

Надежность силовых устройств в России:

мифы и реалии, проблемы и пути решения. Часть 2

В статье для сравнения анализируется практика обеспечения надежности изделий в Советском Союзе и в России. Также приводятся сведения по системам управления качеством продукции системы стандартов ISO9000.

Авторы, на основе проведенного анализа, сделали некоторые обобщения и рассмотрели основные факторы, влияющие на надежность электросиловых устройств.

Предложены в общем виде основные мероприятия, которые способствовали бы улучшению надежности разрабатываемых силовых устройств.

Владимир Ланцов

vvlantsov@list.ru

Саркис Эраносян, к. т. н.

sergera840@mail.ru

В части 1 [1] настоящей статьи указывалось, что, несмотря на очевидные достижения в последние годы в развитии электронных и электротехнических компонентов за рубежом и в России, в электроэнергетике, силовой электронике существуют серьезные проблемы по обеспечению надежности. При общем значительном улучшении качества продукции благодаря внедрению в компаниях систем управления качеством продукции на основе стандартов серии ISO9000, реальная надежность силовых устройств в процессе эксплуатации улучшается медленно. С каждым десятилетием и даже годом растет количество различных техногенных катастроф, аварий и отказов в сетях электроснабжения, системах распределения электроэнергии, в силовых исполнительных устройствах. Авторы анализируют факторы, влияющие на такое неблагоприятное положение, в том числе и заметное снижение уровня и объемов работ по повышению надежности, в частности силовых устройств, особенно в России.

Практика обеспечения надежности изделий в Советском Союзе и в России

В самом начале 1960-х годов в СССР организациям и предприятиям постановлением Госкомитета по науке и технике и приказами министерств было рекомендовано в директивном порядке создать *службы надежности*. В главных управлениях министерств также приказами были определены головные (базовые) службы надежности для координации и оптимизации работ в подотраслях в этом направлении. Службы надежности, в зависимости от масштаба и значения организаций и предприятий, функционировали как группы, лаборатории или отделы. В них работало от 3–5 до 40–50 сотрудников. Специалисты служб надежности принимали реальное участие в разработке и доводке изделий в части обеспечения безотказности, долговечности и ремонтпригодности на всех стадиях и этапах разработки, начиная с согласования технического задания (ТЗ) и кончая участием во всех видах испытаний.

Службы надежности (отделы) значительной численности обычно функционировали в составе больших НИИ (а потом НПО) оборонного значения. Совместно с разработчиками, конструкторами и технологами они решали задачи обеспечения высоких показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности военной специальной техники. Ситуация осложнялась тем, что у вероятных противников в целом были более надежные компоненты. Поэтому, чтобы решать, например, экстремальные задачи надежности изделий в сложных условиях эксплуатации, приходилось разрабатывать методики входного контроля компонентов, их электротермотренировки или процедуру термостарения для ферритов. В конечном счете, это приводило к уменьшению отказов, а также к обоснованию рекомендаций разработчику по допустимому количеству компонентов, виду и кратности резервирования и т. д.

Приведем некоторые сведения о работе службы надежности Пензенского ПНИЭИ (она была создана в марте 1962 г.) [2]. В начальный период развития в службе надежности ПНИЭИ работало около 10 человек. Сотрудники занимались оценкой показателей надежности разрабатываемых опытных образцов изделий и их функциональных узлов, выявлением компонентов с пониженной надежностью, а также дефектов, допущенных при изготовлении образцов. В результате этой работы впервые в отрасли были сформулированы принципы и методы технологической тренировки, как опытных образцов, так и изделий серийного производства. Технологическая тренировка (приработка) изделий существенно повысила реальную надежность изготавливаемых изделий. Кроме того, специалисты лаборатории начали проводить оценку правильности применения компонентов, в первую очередь для обеспечения их нормальных тепловых режимов при эксплуатации. Большая работа была проведена по освоению комплекса стандартов для оборонной техники «Мороз-2», а затем и «Мороз-5» по обеспечению качества и надежности разрабатываемых изделий.

Приведем пример из опыта работы отдела надежности одного из ленинградских предприятий оборонного комплекса. В 1968 году одному из авторов насто-

ящей статьи довелось ознакомиться с отчетом по научно-исследовательской работе (НИР) этого отдела. В отчете описывались результаты исследований по созданию высоконадежных магистральных усилителей связи (в дальнейшем — усилитель), которые должны были устанавливаться в подводный кабель через определенные расстояния друг от друга для преодоления затухания сигнала. Ввиду важности непрерывного функционирования канала связи и особенностей эксплуатации (на дне моря, практическая невозможность доступа для ремонта и замены в течение длительного времени и др.) к усилителю были предъявлены следующие требования:

- Вероятность безотказной работы усилителя за время 5000 ч должна быть не менее 0,98, то есть $P(5000) \geq 0,98$ (наработка на отказ — не менее 250 000 ч при экспоненциальном законе распределения потока отказов).
- Срок службы — не менее 20 лет.
- Технический ресурс — не менее 10 000 ч.
- Режим работы — периодический (по вызову).

