

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

А. Ю. ЧЕРНЫШЕВ, В. Н. ДМИТРИЕВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

В последние годы приобрела актуальное значение задача обеспечения высокой точности работы электроприводов. В связи с этим возникла необходимость экспериментального определения равномерности вращения электрических машин внутри оборота. На практике нашли применение частотно-оптические и инерционные методы измерения скорости, а также методы, основанные на магнитной записи [1, 2]. Наряду с положительными качествами, эти методы обладают рядом существенных недостатков. Например, к недостаткам известных частотно-оптических устройств можно отнести сложность изготовления установок и трудность обработки полученных данных.

При измерении равномерности вращения с помощью магнитной записи на точность измерения оказывают большое влияние внешние магнитные поля машины. Применение инерционного метода затруднительно в электроприводах, неравномерность вращения которых сопровождается значительными вибрациями электрических машин.

Разработано устройство с линейной характеристикой $U_{\text{вых}} = f(\omega)$ для исследования равномерности вращения электрических машин в условиях вибрации. Устройство (рис. 1) состоит из фотоэлектрического датчика, усилителя и демодулятора частоты.

Фотоэлектрический датчик, состоящий из диска с зубцами по окружности, источника света и фотодиода типа ФД, связан механически с валом двигателя. Источник света и фотодиод расположены таким образом, что при вращении двигателя зубцы диска проходят между ними, при этом с фотодиода снимается пульсирующее напряжение с частотой, пропорциональной скорости вращения (рис. 2, А). Это напряжение подается на вход двухкаскадного усилителя, собранного на транзисторах T_1 — T_3 . Усиленное напряжение (рис. 2, Б) поступает на вход частотного демодулятора.

Цикл демодуляции состоит из двух тактов: нерабочего (нулевой потенциал на выходе усилителя) и рабочего (отрицательный потенциал на выходе усилителя).

В рабочем такте под действием отрицательного потенциала открываются транзисторы T_9 , T_{10} генератора пилообразного напряжения и конденсатор C_4 заряжается через резистор R_{15} . Постоянная времени заряда конденсатора C_4 численно равна периоду напряжения с фотодиода ФД, соответствующего средней скорости вращения.

В момент окончания рабочего такта транзисторы T_9 , T_{10} закрываются и заряд конденсатора C_4 прекращается, логический элемент НЕ

