

П. А. КЯЛЯН

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА БЕСКОНТАКТНОЙ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

2. БЕСКОНТАКТНАЯ УПРАВЛЯЕМАЯ МАШИНА (БУМПТ)

Машина двойного питания при определенных функциях регулирования напряжения управления может иметь все особенности управляемой машины переменного тока. К обмоткам такой машины подводятся напряжения, состоящие из двух слагаемых—напряжения компенсации и напряжения управления. Первая составляющая нейтрализует электромагнитную инерционность (э. д. с. самоиндукции и э. д. с. взаимной индукции) обмоток машины, а вторая задает необходимую функцию напряжения управления. Различают полностью управляемые и частично управляемые машины переменного тока. Полностью управляемой называют машину, у которой напряжение компенсации полностью нейтрализует электромагнитную инерционность обмоток, а на напряжение управления не накладываются ограничения. Частично управляемой называют машину, у которой напряжение компенсации частично нейтрализует электромагнитную инерционность обмоток или напряжение управления ограничивается определенными условиями [1]. В свете изложенного проанализируем возможности бесконтактной машины двойного питания (БМДП) как бесконтактной управляемой машины переменного тока (БУМПТ).

Система дифференциальных уравнений, описывающая неустановившийся режим работы БМДП, записанная в относительных единицах и синхронных осях ($d_c q_c$), имеет следующий вид [2, 3]:

$$\begin{aligned} \bar{u}_1 &= r_1 \bar{i}_1 + (p + j)(x_1 \bar{i}_1 + x_{af1} \bar{i}_{p1}) \\ 0 &= r_p \bar{i}_{p1} + (p - js_1)(x_{af1} \bar{i}_1 + x_{af2} \bar{i}_2^* + x_p \bar{i}_{p1}) \\ u_2^* &= r_2 \bar{i}_2^* + (p - j\omega_2)(x_2 \bar{i}_2^* + x_{af2} \bar{i}_{p1}) \\ M_b &= Jps_1 + \operatorname{Re}j(x_{af1} \bar{i}_1 \bar{i}_{p1}^* - x_{af2} \bar{i}_2 \bar{i}_{p1}) \end{aligned} \quad (1)$$

В этой системе первое уравнение представляет уравнение статорной обмотки, второе—уравнение роторной обмотки, третье—уравнение обмотки управления и четвертое—уравнение моментов или уравнение движения.

Исследование БМДП начнем с анализа статорной обмотки.

В электрических машинах переменного тока при промышленной частоте напряжения 50 гц и выше величиной активного сопротивления и переходными процессами статорной обмотки можно пренебречь [1]. Приняв $r_1 = 0$, $p = 0$, можно с учетом (1) записать уравнение, описывающее неустановившийся режим статорной обмотки, в следующем виде:

$$\bar{u}_1 = j(x_1 \bar{i}_1 + x_{af1} \bar{i}_{p1}). \quad (2)$$

Частота напряжения обмотки управления определяется выражением [2]

$$\omega_2 = h + s_1(1 + h), \quad (3)$$

где $h = p_2/p_1$ — отношение чисел полюсов вспомогательной и основной машин, s_1 — скольжение БМДП.

При скольжениях ротора $s_1 = s_0 = -h/(1 + h)$ в обмотке управления протекает постоянный ток ($\omega_2 = 0$), и ее индуктивное сопротивление становится равным нулю. Очевидно, что в таких случаях активным сопротивлением и переходными процессами в обмотке управления пренебрегать нельзя. Однако нетрудно с помощью дополнительной составляющей напряжения обмотки управления нейтрализовать ее электромагнитную инерционность. В уравнении обмотки управления системы (1) слагаемое $(p - j\omega_2)(x_2 \bar{i}_2 + x_{af2} \bar{i}_{p1})$ представляет э. д. с.; обусловленную переходными процессами. При этом $(p - j\omega_2)x_2 \bar{i}_2$ — э. д. с. самоиндукции, а $(p - j\omega_2)x_{af2} \bar{i}_{p1}$ — э. д. с. взаимной индукции, наведенные в обмотке управления соответственно токами \bar{i}_2 и \bar{i}_{p1} . Полагаем, что напряжение обмотки управления (u_2^*) состоит из двух слагаемых — напряжения управления (u_{2y}^*) и напряжения компенсации (u_{2ky}^*), т. е.

$$u_2^* = u_{2y}^* + u_{2ky}^*. \quad (4)$$

Тогда уравнение обмотки управления системы (1) с учетом (4) можно записать так:

$$u_{2y}^* + u_{2ky}^* = r_2 \bar{i}_2 + (p - j\omega_2)(x_2 \bar{i}_2 + x_{af2} \bar{i}_{p1}). \quad (5)$$

Напряжение компенсации предназначено для нейтрализации электромагнитной инерционности обмотки управления и должно быть равно сумме э. д. с. самоиндукции и взаимной индукции этой обмотки, т. е.

