



УДК 004.942

**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИБОРА  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕБЕР-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

*Чуйкова А.В., Бранчукова Д.А., Киллер А.И.*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,  
г. Новочеркасск

В данной статье разработана и описана функциональная схема прибора определения вебер-амперных характеристик электротехнических устройств постоянного тока. Тренд на миниатюризацию и снижение материалоемкости современных электромагнитов постоянного тока (ЭПТ), предъявляет повышенные требования к качеству их отдельных элементов. Для оценки которого, требуется знать их механические, электрические и магнитные свойства. Каждая из перечисленных групп показателей требует применения своих методов и средств испытания ЭПТ. Данная ситуация стимулирует к поиску интегральных показателей качества работы ЭПТ, содержащих информацию, позволяющую сделать выводы о качестве отдельных частей и эксплуатационных характеристиках всего изделия. в данной статье рассмотрены электрические схемы прибора определения вебер-амперных характеристик электротехнических устройств постоянного тока и проведено моделирование одного из функциональных блоков

**Ключевые слова:** электромагниты, интегральные характеристики, оценка функционального состояния, магнитные измерения

**DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL SCHEME OF THE DEVICE  
DEFINITIONS OF WEBER-AMPERE CHARACTERISTICS DC  
ELECTRICAL DEVICES**

*Chuikova A.V., Branchukova D.A., Killer A.I.*

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article developed and described a functional diagram of a device for determining weber-ampere characteristics of DC electrical devices. The trend towards miniaturization and a decrease in the material consumption of modern direct current electromagnets (EPTs) places high demands on the quality of their individual elements. To assess which, you need to know their mechanical, electrical and magnetic properties. Each of these groups of indicators requires the use of its own methods and means of testing EPT. This situation stimulates the search for integral indicators of the quality of EPT operation that contain information that allows us to draw conclusions about the quality of individual parts and the operational characteristics of the entire product. This article discusses the electrical circuits of a device for determining weber-ampere characteristics of DC electrical devices and simulates one of the functional blocks

**Keywords:** electromagnets, integral characteristics, functional state assessment, magnetic measurements

Предлагается подход измерения вебер-амперной характеристики электромагнита постоянного тока, заключающийся в определении основных кривых намагничивания его отдельных деталей и построения регрессионной зависимости вебер-амперной характеристики от основных кривых намагничивания всех его деталей [1-5]. Структуру устройства для измерения вебер-амперной характеристики электромагнитов постоянного тока можно представить в виде замкнутого информационного управляющего комплекса, в котором преобразуются входные задачи исследований в пространство результатов на выходе. В состав системы входят: первичные измерительные преобразователи; нормирующие предусилители сигналов магнитной индукции  $B$  и напряженности магнитного поля  $H$ ; аналого-цифровой преобразователь; намагничивающие системы (пермеаметры и соленоид); управляемый источник тока УИТ; персональный компьютер; программное обеспечение. Рассмотрим устройство на уровне функциональных блоков.

Функциональная схема приведена на чертеже, а также на рисунке 1.

