

## СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ САМОЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

ДЖАФАРОВ З.С., МУСТАФАЕВ Р.И.

*Азербайджанский институт энергетики и энергетического проектирования*

Требование, чтобы напряжение на шинах собственных нужд крупных электростанций было в любых режимах не ниже 70% номинального, выполняется различными путями [1]. Рассмотрим возможные варианты, связанные с дополнительным включением на шины собственных нужд синхронной машины или батареи конденсаторов, а также частотно управляемых электроприводов.

Для определения влияния синхронной машины на напряжение необходимо провести расчеты динамических характеристик с учетом электромеханических переходных процессов асинхронных и синхронных машин.

Запишем уравнения для асинхронной машины в системе неподвижных координат [2, 3].

В качестве переменных выбираем потокосцепления статора и ротора:

$$\frac{d\psi_{\alpha}}{d\tau} = U_{\alpha} - \alpha_1(\psi_{\alpha} - k_{\tau}\psi_{\alpha\tau}) \quad (1)$$

$$\frac{d\psi_{\beta}}{d\tau} = U_{\beta} - \alpha_1(\psi_{\beta} - k_{\tau}\psi_{\beta\tau}) \quad (2)$$

$$\frac{d\psi_{\alpha\tau}}{d\tau} = k_s\alpha_2\psi_{\alpha} - \alpha_2\psi_{\alpha\tau} - \omega_{\tau}\psi_{\beta\tau} \quad (3)$$

$$\frac{d\psi_{\beta\tau}}{d\tau} = k_s\alpha_2\psi_{\beta} - \alpha_2\psi_{\beta\tau} - \omega_{\tau}\psi_{\alpha\tau} \quad (4)$$

$$H \frac{d\omega_{\tau}}{d\tau} = M_{эл} - M_{нагр} \quad (5)$$

где  $\psi_{\alpha}$ ,  $\psi_{\beta}$  - потокосцепления статора,

$\psi_{\alpha\tau}$ ,  $\psi_{\beta\tau}$  - потокосцепления ротора,

$$\alpha_1 = \frac{r_s x_{\tau}}{\Delta}, \quad \alpha_2 = \frac{r_{\tau} x_s}{\Delta}, \quad k_s = \frac{x_m}{x_s}, \quad k_{\tau} = \frac{x_m}{x_{\tau}},$$

$$\Delta = x_s x_{\tau} - x_m^2$$

Связи между токами статора и потокосцеплениями определяются, исходя из следующих зависимостей:

$$i_{\alpha} = \delta_1 \psi_{\alpha} - k_{\tau} \delta_1 \psi_{\alpha\tau}, \quad i_{\beta} = \delta_1 \psi_{\beta} - k_{\tau} \delta_1 \psi_{\beta\tau}, \quad (6)$$

$$\text{Где } \delta_1 = \frac{x_\tau}{\Delta}$$

Электромагнитный момент машины в уравнении движения:

$$M_{эл} = \delta_2 (\psi_\beta \psi_{\alpha\tau} - \psi_\alpha \psi_{\beta\tau}) \quad (7)$$

$$\text{где } \delta_2 = \frac{x_m}{\Delta}$$

При подключении асинхронной машины к симметричной системе фазных напряжений, напряжение по осям

$$U_\beta = \sin(\tau + \gamma) \quad U_\alpha = \cos(\tau + \gamma) \quad (8)$$

где  $\gamma$  - начальный угол между осью фазы  $\alpha$  и осью  $\alpha$ .

Рассмотрим режим выбега, который предшествует режиму самозапуска.

При отключении электродвигателя от сети, полагая, что разрыв цепи статора происходит мгновенно ( $i_\alpha = i_\beta = 0$ ), уравнение выбега определяется уравнениями (3) – (5) при потокосцеплении статора, равном нулю ( $\psi_\alpha = \psi_\beta = 0$ ).

Ток в роторе уменьшается с постоянной времени при разомкнутой обмотке статора  $I_{ro} = \frac{x_r}{r_r}$ . Из установившегося режима определяются начальные условия (начальные значения потокосцеплений).

