

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ДВУХМАШИННОМ АГРЕГАТЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТУРБОКОМПРЕССОРА К-3000 С УЧЕТОМ ЖЕСТКОСТИ ВАЛОВ

Н. В. Каргапольцев

Научный руководитель – доцент **В. А. Трефилов**

Пермский государственный технический университет

Рассматриваются крутильные колебания валопровода двухмашинного агрегата, описанного как трехмассовая механическая система с учетом жесткости валов. Приведены результаты исследований крутильных колебаний при различных видах коротких замыканий обмоток статоров двигателей.

При учете жесткости валов двухмашинный агрегат описывается как трехмассовая система (рис. 1), в которой движение каждой массы описывается своим уравнением.

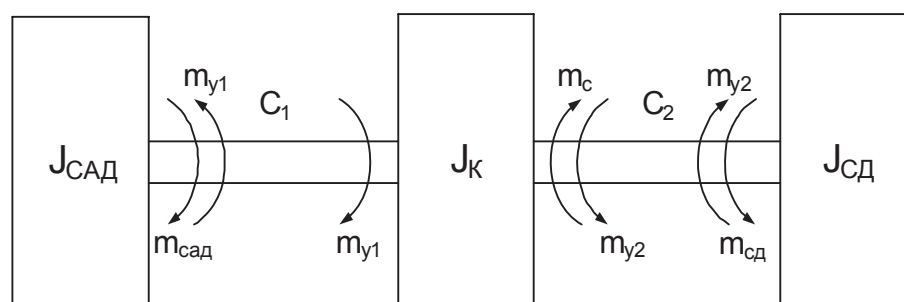


Рис. 1. Расчетная модель 3-массовой системы с учетом жесткости валов

При этом наряду с моментами двигателей и моментом сопротивления вводятся упругие моменты. Тогда уравнение движения трехмассовой недиссипативной системы сводится к системе уравнений:

$$\frac{d\omega_{\text{САД}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{М_САД}}} (m_{\text{САД}} - m_{y1});$$

$$\frac{d\omega_{\text{СД}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{М_СД}}} (m_{\text{СД}} - m_{y2});$$

$$\frac{d\omega_{\text{К}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{М_К}}} (m_{y1} + m_{y2} - m_{\text{С}})$$

где $\omega_{\text{СД}}$, $\omega_{\text{САД}}$, $\omega_{\text{К}}$ – частоты вращения соответственно СД, САД и компрессора, $T_{\text{М_СД}}$, $T_{\text{М_САД}}$, $T_{\text{М_К}}$ – электромеханические постоянные, m_{y1} , m_{y2} – упругие моменты.

Упругие моменты определяются по выражениям:

$$m_{y1} = C_1 \cdot \Delta\varphi_1; \quad m_{y2} = C_2 \cdot \Delta\varphi_2,$$

где C_1 , C_2 – жесткости валов соответственно между СД и компрессором и между компрессором и САД; $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$ – углы закручивания валов, определяемые из дифференциальных уравнений:

$$d\Delta\varphi_1/dt = \omega_{\text{СД}} - \omega_{\text{К}}; \quad d\Delta\varphi_2/dt = \omega_{\text{САД}} - \omega_{\text{К}}.$$

Жесткости валов двигателей определяются как

$$C_1 = G \cdot J_{p1} / l_1; \quad C_2 = G \cdot J_{p2} / l_2,$$

где G – модуль сдвига; l_1 , l_2 – длины участков валов; J_{p1} , J_{p2} – полярные моменты инерции для круглых валов.

Результаты исследований крутильных колебаний на рисунках представлены в относительных единицах:

$$M_{\text{о.е.}} = \frac{M}{M_{\text{баз}}},$$

где M – моменты двигателей, компрессора, упругие моменты; $M_{\text{баз}}$ – номинальный момент синхронного двигателя, относенный к его полной номинальной мощности.

Исследование крутильных колебаний проводилось для двухмашинного агрегата при трехфазном и однофазных коротких замыканиях обмоток статоров двигателей на их нейтрали.

Результаты исследования крутильных колебаний при трехфазном коротком замыкании для двигателя САД представлены на рис. 2.

Для двигателя СД характер изменения моментов и их соотношения между собой аналогичен. Различие состоит лишь в том, что амплитуды моментов у двигателя СД больше.

