В измерительном комплексе предусмотрены дополнительные измерительные каналы группы А с выводом информации на АЦП *E14-440* и персональный компьютер.

Структура и описание работы измерительного комплекса

Структурная схема измерительного комплекса представлена на рисунке 1. Сигнал от первичных датчиков тока и напряжения, роль которых выполняют шунты и измерительный трансформатор напряжения, поступают на вход модуля нормирующих преобразований (МНП). Данный модуль предназначен для гальванической развязки силовых и измерительных цепей, а также преобразует аналоговые сигналы различной физической природы в унифицированные аналоговые сигналы.

Выходные сигналы МНП поступают на входы цифрового мультиметра *Keithley*-2000, измерителя разности фаз Ф2-34 и АЦП *E-14-440*. С цифровых выходов данных устройств сигналы, по средством универсальной последовательной шины USB, передаются в ПК.

Сбор и обработка результатов измерений осуществляется при помощи программы *LabView*.



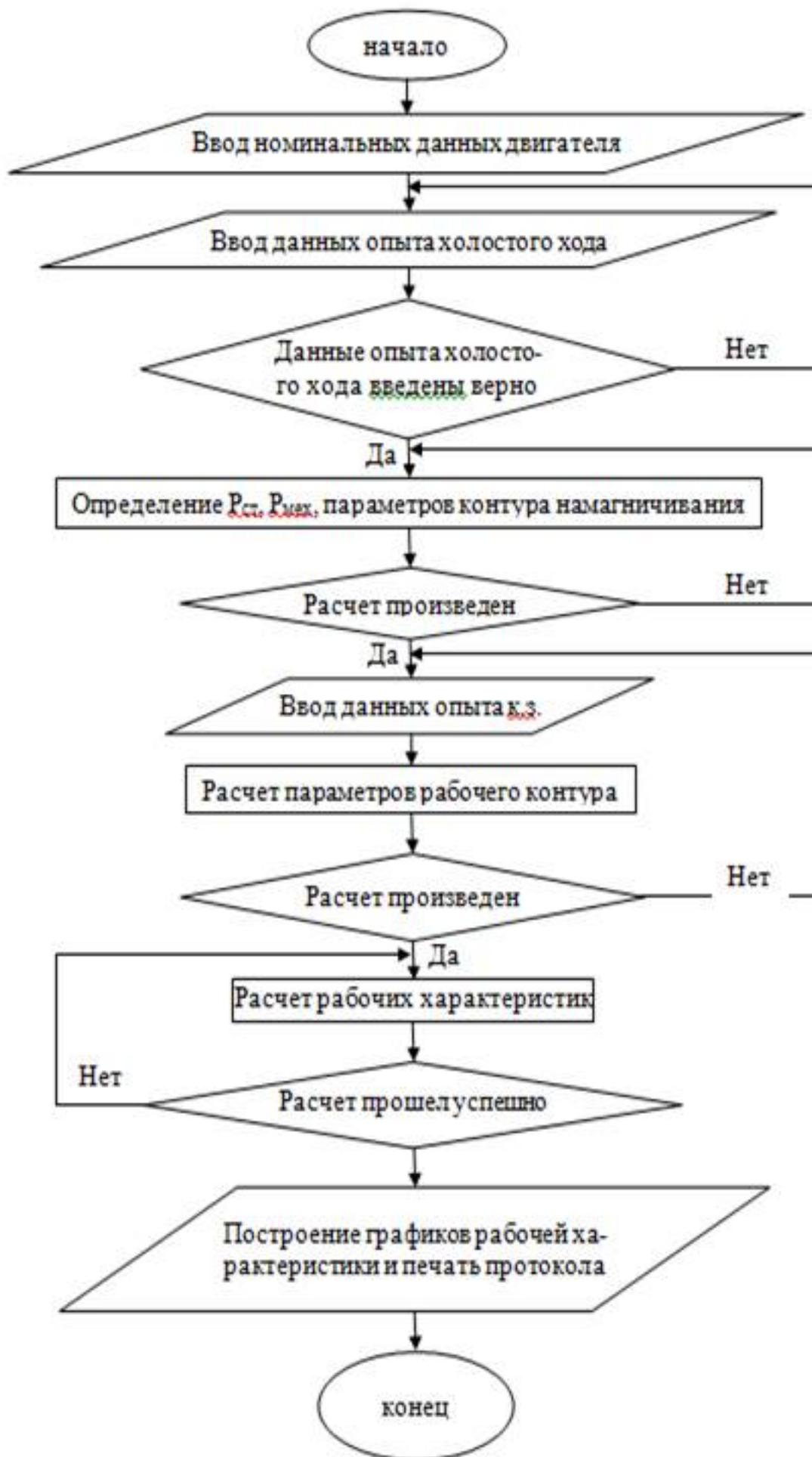
*Рисунок 1. Структура измерительного комплекса*

### **Программа расчета и построения рабочей характеристики**

В результате проведенного анализа методов определения рабочих характеристик АД и технических параметров измерительного комплекса я предлагаю программу определения рабочей характеристики двигателя на основе методики аналитического расчета.

