

цепи и может создать аварийную ситуацию в нагрузке и соединительных проводах.

Существует два подхода для борьбы с опасными уровнями перенапряжений.

1. Использование специальных материалов контактов, которые наряду с износостойкостью дают низкие значения срезов тока. Такие характеристики имеют хромомедные контакты, в которых хром увеличивает срок службы контактов, а медь обеспечивает малую работу выхода электронов и, соответственно, низкий уровень среза тока. Это касается вакуумных выключателей.

2. Использование нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН), подключаемых параллельно контактам, которые шунтируют перенапряжения, предотвращая аварийные ситуации.

Совместное применение этих двух подходов в совокупности с использованием быстродействующих при-

водов позволяет создавать аппараты с улучшенными коммутационными характеристиками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лафферти, Дж.* Вакуумные дуги / Лафферти Дж. – М. : Мир, 1982. – 428 с.
2. *Сливков, И. Н.* Процессы при высоком напряжении в вакууме / Сливков И. Н. – М. : Энергоатомиздат. – 255 с.
3. *Гилев, А. А.* Аналитическое выражение условий синхронного отключения переменного тока в вакууме / А. А. Гилев, В. Н. Данилов, В. С. Миронов // Вестн. КГПИ им. М. Остроградского: Сб. науч. тр. – Кременчуг, 2009. – Вып. 4(57). – Т.І. – С. 71–73.

*Стаття надійшла до редакції 11.11.2010.*

*Після доробки 14.05.2011.*

**Гільов О. О., Міронов В. С.**

**Вплив швидкості переміщення рухомого контакту на дугові процеси в міжконтактному проміжку вимикачів середньої напруги**

*Розглядається вплив швидкості переміщення рухомої частини електричних апаратів, включаючи рухомий контакт, на процеси дугогасіння в міжконтактному проміжку при комутації електричних кіл середньої напруги.*

**Ключові слова:** електричний апарат, вакуумний вимикач, міжконтактний проміжок, швидкість переміщення.

**Hilyov A. A., Mironov V. S.**

**The influence of sliding contact speed on arc control process in average voltage circuit breakers contact gap**

*The influence of electrical apparatus movable part speed, including sliding contact, on arc control process in the contact gap is observed.*

**Keywords:** electric apparatus, vacuum circuit breaker, contact gap, moving speed.

УДК.621.3.048.1

**П. Д. Андриенко д-р техн. наук, А. А. Сахно**

Запорожский национальный технический университет

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА НА ПОДСТАНЦИИ «ДНЕПР-ДОНБАСС 330»

*В статье представлен анализ результатов внедрения системы непрерывного автоматизированного контроля основной изоляции трансформаторов тока 330 кВ на основе разработанных алгоритмов измерения и модели прогноза остаточного ресурса.*

**Ключевые слова:** результаты внедрения, система непрерывного контроля, трансформатор тока.

### Введение

В последние годы в ведущих странах мира сложились тенденции к интеллектуализации электроэнерге-

тических систем, например SmartGrid – в США, интеллектуальная электроэнергетическая система – в России. Концепция «интеллектуальной электроэнергетики»

подразумевает повышение надежности и качества работы системы при снижении затрат. Одним из важнейших этапов реализации таких проектов является усовершенствование существующей системы диагностики высоковольтного оборудования. Действующий на настоящий момент в Украине подход к диагностике и техническому обслуживанию (ТОиР) сводится к следующей схеме:

- измерение диагностического критерия (одного или нескольких);
- проверка на соответствие критерия граничным значениям, указанным в нормах, или для ненормируемых критериев – на соответствие опыту диагноста;
- выдача экспертного заключения на основании опыта или требований норм о необходимости вывода оборудования или продолжения его эксплуатации.

