

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ИЗНОСА КОНТАКТОВ СИНХРОННОГО ВАКУУМНОГО КОНТАКТОРА

Верхола А.В.

Донбасский горно-металлургический институт

Украина, 94204, г. Алчевск, просп. Ленина, 16, ДГМИ, кафедра "Электрические машины и аппараты"

Тел. (06442) 53746, факс (06442) 26887, E-mail: vav@usr.lg.ua, verkhola@mail.ru

Рассмотрен механизм изменения времени упреждения синхронного вакуумного контактора, обусловленный линейным износом контактов вакуумных дугогасительных камер. Приведены зависимости линейного износа контактов от количества коммутационных циклов, показывающие целесообразность принятия мер по стабилизации времени упреждения. Для компенсации изменения времени упреждения предложено использовать свойства специального трансформатора тока.

Розглянуто механізм зміни часу попередження синхронного вакуумного контактора, обумовлений лінійним зносом контактів вакуумних дугогасних камер. Приведено залежності лінійного зносу контактів від кількості комутаційних циклів, що показують доцільність уживання заходів по стабілізації часу попередження. Для компенсації зміни часу попередження запропоновано використовувати властивості спеціального трансформатора струму.

Разработка и производство новых типов вакуумных коммутационных аппаратов в Украине являются важными научным и практическим направлением, призванными обеспечить превращение страны в мощного производителя вакуумной коммутационной техники не только для обеспечения собственных нужд, но и для экспорта [1]. Синхронный вакуумный контактор (СВК) [2] представляет собой новый тип вакуумного коммутационного аппарата, в котором за счёт реализации принципа синхронного отключения уменьшен износ контактов и снижен уровень генерируемых коммутационных перенапряжений. Как показал проведенный анализ [3], более существенному повышению коммутационной износостойкости СВК препятствует происходящее в процессе эксплуатации увеличение времени упреждения размыкания контактов вакуумной дугогасительной камеры (ВДК). Увеличение времени упреждения обусловлено износом контактных поверхностей ВДК и изменением вследствие этого провала, который в рассматриваемой конструкции равен воздушному зазору S между хвостовиком подвижного контакта и штоком якоря электромагнита (рис.1).

Для компенсации износа контактов ВДК необходимо проводить периодическую регулировку подвижной системы, восстанавливая первоначальную величину указанного воздушного зазора. Эффективность этой операции иллюстрирует рис.2. Кривая 1 соответствует износу контактов при отсутствии периодического регулирования воздушного зазора. Кривая 2 показывает идеальный вариант, который можно было бы реализовать, если бы первоначальная величина воздушного зазора восстанавливалась после каждого цикла включения-отключения. Хорошо видно, что до достижения количества циклов включения-отключения $N = 200000$ кривые 1 и 2 практически совпадают. Это объясняется малым износом контактов и соответственно малым отклонением времени упреждения от первоначально установленного значения. На отрезке от $N = 10^5$ циклов ВО до $N=10^6$ цик-

лов ВО происходит значительный рост зависимости 1. Это можно объяснить следующим. Износ контактов ВДК приводит к уменьшению воздушного зазора (провала) между хвостовиком подвижного контакта и штоком якоря электромагнита. Уменьшение провала служит причиной смещения времени упреждения в область больших значений, соответствующих большим значениям отключаемого тока.

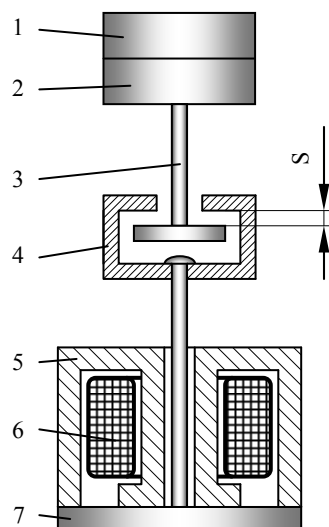


Рис. 1 Схема расположения контактов ВДК и электромагнитного привода одного полюса синхронного вакуумного контактора:

- 1 - неподвижный контакт;
- 2 - подвижный контакт;
- 3 - хвостовик;
- 4 - шток;
- 5 - магнитопровод;
- 6 - обмотка; 7 - якорь

