

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДВУХМАШИННОГО АГРЕГАТА ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ НЕСИММЕТРИИ

И. В. Мясников

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

Пермский государственный технический университет

Рассматриваются переходные процессы двухмашинного агрегата при продольной несимметрии, обусловленной обрывом одного из питающих линейных проводов, подходящих к общим шинам двигателей. По результатам проведенных исследований представлены некоторые выводы.

Двухмашинный агрегат (ДА) представляет собой систему, состоящую из синхронного двигателя (СД) и синхронизированного асинхронного двигателя (САД) с фазным ротором. Использование САД при пуске в роли разгонного, а в рабочем режиме в роли дополнительного двигателя исключает затраты на пусковое устройство и делает ДА одной из рациональных схем запуска мощных СД.

Дифференциальные уравнения, описывающие переходные процессы ДА при работе двигателей на общий вал в фазной системе координат, имеют вид:

$$\begin{aligned}
 p\Psi_{aB} &= u_a - i_{aB}r_{lB}; & p\Psi_{aA} &= u_a - i_{aA}r_{lA}; \\
 p\Psi_{bB} &= u_b - i_{bB}r_{lB}; & p\Psi_{bA} &= u_b - i_{bA}r_{lA}; \\
 p\Psi_{cB} &= u_c - i_{cB}r_{lB}; & p\Psi_{cA} &= u_c - i_{cA}r_{lA}; \\
 p\Psi_{fB} &= u_{fB} - i_{fB}r_{fB}; & p\Psi_{rdA} &= u_{rdA} - i_{rdA}r_{2A}; \\
 p\Psi_{DB} &= -i_{DB}r_{DB}; & p\Psi_{rqA} &= u_{rqA} - i_{rqA}r_{2A}; \\
 p\Psi_{QB} &= -i_{QB}r_{QB}; & p\omega &= \frac{(m_A + m_B - m_c)}{T_{m\Sigma}}; & p\gamma &= \omega,
 \end{aligned}$$

где $\psi, u, i, r, \gamma, m, \omega, m_c, T_{m\Sigma}$ – общеизвестные параметры контуров электрических машин; $a, b, c, 1, f, D, Q, rd, rq, 2$ – индексы, относящиеся к обмоткам статора, обмотке возбуждения, демпферной обмотке и обмотке ротора; A и B – индексы, относящиеся соответственно к САД и СД; $u_{rdA} = u_r \cos \gamma_{AB}$, $u_{rqA} = u_r \sin \gamma_{AB}$ – составляющие напряжения возбуждения САД; $\gamma_{AB} = \pi/3$ – угол рассогласования роторов двигателей.

Токи обмоток двигателей определяются через полные потокосцепления контуров и ортогональной проекции потокосцеплений взаимной индукции в воздушном зазоре по продольной и поперечной осям d и q ротора:

для синхронного двигателя

$$i_{aB} = \frac{\Psi_{aB} - \Psi_{adB} \cos \gamma + \Psi_{aqB} \sin \gamma}{x_{IB}};$$

$$i_{bB} = \frac{\Psi_{bB} - \Psi_{adB} \cos(\gamma - 2\pi/3) + \Psi_{aqB} \sin(\gamma - 2\pi/3)}{x_{IB}};$$

$$i_{cB} = \frac{\Psi_{cB} - \Psi_{adB} \cos(\gamma + 2\pi/3) + \Psi_{aqB} \sin(\gamma + 2\pi/3)}{x_{IB}};$$

$$i_{fB} = \frac{\Psi_{fB} - \Psi_{adB}}{x_{IfB}}; \quad i_{DB} = \frac{\Psi_{DB} - \Psi_{adB}}{x_{IDB}}; \quad i_{QB} = \frac{\Psi_{QB} - \Psi_{aqB}}{x_{IQB}};$$

