

# ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И УСТРАНЕНИЮ ОТКАЗОВ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

В.Г.Ляпин

*На основе исследованных условий эксплуатации мобильных электротехнологических сельскохозяйственных машин и развиваемого в сложных станках и летательных аппаратах подхода к диагностике и устранению отказов электрооборудования предложена простая и наглядная модель поиска, устранения неисправностей и ремонта этого класса машин. Показано, что в электрооборудовании и электронике этих машин особая роль отводится качеству технической документации, наличию четкой, подробной, доходчиво составленной документации, позволяющей быстро разобратся с устройством, функционированием взаимосвязанных систем, принять нужное решение по поиску искомого отказа в оборудовании, т.е. с минимальными затратами времени выполнить проверку электроаппаратуры систем управления, вычислить критический поисковый маршрут, произвести необходимые измерения, гарантирующие качество проверки, найти причину отказа, устранить ее и, при необходимости, выполнить наладочно-регулирующие операции.*

## Введение

Электротехнологические процессы получили широкое применение и распространение в различных областях: машиностроении, пищевой, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, химии, медицине, сельском хозяйстве и др. Примерами применений электрических и магнитных полей являются разнообразные применения электромагнитных полей (ЭМП) в технологических процессах нагрева и термообработки, сушки, размораживания, технологии разделения составляющих неоднородной среды и т.д. В последние годы возрос научный интерес к проблемам взаимодействия электрических и магнитных полей с веществом, причем, особый интерес представляет исследование воздействия на различные среды сильных ЭМП. Этот интерес обусловлен перспективностью применения электромагнитного воздействия (ЭМВ) в наукоемких отраслях производства в целях интенсификации технологических и физико-химических процессов и управления ими путем непосредственного воздействия на рабочую среду.

В отличие от существующих методов воздействия на рабочую среду ЭМВ обладает рядом преимуществ. Так, во-первых, электромагнитные волны распространяются до полного затухания на достаточно большие расстояния вглубь объекта воздействия, и речь может идти о различных электрогидродинамических явлениях и управлении ими в глубинах рабочей среды. Во-вторых, при воздействии на материальные среды ЭМП в среде за счет диссипации энергии поля в тепло возникают распределенные источники

тепла. Значение плотности тепловых источников определяется видом (геометрией) распространяющейся в среде электромагнитной волны и диэлектрическими свойствами среды. Таким образом, при заданной геометрии волн для данной среды, изменяя частоту ЭМП, возможно осуществление управляемых процессов взаимодействия ЭМП со средой (например, нагрев на заданную глубину). Задачи по обеспечению должной отдачи от мобильных электротехнологических сельскохозяйственных машин (МЭСХМ) требуют особого подхода к ремонтным операциям и напрямую связаны с целенаправленными усилиями в оперативной диагностике его отказов по отдельным симптомам или их комплексам, а также их устранением.

Современная МЭСХМ [1-5] - сложная система, состоящая из целого комплекса взаимосвязанных элементов: силовой орган - электрический генератор; адаптеры - электропреобразователь и рабочий орган - электродная система; система управления, включая датчики параметров, задающие и информационные устройства (рисунок). Все эти элементы совершенствуются, что позволяет разрабатывать и производить МЭСХМ, обеспечивающие их оптимизацию. Технический уровень МЭСХМ определяется качеством небольшой номенклатуры основных компонентов - генератора, полупроводниковых приборов, электродной системы, средств управления, защиты и диагностики, теплоотвода и конструктивов. От них зависит возможность реализации того или другого алгоритма управления и построения структуры МЭСХМ, а также диагностики и устранения отказов.



