

# Многоуровневая система защиты и управления медицинским диагностическим оборудованием (МДО)

С. М. Злепко, Т. А. Чернышова, В. Е. Кривоносов, О. Ю. Азархов, Я. И. Ярославский, Д. М. Барановский.

Винницкий национальный технический университет  
Украина, г. Винница  
smzlepko@ukr.net

## Multi-level system for protection and management of medical diagnostic equipment

S. M. Zlepko, T. A. Chernyshova, V. E. Krivonosov, O. U. Azarkhov, Y. I. Yaroslavsky, D. M. Baranovsky.

Vinnytsia National Technical University  
Ukraine, Vinnitsa  
smzlepko@ukr.net

**Аннотация** — В работе представлено план построения многоуровневой диагностической системы управления и защиты МДО. Наведено базовые принципы построения архитектуры диагностической системы. Описано работу логической схемы методологической модели управления многоуровневой системой управления и защиты МДО. Использовано методики диагностики и прогнозирования состояний блоков и элементов схемы электроснабжения и защиты МДО, основанные на составлении алгоритмов ТПН и усовершенствованы.

**Ключевые слова** — *диагностическая система; система защиты; медицинское оборудование*

**Abstract** — The paper presents a plan for constructing a multilevel diagnostic system for the management and protection of MDOs. Basic principles of constructing the architecture of the diagnostic system are laid down. The work of the logical scheme of a methodological model for the management of a multilevel control and protection system for MDOs is described. The methods of diagnostics and prediction of the states of blocks and elements of the electric power supply and protection scheme of MDO based on the compilation of algorithms of TPN have been improved and improved. The tasks of operation are set: fulfillment of the normative parameters of the technological process of examination of the patient; non-occurrence of harm to the patient in emergency conditions; determination of the number of controlled parameters; the establishment of coefficients and constants, reference values, maximum permissible values of controlled quantities; display information; Diagnosis of system transitions from one state to another; Protection of MDO when the controlled parameters reach acceptable or critical values. The "state tests" are proposed: testing and search, unconditional and conditional algorithms for troubleshooting are used for troubleshooting and transition of the system from one state to another. Since the diagnostic system is closed, multilevel and has

feedback, it is necessary to develop a logical model and a program algorithm for the sequence of each "test state"

**Keywords**— *diagnostic system; protection system; medical equipment*

Построение многоуровневой диагностической системы управления и защиты МДО предполагает разработку логической модели, методологии управления, базовых принципов построения архитектуры системы диагностирования, связей и взаимосвязей элементов логической модели системы, выбора приоритетности работы каждого уровня защиты системы с учетом вводимых ограничений.

Базовые принципы построения архитектуры диагностической системы включают в себя:

- возможность многоуровневой системы защиты обеспечивать выполнение нормативных показателей технологического процесса обследования больного;

- нанесение вреда больному в аварийном режиме «питающая сеть + МДО»;

- наличие возможности непрерывно контролировать с помощью многоуровневой системы защиты и управления МДО заданные параметры, тестировать состояние МДО, питающей сети, системы электроснабжения и их структурных элементов;

- обеспечение системой диагностирования состояния и управления МДО световой, звуковой и другой информационной связи с врачом, проводящим обследование больного.

Логическая схема методологической модели управления многоуровневой системой управления и защиты МДО позволяет установить связи между задачами диагностирования и защиты, службами объектами диагностической системы, применяемыми методиками, контролируемыми параметрами и – взаимосвязи между блоками схемы. Основными составляющими методологической модели системы являются.

Службы: оператор, врач, технические работники, осуществляющие непосредственное включение и эксплуатацию МДО; отключение от сети и снятие блокировок, включающихся при срабатывании аварийного режима.

Объекты диагностической системы: питающая сеть (ПС), элементы энергоснабжения (коммутационные аппараты, болтовые токоведущие соединения, кабельные линии), компенсирующие устройства, в т.ч. и реактивной мощности, блоки и элементы МДО [1].

Задачи эксплуатации: выполнение нормативных показателей технологического процесса обследования больного; нанесение вреда больному в аварийных режимах «питающая сеть + МДО»; определение количества контролируемых параметров; установление коэффициентов и констант, справочных величин, предельно допустимых значений контролируемых величин; отображение информации; диагностирование переходов системы из одного состояния в другое; защиту МДО при достижении контролируемыми параметрами допустимых или критических значений.

Методики: методики диагностики и прогнозирования состояний блоков и элементов схемы электроснабжения и защиты МДО используются как общепринятые, основанные на составлении алгоритмов ТПН так и вновь разработанные [2].