$$u_{2ky}^* = (p - j\omega_2)(x_2 \bar{i}_2 + x_{af2} \bar{i}_{p1}). \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), получим $u_{2y}^* = r_2 \bar{i}_2$, откуда

$$\bar{i}_2 = \frac{u_{2y}^*}{r_2}. \quad (7)$$

Таким образом, при компенсации электромагнитной инерционно-

сти обмотка управления представляется активным сопротивлением, в котором ток безынерционно следует за изменением напряжения управления. Метод компенсации электромагнитной инерционности изложен в ряде работ (см., например, [1]). Известно, что формирование напряжения компенсации с помощью производных по току является сложной, аппаратно трудно осуществляемой задачей. Покажем, что для БМДП соотношение (7) можно получить с помощью жесткой отрицательной обратной связи по току обмотки управления. Примем, что напряжение обмотки управления определяется выражением

$$u_2^* = K(u_{2y}^* - r_2 i_2^*). \tag{8}$$

С учетом (8) уравнение обмотки управления системы (1) можно представить следующим образом

$$K(u_{2y}^* - r_2 i_2^*) = r_2 i_2^* + (p - j\omega_2)(x_2 i_2^* + x_{af2} \bar{i}_{p1}). \tag{9}$$

Можно записать (9) в несколько ином виде

$$u_{2y}^* = r_2 i_2^* + \frac{1}{K} [r_2 i_2^* + (p - j\omega_2)(x_2 i_2^* + x_{af2} \bar{i}_{p1})]. \tag{10}$$

Отсюда видно, что при больших значениях коэффициента обратной связи (K) второй член уравнения (10) стремится к нулю (при ограниченных значениях остальных величин). Наличие безынерционной системы управления позволит использовать большие значения коэффициента отрицательной обратной связи (K), при которых с высокой точностью обеспечивается равенство

$$i_2^* = \frac{u_{2y}^*}{r_2}. \tag{11}$$

Выражение (11) не отличается от полученного ранее (7).

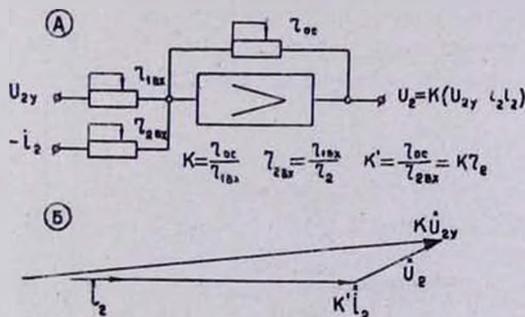


Рис. 1. Отрицательная обратная связь по току управления.

Напряжение (8) можно получить на выходе суммирующего звена, структурная схема которого показана на рис. 1, А. На рис. 1, Б приведена

векторная диаграмма, представляющая (8). Отсюда видно, что для заданного u_2^* при больших значениях K ток обмотки управления (i_2^*) практически совпадает с напряжением управления (u_2^*).

Частота тока роторной обмотки определяется скольжением ротора $\omega_s = -s_1\omega_1 = -s_1$. [2]. Следовательно, при скоростях ротора, близких к синхронной, величина индуктивного сопротивления роторной обмотки может стать соизмеримой с величиной активного сопротивления. Без предварительного расчета нельзя пренебречь величиной активного сопротивления и переходными процессами роторной обмотки. При скольжении ротора, близких к нулю, такое упрощение уравнения роторной обмотки может привести к ошибочным результатам. Аналогично случаю обмотки управления, можно и здесь использовать методы, дающие возможность нейтрализовать электромагнитную инерционность роторной обмотки БМДП. В уравнении роторной обмотки системы (1) слагаемое $(p - js_1)(x_{af1}\bar{i}_1 + x_{af2}i_2^* + x_p\bar{i}_{p1})$ представляет э. д. с., обусловленную переходными процессами. При этом $(p - js_1)x_{af1}\bar{i}_1$ и $(p - js_1)x_{af2}i_2^*$ представляют э. д. с. взаимной индукции, а $(p - js_1)x_p\bar{i}_{p1}$ — э. д. с. самоиндукции, наведенные в роторной обмотке соответственно токами \bar{i}_1 , i_2^* и \bar{i}_{p1} . Очевидно, что можно нейтрализовать их влияние с помощью дополнительной составляющей напряжения обмотки управления. В этом случае напряжение, приложенное к обмотке управления (u_2^*), в отличие от (4) должно состоять из трех слагаемых

$$u_2^* = u_{2y}^* + u_{2ky}^* + u_{2kp}^*, \quad (12)$$

где u_{2y}^* — напряжение управления;
 u_{2ky}^* — напряжение компенсации, нейтрализующее электромагнитную инерционность обмотки управления;
 u_{2kp}^* — напряжение компенсации, нейтрализующее электромагнитную инерционность обмотки ротора.

