

О. В. Кубкина

ОЦЕНКА ПРОТЯЖЕННОСТИ ЗОН ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТЯГОВОЙ СЕТИ 25 кВ

Аннотация. В современных условиях эксплуатации тяговой сети возникает необходимость в надежной защите от коротких замыканий. Эффективным решением данной задачи стало внедрение микропроцессорных релейных защит, которые интегрированы в состав программируемых логических контроллеров. Эти устройства обладают высокой степенью автоматизации и способны быстро реагировать на изменения в электрической сети, что существенно повышает уровень безопасности. Однако, несмотря на высокую степень надежности таких систем, существует ряд вопросов, касающихся их функциональности. В статье рассмотрена возможность и целесообразность функционального диагностирования релейных защит путем увеличения числа измерительных блоков, входящих в систему защиты. В качестве критериев оценки эффективности предлагаемого способа приняты вероятность выявления отказа срабатывания измерительного блока до момента, когда он должен выполнять свои функции и вероятность выявления ложного (излишнего) срабатывания. Первый критерий помогает оценить изменения в аппаратной и программной надежности системы защиты при внедрении функционального контроля. Второй необходим для оценки эффективности контроля с точки зрения изменения функциональной надежности защиты, а также логической и информационной совместимости защиты с другими функциями автоматизации.

Ключевые слова: электротяговые сети, релейная защита, функциональная диагностика, короткое замыкание.

Для цитирования: Кубкина, О. В. Оценка протяженности зон функционального диагностирования релейной защиты тяговой сети 25 кВ / О. В. Кубкина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 151–158. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_151.

Введение

В современных условиях для защиты тяговой сети от коротких замыканий широко применяются микропроцессорные релейные защиты в составе программируемых логических контроллеров. Многофункциональность таких устройств, а также их технические характеристики предопределяют тенденцию расширения состава (увеличение числа) дополнительных защит и защит ближнего резервирования, применяемых для защиты от коротких замыканий в системе тягового электроснабжения 25 кВ. Кроме того, необходимо отметить, что применение в качестве базовых для построения релейной защиты открытых программируемых устройств, предусматривающих сетевое взаимодействие, упрощает решение задачи организации продольных и поперечных связей между защитами основной и смежных межподстанционных зон.

В связи с этим представляется интересным рассмотрение возможности и целесообразности функционального диагностирования, по результатам которого могут быть выявлены неверные действия релейной защиты (отказы в срабатывании, ложные или излишние срабатывания) при коротком замыкании на межподстанционной зоне.

Теоретически увеличение числа измерительных блоков, входящих в систему защиты, должно привести к увеличению эффективности диагностирования. Необходимо отметить, что в качестве критериев эффективности могут рассматриваться:

– вероятность выявления отказа срабатывания измерительного блока до момента возникновения необходимости выполнения им своих функций. Применение данного критерия позволяет оценить изменение аппаратной и программной надежности системы защиты при применении функционального контроля [1–2];

– вероятность выявления ложного (излишнего) срабатывания. Данный критерий необходим для оценки эффективности контроля с точки зрения изменения функциональной надежности защиты, а также логической и информационной совместимости защиты с другими функциями автоматизации [3–5].

Статья посвящена рассмотрению данного вопроса.

Логические зависимости выявления неверных действий релейной защиты

Принципы функционального контроля релейной защиты тяговой сети, основанные на логическом анализе состава «сработавших» и не «сработавших» на короткое замыкание измерительных блоков, имеющих различные границы защищаемых зон, изложены в [6–7]. Методика оценки эффективности контроля [8] основана на соотношении и протяженности зон диагностирования. При этом под зоной диагностирования понимается участок межподстанционной зоны, при коротком замыкании на котором выявляется соответствующий вид неверного действия контролируемого измерительного блока.

Для определения зон диагностирования необходимо классифицировать измерительные блоки и сформировать систему логических уравнений определения неверных действий релейной защиты. Наиболее просто задача решается путем построения и анализа графика селективности защит рассматриваемой межподстанционной зоны.

