

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ МАЛЫХ ПОСТОЯННЫХ СИГНАЛОВ
С ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТАМ

Приведено описание стенда для отработки конструкции и исследования индукционных токосъемников, методов преобразования и принципиальных схем устройств, реализующих эти методы. Стенд изготовлен на базе стандартного дисковола. Дано описание функциональной схемы устройства, состоящего из собственно бесконтактного токосъемника, блока преобразования, блока синхронизации и микропроцессорного блока обработки информации, выполненного в стандарте КАМАК и связанного с вычислительным комплексом типа ДВК-3.

Измерение температуры деталей роторов является одной из важнейших задач при испытаниях тепловых машин. В качестве датчиков, как правило, используют термомпары (ТП). Передача низкоуровневых сигналов датчика с ротора на статор является актуальной задачей. Высокие скорости вращения ротора и низкий уровень передаваемых сигналов не позволяют эффективно использовать контактные токосъемники. Применение бесконтактных токосъемников ограничено условиями эксплуатации: воздействие вибраций, ускорений, работа в масляно-аэрозольной среде при температуре окружающей среды 150...250°C. При таких условиях эксплуатации на роторе невозможно разместить радиоэлектронные элементы, так чтобы использовать устройства ближней телеметрии, поэтому для передачи постоянных сигналов низкого уровня с ротора на статор наиболее предпочтительным является бесконтактный токосъемник индукционного типа.

Для отработки конструкции и исследования бесконтактных токосъемников, методов преобразования и принципиальных схем устройств, реализующих эти методы, был создан автоматизированный стенд. Он изготовлен на базе дисковода ЕС-5052, в котором асинхронный электродвигатель заменен на коллекторный, что позволяет изменять скорость вращения ротора до 10000 об/мин. Обработку информации проводит вычислительный комплекс типа ДВК-3. Связь ЭВМ с устройством передачи сигналов осуществляется через микропроцессорный модуль, выполненный в стандарте КАМАК.

Известный токосъемник индукционного типа [2] представляет собой закрепленный на роторе диэлектрический диск с передающими катушками, к каждой из которых подключена соответствующая ТП. При вращении ротора передающие катушки поочередно проходят между секциями приемной, в которой наводится импульсный сигнал, амплитуда которого определяется ЭДС термонары, активным сопротивлением измерительной цепи, коэффициентом связи между приемной и передающей катушками, скоростью вращения ротора. Прямые методы измерения амплитуды наводимого в приемной катушке сигнала не позволяют реализовать высокоточные измерительные устройства, так как вследствие изменения активного сопротивления измерительной цепи и коэффициента связи под действием температуры и механических факторов, изменения параметров токосъемника во времени, а также вследствие изменения скорости вращения ротора возникают значительные погрешности.

Компенсационный метод в значительной степени устраняет влияние указанных неинформативных параметров [3]. Однако низкая чувствительность устройства затрудняет определение момента полной компенсации из-за влияния помех и шумов при уровне измеряемого сигнала, близком к нулю. Низкая чувствительность и, следовательно, невысокая помехозащищенность и точность обусловлены тем, что секции приемной катушки выполнены без магнитопровода. Использование приемной катушки на магнитопроводе в данном устройстве невозможно, так как секции приемной и компенсирующей катушек размещены в едином конструктивном блоке, и приемная катушка находится в зоне действия поля компенсирующей катушки. Внесение в эту зону магнитопровода исказило бы поле компенсирующей катушки. В устройстве, фактически, производится компенсация сигнала в приемной катушке, при этом в пе-

передающей катушке сигнал может быть скомпенсирован не полностью. Время нахождения передающей катушки в поле компенсирующей короткое, особенно при высоких скоростях вращения ротора, поэтому переходный процесс компенсации ЭДС термомпары наведенной ЭДС не успевает завершиться. Подтверждает указанные соображения зависимость коэффициента передачи устройства от скорости вращения ротора, которая отсутствует при полной компенсации.