Электромагнитная инерционность роторной обмотки может быть нейтрализована, если ток в обмотке управления будет изменяться таким образом, чтобы в уравнении роторной обмотки системы (1) выполнялось условие

$$x_{af1}\bar{i}_1 + x_{af2}i_2^* + x_p\bar{i}_{p1} = 0. \quad (13)$$

В этом случае уравнение роторной обмотки принимает вид $r_p\bar{i}_{p1} = 0$, т. е. ток в ней становится равным нулю. Очевидно, что с полной нейтрализацией электромагнитной инерционности обмотки ротора БМДП работать не может.

Физически такой режим работы может быть отождествлен с режимом работы с синхронной скоростью, при которой в роторной обмотке не наводится э. д. с. Поэтому уравнение роторной обмотки БМДП нами будет использовано без изменений, согласно системе (1).

Таким образом, в БМДП можно пренебречь активным сопротивлением и переходными процессами статорной обмотки и полностью скомпенсировать электромагнитную инерционность обмотки управления. Система уравнений, описывающая неустановившийся режим работы такой машины, запишется так:

$$\begin{aligned} \bar{u}_1 &= j(x_1 \bar{i}_1 + x_{af1} \bar{i}_{p1}) \\ 0 &= r_p \bar{i}_{p1} + (p - js_1)(x_{af1} \bar{i}_1 + x_{af2} i_2^* + x_p \bar{i}_{p1}) \\ u_{2y}^* &= r_2 i_2^* \\ M_b &= -Jps_1 + \operatorname{Re}j(x_{af1} \bar{i}_1 i_{p1}^* + x_{af2} \bar{i}_2 \bar{i}_{p1}). \end{aligned} \quad (14)$$

Из полученной системы уравнений видно, что БМДП может рассматриваться только как частично управляемая бесконтактная машина переменного тока (БУМПТ), так как переходные процессы и электромагнитная инерционность роторной обмотки не могут быть скомпенсированы.

Рассмотрим возможности БУМПТ как частично управляемой машины переменного тока, работающей с переменной скоростью вращения. Исследуем установившийся режим ее работы.

Систему уравнений, описывающую нормальный установившийся режим работы БУМПТ, можно получить из (14), полагая в ней $p=0$.

$$\begin{aligned} \bar{U}_1 &= j(x_1 \bar{I}_1 + x_{af1} \bar{I}_{p1}) \\ 0 &= r_p \bar{I}_{p1} - js_1(x_{af1} \bar{I}_1 + x_{af2} I_2^* + x_p \bar{I}_{p1}) \\ U_{2y}^* &= r_2 I_2^* \\ M_b = M_s &= \operatorname{Re}j(x_{af1} \bar{I}_1 I_{p1}^* + x_{af2} \bar{I}_2 \bar{I}_{p1}). \end{aligned} \quad (15)$$

Уравнения статорной и роторной обмоток (14) и (15) не отличаются от уравнений БМДП [2, 3]. Слагаемые напряжения обмотки управления БУМПТ—напряжение компенсации и напряжение управления—в соответствии с (6) и (15) равны:

$$\begin{aligned} U_{2k}^* &= -j\omega_2(x_2 I_2^* + x_{af2} \bar{I}_{p1}) \\ U_{2y}^* &= r_2 I_2^*. \end{aligned} \quad (16)$$

В табл. 1 приведены выражения, определяющие параметры режима обмотки управления, представленные через параметры режима нагрузки статорной обмотки, скольжение и конструктивные параметры машины. На рис. 2 и 3 приведены графики изменения параметров режима обмотки управления БУМПТ, работающей как в качестве генератора, так и в качестве двигателя.

Для облегчения анализа и выявления характерных особенностей машины они построены для случая, когда режим нагрузки статорной обмотки неизменный и не зависит от изменения скорости вращения ротора. Такой режим нагрузки является основным для генераторного режима работы, а также встречается во многих механизмах.

