

## Общие вопросы электроэнергетики

### РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЗА В ЕНЭС<sup>1</sup>

**К.т.н. В.А. Кузьмичев, инженеры Е.В. Коновалова, С.Н. Сахаров,  
А.Ю. Захаренков (ОАО «Фирма ОРГРЭС»)**

ОАО «Фирма ОРГРЭС» по заданию ОАО «ФСК ЕЭС» в течение длительного времени ведет ежегодный анализ работы устройств РЗА в Единой национальной энергосистеме (ЕНЭС). Исходной информацией для него являются данные, получаемые от служб РЗА МЭС. Методология проведения определена [1].

В данной статье приведены основные результаты работы устройств РЗА в ЕНЭС за 2013 г. и их сравнение с предыдущим периодом с 2005 по 2012 годы.

В 2013 г. на объектах ЕНЭС эксплуатировалось около 295 000 основных устройств и около 325 000 дополнительных устройств (прочей электроавтоматики) РЗА. При этом доля электро-механических устройств составила 72,1 %, микроэлектронных – 4 %, микропроцессорных (цифровых) – 23,9 %.

В 2013 г. было зафиксировано 49 377 случаев срабатывания устройств РЗА на объектах ЕНЭС. Из них правильные срабатывания составили 49 015 случаев, неправильные – 362 случая, включая 123 случая излишних, 170 ложных срабатываний и 68 случаев отказов в срабатывании. Один случай классифицирован как «невыясненный». Анализ случаев неправильной работы устройств РЗА показал положительную тенденцию снижения показателей аварийности в 2013 году. Так, практически во всех МЭС количество неправильных действий РЗА снизилось. По сравнению с 2012 годом число случаев неправильной работы уменьшилось на 89.

Основной обобщенный показатель правильной работы устройств РЗА составил 99,27 %. При этом основной показатель работы релейной защиты составил 99,12 %, электроавтоматики – 99,39 %, противоаварийной автоматики – 99,6 %. Динамика изменения основного показателя правильной работы устройств РЗА за период с 2005 по 2013 гг. (табл. 1) показывает, что его значения год от года остаются примерно одинаковыми.

В соответствии с «Инструкцией по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем» (СО 153-34.35.516-89) [1] все случаи неправильной работы устройств РЗА по причинам разделяются на две группы: организационные и технические.

Основной организационной причиной неправильных действий устройств РЗА стала виновность персонала и несвоевременная замена устройств и кабелей (в том числе из-за отсутствия необходимого финансирования), отработавших установленный срок службы (старение оборудования).

<sup>1</sup> Опубликование статьи согласовано с отделом РЗА Департамента организации эксплуатации и ремонта электротехнического оборудования ОАО «ФСК ЕЭС».

Таблица 1

**Динамика изменения основного показателя правильной работы устройств РЗА по годам, %**

Устройства РЗА	Годы							
	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013
РЗА в целом	98,7	98,7	99,18	98,87	98,75	98,96	98,89	99,27
Релейная защита	98,4	98,4	98,99	98,63	98,49	98,73	99,37	99,12
Электроавтоматика	98,9	98,9	99,4	99,19	98,96	99,25	99,66	99,39
Противоаварийная автоматика	99,4	99,4	99,97	99,37	99,95	99,44	99,15	99,6

Динамика изменения виновности персонала с детализацией по отдельным его видам и динамика старения оборудования представлены в табл. 2 [2], [3]. Наряду с увеличением доли стареющих устройств РЗА доля виновности персонала служб РЗА в последние годы снизилась с 31 % в 2005 г. до 6,6 % в 2013 г. Виновность оперативного, ремонтного и прочего персонала эксплуа-

Таблица 2

**Динамика изменения долей общего числа случаев неправильной работы устройств РЗА, %, из-за виновности персонала и старения оборудования по годам**

Категории виновности персонала	Годы								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Доля виновности персонала,	46,1	35,5	31,5	16,5	25	19,3	13,3	7,6	11,2
в том числе:									
<i>причины, зависящие от служб РЗА</i>	31	26,7	25,2	10,6	14,1	11,7	7,4	5,1	6,6
<i>вина оперативного персонала</i>	9,2	4,9	2,3	0,9	2,7	0,2	0,9	0,7	0,8
<i>вина ремонтного персонала</i>	3,9	2,1	2,3	3,2	4,1	3,6	0,6	0,9	1,9
<i>вина прочего персонала эксплуатации</i>	2,0	1,8	1,6	1,8	4,1	3,8	4,4	0,9	1,9
Доля «старения оборудования» (непрямая вина персонала)	11,4	18,5	17,7	31,0	33,5	40,5	47,5	40,4	38,7

тации также имела тенденцию к снижению, но в последние годы процент неправильной работы остается на одном уровне.