Рассмотрим абстрактную защиту, функциональный состав которой и протяженности зон действия измерительных блоков определены в соответствии с [9]. На рис. 1. представлены узловая схема питания межподстанционной зоны АВ (а) и графики селективности защит присоединений контактной сети на тяговой подстанции А (б) и на посту секционирования ПС (в). В состав защит присоединений подстанции и поста секционирования входят: токовая отсечка (ТО), дистанционная защита первой ступени (ДЗ1), дистанционная защита второй ступени (ДЗ2), дистанционная защита третьей ступени (ДЗ3), дистанционная защита четвертой ступени (ДЗ4). Комплект защит поста секционирования дополнен защитой минимального напряжения (ЗМН), Δt – выдержка времени срабатывания защиты.

Зоны действия защит со стороны подстанции В симметричны по отношению к приведенным на рис. 1. При определении протяженности зон диагностирования необходимо учитывать зоны действия защит подстанций и постов секционирования смежных по отношению к рассматриваемой межподстанционных зон.

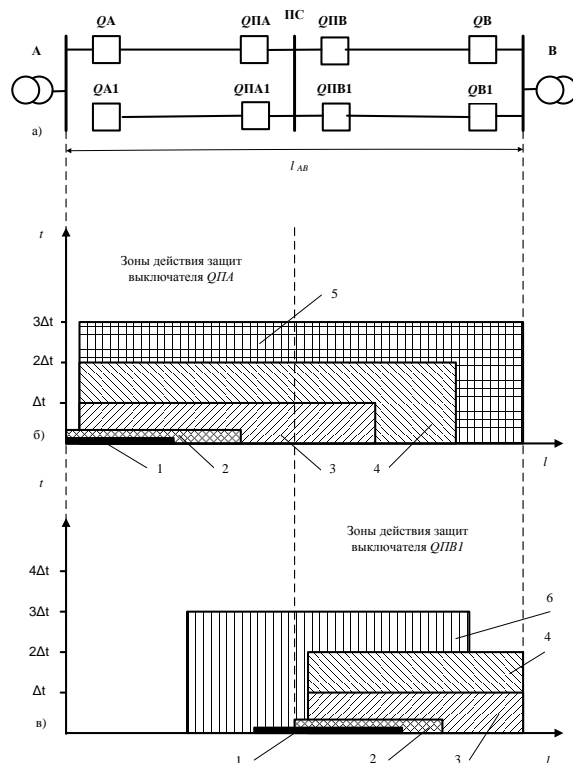


Рис. 1. Схема питания межподстанционной зоны (а) и графики селективности защит присоединений контактной сети на тяговой подстанции А (б) и на посту секционирования ПС (в):

1 – зона действия ТО; 2 – зона действия ДЗ1; 3 – зона действия ДЗ2; 4 – зона действия ДЗ3; 5 – зона действия ДЗ4; 6 – зона действия ЗМН

В табл. 1 приведен состав и протяженность зон действия измерительных блоков. Необходимо учитывать, что очевидная нестабильность приведенных значений протяженности зон действия ограничена требованием выполнения принципов селективности и устойчивости функционирования.

Таблица 1

Протяженность зон действия измерительных защит

Место установки	Наименование защиты	Направленность действия	Защищаемая зона
Подстанция А	Токовая отсечка	-	не более $0,5 \cdot l_{АП}$
	Дистанционная защита первой ступени	+	не более $0,8 \cdot l_{АП}$
	Дистанционная защита второй ступени	+	не более $1,2 \cdot l_{АП}$
	Дистанционная защита третьей ступени	+	не менее $1,5 \cdot l_{АВ}$
	Дистанционная защита четвертой ступени	-	не менее $0,7 \cdot l_{АП}$
Пост секционирования	Токовая отсечка	-	не более $0,5 \cdot l_{ПВ}$
	Дистанционная защита первой ступени	+	не более $0,9 \cdot l_{ПВ}$
	Дистанционная защита второй ступени	+	не менее $1,2 \cdot l_{ПВ}$
	Дистанционная защита третьей ступени	+	не менее $1,5 \cdot l_{ПВ}$