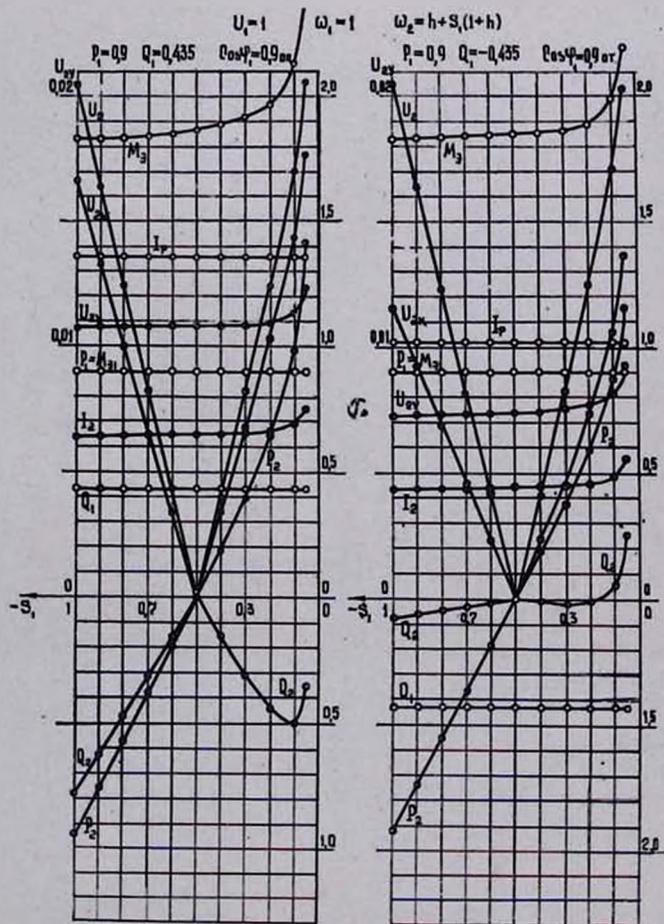


Рис. 2. Расчетные характеристики БУМП (генераторный режим).

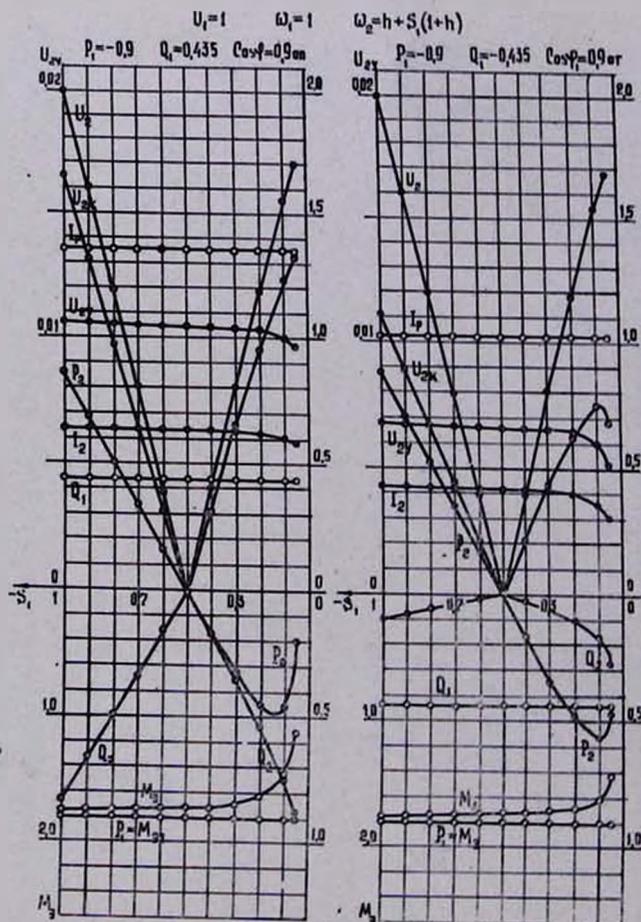


Рис. 3. Расчетные характеристики БУМП (двигательный режим).

В табл. 2 приведены выражения, определяющие параметры нормального установившегося режима работы БУМПТ в зависимости от напряжения статорной обмотки (U_1), напряжения управления (U_{2y}^*) и угла между ними (α_y).