Параметры измерения: параметры должны быть измеряемыми, контролируемыми, преобразовываемыми, тестируемыми. К ним относятся уровни линейных напряжений, величины сопротивления изоляции диэлектрика кабельных линий и МДО, значения датчика поверхностного состояния изоляции, температурные показатели узлов соединений токоведущих частей, окружающего воздуха, величины токов нагрузки.

«Тесты-состояния»: для поиска неисправностей и перехода системы из одного состояния в другое использованы проверочные и поисковые, безусловные и условные алгоритмы поиска неисправностей. Так как система диагностики является замкнутой, многоуровневой и имеет обратные связи, необходимо разработать логическую модель и программный алгоритм очередности прохождения каждого «тест-состояния».

Связь «Задача/Методика/Объект»: позволяет описать для каждого состояния «питающая сеть + МДО» какой уровень защиты используется, какие

параметры и элементы контролируются, тестируются, измеряются, какая методика должна быть использована.

Даная взаимосвязь позволяет формально определить все ли «тесты-состояния» необходимо применять для данного вида МДО, следует ли добавить информационные параметры, расширить круг задач диагностирования и управления.

Связь «Тест/Параметры»: данная связь определяет: какие параметры измеряют и в какие уровни защит они входят; как используются параметры, полученные при выполнении предыдущего уровня защиты и. т. д. Данная взаимосвязь важна для автоматизации выполнения, диагностирования и построения системы управления МДО.

Связь «Задача/Методика/Объект/Тест»: данная связь объединяет в одно целое все элементы логической модели многоуровневой системы управления и защиты МДО. Сущность этой связи заключается в организации выполнения задач комплексной диагностики «МДО + питающая сеть» в целом, управлении диагностическими параметрами и переводом МДО в соответствующие состояния, обеспечивающие выполнение технологического процесса обследования больного.

Управления «Уровнями защит»: верхний уровень методологической модели – это алгоритм и очередность работы многоуровневой системы управления и защиты МДО.

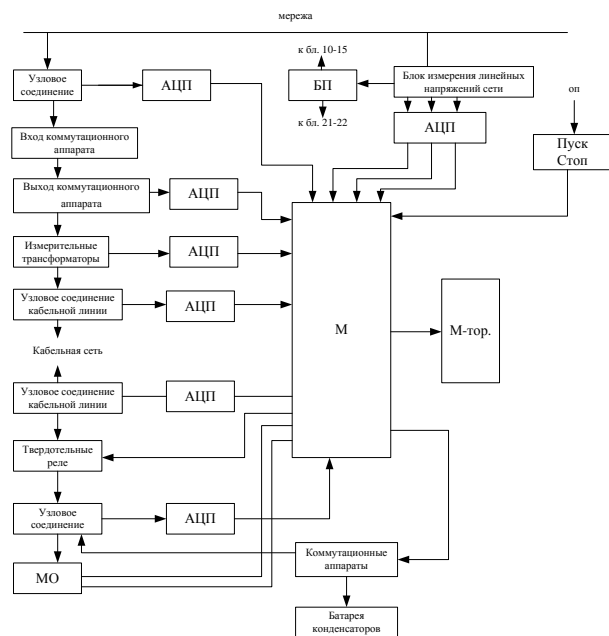


Рис. 1 – Логическая модель многоуровневой диагностической системы управления и защиты МО

Структура логической модели многоуровневой диагностической системы управления и защиты МО представлена на рис. 1 и включает в себя: узловое соединение, содержащее три болтовых соединения; вход коммутационного аппарата;

выход коммутационного аппарата – блок измерительных трансформаторов тока, преобразующих токовые сигналы в эквивалентные сигналы напряжения; узловые соединения кабельной линии; твердотельные реле (ТТР);

диагностического устройства к сети не происходит без диагностики ее состояния и исправности самого МО. Включение же системы диагностического состояния электрической изоляции оборудования и линий, питающей сети, токовых линий, источников компенсации реактивной мощности, мониторинга, контролируемых