В техническом плане задача была очень сложной, поскольку в то время электронные компоненты (транзисторы, диоды, конденсаторы, коммутирующие устройства и др.) не обладали необходимым уровнем безотказности и долговечности. Достаточно сказать, что полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды) были в основном германиевые и не могли работать, в частности, при повышенной температуре окружающей среды (не более +70 °С). Интенсивность (λ) отказов, например, одного электролитического конденсатора в номинальном режиме была порядка 10^{-5} ч^{-1} .

Естественно, что разработчики предложили отделу надежности исходную версию схемы усилителя для проведения анализа примененных компонентов, режимов их оптимального функционирования, расчета надежности. Также, имея в виду недостаточную надежность компонентов, необходимо было проработать дополнительные процедуры по повышению надежности и выработке в итоге всех необходимых практических рекомендаций по повышению надежности усилителя. Не вдаваясь в детали, для конкретности изложения укажем, что усилитель состоял из следующих узлов: входной согласующий каскад, каскад усиления напряжения, каскад усиления мощности и узел стабилизации напряжения питания. Ориентировочно общее количество компонентов порядка 25 ($N \approx 25$). Если принять среднюю интенсивность отказов компонентов $\lambda_{i,ф}$ в номинальных режимах равной $0,5 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$, то при таком количестве компонентов наработка на отказ $\lambda_{i,ф}$ составит всего 8000 ч ($T_{ф} = 8000$ ч). Таким образом, необходимо было выработать такие рекомендации, которые позволили бы увеличить безотказность усилителя до 250 000 ч, то есть в 31 раз (по сравнению с 8000 ч). Это еще раз подтверждает, что задача разработки усилителя была очень сложной. В отчете указывается, что после изучения доступной зарубежной и отечественной информации, проведения уточненного расчета надежности и некоторых исследований были рекомендованы следующие мероприятия:

- выбор наиболее надежных компонентов на время разработки;

- входной контроль всех компонентов усилителя на соответствие паспортным данным (по техническим условиям — ТУ);
- специальный отбор компонентов, прошедших входной контроль;
- электротермотренировка компонентов в течение не менее 100 ч;
- применение разгруженных режимов работы компонентов;
- резервирование усилителя («горячий» резерв);
- технологическая тренировка (приработка) всех образцов усилителей при производстве в течение не менее 200 ч.

Представляют интерес некоторые рекомендации. Отбор компонентов, прошедших входной контроль, осуществлялся по критичным параметрам в плане возможных отказов. Например, для транзисторов такими параметрами являются обратный ток коллектора $I_{СВ0}$ и коэффициент усиления транзистора по току $h_{21 E}$ в схеме включения с общим эмиттером. Рекомендации сводились, в частности, к тому, чтобы были выбраны экземпляры транзисторов со средними (не экстремальными) значениями $h_{21 E}$ и минимальными (в разумных пределах) значениями $I_{СВ0}$. В целом такие транзисторы составляют приблизительно 10–15% при достаточно большой выборке (не менее 150–200 экземпляров в партии). В принципе величина этих параметров характеризует качество кристаллов транзистора и надежность герметизации корпусов транзисторов. Для электролитических конденсаторов критичными параметрами являются номинальная величина емкости конденсаторов $C_{ном}$ и тока утечки $I_{C_{ут}}$. По результатам **электротермотренировки** контролируются изменения критичных параметров, в частности: для транзисторов — $h_{21 E}$ и $I_{СВ0}$ для электролитических конденсаторов — $C_{ном}$ и $I_{C_{ут}}$.

Для надежной работы были рекомендованы следующие коэффициенты электрической нагрузки (K_n) компонентов в максимальном режиме, в частности:

- для транзисторов: по мощности рассеивания — $K_n P \leq 0,2-0,25$, по коллекторному напряжению — $K_n U \leq 0,3-0,35$, по коллекторному току — $K_n I \leq 0,3-0,4$;
- для диодов: по обратному напряжению — $K_n U \leq 0,3-0,35$, по току — $K_n I \leq 0,3-0,4$;
- для конденсаторов по напряжению — $K_n U \leq 0,3-0,35$;
- для резисторов по мощности $K_n P \leq 0,15-0,2$.