Таблица 1

$$\begin{aligned}
 \bar{U}_{2K} &= \frac{\omega_2 \tau_p X_2}{S_1 X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} U_1} \left[X_1 [P_1 - S_1 (T_p \sigma_1 - X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2}) Q_1] - S_1 (T_p - X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2}) U_1^2 - \right. \\
 &\quad \left. - j \{ X_1 [S_1 (T_p \sigma_1 - X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2}) P_1 + Q_1] + U_1^2 \} \right] \\
 U_{2K} &= \frac{|\omega_2| \tau_p X_2}{|S_1| X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} U_1} \sqrt{\{ X_1 [P_1 - S_1 (T_p \sigma_1 - X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2}) Q_1] - S_1 (T_p - X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2}) U_1^2 \}^2 + \\
 &\quad + \{ X_1 [S_1 (T_p \sigma_1 - X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2}) P_1 + Q_1] + U_1^2 \}^2} \\
 P_{2K} &= - \frac{\omega_2 \tau_p^2 X_2}{S_1 X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} U_1^2} [U_1^4 + X_1 (2Q_1 - S_1 T_p \mu_1 P_1) U_1^2 + X_1^2 (P_1^2 - Q_1^2)] \\
 Q_{2K} &= - \frac{|\omega_2|}{S_1^2 X_1 T_p^2 \mu_1 \mu_2 U_1^2} \left[(1 + S_1^2 T_p^2 - S_1^2 X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} T_p) U_1^4 - 2S_1 X_1 T_p \mu_1 P_1 U_1^2 + \right. \\
 &\quad \left. + X_1 [2 + 2S_1^2 T_p^2 \sigma_1^2 - S_1^2 X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} T_p (1 + \sigma_1)] Q_1 U_1^2 + \right. \\
 &\quad \left. + X_1^2 (1 + S_1^2 T_p^2 \sigma_1^2 - S_1^2 X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} T_p \sigma_1) (P_1^2 - Q_1^2) \right] \\
 \bar{U}_{2y} &= \frac{\tau_2 \tau_p}{S_1 X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} U_1} \{ X_1 (S_1 T_p \sigma_1 P_1 + Q_1) + U_1^2 + j [X_1 (P_1 - S_1 T_p \sigma_1 Q_1) - S_1 T_p U_1^2] \} \\
 U_{2y} &= \frac{\tau_2 \tau_p}{|S_1| X_{\sigma 1} X_{\sigma f 2} U_1} \sqrt{\{ X_1 (S_1 T_p \sigma_1 P_1 + Q_1) + U_1^2 \}^2 + \{ X_1 (P_1 - S_1 T_p \sigma_1 Q_1) - S_1 T_p U_1^2 \}^2} \\
 P_{2y} &= \frac{1}{S_1^2 X_1 T_p^2 \mu_1 \mu_2 U_1^2} \left[2S_1 X_1 T_p \mu_1 P_1 U_1^2 - 2X_1 (1 + S_1^2 T_p^2 \sigma_1^2) Q_1 U_1^2 - \right. \\
 &\quad \left. - (1 + S_1^2 T_p^2) U_1^4 - X_1^2 (1 + S_1^2 T_p^2 \sigma_1^2) (P_1^2 - Q_1^2) \right] \\
 \sin \alpha_y &= \frac{X_1 (P_1 - S_1 T_p \sigma_1 Q_1) - S_1 T_p U_1^2}{\sqrt{\{ X_1 (S_1 T_p \sigma_1 P_1 + Q_1) + U_1^2 \}^2 + \{ X_1 (P_1 - S_1 T_p \sigma_1 Q_1) - S_1 T_p U_1^2 \}^2}} \\
 \cos \alpha_y &= \frac{X_1 (S_1 T_p \sigma_1 P_1 + Q_1) + U_1^2}{\sqrt{\{ X_1 (S_1 T_p \sigma_1 P_1 + Q_1) + U_1^2 \}^2 + \{ X_1 (P_1 - S_1 T_p \sigma_1 Q_1) - S_1 T_p U_1^2 \}^2}}
 \end{aligned}$$

На рис. 4 приведены механические характеристики БУМПТ $M_y = F(s_1, U_{2y}, \alpha_y)$ при различных законах изменения напряжения управления. Из приведенных графиков видно, что использование жесткой отрицательной связи по току управления дает возможность существенно изменить форму механических характеристик БМДП, полученных в [3], и представить их практически прямыми линиями. Небольшое искривление характеристик можно объяснить влиянием некомпенсированной электромагнитной инерционности роторной обмотки.

На рис. 4,А приведены механические характеристики БУМПТ, построенные для двух законов управления.

1. Закон управления, при котором амплитуда напряжения управ-

ления—постоянная величина ($U_{2y}^* = x_0 e^{-j\alpha_y}$). В этом случае механические характеристики—прямые, почти параллельные оси абсцисс. Изменением коэффициентов x_0 и α_y можно воздействовать только на величину электромагнитного момента и практически перемещать характеристики параллельно самим себе.