При одновременном выключении группы двигателей сборные шины принудительно уравнивают напряжения на зажимах всех двигателей. Хорошее решение можно получить, если принять, что общее напряжение после выключения убывает соответственно экспоненциальному закону. Общая величина коэффициента затухания не равна ни одной из соответствующих отдельных двигателей. Однако, все же можно принять, что различия между отдельными величинами невелики, коэффициент затухания для напряжения лишь немного отличается от каждого [3].

Был проведен сравнительный анализ для трех случаев режимов выбега: а) свободный выбег под действием только момента нагрузки (в этом случае решение получается на основании уравнения (5) при  $M_{эл} = 0$ ); б) выбег, когда напряжение после выключения убывает по экспоненциальному закону; в) выбег при переходных процессах только в роторной цепи при разрыве цепи статора.

Были определены параметры отдельных двигателей. Для питательного насоса имеем следующие значения параметров, представленные в относительных единицах.

$$\begin{array}{llll} r_s = 0,0133, & r_\tau = 0,014, & x_1 = x_2' = 0,1, & x_m = 3,7, \\ x_s = x_\tau = 3,8, & \Delta = 0,818, & \delta_1 = 5,61, & \delta_2 = 5,5, \\ k_s = 0,98 = k_\tau, & \alpha_1 = 0,056, & \alpha_2 = 0,092. & \end{array}$$

Соответственно для дымососа:

$$\begin{array}{llll} r_s = 0,005, & r_\tau = 0,0107, & x_1' = 0,1, & x_2' = 0,14, \\ x_m = 2,5, & x_s = 2,6, & x_\tau = 2,64, & \\ \Delta = 0,614, & & & \end{array}$$

$$\delta_1 = 4,3, \quad \delta_2 = 4,07, \quad k_s = 0,961,$$

$$k_\tau = 0,946,$$

$$\alpha_1 = 0,0202, \quad \alpha_2 = 0,045$$

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие различные режимы выбега. Кривые 1, 2, 3, 4 определяют зависимости частоты вращения от времени  $\omega^* = f(\tau)$ , кривая 5 определяет изменение напряжения убывающего по экспоненциальному закону. Кривые 1 и 2 относятся к режиму свободного выбега. Кривая 2 относится к выбегу дымососа. Кривая 1 относится к выбегу питательного насоса. Групповой выбег характеризуется практически кривой 1. Кривые 3 и 4 соответственно определяют зависимости, полученные на основании решения системы уравнений (1)-(5) при экспоненциальном законе изменения напряжения в соответствии с кривой 5. Как видно из приведенных кривых, напряжение практически затухало через  $\tau = 1000$  (через 3,18 с. Напряжение составляет 3,5 % от первоначального). В таблице 1 представлены значения частоты вращения в режиме выбега, в процентном отношении по отношению к первоначальному.

Таблица 1

t(с)	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45
$\omega_1, \%$	88,7	82,3	78,3	74,2	70,2	66,2
$\omega_2, \%$	91,3	85,8	82,3	79,0	75,8	72,7
$\omega_3, \%$	97,0	91,9	86,4	81,8	77,3	73,7
$\omega_4, \%$	97,0	94,9	91,0	86,4	82,8	78,8

Значение  $\omega_1$  относится к групповому выбегу,  $\omega_2$  относится к выбегу дымососа,  $\omega_3$  относится к питательному насосу при изменении напряжения по кривой 5,  $\omega_4$  относится к дымососу при изменении напряжения по кривой 5.

