

ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

А. И. СКОРОСПЕШКИН, Л. Я. ЗИННЕР, А. И. ПРОШИН

(Представлена семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Удовлетворительная коммутация коллекторных электрических машин в значительной мере определяется качеством выполнения коллекторно-щеточного аппарата и, следовательно, состоянием рабочей поверхности.

Одной из причин искрообразования является нестабильность коллектора, которая заключается в том, что при больших окружных скоростях за счет центробежных сил происходит относительное смещение отдельных пластин или группы пластин.

Кроме того, большое влияние на процесс коммутации оказывают такие факторы, как эксцентриситет, овальность коллектора, вибрация подшипникового узла, хотя они, являясь более низкочастотными, влияют в меньшей мере на коммутацию, нежели радиальное смещение пластин.

Все эти факторы приводят к резкому ухудшению коммутации и сокращению срока службы щеток.

До последнего времени в заводской практике состояние поверхности коллекторов в основном оценивалось в статике миниметрическими головками. Однако, как показали многочисленные испытания коллекторов на разгонных установках, рельеф поверхности их в динамике значительно отличается от рельефа в статике. Это заставляет обратить самое серьезное внимание на обеспечение необходимой жесткости коллекторов и контроля их поверхности. При наличии в заводских лабораториях необходимой контрольно-измерительной аппаратуры для оценки динамики коллекторов процесс настройки коммутации был бы значительно упрощен. Однако промышленностью профилометры для электромашиностроения не выпускаются, а довольно большое число описанных в литературе профилометров так и не вышло из стадии разработок.

Описанные в литературе [1, 2, 3] волноводные профилометры страдают рядом существенных недостатков. Это прежде всего низкая разрешающая способность, малая чувствительность к малым перемещениям и громоздкость прибора. Вышеперечисленные недостатки волноводного профилометра практически ограничили область его применения.

В последнее время наблюдается тенденция к созданию электронных профилометров, использующих в качестве преобразователя высокочастотные емкостные и индуктивные датчики. В работах [4, 5] подробно описаны принцип действия и конструктивное исполнение приборов, в которых емкостный или индуктивный датчики входят в сеточный контур автогенератора в.ч. С изменением расстояния от поверхности коллектора до датчика изменяется частота автогенератора, до девиа-

ции которой можно судить о состоянии поверхности коллектора. Однако и эти приборы не лишены ряда существенных недостатков. Это прежде всего чувствительность к нестабильности частоты измерительного генератора и к нестабильности напряжения источников питания. Следует, однако, заметить, что, используя измерительные схемы на биениях с кварцевой стабилизацией частоты опорного генератора, можно значительно снизить погрешности измерений, вызванные нестабильностью частоты измерительного генератора.

Как уже отмечалось выше, на процесс коммутации коллекторных электрических машин большое влияние оказывают чисто механические факторы. С целью их исследования авторами настоящей статьи разработан и изготовлен полупроводниковый профилометр, который в значительной мере свободен от недостатков, присущих приборам, описанным в литературе [1, 2, 3, 4, 5].

В основу работы прибора положен принцип вихревых токов, который заключается в том, что если над проводящей поверхностью поместить датчик, создающий переменное магнитное поле, то в поверхности проводящего материала возникают вихревые токи. Направление их таково, что магнитный поток, вызываемый ими, сдвинут на $1/2$ периода относительно возбуждающего поля. Взаимодействие возбуждающего и наведенного магнитных потоков приводит к тому, что результирующий магнитный поток ослабляется. Контролируя одним из существующих методов изменение результирующего магнитного потока, можно тем самым контролировать и величину изменения зазора между датчиком и проводящей поверхностью.

В приборе в качестве преобразователя используется индуктивный датчик малых перемещений (рис. 1), который содержит две обмотки — возбуждающую и измерительную и является своеобразным высокочастотным трансформатором. При изменении в широком диапазоне зазора между сердечником и поверхностью ламели коллектора э. д. с., наведенная в измерительной обмотке, меняется пропорционально изменению зазора (рис. 2). С целью уменьшения боковых потоков рассеяния, а следовательно, и увеличения разрешающей способности датчика, обмотки датчика размещены на ферритовом сердечнике и весь датчик помещен в медный экран.

Экранирование датчика весьма важно, так как это дает как увеличение разрешающей способности, так и увеличение чувствительности всего прибора в целом.

Кроме того, экран придает всей конструкции необходимую жесткость, экранирует датчик от внешних электромагнитных полей, является хорошим радиатором, обеспечивающим полный теплоотвод.

Разрешающая способность прибора в значительной мере зависит от частоты питающего тока (рис. 3). С увеличением частоты она возрастает, однако, рабочая частота прибора ограничена резонансной частотой самого датчика, которая составляет 1,5 мггц. С увеличением частоты питающего тока выше 1,5 мггц начинает резко снижаться чувствительность.

