

## Надежность релейной защиты: Создание и разоблачение мифов.

В журнале «Вести в электроэнергетике» [1] помещена очередная статья В.И. Гуревича, в которой он «развеивает» мифы о высокой надежности цифровых устройств релейной защиты, противопоставляя им по настоящему высоконадежные электромеханические и электронные реле защиты.

Начинается статья ссылкой на то что «в 74% случаев причиной тяжелых аварий служат **неправильные** действия релейной защиты в процессе развития аварии».

Читателю, оценивающему корректность дальнейших рассуждений автора, хотелось бы здесь увидеть информацию о том, какая часть тяжелых аварий в энергосистемах была вызвана неправильными действиями релейной защиты на электромеханических реле, а какая – на цифровых устройствах релейной защиты.

В этом случае можно было бы обоснованно судить о том, какая из видов защит (электромеханическая или микропроцессорная) имеет больший процент **неправильных действий**.

Но автор вместо этого ограничивается не вызывающей возражений сакраментальной фразой «...от надежности релейной защиты во многом зависит надежность всей энергосистемы», предваряя её словом «поэтому», и неожиданно переходит от рассмотрения одного из свойств - правильности действия релейной защиты - к другому - **надежности** [2] релейной защиты.

Микропроцессорные устройства, как и любые другие технические устройства, могут иметь разную надежность. Однако **все** микропроцессорные устройства, поставляемые на объекты энергетики, в обязательном порядке должны соответствовать требованиям, установленным в разделе 3.6 руководящего документа [3].

В этом документе установлен такой перечень показателей надежности:

- средняя наработка на отказ сменного элемента;
- среднее время восстановления (замены сменного элемента);
- средний срок службы сменного элемента до капитального ремонта;
- средняя вероятность отказа в срабатывании устройства за год (при появлении требования);
- параметр потока ложных срабатываний устройства в год (при отсутствии требования);
- полный средний срок службы устройства.

Но об этих показателях во всей статье внимательный читатель не найдет ни слова.

Далее для доказательства своего главного вывода<sup>1</sup> автор заявляет : «...все усилия разработчиков были переключены на создание электронных, а затем и микропроцессорных устройств релейной защиты...», объяс-

---

<sup>1</sup> «Надежность МУРЗ ниже надежности электромеханических реле и электронных реле на дискретных элементах» ([1], с. 37)

няя этим «забвение» разработок новых электромеханических реле защиты. При этом упускается из вида вполне очевидный факт – разработкой электронных и микропроцессорных реле занимались и занимаются специалисты, в большинстве своём далекие от разработки электромеханических реле.

Специалистам понятно, что сначала полупроводниковые, а затем и микропроцессорные устройства привлекли внимание разработчиков новых устройств релейной защиты по вполне понятным и достаточно прозаическим причинам - устройства на электромеханических реле не позволяют обеспечить выполнение технических требований, предъявляемых к релейной защите.

Например, широко используемые до сих пор реле частоты типов РЧ-1 и РЧ-2 имеют погрешность срабатывания не менее  $\pm 0,2$  Гц [4]. В то же время, погрешность срабатывания микропроцессорных реле частоты не превышает  $\pm 0,01$  Гц.

Кроме этого, электромеханическое реле не позволяет изменить уставку срабатывания с заданной дискретностью.

Поэтому вполне понятно, что с повышением требований к точности поддержания частоты в энергосистемах самое широкое распространение получили именно микропроцессорные реле [5]

В литературе, см. например книгу [6], можно найти такую характеристику широко распространенных до сих пор реле типа РТ-40: «Подвеска подвижной системы не рассчитана на длительное пребывание при токе, превышающем ток срабатывания реле и вызывающем вибрацию якоря. В связи с этим использование реле РТ-40 ... в цепях, длительно находящихся под током, нежелательно, это вызывает повышенный износ контактов»

В то же время современные микропроцессорные устройства, реализующую ту или иную токовую защиту, рассчитаны на длительное протекание тока, достигающего трёхкратного номинального значения. Протекание такого тока не приводит к изменению характеристик устройства.

