

## Sine ira et studio

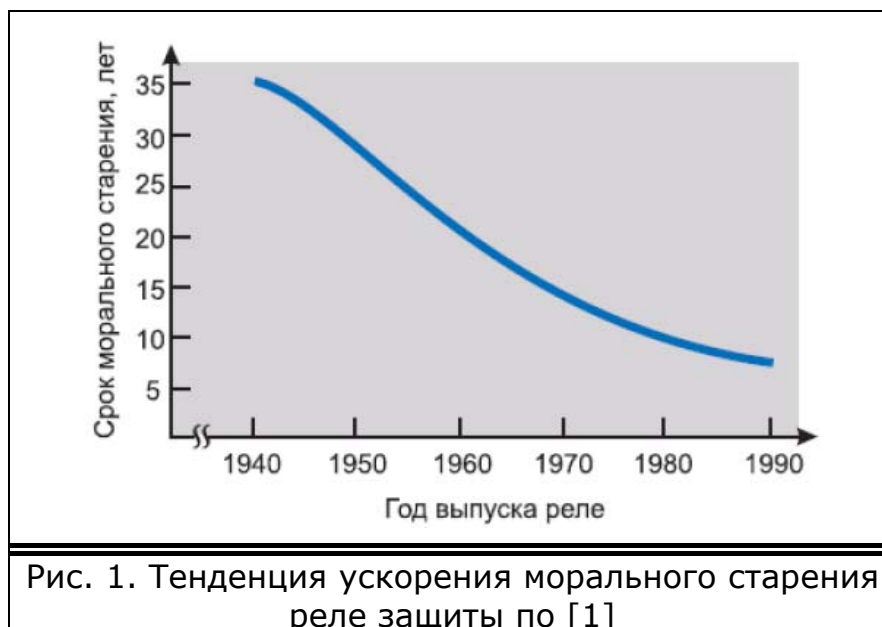
Фраза римского историка Публия Корнелия Тацита, вынесенная в заголовок, переводится на русский язык как «*Без гнева и пристрастия*».

Приведя в заголовке эту фразу я беру на себя обязательство анализировать работу [1]<sup>1</sup>, размещенную на сайте <http://open.gisprofi.ru> объективно, непредвзято. Представляю Вам, уважаемые читатели, судить о том, насколько мне удалось выполнить взятое обязательство.

Оставлю без рассмотрения размещенные автором рецензируемой работы фотографии «шедевров» релестроения, и перейду непосредственно к анализу понятийных и терминологических вопросов, затронутых в работе [1].

В поисках аргументов, подтверждающих позицию автора в рецензируемой работе приведена такая фраза, которой он **«непосредственно связывает вопросы надежности и морального старения»**, а именно: **«...срок морального устаревания устройств релейной защиты резко снизился с 30 лет, характерных для традиционных электромеханических защит, до, примерно, 5 лет для современных МУРЗ<sup>2</sup>...»**.

Хотя в тексте статьи нет определения понятия **«моральное старение реле»** и не объясняется, почему же произошло шестикратное снижение срока морального старения, зато в работе приведена такая иллюстрация (рис. 1).