На рис. 3 представлены упругие моменты в валах агрегата при трехфазном коротком замыкании. Видно, что упругий момент на участке СД-К (M_{y2}) больше, чем на участке САД-К (M_{y1}). Это объясняется меньшей жесткостью на участке СД-К и большей мощностью двигателя СД.

На рис. 4 приведены для примера упругий и электромагнитный моменты двигателя САД при ОКЗ его фазы на нейтраль. Из рисунка видно, что электромагнитный момент начинает изменяться с двойной частотой, что вызвано несимметричностью режима. Также наблюдается биение упругого момента. Для СД картина та же, но с большими амплитудами моментов.

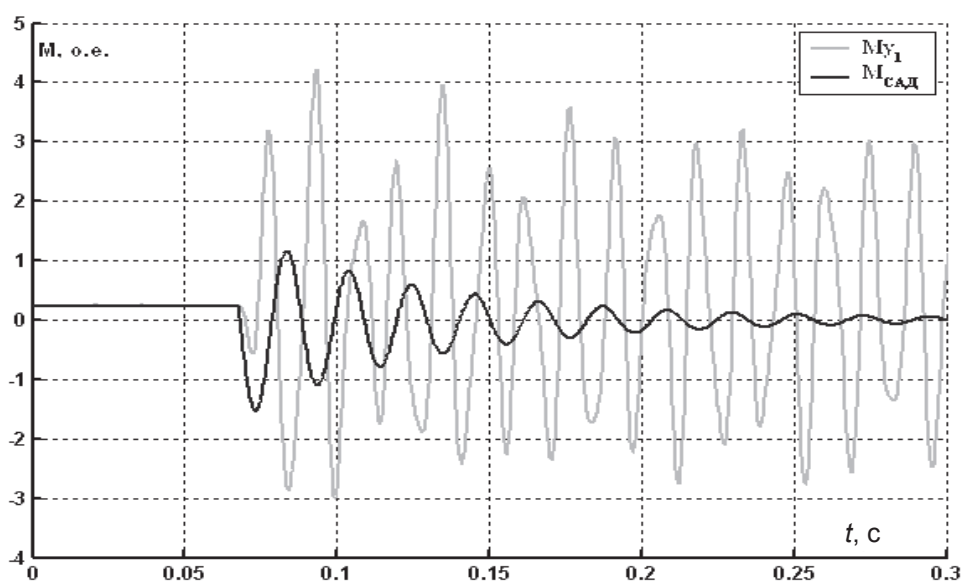


