

## Балансировка якорей и роторов электрических машин ручного электроинструмента

Емелин Антон Валерьевич, кандидат технических наук, доцент  
Зименский Артем Сергеевич, инженер  
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (г. Краснодар)

**Аннотация.** В работе рассмотрена балансировка роторов и якорей машин ручного электроинструмента малой мощности, способы повышения ее точности и уменьшения трудозатрат.

**Ключевые слова:** балансировка, ось вращения, якорь, ротор, ручной электроинструмент, дополнительный груз, шарнир равных угловых скоростей.

После капитального ремонта ось инерции якорей (ротора) практически всегда не совпадает с осью вращения, что происходит из-за неравномерного распределения масс деталей, как самого ротора, так и устанавливаемых на якоря при изготовлении и ремонте, также смещение оси инерции может возникать в машинах в процессе эксплуатации. Такие якоря называют неуравновешенными. Данный фактор вызывает вибрацию электрических машин, которая разрушает подшипники, обмотку, ухудшает коммутацию, приводит к преждевременному выходу электромашины из строя. Вибрация также вредно влияет на обслуживающей персонал, механизмы, приводимые во вращение, здания и сооружения[1, с. 135]. В сельском хозяйстве вибрация негативное воздействие оказывает на животных. Частота вибраций от неуравновешенности чаще всего соответствует частоте вращения якоря. Для устранения или значительного уменьшения вибрации используют технологическую операцию – балансировку.

Балансировка любой детали осуществляется двумя способами. Первый заключается в удалении металла в нагруженной части, второй – в добавлении грузов в наиболее легкой части.

Различают три вида неуравновешенности: статическую, моментную и динамическую. Статическую неуравновешенность можно устранить способами статической или динамической балансировки, а остальные только динамической балансировкой[2, с. 26]. Чаще всего заводом производителем электрической машины предусмотрены определенные конструктивные элементы или места для добавления груза или снятия материала.

Статическая балансировка роторов или других вращающихся частей допускается только в том случае, когда диаметр их значительно больше длины (в пять и более раз).

Якорь (ротор) устанавливается на стальные параллельные призмы или ролики, поверхность которых должна быть гладкой. При балансировке вентилятора, шкивов, маховиков или других деталей, не имеющих собственного вала, деталь надевается на специальный технологический вал[3, с. 197]. Этот вал должен быть изготовлен таким образом, что бы окружность вращения детали была строго перпендикулярна оси вращения вала в пространстве.

Якорь устанавливается на призмы, и выводится из равновесия, придав ему некоторое ускорение. Неуравновешенный якорь остановится после нескольких качаний тяжелым местом вниз. Дополнительный

груз закрепляют в лёгком месте, в верхней части якоря, подбирая его массу таким образом, что бы якорь после вывода из равновесия останавливался без качания, т.е. находился в состоянии безразличного равновесия. Определив массу дополнительного груза, проводят заключительную операцию по добавлению стационарного груза в легком месте или удалению массы в тяжелом месте. Вид технологической операции зависит от конструктивного исполнения вала[4, с. 1799].

Динамическую балансировку производят на специальных балансировочных станках. Современные станки совмещают две функции: определение массы и месторасположение грузов на валу. Деталь устанавливается в станок на специальные опоры. Опоры могут совершать колебательные движения в плоскости перпендикулярной его оси[5, с. 47].

Ротор приводится во вращение через специальную эластичную муфту, вызывает колебания опор, на которых он покоится. Опоры через специальные тяги передают свои колебания магнитам, находящимся в катушках. В катушках наводится ЭДС, пропорциональная частоте и амплитуде колебания. После значительного усиления и преобразования сигнал поступает на цифровые или аналоговые приборы. Чаще всего при балансировке электрических машин ручного электроинструмента ротор делится на две части, т.к. конструктивно длина ротора значительно больше его диаметра. Так же перед заключительной сборкой необходимо произвести замеры биения вала ротора и мест крепления подшипников. Это связано с тем, что современные двигатели имеют небольшой зазор между ротором и статором. Опытным путем было установлена величина зазора: не менее 0,7мм т.к в процессе эксплуатации детали электрического прибора могут нагреваться до разных значений температур и разные детали машин имеют разный коэффициент температурного расширения. При измерении зазора необходимо произвести измерения минимум в 6 местах разбив окружность на 6 секторов (600). Особенно эта операция важна при ремонте посадочных мест под подшипники т.к. часто отсутствуют базовые места на крышках подшипников, на которые можно ориентироваться при восстановлении отверстий[6, с. 61].