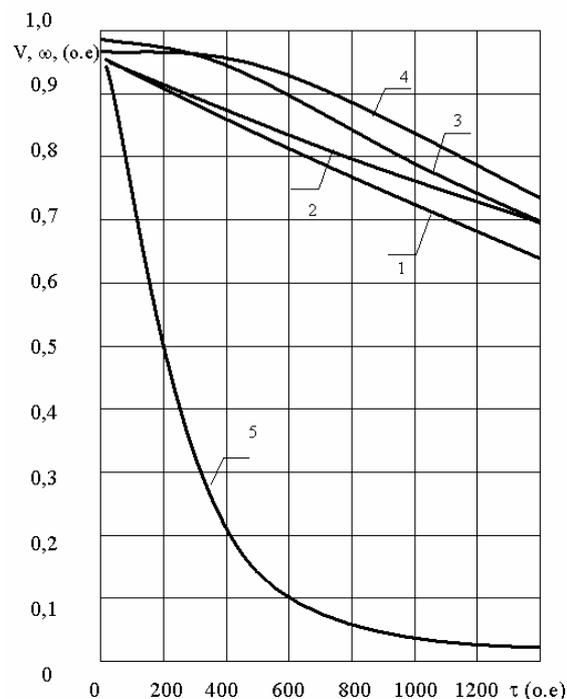


Рис.1. Кривые выбега двигателей первой секции

Режимы выбега при разомкнутых статорных обмотках и при коротком замыкании вблизи вывода двигателей мало отличаются от режима свободного выбега.

Такие данные имеются и в литературе [4], где указано, что только при малых механических постоянных времени (порядка одной секунды) разница становится существенной. Поскольку мы исследуем двигатели СН с большими постоянными времени, эта разница оказалась несущественной.

Рассмотрим возможность использования конденсаторов для поддержания частоты вращения двигателей при отключении напряжения с целью повышения устойчивой их работы и обеспечения режима самозапуска. В случае подключения конденсаторов, напряжение будет определяться напряжением конденсатора, т.е.

$$U_{\alpha} = U_{\alpha k}, \quad U_{\beta} = U_{\beta k}$$

Поскольку уравнения относим к неподвижным координатным осям, связь между составляющими напряжения и тока определяется по известным уравнениям [5]

$$\frac{dU_{\alpha k}}{d\tau} = x_{\text{конд}} i_{\alpha k} \quad (9)$$

$$\frac{dU_{\beta k}}{d\tau} = x_{\text{конд}} i_{\beta k} \quad (10)$$

Причем ток конденсатора определяется суммой токов электродвигателей. Токи электродвигателей определяются согласно выражениям (6)

При выборе мощности конденсаторных батарей исходили из реактивной мощности электродвигателей. Были проведены расчеты по подбору емкости. При увеличении емкости резко возрастало напряжение, что явно недопустимо. Увеличение мощности конденсаторов при определенных соотношениях  $x_{\text{конд}}$  может отрицательно сказываться на устойчивости нагрузки, что отмечается в литературе [5].

При выбранной мощности конденсаторов  $Q=5,27$  МВАр ёмкость на одну фазу составляет:

$$C = \frac{5,27 \cdot 10^6}{314 \cdot (3,464)^2 \cdot 3} = 1400 \quad \text{мкФ}$$

Ёмкостое сопротивление  $x_{\text{конд}} = 6,834$  Ом. При базовом сопротивлении  $r_{\text{баз}} = 3,96$  Ом, имеем  $x_{\text{конд}}^* = 1,726$ . Проведенные расчеты при выбранной мощности конденсаторов показали, что подключение конденсаторов не оказало существенного влияния на поддержание частоты вращения электродвигателей в процессе выбега. Практически частота вращения осталась такой же, как при свободном выбега. Так через 3 сек. при включенных конденсаторах частота вращения была выше всего на 4-5 % по сравнению с режимом свободного выбега. Это можно объяснить тем, что электромагнитные моменты весьма быстро затухают и практически режим выбега аналогичен режиму свободного выбега. Фактически, через 0,2 сек. электромагнитные моменты затухли (при  $\tau = 60 \quad M_{\text{эл}} \approx 0,022$ ).

Рассмотрим вариант с питанием шин СН при условии включения на эти шины синхронного компенсатора (СК). Для исследования влияния подключения СК составлена математическая модель, на основе которой были проведены расчеты переходных процессов.

