

**РЕЗУЛЬТАТЫ УТОЧНЕННОГО РАСЧЕТА КОММУТАЦИИ  
И КОММУТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МПТ  
НА ОСНОВЕ УЧЕТА СЕМЕЙСТВА  
ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СКОЛЬЗЯЩЕГО КОНТАКТА**

Ю. П. ГАЛИШНИКОВ, А. И. СКОРОСПЕШКИН

(Рекомендована семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

Как справедливо указано в [1], при расчетах коммутации МПТ «алгоритм расчета должен вытекать из определенной научной концепции, и достоверность его результатов определяется степенью соответствия этой концепции действительности».

Излагаемые ниже некоторые данные являются результатом уточненного расчета МПТ малой мощности с использованием частных естественных вольт-амперных характеристик электрощеточного контакта, полученных экспериментально при широком диапазоне изменения условий коммутации и представленных в виде аналитических выражений, которые описывают семейства частных кривых для анодно- и катодно-поляризованной щеток марки ЭГ-4Э.

Исходные предпосылки, а также способ записи дифференциальных уравнений коммутируемых секций рассмотрены в предыдущей статье по данному вопросу, публикуемой в настоящем сборнике.

Расчет производился методом итераций (расчетный шаг 1/100) для 4 расчетных интервалов, длительность каждого из которых пропорциональна коллекторному периоду с использованием ЭЦВМ — М-20.

В соответствии с тем, что при расчете использованы действительные характеристики щеточного контакта, анализ расчетных данных показывает их вполне удовлетворительную сходимость с результатами опытов.

Так, на рис. 1, а приведены кривые тока 3-й и 4-й секций паза при коммутировании их щеткой положительной полярности. Как расчетные (сплошные линии), так и спытные кривые примерно соответствуют середине зоны безыскровой работы МПТ. Как видим, кривые в достаточной степени сходны, особенно на первой трети периода коммутации. Некоторые различия в завершающей фазе коммутации обусловлены, по-видимому, несколько большими значениями коэффициентов взаимной индукции между секциями паза, принятыми в расчете, в сравнении с их действительными величинами. Кроме того, определенную погрешность вносит принятое нами допущение о постоянстве э. д. с., наводимых в контуре секции от внешних магнитных полей в течение всего периода коммутации. В действительности же, как показывают наши исследования, имеет место влияние магнитного поля главных полюсов, которое, действуя встречно с полем дополнительного полюса, ведет к некоторому замедлению коммутации при ее завершении, что и обнаруживается достаточно отчетливо на опытной кривой коммутации 4-й секции паза.

Далее на рис. 1, б представлены кривые падения напряжения между щеткой и коллекторной пластиной, общей для 3-й и 4-й секций

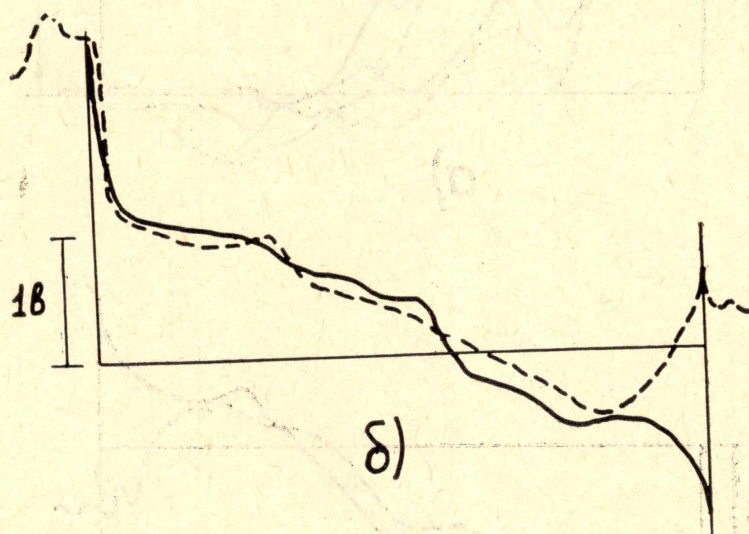
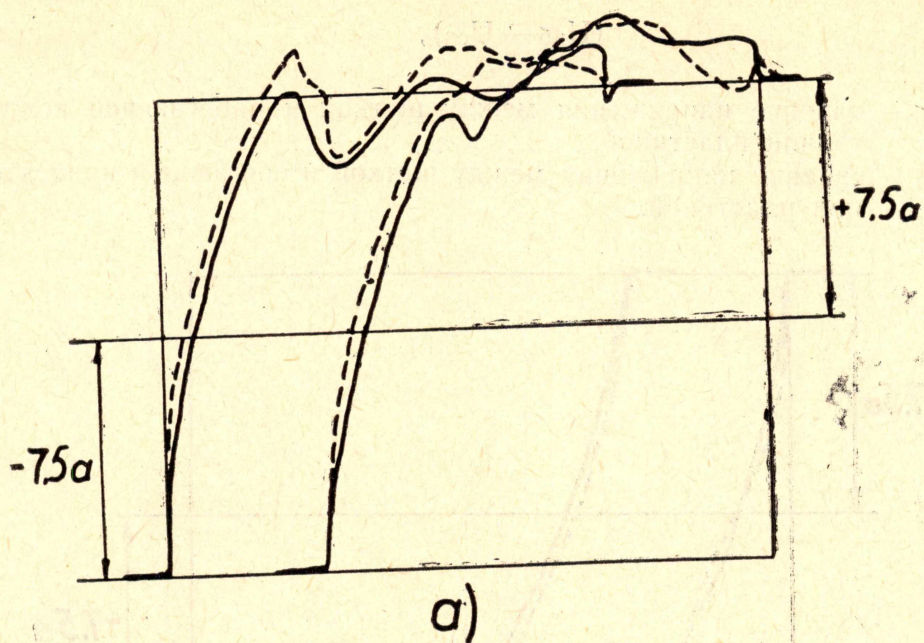