для синхронизированного асинхронного двигателя

$$i_{aA} = \frac{\Psi_{aA} - \Psi_{mdA} \cos \gamma + \Psi_{mqA} \sin \gamma}{x_{IA}};$$

$$i_{bA} = \frac{\Psi_{bA} - \Psi_{mdA} \cos(\gamma - 2\pi/3) + \Psi_{mqA} \sin(\gamma - 2\pi/3)}{x_{IB}};$$

$$i_{cA} = \frac{\Psi_{cA} - \Psi_{mdA} \cos(\gamma + 2\pi/3) + \Psi_{mqA} \sin(\gamma + 2\pi/3)}{x_{IB}};$$

$$i_{rdA} = \frac{\Psi_{rdA} - \Psi_{mdA}}{x_{2A}}; \quad i_{rqA} = \frac{\Psi_{rqA} - \Psi_{mqA}}{x_{2A}}.$$

Суммарные токи, потребляемые ДА из сети:

$$i_{aДА} = i_{aA} + i_{aB}; \quad i_{bДА} = i_{bA} + i_{bB}; \quad i_{cДА} = i_{cA} + i_{cB}.$$

Проекции потокосцепления в воздушном зазоре по продольной и поперечной осям d и q записываем в виде:

для синхронного двигателя

$$\Psi_{adB} = x_{adB} \left[\frac{2}{3} (i_{aB} \cos \gamma + i_{bB} \cos(\gamma - 2\pi/3) + i_{cB} \cos(\gamma + 2\pi/3)) + i_{fB} + i_{DB} \right];$$

$$\Psi_{aqB} = x_{aqB} \left[-\frac{2}{3} (i_{aB} \sin \gamma + i_{bB} \sin(\gamma - 2\pi/3) + i_{cB} \sin(\gamma + 2\pi/3)) + i_{QB} \right];$$

для синхронизированного асинхронного двигателя

$$\Psi_{mdA} = x_{mdA} \left[\frac{2}{3} (i_{aA} \cos \gamma + i_{bA} \cos(\gamma - 2\pi/3) + i_{cA} \cos(\gamma + 2\pi/3)) + i_{rdA} \right];$$

$$\Psi_{mqA} = x_{mqA} \left[-\frac{2}{3} (i_{aA} \sin \gamma + i_{bA} \sin(\gamma - 2\pi/3) + i_{cA} \sin(\gamma + 2\pi/3)) + i_{rqA} \right].$$

Электромагнитные моменты двигателей определяем по выражениям:

$$m_B = -\Psi_{adB} \left[\frac{2}{3} (i_{aB} \sin \gamma + i_{bB} \sin(\gamma - \frac{2}{3}\pi) + i_{cB} \sin(\gamma + \frac{2}{3}\pi)) \right] -$$

$$-\Psi_{aqB} \left[\frac{2}{3} (i_{aB} \cos \gamma + i_{bB} \cos(\gamma - \frac{2}{3}\pi) + i_{cB} \cos(\gamma + \frac{2}{3}\pi)) \right];$$

$$m_A = -\Psi_{mdA} \left[\frac{2}{3} (i_{aA} \sin \gamma + i_{bA} \sin(\gamma - \frac{2}{3}\pi) + i_{cA} \sin(\gamma + \frac{2}{3}\pi)) \right] -$$

$$-\Psi_{mqA} \left[\frac{2}{3} (i_{aA} \cos \gamma + i_{bA} \cos(\gamma - \frac{2}{3}\pi) + i_{cA} \cos(\gamma + \frac{2}{3}\pi)) \right].$$

Представленные уравнения образуют замкнутый алгоритм, позволяющий исследовать переходные процессы ДА.

В работе были исследованы переходные процессы при следующих видах продольной несимметрии: обрыв фазы A у САД и СД, а также обрыв фазы A линейного провода до общих шин. Обрыв осуществляется мгновенным увеличением активного сопротивления питающего провода.

Ниже представлены результаты переходных процессов при обрыве питающего провода до общих шин двигателей.

Исследовалось влияние момента начала осуществления продольной несимметрии на величины ударных токов и моментов. Для ударных моментов эта зависимость приведена на рис. 5.

