

РАЗРАБОТКА СЕРИИ 3-ФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРО- ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИНСТРУМЕНТА

В. А. Архипенко, Н. И. Пашинская, А. И. Гуляева

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

С развитием промышленности и строительства потребность народного хозяйства в электрифицированном инструменте растет с каждым годом. Так, по данным Всесоюзного научно-исследовательского института строительного и механизированного инструмента потребность электроинструмента с приводом от асинхронных двигателей частотой 50 и 200 *гц* за 1970—1975 гг. составляет 17 млн. штук.

Современный переносной электроинструмент отечественного производства выпускается как с коллекторными электродвигателями переменного тока типа КН, так и с трехфазными асинхронными двигателями типа АН (частота сети 50 *гц*) и АП (частота 200 *гц*). Электродвигатели типа КН, АН, и АП выпускаются в соответствии с требованиями ГОСТ 10085-62. Основным недостатком отечественных машин — недостаточно надежная защита от поражения электрическим током. Электродвигатели для инструмента выпускаются напряжением 220 и 36 *в*. При работе с инструментом напряжением 220 *в* применяются защитные средства от поражения электрическим током (коврики, перчатки и т. д.), что создает определенные неудобства и снижает производительность труда.

В настоящее время в соответствии с рекомендациями международной комиссии по испытанию электрооборудования с целью повышения электробезопасности и удобства эксплуатации разрабатывается и внедряется инструмент, имеющий дополнение к функциональной изоляции, защитную изоляцию от поражения электрическим током. Дальнейшее совершенствование серии электродвигателей для инструмента, а также необходимость повышения безопасности работ обуславливает целесообразность проектирования новой единой серии машин с двойной изоляцией (функ. и защит.).

При проектировании унифицированной серии 3-фазных асинхронных электродвигателей частотой 50 *гц*, мощностью 120, 180, 250, 370, 550, 750, 1100 *вт*, с синхронной скоростью вращения 3000 об/мин, с двойной изоляцией напряжением 220/380 *в* и без двойной изоляции напряжением 36 *в*, а также частотой 200 *гц*, мощностью 25, 40, 60, 90, 120, 180, 250, 370, 550, 750, 1100, 1500, 2200 *вт*, с синхронной скоростью 12000 об/мин, напряжением 220 *в*, с двойной изоляцией из 36 *в*, без двойной изоляции выполнен большой объем расчетно-теоретических работ по определению оптимальных соотношений конструктивных и технико-экономических параметров каждого двигателя. Эта задача была решена с помощью электронной вычислительной машины «Минск-22», что позволи-

ло при автоматическом поиске определить все необходимые оптимальные параметры серии двигателей. Известно, что направление поиска и разработки определяется выбранными критериями оптимизации. При разработке оптимальной серии двигателей для электроинструмента и составлении методики расчета исследовались следующие вопросы:

- а) получение двигателей с минимальными суммарными затратами на их производство и эксплуатацию;
- б) обеспечение гарантированных рабочих и эксплуатационных характеристик;
- г) эксплуатационная надежность;
- д) электробезопасность двигателя.

Задача обеспечения электробезопасности двигателей для электроинструмента напряжением 220/380 в решена введением защитной изоляции между пакетом статора и корпусом и между валом и сердечником ротора. Электродвигатели напряжением 36 в рассчитывались без защитной изоляции. Исполнение электродвигателей защищенное, продуваемое с аксиальными каналами, расположенными между сердечником статора и защитной изоляцией в электродвигателях с напряжением 220/380 в и между сердечником статора и корпусом в электродвигателях напряжением 36 в. Охлаждение осуществляется вентилятором, встроенным в электродвигатель. Общий вид двигателя с двойной изоляцией представлен на рис. 1.