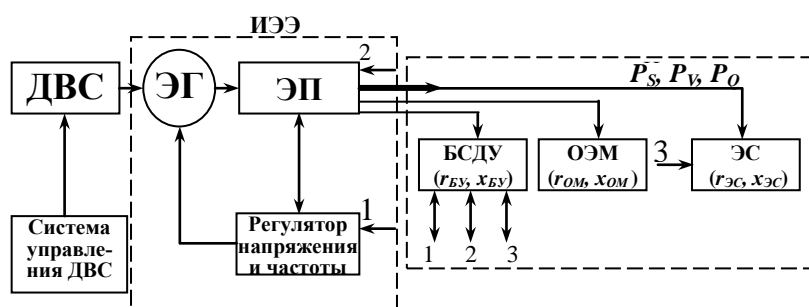


Рис. Структурная схема ЭТК: ДВС - двигатель внутреннего сгорания; ИЭЭ - источник электрической энергии; ЭГ - электрический генератор; ЭП - электропреобразователь; БСДУ – бортовая система диагностики и управления; ОЭМ - отбор электрической мощности; ЭС - электродная система

### Эксплуатационные свойства МЭСХМ

Нами [2, 3, 6, 7] сформулированы перспективы развития и особенности работы электрооборудования и электроники МЭСХМ, характеризующиеся большим уровнем мощности нагрузки в электродной системе, значительным сроком автономного функционирования, сложностью и разнородностью элементной базы, наличием кратковременных пиковых нагрузок, особыми условиями эксплуатации. Работа МЭСХМ сопровождается разрядами статического электричества, коммутациями токов в индуктивных цепях, переходными процессами в цепях высокого напряжения, короной на электродах, искровыми пробоями МЭП. В результате этих явлений формируются перенапряжения на оборудовании, сверхтоки промышленной и высоких частот, которые вызывают опасные электромагнитные воздействия.

В частности, к наиболее интенсивным источникам помех электротехнологического культиватора (ЭТК) относятся скользящие контакты электродной системы, сопровождающиеся искро- и дугообразованиями, что выделяет их в основную группу помехоэмиссий. Большое число анализируемых для нормирования электромагнитных параметров ЭТК объясняется многообразием воздействия ЭМП на биологические объекты, а также на электротехнические и электронные блоки. Внешние паразитные ЭМП, создавая электромагнитные помехи, воздействуют на элементы конструкций, аппараты и электрооборудование ЭТК (проблемы электромагнитной совместимости из-за кондуктивного влияния), а также на обслуживающий персонал (проблемы биоэлектромагнитной совместимости). Происходит нагрев конструкций и отдельных элементов (магнитопроводов, токопроводов, несущих конструкций и т.д.) ЭТК. Взаимодействие ЭМП и тока вызывает появление электромагнитных сил, которые, в свою очередь,

вызывают вибрацию и шум. Системы защиты ЭТК должны гарантировать безопасность аппаратуры и оборудования для людей, при этом выбор конкретной реализации защиты должен быть технически эффективен и экономически оправдан.

Обеспечение безопасности ЭТК может быть достигнуто путем исключения воздействия опасных и вредных факторов на персонал, занятый обслуживанием, эксплуатацией или ремонтом этого оборудования. К числу указанных воздействий относятся собственно электрический ток и создаваемые при выработке генератором, преобразовании источником вторичного питания и потреблении растительностью и почвой электроэнергии электрическое, магнитное и термические поля, шум, ультразвук и вибрации. Кроме того, на человека при электрокультивации могут воздействовать ультрафиолетовое и ионизирующее излучения, он может быть поражен опасными факторами пожара и т.п. Безопасность достигается недоступностью токоведущих частей, применением надлежащей изоляции и использованием технических защитных мероприятий. Выбор конкретных средств защиты осуществляется на основании классификации электроустановок по параметрам используемых в них напряжений.

ЭТК по величине напряжения относятся к установкам напряжением свыше 1000В, а по частоте сетей (50-10<sup>4</sup> Гц) - к среднечастотному оборудованию. Питание аппаратуры и оборудования ЭТК осуществляется от однофазных двух- и трехпроводных, двухфазных трехпроводных и пятипроводных, трехфазных трехпроводных, четырехпроводных и пятипроводных, обозначаемых в соответствии с международной системой классификации сетей как **TN-S**, **TN-C**, **TN-C-S**, **TT**, **IT**. Наибольшее распространение в ЭТК получили сети по типу **TN**, **TN-S**, **TN-C** или **IT** [7].

