

II. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.316

А. А. Гилёв, канд. техн. наук, В. С. Миронов

Севастопольский национальный технический университет

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО КОНТАКТА НА ДУГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕЖКОНТАКТНОМ ПРОМЕЖУТКЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Рассматривается влияние скорости перемещения подвижной части электрических аппаратов, включая подвижный контакт, на процессы дугогашения в межконтактном промежутке при коммутации электрических цепей среднего напряжения.

Ключевые слова: электрический аппарат, вакуумный выключатель, межконтактный промежуток, скорость перемещения.

В настоящее время в выключателях среднего напряжения скорость перемещения подвижной части аппарата вместе с контактом лежит в пределах 0,8...1 м/с, что обусловлено низким быстродействием штатно выпускаемых приводов.

В вакуумных выключателях скорость разведения контактов ограничена паспортными данными вакуумных дугогасительных камер, то есть скорость не должна превышать 1,8...2 м/с (см. табл. 1).

Это ограничение обусловлено конструкцией сильфона, отделяющего внутреннюю вакуумную часть камеры от атмосферы. При эксплуатации фидерных выключателей на железных дорогах с номиналами 27 кВ и 1600 А такое быстродействие не удовлетворяет требованиям отключения подвижного состава по фактору времени, поскольку при разведении контактов дуга,

возникающая при между ними, нередко загорается вторично, что приводит к повышенному износу контактов камеры и серьезным повреждениям отключаемой нагрузки. Исследования, проведенные рядом авторов [1], [2] показывают, что повышение быстродействия выключателей приводит к улучшению условий коммутации, а также к более благоприятному режиму отключения нагрузки. В связи с этим нами предложено использовать сильфон с повышенной допустимой скоростью его перемещения.

В качестве примера в табл. 2 приведены данные по некоторым типам сильфонов для различных ВДК.

Здесь D – внешний диаметр сильфона; S – толщина стенки; t – шаг гофрировки;

Превышение допустимых скоростей приводит к деформации первых и последних гофров сильфона и снижению его срока службы. На рис. 1 представлены две типовые конструкции сильфонов: a – катаная, b – сварная. Для очень высоких скоростей перемещения подвижных частей ВДК необходимо использовать сварную

конструкцию сильфонов, для которых $\frac{\Delta l}{l} \approx 1$ и допус-

Таблица 1 – Параметры вакуумных камер

Страна	Фирма	Тип камеры	U_n , кВ	I_n , А	Макс. допуст. скорость v_{max} , м/с	Мин. время срабат. t_{min} , мс
Украина	ПО «Полярон»	КДВ-21	15	300	1...1,6	2,1
	ПО «Октава»	КДВ-10-20/1600	10	1600	1,5...1,9	4,2
Россия	ВЭИ	КДВ-35	35	1600	1,1...1,5	10
	НПП «Контакт»	КДВХ-40-1600	12	1600	1,6...1,9	5,2
Германия	ABB	VG 6	36	2000	1,2...1,5	10
Великобритания	Vacuum Interrupters Limited	V-204	10	800	0,8...1	6
США	Вестингаус	WZ23328	38	1200	1,8	9
Япония	«Мейденс»	SS-3020-835	36	1250	1,5...1,8	10

Таблица 2 – Технические характеристики сильфонов, выпускаемых в России

D , мм	S , мм	t , мм	N , н	a , м/с ²	v_{max} , м/с
16	0,12	1,5	2,4	33,5	4,5
20	0,12	1,7	1,6	22,5	4,0
28	0,16	2,6	3,9	22,3	3,6

тимая скорость может быть повышена до 25–30 м/с. Из выражения для σ

$$\sigma = \sigma_0 \pm K \frac{dU}{dx},$$

где $K = \text{const}$, σ_0 – начальные механические напряжения, следует, что создавая в сильфоне предварительное напряжение, обратное рабочему (например, растягивая сильфон, работающий на сжатие) можно повысить

допустимые относительные перемещения $\frac{dU}{dx}$ и вместе с этим увеличить предельную рабочую скорость.

Предприятие-разработчик сильфонов для вакуумных камер КДВ-35 (ОАО «Пирамида», г. Смоленск, Россия) по нашей просьбе спроектировало и изготовило новую модель сильфона 60*22*0,16 с рабочим ходом 14 мм, который рассчитан на давление 10^{-12} мм рт. ст., с допустимым временем срабатывания 2,3 мс. То есть, он обеспечивает среднюю скорость перемещения подвижных частей, равную 6 м/с (рис. 1, б). Такая скорость позволит с высоким качеством осуществить синхронное отключение силовой цепи с номинальным напряжением 35 кВ. Теоретическое число циклов механического ресурса камеры составляет 25000.

