

Авторы:

к.т.н. Арцишевский Я.Л.,
Серегина Т.А.,
Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва, Россия,
к.т.н. Ильин В.Ф.,
ООО НПП «ЭКРА»,
г. Чебоксары, Россия.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПАСА ПО ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ МП РЗА

Аннотация: рассматриваются методические вопросы по определению коэффициентов запаса по помехоустойчивости и использованию их для количественной оценки отстроенности МП РЗА от электромагнитных помех. Предложенная количественная методика позволяет сформировать определенные критерии для инженерного обоснования выбора состава мероприятий по реализации технических условий на установку и подключение МП РЗА по условиям электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики, электромагнитные воздействия, электромагнитная совместимость, испытательные уровни, запас по помехоустойчивости, отстроенность от помех.



**Арцишевский
Ян Леонардович**

Дата рождения: 10.12.1945 г.

Окончил в 1969 г. Энергетический факультет Московского энергетического института (МЭИ), кафедру «Релейная защита и автоматизация энергосистем» (РЗ и АЭС).

Кандидатскую диссертацию защитил в 1976 г. по применению векторных изменений в устройствах РЗА. К.т.н., доцент.

Зам. зав. кафедрой «РЗ и АЭС» Национального исследовательского университета «МЭИ», руководитель секции «Электротехническое оборудование. РЗА» НТС «Рус Гидро», чл.-корр. АЭН РФ.

Вопросам обеспечения помехоустойчивости микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики (МП РЗА) энергосистем посвящено большое количество литературы [1-8]. Действующая в России нормативно-техническая документация (НТД) в значительной степени гармонизирована с международными стандартами по электромагнитной совместимости (ЭМС). Подготовка специалистов ведется по современным учебным пособиям и учебникам [1, 2]. В электроэнергетике уже несколько лет используются отраслевые стандарты [3-5], обобщившие теоретические знания и опыт практической работы специалистов с использованием специализированной приборной базы, авторских методик и специализированного программного обеспечения.

С вводом в действие отраслевых стандартов [5] завершено формирование системы НТД по ЭМС, определяющей условия надежной работы вторичного оборудования в сложной электромагнитной обстановке подстанций и электростанций напряжением 35-750 кВ.

В данной статье рассматриваются методические вопросы по количественному определению показателей отстроенности от помех применительно к МП РЗА.

Как известно, при выборе значений параметров срабатывания МП РЗА осуществляется сопоставление принятых значений коэффициентов запаса при отстройке от режимов КЗ вне зоны и режимов без КЗ с получающимися значениями коэффициентов чувствительности при КЗ в зоне действия защиты. Использование подобных коэффи-

циентов органично и привычно для релейщиков.

Понятия о коэффициентах запаса помехоустойчивости устройств РЗА рассматривались в [6] более 20 лет назад и базировались на результатах экспериментов. В литературе [1, 7] рассматриваются четыре вида коэффициентов запаса устойчивости МП РЗА к электромагнитным воздействиям (ЭМВ).

- $K_{ЭМО}$ – коэффициент запаса по устойчивости МП РЗА к электромагнитным воздействиям, определяемый как отношение нормируемых уровней помехоустойчивости $U_{пу}^H$, приведенных в документации фирмы-производителя, к уровням ЭМВ в реальных условиях эксплуатации $U_{эв}^P$, представленным в протоколе обследования электромагнитной обстановки (ЭМО) на местах установки МП РЗА.

- $K_{ЭКС}$ – коэффициент эксплуатационного запаса по устойчивости к помехам, определяемый как отношение реальных уровней помехоустойчивости $U_{пу}^P$ МП РЗА, приведенных в протоколе испытаний, к нормированным параметрам $U_{эв}^H$ ЭМО, установленным НТД для данной группы изделия.

- $K_{ОПЗ}$ – коэффициент оперативного запаса по помехоустойчивости, характеризующий отношение реальных уровней помехоустойчивости $U_{пу}^P$ МП РЗА к реальным параметрам $U_{эв}^H$ ЭМО на месте эксплуатации.

- $K_{ПР}$ – проектный коэффициент запаса по помехоустойчивости, характеризующий отношение нормируемых уровней помехоустойчивости $U_{пу}^H$ МП РЗА к нормированным параметрам $U_{эв}^H$ ЭМО.