Основными тенденциями развития конструкций и систем МЭСХМ, в частности, ЭТК

являются: увеличение ширины захвата и рабочих скоростей; снижение затрат электрической энергии на подавление жизнеспособности сорных растений; внедрение микропроцессорных систем защиты людей и животных от электрического поражения; совершенствование микропроцессорных систем контроля и управления технологическими режимами электрокультивации; обеспечение антикоррозийной защиты электродных систем. Заметное внимание уделяется совершенствованию электродных систем, точному дозированию введенной электрической энергии в биологическую ткань сорных растений для снижения их конкурентоспособности, применению электронных и оптико-электронных систем контроля и управления процессом электрокультивации. При электрокультивации кроме контроля скорости передвижения ЭТК требуется контролировать направление движения электродной системы, т.е. точное наведение рабочих органов-электродов на междурядье культуры, а также электрические режимы работы электрооборудования, которые происходят вне поля зрения человека. Как видно, в ЭТК, кроме применения общеизвестных в МЭСХМ средств технологического контроля, необходимы и локальные системы управления, в т.ч. и системы управления рабочими органами-электродами.

Номенклатура изделий включает слаботочные реле, коммутационные изделия ручного управления, магнитоуправляемые контакты, которые используются для коммутации электрических цепей в ЭТК. В неё входят также низковольтные аппараты (электромагнитные контакторы и пускатели, автоматические выключатели - автоматы защиты сети, переключатели пакетные, электротепловые токовые реле, реле электромагнитные напряжения и тока, реле времени), которые применяются в ЭТК для защиты, коммутации, распределения нагрузок, контроля электрических цепей и потребителей электроэнергии. Высокий технический уровень этих изделий обеспечивается широким разнообразием номенклатуры, низким энергопотреблением, высокими быстродействием и износостойкостью, возможностью монтажа на поверхность печатных плат, широким диапазоном рабочих частот. Создание качественно новых электромеханических систем для решения задач исполнительных органов ЭТК с требуемыми техническими параметрами обеспечивается путём введения в их состав электронных модулей, в том числе "интеллектуальных" на основе средств микроэлектроники и вычисли-

тельной техники (микроЭВМ, микропроцессоров, "разумных" силовых полупроводниковых приборов и т.п.). Замена электронных блоков ЭТК бортовым компьютером приводит к еще большему снижению массы и габаритов средств автоматизации, уменьшению потребляемой электрической мощности на свое функционирование. В свою очередь блочная структура ЭТК позволяет из разного количества микропроцессорных модулей и их соответствующего программирования создавать системы управления заданного уровня автоматизации для различного типа разрабатываемых МЭСХМ.

Ремонт сложного электрооборудования и аппаратуры, в т.ч. и МЭСХМ имеет ряд особенностей, которые определяются сложностью принципиальных электрических схем и тем, что схемы многих единиц оборудования включают в себя большое число разнообразных электроаппаратов и элементов, отражающих их сложную функциональную структуру. При ремонтом обслуживании МЭСХМ приходится оперативно решать вопросы, связанные с взаимодействием электроаппаратов (кнопок, реле, конечных выключателей, пускателей, электромагнитов, золотников, электронных компонентов и др.). При этом необходимо, быстро устанавливать последовательность их срабатывания, находить путь прохождения сигналов по непостоянным устройствам и цепям электроавтоматики к исполнительным механизмам, в т.ч. электродным системам. Как и в электрооборудовании сложных станков [8], летательных аппаратов, здесь особая роль отводится качеству технической документации, наличию четкой, подробной, доходчиво составленной документации, позволяющей быстро разобраться с устройством, функционированием взаимосвязанных систем, принять нужное решение по поиску искомого отказа в оборудовании, т.е. с минимальными затратами времени выполнить проверку электроаппаратуры систем управления, вычислить критический поисковый маршрут, произвести необходимые измерения, гарантирующие качество проверки, найти причину отказа, устранить ее и, при необходимости, выполнить наладочно-регулирующие операции.

#### **Поиск и устранение неисправностей в процессе эксплуатации**

В процессе эксплуатации МЭСХМ особую сложность будет вызывать поиск и устранение невидимых неисправностей. Даже при проверке дроссельных катушек ЭТК

главные неисправности - это корпусное и межвитковое замыкания. При корпусном замыкании между обмоткой катушки и ферромагнитным сердечником - корпусом машины - землей возникает проводимое соединение. В зависимости от того, где происходит замыкание (ближе к окончанию обмотки, соединенному с электродом или с источником питания), может произойти разрушение электродов. Корпусное замыкание между обмоткой и сердечником катушки можно легко установить. Каждый универсальный измерительный прибор имеет пробник или "омметр". С помощью него можно легко установить электрическую связь между сердечником и обмоткой.

