

ГЕНЕРИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА СПОСОБОМ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ПЕРЕХВАТА

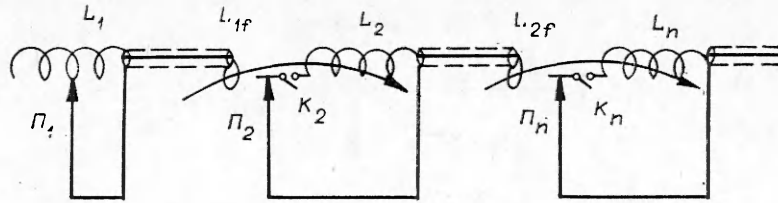
В. А. Давыдов, В. К. Чернышев
(Москва)

Для ряда потребителей (в частности, при запитке мощных взрывомагнитных генераторов мегаджоулевого диапазона и выше) необходима разработка способов и устройств, позволяющих не только генерировать большие количества электромагнитной энергии, но и одновременно получать в нагрузке магнитный поток, превышающий начальный поток, введенный в контур сжатия. Известен способ получения магнитного потока во внешней индуктивной нагрузке, реализованный в ряде устройств [1—3] и содержащий следующую последовательность операций:

вводят в первичный контур взрывомагнитного устройства начальный магнитный поток, деформируют контур с помощью энергии взрывчатого вещества, сжимая поток и перемещая его в область трансформации, сжатый магнитный поток трансформируют во вторичный контур, замыкают вторичный контур, разрывая при этом (в ряде случаев) первичный контур, деформируют вторичный контур, сжимая и перемещая трансформированный поток в область следующей трансформации и т. д. Основным недостатком этого способа является уменьшение магнитного потока в нагрузке по сравнению с начальным потоком. Другим недостатком способа является невозможность усиления электромагнитной энергии в нагрузке, индуктивность которой превышает начальную индуктивность контура сжатия. Отмеченные недостатки являются следствием нерационального выбора совокупности операций и режима осуществления некоторых из них. Например, операция разрыва первичного контура усложняет способ, трудно осуществима технически и требует дополнительных мер для обеспечения нужной последовательности выполнения операций. Операция трансформации сжатого магнитного потока осуществляется в режиме, не обеспечивающем увеличения потокосцепления во вторичном контуре. Поэтому ни одно из описанных в [1] устройств не может реализовать способа генерирования магнитного потока.

Использование трансформатора для передачи энергии из деформируемого контура в нагрузку [2, 3] позволяет в принципе получать в индуктивном потребителе больший магнитный поток по сравнению с начальным потоком, введенным в контур сжатия, и дает возможность получения большей электромагнитной энергии (чем начальная) в потребителе, индуктивность которого превышает начальную индуктивность контура сжатия.

Трансформаторный способ содержит следующую последовательность операций: вводят в контур сжатия ВМГ начальный магнитный поток, деформируют контур с помощью энергии ВВ, сжимают поток и перемещают его в область трансформации, сжатый магнитный поток трансформируют во вторичный контур в режиме увеличения потокосцепления, сохраняя при этом контуры замкнутыми, по окончании сжатия первого контура замкнутый вторичный контур дополнительно переключают, отсекая часть возросшего потокосцепления следующим контуром сжатия, деформируют этот контур с помощью энергии ВВ, сжимая и перемещая связанный с ним магнитный поток в следующую область трансформации и т. д. Недостатком этого способа генерирования магнитного потока является большая потеря потока и энергии. Эти потери обусловлены тем, что рассматриваемый способ содержит операцию разделения трансформирован-



ного во вторичный контур магнитного потока на две части и лишь одну из них сжимают далее вновь. Другая же часть потока (и энергии) теряется полностью, оставаясь в недеформируемой части вторичного контура.

Рассматривается новый способ генерирования магнитного потока, предложенный одним из авторов (В. К. Чернышевым).

Суть способа легко понять при рассмотрении его схемы, приведенной на фигуре. При помощи ползуна Π_1 , приводимого в движение взрывом, деформируют первичный контур L_1 , сжимая и перемещая магнитный поток в область трансформации $L_{1f} - L_2$. При трансформации режим увеличения потокосцепления осуществляют, выбирая отношение числа витков индуктивностей L_2 и L_{1f} больше единицы и устанавливая коэффициент магнитной связи близким к единице. По окончании деформации первичного контура ключом \bar{K}_2 , приводимым в движение взрывом, замыкают вторичный контур (без разрыва первичного), полностью перехватывая возросшее потокосцепление. При помощи ползуна Π_2 , также приводимого в движение взрывом, деформируют вторичный контур L_2 , сжимая и перемещая магнитный поток в область следующей трансформации и т. д.