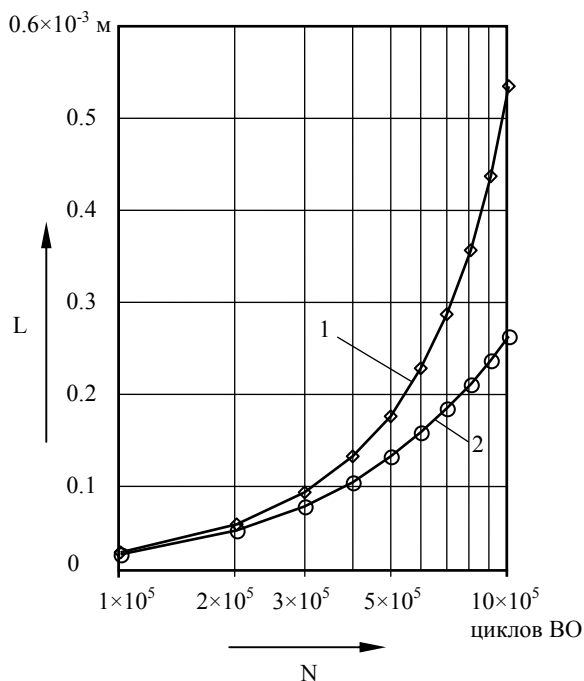


Рис. 2. Зависимости линейного износа L контактов ВДК синхронного вакуумного контактора от количества N циклов включения-отключения при времени упреждения 1 мс

Отключение контактами ВДК тока большей величины приводит к ускорению их износа, что ещё больше уменьшает зазор между хвостовиком подвижного контакта и штоком якоря электромагнита и ещё больше смещает время упреждения, вызывая лавинообразное увеличение износа контактов.

В существующей конструкции СВК для компенсации износа контактов ВДК выполняется регулировка провала подвижного контакта. Из-за малой величины провала эта процедура достаточно трудоёмка и требует большой аккуратности. Поэтому, актуальной представляется задача повышения ресурса ВДК путём осуществления автоматического регулирования величины провала подвижного контакта. или принятия мер, компенсирующих его увеличение в процессе эксплуатации.

Провал в рассматриваемой конструкции - это то расстояние, которое при синхронном отключении штока должен пройти от начала отпадания якоря до начала движения подвижного контакта. Время начала движения штока (начала отпадания якоря) задаётся с помощью специального трансформатора тока и не зависит от величины S . На рис. 3 показана взаимосвязь времени упреждения отпадания якоря контактора $t_{\text{яя}}$, времени движения штока контактора $t_{\text{шш}}$, и времени упреждения размыкания контактов ВДК $t_{\text{ук}}$. В момент времени, обозначенный точкой 1, поступает команда от специального трансформатора тока (СТТ) и начинается отпадание якоря. Жёстко связанный с якорем шток движется в течение времени $t_{\text{шш}}$ и в момент времени, обозначенный точкой 2, происходит его соприкосновение с хвостовиком подвижного контакта ВДК. С этого момента времени начинается движение подвижного контакта и загорается дуга. Момент, обозначенный точкой 3, соответствует пересечению

синусоиды отключаемого тока с осью времени и, соответственно, окончанию горения дуги.

Пользуясь рис. 3, можно записать соотношение для времени упреждения контактов:

$$t_{\text{ук}} = t_{\text{яя}} - t_{\text{шш}} \quad (1)$$

При размыкании новых контактов на преодоление расстояния S шток затрачивает время $t_{\text{шш}}$ и размыкание контактов происходит в заданный момент времени 2 (рис 3, а). Если произошёл износ контактов, то расстояние S уменьшилось и, соответственно, время движения штока уменьшилось до величины $t_{\text{шш}}$ (рис. 3, б). Из соотношения (1) и рис 3, б следует, что в этом случае произойдёт увеличение времени упреждения размыкания контактов ВДК $t_{\text{ук}}$. Для восстановления первоначальной величины времени $t_{\text{ук}}$ при неизменном времени упреждения отпадания якоря $t_{\text{яя}}$ необходимо восстановить первоначальную величину $t_{\text{шш}}$. Сделать это можно, например, восстановив первоначальную величину S путём изменения зазора между хвостовиком контакта и штоком якоря с помощью специальных регулировочных гаек. Из соотношения (1) также следует, что если не восстанавливать первоначальную величину $t_{\text{шш}}$, то можно вернуть значение $t_{\text{ук}}$ к исходному путём уменьшения $t_{\text{яя}}$. Этот вариант поясняется рисунком 3, в.