Поэтому, вопреки мнению автора<sup>2</sup>, переход на микропроцессорные устройства вызван вполне понятными причинами – появлением новых требований, выполнение которых невозможно с помощью электромеханических реле.

Читая статью, постоянно наталкиваешься на разного рода противоречия. Вот так фраза, помещенная несколькими строчками ранее, либо противоречит следующей за ней фразе, либо не имеет к ней никакого отношения.

Например, на с. 29 читаем:

«С одной стороны, находящиеся десятки лет в эксплуатации ЭМЗ<sup>3</sup> на сегодняшний день сильно износились и устарели и поэтому вызывают справедливое недовольство обслуживающего персонала. С другой стороны, демонтаж ЭМЗ и переход на микропроцессорные реле защиты на

---

<sup>2</sup> «...причиной полного забвения ЭМЗ (электромеханических защит, прим. моё) и перехода на МУРЗ (микропроцессорное устройство релейной защиты, прим. моё) является не неспособность ЭМЗ выполнять свои функции, а нечто совершенно иное» ([1], с. 29)

<sup>3</sup>Электромеханические защиты

действующих объектах электроэнергетики связан с необходимостью инвестирования значительных денежных средств, причем не только на приобретение МУРЗ<sup>4</sup>, компьютеров и специального дорогостоящего тестового оборудования, на замену вышедших из строя и не подлежащих ремонту весьма дорогостоящих блоков МУРЗ»

Читателю не сообщают, какое отношение недовольство обслуживающего персонала устаревшими ЭМЗ, имеет к переходу на микропроцессорные реле защиты.

Понятно, что устаревшие ЭМЗ надо менять в любом случае, хотя бы на такие же новые. Но потребителю и в этом случае придётся инвестировать денежные средства не только на сами новые ЭМЗ, но и на:

- устройства их проверки (находящиеся в эксплуатации также устарели и не отвечают большинству современных требований к вспомогательному оборудованию<sup>5</sup>);
- обучение персонала работе с ним;
- запасные части к **новым** ЭМЗ.

Для установки новых ЭМЗ, а не выпускающихся без изменения десятилетиями старых ЭМЗ, также придётся изменять схемы, выполнять другие различные работы, неизбежно сопровождающие любые замены элементов электроустановки, не говоря уже о её более или менее существенной модернизации.

Вопреки мнению автора, большинство «блоков МУРЗ» как зарубежного, так и отечественного производства, вполне **ремонтпригодно**, даже **в условиях эксплуатирующей организации**, так как многие «блоки МУРЗ» собраны из быстросъемных модулей. Затраты времени на диагностику микропроцессорного устройства защиты и замену в нём неисправного модуля не превышают 2 часов.

Самое важное, что ремонт микропроцессорных устройств защиты методом замены модуля не предусматривает наличия у релейщика профессиональных навыков и умений, необходимых для специалистов по ремонту [7, 8].

Сказав о вызывающих справедливое недовольство персонала ЭМЗ<sup>6</sup> и неремонтпригодных по его мнению МУРЗ, автор почему-то пишет:

«Значительные капиталовложения потребуются также и на реконструкцию системы заземления подстанции...» [1].

Для уточнения предмета разговора приведем цитату из словаря:

---

<sup>4</sup> Микропроцессорные устройства релейной защиты

<sup>5</sup> В [5] на с. 423 справедливо написано: «...Да и время подошло к переходу на современную, удобную в пользовании аппаратуру.»