Уравнения синхронной машины, работающей в режиме компенсатора, соответствуют уравнениям синхронного двигателя [6]. При решении системы полных уравнений Парка-Горева в общем случае содержатся составляющие с периодом  $\approx 0,02$

сек. Это вынуждает при численном интегрировании уравнений применять очень малый шаг интегрирования. В то же время в расчетах многомашинных систем при большой маховой массе, при малом активном сопротивлении обмотки статора, учет апериодических составляющих токов статора не играет решающей роли, при этом вполне можно пренебречь трансформаторной ЭДС статора. В этом случае урощенные уравнения, записанные в системе вращающихся координат  $d, q$ , связанных с ротором синхронной машины, (положительное вращение ротора и координатных осей против часовой стрелки, ось  $q$  опережает ось  $d$  на  $90^\circ$ ) записываются в следующем виде:

$$\frac{d\psi_B}{d\tau} = U_B + a_{11}\psi_B + a_{12}\psi_{Дd} + a_{13}i_d \quad (11)$$

$$\frac{d\psi_{Дd}}{d\tau} = a_{21}\psi_B + a_{22}\psi_{Дd} + a_{23}i_d \quad (12)$$

$$\frac{d\psi_{Дq}}{d\tau} = a_{31}\psi_{ДB} + a_{32}i_q \quad (13)$$

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \frac{1}{H_1}(M_{\text{мех}} + M_{\text{эмс}}) \quad (14)$$

где  $\psi_d = k_{15}i_d + k_{16}\psi_B - k_{17}\psi_{Дd}$  ,  
 $\psi_q = k_{19}i_q + k_{20}\psi_{Дq}$   
 $M_{\text{эмс}} = \psi_d i_q - \psi_q i_d$  ,  $U_d = -\omega\psi_q$  ,  $U_q = -\omega\psi_d$

Коэффициенты  $a_{11} \div a_{32}$  определяются через параметры машины:

$$a_{11} = r_B(k_7k_{16} - k_6) , \quad a_{12} = r_B(k_8 - k_7k_{17}) , \quad a_{13} = r_Bk_7k_{15} ,$$

$$a_{21} = r_{Дd}(k_{10}k_{16} + k_{11}) , \quad a_{22} = r_{Дd}(k_{10}k_{17} + k_9) ,$$

$$a_{23} = r_{Дd}k_{10}k_{15} ,$$

$$a_{31} = r_{Дq}(k_{13}k_{20} - k_{12}) , \quad a_{32} = r_{Дq}k_{13}k_{19}$$

$$k_1 = \frac{x_B x_{Дd} - x_{ad}^2}{\Delta} , \quad k_2 = k_7 = \frac{x_{ad}(x_{Дd} - x_{ad})}{\Delta} ,$$

$$k_3 = k_{10} = \frac{x_{ad}(x_B - x_{ad})}{\Delta} , \quad k_4 = \frac{x_{Дq}}{\Delta'} ,$$

$$k_5 = k_{13} = \frac{x_{aq}}{\Delta'}$$

$$k_6 = \frac{x_d x_{Дd} - x_{ad}^2}{\Delta}, \quad k_8 = k_{11} = \frac{x_{ad}(x_d - x_{ad})}{\Delta},$$

$$k_9 = \frac{x_d x_B - x_{ad}^2}{\Delta}$$

$$k_{12} = \frac{x_q}{\Delta'}, \quad k_{13} = \frac{x_{aq}}{\Delta'}, \quad k_{14} = k_1 x_d - k_3 x_{ad},$$

$$k_{15} = \frac{1}{k_1},$$

$$k_{16} = \frac{x_{ad}(k_{16} - k_{11})}{k_1 x_d}, \quad k_{17} = \frac{x_{ad}(k_8 - k_9)}{k_1 x_d},$$

$$k_{18} = \frac{x_q x_{Дq}}{\Delta'}$$

$$k_{19} = \frac{x_q}{k_{18}}, \quad k_{20} = \frac{x_{aq}}{x_{Дq}},$$

$$\Delta = x_d x_B x_{Дd} + 2x_{ad} - x_{ad}(x_d + x_B + x_{Дd}),$$

$$\Delta' = x_q x_{Дq} - x_{aq}^2$$

Уравнения асинхронного двигателя при совместном решении с уравнениями СК также записываем в системе вращающихся координат d и q с частотой  $\omega$  синхронной машины. Причем в качестве переменных были выбраны токи статора  $i_{dн}$ ,  $i_{qн}$  и потокосцепления ротора  $\Psi_{dr}$ ,  $\Psi_{qr}$ :