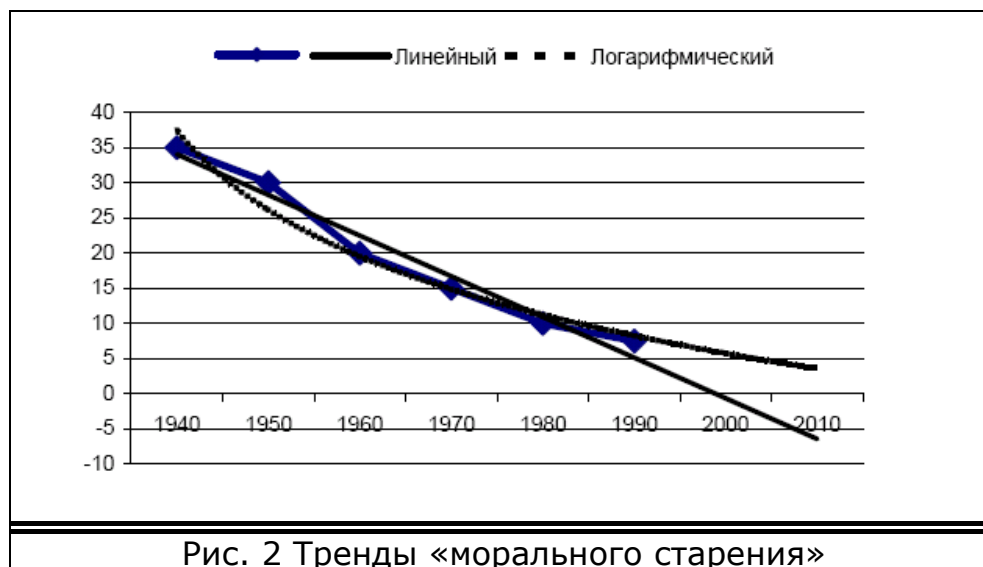
Не будем требовать от автора работ [1,2] доказательств достоверности приведенного им графика и описания методики получения зависимости срока морального старения от года выпуска реле и примем этот

<sup>1</sup> Аналогичная работа опубликована также на страницах журнала [2].

<sup>2</sup> О термине МУРЗ см. заметку «Терминологическая глухота» //материал размещен на странице: <http://miforelist.narod.ru/Gluchota.pdf>

тезис как аксиому. Поэтому согласимся с тем, что приведенный график может отражать реальное положение дел и экстраполируем эту тенденцию на несколько ближайших лет.

Линейная и логарифмическая линии тренда (рис. 2) показывают, что разработанные после 2000 года реле с неизбежностью будут иметь отрицательный срок морального старения, то есть будут устаревать раньше, чем их введут в эксплуатацию.



Что же это означает? Явный недостаток, присущий только цифровым реле защиты, или что-то иное?

Здесь для читателя было бы интересно узнать, распространяется ли указанный график исключительно на цифровые реле или же эта тенденция характерна для всех цифровых устройств с программным обеспечением?

Не смотря на такую устрашающую тенденцию развития этой области техники, в работах [1, 2] почему-то отсутствует какая либо информация об опасности использования **«стремительно морально стареющих»** цифровых реле для энергосистем.

Если же обратиться к бытовой практике, то миллионы пользователей совершенно спокойно используют компьютеры, сотовые телефоны и многое другое цифровое оборудование, разработанное 10, 15 и более лет назад. И их не беспокоит вопрос «морального» старения. Как в реальности не беспокоит этот вопрос и тех, кто 15 и более лет эксплуатирует надежно работающие цифровые устройства<sup>3</sup>.

Неужели никто из разработчиков и потребителей цифровых реле защиты не видит этой опасной тенденции? Неужели «сверхприбыль»<sup>4</sup> слепит не только производителей (получающих её), но и потребителей (трапящих «лишние» деньги)?

<sup>3</sup> Анализ показателей надежности «морально» устаревшего устройства частотной автоматики БМАЧР приведен в работе [3].

<sup>4</sup> В рецензируемой работе написано: «Именно в сфере производства, а не эксплуатации проявляется самое важное преимущество МУРЗ: сверхприбыль производителей».

Какой же следующий «аргумент» после рассмотренного выше **«быстрого морального старения»** в обосновании своей позиции выбирает автор работ [1,2]?

Обращаясь к модулям питания цифровых устройств он приводит такую фразу:

**«...В качестве примера можно привести дополнительные модули питания, рекомендуемые НТЦ «Механотроника» для обеспечения работоспособности МУРЗ при перерывах оперативного питания в течение 0,5 с».**

На самом же деле, цифровые устройства, выпускаемые разными предприятиями отечественной промышленности, сохраняют работоспособность при перерывах питания напряжением 220 В в течение 0,5 с и не требуют использования дополнительных модулей питания.

Дополнительные модули питания необходимы только в том случае, если потребителю требуется увеличить продолжительность сохранения работоспособности цифрового устройства после отключения напряжения оперативного питания сверх 0,5 с. Подробно об этом сказано в каталоге [4], на сайте [www.mtrele.ru](http://www.mtrele.ru) и в брошюре [5].