Как уже отмечалось выше, для определения протяженности зон диагностирования релейных защит рассматриваемой межподстанционной зоны необходимо сформировать систему логических уравнений идентификации неверных действий измерительных блоков защит. Формирование уравнений и последующую оценку протяженности зон диагностирования в зависимости от состава и объема первичной информации будем производить применительно к защитам присоединения $QA1$ (см. рис. 1). Симметричность графика селективности позволяет предположить аналогичность результатов оценки для защит других присоединений. При формировании логических зависимостей приняты следующие обозначения:

- С – срабатывание измерительного блока;
- Н – несрабатывание измерительного блока;
- ПА – защита присоединения подстанции А;
- ПВ – защита присоединения подстанции В;
- ПС – защита присоединения поста секционирования;
- ПС_А – защита присоединения поста секционирования с защищаемой зоной в сторону подстанции А;
- ПС_В – защита присоединения поста секционирования с защищаемой зоной в сторону подстанции В;
- П_{Алев} – защита присоединения подстанции «слева» от подстанции А;
- ПС_{Впр} – защита присоединения поста секционирования «справа» от подстанции В с защищаемой зоной в сторону подстанции В;
- ПС_{Алев} – защита присоединения поста секционирования «слева» от подстанции А, с защищаемой зоной в сторону подстанции А.

Логические зависимости выявления отказов в срабатывании и ложных срабатываний измерительных блоков защит, установленных на присоединениях подстанции А представлены в табл. 2.

Таблица 2

Логические зависимости выявления неверных действий релейной защиты

Измерительный блок	Неверное действие	Логические зависимости
1	2	3
ТО	ложное срабатывание	$S(ТО ПА) \wedge N((ДЗ 1 ПА) \vee (ДЗ 2 ПА) \vee (ДЗ 3 ПА) \vee (ДЗ 4 ПА)) \wedge N((ДЗ 1 ПА) \vee (ДЗ 2 ПА) \vee (ДЗ 3 ПА) \vee (ДЗ 4 ПА) \vee ДЗ 1 ПС_A))$
	отказ в срабатывании	$N(ТО ПА) \wedge S((ДЗ 1 ПА) \vee (ДЗ 2 ПА) \vee (ДЗ 3 ПА) \vee (ДЗ 4 ПА)) \wedge N((ТО ПС_A \vee (ДЗ 1 ПС_A))$
ДЗ 1	ложное срабатывание	$S(ДЗ 1 ПА) \wedge N((ТО ПА) \vee (ДЗ 1 ПА) \vee (ДЗ 2 ПА) \vee (ДЗ 3 ПА) \vee (ДЗ 4 ПА)) \wedge N((ТО ПА) \vee (ДЗ 1 ПА) \vee (ДЗ 2 ПА) \vee (ДЗ 3 ПА) \vee (ДЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (ДЗ 1 ПС_A))$
	отказ в срабатывании	$N(ДЗ 1 ПА) \wedge S((ТО ПА) \vee (ДЗ 4 ПА)) \wedge S((ДЗ 3 ПА) \vee (ДЗ 2 ПА) \vee (ДЗ 2 ПС_{Алев}) \vee (ДЗ 3 ПС_{Алев}) \vee (ТО ПС_A) \vee (ДЗ 1 ПС_A) \vee (ДЗ 2 ПС_A) \vee (ДЗ 3 ПС_A) \vee (ДЗ 3 ПВ) \vee (ДЗ 3 П_{Алев}))$ $N(ДЗ 1 ПА) \wedge S((ТО ПА) \vee (ДЗ 4 ПА)) \wedge N(ДЗ 2 ПВ)$