Необходимо отметить, что целью данной работы не является описание работы программы и организация человеко-машинного интерфейса. Главной задачей, на мой взгляд, является составление алгоритма работы программы и

описание реализуемых функций программы. Алгоритм работы программы представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2. Алгоритм работы программы расчета рабочей характеристики**

Автоматизация процесса испытаний АД включает в себя автоматизацию процесса электрических измерений, автоматизацию процесса обработки результатов измерений и вывод результатов испытаний на внешние устройства.

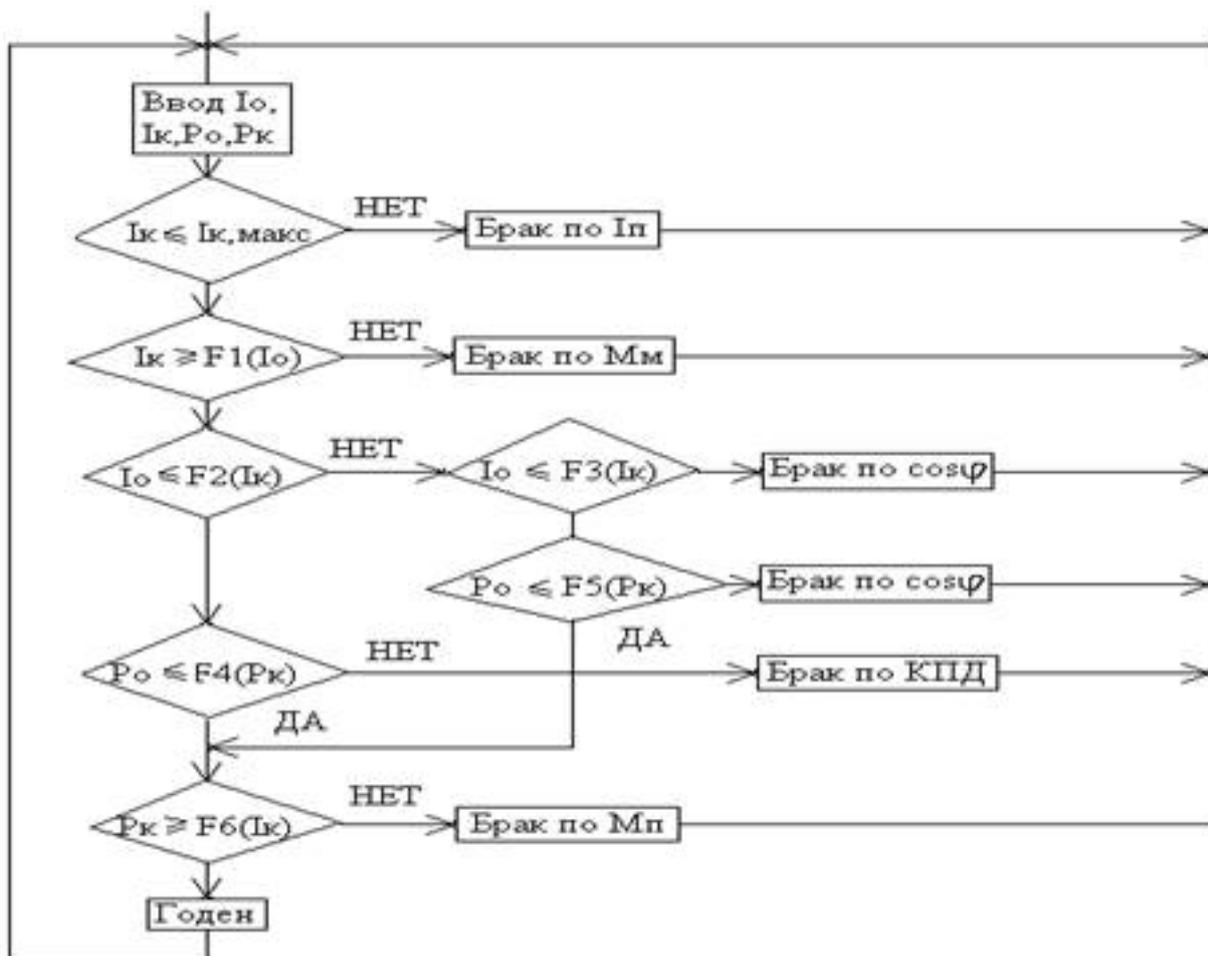
В результате применения программы *LabView* автоматизируются многие функции, которые выполняются исключительно вручную персоналом испытательной станции.