Приведенный принцип определения соотношения для рассмотренных коэффициентов запаса помехоустойчивости может быть обобщен в форме таблицы (табл. 1), где верхний индекс

числителя соотносится с соответствующим столбцом, определяющим признак параметра помехоустойчивости, а верхний индекс знаменателя – с соответствующей строкой, определяю-

щей признак параметров ЭМВ на местах эксплуатации.

Для владельца электроэнергетического объекта в процессе приемки многочисленных монтажно-наладоч-

Табл. 1. Обобщенная форма для определения коэффициента запаса по помехоустойчивости

		Уровень помехоустойчивости МП РЗА	
		нормируемые	реальные
Уровень ЭМВ на местах установки МП РЗА	нормируемые	$K_{ПР} = \frac{U_{пн}^n}{U_{зн}^n}$	$K_{ЭКС} = \frac{U_{пн}^p}{U_{зн}^n}$
	реальные	$K_{ЭМО} = \frac{U_{пн}^n}{U_{зн}^p}$	$K_{ОПЗ} = \frac{U_{пн}^p}{U_{зн}^p}$

ных работ по вводу в эксплуатацию МП РЗА практическое значение имеет коэффициент запаса $K_{ЭМО}$, определенный по итогам обследования ЭМО по методике [3], и паспортным данным по помехоустойчивости МП РЗА, нормируемым по классам жесткости. Последние представляют уровни помехоустойчивости, подтвержденные представительными испытаниями в аккредитованном в соответствующей системе сертификации испытательном центре.

На период опытной эксплуатации для оперативного решения проблемных вопросов более актуальным представляется коэффициент запаса $K_{ОПЗ}$, определенный для конкретного исполнения по итогам его испытаний в лабораторных условиях и обследования ЭМО на месте его установки. В отдельных случаях для подтверждения требований обеспечения ЭМС могут предусматриваться дополнительные испытания на местах эксплуатации.

Далее более подробно рассматривается методика количественного определения значений $K_{ЭМО}$ по видам связей МП РЗА с внешней средой и разновидностям ЭМВ.

Следует заметить, что в действующей НТД отсутствуют нормы для коэффициентов запаса устойчивости к ЭМВ. Известно, что максимальные, но вместе с тем реальные значения параметров ЭМВ определяются по данным пассивного и

активного мониторинга, а также по результатам имитационных измерений и пересчетов данных косвенных измерений и моделирования [3]. Разнообразные данные о значениях параметров электромагнитных помех, действующих на МП РЗА, предлагается группировать в форме таблицы (табл. 2).

Рассматриваемая методика реализуется поэтапно.

На 1-ом этапе детально анализируется структура внешних связей МП РЗА на месте его установки, и по ним выносятся суждение о возможных путях распространения помех и границах перехода их из внешней среды в аппаратную часть. Граница перехода из одной среды в другую, определяемая в НТД по ЭМС обобщенным термином «порт» [5], является по существу местом приложения ЭМВ при идентификации ЭМС характеристик МП РЗА. Для излучаемых помех, распространяемых в пространстве, физической границей перехода полевых помех из внешней среды является его корпус. Для кондуктивных помех, распространяемых в проводящей среде, с которой соотносятся проводники внешних цепей: цепи ввода-вывода, линии коммуникационных связей, цепи электропитания, экраны кабелей, цепи функционального заземления и т.п. физической границей между МП РЗА и внешней электромагнитной средой являются разъемы,

клеммы, зажимы и другие стыки связей. Для шкафов микропроцессорных защит, у которых разъемы и клеммные зажимы закрыты во внутренних отделениях, местами приложения ЭМВ, определяющими условную границу зоны установленного МП РЗА, являются проводящие участки внешних цепей, расположенные на расстоянии короче 1 м от места ввода в шкаф.

Данные 1-го этапа заносятся в столбцы 1 и 2 табл. 2.

На 2-ом этапе анализируется схема размещения производственного оборудования и раскладка кабелей связи МП РЗА по территории энергообъекта и выявляются основные источники полевых (радиочастотных электромагнитных полей, магнитных полей промышленной частоты и импульсных магнитных полей) и кондуктивных ЭМВ (грозовые микросекундные импульсы, колебательные затухающие помехи, пачки наносекундных импульсов и др.).