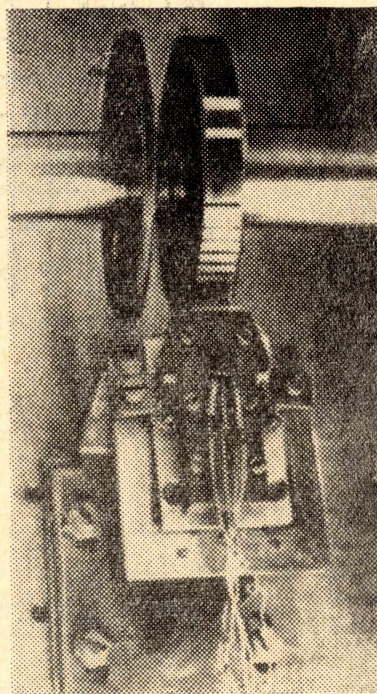


Рис. 1. Калибровочный диск с установленным измерительным датчиком.

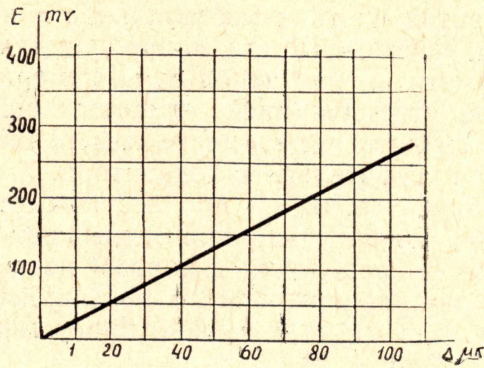


Рис. 2. Градуировочная кривая измерительного датчика.

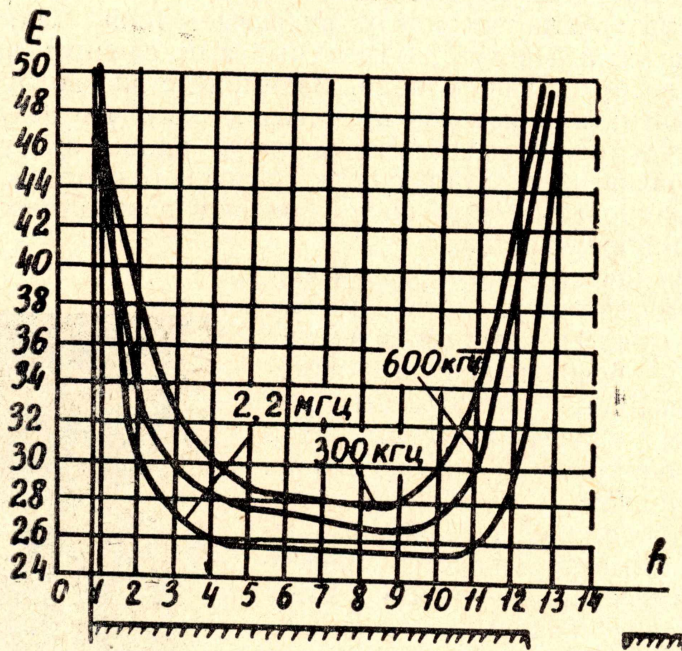


Рис. 3. Зависимость формы импульса (разрешающей способности) от частоты питающего тока.

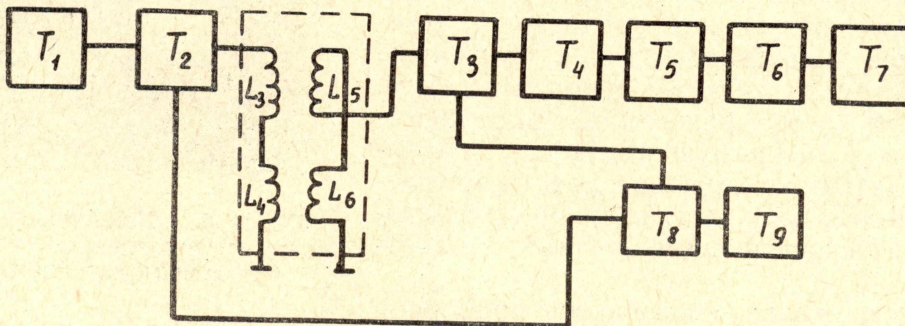


Рис. 4. Принципиальная схема профилометра.

С целью увеличения доли полезного сигнала в общем сигнале на выходе датчика и облегчения настройки на оптимальный зазор измерительного датчика последовательно с ним включен идентичный компенсационный датчик так, что э.д.с. на его вторичной обмотке находится в противофазе с э.д.с. измерительного датчика.

