

## ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

О. П. МУРАВЛЕВ, О. Л. РАПОПОРТ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

Систематическое улучшение качества промышленных изделий — важное условие повышения эффективности общественного производства. В Директивах XXIV съезда КПСС подчеркнуто, что повышение качества является одной из главных задач советской промышленности. Для электрических машин серийного и массового производства эта задача является наиболее актуальной, поскольку их качество связано прежде всего с надежностью самих машин и приводимых ими в действие механизмов.

Повышение качества асинхронных двигателей общепромышленного применения связано с решением большого числа проблем как на стадии проектирования, так и на стадиях производства и потребления. Из перечисленных в (1) задач проблемы управления качеством следует выделить следующие, которые необходимо решать в первую очередь: установление существующего уровня качества, прогнозирование уровня качества и планирование качества.

При условии системного подхода решение поставленных задач требует количественной оценки качества. Поэтому возникает необходимость создания методики количественной оценки качества асинхронных двигателей.

Любой метод оценки качества в значительной степени зависит от принятой классификации показателей качества. Нужно выделить некоторые требования, предъявляемые к системе показателей. Это, прежде всего, исчерпывающая полнота охвата всех характеристик асинхронных двигателей. Если смотреть на это требование практически, то при бесконечном множестве параметров нужно выбрать то минимально возможное количество их, система которых с достаточной точностью описывала бы качество двигателей. Вторым, не менее важным, требованием является возможность количественного выражения показателей качества. Для асинхронных двигателей может быть предложено несколько видов таких классификаций, связывающих параметры по тому или иному признаку. Исходя из этого, нами были рассмотрены некоторые системы параметров, объединенные по степени ответственности за работу асинхронного двигателя. Они разбиты на четыре группы:

1 группа — критические, выход которых за пределы допускаемых значений вызывает отказ двигателя, причем в некоторых случаях появляется опасность для жизни обслуживающего персонала;

2 группа — крупные показатели, невыполнение которых резко снижает качество двигателей, что вызывает быстрый выход их из строя;

3 группа — второстепенные, которые влияют на качество, но двигатель с неудовлетворительными параметрами этой группы может работать;

4 группа — маловлияющие — это все те, выполнение или невыполнение которых мало сказывается на качестве работы двигателя.

Трудность использования такого типа классификации заключается в необходимости определения весомости отдельных параметров и невозможности описания количественно многих из них.

Другой тип классификации — это деление параметров по степени подчинения. При этом ставится общая цель: повышение качества асинхронных двигателей от восьми обобщенных показателей, включающих в себя 1) технические параметры; 2) конструктивные; 3) технологические; 4) параметры стандартизации и унификации; 5) параметры надежности; 6) экономические; 7) параметры патентной защиты; 8) технической эстетики и эргономики.

Выполнение их в свою очередь зависит от параметров второго уровня, второго — от параметров третьего и так далее. Построенная таким образом классификация представляет древовидную структуру и рассматривать ее нужно по отдельным уровням.

Преимуществом такого подхода является целевой охват максимально возможного количества показателей с автоматическим ранжированием по принципу подчиненности. Подобной системой могут быть охвачены все стадии, которые проходит двигатель от проектирования до выпуска готового изделия.

Трудность применения ее заключается, как и у первой системы, в невозможности количественного выражения многих показателей. Вместе с тем для оценки важности параметров по уровням необходима экспертиза с привлечением большого числа специалистов.

Общим недостатком обеих систем параметров является то, что они не дают возможности нахождения связей между отдельными параметрами и их оценки.

Анализ существующих классификаций показателей, а также методов объединения их в комплексный показатель уровня качества показал, что пока возможна лишь дифференцированная оценка качества на разных этапах от проектирования до потребления. Общим для всех этапов является установление качественного уровня в современном развитии асинхронных двигателей, выявление тенденций в этом развитии, нахождение путей повышения качества. На основе этого может быть получена обобщенная оценка качества двигателя в целом.

Одним из важных направлений прогресса в технике на современном уровне развития становится минимизация: уменьшение материалоемкости, размеров, повышение надежности. Эти тенденции характерны и для асинхронных двигателей, поскольку надежность, размеры и вес последних влияют на аналогичные показатели приводимых ими в действие машин и механизмов. Они в значительной степени определяют качественное состояние электродвигателей, неуклонное повышение которого, свойственное для техники, выливается для них в периодическое, что связано с прогрессом в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Потребности в асинхронных двигателях и требования к их качеству опережают имеющееся состояние. Для удовлетворения этих требований появляются новые модификации повышенной точности изготовления (высокоточные асинхронные двигатели), повышенной надежности и так далее. В целом опыт показывает, что проводимые в электромашиностроении работы по повышению качества осуществляются недостаточно системно и комплексно. Проблема качества охватывает широкий круг вопросов, часто настолько противоречивых, что трудно выб-

рать оптимальные пути его повышения. Нередко еще можно наблюдать, когда значительное увеличение затрат, связанное с улучшением параметров, не сопровождается сколько-нибудь ощутимым эффектом для потребителя.