Несвоевременная замена отработавших установленный срок службы устройств и кабелей доминирует среди организационных причин неправильной работы устройств РЗА. Динамика изменения числа случаев неправильной работы устройств РЗА по данной причине в предыдущие годы свидетельствовала об общем старении парка устройств и недостаточных темпах его обновления, однако в период с 2011 по 2013 гг. наметилась тенденция на снижение процента неправильной работы РЗА, при этом снижение составило 8,8 %.

Основными техническими причинами неправильной работы устройств РЗА в 2013 г. были:

- дефекты и неисправности аппаратуры со всеми элементными базами (включая МП РЗА и устройства вторичной коммутации) – 46,7 %;
- неисправности цепей (оперативных, ГТ, ТН и их цепей) и потеря оперативного тока – 15,7 %;
- старение устройств и контрольных кабелей – 10,7 %.

Доля неправильных действий, происходящих по прочим и невыясненным техническим причинам, составила 14,1 %.

Динамика изменения основных составляющих технических причин неправильной работы устройств РЗА и ПА по годам представлена в табл. 3. Ее анализ показывает, что дефекты и неис-

Таблица 3

**Динамика изменения долей числа случаев неправильной работы устройств РЗА, %, из-за основных технических причин**

Техническая причина	Годы							
	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013
Дефекты и неисправности аппаратуры	25,6	24,4	26,9	36,7	30,3	35,2	33,9	35,8
Неисправность цепей	8,7	6,5	14,8	9,5	13,5	13,6	18,6	15,7
Ошибки в схемах и уставках	15,5	11,0	11,2	14,4	10,9	10,8	8,2	9,7
Старение устройств и контрольных кабелей	11,6	17,2	10,2	15,9	16,9	16,9	11,5	10,7
Ошибки персонала при операциях с коммутационными устройствами РЗА и ошибки, приводящие к отключению при работах на панелях и в цепях устройств РЗА	9,7	9,0	7,8	3,7	4,2	4,2	2,7	1,4
Нарушение требований директивных материалов и инструкций	2,8	1,5	0,7	2,5	4,5	2,7	1,6	1,7

правности аппаратуры доминируют среди прочих технических причин неправильных срабатываний устройств РЗА. Стабильно высокий процент ошибок в схемах и уставках в сочетании с наличием случаев ошибок персонала при операциях с коммутационными устройствами РЗА, ошибок, приводящих к отключению при работах на панелях и в цепях устройств РЗА, и нарушений директивных материалов свидетельствует о необходимости повышения уровня квалификации специалистов проектных, наладочных и эксплуатирующих организаций.

Повсеместное применение в последние годы микропроцессорных устройств РЗА (МП РЗА) требует отдельного анализа их работы. По итогам 2013 года в эксплуатации находилось около 24 296 терминалов МП РЗА, которые составили 70 540 единиц учета. В табл. 4 приведена информация о динамике изменения количества МП РЗА, установленных в ЕНЭС [4].

Таблица 4

**Динамика изменения количества МП РЗА, установленных в ЕНЭС в 2005–2013 гг.**

Показатель	Годы							
	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Количество МП РЗА	5927	6871	14 581	17 404	26 070	41 096	57 510	70 540
Доля от общего количества УРЗА, %	3,2	2,8	5,7	6,9	9,3	13,3	19,3	23,9

В ЕНЭС эксплуатируются МП РЗА и ПА следующих основных производителей: Siemens, АВВ, GE, Alstom, ЭКРА, Уралэнергосервис.

В период с 2008 по 2013 гг. наиболее интенсивно внедрялись терминалы фирмы «Siemens» (суммарное увеличение количества терминалов более чем на 4800 ед. по всем МЭС) и терминалы фирмы ЭКРА (суммарное увеличение количества терминалов более чем на 4600 ед. по всем МЭС).

