

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СТАБИЛИЗАТОРЕ МОЩНОСТИ

Тимченко Н.А., к.т.н, доц., Чернай В.Ф., к.т.н, с.н.с.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, НТУ "ХПИ", каф. "Промышленная и биомедицинская электроника"

Асмолова Л.В.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, НТУ "ХПИ", каф. "Автоматизированные электромеханические системы"

У статті вирішувалось питання миттєвого перерозподілу потужності для підтримки заданих параметрів струму, навантаження та потужності в залежності від змінюючого фрикційного навантаження з використанням джерела електроживлення зі стабілізованим вихідним навантаженням. Було показано, що змінюючи коефіцієнт трансформації джерела живлення стабільно підтримується вихідна потужність.

В статті решался вопрос мгновенного перераспределения мощности для поддержки заданных параметров тока, напряжения и мощности в зависимости от изменяющейся фрикционной нагрузки с использованием источника электропитания со стабилизированной выходной нагрузкой. Было показано, что изменяя коэффициент трансформации источника питания стабильно поддерживается выходная мощность.

ВСТУПЛЕНИЕ

В электроприводах машин и механизмов, работающих на нагрузку типа пара трения, могут возникать фрикционные автоколебания (АКФ) [1]. Известно, что существует два типа АКФ: срывные автоколебания или АКФ 1-го рода [2] и автоколебания без остановок или АКФ 2-го рода [3]. АКФ 2-го рода порождаются динамической неустойчивостью электромеханических систем на падающем участке характеристики трения. В данных автоколебаниях отсутствуют остановки, а по форме они близки к гармоническим. АКФ 1-го рода порождаются различием сил трения покоя и движения, а также реологическими факторами (влиянием времени восстановления трения покоя на его величину), по своему характеру они прерывистые, т.е. движение состоит из чередующихся проскальзываний и сцеплений.

Исследование этих автоколебаний в электромеханических системах имеет важное практическое значение для машин и механизмов, работающих при скоростях 10^2 - 10^3 мм/мин и ниже, как, например, движение руки робота манипулятора при дотягивании, привода подачи металлорежущих станков, в следящих системах. Возникновение АКФ 1-го рода приводит к ухудшению технологического процесса, выражающемуся в снижении точности при отработке малых перемещений.

Для решения этой весьма не простой задачи следует учитывать следующее:

1. Электропривод, питаемый от источника напряжения, поддерживает заданную скорость

$$\omega \approx \omega_0 = \frac{U_a}{k \cdot \Phi}, \text{ т.е. является «источником скорости»,}$$

где U_a - напряжение на зажимах якоря, Φ - магнитный поток, k - конструктивный коэффициент двигателя.

2. На практике, в условиях заклинивания от высокой температуры либо ухудшения качества смазки понижается величина скорости, и возникают срывные автоколебания, выражающиеся в периодических скачках и кратковременных остановках действующего узла, и тогда возрастает ток якоря и момент двигателя. При этом источник питания вынужден работать в данный период времени в режиме источника тока (управляемого источника момента).

3. Для поддержания заданных параметров, необходимо мгновенное перераспределение мощности, особенно если мощность источника питания соизмерима с мощностью нагрузки.

Перераспределение мощности происходит программно, воздействуя на датчик обратной связи напряжения и тока, перераспределяя электроэнергию в зависимости от изменения нагрузки.

Для решения этой задачи используем источники электропитания (ИЭП) со стабилизированной выходной мощностью, которые широко применяются как в электроприводе, так и в гальванике. Разработано одно из схемных решений [4], установлены режимы и параметры схемы [5].

Целью настоящей работы является определение процессов в ИЭП путем математического моделирования [6].

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемый источник электропитания нагрузки Z_1 с переменными параметрами (рис. 1,а) представлен как преобразователь, у которого на входе расположен силовой модулятор (ключевые элементы S_1, S_2, S_3, S_4), управляемые от генератора G_1 симметрично по способу импульсно-фазовой или широтно-импульсной модуляции. К выходу модулятора подключен регулирующий элемент, содержащий индуктивно-емкостное звено с изменяемым числом рабочих витков первичной обмотки трансформатора T_1 для подстройки его индуктивности в резонанс в случае работы в режиме стабилизатора тока, или для выхода из резонанса при стабилизации выходного напряжения.

Для контроля максимума выходного параметра: тока, напряжения или мощности изменяется соотношение между внутренним импедансом источника с последовательным LC -звеном и внешним импедансом электрической цепи путем воздействия на коэффициент передачи ступенчато регулируемой индуктивности.