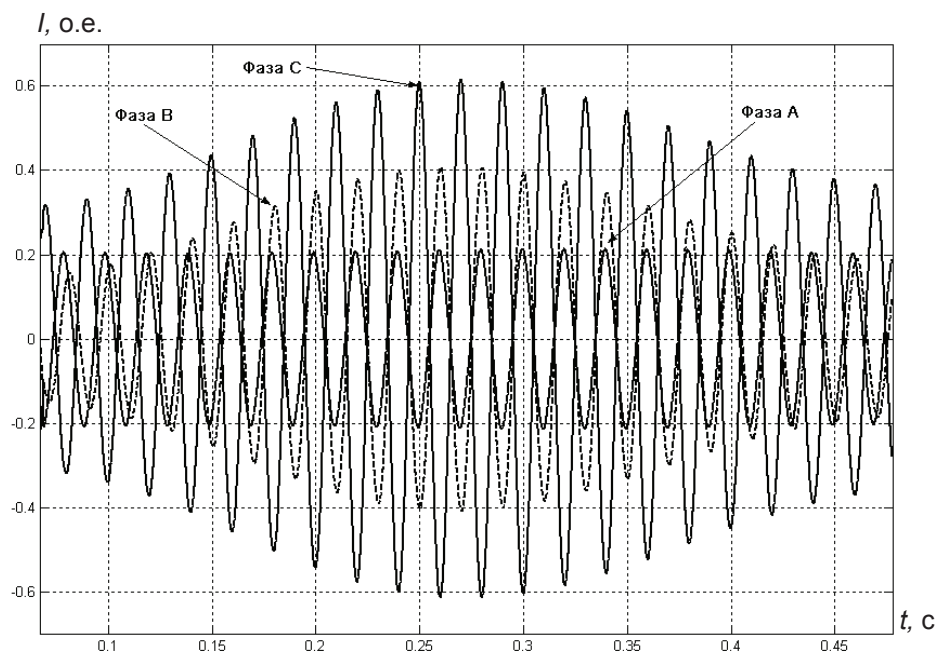


Рис. 1. Токи САД при обрыве линейного провода (фазы А)

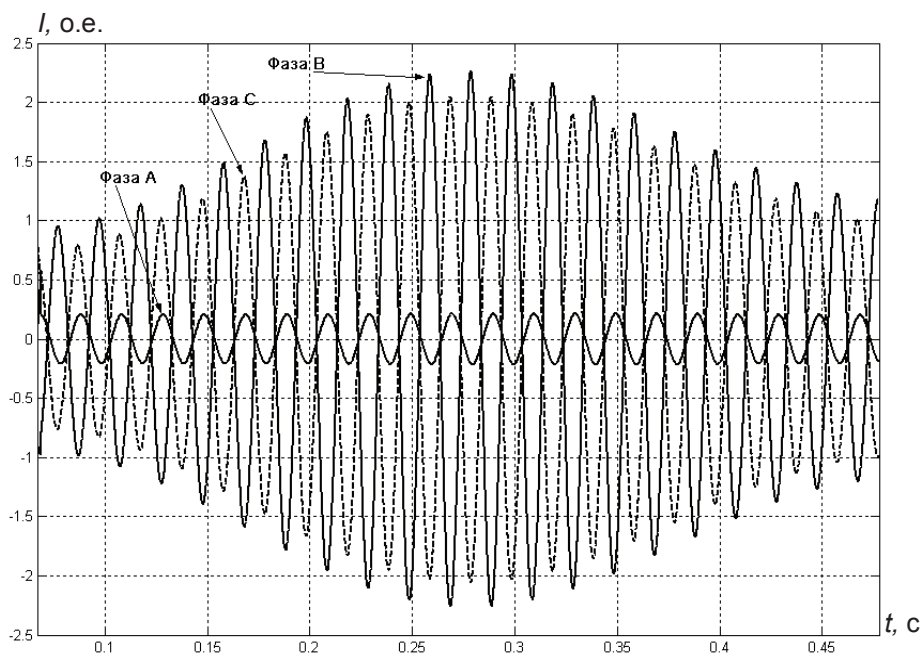


Рис. 2. Токи СД при обрыве линейного провода (фазы А)