Технологическая тренировка (приработка) всех образцов усилителей должна проводиться в режиме максимального входного сигнала, причем при максимальной температуре окружающей среды — не менее 60% времени приработки в середине цикла тренировки. Перед проведением тренировки усилители должны пройти технологическую тряску на вибростенде для выявления дефектов механических элементов крепления и устранения «холодных» паяк электромонтажа.

После проведения цикла технологической тренировки образцы усилителей в установленном порядке поступают на приемку представителю заказчика.

Рассмотрим еще одну полезную информацию. Один из авторов в 1966–73 гг. работал в ба-

зовой лаборатории надежности Всесоюзного научно-исследовательского института научного приборостроения (ВНИИ «Научприбор», Ленинград). Лаборатория надежности входила в состав отдела метрологии и испытаний и насчитывала 8 человек (при численности института в 1500 человек). Лаборатория состояла из двух групп: аналитической и испытаний (по 4 сотрудника в каждой). В первой группе работали «бывшие» разработчики, имеющие практический опыт работы не менее 4–5 лет, в том числе пришедшие из организаций, работающих по оборонной тематике. Специалисты первой группы выполняли анализ электрических схем (ЭЗ) и перечней элементов (ПЭЗ) модулей и блоков приборов с точки зрения безотказности, расчеты надежности и норм ЗИП; предоставляли группе испытаний перечень компонентов для проверки их электрических и тепловых режимов. Специалисты группы испытаний практически проверяли (измеряли) режимы электрической и тепловой нагрузки некоторых элементов (обычно силовых, переключающих, электролитических конденсаторов), проводили ускоренные испытания на работоспособность компонентов и устройств собственной разработки, а также контрольные испытания на надежность приборов в целом на серийных образцах. Группа испытаний имела для этих целей все необходимое оборудование: климатическую камеру, вибростенды, электропробойную установку, измерительные приборы, нестандартное испытательное оборудование собственной разработки, различные приспособления.

Представляют определенный интерес особенности проводимых в лаборатории работ по обеспечению надежности приборов. Дело в том, что практически все разрабатываемые ВНИИ «Научприбор» приборы и установки для физико-химических исследований поставлялись по заказам, в единичных экземплярах или небольшими партиями. В этой связи невозможно было проводить их длительные проверки и испытания. Поэтому в лаборатории, на основании материалов из [3] и собственного опыта работ по обеспечению надежности, была создана оригинальная методика так называемого «обследования на надежность», описанная в [4]. Обследование на надежность включало в себя: 1) инженерный анализ схемной надежности; 2) измерение и анализ электрических режимов элементов; 3) исследование и анализ теплового режима некоторых (силовых) элементов, модулей и прибора в целом; 4) инженерный анализ конструкции и электромонтажа; 5) специальные испытания на работоспособность. Таким образом, к моменту окончания разработки и передачи образца (образцов) прибора заказчику лаборатория надежности, проводя обследование прибора, располагала достаточно полными сведениями о его надежности и прогнозируемой стабильности параметров во времени.

Инженерный анализ схемной надежности, конструкции и электромонтажа базировался на методе «характеристических критериев» или «типовых контрольных вопросов-тестов», дополненных расчетом безотказности прибора по внезапным отказам. С помощью таких тестов устанавливалась степень достаточности

принятых мер, обеспечивающих расчетно-аналитическую схемную (схемотехническую) и конструктивную надежность. При каждом вопросе-тесте в ответе давалась оценка от «0» до «1». Требования, содержащиеся в вопросах-тестах по схеме, должны были выявить: степень отработки структуры схемы (по аналогам), стабильность работы основных узлов (устройств), электромагнитную совместимость (помехозащищенность), оптимальность примененных элементов (по интенсивности отказов), необходимость в резервировании наиболее важных узлов или компонентов; наличие защиты при возможных аварийных ситуациях и т. д.