$$\frac{di_{dн}}{d\tau} = \frac{1}{\delta x_s} U_d - A i_{dн} + \omega i_{qн} + B \Psi_{dr} + C \omega_n \Psi_{qr} \quad (15)$$

$$\frac{di_{qн}}{d\tau} = \frac{1}{\delta x_s} U_q - A i_{qн} - \omega i_{dн} + B \Psi_{qr} - C \omega_n \Psi_{dr} \quad (16)$$

$$\frac{d\Psi_{dr}}{d\tau} = -\alpha_r \Psi_{dr} + \alpha_r x_m i_{dн} + (\omega - \omega_n) \Psi_{qr} \quad (17)$$

$$\frac{d\Psi_{qr}}{d\tau} = -\alpha_r \Psi_{qr} + \alpha_r x_m i_{qн} - (\omega - \omega_n) \Psi_{dr} \quad (18)$$

$$\frac{d\omega_n}{d\tau} = \frac{1}{H_2} (M_{ЭМАД} - M_H) \quad (19)$$

где  $\delta = 1 - \frac{x_m^2}{x_s x_r}$  - коэффициент рассеяния

$$\alpha'_s = \frac{\alpha_s}{\delta}, \quad \alpha'_r = \frac{\alpha_r}{\delta} - \text{коэффициенты затухания статора и ротора}$$

$$\alpha_s = \frac{r_s}{x_s}, \quad \alpha_r = \frac{r_r}{x_r}, \quad x_s = x'_1 + x_m, \quad x_r = x'_2 + x_m$$

$$k_s = \frac{x_m}{x_s}, \quad k_r = \frac{x_m}{x_r}, \quad A = \alpha'_s + k_s k_r \alpha'_r,$$

$$B = \frac{\alpha'_r k_s}{x_r}, \quad C = \frac{k_s}{\delta x_r}, \quad M_{\text{ЭМАД}} = k_r (\psi_{dr} i_{qn} - \psi_{qr} i_{dn})$$

Для расчета группового выбега асинхронные и синхронные машины должны описываться уравнениями Парка-Горева (9)-(17). При записи уравнений (15)-(19) для каждого отдельного асинхронного двигателя система становится слишком громоздкой, в силу этого была произведена замена реальных двигателей при их эквивалентировании.

Уравнения для питательного насоса были записаны при его реальных параметрах. Остальная группа двигателей была представлена одним эквивалентным электродвигателем. Определение параметров эквивалентного асинхронного двигателя проводилось на основе методики, представленной в [5].

В таблице 2 приведены данные по эквивалентированию асинхронных двигателей на первой секции.

Номинальная мощность эквивалента определяется суммарной мощностью двигателей:

$$P_{\text{номэ}} = \sum_{j=1}^8 P_{\text{ном}j} \quad (20)$$

$$Q_{\text{номэ}} = \sum_{j=1}^8 Q_{\text{ном}j} \quad (21)$$

Коэффициент мощности определяется соответственно соотношению

$$\text{tg } \varphi_{\text{номэ}} = \frac{Q_{\text{номэ}}}{P_{\text{номэ}}} \quad (22)$$

Весовые множители

$$W_{\text{pij}} = \frac{P_{\text{ном}j}}{P_{\text{номэ}}}, \quad W_{\text{sij}} = \frac{S_{\text{ном}j}}{S_{\text{номэ}}} \quad (23)$$

где  $S_{\text{номэ}} = 7510$  кВА - кажущая мощность.