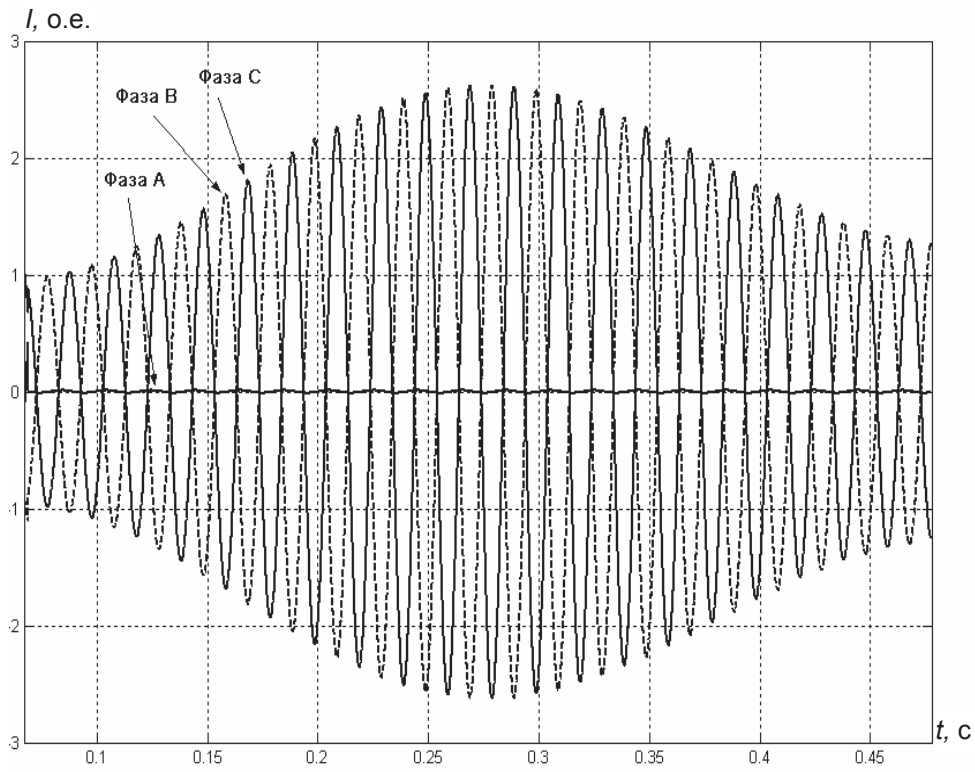


Рис. 3. Токи ДА при обрыве линейного провода (фазы А)