Система ТОиР и межремонтной диагностики у нас в стране, как и во многих других странах, периодическая и регламентируется нормами [1]. Большинство измерений проводится с выводом оборудования из работы. Очевидно, что такая система диагностики не встраивается в концепцию интеллектуальных сетей, которая подразумевает «необслуживаемые» подстанции и ТОиР по реальному состоянию оборудования. Первым этапом усовершенствования системы диагностики должно быть массовое внедрение систем автоматизированного непрерывного контроля (СНК) оборудования подстанций, в первую очередь, на напряжение 220 кВ и выше. Автоматизированный контроль имеет ряд преимуществ перед периодическим, таких как: отсутствие человеческого фактора, сокращение межконтрольного периода, учет эксплуатационных факторов, накопление диагностической информации, удаленное предоставление информации разного уровня и др. [2].

### Цель работы

Оценка эффективности внедрения системы непрерывного контроля характеристик изоляции трансформаторов тока 330 кВ с применением алгоритмов измерения и модели прогноза остаточного ресурса, представленных в [2, 3, 4, 5, 6], и анализ эффективности усовершенствованной системы диагностики трансформаторов тока (ТТ) на основе непрерывного контроля и прогноза остаточного ресурса (ОР) в процессе эксплуатации в сравнении с существующей системой.

### Результаты исследования

Методики и алгоритмы непрерывного контроля [2, 3, 4, 5] и модель прогноза [6] были применены при создании системы непрерывного контроля состояния трансформаторов тока 330 кВ Safe-СТ<sup>TM</sup> производства ООО «Энергоавтоматизация», установленной на ПС «Днепр-Донбасс 330 кВ» Запорожских магистральных электрических сетей (ЗМЭС) Днепровской электроэнергетической системы КП НЭК «Укрэнерго». Количество контролируемых ТТ – 30 шт., типы ТТ: ТФРМ-330, ТФУМ-330, ТФКН-330 и ТОГ-330.

Результаты автоматизированных непрерывных измерений, вероятность безотказной работы (ВБР), а также прогноз остаточного ресурса (ОР) по состоянию на 12.08.2010 г., выполненный СНК, представлены в табл. 1. В таблице также приведена информация о конструктивных особенностях ТТ. Буквы «Н» и «Г» означают негерметичное и герметичное исполнение ТТ, соответственно.

Серии ТФКН и ТФУМ – маслонаполненные трансформаторы с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа (БМКИ), где основная изоляция наложена на U-образную первичную обмотку. Серия ТФРМ – маслонаполненные ТТ с БМКИ, где основная изоляция наложена на вторичные обмотки, выполненные в форме рыма. Серия ТОГ – газонаполненные ТТ с внешней силиконовой крышкой.

Ошибку определения ВБР и, соответственно, ОР определяют стандартные отклонения коэффициентов модели, описанной в [6]. Модель выполнена на базе метода пропорциональных интенсивностей отказов Кокса и теоретическом законе распределения ВБР Гомпертца. Отличительной особенностью модели является то, что она основывается не только на фактической наработке аппарата, но и учитывает его реальное техническое состояние на основании значений диагности-

Таблица 1 – Результаты контроля

№	Тип	Исполнение	Срок эксл., лет	tgδ, %	ВБР	ОР (max), лет	ОР (min), лет	Q, мкКл
1	ТФКН	Н	47	0.71	0.0058	0.00	0.00	245
2	ТФРМ	Г	39	0.3	0.9386	27.3	14.3	22
3	ТФКН	Н	39	0.71	0.0282	0.00	0.00	295
4	ТФКН	Н	41	0.65	0.0266	0.00	0.00	209
5	ТФРМ	Г	20	0.28	0.9629	31.7	26.7	58
6	ТФУМ	Г	7	0.33	0.8187	28.7	24.1	116
7	ТФРМ	Г	18	0.38	0.9201	24.6	8.70	62
8	ТФУМ	Г	26	0.3	0.7818	9.90	4.40	110
9	ТФУМ	Г	26	0.4	0.6911	5.70	0.00	93
10	ТФРМ	Г	9	0.32	0.9860	40.7	32.6	50
11	ТФРМ	Г	16	0.34	0.9536	30.1	17.3	48
12	ТФРМ	Г	16	0.43	0.9600	29.5	20.1	64
13	ТФУМ	Г	21	0.27	0.8993	17.1	16.2	64
14	ТФУМ	Г	21	0.43	0.6658	7.70	0.00	67
15	ТФУМ	Г	22	0.41	0.7807	10.2	2.20	36
16	ТФРМ	Г	11	0.53	0.9120	23.1	3.30	49
17	ТОГ	Г	1	0.4	0.9908	34.4	28.1	101
18	ТФУМ	Г	22	0.7	0.4147	0.00	0.00	43
19	ТФРМ	Г	14	0.39	0.9515	29.2	14.9	49
20	ТФУМ	Г	8	0.32	0.9722	28.7	25.1	116
21	ТФУМ	Г	8	0.32	0.9463	23.1	10.9	84
22	ТФКН	Н	39	0.39	0.6161	10.8	7.10	85
23	ТФКН	Н	39	0.46	0.4059	6.50	0.00	85
24	ТФКН	Н	39	0.49	0.4749	6.00	0.00	74
25	ТОГ	Г	5	0.58	0.9152	27.3	2.80	56
26	ТОГ	Г	5	0.21	0.9841	33.7	32.1	16
27	ТОГ	Г	5	0.09	0.9867	34.0	33.2	30
28	ТОГ	Г	8	0.33	0.9803	31.3	31.3	26
29	ТФРМ	Г	5	0.22	0.9942	46.4	41.4	61
30	ТОГ	Г	8	0.16	0.9486	28.5	22.9	29

