

## ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

О. П. МУРАВЛЕВ, Ю. Я. КОВАЛЕВ, А. Д. НЕМЦЕВ, О. Л. РАПОПОРТ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин  
и общей электротехники)

В последнее время проблема качества промышленной продукции во всех без исключения странах мира все в большей степени становится проблемой первостепенной важности. Высокое качество национальной продукции гарантирует эффективность общественного труда и капитальных вложений, устойчивый сбыт товаров внутри страны и за ее пределами и выгодную структуру экспорта. Но в современном мире значение проблемы качества продукции не ограничивается ее экономическим содержанием, а приобретает и большое политическое значение. Качество продукции может во многом влиять на ход соревнования социалистической и капиталистической системы [1].

Под качеством продукции понимается совокупность свойств, обеспечивающая удовлетворение определенных потребностей [2]. Качество продукции является как бы линзой, в которой концентрируются достижения и недостатки отрасли. Оно формируется на всех стадиях: при проведении научных исследований, проектировании, при подготовке производства и в процессе производства.

На современном этапе научно-технической революции повышение качества продукции — обязательное условие технического прогресса и дальнейшего роста экономики. В нашей стране имеются все необходимые условия для разработки и внедрения в народное хозяйство систем государственного управления качеством продукции, но для этого нужно проделать большую и кропотливую работу по созданию систем управления качеством отдельных изделий и отраслей промышленности.

Существующая система обеспечения качества не отвечает современным требованиям, и выход из создавшегося положения возможен только в комплексном подходе к решению проблемы повышения качества. Необходимо создание специальной системы управления качеством продукции (УКАП). Основная цель системы УКАП — получение оптимального качества (с точки зрения потребителя завода).

Под оптимальным уровнем качества понимается такой уровень, при котором суммарная величина приведенных затрат на производство и потребление продукции в фиксированных условиях ее применения является минимальной. Управление качеством продукции — это установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества изделий при их разработке, производстве и эксплуатации. Мы будем рассматривать вопросы обеспечения качества асинхронных двигателей при их изготовлении.

При разработке системы управления качеством на электромашиностроительном заводе необходимо решить следующие вопросы:



1. Установление существующего уровня качества и анализ возможностей предприятия.

2. Разработка научно обоснованной системы допусков на все параметры асинхронных двигателей (размеры, взаимное расположение поверхностей и технические характеристики).

3. Организация входного контроля.

4. Обеспечение качества в процессе производства.

5. Прогнозирование уровня качества.

6. Планирование уровня качества.

8. Экономическая эффективность повышения качества.

Управление качеством продукции следует рассматривать как большую систему и при разработке системы УКАП необходимо использовать достижения системотехники [4], которая позволяет использовать наиболее современные научные открытия для решения сложных технических и экономических задач.

Системный подход или системный анализ имеет дело с проблемами, для которых не существует решения обычными математическими методами, поскольку нет возможности точно определить величины, подлежащие оптимизации в математическом смысле. В этих условиях системный анализ позволяет определить границы возможных решений (поля решений) или дать набор альтернатив. Тем самым он дает возможность обосновать рекомендации для выработки решения значительно точнее, чем интуиция и опыт руководителя.

С помощью системного анализа можно рассматривать задачи более или менее дальней перспективы; учитывать весьма сложные внутренние свойства и внешние взаимоотношения исследуемой системы; изучать проблемы в условиях большой неопределенности, раскрывать и описывать недостаточно ясные цели и свойства систем. Методы системного анализа в совокупности с методами исследования операций позволяют установить параметры сложных систем, получить более ясное и, главное, комплексное представление о путях и последствиях решения поставленных задач.

Рассмотрим подробнее, какие работы производятся по указанным выше вопросам в Томском политехническом институте совместно с СКБ завода «Сибэлектромотор».

Анализ возможностей предприятия сводится к анализу отдельных технологических процессов, которые определяют уровень качества. Как показали предварительные исследования, проведенные на заводе «Сибэлектромотор», многие технологические процессы при механической обработке деталей и узлов не обеспечивают требуемых допусков и поэтому имеется большая вероятность изготовления дефектной продукции.

Учитывая, что при изготовлении асинхронных двигателей действует большое количество случайных факторов, для оценки уровня качества целесообразно принять вероятность того, что в собранном двигателе все детали и узлы удовлетворяют техническим условиям:

$$P_T = \prod_{j=1}^m P[X^{(j)}], \quad (1)$$

где

$P[X^{(j)}]$  — вероятность того, что все параметры  $j$ -го узла или детали удовлетворяют техническим условиям.

$$P[X^{(j)}] = \prod_{i=1}^n P[x_i^{(j)}], \quad (2)$$

где

$P[X_i^{(j)}]$  — вероятность того, что  $i$ -тый параметр  $j$ -го узла или детали удовлетворяет техническим условиям.