При анализе конструктивных решений «задавались», например, такие вопросы-тесты: является ли конструкция типовой (унифицированной) или оригинальной; достаточна ли механическая прочность модулей, блоков и прибора в целом (если конструкция оригинальная); рационально ли выполнен отвод тепла от теплонагруженных компонентов и прибора в целом; обеспечена ли необходимая ремонтпригодность и т. д. Естественно, что ответы на некоторые вопросы могли быть даны только при обсуждении их с разработчиком или конструктором. По мере развития схемотехники и компонентной базы перечень «типовых контрольных вопросов-тестов» уточнялся и дополнялся. Общее количество вопросов-тестов и частных (конкретных) проверок по разделам 2, 3 и 5 обследования составляло 50–65, что давало достаточно представительную выборку. Общая количественная оценка надежности по этой методике определялась как частное от суммирования коэффициентов оценок (ответов на вопросы-тесты и результатов частных проверок) по всем видам обследования и общего количества таких оценок. Общая оценка $C_{общ}$ определенная таким образом, была: $0 < C_{общ} \leq 1$. Совместно с результатами уточненного расчета надежности по внезапным отказам, оценка $C_{общ}$ давала достаточно достоверное (с инженерной точки зрения) представление о безотказности и долговечности прибора или установки. Авторы полагают, что приведенная методика может быть полезной и в настоящее время для оценки надежности электросиловых устройств, конечно, при ее доработке и «осовременивании».

За последние 12–15 лет в России заметно ухудшились организационные, организационно-технические, кадровые аспекты работ по обеспечению надежности изделий. В течение этого периода, кроме некоторых активно функционирующих предприятий оборонного профиля, службы надежности на предприятиях быстро уменьшались по численности. Вскоре они в большинстве случаев были ликвидированы.

По наблюдениям одного из авторов в той фирме, где он работал, уже к 2000 году не осталось ни одного специалиста, занимавшегося проблемой надежности. Поэтому здесь расчеты надежности, хотя уже давно были освоены программы расчетов на компьютере, не производятся. Практически некому проводить измерения электрического и теплового режима критических компонентов и узлов. Очень редко проводятся испытания важных узлов

и устройств аппаратуры собственной разработки, кроме случаев, когда они имеют самостоятельное продажное значение. Показатели безотказности аппаратуры (среднее время между отказами — T_{cp}) вносят в документацию, исходя из T_{cp} ранее выпущенных подобных приборов. Правильно ли, с точки зрения надежности, выбраны компоненты, особенно силовые, и их режимы работы, предприняты ли необходимые меры для защиты от аварийных ситуаций и другие вопросы — все это возложено теперь на разработчика. Если у него есть опыт — хорошо, если нет соответствующего опыта и личных связей с опытными специалистами, то вряд ли ему удастся обеспечить надежную работу силовых устройств. Возможен и положительный результат (ему повезло), когда он сможет воспроизвести 1:1 одну из рекомендованных зарубежной фирмой практических схемно-конструктивных реализаций на ее компонентах. Но так бывает очень редко.

В настоящее время, сложно пройти подготовку в области обеспечения надежности РЭА. В вузах гораздо меньше внимания уделяют преподаванию основ теории и практики надежности, тем более на современном уровне. Гораздо больше внимания уделяется системам управления качеством продукции серии ISO9000. Молодым специалистам, пришедшим на работу в фирму после вуза, нигде познакомиться ни с надежностью компонентов, ни с рекомендуемыми режимами их электрической и тепловой нагрузки, ни с другими важными аспектами обеспечения надежности. В дополнение ко всему изложенному добавим, что сейчас на современном уровне не выпускается научно-технической литературы по проблематике обеспечения надежности, в том числе по силовым устройствам. Знание основ теории надежности сейчас находится на низком уровне.

Приведем реальный, на первый взгляд, курьезный пример. Одному из авторов на проводимых занятиях мастеров-эксплуатационников (образование в основном среднетехническое, но были мастера и с высшим образованием) был задан такой вопрос. «Вот вы рассказываете, что примененные в нашей аппаратуре импульсные источники питания фирмы Astec имеют среднее время между отказами $T_{cp} = 550\,000$ ч. Значит, если наработка источников в течение года будет порядка 6500–8000 ч, то источники без отказа могут проработать 70 и более лет! Правда ли это?» Пришлось ответить, что это неправда, а затем посвятить один час очень кратко изложению терминов в сфере определения надежности и тому, как произвести простой расчет безотказности. В конце занятия «учащиеся» все же как-то поняли, что такое T_{cp} , а также то, что для ответа на заданный вопрос лучше вычислить вероятность безотказной работы $P(t)$ за $t = 8000$ ч при $T_{cp} = 550\,000$ ч. В итоге вместе, используя экспоненциальное распределение потока отказов, получили $P(8000) > 0,97$. То есть за время 8000 ч (напряженная эксплуатация в течение года) возможен выход из строя 3 образцов источников фирмы Astec при эксплуатации 100 образцов. Пришлось также дать разъяснения относительно срока службы источников (не более 12–15 лет, с ре-

монтами) и других устройств, что исключает сохранение их работоспособности в течение 70 лет из-за износа и старения. В дальнейшем при занятиях с другими партиями мастеров мы всегда рассматривали этот пример для правильного понимания показателей надежности.