Расчетная формула для пускового тока

$$J_{\text{нэ}} = \sum_{j=1}^8 J_{\text{н}j} W_{\text{sj}} \quad (24)$$

Коэффициент загрузки

$$k_{\text{зэ}} = \sum_{j=1}^8 k_{\text{з}j} W_{\text{p},j} \quad (25)$$

где  $k_{\text{з}j} = \frac{P_j}{P_{\text{ном}j}}$

Максимальный момент

$$m_{\text{макс}} \approx \sum_{j=1}^8 S_{\text{ном}j} W_{p,j} \quad (26)$$

Номинальное скольжение

$$S_{\text{номэ}} \approx \sum_{j=1}^8 S_{\text{ном}j} W_{s,j} \quad (27)$$

Таблица 2

Параметры	2 ДВ	3 ДРГ	4 КЭМ	5 ЦН	6 СНПНД	7 БЭН	8 ПНЭ	I Д	эквив.
$P_{\text{ном}}$ , кВт ( $S_{\text{ном}}$ )	1600 (1882)	800 (919)	320 (355)	800 (1000)	250 (238)	500 (543)	320 (372)	1700 (2125)	6290
$Q_{\text{ном}}$ , кВАр	1000	453	155	599	121	212	190	1274	4104
$U$ , кВ	6	6	6	6	6	6	6	6	6
$\cos \varphi_{\text{ном}}$	0,85	0,87	0,9	0,8	0,9	0,92	0,86	0,8	0,837
$S_{\text{ном}}$	0,006	0,006 7	0,0133	0,01	0,0133	0,00667	0,015	0,002	0,00621
$k_i$	6,3	6,8	6,5	5,2	6,5	6	6	4,5	5,65
$m_n$	0,7	1,05	1,5	0,8	1,3	1,2	1,2	0,9	0,5
$m_{\text{макс}}$	2,3	2,6	2,4	2,5	2,4	2,2	2,2	2,25	2,33
$m_{\text{стат}}$	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
$k_3$	0,8	0,5	0,75	0,75	0,65	0,65	0,8	0,7	0,7065
$H_{i,c}$	19	2,03	1,18	2,03	1,26	0,9	1,31	9	2,92
$W_{p,i}$	0,254	0,127	0,0509	0,127	0,0397	0,079	0,0509	0,27	
$W_{s,i}$	0,244	0,11	0,038	0,146	0,029	0,052	0,046	0,31	

Эквивалентное значение механической постоянной инерции определяется из условия равенства модулей проводимости к концу перерыва питания

$$H_{j_3} \approx \left( \sum_{j=1}^8 \frac{W_{s,j}}{H_j} \right)^{-1} \quad (28)$$

Использование величины средневзвешенной механической постоянной инерции может привести к существенной ошибке. Пусковой момент эквивалентного двигателя при  $S=1$  также отличается от средневзвешенного значения.

В соответствии с выражениями (2.1), (2.2), (2.6) были определены активные и индуктивные сопротивления:

$$r'_{21_3} = 0,1 \text{ Ом}, \quad r'_{1_3} = r'_{20_3} = 0,024 \text{ Ом} \quad x'_{10} = x'_{20_3} = 0,424 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление взаимной индукции

$$x_m = \frac{U_{1\phi} - J_{mo} x_{10}}{J_{mo}} \quad (29)$$

где

$$J_{mo} = J_{1\text{ном}} [\sin \varphi_{\text{ном}} - \cos \varphi_{\text{ном}} (m_{\text{макс}} - \sqrt{m_{\text{макс}}^2 - 1})] \quad (30)$$

При вычисленных значениях параметров эквивалентного двигателя имеем: ток холостого хода  $J_{mo} = 259 \text{ А}$ ,  $x_m = 12,95 \text{ Ом}$ .

Соответственно  $x_s = x_r = (x_m + x_{10}) = 13,374$  Ом.

В качестве синхронной машины была выбрана машина мощностью 15 МВА с параметрами:

$$\begin{aligned} x_d &= 1,58, & x'_d &= 0,28, & x''_d &= 0,15, & x_q &= 0,94, \\ T_{do} &= 7,5с, & x_{ad} &= 1,48, & x_{aq} &= 0,84, & r_B &= 0,00072, \\ x_B &= 1,685, & r_{Dd} &= 0,012, & x_{Dd} &= 1,55, & x_{Dq} &= 0,893, \\ H &= 2,55с \end{aligned}$$

В качестве базисного сопротивления было выбрано сопротивление СМ ( $Z_{баз} = 2,4$  Ом).