Это решение связано с серьезными конструктивными разработками и материальными затратами и может рассматриваться в качестве перспективного.

При увеличении скорости расхождения контактов величина d за одно и то же время растет, что приводит к увеличению пробивного напряжения при прочих равных условиях. Это предотвращает вторичное возникновение дуги в межконтактном промежутке.

Как показано в работе [3], зависимость восстанавливающегося напряжения в межконтактном промежутке в функции от скорости имеет зависимость, приведенную в табл. 3.

По данным табл. 3 построен график зависимости $U_{пр} = f(v)$, представленный на рис. 2.

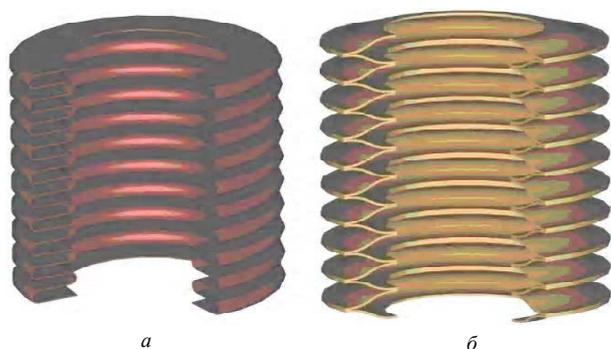


Рис. 1. Конструкции сильфонов вакуумных камер: а) катаного типа; б) сварного типа

Таблица 3 – Зависимость $U_{пр} = f(v)$

$U_{пр}, \text{кВ}$	40,14	56,83	69,49	80,21	113,7	127,17	139,41	60,63
$v, \text{м/с}$	0,5	1	1,5	2	4	5	6	8

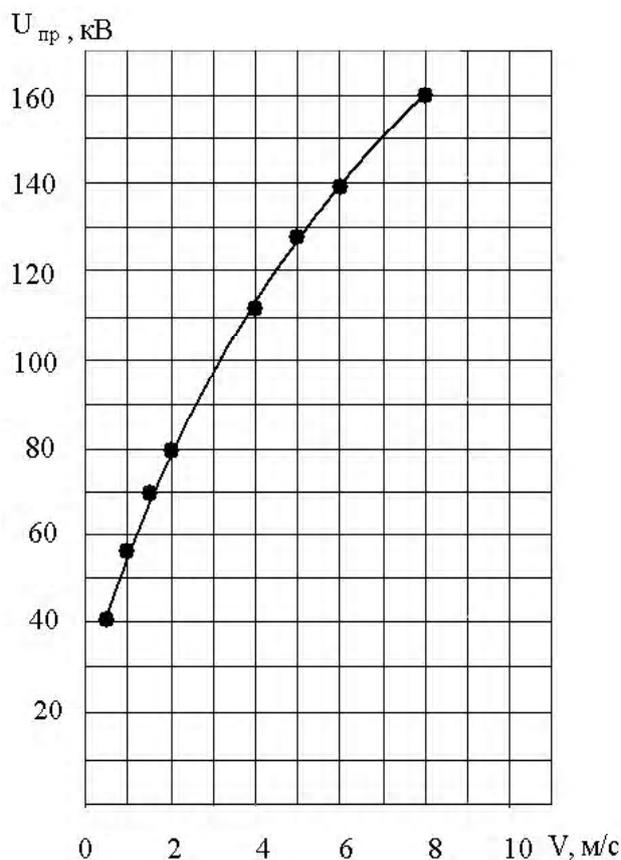


Рис. 2. Зависимость $U_{пр} = f(v)$

Аналитически данная кривая описывается формулой, где численное значение b для $\tau = 2$ мс равно $56,8 \text{ кВ} \cdot (\text{сек/м})^{1/2}$.

Данное выражение позволяет оценить коммутационные свойства аппарата при синхронном отключении с временем опережения 2 мс при данной скорости перемещения его подвижных частей.

В лаборатории электрических аппаратов Севастопольского национального технического университета в течение значительного периода времени проводятся работы по исследованию и созданию быстродействующих приводов электроаппаратов, в которых скорость перемещения подвижных частей достигает 10 м/с и более. Применение таких приводов в совокупности с вакуумной дугогасительной камерой позволяет создавать не только быстродействующие выключатели, но и в совокупности с системой управления, синхронные вакуумные выключатели.

Отрицательным фактором повышения быстродействия является появление среза тока между контактами, что приводит к перенапряжениям в отключаемой

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»