Рис. 2. Упругий и электромагнитный моменты САД при трехфазном коротком замыкании

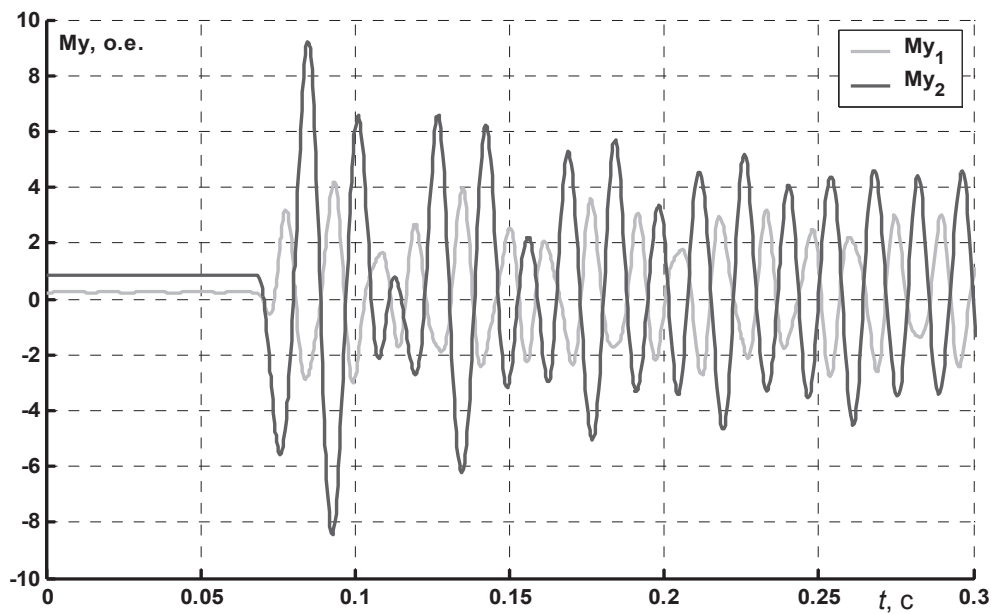


Рис. 3. Упругие моменты в валах агрегата при трехфазном КЗ

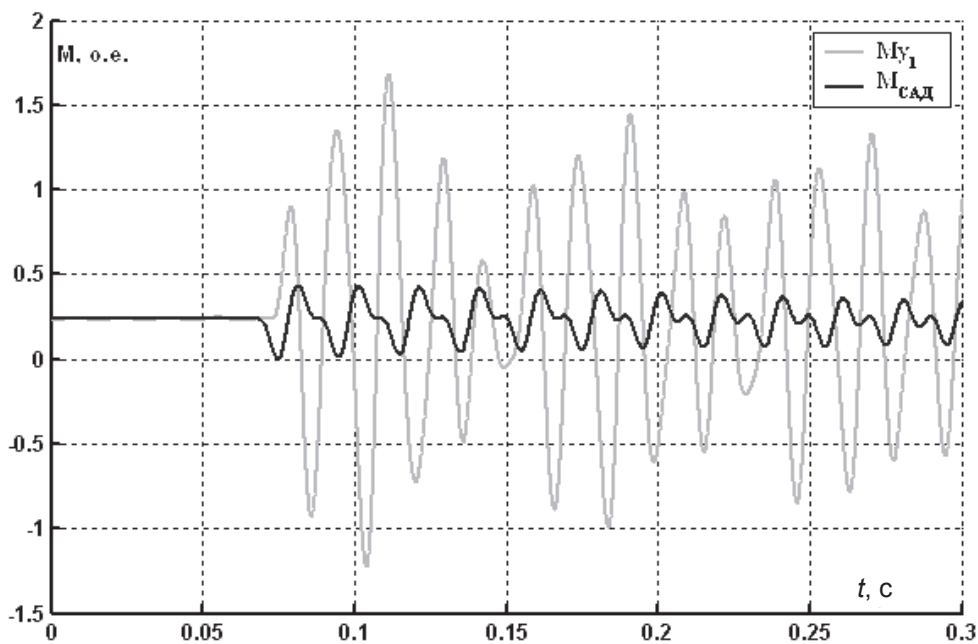


Рис. 4. Упругий и электромагнитный моменты САД при ОКЗ его фазы на нейтраль

На рис. 5 показаны моменты двигателя САД при ОКЗ фазы двигателя СД на нейтраль. Для СД картина та же, только с большими амплитудами моментов.

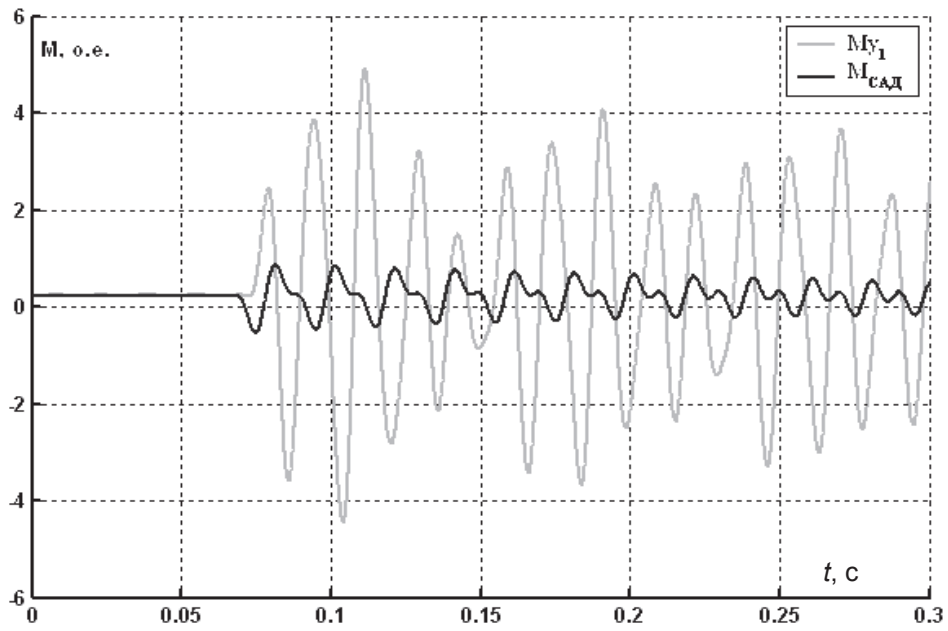


Рис. 5. Упругий и электромагнитный моменты САД при ОКЗ фазы СД на нейтраль

На рис. 6 приведены моменты для двигателя САД при одновременном коротком замыкании обмоток статоров обоих двигателей на их нейтрали.