Для электродвигателя питательного насоса, при принятом  $Z_{баз}$ , имеем

$$\begin{aligned} r_1^* &= 0,0219, & r_2^{*'} &= 0,0229, & x_\mu^* &= 6,103, & x_s^* &= 6,291, \\ x_r^* &= 6,361. \end{aligned}$$

Для эквивалентного электродвигателя:  $r_1^* = 0,01, r_{21}^{*'} = 0,042,$   
 $x_\mu = 5,95,$

$$x_s = x_r = 6,1.$$

Начальные условия были определены из установившегося режима. В режиме работы синхронного компенсатора угол  $\theta = 5 \div 10$ . При пренебрежении трансформаторной ЭДС статора имеют место следующие отношения:

$$\begin{aligned} U_d &= -\omega\psi_q = -U_m \sin \theta & U_q &= \omega\psi_d = U_m \cos \theta \end{aligned} \quad (31)$$

Начальные условия были рассчитаны из условия, что после отключения питающего напряжения электромагнитный момент синхронной машины определяется электромагнитными моментами асинхронных двигателей.

Расчет был подготовлен при следующих начальных условиях:

$$\psi_B = 1,4615, \quad \psi_{Dd} = 0,8957, \quad \psi_{Dq} = 0,376, \quad \omega_{см} = 1$$

На рис. 2 представлены кривые, характеризующие режим выбега с синхронной машиной. Кривые 1,2 определяют зависимость частоты вращения двигателей питательного насоса и эквивалентного двигателя, частота вращения синхронной машины практически совпадает с частотой вращения эквивалентного двигателя. Кривая 3 характеризует электромагнитный момент синхронной машины. Были проведены расчеты при условии, когда маховый момент синхронной машины значительно увеличен. В этом случае кривые 4,5 характеризуют закон изменения частоты вращения двигателей питательного насоса и эквивалентного двигателя. Изменение частоты вращения СМ совпадает с законом изменения двигателя питательного насоса (кривая 4).

При перерыве в 3 секунды частота вращения питательного насоса упала на 10%, в то время, как при исходном маховом моменте падение частоты вращения составило  $\Delta\omega = 30\%$ .

При перерыве в одну секунду при большом маховом моменте  $\omega = 0,97$  ( $\Delta\omega = 3\%$ ), в то время, как при исходном маховом моменте  $\omega = 0,87$  ( $\Delta\omega = 13\%$ ). Синхронная машина работает в режиме генератора, поддерживая напряжение на шинах при выбеге, если она имеет большую механическую постоянную инерции и меньшую нагрузку.

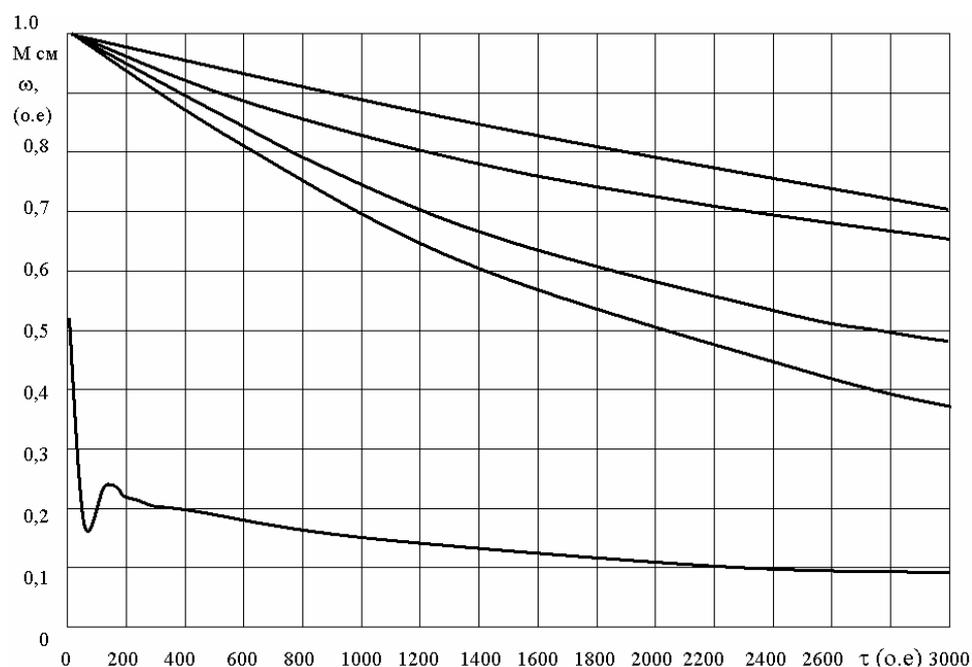


Рис.2. Кривые выбега двигателей первой секции при включении на шины синхронной машины