Окончание табл. 2

1	2	3
ДЗ 2	ложное срабатывание	$S(DЗ 2 ПА) \wedge H((ТО ПА) \wedge H((DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 3 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (ТО ПВ) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ) \vee (DЗ 3 ПВ))) \wedge H((ТО ПА) \wedge H((DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 3 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (ТО ПВ) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ) \vee (DЗ 3 ПВ)))$ $S(DЗ 2 ПА) \wedge S((DЗ 3 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (DЗ 2 ПС_A) \vee (DЗ 3 ПС_A)) \wedge H(DЗ 1 ПВ)$
	отказ в срабатывании	$H(DЗ 2 ПА) \wedge S((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A)) \wedge S((DЗ 3 ПА) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (DЗ 2 ПС_B) \vee (DЗ 3 ПС_B) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ))$
ДЗ 3	ложное срабатывание	$S(DЗ 3 ПА) \wedge H((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (DЗ 2 ПС_B) \vee (DЗ 3 ПС_B) \vee (ТО ПВ) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ) \vee (DЗ 4 ПВ)) \wedge H((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (DЗ 2 ПС_B) \vee (DЗ 3 ПС_B) \vee (ТО ПВ) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ) \vee (DЗ 4 ПВ))$
	отказ в срабатывании	$H(DЗ 3 ПА) \wedge S((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (DЗ 2 ПС_B) \vee (DЗ 3 ПС_B) \vee (ТО ПВ) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ) \vee (DЗ 4 ПВ)) \wedge S((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 4 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (ТО ПС_B) \vee (DЗ 1 ПС_B) \vee (DЗ 2 ПС_B) \vee (DЗ 3 ПС_B) \vee (ТО ПВ) \vee (DЗ 1 ПВ) \vee (DЗ 2 ПВ) \vee (DЗ 4 ПВ))$
ДЗ 4	ложное срабатывание	$S(DЗ 4 ПА) \wedge H((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 3 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (DЗ 2 ПС_A) \vee (DЗ 3 ПС_A) \vee (DЗ 3 ПВ)) \wedge H((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 3 ПА) \vee (ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A) \vee (DЗ 2 ПС_A) \vee (DЗ 3 ПС_A) \vee (DЗ 3 ПВ))$
	отказ в срабатывании	$H(DЗ 4 ПА) \wedge S((ТО ПА) \wedge S((DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 3 ПА)))$ $H(DЗ 4 ПА) \wedge S((ТО ПА) \vee (DЗ 1 ПА) \vee (DЗ 2 ПА) \vee (DЗ 3 ПА) \wedge H((ТО ПС_A) \vee (DЗ 1 ПС_A))$

Оценка зон диагностирования измерительных блоков защит

Основными параметрами, влияющими на эффективность диагностирования, применительно к рассматриваемому способу, являются: надежность характеристики защиты и частота проверок, которая определяется интенсивностью коротких замыканий на межподстанционной зоне и протяженностью зоны диагностирования. Анализ логических зависимостей выявления неверных действий защиты позволяет определить протяженность зоны диагностирования каждого измерительного блока. Логические зависимости сформированы по результатам рассмотрения графика селективности защит присоединений, питающих три межподстанционных зоны: зону между подстанциями А и В, с постом секционирования посередине (контрольная) и аналогичные по структуре и схеме питания межподстанционные зоны слева и справа от нее. Очевидно, что протяженность зон диагностирования определяется числом защит, реакция которых на короткое замыкание в пределах контрольной зоны принимается в рассмотрение. Исходя из этого, в соответствии с [6–7] были определены различные варианты формирования массивов первичной диагностической информации (МПДИ) (табл. 3).

Таблица 3

Варианты формирования массивов первичной диагностической информации

Номер варианта формирования МПДИ	Источники формирования первичной информации
1	присоединение ПА
2	присоединение ПА + ПС + ПВ
3	присоединение ПА + ПС + ПВ + ПС _{Алев.}
4	присоединение ПА + ПС + ПВ + ПС _{Алев.} + ПС _{Впр.}
5	присоединение ПА + ПС + ПВ + ПС _{Алев.} + ПС _{Впр.} + П _{Алев.}

Протяженности зон диагностирования защит присоединения подстанции А представлены на рис. 2.