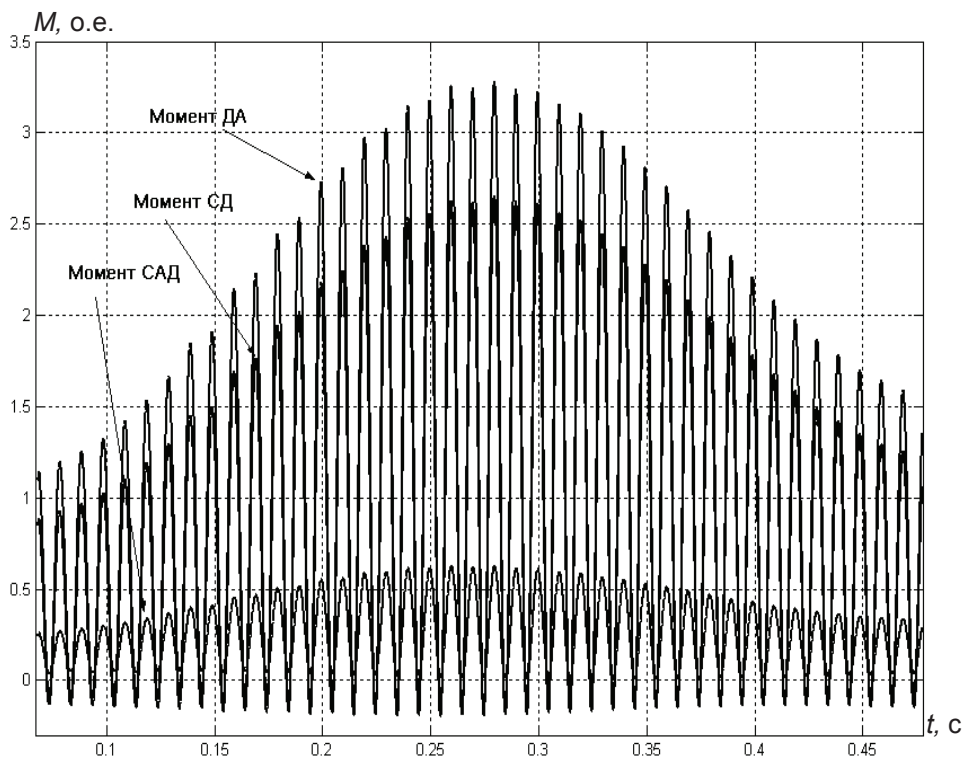


Рис. 4. Электромагнитные моменты при обрыве линейного провода (фазы А)

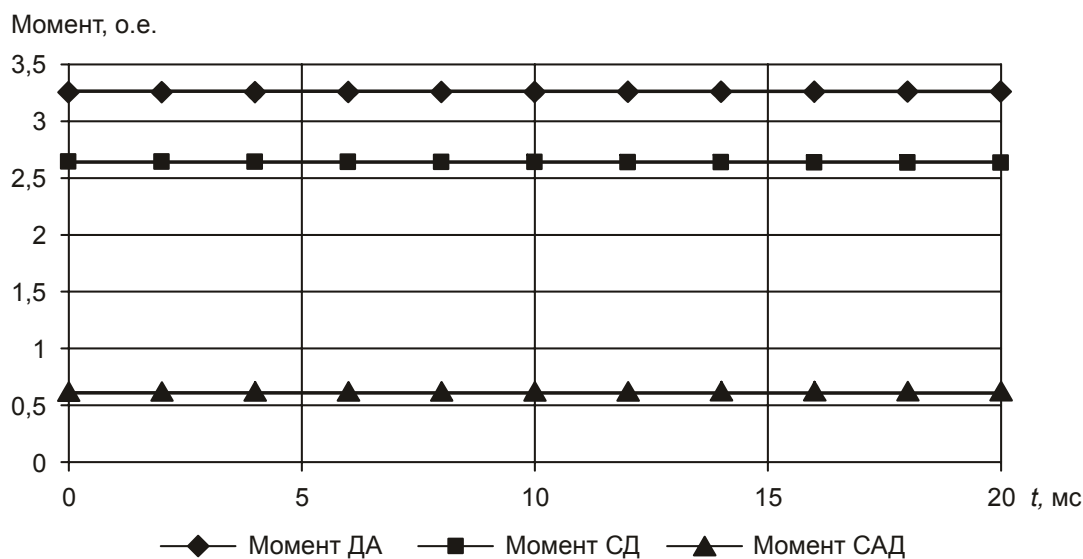


Рис. 5. Зависимость ударных моментов от момента времени начала обрыва линейного провода

Выводы по работе

При обрывах фаз статорных обмоток двигатель с оборванной фазой переходит в однофазный режим, а двигатель с неповреждённой фазой – в трёхфазный несимметричный.

При обрыве линейного провода оба двигателя находятся в однофазном режиме.

Момент начала продольной несимметрии не влияет на величины ударных токов и моментов двигателей.

ДА при этом не выпадает из синхронизма. Продолжительность неполнофазных режимов должна быть ограничена по времени из-за возможного перегрева машин.

Получено 08.12.06.