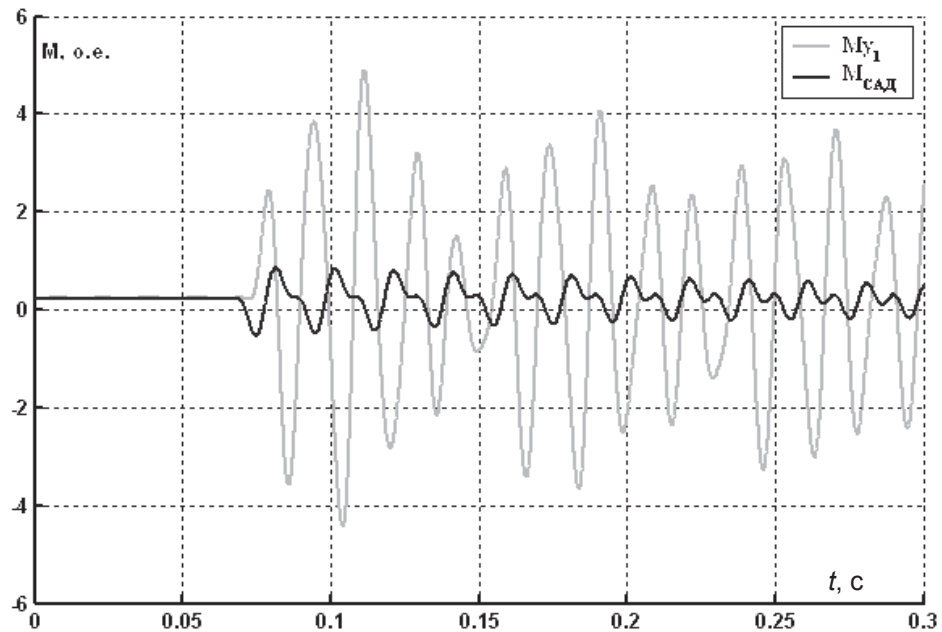


Рис. 6. Упругий и электромагнитный моменты САД при ОКЗ фаз САД и СД на их нейтрали

Наблюдается характерное для всех исследуемых типов ОКЗ изменение электромагнитного момента и биение упругого момента. Для двигателя СД картина та же. Отличия составляют лишь возросшие амплитуды моментов.

Обобщая результаты проведенных исследований, составим таблицу ударных упругих и электромагнитных моментов при всех исследованных видах короткого замыкания:

Вид КЗ	M_{y1}	M_{y2}	$M_{САД}$	$M_{СД}$
Трёхфазное КЗ	4,208	9,233	1,503	7,088
Одновременное КЗ	4,916	6,216	0,872	3,911
ОКЗ фазы СД	4,211	5,424	0,867	3,494
ОКЗ фазы САД	1,681	2,525	0,437	1,807

Из таблицы можно сделать следующие выводы:

- величина упругих моментов в валах двигателей при всех видах КЗ больше соответствующих электромагнитных моментов;
- сравнивая различные режимы ОКЗ между собой, отмечаем, что наименьшие моменты появляются в режиме ОКЗ фазы САД. А наихудшим случаем является режим при одновременном ОКЗ;
- сравнивая одновременное ОКЗ с трёхфазным КЗ, замечаем, что упругие моменты на участке САД-К больше при ОКЗ, чем при 3КЗ, а на участке СД-К – наоборот.

Выводы по работе:

- анализ кривых показал, что упругие моменты на участке СД-К больше, чем на участке САД-К, что объясняется меньшей жесткостью вала на участке СД-К;
- при однофазных КЗ электромагнитные моменты двигателей изменяются с двойной частотой, тогда как частота упругих моментов остается неизменной;
- амплитуды упругих моментов больше амплитуд электромагнитных моментов. Это обстоятельство порождает необходимость исследовать вал на прочность, что и является предметом моей дальнейшей работы.

Получено 05.12.06.