<sup>6</sup>Электромеханические защиты

**ЗАЗЕМЛЕНИЕ** - термином **заземление** в технической литературе и нормативных документах принято обозначать несколько понятий:

**1. меры**, обеспечивающие:

- защиту электрооборудования и обслуживающего персонала от воздействия тока и напряжения в нормальных и аварийных режимах;
- электромагнитную совместимость электрооборудования, в том числе защиту радиоприёма от помех;
- молниезащиту (грозозащиту);
- защиту от статического электричества.

**2. преднамеренное электрическое соединение** (создание электрической цепи или цепи заземления) металлических оболочек электрических машин, аппаратов, приборов, *экранированных оплеток кабелей* и т.п. с *землей* (конструкциями судна с металлическим корпусом или *магистралью заземления* на неметаллических судах).

**3. устройства**, обеспечивающие электрическое соединение элементов электрических машин, аппаратов, приборов и т.п. с землей

ПУЭ [3] различает:

- *защитное заземление* [п.1.7.7], обеспечивающее электробезопасность электроустановки и защищающее людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения *изоляции электрической*.

- *рабочее заземление* [п.1.7.8], выполняемое для обеспечения работы электроустановки.

Заземление, как устройство береговых электроустановок, состоит из зарытых в *землю* металлических электродов (*заземлителей*) и проводников, соединяющих их с заземляемыми частями электроустановок.

В литературе (см., например,[5]), посвященной *электромагнитной совместимости*, различают понятия *земля* и *масса*. Масса (система опорного потенциала) может, но не должна иметь потенциала земли.

В *нормативно-технической документации* установлено, что сопротивление цепи заземления, защищающей людей от поражения током при соприкосновении с оболочкой электрооборудования с поврежденной изоляцией, не должно превышать 4 Ом.

Сопротивление других цепей заземления устанавливается с учетом конкретных характеристик заземляемого оборудования (см. *Заземление электрооборудования, Заземление экранированных оплеток кабелей, Перемычка заземления, Токосоводящая композиция, Токосоводящее покрытие*).

Литература:

1. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М., Издательство стандартов, 1984
2. Правила устройства электроустановок. М.: Главгосэнергонадзор России, 1998
3. Требования по выполнению электромагнитной совместимости на объектах электроэнергетики./Методические указания. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2005, 64 с. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», вып. 10 (82)]
4. Словарь-справочник судового электромонтажника. Л.:Судостроение, 1990, 392 с.
5. Шваб А. Электромагнитная совместимость. М.: Энергоатомиздат, 1998, 480 с.

Необходимо отметить, что действующие требования к системе заземления электроустановок изложены в [9] и не зависят от отсутствия или наличия тех или иных устройств защиты.

Однако о том, какая именно реконструкция системы заземления подстанции требуется и с какой целью, читатель статьи узнать не может.

Автор, как и многие другие, разделяет миф о необходимости применения для нормального функционирования компьютерной техники, информационных сетей и систем связи отдельного, «чистого» заземления, изолированного от общей системы защитного заземления.

Однако реализация этого мифа является не только ошибочной и приводящей к отказу электронных устройств, но в ряде случаев и опасной для здоровья и жизни людей [10].

Читатель может только предполагать, что автор «намекает» на необходимость выполнения условий электромагнитной совместимости на объектах электроэнергетики [11], но в самой статье об этом не говорится ни слова.

Согласно принятой практике, большинство современных микропроцессорных устройств рассчитано на работу в электромагнитной обстановке, характерной для большинства электроустановок. Практика показала, что проблемы с электромагнитной совместимостью цифровых устройств возникают прежде всего там, где при монтаже таких устройств не соблюдена технология выполнения заземления оборудования.

Рассмотрим несколько примеров неправильного заземления оборудования, приведшего к ложным срабатываниям устройств.

На рис.1 шкафы с цифровыми устройствами релейной защиты соединены между собой «проводником», тогда как по действующим правилам к контуру заземления должен быть подключен корпус каждого шкафа.



Рис. 1

«Проводник» не оконцован наконечником, а зажим заземления шкафа не подключен к контуру заземления.