В качестве следующего **«недостатка»** цифровых устройств автор работ [1, 2] выбрал **«проблемы с надежностью каждого из основных функциональных узлов МУРЗ»** и утверждает, что **«так называемая «самодиагностика», которой охвачены якобы 80% узлов МУРЗ, является, по большому счету, рекламным трюком и распространённым мифом».**

Назвать самодиагностику мифом, по-моему, можно только в том случае, если она отсутствует в цифровом устройстве, а об её наличии написано в технической или рекламной документации.

Однако г-н Гуревич не приводит примеров **«рекламных трюков».**

Далее автор работ [1,2] в качестве еще одного аргумента приводит такую фразу : **«...в последних<sup>5</sup> вообще не было никаких внутренних источников питания и никаких микропроцессоров, то есть просто нечего было «самодиагностировать»?!».**

Конечно, в простом электромеханическом реле нет внутренних источников питания и микропроцессоров, но это совсем не значит, что в таком элементе нечего диагностировать.

Какие же характеристики электромеханических реле определяют при их проверке вручную, читатель может узнать из книги [6].

На практике же в цифровых устройствах релейной защиты диагностируют состояние цепей управления выходных реле (в том числе и обмотки), о чём рассказано, например, в разделе «Модуль выходных реле» брошюры [5].

Обратимся теперь к рассуждениям г-на Гуревича о диагностировании модулей аналоговых сигналов. В современных цифровых устройствах диагностированию подлежат не только вторичные цепи аналоговых преобразователей. Существуют цифровые устройства релейной защиты в которых при диагностировании подают тестовые сигналы в цепи аналоговых входов.

---

<sup>5</sup> Речь идёт об *электромеханических реле* (примечание моё).

Последний из аргументов г-на Гуревича в этой части статей [1, 2]- **«поскольку система самодиагностики построена на микропроцессорах и элементах памяти, то она сама является источником повреждений МУРЗ».**

На самом же деле, все современные встроенные системы диагностирования сконструированы так, что их отказ не влияет на способность устройства цифровой защиты выполнять основные функции и, прежде всего, формировать выходные сигналы.

Как известно, надежность изделия как комплексная характеристика согласно ГОСТ 27.002-89 состоит из нескольких показателей. Один из них – **ремонтпригодность**. Вполне понятно, что в отраслевом руководящем документе [7] система непрерывной диагностики в цифровом устройстве предназначена для обеспечения **ремонтпригодности**, т.е. всего одного из показателей надежности.

Обратимся к той части работы где он приводит статистические данные **«одной из Западных энергетических компаний»** (табл. 1).

Таблица 1. Интенсивность отказов релейной защиты различных видов

| Параметр<br>Вид реле  | Электромеханические |       | Статические |       | Микропроцессорные |       |
|---|---------------------|-------|-------------|-------|-------------------|-------|
|   | 2007                | 2008  | 2007        | 2008  | 2007              | 2008  |
| Общее количество реле в эксплуатации                                | 2312                |       | 2745        |       | 3787              |       |
| Количество повреждений  | 1                   | 4     | 8           | 8     | 43                | 51    |
| Относительное количество повреждений <sup>1</sup> , %               | 0,043               | 0,173 | 0,291       | 0,291 | 1,135             | 1,347 |
| Среднегодовое относительное количество повреждений <sup>2</sup> , % | 0,11                |       | 0,29        |       | 1,24              |       |
| Годовая интенсивность отказов <sup>3</sup>                          | 1                   |       | 2,6         |       | 11,3              |       |

<sup>1</sup> Относительное количество повреждений — отношение количества повреждений реле данного типа к общему количеству реле этого типа, находящихся в эксплуатации.

<sup>2</sup> Среднегодовое относительное количество повреждений — среднее за два года (2007—2008) количество относительных повреждений.

<sup>3</sup> Годовая интенсивность отказов — отношение среднегодового относительного количества повреждений реле различных видов к такому же показателю для электромеханических реле (принятому за 1).