Если говорить об известных авторах малых и средних фирмах, специализирующихся, например, в разработке и выпуске ИВЭ, то в них практически нет ни одного специалиста, который, хотя бы частично, занимался проблемами надежности собственных ИВЭ (не до того!). В этом плане подобные компании выручают специалисты-разработчики среднего и старшего возраста с большим опытом работы, полученным в том числе и на предприятиях оборонного профиля. Пока же в таких фирмах в основном еще превалирует желание «выстоять», обеспечить сотрудникам хороший заработок и по возможности немного средств отложить на развитие фирмы. Таким образом, сейчас в России, по сравнению с временами Советского Союза, состояние работ по практическому обеспечению надежности изделий, в частности электросиловых устройств, находится на низком уровне.

О стандартах управления качеством продукции ISO серии 9000

Авторы уже упоминали стандарты управления качеством продукции ISO серии 9000. Поэтому представляется информативно полезным привести краткие сведения об истории развития, целях, структуре, решаемых задачах при внедрении на предприятиях стандартов ISO серии 9000 [5, 6].

В 1947 году в Лондоне представители 25 стран создали международную организацию по координации разработок и унификации международных стандартов, получившую название **International Organization for Standardization (ISO)**. В настоящее время ее членами являются более 100 стран. Главной причиной создания единых стандартов стало стремление устранить технические барьеры в торговле. Барьеры возникли потому, что в разных странах для одних и тех же технологий и товаров действовали различные стандарты. Сегодня стандартами ISO «перекрыты» многие технологические отрасли. С момента появления стандартов ISO 9000 в 1987 году соответствующую регистрацию прошли около 250 тысяч организаций по всему миру, в том числе и в России. Эта серия международных стандартов, в которой определяются модели управления и требования к системам управления качеством создаваемой продукции (Quality Management Systems — QMS), наиболее значима из всех подобных систем с начала 1990-х годов. Одна из причин успеха ISO 9000 в том, что сертификация на соответствие требованиям стандарта ISO 9000 помогает предприятию оптимизировать его хозяйственные и производственные процессы.

Основные преимущества моделей ISO серии 9000 — это их известность, распространенность, признание на мировом уровне, большое количество экспертов и аудиторов и т. д. Универсальность же моделей ISO серии 9000 имеет определенные недостатки: они

являются достаточно высокоуровневыми, задают абстрактные модели и не содержат конкретных методологических разработок. По стандартам ISO качество — это совокупность свойств и характеристик продукта, процесса или услуги, которые обеспечивают способность удовлетворять заявленным или подразумеваемым потребностям. Современные способы обеспечения качества базируются на подходах TQM (Total Quality Management). Это означает управление ресурсами и применение количественных методов анализа для улучшения разработок, материалов и услуг, поставляемых в организацию; совершенствования всех процессов внутри организации; улучшения степени удовлетворенности настоящих и будущих потребностей клиентов. **Внедрение стандартов серии ISO 9000 не отменяет действие других стандартов, в том числе по надежности.** Несмотря на то, что надежность изделия и все ее составляющие (безотказность, долговечность и ремонтпригодность) являются, в свою очередь, составляющими качества, тем не менее, в стандартах ISO 9000 не содержится на этот счет никаких прямых указаний.

Три стандарта из серии ISO 9000 (ISO 9001, ISO 9002 и ISO 9003) — основополагающие документы системы качества, описывающие модели обеспечения качества изделий. В модели ISO 9000 лишь упоминаются требования, которые должны быть реализованы, но не говорится, как это можно сделать. Поэтому для построения полноценной системы качества по ISO, помимо основной модели ISO 9001 (1994 или 2000 года), необходимо использовать вспомогательные отраслевые и рекомендательные стандарты. В статье, которую написали Клайд Пирч (Clyde Pearch) и Джилл Китка (Jill Kitka) из Eagle Group USA, Inc., она использована в [5, 6], даются краткие сведения о версиях стандартов ISO 9000.

В стандарт ISO 9001:1994 введены оценки 20 ключевых элементов, большая часть из которых разрабатывалась для производств, продукция которых состоит из отдельных деталей, что более всего подходит производителям различных приборов и устройств:

- Раздел 4.8. Идентификация продукции и оперативный контроль.
- Раздел 4.9. Управление технологическим процессом.
- Раздел 4.10. Приемка и испытания.
- Раздел 4.11. Надзор над приемочным, измерительным и испытательным оборудованием.
- Раздел 4.12. Статус приемки и испытаний.
- Раздел 4.13. Надзор над некондиционной продукцией.