На рис. 2 показано, что проводники заземления, отходящие от отдельных устройств, установленных в шкафу релейной защиты, подключены к внутренней шине заземления. Однако сама шина заземления не соединена с контуром заземления электроустановке.





Рис. 2

Шкаф на рис. 3 установлен свободно на бетонный пол и не имеет электрического контакта с металлическим полом. Вместо соединения зажима заземления с контуром заземления, «проводник» (см. рис. 1) соединяет шины заземления шкафов между собой.



Рис. 3

Разные шины заземления шкафа на рис. 4 не подключены отдельно к контуру заземления, а соединены последовательно между собой и с корпусом рядом стоящего шкафа.



Рис. 4

Ничего другого, кроме процитированных выше слов о **необходимости значительных затрат на реконструкцию системы заземления** в статье нет, так как автор сразу же переходит к определению количества находящихся в эксплуатации устройств.

Пропустим эту часть статьи, как не относящуюся к вопросам надежности и обратимся к мифу 1: «Надежность МУРЗ выше надежности ЭМЗ потому, что МУРЗ не содержит подвижных частей».

Все известные микропроцессорные устройства релейной защиты в качестве исполнительных органов используют либо **электромеханические** [12] либо **твердотельные** реле.

Изготовители этих устройств **ОТКРЫТО** пишут об этом в документации и даже предоставляют потребителю возможность выбрать тип выходных реле [13].

Более того, ни один из разработчиков и производителей не связывает надежность микропроцессорных устройств с наличием или отсутствием в них **«подвижных частей»**.

Что же критикует в этой части статьи [1] автор?

Начинает он с интересного утверждения: «Отказы ЭМЗ связывают в литературе, обычно, со старением и повреждением изоляции (истирание, высыхание)...».

Если тезис о старении изоляции, как причине отказов, не вызывает сомнений, то повреждение изоляции в результате её **истирания** требует пояснений. Читателю было бы интересно узнать, каким образом и какая часть изоляции истирается при работе реле? Истирается настолько, что происходит отказ реле.

В известной литературе по поиску дефектов в реле [14] и ремонту релейной аппаратуры [8] нет ни слова от такого дефекте, как **истирание** изоляции реле. Но автор, заинтриговав читателя, так ничего об этом и не говорит.

Рассуждая о высыхании изоляции, автор дальше пишет «..Такие дефекты являются характерными для ЭМЗ российского производства и

практически не встречаются в реле ведущих западных компаний...»<sup>7</sup>.

Вопреки мнению автора, процесс высыхания изоляции зависит совсем от других причин, рассмотрение которых выходит за рамки данных заметок.

Далее автор ещё раз показывает свою непоследовательность и, нарушая логику рассуждений, внезапно утверждает «Таким образом, говорить о недостаточном механическом ресурсе ЭМЗ, как вида реле, абсолютно необоснованно». Нимало не смущаясь того, что до этого речь шла об *истирании* и *высыхании* изоляции.

Внимательный читатель остаётся в недоумении – почему вдруг, совершенно внезапно, речь зашла о *механическом ресурсе* ЭМЗ?

Дальнейшие рассуждения автора о «лёгкой» судьбе подвижных элементов ЭМЗ, пребывающих в неподвижном состоянии практически весь срок службы, и о «тяжелой» доле электронных компонентов, постоянно испытывающих воздействие «высокого рабочего напряжения (220-250 В), импульсов перенапряжений», исключают возможность сколько-нибудь серьёзного технического комментария.

В конце этой части заметок нельзя не обратить внимание на то, что вопреки ошибочному мнению автора, существенное, многократное, повышение надежности источников питания, произошедшее именно после замены трансформаторных выпрямителей импульсными высокочастотными преобразователями, почувствовали все потребители бытовой и специальной техники.