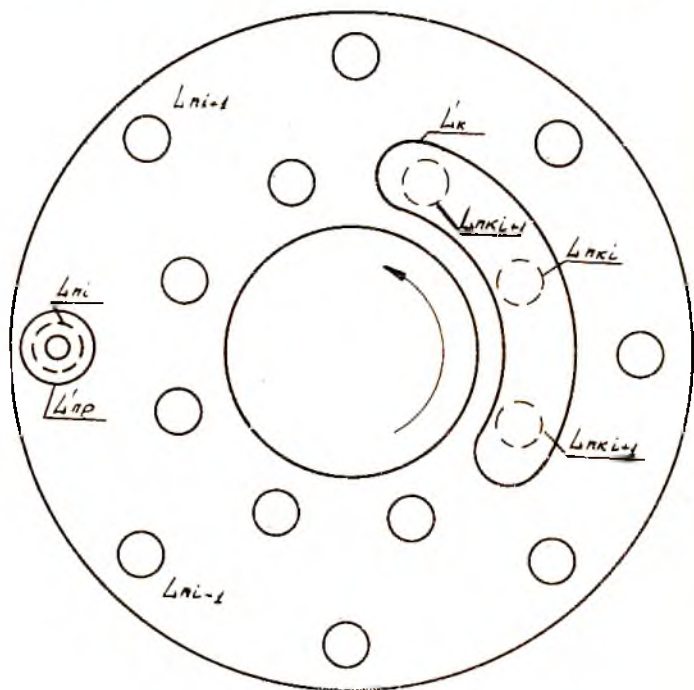
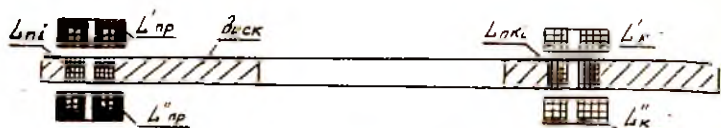
Повысить чувствительность, помехозащищенность и точность устройства передачи сигналов постоянного тока с вращающегося ротора на неподвижный статор предложено [4] за счет выполнения приемной катушки на магнитопроводе и разнесения ее с компенсирующей катушкой в пространстве, например, расположив приемную L_{pp} и компенсирующую L_k катушки на диаметрально противоположных сторонах диска (рис. 1). Кроме того, на диске размещены дополнительные приемно-компенсационные катушки L_{pk} по числу датчиков. Каждый датчик T_{Pi} соединен последовательно с двумя катушками: передающей L_{pi} и приемно-компенсационной L_{pki} (рис. 2). Когда при вращении ротора передающая катушка i -го канала L_{pi} проходит между двумя секциями приемной L'_{pp}, L''_{pp} , соответствующая приемно-компенсационная катушка L_{pki} находится между секциями компенсирующей катушки L_k', L_k'' .

При такой конструкции индукционного токосьемника магнитопровод приемной катушки не влияет на поле компенсирующей и наоборот - поле компенсирующей катушки не влияет на поле приемной. На компенсирующую катушку подается ток с генератора линейно-изменяющегося тока (ГЛИТ). В приемно-компенсационной катушке, когда она проходит между секциями компенсирующей, наводится постоянная ЭДС

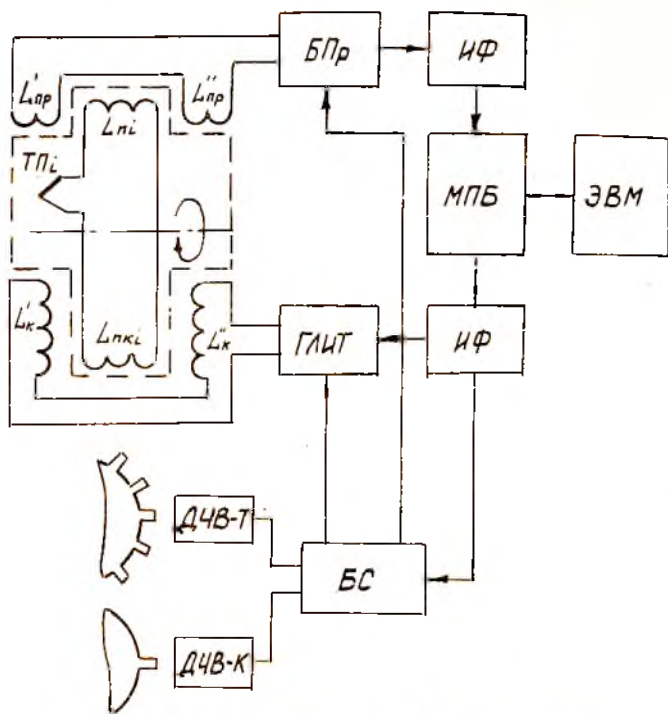
$$E_H = \frac{d}{dt} (M_K I),$$

где $M_K = K_K \sqrt{L_k L_{pk}}$ - взаимная индуктивность компенсирующей и приемно-компенсационной катушек; K_K - коэффициент связи; $I = At$ - линейно изменяющийся ток генератора ГЛИТ; A - скорость изменения тока.