Для реализации переменного коэффициента передачи сигнал, пропорциональный выходному току, напряжению или мощности, переключается логическими элементами, и подается на управление ключами, регулирующими число рабочих витков индуктивности LC -звена преобразователя. Для стабилизации

мощности в нагрузке $Z1$ используется обратная связь с блока умножения KXY . Дифференциатор D/DT и счетчик CT преобразуют сигнал обратной связи в

цифровой код, а дешифратор DS определяет текущее значение коэффициента трансформации K_{tr} .

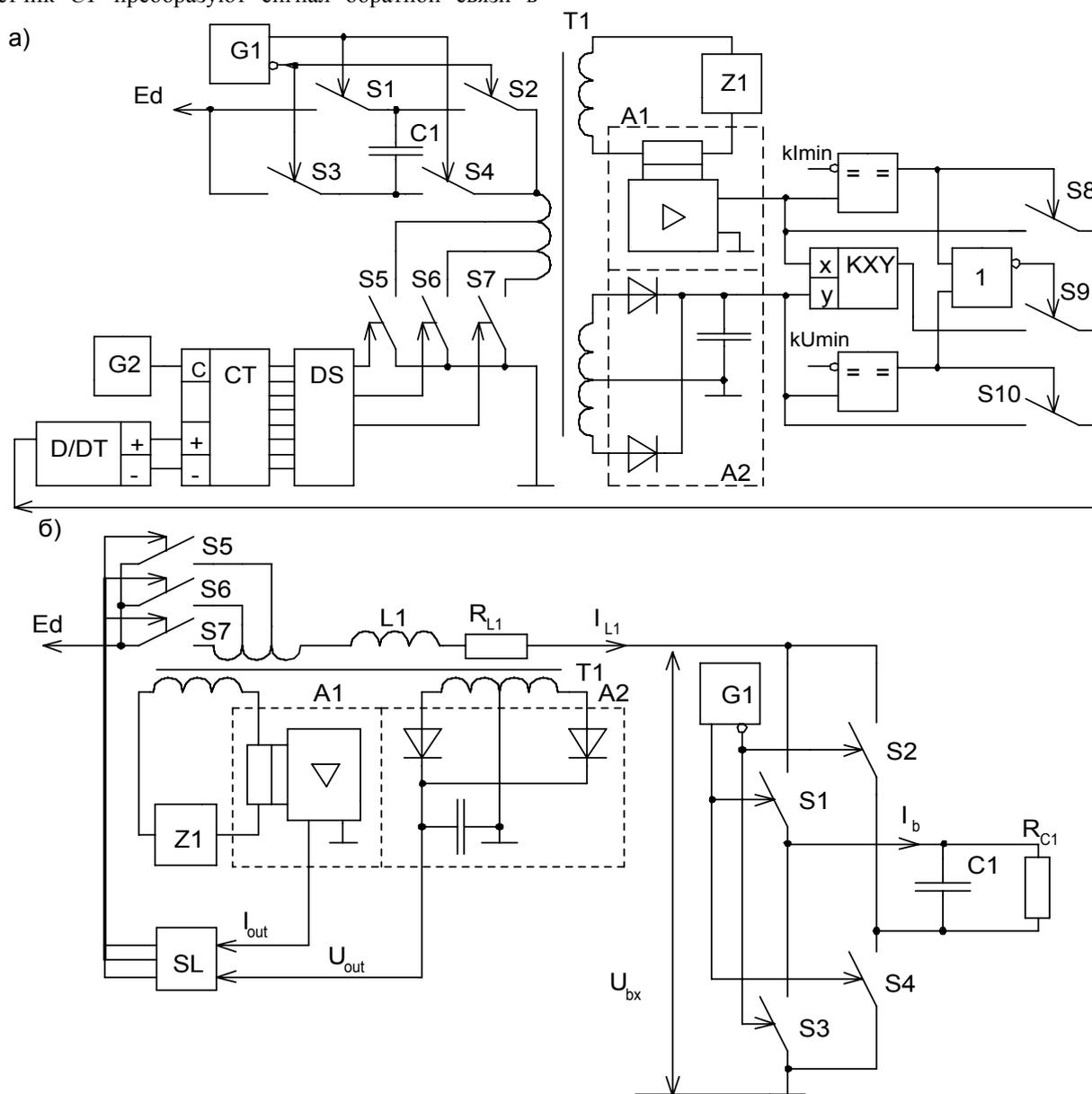


Рис. 1. Стабилизированный источник электропитания с регулируемой индуктивностью: а – функциональная; б – эквивалентная расчетная схема

Эквивалентная схема построена при условии, что время переключения ключевых элементов $S1...S7$ значительно меньше интервала дискретизации переходных процессов, а в трансформаторе $T1$ с переключением обмоток не учитывается намагничивающий ток.