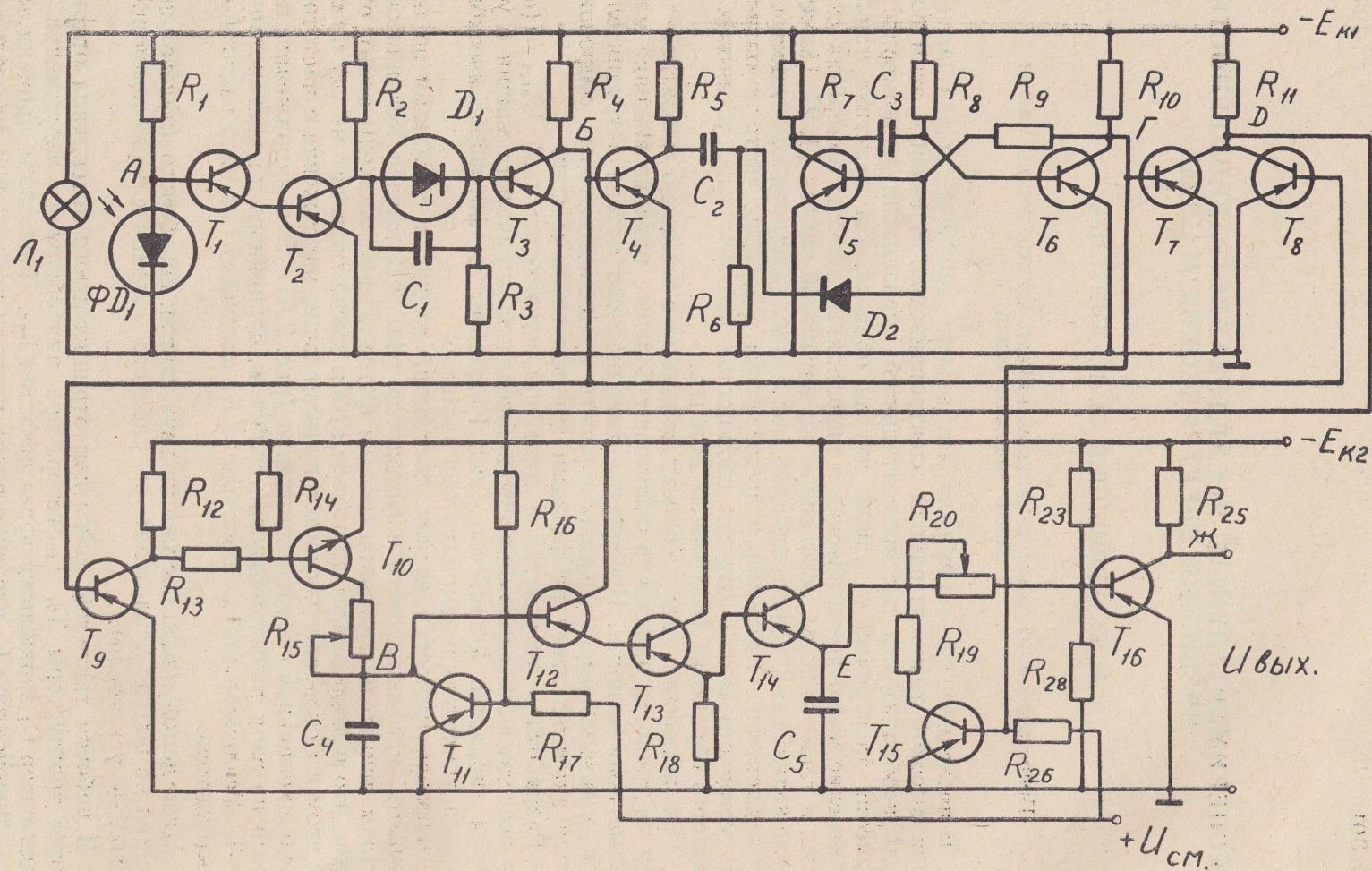


Рис. 1. Принципиальная схема

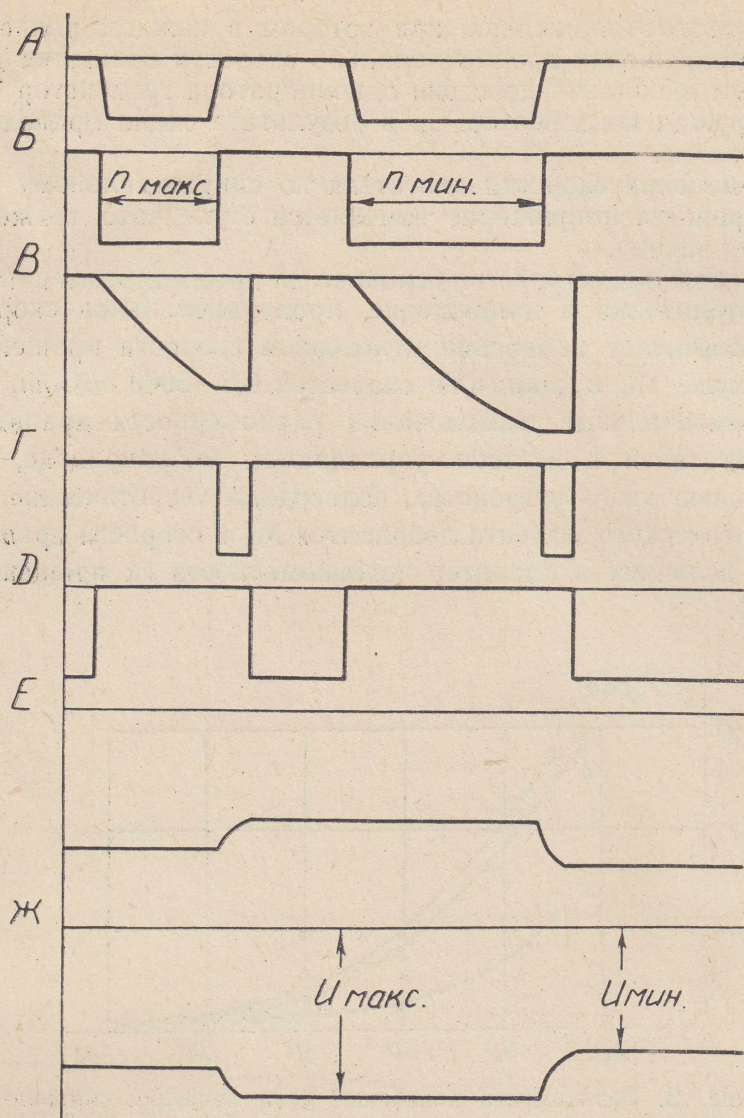


Рис. 2. Диаграммы напряжений

на транзисторе T_4 , инвертируя сигнал усилителя, запускает одновибратор на транзисторах T_5 , T_6 через дифференцирующую цепочку C_2R_6 . На время действия одновибратора логический элемент ИЛИ-НЕ на транзисторах T_7 — T_8 запрещает срабатывание ключевого устройства на транзисторе T_{11} (рис. 2,Д). Напряжение на конденсаторе C_4 запоминается (рис. 2,В). Это напряжение передается через эмиттерный повторитель на транзисторах T_{12} , T_{13} на выходное запоминающее устройство, выполненное на транзисторах T_{14} , T_{15} , запоминающем конденсаторе C_5 и разрядном резисторе R_{19} . Транзистор T_{15} , открываемый во время действия одновибратора, разряжает запоминающий конденсатор C_5 . Параметры разрядной цепи подобраны таким образом, что к моменту окончания импульса одновибратора напряжение на конденсаторе C_5 (рис. 2,Ж) пропорционально напряжению на конденсаторе C_4 . Напряжение на конденсаторе C_5 сохраняется один цикл, оно обратно пропорционально скорости вращения электрической машины.