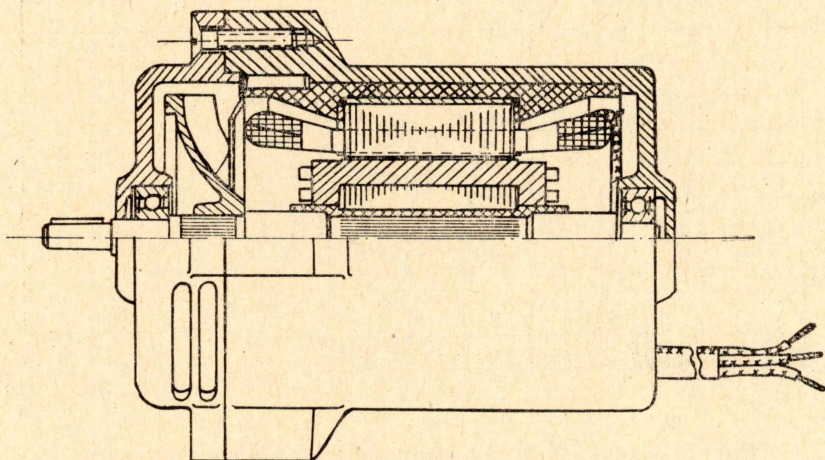


Рис. 1. Общий вид электродвигателя с двойной изоляцией

Учитывая большую потребность и применение двигателей в переносном электроинструменте, были приняты основные критерии оптимизации получения минимальной суммарной стоимости при изготовлении и эксплуатации и минимального веса двигателей. Получение необходимых рабочих и эксплуатационных показателей при расчете серии двигателей по критериям оптимизации обеспечивалось лимитируемыми значениями кратности пускового тока k_1 , кратности пускового и максимального моментов $k_{п}$, $k_{м}$, установившимся превышением температуры обмотки статора $\Theta_{сиср}$ °С, а также скоростью нарастания температуры в режиме короткого замыкания Т°С/сек. Ввиду сложности описания критерия надежности аналитическими зависимостями и отсутствия достаточно обоснованных данных в расчете не предусматривают поиска по критерию надежности. Двигатели, удовлетворяющие заданным значениям лимитируемых показателей, получены в результате одновременного варьирования внешнего диаметра статора, активной длины пакета статора, диаметра расточки, ширины и высоты зубца, а также индукции в воздушном зазоре. Диапазон изменения варьированных величин

широкий. Методика включала в себя электромагнитный, вентиляционный, тепловой расчеты, а также расчет веса и стоимости двигателя.

Для определения оптимальных параметров двигателей на ЭЦВМ была проведена серия поисковых расчетов. Поисковые расчеты выполнялись по критерию минимальной общей стоимости и минимального общего веса каждого электродвигателя проектируемой серии, т. е. были определены идеальные двигатели с минимальными стоимостями и весами. При этом каждый двигатель серии имел свои размеры, отличающиеся от других, что затрудняло выполнить их унифицированными.

Для унификации серии было представлено на диаграмме (рис. 2) изменение полной стоимости с учетом потребности за 1970—1975 гг. от наружного диаметра статора двигателей, рассчитанных по минимальной стоимости и минимальному весу. Исходя из этой диаграммы были выбраны базовые двигатели, имеющие наибольшую полную стоимость.