Как известно, в действующих стандартах предусмотрен учет примерно 10 разнообразных ЭМВ различной формы, однако, в зависимости от особенностей конкретного электроэнергетического объекта, количество учитываемых (расчетных) разновидностей ЭМВ может быть обоснованно уменьшено. Список ожидаемых видов ЭМВ с расшифровкой базовых стандартов приводится в столбце 3, табл. 2.



На 3-ем расчетно-экспериментальном этапе производится обследование электромагнитной обстановки по методике [3] и определяются максимальные уровни ЭМВ по результатам анализа и обработки данных:

- пассивного и активного мониторинга (столбец 4, табл. 2);
- расчетно-экспериментальной методики и имитационных измерений (столбец 5, табл. 2).

Сопоставляя и анализируя данные столбцов 4 и 5, принимается решение о максимальном, но вместе с тем реальном уровне ЭМВ, используемом

для оценки запаса по помехоустойчивости МП РЗА (столбец 6, табл. 2).

На 4-ом этапе в столбце 7 группируются сведения фирм-производителей по уровням помехоустойчивости МП РЗА к рассматриваемым видам ЭМВ. В качестве примера здесь приводятся данные испытаний на помехоустойчивость в соответствии с критерием качества функционирования А шкафа РЗА из серии ШЭ2607 [8].

Как показывает опыт работ и анализ технической документации, многие фирмы-производители МП РЗА без специального дополнительного запроса

не предоставляют подробные данные по испытательным уровням устойчивости в соответствии с рассматриваемой методикой, т.е. при всех видах ЭМВ по всем разновидностям внешних связей МП РЗА. Исключением являются весьма объемные данные по шкафам микропроцессорных защит серии ШЭ и ШЭЭ, опубликованные в работах [8, 9].

И только на 5-ом этапе оказывается возможным перейти к количественной оценке ЭМС с использованием коэффициентов запаса по помехоустойчивости $K_{ЭМО}$ (столбец 8, табл. 2).

Табл. 2. Таблица для расчета коэффициентов запаса КЭМО по помехоустойчивости МП РЗА

№ п/п	Место приложения ЭМВ	Виды ЭМВ, базовые стандарты	Максимальные уровни ЭМВ на электроэнергетическом объекте			Уровни помехоустойчивости МП РЗА (критерий А)	Коэффициент запаса, $K_{ЭМО}$
			по данным пассивного и активного мониторинга	по расчетно-экспериментальной методике и данным имитационных измерений	принятые для оценки коэффициентов запаса, $A_{ЭМО \text{ макс}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Корпус шкафа МП РЗА	Электростатические разряды: - контактные; - воздушные, ГОСТ Р 51317.4.2				± 8 кВ; ± 15 кВ	$A_{ЭМВ \text{ исп}}$ ----- $A_{ЭМО \text{ макс}}$
		Радиочастотные электромагнитные поля в диапазоне: - 80-1000 МГц; - 800-960 МГц; - 1,4-2,0 ГГц, ГОСТ Р 51317.4.3				10 В/м; 30 В/м; 30 В/м	
		Магнитные поля промышленной частоты: - длительно; - кратковременно, ГОСТ Р 50648				100 А/м; 1000 А/м, 3 с	
		Импульсные магнитные поля, ГОСТ Р 50649				± 1000 А/м	