Обмотки возбуждения L_3L_4 обоих датчиков включены последовательно и являются нагрузкой генератора независимого возбуждения (рис. 4), собранного на полупроводниковом триоде П402-Т₂. Возбуждение с частотой 1,5 мГц и амплитудой 0,3 в подается на вход Т₂ с контура LC-генератора.

С изменением величины зазора между датчиком и коллектором реактивное сопротивление обмотки возбуждения меняется примерно в два раза, что влечет за собой соответствующее уменьшение возбуждающего тока при фиксированном U_B на контуре. С целью стабилизации тока возбуждения и, следовательно, исключения погрешности измерений за счет его нестабильности, генератор независимого возбуждения Т₂ имеет большое выходное сопротивление, превышающее в 15—20 раз максимально возможное сопротивление обмотки датчика. Разностная э.д.с., модулированная по амплитуде пластинами коллектора, подается с выхода датчика L_5L_6 на эмиттерный повторитель Т₃ (П403) и далее на вход резонансного усилителя Т₄ (П403). Усиленный в 150 раз сигнал снимается с витков связи контура резонансного усилителя, детектируется на диодах Д2Е и поступает на вход видеоусилителя Т₅; Т₆; Т₇ (П403). Последний каскад видеоусилителя Т₇ является эмиттерным повторителем и служит для согласования выхода видеоусилителя со входом осциллографа ЭО-58М. Для установки оптимального рабочего зазора по минимальной э.д.с. на выходе датчика в схеме имеется милливольтметр, собранный на Т₈; Т₉ (П403), который одновременно используется для калибровки тока генератора.

Питание генератора и измерительной схемы осуществляется от полупроводникового стабилизатора напряжения, дающего на нагрузку $12 \div 21$ в.

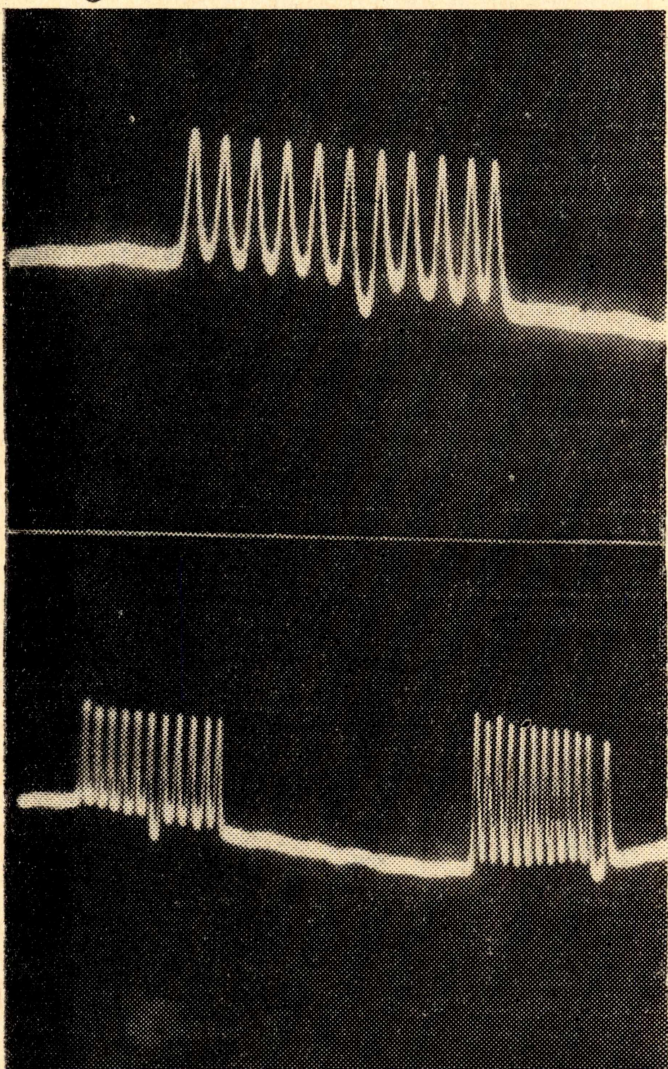
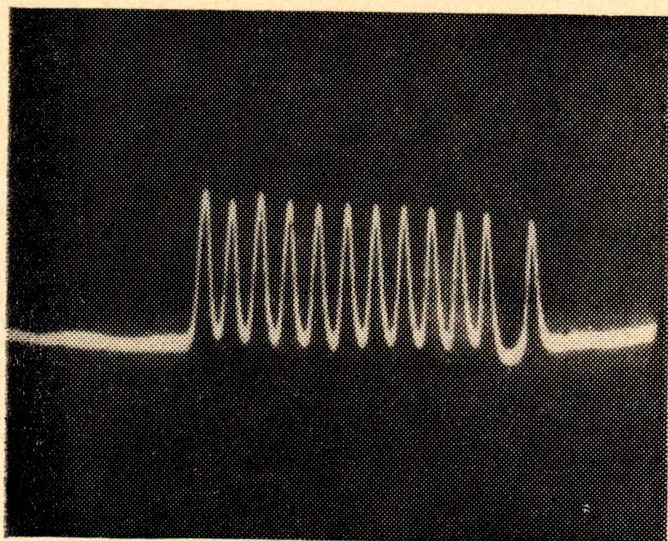
С целью устранения погрешности измерений за счет нестабильности амплитуды сигналов, снимаемых с каскадов схемы измерений, коэффициент стабилизации источника питания доведен до 0,02 проц.