Главная цель — гарантировать покупателю, что сертифицированная организация выпускает изделия ожидаемого уровня качества. Соблюдать требования стандарта ISO 9001:1994, как говорится, просто: **«Документируйте все, что делаете; делайте то, что указано в документах, и будьте готовы это доказать».**

Новый стандарт ISO 9001:2000, как и его предшественник ISO 9001:1994, представляет собой целое семейство взаимосвязанных стандартов. Новая версия состоит из трех документов различного назначения: ISO 9000, определяющий основные понятия и терми-

ны; ISO 9001 — «сердце» нового стандарта, здесь определяются требования к новым системам, и ISO 9004, представляющий собой рекомендации по внедрению и конкретизирующий ISO 9001. Чем ISO 9001:2000 отличается от ISO 9001:1994? В основе обоих стандартов лежат различные модели управления качеством. Стандарт ISO 9001:1994 определяет требования к 20 ключевым параметрам, которые производственные предприятия, выпускающие приборы, устройства и т. п., должны соблюдать для предоставления качественных товаров и услуг. Соблюдать требования стандарта ISO 9001:1994, как уже говорилось, проще. Модель управления качеством в ISO 9001:2000 совершенно иная, так как **в его основе лежит модель процесса. При этом никакой ориентации на конкретный тип производителей нет.** Модель процесса управления качеством, в соответствии с новым стандартом ISO 9001, состоит из четырех разделов:

- Раздел 5. Административная ответственность.
- Раздел 6. Управление ресурсами.
- Раздел 7. Производство продукции и/или услуги.
- Раздел 8. Измерение, анализ, улучшение.

Остальные разделы ISO 9001 носят вспомогательный характер.

Все требования к модели процесса, изложенные в четырех разделах нового стандарта, даны в более общей терминологии. Эти требования — качественный скачок вперед, поскольку четыре раздела модели процесса управления качеством работают подобно широко известному циклу Деминга: **«Планируй — Делай — Проверь — Действуй».** Эта модель гораздо жестче, чем уже упоминавшийся основной лозунг ISO 9001:1994. То есть не нужно подгонять отчетность о своей деятельности под требования стандарта, а вы определяете, что имеет смысл для вашего бизнеса, и документируете это наиболее подходящим образом.

Таким образом, в основу построения системы качества в соответствии с моделью ISO 9000:2000 закладываются следующие 8 принципов:

- концентрация на потребностях заказчика;
- активная лидирующая роль руководства;
- вовлечение исполнителей в процессы совершенствования;
- реализация процессного подхода;
- системный подход к управлению;
- обеспечение непрерывных улучшений;
- принятие решений на основе фактов;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками.

В чем еще ISO 9001:2000 превосходит своего предшественника? По сравнению с ISO 9001:1994, стандарт ISO 9001:2000 имеет следующие основные преимущества:

1. **Учет мнения потребителя.** Все определяется двумя факторами: требованиями потребителя «на входе» и удовлетворением потребителя «на выходе».
2. **Постоянное улучшение,** изначально присущее модели: **«Планируй — Делай — Проверь — Действуй».** Для организации уже недостаточно просто измерять степень удовлетворенности потребителя — нужно будет повышать эту степень. Здесь важно действовать последовательно и поэтапно: **политика, цели, планирование, система управ-**

ления качеством и административный анализ. Важно отметить, что руководство организации несет ответственность за создание системы управления качеством как средства реализации политики по качеству с соответствующими целями и планами, а также требованиями стандарта. Административный анализ означает, что в новой модели контроль системы управления качеством со стороны руководства — это также пересмотр политики и целей для непрерывного улучшения и качества продукции, и самой системы управления этим качеством.

3. **Управление ресурсами.** В стандарте 1994 года есть требование к руководству о выделении необходимых ресурсов, а также требования к обучению. Оба требования в новой версии 2000 года расширены и включены в один и тот же раздел № 6 «Управление ресурсами модели процесса управления качеством». Данный раздел описывает чрезвычайно широкий перечень ресурсов:

- Трудовые, которые руководство должно выделить, или оно должно обеспечить необходимое количество персонала с соответствующими навыками и компетенцией.
- Инфраструктурные, относящиеся к условиям работы (например, влияющие на безопасность труда, эргономику, гигиену и т. д.), поставщиков и партнеров.
- Финансовые.