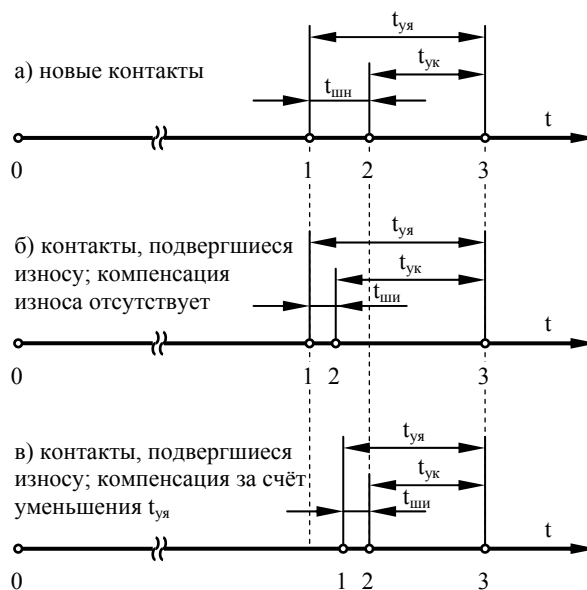


Рис.3 Взаимосвязь временных параметров синхронного вакуумного контактора при отключении

Для реализации последнего способа необходимо иметь возможность изменять величину времени упреждения отпадания якоря, которое формируется специальным трансформатором тока как его угловая погрешность. Представляется целесообразным определить необходимый для полноценной компенсации износа контактов диапазон изменения времени $t_{\text{яя}}$ и оценить возможность использования для этой цели свойств СТТ.

Согласно [4] оптимальная величина времени упреждения для различных конструкций и режимов работы СВК находится в пределах 0.5×10^{-3} с... 2×10^{-3} с, а в соответствии с [3] $t_{\text{шш}}$ изменяется в пределах от 0 до

1×10^{-3} с. Тогда, учитывая (1) можно определить максимальное значение времени $t_{уя}$:

$$\begin{aligned} t_{уя\max} &= t_{ук\max} + t_{ш\max} = \\ &= 2 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ с} \end{aligned} \quad (2)$$

и минимальное значение времени $t_{уя}$:

$$\begin{aligned} t_{уя\min} &= t_{ук\min} + t_{ш\min} = \\ &= 0.5 \times 10^{-3} + 0 = 0.5 \times 10^{-3} \text{ с} \end{aligned} \quad (3)$$

Для того, чтобы в указанных условиях реализовать компенсацию влияния износа контактов ВДК на время упреждения размыкания контактов, необходимо, чтобы имелась возможность изменять время упреждения отпадания якоря и, соответственно, угловую погрешность СТТ на величину:

$$\begin{aligned} \Delta t_{уя} &= t_{уя\max} - t_{уя\min} = \\ &= 3 \times 10^{-3} - 0.5 \times 10^{-3} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ с} \end{aligned} \quad (4)$$

Результаты исследования зависимости угловой погрешности СТТ от различных факторов приведены в [5] и [6]. В соответствии с этими исследованиями зависимость угловой погрешности от активного сопротивления вторичной цепи для одного из образцов СТТ представляется кривой, изображённой на рис. 4.

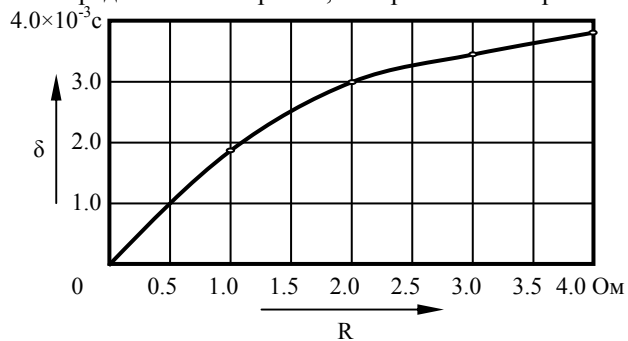


Рис. 4 Зависимость угловой погрешности δ СТТ от активного сопротивления R вторичной цепи

Зависимость угловой погрешности от дифференциальной индуктивности ветви намагничивания для того же образца представлена на рис. 5.