Для настройки и калибровки прибора была сконструирована разгонная установка. Измерительный датчик устанавливается на кронштейне против калибровочного диска и жестко крепится к плите установки (рис. 1). На внешней образующей диска нарезаны две группы зубцов по 10 в группе, разделенных участками с гладкой поверхностью. Ширина зубьев в одной группе 2,5 мм, в другой — 4 мм, высота их 2,5 мм.

На рис. 5 приведены осциллограммы калибровочного диска для полного оборота и четверти оборота. Из осциллограмм видно, что чувствительность прибора к перемещениям поверхности коллектора достаточно велика и составляет примерно $0,1 \div 0,2$ в/мк. Разрешающая способность по ширине пластины несколько хуже для пластин шириной 2,5 мм и значительно лучше для пластин шириной 4 мм.

С целью изучения влияния ширины пластины на форму выходного сигнала был нарезан 5 мм зуб. На осциллограмме рис. 5 а четко выделяется широкий импульс с плоским участком, соответствующий этому зубу. Завал переднего и заднего фронтов импульсов от пластин объясняется характером распределения вихревых токов в поверхности металла. Этот завал можно устранить увеличением частоты питающего тока или уменьшением сечения сердечника датчика. Однако при этом уменьшается чувствительность профилометра.

Развертка осциллографа синхронизировалась по 5 мм зубу, на который наклеивалась фольга толщиной 12 мк. Таким образом, импульс



Р и с. 5. Профилограмма калибровочного диска.
 а — первая группа пластин,
 б — вторая группа пластин,
 в — полный оборот диска.

от зуба, являясь синхронизирующим, одновременно служит эталоном для калибровки прибора.

Рабочий зазор между поверхностью калибровочного диска и измерительным датчиком составляет 100 мк. При уменьшении этого зазора до 75 ÷ 50 мк чувствительность прибора резко возрастает.

Для установки начального зазора измерительный и компенсационный датчики снабжены микрометрическими винтами.

Как видно из осциллограммы, прибор позволяет оценивать как эксцентриситет коллектора, так и его микрорельеф. Размытость вершук импульсов от зубцов и развертки осциллографа объясняется квазислучайными процессами, происходящими в подшипниках при перемещениях шариков за счет неодинаковости их размеров.

При необходимости оценить колебания поверхности коллектора без наложенных колебаний за счет подвижности подшипников и неточной балансировки якоря машины удобно иметь два идентичных датчика, один из которых помещался бы у поверхности коллектора, другой — у поверхности вала. При встречном включении сигнальных обмоток датчиков разностная э. д. с. в точности соответствует форме профиля коллектора. Созданный прибор позволяет благодаря наличию двух датчиков оценить микрорельеф поверхности коллекторов в чистом виде без наложенных ко-

лебаний за счет биений вала, неточности балансировки якоря и т. д.

Таким образом, разработанный профилометр является достаточно точным прибором, дающим возможность комплексного исследования механических факторов, влияющих на коммутацию коллекторных электрических машин. Прибор дает возможность фиксировать перемещения поверхностей исследуемых коллекторов порядка несколько тысячных миллиметра. При уменьшении установочного зазора и увеличении усиления измерительной схемы эта величина может быть значительно уменьшена.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. К. Намитоков, В. Ф. Чепура. Прибор для исследования формы поверхности коллекторов электрических машин. Электричество, № 5, 1958.
2. И. А. Баранов. Измерение деформации коллекторов электрических машин в динамическом режиме. Вестник электропромышленности, № 5, 1958.
3. К. К. Намитоков, В. Ф. Чепура. Измерения вибраций и линейных перемещений при помощи радиоволн СВЧ. Измерительная техника, № 5, 1960.
4. Б. З. Михлин. Высокочастотные емкостные и индуктивные датчики, ГЭИ, 1962.
5. К. К. Намитоков, В. Ф. Чепура, В. Г. Брезинский. Прибор для исследования динамических изменений формы поверхности коллекторов электрических машин. Электромеханика, № 1, 1966.