И, наконец, рассмотрим случай самозапуска, когда двигатель питательного насоса питается от отдельного частотного преобразователя. В этом случае самозапуск этого двигателя будет происходить так же, как при частотном пуске [7], поэтому в этом случае его можно исключить при определении группового выбега. Также при перерыве питания в 3 секунды частота вращения эквивалентного электродвигателя изменяется всего лишь на 15%, тогда как при отсутствии частотного преобразователя двигателя питательного насоса частота вращения эквивалентного электродвигателя изменяется на 25%.

Таким образом, применение частотного преобразователя только для одного двигателя (питательного насоса) улучшает условия самозапуска на 70%. Практически можно вообще избежать проблемы самозапуска, если оснастить другие двигатели СН частотными преобразователями.

- 
1. Повышение надежности собственных нужд блоков с помощью синхронных компенсаторов. Экспресс – информация. Серия «Электрические сети и системы за рубежом», выпуск 9, М.1990.
  2. *Веников В.А.* Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.:высшая школа, 1985
  3. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока. М.Л.: ГЭИ, 1963
  4. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей. – М.: Энергия, 1974.
  5. *Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е.* Устойчивость нагрузки электрических систем. – М.: Энергоиздат, 1981.
  6. *Янко-Триницкий Л.А.* Новый метод анализа работы синхронных двигателей при резкопеременных нагрузках. – М.–Л.: ГЭИ, 1958.
  7. *Мустафаев Р.И., Джафаров З.С.* Особенности частотного пуска и управления электропривода питательного насоса ТЭС. Изв ВУЗ СНГ, Электромеханика №5, 2004.

# **İSTİLİK ELEKTRİK STANSİYALARININ ÖZ EHTİYAC MÜHƏRRİKLƏRİNİN ÖZ-ÖZÜNƏ İŞƏ DÜŞMƏSİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI ÜSULLARI**

**CƏFƏROV Z. S., MUSTAFAYEV R.İ.**  
**AKTİV İNDUKTİV YÜKLÜ TEZLİK BÖLƏNİ**

ABDALOV Ş.İ.

Bu məqalədə, sinxron maşın və yaxud kondensator batareyalarının öz ehtiyac mühərriklərinin şınalarına əlavə qoşmanın mümkünlüyü variantlarına baxılmışdır. Həmçinin, bəsləyici nasos mühərrikinin ayrıca tezlik dəyişdiricisindən enerji aldığı öz-özünə işə düşmə halı da müzakirə edilmişdir. Tezlik dəyişdiricisinin yalnız bir mühərrik (bəsləyici nasos) üçün tətbiq edilməsi öz-özünü işə düşmə vəziyyətini 70% yaxşılaşdırır. Praktiki olaraq, başqa öz ehtiyac mühərrikləri tezlik dəyişdiricilərlə təchiz edilərsə ümumiyyətlə, öz-özünü işə düşmə problemindən qurtarmaq olar.

## **METHODS TO IMPROVE SELF-TRIGGERING OF AUXILIARY MOTOR ON THERMAL ELECTRICAL STATIONS**

**JAFAROV Z.S., MUSTAFAYEV R.I.**

Possible variants concerned with additional engaging of synchronous machine or capacitor bank to auxiliary power supply line considered in that article.

Self-triggering case of feed-pump motor, powered from individual frequency converter, was also examined. Use of frequency converter only for one motor (feed-pump) improves self-triggering conditions by 70%. Practically, self-triggering problem can be avoided if provide other auxiliary motors with frequency converters.