Рис. 1. Анодно-поляризованная щетка:  
 а) кривые тока коммутации,  
 б) кривые контактного падения напряжения.

паза. Сплошной линией здесь показана расчетная кривая, а штриховой — опытная. Расхождения между этими кривыми на большей их части весьма незначительны, причем опытная кривая имеет большую нерегулярность, чем расчетная, что связано, вероятно, с механическими условиями работы скользящего контакта, а также с некоторыми его физическими особенностями, которые трудно учесть при выбранном способе аппроксимации вольт-амперных характеристик.

Несколько большие расхождения обнаруживаются при завершении коммутации. Это вызвано, как мы говорили в отношении кривых тока влиянием магнитного поля главных полюсов.

Аналогично рассмотренному обстоит дело и при коммутации секций под катодно-поляризованной щеткой. Соответствующие кривые приведены на рис. 2, а, б.

Представляет интерес анализ влияния электрощеточного контакта на коммутацию. Мгновенные значения этого влияния определяются, как известно, выражением

$$(U_{нб} - U_{сб}), \quad (1)$$

где

$U_{нб}$  — падение напряжения между щеткой и набегающей коллекторной пластиной,

$U_{сб}$  — падение напряжения между щеткой и сбегающей коллекторной пластиной.

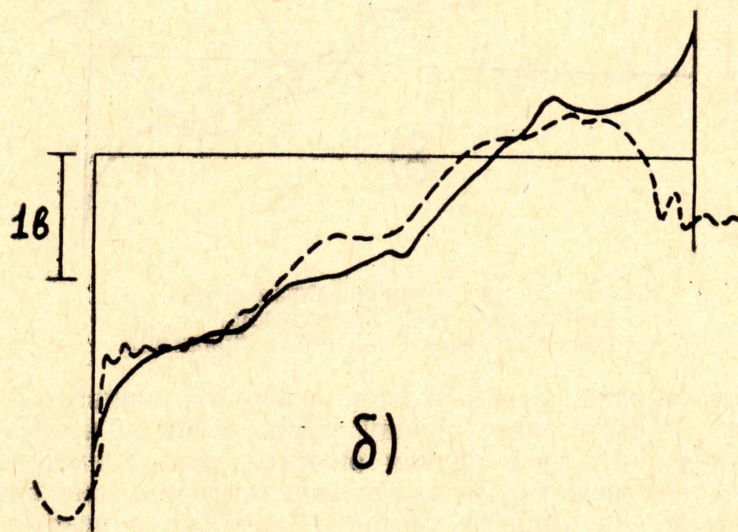
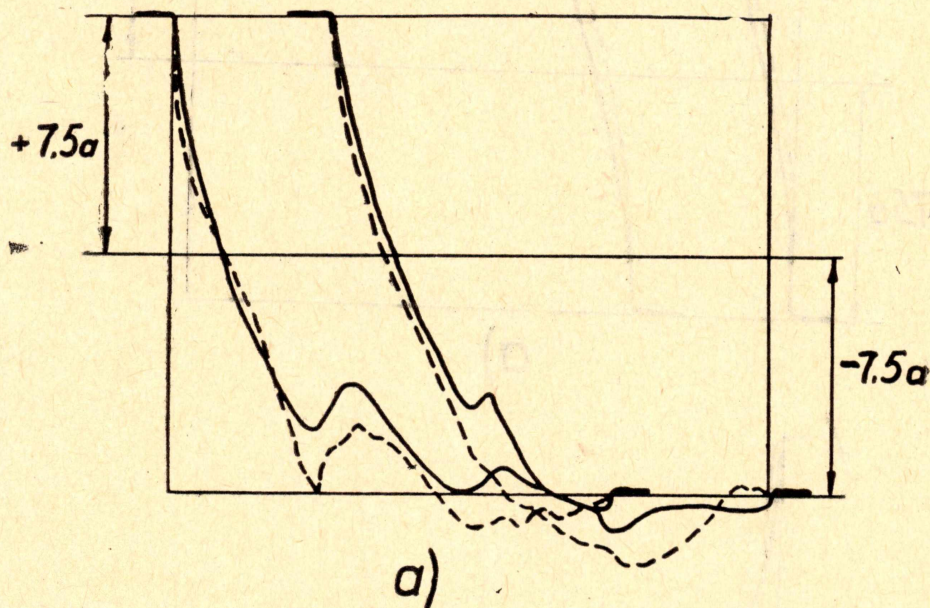
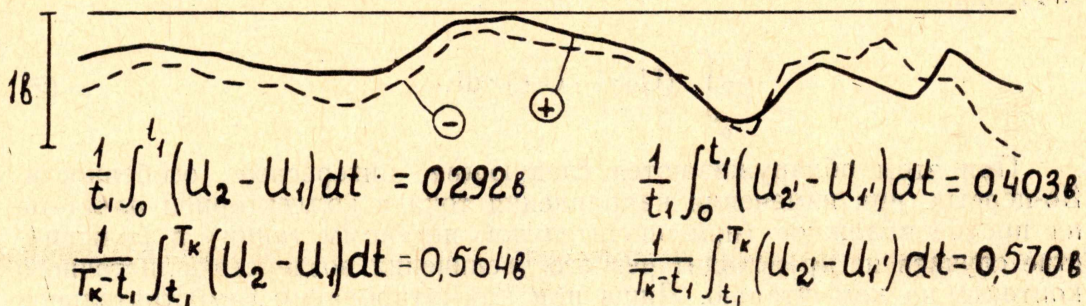


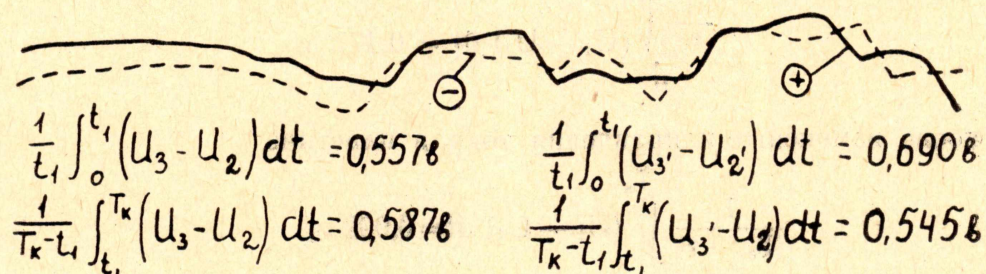
Рис. 2. Катодно-поляризованная щетка:  
а) кривые тока коммутации,  
б) кривые тонктактного падения напряжения.

На рис. 3 приведены кривые, показывающие изменение мгновенных значений  $(U_{нб} - U_{сб})$  для каждой из 4 секций одного паза. Представленные кривые соответствуют кривым тока рис. 1 и 2. Поскольку, как видим, в данном случае имеет место заметная перекоммутация, разность падения напряжения  $(U_{нб} - U_{сб})$  направлена встречно по отношению к коммутирующей э. д. с. и действует на коммутацию замедляющим образом.

