

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОХОДЯЩИХ В СИЛОВОЙ ЦЕПИ ДАТЧИКА НЕПОСРЕДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАГОНОВ МАЯТНИКОВЫХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ

Успешная работа систем управления позиционного электропривода маятниковых подвесных канатных дорог (МПКД) с промежуточными опорами, главным образом, зависит от точности измерения магнитного датчика непосредственного контроля перемещения вагонов (МДНКП). При этом, решение задачи импульсного нанесения на тяговый канат магнитных меток в процессе его перемещения, является основной проблемой. В связи с этим, исследование переходных процессов проходящих в силовой разрядной цепи блока нанесения магнитных меток (БНММ) приобретает важное значение [1].

Для импульсного намагничивания в основном, используются импульсное бестрансформаторное и импульсное трансформаторное намагничивающее устройство (ИТНУ) [2].

Для МДНКП целесообразно использовать схемы ИТНУ с емкостным накопителем энергии (ЕНЭ), где энергия от батарей конденсаторов поступает в индуктор не непосредственно, а через промежуточное звено – специальный импульсный согласующий трансформатор (ИТ).

На рис.1 представлена блок-схема ИТНУ с ЕНЭ, включающая в себя: система управления датчика СУ; коммутлирующее устройство КУ для подключения установки к сети; батарею конденсаторов с емкостью С; зарядное устройство ЗУ, состоящее из выпрямителя и регулятора зарядного тока, согласующее импульсный трансформатор ИТ с ферромагнитным магнитопроводом; индуктор И, представляющий собой многовитковый соленоид с ферромагнитным сердечником, в рабочем объеме которого создается импульсное магнитное поле, воздействующее на тяговый канат, для нанесения магнитных меток.

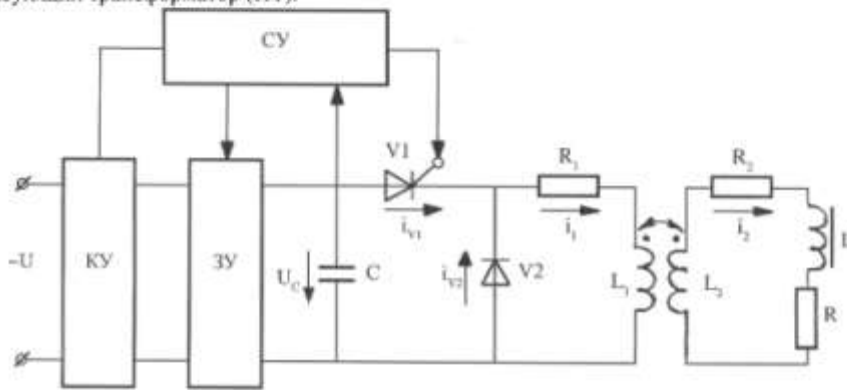


Рис.1. Блок-схема импульсного трансформаторного намагничивающего устройства

В общем случае переходный процесс в силовой разрядной цепи ИТНУ с воздушным ИТ описывается системой дифференциальных уравнений 3-го порядка:

$$\left. \begin{aligned} U_c - U_{V1} &= (R_1 + pL_1)i_1 - L_{12}p i_2; \\ 0 &= -L_{12}p U_1 + (R_{22} + L_{22}p)i_2; \\ L_{V1} &= CpU_c = i_1 - L_{V2}; \\ U_c - U_{V1} + U_{V2} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $L_{22} = L_2 + L$ – суммарная индуктивность вторичного контура ИТ;
 $R_{22} = R_2 + R$ – суммарное сопротивление вторичного контура.

Принимая во внимание параметры первичного разрядного контура, можно считать вентили V1 и V2 идеальными, т.е. к системе (1) добавляются уравнения кусочно-линейной аппроксимации вентилей:

$$U_{V1(2)} = 0 \text{ при } i_{V1(2)} > 0; \quad i_{V1(2)} = 0 \text{ при } U_{V1(2)} < 0.$$

Переходный процесс в силовой цепи при закороченном вентиле V1 и отключенном вентиле V2 может носить как апериодический, так и колебательный характер, что будет определяться видом корней характеристического уравнения (1) при этих условиях. Нетрудно показать, что характеристическое уравнение представляет собой алгебраическое уравнение 3-го порядка:

$$p^3 + \frac{L_{22}R_1 + L_1R_{22}}{L_{22}L_1 - L_{12}^2} p^2 + \frac{R_{22}R_1 + L_{22}/c}{L_{22}L_1 - L_{12}^2} p + \frac{R_{22}/c}{L_{22}L_1 - L_{12}^2} = 0. \quad (2)$$

Здесь все параметры первичного контура для удобства анализа приведем ко вторичной обмотке. Как правило, вторичная обмотка ИТ выполняется одновитковой ($W_2=1$), поэтому коэффициент приведения параметров первичного контура ко вторичному будет $K_{21} = (W_2/W_1)^2 = 1/W_1^2$, где W_1 – число витков первичной обмотки

трансформатора.