ческих критериев. Оценка текущего состояния вводится в модель в виде коэффициента, полученного как сумма произведений значения диагностического критерия на весовой коэффициент. Система рассчитывает минимальный (OP min) и максимальный (OP max) прогнозируемый остаточный ресурс исходя из наилучшего и наихудшего отклонения всех весовых коэффициентов в модели. Средняя величина диапазона прогнозируемого времени отказа ТТ по контрольной выборке составляет 6,88 года.

В табл. 1 также приведены результаты измерений кажущегося заряда частичных разрядов (ЧР) в основной изоляции ТТ (Q), проведенные в автоматизированном режиме прибором MPD600 (OMICRON electronics) параллельно с работой СНК. Связь прогнозируемого ОР с результатами измерения кажущегося заряда ЧР представлена на рис. 1. Полученные данные свидетельствуют о сходимости результатов диагностики двух независимых методов.

Измерение характеристик ЧР в основной изоляции является наиболее эффективным методом диагностики ее состояния [7, 8, 9], однако применение этого метода в условиях эксплуатации требует решения ряда проблем [7, 10]. Существующие проблемы в данной работе рассматриваться не будут, а полученные данные измеренных значений кажущегося заряда ЧР будут использованы как дополнительный критерий, подтверждающий или опровергающий рассчитанную с помощью СНК оценку состояния трансформатора.

В табл. 2 представлен анализ результатов диагностики по трем методам:

- метод отбраковки, действующий в энергосистемах (по завышению  $tg\delta_1$ );

- метод отбраковки по расчету остаточного ресурса на основе показаний СНК, предложенный авторами [6] (при нулевом максимальном и минимальном значении ОР ТТ относился к группе «критическое состояние», при ненулевом максимальном и нулевом минимальном значении ОР ТТ относился к группе «плохое состояние»);

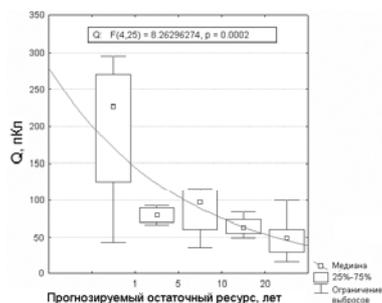


Рис. 1. Зависимость уровня кажущегося заряда ЧР в основной изоляции ТТ от прогнозируемого ОР (F – критерий Фишера, и уровень его значимости (p), для проверки на соответствие экспоненциальному закону распределения)

