

Публикацию подготовил  
Станислав ЗИГУНЕНКО

# Приключения обмотки асинхронного двигателя

«...Велосипед изобретать не надо.» Это аксиома, которую многим из нас вдалбливают с раннего детства.

Ещё одна премудрость, которую, среди прочего, преподают в инженерных вузах: сложнее всего изобретать простые вещи, и это действительно так. А потому в 95% случаев и не стоит пытаться создавать заново, например, гвозди, подшипники, зубчатые передачи и электрические машины. Это уже давно изобретено, сведено в таблицы типоразмеров. Выбирай нечто мудрёное, но подходящее, вставляй в свою конструкцию и не забивай себе голову...

Большинство так и поступает. Но время от времени находятся совсем уж «отчаянные головы». Вот с такими людьми мне и довелось недавно познакомиться в г. Зеленограде. Генеральный директор ООО «АС и ПП» Игорь Николаевич Яковлев; руководитель проекта, он же главный конструктор, Дмитрий Александрович Дуюнов и их коллеги рассказали и показали мне, что иногда получается, если позволить себе роскошь усомниться в некоторых, казалось бы прописных, истинах.

Но сначала несколько слов о самой фирме, «широко известной в узких кругах», как шутят её создатели и сотрудники. Начинали они свою деятельность с проектирования источников питания и систем управления, а потом стали позволять себе и некоторые другие «вольности». Одна из наиболее известных разработок — изготовленный серийно многофункциональный портативный плазменный комплекс



**Внешне двигатель с совмещёнными обмотками выглядит вполне обыденно...**

«Горынычъ», в котором для пайки, сварки, резки и других видов термической обработки негорючих материалов в качестве рабочей жидкости чаще всего используется обыкновенная... вода, а в исключительных случаях — водные растворы спиртов.

А ещё здесь разработали тихоходный электрогенератор БСГ-4, бесшумный ветрогенератор роторного типа, бесполтинную микроГЭС на базе гидротарана, высоконадёжную систему зажигания для двигателей внутреннего сгорания, парожидкостной плазмотрон, источник питания для гальванических процессов, быстрозарядное устройство для аккумуляторных батарей электротранспортных средств и т.д. О некоторых из этих разработок, будет случай, мы с вами поговорим более подробно (например, как в стакане воды с помощью «Горыныча» получить наноалмазы).

Нынешний же рассказ — об электрических машинах, а точнее об одном из самых распространённых ныне — асинхронном электродвигателе. Том самом, который, вроде, как и гвоздь, изобретать уже не стоит.

Если вы заглянете в учебник физики или электротехники, то узнаете, что все электродвигатели делятся на два больших класса — синхронные и асинхронные. Синхронные обладают более высоким коэффициентом мощности и перегрузочной способностью, но более капризны в эксплуатации. Требуют возбуждения ротора постоянным током, пускового режима и т.д., а потому исторически так сложилось, что в быту и промышленности чаще используются именно асинхронные двигатели переменного тока, как более простые и надёжные.

— В каждой квартире асинхронных двигателей, наверное, больше, чем жильцов, — сказал Игорь Николаевич Яковлев. — Загляните хотя бы в стиральную машину, кухонный комбайн, магнитофон, персональный компьютер, — всюду, кроме прочего, крутятся, делая своё дело, асинхронные электродвигатели...



Генеральный директор ООО «АС и ПП»  
Игорь Николаевич Яковлев

Всего в России, по словам Яковлева, на долю асинхронных двигателей, по разным оценкам, приходится от 47 до 53% потребления всей вырабатываемой электроэнергии. В промышленности — в среднем 60%, в системах холодного водоснабжения — до 80%. Словом, они помогают осуществлять практически все технологические процессы, связанные с вращением, и охватывают почти все сферы жизнедеятельности человека. — И если каждый из этих двигателей сделать хоть чуть-чуть экономичнее, то «копеечная» экономия обернётся весьма солидным экономическим эффектом, — подключился к разговору Дмитрий Александрович Дуюнов. — По нашим подсчётам, Московская область при незначительных затратах может сэкономить, как минимум, свыше 10 млрд рублей в год. А всего по стране ежегодная экономия составит порядка 236 млрд рублей!

Причём делать для этого ничего особо героического не требуется. В простейшем случае модернизация выглядит так. Сгорел на производстве какой-то электродвигатель. Его отдают в ремонт перемотчику, объясняют, как и по какой схеме теперь надо намотать обмотки. Через пару дней двигатель забирают обратно, ставят на место, и он продолжает выполнять те же функции с одной лишь разницей — модернизированный мотор будет потреблять на 30, а то и на все 50% меньше электроэнергии!

И это при том, что ещё недавно экономия в 1-2% на мощных и на 4-5% на небольших, так называемых энергоэффективных, двигателях считалась уже вполне приличным показателем.

Известно, что средняя загрузка электродвигателя (отношение мощности, потребляемой рабочим органом машины, к номинальной мощности электродвигателя) в отечественной промышленности составляет 0,3-0,4. В европейской практике эта величина составляет уже 0,6. Это значит, что двигатель работает с КПД значительно ниже номинального, как «у нас», так и «у них».

Завышенная мощность двигателя часто приводит к довольно существенным отрицательным последствиям в обслуживаемом оборудовании, например к излишнему напору в гидравлических сетях. Что, в свою очередь, ведёт к более быстрому износу самой гидравлики.

В отличие от стандартных, модернизированные двигатели с так называемыми совмещёнными обмотками имеют КПД и коэффициент мощности, близкие к номинальным в широком диапазоне нагрузок. Это позволяет повысить среднюю нагрузку на двигатель до 0,8. Благодаря этому, асинхронные двигатели с совмещёнными обмотками создают более широкие возможности для создания новых энергосберегающих технологий.