До настоящего времени целый ряд причин (ошибки при проектировании, недостаток информации об объекте, неверный выбор параметров срабатывания, недостаточный уровень квалификации обслуживающего персонала, ошибки пуско-наладочных организаций и др.) приводил к тому, что показатель правильной работы микропроцессорных устройств РЗА оказывался не выше, чем у электромеханических устройств РЗА. Однако наблюдался рост данного показателя, начиная с 91,5 % в 2005 г. до 98,97 % в 2012 г.

В 2013 г. основной показатель правильной работы МП РЗА составил 99,12 % (МП РЗА работали правильно в 14370 случаях и неправильно в 128 случаях), что несколько ниже основного обобщенного показателя правильной работы электромеханических устройств РЗА (99,27 %).

Анализ организационных причин неправильной работы МП РЗА в 2013 г. показывает, что большая часть случаев неправильной работы МП РЗА произошла по вине:

- монтажно-наладочных организаций (30,5 %);
- заводов-изготовителей (22 %);

- служб РЗА (8,6 %)
- проектных организаций (7 %);
- разработчиков (6,3 %);
- по прочим причинам (14,1 %).

Анализ неправильных действий МП РЗА за 2013 г. показал, что по технической причине «дефекты и неисправности МП аппаратуры» классифицировано 20 (15,7 %) случаев неправильной работы РЗА, по причине «дефекты разработки и сбои программного обеспечения» – 15 (11,7 %) случаев и по причине «дефекты МП ВЧ аппаратуры» – 5 (3,9 %) случаев. Таким образом, всего 40 случаев (3 % всех случаев неправильной работы МП РЗА) были непосредственно связаны с дефектами и неисправностями МП устройств РЗА, 24 случая (19 %) были вызваны неисправностью цепей (трансформаторов тока и напряжения, оперативных).

### Выводы

1. В 2013 г. основной обобщенный показатель правильной работы устройств РЗА (показатель эксплуатационной надежности) составил 99,27 %. Многолетний мониторинг подтверждает высокие показатели правильной работы РЗА. Основной обобщенный показатель правильной работы МП РЗА составил 99,12 %.

2. Оснащенность устройствами РЗА предыдущих поколений (электромеханическими, микроэлектронными и полупроводниковыми) составила 76 % всего парка эксплуатируемых устройств РЗА, причем 65 % (234 случая) всех случаев неправильной работы РЗА приходятся на эти устройства РЗА. Из 234 случаев 138 (59 %) случаев неправильной работы были связаны со старением оборудования и контрольных кабелей.

Оснащенность устройствами РЗА на микроэлектронной базе составила 4 %. При этом МЭ-устройства РЗА имеют больший удельный процент дефектов по сравнению с ЭМ и МП устройствами РЗА, в связи с чем МЭ устройства нуждаются в замене.

3. Оснащенность МП РЗА составила 23,9 % всего парка эксплуатируемых устройств РЗА, 35 % (128 случаев за 2013 г.) всех случаев неправильной работы РЗА приходятся на МП РЗА, при этом 37 % всех дефектов и неисправностей, выявленных при техническом обслуживании РЗА, составили дефекты МП РЗА.

Наиболее значимыми организационными причинами неправильной работы МП РЗА в 2013 г. были ошибки монтажно-наладочного персонала и заводов-изготовителей, причем процент неправильной работы МП РЗА по этим причинам в 4 раза больше в сравнении с электромеханическими устройствами РЗА, что объясняется нехваткой подготовленных специалистов со знанием цифровых устройств РЗА.

## Литература

1. **СО 153-34.35.516-89.** «Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем». ПО «Союзтехэнерго», 1989.
2. **Кузьмичев В.А., Коновалова Е.В., Сахаров С.Н., Захаренков А.Ю.** Ретроспективный анализ работы устройств РЗА в ЕНЭС // Релейная защита и автоматизация. 2012. № 1.
3. **Буртаков В.С., Захаренков А.Ю., Кузьмичев В.А.** Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и электроавтоматики энергосистем // Релейная защита и автоматизация. 2013. № 1.
4. **Кузьмичев В.А., Коновалова Е.В., Захаренков А.Ю., Сахаров С.Н., Балусев А.В.** Анализ работы микропроцессорных устройств РЗА в ЕНЭС России // Релейная защита и автоматизация. 2014. № 2.