Для того, чтобы проводить мероприятия по улучшению показателей, выпускаемых и проектируемых асинхронных двигателей, необходимо предвидеть эффект, который должен от этого получиться. Прогнозирование качества становится обязательным условием, базой для планирования повышения качества.

Цель прогнозирования качества заключается в определении рациональных направлений дальнейшего повышения качества электродвигателей на определенный прогнозируемый период времени. Нам представляется, что наиболее правильным здесь должен быть прогноз «с обратной связью». Такой подход включает в себя прямое прогнозирование, когда на основании изучения исторического опыта производства асинхронных двигателей, анализа связей их параметров, тенденции развития их экстраполируются в будущее. Таким путем можно получить прогнозные оценки параметров и связей между ними. При этом возможно учитывать революционные сдвиги, которые характерны для развития асинхронных двигателей на фоне монотонного их улучшения за счет совершенствования технологии изготовления, оптимизации и применения новых материалов.

Имея прогноз приведенного выше типа и приняв его к сведению как цель определенного момента в будущем, проводится так называемый нормативный прогноз, который можно называть обратной связью, от будущего к настоящему. Суть его заключается в том, что, определив цель в будущем, находят наиболее эффективные пути ее достижения, исходя из возможностей современного научно-технического развития.

Из принятой последовательности этапов проведения прогноза в настоящее время решается задача «пассивного» прямого прогнозирования, рассмотрением которого мы ограничимся. На основе критического рассмотрения большого числа методов прогнозирования нами выбран метод, основанный на теории вероятности и математической статистике. Задачей вероятных методов анализа, широко распространенных в последнее время в технических и других исследованиях, является поиск уравнений, описывающих статистические связи одного параметра с другим (в виде парной корреляции) или одного параметра с группой других (в виде множественной корреляции). Использование вероятных методов позволяет на основе изучения и обобщения опыта производства асинхронных двигателей находить уравнения связей между их параметрами и рассчитывать по этим формулам наиболее вероятные значения, которые должен принять в будущем определенный параметр машины, то есть прогнозировать их значения. Проведение вероятностных расчетов связано с определенным набором данных, который должен учитывать особенность их использования для прогноза.

В настоящее время собран обширный материал для прогнозирования качества асинхронных двигателей. Наибольшее количество данных взято из каталогов и проспектов по советским сериям и иностранным фирмам. Всего использовано более 150 каталогов и вся имеющаяся у нас информация из различных источников: обзоры по итогам развития электрических машин, материалы по стандартизации, отчеты по научно-исследовательским работам в электромашиностроении, работы по перспективам развития и совершенствования асинхронных двигателей отечественных и зарубежных фирм. Каталоги представляют 19 стран, в них 46 фирм, среди которых передовые фирмы ФРГ (АЕГ, Сименс), Франции (СЕМ), США, Швейцарии (Броун-Бовери) и другие.

В качестве исходного статистического материала для прогнозиро-

вания нами приняты параметры, отражающие техническое состояние выпускаемых двигателей. Эти технические параметры и размеры, указанные в каталогах.

Преимуществом информации в виде технических характеристик является следующее:

- 1) физическая реальность характеристики;
- 2) осуществимость машин с параметрами, приведенными в характеристиках;
- 3) широкая публикация в информационных изданиях приводит к дублированию данных, дает возможность проверять;
- 4) желание изготовителя дать наиболее полную информацию;
- 5) возможность привязки к другим формам информации (чертежам, схемам и другим).

Главное преимущество такого типа информации — это количественное выражение и материальная осуществимость. В отличие от патентов они описывают реализованные конструкции.

Таким образом, на данном этапе работы была выбрана система параметров упрощенного типа, основанная на технических характеристиках и размерах. Преимущества ее очевидны.

Представительность полученных совокупностей параметров выражается в том, что для рассмотренных 850 моделей асинхронных двигателей мощностью от 1 до 10 квт были получены около 30 000 параметров.

Первым этапом исследования является разработка статистических моделей связей между параметрами асинхронных двигателей для прогнозирования возможных и наиболее рациональных значений параметров двигателей. Поиск статистических моделей проводится в виде нахождения уравнений регрессии связи между параметрами. Введение в них фактора времени дает возможность построения динамических моделей. На основе последних могут быть даны общие оценки прогнозируемых связей между параметрами.

В заключение нужно отметить, что оценка качества и его планирование для асинхронных двигателей наилучшим образом вытекает из прогнозирования качества.

На данном этапе целесообразно прогнозировать качество методами теории вероятности и математической статистики, которые дали хорошие результаты в ряде прогнозов изделий других отраслей промышленности [3]. Такой метод позволяет однозначно подойти к выбору системы параметров.

Для прогнозирования качества асинхронных двигателей собран большой статистический материал, который сведен в специальные таблицы и подготовлен для обработки на ЦВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О. П. Муравлев, Ю. Я. Ковалев, А. Д. Немцев, О. Л. Рапопорт. Вопросы управления качеством при изготовлении асинхронных двигателей. Настоящий сборник.
2. Л. М. Костиков. Прогнозирование качества промышленной продукции. Стандарты и качество. 1969, № 1, 2.
3. И. П. Керов. Использование математической статистики при переработке информации о строительных и дорожных машинах. М., 1969.