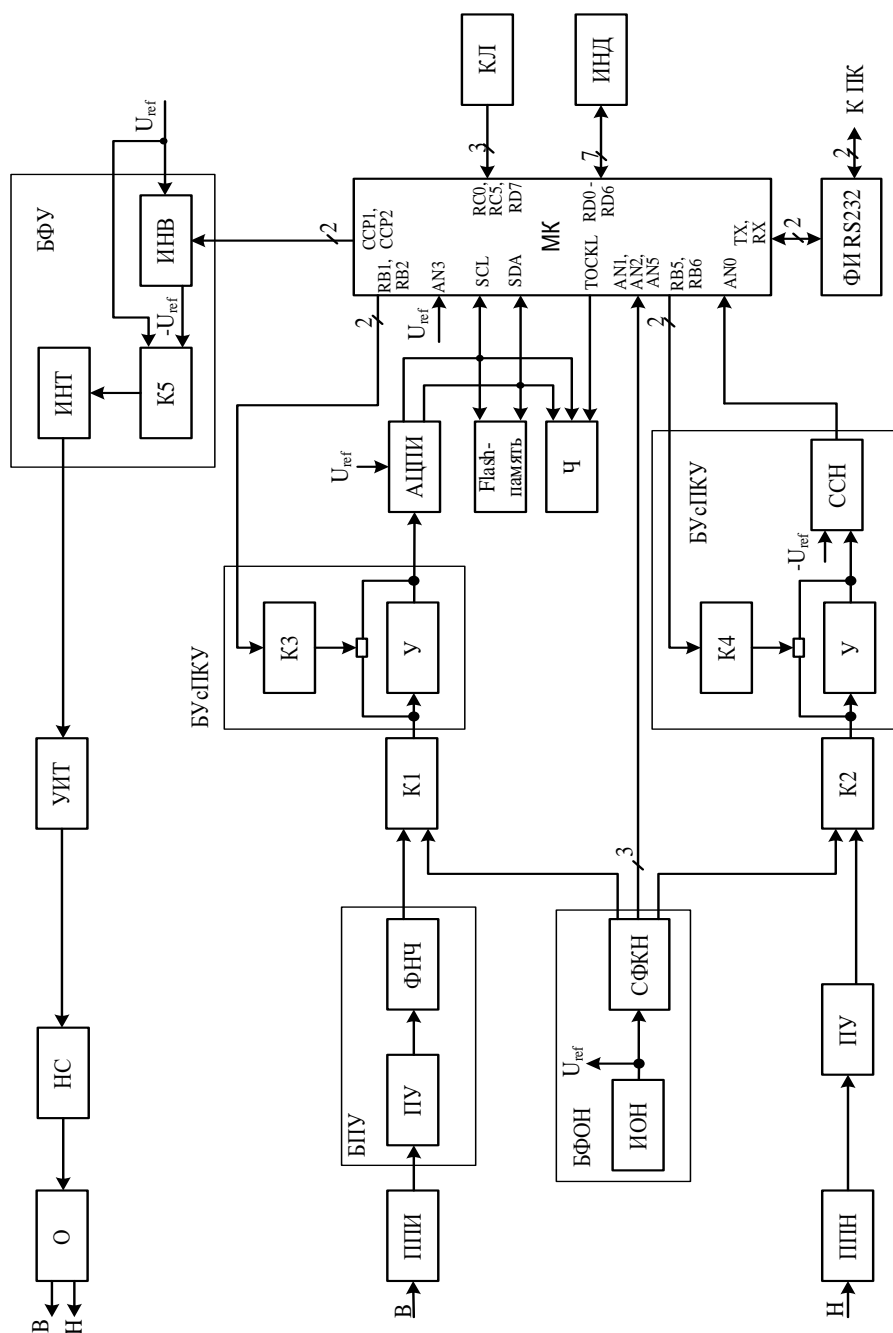


Рис. 1 - Функциональная схема устройства



В устройстве имеется два канала измерений: для измерения индукции и для измерения напряженности. Выбор того или иного канала осуществляется микроконтроллером программно. Рассмотрим функциональное назначение блоков каждого из каналов. В канале измерения индукции сигнал от образца, помещенного в намагничивающую систему, поступает на первичный преобразователь индукции ППИ, представляющий собой катушку индуктивности. Далее сигнал проходит на предварительный усилитель ПУ с малым коэффициентом усиления и большим входным сопротивлением, необходимый для согласования сопротивлений ППИ и остальных элементов в канале измерения индукции. На выходе ПУ имеем пик напряжения большой амплитуды, который может привести в насыщение последующие усилительные блоки. Во избежание подобной ситуации после ПУ необходимо включить фильтр нижних частот ФНЧ, который уменьшает скачок напряжения, сохраняя площадь импульса. ПУ и ФНЧ образуют блок предварительного усиления БПУ. Далее в схеме следует коммутатор К1, который выбирает режим работы устройства – измерение или калибровка. Управление коммутатором осуществляется микроконтроллером. Полученный сглаженный сигнал поступает в блок усиления с переменным коэффициентом усиления. БУСПКУ состоит из прецизионного операционного усилителя, выполняющего основное усиление сигнала, и коммутатора К3, обеспечивающего выбор того или иного предела измерения в зависимости от входной величины ППИ. Затем информация поступает на быстродействующий аналого-цифровой преобразователь и в микроконтроллер. В связи с тем, что изменение индукции в исследуемом образце может происходить довольно быстро, использование внутреннего АЦП микроконтроллера для канала измерения индукции не целесообразно.