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Цепи трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН)	Наносекундные импульсные помехи, ГОСТ Р 51317.4.4				±4 кВ	
3	Входные цепи блока частотных фильтров защиты ротора от замыканий на землю	Микросекундные импульсные помехи большой энергии: - поперечные (п.); - продольные (пр.), ГОСТ Р 51317.4.5				±2 кВ, п.; ±4 кВ, пр.	
4	Приемные цепи логических сигналов	Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями в полосе частот от 150 кГц до 80 МГц, ГОСТ Р 51317.4.6				10 В	
5	Выходные цепи логических сигналов и команд						
6	Контактные выходы на регистратор	Колебательные затухающие помехи: - одиночные, 100 кГц (од.); - повторяющиеся, 1 МГц (пов.), ГОСТ Р 51317.4.12				±2 кВ, п. од.; ±4 кВ, пр. од.; ±1 кВ, п. пов.; ±2,5 кВ, пр. пов.	
7	Цепи интерфейсов АСУ ТП						
8	Цепи оперативного электропитания постоянного тока 220 В	Кондуктивные помехи в полосе частот: от 15 Гц до 150 кГц; на частоте 50 Гц: - длительные; - кратковременные, ГОСТ Р 51317.4.16				30-3-3-30 В; 30 В; 300 В, 1 с	
		Пульсации напряжения в цепи электропитания постоянного тока, ГОСТ Р 51317.4.17				15% $U_{ном}$	
		Провалы и прерывание напряжения в цепи электропитания постоянного тока, МЭК 61000-4-29				30%, 1 с; 60%, 0,1 с; 100%, 0,5 с	

Как известно, выполнение условий ЭМС заключается в выполнении неравенства следующего вида:

$$U_{ЭМО \text{ макс}} \leq U_{ЭМВ \text{ исп}} \quad (1)$$

где: $U_{ЭМО \text{ макс}}$ – максимальный уровень ЭМВ на объекте (столбец 6, табл. 2), ха-

рактеристика ЭМО энергообъекта; $U_{ЭМВ \text{ исп}}$ – испытательный уровень устойчивости к ЭМВ (столбец 7, табл. 2), характеристика МП РЗА.

Данное неравенство качественно характеризует выполнение условий

ЭМС. Варианты ответа: «да» или «нет». В случае ответа «да» – остается неясен запас этой совместимости, в случае ответа «нет» – также остается неясной количественная сторона несовместимости. Отсюда – каковы требования к мероприя-



тиям по ослаблению уровня ЭМВ? Еще один важный вопрос: как нормировать выполнение условий совместимости?

Применительно к РЗА ответственных объектов, например, энергоблоков генератор-трансформатор, оставлять без ответа эти вопросы, на наш взгляд, нецелесообразно. Поэтому в табл. 2 предусмотрена количественная характеристика ЭМС в форме коэффициента запаса $K_{ЭМО}$. Значение этого коэффициента предложено определять как отношение $U_{ЭМВ\text{ ИСП}}/U_{ЭМО\text{ МАКС}}$. Соответствующие расчетные значения сводятся в столбец 8, табл. 2.

Следует заметить, что количество определяемых коэффициентов запаса для отдельного МП РЗА достаточно велико. При ответственном подходе к данному вопросу, а другой подход применительно к РЗА недопустим, следует, что они должны определяться для каждой из 7 представленных в столбце 2 табл. 2 видов внешних цепей (в общем случае вообще для каждого провода). По ряду видов ЭМВ регламентируются расширенные объемы испытаний. В частности, по микросекундным и колебательным затухающим помехам необходимо учитывать удвоенное количество цифровых данных, определенных при ЭМВ на внешние цепи «продольно» по схеме провод-земля (помеха общего вида) и «поперечно» по схеме провод-провод (дифференциальная помеха). Причем по последнему виду воздействия имеет место 2-кратное удвоение данных, поскольку регламент НТД по ЭМС [5] предписывает по колебательным затухающим помехам две испытательные процедуры: однократные и повторяющиеся воздействия. По кондуктивным помехам в полосе частот от 15 Гц до 150 кГц регламент предписывает отдельные испытания на промышленной частоте, что приводит к 3-кратному росту данных, в сравнении с наведенными радиочастотными помехами в полосе частот от 150 кГц до 80 МГц. По цепям электропитания МП РЗА, связанным с общей системой оперативного питания постоянного тока, которая используется совместно с не-

контролируемыми пользователями, регламент устанавливает еще 3 вида испытаний, связанных с ухудшением качества электроэнергии: по провалам, прерыванию и пульсации напряжения питания.

Таким образом, по кондуктивным помехам количество расчетных коэффициентов $K_{ЭМО}$ равно 80, плюс по полевым помехам – 4, плюс по электростатическим разрядам – 2. Следовательно, общее количество коэффициентов $K_{ЭМО}$ составляет 86, что соизмеримо с общим количеством различных коэффициентов всей совокупности устройств РЗА рассматриваемого в качестве примера энергоблока генератор-трансформатор.