Данный автоматизированный измерительный комплекс может применяться также для испытаний АД других типов, а сама программа может дополняться базой данных, основанных на статистических данных испытаний. Собранная статистика может быть использована для контроля качества выпускаемых двигателей и анализа состояния технологического процесса их изготовления.

### **Автоматизированные испытательно-диагностические системы для контроля и управления качеством электродвигателей**

Реализация методов контроля, диагностирования и анализа изменения номинальных показателей асинхронных электродвигателей, можно осуществить с помощью автоматизации испытательно-диагностической системы.

На рисунке 3. приведена блок-схема алгоритма контроля номинальных показателей асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором по значениям токов и потерь холостого хода и короткого замыкания ( $I_0$ ,  $I_K$ ,  $P_0$  и  $P_K$ ).



**Рисунок 3. Блок-схем алгоритма контроля номинальных показателей асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором по значениям токов и потерь холостого хода и короткого замыкания**

Метод диагностирования причин отклонения токов и потерь холостого хода и короткого замыкания в процессе производства асинхронных двигателей сводится к определению направлений смещений точек в допустимых зонах. Эти направления указывают 16 наиболее вероятных признаков брака (П1 – П16), а также наиболее распространённые причины брака.

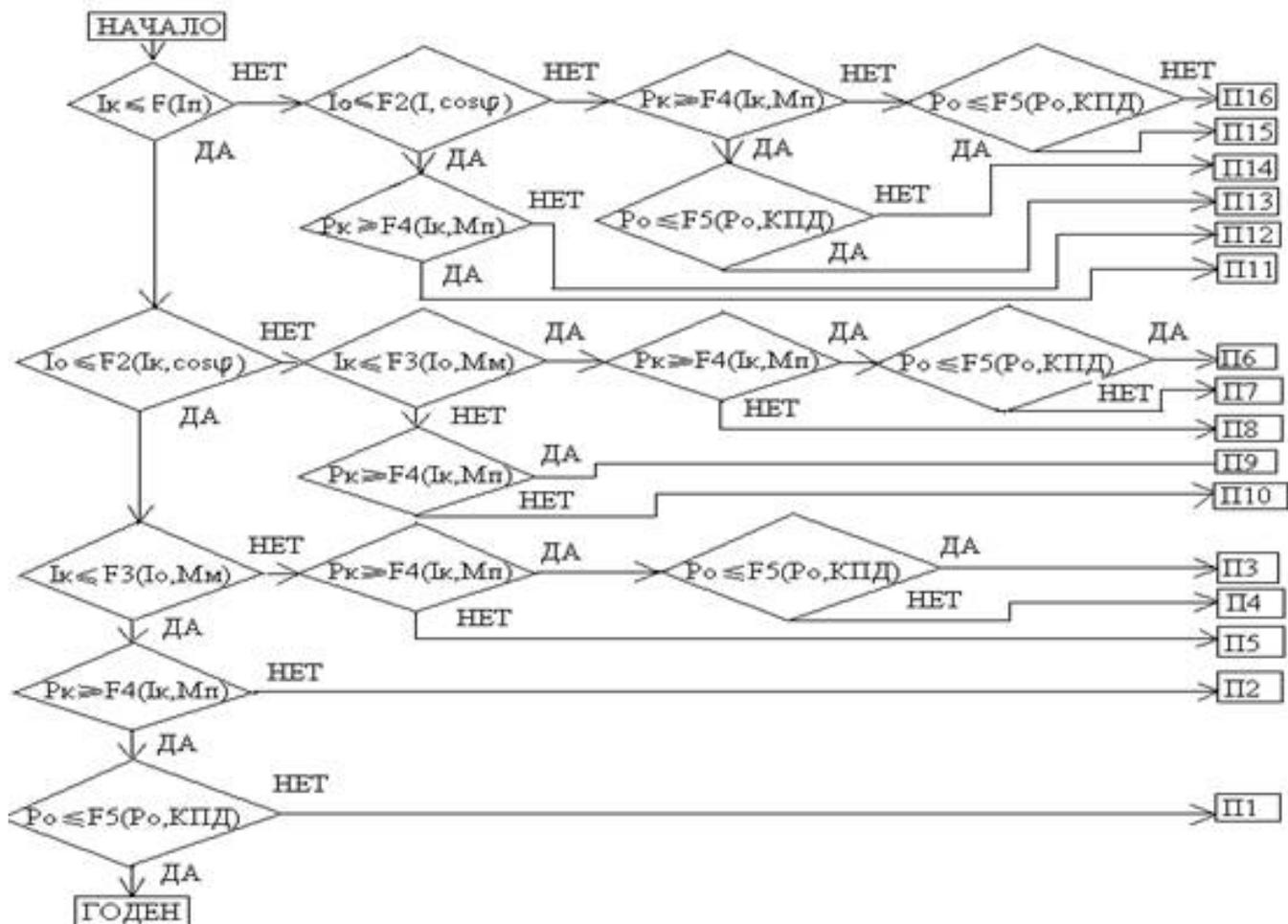
На рисунке 4. приведена блок-схема алгоритма диагностирования причин нарушения технологического процесса изготовления асинхронных двигателей. На основе логического анализа, выделенных по этому алгоритму признакам брака сопоставляются технологические причины брака. Кроме этого эта схема содержит каналы преобразования и передачи бинарных сигналов, которые соответствуют результатам испытаний асинхронных двигателей на соответствие допускам по ГОСТу.