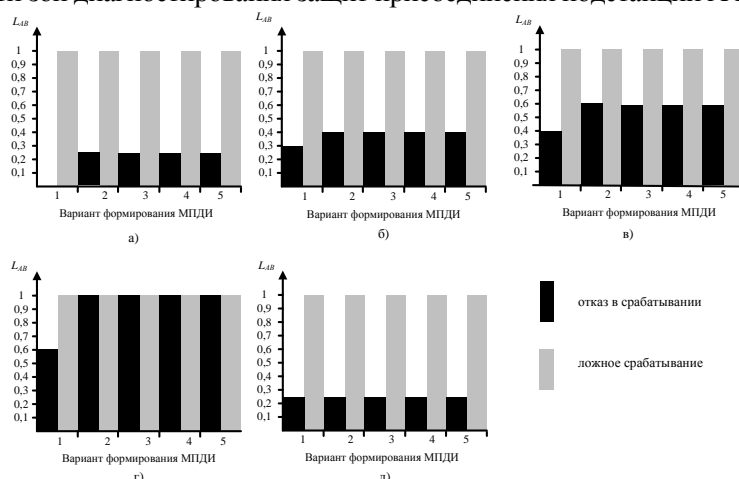


Рис. 2. Протяженность зон диагностирования ТО (а), ДЗ 1 (б), ДЗ 2 (в), ДЗ 3 (г), ДЗ 4 (д)

В соответствии с [8] рассчитаны вероятности осуществления одной проверки, выявляющей отказ в срабатывании соответствующей защиты, в зависимости от сезонного потока коротких замыканий. Вероятность безотказной работы защиты в режиме поступления требования на срабатывание принималась равной 0,99. Полученные зависимости представлены на рис. 3.

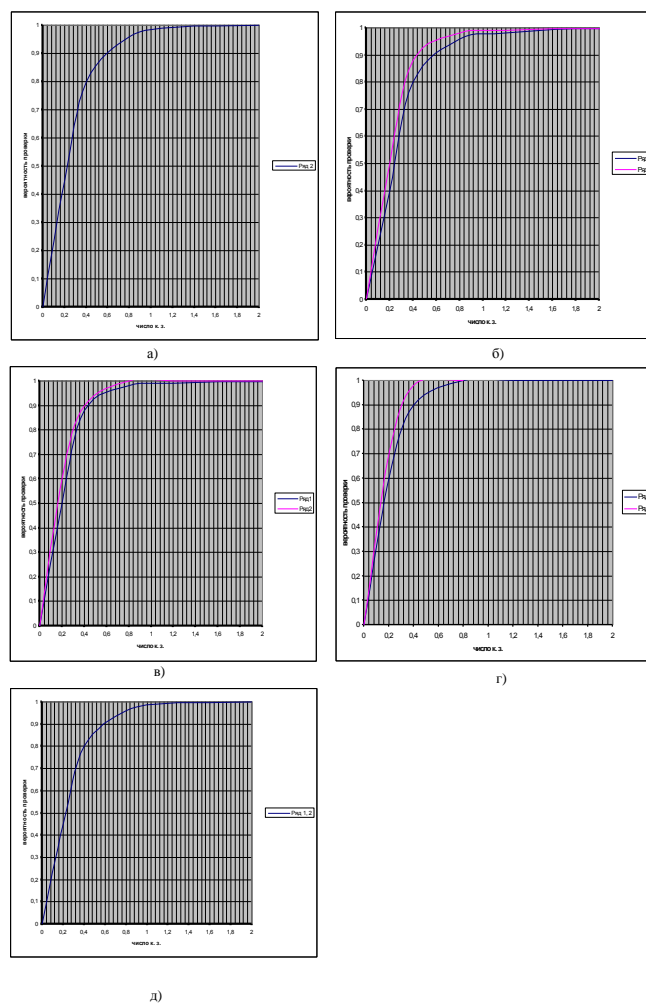


Рис. 3. Зависимости вероятности проверки от потока коротких замыканий ТО (а), ДЗ 1 (б), ДЗ 2 (в), ДЗ 3 (г), ДЗ 4 (д):

ряд 1 – первый вариант формирования МПДИ; ряд 2 – второй вариант формирования МПДИ

Выводы

Определена зависимость протяженности зоны диагностирования защиты от числа измерительных блоков, входящих в ее состав и от мест сбора первичной информации. Практическая реализация рассматриваемых вариантов формирований МПДИ возможна при наличии на участке дороги современных средств автоматизации, взаимодействующих друг с другом с применением сетевых технологий [10].