Таблица 2 – Результаты анализа

№ (табл. 1)	Анализ полученных данных
1	Измерения ЧР подтверждают расчет ОР и существующий метод отбраковки. ТТ в критическом состоянии.
3	Измерения ЧР подтверждают расчет ОР и существующий метод отбраковки. ТТ в критическом состоянии.
4	Измерения ЧР подтверждают расчет ОР. Согласно существующему методу отбраковки ТТ может продолжать эксплуатацию. ТТ в критическом состоянии.
6	ТТ имеет высокий остаточный ресурс и завышенный уровень ЧР. ТТ в нормальном состоянии.
8	ТТ имеет не высокий остаточный ресурс и завышенный уровень ЧР. ТТ в ухудшенном состоянии.
17	Уровень ЧР завышен, ОР высокий. Возможно, неправильный расчет ОР, т.к. группа ТОГ не исследовалась в работе, или наличие приработочного дефекта. ТТ в нормальном состоянии, эксплуатация при наличии СНК допустима.
18	Измерения ЧР не подтверждают расчет ОР и существующий метод отбраковки. ТТ в критическом состоянии.
20	Измерения ЧР не подтверждают расчет ОР и существующий метод отбраковки. Возможно, из-за наличия мощного источника помех (острый край шины и т.д.) вблизи или на самом ТТ. ТТ в нормальном состоянии.

- метод отбраковки по измерению кажущегося заряда частичных разрядов под рабочим напряжением в процессе эксплуатации.

В табл. 3 представлен сводный анализ диагностических заключений по ТТ с развивающимися дефектами, полученных тремя методами. Согласно полученным данным 4 трансформатора находятся в критическом состоянии, еще 4 ТТ находятся в плохом состоянии, один ТТ типа ТОГ-330 имеет высокий расчетный ОР и завышенный уровень ЧР. В данном случае вывод о необходимости отбраковки ТТ сделать нельзя, т.к. отсутствует необходимый опыт по данному типу ТТ. В тоже время для ТТ типа ТОГ характерно достаточно высокое количество приработочных дефектов. При наличии СНК допустимо продолжать эксплуатацию данного ТТ до появления признаков, подтверждающих развитие дефекта (изменение  $tg\delta_1$ , емкости, изменение плотности элегаза, рост уровня ЧР).

Таблица 3 – Сводные результаты диагностики ТТ в процессе эксплуатации

Метод	В критическом состоянии, шт	В плохом состоянии, шт	Ошибочно диагностировано критическое состояние, шт
Состояние ТТ	4	4	–
Существующий метод (по $tg\delta_1$ )	3	не предусмотрено	1
Предложенный (по ОР на основе показаний СНК)	4	4	0
Контроль характеристик ЧР	3	4	2

Предложенный в работе метод отбраковки ТТ по расчету прогнозируемого остаточного ресурса на основе показаний СНК является наиболее чувствительным к развивающимся дефектам в основной изоляции ТТ. Утвержденный действующими нормами метод не позволил отбраковать ТТ, находящийся в критическом состоянии, в одном случае. Диагностика по уровню кажущегося заряда частичных разрядов, полученных при измерении под рабочим напряжением в процессе эксплуатации, ложно не позволила отбраковать ТТ, находящийся в критическом состоянии, а также один ТТ ложно отнесен к плохому состоянию. Однако, направление контроля характеристик ЧР для целей диагностики развивающихся дефектов в основной изоляции ТТ достаточно перспективно и после соответствующей доработки методологической базы может использоваться как дополнительный диагностический критерий состояния ТТ. В ходе проведенных исследований были впервые установлены количественные критерии, характеризующие состояние ТТ 330 кВ по измерениям параметров ЧР в изоляции, при эксплуатационных измерениях под рабочим напряжением: неудовлетворительное состояние – уровень кажущегося разряда ЧР более 200 пКл, нормальное состояние – 100 пКл и ниже. Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что разброс значений расчетного ОР (по кумулятивной оценке диагностических критериев) от значений прогнозируемого ОР по единичным параметрам подтверждает необходимость использования кумулятивной модели, предложенной в работе [6].