Межвитковое замыкание можно установить, когда известна сила номинального тока дросселя. Дроссельные катушки выдерживают при номинальном напряжении многочасовую работу в режиме близком к короткому замыканию. Для проверки дросселя на межвитковое замыкание можно провести опыт короткого замыкания, т.е. подключить его к пониженному, по сравнению с рабочим, напряжению и измерить ток при коротком замыкании. Расчетный ток короткого замыкания не должен превышать номинальный в 2 раза, в противном случае в дроссельной катушке произошло межвитковое замыкание. Проверку электронных устройств предпочтительнее проводить в лаборатории или на станциях технического обслуживания. В полевых условиях проверку можно осуществить через прослушивание - акустический контроль, но это условно. Функционирующее импульсное устройство издаёт лёгкий "стрекочущий" звук. Точный контроль электронных импульсных устройств возможен только с помощью статического вольтметра, подключённого диодного разрядника и конденсаторной батареи или с помощью вольтметра-усилителя с высоким входным сопротивлением.

### Ремонтные операции

Все ремонтные работы по электрооборудованию и электронике МЭСХМ с точки зрения их трудоемкости можно разделить на: простые ремонтные операции, требующие для поиска и устранения отказа до одного часа; ремонтные операции средней сложности, требующие затрат времени на их выполнение до половины рабочей смены; сложные ремонтные операции, требующие на их устранение затрат времени до одной смены; ремонтные операции повышенной сложности, требующие на их завершение до двух и более смен. Суммарная длительность затрат на

ремонтное восстановление МЭСХМ во многом зависит от их надежности и этапе поиска причин отказов, в котором большое значение имеет выбор поискового метода. Любой из них заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от электрооборудования и электроники в определенные отрезки времени в виде внешних признаков, прямо или косвенно характеризующих их состояние. Продолжительность времени на поиск отказа на каждом этапе работы определяется правильно выбранной последовательностью действий, выбранными контрольно-измерительными приборами, пониманием того, что не все причины могут рассматриваться как равновозможные. Исходя из этого, производится выбор минимального числа параметров, подлежащих контролю для обнаружения скрытого отказа, их сопоставлений с ожидаемыми значениями различных параметров, выводами об установлении отказа или необходимости проведения дальнейших поисковых мер. В свою очередь, они зависят от наличия продуманного плана поисковых работ, знания конкретной системы управления, понимания происходящих в МЭСХМ и электротехнологии процессов при воздействиях от системы управления, возможных изменениях параметров электротехнологического процесса и во время эксплуатации МЭСХМ, что и по каким причинам может повреждаться в электросистемах, хорошо представлять физические процессы в электротехнологии, электрооборудовании и электроавтоматике, так как при одном и том же внешнем проявлении причины неисправностей могут быть совершенно различными.

Как пример в [8] приводятся описания часто применяемых диагностических и ремонтных операций по каждому из ремонтно-восстановительных этапов электрооборудования и электроники: текущих ремонтных операций дежурными электроремонтниками; электроремонтных операций средней сложности; электроремонтных работ по устранению сложных отказов; электроремонтных работ повышенной сложности. Подобным в [8] образом устранение простых отказов и ремонтов МЭСХМ возлагается на дежурных электриков. Для выполнения остальных ремонтов привлекаются электроремонтники, выполняющие на момент вызова работы, не требующие очень высокой оперативности. С них они переводятся по заданиям на выполнение ремонтов по простаивающим МЭСХМ.



## ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И УСТРАНЕНИЮ ОТКАЗОВ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

### **Доработка технической документации**

В МЭСХМ [1-5], как и в [8] при рассмотрении принципов работы электроники, некоторых схем автоматики, блоков, плат нет четкой последовательности и полноты изложения принципов их функционирования. Недостаточно в них и данных, влияющих на выходные параметры, а также дающих возможность быстро разобраться в особенностях их регулировок. Чаще всего диагностические способы проверки в документации не приведены. Встречается отсутствие правильных надписей у устройств управления, на переключателях, кнопках, реле и др. То есть, хотя формы технической документации регулируются определенными правилами и стандартами, но не всегда она приводится в четко отработанном виде.