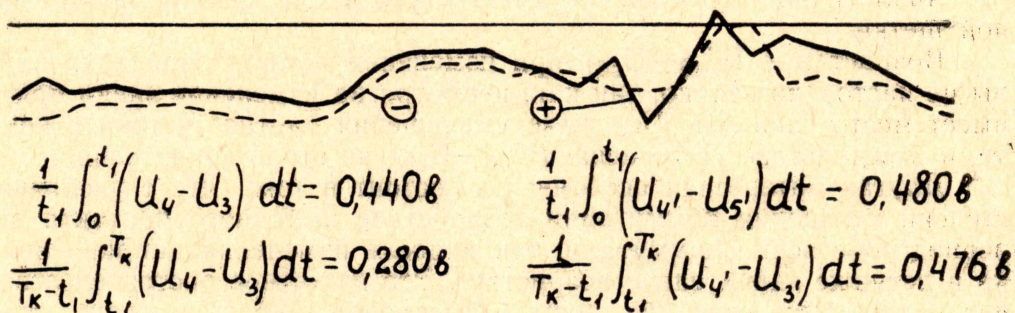
### Секция 1



### Секция 2



### Секция 3



### Секция 4

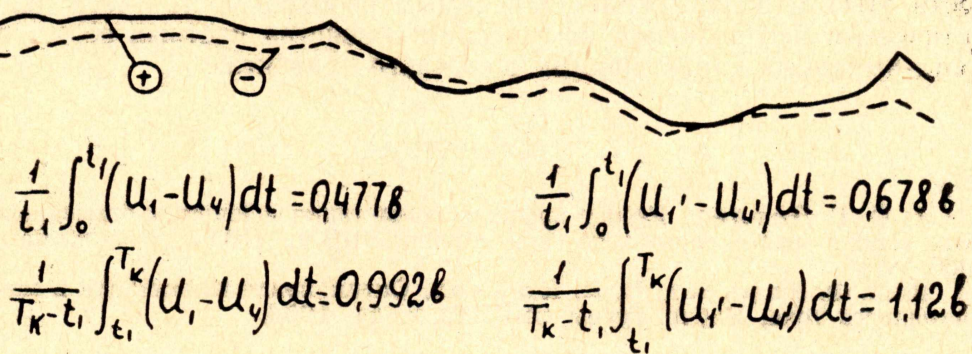


Рис. 3. Воздействие щеточного контакта на коммутацию

При рассмотрении кривых рис. 3 представляется целесообразным выразить воздействие щеточного контакта в виде его действующего значения

$$\frac{1}{t} \int_0^t (U_{нб} - U_{сб}) \cdot dt. \quad (2)$$

При этом обнаруживаются следующие интересные особенности. Во-первых, при изменении направления тока в коллекторной пластине на противоположное (при значительной перекоммутации) в большинстве случаев не происходит резкого увеличения воздействия щеточного контакта на коммутацию. Лишь при коммутировании самостоятельной секции имеется возрастание этого воздействия не более чем в 2 раза. Так, например, для 4-й секции (рис. 3) в период собственно коммутации (анодная щетка)

$$\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} (U_1 - U_4) dt = 0,477 \text{ в}, \quad (3)$$

а после изменения направления тока в пластине

$$\frac{1}{T_k - t_1} \int_{t_1}^{T_k} (U_1 - U_4) dt = 0,992 \text{ в}, \quad (4)$$

где  $t_1$  — момент изменения направления тока коллекторной пластины. Аналогичное соотношение имеет место и для катодно-поляризованной щетки.

Возрастание  $(U_{нб} - U_{сб})$  при изменении направления тока пластины не настолько велико, так как, несмотря на изменение знака при  $U_{сб}$ , имеет место снижение  $U_{нб}$  из-за уменьшения плотности тока в контакте, и в результате увеличение  $(U_{нб} + U_{сб})$  не столь значительно.

Другая интересная особенность состоит в том, что с увеличением степени ускорения коммутации воздействие щеточного контакта как в период собственно коммутации, так и после изменения направления тока в петушке значительно возрастает. Это известное обстоятельство ведет к тому, что середине зоны безыскровой работы, строго говоря, соответствует не оптимальная коммутация в определении [2], а более ускоренная коммутация в сравнении с ней.

В целом предложенная методика обеспечивает вполне удовлетворительную точность расчета коммутации и коммутационной устойчивости МПТ и подтверждает тем самым необходимость учета при аналитическом исследовании коммутации семейства частных естественных вольт-амперных характеристик щеточного контакта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О. Г. Вегнер. Расчет процесса коммутации и ширины безыскровой работы машин постоянного тока при помощи ЭЦВМ, ИВУЗ, Электромеханика, 1966, № 4.
2. М. Ф. Карасев, В. Н. Козлов. Оптимальная коммутация в машинах постоянного тока, Научн. труды ОмИИТа, т. 44, 1964.