Доказано предположение о том, что увеличение структурной избыточности защит и объемов обрабатываемой первичной диагностической информации повышает эффективность выявления неверных действий защиты. Как следует из рис. 2, максимальная эффективность контроля обеспечивается вторым способом формирования МПДИ. Затраты ресурсов на реализацию 3, 4 и 5 способов нецелесообразны.

Полученные результаты позволяют оценить целесообразность и эффективность применения рассматриваемого способа выявления неверных действий релейной защиты применительно к реальному участку тяговой сети 25 кВ.

Список литературы

- 1 **Типикина, А. П.** Оценка программной надежности микропроцессорных релейных защит / А. П. Типикина, Л. С. Певцова // Интернет-журнал «Наукоедение». – 2015. – Т. 7, № 2. – DOI 10.15862/74TVN215.
- 2 Анализ надежности электроснабжения транспортных систем в зависимости от состояния устройств релейной защиты и автоматики / А. А. Лундалин, Е. Ю. Пузина, И. А. Худонов, В. В. Кашковский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 3 (63). – С. 127–135. – DOI 10.26731/1813-9108.2019.3(63).127-135.
- 3 Комплексное решение прикладных технологических задач автоматизации тягового электроснабжения / Ю. И. Жарков, О. В. Кубкина, В. Г. Лысенко, Н. А. Попова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1 (81). – С. 130–165. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_130.
- 4 **Лысенко, В. Г.** Алгоритм автоматического повторного включения тяговой сети переменного тока / В. Г. Лысенко, О. В. Кубкина // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2014». Часть 2. Технические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2014. – С. 287–289. – ISBN 978-5-88814-360-5.
- 5 **Лысенко, В. Г.** Определение границ участка тяговой сети с устойчивым коротким замыканием / В. Г. Лысенко, О. В. Кубкина, Н. А. Попова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (77). – С. 145–152. – ISSN 0201-727X.
- 6 **Лысенко, В. Г.** Автоматический контроль правильности функционирования релейной защиты тяговой сети / В. Г. Лысенко, О. В. Кубкина, М. В. Кирпинская // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2013. – № 3. – С. 142–146. – ISSN 0201-727X.

References

- 1 **Tipikina, A. P.** Evaluation of software reliability of microprocessor relay protection / A. P. Tipikina, L. S. Pevtsova // Internet journal "Naukovedeniye". – 2015. – Vol. 7, No. 2. – DOI 10.15862/74TVN215.
- 2 Analysis of the reliability of power supply of transport systems depending on the state of relay protection and automation devices / A. A. Lundalin, E. Yu. Puzina, I. A. Khudonogov, V. V. Kashkovsky // Modern technologies. System analysis. Modeling. – 2019. – No. 3 (63). – P. 127–135. – DOI 10.26731/1813-9108.2019.3(63).127-135.
- 3 Integrated solution of applied technological problems of traction power supply automation / Yu. I. Zharkov, O. V. Kubkina, V. G. Lysenko, N. A. Popova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 1 (81). – P. 130–165. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_130.
- 4 **Lysenko, V. G.** Algorithm for automatic reconnection of AC traction network / V. G. Lysenko, O. V. Kubkina // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Transport-2014". Part 2. Technical sciences. – Rostov-on-Don : RSTU, 2014. – P. 287–289. – ISBN 978-5-88814-360-5.
- 5 **Lysenko, V. G.** Determination of the boundaries of a traction network section with a stable short circuit / V. G. Lysenko, O. V. Kubkina, N. A. Popova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2020. – No. 1 (77). – P. 145–152. – ISSN 0201-727X.
- 6 **Lysenko, V. G.** Automatic control of the correct functioning of the relay protection of the traction network / V. G. Lysenko, O. V. Kubkina, M. V. Kirpinskaya // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2013. – No. 3. – P. 142–146. – ISSN 0201-727X.

