

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗЫСКРОВОЙ КОММУТАЦИИ БОЛЬШИХ ТОКОВ

В. В. ИВАШИН, А. И. БЛУДОВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

При исследованиях и испытаниях электротехнической аппаратуры в лабораториях большой мощности для синхронизированного включения ударного генератора необходимы включающие аппараты, способные коммутировать токи в десятки и даже сотни килоампер [1, 2]. Аналогичные задачи стоят перед коммутирующим устройством, включающим ударный генератор на индуктивную нагрузку, например, электромагнит ускорителя элементарных частиц или какой-либо другой объект.

Ранее для коммутации больших токов были предложены бездуговые ионно-механические коммутирующие устройства [3]. Эти устройства позволяют также решать и более трудную задачу — включать без возникновения дуги на контактах мощные колебательные цепи LC при напряжении на батареи конденсаторов (10—15) кв. Такие задачи стоят при разработке схем питания различных устройств в ускорительной технике и термоядерных исследованиях.

Разработанное нами коммутирующее устройство представляет собой быстродействующий контактный аппарат с масляным демпфером, предупреждающим вибрации подвижных частей и отскоки ламелей контактов розеточного типа. Электродинамический привод позволяет обеспечивать быстродействие не более (3÷4) 10^{-3} сек. Вес аппарата — 100 кг. Бездуговая система включения, состоящая из дросселя и вспомогательного вентиля (или группы вентиля), работающих параллельно, позволяет обеспечивать точность включения цепи не хуже (10÷15) 10^{-6} сек.

На рис. (1, 2) показана схема коммутирующего устройства, включающегося в разрыв коммутируемой цепи точками А и Б.

Работает схема следующим образом. На вентили V_1 и V_2 от электронной системы подается управляющий импульс. Ток нагрузки протекает при этом от А к Б через вентиль V_1 . Через вентиль V_2 накопительная емкость C_1 привода контактов разряжается на обмотку привода Π_1 , обеспечивая время замыкания контактов К (3÷4) 10^{-3} сек. Дроссель насыщения Др. после замыкания контактов перемagnичивается примерно $1 \cdot 10^{-3}$ сек., что обеспечивает отсутствие тока в цепи с контактами до их хорошего контактирования. После замыкания контактов К система блок контактов $БК_1$ переключается, присоединяя к вентилю V_2 катушку Π_2 электродинамического привода выключения контактов, обмотку О. Р. размагничивания дросселя насыщения и емкость C_2 , при разряде которой и обеспечивается выключение контактов. Необходи-

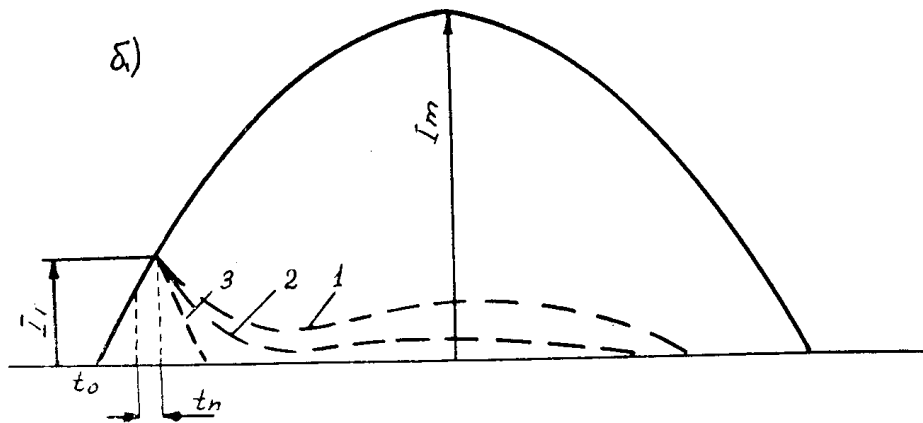
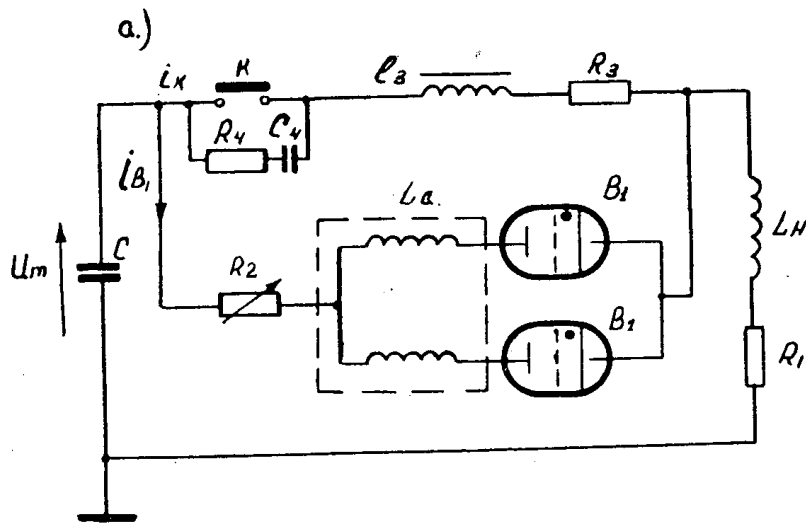