Следующую часть статьи, названную «Миф 2», автор предваряет двумя цитатами из работы [15], в которых сначала говорится о *большей* надежности полупроводниковых реле на дискретных элементах по сравнению с надежностью электромеханических реле, а потом о *большей* надежности полупроводниковых устройств защиты на основе интегральных микросхем по сравнению с устройствами на дискретных компонентах<sup>8</sup>.

Не сомневаясь в точность цитирования, внимательный читатель не может не обратить внимания на то, что смысл, вкладываемый автором статьи [15] в эти фразы можно оценить только в контексте.

Вполне возможно, что автор просто хотел подчеркнуть простую и естественную мысль – надежность, как *свойство изделия выполнять заданные функции в течение требуемого интервала при определенных условиях эксплуатации*, возростала при применении в изделии новой элементной базы.

«Рассматривая» приведенные цитаты автор оставляет в стороне известный и неоспоримый факт – электромеханические реле до сих пор

---

<sup>7</sup> Увлеченный разоблачением созданных им мифов, автор не обращает внимания на то, что в написанном им тексте подтверждается известная всем специалистам истина - процесс высыхания не имеет «национальности» и его можно наблюдать и в изоляции, применяемой в своих реле ведущими западными компаниями.

<sup>8</sup> Необходимо отметить, что третий тезис приводится автором без указания источника. Естественно предположить, что третью часть *мифа 2* создал автор статьи [1]. Приём уже испытанный им ранее – сначала придумываем миф, а потом его разоблачаем.



применяют в устройствах защиты, выполненных на любой элементной базе. Поэтому нет никаких оснований говорить о якобы существующем заблуждении - «..безусловно **большей надежности электронных реле перед электромеханическими**».

При любом способе определения надежности изделия тот или иной показатель надёжности электромеханического реле (интенсивность отказов, средняя наработка на отказ и т.д..) войдет в результирующую оценку надёжности изделия, содержащего это реле.

Подтверждение сказанному внимательный читатель найдет на рис. 2 из статьи [1] (см. рис.5 ниже), где причиной 9,6 % повреждений<sup>9</sup> микропроцессорной техники названы «электр. реле»<sup>10</sup>.

По данным одного из отечественных производителей микропроцессорных устройств релейной защиты претензии к электромеханическим реле составили 5,3 % от общего количества претензий к работе устройств.

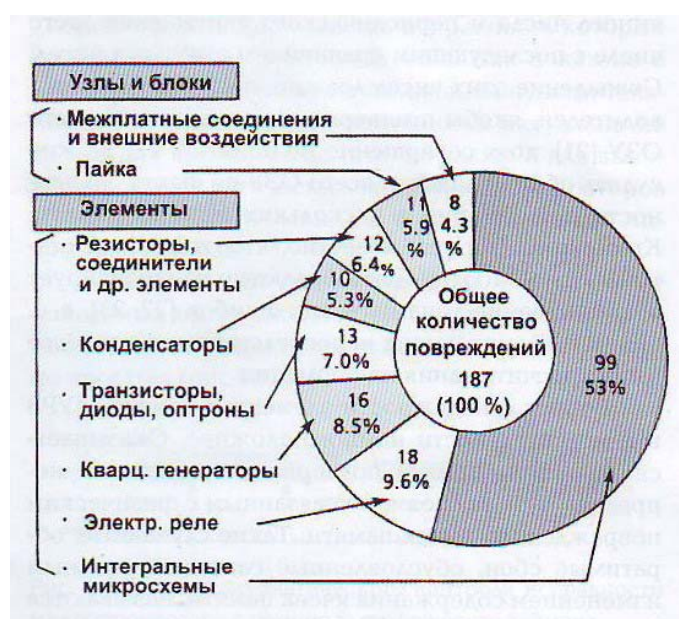


Рис. 5. Рисунок 2 из статьи [1]

Необходимо отметить, что почти треть из этих претензий вызвана подачей на размыкающий контакт реле тока, превышающего допустимое значение, т.е. не связана с надежностью электромеханических реле, а вызвана нарушением условий эксплуатации.