Общие факторы, влияющие на надежность электросиловых устройств

При перечислении произошедших в последние годы техногенных аварий и катастроф, в том числе в энергосистемах и силовых устройствах, приводились общие причины, вследствие которых они стали возможны. В их числе указывалось и снижение надежности. Рассмотрим подробнее факторы, влияющие на обеспечение надежности электросиловых устройств. Некоторые из них носят общий характер, а другие характерны только для России. На наш взгляд, свою роль в этом, прямо или косвенно, зачастую парадоксально, сыграли следующие ключевые факторы:

1. Сильное возрастание конкуренции на рынке

В последние годы значительно обострилась конкуренция фирм на внутренних и мировых рынках товаров и услуг. В конкурентной борьбе фирмы стремятся: а) как можно быстрее выпустить изделие на рынок и захватить как можно большую долю в этом сегменте рынка; б) превзойти конкурентов в улучшении технических характеристик, дизайна, эргономики и других показателей качества. При этом они стараются не допустить значительного удорожания изделий, то есть улучшить величину показателя «цена/качество». Все это означает, что фирме при создании и внедрении более или менее сложных новых систем и устройств нужно обязательно сокращать время цикла «разработка — производство», снижать финансовые издержки. Это возможно, если постараться обойтись без выделения финансовых, трудовых, производственных ресурсов для дополнительных про-

верок, длительных испытаний изделий, создания (закупки) специального дорогостоящего оборудования и т. д. То есть объективно это приводит к снижению затрат на проведение работ по обеспечению надежности продукции. Кроме того, в настоящее время обычно принято, что новые модели достаточно сложных силовых устройств (мощные импульсные источники питания, устройства управления электроприводом и другие) должны быть созданы и готовы для серийного производства (поставки партиями) за время не более одного года. Известен термин «китайское качество», которое означает, что изделие неплохо выглядит в плане технических характеристик, дизайна, эргономики, недорогое, но очень часто ненадежно при эксплуатации.

В описанном аспекте отметим, что положительное исключение составляют силовые электронные и электротехнические компоненты. Благодаря широкой автоматизации проектирования и производства, постоянному внедрению новых материалов и технологий, огромным объемам выпуска (десятки тысяч – миллионы изделий), эти компоненты постоянно испытываются, совершенствуются и отрабатываются. В итоге, наряду с улучшением электрических параметров и конструктивных характеристик, существенно улучшаются и показатели надежности.

2. Широкое внедрение систем управления качеством продукции серии ISO 9000

Внедрение стандартов серии ISO 9000 лишь косвенно способствует повышению надежности продукции. В разъяснениях ISO по этому поводу сказано, что внедрение стандартов серии ISO 9000 не отменяет действие других стандартов, если они не противоречат стандартам ISO 9000 (смотри выше). Таким образом, хотя надежность изделия и все ее составляющие (безотказность, долговечность и ремонтпригодность) являются одним из составляющих качества, а для оборонной и некоторых других видов техники важнейшими составляющими, тем не менее, в стандартах ISO 9000 нет соответствующих разделов и указаний.

Система управления качеством в стандарте ISO 9001:2000 совершенно иная, так как в его основе лежат не 20 ключевых элементов, а модель процесса. При этом ориентации на конкретный тип производителей нет. Эта модель включает в себя 4 раздела: административная ответственность; управление ресурсами; производство продукции и/или услуги; измерение, анализ, улучшение. Эти разделы модели процесса управления качеством работают подобно известному циклу «Деминга». В основу построения системы качества в соответствии с моделью ISO 9000:2000 закладываются 8 основных принципов, из которых по важности для обеспечения надежности отметим концентрацию на потребностях заказчика и вовлечение исполнителей в процессы совершенствования для обеспечения непрерывных улучшений.

Таким образом, руководство многих фирм, не связанных с оборонной тематикой или с производством электронных компонентов, особенно в России, внедрив стандарты серии ISO 9000, посчитало, что попутно будут решены и проблемы надежности продукции без до-

полнительных затрат. Во всех крупных компаниях сейчас есть службы качества, и они, по мнению руководства, попутно могут решать те проблемы по надежности, на которые укажет заказчик (потребитель).