Исследование влияния конструктивного исполнения ТТ на диагностические критерии и остаточный ресурс показали, что:

- среди маслонаполненных ТТ наименьшее характерное значение температурного коэффициента тангенса угла диэлектрических потерь ( $\alpha$ ) имеют герметичные ТТ типа ТФРМ-330. Это объясняется большей теплоемкостью ТТ типа ТФРМ, а также погрешностью допущения о равенстве температуры окружающей среды и изоляции ТТ (масса заполненного маслом ТФРМ-330 составляет 3070 кг, а ТТ типа ТФУМ-330 – 2050 кг). Поэтому наиболее характерное значение  $\alpha$  будет одинаковым для всех типов ТТ с БМКИ, так как этот показатель определяется не конструктивным исполнением, а физическими свойствами БМКИ и для бездефектной изоляции, согласно проведенным исследованиям, составляет около  $0,004 \cdot 10^{-2}$  ед/°С;

- уровень диэлектрических потерь колеблется в процессе эксплуатации в зависимости от внешних факторов, характеристик масла и др. Наименьшие значения этого параметра – у трансформаторов тока с U-образной первичной обмоткой, что является следствием меньшего количества масла в трансформаторах этого типа, так как масло может оказывать решающее воздействие на величину  $\text{tg} \delta_1$ .

Данные представленные на рис. 2 и 3 подтверждают, что ВБР и ОР связаны со сроком эксплуатации ТТ, однако разброс значений в группах достаточно велик, при этом, чем больше срок эксплуатации аппарата тем больше становится этот разброс. Прогноз остаточного ресурса для трансформаторов отработавших 10 лет и более, по методикам, предложенным исследователями, например, в [11, 12] может иметь ошибку до 15 лет и больше подходит для прогноза количества отказов в выборке, чем для пообъектного прогноза ОР, так как не учитывает состояние конкретного аппарата.

На рис. 4 представлено сравнение результатов прогноза остаточного ресурса ТТ по модели, учитывающей текущее состояние ТТ [6] (на основе кумулятивной оценки диагностических критериев), и по наиболее



Рис. 2. Распределение вероятностей безотказной работы ТТ

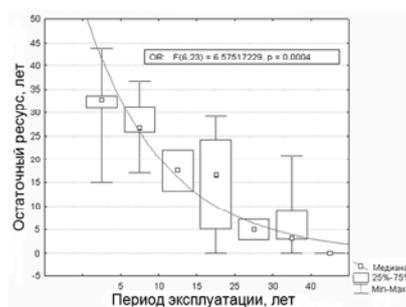


Рис. 3. Распределение прогнозируемого остаточного ресурса

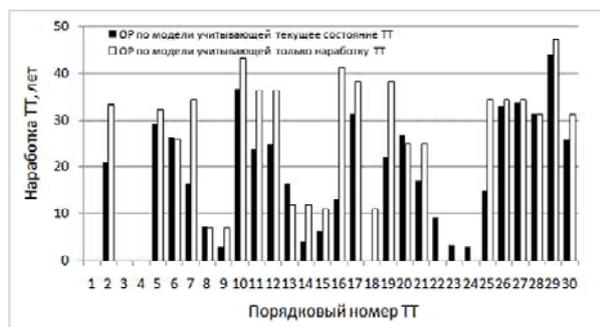


Рис. 4. Сравнение результатов прогнозирования ОР по модели, учитывающей текущее состояние ТТ, и по модели, учитывающей только наработку ТТ

лее распространенной модели [11, 12] (учитывающей только наработку ТТ). Сравнение показало, что модель, основанная на наработке аппарата, прогнозирует в ряде случаев заниженный остаточный ресурс. При использовании ее результатов выводить из эксплуатации необходимо большую часть стареющего оборудования, хотя оно находится в нормальном состоянии. Ухудшение технического состояния основной изоляции ТТ происходит непрерывно, как при работе в номинальных, так и в аварийных и недогруженных режимах. Разработанная модель [6] учитывает этот факт.

Расчет ОР в модели [6] базируется на предположении, что дальнейший износ ресурса будет происходить только из-за старения. После аварийного воздействия значения критериев изменяются, а значит, ресурс должен пересчитываться. Применение такой модели возможно только в составе СНК, когда прогноз будет корректироваться с учетом получаемых в непрерывном режиме данных о состоянии аппаратов.