Теперь попробую конкретизировать высказанное, рассказав о сущности разработки так, как её понял.

Обычно промышленные двигатели запитывают от трёхфазной сети. Точнее, она имеет три фазы — А, В и С, а также нулевой провод или «землю». В зависимости от схемы подключения трёхфазной нагрузки к сети («звезда» или «треугольник») можно получить две системы токов.

— Однако, если подумать, — говорит Дмитрий Александрович, — к трёхфазной сети можно подключить электродвигатель, имеющий не трёхфазную обмотку, а шестифазную, совместив две схемы в одной обмотке — «звезду» и «треугольник». Такое совмещение позволяет улучшить форму магнитного поля в рабочем зазоре двигателя и, как следствие, существенно улучшить основные характеристики двигателя.

Поле в рабочем зазоре стандартного двигателя лишь условно можно назвать синусоидальным. На самом деле оно имеет вид ступенчатой кривой. В результате этого в двигателе возникают гармоники, вибрации и тормозящие моменты, которые оказывают отрицательное воздействие на двигатель и ухудшают его рабочие характеристики. Поэтому стандартный асинхронный двигатель обладает приемлемыми (заявленными) характеристиками только в режиме номинальной нагрузки. При нагрузке, отличной от номинальной, характеристики стандартного двигателя резко ухудшаются, снижается коэффициент мощности и КПД, возникают шумы и вибрации.

— Совмещённые обмотки позволяют уменьшить уровень магнитной индукции полей от нечётных гармоник, что приводит к существенному снижению общих потерь в элементах магнитопровода двигателя и повышению его перегрузочной способности и удельной мощности, — уточнил Дмитрий Александрович. И добавил, что такая, вроде бы простая, техническая «хитрость» также позволяет изготавливать двигатели для работы на более высоких частотах питающего напряжения при использовании сталей, рассчитанных для работы на частоте 50 Гц.

Наконец, двигатели с совмещёнными обмотками обладают меньшей кратностью пусковых токов при более высоких пусковых моментах. Они генерируют меньше помех в сеть и меньше искажают форму питающего напряжения, что имеет существенное значение для целого ряда объектов, оснащённых сложной электроникой и вычислительными системами.

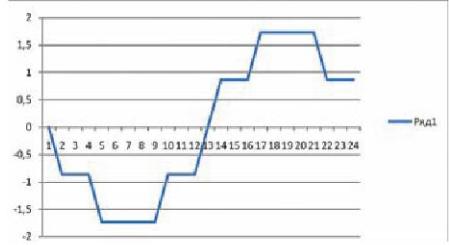
Научная же новизна разработки заключается в том, что сформулированы новые принципы конструирования обмоток асинхронных двигателей, а также выбора оптимальных соотношений чисел пазов ротора и статора. На их основе разработаны промышленные конструкции и схемы однослойных и двухслойных совмещённых обмоток, как для ручной, так и для автоматической их укладки в пазы. Многие из них уже запатентованы в Роспатенте. Готовятся заявки на патентование и за рубежом.

Модернизационный потенциал новых двигателей далеко не исчерпан, но это уже, как говорят изобретатели, наше «ну-хау».

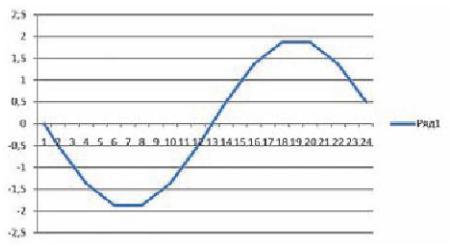
Ещё одно преимущество данной разработки состоит в следующем.

В последние годы на рынке появились преобразователи частоты, которые дают возможность широко использовать регулируемые асинхронные приводы. Хотя стоят они в 2-3 раза дороже самих двигателей, эти приводы позволяют в ряде случаев снизить потребление электроэнергии и улучшить тяговые характеристики привода, приблизив их к характеристикам привода с двигателем постоянного тока.

Однако надёжность частотных регуляторов также в разы ниже, чем у электродвигателей. Поэтому далеко



**Форма поля в рабочем зазоре стандартного двигателя**



**Форма поля аналогичного двигателя с совмещёнными обмотками**

не каждый потребитель рискнёт вложить огромные деньги в установку частотных регуляторов.

Если же использовать частотно-регулируемый привод на базе двигателей с совмещёнными обмотками и повышенной частотой питающего напряжения, его себестоимость получается существенно ниже. Кроме того, значительно снижаются шумы и вибрации.

— Ни одним другим известным способом невозможно столь радикально и эффективно улучшить механические характеристики существующего парка двигателей, — подытожил наш разговор гендиректор ООО «АС и ПП» Игорь Николаевич Яковлев: — Результаты стендовых испытаний, проведённых Центральной заводской лабораторией ЗАО «УралЭлектро-К» в г. Медногорске, подтверждают заявленные параметры. Аналогичные результаты получены и при проведении испытаний в НИПТИЭМ (г. Владимир).

Производить же серийно двигатели с совмещёнными обмотками можно на тех же предприятиях и на том же оборудовании, которое имеют основные отечественные производители асинхронных двигателей. И при этом не требуется существенно менять технологию производства.

Вот только бы быстрее всё это надо делать. А то уж больно медленно русские запрягают... Но тут, к сожалению, далеко не всё зависит от моих новых знакомых. Государственные чины тоже должны «крутиться быстрее» в продвижении «нового велосипеда». **тм**