Форма компенсирующей катушки такова (рис. 3), что ее витки расположены вдоль линии, образованной центрами вращающихся приемно-компенсационных катушек $L_{pki} \dots L_{pkl}$. Длина витков компенсирующей



Р и с. 1. Индукционный токосъёмник



Р и с. 2. Функциональная схема системы измерения температуры деталей ротора

катушки составляет несколько диаметров катушки L_{pk} , с тем чтобы за время нахождения катушки L_{pk_i} в поле компенсирующей катушки L_k переходный процесс компенсации успел завершиться. При достаточной длине компенсирующей катушки L_k имеется участок ℓ (рис. 3), где краевые эффекты оказывают незначительное влияние, поэтому поле катушки будет равномерным, а коэффициент связи K_k между L_k и L_{pk_i} постоянным (рис. 4). При этом $dM_k/dt = 0$, и амплитуда наведенной постоянной ЭДС в катушке L_{pk_i} будет определяться скоростью изменения тока генератора ГЛНТ

$$E_H = \frac{dI}{dt} M_k = A K_k \sqrt{L_k L_{pk_i}}.$$



Р и с. 3. Схема конструкции компенсирующей катушки

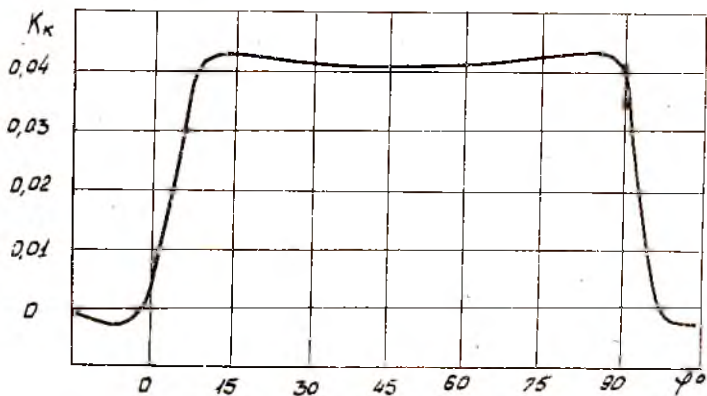
Поскольку катушки L_k и L_{pk} выполнены без магнитопровода, стабильность взаимной индуктивности достаточно высокая.

В цепи передающей катушки L_{nl} протекает постоянный ток

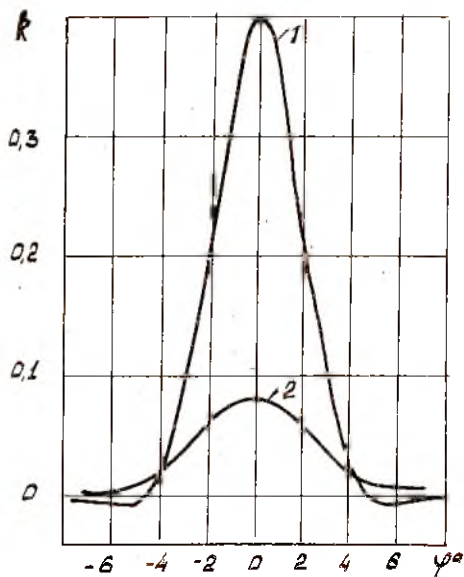
$$i = \frac{E_{Tn} - E_H}{Z},$$

определяемый ЭДС термопары E_{Tn} , наведенной ЭДС E_H и активным сопротивлением измерительной цепи Z , обусловленным сопротивлением обмоток катушек L_{nl} , L_{pk} , сопротивлением удлинительных проводов и внутренним сопротивлением ТП (или ее имитатора). Этот ток создает магнитное поле передающей катушки. При прохождении катушки L_{ni} между секциями приемной L_{np} в последней наводится электрический сигнал

$$U_x = \frac{d}{dt} (M_{ni}) = \frac{E_{Tn} - E_H}{Z} \sqrt{L_{ni} L_{np}} \cdot dk \cdot dt,$$



Р и с. 4. Зависимость коэффициента связи от перемещения приемно-компенсационной катушки относительно компенсирующей



Р и с. 5. Зависимость коэффициента связи от перемещения передающей катушки относительно приемной

где k – коэффициент связи между приемной и передающей катушками (рис. 5). Кривая 1 является зависимостью коэффициента связи для катушки, выполненной на магнитопроводе, кривая 2 – зависимость для катушки без магнитопровода. Имея такую форму зависимости коэффициента связи, наведенный в приемной катушке L_{np} сигнал представляет собой симметричный двуполярный импульс U_x , амплитуда которого зависит от скорости вращения ротора, что следует из последней формулы (1). Для устранения этой зависимости в блоке преобразования (БПр) (см. рис. 2) сигнал U_x усиливается и интегрируется. Затем амплитуда проинтегрированного сигнала, не зависящая от скорости вращения ротора, преобразуется в цифровой код. АЦП построен на микросхеме К1113ПВ1 с использованием усилителя выборки-запоминания КР1100СК2. Цифровой код $N_{дцп}$ через интерфейсный блок (ИБ), выполненный на параллельном адаптере К580ВВ55, поступает в микропроцессорный блок (МПБ) [1].