Указанную последовательность операций повторяют необходимое число раз в зависимости от требуемого увеличения магнитного потока. Эффективность нового способа генерирования магнитного потока по сравнению с трансформаторным может быть охарактеризована отношением

$$\Phi = K_{\Phi} / K_{\Phi \text{ тр}},$$

$$\text{где } K_{\Phi} = \frac{\Phi_{\text{н}}}{\Phi_0} = \sqrt{\frac{E_{\text{н}} L_{\text{н}}}{E_0 L_0}} = \sqrt{\frac{E_{\text{к}} K^2 L_{\text{н}}}{E_0 L_0}} = \sqrt{\frac{E_0 L_0 \eta^2 K^2 L_{\text{н}}}{E_0 L_0}} = \sqrt{\frac{\eta^2 K^2 L_{\text{н}}}{L_{1f}}},$$

$\Phi_{\text{н}}$ — магнитный поток в нагрузке, в данном случае нагрузкой является индуктивность деформируемой части вторичного контура L_2 ; Φ_0 — начальный магнитный поток, введенный в первичный контур; η — коэффициент сохранения магнитного потока в деформируемом контуре; K — коэффициент связи недеформируемой L_{1f} части первичного контура и деформируемой части L_2 вторичного контура;

$$K_{\Phi \text{ тр}} = \frac{\Phi_{\text{н}}}{\Phi_0} \sqrt{\frac{E_{\text{н}} L_{\text{н}}}{E_0 L_0}} = \sqrt{\frac{E_{\text{к}} \Psi L_{\text{н}}}{E_0 L_0}} = \sqrt{\frac{E_0 L_0}{L'_{1\text{к}} \frac{1 + \alpha - K^2}{1 + \alpha}} \eta^2 \frac{\Psi L_{\text{н}}}{E_0 L_0}} = \sqrt{\frac{\eta^2 \Psi L_{\text{н}}}{L'_{1\text{к}} \frac{1 + \alpha - K^2}{1 + \alpha}}},$$

Ψ — коэффициент передачи энергии через трансформатор $\Psi = E_{\text{н}} / E_{\text{к}}$; E_0 , $E_{\text{к}}$, $E_{\text{н}}$ — величины энергии начальной, конечной и в нагрузке соответственно; $\alpha = L_{\text{н}} / L_2$ — отношение индуктивности нагрузки $L_{\text{н}}$ к индуктивности вторичной обмотки трансформатора.

Отсюда величина отношения φ равна

$$\varphi = \frac{\sqrt{\frac{\eta^2 K^2 L_H}{L_{1f}}}}{\sqrt{\frac{\eta^2 \Psi L_H}{L_{1f} \frac{1+\alpha-K^2}{1+\alpha}}}} = \sqrt{\frac{K^2 L_{1f}' \frac{1+\alpha-K^2}{1+\alpha}}{\Psi L_{1f}}}$$

Для обеспечения идентичности (у обоих способов) режима деформации первичного контура и перемещения магнитного потока в область трансформации необходимо, чтобы $L_{1f} = L_{1f}' (1 + \alpha - K^2) / (1 + \alpha)$. Поэтому окончательно имеем $\varphi = K / \sqrt{\Psi}$.

В таблице приведены значения эффективности φ предложенного способа по сравнению с трансформаторным, вычисленные для различных K .

K	Ψ	φ
0,75	0,20	1,69
0,80	0,25	1,60
0,85	0,30	1,55
0,90	0,40	1,43
0,95	0,52	1,32

Как видно из таблицы, новый способ значительно эффективнее известного. Необходимо подчеркнуть, что при генерировании магнитного потока в нагрузку, индуктивность которой равна начальной индуктивности предыдущего деформируемого контура, коэффициент усиления энергии возрастает пропорционально φ^2 , т. е. в 2,86—1,75 раза (для K , равного 0,75—0,95 соответственно) в расчете на каждую ступень.

Разработанный способ генерирования магнитного потока реализован практически. Экспериментально получены: коэффициент усиления энергии $0,9 \cdot 10^6$; коэффициент увеличения магнитного потока 310.

Поступила 10 X\1980

ЛИТЕРАТУРА

1. Patent U. S. off. N 3.356.869, 5.12, 1967.
2. Павловский А. И., Людаев Р. З., Пляшкевич Л. Н., Гурин В. Е. Описание изобретения 266100.17.03.1970. Бюл. изобретений, 1970, № 11.
3. Кнопфель Г. Сверхсильные импульсные магнитные поля. М.: Мир, 1972.

УДК 537.811+537.82

О МАКСИМАЛЬНОЙ СИЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОВОДНИКОВ С ТОКОМ

Ю. А. Дрейзин, Л. В. Кульницкая
(Москва)

1. Пондеромоторное взаимодействие проводников с током лежит в основе многочисленных технических приложений. В ряде случаев возникает вопрос о максимальной силе взаимодействия на единицу длины параллельных цилиндрических проводников, по каждому из которых течет ток I . При заданной величине тока эта сила зависит от формы сечения проводников, их взаимного расстояния и расположения и может быть как угодно велика, если сечения проводников достаточно малы и близко расположены. Такой способ увеличения пондеромоторной силы приводит, однако,