Начальные параметры модели: $K_{tr} = K_{trmax} = R_{z1} \cdot I_{zmax} / E_d$ – максимальное значение коэффициента трансформации с учетом сопротивления нагрузки R_{z1} и максимального выходного тока I_{zmax} ; $K_{trmin} = 1$, $dK_{tr} = 1$ – минимальное значение коэффициента трансформации и его приращение.

При частоте F генератора $G1$ индуктивность $L1$ и емкость $C1$ определены из соотношения для периода колебаний:

$$2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1} = \frac{1}{F} \quad (1)$$

и соотношения волнового и активного сопротивлений

$L1-C1$ контура:

$$\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = 10R_{L1} \quad (2)$$

где $R_{L1} = \frac{R_{z1}}{K_{tr}}$ – сопротивление нагрузки, приведенное к первичной обмотке трансформатора $T1$ с учетом коэффициента трансформации K_{tr} .

Циклически повторяющиеся уравнения модели:

$t = t + dt$ – текущее время процесса с интервалом дискретизации dt , который определен в долях от периода $T = 1/F$ с учетом минимальной постоянной времени RL - или RC -звена схемы;

$S = 1$ при $\sin(2\pi t) > 0$, $S = -1$ при $\sin(2\pi t) < 0$ – условия переключения коммутатора $S1...S4$;

$U_{bx} = S \cdot U_{C1}$; $I_b = S \cdot I_{L1}$ – входное напряжение

и выходной ток коммутатора;

$I_{C1} = I_b - U_{C1} / R_{C1}$, $U_{L1} = E_d - U_{bx} - I_{L1} \cdot R_{L1}$ – топологические уравнения для тока конденсатора $C1$ и напряжения на индуктивности $L1$, R_{C1} – сопротивление утечки конденсатора $C1$;

$$I_{L1} = \frac{(E_d - U_{bx})dt + L_1 \cdot F \cdot I_{L1}}{L_1 \cdot F + R_{L1} dt};$$

$$U_{C1} = \frac{I_b dt + C_1 \cdot F \cdot U_{C1}}{C_1 \cdot F + \frac{dt}{R_{C1}}} - \text{компонентные уравнения}$$

неявного одношагового интегрирования тока в индуктивности и напряжения на емкости по методу Эйлера, полученные в результате совместного решения топологических уравнений и уравнений закона Ома в дифференциальной форме для индуктивности и емкости:

$$U_{L1} dt - L_1 \cdot F \cdot I_{L1} = -L_1 \cdot F \cdot I_{L10};$$

$$I_{C1} dt - C_1 \cdot F \cdot U_{C1} = -C_1 \cdot F \cdot U_{C10}.$$

$I_{out} = K_I \cdot I_{L1}$ – выходной ток датчика A1, K_I – коэффициент ослабления; $U_{out} = \frac{I_{L1} \cdot K_U \cdot \pi \cdot w_{rc} + U_{out}}{1 + \pi \cdot w_{rc} dt}$ –

выходное напряжение датчика A2, K_U – коэффициент передачи; w_{rc} – граничная частота RC-фильтра; $P_{out} = I_{out} \cdot U_{out}$ – выходной сигнал датчика мощности; $K_{tr} = K_{tr} + dK_{tr}$ при $K_{tr} < K_{trmax}$ и $P_{out} < P_{out0}$; $K_{tr} = K_{tr} - dK_{tr}$ при $K_{tr} > K_{trmin}$ и $P_{out} > P_{out0}$ – уравнения модели селектора SL , которые определяют текущее значение коэффициента трансформации; $P_{out0} = P_{out}$ – перепределение начального значения выходной мощности для последующего интервала дискретизации.

По результатам данного исследования (рис. 2), выполненного с применением пакетов PASCAL и EXCEL, можно сделать вывод, что характер изменения коэффициента трансформации и время установления огибающей кривых выходной мощности зависит от значения K_{trmax} и его приращения dK_{tr} .