Эта система имеет семь основных позиций испытаний асинхронных двигателей. На первой позиции испытания контролируется обрыв фаз, на второй – сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса двигателя и между обмотками. На третьей и четвёртой позиции осуществляются испытания межвитковой изоляции обмоток на электрическую прочность. На пятой позиции электродвигатель подвергается испытаниям в режиме холостого хода и короткого замыкания. Шестая позиция предназначена для испытаний обмоток относительно корпуса и между обмотками на электрическую прочность, а седьмая для вибрационных испытаний. Во время испытаний от позиций 1 – 4, 6 и 7 через измерительную систему на входы блока сопротивления поступают бинарные сигналы. Если на соответствующей позиции электродвигатель не выдерживает испытание, то вырабатывается “0” (низкий потенциал), если выдерживает – сигнал “1” (высокий потенциал).

При испытании АД на пятой позиции, т.е. в режимах холостого хода и короткого замыкания, с помощью измерительной системы измеряются токи и потери.

Блок сопряжения системы осуществляет обмен измерительной и управляющей информацией между управляющим вычислительным устройством и внешним устройством (ВУ) путём временного разделения каналов. Обработка и диагностирование АД осуществляется путём обработки результатов измерений параметров холостого хода и короткого замыкания испытуемых электродвигателей по алгоритмам, приведённым на рисунке 3. и рисунке 4.

Далее путём обработки результатов измерений параметров холостого хода и короткого замыкания ( $I_0$ ,  $I_K$ ,  $P_0$  и  $P_K$ ) годных АД осуществляют их статистический анализ и прогнозирование отклонений в производственном процессе. Эта задача решается путём сличения результатов измерений параметров холостого хода и короткого замыкания с контрольными зонами вычисленными для данного типа электродвигателя.



**Рисунок 4. Блок-схема алгоритма диагностирования причин нарушения технологического процесса изготовления АД**

Для каждого годного АД оформляют протокол испытаний с указанием реквизитов двигателя и значений параметров ПСИ.

Количество электродвигателей, отбракованных по результатам приёмо-сдаточных испытаний на всех этапах испытаний, а также локализованные виды и технологические факторы брака классифицируют и отражают в бланке испытаний отбракованных электродвигателей и в итоговом отчёте. В этом отчёте отражают также количество годных электродвигателей с указанием среднестатистических значений их параметров ПСИ.



**Рисунок 5. Блок-схема алгоритма функционирования**

По материалам приёмо-сдаточных испытаний, интервал времени (смена, день, неделю, месяц, и т.п.), можно выработать рекомендации по управлению качеством выпускаемых электродвигателей. Блок-схема алгоритма функционирования этой системы показана на рисунке 5.

### **Заключение**

Комплексная автоматизация испытаний предполагает взаимосвязанную автоматизацию управления испытательной установкой, сбора, обработки, анализа и регистрации получаемых данных. Автоматизация испытаний позволяет уменьшить трудоемкость подготовки и проведения испытаний, увеличить точность результатов и их достоверность, сократить число испытателей. Для автоматизации измерений разработан комплекс агрегатных средств электроизмерительной техники, охватывающий основную номенклатуру цифровых

электронных приборов и устройств измерительной техники, обеспечивающий согласность их технических и эксплуатационных параметров и характеристик в соответствии с требованиями, вытекающими из необходимости совместного использования их многоблочных средствах – информационных измерительных системах и измерительно-вычислительных комплексах.