Если все коэффициенты $K_{ЭМО}$ существенно больше единицы, то задача обеспечения помехоустойчивости, можно считать, решена удачно. Однако в ряде случаев некоторые $K_{ЭМО}$ могут оказаться недостаточными, и возникает необходимость разрабатывать мероприятия по изменению ситуации.

Принципиально возможны три направления:

- уменьшить мощность источника ЭМВ;
- уменьшить передачу энергии от источника ЭМВ к МП РЗА;
- повысить устойчивость МП РЗА к определенному виду ЭМВ.

Выбор вариантов зависит от совокупности значений коэффициентов запаса, определяющих отстроенность от помех МП РЗА.

1. Условие $K_{ЭМО} \geq 1$ является эквивалентным неравенству (1).

2. Условие $K_{ЭМО} = 1,0 \dots 1,2$ указывает на небольшой запас, который может нарушаться при незначительных изменениях и уточнениях исходных данных. Это состояние неустойчивое, следует обеспечить непрерывный контроль, а в перспективе требуется реализация дополнительных мероприятий.

3. Условие $K_{ЭМО} = 1,2 \dots 1,5$ позволяет надеяться на устойчивое выполнение неравенства (1) при неизменной схеме и параметрах электроустановки, однако целесообразен периодический контроль.

4. Условие $K_{ЭМО} \geq 1,5$ указывает

на значительный запас и допускает относительно свободные эксплуатационные изменения схемы на перспективу. Однако следует учитывать статистические данные об источниках ЭМВ.

5. Условие $K_{ЭМО} = 0,8 \dots 1,0$ означает нарушение условий устойчивости оборудования при действии электромагнитных помех с некоторой вероятностью. Выявленное невыполнение условий ЭМС имеет относительно «мягкий» характер. Весьма возможно исправление ситуации на благоприятную путем локальных мероприятий.

6. Условие $K_{ЭМО} = 0,5 \dots 0,8$ означает вполне вероятное нарушение устойчивого функционирования МП РЗА при ЭМВ и выявляет необходимость принятия срочных мер по изменению ситуации. Необходима оценка рисков повреждения МП РЗА (критерий качества функционирования D) с учетом статистических данных по источникам ЭМВ.

7. Условие $K_{ЭМО} \leq 0,5$ означает недопустимое положение, требующее немедленных действий по изменению ситуации.

Выбор вариантов увеличения $K_{ЭМО}$ определяется по итогам технико-экономического сопоставления и может предусматривать, например:

- ремонт заземляющего контура (групповое комплексное мероприятие);
- изменение трассы кабелей и/или их экранирование;
- радикальная модернизация комплекса технических средств РЗА путем применения оптических кабелей и т.п. (вплоть до перехода на альтернативные опико-электронные ТТ и ТН);
- индивидуальные точечные мероприятия в виде использования дополнительно устанавливаемых в цепях ТТ и ТН ограничителей перенапряжений, запирающих катушек, изолирующих трансформаторов и т.п.

Приведенные значения коэффициентов запаса по помехоустойчивости имеют предварительный характер и приведены авторами с целью дискуссии.

Следует учитывать, что:

- испытательные уровни фирм-производителей в соответствии с



Серегина

Татьяна Алексеевна

Датарождения – 18.01.1954 г.
Окончила в 1979 г. Электро-
энергетический факультет
МЭИ, кафедру «РЗ и АЭС».
Научный сотрудник кафедры
«РЗ и АЭС» Национального
исследовательского универ-
ситета «МЭИ».



Ильин

Владимир Федорович

Дата рождения: 09.09.1946 г.
Окончил СПбГЭТУ
(«ЛЭТИ») в 1970 г.,
кафедру «Промышленной
электроники».

В 1983 г. защитил
кандидатскую диссертаци-
ю в СПбГУТМО на тему
«Исследование тиристорных
преобразователей постоян-
ного напряжения для вторич-
ных источников питания
с высокочастотным
преобразованием пара-
метров электроэнергии».
К.т.н., доцент, главный
специалист
ООО НПП «ЭКРА».