Табл. 1 Названа «Интенсивность отказов релейной защиты различных видов», а в строках таблицы приведена информация о повреждениях.

Обратимся к стандарту ГОСТ 27.002-89, в котором приведены определения понятий, обозначенных этими терминами (см. также [5]):

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 3.2. <b>Повреждение</b><br>Damage | Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния |
| 3.3. <b>Отказ</b><br>Failure      | Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта                                     |

Согласно этим определениям этими терминами обозначают совсем разные понятия. Ведь после **повреждения** изделие сохраняет свою работоспособность, поэтому не стоит волноваться **«из-за повреждения какой-то копеечной детали»**. Ведь работоспособное состояние цифрового устройства сохранится и оно по-прежнему готово выполнять свои функции.

Обратим теперь внимание на информацию, приведенную в табл. 1. Согласно ей в 2008 год количество **«повреждений»** электромеханических реле выросло в 4 раза!

Но с учетом данного выше определения термина **«повреждение»** даже такое их увеличение не должно вызывать вопросов, ведь все реле по-прежнему остались работоспособными.

Для статических реле в 2008 году количество **«повреждений»** осталось таким же, как и в 2007.

В то же время количество **«повреждений»** микропроцессорных реле в 2008 году возросло по сравнению с 2007 всего в 1,19 раза, т.е. всего на 19%.

Оставляем читателю делать выводы о том, насколько возросла **«повреждаемость»**<sup>6</sup> цифровых реле защиты по сравнению с электромеханическими реле.

Далее автор «вычисляет» введенный им без объяснений показатель **«относительное количество повреждений»** как частное от деления количества **«повреждений»** на общее количество реле этого типа.

В связи с отсутствием в технической диагностике понятия, обозначенного термином **«относительное количество повреждений»** трудно понять физический смысл и размерность значения, полученного в результате выполнения арифметической операции **«деление»**.

В конце табл. 1 автор приводит цифры **«годовой интенсивности отказов»**, которые он также получает путём выполнения той же простой арифметической операции – деления:

$$1,24/0,11 = 11,27 \approx 11,3$$

Каким образом, после выполнения операции деления **«количество повреждений»** превращаются в **«годовую интенсивность отказов»**, остаётся без каких-либо пояснений.

В стандарте ГОСТ 27.002-89 термин «интенсивность отказов» определен так:

|  |  |
|--|--|
| 6.12. <b>Интенсивность отказов</b><br>Failure rate | Условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник |
|--|--|

Что же означает число **«1»**, характеризующее **«годовую интенсивность отказов»** электромеханических реле, а также числа **«2,6»** и **«11,3»** для других реле в тексте статьи не пояснено.

После сравнения определений понятий **«отказ»** и **«повреждение»** напрашивается вывод, что в работах [1, 2]:

$$\text{повреждение} = \text{отказ}.$$

После такого вывода для читателя остаётся неясным, зачем надо было вводить понятие **«повреждение»** и почему им нельзя пользоваться им дальше, а необходимо заменить его на термин **«отказ»**.

Перейдем теперь к табл. 2.

---

<sup>6</sup> Об этом термине, использованном в тексте работы [1] будет сказано ниже.

Таблица 2. Рост интенсивности повреждений релейной защиты при использовании реле новых типов<sup>7</sup>

| Начало ввода в эксплуатацию | Вид реле                            | Общее количество реле | Повреждения      |      |                             |       |                |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------|------|-----------------------------|-------|----------------|----------------|
|                             |                                     |                       | Общее количество |      | Относительное количество, % |       | А <sup>8</sup> | Б <sup>9</sup> |
|                             |                                     |                       | 2007             | 2008 | 2007                        | 2008  |                |                |
| 1970<br>1975                | Электромеханические различных типов | <b>2312</b>           | 1                | 4    | 0,043                       | 0,173 | 0,11           | 1              |
| 1970<br>1980                | Статические разных типов            | <b>2745</b>           | 8                | 8    | 0,291                       | 0,291 | 0,291          | 2,6            |
| 1990<br>1995                | Микропроцессорные тип 1             | <b>1423</b>           | 19               | 25   | 1,33                        | 1,76  | 1,54           | 14             |
| 2000<br>2005                | Микропроцессорные тип 2             | <b>342</b>            | 6                | 5    | 1,75                        | 1,46  | 1,61           | 14,6           |
| 2003<br>2005                | Микропроцессорные тип 3             | <b>49</b>             | 3                | 1    | 6,12                        | 2,04  | 4,08           | 37             |
| 2005<br>2008                | Микропроцессорные тип 4             | <b>10</b>             | 3                | 1    | 30                          | 10    | 20             | 182            |