Рис. 1.

мая электрическая прочность катушек Π_1 и Π_2 приводов (5 кв) была обеспечена применением стеклянной изоляции и ее пропиткой эпоксидными компаундами, что одновременно обеспечило и их высокую механическую прочность. Взвод контактов можно осуществить в любой момент времени. В случае если необходимо синхронизированное отключение цепи при проходе тока через нуль, в устройство параллельно точкам А и Б подключается цепь емкостной искусственной коммутации [3].

Особое внимание необходимо уделять при проектировании и эксплуатации устройства на время перемагничивания дросселя D_p и перехват тока из вспомогательного вентиля B_1 в контакты К.

На рис. (1, а) показано включение устройства в мощный колебательный контур $L_H C$. Включение двух вентилях B_1 на параллельную работу объясняется недостаточной импульсной мощностью этих приборов, что в практических случаях может часто иметь место. Включение переменного сопротивления g_2 обеспечивает нормальную работу коммутирующего устройства при разных напряжениях на батарее конденсаторов С, при разряде которой на нагрузку L_H в контуре проходит импульсный ток с амплитудным значением I_m .

Анализ работы схемы на отрезке времени t_n , когда происходит перемагничивание дросселя, показывает, что сопротивление g_2 должно выбираться из условия

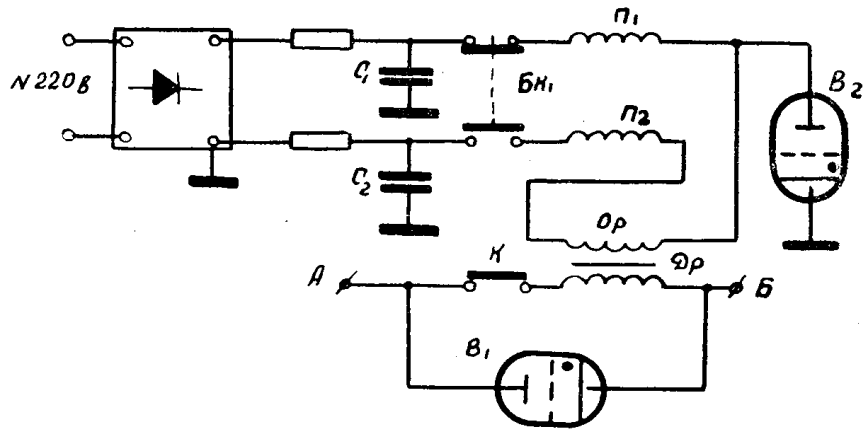


Рис. 2.

$$r_2 = \frac{L_H + L_a}{U_m} \cdot \frac{\psi/t_n - U_m \frac{L_a}{L_H + L_a} - U_0}{t_1 + \frac{t_n}{2}}, \quad (1)$$

где ψ — потокосцепление дросселя;
 t_1 — время включения контактов;
 t_n — время перемагничивания дросселя;
 L_a — индуктивность рассеяния обмоток анодного делителя;
 U_0 — падение напряжения на вентилях V_1 .