Еще больше проблем с технической документацией импортного оборудования. Так, например, в документации поставленной к ЭТК модели LW-5 [3] отдельные фрагменты схем автоматики и электроники, а также объединительные структурные схемы представлены разрозненно, а некоторые важные принципиальные схемы вообще не приводились. По имеющейся технической документации выполнение сложных ремонтов весьма проблематично, что вынуждало обращаться в представительство фирмы-поставщика.

Отмеченные недостатки документации и сопряженные с ними технические трудности требуют просматривать, изучать и анализировать патентную и техническую литературу, справочники по электронике, методам технической диагностики, применяемым в ремонтной практике, а также постепенно дорабатывать имеющиеся комплекты технической документации на электрооборудование и электронику для обеспечения ее четкости, сжатия до выполняемой функции, наглядности, доходчивости, содействующих быстрому пониманию работы сложной схемы и функций ее электроаппаратов, возможности оперативно выявления связей между различными электронными, электрическими, электромеханическими устройствами и узлами, то есть до возможностей такого ее использования, которое бы обеспечивало получение исчерпывающей информации для анализа тех или иных неисправностей, нахождения мест повреждений, то есть проведения более оперативных диагностических, ремонтных и регулировочных операций. Главное в них то, что сложные принципиальные схемы разбивались на простые, присущие лишь выполнению одной из многих функций. *Диагностиче-*  
*ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2008*

ские схемы каждой из функций представлялись на одном листе, на котором были отображены лишь те устройства, электроаппараты и элементы, а также все связи между ними, которые соответствовали только полному выполнению этой отображенной функции.

### **Электронные эксплуатационные журналы и типовой перечень неисправностей**

Большое разнообразие технических систем управления МЭСХМ, проверка различных по сложности блоков, узлов или их элементов занимают различное количество времени и требуют неодинаковых затрат труда. Для его сокращения помощь оказали бы описания ранее проведенных предшествующими, схожих по симптомам отказов, их выясненных причин и устранений, которые были бы зафиксированы в эксплуатационных журналах. Необходимо использовать и типовой перечень неисправностей, который приводится в документации к МЭСХМ. В нем обычно содержится укороченный перечень наиболее распространенных, типовых неисправностей, их причины и методы устранения. Для самых простых МЭСХМ такой перечень может подсказать способ проверки и использования его для ремонта. Но для более сложных моделей МЭСХМ его создание представляет большие сложности, так как изготовителю нельзя заранее описать признаки и технологию поиска всех возможных в них отказов и их проявлений, зачастую связанных и с особенностями эксплуатации.

Обнаруженные же и устраненные дефекты и неисправности средней и высокой сложности раздельно, для каждой модели и их систем управления, на протяжении всего периода их эксплуатации должны подлежать подробному, исчерпывающему описанию проявлений неисправностей, поиску их причин и обнаруженным дефектам, отражать все данные измерений, условия, сопутствующие возникновению неисправности, и всех выполненных работ по их устранению, зарисовке отдельных фрагментов схем и изменений в них, по возможности соблюдая при этом в записях четкость, ясность и однозначность. Необходимы и записи замечаний и предложений по конструктивному решению узлов, качеству их изготовления, методам обслуживания, результаты оценки фактического технического состояния.

Такая накапливаемая из года в год информация, связанная с каждой моделью в ее последовательности и сочетании, поможет сослужить хорошую службу в повышении эффективности диагностики, объективной оценке текущего технического состояния МЭСХМ и явится одним из резервов сокращения времени их простоев при проведении

ремонтных работ. Для этого сначала, как представляется, необходимо овладеть способами сбора, исследования формы проявления отказов, "добычи" информации, обработки и анализа фактов, их регистрации после интересного, специфического ремонта и проделанной работы, схемы проверок, таблицы и составленные по ним графики, показания приборов, а также результаты и выводы. То есть для получения достоверной картины работоспособности каждой модели МЭСХМ необходима подробная дифференциация всех причин его отказов. В них кратко, а при сложных и средних по сложности отказах подробно, описывались проявление неисправности, поиск, методы, способы, принципы, использованные для постановки диагноза до блока, до платы, локализации в них отказавшего элемента. Описана последовательность проверок сигналов, выявление физической сущности отказов, использованные при этом технические средства и измерительные приборы. Приведены причины возникновения неисправностей и способы оперативного восстановления их работоспособности. При необходимости описаны методы настройки, регулирования основных параметров и их последовательность.