Сравнивая цифры, приведенные в табл. 1 и 2 можно предположить, что в них содержится одна и та же информация о тех же самых реле. Отличие состоит в том, что в табл. 2 выделено четыре типа цифровых реле.

Однако из названия таблицы исчезло слово «отказ» и появился новый термин – **«интенсивность повреждений»**. Кстати, этот термин в стандарте отсутствует, а в тексте статьи о значении этого ничего не сказано. Ранее было сказано, что при **повреждении** работоспособность изделия сохраняется.

Не смотря на это, автор работ [1,2] далее пишет:

**«Из анализа приведенных данных и результатов расчетов можно сделать два важных вывода, которые кому-то из читателей могут показаться парадоксальными:**

**1. Годовая относительная интенсивность отказов микропроцессорных реле защиты намного выше, чем электромеханических.**

**2. Годовая относительная интенсивность отказов релейной защиты существенно возросла в последние годы в связи с использованием микропроцессорных реле новых типов. То есть, за последние годы имеет место тенденция снижения надежности МУРЗ....**

В статье отсутствует анализ данных, и не приводится методика расчетов, позволивших автору сделать такие выводы, но сравнение этих таблиц, позволяет сделать вывод - цифры, приведенные в табл. 2, получены в результате простых арифметических действий над цифрами, ранее приведенными в табл. 1.

<sup>7</sup> Сохранена терминология, использованная в [1, 2].

<sup>8</sup> Среднее годовое относительное количество, %

<sup>9</sup> Годовая интенсивность повреждений

Никаких пояснений относительно того, как простая перегруппировка цифр позволяет не проводить различия между **работоспособным** и **неработоспособным** состояниями изделий в работах [1,2] не содержится.

Для «усиления» своих «парадоксальных выводов» г-н Гуревич на основании данных, содержащихся в табл. 2 строит график (рис. 3).

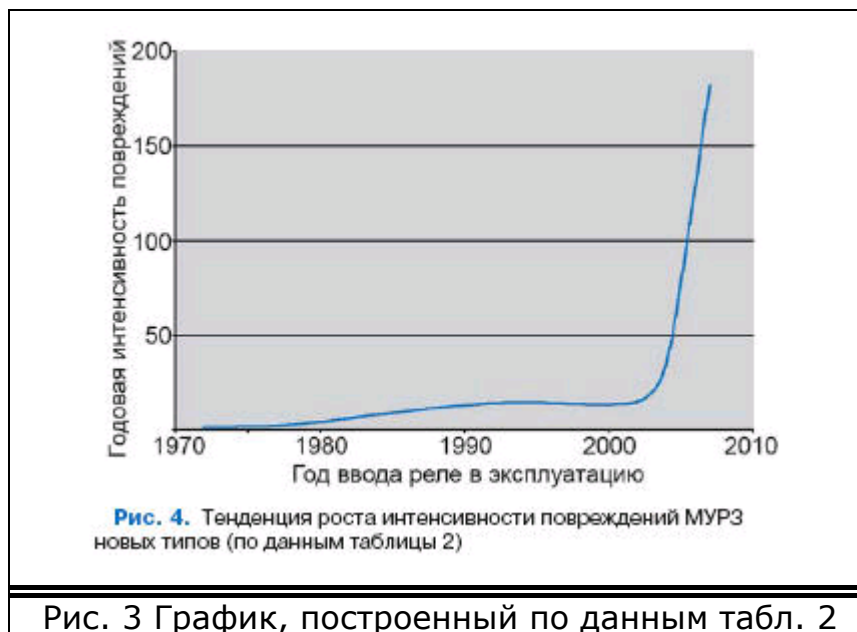


Рис. 3 График, построенный по данным табл. 2

Приведенный график не содержит никакой иной информации, кроме приведенной ранее, построение графика не делает исходные результаты более точными и достоверными, но невозможно отрицать, что график по сравнению с таблицей выглядит более, чем убедительно.