Рабочая точка усилителя на транзисторе T_{17} выбрана таким образом, что изменения напряжения на его входе приводят к такому изме-

нению выходного напряжения, при котором в каждом цикле значение выходного напряжения пропорционально скорости вращения двигателя.

В момент окончания действия одновибратора транзистор T_{11} открывается, разряжая конденсатор C_4 , в результате схема приводится в исходное состояние.

При изменении скорости двигателя по синусоидальному закону на выходе устройства напряжение изменяется ступенчато также по синусоидальному закону.

Таким образом, устройство основано на преобразовании частоты импульсов фотодатчика в напряжение, пропорциональное скорости вращения, обеспечивает измерение мгновенной скорости вращения с точностью не хуже 1% в диапазоне скоростей 0,5—5000 об/мин.

Экспериментальные исследования равномерности вращения синхронных двигателей в частотно-управляемом виброприводе, проведенные с помощью этого устройства, подтвердили теоретические выводы о влиянии статического момента дебалансов M_g и скорости вращения двигателей на величину и характер неравномерности их вращения внутри оборота [3].

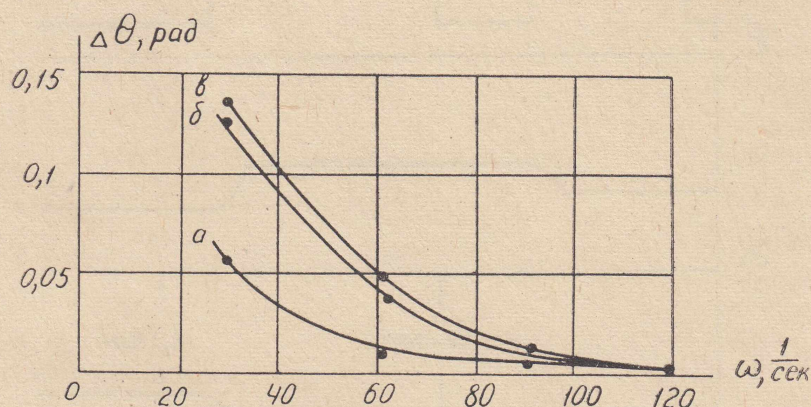


Рис. 3. Зависимость колебания угла нагрузки синхронного двигателя от скорости вращения: а — $M_d=0,5$ Нм; б — $M_d=2,5$ Нм; в — $M_d=5,0$ Нм; ● — результаты эксперимента

На рис. 3 представлены кривые колебания угла нагрузки двухполюсного синхронного двигателя ($P=2,2$ кВт, $n=3000$ об/мин, $J_p=0,0048$ кгм²) в диапазоне 30÷120 1/сек для различных статических моментов дебалансов.

Увеличение скорости вращения двигателя приводит к уменьшению колебаний угла нагрузки, причем на высоких скоростях возрастает влияние периодической составляющей момента с двойной частотой вращения (рис. 4).

Рост колебаний угла нагрузки синхронного двигателя при увеличении статического момента дебалансов в значительной степени зависит от соотношения моментов инерции двигателя J_p и дебалансных масс J_g . Наибольшее увеличение $\Delta\theta$ с изменением статического момента дебалансов наблюдается при соотношении $J_g=1\div 5J_p$.

Результаты, полученные с помощью рассмотренного устройства, хорошо согласуются с расчетными.

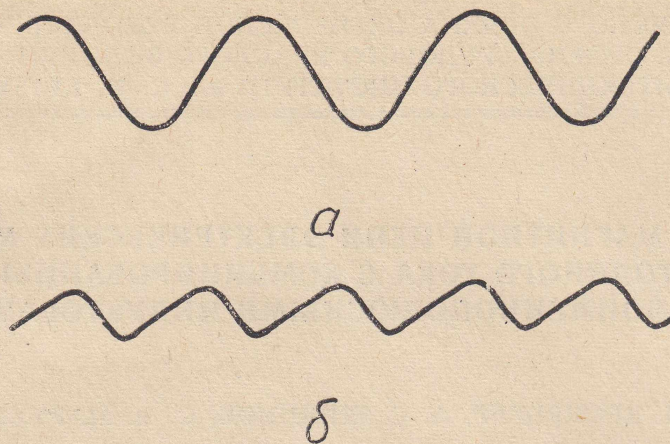


Рис. 4. Осциллограммы скорости вращения синхронного двигателя: а — $\omega=40$ 1/сек; б — $\omega=100$ 1/сек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микроэлектродвигатели для систем автоматики. Техн. справочник под ред. Э. А. Лодочникова и Ф. М. Юферова. М., «Энергия», 1969.
2. Г. М. Торбенков, В. П. Скуридин, А. А. Триницкий. Прибор для осциллографирования рабочего цикла тихоходного синхронного двигателя во время переходных процессов. «Электромеханика», 1969, № 1.
3. Г. А. Сипайлов, В. Н. Дмитриев, В. Ф. Кулаков. Анализ работы синхронных двигателей на вибрационную нагрузку. Известия ТПИ, т. 200, Томск, изд-во ТГУ, 1974.