Решая выражение (1) относительно t_n , можно определить время перемагничивания дросселя при различных других параметрах схемы (L_a , r_2 , ψ и т. д.). В случае, если время $(t_1 + t_n)$ соответствует небольшому углу синусоидального изменения тока контура $L_H C$, то ток в течение этого времени нарастает в контуре практически линейно

$$i_1 = U_m \frac{t}{L_H + L_a}. \quad (2)$$

После перемагничивания сопротивление дросселя уменьшается и начинается перехват тока из цепи с вентилями V_1 в цепи с контактами. В общем случае токи i_{V1} и i_K описываются сложными уравнениями. В случае, если перехват тока из V_1 в K успевает пройти за время, соответствующее углам $(20 \div 30)^\circ$ частоты $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, то ток в вентиле можно

определить по упрощенной формуле

$$i_{V1} = \frac{k_1}{\delta} \cdot t - \left(\frac{k_1}{\delta} - k_2 \right) \frac{1}{\delta} \left(1 - e^{-\delta t} \right) + I_1 e^{-\delta t}, \quad (3)$$

где $\delta = \frac{r_2 + r_3}{L_a + L_3}$; $k_0 = \frac{U_m}{L_H}$;

$$k_1 = \frac{k_0 \cdot r_3}{L_a + L_3}; \quad k_2 = \frac{I_1 r_3 + k_0 L_3 - U_0}{L_a + L_3}.$$

Численные расчеты показывают, что от значения активного сопротивления r_3 обмотки дросселя в сильной степени зависит характер перераспределения тока между цепью с вентилями V_1 и контактами K и существует критическое сопротивление $r_{3кр}$, при котором ток в вентиле V_1 будет уменьшен до нуля. Невыполнение условия критичности приводит к существенному возрастанию среднего значения тока вентиляей,

что нежелательно. В первом приближении условию критичности отвечает выражение

$$U_0 \geq I_1 \Gamma_{зкр} + k_0 \left[L_3 + 3 (L_a + L_3) \frac{\Gamma_{зкр}}{\Gamma_2 + \Gamma_{зкр}} \right]. \quad (4)$$

На рис. 1, б пунктирными линиями показан характер типичных кривых тока i_{B_1} при разной степени невыполнения условия критичности (1, 2) и при выполнении этого условия (3).

Влияние индуктивности L_a на характер изменения тока i_{B_1} в реальных схемах может быть также существенным, поэтому в импульсных устройствах подобного типа параметры анодного делителя необходимо выбирать только из условия обеспечения нормального поджига параллельно включенных вентилях. Для равномерного же деления тока последовательно с каждым вентилем необходимо включить небольшие активные сопротивления. Это позволяет выполнять обмотки анодного делителя малогабаритными и с малыми индуктивностями рассеяния.

Демпфирующая цепочка $r_4 c_4$ рассчитывается на ток перемагничивания дросселя и обеспечивает отсутствие искрения при возникновении отскоков контактов в момент их включения.

Из рис. (1, б) следует, что величина I_1 импульса тока через вентили зависит от времени срабатывания аппарата t_1 и времени перемагничивания t_p . При сумме этих времен $(1,5-2) 10^{-3}$ сек., что технически вполне достижимо, даже при использовании в качестве вентилях B_1 современных игнитронов или тиратронов, подобные коммутирующие устройства могут быть использованы в качестве генераторных выключателей, способных включать и отключать токи коротких замыканий в десятки тысяч ампер.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Яблонко. Современные лаборатории разрывных мощностей, ЦИНТИ, 1962.
2. В. П. Голубева, Б. А. Шешин. Включающий аппарат для лаборатории большой мощности. «Вестник электропромышленности», № 5, 1958.
3. В. В. Ивашин. Авторское свидетельство № 155206.