Критерий уровня качества в таком виде имеет физический смысл:  $P_T$  — вероятность того, что в двигателе все параметры удовлетворяют требованиям технических условий.

С помощью предложенного критерия качества решается большой круг практических задач: можно сравнить качество однотипных электрических машин, выпускаемых различными предприятиями страны; оценить эффективность применения новых материалов и технологических процессов; оценить технологию и стабильность качества продукции во времени при аттестации продукции на «Знак качества». При расчете вероятностей  $P[x_i^{(0)}]$  выделяются лимитирующие параметры, т. е. «узкие места» обеспечения качества, и эти данные можно использовать для совершенствования технологических процессов. Этот критерий позволяет оценить совместно возможности технологических процессов предприятия и эффективность существующего контроля. Он успешно применялся нами для оценки уровня качества изготовления обмоток статоров и деталей, полученных механической обработкой применительно к асинхронным двигателям.

Уровень качества для любой продукции имеет устойчивый рост. Этот рост происходит, с одной стороны, за счет технического и научного прогресса, с другой, — познавая все глубже предметы и явления, открывая новые свойства, люди полнее используют их для удовлетворения потребностей. Асинхронные двигатели не составляют исключения, и уровень их качества периодически повышается. Но улучшение качества носит не системный характер, проводятся лишь отдельные мероприятия. Чтобы установить уровень качества асинхронных двигателей, выпускаемых на заводе, нужно определить возможности существующих технологических процессов и оценить эффективность контроля. Это можно сделать с помощью методов математической статистики.

Установление допусков в настоящее время производится либо директивно, либо экспериментально. При этом обычно назначаются более жесткие допуски, что ведет к удорожанию электрических машин без существенного повышения их качества и надежности. Задача назначения допусков глубоко взаимосвязана с расчетом, конструированием, производством и эксплуатацией электрических машин. Необходимо обеспечить полную взаимозаменяемость не только по геометрическим размерам, но и по рабочим, пусковым и энергетическим характеристикам, по надежности и долговечности.

Для создания научно обоснованной системы допусков на все параметры асинхронных двигателей имеются необходимые предпосылки: на кафедре разработана методика расчета допусков на технические характеристики [5—7], интенсивно ведутся работы по расчету допусков, влияющих на эксцентриситет ротора относительно статора, на детали, получаемые механической обработкой, и на расшиховку сердечников. Разрабатываются методы оптимизации допусков по стоимости. От организации входного контроля на предприятии зависит качество материалов и комплектующих изделий, используемых при изготовлении продукции. Поэтому входной контроль является одним из эффективных способов повышения надежности и долговечности. Основной принцип при внедрении этого контроля должен сводиться к тому, чтобы затраты на внедрение и осуществление его не превышали суммы предотвращенных потерь производства (из-за некачественных покупных материалов, полуфабрикатов и из-за брака). Первый вариант входного контроля для изоляции провода разработан нами совместно с отделом надежности СКБ завода «Сибэлектромотор» и представлен в методике «Система контроля статорных обмоток асинхронных двигателей, обеспечивающая заданную надежность». Эта методика позволяет оценить и экономическую эффективность введения такого контроля.



Обеспечение качества в процессе производства включает в себя большой круг вопросов, которые в большинстве случаев решаются с помощью методов математической статистики. С точки зрения применения различают два основных вида статического контроля качества:

- 1) статистическое регулирование качества — текущий контроль производственного процесса методами математической статистики;
- 2) приемочный контроль, который применяется при приемочном, пооперационном и окончательном контроле готовой продукции.

Если статистическое регулирование качества используется для предупреждения брака в производстве путем непосредственного вмешательства в технологический процесс, то выборочные методы не оказывают прямого влияния на производство изделий. Они служат для контроля готовой продукции, выявляют объем брака и источники его возникновения в технологическом процессе.

Для проведения статистического регулирования качества применяются контрольные карты, которые позволяют наглядно отразить ход технологического процесса на графике, выявить нарушение технологии, обеспечить текущий контроль и предупреждение брака путем своевременного вмешательства в технологический процесс.

Методы приемочного контроля находят применение на предприятиях главным образом при проведении входного, промежуточного или окончательного контроля для проверки соблюдения технических требований к качеству продукции.