Интегрирование сигнала является цифровым, что значительно снижает погрешность устройства. В канале измерения напряженности в качестве первичного преобразователя напряженности ППН выбран датчик Холла [9-12]. Предварительный усилитель ПУ выполняет функции, аналогичные функциям ПУ в канале индукции. Но в отличие от индукции, напряженность – параметр, изменяющийся медленно и не имеющий больших скачков амплитуды. Поэтому в ФНЧ нет необходимости и можно использовать внутренний десятиразрядный АЦП микроконтроллера. БУСПКУ содержит схему смещения нуля ССН, которая делает возможным аналого-цифровое преобразование двуполярной напряженности.

Блок формирования опорного напряжения состоит из источника опорного напряжения, выходное напряжение которого  $U_{ref}$  используется для внутреннего аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера, быстродействующего АЦПИ, а так же для блока формирования уровня БФУ и схемы формирования калибровочных напряжений СФКН, необходимой для проверки измерительного канала и питающих напряжений.

Входной сигнал УИТ необходимо формировать в виде уровня напряжения. Это реализуется следующим образом: с помощью модулей ШИМ-преобразования МК ССР1 и ССР2 осуществляется управление коммутатором К5, который подключает либо положительный уровень напряжения  $U_{ref}$ , либо его отрицательное значение ко входу интегратора ИНТ. Длительностью положительных и отрицательных импульсов задается необходимый уровень напряжения, причем их суммарная длительность должна оставаться постоянной. Таким образом ШИМ-модули ССР1 и ССР2 и БФУ образуют цифро-аналоговый преобразователь.



Результатом работы устройства должен стать график вебер-амперной характеристики готового электромагнита.

*Работы выполнены с использованием оборудования ЦКП «Диагностика и энергоэффективное электрооборудование» ЮРГПУ(НПИ).*

#### Список цитируемой литературы

1. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. – М.: НИУ МЭИ, 2012. – 617с.
2. Заитов С.И., Полухин А.Ю., Блажко И.О. Программная платформа устройства измерения магнитных параметров электромагнитов // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России», №1, 2019. 60 с. – Режим доступа: [https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c\\_15262eb5360e4b57a2c4adef89db0126.pdf](https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_15262eb5360e4b57a2c4adef89db0126.pdf) (Дата обращения 25.06.2020).
3. Е.С. Гульматова, С.И. Заитов, А.Ю. Полухин, Д.А. Бранчукова, И.О. Блажко, Чернышова Е.Н. Структурная схема устройства измерения вебер-амперных характеристик электротехнический изделий // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России», №3, 2019. 66 с. – Режим доступа: [https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c\\_cb16557000e3426ba0d4417fb4ed457e.pdf](https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_cb16557000e3426ba0d4417fb4ed457e.pdf) (Дата обращения 25.06.2020).
4. Ковылин С.С., Ядыкин Д.В. Обзор и анализ интегральных характеристик для оценки функционального состояния электромагнитов // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России», №6, 2019. 13 с. – Режим доступа: [https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c\\_2d1097f2469d4fe5906843a668440bba.pdf](https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_2d1097f2469d4fe5906843a668440bba.pdf) (Дата обращения 25.06.2020).
5. А.М. Ланкин Анализ методов контроля функционального состояния высоковольтных электромагнитных выключателей // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России», №6, 2019. 17 с. – Режим доступа: [https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c\\_478e8ce4d13549e891e8ecb579919bc3.pdf](https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_478e8ce4d13549e891e8ecb579919bc3.pdf) (Дата обращения 25.06.2020).

© Чуйкова А.В., Бранчукова Д.А., Киллер А.И. 2020