Не будем больше комментировать рис. 5, обратим внимание только на то, что объединять транзисторы, диоды, оптроны в одну группу вполне естественно, а вот объединение в одну группу «Межплатных соединений и внешних воздействий» не может не вызвать вопросов.

<sup>9</sup> Используемый автором термин требует пояснений. В соответствии с ГОСТ 27.002-89 – *Повреждение* – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния [3]. Может быть здесь речь идёт об *отказе*?

<sup>10</sup> Автор не даёт расшифровки использованного сокращения. Может быть потому, что рис. 2 опровергает сказанное им ранее?

Утверждая далее, что «Дискретные электронные элементы имеют гораздо более высокую устойчивость к перенапряжениям и другим неблагоприятным воздействиям, чем интегральные микросхемы», автор не говорит, о каких «*других неблагоприятных воздействиях*» идёт речь.

Для подтверждения же своего тезиса автор даёт ссылку не на официальные данные изготовителей о надежности тех или иных микросхем и дискретных электронных элементов, а на статью [16].

Далее в статье [1] приведены рассуждения автора о воздействии перенапряжений, не основанные на анализе устройств микропроцессорной релейной защиты и действующих требований к ним [3].

Для исключения гальванической связи внутренних цепей устройства с внешними цепями, во входных цепях устройств применяют оптоэлектронные преобразователи [17], а в выходных цепях – электромеханические [18] или твердотельные реле<sup>11</sup>.

Производимые далее автором сравнения надежности интегральных микросхем и электронных устройств только по числу использованных в них элементов не будем комментировать, напомним только, что расчетные методы определения надежности регламентированы стандартом [19], а методы контроля показателей надежности – стандартом [20].

Оригинальная терминология, используемая автором, способствует появлению неожиданных выводов. Например, автор говорит о значительно большей «повреждаемости» всех реле по сравнению с электромеханическими – в три раза для реле на электронных элементах и в 50 раз – для микропроцессорных.

Однако определение понятия, обозначенного автором термином «повреждаемость» в статье отсутствует. В технической же литературе этот термин используется для обозначения несколько иного [21].

Обратимся теперь к мифу 3 – «Надежность микропроцессорных устройств выше ...благодаря наличию встроенной самодиагностики».

Для начала хотелось бы привести цитату из руководящего документа [3]:

«Для обеспечения ремонтпригодности микропроцессорного устройства РЗА схемно-технические решения должны предусматривать:

- систему непрерывной диагностики устройства с сообщением о неисправности и информацией о характере отказа (код неисправности) и о месте отказа (тип неисправного модуля)».

Таким образом, руководящий документ однозначно фиксирует назначение системы самодиагностики – **повышение ремонтпригодности**. И всё. Ни о какой **повышенной надежности** устройств с системой самодиагностики там речи речи нет.

Кстати, в стандарте [2] к термину «Ремонтпригодность» есть такой комментарий: «Допускается дополнительно к термину «ремонтпригодность» (в узком смысле) применять термины... «приспособленность к диагностированию».

---

<sup>11</sup> Приведенные далее рассуждения о воздействии перенапряжений не основаны на анализе устройств микропроцессорной релейной защиты и действующих требований к ним [3].

Интересно, что рядовые пользователи систем самодиагностики вполне адекватно оценивают назначение такой системы и не приписывают ей свойств повышать надежность электрооборудования<sup>12</sup>.

Из приведенных определений однозначно следует, что все дальнейшие рассуждения автора на стр. 31, 32 и 33 рассматриваемой статьи не имеют никакого отношения к самодиагностике, с помощью которой повышают **ремонтпригодность**. Надежность повышают другими методами и способами.

