

Отсюда следует, что возмущающее влияние на ротор локального отклонения мощности ΔW_1 убывает с течением времени; график возмущающего воздействия представлен на рисунке 30.

Первый контакт $i+1$ -й точки с участком ΔL_1 происходит со сдвигом во времени, определяемом расстоянием L/n между точками:

$$t_{1,i+1} = \left[t_1^{3/2} + \frac{3}{2} \left(\frac{M_p}{2W} \right)^{1/2} \frac{L}{n} \right]^{2/3}. \quad (4.10)$$

С учетом (4.10) следующие моменты подхода $i+1$ -й точки к участку ΔL_1 и продолжительности контакта определяются аналогично (4.8) и (4.9), где вместо t_1 и $t_{k,i}$ следует подставить $t_{1,i+1}$ и $t_{k,i+1}$.

В формулах (4.7)–(4.10) использовалось начальное, невозмущенное значение полезной мощности W , с учетом малости величины ΔW_1 по сравнению с W . Более точное значение полезной мощности $W_1 \pm \Delta W_1$.

Картина возмущений резко усложняется, если произойдет несколько нарушений режима разгона: $\pm \Delta W_j$ на участках ΔL_j , в моменты времени t_j , $j = 1, 2, \dots$. Не рассматривая подобную ситуацию, выпишем уравнение возмущенного движения дискретной упруго-вязкой модели ротора в случае одного возмущения $\pm \Delta W_1$. С учетом выражения (4.6) для упругих и диссипативных сил после некоторых преобразований получим:

$$m\ddot{u}_i + \lambda(2\dot{u}_i - \dot{u}_{i-1} - \dot{u}_{i+1}) + C(2u_i - u_{i-1} - u_{i+1}) = \pm \Delta Q_{k,i};$$

$$\Delta Q_{k,i} = \frac{\Delta W_1 M_p^{1/2}}{(2W_1)^{1/2} \left[t_1^{3/2} + \frac{3}{2} \left(\frac{M_p}{2W_1} \right)^{1/2} (k-1)L \right]^{3/2}} \quad (4.11)$$

на интервале времени очередного k -го контакта i -й точки с участком ΔL_1 : $[t_{k,1}, t_{k,i} + \Delta t_{k,i}]$ и $\Delta Q_{k,i} \equiv 0$ на всем остальном интервале времени до момента $t_{k+1,i}$ следующего подхода i -й точки к участку возмущения.

Начальные условия задачи

$$u_i(t_1) = \dot{u}_i(t_1) = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

Интегрирование уравнений (4.11) производится до момента t , когда достигается значение относительной скорости $V_r = V_0 - V_e$. Эти уравнения

представляют собой довольно громоздкую систему линейных неоднородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и почти периодическими правыми частями импульсного характера с убывающей интенсивностью и продолжительностью действия. Решение этих уравнений здесь не приводится.

Схема возмущенного движения дискретной упруго-вязкой модели ротора представляется следующей. В той части ротора, которая проходит над участком возмущения ΔL_1 , возникают вынужденные продольные затухающие колебания точек относительно жесткой «основы» ротора, движущейся по законам (4.2)–(4.3) невозмущенного движения. В частном случае это может быть также апериодическое затухающее движение точек относительно «основы». Части ротора, соседние с возмущающим участком, испытывают возмущающее воздействие от него. В более удаленных частях возмущения затухают до их полного исчезновения. Интенсивность возмущений убывает с увеличением скорости ротора, так как убывают возмущающее воздействие и продолжительность его воздействия на отдельные части ротора.

Здесь возможна некоторая аналогия с волнами цунами, когда по невозмущенной поверхности движется волна наибольшей интенсивности, а за ней волны убывающей интенсивности до их полного затухания. Возможна также аналогия с одиночной волной типа солитона.

Опасность представляют случаи, когда величина локальных отклонений превышает критическое значение, при котором происходят необратимые явления – текучесть материала ротора или его разрушение. Следует исследовать случаи, когда скорость нарастания отклонений превышает звуковую скорость материала ротора и взаимодействие имеет ударный характер.

При наличии нескольких участков возмущений $\Delta L_1, \Delta L_2, \dots$ возможно также явление резонанса, когда частота по отдельности безопасных возмущений совпадает с частотой собственных колебаний ротора, в результате чего амплитуда колебаний возрастает. Необходимо также учитывать, что в реальном роторе такие его параметры, как массы отдельных частей, их жесткости, коэффициенты вязкости, прочностные характеристики и т. д., в общем случае различны.

Основной целью исследований системы уравнений (4.11) является определение характера возмущенного движения, наибольших отклонений, скоростей отклонения, определение допустимых значений возмущающих воздействий, условий смены характера движения, условий возникновения резонанса и т. д. При наличии нескольких возмущений задача резко усложняется.

Основное значение имеют меры по предотвращению или надежной ликвидации всякого рода отклонений от номинального режима работы ТЛС.