Корни уравнения (2) могут быть найдены аналитически по методу Кардано [3]. При этом один из корней всегда будет действительным, а два других могут быть либо действительными, либо комплексно-сопряженными. Поскольку для получения наибольших коэффициентов передачи по току ИТ целесообразно иметь переходный процесс колебательным, важно выявить условия существования последнего. Этим условием является наличие комплексно-сопряженных корней уравнения (2) $p_{1,2} = a_1; p_{3,4} = a_2 \pm j\beta_0$.

На основании соответствующих соотношений между коэффициентами уравнения (2) условие возникновения колебательного режима в импульсной трансформаторной схеме имеет вид:

$$\left\{ \frac{(R_1 L_{22} + R_{22} L_1)^3}{27K^3 \sqrt{[KL_1 L_{22}(1-K^2)]^3}} - \frac{(R_1 L_{22} + R_{22} L_1)(L_{22} + R_1 R_{22} C)}{6K^2 C \sqrt{KL_1 L_{22}(1-K^2)}} + \frac{R_{22} \sqrt{L_1 L_{22}(1-K^2)}}{2CK} \right\}^2 > \left[\frac{(R_1 L_{22} + R_{22} L_1)^2}{L_1 L_{22} K^3 (1-K^2)} - \frac{L_{22} + CR_1 R_{22}}{3CK^2} \right]^3 \quad (3)$$

где $K = L_{12} / \sqrt{L_1 L_{22}}$ - коэффициент связи первичного и вторичного контуров ИТ.

Следовательно, токи в первичном и вторичном контурах без учета влияния вентилей V1 и V2 определяются выражением:

$$i_{1(2)} = A_1 e^{\beta_0 t} + A_2 e^{\beta_0 t} \sin(\beta_0 t + \psi_0), \quad (4)$$

где $A_2 = \sqrt{A_1^2 + A_3^2}$; $\psi_0 = \arctg(A_1 / A_3)$.

Для первичного тока

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{U_c(0) [2a_2 L_{22} (L_{12}^2 - L_1 L_{22}) + R_1 L_{22}^2 + R_{22} L_{12}^2]}{(L_{12}^2 - L_1 L_{22})^2 [(a_1 - a_2)^2 + \beta_0^2]}, \\ A_3 &= \frac{U_c(0) [L_{22} (L_{12}^2 - L_1 L_{22}) (a_1^2 - a_2^2 + \beta_0^2) + (a_1 - a_2) (R_1 L_{22}^2 + R_{22} L_{12}^2)]}{\beta_0 (L_{12}^2 - L_1 L_{22})^2 [(a_1 - a_2)^2 + \beta_0^2]} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Для вторичного тока

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{U_c(0) L_{12} [2a_2 (L_{12}^2 - L_1 L_{22}) + (R_1 L_{22} + R_{22} L_1)]}{(L_{12}^2 - L_1 L_{22})^2 [(a_1 - a_2)^2 + \beta_0^2]}, \\ A_3 &= \frac{U_c(0) L_{12} [L_{12}^2 - L_1 L_{22} (a_1^2 - a_2^2 + \beta_0^2) + (a_1 - a_2) (R_1 L_{22} + R_{22} L_1)]}{\beta_0 (L_{12}^2 - L_1 L_{22})^2 [(a_1 - a_2)^2 + \beta_0^2]} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Для установления влияния параметров схемы рис. 1 на характер переходного процесса проанализируем корни характеристического уравнения (2). Поскольку ИТНУ являются универсальными, т.е. используются с набором сменных одновитковых индукторов, то важно проследить за влиянием их параметров R, L на изменение корней характеристического уравнения.

В целях получения более общих закономерностей исследуемые величины целесообразно представить в относительных единицах. В качестве базовых удобно выбрать параметры вторичной обмотки ИТ ($R_0=R_2, L_0=L_2$); $R_*=R/R_2, L_*=L/L_2$ и т.д.

Приведены годографы комплексных корней $a_2 \pm j\beta_0$, построенные в условных относительных единицах, позволяющие сравнительно оценить изменения коэффициента затухания a_2 и частоты собственных колебаний β_0 силовой цепи МТНУ в зависимости от значений электрических параметров R_* и L_* нагрузки (индуктора). Анализ показывает, что при малых сопротивлениях индуктора $R_*=0+0,5$ его индуктивность оказывает существенное влияние на значения a_2 и β_0 , и наоборот, при больших сопротивлениях $R_*>3$ его индуктивность практически не оказывает влияния на комплексно-сопряженные корни, а значит и на характер переходного процесса. Годографы позволяют также оценить соотношения параметров R_* и L_* , обеспечивающие малые значения коэффициента затухания a_2 , предпочтительные для получения намагничивающих импульсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чунашвили Б.М. Повышения точности измерения магнитного датчика непосредственного контроля перемещения подвешенного сосуда маятниковых подвесных канатных дорог. Вестник Национального технического университета "ХПИ". Серия Электротехники, электроники и электропривода. Выпуск 45. Харьков, 2005.
2. Нестерин В.А. Оборудование для импульсного намагничивания и контроля постоянных магнитов. М.: Энергоатомиздат. 1986. 88 с.
3. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗ-ов/И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев. М.:Наука. 1981. 718 с.