Рекомендации по применению различных методов выборочного контроля при изготовлении деталей и узлов для асинхронных двигателей разрабатываются в Томском политехническом институте совместно с СКБ завода «Сибэлектромотор». Некоторые из них приведены в статье [8].

Обеспечение стабильности качества асинхронных двигателей при их производстве — важнейшее условие обеспечения высокой надежности и долговечности. Стабильность качества продукции является обязательной при аттестации на «Знак качества» и обеспечение ее — весьма сложная задача, которая требует решения при создании системы управления качеством.

Для повышения качества продукции необходимо в системе УКАП предусмотреть научное прогнозирование. Прогноз — это вероятное утверждение о будущем с относительно высокой степенью достоверности. Ускоренные темпы развития науки и техники делают необходимым научное предвидение способов усовершенствования электрических машин и возможностей возникновения новых направлений в исследованиях.

Существует много различных подходов и методов прогнозирования развития техники. Пользуясь классификацией Э. Янча [9], можно отметить, что наиболее правильным для анализа в машиностроении будет комплексный подход, включающий как нормативное прогнозирование, основанное на исследовании потребностей в данном качестве, так и изыскательное, определяющее возможности повышения качества. В таком виде задача прогнозирования качества асинхронных двигателей решается Томским политехническим институтом совместно с СКБ завода «Сибэлектромотор».

Правильность прогноза имеет большое значение при составлении планов развития электромашиностроения и смежных отраслей, так как повышение качества электрических машин требует создания лучшей электротехнической стали и изоляционных материалов и провода с нужными свойствами, разработки новых технологических процессов, повышения точности оборудования.

Планирование уровня качества должно быть построено таким образом, чтобы уровень качества был оптимальным. Для этого нужно уметь



оценивать уровень качества, иметь прогноз возможного повышения качества и метода расчета экономической эффективности.

Главной задачей экономики качества является выбор уровня качества, которому должна соответствовать изготавливаемая продукция. Этот уровень не должен быть слишком высоким или слишком низким. Решение этой задачи зависит от двух факторов, которые являются функциями уровня качества — прибыли и стоимости.

Внедрение системы УКАП невозможно без повышения квалификации работников предприятий, начиная от непосредственных исполнителей и кончая руководителями предприятий, так как требуются дополнительные знания. Следует помнить, что качество нельзя получить только с помощью контроля, — его нужно создавать, и за качество должны отвечать все.

Система подготовки кадров электротехнической промышленности требует создания программ, пособий, как это делается во многих странах, например, в Чехословакии, Польше, Швеции, Японии и др. Эффективность затрат на повышение квалификации значительно больше, чем капитальных вложений.

Особое место в системе управления качеством занимают экономические расчеты. Без оценки экономической эффективности нет смысла вводить какие-то мероприятия по повышению качества.

Таким образом, коренное улучшение качества — одна из актуальных проблем электротехнической промышленности. Для решения этой проблемы необходимо перейти от концепции контроля качества к концепции управления качеством. Создание системы управления качеством требует решения большого количества вопросов, основные из которых рассмотрены в настоящей работе.

Управление качеством при производстве электрических машин — сложная технико-экономическая проблема, и решать ее, в первую очередь, должны специалисты по электрическим машинам, которые лучше других знают факторы, влияющие на качество, проектирование, производство и требования эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Управление качеством продукции. «Стандарты и качество», № 4, 1969.
2. М. П. Бабин, А. В. Гличев, А. В. Дербишер. О механизации управления качеством продукции. V «Стандарты и качество». 1969, № 3.
3. С. А. Федоров. Элементы общей теории качества — «Стандарты и качество», 1969, № 12.
4. Справочник по системотехнике под ред. Р. Макола. «Советское радио», М., 1970.
5. О. П. Муравлев. Исследование влияния точностных характеристик техпроцесса на качество и надежность асинхронных двигателей. Диссертация. Томск, 1966.
6. О. П. Муравлев, Э. К. Стрельбицкий. Расчет допусков на параметры асинхронных двигателей. V «Электротехника», 1968, № 11.
7. Б. И. Бурштейн, О. П. Муравлев, Э. К. Стрельбицкий. Расчет допусков на выходные параметры асинхронных микродвигателей. — В сб.: «Асинхронные микромашины». Изд-во Каунасского политехнического института, Каунас, 1969.
8. О. П. Муравлев, А. Д. Немцев. Применение статистических методов контроля качества при изготовлении механических деталей асинхронных двигателей. Настоящий сборник.
9. Э. Янч. Прогнозирование научно-технического прогресса. «Прогресс», М., 1970.