3. Слабое внимание к практическому обеспечению надежности сложных систем и изделий

Авторы полагают: можно уверенно констатировать, что в последние 10–15 лет в мире произошло замедление темпов работ по повышению надежности сложных систем и изделий, в том числе в энергетике и в устройствах силовой электроники. В глобальном плане, возможно, это связано с тем, что распался Советский Союз, закончилось противостояние двух супердержав, двух военных блоков. Также прекратилась бесконтрольная гонка вооружений, при которой военным ведомствам на создание и производство военной специальной техники (ВСТ) выделялись колоссальные средства. Известно, что, по крайней мере, в СССР создание ВСТ было локомотивом развития и техники, и технологий, и производства. Что касается России, то во многих компаниях и на предприятиях, кроме тех, что связаны с оборонной тематикой, работы по практическому обеспечению надежности не проводятся или проводятся стихийно силами самих специалистов, если на это остается время. Во всяком случае, руководство такие работы если и финансирует и контролирует, то только в случае серьезных претензий со стороны заказчика (потребителя).

4. Типично российские факторы, негативно влияющие на обеспечение высокой надежности изделий

4.1. Практическое отсутствие конструктивной поддержки государства, хотя бы на уровне обязательных норм и законов.

В России по наследству от Советского Союза и по проводимой властью политике значение поддержки государства очень велико. Речь идет, в первую очередь, о госзаказах для фирм и предприятий, о предоставлении льготных кредитов. Но не менее важно и проведение единой технической политики. Раньше в Советском Союзе Госкомитет по науке и технике, в котором работали видные ученые и специалисты, определял приоритетные задачи по развитию науки и техники. Далее Совет министров СССР своими постановлениями, а отраслевые министерства — своими приказами конкретизировали поставленные задачи в организационно-технических аспектах. Уже упоминалось, что так были повсеместно созданы, в частности, службы надежности. Сейчас само руководство фирмы решает, будет ли в ней какой-то персонал в службе качества специально и постоянно заниматься вопросами надежности продукции или нет. Чаще всего для экономии средств («оптимизации численности») руководство делает очередное указание службе качества по той или иной претензии заказчика (потребителя). Ну, а служба качества обязывает какое-то научно-техническое подразделение «отработать» и ставит это на контроль.

4.2. Ликвидация служб надежности и значительное уменьшение объемов работ, улучшающих параметры качества изделий.

Авторы уже отмечали, что кроме некоторых активно функционирующих предприятий оборонного профиля, службы надежности были ликвидированы, а специалисты, если они сохранились, в основном были переведены в службы качества. Из личного опыта авторов, в тех фирмах, где они работали, не осталось ни одного специалиста в области надежности. Поэтому там расчеты надежности не производятся, а показатели безотказности записываются в документацию по аналогии со своими же ранее выпущенными приборами. Для экономии трудозатрат зачастую не измеряются параметры электрического и теплового режима. Очень редко проводятся комплексные испытания важных узлов и устройств аппаратуры собственной разработки, кроме случаев, когда они имеют самостоятельное продажное значение.

4.3. Кадровая проблема.

Эта проблема — одна из самых серьезных, а главное, что она не решается быстро! Сейчас условия для подготовки и переподготовки кадров изменились: в вузах гораздо меньше внимания уделяют проблематике надежности, а больше системам управления качеством продукции серии ISO9000, хотя сейчас действует новое поколение государственных стандартов «Климат-7» и «Мороз-6» [7]. В компаниях тем более изучают только стандарты серии ISO9000. Молодым специалистам, пришедшим на работу в фирму после вуза, негде познакомиться ни с надежностью компонентов, ни с рекомендуемыми режимами их электрической и тепловой нагрузки, ни с другими важными аспектами обеспечения надежности.

Таким образом, можно констатировать, что сейчас в России, по сравнению с временами Советского Союза, состояние работ по практическому обеспечению надежности изделий, в частности электросиловых устройств, находится на низком уровне. В общем плане можно предположить, что в ближайшие годы в этой сфере не произойдет никаких кардинальных сдвигов. Это связано с тем, что слишком много запущенных проблем и задач предстоит решить, и пока не видно, как они будут решаться.

Продолжение следует

Литература

1. Ланцов В., Эраносян С. Надежность силовых устройств в России: мифы и реалии, проблемы и пути решения. Часть 1 // Силовая электроника. 2008. № 3.
2. www.pniei-penza.ru
3. Справочник по надежности. Том 3 / Пер. с англ. М.: Мир, 1970.
4. Елисеев Б., Ланцов В. Повышение надежности приборов для научных исследований // Приборы и системы управления. 1977. № 12.
5. Качалов В. Внедрение и сертификация системы качества — основа для повышения конкурентоспособности предприятия // МКА. 2000. Выпуск 1.
6. www.isu9000.ru
7. Вячеслав Исаев, Александр Вялов. Об оценке надёжности источников вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Современная электроника. №7, 2007