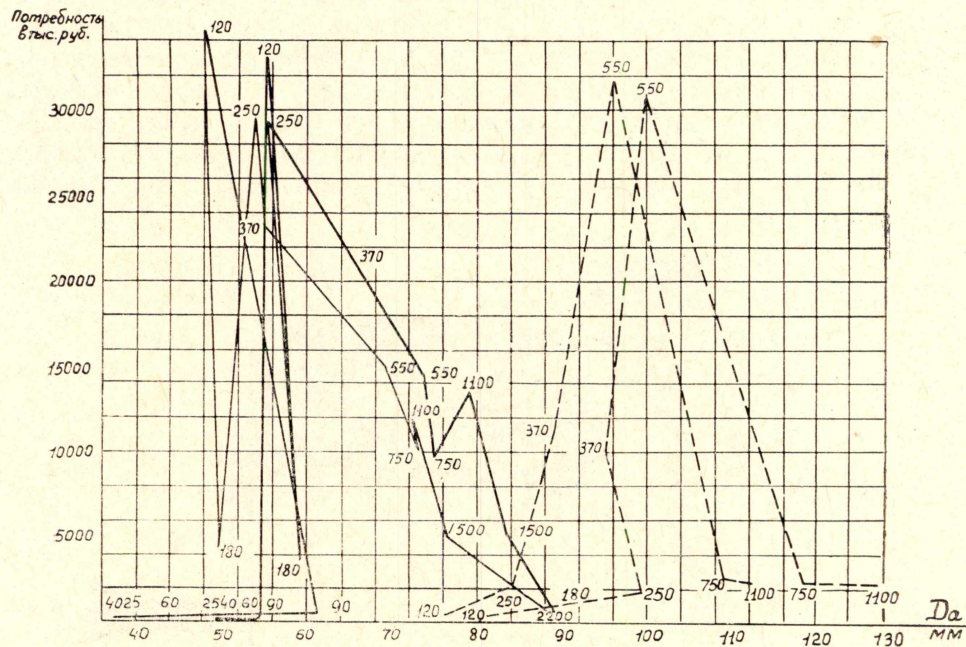


Рис. 2. Зависимость суммарной стоимости идеальной серии от наружного диаметра статора.

Двигатель 200 гц, 36 в — по минимуму стоимости, — — — по минимуму веса. Двигатели 50 гц, 220 в — по минимуму стоимости, — — — по минимуму веса

Под полной стоимостью подразумевается произведение стоимости оптимального двигателя на потребность за 1970—1975 гг. Наружные диаметры базовых двигателей были приняты близкими к размерам, отвечающим экономическому раскрою листового материала. Двигатели, имеющие низкую полную стоимость, но близкие к базовым по своему наружному диаметру, рассчитывались на диаметре базовых двигателей. Некоторые двигатели были рассчитаны на нескольких диаметрах, например, 50 гц, 220/380 в, мощностью 1100 вт рассчитывался на диаметре 102 и 120 мм, 200 гц, 36 в, мощностью 370 вт рассчитывался на диаметре 56, 63, 70 мм.

После экономического сравнения вариантов было принято 6 габаритных диаметров 42, 56, 70, 76, 92 и 102 мм, что при их наименьшем числе позволило получить оптимальную серию двигателей, которая дороже идеальной лишь на 1%.

С целью возможности модернизации существующей серии был проведен поисковый расчет двигателей на активном железе (двигателей серий АН и АП). Оптимальный вариант в этом случае определялся изменением длины активной части магнитного потока. При этом оказалось, что стоимость серии в этом случае больше на $12 \div 12,5$ млн. р., вес активных материалов больше на 12%.

Сравнение энергетических показателей разрабатываемых, существующих и двигателей, рассчитанных на базе существующей серии АН и АП, приводится на рис. 3. При этом оказывается, что вновь разработанные двигатели по своим параметрам значительно лучше существующих. Так, у двигателей частоты 50 гц значение к.п.д. выше на 10%, для мощностей 120, 180 вт, для других мощностей увеличение к.п.д. несколько меньше. Кроме того, объем активной части этих двигателей меньше на $6 \div 11$ %, вес обмоточной меди меньше на $6 \div 8$ %, чем у существующих двигателей частоты 50 гц серии АН. Для двигателей частоты 200 гц энергетические показатели также в целом выше, а объем активной части и вес меди ниже.