Далее, для подтверждения своих **«парадоксальных выводов»** Г-н Гуревич вводит ещё один термин – **«повреждаемость»**, упомянутый им вскользь в начале статьи.

Объяснений этого термина в статье не проводится. Для выяснения того, что скрывается за этим термином, приходится обратиться к другим источникам, ведь в стандарте ГОСТ 27.002-89 этого термина нет.

Поиск показывает, что термин **«повреждаемость»** используется совсем в ином смысле, чем предложено г-ном Гуревичем [8].

Далее г-н Гуревич приводит ещё одну таблицу, в которой, по его мнению, приведены «типичные значения повреждаемости реле различных типов» (табл. 3).

Первый столбец табл. 3 озаглавлен «Вид реле/Параметр надежности». Но в самом столбце нет никакой информации о параметрах надежности, а только перечислены виды реле.

Где следует искать «параметр надежности» и что это за параметр, в работах [1,2] не сообщается.



Таблица 3. Типичные значения повреждаемости реле защиты различных видов (по данным [9])

| <b>Вид реле /<br/>Параметр надежности</b>              | <b>Относительное<br/>количество<br/>повреждений<br/>в год, %</b> | <b>Физический срок<br/>службы без учета<br/>морального<br/>старения, лет</b> |
|--|--|--|
| Электромеханические                                    | 0,1  | >30  |
| Электронные<br>(статические) с единич-<br>ной функцией | 0,3  | >20  |
| Микропроцессорные<br>системы                           | 5,0  | >20  |

Из заголовка третьего столбца табл. 3, следует, что физический срок службы реле зависит от его морального старения. Доказательство это утверждения в работах [1,2] отсутствует.

Далее автор предлагает связывать уровень **«повреждаемости»** с количеством выполняемых реле функций<sup>10</sup>.

В связи с тем, что после длительных рассуждений на эту тему автору **«представляется возможным, во избежание усложнения картины, продолжать сравнивать интенсивность отказов микропроцессорных и электромеханических реле без учета разницы в количестве выполняемых ими функций»**, ограничимся только ссылкой на работу, в которой рассмотрено построение модели объекта с учетом причинно-следственных связей, показывающих влияние исправного или неисправного элемента (узла) на исправность связанного с ним элемента<sup>11</sup>.

В заключительной части работы [1] автор предлагает при оценке реле защиты **«учитывать три типа отказов»**:

1. Отказы реле, не связанные с неправильными действиями РЗ, но требующие ремонта или замены вышедших из строя<sup>12</sup> элементов, блоков и модулей ( $M_S$ ).

2. Неправильные действия релейной защиты, то есть излишние срабатывания при отсутствии аварийного режима или несрабатывания при аварийном режиме ( $M_D$ )<sup>13</sup>.

3. Ошибки персонала, связанные с эксплуатацией, тестированием и программированием реле, влияющие на правильность действия релейной

<sup>10</sup> Более правильно в этом случае говорить о числе **алгоритмов**.

<sup>11</sup> Список литературы по этому вопросу приведен в книге [6].

<sup>12</sup> «Выход из строя» (арготизм) – термин, употребляемый как синоним стандартного термина **«отказ»**.

<sup>13</sup> В руководящем документе [7] регламентированы иные показатели:  
- средняя вероятность отказа в срабатывании устройства за год (при появлении требования);  
- параметр потока ложных срабатываний устройства в год (при отсутствии требования).



защиты, но выявленные до наступления неправильного действия защиты ( $M_p$ ).

Выделив три типа **отказов** (не повреждений), автор предлагает включить их в «...**обобщенный нормализованный показатель отказов  $M_\Sigma$  релейной защит**».