принятыми методиками определяются при «тишине в студии», когда все остальные виды ЭМВ и вторичные токи КЗ не действуют, а на реальных энергетических объектах многие ЭМВ имеют «групповой» характер, так как их источники активизируются практически одновременно, например, при КЗ;

- входные и выходные логические цепи, как и цепь питания МП РЗА, подключены к общей системе оперативного питания постоянного тока, следовательно, ЭМВ, определяющие нормативные нарушения качества электроэнергии, на реальных энергообъектах действуют одновременно на всю указанную группу цепей, а не только на полюсные зажимы цепи электропитания МП РЗА, как это предписывается принятыми методиками;
- результирующие длительности и количество реально поданных на цепи МП РЗА ЭМВ могут радикально превышать принятые условия испытаний. «Вода камень точит», поэтому в обоснованных случаях следует обеспечивать существенное увеличение $K_{ЭМО}$ для регулярно возникающих ЭМВ.

Заключение

1. Рассматриваемая количественная методика является необходимым звеном технико-экономических расчетов при обосновании выбора состава мероприятий по реализации технических условий на установку и подключение МП РЗА по условиям ЭМС. Она должна быть использована не только для МП РЗА, но и для других элементов системы технологического управления, телемеханики и связи в энергетике.

2. Для обеспечения наивысшей надежности системы управления объектами особой важности в условиях ЭМВ следует использовать все известные ресурсы повышения надежности, включая реализацию принципа разнообразия, и, в частности, использования кроме систем МП РЗА еще и отдельных устройств на других видах элементной базы.

Вариантами реализации принципа разнообразия могут являться, например, следующие не микроэлектронные (не микропроцессорные) элементные базы, исключаящие взаимодействие с электромагнитным полем:

- полностью световая элементная база (шаг «вперед»);
- гидромеханическая элементная база высочайшего технологического исполнения (два шага «назад»);

- пневматическая элементная база (шаг «влево»);
- гидромеханическая элементная база (шаг «вправо»).

3. Выбор элементной базы РЗА и придание ей разнообразия является, таким образом, одним из возможных направлений адаптации комплектов РЗА к условиям эксплуатации с целью повышения надежности.

Следует отметить, что предложенная количественная методика открывает путь общеизвестному релейщикам способу адаптации к требованиям, заключающемуся в использовании различных коэффициентов чувствительности для разных защит (ступеней), например, для основных и резервных. Очевидно, что и нормированные коэффициенты запаса при отстройке от ЭМВ могут быть приняты разными для РЗА, различающихся по важности или по условиям эксплуатации объектов. При этом во всех случаях требование ЭМС удовлетворяется.

Литература

1. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Темников А.Г., Жуков А.В. / Под ред. чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Дьякова А.Ф. – М.: Издательский дом МЭИ. 2011. 544 с.
2. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат. 2003. 768 с.
3. СО 34.35.311-2004. Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях. – М.: Изд-во МЭИ. 2004. 77 с.
4. СО 153-34-21, 122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Изд-во МЭИ. 2003. 57 с.
5. СТО 5694 7007-29.240.043-2010. «Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов». СТО 5694 7007-29.24.044-2010. «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства» – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2010. 170 с. [Библиотека электротехника. Вып. 9-10 (141-142)].
6. Арцишевский Я.Л., Серегина Т.А. Методика экспериментального определения коэффициентов запаса помехоустойчивости устройств релейной защиты и автоматики // Изв. вузов, Электромеханика. № 6. 1992. С. 89-90.
7. Электромагнитная совместимость электрической части атомных электростанций. Вершков Э.В., Жуков А.В., Калеников А.В., Козлов Д.А., Кужекин И.П., Кужеклов С.Л., Максимов Б.К., Сарылов О.В., Ярных Л.В. - М.: Знак. 2006. 280 с.
8. Электромагнитная совместимость шкафов защит серии ШЭ 2607 и ШЭ 2710. Ильин В.Ф., Сетойкин В.Ф., Сарылов В.Н., Сарылов О.Н. Сб. докладов XX конференции. Релейная защита и автоматика энергосистем. М.: 1-4 июня 2010 г. Научно-инженерное информационное агентство. 2010. С. 358-362.
9. Ильин В.Ф. Адаптация релейной аппаратуры к требованиям стандартов по ЭМС // Релейная защита и автоматизация. № 4 (05). 2011. С. 66-68.