При проведении ремонтных работ на ручном электроинструменте была выявлена следующая особенность: на части инструмента после ремонта появлялась дополнительная вибрация, после обязательной операции по балансировке роторов. При этом

стоит отметить, что количество возвратов, связанных с вибрацией для двигателей малой мощности для ручного инструмента составлял 15-16% от общего количества отремонтированных двигателей, для двигателей ручного электроинструмента мощностью более 1,5 кВт -3-4%, для все остальных не более 1%.

Была проведена тарировка станков: проверка станка на эталонных валах. Показатели погрешности станков укладывались в заводские требования. Были предложены две причины возникновения ошибок при балансировке валов электрических машин небольшой мощности:

1 Отклонение от нормативных значений показателей качества электрической энергии[7, с. 88].

2 Отклонение закреплённой детали относительно оси вращения.

Первая причина бала обнаружена при помощи лабораторного автотрансформатора ЛАТР 746-33. Опытным путем были получены следующие данные: балансировку детали можно проводить при отклонении входного напряжения не более чем на 7% от номинального. Решением данной проблемы может быть установка входного стабилизатора напряжения на каждый балансировочный станок[8, с. 62].

Вторая причина является следствием малой массы балансируемой детали это объясняется тем, что большинство станков универсальные, рассчитаны на обслуживания электрических машин широкой линейки мощностей. Следует также учитывать значительную длину валов по отношению к их диаметру, что характерно для электрических машин ручного электроинструмента.

#### Литература:

1. Атабеков В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин. М.,1983.
2. Емелин А.В., Савенко А.В., Зименский А.С. Методика обработки результатов энергоаудита. В сборнике: Современное развитие науки: вопросы теории и практики Сборник материалов II-ой международной научно-практической конференции. 2016. С. 26-27
3. Савенко А.В., Емелин А.В. Математическое моделирование системы электроснабжения и электропотребления предприятия АПК при проведении на нем экспресс-энергоаудита. Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. 2008. Т. 1. С. 196-199.
4. Савенко А.В., Емелин А.В., Удалий М.В. Аппаратные средства определения относительного отклонения напряжения и коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой и обратной последовательности на предприятиях АПК. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар.2015. № 111. С. 1797-1811.
5. Емелин А.В., Савенко А.В. Определение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 46-49.
6. Тропин В.В., Савенко А.В., Емелин А.В. Методика определения потерь энергии в четырехпроводной электрической сети по показаниям счетчиков электроэнергии. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2007. № S1. С. 61-62.
7. Емелин А.В., Вельмисев В.С., Калюта М.А Проблемы качества электроэнергии в современном производстве. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А. 2019. С. 88-89.
8. Амерханов Р.А., Савенко А.В., Емелин А.В. Методика и аппаратные средства проведения обследования систем электроснабжения предприятий АПК. Энергосбережение и водоподготовка. 2018. № 4 (114). С. 60-65.
9. Тропин В.В., Савенко А.В., Емелин А.В. Фильтр напряжения обратной последовательности. Патент на изобретение RU 2353943 C1, 27.04.2009. Заявка № 2008110252/09 от 17.03.2008.

Для передачи крутящего момента на деталь в станках использоваться прямой привод через специальные муфты. Даже при незначительном отклонении детали от центральной оси вращения станка возможна значительная погрешность в определении места установки и массы дополнительных грузов или места съема металла с ротора. Установка детали требует значительных трудозатрат и может занимать до 50% времени у оператора станка, т.к. приходится несколько раз снимать и ставить муфту. Чаще всего в станках используются резиновые муфты, главный недостаток которых незначительный угол отклонения от оси вращения. Была предложена идея использовать вместо резиновой муфты шарнир равных угловых скоростей (ШРУС). Главное преимущество ШРУСа возможность передачу крутящего момента при углах поворота от 1 до 60 градусов относительно оси. Так же применение ШРУСа позволяет закрепить деталь с первого раза, позволяет сократить время обработки одной детали на 15-20%. Стоимость и срок эксплуатации ШРУСа сопоставимы с резиновой муфтой.

Предложенная конструкция была испытана на балансировочных станках электроремонтного завода. Количество возвратов связанных с вибрацией для ручного электроинструмента уменьшилось с 16% до 2% от общего количества ремонта электродвигателей, и стала сопоставима с количеством для остальных групп электродвигателей. Окупаемость предложенных технических решений составляет 3-6 месяцев и позволяет в дальнейшем производить более качественный ремонт.