Таблица 2

$$\begin{aligned} \bar{I}_1 &= -\frac{1}{Z_2 Z_p X_1 A} \{ Z_2 Z_p [S_1 T_p \mu_1 + j(1 + S_1^2 T_p^2 \beta_1)] U_1 - j S_1 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} (1 + j S_1 T_p \beta_1) \bar{U}_{2y} \} \\ I_1 &= Z_2 Z_p \sqrt{\frac{1}{A} \left[(1 + S_1^2 T_p^2) U_1^2 + S_1^2 \frac{X_1}{Z_2} T_p \mu_1 \mu_2 U_{2y}^2 + 2 \frac{S_1 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12}}{Z_2 Z_p} (\cos \alpha_y - S_1 T_p \beta_1 \sin \alpha_y) U_1 U_{2y} \right]} \\ M_{11} = P_1 &= \frac{S_1}{Z_2 Z_p X_1 A} [Z_2 X_p \mu_1 U_1^2 + X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} (\sin \alpha_y - S_1 T_p \beta_1 \cos \alpha_y) U_1 U_{2y}] \\ Q_1 &= -\frac{1}{Z_2 Z_p X_1 A} [Z_2 Z_p (1 + S_1^2 T_p^2 \beta_1^2) U_1^2 + S_1 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} (\cos \alpha_y + S_1 T_p \beta_1 \sin \alpha_y) U_1 U_{2y}] \\ \bar{I}_{p1} = \bar{I}_{p2} &= \frac{S_1}{Z_2 Z_p X_1 (1 - j S_1 T_p \beta_1)} (Z_2 X_{\alpha 1} U_1 + j X_1 X_{\alpha 12} \bar{U}_{2y}) \\ I_{p1} = I_{p2} &= \frac{1}{Z_p} \sqrt{\frac{S_1^2}{X_1 Z_p A} [Z_2 X_p \mu_1 U_1^2 + X_1 X_p T_p \mu_2 U_{2y}^2 + 2 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} U_1 U_{2y} \sin \alpha_y]} \\ \bar{I}_2 &= \frac{\bar{U}_{2y}}{Z_p}, \quad I_2 = \frac{U_{2y}}{Z_p}; \quad \Delta P_{2y} = \frac{U_{2y}^2}{Z_p}; \quad P_{2y} = -\frac{U_{2y}^2}{Z_p}; \quad Q_{2y} = 0; \\ M_{32} &= -\frac{S_1}{Z_2 Z_p X_1 A} [X_1 X_p T_p \mu_2 U_{2y}^2 + X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} (\sin \alpha_y + S_1 T_p \beta_1 \cos \alpha_y) U_1 U_{2y}] \\ \bar{U}_{2x} &= \frac{\omega_2}{Z_2 Z_p (1 - j S_1 T_p \beta_1)} [S_1 (X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} - X_p X_2 \beta_1) \bar{U}_{2y} - j Z_p Z_p (S_1 T_p \mu_1 U_1 + T_p \bar{U}_{2y})] \cdot C \\ U_{2x} &= \sqrt{\frac{\omega_2^2}{Z_p Z_p A} \left[S_1^2 Z_p X_p T_p \mu_1^2 U_1^2 + 2 S_1 T_p \mu_1 [S_1 (X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} - X_p X_2 \beta_1) \sin \alpha_y + Z_p X_p \cos \alpha_y] U_1 U_{2y} + \right. \\ &\quad \left. + T_p [S_1^2 T_p (X_1 X_p \mu_1 \mu_2 - 2 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} \beta_1) + Z_p X_2 (1 + S_1^2 T_p^2 \beta_1^2)] U_{2y}^2 \right]} \\ P_{2x} &= -\frac{\omega_2}{Z_p Z_p A} [S_1 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} U_{2y}^2 + S_1 Z_p X_p \mu_1 (\sin \alpha_y + S_1 T_p \beta_1 \cos \alpha_y) U_1 U_{2y}] \\ Q_{2x} &= \frac{|\omega_2|}{Z_p Z_p A} [(S_1^2 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} T_p \beta_1 - Z_p X_p A) U_{2y}^2 - S_1 Z_p X_p \mu_1 (\cos \alpha_y - S_1 T_p \beta_1 \sin \alpha_y) U_1 U_{2y}] \\ M_2 &= \frac{S_1}{Z_2 Z_p X_1 A} (Z_2 X_p \mu_1 U_1^2 - X_1 X_p T_p \mu_2 U_{2y}^2 - 2 X_{\alpha 1} X_{\alpha 12} S_1 T_p \beta_1 U_1 U_{2y} \cos \alpha_y) \\ \lambda &= 1 + S_1^2 T_p^2 \beta_1^2; \quad \omega_2 = h + S_1 (1 + h); \quad h = \frac{P_2}{P_1}; \quad \alpha_y = \beta_{\alpha} + \gamma_{0y}; \end{aligned}$$

2. Закон управления, при котором амплитуда напряжения управления изменяется пропорционально скольжению ($U_{2y}^* = a_1 s_1 e^{-j\alpha_y}$). При таком законе управления механические характеристики получаются в виде прямых, наклонных к оси абсцисс. Изменением величин a_1 и α_y можно управлять крутизной механической характеристики БУМПТ.

На рис. 4,Б приведены механические характеристики БУМПТ, построенные для закона управления, при котором амплитуда напряжения

управления является линейной функцией скольжения $[U_{2y}^* = (\alpha_0 + \alpha_1 s_1) e^{-\lambda s_y}]$.