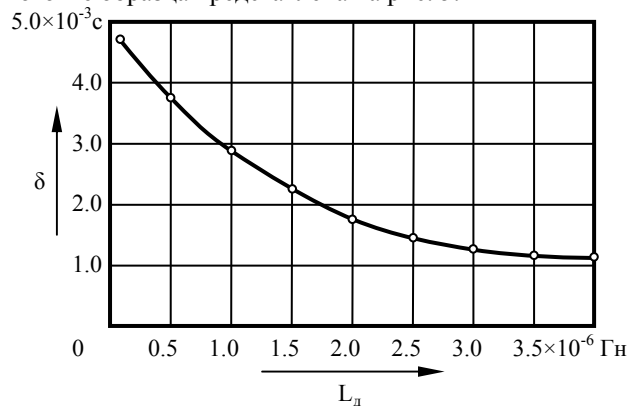


Рис. 5 Зависимость угловой погрешности δ СТТ от дифференциальной индуктивности L_d ветви намагничивания

На рис. 6 представлена зависимость угловой погрешности СТТ от количества витков вторичной обмотки при неизменном активном сопротивлении вторичной цепи.

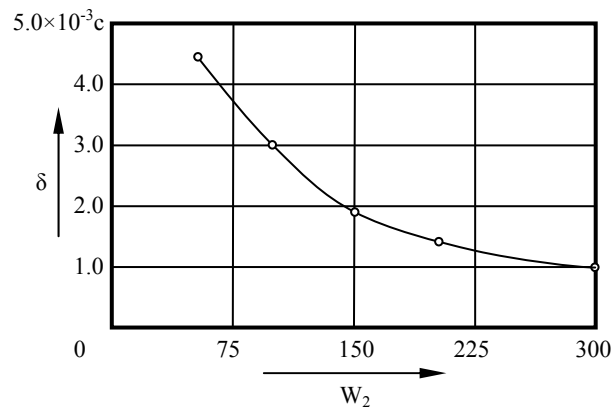


Рис. 6 Зависимость угловой погрешности δ СТТ тока от количества витков вторичной обмотки W_2

Анализируя зависимости, представленные на рис. 4 - 6, можно сделать вывод о том, что диапазон изменения угловой погрешности во всех рассмотренных случаях достаточный для того, чтобы осуществить компенсацию износа контактов ВДК путём изменения соответствующего параметра. Для реализации предложенного способа компенсации износа необходимо разработать устройства, способные автоматически отслеживать изменения провала контактов ВДК и соответственно изменять в необходимую сторону выбранный параметр специального трансформатора тока: активное сопротивление вторичной цепи, дифференциальную индуктивность ветви намагничивания (толщину немагнитного зазора), количество витков вторичной обмотки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Плащенко Н.Н. Перспективы и проблемы развития вакуумной коммутационной техники Украины // Электрические контакты и электроды. - Киев: Институт проблем материаловедения НАН Украины. - 1998. - С. 19 - 23.
- [2] Сильноточное синхронное контактное коммутирующее устройство: А.с. 1458901 СССР, МКИ Н 01 Н 33/44. / И.С. Таев, Е.Г. Акимов, А.В. Верхола (СССР). - № 4288902/24-07; Заявлено 22.07.87; Опубл. 15.02.89, Бюл. №6. - 4 с.
- [3] Гилёв А.А., Верхола А.В. Влияние линейного износа контактов вакуумных дугогасительных камер на стабильность времени упреждения синхронного вакуумного контактора // Вестник НТУ "ХПИ". - Харьков.-2002. - № 14. - С. 17 - 21.
- [4] Верхола А.В. Решение задачи оптимизации процесса отключения цепи синхронным вакуумным контактором // Вестник ХГПУ. - Харьков: ХГПУ. - 2000. - Вып. 84. - С. 37 - 40.
- [5] Акимов Е.Г. Трансформаторы тока для электромагнитных синхронных контакторов // Изв. вузов. Сер. Электромеханика - 1979. - №9. - С. 782 - 786.
- [6] Акимов Е.Г. Исследование и разработка электромагнитных синхронных аппаратов низкого напряжения: Дис... канд. техн. наук: 05.09.06. - М., 1977. - 273 с.

Поступила 24.09.2003