Необходимо отметить, что двигатели частоты 200 гц имеют меньшее значение скорости нарастания температуры при коротком замыкании (Т). Для проектируемых двигателей значение Т не превышает $\frac{12^\circ\text{C}}{\text{сек}}$,

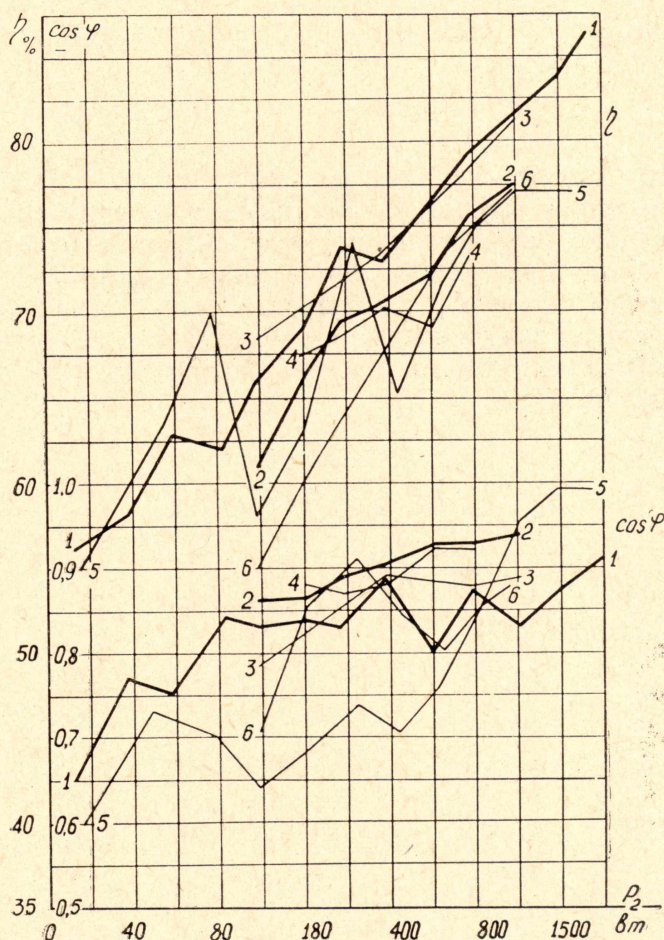


Рис. 3. Значения η и $\cos\varphi$ для серии электродвигателей $U=220$ в.

Двигатели 220 гц: 1—1 проектируемые, 3—3 на базе двигателей типа АП, 5—5 существующие двигатели типа АП. Двигатели 50 гц: 2—2 проектируемые, 4—4 на базе двигателей типа АН, 6—6 существующие двигатели типа АН

а у существующих двигателей $T = 18 \div 22 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{сек}}$, что приводит к снижению надежности существующих двигателей.

Энергетические показатели двигателей, рассчитанных на базе существующих, отличаются от проектируемой серии незначительно (порядка $1 \div 3\%$), однако вес активных материалов больше, чем для оптимальных двигателей. Так, у двигателей частоты 50 гц увеличение веса меди достигает 50% при уменьшении веса активного железа только на 10% . Двигатели частоты 200 гц имеют увеличение веса активного железа на $18 \div 30\%$ при практически неизменном весе активной меди. В целом для всей серии на базе существующих двигателей увеличение веса обмоточной меди по сравнению с оптимальной серией составляет 20% , веса активного железа— 9% .

Сравнение энергетических и пусковых показателей двигателей спроектированной серии с зарубежными образцами приведено ниже.

Таблица 1

	К.п.д.	$\text{Cos}\varphi$	Краткость пускового момента
ЧССР («МЕЗ»)	$70 \div 72\%$	$0,79 \div 0,89$	$2,3 \div 3,3$
Бельгия («АСЕС»)	$65,5 \div 73\%$	$0,78 \div 0,85$	$2,1 \div 2,4$
Разработанные двигатели	$69,7 \div 72,1\%$	$0,89 \div 0,92$	$1,8 \div 2$

Отсюда видим, что проектируемые двигатели по своим показателям находятся на уровне с лучшими зарубежными образцами.

Таким образом, разработанная унифицированная серия 3-фазных асинхронных электродвигателей для ручного электроинструмента по своим показателям превосходит существующие двигатели, находится на уровне с лучшими зарубежными образцами и отвечает современным требованиям, предъявляемым к электроинструменту по обеспечению электробезопасности.