Этот закон управления является как бы синтезом двух рассмотренных выше. Он является универсальным и дает возможность изменением величин α_0 , α_1 и λ плавно, в широких пределах, управлять изменением механических характеристик БУМПТ. Такой закон изменения напряжения управления широко используется в теории и практике управляемых машин переменного тока с контактными кольцами [1].

$$U_{2y} = (\alpha_0 + \alpha_1 s_1) e^{-\lambda s_y}$$

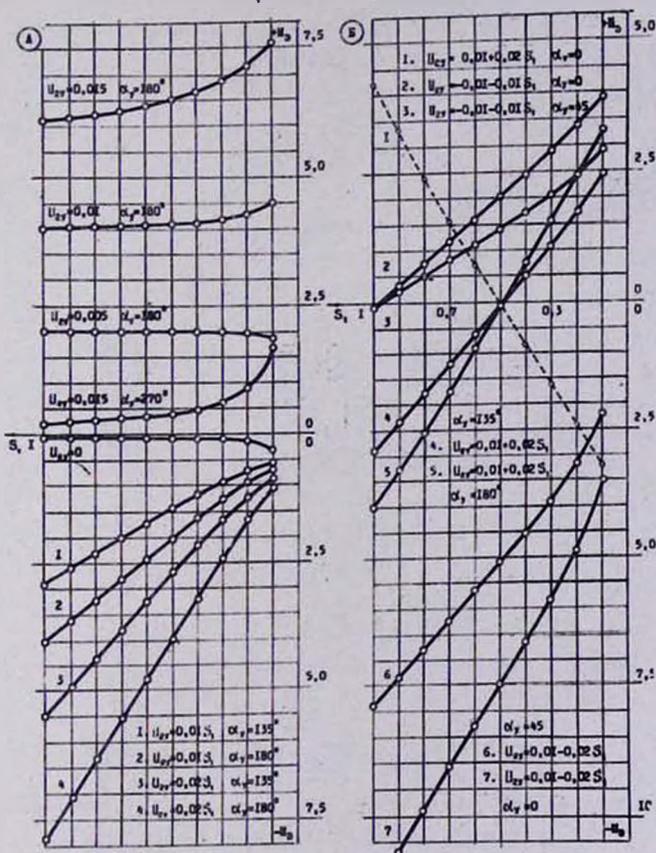


Рис. 4. Механические характеристики БУМПТ.

Подобно управляемой машине с контактными кольцами, бесконтактная управляемая машина переменного тока также должна состоять из двух основных компонентов—самой бесконтактной машины двойного питания (БМДП) и системы автоматического управления (САУ) [3]. На рис. 5 приведены схемы возможных соединений элементов БУМПТ.

На рис. 5,А приведена схема, на которой статорная обмотка и об-

мотка управления БУМПТ включены в общую сеть. Здесь при изменении скорости вращения ротора активная мощность обмотки управления посредством САУ отбирается от сети или отдается в сеть.

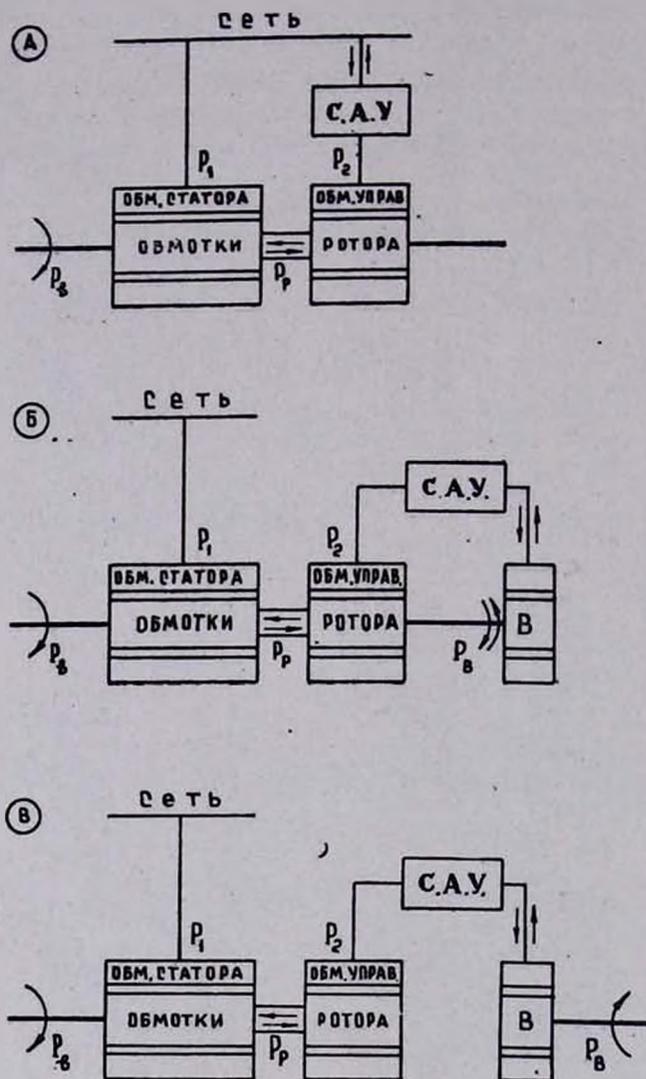


Рис. 5. Структурные схемы возможных соединений БУМПТ.