МИБ задает номер канала, в котором производится преобразование напряжения, имитирующего ЭДС термопары, начальный код $N_{ГЛУТ}$, которому соответствует определенная скорость изменения Δ тока генератора ГЛИТ. С каждым оборотом ротора код $N_{ГЛУТ}$ изменяется на некоторое значение $\Delta N_{ГЛУТ}$ по заданной программе. При этом меняется амплитуда $E_{ГП}$ наведенной ЭДС, которая вычитается из ЭДС термопары $E_{ТП}$, изменяется амплитуда U_X и соответствующий код $N_{АЦП}$. Затем расчетным путем определяют код $N_{ОСЛУБ}$ при котором происходит полная компенсация, т.е. $E_H = E_{ТП}$, $U_X = 0$ и $N_{АЦП} = 0$. По значению кода $N_{ОСЛУБ}$ судят о величине сигнала $E_{ТП}$. Полученные данные из МИБ передаются в ЭВМ, которая проводит статистическую обработку данных для уменьшения влияния помех. ЭВМ позволяет изменять задаваемый МИБ номер канала, начальный код ГЛИТ и значение $\Delta N_{ГЛУТ}$.

Синхронизация работы всех блоков осуществляется кадровым импульсом, вырабатываемым блоком синхронизации (БС) один раз за оборот диска, и тактовыми импульсами — по два на каждую передающую катушку. Блок синхронизации работает в комплексе с двумя датчиками частоты вращения типа ДВЧ, установленными на статоре. На роторе укреплен крыльчатка с количеством зубьев, равным числу передающих катушек, с ней взаимодействует датчик тактовых импульсов ДЧВ-Т. На торцевой части крыльчатки имеется выступ для формирования совместно с датчиком ДЧВ-К кадрового импульса.

В процессе исследования устройств передачи малых постоянных сигналов с вращающихся объектов на разработанном автоматизированном стенде необходимо решить следующие основные задачи.

1. Разработка оптимальной конструкции индукционного токосъемника, включая исследование и разработку конструкции приемной катушки, имеющей максимально высокую чувствительность и помехозащищенность, и компенсирующей катушки, позволяющей с заданной точностью формировать в приемно-компенсирующей катушке постоянную ЭДС.

2. Исследование и разработка методов и устройств преобразования сигнала приемной катушки в цифровой код, способов подавления сетевой помехи и помех от источников магнитных полей, распределенных по ротору и статору тепловой машины.

3. Разработка алгоритмов обработки информации, позволяющих реализовать высокоточные и высокопроизводительные системы измерения температуры деталей роторов тепловых машин.

Библиографический список

1. Иоффе В.Г., Якимаха В.П. Микропроцессорная система в стан-дарте КАМАК для испытаний ГТД. Измерительные информационные системы (ИИС-89): Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции. Ульяновск, 1989.

2. А.с. 180833 СССР. Устройство для измерения температуры вращающихся деталей машин. /Е.П.Дыбан, В.Н.Клименко и др. (СССР). Опубл. 4.05.1966. Бюл. № 8.

3. А.с. 830154 СССР. Устройство для измерения температуры вращающихся деталей машин /Е.П.Дыбан, В.Н.Клименко и др. (СССР). Опубл. 15.05.1981. Бюл. № 18.

4. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов /Н.Н.Васин (СССР). Заяв. № 4437133/24-10. Решение о выдаче авт. св. от 29.08.1989.

УДК 621.391:537.52

Л.В.Кузнецов

Куйбышевский авиационный институт

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНЫХ УСТАНОВОК

Рассмотрены принципы построения помехоустойчивой АСНИ электрофизической установки нового технологического процесса обработки металлов – электрогидравлического способа воздействия. Предложен метод выделения полезного сигнала из импульсных помех для АСНИ, возникающих при высоковольтном разряде в жидкости. Описанный подход решения проблемы помехоустойчивости АСНИ позволяет адаптировать систему к изменяющимся условиям проведения научных исследований.

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.