Из представленных данных на рис. 5 и 6 видно, что существует прямая связь величин  $tg\delta_1$  и  $\Delta tg\delta_1$  с наработкой аппаратов, однако разброс значений в группах достаточно велик и не зависит от отработанного ресурса, что также подтверждает необходимость использования кумулятивной оценки, а не единичных диагностических критериев.

Исходя из граничных значений уровней кажущегося заряда ЧР в группах выборки по периоду эксплуатации (рис. 7), установленных в работе, можно сделать заключение о том, что недопустимые уровни ЧР воз-



Рис. 5. Распределение значений  $tg\delta_1$  в группах по периоду эксплуатации



Рис. 6. Распределение значений  $\Delta tg\delta_1$  в группах по периоду эксплуатации

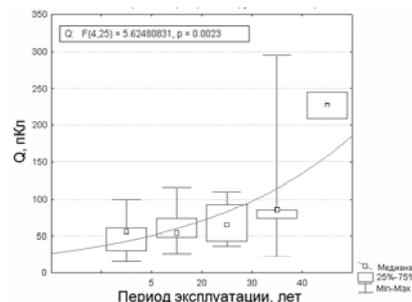


Рис. 7. Распределение уровней кажущегося заряда частичного разряда в группах выборки по периоду эксплуатации

никают в основной изоляции высоковольтных ТТ после 30 лет эксплуатации.

Так как кажущийся заряд ЧР характеризует степень развития местных дефектов в изоляции, можно говорить о том, что номинальный ресурс ТТ производства ОАО «ЗЭВА» реально выше указанного (25 лет) и составляет 30 лет.

### Выводы

1. По результатам работы системы непрерывного контроля на ПС «Днепр-Донбасс 330» было выявлено 4 трансформатора тока, находящихся в предаварийном состоянии, однако использование СНК позволило продолжить их эксплуатацию до выделения средств для их замены или до критического ухудшения их состояния.

2. Конструкция ТТ типа ТОГ наиболее новая и обладает повышенным количеством «приработочных» дефектов, однако элегазовое оборудование – наиболее перспективный класс аппаратов высокого напряжения, поэтому необходимо продолжать внедрение в эксплуатацию ТТ данного типа, но с системами автоматизированного непрерывного контроля для предупреждения аварийных режимов.

3. Предложенный в работе метод отбраковки ТТ по расчету прогнозируемого остаточного ресурса на основе показаний СНК является наиболее чувствительным к развивающимся дефектам в основной изоляции ТТ. Действующий подход к диагностике ТТ по отклонениям диагностических критериев от значений, указанных в нормах, не позволяет отбраковывать часть трансформаторов тока, находящихся в критическом состоянии.