На рис. 5,Б приведена схема, на которой статорная обмотка БУМПТ включена в сеть, а обмотка управления через САУ—на возбуждатель, вращающийся на одном валу с машиной. При изменении скорости вращения ротора активная мощность обмотки управления, посредством САУ, в конечном итоге отбирается от вала или за вычетом потерь в возбуждателе отдается на вал машины.

На рис. 5, В приведена схема, на которой статорная обмотка БУМПТ включена в сеть, а обмотка управления через САУ—на возбудитель с автономным приводом. Если привод возбудителя включен в общую сеть, то работа БУМПТ аналогична варианту, приведенному на рис. 5, А. Если же приводом возбудителя является независимый источник энергии, например турбина, то имеет место следующая картина: при скоростях вращения ротора ниже второй синхронной для двигательного режима и выше второй синхронной для генераторного режима активная мощность обмотки управления, отдаваемая посредством САУ, теряется в приводе возбудителя. В этих режимах БУМПТ будет иметь наихудшие энергетические показатели.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. В БУМПТ можно пренебречь активным сопротивлением и переходными процессами в статорной обмотке и нейтрализовать электромагнитную инерционность обмотки управления.

Нельзя пренебречь активным сопротивлением и переходными процессами в роторной обмотке, так как это может привести к ошибочному результату при вычислениях. Недопустима нейтрализация электромагнитной инерционности роторной обмотки, так как ток в роторной обмотке станет равным нулю, и БУМПТ не сможет работать. Следовательно, БУМПТ может быть рассмотрена только как частично управляемая машина.

2. Использование жесткой отрицательной обратной связи по току управления даст возможность существенно изменить форму механических характеристик БУМПТ и представить их практически в виде прямых. Небольшое искривление характеристик можно объяснить влиянием нескомпенсированной электромагнитной инерционности роторной обмотки.

3. Закон управления, в котором амплитуда напряжения управления представляет собой линейную функцию скольжения, является универсальным для БУМПТ и дает возможность изменением коэффициентов регулирования (α_0 , α_1 , α_2) в широких пределах управлять как величиной электромагнитного момента, так и крутизной механической характеристики.

Գ. Հ. ՔՅԱԼՅԱՆ

ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ԱՆԿՈՆՏԱԿՏ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ՈՐՈՇ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
2. ԴԵԿԱՎԱՐՎՈՂ ԱՆԿՈՆՏԱԿՏ ՄԵՔԵՆԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Քննարկված են պտտման փոփոխական արագությամբ աշխատող կրկնակի սնուցման անկոնտակտ մեքենան որպես փոփոխական հոսանքի ղեկավար-
8—376

վող անկոնտակտ մեքենա օգտագործելու հնարավորությունները: Ցույց է տրված, որ ղեկավարման փաթույթի լարման համապատասխան փոփոխությունների միջոցով կրկնակի սնուցման անկոնտակտ մեքենան կարելի է ներկայացնել որպես մասնակիորեն ղեկավարվող փոփոխական հոսանքի անկոնտակտ մեքենա:

Ղեկավարման հոսանքի բացասական հետադարձ կապի օգտագործումը հնարավորություն է տալիս էապես փոփոխելու մեքենայի մեխանիկական բնութագրերի ձևը և գործնականորեն դրանք (բնութագրերը) ներկայացնելու ուղիղ գծերի միջոցով:

Ղեկավարման օրենքը, երբ ղեկավարման լարվածության ամպլիտուդը գծային ֆունկցիա է սահմանափակ, թույլ է տալիս կարգավորման գործակիցները փոփոխելու միջոցով լայն սահմաններում ղեկավարել ինչպես էլեկտրամագնիսական մոմենտի մեծությունը, այնպես էլ մեխանիկական բնութագրերի թեքվածությունը:

P. H. KYALIAN

SOME PROPERTIES OF THE NON-CONTACT ALTERNATING-CURRENT MACHINE

2. A Non-contact Controlled Machine

Summary

The possibilities of the non-contact machine of double supply with variable rotational speed are considered to be used as a non-contact alternating-current controlled machine. It is shown that when convenient laws of variations of control tension are used the machine can be considered as a partially controlled non-contact alternating-current machine. By the application of hard negative feed-back by control-current it is possible to change essentially the form of the mechanical characteristics of the machine and to present them practically as straight lines.

The control-law in the case when the amplitude of control tension is presented as a linear function of sliding is universal for controlled machines and gives the possibility to control the value of electromagnetic momentum and the steepness of the mechanical characteristics by the variation of regulation factors.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Ботвинник, Ю. Г. Шакарян, Управляемая машина переменного тока, М., изд-во «Наука», 1969.
2. П. А. Кялян, Изв. ВУЗов, Энергетика, № II, 7, 1965.
3. П. А. Кялян, Сообщ. Бюраканской обл., 46, 121, 1975,