Для иллюстрации в некоторых из них должны быть приведены временные диаграммы и осциллограммы, снятые на выходах элементов и участков неисправных схем при просмотре осциллографом некоторых их функций, таблицы измерений некоторых параметров и построенные по ним графики, которые использовались для анализа, определения характера и локализации отказов неправильно функционирующих блоков, узлов и отдельных элементов схем. Для некоторых сложных случаев приведены описания опытной отработки процессов их восстановления.

Бортовая система диагностики и управления ЭТК (рисунок) позволит получать полную информацию о состоянии электрооборудования и электроники МЭСХМ, следить за уровнем и развитием дефектов, формировать рекомендации операторам и ремонтным бригадам о необходимых мероприятиях по обслуживанию и ревизии электротехнологических машин. Структурная схема БСДУ представлена в [2, 3] и включает в себя:

- анализирующий блок - предназначен для обработки и анализа данных, получаемых с датчиков, формирует информацию о состоянии электрооборудования и электроники и управляет системой в целом;

- датчики - предназначены для получения информации о состоянии контролируемых элементов, устанавливаются непосредственно на корпусе (или крышке) электротехнического или электронного узла и связываются с анализирующим блоком при помощи экрани-

рованных кабелей, помещенных в защитный рукав;

- блок индикации - предназначен для отображения текущей информации о состоянии электрооборудования и электроники и сигнализации оператору о возникающих неисправностях и необходимых мероприятиях;

- модуль энергонезависимой памяти - предназначен для сохранения данных о текущем техническом состоянии контролируемых элементов с целью их последующей обработки программными средствами и статистическими функциями вероятностного ресурса.

Наряду с внедрением систем следящего контроля современным средством диагностики может служить применение в условиях ремонта переносных приборов ранней технической диагностики электрооборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Кондратов А.Ф. Современные технологии и средства механизации обработки почвы, посева, посадки, внесения удобрений и защиты растений/А.Ф. Кондратов, А.Д. Логин, Я.П. Лобачевский, В.А. Кондратов, В.М. Медведчиков, В.В. Шаров, В.И. Воробьев, В.П. Демидов, В.Г. Ляпин, В.А. Чулкина; Под общ. ред. А.Д. Логинова/Новосиб. гос. аграр. ун-т. - Новосибирск, 2001. – 252 с.

2 Ляпин В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью/В.Г. Ляпин; Новосибир. гос. аграр. ун-т. - Новосибирск, 2000. – 106 с.

3 Ляпин В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью в приложениях/В.Г. Ляпин; Новосибир. гос. аграр. ун-т. - Новосибирск, 2000. – 240 с.

4 Баев В.И. Электроимпульсная предуборочная обработка растений подсолнечника и табака: Монография/В.И. Баев, И.Ф. Бородин; Волгогр. с.х. акад. - Волгоград, 2002. – 232 с.

5 Попов В.М. Способы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием электрической энергии: Автореф. дис...д-ра техн. наук/В.М.Попов. - Челябинск, 1999. – 41 с.

6 Ляпин В.Г. Концепция развития электротехнологической защиты растений/В.Г. Ляпин, А.Ф. Кондратов, В.И. Воробьев, В.А. Чулкина//Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2003, №10. - С. 2-5.

7. Ляпин В.Г. К методологии электробезопасности мобильных электротехнологических машин/В.Г. Ляпин//Экология и сельскохозяйственная техника. Т. 3. Экологические аспекты производства продукции животноводства и электротехнологий: Материалы 5-ой международной научно-практической конференции. - СПб.: ГНУ СЗНИИ-МЭСХ Россельхозакадемии, 2007. - С. 322-328.

8. Дмитриченко Б.А. Практика диагностики и устранения отказов в электрооборудовании металлообрабатывающих станков/Б.А. Дмитриченко. - Рыбинск: РГАТА, 2005. – 232 с.