4. Существующие модели прогноза показателей надежности высоковольтного маслонаполненного оборудования, использующие только данные о наработке трансформатора, имеют большие ошибки при определении остаточного ресурса по сравнению с предложенной моделью. Прогноз остаточного ресурса и оценку текущего состояния трансформаторов тока 330 кВ следует осуществлять по модели [6], учитывающей текущее состояние ТТ при помощи кумулятивной оценки диагностических критериев. Данная модель позволяет более достоверно прогнозировать остаточный ресурс трансформаторов тока при диагностике под рабочим напряжением в процессе эксплуатации.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Норми випробування електрообладнання : СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 – Офіц. вид., приказ Мінпаливенерго 2007-01-15 г. №13. – К. : ОЕП «ГРИФРЕ» : М-во палива та енергетики України, 2007. – 262 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
2. *Рассальский, А. Н.* Источники погрешности при контроле характеристик основной изоляции трансформаторов тока и вводов 330-750 кВ под рабочим напряжением [Электронный ресурс] / Рассальский А. Н., Сахно А. А. Конограй С. П., Спица А. Г., Гук А. А. // Доклады XII международной научно-технической конференции «Трансформаторостроение– 2009». – Энерго-инфо. – 2009. – Режим доступа к журналу: <http://www.energo-info.ru/content/view/12648/173/>
3. *Сахно, А. А.* Алгоритм измерения тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции трансформаторов тока и вводов 330–750 кВ при непрерывном контроле, под рабочим напряжением / А. А.Сахно // Електротехніка і електромеханіка. – 2010. – №2. – С. 54–56.
4. *Рассальский, А. Н.* Методика измерения и обработки сигнала тока комплексной проводимости основной изоляции высоковольтной аппаратуры при диагностике под рабочим напряжением. / А. Н. Рассальский, А. А. Сахно, С. П. Конограй, А. В. Козлов // Електротехніка та електроенергетика. – 2010. – №2. – С. 12–17.
5. *Рассальский, А. Н.* Анализ методов непрерывного контроля характеристик изоляции трансформаторов тока и вводов на подстанциях 330–750 кВ / Рассальский А. Н., Сахно А. А., Конограй С. П., Спица А. Г., Гук А. А. // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Кременчук. – 2009. – № 3 (56), часть 1. – С. 67–70.
6. *Сахно, А. А.* Математическая модель прогноза остаточного ресурса трансформаторов тока 330–750 кВ с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа / А. А. Сахно // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – 2010. – № 55. – С. 97–106.
7. *Сви, П. М.* Контроль изоляции оборудования высокого напряжения. – 2-е изд., перераб. и доп. / П. М. Сви. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 128 с.: ил.
8. *Вдовико, В. П.* Образование и развитие частичных разрядов в бумажно-масляной изоляции высоковольтного оборудования в условиях эксплуатации / Вдовико В. П. // Электро. – 2004. – № 1. – С. 36–40.
9. *Renforth, L.* On-Line PD Testing – Now A Field Reality [Электронный ресурс] / Lee Renforth, Malcolm Seltzer-Grant, Ross Mackinlay // Fifth AVO : New Zeland International Technical Conference, 6–10 Oct. 2006. – 8 с. – Режим доступа : [www.ipceng.com](http://www.ipceng.com).
10. *Конограй, С. П.* Методы непрерывного контроля и оценки состояния высоковольтного оборудования подстанций [Электронный ресурс] : Материалы VII Международной научно-технической конференции «Силовые трансформаторы и системы диагностики» / С. П. Конограй, А. Н.Рассальский, А. А.Сахно – 80 Min / 700 MB. – Москва : МА ТРАВЭК, – 2010. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; 12 см. – Систем. вимоги: Pentium ; 32 Mb RAM ; Windows 95, 98, 2000, XP ; Adobe Acrobat Reader 5.0. – ДЗ9. – Назва з контейнера.
11. *Hong, Y.* Prediction of remaining life of power transformers based on left truncated and right censored lifetime data / Y. Hong, W. Q. Meeker J. D. McCalley // Annals of Applied Statistics. – 2009, – Vol. 3, No. 2. – С. 857–879.
12. *Nordman, D.* Weibull Prediction Intervals for a Future Number of Failures. / Daniel J. Nordman and William Q. Meeker // Technometrics. – 2002. – Vol. 44, No. 1 – С. 15–23.

*Стаття надійшла до редакції 13.01.2011.  
Після доробки 11.03.2011.*

**Андрієнко П. Д., Сахно О. А.**

**Результати впровадження системи безперервного контролю характеристик основної ізоляції високовольтних трансформаторів струму на підстанції «Дніпро-Донбас 330»**

*У статті описано результати впровадження системи безперервного автоматизованого контролю основної ізоляції трансформаторів струму 330 кВ на основі розроблених алгоритмів вимірювання і моделі прогнозу залишкового ресурсу. Проведено аналіз отриманих результатів, зроблено висновки за результатами діагностики та ефективності існуючих методів і моделей і методів, реалізованих у системі.*

**Ключові слова:** результати впровадження, система безперервного контролю, трансформатор струму.

**Andrienko P. D., Sakhno A. A**

**Results of installation of 330 kV current transformers main insulation on-line monitoring system at «Dnepr-Donbass 330» substation**

*The article describes the results of implementing the current transformers (CT) main insulation on-line monitoring system, based on the developed measurement algorithms and the model of residual life prediction. The obtained results have been analyzed; conclusions have been drawn by the results of diagnostics and effectiveness of the existing methods and models implemented in the system.*

**Key words:** results of installation, on-line monitoring, current transformer.