В предложенной формуле отказ любого типа имеет одинаковый вес (коэффициенты равны 1), что предполагает их одинаковое влияние на показатель  $M_\Sigma$ .

$$M_{\Sigma i} = \left( \frac{M_{S_i} + M_{D_i} + M_{P_i}}{N_i} \right) \times 100\%,$$

Где  $M_{S_i}$ ,  $M_{D_i}$ ,  $M_{P_i}$  — количество отказов каждого типа для реле  $i$ -го вида за выбранный период времени;  
 $N_i$  — количество реле  $i$ -го вида, находящихся в эксплуатации в рассматриваемый период времени.

Рассмотрим входящие в формулу характеристики.

Можно признать, что отказы типов  $M_S$  или  $M_D$  как-то связаны с теми или иными статистическими характеристиками реле.

В то же время, отказы типа  $M_p$  отнести к характеристикам надежности технического объекта невозможно. Известно, что к **показателям надежности** относят количественные характеристики надежности, вводимые по правилам статистической теории надежности.

Область применения этой теории ограничена крупносерийными объектами, изготавливаемыми и эксплуатируемыми в статистически однородных условиях и к совокупности которых применимо статистическое истолкование вероятности.

Обоснований возможности использования отказа типа  $M_p$  в качестве **показателя надежности** в статье нет.

В статье также отсутствует информация о том, как можно выявить ошибки персонала «...**до наступления неправильного действия защиты**».

Преыдуший материал статьи содержал только информацию об обособленном техническом объекте. Переход же к учету влияния тех иных действий персонала на надежность изделия требует рассмотрения характеристик системы «человек-машина», в которой роль машины выполняет цифровое устройство релейной защиты.

И, наконец, нельзя оставить без внимания заключительную фразу рассматриваемой работы [1] – «**Предлагаемый показатель мог бы послужить инструментом для оценки качества реле защиты при оценке ситуации и принятии решений**».

Как же с помощью показателя  $M_\Sigma$  оценивать **качество реле, оценивать ситуацию** (какую) и принимать решение (какое), в статье [1] ничего не сказано.

Чтобы избежать разного рода упрёков предлагаю читателям самим дать оценку статей [1, 2].

Рецензии на другие работы Г-на Гуревича можно прочесть в журнале [10] и на моём сайте [www.miforelist.narod.ru](http://www.miforelist.narod.ru).

## Литература

1. В.И. Гуревич Еще раз о надежности микропроцессорных устройств релейной защиты//Материал размещен на странице:  
[http://open.gisprofi.ru/?module=idb\\_public&action=profile&catid=6&idb\\_id=92274](http://open.gisprofi.ru/?module=idb_public&action=profile&catid=6&idb_id=92274)
2. В.И. Гуревич. Ещё раз о надежности микропроцессорных устройств релейной защиты.//Электротехнический рынок, №3 (28), май-июнь, 2009, с. 40
3. Захаров О.Г. Показатели надёжности блоков частотной автоматики БМАЧР в цифрах и фактах// Материал размещен на странице:  
<http://www.rza.org.ua/article/a-80.html>
4. Цифровые устройства релейной защиты. Каталог продукции. СПб, НТЦ «Механотроника», 2004.
5. Захаров О.Г., Козлов В.Н. Цифровые устройств центральной сигнализации. М. НТФ «Энергопресс», 2009 [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», вып. 7 (127) и 8 (128)].
6. Захаров О.Г. Определение дефектов в релейно-контакторных схемах. М.: Росагропромиздат, 1991, 184 с
7. РД 34.35310-97. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. М. :ОРГРЭС, 1997.
8. РД 34.10.393-88 Нормы аварийного запаса материалов и оборудования для восстановления воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ.
9. Heising C. R., Patterson R. C. Reliability Expectations for Protective Relays. Developments in Power Protection. Fourth International Conference in Power Protection, 11–13 Apr., 1989, Edinburgh, UK
10. Захаров О.Г. Манипулирование «вопросами» в релейной защите//Энергетика и ТЭК, №2 (83), 2010, С. 47