Более того, прочитав второй заключительный вывод<sup>13</sup>, поневоле задаёшься вопросом: зачем же автор так много места в статье отвёл разоблачению мифа о самодиагностике, как средстве повышения надежности? Наверное, для того, чтобы написать «**Трудно даже себе представить, как вообще можно тестировать в процессе функционирования...?**»

И что же в результате?

Автор поочередно и вполне успешно разоблачил все придуманные им мифы.

Конечно, такой известный литературный приём (разоблачение созданных мифов) применим и при написании технических статей.

Однако было бы желательно при создании и разоблачении технических мифов опираться на существующую в технике систему понятий.

Как говорили раньше - sapienti sat.

## Литература

1. В.И.Гуревич. Надежность микропроцессорных устройств релейной защиты: мифы и реальность // Вести в электроэнергетике, №4, 2008, с. 29 – 38.

2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: 1989

3. РД 34.35.310-97. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. М., ОРГРЭС, 1997, 36 с.

4. Александров В.Ф., Езерский В.Г., Захаров О.Г., Малышев В.С. Цифровые устройства частотной разгрузки. М. НТФ «Энергопрогресс», 2005, 80 с.

5. Александров В.Ф., Езерский В.Г., Захаров О.Г., Малышев В.С. Частотная разгрузка в энергосистемах. В двух частях НТФ «Энергопрогресс», 2007.

6. Дорохин Е.Г., Дорохина Т.Н. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Краснодар, Советская Кубань 2006, 448 с

7. Захаров О.Г. Железняков А.Т. Ремонт электрооборудования судостроительных предприятий: Учебник для сред. проф.-техн. училищ. Л.: Судостроение, 1988, 104 с.

8. Камнев Ремонт аппаратуры релейной защиты и автоматики: Учебник для сред. проф.-техн. училищ. М.: Высшая школа. 1979, 304 с.

---

<sup>12</sup> См., например, [http://faq.ford77.ru/engine/jet/d\\_hi\\_1.htm](http://faq.ford77.ru/engine/jet/d_hi_1.htm)

<sup>13</sup> « Встроенная самодиагностика .... не является средством повышения надежности...»

9. Правила устройства электроустановок. Госэнергонадзор России, М.: 1998, 608 с.

10. Заземлять или не заземлять - вот в чем вопрос!/  
<http://www.its-saratov.ru/content/view/105/4/>

11. Требования по выполнению условий электромагнитной совместимости на объектах электроэнергетики/ Методические указания. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2005, 64 с. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», вып. 10(82)].

12. Микропроцессорное устройство защиты «Орион-2». Руководство по эксплуатации./ <http://www.rza.ru/techrew/orion-2.pdf>

13. Цифровые устройства релейной защиты. Каталог продукции. «НТЦ «Механотроника», СПб, 2004.

14. Захаров О.Г. Определение дефектов в релейно-контакторных схемах. СПб, Фонд СЭТ, 1994, 184 с

15. Mahaffey N.R. Electromechanical Relays Versus Solid-State: Each Has Its Place// Electronic Design, September 16, 2002.

16. Gurevich V. Electronic Devices on Discrete Components for Industrial and Power Engineering. Boca Raton-N.Y.-London// CRC Press, 2008/

17. Захаров О.Г., Козлов В.Н. Дискретные входы цифровых устройств центральной сигнализации //Электротехнический рынок, № 4(22) июль-август 2008, С.74

18. Блок центральной сигнализации «Сириус-ЦС». Руководство по эксплуатации, паспорт. М.: ЗАО «Радиус-автоматика», 2004 (редакция документа, представлена на сайте [www.rza.ru](http://www.rza.ru))

19. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002

20. ГОСТ 27.410-87. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контроля испытаний на надежность. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002

21. Прогнозирование накопления повреждаемости в металлах в явлении динамического разрешения// Пунин В.Г., Учаев А.Я. и др.. <http://www.vniitf.ru/rig/konfer/7zst/reports/s5/5-37.pdf>

22.