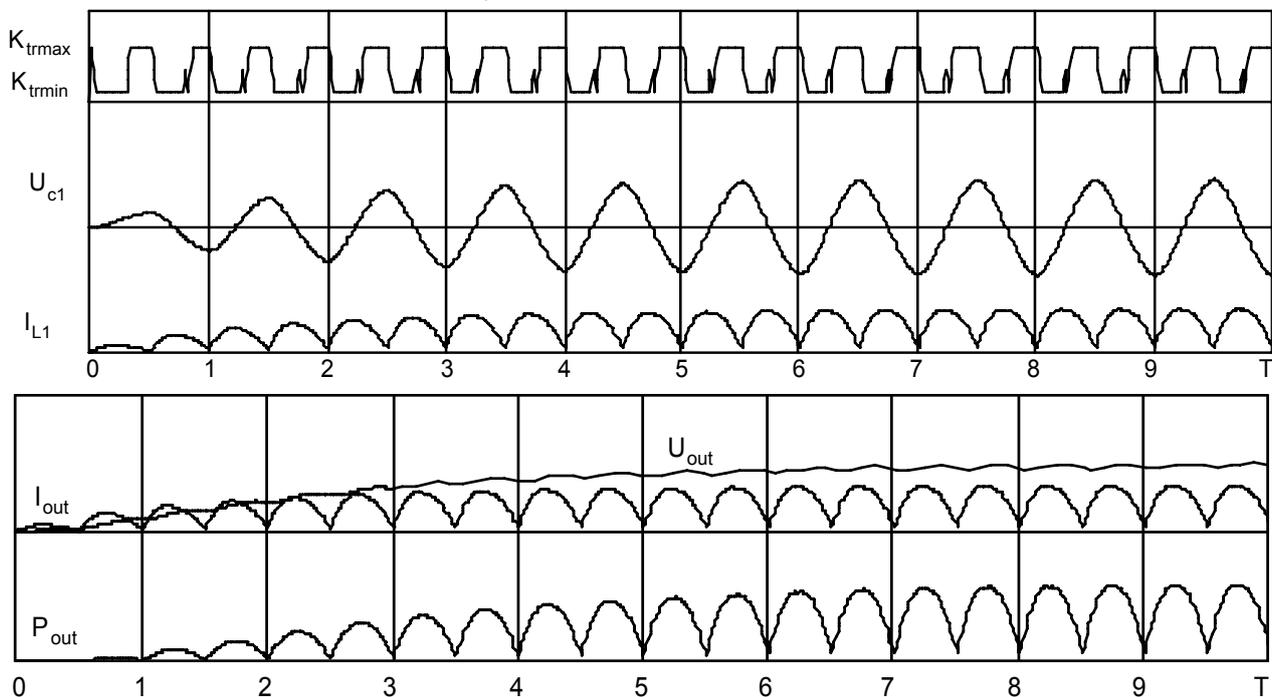


Рис. 2. Диаграммы временные процессов в стабилизаторе мощности

ВЫВОД

В дальнейших исследованиях целесообразно оценить влияние на устойчивость процесса регулирования различных видов корректирующих устройств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Клепиков В.Б. О проблеме фрикционных автоколебаний в электроприводах машин и механизмов // Электричество. – 1986. – №4. – С. 59 – 62.
- [2] Дерягин Б.В., Пуш В.Э., Толстой Д.М. Теория скольжения твердых тел с периодическими остановками. (Фрикционные автоколебания 1-го рода). //ЖТФ. 1956. Т. 26, вып.6, С.1329-1342.
- [3] Штейнвольф Л.И. Качественная теория фрикционных автоколебаний в механических передачах. – В кн.: Теория механизмов и машин. Изд. ХГУ, вып.1, 1966.
- [4] Генератор импульсов технологического тока для электроэрозионных станков. А.с. 1816580 СССР, МКИ В 23 Н 7/04. // И.А. Зайцев, В.Н. Губаревич, О.Ф. Ларин,

А.Н. Борисенко, В.В. Пугач, В.Ф. Чернай (СССР). – №4906787/08; Заявлено 04.02.91; Опубл. 23.05.93, Бюл. №19. – 8 с.

- [5] Чернай В.Ф. Динамика отслеживания максимального коэффициента трансформации в многофункциональной системе // Технічна електродинаміка. -К.: ІЭД НАНУ. - 1999. - Тематичний випуск. Системи керування та контролю напівпровідникових перетворювачів.- С.101-102.
- [6] Теоретические основы САПР: Учебник для вузов/ В.П.Корячко, В.М.Курейчик, И.П.Норенков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.

Поступила 22.07.2005