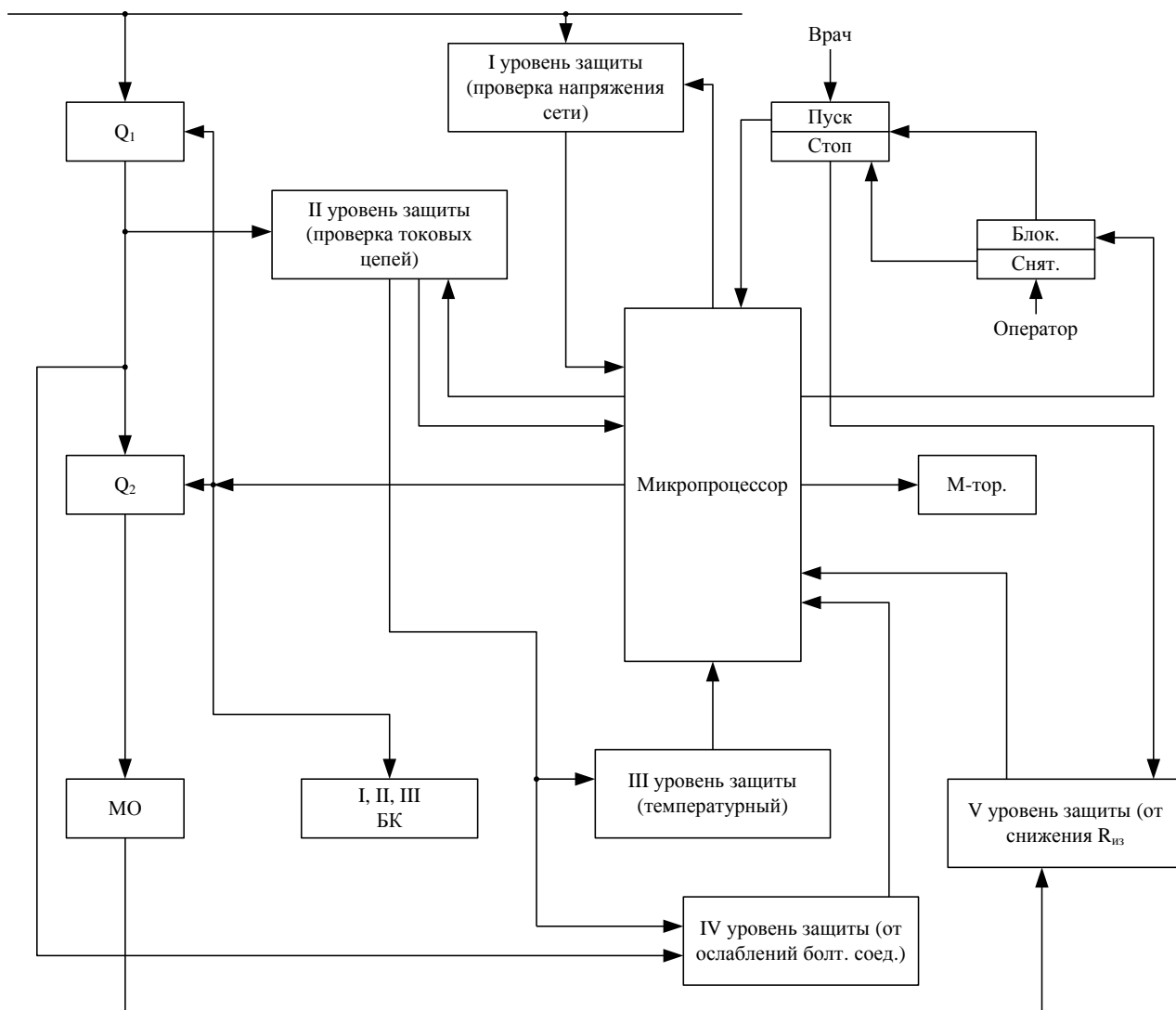


Рис. 2 – Структура алгоритма очередности работы уровней защит многоуровневой диагностической системы управления и защиты МО

узловое соединение

ТТР; МО; коммутационный блок; аналогово-цифровые преобразователи сигналов; блок измерения линейных напряжений сети; блок питания; коммутационные аппараты для включения и выключения ступеней БК, а также переключения БК для измерения сопротивления изоляции при выключенном МО; БК (батарея конденсаторов).

На рис. 2 приведена структура алгоритма, очередности работы уровней защит многоуровневой диагностической системы управления и защиты МО.

Отличительной особенностью работы многоуровневой диагностической системы управления и защиты МО от известного диагностического и терапевтического оборудования в медицинских учреждениях является то, что подключение

параметров осуществляется только после получения врачами полной информации о состоянии оборудования и его готовности для проведения обследований.

#### ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Кривонос В. Е., Злепко С. М., Вирозуб Р. М., Барановский Д. М. Критерии диагностики винтовых соединений в ультразвуковой томографической аппаратуре. / Вісник Хмельницького національного університету. Збірник наукових праць. Випуск №1 (Серія: «Технічні науки») – м. Хмельницький, 2017. С. 52 – 57.

2. ГОСТ 13109-97, Нормы качества электроэнергии и Европейский стандарт EN50160. – Режим доступа: <http://1cert.ru/novosti/vveden-novyy-standart-kachestva-elektroenergii-gost-r-54149>