7 **Жарков, Ю. И.** Автоматизация диагностирования систем релейной защиты и автоматики электроустановок / Ю. И. Жарков, В. Г. Лысенко, Е. А. Стороженко. – Москва : Маршрут, 2005. – 178 с. – ISBN 5-89035-253-9.

8 **Лысенко, В. Г.** Оценка эффективности контроля правильности функционирования устройств релейной защиты / В. Г. Лысенко, О. В. Кубкина // Транспорт : наука, образование, производство : сборник научных трудов. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2016. – С. 287–289. – ISBN 978-5-88814-446-6.

9 Стандарт ОАО «РЖД». Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки. Часть 4. Методика выбора уставок защит в системе тягового электроснабжения переменного тока. СТО РЖД 07.021.4–2015 : утвержден Распоряжением ОАО «РЖД» от 07.04.2016 № 615р.

10 **Доманский, В. В.** Информационные технологии режимов работы тягового электроснабжения и питающих их систем / В. В. Доманский, Г. А. Доманская, В. А. Васенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 3 (79). – ISSN 0201-727X.

7 **Zharkov, Yu. I.** Automation of diagnostics of relay protection systems and automation of electrical installations / Yu. I. Zharkov, V. G. Lysenko, E. A. Storozhenko. – Moscow : Marshrut, 2005. – 178 p. – ISBN 5-89035-253-9.

8 **Lysenko, V. G.** Evaluation of the efficiency of monitoring the correct functioning of relay protection devices / V. G. Lysenko, O. V. Kubkina // Transport : science, education, production : collection of scientific papers. – Rostov-on-Don : RSTU, 2016. – P. 287–289. – ISBN 978-5-88814-446-6.

9 Standard of JSC “Russian Railways”. Protection of railway power supply systems from short circuits and overload. Part 4. Methodology for selecting protection settings in an AC traction power supply system. STO RZD 07.021.4–2015 : approved by the Order of JSC “Russian Railways” dated 07.04.2016 No. 615r.

10 **Domansky, V. V.** Information technologies of operating modes of traction power supply and their supply systems / V. V. Domansky, G. A. Domanskaya, V. A. Vasenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2020. – No. 3 (79). – ISSN 0201-727X.

O. V. Kubkina

ASSESSMENT OF THE EXTENSION OF FUNCTIONAL DIAGNOSTICS ZONES OF RELAY PROTECTION OF THE 25 kV TRACTION NETWORK

Abstract. In modern conditions of operation of the traction network, there is a need for reliable protection against short circuits. An effective solution to this problem was the introduction of microprocessor relay protections, which are integrated into programmable logic controllers. These devices have a high degree of automation and are able to quickly respond to changes in the electrical network, which significantly increases the level of safety. However, despite the high degree of reliability of such systems, there are a number of questions regarding their functionality. The article considers the possibility and expediency of functional diagnostics of relay protection by increasing the number of measuring units included in the protection system. The criteria for assessing the effectiveness of the proposed method are the probability of detecting a failure to operate a measuring unit before the moment when it should perform its functions and the probability of detecting a false (excessive) operation. The first criterion helps to assess changes in the hardware and software reliability of the protection system when implementing functional control. The second is necessary to assess the effectiveness of control from the point of view of changing the functional reliability of protection, as well as the logical and information compatibility of protection with other automation functions.

Keywords: electric traction networks, relay protection, functional diagnostics, short circuit.

For citation: Kubkina, O. V. Assessment of the extension of functional diagnostics zones of relay protection of 25 kV traction network / O. V. Kubkina // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2025. – No. 1. – P. 151–158. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_151.

Сведения об авторах**Кубкина Ольга Владимировна**

Ростовский государственный университет путей
сообщения (РГУПС),
кафедра «Электроэнергетика и электромеханика
транспорта»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: kybkina@yandex.ru

Information about the authors**Kubkina Olga Vladimirovna**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Electrical Power Engineering
and Electromechanics of Transport”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associated Professor,
e-mail: kybkina@yandex.ru